保存用

受付
10.4.13
係2

共同研究報告書
整理番号第203号

車間側方コントロールシステムの開発に関する共同研究報告書

—上信越道における実道路実験を中心として—

平成10年3月

建設省土木研究所
道路部高度道路交通システム研究室

(財)道路新産業開発機構
沖電気工業(株)
オムロン(株)
小糸工業(株)
昭和電線電纜(株)
住友電気工業(株)
星和電機(株)
(株)デンソー
(株)東芝
トヨタ自動車(株)
名古屋電機工業(株)
日産自動車(株)
日本電気(株)
日本無線(株)
(株)日立製作所
日立電線(株)
(株)フジクラ
富士通(株)
古河電気工業(株)
本田技研工業(株)
松下通信工業(株)
マツダ(株)
三菱自動車工業(株)
三菱電機(株)
三菱電線工業(株)

Copyright © (1998) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全部又は一部の転載，複製は，土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

共同研究報告書
第203号 1998年3月

車間側方コントロールシステムの開発に関する共同研究報告書

—上信越道における実道路実験を中心として—

建設省土木研究所
道路部高度道路交通システム研究室

(財)道路新産業開発機構
沖電気工業(株)
オムロン(株)
小糸工業(株)
昭和電線電纜(株)
住友電気工業(株)
星和電機(株)
(株)デンソー
(株)東芝
トヨタ自動車(株)
名古屋電機工業(株)
日産自動車(株)
日本電気(株)
日本無線(株)
(株)日立製作所
日立電線(株)
(株)フジクラ
富士通(株)
古河電気工業(株)
本田技研工業(株)
松下通信工業(株)
マツダ(株)
三菱自動車工業(株)
三菱電機(株)
三菱電線工業(株)

要旨

車間側方コントロールシステムは、道路側からの連続通信によって車両の走行を支援するシステムである。走行支援の形態としては連続情報提供、運転補助、完全自動運転等が想定される。

車間側方コントロールシステムを実現するためには道路交通状況等の情報を収集するインフラセンシング技術、車両との通信を行う連続通信技術、ドライバに情報を提供、あるいは車両を制御する車両技術等の多岐に亘る技術開発が必要となる。本報告書は平成8年度に上信越自動車道小諸～東部IC間の5.4kmで実施したAHS実道路実験及びインフラ、通信に関する要素技術検討結果等について記述したものである。

キーワード：車間側方コントロールシステム、連続通信、自動運転、AHS、
上信越自動車道、実道

序　車間側方コントロールシステム研究体制

1）研究体制

車間側方コントロールシステム（以下ＡＨＳと称する）の開発は、道路技術のみではなく電気、通信、機械等の様々な産業分野が連携した研究開発が必要となる。そのため、これらの多様な分野を統合し、効率的な研究開発を進めるために建設省研究所等共同研究実施規定（建設省訓第７号）に基づき甲（土木研究所）、乙（(財)道路新産業開発機構）、丙（民間企業２４社）により研究体制を構築した。各機関の主な業務分担関係は以下のとおりである。なお、丙に関しては前述の共同研究規定に基づき公募を行い決定した。

（１）土木研究所　　：研究全体の方向性の決定、基幹技術の研究開発、民間研究技術の相互調整、担当部分の技術研究開発等

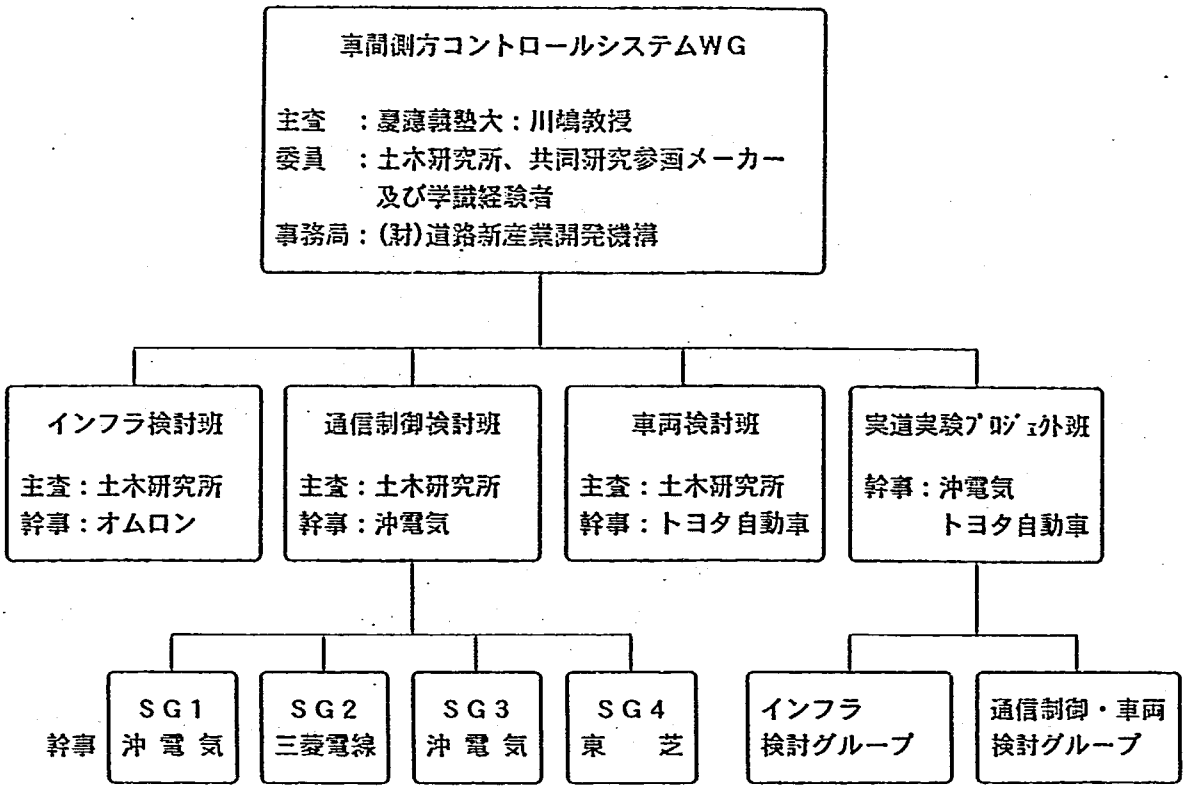
（２）(財)道路新産業開発機構：民間企業相互の分担調整、共同研究運営に関する諸事務等

（３）民間メーカー　　：担当部分の技術研究開発等

2）研究体制の概要

ＡＨＳの効率的な研究開発を進めるために前述の共同研究体制下に、図序-1に示す車間側方コントロールシステムＷＧを構築した。ＷＧの下部検討班として道路交通に関する情報収集技術を検討するインフラ検討班、路車間の連続通信技術を検討する通信制御班、車両に関する表示、制御技術を検討する車両班を編成した。また、実道実験については実道実験プロジェクト班（構成社数：17社）を設置して作業を進めた。さらに、研究の方向性、研究内容に関して学術的な大局的助言、方向性の指示を受けるために慶應義塾大学理工学部川嶋弘尚教授にＷＧの主査をお願いした。

図序-1　車間側方コントロールシステム研究体制



インフラ検討班：画像センサ、個別事象検出のためのセンサの開発等

通信制御検討班：ＬＣＸ通信性能の向上（各種通信特性）の検討(SG1)、ＬＣＸの性能向上（指向性付加、広帯域化）の検討(SG2)、ＡＨＳ（自動運転道路システム）走行実験データによる通信特性の評価(SG3)、通信ネットワークに関するシステムデザインの検討(SG4)

車両検討班：車両位置制御・車両位置把握手法の開発、実験車（前方道路危険警告機能、自動運転機能）の制作

車間側方コントロールシステムＷＧ　委員名簿

主査

慶応義塾大学 理工学部 教授	川嶋 弘尚

委員

慶応義塾大学 理工学部 教授	小澤 慎治
早稲田大学 人間科学部 人間健康科学科 教授	石田 敏郎
建設省土木研究所 道路部長	中村　亮
	(中垣 光弘)
建設省土木研究所 道路部道路交通総括研究官	常田 賢一
	(中村　亮)
建設省土木研究所 道路部総合交通安全研究官	高島 一彦
	(松村 哲男)
建設省土木研究所 道路部 高度道路交通システム研究室長	上田　敏
建設省土木研究所 道路部 高度道路交通システム研究室 研究員	今長 信浩
建設省土木研究所 道路部 高度道路交通システム研究室 研究員	村田 重雄
通商産業省生命工学工業技術研究所 生体情報部 神経情報研究室長	赤松 幹之
日本道路公団 技術部 交通技術課長	古川　健
首都高速道路公団 交通管制部 交通施設課長	森川 邦雄
阪神高速道路公団 業務部 交通管制課長	清水 正朝
	(江原　武)
トヨタ自動車(株) 東富士研究所 第一ＦＰ部 主査	青木 啓二
沖電気工業(株) ＴＳＥセンタ　部長	工藤 安人
オムロン(株) 道路管理システム事業部 システム技術課長	東　秀雄
小糸工業(株) 研究開発室 課長	若林 義道
昭和電線電纜(株) ネットワークシステム開発室 部長代理	大橋 省吾
住友電気工業(株) システム事業部 第二技術部長	金崎　稜
星和電機(株) 第二事業部 第三営業技術課	村山 光弘
(株)デンソー 開発１部 開発２３ 担当部員	永縄　浩
(株)東芝 通信官公システム営業第一部 部長代理	石川 省三
名古屋電機工業(株) システム開発部 システム開発課 主任技師	長屋 保親
日産自動車(株) 電子情報研究所 主任研究員	押上 勝憲
	(保坂 明夫)
日本電気(株) ＩＴＳ事業推進本部 システム担当部長	白田　清

日本無線(株) ｼｽﾃﾑ機器事業部 情報ｼｽﾃﾑ技術部 道路情報課 担当部長	五代　均
(株)日立製作所 システム事業部 公共システム部 技師	堀江　武
日立電線(株) 電線事業部 副技師長	石川 一徳
(株)フジクラ 情報伝送事業部 情報技術部 技術課 課長補佐	小川 幸三
富士通(株) ＩＴＳ事業推進本部 担当部長	石坂　允
古河電気工業(株) 光伝送事業部 技術部 部長補佐	庄子 民雄
	(大久保正紀)
本田技研工業(株)	
((株)本田技術研究所　和光基礎技術研究ｾﾝﾀｰ 基礎研究室 ﾁｰﾌｴﾝｼﾞﾆｱ)	高橋 文孝
松下通信工業(株) 情報ｼｽﾃﾑ事業部 ＩＴＳ推進室	伊藤　功
マツダ(株) 技術研究所 主任	香川八州男
三菱自動車工業(株) 乗用車開発本部 電子技術部グループ長	山田 喜一
三菱電機(株) 自動車機器事業部 開発企画担当部長	大西 辰彦
三菱電線工業(株) 自動車部品事業部 岡崎開発センター 開発部長	猪俣 輝久

事務局

(財)道路新産業開発機構 専務理事	角町　洋
(財)道路新産業開発機構 ＩＴＳ統括研究部長	村田 迪夫
技術参与	(増田芳太郎)
(財)道路新産業開発機構 ＩＴＳ統括部 調査役	小川 寛一
企画開発部　調査役	(吉海　達)

作業協力

(株)三菱総合研究所 社会システム部 地域基盤システム室 研究員	加藤　勲
(株)三菱総合研究所 社会基盤部 政策技術システム室 副研究員	池田 朋広

車間側方コントロールシステムの開発に関する共同研究報告書　詳細目次
－上信越道における実道路実験を中心として－

車間側方コントロールシステム研究体制

1章　車間側方コントロールシステム（ＡＨＳ）の概要 …… 1
1．1　まえがき …… 1

1．2　ＡＨＳ開発の背景 …… 2
1．2．1　道路交通問題解決への社会的要請 …… 2
1．2．2　システムのねらいとシステム機能の方向性 …… 3

1．3　ＡＨＳ開発の経緯 …… 5

1．4　ＡＨＳの機能 …… 6
1．4．1　実験車の機器構成 …… 7
1．4．2　実験での検証機能 …… 11
1）安全走行システム …… 11
（1）ＬＣＸからの指示速度に対応した上限速度保持機能 …… 11
（2）ＬＣＸからの指示速度に対応したオートクルーズ機能 …… 11
（3）車線逸脱警告機能 …… 12
（4）レーダによる車間維持機能 …… 12
（5）レーダによる自動停止 …… 13
（6）前方道路危険警告機能 …… 13
（7）パーシャルな自動運転 …… 14
2）自動運転 …… 14

1．5　ＡＨＳ研究項目 …… 15

2章　ＡＨＳ実道路実験の概要 …… 17
2．1　実道路実験施設の概要 …… 17
2．1．1　実験の経緯と必要性 …… 17
2．1．2　実験フィールドと実験施設の構成と特徴 …… 18
1）実験フィールド …… 18
2）実験施設の構成 …… 19
3）実験施設の特徴 …… 20
（1）通信フォーマットを暫定２車線に対応した構造に変更 …… 20
（2）中位情報処理装置の追加 …… 20
（3）磁気ネイルの設置間隔２ｍに変更及び、
橋梁部に扁平磁気ネイルを採用 …… 20

2．2　車両システム …… 21
2．2．1　安全走行システム実験車 …… 21
1）概要 …… 21
2）実験車その1（トヨタ自動車株式会社） …… 22
（1）実験車の機能 …… 22
（2）実験車の機器構成と仕様 …… 22
3）実験車その2（日産自動車株式会社） …… 24
（1）実験車の機能 …… 24
①情報提供機能 …… 24
②運転補助機能 …… 24
（2）実験車の機器構成と仕様 …… 25
4）実験車その3（三菱自動車工業株式会社） …… 27
（1）実験車の機能 …… 27
（2）実験車の機器構成と仕様 …… 28
5）実験車その4（三菱電機株式会社） …… 30
（1）実験車の機能 …… 30
①運転補助機能 …… 30
②情報提供機能 …… 30
（2）実験車の機器構成と仕様 …… 30
6）実験車その5（本田技研工業株式会社） …… 32
（1）実験車の機能 …… 32
（2）実験車の機器構成と仕様 …… 32
7）実験車その6（マツダ株式会社） …… 34
（1）実験車の機能 …… 34
①車線逸脱警告機能 …… 34
②インフラ協調型インテリジェントオートクルーズ機能 …… 34
③ヒューマンマシンインターフェイス …… 34
（2）実験車の機器構成と仕様 …… 34
8）実験車その7（住友電気工業株式会社） …… 37
（1）実験車の機能 …… 37
（2）実験車の機器構成と仕様 …… 37
9）実験車その8（株式会社デンソー） …… 39
（1）実験車の機能 …… 39
（2）実験車の機器構成と仕様 …… 41
①機器構成 …… 41
②車両制御 …… 44
2．2．2　自動運転基礎実験車 …… 50
1）概要 …… 50
2）実験車その1（トヨタ自動車株式会社） …… 51

（１）実験車の機能 …… 51
（２）実験車の機器構成と仕様 …… 51
３）実験車その２（日産自動車株式会社）…… 53
（１）実験車の機能 …… 53
（２）実験車の機器構成と仕様 …… 53
４）実験車その３（三菱自動車工業株式会社・
三菱電機株式会社）…… 56
（１）実験車の機能 …… 56
（２）実験車の機器構成と仕様 …… 56
５）実験車その４（本田技研工業株式会社・
住友電気工業株式会社）…… 58
（１）実験車の機能 …… 58
（２）実験車の機器構成と仕様 …… 58

３章　実験結果 …… 61
３．１　車両技術に関する実験結果 …… 61
３．１．１　要素技術開発実験 …… 61
１）概要 …… 61
（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験 …… 61
①縦断、横断勾配を反映した速度制御 …… 61
②道路線形に対応したステアリング制御 …… 61
③磁気ネイルの設置間隔と車両制御の関係 …… 63
④道路構造が磁気ネイルに与える影響 …… 63
⑤道路付属物が車両制御機器に与える影響 …… 63
（２）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験 …… 64
①各種外乱要因が路車間あるいは車車間通信に与える影響 …… 64
②天候（夜間、霧、雨、太陽光等）が
車載機器（カメラ等）に与える影響 …… 64
③路面の凹凸と乗車人員が車載機器に与える影響 …… 64
２）実験結果その１（トヨタ自動車株式会社）…… 65
（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験 …… 65
①縦断、横断勾配を反映した速度制御 …… 65
②道路線形に対応したステアリング制御 …… 68
③磁気ネイルの設置間隔と車両制御の関係 …… 71
④道路構造が磁気ネイルに与える影響 …… 74
⑤道路付属物が車両制御機器に与える影響 …… 90
（２）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験 …… 91
３）実験結果その２（日産自動車株式会社）…… 92
（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験 …… 92

①縦断、横断勾配を反映した速度制御 …… 92
②道路線形に対応したステアリング制御 …… 97
③道路付属物が車両制御機器に与える影響 …… 99
④道路構造が車載機器に与える影響 …… 105
（２）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験 …… 106
４）実験結果その３（三菱自動車工業株式会社）…… 107
（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験 …… 107
①縦断、横断勾配を反映した速度制御の把握 …… 107
②道路線形に対応したステアリング制御の把握 …… 114
５）実験結果その４（三菱電機株式会社）…… 117
（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験 …… 117
①磁気ネイルの設置間隔と車両制御の関係 …… 117
②道路付属物及び道路構造による
レーザレーダを使った車両認識への影響 …… 119
（２）路車間通信における問題点 …… 124
①通信ハードウェアの問題点 …… 124
②通信内容の問題点 …… 124
③通信タイミングの問題点 …… 125
６）実験結果その５（本田技研工業株式会社）…… 126
（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験 …… 126
①縦断、横断勾配を反映した速度制御 …… 126
②道路線形に対応したステアリング制御 …… 134
③磁気ネイルの設置間隔と車両制御の関係 …… 137
④道路付属物が車両制御機器に与える影響 …… 137
⑤道路構造が車載機器に与える影響 …… 137
（２）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験 …… 137
（３）路車間通信の問題点 …… 138
７）実験結果その６（マツダ株式会社）…… 139
（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験 …… 139
①縦断、横断勾配を反映した速度制御 …… 139
②磁気ネイル設置間隔と車両制御の関係 …… 140
③道路付属物が車両制御機器に与える影響 …… 145
④道路構造が車載機器に与える影響 …… 147
（２）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験 …… 148
（３）路車間通信の問題点の把握 …… 149
８）実験結果その７（住友電気工業株式会社）…… 150
（１）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験 …… 150
（２）路車間通信の問題点の把握 …… 151
①通信プロトコル …… 151

②通信データ／データフォーマット …… 151
③その他 …… 151
9）実験結果その8（株式会社デンソー） …… 152
（1）道路構造を反映した車両制御に関する実験 …… 152
①縦断、横断勾配を反映した速度制御 …… 152
②道路線形に対応したステアリング制御 …… 152
③道路付属物が車両制御機器に与える影響 …… 152
④道路構造が車載機器に与える影響の把握 …… 152
（2）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験 …… 152
（3）路車間通信の問題点の把握 …… 153
3.1.2 複合技術の実験 …… 154
1）想定機能の有効性検証 …… 154
2）車群制御に関する実験（自動運転機能） …… 155
（1）車間距離の官能評価 …… 155
（2）必要機能に関する評価 …… 156
3.1.3 HMIの最適組み合わせの比較 …… 161
1）AHSにおけるHMI …… 161
（1）人間が制御グループの1部として存在する場合
（AHSの情報提供レベル） …… 161
①ドライバの個人差を考慮した設計 …… 161
②運転操作中のドライバに負担がかからない設計 …… 161
③人間の行動様式に適合した設計 …… 161
（2）人間が制御系に存在しない場合
（AHSの運転制御レベル） …… 163
2）ドライビングシミュレータを使用した情報提供実験 …… 163
（1）事前情報提供の有効性検証実験 …… 163
①道路走行シミュレータの概要 …… 163
②実験内容 …… 168
③実験結果 …… 170
④結果の検討 …… 174
（2）情報提供形態の比較検討実験 …… 176
①実験内容 …… 176
②実験結果及び検討 …… 178

3.2 インフラ施設に関する実験 …… 181
3.2.1 通信技術に関する実験 …… 181
1）実験概要 …… 181
2）平成8年度通信システムの特徴 …… 181
3）情報評価項目と実験方法 …… 184
（1）電解強度測定 …… 184

①測定方法 …… 184
②測定結果 …… 184
（2）通信機能評価 …… 192
（3）性能評価 …… 192
①伝送時間への影響 …… 192
②処理能力余裕度への影響 …… 193
（4）信頼性評価 …… 193
（5）方式評価 …… 193
（6）操作性評価 …… 194
（7）評価作業 …… 194
4）評価結果 …… 195
（1）通信機能評価 …… 195
（2）性能評価 …… 195
①上位装置、車両間の伝送時間 …… 195
②車両、下位装置間の伝送時間 …… 195
③処理能力余裕度 …… 196
（3）信頼性評価 …… 196
（4）方式評価 …… 196
①往復2車線対応 …… 196
②通信手順リカバリ機能 …… 197
③路側通信ネットワーク …… 197
④ＬＡＮの過負荷試験 …… 197
⑤3階層化 …… 197
（5）操作性評価 …… 198
①上位情報処理装置 …… 198
②ＡＶＭ装置 …… 198
5）今後の課題 …… 201
3.2.2 インフラ情報収集装置に関する実験 …… 213
1）インフラ情報収集装置の概要 …… 213
2）評価実験内容 …… 216
（1）車両への異常事象情報伝送時間の検証 …… 216
（2）実道路環境下での性能検証 …… 216
①対向車両存在時、特に夜間対向車ライト点灯時の性能検証 …… 216
②薄暮時の性能検証 …… 216
3）車両までの異常事象情報伝送時間の検証 …… 217
（1）実験概要 …… 217
（2）実験方法 …… 217
①実験機器構成 …… 217
②インフラ情報収集装置仕様 …… 218

③下位情報処理装置、車両間通信仕様 …… 219
④伝送時間計測方法 …… 220
（3）結果 …… 220
（4）考察 …… 221
4）実道路環境下での性能検証 …… 222
（1）実験概要 …… 222
（2）映像収録場所 …… 222
（3）映像収録期間 …… 222
（4）実験方法 …… 222
①映像収録環境 …… 222
②映像収録方法 …… 223
（5）評価、解析方法 …… 230
①評価内容 …… 230
②解析機器構成 …… 231
（6）結果 …… 231
①夜間、対向車ライト点灯時の評価結果 …… 231
②薄暮時の評価結果 …… 232
（7）考察 …… 232
①夜間、対向車ライト点灯時の検出について …… 232
②薄暮時の停止車両、落下物検出について …… 233

4章　ＡＨＳ開発のための基礎検討、実験項目 …… 235
4．1　各種道路交通状況把握のための基礎実験 …… 235
4．1．1　画像センサによる道路・交通状況把握のための
各種事象把握実験 …… 235
1）渋滞監視 …… 235
（1）渋滞監視の目的 …… 235
（2）実験 …… 235
①実験の目的 …… 235
②実験の手順 …… 236
③評価方法 …… 236
④実験結果 …… 237
（3）考察 …… 237
2）落下物 …… 238
（1）目的 …… 238
（2）実験方法 …… 238
①手順 …… 238
②画像データ取得 …… 238
③画像解析 …… 245

（３）実験結果 …… 246
（４）実験結果の解析 …… 254
①原因の分類 …… 254
②原因の詳細 …… 256
（５）考察 …… 257
①落下物検出の傾向 …… 257
②実道路での検出率（試算） …… 260
③性能向上について …… 261
（６）課題 …… 261
３）停止車両 …… 277
（１）概要 …… 277
（２）車両の重なりにおける異常事象検出 …… 277
①実験の目的 …… 277
②実験の概要 …… 277
③実験データ …… 277
④評価アルゴリズム概要 …… 279
⑤評価の結果 …… 280
⑥結果の詳細データ …… 282
（３）監視カメラ間の連携による異常事象検出 …… 289
①目的 …… 289
②検討 …… 289
（４）車両停止の細分化判定結果に関する検討 …… 302
①目的 …… 302
②検討 …… 302
③考察 …… 303
４．１．２　画像センサによる事象検知の基礎実験 …… 305
１）路面湿潤検知（１／２） …… 305
（１）実験目的 …… 305
（２）実験概要（試験設置概要） …… 305
①機器構成 …… 305
②試験設置機器 …… 305
③設置方法 …… 305
④試験設置期間 …… 306
⑤試験設置場所 …… 306
⑥実験条件 …… 306
（３）検出原理 …… 309
（４）実験結果 …… 310
①昼間における路面湿潤程度検出 …… 310
②薄暮時における路面状況検出 …… 310

③夜間における路面状況検出 …… 311
（５）考察 …… 311
①昼間における路面湿潤程度検出 …… 311
②薄暮時における路面状況検出 …… 311
③夜間における路面状況検出 …… 312
（６）課題 …… 312
２）路面湿潤検知（２／２）…… 318
（１）概要 …… 318
（２）目的 …… 318
（３）夜間照明に関する検討 …… 318
（４）実験方法 …… 318
①自動車用ヘッドライトを光源にした場合 …… 318
②道路照明を光源にした場合 …… 319
③実験器具 …… 320
（５）処理方法 …… 320
①処理範囲 …… 320
②特徴量抽出方法 …… 321
③画像処理方法 …… 322
（６）処理結果 …… 323
①自動車用ヘッドライトを光源にした場合 …… 323
②道路照明を光源にした場合 …… 324
（７）考察 …… 325
３）トンネル内煤煙検知（１／３）…… 326
（１）研究目的及び内容 …… 326
①研究目的 …… 326
②研究内容 …… 326
（２）研究結果の概要 …… 327
①土木研究所実験画像による評価 …… 327
②実トンネル画像による評価 …… 327
③実システムへの適用と課題 …… 328
（３）土木研究所実験画像に対する評価 …… 329
①概要 …… 329
②監視領域 …… 329
③判定指標数値化 …… 329
④解析結果 …… 329
⑤考察 …… 330
（４）実トンネル内収録画像に対する評価 …… 333
①概要 …… 333
②画像収集概要 …… 333

③監視領域の選択 …… 334
④判定指標数値化 …… 334
⑤評価結果 …… 334
⑥考察と今後の課題 …… 335
⑦付図 …… 336
4）トンネル内煤煙検知（2／3） …… 346
（1）概要 …… 346
（2）検討方法 …… 346
（3）検討結果 …… 346
①透過率とエッジ出力値の相関性確認及び処理対象の選定 …… 346
②エッジ出力値による透過率推定 …… 347
（4）考察 …… 348
（5）まとめ …… 349
（6）今後の課題 …… 349
5）トンネル内煤煙検知（3／3） …… 360
（1）概要 …… 360
①実験の目的 …… 360
②実験の概要 …… 360
（2）実映像による計測実験 …… 360
①実験に用いた映像 …… 360
（3）実験の方法 …… 361
①実験時の機器構成 …… 361
②計測対象 …… 362
（4）実験結果 …… 362
①関越自動車道　関越トンネル …… 362
②上信越自動車道　八風山トンネル …… 362
（5）考察 …… 369
6）飛砂センサ …… 370
（1）音響式センサによる飛砂検知 …… 370
①目的 …… 370
②検出原理 …… 370
③実験 …… 370
④考察 …… 373
（2）画像処理による飛砂検知 …… 374
①目的 …… 374
②実験 …… 374
③処理方法 …… 374
④実験結果 …… 378
⑤考察 …… 378

7）ＤＧＰＳ …… 379
（１）研究目的及び内容 …… 379
①研究目的 …… 379
②研究内容 …… 379
（２）研究結果の概要 …… 380
①静的測位精度の評価結果 …… 380
②動的測位精度の評価実験 …… 380
③車両位置計測への適用について …… 381
④今後の課題 …… 381
（３）静的測位精度評価実験 …… 381
①実験システム構成 …… 381
②実験方法 …… 382
③実験場所 …… 382
④実験結果 …… 382
⑤考察 …… 384
（４）動的測位精度評価実験 …… 385
①実験システム構成 …… 385
②実験方法 …… 385
③実験場所 …… 385
④実験結果 …… 386
⑤考察 …… 386
４．１．３　その他センサに関する実験 …… 398
１）音による交通量把握 …… 398
（１）実験目的 …… 398
（２）検知原理 …… 398
①マイク１本式 …… 398
②マイク２本式 …… 398
（３）実験日 …… 398
（４）実験場所 …… 398
（５）実験方法 …… 399
①マイク１本での実験 …… 399
②マイク２本での実験 …… 399
（６）実験環境 …… 400
（７）試作機について …… 401
（８）実験結果 …… 401
①マイク１本による実験結果 …… 403
②マイク２本による実験結果 …… 403
（９）考察 …… 413
①マイク１本での実験考察 …… 421

②マイク２本での実験考察 …… 431
(10) 特質評価表 …… 432
(11) まとめ …… 434

4．2　通信ネットワークに関するシステムデザイン
～前方道路危険警告機能、非常時通報機能の導入に向けて～ …… 436
4．2．1　システムの基本イメージ …… 436
1）システム機能の定義 …… 436
（1）前方道路危険警告機能 …… 436
①前方道路危険警告機能のねらい …… 436
②前方道路危険警告機能の基本イメージ …… 436
（2）非常時通報機能 …… 437
①非常時通報機能のねらい …… 437
②非常時通報機能の基本イメージ …… 437
③非常時通報機能を実現するための車両側の機能のあり方 …… 439
2）システムの適用場面 …… 440
（1）システムが有効活用できる事象 …… 440
（2）システムが有効となる条件 …… 442
①取り扱う情報項目 …… 442
②提供情報の緊急性と局所性 …… 442
③緊急性・局所性からみた有効な提供情報 …… 442
④情報項目と場面の対応 …… 448
（3）場面に応じたシステム機能 …… 478
4．2．2　システム化のための基本検討 …… 478
1）システム機能の内容 …… 478
（1）システム機能の範囲と動作手順 …… 478
①概要 …… 478
②前提 …… 478
③処理の流れ …… 478
2）データの基本的な流れ …… 482
（1）情報発生、通報の考え方 …… 482
①情報タイプ …… 482
（2）事象発生の場面に応じた情報の流れ …… 484
①概要 …… 484
②事象の発生から車両への情報の流れ …… 484
③システムの機能関連の検討（データの流れ） …… 491
④システム機能構成 …… 495
4．2．3　システム構成 …… 497
1）機器構成の基本的考え方 …… 497
（1）必要機器と機能 …… 497

（２）機器配置の基本的考え方 …… 499
（３）装置仕様の検討 …… 501
①仕様検討に当たっての各装置の条件整理 …… 501
②システム装置仕様 …… 505
（４）装置仕様検討における留意点 …… 505
２）最大情報量と通信速度 …… 506
（１）基本データの情報量の想定 …… 506
①情報量想定にあたっての前提条件 …… 506
②情報量の想定 …… 506
（２）最大情報量の算出 …… 508
①最大情報量を算出するにあたっての前提条件 …… 508
②最大情報量の算出 …… 511
（３）通信速度の算出 …… 512
①通信速度を算出するにあたっての前提条件 …… 512
②通信速度の算出 …… 513
３）通信ネットワーク構成 …… 523
（１）ネットワーク構成案の比較 …… 523
①前提条件 …… 523
②ネットワーク構成の検討 …… 523
（２）各装置間の通信ネットワーク構成 …… 527
①上位装置～中位装置（上／下）…… 528
②中位装置（下）～下位装置 …… 528
③下位装置～センサ装置 …… 528
（３）通信ネットワークの全体像 …… 529
４）システムにおけるデータの流れ …… 532
（１）各装置と所持機能 …… 536
（２）システムの機能関連の検討 …… 536
①概要 …… 536
②前提 …… 536
（３）機能関連図の説明 …… 536
５）ケーススタディ（実用化に向けたパイロットシステム）…… 543
（１）前提条件 …… 543
（２）ケース別の検討 …… 544
①本線料金所 …… 544
②一般道から料金所ブースまで …… 546
③料金所（ブース（含まない）～本線分合流）…… 548
④トンネル …… 549
⑤ＳＡ・ＰＡ …… 550
（３）コストダウン検討案 …… 553

①前提条件 …… 553
②インフラ設備の設置条件について …… 554
（4）今後の課題 …… 560
①本線料金所 …… 560
②インターチェンジ …… 560
③トンネル …… 560
④ＳＡ・ＰＡ …… 560
⑤バス停 …… 560
4．2．4　システム構築上の課題 …… 561
1）システム構築上の技術課題 …… 561
（1）システムの基本方式 …… 562
①路車間通信と車車間通信との機能分担 …… 562
②障害物検出の路／車の分担 …… 569
（2）処理方式の確立 …… 573
①複数事象処理 …… 573
（3）実用化に向けての開発 …… 576
①道路構造への適用 …… 576
②構成機器に関する課題 …… 580
（4）運用上の課題 …… 581
①導入時の混在走行におけるフィージビリティスタディ …… 581
②他システムとの相互運用、接続性 …… 586
2）システムの拡張性 …… 588
（1）システムの拡張にともなう検討項目 …… 588
（2）自動運転システムの情報項目と伝送量 …… 588
（3）情報量と通信速度 …… 589
①エアフォーマット …… 589
②通信容量 …… 590

研究担当者一覧 …… 591

ＡＨＳ「自動走行システムおよび安全走行システム」公開実験広報一覧(新聞報道・雑誌掲載)…… 596

１章　車間側方コントロールシステム（ＡＨＳ）の概要

１．１　まえがき

現在、世界では発展の著しい電気・通信技術等を活用して様々な産業分野の高度情報化が図られている。我が国においても1995年２月に「高度情報通信社会推進に向けた基本方針」を策定した。これは、情報通信インフラの整備に積極的に取り組む姿勢を内外に示すとともに2000年までを先行投資期間とし、光ファイバ網については「2010年を念頭に早期の全国整備を目指す」と、政府で初めて整備目標年次を盛り込んだ。中でも公共分野の情報化は「我が国全体の情報化の起爆剤」として期待されている。

道路、交通、車両の情報化はこの公共分野の情報化の一つとしてあげられ最先端の情報通信技術を用いて道路と車を一体のシステムとして構築し、安全性の向上を達成し、環境保全に資する高度道路交通システムの推進を図ることを目的としている。このため、政府は学民と連携を図り、ナビゲーションシステムの高度化、自動料金収受システムの確立、安全運転の支援、交通管理の最適化、道路管理の効率化など、高度道路交通システムの全体構想を策定し、システムを構成する車載機、インフラなどに関する研究開発、フィールドテスト、普及を推進している。

この、車間側方コントロールシステム（以下ＡＨＳと称する）はこのＩＴＳ分野の中の安全運転の支援を主な目的として開発を進めており、道路と車の連続通信による危険情報の提供やアクセルやブレーキ制御などを一部制御する安全走行システムの開発や完全自動運転の実現を目的としている。本報告書はこれら研究成果の内、平成８年度に上信越自動車道で実施したＡＨＳ評価実験と、ＡＨＳを構成する各種技術要素に関する実験結果を中心に記述したものである。

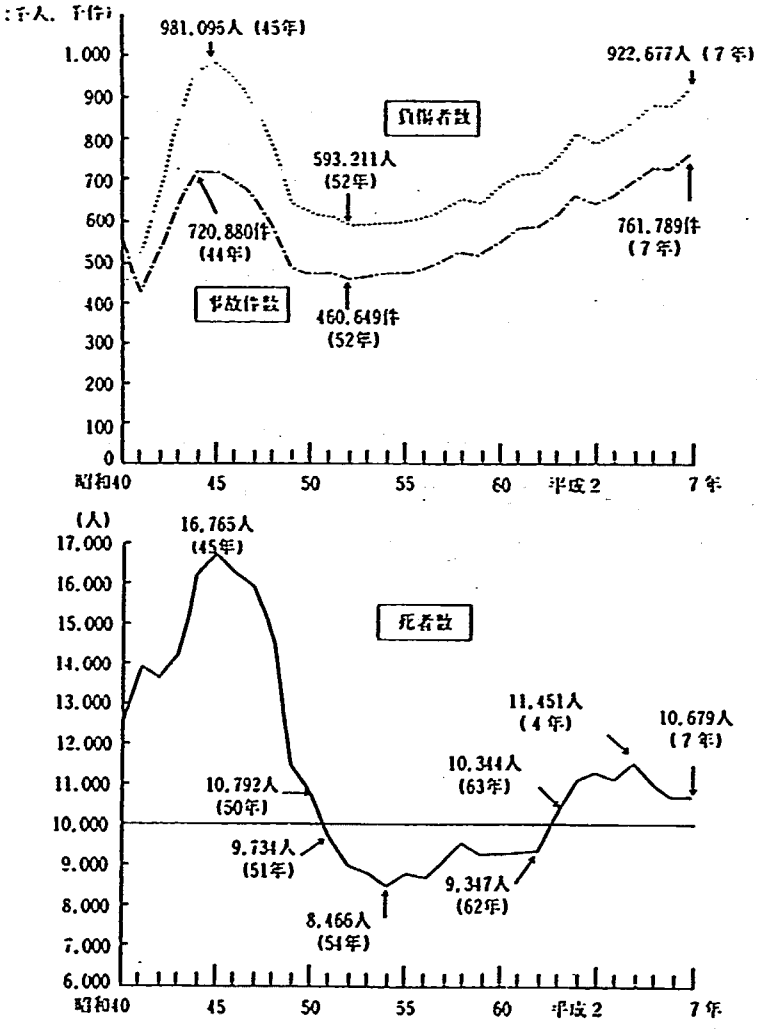
１．２　ＡＨＳ開発の背景

１．２．１　道路交通問題解決への社会的要請

道路交通は社会経済の発展に大きく貢献し、社会システムの中で重要な役割を果たしている。しかし一方では、交通事故の多発、渋滞発生、環境への悪影響といった社会問題も引き起こしている。交通事故に関しては、年間死亡者が１万人以上に達する水準で推移している。都市部を中心に交通渋滞が慢性化しており、効率的な経済活動を阻害している。さらに、沿道環境の悪化や地球環境との不調和、エネルギー消費の増大といった問題が顕在化し、これらの問題の解決が強く求められている。

21世紀に向けて、より豊かさを享受できる社会を形成していかなければならないとともに、高齢化の進展など社会経済活動の制約となる現象も生じるため道路交通面においてもドライバの負担をできるだけ軽くするシステムの実現が要請される。

図表(1-2-1)-1　道路交通事故による死傷者、負傷者数及び事故件数の推移



注　1　警察庁資料による。
　　2　昭和41年以降の件数には、物損事故を含まない。
　　3　昭和46年までは、沖縄県分を含まない。

出所：交通安全白書(平成8年)

１．２．２　システムのねらいとシステム機能の方向性

ＡＨＳは道路側と車両側との間の情報のやりとりを通じてシステムの目的を果たす機能とこれに車両の制御が加わった機能を含む。

図表(1-2-2)-1　ＡＨＳのねらいと対応の可能性

ねらい		システム対応の方向性	
安全性の向上	事故防止	・危険事象のドライバ認知支援	・視野外の危険事象情報の提供 ・周辺車両の接近、死角内の車両の存在に関する情報の提供
		・安全確保のためのドライバ判断の支援	
		・安全確保のためのドライバ操作の支援	・車両への追突、落下物への衝突等を防止する制御 ・速度、車間、車線内走行等、適切な走行状態を確保する制御 ・アクセル・ブレーキ・ハンドル等運転操作に関わる適切な制御
	非常時の迅速・的確な対応	・緊急連絡の支援	・異常事態発生時における車両から管理者側への緊急発信
輸送効率の向上	道路容量の向上	・安全性を保持した状態での車間距離の短縮	・車間を縮めながらも安全な走行状態を保つ制御 ・車群としての走行制御
	交通流の円滑化	・道路を有効利用するためのドライバ操作支援	・適正な速度を維持する制御 ・合流・分流を適正な速度、タイミングで行う制御
	交通安全確保（異常気象等の時の機能保障） 交通の機能的な確保	・安全確保のためのドライバの認知、判断、操作支援	・周辺の走行環境、交通状況に関する情報提供・危険警告、車両制御
運転負荷の軽減		・ドライバの行うべき認知、判断、操作の支援	
環境への影響の軽減		・適正な走行状態の維持	

図表(1-2-2)-2　ＡＨＳによる道路交通の課題への対応・高度化

ねらい	ＡＨＳによる道路交通の課題への対応・高度化の内容
安全性の向上	・悪条件下での安全な走行（通行できるという道路本来の機能の維持と安全走行の実現） －積雪・寒冷地域での通行確保 －濃霧、強風、豪雨、地吹雪、飛砂、越波等気象条件の厳しい地域における安全走行の確保 －過密交通下での安全走行の確保 －地形の険しい地域での安定した走行の確保（曲線、勾配箇所、トンネルなど各々の線形に合った走行） ・危険回避の早期化による事故の発生あるいは拡大の防止 ・ドライバ、同乗者、自車両、自車周辺の異常の即時通報による被害拡大防止 ・個人のハンディキャップの軽減 －高齢者、身障者でも安心して利用できる道路交通の実現
輸送効率の向上	・道路容量の実質的な拡大による渋滞の軽減 ・物流の効率化 －ドライバの負荷軽減（群走行の実現によるドライバの適正配置化等） ・悪条件下（霧等）での安全走行が可能になることによる通行止め等規制の軽減 ・車線利用率の是正 ・サグ、トンネル入口等での速度低下の防止
環境への影響の軽減	・排ガスの低減 ・騒音・振動の低減 ・エネルギー消費の軽減
運転負荷の軽減	・長距離走行、渋滞等が原因となる疲労の軽減 －ドライバに大きな負担をかけない帰省、行楽 －高齢者、身障者の自由な移動

１．３　ＡＨＳ開発の経緯

ＡＨＳの開発には車両、通信、インフラセンシング等に関する様々な要素技術の開発が必要となる。そこで平成元年度より、システム形態の構築、システムを構成する要素技術の抽出を実施した。平成３年度から平成５年度までは抽出した要素技術の内、最も基幹となる路車間通信について基礎的な通信形態の検討及び通信実験を実施した。路車間通信の形態としては、ＶＩＣＳに代表される間欠極小ゾーン方式と連続通信方式の二方式が想定される。

ＡＨＳは車両の制御までを想定しており、通信に求められる条件としては常時接続、リアルタイム、高精度等の条件が上げられる。そのため、連続デジタル通信方式について実験を実施した（３章参照）。その結果、連続デジタル通信方式によって良好な通信が確保されることが確認された。

平成元年度から平成５年度までの研究成果を受けて平成６年度からはＡＨＳを構成する車両、通信、インフラの技術開発に着手し、平成７年度に土木研究所試験走路３㎞区間を利用しＡＨＳの情報提供レベルである前方道路危険警告及び自動運転基礎実験を実施した。平成８年度は平成７年度の実験で課題として上げられた実環境下でのＡＨＳ機能評価実験を実施した。なお、年度毎に本研究を実施した体制について図表(1-3)-1に示す。

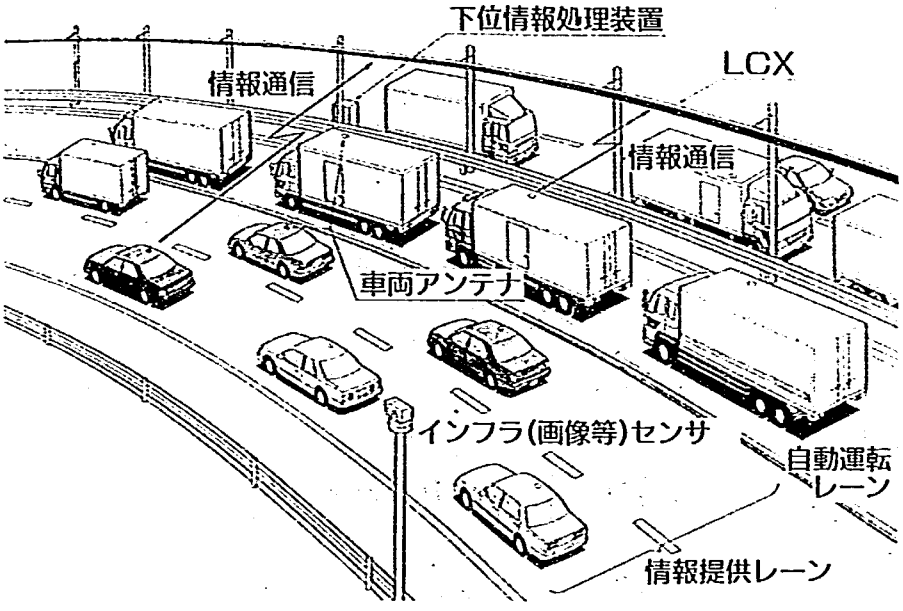
図表(1-3)-1　ＡＨＳの研究体制

年　度	体　制	成果等
平成元年度 ～平成２年度	建設省土木研究所単独研究 （（財）道路新産業開発機構自主研究）	――――
平成３年度 ～平成５年度	建設省土木研究所と（財）道路新産業開発機構間での共同研究 研究名：次世代道路交通システムの開発に関する研究	共同研究報告書：中・長期にわたる次世代道路交通システムの開発（その１） ［発行：建設省土木研究所、（財）道路新産業開発機構、平成５年12月］
平成６年度 ～平成８年度	建設省土木研究所と（財）道路新産業開発機構間での共同研究 研究名：車間側方コントロールシステムの開発に関する研究	共同研究報告書：車間側方コントロールシステムの開発（その１）及びＡＨＳ（その２） ［発行：建設省土木研究所、平成９年３月］ 報告書：車間側方コントロールシステム（ＡＨＳ）システムデザイン ［発行：（財）道路新産業開発機］

１．４　ＡＨＳの機能

ＡＨＳは図表(1-4)-1に示すとおりで道路に沿って設置された連続通信アンテナ（実験では漏洩同軸ケーブル：ＬＣＸを使用）と車両間で各種の双方向連続情報通信を行うことにより自動運転の実現を目指すシステムである。平成８年度は実道路を使用し自動運転と自動運転の課程で実現可能な安全走行システムについて技術開発を行った。なお、以下にそれぞれの概要について示す。

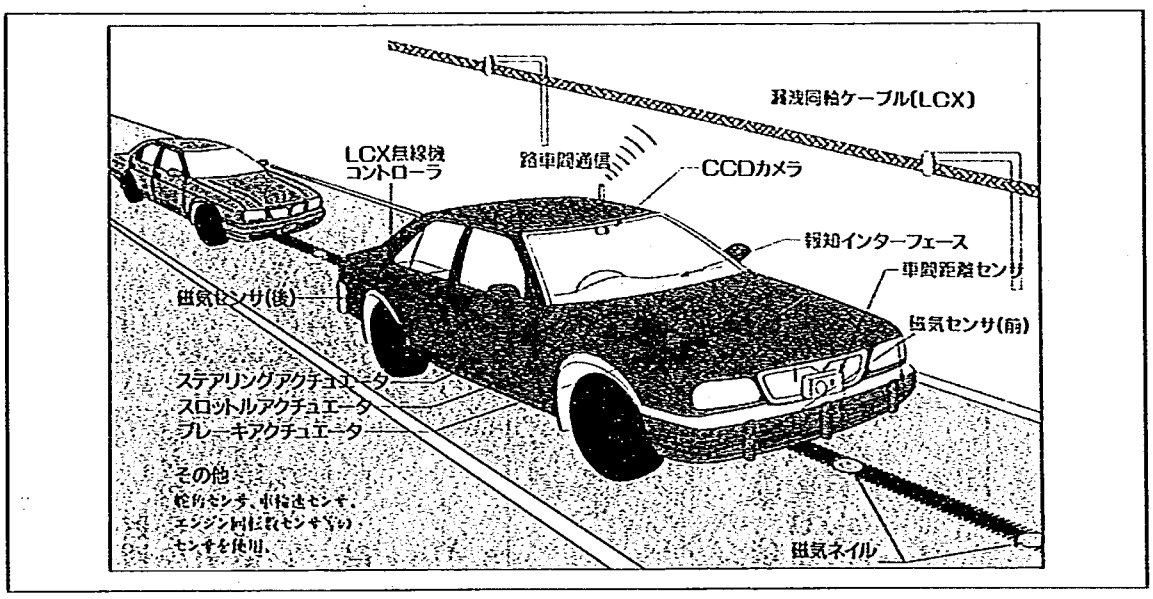
図表(1-4)-1　システムイメージ



１．４．１　実験車の機器構成

実験車は自動運転機能を有する車両11台（内５台は安全走行システム機能も保有）と安全走行システム機能専用車３台の計14台が実験に参加した。基本的な機能を自動運転機能実験車を例として図表(1-4-1)-1を用いて説明する。なお、各実験車の基本的な機器構成と機能を図表(1-4-1)-2に示す。

図表(1-4-1)-1　車両システム概念図



図表(1-4-1)-2　平成８年度ＡＨＳ実験車（自動運転実験車）の機器構成(1/2)

メーカー名 車種	車両位置 検出	前方レーダ	路車間通信	車車間通信	情報処理装置	情報告知 インターフェイス	備考
トヨタ自動車 クラウン	磁気ネイル 予備： CCDカメラ と白線	レーザ固定型	2.538GHz （車→路） 2.538GHz （路→車）	光通信装置 周期：66ms 速度：0.9MB/S 情報内容：車速、加速度 、ブレーキ作動情報 先行車制御情報、操舵角 （10bite程度）	16bit、3.8MIPS	CRT、音声	
日産自動車 プレジデント	磁気ネイル 予備： CCDカメラ と白線	レーザ固定型 スキャン型 ミリ波固定型		スペクトラム 拡散方式特定 小電力無線機	情報処理用、制御用 CPU各１台	CRT、HUD	
本田技術 研究所	磁気ネイル	レーザ固定型 ３台		スペクトラム 拡散方式特定 小電力無線機 周波数：2.4GHz 周期：12MS 速度：265b/s 情報内容：速度、加速度 、ブレーキ踏量、タイミ ング、起点からの絶対値 、前車の計画速度	インテル486 75M、４台 ステアリング制御用 速度制御用 通信制御用 全体制御用	CRT、音声	

図表(1-4-1)-2　平成８年度ＡＨＳ実験車（自動運転実験車）の機器構成(2/2)

メーカー名 車種	車両位置 検出	前方レーダ	路車間通信	車車間通信	情報処理装置	情報告知 インターフェイス	備考
三菱自動車 三菱電機	磁気ネイル 予備： CCDカメラ と白線	レーザ固定型		スペクトラム 拡散方式特定 小電力無線機 周波数：2.489GHz 周期：6.5MS 速度：19200bps 情報内容、自車速度、目標前後加速度、自車位置	インテル486DX2 75M、４台 ステアリング制御用 速度制御用 通信制御用 音声、表示系制御用		
マツダ ユーノス800	磁気ネイル	レーザ スキャン型		自動ブレーキ機能 隣接車線衝突防止機能 前方道路危険警告機能 道路線形表示機能	MC68040(25MHz)：情報処理用 16bitCPU：アクチュエータ制御用	CRT、メーター内CRT、音声、警告音	
住友電工 ディアマンテ	磁気ネイル	レーザ固定型		自動ブレーキ機能 隣接車線衝突防止機能 前方道路危険警告機能 パーシャルな自動運転機能	ペンティアム 32bitパソコン４台 情報処理用、レーザ制御用、車両制御用、全体制御用 8bitCPU 後輪操舵用	CRT、音声、警告音	コマンド音声入力機能 後輪操舵機能
デンソー クラウン マジェスタ	白線	レーザ スキャン型		自動ブレーキ機能 隣接車線衝突防止機能 前方道路危険警告機能 パーシャルな自動運転機能	ペンティアム 32bitパソコン４台 情報処理用、レーザ制御用、車両制御用、全体制御用 8bitCPU 後輪操舵用	CRT、音声、警告音	コマンド音声入力機能 後輪操舵機能

実験車には横方向の制御を行う機器として磁気ネイルセンサやＣＣＤカメラを搭載している。磁気ネイルセンサは路面中央に設置された磁気ネイルの磁界特性を、ＣＣＤカメラの場合は路側外測線を検知する。車両前面にはレーザ波やミリ波を用いたレーダを搭載しており、前方の障害物や前車との車間距離情報を収集する。

平面アンテナはＬＣＸと路車間通信を行うことにより道路の線形、区間毎の指示速度、道路線形等の情報を受信する。また、同一社内の実験車間ではスペクトラム拡散方式や光通信方式を用いスロットル、ブレーキの制御量等を後方の実験車に伝達し、車群の安定度を向上させる為の情報として利用している。

磁気ネイルセンサ、ＣＣＤカメラ、レーダ、平面アンテナを通して収集した情報は、情報処理装置に集約処理されステアリング、ブレーキアクチュエータの制御が行われる。安全走行システム実験車の場合も基本的な機器構成は同様だが、制御機能が一部省略されていること、情報表示用のインターフェイス機器（ＣＲＴ、ＨＵＤ等）が搭載されていることが異なっている。

１．４．２　実験での検証機能

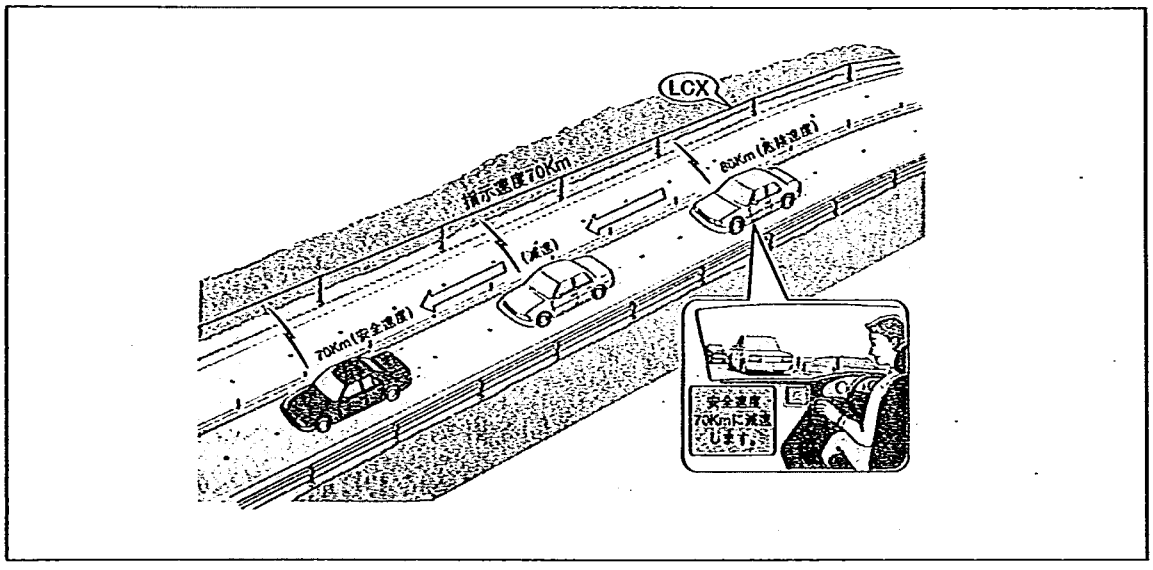
１）安全走行システム

以下の機能構築を行った。

（１）ＬＣＸからの指示速度に対応した上限速度保持機能

ＬＣＸからは走行区間毎に最適に走行可能な速度が指示されている。車両がその速度を超えるとドライバに警告を与えたり、自動ブレーキにより指示速度まで減速する機能である。この機能はドライバが長い下り坂等でうっかり速度を出しすぎた場合などの速度補正に利用可能であり、速度超過による車線逸脱事故などの防止に効果が期待できる（図表(1-4-2)1-1参照）。

図表(1-4-2)1-1　危険箇所における速度抑止



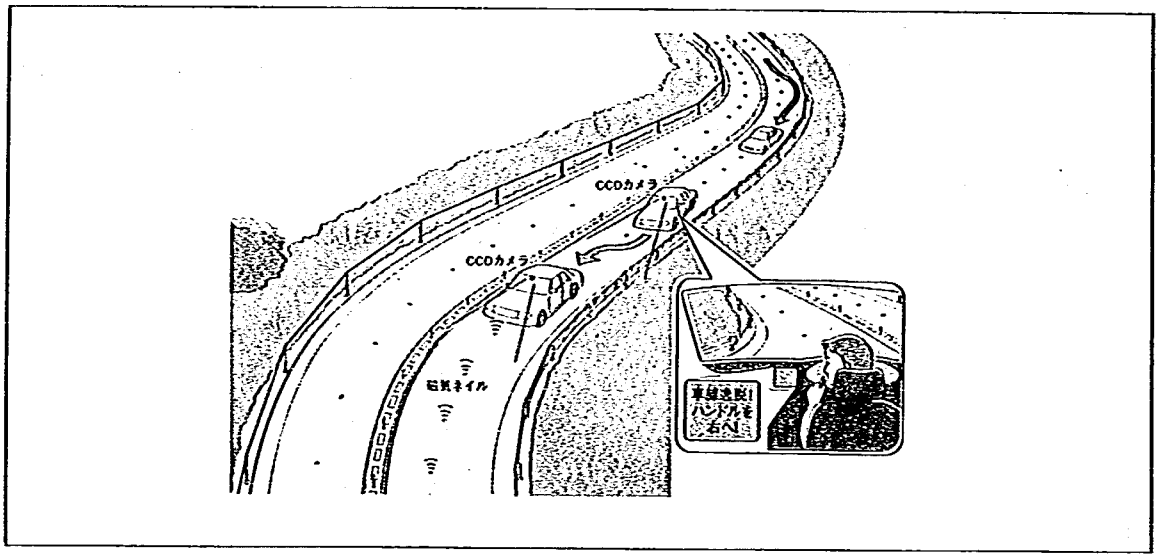
（２）ＬＣＸからの指示速度に対応したオートクルーズ機能

ドライバが車内で設定したオートクルーズを行う速度とＬＣＸから指示される速度を比較し、設定速度が指示速度よりも高ければ、指示速度まで減速する機能である。この機能によって道路構造を考慮したより安全なオートクルーズが可能となる。

（３）車線逸脱警告機能

道路に設置された磁気ネイルや白線を検知することにより車両が車線を逸脱しそうになるとドライバに警告を与える。この機能によりドライバの不注意による路外逸脱事故が防止可能となる。また、この機能をさらに発展させてステアリングを制御する機能を付加すれば、霧や豪雨による視界不良時でも車両を安全に走行させることが可能となる（図表(1-4-2)1-2参照）。

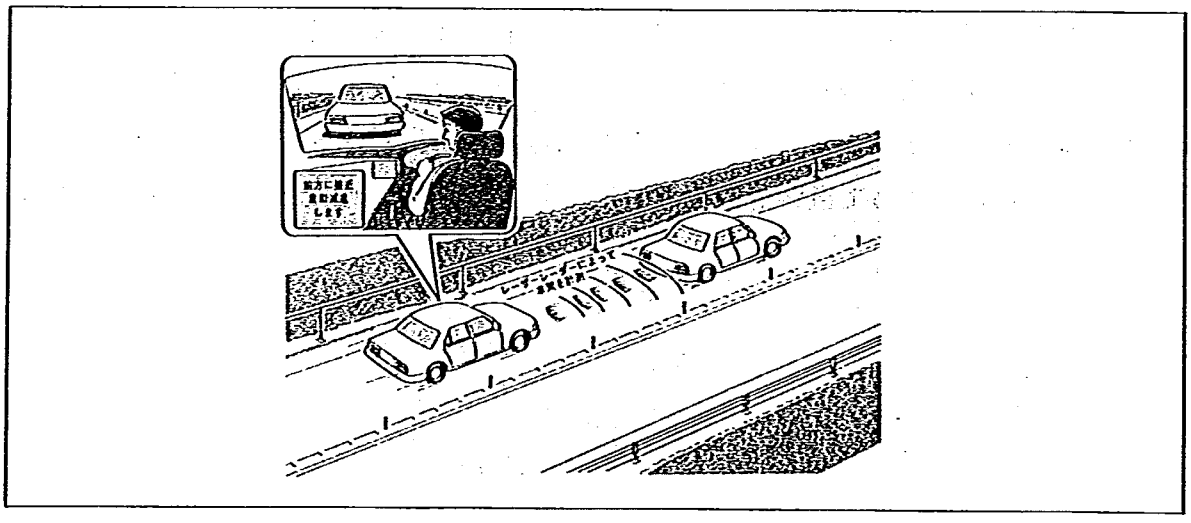
図表(1-4-2)1-2　車線逸脱警告



（４）レーダによる車間維持機能

レーザレーダを使用し、前方車との車間を計測し、前方車への追従走行（前方車に合わせて加減速）を行う機能である。この機能により前方車への追突が防止可能となる（図表(1-4-2)1-3参照）。

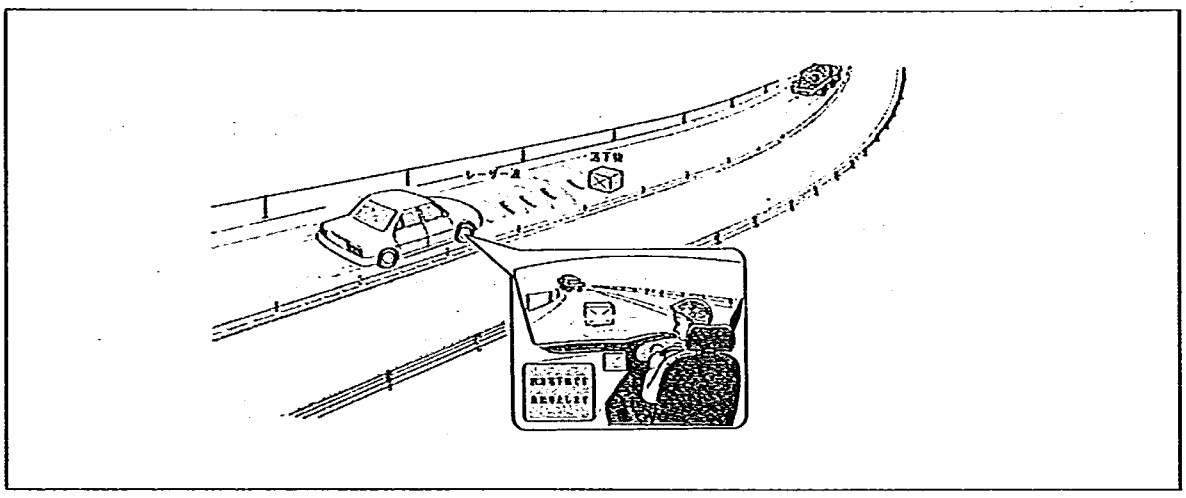
図表(1-4-2)1-3　レーダによる車間維持機能



（5）レーダによる自動停止

レーザレーダを使用し落下物等の障害物を検出し自動停止を行う（図表(1-4-2)1-4参照）。

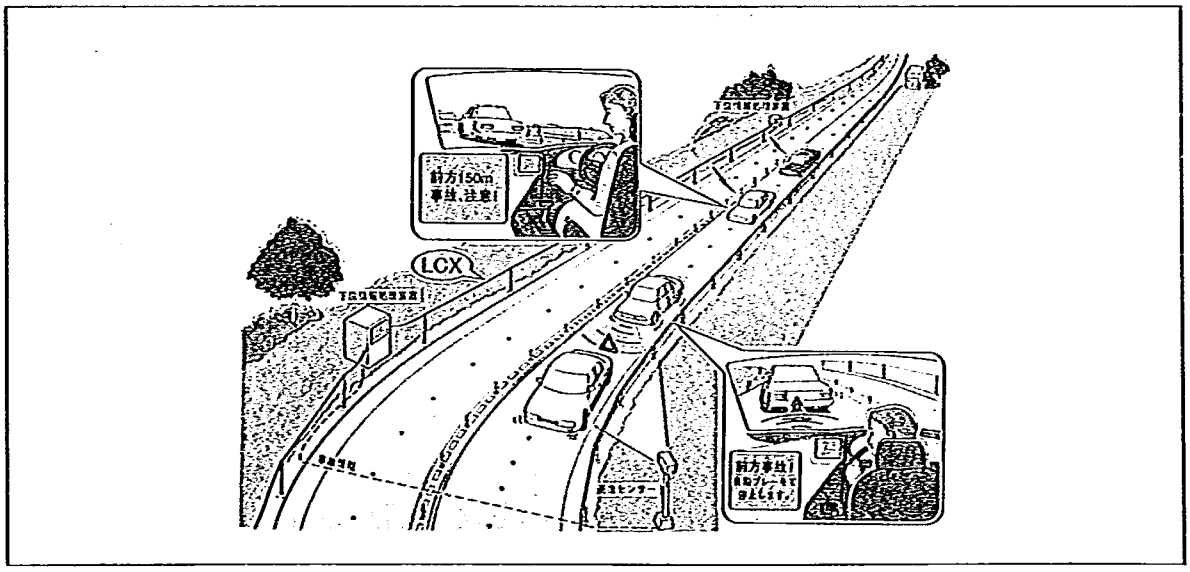
図表(1-4-2)1-4　レーダによる自動停止



（6）前方道路危険警告機能

ＬＣＸから前方で発生した危険情報（事故等）を事前にドライバへ警告する機能である。この機能により、ドライバは前方で発生した危険を事前に検知することが可能となり、多重追突事故の防止が可能となる（図表(1-4-2)1-5参照）。

図表(1-4-2)1-5　前方危険情報による緊急停止実験



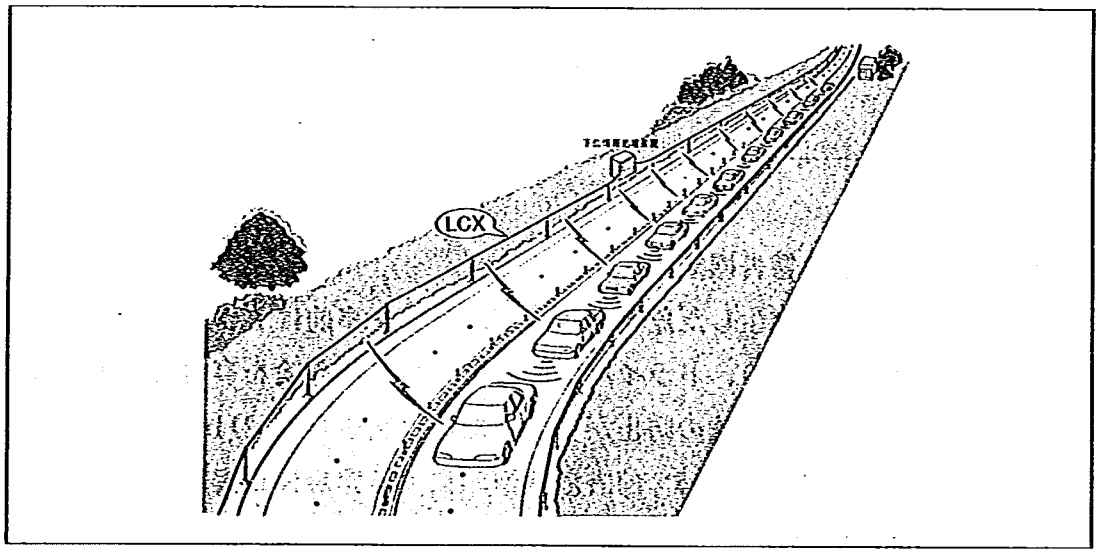
（７）パーシャルな自動運転

携帯電話をかけるときや地図を見るときなどに、前方車との車間距離、走行車線を一時的に維持することによりドライバを運転操作から解放する機能である。

２）自動運転

ＬＣＸからの指示速度と車両に搭載されたレーダによって車間制御を行いながら複数台の車群を構成し発進、加減速、停止に至る完全な自動走行を行う（図表(1-4-2)2-1参照）。

図表(1-4-2)2-1　11台の車群構成による自動運転



１．５　ＡＨＳ研究項目

ＡＨＳの開発に向けて本共同研究においては、インフラセンサ、通信制御、車両に関する様々な研究開発課題について実験を中心とした検討を行った。

本共同研究における検討テーマを図表(1.5)-1に示す。

図表(1.5)-1　共同研究における検討テーマと担当検討班(1/2)

○：共同研究報告書「土木研究所における機能検証実験を中心として」にて報告
●：共同研究報告書「上信越道における実道路実験を中心として」にて報告
◎：上記２者にて報告
［　］：実道実験プロジェクトにて検討

研究目的	研究項目	担当		
		ｲﾝﾌﾗ	通信制御	車両
・車間及び側方のｺﾝﾄﾛｰﾙに必要な各種情報収集技術の確立	・道路・交通状況に関する情報を高精度、自動、時間連続的にｾﾝｼﾝｸﾞ可能な画像ｾﾝｻの開発			
	－渋滞監視	◎		
	－落下物検知	●		
	－停止車両検知	◎		
	・AHSに必要な個別の事象情報を高精度、自動、時間連続的にｾﾝｼﾝｸﾞ可能な画像ｾﾝｻの開発			
	－路面湿潤検知	◎		
	－路面凍結検知	◎		
	－霧検知	○		
	－ﾄﾝﾈﾙ煤煙検知	◎		
	－越波検知	○		
	－飛砂検知	◎		
	－DGPSによる車両位置検知	●		
	・上記画像ｾﾝｻ以外のｾﾝｻの開発			
	－音ｾﾝｻ(交通状況検知)	◎		
	・実環境下での情報収集装置の機能検証			
	－情報伝送時間の検証	[●]		
	－性能検証	[●]		

図表(1.5)-1　共同研究における検討テーマと担当検討班(2/2)

研究目的	研究項目	担当		
		インフラ	通信制御	車両
・高度(リアルタイム、連続)な路車間無線通信システムの構築に資する通信媒体(LCX)及びその活用方法の確立	・LCXの通信特性の見極めと活用方法の確立 －電波干渉対策 －外乱要因対策 －適切な布設方法の確立 ・通信特性を向上させたLCXの開発 －指向性の付与 －広帯域化		○ ○ ○ ○ ○	
・高度(リアルタイム、連続)な路車間無線通信システムの構築	・LCXを用いた路車間通信システムの伝送時間、処理能力等の評価 ・通信、情報提供に関するシステム機能・性能評価 ・実道路における通信特性の検証 －電界強度と誤り率の測定 －通信機能、性能、信頼性、方式、操作性		○ ○ [●] [●]	
・実用化に向けた通信ネットワークの構築	・通信ネットワークに関するシステムデザインの確立		●	
・情報提供・警告機能、自動運転機能を満たす車両の開発	・前方道路危険警告機能実験車の開発 －前方道路危険警告機能の検証 －非常時通報機能の検証 －ヒューマンインターフェイスの情報提供機能検証 ・自動運転基礎実験車の開発 －LCX通信を用いた車間コントロールシステムの開発 －磁気ネイルセンサを用いた側方コントロールシステムの開発 －ヒューマンインターフェイスの情報提供機能検証 －道路構造(縦断・横断勾配、道路線形)を反映した車両制御機能の検証 －車載機器の外乱要因対策(天候、路面凹凸、乗車人員の影響の把握) ・複合技術の検証 －各種想定機能の有効性の検証 －車群制御技術の開発			[◎] [◎] [◎] [◎] [◎] [◎] [●] [●] [●] [●]

2章　ＡＨＳ実道路実験の概要

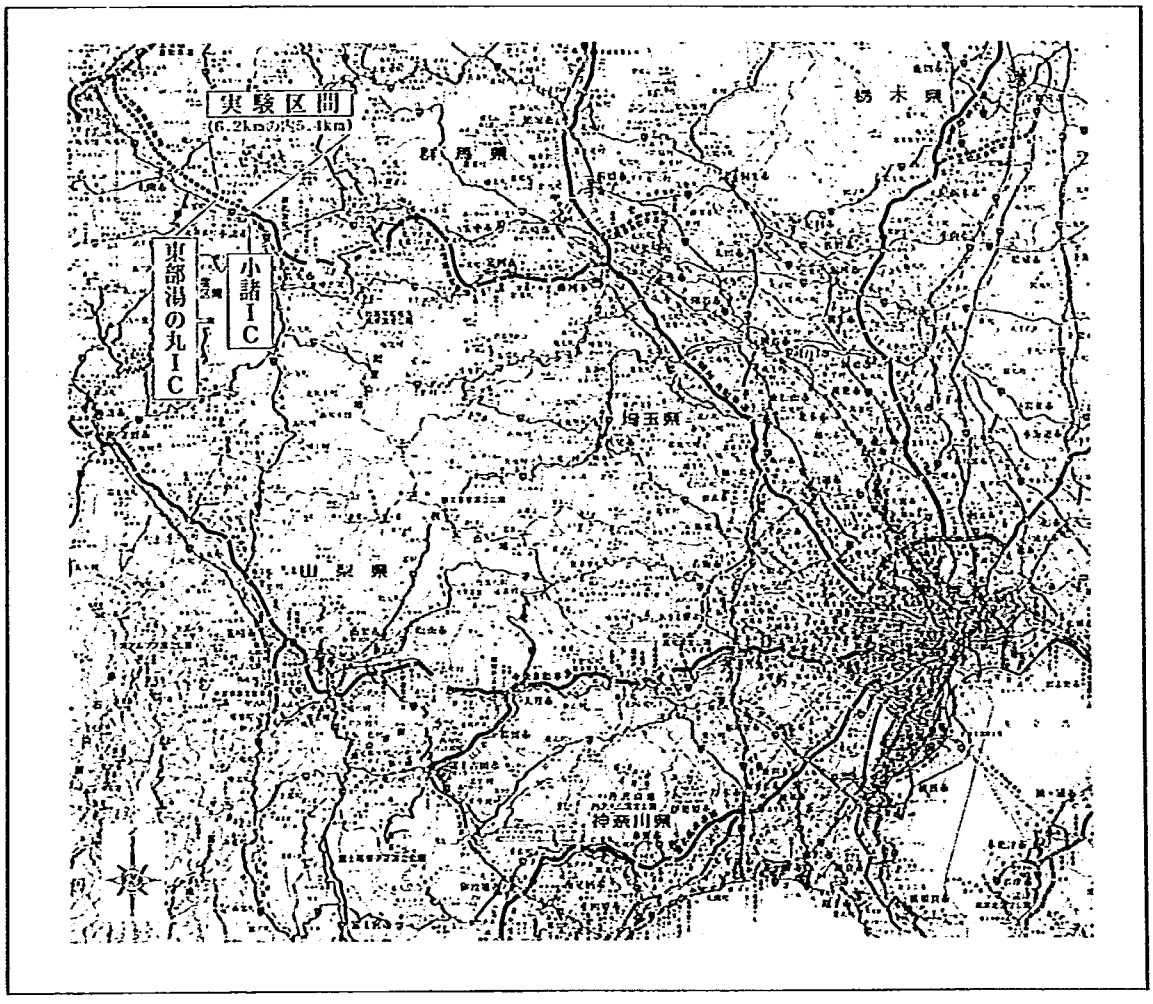
2．1　実道路実験施設の概要

2．1．1　実験の経緯と必要性

平成７年11月、建設省土木研究所構内の試験走路においてＡＨＳ実験車の走行実験が行われ自動運転の基礎機能、連続情報通信による前方危険情報の提供（前方道路危険警告機能）の検証を行った。この実験によってＡＨＳの機能の有効性を検証するとともにＡＨＳを開発していく上での様々な技術的課題の抽出が行われた。

その課題の中でも縦横断勾配や橋梁の影響など、実際の道路構造での機能検証が必要なことが強く指摘された。そこで平成８年度に日本道路公団の協力を得て、上信越道小諸ＩＣ～東部ＩＣ間の5.4kmに実験施設を架設し実験を実施することになった。

図表(2-1-1)-1　実験区間概要



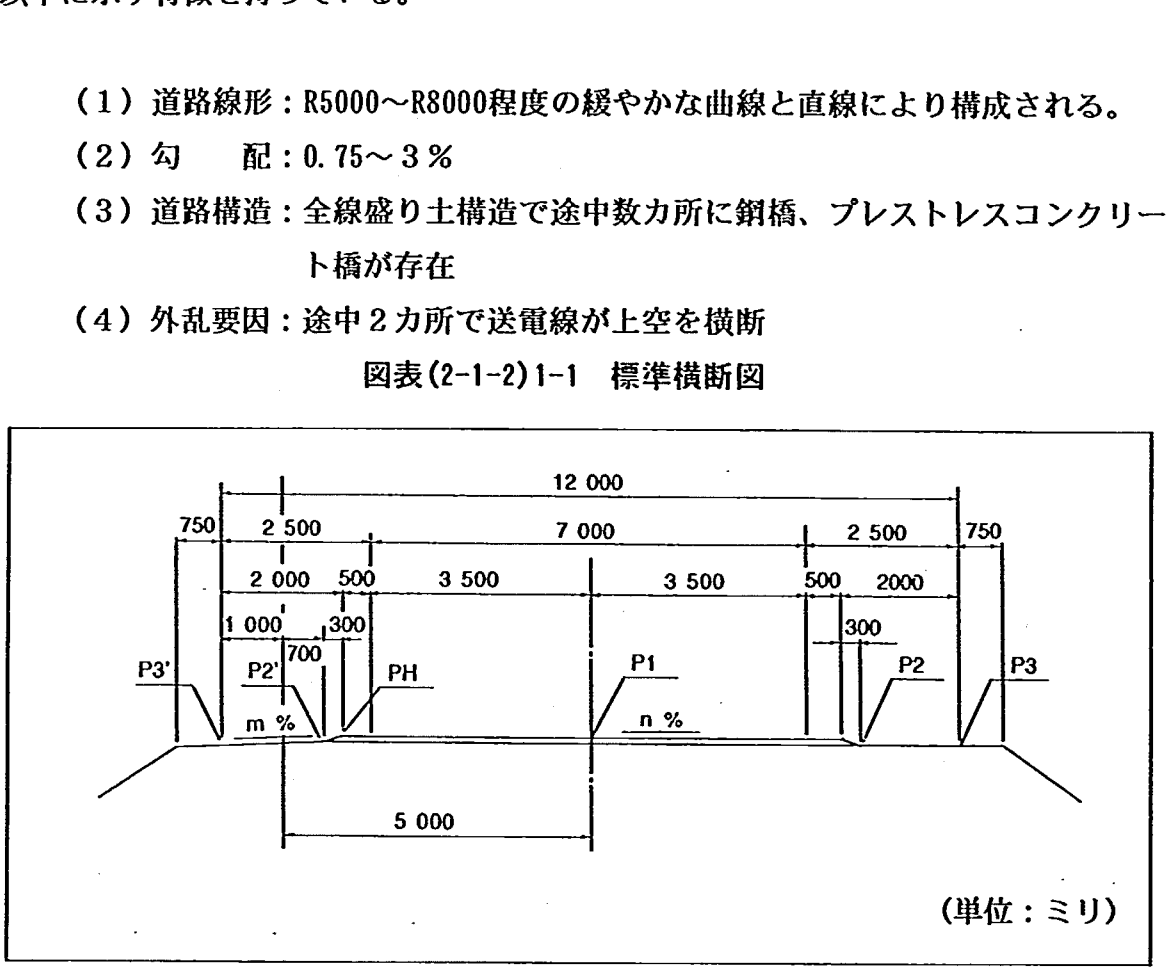
２．１．２　実験フィールドと実験施設の構成と特徴

１）実験フィールド

実験フィールドは図表(2-1-2)1-1に示すとおり暫定２車線の１種３級の高速道路で以下に示す特徴を持っている。

（１）道路線形：R5000～R8000程度の緩やかな曲線と直線により構成される。
（２）勾　　配：0.75～３％
（３）道路構造：全線盛り土構造で途中数カ所に鋼橋、プレストレスコンクリート橋が存在
（４）外乱要因：途中２カ所で送電線が上空を横断

図表(2-1-2)1-1　標準横断図

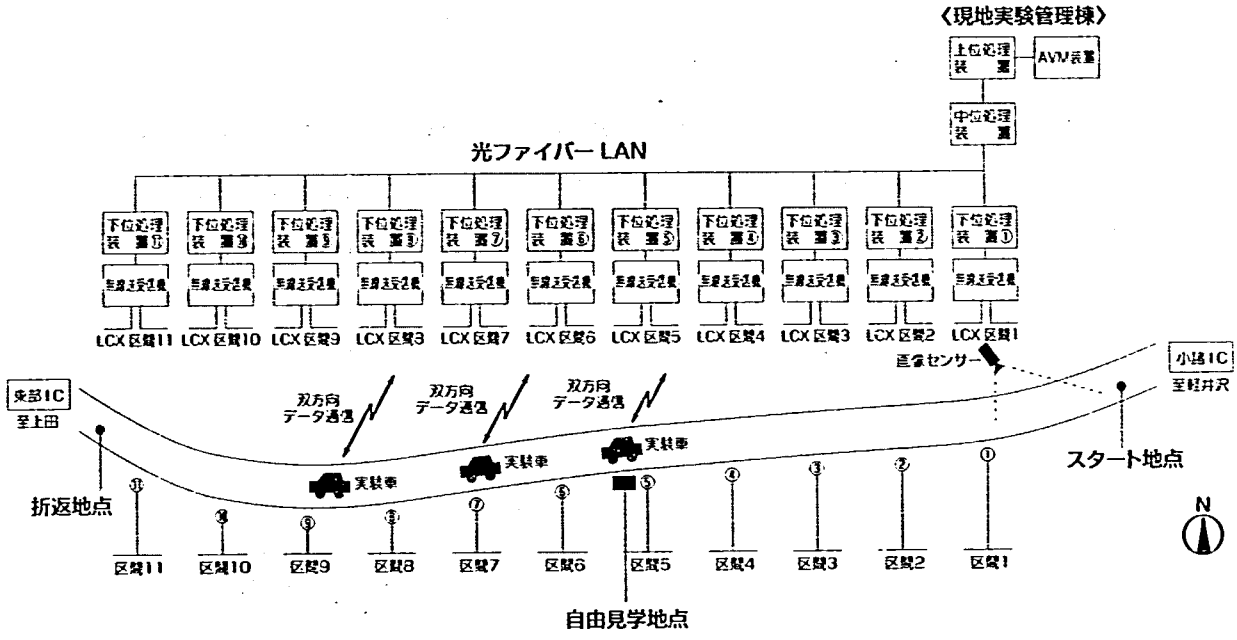


2）実験施設の構成

実験施設は以下に示す機器から構成されている。実験施設の構成を図表(2-1-2)2-1に示す。

通信用ＬＣＸケーブル	5.47Km
磁気ネイル	5,570個
下位情報処理装置	11基
中位情報処理装置	３基
上位情報処理装置	１基
ＡＶＭ装置	１台
画像センサ（可視カメラ）	１台

図表(2-1-2)2-1　実験システムの構成



3）実験施設の特徴

道路構造と実験内容に対応するため平成７年度に土木研究所構内に構築した実験施設に対して以下の特徴を持っている。

（１）通信フォーマットを暫定２車線に対応した構造に変更

今回の実験では上下線を走行する実験車に対して１本のＬＣＸから情報提供を行うため、上下線のデータを一度に送信する通信フォーマットに変更した。また、車載アンテナも空中線切り替え機を用いて２アンテナを切り替える方式を採用した。

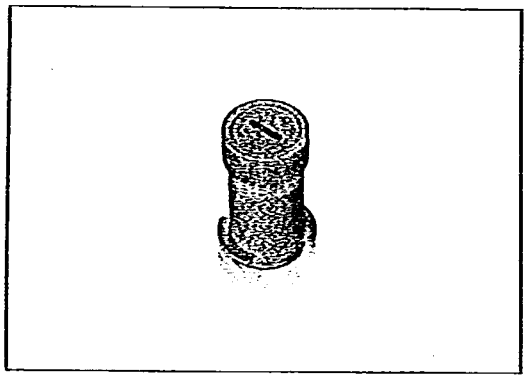
（２）中位情報処理装置の追加

今回の実験では１機の下位情報処理装置内に11台以上の車両が存在するため下位情報処理装置の処理負担の増加に対応するためにデータ集配信機能、受信データ編集機能を中位情報処理装置に移行し機能負担を軽減した。

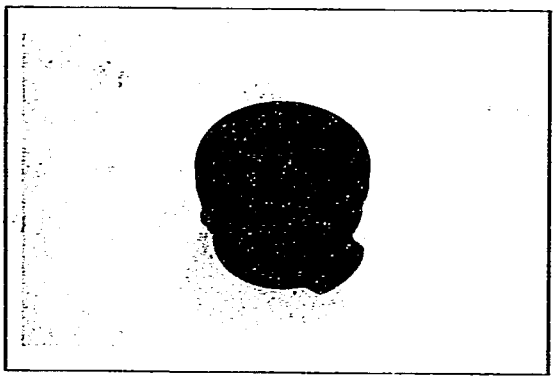
（３）磁気ネイルの設置間隔２ｍに変更及び、橋梁部に扁平磁気ネイルを採用

今回の実験では磁気ネイルの設置間隔を２ｍ（昨年度の土木研究所構内では１ｍ）に変更するとともに、橋梁部では橋梁の舗装部の厚さに対応した扁平ネイルを作成し設置した。なお、磁気ネイルの外形を図表(2-1-2)3-1及び図表(2-1-2)3-2に示す。

図表(2-1-2)3-1　通常ネイル



図表(2-1-2)3-2　扁平ネイル



２．２　車両システム

実験車は自動運転基礎実験対応車が９台（うち、３台は前方道路危険警告機能と共用）、前方道路危険警告機能対象車が５台となっている（詳細は車両の解説部分に掲示）。

２．２．１　安全走行システム実験車

１）概要

・前方道路危険警告機能

ＬＣＸとの連続通信を行うことで前方で発生した事故や渋滞を瞬時に受信できる。

・非常時通信機能

走行中に目撃した事故や、自車の異常を任意の地点でＬＣＸを通して道路管理者に通報する。

・ＨＭＩ（ヒューマンインターフェイス）

コース地図と現在位置・運転モード、ＬＣＸとの通信状態・指示速度、前走車または後走車の車速・車間距離をディスプレイ上に表示する。また、音声による案内や視線移動の少ないＨＵＤ（ヘッドアップディスプレイ）、詳細情報を見るＣＲＴがある。人間にとって最も適切な形で情報を提供する。

なお、各実験車の担当メーカーを図表(2-2-1) 1-1に示す（詳細は以降を参照）。実験車はメーカーごとに担当したので以降ではメーカーごとに実験車の内容を示す。

図表(2-2-1) 1-1　担当メーカー

	担当メーカー
実験車１	トヨタ自動車株式会社
実験車２	日産自動車株式会社
実験車３	三菱自動車工業株式会社
実験車４	三菱電機株式会社
実験車５	本田技研工業株式会社
実験車６	マツダ株式会社
実験車７	住友電気工業株式会社
実験車８	株式会社デンソー

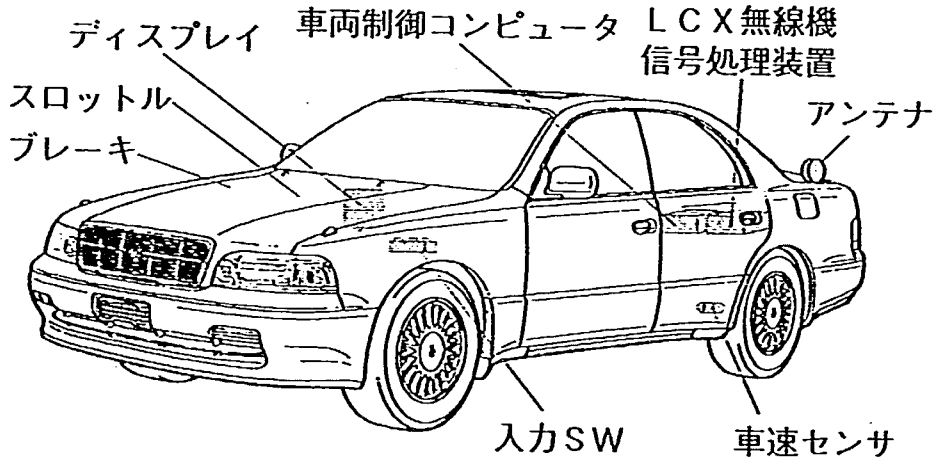
2）実験車その１（トヨタ自動車株式会社）

（１）実験車の機能

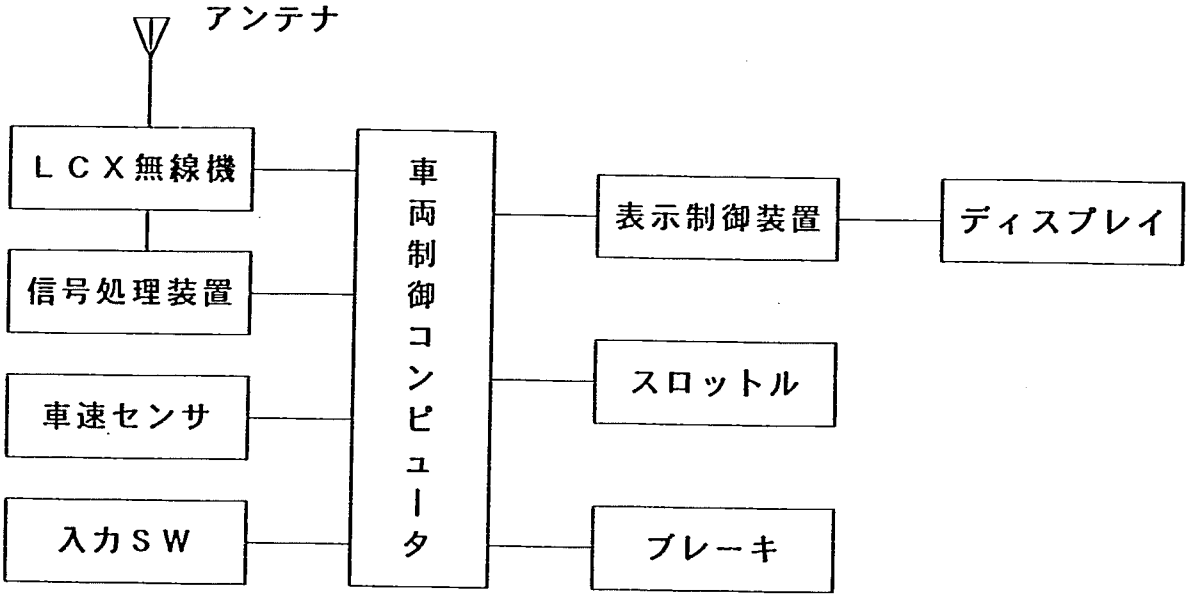
実験車はＬＣＸとの連続相互通信を行う事により、前方で発生した事故や渋滞の情報を速やかにドライバへ表示する前方道路危険警告機能と、必要に応じて自動ブレーキ制御を行う運転保持機能を有する。

（２）実験車の機器構成と仕様

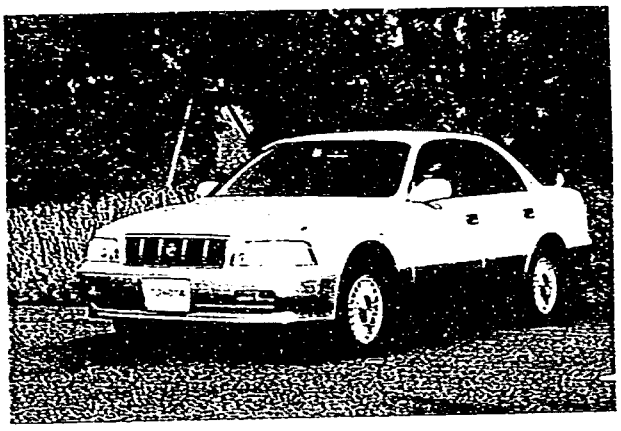
図表(2-2-1) 2-1　機器搭載状況



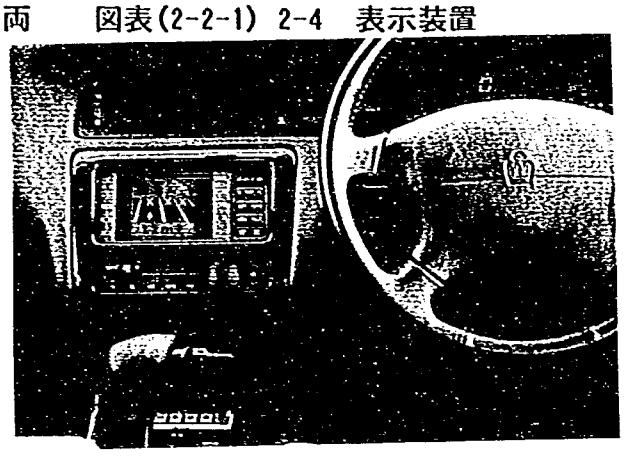
図表(2-2-1) 2-2　システム構成



図表(2-2-1) 2-3　情報提供警告機能実験車両

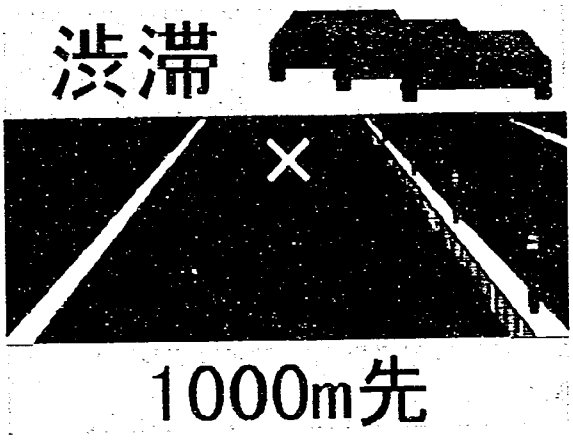


図表(2-2-1) 2-4　表示装置

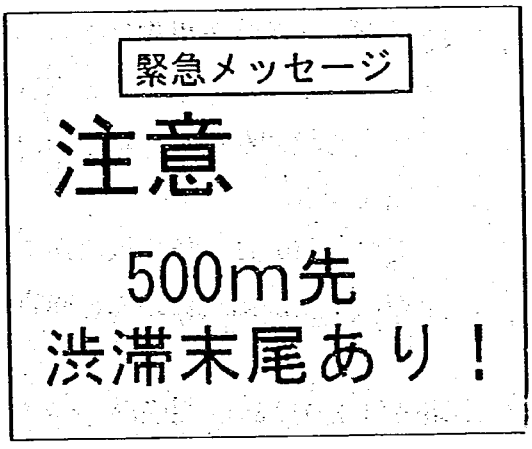


図表(2-2-1) 2-5　表示例

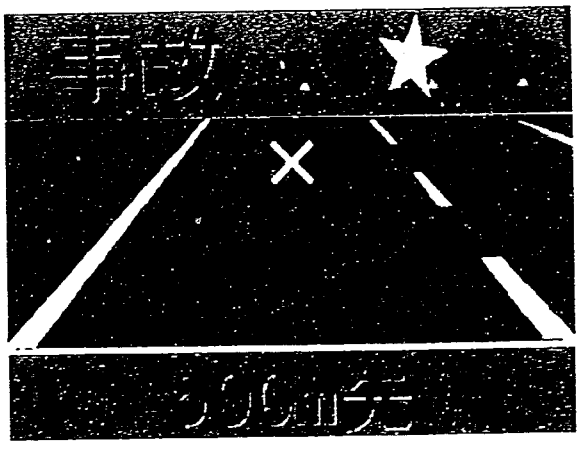
表示例１



表示例２



表示例３



表示例４



3）実験車その２（日産自動車株式会社）

（１）実験車の機能

①情報提供機能

情報提供機能は、道路側に設置されたＬＣＸ（同軸漏洩ケーブル）と車両との連続通信により、ドライバが発見できない遠方の事故や渋滞等の情報を早期に知らせたり、分岐や合流といった道路構造や道路環境の変化について知らせることができる。

②運転補助機能

運転補助機能は、車線を逸脱しそうになた場合、ＬＣＸ指示車速を超過している場合、前方との車間距離が危険車間になった場合等に、表示、音声を利用して警告し、ドライバに適切な運転操作を促す。

また、スイッチ操作により、ＡＣＣ（アダプティブクルーズコントロール）が作動し、ドライバが希望する車速で一定走行が自動で行われる。この場合、ＬＣＸ指示車速を越えないように車速が選択される一方、前方車に近づくと自動的に前方車追従を行う。

更に、前方に事故や渋滞があって、進路をふさがれている場合には、ＬＣＸより早期に警報が出ると共に、障害物の直前で自動停止を行う。

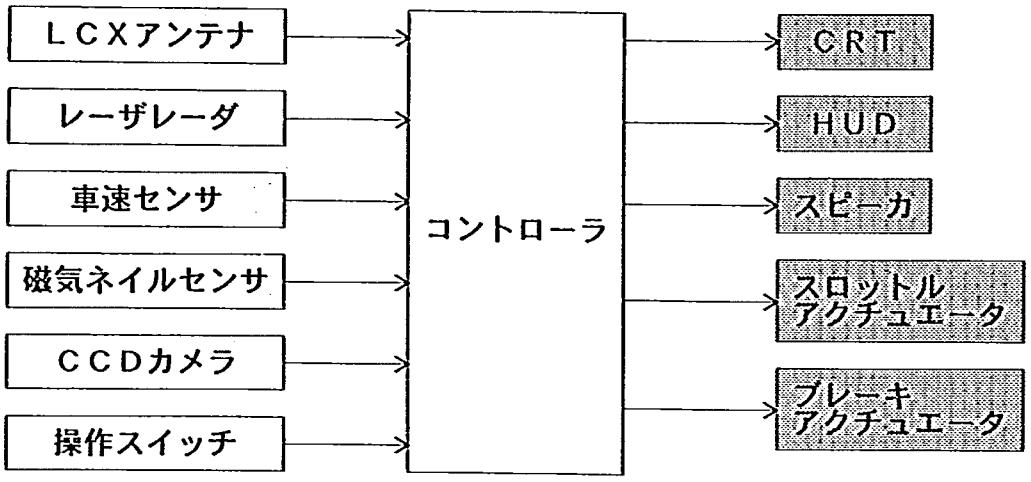
図表(2-2-1) 3-1　報知インターフェイス外観



緊急性の高い事故情報等は
ＨＵＤ（ヘッドアップディスプレイ）に表示される。
ＣＲＴには通常、ナビゲーション装置として、道路地図がバードビュー表意されるが、緊急時にはＨＵＤの表示内容より詳細な情報の表示に自動的に切り替わる。

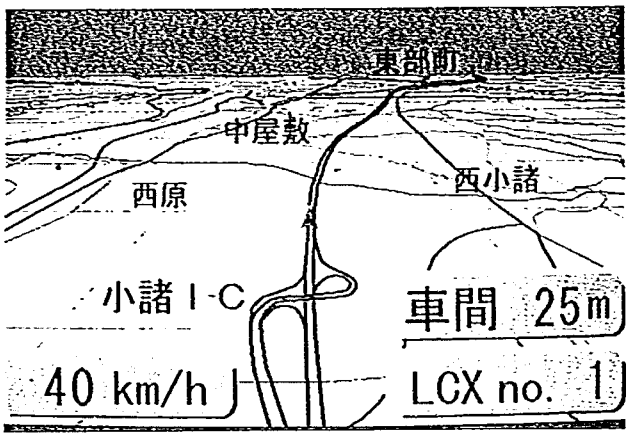
（２）実験車の機器構成と仕様

図表(2-2-1) 3-2　システム構成

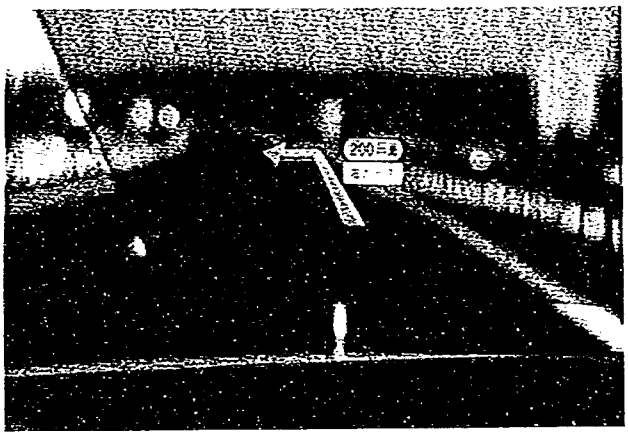


図表(2-2-1) 3-3　情報表示例

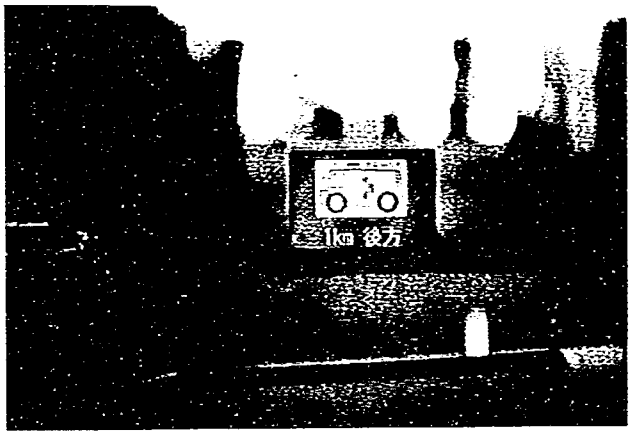
車両位置表示



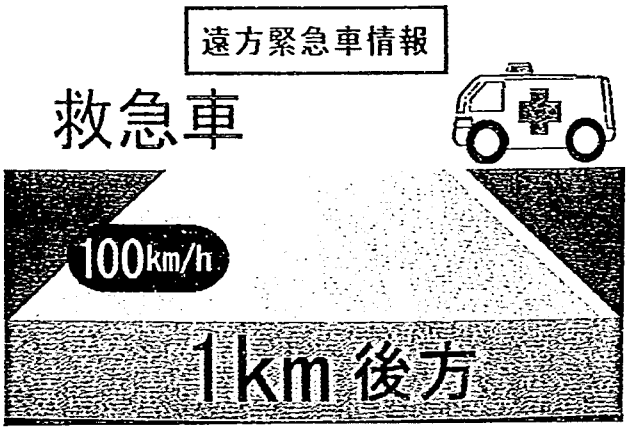
道路形状表示



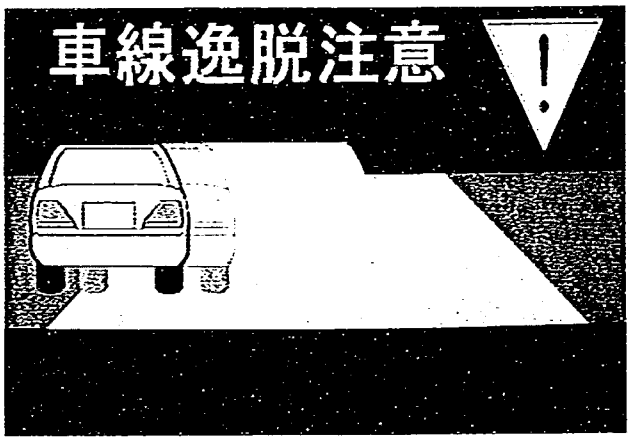
緊急車情報（ＨＵＤ表示例）



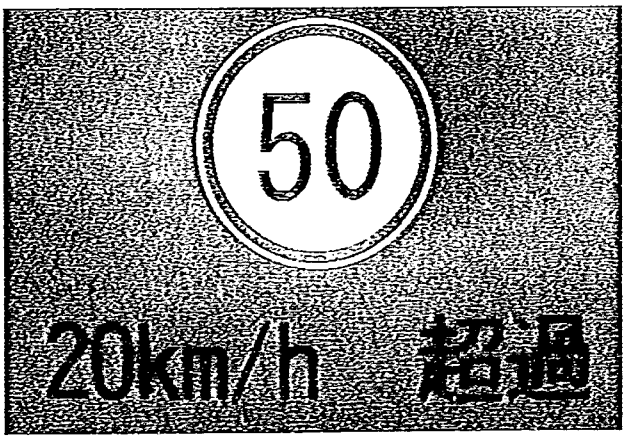
緊急車情報（ＣＲＴ表示例）



車線逸脱警報



速度超過警報



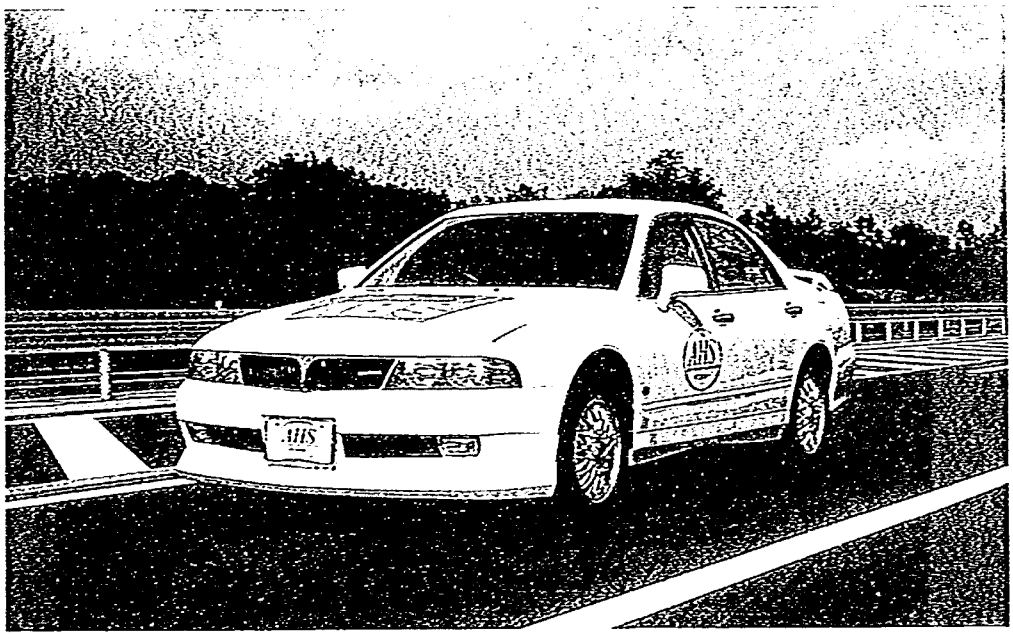
4）実験車その３（三菱自動車工業株式会社）

（１）実験車の機能

本システムは、ＬＣＸ通信によって道路側から提供された前方道路情報をＣＲＴディスプレイ上に表示し、さらに、音声により案内・警告してドライバの安全運転を補助する。また、車両側で検出した事故・車両故障などのリアルタイム情報をＬＣＸ通信により道路側へ伝送する機能を有する。

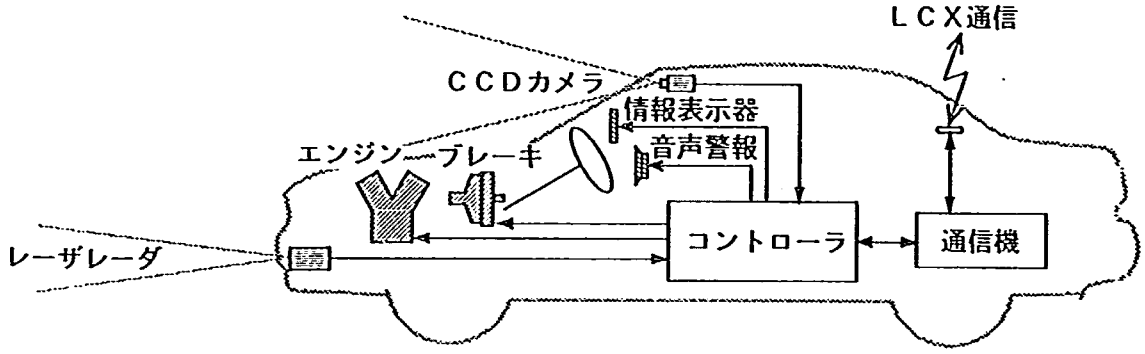
これらの情報提供機能に加え、ＬＣＸ通信による道路側からの走行指示と車載のセンサ情報に基づき、エンジン出力とブレーキを総合的に制御し、安全で快適な運転を補助する、１）ＬＣＸ通信から得られる指示速度で定速走行する機能、２）車間距離を自動調節する機能、３）スピードの出しすぎに対し軽い警告ブレーキを行う機能、４）ＬＣＸからの緊急停止指示に対応し自動停止する機能、５）車線からの逸脱を防止する機能を実現する。

図表(2-2-1) 4-1　安全走行システム実験車両外観



（２）実験車の機器構成と仕様

図表(2-2-1) 4-2　実験車の機器構成

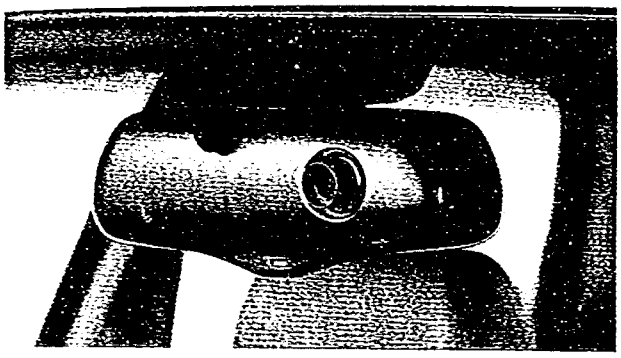


エンジン：電子制御負圧アクチュエータによりスロットル開度を調節

ブレーキ：電子制御負圧ブースタによりブレーキ力を調節

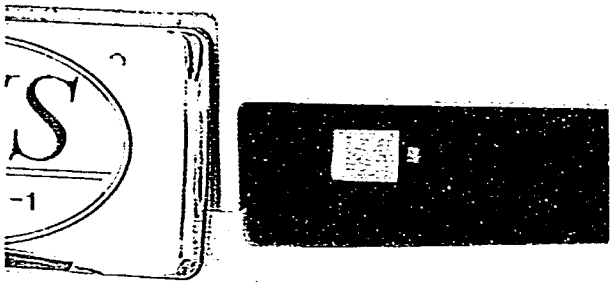
図表(2-2-1) 4-3　認識機能

ＣＣＤカメラ



先行車両と走行レーンを画像処理により認識し、障害物となるかどうかを判断

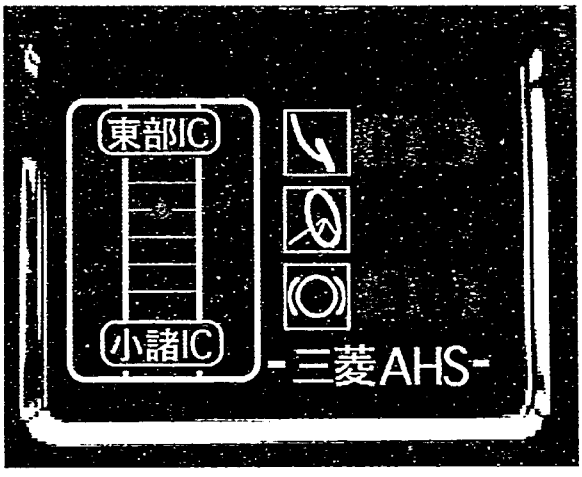
レーザレーダ



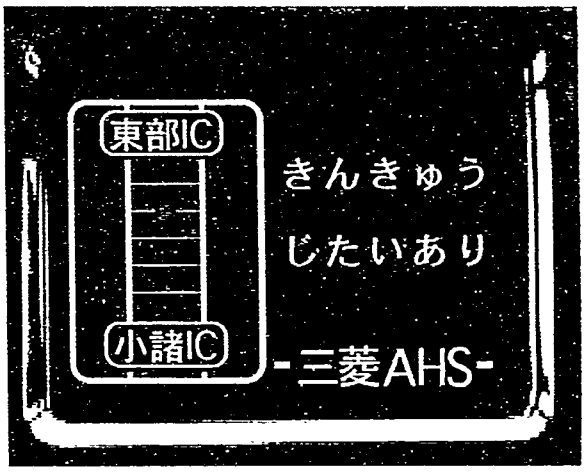
前方車両・障害物との距離を計測

図表(2-2-1) 4-4　情報表示例

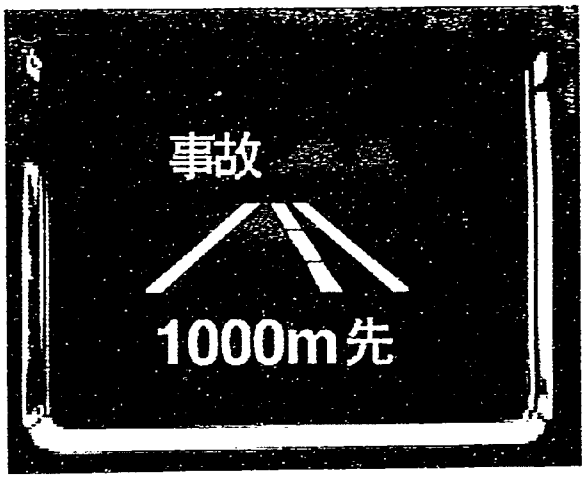
表示例１



表示例２



表示例３



表示例４



5）実験車その４（三菱電機株式会社）

（１）実験車の機能

①運転補助機能

定速走行モードにおいて、ドライバが指示した車速が道路側とのＬＣＸ通信による指示速度以上の場合には、ＬＣＸ指示速度まで自動減速し、常にＬＣＸ指示速度を制限速度とする安全な定速走行を行う。また、マニュアル運転時にＬＣＸ指示速度を越えた場合には運転者に音声と表示で警告する。

ＬＣＸ通信により得られた事故車等の障害物情報と、レーザレーダ、磁気センサ、車両速センサ等の車両搭載センサの情報より、障害物を的確に捉えて、障害物に対し、安全な距離で自動停止が可能となる。

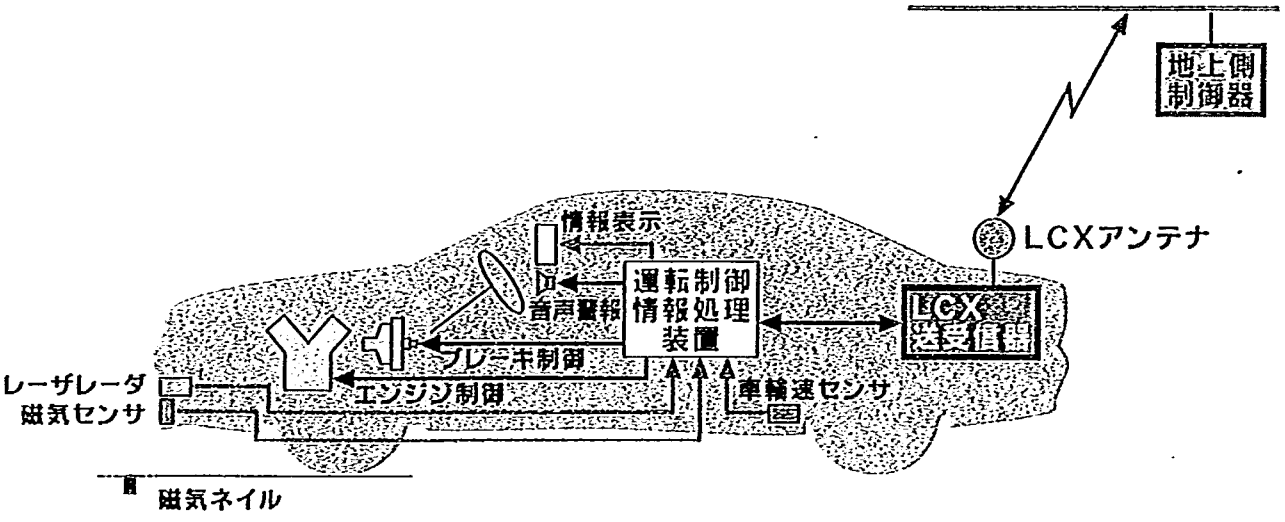
②情報提供機能

ＬＣＸと車両との連続双方向通信により、道路側より提供された遠方の事故や状渋滞等の情報、道路構造や道路環境の変化等の情報を、わかりやすい表示と音声でドライバに提供し、ドライバの安全運転を支援する。

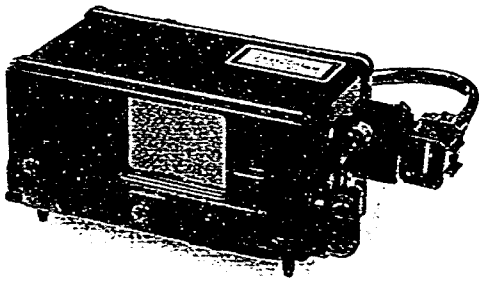
自動の故障や万一の事故の際に、ドライバが入力装置を操作することにより、ＬＣＸを介して発生位置や内容を道路側に迅速な通報が可能となる。

（２）実験車の機器構成と仕様

図表(2-2-1) 5-1　実験車のシステム構造

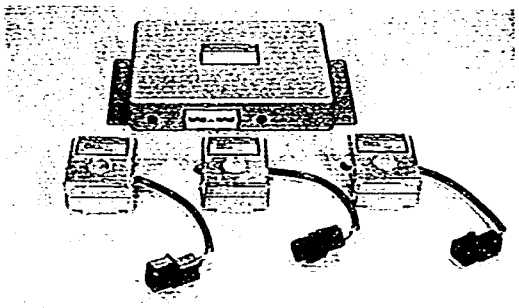


図表(2-2-1) 5-2　レーザレーダ
（フロントバンパ内に取付）



前方車両との距離を計測

図表(2-2-1) 5-3　磁気センサ
（フロントバンパ内に取付）



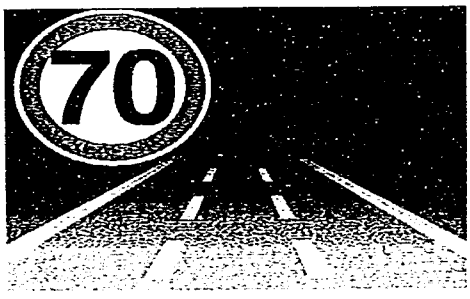
道路に埋設された磁気ネイルを掲出し自動車位置を計測

ＬＣＸ通信による情報は、前席のカラー液晶ディスプレイにドライバが認識しやすい絵文字で表示される。

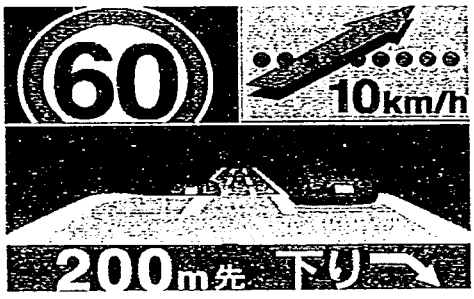
通常走行時はＬＣＸの指示速度が制限速度として表示され、事故、渋滞等の情報や道路情報がある場合には、緊急性の高いものを優先して表示する。

図表(2-2-1) 5-4　表示例

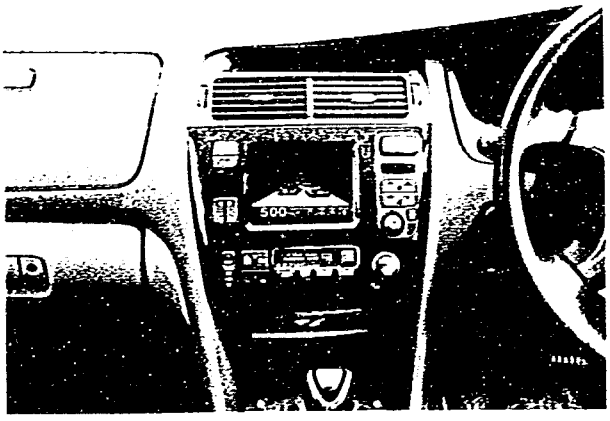
制限速度表示



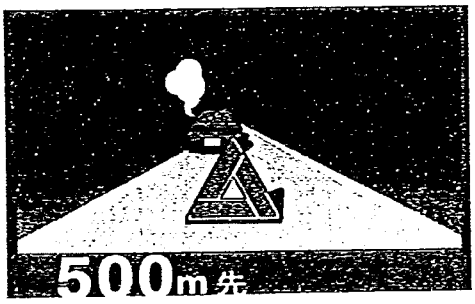
道路情報表示



表示装置



前方事故表示



前方落下物表示



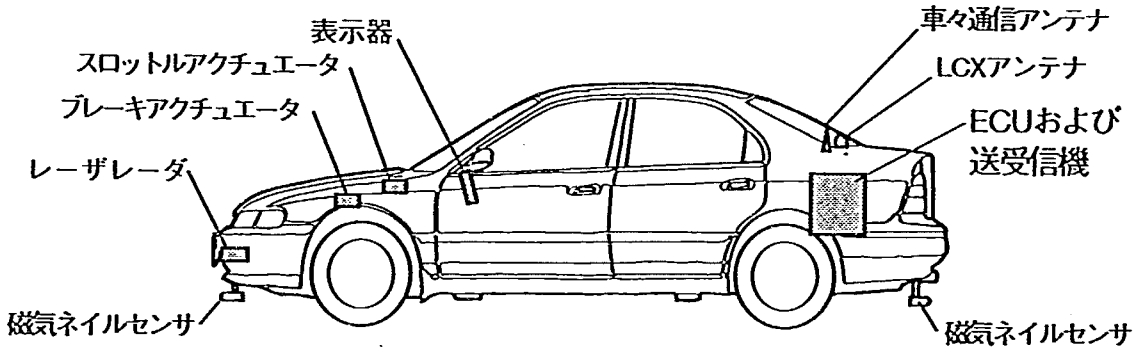
6）実験車その５（本田技研工業株式会社）

（１）実験車の機能

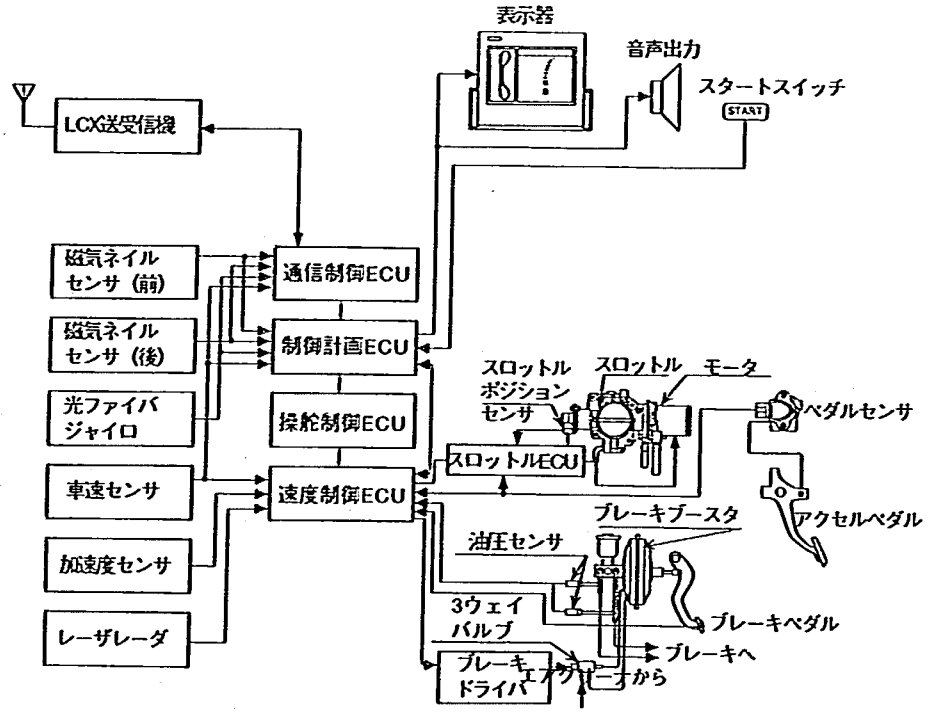
運転支援実験車は、ＬＣＸから送られてくる前方道路の事故発生等の事象情報を画像と音声を用いてドライバに伝達する。また、レーザレーダを用いて、前走車に接近したときに一定の車間距離を維持しながらのオートクルーズ走行や、前方に事故等の停止車がある場合や前走車が急停止をした場合の緊急停止を自動で行う。さらに、路面に埋設された磁気ネイルによる車両位置検出システムと光ファイバジャイロ、車速センサを用いた慣性航法によって車線逸脱警報を行う。

（２）実験車の機器構成と仕様

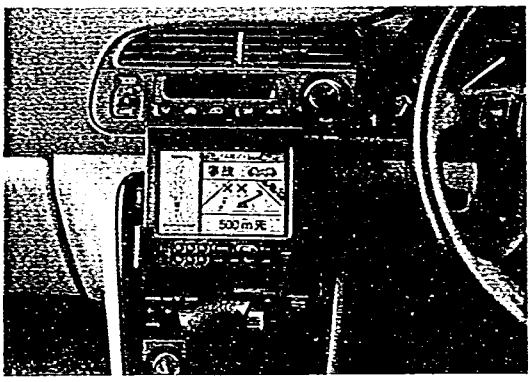
図表(2-2-1) 6-1　システム配置図



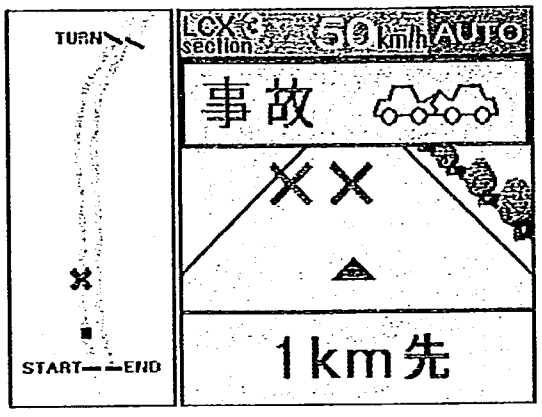
図表(2-2-1) 6-2　システム機器構成



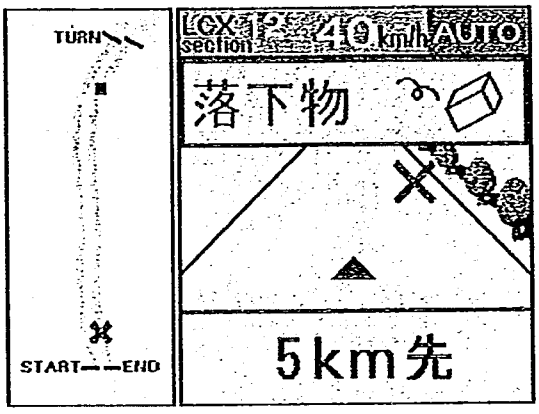
図表(2-2-1) 6-3　車室内表示



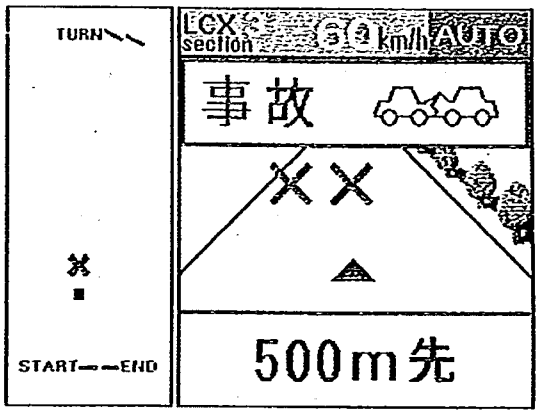
図表(2-2-1) 6-4　表示例



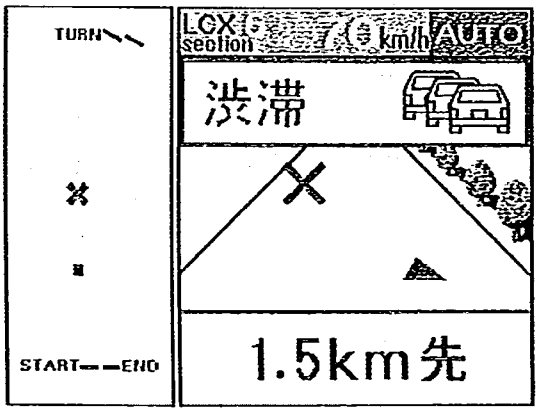
(1)　1km先で事故発生



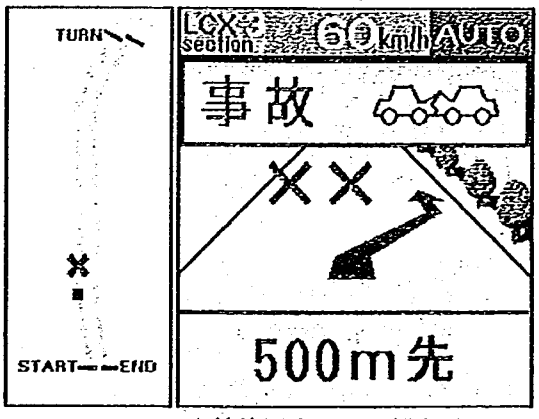
(4)　落下物等の危険表示



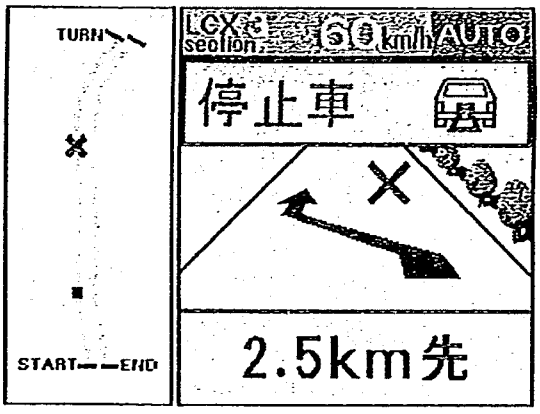
(2)　車線変更指示



(5)　前方停止車の表示



(3)　事故位置までの距離表示



(6)　前方渋滞情報表示

7）実験車その６（マツダ株式会社）

（１）実験車の機能

①車線逸脱警告機能

磁気ネイルセンサ、各種車両センサ、及びＬＣＸからの道路形状データにより車両の将来位置を予測し、走行車続から逸脱する危険性がある場合には事前に警告を与えることにより、ドライバのうっかり・ぼんやりによる路外逸脱事故を防止する。画像センサ単独によるシステムと比較して、悪天候下での信頼性が向上する。

②インフラ協調型インテリジェントオートクルーズ機能

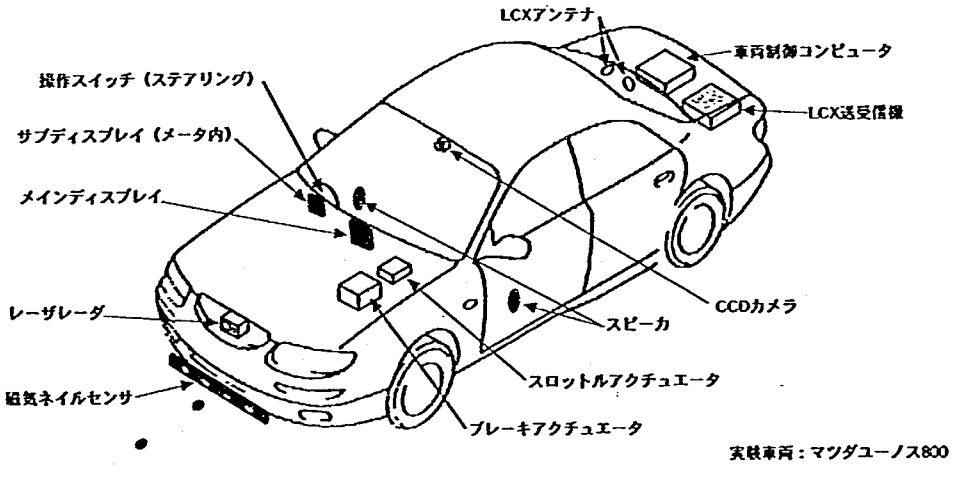
ＬＣＸから道路状況を考慮した適正な走行速度情報を受信することにより、安全な走行速度でのオートクルーズ走行を可能とする機能である。また、先行車が存在する場合にはレーザレーダによって安全な車間距離を保ちながら追従走行することが可能となる。

③ヒューマンマシンインターフェイス

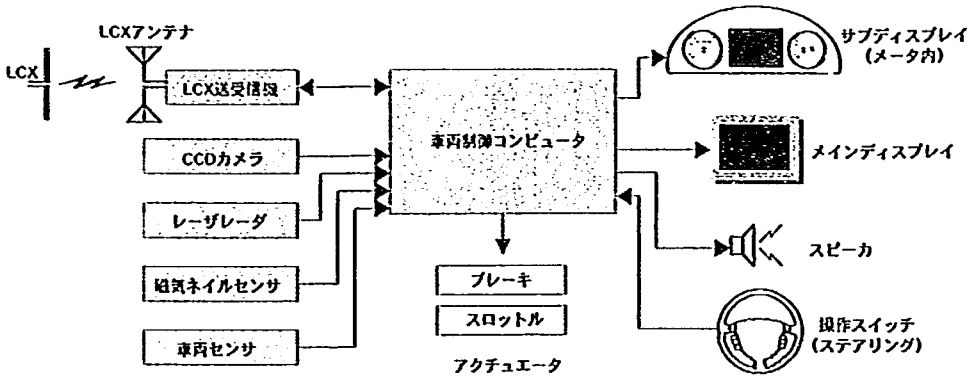
車載センサでは検知できない危険事象や適正走行速度等のＬＣＸから受信した情報、先行車との衝突警告、あるいは車線逸脱警告などの情報はメータ内に配置されたディスプレイや音声でドライバに適切に伝えられ、少ない認知負担で情報を得ることができる。

（２）実験車の機器構成と仕様

図表(2-2-1) 7-1　実験車の機器配置



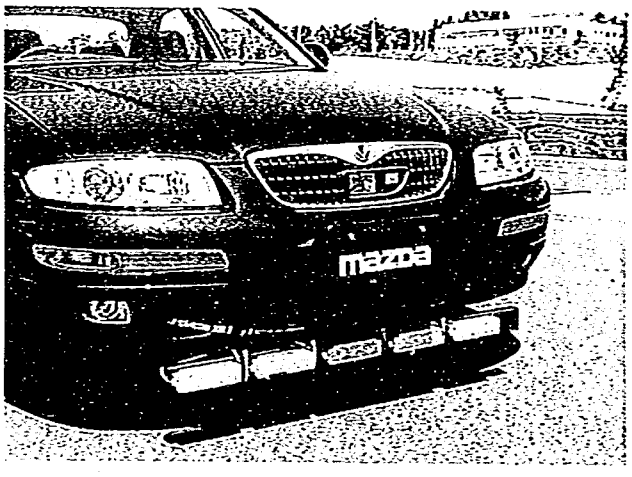
図表(2-2-1) 7-2　システム構成



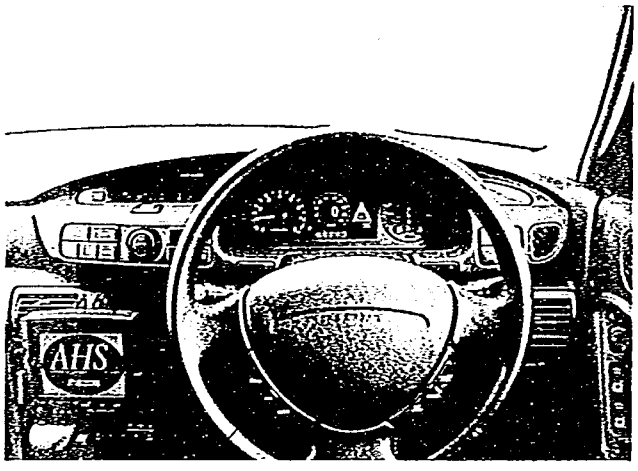
図表(2-2-1) 7-3　運転補助機能実験車両



図表(2-2-1) 7-4　磁気ネイルセンサと
レーザレーダ

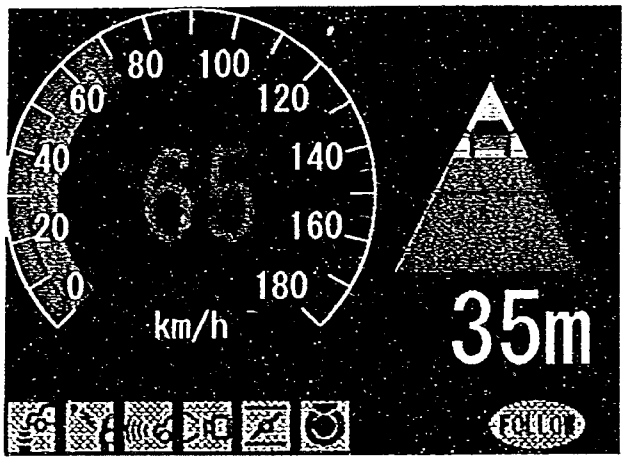


図表(2-2-1) 7-5　情報表示ディスプレイ



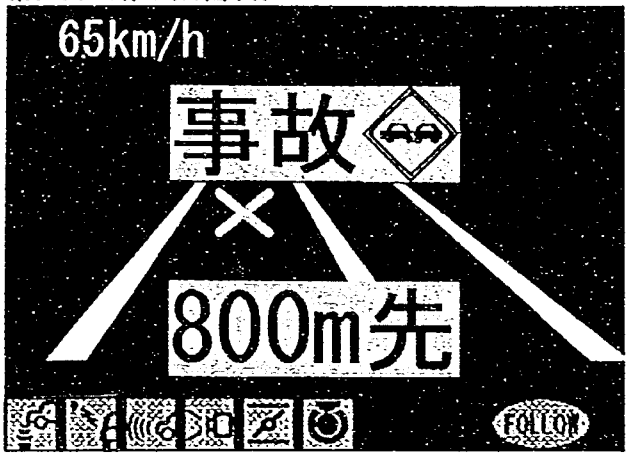
図表(2-2-1) 7-6　表示例

サブディスプレイの表示例１(通常時)



(左側：適正速度表示メータ、右側：車間距離モニタ)

サブディスプレイの表示例２
(前方道路危険警告)



サブディスプレイの表示例３(車線逸脱警告)



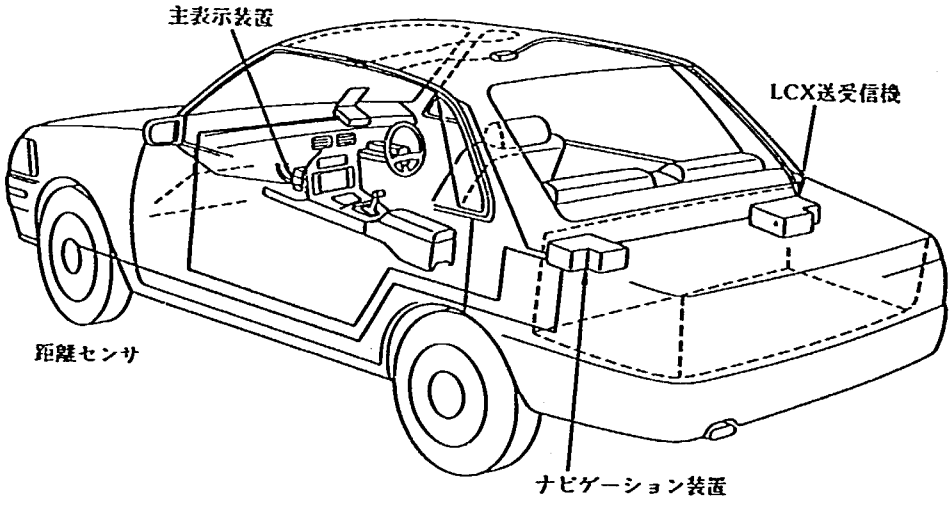
8）実験車その７（住友電気工業株式会社）

（１）実験車の機能

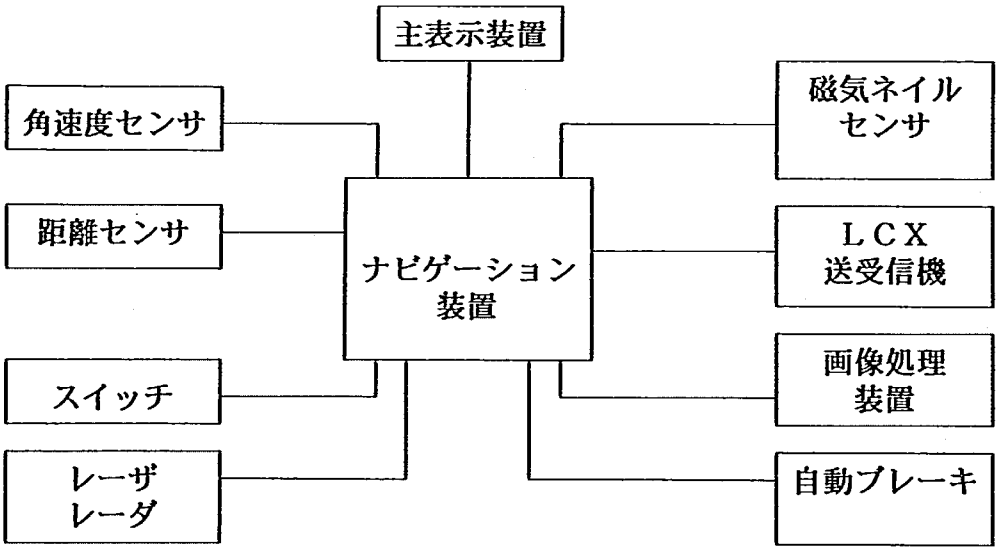
実験車ＬＣＸは連続通信を行うことにより前方で発生した事故や渋滞を瞬時に受信できる前方道路危険警告機能、走行中に目撃した事故や自動の以上を任意の地点でＬＣＸを通して道路管理者に通報する非常時通報機能、及び自動ブレーキ機能を持っている。

（２）実験車の機器構成と仕様

図表(2-2-1) 8-1　実験車の機器配置



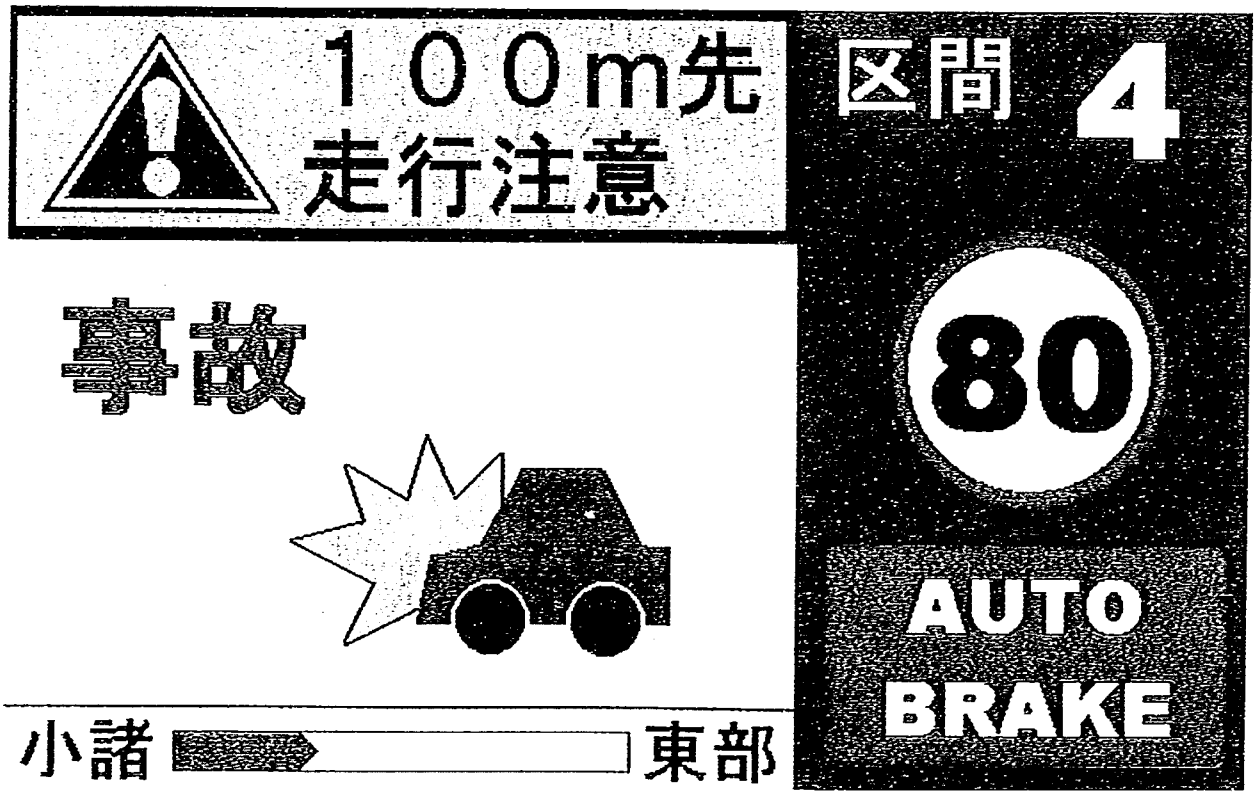
図表(2-2-1) 8-2　システム構成



図表(2-2-1) 8-3　実験車外観



図表(2-2-1). 8-4　表示例



9）実験車その８（株式会社デンソー）

（１）実験車の機能

運転支援を実現するために、

・ＬＣＸからの指示

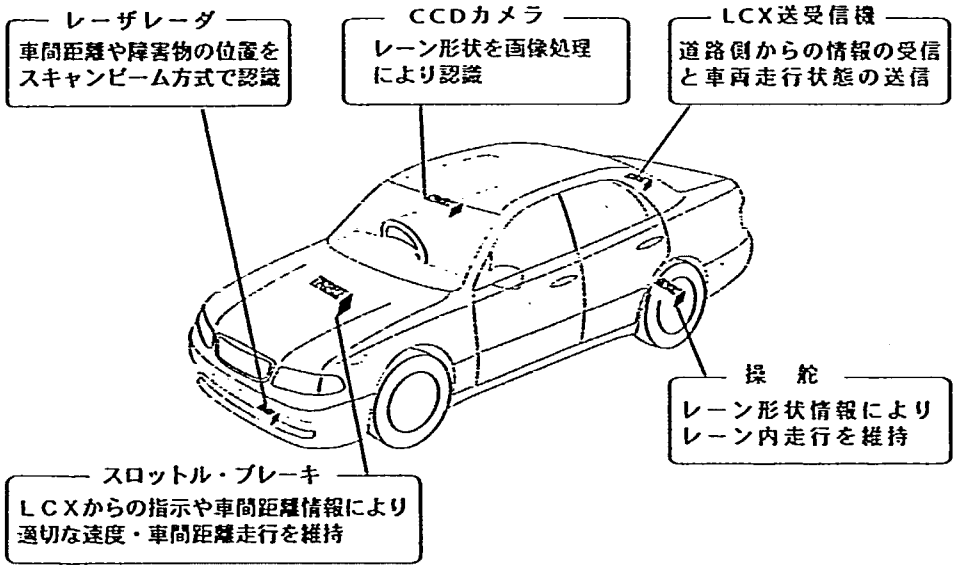
・音声で入力されたドライバの意志

・レーザレーダで認識した前方車との車間距離情報

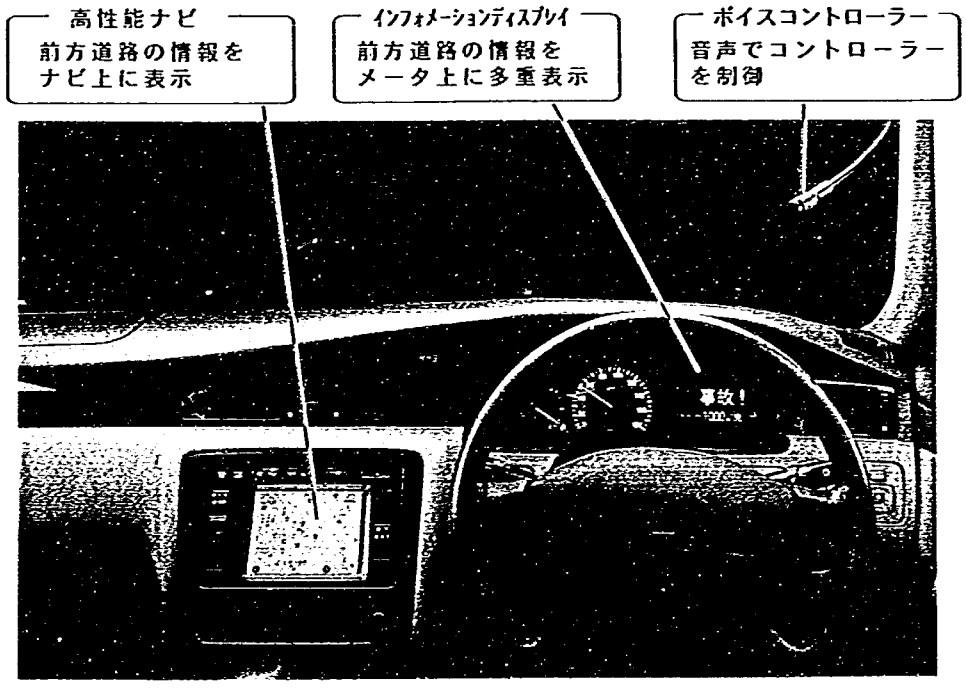
・ＣＣＤカメラで認識したレーン形状情報

に基づいて、スロットル、ブレーキ、操舵を総合的に制御し、適切な速度・車間距離・レーン内走行を実現する。さらに、音声とインフォメーションディスプレイを用いて前方の道路情報をタイムリーにドライバへ提供する。

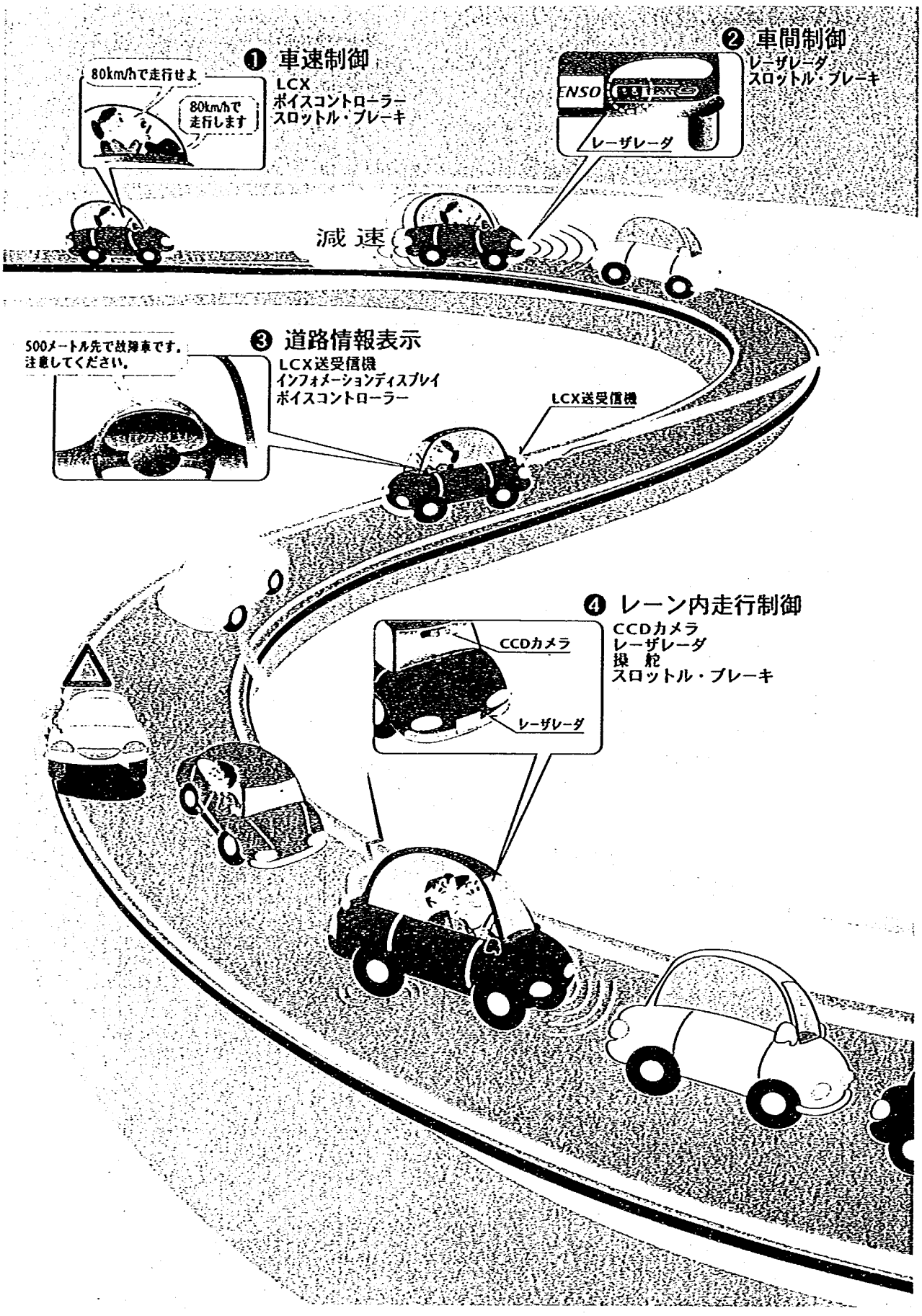
図表(2-2-1) 9-1　実験車の機器配置



図表(2-2-1) 9-2　車室内表示



図表(2-2-1) 9-3　走行シーン



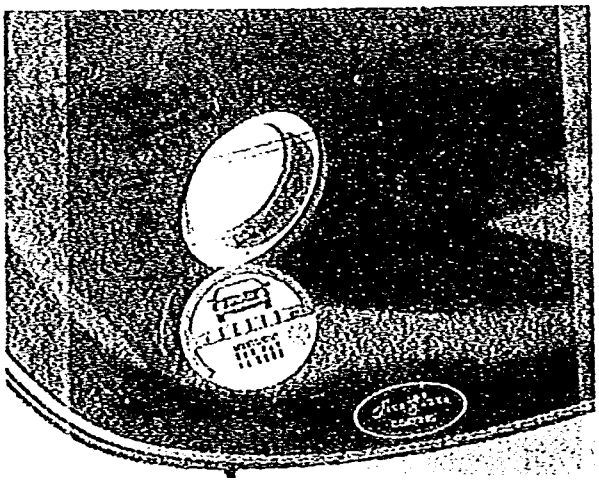
（２）実験車の機器構成と仕様

①機器構成

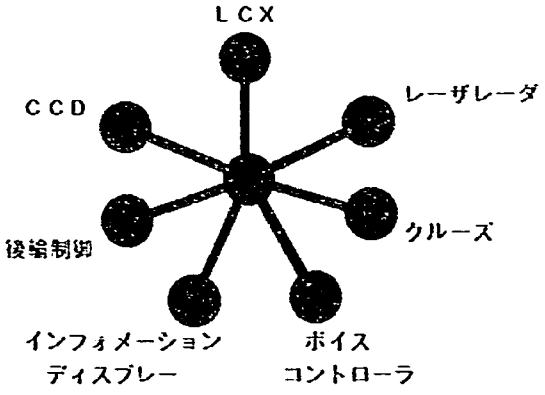
a)路車間通信

ＬＣＸ装置を用いて車載の通信コンピュータと情報通信（シリアル通信）を行う。ＬＣＸアンテナは車室内に搭載した。

図表(2-2-1) 9-4　アンテナ搭載



図表(2-2-1) 9-5　接続図



b)車車間通信

搭載なし

c)通信コンピュータ

多チャネルシリアル通信コンピュータとして本機器はデータを集約し、車載機器に分配する機能を持つ。通信相手は

ｱ)ＬＣＸ送受信器

ｲ)車速・車間制御ＥＣＵ

ｳ)後輪制御ＥＣＵ

ｴ)レーザレーダ

ｵ)ＣＣＤセンサ

ｶ)ボイスコントローラ

ｷ)インフォメーションディスプレー

である。（図表(2-2-1) 9-5参照）

構成

説明：ＤＯＳ／Ｖパソコン（拡張バスにシリアル通信ボードを挿入）

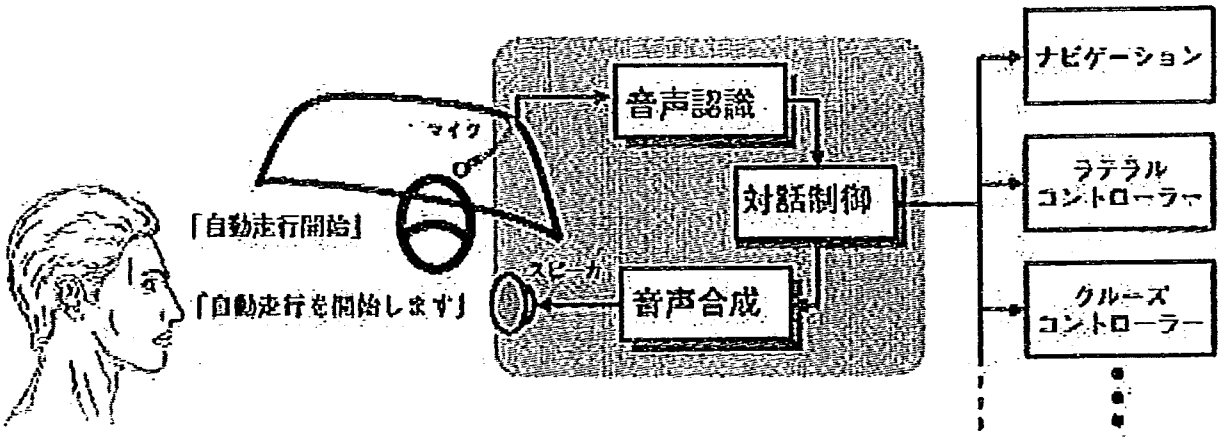
仕様：９６００ｂｐｓで８チャネル全２重通信可能。

通信方法：非同期式全２重シリアル通信（ＲＳ２３２－Ｃ準拠）

d)ボイスコントローラ

自動車に耳（音声認識）と口（音声合成）の機能を追加した。ドライバが車と会話をすることによって、車両への指示やナビゲーションの操作を行う。

図表(2-2-1) 9-6　構成図



音声認識	対象話者	不特定話者
	発声方法	連続発声
	認識語彙	住所 10,000件 (大字レベル) 施設名 40,000件 コマンド 30語
	認識時間	2秒以内
	認識方式	連続分布型HMMベース
	ハードウェア	DSP(TMS320C31)×2
音声合成	合成方式	テキスト合成 漢字かな混じり文の 読み上げが可能
	単語辞書	60,000語
	合成音	男性音／女性音
	ハードウェア	合成LSI, 辞書ROM

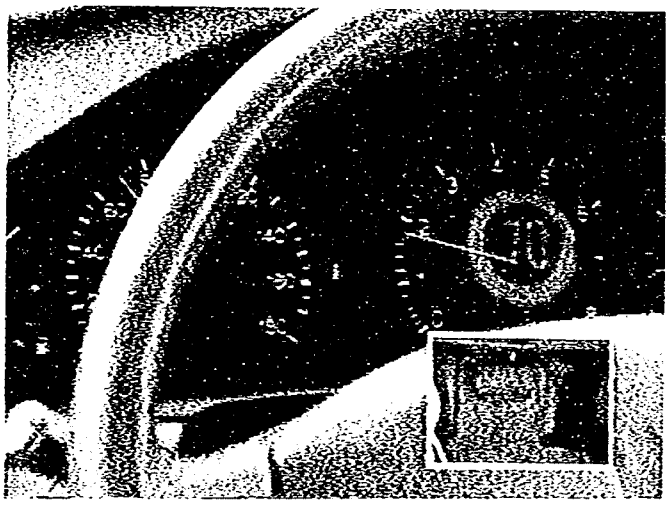
HMM: Hidden Markov Model(隠れマルコフモデル)

e)インフォメーションディスプレイ

透明ＥＬ（Electroluminescent）ディスプレイを自発光アナログメータに組み込み、必要な時に必要な情報のみを見やすく表示する。

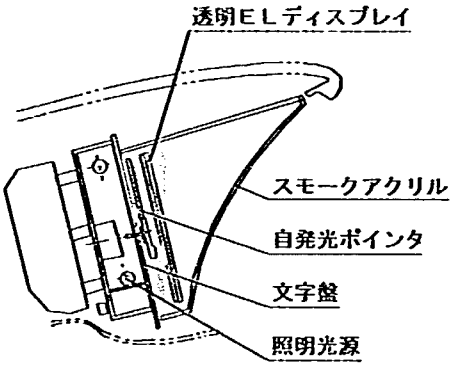
ｱ)構成

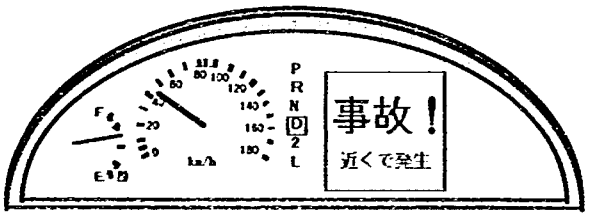
図表(2-2-1) 9-7　ディスプレイ外観



ｲ)表示例

図表(2-2-1) 9-8　構造と表示例





②車両制御

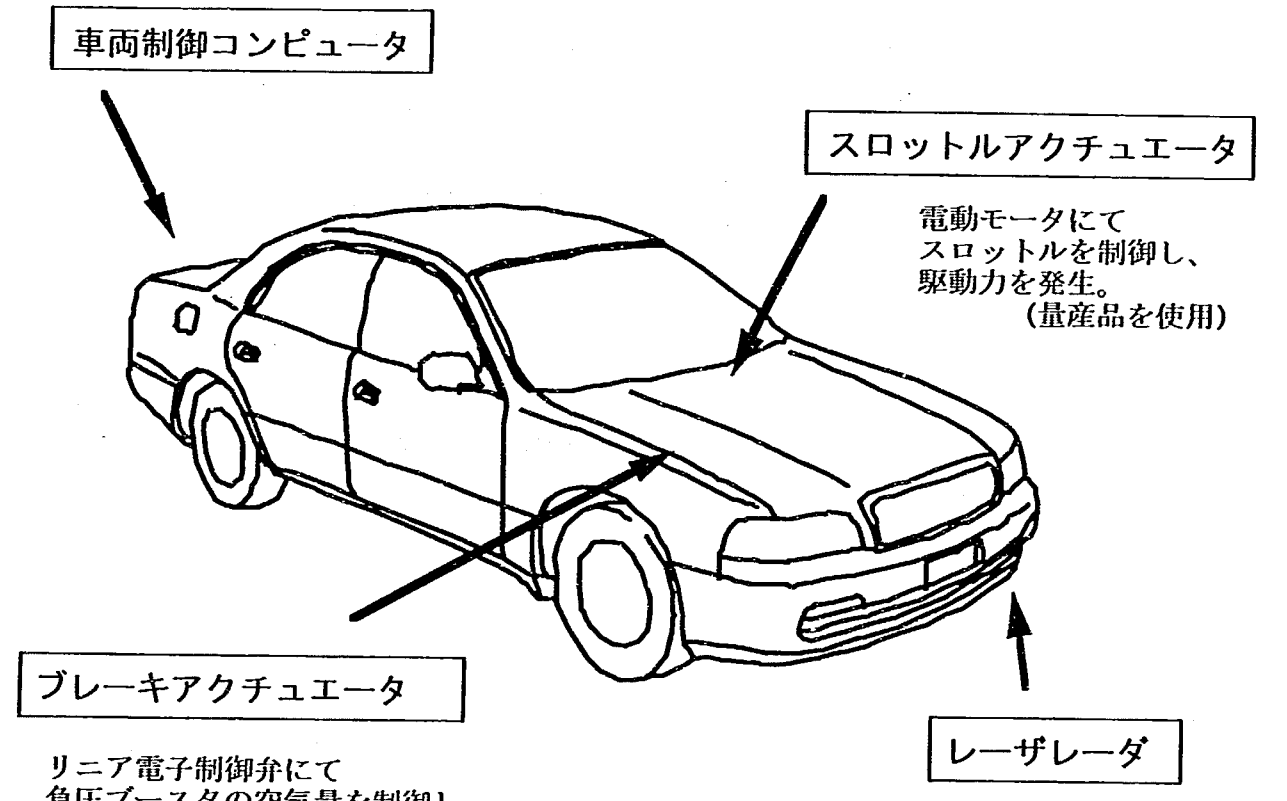
a)車速・車間制御システム

ｱ)機能

スキャンビーム方式のレーザレーダからの車間距離情報、ＬＣＸからの指示速度、ボイスコントローラからの指示により、制御開始・中止、車速・車間距離の制御を行う。

ｲ)機器構成

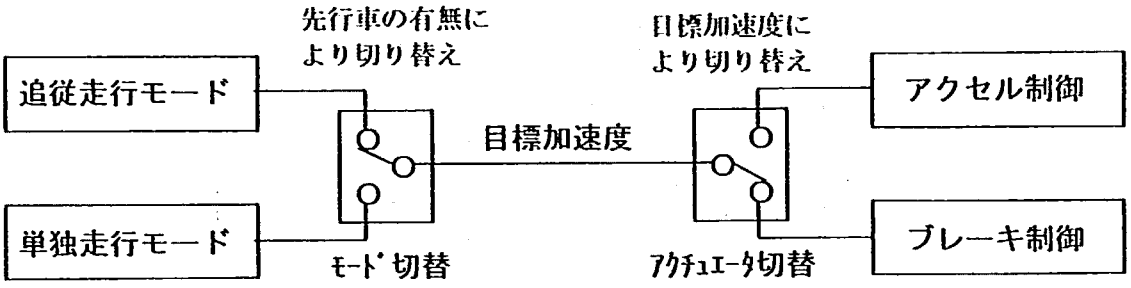
図表(2-2-1) 9-9　車速・車間制御システム



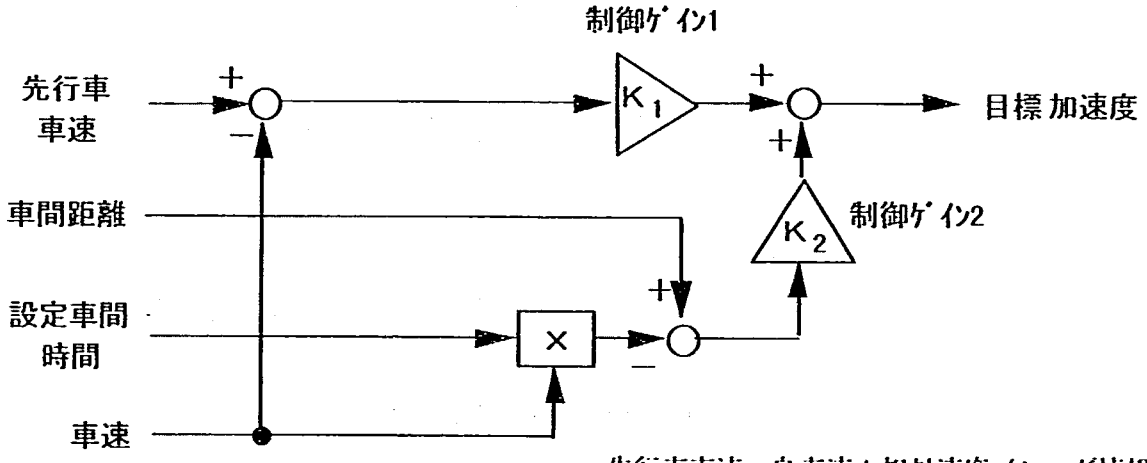
体格	幅		140mm
	奥行き		100mm
	高さ		70mm
機能	エリア	距離	100m
		幅	16 度
	距離分解能		0.2m
	角度分解能		0.5 度
	測距周期		5Hz

り)制御方法

図表(2-2-1) 9-10 制御ブロック



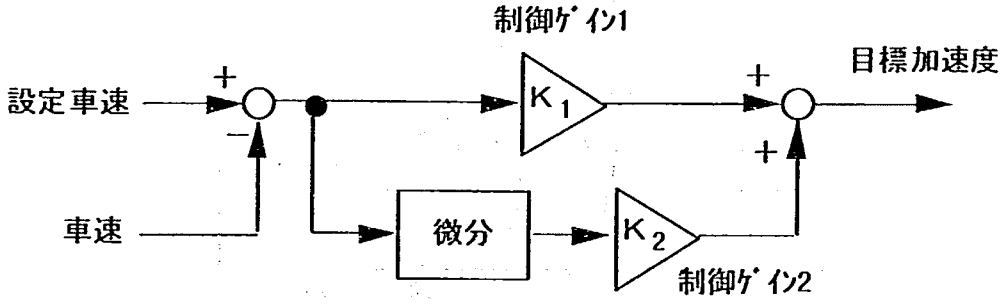
図表(2-2-1) 9-11 追従走行モード



先行車車速＝自車速＋相対速度（レーダ情報）

設定車間時間＝１．８秒（デモ走行時）

図表(2-2-1) 9-12 単独走行モード

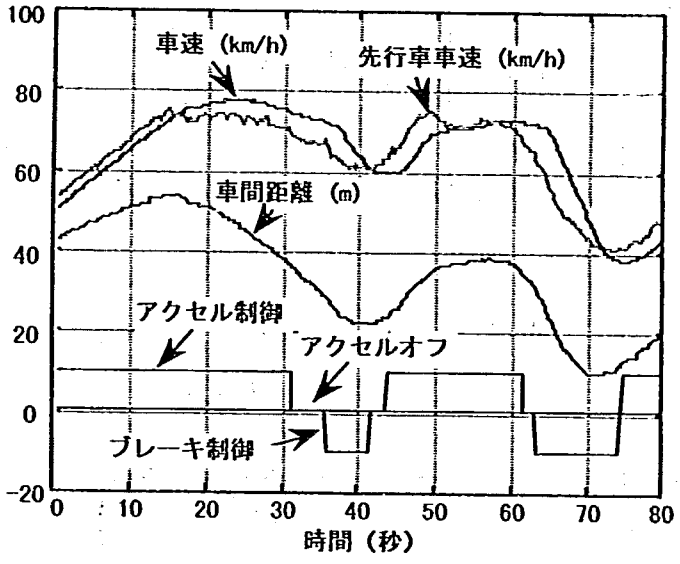


I)車両制御データ

[前車衝突防止機能]

前車のアクセルオフ、ブレーキによる減速とともに、また前車減速後、車間が接近するとともに、自動ブレーキが掛かり、安全な車間距離を維持。

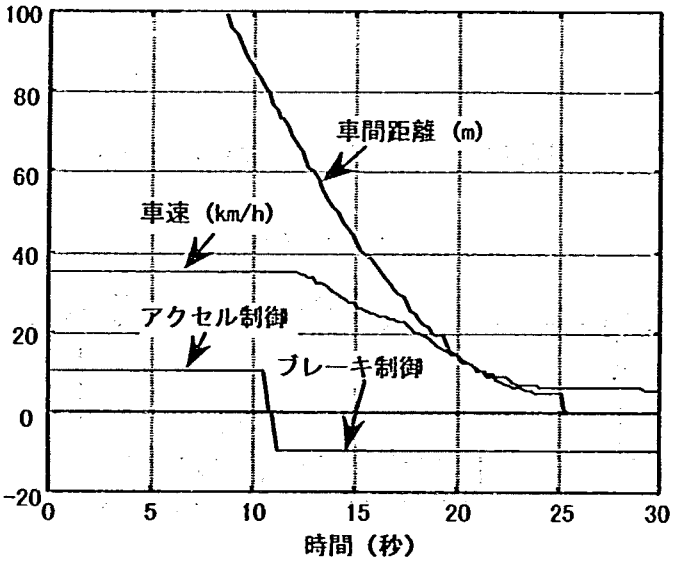
図表(2-2-1) 9-13　追従走行データ



[自動ブレーキによる防止]

100m以上前よりレーダにて前方停止車を検知。80mより減速制御に入り、ほぼ一定減速度で減速、車間６ｍで停止。

図表(2-2-1) 9-14　自動ブレーキデータ



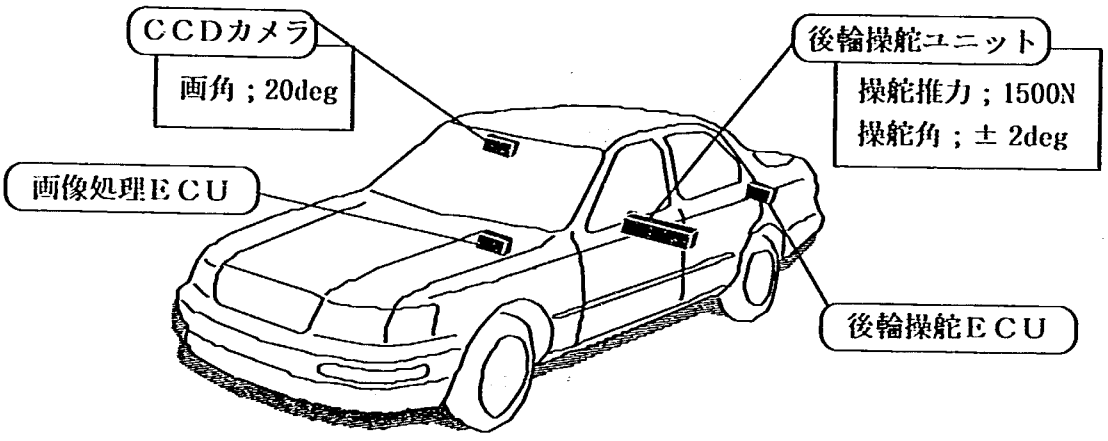
b)レーン内走行

ア)機能

ＣＣＤカメラで認識したレーン形状情報により後輪を操舵する。

イ)機器構成

図表(2-2-1) 9-15　レーン内走行システム



[ＣＣＤセンサ]

1. 機能

・車両の前方画像から走行路を検出し、これと車両直線方向とのずれ（偏差データ）を出力する。

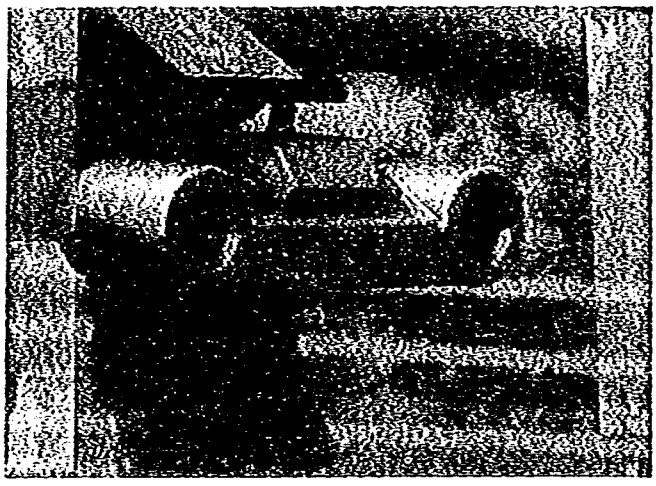
・車両の走行位置を検出し、走行路端との距離、接近速度から逸脱判定をして、警報信号を出力する。

2. 機器構成

ＣＣＤセンサヘッド：撮像した画像をデジタル信号化して送信

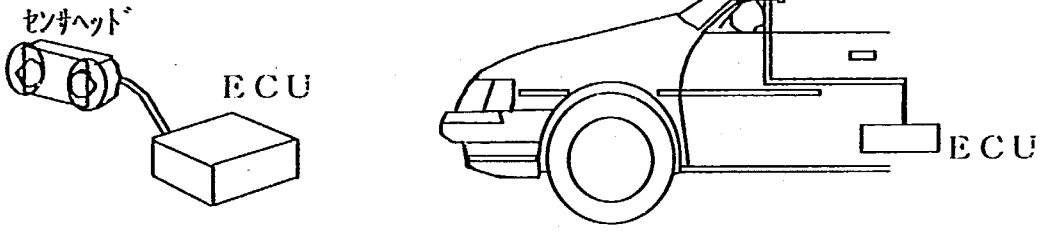
画像処理ＥＣＵ　　：信号処理して偏差データと、逸脱判定信号を出力

図表(2-2-1) 9-16　センサ外観



図表(2-2-1) 9-17　機器構成

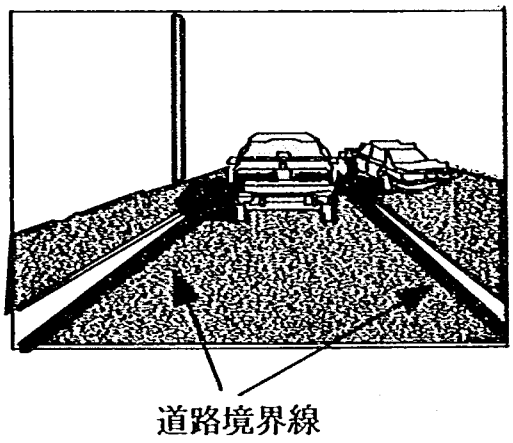
ｾﾝｻﾍｯﾄﾞ	L　６６、W２２５，H６６
ＥＣＵ	L２２０、W１７０、H５０
処理速度	１００ｍｓ



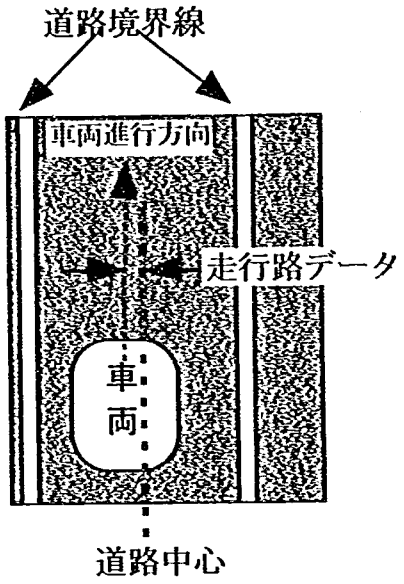
3. 検出方法

画像の輝度変化点であるエッジで曲線を構成するものを検出し（図表(2-2-1) 9-18）、これを道路境界線とする。これを俯瞰データ（道路を真上から見た座標（図表(2-2-1) 9-19））に変換し、車両直進方向と道路境界線の中心位置（道路中心）の差分を偏差データとして出力する。

図表(2-2-1) 9-18　ＣＣＤ像



図表(2-2-1) 9-19　俯瞰図



ｳ)制御方法

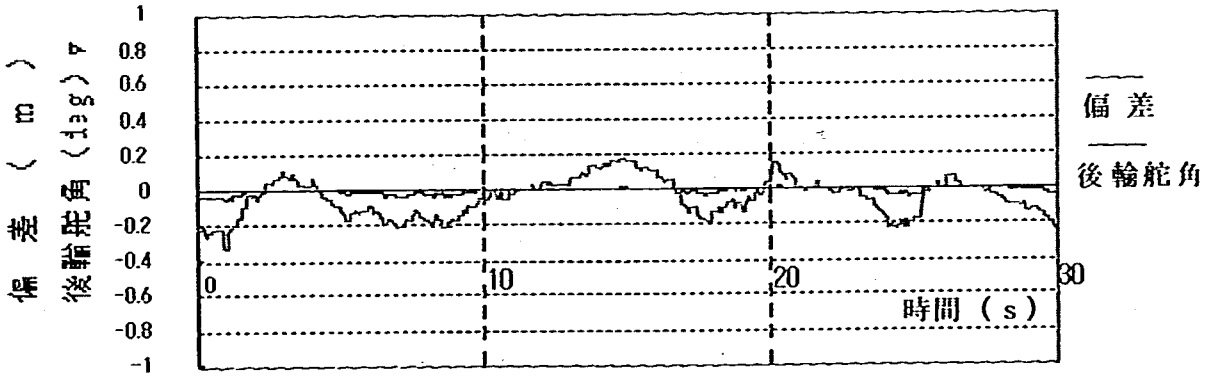
車両前方の偏差（車両中心とレーンマーク中心との差）に応じて後輪を操舵する。

$$\theta = G1 \cdot e + G2 \cdot \frac{de}{dt} + G3 \cdot \int e\,dt$$

θ ；後輪舵角
e ； 偏 差
G ； 定 数

Ｉ)車両制御データ

図表(2-2-1) 9-20　操舵角度データ



後輪を操舵し違和感なくレーン内を走行することができた。

ＣＣＤカメラのみの情報でレーン内走行を実現しているため、雨天時や逆光時に制御結果が悪化する場合があった。

２．２．２　自動運転基礎実験車

１）概要

・車間コントロールシステム

道路に設置されたＬＣＸ（同軸漏洩ケーブル）からの速度指令と、レーザレーダで検知された車間距離に基づいてブレーキとスロットルを制御し、指定された速度及び車間距離で走行する。

・側方コントロールシステム

磁気ネイルセンサからの車両位置情報をもとにステアリングを制御し、指定された車線に追従走行する。

・ＨＭＩ（ヒューマンインターフェイス）

コース地図と現在位置・運転モード、ＬＣＸとの通信状態・指示速度、前走車または後走車の車速・車間距離をディスプレイ上に表示する。人間にとって最も適切な形で情報を提供する。音声による案内や視線移動の少ないＨＵＤ（ヘッドアップディスプレイ）、詳細情報を見るＣＲＴがある。

尚、各実験車の担当メーカーを図表(2-2-2) 1-1に示す（詳細は以降を参照）。
実験車はメーカーごとに担当したので以降ではメーカーごとに実験車の内容を示す。

図表(2-2-2) 1-1　担当メーカー

	担当メーカー
実験車１	トヨタ自動車株式会社
実験車２	日産自動車株式会社
実験車３	三菱自動車工業株式会社 三菱電機株式会社
実験車４	本田技研工業株式会社 住友電気工業株式会社

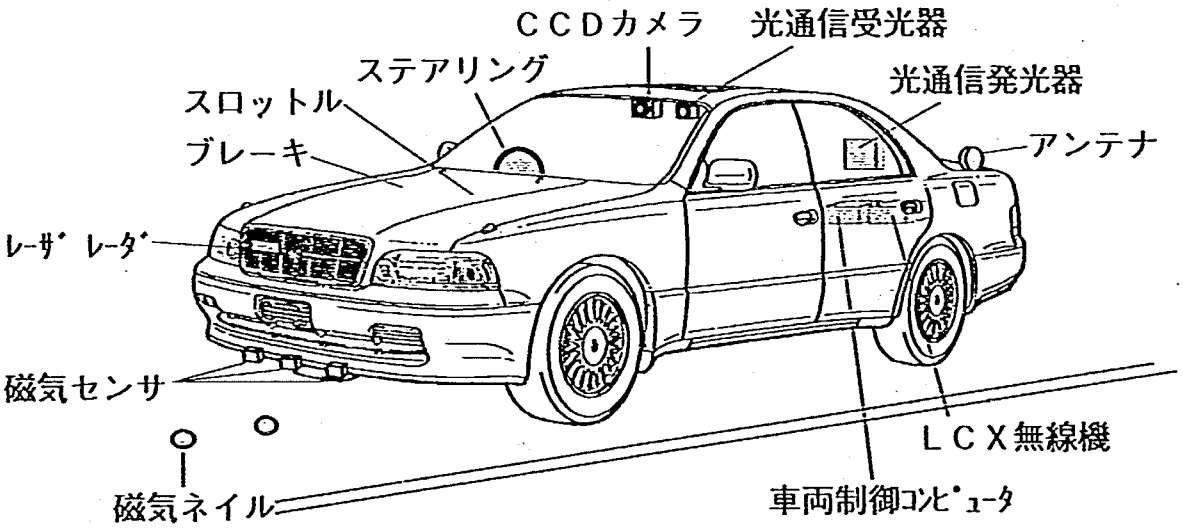
2）実験車その１（トヨタ自動車株式会社）

（１）実験車の機能

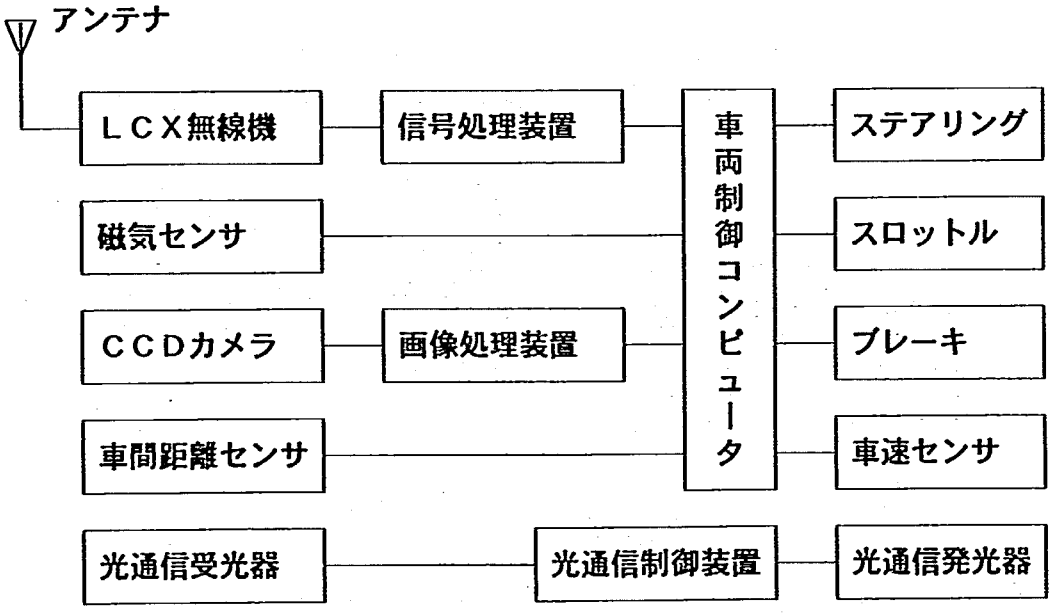
路面に埋設された磁気ネイルをガイドとした車両位置検出システムとＬＣＸから送信される道路形状情報により、スムースな自動操舵を行う。また画像処理で検出した白線をガイドとして自動操舵するきのうを持っている。さらに車間距離センサと光車車間通信を利用した高精度な追従制御を行う。

（２）実験車の機器構成と仕様

図表(2-2-2) 2-1　実験車の機器搭載状況



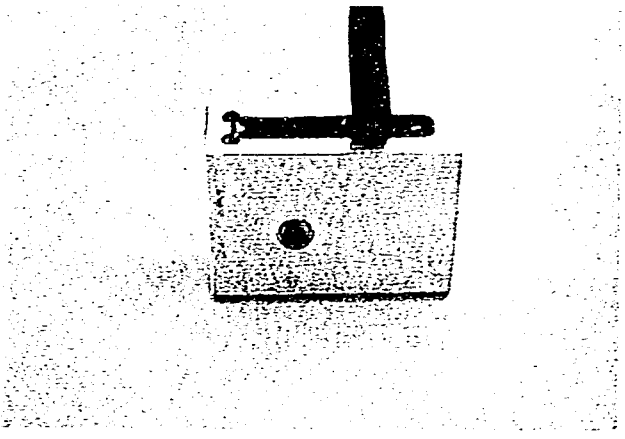
図表(2-2-2) 2-2　システム構成



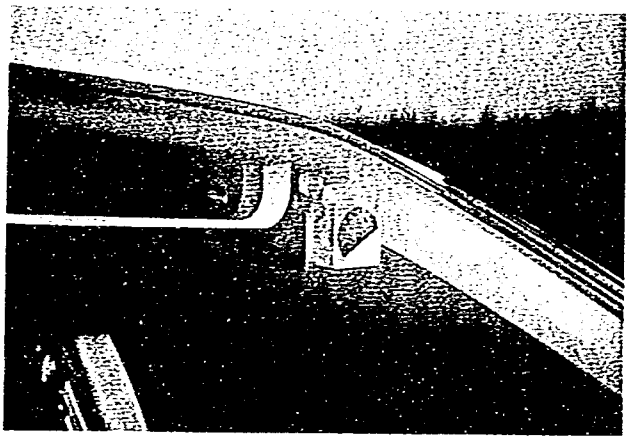
図表(2-2-2) 2-3　自動運転実験車両外観



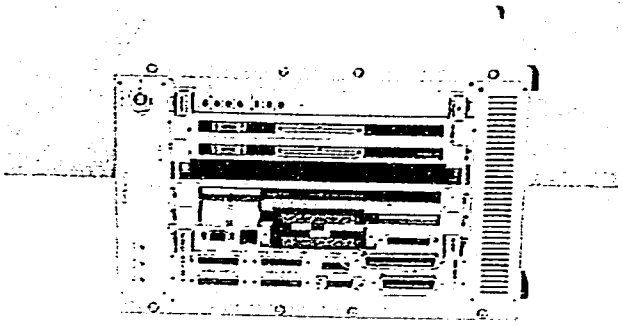
図表(2-2-2) 2-4　磁気センサ



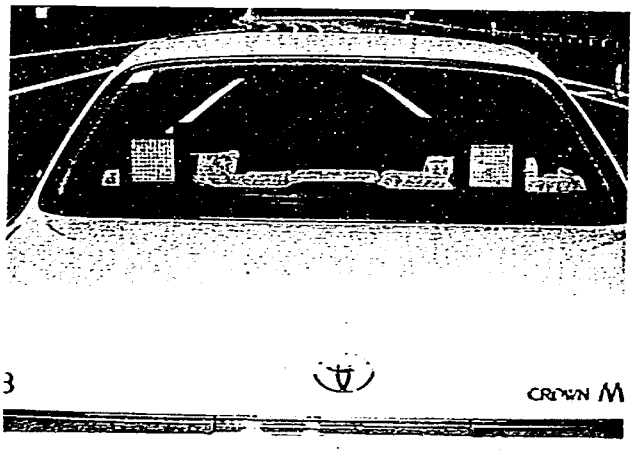
図表(2-2-2) 2-5　光通信受光器



図表(2-2-2) 2-6　画像処理装置



図表(2-2-2) 2-7　光通信発光器



3）実験車その２（日産自動車株式会社）

（１）実験車の機能

当社の実験車は、２つの高度な制御システムにより車群相応（プラトゥーン走行）を可能としている。１つは指定された速度及び車間距離で走行する「車間コントロールシステム」、もう１つは指定された車線に追従走行する「側方コントロールシステム」である。

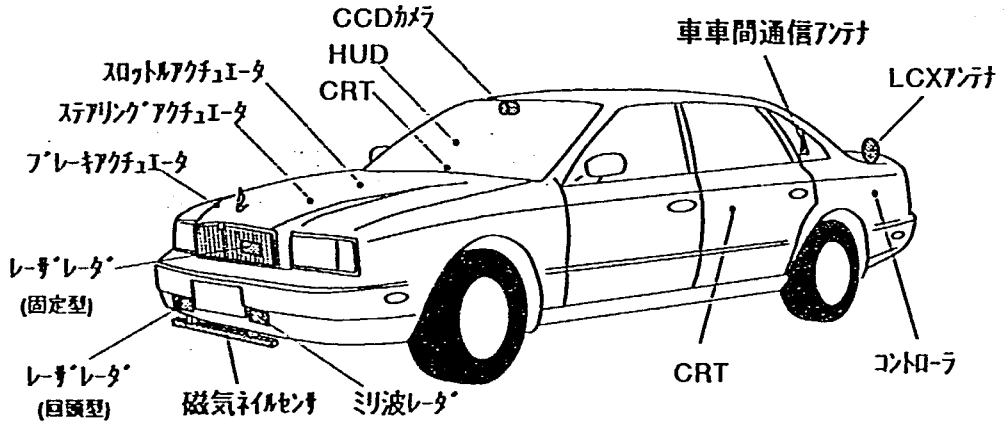
車間コントロールシステムでは、道路と設置されたＬＣＸ（漏洩ケーブル）からの速度指令と、レーザレーダで検知された車間距離とに基づいて、ブレーキとスロットルを制御している。一方、側方コントロールシステムでは、磁気ネイルセンサからの車両位置情報をもとにステアリングを制御している。

車群走行中は、車車間通信により車両間の情報を交換して信頼性の向上を図り、また万一のセンサ故障時には、道路地図や画像情報のバックアップで安全性を確保している。

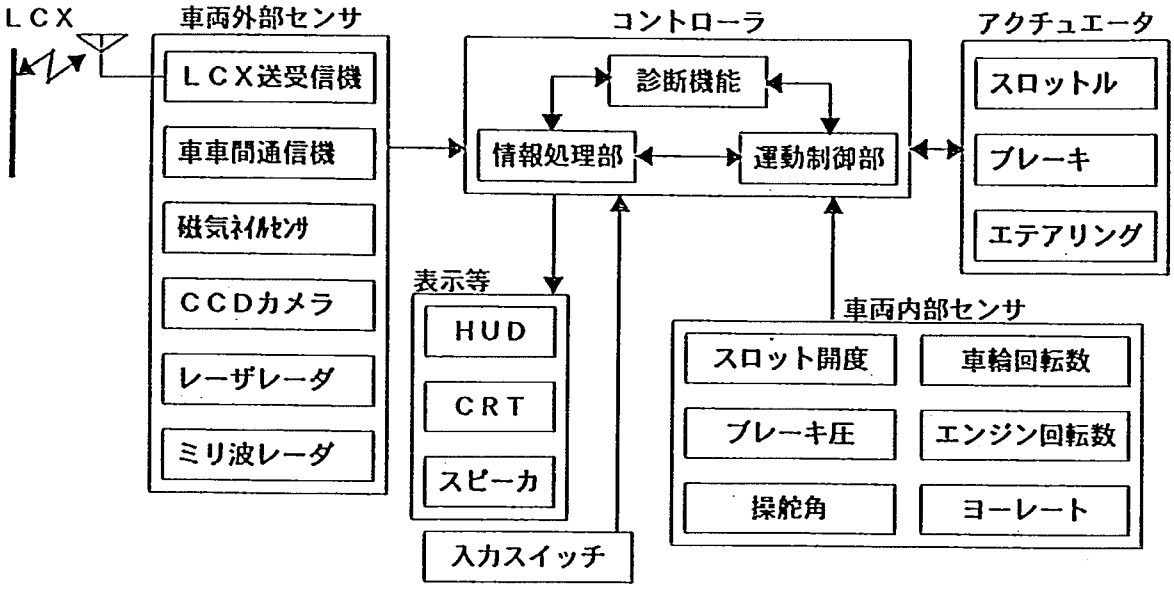
さらに、ヒューマニンターフェース機能として、ＨＵＤ（ヘッドアップディスプレイ）、ＣＲＴ表示及び音声案内を持ち、ドライバ及び乗員に走行状態や道路状態を知らせる。

（２）実験車の機器構成と仕様

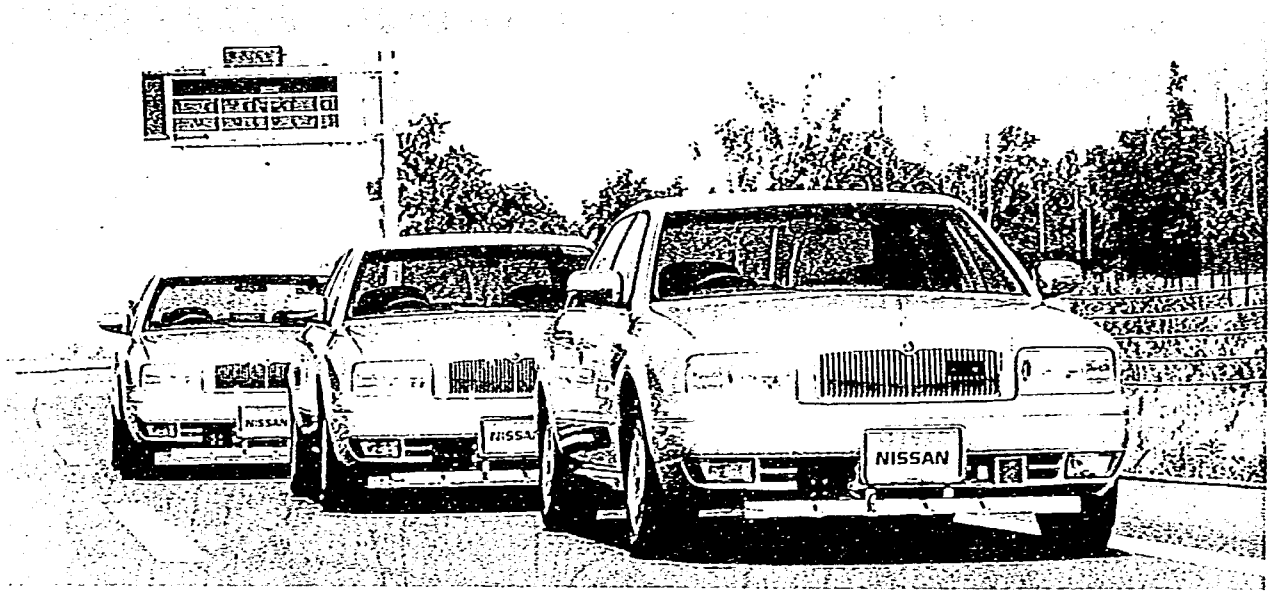
図表(2-2-2) 3-1　実験車の機器搭載状況



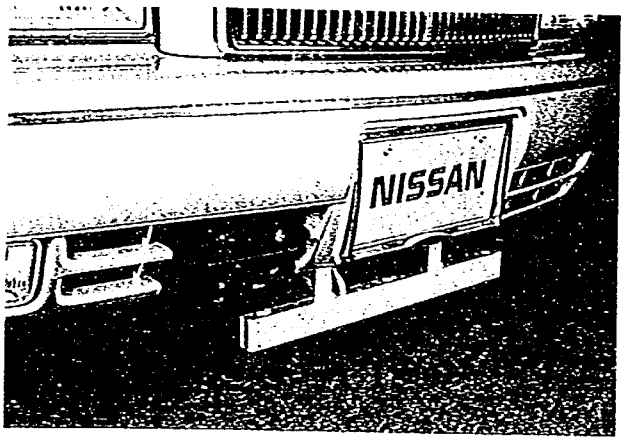
図表(2-2-2) 3-2　システム構成



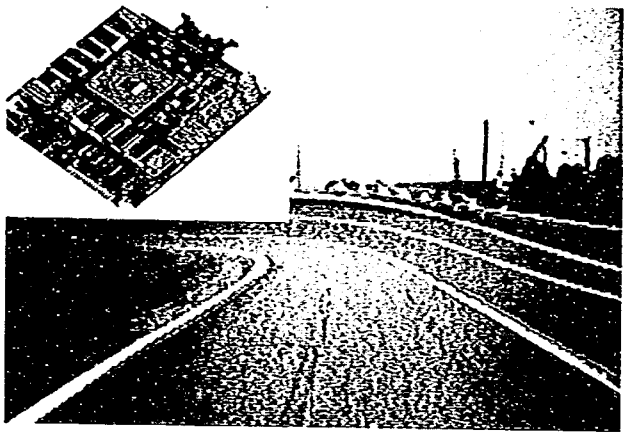
図表(2-2-2) 3-3　実験車両外観



図表(2-2-2) 3-4　レーザレーダと
磁気ネイルセンサ



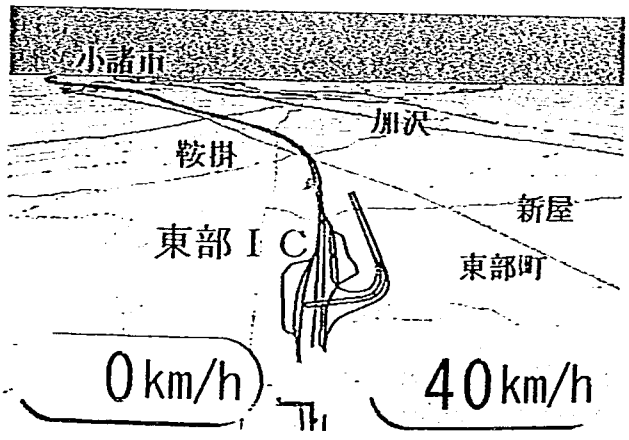
図表(2-2-2) 3-5　画像による白線認識



図表(2-2-2) 3-6　表示装置
(ＨＵＤ＆ＣＲＴ表示)



図表(2-2-2) 3-7　ＣＲＴ表示例



4）実験車その３（三菱自動車工業株式会社・三菱電機株式会社）

（１）実験車の機能

本システムは、ＬＣＸ通信による道路側からの走行指示に基づき、ハンドル、エンジン及びブレーキを総合的に制御し、安全で快適な自動走行を可能にするシステムである。

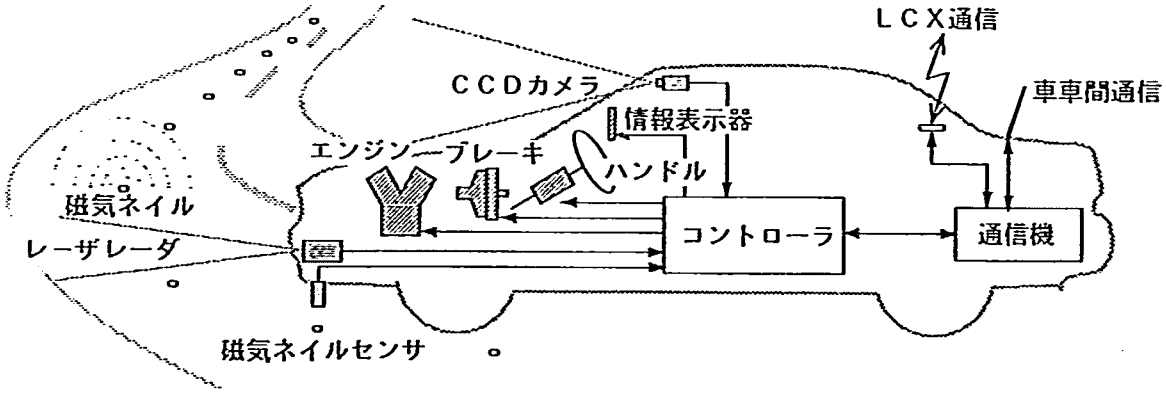
ハンドルは、磁気ネイルセンサ及び画像処理によるレーン認識で得られた車両横位置情報をもとにレーン中央を走行するように制御する。エンジン及びブレーキは、ＬＣＸ通信から得られる指示速度及び車両センサにより安全な速度に制御される。これらの自動制御により、(1)短い車間距離で群走行を行う機能、(2)ＬＣＸからの緊急停止指示により自動停止する機能などを実現している。

図表(2-2-2) 4-1　自動運転実験車の外観



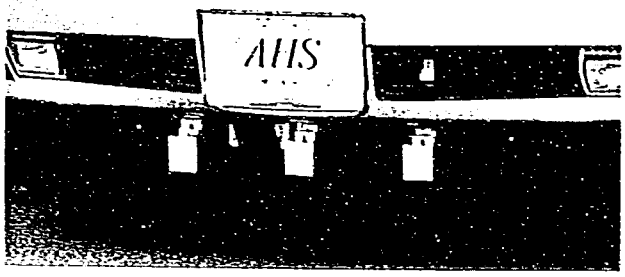
（２）実験車の機器構成と仕様

図表(2-2-2) 4-2　実験車の機器搭載状況



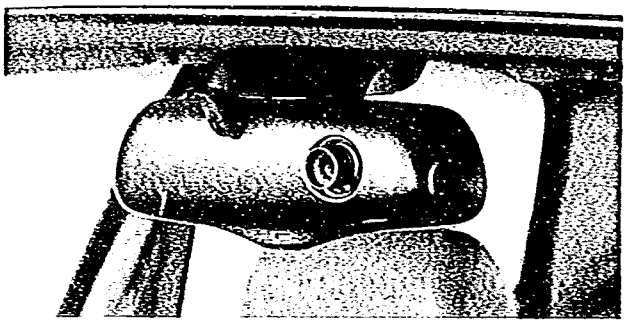
ハンドル：電気モータにより操舵
エンジン：電子制御負圧アクチュエータによりスロットル開度を調節
ブレーキ：電子制御負圧ブースタによりブレーキ力を調節

図表(2-2-2) 4-3　ＣＣＤカメラ



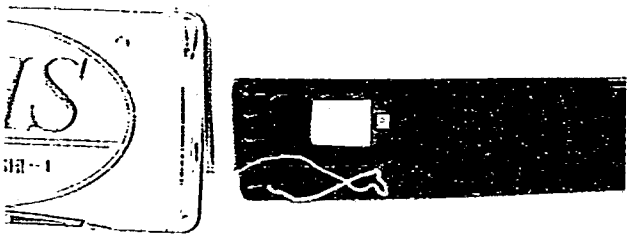
道路に埋め込まれた磁気ネイルの磁石束を検出し、自動の横位置を計測

図表(2-2-2) 4-4　レーザレーダ



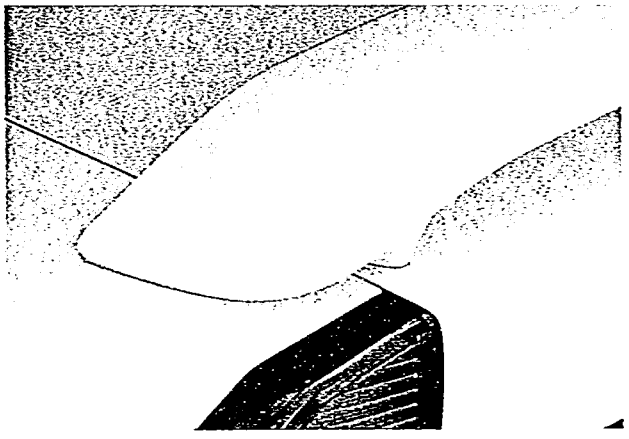
走行レーンを画像処理により認識し、自車の横位置を計測

図表(2-2-2) 4-5　レーザレーダ



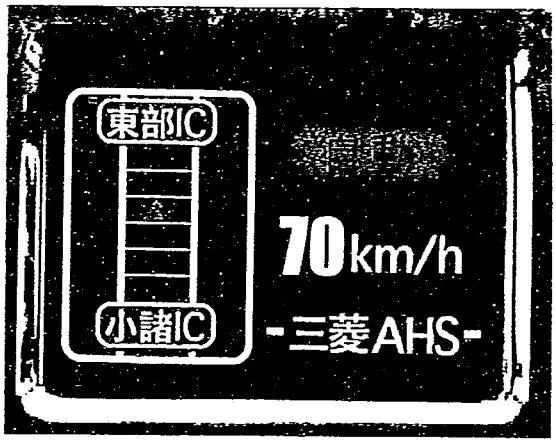
前方車両・障害物との距離を計測

図表(2-2-2) 4-6　ＬＣＸ通信アンテナ



道路側からの走行指示・前方道路情報の受信と、車両側からの走行状態を送信

図表(2-2-2) 4-7　ＣＲＴディスプレイ



自動運転中の車状態・前方道路情報を的確にドライバに提供

図表(2-2-2) 4-8　センターメッセージディスプレイ



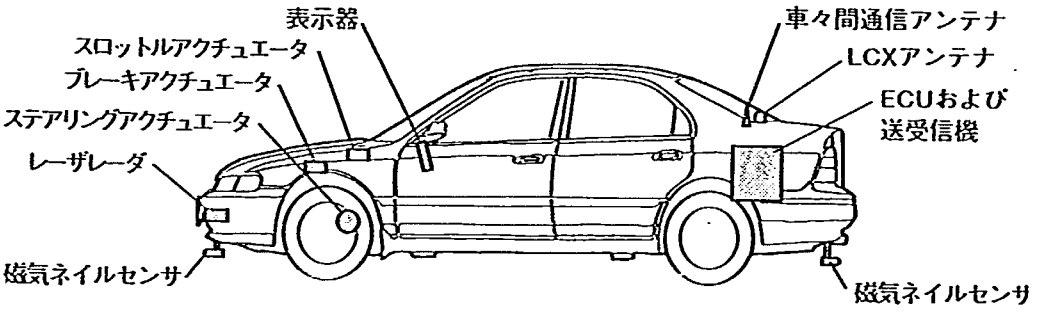
5）実験車その４（本田技研工業株式会社・住友電気工業株式会社）

（１）実験車の機能

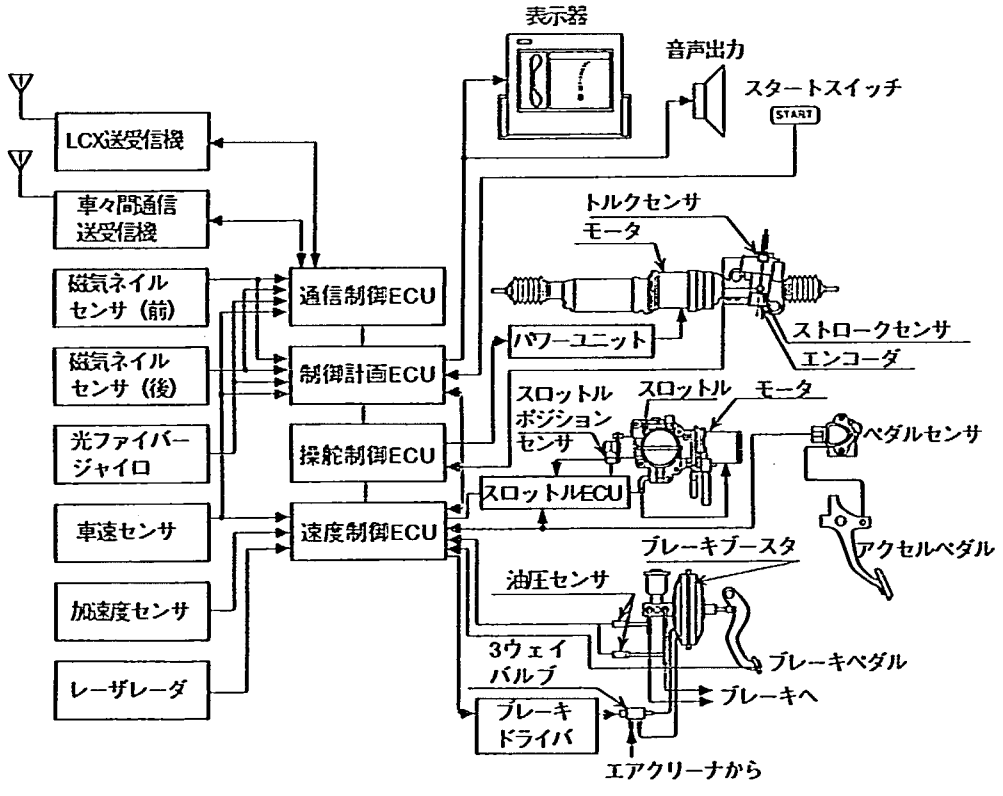
当グループの自動運転基礎実験車は、路面に一定間隔で埋設された磁気ネイルによる車両位置検出システムと、光ファイバジャイロ及び車速センサを用いた慣性航法により安定したラテラル制御を行う。また、この車両位置検出システムとスペクトラム拡散通信を用いた高精度な車間距離制御、ＬＣＸからの指示速度をスムーズな加減速で実現する車速制御によってプラトゥーン走行を行う。さらに、レーザレーダを用いて、他社プラトゥーンとの協調プラトゥーン走行を行う。

（２）実験車の機器構成と仕様

図表(2-2-2) 5-1　実験車のシステム配置図



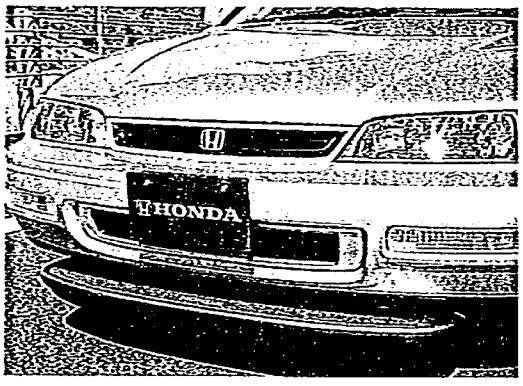
図表(2-2-2) 5-2　実験車のシステム構成



図表(2-2-2) 5-3　実験車外観



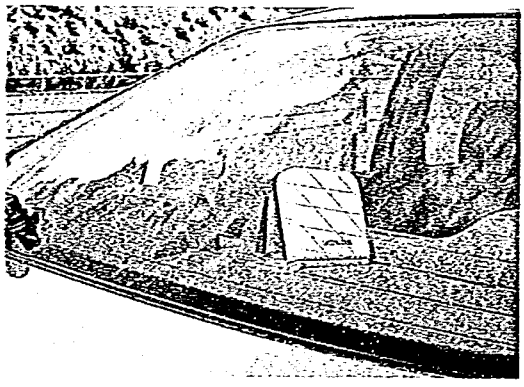
図表(2-2-2) 5-4　フロント磁気ネイルセンサ



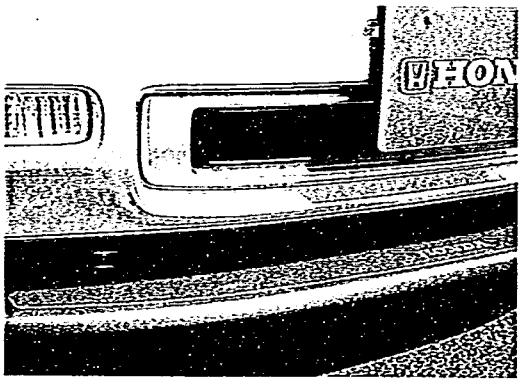
図表(2-2-2) 5-5　リア磁気ネイルセンサ



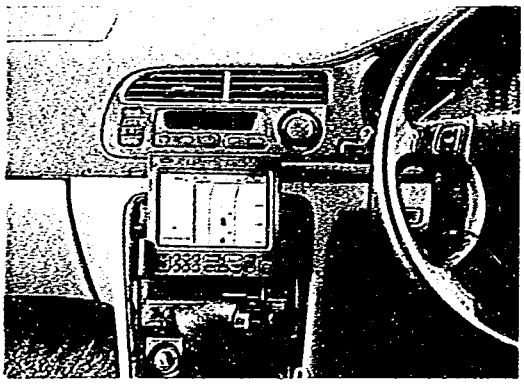
図表(2-2-2) 5-6　車載ＬＣＸアンテナ



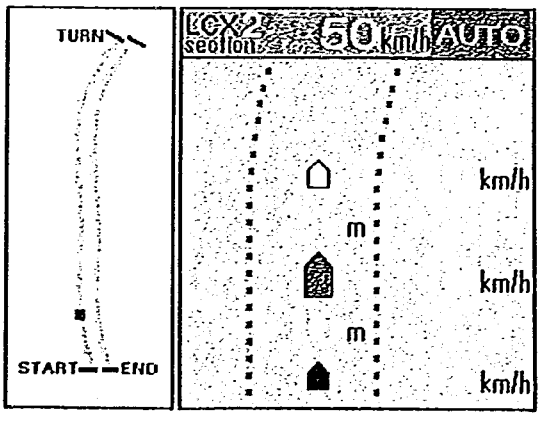
図表(2-2-2) 5-7　レーザレーダ



図表(2-2-2) 5-8　車室内



図表(2-2-2) 5-9　表示例



3章　実験結果

3．1　車両技術に関する実験結果

車両技術に関しては各要素技術に関する実験と複合技術に関する実験を実施した。以下、項目ごとの実験結果の概要を示す。

3．1．1　要素技術開発実験

1）概要

ここでは、道路構造や外的要因が車両制御や車載機器、インフラ施設に及ぼす影響を把握するために、各要素毎に実験を行った。なお、図表(3-1-1)1-1に検討項目と担当メーカーの対応を示す。

（1）道路構造を反映した車両制御に関する実験

①縦断、横断勾配を反映した速度制御

今回の道路における縦断勾配は比較的緩やかな１～３％であった。実験ではＬＣＸから縦断勾配変化点における縦断勾配データを送信した。速度制御の補正情報として縦断勾配情報を使用したメーカーは４社（トヨタ自動車、本田技研、三菱自動車：以上、自動運転、マツダ：安全走行システム）である。いずれも縦断勾配情報を利用することにより、スロットルの開閉度が抑えられ加速度が安定した。ただし、三菱自動車はＬＣＸからの縦断勾配情報ではなく、車輪速センサと前後加速度センサから自車で推計したデータを用いた。

なお、日産自動車は今回の実験では使用しなかったが、縦断勾配の程度によってデータ利用を検討するとしている。以上より道路側から道路線形データを送信することは、勾配における速度制御の補正に有効であることが確認された。

②道路線形に対応したステアリング制御

今回の実験ではＬＣＸから道路平面線形情報を送信したが、各実験車（自動運転、安全走行システム）とも補正情報としては使用していない。実際の制御における横方向の変動幅はいずれの実験車も20cmの範囲に収まっており、良好な制御が行われていた。よって今回の比較的線形の緩やかな道路構造では補正情報として横断勾配情報は必要ないと想定される。しかし、道路の曲率（急な線形）や走行速度の設定（高速）によっては道路曲率データが必要になることも想定される。

図表(3-1-1)1-1　要素技術開発実験の担当

	担当メーカー							
	トヨタ	日産	三菱自工	三菱電機	本田技研	マツダ	住友電工	デンソー
（1）道路構造を反映した車両制御に関する実験								
1）縦断、横断勾配を反映した速度制御	○	○	○		○	○		○
2）道路線形に対応したステアリング制御	○	○	○		○			○
3）磁気ネイルの設置間隔と車両制御の関係	○			○		○		
4）道路構造が磁気ネイルに与える影響	○							
5）道路付属物が車両制御機器に与える影響	○	○		○	○	○		○
（2）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験	○	○			○	○	○	○
（3）路車間通信における問題点の把握	○				○	○	○	○
報告書対応番号	3.1.1 2)	3.1.1 3)	3.1.1 4)	3.1.1 5)	3.1.1 6)	3.1.1 7)	3.1.1 8)	3.1.1 9)

③磁気ネイルの設置間隔と車両制御の関係

各実験車（自動運転、安全走行システム）とも修正操舵角は増加するものの、磁気ネイルの設置間隔２ｍにおいても横変位20cm以内に収まっており、今回の道路構造においては十分制御可能であることが確認された。だだし、道路構造が４車線から２車線に変化する箇所において、線形のすりつけにより磁気ネイルの埋設に一部不連続がみられ、その箇所では横変位が40cm程度まで広がっていた。この点からインフラ側ではレーンマーカーの連続性の維持が、また、車両側ではレーンマーカーの設置のばらつきを考慮した車両制御技術の構築が挙げられた。

④道路構造が磁気ネイルに与える影響

トヨタ自動車が磁気センサ及び測定器を専用の計測車に搭載し実験区間での磁束密度の計測を行った。その結果、構造上鉄を含む橋梁部での磁束密度の変化が見られた。ただし分布には規則性が見られなかったため、橋梁部における磁化量を推定することは困難である。

よって、磁気ネイルをレーンマーカーとして使用する場合は、車両の検出方法や制御方法で磁化の影響を吸収する必要がある。

また、実際の実験車（自動運転、安全走行システム）の走行では時速100km/hまではすべての磁気ネイルの検出が可能であった。ただし、前述のとおり、橋梁部での鉄筋の影響により横方向の制御に乱れが発生した。そのため、車両側の磁束の検出方法と車両制御手法で、橋梁部の磁化の影響を吸収し制御を行った結果、良好な制御が行われた。ただし、継ぎ目や路面凹凸部でのピッチング、乗車人員数による車高変化にともない誤検出、検出ミスが一部の車両で発生した。しかし一部のデータに限られており、全体の制御への影響は見られなかった。

⑤道路付属物が車両制御機器に与える影響

道路付属物から受ける影響として、実験車（自動運転、安全走行システム）に搭載した障害物や前方車両検出用のレーザまたはミリ波レーダがポールコーン、リフレクタ、道路標識を移動体（他車）として誤判別した。しかしレーザ波、ミリ波の照射角度、範囲の調整や検知情報のソフト処理で対応を行った。

ただし、これらの反射体は道路上に存在するものであり、すべての道路において車両側で照射角度、範囲の調整や検知情報のソフト処理を行うことは不可能である。そのため、道路付属物については車両が容易に認識可能な装置（たとえば電波信号等）を付属させることが必要になると想定される。

また道路構造の影響としてはレーザレーダが路面からの反射を受け誤検出する場合が見られたが、ソフト処理で対応可能であった。

また、車線維持のために使用するＣＣＤカメラについては、今回の道路構造では視野に関する影響は見られなかった。ただし、日没時等、太陽光が直接カメラに入射する場合は、ハレーションを起こし検知が不可能となる場合が見られた。

（２）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験

①各種外乱要因が路車間あるいは車車間通信に与える影響

路車間通信、車車間通信は道路構造、道路付属物（案内標識等）、天候（雨、霧等）により影響を受けなかった。路車間通信については全区間で－70dBの電界強度を確保していた。また、車車間通信については各社独自の通信（スペクトラム拡散による無線ＬＡＮ、光通信方式）により車群内の情報の伝達を行ったが、いずれも良好な通信が確保された。

②天候（夜間、霧、雨、太陽光等）が車載機器（カメラ等）に与える影響

ＣＣＤカメラ、レーザレーダは雨による路面冠水、路面反射、霧、水しぶきにより検知性能が極端に悪化し、距離計測機能が維持できない場合があった。ミリ波レーダは前述の２つのセンサに比較して耐気象性が見られた。その他の車載機器には天候の影響は見られなかった。

③路面の凹凸と乗車人員が車載機器に与える影響

乗車人員の変化によって車高が変化しＣＣＤカメラの検知範囲が変動する場合があった。ただし、これについては乗車人員を事前に設定しＣＣＤカメラの設置を調整することで対応可能であった。

2）実験結果その１（トヨタ自動車株式会社）

（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験

①縦断、横断勾配を反映した速度制御

ＬＣＸより送信される縦断勾配データの有効性を検証し、図表(3-1-1)2-1～図表(3-1-1)2-2に示す。また車速／車間制御ブロック図を図表(3-1-1)2-3に示す。

・図表(3-1-1)2-1　下り線（小諸ＩＣ→東部ＩＣ）

・図表(3-1-1)2-2　上り線（東部ＩＣ→小諸ＩＣ）

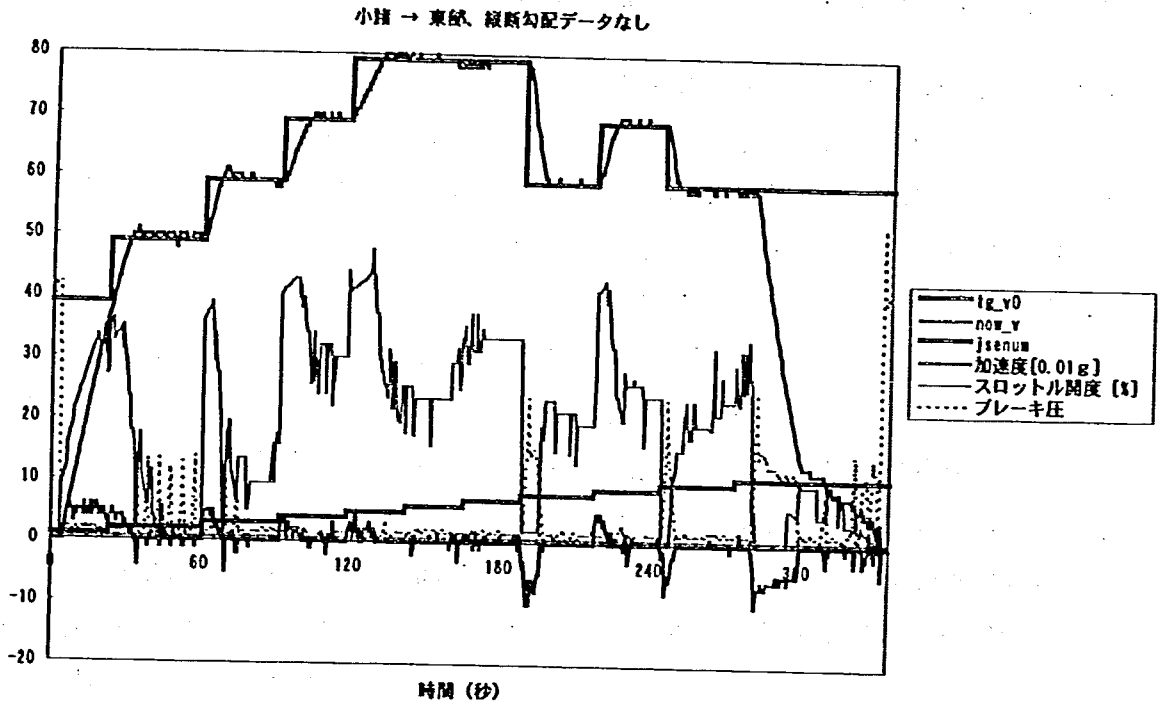
下り線は－0.8～－3.0％の下り勾配である。縦断勾配データを使用した場合、指示車速変化時のスロットル開度が小さくなり、加速度が小さく目標値に近い値となっている（図表(3-1-1)2-1）。車速が一定になった後は車速偏差の積分制御により、どちらもほぼ同じスロットル開度になっている。

上り線は＋0.8～＋3.0％の上り勾配である。縦断勾配データを使用した場合、指示車速変化時のスロットル開度が大きくなり、加速度が大きく目標値に近い値になっている（図表(3-1-1)2-2）。車速が一定になった後は車速偏差の積分制御により、どちらもほぼ同じスロットル開度になっている。

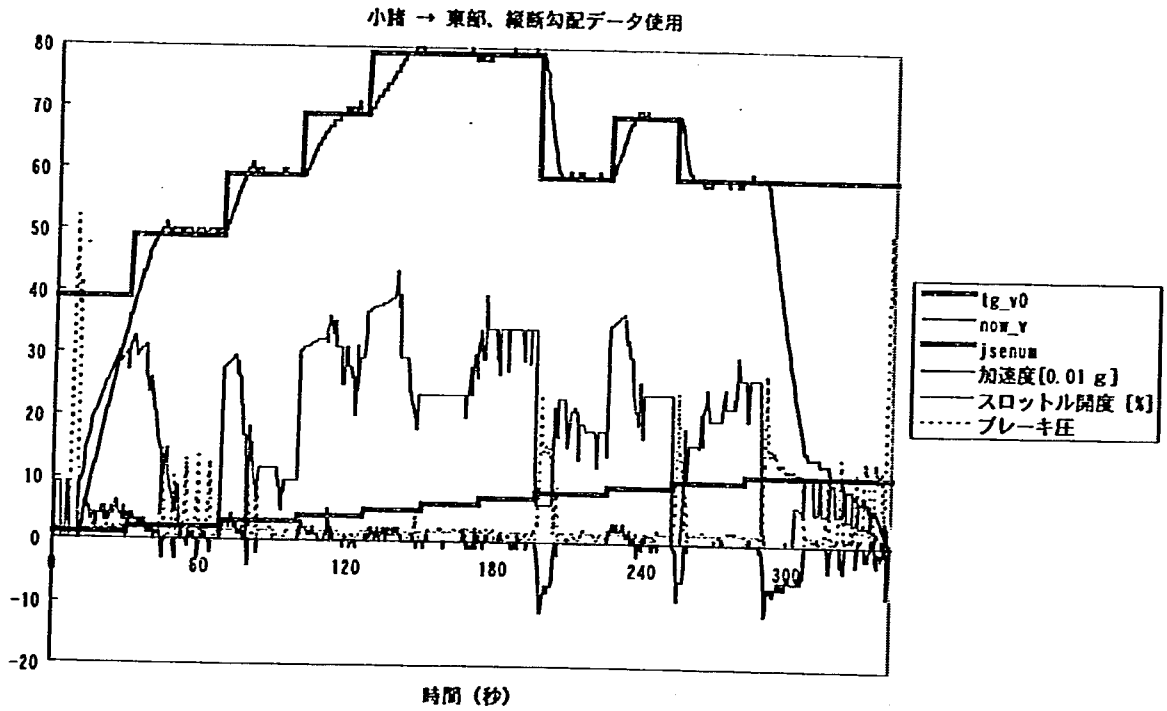
以上のように、縦断勾配データは加減速制御の安定性の向上に寄与している。

図表(3-1-1)2-1　勾配とスロットル開度の関係（小諸→東部）

(a)縦断勾配データなし

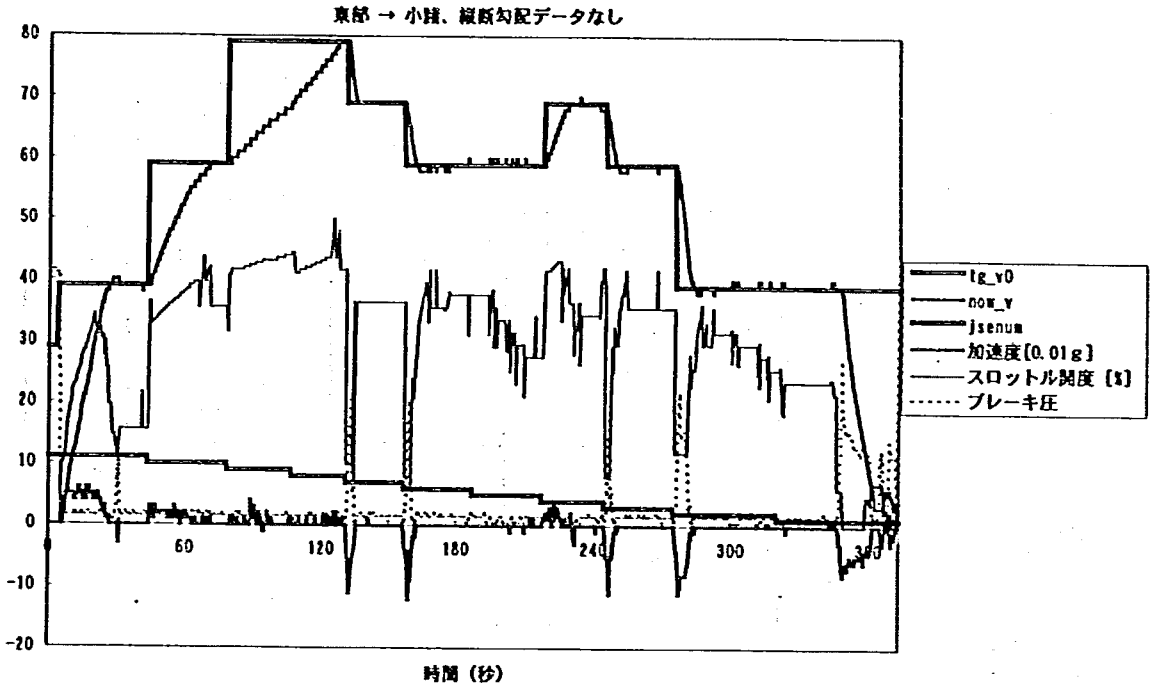


(b)縦断勾配データ使用

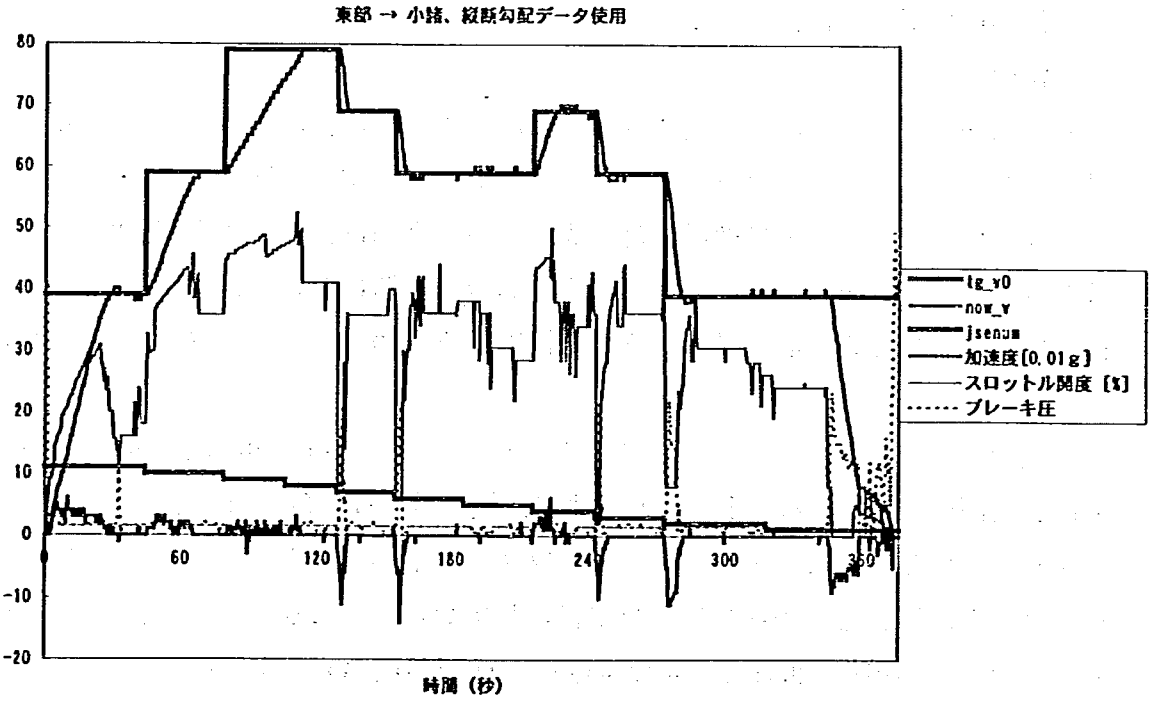


図表(3-1-1)2-2　勾配とスロットル開度の関係（東部→小諸）

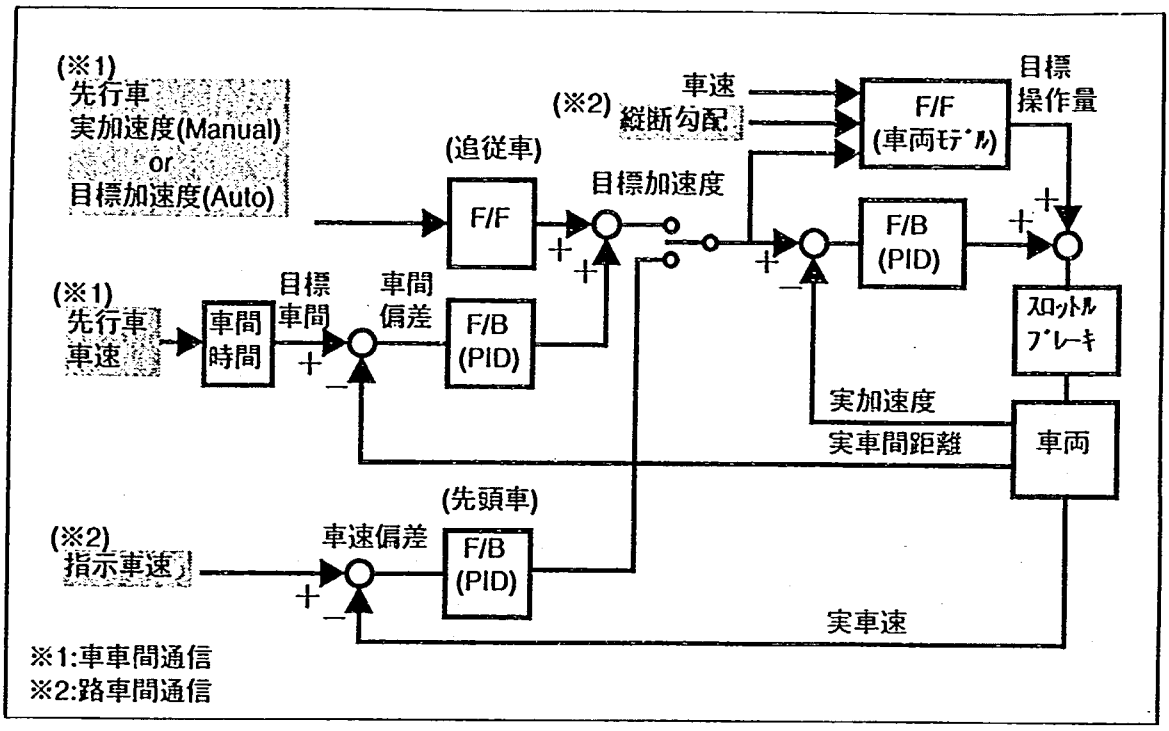
(a)縦断勾配データなし



(b)縦断勾配データ使用



図表(3-1-1)2-3　車速／車間制御ブロック図



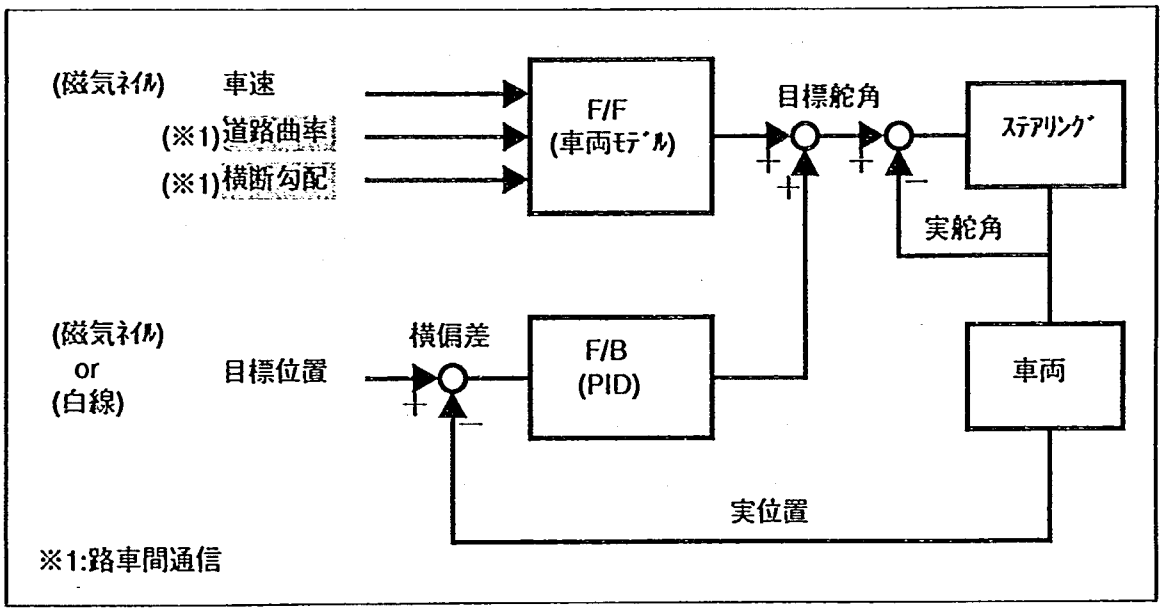
②道路線形に対応したステアリング制御

a)単路部

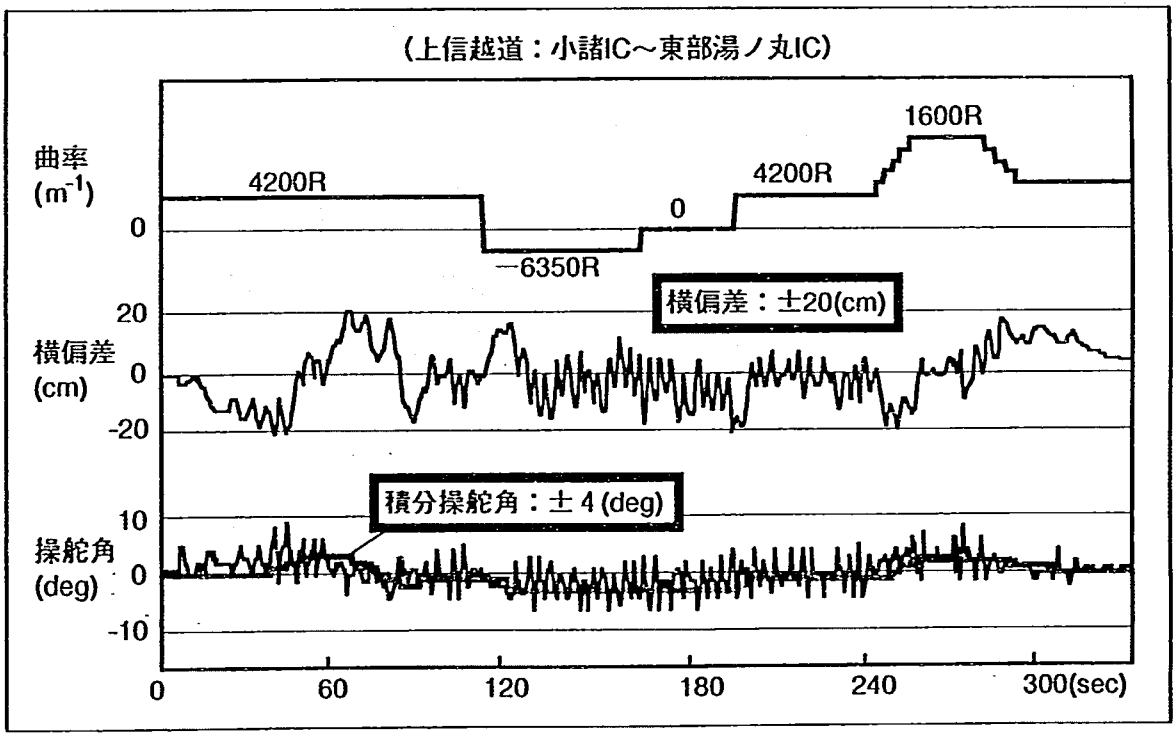
操舵制御のブロック図を図表(3-1-1)2-4に示す。車速、道路曲率、横断勾配から計算されるフィードフォワード操舵角に、磁気ネイルからの横偏差のＰＩＤフィードバック操舵角を加えて目標操舵角を決定する。今回は、最小曲率が1600という比較的直線に近いコースである。このような高規格道路において、フィードバック制御だけでどの程度の性能が得られるかを把握するため、フィードフォワード制御なしで走行実験を実施した。

図表(3-1-1)2-5は、下り線（小諸ＩＣ→東部ＩＣ）で40～80km/hで走行した場合の操舵制御の結果である。上から道路曲率、横偏差、操舵角を示しており、＋が右、－が左を表わしている。また、フィードフォワードの代用となる横偏差の積分フィードバック制御分を、操舵角に重ねて表示している。このグラフによれば、道路曲率の変化点（110秒、200秒、240秒付近）と横断勾配の変化点（60秒付近）で横偏差が±20cm程度と大きくなり、その後、積分制御により±10cm程度に抑えられていることがわかる。100km/hでの走行した場合は、横偏差が最大±30cmまで大きくなることを確認している。今回の試験条件では、道路形状データによるフィードフォワード制御は必ずしも必要ではないが、もう少し旋回半径の小さいコースを100km/h程度で制御する場合は、道路形状データは必要になると思われる。

図表(3-1-1)2-4　操舵制御ブロック図



図表(3-1-1)2-5　操舵制御結果



b)旋回部

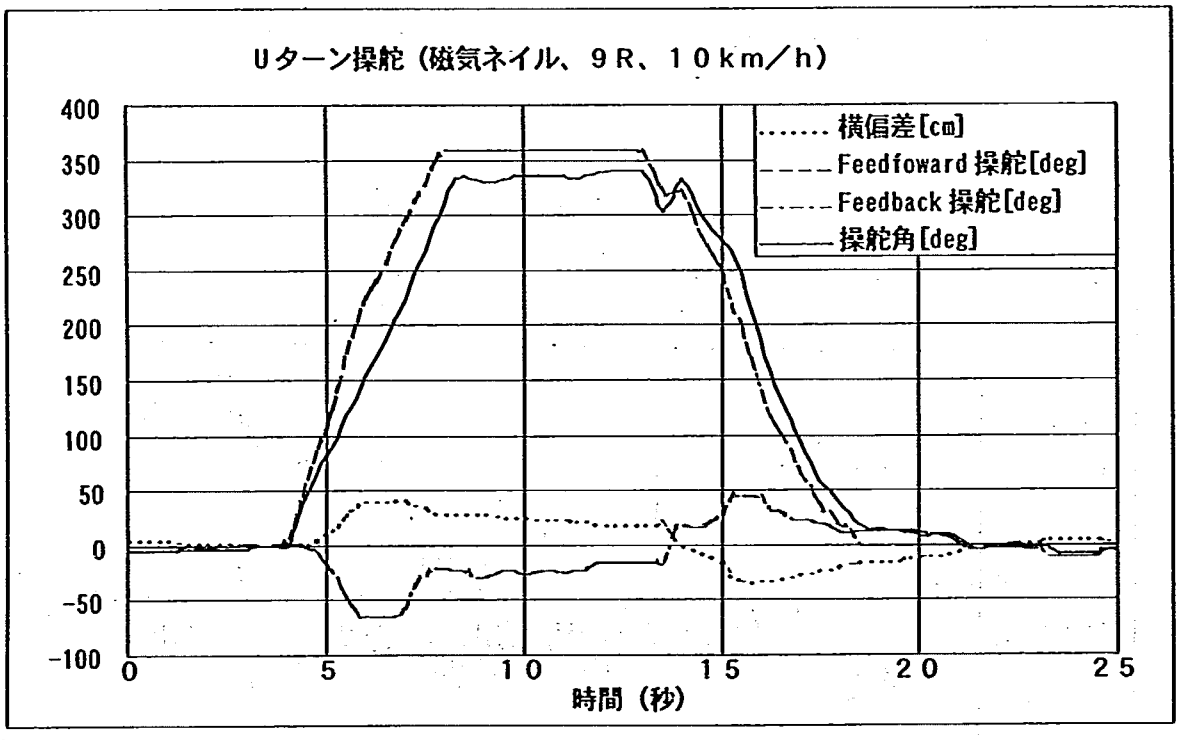
旋回部では、曲率（９Ｒ）に合わせたフィードフォワード操舵角に磁気ネイルからの偏差によるフィードバック操舵角を加えて目標操舵角を決定する。なお、走行実験では横偏差のみをフィードバックし、車速は10km/hに固定した。

図表(3-1-1)2-6に結果を示す。与えられたフィードフォワード操舵角は０～360度、フィードバック操舵角は、－60～＋50度、横偏差は、±45cm以下であった。

車速が高くなると横偏差が大きくなり、レーン逸脱が発生する可能性もあるため、車速の制御精度を確保することは重要である。

また今回の実験により、かなりの急カーブでも自動走行が可能であることが判明した。今後の流入、流出路などＡＨＳの適用範囲の拡大が期待される。

図表(3-1-1)2-6　Ｕターン操舵制御



③磁気ネイルの設置間隔と車両制御の関係

今回の実験では、磁気ネイルの設置間隔が２ｍであり、操舵制御もこれに対応したものになっている。この制御方法で土木研究所の実験コース（磁気ネイル設置間隔２ｍ）を自動走行させ、平成７年度の同コース（磁気ネイル設置間隔１ｍ）でのデータと比較することにより、磁気ネイルの設置間隔と車両制御の関係を評価した。

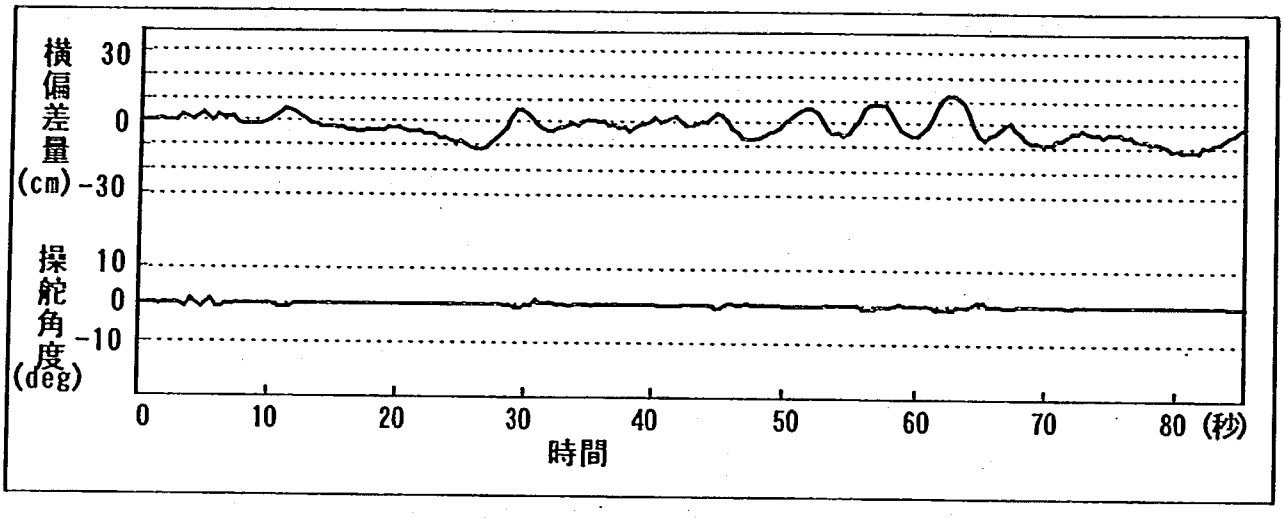
図表(3-1-1)2-7は、平成７年度の操舵制御データであり、制御ゲイン等は１ｍ対応になっている。図表(3-1-1)2-8は、平成８年度の操舵制御データであり、制御ゲイン等は２ｍ対応になっている。これらを比較すると、２ｍ間隔のほうが修正操舵角が増えている。ただし横偏差量は、どちらも直線部±10cm以下、曲線部±20cm以下とほぼ同等の性能が得られている。

これらの結果から、かなりの急カーブを含むコース（土木研究所実験コースについては別項※1参照）においても、磁気ネイル設置間隔が１～２ｍの範囲では、設置間隔の差が車両制御に与える影響は少ないといえる。道路インフラ整備という観点からは、磁気ネイルの個数を減らすため設置間隔は長い方が望ましいが車両側システムの信頼性確保という観点からは、磁気ネイルの検出もれなどへの対応として、設置間隔が短い方が望ましい。したがって磁気ネイルの設置間隔は、道路と車両の総合システムとしての信頼性、コストを考慮して設定しなければならない。

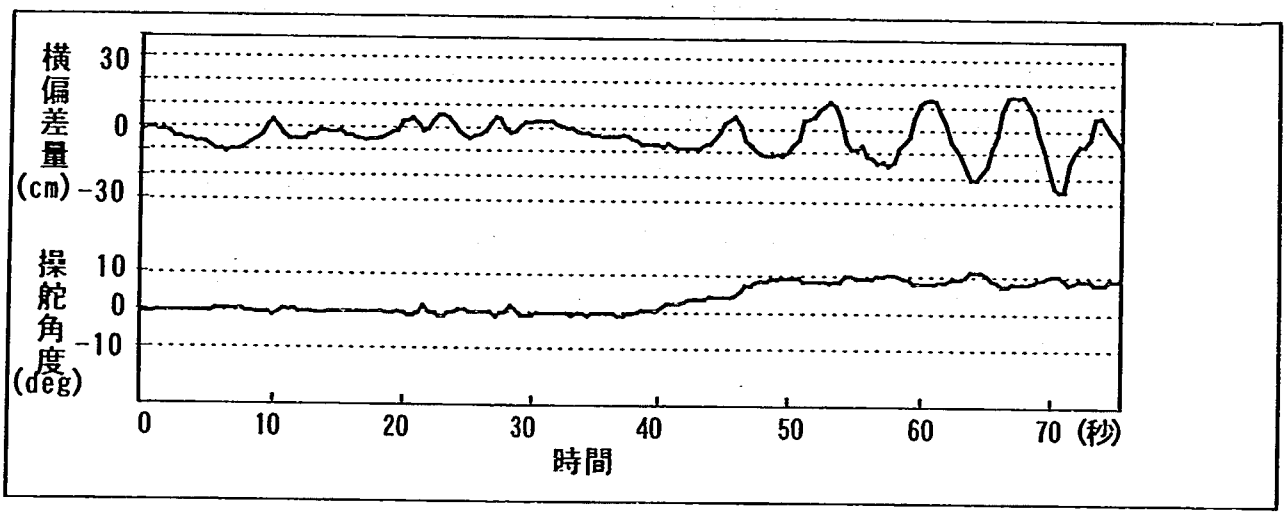
※１：「車間制方コントロールシステム（ＡＨＳ）の開発に関する共同研究報告書－土木研究所における機能検証実験を中心として－」

図表(3-1-1)2-7　磁気ネイル間隔１ｍ時の操舵制御（操舵角度、横偏差）

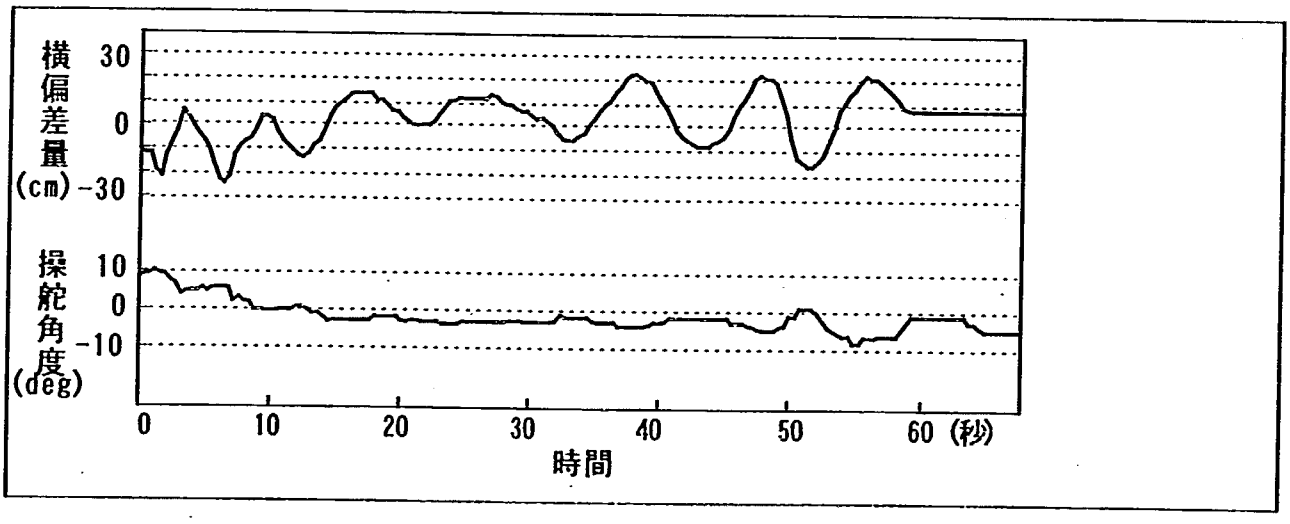
(a)　ＬＣＸ区間１、２



(b)　ＬＣＸ区間３、４



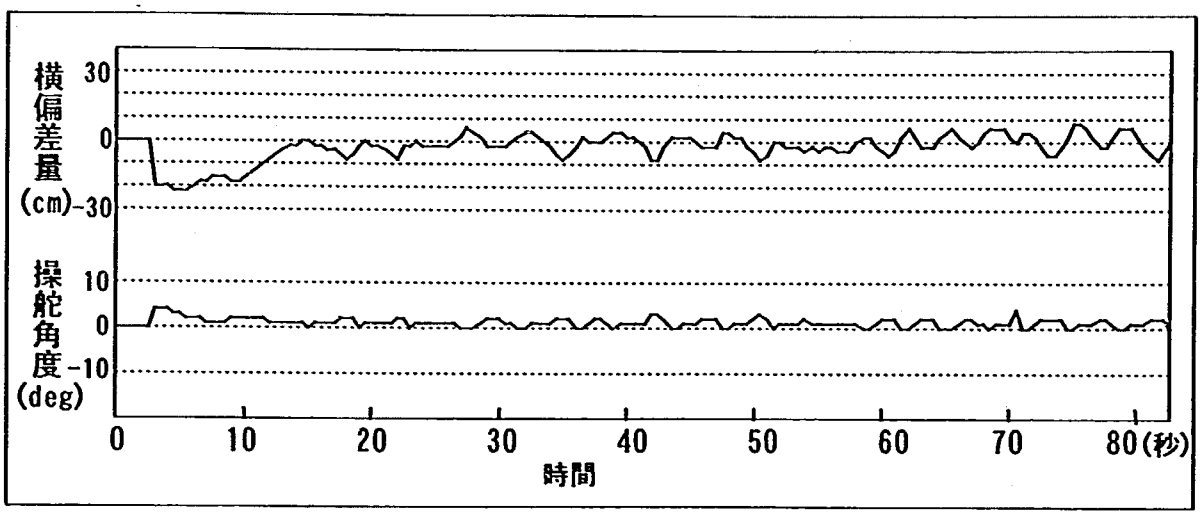
(c)　ＬＣＸ区間５，６



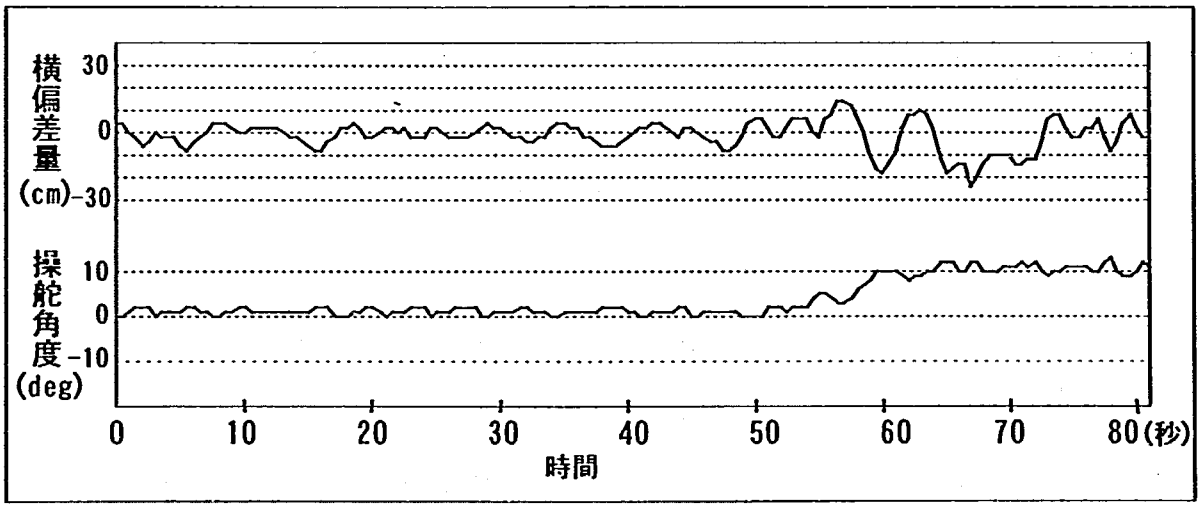
（平成７年度実験結果）

図表(3-1-1)2-8　磁気ネイル間隔２m時の操舵制御（操舵角度、横偏差）

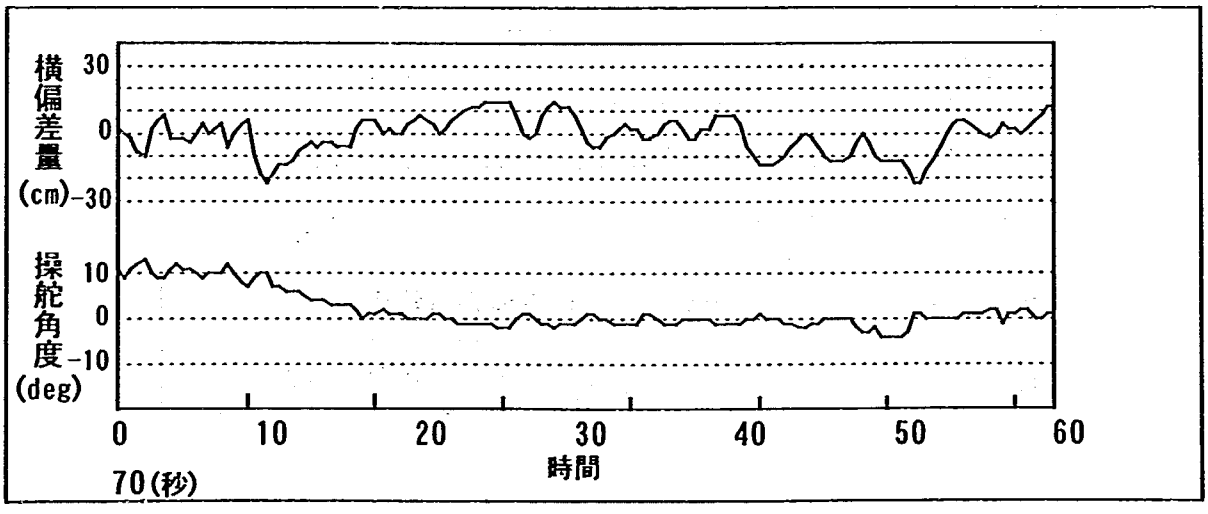
(a)　ＬＣＸ区間１、２



(b)　ＬＣＸ区間３、４



(c)　ＬＣＸ区間５，６

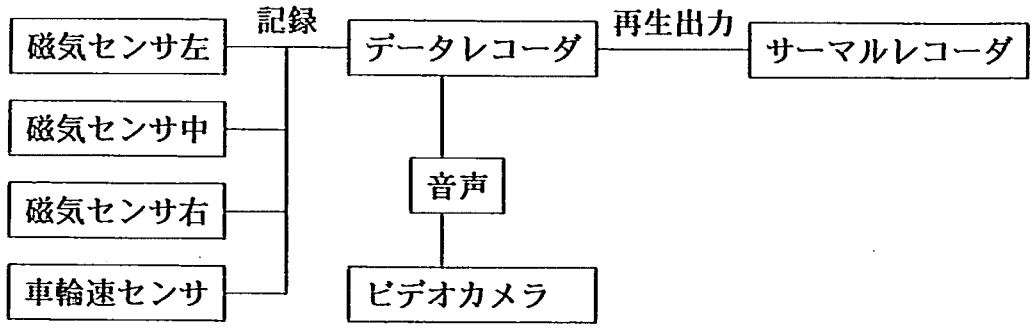


（平成８年度実験結果）

④道路構造が磁気ネイルに与える影響

道路構造物の磁化状態及び磁気ネイルに与える影響を把握するために、磁気ネイル埋設の前後に、図表(3-1-1)2-9に示す磁気センサ、測定器を車両に搭載し、走行しながら各地点の磁束密度を測定した。

図表(3-1-1)2-9　磁束密度の測定器の概要



小諸ＩＣ～東部ＩＣ間の上下線の磁束密度分布を計測した。この区間には、下記に示す橋梁部とコンクリートボックス構造部が含まれている。ただし磁気ネイル埋設前は、工事のため所沢川橋での計測は行っていない。

図表(3-1-1)2-10　測定区間の橋梁部及びコンクリートボックス構造部

(a)　橋梁部（４ヶ所）

橋　梁　名	長　さ	構　　造
深沢川橋	209m	鋼５径間連続非合成鈑桁
大石沢川橋	42m	鋼単純合成鈑桁
西沢川橋	15m	ＲＣ単純中空床板
金井橋	180m	鋼単純鈑桁
所沢川橋	186m	鋼３径間連続箱桁

(b)　コンクリートボックス構造部（25ヶ所）

橋　梁　名	長　さ	構　　造
求女川橋	40m	ＰＣ単純多室箱桁
祢津南橋	27m	ＲＣポータブルラーメン

a)道路構造物の磁化状況

測定データを図表(3-1-1)2-12～図表(3-1-1)2-21に示す。

図表(3-1-1)2-12～図表(3-1-1)2-15は、磁気ネイル埋設前の橋梁部付近の磁束密度データであり、図表(3-1-1)2-16～図表(3-1-1)2-20は、磁気ネイル埋設後の橋梁部付近の磁束密度データである。いずれも車速30～40km/h走行時のデータで、パルス状の部分は磁気ネイルによる磁束密度を示す。埋設された磁気ネイルの大部分は、N極が路面側になるように埋設されているが、パルスが反転している部分は、道路の基準点等を示すためにS極が路面側になるように埋設されている部分である。図表(3-1-1)2-21は、コンクリートボックス構造部の磁束密度データである。各グラフは、上から左センサ水平磁束密度出力、左センサ垂直磁束密度出力、中央センサ水平磁束密度出力、中央センサ垂直磁束密度出力、右センサ水平磁束密度出力、右センサ垂直磁束密度出力を表し、橋梁部以外のデータが平坦な部分が磁束密度0に相当する。また縦軸2.5 (Gauss/Div)、横軸1 (sec/Div)である。これらの測定結果より、以下のことがいえる。

・橋梁部、コンクリートボックス構造部以外は、ほとんど磁化していない

・橋梁部、コンクリートボックス構造部の最大磁化量は±1ガウスであった

各橋梁部磁化量は以下のとおりである。

図表(3-1-1)2-11　各橋梁部の磁化量

橋　梁　名	深沢川橋	大石沢川橋	西沢川橋	金 井 橋	ボックス部
磁化量(Gauss)	±1.0	±0.6	±0.6	±0.5	±0.2

・橋梁部では中央部より端部方が比較的磁化量が大きい

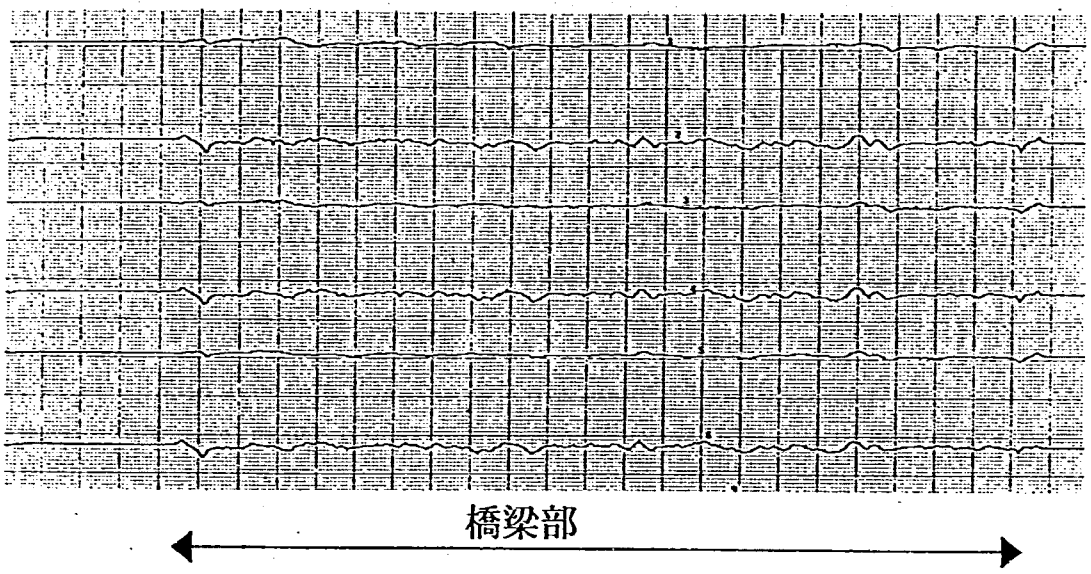
・橋梁部では横方向の磁束密度分布変化は少ない（3センサの比較より）

・橋梁部では走行方向の磁束密度分布変化は大きい

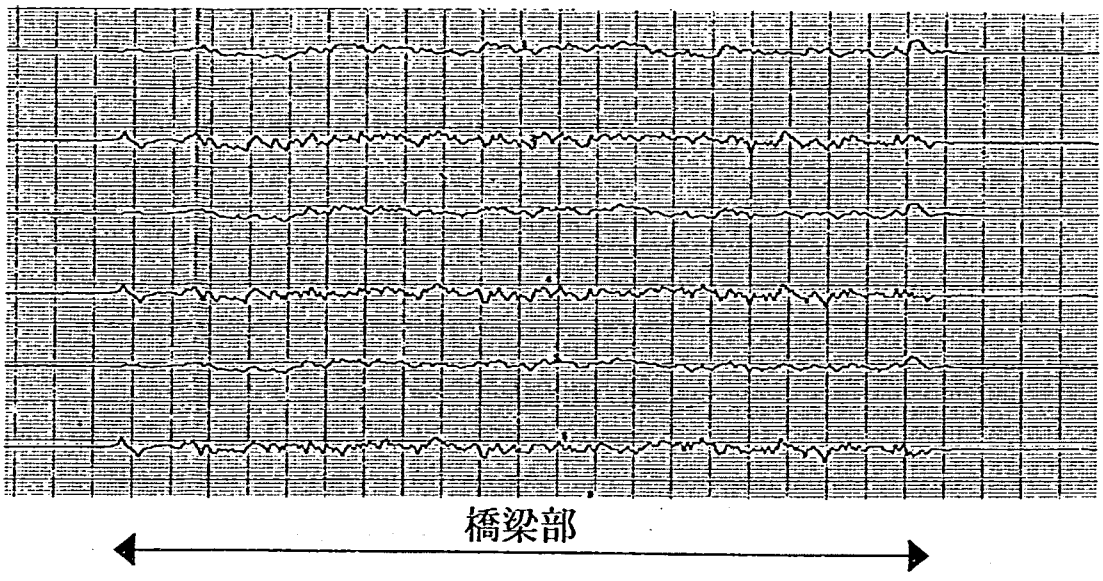
ただし変化周期は磁気ネイルによる磁束密度変化周期に対して緩やかである

図表(3-1-1)2-12　磁界分布データ～磁気ネイル埋設前（その１）

(a)　深沢川橋（下り線）

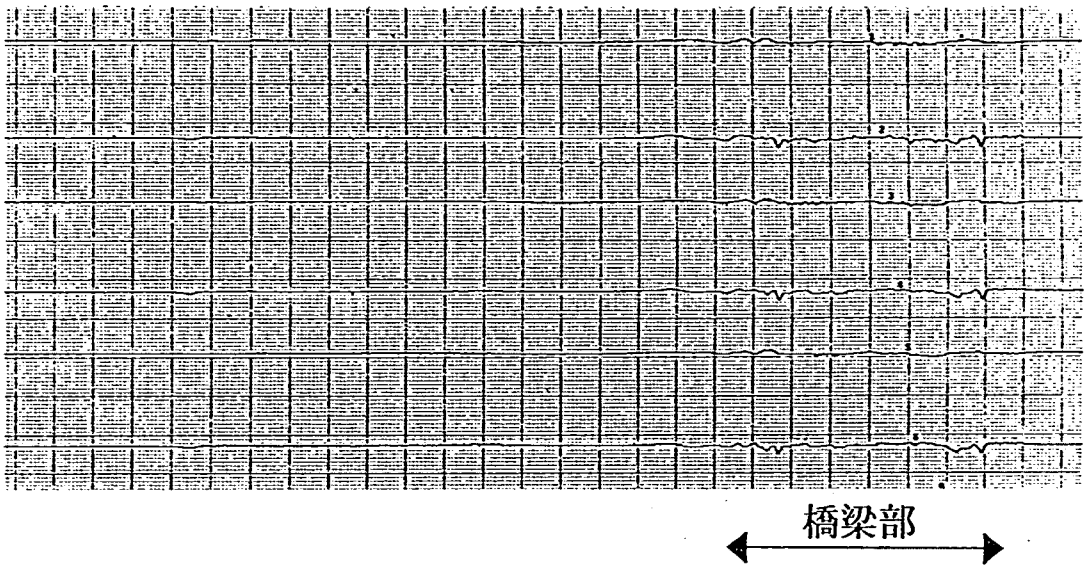


(b)　深沢川橋（上り線）

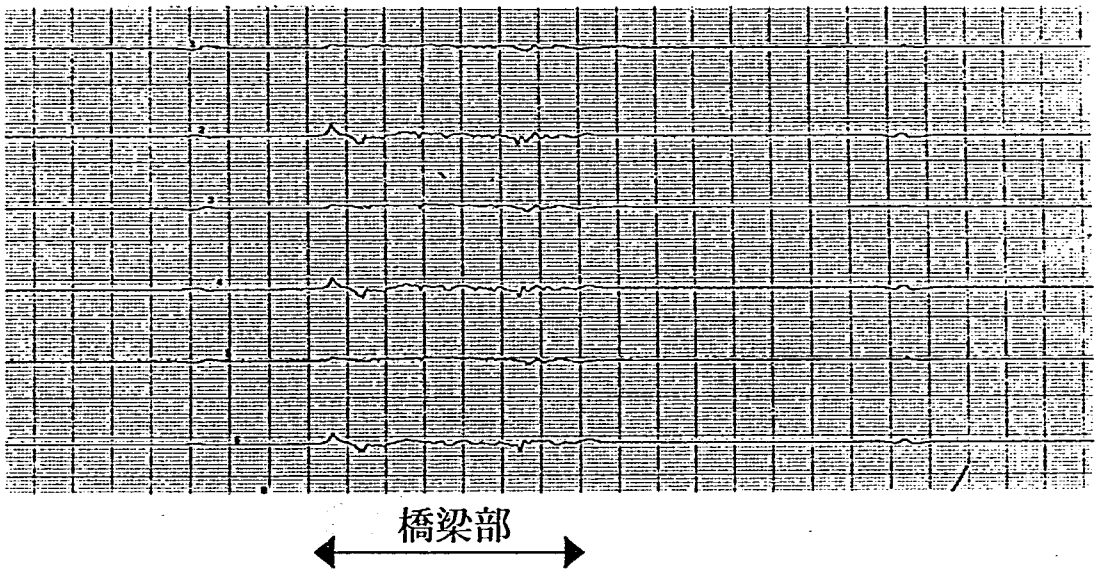


図表(3-1-1)2-13　磁界分布データ～磁気ネイル埋設前（その２）

(a)　大石沢川橋（下り線）

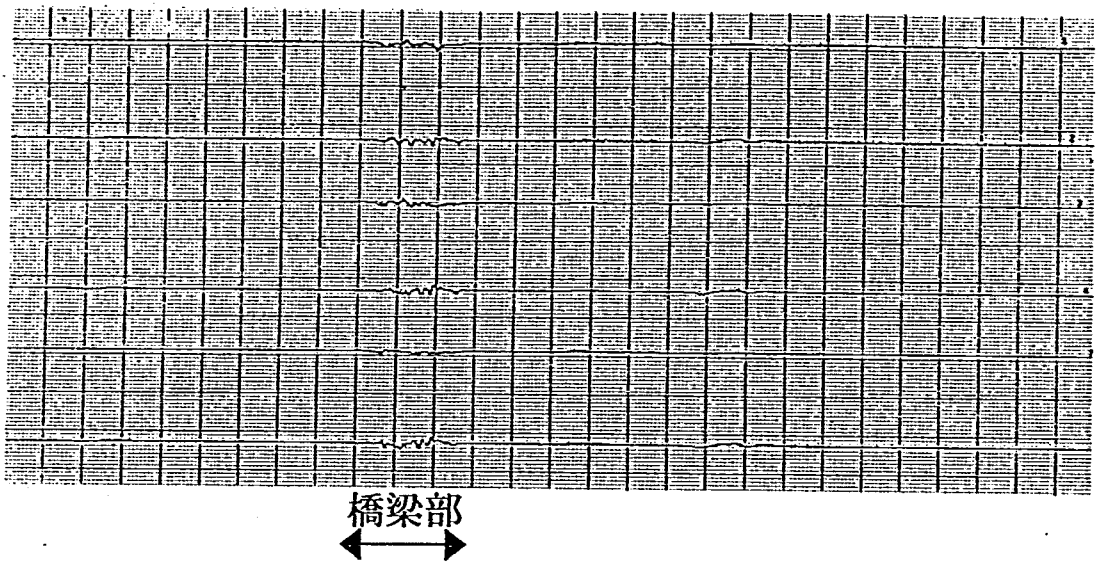


(b)　大石沢川橋（上り線）

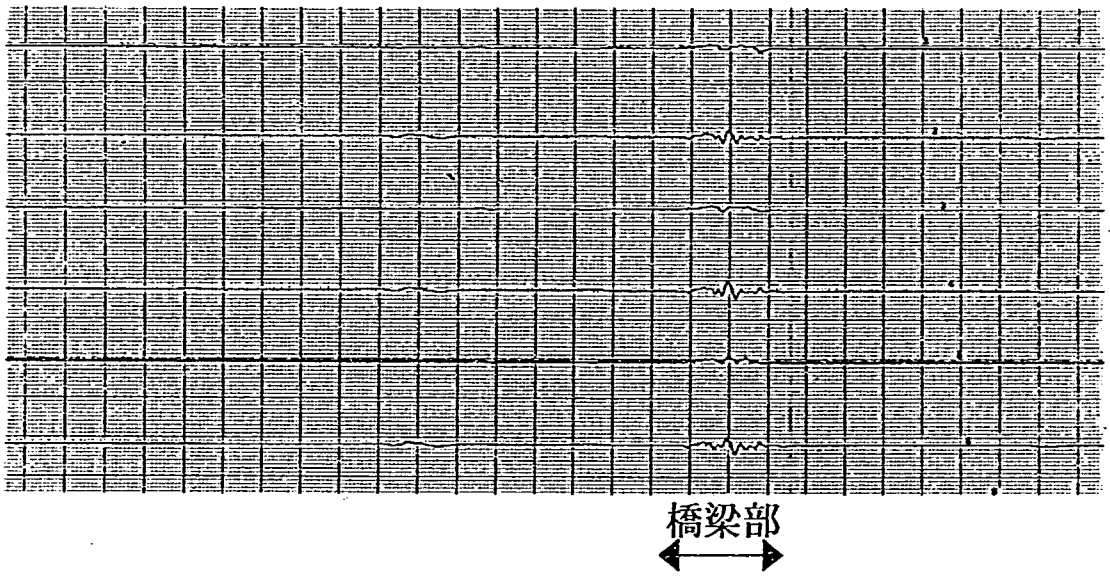


図表(3-1-1)2-14　磁界分布データ～磁気ネイル埋設前（その３）

(a)　西沢川橋（下り線）

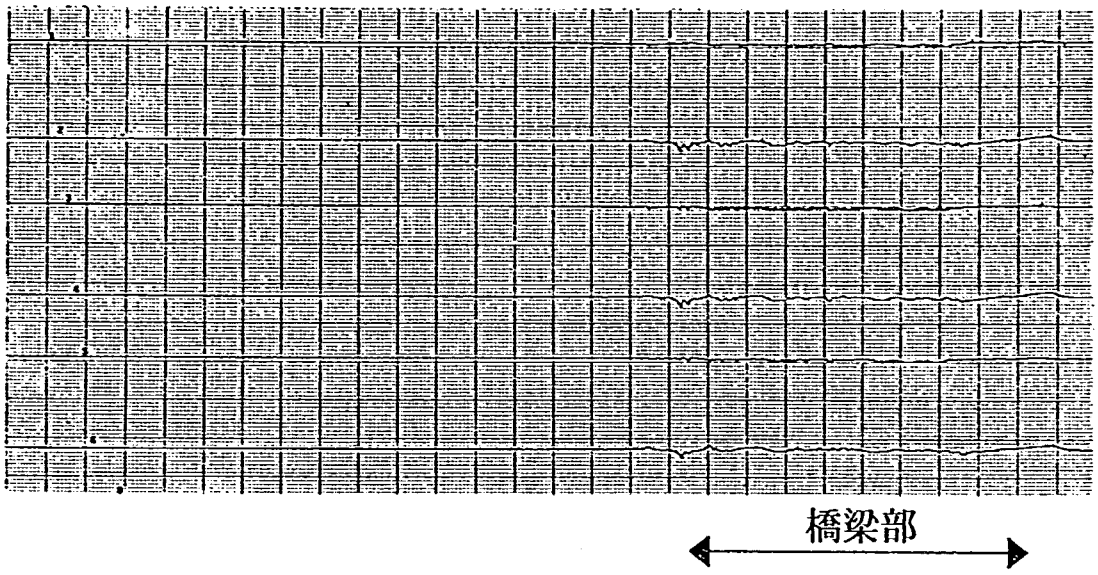


(b)　西沢川橋（上り線）

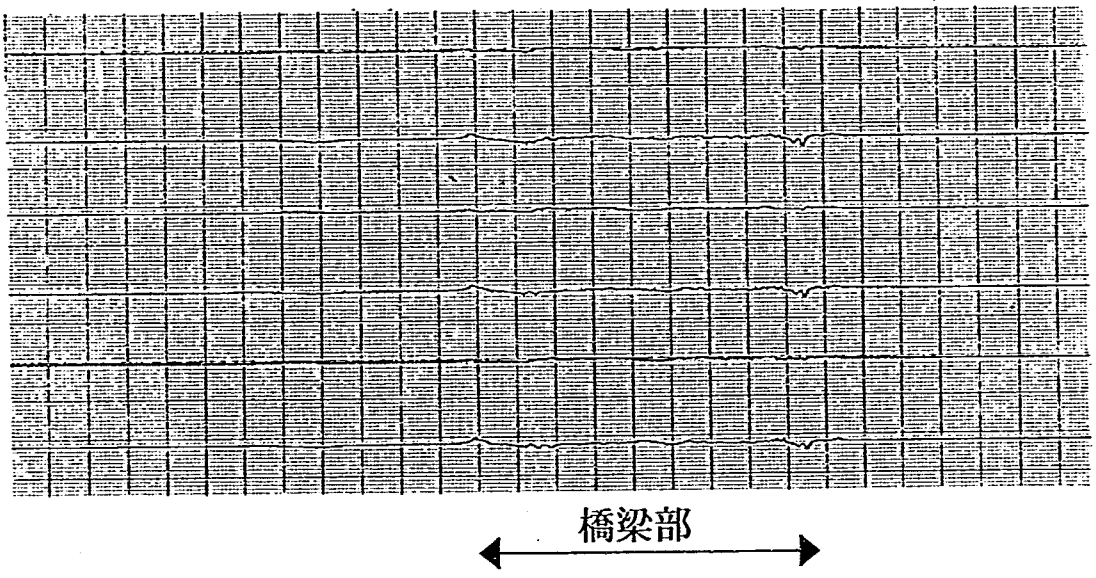


図表(3-1-1)2-15　磁界分布データ～磁気ネイル埋設前（その４）

(a)　金井橋（下り線）

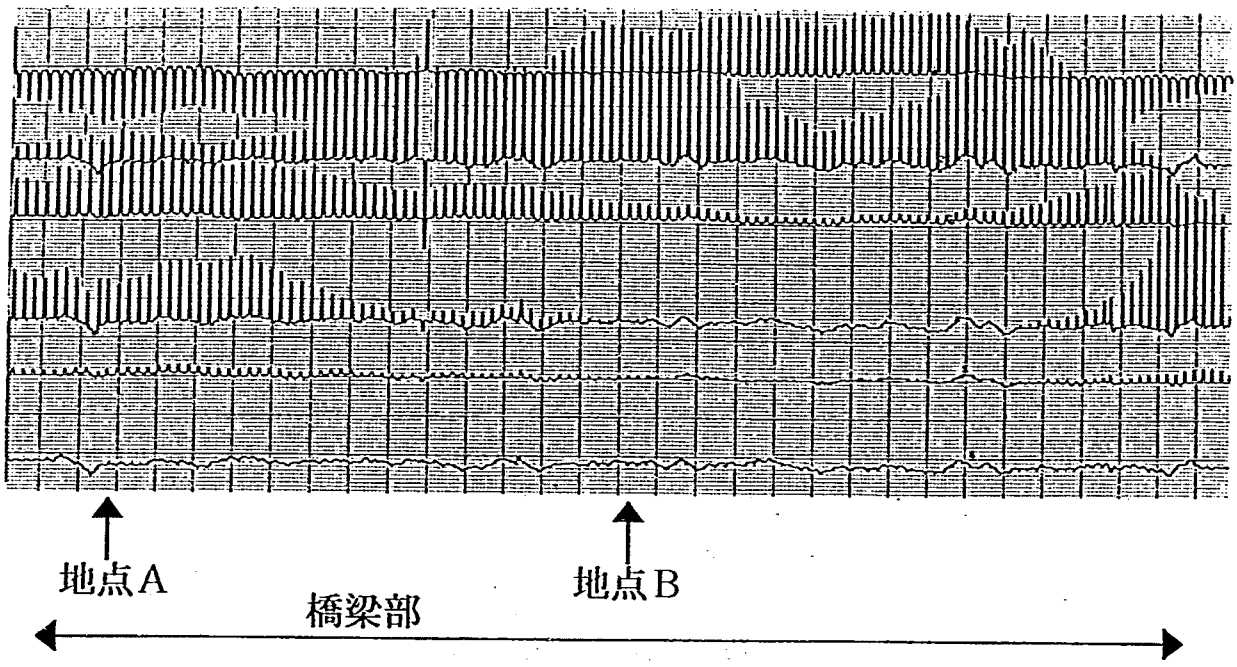


(b)　金井橋（上り線）

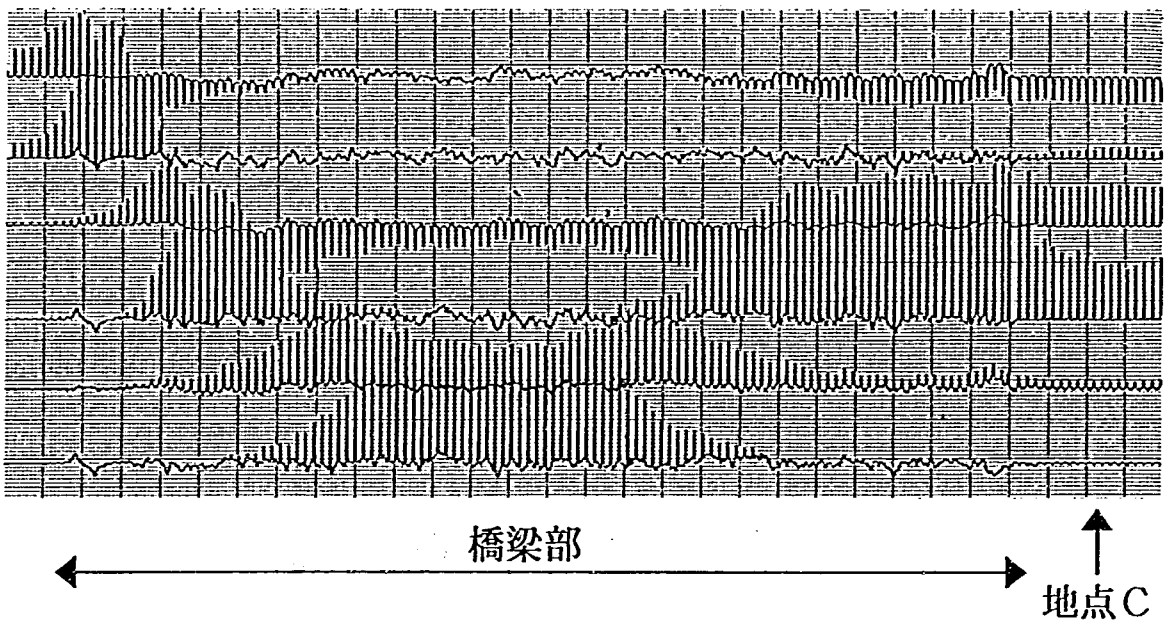


図表(3-1-1)2-16　磁界分布データ～磁気ネイル埋設後（その１）

(a)　深沢川橋（下り線）

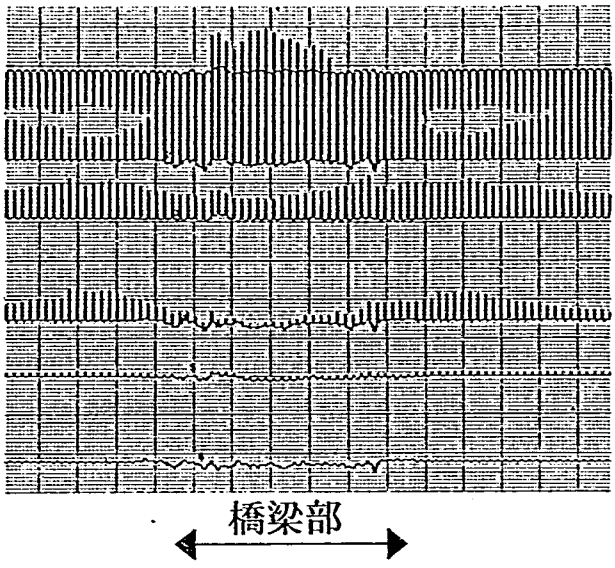


(b)　深沢川橋（上り線）

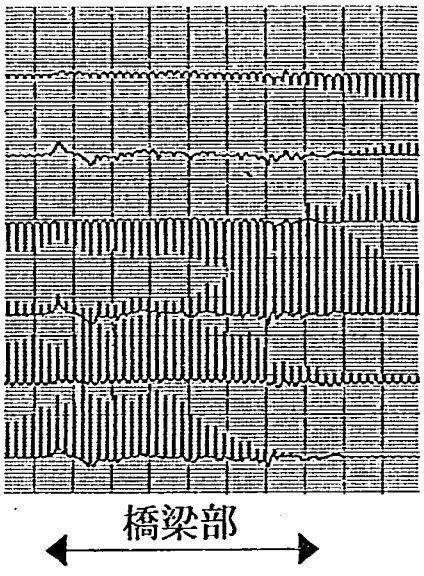


図表(3-1-1)2-17　磁界分布データ～磁気ネイル埋設後（その２）

(a)　大石沢川橋（下り線）

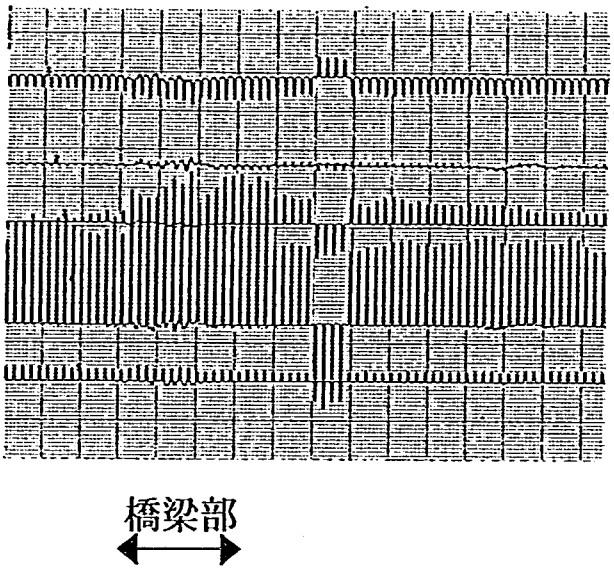


(b)　大石沢川橋（上り線）

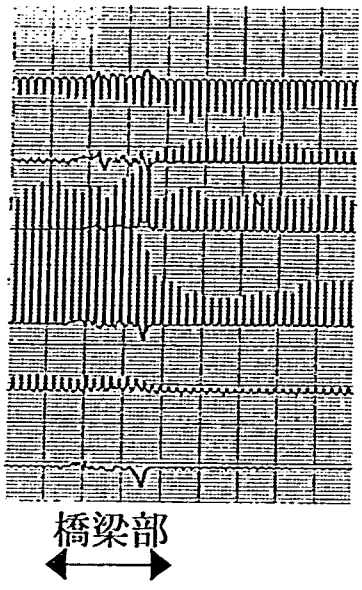


図表(3-1-1)2-18　磁界分布データ～磁気ネイル埋設後（その３）

(a)　西沢川橋（下り線）

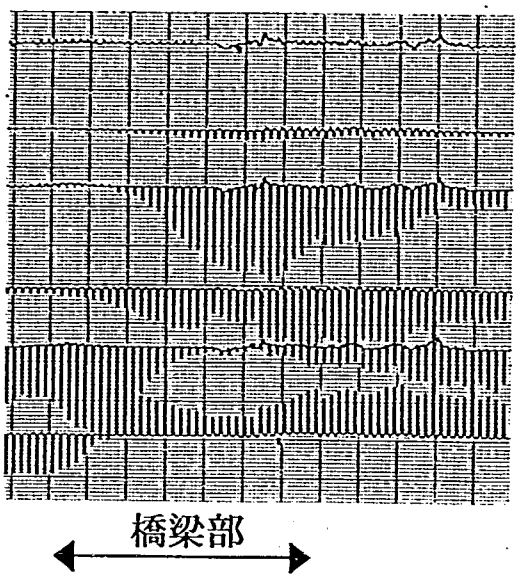


(b)　西沢川橋（上り線）

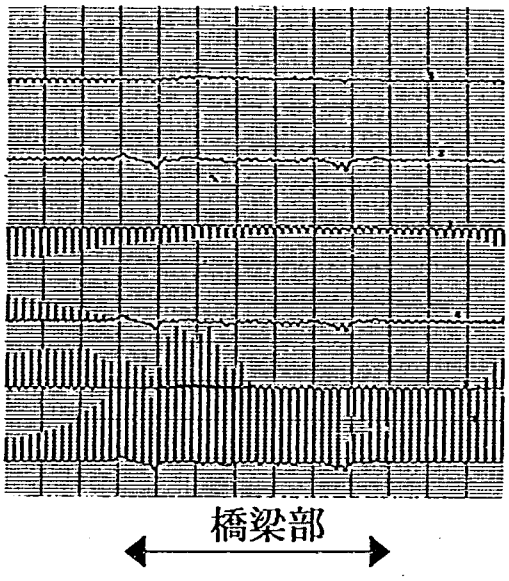


図表(3-1-1)2-19　磁界分布データ～磁気ネイル埋設後（その４）

(a)　金井橋（下り線）

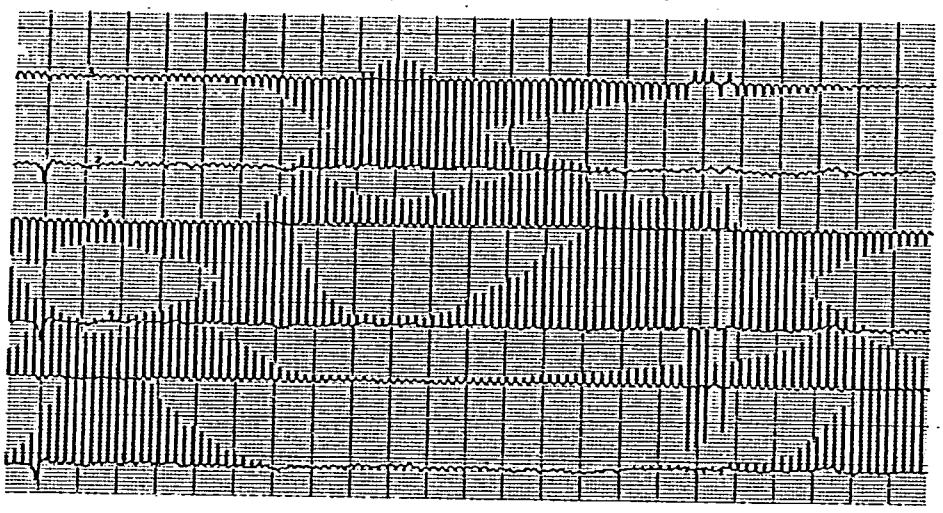


(b)　金井橋（上り線）



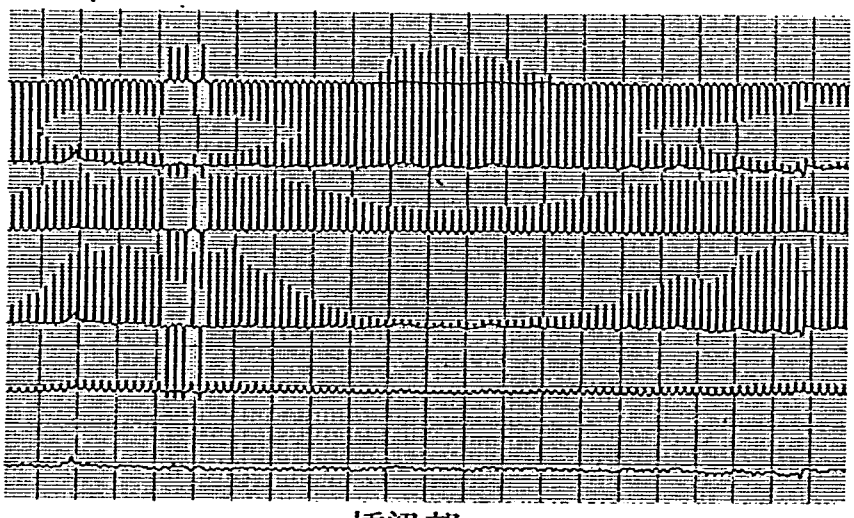
図表(3-1-1)2-20　磁界分布データ～磁気ネイル埋設後（その５）

(a)　所沢川橋（下り線）



橋梁部

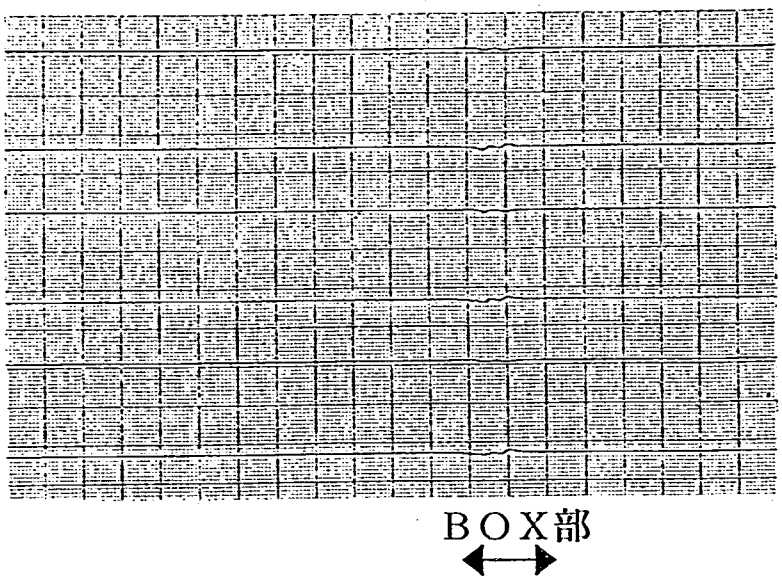
(b)　所沢川橋（上り線）



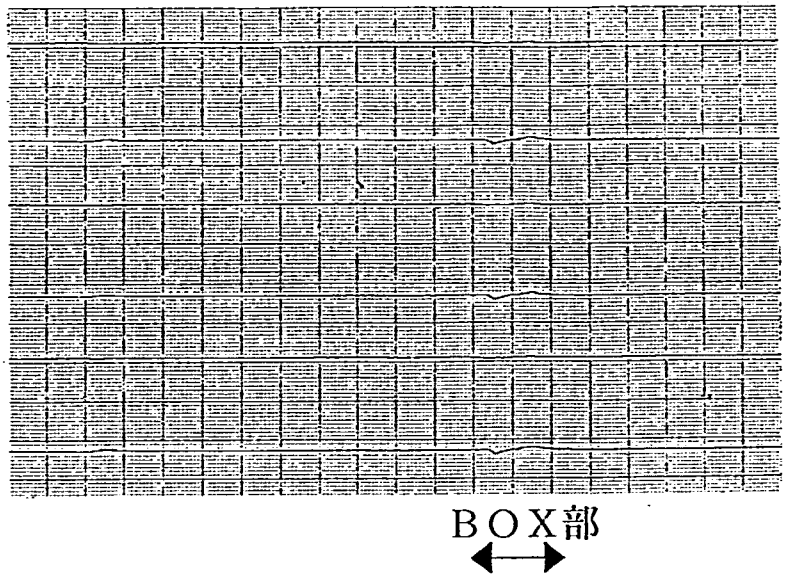
橋梁部

図表(3-1-1)2-21　磁界分布データ～磁気ネイル埋設前

(a)　ＢＯＸ構造部（例１）



(b)　ＢＯＸ構造部（例２）



b)磁気ネイルへの影響

図表(3-1-1)2-22～図表(3-1-1)2-24は、図表(3-1-1)2-16に示す深沢川橋の地点Ａ、Ｂ、Ｃでの磁気ネイルの磁束密度分布データで、各地点の測定条件は以下のとおりである。

・地点Ａ：橋梁端部の磁化量が最も大きい点

・地点Ｂ：橋梁中央部の磁化量が比較的少ない点

・地点Ｃ：橋梁の磁化の影響を受けない点

磁気ネイルは、通常アスファルト部用の棒状型（φ30x70）と橋梁部用の扁平型（φ50x30）の２種類が使用されているが、今回計測した３地点とも扁平型磁気ネイルである。グラフは横軸が水平磁束密度Ｂｙ、縦軸が垂直磁束密度Ｂｚを示し、磁気ネイルからの水平方向距離ｙが等しい点を結線したものである。実線は今回測定したデータであり、点線は比較データとして棒状型磁気ネイルの標準データを示している。

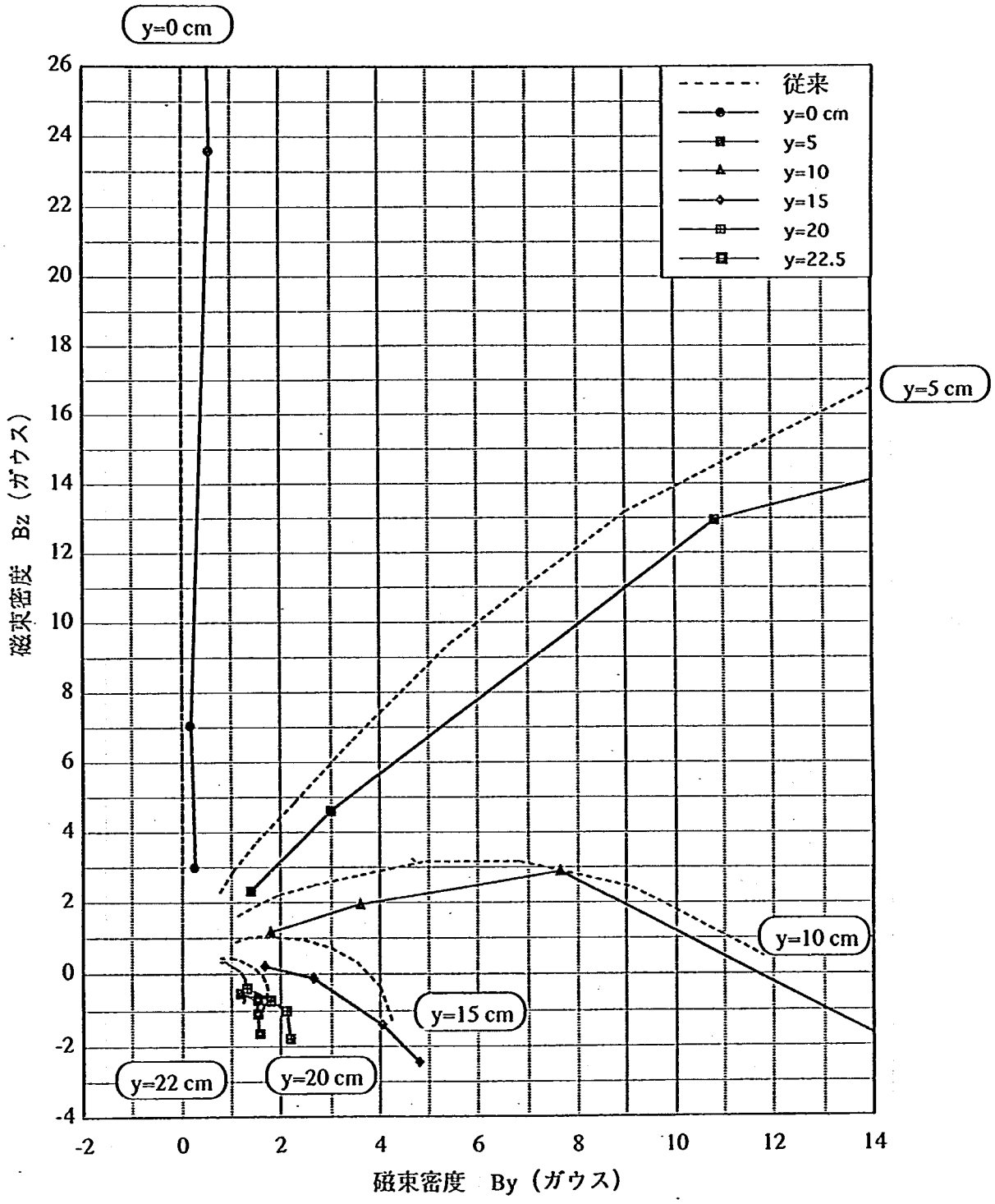
これらの測定結果から、以下のことがいえる。

・磁化量の最も大きい地点Ａが、標準データとのずれが最も大きく、逆に最も少ない地点Ｃはずれも少ない。即ち、磁化量とずれは比例的に増減する

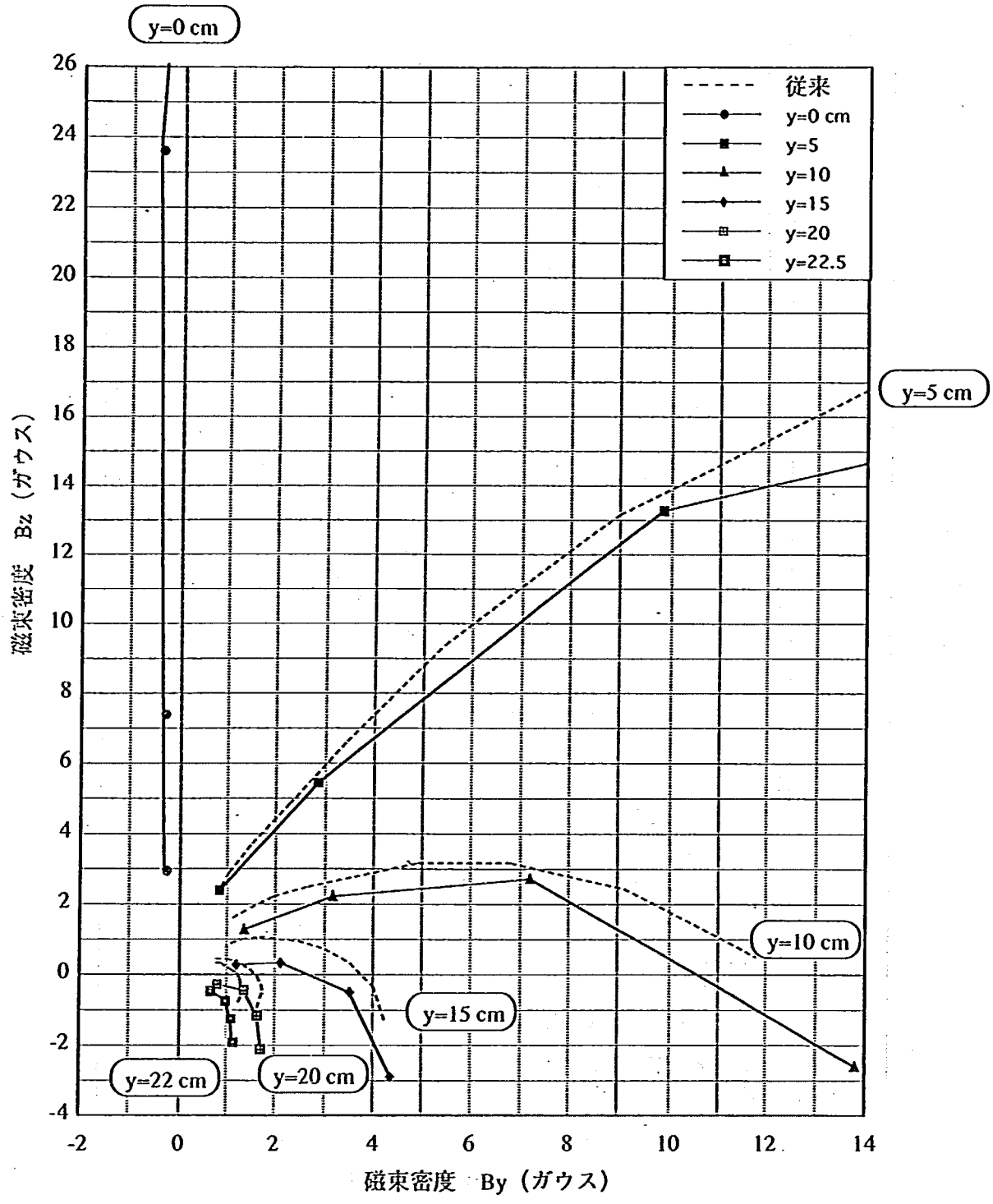
・橋梁の磁化による磁気ネイル磁界への影響としては、地点Ａでセンサ搭載高さが地上15cmの場合、ｙ＝５cm付近で約１cm、ｙ=15cm付近で約２cmの横偏差検出誤差として現れる

橋梁部の磁束密度分布には規則性は見られず、橋梁部があることが予め判明していても、各位置毎に磁化量を予測することは不可能である。よって、磁化の影響は避けられないため、検出方法または車両制御でこの影響を吸収する必要があると思われる。

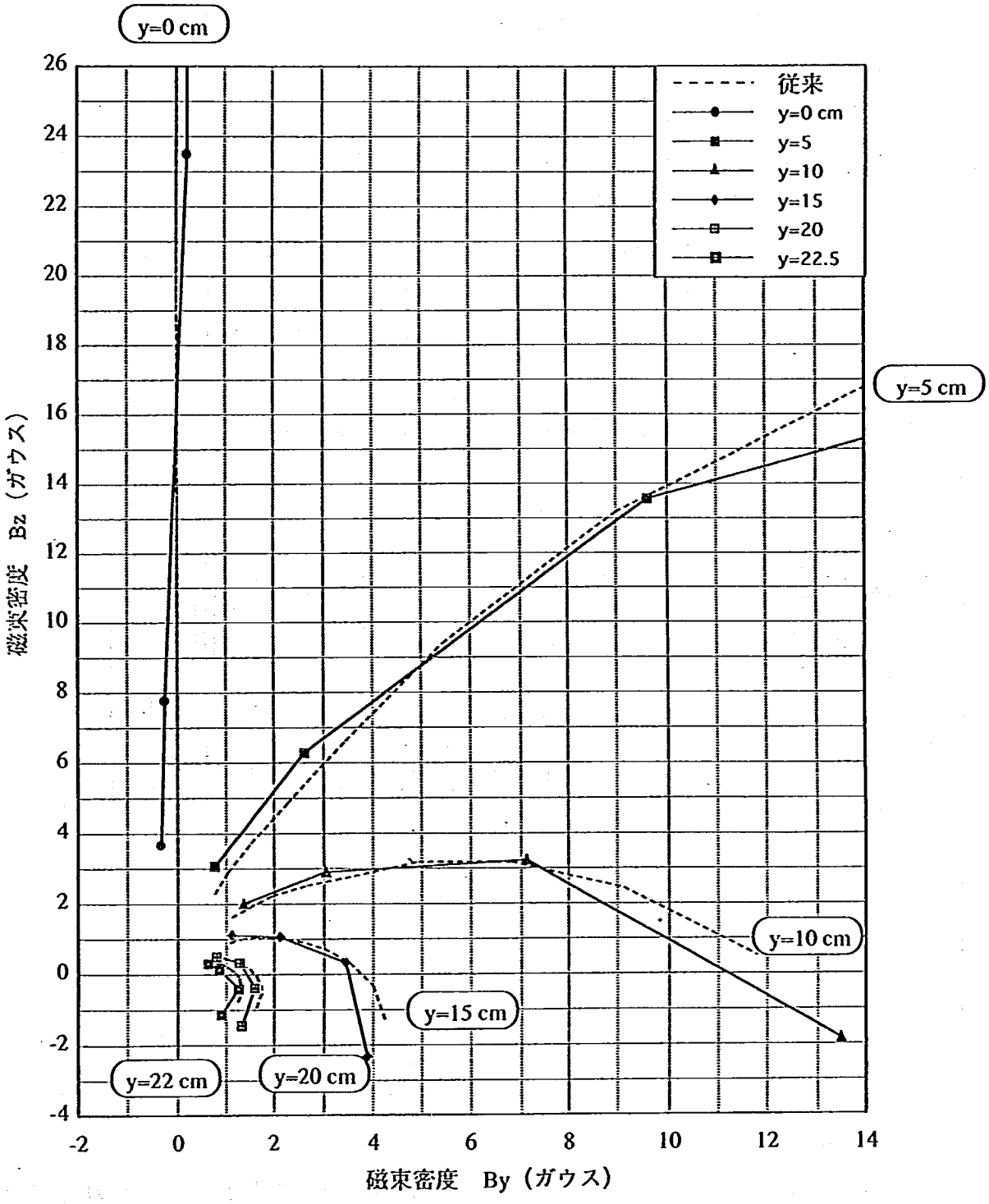
図表(3-1-1)2-22　磁気ネイル磁界分布（地点Ａ）



図表(3-1-1)2-23　磁気ネイル磁界分布（地点Ｂ）



図表(3-1-1)2-24　磁気ネイル磁界分布（地点C）



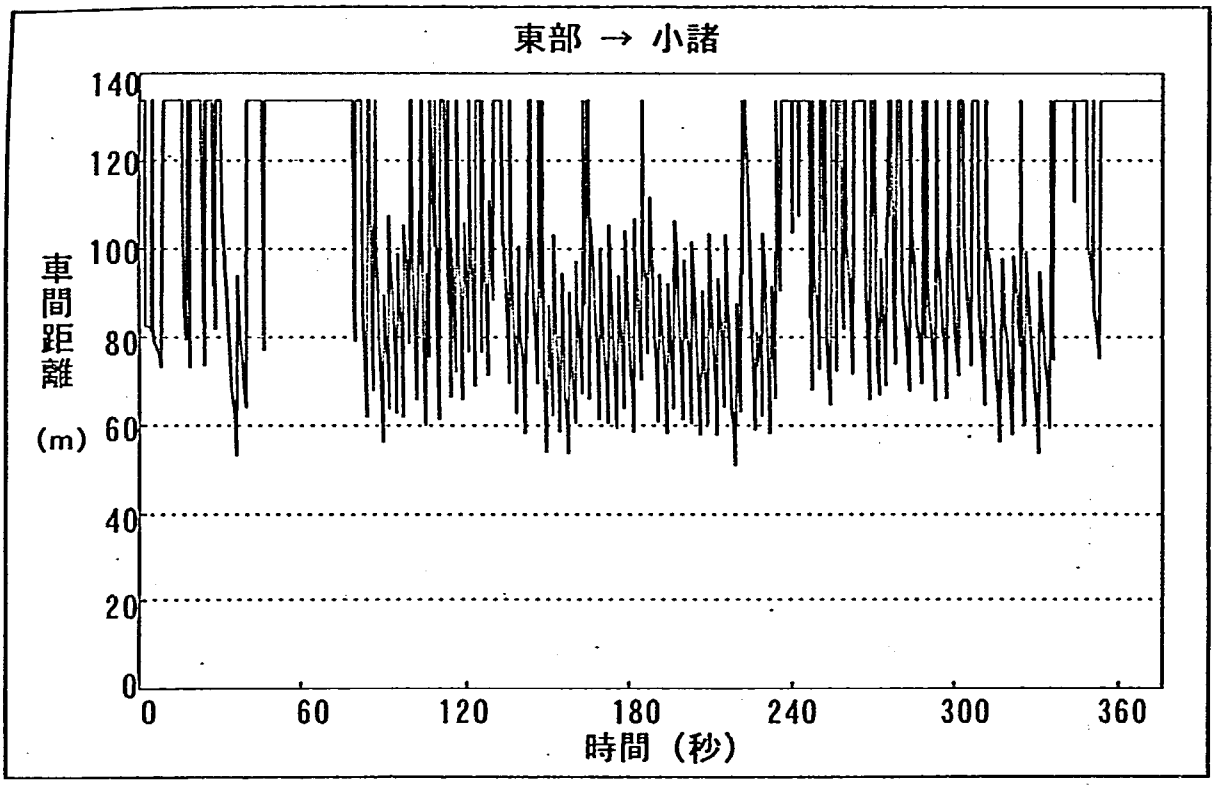
⑤道路付属物が車両制御機器に与える影響

a)ポールコーンの影響

上り線（東部ＩＣ→小諸ＩＣ）は、今回使用した固定ビーム型レーザレーダによりポールを検出しやすいと考えられる。そこでレーザレーダの検出可能範囲（約110m）に先行車が存在しない状況下で、自動操舵によりレーンの中央から±20cm以内で走行させた。この時の測距データを図表(3-1-1)2-25に示す。これによると、レーザビームの水平方向照射角と道路幅の関係から、60m以上先のポールコーンを検出していることがわかる。このポールコーンまでの距離データは先行車検出にあたってはノイズとなるので、このデータの除去処理が必要である。

今回の道路構造では、レーザレーダによってポールコーン以外の路側物は検出されなかった。

図表(3-1-1)2-25　測距センサデータ



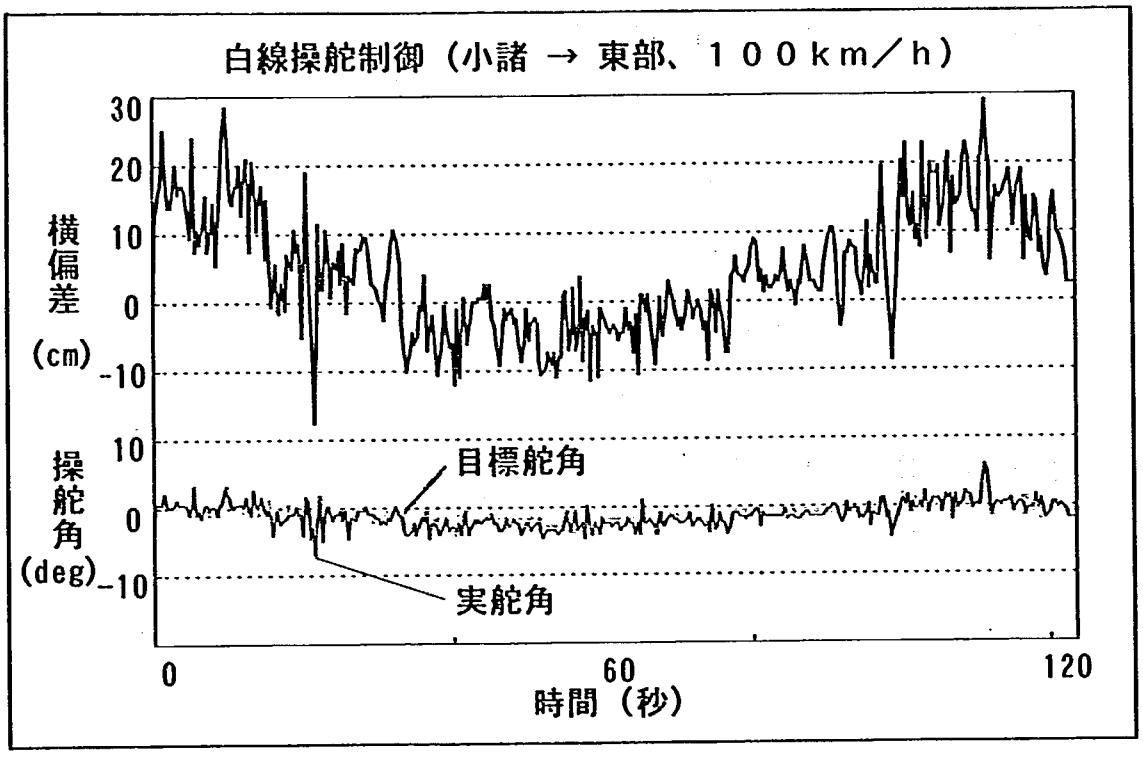
b)白線の影響

レーン左側の白線を操舵制御のガイドとして走行した時の結果を図表(3-1-1)2-26に示す。

この場合の車速は100km/hであり、おおよそ横偏差20cm以下で走行可能であった。ただし、４車線から２車線、または２車線から４車線へ変わる所で白線が折れ線状に引かれており、この部分では局所的に急カーブ状となるため、横偏差が大きくなっている。このことは、白線の滑らかさが操舵制御性能に大きな影響を与えること

を示しており、磁気ネイルの設置に関しても同様のことが言えるが、システム全体の性能及び信頼性向上のためには、操舵制御用のガイドはできる限り滑らかに設置することが重要である。

図表(3-1-1)2-26　白線操舵制御



（２）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験

車載機器と外乱要因との関係を図表(3-1-1)2-27に示す。ただし今回の実験道路、実験内容の範囲で実施可能な条件下での評価である。

図表(3-1-1)2-27　車載機器と外乱要因の関係

	道路構造物	道路付属物	路面状態	天候	乗車人員
路車間無線機	○	○	○	○	○
車車間無線機	○	○	○	○	○
車両制御用ＣＰＵ	○	○	○	○	○
車両制御機器	○	○	○	○	○
情報表示機器	○	○	○	○	○
磁気ネイルセンサ	×	○	○	○	○
ＣＣＤカメラ	○	○	×	×	○
レーザレーダ	○	×	○	×	○

(○：影響なし　×：影響あり)

3）実験結果その２（日産自動車株式会社）

（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験

①縦断、横断勾配を反映した速度制御

速度制御時の実験結果を図表(3-1-1)3-2、図表(3-1-1)3-3に、車間距離制御の実験結果を図表(3-1-1)3-4、図表(3-1-1)3-5に示す。

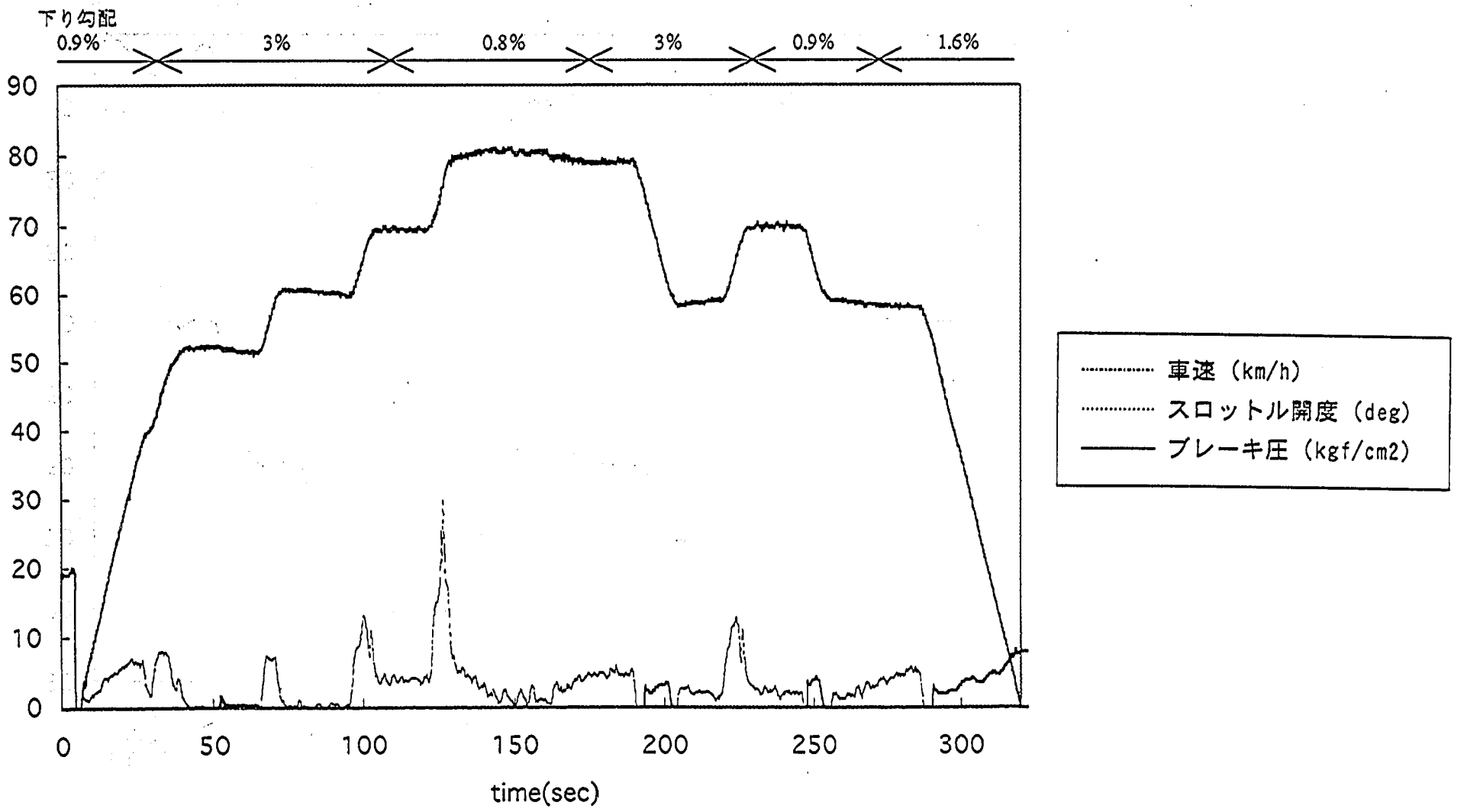
図表(3-1-1)3-1　実験の条件

実験場所	上信越道（小諸～東部間）		
実験日	96年10月９日		
実験条件	道路勾配情報なし		
図表番号	実験車	走行車線	制御条件
図表(3-1-1)3-2	日産４号車	下り線	速度制御
図表(3-1-1)3-3	日産４号車	上り線	速度制御
図表(3-1-1)3-4	日産５号車	下り線	車間距離制御
図表(3-1-1)3-5	日産５号車	上り線	車間距離制御

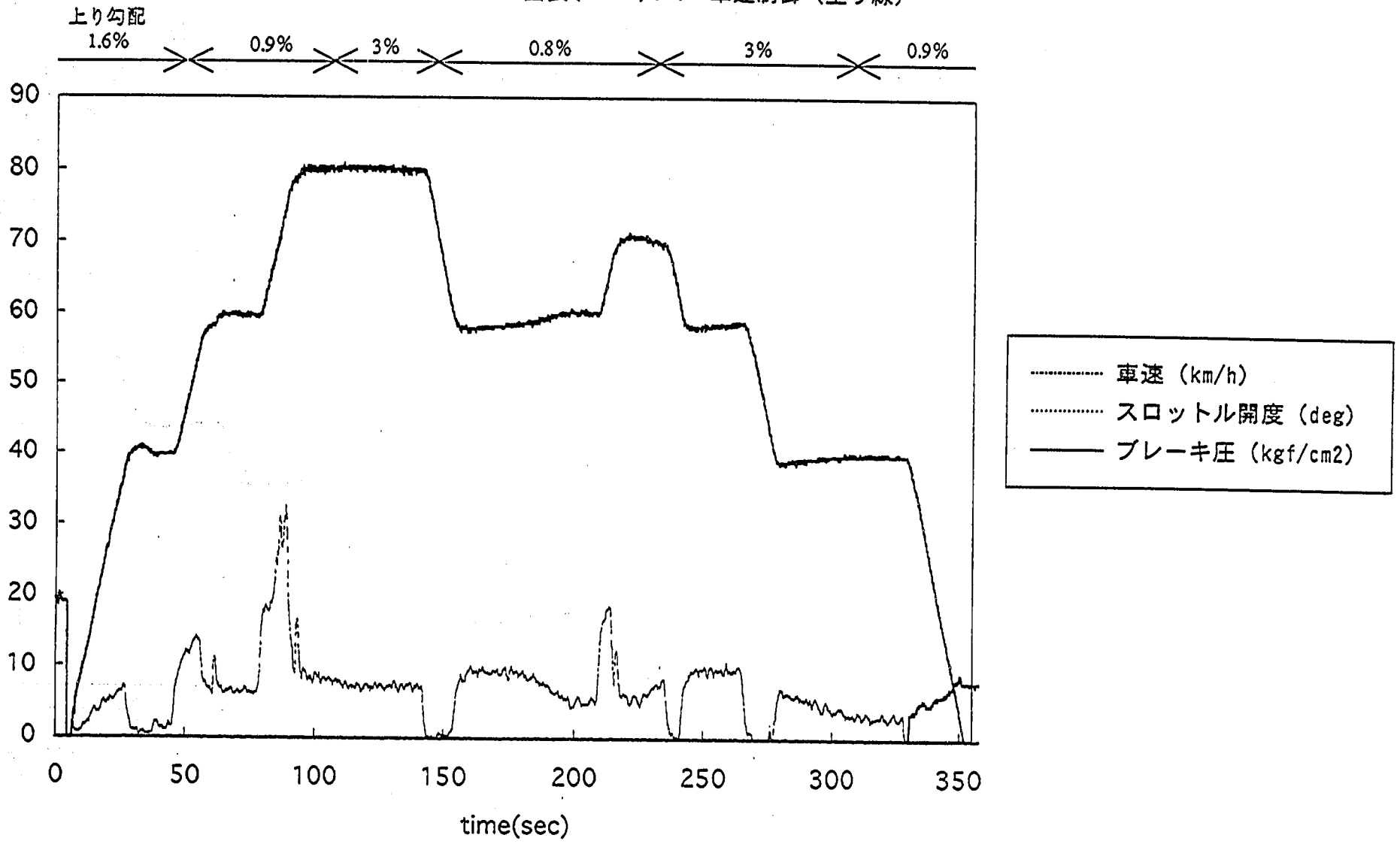
横断勾配についてはほとんど問題ない。

縦断勾配についても、今回の実験環境レベル（最大３％）であれば問題ないと思われる。

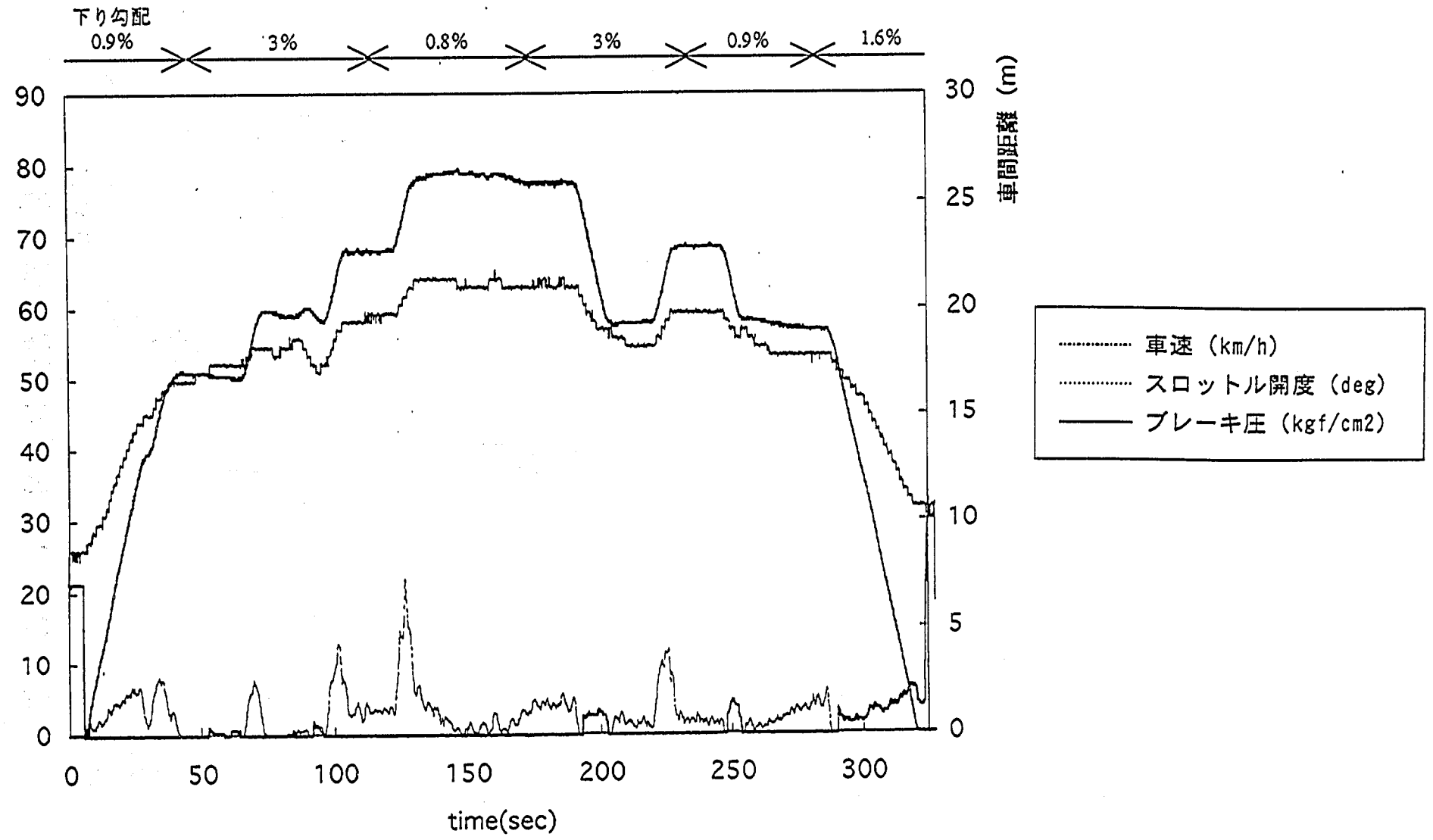
図表(3-1-1)3-2　車速制御（下り線）



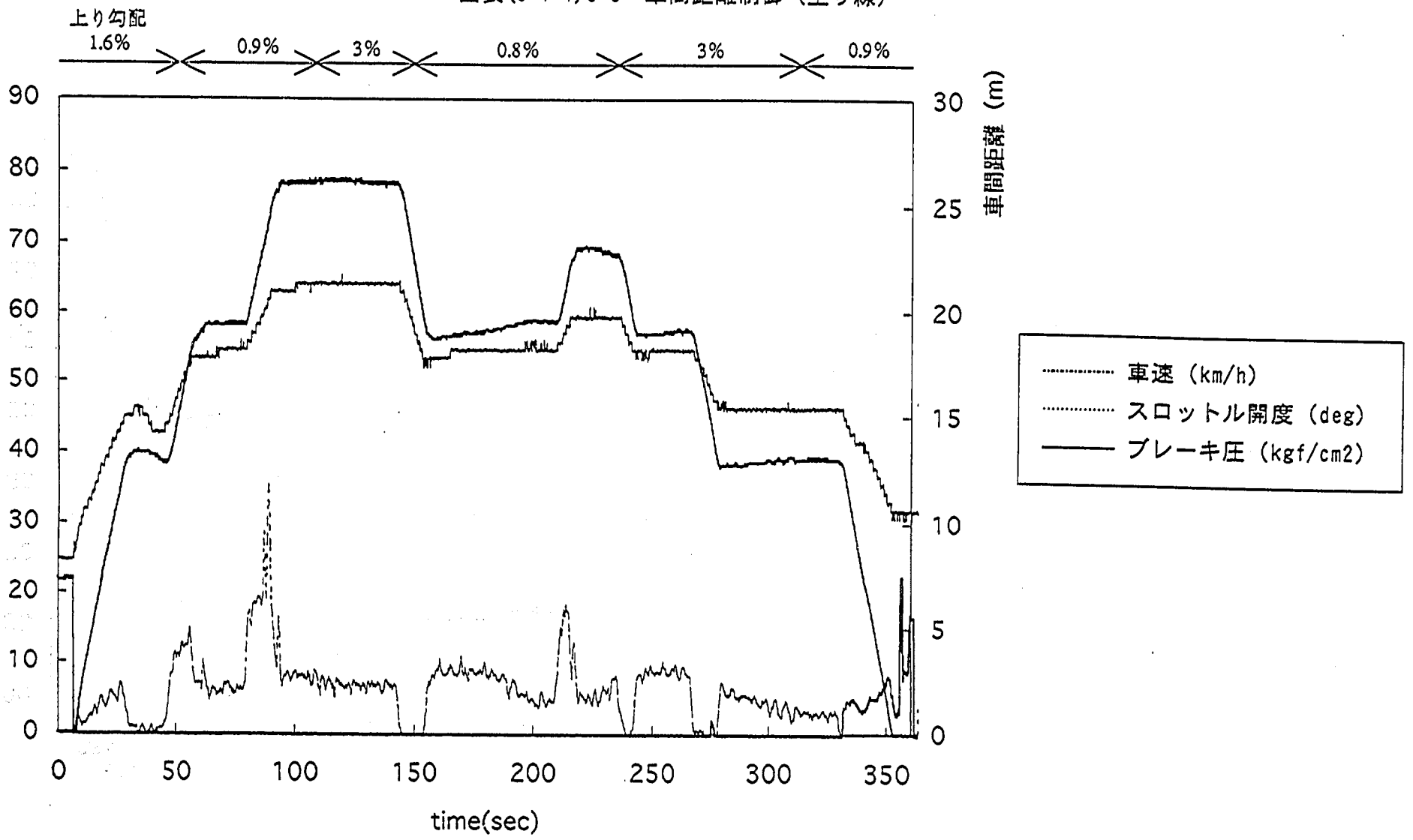
図表(3-1-1)3-3　車速制御（上り線）



図表(3-1-1)3-4　車間距離制御（下り線）



図表(3-1-1)3-5　車間距離制御（上り線）

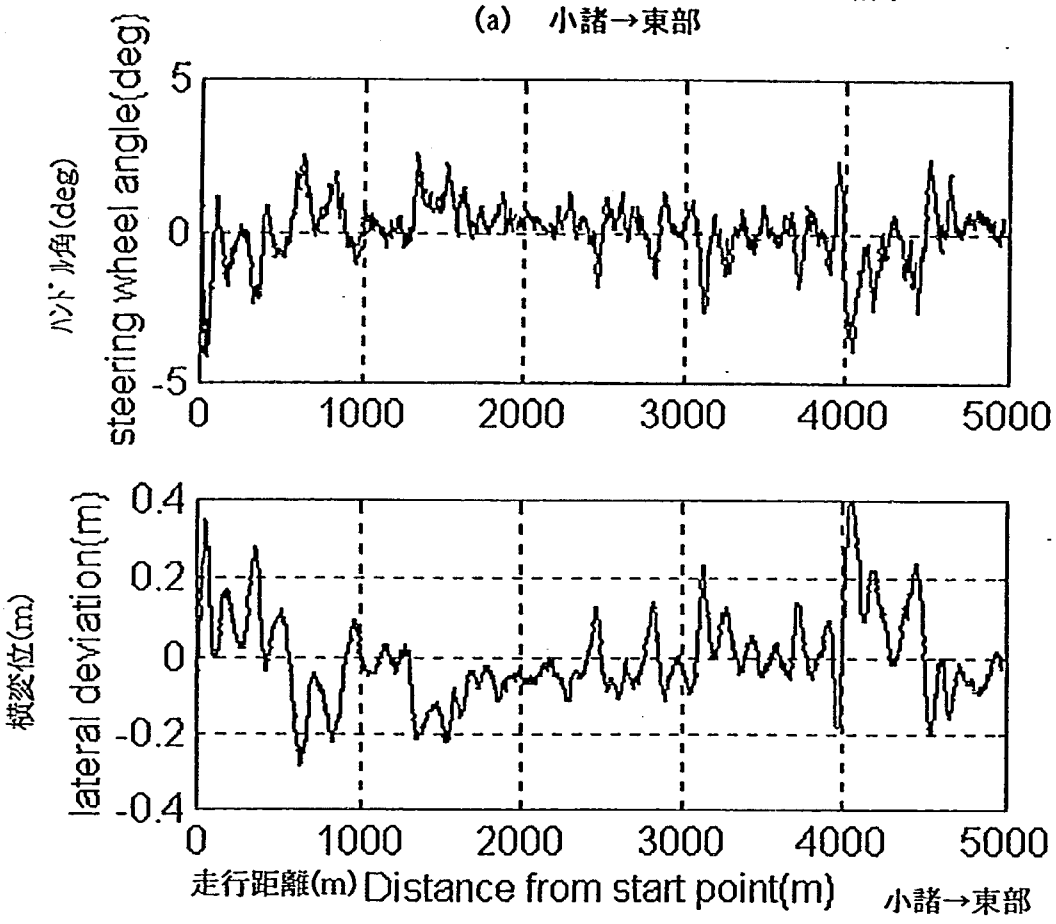


②道路線形に対応したステアリング制御

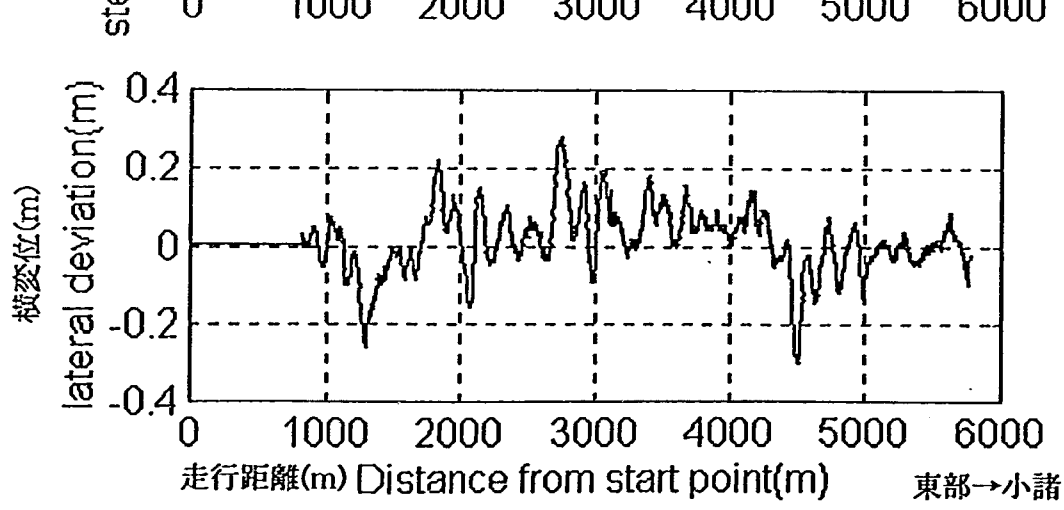
小諸ＩＣ～東部ＩＣの往復約10kmを走行した時のデータを図表(3-1-1)3-6に記す。データは磁気ネイルに対する横変位と操舵角度を示し、データ計測時の車速はＬＣＸからの速度指示に従っている。下りデータ（小諸→東部）の4.5km地点で約40cmの横変位が生じているが、ここは磁気ネイルの敷設に不連続性があったためである。この地点を除くとほぼ±20cmの範囲に収まっている。

図表(3-1-1)3-6　ステアリング制御実験の結果

(a)　小諸→東部



(b)　東部→小諸



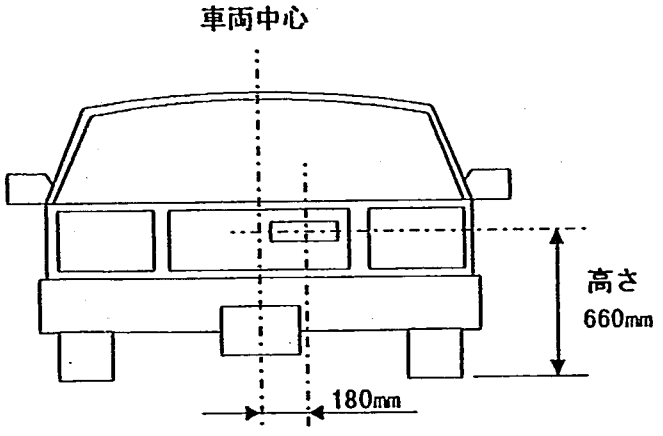
③道路付属物が車両制御機器に与える影響

a)レーザレーダに対する影響

レーザレーダはレジエターグリル内に車載する（図表(3-1-1)3-7参照）。

検知ビームは３ビーム固定式であり、各々のビームの最大検知可能距離は125mである。

図表(3-1-1)3-7　レーザヘッド車載位置



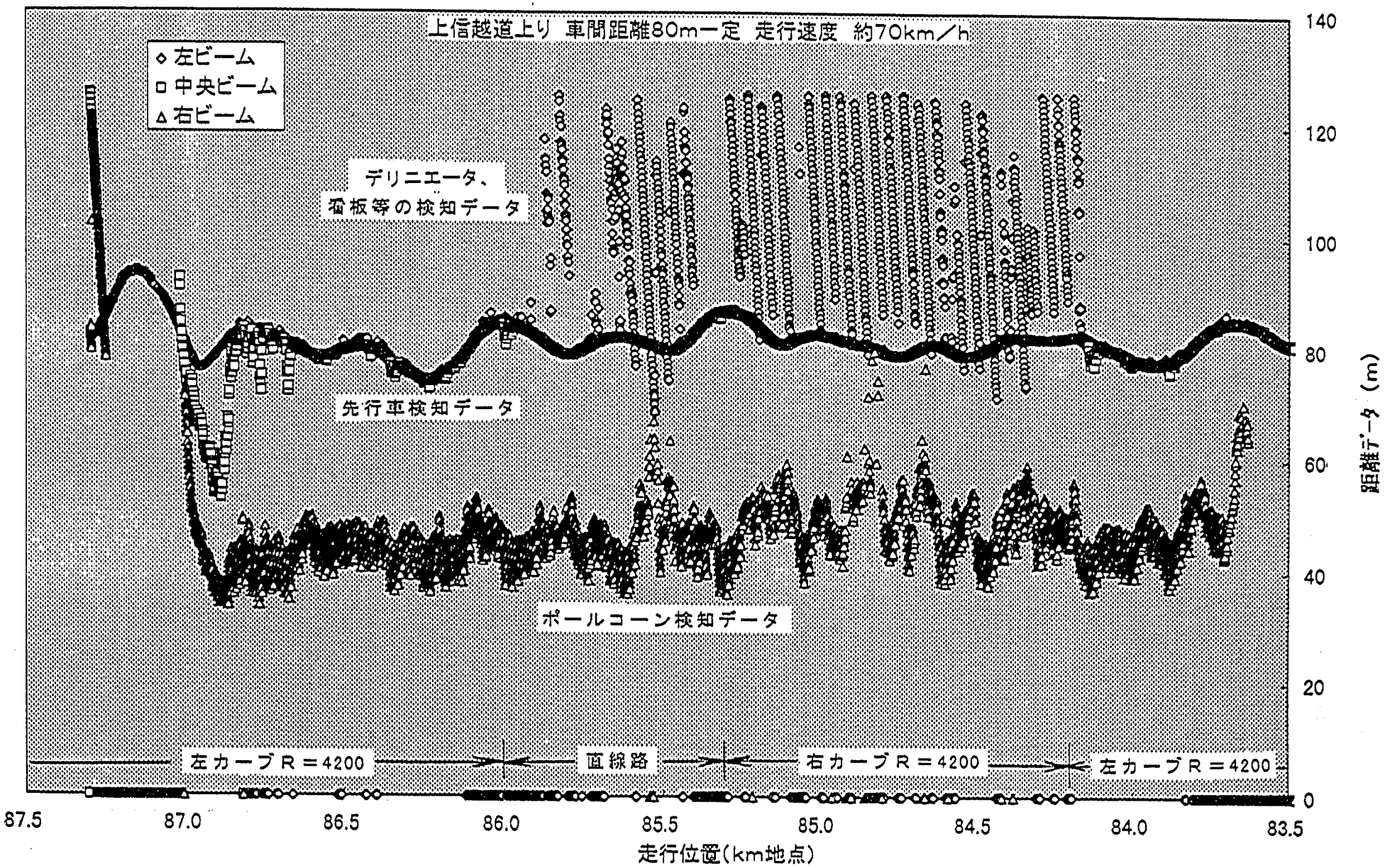
レーザレーダによる走行実験結果を図表(3-1-1)3-9～図表(3-1-1)3-11に示す（何も検知していない場合は０mとしてプロットしている）。各々の実験における走行条件は以下のとおりである。

図表(3-1-1)3-8　各々の実験における走行条件

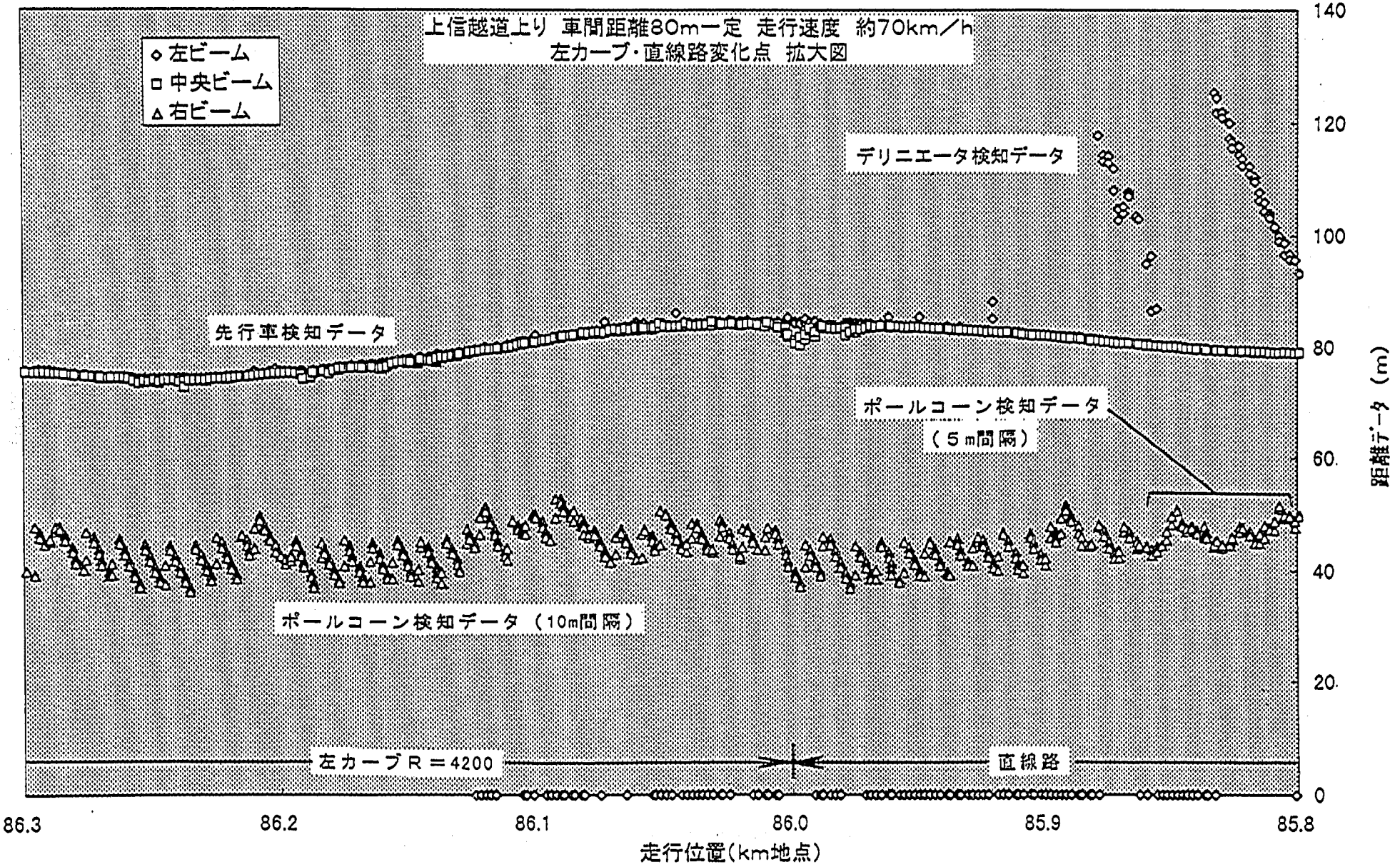
	図表(3-1-1)3-9、図表(3-1-1)3-10
走行位置	87.5km～83.5km地点 この区間は、対面通行部分の始まりから終了までの区間である。センターライン上は、ポールコーンが設置されている。
運転条件	先行車、実験車ともにマニュアル運転
走行速度	約70km/h

	図表(3-1-1)3-11
走行位置	86.9km～87.9km地点 この区間にはR=1600のカーブがある。
運転条件	先行車なし、実験者マニュアル運転
走行速度	約40km/h

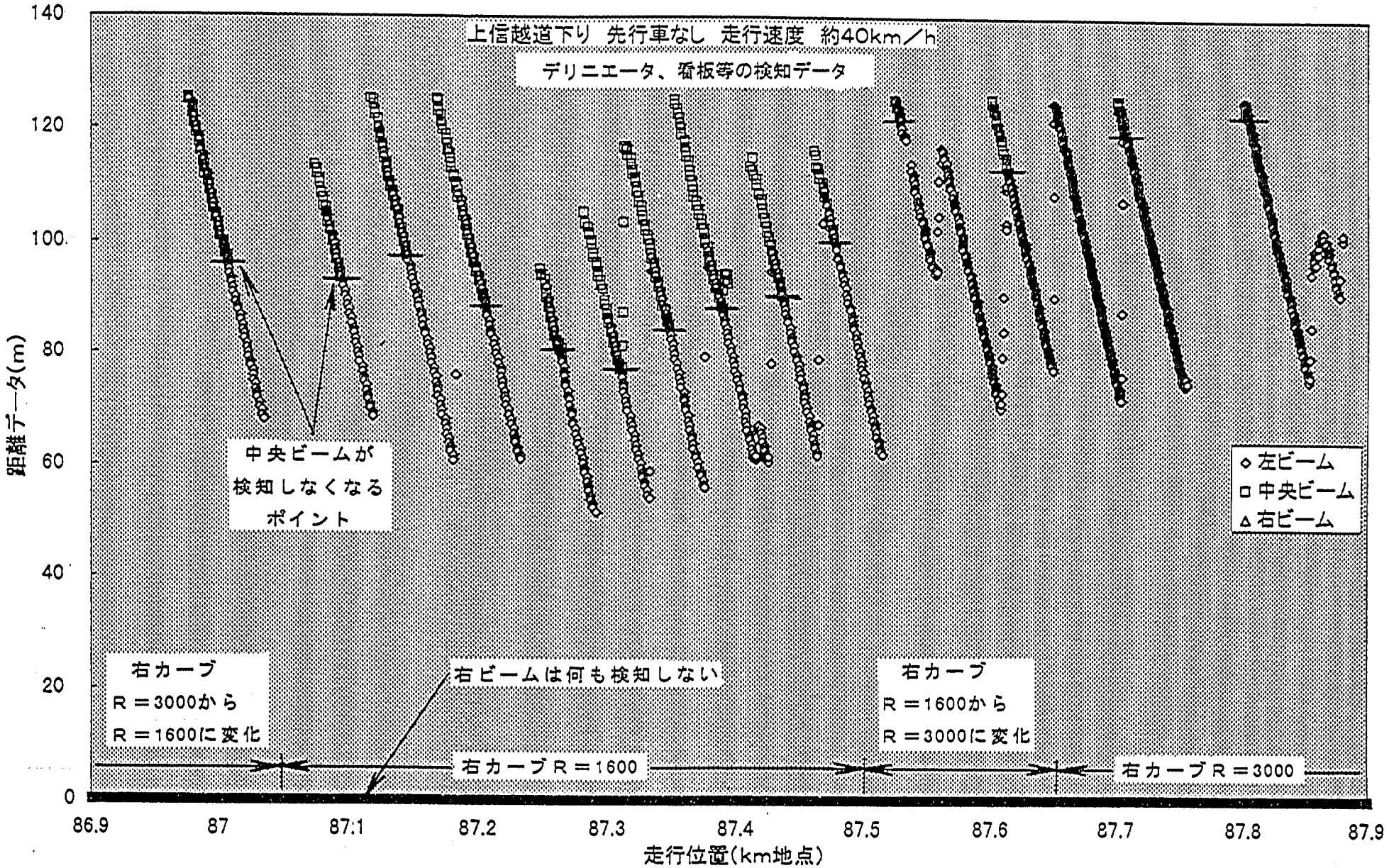
図表(3-1-1)3-9　レーザレーダによる走行実験結果（その１）



図表(3-1-1)3-10　レーザレーダによる走行実験結果（その２）



図表(3-1-1)3-11　レーザレーダによる走行実験結果（その３）



ア)ポールコーンの影響

図表(3-1-1)3-9において距離データ80km付近で、おもに中央ビームが検知しているのが先行車（車間距離データ）である。約120m～80mにかけて左ビームが検知しているのが路側のでデリニエータや看板（案内標）のデータである。

これらは固定物体のため、実験車が前進するにつれて距離データが短くなることがわかる。また左カーブでは、デリニエータ等の位置がレーザレーダの検知エリアから外れた位置になるため検知していない。

約40m～60mにかけて右ビームが検知しているのが、ポールコーンのデータである。ポールコーンが設置されている区間は、右ビームが常時ポールコーンを検知していることがわかる。

図表(3-1-1)3-10に検知データの拡大図を示す。手前のポールコーンが右ビームの検知エリアから外れると、次のポールコーンを順番に検知していることがわかる。

また、ポールコーンの設置間隔（10m、５m）に応じて、規則的に検知している。この規則性から検知された物標がポールコーンであることを識別することができ、他の物標と分離することができる。しかし設置距離５mのところでは間隔が狭く各々のポールコーンを分離して検知することができないため、規則性を検出するのが難しくなる。

さらに検知ビーム（特に右ビーム）は、ポールコーンよりも遠方の物標が検知エリア内に存在しても、それを検知することができない。これは、使用したレーザレーダがビームを検知している物標の中で、最も近い物標の距離を計測するためである。

イ)デリニエータ及び看板（案内標）の影響

図表(3-1-1)3-11に示すように、カーブの半径が小さく区間ではデリニエータや看板を検知する場合がある。

カーブの半径が小さい区間（下り87.3km）は、左ビームのみならず中央ビームがデリニエータを検知し、その検知距離が80m以下まで達しているため、デリニエータや看板であることを識別できない場合がある。カーブの半径が小さい区間を除けば、おおむね80m以上の距離で、おもに左ビームで検知されるため識別不能である。

ウ)その他の付属物の影響

ガードレール等のその他の付属物は、レーザレーダが検知しなかったため影響はない。しかし設置状況によってはレーザレーダが検知する可能性がある。

b)画像処理機能に対する影響

期間中に上信越自動車道小諸ＩＣ～東部ＩＣで行った実験環境の中で、車載のＣＣＤカメラを用いた車両制御に影響を及ぼすと思われる道路付属物としては、以下のようなものがある。

常時影響を及ぼすと思われるもの

・白線（破線等）

・路面標示

特定の時間帯や天候時に影響を及ぼすと思われるもの

・ポールコーン

・ガードレール（中央分離帯）

ア)白線（破線）

今回の実験は片側２車線部分（小諸ＩＣ付近と東部湯の丸ＩＣ付近の上下車線）の中央白線は破線である。ＣＣＤカメラにより撮像された画像データ中から白線検出を行う場合に破線部分では実線部分に比べて情報量が少なくなり、かつ途切れた部分のノイズを拾いやすくなる。そのため画像情報から算出した自車両の車線内で横位置に誤差が生じる。また、本実験環境では存在しなかったがＳＡやＰＡ、ＩＣなどで分岐や合流地点の白線に対しても同様である。

今回の実験では存在しなかったが、走行車線上に路面標示がある場合、ＣＣＤカメラによる撮像された画像データ中に先行車検出を行うときに、先行車と路面標示との判別が難しくなる。そのため、画像処理による先行車との車間距離計測では、計測した車間距離値に誤差が生じる可能性がある。

イ)ポールコーン

今回の実験は大部分の区間が対面通行部分であり、この対面通行部分には上下車線を分けるポールコーンが設置されている。ＣＣＤカメラにより撮像された画像データ中から白線検出を行う場合、通常はこのポールコーンは支障のあるものではないが、雨天時や夜間には影響がある。

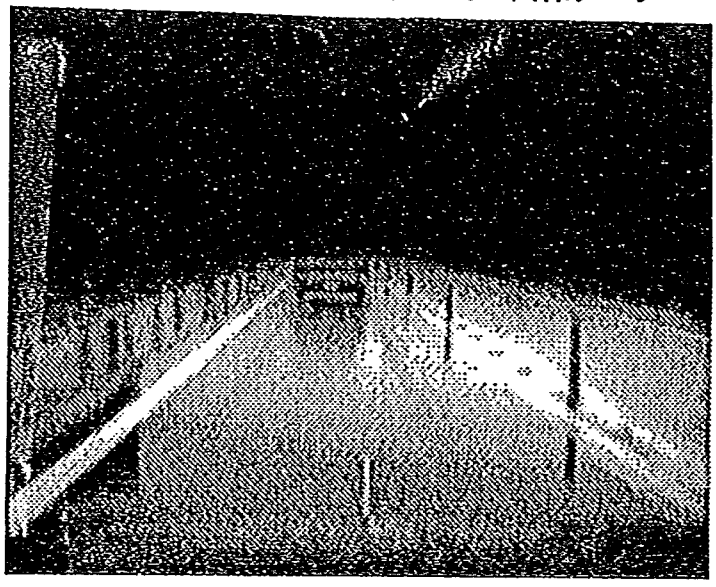
雨天時の画像データを図表(3-1-1)3-12に示す。

このデータからわかるように、雨天の場合には路面上に水膜が生じ、鏡面反射により白線の存在する部分にポールコーンが映り込んでしまう。そのため、白線検出時に正確な白線情報が検出できなくなり、この情報を基に算出した自車両の車線内での横位置に誤差が生じる。

夜間の場合は照明環境が自車両の前照灯になり、昼間に比べて路面は黒く、白線は白く映る。この状況でポールコーンは反射テープの影響で上部が白く見える。こ

のため、ポールコーン付近の白線とポールコーンとを区別することが難しくなり白線検出時にポールコーンの影響を受けて道路曲率の算出等に誤差が生じる。

図表(3-1-1)3-12　雨天時の画像データ



ｳ)ガードレール

今回の実験は、２車線部分の中央分離帯にはガードレールが設置されている。ＣＣＤカメラにより撮像された画像データ中から白線検出を行う場合に、通常はこのガードレールや側壁は支障がない。しかし、時間帯によっては太陽との位置関係から路面の白線付近にガードレールや側壁の影が生じる。この影は白線検出時に正確な白線情報の検出を困難にして、この情報を基に算出した自車両の車線内での横位置に誤差が生じる場合がある。

④道路構造が車載機器に与える影響

a)レーザレーダに対する影響

実験結果を図表(3-1-1)3-9に示す。実験区間はすべて登りとなる区間を使用し、縦断勾配は最大で３％から0.75％へ、0.75％から３％へ変化している。横断勾配は２％の区間を含んでいる。

実験区間のみならず、テストコース全域で縦横断勾配による影響はなく、今回使用したレーザレーダで検知性能が確保できている。

b)道路構造がカメラの視野に与える影響

上信越自動車道小諸ＩＣ～東部湯の丸ＩＣで行った実験環境の中で、車載のＣＣＤカメラを用いた車両制御に影響を及ぼすと思われる道路構造（カーブや縦断勾配及び横断勾配）は特に見受けられなかった。したがって、ここではカーブや縦横断勾配の大きさとカメラ側の画角や画像分解能との関係についてまとめる。

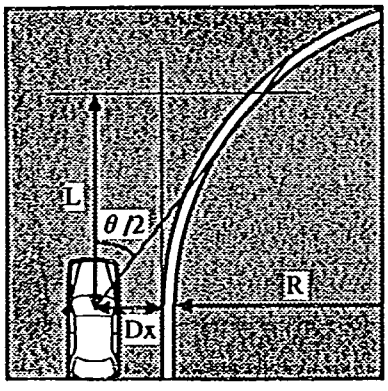
ｱ)カーブ

曲率半径300m（R=300）のカーブ路で白線から車載カメラの位置までの横偏位２m（Dx=２）での走行を想定した場合、自車両から接線方向に10m前方（L=10）にある白線をカメラの視野に入れるのに必要な画角は約25degとなる（図表(3-1-1)3-13参照）。また、同じ条件で車線幅3.5mの２車線を左側車線を走行している状況では、追い越し車線の右側の白線をカメラの視野に入れるため、必要な画角は約60degとなる。

画像分解能について、入力画像を縦横の画素数は256×256サイズの画像データとして処理する場合、50m前方での１画素の分解能は画角25degの時で約0.09m/画素、画角60degの時で約0.23m/画素となり、画角が広いと当然画像分解能が粗くなる。走行車線の白線検出を考えた場合には、曲率半径が300m程度のカーブ路までは検出可能である。

カメラの垂直画角は、水平画角をカーブ路に合わせて選択する限り問題がない。横断勾配についてはほぼ問題なく、縦断勾配については、10%程度なら問題とならない。しかし太陽の位置によっては、上り勾配でカメラに直接映り込む可能性がある。

図表(3-1-1)3-13　カーブとカメラの画角



$$\theta = 2\tan^{-1}\frac{Dx+R-\sqrt{R^2-L^2}}{L}$$

ここで　θ：水平画角(deg)
L　：接線方向の検出距離(m)
Dx：白線からの偏位(m)
R　：曲率半径(m)

（２）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験

車載機器と外乱要因の関係を下図に示す。

図表(3-1-1)3-14　車載機器と外乱要因

○：影響しない
×：影響する

	①道路構造物	②道路付属物	③路面状態	④天候	⑤乗車人員数
①路車間無線機	○	○	○	○	○
②車車間無線機	○	○	○	○	○
③制御用ＣＰＵ	○	○	○	○	○
④無線機、制御機器	○	○	○	○	○
⑤各種ｱｸﾁｭｴｰﾀ等	○	○	○	○	○
⑥情報表示機器	○	○	○	○	○
⑦磁気ネイルセンサ	○	○	○	○	○
⑧ＣＣＤカメラ	○	○	×	×	○
⑨その他の車両機器	○	○	○	○	○

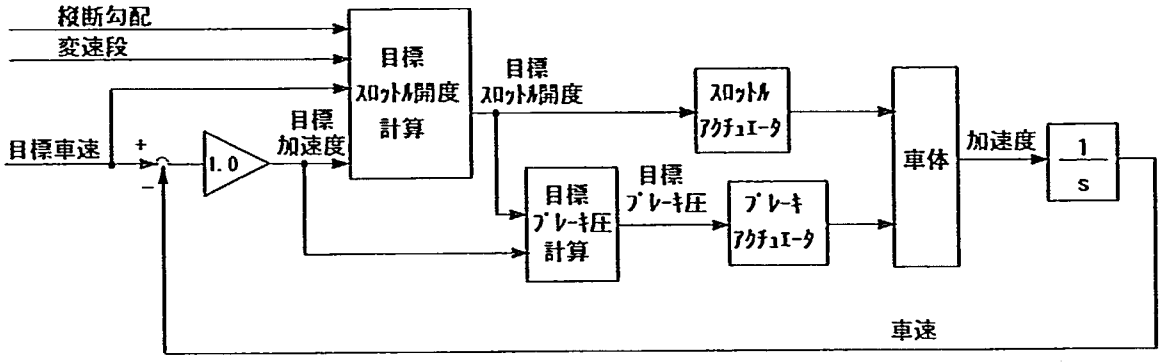
4）実験結果その３（三菱自動車工業株式会社）

（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験

①縦断、横断勾配を反映した速度制御の把握

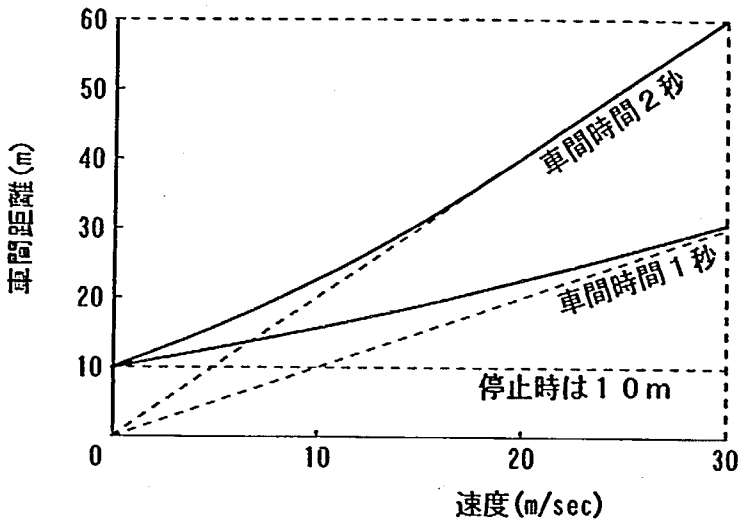
速度制御は、図表(3-1-1)4-1に示すフィードバック系で構成した。実路面走行では縦断勾配が速度制御の大きな外乱となるため、縦断勾配を推定し制御目標のスロットル開度を補正する制御系構成とした。速度制御系の入力は、目標車速、縦断勾配、オートマチックトランスミッションの変速段であり、出力はスロットルアクチュエータへの目標スロットル開度とブレーキアクチュエータへの目標ブレーキ圧である。

図表(3-1-1)4-1　速度制御系ブロック図



群走行では走行速度よりも車間距離に重きをおいて、速度制御しなければならない。このときの車間距離は車間時間（車間距離(m)／走行速度(m/s)で定義される）で設定されている。設定車間時間は、自社車両間が１秒であり他社車両間が２秒である。しかし、停止時の車間距離を10mとするために、低速走行時はこの車間時間を守らず10mに収束させねばならない。そこで、図表(3-1-1)4-2の実線で示すように目標車間距離を設定した。この目標車間距離は、速度制御が滑らかに行えることを実験で確かめながら設定した車間距離である。

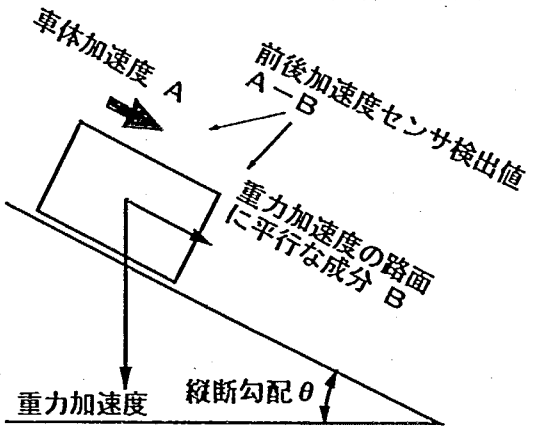
図表(3-1-1)4-2　設定車間距離

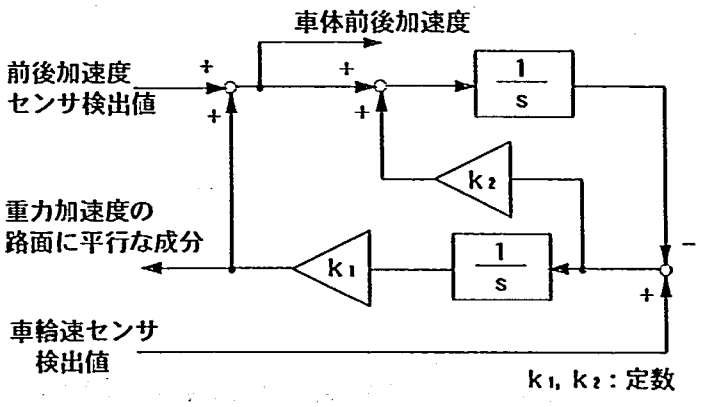


速度制御系への目標車速は、上記の設定車間距離、実際の車間距離、先行車車速及び先行車加速度から計算する。

縦断勾配は記憶した地図データを利用する手法と走行車両上で推定する手法があるが、今回の実験では後者の手法を採用した。これは、縦断勾配が地図データと比較して充分に精度良く推定できたことと、推定手法によれば地図データのない路面でも走行可能な為である。実際の推定手法を図表(3-1-1)4-3に示す。車体側のセンサとしては、車輪速センサと前後加速度センサを使用した。算出原理は、傾斜路面における力の釣り合い状態から計算する手法を使用した。具体的には、前後加速度センサの検出値には車体の前後加速度と道路の縦断勾配の2成分が含まれるため、前後加速度センサ検出値から車輪速センサで求まる車体前後加速度成分を引き、この値にフィルタをかけて実際の勾配を算出する。図表(3-1-1)4-4に縦断勾配の推定結果を示すが、地図データと比較して良い精度で推定されていることがわかる。

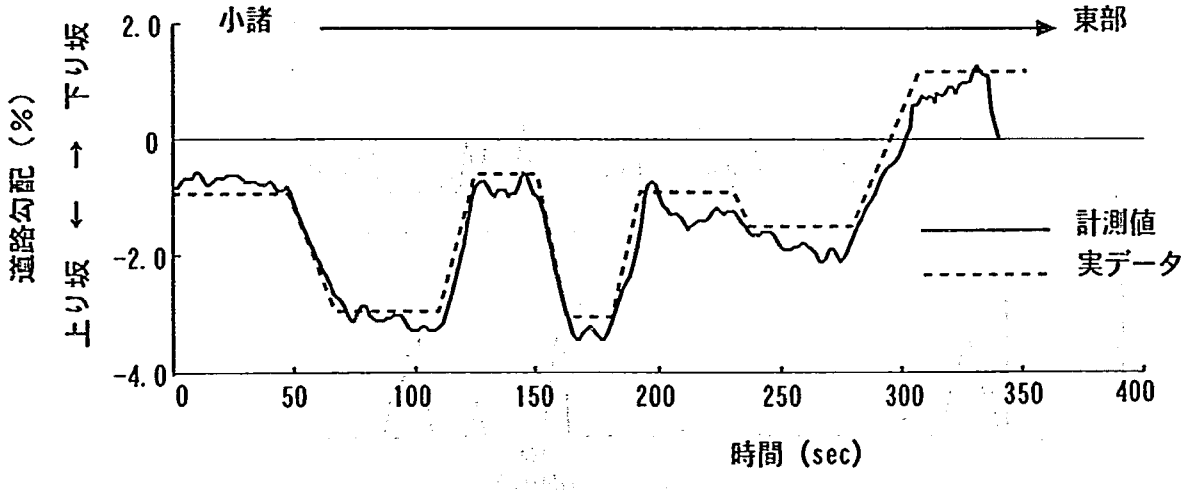
図表(3-1-1)4-3　縦断勾配推定方法





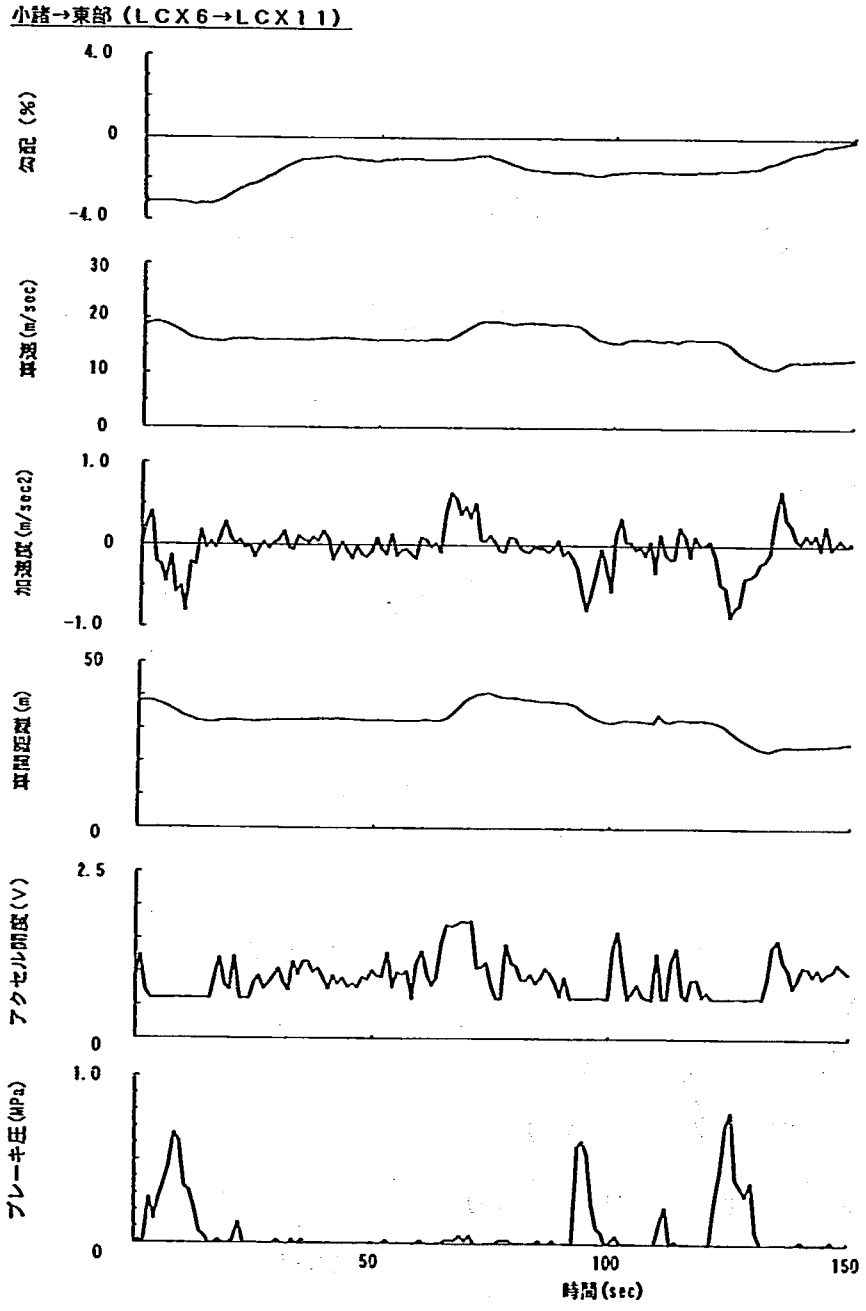
$\sin\theta$ ＝（重力加速度の路面に平行な成分）／（重力加速度）

図表(3-1-1)4-4　縦断勾配推定結果



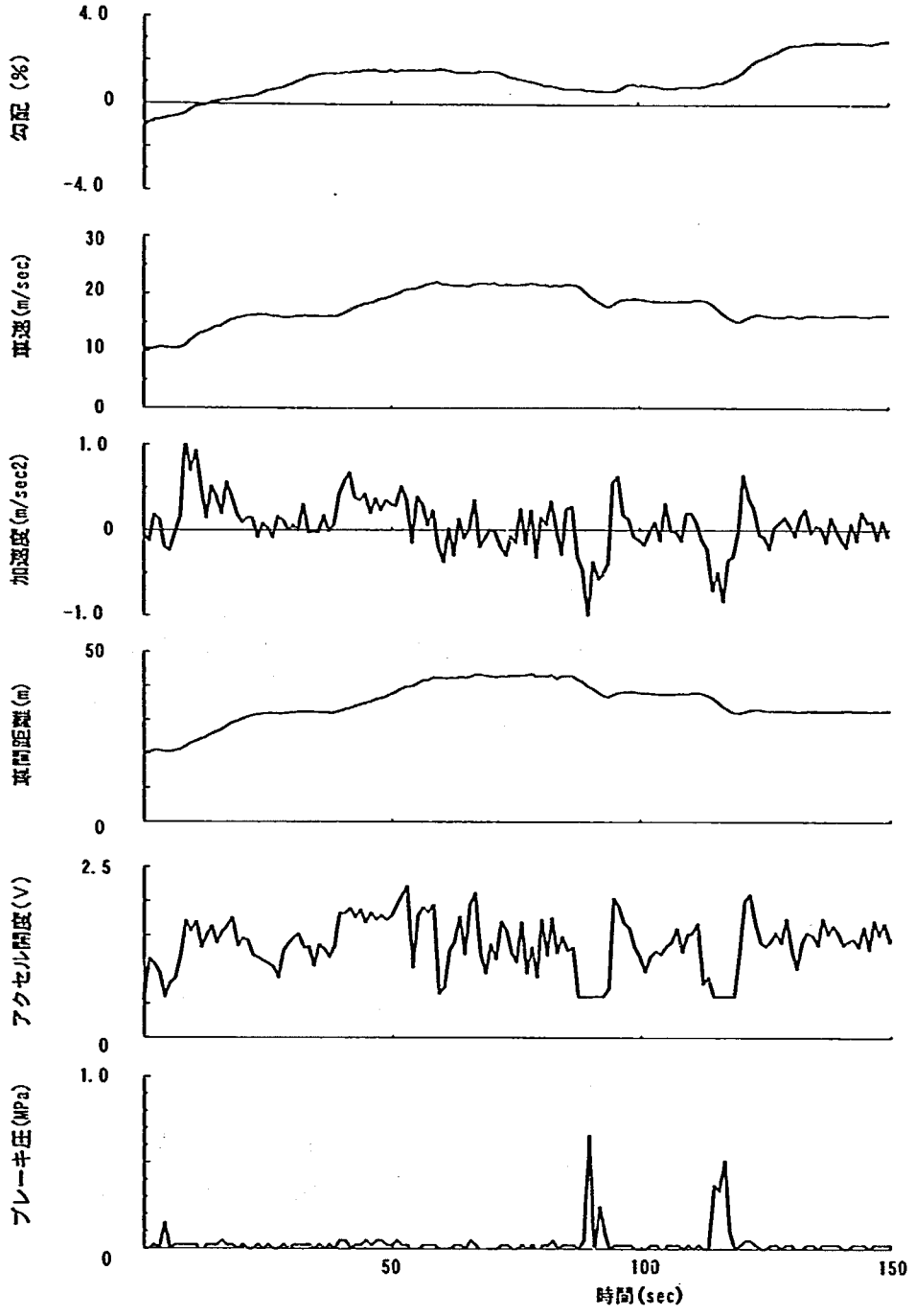
上記の速度制御系で11台の群走行を行った場合の小諸－東部間の速度制御データを、図表(3-1-1)4-5から図表(3-1-1)4-8に示す。グラフは上から、推定勾配、車速、前後加速度、車間距離、アクセル開度、ブレーキ圧の時間波形である。図表(3-1-1)4-5、図表(3-1-1)4-6は、車間時間２秒で追従制御する車両群前方10台目車両のものであるが、十分に速度ハンチングが抑えられた速度制御が実現できていることがわかる。また、図表(3-1-1)4-7、図表(3-1-1)4-8は、車間時間１秒で追従制御する車両群前方より11台目車両のものであるが、同様に、十分に速度ハンチングが抑えられた速度制御が実現できていることがわかる。

図表(3-1-1)4-5　速度制御データその１（ホンダ３号車に車間時間２秒で追従）

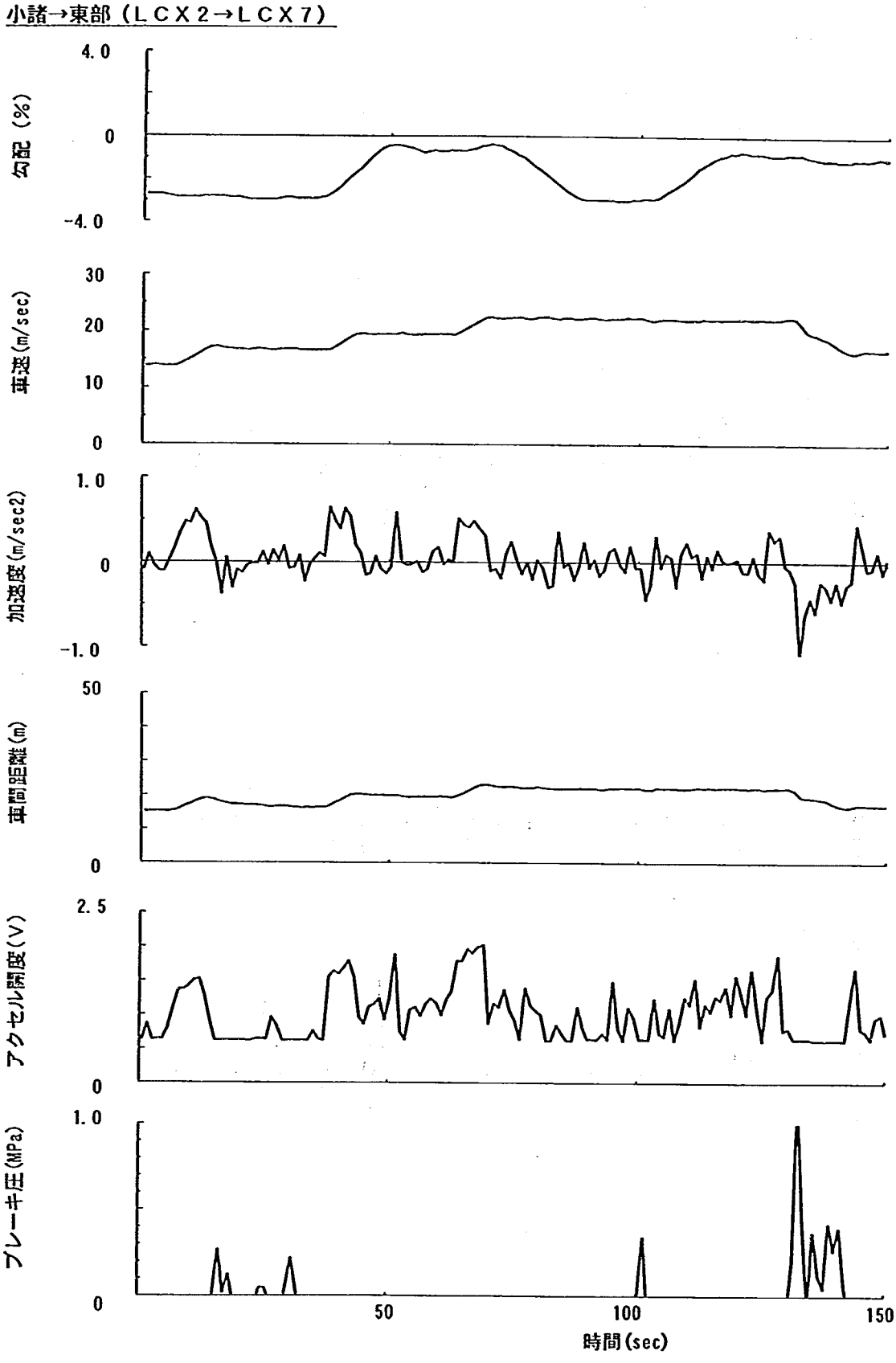


図表(3-1-1)4-6　速度制御データその２（ホンダ３号車に車間時間２秒で追従）

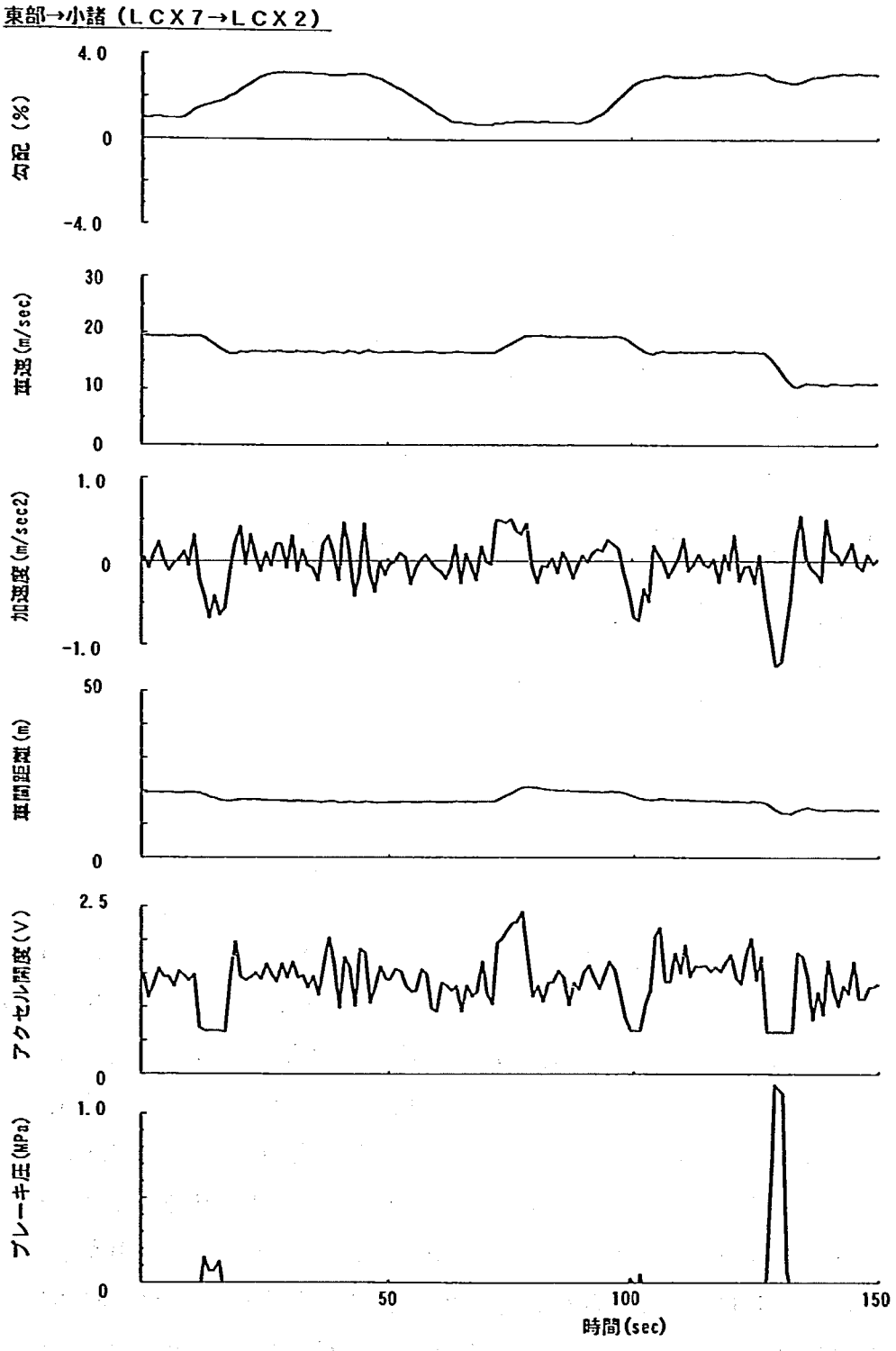
東部→小諸（ＬＣＸ１１→ＬＣＸ６）



図表(3-1-1)4-7　速度制御データその３（三菱１号車に車間時間１秒で追従）



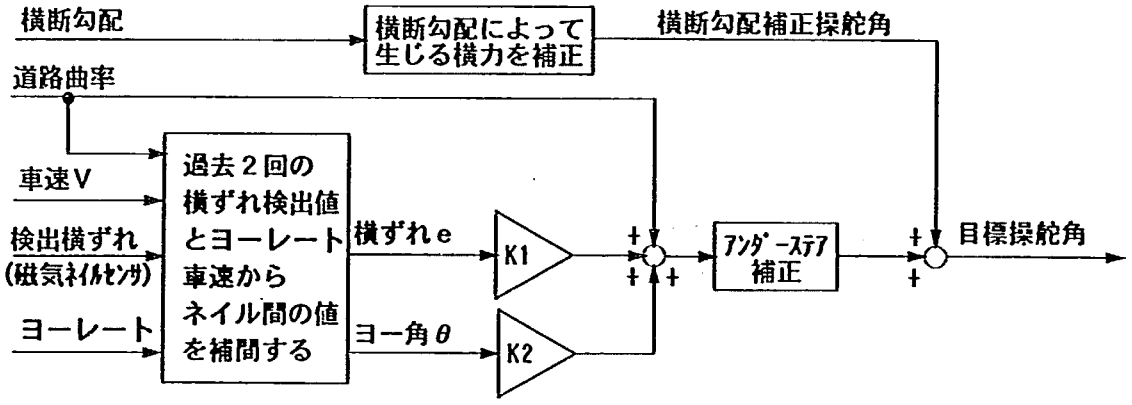
図表(3-1-1)4-8　速度制御データその４（三菱１号車に車間時間１秒で追従）



②道路線形に対応したステアリング制御の把握

操舵制御は、図表(3-1-1)4-9に示すフィードバック系で構成した。操舵制御の基本は横ずれとヨー角をゼロにするためのフィードバックである。実路面走行では横断勾配と道路曲率が速度制御の外乱となるため、これらをフィードバック系に与えて目標操舵角を補正する制御系構成とした。操舵制御系の入力は、横断勾配、道路曲率のほかに車速、横ずれ、ヨーレートである。

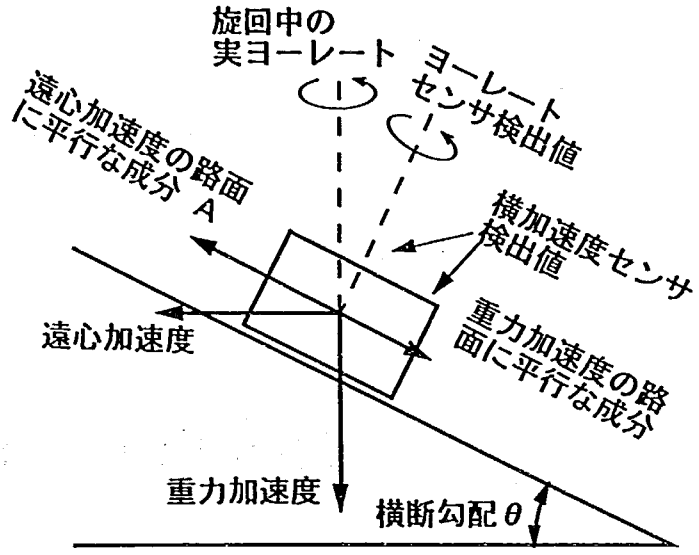
図表(3-1-1)4-9　操舵制御ブロック図



横断勾配は、記憶した地図データを利用する手法と走行車両上で推定する手法があるが、今回の実験では後者の手法を採用した。これは、横断勾配が地図データと比較して充分に精度良く推定できたことと、推定手法に依れば地図データのない路面でも走行可能な為である。実際の推定手法を図表(3-1-1)4-10に示す。車体側のセンサとしては、ヨーレートセンサと横加速度センサを使用した。算出原理は、傾斜路面における力の釣り合い状態から計算する手法を使用した。具体的には、横加速度センサの検出値は、旋回による車体の横加速度と道路の横断勾配の差が計測されることを利用している。旋回による横加速度は、ヨーレートセンサから計算した。

図表(3-1-1)4-11に横断勾配の推定結果を示す。地図データと比較して良い精度で推定されていることがわかる。この手法は本来バンク部走行中のバンク角を推定するために使用していたものであるが、今回の実験では直線路も含めた横断勾配を推定するためにも有効であることが分かった。小諸－東部間には２車線と１車線のすりつけ区間が存在し、その領域で横断勾配が左右に大きく変化するが、この様子も精度良く推定できた。

図表(3-1-1)4-10　横断勾配推定方法



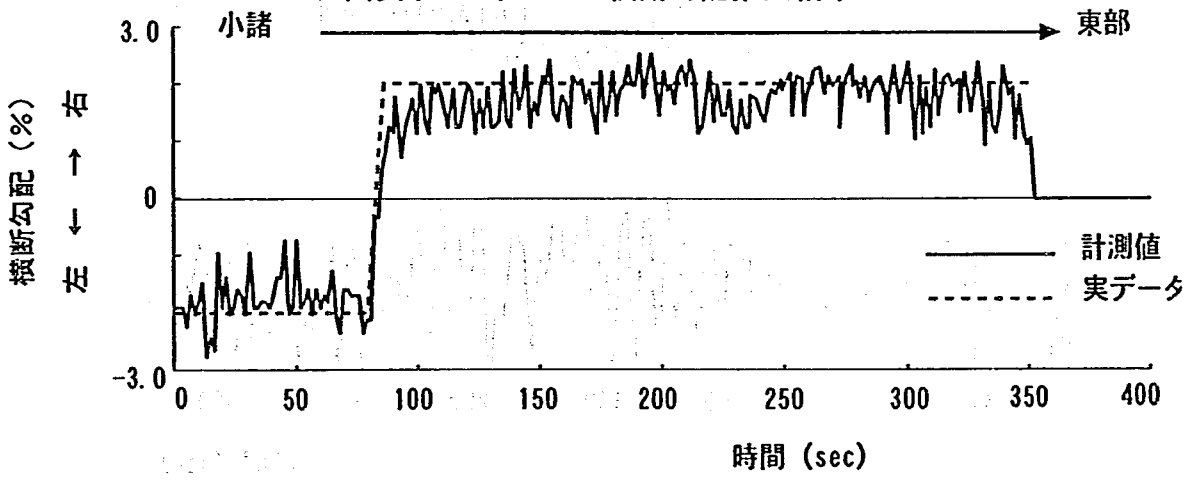
力の釣り合いから

(横加速度ｾﾝｻ検出値)＝A－B
＝V・(ﾖｰﾚｰﾄｾﾝｻ検出値)－g・sinθ

$$\sin\theta = \frac{V \cdot (\text{ﾖｰﾚｰﾄｾﾝｻ検出値}) - (\text{横加速度ｾﾝｻ検出値})}{g}$$

但し、V：車速　g：重力加速度

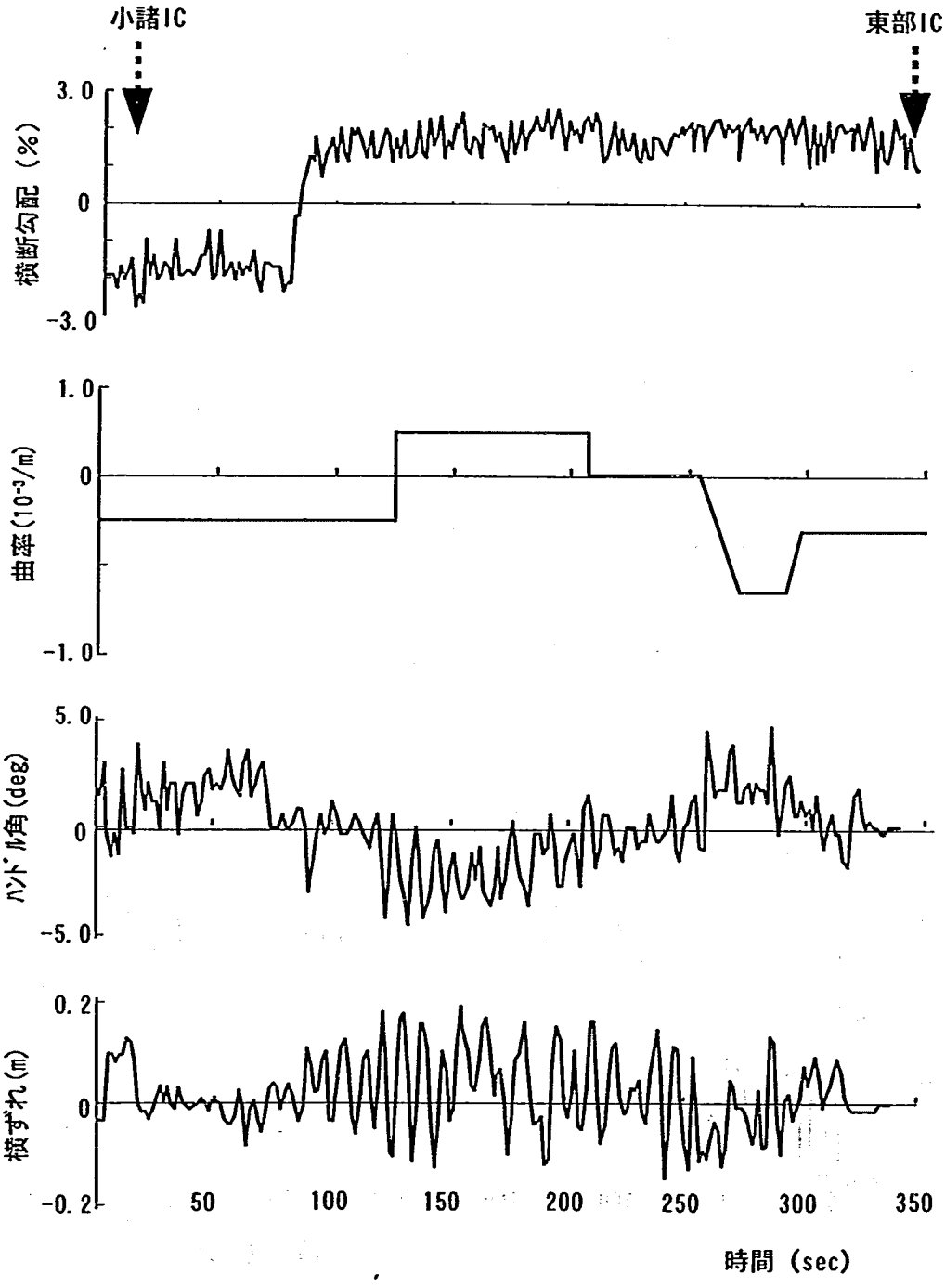
図表(3-1-1)4-11　横断勾配推定結果



道路曲率については、ＬＣＸからの地図データを利用した。

図表(3-1-1)4-12に小諸－東部間の操舵制御データを示す。グラフは上から、推定横断勾配、道路曲率（地図データ）、ハンドル角、横ずれの時間波形である。走行速度は、実験で設定されたＬＣＸからの指示速度である。横ずれは±20cm以内に抑えられており、安定した操舵制御が実現できていることがわかる。

図表(3-1-1)4-12　操舵制御データ



5）実験結果その４（三菱電機株式会社）

（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験

①磁気ネイルの設置間隔と車両制御の関係

a)車両速度と磁気ネイルの検出特性

実道試験における磁気ネイルの検出特性を図表(3-1-1)5-1に示す。測定は車両がほぼ一定速度で走行している連続10区間（４㎞、ネイル数　2000個）を選んで行った。

表に示すように、最速100㎞/hにおいても未検出ネイル数は０個であり、また、極性誤判定や異常横位置出力もなく良好な結果であった。今回のデータでは、検出可能な最速値の判断はできないが、少なくとも今回の試験の80㎞/hのプラトゥーン自動走行（加速中を含めると90㎞/h以下）において、余裕を持って検出が可能であると結論できる。

磁気ネイルの検出速度限界は、１)磁気ネイルの設置間隔、２)ネイルセンサＥＣＵの処理速度により決定される。特に今回の磁気ネイル間隔・ＥＣＵでは120㎞/hが限界と計算しており、実際の試験においても上記説明したように100㎞/hまでの動作を確認した。

図表(3-1-1)5-1　車両速度と磁気ネイルの検出特性

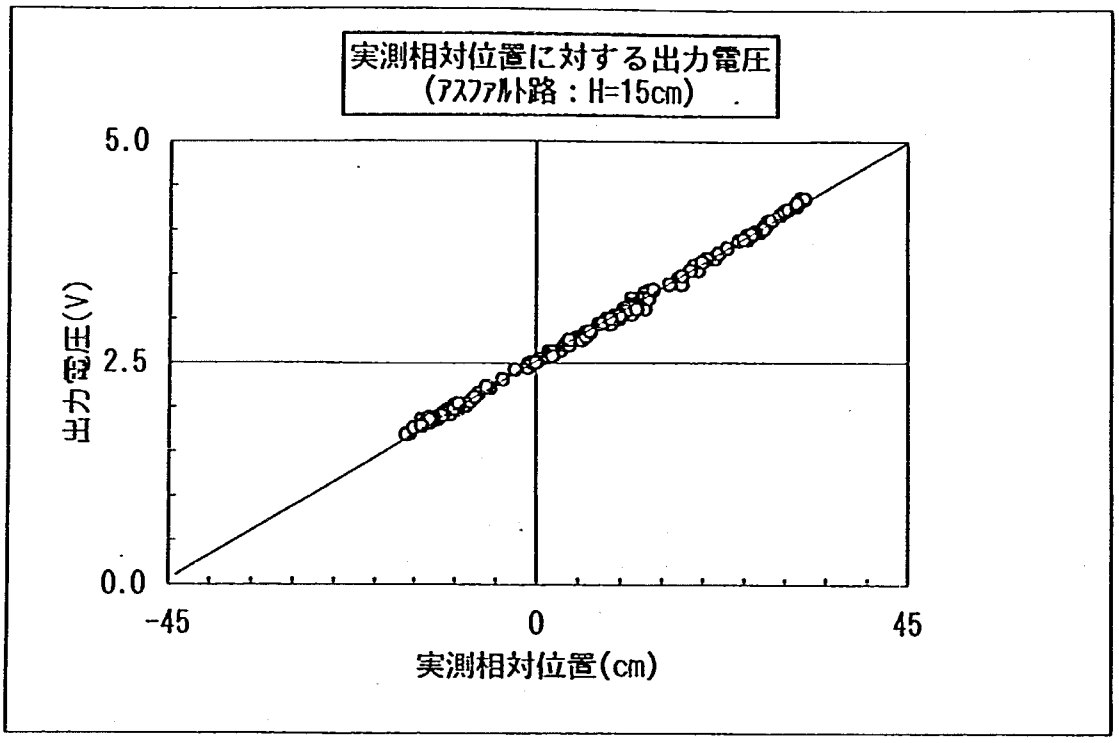
試験Ｎｏ.	測定開始区間番号	測定終了区間番号	経過時間(s)	平均時速(㎞/h)	未検出ネイル数	極性誤検出ネイル数	異常出力ネイル数
1	10	3	217	66	0/2000	0/2000	0/2000
2	1	8	167	86	0/2000	0/2000	0/2000
3	2	9	144	100	0/2000	0/2000	0/2000

b)道路構造（アスファルト路・橋梁部）による磁気ネイルの横位置検出特性

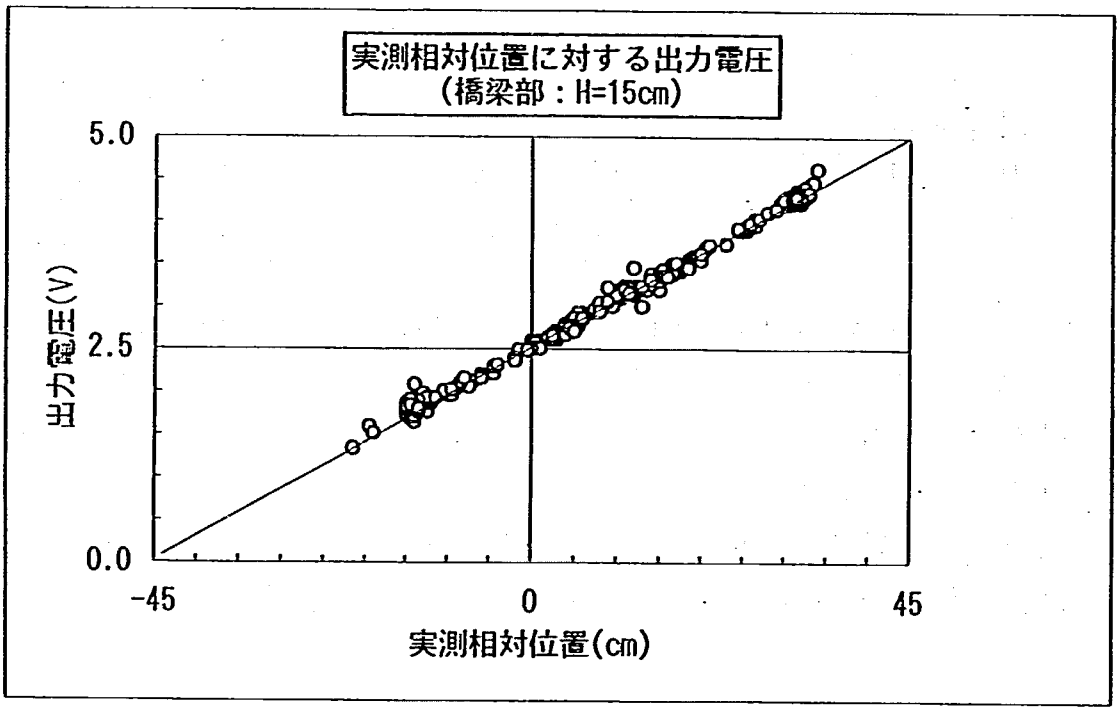
アスファルト路上・橋梁部での横位置検出結果を図表(3-1-1)5-2、図表(3-1-1)5-3に示す。 図に示すように、橋梁部では検出精度が、アスファルト路上よりも若干悪くなっている。

磁気ネイルの横位置検出精度は、１)道路構造（主に橋梁の鉄筋・継目）、２)車高変動に左右されるが、いずれの項目についても極端に劣化する現象は見られなかった。

図表(3-1-1)5-2　アスファルト路での出力特性



図表(3-1-1)5-3　橋梁部での出力特性



②道路付属物及び道路構造によるレーザレーダを使った車両認識への影響

実道試験におけるデータ例を図表(3-1-1)5-4～図表(3-1-1)5-6に示す。

図表(3-1-1)5-4は先行車両がいない状態での走行中、図表(3-1-1)5-5は車間時間２秒での追従走行中、図表(3-1-1)5-6は車間時間１秒での追従走行中の結果である(いずれの場合も下り車線を走行している)。車速は車輪速センサにより計測した値である。検出対象距離、検出対象横位置はレーザレーダにより認識した検出対象(注２)のうち、最も近いものから３つの距離と横位置(車両中心より右側が＋)である。また、制御用車間距離は車間距離制御に用いる距離である。これは以下の手順によって検出対象距離から求めたもので、この距離が未検出距離128mの場合先行車両がいないと判断する。

自車線領域推定による先行車両選択

ハンドル角と車速から前方道路Ｒを推定、その推定Ｒから自車線領域を設定し、その域内にある最も近い検出対象を先行車両とすることにした。先行車両選択の具体的手順は以下のとおりである。

A. ハンドル角と車速から次式により道路Rを推定する。

$R=(1+A\cdot V^2)/(B\cdot STR)$

A、B：定数、V：車速、STR：ハンドル角

B. 推定したRから次式により検出対象の距離Lにおける車線中心を求める。

$|Xrc|=|R|-\sqrt{(R^2-L^2)}$

R＜0の場合：Xrc＝｜Xrc｜×(-1)　(自車中心の左側)

R≧0の場合：Xrc＝｜Xrc｜　(自車中心の右側)

C. 車線内判定

検出対象の横位置Xと車線中心Xrcを比較し、その差が車線幅1/2以内であれば車線内とする。

D. 先行車両の選択

車線内と判定した検出候補のうち最も近いものを先行車両とする。

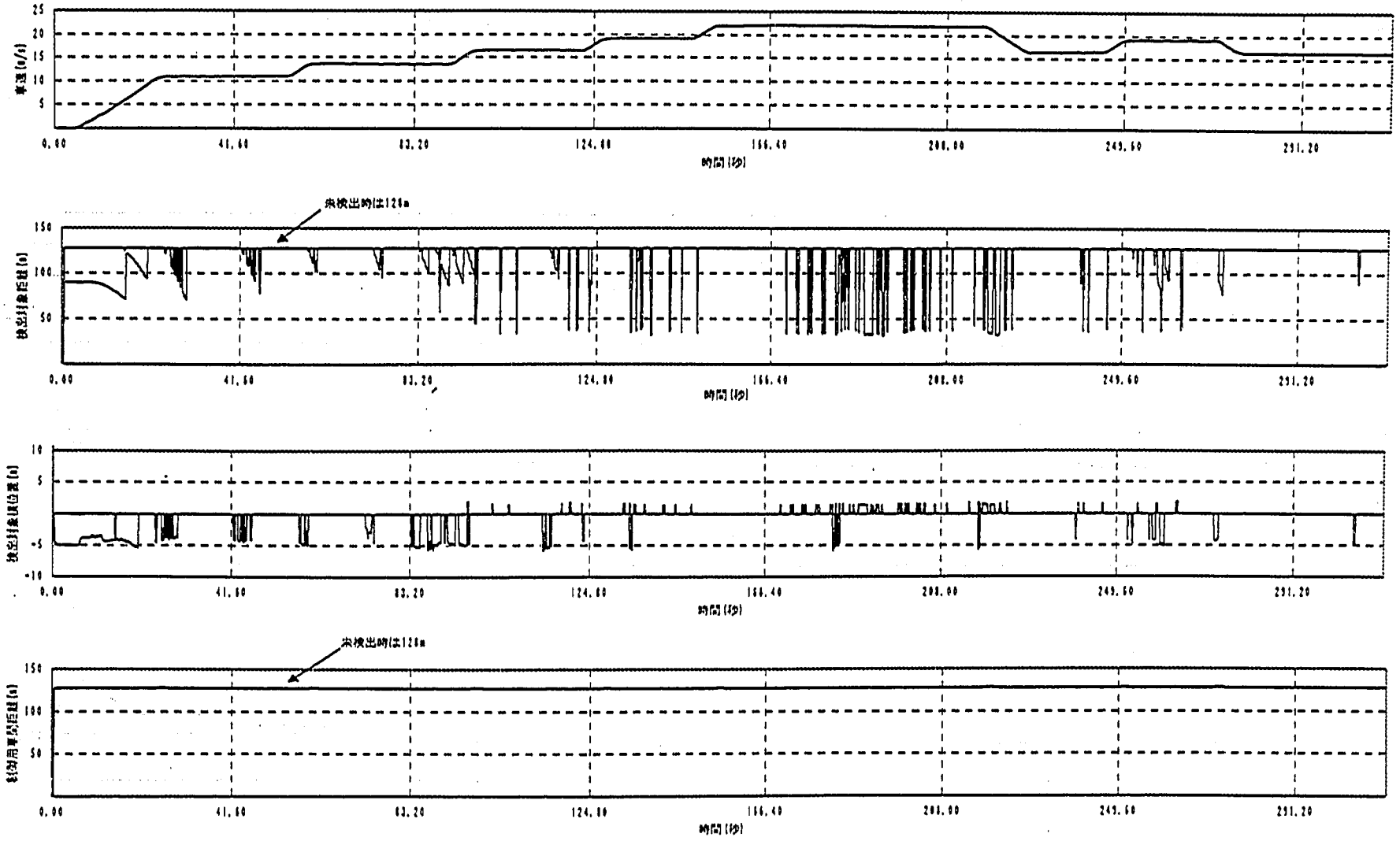
先行車なしで走行した場合、車速60km/hで走行し始めたあたりから横位置が右１～２ｍで距離が30～40mの検出対象が現れている。それ以外に、横位置左４～６ｍ

で距離が70～100mの検出対象も現れている。実道試験路の道路構造(2．1．2参照)によると、暫定2車線のところにあるポールコーンは車線右側約1.7mの位置、案内標識は車線左側約4.5m付近にあるので、データに現れているのがポールコーンと案内標識であることがわかる。そのとき、制御用車間距離は常に未検出距離(128m)であることから、対策ロジックによりポールコーン、案内標識などが除かれていることもわかる。

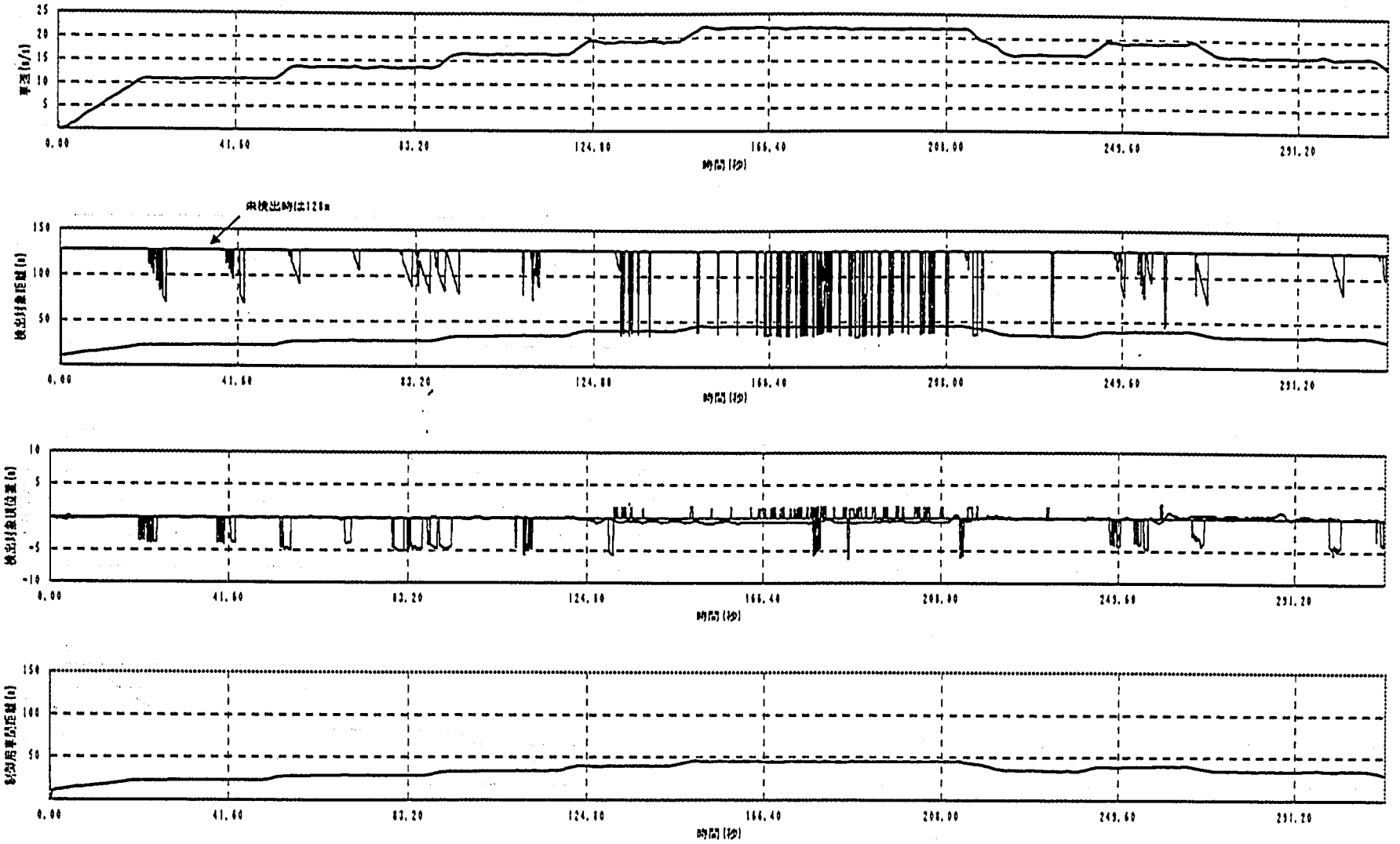
車間時間2秒、1秒で追従した場合でも、頻度は減っているもののポールコーン、案内標識を検出している。しかし対策ロジックにより、先行車両の距離のみが制御用車間距離として抽出されている。この結果デモ走行において不具合なく追従走行が可能であった。

注2：レーザレーダではもっと多くの距離を検出しているが、前処理によって3つの検出対象まで絞り込んでいる。

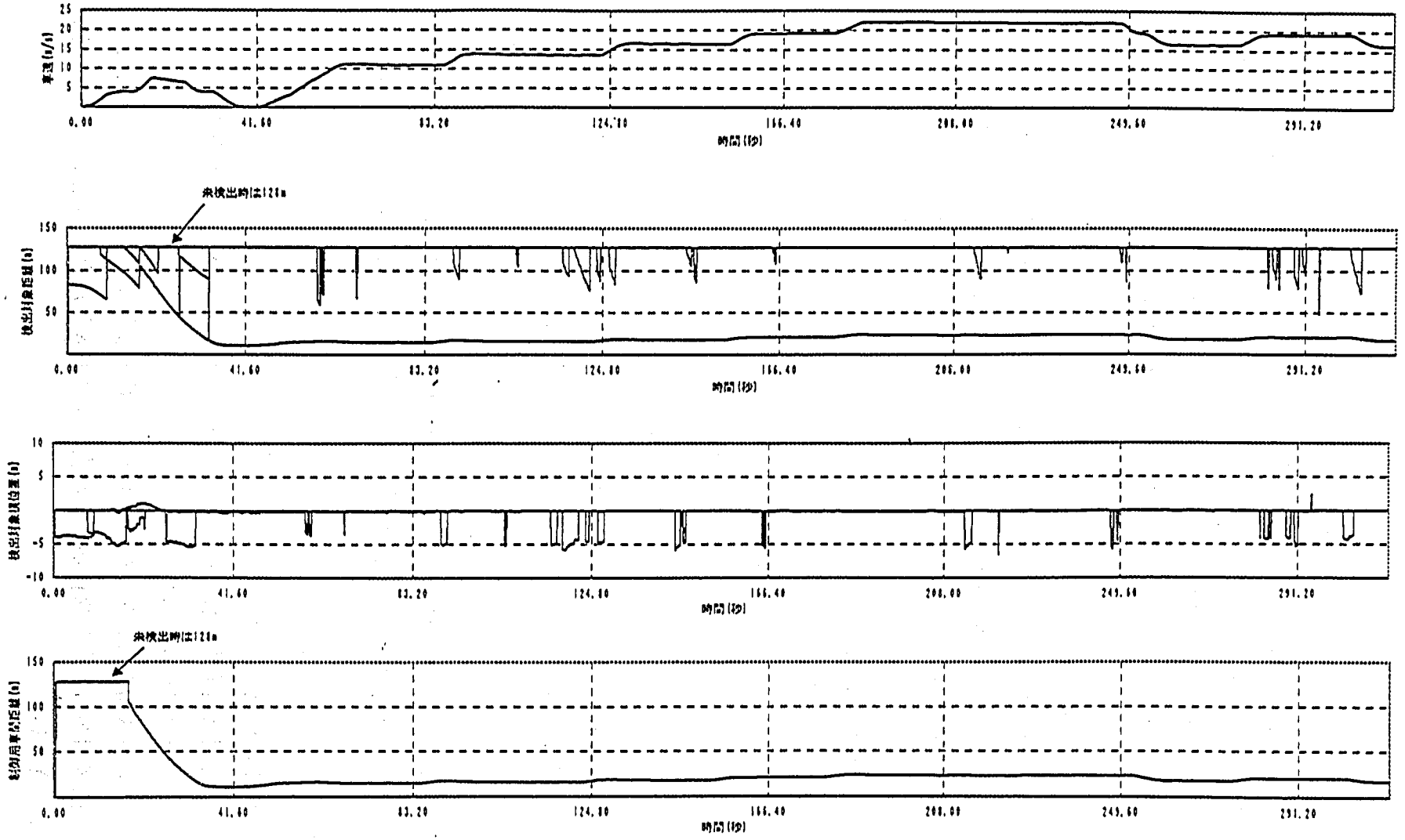
図表(3-1-1)5-4　先行車両なしの場合（小諸ＩＣ→東部ＩＣ）



図表(3-1-1)5-5　車間時間２秒で追従した場合（小諸ＩＣ→東部ＩＣ）



図表(3-1-1)5-6　車間時間１秒で追従した場合（小諸ＩＣ→東部ＩＣ）



（２）路車間通信における問題点

①通信ハードウエアの問題点

a)通信状態のモニタについて

上り線区間11において区間の半ばくらいまで路車間通信が行われないことがあった。現状のシステムでは、上記のような状態の時「完全に通信不可能」か「通信できるが不安定」の区別を車載情報機器（無線機の制御器と通信を行う機器）で行えないため、システムの異常を正確に判定できない。

b)運用上の問題

実験中にＬＣＸ機器の調整のため電波のでない区間等がたびたび設定されたが、このとき通信不能の原因が車両側かインフラ側かの判定ができない。当該区間の手前の区間のデータに次区間のインフラの状況を伝えるデータが必要である。

②通信内容の問題点

a)車両よりの送信データについて

車両の位置や速度、加速度の検出から通信出力を行うまでには時間遅れがあるが、どの程度の時間遅れまで許容されるか規定されていない。またどの時点のデータを出力すればよいか規定されていない。

b)事象情報、道路情報について

送信されているデータによる道路構造物の位置と実際の道路構造物の位置がかなり異なっていた。ＬＣＸよりの送信データのフォーマットでは１ｍ単位で規定されているが、精度の程度が規定されていない。

また道路線形情報や道路勾配情報は自動運転の制御を行う際に非常に有効なデータであるが、実道で流されていたデータは正確さに欠けるため制御に用いることはできなかった。

c)指示速度について

速度と速度実現位置のデータは規定されているが、速度実現位置までの指示速度のデータが存在しない。

ある区間のＬＣＸ通信が何らかの事情で通信不可能になっているときに、通信不能区間からＬＣＸ通信が正常な次区間に進入したときの指示速度を判定することができない。

③通信タイミングの問題点

a)緊急情報を送信する区間について

実道実験では緊急情報は事故発生の区間とその１つ手前の区間で出力されていたが、80km/hから乗員が不安感を覚えずになめらかに停止するには（0.1G以下）250m程度必要であり、データを受け取るまでに空走する距離を考慮（100m程度）すると余裕がない。また前述の距離は速度の２乗に比例するため（100km/hで400m、140km/hで750m）、速度の面からも余裕がない。

6）実験結果その５（本田技研工業株式会社）

（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験

①縦断、横断勾配を反映した速度制御

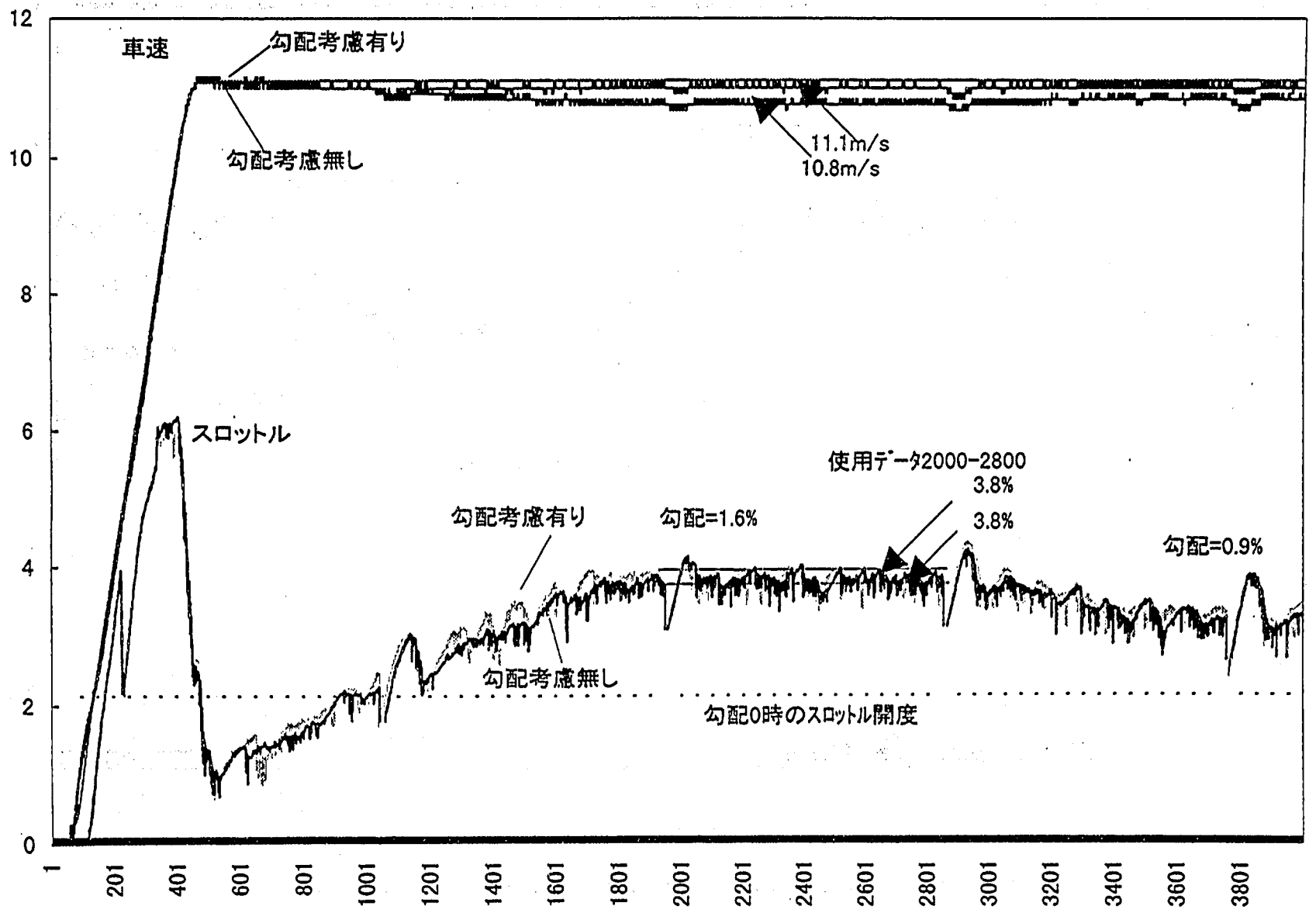
勾配を考慮しない制御では、目標車速に対し－1.9～－5.0％であり、勾配の影響により速度が変化する。

一方、勾配を考慮した制御では、目標車速に対し０～＋0.4％であり、勾配の影響をキャンセルできていると判断できる。

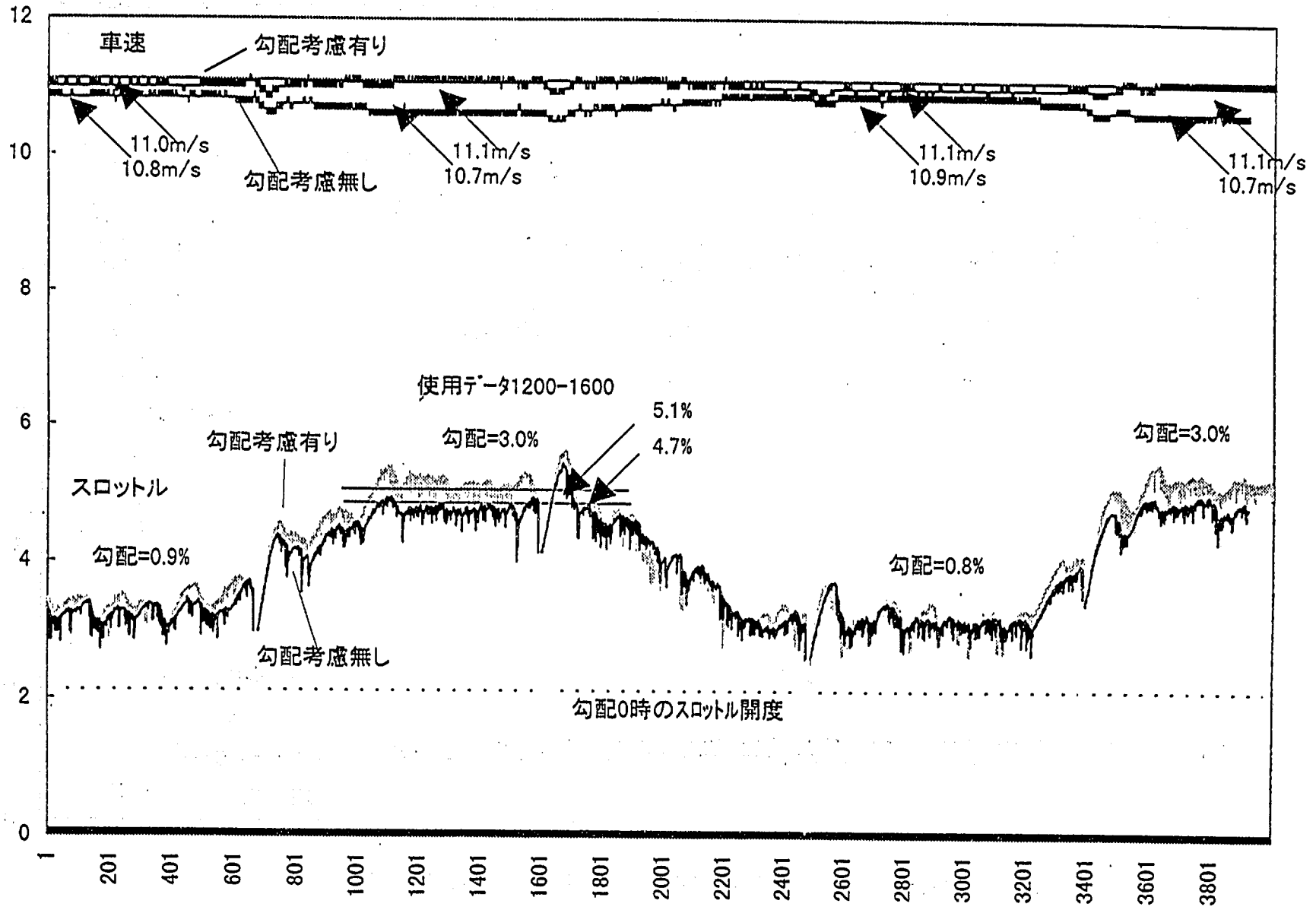
図表(3-1-1)6-1　速度制御方法

車速指示(km/h)	勾配考慮制御	勾配(%)	車速(km/h)	ｽﾛｯﾄﾙ開度(%)
40	無	0	40.0	2
	無	1.6	38.9	3.8
	有	1.6	40.0	3.8
	無	3.0	38.5	4.7
	有	3.0	40.0	5.1
60	無	0	60.0	4
	無	1.6	58.7	4.7
	有	1.6	60.1	5.1
	無	3.0	58.0	7.6
	有	3.0	60.1	7.9
80	無	1.6	78.5	7.3
	有	1.6	79.9	7.4
	無	3.0	76.0	10.6
	有	3.0	80.3	11.0

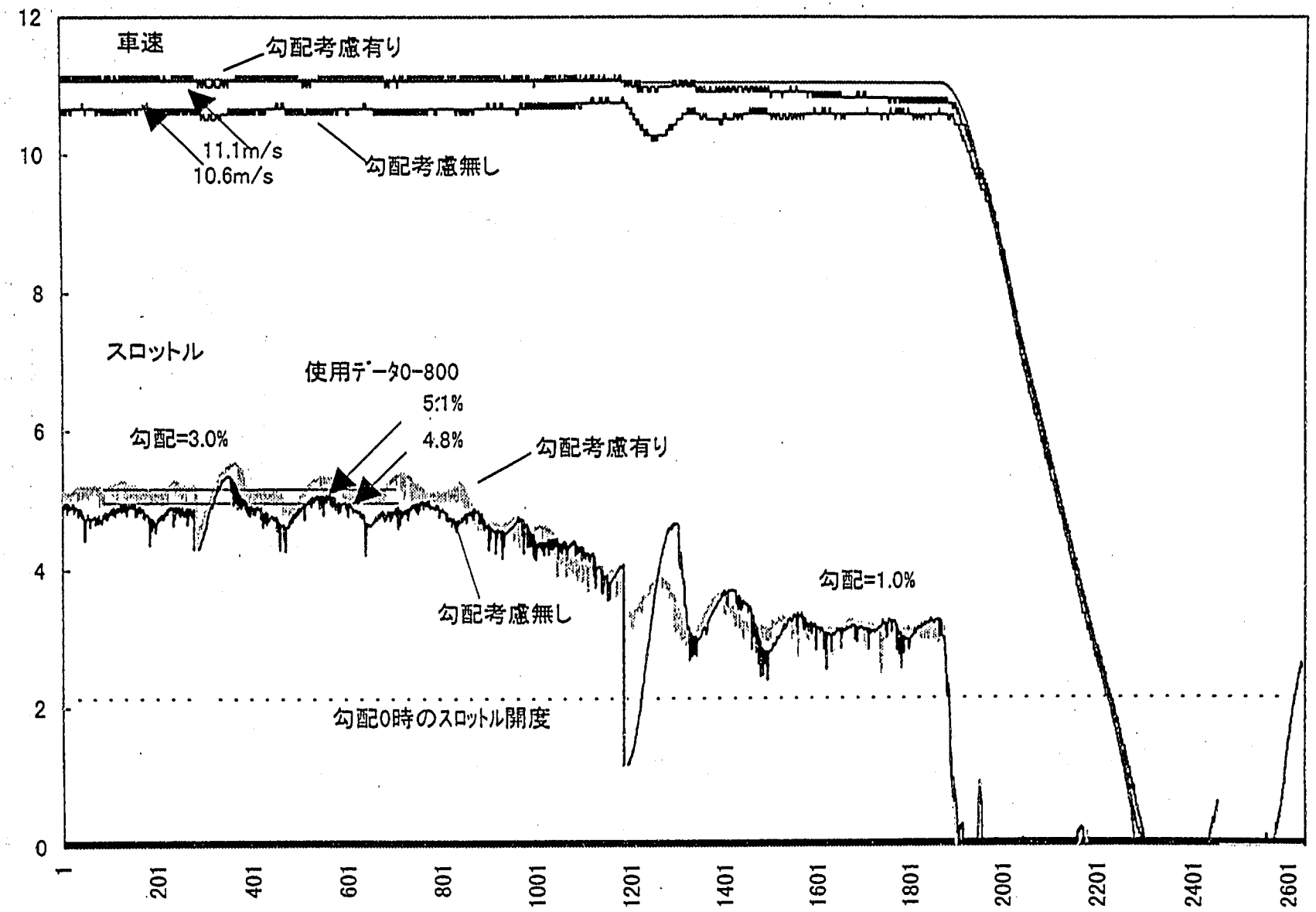
図表(3-1-1)6-2　勾配とスロットル開度の関係（車速40km/h　その１）



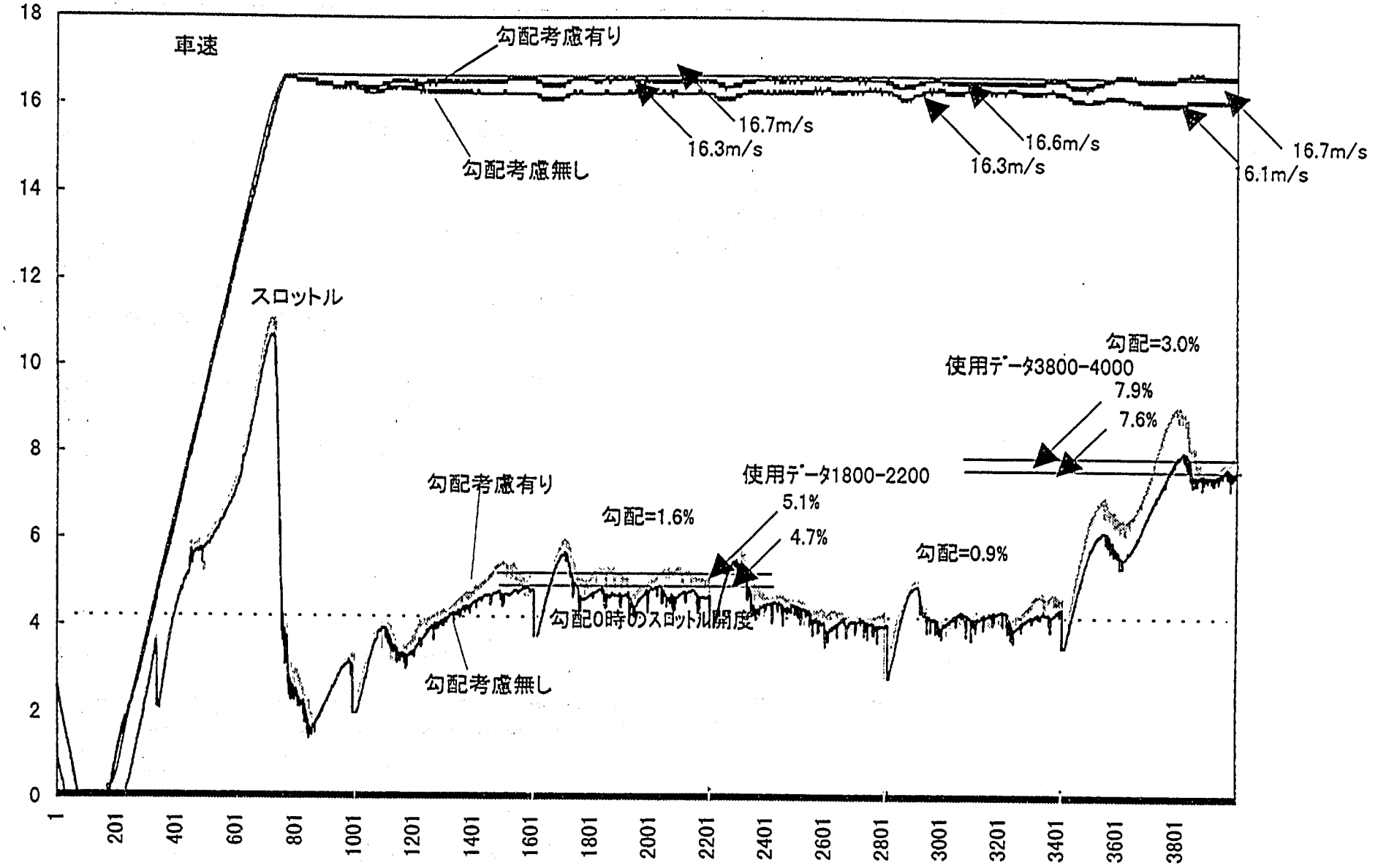
図表(3-1-1)6-3　勾配とスロットル開度の関係（車速40km/h　その２）



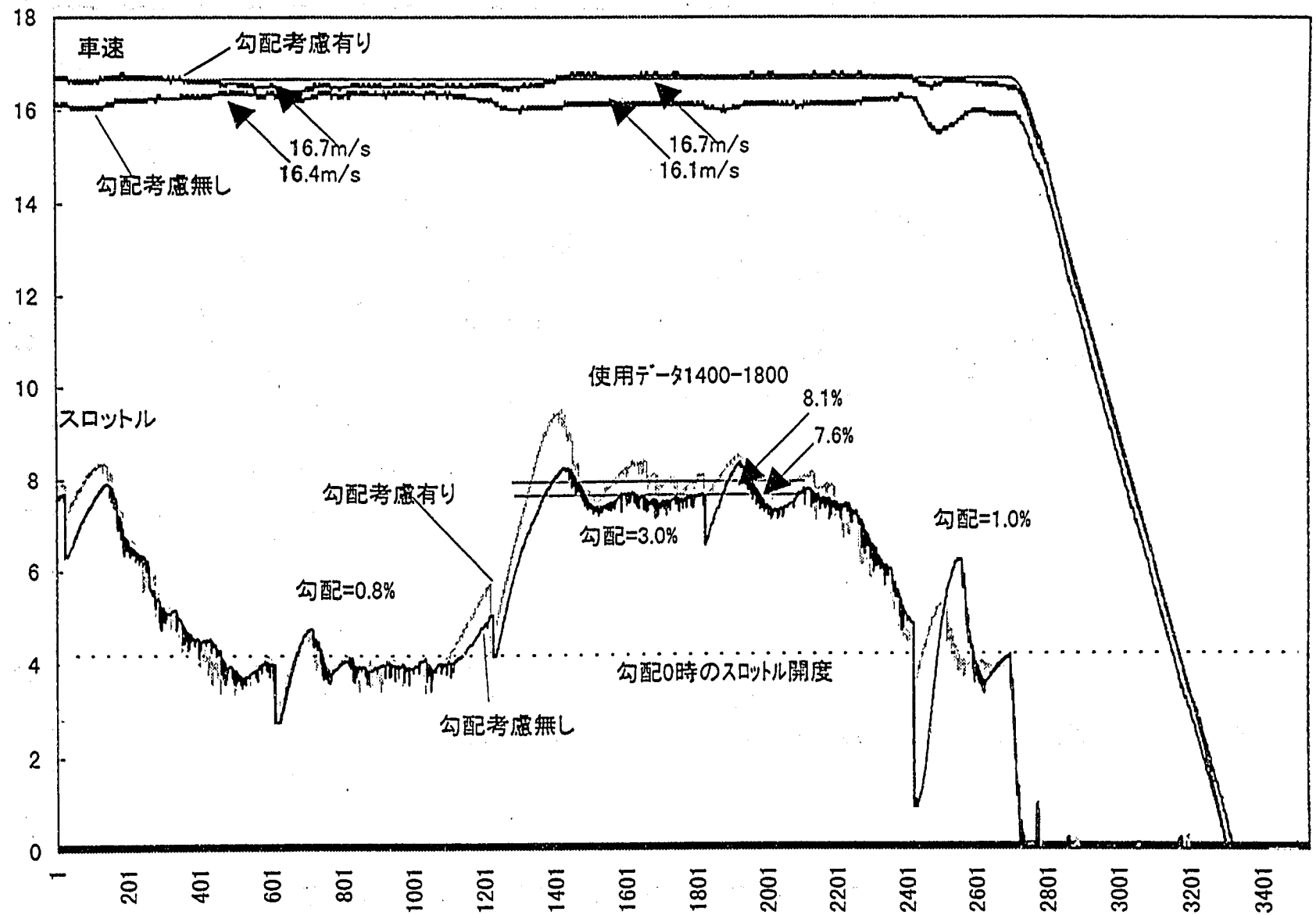
図表(3-1-1)6-4　勾配とスロットル開度の関係（車速40km/h　その３）



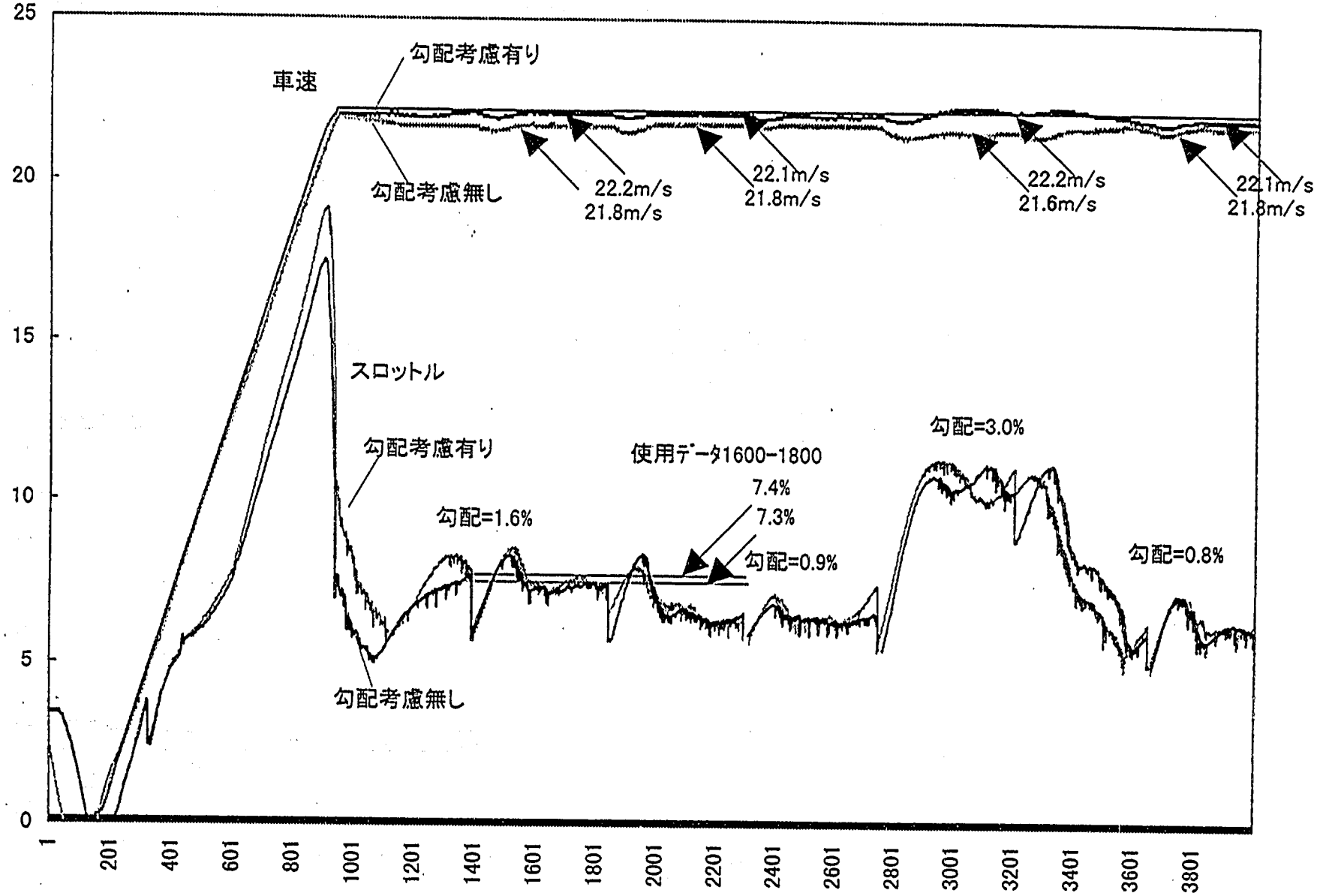
図表(3-1-1)6-5　勾配とスロットル開度の関係（車速60km/h　その１）



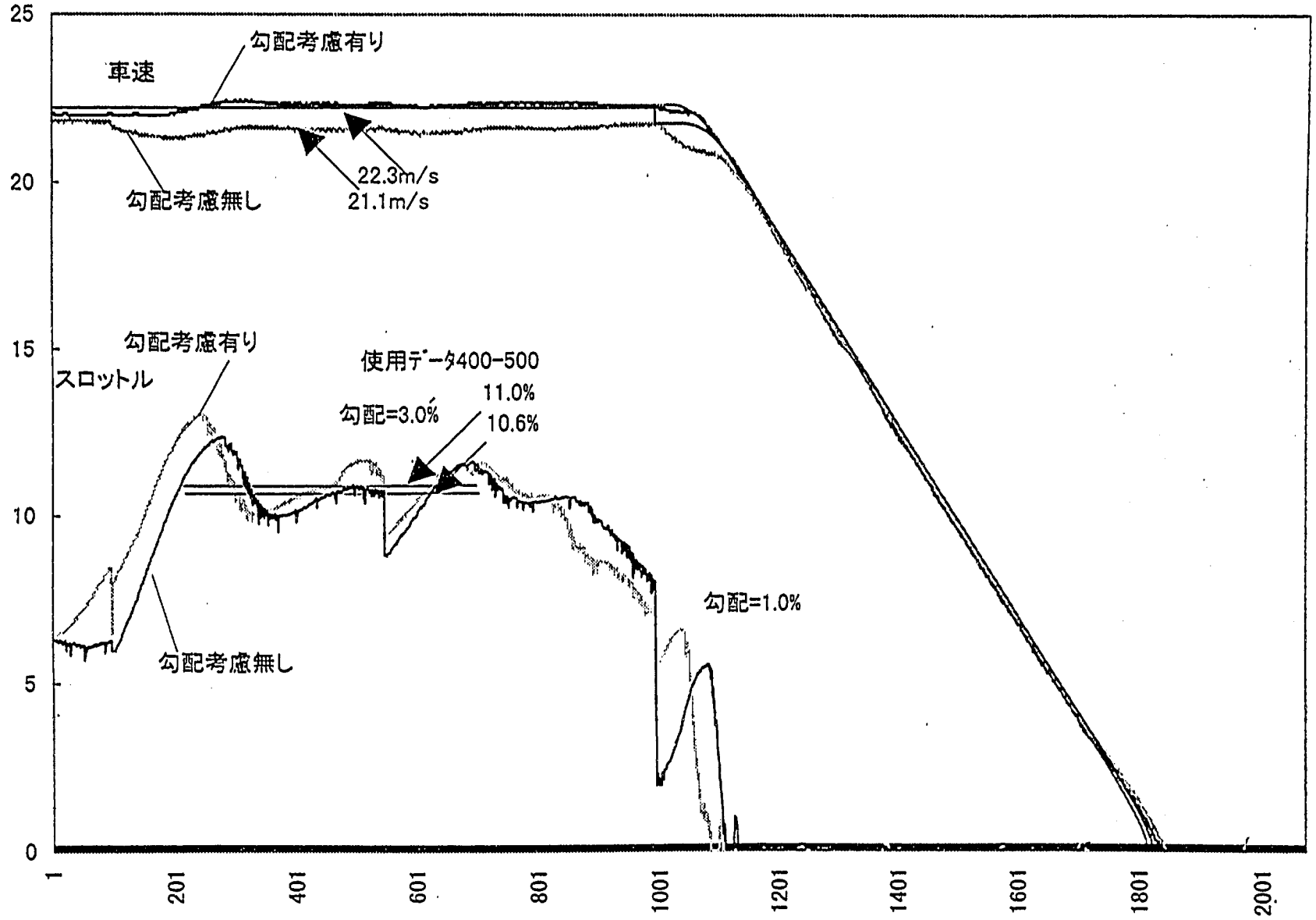
図表(3-1-1)6-6　勾配とスロットル開度の関係（車速60km/h　その２）



図表(3-1-1)6-7　勾配とスロットル開度の関係（車速80km/h　その１）



図表(3-1-1)6-8　勾配とスロットル開度の関係（車速80km/h　その２）



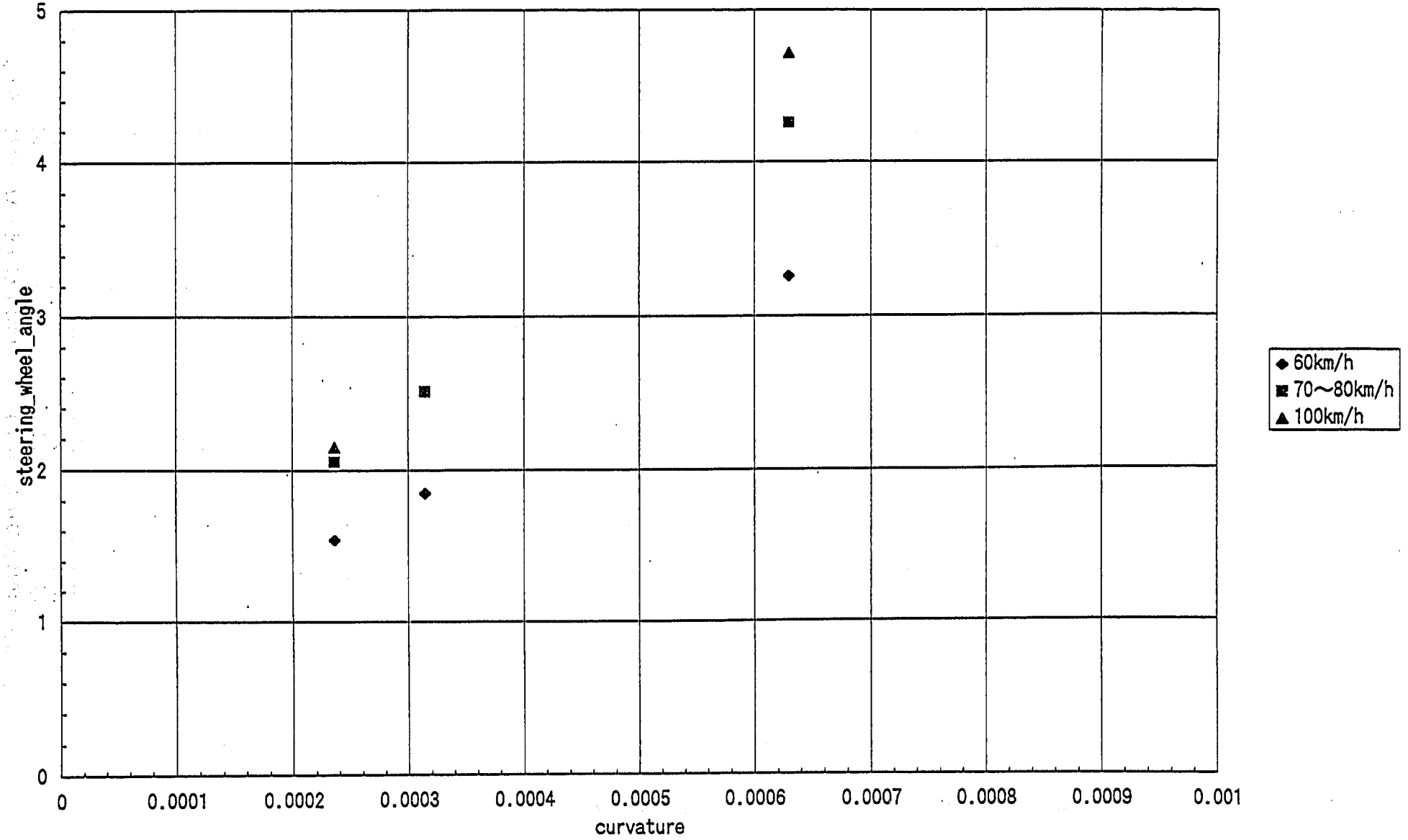
②道路線形に対応したステアリング制御

小諸ＩＣ～上田ＩＣを走行するために必要なハンドル操舵角は、16.7m/sec（60km/h）で約3.3deg以下、27.7m/sec（100km/h）で約4.7deg以下であった。

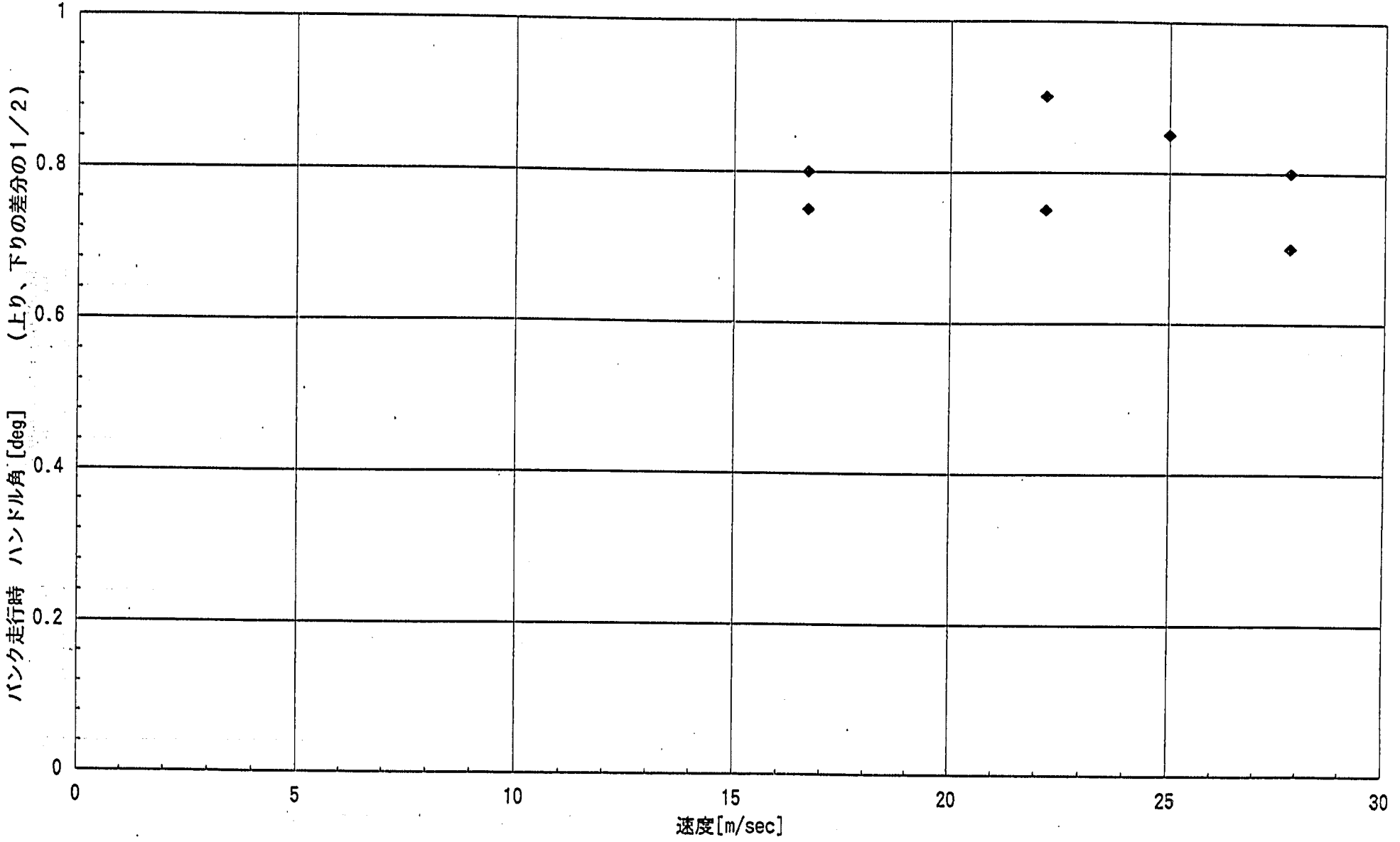
また、カーブをまがるのに必要なハンドル角は道路曲率（道路曲率半径の逆数）に比例し、車速により増大した（図表(3-1-1)6-9参照）。

また、道路バンク角の影響は、約0.8degであり、この値は車速60～100km/hではほとんど変化なしであった（図表(3-1-1)6-10参照）。

図表(3-1-1)6-9　道路線形に対応したステアリング制御角度テスト結果



図表(3-1-1)6-10　バンク角によるステアリング制御への影響テスト結果



③磁気ネイルの設置間隔と車両制御の関係

現状の約２ｍ間隔、Ｕターン0.66m間隔での走行は支障がない。ホンダの場合、磁気ネイル間においても慣性航法ナビゲーションシステムを用いることで、データを補完し制御しているため支障はない。

さらに全区間にて車群走行が可能となった。

④道路付属物が車両制御機器に与える影響

道路中央部にあるポールコーンとその間にある小さなリフレクターの組み合わせについて、移動物体として誤認識した。また、道路標識についても同様の結果であった。

前走車の存在位置を推定するなどソフトにて対策を施し、実験において問題は発生しなかった。

⑤道路構造が車載機器に与える影響

レーザレーダにおいて影響があった。

車両前方の道路構造を元に照射範囲を設定するなどのソフトにて対策を施し、公開デモにおいて問題は発生しなかった。

（２）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験

車載機器と外乱要因の関係を下に示す。

図表(3-1-1)6-11　車載機器と外乱要因の関係

	道路構造物	道路付属物	路面状態	天候	乗車人員数
①路車間無線機	○	○	○	○	○
②車車間無線機	○	○	○	○	○
③制御用ＣＰＵ	○	○	○	○	○
④無線機、制御機器	○	○	○	○	○
⑤各種アクチュエータ等	○	○	○	○	○
⑥情報表示機器	○	○	○	○	○
⑦磁気ネイルセンサ	○	○	○	○	○
⑧その他の車両機器	○	×	○	○	○

（3）路車間通信の問題点

実験調整時、ＬＣＸ一部区間（ＬＣＸ４、10等）のみ通信が欠落する、コース進入通知が得られないといった不具合事象が発生していた。

ただし、実験時や公開デモ時には、路車間通信のデータが欠落した場合、車内のデータを使うことにより、影響は出なかった。

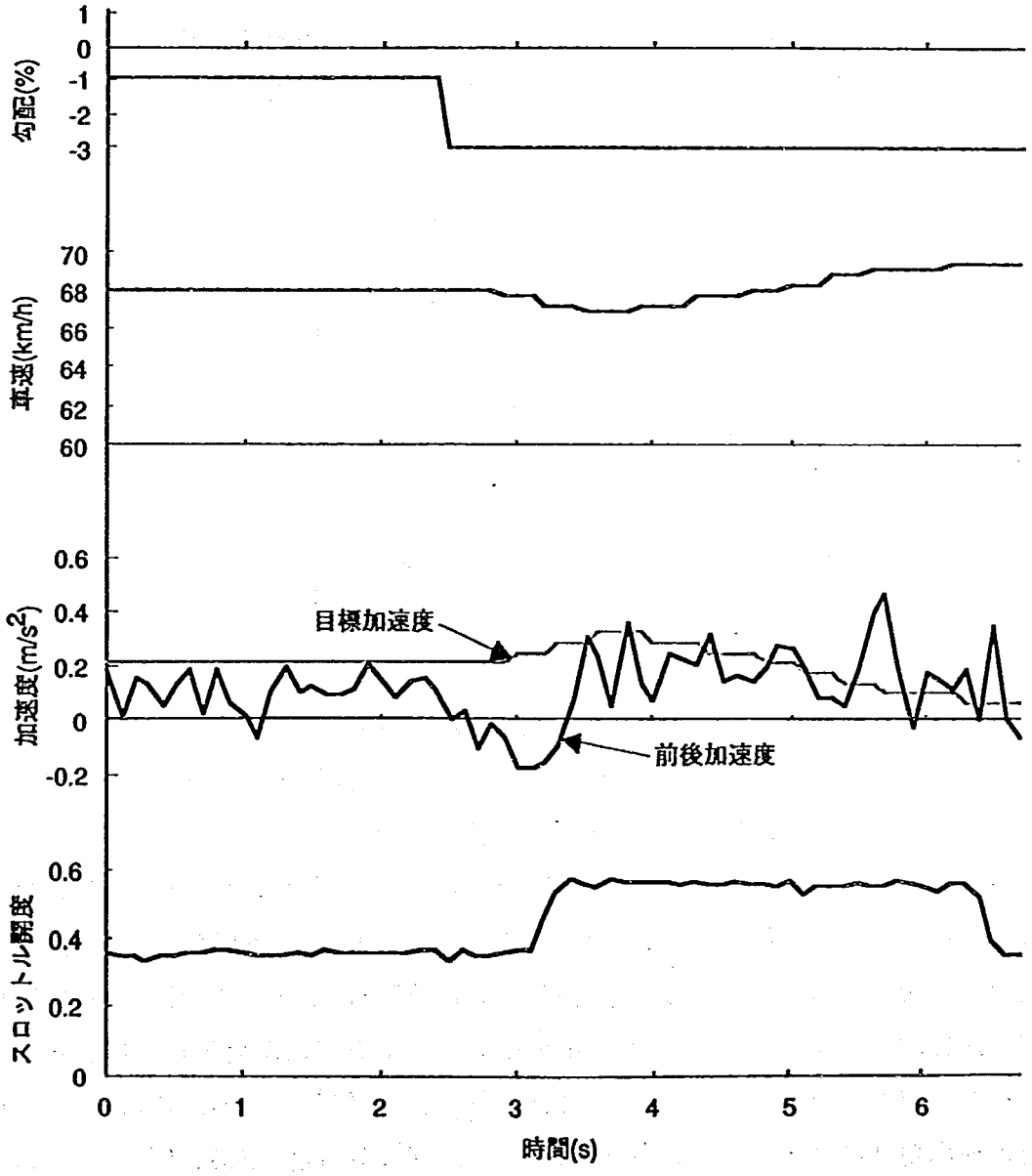
7）実験結果その６（マツダ株式会社）

（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験

①縦断、横断勾配を反映した速度制御

今回の実験ではＬＣＸより縦断勾配情報が提供されるため、この情報を車両の速度制御に活用する実験を実施した。図表(3-1-1)7-1は、定速走行制御時において、縦断勾配が－0.9％から－３％に変化する区間での車両状態量及びスロットル開度を示したものである。縦断勾配が変化した地点で車速が短期的に低下しているが、ＬＣＸからの縦断勾配情報による補正によりすぐに加速指示が与えられ、車速が目標速度に回復している。

図表(3-1-1)7-1　縦断勾配を反映した速度制御



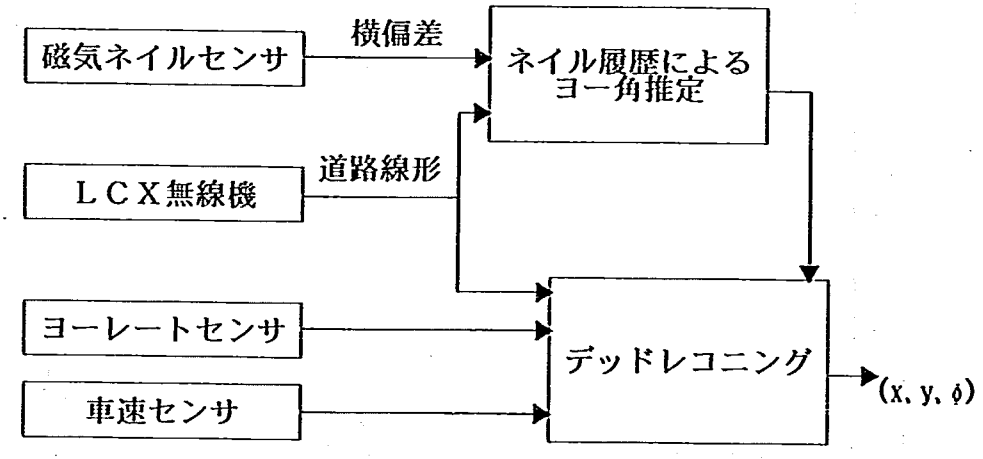
②磁気ネイル設置間隔と車両制御の関係

今回の実道実験において、我々は磁気ネイルを活用した車線逸脱警報機能に関する実証実験を行った。事故回避効果の高い車線逸脱警報機能を実現するためには、適切なタイミングで警報を与えること供に誤警報の発生を低減することが必要で、車両位置の検出精度が大きな影響を及ぼす。実現した車線逸脱警報機能において、逸脱判定は道路上における車両の横偏差とヨー角（姿勢角）に基づいて行っているが、横偏差に関しては使用した磁気ネイルセンサの検知精度が±３cm以下と十分に高いので、精度良くヨー角を検知することが重要となる。そこで、車両速度及び磁気ネイル設置間隔がヨー角の検出精度に与える影響を把握するための実験を実施した。

a)ヨー角の検出法と要求精度

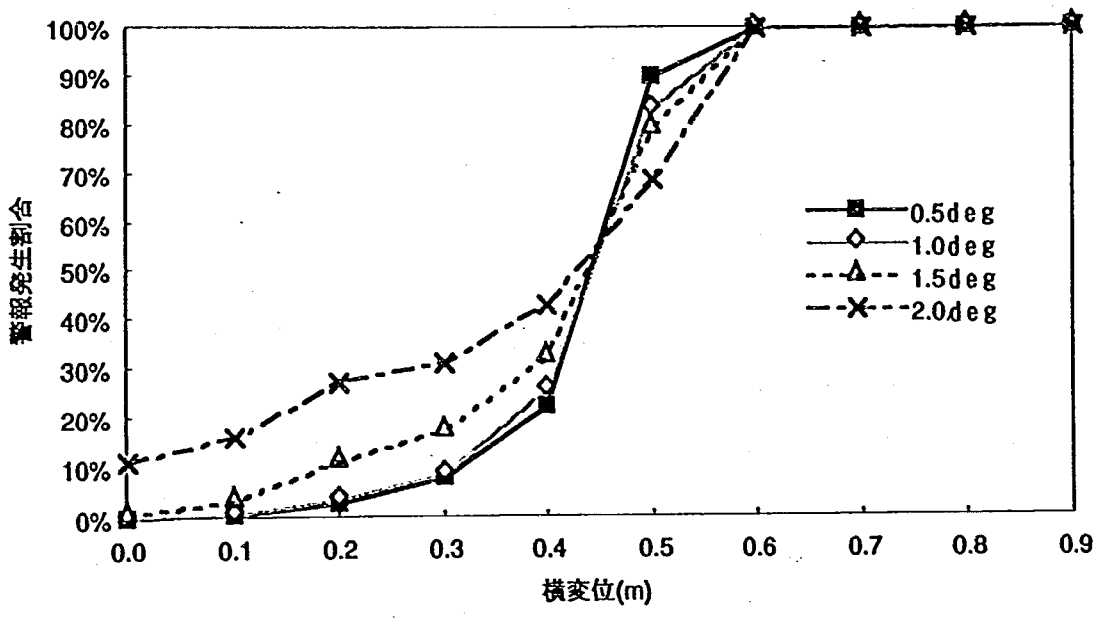
車線逸脱警報機能における車両位置検出法の概略を図表(3-1-1)7-2に示す。この図に示すように、デッドレコニングにより推定された車両位置・ヨー角を、磁気ネイルセンサの履歴により補正することにより精度の向上を図っている。

図表(3-1-1)7-2　車両位置検出法



車線逸脱警報に必要となるヨー角検出精度を把握するために、事前にシミュレーション実験を行った。この実験では、実道コースと同様のコースをドライビングシミュレータにより再現し、被験者による模擬走行を実施した。そして、得られた車両ヨー角データに推定精度範囲内のランダムな誤差を与え、車線逸脱警報の発生状況を調べた。ヨー角検出精度が0.5、1.0、1.5、2.0degの各場合について、横偏差と車線逸脱警報の発生頻度の関係を図表(3-1-1)7-3に示す。この図においてヨー角精度が1.5及び2.0degの場合には、車線中央付近でも警報が発生しているが、0.5及び1.0degではそのような傾向はなく警報が適切に動作している。このことよりヨー角の検出精度は最低でも1.0degは必要であり、0.5deg以内であれば十分と考えられる。以下では、ヨー角検知精度の目標値を0.5degと想定し議論を進める。

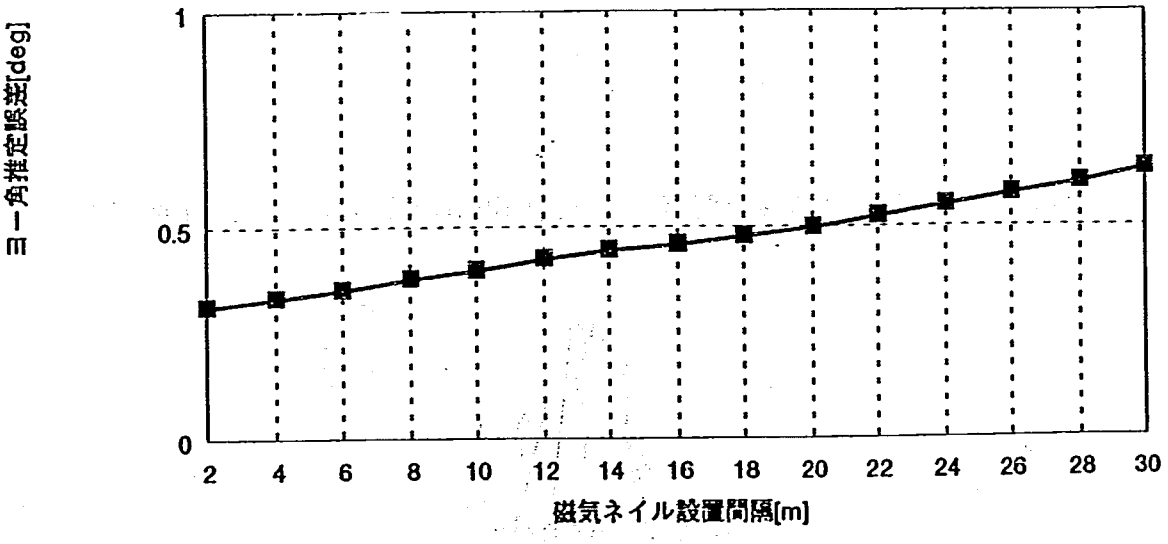
図表(3-1-1)7-3　ヨー角検知精度と警報発生頻度（シミュレーション）



b)磁気ネイル設置間隔がヨー角検知精度に与える影響

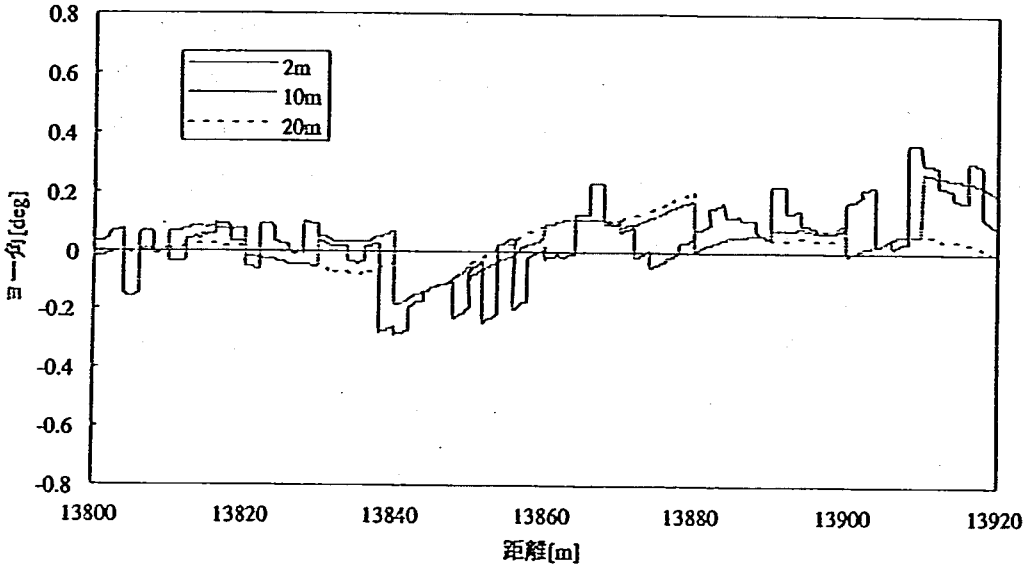
磁気ネイルの設置間隔がヨー角検知精度に与える影響を理論的に把握するためシミュレーション評価結果を実施した。図表(3-1-1)7-4に車速が70km/hの場合における、磁気ネイル設置間隔とヨー角検知誤差の関係を示す。磁気ネイルセンサの横偏差検知誤差を±２cm、ヨーレートセンサのオフセット誤差を0.2deg/secとしてシミュレーションを行った。この図より、ヨー角推定精度目標値0.5degを確保するためには、理論的には20m以内の間隔で磁気ネイルを設置する必要があることがわかる。

図表(3-1-1)7-4　磁気ネイル設置間隔とヨー角検知精度の関係
（シミュレーション：70km/h）

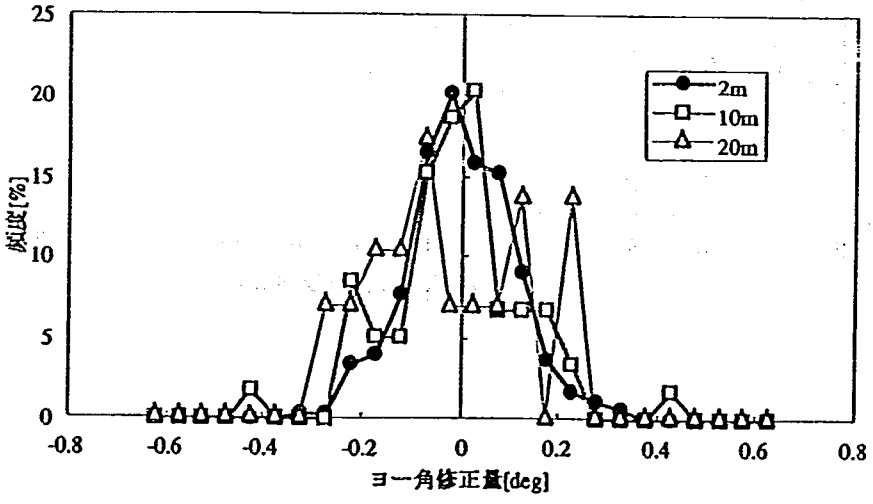


一方、図表(3-1-1)7-5に、実道コースでの走行（車速70km/h）において、磁気ネイル設置間隔を２m、10m、20mに変化させた場合のヨー角検出結果を示す。なお、実道コースでは２m間隔で磁気ネイルが設置されているため、10m及び20mの磁気ネイル設置間隔は、それぞれそれらの間の磁気ネイルを読み飛ばすことにより擬似的に再現した。図表(3-1-1)7-5においてヨー角の検出結果が不連続となっているが、これは磁気ネイル通過時にヨー角を修正（補正）しているからである。図表(3-1-1)7-6に、図表(3-1-1)7-5のグラフのヨー角修正量の分布を示す。磁気ネイル設置間隔が大きくなるに連れ修正量も増加する傾向にあることがわかる。磁気ネイル設置間隔が20mの場合においても、ヨー角修正量は0.5deg以内に収まっている。ただし、この図におけるヨー角修正量は、ヨー角の絶対的リファレンス値に対するズレを表していない。このデータから直ちに上述したシミュレーション結果（すなわち、ヨー角検知精度0.5を確保するためには磁気ネイル設置間隔を20mとする必要があること）を裏付けることは困難である。

図表(3-1-1)7-5　磁気ネイル設置間隔とヨー角検知結果　（実走行：70km/h）



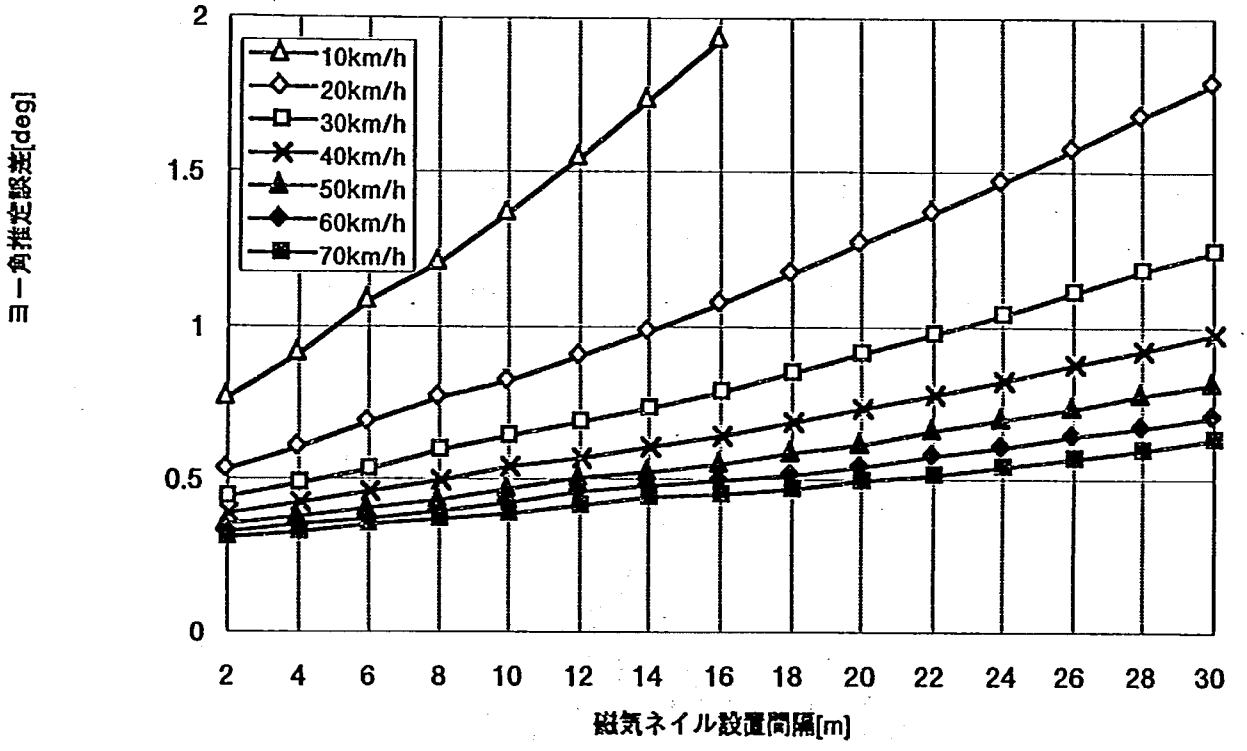
図表(3-1-1)7-6　磁気ネイル設置間隔とヨー角修正量の分布（実走行：70km/h）



c)車速がヨー角検知精度に与える影響

車速がヨー角検知精度に与える影響を把握するためにシミュレーションを実施した。図表(3-1-1)7-7に、車速が10km/hから70km/hの場合における磁気ネイル設置間隔とヨー角検知誤差の関係を示す。この図に示すように、車速が低くなるにつれヨー角検知誤差が悪化している。

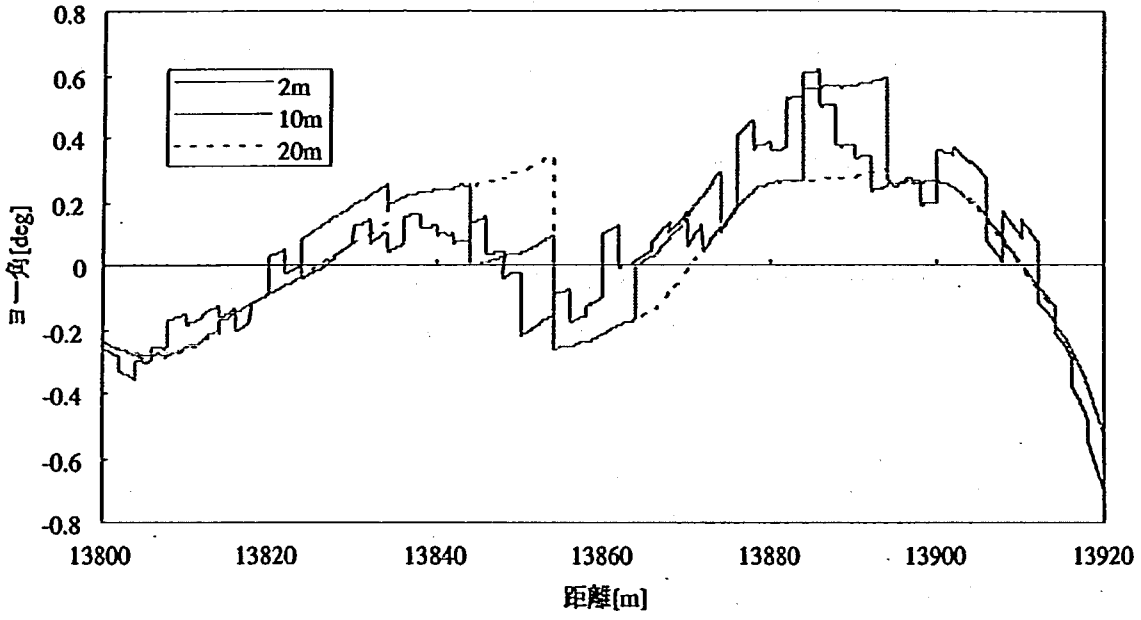
図表(3-1-1)7-7　車速、磁気ネイル設置間隔とヨー角検知精度の関係
(シミュレーション)



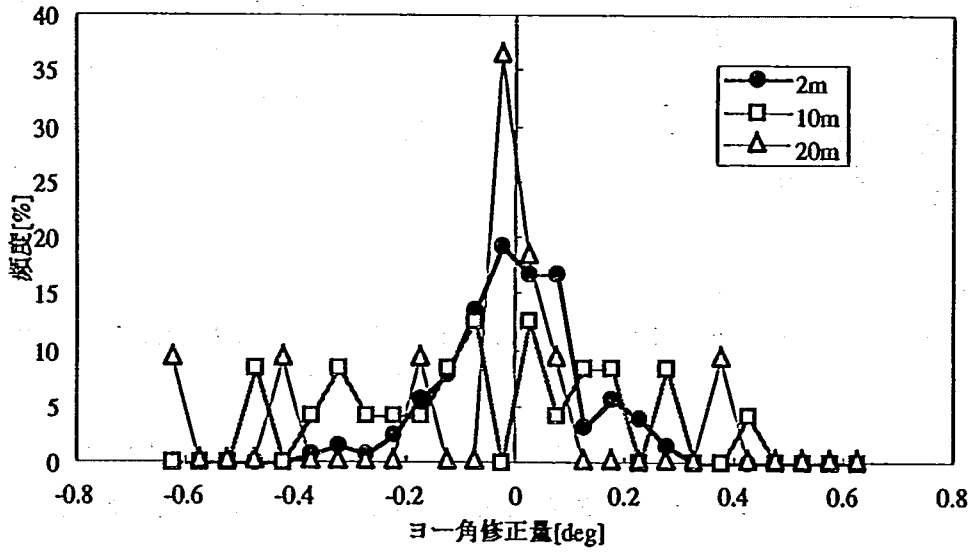
実道コースでの走行（車速50km/h）において磁気ネイル設置間隔を２m、10m、20mに変化させた場合のヨー角検出結果を図表(3-1-1)7-9に、図表(3-1-1)7-8グラフのヨー角修正量の分布を図表(3-1-1)7-9に示す。

先に示した車速70km/h（図表(3-1-1)7-5、図表(3-1-1)7-6）での走行と比較すると、シミュレーションで予測されたように、速度が低下するとヨー角検知精度も明らかに悪化している。

図表(3-1-1)7-8　磁気ネイル設置間隔とヨー角検知結果　(実走行：50km/h)



図表(3-1-1)7-9　磁気ネイル設置間隔とヨー角修正量の分布（実走行：50km/h)

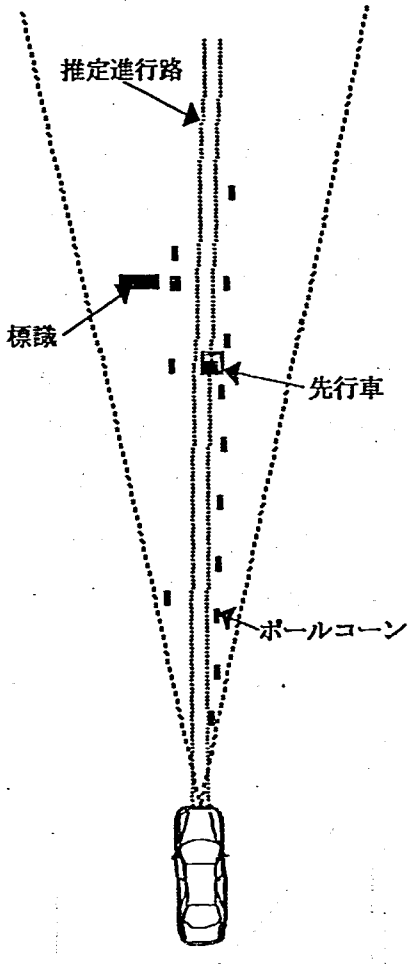


③道路付属物が車両制御機器に与える影響

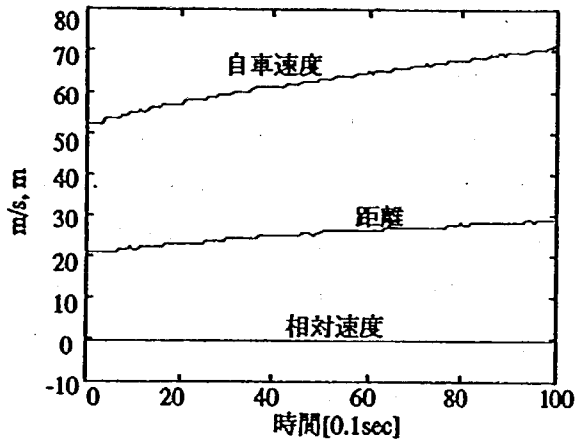
道路標識やポールコーンなどの道路付属物が、車両に搭載された障害物検出装置に与える影響を把握するために、障害物検出処理に関するデータを収集した。障害物検出装置では、スキャン式レーザレーダによって障害物までの距離、相対速度等を検出した。また、自車両が走行する進路上の障害物と路外の障害物を確実に識別し、進行路上の障害物のみに対して衝突警報や自動ブレーキを作動するようにするために、ＬＣＸから受信する道路線形データを活用して正確な進行路推定を行った。

図表(3-1-1)7-10に、路側帯にある案内表示板横を車頭時間2.5秒で、前方走行車両に追従走行したときの障害物検出処理結果を平面域でプロットした。また、図表(3-1-1)7-11に、その前後区間での進行路内に存在する最近接物体までの距離、その物体との相対速度、及び自車速度をプロットした。これらの結果から分かるように、案内標識やポールコーンなどの影響を受けることなく、先行車両を確実に検出できている。

図表(3-1-1)7-10　障害物検出結果



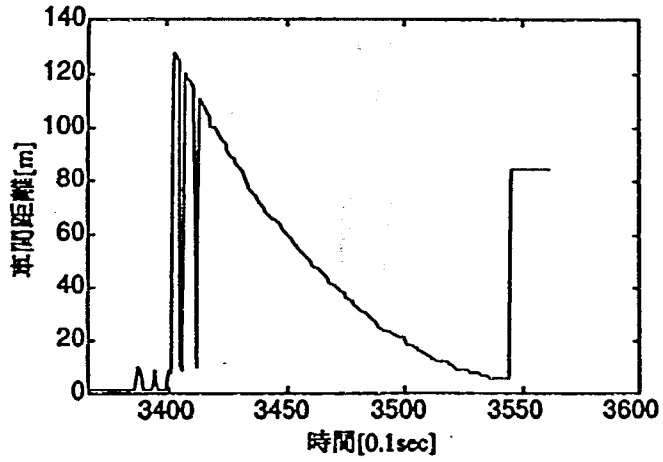
図表(3-1-1)7-11　障害物検出結果



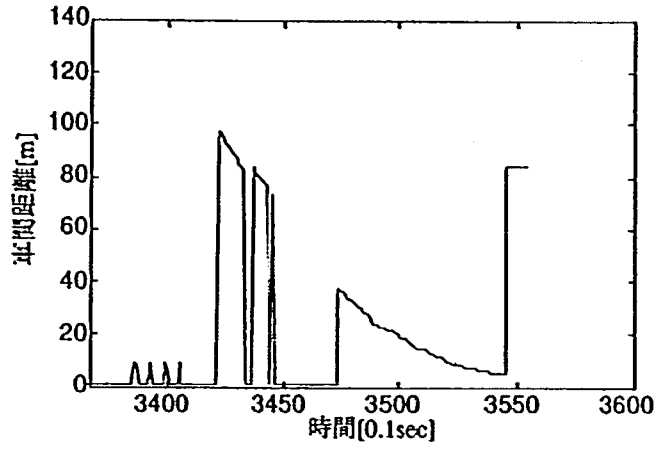
また、ＬＣＸからの道路線形による進行路推定の効果を把握するために、ヨーレートセンサによる進行路推定との比較実験を行った。この実験では、直線からコーナ（Ｒ5000m）に変化するコースの走行車線上に停止車両が存在する状況において、障害物検出実験を行った。

図表(3-1-1)7-12にＬＣＸから受信した道路線形データを用いて進行路推定を行った場合の障害物検出結果を示す。また、図表(3-1-1)7-13にヨーレートセンサと車速から進行路推定を行った場合の障害物検出結果を示す。図表(3-1-1)7-12に示すように、ＬＣＸからの道路線形データを活用して正確に進行路推定を行った場合には、約125m前方から停止車両を検出し始め110m付近から停止車両を確実に捕らえているが、ヨーレートセンサによる進行路推定の場合、図表(3-1-1)7-13に示すように95m前方から検出し始め、40m付近になってやっと停止車両を捕らえている。この実験結果から、停止車両を検出する場合インフラより精密な道路線形情報を提供する（あるいは精密な車載データベースを備える）ことにより、著しく検出性能の改善が期待できることがわかる。一方、先行車両への追従走行の場合には、ＬＣＸを活用した進行路推定とヨーレートセンサによる進行路推定との間に、それらの障害物検知性に関して顕著な違いは見られなかった。

図表(3-1-1)7-12　ＬＣＸによる進行路推定に基づく停止車両検出結果



図表(3-1-1)7-13　ヨーレートセンサによる進行路推定に基づく停止車両検出結果

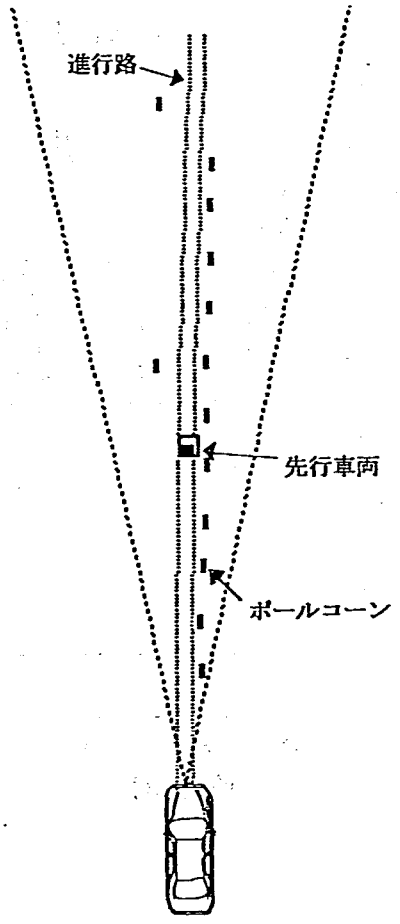


④道路構造が車載機器に与える影響

道路の縦断勾配が障害物検出装置に与える影響を把握するために、③と同様の車載障害物検出装置を用いて、縦断勾配が変化する区間付近での障害物検出実験を行った。

図表(3-1-1)7-14に縦断勾配が３％から0.8％に変わるＬＣＸ区間３から区間４を走行したときの障害物検出処理結果を平面域でプロットした。この図に示すように、縦断勾配が３％から0.8％へと変化しても路面の影響を受けることなく先行車両が検出されており、今回のテストコースの縦断勾配ではレーザレーダの照射視野に与える影響はない。

図表(3-1-1)7-14　障害物検出結果



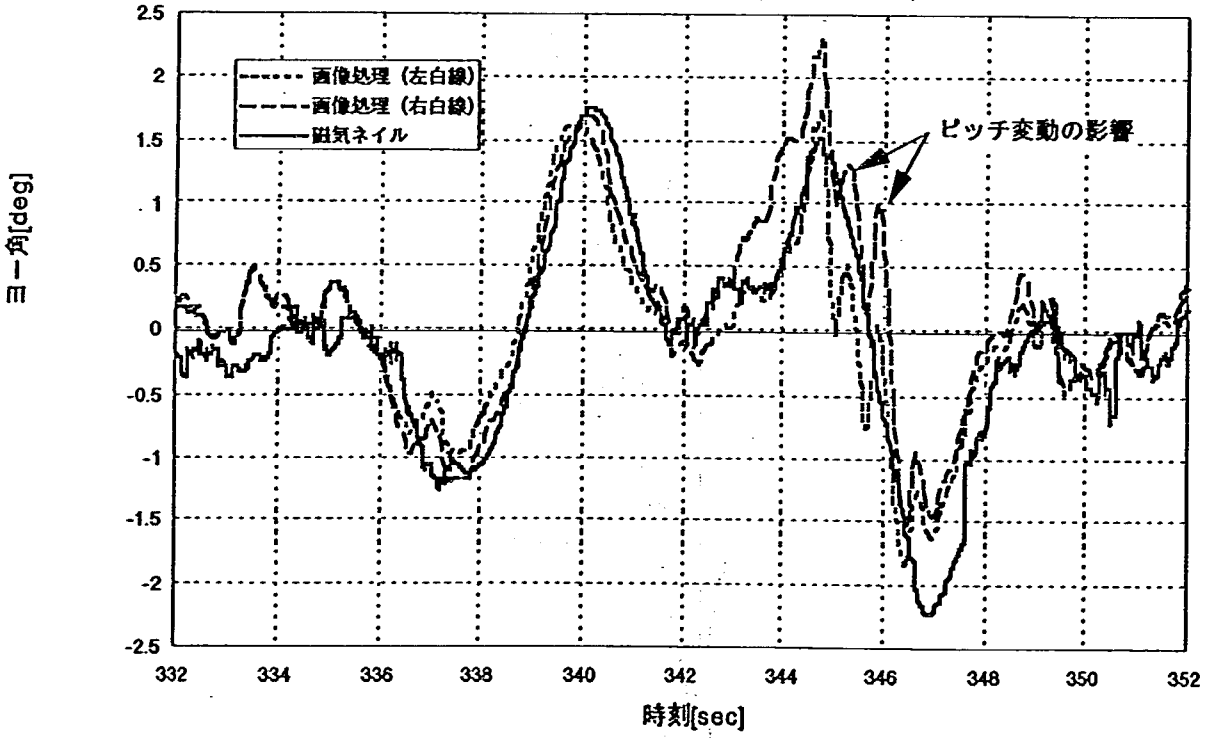
（２）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験

図表(3-1-1)7-15　外乱要因が車載機器に与える影響

	道路構造物（橋梁等）	道路付属物（標識等）	路面状態（凹凸、冠水）	天候（夜間、雨、霧）	乗車人員数
路車間無線機	—	—	—	—	—
車車間無線機	—	—	—	—	—
車両制御ＣＰＵ	—	—	—	—	—
車両制御機器	—	—	—	—	—
情報表示機器	—	—	—	—	—
磁気ネイル センサ	—	—	車両のピッチングの影響でネイルを取りこぼす場合あった。	—	—
ＣＣＤカメラ	—	—	磁気ネイルセンサによるヨー角検知と比べ車両のピッチング変動の影響を受けやすい（図表(3-1-1)7-16参照）	—	—

・上記表において、— は、実験未実施、または影響が見られなかったことを表す。

図表(3-1-1)7-16　白線認識と磁気ネイルによるヨー角検出の比較



（3）路車間通信の問題点の把握

・データ表現形式にＢＣＤ、バイナリなどが混在している。統一すべきである。

・データ内容が変化することのない静的なデータを常時送信しなければならない場合があり、効率が悪い。例えば、短期上りサイクルにおける車両長、車両幅、長期サイクル上りにおけるドライバ属性、あるいは長期サイクル下りにおける道路曲率、道路構造などである。これらの短期サイクルデータは長期サイクル上りで、また長期サイクルデータは車両登録時に送信すれば十分である。

・長期サイクル上りに関し、送信サイクルについての規定がない。情報内容が静的データに限定されているので、車両登録時のデータとして送信すれば十分である。

・長期サイクル下りデータなど可変長のデータを、車載機においてバッファリングしてデコード処理する場合、データの使用・非使用に関わらず全てのデータをデコードする必要があり、処理効率が低下する。使用頻度の高いデータから順にデータを構成するようにすべきである。

・送信される情報のセマンテックスが定義されてない、あるいは曖昧なものがある。例えば、安全走行システムにおいて指示速度はどのような意味を持つのかなどである。

8）実験結果その７（住友電気工業株式会社）

（１）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験

車載機器（制御用ＥＣＵ、磁気センサ等）に影響を与える外乱要因と車載機器の相関関係マトリックスを以下の表に示す。

図表(3-1-1)8-1　外乱要因と車載機器の相関関係

外乱要因＼車載機器		路車間無線機	車両制御ＥＣＵ	ＬＣＤ	スピーカ	磁気センサ	レーザレーダ	ブレーキ
道路構造	橋梁	-	-	-	-	△	-	-
	縦勾配	-	-	-	-	-	△	-
	横勾配	-	-	-	-	-	-	-
	曲率	-	-	-	-	-	○	-
道路付属物	案内標識	-	-	-	-	-	-	-
	ｾﾝﾀｰﾎﾟｰﾙ	-	-	-	-	-	○	-
	ｶﾞｰﾄﾞﾚｰﾙ	-	-	-	-	-	○	-
	白線	-	-	-	-	-	-	-
路面状態	凹凸	-	-	-	-	△	△	-
	路面冠水	-	-	-	-	-	◎	-
	凍結	（実験データ無）						
天候	雨	-	-	-	-	-	○	-
	霧	-	-	-	-	-	◎	-
	雪	（実験データ無）						
	夜	-	-	-	-	-	-	-
	太陽光	-	-	-	-	-	-	-
その他	乗車人員数	-	-	-	-	-	-	-
	温度変化	-	-	-	-	-	-	△

◎　影響あり。システム機能が著しく低下。
○　影響あり。システム機能が若干低下。
△　影響あり。システム機能にはほとんど影響を与えない。
-　影響なし。

・路車間通信無線機、車両制御ＥＣＵ、ＬＣＤ、およびスピーカは外乱の影響を確認することができなかった。

・磁気センサは橋梁部（橋の継ぎ目の鉄筋）、路面凹凸などの影響により検出磁力に影響が出ることを確認した。しかし自車位置検出能力は以下の数値を実現することができ、今回の実験におけるシステムの動作上は特に問題のない範囲に外乱の影響を押さえることができた。

図表(3-1-1)8-2　実験結果

磁気ネイル検出漏れ	ほぼ0(失敗確率10^{-5}以下)
N/S誤検出	ほぼ0（同上）
横方向検出誤差	２～３cm以下

・レーザレーダは縦勾配の変化により車間距離計測誤差（相対速度誤差）が増大する要因となった。ただし、制御誤差が少し増加する程度で制御不可能になるというレベルではない。また、路面冠水の先行車による跳ね返り、霧の影響により先行車の検出能力が著しく低下してデータの連続性が損なわれて、車間距離警告及び制御が不可能になる場合があった。

・ブレーキアクチュエータは温度特性による性能変化を除いて外乱要因の影響はないことを確認した。また、温度特性についても自動ブレーキ制御により支障のないレベルにコントロールできるのでシステムの性能への影響は事実上ないと考えることができる。

（２）路車間通信の問題点の把握

①通信プロトコル

・区間ごとの登録状況：登録ＮＡＫは発生しておらず、問題なし。

・通信エラー発生状況：信号処理部と車載機器との間のシリアル通信における通信エラーは、600回のメッセージ受信に対して５回程度の頻度であった。エラー内容は主にＢＣＣエラーである。特に問題はない。

②通信データ／データフォーマット

データの誤りはない。データの利用面では特に問題はない。

③その他

受信データを見る限り、上り／下り車線の受信状況の差異はない。

9）実験結果その８（株式会社デンソー）

（１）道路構造を反映した車両制御に関する実験

①縦断、横断勾配を反映した速度制御

東部ＩＣ方向２Km地点の下り坂では、指示速度40km/hで走行するためには、スロットルオフに加えてシフトダウンでの減速が必要であった。

②道路線形に対応したステアリング制御

後輪の制御量は上信越道では±0.3度であった（旋回はなし）。

③道路付属物が車両制御機器に与える影響

a)レーザレーダ

東部ＩＣ方向６Kmの下り坂の右カーブ地点の標識を140m手前より検出するが、100m位に近づくと検出圏外となり、制御に悪影響は及ぼさなかった。

１車線区間のセンターに立っているポールを拾って当初誤検出したが、レーザレーダの新規物標登録評価式を車線センターをより重視するように変更し解決した。

b)ＣＣＤセンサ

中央の黄色の道路境界線は、夜間や雨天時にコントラストが悪くなり検出しにくい傾向にある。人の目でも見にくい。

ポールコーンの影響はないが、カーブのＲが小さくなったとき右カーブでポールコーンが走行路の境界線を隠し、走行路検出の精度が落ちることが予想される。

④道路構造が車載機器に与える影響の把握

a)レーザレーダ

影響なし。

b)ＣＣＤセンサ

道路構造では影響はみられなかった。しかし、路面に関して天候で大きな影響を受ける。路面の水はけが悪く、雨が降ると路面が鏡面反射し白線が見えなくなる。

（２）各種外乱要因と車載機器の関係に関する実験

・路車間無線機

一連実験で道路付属物や天候によりＬＣＸ無線通信に影響はなかった。

・ＣＣＤセンサ

天候による路面状況に性能が左右された（路面冠水、路面反射など）。

また乗員数によって車両の角度が変化し検出しにくくなった。

（３）路車間通信の問題点の把握

・受信レベル

左右２つの車載アンテナでそれぞれＬＣＸ電波受信レベルを計測したところ道路側アンテナに向けた車載アンテナでは受信レベルは下限値に対し３桁の余裕があった（－90dBmに対し－60dBm）。仰角は30～45度の設置が望ましい。

また反対側に搭載したアンテナでも受信レベルは十分であり、道路からデータを受信することができた。

・通信異常など

新しいＬＣＸ区間に入ると道路側から区間進入通知後、正常なら登録ＡＣＫを送ってくるが登録ＮＡＫが送られることもあった（11区間中１区間くらい）。しばらくするとＡＣＫが送られる。道路から登録ＡＣＫを受けるには車から上り／下り情報をアップする必要があるが車側として上り／下りをどう知るか運用上の検討が必要である。また将来のパーシャル自動運転を考えると、道路から送信するデータのうち車両制御に使うデータ（今回はＲとカント情報）は車両制御側との仕様のすりあわせが必要である。

３．１．２　複合技術の実験

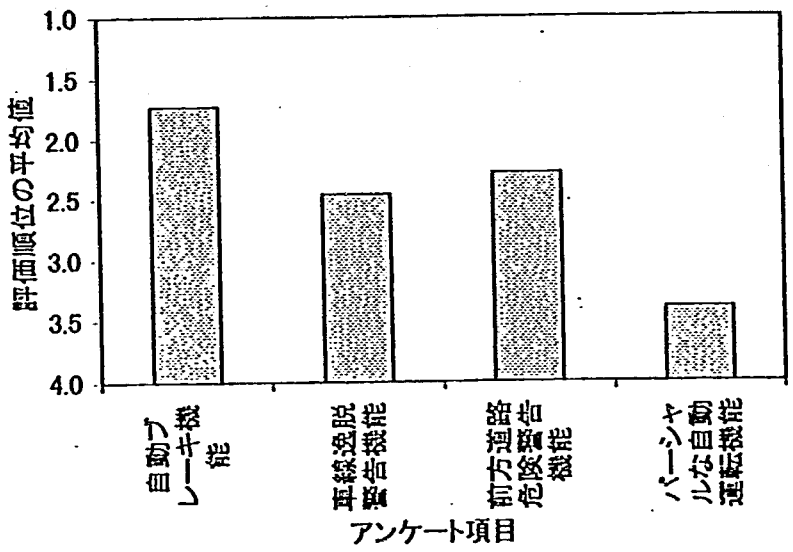
１）想定機能の有効性検証

安全走行システム（自動ブレーキ機能、隣接車線逸脱防止機能、前方道路危険警告機能、パーシャルな自動運転機能）について、約300人の見学者（ＪＨ職員等）を対象にアンケート調査を実施し機能の必要性を把握した。その結果、性別、年齢等の属性には関係なく自動ブレーキ機能についてのニーズが最も高くなっていた。

図表(3-1-2)1-1　安全走行システムの機能に関するアンケート調査結果

項　　目	全体	性　　別		運　転　頻　度				
		男性	女性	ほぼ毎日	週２～３日程度	週１日程度	月３回程度	月１回程度
自動ブレーキ機能	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.6	1.2	1.7
車線逸脱警告機能	2.5	2.4	2.8	2.4	2.5	2.3	3.4	2.8
前方道路危険警告機能	2.3	2.3	2.1	2.1	2.4	2.3	2.4	2.3
パーシャルな自動運転機能	3.4	3.4	3.3	3.5	3.2	3.7	3.0	3.3

図表(3-1-2)1-2 安全走行システムの機能に関するアンケート調査結果（全体）



2）車群制御に関する実験（自動運転機能）

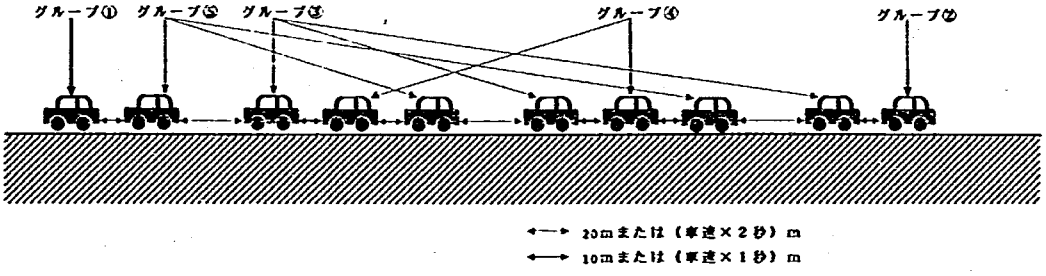
（1）車間距離の官能評価

一般的な車頭時間は道路の交通容量から約2.9秒と計算される（道路協会発行、道路の交通容量より）。このため自動運転実験では同一社内の車間距離を１秒×速度または10m、他社間の車間距離を２秒×速度または20mに設定した。この設定車間距離について各実験車に乗車した被験者に対してアンケートによる評価を行った。評価は、５段階評価の３段階を０とし、－２～＋２の値を割り付けていった。したがって、危険であれば負方向へ、無駄（余裕）があれば正方向へという集計結果になる。

これより、前方車間距離は短く、後方車間距離は長く感じていることが分かる。

図表(3-1-2)2-1　アンケート調査整理グループ

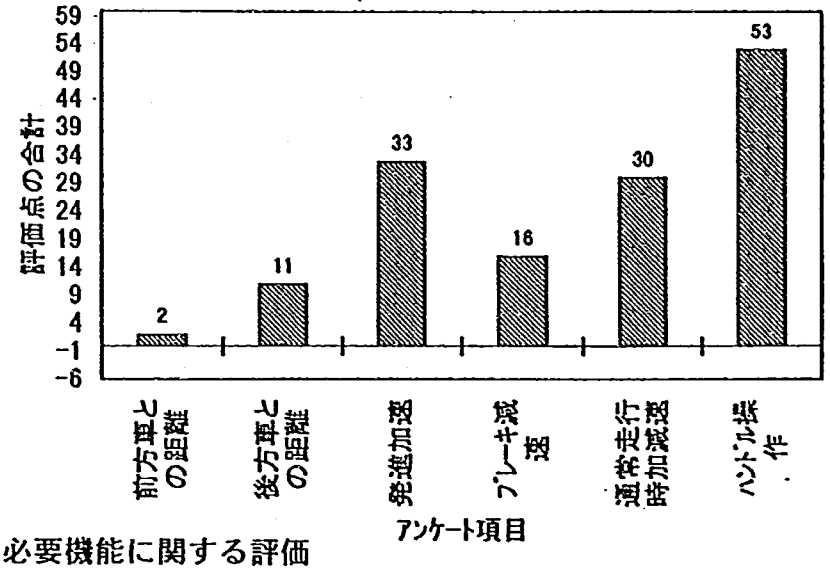
グループ①：前方車両：無し　後方車間距離：10m　または車頭時間１秒
グループ②：前方車間距離：10m　または車頭時間１秒　後方車両無し
グループ③：前方車間距離：20m　または車頭時間２秒　後方車間距離：10m　または車頭時間１秒
グループ④：前方車間距離：10m　または車頭時間１秒　後方車間距離：10m　または車頭時間１秒
グループ⑤：前方車間距離：10m　または車頭時間１秒　後方車間距離：20m　または車頭時間２秒



図表(3-1-2)2-2　自動運転の走行状態に関するアンケート調査結果

ｸﾞﾙｰﾌﾟ	乗車位置	アンケート項目					
		車間距離		加速感			ﾊﾝﾄﾞﾙ操作
		前方車との距離	後方車との距離	発信加速	ﾌﾞﾚｰｷ加速	通常走行時加速減	
①	助手席	－	0	3	3	4	-1
	後部座席	－	-4	5	4	3	-5
②	助手席	0	－	0	0	0	0
	後部座席	0	－	1	0	1	2
③	助手席	0	1	1	0	0	1
	後部座席	-1	0	3	1	4	20
④	助手席	-1	0	0	-1	1	4
	後部座席	-4	5	4	2	4	14
⑤	助手席	2	2	5	0	4	8
	後部座席	6	7	11	7	9	10
全　体		2	11	33	16	30	53

図表(3-1-2)2-3 自動運転に走行状態に関するアンケート調査結果（全体）



（２）必要機能に関する評価

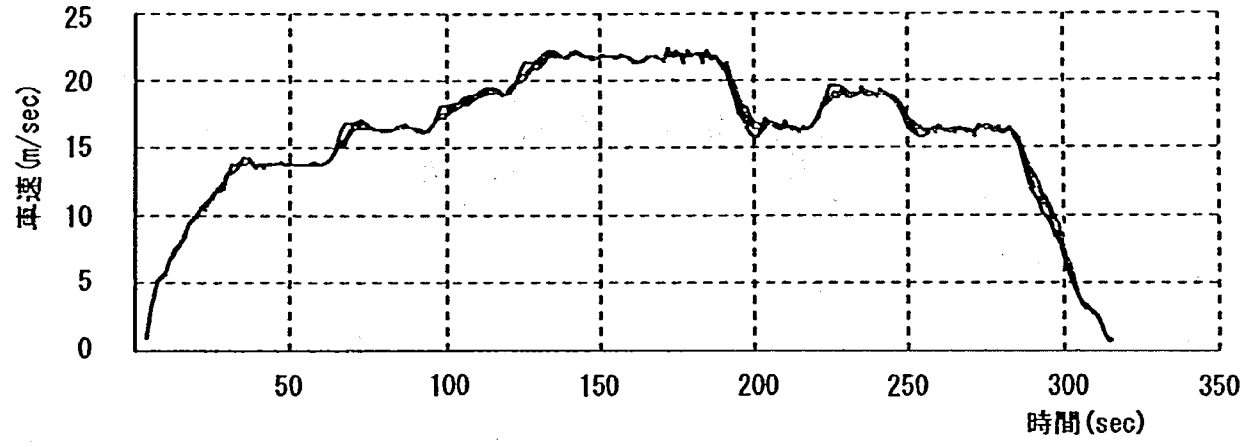
自動運転を実現する機能として路車間通信、車車間通信、車両に搭載されたレーダによる距離計測等の使用が想定される。実験においては車車間通信の有無ごとに加減速度の比較を行いその有効性について検討を行った。

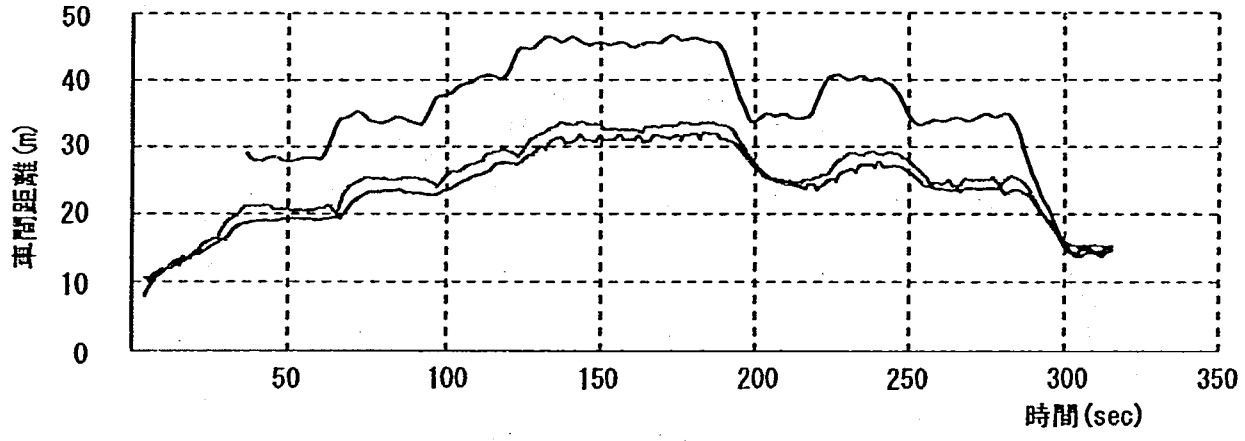
図表(3-1-2)2-4、図表(3-1-2)2-6は路車間通信、車車間通信、レーダによる距離計測を使用した場合の加減速度データである。図表(3-1-2)2-5、図表(3-1-2)2-7は車車間側方通信を遮断し、路車間通信とレーダのみによる加減速度データである。これによると、車車間通信を使用している場合は±1.0m/sec^{2}の範囲に収まっており、安定した加減速制御が行われているのに対して、車車間通信を遮断した場合は、±2.0m/sec^{2}まで加減速値の変動幅が大きくなっている。この点からＡＨＳの要素技術として車車間通信の必要性が高いことが確認された。

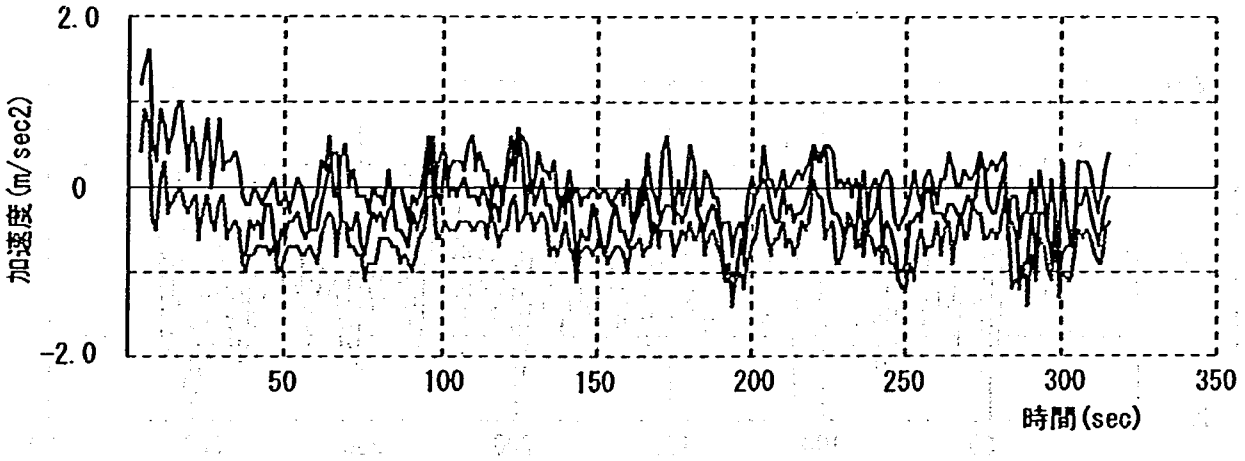
図表(3-1-2)2-4　車車間通信の有無と加速度（ホンダ車、通信有）

ケース１：トヨタ１台，日産３台，ホンダ３台，三菱２台
車車間通信有り

7号車（ホンダ１）
8号車（ホンダ２）
9号車（ホンダ３）



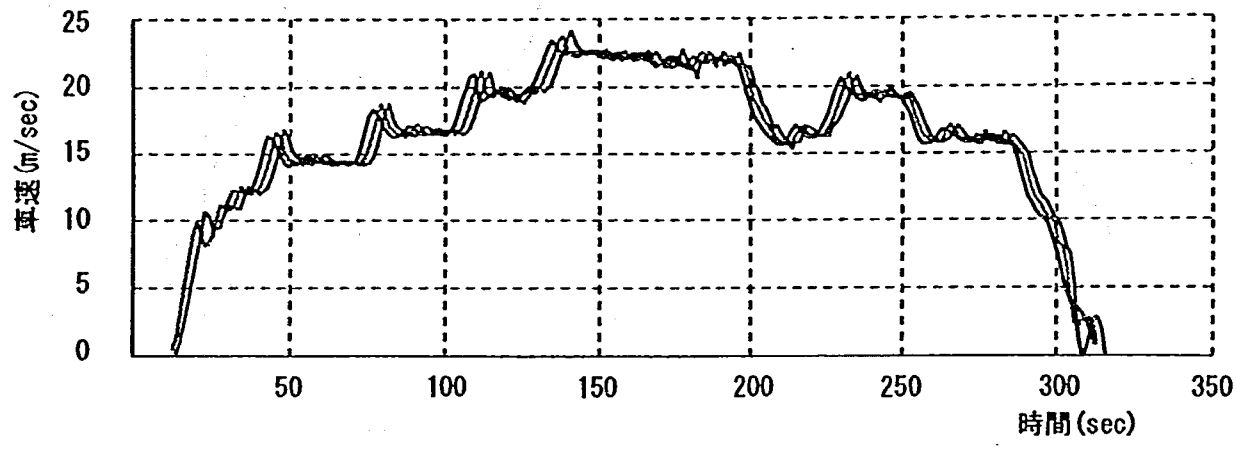


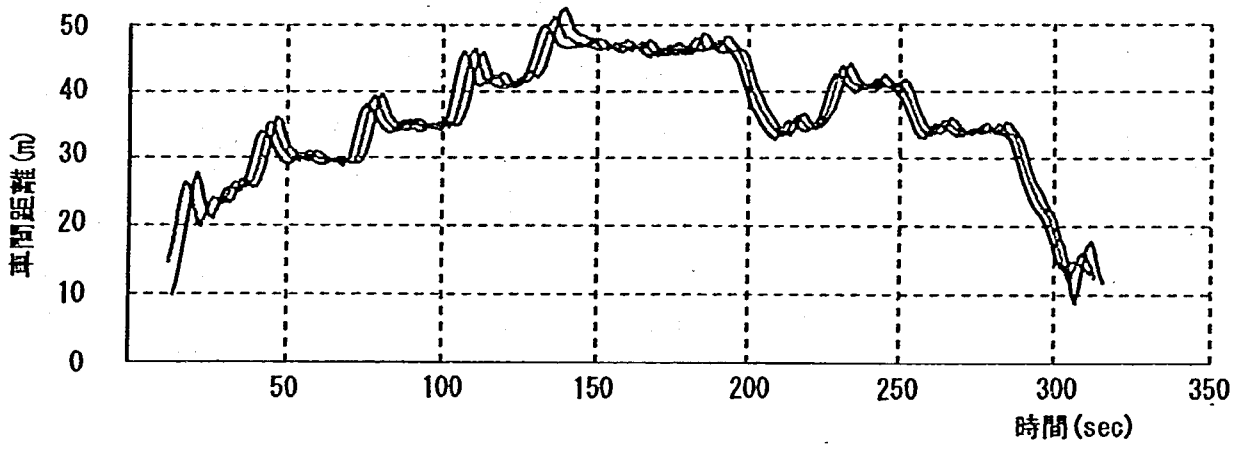


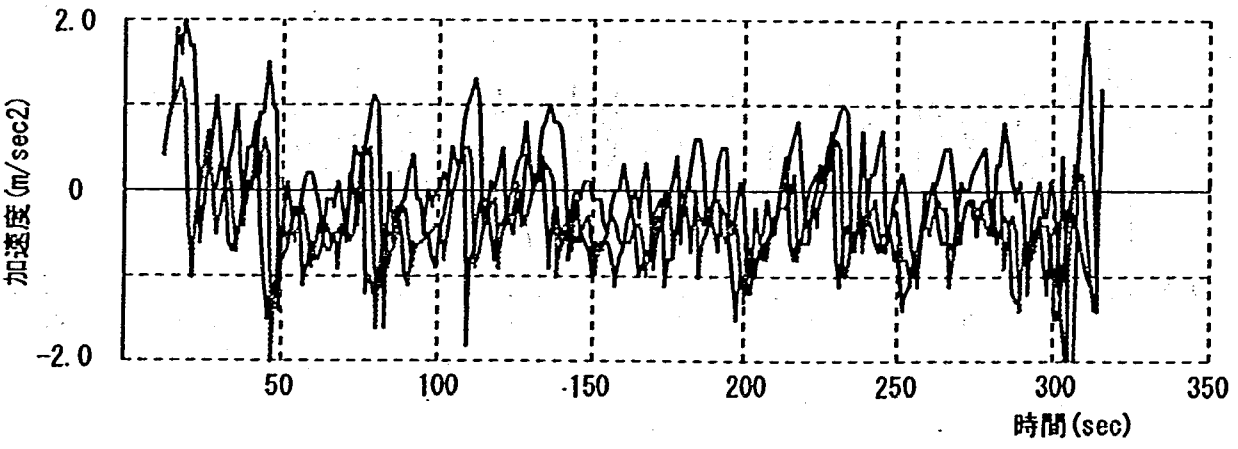
図表(3-1-2)2-5　車車間通信の有無と加速度（ホンダ車、通信無）

ケース２：日産３台，ホンダ３台，三菱２台
車車間通信無し

7号車（ホンダ１）
8号車（ホンダ２）
9号車（ホンダ３）



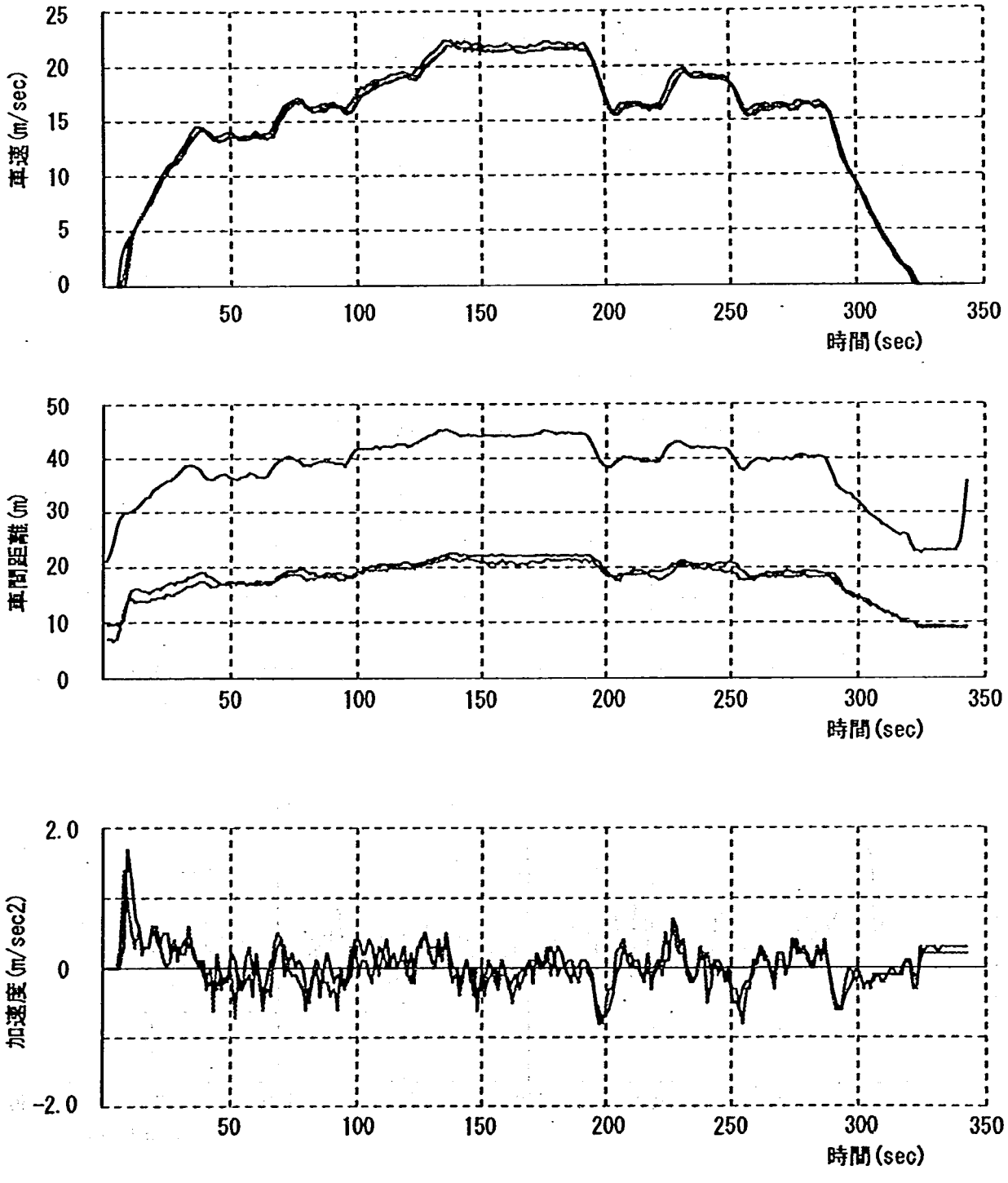




図表(3-1-2)2-6　車車間通信の有無と加速度（日産車、通信有）

ケース１：トヨタ１台，日産３台，ホンダ３台，三菱２台
車車間通信有り

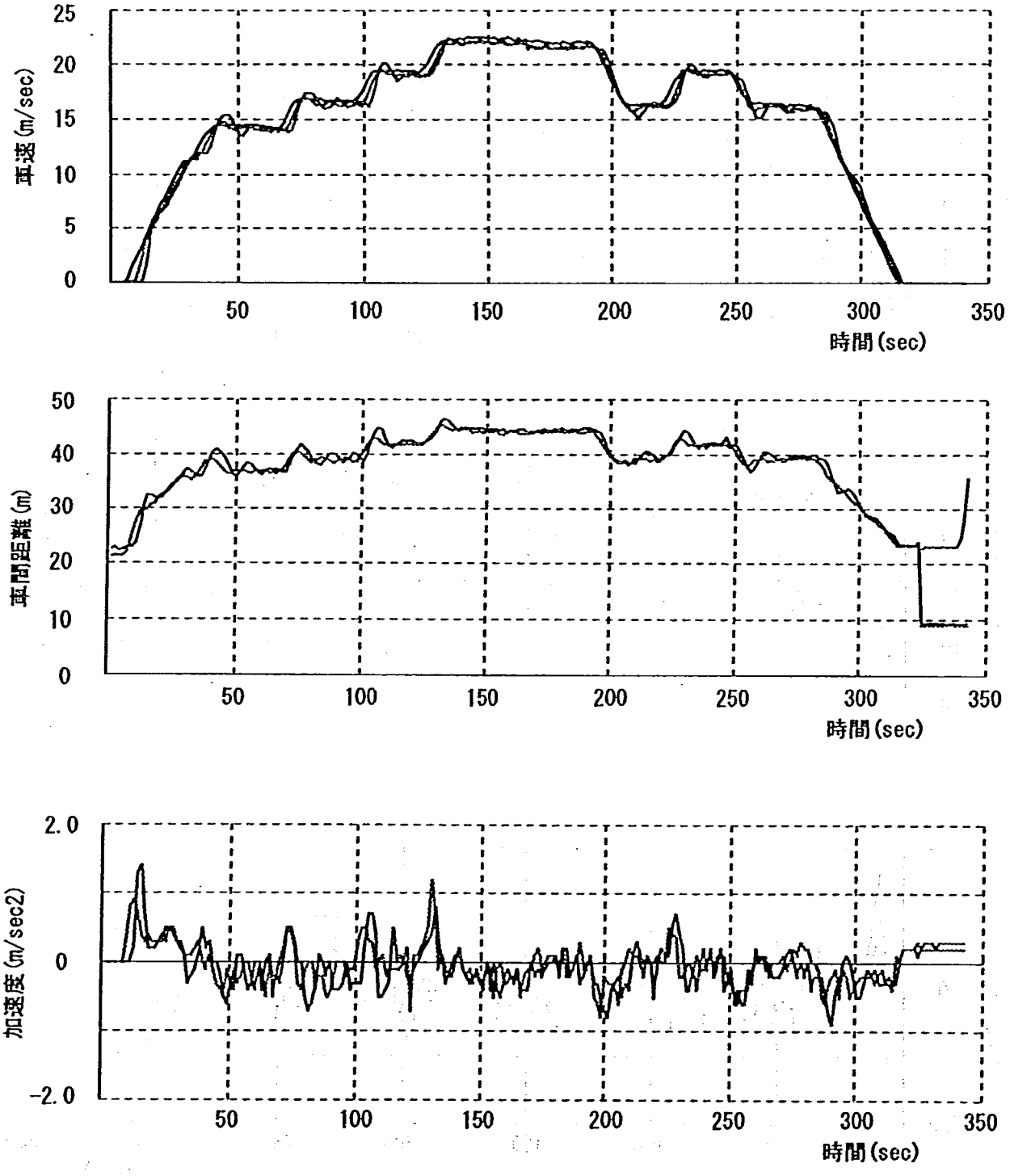
4号車（日産１）
5号車（日産２）
6号車（日産３）



図表(3-1-2)2-7　車車間通信の有無と加速度（日産車、通信無）

ケース２：日産３台，ホンダ３台，三菱２台
車車間通信無し

4号車（日産１）
5号車（日産２）
6号車（日産３）



3．1．3　HMIの最適組み合わせの比較

1）AHSにおけるHMI

1．4で述べたAHSの各機能を実現するには、機能ごとに最適なHMI機器の設計が必要となる。AHSにおけるHMIは大きく分けて2つの項目が考えられる。1つは安全走行システムなど人間が制御ループの一部として存在する場合であり、もう1つは自動運転など人間が制御系に存在しない場合である。以下、それぞれの項目について記述する。

（1）人間が制御ループの1部として存在する場合（AHSの情報提供レベル）

①ドライバの個人差を考慮した設計

航空機のパイロットや列車の運転手は一定の訓練を受けて同一の技術レベルにあるのに対して、自動車のドライバは性別、年齢差、運転経験などが大きく異なるため、同一の機器を使用しても反応時間や認知割合には大きな差が生じると考えられる。よってシステムの設計では、それらの個人差を考慮したHMI機器の設計を行う必要がある。

〈具体例〉

・音声、ヘッドアップディスプレイ（HUD）などの使用による認知の確実化

・記号、絵文字等の使用による認知の容易化

②運転操作中のドライバに負担がかからない設計

ドライバは運転操作を常時行っており、AHSではその状態で情報提供または制御を行う。そのため、運転操作に負担のかからない機器配置や機器種類の選定を行う必要がある。

〈具体例〉

・音声、HUDなどの使用による認知の確実化

・記号、絵文字等の使用による認知の容易化

・ドライバの中心視野（眼球を動かさない場合の鮮明に見える範囲（注視点を囲む約1度））において情報伝達が可能な機器の配置

③人間の行動様式に適合した設計

パターン認識、学習能力、情報の統合、適応性などの人間の生理的な行動パターンや特徴を考慮したHMI機器の設計を行う必要がある。

〈具体例〉

・表示色（赤系色は重要度・危険度が高いなど、日常の経験・認識を考慮した設計、など）

・記号、絵文字などの使用による認知の容易化

（2）人間が制御系に存在しない場合（ＡＨＳの運転制御レベル）

自動運転中におけるドライバは機器類を監視する、あるいは運転操作へは全く関与しない、などの状態が想定される。このような状況下で仮にドライバがハンドルなどの操作機器を誤操作した場合でも、適切な制御が可能な制御機器の設計を行う必要がある。また、運転操作に全く関与していない場合は、ドライバの覚醒度が低下していることも想定されるため、異常事態が発生した場合においては通常のドライバの対応能力は期待できないことを前提とした機器設計を行う必要がある。

このように、安全走行システムの各種機能における情報内容及び情報提供機器の種類・組合せ・サイズ・配置位置・提供タイミングなどは、受け手であるドライバを考慮した設計が必要である。また、自動運転機能におけるステアリング・ブレーキの制御程度、車間距離・加減速度の設定範囲など、ドライバを代行する場合のシステム制御のあり方、システム全体の運用形態においても、ＨＭＩは極めて重要な問題となる。

そこで、ＡＨＳ（情報提供レベル）におけるＨＭＩの形態に関する調査・検討として、以下の３点を実施したので報告する。

(1)ＡＨＳ（情報提供レベル）における事前情報提供の有効性の検討

(2)情報提供形態の優位性の比較

(3)ＡＨＳ（情報提供レベル、自動運転レベル）の機能、ＨＭＩ機器の組合せなどに関するアンケート調査

2）ドライビングシミュレータを使用した情報提供実験

（1）事前情報提供の有効性検証実験

事前の情報提供の必要性・有効性を検証するために、土木研究所の道路走行シミュレータ（以降、ＤＳ:Driving Simulator とする）を用いた実験を行った。

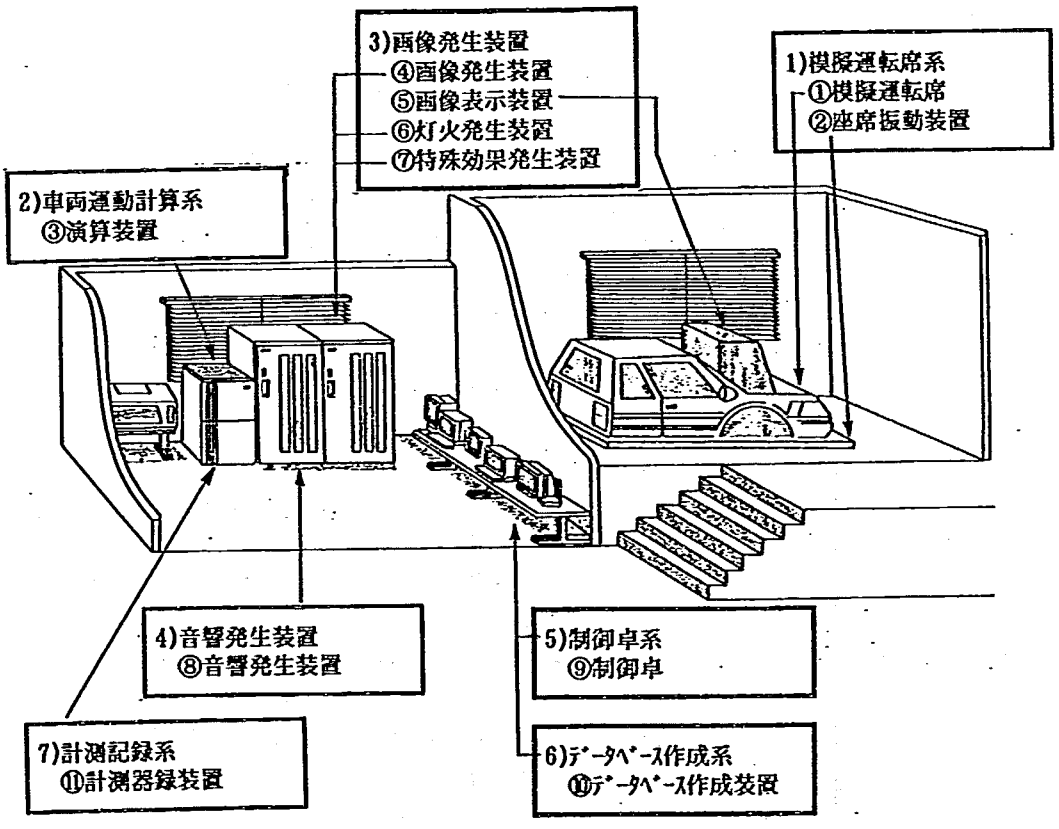
①道路走行シミュレータの概要

ＤＳは、模擬運転席系、車両運動計算系、画像発生表示系、音響発生系、制御卓系、データベース作成系、計測記録系の７つの機能部からなる。

これらは被験者の運転操作（ハンドル、アクセル等）に反応して、画像化された道路環境を微少計算周期によって更新する運転操作型シミュレータの基本部である。

ＤＳの全体構成を図表(3-1-3)2-1に、各機器の概略機能を図表(3-1-3)2-2に示す。

図表(3-1-3)2-1　ＤＳの全体構成



図表(3-1-3)2-2　各機器の概略機能

構　成	機　器	概　略　機　能
1）模擬運転席系	①模擬運転席 (実車両を改造)	・作動模擬（ハンドル、ブレーキ、アクセル、方向指示器等） ・計器表示（速度計、回転数計等）
	②座席振動装置	・10～30Hz程度の振動模擬
2）車両運動計算系	③演算装置	・道路状況、運転操作に応じた車両運転模擬 ・車両運動計算周期1/30秒、遅延時間150ms ・データベース容量5,000平面
3）画像発生表示系	④画像発生装置	・画像更新1/30秒 ・画面表示能力500平面 ・他車４台程度発生可能
	⑤画像表示装置 (無限遠結像ＣＲＴ方式)	・視野角　H40°×V30° ・輝度　4ft・L(=13.7cd/m²) ・走査線　1,000×1,280画素/画面 (解像度約３分程度)
	⑥灯火発生装置	・昼間、薄暮、夜間を再現可能
	⑦特殊効果発生装置	・テクスチャー模様付加
4）音響発生系	⑧音響発生装置	・エンジン音、ブレーキ音 ・50Hz～３kHz、100dB程度
5）制御卓系	⑨制御卓	・システム全体の制御機能、監視機能、緊急停止機能 ・任意時刻の画像再生およびプレイバック機能
6）データベース作成系	⑩データベース作成装置	・データベースの作成および変更を行う装置
7）計測記録系	⑪計測記録装置	・運転操作データ、車両運動データ、運転者の生理データを記録。

ＤＳの機能系別の基本性能を以下に示す。

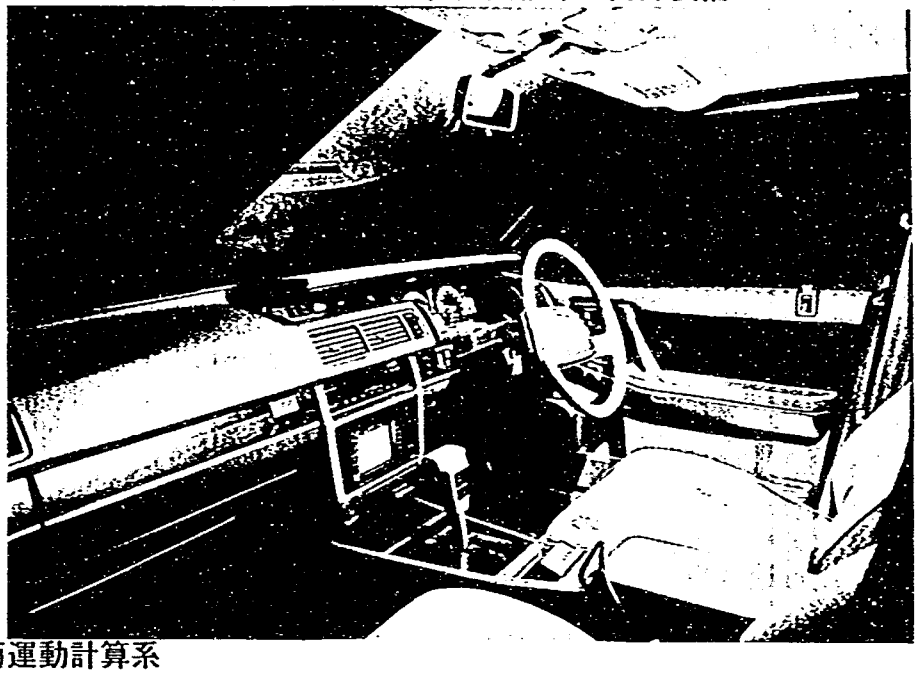
a)模擬運転席系

以下に示すように運転席は実車を改造したもので、内部構造は実車と同じ仕様である。また、車内の各機器（速度計、エンジン回転数計、方向指示器等）は実車と同じ働きをする。

ステアリングシステムには、走行速度とハンドル角速度から操舵反力を計算し、ドライバにハンドルの重さを体感させる車速感応式操舵反力発生装置を装備している。なお、ハンドルの重さは４段階の切り換えが可能である。

また、ドライバに対して走行中の加減速度の再現を行う動揺装置は存在しないが、模擬運転席下部には座席振動装置が設置されており、10～30Hz程度で振動を再現できる。

図表(3-1-3)2-3　模擬運転席の内部装備



b)車両運動計算系

ＤＳでは、車両の運動計算をリアルタイムで行う必要がある。このため車両の運動をモデル化し、演算装置で線形方程式を演算処理している。車両の運動モデルは標準的な６自由度モデル（Ｘ、Ｙ、Ｚ、ロール、ピッチ、ヨー）であり、計算サイクルは約33msである。したがって運動モデルの精密さと処理速度が、コンピュータグラフィック上の車両の動きに大きな影響を与えることになる。

既設の演算装置には、以前フライトシミュレータに利用されていたスーパーミニコンピュータを使っており、ドライバの運転操作が前方画面上で再現されるまでの遅れ時間は約150ms以内である。

c)画像発生表示系

視覚情報は自動車の運転操作において最も依存度の高い外部情報であるため、画像発生装置はＤＳの現実性を高める上で重要である。画像発生システムは、道路環境変更の融通性や再現性に優れているＣＧＩ（Computer Graphics Image）方式がとられている。

画像発生は、演算装置からの制御信号およびデータベース情報をもとに、画像表示を行うための種々の処理を行う。さらに速度感、画像のリアリティーを高めるためのテクスチャー、灯火などの処理を同時に行っている。なお、テクスチャーは舗装、空、背景、野原などに付加できる。

画像更新周期は30Hz（表示画像１フレームが1/30秒で変化）で、定常的な動画として知覚される。画像では、天候（晴れ、雨、曇り、霧、雪）、時間帯（昼間、薄暮、夜間）を変化させることができ、霧の視程距離を任意に変更できる。また、他車両を４台まで発生させることができる。

画面の位置および大きさは、高速走行時のドライバの中心視野角（H-40度×V-30度）をカバーできるように設置されている。モニタは、解像度が1,000×1,280画素／画面の高解像度のモニタを使用し、無限遠結像方式により遠近感のある画像を提供する。

d)音響発生系

走行速度とエンジン回転数からエンジン音風切り音が再現できる。これらは、実車両から測定した音を補間処理して再生している。

e)制御卓系

自動車の走行速度やエンジン回転数等の走行状態を表示し、走行条件の設定・変更やデータの記録・再生を行うシステムである。

f)データベース作成系

データベース作成装置は、走行コースを作成・編集するためのＣＡＤシステムである。

コースは主に、高速道路の単路部が対象であり、次のような施設構成からなる。

・車道（片側３車線まで作成可能）
・中央帯
・路肩（保護路肩も含む）
・ガードレール（高さ、大きさ、支柱間隔は自由に設定可能）
・立木（植樹の位置、高さを任意に設定可能）

・側壁（擁壁・遮音壁として、位置、高さなどを任意に設定可能）

具体的には、道路構造令に準拠したイメージの道路を作成できる。各道路施設は、自由にその形状（幅、位置、高さ等）を設定でき、幅員や道路施設に関する様々な実験に対応できる。蓄積された各データベースは、制御卓からの操作に応じて選択できる。

また、データベース作成プログラムは、図表(3-1-3)2-4のように13の基本ソフトウェアから構成されている。

図表(3-1-3)2-4　基本ソフトウェア一覧表

項番	プログラム名	コマンド名	機能
1	ポイントデータ 入力プログラム	ＳＴＵＰ （ＵＰ）	平面及びライトを構成するポイントの座標値の入力、修正
2	平面データ 入力プログラム	ＳＴＵＳ （ＵＳ）	平面を構成するポイント、色、プライオリティ等のデータの入力、修正
3	ライトデータ 入力プログラム	ＳＴＵＬ （ＵＬ）	ライトを構成するポイント、色、プライオリティ等のデータの入力、修正
4	ライブラリデータ プリントアウトプログラム	ＳＴＰＲ （ＰＲ）	ポイント、平面、ライトの各データにおける、座標、カラー、プライオリティをプリンターに出力
5	マージプログラム	ＳＴＭＧ （ＭＧ）	標識データ等の基本ライブラリを結合して、新規の結合ライブラリデータを作成
6	カラーデータ 入力プログラム	ＳＴＣＯ （ＣＯ）	各平面のカラーデータを入力
7	テクスチャーデータ 入力プログラム	ＳＴＴＸ （ＴＸ）	平面のテクスチャーデータ等の入力
8	リンクプログラム	ＳＴＬＮ３ （ＬＮ３）	データベースを構成するライブラリを結合して１つのデータベースを作成
9	道路情報データ 入力プログラム	ＳＴＲＤ２ （ＲＤ２）	道路走行及び実験時の計測等に必要なデータの入力
10	デジタイザー 入力プログラム	ＳＴＤＩ （ＤＩ）	デジタイザーよりライブラリのポイントおよび平面の入力、修正
11	グラフィックディスプレイ プログラム	ＳＴＣＡ４ （ＣＡ４）	平面及びライトデータについて、拡大・縮小表示、追加、変更、削除などの処理を行う
12	高度計算プログラム	ＳＴＳＬ （ＳＬ）	平面、ライトデータに地形データに合った高さを計算する
13	ライブラリ属性ファイル変更プログラム	ＳＴＬＭ （ＬＭ）	平面データに登録してある属性ファイル（テクスチャー平面、道路距離選択情報）の変更

注：（ ）内は、コマンド名の略語

g)計測記録系

道路構造や景観あるいは新技術に対するヒューマンマシン評価などを行うために必要なデータの計測が可能である。計測データ項目は車両運動データ、運転操作データのほか、外部からの信号を入力するための計測記録用のインターフェイスが用意されており、生理学的データの記録も可能である。これらは従来までの実車走行実験や自動車性能試験から、あらゆる走行に対応できるように多数の計測データが用意されている。

図表(3-1-3)2-5　計測データー覧

走行状況データ	走行速度、加減速度、ロール角、ピッチ角、ヨー角
走行位置データ	走行距離、走行位置、走行位置座標（X、Y、Z）、方位角
車両操作データ	アクセル踏量、ブレーキ踏量、ステアリング角、ステアリング角速度
人間生理データ	心拍数、皮膚電位反応、その他３種類のデータを計測可能
サブモードデータ	サブモード（他車走行データ、車両運動データ等）の70項目より15項目選択可能

②実験内容

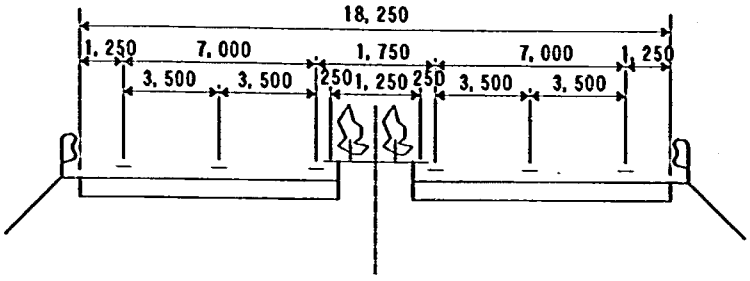
a)実験方法

被験者がＤＳの模擬コースを目標時速80kmで走行した時に、情報提供用モニタから事前に前方の道路情報を提供した場合としない場合で、走行位置及び走行速度を計測し、走行挙動の変化を比較した。

ＤＳの模擬コースは、片側２車線、延長5.2kmの高速道路を想定しており、図表(3-1-3)2-6にその概要を示す。

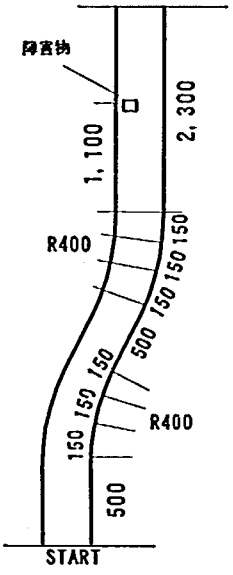
障害物（落下物）の発生位置はスタートから４km地点で、そこから110m手前に進入した時点で落下物が出現する。落下物の大きさは道路構造令に定められた設計車両の約1/2(0.7×0.85m)とし、他の走行車両はないものとした。また計測間は0.1秒間隔とした。

図表(3-1-3)2-6　模擬コースの概要



横断図

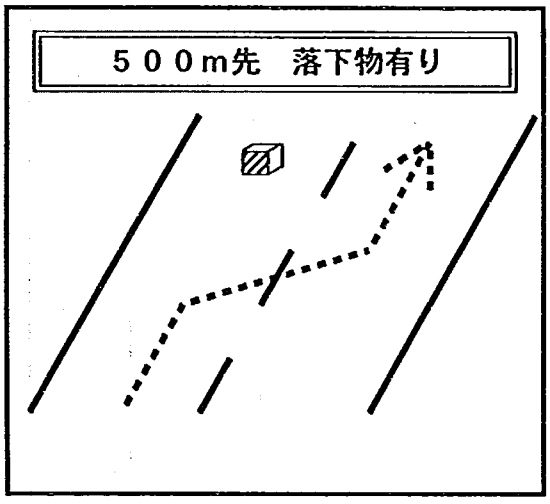
図表(3-1-3)2-7　提供情報イメージ



b)提供情報

提供する前方の道路情報は、ＤＳダッシュボード上に設置した情報提供モニタ(４インチ)に表示される。

表示内容は、文字表示「○○m先、落下物あり」と矢印表示で車線変更を促すものである。また、距離表示は落下物に近づくに連れて、500mより100mづつ減算表示される。なお、情報提供モニタは、ＤＳの制御系統から独立している。



c)走行回数

走行回数は４回/人とし、１回目の走行はＤＳに慣れるために落下物のないコースで慣熟走行を行い、残り３回は順序効果を無くすため、以下に示すパターンを組み合わせた。

①落下物情報の提供がなく、障害物も無い

②落下物情報の提供がなく、障害物は有る

③落下物情報の提供があり、障害物も有る

また、各被験者の走行パターンを図表(3-1-3)2-8に示す。

d)被験者

この実験の被験者数は18名で、その属性を図表(3-1-3)2-8に示す。年齢分布は非高齢者層であり、男女比率はほぼ同数であった。

図表(3-1-3)2-8　被験者属性一覧

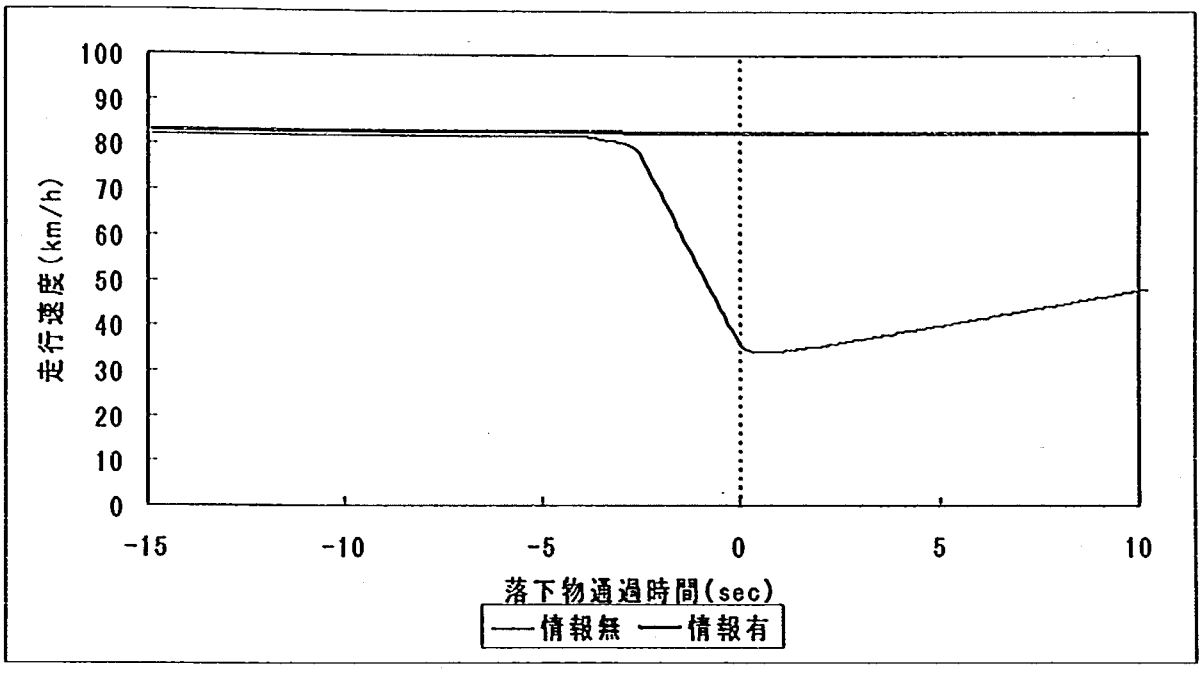
被験者番号	年齢	性別	運転歴(年)	運転頻度(回／週)	走行回数（1回目は慣熟走行）		
					2回目	3回目	4回目
1	44	男	25	2	②	③	①
2	35	男	16	7	②	①	③
3	33	男	15	7	①	②	③
4	33	男	14	7	①	③	②
5	32	男	14	7	③	②	①
6	32	男	8	7	③	①	②
7	30	男	12	7	③	①	②
8	28	男	8	7	①	②	③
9	27	男	6	7	②	③	①
10	37	男	17	7	①	③	②
11	28	女	8	7	②	①	③
12	26	女	8	7	①	②	③
13	22	女	4	7	①	③	②
14	23	女	5	7	②	③	①
15	22	女	4	7	②	①	③
16	25	女	7	7	③	②	①
17	27	女	1	7	③	②	①
18	21	女	3	5	③	①	②

③実験結果

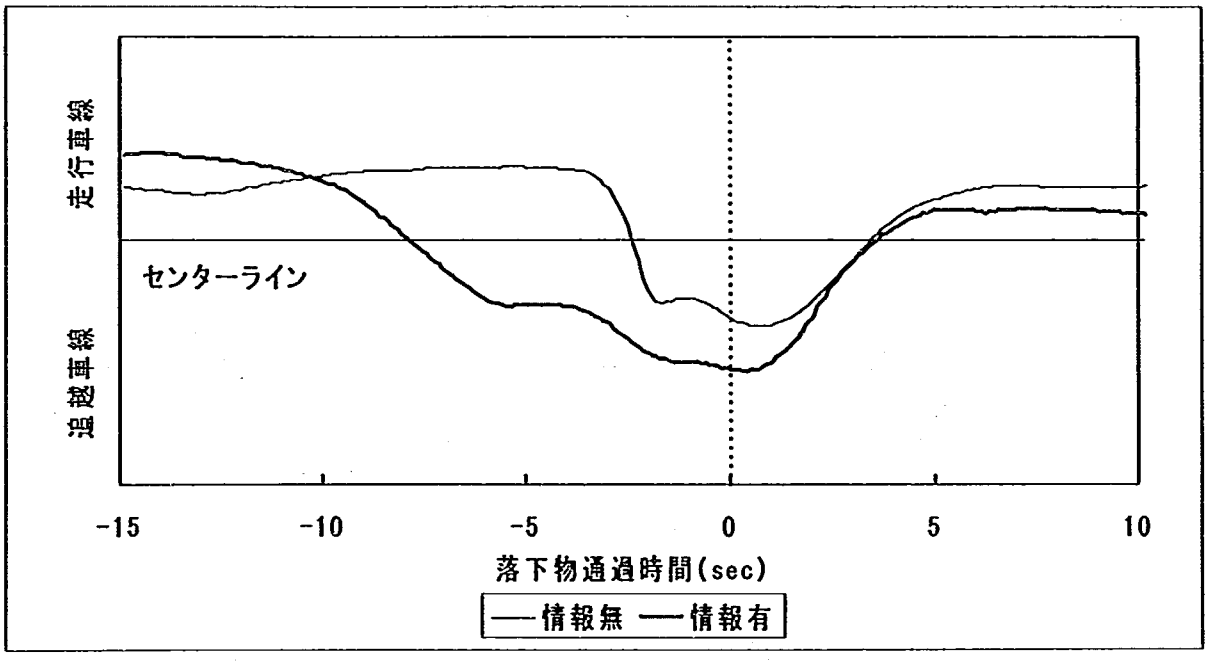
所定の条件で行った実験結果のうち、代表的な3例を図表(3-1-3)2-9～図表(3-1-3)2-14に示した。

機器の制約上、情報提供モニタはDS制御系から独立しており、オフラインで情報提供したので、情報提供位置が被験者ごとに若干ばらついた。よって、グラフ横軸は、情報提供した場合としない場合での走行位置が一致する落下物通過時点の時間を基準とした。

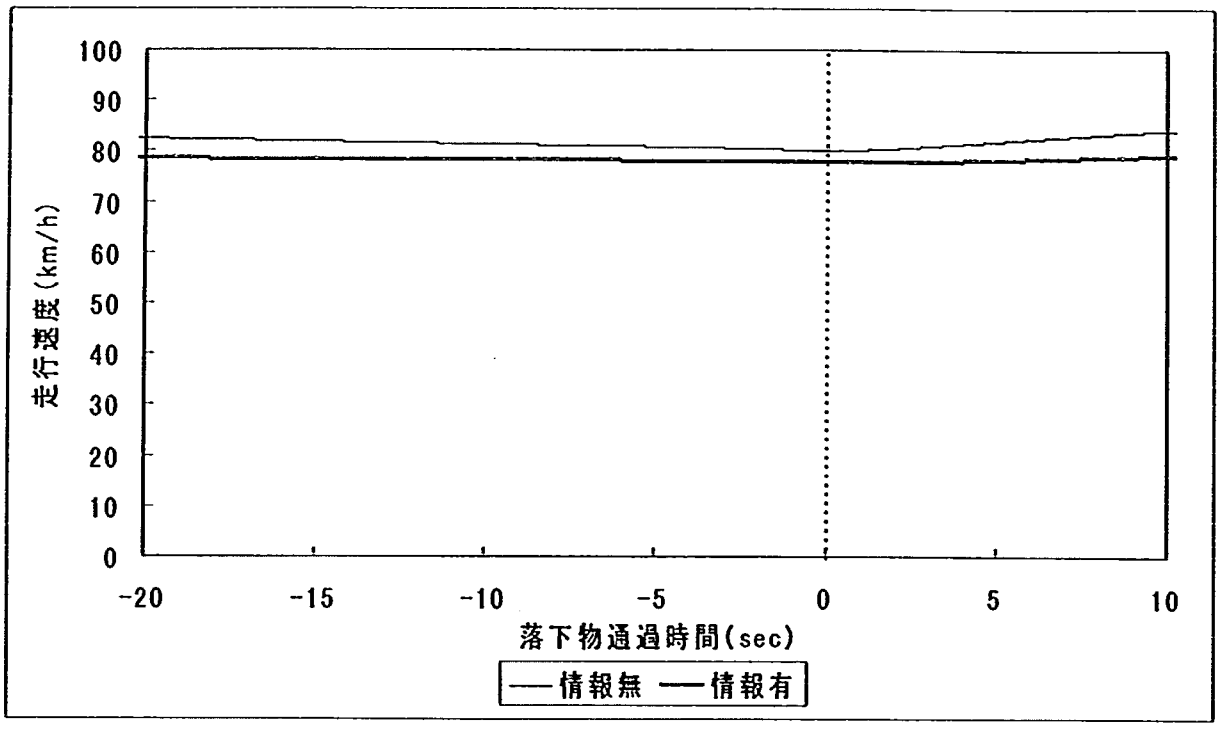
図表(3-1-3)2-9　事前情報提供の有効性把握実験結果 例①（走行速度）



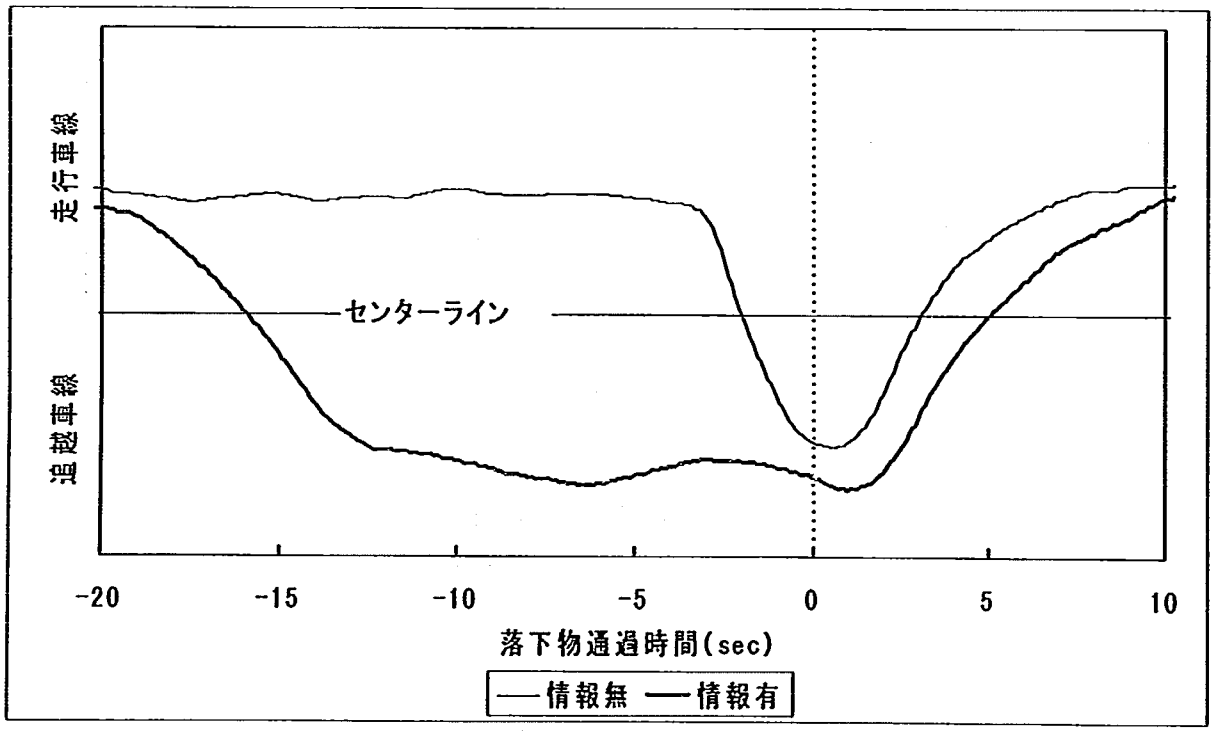
図表(3-1-3)2-10　事前情報提供の有効性把握実験結果 例①（走行位置）



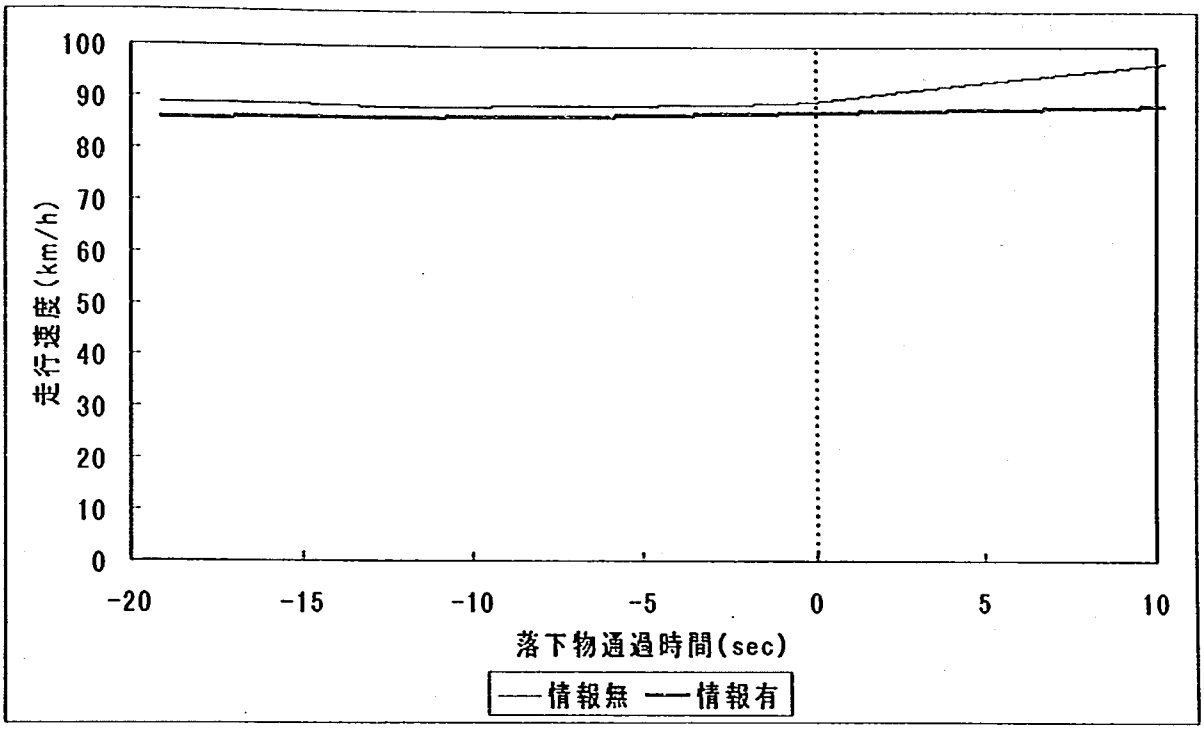
図表(3-1-3)2-11　事前情報提供の有効性把握実験結果 例②（走行速度）



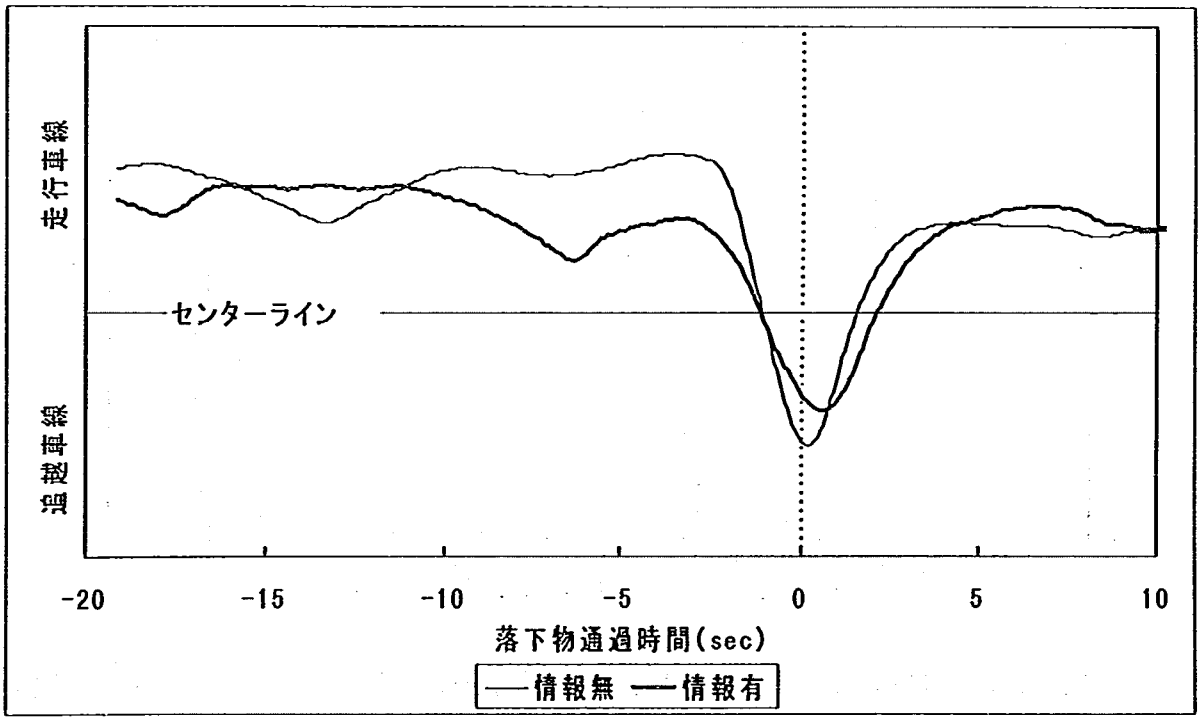
図表(3-1-3)2-12 事前情報提供の有効性把握実験結果 例②（走行位置）



図表(3-1-3)2-13　事前情報提供の有効性把握実験結果 例③（走行速度）



図表(3-1-3)2-14　事前情報提供の有効性把握実験結果 例③（走行位置）



④結果の検討

a)走行速度の変化による運転挙動の検討

前方の落下物情報を提供しない場合には、情報提供した場合に比べ極端な速度低下が見られる被験者（図表(3-1-3)2-9参照）がいた。しかし、図表(3-1-3)2-11及び図表(3-1-3)2-13に見られるように、多くの被験者（16名/18名中）は情報提供の有無に関わらず、走行速度の変化はあまり見られなかった。

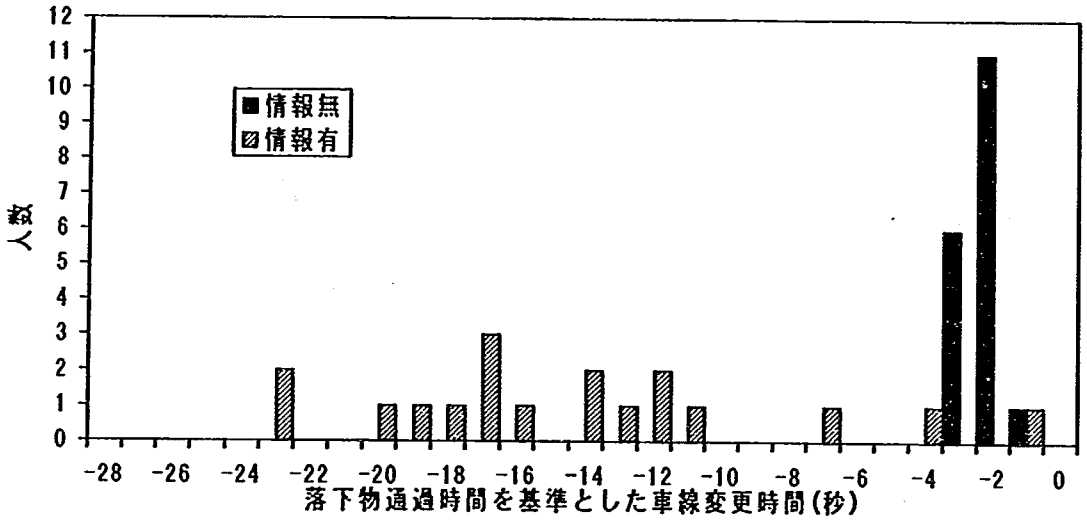
これより今回のＤＳ実験では、被験者の多くが減速によってではなく、ハンドル操作によって障害物回避を行ったと思われる。

b)走行位置の変化による運転挙動の検討

図表(3-1-3)2-14のように、事前情報の提供の有無に関わらず、落下物の直前で車線変更をしている被験者もいたが、多くの場合は図表(3-1-3)2-10及び図表(3-1-3)2-12に見られるように、事前に提供された情報を認識して車線変更を行っている。

また落下物横を通過した時間を基準に、障害物回避のためあるいは提供された情報に従い、被験者が車線変更を行った時間（センターラインを横切った時間とした）の分布を図表(3-1-3)2-15に示した。

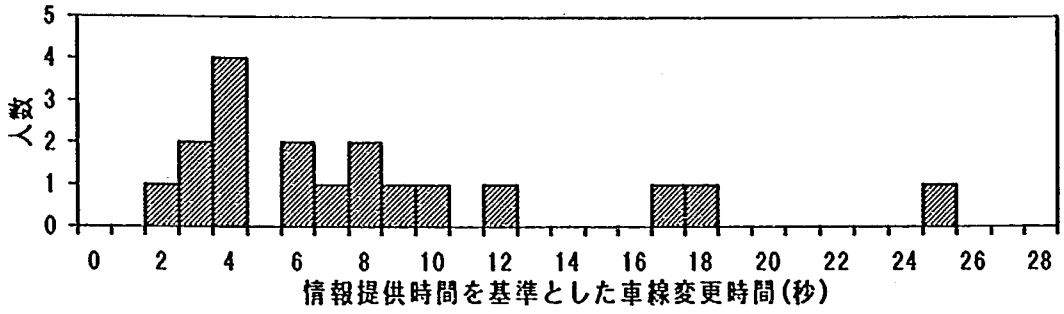
図表(3-1-3)2-15　落下物通過時間を基準とした車線変更時間の分布



これより事前の情報提供がある場合、落下物を通過する11～23秒前に車線変更を行う被験者が多く、情報提供がない場合には落下物の直前（１～３秒前）ですべての被験者が車線変更している。つまり、情報提供がある方が落下物のかなり手前で車線変更しているということである。

次に、前方の道路情報が提供された時間を基準にした同様のグラフを図表(3-1-3)2-16に示す。

図表(3-1-3)2-16　情報提供時間を基準とした車線変更時間の分布



多くの被験者は、情報が提供されてから２～12秒で車線変更を行っており、これは被験者が提供された情報に反応して車線変更していることを表している。

以上図表(3-1-3)2-15、図表(3-1-3)2-16の結果・検討から、高速道路において他の車両がない状況では、障害物の回避はハンドル操作によって行われることが多いこと、また情報提供によって回避行動が早まり、事前に前方道路の情報を提供することは有効であることが検証された。

（２）情報提供形態の比較検討実験

前項で連続情報提供の有効性が確かめられたことを受け、情報提供形態を検討するために、実道での実車を用いた実験を行った。

①実験内容

a)実験フィールド

この実験では、平成８年７月～10月に行われたＡＨＳ実道実験と同じ供用前の高速道路（上信越自動車道：暫定２車線、１種３級）を用いた。実験コースは、Ｒ5000～8000程度の緩やかな曲線と直線から成り、勾配は0.75～３％、コース延長は5.4kmである。

b)実験車及び提供情報内容、情報提供形態

ＡＨＳ実道実験に参加したメーカー中の３社に協力を得て、ＡＨＳ実験車３台を使用して行った。

今回の実験で検討する情報提供形態は、

ｱ)視覚情報を提供する形態：ＣＲＴまたはＨＵＤ

ｲ)聴覚情報を提供する形態：音声または警告音

ｳ)視覚情報・聴覚情報を併用する形態：①と②の併用

の３種類である。

提供する情報内容は、

ｱ)前方道路危険警告情報（前方の道路上の落下物情報、あるいは事故情報）

ｲ)車線逸脱警告情報（走行車線からの逸脱情報）

の２種類である。

また、１回の走行で、前方道路危険警告情報が１～３回、車線逸脱情報が10～20回提供される。

各々の実験車が持つ情報提供形態を図表(3-1-3)3-1に示す。

図表(3-1-3)3-1　実験車の情報提供形態

情報内容	提供形態	実験車 A	実験車 B	実験車 C
前方道路情報	聴覚	音声	警告音＋音声	警告音＋音声
	視覚	文字表示(HUD)	文字表示(CRT)	文字表示＋図表示(CRT)
	併用	音声＋文字表示	警告音、音声＋文字表示	警告音,音声＋文字・図表示
車線逸脱情報	聴覚	音声	警告音	警告音
	視覚	文字表示＋図表示(HUD)	文字表示＋図表示(CRT)	文字表示(CRT)
	併用	音声＋文字・図表示	音声＋文字・図表示	文字表示＋警告音

c)実験方法

開発段階の実験車を使用するため、被験者が直接運転することを避け、被験者を助手席に座らせ実験コースを目標時速70kmで走行する。その時、被験者自身が車を運転している状態に少しでも近づけるため、コースの路側100mごとに設置されているキロポストの数字を読み上げるというタスクを課した。

被験者は走行中に提供される情報の内容を判断し、手元に設置しているジョイスティックを操作（提供情報が車線逸脱警告情報の時は、ジョイスティックを左右方向に倒し前方道路危険警告情報の時は手前に倒す）して反応するものとした。そして、その提供情報に対する反応率及び情報が提供されてから被験者が反応するまでの時間（反応時間）を求め、情報提供形態の比較を行った。

d)走行回数

３台の実験車を使用し３つの情報提供形態を比較するため、９回/人の走行回数となる。また、情報提供形態の実験順序については、ＤＳ実験と同様、順序効果を無くすように実験計画を作成した。

e)被験者

この実験の被験者数は９名で年齢層は非高齢者ばかり、女性は１名のみであった。

図表(3-1-3)3-2　被験者属性一覧

被験者番号	年齢	性別	運転歴年	運転頻度
1	21～25	男	8	ほぼ毎日
2	31～35	女	9	ほぼ毎日
3	26～30	男	7	ほぼ毎日
4	41～45	男	２３	ほぼ毎日
5	35～40	男	２２	ほぼ毎日
6	35～40	男	１６	1回/週程度
7	31～35	男	１１	1回/週程度
8	26～30	男	１０	1回/週程度
9	21～25	男	7	1回/週程度

②実験結果及び検討

得られたデータ（反応率、反応時間）を平均し、情報内容別に整理した結果を図表(3-1-3)3-3～図表(3-1-3)3-10に示す。

図表(3-1-3)3-3　前方道路危険警告情報に対する反応率

被験者No.	反応率(%)		
	音	画像	音+画像
1	100.0	100.0	100.0
2	85.7	100.0	100.0
3	100.0	100.0	100.0
4	100.0	100.0	100.0
5	88.9	100.0	100.0
6	100.0	100.0	100.0
7	100.0	66.7	100.0
8	100.0	88.9	100.0
9	100.0	62.5	100.0
平均	97.2	92.2	100.0

図表(3-1-3)3-4　車線逸脱警告情報に対する反応率

被験者No.	反応率(%)		
	音	画像	音+画像
1	97.2	85.0	100.0
2	96.3	91.7	96.7
3	100.0	87.5	96.7
4	100.0	96.8	97.1
5	90.6	94.4	100.0
6	100.0	89.7	100.0
7	95.7	75.9	100.0
8	100.0	77.8	100.0
9	90.6	88.9	100.0
平均	96.6	88.4	98.9

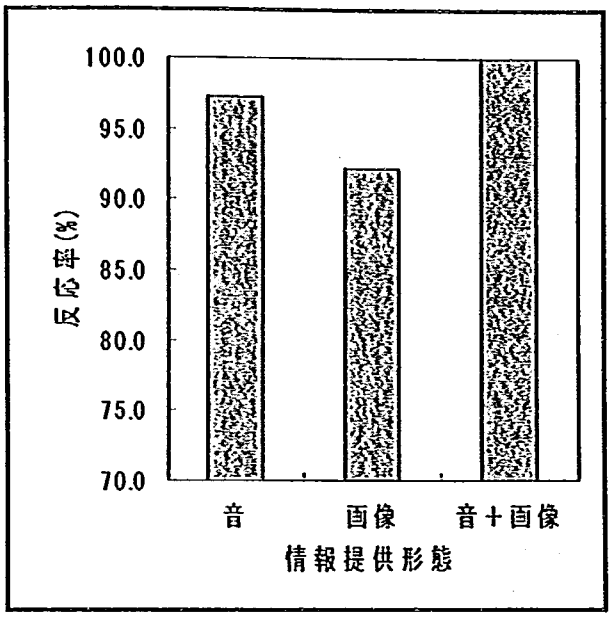
図表(3-1-3)3-5　前方道路危険警告情報に対する反応時間

被験者No.	反応時間(秒.ff)		
	音	画像	音+画像
1	1.82	2.03	1.86
2	1.35	2.24	1.79
3	1.17	2.03	1.38
4	1.39	1.10	1.08
5	1.69	3.73	2.39
6	1.57	1.48	0.97
7	2.50	4.86	1.78
8	2.89	4.15	2.60
9	1.05	6.50	1.15
平均	1.70	2.77	1.67

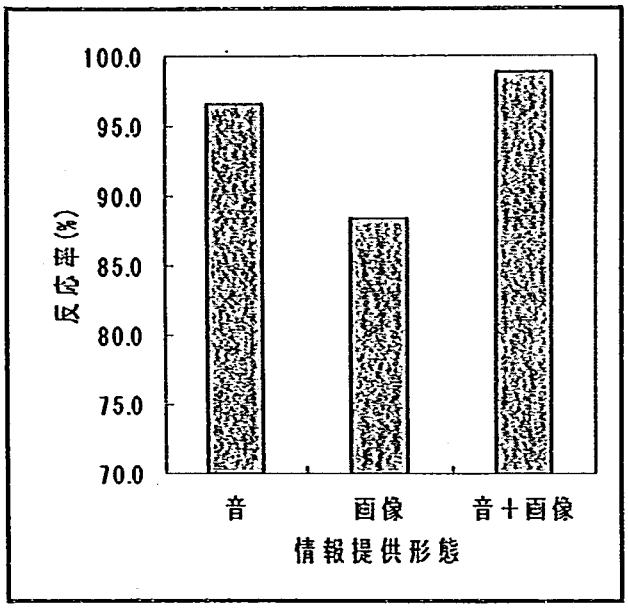
図表(3-1-3)3-6　車線逸脱警告情報に対する反応時間

被験者No.	反応時間(秒.ff)		
	音	画像	音+画像
1	1.00	1.59	1.34
2	0.88	1.19	1.14
3	0.65	0.83	0.76
4	0.60	0.90	0.89
5	1.27	1.74	1.18
6	0.76	1.07	0.79
7	0.66	0.88	0.86
8	0.77	1.43	1.01
9	0.61	1.07	0.75
平均	0.80	1.16	0.98

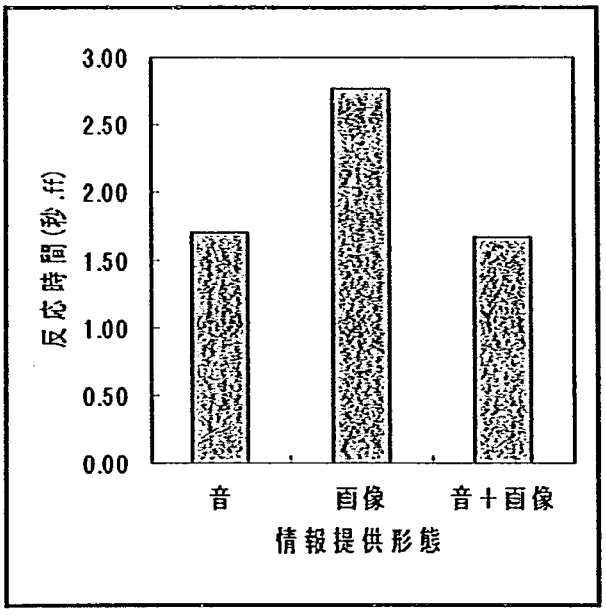
図表(3-1-3)3-7　前方道路危険警告情報に対する反応率



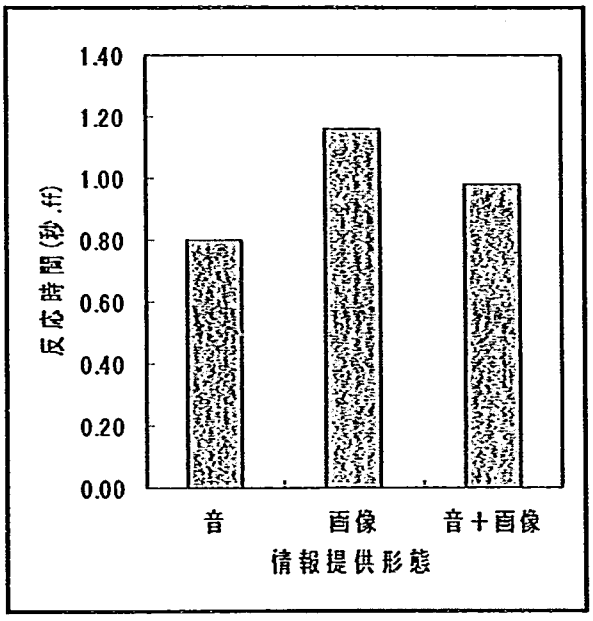
図表(3-1-3)3-8　車線逸脱警告情報に対する反応率



図表(3-1-3)3-9　前方道路危険警告情報に対する反応時間



図表(3-1-3)3-10　車線逸脱警告情報に対する反応時間



a)情報認知割合（反応率）について

図表(3-1-3)3-7及び図表(3-1-3)3-8より、数値に若干の違いはあるが、前方道路危険警告情報・車線逸脱警告情報のどちらの場合も、

音・画像の併用＞音＞画像

の順に反応率が低くなっている。すなわち、画像単独の情報提供形態では、提供情報に対して反応しづらいことがわかる。

また、音声・画像を併用した場合に反応率がもっとも高くなっており、聴覚情報提供と視覚情報提供の併用が情報認識に有効であることがわかる。

b)反応時間について

図表(3-1-3)3-9及び

図表(3-1-3)3-9より、どちらの情報においても画像単独で情報提供した場合の反応時間がもっとも長くなっている。つまり、視覚情報提供単独では反応するのに時間を要することがわかる。

また、残り２つの情報提供形態を比較すると、前方道路危険警告情報と車線逸脱警告情報の場合で、優位性が逆転している。したがって、提供する情報内容と情報提供形態の関係を検討していかなければならない。

3．2　インフラ施設に関する実験

3．2．1　通信技術に関する実験

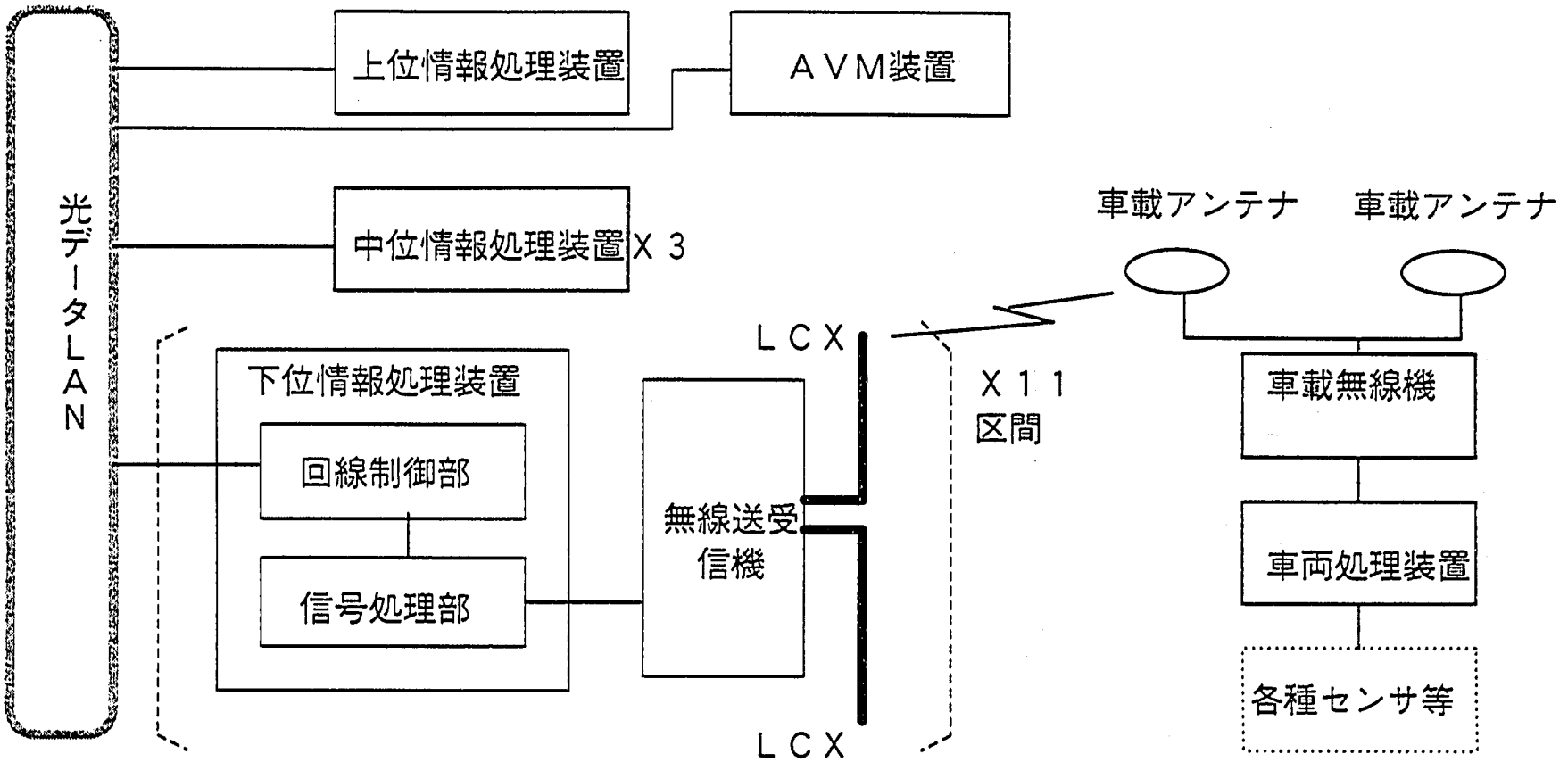
1）実験概要

96年秋、上信越自動車道路で車間側方コントロールシステムが実験された。本実験は、95年に実施された土木研究所内テストコースでの成功した結果をもとに、供用前の道路を利用し実際の道路に適用した場合の課題抽出を目的として行われたものである。本報告書は、そこで使用された路車間通信システムの実験の概要と評価結果を報告する。また、前回の実験システムとの相違点、評価結果の比較も報告する。

2）平成８年度通信システムの特徴

上信越自動車道路の未供用部分約5.5Kmの区間に路車間通信システムを設置した。路車間通信システムの構成は図表(3-2-1)2-1の通りである。

図表(3-2-1)2-1　通信システム構成



今回の実験は実道路での実験である事を考慮し、前回行われた実験から種々の改良を行った。前回に比べ次の相違点がある。

- ＬＣＸ（Leaky Coaxial、漏洩同軸）ケーブル設置高さは美観を考慮し５ｍから1.5mに変更、また片車線側（下り車線路側）のみに設置
- ＬＣＸの電波輻射角を－20度から－５度以下に変更
- ＬＣＸ境界での誤り発生低減のためＬＣＸオーバラップ長を０ｍから１ｍに変更
- 実験距離、区間数の増加（６区間から11区間に延長）
- 提供情報内容を片車線から両車線用に変更、車両側で走行方向を認識し情報を選択使用
- 路側通信ネットワークは実用時の形態に合わせ階層を増やし、機能分担のため中位情報処理装置を追加
- 車載機インターフェイスにリカバリ手順を追加
- 上位情報処理装置、ＡＶＭ装置の操作性改善
- 上位、下位情報処理装置のＣＰＵ性能向上

無線通信部のハードウェア諸元は前回から特に変更はないが参考のため挙げる。

- 使用周波数：　2.5GHz帯（上り／下り別）
- 変調方式：　ＧＭＳＫ
- マルチアクセス方式：ＴＤＭＡ、路側制御式スロッティドアロハ方式
- 使用路側アンテナ：　2.5GHz ＬＣＸケーブル

3）情報評価項目と実験方法

次の項目に従って実道路における路車間通信システムの評価を行った。

（1）電解強度測定

上信越道の実験では実道路沿いにＬＣＸを張り、伝搬条件を測定する機会を得た。この機会に走路全面にわたり電界分布、誤り率の測定をすることにより実道路上におけるＬＣＸの有用性を確認した。

今回の実験では今までの研究結果を極力反映しＬＣＸの布設工事を行った。留意点は以下の通りである。ＬＣＸの設置高は美観を考慮して1.5mとした。

・ＬＣＸの電波輻射角度は－５度以下とする。
・ＬＣＸはなめらかに布設し、急激な曲げを避ける。
・ＬＣＸのねじれが生じないようにする。
・区間境界部における２本のＬＣＸのオーバーラップ長は１m程度とする。
・給電点部の２本のＬＣＸのオーバーラップ長は考慮しない。
・金網、フェンスからは極力25cm以上離す。

また、敷設後は以下の観点でＬＣＸ特性測定を行った。

a)送電線がＬＣＸに与える影響
b)ガードワイヤ、ガードレール、安全柵（金網）が伝搬特性に与える影響
c)看板等が伝搬特性に与える影響
d)周辺の工場、民家がＬＣＸの伝搬に与える影響

①測定方法

電界強度と誤り率の測定を第一車線（長野方向）と第二または第四車線（藤岡方向）で行い、測定車両のアンテナ仰角は上方10度および30度とした。

記録スパンを１kmで全体の傾向を測定し、さらに給電部と区間境界部は記録スパンを200mとして詳細な電界・誤り分布を記録した。

②測定結果

測定データ（抜粋）を図表(3-2-1)3-1～図表(3-2-1)3-6に示す。

a)送電線がＬＣＸに与える影響

送電線は区間２と区間４において道路を斜めに横断しており、影響が懸念されたが今回の測定及び実験期間全般に渡り送電線の影響と思われる不具合は生じていな

い。電界分布データも周辺部と全く遜色のない特性を示しており（図表(3-2-1)3-1右側区間２、図表(3-2-1)3-2右側区間４参照）送電線の影響を考慮する必要はないと考えられる。

b)ガードワイヤ、ガードレール、安全柵、高欄が伝搬特性に与える影響

・ガードワイヤの影響はわずかに認められるが実用上問題にならない。ガイドワイヤなどの防護施設がない区間に比較するとレベル変動幅のわずかな増大が見られる。

・ガードレール区間は若干のレベル上昇が見られるが、実用上全く問題ない。鋼板の反射の影響がガードワイヤよりも大きいためと考えられる。

・安全柵（金網）は全体的なレベルの上昇が見られ、レベル変動幅も大きくなるが深刻な誤り発生は生じなかった。今回の工事ではＬＣＸとの離隔距離を25cm目標としたが、ＬＣＸの支持用に金網の支持金物を利用したため、その強度が十分でなく大型の金具を取り付けることはできなかった。従って離隔距離を十分確保することができず、実際の離隔距離は16cmであった。

・橋部の高欄はレベルの変動の増大を生じており影響があるが深刻ではない。ほぼガードレールと同等である。

c)看板等が伝搬特性に与える影響

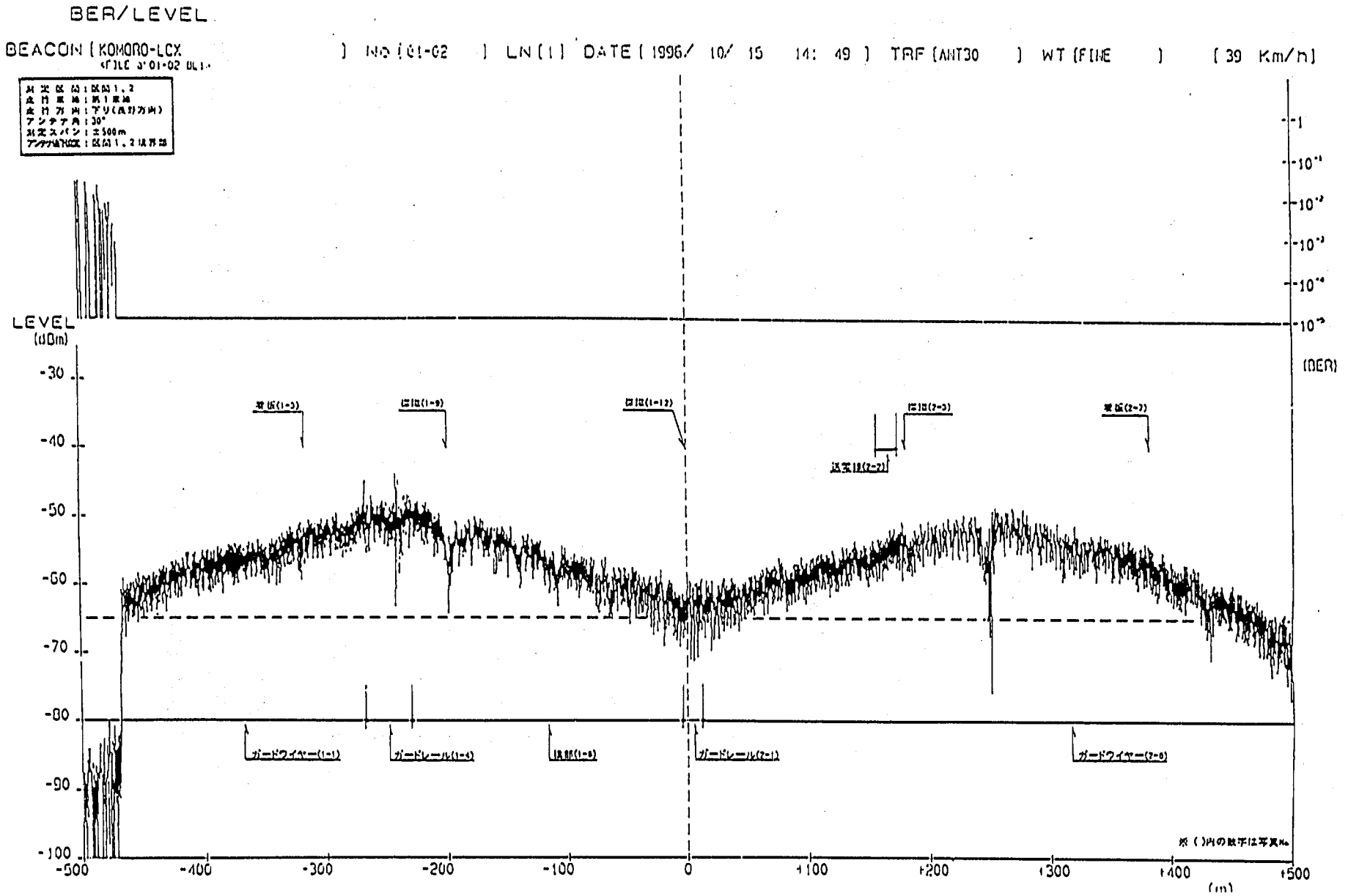
道路に沿って設置されている警告盤、案内板、電光表示板などの影響を見た。場所によってその影響と考えられるレベル変動が見られるが、深刻なものはなくいずれも誤り発生に結びつくものではない。従って看板については特に注意する必要はないと考えられる。

ただし、観覧席（図表(3-2-1)3-3左側区間５、ＬＣＸとの離隔距離2.8m）は影響を与えており、ＬＣＸ近傍の建物等でＬＣＸから輻射される電波を反射する平面を持つ構造物はその影響を考慮する必要がある。（安全柵、防音壁は別途考慮）

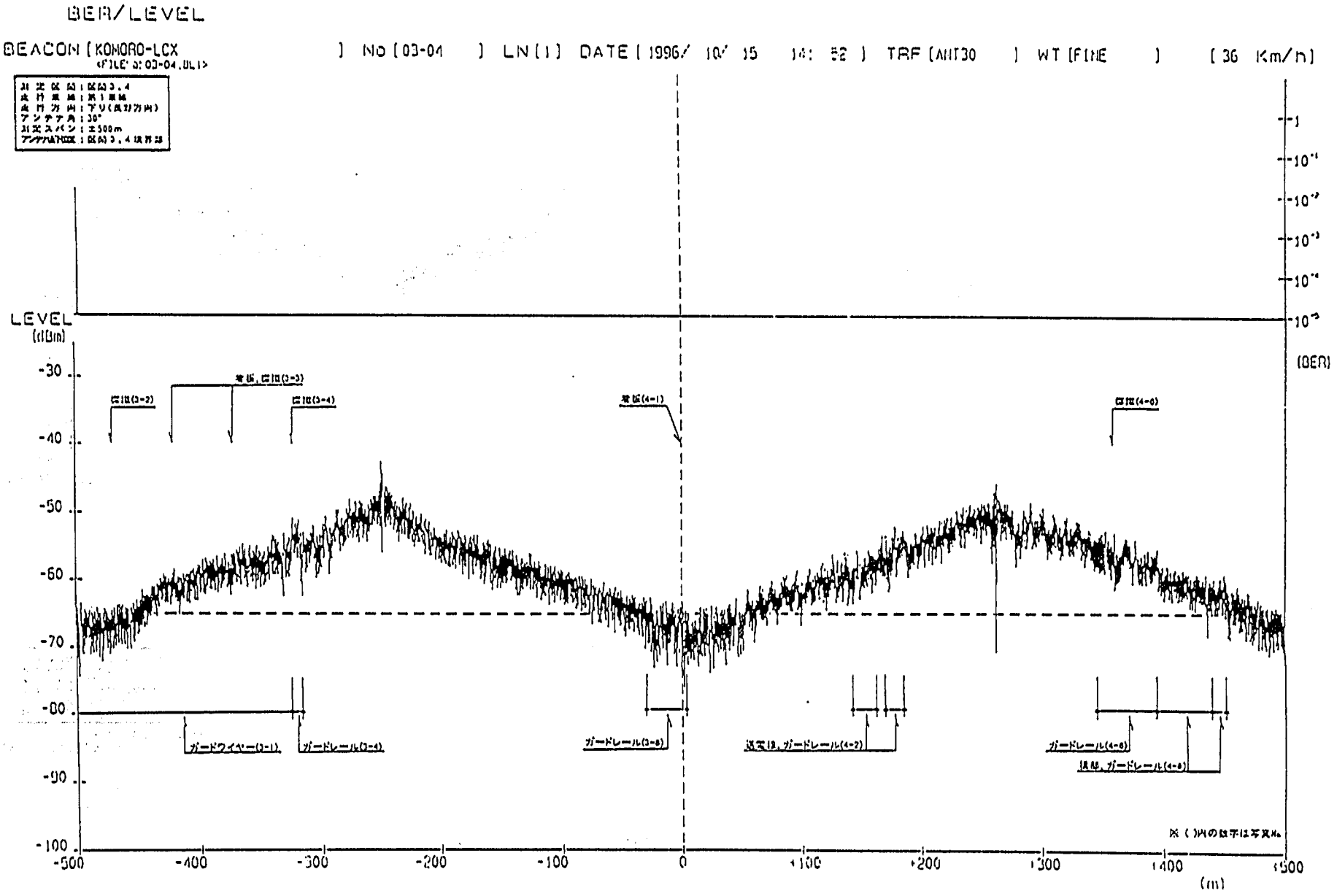
d)周辺の工場、民家がＬＣＸの伝搬に与える影響

実験期間中、特に高周波障害を受け、また与えた問題はなく、一般市街地においても特段の問題なく使用できると考えられる。

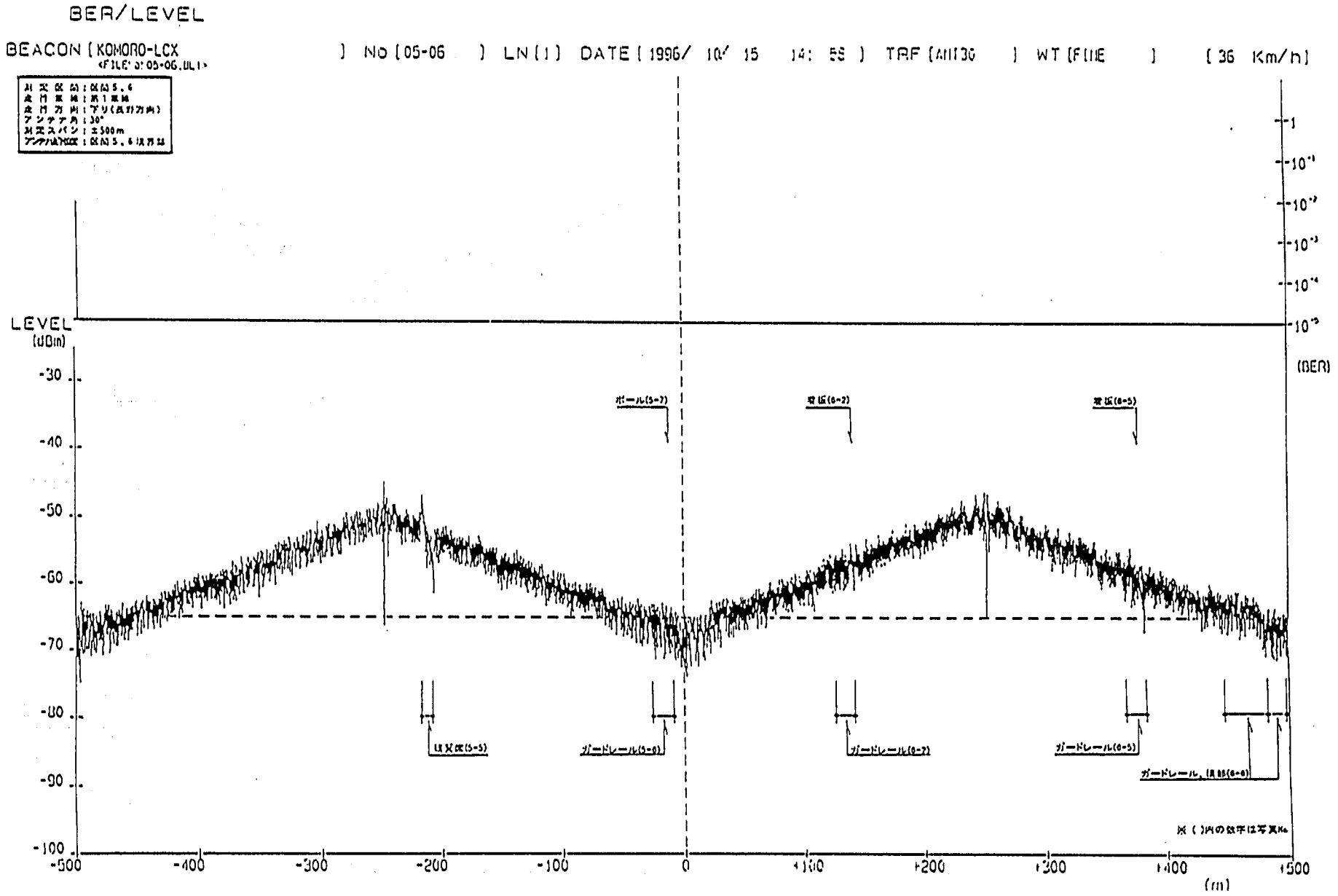
図表(3-2-1)3-1　小諸ＬＣＸ設置状況　区間１～区間２　下り（長野方向）



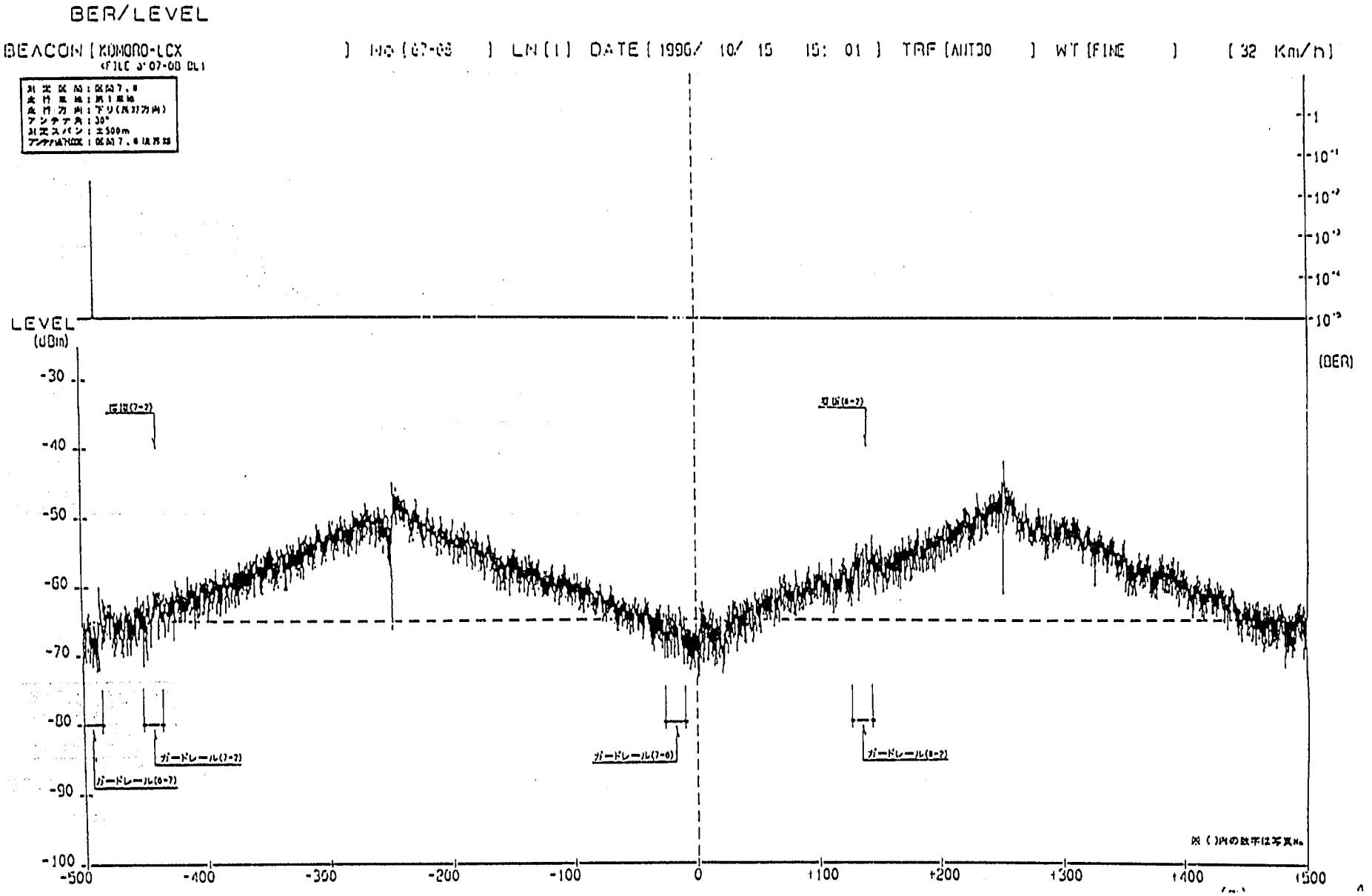
図表(3-2-1)3-2　小諸ＬＣＸ設置状況　区間３～区間４　下り（長野方向）



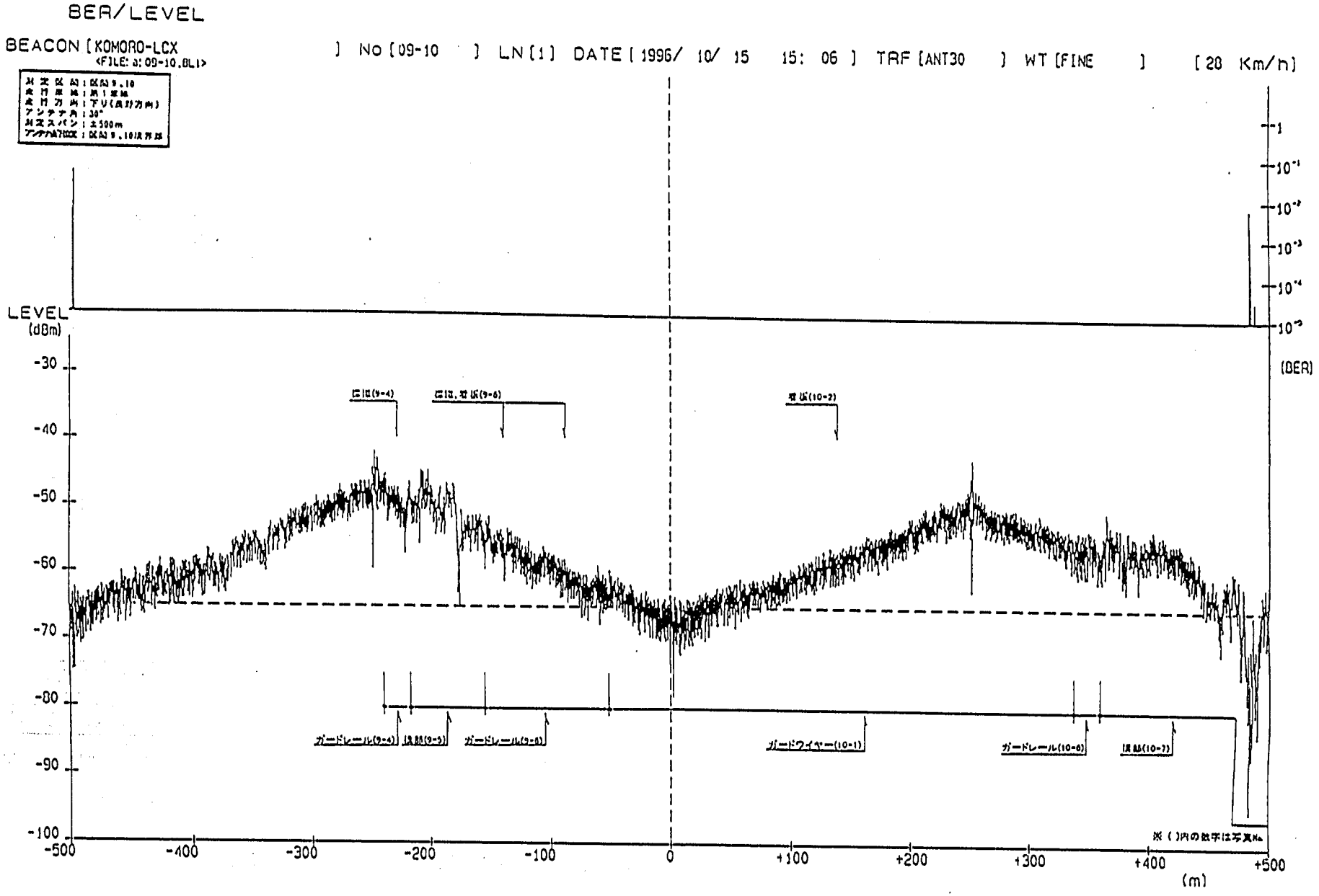
図表(3-2-1)3-3　小諸ＬＣＸ設置状況　区間５～区間６　下り（長野方向）



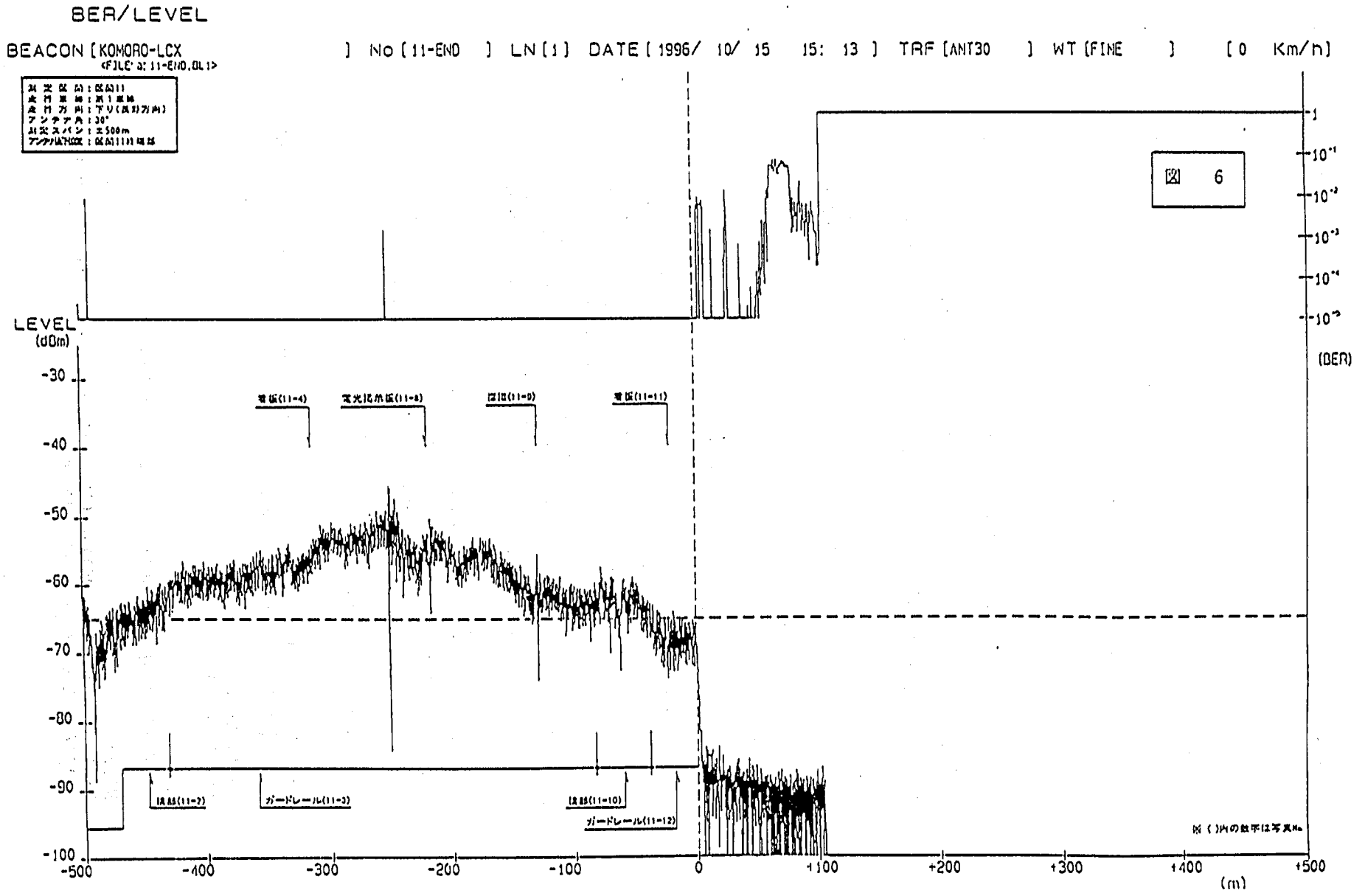
図表(3-2-1)3-4　小諸ＬＣＸ設置状況　区間７～区間８　下り（長野方向）



図表(3-2-1)3-5　小諸ＬＣＸ設置状況・区間９～区間10　下り（長野方向）



図表(3-2-1)3-6　小諸ＬＣＸ設置状況　区間11　下り（長野方向）



（２）通信機能評価

通信の基本機能を評価した。実道路周辺に存在する種々の構造物の通信に与える影響を走路全面に渡り電界分布、誤り率の測定を行った。

（３）性能評価

性能評価は、区間数増大が路車間通信伝送時間へ与える影響の計測、及び、走行車両台数の増加が装置の処理能力余裕度へ与える影響の計測を行った。

①伝送時間への影響

伝送時間計測は計測用フレームを送受信させ、各処理装置はフレームが通過した時点でフレーム内に時刻をスタンプし、送受信後、その記録を解析し計測する。上位装置から車両への往復時間、及び車両から下位装置への往復時間の２通りの計測を行った。収集データの見方は図表(3-2-1)3-7の通りである。

図表(3-2-1)3-7　収集データ（伝送時間）の見方

タイムスタンプは20個あり、１個当たり２バイトで構成され、１バイト目は秒を、２バイト目は10ms単位で各々バイナリ表現されている。また、装置通過順に並ぶ。

[上位装置→車両装置→上位装置の場合]

１４：４５：４２　区間０６　長期下り

0000 0006 0000 0000 0000 0000 0100 8100 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0006
0000 0000 0000 0000 0101 8254 0000 0000 5200 19D4 0000 0206 0019 D403 EE03 F229
0007 0000 0000 0002 0000 1B3D 0000 0000 0100 1AF8 0245 0000 0000 2A13 0000 0000
2A0E 2A0E 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
0000 0500 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0006 0000 0000
0000 0000 0100 8300 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000

１４：４５：４２　区間０６　長期上り　仮ＩＤ＝１１１１１０１

0000 0006 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 004C 0111 1101 0000 0000 0000 0000
0000 0000 0000 0100 0000 0203 21F4 0100 0103 C190 0700 022A 1300 0000 002A 0E2A
0E52 2452 2801 4E01 4E4C 024C 0202 1C02 3153 0C53 0E2A 602A 6000 0000 002A 6005
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 2143

[車両装置→下位装置→車両装置の場合]

長期上り情報

1002 132E 2B01 1111 0101 0203 21F4 0100 0103 C190 0700 0238 00FF FFFF FFFF FFFF
FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FFFF FF06 1003 B9

長期上りＡＣＫ

1002 0502 1003 14

長期下り

1002 0413 000F 0019 D400 0100 1AF8 0245 0000 3831 0010 0362

長期下り

1002 042B 0027 0019 D400 0100 1AF8 0245 0010 1000 0038 0001 5902 0FA6 03A6 0501
1401 1AA6 05A6 0A02 1802 1838 3E06 1003 0E

②処理能力余裕度への影響

・処理能力余裕度は、各装置にアイドル時間カウントソフトウェアを組み込み、カウント数の大小で処理余力を計測し、各装置の処理能力余裕度を計測した。車両０台から順次車両台数を増加させ、得たグラフから能力限界値を推定した。収集データの見方は、図表(3-2-1)3-8の通りである。

図表(3-2-1)3-8　収集データ（処理余裕度）の見方

[上位装置での記録]

```
１８：３５：３２　区間０１　短期上り　仮ＩＤ＝１１１１１０１
0000 021E 87A0 0514 6401 4000 0000 0500 0000 0000 0020 0000 0000 0000 0000
```

・区間１を車両２台走行中とわかる

```
１８：３５：３２　区間０１　短期上り　仮ＩＤ＝１１１１１０７
0000 021E 8860 0632 2700 F000 0000 0400 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
```

・上位装置余裕度

```
１８：３５：３３　上位装置余裕度
0012 2317 0012 2321 0000 2F00
```

・路側信号処理部余裕度

```
１８：３５：３３　区間０３　無線ヘルスチェック応答
0100 1223 1700 1223 2100 00EE 4300 1223 1700 1223 2100 002B CF
```

・区間３下位装置余裕度

[中位装置での記録]

```
１７：３４：５３　下位０２→上位装置　短期上り　仮ＩＤ＝１１１１１１１　上線
10F4 4700 3091 CB86 40E8 0000 0426 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000

１７：３４：５３　中位装置余裕度
0011 222B 0011 2235 0000 6D3F
```

・中位装置余裕度

```
１７：３４：５４　下位０３→上位装置　無線ヘルスチェック応答
0100 1122 2C00 1122 3600 00EB F400 1122 2C00 1122 3600 0070 F3
```

（４）信頼性評価

路側構成機器、及び光ファイバケーブルで接続された路側通信ネットワークは、長期間の使用での障害状況を記録し、耐環境性、信頼性を評価した。

（５）方式評価

次の項目に関し、通信システムを応用する側のソフトウェア開発関係者に対し聞き取り調査を行い評価した。

・往復２車線道路に対応した情報フォーマット等の有効性確認評価とアンテナ切り替え方式の得失の評価

・通信手順のリカバリ機能の確認と評価

また、ネットワークの３階層化（上位、下位間に中位情報処理装置を追加した有効性）、ブリッジ装置の影響等について、伝送時間、各装置処理能力余裕度から評価した。

（６）操作性評価

路側機器の操作性等を評価した。上位情報処理装置でのシステム管理、メッセージデータ選択送信、緊急停止指示等の操作性、及び、ＡＶＭ装置の操作性を評価した。

（７）評価作業

上記の項目に関し、準備作業、評価作業を次の様に実施した。（通信機能評価作業は除く）

・固定情報作成	・線形情報	日立製作所	96年６月
	・他固定情報	日本電気	96年６月
	・現地変更	沖電気	96年７月
・評価データ収集		沖電気	96年９／４～10／29
・評価データ解析		沖電気	96年11月～97年１月
・報告書作成	・ＡＶＭ操作性	東芝	96年12月
	・他項目	沖電気	96年12月～97年２月

4）評価結果

（1）通信機能評価

本評価項目に関しては、本報告書では記述を省略したため、「車間側方コントロールシステムの開発に関する共同研究報告書～土木研究所における機能検証実験を中心として～」の内容を参照されたい。

（2）性能評価

①上位装置、車両間の伝送時間

路車間通信の伝送時間は、上位情報処理装置から車両へ送信し、折り返し上位情報処理装置までの往復伝送時間が1.8秒～1.9秒であった。例えば、非常時通報情報を上位情報処理装置へ報告する伝送時間、あるいは上位情報処理装置から車両への指示情報の伝送時間としては、半分の900ms～950msかかると推定できる。

前回の土木研究所テストコースでの同様の計測用フレームを用いた結果では半分の時間は590msであり、今回の方が伝送時間が増大していた。これは、区間数増加のためＬＡＮ上の通信衝突によるパケット消失を避けるためソフトウェア処理により故意に送出時間遅れを持たせたためと思われる。特に、中位装置から上位装置への時間遅れが影響している。

ちなみに、下位装置から上位装置までのＬＡＮ上での伝送時間を除いた車両から下位装置までの往復時間だけを見ると前回の半分の値で528msに対し今回は390msであり逆に短縮している。

②車両、下位装置間の伝送時間

車両から下位情報処理装置へ送信し、折り返し車両までの往復伝送時間は470ms～570msであった。路側からの固定情報送信有無により多少の長短の影響はあるが、これから推測してインフラ装置（路側の画像処理装置）からの情報の伝送時間（前方道路危険警告情報）は下位装置から車両までは、半分の235～285ms、また、前方の車両が緊急情報を発信し後続車両に伝える時間は約500msかかると推定できる。

これも前回の同様の実験結果と比較すると前回の往復900msに対し今回500msであり遅れ時間はかなり短縮した。

無線部分での遅れ時間の短縮は、今回特に通信プロトコルを変更していない事から下位処理装置のＣＰＵ能力の向上（約1.8倍）が寄与していると思われる。しかし、処理余裕度は変化がないことから、下位処理装置と信号処理部間のインターフェイス（ＩＳＡバス）の待ち行列に対し効果があったと考えられる。

前方車両が緊急情報を発信し後続車両が情報を受信する時間遅れは500msである

が、車速が100km/hの場合約14mの走行に相当し、この程度の伝送時間でも多重衝突事故等の防止には効果があると考えられる。今回の実験では通信周期100msで通信を行っており、将来この周期を短くすればさらに伝送時間が短縮できる。

③処理能力余裕度

各装置の処理能力余裕度は、今回車両０台から12台まで計測できた。計測結果を整理し、数値を外挿法により処理し最大処理台数を推測したところ、おおよそ次の値となった。当初の設計値54台に対し、満足する結果であった。

上位情報処理装置・・・ 90台　（前回実験値75台）
中位情報処理装置・・・150台　（前回実験時存在せず）
下位情報処理装置・・・450台　（前回実験値450台）
信号処理部・・・・・・120台　（前回実験値23台）

これから、下位処理装置のＣＰＵ能力の向上は、自身の処理余裕度に変化を及ぼさず、信号処理部に対し効果が出る結果となった。

（３）信頼性評価

路側通信ネットワーク、路側構成機器とも、システム調整完了後から不具合発生状況を記録し調査した。その結果、気温による影響が大きく、外気温が０℃近くなると下位情報処理装置が影響を受ける。これは、下位情報処理装置が通常のオフィス用機器であるため低温に対応できなかったと考えられる。システムの本質に係わる問題ではないが、冬期での実験では考慮が必要である。

また、システム調整中の路側の不具合の主な原因としては、路側の信号処理部と送受信機間のインターフェイスがレベル減衰や雑音に対し脆弱である事が分かった。接続ケーブルの特性変更により解決はしたが今後改善が必要と思われる。

（４）方式評価

①往復２車線対応

往復２車線対応の情報提供、車両での進行方向識別、車載アンテナ切り替え等今回導入した方式に関しては、実験に限れば、特に大きな問題はなかった。

また、通信フォーマットに関しては、前回実験で使用したフォーマットを、上り車線用と下り車線用の２通り合わせて送信する方式を採っており、特に異論は無かったが、前回の課題であるデータ列の分かり易さを指摘する声はあった。

なお、今回の上信越道路は、暫定２車線道路であり、中央分離帯の植栽など電波

の障害物がない条件であり、今後これらの影響を調査する必要がある。

②通信手順リカバリ機能

通信手順のリカバリ機能の有効性に関しては、上位情報処理装置でのモニタで車両の挙動を見る限り、車両が走行中突然消滅するなどの不具合が生じていない状況から効果的に機能していたと考えられる。特に、今回は、実験区間両端の電波状況の不安定な場所でUターンするなど実験条件がきついにも係わらず異常はなかった。

③路側通信ネットワーク

路側通信ネットワークは、実験区間の長距離化に合わせ、今回ＬＡＮのほぼ中間地点にブリッジ装置を挿入し対応した。ブリッジ装置の挿入、切り離し両状態で通常の通信とＬＡＮ過負荷通信を実施したが、特にブリッジ装置有無による有意な差異は認められなかった。ＬＡＮの過負荷は、ＡＶＭ装置のＬＡＮの切り口で故意に無応答とし上位装置が再送を繰り返す事で実現した。ブリッジ装置の有無、特に影響なかったが、区間数の増加は、緊急情報の配信に際し下位装置、中位装置が一斉にＬＡＮ上にデータ送信を開始するため、データの衝突が生じ、パケットの消失が発生した。これを避けるために各装置のソフトウェア処理で送信に時間差を持たせる処置が必要であった。これは、前述のように下位装置から上位情報処理装置まで緊急情報の伝送時間が増大する結果となった。この問題を避けるには、ＬＡＮ通信を現状のコネクションレス方式からコネクション方式に変更すれば解決するが、コネクションレス方式に比べ常時数倍の伝送時間がかかり一長一短である。実用化に向けて他方式のＬＡＮの検討、あるいは下位、中位、上位間のＬＡＮを分離するなどの対策の検討も必要であろう。

④ＬＡＮの過負荷試験

ＬＡＮ過負荷通信が各装置に与える影響も調査した。ＬＡＮを過負荷状態とし、その上で上位装置から各下位装置へ一斉送信をさせた時の送信情報の抜け状況を計測した。その結果、過負荷時にはパケットの消失がかなり発生し（消失約40％）、同時に上位装置の処理余裕度も通常の40％まで低下していた。本システムのように通信量が一斉に増加するケースのある場合は、ＬＡＮの方式（今回のＬＡＮは、ＩＥＥＥ802.3）によっては、余裕のある負荷量で使用する必要性を再確認した。

⑤３階層化

中位情報処理装置導入の有効性については、遠距離化、下位情報処理装置数の増加、緊急情報を発信した車両の進行方向に合わせ緊急情報配信先が異なる事など、

システムの規模や処理の複雑化にも係わらず伝送時間、処理能力余裕がほとんど変化しなかった事から効果があったと考えられる。中位情報処理装置は、主に情報の配信管理と処理を受け持っており今回の単調な道路より分合流部のある道路でより効果が出ると思われる。

（5）操作性評価

主に、実験の実施やシステム管理の目的にルーチンワークで操作が行われる上位情報処理装置とＡＶＭ装置について操作性を評価した。

①上位情報処理装置

今回、上位情報処理装置は、実験の自由度向上のため操作性に関する次の改良を行った。

・リアルタイムな指示速度、緊急メッセージ、前方危険警告情報（事象情報）の変更
・任意内容のメッセージを上位から車両に送信する機能の追加（従来は事前に作成した固定メッセージの中から選択送信）
・車両走行方向（走行車線の上り、下り方向）表示の追加

以上に関し、関係者に対しヒアリングを行った結果は次のとおり。

・実験シナリオの変更にある程度即応でき融通性が向上した。
・危険事象を上位装置での操作で任意の区間に発生させる事ができ、車両でのヒューマン･マシン･インターフェイス評価実験に際し、効率的に実験ができるようになった。
・任意内容のメッセージ送信機能に関しては、携帯電話の使用と車載機側での対応も余裕がなく使用されなかった。今後の利用で再評価したい。
・指示速度情報等のリアルタイム変更機能は、結果的に下位装置局舎まで移動せず遠隔変更が出来る事となり、実験時はもとより、システム設定作業時に便利であった。今後、実験距離の増大、広域化が予想され下位装置での設定データはすべて上位からの遠隔設定にすべきと思われる。

②ＡＶＭ装置

ＡＶＭ装置は、今回次のような改良を行った。

・受信開始操作の省略（受信データの即時取り込みによる）
・画面選択ボタンを一括表示
・メッセージ領域の拡大

・ＬＣＸ区間拡大図画面に先頭車両の自動追尾機能、縦断勾配の表示を追加
・通信データ画面の追加による短期上り車両走行データの表示

また、ＡＶＭ装置は、今回の実験で次の用途に用いられた。

a)システムの管理
・車群走行実験時に車両の走行位置を把握
・車載機や、路側機の不具合等の即時発見

b)車両状態の把握
・車群走行時のポジション確認
・走行車線、走行地点の勾配情報の確認
・通信データ画面により車両からの通信データを確認

c)見学者対応
・実験内容の説明（自動運転時の走行速度、車群走行時の車間距離など）
特に頻繁に利用されたのは、全体図画面とＬＣＸ拡大図画面であった。

使用後の関係者に対するヒアリングでは、次の評価が得られた。

a)システムの管理
・全体図画面において車群走行の表示時に車両イメージが重なって表示され、見づらい。

b)車両状態の把握
・ＬＣＸ区間拡大図画面において、オペレータの介入なしで、走行車両の監視が可能になった。（操作性の向上）
・実験データを保存する機能があるため、実験データのバックアップ装置としての利用が期待できる。
・ＬＣＸ区間拡大図の勾配が分かりやすい。
・全体図画面において車群走行の表示時に車両イメージが重なって表示され、見ずらい。

c)見学者対応
・実験管理室で、実験車両の大まかな状態を把握できる。

・本装置により、デモ実験の概要説明、及び実験状況説明が容易になる。
・通信データ表示画面は、路側機器と車両機器との調整に便利であった。
・表示データの増大化（画面表示を変更することなしで多くの情報を確認できる。
・実験成果をアピールするデモ機能を期待する場合、グラフィックレベル及び描画速度の向上が必要。

以上の評価結果を考察すると、将来次の改善が必要と思われる。

a)描画速度の向上

車両中心位置拡大図等、データ量の大きな画像を表示したときにシステムの描画速度が追い付けなくなる場面があった。今後、実験内容の複雑化及び実験車両の増大化が予想されるため、ハードウェア／ソフトウェア双方からの見直しが必要。

b)実験コース図について

実験コース図や背景は、忠実に再現するのではなく、デフォルメ表示した方が分かりやすい。描画速度の向上にも期待できる。

c)車両イメージについて

全体図画面で車群走行を表示した場合に、車両イメージが重なり合って、一部車両の走行位置などが不明瞭になった。本装置では、全体図画面と拡大図画面とで同一の車両イメージを使用しているが、表示画面により車両イメージを使い分ける処理が必要である（例えば、全体図で表示する車両イメージは簡略化したものを使用するなど）。

5）今後の課題

本評価実験は、概ね当初の目的を達成し、実道路におけるＬＣＸを用いた路車間通信システムの有効性が確認できたが、今後評価すべき次の課題も明確になった。

・通信周期100msの短周期化

今回の実験でもある程度の成果は出たが、危険警告情報をより高速に後続車に伝送するためには、通信周期を短周期化した実験が必要である。

・車載機インターフェイスの高機能化

前方道路危険警告の有効性は認められたが、今後、周辺車両の危険警告へ発展させるためには車載機インターフェイスの高速化、高機能化が必要である。

・分合流、あるいは自動運転／手動運転の切り替え移行処理の検証、評価

本実験では、直線路を往復走行し、また、両端でのUターン走行までは検証したが、実際の道路にある分合流走行対応や、自動／手動の移行処理などの実証実験が必要である。

・通信手順の標準化

今回までの実験では、開発期間の短縮化、開発の容易化のためオーバーヘッドの生じる標準化には手を付けずにきたが、実験の成功を背景に今後は、早期実用化を目指し、通信手順の標準化も視野にいれた検討が必要である。

・路側通信ネットワーク

今回、区間数の増加で一斉通信時のピーク負荷が表面化したが、路側ＬＡＮ方式のより最適化の検討をする必要がある。

・多様な通信環境での実験

今回は、比較的単調な道路での実験であったため多様な道路での実験、例えば、中央分離帯の構造物や路側の大規模構造物のある道路環境での実験が必要である。

・操作性の向上

上位装置や、ＡＶＭ装置では、今回の結果をもとにさらなる操作性の改善や、処理の高速化が望まれる。

資料編

1．伝送時間計測データ（上位→車両→上位）

図表(3-2-1)5-1　区間３、ブリッジなし、固定データなし

上位→車両→上位（区間３、通常）（原数値）　（計算途中値）

	1回	2回	3回	4回	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4
上位装置送信	2D62	3606	0505	1B13	11618	13830	1285	6931	45	54	5	27
中位装置受信	2D62	3601	0505	1B13	11618	13825	1285	6931	45	54	5	27
中位装置送信	2D62	3606	0505	1B13	11618	13830	1285	6931	45	54	5	27
下位装置受信	2D41	3549	0448	1A56	11585	13641	1096	6742	45	53	4	26
下位装置送信	2D41	3549	0448	1A56	11585	13641	1096	6742	45	53	4	26
信号処理部受信	AD0E	F113	3810	4E1E	44302	61715	14352	19998	173	241	56	78
信号処理部送信	AD14	F114	3814	4E1E	44308	61716	14356	19998	173	241	56	78
車側信処部受信	9A52	0C07	090C	0A11	39506	3079	2316	2577	154	12	9	10
車側信処部送信	9A52	0C07	090C	0A12	39506	3079	2316	2578	154	12	9	10
車両処装置受信	081A	3E36	655C	714B	2074	15926	25948	29003	8	62	101	113
車両処装置送信	081A	3E36	655C	714B	2074	15926	25948	29003	8	62	101	113
車側信処部受信	9B12	0C2B	0930	0A35	39698	3115	2352	2613	155	12	9	10
車側信処部送信	9B21	0C63	095C	0B09	39713	3171	2396	2825	155	12	9	11
信号処理部受信	AD49	F20D	3902	4F17	44361	61965	14594	20247	173	242	57	79
信号処理部送信	AD4B	F20F	3905	4F19	44363	61967	14597	20249	173	242	57	79
下位装置受信	2E1A	3648	053C	1B55	11802	13896	1340	6997	46	54	5	27
下位装置送信	2E1F	3648	0541	1B5B	11807	13896	1345	7003	46	54	5	27
中位装置受信	2E40	370A	0562	1C18	11840	14090	1378	7192	46	55	5	28
中位装置送信	2E46	370A	0604	1C18	11846	14090	1540	7192	46	55	6	28
上位装置受信	2F55	375D	0661	1D01	12117	14173	1633	7425	47	55	6	29

上位→車両→上位（区間３、通常）（計算結果）

	1回	2回	3回	4回	平均	差	往復時間
上位装置送信	45980	54060	5050	27190	33070		
中位装置受信	45980	54010	5050	27190	33058		
中位装置送信	45980	54060	5050	27190	33070	13	
下位装置受信	45650	53730	4720	26860	32740		
下位装置送信	45650	53730	4720	26860	32740	0	
信号処理部受信	173140	241190	56160	78300	137198		
信号処理部送信	173200	241200	56200	78300	137225	28	
車側信処部受信	154820	12070	9120	10170	46545		
車側信処部送信	154820	12070	9120	10180	46548	3	
車両処装置受信	8260	62540	101920	113750	71618		
車両処装置送信	8260	62540	101920	113750	71618	0	0
車側信処部受信	155180	12430	9480	10530	46905		358
車側信処部送信	155330	12990	9920	11090	47333	428	788
信号処理部受信	173730	242130	57020	79230	138028		803
信号処理部送信	173750	242150	57050	79250	138050	23	853
下位装置受信	46260	54720	5600	27850	33608		868
下位装置送信	46310	54720	5650	27910	33648	40	908
中位装置受信	46640	55100	5980	28240	33990		920
中位装置送信	46700	55100	6040	28240	34020	30	963
上位装置受信	47850	55930	6970	29010	34940		1870

（計算途中値）

3-1	3-2	3-3	3-4
98	6	5	19
98	1	5	19
98	6	5	19
65	73	72	86
65	73	72	86
14	19	16	30
20	20	20	30
82	7	12	17
82	7	12	18
26	54	92	75
26	54	92	75
18	43	48	53
33	99	92	9
73	13	2	23
75	15	5	25
26	72	60	85
31	72	65	91
64	10	98	24
70	10	4	24
85	93	97	1

＊上位装置での記録ファイル10281454.DATより

図表(3-2-1)5-2　区間６、ブリッジなし、固定データなし

上位一車両一上位（区間６、通常）（原数値）　　（計算途中値）

	1回	2回	3回	4回	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4
上位装置送信	071E	2259	2154	023F	1822	8793	8532	575	7	34	33	2
中位装置受信	071E	2253	2154	023F	1822	8787	8532	575	7	34	33	2
中位装置送信	071E	2259	2154	0245	1822	8793	8532	581	7	34	33	2
下位装置受信	0646	221C	211D	0208	1606	8732	8477	520	6	34	33	2
下位装置送信	0646	221C	211D	208	1606	8732	8477	520	6	34	33	2
信号処理部受信	273B	430F	7E0C	9A5B	10043	17167	32268	39515	39	67	126	154
信号処理部送信	273C	4314	7E14	9B00	10044	17172	32276	39680	39	67	126	155
車側信処部受信	102E	0B58	0E58	105E	4142	2904	3672	4190	16	11	14	16
車側信処部送信	102E	0B58	0E58	105E	4142	2904	3672	4190	16	11	14	16
車両処装置受信	1560	2103	371B	400D	5472	8451	14107	16397	21	33	55	64
車両処装置送信	1560	2103	371B	400D	5472	8451	14107	16397	21	33	55	64
車側信処部受信	1053	0C19	0F18	111F	4179	3097	3864	4383	16	12	15	17
車側信処部送信	1057	0C1E	0F47	1154	4183	3102	3911	4436	16	12	15	17
信号処理部受信	2803	433F	7F04	9B5C	10243	17215	32516	39772	40	67	127	155
信号処理部送信	2805	4341	7F05	9B5F	10245	17217	32517	39775	40	67	127	155
下位装置受信	0713	224E	2217	0300	1811	8782	8727	781	7	34	34	3
下位装置送信	0719	2253	221C	0312	1817	8787	8732	786	7	34	34	3
中位装置受信	0750	2326	2259	0349	1872	8998	8793	841	7	35	34	3
中位装置送信	0755	232B	2259	034F	1877	9003	8793	847	7	35	34	3
上位装置受信	0911	244B	234C	0432	2321	9291	9036	1074	9	36	35	4

上位一車両一上位（区間６、通常）（計算結果）

	1回	2回	3回	4回	平均	差	往復時間
上位装置送信	7300	34890	33840	2630	19665		
中位装置受信	7300	34830	33840	2630	19650		
中位装置送信	7300	34890	33840	2690	19680	30	
下位装置受信	6700	34280	33290	2080	19088		
下位装置送信	6700	34280	33290	2080	19088	0	
信号処理部受信	39590	67150	126120	154910	96943		
信号処理部送信	39600	67200	126200	155000	97000	58	
車側信処部受信	16460	11880	14880	16940	15040		
車側信処部送信	16460	11880	14880	16940	15040	0	
車両処装置受信	21960	33030	55270	64130	43598		
車両処装置送信	21960	33030	55270	64130	43598	0	0
車側信処部受信	16830	12250	15240	17310	15408		368
車側信処部送信	16870	12300	15710	17840	15680	273	640
信号処理部受信	40030	67630	127040	155920	97655		655
信号処理部送信	40050	67650	127050	155950	97675	20	733
下位装置受信	7190	34780	34230	3130	19833		745
下位装置送信	7250	34830	34280	3180	19885	53	798
中位装置受信	7800	35380	34890	3730	20450		770
中位装置送信	7850	35430	34890	3790	20490	40	840
上位装置受信	9170	36750	35760	4500	21545		1880

＊上位装置での記録ファイル10281542.DATより

（計算途中値）

3-1	3-2	3-3	3-4
30	89	84	63
30	83	84	63
30	89	84	69
70	28	29	8
70	28	29	8
59	15	12	91
60	20	20	0
46	88	88	94
46	88	88	94
96	3	27	13
96	3	27	13
83	25	24	31
87	30	71	84
3	63	4	92
5	65	5	95
19	78	23	13
25	83	28	18
80	38	89	73
85	43	89	79
17	75	76	50

図表(3-2-1)5-3　区間６、ブリッジあり、固定データなし

上位一車両一上位（区間６、ブリッジ有り）（原数値）　（計算途中値）

	1回	2回	3回	4回	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4
上位装置送信	3B59	1F3B	3A5F	1853	15193	7995	14943	6227	59	31	58	24
中位装置受信	3B53	1F30	3A5A	1848	15187	7984	14938	6216	59	31	58	24
中位装置送信	3B59	1F35	3A5F	184E	15193	7989	14943	6222	59	31	58	24
下位装置受信	3B2D	1F0F	3A33	1827	15149	7951	14899	6183	59	31	58	24
下位装置送信	3B2D	1F0F	3A33	1827	15149	7951	14899	6183	59	31	58	24
信号処理部受信	0337	2315	3E3D	582C	823	8981	15933	22572	3	35	62	88
信号処理部送信	033C	231E	3E46	5832	828	8990	15942	22578	3	35	62	88
車側信処部受信	1063	1301	0D04	0F03	4195	4865	3332	3843	16	19	13	15
車側信処部送信	1063	1301	0D04	0F03	4195	4865	3332	3843	16	19	13	15
車両処装置受信	200B	2B0C	3739	4131	8203	11020	14137	16689	32	43	55	65
車両処装置送信	200B	2B0C	3739	4131	8203	11020	14137	16689	32	43	55	65
車側信処部受信	1125	1325	0D29	0F27	4389	4901	3369	3879	17	19	13	15
車側信処部送信	1147	1353	0D37	0F36	4423	4947	3383	3894	17	19	13	15
信号処理部受信	0422	240E	3F16	5903	1058	9230	16150	22787	4	36	63	89
信号処理部送信	0423	240F	3F19	5905	1059	9231	16153	22789	4	36	63	89
下位装置受信	001B	2008	3B11	1900	27	8200	15121	6400	0	32	59	25
下位装置送信	001B	2008	3B17	1905	27	8200	15127	6405	0	32	59	25
中位装置受信	0041	2034	3B3D	192B	65	8244	15165	6443	0	32	59	25
中位装置送信	0047	203A	3B43	1931	71	8250	15171	6449	0	32	59	25
上位装置受信	0146	2133	0052	1A40	326	8499	82	6720	1	33	0	26

上位一車両一上位（区間６、ブリッジ有り）（計算結果）

	1回	2回	3回	4回	平均	差	往復時間
上位装置送信	59890	31590	58950	24830	43815		
中位装置受信	59830	31480	58900	24720	43733		
中位装置送信	59890	31530	58950	24780	43788	55	
下位装置受信	59450	31150	58510	24390	43375		
下位装置送信	59450	31150	58510	24390	43375	0	
信号処理部受信	3550	35210	62610	88440	47453		
信号処理部送信	3600	35300	62700	88500	47525	73	
車側信処部受信	16990	19010	13040	15030	16018		
車側信処部送信	16990	19010	13040	15030	16018	0	
車両処装置受信	32110	43120	55570	65490	49073		
車両処装置送信	32110	43120	55570	65490	49073	0	0
車側信処部受信	17370	19370	13410	15390	16385		368
車側信処部送信	17710	19830	13550	15540	16658	273	640
信号処理部受信	4340	36140	63220	89030	48183		658
信号処理部送信	4350	36150	63250	89050	48200	18	748
下位装置受信	60270	32080	59170	25000	44130		755
下位装置送信	60270	32080	59230	25050	44158	28	783
中位装置受信	60650	32520	59610	25430	44553		765
中位装置送信	60710	32580	59670	25490	44613	60	880
上位装置受信	61700	33510	60820	26640	45668		1853

＊c41-c45,e45は、カウント数値が１周したため60000を加算

＊上位装置での記録ファイル10281636.DATより

（計算途中値）

3-1	3-2	3-3	3-4
89	59	95	83
83	48	90	72
89	53	95	78
45	15	51	39
45	15	51	39
55	21	61	44
60	30	70	50
99	1	4	3
99	1	4	3
11	12	57	49
11	12	57	49
37	37	41	39
71	83	55	54
34	14	22	3
35	15	25	5
27	8	17	0
27	8	23	5
65	52	61	43
71	58	67	49
70	51	82	64

図表(3-2-1)5-4　区間６、ブリッジなし、固定データあり

上位→車両→上位（区間６、通常－２）（原数値）　　（計算途中値）

	1回	2回	3回	4回	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4
上位装置送信	1832	2E1A	083E	2019	6194	11802	2110	8217	24	46	8	32
中位装置受信	1820	2E1A	0839	2013	6189	11802	2105	8211	24	46	8	32
中位装置送信	1832	2E1A	083E	2019	6194	11802	2110	8217	24	46	8	32
下位装置受信	1806	2D57	0812	1F51	6150	11607	2066	8017	24	45	8	31
下位装置送信	1806	2D57	0812	1F51	6150	11607	2066	8017	24	45	8	31
信号処理部受信	0E36	2420	3A41	521A	3638	9248	14913	21018	14	36	58	82
信号処理部送信	0E3C	2428	3A46	521E	3644	9256	14918	21022	14	36	58	82
車側信処部受信	095E	0A60	0D31	0C29	2398	2656	3377	3113	9	10	13	12
車側信処部送信	095E	0A60	0D31	0C29	2398	2656	3377	3113	9	10	13	12
車両処装置受信	E730	F02C	F94B	0413	59184	61484	63819	1043	231	240	249	4
車両処装置送信	E730	F02C	F94B	0413	59184	61484	63819	1043	231	240	249	4
車側信処部受信	0A1F	0B20	0D55	0C4D	2591	2848	3413	3149	10	11	13	12
車側信処部送信	0A4D	0B42	0E0A	0C52	2637	2882	3594	3154	10	11	14	12
信号処理部受信	0F2C	250C	3B21	5249	3884	9484	15137	21065	15	37	59	82
信号処理部送信	0F2C	250F	3B22	524B	3884	9487	15138	21067	15	37	59	82
下位装置受信	1900	2E46	085A	201E	6400	11846	2138	8222	25	46	8	32
下位装置送信	1900	2E46	085F	201E	6400	11846	2143	8222	25	46	8	32
中位装置受信	192B	2F0E	0927	204A	6443	12046	2343	8266	25	47	9	32
中位装置送信	1931	2F13	092D	2050	6449	12051	2349	8272	25	47	9	32
上位装置受信	1A2A	3012	0A36	220C	6698	12306	2614	8716	26	48	10	34

上位→車両→上位（区間６、通常－２）（計算結果）

	1回	2回	3回	4回	平均	差	往復時間
上位装置送信	24500	46260	8620	32250	27908		
中位装置受信	24450	46260	8570	32190	27868		
中位装置送信	24500	46260	8620	32250	27908	40	
下位装置受信	24060	45870	8180	31810	27480		
下位装置送信	24060	45870	8180	31810	27480	0	
信号処理部受信	14540	36320	58650	82260	47943		
信号処理部送信	14600	36400	58700	82300	48000	58	
車側信処部受信	9940	10960	13490	12410	11700		
車側信処部送信	9940	10960	13490	12410	11700	0	
車両処装置受信	231480	240440	249750	4190	181465		
車両処装置送信	231480	240440	249750	4190	181465	0	0
車側信処部受信	10310	11320	13850	12770	12063		363
車側信処部送信	10770	11660	14100	12820	12338	275	638
信号処理部受信	15440	37120	59330	82730	48655		655
信号処理部送信	15440	37150	59340	82750	48670	15	728
下位装置受信	25000	46700	8900	32300	28225		745
下位装置送信	25000	46700	8950	32300	28238	13	758
中位装置受信	25430	47140	9390	32740	28675		768
中位装置送信	25490	47190	9450	32800	28733	58	865
上位装置受信	26420	48180	10540	34120	29815		1908

（計算途中値）

3-1	3-2	3-3	3-4
50	26	62	25
45	26	57	19
50	26	62	25
6	87	18	81
6	87	18	81
54	32	65	26
60	40	70	30
94	96	49	41
94	96	49	41
48	44	75	19
48	44	75	19
31	32	85	77
77	66	10	82
44	12	33	73
44	15	34	75
0	70	90	30
0	70	95	30
43	14	39	74
49	19	45	80
42	18	54	12

＊上位装置での記録ファイル10281707.DATより

図表(3-2-1)5-5　区間６、ブリッジあり、固定データあり

上位一車両一上位（区間６、ブリッジ有り－２）（原数値）　（計算途中値）

	1回	2回	3回	4回	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4
上位装置送信	0D33	2B5A	0B35	254A	3379	11098	2869	9546	13	43	11	37
中位装置受信	0D33	2B54	0B35	2545	3379	11092	2869	9541	13	43	11	37
中位装置送信	0D33	2B5A	0B35	254A	3379	11098	2869	9546	13	43	11	37
下位装置受信	0D07	2B28	0B09	2519	3335	11048	2825	9497	13	43	11	37
下位装置送信	0D07	2B28	0B09	2519	3335	11048	2825	9497	13	43	11	37
信号処理部受信	2D2A	4B4D	672A	813B	11562	19277	26410	33083	45	75	103	129
信号処理部送信	2D32	4B50	6732	813C	11570	19280	26418	33084	45	75	103	129
車側信処部受信	0A2B	0C33	0F00	0A09	2603	3123	3840	2569	10	12	15	10
車側信処部送信	0A2B	0C33	0F00	0A92	2603	3123	3840	2706	10	12	15	10
車両処装置受信	0743	123F	1C11	2436	1859	4671	7185	9270	7	18	28	36
車両処装置送信	0743	123F	1C11	2436	1859	4671	7185	9270	7	18	28	36
車側信処部受信	0A4F	0C58	0F24	0A2D	2639	3160	3876	2605	10	12	15	10
車側信処部送信	0B0E	0C5D	0F5C	0A50	2830	3165	3932	2640	11	12	15	10
信号処理部受信	2E17	4C18	682C	8220	11799	19480	26668	33312	46	76	104	130
信号処理部送信	2E19	4C19	682D	8223	11801	19481	26669	33315	46	76	104	-130
下位装置受信	0D5A	2B5A	0C0E	2602	3418	11098	3086	9730	13	43	12	38
下位装置送信	0D5A	2B5F	0C0E	2607	3418	11103	3086	9735	13	43	12	38
中位装置受信	0E27	2C27	0C3F	2633	3623	11303	3135	9779	14	44	12	38
中位装置送信	0E27	2C2D	0C3F	2639	3623	11309	3135	9785	14	44	12	38
上位装置受信	0F2B	2D52	0D28	273D	3883	11602	3368	10045	15	45	13	39

上位一車両一上位（区間６、ブリッジ有り－２）（計算結果）

	1回	2回	3回	4回	平均	差	往復時間
上位装置送信	13510	43900	11530	37740	26670		
中位装置受信	13510	43840	11530	37690	26643		
中位装置送信	13510	43900	11530	37740	26670	28	
下位装置受信	13070	43400	11090	37250	26203		
下位装置送信	13070	43400	11090	37250	26203	0	
信号処理部受信	45420	75770	103420	129590	88550		
信号処理部送信	45500	75800	103500	129600	88600	50	
車側信処部受信	10430	12510	15000	10090	12008		
車側信処部送信	10430	12510	15000	11460	12350	343	
車両処装置受信	7670	18630	28170	36540	22753		
車両処装置送信	7670	18630	28170	36540	22753	0	0
車側信処部受信	10790	12880	15360	10450	12370		20
車側信処部送信	11140	12930	15920	10800	12698	328	690
信号処理部受信	46230	76240	104440	130320	89308		708
信号処理部送信	46250	76250	104450	130350	89325	18	775
下位装置受信	13900	43900	12140	38020	26990		788
下位装置送信	13900	43950	12140	38070	27015	25	813
中位装置受信	14390	44390	12630	38510	27480		810
中位装置送信	14390	44450	12630	38570	27510	30	868
上位装置受信	15430	45820	13400	39610	28565		1895

（計算途中値）

3-1	3-2	3-3	3-4
51	90	53	74
51	84	53	69
51	90	53	74
7	40	9	25
7	40	9	25
42	77	42	59
50	80	50	60
43	51	0	9
43	51	0	146
67	63	17	54
67	63	17	54
79	88	36	45
14	93	92	80
23	24	44	32
25	25	45	35
90	90	14	2
90	95	14	7
39	39	63	51
39	45	63	57
43	82	40	61

＊上位装置での記録ファイル10281647.DATより

2．伝送時間計測データ（車両→下位→車両）

図表(3-2-1)5-6　区間３、固定データなし

車両→下位→車両（区間３、固定データなし）（原数値）　（計算途中値）

	1回	2回	3回	4回	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4
車両処装置送信	0161	061A	0A42	0F18	353	1562	2626	3864	1	6	10	15
車側信処部受信	052B	0416	0730	031C	1323	1046	1840	796	5	4	7	3
車側信処部送信	053F	0423	0746	0333	1343	1059	1862	819	5	4	7	3
信号処理部受信	1F16	5A03	982B	CF40	7958	23043	38955	53056	31	90	152	207
信号処理部送信	1F19	5A05	982D	CF41	7961	23045	38957	53057	31	90	152	207
下位装置受信	1452	133D	1603	111E	5202	4925	5635	4382	20	19	22	17
下位装置送信	1452	133D	1603	111E	5202	4925	5635	4382	20	19	22	17
信号処理部受信	1F19	5A05	982D	CF41	7961	23045	38957	53057	31	90	152	207
信号処理部送信	1F1E	5A0A	9832	CF46	7966	23050	38962	53062	31	90	152	207
車側信処部受信	0548	042B	074E	033A	1352	1067	1870	826	5	4	7	3
車側信処部送信	0548	042B	074E	033A	1352	1067	1870	826	5	4	7	3
車両処装置受信	022D	0643	0B10	0F4A	557	1603	2832	3914	2	6	11	15

車両→下位→車両（区間３、固定データなし）（計算結果）

	1回	2回	3回	4回	平均	差	往復時間
車両処装置送信	1970	6260	10660	15240	8533		
車側信処部受信	5430	4220	7480	3280	5103		
車側信処部送信	5630	4350	7700	3510	5298	195	
信号処理部受信	31220	90030	152430	207640	120330		
信号処理部送信	31250	90050	152450	207650	120350	20	
下位装置受信	20820	19610	22030	17300	19940		
下位装置送信	20820	19610	22030	17300	19940	0	0
信号処理部受信	31250	90050	152450	207650	120350		0
信号処理部送信	31300	90100	152500	207700	120400	50	70
車側信処部受信	5720	4430	7780	3580	5378		80
車側信処部送信	5720	4430	7780	3580	5378	0	275
車両処装置受信	2450	6670	11160	15740	9005		473

（計算途中値）

3-1	3-2	3-3	3-4
97	26	66	24
43	22	48	28
63	35	70	51
22	3	43	64
25	5	45	65
82	61	3	30
82	61	3	30
25	5	45	65
30	10	50	70
72	43	78	58
72	43	78	58
45	67	16	74

＊模擬車両処理装置の記録ファイル10281435.LOG、10281436.LOG、10281437.LOG、10281438.LOGより

図表(3-2-1)5-7　区間３、固定データあり

車両→下位→車両（区間３、固定データ有り）（原数値）　（計算途中値）

	1回	2回	3回	4回	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4
車両処装置送信	0451	0C32	022E	080A	1105	3122	558	2058	4	12	2	8
車側信処部受信	151D	0E18	1058	2335	5405	3608	4184	9013	21	14	16	35
車側信処部送信	152E	0E38	1111	2347	5422	3640	4369	9031	21	14	17	35
信号処理部受信	0E02	5003	9053	CF18	3586	20483	36947	53016	14	80	144	207
信号処理部送信	0E05	5005	9055	CF19	3589	20485	36949	53017	14	80	144	207
下位装置受信	3835	023A	0729	0953	14389	570	1833	2387	56	2	7	9
下位装置送信	3835	023A	0729	0953	14389	570	1833	2387	56	2	7	9
信号処理部受信	0E05	5005	9055	CF19	3589	20485	36949	53017	14	80	144	207
信号処理部送信	0E0B	500B	905B	CF1F	3595	20491	36955	53023	14	80	144	207
車側信処部受信	1537	0E41	111A	234F	5431	3649	4378	9039	21	14	17	35
車側信処部送信	1537	0E41	111A	234F	5431	3649	4378	9039	21	14	17	35
車両処装置受信	0520	000E	0309	083C	1312	3342	777	2108	5	13	3	8

車両→下位→車両（区間３、固定データ有り）（計算結果）

	1回	2回	3回	4回	平均	差	往復時間
車両処装置送信	4810	12500	2460	8100	6968		
車側信処部受信	21290	14240	16880	35530	21985		
車側信処部送信	21460	14560	17170	35710	22225	240	
信号処理部受信	14020	80030	144830	207240	111530		
信号処理部送信	14050	80050	144850	207250	111550	20	
下位装置受信	56530	2580	7410	9830	19088		
下位装置送信	56530	2580	7410	9830	19088	0	0
信号処理部受信	14050	80050	144850	207250	111550		0
信号処理部送信	14110	80110	144910	207310	111610	60	80
車側信処部受信	21550	14650	17260	35790	22313		88
車側信処部送信	21550	14650	17260	35790	22313	0	328
車両処装置受信	5320	13140	3090	8600	7538		570

（計算途中値）

3-1	3-2	3-3	3-4
81	50	46	10
29	24	88	53
46	56	17	71
2	3	83	24
5	5	85	25
53	58	41	83
53	58	41	83
5	5	85	25
11	11	91	31
55	65	26	79
55	65	26	79
32	14	9	60

＊模擬車両処理装置の記録ファイル10281515.LOG、10281517.LOG、10281518.LOG、10281519.LOGより

3．処理余裕度計測データ

図表(3-2-1)5-8　上位装置

処理余裕度（原データ）（上位）

0台（09041637.DATファイル）

	時刻	データ	１０進
1回	16:50:37	9365	37733
2回	16:50:47	9364	37732
3回	16:50:57	9363	37731
4回	16:51:07	9363	37731
5回	16:51:17	9366	37734
平均		9364	37732

2台（09140937.DATファイル）

	時刻	データ	１０進
1回	9:42:28	7437	29751
2回	9:42:38	7489	29833
3回	9:42:48	748B	29835
4回	9:48:16	749D	29853
5回	9:48:36	74A6	29862
平均		7482	29827

6台（09041535.DATファイル）

	時刻	データ	１０進
1回	15:35:27	8948	35144
2回	15:35:37	89AB	35243
3回	15:35:47	898E	35214
4回	15:35:57	89AE	35246
5回	15:36:07	88FB	35067
平均		896E	35183

１２台（09181727.DATファイル）

	時刻	データ	１０進
1回	17:35:56	691F	26911
2回	17:36:06	6904	26884
3回	17:36:15	67AD	26541
4回	17:36:25	68CD	26829
5回	17:36:35	698E	27022
平均		68D5	26837

図表(3-2-1)5-9　中位装置

処理余裕度（原データ）（中位）

0台（09051621.DATファイル、中位０２）

	時刻	データ	１０進
1回	16:37:22	7604	30212
2回	16:37:32	7604	30212
3回	16:37:42	7604	30212
4回	16:37:52	7603	30211
5回	16:38:02	7603	30211
平均		7603	30212

2台（09181734.DATファイル、中位００）

	時刻	データ	１０進
1回	17:58:36	7415	29717
2回	17:58:46	742C	29740
3回	17:58:56	7438	29752
4回	17:59:05	7404	29700
5回	17:59:15	7400	29696
平均		7419	29721

6台（09051621.DATファイル、中位０２）

	時刻	データ	１０進
1回	16:21:27	7074	28788
2回	16:21:37	707E	28798
3回	16:21:47	70A0	28832
4回	16:21:57	70A5	28837
5回	16:22:07	7058	28760
平均		7083	28803

１２台（09181734.DATファイル、中位００）

	時刻	データ	１０進
1回	17:35:53	6CAA	27818
2回	17:36:03	6CE4	27876
3回	17:36:13	6C14	27668
4回	17:36:23	6C91	27793
5回	17:36:33	6CCF	27855
平均		6C9A	27802

図表(3-2-1)5-10　下位装置

処理余裕度（下位）

2台（09181734.DATファイル、下位01）

	時刻	データ	10進
1回	17:58:36	EAF9	60153
2回	17:58:46	EAFF	60159
3回	17:58:56	EAF7	60151
4回	17:59:05	EAF5	60149
5回	17:59:15	EAF5	60149
平均		EAF8	60152

0台（09041637.DATファイル、下位01）

	時刻	データ	10進
1回	16:50:34	EC20	60448
2回	16:50:44	EC23	60451
3回	16:50:54	EC21	60449
4回	16:51:04	EC22	60450
5回	16:51:14	EC23	60451
平均		EC21	60450

12台（09181727.DATファイル、下位01）

	時刻	データ	10進
1回	17:35:53	E62F	58927
2回	17:36:03	E63E	58942
3回	17:36:13	E625	58917
4回	17:36:23	E618	58904
5回	17:36:33	E634	58932
平均		E62C	58924

6台（09051621.DATファイル、下位11）

	時刻	データ	10進
1回	16:21:34	E917	59671
2回	16:21:44	E900	59648
3回	16:21:54	E8FD	59645
4回	16:22:04	E904	59652
5回	16:22:14	E905	59653
平均		E905	59654

図表(3-2-1)5-11　路側信号処理部

処理余裕度（路側信号処理部）

0台（09041637.DATファイル、下位01）

	時刻	データ	10進
1回	16:50:34	701E	28702
2回	16:50:44	701F	28703
3回	16:50:54	701F	28703
4回	16:51:04	701E	28702
5回	16:51:14	701F	28703
平均		701E	28703

2台（09181734.DATファイル、下位01）

	時刻	データ	10進
1回	17:58:36	664F	26191
2回	17:58:46	6656	26198
3回	17:58:56	664C	26188
4回	17:59:05	6651	26193
5回	17:59:15	664B	26187
平均		664F	26191

6台（09051621.DATファイル、下位11）

	時刻	データ	10進
1回	16:21:34	68B5	26805
2回	16:21:44	68BA	26810
3回	16:21:54	68B6	26806
4回	16:22:04	68AC	26796
5回	16:22:14	68A7	26791
平均		68B1	26802

12台（09181727.DATファイル、下位01）

	時刻	データ	10進
1回	17:35:53	64E5	25829
2回	17:36:03	64E6	25830
3回	17:36:13	64DA	25818
4回	17:36:23	64E3	25827
5回	17:36:33	64E9	25833
平均		64E3	25827

図表(3-2-1)5-12　処理余裕度まとめ

処理余裕度（全体）

	0台	2台	6台	12台
上位	37732	29826	35182	26837
中位	30212	29721	28803	27802
下位	60449	60152	59653	58924
信処部	28703	26191	26801	25827

４．ＬＡＮ過負荷時の影響の計測データ

図表(3-2-1)5-13　各条件でのパケット送信数

ブリッジ装置挿入、ＬＡＮ負荷の影響

ブリッジ装置無し（通常）(10291030.DAT)

時刻	区間数	時間
10:30:26	11	0
10:30:42	11	1
10:30:56	11	1
10:31:14	11	0
10:31:22	11	0
10:31:33	11	0
10:31:42	11	1
10:31:56	11	0
平均	11	0.375

ブリッジ装置有り（通常）(10291057.DAT)

時刻	区間数	時間
10:57:46	11	0
10:58:02	11	1
10:58:11	11	0
10:58:22	11	1
10:58:30	11	0
10:58:41	11	0
10:58:50	11	0
10:59:07	11	0
平均	11	0.25

ブリッジ装置無し（ＬＡＮ負荷有り）(10291035.DAT)

時刻	区間数	時間
10:36:09	4	0
10:36:19	8	0
10:36:35	11	1
10:36:55	9	0
10:37:15	5	0
10:37:31	7	0
10:37:47	7	0
10:38:06	5	0
平均	7	0.125

ブリッジ装置有り（ＬＡＮ負荷有り）(10291102.DAT)

時刻	区間数	時間
11:02:16	4	1
11:02:29	4	0
11:02:43	7	0
11:02:55	7	0
11:03:12	8	0
11:03:26	4	1
11:03:40	5	0
11:03:54	11	0
平均	6.25	0.25

図表(3-2-1)5-14　各条件での上位装置余裕度

上位装置処理余裕度（原データ）

	B無負無	B有負無	B無負有	B有負有
1回	6DC7	6DDD	4F43	3E44
2回	6BB7	6BB1	4A5B	409F
3回	7793	6D80	252A	4EBC
4回	6DC7	6B95	01AA	0B67
5回	6B85	6D82	1E3B	061A
開始時刻	10:30:36	10:57:56	10:36:03	11:02:12

（１０進数データ）

	B無負無	B有負無	B無負有	B有負有
1回	28103	28125	20291	15940
2回	27575	27569	19035	16543
3回	30611	28032	9514	20156
4回	28103	27541	426	2919
5回	27525	28034	7739	1562
平均	28383	27860	11401	11424

Ｂ：ブリッジ
負：LAN負荷

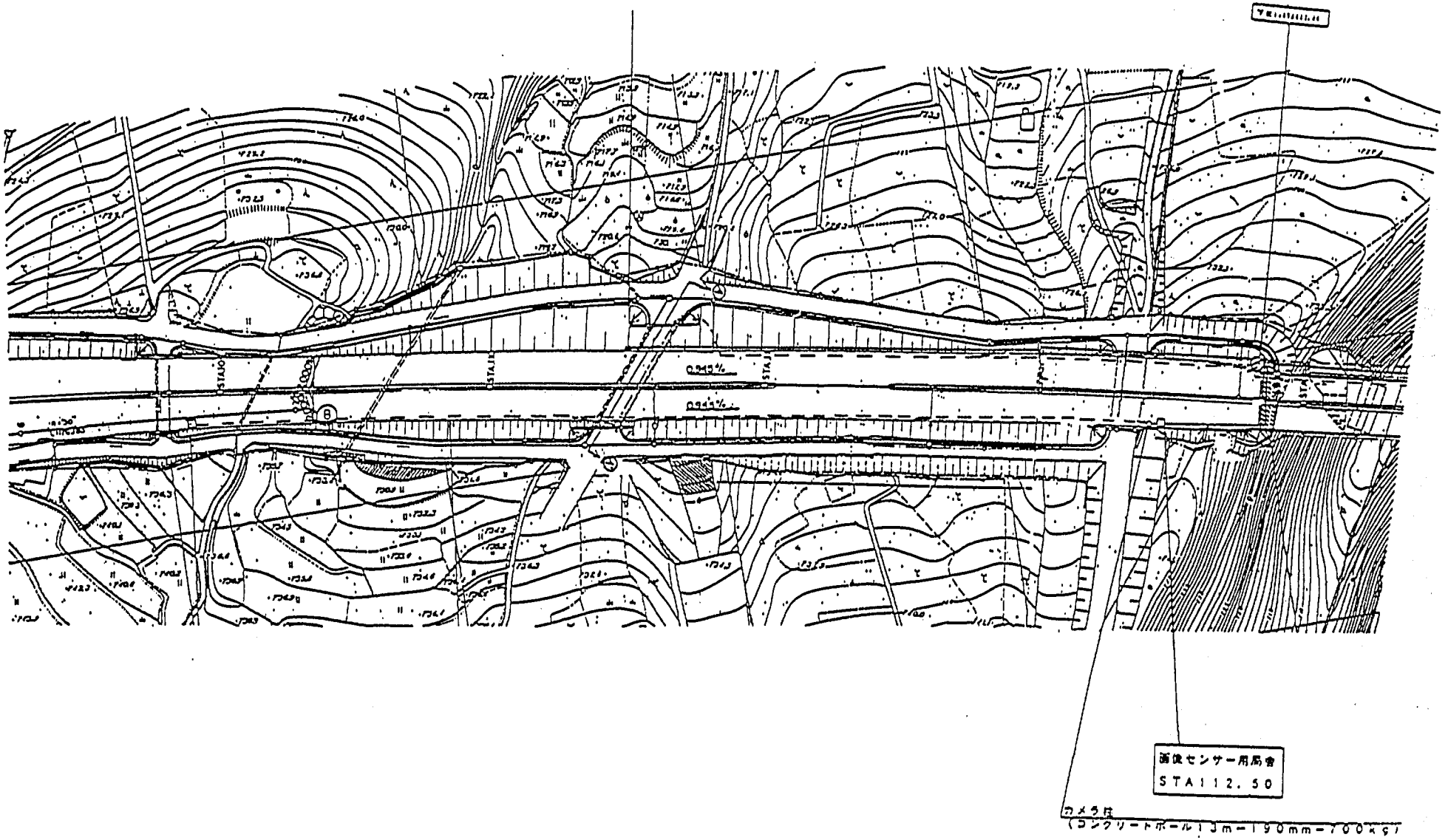
３．２．２　インフラ情報収集装置に関する実験

１）インフラ情報収集装置の概要

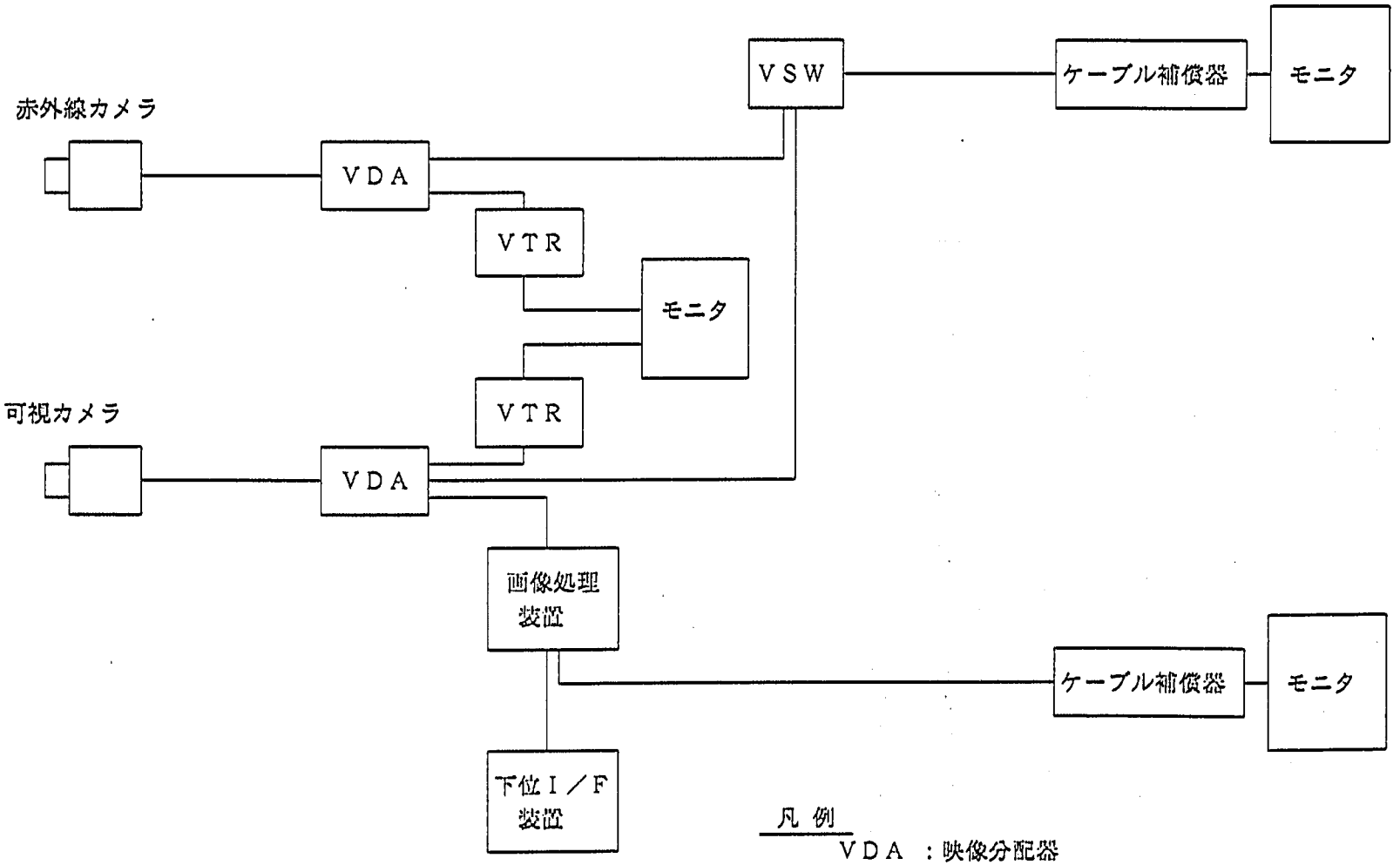
インフラ情報収集装置は、車両の安全走行を支援する目的で走路上の異常情報（事故、渋滞、落下物等）を、カメラからの映像を画像処理することにより自動的に検出する装置である。その情報は下位情報処理装置・ＬＣＸを介して車両に伝達される。

上信越道ＡＨＳ実験におけるインフラ情報収集装置の配置を図表(3-2-2)1-1に、また装置の構成を図表(3-2-2)1-2に示す。

図表(3-2-2)1-1　インフラ情報収集装置の配置



図表(3-2-2)1-2　インフラ情報収集装置の構成



2）評価実験内容

（1）車両への異常事象情報伝送時間の検証

画像センサによる異常事象の自動検出時間、及び車両へ情報が提供されるまでの時間を検証し、ＡＨＳにおける前方道路危険警告機能の有用性について評価する。

（2）実道路環境下での性能検証

画像センサ（カメラ種類含む）の性能は交通流、明るさ、天候、検出物の大きさ・位置、等々の影響を受ける。

本実験では、上信越道供用開始前区間であるため実交通流下での性能評価はできないが、下記に示す性能の検証を行う。

①対向車両存在時、特に夜間対向車ライト点灯時の性能検証

②薄暮時の性能検証

3）車両までの異常事象情報伝送時間の検証

（1）実験概要

インフラ情報収集装置で、異常事象の自動検出から車両へ情報が提供されるまでの時間を計測し、ＡＨＳにおける前方道路危険警告機能の有用性について評価する。

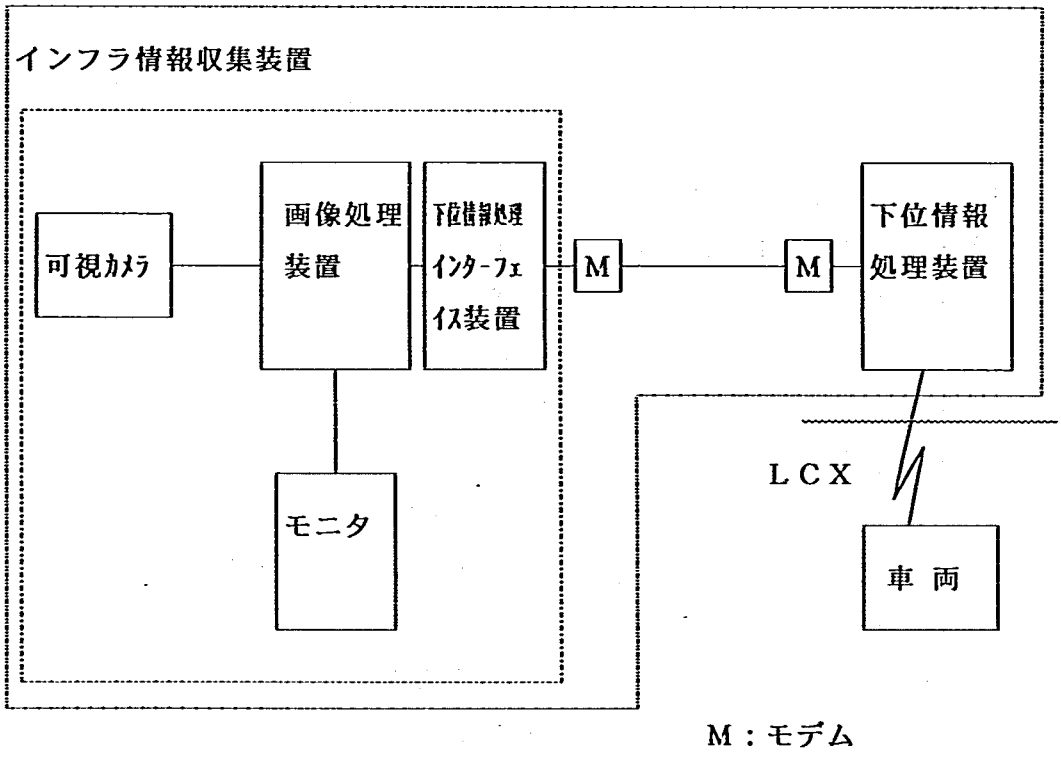
なお、異常事象の自動検出時間は平成７年度に土研テストコースに設置した実験施設でのデータを、下位情報処理装置から車両への伝送時間は通信制御班での測定データを使用する。

（2）実験方法

①実験機器構成

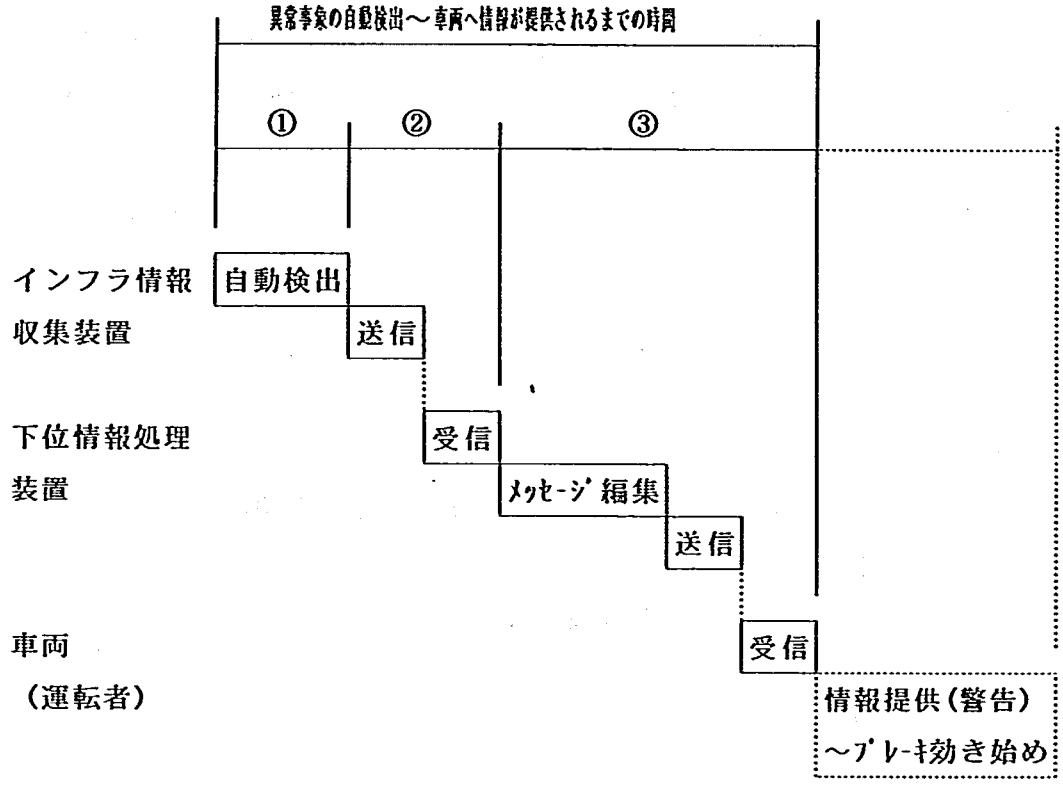
実験時の機器構成を図表(3-2-2)3-1に、動作タイミングチャートを図表(3-2-2)3-2に示す。

図表(3-2-2)3-1　実験時の機器構成



図表(3-2-2)3-2　動作タイミングチャート

[上位装置→車両装置→上位装置の場合]



②インフラ情報収集装置仕様

a)下位情報処理インターフェイス装置

ｱ)ＣＰＵ　　：ｉ286

ｲ)メモリ　　：８MB

ｳ)入力装置　　：キーボード

ｴ)補助記憶装置

固定ディスク　　：内蔵300MB以上

フロッピーディスク：3.5インチFDD、１ドライブ

ｵ)インターフェイス仕様

1.伝送方式　　：４線式全２重調歩同期式

2.伝送速度　　：9600bps

3.信号方式　　：RS232C

4.インターフェイス情報

図表(3-2-2)3-3　インフラデータ

STX	ID	SIZE	ST1	ST2	事象データ1 (1事象分) 10バイト	事象データ2 (1事象分) 10バイト	18	ETX	BCC

事象データは最大18事象とする。

・ＳＴ１：カメラ(ｉ)対応部ビット '1'で画像処理装置(ｉ)異常

・ＳＴ２：カメラ(ｉ)対応部ビット '1'で映像信号(ｉ)断

・事象データ

基準キロポスト

基準からの距離

事象種類　　：停止／落下物／渋滞

発生、解消／車線数

発生車線　　：１／２／３

時分秒

b)画像処理装置

ｱ)処理カメラ数　　：２

ｲ)画像処理サイクル　　：約200msごと

ｳ)検知事象と判定時間

図表(3-2-2)3-4　検出範囲と判定時間

事　象	検出範囲	判定時間(秒)
停止車両	80m	2
落下物	—	4

③下位情報処理装置、車両間通信仕様

a)周波数　　2.5GHz帯

b)変調方式　　GMSK

c)双方向通信

d)伝送速度　　512Kbps

④伝送時間計測方法

a)インフラ情報収集装置の異常事象自動検出時間

画像処理装置における停止車両判定時間‘２秒’を用いる。

b)インフラ情報収集装置から下位情報処理装置への伝送時間

伝送速度から算出する。

c)下位情報処理装置から車両への伝送時間

通信制御班での測定データを流用する。

参考までに、通信制御班での計測方法を以下に示す。

計測方法（参考）

ｱ)タイムスタンプを各装置で打刻できる、計測用パケットを送受信し模擬車両処理装置に記録する。

ｲ)模擬車両処理装置で記録した情報、車両→下位情報処理装置→車両の往復時間に１/２を乗算し、片方向のデータを算出する。

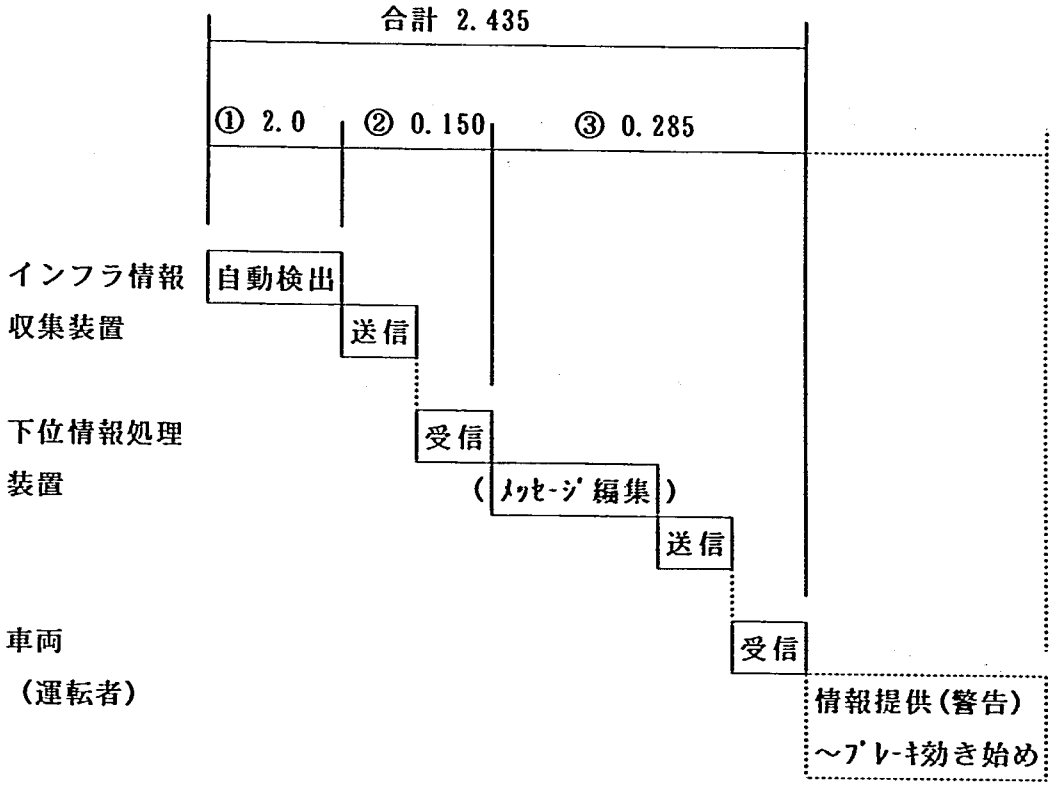
（３）結果

異常事象の自動検出から車両へ情報が提供されるまでの計測結果（時間）を図表(3-2-2)3-5に、動作時間を図表(3-2-2)3-6に示す。

図表(3-2-2)3-5　計測結果

No	計 測 項 目	計測時間（秒）
①	異常事象の自動検出（事象発生～検出）	2.0
②	インフラ情報収集装置 ～下位情報処理装置	0.150
③	下位情報処理装置 ～車両	0.285
合　計		2.435

図表(3-2-2)3-6　動作タイミングチャート



（4）考察

今実験施設における、事象の自動検出から車両に危険警告情報を提供するまでの所要時間は、約2.5秒である。

車両への異常情報伝送時間（約2.5秒）＜車頭時間（2.88秒）より有効であると判断する。

ここで、車頭時間は、２方向２車線道路の基本交通容量は往復合計で2500台/h（道路の交通容量）から次式により2.88秒と仮定した。

時間当たり、１車線；1250台

3600(sec)/1250=2.88(sec)

4）実道路環境下での性能検証

（1）実験概要

上信越道に設置したインフラ情報収集装置（画像センサ）で、夜間対向車ライト点灯時、及び薄暮時の可視カメラ映像を収録、その映像をオフラインで画像処理し検出性能について評価する。

（2）映像収録場所

上信越道上りSTA112.5Kp地点（小諸ＩＣ～東部ＩＣ間）

（3）映像収録期間

96年10月16日（水）、17日（木）

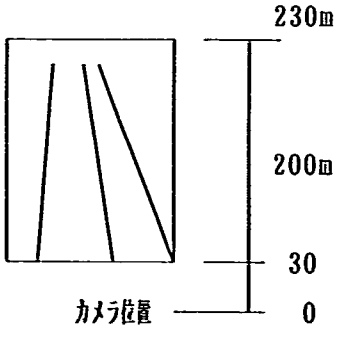
（4）実験方法

①映像収録環境

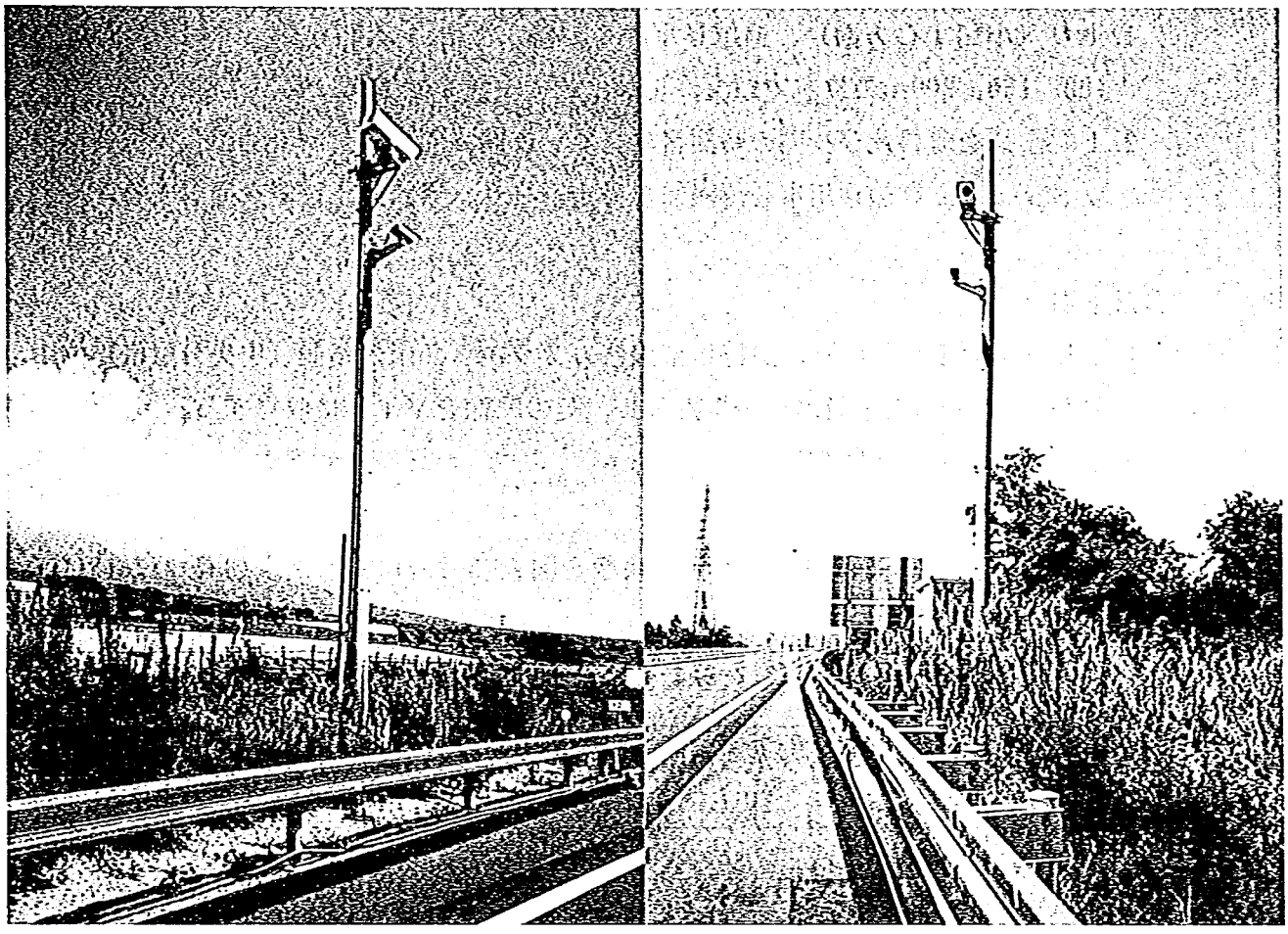
a)カメラ仕様

カメラ仕様は図表(3-2-2)4-1に、設置姿を図表(3-2-2)4-2に示す。

図表(3-2-2)4-1　カメラ仕様（可視）

仕　　様	カメラ（可視）
撮像素子	1/2インチCCD
レンズ	f＝8～48mm ｵｰﾄｱｲﾘｽ6倍手動ｽﾞｰﾑ
設置高さ	9.0m
撮像範囲	

図表(3-2-2)4-2　カメラ設置姿



b)天候

晴れ

c)時間帯

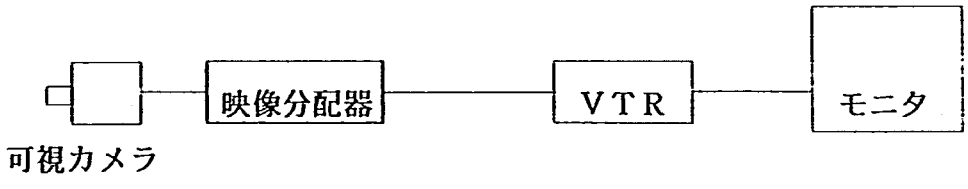
薄暮、夜間

②映像収録方法

a)機器構成

映像収録時の機器構成を図表(3-2-2)4-3に示す。

図表(3-2-2)4-3　映像収録時の機器構成



b)映像収録手順

ア)停止車両

1. 上り（小諸ＩＣ方面）、追越し車線を、白系乗用車を走行させカメラから50、100、150、200mの位置で順次停止し、その映像をＶＴＲに収録する。
2. 上記作業を薄暮及び夜間の時間帯に行う。夜間時間帯は対向、追越し車線にヘッドライト点灯の乗用車を待機または走行させ、当該停止位置を照射する。

イ)落下物

1. 上り（小諸ＩＣ方面）、追越し車線、カメラから40mの路側（中央分離帯）位置から40cm³の白系段ボールを投入し、その映像をＶＴＲに収録する。
2. 上記作業を薄暮時間帯に行う。

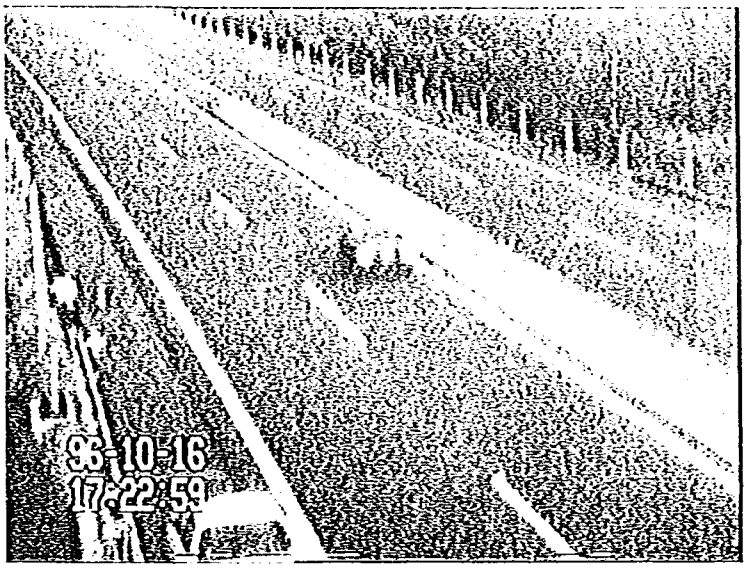
評価映像を図表(3-2-2)4-4に、入力映像を図表(3-2-2)4-5～図表(3-2-2)4-15に示す。

図表(3-2-2)4-4　評価映像一覧

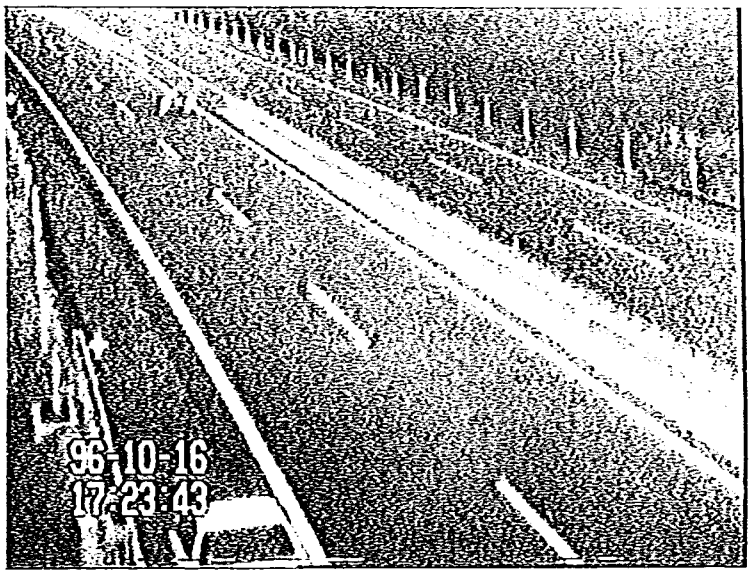
事　象	明るさ	カメラからの距離（m）	対向車ライト有無、条件	入力映像
停止車両	薄暮	50	無	図表(3-2-2)4-5
		100	無	図表(3-2-2)4-6
		150	無	図表(3-2-2)4-7
		200	無	図表(3-2-2)4-8
	夜間	50	無	図表(3-2-2)4-9
			ハイビーム	図表(3-2-2)4-10
			ロービーム	図表(3-2-2)4-11
		１００	無	＊１
			ハイビーム	＊１
			ロービーム	図表(3-2-2)4-12
		１５０	無	＊１
			ハイビーム	＊１
			ロービーム	図表(3-2-2)4-13
		２００	無	＊１
			ハイビーム	＊１
			ロービーム	図表(3-2-2)4-14
落下物	薄暮	４０	無	図表(3-2-2)4-15

＊１.100、150、200m地点の夜間対向車ライト無し、及び対向車ライトハイビーム時の映像は、映像収録時のモニタ確認結果、それぞれの地点の対向車ライトがロービーム時の映像と殆ど同様だったため、評価対象外とした。

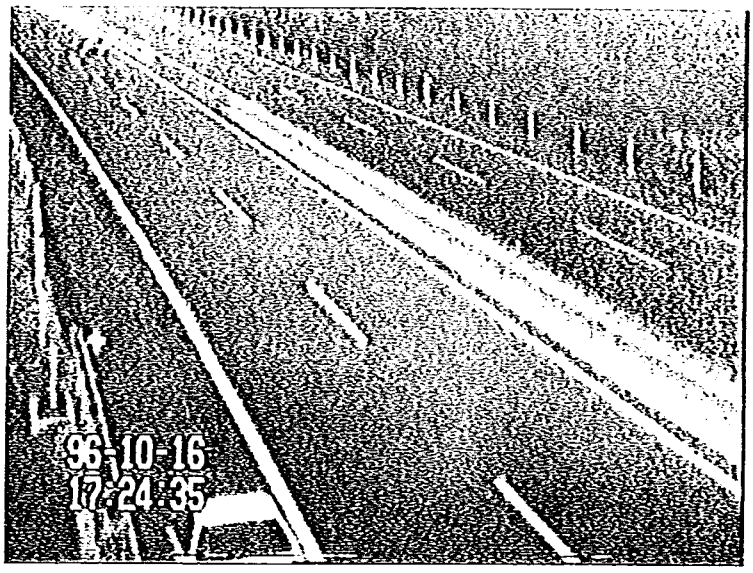
図表(3-2-2)4-5　薄暮　50m地点停止状況



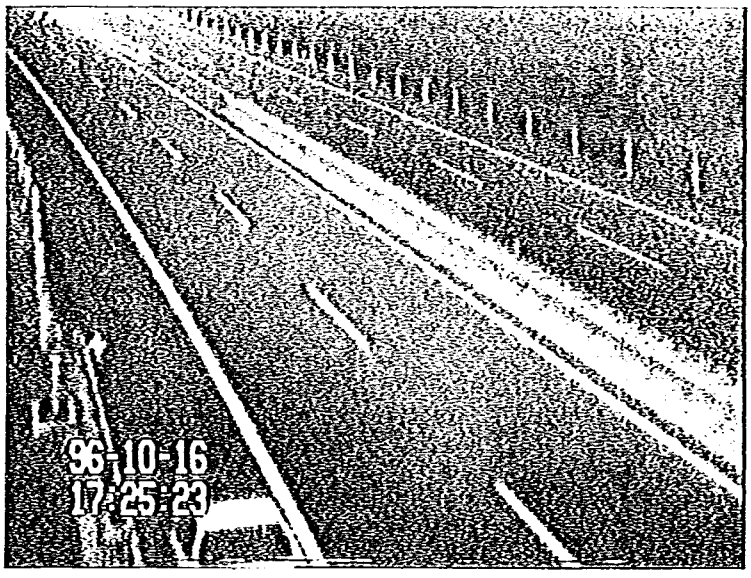
図表(3-2-2)4-6　薄暮　100m地点停止状況



図表(3-2-2)4-7　薄暮　150m地点停止状況



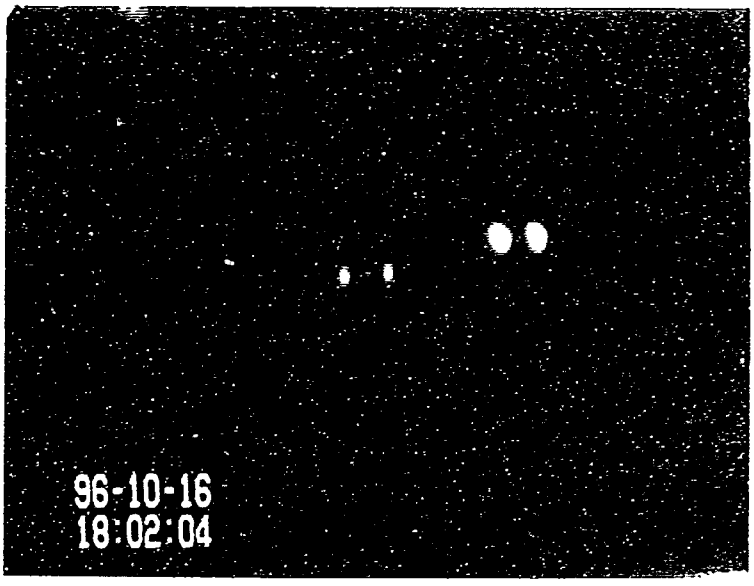
図表(3-2-2)4-8　薄暮　200m地点停止状況



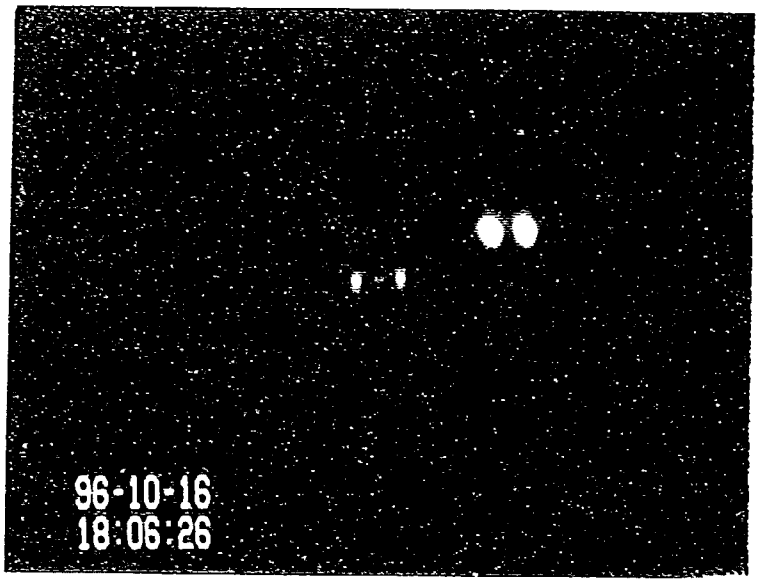
図表(3-2-2)4-9　夜間　対向車ライト無し 50m地点停止状況



図表(3-2-2)4-10　夜間 対向車ライトハイビーム 50m地点停止状況



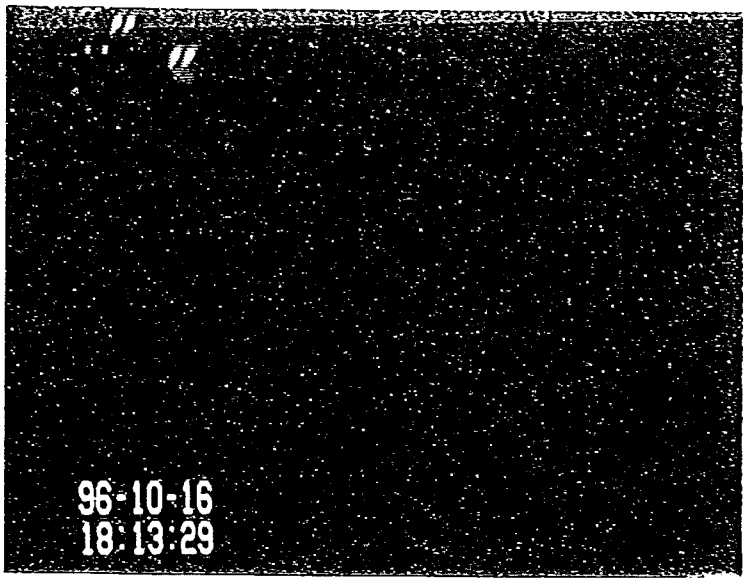
図表(3-2-2)4-11　夜間 対向車ライトロービーム 50m地点停止状況



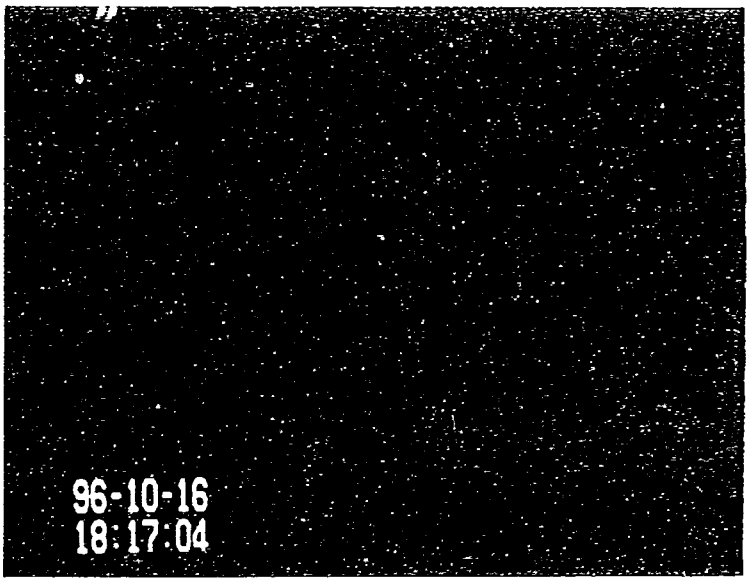
図表(3-2-2)4-12　夜間 対向車ライトロービーム100m地点停止状況



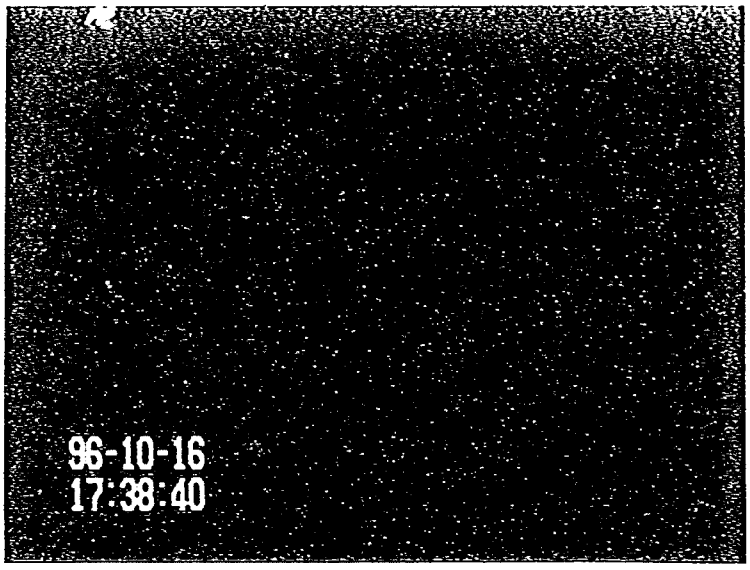
図表(3-2-2)4-13　夜間 対向車ライトロービーム 150m地点停止状況



図表(3-2-2)4-14　夜間 対向車ライトロービーム 200m地点停止状況



図表(3-2-2)4-15　薄暮 40m地点落下物状況



（５）評価、解析方法

①評価内容

a)夜間、対向車ライト点灯時の性能評価

可視カメラ映像での夜間時の対向車ライト（ハイ／ロービーム）の映り込みによる停止車両検出への影響について評価する。

ｱ)50m地点における対向車ライト無点灯／ロービーム／ハイビーム時の停止車両検出の可否を判定する。

ｲ)100、150、及び200m地点における対向車ライトロービーム時の停止車両検出の可否を判定する。

b)薄暮時の性能評価

可視カメラ映像での薄暮時の停止車両、落下物検出の性能評価を行う。

ｱ)停止車両検出

50、100、150、200m地点における停止車両検出の可否を判定する。

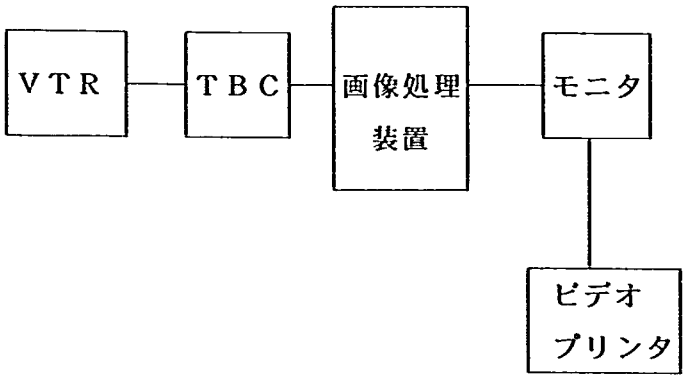
ｲ)落下物検出

40m地点における落下物検出の可否を判定する。

②解析機器構成

評価、解析時の機器構成を図表(3-2-2)4-16に示す。

図表(3-2-2)4-16　評価、解析機器構成



（6）結果

①夜間、対向車ライト点灯時の評価結果

評価結果を図表(3-2-2)4-17に示す。

図表(3-2-2)4-17　夜間、対向車ライト点灯時の評価結果一覧

事　象	ｶﾒﾗからの距離(m)	対向車ライト有無、条件	評価結果	備　考
停止車両	50	無	○	
		ハイビーム	○	
		ロービーム	○	
	100	無	－	
		ハイビーム	－	
		ロービーム	○	
	150	無	－	
		ハイビーム	－	
		ロービーム	○	
	200	無	－	
		ハイビーム	－	
		ロービーム	○	

凡例

○：検出可

×：検出不可

－：評価対象外

②薄暮時の評価結果

評価結果を図表(3-2-2)4-18に示す。

図表(3-2-2)4-18　薄暮時の評価結果一覧

事 象	ｶﾒﾗからの距離 (m)	評価結果	備　考
停止車両	50	○	
	100	○	
	150	○	
	200	×	*1
落下物	40	×	

凡例

○ ：検出可

× ：検出不可

(*1) 200m地点における停止車両検出不可

映像信号としては認識できるが、ノイズなのか障害物なのか、障害物の場合でも停止車両なのか落下物なのか、の判定が困難なため検出不可とした。

(7) 考 察

①夜間、対向車ライト点灯時の検出について

a)ブレーキランプが点灯しているため全パターンについて検出できた。テールランプが点灯している状態では停止車両の検出は可能である。

b)今回の実験では、

・50m地点ではロービーム、ハイビームともに対向車ライトの影響は殆ど受けていない。

・100、150、200m地点においても対向車ライトロービームの影響を殆ど受けていない。

②薄暮時の停止車両、落下物検出について

a)停止車両

ア)車両を認識するための手掛かりとして路面とのコントラスト差（輝度差）が重要な要因となるが、今回の実験ではブレーキランプが点灯しているため200m地点を除いて検出できた。

イ)無点灯時、特に50m以上の遠方ではコントラスト低下により十分な特徴量が得られないため、車両認識が不安定になった。

b)落下物

ア)特徴量が得られず認識できなかった。

認識するための手掛かりとして路面とのコントラスト差（輝度差）が重要な要因となるが、今回の実験では薄暮の中でも遅い時間帯となったため夜間ともいえる状態であった。このため、路面との輝度差が殆どない状態であり、検出は不可能だった。

イ)落下物の検出では、街路灯等の照明が必要である。

4章　AHS開発のための基礎検討、実験項目

4．1　各種道路交通状況把握のための基礎実験

4．1．1　画像センサによる道路、交通状況把握のための各種事象把握実験

1）渋滞監視

（1）渋滞監視の目的

渋滞監視の高精度化、1センサ当たりの計測範囲拡大を目的に、平成7年度に引き続き以下の点について技術的見通しを得ることを目的とした。

・カメラの映像から渋滞そのものを計測し、渋滞の発生と解消を検出する。
・渋滞の発生、解消を検出可能な最大距離を見極める。
・1台のカメラの撮影範囲を超えるような渋滞は、複数のカメラ（カメラ間リンク）を用いて計測する方法を検討する。

（2）実験

①実験の目的

カメラからの映像を画像処理し、渋滞の発生／解消検出、ならびに検出範囲(距離)を検証するために、一般国道の画像を用いて判定アルゴリズムの検討を行うことを実験の目的とした。平成8年度は平成7年度実験との比較の観点で対象画像は平成7年度収録の同じ画像を用いた。

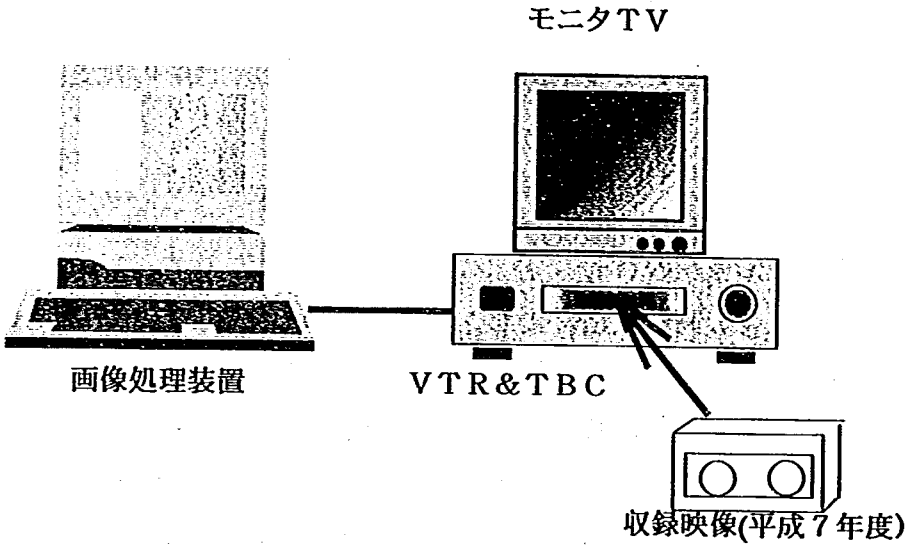
②実験の手順

・判定アルゴリズムの検討と検証
・まとめ

③評価方法

a)評価システム機器構成

図表(4-1-1)1-1　システム機器構成図



b)評価項目

ｱ)渋滞発生と解消を検知するアルゴリズム検討と評価

ｲ)真値評価

ｳ)渋滞計測手法の組み合わせ評価

ｴ)カメラ間リンク、夜間時評価

c)アルゴリズム

ｱ)走行車両の個体速度ならびに５分間の平均速度を計測し、基準値以下の場合を渋滞と判定する。

ｲ)30m毎の領域単位に上記速度を計測し、渋滞か否かを計測する。

ｳ)領域単位の速度変化を判定し、渋滞の発生または解消とする。

ｴ)計測精度向上のために占有率、交通量(台数) と組み合わせる。

④実験結果

a)渋滞の発生／解消は、計測領域単位の平均速度の変化を判定することにより検知可能の見通しを得ることが出来た。
精度的にはカメラから前方120mまでが望ましい。

b)カメラ間リンクについては、計測精度の観点で120mが望ましい。

c)渋滞長の計測については、平均速度から求めた渋滞末尾(渋滞判定をした最終領域）の検出により30m単位の計測が可能である見通しを得た。

d)夜間については、車両のテールランプをとらえることで車両検出の精度は昼間より高い。そのために速度計測精度も昼間より高い。

e)薄暮、豪雨、降雪時はコントラストが悪い、テールランプのＯＮ／ＯＦＦがあるなどの理由で検出精度は昼間、夜間に比べると落ちる可能性が高い。(机上検討結果)

（３）考察

①渋滞については計測の可能性の見通しを得ることができたが、計測範囲の延長については計測結果に補正値を掛けることで算出は可能である。ただし、計測精度については更なる検証が必要と考える。

②占有率、交通量(台数）との組み合わせについては占有率との組み合わせは精度向上の観点で良い組み合わせである。しかし交通量との組み合わせについては車両の重なりが要因で精度向上は得られないと判断した。交通量計測による渋滞の発生解消ならびに渋滞長計測は相応しくないと考える。

③本実験では、車両を後方から追跡し速度、占有率により渋滞計測を行ったが、渋滞長計測の観点では、車両を前方からとらえる待ち行列計測手法との精度比較を行ってみる価値はあると考える。

④今後については、気象条件、季節による精度検証が必要であると考える。これについては１年間の試験運用等の方法で進める事を提案したい。

2）落下物

（1）目的

本実験は、画像センサによる落下物検出について、落下物の形状、大きさ、道路面と落下物との輝度差をパラメータとし、カメラから落下物までの距離との相関を調べる。本実験により現状の画像センサによる落下物検出性能を把握する上での目安や今後の画像センサ装置及びインフラセンサシステムの開発指針の参考となるデータを得ることを目的とする。

（2）実験方法

①手順

・建設省土木土木研究所殿のテストコース上に設置されている可視カメラ、低照度カメラ（夜間のみ対象）により、テストコース上に落下物を発生させた時の映像を録画する。

・録画した映像を各社工場へ持ち帰り、画像処理装置により解析を行う。

②画像データ取得

a)日　時：平成９年１月９日　10:00～19:30

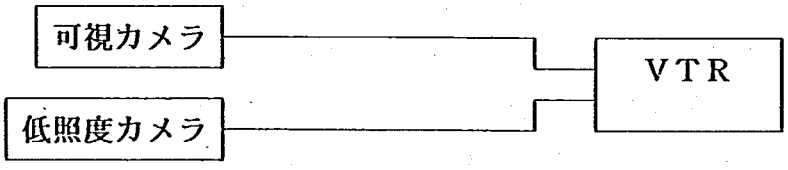
b)場　所：建設省土木研究所テストコース　ＬＣＸ区間９内

c)天　候：晴れ

d)撮影条件

ｱ)機器構成

図表(4-1-1)2-1　機器構成図

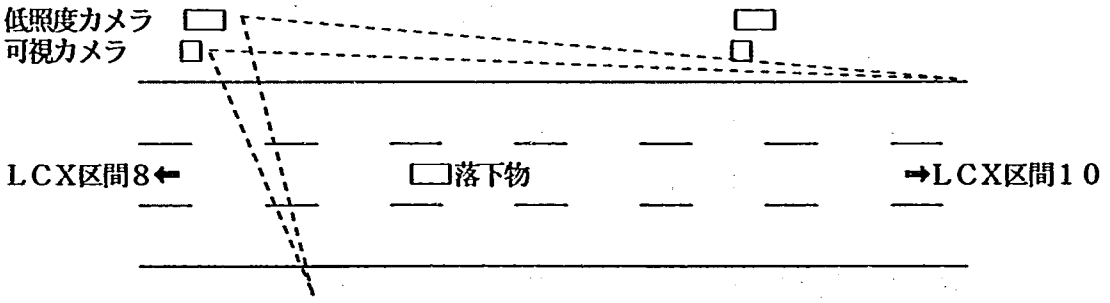


ｲ)カメラ設置諸元

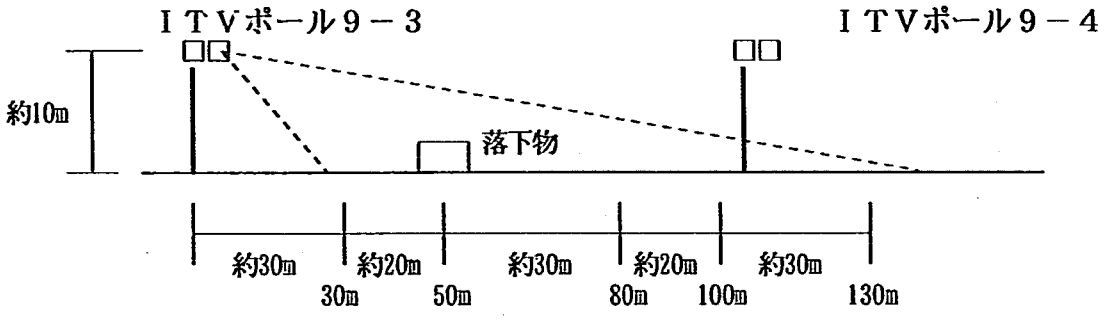
1. 設置位置

本実験において使用したカメラは、ＩＴＶポール9-3に設置されているＣＣＴＶカメラ（可視カメラと低照度カメラ）であり、設置諸元は次のとおり。

図表(4-1-1)2-2　カメラ設置上面図



図表(4-1-1)2-3　カメラ設置側面図



2. 設置方法

固定設置（可視カメラ、低照度カメラともに）

なお、可視カメラと低照度カメラの撮像範囲、撮像画面に写る物体等の画面上の位置は、ほぼ同一である。

ｳ)機器仕様

1. 可視カメラ

a. カメラ本体

・カラーＴＶ方式　：ＮＴＳＣ方式準拠

・撮像素子　：１／２インチＣＣＤ固体撮像素子

総画素数　：約41万画素(811(H)×508(V))

有効画素数：約38万画素(768(H)×494(V))

・走査方式　：２：１インターフェイス

・信号出力　：1.0Vp-p　75Ω不平衡

・解像度　：水平480ＴＶ本

垂直350ＴＶ本

・最低被写体照度　：1.8ルクス（Ｆ1.2、3200K)

・Ｓ/Ｎ　：48dB以上

・ＡＧＣ　：ＯＮ/ＯＦＦ設定可能。

b. レンズ

・焦点距離　：８～48㎜（６倍手動ズーム)

・絞り　：Ｆ1.0～Ｆ720、オートアイリス

有効画素数：約38万画素(768(H)×494(V))

・走査方式　：２：１インターフェイス

・信号出力　：1.0Vp-p　75Ω不平衡

・解像度　：水平480ＴＶ本

垂直350ＴＶ本

・最低被写体照度　：1.8ルクス（Ｆ1.2、3200K)

c. カメラケース

：屋外型、ファン・ヒータ・デフロスタガラス付

2. 低照度カメラ

a. カメラ本体　：可視カメラと同じ

b. レンズ　：可視カメラと同じ。

c. 低照度ＴＶカメラアダプター

カメラ本体とレンズの間に搭載し、レンズから入力される映像を電子的に倍増する。

・利得　　：max. 65000～85000（自動調整）

・解像度　　：330本（照度：10^{-2}ルクス時）

・最低照度　　：10^{-4}ルクス（解像度：100本）

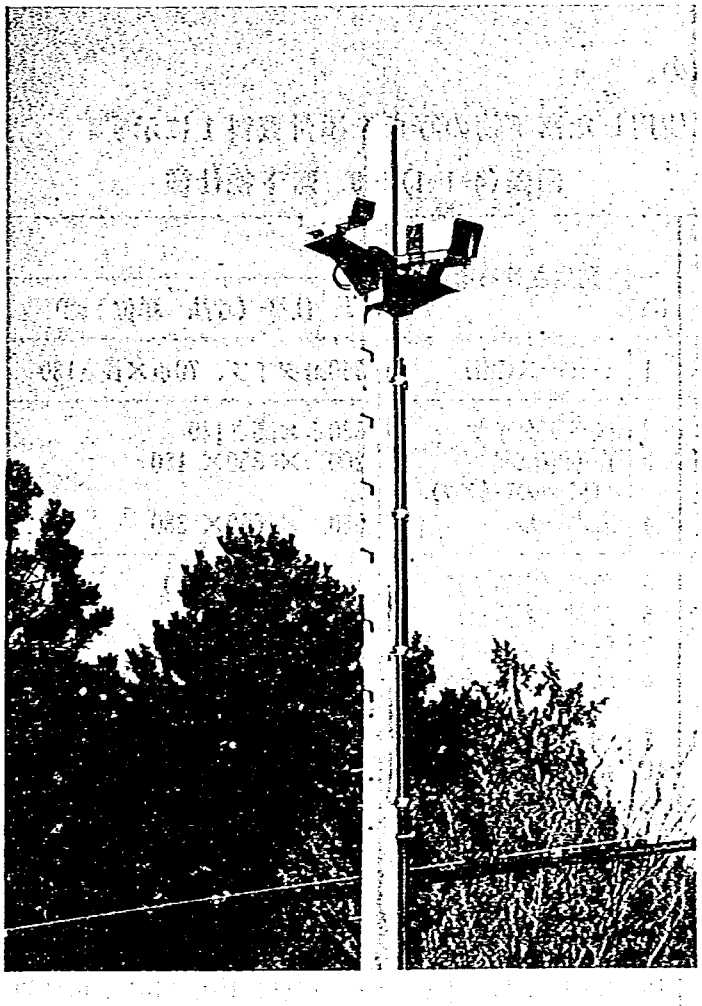
d. カメラケース　　：可視カメラと同じ。

3. ＶＴＲ

a. 形態　　：液晶ディスプレイ付ホームビデオカメラ

b. 記録媒体　　：Hi８ビデオテープ

図表(4-1-1)2-4　カメラ外観



I)落下物

1. 落下物の発生位置

a. 道路走行方向　　：カメラ直下より約30、50、80、100、130mの各ポイント。（図表(4-1-1)2-3参照）

b. 道路横断方向　　：第２走行車線中央（図表(4-1-1)2-2参照）

2. 落下物仕様

本実験で使用した落下物を次に示す。

なお、落下物の選定については、図表(4-1-1)2-6を参考に次の判断基準で行った。

a. 発生頻度の高いもの。

b. 発生実績のある落下物をなるべく多く使用する。

c. 手配可能なもの。

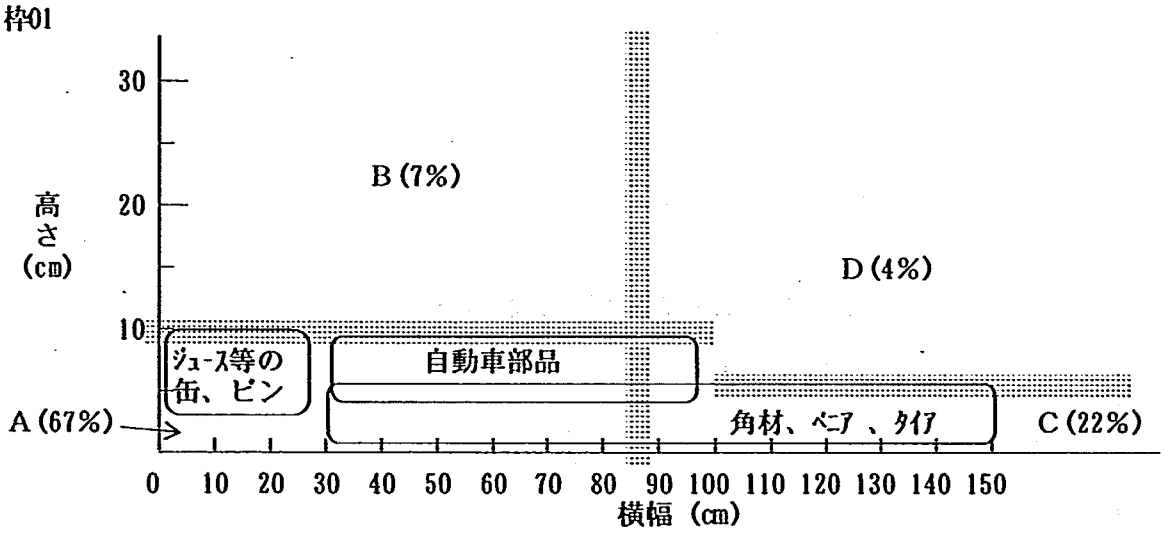
また、実際に使用した落下物の写真を添付資料１に示す。

図表(4-1-1)2-5　落下物仕様

外観上の分類			No.	発生させる落下物	仕様（寸法　単位：mm）
有形	立体	小型	1	ジュースの缶	350mlタイプ、70φ×長さ130
		中、大型	2	スペアタイヤ	530φ×高さ130
			3	自動車部品（ﾄﾗｯｸのﾃｰﾙﾗﾝﾌﾟ）	200　×　330×　150
			4	段ボール	550　×　650×　380
		細長い	5	角材（横置き）	40　×　80×　780
			6	角材（縦置き）	〃
			7	鉄パイプ（横置き）	30φ×1,100
			8	鉄パイプ（縦置き）	〃
	平面タイプ		9	ベニア板	920　×1830×厚さ 4
			10	金属板	310　×　870×厚さ 8
無形			11	毛布	1,300　×　1,740
			12	ビニールシート	3,600　×　5,400
			13	ロープ	10φ×10,090
			14	ジャンパー	0サイズ
その他			15	発砲スチロール２個	180×500×160、210×180×200

《参　考》

図表(4-1-1)2-6　主な落下物の大きさの分類



B域：　自動車が避走するもの。

D域：　視認識することにより、制動停止するもの。

A域：　自動車が跨いで通過できるもの。

C域：　自動車が跨ぐか、踏んで通過するもの。

参考：「路上落下物による交通事故実態と落下物調査結果」（日本道路公団殿がH７．８．29インフラ 作業班にて提出）を参考に本図を作成。

3. 落下物の発生方法

a. 本実験は「画像センサによる落下物検出について、落下物の形状、大きさ、道路面と落下物との輝度差をパラメータとし、カメラから落下物までの距離との相関を調べる。」ことが目的であることから、次の方法で落下物を発生させた。

・道路上に人が置く。（対象落下物：全部）

・細長いものは、横置き、縦置きの両方を実施。（対象落下物：№５～８）

［理由］　横置きと縦置きでは画面上に占める面積が大きく異なるため。

また、参考として一部の落下物については、次の方法でも実施した。

・走行中の車から落下させる。（対象落下物：No. 1, 3, 5, 6, 14, 15）

・車両停止し落下物を置いて車両は走り去る。（対象落下物：№１）

4. 収録時間帯と使用カメラ

夜間の照明の無い状態においては、可視カメラでは落下物の撮像は不可能であるため、低照度カメラでのみ撮影した。

（「インフラセンサ（画像）実験結果報告書」（Ｈ５年度実施）による）

また、低照度カメラは夜間等の低照度状態での使用を目的とした仕様（昼間等の照度状態で使用すると極端に寿命が短くなる）であるため昼間の撮影は可視カメラのみとした。

図表(4-1-1)2-7　収録時間帯と使用カメラ

	昼間（晴れ）	夜間（晴れ）
可視カメラ	11:40～16:30	――――――
低照度カメラ	――――――	17:30～19:00

ｵ)ビデオテープのボリューム構成

収録したビデオテープのボリューム構成を次に示す。

図表(4-1-1)2-8　ビデオテープボリューム構成

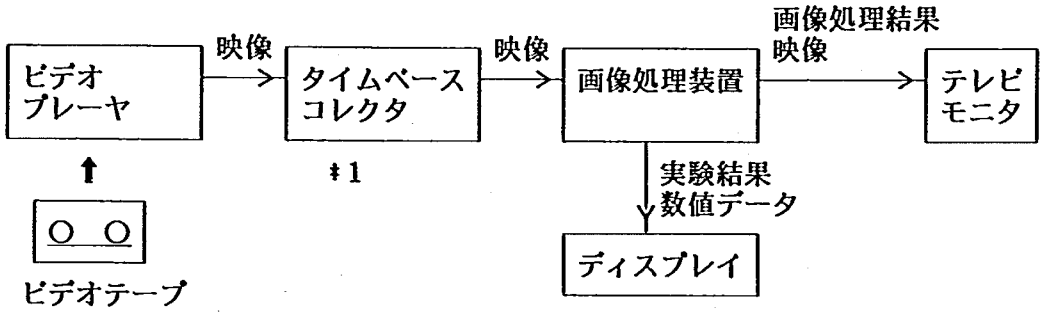
ボリュームNo	使用カメラ	使用した落下物No	落下物の発生方法		備　考
			ITV ポールからの距離	置き方	
VOL 1	可視カメラ	1～15	30m 50m 80m 100m	道路上に人が置く	
VOL 2	可視カメラ	1～15	130m	道路上に人が置く	
VOL 3	低照度カメラ	1～15	30m 50m	道路上に人が置く	
VOL 4	可視カメラ	1、3、5－6、14,15	30m 50m	走行中の車両から落下させる。 注)No.1のみ車両停止し落下物を置き走り去る	

③画像解析

a)機器構成

画像解析を行った機器構成を次に示す。

図表(4-1-1)2-9　画像解析機器構成



＊1：ＶＴＲ映像の同期を調整するために使用。

b)画像処理装置仕様

ｱ)処理形態　　：白黒処理（各画素の濃淡による処理）

ｲ)処理画素数　：320（H）×240（V）

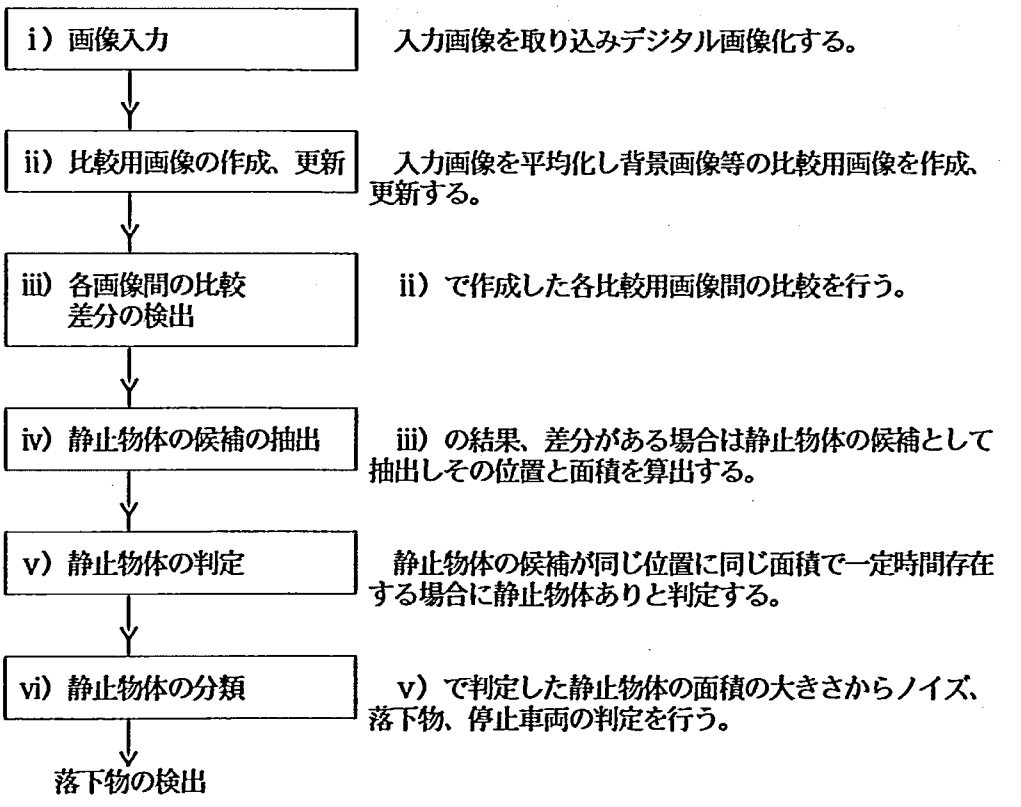
ｳ)処理速度　　：200ms

ｴ)入力映像　　：ＮＴＳＣコンポジット

ｵ)入力信号　　：1.0Vp-p 、75Ω不平衡

ｶ)画像処理アルゴリズム

：以下に落下物検出の画像処理アルゴリズムの概要を示す。



（３）実験結果

画像解析結果を以下に示す。

図表(4-1-1)2-10　画面解析結果（可視カメラ・30m・人が置く）

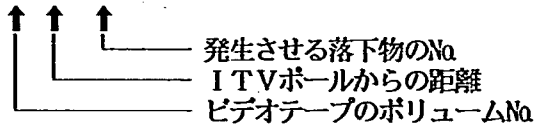
事象№	テープカウンタ	落下物	ＶＴＲの目視での状態色、背景との差の有無	差分面積(*)	検出結果
1−30− 1	0:02:52	ジュース等の缶	灰色、　差なし	11	落下物
1−30− 2	0:04:25	スペアタイヤ	黒　、差あり	89	落下物
1−30− 3	0:06:00	自動車部品	黒　、差あり	87	落下物
1−30− 4	0:07:29	段ボール	白　、差あり	339	落下物
1−30− 5	0:09:08	角材（横置き）	白　、差あり	78	落下物
1−30− 6	0:10:48	角材（縦置き）	白　、差あり	33	落下物
1−30− 7	0:12:45	鉄パイプ（横置き）	灰色、　差なし	29	落下物
1−30− 8	0:14:32	鉄パイプ（縦置き）	灰色、　差なし	26	落下物
1−30− 9	0:16:31	ベニア板	白　、差あり	418	落下物
1−30−10	0:18:26	金属板	白　、差あり	110	落下物
1−30−11	0:20:03	毛布	白　、差あり	231	落下物
1−30−12	0:21:52	ビニールシート	白　、差あり	778	落下物
1−30−13	0:23:42	ロープ	灰色、　差なし	9	落下物
1−30−15	0:25:35	発砲スチロール２個	白　、差あり	138	落下物
1−30−14	0:28:01	ジャンパー	黒　、差あり	105	落下物

↑ ↑ ↑
- 発生させる落下物の№
- ＩＴＶポールからの距離
- ビデオテープのボリューム№

＊：　画素数で示す。但しＩＴＶポールからの距離による補正演算後の値を示す。

図表(4-1-1)2-11　画面解析結果（可視カメラ・50m・人が置く）

事象No.	テープカウンタ	落下物	VTRの目視での状態 色、背景との差の有無	差分面積(*)	検出結果
1−50− 1	0:30:19	ジュース等の缶	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−50− 2	0:31:57	スペアタイヤ	黒 、差あり	80	落下物
1−50− 3	0:33:39	自動車部品	黒 、差あり	89	落下物
1−50− 4	0:35:18	段ボール	白 、差あり	449	落下物
1−50− 5	0:36:58	角材（横置き）	白 、差あり	81	落下物
1−50− 6	0:38:37	角材（縦置き）	白 、差あり	44	落下物
1−50− 7	0:40:13	鉄パイプ（横置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−50− 8	0:41:48	鉄パイプ（縦置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−50− 9	0:43:28	ベニア板	白 、差あり	376	落下物
1−50−10	0:45:07	金属板	白 、差あり	144	落下物
1−50−11	0:46:47	毛布	白 、差あり	381	落下物
1−50−12	0:48:34	ビニールシート	灰色、　差なし	930	NG（落下物の判定が残る）
1−50−13	0:50:14	ロープ	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−50−15	0:51:51	発砲スチロール２個	白 、差あり	155	落下物
1−50−14	0:53:22	ジャンパー	黒 、差あり	130	落下物



＊：　画素数で示す。但しＩＴＶポールからの距離による補正演算後の値を示す。

図表(4-1-1)2-12　画面解析結果（可視カメラ・80m・人が置く）

事象	テープカウンタ	落下物	VTRの目視での状態 色、背景との差の有無	差分面積(*)	検出結果
1−80− 1	0:55:02	ジュース等の缶	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−80− 2	0:56:34	スペアタイヤ	黒 、差あり	100	落下物
1−80− 3	0:58:33	自動車部品	黒 、差あり	100	落下物
1−80− 4	1:00:13	段ボール	白 、差あり	502	落下物
1−80− 5	1:02:04	角材（横置き）	灰色、　差なし	82	落下物
1−80− 6	1:03:34	角材（縦置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−80− 7	1:05:24	鉄パイプ（横置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−80− 8	1:07:09	鉄パイプ（縦置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−80− 9	1:08:56	ベニア板	白 、差あり	463	落下物
1−80−10	1:10:45	金属板	白 、差あり	160	落下物
1−80−11	1:12:26	毛布	白 、差あり	261	落下物
1−80−12	1:14:07	ビニールシート	白 、差あり	792	落下物
1−80−13	1:15:46	ロープ	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−80−15	1:17:10	発砲スチロール2個	白 、差あり	178	落下物
1−80−14	1:18:54	ジャンバー	黒 、差あり	174	落下物

発生させる落下物のNo
ITVポールからの距離
ビデオテープのボリュームNo

＊：　画素数で示す。但しＩＴＶポールからの距離による補正演算後の値を示す。

図表(4-1-1)2-13　画面解析結果（可視カメラ・100m・人が置く）

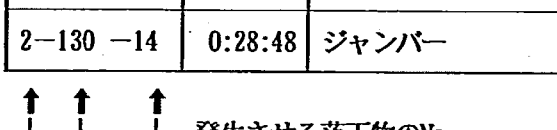
事象No	テープカウンタ	落下物	VTRの目視での状態 色、背景との差の有無	差分面積 (*)	検出結果
1−100 − 1	1:21:05	ジュース等の缶	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−100 − 2	1:22:18	スペアタイヤ	黒 、　差なし	90	落下物
1−100 − 3	1:24:06	自動車部品	黒 、　差なし	77	落下物
1−100 − 4	1:25:57	段ボール	白 、差あり	155	落下物
1−100 − 5	1:27:50	角材（横置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−100 − 6	1:29:50	角材（縦置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−100 − 7	1:31:42	鉄パイプ（横置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−100 − 8	1:33:27	鉄パイプ（縦置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−100 − 9	1:35:05	ベニア板	白 、差あり	335	落下物
1−100 −10	1:36:59	金属板	白 、　差なし	39	落下物
1−100 −11	1:38:55	毛布	白 、　差なし	25	落下物
1−100 −12	1:40:43	ビニールシート	白 、差あり	664	落下物
1−100 −13	1:42:26	ロープ	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
1−100 −15	1:44:21	発砲スチロール2個	白 、差あり	39	落下物
1−100 −14	1:46:04	ジャンパー	黒 、　差なし	129	落下物

↑ ↑ ↑
- 発生させる落下物のNo
- ＩＴＶポールからの距離
- ビデオテープのボリュームNo

＊：　画素数で示す。但しＩＴＶポールからの距離による補正演算後の値を示す。

図表(4-1-1)2-14　画面解析結果（可視カメラ・130m・人が置く）

事象No	テープカウンタ	落下物	VTRの目視での状態 色、背景との差の有無	差分面積 (*)	検出結果
2−130 − 1	0:01:35	ジュース等の缶	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 − 2	0:03:27	スペアタイヤ	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 − 3	0:05:10	自動車部品	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 − 4	0:07:06	段ボール	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 − 5	0:09:00	角材（横置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 − 6	0:11:07	角材（縦置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 − 7	0:13:28	鉄パイプ（横置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 − 8	0:15:39	鉄パイプ（縦置き）	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 − 9	0:16:58	ベニア板	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 −10	0:18:54	金属板	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 −11	0:20:44	毛布	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 −12	0:22:42	ビニールシート	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 −13	0:24:45	ロープ	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 −15	0:26:55	発砲スチロール２個	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
2−130 −14	0:28:48	ジャンパー	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）



＊：　画素数で示す。但しＩＴＶポールからの距離による補正演算後の値を示す。

図表(4-1-1)2-15　画面解析結果（低照度カメラ・30m・人が置く）

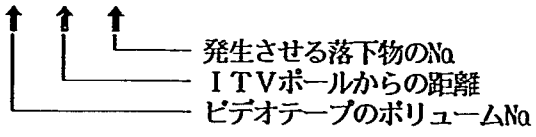
事象No	テープカウンタ	落下物	VTRの目視での状態 色、背景との差の有無	差分面積 (*)	検出結果
3−30− 1	0:03:00	ジュース等の缶	差なし	0	NG（検出せず）
3−30− 2	0:04:39	スペアタイヤ	差なし	0	NG（検出せず）
3−30− 3	0:06:19	自動車部品	差なし	0	NG（検出せず）
3−30− 4	0:07:58	段ボール	灰色、差あり	93	落下物
3−30− 5	0:09:41	角材（横置き）	差なし	0	NG（検出せず）
3−30− 6	0:11:25	角材（縦置き）	差なし	0	NG（検出せず）
3−30− 7	0:13:35	鉄パイプ（横置き）	差なし	0	NG（検出せず）
3−30− 8	0:15:22	鉄パイプ（縦置き）	差なし	0	NG（検出せず）
3−30− 9	0:16:31	ベニア板	灰色、差あり	134	落下物
3−30−10	0:18:34	金属板	差なし	0	NG（検出せず）
3−30−11	0:20:19	毛布	灰色、差なし	14	落下物
3−30−12	0:22:12	ビニールシート	差なし	0	NG（検出せず）
3−30−13	0:24:04	ロープ	差なし	0	NG（検出せず）
3−30−15	0:25:48	発砲スチロール2個	差あり	85	落下物
3−30−14	0:27:32	ジャンバー	差なし	0	NG（検出せず）

↑ ↑ ↑
- 発生させる落下物のNo
- ＩＴＶポールからの距離
- ビデオテープのボリュームNo

＊：　画素数で示す。但しＩＴＶポールからの距離による補正演算後の値を示す。

図表(4-1-1)2-16　画面解析結果（低照度カメラ・50m・人が置く）

事象No	テープカウンタ	落下物	VTRの目視での状態 色、背景との差の有無	差分面積 (*)	検出結果
3−50− 1	0:30:00	ジュース等の缶	差なし	0	NG（検出せず）
3−50− 2	−:−:−	スペアタイヤ	落下ﾀｲﾐﾝｸﾞを目視不可	−	−
3−50− 3	−:−:−	自動車部品	落下ﾀｲﾐﾝｸﾞを目視不可	−	−
3−50− 4	−:−:−	段ボール	落下ﾀｲﾐﾝｸﾞを目視不可	−	−
3−50− 5	−:−:−	角材（横置き）	落下ﾀｲﾐﾝｸﾞを目視不可	−	−
3−50− 6	−:−:−	角材（縦置き）	落下ﾀｲﾐﾝｸﾞを目視不可	−	−
3−50− 7	−:−:−	鉄パイプ（横置き）	落下ﾀｲﾐﾝｸﾞを目視不可	−	−
3−50− 8	−:−:−	鉄パイプ（縦置き）	落下ﾀｲﾐﾝｸﾞを目視不可	−	−
3−50− 9	0:46:49	ベニア板	差なし	0	NG（検出せず）
3−50−10	−:−:−	金属板	落下ﾀｲﾐﾝｸﾞを目視不可	−	−
3−50−11	0:51:32	毛布	差なし	0	NG（検出せず）
3−50−12	0:53:20	ビニールシート	差なし	0	NG（検出せず）
3−50−13	−:−:−	ロープ	落下ﾀｲﾐﾝｸﾞを目視不可	−	−
3−50−15	0:56:44	発砲スチロール２個	差なし	0	NG（検出せず）
3−50−14	−:−:−	ジャンパー	落下ﾀｲﾐﾝｸﾞを目視不可	−	−



＊：　画素数で示す。但しＩＴＶポールからの距離による補正演算後の値を示す。

図表(4-1-1)2-17　画面解析結果（可視カメラ・30m・車両から落下）

事象No	テープカウンタ	落下物	VTRの目視での状態 色、背景との差の有無	差分面積 (*)	検出結果
4−30− 1	0:02:15	ジュースの缶	灰色、差あり	0	NG（検出せず）
4−30−15	0:05:21	発砲スチロール2個	白　、差あり	261	落下物
4−30−14	0:08:35	ジャンパー	黒　、差あり	150	落下物
4−30− 5,6	0:11:54	角材	灰色、差あり	55	落下物
4−30− 3	0:15:02	自動車部品	黒　、差あり	43	落下物

↑ ↑ ↑
- ↑ └ 発生させる落下物のNo
- ↑ ITVポールからの距離
- ビデオテープのボリュームNo

注：・　4−30−　1　　：　車両停止し落下物を置いて車両は走り去る。
　　・　4−30−　1以外：　走行中の車から落下させる。

＊：　画素数で示す。但しＩＴＶポールからの距離による補正演算後の値を示す。

図表(4-1-1)2-18　画面解析結果（可視カメラ・50m・車両から落下）

事象No	テープカウンタ	落下物	VTRの目視での状態 色、背景との差の有無	差分面積 (*)	検出結果
4−50− 1	0:18:58	ジュースの缶	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
4−50−15	0:21:32	発砲スチロール2個 (＊1)	白　、差あり	81	落下物
4−50−14	0:24:02	ジャンパー	黒　、差あり	116	落下物
4−50−5,6	0:26:29	角材	灰色、　差なし	0	NG（検出せず）
4−50− 3	0:29:02	自動車部品	灰色、差あり	45	落下物

↑ ↑ ↑
- ↑ └ 発生させる落下物のNo
- ↑ ITVポールからの距離
- ビデオテープのボリュームNo

注：・　4−30−　1　　：　車両停止し落下物を置いて車両は走り去る。
　　・　4−30−　1以外：　走行中の車から落下させる。

＊：　画素数で示す。但しＩＴＶポールからの距離による補正演算後の値を示す。

（4）実験結果の解析

①原因の分類

実験結果と落下物と検出できなかった原因の分類を図表(4-1-1)2-19に示す。

図表(4-1-1)2-19　原因の分類表（1／2）

事象No	結果	原因の分類	事象No	結果	原因の分類
1- 30- 1	OK		1-100- 1	NG	＊1
1- 30- 2	OK		1-100- 2	OK	
1- 30- 3	OK		1-100- 3	OK	
1- 30- 4	OK		1-100- 4	OK	
1- 30- 5	OK		1-100- 5	NG	＊1
1- 30- 6	OK		1-100- 6	NG	＊1
1- 30- 7	OK		1-100- 7	NG	＊1
1- 30- 8	OK		1-100- 8	NG	＊1
1- 30- 9	OK		1-100- 9	OK	
1- 30-10	OK		1-100-10	OK	
1- 30-11	OK		1-100-11	OK	
1- 30-12	OK		1-100-12	OK	
1- 30-13	OK		1-100-13	NG	＊1
1- 30-15	OK		1-100-15	OK	
1- 30-14	OK		1-100-14	OK	
1- 50- 1	NG	＊1	2-130- 1	NG	＊1
1- 50- 2	OK		2-130- 2	NG	＊1
1- 50- 3	OK		2-130- 3	NG	＊1
1- 50- 4	OK		2-130- 4	NG	＊1
1- 50- 5	OK		2-130- 5	NG	＊1
1- 50- 6	OK		2-130- 6	NG	＊1
1- 50- 7	NG	＊1	2-130- 7	NG	＊1
1- 50- 8	NG	＊1	2-130- 8	NG	＊1
1- 50- 9	OK		2-130- 9	NG	＊1
1- 50-10	OK		2-130-10	NG	＊1
1- 50-11	OK		2-130-11	NG	＊1
1- 50-12	NG	＊2	2-130-12	NG	＊1
1- 50-13	NG	＊1	2-130-13	NG	＊1
1- 50-15	OK		2-130-15	NG	＊1
1- 50-14	OK		2-130-14	NG	＊1
1- 80- 1	NG	＊1	3- 30- 1	NG	＊1
1- 80- 2	OK		3- 30- 2	NG	＊1
1- 80- 3	OK		3- 30- 3	NG	＊1
1- 80- 4	OK		3- 30- 4	OK	
1- 80- 5	OK		3- 30- 5	NG	＊1
1- 80- 6	NG	＊1	3- 30- 6	NG	＊1
1- 80- 7	NG	＊1	3- 30- 7	NG	＊1
1- 80- 8	NG	＊1	3- 30- 8	NG	＊1
1- 80- 9	OK		3- 30- 9	OK	
1- 80-10	OK		3- 30-10	NG	＊1
1- 80-11	OK		3- 30-11	OK	
1- 80-12	OK		3- 30-12	NG	＊1
1- 80-13	NG	＊1	3- 30-13	NG	＊1
1- 80-15	OK		3- 30-15	OK	
1- 80-14	OK		3- 30-14	NG	＊1

＊n：原因の詳細は②に説明

図表(4-1-1)2-19　原因の分類表（２／２）

事象No	結果	原因の分類	事象No	結果	原因の分類
3- 50- 1	NG	＊1			
3- 50- 2	－	＊3			
3- 50- 3	－	＊3			
3- 50- 4	－	＊3			
3- 50- 5	－	＊3			
3- 50- 6	－	＊3			
3- 50- 7	－	＊3			
3- 50- 8	－	＊3			
3- 50- 9	NG	＊1			
3- 50-10	－	＊3			
3- 50-11	NG	＊1			
3- 50-12	NG	＊1			
3- 50-13	－	＊3			
3- 50-15	NG	＊1			
3- 50-14	－	＊3			
4- 30- 1	NG	＊1　＊4			
4- 30-15	OK				
4- 30-14	OK				
4- 30-5, 6	OK				
4- 30- 3	OK				
4- 30- 1	NG	＊1			
4- 30-15	OK				
4- 30-14	OK				
4- 30-5, 6	NG	＊1　＊5			
4- 30- 3	OK				

＊n：原因の詳細は②に説明

②原因の詳細

a)＊１の原因

画像上の落下物の部分が差分として検出されなかったためである。

その原因は次の２点が考えられる。

ｱ)落下物そのものが小さい、または落下物がカメラより遠方にあるため画像上に写る落下物の部分が小さくなる。

これは可視カメラでの検出不可において支配的な原因と考えられ、可視カメラの解析結果が比較的画像に写る面積の小さい、ジュースの缶、鉄パイプ、ロープなどがＩＴＶポールからの距離が短いうちから検出ができなくなる傾向からも推定できる。

ｲ)画像上に写る落下物と周辺部分（道路）との輝度差が少ない。

これは低照度カメラでの検出不可において支配的な原因と考えられる。低照度カメラの映像を目視で確認すると、現場の照度がかなり低いため、低照度カメラの画像上に落下物を認識しにくいことが分かる。よって差分の検出が困難なっているものと考えられる。

b)＊２の原因

ビニールシートを置いた時に落下物として検出できるが、取り除いた後でも画像処理装置において落下物の検出が解消されない。差分の画像で確認すると、ビニールシートの輪郭部に点状に差分が残っていることが確認できた。これは、本実験で使用した画像処理装置特有の問題と思われる。

c)＊３の原因

低照度カメラの50mの映像では、目視でも落下物を道路に置く動作、置かれた落下物、落下物の取り除きの動作を確認できないため、差分が検出されない。

これは、前述のa)ｲと同じ原因であり落下物の発生位置が①②の場合よりさらに20m遠方になったため顕著に現れたと考えられる。

d)＊４の原因

同じ条件で人が置く場合の事象№1-30-1では検出できているが、「車両停止し落下物を置いて車両は走り去る」場合は検出できていない。原因としてはジュースの缶は、本実験ではもっとも小さく、検出できる限界近くの大きさであるため、日照

量の変化により差分の出かたが若干弱くなり、静止物体の候補の抽出の段階でノイズと認識されたと考えれる。

e)＊5の原因

角材の落下状態は縦置きである。同じ条件（可視カメラ、50m、角材（縦置き））の事象No. 1-50-6では差分面積が44であるが、本事象No. 4-50-4では差分面積が0である。

落下時を目視で確認すると、発生位置が50mより若干遠方になっいることと、背景との輝度差が少ないことが確認できた。

原因としては、d)と同様に日照量の変化の影響、発生位置が本実験での角材の縦置きの場合での検出限界よりも遠方に発生したことが考えられる。

（5）考察

①落下物検出の傾向

本実験の可視カメラによる落下物検出の傾向は次のとおり。

a)画像上に写る面積の大きい落下物は検出しやすい。すなわち、落下物自体が大きく、カメラに近い方が検出しやすい。（図表(4-1-1)2-20参照）

b)画像上に写る落下物と道路面との輝度差が大きい方が検出しやすい。すなわち、本実験での道路面の輝度は比較的中間の値なので、落下物の色は暗い色（輝度が低い）または明るい色（輝度が高い）の方が検出しやすい。また、低照度カメラにおいては明るい色が検出できている。（図表(4-1-1)2-21参照）

図表(4-1-1)2-20　差分面積比率と距離の関係

落下物の外観上の分類			落下物		ＩＴＶポールからの距離							備　考
					可視カメラ					低照度カメラ		
			No.		30m	50m	80m	100m	130m	30m	50m	
有形	立体	小	1	ジュース等の缶	1.2	—	—	—	—	—	—	
		中	2	スペアタイヤ	9.8	8.9	11.1	10.0	—	—	—	
		大	3	自動車部品	9.6	9.9	11.1	8.6	—	—	—	
			4	段ボール	37.7	49.9	55.8	17.2	—	6.6	—	
		細長い	5	角材（横置き）	8.7	9.0	9.1	—	—	—	—	
			6	角材（縦置き）	3.7	4.9	—	—	—	—	—	
			7	鉄パイプ（横置き）	3.2	—	—	—	—	—	—	
			8	鉄パイプ（縦置き）	2.9	—	—	—	—	—	—	
	平面タイプ		9	ベニア板	46.4	41.8	51.4	37.2	—	9.6	—	
			10	金属板	12.2	16.0	17.8	4.3	—	—	—	
無　形			11	毛布	25.7	42.3	29.0	2.7	—	1.0	—	
			12	ビニールシート	86.4	103.3	88.0	37.8	—	—	—	
			13	ロープ	1	—	—	—	—	—	—	
			14	ジャンパー	11.7	14.4	19.3	14.3	—	6.1	—	
その他			15	発砲スチロール２個	15.3	17.2	19.8	4.3	—	—	—	

注

注：表内に示す値は可視カメラの場合は事象No.1-30-13(ロープ）の差分面積を１とした場合の比率を示し、低照度カメラの場合は事象No.3-30-11(毛布）の差分面積を１とした場合の比率を示す。
また、差分面積はＩＴＶポールからの距離による補正演算後の値を利用。
— は検出ＮＧを示す。

図表(4-1-1)2-21　差分面積比率と落下物の輝度との関係

落下物と道路面との輝度差		落下物 No.	落下物	ＩＴＶポールからの距離 可視カメラ 30m	50m	80m	100m	130m	低照度カメラ 30m	50m	備考
小さい		1	ジュース等の缶	1.2	—	—	—	—	—	—	
		7	鉄パイプ（横置き）	3.2	—	—	—	—	—	—	
		8	鉄パイプ（縦置き）	2.9	—	—	—	—	—	—	
		13	ロープ	1	—	—	—	—	—	—	
大きい	暗い	2	スペアタイヤ	9.8	8.9	11.1	10.0	—	—	—	
		3	自動車部品	9.6	9.9	11.1	8.6	—	—	—	
		15	発砲スチロール２個	15.3	17.2	19.8	4.3	—	—	—	
	明るい	4	段ボール	37.7	49.9	55.8	17.2	—	6.6	—	
		5	角材（横置き）	8.7	9.0	9.1	—	—	—	—	
		6	角材（縦置き）	3.7	4.9	—	—	—	—	—	
		9	ベニア板	46.4	41.8	51.4	37.2	—	9.6	—	
		10	金属板	12.2	16.0	17.8	4.3	—	—	—	
		11	毛布	25.7	42.3	29.0	2.7	—	1.0	—	
		12	ビニールシート	86.4	103.3	88.0	37.8	—	—	—	
		14	ジャンバー	11.7	14.4	19.3	14.3	—	6.1	—	

注

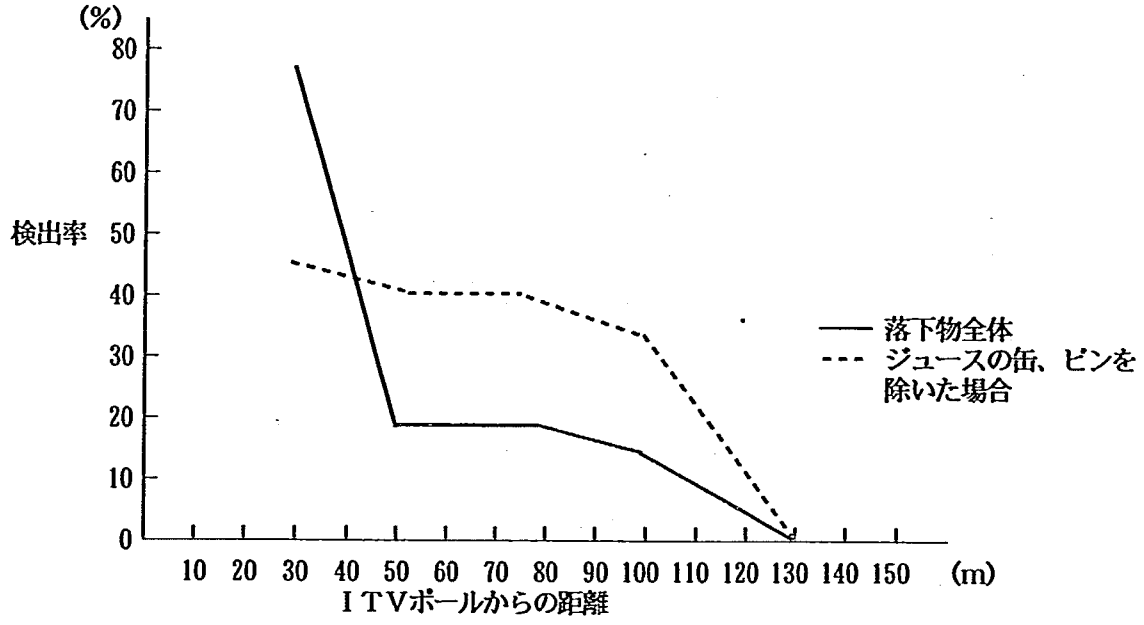
注：表内に示す値は可視カメラの場合は事象No.1-30-13（ロープ）の差分面積を１とした場合の比率を示し、低照度カメラの場合は事象No.3-30-11（毛布）の差分面積を１とした場合の比率を示す。
また、差分面積はＩＴＶポールからの距離による補正演算後の値を利用。
— は検出ＮＧを示す。

②実道路での検出率（試算）

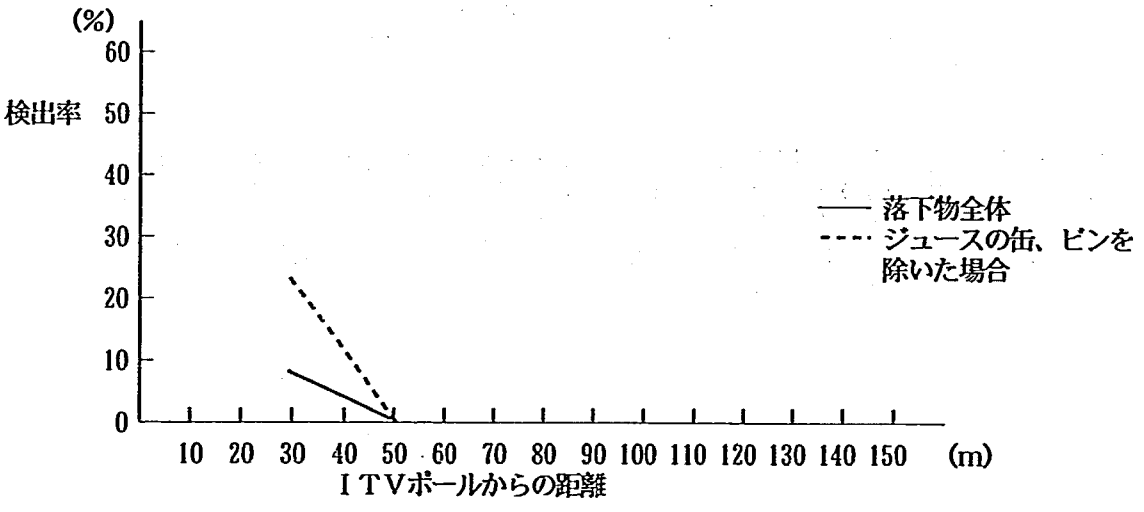
実際の落下物調査結果（図表(4-1-1)2-6の「参考」を参照）を本実験結果に単純にあてはめ、本実験で使用した画像処理システムが実道路で発生する落下物のうち、落下物として検出できる割合（検出できた件数／落下物発生件数）を試算した。

試算結果を図表(4-1-1)2-22、図表(4-1-1)2-23に示す。

図表(4-1-1)2-22　検出率試算結果　可視カメラ（昼間）の場合



図表(4-1-1)2-23　検出率試算結果　低照度カメラ（夜間）の場合



③性能向上について

より遠方の落下物、より小さい落下物を検出する性能を向上する１つの要素としてカメラと画像処理の分解能の向上が考えられるが、同時にノイズの影響も受けやすくなるためカメラから画像処理装置入力間でのノイズ低減も必要となる。

よって、今後、以上の要件を満たすものとして例えば「デジタルカメラによる撮影、画像処理装置へのデジタルデータでの画像入力」などの画像の撮像・伝送系の技術動向を調査する必要がある。

また、夜間においては、低照度カメラの性能（特に感度、分解能性能）向上によりも画像センサ装置の性能の向上も図れるため、低照度カメラの技術動向も調査する必要がある。

（６）課題

本実験は単一の画像処理装置、画像処理アルゴリズム、限定した環境下（晴れ、昼／夜など）での落下物検出性能検証の把握するための定量的なデータを入手できた。

今後は性能向上、実道への適用を目的して、次の検討を課題と考える。

①複数の画像処理装置、画像処理アルゴリズムの比較と最適手法の検討

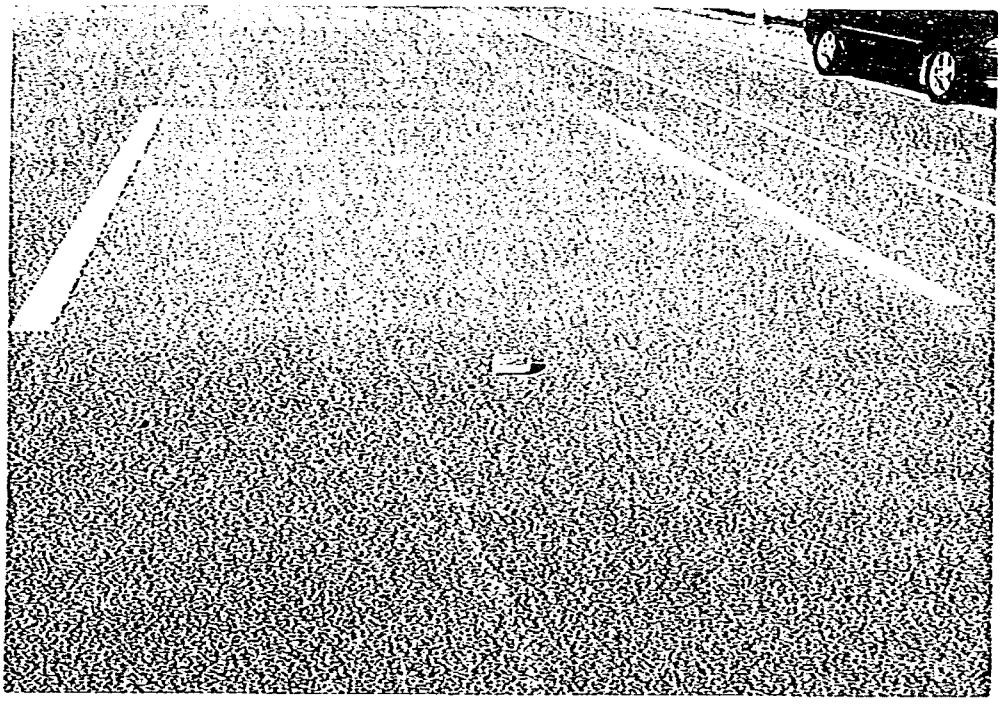
②各種環境（雨、雪、霧、薄暮等）下での安定した検出の検討

③車線変更等の車両の挙動による間接的な落下物の検出方法。特にトンネル内等での撮像画像において道路面が車の陰になりやすい環境下で必要。

添付資料１

図表(4-1-1)2-24

No.１　ジュースの缶



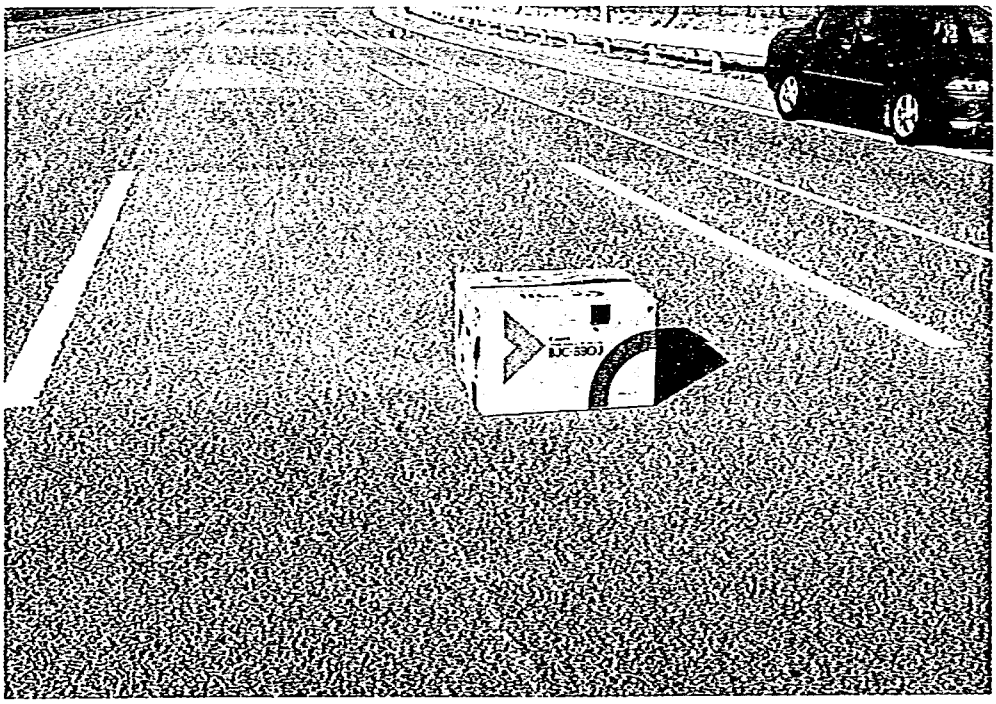
No.２　スペアタイヤ



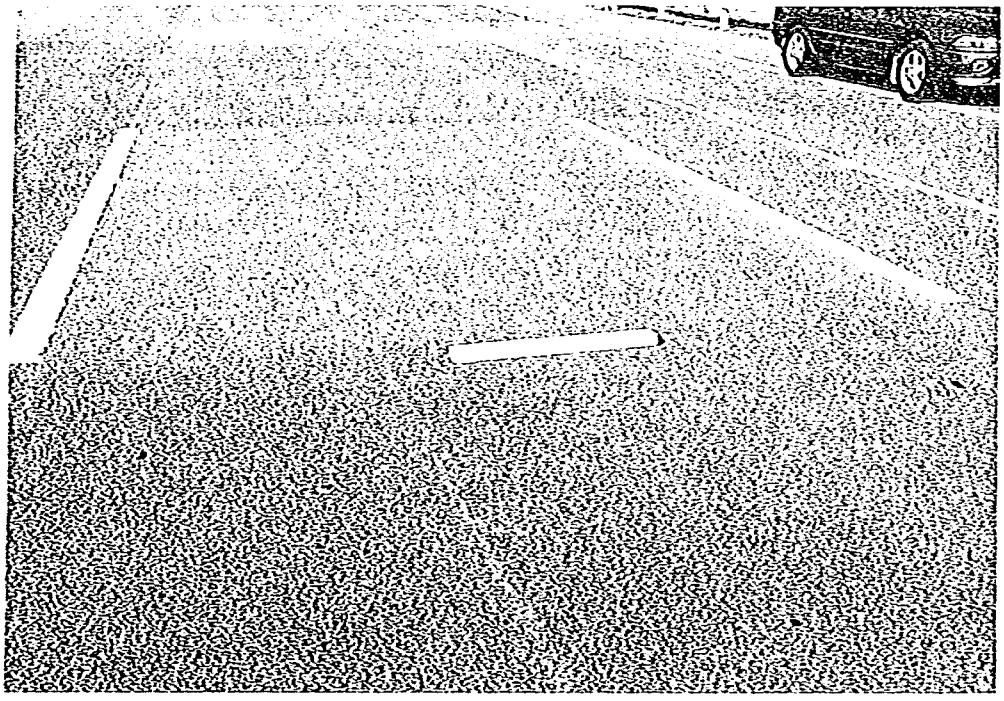
No.3　自動車部品（トラックのテールランプ）



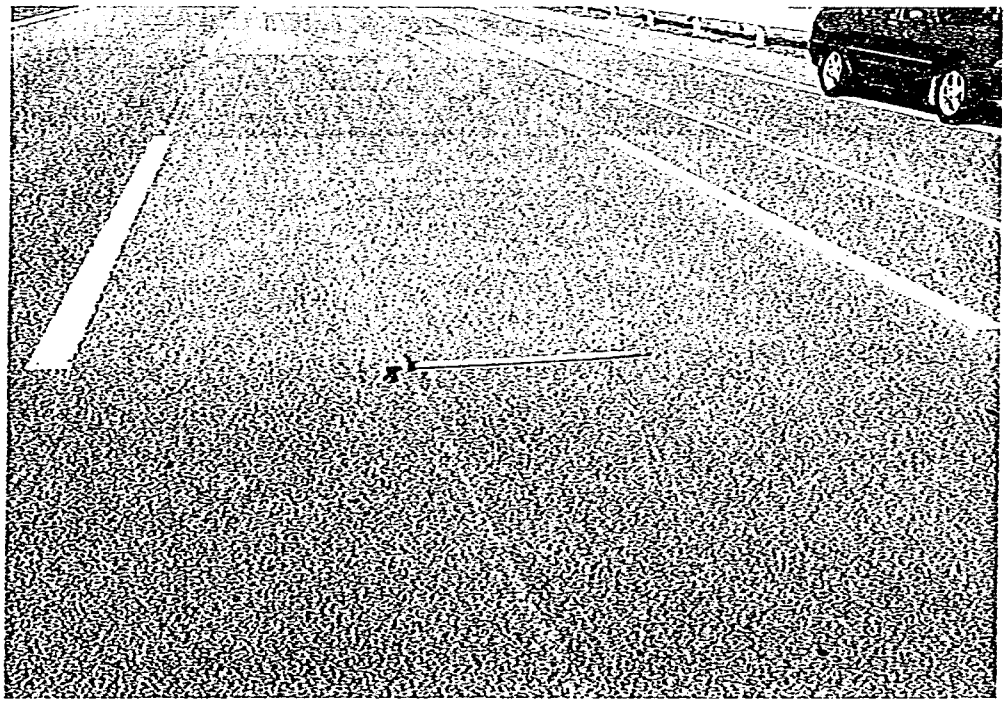
No.4　段ボール



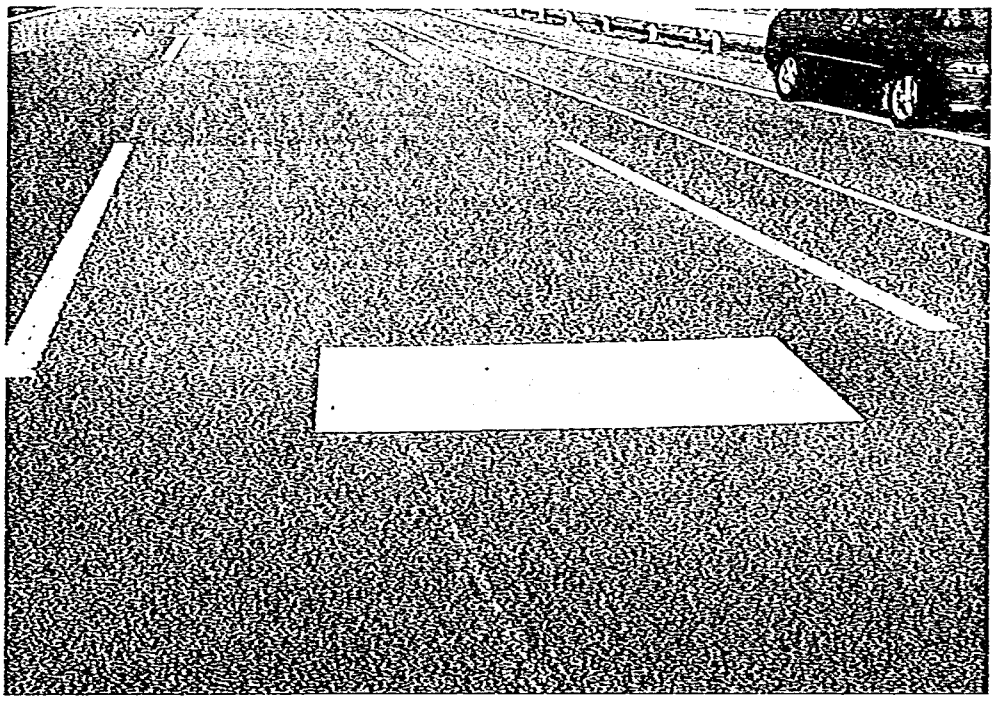
No.5　角材（横置き）



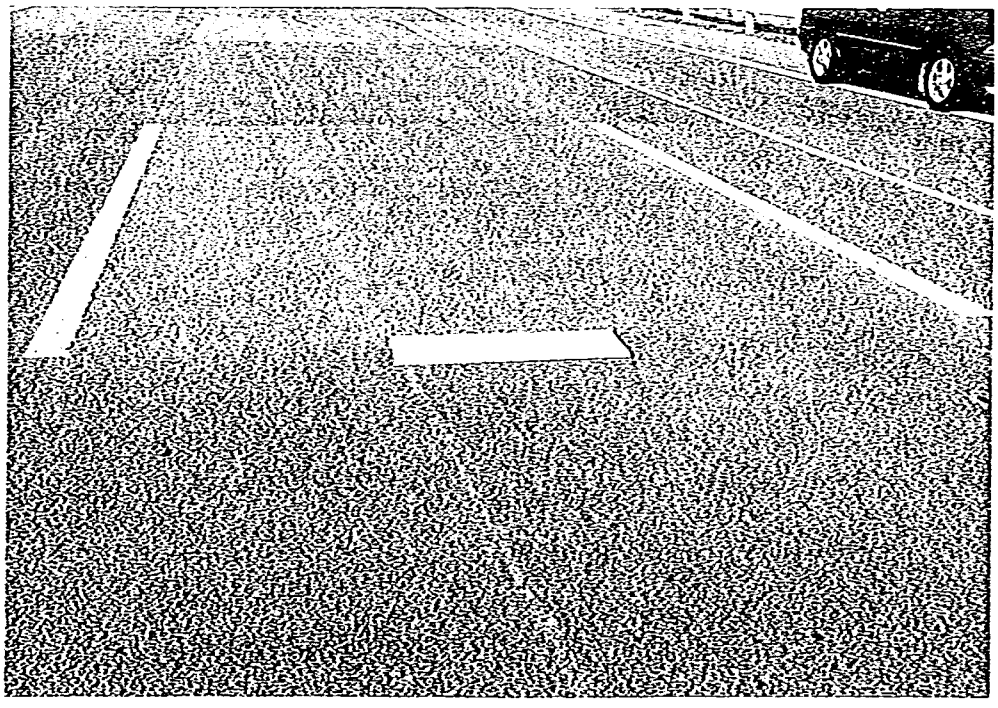
No.7　鉄パイプ（横置き）



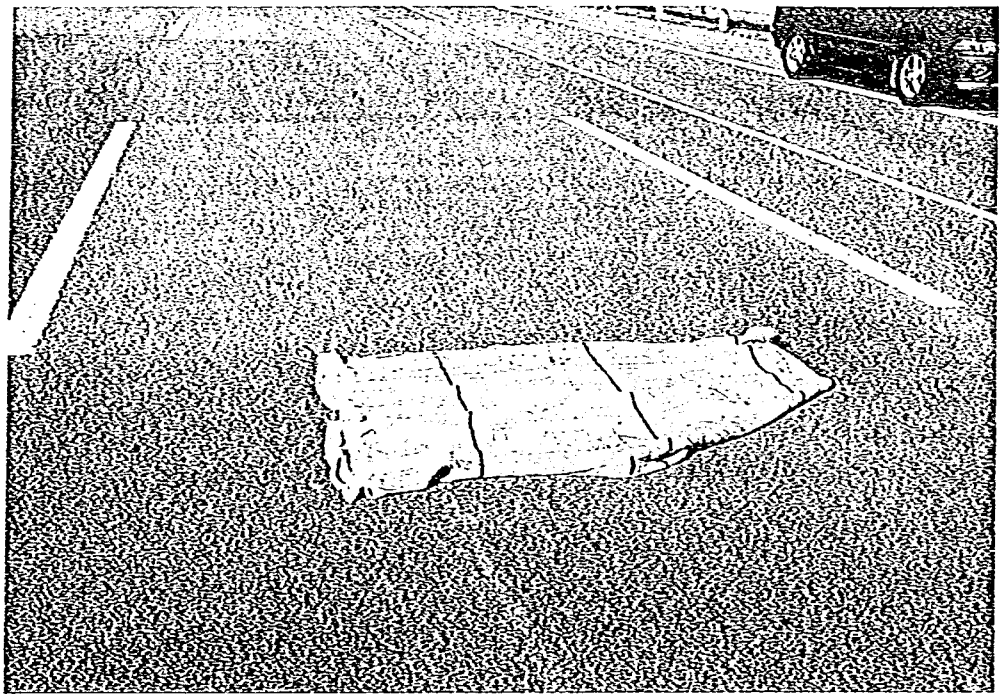
No9　ベニア板



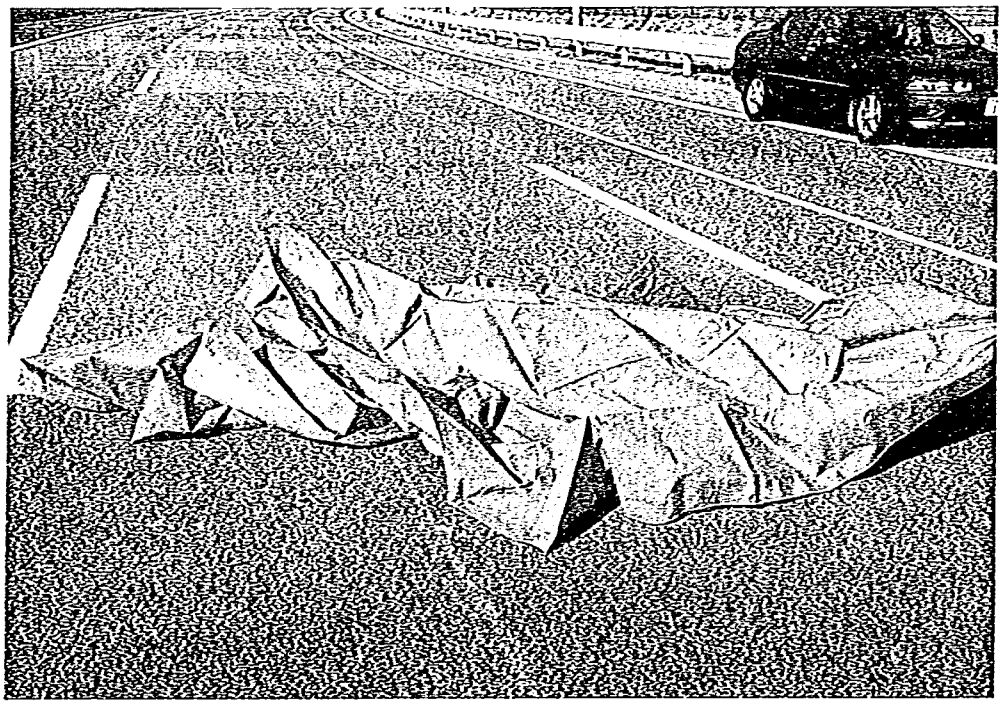
No10　金属板



No.11　毛布



No.12　ビニールシート



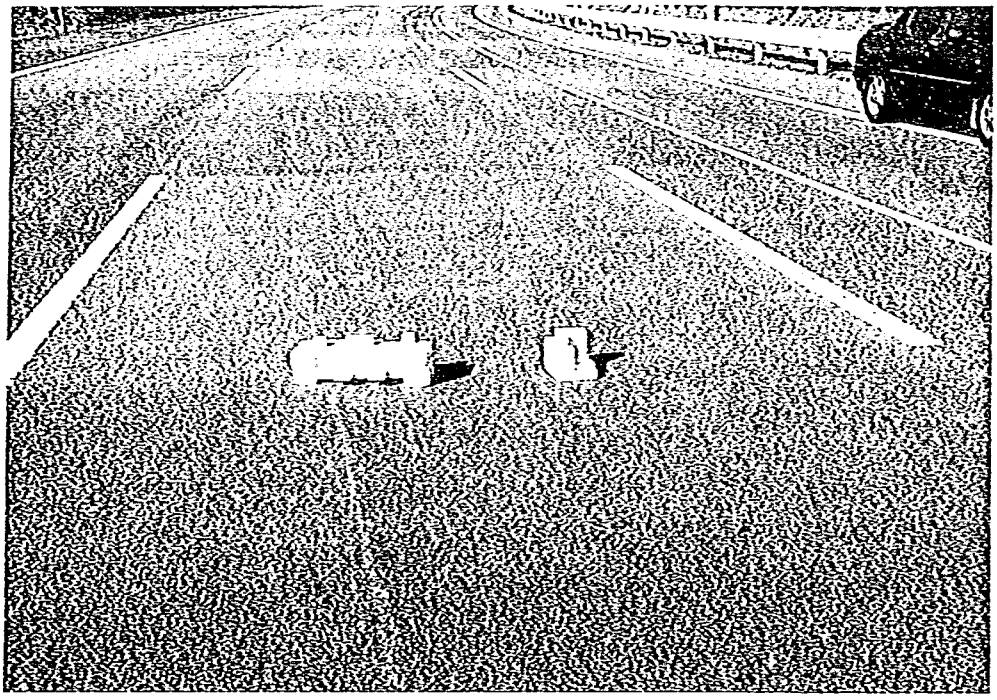
No.13　ロープ



No.14　ジャンバー



No15　発砲スチロール２個

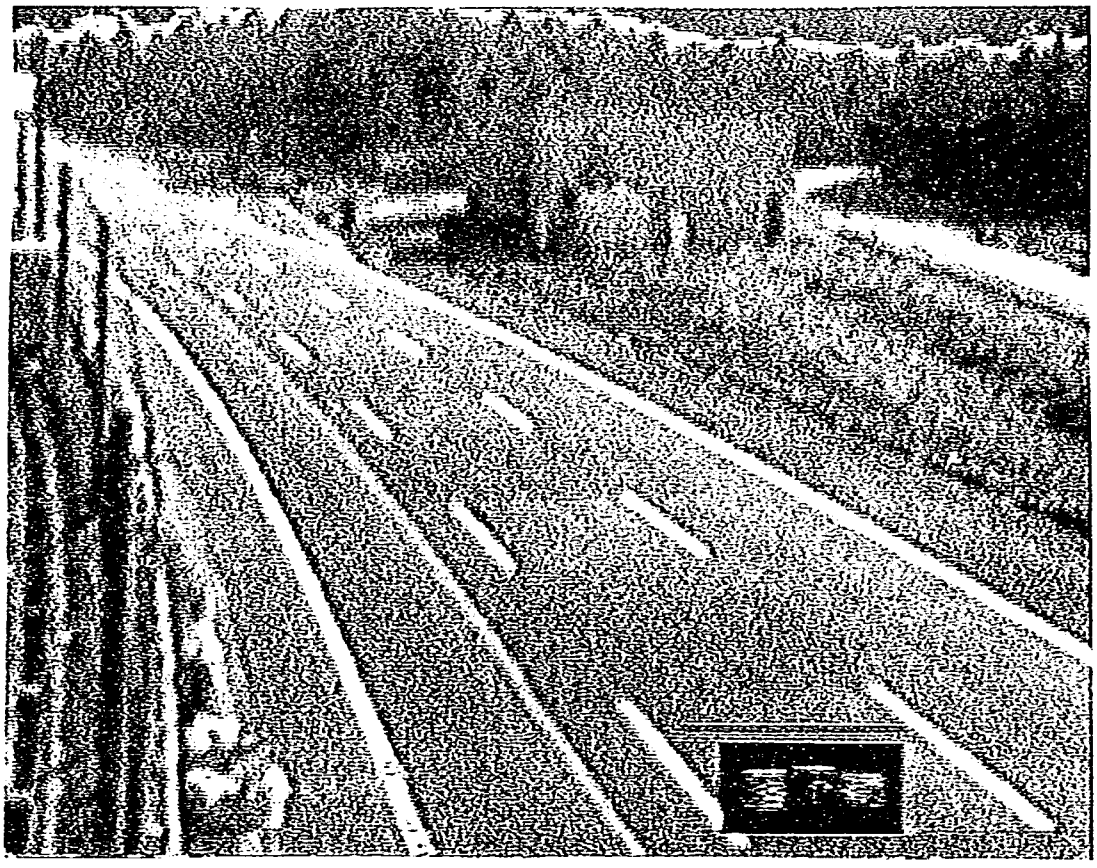


添付資料２

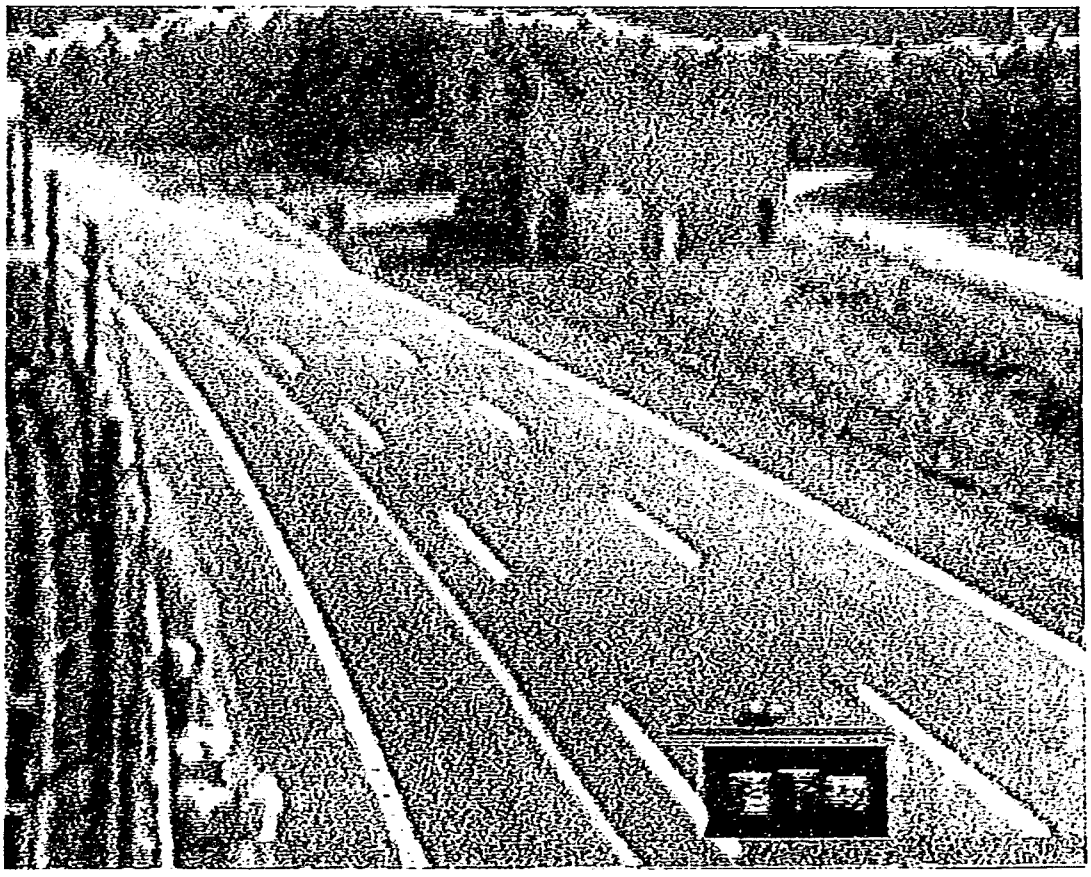
以降に、可視カメラ・30mの画像処理の結果映像を示す。

図表(4-1-1)2-25

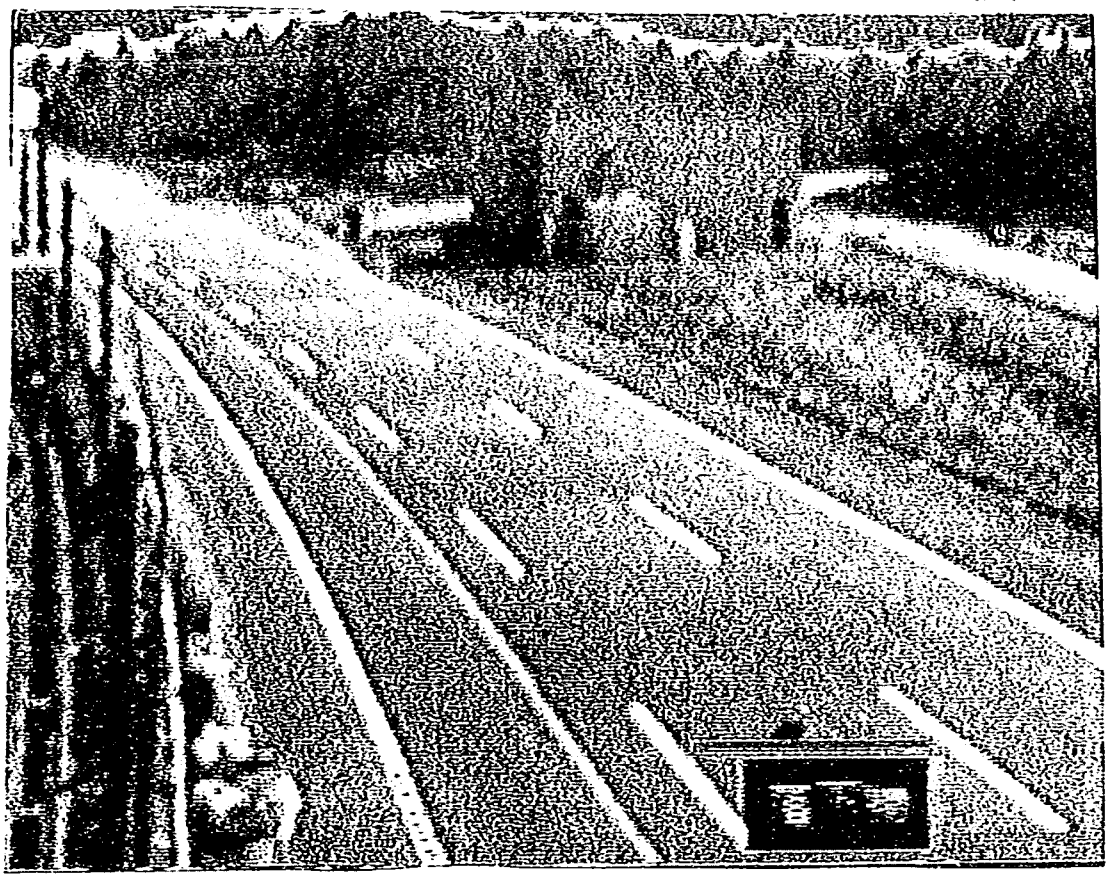
No. 1　可視カメラ　30m　ジュースの缶の結果映像



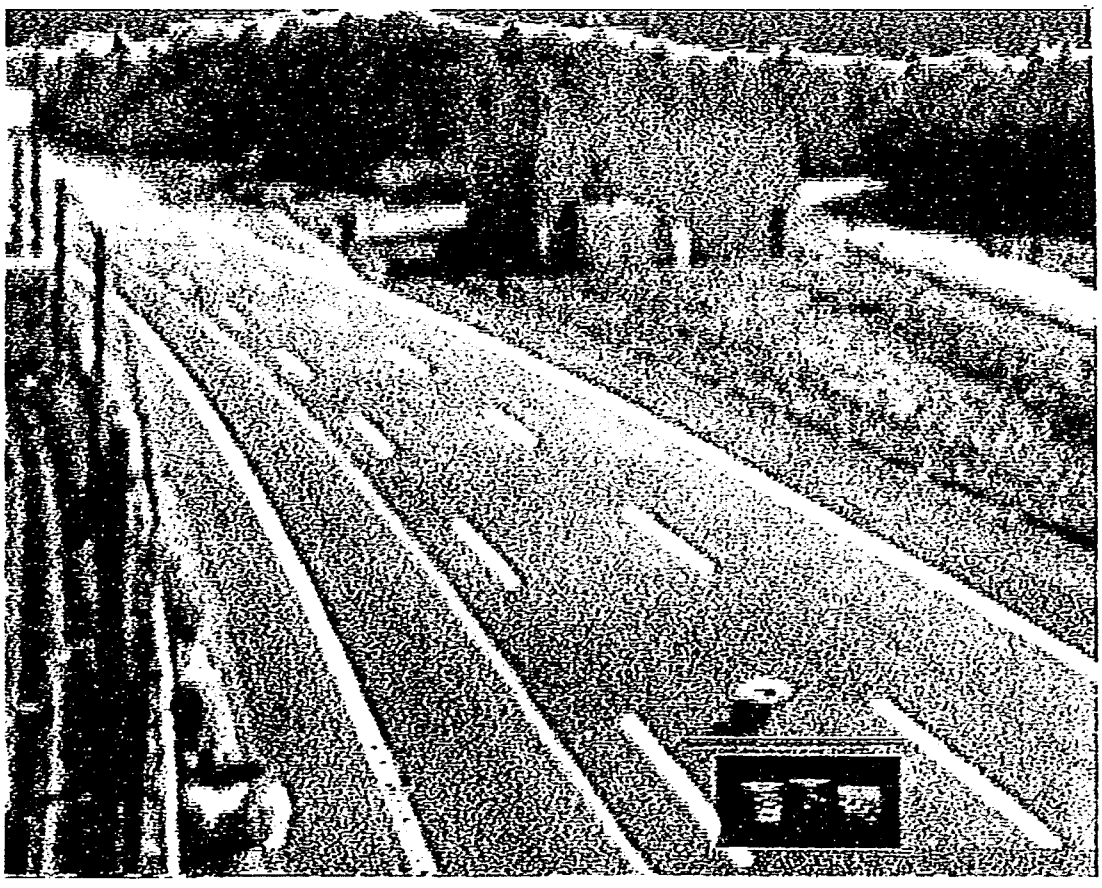
No. 2　可視カメラ　30m　スペアタイヤの結果映像



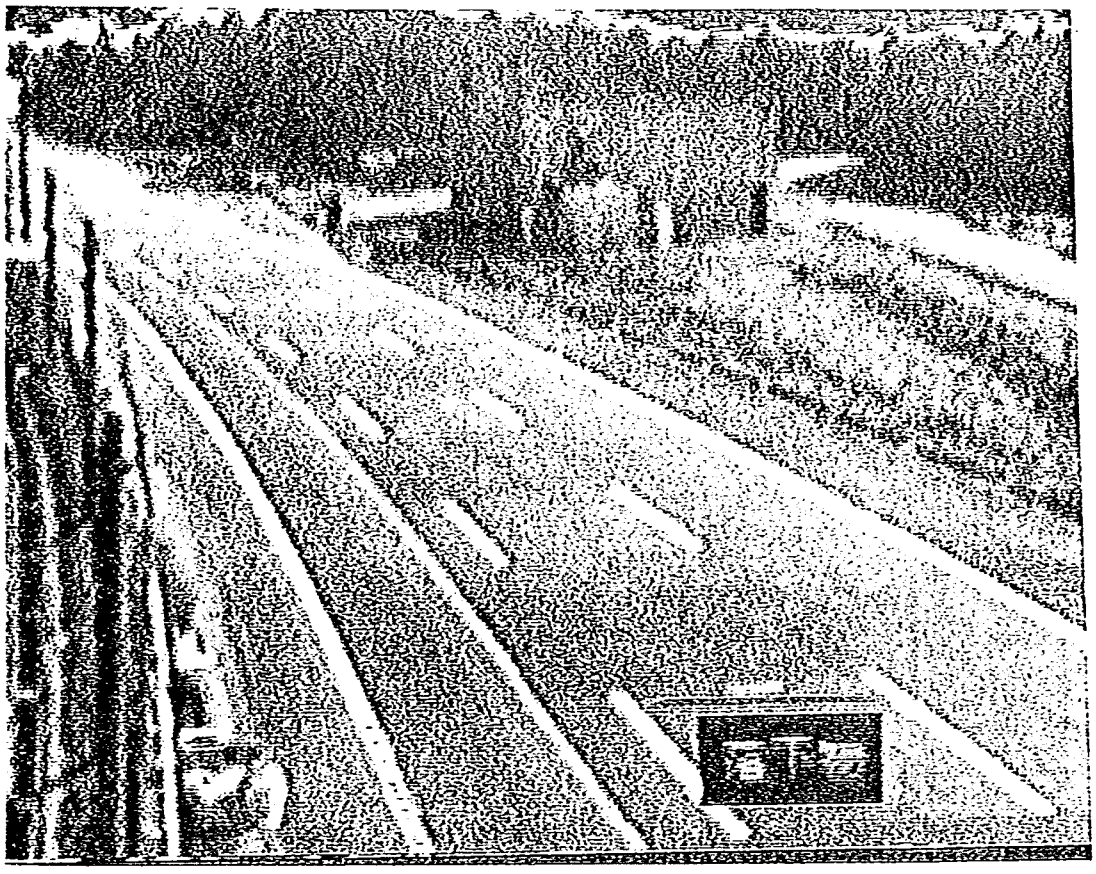
No. 3　可視カメラ　30m　自動車部品（トラックのテールランプ）の結果映像



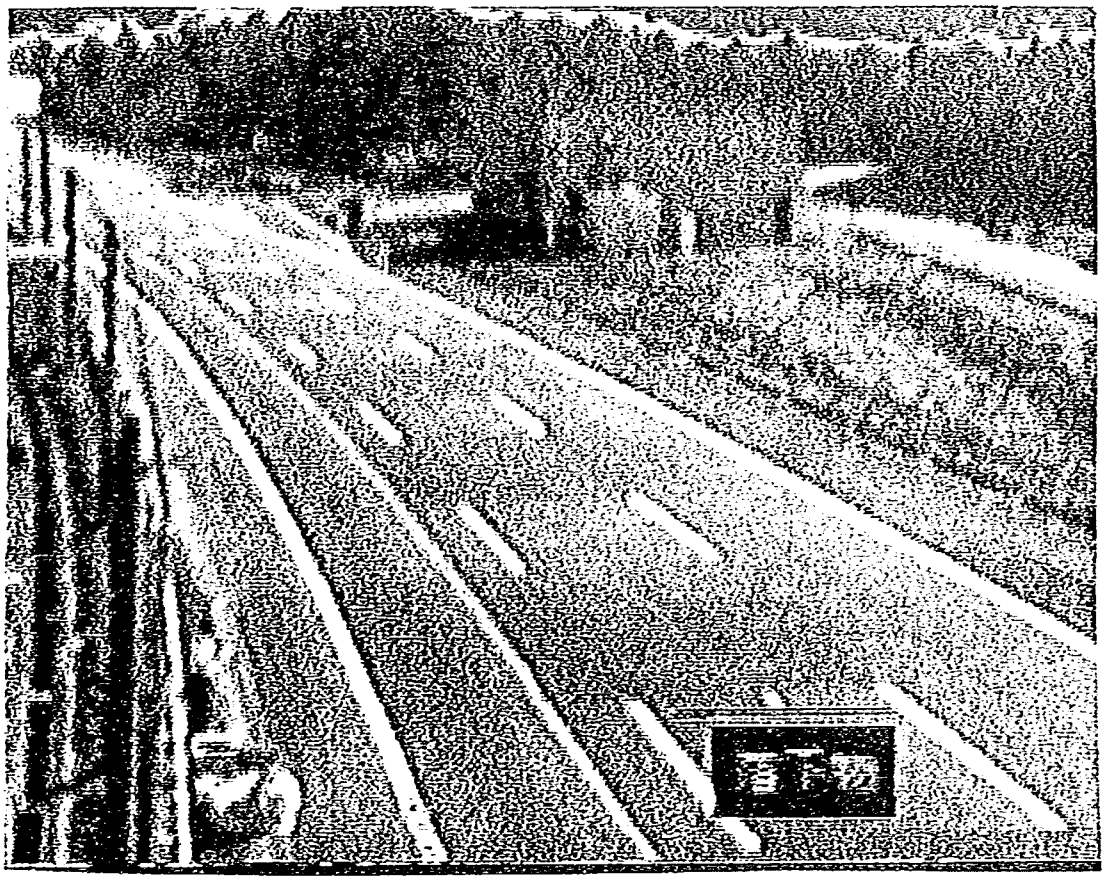
No. 4　可視カメラ　30m　段ボールの結果映像



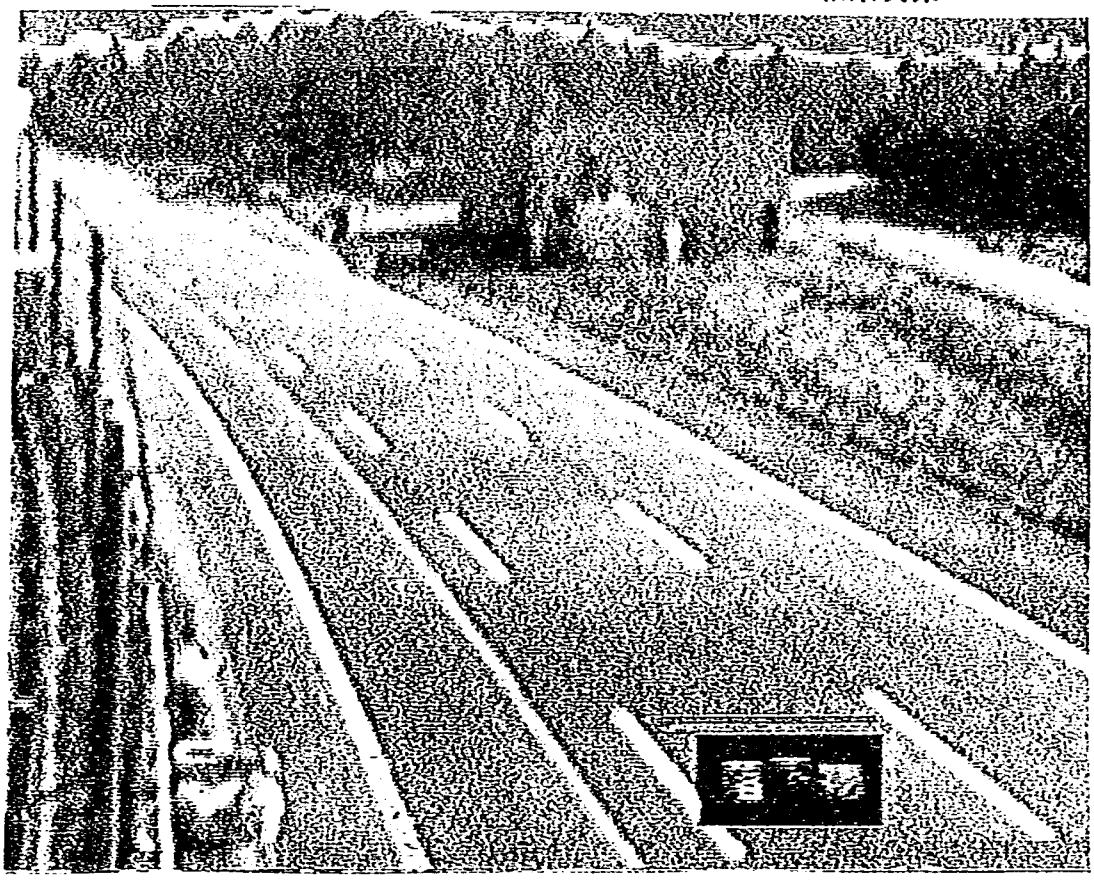
No. 5　可視カメラ　30m　角材（横置き）の結果映像



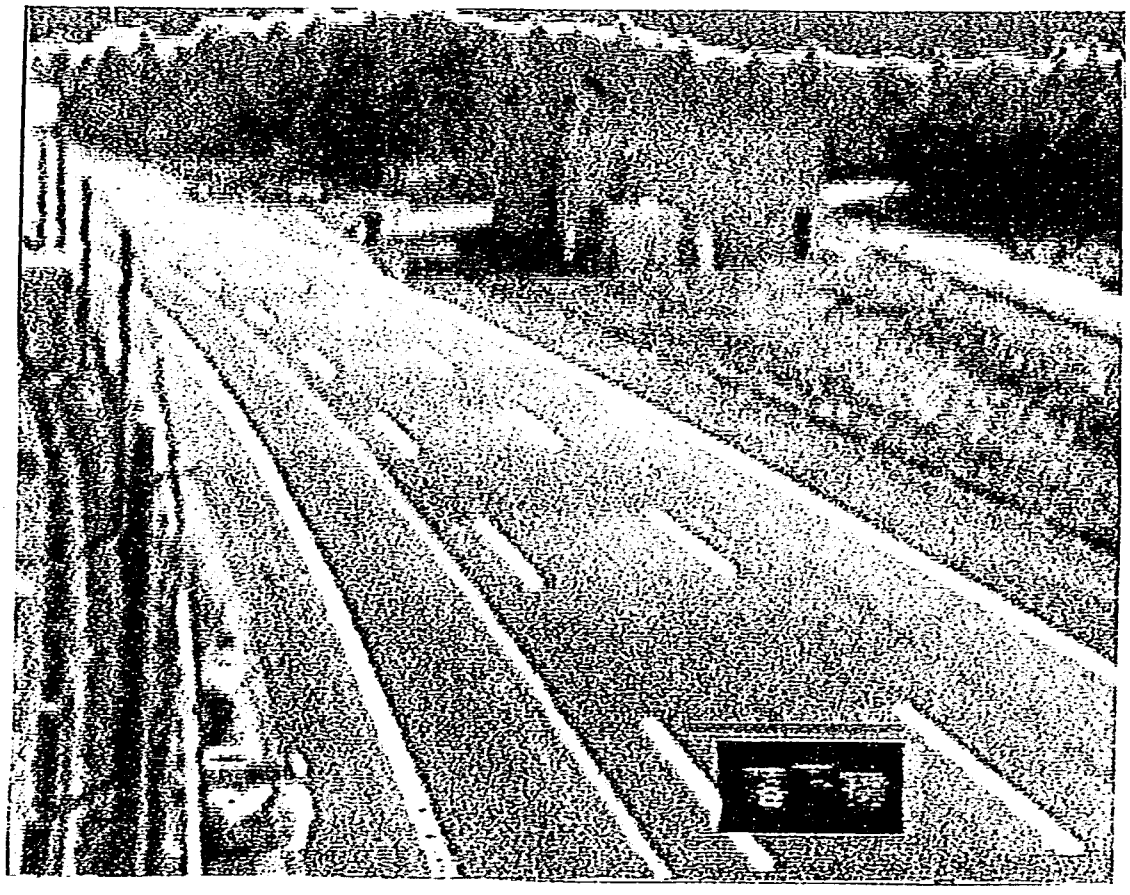
No. 6　可視カメラ　30m　角材（縦置き）の結果映像



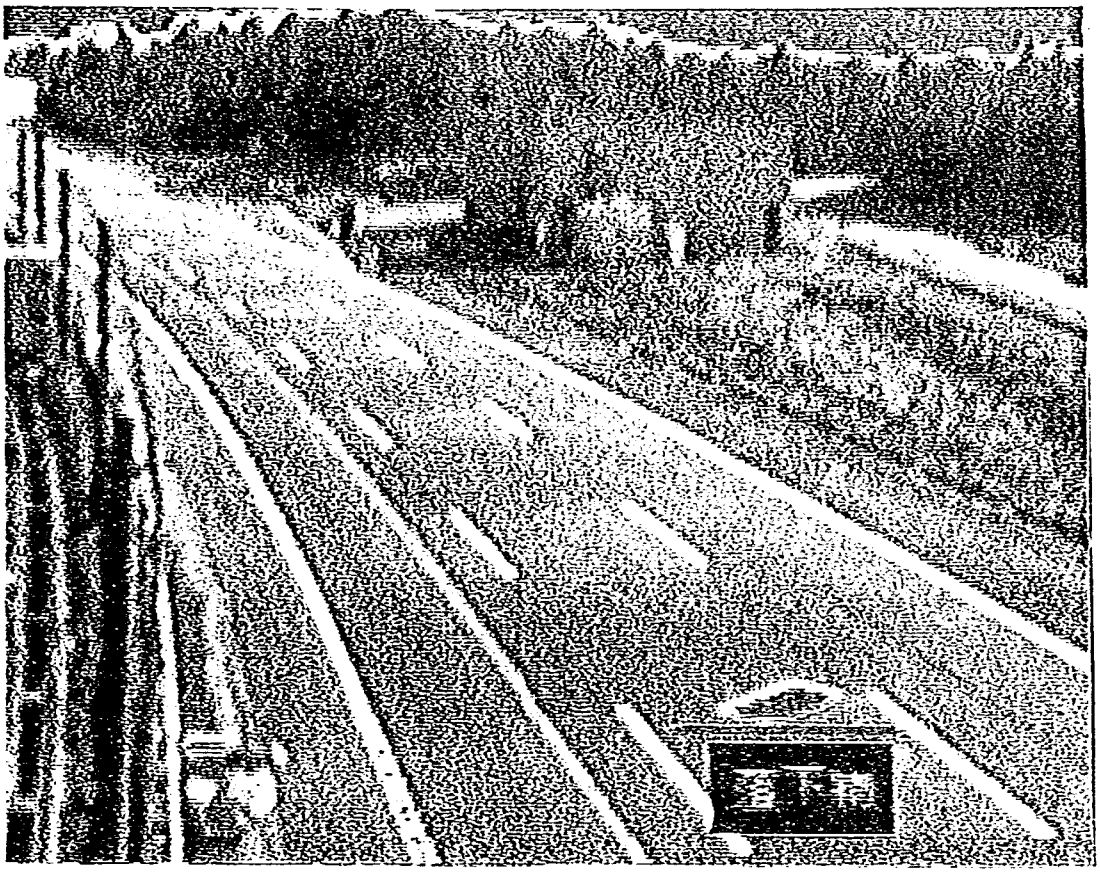
No. 7　可視カメラ　30m　鉄パイプ（横置き）の結果映像



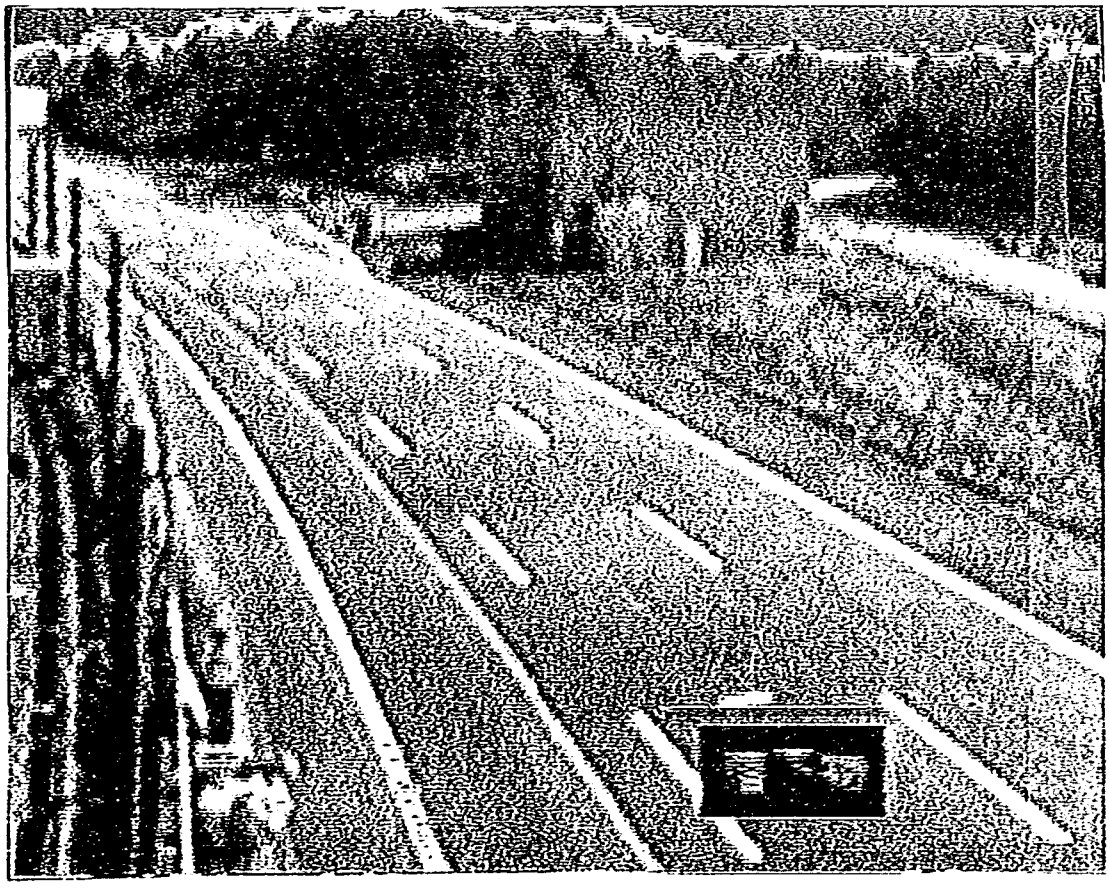
No. 8　可視カメラ　30m　鉄パイプ（縦置き）の結果映像



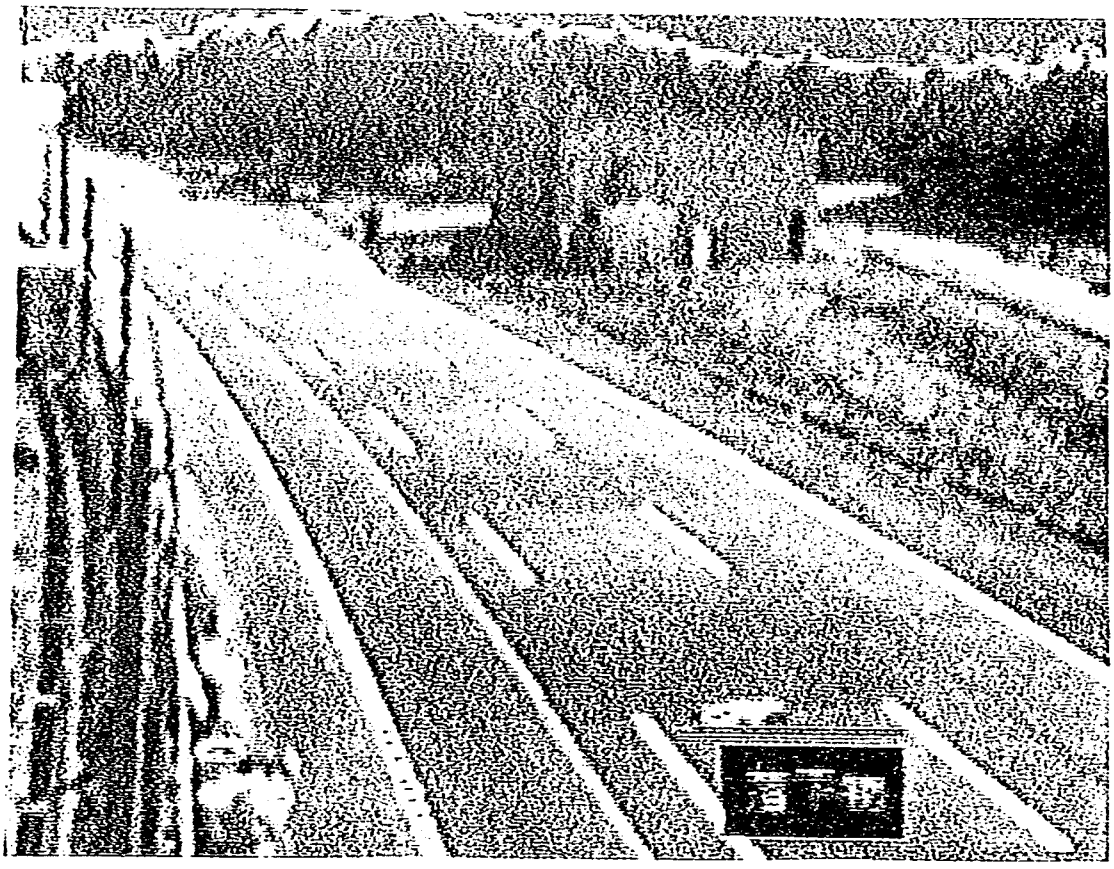
No. 9　可視カメラ　30m　ベニア板の結果映像



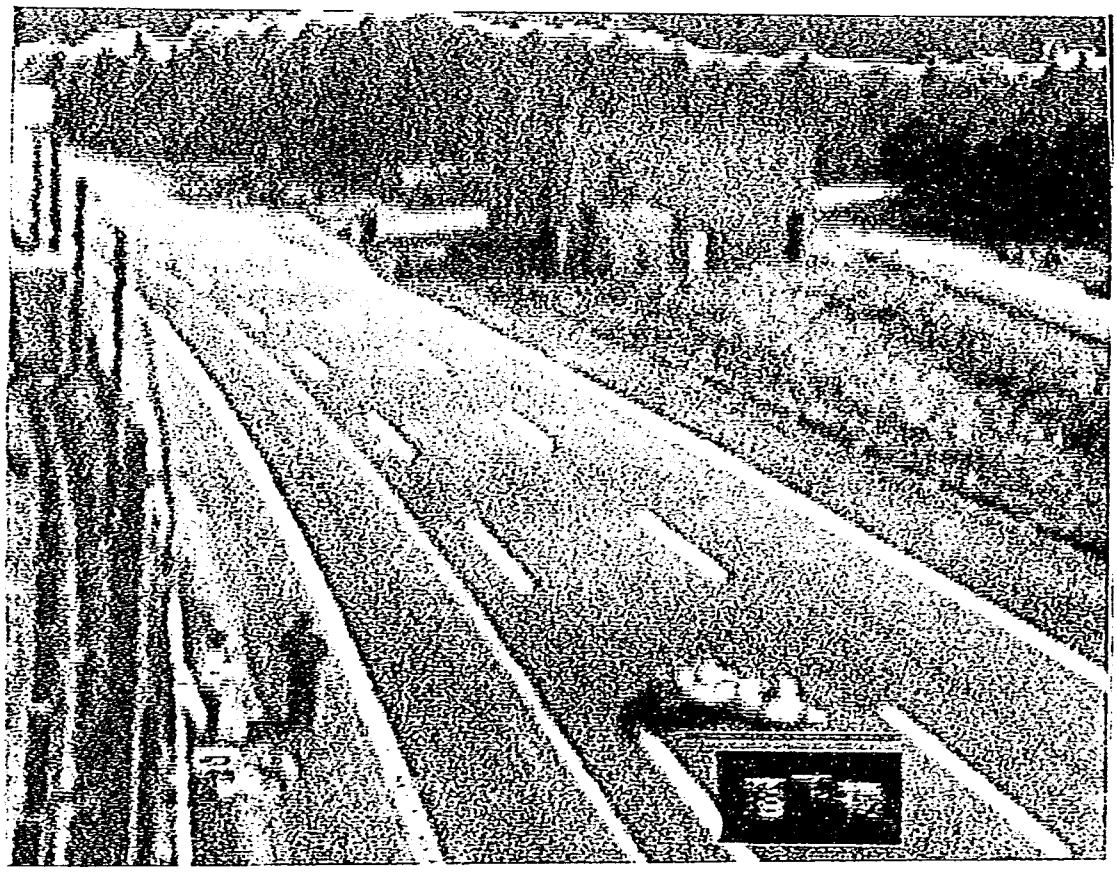
No. 10　可視カメラ　30m　金属板の結果映像



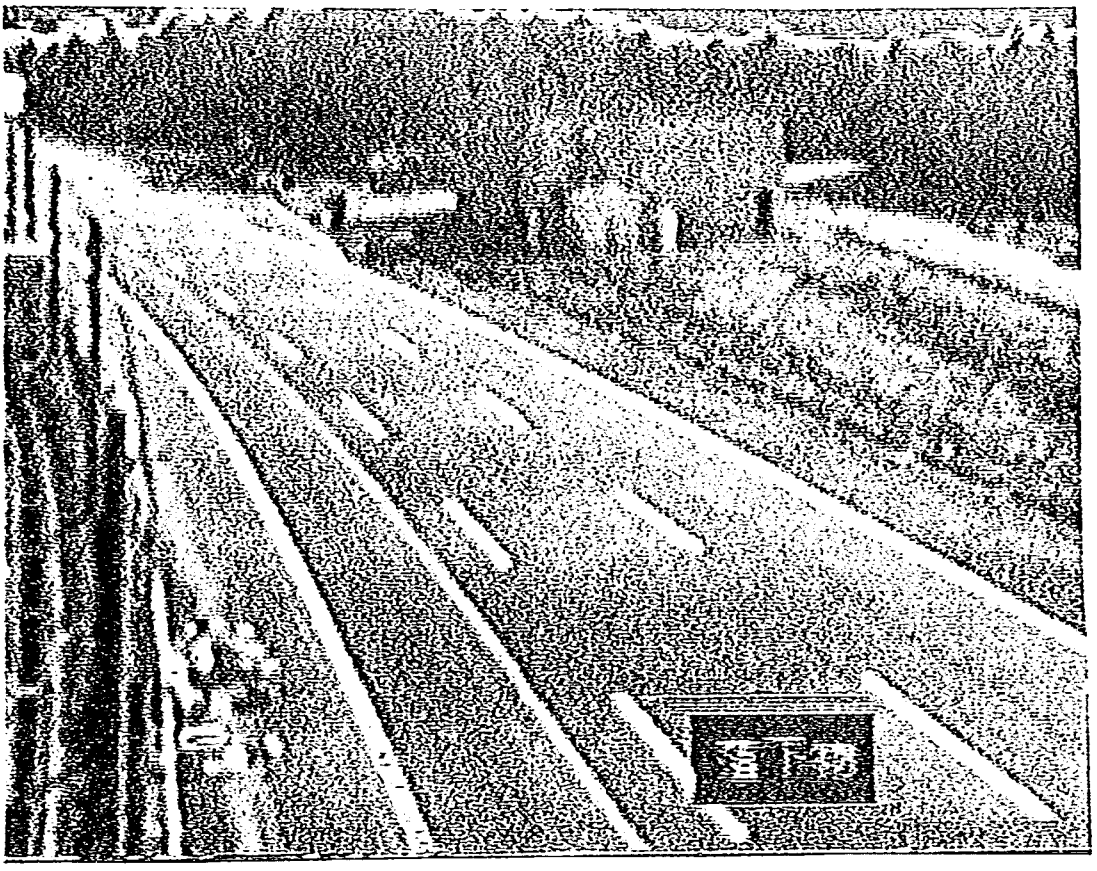
No. 11　可視カメラ　30m　毛布の結果映像



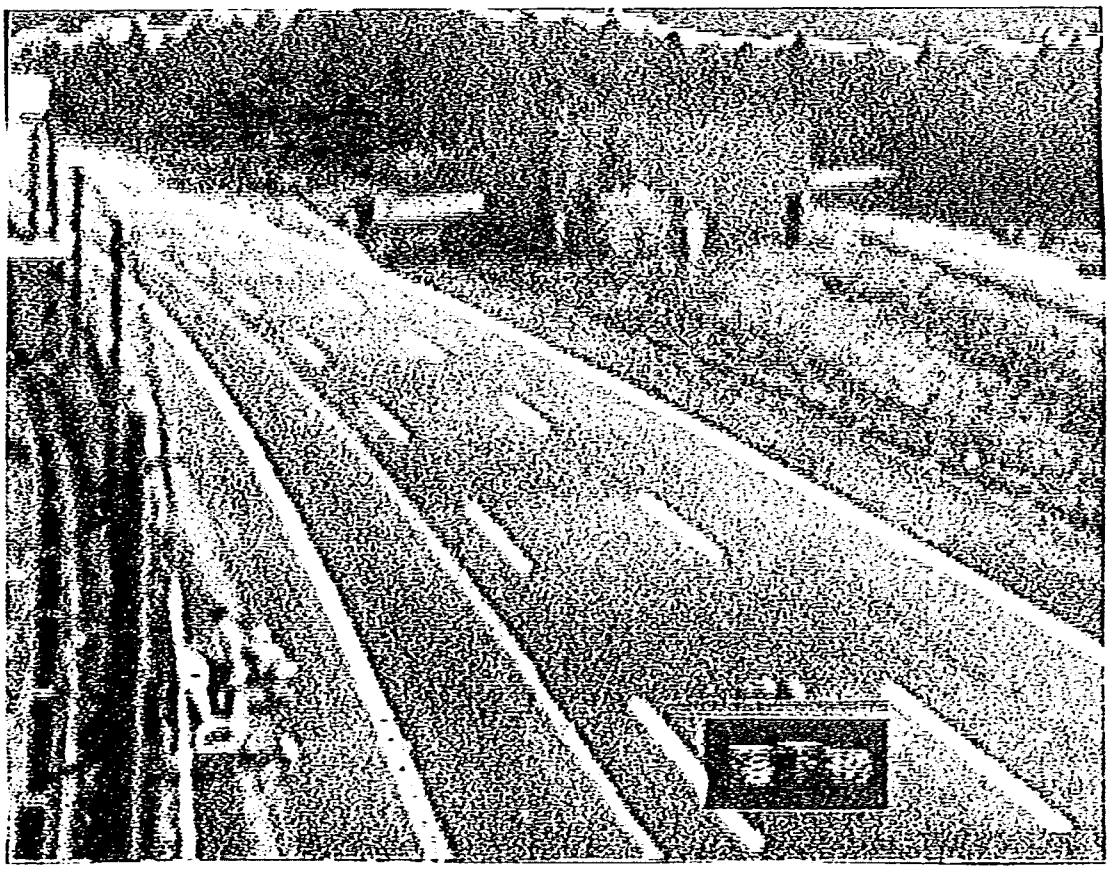
No. 12　可視カメラ　30m　ビニールシートの結果映像



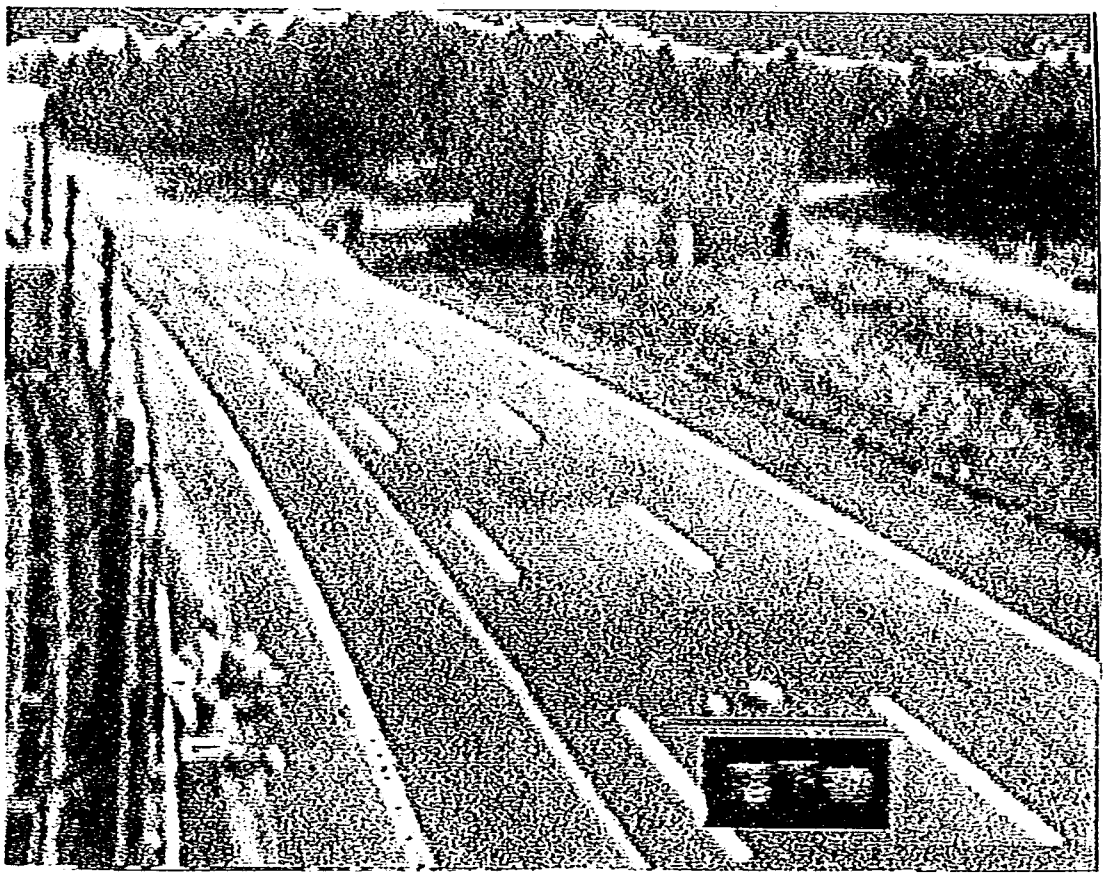
No. 13　可視カメラ　30m　ロープの結果映像



No. 14　可視カメラ　30m　ジャンパーの結果映像



No. 15　可視カメラ　30m　発砲スチロール（２個）の結果映像



3）停止車両

（1）概要

昨年度の実験では、単独で走行する車両について、停止検出実験を行った。今年度は、画面上で車両が重なっている状況での車両停止について実験を行った。

また、カメラ連携を行うことにより停止検出範囲を広域化する手法についての検討、現状における車両停止の細分化判定の可否、その細分化判定結果から間接的に推測可能と思われる事象について検討した。

（2）車両の重なりにおける異常事象検出

①実験の目的

停止車両の検知が車両の重なりにどの程度影響を受けるか、画面上で車両の重さなりが発生する映像を用いた実験により評価する。

②実験の概要

平成８年２月に、首都高速道路公団が土木研究所テストコースにおいて収録した実験映像を実験映像として使用した。

③実験データ

収録テープには車両20台程度が３秒～５秒間隔でテストコースを周走行後、一定の地点で急停止を行う映像が録画されている。

後続車は車線の閉塞を想定し、２車線の車両とも停止する。

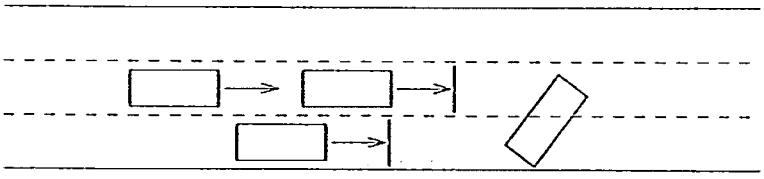
実験に用いた映像の収録条件図表(4-1-1)3-1に示す。

図表(4-1-1)3-1　データ収集条件

項　目	条　件
道路環境	２車線直線部
ＣＣＴＶ設置場所	高欄部路肩相当（可動式照明柱）
ＣＣＴＶ設置高さ	７m・10m
ＣＣＴＶ俯角	15°
使用ＣＣＴＶ	1/2インチ カラーＣＣＴＶ
使用レンズ	25mm・35mm
天候環境	晴天あるいは曇天
時刻環境	昼間
事象発生地点	80/150/250m

図表(4-1-1)3-2に実験時の走行パターンを示す。先頭車両は急停止を想定し、80/150/250mの各地点で停止する。後続車は、車線の閉塞を想定し、２車線の車両とも停止する。以下、急停止する車両（車線中央停止車両）を中車線と記述、後続車の左車線車両を左車線・同じく右車線車両を右車線と記述する。

図表(4-1-1)3-2　走行パターン図



図表(4-1-1)3-3に評価パターン一覧を示す。なお、カメラ高７m・焦点距離25mm・停止位置80mについては、実験映像の同期が乱れるため、評価対象から除外した。

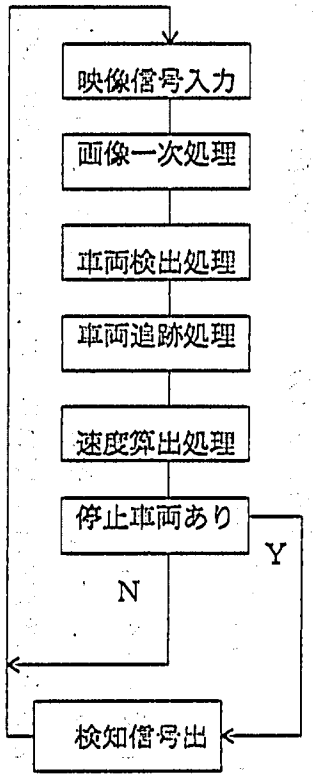
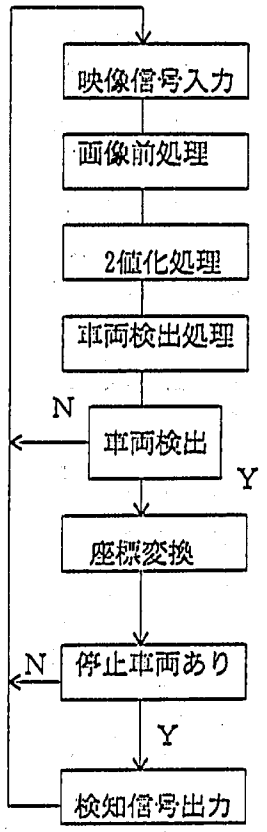
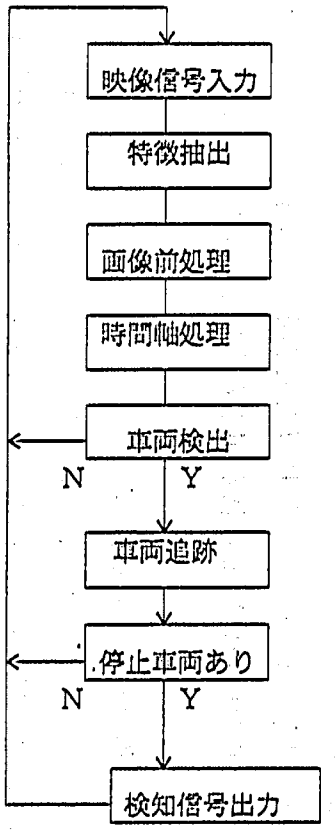
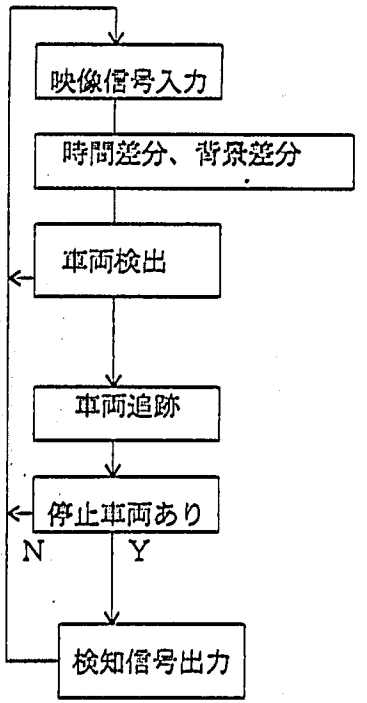
図表(4-1-1)3-3　評価パターン一覧(○印を評価)

カメラ高	焦点距離	車両停止位置		
		80m	150m	250m
7 m	25mm	−	○	○
7 m	35mm	○	○	○
10m	25mm	○	○	○
10m	35mm	○	○	○

④評価アルゴリズム概要

下表に示す４手法により評価を実施した。

図表(4-1-1)3-4　４手法

	手法 A	手法 B	手法 C	手法 D
処理概略フロー				
処理画像(H×V)	512×512	512×484	256×256	640×480

⑤評価の結果

a)評価方法

前述の映像を各処理手法の画像処理装置で処理し、映像内の車両を停止判定出来るか評価した。

b)評価結果と考察

各処理手法による処理結果を次ページ以降に示す。

各処理手法により多少の差異はあるものの実験映像での実験結果はほぼ同様の傾向が現れた。

今回の実験では車両の重なり具合と判定時間の関係を明確にするとは出来なかったが重なりの度合いにより判定が不安定になり判定時間が長くなるこが確認された。

c)レンズ焦点距離による比較

カメラ高さ７ｍの場合、10ｍの場合とも焦点距離が長い方が、検出精度が向上している。これは、焦点距離が長いレンズの方が、同じものを捕らえた場合でも、より大きく映り（高分解能となり）、車両特徴点等を安定して抽出することができる（安定して車両同士を分離できるなどの）ためと考える。

但し、最適な焦点距離ということになると、車両同士が重なっていては、いくら望遠を用いたところで、車両同士の分離限界は決まってしまう。また、焦点距離が長くなる程、監視範囲は狭くなるということを考えても、ただ長ければ良いというものではない。

さらに、カメラの振動による画面のブレは焦点距離が長いほど影響を受け易いため、カメラの振動を補正する方法（カメラの設置方法・画像処理による方法等）を検討することが必要である。

d)カメラ高さによる比較

35㎜で比較した場合には、その差は見られないが、25㎜の場合には、カメラ高さが高い方が検出精度が向上している。これは、カメラ高さが高いほど後続車による隠蔽の影響が少なくなるためと考えられる。

e)停止位置による比較

停止位置80m、150mのデータについてはカメラの設置高さに関わらず比較的安定に停止検出が可能であった。停止位置250mのデータについてはコントラスト不足および車両の大きさが小さくなり、ノイズの影響が大きくなるなどの理由により、処理が不安定となる（車両を見失うもしくはノイズ等の影響で本来の車両領域からずれてしまう）場合があった。

また、画面上での移動量が小さくなるため移動車両を停止車両と判定したり、ノイズの影響により停止車両を移動車両と誤判定するケースが確認された（停止検出時間のバラツキの要因）。

f)重なりの度合いによる影響

中車線に停止した車両は後続車両との重なりにより車両の一部（頭部および後尾）が見えなくなるが、大部分が露出しているために停止検出への影響は見られなかった。しかしながら、左車線の１台目の車両は２台目の車両との重複により停止検出が不安定であり、車両を見失うケースが確認できた。このことから車両の1/3程度の隠蔽は停止検出をやや不安定にはするが、大きな影響は無いと考えられる。1/3以上が隠蔽された場合は、停止検出（車両検出）が困難となると予想される。

なお、今回の実験データは実験に用いた限られた条件下の結果である。

他のデータ（天候、走行車両の色の異なるデータ）について同様の結果･考察が得られるかは今後の課題である。

⑥ 結果の詳細データ

a)方式 A

図表(4-1-1)3-5 結果（高さ7m、F25mm）

	走行パターン		事象発生	検出内容	検出時間	検出時刻	備 考
	150m	中車線	10:05:11	停止		×	(横向き) 後続車両に隠されて停止判定できず
		左車線	10:05:16	停止	3	10:05:19	
		右車線	10:05:21	停止	3	10:05:24	
	250m	中車線	10:10:21	停止		×	(横向き) 後続車両に隠されて停止判定できず
		左車線	10:10:25	停止	4	10:10:29	
		右車線	10:10:31	停止	4	10:10:35	

図表(4-1-1)3-6 結果（高さ7m、F35mm）

	走行パターン		事象発生	検出内容	検出時間	検出時刻	備 考
	80m	中車線	09:59:47	停止	3	09:59:50	
		左車線	:59:54	停止	3	:59:57	
		右車線	10:00:00	停止	3	10:00:03	
	150m	中車線	10:05:11	停止	4	10:05:15	
		左車線	:05:17	停止	3	:05:20	
		右車線	:05:21	停止	3	:05:24	
	250m	中車線	10:10:21	停止	5	10:10:26	
		左車線	:10:27	停止	4	:10:31	
		右車線	:10:33	停止	5	:10:38	

図表(4-1-1)3-7　結果（高さ10m、Ｆ25mm）

	走行パターン		事象発生	検出内容	検出時間	検出時刻	備　考
	80m	中車線	09:59:47	停止	3	09:59:50	
		左車線	:59:54	停止	3	:59:57	
		右車線	10:00:00	停止	3	10:00:03	
	150m	中車線	10:05:11	停止		×	後続車両に隠され停止判定不可
		左車線	:05:16	停止	3	10:05:19	
		右車線	:05:21	停止	3	:05:24	
	250m	中車線	10:10:21	停止		×	後続車両に隠され停止判定不可
		左車線	:10:26	停止	5	10:10:31	
		右車線	:10:33	停止	5	:10:38	

図表(4-1-1)3-8　結果（高さ10m、Ｆ35mm）

	走行パターン		事象発生	検出内容	検出時間	検出時刻	備　考
	80m(ウ)	中車線	9:59:47	停止	3	9:59:50	
		左車線	:59:54	停止	3	:59:57	
		右車線	10:00:00	停止	3	10:00:03	
	150m(ウ)	中車線	10:05:11	停止	3	10:05:14	
		左車線	:05:17	停止	3	:05:20	
		右車線	:05:21	停止	3	:05:24	
	250m(ウ)	中車線	10:10:21	停止	4	10:10:25	大きさ（画素）が不足し、車両両認識がやや不安定
		左車線	:10:26	停止	4	:10:30	〃
		右車線	:10:33	停止	4	:10:37	〃

b)方式 B

表中の“検出可否”において、“○”・“△”・“×”はそれぞれ、検出成功、実際の停止時間より早めに停止と判定した場合、停止判定不可能を示す。

本アルゴリズムでは計測速度がしきい値以下になった状態が３秒以上続いた場合に停止と判定しているため、表中の“真値との差”が３ｓの場合が正確に検知できた場合である。

図表(4-1-1)3-9　停止判定評価結果

カメラ設置高Ｈ７ｍ　焦点距離Ｆ25㎜					
停止位置	車両	停止時刻(真値)	検出可否	検出時刻	真値との差
150m	先頭車両	10:05:11	○	10:05:14	3ｓ
	左車両	10:05:16	△	10:05:15	-1ｓ
	右車両	10:05:21	△	10:05:23	2ｓ
250m	先頭車両	10:10:21	△	10:10:23	2ｓ
	左車両	10:10:26	△	10:10:25	-1ｓ
	右車両	10:10:32	△	10:10:31	-1ｓ

図表(4-1-1)3-10　停止判定評価結果

カメラ設置高Ｈ７ｍ　焦点距離Ｆ35㎜					
停止位置	車両	停止時刻(真値)	検出可否	検出時刻	真値との差
80m	先頭車両	09:59:47	○	09:59:50	3ｓ
	左車両	09:59:54	○	09:59:57	3ｓ
	右車両	10:00:01	△	10:00:03	2ｓ
150m	先頭車両	10:05:11	○	10:05:14	3ｓ
	左車両	10:05:16	△	10:05:16	0ｓ
	右車両	10:05:21	△	10:05:23	2ｓ
250m	先頭車両	10:10:21	○	10:10:24	3ｓ
	左車両	10:10:26	△	10:10:25	-1ｓ
	右車両	10:10:32	△	10:10:33	1ｓ

図表(4-1-1)3-11　停止判定評価結果

カメラ設置高H10m　焦点距離F25mm					
停止位置	車両	停止時刻(真値)	検出可否	検出時刻	真値との差
80m	先頭車両	09:59:47	○	09:59:50	3s
	左車両	09:59:54	○	09:59:57	3s
	右車両	10:00:01	○	10:00:04	3s
150m	先頭車両	10:05:11	○	10:05:14	3s
	左車両	10:05:16	△	10:05:16	0s
	右車両	10:05:21	△	10:05:22	1s
250m	先頭車両	10:10:21	○	10:10:24	3s
	左車両	10:10:26	△	10:10:28	2s
	右車両	10:10:32	△	10:10:31	-1s

図表(4-1-1)3-12　停止判定評価結果

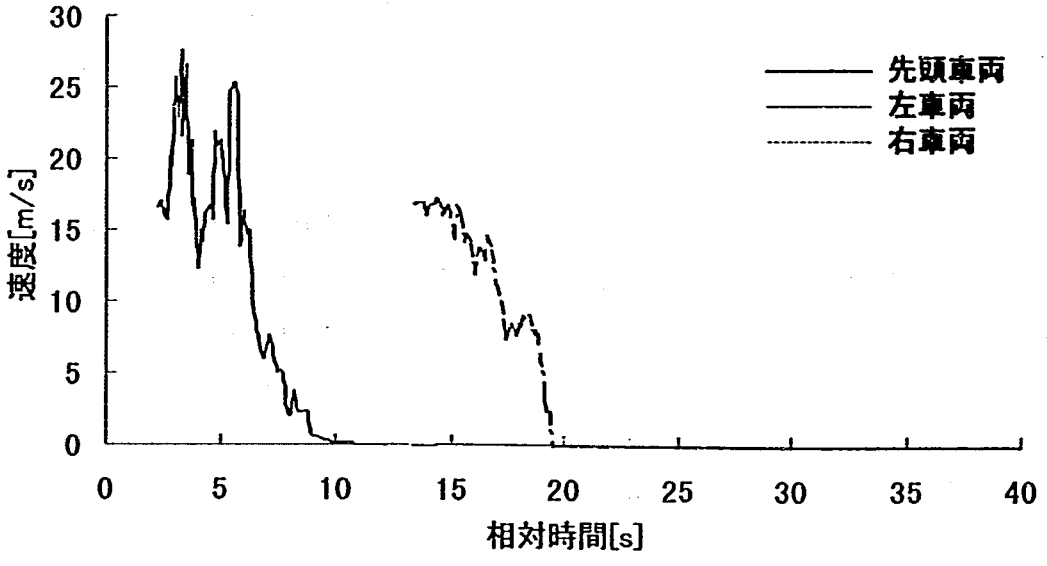
カメラ設置高H10m　焦点距離　F35mm					
停止位置	車両	停止時刻(真値)	検出可否	検出時刻	真値との差
80m	先頭車両	09:59:47	△	09:59:49	2s
	左車両	09:59:54	○	09:59:57	3s
	右車両	10:00:01	○	10:00:04	3s
150m	先頭車両	10:05:11	○	10:05:14	3s
	左車両	10:05:16	△	10:05:20	4s
	右車両	10:05:21	△	10:05:23	2s
250m	先頭車両	10:10:21	○	10:10:24	3s
	左車両	10:10:26	×	--------	--------
	右車両	10:10:32	○	10:10:35	3s

7)実験解析グラフ

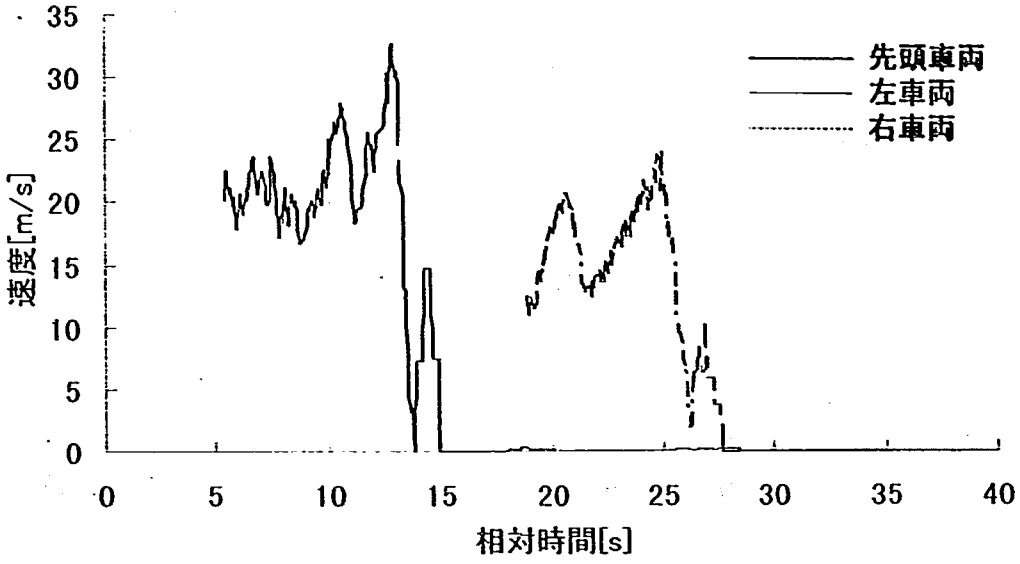
各車両の速度のグラフを各パターンごとに図表(4-1-1)3-13～図表(4-1-1)3-23に示す。グラフの横軸はシミュレーション開始時からの経過時間を示す。各パターンのシミュレーション開始時刻は、グラフタイトル中に示す。図表(4-1-1)3-18（H 10m F 25㎜）において、30秒あたりの部分で速度が0でなくなっているが、これは、カメラゆれの影響である。図表(4-1-1)3-13（H７m・F 25㎜・150m）・図表(4-1-1)3-16（H7m・F 35㎜・150m)・図表(4-1-1)3-17（H７m・F 35㎜・250m)・図表(4-1-1)3-20（H10m・F 25㎜・250m）において、左車両の速度が一度0になった後、上昇している部分があるが、これは、左車両の後続車に車両の一部が隠されてしまい、正確な追跡処理ができなくなっているためである。この後続車の影響は、カメラ高さ７mで顕著であり、カメラ高さ10mの場合には、７mに比べ後続車の影響を受けにくい。

(1)カメラ高さ７m　焦点距離25㎜

図表(4-1-1)3-13　H７m・F 25㎜・停止位置150m　計測速度図（開始時間　10:05:00)

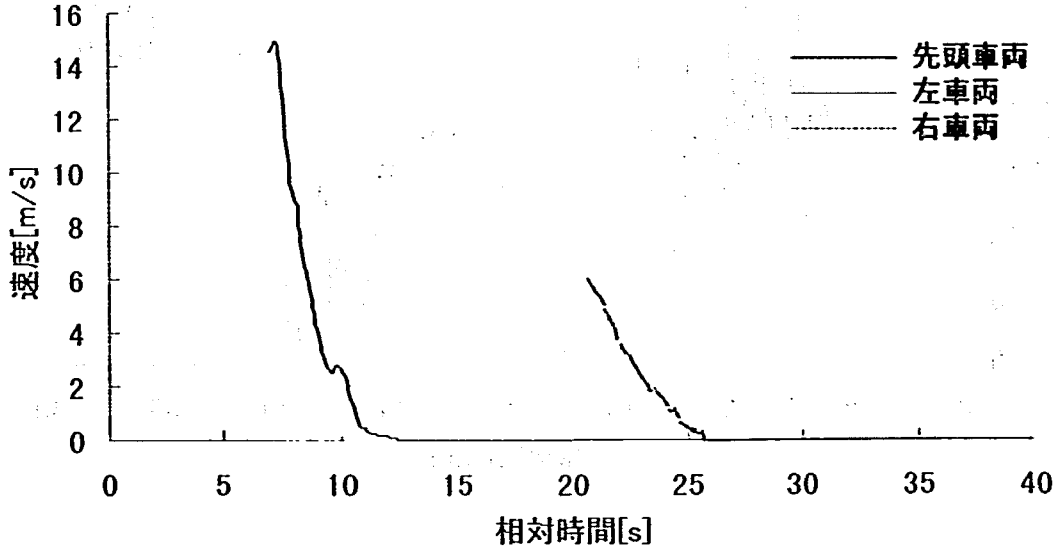


図表(4-1-1)3-14　Ｈ７ｍ・Ｆ25㎜・停止位置250ｍ　計測速度図（開始時間　10:10:00）

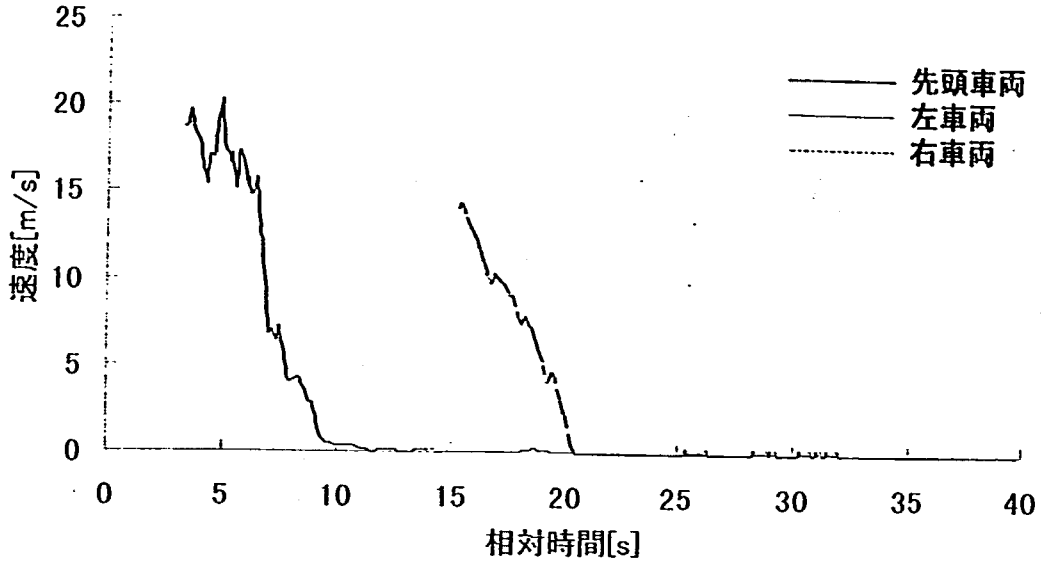


(2)カメラ高さ７ｍ　焦点距離35㎜

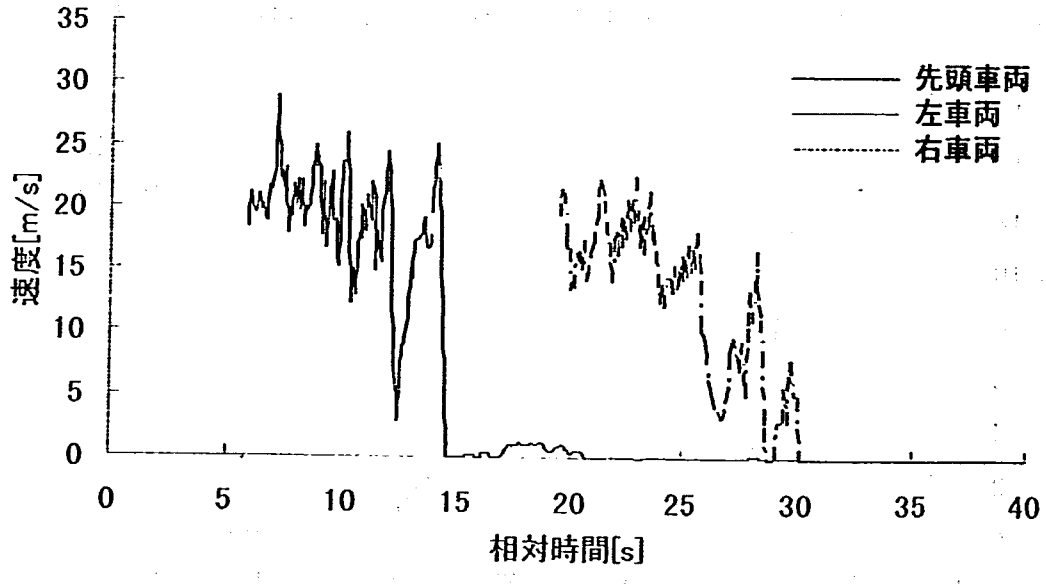
図表(4-1-1)3-15　Ｈ７ｍ・Ｆ35㎜・停止位置80ｍ　計測速度図（開始時間　09:59:35）



図表(4-1-1)3-16　Ｈ７ｍ・Ｆ35㎜・停止位置150m　計測速度図（開始時間　10:05:00)

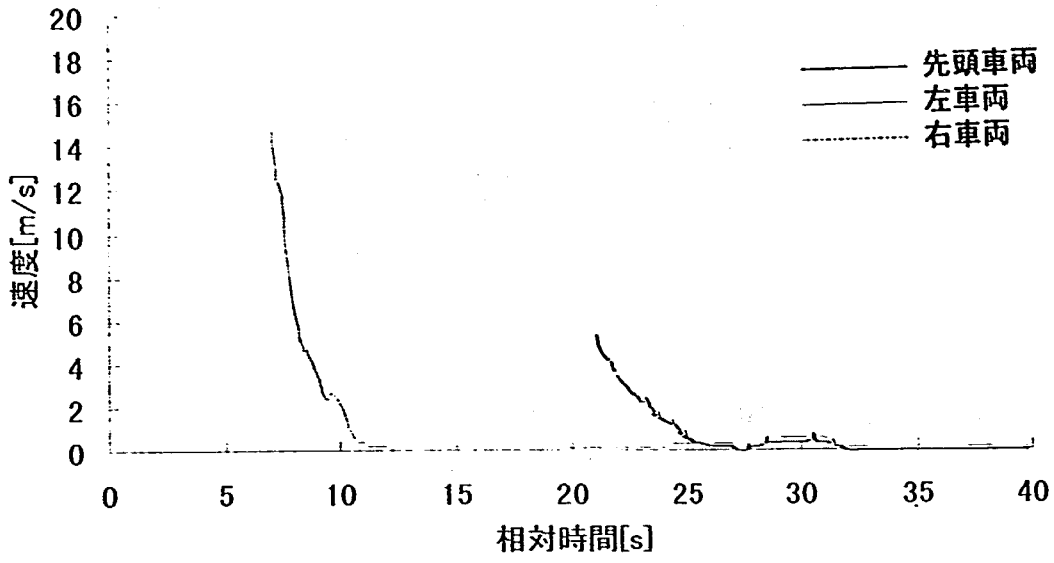


図表(4-1-1)3-17　Ｈ７ｍ・Ｆ35㎜・停止位置250m　計測速度図（開始時刻　10:10:00)

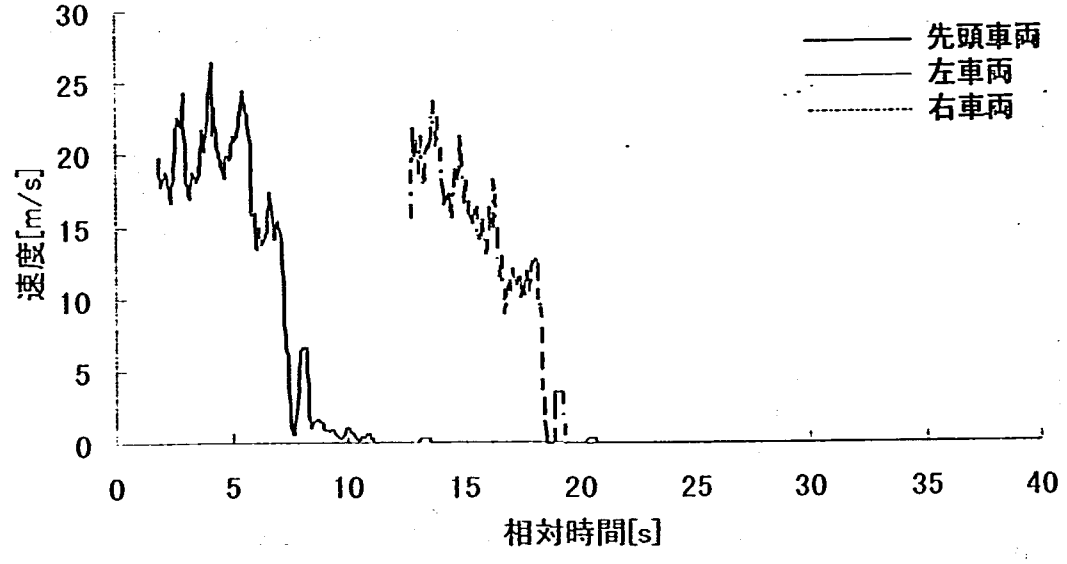


(3)カメラ高さ10m　焦点距離25mm

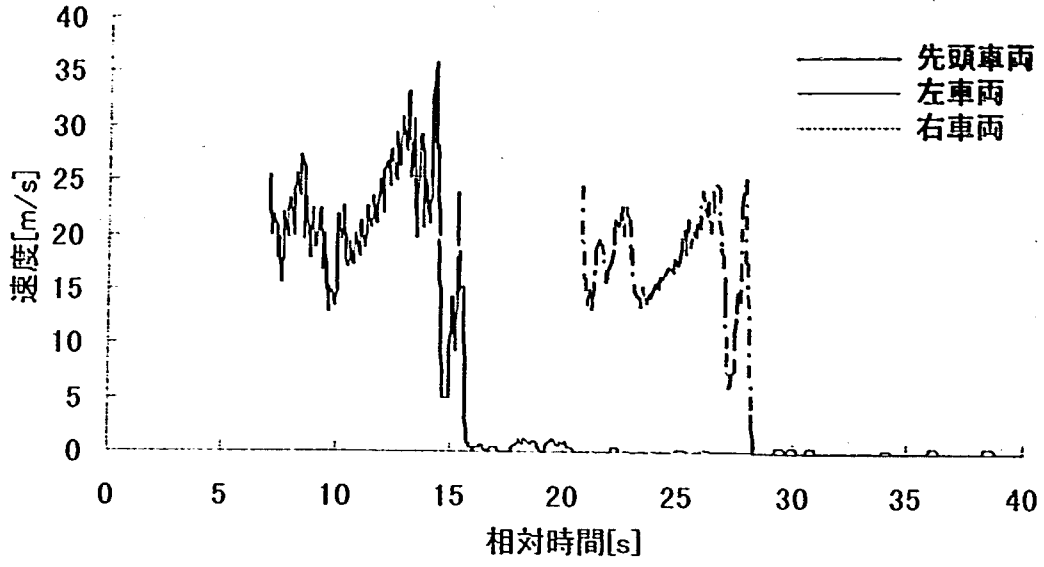
図表(4-1-1)3-18　H10m・F25mm・停止位置80m　計測速度図（開始時間　09:59:35）



図表(4-1-1)3-19　H10m・F25mm・停止位置150m　計測速度図（開始時間　10:05:00）

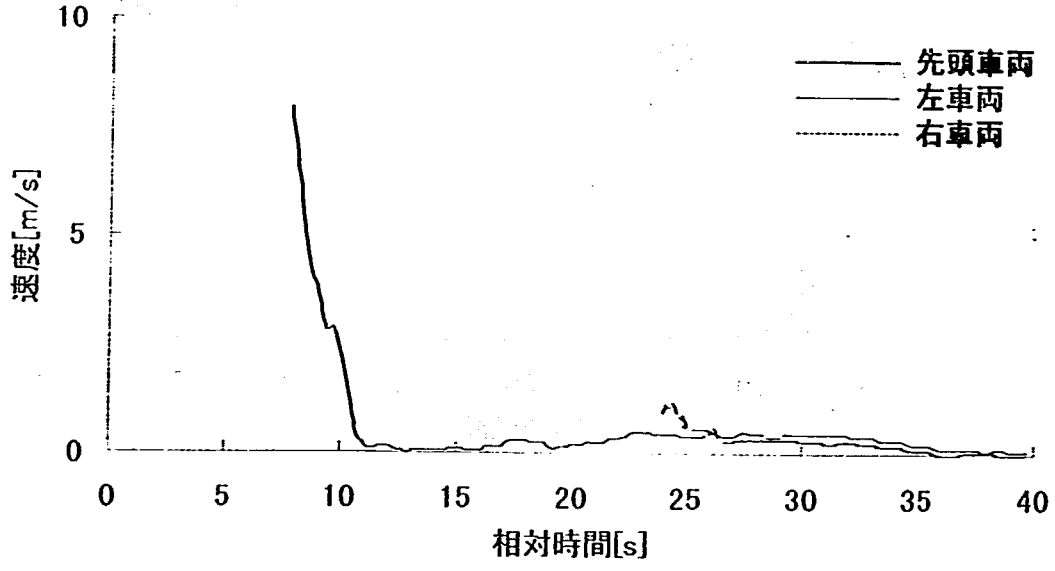


図表(4-1-1)3-20　H10m・F25mm・停止位置250m　計測速度図（開始時刻　10:10:00)

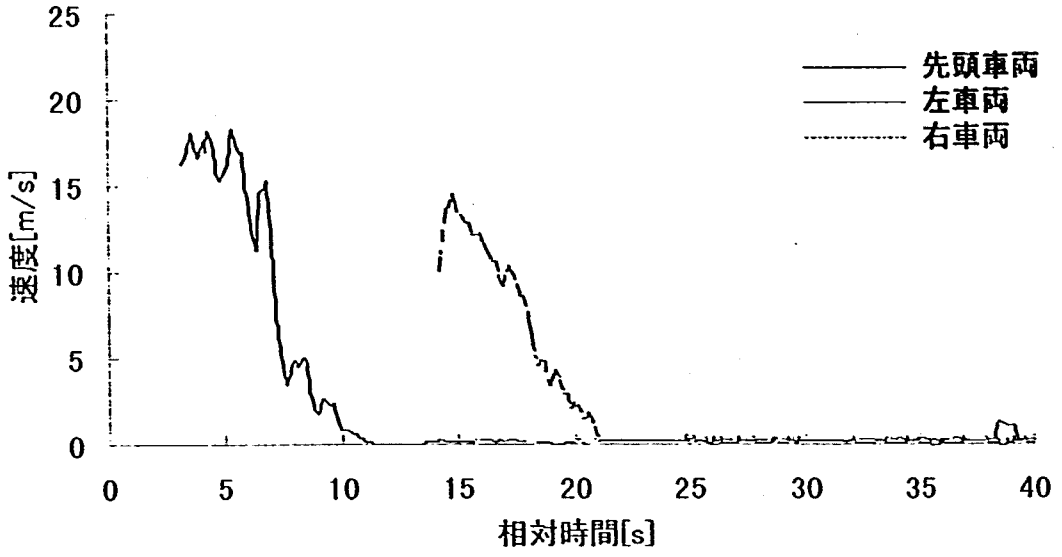


(4)カメラ高さ10m　焦点距離35mm

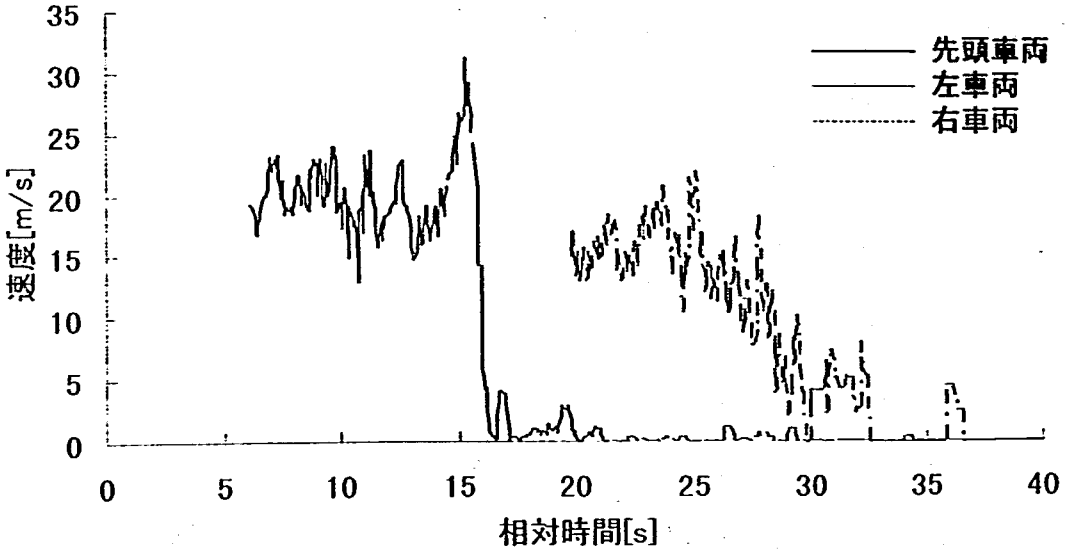
図表(4-1-1)3-21　H10m・F35mm・停止位置80m　計測速度図（開始時間　09:59:35)



図表(4-1-1)3-22　H10m・F35mm・停止位置150m　計測速度図（開始時間　10:05:00）



図表(4-1-1)3-23　H10m・F35mm・停止位置250m　計測速度図（開始時刻　10:10:00）



c)方式 C

図表(4-1-1)3-24 結果 (H10m、F25mm)

走行パターン	事象発生	検出内容	検出時間	備考
80m 中車線	09:59:47	停止	2	
左車線	09:59:54	停止	2	
右車線	10:00:00	停止	2	
150m 中車線	10:05:11	停止	2	後続車両により隠蔽され検出15秒後に停止解除
左車線	10:05:16	停止	2	
右車線	10:05:21	停止	2	
250m 中車線	10:10:21	未検出		遠方での追跡が不安定
左車線	10:10:26	未検出		同上
右車線	10:10:33	未検出		同上

図表(4-1-1)3-25 結果 (H10m、F35mm)

走行パターン	事象発生	検出内容	検出時間	備考
80m 中車線	09:59:47	停止	2	
左車線	09:59:54	停止	2	
右車線	10:00:00	停止	2	
150m 中車線	10:05:11		2	
左車線	10:05:16	停止	2	
右車線	10:05:21	停止	2	
250m 中車線	10:10:21	未検出		遠方での追跡が不安定
左車線	10:10:26	未検出		同上
右車線	10:10:33	未検出		同上

図表(4-1-1)3-26　結果（H７m、F25mm)

走行パターン	事象発生	検出内容	検出時間	備　　考
150m　中車線	10:05:11	停止	5	後続車両の隠蔽により検出2秒後に停止解除
左車線	10:05:16	停止	3	
右車線	10:05:21	停止	3	
250m　中車線	10:10:21	未検出		遠方での追跡が不安定
左車線	10:10:26	未検出		同上
右車線	10:10:33	未検出		同上

図表(4-1-1)3-27　結果（H７m、F35mm)

走行パターン	事象発生	検出内容	検出時間	備　　考
80m　中車線	09:59:47	停止	2	
左車線	09:59:54	停止	2	
右車線	10:00:00	停止	2	
150m　中車線	10:05:11	停止	2	
左車線	10:05:16	停止	2	
右車線	10:05:21	停止	2	
250m　中車線	10:10:21	未検出		遠方での追跡が不安定
左車線	10:10:26	未検出		同上
右車線	10:10:33	未検出		同上

d)方式 D

図表(4-1-1)3-28 結果 (H10m、F35mm)

停止位置	車線	停止時刻	検出時刻	検出時間	検出位置	備考
80m	中車線	9:59:47	9:59:50	3sec	75.5m	
	左車線 1台目	9:59:54	9:59:58	4sec		
	左車線 2台目					視野外のため検出不可能
	右車線	10:00:00	10:00:03	3sec		
150m	中車線	10:05:11	10:05:14	3sec	147.4m	
	左車線 1台目	10:05:17	10:05:21	4sec		
	左車線 2台目	10:05:26	10:05:31	5sec		
	右車線	10:05:21	10:05:24	3sec		
250m	中車線	10:10:21	10:10:24	3sec	255.6m	
	左車線 1台目	10:10:26	10:10:29	3sec		
	左車線 2台目	10:10:35	10:10:40	5sec		
	右車線	10:10:33	10:10:39	6sec		

図表(4-1-1)3-29 結果 (H7m、F35mm)

停止位置	車線	停止時刻	検出時刻	検出時間	検出位置	備考
80m	中車線	9:59:47	9:59:50	3sec	71.9m	
	左車線 1台目	9:59:54	9:59:57	3sec		
	左車線 2台目	10:00:03	10:00:06	3sec		
	右車線	10:00:00	10:00:04	4sec		
150m	中車線	10:05:11	10:05:14	3sec	146.3m	
	左車線 1台目	10:05:16	10:05:21	5sec		後続車両による隠蔽のため見失う
	左車線 2台目	10:05:27	10:05:30	3sec		
	右車線	10:05:21	10:05:25	4sec		
250m	中車線	10:10:21	10:10:23	2sec	262.6m	
	左車線 1台目	10:10:26	10:10:29	3sec		後続車両による隠蔽のため見失う
	左車線 2台目	10:10:36	10:10:40	4sec		
	右車線	10:10:33	10:10:36	3sec		

図表(4-1-1)3-30　結果（H10m、F25mm）

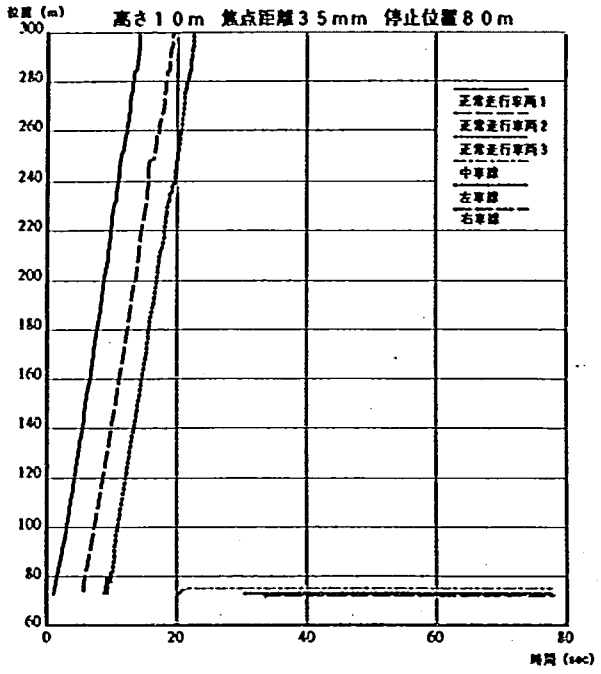
停止位置	車線	停止時刻	検出時刻	検出時間	検出位置	備考
80m	中車線	9:59:47	9:59:50	3sec	75.3m	
	左車線 1台目	9:59:54	9:59:57	3sec		
	左車線 2台目	10:00:03	10:00:06	3sec		
	右車線	10:00:00	10:00:02	4sec		
150m	中車線	10:05:11	10:05:13	2sec	143.6m	
	左車線 1台目	10:05:17	10:05:20	3sec		
	左車線 2台目	10:05:27	10:05:31	4sec		
	右車線	10:05:21	10:05:24	3sec		
250m	中車線	10:10:21	10:10:24	3sec	241.0m	
	左車線 1台目	10:10:25	×			
	左車線 2台目	10:10:36	10:10:40	4sec		
	右車線	10:10:31	×			

図表(4-1-1)3-31（H7m、F25mm）

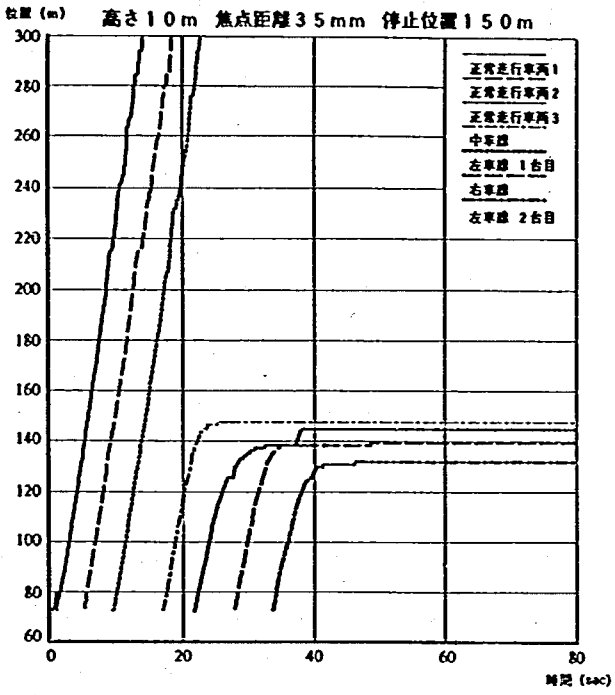
停止位置	車線	停止時刻	検出時刻	検出時間	検出位置	備考
80m						映像の乱れのため処理対象外
150m	中車線	10:05:10	10:05:13	3sec	146.3m	
	左車線 1台目	10:05:16	10:05:21	5sec		
	左車線 2台目	10:05:27	10:05:32	5sec		
	右車線	10:05:21	10:05:24	3sec		
250m	中車線	10:10:21	×			
	左車線 1台目	10:10:26	×			
	左車線 2台目	10:10:36	×			
	右車線	10:10:32	×			

図表(4-1-1)3-32　車両の軌跡グラフ

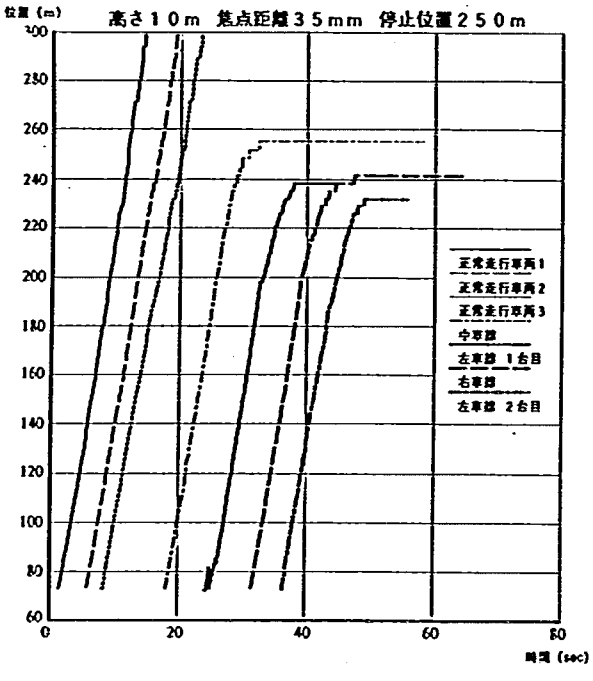
車両の軌跡グラフ１



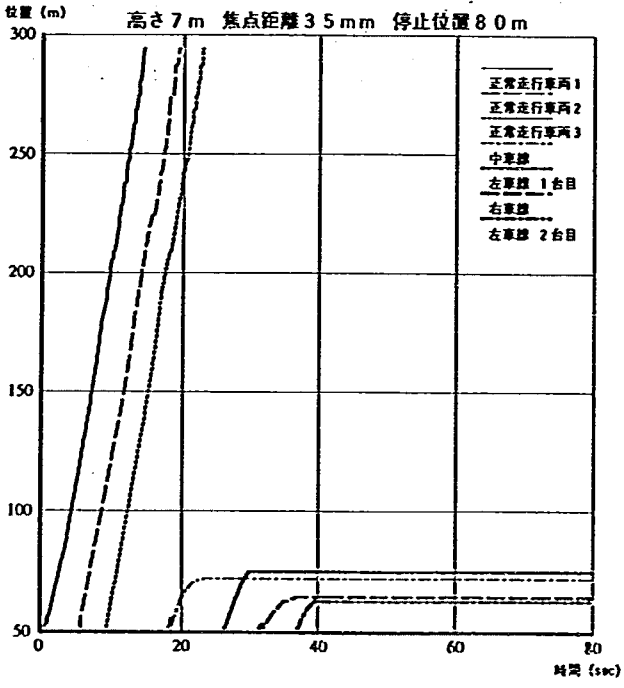
車両の軌跡グラフ２



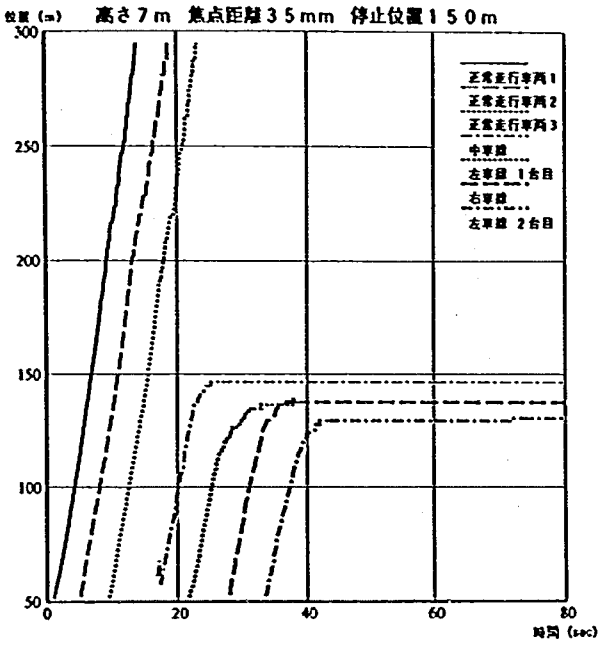
車両の軌跡グラフ３



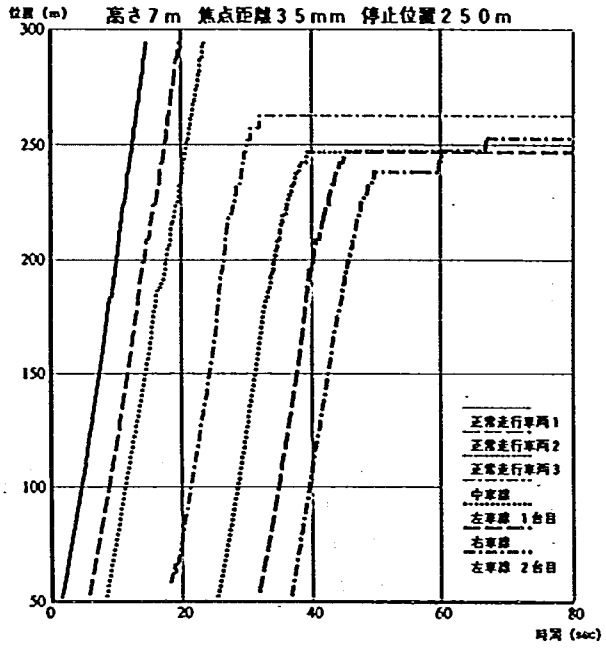
車両の軌跡グラフ４



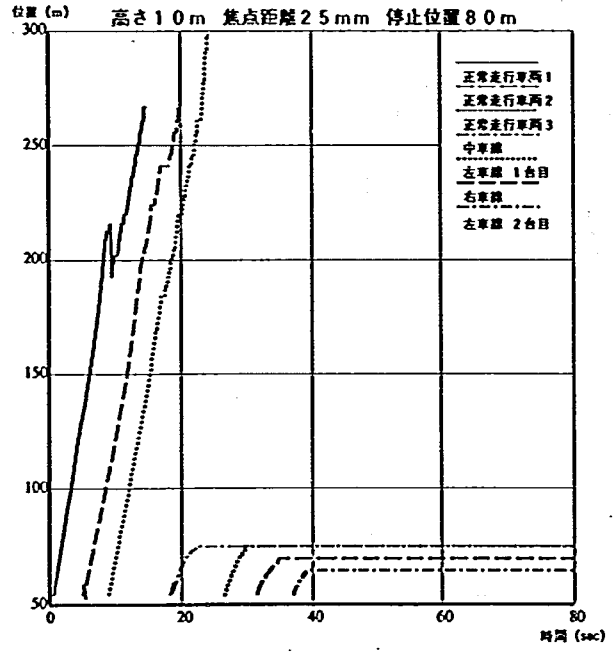
車両の軌跡グラフ５



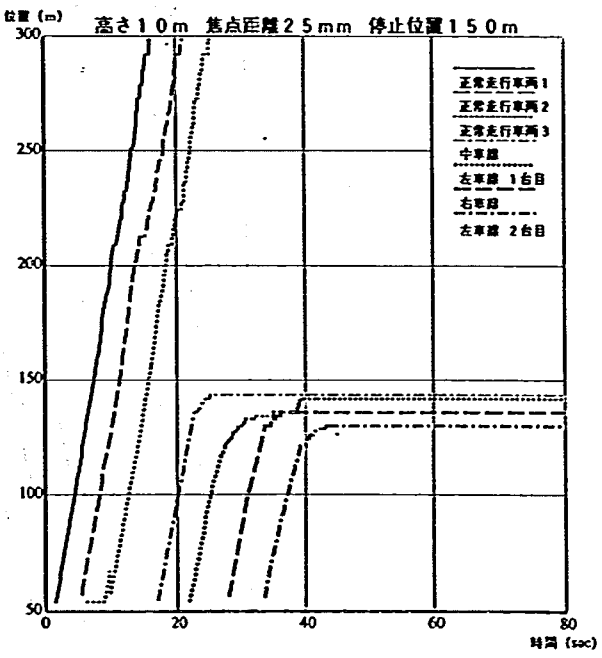
車両の軌跡グラフ６



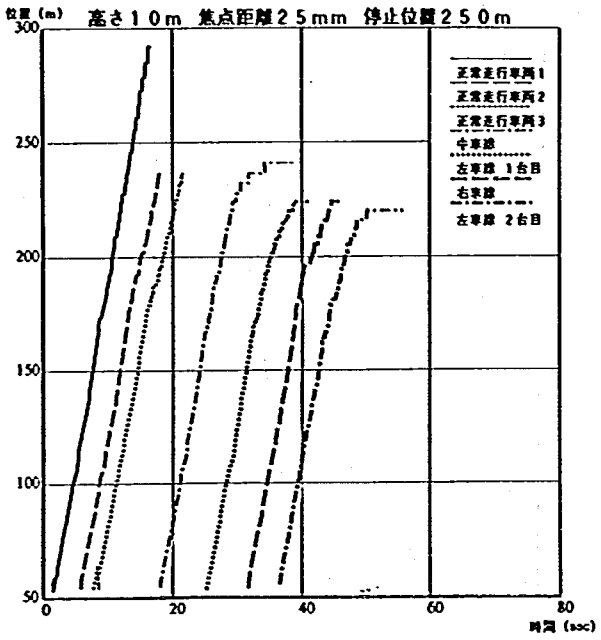
車両の軌跡グラフ７



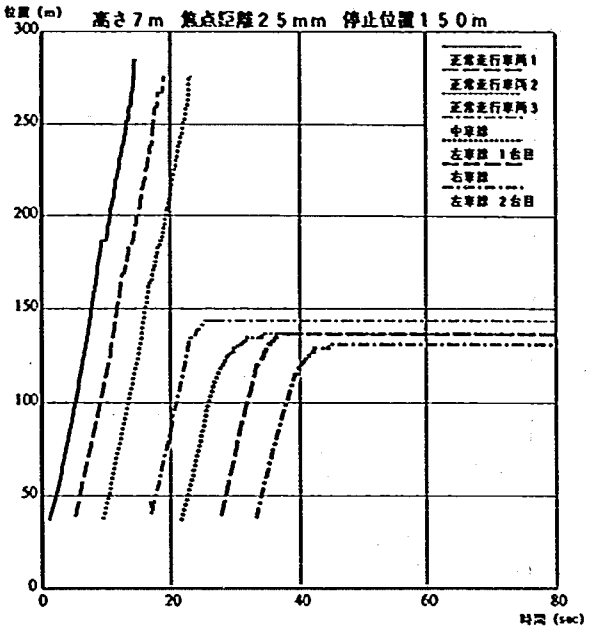
車両の軌跡グラフ８



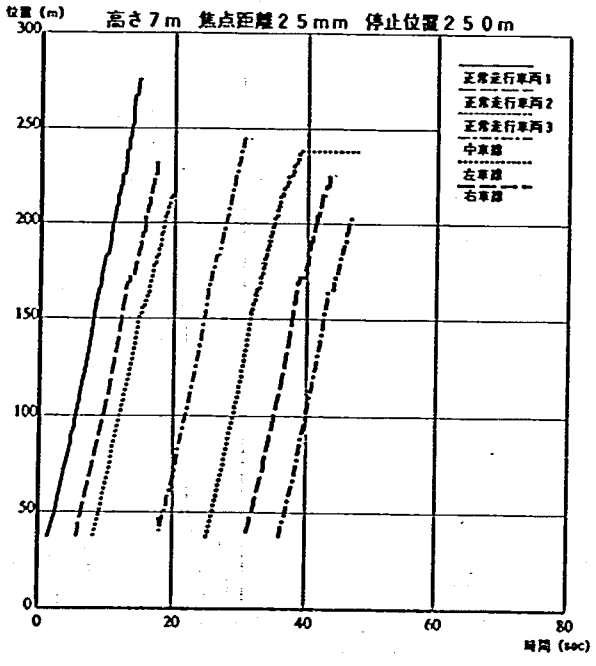
車両の軌跡グラフ９



車両の軌跡グラフ10



車両の軌跡グラフ11



（3）監視カメラ間の連携による異常事象検出

①目的

H７年度は、監視カメラ１台による停止検出可能範囲の検証を行った。しかし、実際には、カメラ１台の検出範囲外で事象が発生する場合もあるほか、監視範囲の限界点付近では、検出性能が不安定になるため、何らかの対策が必要となる。そこで、今年度は、前述の問題に対し有効であると考えられる監視カメラ複数台の場合につき、その配置及びアルゴリズムの机上検討を行う。

②検討

a)検討条件

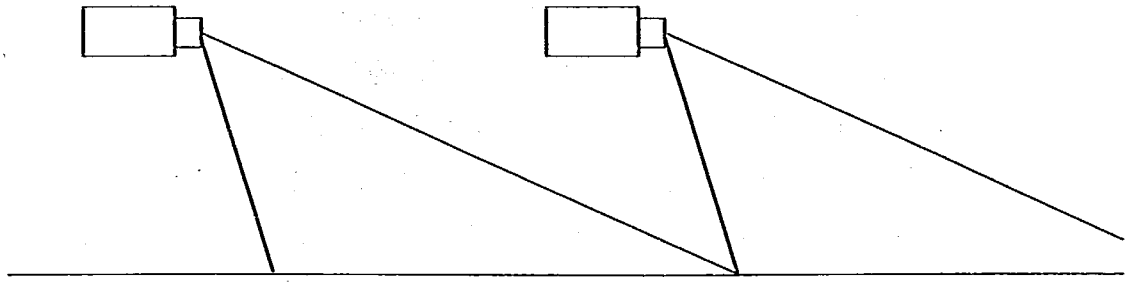
複数台の監視カメラは、進行方向に連続する２台のカメラとして検討を行うこととする。

b)カメラ配置の検討

カメラ配置としては、下記の３通りが考えられる。

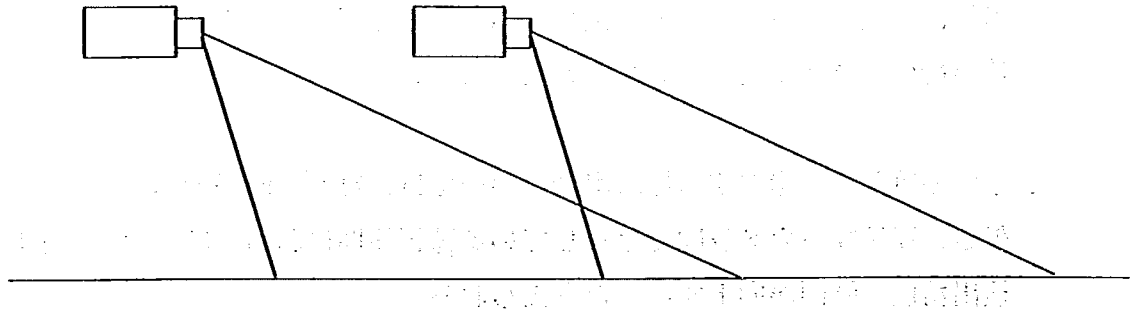
ア)配置案１：連続する監視カメラを監視範囲と同じ間隔にて配置する場合

図表(4-1-1)3-33　カメラ配置イメージ



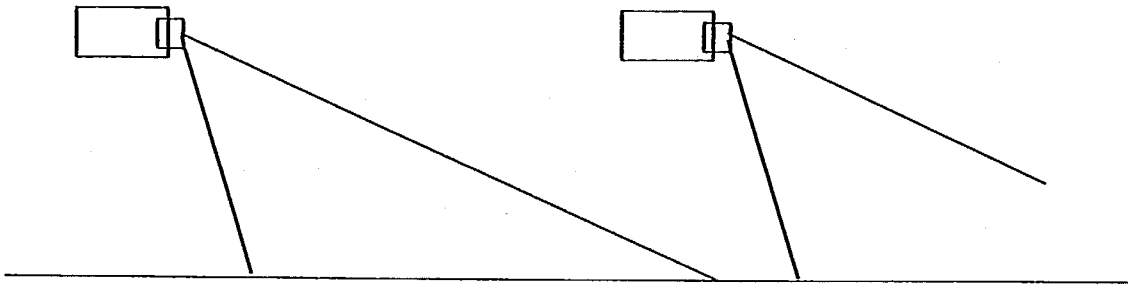
イ)配置案２：連続する監視カメラを監視範囲以下の間隔にて、ある程度監視範囲を重複させて配置する場合

図表(4-1-1)3-34　カメラ配置イメージ



ｳ)配置案３：連続する監視カメラを監視範囲以上の間隔にて、監視上の死角を残して配置する場合

図表(4-1-1)3-35　カメラ配置イメージ



c)各配置におけるアルゴリズムの検討

ｱ)配置案１

1. 基本的に監視上の死角がないため、車両の重なりが影響ない場合においては、監視範囲内での異常事象発生は、直接検出することが可能である。

2. 車両の重なりが影響する様な場合においては、異常事象に連鎖して発生する後続車両停止、渋滞、避走などの二次事象を捕らえることで、間接的に検出する。更に、先の監視カメラにおける交通流と対比を行うことで、前述の間接的な検出の精度を向上することが可能である。

3. 監視範囲の限界点付近にて異常事象が発生した場合、交通量がある程度確保されていれば、2. と同様に二次事象による間接的な検出が可能であるが、交通量が極めて少ない場合には、二次事象の発生が期待できない。
この様な場合においては、連続するカメラの内、手前のカメラにて捕らえた車両が、奥のカメラの監視範囲に到達する時間を、車両速度などから推測し、その推測値と実際の計測値間にある閾値以上の差が認められた場合に異常と判定することが可能である。

ｲ)配置案２

1. 車両の重なりが影響ない場合においては、ｱ)1. と同様である。
但し、連続するカメラ間で重複している監視範囲においては、配置案１に比べ、検出精度、時間が向上する[注1]と考えられる。

2. 車両の重なりが影響する様な場合においては、ｱ)2. と同様である。
但し、連続するカメラ間で重複している監視範囲においては、配置案１に比べ、検出精度、時間が向上する[注1]と考えられる。

3. 監視範囲の限界点付近にて異常事象が発生した場合においては、ｱ)1. と同様である。

但し、限界点付近にて監視範囲を重複させているため、車両の同定精度、時間の向上（到達時間の推定のみではなく、車両位置、車両特徴の照合による）を実現できる。

注1）カメラから遠方に離れた重なりの発生する部分は次のカメラで処理が可能となり検出精度が向上し、検知時間が短縮されると考えられる。

ｳ)配置案３

1. 監視範囲内においては、ｱ)1. 同様である。

死角においては、以下3. と同様。

2. 監視範囲内においては、ｱ)2. と同様である。

死角においては、以下3. と同様。

3. 監視限界点付近及び死角においては、ｱ)3. と同様であるが、死角においては、車両自体を捕らえることができず推測のみに頼らざるを得ないため、ｱ)に比べ精度、時間は低下すると考えられる。

また、死角範囲に比例して精度、時間は低下すると考えられる。

図表(4-1-1)3-36に各配置案の特徴及び長所、短所をまとめる。

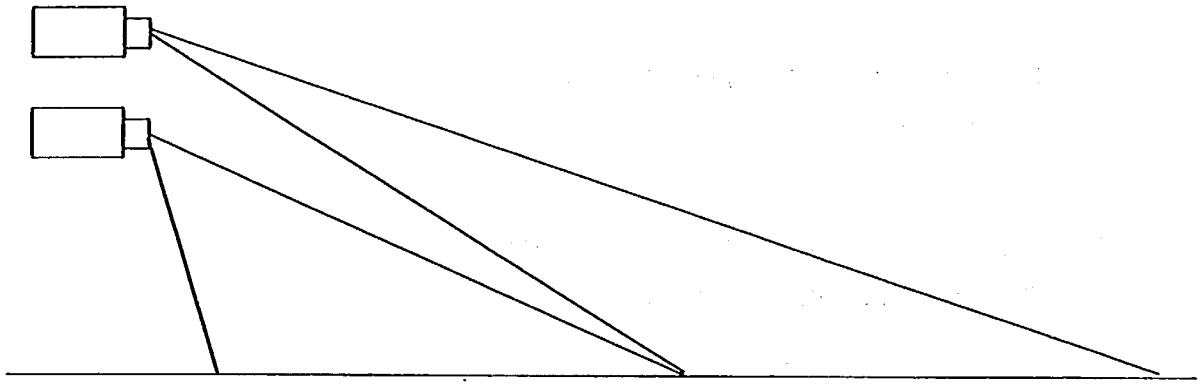
図表(4-1-1)3-36　配置案の特徴

項　目	配置案１	配置案２	配置案３
カメラ配置間隔	３案中２番目（設備コスト中）	最も短い（設備コスト高）	最も長い（設備コスト低）
検出精度	案２に比べ限界点付近の精度が劣る。（分解能低下による）	トータル的に評価して、３案中最も精度高い。（監視領域の重複により、車両の同定精度向上）	死角領域においては、推測が主となるため、精度はカメラ配置間隔とのトレード・オフとなる
検出時間	案２に比べ限界点付近の検出時間が劣る。（分解能低下による）	トータル的に評価して、３案中最も優れている。（監視領域の重複により、車両の同定時間向上）	死角領域においては、推測が主となるため、異常判定の閾値に検出時間より長くなる。カメラ設置間隔とのトレードオフとなる

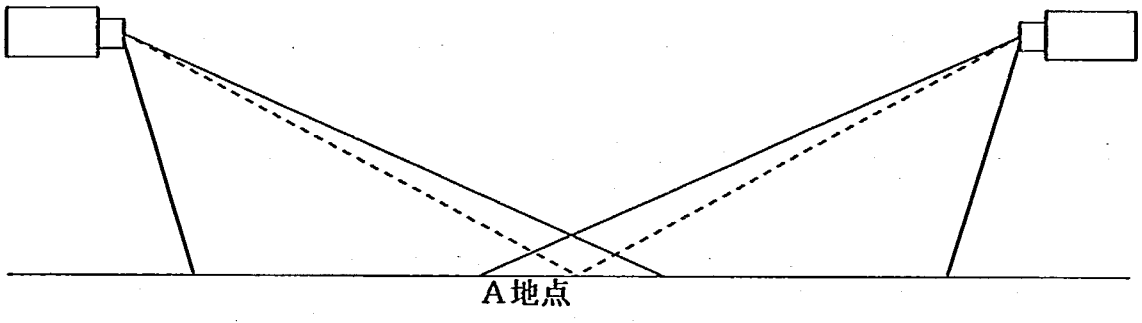
また、今回の検討の中では取りあげていないが、下記の様な配置により、建柱などの経済性を考慮し、監視範囲を拡大することも考えられる。

しかし、案４においては、監視範囲奥（望遠の方にて監視している領域）で案１に比べ、車両の重なりの影響を受けやすいと考えられるほか、案５においては、後方撮像と前方撮像の両アルゴリズムの構築による処理コスト増大、精度が低下すると考えられる。

図表(4-1-1)3-37　カメラ配置案４



図表(4-1-1)3-38　カメラ配置案５



（４）車両停止の細分化判定結果に関する検討

①目的

現状における車両停止の細分化判定の可否、その細分化判定結果から間接的に推測可能と思われる事象について机上検討を行う。

②検討

以下、平成７年度に行った車両停止の細分化判定の評価結果をもとに検討を行う。

図表(4-1-1)3-39　車両停止の細分化判定の評価結果

細分化の項目	現状技術での判別可否	当該車両の事象	推測可能な事象
急停止	現状では困難	故障、事故	渋滞、故障車両、障害物、事故
蛇行	車両の軌跡グラフより判別可能	故障、居眠り運転	事故、障害物、故障車両
車線逸脱	同上	故障、事故	故障車両、事故
横向き	現状技術では不可	事故	事故、路面凍結、障害物(オイル等)

a)停止・急停止

現状では、停止・急停止の明確な分別は困難であると思われる。しかし、速度の時間変化や急停止時に発生するタイヤスモーク等を複合的に用いることにより判別の可能性があると思われる。

停止・急停止を判定することにより、停止車両前方の渋滞・事故・故障車両の存在、あるいはコントラスト・解像度の関係上直接検出することのできない障害物が存在するであろうことが予想できる。

b)蛇行

車両軌跡グラフから判定可能である。

蛇行を判定する事により、当該車両の故障・居眠り運転が予想される。さらに、その周辺において事故が発生する可能性、あるいは事故が発生した可能性があることが推定される。

c)本線逸脱

車両軌跡グラフから判定可能である。

故障による路肩での停止や周辺における事故の可能性が推定される。

d)横向き

車両軌跡グラフのみでの判定は困難であるが、車両形状やテールランプなどの車両特徴の時系列的な変化を用いることで判別の可能性があると思われる。

車両横向き判定により、路面凍結や障害物（オイル等）などが存在するであろうことが予想できる。

③考察

停止細分化判定結果をもとに危険警告を発する事で、災害の事前防止・二次災害への拡大防止の一手段となり得ると思われる。この際の情報提供には、以下の２通りがあると考えられる。

・後続車両への危険警告による災害の事前防止・二次災害への拡大防止

・当該車両への危険警告による災害の事前防止

細分化項目中、蛇行は前者及び後者に当てはまると考えられ、それ以外の項目に関しては、前者のみに該当すると考えられる。

停止判定の細分化に用いる車両軌跡データはリアルタイムの車両位置を表している。この情報は、他のセンサが情報収集を行う際の補助データとして利用可能であると思われる。情報の用い方は利用するセンサにより異なることが予想されるが、リアルタイムの車両位置データを用いるメリットは大きいものと思われる。

なお、以上の検討は一車両単独で一定の条件下で評価した結果であり、判別可能とした項目についても今後天候・時間（昼・夜・薄暮）・照明条件（順光・逆光）の変動や車両の重なりの影響などの各種条件下での長期評価・実験を行い精度の向上を図る必要がある。

４．１．２　画像センサによる事象検知の基礎実験

１）路面湿潤検知（１/２）

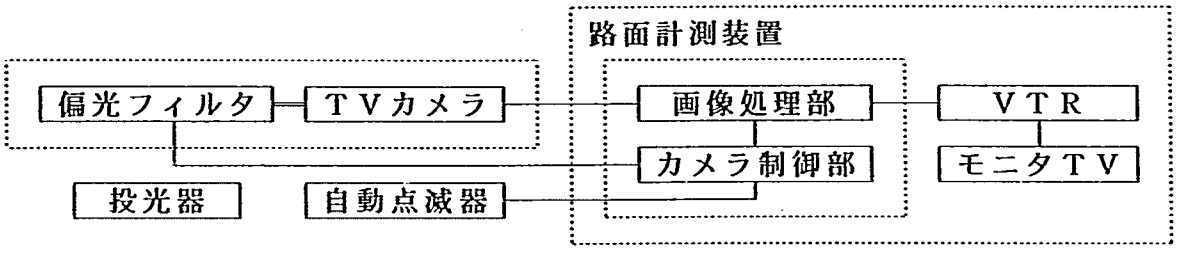
（１）実験目的

ＴＶカメラと画像処理装置により、スポット的な観測ではなく、マクロ的に把握することを特徴とする路面湿潤状況検出センサを開発することを目的とする。平成７年度は、建設省土木研究所の高速すべり実車挙動実験施設に試験設置した機器を用いて、昼間における基本的な路面の濡れ、乾燥状態の検出機能を確認した。平成８年度は、実験施設で収集した画像データを用いて、路面湿潤の程度判定、夜間における検出精度の向上の検討を行うことを目的とする。

（２）実験概要（試験設置概要）

①機器構成

図表(4-1-2)1-1　機器構成図



②試験設置機器

図表(4-1-2)1-2　試験設置機器

機　　器	数量	消費電力	備　　考
ＴＶカメラ	２式	最大100VA/1台	偏光フィルタ付
投光器	２台	500W/1台	
カメラ支柱（点検台付）	２本		パンザーマスト
路面計測装置	１式	最大1500VA	筐体２台
ＶＴＲ	１台		
モニタＴＶ（白黒）	１台		

③設置方法

a)ＴＶカメラ、投光器各１台をテストコースの中央分離帯および路側帯に建てたカメラ用支柱に設置した。（図表(4-1-2)1-3、図表(4-1-2)1-4参照）

b)路面計測装置は高速すべり実験棟２Ｆに設置した。（図表(4-1-2)1-5参照）

c)電源は高速すべり実験棟１Ｆから供給した。

・配電盤の予備　　：ＡＣ100Ｖ、20Ａ　１回路

・１Ｆコンセント　：ＡＣ100Ｖ、20Ａ

④試験設置期間　　平成８年１月～平成９年３月

⑤試験設置場所　　土木研究所構内の高速すべり実車挙動実験施設

⑥実験条件

路面湿潤の程度判定、夜間における路面状況検出精度を下記の条件により評価する。

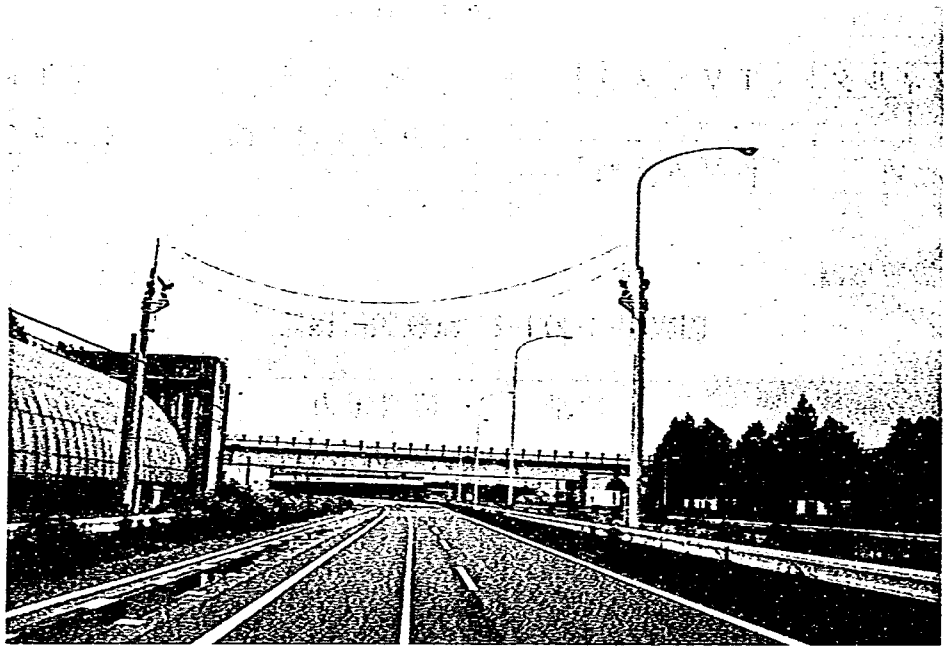
・カメラ高さ：約８ｍ

・時間帯　　：昼間、夜間

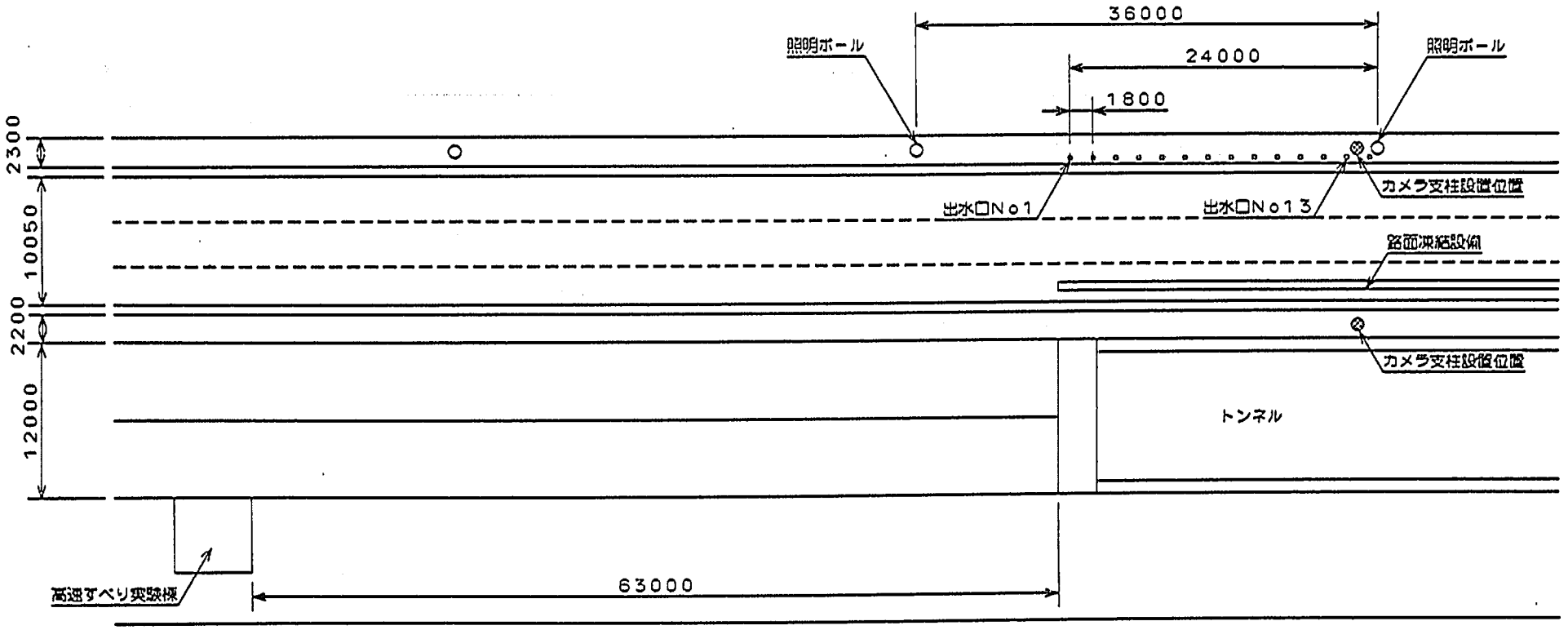
・天候　　：晴、曇または雨

・検出範囲　：約10m（道路横断方向）×約10m（道路縦断方向）

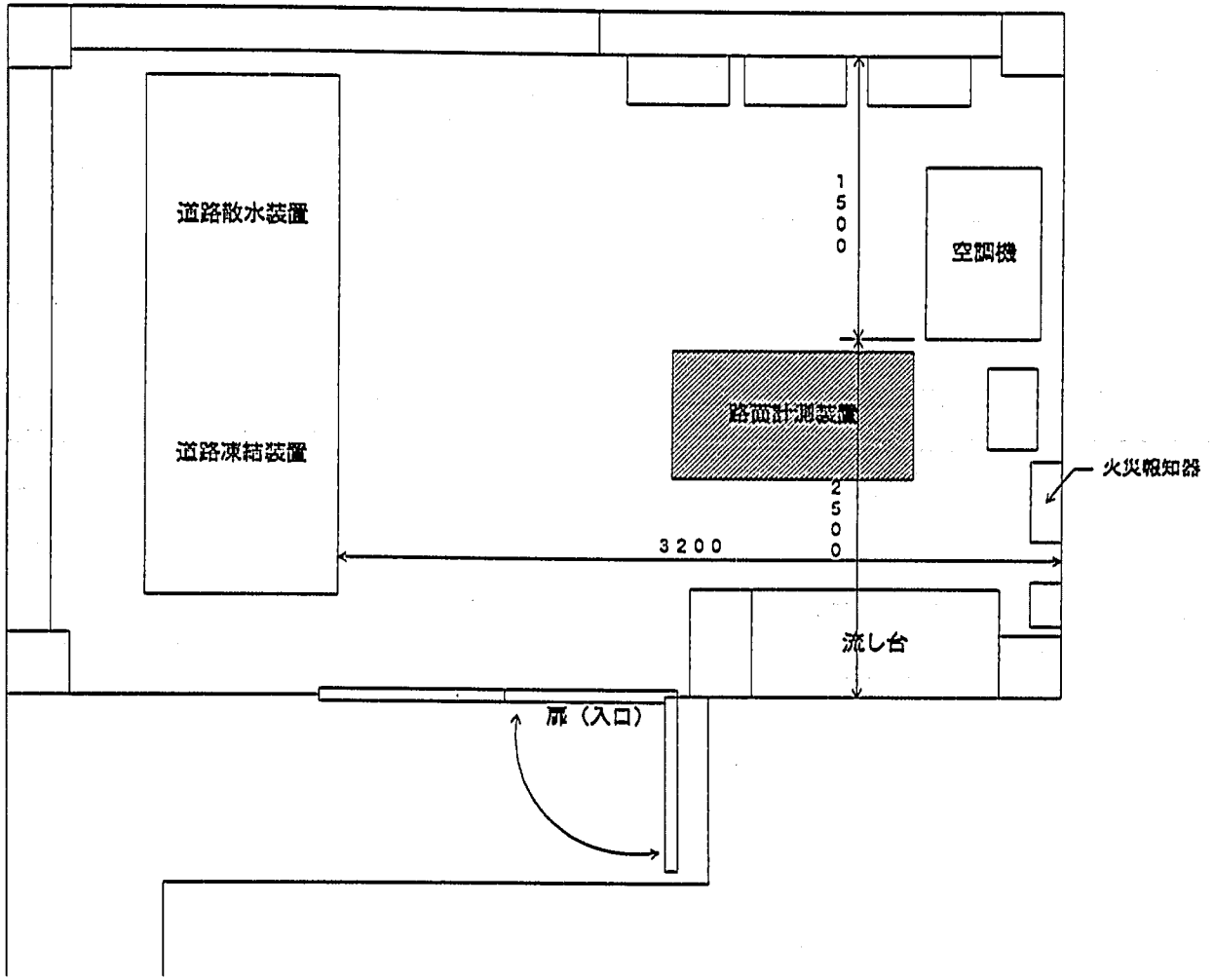
図表(4-1-2)1-3　カメラおよび投光器設置状況（全体）



図表(4-1-2)1-4　路面湿潤センサ設置平面図



図表(4-1-2)1-5　路面計測装置設置平面図



（3）検出原理[1)]

本手法は、粗面である路面が湿潤するに従い鏡面状態に移行するために生じる反射光の偏光成分比の増加に着目することにより、路面の状態を検出する。今、路面に入射する光強度をI、垂直偏光成分、水平偏光成分それぞれのエネルギー反射率をR_S、R_Pとすると反射光の偏光成分I_S、I_Pは以下のように表せる。

$$I_S = R_S \cdot I$$
$$I_P = R_P \cdot I \qquad (1)$$

この式（1）から明らかなように、各偏光成分の強度は入射光強度に依存した形となる。そこで、この両偏光成分の比Hを求めることとする。

$$H = \frac{I_S}{I_P} = \frac{R_S}{R_P} \qquad (2)$$

この式（2）において、入射角がブリュースタ角であり、この境界面が鏡面の場合、反射率の性質から、偏光成分比Hは理想的には無限大となり、境界面が粗面の場合では$H=1$となる。結局、この偏光成分比Hをパラメータとして扱うことで、粗面の状態は入射光強度に依存しない形で表される。

なお、各画素に対してこの除算を行うに当たっては、演算時間が膨大になることが予想されるため、演算時間の高速化を考慮しつつ、ハードウェア化をもあわせて検討し、本方式では式（2）における各偏光成分に対して対数変換を行った後、その対数画素間の差分を行うことで同じ効果を達成するようにした。この演算は、テーブル変換と差分演算という最も高速演算の可能な形に置き換わり、ハードウェア化も容易となる。結局、本方式のアルゴリズムによる偏光成分画像間の各画素の比H'は式（3）のようになる。

$$\log H = \log\frac{R_S}{R_P} = \log R_S - \log R_P$$
$$H' = \log H \times G \qquad (3)$$

ただし、この式（3）におけるGは湿潤度合（パラメータ）を画像の輝度として扱うためのゲイン補正量（定数）である。

以上のように、得られた検出画像上において、路面が乾燥している状態では、垂直偏光画像R_Sと水平偏光画像R_Pはほぼ等しくなることから、湿潤度検出画像H'は輝度値の低い（暗い）画像となる。また、路面が濡れている場合においては、垂直偏光画像R_Sは水平偏光画像R_Pより大きく（理想的には$R_P=0$）、湿潤度検出画像H'は輝度値の高い（明るい）画像が得られる。

（4）実験結果

①昼間における路面湿潤程度検出

図表(4-1-2)1-7から図表(4-1-2)1-9に、平成８年12月18日に収集した路面画像を示す。図表(4-1-2)1-7は9:00、図表(4-1-2)1-8は10:30、図表(4-1-2)1-9は11:00の画像であり、各図の(a)は垂直偏光画像、(b)は水平偏光画像、(c)は湿潤検出処理画像、(d)は処理画像上の白線におけるプロファイルをそれぞれ示す。

図表(4-1-2)1-7の(c)の処理画像によると全車線が高輝度を示し、湿潤状態であり、図表(4-1-2)1-8(c)では中央分離帯側の車線が低輝度を示し、乾燥状態へ移行している。さらに図表(4-1-2)1-9(c)では路側帯側（長大トンネル側）車線に少し輝度の高い部分が残っているものの、ほぼ路面全体が乾燥状態である。

②薄暮時における路面状況検出

薄暮時の路面状況検出では、赤外光及び可視光による照明を用いてデータ収集を行い、照明光の差異による路面状況検出の可能性について検討を行った。

図表(4-1-2)1-10から図表(4-1-2)1-13に図表(4-1-2)1-6の条件で収集した路面画像を示す。なお、照明は自動点滅器を用いて周囲の明るさに応じて自動で点灯、消灯を行った。

図表(4-1-2)1-6　路面画像収集条件

	収　集　日　時	照明の有無
図表(4-1-2)1-10	平成８年４月16日　18:20	赤外光照明消灯
図表(4-1-2)1-11	平成８年４月16日　18:30	赤外光照明点灯
図表(4-1-2)1-12	平成８年12月５日　16:20	可視光照明消灯
図表(4-1-2)1-13	平成８年12月５日　16:30	可視光照明点灯

赤外光照明を用いた場合、照明が消灯状態である図表(4-1-2)1-10では、(c)に示す処理画像が高輝度となり、路面が湿潤状態であることを示している。このときの路面上の照度は20ルクス程度であると思われる。照明が点灯状態となった図表(4-1-2)1-11では、照明光量が不足しているため(c)に示す処理画像が低輝度を示し、湿潤検出を行うことができなかった。そこで、赤外光照明に換えて可視光照明を用いた。照明が消灯状態である図表(4-1-2)1-12では、(c)に示す処理画像が高輝度となり、路面が湿潤状態であることを示し、照明が点灯状態となった図表(4-1-2)1-13では、(c)に示す処理画像は輝度の低下はあるものの、湿潤状態の検出を行うことができた。このときの路面上の照度は10ルクス弱であった。

③夜間における路面状況検出

完全に暗くなった場合は、路面状況の検出が難しかった。

（5）考察

①昼間における路面湿潤程度検出

図表(4-1-2)1-7から図表(4-1-2)1-9にかけての路面状態の変化を検討するために、水戸地方気象台のアメダスデータを調査したところ、12月17日22:00から24:00の間に6.5㎜、12月18日0:00から3:00の間に6.5㎜の雨量が観測されており、それ以後の12月18日の午前は雨量が0㎜であることから、夜間に路面は湿潤状態となり、徐々に乾燥していく過程をとらえていると判断できる。以上の結果より、図表(4-1-2)1-7から図表(4-1-2)1-9は時間の経過とともに路面が湿潤から乾燥状態へ移行していく過程を検出しているといえる。

自然降雨による路面状態の変化に対して、本検出センサは処理画像の輝度を用いて湿潤程度の検出を行うことが可能である。さらに、赤外光を直径30cmほどの路面上に投光して、その反射光を検出する従来の検出センサに対して、本検出センサは横断方向3.5m、縦断方向10mの範囲の車線単位の検出を同時に行うといったマクロ的な観測が可能である。

②薄暮時における路面状況検出

実験結果より、赤外光照明を用いた場合、ＴＶカメラに対する絶対的な光量が不足していたと考えられ、可視光照明を用いた場合、ＴＶカメラに対する光量は増加し、検出の可能性が向上したと考えられる。

さらに、垂直、水平偏光画像において照明の差異による影響の検討を行った。図表(4-1-2)1-14に検討を行ったプロファイル位置を示す。また、図表(4-1-2)1-15に図表(4-1-2)1-10から図表(4-1-2)1-13の垂直、水平偏光画像上のプロファイルを示す。赤外光照明を用いた場合、図表(4-1-2)1-15(a)に示す垂直偏光画像、水平偏光画像各々の輝度プロファイルに差があり、湿潤状態の検出を行うことが可能であるが、図表(4-1-2)1-15(b)に示す垂直偏光画像、水平偏光画像各々の輝度プロファイルはほぼ重なり、湿潤状態の検出が難しくなっている。一方、可視光照明を用いた場合、図表(4-1-2)1-15(c)に示す垂直偏光画像、水平偏光画像各々の輝度プロファイルに差があり、湿潤状態の検出が可能であったものが、図表(4-1-2)1-15(d)では差が小さくなっているものの重なることはなく湿潤状態の検出を行うことが可能となっている。

これは、照明が点灯する前の自然光による路面上の照度は20ルクス程度であると

思われ、一方、周囲環境が暗くなり可視光照明が点灯した状態の路面上の照度は10ルクス弱であり、実験で使用したＴＶカメラの場合は最低でもこの程度の照度は必要であると考えられる。

③夜間における路面状況検出

完全に暗くなった場合において、現状では路面状況の検出を行うには光量が不足しており、一般の街路照明程度の明るさが必要であると考えられる。

（６）課題

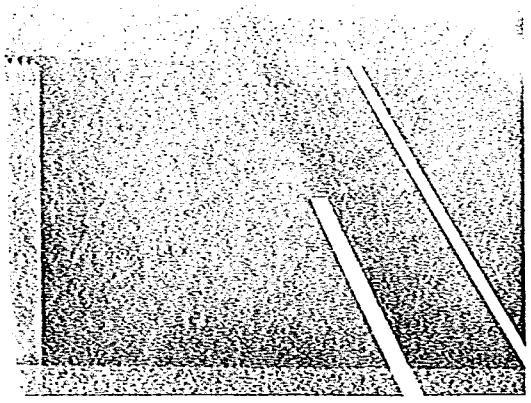
薄暮時においては、可視光照明を使用することで路面状況を検出することができたが、夜間においてはまだ光量が足らない結果となった。そのため、照明の方向及び光量を検討する必要がある。

参考文献

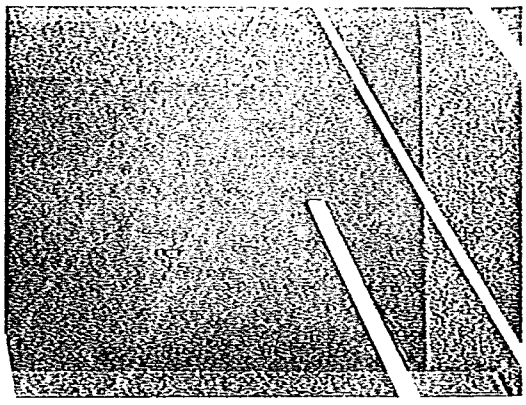
１）上田浩次、堀場勇夫、池谷和夫、大井史倫：画像処理を用いた路面湿潤状況検出方式、情報処理学会論文誌、Vol. 35, No. 6, pp. 1072-1080 (1994)

図表(4-1-2)1-7　12月18日　9:00

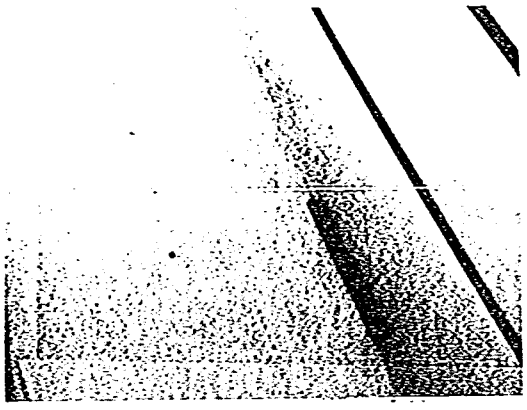
(a)垂直偏光画像



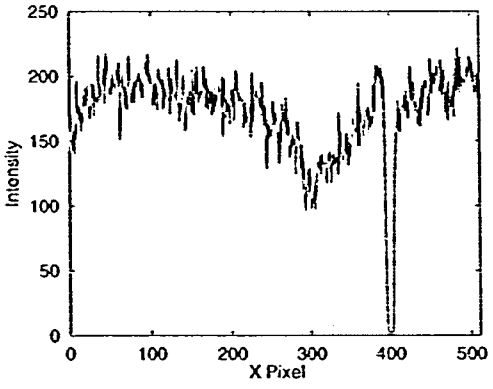
(b)水平偏光画像



(c)湿潤検出処理画像

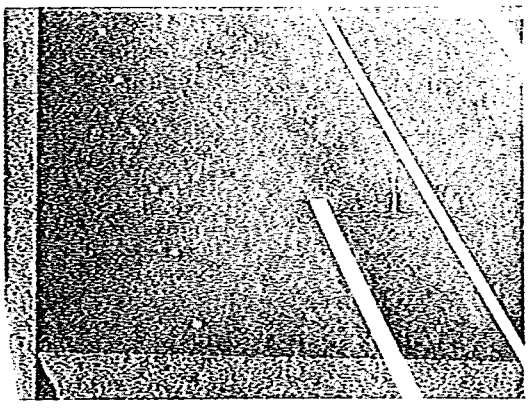


(d)白線上のプロファイル

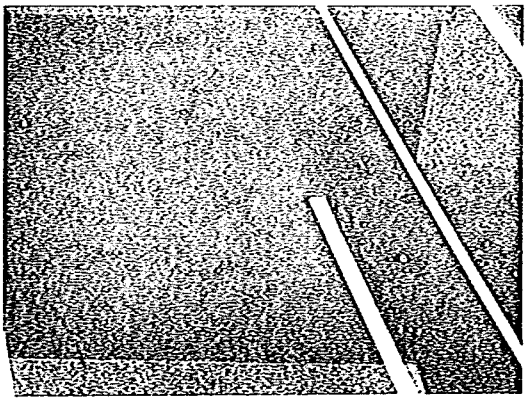


※ 図表(4-1-2)1-8　12月18日　10:30

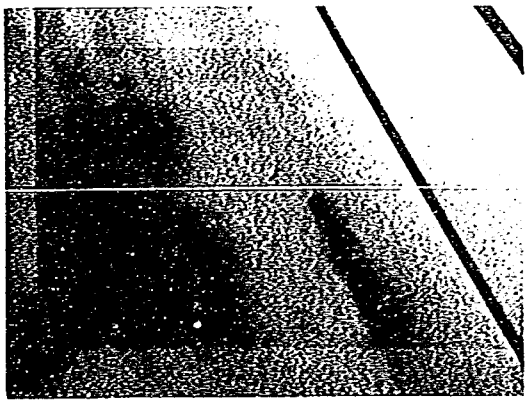
(a)垂直偏光画像



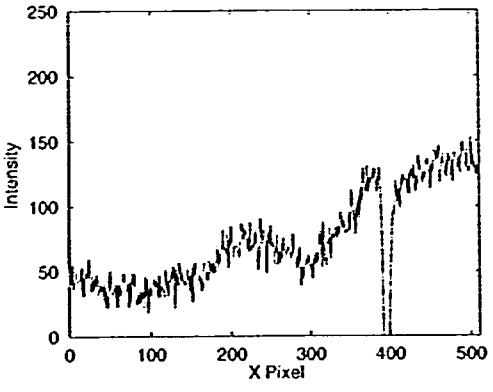
(b)水平偏光画像



(c)湿潤検出処理画像

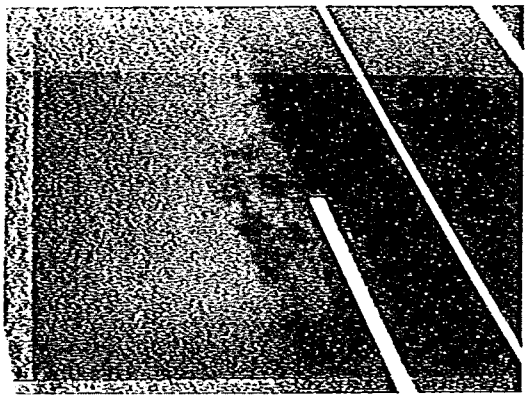


(d)白線上のプロファイル

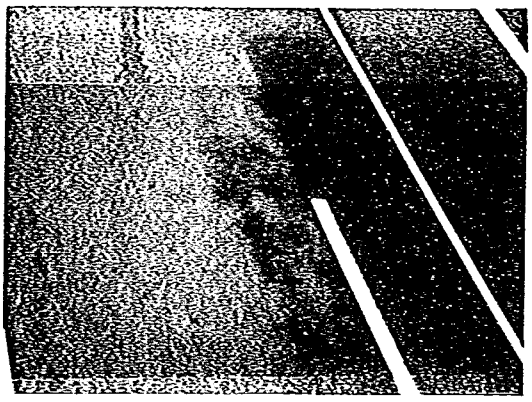


図表(4-1-2)1-9　12月18日　11:00

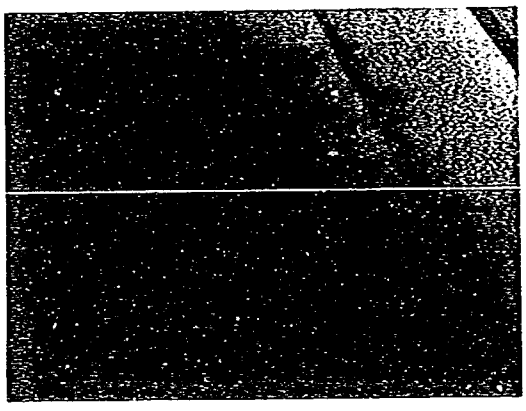
(a)垂直偏光画像



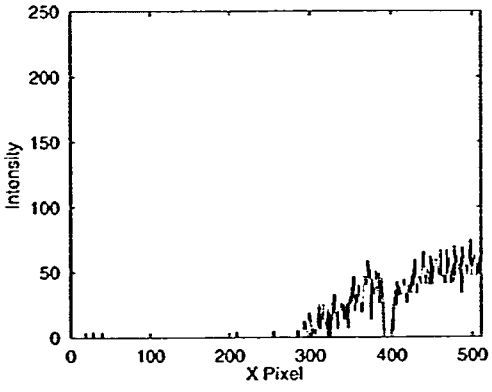
(b)水平偏光画像



(c)湿潤検出処理画像

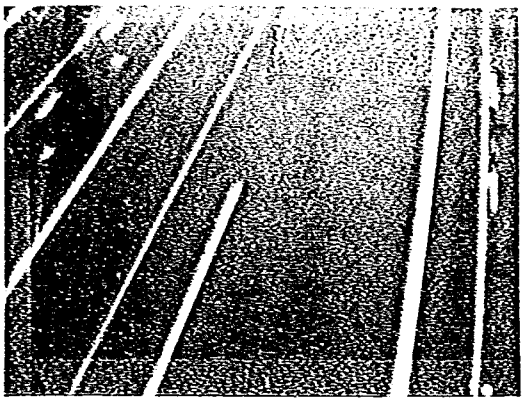


(d)白線上のプロファイル

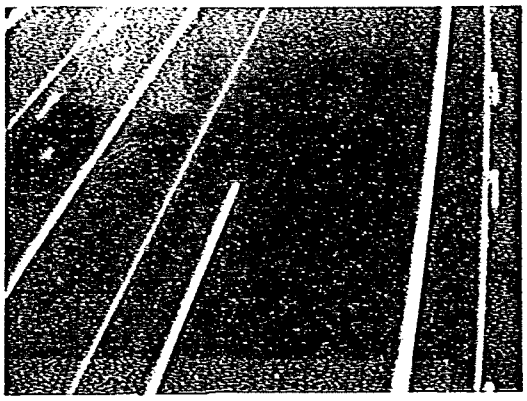


図表(4-1-2)1-10　4月16日　18:20

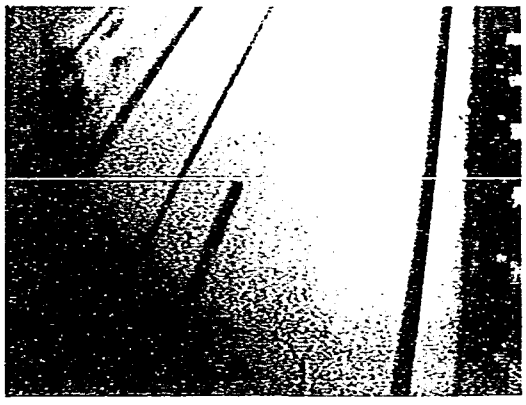
(a)垂直偏光画像



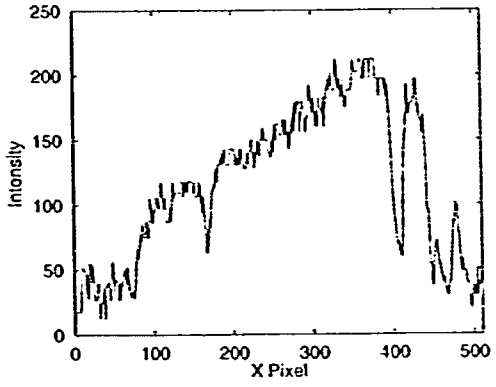
(b)水平偏光画像



(c)湿潤検出処理画像

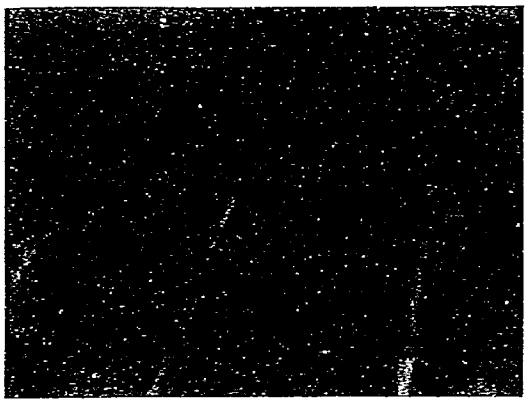


(d)白線上のプロファイル

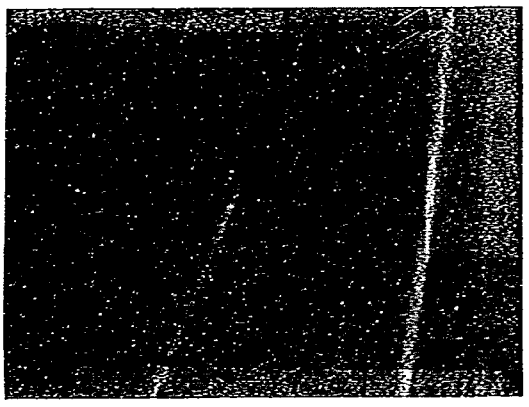


図表(4-1-2)1-11　4月16日　18:30

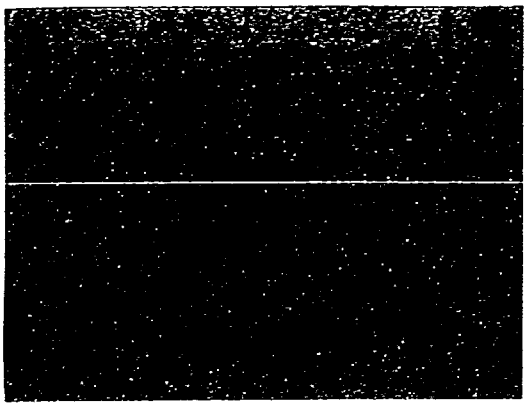
(a)垂直偏光画像



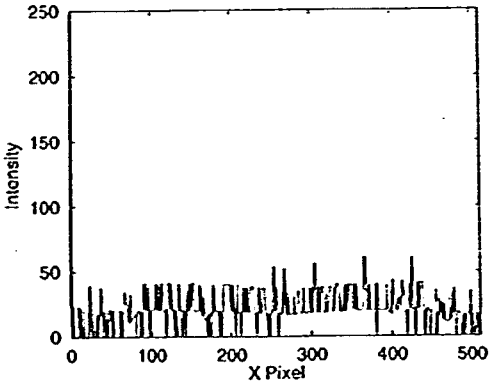
(b)水平偏光画像



(c)湿潤検出処理画像

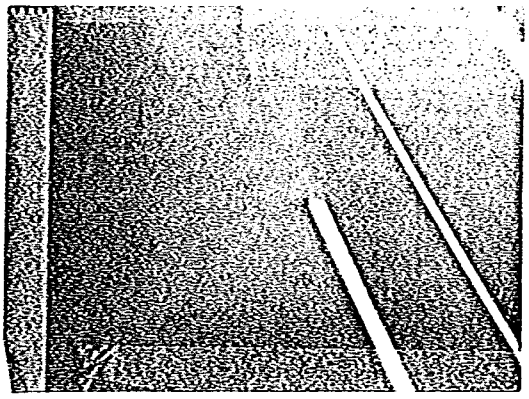


(d)白線上のプロファイル

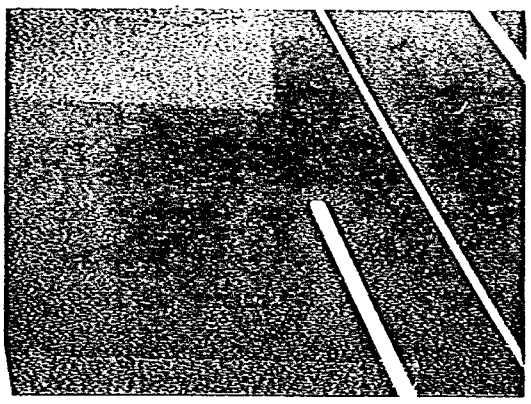


図表(4-1-2)1-12　12月5日　16:20

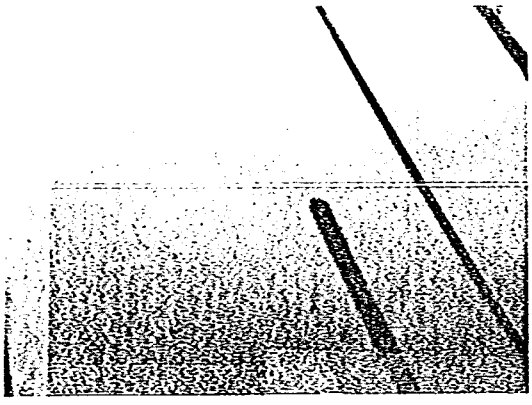
(a)垂直偏光画像



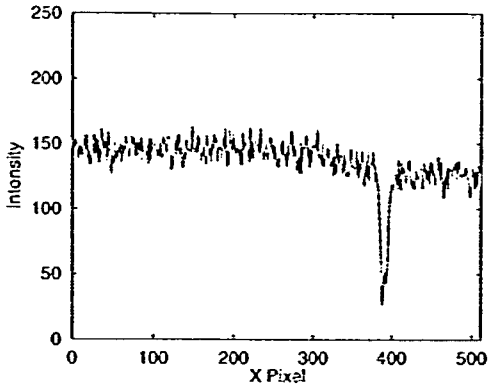
(b)水平偏光画像



(c)湿潤検出処理画像

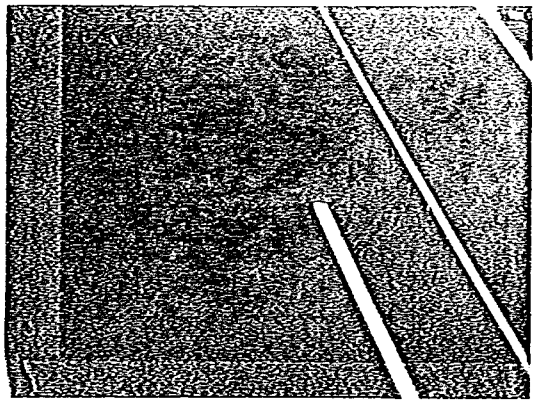


(d)白線上のプロファイル

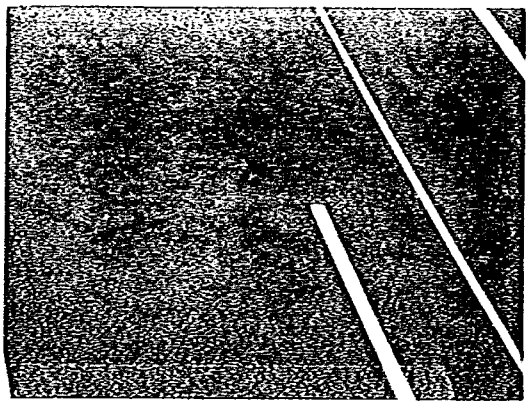


図表(4-1-2)1-13　12月5日　16:30

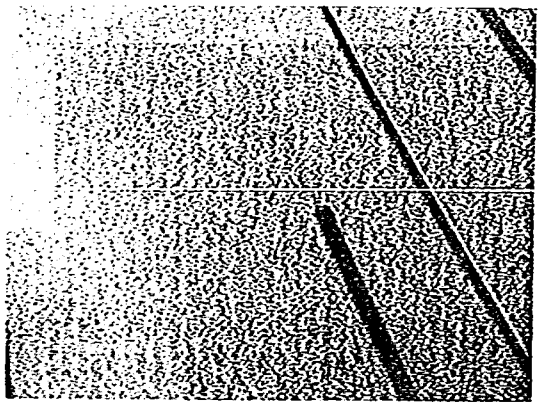
(a)垂直偏光画像



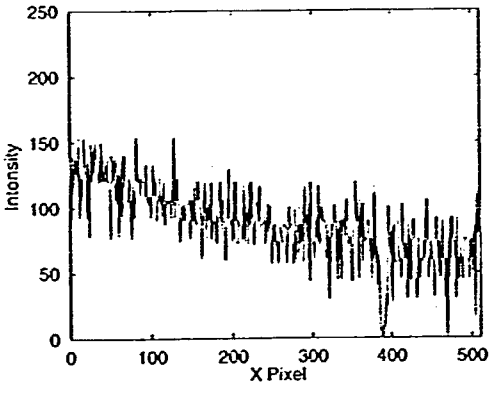
(b)水平偏光画像



(c)湿潤検出処理画像

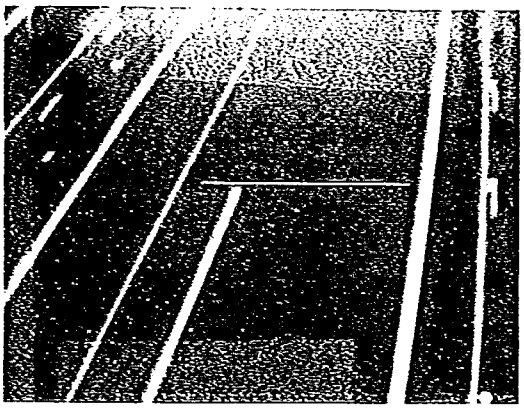


(d)白線上のプロファイル

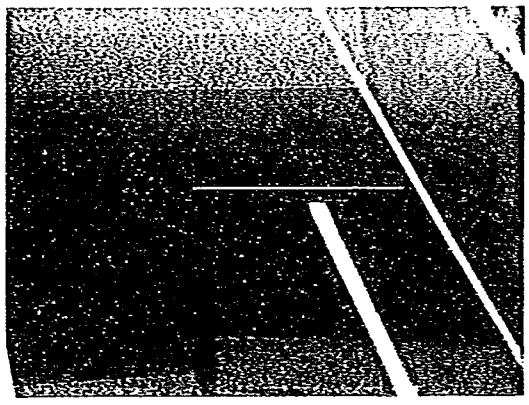


図表(4-1-2)1-14　プロファイル検討位置

(a)４月１６日

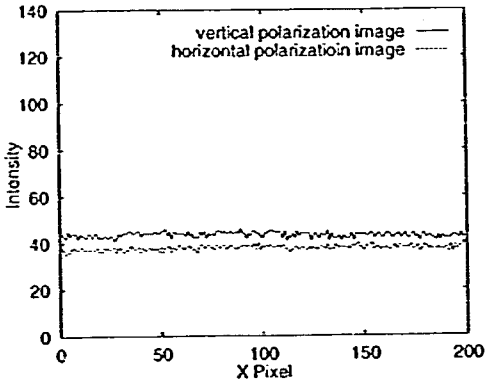


(b)１２月５日

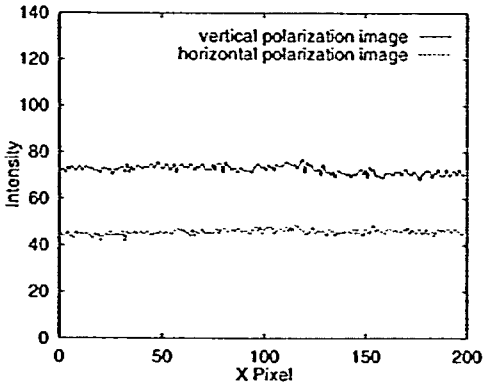


図表(4-1-2)1-15　各画像上のプロファイル

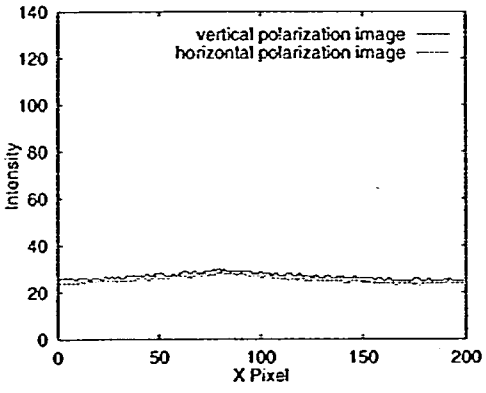
(a)４月１６日　１８：２０



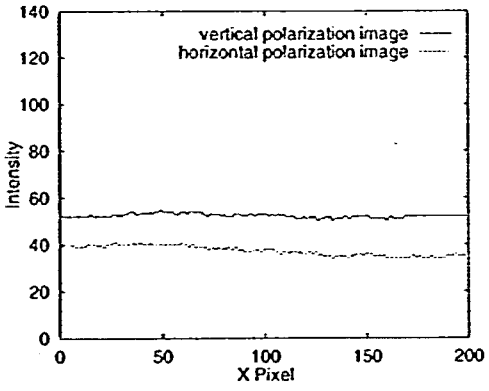
(c)１２月５日　１６：２０



(b)４月１６日　１８：３０



(d)１２月５日　１６：３０



2）路面湿潤検知（2/2）

（1）概要

インフラセンサとして画像処理方式の路面湿潤センサの開発を行った。平成７年度は、昼間の実験を行い、冠水状態から乾燥状態まで水分量の度合い判別の可能性を確認した。平成８年度は、夜間における湿潤判別と度合い判別を確認するための実験を行った。この実験結果より、昼間と比べると特徴量は少ないが、一定の条件下では、冠水状態から乾燥状態までの水分量の度合いに応じた特徴を抽出できることを確認した。

（2）目的

本年度は、夜間での判別を目的とし、夜間撮影に必要な光源として自動車用ヘッドライトや道路照明の利用を検討し、その可能性を調査する。

（3）夜間照明に関する検討

夜間の画像処理を行うためには撮影用の光源が必要となる。一般的には、可視光源や赤外光源などが考えられる。可視光源を道路に照射した場合、眩しさから走行中のドライバへの影響が問題となる。赤外光源を考えてみると赤外領域でのカメラ感度などから、路面を十分に明るくするためには大きな光出力を必要とする。そこで、走行中の車両のヘッドライトや道路照明に着目し、これらの利用可能性を検討した。

（4）実験方法

①自動車用ヘッドライトを光源にした場合

図表(4-1-2)2-1に示すように実験機器を配置した。

a)カメラユニット

・カメラ：２台(垂直偏光フィルタ付設１台　水平偏光フィルタ付設１台)

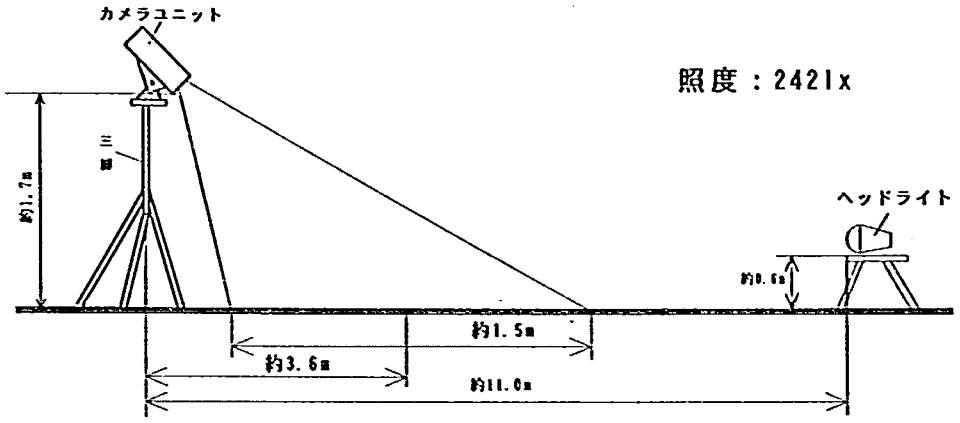
・設置高：約1.7m

b)自動車用ヘッドライト

・種類：プロジェクタヘッドライト(ロービーム) 55w/12v

・設置高：約0.6m・点灯条件：常時点灯　・設置距離：約11m（カメラまで)

図表(4-1-2)2-1　自動車用ヘッドライトを用いた実験



②道路照明を光源にした場合

図表(4-1-2)2-2に示すように実験機器を配置した。

a)カメラ

・設置高　：約1.7m

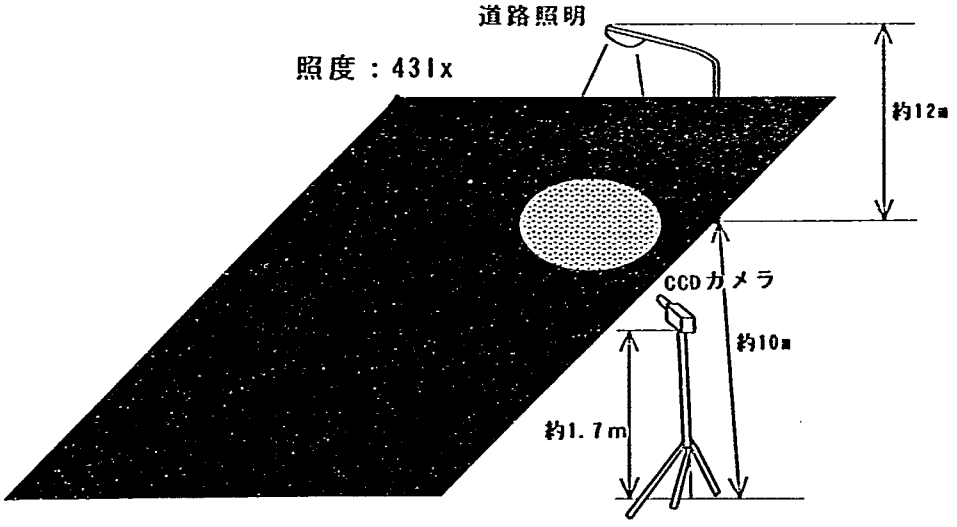
b)道路照明

・種類　　：道路照明(高圧ナトリウム灯)

・設置高　：地上高12m

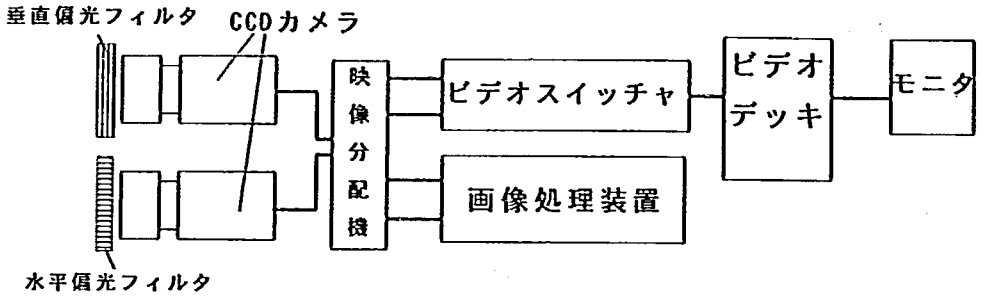
・カメラ-照明間：10m

図表(4-1-2)2-2　道路照明を用いた実験



実験①及び②における実験構成図を図表(4-1-2)2-3に示す。

図表(4-1-2)2-3　実験構成図



③実験器具

使用した実験器具を図表(4-1-2)2-4に示す。

図表(4-1-2)2-4　実験器具

品名	型番	メーカ
ビデオスイッチャ	JK-S44C	東芝
映像分配機	DU-102	ビクター
画像処理装置	MVME162	モトローラ
ビデオデッキ	BR-S405	ビクター
モニタ	PVM-96J	ソニー

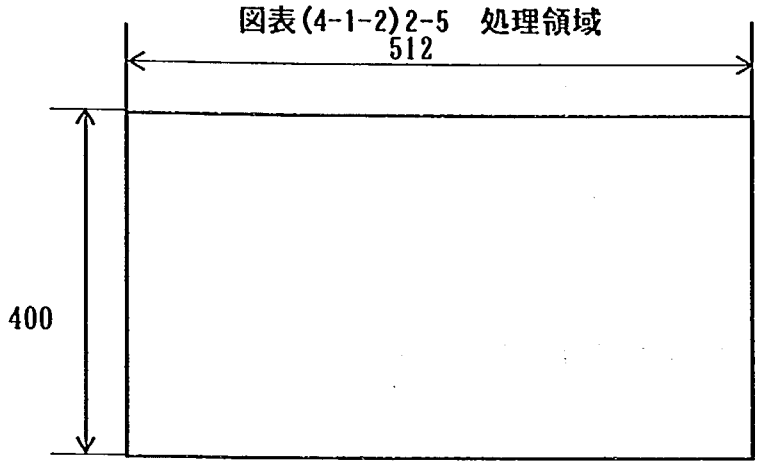
（5）処理方法

ＣＣＤカメラで撮影した路面の画像から特徴量を定量的に求めるために本実験では画像処理を用いている。昨年と同様、路面湿潤状態の度合いを判別するために、その特徴量を路面のざらつきとした。

①処理範囲

実験で用いた画像処理装置の処理範囲は、図表(4-1-2)2-5に示すように512×400画素である。

図表(4-1-2)2-5　処理領域



②特徴量抽出方法

路面は、コンクリートやアスファルトで舗装されているのでその表面は細かな凸凹があり、ざらついて見える。この特徴から微分フィルタ(図表(4-1-2)2-6)をかけてざらつきを強調する。フィルタをかけた後の画像は、凸凹している周りの部分が白くなり、その他の部分は黒くなる。

図表(4-1-2)2-6　微分フィルタ

- 1	- 1	- 1
- 1	20	- 1
- 1	- 1	- 1

また、ざらつき具合を定量的に扱うために、分散値を求める。その求め方を以下に示す。

$$ss=\sum_{i=1}^{n}(x_i-xa)^2 \qquad (5\text{-}1)$$

$$(i=1, 2, \cdots, n)$$

$$vv=ss/(n-1) \qquad (5\text{-}2)$$

xa：微分画像の濃淡値の平均値　x_i：微分画像の画素毎における濃淡値

ss：偏差平方和　vv：分散値　n：画素数

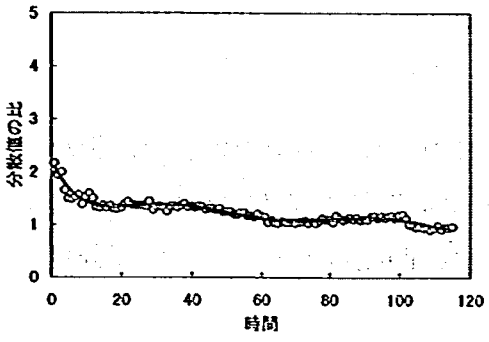
この操作を垂直偏光画像及び水平偏光画像について行い、それぞれの分散値の比から湿潤の度合いを判別する。

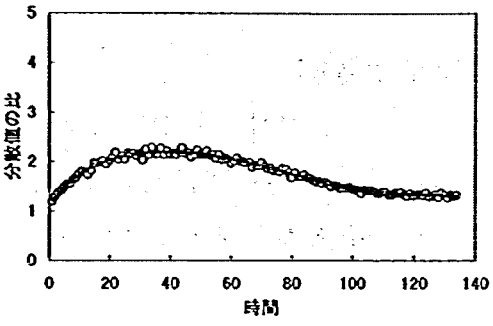
③画像処理方法

a)画面全体を一括処理する場合

路面が広く一様な湿潤状態であるとすれば、画面全体を1つの領域として処理することが考えられる。光源として自動車のヘッドライトと道路照明を適用した実験を行い、一つの領域として処理した結果を図表(4-1-2)2-7、図表(4-1-2)2-8に示す。

図表(4-1-2)2-7　処理結果(自動車用ﾍｯﾄﾞﾗｲﾄ)　図表(4-1-2)2-8　処理結果(道路照明)





図表(4-1-2)2-7及び図表(4-1-2)2-8の横軸は、時間(分)であり縦軸は、垂直・水平偏光微分画像の分散値の比である。グラフより０分が散水終了直後であり、時間の経過とともに乾燥していく様子を図示している。以後の処理結果も同様である。

・自動車用ヘッドライトを光源とした場合は、 図表(4-1-2)2-7に示されるように、垂直・水平偏光微分画像の分散値の比(以後、分散値の比)は時間的に変化している。しかし、湿潤状態から乾燥状態に至るまで水分に応じた特徴を示しているが、その勾配が平坦であるため、水分量の度合い判別は困難である。

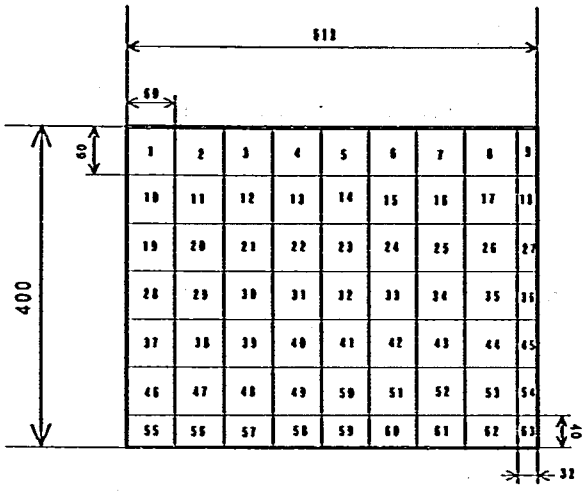
・道路照明を光源にした場合は、図表(4-1-2)2-8に示すように40分付近で分散値の比が最大である。この時には、最も路面の反射が強く路面表面に水膜ができている。

グラフ全体を見た場合、分散値の比は変化が小さく、図表(4-1-2)2-7と同様に、水分量の度合い判別は困難である。

b)画面全体を分割処理する場合

a)の結果から一括処理することは問題であることがわかった。そこで、水分量の増加や減少においてカメラが撮影している全体では、一様ではないことから画像処理する路面映像を図表(4-1-2)2-9に示すように細かく分割し、個々の領域について特徴量を抽出するようにする。分割領域は、最大処理範囲である512×400画素を60×60画素に細分化することとした。

図表(4-1-2)2-9　分割した処理領域



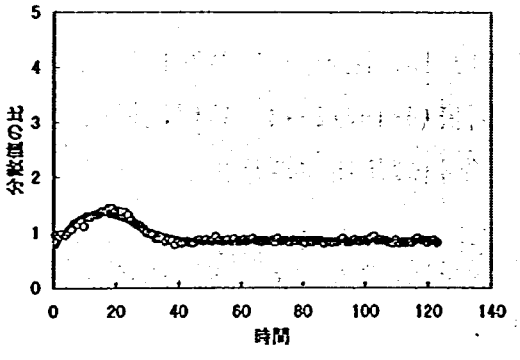
（6）処理結果

①自動車用ヘッドライトを光源にした場合

処理領域1と53の画像処理結果を図表(4-1-2)2-10、図表(4-1-2)2-11に示す。

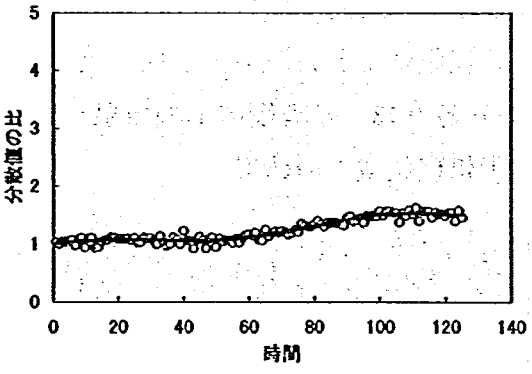
図表(4-1-2)2-10　処理領域1の結果

①処理領域1の結果



図表(4-1-2)2-11　処理領域53の結果

②処理領域53の結果

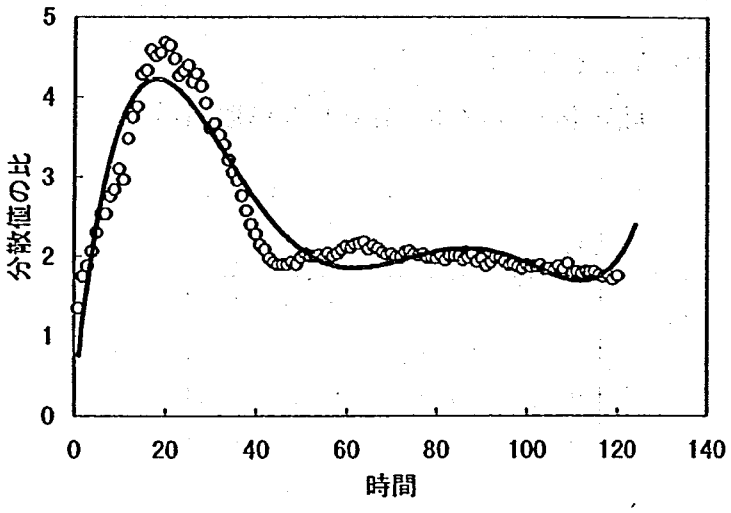


図表(4-1-2)2-10では20分付近で分散値の比が最大である。この時には、最も路面の反射が強く路面表面に水膜ができている。

図表(4-1-2)2-11では湿潤状態から乾燥状態に至る過程で大きな変化が得られていない。

いずれのグラフも、水分の変化に応じた特徴が出ていないため水分量の度合い判別は困難である。

図表(4-1-2)2-12　処理領域13の結果



分散値の比が最も顕著に現れている部分は処理領域13であった。その特徴を図表(4-1-2)2-12に示す。この図からわかるように20分付近で分散値の比が最大となり、最も路面の反射が強く路面表面に水膜ができていることを示している。

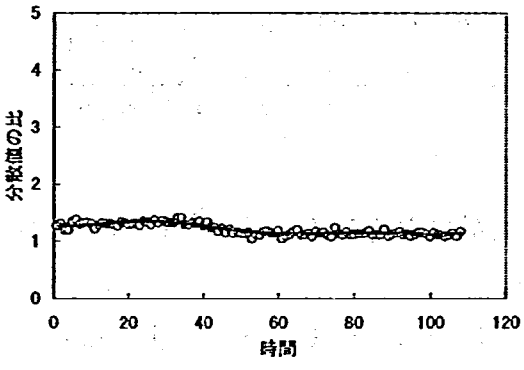
特に20分付近から40分付近まで水分に応じた特徴を示し、水分量の度合い判別は可能である。また、０分～20分のデータは、20分～40分での特徴と逆の傾向を示しているが、計算処理をすることで水分に応じた特徴を示すことができ、水分量の度合い判別を行える可能性がある。

②道路照明を光源にした場合

処理領域１と53の画像処理結果を図表(4-1-2)2-13、図表(4-1-2)2-14に示す。

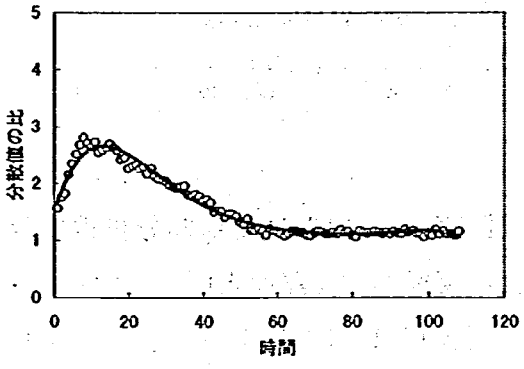
図表(4-1-2)2-13　処理領域１の結果

①処理領域１の結果



図表(4-1-2)2-14　処理領域53の結果

②処理領域53の結果

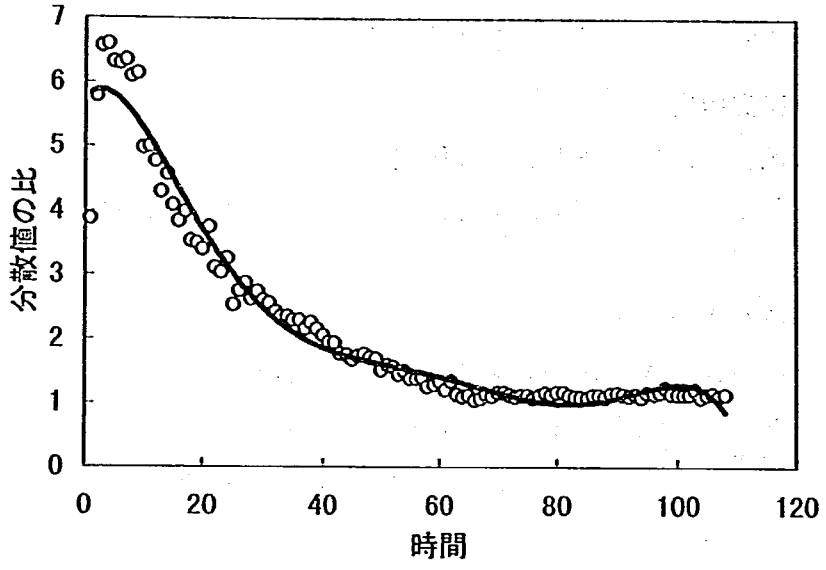


図表(4-1-2)2-13の分散値の比は、１付近で一定となってしまい、湿潤または乾燥の判別が困難である。この原因は、領域１の部分について見ると道路照明による路面の反射が少なかったためと考えられる。

図表(4-1-2)2-14では、10分付近で分散値の比は最大値を示し、この時が、最も路面の反射が強く、路面表面に水膜ができている特徴を示している。

グラフ全体を見た場合、10分経過後から60分付近まで水分に応じた特徴を示しているため、水分量の度合い判別は可能である。

図表(4-1-2)2-15　処理領域60の結果



分散値の比が最も顕著に現れている部分は処理領域60であった。その特徴を図表(4-1-2)2-15に示す。

図に示されるように分散値の比は、散水終了時から乾燥まで水分量に応じた変化を示しており、水分量の度合い判別は可能である。

（７）考察

夜間における路面湿潤判別は、昼間に比べて撮影用の光源が人工的であることから判別能力が劣る。今回は、道路照明や自動車用ヘッドランプの利用を検討したため昼間の検出より厳しい結果となった。

画像処理によって特徴量を抽出するためには画面全体の処理を行うより画面を細分化した方が特徴量を大きく抽出することができる。

しかし、本年度の研究から夜間時の路面湿潤判別は、特徴が抽出できる場合と困難な場合があり、画像処理方法による夜間検出は、さらに検討が必要である。

3）トンネル内煤煙検知（1/3）

（1）研究目的および内容

①研究目的

トンネル内で車両の排気あるいは火災等により発生した煤煙を、ＩＴＶカメラの画像から画像処理により検知する手法を検討し、トンネル内の空気汚損を判定することを目的とする。

②研究内容

平成７年度および平成８年度にトンネル内における煤煙発生画像をビデオ収録し、煤煙を検知するためのアルゴリズム評価を行った。

a)平成７年度研究内容

平成７年度は、土木研究所トンネル研究室が実施した、トンネル内煤煙発生実験の際収録したビデオテープ画像により、煙検知アルゴリズムの評価を行った。

b)平成８年度研究内容

平成７年度に引き続き、煙検知アルゴリズムの改良を行うとともに、実際のトンネルで収録したビデオ画像による解析評価を行った。

画像収録にあたっては、日本道路公団の協力により以下に示す２箇所のトンネルにてビデオ収録を行った。

また同時に、煙濃度の真値としてＩＴＶカメラ付近のＶＩ計測定値を収集した。

－1. 関越自動車道、関越トンネル

収集年月日　：平成９年１月13日～14日

－2. 上信越自動車道、八風山トンネル

収集年月日　：平成９年１月13日～14日

（２）研究結果の概要

①土木研究所実験画像による評価

平成７年度に収録した土木研究所実験画像に対する継続評価である。

a)指標

煤煙による空気汚損度の判定指標として、路側白線部周辺に監視領域を設け、監視領域内にフィルタ処理を施すことにより、特徴量を抽出する手法を用いた。

監視領域として路側部白線を用いることにより、通過車両による影響を軽減することができる。

b)評価結果

トンネル内にあらかじめ設置されていたＶＩ計による透過率の変化に対し、画像処理により得られた判定指標が追従する結果が得られた。

また、監視領域としては、白線部及びその周辺部からより顕著な特徴抽出を行うために、画面中間部分が監視領域として最適であるという結果を得た。

②実トンネル画像による評価

関越自動車道、関越トンネル及び上信越自動車道、八風山トンネルで収録した画像により、評価を行った。

a)判定指標

土木研究所での収録画像に対する処理と同様、監視領域を設け領域内にフィルタ処理を施すことにより、特徴量を抽出し判定指標とする手法を用いた。

ただし、路側部周辺の白線を用いた場合、特徴量として顕著な値が得られないため、トンネル壁面の照明およびその周辺を白線の代わりに使用した。

b)評価結果

ｱ)特徴量を抽出するための監視領域としては、路側白線部周辺は使用出来ない。これは、トンネル内の照度が低く画像全体の濃度が低いことと、白線自体が汚れており白線と白線周囲のコントラストが低下していることが原因と考えられる。このため、監視領域としては照明およびその周辺部位を対象とした。

ｲ)トンネル内に設置されているＶＩ計による透過率の変化に対し、画像処理により得られた判定指標が、ある程度追従する結果が得られた。
ただし、画像収集を行った場所が異なると、画像処理により得られる判定指標の絶対値が大きく異なる。

③実システムへの適用と課題

今回開発した煙検知アルゴリズムは、同一のトンネル内においては煙検知の可能性があるものの、つぎの様な環境条件を満たしている必要があるものと考えられる。

a)監視領域として、白線等の物標が存在すること

b)白線等の物標の濃度と、その周辺の濃度との差が大きいこと

また、処理アルゴリズムに関しては、処理対象となるトンネルによって、透過率に対する判定指標の絶対値が大きく変化することから、環境条件に依存しない手法の検討が今後の課題としてあげられる。

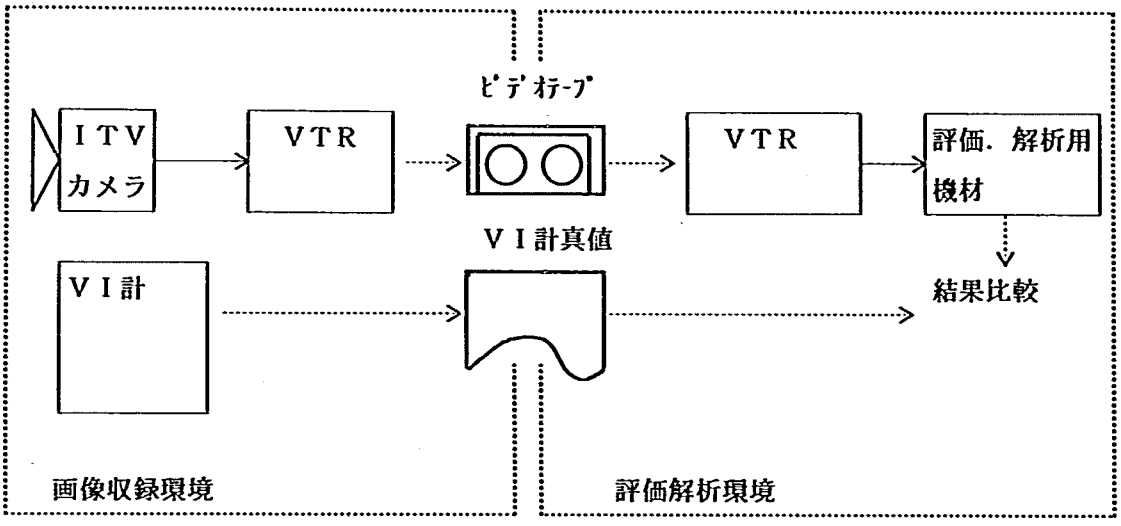
（３）土木研究所実験画像に対する評価

①概要

平成７年10月30日及び11月２日に、土木研究所で実施した煤煙発生実験の際収録したＶＴＲ画像について、平成７年度に引き続き評価を行った。

以下に評価概要図を示す。

図表(4-1-2)3-1　評価概要図



②監視領域

煤煙検出を行うための監視領域を新たに設定した。

従来採用していた判定指標はいずれも監視領域を車両通過領域にも設定していたため、車両の通過によって誤差を生じる可能性があった。

このため、図表(4-1-2)3-1の点線で示す通り、走行車線と路側帯の間の白線付近を監視領域に設定した。

③判定指標数値化

新たな監視領域の設定に伴い、新たな判定指標を用いて解析作業を行った。

監視領域内の画像にフィルタ処理を施し、その画像から特徴量を抽出して判定指標とした。

④解析結果

監視領域全体画像と、監視領域内を３つのブロックに分割した各ブロック画像に、フィルタ処理を行い特徴量抽出を行った。（図表(4-1-2)3-1参照）

処理の結果、各ブロックにおいて、煙濃度の変化に追従した特徴量の変化が認められた。（図表(4-1-2)3-2参照）

各監視領域における特徴量の変化の違いに着目すると、ブロック中間では特に特徴量の変化が大きくなっており、その他の２ブロックと監視領域全体ではどれも特徴量の変化はほぼ同程度となっている。

手前では透過率が悪くなってもある程度はっきり白線が見え、また奥では透過率が高い時でもコントラストが良くないため、いずれも中間よりは変化量が小さい。

したがって領域全体では、ブロック手前のみとブロック奥のみで、変化量にはほぼ差がないといえる。

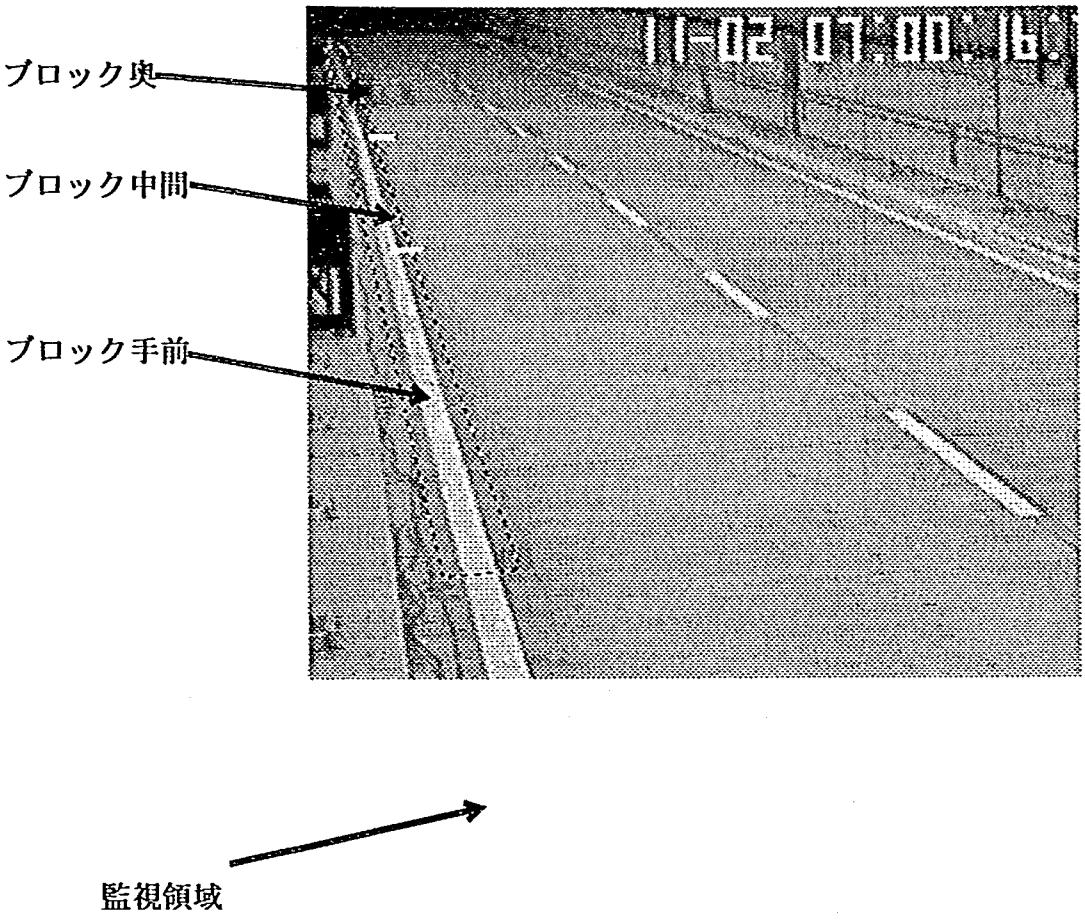
実フィールドでの車両ヘッドライト等の外乱を考慮した場合、ある程度広い監視領域の方が有利と考えられるため、監視領域全体のデータを用いて透過率（実測値、図表(4-1-2)3-3参照）との比較（図表(4-1-2)3-4参照）を行った。

前回までの判定指標（濃度コントラスト図表(4-1-2)3-5参照）と比べても遜色のない結果が得られた。

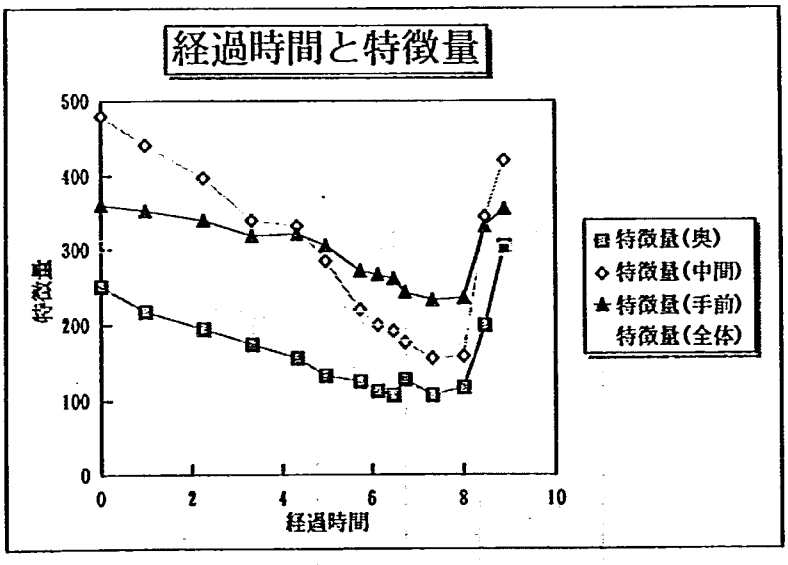
⑤考察

以上の解析結果の通り、監視領域を白線付近としても画像にフィルタ処理を施し特徴量を抽出することで、透過率の測定が可能であるとともに、通過車両の影響を受けにくいシステムの構築が可能である。

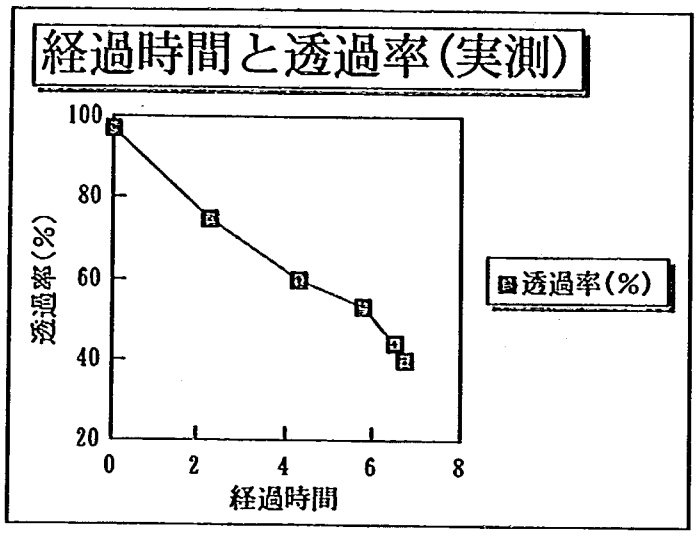
図表(4-1-2)3-2　監視領域



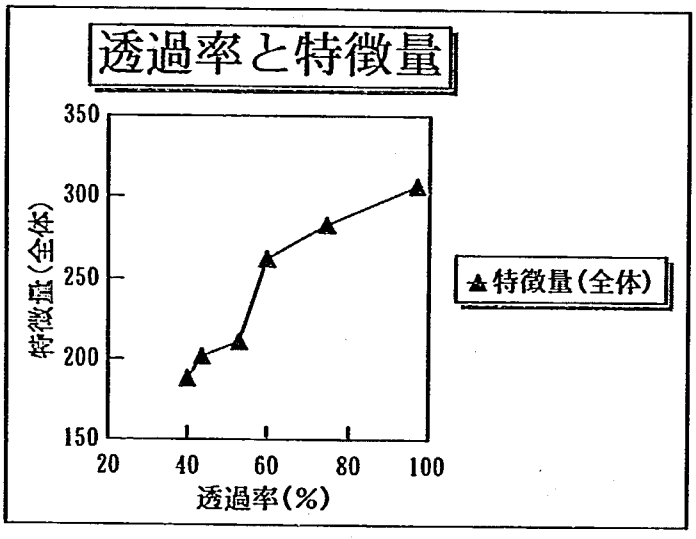
図表(4-1-2)3-3　経過時間と特徴量



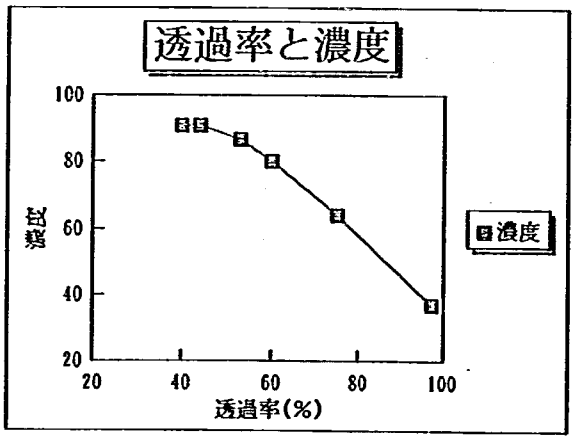
図表(4-1-2)3-4　経過時間と透過率（実測値）

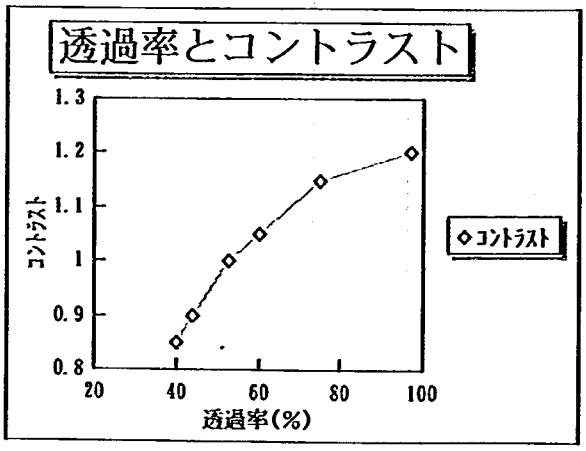


図表(4-1-2)3-5　透過率と特徴量



図表(4-1-2)3-6　透過率と前回指標（濃度、コントラスト）





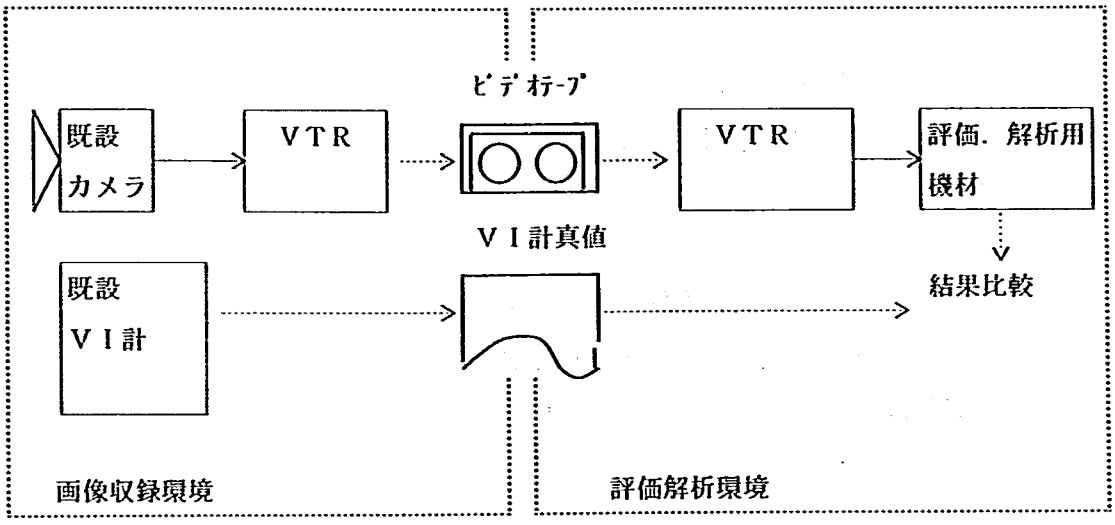
（4）実トンネル内収録画像に対する評価

①概要

関越自動車道関越トンネル及び上信越自動車道八風山トンネルにて収録したＶＴＲ画像について、解析評価を行った。

以下に評価概要図を示す。

図表(4-1-2)3-7　評価概要図



②画像収集概要

a)関越自動車道、関越トンネル

収録年月日　：平成９年１月13、14日

収録時間　：１/13、14:55～１/14、10:00

カメラ位置　：上り車線、NO.14カメラ

ＶＩ計位置　：上り車線、NO.１集塵室ＶＩ

b)上信越自動車道、八風山トンネル

収録年月日　：平成９年１月13、14日

収録時間　：１/13、15:00～21:30

１/14、14:00～21:30

カメラ位置　：１/13：NO.14カメラ

１/14：NO.34カメラ

ＶＩ計位置　：１/13：NO.１ＶＩ

１/14：NO.３ＶＩ

③監視領域の選択

煤煙検出を行うための監視領域として、路側白線部周辺を用い処理を施した結果、抽出された特徴量は、極めて小さな値となった。（図表(4-1-2)3-10、図表(4-1-2)3-11）

この原因としては、以下のことが考えられる。

a)白線部が汚れているため、白線と白線以外の周囲との濃度的な区別がつかない。
このため、フィルタ処理による監視領域内の特徴量の変化は少ない。

b)収録した画像全体の濃度が低い。
仮に白線部と白線以外の部分のコントラストがある程度あったとしても、特徴量としての絶対値は小さな値となる。

以上のことから、監視領域として照明部分を処理対象とすることにした。（図表(4-1-2)3-8、図表(4-1-2)3-9参照）

照明部分は、濃度的に極めて高い値をとるため、照明の周囲に対し大きなコントラストを得ることができる。

④判定指標数値化

照明を含む領域を監視領域に設定し、土木研究所収録画像を評価した時と同様の手法により評価を行った。

処理内容としては、監視領域内の画像にフィルタ処理を施すことにより特徴量の抽出を行った。

本処理により得られた特徴量をもって煙濃度の判定指標とし、ＶＩ計による透過率（真値）との比較を行った。

⑤評価結果

a)関越自動車道、関越トンネル収録画像の評価結果

ＶＩ計の透過率変化は数分毎の瞬間値データ（グラフ）として収集できたが、収録画像はＶＩ計の瞬間値に同期してはいない。

したがって特徴量抽出に関しては、10分毎の画像に対し処理を行うこととした。

ア)透過率が小刻みに上下変化した場合の結果
（図表(4-1-2)3-12、１/４～２/４参照）
抽出された特徴量の、ＶＩ計真値に対する追従性が悪い。

これは、ＶＩ計の真値が数分毎の値であるのに対し、抽出特徴量は10分値であることに起因している。

イ)透過率が大きな周期で変化した場合の結果

（図表(4-1-2)3-12、３/４～４/４参照）

抽出した特徴量が、ＶＩ計真値にほぼ追従している。

これは、ア)の場合と違い、透過率変化が時間経過に対し大きくかつゆっくりとしているため、10分毎の特徴量抽出でも真値の変化に追従できたといえる。

b)上信越自動車道、八風山トンネル収録画像の評価結果

（図表(4-1-2)3-13, １/２～２/２参照）

ＶＩ計の新値データは１時間毎の平均値として収集できた。

したがって、特徴量抽出に関しても10分間隔での処理値から１時間当たりの平均値を算出した。

ア)本画像に関しては関越トンネルのものと比較して、大きな透過率の変化は認められない。

これは、真値としての透過率が時間平均値として収集されたためであり、瞬間値としては関越トンネルと同様に数分間隔で大きな変化を示している。

イ)透過率に対する特徴量の追従性としては、ある程度良好な特性を示していると判断できる。しかし、ＶＩ計での時間平均算出方法が明らかでないことと、ア)で示したようにサンプリング周期が異なることから、相関関係が定量的に評価できたとはいえない。

c)判定指標の絶対値

今回収集した画像データは、２カ所のトンネルで３カ所のカメラ位置より撮影されている。

この３種類の撮影環境下においては、判定指標の絶対値はまちまちな値を示しており、現状のアルゴリズムでは撮影環境毎に校正を必要とする。

⑥考察と今後の課題

以上の結果より、今回収集した画像データに対し適用した煙検知アルゴリズムは、一定のトンネル内環境であれば透過率に対する追従性を示しているものと判断できる。

しかしながら、カメラポジションやトンネル内の状況により判定指標の絶対値は大きく変化してしまう。

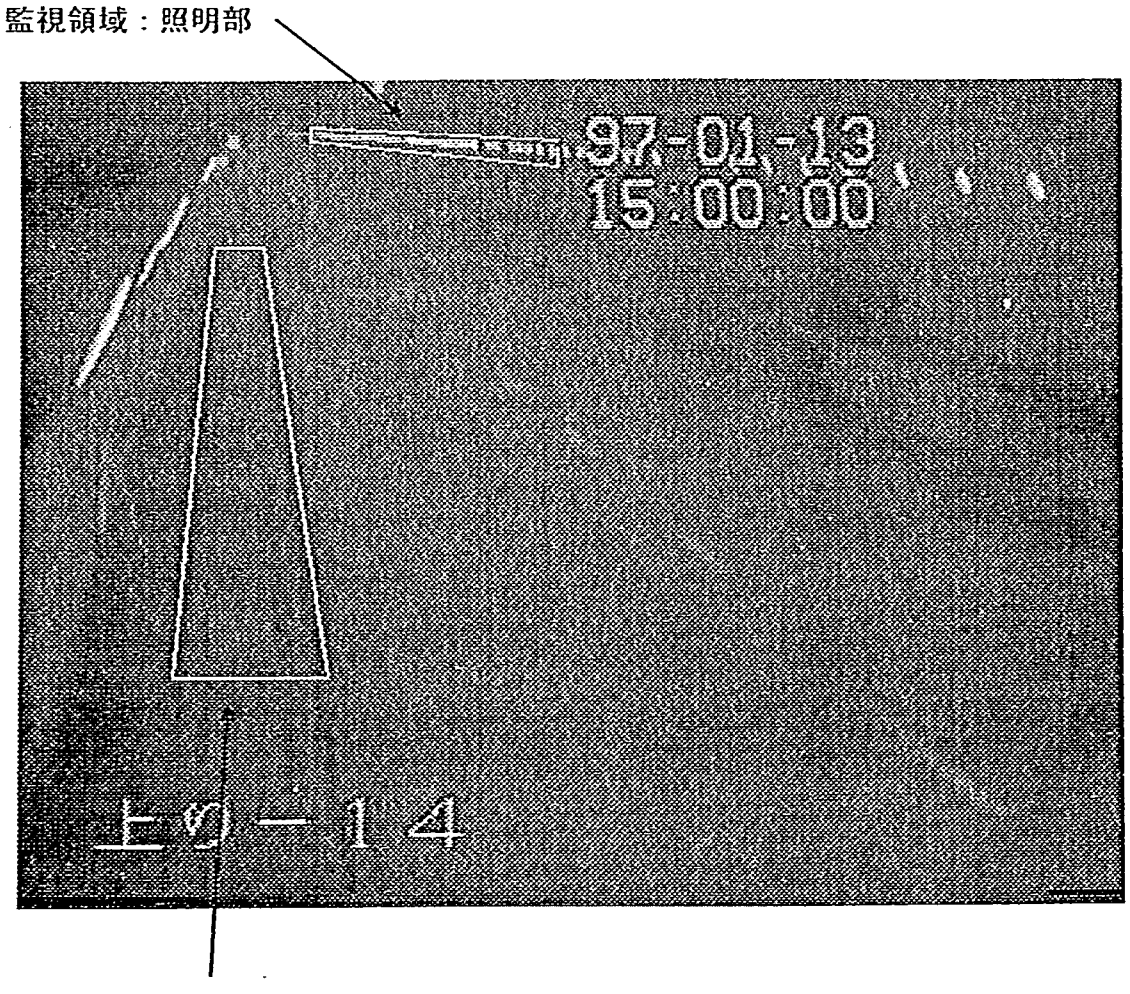
この問題を回避するためには、撮影した画像に対し濃度的あるいはコントラスト的に正規化を図る必要がある。

上記改善策の具体化案としては、今回適用したアルゴリズムのように濃度の凹凸から濃度的特徴量を算出するだけではなく、濃度凹凸の変化量（傾斜）を使用する等が考えられる。

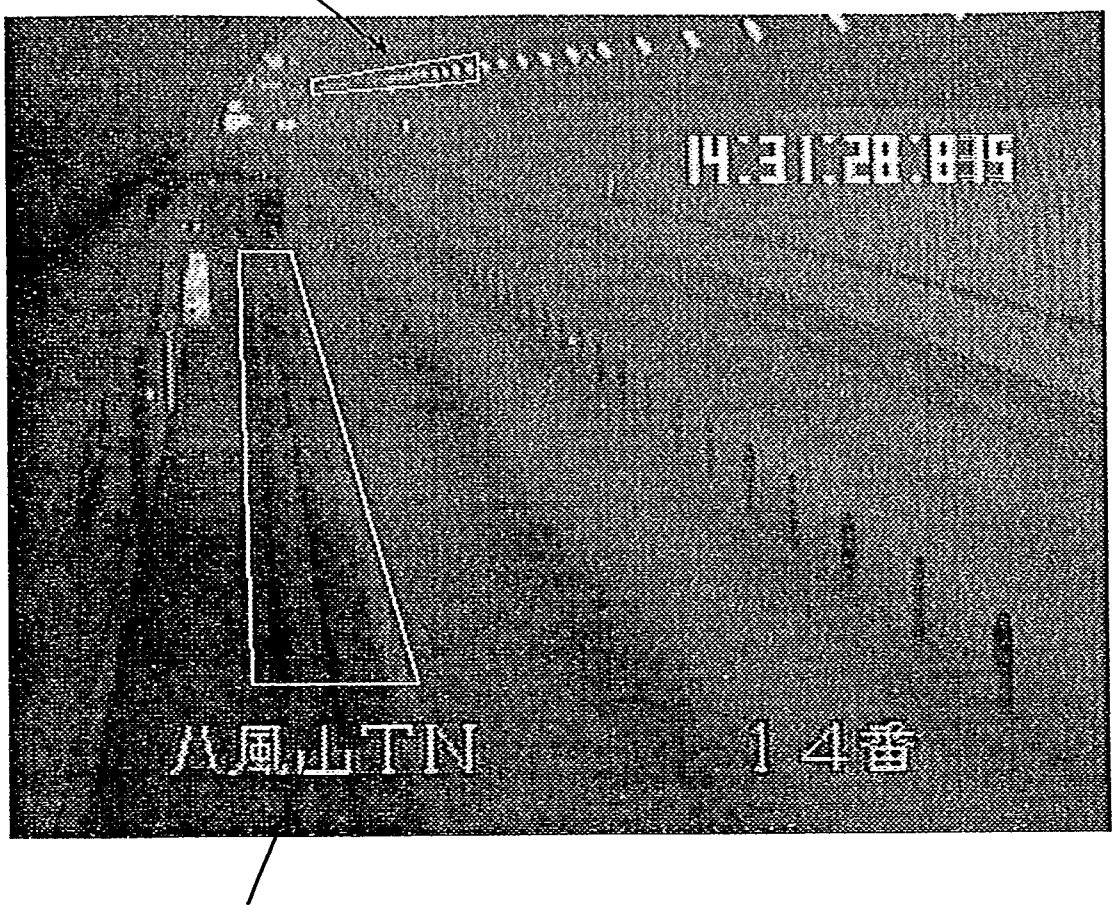
また、ＶＩ計の透過率算出アルゴリズムに関しても、詳細なロジックを明らかにする必要がある。

⑦付図

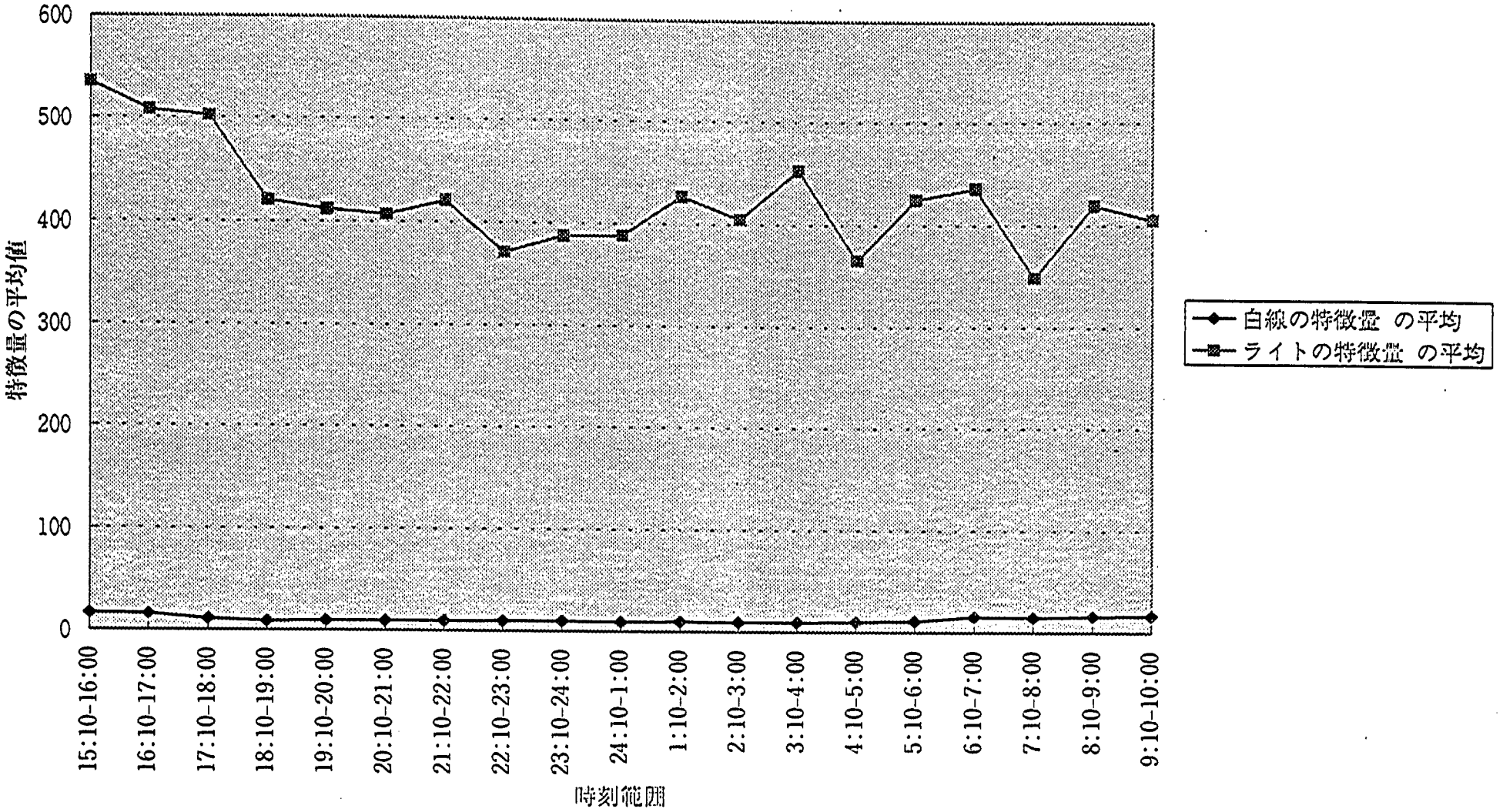
図表(4-1-2)3-8　関越トンネル監視領域図



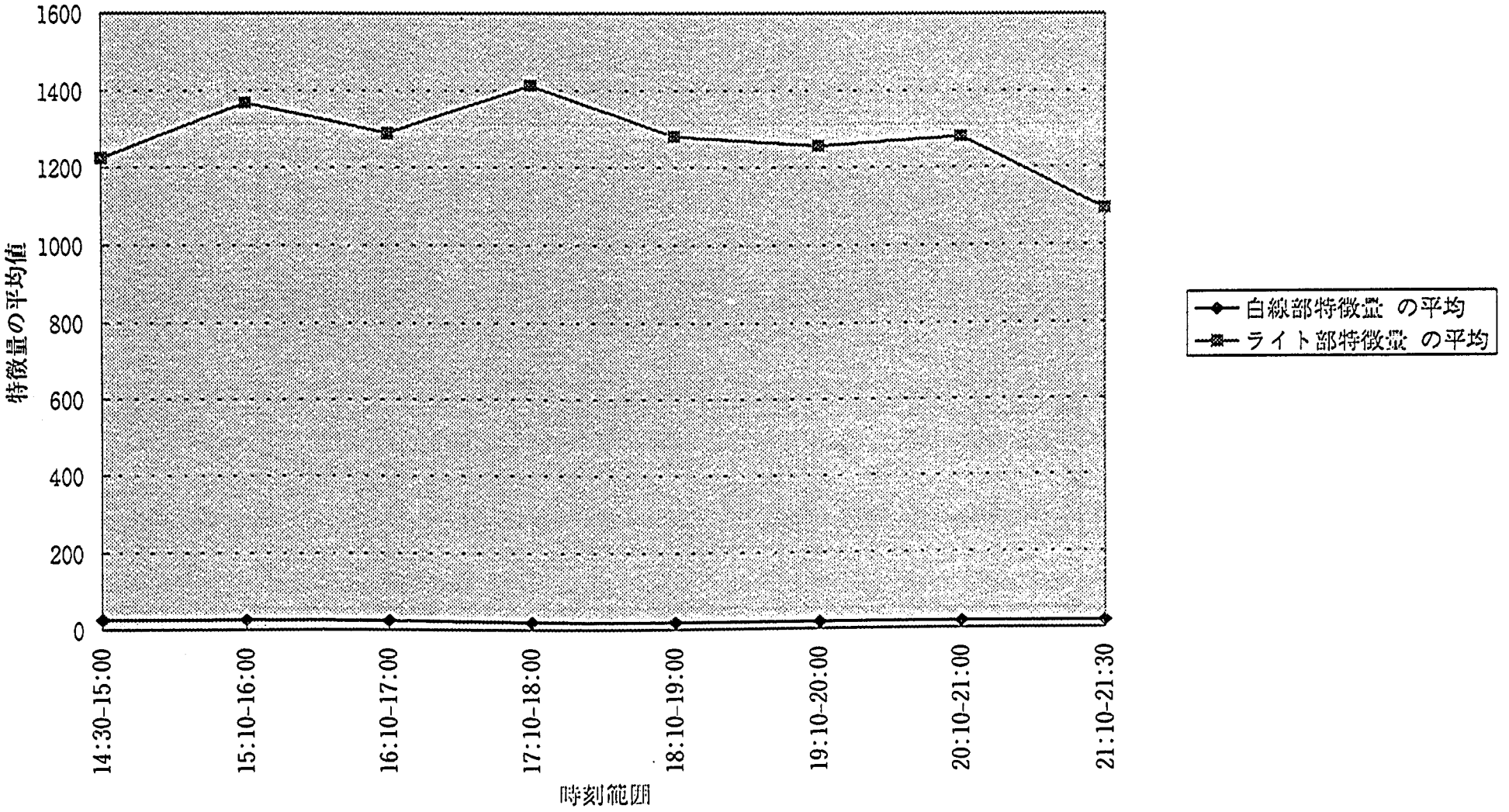
図表(4-1-2)3-9　八風山トンネル監視領域図



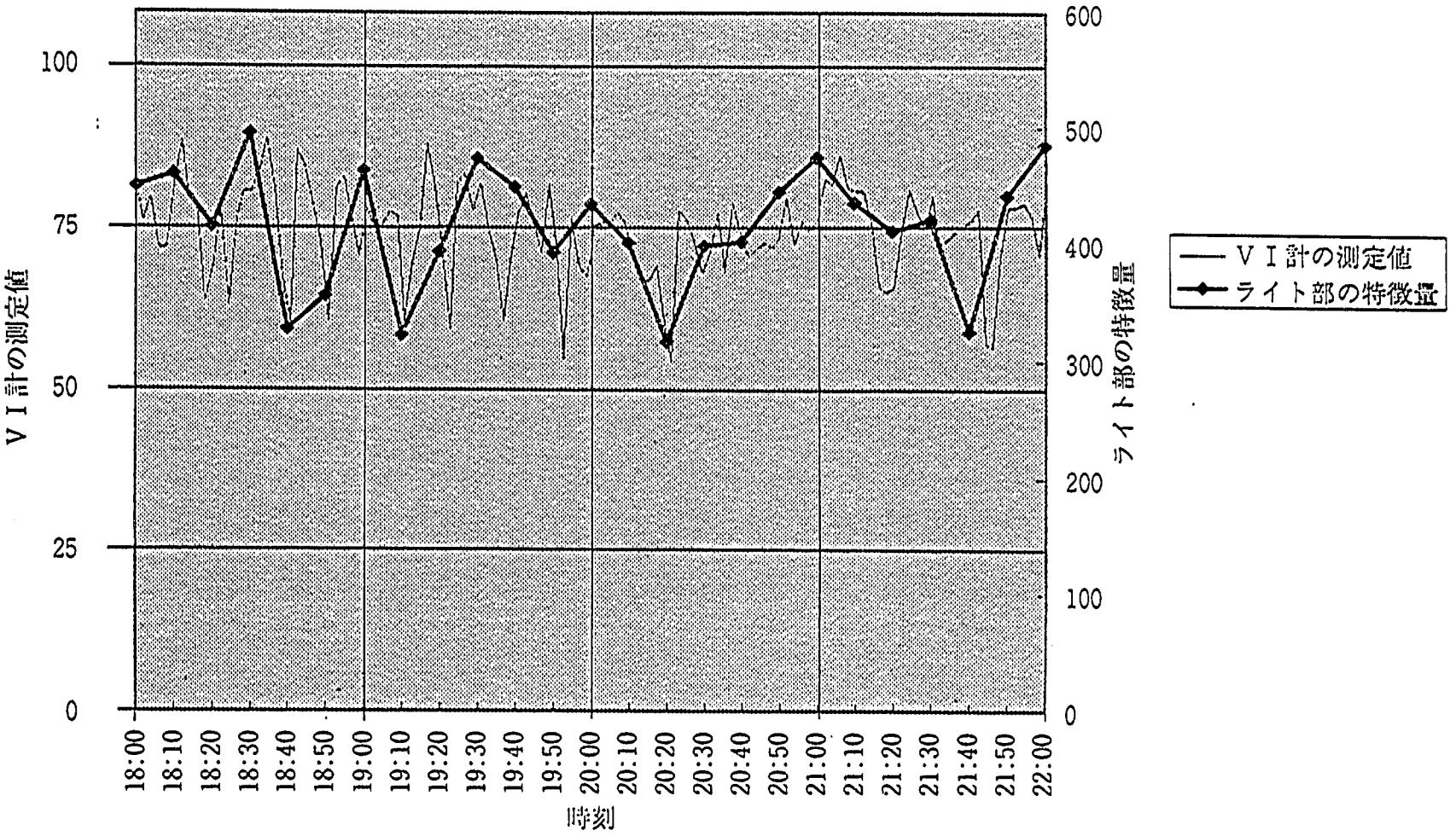
図表(4-1-2)3-10　関越トンネル白線部とライト部の特徴量比較



図表(4-1-2)3-11　八風山トンネル白線部とライト部の特徴量比較

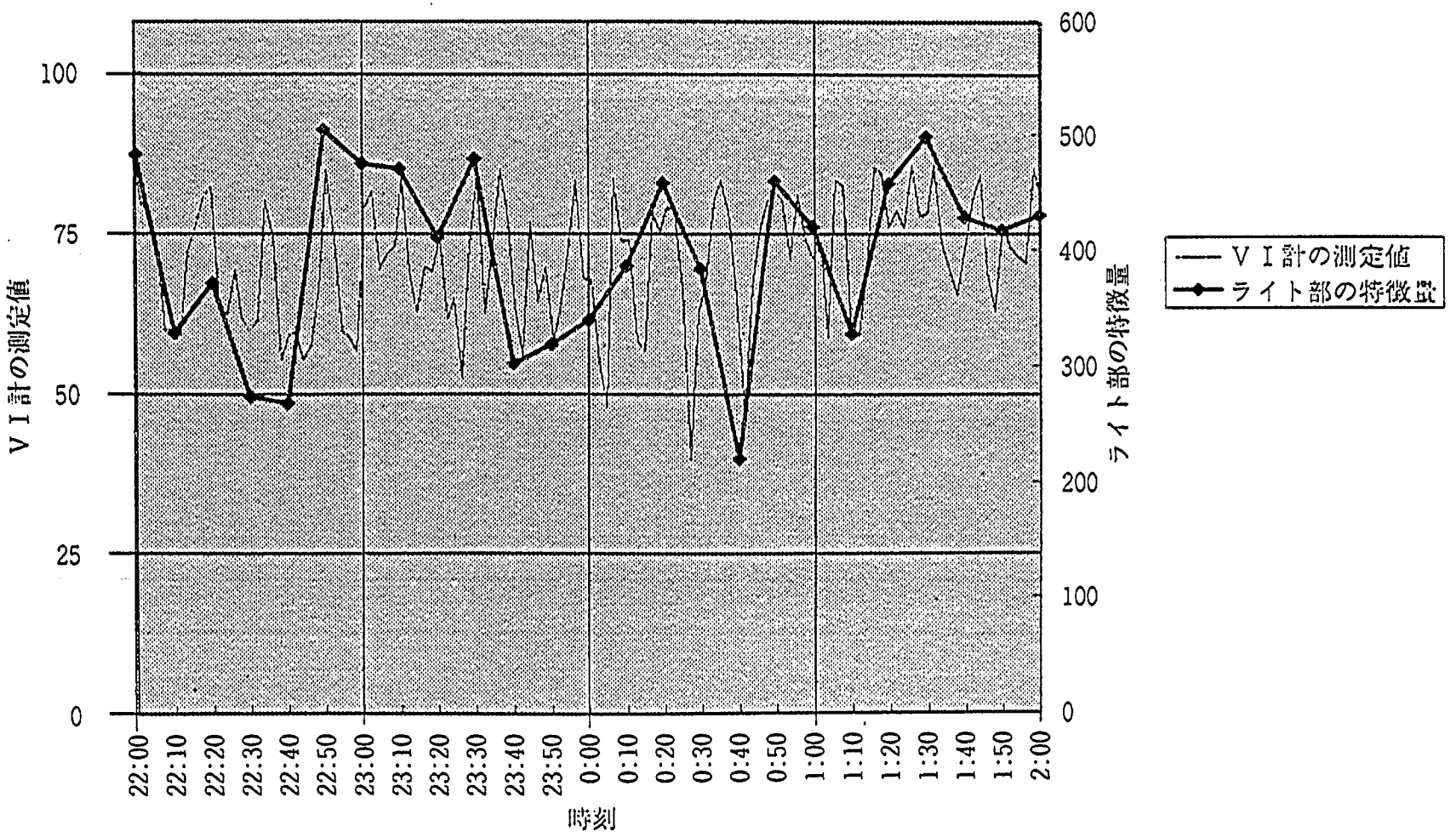


図表(4-1-2)3-12 (1/4) 関越トンネル
ＶＩ計測定値と特徴量比較

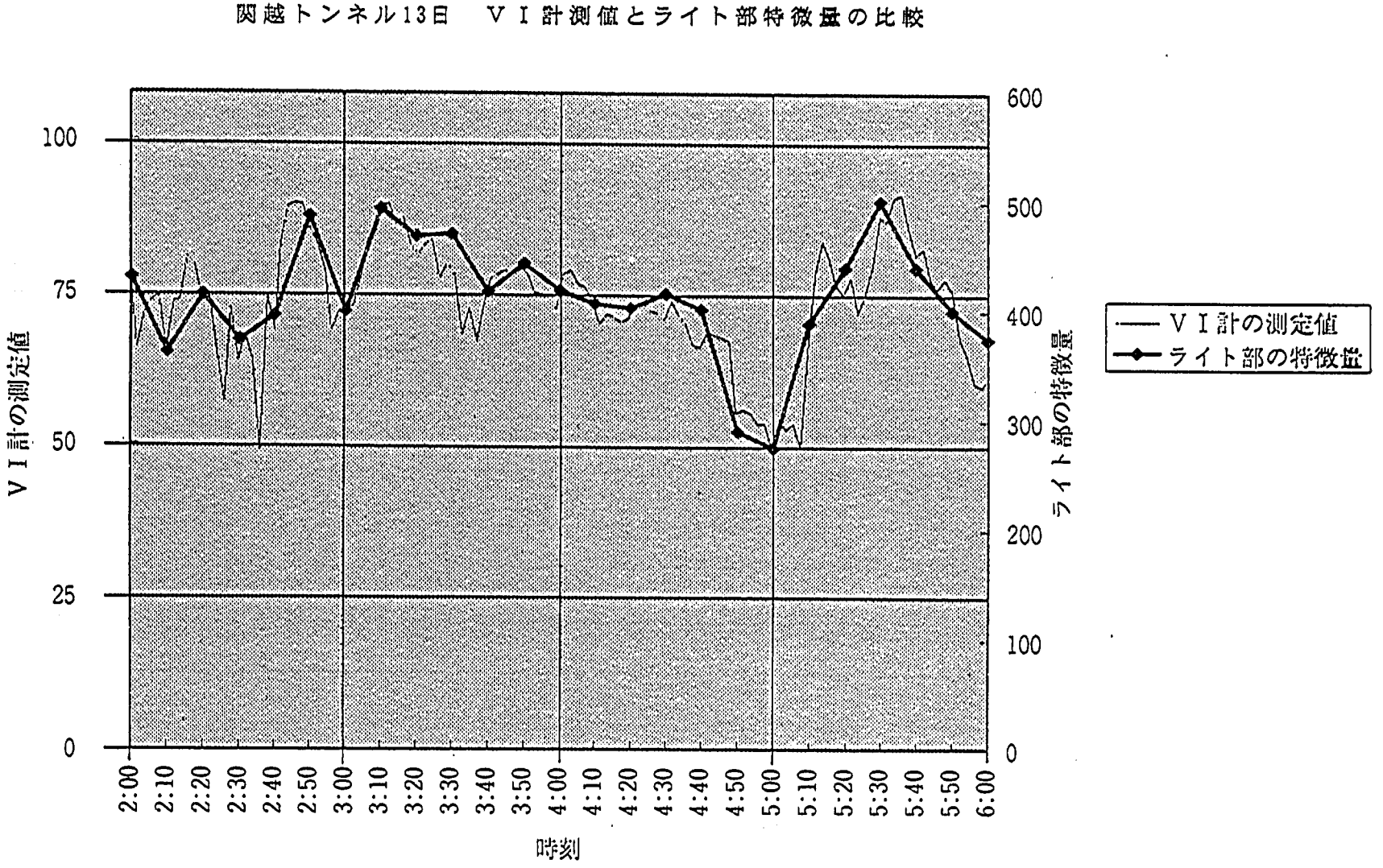


図表(4-1-2)3-12 (2/4) 関越トンネル
ＶＩ計測定値と特徴量比較

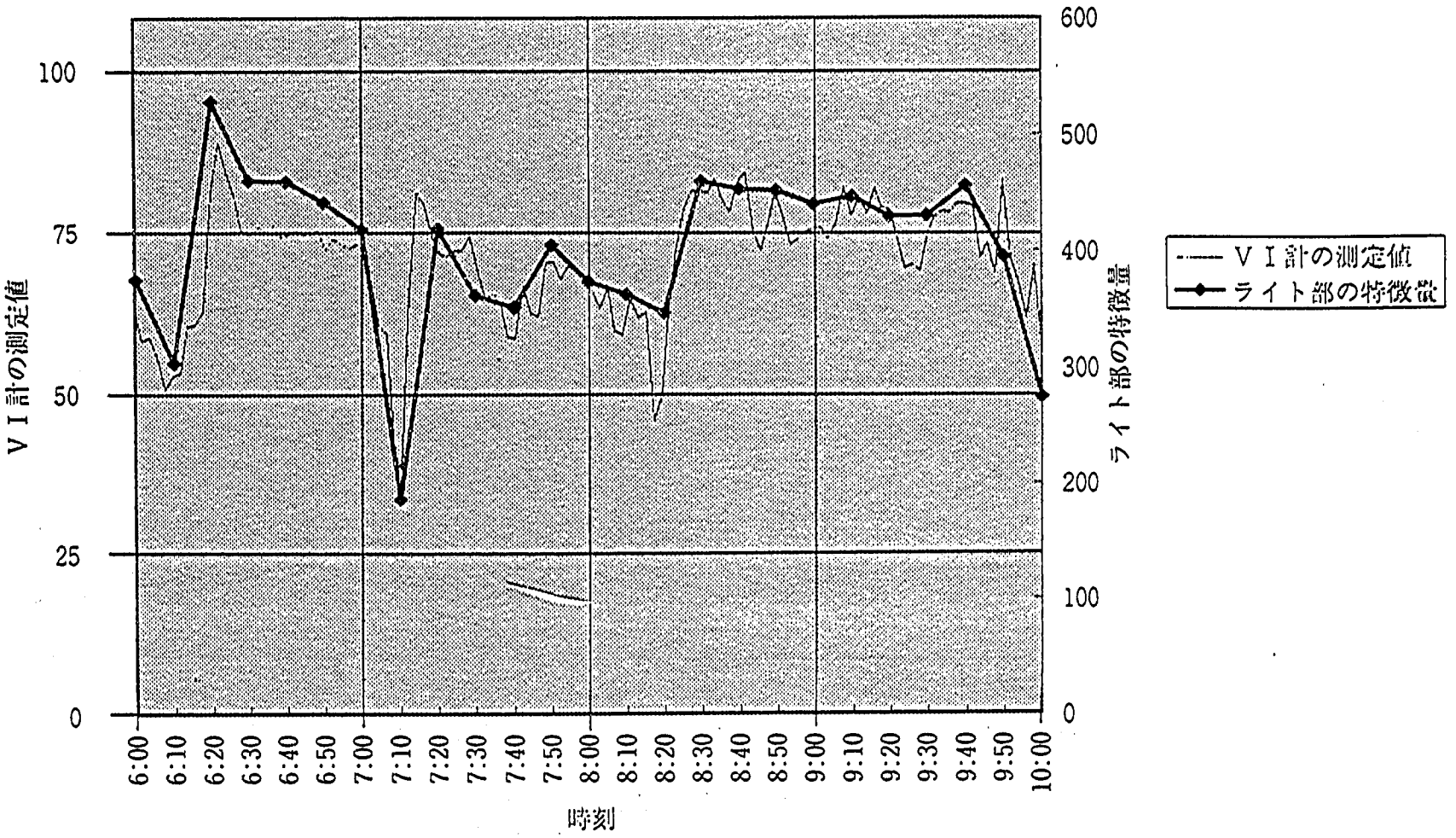
関越トンネル13.14日　ＶＩ計測値とライト部特徴量の比較



図表(4-1-2)3-12 (3/4) 関越トンネル
ＶＩ計測定値と特徴量比較

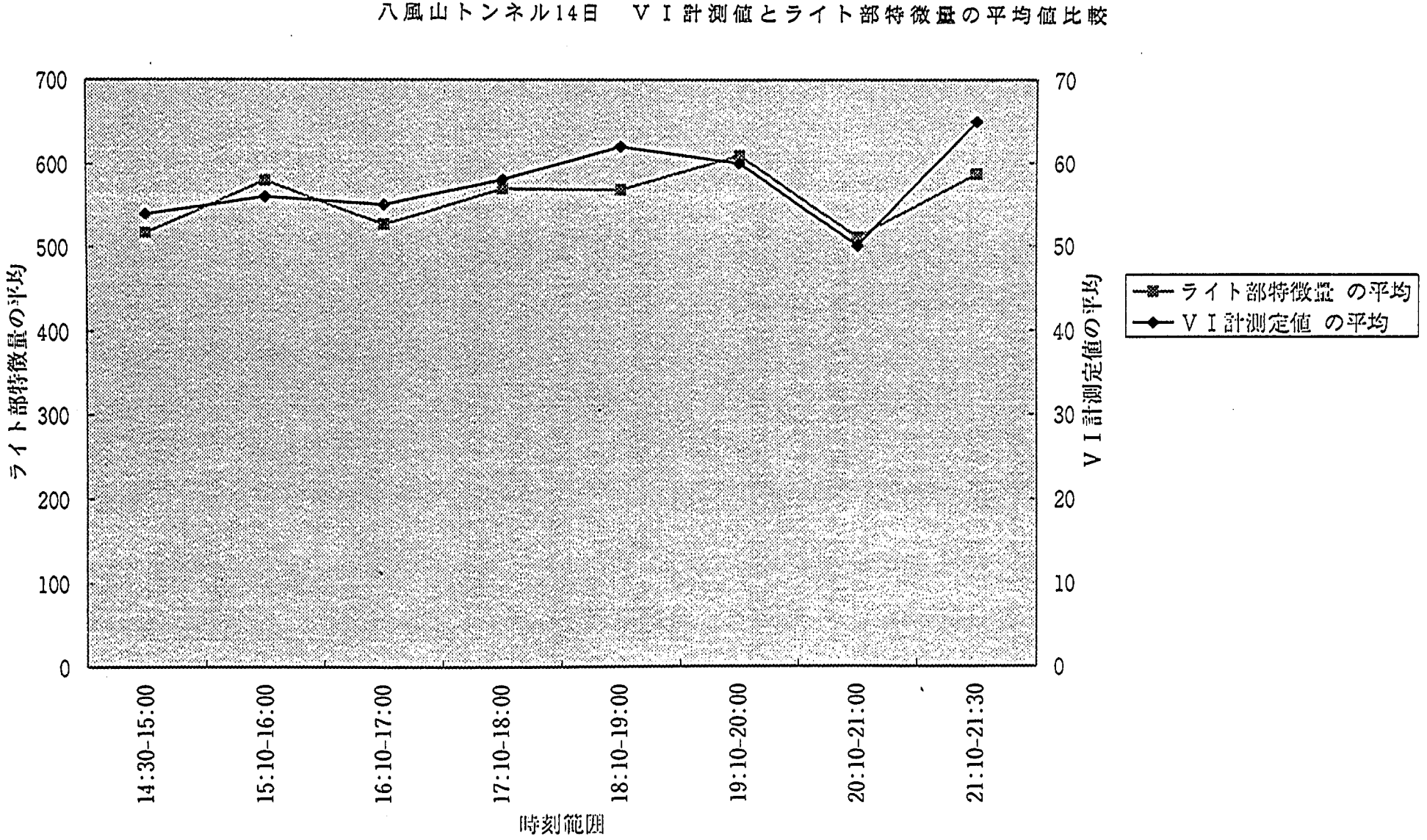


図表(4-1-2)3-12 (4/4) 関越トンネル
ＶＩ計測定値と特徴量比較



図表(4-1-2)3-13（1/2）八風山トンネル
ＶＩ計測定値と特徴量比較

図表(4-1-2)3-13 (2/2) 八風山トンネル
ＶＩ計測定値と特徴量比較



4）トンネル内煤煙検知（2/3）

（1）概要

実際のトンネルの映像を用いて、昨年度検討した透過率推定手法を検証した。

（2）検討方法

日本道路公団の関越道・関越トンネル及び上信越道・八風山トンネルで収録した画像を用い、図表(4-1-2)4-1に示した条件により以下の検討を行った。

・透過率とエッジ出力値の相関性確認及び処理対象の選定

・エッジ出力値による透過率の推定

処理対象となる画像の一例を図表(4-1-2)4-3に示す。図表(4-1-2)4-3に示した検出位置によりエッジ出力を求めた。

（3）検討結果

①透過率とエッジ出力値の相関性確認及び処理対象の選定

関越トンネル、八風山トンネルのそれぞれについて、透過率と各処理対象のエッジ出力との相関性を調べ、最も相関性が高い処理対象を選定した。

a)関越トンネル

昼モード照明時、夜モード照明時ともに透過率が40%（図表(4-1-2)4-4参照）、50%、60%、70%、80%、90%（図表(4-1-2)4-5参照）のときの画像を用いて、エッジ出力値を求めた。昼モード照明時のエッジ出力結果を図表(4-1-2)4-6に、夜モード照明時のエッジ出力結果を図表(4-1-2)4-7に示す。

図表(4-1-2)4-1　エッジ検出手法検討の諸条件

項　目	内　　容
トンネル	(1)関越トンネル (2)八風山トンネル
照明	(1)昼モード照明 (2)夜モード照明
処理対象	照明、中央線、路側線、ポール、壁等
処理内容	1階微分型フィルターによるエッジ出力値（エッジ近傍における輝度の1階微分値）の検出

b)八風山トンネル

昼モード照明時の透過率が57%、73%、80%、84%のときの画像及び、夜モード照明時の透過率が60%、66%、75%、80%、85%のときの画像を用いて、エッジ出力値を求めた。昼モード照明時のエッジ出力結果を図表(4-1-2)4-8に、夜モード照明時のエッジ出力結果を図表(4-1-2)4-9に示す。

これらの図より次のことがいえる。

・中央線や路側線等のエッジ出力値は透過率との相関性が少ないが、照明のエッジ出力値は透過率と明らかな相関性がある。

・関越トンネルと八風山トンネルとでは、透過率に対するエッジ出力値の傾きが異なる。

・同一トンネル内でも、昼モード照明のときと夜モード照明のときでは、透過率に対するエッジ出力値の傾きが異なる。

以上の結果より、関越トンネルと八風山トンネルとでは別々の透過率推定を行う必要があり、昼モード照明と夜モード照明も別々に透過率推定する必要があることがわかった。

また、処理対象として照明を用いるのが効果的であることがわかった。

②エッジ出力値による透過率推定

①では、透過率と照明のエッジ出力に強い相関があることを確認できた。ここでは、照明のエッジ出力値から透過率を推定する検討を行った。

まず透過率の推定には、透過率推定式の導出が必要である。透過率実測値とそのときのエッジ出力値にはほぼ直線的な関係があるため、透過率をエッジ出力値に対してプロットし、一次式で近似した近似直線を透過率推定式とした。関越トンネルにおける昼モード照明時の近似直線と夜モード照明時の近似直線をそれぞれ図表(4-1-2)4-10、図表(4-1-2)4-11に示す。また、八風山トンネルにおける昼モード照明時の近似直線と夜モード照明時の近似直線をそれぞれ図表(4-1-2)4-12、図表(4-1-2)4-13に示す。

次に、得られた透過率推定式に各時刻のエッジ出力値を代入し、透過率の推定値を求めた。関越トンネル、八風山トンネルのそれぞれについて、時間帯ごとに用いた透過率推定式を図表(4-1-2)4-2に示す。関越トンネルと八風山トンネルについての透過率推定値の経時変化をそれぞれ図表(4-1-2)4-14、図表(4-1-2)4-15に示す。実線がＶＩ計による実測値を表し、黒丸がエッジ出力からの推定値を表す。

図表(4-1-2)4-2　使用した透過率推定式

トンネル	時間帯	推定式	図番
関越ﾄﾝﾈﾙ	13日　15:00～17:00 13日　17:00～14日7:00 14日　7:00～10:00	昼モード推定式 夜モード推定式 昼モード推定式	図表(4-1-2)4-14(a) 図表(4-1-2)4-14(b)(c)(e) 図表(4-1-2)4-14(e)
八風山ﾄﾝﾈﾙ	13日　15:00～17:00 13日　17:00～21:30	昼モード推定式 夜モード推定式	図表(4-1-2)4-15

また、通過車両の影響を見るために、エッジ検出エリア内の通過車両の有無を白丸で示した。関越トンネルの13日17時～17時30分と、14日５時～７時の透過率推定値が実測値に比べて大きくずれているのは、照明の明るさがこの時間帯に段階的に変化しており、推定式導出時の照明の明るさからずれているためである。これらの結果より以下のことがわかった。

・透過率の推定値はほぼ実測値と一致している。

・透過率推定式は照明の明るさに影響される。

・通過車両が検出エリア内になければ、透過率推定値への影響はない。

以上の結果、エッジ検出法による実トンネルにおける透過率推定の可能性を確認した。

（4）考察

今回の検討で、通過車両がエッジ検出エリア内になければ、通過車両による透過率推定値への影響がないことがわかった。また、通過車両が検出エリア内にある場合でも、推定値が実測値から極端にはずれることは少なかった。通過車両による透過率推定値への影響は、次のように分けられる。

・通過車両が検出エリア内にない場合（図表(4-1-2)4-14(a)参照）、透過率推定値への影響はない。

・通過車両のライトやランプ等が検出エリア内にある場合（図表(4-1-2)4-14(b)参照）、それによってエッジ出力が大きくなって透過率推定値が実測値よりも大きくなることがある。

・通過車両が検出エリア内の照明部分に重なる場合（図表(4-1-2)4-14(c)参照）、照明以外の部分のエッジが出力値となり、誤った透過率推定値となる。

・通過車両が検出エリア内にあっても輝度値が小さい場合（図表(4-1-2)4-14(d)参照）、透過率推定値に影響しない。

また、今回の検討で、透過率推定式が照明の明るさに影響されることがわかった。これらより、実用化する場合、次の問題点の対策が必要となる。

(1)通過車両のライトやランプ等が検出エリアに入る場合の対策
(2)通過車両が検出エリアの照明部分に重なる場合の対策
(3)照明の明るさが汚れによって変化した場合の対策
これらの対策には、次のようなものが考えられる。

(1)及び(2)の対策
・時間平均をとる、あるいは時間変化をみて突出した値を除くことによって、通過車両による影響を緩和あるいは除去する。
・処理対象物を複数にして平均をとる、あるいは突出した値を除くことによって、通過車両による影響を緩和あるいは除去する。
・カメラ設置位置を高くすることによって、通過車両が検出エリア内に入らないようにする。
・処理対象物を高い位置に設け、通過車両が検出エリア内に入らないようにする。

(3)の対策
・カメラに近い照明（空気の汚損度に輝度値が影響されない照明）の輝度値を常時監視し、これをもとに透過率推定値を補正する。あるいは、輝度値が設定値以下になったら、透過率推定式を照明が汚れたとき用の透過率推定式に切り換える。

（5）まとめ

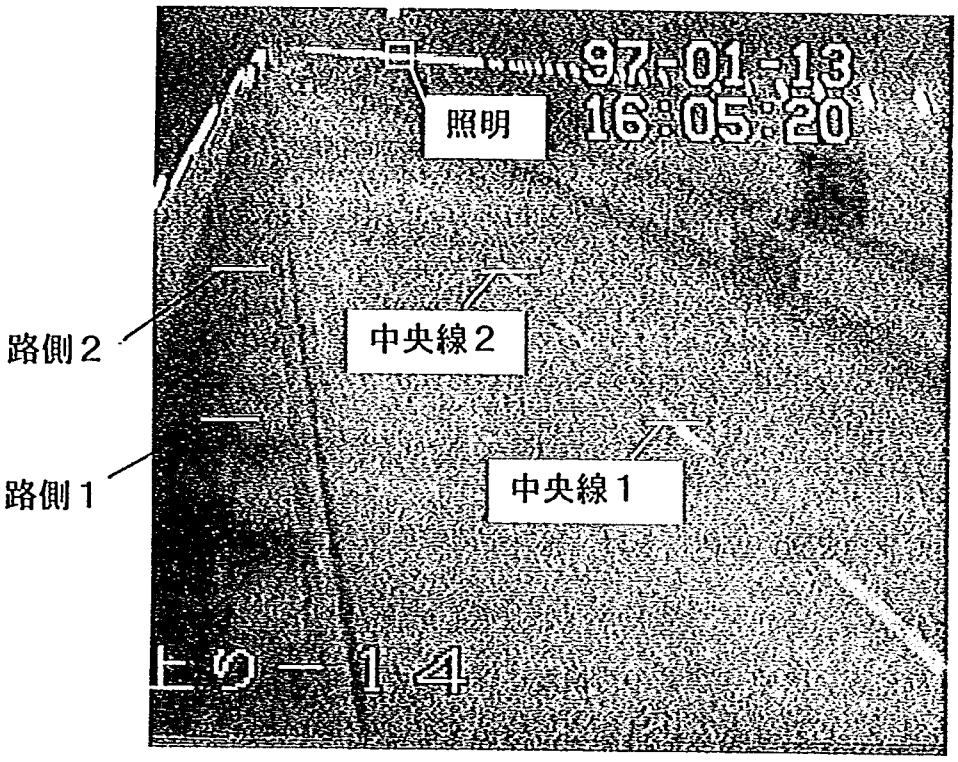
今回の検討では、実際のトンネルの映像を用いて、昨年度検討した透過率推定手法を検証した。以上をまとめると、次のようになる。
・エッジ出力値から求めた透過率の推定値が実測値とほぼ一致し、エッジ検出手法の実トンネルでの有効性を確認できた。
・実トンネルでは、汚れでエッジが不明瞭な中央線や路側線よりも、遠方でもエッジが明瞭な照明が処理対象として適している。
・透過率推定式は、照明の明るさや場所に応じて変える必要がある。
・通過車両による透過率推定値への影響は、エッジ検出エリア内に通過車両のライト等が入ればあるが、エッジ検出エリア内に通過車両が入らなければない。

（6）今後の課題

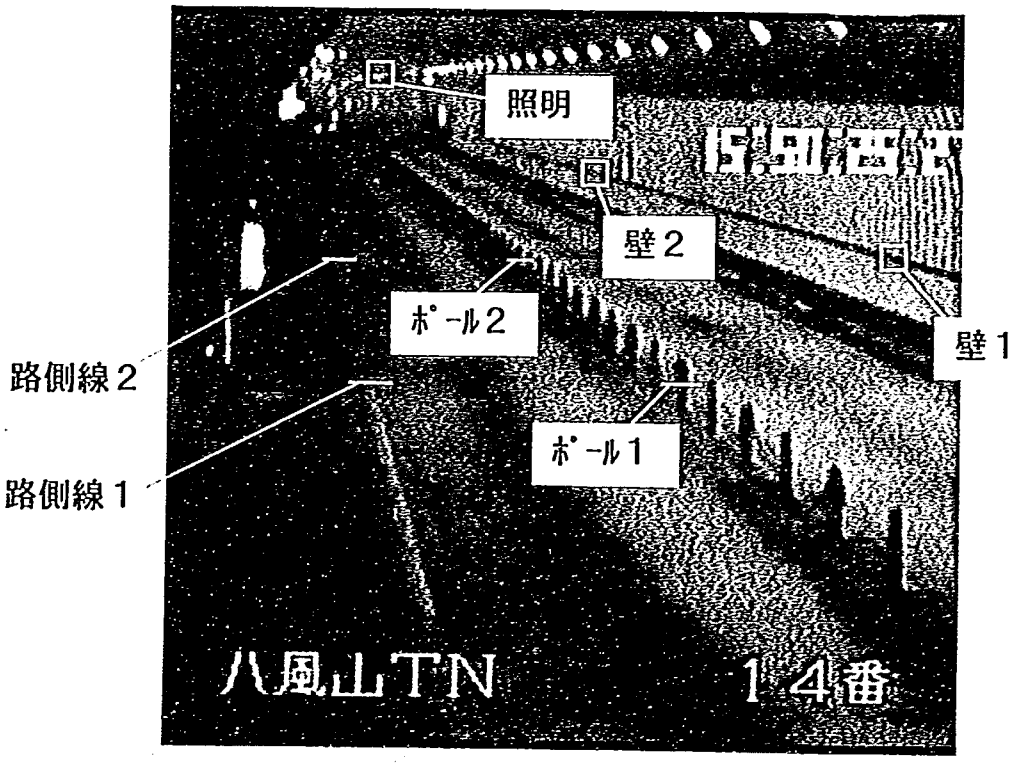
・通過車両対策（エッジ検出エリア内に通過車両のライト等が入った場合、処理対象物が通過車両によって隠れた場合等）
・照明の明るさの変化に対する対策（照明の汚れによる光量の変化等）

図表(4-1-2)4-3　画像の一例

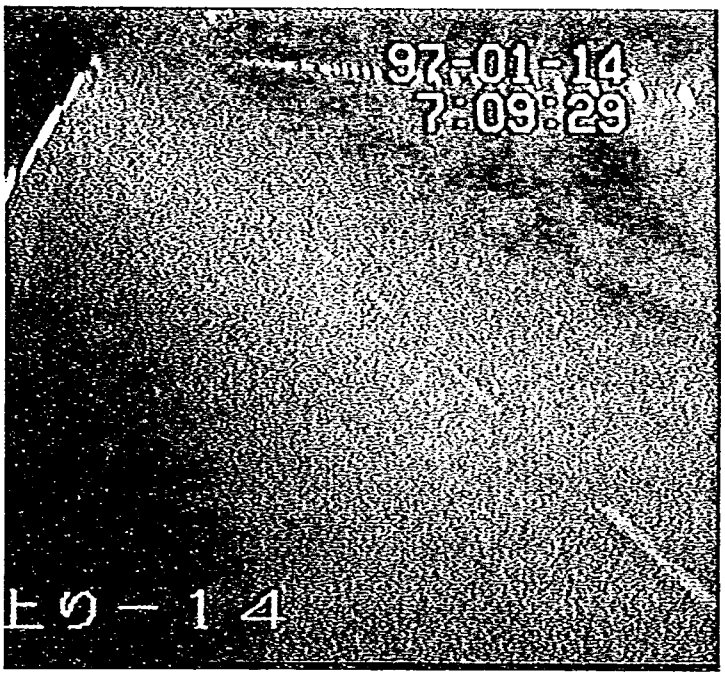
(a)　関越トンネル



(b)　八風山トンネル



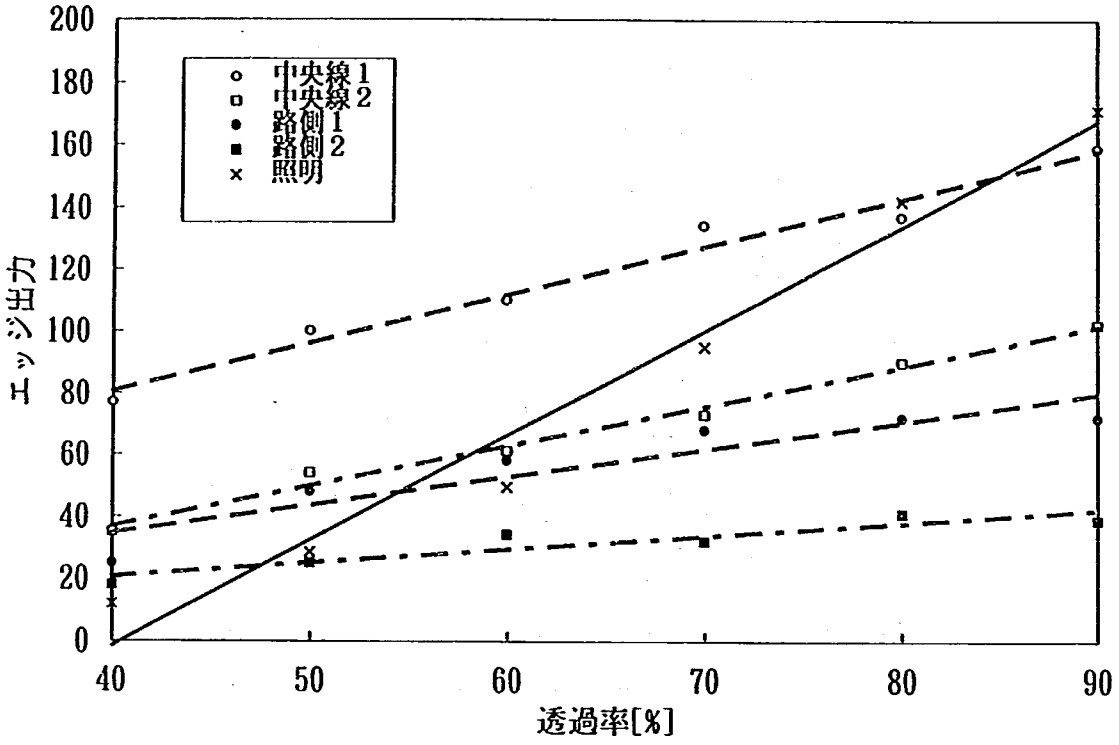
図表(4-1-2)4-4　透過率40%（関越トンネル、昼モード照明）



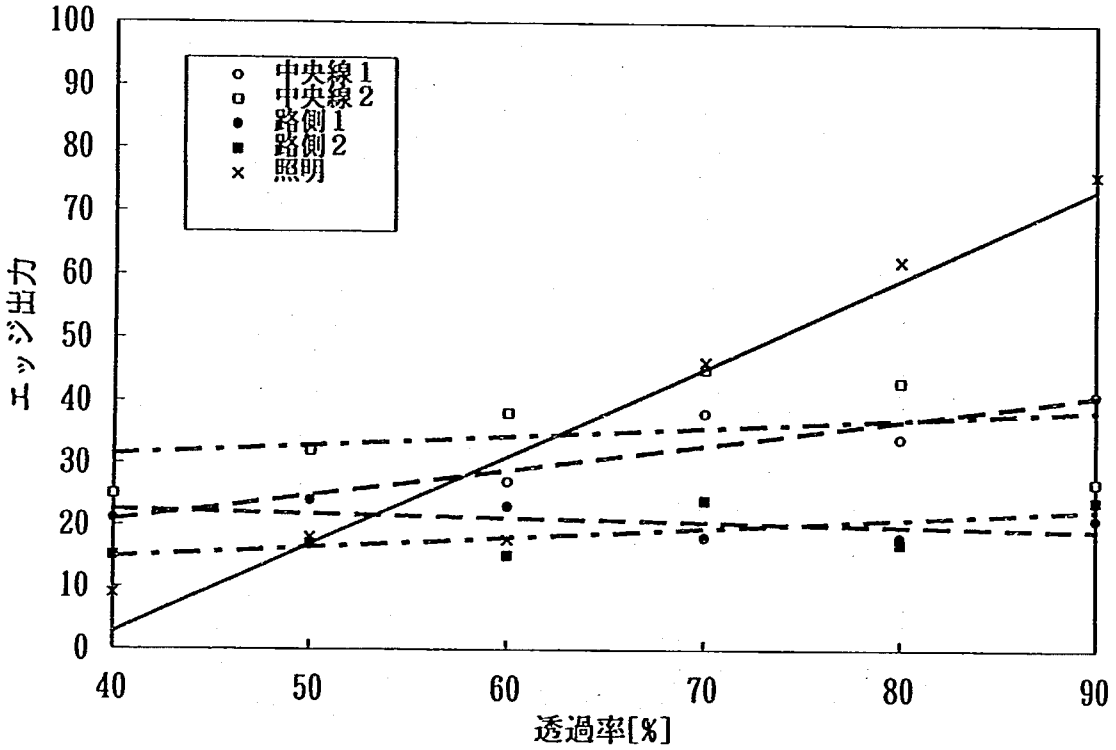
図表(4-1-2)4-5　透過率90%（関越トンネル、昼モード照明）



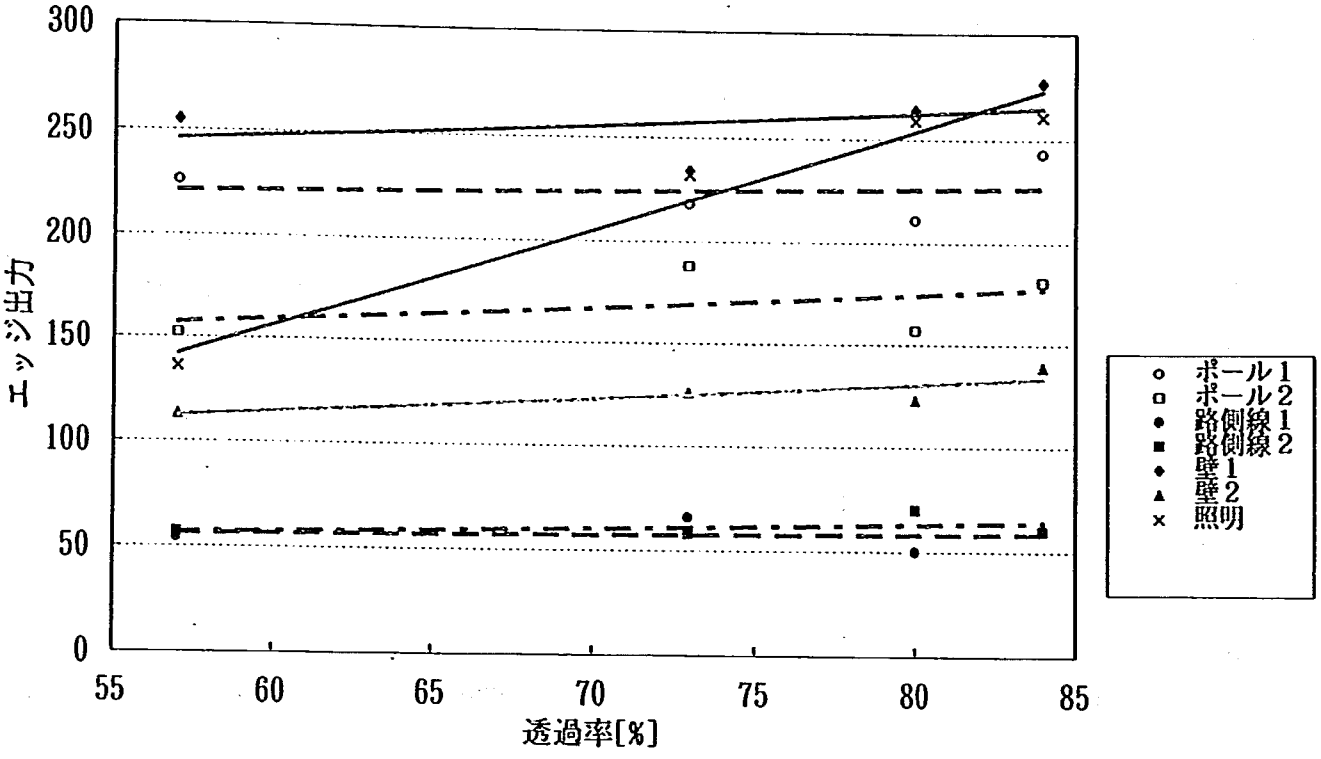
図表(4-1-2)4-6　エッジ出力（関越トンネル、昼モード照明）



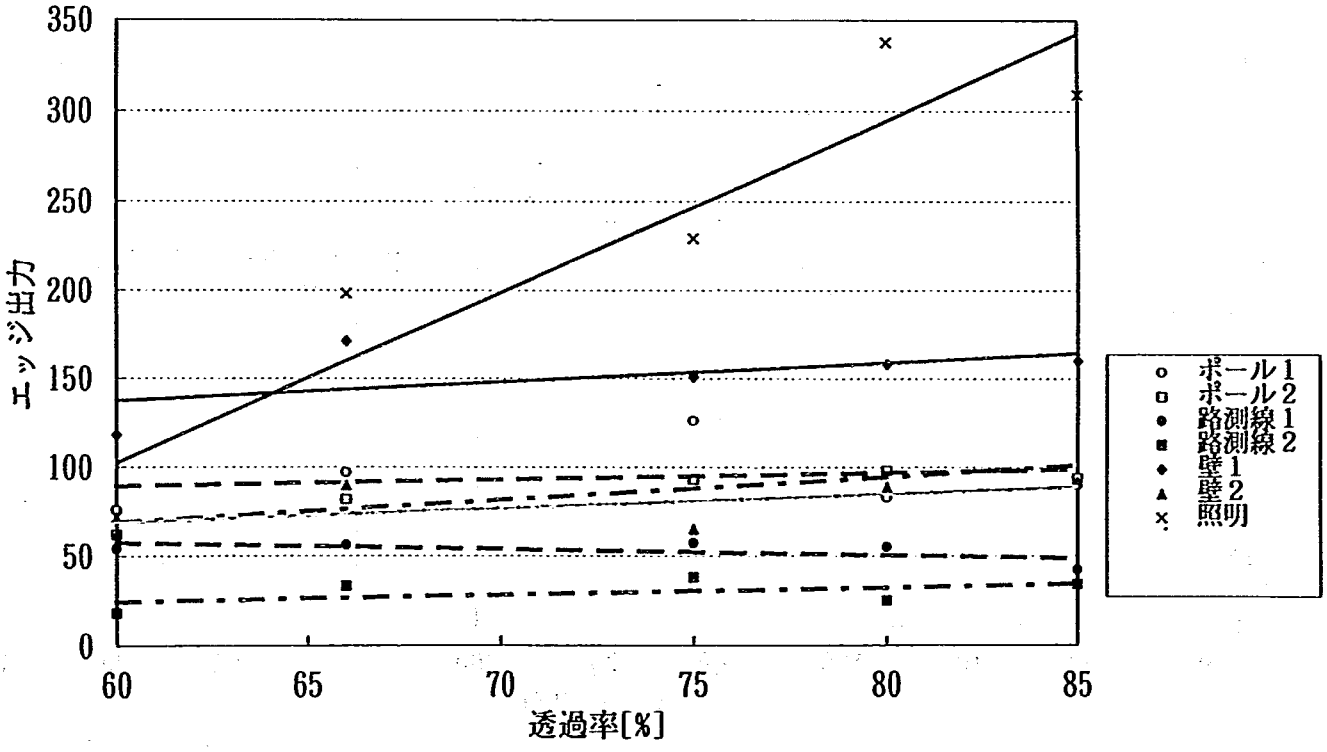
図表(4-1-2)4-7　エッジ出力（関越トンネル、夜モード照明）



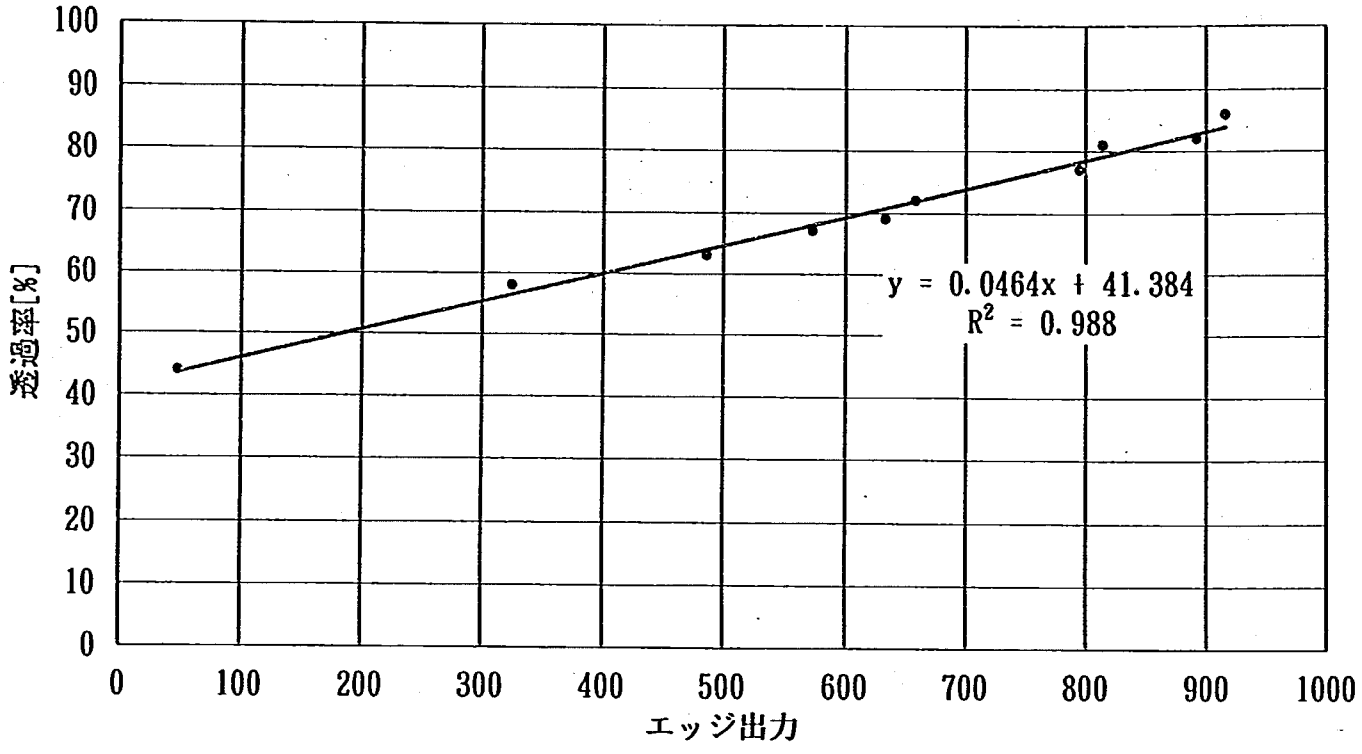
図表(4-1-2)4-8　エッジ出力（八風山トンネル、昼モード照明）



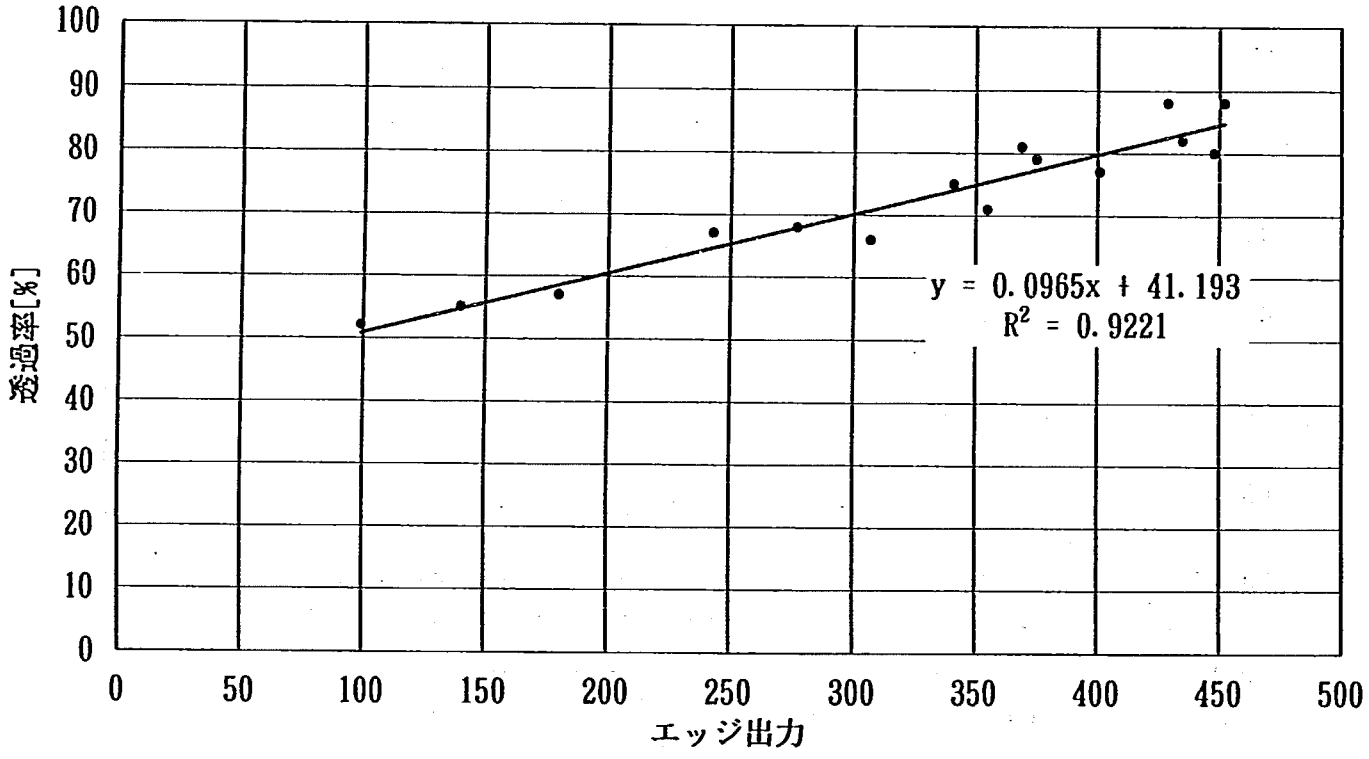
図表(4-1-2)4-9　エッジ出力（八風山トンネル、夜モード照明）



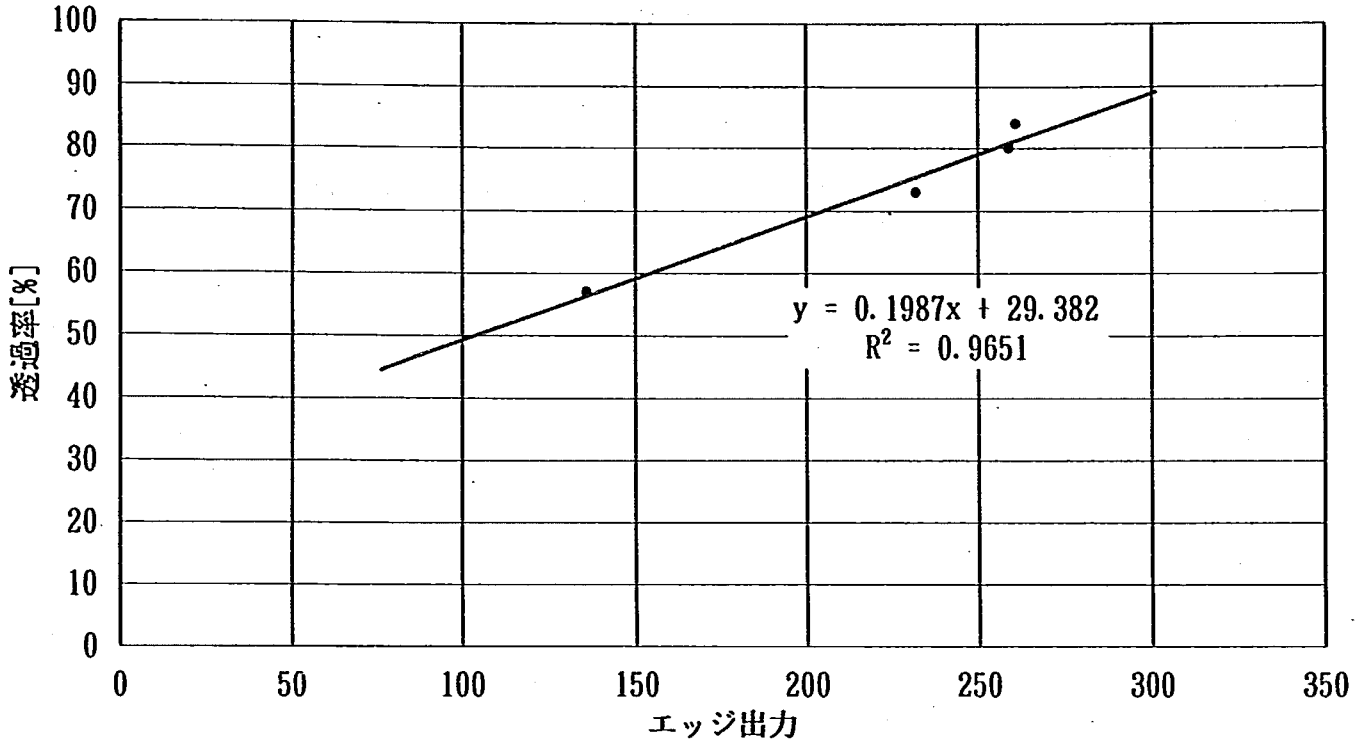
図表(4-1-2)4-10　近似直線（関越トンネル、昼モード照明）



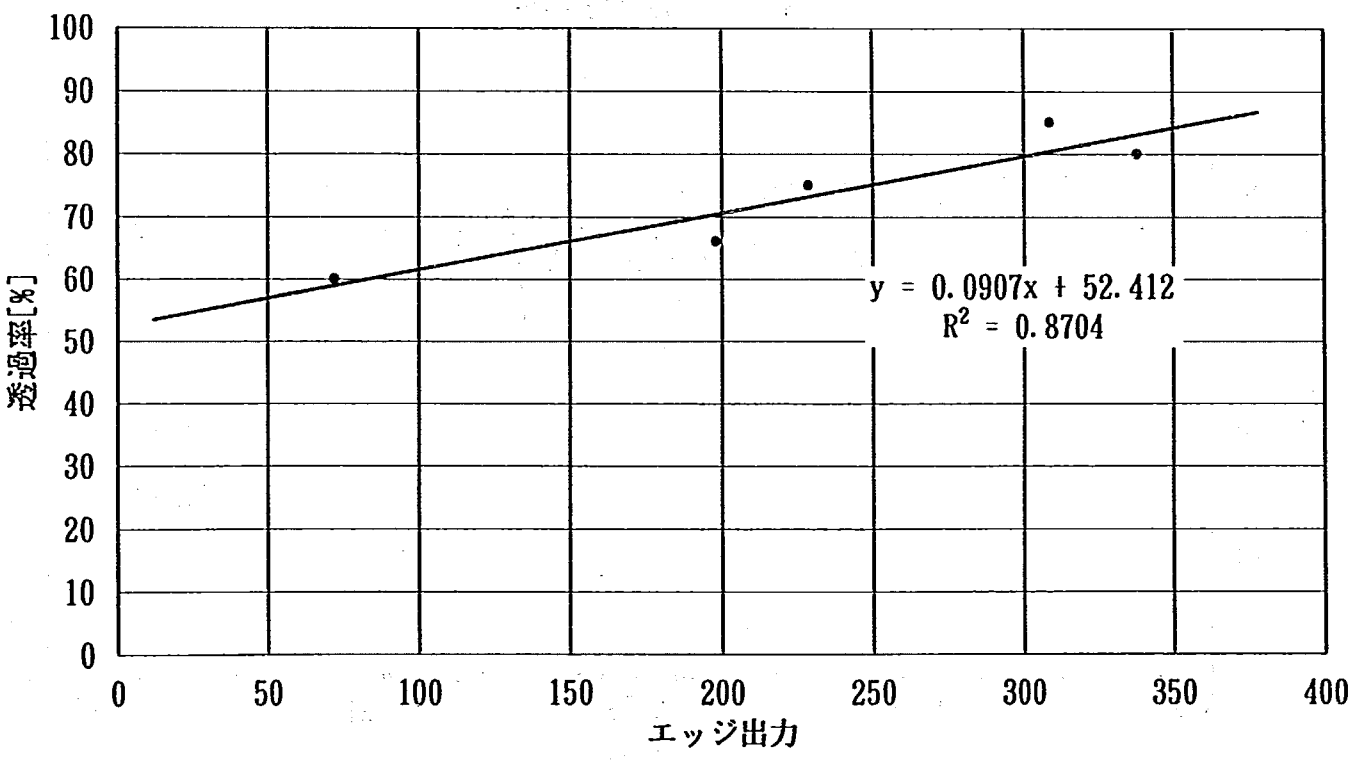
図表(4-1-2)4-11　近似直線（関越トンネル、夜モード照明）



図表(4-1-2)4-12　近似直線（八風山トンネル、昼モード照明）

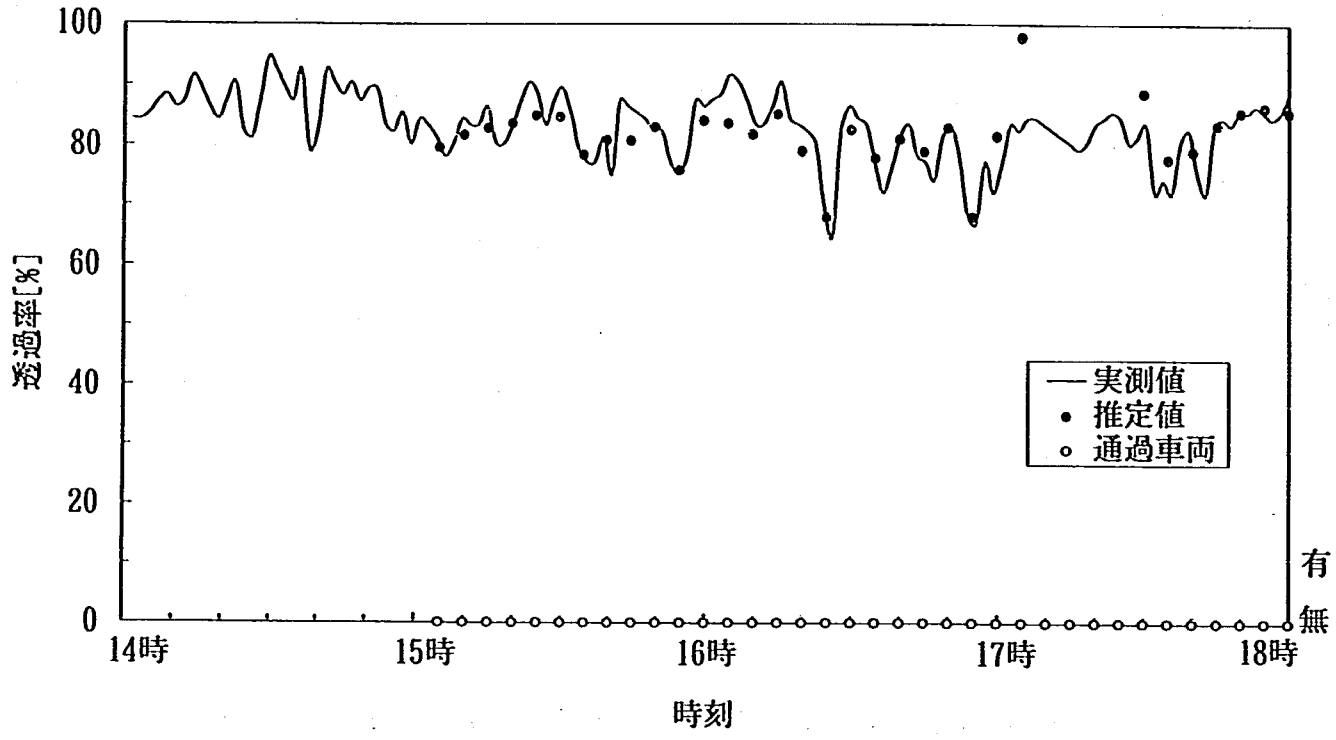


図表(4-1-2)4-13　近似直線（八風山トンネル、夜モード照明）

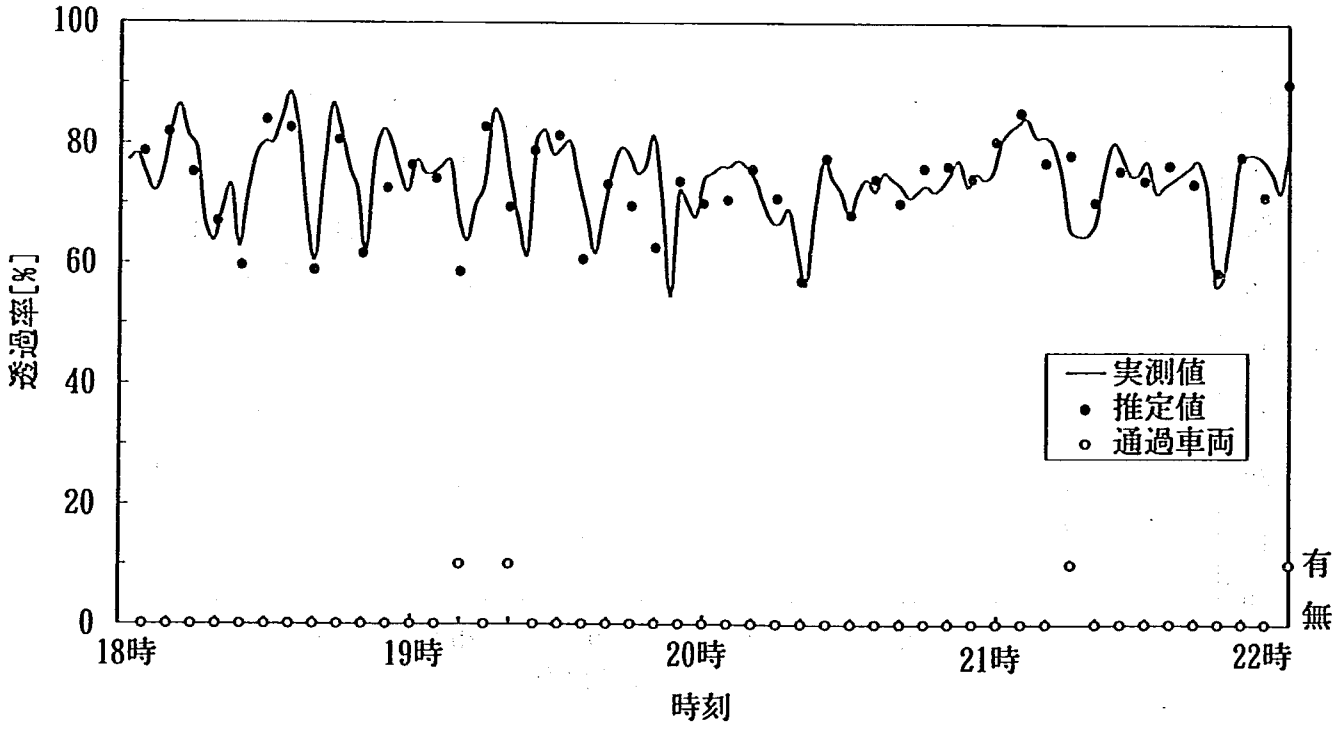


図表(4-1-2)4-14　透過率推定値の経時変化（関越トンネル）

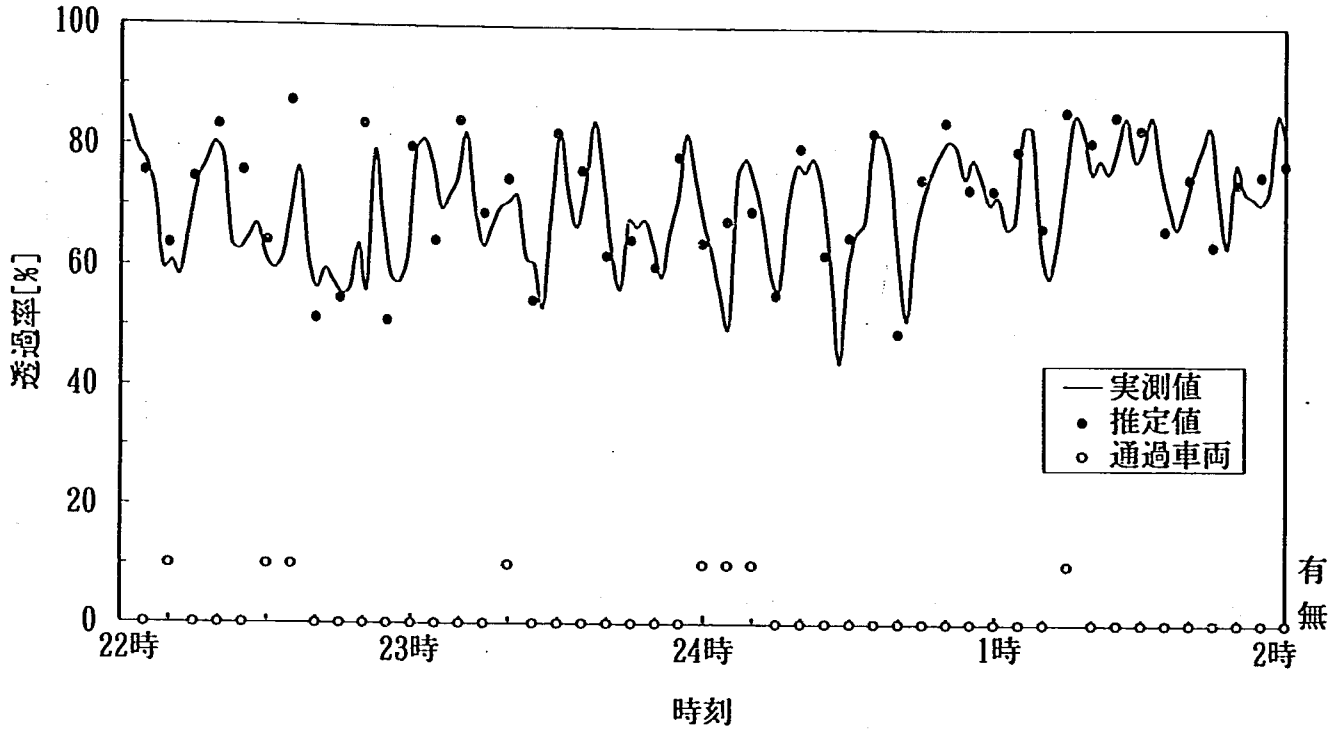
(a)　1月13日14～18時



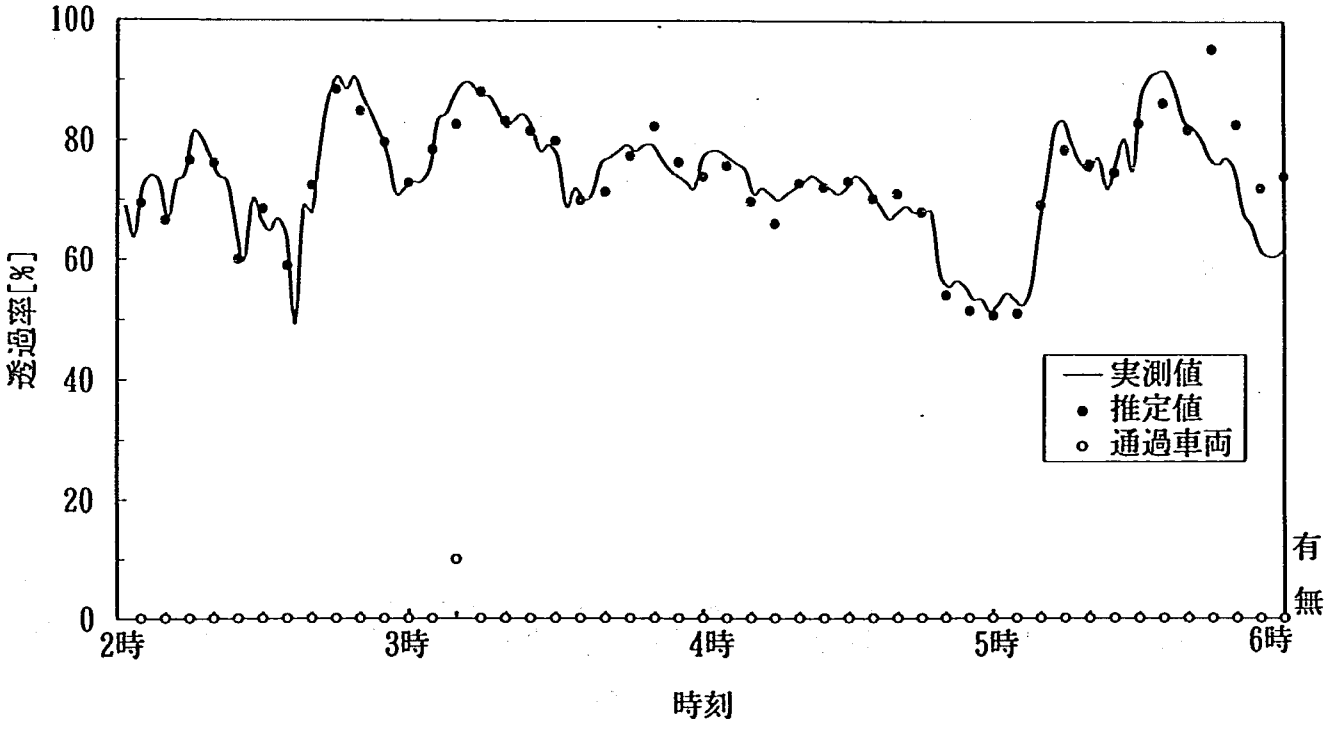
(b)　1月13日18～22時



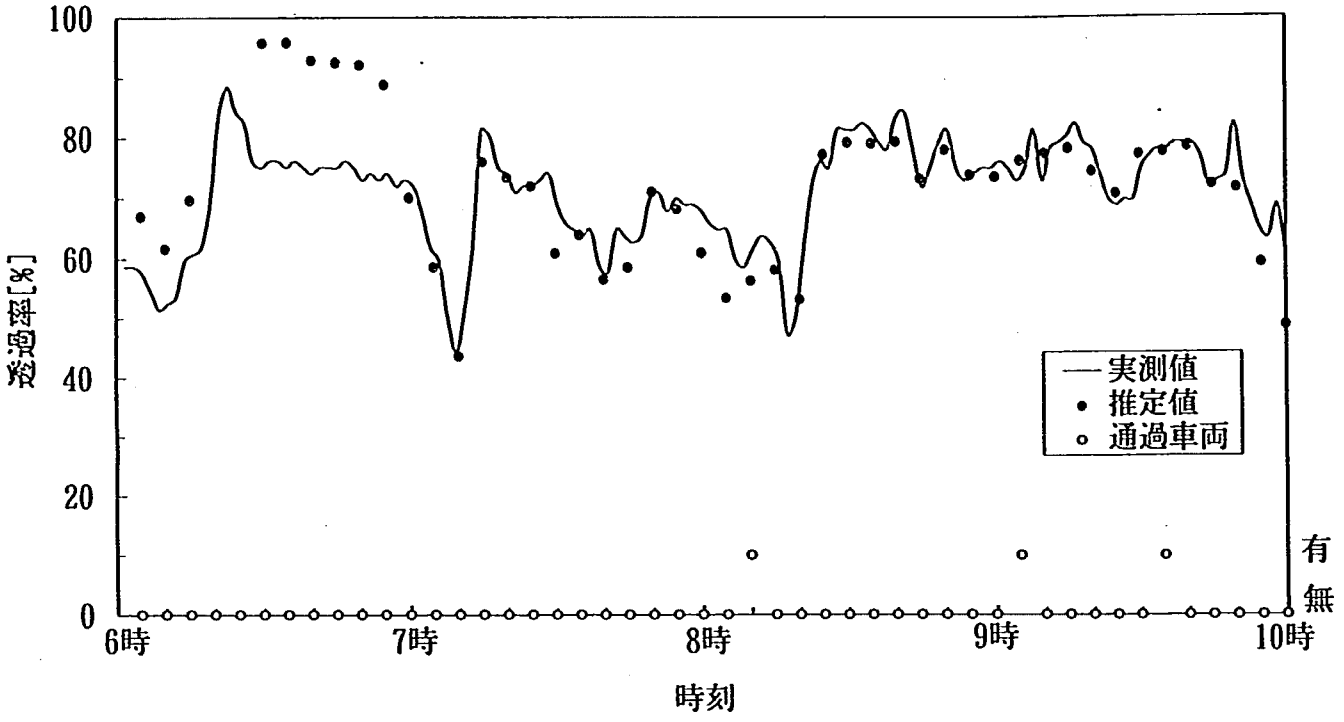
(c)　1月13日22時～14日2時



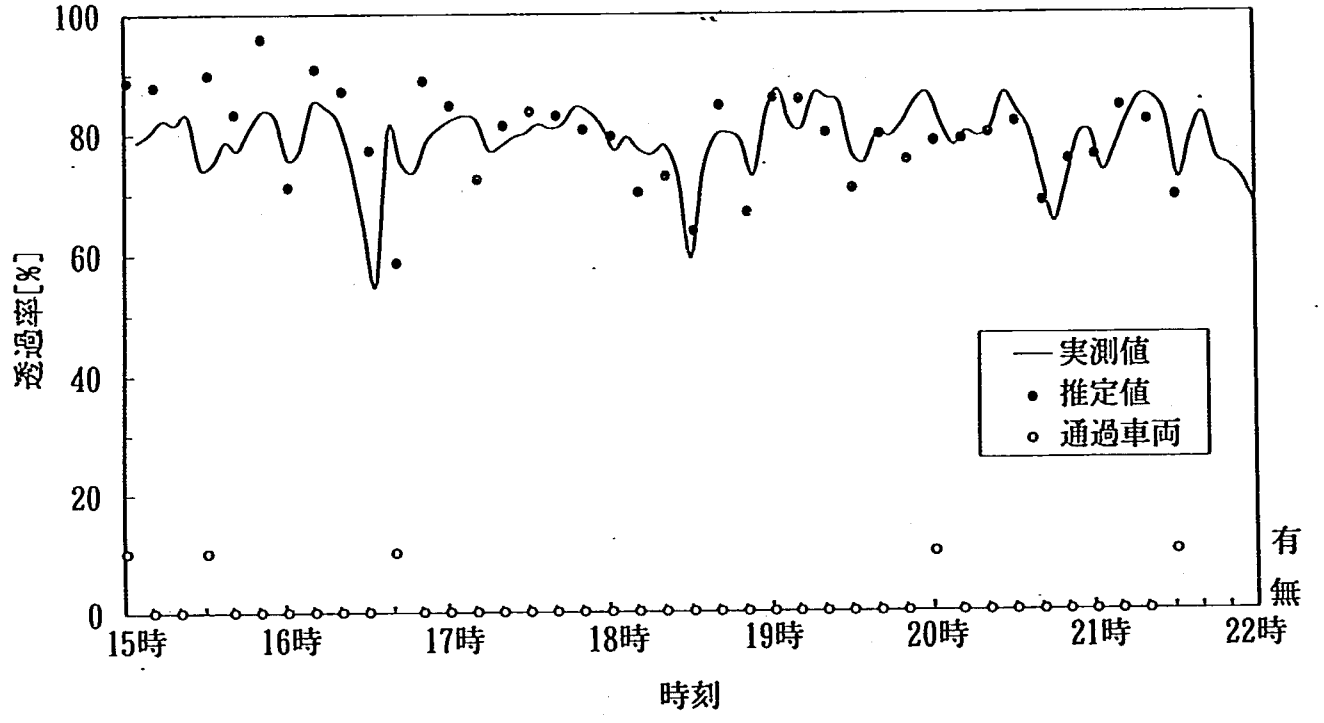
(d)　1月14日2～6時



(e)　1月14日 6時～10時

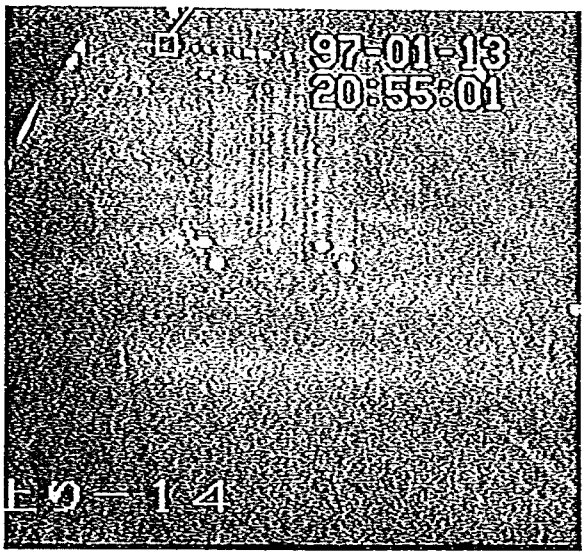


図表(4-1-2)4-15　透過率推定値の経時変化（八風山トンネル：1月13日）



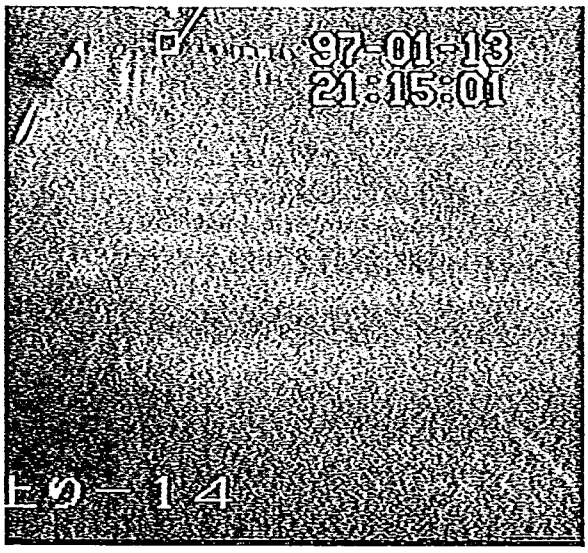
図表(4-1-2)4-16　透過車両の例

検出エリア



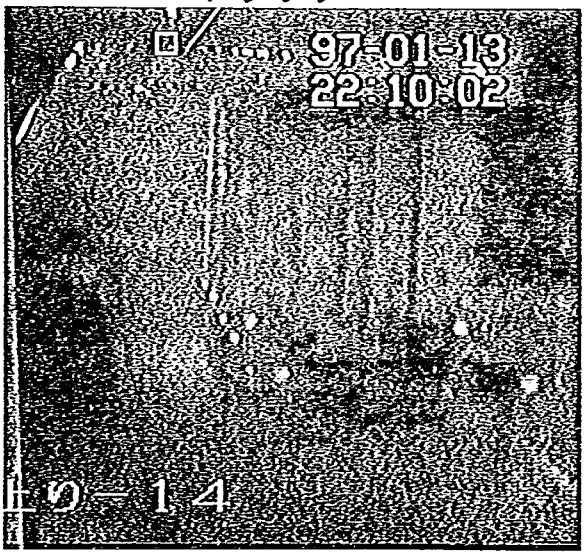
(a) 通過車両が検出エリア内に無い場合

トラックのランプ



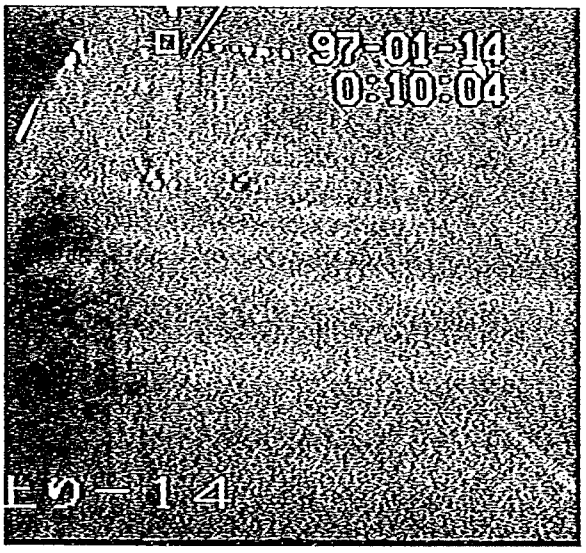
(b) ランプ等が検出エリア内にある場合

トラック



(c) 通過車両が検出エリア内の照明に重なる場合

トラック



(d) 通過車両が検出エリア内にあっても、輝度値が小さい場合

5）トンネル内煤煙検知（3/3）

（1）概要

①実験の目的

本実験はトンネル内で、車両の排気、あるいは火災等により発生したばい煙を、ＩＴＶカメラを用いた画像処理により検知することを目的に実施するものである。

画像処理によるばい煙検知の可能性と、ばい煙検知の基本アルゴリズムの検討を目的として実験を実施する。

②実験の概要

本実験は昨年度に引き続き行うものである。

昨年度は、土木研究所トンネル研究室が実施した、トンネル内ばい煙発生実験の際収録したテープによりばい煙検出の基礎実験を行った。

本実験はこの検討結果を受けて、実際のトンネルで映像を用いて、実フィールド環境でのばい煙検知の評価を行ったものである。

本実験では、ばい煙発生時の映像を収録するするとともに、ＶＩ計の計測値を収録し、画像処理の結果をこのＶＩ計測値と比較して評価した。

（2）実映像による計測実験

①実験に用いた映像

実験は下記の２トンネルの映像を用いて行った。

a)関越自動車道　関越トンネル

ｱ)映像の概要

片側２車線の長大トンネル、上り線の湯沢側坑口から約２㎞地点の映像並びにＶＩ値データ。

ｲ)収録日時

平成９年１月13日14：55～１月14日10：00

ｳ)映像収録地点

上り線　NO.14カメラ

ＶＩ計　NO.１集塵室ＶＩ

b)上信越自動車道　八風山トンネル

ｱ)映像の概要

暫定２車線の対面通行トンネル、両坑口それぞれ約500m地点、約２km地点の映像ならびにＶＩ値データ。

ｲ)収録日時、収録地点

平成９年１月13日15：00～21：30

映像　　：NO.14カメラ　佐久側（坑口から約２km）

ＶＩ計　：NO.１ＶＩ

平成９年１月14日15：00～21：30

映像　　：NO.34カメラ　碓氷側（坑口から約500m）

ＶＩ計　：NO.３ＶＩ

（３）実験の方法

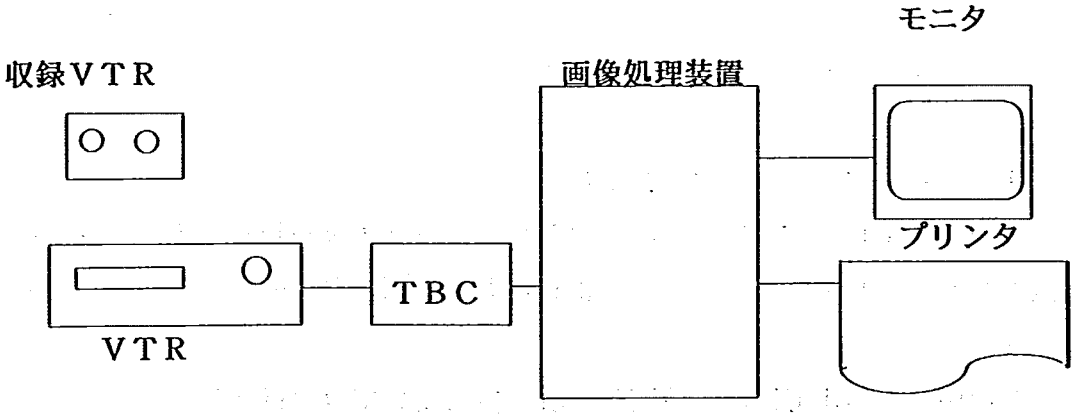
昨年行った基礎実験で、ばい煙の発生状態とエッジの検出量に相関のあることが確認できている。

そこで、今年度は収録した実験映像を処理してエッジ検出量を求めるとともに、エッジ検出量に基づいた透過率の推定を試みた。

そして、ＶＩ計の実測データと比較して画像処理による透過率計測の実現可能性を検討した。

①実験時の機器構成

図表(4-1-2)5-1　機器構成図



ＴＢＣ：Time Base collector

②計測対象

ばい煙検知のための計測対象物はある程度カメラから距離があり、対象物としてのコントラストの得られるものが望ましい。

このような、観点で計測対象として次のものを評価した。

・照明

・中央線、または中央線のポール

・側壁等

しかし、中央線、側壁は有効なエッジが作成できないため、照明に絞って評価を行った。

（4）実験結果

①関越自動車道　関越トンネル

計測対象から求まったエッジ量をＶＩ計の計測値に直線近似させて、ＶＩ値と共にグラフ化したものを図表(4-1-2)5-2～図表(4-1-2)5-5に示す。

実験ではランプのみのエッジ量を求めるためにエッジ計測エリアの時間変化から車両に遮られない状態を自動判定して６分周期でサンプリングした。

（入手したＶＩ計の計測値グラフを２分周期でサンプリングして読みとったため、その倍数でサンプリングして推定値を求めた）

計測結果を見るとＶＩ計の値も、エッジ量から求めた推定値も上下にランダムにばらついたものになっている。

目視で画面を見る限り視程はなだらかに変化しているようであり、視程計のこの変化の原因が何かは、視程計についての調査が必要と考える。

一方、推定量は瞬時値を使っているため映像系やA/D変換時の誤差が現れたものと思われる。

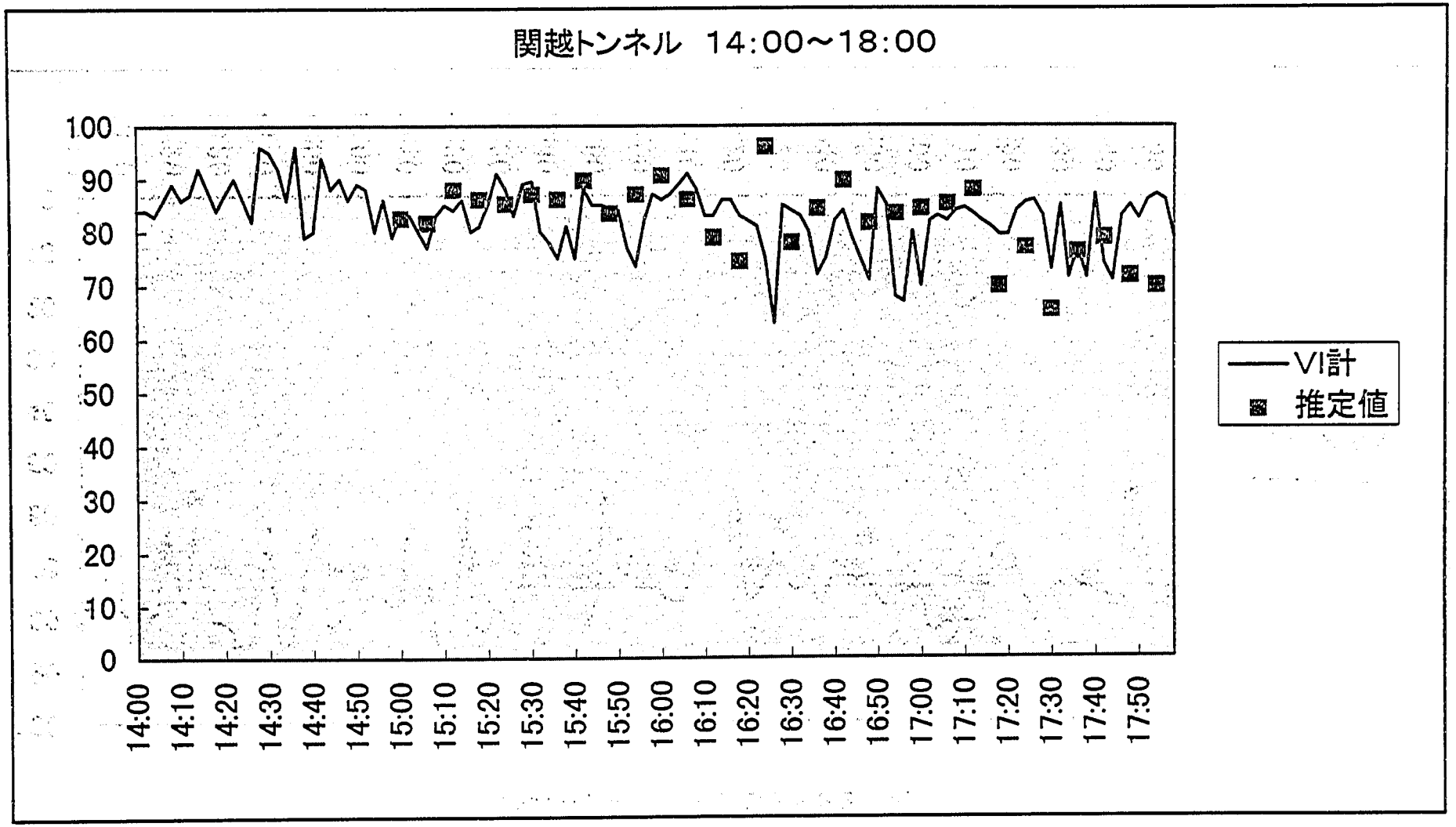
スムージング等の処理が必要と考える。

②上信越自動車道　八風山トンネル

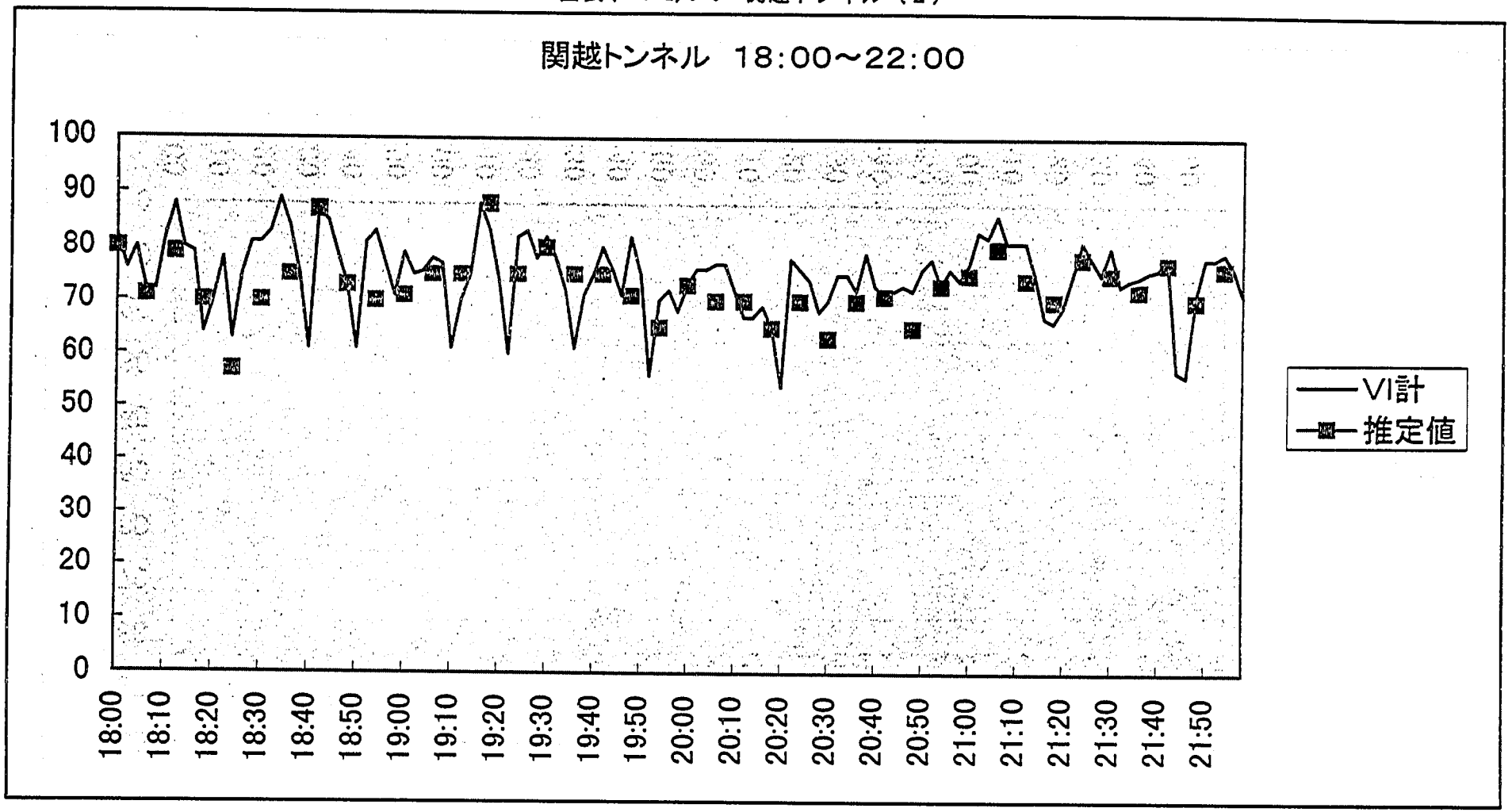
関越のＶＴＲと同様に、計測対象から求まったエッジ量をＶＩ計の計測値に直線近似させて、ＶＩ値と共にグラフ化したものを図表(4-1-2)5-6～図表(4-1-2)5-7に示す。

八風山トンネルでは、１時間毎の瞬時値を用いて直線近似した。

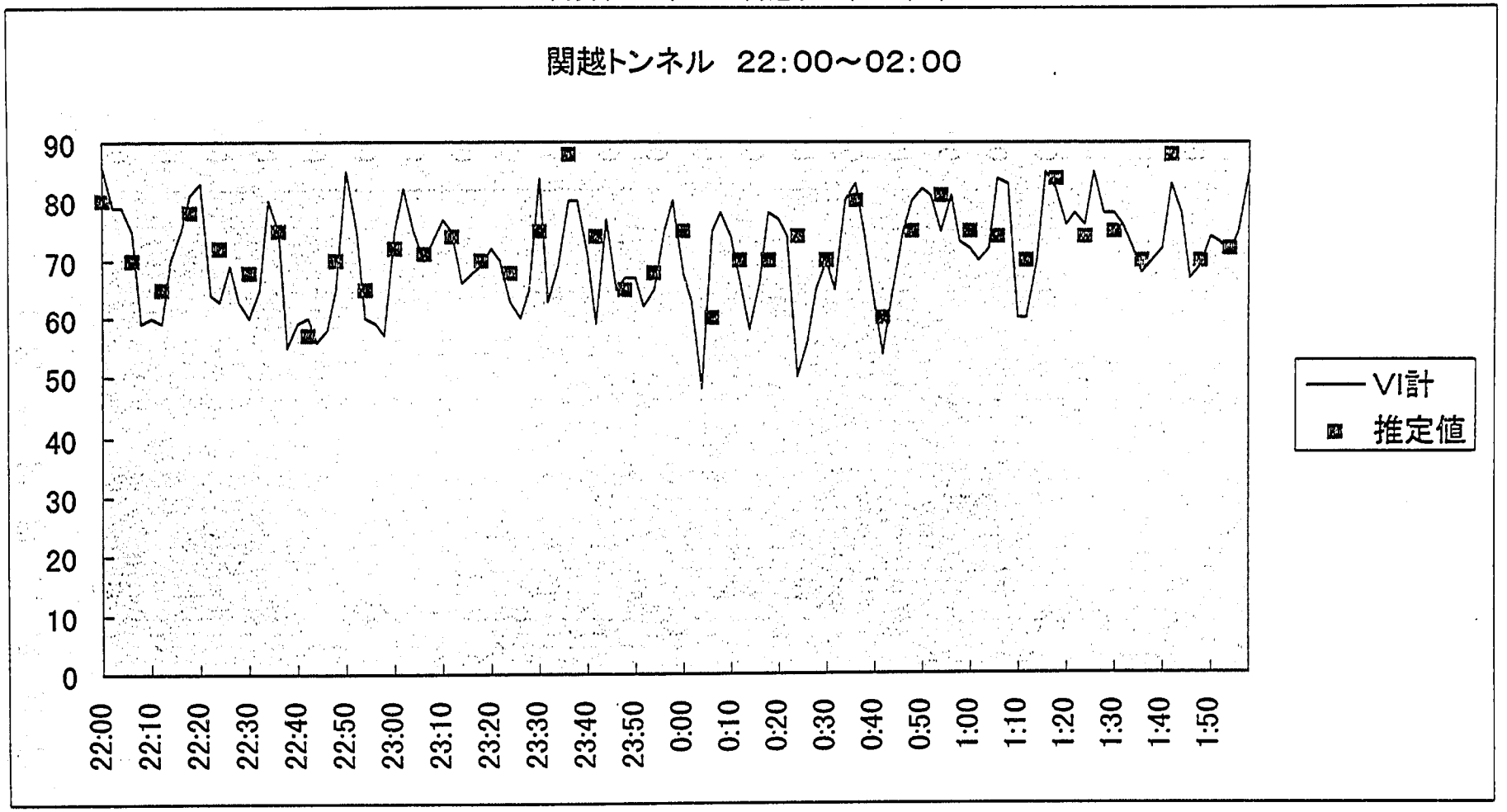
図表(4-1-2)5-2　関越トンネル（１）



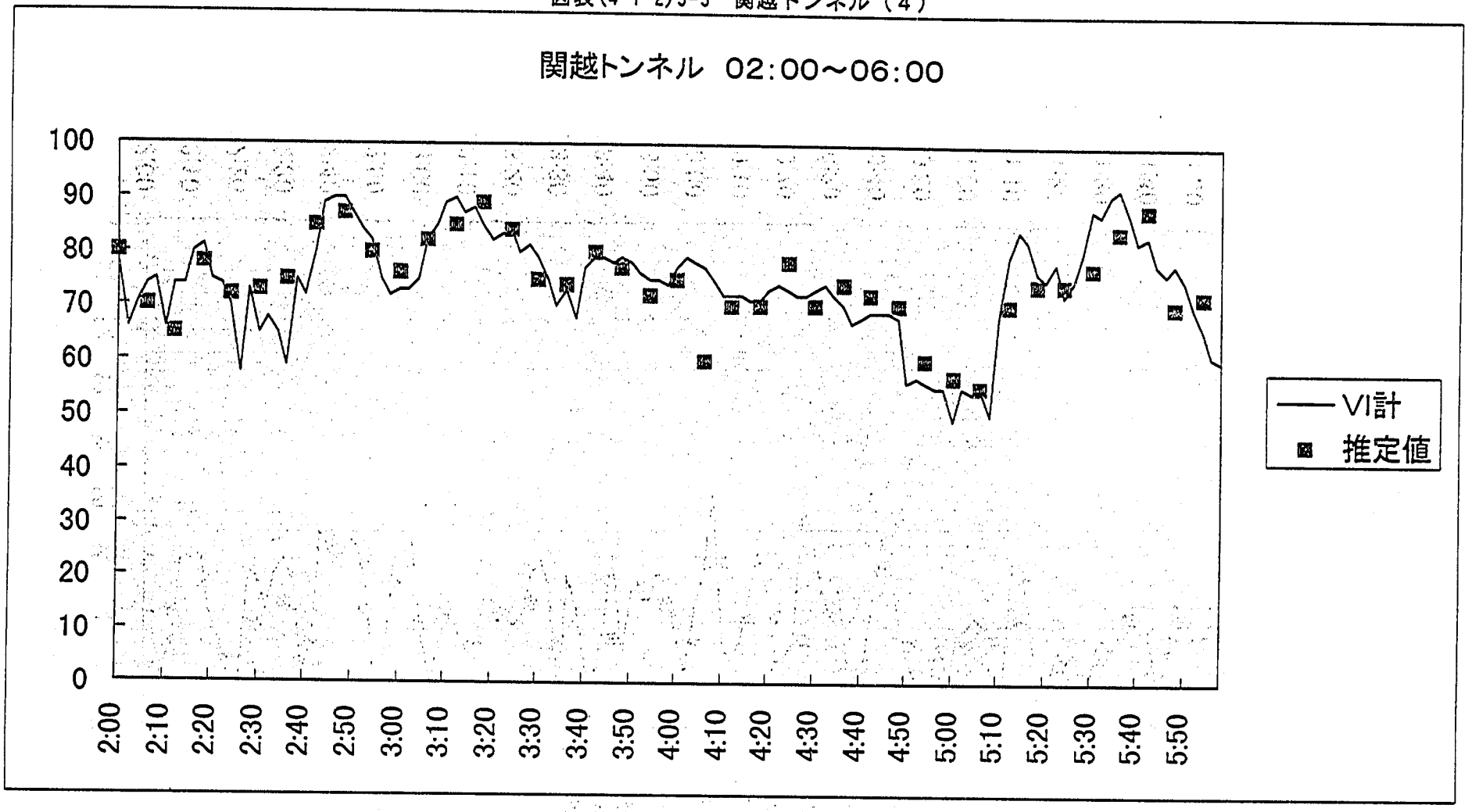
図表(4-1-2)5-3　関越トンネル（２）



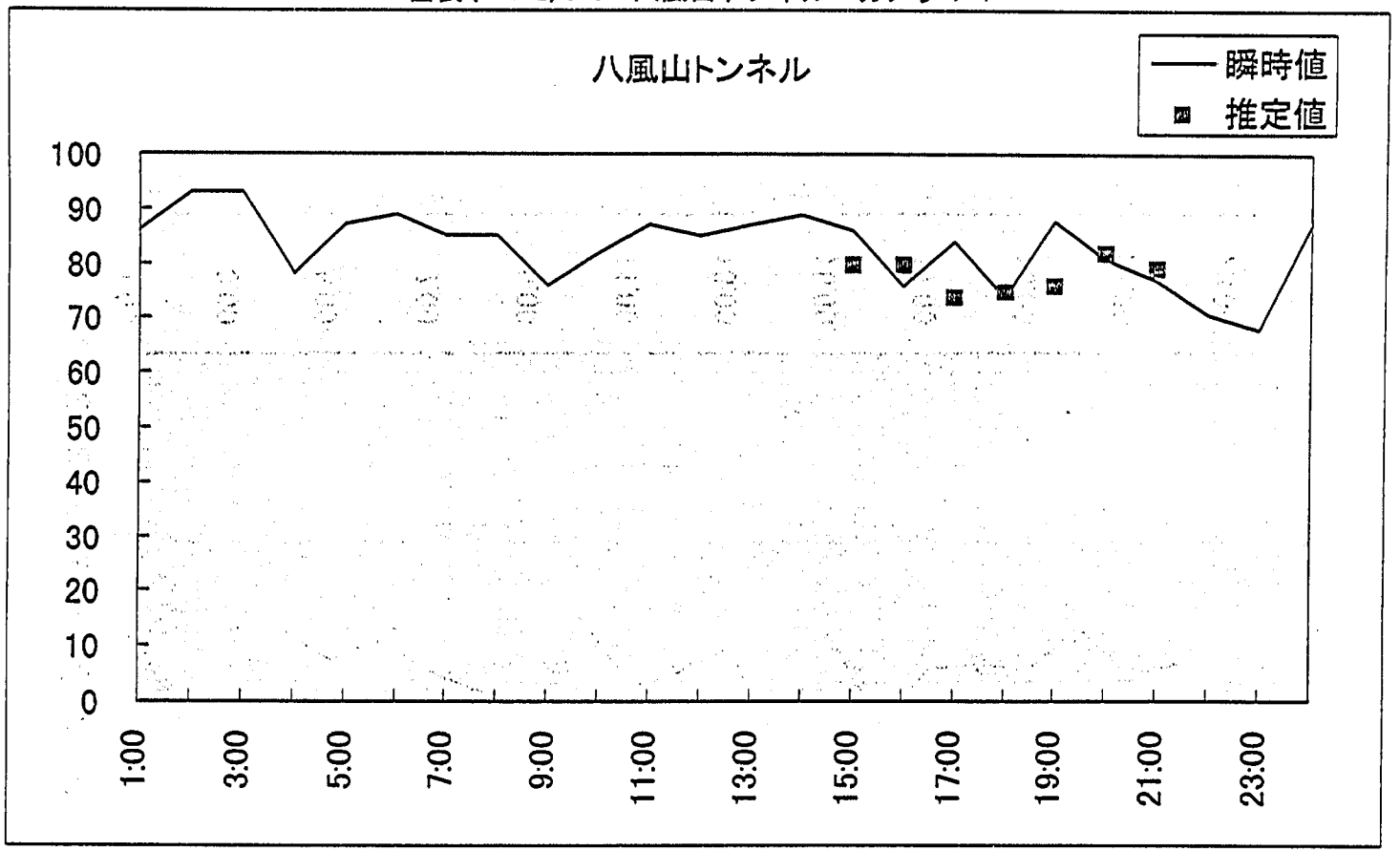
図表(4-1-2)5-4　関越トンネル（３）



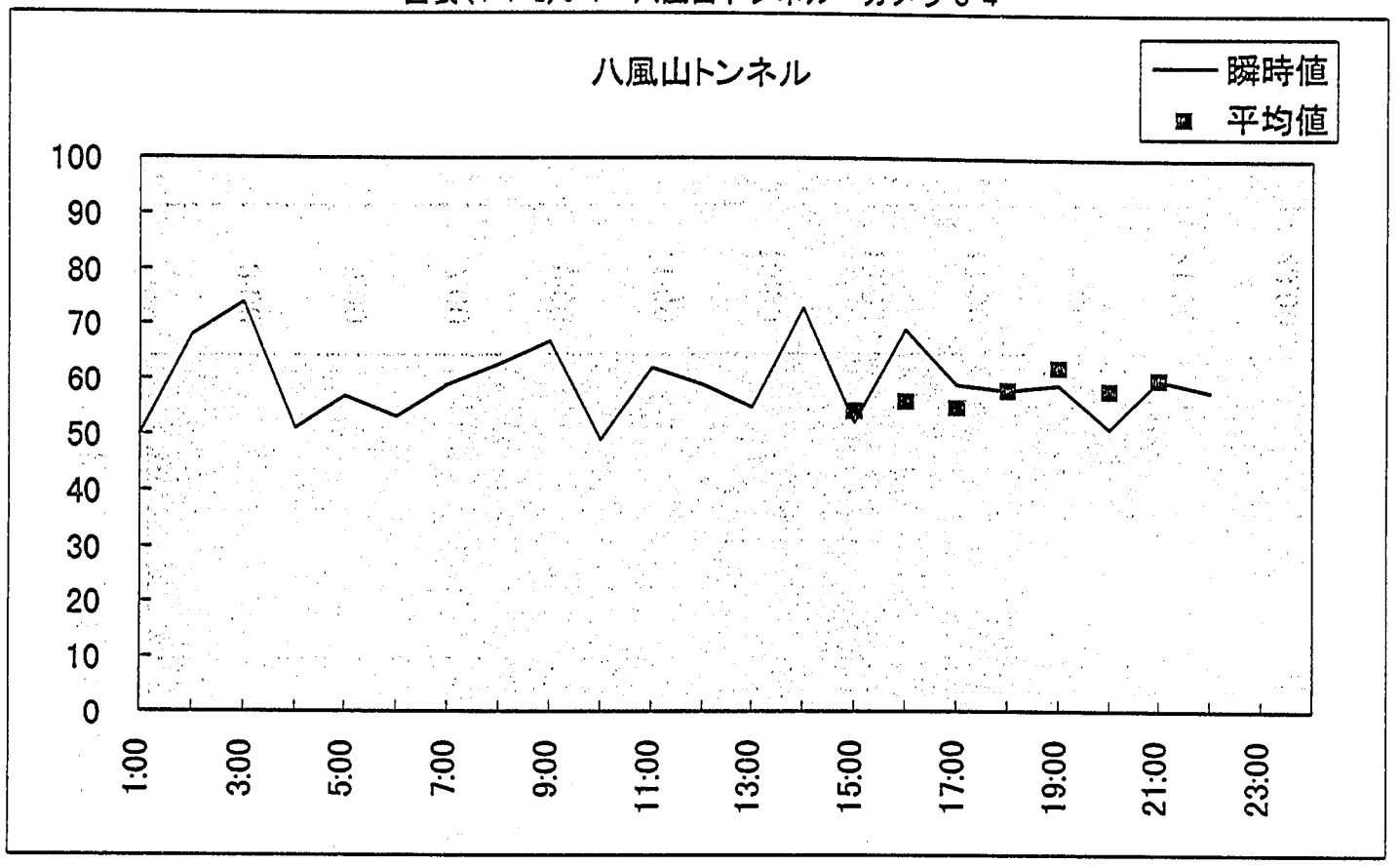
図表(4-1-2)5-5　関越トンネル（４）



図表(4-1-2)5-6　八風山トンネル・カメラ１４



図表(4-1-2)5-7　八風山トンネル・カメラ３４



（5）考察

昨年度土木研究所実験画像で評価したエッジ量と実際のトンネルに設置されているＶＩ計の計測値との間には相関関係があり、このエッジ量を用いることでばい煙の発生を検出したり、透過率を計測したりすることが可能であると思われる。

エッジ量を基本にしたアルゴリズムで計測を行うと、実際のトンネル内環境では照明ランプを用いざるをえない。

照明ランプを用いると時間帯により照明モードが変化し、これに対応させて推定式（係数値）を切り替えることが必要になる。

ただ、この照明モードの変化は平均輝度を使い容易に判定できそうであることも確認できた。

また今回は限られたＶＴＲデータを用いての実験であったが、今後、フィールドで長期的評価することも必要になると思われる。

6）飛砂センサ

（1）音響式センサによる飛砂検知

①目的

飛砂と他の自然現象との複合事象発生時における飛砂検出の可能性を検討する目的で音響式センサを用い、データ収集・評価を行う。

②検出原理

金属製のパイプに圧電型加速度センサを取り付け、パイプに飛来物が衝突した時に生じる振動の周波数特性を解析することで、飛砂とそれ以外の事象との判別を行う。

a)音響式センサ

音響式センサを図表(4-1-2)6-2に示す。音響式センサの構成を以下に示す。

ア)金属製パイプ（飛来物衝突部）

全方向からの衝突を考慮し、円筒状のパイプを使用。

イ)エアダンパー

外来振動が金属製パイプに及ぼす影響を低減。

③実験

a)実験目的

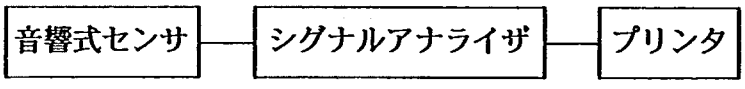
飛砂現象と雨が同時に発生する等の複合事象下での飛砂検出の可能性を評価するために、複合事象のデータ収集および解析を行う。

b)実験方法

ア)実験機器構成

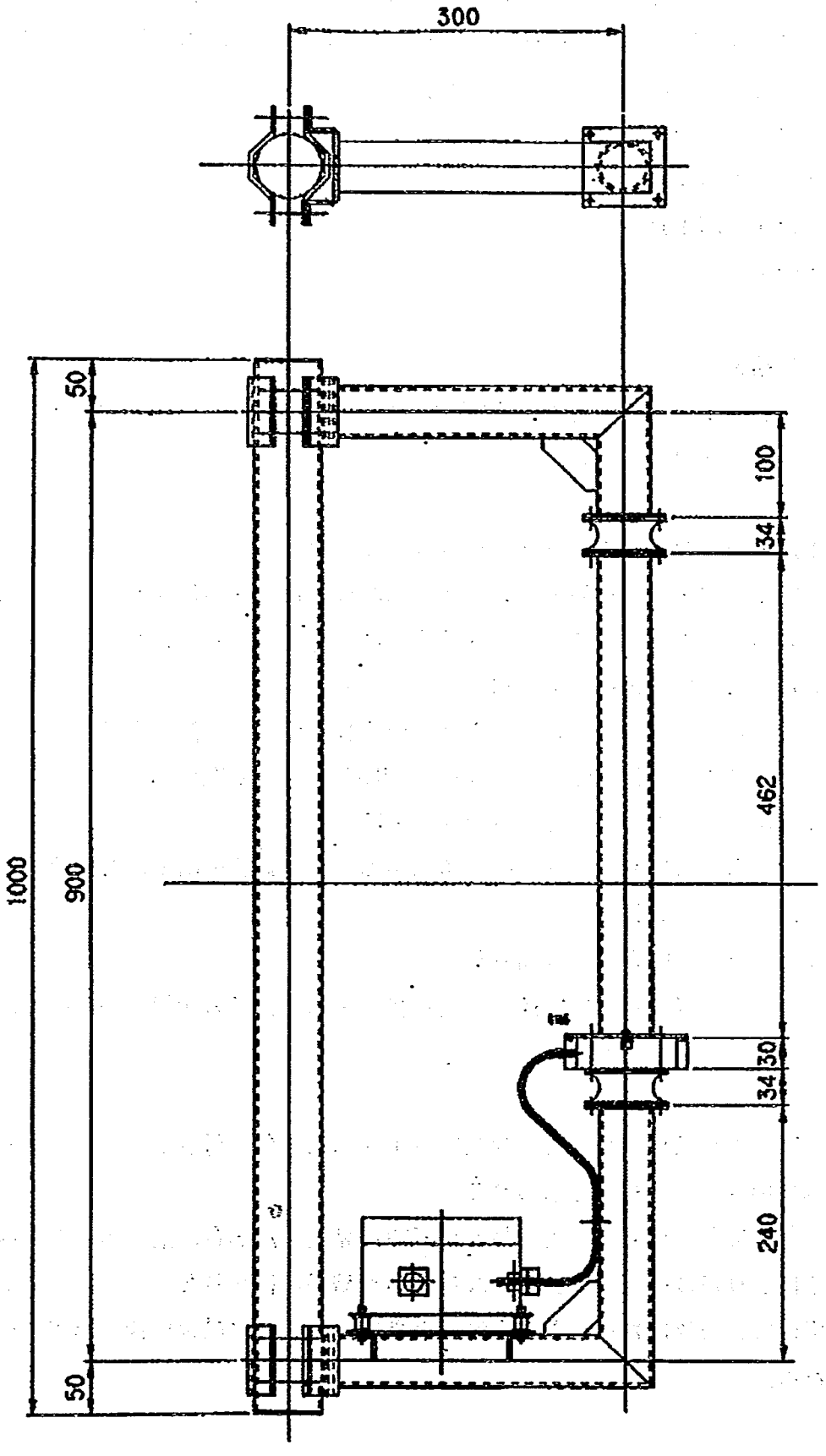
以下に実験機器接続図を示す。

図表(4-1-2)6-1　実験機器接続図



飛来物が金属製パイプに衝突した際の振動周波数特性をシグナルアナライザにより計測する。

図表(4-1-2)6-2　音響式センサ外形図



ｲ)データ収集

今年度は、飛砂と雨との複合事象について検討を行う。自然現象下での複合事象データの収集は困難であったため、実験室において擬似的な飛砂現象を発生させる。収集するデータは以下の通りである。

①水で湿らせる＋飛砂

②水でぬらす＋飛砂

③霧状の雨＋飛砂

④雨＋飛砂

c)実験結果

参考データとして、飛砂の周波数特性を図表(4-1-2)6-3に、雨の周波数特性を図表(4-1-2)6-4に示す。

①水で湿らせる＋飛砂（図表(4-1-2)6-5参照）

図に示すように飛砂のみの場合の周波数特性と同じ傾向を示しているため、金属パイプ部が湿っていても飛砂検出は可能であると思われる。

②水でぬらす＋飛砂（図表(4-1-2)6-6参照）

図に示すように飛砂のみの場合の周波数特性と同じ傾向を示しているため、金属パイプに水分が付着していても、飛砂検出には影響を及ぼさないと思われる。

③霧状の雨＋飛砂（図表(4-1-2)6-7参照）

飛砂のみの周波数特性と同じ傾向がみられ、霧状の雨では飛砂検出に影響を及ぼさないと思われる。

④雨＋飛砂（図表(4-1-2)6-8参照）

雨のみの場合とほぼ同様の周波数特性を示す。この状態での飛砂検出は困難であると考えられる。

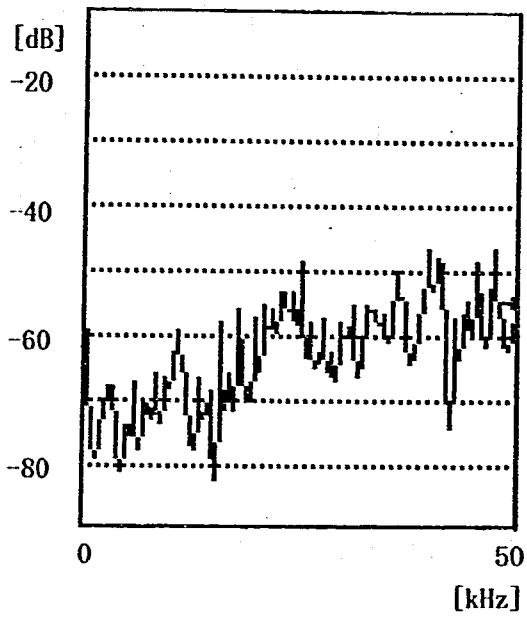
①②の実験結果より、センサ金属パイプ部に水分が付着することによる、飛砂検出への影響はないものと思われる。

③④の実験結果より、雨と飛砂が同時に発生した場合、雨の強さと飛砂の強さの比率により飛砂検出の可否が異なるという結果が得られた。霧状の雨であれば飛砂検出に影響を及ぼさないが、水滴の大きい雨の場合には飛砂検出が困難になると思われる。

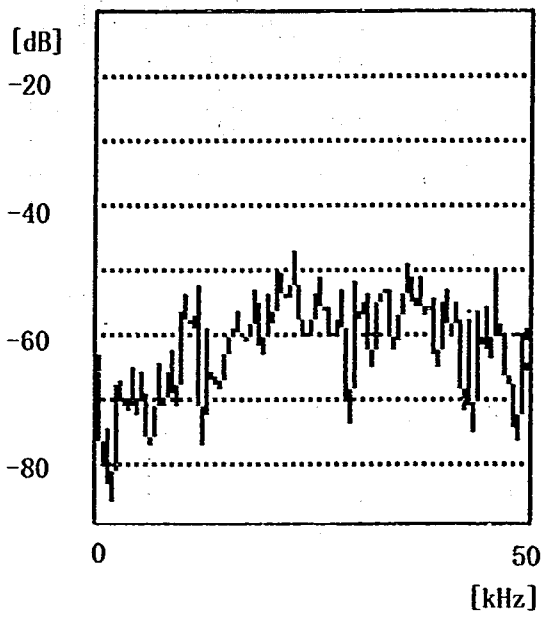
④考察

今年度は、雨と飛砂との複合事象についてのみ検討を行った。雪などとの複合事象についてはデータ収集・解析を行っていないが、今回の検討結果より、飛砂衝突時の振動よりも強い振動を与える事象との複合事象においては、飛砂判別は困難であることが推測される。

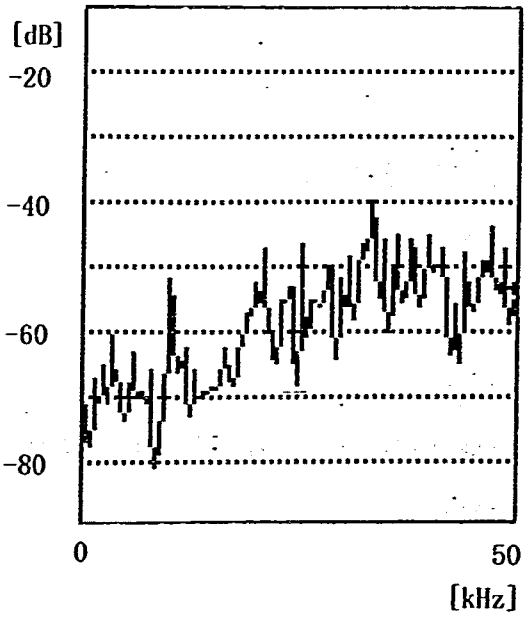
図表(4-1-2)6-3　飛砂



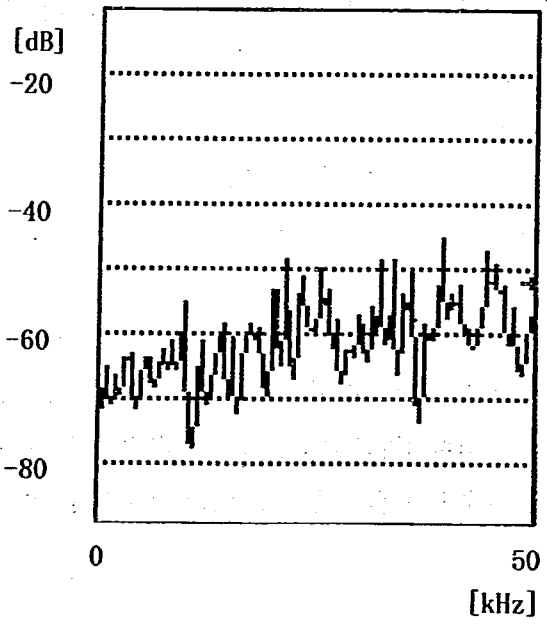
図表(4-1-2)6-4　雨



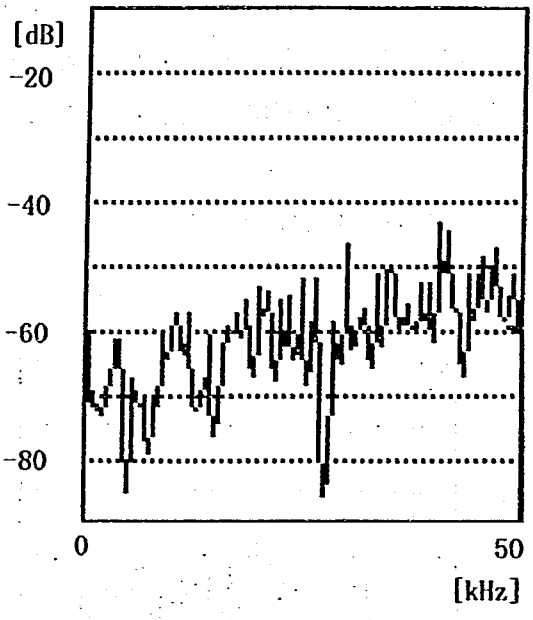
図表(4-1-2)6-5　湿らせる＋飛砂



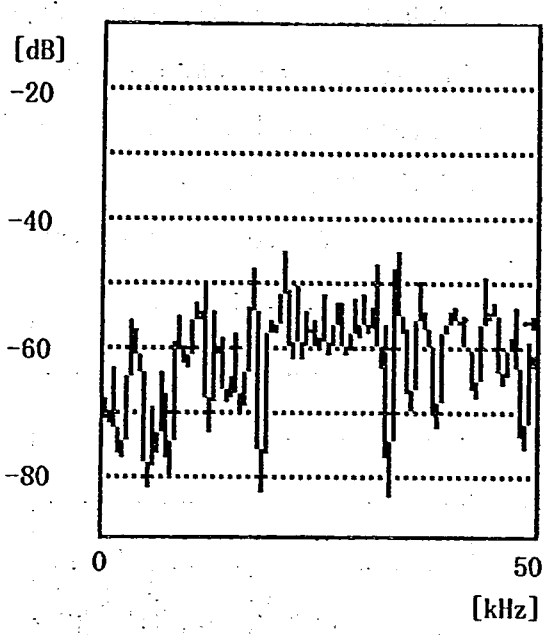
図表(4-1-2)6-6　水でぬらす＋飛砂



図表(4-1-2)6-7　霧状の雨＋飛砂



図表(4-1-2)6-8　雨＋飛砂



（２）画像処理による飛砂検知

①目的

カメラ映像を画像処理し、飛砂を検出するシステムの可能性について検討を行う。

②実験

a)実験目的

画像処理による飛砂検出の可能性を検討する。

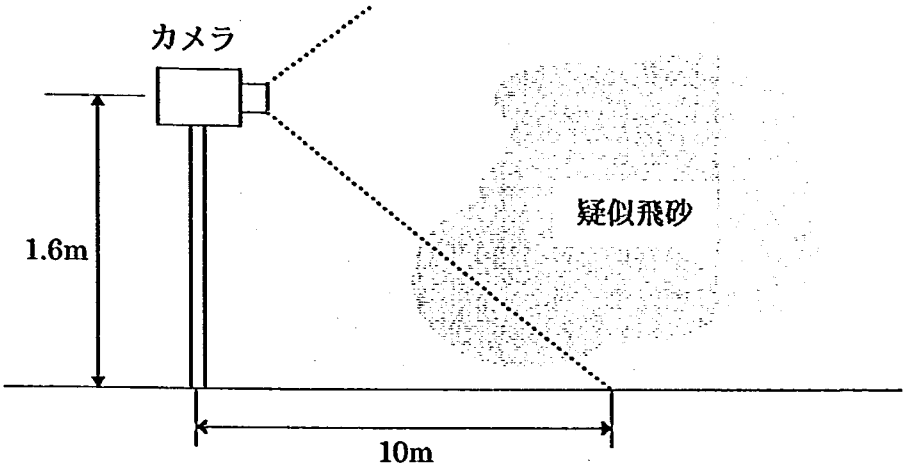
b)実験方法

飛砂現象を実際に撮影することが困難であったため、擬似的な飛砂現象を撮影する。この映像をオフライン処理することで、飛砂検出の可能性を検討する。

c)撮影状況

飛砂映像撮影時には、風速10m程度の自然風が吹いており、この自然風により地上２m撮影範囲外３mの地点から落下させた砂を飛ばすことにより、擬似的な飛砂現象を発生させた。撮影時照度は4500ルクスである。

図表(4-1-2)6-9　撮影状況



d)評価機器構成

図表(4-1-2)6-10　評価機器構成

撮影した疑似飛砂映像をもとに、以下に示す機器をもちいて評価を行う。

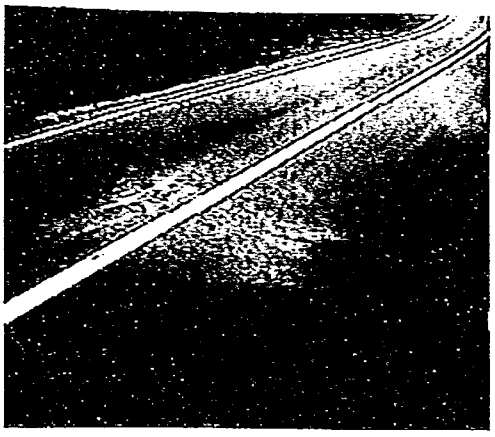


③処理方法

図表(4-1-2)6-11に飛砂発生時のカメラ入力画像を示す。図表(4-1-2)6-12と図表(4-1-2)6-13に通常時と飛砂発生時の背景差分画像と輝度ヒストグラムの一例を示す。図表(4-1-2)6-14に通常時と飛砂発生時の輝度ヒストグラムにおいて差が見られる輝度値部分を拡大したものを示す。

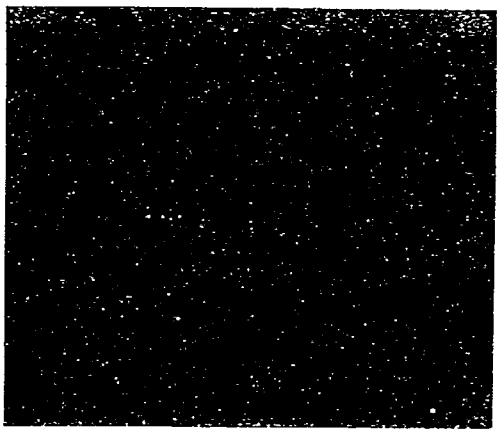
処理は以下に示す手順で行う。カメラ入力映像と別に作成した背景画像の差分画像を求め、輝度ヒストグラムをとる。飛砂発生時と通常時では輝度ヒストグラムの一部に差が見られるため、これを特徴量として用いる事で空間に浮遊する飛砂を検出する。

図表(4-1-2)6-11　飛砂発生時カメラ画像

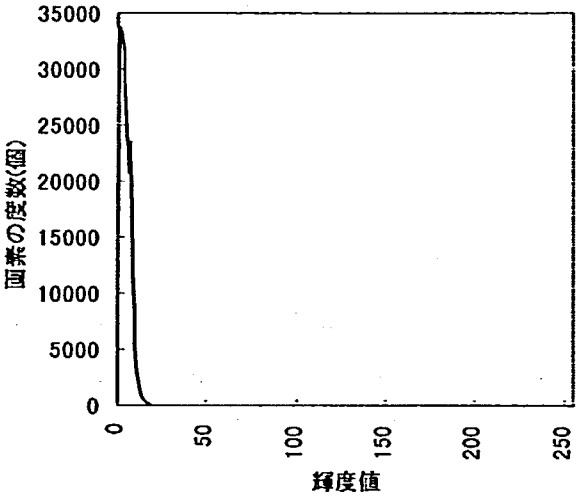


図表(4-1-2)6-12　通常時の背景差分画像と輝度ヒストグラム

背景差分画像

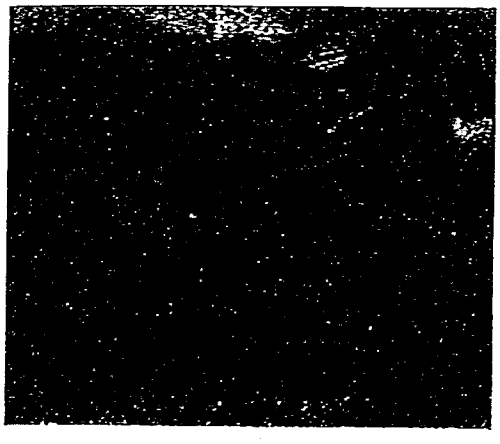


輝度ヒストグラム

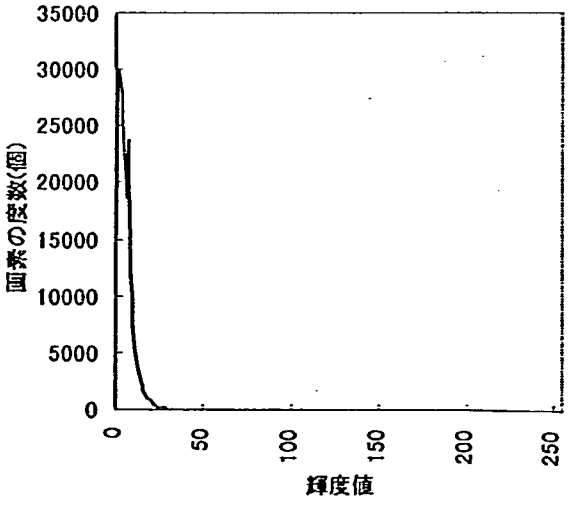


図表(4-1-2)6-13　飛砂発生時の背景差分画像と輝度ヒストグラム

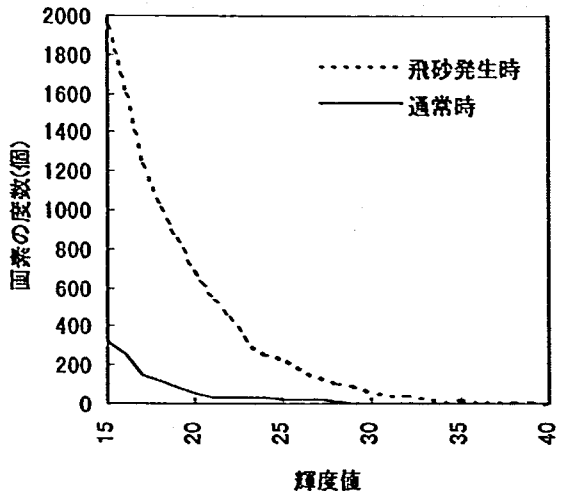
背景差分画像



輝度ヒストグラム

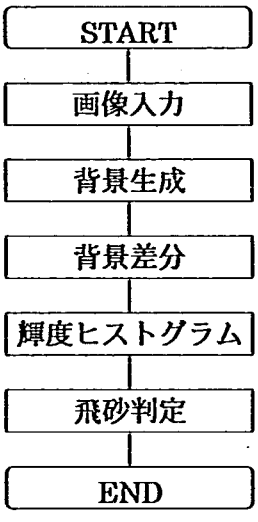


図表(4-1-2)6-14　飛砂発生時と通常時の一部輝度値を拡大した輝度ヒストグラム



疑似飛砂映像を図表(4-1-2)6-15の評価用フローチャートを用いて処理する。飛砂判定処理は、図表(4-1-2)6-14に示す輝度値の画素数を計数する処理である。

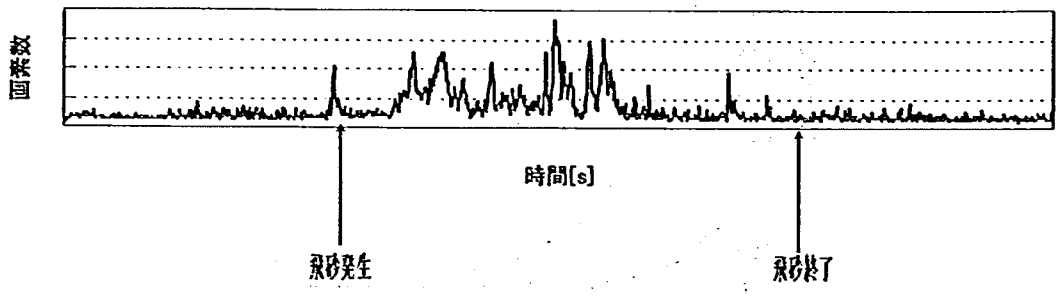
図表(4-1-2)6-15　飛砂検知評価用処理フローチャート



④実験結果

評価結果を図表(4-1-2)6-16に示す。

図表(4-1-2)6-16　飛砂と特定輝度値画素数の関係



疑似飛砂映像に対しては、適当なしきい値を定める事で飛砂検出が可能であると思われる。

飛砂発生時のアスファルト舗装された道路上の飛砂部分（10×10画素）の輝度値の平均値は約184.5であり、通常時の同一部分の輝度値の平均値は約155.4であった。輝度値の差がこの程度あれば飛砂検出は可能であると思われる。一方、白線部分の輝度値は飛砂の有無に関わらず常に255であった。このことから、背景画像の輝度値が高い場合においては、飛砂検出が困難であると思われる。なお、ここでの輝度値は255階調である。

⑤考察

今回の検討は、擬似的な飛砂映像についての評価しか行えなかった。実際の飛砂現象に対し本手法が有効であることを確認するためには、長期的な実フィールド実験・評価を行っていく必要があると思われる。

7）D－GPS

（1）研究目的および内容

①研究目的

カーナビゲーションの分野では、車両の位置を測位する手段としてＧＰＳ測位システムが実用に供せられている。ここに用いられているＧＰＳは、単独測位方式のため測位精度は、一般に50～100m程度となっている。そこで高精度化のため慣性航法やマップマッチング等の補助手段を併用し測位精度の改善を図っている。

本研究では高精度に車両位置を測位する手段としてインフラ側の支援により測位精度の改善が可能なＤ－ＧＰＳを用いた実験システムを構築し、次の２項目における測位精度を評価することを目的とする。

a)静的測位精度の評価

b)動的測位精度の評価

②研究内容

平成７年度および平成８年度に実験システムを構築し静的測位精度および疑似的な構成による動的測位精度を評価した。

a)平成７年度研究内容

平成７年度は、静的測位精度の評価実験を実施した。しかし短期間の測定による実験となったため、平成８年度も引き続き実験し再度評価することとした。

b)平成８年度研究内容

ｱ)平成７年度に引き続き静的測位精度の評価実験を実施した。

ｲ)土木研究所内の施設を利用した動的測位精度評価実験に先立ち、社内で性能確認を含め疑似的な構成による動的測位精度の評価実験を実施した。
なお、土木研究所内の施設を利用した動的測位精度評価実験は、ｱ)項の結果を見て実施することとした。

（２）研究結果の概要

①静的測位精度の評価結果

a)静的測位誤差

平成８年度の評価実験における測位誤差（２ＳＲＭＳ値）は次のとおりであり、平成７年度の実験と同様の結果が得られた。

平均値：2.22m

最小値：1.70m

最大値：3.56m

b)静的測位実験による知見

静的測位精度の劣化要因として次の事項が実験により確認できた。

ア)自由空間が確保され、衛星電波の受信条件が良い場合でも受信する衛星の空間配置が測位精度の支配的要因となる。すなわち、衛星が空間内の一方向に偏って配置されている場合、広く散開して配置されている場合に比較して測位誤は増大する。なお、受信される衛星の数については４個以上有れば測位可能であり、受信される衛星数が多くても測位精度は直接向上しない。

イ)基準局で衛星電波を受信し補正データを生成するときの時間と、移動局で被補正データを受信するときの時間にずれが生じた場合、測位精度が劣化する。したがって、少なくとも基準局の受信空中線の周囲は、自由空間を確保し、衛星電波を常時連続的に受信できるようにする必要がある。

②動的測位精度の評価実験

予備実験として移動局側を可動台車に搭載しメタルケーブルを用いて基準局と接続し疑似的な回線を構成して動的測位実験を実施した。

この結果、

a)移動局の測位位置により衛星電波受信状態が異なるため測位精度が異なる。

b)周辺の建物や車両等によるマルチパスの影響があり測位精度劣化が観測された。

c)供試システムの場合、当初見込まれた動的測位誤差よりも大きかった。

などの知見が得られた。したがって動的測位の場合、静的測位方式以上の精度が期待できないため当初予定した供試システムによる土木研究所内の施設を使用した動的測位精度の評価実験は中止とした。

③車両位置計測への適用について

a)道路横断方向の車両位置計測（走行車線の特定）

車両の走行車線を特定することを目的とした場合、測位分解能は、車線巾3.5mとして最大でも1.75m以下であることが必要となる。これに対して供試システムの測位誤差は、（2）①項に示すように条件が良い静的測位でも約2m程度である。また、動的測位の場合、さらに測位誤差が増大する可能性が高い。

したがって供試システムの車両位置計測への適用は、困難であると考える。

b)道路縦断方向の車両位置計測

道路縦断方向の車両走行位置や路上障害物、事故発生位置の特定を目的とした場合、10m程度の測位誤差は、許容範囲と考えられる。

したがって供試システムの場合、動的測位による精度劣化を考慮してもこの目的には適用可能と考える。

④今後の課題

a)測位の高精度化

動的測位精度を決定する要因としては、D－GPSの測位原理に起因する誤差と応用上発生する誤差に大別される。特に応用上発生する誤差とは、測位処理が完了するまでの時間内に車両が移動することにより発生する距離誤差である。これらの誤差要因を分け、それぞれ個別に検討し対策することにより総合的な動的測位精度の向上を図る。測位精度は、1m以下を目標として検討及び検証実験を実施する。

b)動的測位精度の実証実験

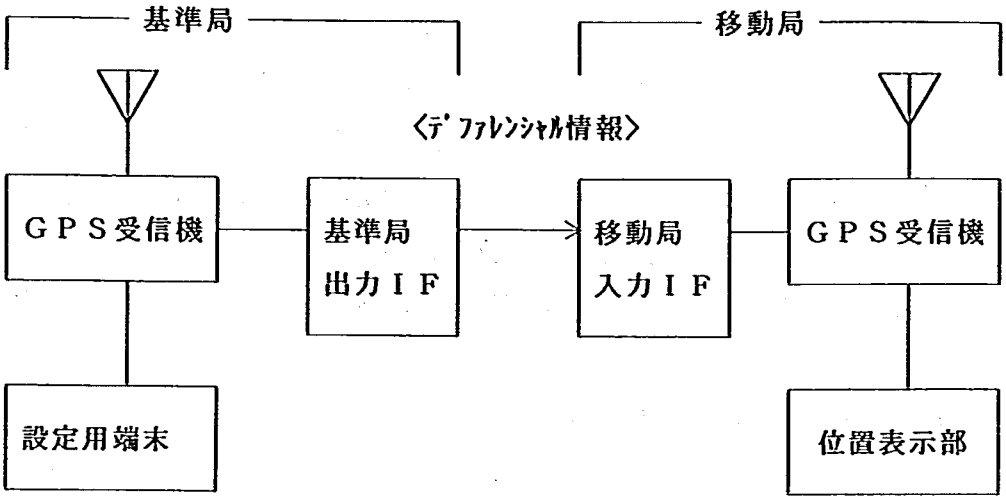
高精度化を図った実験システムを構築し、可能であれば平成9年度に土木研究所内の施設を利用した動的測位精度の実証実験を実施したい。

（3）静的測位精度評価実験

①実験システム構成

図表(4-1-2)7-1に示す機器構成で実験システムを構築し、静的測位精度を評価した。

図表(4-1-2)7-1　静的測位精度評価実験　システム構成図



②実験方法

基準局と移動局をメタルケーブルで接続し、Ｄ－ＧＰＳ構成として移動局において測位結果を記録する。

移動局は一定点に固定とし、静止状態での計測精度を確認する。

使用ＧＰＳ受信機

基準局：JLR-3310/NNN-3310

移動局：MICRO　GPS-B　JLR-702B

③実験場所

日本無線株式会社　三鷹製作所　217棟　屋上

屋上に基準局、移動局それぞれのアンテナを置き測定を行った。

基準局の位置設定は以下とした。

緯度：N　35°　41'　16.0"

経度：E 139°　34'　16.0"

移動局のアンテナは基準局のアンテナから西側に1.6m離れた場所に置いたので移動局の位置は以下となる。

緯度：N　35°　41'　16.000"

経度：E 139°　34'　15.937"

④実験結果

測定結果が比較的良好なものを、図表(4-1-2)7-4～図表(4-1-2)7-11に示す。

これらの図は、基準局の位置を中心に半径10mとして測定データをプロットした。距離誤差は最小で1.70m（図表(4-1-2)7-11）、最大で3.56m（図表(4-1-2)7-10)

となり、図表(4-1-2)7-10を除き２m前後の精度となっている。　図表(4-1-2)7-10が特に距離誤差が大きいが、この時のＨＤＯＰ値が他の測定時に比較して大きく（図表(4-1-2)7-10測定時には　2.3程度、他の測定時には1.2程度）、衛星の配置が影響しているものと思われる。

図表(4-1-2)7-4～図表(4-1-2)7-11、各々の測位誤差、最大誤差値、ＨＤＯＰ値を図表(4-1-2)7-2に示す。

ＨＤＯＰ値：Holizontal Dilution Of Precition 水平精度低下率

受信空中線から見て衛星が天空の一方向に固まって見える場合、ＨＤＯＰ値は大きくなり測位精度が低下する。広く散開して見える場合、ＨＤＯＰ値は小さくなり測位精度が向上する。

図表(4-1-2)7-2　測位誤差、最大誤差値、ＨＤＯＰ値

図　番	測位誤差２ＤＲＭＳ値(m)			最大誤差値(m) ＊			ＨＤＯＰ値（平均値）
	緯度	経度	距離	緯度	経度	距離	
図表(4-1-2)7-4	1.21	1.35	1.81	4.34	1.77	4.36	―――
図表(4-1-2)7-5	1.77	1.19	2.13	8.20	4.17	8.24	―――
図表(4-1-2)7-6	1.74	1.63	2.38	2.89	1.89	3.34	―――
図表(4-1-2)7-7	1.57	1.13	1.93	6.15	4.73	7.21	1.29
図表(4-1-2)7-8	1.37	1.11	1.76	2.41	2.09	2.57	1.23
図表(4-1-2)7-9	1.97	1.47	2.46	8.32	2.78	8.77	1.03
図表(4-1-2)7-10	2.94	2.01	3.56	3.98	2.39	4.54	2.27
図表(4-1-2)7-11	1.38	1.00	1.70	2.53	1.27	2.60	1.30
平均値	1.74	1.36	2.22	4.85	2.64	5.20	1.42
最大値	2.94	2.01	3.56	8.32	4.73	8.77	2.27
最小値	1.21	1.00	1.70	2.41	1.27	2.60	1.03

＊最大誤差：２ＤＲＭＳ値を算出する際に用いたサンプルの誤差の最大値

図表(4-1-2)7-2で標準偏差の距離誤差平均は2.22mであるが、距離誤差が大きい。図表(4-1-2)7-10を除くと平均は2.02mとなる。これに対して、図表(4-1-2)7-10は3.56mである。測定場所は同じであるので、静止点でも衛星の配置によってＨＤＯ

Ｐ値が大きい場合には、平均的に測定精度が低下している。

移動体で測位を行う場合、地形や建物の影響でＨＤＯＰ値等の測位環境が静止点に比較して劣化すると予想されるので、測位精度は低下すると考えられる。

図表(4-1-2)7-4～図表(4-1-2)7-11は比較的良好なものであるが、測定結果の悪い例を図表(4-1-2)7-12、図表(4-1-2)7-13に示す。これらの図は半径を100mとして測定データをプロットした。

このときの距離誤差は

図表(4-1-2)7-12：6.50m

図表(4-1-2)7-13：6.46m

であるが、20m程度の誤差がかなりの頻度で発生している。

⑤考察

静的測位精度評価実験において発生した、これらの誤差の原因としては、

・補正データが古い。

・対応する補正データがない。

など、基準局から受信した補正データと移動局の被補正データの時間軸が異なることが考えられる。

このような補正データに起因する誤差をなくすためには、基準局、移動局それぞれにおける測定方法及びデファレンシャル処理方法を以下のように変えることが対策として考えられる。

基準局

・測定時に最新の補正データをリアルタイムに出力し、測位不可能な衛星の補データは出力しない。（古いデータは送らない。）

移動局

・補正データを有する衛星のみを測位に使用し、補正データのない衛星は使用しない。

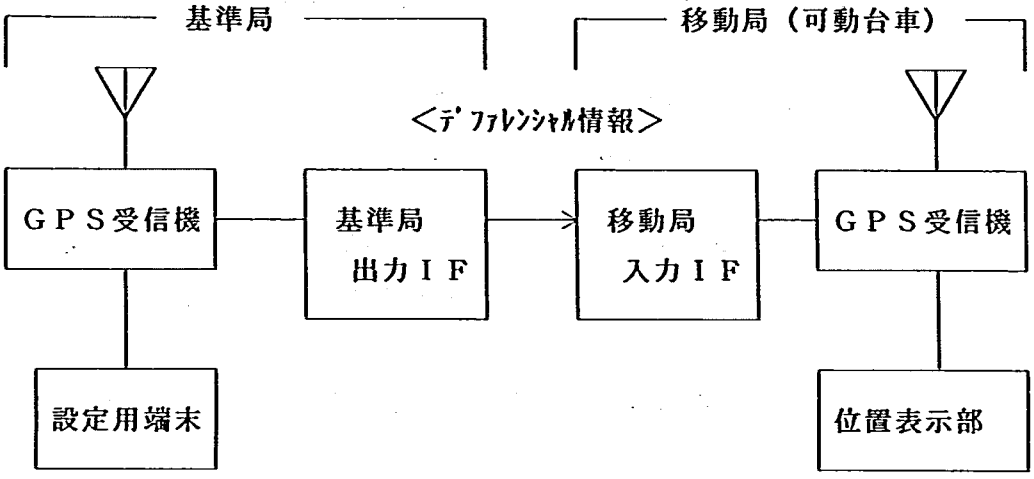
・補正データが全く無い場合は測位を行わない。（単独測位は行わない。）

（４）動的測位精度評価実験

①実験システム構成

下図図表(4-1-2)7-3に示す機器構成で実験システムを構築し、疑似的な動的測位精度を評価した。

図表(4-1-2)7-3　動的測位精度評価実験　システム構成



②実験方法

基準局、移動局を各一台接続して、Ｄ－ＧＰＳ構成とし移動局での測位結果を記録する。基準局は、静的測位精度評価実験と同じ位置に設置した。

移動局は、可動台車に搭載しメタルケーブルで基準局と接続し基準局の周辺を水平方向の半径約20mの範囲で移動させ、それぞれの計測精度を確認する。

使用ＧＰＳ受信機

基準局：JLR-3310/NNN-3310

移動局：MICRO　GPS-B　JLR-702B

③実験場所

実験を行ったのは、日本無線（株）三鷹製作所　建物屋上（基準局）および路上（移動局）である。基準局は、静的測位精度評価実験と同様に屋上にアンテナを固定設置し測定を行った。基準局の位置は、静的測位精度評価実験と同じ以下の位置である。

緯度：N　35°　41’　16.0”

経度：E　139°　34’　16.0”

移動局は、４階建ての建物に挟まれた幅員約８mの路上に設置し可動台車に搭載し移動させて測定した。

④実験結果

測位データは、移動局の位置により異なり、その変動幅も静的測位精度評価結果に比較して大きい値となった。静的測位の場合の変動幅は、1.86mに対して動的測位の場合、2～3倍の3～5mである。

この原因として次の事項が考えられる。なお、移動速度は人力で可動台車を移動させたため、移動速度により支配される誤差要因は無視できると考える。

a)周辺建物のマルチパスによる測位誤差の増大

（次のマルチパスに起因する測位誤差が発生する。）

ア)周辺建物のマルチパスによる反射電波の妨害を受け、移動局で衛星からの直接波が受信不能となり、その時点のデータが欠落する。

イ)直接波と反射波が受信された場合、電波の経路長の差異による誤差が発生する。

b)周辺建物による衛星受信電波の遮蔽に起因する誤差の増大

（電波の遮蔽により移動局の被補正データが受信できなくなり、その時点のデータが欠落するため測位誤差が発生する。）

c)ＨＤＯＰ値（水平精度低下率）に起因する測位誤差

⑤考　察

a)測位精度評価結果について

静的測位精度評価実験の場合、補正データによる誤差が無く、衛星の配置が良好の場合、静止点での測定精度は2m前後程度であった。測定場所は建物の屋上であり、ほぼ天空が見渡せ測位環境は良好な場所である。

実際のフィールドで車両などにＧＰＳ受信機を搭載して測位を行う場合、建物等の影響を受けて測位環境は悪化し得ることが、今回の疑似的な動的測位精度評価実験で確認できた。このような状況下では、さらに測位精度は低下する。また、今回の測位精度評価実験では確認できていないが、測位処理が完了するまでの時間内に車両が移動することにより発生する距離誤差を考慮する必要がある。

b)道路横断方向の車両位置計測への適用について（走行車線の特定）

車両の走行車線を特定することを目的とした場合、測位分解能は車線巾3.5mとして最大でも1.75m以下であることが必要となる。これに対して供試システムの測位誤差は、（2）①項に示すように条件が良い静的測位でも約2m程度である。また、動的測位の場合、さらに測位誤差が増大する可能性が高い。

したがって供試システムの車両位置計測への適用は、困難であると考える。

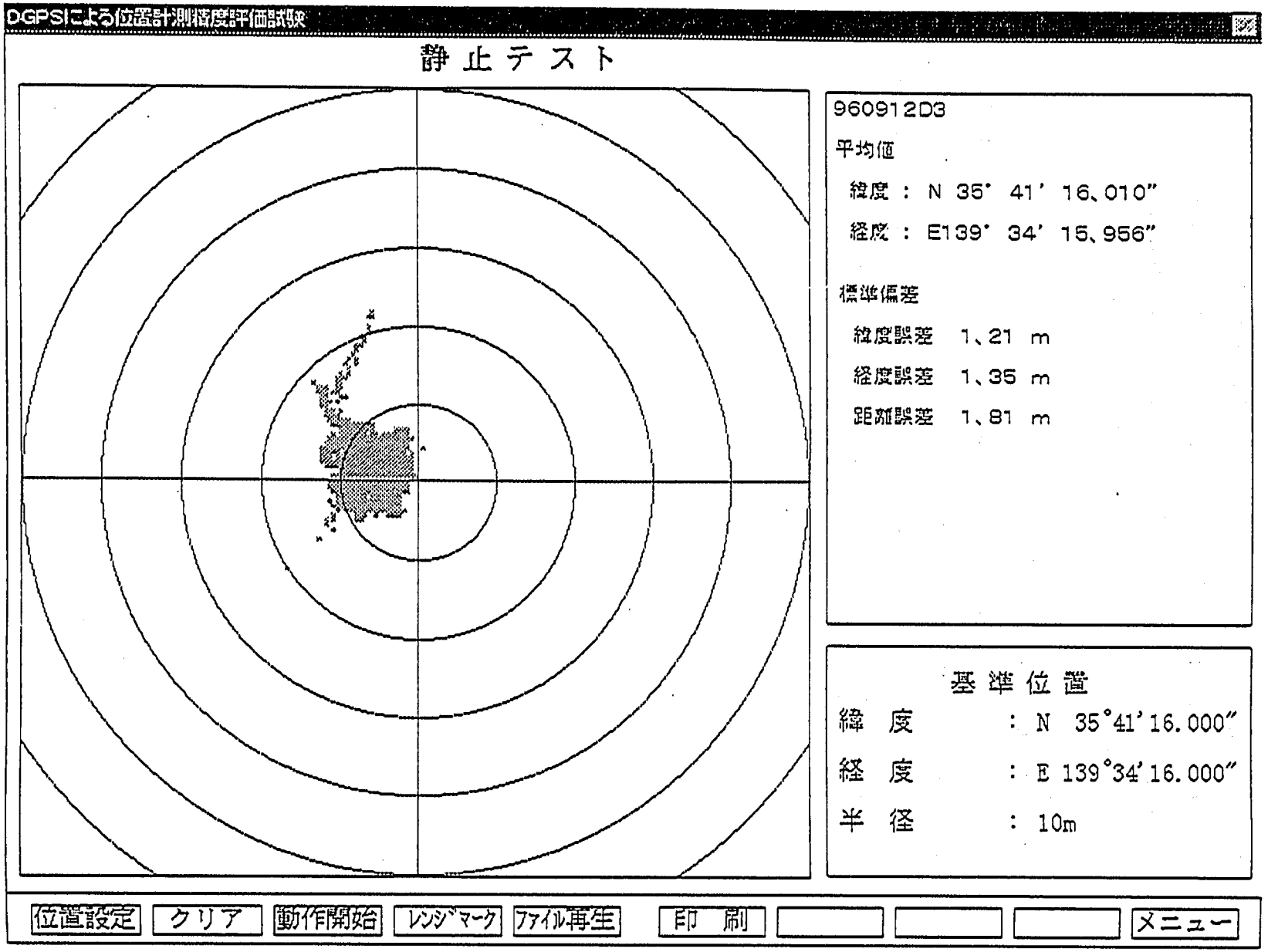
c)道路縦断方向の車両位置計測への適用について

道路縦断方向の車両走行位置や路上障害物、事故発生位置の特定を目的とした場合、10m程度の測位誤差は許容範囲と考えられる。

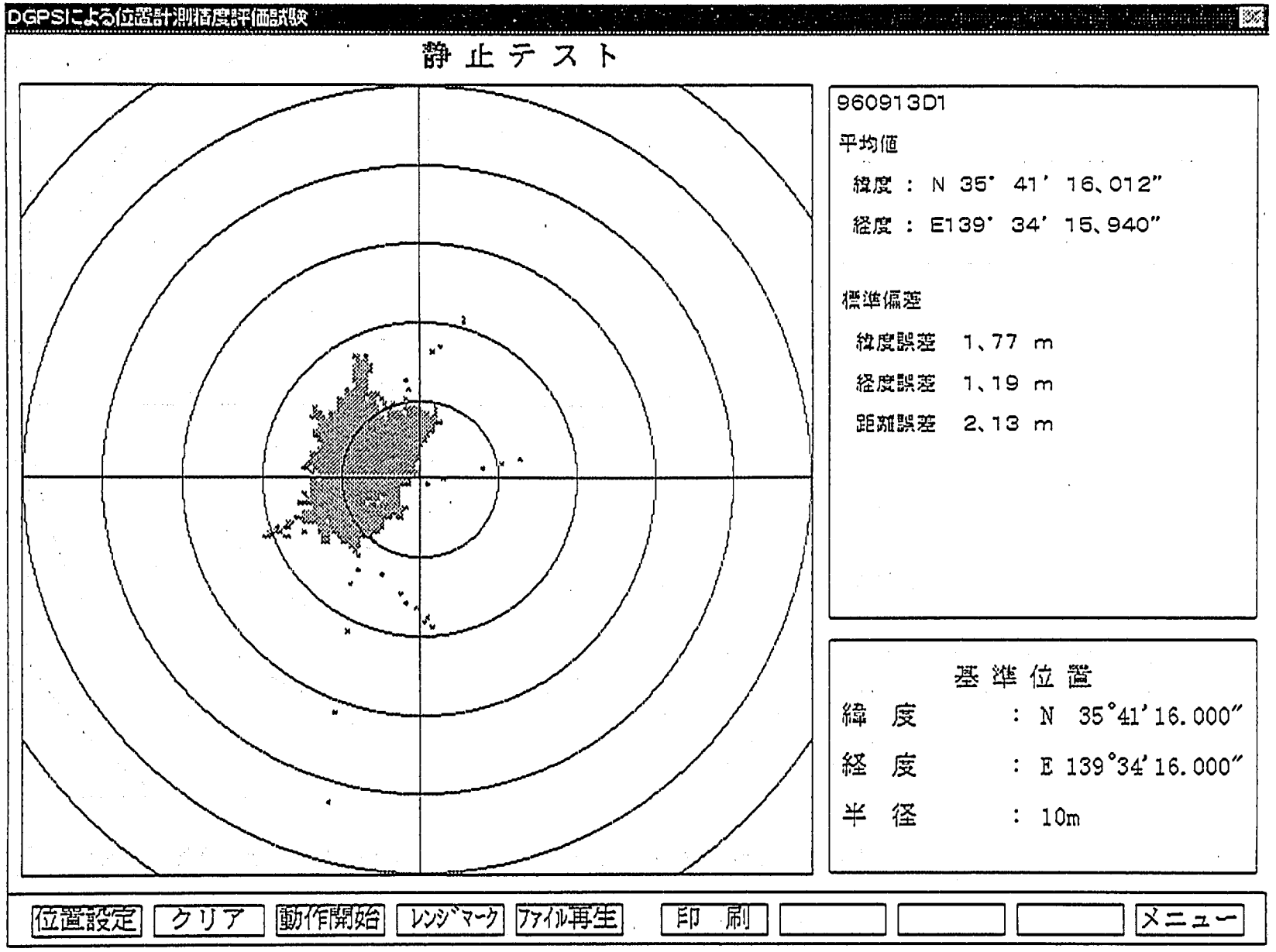
したがって供試システムの場合、動的測位による精度劣化を考慮しても、この目的には適用可能と考える。

（５）添付資料

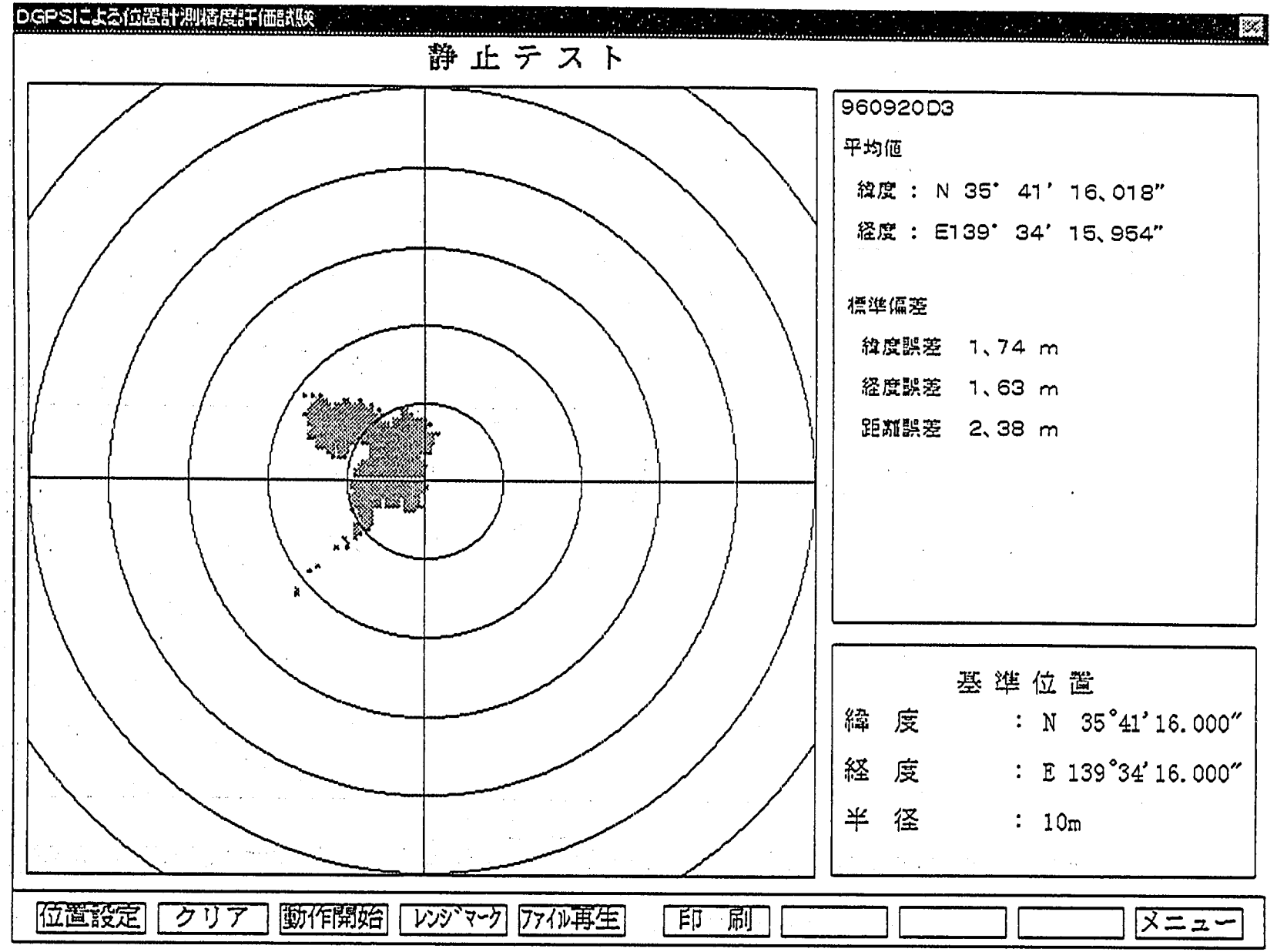
図表(4-1-2)7-4　静的測位精度実験結果（その１）



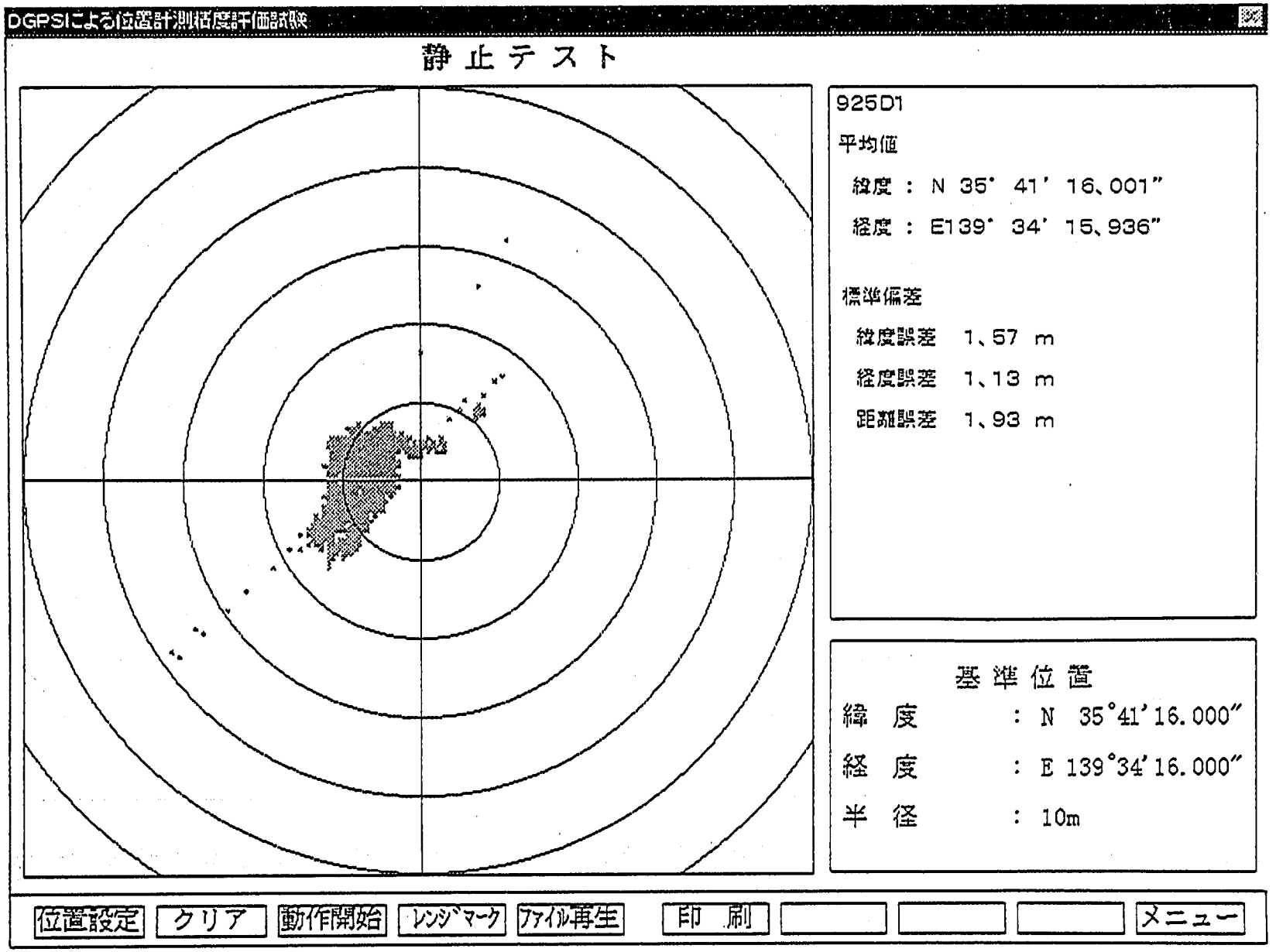
図表(4-1-2)7-5　静的測位精度実験結果（その２）



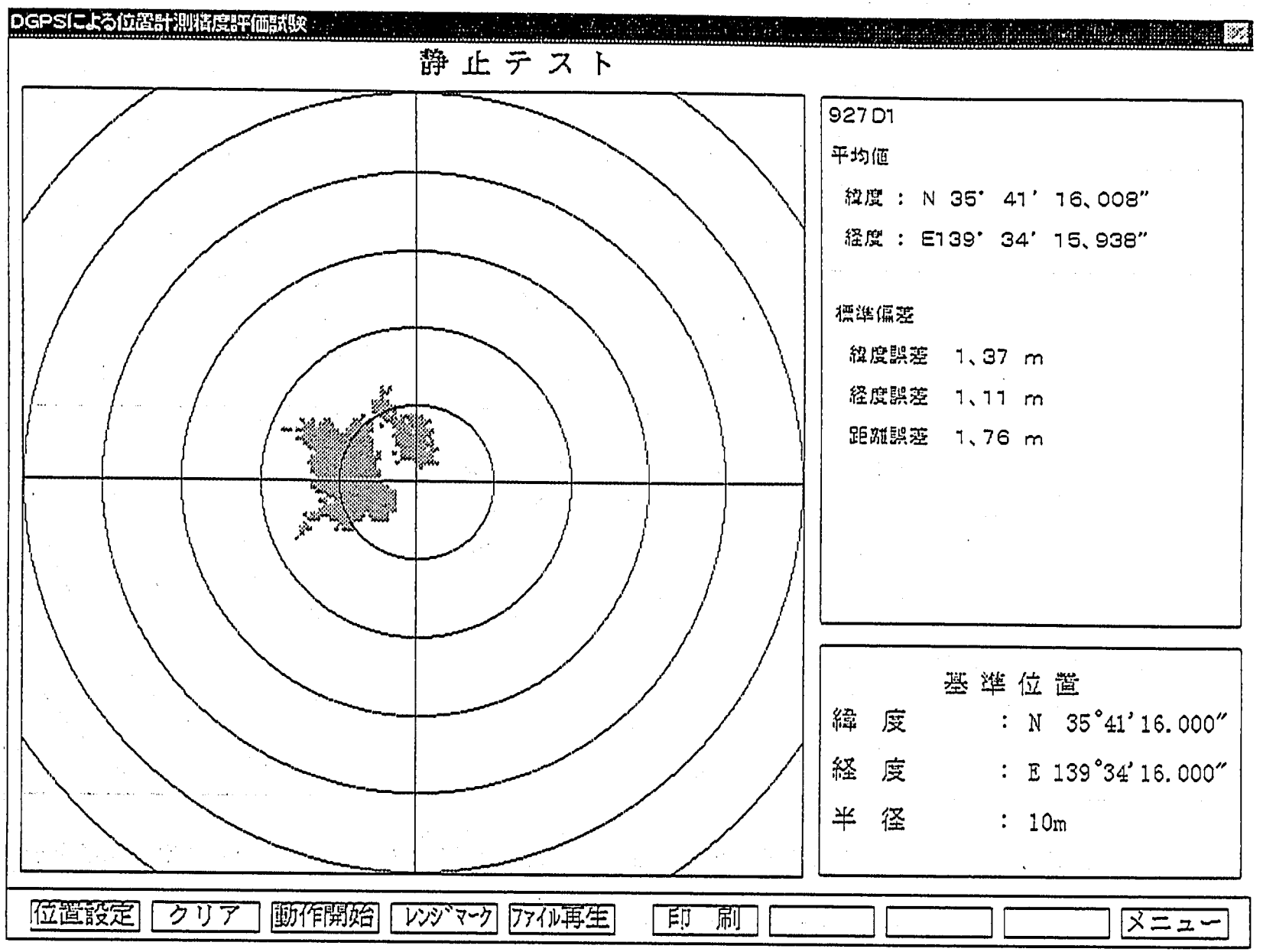
図表(4-1-2)7-6　静的測位精度実験結果（その３）



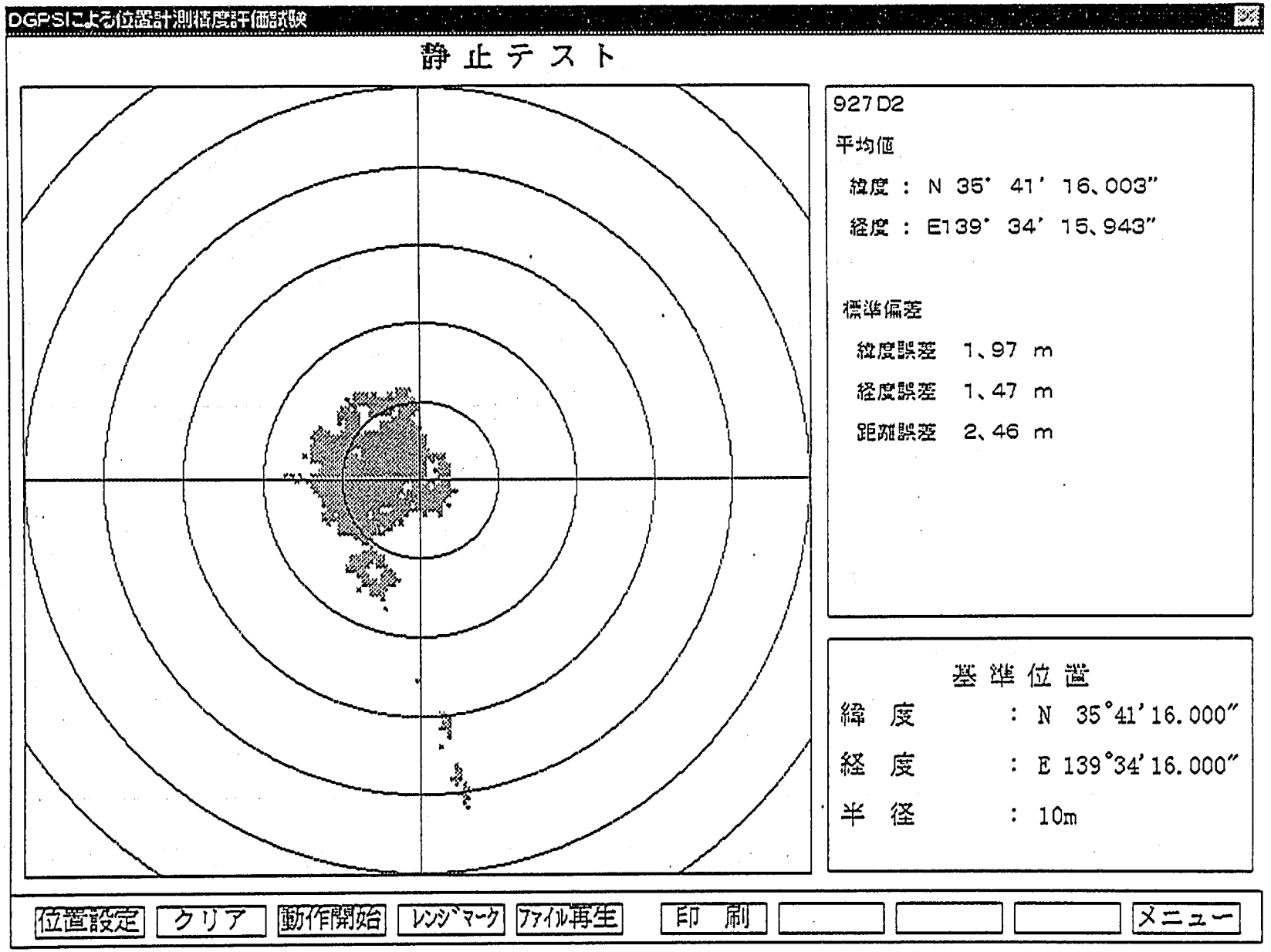
図表(4-1-2)7-7　静的測位精度実験結果（その４）



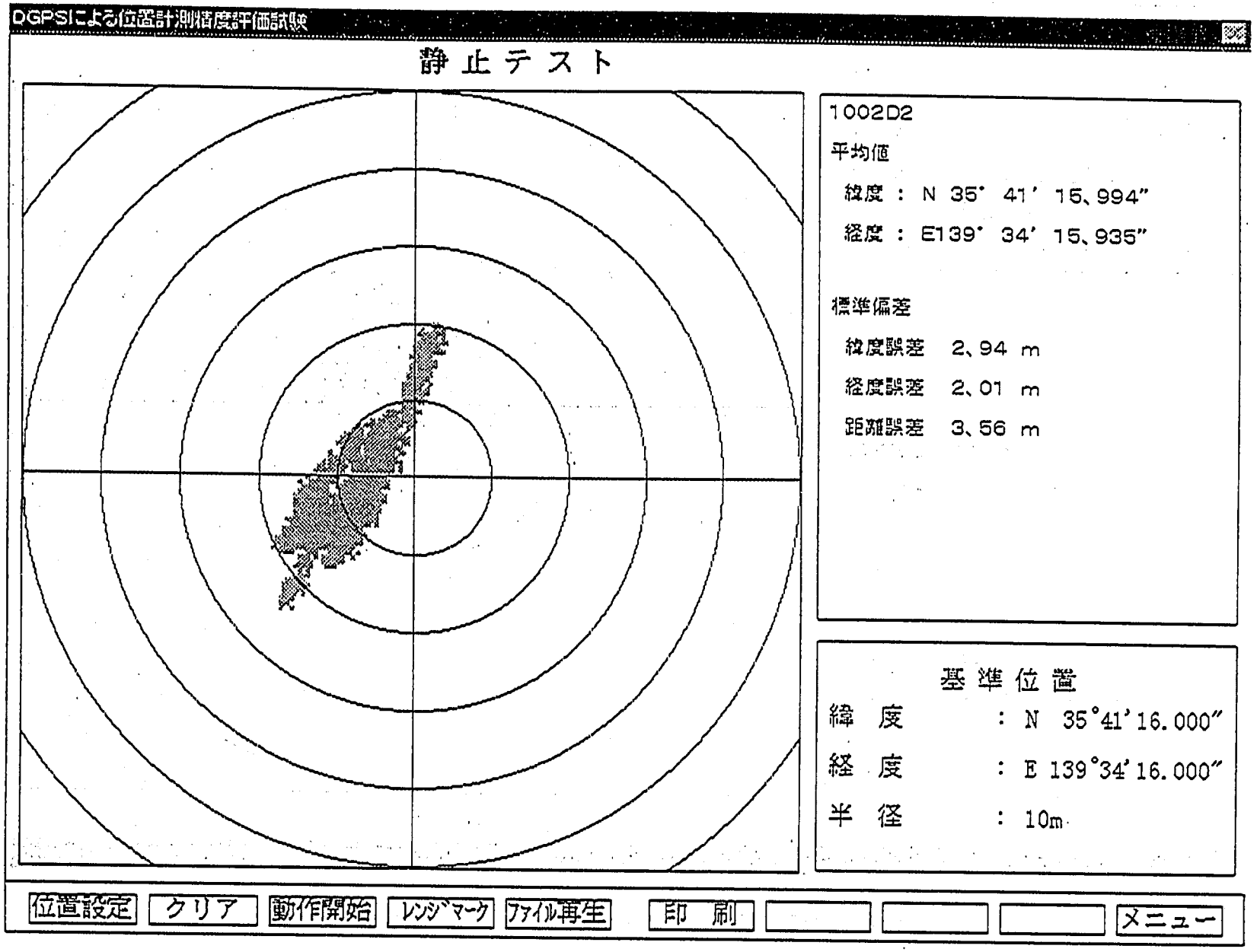
図表(4-1-2)7-8　静的測位精度実験結果（その５）



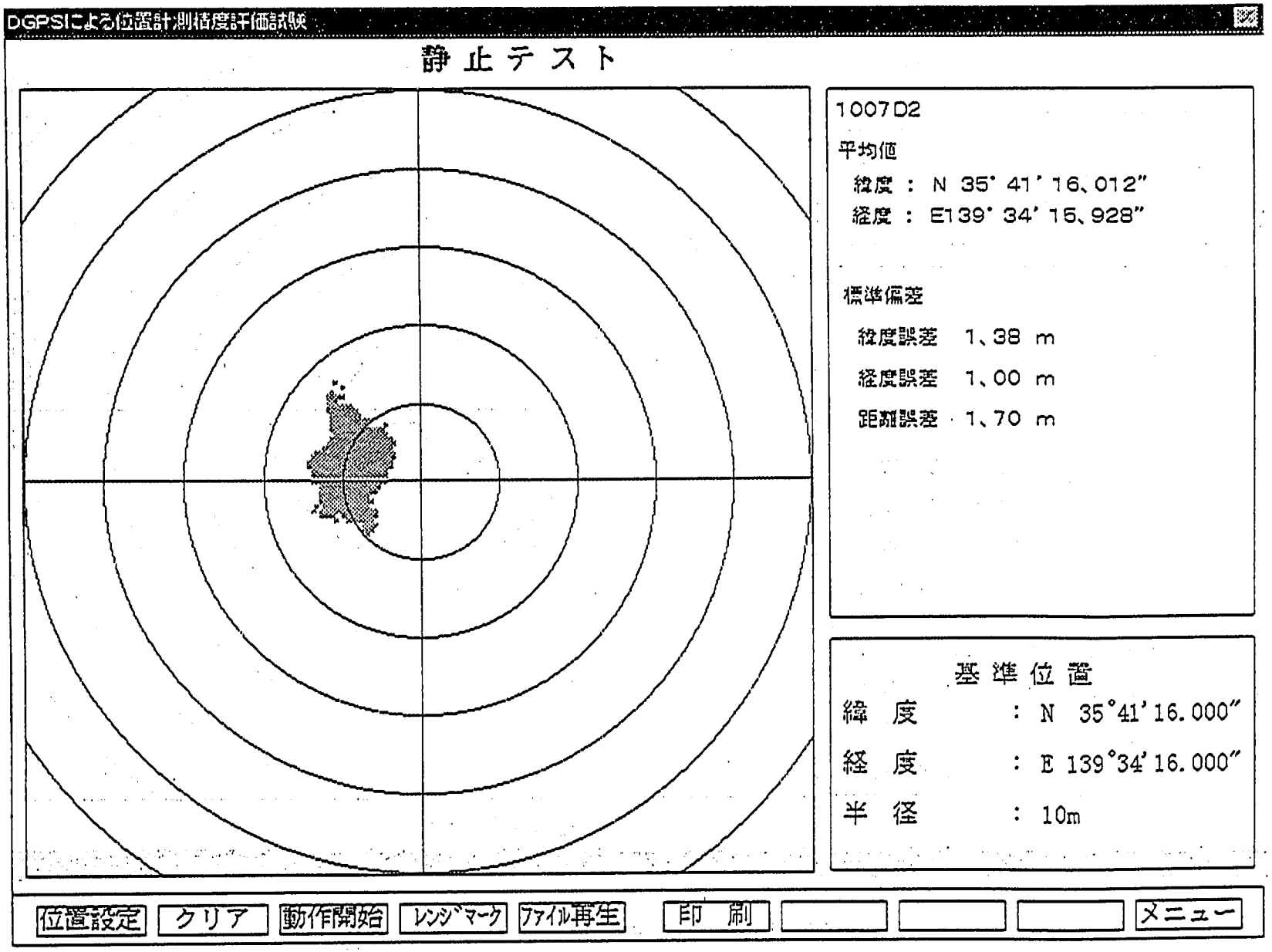
図表(4-1-2)7-9　静的測位精度実験結果（その６）



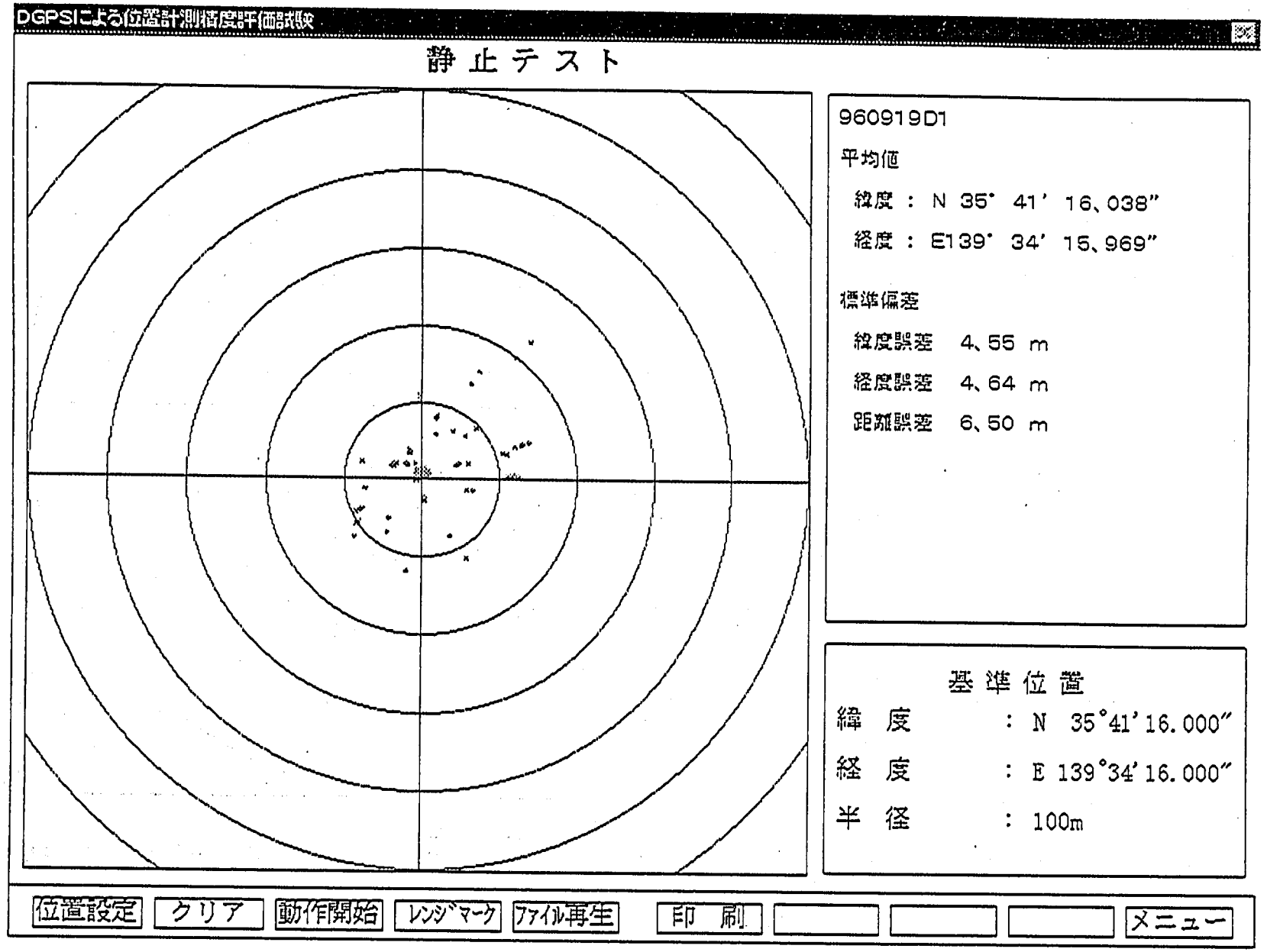
図表(4-1-2)7-10　静的測位精度実験結果（その７）



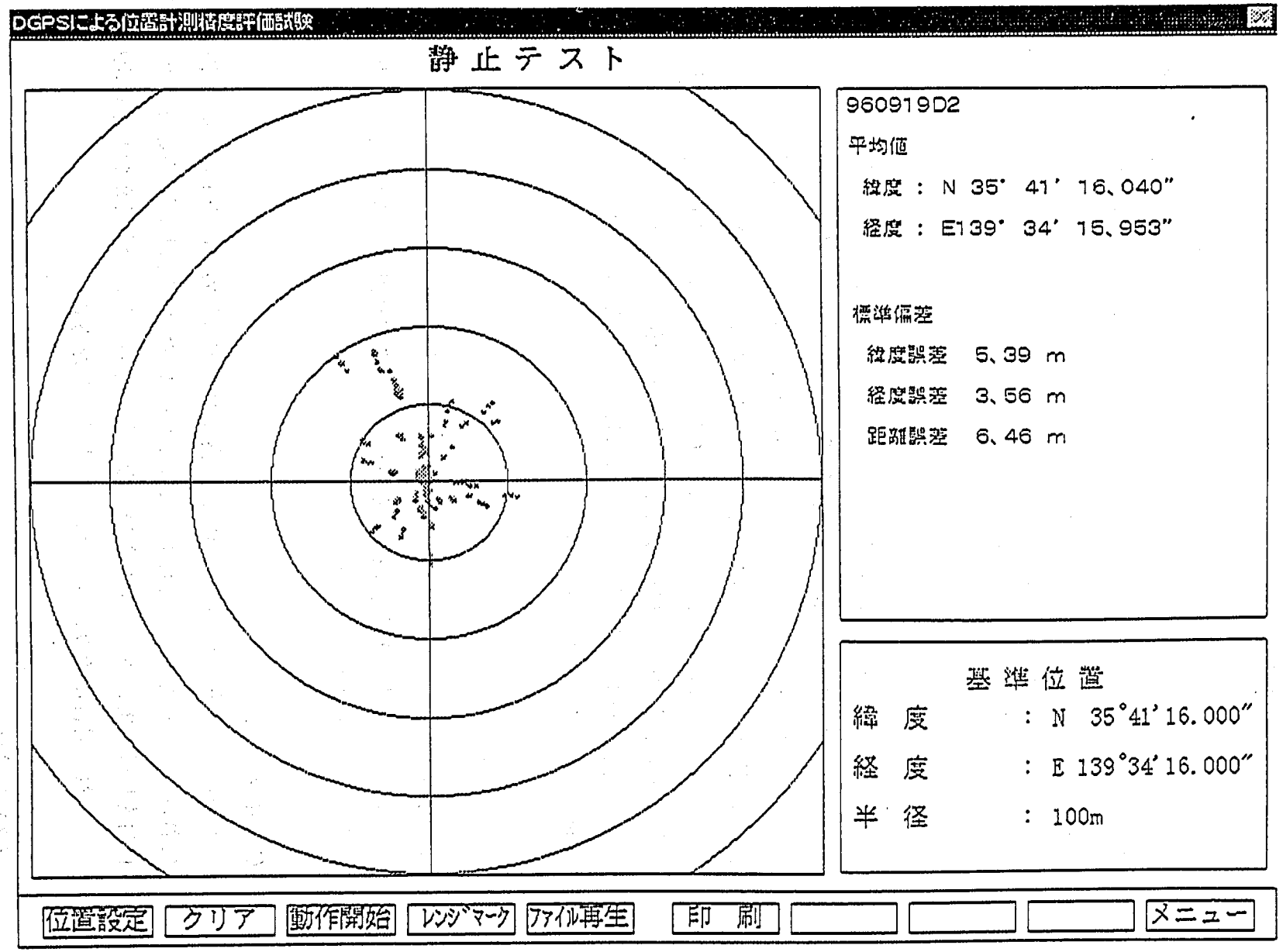
図表(4-1-2)7-11　静的測位精度実験結果（その８）



図表(4-1-2)7-12　静的測位精度実験結果（その９）



図表(4-1-2)7-13　静的測位精度実験結果（その10）



4．1．3　その他センサに関する実験

1）音による交通量把握

先期では、一般道路上で収録してきた音により、1／3実時間分析器・パソコンなどを用いて車の発生する音の解析を行い、その周波数特性を調べてきた。また、その中から車両通過音に着目して車両通過の検知方法・問題点などについて述べてきた。本報告書は、そこで提案された周波数帯毎の評価・マイクの設置方法等、車両検知器としての可能性について、パソコンによるシミュレーションではなく、実際に車両検知装置を試作し、実験を行ったものをまとめたものである。

（1）実験目的

音センサとしての技術を確立していくための1つのステップとして通過車両検知を考え、パソコン・1/3oct実時間分析器等を用いて解析してきた。しかし、この方法では一つのシミュレーションのために多くの時間を費やさなければならず、また、車両検知器を実現する上でキーポイントになると思われる収音方法を含めた一括検討ができない。そこで、リアルタイムにパラメータ設定・収音方法の検討・波形測定・通過車両のカウントができる試作機を製作することとなった。

この試作機を用いて、実際に通過車両測定・波形測定を行い、音圧感知方式車両検知器の評価を行うものである。

（2）検知原理

①マイク1本式

マイクより入力された音圧信号から微分波形を作り出し、ある基準値以上の電圧が得られたときにカウントする。

②マイク2本式

通過車両を車線の区別を含めて精度良く検知するため、片側1車線の2車線道路において、それぞれの車線に対してマイクを1本づつ設置し、双方のマイクからの信号を比較して、カウントしたい側の入力信号の方が、大きくかつ基準以上の電圧が得られた場合にのみ、カウントするようにした方式。

（3）実験日

1996年7月15日・23日、8月7日・9日・12日

（4）実験場所

マイク１本での実験（ＳＨ上下・ＳＦ上下・ＳＢ上下）

城陽市こうのす体育館前道路サン城陽テニス場付近（緩やかな丘状の頂上付近）

マイク１本での実験（ＵＶ・ＵＦ・ＵＢ）

城陽市こうのす体育館前歩道橋上

マイク２本での実験（ＵＶＮ・ＵＶＷ・ＵＶＷＷ・ＵＶＸ）

城陽市こうのす体育館前歩道橋上

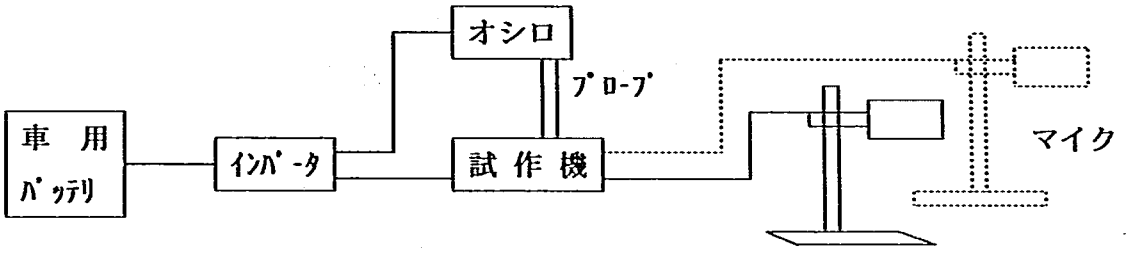
マイク２本での実験（ＳＨ上）

城陽市こうのす体育館前道路歩道橋下

（5）実験方法

試作機・マイク・オシロスコープ等をフィールドへ持っていき、各器材を図表(4-1-3)1-1に示すように接続し、リアルタイムで測定を行う。

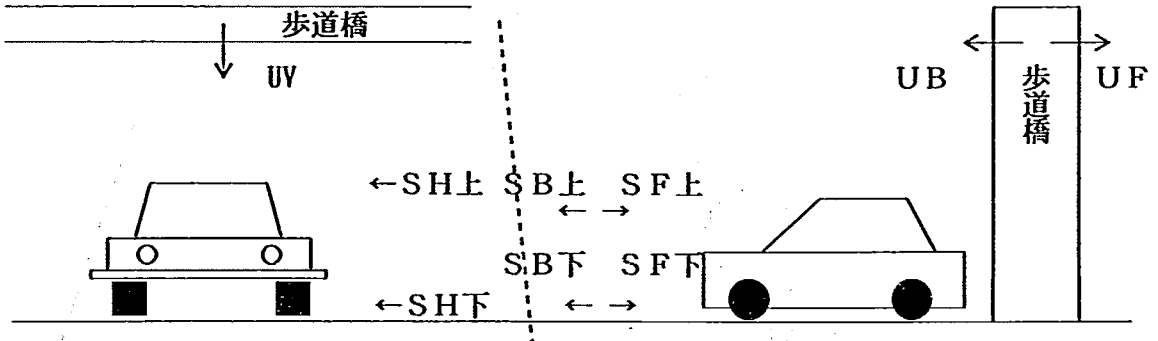
図表(4-1-3)1-1　接続方法



①マイク１本での実験

マイク設置方式は、図表(4-1-3)1-2の９種類を検討する。

図表(4-1-3)1-2　マイク１本での実験



ＳＨ下・ＳＦ下・ＳＢ下：マイクを地べた（歩道）に設置
ＳＨ上・ＳＦ上・ＳＢ上：マイクを地べたから115cmの所に設置
ＵＶ・ＵＦ・ＵＢ：マイクを歩道橋に設置

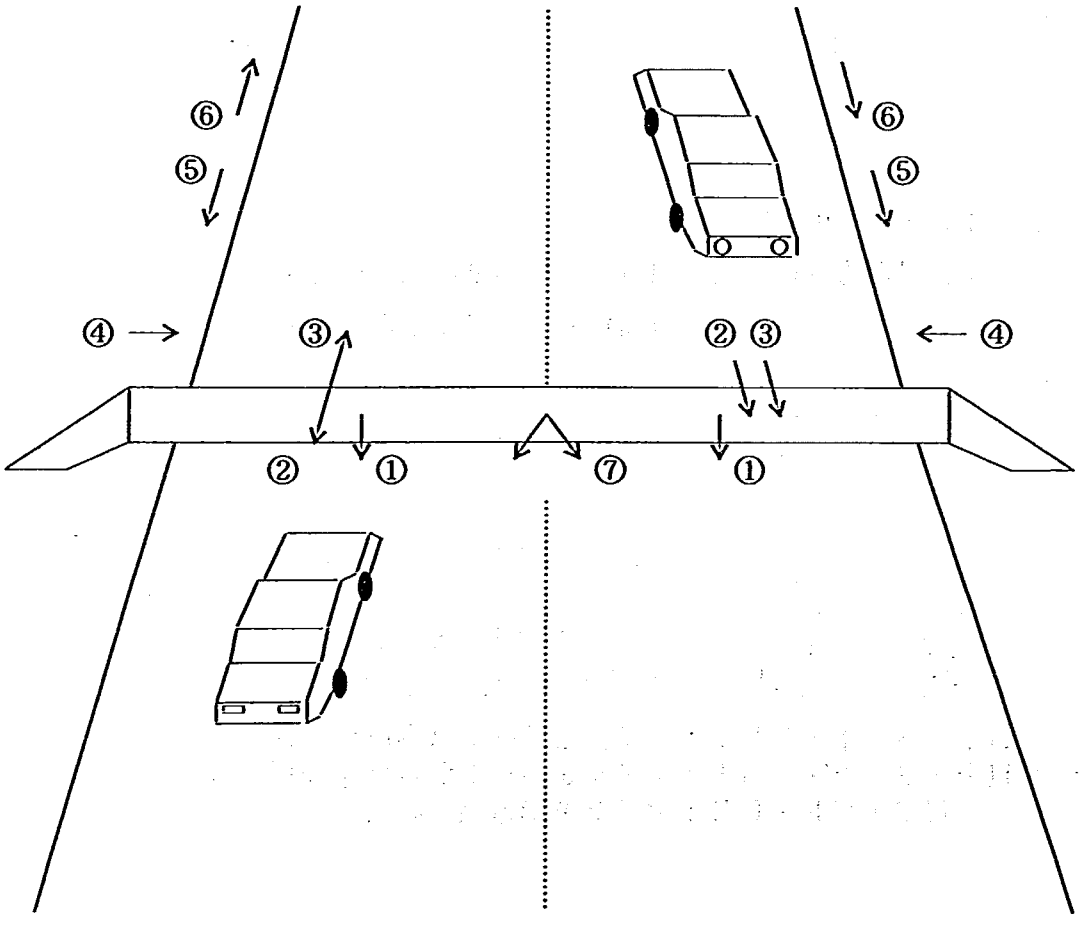
手順１．まず、それぞれのマイク設置において、試作機のＢＰＦ fcを変化させて、実際の通行量、試作機のカウント結果を記録する。
他のパラメータは、それまでの試験で良好であった設定に固定しておく。記録にあたっては車種（大型・普通・バイク）も区別する。また、マイク設置側の車線（宇治→城陽側）を目標車線として記録するが、反対車線についても同じように記録しておき、解析時に参考データとして用いる。
記録は、１つのセッティングに対して、カウンタが50を数えるまで行った。

手順２．手順１で良好であったＢＰＦ fc、マイク設置位置に対して、今度はＢＰＦ Qを変化させ、同様に記録する。

②マイク２本での実験

マイク設置方式は図表(4-1-3)1-3の７種類を検討する。

図表(4-1-3)1-3　マイク２本での実験



手順１．試作機のＣＨ１とＣＨ２が同じ入力に対して全く同じ出力電圧が得られるように調整する。

手順２．後はマイク１本の時と同じように、データを記録する。

（６）実験環境

①実験は７・８月の晴天日、路面乾燥状態で行った。
→天候・温度・風などによる検知の差は検討できなかった。

②道路は片側１車線の２車線道路である。

③マイク１本式の車両側方から収音した実験は、緩やかな丘状の頂上付近で行った。
→平坦な道路と比べた場合、通過する車両のアクセルワークが、多少特殊である。

④郊外地区の道路であり、基本的に車両の通過音以外の外来音の無い状態で行った。

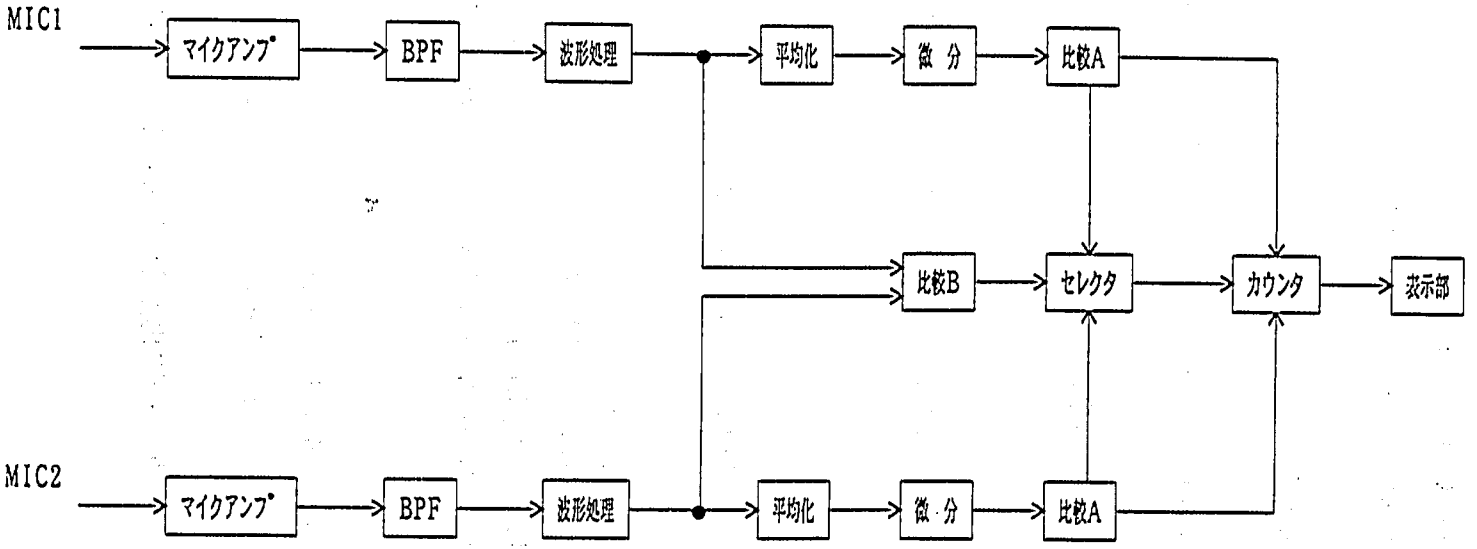
⑤渋滞はなかった。
→超低速車両や静止車両のデータは取ることができなかった。
渋滞時の検討ができなかった。

⑥マイクにはSONYのECM-G7M（鋭指向性）を使用した。
→指向性が広がると、それだけ通過車両が分離しにくくなる。そのため、上記マイクよりも指向性の広いものを用いる場合は、今回の結果よりも悪くなることが予想される。

⑦今回の実験は一般道路の自然流を対象とし、各セッティングにおける測定は同時に行われたものではない。よって、各パラメータセッティングにおける被測定量の同一性はない。
また、自然流を対象としたため、速度・車間距離などの細かな検討は行っていない。

（７）試作機について
処理系のブロック図を図表(4-1-3)1-4に示す。

図表(4-1-3)1-4　処理系ブロック図



＊マイク１本の実験では、ＣＨ12の方を使用。

＊マイク２本の実験では、ＣＨ１とＣＨ２を使い、比較回路ＢでＣＨ１からの信号レベルの方が大きいときHiレベルを、ＣＨ２からの信号レベルの方が大きいときLowレベルをデータセレクタに出力する。切り替えスイッチによりカウントしたい側のＣＨを選択する。

（8）実験結果

①マイク１本による実験結果

a)検知率

各設定における実際の通過台数・カウント数・数え過ぎ数・数え逃し数を試験現場で記録したデータよりまとめたものを、図表(4-1-3)1-5（目標車線）・図表(4-1-3)1-6（反対車線）・図表(4-1-3)1-7（目標車線）・図表(4-1-3)1-8（反対車線）に示す。また、図表(4-1-3)1-5～図表(4-1-3)1-8の総合の検知率（%）をグラフ化したものを図表(4-1-3)1-9～図表(4-1-3)1-12にそれぞれ示す。

図表(4-1-3)1-5・図表(4-1-3)1-6・図表(4-1-3)1-9・図表(4-1-3)1-10では、１台の通過で２つ以上カウントしたものについても、そのままカウント数に含み、図表(4-1-3)1-7・図表(4-1-3)1-8・図表(4-1-3)1-11・図表(4-1-3)1-12では、１台の通過で２つ以上カウントしたものについてはカウント不良と判断し、カウント数に含まないようにしている。下にこの例を挙げる。

例.

通過車両 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● 10台

カウント ・ ・ ・ ・ ・ ‥ ・ ・ ・

↓ ↓

取り逃し　１台分数え過ぎ

ア)図表(4-1-3)1-5・図表(4-1-3)1-6形式の場合

実際の通過台数＝10台

カウント数＝10

検知率＝10/10×100＝100%

イ)図表(4-1-3)1-7・図表(4-1-3)1-8形式の場合

実際の通過台数＝10台

カウント数＝８台

検知率＝８/10×100＝80%

表中で使われている項目について説明する。（必要と思われるものを抜粋）

総合：普通車、大型トラック、バイクの全てを総計したもの

普通車：通過車両の内、普通車だけを対象にしたもの

大型トラック：通過車両の内、ダンプカー・タンクローリー・トレーラ・バスなど大型の車両を対象としたもの

バイク：通過車両の内、バイク・スクータを対象としたもの

％：検知率を表す

交差：目標車線の車両と反対車線の車両が同時に通過した数

数え過ぎ：過剰カウント数

数え逃し：カウントすべきなのにしていない数

数え過ぎ内訳：数え過ぎの車種別内訳

数え逃し内訳：数え逃しの車種別内訳

図表(4-1-3)1-5　周波数別データー覧表　目標車線（宇治→城陽）

マイク向き	担当	BPF fo	BPF Q	ｷｬﾘﾌﾞﾚｰｼｮﾝ fcc	総合			普通車			大型トラック			バイク			交差	数え過ぎ				数え過ぎ内訳			数え逃し				数え逃し内訳		
					ｶｳﾝﾄ台数	通過台数	%	ｶｳﾝﾄ台数	通過台数	%	ｶｳﾝﾄ台数	通過台数	%	ｶｳﾝﾄ台数	通過台数	%		昇	ト	バ	全	昇%	ト%	バ%	昇	ト	バ	全	昇%	ト%	バ%
SH上	村山	31.5Hz	Q=5	2Hz	33	18	183.3	22	16	137.5	11	2	550.0	0	0	#####	1	6	9	0	15	40.0	60.0	0.0	1	0	0	1	#####	0.0	0.0
SF上	〃	31.5Hz	〃	〃	26	15	173.3	25	14	178.6	0	0	#####	1	1	100.0	0	11	0	0	11	#####	0.0	0.0	0	0	0	0	#####	#####	#####
SB上	〃	31.5Hz	〃	〃	25	9	277.8	21	8	262.5	4	1	400.0	0	0	#####	0	13	3	0	16	81.3	18.8	0.0	0	0	0	0	#####	#####	#####
SH下	〃	31.5Hz	〃	〃	16	9	177.8	14	8	175.0	2	1	200.0	0	0	#####	1	6	1	0	7	85.7	14.3	0.0	0	0	0	0	#####	#####	#####
SF下	〃	31.5Hz	〃	〃	15	9	166.7	14	8	175.0	1	1	100.0	0	0	#####	0	9	0	0	9	#####	0.0	0.0	1	0	0	1	#####	0.0	0.0
SB下	〃	31.5Hz	〃	〃	35	11	318.2	24	8	300.0	11	3	366.7	0	0	#####	0	16	8	0	24	66.7	33.3	0.0	0	0	0	0	#####	#####	#####
UV	城	31.5Hz	〃	〃	18	17	94.1	14	15	93.3	2	2	100.0	0	0	#####	0	2	0	0	2	#####	0.0	0.0	3	0	0	3	#####	0.0	0.0
UF	〃	31.5Hz	〃	〃	19	18	105.6	18	17	105.9	0	0	#####	1	1	100.0	0	5	0	0	5	#####	0.0	0.0	4	0	0	4	#####	0.0	0.0
UB	〃	31.5Hz	〃	〃	30	41	73.2	23	35	65.7	5	4	125.0	2	2	100.0	1	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0	14	0	0	14	#####	0.0	0.0
SH上	村山	125Hz	〃	〃	30	21	142.9	21	17	123.5	8	3	266.7	1	1	100.0	1	4	5	0	9	44.4	55.6	0.0	0	0	0	0	#####	#####	#####
SF上	〃	125Hz	〃	〃	20	14	142.9	14	11	127.3	5	2	250.0	1	1	100.0	0	3	3	0	6	50.0	50.0	0.0	0	0	0	0	#####	#####	#####
SB上	〃	125Hz	〃	〃	22	20	110.0	15	15	100.0	5	4	125.0	2	1	200.0	0	0	1	1	2	0.0	50.0	50.0	0	0	0	0	#####	#####	#####
SH下	〃	125Hz	〃	〃	27	23	117.4	14	17	82.4	12	5	240.0	1	1	100.0	2	0	6	0	6	0.0	#####	0.0	2	0	0	2	#####	0.0	0.0
SF下	〃	125Hz	〃	〃	23	15	153.3	12	10	120.0	11	5	220.0	0	0	#####	0	5	0	0	11	45.5	54.5	0.0	3	0	0	3	#####	0.0	0.0
SB下	〃	125Hz	〃	〃	31	23	134.8	19	17	111.8	11	5	220.0	1	1	100.0	1	3	7	0	10	30.0	70.0	0.0	1	0	0	1	#####	0.0	0.0
UV	城	125Hz	〃	〃	13	8	162.5	9	6	150.0	4	2	200.0	0	0	#####	0	3	2	0	5	60.0	40.0	0.0	0	0	0	0	#####	#####	#####
UF	〃	125Hz	〃	〃	23	23	100.0	13	15	86.7	8	7	114.3	2	1	200.0	0	2	1	1	4	50.0	25.0	25.0	3	0	0	3	#####	0.0	0.0
UB	〃	125Hz	〃	〃	21	23	91.3	16	16	88.9	4	3	133.3	1	2	50.0	2	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0	3	0	1	4	75.0	0.0	25.0
SH上	村山	482Hz	〃	〃	20	22	90.9	15	16	93.8	3	4	75.0	2	2	100.0	4	0	0	0	0	#####	#####	#####	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0
SF上	〃	482Hz	〃	〃	27	33	81.8	22	28	78.6	5	4	125.0	0	1	0.0	0	0	1	0	1	0.0	#####	0.0	6	0	1	7	85.7	0.0	14.3
SB上	〃	482Hz	〃	〃	29	31	93.5	23	25	92.0	6	6	100.0	0	0	#####	0	1	0	0	1	#####	0.0	0.0	2	0	0	2	#####	0.0	0.0
SH下	〃	482Hz	〃	〃	27	29	93.1	22	24	91.7	4	4	100.0	1	1	100.0	2	1	0	0	1	#####	0.0	0.0	3	0	0	3	#####	0.0	0.0
SF下	〃	482Hz	〃	〃	31	36	86.1	25	29	86.2	5	6	83.3	1	1	100.0	5	0	0	0	0	#####	#####	#####	5	1	0	6	83.3	16.7	0.0
SB下	〃	482Hz	〃	〃	19	31	61.3	12	21	57.1	7	9	77.8	0	1	0.0	6	0	0	0	0	#####	#####	#####	8	2	1	11	72.7	18.2	9.1
UV	城	482Hz	〃	〃	13	26	50.0	11	21	52.4	2	4	50.0	0	1	0.0	2	0	0	0	0	#####	#####	#####	10	2	1	13	76.9	15.4	7.7
UF	〃	482Hz	〃	〃	30	32	93.8	26	29	89.7	4	2	200.0	0	1	0.0	2	2	2	0	4	50.0	50.0	0.0	5	0	1	6	83.3	0.0	16.7
UB	〃	482Hz	〃	〃	21	27	77.8	20	20	76.9	1	1	100.0	0	0	#####	4	1	0	0	1	#####	0.0	0.0	7	0	0	7	#####	0.0	0.0
SH上	福井	1kHz	〃	〃	27	30	90.0	20	24	83.3	7	5	140.0	0	1	0.0	0	0	2	0	2	0.0	#####	0.0	3	0	1	4	75.0	0.0	25.0
SF上	〃	1kHz	〃	〃	17	22	77.3	16	16	88.9	1	4	25.0	0	0	#####	2	0	0	0	0	#####	#####	#####	2	3	0	5	40.0	60.0	0.0
SB上	〃	1kHz	〃	〃	25	22	113.6	15	15	100.0	9	6	150.0	1	1	100.0	0	0	5	0	5	0.0	#####	0.0	0	2	0	2	0.0	#####	0.0
SH下	〃	1kHz	〃	〃	31	38	81.6	22	28	78.6	8	9	88.9	1	1	100.0	4	0	2	0	2	0.0	#####	0.0	5	3	0	8	62.5	37.5	0.0
SF下	〃	1kHz	〃	〃	16	21	76.2	14	19	73.7	0	0	#####	2	2	100.0	0	0	0	0	0	#####	#####	#####	5	0	0	5	#####	0.0	0.0
SB下	〃	1kHz	〃	〃	24	26	92.3	21	23	91.3	3	3	100.0	0	0	#####	2	1	0	0	1	#####	0.0	0.0	3	0	0	3	#####	0.0	0.0
UV	城	1kHz	〃	〃	32	36	88.9	27	31	87.1	3	3	100.0	2	2	100.0	0	1	0	0	1	#####	0.0	0.0	5	1	0	6	83.3	16.7	0.0
UF	〃	1kHz	〃	〃	34	49	69.4	31	44	70.5	1	1	100.0	2	4	50.0	1	1	0	0	1	#####	0.0	0.0	14	0	2	16	87.5	0.0	12.5
UB	〃	1kHz	〃	〃	30	35	85.7	25	29	86.2	5	5	100.0	0	1	0.0	4	3	0	0	3	#####	0.0	0.0	7	0	1	8	87.5	0.0	12.5
SH上	村山	2kHz	〃	〃	25	30	83.3	17	22	77.3	8	8	100.0	0	0	#####	6	0	0	0	0	#####	#####	#####	5	0	0	5	#####	0.0	0.0
SF上	〃	2kHz	〃	〃	28	28	92.9	21	23	91.3	4	4	100.0	1	1	100.0	3	0	1	0	1	0.0	#####	0.0	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0
SB上	〃	2kHz	〃	〃	26	32	81.3	20	25	80.0	6	6	100.0	0	1	0.0	3	0	0	0	0	#####	#####	#####	4	0	1	5	80.0	0.0	20.0
SH下	〃	2kHz	〃	〃	28	34	82.4	19	25	76.0	7	7	100.0	2	2	100.0	4	0	0	0	0	#####	#####	#####	6	0	0	6	#####	0.0	0.0
SF下	〃	2kHz	〃	〃	21	25	84.0	14	17	82.4	6	6	100.0	1	2	50.0	4	0	1	0	1	0.0	#####	0.0	2	1	1	4	50.0	25.0	25.0
SB下	〃	2kHz	〃	〃	34	36	94.4	27	28	96.4	5	6	83.3	2	2	100.0	3	1	0	0	1	#####	0.0	0.0	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0
UV	城	2kHz	〃	〃	11	12	91.7	8	9	88.9	3	2	150.0	0	1	0.0	0	0	1	0	1	0.0	#####	0.0	1	0	1	2	50.0	0.0	50.0
UF	〃	2kHz	〃	〃	12	14	85.7	11	13	84.6	1	1	100.0	0	0	#####	0	1	0	0	1	#####	0.0	0.0	3	0	0	3	#####	0.0	0.0
UB	〃	2kHz	〃	〃	14	14	100.0	13	12	108.3	1	2	50.0	0	0	#####	1	4	0	0	4	#####	0.0	0.0	3	1	0	4	75.0	25.0	0.0
SH上	福井	4kHz	〃	〃	30	27	111.1	23	22	104.5	7	5	140.0	0	0	#####	2	1	3	0	4	25.0	75.0	0.0	0	1	0	1	0.0	#####	0.0
SF上	〃	4kHz	〃	〃	27	28	96.4	21	22	95.5	5	3	166.7	1	3	33.3	2	0	3	0	3	0.0	#####	0.0	1	1	2	4	25.0	25.0	50.0
SB上	〃	4kHz	〃	〃	17	18	94.4	16	17	94.1	1	1	100.0	0	0	#####	0	2	0	0	2	#####	0.0	0.0	3	0	0	3	#####	0.0	0.0
SH下	〃	4kHz	〃	〃	15	14	107.1	10	11	90.9	5	3	166.7	0	0	#####	0	0	2	0	2	0.0	#####	0.0	1	0	0	1	#####	0.0	0.0
SF下	〃	4kHz	〃	〃	21	28	75.0	20	23	87.0	1	3	33.3	0	2	0.0	1	0	0	0	0	#####	#####	#####	2	2	2	6	33.3	33.3	33.3
SB下	〃	4kHz	〃	〃	23	21	109.5	16	14	114.3	7	7	100.0	0	0	#####	0	2	3	0	5	40.0	60.0	0.0	0	3	0	3	0.0	#####	0.0
UV	城	4kHz	〃	〃	27	27	100.0	19	21	90.5	7	5	140.0	1	1	100.0	2	0	2	0	2	0.0	#####	0.0	2	0	0	2	#####	0.0	0.0
UF	〃	4kHz	〃	〃	34	45	75.6	32	41	78.0	2	2	100.0	0	2	0.0	2	0	0	0	0	#####	#####	#####	9	0	2	11	81.8	0.0	18.2
UB	〃	4kHz	〃	〃	23	33	69.7	16	25	64.0	5	4	125.0	2	4	50.0	0	0	1	0	1	0.0	#####	0.0	9	0	2	11	81.8	0.0	18.2
SH上	村山	8kHz	〃	〃	26	32	81.3	18	24	75.0	8	8	100.0	0	0	#####	7	0	0	0	0	#####	#####	#####	6	0	0	6	#####	0.0	0.0
SF上	〃	8kHz	〃	〃	20	26	76.9	16	20	80.0	3	5	60.0	1	1	100.0	4	0	0	0	0	#####	#####	#####	4	2	0	6	66.7	33.3	0.0
SB上	〃	8kHz	〃	〃	31	40	77.5	21	29	72.4	10	11	90.9	0	0	#####	0	0	2	0	2	0.0	#####	0.0	7	3	0	10	70.0	30.0	0.0
SH下	〃	8kHz	〃	〃	24	26	92.3	17	19	89.5	5	5	100.0	2	2	100.0	4	0	0	0	0	#####	#####	#####	2	0	0	2	#####	0.0	0.0
SF下	〃	8kHz	〃	〃	35	45	77.8	27	36	75.0	6	7	85.7	2	2	100.0	4	0	0	0	0	#####	#####	#####	7	0	0	7	#####	0.0	0.0
SB下	〃	8kHz	〃	〃	36	39	92.3	30	33	90.9	6	6	100.0	0	0	#####	0	0	1	0	1	0.0	#####	0.0	3	1	0	4	75.0	25.0	0.0
UV	城	8kHz	〃	〃	20	39	51.3	15	34	44.1	5	5	100.0	0	0	#####	2	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0	21	1	0	22	95.5	4.5	0.0
UF	〃	8kHz	〃	〃	17	12	141.7	11	9	122.2	5	2	250.0	1	1	100.0	0	4	3	0	7	57.1	42.9	0.0	1	0	0	1	#####	0.0	0.0
UB	〃	8kHz	〃	〃	8	26	30.8	7	23	30.4	1	3	33.3	0	0	#####	0	0	0	0	0	#####	#####	#####	16	2	0	18	88.9	11.1	0.0

図表(4-1-3)1-6　周波数別データー覧表　反対車線（城陽→宇治）

マイク向き	担当	BPF fo	BPF Q	ｷｬﾘｱ周波数 fco	総合			普通車			大型トラック			バイク			交差	数え過ぎ				数え過ぎ内訳				数え逃し				数え逃し内訳		
					ｶｳﾝﾄ計	通過台計	％	ｶｳﾝﾄ計	通過台計	％	ｶｳﾝﾄ計	通過台計	％	ｶｳﾝﾄ計	通過台計	％		普	ト	バ	小	普%	ト%	バ%	小	普	ト	バ	小	普%	ト%	バ%
SH上	福井	31.5Hz	Q=5	2Hz	18	14	128.6	8	10	80.0	10	4	250.0	0	0	#####	1	0	7	0	7	0.0	####	0.0	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	23	16	143.8	19	13	146.2	4	3	133.3	0	0	#####	3	7	1	0	8	87.5	12.5	0.0	1	0	0	1	####	0.0	0.0
SB上	〃	〃	〃	〃	11	12	91.7	9	11	81.8	2	1	200.0	0	0	#####	1	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0	4	0	0	4	####	0.0	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	24	16	150.0	19	14	135.7	4	1	400.0	1	1	100.0	1	5	3	0	8	62.5	37.5	0.0	0	0	0	0	####	####	####
SF下	〃	〃	〃	〃	25	13	192.3	12	10	120.0	12	2	600.0	1	1	100.0	2	2	10	0	12	16.7	83.3	0.0	0	0	0	0	####	####	####
SB下	〃	〃	〃	〃	8	7	114.3	5	4	125.0	2	2	100.0	1	1	100.0	0	1	0	0	1	####	0.0	0.0	0	0	0	0	####	####	####
UV	村山	〃	〃	〃	17	18	94.4	15	16	93.8	1	1	100.0	1	1	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	0	1	####	0.0	0.0
UF	〃	〃	〃	〃	13	15	86.7	8	10	80.0	5	5	100.0	0	0	#####	0	0	0	0	0	####	####	####	3	0	0	3	####	0.0	0.0
UB	〃	〃	〃	〃	17	21	81.0	13	17	76.5	4	4	100.0	0	0	#####	0	0	0	0	0	####	####	####	5	0	0	5	####	0.0	0.0
SH上	福井	125Hz	〃	〃	19	20	95.0	16	18	88.9	3	2	150.0	0	0	#####	1	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	19	13	146.2	9	9	100.0	10	4	250.0	0	0	#####	0	0	6	0	6	0.0	####	0.0	0	0	0	0	####	####	####
SB上	〃	〃	〃	〃	19	20	95.0	13	14	92.9	6	6	100.0	0	0	#####	1	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	25	23	108.7	18	19	94.7	7	4	175.0	0	0	#####	1	3	3	0	6	50.0	50.0	0.0	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SF下	〃	〃	〃	〃	14	10	140.0	5	6	83.3	7	3	233.3	2	1	200.0	2	0	4	1	5	0.0	80.0	20.0	1	0	0	1	####	0.0	0.0
SB下	〃	〃	〃	〃	18	17	105.9	13	13	100.0	4	3	133.3	1	1	100.0	3	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0	1	0	0	1	####	0.0	0.0
UV	村山	〃	〃	〃	16	18	88.9	10	11	90.9	4	4	100.0	2	3	66.7	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	1	2	50.0	0.0	50.0
UF	〃	〃	〃	〃	21	23	91.3	16	17	94.1	4	4	100.0	1	2	50.0	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	1	2	50.0	0.0	50.0
UB	〃	〃	〃	〃	22	25	88.0	20	23	87.0	2	2	100.0	0	0	#####	0	0	0	0	0	####	####	####	2	0	1	3	66.7	0.0	33.3
SH上	福井	482Hz	〃	〃	33	36	91.7	23	28	82.1	8	6	133.3	2	2	100.0	0	0	2	0	2	0.0	####	0.0	4	0	0	4	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	16	21	76.2	12	18	66.7	4	3	133.3	0	0	#####	3	0	1	0	1	0.0	####	0.0	6	0	0	6	####	0.0	0.0
SB上	〃	〃	〃	〃	18	29	62.1	15	25	60.0	2	3	66.7	1	1	100.0	1	1	0	0	1	####	0.0	0.0	11	1	0	12	91.7	8.3	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	26	27	96.3	17	18	94.4	7	6	116.7	2	3	66.7	4	0	1	0	1	0.0	####	0.0	1	0	1	2	50.0	0.0	50.0
SF下	〃	〃	〃	〃	23	29	79.3	13	19	68.4	8	7	114.3	2	3	66.7	3	0	1	0	1	0.0	####	0.0	6	0	1	7	85.7	0.0	14.3
SB下	〃	〃	〃	〃	33	36	91.7	22	29	75.9	10	6	166.7	1	1	100.0	4	1	4	0	5	20.0	80.0	0.0	8	0	0	8	####	0.0	0.0
UV	村山	〃	〃	〃	24	33	72.7	18	27	66.7	6	6	100.0	0	0	#####	0	0	0	0	0	####	####	####	8	0	0	8	####	0.0	0.0
UF	〃	〃	〃	〃	22	23	95.7	17	18	94.4	5	5	100.0	0	0	#####	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	0	1	####	0.0	0.0
UB	〃	〃	〃	〃	20	22	90.9	12	14	85.7	8	8	100.0	0	0	#####	0	0	0	0	0	####	####	####	2	0	0	2	####	0.0	0.0
SH上	城	1kHz	〃	〃	23	27	85.2	22	26	84.6	0	0	#####	1	1	100.0	3	2	0	0	2	####	0.0	0.0	6	0	0	6	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	21	24	87.5	16	22	72.7	3	1	300.0	2	1	200.0	3	1	2	1	4	25.0	50.0	25.0	7	0	0	7	####	0.0	0.0
SB上	〃	〃	〃	〃	20	20	100.0	15	16	93.8	4	3	133.3	1	1	100.0	2	1	2	0	3	33.3	66.7	0.0	2	0	0	2	####	0.0	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	19	19	100.0	12	15	80.0	6	3	200.0	1	1	100.0	3	0	3	0	3	0.0	####	0.0	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SF下	〃	〃	〃	〃	20	24	83.3	14	19	73.7	5	4	125.0	1	1	100.0	3	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0	7	0	0	7	####	0.0	0.0
SB下	〃	〃	〃	〃	19	24	79.2	17	22	77.3	1	1	100.0	1	1	100.0	3	0	0	0	0	####	####	####	5	0	0	5	####	0.0	0.0
UV	村山	〃	〃	〃	25	29	86.2	18	22	81.8	6	6	100.0	1	1	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	3	0	0	3	####	0.0	0.0
UF	〃	〃	〃	〃	15	28	53.6	12	23	52.2	3	4	75.0	0	1	0.0	0	0	0	0	0	####	####	####	11	1	1	13	84.6	7.7	7.7
UB	〃	〃	〃	〃	24	30	80.0	17	22	77.3	7	7	100.0	0	1	0.0	0	0	0	0	0	####	####	####	5	0	1	6	83.3	0.0	16.7
SH上	福井	2kHz	〃	〃	30	28	107.1	17	21	81.0	9	7	128.6	4	0	#####	4	2	2	0	4	50.0	50.0	0.0	6	0	0	6	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	25	28	89.3	17	20	85.0	5	5	100.0	3	3	100.0	2	1	0	0	1	####	0.0	0.0	4	0	0	4	####	0.0	0.0
SB上	〃	〃	〃	〃	25	32	78.1	17	23	73.9	7	8	87.5	1	1	100.0	7	0	0	0	0	####	####	####	6	1	0	7	85.7	14.3	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	24	26	92.3	20	21	95.2	4	5	80.0	0	0	#####	1	0	0	0	0	####	####	####	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0
SF下	〃	〃	〃	〃	26	27	96.3	25	26	96.2	1	1	100.0	0	0	#####	2	2	0	0	2	####	0.0	0.0	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SB下	〃	〃	〃	〃	16	19	84.2	12	15	80.0	3	3	100.0	1	1	100.0	3	0	0	0	0	####	####	####	3	0	0	3	####	0.0	0.0
UV	村山	〃	〃	〃	14	15	93.3	11	12	91.7	2	2	100.0	1	1	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	0	1	####	0.0	0.0
UF	〃	〃	〃	〃	16	16	100.0	11	11	100.0	3	3	100.0	2	2	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	0	1	####	0.0	0.0
UB	〃	〃	〃	〃	14	16	87.5	13	14	92.9	1	2	50.0	0	0	#####	1	0	0	0	0	####	####	####	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0
SH上	城	4kHz	〃	〃	17	20	85.0	13	16	81.3	1	1	100.0	3	3	100.0	3	0	0	0	0	####	####	####	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	13	23	56.5	13	23	56.5	0	0	#####	0	0	#####	4	0	0	0	0	####	####	####	10	0	0	10	####	0.0	0.0
SB上	〃	〃	〃	〃	20	20	100.0	19	19	100.0	0	0	#####	1	1	100.0	1	4	0	0	4	####	0.0	0.0	4	0	0	4	####	0.0	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	15	15	100.0	8	10	80.0	7	4	175.0	0	1	0.0	0	0	3	0	3	0.0	####	0.0	2	0	1	3	66.7	0.0	33.3
SF下	〃	〃	〃	〃	22	24	91.7	16	20	80.0	6	4	150.0	0	0	#####	3	1	2	0	3	33.3	66.7	0.0	5	0	0	5	####	0.0	0.0
SB下	〃	〃	〃	〃	15	19	78.9	12	14	85.7	2	4	50.0	1	1	100.0	1	1	0	0	1	####	0.0	0.0	3	2	0	5	60.0	40.0	0.0
UV	村山	〃	〃	〃	24	28	85.7	16	20	80.0	7	7	100.0	1	1	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	4	0	0	4	####	0.0	0.0
UF	〃	〃	〃	〃	20	27	74.1	17	23	73.9	3	3	100.0	0	1	0.0	0	0	0	0	0	####	####	####	6	0	1	7	85.7	0.0	14.3
UB	〃	〃	〃	〃	28	35	80.0	22	28	78.6	5	6	83.3	1	1	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	6	1	0	7	85.7	14.3	0.0
SH上	福井	8kHz	〃	〃	23	23	100.0	15	16	93.8	7	6	116.7	1	1	100.0	2	0	1	0	1	0.0	####	0.0	1	0	0	1	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	33	44	75.0	27	37	73.0	6	5	120.0	0	2	0.0	5	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0	11	0	2	13	84.6	0.0	15.4
SB上	〃	〃	〃	〃	15	20	75.0	11	15	73.3	4	5	80.0	0	0	#####	0	0	1	0	1	0.0	####	0.0	4	2	0	6	66.7	33.3	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	28	31	90.3	26	29	89.7	1	1	100.0	1	1	100.0	3	0	0	0	0	####	####	####	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SF下	〃	〃	〃	〃	12	32	37.5	6	26	23.1	4	4	100.0	2	2	100.0	1	0	0	0	0	####	####	####	20	0	0	20	####	0.0	0.0
SB下	〃	〃	〃	〃	15	22	68.2	11	17	64.7	3	3	100.0	1	2	50.0	3	0	0	0	0	####	####	####	6	0	1	7	85.7	0.0	14.3
UV	村山	〃	〃	〃	31	35	88.6	22	27	81.5	4	3	133.3	5	5	100.0	0	1	1	1	3	33.3	33.3	33.3	6	0	1	7	85.7	0.0	14.3
UF	〃	〃	〃	〃	5	7	71.4	5	6	83.3	0	1	0.0	0	0	#####	0	0	0	0	0	####	####	####	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0
UB	〃	〃	〃	〃	17	19	89.5	15	17	88.2	2	2	100.0	0	0	#####	1	1	0	0	1	####	0.0	0.0	3	0	0	3	####	0.0	0.0

図表(4-1-3)1-7　周波数別データー覧表　目標車線（宇治→城陽）

（数えすぎや数え逃しは一切数えない）

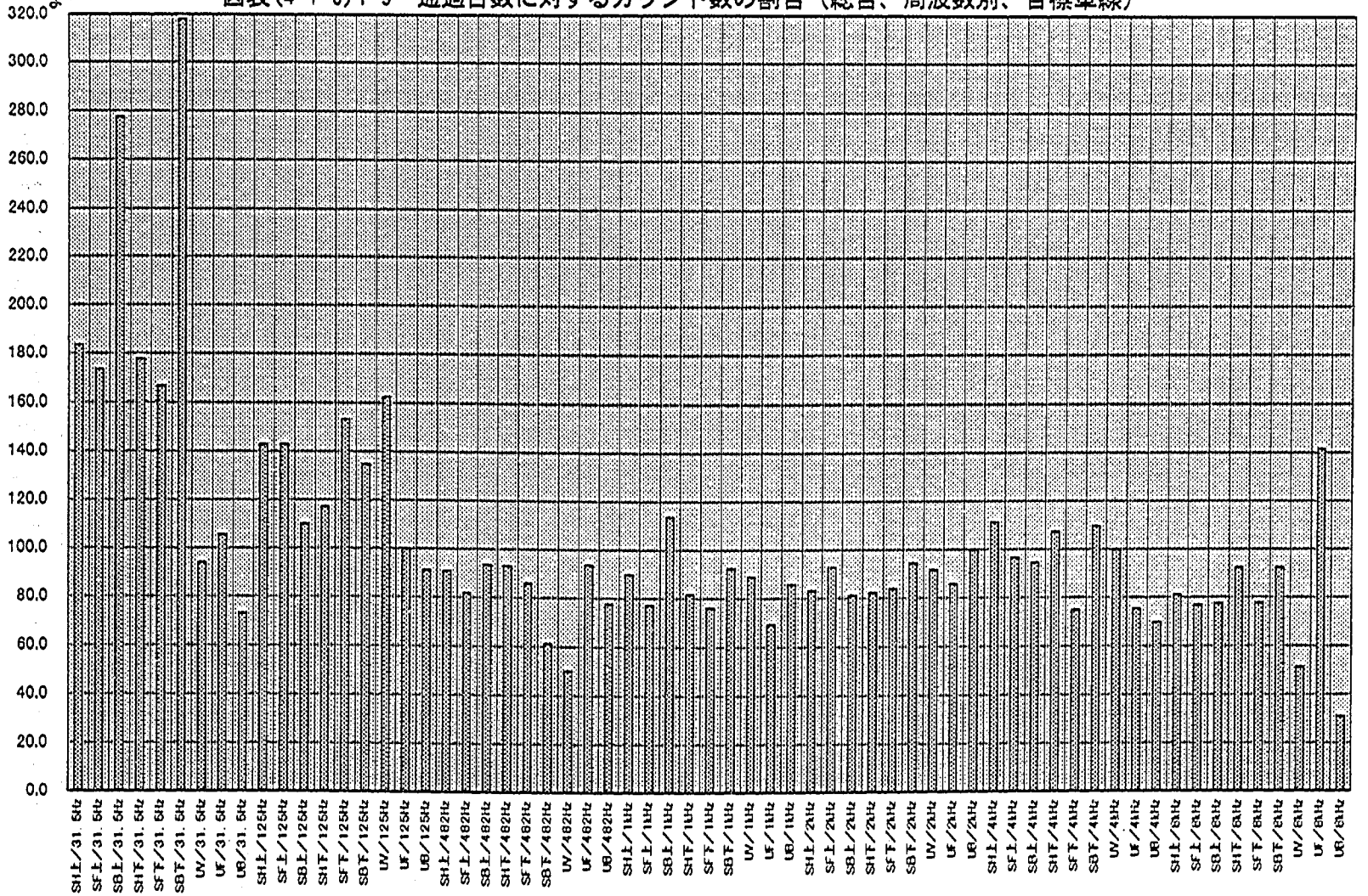
マイク向き	担当	BPF fo	BPF Q	キャリア fcc	総合			普通車			大型トラック			バイク			交差	数え過ぎ				数え過ぎ内訳				数え逃し				数え逃し内訳			
					カウント計	時間計	％	カウント計	時間計	％	カウント計	時間計	％	カウント計	時間計	％		普	ト	バ	全	普%	ト%	バ%		普	ト	バ	全	普%	ト%	バ%	
SH上	村山	31.5Hz	Q=5	2Hz	11	18	61.1	11	16	68.8	0	2	0.0	0	0	#####	1	6	9	0	15	40.0	60.0	0.0		1	0	0	1	#####	0.0	0.0	
SF上	〃	〃	〃	〃	10	15	66.7	9	14	64.3	0	0	#####	1	1	100.0	0	11	0	0	11	#####	0.0	0.0		0	0	0	0	#####	#####	#####	
SB上	〃	〃	〃	〃	1	9	11.1	1	8	12.5	0	1	0.0	0	0	#####	0	13	3	0	16	81.3	18.8	0.0		0	0	0	0	#####	#####	#####	
SH下	〃	〃	〃	〃	4	9	44.4	4	8	50.0	0	1	0.0	0	0	#####	1	6	1	0	7	85.7	14.3	0.0		0	0	0	0	#####	#####	#####	
SF下	〃	〃	〃	〃	4	9	44.4	3	8	37.5	1	1	100.0	0	0	#####	0	9	0	0	9	#####	0.0	0.0		1	0	0	1	#####	0.0	0.0	
SB下	〃	〃	〃	〃	3	11	27.3	3	8	37.5	0	3	0.0	0	0	#####	0	16	8	0	24	66.7	33.3	0.0		0	0	0	0	#####	#####	#####	
UV	境	〃	〃	〃	12	17	70.6	10	15	66.7	2	2	100.0	0	0	#####	0	2	0	0	2	#####	0.0	0.0		3	0	0	3	#####	0.0	0.0	
UF	〃	〃	〃	〃	9	18	50.0	8	17	47.1	0	0	#####	1	1	100.0	0	5	0	0	5	#####	0.0	0.0		4	0	0	4	#####	0.0	0.0	
UB	〃	〃	〃	〃	24	41	58.5	19	35	54.3	3	4	75.0	2	2	100.0	1	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0		14	0	0	14	#####	0.0	0.0	
SH上	村山	125Hz	〃	〃	14	21	66.7	13	17	76.5	0	3	0.0	1	1	100.0	1	4	5	0	9	44.4	55.6	0.0		0	0	0	0	#####	#####	#####	
SF上	〃	〃	〃	〃	10	14	71.4	8	11	72.7	1	2	50.0	1	1	100.0	0	3	3	0	6	50.0	50.0	0.0		0	0	0	0	#####	#####	#####	
SB上	〃	〃	〃	〃	18	20	90.0	15	15	100.0	3	4	75.0	0	1	0.0	0	0	1	1	2	0.0	50.0	50.0		0	0	0	0	#####	#####	#####	
SH下	〃	〃	〃	〃	20	23	87.0	15	17	88.2	4	5	80.0	1	1	100.0	2	0	6	0	6	0.0	#####	0.0		2	0	0	2	#####	0.0	0.0	
SF下	〃	〃	〃	〃	4	15	26.7	3	10	30.0	1	5	20.0	0	0	#####	0	5	6	0	11	45.5	54.5	0.0		3	0	0	3	#####	0.0	0.0	
SB下	〃	〃	〃	〃	15	23	65.2	13	17	76.5	1	5	20.0	1	1	100.0	1	3	7	0	10	30.0	70.0	0.0		1	0	0	1	#####	0.0	0.0	
UV	境	〃	〃	〃	4	8	50.0	4	6	66.7	0	2	0.0	0	0	#####	0	3	2	0	5	60.0	40.0	0.0		0	0	0	0	#####	#####	#####	
UF	〃	〃	〃	〃	16	22	72.7	10	14	71.4	6	7	85.7	0	1	0.0	0	2	1	1	4	50.0	25.0	25.0			0	0	0	#####	#####	#####	
UB	〃	〃	〃	〃	17	23	73.9	14	18	77.8	2	3	66.7	1	2	50.0	2	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0		3	0	1	4	75.0	0.0	25.0	
SH上	村山	482Hz	〃	〃	20	22	90.9	15	16	93.8	3	4	75.0	2	2	100.0	4	0	0	0	0	#####	#####	#####		1	1	0	2	50.0	50.0	0.0	
SF上	〃	〃	〃	〃	25	33	75.8	22	28	78.6	3	4	75.0	0	1	0.0	0	0	1	0	1	0.0	#####	0.0		6	0	1	7	85.7	0.0	14.3	
SB上	〃	〃	〃	〃	27	31	87.1	21	25	84.0	6	6	100.0	0	0	#####	0	1	0	0	1	#####	0.0	0.0		2	0	0	2	#####	0.0	0.0	
SH下	〃	〃	〃	〃	25	29	86.2	20	24	83.3	4	4	100.0	1	1	100.0	2	1	0	0	1	#####	0.0	0.0		3	0	0	3	#####	0.0	0.0	
SF下	〃	〃	〃	〃	29	36	80.6	23	29	79.3	5	6	83.3	1	1	100.0	5	0	0	0	0	#####	#####	#####		5	1	0	6	83.3	16.7	0.0	
SB下	〃	〃	〃	〃	19	31	61.3	12	21	57.1	7	9	77.8	0	1	0.0	6	0	0	0	0	#####	#####	#####		8	2	1	11	72.7	18.2	9.1	
UV	境	〃	〃	〃	13	26	50.0	11	21	52.4	2	4	50.0	0	1	0.0	2	0	0	0	0	#####	#####	#####		10	2	1	13	76.9	15.4	7.7	
UF	〃	〃	〃	〃	23	32	71.9	23	29	79.3	0	2	0.0	0	1	0.0	2	2	2	0	4	50.0	50.0	0.0		5	0	1	6	83.3	0.0	16.7	
UB	〃	〃	〃	〃	19	27	70.4	18	26	69.2	1	1	100.0	0	0	#####	4	1	0	0	1	#####	0.0	0.0		7	0	0	7	#####	0.0	0.0	
SH上	福井	1kHz	〃	〃	24	30	80.0	21	24	87.5	3	5	60.0	0	1	0.0	0	0	2	0	2	0.0	#####	0.0		3	0	1	4	75.0	0.0	25.0	
SF上	〃	〃	〃	〃	17	22	77.3	16	18	88.9	1	4	25.0	0	0	#####	2	0	0	0	0	#####	#####	#####		2	3	0	5	40.0	60.0	0.0	
SB上	〃	〃	〃	〃	18	22	81.8	15	15	100.0	2	6	33.3	1	1	100.0	0	0	5	0	5	0.0	#####	0.0		0	2	0	2	0.0	#####	0.0	
SH下	〃	〃	〃	〃	28	38	73.7	23	28	82.1	4	9	44.4	1	1	100.0	4	0	2	0	2	0.0	#####	0.0		5	3	0	8	62.5	37.5	0.0	
SF下	〃	〃	〃	〃	16	21	76.2	14	19	73.7	0	0	#####	2	2	100.0	0	0	0	0	0	#####	#####	#####		5	0	0	5	#####	0.0	0.0	
SB下	〃	〃	〃	〃	22	26	84.6	19	23	82.6	3	3	100.0	0	0	#####	2	1	0	0	1	#####	0.0	0.0		3	0	0	3	#####	0.0	0.0	
UV	境	〃	〃	〃	29	37	78.4	25	31	80.6	2	4	50.0	2	2	100.0	0	1	0	0	1	#####	0.0	0.0		5	1	0	6	83.3	16.7	0.0	
UF	〃	〃	〃	〃	32	49	65.3	29	44	65.9	1	1	100.0	2	4	50.0	1	1	0	0	1	#####	0.0	0.0		14	0	2	16	87.5	0.0	12.5	
UB	〃	〃	〃	〃	24	35	68.6	19	29	65.5	5	5	100.0	0	1	0.0	4	3	0	0	3	#####	0.0	0.0		7	0	1	8	87.5	0.0	12.5	
SH上	村山	2kHz	〃	〃	25	30	83.3	17	22	77.3	8	8	100.0	0	0	#####	8	0	0	0	0	#####	#####	#####		5	0	0	5	#####	0.0	0.0	
SF上	〃	〃	〃	〃	24	28	85.7	21	23	91.3	2	4	50.0	1	1	100.0	3	0	1	0	1	0.0	#####	0.0		2	1	0	3	66.7	33.3	0.0	
SB上	〃	〃	〃	〃	27	32	84.4	21	25	84.0	6	6	100.0	0	1	0.0	3	0	0	0	0	#####	#####	#####		4	0	1	5	80.0	0.0	20.0	
SH下	〃	〃	〃	〃	28	34	82.4	19	25	76.0	7	7	100.0	2	2	100.0	4	0	0	0	0	#####	#####	#####		6	0	0	6	#####	0.0	0.0	
SF下	〃	〃	〃	〃	20	25	80.0	14	17	82.4	4	6	66.7	2	2	100.0	4	0	1	0	1	0.0	#####	0.0		2	1	1	4	50.0	25.0	25.0	
SB下	〃	〃	〃	〃	32	36	88.9	25	28	89.3	5	6	83.3	2	2	100.0	3	1	0	0	1	#####	0.0	0.0		2	1	0	3	66.7	33.3	0.0	
UV	境	〃	〃	〃	9	11	81.8	8	8	100.0	1	2	50.0	0	1	0.0	0	0	1	0	1	0.0	#####	0.0		1	0	1	2	50.0	0.0	50.0	
UF	〃	〃	〃	〃	10	14	71.4	9	13	69.2	1	1	100.0	0	0	#####	0	1	0	0	1	#####	0.0	0.0		3	0	0	3	#####	0.0	0.0	
UB	〃	〃	〃	〃	6	14	42.9	5	12	41.7	1	2	50.0	0	0	#####	1	4	0	0	4	#####	0.0	0.0		3	1	0	4	75.0	25.0	0.0	
SH上	福井	4kHz	〃	〃	23	27	85.2	21	22	95.5	2	5	40.0	0	0	#####	2	1	3	0	4	25.0	75.0	0.0		0	1	0	1	0.0	#####	0.0	
SF上	〃	〃	〃	〃	23	28	82.1	21	22	95.5	1	3	33.3	1	3	33.3	2	0	3	0	3	0.0	#####	0.0		1	1	2	4	25.0	25.0	50.0	
SB上	〃	〃	〃	〃	12	18	66.7	11	17	64.7	1	1	100.0	0	0	#####	0	2	0	0	2	#####	0.0	0.0		3	0	0	3	#####	0.0	0.0	
SH下	〃	〃	〃	〃	12	14	85.7	10	11	90.9	2	3	66.7	0	0	#####	0	0	2	0	2	0.0	#####	0.0		1	0	0	1	#####	0.0	0.0	
SF下	〃	〃	〃	〃	22	26	78.6	21	23	91.3	1	3	33.3	0	2	0.0	1	0	0	0	0	#####	#####	#####		2	2	2	6	33.3	33.3	33.3	
SB下	〃	〃	〃	〃	16	21	76.2	13	14	92.9	3	7	42.9	0	0	#####	0	2	3	0	5	40.0	60.0	0.0		0	3	0	3	0.0	#####	0.0	
UV	境	〃	〃	〃	23	27	85.2	19	21	90.5	3	5	60.0	1	1	100.0	2	0	2	0	2	0.0	#####	0.0		2	0	0	2	#####	0.0	0.0	
UF	〃	〃	〃	〃	34	45	75.6	32	41	78.0	2	2	100.0	0	2	0.0	2	0	0	0	0	#####	#####	#####		9	0	2	11	81.8	0.0	18.2	
UB	〃	〃	〃	〃	21	33	63.6	16	25	64.0	3	4	75.0	2	4	50.0	0	0	1	0	1	0.0	#####	0.0		9	0	2	11	81.8	0.0	18.2	
SH上	村山	8kHz	〃	〃	26	32	81.3	18	24	75.0	8	8	100.0	0	0	#####	7	0	0	0	0	#####	#####	#####		6	0	0	6	#####	0.0	0.0	
SF上	〃	〃	〃	〃	20	26	76.9	16	20	80.0	3	5	60.0	1	1	100.0	4	0	0	0	0	#####	#####	#####		4	2	0	6	66.7	33.3	0.0	
SB上	〃	〃	〃	〃	27	40	67.5	20	29	69.0	6	11	54.5	1	0	#####	0	0	2	0	2	0.0	#####	0.0		7	3	0	10	70.0	30.0	0.0	
SH下	〃	〃	〃	〃	24	26	92.3	17	19	89.5	5	5	100.0	2	2	100.0	4	0	0	0	0	#####	#####	#####		2	0	0	2	#####	0.0	0.0	
SF下	〃	〃	〃	〃	38	45	84.4	29	36	80.6	7	7	100.0	2	2	100.0	4	0	0	0	0	#####	#####	#####		7	0	0	7	#####	0.0	0.0	
SB下	〃	〃	〃	〃	34	39	87.2	30	33	90.9	4	6	66.7	0	0	#####	0	0	1	0	1	0.0	#####	0.0		3	1	0	4	75.0	25.0	0.0	
UV	境	〃	〃	〃	14	39	35.9	11	34	32.4	3	5	60.0	0	0	#####	2	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0		21	1	0	22	95.5	4.5	0.0	
UF	〃	〃	〃	〃	6	13	46.2	4	9	44.4	0	2	0.0	2	2	100.0	0	4	3	0	7	57.1	42.9	0.0		1	0	0	1	#####	0.0	0.0	
UB	〃	〃	〃	〃	8	26	30.8	7	23	30.4	1	3	33.3	0	0	#####	0	0	0	0	0	#####	#####	#####		16	2	0	18	88.9	11.1	0.0	

図表(4-1-3)1-8　周波数別データー覧表　反対車線（城陽→宇治）

（数えすぎや数え逃しは一切数えない）

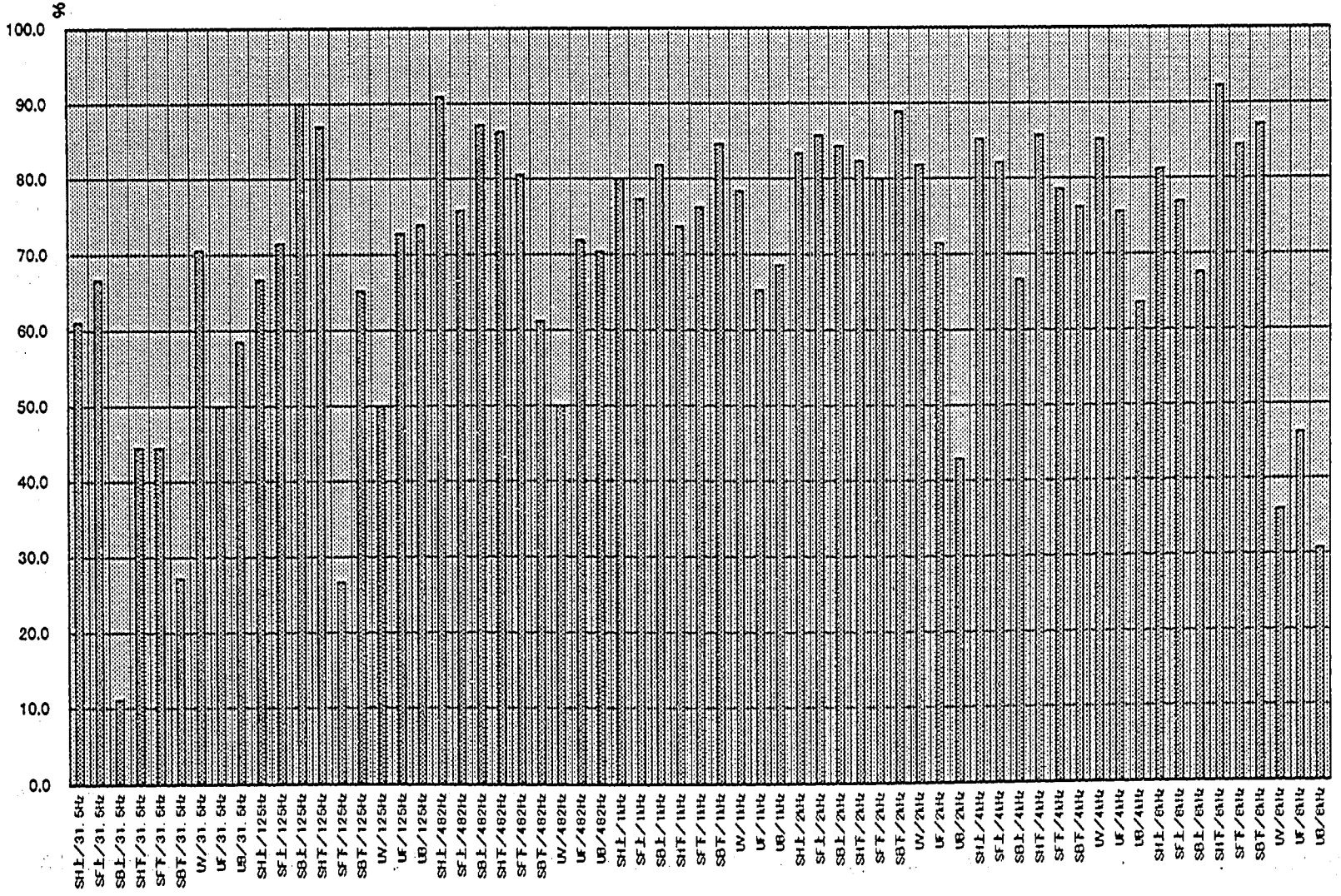
マイク向き	担当	BPF fc	BPF Q	トリガー fcc	総合			普通車			大型トラック			バイク			交差	数え過ぎ				数え過ぎ内訳			数え逃し				数え逃し内訳		
							%			%			%			%		0	1	2	3	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2
SH上	福井	31.5Hz	Q=5	2Hz	8	14	57.1	8	10	80.0	0	4	0.0	0	0	####	1	0	7	0	7	0.0	####	0.0	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	7	16	43.8	6	13	46.2	1	3	33.3	0	0	####	3	7	1	0	8	87.5	12.5	0.0	1	0	0	1	####	0.0	0.0
SB上	〃	〃	〃	〃	5	12	41.7	5	11	45.5	0	1	0.0	0	0	####	1	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0	4	0	0	4	####	0.0	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	11	16	68.8	10	14	71.4	0	1	0.0	1	1	100.0	1	5	3	0	8	62.5	37.5	0.0	0	0	0	0	####	####	####
SF下	〃	〃	〃	〃	9	13	69.2	8	10	80.0	0	2	0.0	1	1	100.0	2	2	10	0	12	16.7	83.3	0.0	0	0	0	0	####	####	####
SB下	〃	〃	〃	〃	6	7	85.7	3	4	75.0	2	2	####	1	1	100.0	0	1	0	0	1	####	0.0	0.0	0	0	0	0	####	####	####
UV	村山	〃	Q=5	2Hz	17	18	94.4	15	16	93.8	1	1	####	1	1	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	0	1	####	0.0	0.0
UF	〃	〃	〃	〃	12	15	80.0	7	10	70.0	5	5	####	0	0	####	0	0	0	0	0	####	####	####	3	0	0	3	####	0.0	0.0
UB	〃	〃	〃	〃	16	21	76.2	12	17	70.6	4	4	####	0	0	####	0	0	0	0	0	####	####	####	5	0	0	5	####	0.0	0.0
SH上	福井	125Hz	〃	〃	15	20	75.0	14	18	77.8	1	2	50.0	0	0	####	1	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	10	13	76.9	9	9	100.0	1	4	25.0	0	0	####	0	0	6	0	6	0.0	####	0.0	0	0	0	0	####	####	####
SB上	〃	〃	〃	〃	15	20	75.0	11	14	78.6	4	6	66.7	0	0	####	1	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	14	23	60.9	13	19	68.4	1	4	25.0	0	0	####	1	3	3	0	6	50.0	50.0	0.0	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SF下	〃	〃	〃	〃	6	10	60.0	5	6	83.3	1	3	33.3	0	1	0.0	2	0	4	1	5	0.0	80.0	20.0	1	0	0	1	####	0.0	0.0
SB下	〃	〃	〃	〃	14	17	82.4	11	13	84.6	2	3	66.7	1	1	100.0	3	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0	1	0	0	1	####	0.0	0.0
UV	村山	〃	〃	〃	16	18	88.9	10	11	90.9	4	4	####	2	3	66.7	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	1	2	50.0	0.0	50.0
UF	〃	〃	〃	〃	21	23	91.3	16	17	94.1	4	4	####	1	2	50.0	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	1	2	50.0	0.0	50.0
UB	〃	〃	〃	〃	23	25	92.0	21	23	91.3	2	2	####	0	0	####	0	0	0	0	0	####	####	####	2	0	1	3	66.7	0.0	33.3
SH上	福井	482Hz	〃	〃	30	36	83.3	23	28	82.1	5	6	83.3	2	2	100.0	6	0	2	0	2	0.0	####	0.0	4	0	0	4	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	14	21	66.7	12	18	66.7	2	3	66.7	0	0	####	3	0	1	0	1	0.0	####	0.0	6	0	0	6	####	0.0	0.0
SB上	〃	〃	〃	〃	16	29	55.2	13	25	52.0	2	3	66.7	1	1	100.0	1	1	0	0	1	####	0.0	0.0	11	1	0	12	91.7	8.3	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	23	27	85.2	17	18	94.4	5	6	83.3	1	3	33.3	4	0	1	0	1	0.0	####	0.0	1	0	1	2	50.0	0.0	50.0
SF下	〃	〃	〃	〃	21	29	72.4	13	19	68.4	6	7	85.7	2	3	66.7	3	0	1	0	1	0.0	####	0.0	6	0	1	7	85.7	0.0	14.3
SB下	〃	〃	〃	〃	24	36	66.7	20	29	69.0	3	6	50.0	1	1	100.0	4	1	4	0	5	20.0	60.0	0.0	8	0	0	8	####	0.0	0.0
UV	村山	〃	〃	〃	25	33	75.8	18	27	66.7	6	6	####	1	0	####	0	0	0	0	0	####	####	####	8	0	0	8	####	0.0	0.0
UF	〃	〃	〃	〃	22	23	95.7	17	18	94.4	5	5	####	0	0	####	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	0	1	####	0.0	0.0
UB	〃	〃	〃	〃	20	22	90.9	12	14	85.7	8	8	####	0	0	####	0	0	0	0	0	####	####	####	2	0	0	2	####	0.0	0.0
SH上	堤	1kHz	〃	〃	19	27	70.4	16	26	69.2	0	0	####	1	1	100.0	3	2	0	0	2	####	0.0	0.0	6	0	0	6	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	14	24	58.3	14	22	63.6	0	1	0.0	0	1	0.0	3	1	2	1	4	25.0	50.0	25.0	7	0	0	7	####	0.0	0.0
SB上	〃	〃	〃	〃	16	20	80.0	13	16	81.3	2	3	66.7	1	1	100.0	2	1	2	0	3	33.3	66.7	0.0	2	0	0	2	####	0.0	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	14	19	73.7	12	15	80.0	1	3	33.3	1	1	100.0	3	0	3	0	3	0.0	####	0.0	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SF下	〃	〃	〃	〃	14	24	58.3	10	19	52.6	3	4	75.0	1	1	100.0	3	2	1	0	3	66.7	33.3	0.0	7	0	0	7	####	0.0	0.0
SB下	〃	〃	〃	〃	19	24	79.2	17	22	77.3	1	1	####	1	1	100.0	3	0	0	0	0	####	####	####	5	0	0	5	####	0.0	0.0
UV	村山	〃	〃	〃	25	29	86.2	18	22	81.8	6	6	####	1	1	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	3	0	0	3	####	0.0	0.0
UF	〃	〃	〃	〃	15	28	53.6	12	23	52.2	3	4	75.0	0	1	0.0	0	0	0	0	0	####	####	####	11	1	1	13	84.6	7.7	7.7
UB	〃	〃	〃	〃	24	30	80.0	17	22	77.3	7	7	####	0	1	0.0	0	0	0	0	0	####	####	####	5	0	1	6	83.3	0.0	16.7
SH上	福井	2kHz	〃	〃	18	28	64.3	13	21	61.9	5	7	71.4	0	0	####	4	2	2	0	4	50.0	50.0	0.0	6	0	0	6	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	23	28	82.1	15	20	75.0	5	5	####	3	3	100.0	2	1	0	0	1	####	0.0	0.0	4	0	0	4	####	0.0	0.0
SB上	〃	〃	〃	〃	25	32	78.1	17	23	73.9	7	8	87.5	1	1	100.0	7	0	0	0	0	####	####	####	6	1	0	7	85.7	14.3	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	24	26	92.3	20	21	95.2	4	5	80.0	0	0	####	1	0	0	0	0	####	####	####	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0
SF下	〃	〃	〃	〃	23	27	85.2	22	26	84.6	1	1	####	0	0	####	2	2	0	0	2	####	0.0	0.0	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SB下	〃	〃	〃	〃	16	19	84.2	12	15	80.0	3	3	####	1	1	100.0	3	0	0	0	0	####	####	####	3	0	0	3	####	0.0	0.0
UV	村山	〃	〃	〃	15	15	100.0	12	12	100.0	2	2	####	1	1	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	0	1	####	0.0	0.0
UF	〃	〃	〃	〃	15	16	93.8	10	11	90.9	3	3	####	2	2	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	1	0	0	1	####	0.0	0.0
UB	〃	〃	〃	〃	14	16	87.5	13	14	92.9	1	2	50.0	0	0	####	1	0	0	0	0	####	####	####	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0
SH上	堤	4kHz	〃	〃	17	20	85.0	13	16	81.3	1	1	####	3	3	100.0	3	0	0	0	0	####	####	####	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	13	23	56.5	13	23	56.5	0	0	####	0	0	####	4	0	0	0	0	####	####	####	10	0	0	10	####	0.0	0.0
SB上	〃	〃	〃	〃	12	20	60.0	11	19	57.9	0	0	####	1	1	100.0	1	4	0	0	4	####	0.0	0.0	4	0	0	4	####	0.0	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	10	15	66.7	8	10	80.0	2	4	50.0	0	1	0.0	0	0	3	0	3	0.0	####	0.0	2	0	1	3	66.7	0.0	33.3
SF下	〃	〃	〃	〃	17	24	70.8	14	20	70.0	3	4	75.0	0	0	####	3	1	2	0	3	33.3	66.7	0.0	5	0	0	5	####	0.0	0.0
SB下	〃	〃	〃	〃	13	19	68.4	10	14	71.4	2	4	50.0	1	1	100.0	1	1	0	0	1	####	0.0	0.0	3	2	0	5	60.0	40.0	0.0
UV	村山	〃	〃	〃	24	26	85.7	16	20	80.0	7	7	####	1	1	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	4	0	0	4	####	0.0	0.0
UF	〃	〃	〃	〃	20	27	74.1	17	23	73.9	3	3	####	0	1	0.0	0	0	0	0	0	####	####	####	6	0	1	7	85.7	0.0	14.3
UB	〃	〃	〃	〃	28	35	80.0	22	28	78.6	5	6	83.3	1	1	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####	6	1	0	7	85.7	14.3	0.0
SH上	福井	8kHz	〃	〃	21	23	91.3	15	16	93.8	5	6	83.3	1	1	100.0	2	0	1	0	1	0.0	####	0.0	1	0	0	1	####	0.0	0.0
SF上	〃	〃	〃	〃	29	44	65.9	25	37	67.6	4	5	80.0	0	2	0.0	5	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0	11	0	2	13	84.6	0.0	15.4
SB上	〃	〃	〃	〃	13	20	65.0	11	15	73.3	2	5	40.0	0	0	####	0	0	1	0	1	0.0	####	0.0	4	2	0	6	66.7	33.3	0.0
SH下	〃	〃	〃	〃	28	31	90.3	26	29	89.7	1	1	####	1	1	100.0	3	0	0	0	0	####	####	####	3	0	0	3	####	0.0	0.0
SF下	〃	〃	〃	〃	12	32	37.5	6	26	23.1	4	4	####	2	2	100.0	1	0	0	0	0	####	####	####	20	0	0	20	####	0.0	0.0
SB下	〃	〃	〃	〃	15	22	68.2	11	17	64.7	3	3	####	1	2	50.0	3	0	0	0	0	####	####	####	6	0	1	7	85.7	0.0	14.3
UV	村山	〃	〃	〃	25	35	71.4	20	27	74.1	2	3	66.7	3	5	60.0	0	1	1	1	3	33.3	33.3	33.3	6	0	1	7	85.7	0.0	14.3
UF	〃	〃	〃	〃	5	7	71.4	5	6	83.3	0	1	0.0	0	0	####	0	0	0	0	0	####	####	####	1	1	0	2	50.0	50.0	0.0
UB	〃	〃	〃	〃	15	19	78.9	13	17	76.5	2	2	####	0	0	####	1	1	0	0	1	####	0.0	0.0	3	0	0	3	####	0.0	0.0

図表(4-1-3)1-9　通過台数に対するカウント数の割合（総合、周波数別、目標車線）

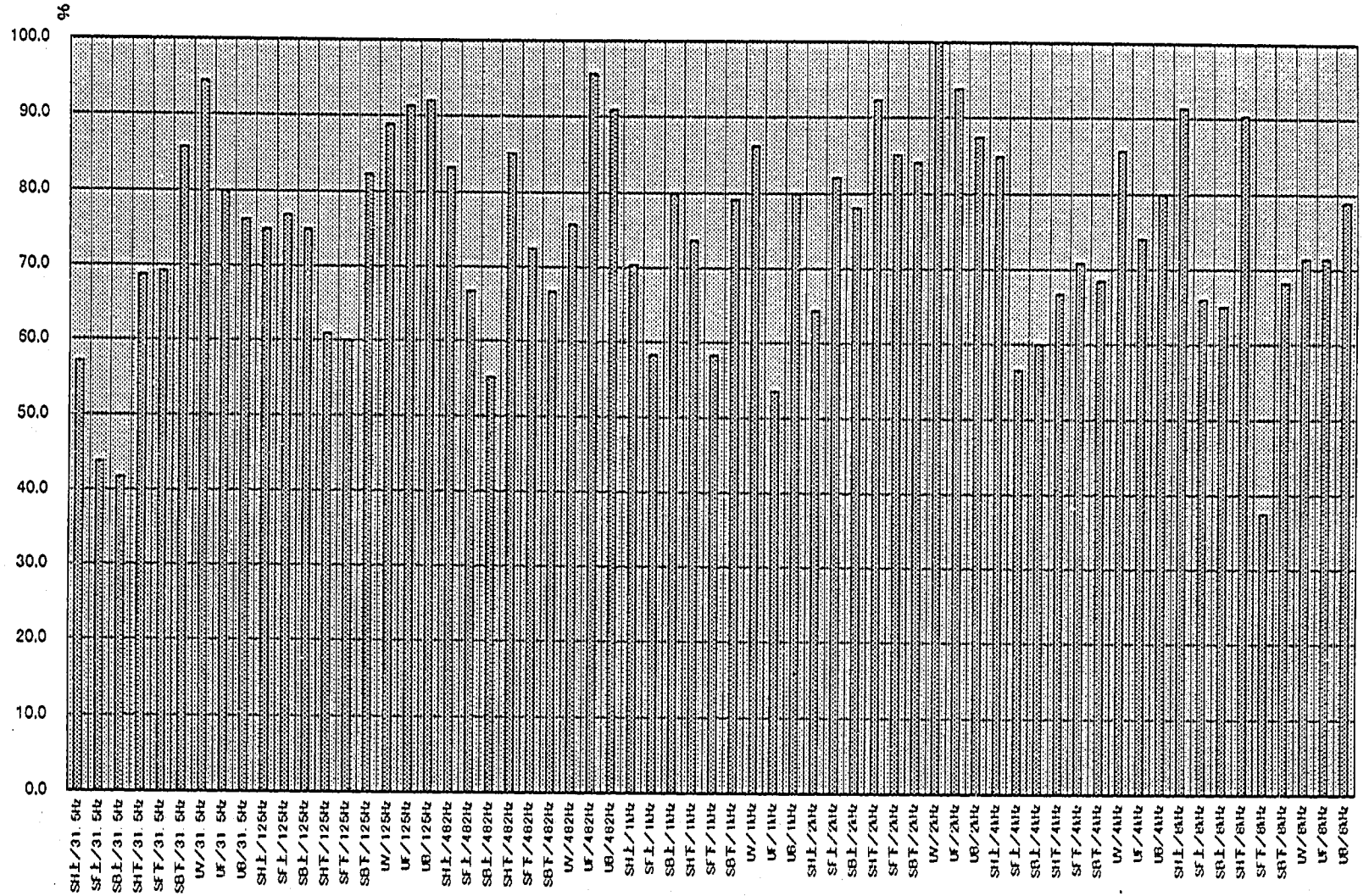


図表(4-1-3)1-10　通過台数に対するカウント数の割合（総合、周波数別、反対車線）

図表(4-1-3)1-11　通過台数に対するカウント数の割合（総合、周波数別、目標車線、数え過ぎや数え逃しは一切数えない）



図表(4-1-3)1-12　通過台数に対するカウント数の割合（総合、周波数別、反対車線、数え過ぎや数え逃しは一切数えない）



b)数え過ぎ率・数え逃し率

数え過ぎ率、数え逃し率を図表(4-1-3)1-13～図表(4-1-3)1-14、図表(4-1-3)1-15～図表(4-1-3)1-16に示す。これは、通過台数に対する数え過ぎ、数え逃しの割合を表したものである。

c)環境音等、車両通過音以外によるカウント

各設置方法、ＢＰＦ fcにおける、車両通過音以外によるカウントを調べた。

図表(4-1-3)1-17・図表(4-1-3)1-18に示す。環境音によるカウントとは、50から実際に通過車両によってカウントした数を減じた数で表されると考え、その数と実際のカウント数（50）に対する割合で確率を表してみた。カウント数は、１台の通過で２つ以上カウントしたものについても、そのままカウント数に含んだ場合の数字を用いた。

以下に各項目（抜粋）の計算式を挙げる。

平均交差カウント数
＝（目標車線交差カウント数＋反対車線交差カウント数）／２

通過車両によるカウント
＝目標車線のカウント数＋反対車線のカウント数－平均交差カウント数

環境音等によるカウント＝50－通過車両によるカウント

確立＝（環境音によるカウント ／ 50）×100

②マイク２本による実験結果

誤認が多く、目的車線の通過車両のカウントができなかった。

図表(4-1-3)1-3の②③⑤⑥の設置方法はマイク１本式で良好でなかったため、２本式では検討しなかった。検討したのは、①（ＵＶＮ：車線中央に設置）・①′（ＵＶＷ：路側帯上）・①″（ＵＶＷＷ：歩道上）・④・⑦の５種類の設置方法である。

図表(4-1-3)1-19にＣＨ１及びＣＨ２のキャリア除去回路通過後の波形を示す。

この図は１～２台の車両がマイクを通過したときのＣＨ１・ＣＨ２が捉えた信号の波形を、山状になっている部分が車両通過をしている。

図によると、ｈ・ｏ・ｐは判別できる可能性がある。しかし、多くの場合単純に車両の通過側に設置したマイクからの信号の方が大きくなるというわけではなく、

ある時点で重なりあったり、大小が入れ代わるなどの現象が起こることが分かる。
この現象は、設置方法に限らず現れている。

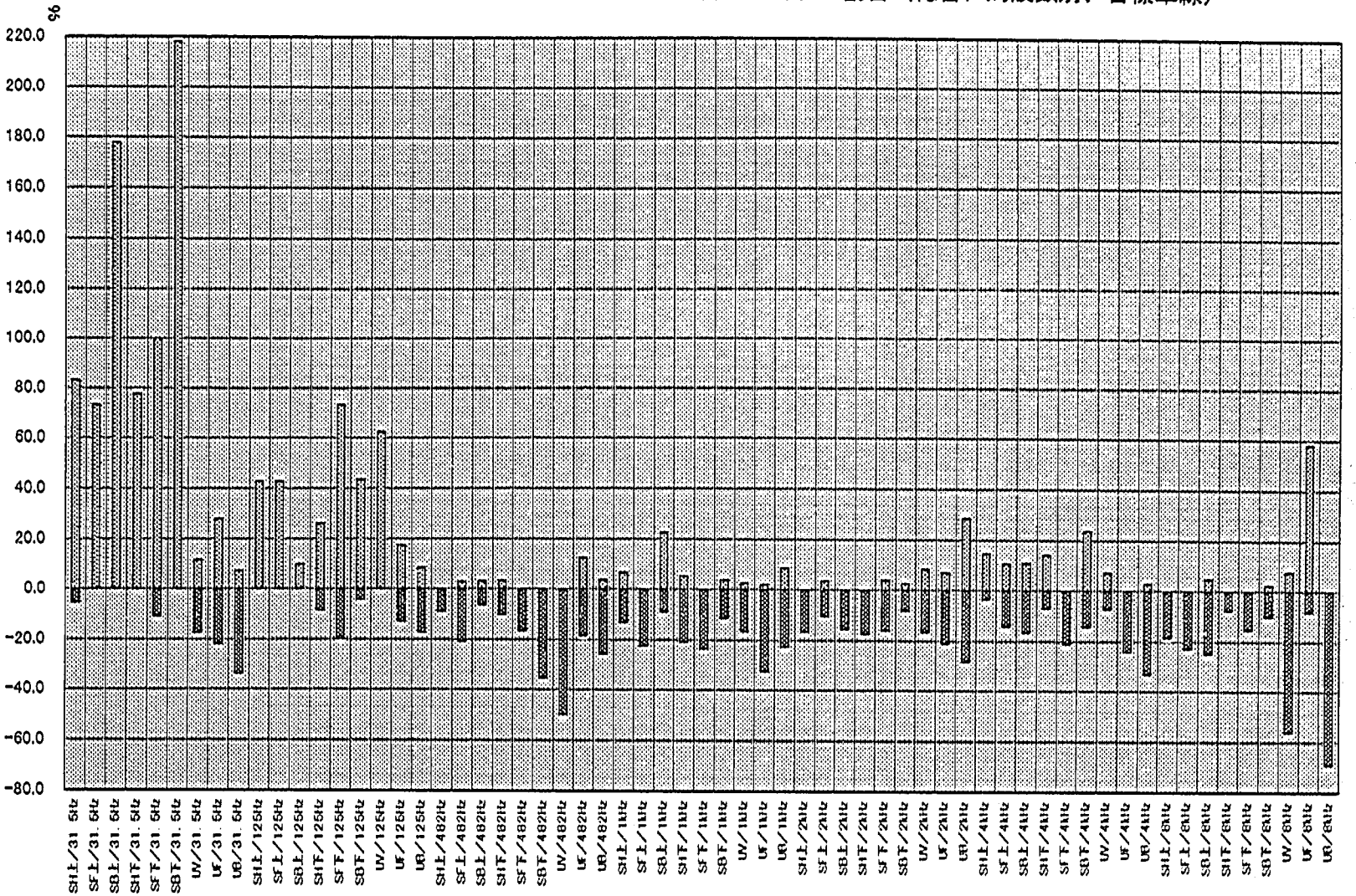
図表(4-1-3)1-13　数え過ぎと数え逃しの通過台数に対する割合（周波数別、目標車線）

マイク向き	BPF fc	普通車(%)		大型トラック(%)		バイク(%)		総合(%)	
		数え過ぎ	数え逃し	数え過ぎ	数え逃し	数え過ぎ	数え逃し	数え過ぎ	数え逃し
SH上	31.5Hz	37.5	-6.3	450.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	83.3	-5.6
SF上	〃	78.6	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	0.0	73.3	0.0
SB上	〃	162.5	0.0	300.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	177.8	0.0
SH下	〃	75.0	0.0	100.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	77.8	0.0
SF下	〃	112.5	-12.5	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	100.0	-11.1
SB下	〃	200.0	0.0	266.7	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	218.2	0.0
UV	〃	13.3	-20.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	11.8	-17.6
UF	〃	29.4	-23.5	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	0.0	27.8	-22.2
UB	〃	5.7	-40.0	25.0	0.0	0.0	0.0	7.3	-34.1
SH上	125Hz	23.5	0.0	166.7	0.0	0.0	0.0	42.9	0.0
SF上	〃	27.3	0.0	150.0	0.0	0.0	0.0	42.9	0.0
SB上	〃	0.0	0.0	25.0	0.0	100.0	0.0	10.0	0.0
SH下	〃	0.0	-11.8	120.0	0.0	0.0	0.0	26.1	-8.7
SF下	〃	50.0	-30.0	120.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	73.3	-20.0
SB下	〃	17.6	-5.9	140.0	0.0	0.0	0.0	43.5	-4.3
UV	〃	50.0	0.0	100.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	62.5	0.0
UF	〃	13.3	-20.0	14.3	0.0	100.0	0.0	17.4	-13.0
UB	〃	5.6	-16.7	33.3	0.0	0.0	-50.0	8.7	-17.4
SH上	482Hz	0.0	-6.3	0.0	-25.0	0.0	0.0	0.0	-9.1
SF上	〃	0.0	-21.4	25.0	0.0	0.0	-100.0	3.0	-21.2
SB上	〃	4.0	-8.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	3.2	-6.5
SH下	〃	4.2	-12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	-10.3
SF下	〃	0.0	-17.2	0.0	-16.7	0.0	0.0	0.0	-16.7
SB下	〃	0.0	-38.1	0.0	-22.2	0.0	-100.0	0.0	-35.5
UV	〃	0.0	-47.6	0.0	-50.0	0.0	-100.0	0.0	-50.0
UF	〃	6.9	-17.2	100.0	0.0	0.0	-100.0	12.5	-18.8
UB	〃	3.8	-26.9	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	3.7	-25.9
SH上	1kHz	0.0	-12.5	40.0	0.0	0.0	-100.0	6.7	-13.3
SF上	〃	0.0	-11.1	0.0	-75.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-22.7
SB上	〃	0.0	0.0	83.3	-33.3	0.0	0.0	22.7	-9.1
SH下	〃	0.0	-17.9	22.2	-33.3	0.0	0.0	5.3	-21.1
SF下	〃	0.0	-26.3	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	0.0	0.0	-23.8
SB下	〃	4.3	-13.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	3.8	-11.5
UV	〃	3.2	-16.1	0.0	-33.3	0.0	0.0	2.8	-16.7
UF	〃	2.3	-31.8	0.0	0.0	0.0	-50.0	2.0	-32.7
UB	〃	10.3	-24.1	0.0	0.0	0.0	-100.0	8.6	-22.9
SH上	2kHz	0.0	-22.7	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-16.7
SF上	〃	0.0	-8.7	25.0	-25.0	0.0	0.0	3.6	-10.7
SB上	〃	0.0	-16.0	0.0	0.0	0.0	-100.0	0.0	-15.6
SH下	〃	0.0	-24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-17.6
SF下	〃	0.0	-11.8	16.7	-16.7	0.0	-50.0	4.0	-16.0
SB下	〃	3.6	-7.1	0.0	-16.7	0.0	0.0	2.8	-8.3
UV	〃	0.0	-11.1	50.0	0.0	0.0	-100.0	8.3	-16.7
UF	〃	7.7	-23.1	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	7.1	-21.4
UB	〃	33.3	-25.0	0.0	-50.0	#DIV/0!	#DIV/0!	28.6	-28.6
SH上	4kHz	4.5	0.0	60.0	-20.0	#DIV/0!	#DIV/0!	14.8	-3.7
SF上	〃	0.0	-4.5	100.0	-33.3	0.0	-66.7	10.7	-14.3
SB上	〃	11.8	-17.6	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	11.1	-16.7
SH下	〃	0.0	-9.1	66.7	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	14.3	-7.1
SF下	〃	0.0	-8.7	0.0	-66.7	0.0	-100.0	0.0	-21.4
SB下	〃	14.3	0.0	42.9	-42.9	#DIV/0!	#DIV/0!	23.8	-14.3
UV	〃	0.0	-9.5	40.0	0.0	0.0	0.0	7.4	-7.4
UF	〃	0.0	-22.0	0.0	0.0	0.0	-100.0	0.0	-24.4
UB	〃	0.0	-36.0	25.0	0.0	0.0	-50.0	3.0	-33.3
SH上	8kHz	0.0	-25.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-18.8
SF上	〃	0.0	-20.0	0.0	-40.0	0.0	0.0	0.0	-23.1
SB上	〃	0.0	-24.1	18.2	-27.3	#DIV/0!	#DIV/0!	5.0	-25.0
SH下	〃	0.0	-10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.7
SF下	〃	0.0	-19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-15.6
SB下	〃	0.0	-9.1	16.7	-16.7	#DIV/0!	#DIV/0!	2.6	-10.3
UV	〃	5.9	-61.8	20.0	-20.0	#DIV/0!	#DIV/0!	7.7	-58.4
UF	〃	44.4	-11.1	150.0	0.0	0.0	0.0	58.3	-8.3
UB	〃	0.0	-69.6	0.0	-66.7	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-69.2

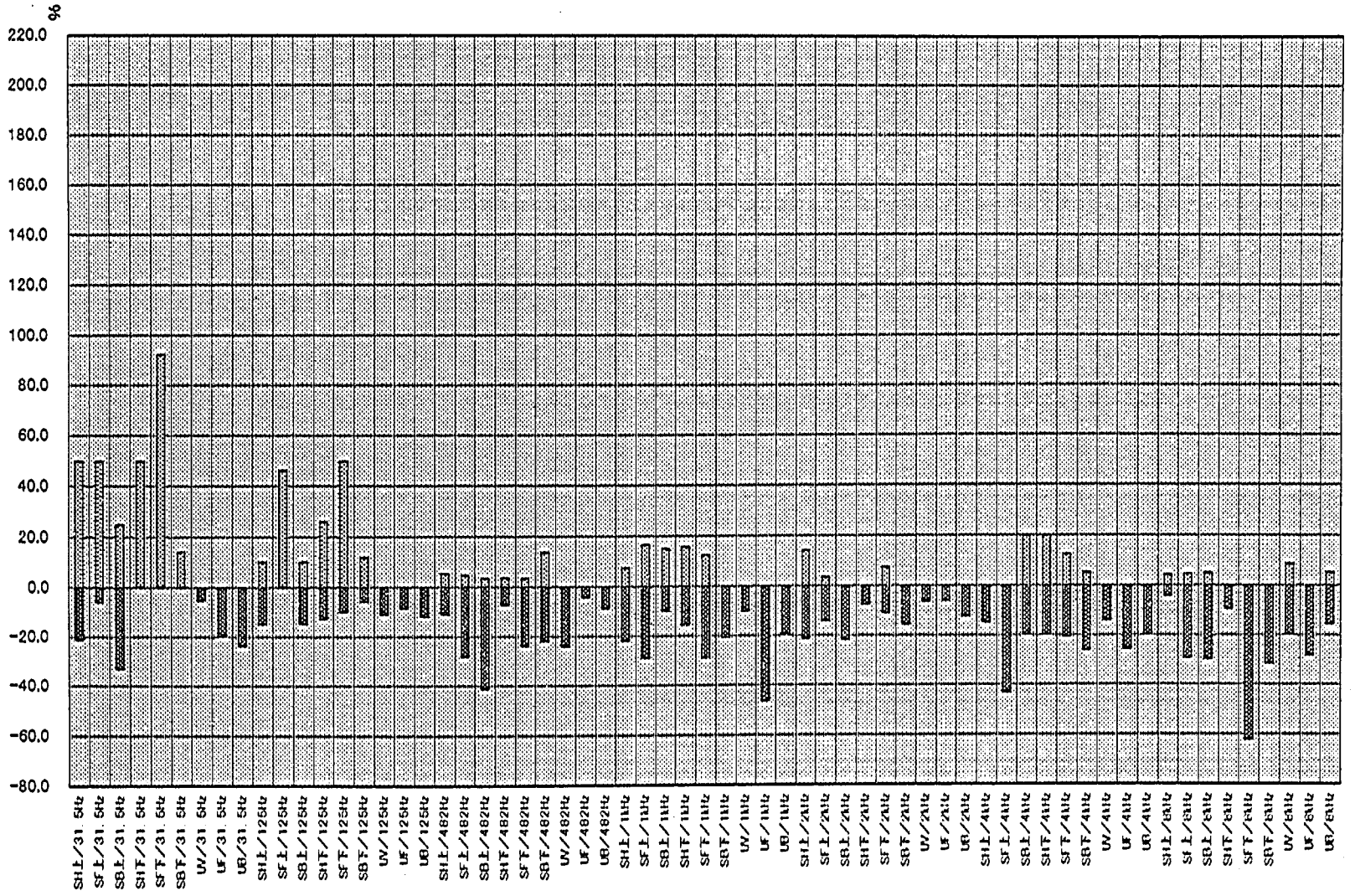
図表(4-1-3)1-14　数え過ぎと数え逃しの通過台数に対する割合（周波数別、反対車線）

マイク向き	BPF fc	普通車(%)		大型トラック(%)		バイク(%)		総合(%)	
		数え過ぎ	数え逃し	数え過ぎ	数え逃し	数え過ぎ	数え逃し	数え過ぎ	数え逃し
SH上	31.5Hz	0.0	-20.0	175.0	-25.0	#DIV/0!	#DIV/0!	50.0	-21.4
SF上	〃	53.8	-7.7	33.3	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	50.0	-6.3
SB上	〃	18.2	-36.4	100.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	25.0	-33.3
SH下	〃	35.7	0.0	300.0	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0
SF下	〃	20.0	0.0	500.0	0.0	0.0	0.0	92.3	0.0
SB下	〃	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3	0.0
UV	〃	0.0	-6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.6
UF	〃	0.0	-30.0	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-20.0
UB	〃	0.0	-29.4	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-23.8
SH上	125Hz	5.6	-16.7	50.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	10.0	-15.0
SF上	〃	0.0	0.0	150.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	46.2	0.0
SB上	〃	7.1	-14.3	16.7	-16.7	#DIV/0!	#DIV/0!	10.0	-15.0
SH下	〃	15.8	-15.8	75.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	26.1	-13.0
SF下	〃	0.0	-16.7	133.3	0.0	100.0	0.0	50.0	-10.0
SB下	〃	7.7	-7.7	33.3	0.0	0.0	0.0	11.8	-5.9
UV	〃	0.0	-9.1	0.0	0.0	0.0	-33.3	0.0	-11.1
UF	〃	0.0	-5.9	0.0	0.0	0.0	-50.0	0.0	-8.7
UB	〃	0.0	-8.7	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-12.0
SH上	482Hz	0.0	-14.3	33.3	0.0	0.0	0.0	5.6	-11.1
SF上	〃	0.0	-33.3	33.3	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	4.8	-28.6
SB上	〃	4.0	-44.0	0.0	-33.3	0.0	0.0	3.4	-41.4
SH下	〃	0.0	-5.6	16.7	0.0	0.0	-33.3	3.7	-7.4
SF下	〃	0.0	-31.6	14.3	0.0	0.0	-33.3	3.4	-24.1
SB下	〃	3.4	-27.6	66.7	0.0	0.0	0.0	13.9	-22.2
UV	〃	0.0	-29.6	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-24.2
UF	〃	0.0	-5.6	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-4.3
UB	〃	0.0	-14.3	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-9.1
SH上	1kHz	7.7	-23.1	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	0.0	7.4	-22.2
SF上	〃	4.5	-31.8	200.0	0.0	100.0	0.0	16.7	-29.2
SB上	〃	6.3	-12.5	66.7	0.0	0.0	0.0	15.0	-10.0
SH下	〃	0.0	-20.0	100.0	0.0	0.0	0.0	15.8	-15.8
SF下	〃	10.5	-36.8	25.0	0.0	0.0	0.0	12.5	-29.2
SB下	〃	0.0	-22.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-20.8
UV	〃	0.0	-13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-10.3
UF	〃	0.0	-47.8	0.0	-25.0	0.0	-100.0	0.0	-46.4
UB	〃	0.0	-22.7	0.0	0.0	0.0	-100.0	0.0	-20.0
SH上	2kHz	9.5	-28.6	28.6	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	14.3	-21.4
SF上	〃	5.0	-20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	-14.3
SB上	〃	0.0	-26.1	0.0	-12.5	0.0	0.0	0.0	-21.9
SH下	〃	0.0	-4.8	0.0	-20.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-7.7
SF下	〃	7.7	-11.5	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	7.4	-11.1
SB下	〃	0.0	-20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-15.8
UV	〃	0.0	-8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.7
UF	〃	0.0	-9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.3
UB	〃	0.0	-7.1	0.0	-50.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-12.5
SH上	4kHz	0.0	-18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-15.0
SF上	〃	0.0	-43.5	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-43.5
SB上	〃	21.1	-21.1	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	0.0	20.0	-20.0
SH下	〃	0.0	-20.0	75.0	0.0	0.0	-100.0	20.0	-20.0
SF下	〃	5.0	-25.0	50.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	12.5	-20.8
SB下	〃	7.1	-21.4	0.0	-50.0	0.0	0.0	5.3	-26.3
UV	〃	0.0	-20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-14.3
UF	〃	0.0	-26.1	0.0	0.0	0.0	-100.0	0.0	-25.9
UB	〃	0.0	-21.4	0.0	-16.7	0.0	0.0	0.0	-20.0
SH上	8kHz	0.0	-6.3	16.7	0.0	0.0	0.0	4.3	-4.3
SF上	〃	2.7	-29.7	20.0	0.0	0.0	-100.0	4.5	-29.5
SB上	〃	0.0	-26.7	20.0	-40.0	#DIV/0!	#DIV/0!	5.0	-30.0
SH下	〃	0.0	-10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.7
SF下	〃	0.0	-76.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-62.5
SB下	〃	0.0	-35.3	0.0	0.0	0.0	-50.0	0.0	-31.6
UV	〃	3.7	-22.2	33.3	0.0	20.0	-20.0	8.6	-20.0
UF	〃	0.0	-16.7	0.0	-100.0	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	-28.6
UB	〃	5.9	-17.6	0.0	0.0	#DIV/0!	#DIV/0!	5.3	-15.8

図表(4-1-3)1-15　数え過ぎと数え逃しの通過台数に対する割合（総合、周波数別、目標車線）



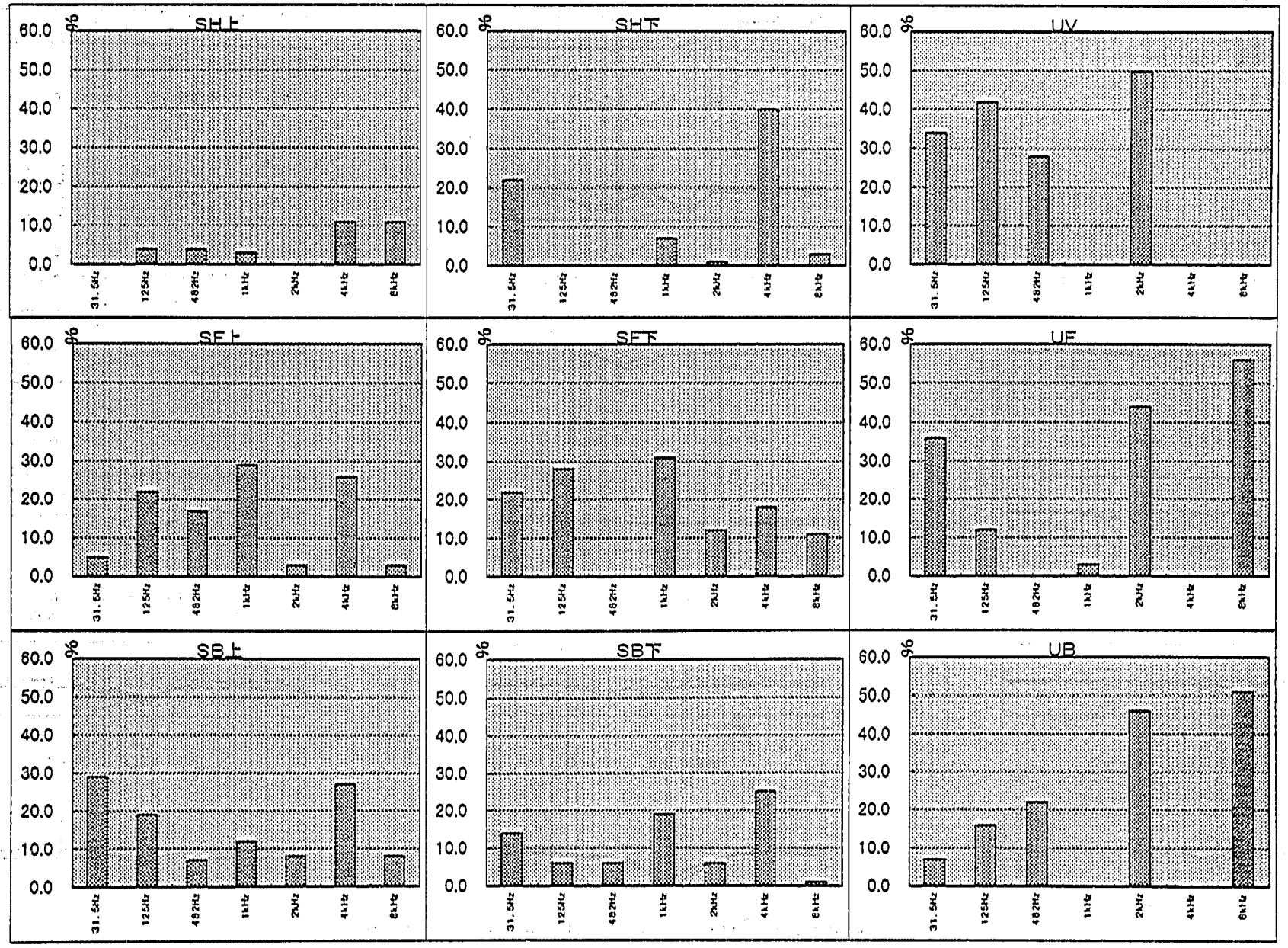
図表(4-1-3)1-16　数え過ぎと数え逃しの通過台数に対する割合（総合、周波数別、反対車線）



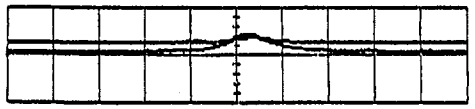
図表(4-1-3)1-17　環境音等、車両通過音以外によるカウント

マイク向き	周波数 Hz	目標車線のカウント	目標車線3カウント数	反対車線(総合)のカウント数	反対車線交差カウント数	目標+反対カウント数	平均交差カウント数	通過車両によるカウント	環境音等によるカウント	確立 %	全部の平均%	4kHzを除いた平均%
SH上	31.5Hz	33	1	18	1	51	1.0	50.0	0.0	0.0	4.7	3.7
	125Hz	30	1	19	1	49	1.0	43.0	2.0	4.0		
	482Hz	20	4	33	6	53	5.0	43.0	2.0	4.0		
	1kHz	27	0	23	3	50	1.5	43.5	1.5	3.0		
	2kHz	25	6	30	4	55	5.0	50.0	0.0	0.0		
	4kHz	30	2	17	3	47	2.5	44.5	5.5	11.0		
	8kHz	26	7	23	2	49	4.5	44.5	5.5	11.0		
SF上	31.5Hz	26	0	23	3	49	1.5	47.5	2.5	5.0	15.0	13.2
	125Hz	20	0	19	0	39	0.0	39.0	11.0	22.0		
	482Hz	27	0	16	3	43	1.5	41.5	8.5	17.0		
	1kHz	17	2	21	3	38	2.5	35.5	14.5	29.0		
	2kHz	26	3	25	2	51	2.5	43.5	1.5	3.0		
	4kHz	27	2	13	4	40	3.0	37.0	13.0	26.0		
	8kHz	20	4	33	5	53	4.5	43.5	1.5	3.0		
SB上	31.5Hz	25	0	11	1	36	0.5	35.5	14.5	29.0	15.7	13.8
	125Hz	22	0	19	1	41	0.5	40.5	9.5	19.0		
	482Hz	29	0	18	1	47	0.5	45.5	3.5	7.0		
	1kHz	25	0	20	2	45	1.0	44.0	6.0	12.0		
	2kHz	26	3	25	7	51	5.0	45.0	4.0	8.0		
	4kHz	17	0	20	1	37	0.5	35.5	13.5	27.0		
	8kHz	31	0	15	0	46	0.0	45.0	4.0	8.0		
SH下	31.5Hz	16	1	24	1	40	1.0	39.0	11.0	22.0	10.4	5.5
	125Hz	27	2	25	1	52	1.5	50.5	0.0	0.0		
	482Hz	27	2	26	4	53	3.0	50.0	0.0	0.0		
	1kHz	31	4	19	3	50	3.5	45.5	3.5	7.0		
	2kHz	28	4	24	1	52	2.5	49.5	0.5	1.0		
	4kHz	15	0	15	0	30	0.0	30.0	20.0	40.0		
	8kHz	24	4	28	3	52	3.5	43.5	1.5	3.0		
SF下	31.5Hz	15	0	25	2	40	1.0	39.0	11.0	22.0	17.4	17.3
	125Hz	23	0	14	2	37	1.0	36.0	14.0	28.0		
	482Hz	31	5	23	3	54	4.0	50.0	0.0	0.0		
	1kHz	15	0	20	3	35	1.5	34.5	15.5	31.0		
	2kHz	21	4	26	2	47	3.0	44.0	6.0	12.0		
	4kHz	21	1	22	3	43	2.0	41.0	9.0	18.0		
	8kHz	35	4	12	1	47	2.5	44.5	5.5	11.0		
SB下	31.5Hz	35	0	8	0	43	0.0	43.0	7.0	14.0	11.0	8.7
	125Hz	31	1	18	3	49	2.0	47.0	3.0	6.0		
	482Hz	19	6	33	4	52	5.0	47.0	3.0	6.0		
	1kHz	24	2	19	3	43	2.5	40.5	9.5	19.0		
	2kHz	34	3	16	3	50	3.0	47.0	3.0	6.0		
	4kHz	23	0	15	1	38	0.5	37.5	12.5	25.0		
	8kHz	36	0	15	3	51	1.5	49.5	0.5	1.0		
UV	31.5Hz	16	0	17	0	33	0.0	33.0	17.0	34.0	22.0	—
	125Hz	13	0	16	0	29	0.0	29.0	21.0	42.0		
	482Hz	13	2	24	0	37	1.0	36.0	14.0	28.0		
	1kHz	32	0	25	0	57	0.0	57.0	0.0	0.0		
	2kHz	11	0	14	0	25	0.0	25.0	25.0	50.0		
	4kHz	27	2	24	0	51	1.0	50.0	0.0	0.0		
	8kHz	20	2	31	0	51	1.0	50.0	0.0	0.0		
UF	31.5Hz	19	0	13	0	32	0.0	32.0	18.0	36.0	21.6	—
	125Hz	23	0	21	0	44	0.0	44.0	6.0	12.0		
	482Hz	30	2	22	0	52	1.0	51.0	0.0	0.0		
	1kHz	34	1	15	0	49	0.5	43.5	1.5	3.0		
	2kHz	12	0	16	0	28	0.0	28.0	22.0	44.0		
	4kHz	34	2	20	0	54	1.0	53.0	0.0	0.0		
	8kHz	17	0	5	0	22	0.0	22.0	28.0	56.0		
UB	31.5Hz	30	1	17	0	47	0.5	46.5	3.5	7.0	20.3	—
	125Hz	21	2	22	0	43	1.0	42.0	8.0	16.0		
	482Hz	21	4	20	0	41	2.0	39.0	11.0	22.0		
	1kHz	30	4	24	0	54	2.0	52.0	0.0	0.0		
	2kHz	14	1	14	1	28	1.0	27.0	23.0	45.0		
	4kHz	23	0	28	0	51	0.0	51.0	0.0	0.0		
	8kHz	8	0	17	1	25	0.5	24.5	25.5	51.0		

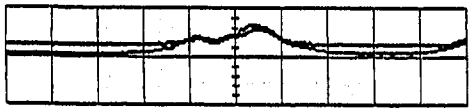
図表(4-1-3)1-18　環境音等、車両通過音以外によるカウント確率



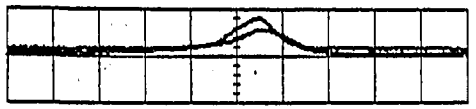
図表(4-1-3)1-19　キャリア除去通過後の波形（マイク２本式）



a　UVN BPF fc=482Hz
Q=20　宇治→城陽



b　UVN BPF fc=482Hz
Q=20　城陽→宇治



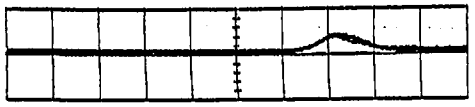
c　UVN BPF fc=1kHz
Q=20　宇治→城陽



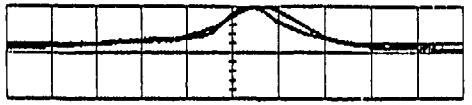
d　UVN BPF fc=1kHz
Q=20　城陽→宇治



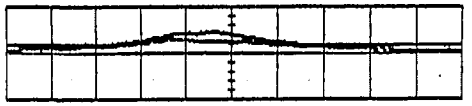
e　UVN BPF fc=2kHz
Q=20　宇治→城陽



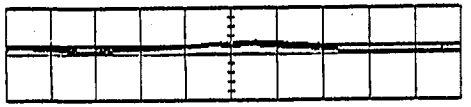
f　UVN BPF fc=2kHz
Q=20　城陽→宇治



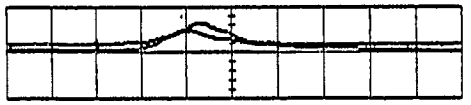
g　UVW BPF fc=1kHz
Q=20　宇治→城陽



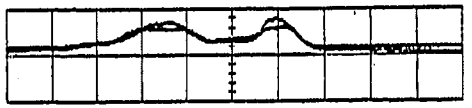
h　UVW BPF fc=1kHz
Q=20　城陽→宇治



i　UVWWBPF fc=1kHz
Q=20　宇治→城陽



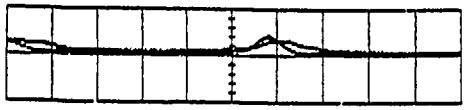
j　UVWWBPF fc=1kHz
Q=20　城陽→宇治



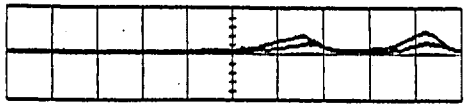
k　UVX BPF fc=1kHz
Q=20　宇治→城陽



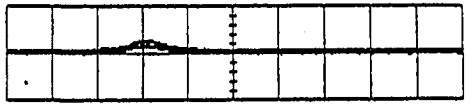
l　UVX BPF fc=1kHz
Q=20　城陽→宇治



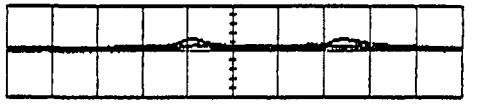
m　SH上 BPF fc=1kHz
Q=40　宇治→城陽



n　SH上 BPF fc=1kHz
Q=40　城陽→宇治



o　SH上 BPF fc=4kHz
Q=40　宇治→城陽



p　SH上 BPF fc=4kHz
Q=40　城陽→宇治

（９）考察

①マイク１本での実験考察

マイク１本での実験について、以下の図表(4-1-3)1-20に考察をまとめた。実験結果の表やグラフだけでは表しきれない部分もあるが、なるべく得られたデータから考察し、必要な場合は実際に試験をした感触、手応えも考慮した。

消去パラメータとは、車両検知機として使用する場合に、それぞれの項目の現象により不的確と考えられるものである。それによって、検討項目を進めるごとに、考慮すべきパラメータを絞っていった。

図表(4-1-3)1-20　実験考察（３／１）

検討項目	現　　象	原　因　項　目	消去ﾊﾟﾗﾒｰﾀ
低域と高域の逆い	横からの収音（ＳＨ上下・ＳＦ上下・ＳＢ上下）の場合、 図表(4-1-3)1-21より、マイク設置方法に限らず、 低域（31.5Hz・125Hz）だと数えすぎる傾向がある。 （特に目標車線） また、この周波数帯では、マイクに少し触れただけでもカウントしてしまうので、外乱的要素に弱いといえる。（マイクが風に当たるなど） ビデオ解析では、125Hzでは大型車の音を通過するかなり前から拾っていた。	高域の音は、車両通過時に瞬間的に大きな音となり、それ以外の時との音圧の差は大きい。しかし、低域の音（エンジン音・駆動音・ロードノイズからのものと思われる）は通過瞬間だけでなく、接近時や通過後でも大きく鳴り響いている傾向があった。特に大型ディーゼルトラックは顕著であった。マイクの指向性は低域周波数に対して広がるので、余計にこの低域成分を拾ってしまうと思われる。また、低域の音は比較的変動が多いので、数え過ぎる傾向があるのではないかと考えられる。 また、数え逃しについては、大型車通過直後に通過する車両の取りこぼしや、特に高域ではゲインが十分得られなかったこと、回路自体の周波数特性の限界などが考えられる。（上記より、16kHzを試験項目から外した）	31.5Hz 125Hz 16kHz

図表(4-1-3)1-20　実験考察(2／3)

検討項目	現　　象	原　因　項　目	消去ﾊﾟﾗﾒｰﾀ
マイク設置位置（ＳＨ上下・ＳＦ上下ＳＢ上下）について	マイク設置方向による波形の傾向としては、ある程度予想通りであった。（図表(4-1-3)1-22） しかし、どの設置法に対してもカウントのし過ぎと、カウント逃しの両方の傾向があり（図表(4-1-3)1-21）、全体的に見るとマイク設置方法によっては、あまり違いは見られない。 しかし、図表(4-1-3)1-18より環境音（車両通過音以外）に対しての反応を見ると、ＳＨ上が比較的誤動作が少ないことが分かる。	ＳＨ下・ＳＦ下・ＳＢ下は、マイクを地面に直接設置したので、空気中を伝播する音だけではなく、車両以外の地面を伝播する音（歩く音など）まで拾ってしまう可能性がある。また遠くの車のロードノイズを拾っている可能性も考えられる。地面を伝播する音に対しては、マイクの向きはあまり関係しないのではないか。 ＳＦ・ＳＢはマイクが車線と平行な方向に向いているのでＳＦでは車両がマイクの前を通過する以前から車両音を捉えてしまい、ＳＢでは通過した後でもしばらくは車両音を捉えたままであるがゆえ、その間の車両音の変動（エンジン音・排気ブレーキ音・通過車両が巻き起こす風音・マフラー付近から発生する音など）をカウントしてしまう。 特に大型ディーゼル車の音は、変動も大きく、音自体も大きいので、遠距離でも影響が大きい。 数え逃すのは、上記のように遠方の音を拾ってしまうため、本来の通過車両の音をマスクしてしまう、或いは濁してしまう場合があるためである。	ＳＨ下 ＳＦ下 ＳＢ下 ＳＦ上 ＳＢ上

図表(4-1-3)1-20　実験考察(3／3)

検討項目	現　　象	原　因　項　目	消去ﾊﾟﾗﾒｰﾀ
車両側方からの収音（ＳＦ上）と車両上方からの収音（ＵＶ・ＵＦ・ＵＢ）の違い	上から収音するよりも、横から収音する方が比較的誤動作が少なかった。図表(4-1-3)1-21を見ると、ＳＨ上の誤差が小さいのがわかる。 上から収音する方法が車線の区別もしやすく、有効な方法ではないかと考えていたが、横から収音する方が比較的誤動作が少なかった。	これは、目的車線を考えた場合、上から収音する方が横から収音する時よりも通過車両とマイクの距離が長くなり、通過車両をマイクの指向性が広がった位置で捉えるため、他車線の通過車両音や環境音等を拾いやすくなったためと思われる。 また、通過車両を横から捉える場合は、同じ車線ならばマイクと車両の距離にあまり差はでないが、上から収音する場合は、大型車両と小型車両で大きな差が出てしまう。しかも、小型車（比較的小さな音がする傾向）に対して距離が長く、大型車（比較的大きな音がする傾向）に対して距離が短くなってしまう。 この両者を同じようにカウントしようとしているため誤差が大きくなったと考えられる。	ＵＶ ＵＦ ＵＢ
大型車と普通車の違い	大型車は普通車に比べ、数えすぎの傾向が強い。 （特に低域）	大型車は普通車に比べると音が大きく、しかも音の変動が激しい。空気圧ブレーキ等もよく使用する。 よって、普通車よりも数えすぎの傾向があると推測する。 また車両長自体が長いので、マイクの前を通り過ぎるのにかかる時間が普通車より長いのも要因の一つと考えられる。 （つまりこの間に音圧変動があれば、カウントしてしまう確率が高い）	
大型車の通過後について	大型車が通過後の車両は捉えにくい。	大型車の大きな音で、後続車の音が消されてしまうため。	

a)最適設定について

車両検知機として用いる場合、今回の実験ではマイクの設置はＳＨ上が一番良いといえる。次にマイク設定をＳＨ上とし、ＢＰＦ fcは比較的状態の良かった、１kHz、２kHz、４kHz、８kHzを用いて、ＢＰＦ Qを変化させ、データをとったものを図表(4-1-3)1-23に示す。

また、数え過ぎ、数え逃しを図表(4-1-3)1-24に表す。目標、反対の両車線を参考にすると、ＢＰＦ fc＝１kHz、Q＝20あたりが良いことが分かる。

b)マイク１本式の性能

ｱ)通過車線の区別について

音圧レベルの変化を元にして検知を行っているため、マイクに入ってくる音圧の大小が、単純に車線の違い（マイクに近い車線、遠い車線）で分けることができない。したがってマイク１本による音圧感知式車両検知機では、感知した車両の通行車線の区別ができなかった。

ｲ)検知可能速度について

速度の速い車両については、ハードウェアの応答速度による。普通乗用車が200Km/hのスピードで通過した場合を考えると、通過に所要する時間は、約100ms、回路の時定数は約200～250ms程度であり、速度の上限としては、このあたりと予想される。ある程度の音圧が得られれば、しきい電圧を低く設定することで、検知することが可能となるが、速度の遅い車両に対しては、単純に速度だけではなく、車種やギアなどにもよるので、特定できない。

ｳ)検知可能車間距離について

普通車が適度なスピードで常識的な車間距離で走行する場合は、問題ないといえる。しかしながら、大型車が通過すると、前後の車両はマスクされてしまう傾向があるので、大型車が通過する前後ではかなり検知率が悪くなる。

c)総評

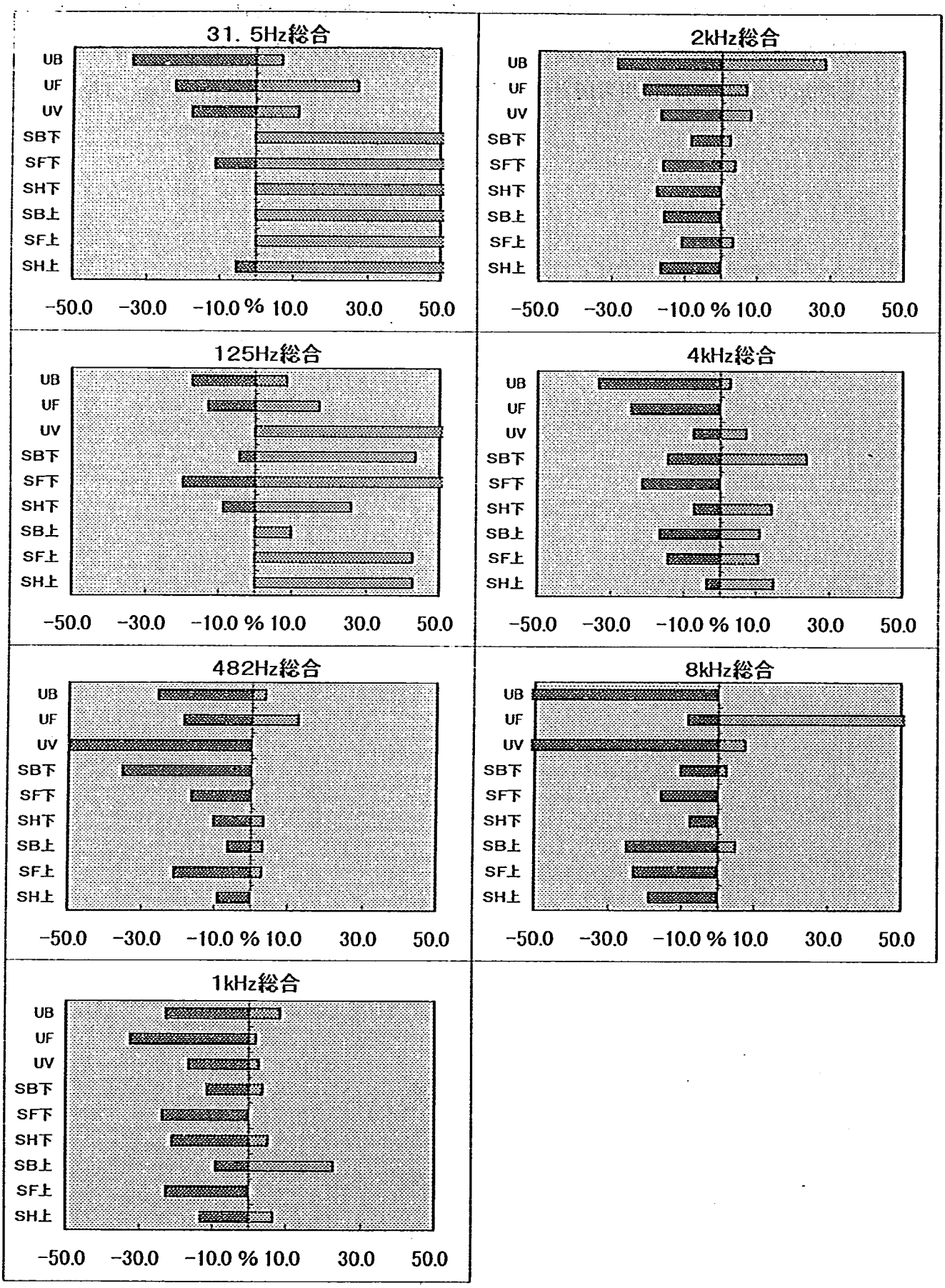
音圧感知式車両検知機は、音圧の変化だけを見て車両の有無を検知する。

音圧を変化させるパラメータはたくさんあり、例えば、車両の大きさ、速度、アクセルの踏み具合と使用しているギア、前後車両との車間距離などである。よってこれらの組み合わせにより、様々な通過状態が存在する。

このように、音自体が、車種、アクセル、車両の前後関係などにより異なってくるため、検知可能な車間距離、スピードを特定できないところが、音圧感知式の弱

点であり、音をセンシングする難しさといえる。つまり、検知精度は道路状況によって変動してしまう。現状では、道路状況がさほど変化しない場所（渋滞が少ない所）で車線の区別を必要としない場合、あるいは、カウントせずに車両の有無だけを感知する場合で、使用可能と考えられる。

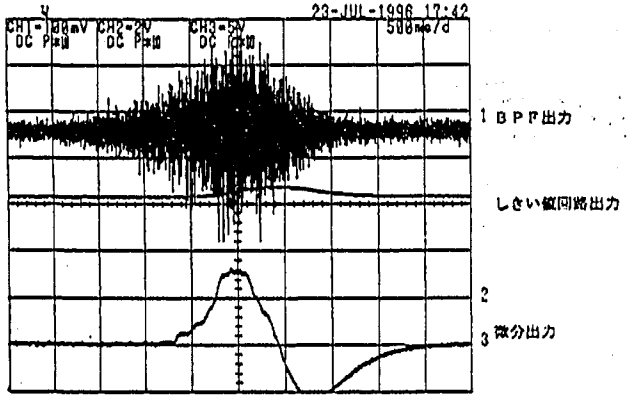
図表(4-1-3)1-21　目標車線の数え過ぎ、数え逃し率



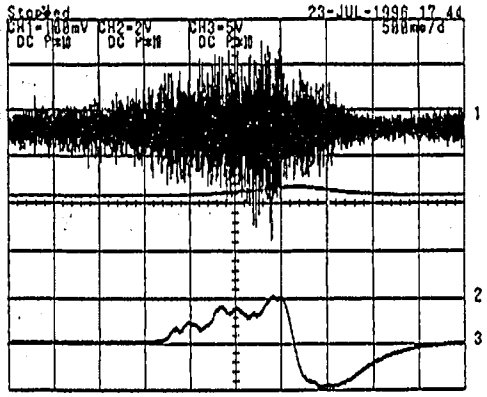
図表(4-1-3)1-22　マイク設置方式による波形の違い（マイク１本式）

・目標車線（宇治→城陽）
・ＢＰＦ　ｆｃ＝１ｋＨｚ、Ｑ＝４０、キャリア除去　ｆ＝９．４Ｈｚ
・ゲイン６－０、しきい値４．７

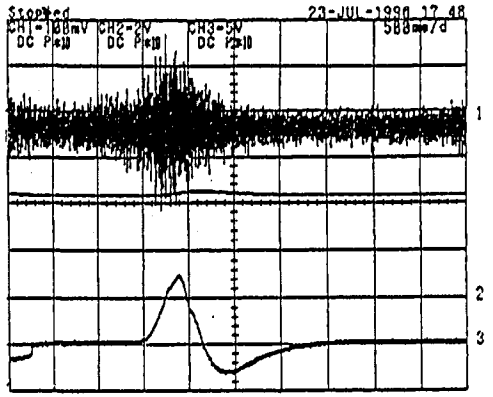
・測定日、場所：１９９６年７月２３日　こうのす体育館前道路サン城陽テニス場付近
・天候：晴れ



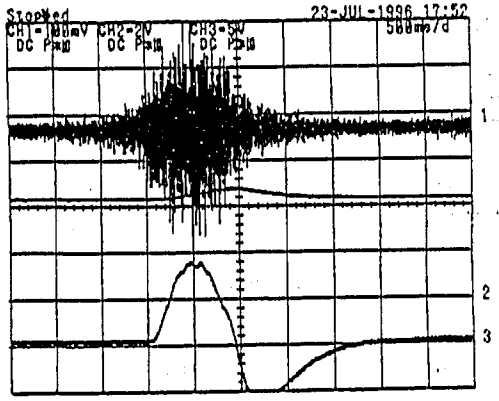
ＳＨ上（ワンボックス車）



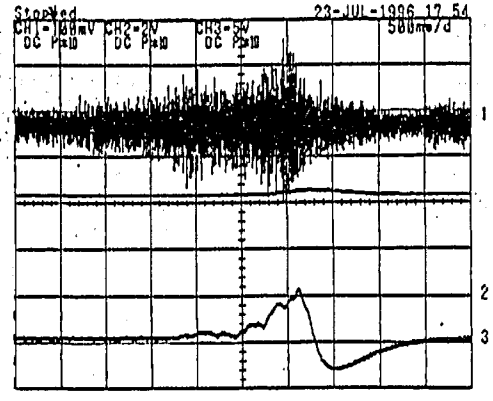
ＳＦ上（軽トラック）



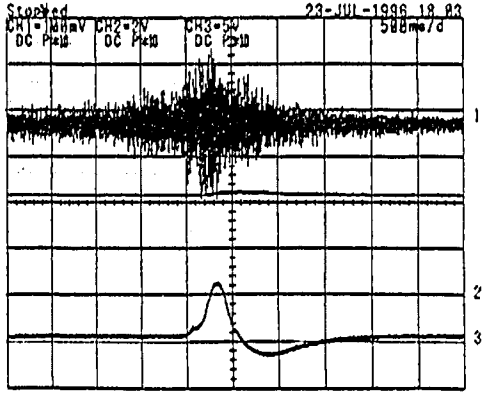
ＳＢ上（４ＷＤ）



ＳＨ下（普通車）



ＳＦ下（普通車）

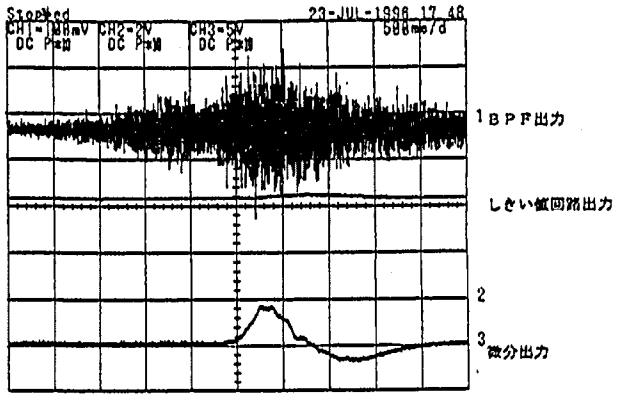


ＳＢ下（普通車）

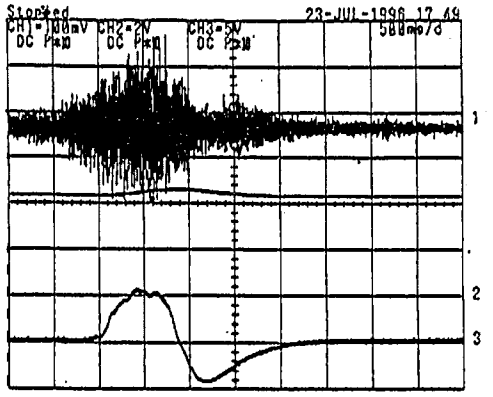
図表(4-1-3)1-22　マイク設置方法による波形の違い（マイク１本式）

・目標車線（宇治→城陽）
・ＢＰＦ　ｆｃ＝１ｋＨｚ、Ｑ＝４０、キャリア除去　ｆ＝９．４Ｈｚ
・ゲイン６－０、しきい値４．７

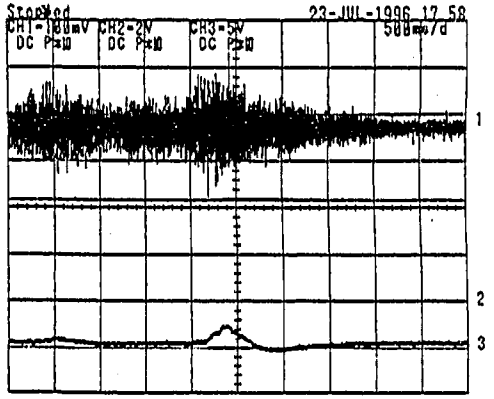
・測定日、場所：１９９６年７月２３日　こうのす体育館前道路サン城陽テニス場付近
・天候：晴れ



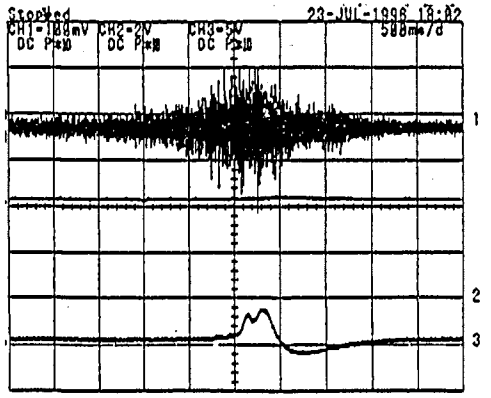
ＳＦ上（軽自動車）



ＳＢ上（普通車）



ＳＦ下（普通車）



ＳＢ下（普通車）

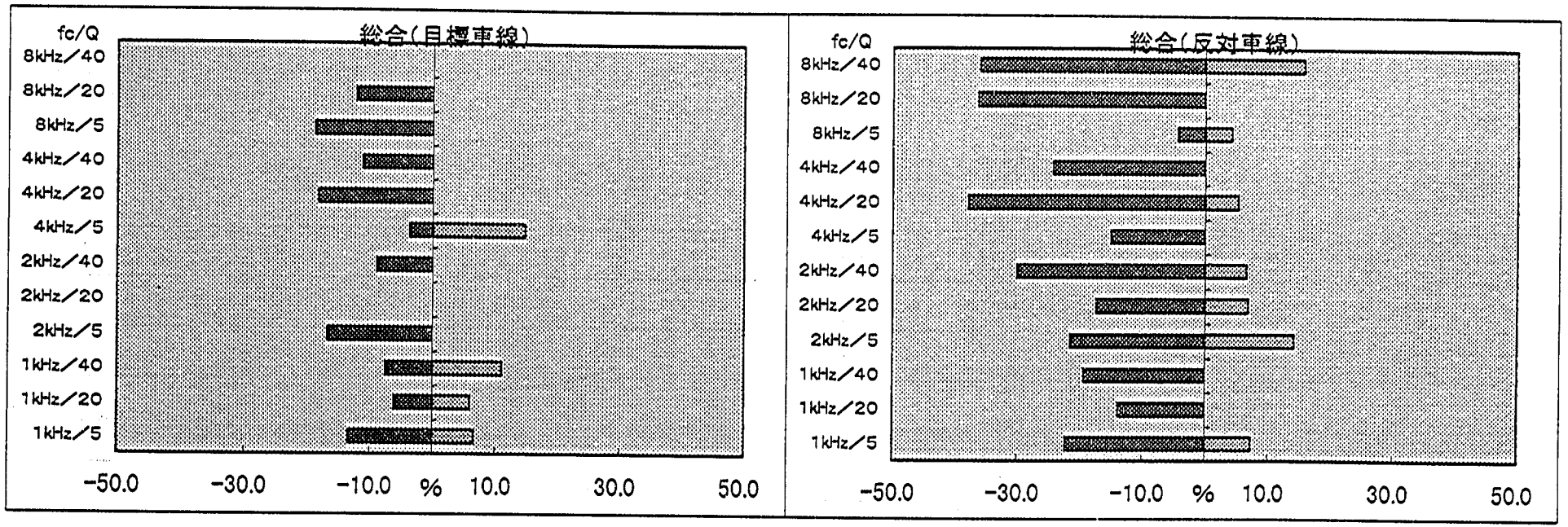
図表(4-1-3)1-23　ＢＰＦ　Ｑ変化（目標車線）

マイク向き	担当	BPF fc／Q	キャリア検出 foo	総合			普通車			大型トラック			バイク			交差	数え過ぎ				数えすぎ内訳				数えのがし				数えのがし内訳			
				カウント数	通過台数	％	カウント数	通過台数	％	カウント数	通過台数	％	カウント数	通過台数	％		普	ト	バ	全	普%	ト%	バ%		普	ト	バ	全	普%	ト%	バ%	
SH上(目標)	福井	1kHz／5	2Hz	27	30	90.0	20	24	83.3	7	5	140.0	0	1	0.0	0	0	2	0	2	0.0	####	0.0		3	0	1	4	75.0	0.0	25.0	
〃	福井	1kHz／20	〃	32	33	97.0	26	27	96.3	5	3	166.7	1	3	33.3	4	0	2	0	2	0.0	####	0.0		1	0	1	2	50.0	0.0	50.0	
〃	福井	1kHz／40	〃	28	27	103.7	20	22	90.9	8	5	160.0	0	0	####	2	0	3	0	3	0.0	####	0.0		2	0	0	2	####	0.0	0.0	
〃	村山	2kHz／5	〃	25	30	83.3	17	22	77.3	8	8	100.0	0	0	####	6	0	0	0	0	####	####	####		5	0	0	5	####	0.0	0.0	
〃	福井	2kHz／20	〃	29	29	100.0	21	21	100.0	6	6	100.0	2	2	100.0	6	0	0	0	0	####	####	####		0	0	0	0	####	####	####	
〃	福井	2kHz／40	〃	31	34	91.2	24	26	92.3	5	5	100.0	2	3	66.7	0	0	0	0	0	####	####	####		2	0	1	3	66.7	0.0	33.3	
〃	福井	4kHz／5	〃	30	27	111.1	23	22	104.5	7	5	140.0	0	0	####	2	1	3	0	4	25.0	75.0	0.0		0	1	0	1	0.0	####	0.0	
〃	福井	4kHz／20	〃	18	22	81.8	15	19	78.9	0	0	####	3	3	100.0	2	0	0	0	0	####	####	####		4	0	0	4	####	0.0	0.0	
〃	福井	4kHz／40	〃	24	27	88.9	20	23	87.0	4	4	100.0	0	0	####	1	0	0	0	0	####	####	####		3	0	0	3	####	0.0	0.0	
〃	村山	8kHz／5	〃	26	32	81.3	18	24	75.0	8	8	100.0	0	0	####	7	0	0	0	0	####	####	####		6	0	0	6	####	0.0	0.0	
〃	福井	8kHz／20	〃	36	41	87.8	29	32	90.6	6	8	75.0	1	1	100.0	0	0	0	0	0	####	####	####		3	2	0	5	60.0	40.0	0.0	
〃	福井	8kHz／40	〃	16	16	100.0	13	13	100.0	3	3	100.0	0	0	####	0	0	0	0	0	####	####	####		0	0	0	0	####	####	####	

図表(4-1-3)1-23　ＢＰＦ　Ｑ変化（反対車線）

マイク向き	担当	BPF fc／Q	キャリア検出 foo	総合			普通車			大型トラック			バイク			交差	数え過ぎ				数えすぎ内訳				数えのがし				数えのがし内訳			
				カウント数	通過台数	％	カウント数	通過台数	％	カウント数	通過台数	％	カウント数	通過台数	％		普	ト	バ	全	普%	ト%	バ%		普	ト	バ	全	普%	ト%	バ%	
SH上(反対)	福井	1kHz／5	2Hz	23	27	85.2	22	26	84.6	0	0	####	1	1	100.0	3	2	0	0	2	####	0.0	0.0		6	0	0	6	####	0.0	0.0	
〃	福井	1kHz／20	〃	25	29	86.2	20	22	90.9	1	3	33.3	4	4	100.0	5	0	0	0	0	####	####	####		2	2	0	4	50.0	50.0	0.0	
〃	福井	1kHz／40	〃	21	26	80.8	19	24	79.2	2	2	100.0	0	0	####	2	0	0	0	0	####	####	####		5	0	0	5	####	0.0	0.0	
〃	福井	2kHz／5	〃	30	28	107.1	17	21	81.0	9	7	128.6	4	0	####	4	2	2	0	4	50.0	50.0	0.0		6	0	0	6	####	0.0	0.0	
〃	福井	2kHz／20	〃	26	29	89.7	24	27	88.9	1	1	100.0	1	1	100.0	4	2	0	0	2	####	0.0	0.0		5	0	0	5	####	0.0	0.0	
〃	福井	2kHz／40	〃	21	30	70.0	16	24	66.7	3	3	100.0	2	3	66.7	5	2	0	0	2	####	0.0	0.0		8	0	1	9	88.9	0.0	11.1	
〃	福井	4kHz／5	〃	17	20	85.0	13	16	81.3	1	1	100.0	3	3	100.0	3	0	0	0	0	####	####	####		3	0	0	3	####	0.0	0.0	
〃	福井	4kHz／20	〃	25	37	67.6	23	34	67.6	2	3	66.7	0	0	####	2	2	0	0	2	####	0.0	0.0		13	1	0	14	92.9	7.1	0.0	
〃	福井	4kHz／40	〃	25	33	75.8	24	32	75.0	0	0	####	1	1	100.0	7	0	0	0	0	####	####	####		8	0	0	8	####	0.0	0.0	
〃	福井	8kHz／5	〃	23	23	100.0	15	16	93.8	7	6	116.7	1	1	100.0	2	0	1	0	1	0.0	####	0.0		1	0	0	1	####	0.0	0.0	
〃	福井	8kHz／20	〃	14	22	63.6	12	19	63.2	1	1	100.0	1	2	50.0	5	0	0	0	0	####	####	####		7	0	1	8	87.5	0.0	12.5	
〃	福井	8kHz／40	〃	20	25	80.0	19	23	82.6	0	0	####	1	2	50.0	6	4	0	0	4	####	0.0	0.0		8	0	1	9	88.9	0.0	11.1	

図表(4-1-3)1-24　ＢＰＦ　Ｑ検討



②マイク２本での実験考察

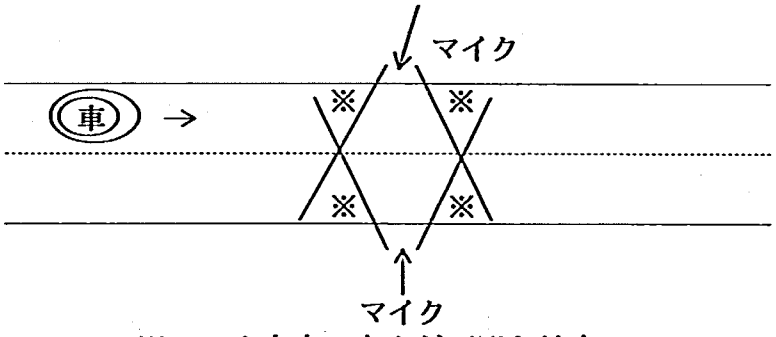
実験結果原因考察：

・上方からの収音では車両との距離が比較的離れてしまい、マイクの指向性が広がった部分で車両を捉えるため、それぞれのマイクに入ってくる音圧に差が現れにくいと考えられる。

・上方からの収音では通過する車両の車高の違いによっても、それぞれのマイクが捉える音に変化が生じ、一定した測定結果が得られないのではないかと思われる。

・側方からの収音では図表(4-1-3)1-25に示すように、逆に通過車両から遠い側のマイクの方が入力音圧が大きくなる可能性のある地点がある。このため、信号の大小が入れ代わる可能性がある。

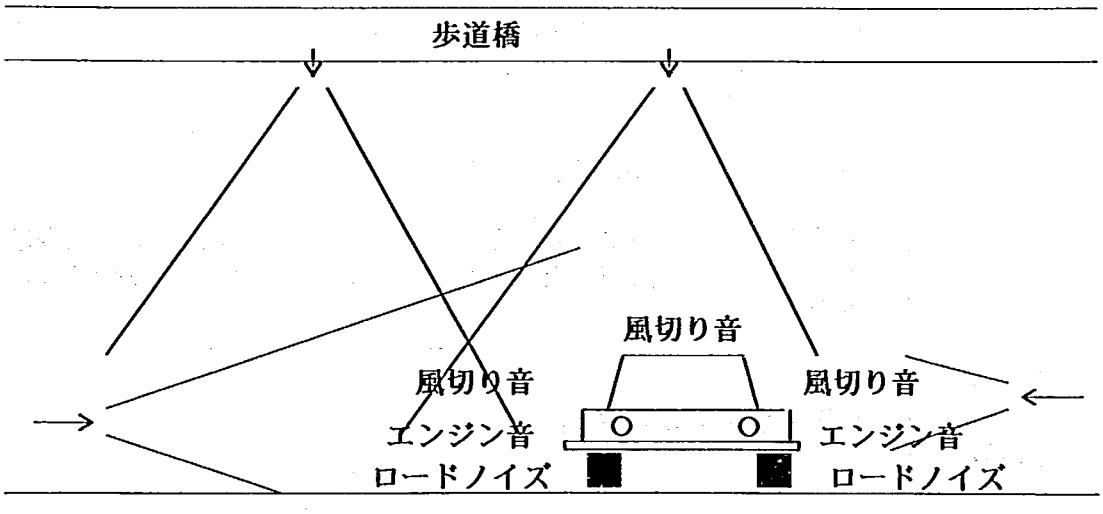
図表(4-1-3)1-25　側方からの収音図



※　：　入力音の大小が不明な地点

・２本のマイクの位置の差より、同じ通過車両に対してでも捉える音自体が変わってくる（図表(4-1-3)1-26）。側方設置の場合なら、ロードノイズなどは、むしろ遠い側のマイクの方が良く捉えている可能性もある。つまり、それぞれのマイクに入ってくる音自体に差があるということである。

図表(4-1-3)1-26　マイク２本での収音図



・実験は歩道橋上、またはその付近で行った。歩道橋による音の反射または防音効果、その他の設置物（植木、金属製の柵などがあった）による反射音の影響が大きいのではないかと考えられる。

(10) 特質評価表

以上の実験結果及び考察より、音圧感知式センサとしての特質評価を図表(4-1-3)1-27にまとめる。

図表(4-1-3)1-27　音圧感知式センサ特質評価

		音　圧　感　知　式
検知原理 検知対象		検知対象から発する音圧信号により検知する。 音　圧
計測パラメータ	交通量	計測領域を通過する自動２輪車（含スクータ）以上の車両を計測する。感知領域が広いため、通過車両の車線の区別ができない。
	車種別交通量	現手法だけでは不可能。
	占有率	出力パルスの時間幅は微分波形より決まるため、時間占有率に比例した長さのパルスを出力するが、実際には入力の大きさにも影響される（回路上の問題）。 出力パルスの時間占有率への依存度については、別途検証が必要。
速　度		１．占有率より求める。 ２．マイクを２本設置することにより車両速度を計測する。
その他		停止車両（無音状態）の検知は不可。
保守性		汚れなどには強く、定期的な清掃は不要である。 基本的に、マイクは道路脇に設置するため、メンテナンス時の車線制は不要。
設置環境		道路脇、１～1.5m程度の高さに設置する。 （収音に適した場所に設置） 近接車両の影響を受け易いため、通行車両をカウントする場合は、方通行道路で渋滞がほとんど発生しない場所　（繁華街など）は不向き。
施行性 その他		路面工事が不要である。

車両検知機	検知精度	自然流に対して誤差率±20％以内（渋滞時は除く）。 設置場所、環境によりもっと誤差率は下がる見込み。
	検知可能車	上限は200km/h程度（ハードウェアの時定数による）。
	両速度	下限は要検討（車速、ギアなどにより変化すると思われる）。
	分解能	大型車など、通過時の音が比較的大きな物が検知範囲内に存在すると解能が悪くなる。また、後続車が前車をあおっている場合など、極端に 近接している場合も、検知できない場合がある。一般的な車間距離の場合は問題無いといえる。
	検知範囲	マイクの指向性、通過する車両の状況などに左右される。 超音波式・ループコイル式と比べると、広範囲である。
	設置運用面	マイクを車両上方に設置するよりも、車両側方に設置する方が大きな音圧が得られるので良い。
	長　所	塵、汚れに強い。 夜、濃霧時でも晴天時と同様に測定可能。 路面工事が不要。
	短　所	車線の区別ができない。 強風の影響を受ける。 車両の通過状態により、精度が変化する。 車両音以外の音にも反応してしまうことがある。
	用　途	道路状況がさほど変化しない場所で車線の区別を必要としない場合、 あるいは、カウントせずに車両の有無だけを感知する場合が考えられる。 また、移動式の簡易検知機としての利用も考えられる。

(11) まとめ

今回の実験では、音をセンシングする上で問題となることは何か、またどの程度の実力があるのかなど、音をセンシングする上で下地となるデータを取得することができた。実験自体は一つのパラメータ設定に対しての、データ数がまだまだ少なく、同じような実験を何度も何度も繰り返して評価、判断する必要があると思われる。精度的には、さらに違ったパラメータ（例えば、マイク設置にもっと細工を加えるなど）などを考慮する事により、精度向上の可能性は残っているものと思われる。

音で車両検知を行う場合の優位点について考えてみると

＊画像処理に対して

①霧中センシング

②夜間センシング

③汚れに強い

④設置が容易

＊超音波に対するもの

⑤発信器は必要ない（センシング対象が音源となる）

⑥センシング対象の有無だけではなく、その状態を含めたセンシングの可能性がある

⑦車線をはみ出して走行する車両も検知できる

⑧設置が容易

また、音で車両検知を行う場合の難点について考えてみると

①情報抽出の難しさ

②雑音の存在

③同じことを意味する音でも、無数のバリエーションがある

④風音の影響は強いといえる

⑤マイクの指向性の限界（鋭さの限界）

⑥車両音の音圧差が大きい

以上のようなことが考えられる。

今回評価できなかった検討事項、及び今後の課題について列挙すると、

検討事項

・天候、温度、風による影響

・超低速車両、及び渋滞時の評価

今後の課題として

・車線別の車両検知

・車間距離が短い場合の検知率の向上

・環境音による誤動作防止

・大型車両への対策

などが考えられる。

4．2　通信ネットワークに関するシステムデザイン
～前方道路危険警告機能、非常時通報機能の導入に向けて～

4．2．1　システムの基本イメージ

1）　システム機能の定義

ＡＨＳでは、情報提供・警告、部分的な制御、自動運転の３つの機能レベルに応じて各種の機能を想定している。

図表(4-2-1)1-1　機能一覧

機能ﾚﾍﾞﾙ	情報提供・警告	部分的な制御	自動運転
機　能	・前方道路危険警告 ・非常時通報 ・周辺車両位置表示 ・警告	[自動速度制御] ・追突・衝突防止 ・適正速度維持 ・自動車間保持(ｵｰﾄｸﾙｰｽﾞ) [自動操舵制御] ・側方衝突防止 ・側方逸脱防止 ・車線維持走行	・追従走行 ・群走行(高密度追従走行) ・自動合・分流 ・完全自動運転

本検討では前方道路危険警告機能と非常時通報機能を対象にした。

（１）前方道路危険警告機能

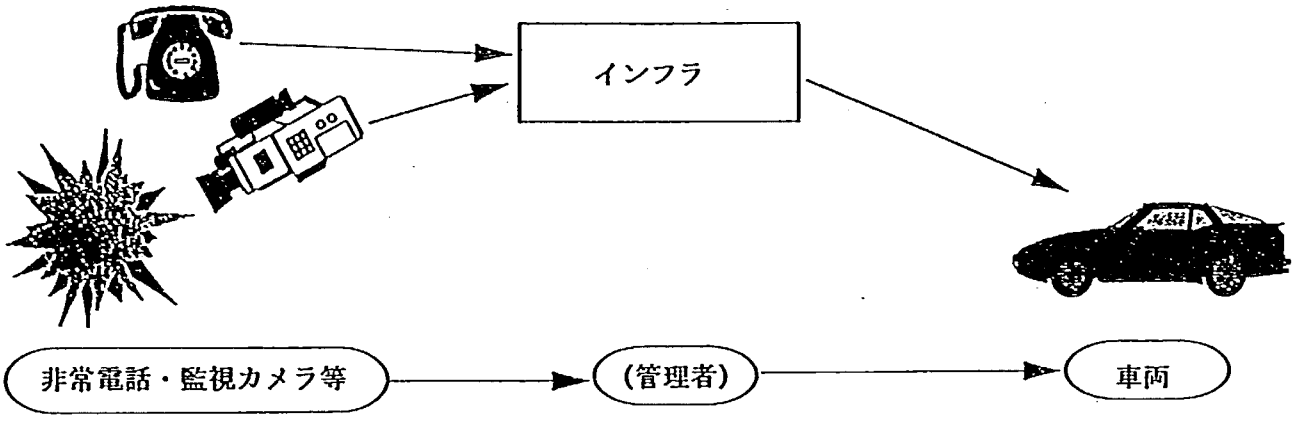
①前方道路危険警告機能のねらい

前方道路危険警告機能は、ドライバが認知できない前方の障害（事故、渋滞、落下物等）を検知し、その存在を後方の車両に伝える機能である。本機能は車間側方コントロールシステムの情報提供・警告レベルの機能の一つとして位置づけているものである。前方道路危険警告機能の導入によってドライバは事前に危険の存在を認知することができ、結果として事故を防止することで道路交通の安全性の向上に貢献することが期待できる。

②前方道路危険警告機能の基本イメージ

前方道路危険警告機能では、異常事象の発生、その後の状況等に関する情報のインフラ側センサでの検知、車載センサでの検知、ドライバからの通報等により収集し、その情報を直接あるいは管理者において加工して後方の車両に伝達する。

図表(4-2-1)1-2　前方道路危険警告機能の基本イメージ



（２）非常時通報機能

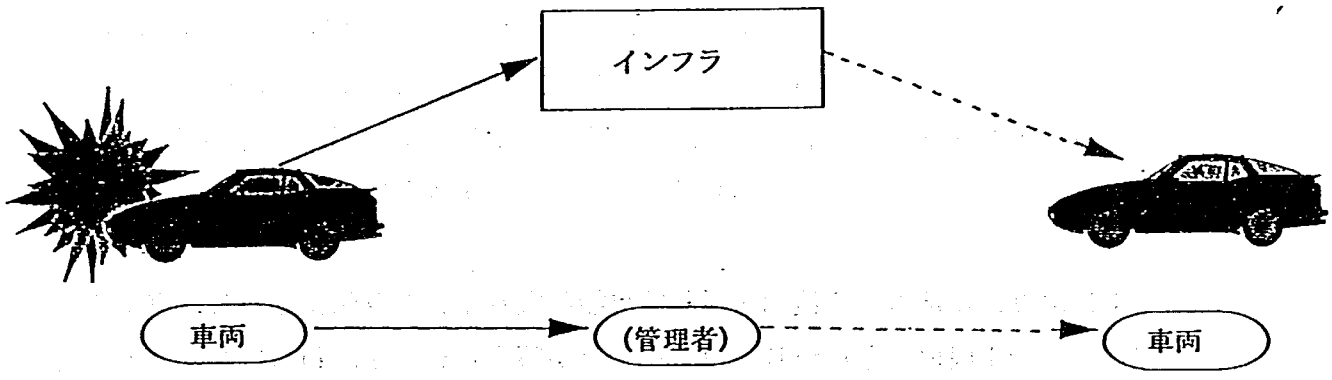
①非常時通報機能のねらい

非常時通報機能は、異常事象が発生した際に車両から自動的にあるいはドライバによる通報操作により異常事象が発生した旨を管理者に早期に伝える機能である。本機能も前方道路危険警告機能と同様に車間側方コントロールシステムの情報提供・警告レベルの機能の一つとして位置づけているものである。非常時通報機能の導入によって、管理者は異常事象の発生を即座に把握することができ、適切な対処、被害の拡大防止に貢献することが期待できる。また前方道路危険警告機能における情報収集を支援する役割を担う。

②非常時通報機能の基本イメージ

非常時通報機能では、異常事象の発生に関する情報をドライバからの通報、車載センサでの検知により収集する。

図表(4-2-1)1-3　非常時通報機能の基本イメージ



……> :前方道路危険警告機能、情報板、ハイウェイラジオ等の機能あるいは手段により情報を提供

a)情報の性格分類

非常時通報機能で取り扱う情報の性格としては、緊急通報、警報、注意報、詳細情報に分けられる。

－緊急通報：走行車両に事故が発生した時、車載システムが加速度センサ等の事故検知センサの情報により発信する情報（人的捜査の介入不可能）。

－警報　　：走行車両に事故等の障害が発生した時、本線上に停止する等の後方の車両に影響を及ぼす恐れがある場合に、人的操作により発信する情報。

－注意報　：走行車両に障害が発生した時、路肩停止等の後方の車両に影響を及ぼす恐れがない場合に、人的操作により発信する情報。

－詳細情報：走行車両の障害発生時、障害の内容を発信する情報。

b)非常時通報機能の適用方法

マニュアル操作による通報においては、ドライバ異常、搭乗者異常等本当に緊急性・即時性が必要なものに対してのみ、ワンタッチボタンを人間が押すなどして通報する（非常ベルのイメージ）。その他の緊急事態は、非常電話または携帯電話等を併用する。

なお、誤報やいたずらを避けるために、極力機械に依存すべきと考える。車載機器ＩＤ番号などを管理していたずら常習者の通報を監視することも必要となる。

c)情報収集、提供における前方道路危険警告機能等との役割分担

ｱ)情報収集

情報収集に関しては、収集した情報の情報量と処理時間の把握がシステム構築のポイントとなることに留意する必要がある。

－インフラ→車　　：インフラ側センサの設置数、種類や非常時通報の場面を想定することにより、情報量を算出する。処理時間についてはインフラ側に判断基準を持つことになる。

－車→インフラ→車：不特定多数の情報源があるため、情報量の把握が難しい。また、非常とみなす基準が人と機械で処理時間が変化する。

以上により、非常事象の検知・判断は可能な限りインフラ側にもたせ、車からの通報は必要最小限の事象に限り開放することが望ましい。すなわち道路管理者にとっての異常事象の把握については、インフラ側センサを主体とし車両側での把握はについては対象事象を絞った方がシステムを構築しやすい。

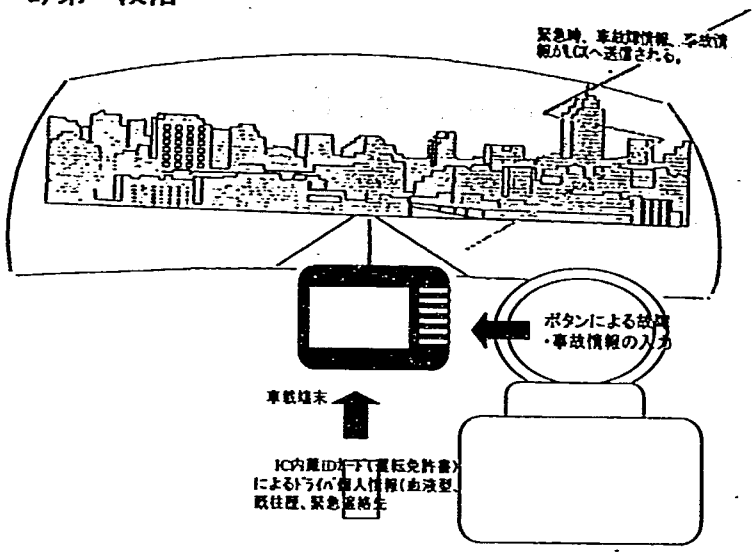
ｲ)情報提供・警告

自車・他車事故、落下物、崖崩れ、車両火災、車両故障、ドライバ状況等の事象に関する情報のうち、目先の走行に即影響する範囲の情報については、情報を付加して（徐行、緊急停止、待避など）提供することが有効である。そのためには道路管理者の判断を付加する必要がある。ただし事故後は即提供する必要があるので、タイミングが課題となる。

③非常時通報機能を実現するための車両側機能のあり方

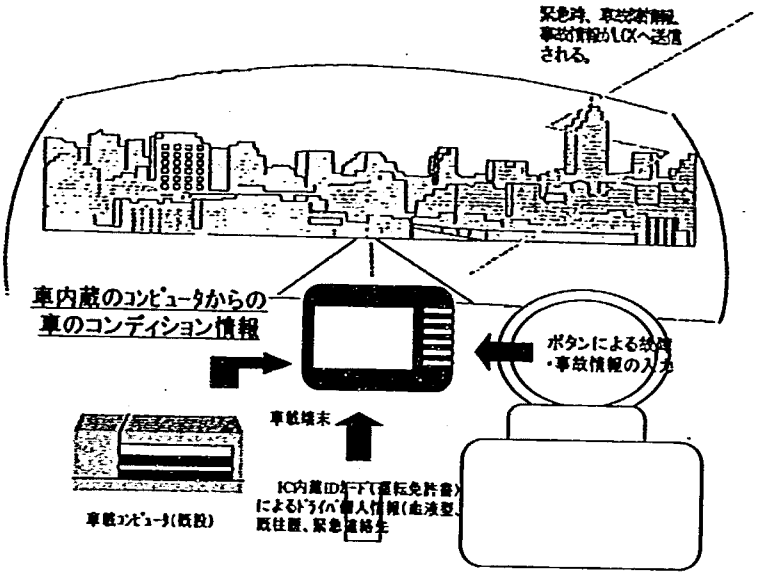
非常時通報機能における車両側機能について、初ボタン操作等によるマニュアル入力による情報発信の段階から、車載センサで検知した事故・車両故障等の情報を車載コンピュータで処理することにより自動通報を行う段階、さらにドライバ状況を自動監視ドライバ異常を自動通報する段階への発展が想定できる。

a)第一段階



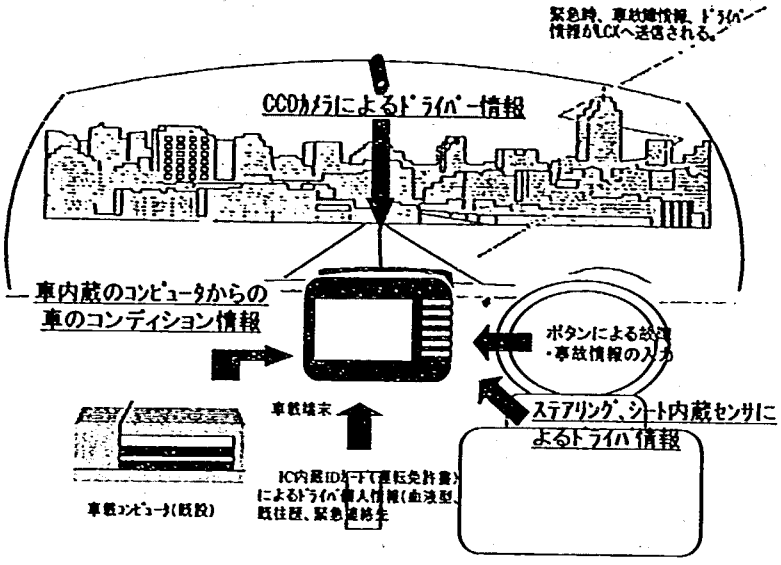
・ＩＤカード（運転免許証）によるセキュリティ管理、パーソナル情報（血液型、緊急連絡先、既病気）入力
・ボタン操作等による事故情報・故障情報入力

b)第二段階



・ＩＤカード（運転免許証）によるセキュリティ管理、パーソナル情報（血液型、緊急連絡先、既病気）入力
・ボタンによる事故情報・故障情報入力
・車両内蔵コンピュータによる自動事故・故障情報（ガス欠、エンジントラブル、衝突）作成

c)第三段階



・ＩＤカード（運転免許証）によるセキュリティ管理、パーソナル情報（血液型、緊急連絡先、既病気）入力
・ボタンによる事故情報・故障情報入力
・車両内蔵コンピュータによる自動事故・故障情報（ガス欠、エンジントラブル、衝突）作成
・ＣＣＤカメラ、センサ等によるドライバ状況の自動監視

2）システムの適用場面

（1）システムが有効活用できる事象

前方道路危険警告機能、非常時通報機能がはたらく場面としては、トンネル、ＳＡ・ＰＡ、入路、出路、料金所、カーブ、ジャンクション等高速道路上の様々な場面が考えられる。これら各場面について、収集情報、提供情報等を整理する。

図表(4-2-1)2-1　適用場面ごとの情報の取扱い方法の基本的考え方

	トンネル	ＳＡ・ＰＡ	入路（分流）	出路（分流）	料金所	カーブ	ＪＣ（ＪＣＴ）	本線
収集情報	・事故情報 ・非常電話の通報 ・走行車両情報 (非常時通報機能)	・発生場所 ・事故形態 ・事故車種 ・台数 ・規制情報 ・処理状況 ・混雑状況	・事故 ・位置 ・渋滞度 ・渋滞長	・事故 ・渋滞	・事故発生情報 (時刻、地点、内容) ・渋滞情報 (時刻、地点、車速) ・風雨、視程 ・非常通報 ・車両ＩＤ ・事故車両情報	・事故 ・火災 ・横転車 ・車間閉鎖 ・事故範囲 ・事故車両 ・混雑状況	・事故情報 ・渋滞情報 ・その他(火災等)	・事故発生場所 ・事故発生地点 ・渋滞の最後尾地点 ・事故処理状況
提供情報	・事故発生 ・発生箇所 ・停止車あり ・注意情報	・収集情報の組合せ ・後続SA・PA情報	・事故 ・位置 ・渋滞度 ・渋滞長 ・規制	・事故/渋滞発生 ・注意情報 ・速度規制	・事故情報 ・渋滞情報 ・迂方渋滞情報 ・気象情報 ・ｻｰﾋﾞｽ情報 ・(料金、地図、観光駐車場、施設、天気)	・事故発生 ・危険 ・速度規制(停止) ・事象発生位置 ・車線規制 ・車線規制実施位置	・前方事故発生(時間、場所、状況) ・事故原因情報 ・注意情報 ・渋滞の長さ ・主な地点までの走行時間	・事故発生場所 ・事故発生地点 ・渋滞の最後尾地点 ・事故処理の状況 ・渋滞通過時間 ・自車走行地点 ・規制車線情報
提供周期		ﾄﾝﾈﾙ、本線より優先度低い	数秒	１区間を走行時に１回以上	２km手前まで２分周期 10km手前まで３分周期	車両平均速度により可変	１区間の通過時に１，２回受信できる程度	車両密度に合わせて変化が必要
後方への影響情報		・該当SA・PAから１つ前SA・PA ・手前４つ迄のSA・PA		１km手前まで	料金所手前10km迄	車両平均速度、制動距離、通信周期の変化により可変	後方に位置する２，３道路において、後方100m～数km	渋滞の最後尾から５km
情報の流れ	ｲﾝﾌﾗ ↓ 情報処理装置 ↓ 車両	ｲﾝﾌﾗ、ﾊﾟﾄﾛｰﾙ員 事故責任者 ↓ 情報処理装置 →車両	車両、ｲﾝﾌﾗ、交通規制 ↓ 情報処理装置 ↓ 車両 、交通規制	車両、ｲﾝﾌﾗ ↓ 情報処理装置 ↓ 車両	ｲﾝﾌﾗ ↓ 情報処理装置 ↓ 車両	ｲﾝﾌﾗ ↓ 情報処理装置 ↓ 車両	交通・施設管制 ｲﾝﾌﾗ、ﾄﾞﾗｲﾊﾞ ↓ 情報処理装置 →車両	ｲﾝﾌﾗ ↓ 情報処理装置 ↓ 車、管理者
検討事項	・トンネル防災、ITVとの接続			他ｼｽﾃﾑと切分け	広い場所でのLCX設置場所		ＬＣＸの混信 ＬＣＸの区分け	

（2）システムが有効となる条件

①取り扱う情報項目

前方道路危険警告機能、非常時通報機能において、取り扱う対象となる情報を29項目にまとめ、提供情報と収集情報の内容を整理した。

1. 自車事故	11. 車両故障	21. 地震
2. 他車事故	12. ドライバ異常	22. 摩擦係数
3. 落下物	13. 工事区間	23. 凍結
4. 崖崩れ	14. 車線規制	24. 積雪
5. 車両火災	15. 移動作業	25. 越波
6. 沿道火災	16. 降雪	26. カーブ/分岐/合流
7. 渋滞末尾	17. 強風	27. 坂
8. 交通混雑度	18. 豪雨	28. 車線の増減
9. 道路周辺災害	19. 霧	29. D-GPS補正情報
10. 道路損傷	20. 気温	

②提供情報の緊急性と局所性

各々の情報項目について、情報提供の際の緊急性と局所性について、以下の考え方にしたがって整理した。

図表(4-2-1)2-2　緊急性と局所性の考え方

緊急性	局所性（連続性も含む）
○：即時（3秒程度まで） △：多少の遅れが許される （3秒～5分程度まで） ×：緊急性は要求されない （5分程度より大きくても可）	○：120m～1㎞程度まで ×：1㎞程度より離れていても可

※センサによる情報収集は連続してできるものとする。

③緊急性・局所性からみた有効な提供情報

情報提供の緊急性、局所性に関する検討結果を以下に示す。通信のリアルタイム性、連続性を有する前方道路危険警告機能、非常時通報機能では緊急性が要求される情報の提供、あるいは局所性とある程度の緊急性が要求される情報の提供が特に有効であると考えられる。（表中の　　部分）

図表(4-2-1)2-3　提供が有効である情報

緊急性＼局所性	○ 120m～2km	× 2km程度より 離れていても可
○ 即時 （3秒程度まで） ↓ 140km/hで120m走行する所要時間	1. 自車事故 2. 他車事故 3. 落下物 4. 崖崩れ 5. 車両火災 6. 沿道火災 7. 渋滞末尾 9. 道路周辺災害 10. 道路損傷 11. 車両故障 12. ドライバ異常 17. 強風 22. 摩擦係数（μ） 23. 凍結 24. 積雪 25. 越波	21. 地震 29. D-GPS補正情報
△ 多少の遅れが許される （5分程度まで）	19. 霧	8. 交通混雑度 16. 降雪 18. 豪雨
× 緊急性は要求されない （5分程度より大きくても可）	13. 工事区間 14. 車線規制 15. 移動作業 26. ｶｰﾌﾞ／分岐／合流 27. 坂 28. 車線の増減	20. 気温

：前方道路危険警告機能、非常時通報機能での提供が特に有効な情報

なお、参考として各情報項目についての緊急性、局所性に関する考え方を以下に示す。

参考　情報の緊急性・局所性

項　目	緊急性	局所性	備　考	確認事項
1．自車事故	○	○	・危険回避の為 ・本線上に停止、当該１車線走行不可、車線規制要、走行注意	
2．他車事故	○	○	・危険回避の為 ・本線上に停止、当該１車線走行不可、車線規制要、走行注意	
3．落下物	○	○	・危険回避の為 ・本線上に落下物有り、当該１車線走行不可，車線規制要、走行注意	
4．崖崩れ	○	○	・危険回避の為 ・通行不可、発生場所手前の運転者への指示、発生場所手前のＩＣの出口誘導規制	
5．車両火災	○	○	・危険回避の為 ・複数車両による火災、事象発生地点前後・反対車線運転者への指示、発生場所手前ＩＣの出口誘導規制	
6．沿道火災	○	○	・危険回避の為 ・沿道火災発生、事象発生地点前後・反対車線運転者への指示、発生場所手前ＩＣの出口誘導規制	
7．渋滞末尾	△ ○	○ ○	・その後の行動決定の為 ・前方突発事象発生、通行不可、渋滞末尾急速に後方へ延長中	渋滞末尾は、時々刻々変化しており、危険回避のためにも緊急性○？ ↓ 緊急性○、局所性○
8．交通混雑度	△	×	・その後の行動決定の為 ・約40km/hの流れで走行中	

項　目	緊急性	局所性	備　考	確認事項
9．道路周辺災害	○*	○	・「前方○○km先に、土砂崩れあり、第1車線通行不能」――ここが、刻々と変化	4.崖崩れ、6.沿道火災との仕分け必要
・ガス爆発	○	○	・道路周辺災害として左記5項目を想定	↓
・ガス漏れ	○	○	・火災、土砂崩れ、ガス爆発、ガス漏れは突発的に発生する事象であり、運転者に速やかに情報提供する必要有りと考える。よって、発生地点近傍での緊急性を○とした。	緊急性○、局所性○
・土砂崩れ	○	○		崖崩れ、沿道火災は4.、6.に含める
・火災	○	○		
・越波	×	○	・越波に対する注意喚起（対運転者）と越波は気象条件により予測可能なことから、局所性○、緊急性×とした。	また、越波は別項目とする
10．道路損傷	○*	○	・「前方○○km先に、陥没あり、第1車線通行不能」――ここが、刻々と変化	
	○	○	・突発事象であり、速やかな情報提供が必要と考える。よって、局所性・緊急性共に○。	
11．車両故障	○*	○	・「前方○○km先の第1車線に故障車あり」←ここが、刻々と変化	急なエンスト等を想定すると緊急性○？
	×	○	・運転者に対する注意喚起の点から「故障車両の有無」情報は必要と考えるので、局所性○。	↓ 緊急性○、局所性○
12．ドライバ異常	○*	○	・これは、最悪状態を想定し、ドライバ異常のため、蛇行等の異常状況と仮定する。対象車が移行中のため、1km程度に接近したときに、「約1km先に、ドライバ異常車あり、走行注意」	ドライバ異常が当該車両の異常走行につながる恐れがあるので局所性○？ ↓
	○	×	・他車への情報提供の必要性は低いため局所性×。通報を受けた者（管理者）は速やかに対処する必要があるため、緊急性○。	緊急性○、局所性○
13．工事区間	×	○	・これは、事前にわかっている事象であり、緊急性はない。 ・走行に影響があるため局所性は○とした。「○○m先、工事車線あり」	
			・運転者に対する注意喚起の点から局所性○。管理者があらかじめ管理している事象であるため、緊急性×。	

項　目	緊急性	局所性	備　考	確認事項
14. 車線規制	×	○	・これは、事前にわかっている事象であり、緊急性はない。走行に影響があるため局所性○。 「○○m先、車線規制あり」	
			・13項と同様な理由による。	
15. 移動作業	×	○	・特に、ドライバに対して知らせる必要はないかと思うが、知らせる場合、知らせる事象が移動しているので、1㎞程度に接近したときに、「約1㎞先、○○車線／路片に移動作業車あり。」	
			・13項と同様な理由による。	
16. 降雪	×	×		急な降雪にどの程度まで対処するか（緊急性△／×？） ↓ 緊急性△、局所性×
	△	×		
17. 強風	○	○	・高架橋上での突風により、車の転覆や橋梁の振動により急拠車両へ停止を指示する。	
			・トンネル坑口を想定	
18. 豪雨	×	×		急な豪雨にどの程度まで対処するか（緊急性△／×？） ↓ 緊急性△、局所性×
	△	×		
19. 霧	×	○		急な霧発生にどの程度まで対処するか（緊急性△／×？） 場所の精度が確保できれば局所性○？ ↓ 緊急性△、局所性○
	△	×		
20. 気温	×	○		路面状態との仕分け必要 緊急性をどの程度まで求めるか（○／△×？） ↓ 気温を対象とする 緊急性×、局所性×
	○	○	・左記は路温を想定 ・気温は局所：×　緊急：×	

項　目	緊急性	局所性	備　考	確認事項
21. 地震	○	○	・大地震発生時の初期微動を検出し、走行中の車両に段階的に速度を落とし、路側へ停止するように導く。 ・大地震による直近前方の道路破損をとらえ、直ちに「緊急停止」を指示する。	検出地点（センサ設置箇所）を基準とした局所性として捉えれば○？ ↓ 緊急性○、局所性×
	○	×		
22. 摩擦係数（μ）	○	○	・特に自動運転対応では「局所性」「緊急性」必要	
23. 凍結	△	×		前方近傍の凍結エリアの存在を知らせるため局所性○としなくて良いか？ ↓ 緊急性○、局所性○
24. 積雪	△	×		前方近傍の積雪エリアの存在を知らせるため局所性○としなくて良いか？ ↓ 緊急性○、局所性○
25. 越波	○	○		
26. ｶｰﾌﾞ/分岐/合流	○	○	・合流の渋滞末尾情報・接近車情報が重要、他は静的情報が主体	事前に分かっている事象であるため緊急性×？ ↓ 緊急性×、局所性○
27. 坂	○	○	・静的情報が主体	
28. 車線の増減	○	○	・静的情報が主体	
29. D-GPS補正情報	○	×	・20～30秒周期の更新が必要	

（注１）（＊）９から12で緊急性が○となるのは、本事象が発生した直後に走行する車に対してである。
（注２）26～28は両方○になっているが、静的情報が主体であり、前方道路危険警おける重要性については要検討。

④情報項目と場面の対応

検討対象としている情報項目と場面ごとの情報提供の必要性の関係について整理した。

検討対象としている情報項目は、緊急性と局所性から絞り込んだ19項目とした。

●整理の前提

・場面は、利用者が存在している所を指す。（情報項目の事象が発生しているところではない。）

・事象発生地点は、自車前方の120m*1～2km*2程度を目安とした。

*1:140km/hで走行している車両が3S程度で進む距離（この間に回避行動をとる）

*2:局所性の高い情報を提供して意味のある距離

・必要性については、リアルタイムで提供する必要性があるか否かという視点で整理。（「×」であっても、リアルタイムではないが情報提供そのものは行った方が良い場合が考えられる。）

・ここで整理する情報提供の必要性は、情報収集の必要性とは一致しない。（情報提供の必要性がない項目(自車事故など)でも、道路管理者側では、何らかの手段で情報収集する必要性がある。また、情報提供の必要性がある場面でも、情報収集の必要性はない場合がある。）

図表(4-2-1)2-4　情報項目と場面の対応

○：必要、△：優先度はやや劣る、×：不要
円内数字は、付属資料１の判断根拠の対応番号

前方発生事象の情報項目 ＼ 自車のいる場面	トンネル	ＳＡ・ＰＡ *1	入路(分岐) *2	出路(分流) *2	料金所 *3	カーブ	ＪＣ(JCT)	本　線
1. 自車事故	×	×	×	×	×	×	×	×
2. 他車事故	○	① ×	② ○	③ △	④ △	○	○	○
3. 落下物	○	① ×	② ○	③ △	④ △	○	○	○
4. 崖崩れ	⑤ ○	① ×	② ○	③ △	④ △	○	○	○
5. 車両火災	○	① ×	○	③ △	④ △	○	○	○
6. 沿道火災	⑤ ○	① ×	○	③ △	④ △	○	○	○
7. 渋滞末尾	○	① ×	② ○	③ △	④ △	○	○	○
9. 道路周辺災害 ・ガス爆発 ・ガス漏れ	⑤ ○	① ×	○	③ △	④ △	○	○	○
10. 道路損傷	○	① ×	○	③ △	④ △	○	○	○
11. 車両故障	○	① ×	○	③ △	④ △	○	○	○
12. ドライバ異常	○	① ×	○	③ △	④ △	○	○	○
17. 強風	⑤ ×	×	○	③ △	④ △	○	○	○
19. 霧	⑤ △	×	② ○	③ △	④ △	○	○	⑥ ○
21. 地震	○	⑦ △	○	○	⑦ △	○	○	○

前方発生事象の情報項目 ＼ 自車のいる場面	トンネル	ＳＡ・ＰＡ *1	入路(分岐) *2	出路(分流) *2	料金所 *3	カーブ	ＪＣ(JCT)	本　線
22. 摩擦係数	○	① ×	○	○	④ △	○	○	○
23. 凍結	○	① ×	○	○	④ △	○	○	○
24. 積雪	⑤ ○	① ×	○	③ △	④ △	○	○	○
25. 越波	⑤ ○	×	② ○	③ △	④ △	② ○	② ○	② ○
29. D-GPSの補正情報	⑧ ×	△	○	○	△	○	○	○

*1：ＳＡ・ＰＡは、駐車場、たまり空間等をさす。本線との分・合流部分は、出路または入路に含める。
　情報提供・警告レベルでは、基本的に情報板、ラジオ、エリア内のスピーカ等で対応する。
*2：ＳＡ・ＰＡ・ＩＣなどの入路、出路を指すものとする。
*3：料金所は、一般道路～ブース、本線料金所の路幅拡大部を指すものとする。本線との分・合流部分は、出路または入路に含める。
　自動料金収受によりノンストップ化が図られる場合は、本線と同様になる。

図表(4-2-1)2-5　情報項目と場面の対応付けの判断根拠

情報項目		判断根拠
①	×	低速走行あるいは停止中であるため、リアルタイムの情報提供・警告不要。
②	○	加速あるいは高速走行域にあるため、情報提供・警告必要。
③	△	前方見通しの悪い箇所においては、情報提供・警告必要。
④	△	加速から高速走行域に入る本線料金所では、情報提供・警告必要。ランプウェイにつながる料金所では、リアルタイムの情報提供・警告不要。
⑤	○	出口以遠での発生現象に関する情報提供・警告が必要。
⑥	○	局地的、瞬間的な霧発生の恐れがあるため情報提供警告必要。
⑦	○	地震発生時はいかなる走行状態にあっても被害拡大防止のため緊急の情報提供・警告が必要。
⑧	×	トンネル内では、別途の補正情報あるいは位置情報を提供する必要がある。

※「9. 道路周辺災害」の欄にある火災、土砂崩れは、それぞれ沿道火災、崖崩れに含める。

なお、参考として各情報項目に関連する提供情報と収集情報の詳細についての検討例を以下に示す。ここでは、各情報項目*について、

・提供情報の内容、後方への影響範囲、周期、情報加工の有無、二次情報

・収集情報の内容、収集源

を整理した。

＊越波及びD-GPS補正情報は、後の見直しで追加したためここには含めていない。

情報内容の整理（前方道路危険警告機能・非常時通報機能）

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
1 自車事故		◎：実用段階　○：実験段階　△：検討段階　▲：検討課題		
	①②事故発生場所・発生時刻 ・発生地点キロポスト ・発生日、時、分		▲	○
	③事故内容 ・車両以外との事故（衝突した対象物、人など） ・他車との事故（追突、正面衝突、側面衝突など） ・自車のみの事故（横転、転覆等）	①～④事故発見	▲ ○	○ ○
			△	▲
			△	▲
			△	▲
	④自車の車種		△ ○	▲ ▲
		⑤死傷者 ・有／無	▲	○
		・・傷者数	▲	○
		・・死者数	▲	○
		⑦自力走行 ・可／不可	▲	○
		⑧警察への連絡 ・済／未	▲	○
		⑨救急者の手配 ・済／未	▲	○
		⑩火災の発生 ・有／無	○	○
		⑥運転者 ・運転可／不可	▲	○
自車が関係する事故で事故情報提供インフラが知ることができる事故と自車へ可能である事故	①発生日、時、分 ②位置 ・ＫＰ ・最寄りのSA・PA・IC等の名称 ・車線（上下、走行／追越等） ・情報提供場所と事故発生位置との相対距離 ⑤事故原因 ⑥復旧状況 ⑦交通状況 ・通行可否 ・渋滞有無、渋滞長 ・事故現場での所要時間	①発生日、時、分 ②位置１（ＫＰ） ③位置２（１ＬＣＸ区間での相対位置） ④位置３（車線） ⑦車両の状態（衝撃、オーバーヒート、タイヤバースト等）	○ ○ ○ ○ －	○ ○ － － ○
		⑤⑥ドライバ、搭乗者の状態 ⑪通行可否 ⑫渋滞有無 ⑬渋滞末尾 ⑭停止車両、低速車両	－ ○ ○ ○ ○	○ － － － －
		⑮避走	○	－ ※自車通報を前提

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
2 他車事故		◎：実用段階　○：実験段階　△：検討段階　▲：検討課題		
	①②事故発生場所／発生時刻 ・発生地点キロポスト ・発生日、時、分		▲	○*
			▲	○*
		①～④事故発見	○	○*
	③事故内容 ・車両以外との事故（衝突した対象物、人など） ・車両同士の事故（追突、正面衝突、側面衝突など） ・車両のみの事故（横転、転覆など）		△	▲
			△	▲
			△	▲
	④他車の車種		○	▲
		⑤死傷者 ・有／無	▲	○*
		・・傷者数	▲	○*
		・・死者数	▲	○*
		⑦自力走行 ・可／不可	▲	○*
		⑧警察への連絡 ・済／未	▲	○*
		⑨救急者の手配 ・済／未	▲	○*
		⑩火災の発生 ・有／無	▲	○*
		⑥運転者 ・運転可／不可	▲	○*
				*可能であろうが他車の情報が事故毎に入るとは限らない。
他車の事故で知インフラ側はたかよがまま車に知故とする他車の事故検事故の別の通報検事故の別の事故な事能な	①発生日、時、分 ②位置 ・ＫＰ ・最寄りのSA･PA･IC等の名称 ・車線（上下、走行／追越等） ・情報提供場所と事故発生位置との相対距離 ⑤事故原因 ⑥復旧状況 ⑦交通状況 ・通行可否 ・渋滞有無、渋滞長 ・事故現場での所要時間	①発生日、時、分	○	○（通報時間）
		②位置１（ＫＰ）	○	－
		③位置２（１ＬＣＸ区間での相対位置）	○	○（通報位置）
		④位置３（車線）	○	－
		⑦車両の状態（衝撃、オーバーヒート、タイヤバースト等）	－	－
		⑤⑥ドライバ、搭乗者の状態	－	－
		⑪通行可否	○	－
		⑫渋滞有無	○	－
		⑬渋滞末尾	○	－
		⑭停止車両、低速車両	○	－
		⑮避走	○	－
		⑯道路異常（ドライバの通報項目）	－	○

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
3 落下物		◎：実用段階　○：実験段階	△：検討段階	▲：検討課題
	①落下物発生場所 ・発生キロポスト		○	○*
	②落下物発生日、時、分		○	○*
	③落下物の種類 （ダンボール、重量物、危険物 動植物など）		△	○*
	④落下物の規模 ・寸法		△	○*
	・個数		△	○*
				*自車、他車ともに落下物について発見ごとに連絡があるとは限らない。
	①発生日、時、分 ②位置 ・ＫＰ ・最寄りのSA･PA･IC等の名称 ・車線（上下、走行／追越等） ・情報提供場所と事故発生位置との相対距離 ③落下物種類 ⑤復旧状況 ⑥交通状況 ・通行可否 ・渋滞有無、渋滞長 ・落下物現場までの所要時間	①発生日、時、分	○	○（通報時間）
		②位置１（ＫＰ）	○	－
		③位置２（１ＬＣＸ区間での相対位置）	○	○（通報位置）
		④位置３（車線）	○	－
		⑤車両の状態（衝撃、ｵｰﾊﾞｰﾋｰﾄ、ﾀｲﾔﾊﾞｰｽﾄ等）	－	－
		⑥ドライバ、搭乗者の状態	－	－
		⑦通行可否	○	－
		⑧渋滞有無	○	－
		⑨渋滞末尾	○	－
		⑩停止車両、低速車両	○	－
		⑪避走	○	－
		⑫落下物	○（インフラで可能ならば）	－
		⑬道路異常	－	○

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
4 崖崩れ		◎：実用段階　○：実験段階	△：検討段階	▲：検討課題
	②崖崩れ発生場所 ・発生地点名 ・発生キロポスト ・発生地点までの距離 ①崖崩れ発生日、時、分 ⑤通行の可／否 ③崖崩れの規模（長さ） ④復旧予想 ・復旧予想日時（通行止の時） ⑥通行止中の迂回路案内		 △ △ △ △ △ △ △ △	 ○* ○* ○* ○* ▲ ▲ ▲ ▲
	①発生日、時、分 ②位置 ・ＫＰ ・最寄りのSA･PA･IC等の各称 ・車線（上下、走行／追越等） ・情報提供場所と発生位置との相対距離 ③崖崩れの状況 ④復旧状況 ⑤交通状況 ・通行可否 ・渋滞有無、渋滞長 ・現場までの所要時間	①発生日、時、分 ②位置１（ＫＰ） ③位置２（１ＬＣＸ区間での相対位置） ④位置３（車線） ⑤車両の状態	○ ○ ○ ○ －	○（通報時間） － ○（通報位置） － －
		⑥ドライバ、搭乗者の状態 ⑦通行可否 ⑧渋滞有無 ⑨渋滞末尾 ⑩停止車両、低速車両	－ ○ ○ ○ ○	－ － － － －
		⑪避走 ⑫崖崩れ ⑬道路異常（ドライバの通報項目）	○ ○ －	－ － ○

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
5 車両火災		◎：実用段階　○：実験段階	△：検討段階	▲：検討課題
	②発生場所		○	○*
	①発生日、時、分		○	○*
	③車種（特に危険物搭載車か？）		○	○*
	④火災の状況			
	・炎上中		○	○*
	・消火中		△	○*
	⑥通行の可／否		○	○*
	①発生日、時、分 ②位置 ・ＫＰ ・最寄りのSA･PA･IC等の各称 ・車線（上下、走行／追越等） ・情報提供場所と発生位置との相対距離 ④火災状況 ⑤復旧状況 ⑥交通状況 ・通行可否 ・渋滞有無、渋滞長 ・現場までの所要時間	①発生日、時、分	○	○（通報時間）
		②位置１（ＫＰ）	○	－
		③位置２（１ＬＣＸ区間での相対位置）	○	○（通報位置）
		④位置３（車線）	○	－
		⑤車両の状態（衝撃、ｵｰﾊﾞｰﾋｰﾄ、ﾀｲﾔﾊﾞｰｽﾄ等）	－	－
		⑥ドライバ、搭乗者の状態	－	－
		⑦通行可否	○	－
		⑧渋滞有無	○	－
		⑨渋滞末尾	○	－
		⑩停止車両、低速車両	○	－
		⑪避走	○	－
		⑫車両火災	○	－
		⑬道路異常（ドライバの通報項目）	－	○

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
6 沿道火災		◎：実用段階　○：実験段階	△：検討段階	▲：検討課題
	②発生場所 ・地名 ・キロポスト ・PA・SAなどの目標物		△	○*
	①発生日、時、分		△	○*
	④高速道路への影響 ・煙 ・温度 ・炎		△	○*
	⑥交通への影響 ・走行注意 ・車線規制 ・通行の可／否		△	○*
	③火災の状況 ・炎上中 ・消火中		△	○*
	①発生日、時、分 ②位置 ・KP ・最寄りのSA・PA・IC等の各称 ・車線（上下、走行／追越等） ・情報提供場所と発生位置との相対距離 ③種類 ⑤復旧状況 ⑥交通状況 ・通行可否 ・渋滞有無、渋滞長 ・現場までの所要時間	①発生日、時、分	○	○（通報時間）
		②位置１（ＫＰ）	○	－
		③位置２（１ＬＣＸ区間での相対位置）	－	○（通報位置）
		④位置３（車線）	－	－
		⑤車両の状態	－	－
		⑥ドライバ、搭乗者の状態	－	－
		⑦通行可否	○	－
		⑧渋滞有無	○	－
		⑨渋滞末尾	○	－
		⑩停止車両、低速車両	○	－
		⑪避走	○	－
		⑫沿道火災	○	－
		⑬道路異常	－	○

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
7 渋滞末尾	◎：実用段階　○：実験段階　△：検討段階　▲：検討課題			
	②渋滞末尾地点 ・末尾地名 ・末尾キロポスト ・末尾までの距離		○	○*
	③渋滞末尾の延伸／縮退傾向予想 （現在～１Ｈ先）		△	▲
	⑤追突防止メッセージ ・スピード減速（警告） ・追突注意（注意喚起）		▲	▲
	①発生日、時、分 ②位置 ・ＫＰ ・最寄りのSA･PA･IC等の各称 ・車線（上下） ・情報提供場所と発生位置との相対距離 ③渋滞状況（先頭、末尾、渋滞長など） ④交通状況 ・渋滞末尾までの所要時間 ・渋滞通過の所要時間	①発生日、時、分	○	○（通報時間）
		②位置１（ＫＰ）	○	－
		③位置２（１ＬＣＸ区間での相対位置）	○	○（通報位置）
		④車両の状態	－	－
		⑤ドライバ、搭乗者の状態	－	－
		⑥渋滞有無	○	－
		⑦渋滞末尾	○	○
		⑧停止車両、低速車両	○	－
		⑨避走	－	－
		⑩道路異常（ドライバの通報項目）	－	－

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
8 交通混雑度		◎：実用段階　○：実験段階	△：検討段階	▲：検討課題
	①渋滞場所 ・先頭地名又は先頭キロポスト ・末尾地名又は終了キロポスト		○	○*
	②渋滞のレベル ・混雑 ・渋滞 ・停滞（ほとんど停止に近い状態）		○	▲
	③渋滞の原因 ・事故 ・工事 ・自然		△	○*
	④渋滞の種類 ・連続渋滞 ・断続渋滞		△	▲
	⑤所要時間 ・渋滞通路に要する所要時間 ・経路別所要時間		○	▲
	⑥渋滞予想 ・短期予想（30分～１日先） ・長期予想（２日～１カ月先） ・渋滞長増／減化傾向 （現在～１ｈ先位）		○	▲
	①発生日、時、分 ②位置 ・ＫＰ ・最寄りのSA･PA･IC等の各称 ・車線（上下） ・情報提供場所と発生位置との相対距離 ③交通混雑度 ・○○km/h以下のノロノロ運転 ④交通状況 ・交通混雑区間までの所要時間 ・交通混雑区間通過の所要時間	①発生日、時、分	○	○（通報時間）
		②位置１（ＫＰ）	○	－
		③位置２（１ＬＣＸ区間での相対位置）	○	○（通報位置）
		④車両の状態	－	－
		⑤ドライバ、搭乗者の状態	－	－
		⑥渋滞有無	○	－
		⑦渋滞末尾	○	－
		⑧停止車両、低速車両	○	－
		⑨避走	－	－
		⑩道路異常	－	○

	提供情報	収集情報			
		情報内容		前方道路警告	非常時通報
9 道路周辺災害	②発生場所 ①発生時刻 ③規模（大きさ、範囲） ④渋滞発生の有無	②発生場所 ①発生時刻 ③規模（大きさ、範囲） ④渋滞発生の有無		○ ○○ ○△ △	× ×× ×× ×
	⑤災害種類 ・詳細なし ・火災 ・ガス爆発 ・ガス漏れ ・土砂崩れ ・越波 ・不明	⑤災害種類 ・火災 ・ガス爆発 ・ガス漏れ ・土砂崩れ ・越波		○ ○○ ○○○ ○	× ×× ××× ×
			管理者入力		
	⑤災害種類	←	○	○	△
	③災害程度	←	○	○	△
	②場所				
	・（先頭）ｷﾛﾎﾟｽﾄ＋位置＋ﾚｰﾝNo.	←	○	○	△
	・（終端）ｷﾛﾎﾟｽﾄ＋位置＋ﾚｰﾝNo.	←	○	△	△
	⑥災害復旧予定日、時、分	←	△	×	×
	⑦復旧作業内容	←	△	×	×
	④２次現象（渋滞発生など）	←	○	△	△
	⑧連絡事項（迂回路、注意事項など）	←	△	×	×

	提供情報	収集情報			
		情報内容		前方道路警告	非常時通報
１０ 道路損傷	②発生場所 ①発生時刻 ③規模（大きさ、範囲） ④渋滞発生の有無	②発生場所 ①発生時刻 ③規模（大きさ、範囲） ④渋滞発生の有無		○ ○ △ △	× × × ×
	⑤損傷種類 ・詳細なし ・凸凹 ・段差 ・陥没 ・倒壊（寸断） ・不明	⑤損傷種類 ・凸凹 ・段差 ・陥没 ・倒壊（寸断）		 △ △ ○ ○	 × × × ×
			管理者入力		
	⑤損傷種類	←	○	○	△
	③損傷程度	←	○	○	△
	②場所				
	・（先頭）ｷﾛﾎﾟｽﾄ＋位置＋ﾚｰﾝNo.	←	○	○	△
	・（終端）ｷﾛﾎﾟｽﾄ＋位置＋ﾚｰﾝNo.	←	○	△	△
	⑥損傷復旧予定日、時、分	←	△	×	×
	④２次現象（渋滞発生など）	←	○	△	△
	⑦連絡事項（迂回路、注意事項など）	←	△	×	×

	提供情報	収集情報			
		情報内容		前方道路警告	非常時通報
１１ 車両故障	②発生場所 ①発生時刻 ④渋滞発生の有無	②発生場所 ①発生時刻 ④渋滞発生の有無		× ×× △	○ ○× ×
	⑤故障種類 ・詳細なし ・エンスト ・ガス欠 ・パンク ・不明	⑤故障種類 ・エンスト ・ガス欠 ・パンク		 × ×× ×	 ○ ○○ ○
	⑤故障種類 ③故障程度 ②停車場所（ｷﾛﾎﾟｽﾄ＋位置＋ﾚｰﾝNo.） ④２次現象（渋滞発生など） ⑥連絡事項	← ← ← ← ← ⑦自車ﾌﾟﾚｰﾄNo. ⑧緊急連絡先TEL. No. ⑨緊急連絡先名 ⑩自車車種	管理者入力 ○ ○○ ○○ ○△ △ △ × × △	 ○ ○○ ○△ ×△ △ × × △	 ○ ○○ ○△ ×○ ○ ○ ○ ○

	提供情報	収集情報			
		情報内容		前方道路警告	非常時通報
12 ﾄﾞﾗｲﾊﾞ状況	②発生場所 ①発生時刻	②発生場所 ①発生時刻		× ×	○ ○
	④事象内容 ・詳細なし ・急病発生 ・居眠り ・不明	④事象内容 ・急病発生 ・居眠り		× ×	○ ○
	⑤対象ﾄﾞﾗｲﾊﾞ注意喚起(居眠りなど) ⑥周辺車両注意喚起（蛇行など） ③車両停止位置(ｷﾛﾎﾟｽﾄ+位置+ﾚｰﾝNo.)	← ← ← ④緊急情報種類 ⑦緊急連絡先TEL. No. ⑧緊急連絡先名 ⑨ドライバ情報 （性別、年齢、氏名、既往症）	管理者入力 ○ ○ ○ × × × ×	○(蛇行検出) ○ ○ × × × ×	○ ○○ ○○ ○○ ○○ ○○ ○

	提供情報	収集情報			
		情報内容		前方道路警告	非常時通報
１３ 工事区間	②発生場所 ①発生時刻 ③規模（長さ） ④渋滞発生の有無	②発生場所 ①発生時刻 ③規模（長さ） ④渋滞発生の有無		○ ○○ △△ △	× ×× ×× ×
	⑤工事内容 ・詳細なし ・・電気工事 ・・ガス工事 ・・水道工事 ・・歩道舗装工事 ・・電話工事 ・・地下鉄工事 ・・下水道工事 ・・法面工事 ・・橋梁工事 ・・路面工事 ・・道路標識工事 ・ガードレール工事 ・交通安全施設工事 ・交通管理施設工事 ・遮音壁工事 ・事故復旧工事 ・災害トンネル内設備工事 ・ト門工事 ・洞内照明設備工事 ・レーンマーク工事 ・道路施工中 ・渋滞不明	⑤工事内容 ・電気工事 ・ガス工事 ・水道工事 ・歩道舗装工事 ・電話工事 ・地下鉄工事 ・下水道工事 ・法面工事 ・橋梁工事 ・路面工事 ・道路標識工事 ・ガードレール工事 ・交通安全施設工事 ・交通管理施設工事 ・遮音壁工事 ・事故復旧工事 ・災害トンネル内設備工事 ・ト門工事 ・洞内照明設備工事 ・レーンマーク工事 ・道路施工中 ・渋滞発生		△ △△ △△ △△

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
１４ 車線規制	③発生場所 ①発生時間 ④規模（長さ） ⑤渋滞発生の有無 ②終了予定時刻	③発生場所 ①発生時刻 ④規模（長さ） ⑤渋滞発生の有無 ②終了予定時刻	○ ○ △ △ ○	× × × × ×
	⑥規制内容 ・詳細なし ・１車線規制 ・２車線規制 ・３車線規制 ・４車線規制 ・５車線規制 ・６車線規制 ・７車線規制 ・８車線規制 ・追い越し車線規制 ・全車線規制 ・登坂車線規制 ・路肩規制 ・走行１ ・走行２ ・走行１＋走行２ ・走行２＋追い越し ・登坂＋走行１ ・不明	⑥規制内容 ・１車線規制 ・２車線規制 ・３車線規制 ・４車線規制 ・５車線規制 ・６車線規制 ・７車線規制 ・８車線規制 ・追い越し車線規制 ・全車線規制 ・登坂車線規制 ・路肩規制 ・走行１ ・走行２ ・走行１＋走行２ ・走行２＋追い越し ・登坂＋走行１	△ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △	× × × × × × × × × × × × × × × ×

（注）一般的規制についての概略情報が必要な場合は、次頁の（その２）とする。

	提供情報	収集情報			
		情報内容		前方道路警告	非常時通報
車線規制（その２）	③発生場所 ①発生時刻 ④規模（長さ） ⑤渋滞発生の有無 ②終了予定時刻	③発生場所 ①発生時刻 ④規模（長さ） ⑤渋滞発生の有無 ②終了予定時刻		○ ○○ △ △ ○	× ×× × ×× ×
	⑥規制内容 ・規制なし ・通行止め ・右左折規制 ・速度規制 ・車線規制 ・片側規制 ・チェーン規制 ・オンランプ規制 ・大型通行止め ・移動規制 ・その他 ・不明	⑥規制内容 ・規制なし ・通行止め ・右左折規制 ・速度規制 ・車線規制 ・片側規制 ・チェーン規制 ・オンランプ規制 ・大型通行止め ・移動規制		△ △ △ △ △ △ △ △ △	× ×× ×× ×× ×× ×× ×× ×× ×
	⑥規制種類、規制車線 ⑦規制パターン（毎日同時刻くり返しなど） ①規制開始日、時、分 ②規制終了日、時、分 ③規制場所 ・（先頭）ｷﾛﾎﾟｽﾄ＋位置 ・（終端）ｷﾛﾎﾟｽﾄ＋位置 ④２次現象（渋滞発生など） ⑧連絡事項（迂回路、注意事項など）	← ← ← ← ← ← ← ←	管理者入力 ○ ○○ ○○○ ○ ○ ○○ ○○○ △	× ×× × × × × △ ×	× ×× × × × × △ ×

	提供情報	収集情報			
		情報内容		前方道路警告	非常時通報
１５ 移動作業	③発生場所 ①発生時刻 ④渋滞発生の有無	③発生場所 ①発生時刻 ④渋滞発生の有無		○ ○ △	× × ×
	⑤作業種類 ・詳細なし ・道路施設清掃 ・除雪 ・凍結防止剤散布 ・低速車作業 ・不明	⑤作業種類 ・道路施設清掃 ・除雪 ・凍結防止剤散布 ・低速車作業		△ △ △ △	× × × ×
			管理者入力		
	⑤作業種類	←	○	×	×
	③作業車線	←	○	△	×
	③作業場所（ｷﾛﾎﾟｽﾄ＋位置）	←	○	△	×
	②作業終了予定日時	←	△	×	×
	④２次現象（渋滞発生など）	←	○	△	△
	⑥連絡事項（迂回路、注意事項など）	←	△	×	×

	提供情報			収集情報		
				収集情報	前方道路警告	非常時通報
１６ 降雪	②現象 ・雪 ・圧雪 ・風雪 ・大雪 ・吹雪 ・雪崩 ・地吹雪	①場所 ・全線 ・×km先 ・XIC~XIC間 ・トンネル出口 ・橋梁上	③④内容 ・走行注意 ・速度規制 ・チェーン規制 ・通行止	②積雪量／①測定場所 ②風速／①測定場所 ②ＩＴＶ／①観測場所 ②気温／①測定場所	○ ○ ○ ○	× × △ ×
	①区域 ②気象状況 ③注意・警報 ④規制 ⑤渋滞			①場所 ②気象状況	○ ○	△ △

	提供情報			収集情報		
				収集情報	前方道路警告	非常時通報
１７ 強風	②現象 ・強風 ・横風 ・竜巻	①場所 ・全線 ・×km先 ・XIC~XIC間 ・トンネル出口 ・橋梁上	③④内容 ・走行注意 ・速度規制 ・通行止	②風速／①測定場所 ②風向／①測定場所 ②ＩＴＶ／①観測場所	○ ○ ○	× × △
	①区域 ②気象状況 ③注意・警報 ④規制 ⑤渋滞			①場所 ②気象状況	○ ○	△ △

	提供情報			収集情報		
				収集情報	前方道路警告	非常時通報
１８ 豪雨	②現象 ・雨 ・風雨 ・大雨 ・台風 ・越波 ・洪水 ・決壊 ・河川氾濫	①場所 ・全線 ・×km先 ・XIC~XIC間 ・トンネル出口 ・橋梁上	③④内容 ・走行注意 ・速度規制 ・通行止	②降雨量／①測定場所 ②風速／①測定場所 ②ＩＴＶ／①観測場所 ②気温／①測定場所 ③気象情報（警報、注意報など）	○ ○ ○ ○ ○	× × △ × ×
	①区域 ②気象状況 ③注意・警報 ④規制 ⑤渋滞			①場所 ②気象状況	○ ○	△ △

	提供情報			収集情報		
				収集情報	前方道路警告	非常時通報
１９ 霧	②現象 ・霧	①場所 ・全線 ・×km先 ・XIC~XIC間 ・トンネル出口 ・橋梁上	③④内容 ・走行注意 ・速度規制 ・通行止	②視程（ＩＴＶ）／①観測場所	○	△
	①区域 ②気象状況 ③注意・警報 ④規制 ⑤渋滞			①場所 ②気象状況	○ ○	△ △

	提供情報	収集情報		
		収集情報	前方道路警告	非常時通報
20 温度		②気温／①測定場所 ②路面温度／①測定場所	○ ○	× ×
	①区域 ②気象状況 ③注意・警報 ④規制 ⑤渋滞	①場所 ②気象状況	○ ○	△ △

	提供情報			収集情報		
				収集情報	前方道路警告	非常時通報
2-1 地震	②現象 ・地震 ・津波	①場所 ・全線 ・×km先 ・XIC~XIC間 ・トンネル出口 ・橋梁上	③④内容 ・走行注意 ・速度規制 ・通行止 ・停止命令 ・移動規制 ・流入制限	②地震計／①観測場所 ③地震警戒宣言 ④地震情報 ②ＩＴＶ／①観測場所	○ ○ ○ ○	× × × △
	①区域 ②気象状況 ③注意・警報 ④規制 ⑤渋滞			①場所 ②気象状況 ⑤道路周辺災害	○ ○ ○	× × ○

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
２２ 摩擦係数（μ）	①μ値 ②μ値に応じた注意・警告 （ex. ｽﾘｯﾌﾟ注意、速度○km以下等） ③路面温度	②場所 ①時間 ③μ値 ④路面温度	○ ○ ○（ｾﾝｻより） △（ｾﾝｻより）	× × × すべって危ない（ﾄﾞﾗｲﾊﾞより）
	④場所（区間）	②場所（区間）	○	×

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
２３ 凍結	③注意・警告 （ex. ｽﾘｯﾌﾟ注意、路面凍結注意等） ②路面温度 ①場所（区間）	②場所（区間） ①時間 ③凍結度合い（路温） ④路面温度	○ ○ ○（ｾﾝｻより） ○（ｾﾝｻより）	－ － － － すべって危ない（ﾄﾞﾗｲﾊﾞより） スタックしてます（ﾄﾞﾗｲﾊﾞより）
	①場所（区間） ④チェーン規制の有無 ⑤通行止めの有無 ⑥渋滞の有無	②場所（区間） ⑤渋滞の有無	○ ○	× ×

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
24 積雪	②積雪深（昼） ⑤積雪注意 ③視程 ①場所（区間） ⑨今後の天候 ⑥チェーン（スタッドレス）規制 ⑦通行止め情報 ④路面温度	②場所（区間） ①時間 ③積雪深（昼） ④視程 ⑥今後の天候 ⑤路面温度	○ ○ ○（センサより） △（センサより） × ×	ー ー ー ー ー ー 雪が積もっています（ドライバより） スタックしてます（ドライバより）
	①場所（区間） ⑥チェーン規制の有無 ⑦通行止めの有無 ⑧渋滞の有無	②場所（区間） ⑦渋滞の有無	○ ○	× ×

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
25 カーブ/分岐/合流	①半径、カーブ度合い ②注意（静的） （ex.カーブ／分岐／合流あり、注意） ③注意（動的） （ex.対向車、平行車あり、注意）	①対向車、平行車（接近）車情報	○	×
	①②カーブ ・半径 ・安全速度 ②分岐 ・位置 ・～方向とその走行すべき車線 ②③合流 ・位置 ・合流車線 ・渋滞の有無	②渋滞の有無 ※その他 道路設計時に分かっているため、 随時収集する必要無しと判断する	○	×

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
２６ 坂	①傾斜角度 ②注意（静的） （ex. 坂につき走行注意） ③注意（動的） （ex. 頂上付近対向車あり、故障あり）	①頂上付近対向車情報 ②ブレーキ故障情報	△ ○	× ○
	①場所（区間） ①勾配 ①安全速度（下り坂）	③渋滞の有無 ※その他 道路設計時に分かっているため、 随時収集する必要無しと判断する	－	－

	提供情報	収集情報		
		情報内容	前方道路警告	非常時通報
２７ 車線の増減	①注意（静的） （ex. 幅員減少、左に寄れ） ①注意（動的） （ex. 接近車あり）	①接近車情報	△	△
	①位置 ①車線の増減の側 ②渋滞の有無	②渋滞の有無 ※その他 道路設計時に分かっているため、 随時収集する必要無しと判断する	○	×

（3）場面に応じたシステム機能

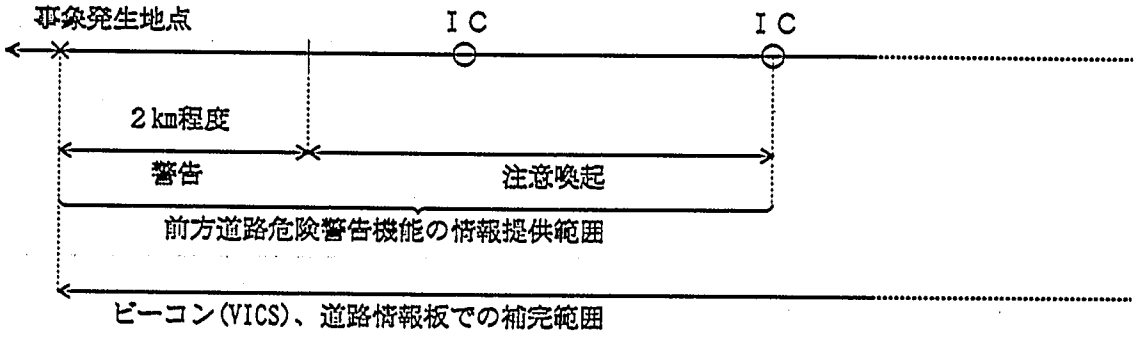
前方道路危険警告機能では、図表(4-2-1)1-1で整理した情報について事象発生地点から２km程度後方までの範囲での警告を行い、合わせて２km以遠の範囲においても注意喚起のための情報提供を行う。また、情報提供に際してはＶＩＣＳ、ハイウェイラジオ、道路情報板、情報ターミナル等他の情報提供手段で提供可能な情報については他の手段を活用し適切な機能分担を図る。場面別の機能内容と他の手段との役割分担を図表(4-2-1)2-6に整理する。

図表(4-2-1)2-6　前方道路危険警告機能の場面別の機能内容と他の手段との役割分担

	連続通信（ＬＣＸ）			他の情報提供手段の役割			
	前方道路危険警告機能		通常時	ビーコン(VICS)	ハイウェイラジオ	道路情報板	情報ターミナル
	警　告	注意喚起					
機能内容	事象発生地点から2km程度後方まで以下の事象が発生した場合に後方車両に警告 事故　　落下物 warning　　火災(車両、沿道) 渋滞末尾　　道路周辺災害 道路損傷　　車両故障 ドライバ異常　　強風 霧　　地震 摩擦係数　　凍結 積雪　　越波 D-GPS補正情報	（　2km以遠　） ・事象発生地点から２ＩＣ手前までの区間において注意喚起及び事象発生地点の手前ＩＣの利用適否の判断を支援	・走行地点あるいは前方の規制情報、走行環境(気温、路面情報等)、目的地あるいは次のＳＡ・ＰＡ・ＩＣまでの距離等のナビゲーション情報を提供	[現在] ・渋滞、事故、規制等に関する情報をスポット的に提供 ↓ [前方道路危険警告機能導入時] ・道路構造、工事等の静的情報、高度な緊急性・局所性を必要としない気象情報等の提供手段として前方道路危険警告機能を補完 ・前方道路危険警告機能での提供内容を広域的に後方車両に提供	[現在] ・渋滞、事故、規制等に関する情報を特定区間において提供 ↓ [前方道路危険警告機能導入時] ・機能統合	[現在] ・渋滞、事故、規制等に関する情報をスポット的に提供 ↓ [前方道路危険警告機能導入時] ・全ドライバが認知可能な視覚情報の提供手段として前方道路危険警告機能を補完	[現在] ・ＳＡでの交通状況の提供 ↓ [前方道路危険警告機能導入時] ・ＳＡにおいて詳細情報を提供

		連続通信（ＬＣＸ）			他の情報提供手段の役割			
		前方道路危険警告機能		通常時				
		警　告	注意喚起		ビーコン（VICS）	ハイウェイラジオ	道路情報板	情報ターミナル
車両走行場面	入口料金所	・優先度低い	左記内容に準ずる（警告情報がある場合はそちらを優先）		○	－	○	－
	入路（合流）	・上記のすべての事象を対象			○	－	－	－
	本線トンネル	・上記のすべての事象と対象、ＤＧＰＳ補正情報と除く上記のすべての事象が対象			○	○	○	－
	カーブ	・上記のすべての事象と対象						
	ジャンクション	・上記のすべての事象を対象			○	－	○	－
	ＳＡ・ＰＡ	・基本的に対象外（地震ＤＧＰＳ補正情報については対象とするが優先度低い）			－	－	－	○
	出路（分流）	・地震、摩擦係数、凍結ＤＧＰＳ補正情報を対象、その他は減速区間であるため優先度低い			○	－	－	－
	出口料金所	・対象外			○	－	－	－

情報提供範囲



図表(4-2-1)2-7　メディア間の機能分担

項目＼メディア		LCX	VICS	その他のメディア（情報ハイウェイ）
メディアの対象範囲		VICSビーコン間の範囲	2～5*km	5km以上
情報通信		連続	離散（スポット）	離散（スポットまたはエリア）
情報のリアルタイム性		数10m秒～数秒（随時）	1～5分（周期）	1～5分（周期）
情報区分	収集	○（＊1）	－	－
	提供	○（＊1）	○	○
	制御	○（＊2、＊3）	－	－
対象情報		← ← ・車両位置 ・ブレーキ制御 ・ハンドル制御	・渋滞 → ・工事 → ・故障車 → ・霧など気象 → ・突発事象 → （事故／障害物）	→

※高速道路におけるメディアを想定　　条件*：都市内：2km　都市間：5km

＊1：危険警告、非常時通報

＊2：運転補助

＊3：自動運転

4．2．2　システム化のための基本検討

1）システム機能の内容

（1）システム機能の範囲と動作手順

①概要

前方道路危険警告機能、非常時通報機能において、車両側（一般利用者側）が受ける情報を中心として処理の流れを検討した。

②前提

情報の流れとして以下の２ケースを検討対象とした。

・路上の事象をシステムを介して車両に情報提供する。
　→車両故障、事故
・本システム以外から提供された事象に関する情報を車両に提供する。
　→地震等

③処理の流れ

a)車両故障、事故（車両故障発生または事故発生から）

ｱ)車両及びインフラ装置からの車両故障・事故の情報を受け、即時折り返し車両故障・事故発生現場にいる車両に車両故障・事故情報を提供。

ｲ)車両故障・事故発生現場にいる車両に対し、緊急停止を要請。

ｳ)システムが情報の正誤判定を行い、車両故障・事故発生現場にいる車両および、その近隣地区の車両に対し詳細情報を提供。

ｴ)車両故障・事故発生現場の近隣にいる車両に対し、速度規制（徐行運転）情報及び車線規制情報を提供。

ｵ)渋滞予防のため、適当範囲の車両に対し、車両故障・事故の詳細情報及び速度規制、車線規制等の情報を提供。

b)地震等（地震の発生から）

ｱ)気象観測システムから地震情報を受け取り、各地の震度情報を該当地域を走行中の車両に提供。

ｲ)該当地域の震度の強弱、走行道路設備の状態により震度情報の変換を行い走行車両に提供。

例えば：震度３以上の場合

→緊急停止

震度が軽微であり、道路施設及び走行車両に影響を及ぼし得ない場合

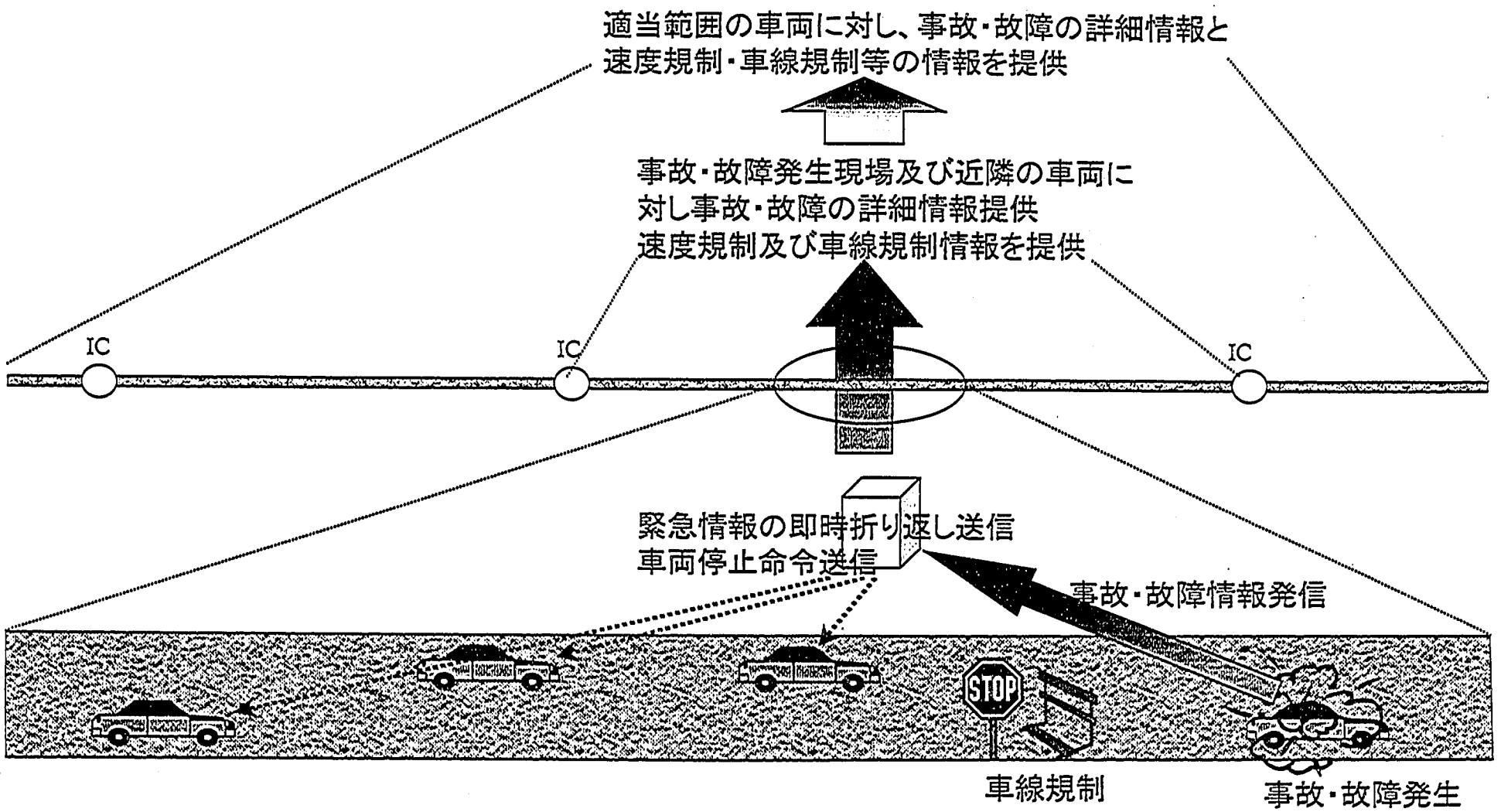
→徐行運転（速度規制）

ｳ)地震が収まった後、余震に備えて一定時間速度規制実施。

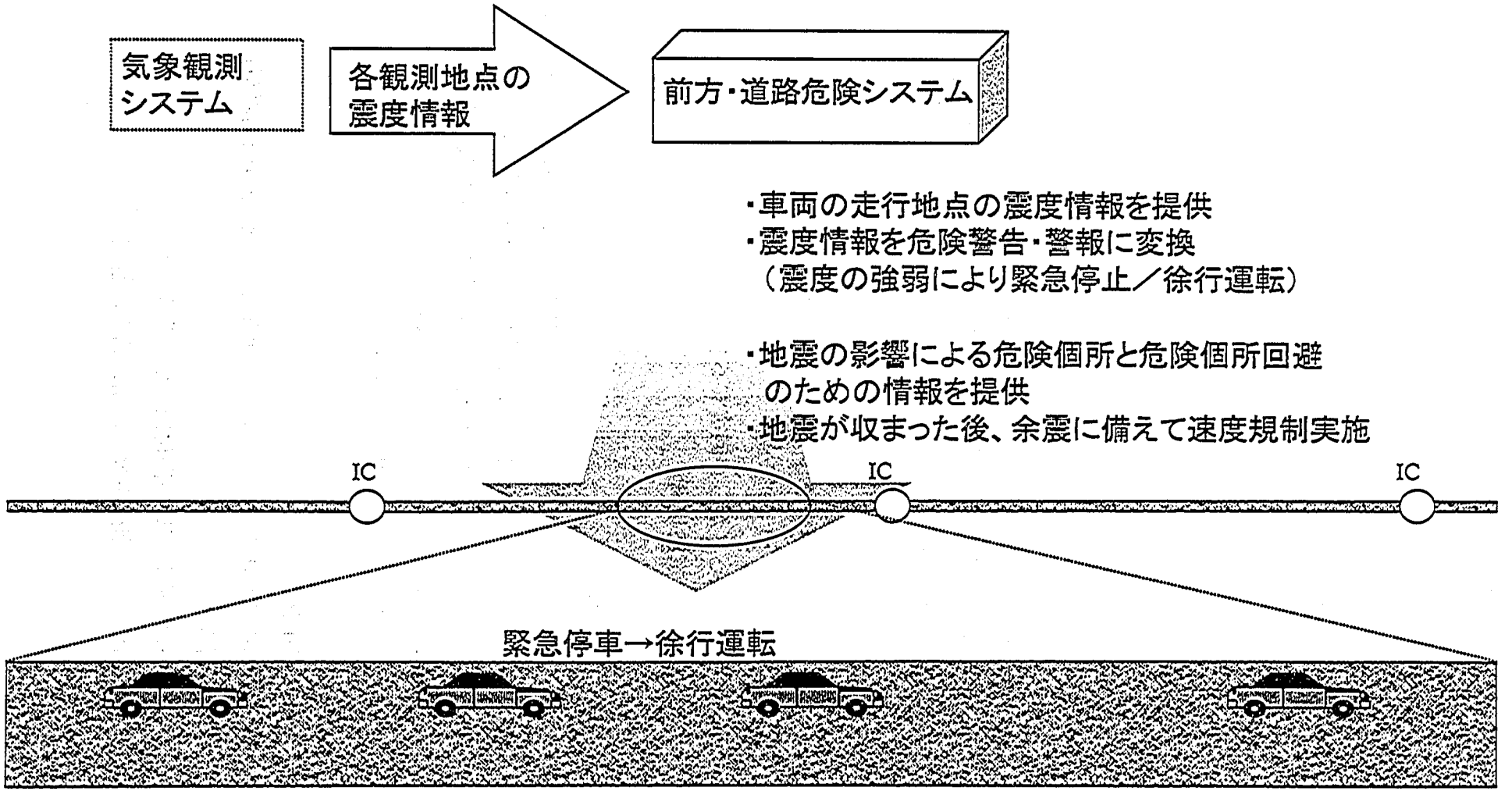
ｴ)地震等の影響により路上に危険な個所が発生した場合、危険な個所回避のための経路を誘導。

ｵ)路上の安全が確認された場合、渋滞回避のための誘導を実施。

図表(4-2-2)1-1　車両故障・事故



図表(4-2-2)1-2　地震等


気象観測
システム
各観測地点の
震度情報
前方・道路危険システム
・車両の走行地点の震度情報を提供
・震度情報を危険警告・警報に変換
（震度の強弱により緊急停止／徐行運転）
・地震の影響による危険個所と危険個所回避
のための情報を提供
・地震が収まった後、余震に備えて速度規制実施
IC
IC
IC
緊急停車→徐行運転

2）データの基本的な流れ

（1）情報発生、通報の考え方

①情報タイプ

情報は、事象により発生状況が様々であり、それにより提供方法も異なってくる。ここでは大きく４つのタイプに分類した。

a)連続変化タイプ：

発生している間中連続して通報、また車両に対して提供される情報。

・発生している間に、常に変化するもの

→渋滞末尾

・事故、故障、障害物など車両の円滑な通行を妨げるため、直ちに事象の回復が必要なもの（比較的容易に現状回復がはかれるもの）

→落下物、車両火災、車両故障、車両事故、ドライバ異常

b)連続不変タイプ：

発生している間中連続して通報され、また車両に対して提供されるが事象内容の変化が少ないタイプ。

・事象が発生してから、回復するまで時間がかかるもの

→崖崩れ、道路損傷

c)イベントタイプ：

一度だけあるいは短期間だけ通報される。但し、道路管理者はその事象や対応の必要性が消失するまで車両に対し連続して情報提供する。

・事象の発生により車両の円滑な通行を妨げる可能性があるもの

・直接、路面に影響を及ぼさないもの

→沿道火災、道路周辺災害、地震

d)間欠タイプ：

連続的に通報されるが事象の変化が遅くその通報時間間隔が長くてよい気象現象などの情報。

・事象の発生している間は回復が困難なもの

→強風、霧、摩擦係数、凍結、積雪、越波

次にそれぞれの情報タイプ一覧表を示す。

図表(4-2-2)2-1　情報発生、通報の考え方

タイプ	発生したら直ちに提供要	発生中内容に変化有り	連続して通報される	情報項目	主な情報源
連続変化タイプ 発生している間中連続して通報されまた車両に対して提供される情報	○	○	○	渋滞末尾、車両故障、車両火災、車両事故、落下物、ドライバ異常 D－GPS	車両 路側センサ
連続不変タイプ 発生している間中連続して通報されまた車両に対して提供されるが事象内容の変化が少ないタイプ	○	少ない	○	崖崩れ、道路損傷	路側センサ
イベントタイプ 一度だけあるいは短期間だけ通報される 但し、道路管理者はその事象や対応の必要性が消失するまで車両に対し連続して情報提供	○	少ない	△ (一度あるいは短期間)	沿道火災、道路周辺災害、地震	他機関ｼｽﾃﾑ 路側センサ
間欠タイプ 連続的に通報されるが事象の変化が遅くその通報時間間隔が長くてよい	△	少ない	間欠	強風、霧、摩擦係数、凍結、積雪、越波	路側センサ 他機関ｼｽﾃﾑ

（２）事象発生の場面に応じた情報の流れ

①概要

ここでは、前方危険警告及び非常時通報システムでの、事象の発生から車両への情報の流れと、システムの機能関連について検討した。

②事象の発生から車両への情報の流れ

事象の発生から車両への情報の流れを（１）であげた各情報タイプ別に図説する。

a)連続変化タイプ

ｱ)事象の発生を、路側センサ、車載器から前方危険警告あるいは非常時通報システムを介して通報する。システムでは直ちに通報元周辺車両に折返し情報提供を行う（図表(4-2-2)2-2）。

ｲ)通報は事象が発生している間、連続して行われる。システムでは追加して通報される情報により、詳細情報を広域の車両へ提供する（図表(4-2-2)2-3）。

b)連続不変タイプ

ｱ)事象の発生を、路側センサから前方危険警告あるいは非常時通報システムを介して通報する。システムでは直ちに事象の発生地域周辺車両に、折返し情報提供を行う（図表(4-2-2)2-4）。

ｲ)通報は事象が発生している間、連続して行われる。システムでは追加して通報される情報により、詳細情報を広域の車両へ提供する（図表(4-2-2)2-5）。

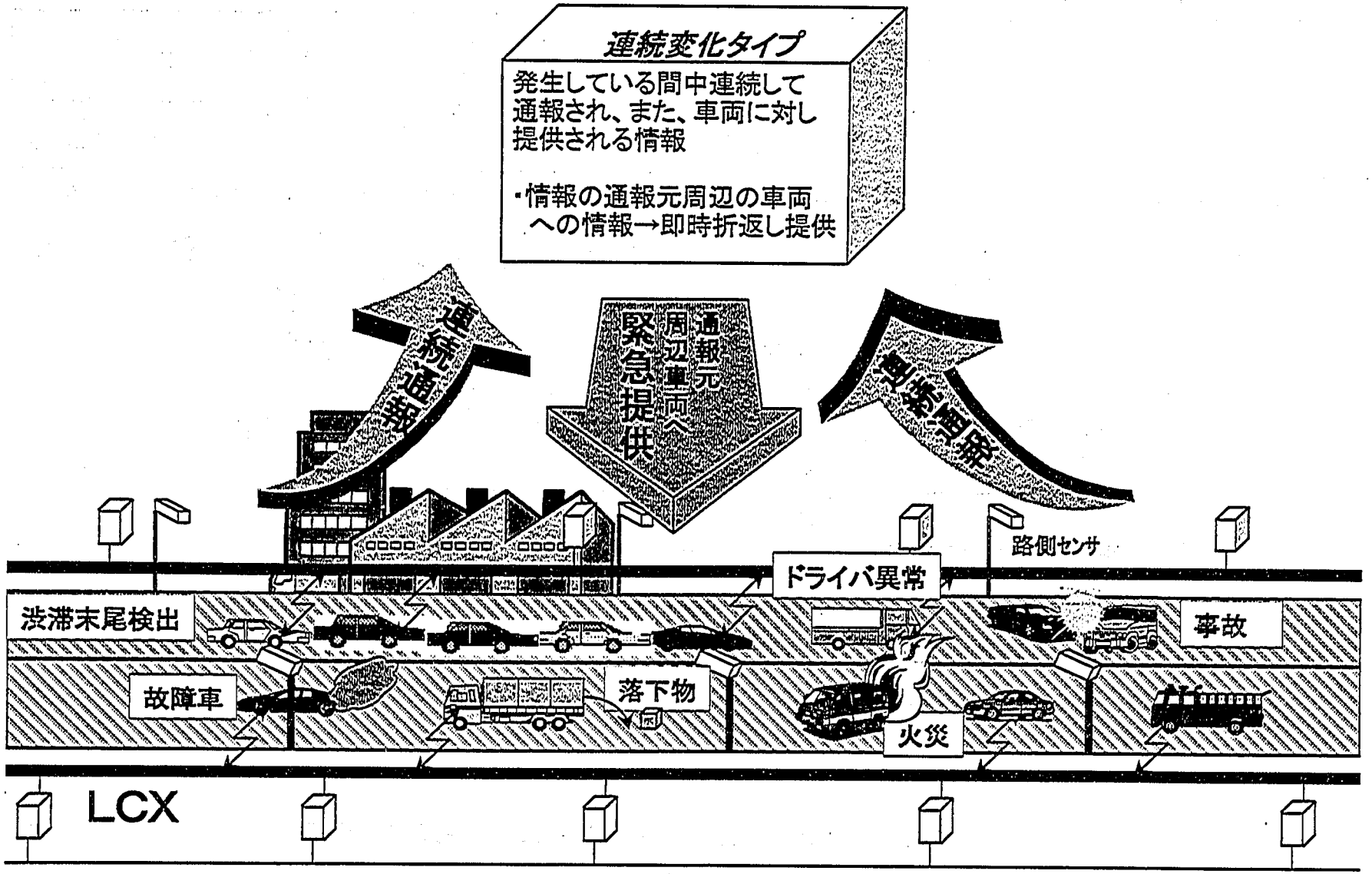
c)イベントタイプ

事象の発生を、路側センサ及び、他機関システムから前方危険警告あるいは非常時通報システムを介して通報する。システムでは情報を統合し、広域の車両に情報を提供する（図表(4-2-2)2-6）。

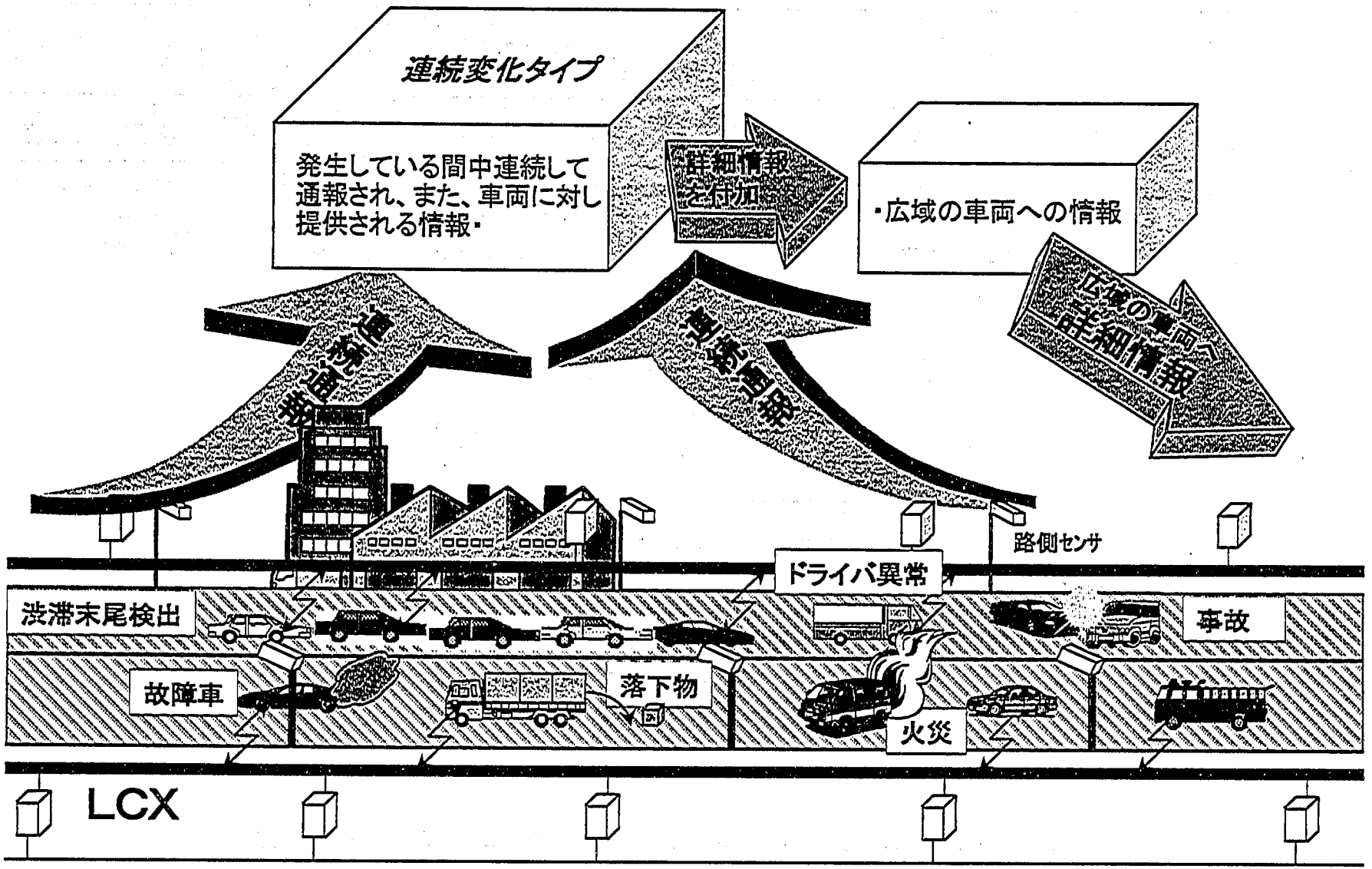
d)間欠タイプ

事象の発生を、路側センサ及び、他機関システムから前方危険警告及び非常時通報システムを介して通報する。通報は事象が発生している間、連続して行われる。但し、事象に変化が遅いため、通報の間隔が長くてもかまわない。システムでは情報を統合し、広域の車両に情報を提供する（図表(4-2-2)2-7）。

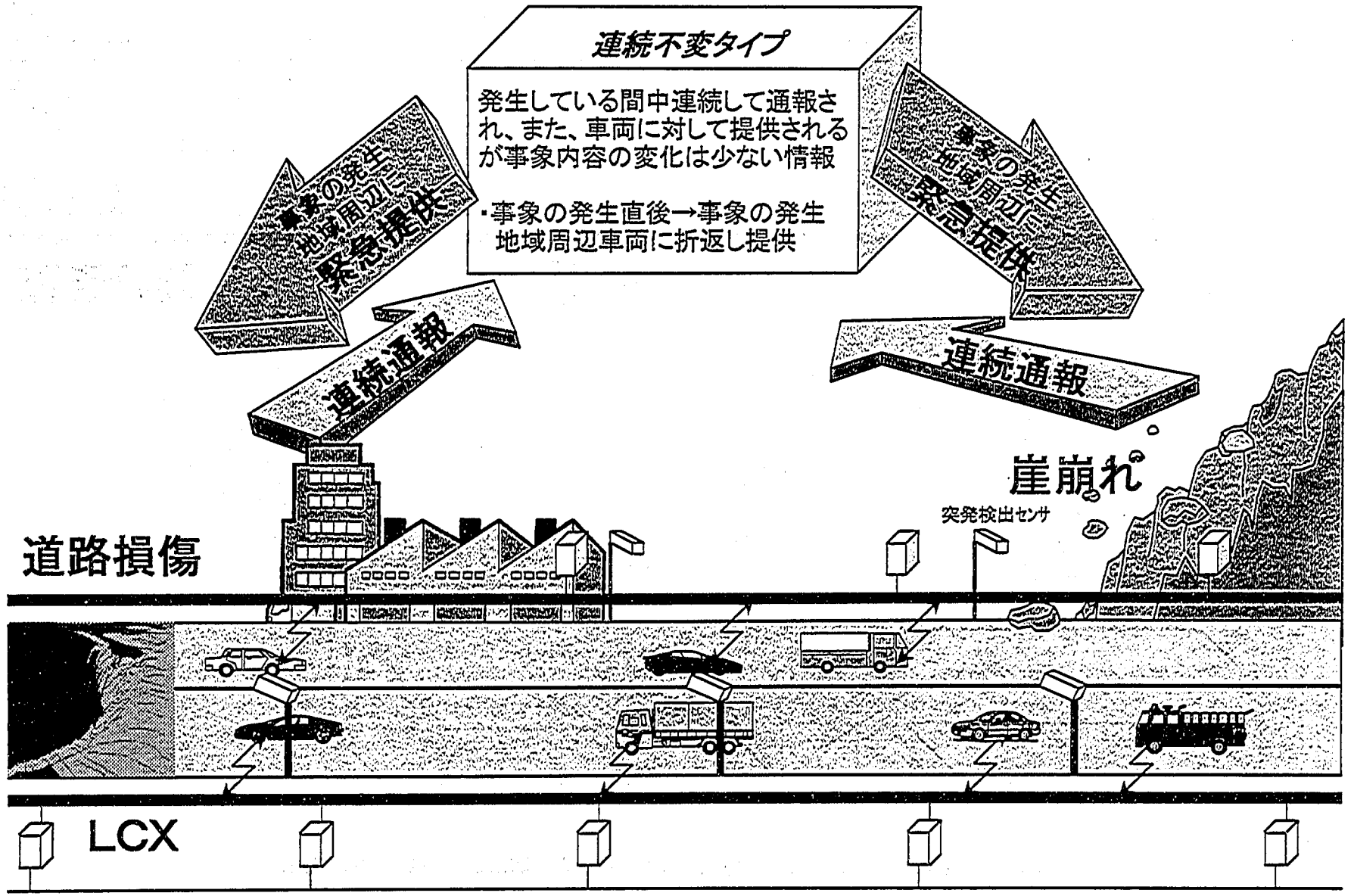
図表(4-2-2)2-2　前方危険警告・非常時通報の情報の流れ（連続変化タイプ）



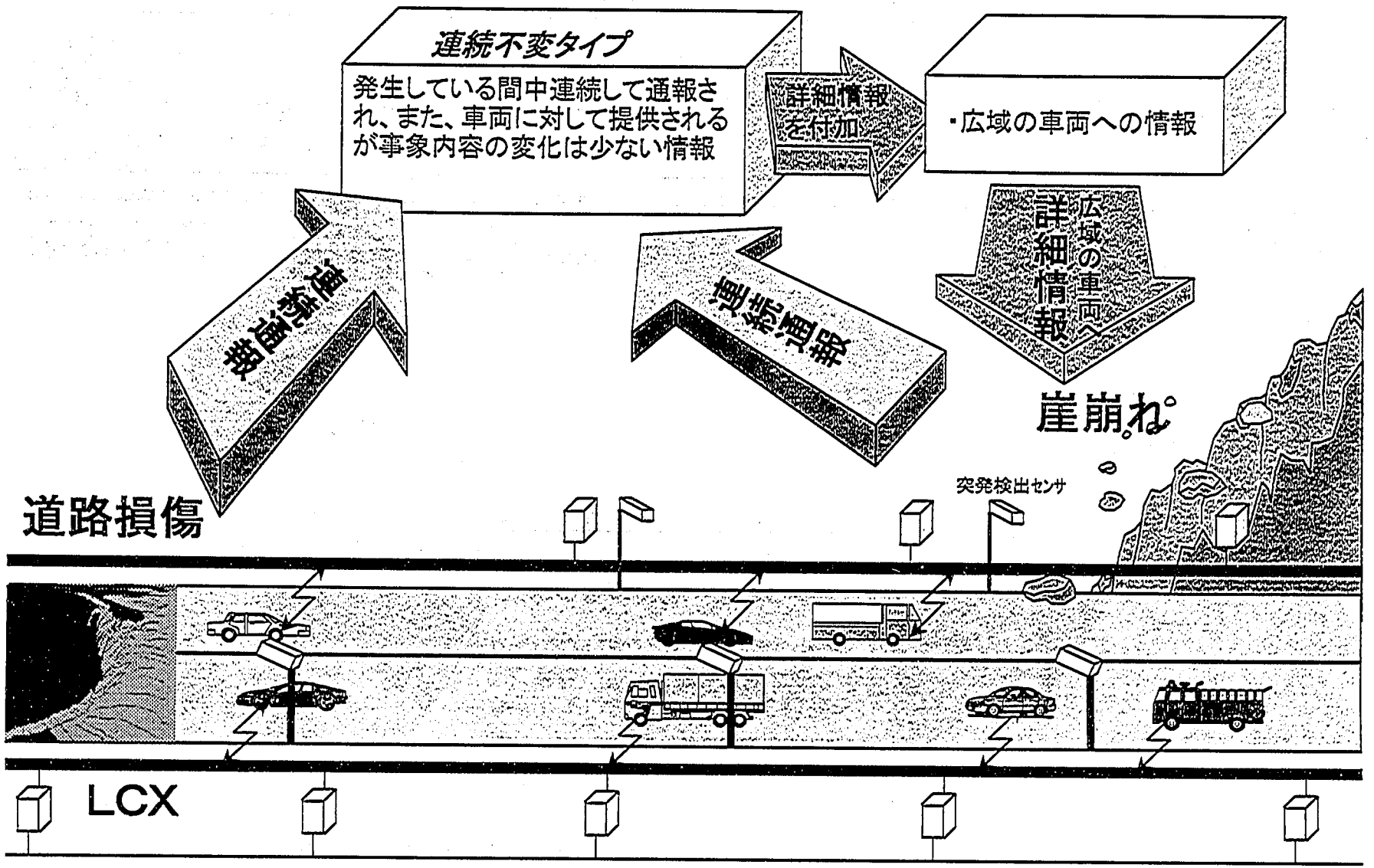
図表(4-2-2)2-3　前方危険警告・非常時通報の情報の流れ（連続変化タイプ）



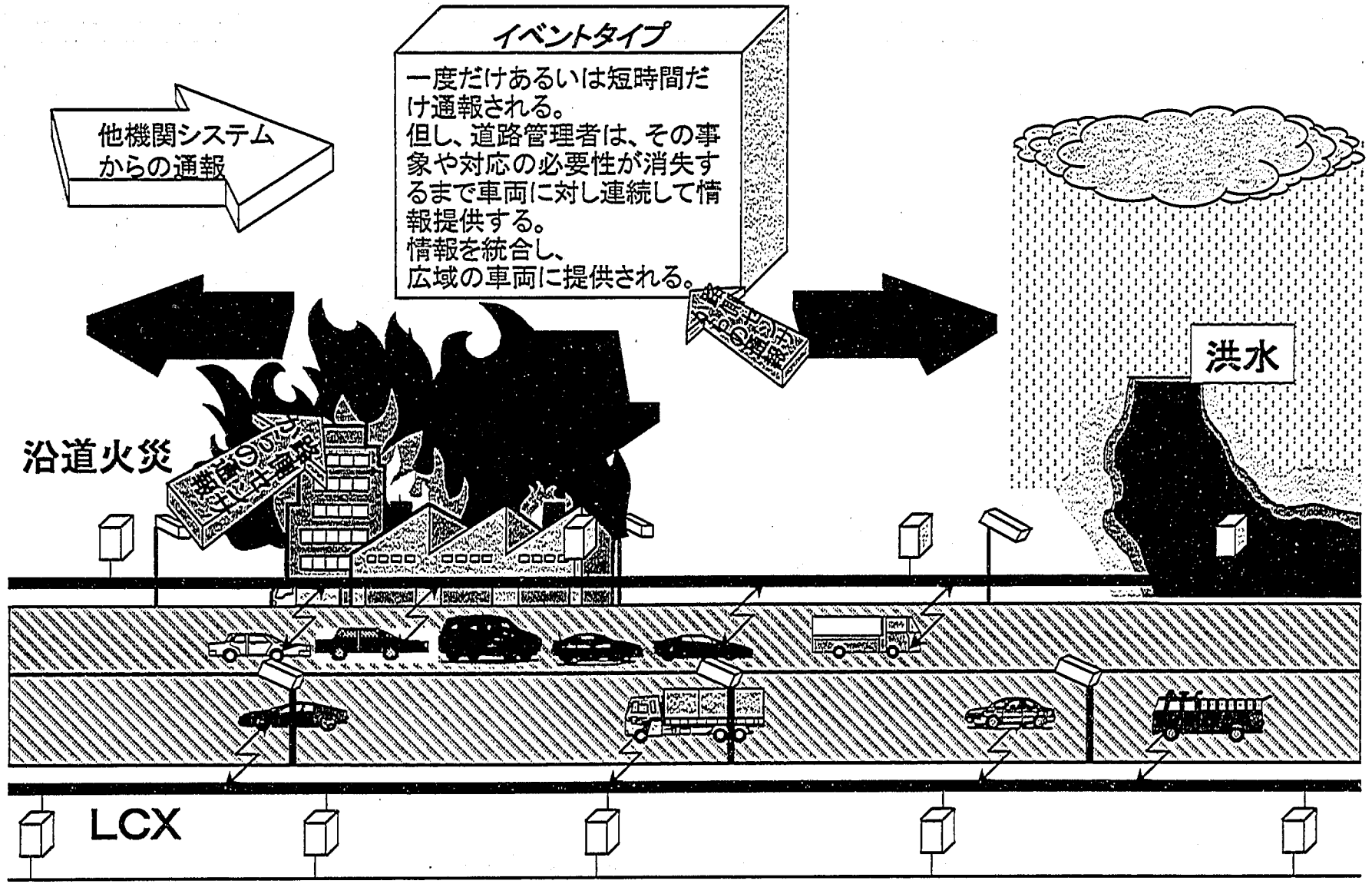
図表(4-2-2)2-4　前方危険警告・非常時通報の情報の流れ（連続不変タイプ）



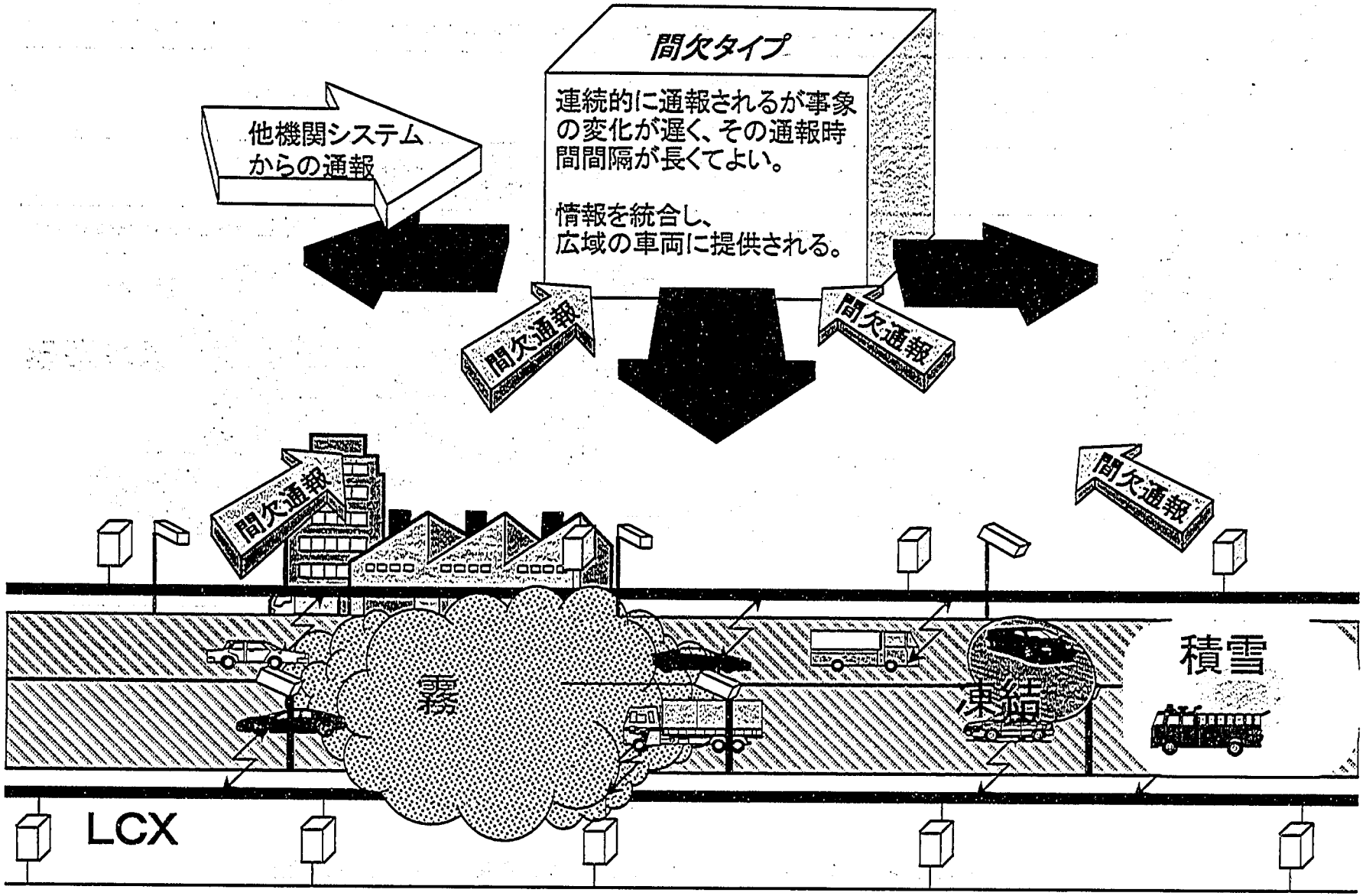
図表(4-2-2)2-5　前方危険警告・非常時通報の情報の流れ（連続不変タイプ）



図表(4-2-2)2-6　前方危険警告・非常時通報の情報の流れ（イベントタイプ）



図表(4-2-2)2-7　前方危険警告・非常時通報の情報の流れ（間欠タイプ）



③システムの機能関連の検討（データの流れ）

これまで、事象の発生、システムへの通報、システムから車両への情報提供の流れについて検討してきた。ここにおいて、発生・提供の方法により情報を連続変化タイプ、連続不変タイプ、イベントタイプ、間欠タイプに分類した。これらの情報を受けてシステムでは以下の情報を車両に提供する。

・初期情報：システムが情報を受け取ると直ちに周辺車両に対し、折り返し情報を提供する。
・追加情報：詳細な確定情報をより広域の車両に提供する。
・統合情報：関連システムから提供される情報を統合し、広域の車両に提供する。

ここでは、システムが対処する代表的な事象をケーススタディに取り上げ、情報の流れ方を意識しながら、２階層の仮想的なシステムにより機能関連を検討した。

a)ケーススタディの事象とデータの流れ

情報の流れとしては以下の２つのケースを検討対象とする。

・路上の事象をシステムを介して車両に情報提供する。
→車両故障（車両故障発生）（図表(4-2-2)2-8)
・本システム以外から提供された事象に関する情報を車両に提供する。
→気象（地震発生）（図表(4-2-2)2-9)

b)データの流れ図の説明

ｱ)ケース１　車両故障：連続変化タイプ

・車両故障の発生をインフラ側で検出
車両から路車間通信により故障発生を路側に送信

・システムは、車両故障発生の発生情報を基に処理装置を介して発生場所の上流側車両に折返し情報を提供（“第１次情報（速報）”）
システムの上層部に対し連続して通報される情報を送信（“第２次情報（詳細情報）”）

・システムの上層部では下層部からの情報を基に詳細情報をシステムの下層部に送信

・詳細情報は、システムの下層部により広域の車両に提供

ｲ)ケース２　気象：イベントタイプ

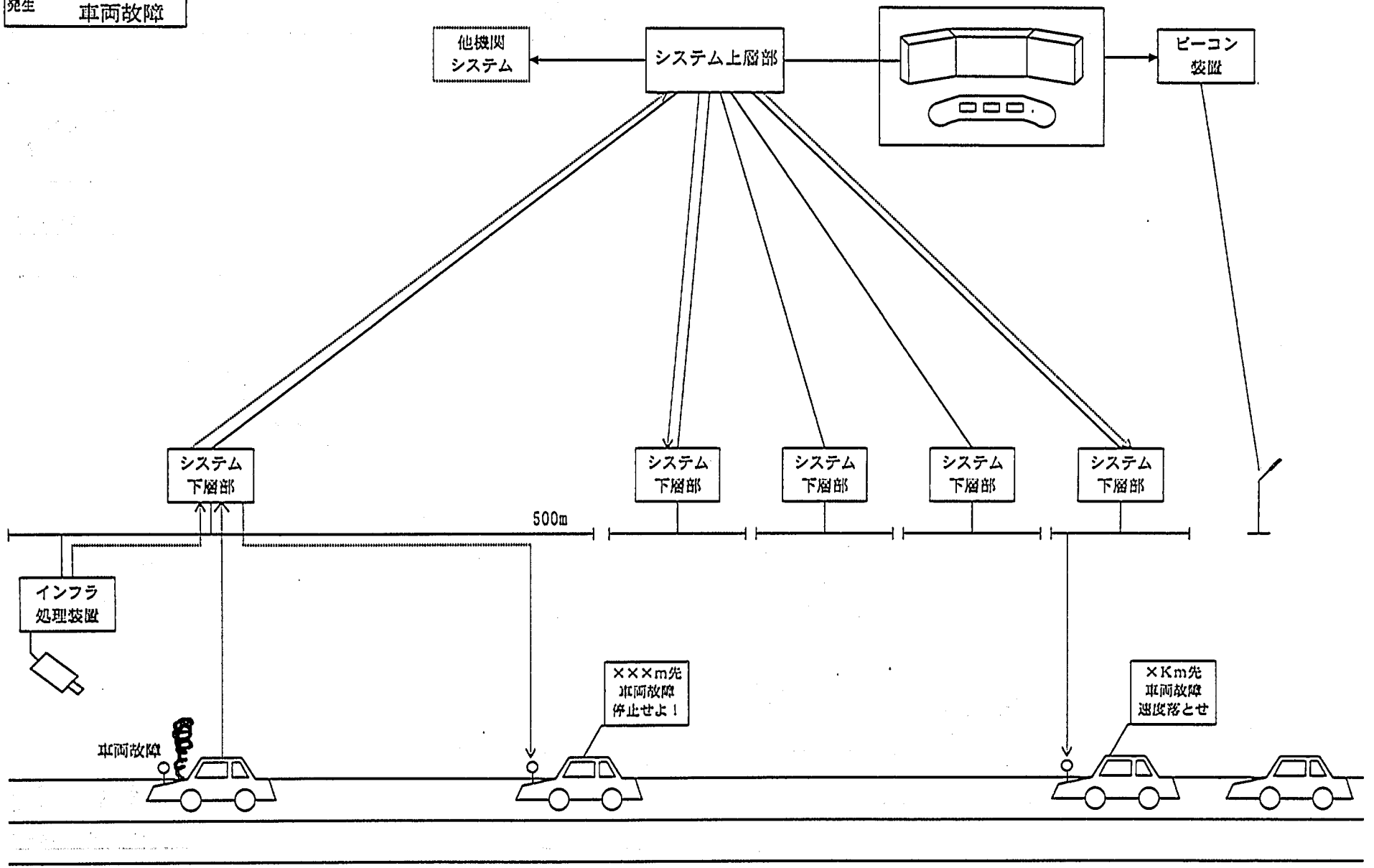
・気象観測システムより受信した地震発生情報を、システムの上層部に送信

・システムの上層部は地震発生情報をシステム下層部に配信（“統合情報”）

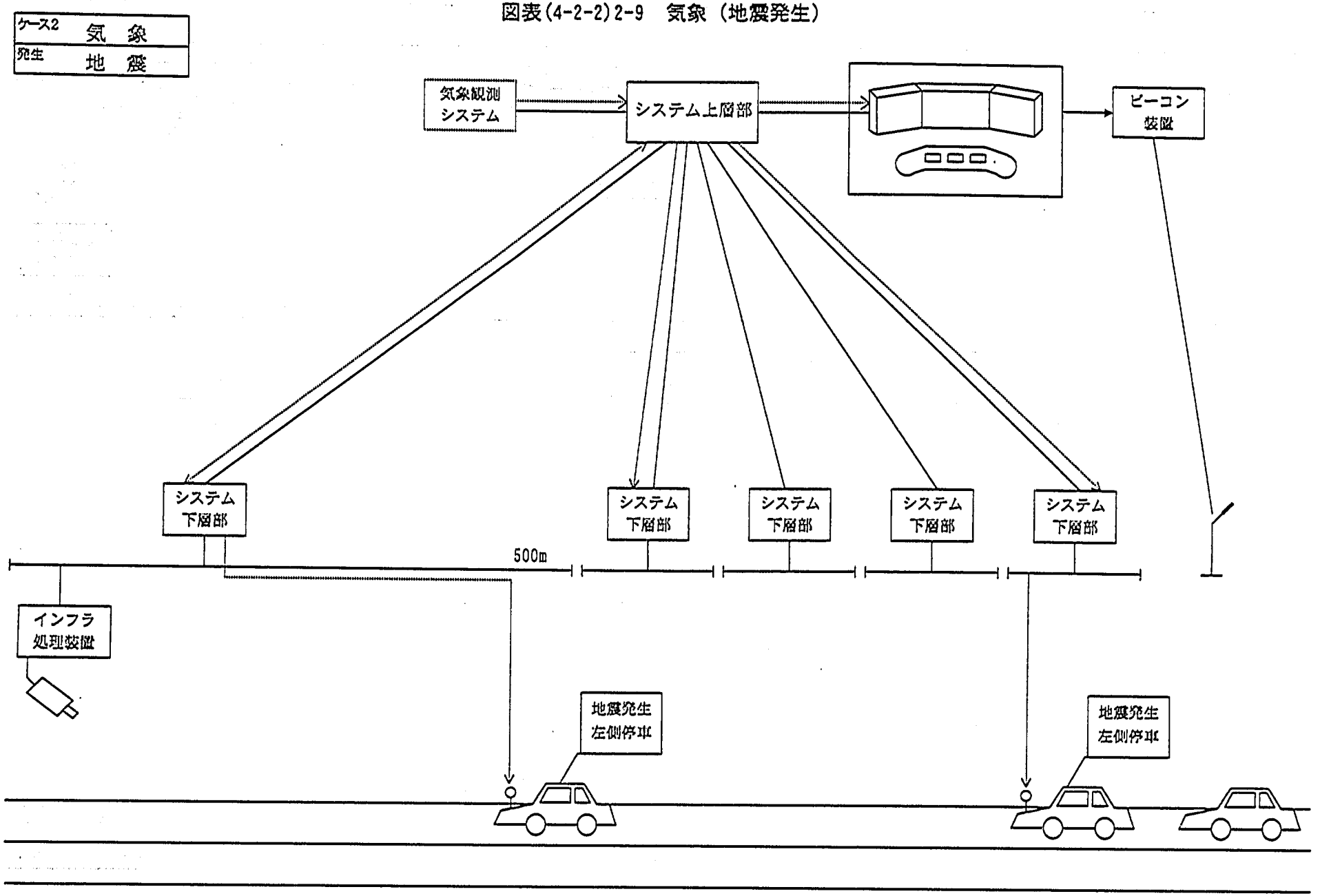
・システム下層部により走行中の車両に情報を提供する。

ケース1	車両故障
発生	車両故障

図表(4-2-2)2-8　車両故障（車両故障発生）



図表(4-2-2)2-9　気象（地震発生）



④システム機能構成

③では、周辺車両への緊急情報の提供及び広域車両への確定情報の提供を階層的なシステムにより段階的に行う方法を検討した。

ここでは、システムの有する機能の構成としてどのような機能階層が必要であるかを検討した。

機能構成としては映像や電波をデータや事象データに変換する端末レイヤ、通信区間毎の通信制御を行う通信レイヤ、通信区間にまたがるデータの処理や自動化可能な判定や判断を行う処理レイヤ、運転者や管理者の介入、機器状況の管理、日報などの運用記録や統計などを行う運用・管理レイヤを設ける。

図表(4-2-2)2-10　レイヤとそのはたらき

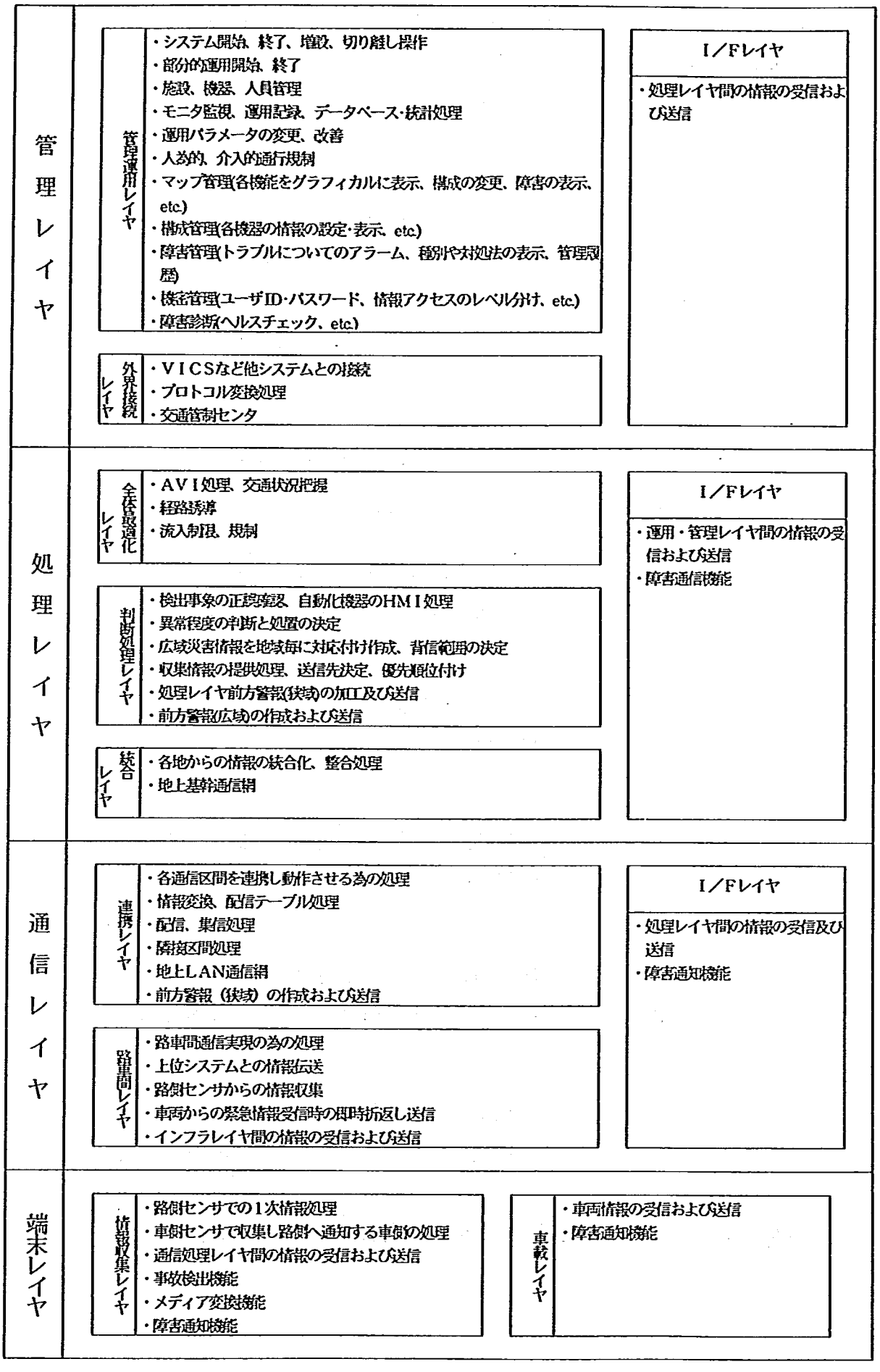
レイヤ	レイヤのはたらき
管理・運用レイヤ	介入、他システムとの情報交換 機器状況の管理、運用記録、統計
処理レイヤ	広域な通信区間にまたがるデータ処理、 自動化可能な判定・判断
通信処理レイヤ	通信区間内の処理、狭域での区間にまたがる 情報交換
端末レイヤ	区間内のメディア変換（cf. 電波とデータ） 区間内の事象検出（事故などの突発事象）

狭域：事象が発生した前後の隣接通信区間

広域：事象が発生した隣接通信区間を除く通信区間

各レイヤの機能内容を整理したものを図表(4-2-2)2-11に示す。

図表(4-2-2)2-11　レイヤと機能の関連



４．２．３　システム構成

１）機器構成の基本的考え方

構成機器の機能と配置に関する前提条件を以下のとおり設定する。

①前方道路危険警告機能、非常時通報機能を実現するための構成とする。

②２）で算出する情報量に基づき路側の情報処理系システムを構成する装置は、上位情報処理装置（以下、上位装置という）、上位側中位情報処理装置（同、中位装置（上））、下位側中位情報処理装置（同、中位装置（下））、下位情報処理装置（同、下位装置）の各装置による４段階のハイアラーキ構造とする。

③他システムとの接続は、上位装置で行う。

④機器配置は東名高速道路の東京～三ケ日間をモデルとする。

（１）必要機器と機能

４．２．２の２）で示したシステム機能レイヤを各装置毎に以下の様に振り分けるものとした。

上位装置　　：管理運用レイヤ
中位装置（上）　：処理レイヤ
中位装置（下）　：通信レイヤ（連携レイヤ）
下位装置　　：通信レイヤ（路車間レイヤ）

これより装置の機能を図表（4-2-3）1-1に示す。

図表（4-2-3）1-1　必要装置と機能

装　　置	機　　能
上位装置	・運用管理機能 ・中位情報収集 ・収集情報監視 ・他機関連絡 ・他システム連絡
中位装置（上）	・中位装置（上）イベント収集 ・中位装置（下）情報収集 ・中位装置（下）イベント上位送信
中位装置（下）	・下位装置イベント処理 ・下位装置情報収集 ・発生事象下位制御 ・隣接情報判定 ・発生事象隣接制御 ・隣接イベント処理 ・隣接イベント受信 ・隣接イベント提供判定 ・隣接事象提供
下位装置	・中位装置イベント処理 ・提供情報作成 ・提供情報制御 ・他下位情報受信 ・インフラ情報処理 ・インフラ情報収集 ・新規情報判定 ・下位情報提供 ・中位装置情報受信 ・車載機送信

（２）機器配置の基本的考え方

機器配置の基本的考え方を以下に示す。

①路側に敷設するＬＣＸ（長さ500m）毎に情報授受を行う下位装置を設置する。

②料金所が約20km毎に置局されていることと、下位装置の情報を集線・集約するための装置が必要であることより、20km毎に中位装置（下）を設置し、最大40局の下位装置と通信できるものとする。

③管理事務所が約60km毎に置局されていることと、中位装置（下）の情報を集線・集約するための装置が必要であることより、60km毎に中位装置（上）を設置し、最大６局（３局×上り／下り）の中位装置（下）と通信できるものとする。

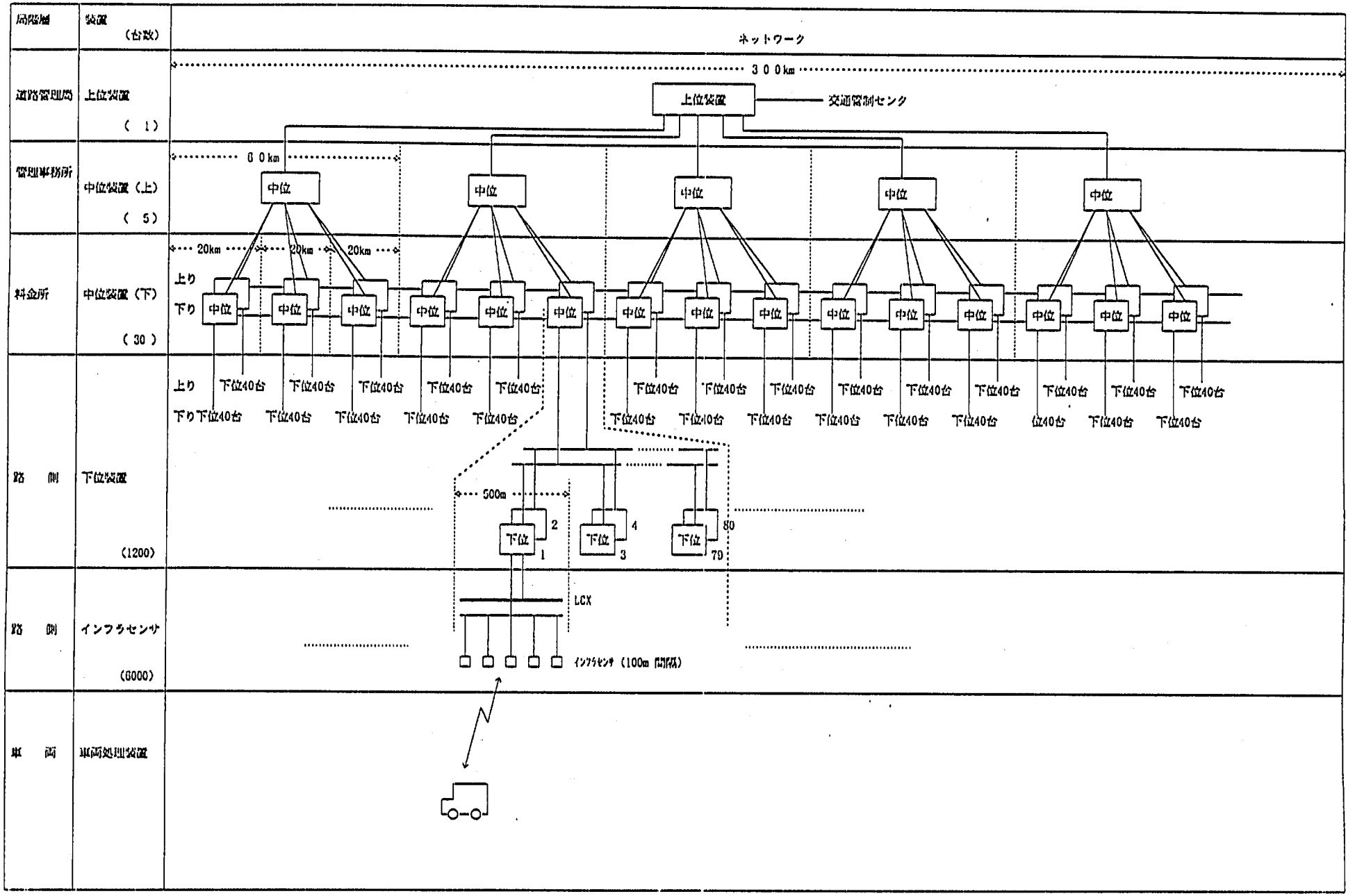
④管理局には、全区間の情報の統括管理を行うため、中位装置（上）の情報を集線・集約するために上位装置を設置する。

以上のことより設置条件を図表（4-2-3）1-2にまとめた。また、全体システム構成図を図表（4-2-3）1-3に示す。

図表（4-2-3）1-2　装置配置の設置条件

装置区分	設置間隔	台　数	処理範囲	設置場所	内外	操作員
上位装置	300km	1	上下線共通	管理局	屋内	有人
中位装置（上）	60km	5	上下線共通	管理事務所	屋内	有人
中位装置（下）	20km	30	上下線別	料金所事務所	屋内	無人
下位装置	0.5km	1200	上下線別	路側の設備	屋外	無人

図表3-1-3　全体システム構成図



（3）装置仕様の検討

1）、2）において、必要機器と機能、システムの全体構成、機器の配置などについて検討してきた。ここでは、これらの検討を前提として各装置の仕様について検討を行う。ただし、路側の処理装置とのレベル比較の観点から車載情報処理装置についても検討を行っているが、詳細については車両班での検討に委ねる。

①仕様検討に当たっての各装置の条件整理

a)上位装置

ｱ)性能

緊急性の高い情報については、中位装置までの各装置で処理されるため（上位装置へは報告のみ）、情報処理については高速性は必要としないが、管理者への画面表示が必要となり表示処理に高性能が要求される（特に映像などを表示する場合は高い性能が必要となり、今後表示内容の明確化が必要）。

また、中位装置を含め、複数の関連システムとの情報交換が頻繁に行われる可能性が高く、データ量も多いことが予想されるため、高速通信インターフェイスが必要となる。

ｲ)信頼性

システムと管理者とのインターフェイスとなる装置であるため高い信頼性が求められるが、管理者による障害の早期発見の可能性が高く、設置条件を考慮するとメンテナンスの利便性も良く、また即時に提供の必要な情報に関しては上位装置を経由しないことから、信頼性向上対策としてはシステムの二重化程度で十分であると考える。

ｳ)その他

屋内への設置が想定されるため防風・防水・耐寒等の対策は不要であり、管理者による操作が行われるためヒューマンインターフェイスの構築が必要となる。

b)中位装置(上)

ｱ)性能

処理にある程度の即時性が求められることと、事象認定の判断処理において数多くのパターン認識やアルゴリズムによる判定処理が行われることから高い性能が要求される。

また、通信処理においては大量のデータ送受信が行われることが予想されるが、通信対象となる装置は少ないことからそれほど高速な通信インターフェイスは必要

としない。ただし、効率的な通信ネットワーク構築の観点から、高速通信インターフェイスを選定する可能性も考えられる。

イ)信頼性

上位装置に障害が発生した場合に上位装置の代替え機能を果たすことから、上位装置と同程度の信頼性が必要とされる。ただし、通常時には管理者による操作は行われないので障害発生時の発見が遅れる可能性があるため、障害発生時の自動通知等の機能を検討する必要がある。

ウ)その他

上位装置と同様に屋内への設置が想定されるため防風・防水・耐寒等の対策は不要である。また、通常時は監視員による操作は行われないが、上位装置に障害が発生した場合に上位装置の一部機能をバックアップ（代替え）することからヒューマンインターフェイスが必要となる。

c)中位装置(下)

ア)性能

緊急性の高い情報の処理を行うため処理には即時性が求められると共に、隣接区間の中位装置（下、上）との情報交換や上位装置、下位側装置との情報交換（通信処理）についても、同時多数かつ頻繁に行うことが予想されるため、非常に高い性能が要求される。

また、情報処理と通信処理が同時並行で高速処理される必要がある。

イ)信頼性

隣接区間との情報交換、上位側装置との情報交換、下位側装置との情報交換の基点となるため、非常に高い信頼性を必要とする。

また、管理者による操作は行われず独立して稼働するため障害の発見は遅れる可能性があるため高い信頼性が必要となると共に、中位装置（上）と同様に障害通知の機能なども検討する必要がある。

ウ)その他

屋内設置が想定されるため防風・防水・耐寒等の対策は不要である。また管理者による操作は行われないためヒューマンインターフェイスは不要である。

d)下位情報処理装置（下位装置）

ア)性能

緊急性の高い情報処理を行うため情報の処理に高い性能が必要とされる。また、通信処理についても車両との情報交換が定常的に発生すると共に、有事の際にはインフラ装置や多数の車両から一斉に情報が送られてくることが予想されるため高い性能が要求される。

将来的に自動運転への拡張時には、車両の制御も行うことから非常に高い性能が必要となる。

イ)信頼性

人間の介在なしに独自で稼働することや、設置条件などから障害発生時には復旧に時間を要すること、及び装置の障害や故障が直接道路利用者の安全に影響することから、非常に高い信頼性を必要とする。また、メンテナンス作業を極力削減することが望ましい。

ウ)その他

屋外（路側）設置が想定されるため防風・防水・耐寒等の対策が必要となると共に、小型化の検討も必要である（特にトンネル部等では設置場所が限られるため）。管理者による操作は行われないためヒューマンインターフェイスは不要である。

e)無線制御装置（路側、車載）

ア)性能

通信される情報量はほぼ決まっているが、前方道路危険警告機能、非常時通報機能に即時性が求められるという観点から高い性能が要求される。

イ)信頼性

道路と車を結ぶ重要な装置であると同時に、装置の障害や故障が道路利用者へ直接影響するため非常に高い信頼性を必要とする。また、メンテナンスの利便性、可能性の観点からも高い信頼性が求められる。

ウ)その他

屋外（路側または車両）設置が想定されるため防風・防水・耐寒等の対策が必要となると共に小型化の検討が必要である。また、車載の装置には振動対策も必要である。

f)車載情報処理装置（車載装置：表示端末含まず）（参考）

前方道路危険警告機能、非常時通報機能の実現に当たっては、処理する情報量がほぼ決まっており、路側に設置する装置ほどの性能は要求されない（自動運転への拡張時には高性能が要求される）。しかし、装置の障害や故障が道路利用者へ直接影響するため非常に高い信頼性を必要とする。

また、車両の走行時に発生する振動への対策が必要である。

以上の結果を整理すると図表（4-2-3）1-4の様になる。

図表（4-2-3）1-4　各装置に要求される性能・信頼性の整理

装置	性能	信頼性	その他
上位装置	高性能要（画面処理、関連ｼｽﾃﾑｲﾝﾀｰﾌｪｲｽ）	高い信頼性要	・ﾋｭｰﾏﾝｲﾝﾀｰﾌｪｲｽが必要 ・屋内設置
中位装置（上）	高性能要（事象認定、各種判断処理）	高い信頼性要	・ﾋｭｰﾏﾝｲﾝﾀｰﾌｪｲｽが必要 ・上位装置のﾊﾞｯｸｱｯﾌﾟ機能要 ・屋内設置
中位装置（下）	非常に高い性能要（緊急性の高い処理、高速通信処理）	非常に高い信頼性要（AHS情報の基点）	・屋内設置
下位装置	高性能要（緊急情報の処理、高速通信処理）	非常に高い信頼性要（ﾕｰｻﾞの安全性、ﾒﾝﾃﾅﾝｽ性）	・路側設置のため小型化要 ・防風・防水・耐寒対策要
路側無線装置	高性能要	非常に高い信頼性要（ﾕｰｻﾞの安全性、ﾒﾝﾃﾅﾝｽ性）	・路側設置のため小型化要 ・防風・防水・耐寒対策要
車載無線装置	高性能要	非常に高い信頼性要（ﾕｰｻﾞの安全性、ﾒﾝﾃﾅﾝｽ性）	・車両搭載のため小型化要 ・防風・防水・耐寒対策要 ・振動対策要
車載装置	ある程度高性能要（自動運転時には高性能要）	高い信頼性要（ﾕｰｻﾞの安全性、ﾒﾝﾃﾅﾝｽ性）	・車両搭載のため小型化要 ・防風・防水・耐寒対策要 ・振動対策要

②システム装置仕様

①の仕様検討に当たっての各装置の条件整理から、図表（4-2-3）1-5に示す各装置仕様が考えられる。

図表（4-2-3）1-5　装置仕様

処理装置	H／W	二重化		
		CPU	ディスク	メモリ
上位装置	高性能マシン（EWS等）	○	○	○
中位装置（上）	高性能マシン（EWS等）	○	○	○
中位装置（下）	高性能マシン（ﾐﾆｺﾝ、EWS等）	○	○	○
下位装置	専用制御装置（H/W新規開発）	○	× (－)	○
路側無線制御装置	専用ボード（H/W新規開発）	○	－	○
車載無線装置	専用ボード（H/W新規開発）	×	－	×
車載装置	専用ボード（H/W新規開発）	×	－	×

（注）○：二重化する、×：二重化しない、－：ディスクなし

（4）装置仕様検討における留意点

装置仕様を決定するにあたり今後次のような項目について検討する必要がある。

①ネットワークシステム構成の明確化による、各装置の通信インターフェイス仕様の検討。

②ネットワークシステムを含めた信頼性の検討。

③他関連システムとの情報交換項目の明確化による、上位装置仕様の追加検討。

④将来の自動運転システムへの拡張を考慮した、中位装置（下）、下位装置、無線制御装置（路側、車載）のさらなる信頼性向上対策検討。

2）最大情報量と通信速度

ここでは、前方道路危険警告機能、非常時通報機能におけるネットワークを構築する上で必要となる最大情報量と通信速度について算出した。

（1）基本データの情報量の想定

①情報量想定にあたっての前提条件

a)エアフォーマットは、平成７年度に土木研究所構内で実施したＬＣＸ基礎実験におけるエアフォーマットに準じた。

b)ただし、車路車間通信を行うことを想定し、従来のエアフォーマットの短期サイクル通信とは異なる随時サイクルを設けた。

c)事象発生直後の最優先すべき緊急情報を随時サイクル、その他の情報を長期サイクルとした。

d)随時サイクルに関しては現行のエアフォーマットにとらわれずに最大情報量の想定を行うものとした。

②情報量の想定

随時サイクル上り／下り、長期サイクル上り／下りの各情報量を以下のように仮定する。

図表（4-2-3）2-1　随時サイクル上りデータ（車両→路側）の情報量

事象項目	データ長	備　　考
方向方路	1B	上り／下り、同一方向並走路識別等
情報種別	1B	自車事故、車両異常、ドライバ異常等
事象内容	1B	情報種別の小区分
事象程度	1B	
発生場所	2B	基準キロポスト
	2B	発生キロポスト
予備	2B	
計	10B	

図表（4-2-3）2-2　随時サイクル下りデータ（路側→車両）の情報量

事象項目	データ長	備　　考
方向方路	1B	上り／下り、同一方向並走路識別等
情報種別	1B	自車事故、車両異常、ドライバ異常等
事象内容	1B	情報種別の小区分
事象程度	1B	
指示事項	1B	車両に対する徐行、停止等の指示
発生場所	2B	基準キロポスト
	2B	発生キロポスト
発生時間	3B	時、分、秒
予備	2B	
計	14B	

図表（4-2-3）2-3　長期サイクル上りデータ（車両→路側）の情報量

事象項目	データ長	備　　考
運転免許証情報		
免許証番号	6B	BCD12桁
氏名	20B	漢字10文字
生年月日	4B	BCD8桁
住所	80B	漢字40文字
パーソナル情報		
血液型	1B	
緊急連絡先住所	80B	漢字40文字
電話番号	5B	BCD10桁
既病気	1B	
ドライバ状況	8B	ＣＣＤカメラ、センサ等による
小計（個別）	205B	
現行の情報	103B	
予備	12B	
小計（共通）	115B	
計	320B	

図表（4-2-3）2-4　長期サイクル下りデータ（路側→車両）の情報量

事象項目	データ長	備　　考
緊急メッセージ	128B	
復旧予定時間	4B	月、日、時、分
現行の情報	433B	
予備	75B	
計	640B	

・インフラセンサ～下位装置の情報量は、実験システムで使用している通信フォーマットより以下の通りとする。

インフラセンサ→下位装置：15B（１事象検出中／ＬＣＸ）

下位装置→インフラセンサ： 9B

・気象情報の情報量は、事象内容1B、事象レベル1Bの計2B（センサ装置で検出）

・Ｄ－ＧＰＳ補正情報の情報量は、ＶＩＣＳ（Vehicle Information and Communication System）のＦＭ多重を用いた方式（ＢＴＡ Ｒ－００３）の情報量から、176bit×2（=352bit=44Byte）とする。また、Ｄ－ＧＰＳ基準局は管理局毎に１つとし、データは５秒で１サイクルの周期で上位装置から発信され、車載装置まで送られることとする。

（２）最大情報量の算出

①最大情報量を算出するにあたっての前提条件

最大情報量を算出するにあたり、以下の前提条件を設定する。

a)車載装置は、エアフォーマットの長期サイクル（上り）上に１サイクルで５事象が通信できることから、１事象において５台の車両が同時に事象発生中とする。

b)情報量の算出に伴う装置と設置数は以下の通りとする。

図表（4-2-3）2-5　装置設置数

装　置	数	局　階　層	備　考
上位装置	1	道路管理局	
中位装置（上）	×5	管理事務所	
中位装置（下）	×6	ＩＣ、ＳＡ、ＰＡ	
下位装置	×40	路側	
センサ装置	1	路側	
車載装置	5	車両	事象発生中

c)センサ装置の処理については、以下の通りとする。

ｱ)情報の送信は、事象検出時及び事象解消時、下位装置にそれぞれ１回のみ送信する。

ｲ)隣接するカメラの検出範囲は、一部重ね合わせており、両方のカメラが検出した場合には、それぞれのカメラの発生事象としてセンサ装置が認識するが、データの中にキロポストの情報があり、連続する事象なのか否かの判断を行う。

d)情報量抽出の考え方については、以下の通りとする。

ｱ)事象発生時において状態変化が無い場合には、下位装置より上位には送信しない。

ｲ)摩擦係数、気象情報等で生データの数値を扱う事象は、センサ装置により判定値処理を行い、その判定に状態変化が無い場合には下位装置には送信しない。以下に各階層での考え方を示す。

●緊急情報

・下位装置　：入力生情報を自動処理し、即時に提供。事象発生、解消時のみ入力生情報と当該提供情報を中位装置（下）に送信。

・中位装置（下）：当該下位装置の提供情報を隣接下位装置に送信。当該下位装置からの情報をもとに２次情報を作成し、近接の中位装置（下）、中位装置（上）に送信。

・中位装置（上）：中位装置（下）からの情報を処理し、必要であれば近接の中位装置（下）に送信。人的介入による提供情報を中位装置（下）に送信。

●摩擦係数、気象センサ等の情報

・下位装置　　：センサ装置で判定値により自動処理された入力情報を、即時に提供。判定値処理による状態変化と当該提供情報を中位装置（下）に送信。

・中位装置（下）：当該下位装置の提供情報を隣接下位装置に送信。当該下位装置からの情報を元に２次情報を作成し、近接の中位装置（下）、中位装置（上）に送信。

・中位装置（上）：中位装置（下）からの情報を処理し、必要であれば近接の中位装置（下）に送信。人的介入による提供情報を中位装置（下）に送信。

e)情報量の算出については、中位装置（下）がＩＣ毎に配置される前提より、情報の連続性がとぎれる事と、上位装置、中位装置（上）で時系列処理を行う為リアルタイム性がなくなる事から、中位装置（下）を境として、上からはトップダウン、下からはボトムアップで計算する。

f)事象発生件数については、東名高速道路での１年間の渋滞発生件数（平成６年）、非常電話の発生件数（平成６年度）及び気象情報（平成５年度）から、以下のように仮定する。

ｱ)非常時通報に関する情報（車載装置からの情報）

事故　　：　3,163件／年
故障　　：19,797件／年
督促　　：　2,097件／年
路上障害：　1,102件／年
その他　：11,974件／年

合計　　：38,133件／年 ≒ 105件／日・管理局 ≒ 0.2件／日・ＬＣＸ

f)前方道路危険警告に関する情報（センサ装置からの情報）

事故　　：3,163件／年
故障　　：19,797件／年
路上障害：1,102件／年
道路損傷：　1件／年
渋滞末尾：5,963件／年

合計　　：30,026件／年 ≒ 82件／日・管理局 ≒ 0.14件／日・ＬＣＸ

気象　　：19,109件／年 ≒ 52件／日・管理局 ≒ 1.8件／日・ＩＣ

・渋滞末尾については、東名高速道路ＩＣ間別渋滞発生件数（平成６年）を参考とした。
・気象については、局所性が低いのでｲﾝﾀｰﾁｪﾝｼﾞ単位（10km）とし、東名高速道路可変標示板要因別表示回数（本線情報板、平成５年）を参考とした。
・それ以外の項目は、東名高速道路非常電話情報内容別通話数（平成６年）を参考とした。

以上より、非常時通報、前方道路危険警告ともに１ＬＣＸ区間あたりでは１以下の数字となるが、前提上はともに１件／ＬＣＸの事象が発生するものとする。

g)中位装置（下）　間の情報量（上りデータ）は、両隣の２方向の情報のみを対象とする。

h)下りデータの情報量に関しては、各装置が管理する直下の装置に伝送する情報量のみを対象とする。

②最大情報量の算出

（１）の基本データの情報量と、①の最大情報量を算出するにあたっての前提条件より、最大情報量は以下の通りとなる。

a)随時サイクル上りデータ（車両→路側）の最大情報量

・下位装置　　：（10B×5台×0.2件）＋（15B×0.14件）　＝　12.1B
・中位装置（下）：12.1B×40装置＋2B×1.8件　＝　487.6B
・中位装置（上）：10.0B×21件＋15B×17.0件＋2B×11件　＝　487.0B

・上位装置　　：10.0B×105件＋15B×82.0件＋2B×52件　＝2,384.0B
・中位装置（下）間：12.1B×2件＋2B×1.8件　＝27.8B

b)随時サイクル下りデータ（路側→車両）の最大情報量

・下位装置　　：14B＋9B　＝23.0B
・中位装置（下）　：23B×40装置　＝920.0B
・中位装置（上）　：23B×6装置　＝138.0B
・上位装置　　：23B×5装置　＝115.0B

c)長期サイクル上りデータ（車両→路側）の最大情報量

・下位装置　　：(205B×5台×0.2件)＋(15B×0.14件)　＝207.1B
・中位装置（下）　：207.1B×40装置＋2B×1.8件　＝8,287.6B
・中位装置（上）　：205.0B×21件＋15B×17.0件＋2B×11件　＝4,582.0B
・上位装置　　：205.0B×105件＋15B×82.0件＋2B×52件　＝22,859.0B
・中位装置（下）間：207.1B×2件＋2B×1.8件　＝417.8B

d)長期サイクル下りデータ（路側→車両）の最大情報量

・下位装置　　：640B＋9B+44B　＝693.0B
・中位装置（下）　：693B×40装置　＝27,720.0B
・中位装置（上）　：693B×6装置　＝4,158.0B
・上位装置　　：693B×5装置　＝3,465.0B

（3）通信速度の算出

①通信速度を算出するにあたっての前提条件

（2）②にて算出した最大情報量から通信速度を算出するにあたり、以下のような前提条件を設定する。

a)随時サイクル

装置の最大処理時間（通信処理を含む）、最大通信時間を以下のように仮定する。

・画像処理時間　　：2.0s
・車載装置処理時間　　：0.1s
・その他の装置の処理時間　：0.1s
・有線通信時間　　：0.1s
・無線通信時間　　：0.2s（往復）

各装置の通信時間を、中位装置（下）経由で下位装置にデータを渡したときの通信時間を以下のように仮定する。

・センサ装置～下位装置　　：0.02s
・車載装置～下位装置　　：0.10s
・下位装置～中位装置（下）：0.02s
・中位装置（下）間　　：0.02s

b)長期サイクル

長期サイクルの周期が１秒、その他の装置の処理時間が情報量の増加を含め0.2秒とし、通信時間を以下のように仮定する。

・通信時間　　：0.5s

②通信速度の算出

（２）にて算出された最大情報量と、①の通信速度を算出するにあたっての前提条件より、各装置の通信速度は図表（4-2-3）2-6のような結果となる。

ここでの試算では、随時サイクルについては上下とも下位装置～中位装置（下）間が最も高い通信速度を要し（上り：19.5万bit/s、下り：36.8万bit/s）、長期サイクルについては、上りでは中位装置（上）～上位装置間（36.6万bit/s）、下りでは中位装置（下）～下位装置間（44.4万bit/s）が最も高い通信速度を要する結果となり、ある程度高速な通信速度を有するシステムを構築する必要がある。

図表（4-2-3）2-6　情報量と通信速度

1．随時サイクル（上り）

	対象台数			情報量	通信時間	通信速度		接続距離
	下位装置	中位装置(下)	中位装置(上)	(Byte)	(s)	(Byte/s)	(bit/s)	(km)
インフラ設備　～ 下位装置				15.0	0.02	750.0	6,000.0	0.5
車両　～ 下位装置				12.1	0.10	121.0	968.0	—
下位装置　～ 中位装置（下）	４０			487.6	0.02	24,380.0	195,040.0	20.0
中位装置（下）～ 中位装置（上）	２４０	6		487.0	0.10	4,870.0	3,896.0	60.0
中位装置（上）～ 上位装置	１，２００	３０	5	2,384.0	0.10	23,840.0	190,720.0	300.0
中位装置（下）～ 中位装置（下）				27.8	0.02	1,390.0	11,120.0	20.0

2．随時サイクル（下り）

	対象台数			情報量	通信時間	通信速度		接続距離
	下位装置	中位装置(下)	中位装置(上)	(Byte)	(s)	(Byte/s)	(bit/s)	(km)
下位装置　～ インフラ設備				9.0	0.02	450.0	3,600.0	0.5
下位装置　～ 車両				23.0	0.10	230.0	1,840.0	—
中位装置(下)～ 下位装置	４０			920.0	0.02	46,000.0	368,000.0	20.0
中位装置(上)～ 中位装置(下)		6		138.0	0.10	1,380.0	11,940.0	60.0
上位装置　～ 中位装置(上)			5	115.0	0.10	1,150.0	9,200.0	300.0

図表（4-2-3）2-6　（つづき）

3．長期サイクル（上り）

	対象台数			情報量	通信時間	通信速度		接続距離
	下位装置	中位装置(下)	中位装置(上)	(Byte)	(s)	(Byte/s)	(bit/s)	(km)
インフラ設備　～ 下位装置				15.0	0.02	750.0	6,000.0	0.5
車両　～ 下位装置				207.1	0.50	414.2	3,313.6	－
下位装置　～ 中位装置（下）	40			8,287.6	0.50	16,575.2	132,601.6	20.0
中位装置（下）～ 中位装置（上）	240	6		4,582.0	0.50	9,164.0	73,312.0	60.0
中位装置（上）～ 上位装置	1，200	30	5	22,859.0	0.50	45,718.0	365,744.0	300.0
中位装置（下）～ 中位装置（下）				417.8	0.50	835.6	6,684.8	20.0

4．長期サイクル（下り）

	対象台数			情報量	通信時間	通信速度		接続距離
	下位装置	中位装置(下)	中位装置(上)	(Byte)	(s)	(Byte/s)	(bit/s)	(km)
下位装置　～ インフラ設備				9.0	0.02	450	3,600	0.5
下位装置　～ 車両				693.0	0.50	1,386	11,088	－
中位装置(下)～ 下位装置	40			27,720.0	0.50	55,440	443,520	20.0
中位装置(上)～ 中位装置(下)		6		4,158.0	0.50	8,316	66,528	60.0
上位装置　～ 中位装置(上)			5	3,465.0	0.50	6,930	55,440	300.0

参考

通信対象車両数（車載装置数に相当）は１ＬＣＸ内に最大70台/車線×３車線と想定している。なお、東名高速道路（東京～東名川崎間）の実績値は以下のとおり最大53台/車線である。

●対象車両数の検討

①東名高速道路の事例による検討

a)対象地点

・東京～東名川崎間

・都夫良野トンネル付近

b)ＬＣＸ１区間（500m）の対象車両数

最大交通量発生時については、14台程度である。

なお、東京～東名川崎間の最大交通密度は、317(台/３車線)＝53(台/500m/車線)である。（ただし、渋滞で停止あるいは停止に近い状態のデータとは限らない。）

参考図表１　交通密度とＬＣＸ１区間の対象車両数（東京～東名川崎間）

	位置	車線	最大交通量(台/５分)	速度(km/h)	交通密度(台/km)*1	LCX１区間対象車両数(台/500m/線)
東名	上04.700Kp*2	3	４７０	７５	７５	１２．５

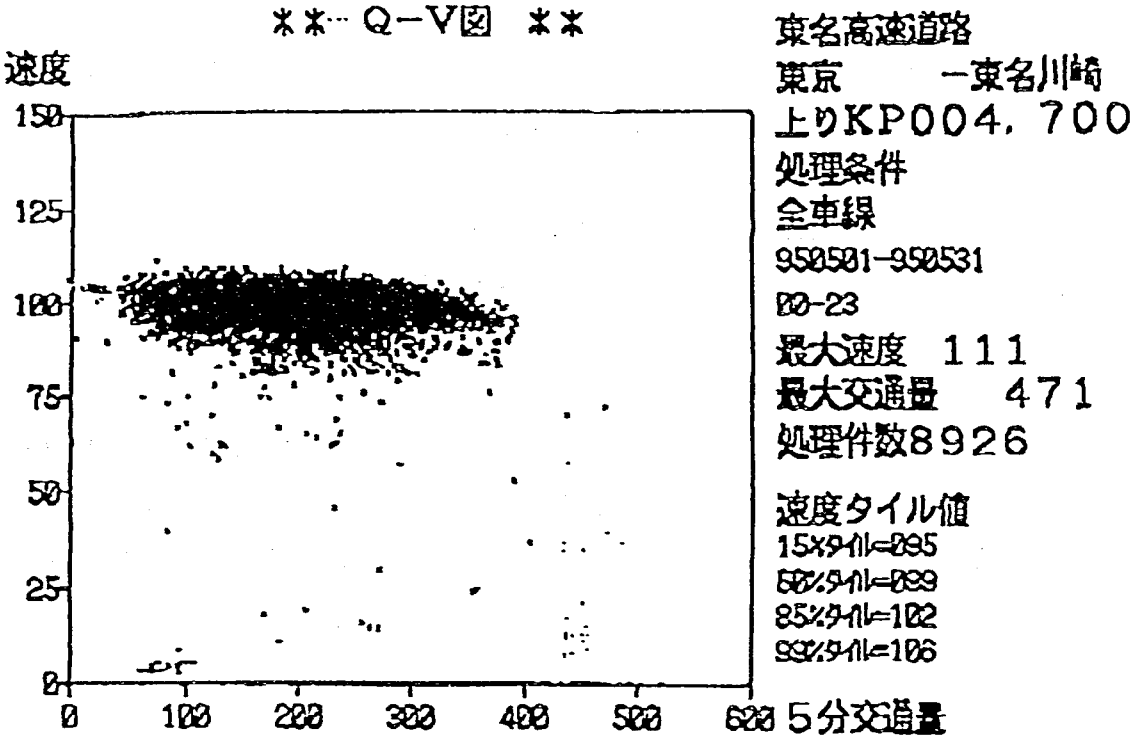
＊１：[最大交通量]／[速度]より算出
＊２：1995年１カ月間データ（５月）

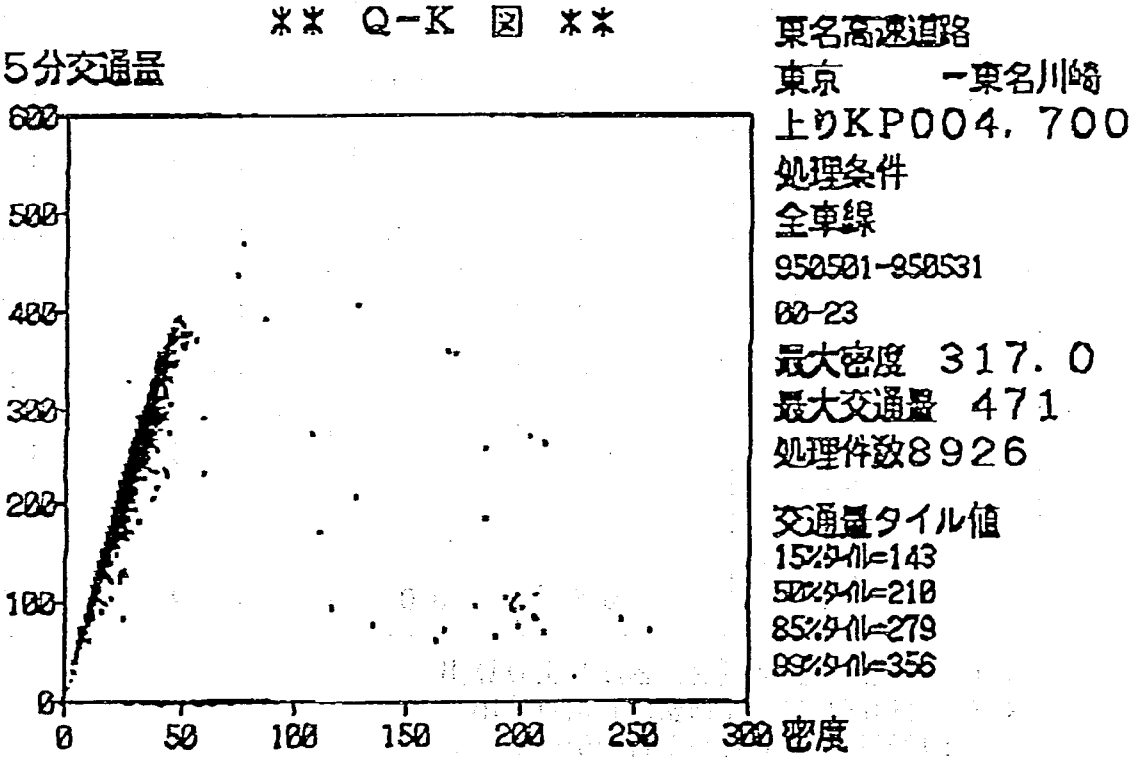
参考図表２　交通密度とＬＣＸ１区間の対象車両数（都夫良野トンネル付近）

	位置	車線	最大交通量(台/５分)	速度(km/h)	交通密度(台/km)*1	LCX１区間対象車両数(台/500m/線)
東名高速	上70.428Kp*2	2	３３０	７５	５３	１３．３
	上66.415Kp*2	2	３００	８０	４５	１１．３
	下64.490Kp*2	2	３２０	７５	５１	１２．８
	下70.560Kp*2	2	３２０	７５	５１	１２．８
	上69.590Kp*3	3	４２０	７３	６９	１１．５
	上68.290Kp*3	3	４２０	７８	６５	１０．８
	上67.240Kp*3	3	４１０	６８	７２	１２．０

＊１：[最大交通量]／[速度]より算出
＊２：1990年１年間データ
＊３：1992年12月～1993年２月の３カ月間データ

参考図表3　東名高速道路　Q－V図、Q－K図（東京～東名川崎）





②首都高速道路の事例による検討

a)対象地点

・高速６号向島線　箱崎ＩＣ～両国ＩＣ 下り　（車線当たり一日交通量最大）

・高速湾岸線　　新木場～葛西ＩＣ　　（一日断面交通量最大）

b)ＬＣＸ１区間（500m）の対象車両数

最大交通量発生時については、６号向島線で31台程度、湾岸線で25台程度である。また、速度30km/h時点においては（首都高速では、40km/h以下を混雑、20km/h以下を渋滞としている）、６号向島線で36台程度、湾岸線で31台程度である。

なお、Ｑ－Ｋ図またはＶ－Ｋ図によれば、最大交通密度は、６号向島線では215(台/2車線)＝54(台/500m/車線)程度、湾岸線では、210(台/3車線)＝35(台/500m/車線)程度である。（ただし、渋滞で停止あるいは停止に近い状態のデータとは限らない。）

参考図表４　交通密度とＬＣＸ１区間の対象車両数
（箱崎ＩＣ～両国ＩＣ、１分間データ）

	地点	交通量（台/１分）		速度（km/h）	交通密度（台/km）	ＬＣＸ１区間対象車両数（台/500m/車線）
首都高速６号向島線 箱崎ＩＣ～両国ＩＣ（下り） 車線数：２	地点10	最大交通量	７５	６０*1	７５	１８．８
	地点12		８０	４８*1	１００	２５．０
	地点14		８５	４１*1	１２５	３１．３
	地点15		８５	５１*1	１００	２５．０
	平　均		８１	５０*1	１００	２５．０
	地点10		５８*2	３０	１１５	２８．８
	地点12		６８*2		１３５	３３．８
	地点14		７３*2		１４５	３６．３
	地点15		—		—	—
	平　均		６６*2	３０	１３２	３３．０

＊１：［交通量］／［交通密度］より算出
＊２：［速度］×［交通密度］より算出
＊　：1995年６月６日～７日のデータ

参考図表４　交通密度とＬＣＸ１区間の対象車両数
（新木場～葛西ＩＣ、１分間データ）

	地点	交通量（台/１分）		速度（km/h）	交通密度（台/km）	ＬＣＸ１区間対象車両数（台/500m/車線）
首都高速湾岸線（西行）車線数：３	地点49	最大	１２０	４８*1	１５０	２５．０
	地点49		９３*2	３０	１８５	３０．８

＊１：［交通量］／［交通密度］より算出
＊２：［速度］×［交通密度］より算出
＊　：1995年６月６日～７日のデータ

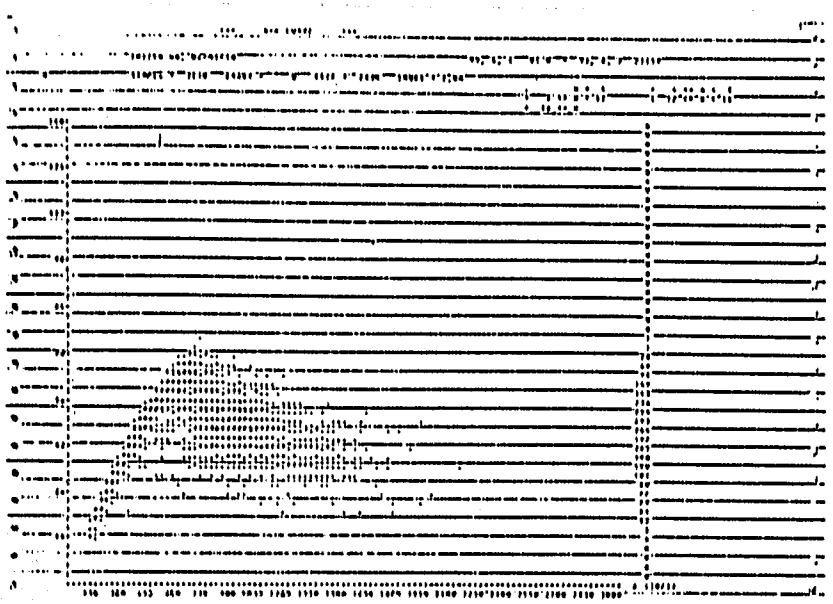
参考図表６　交通密度とＬＣＸ１区間の対象車両数
（箱崎ＩＣ～両国ＩＣ、５分間データ）

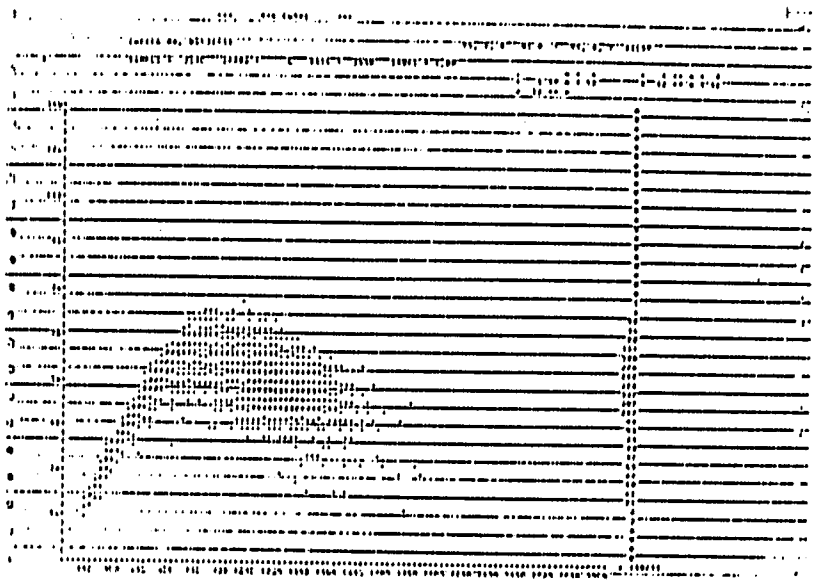
	地点	交通量（台/５分）		速度（km/h）	交通密度（台/km）	ＬＣＸ１区間対象車両数（台/500m/車線）
首都高速６号向島線 箱崎ＩＣ～両国ＩＣ（下り）車線数：２	地点10	最大交通量	３３０	６０*1	６５	１６．３
	地点12		３６０	５５*1	８０	２０．０
	地点14		３７０	３５*1	１２０	３０．０
	地点15		３６０	５５*1	８０	２０．０
	平　均		３５５	５０*1	８６	２１．５
	地点10		２６２*2	３０	１０５	２６．３
	地点12		３１０*2		１２５	３１．３
	地点14		３３５*2		１３５	３３．８
	地点15		—		—	—
	平　均		３０５*2	３０	１２２	３０．５

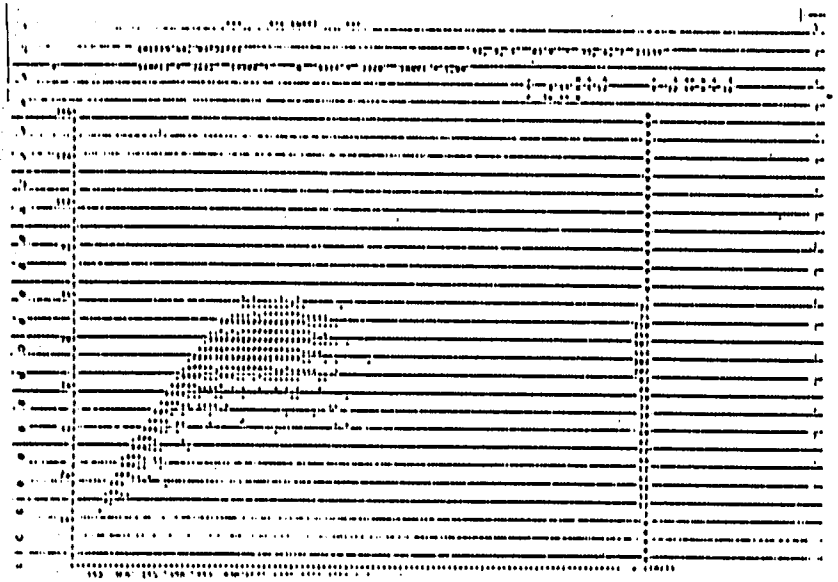
＊１：［交通量］／［交通密度］より算出
＊２：［速度］×［交通密度より算出］
＊　：1994年２月20日～24日の５日間データ

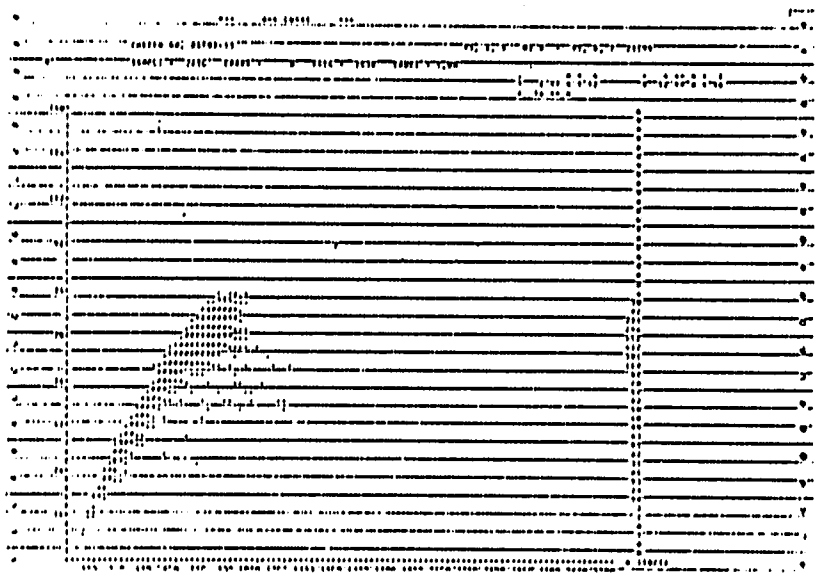
参考図表７　首都高速（６号向島線　箱崎ＩＣ～両国ＩＣ　下り）　Ｑ－Ｋ図（１分間データ）

出所：首都高速道路公団資料



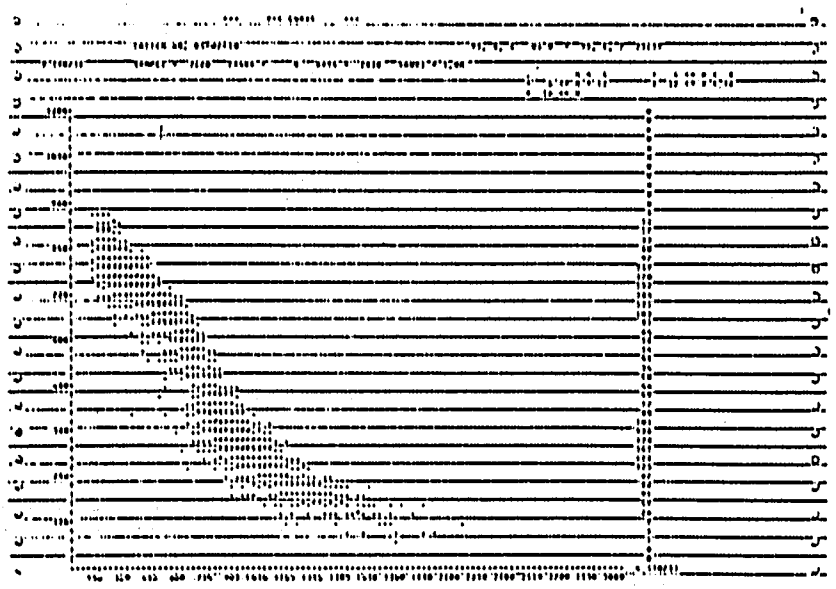


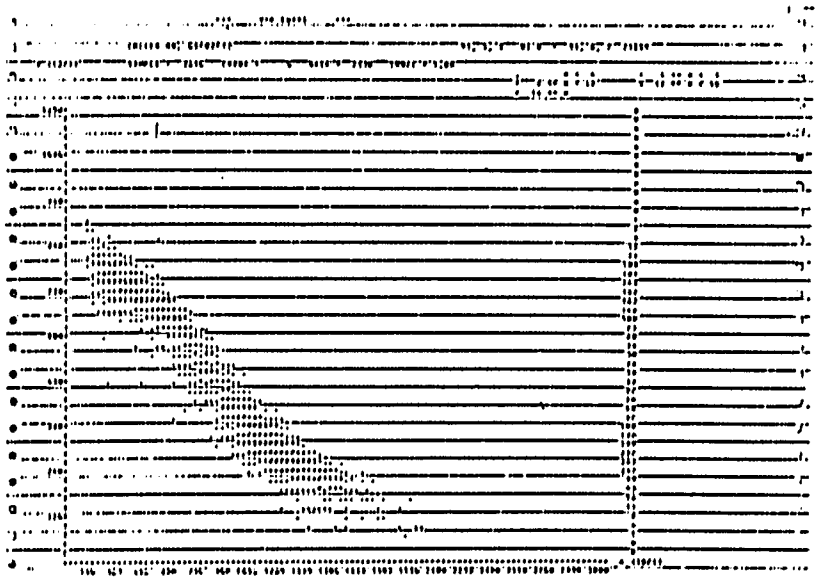


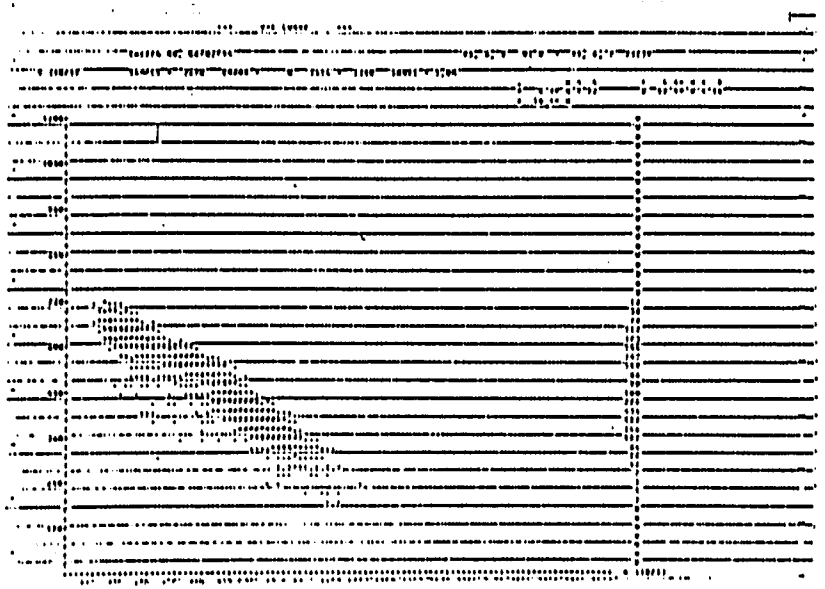


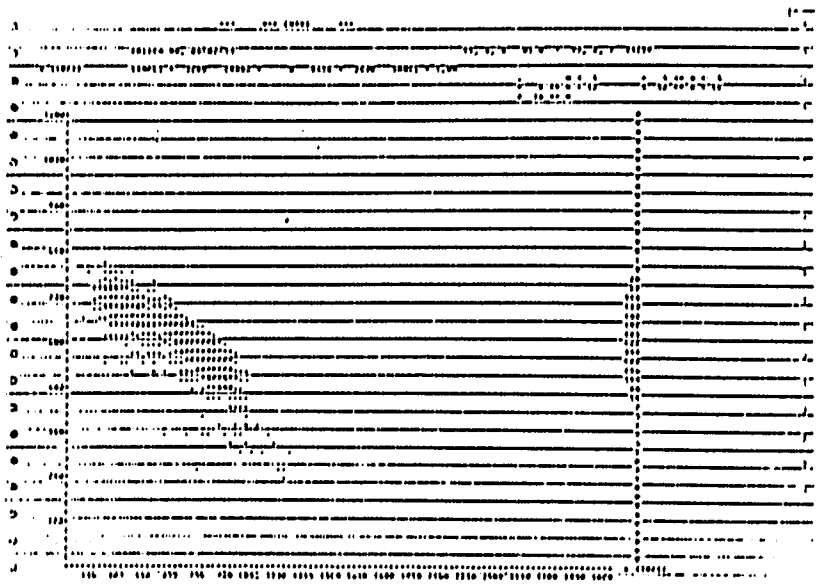
参考図表８　首都高速（６号向島線　箱崎ＩＣ～両国ＩＣ　下り）　Ｖ－Ｋ図（１分間データ）

出所：首都高速道路公団資料

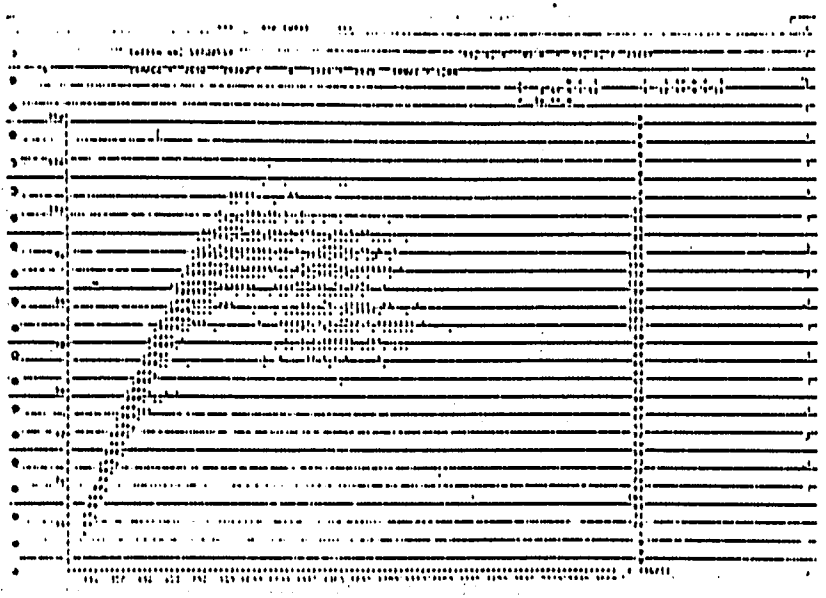




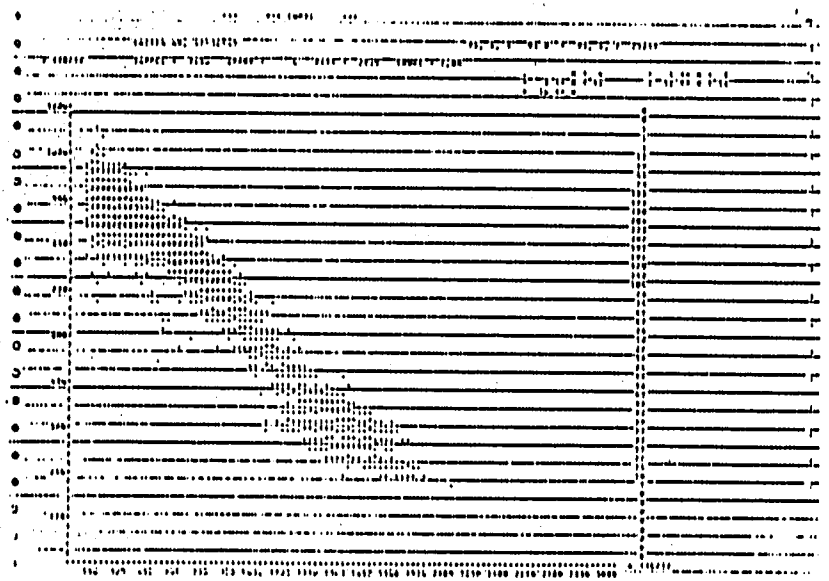




参考図表９　首都高速（湾岸線　新木場～葛西ＩＣ　西行）　Ｑ－Ｋ図（１分間データ）　出所：首都高速道路公団資料



参考図表10　首都高速（湾岸線　新木場～葛西ＩＣ　西行）　Ｖ－Ｋ図（１分間データ）　出所：首都高速道路公団資料



3）通信ネットワーク構成

（1）ネットワーク構成案の比較

一般的にネットワークを構築するときの留意事項として以下の点が挙げられる。

①トラフィック量の把握

②リアルタイム（即応）性が必要か否か

③ネットワーク構造

ループ型／スター型／階層構造型／ネットワーク型（n対n）

④ルーティング

⑤フィルタリング

⑥番号計画（Tel）

ここでは、特に③ネットワーク構造について比較検討をするものとする。

①前提条件

ネットワーク構造の比較検討を行うにあたり、以下のような前提条件を設けた。

①前方道路危険警告機能及び非常時通報機能を実現するためのネットワーク構成を検討する。

②情報量及び要求される通信速度は2）で算出された値を前提とする。

③1上位装置とその配下の装置についてのネットワーク構成の検討とする。

④本システム専用のネットワークを構築する。

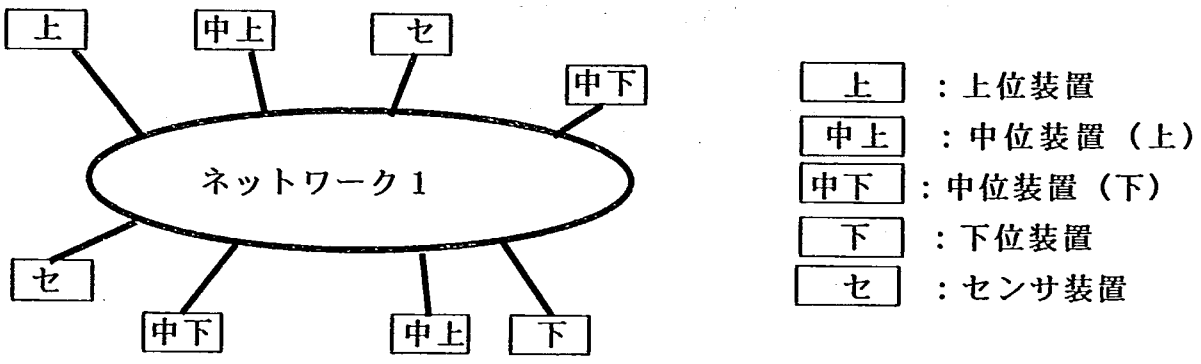
⑤検討する各ネットワークトポロジーについては別途検討する。

②ネットワーク構成の検討

ネットワーク構成としては、以下の3案が考えられる。

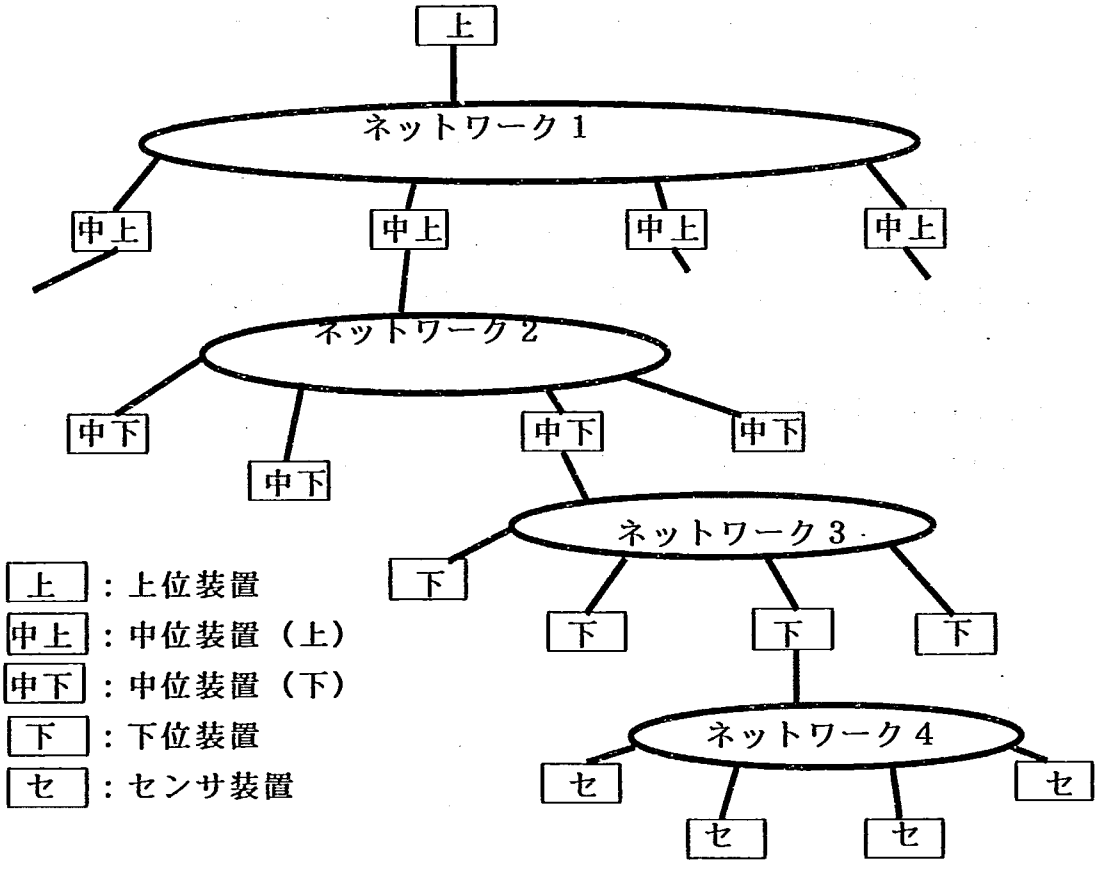
案１：上位装置、中位装置（上）、中位装置（下）、下位装置、センサ装置の全ての装置を一つの巨大なネットワークで接続する。

図表（4-2-3）3-1　ネットワーク構成（案１）



案２：各装置ごとに別々のネットワーク構成を構築する。

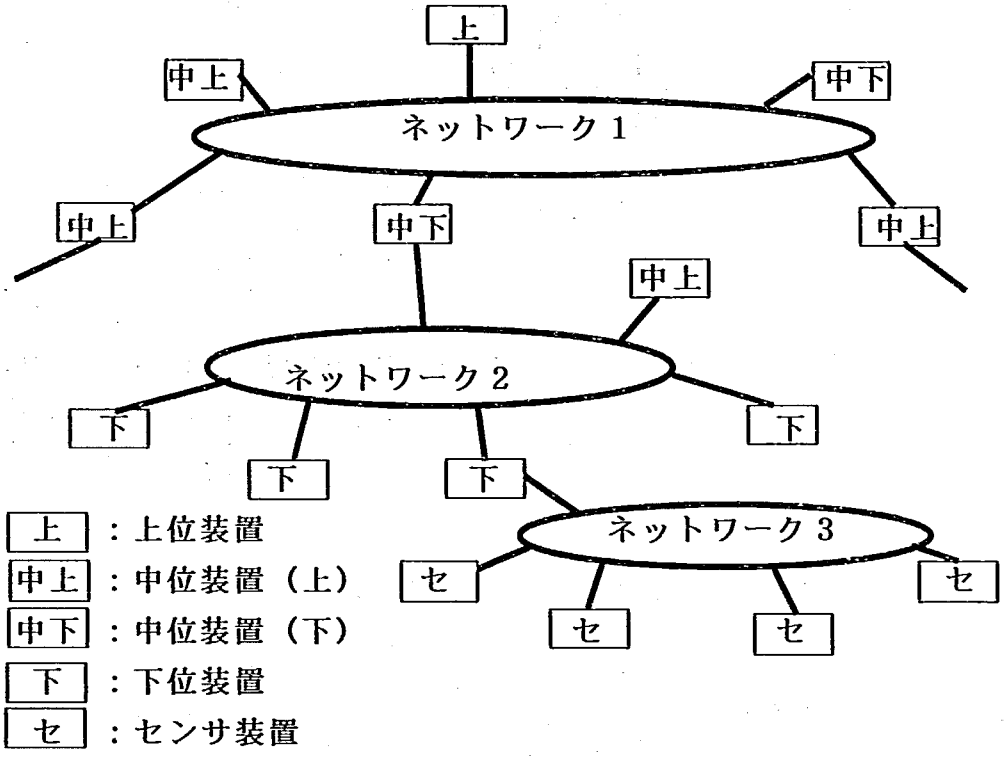
図表（4-2-3）3-2　ネットワーク構成（案２）



案３：システムの機能から一定の単位ごとにネットワークを分割する。

例として、上位装置～中位装置（上、下）間ネットワーク、中位装置（下位）～下位装置間ネットワーク、下位装置～センサ装置間ネットワークに分ける。

図表（4-2-3）3-3　ネットワーク構成（案３）



図表（4-2-3）3-4にネットワーク構成の各案を比較した結果を示す。

図表（4-2-3）3-4　ネットワーク構成案に対する各案の比較

比較項目		案1	案2	案3
物理接続台数	1ネットワーク接続台数	2,436台	6～41台	36～41台
	メリット	・各処理装置のネットワークI／Fは1つになるため処理装置の負荷が低い	・1ネットワークへの接続台数が少ないため、ネットワーク管理が容易	・ネットワークの適切な負荷分担可能
	デメリット	・ネットワーク管理が複雑（アドレス管理装置等）	・各処理装置のネットワークI／Fは2つになるため、負荷が高くなる	・中位装置（下）、下位装置のネットワークI／Fは2つになるため処理装置の負荷が高くなる
情報量／通信速度	メリット	・ネットワークの効率的利用が可能	・情報量あった選定が可能 ・低速容量で対応可能	・ある程度情報量／通信速度にあったネットワークの選定が可能 ・情報量／通信速度にあったネットワークが構築可能
	デメリット	・高速大容量のネットワーク必要 ・ネットワーク管理者の負荷が大きい	・ネットワークの利用が非効率的（情報交換が少ないネットワークもある	
隣接区間との情報交換		・ネットワークによる制限無く可能	・ネットワークによる制限有り（同一の上位系装置の場合のみ可能）	・下位装置以下でネットワークによる制限あり（同一下位系装置の場合のみ可能）
システムとしての信頼性		・ネットワーク障害の影響を受けにくい	・ネットワーク障害の影響が大きい	・ネットワーク障害の影響を受ける
その他	メリット	・処理装置の増設が容易 ・ネットワーク管理の集中化が可能	・既存のネットワーク構成に近い	・ネットワーク構成変更に対し柔軟に対応可能 ・ネットワークの拡張性が大きい
	デメリット	・設計時に正確なトラフィック／拡張の将来予測が必要	・ネットワーク構成変更が困難	

注：表中のメリット／デメリットは、いずれも他案と比較した場合について述べている。

上記結果および実現性を考慮すると、ネットワークを分割する方式（案2、案3）が適切と考えられる。ただし、案2においては、全ての中位装置（下）間で直接の情報交換が保証されない（異なる中位装置（上）に接続された中位装置（下）同士は中位装置（上）経由の情報交換となる）ため、案3の方がより適切であると考える。

（2）各装置間の通信ネットワーク構成

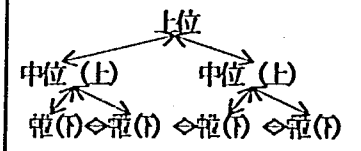
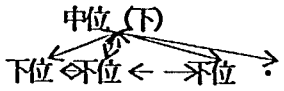
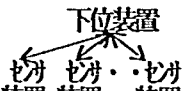
前述の検討結果に基づき各装置間のネットワーク構成の検討をするにあたり、以下のような項目について十分な考慮が必要である。

図表（4-2-3）3-5　考慮すべき検討項目

項　　目	ﾈｯﾄﾜｰｸ1	ﾈｯﾄﾜｰｸ2	ﾈｯﾄﾜｰｸ3
	上位 中位（上） 中位（下）	中位（下） 下位	下位 センサ
実質通信速度 通信衝突頻度など考慮	○	○	○
通信確実性 再送手順有無など	○	○	○
拡張性 ｼｽﾃﾑの拡張、変更が容易か	○	○	○
自動運転ｼｽﾃﾑにｽﾑｰｽﾞに移行可能か	○	○	
既存回線との整合性 既存回線の利用が可能か	○	○	
将来導入方針に合っているか	○	○	○
通信システムの信頼性 ＭＴＢＦ	○	○	○
ＭＴＴＲ	○	○	○
耐候性及び外来ノイズに強いか		○	○
回線障害時に迂回路確保可能か	○	○	
同報通信機能実現容易性	○	○	
路側での施工容易性		○	○
コストパフォーマンス	○	○	○

ネットワークとしては、現時点ではＦＤＤＩ、ＡＴＭスイッチ、ＬＡＮ（イーサネットなど）、ＳＤＨ／ＰＤＨなどの採用が考えられる。これらネットワークの採用については、上記３つのネットワークの距離、必要な通信速度、コストパフォーマンスや将来性などを考慮して選択する必要がある。これらネットワークの比較検討した結果を図表（4-2-3）3-6に示す。

図表（4-2-3）3-6　ネットワーク構成の比較・検討

	上位装置～中位装置（上／下）	中位装置（下）～下位装置	下位装置～センサ装置
必要伝送速度	最大366kbps （長期的には上り）	最大444kbps （長期的には下り）	最大6kbps （随時的には上り）
情報の流れ			
FDDI	×（ステーション間距離：シングルモードファイバでもmax40km、総延長200kmのため キルーブパッ時を考えると実質100km）	○	×（過剰）
ATMスイッチ	○	○	×（過剰）
LAN （イーサなど）	△（距離が長すぎる）	△	○
高速LAN （高速イーサ等）	△（同上）	△	×（過剰）
SDH/PDHによる多重化	○	×（接続形態になじまない）	×
モデム接続	×	×（同上）	○

以上のような点を考えると、以下のようなネットワーク構成が適切であると考えられる。

①上位装置～中位装置（上／下）

将来的にはＡＴＭスイッチによるスター型ネットワークの構成が考えられる。導入時は既存のシステムを有効利用する意味でのＰＤＨや将来導入されるＳＤＨの利用によるPoint to Pointの多重化伝送を使用することも考えられる。

②中位装置（下）～下位装置

中位装置（下）～下位装置はＦＤＤＩやＡＴＭスイッチの適用が可能であり、将来性の面からＡＴＭスイッチの採用が望ましい。

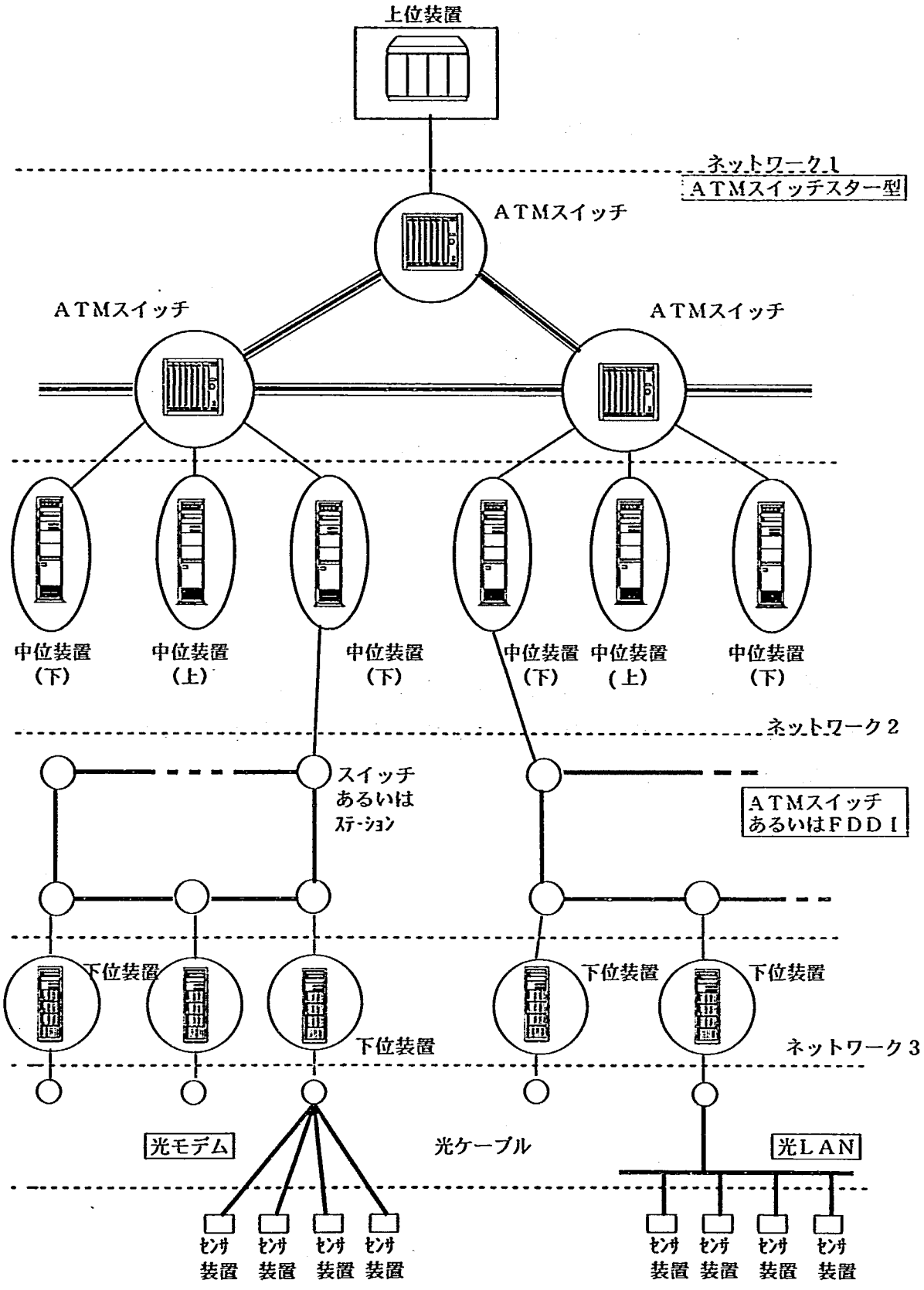
③下位装置～センサ装置

下位装置～センサ装置は、雷の影響を受けないこと、ノイズに強いことから光ケーブルの利用が望ましく、光のＬＡＮ（イーサ等）か光モデム接続で十分と考えられる。

（3）通信ネットワークの全体像

通信ネットワークのイメージを図表（4-2-3）3-7に示す。

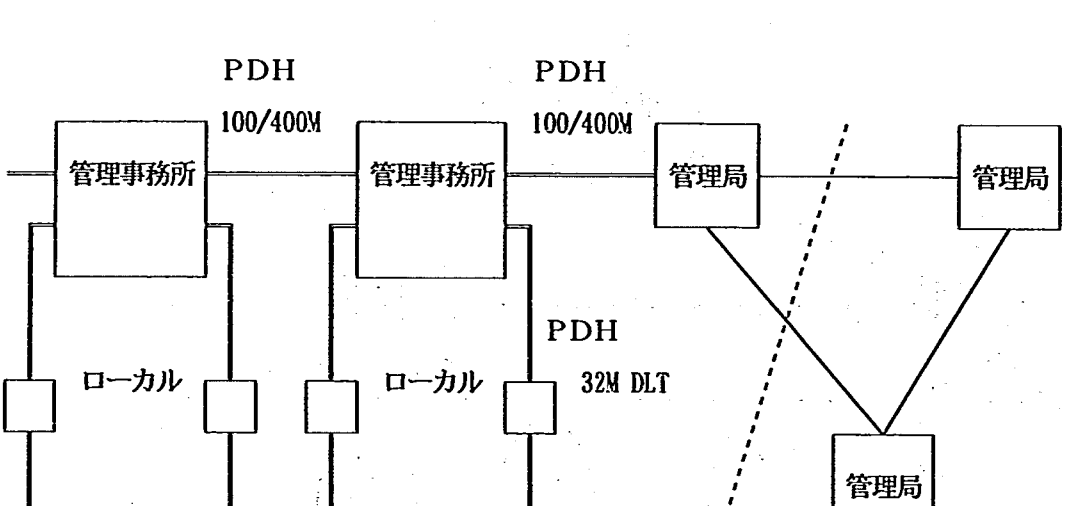
図表（4-2-3）3-7　通信ネットワークのイメージ



なお、システムの導入時期においては、既存設備を有効利用して通信ネットワークを構築することも考えられる。

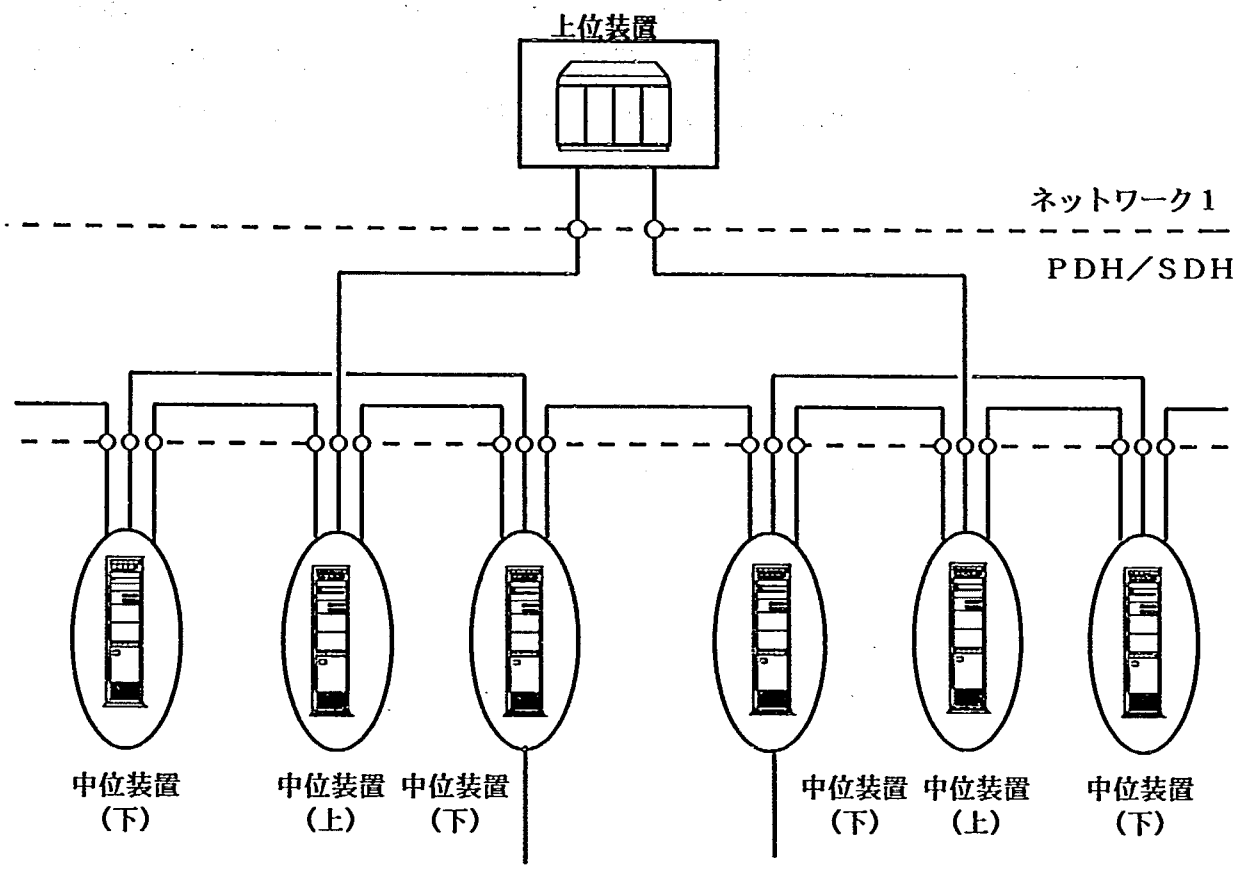
現状の既存設備としては、東京～三ヶ日間では下図のように幹線および管理事務所以下にＰＤＨが用いられている。また、将来的にはＳＤＨ（幹線：150/60M、ローカル：150M　ＤＬＴの方向）が検討されている。

図表（4-2-3）3-8　既存設備の概要



このような既存設備については、上位装置～中位装置（上、下）間のネットワークに適用することが考えられ、その場合には以下のような通信ネットワークのイメージになると考えられる。

図表（4-2-3）3-9　既存設備利用の場合のネットワーク構成（ネットワーク１）



4）システムにおけるデータの流れ

（1）各装置と所持機能

これまで、データの流れに基づく機能関連の検討、機器構成の検討、最大情報量と通信速度の検討、通信ネットワーク構成の検討を通してシステム構成を検討してきた。ここでは、システムを構成する各処理装置についてその所持機能を整理した。

図表（4-2-3）4-1　装置の所持機能

○：所持機能　△：代替機能

所持機能			上位装置	中位(上)	中位(下)	下位装置	インフラ装置	車載器	機能概要
管理運用機能	管理運用機能	システム運用	○	△					全体運用ーーシステムの開始、終了 部分運用ーー増設、縮退運用操作
		運用パラメータ変更	○	△					システムパラメータ変更による運用最適化処理
		機密管理	○	△					ユーザID、パスワードの登録、管理、情報アクセスレベル分けの機能
		人員管理	○	△					スケジューリング、現状表示、差異表示等の機能から成る
		施設、危機管理	○	△					スケジューリング、現状表示、差異表示、構成機器表示等の機能から成る
		保守、工事管理	○	△					工事管理は、企画、計画、管理、運用の各機能から成る 保守管理は次のサブ機能から成る ・障害管理サブ機能ーートラブルについてのアラーム、対処法の表示、履歴管理 ・マップ管理サブ機能ーー構成機器をグラフィカルに表示、構成変更、障害表示等 ・障害診断サブ機能ーーヘルスチェック、遠隔診断の機能
		統計処理	○						データベース管理、収集データの統計処理、利用
		モニタ監視	○	△					システム全体監視、重点監視、特定監視、運用状況表示、記録、連絡機能から成る 運用状況表示サブ機能ーー車両事故発生時アラーム、事故状況の表示、車両への情報提供の内容表示
		道路固定データ管理	○	△					道路曲率データ、道路構造データ、指示速度等の固定データの一元管理と中位装置への配信、中位装置への変更送信指示
		人為的介入処理	○	△					VIP送迎など外部要因によるマニュアル介入により通信規制等の操作、管理
		車両位置把握	○	△					AVM処理による管理車両の位置把握、VIP車両の把握等の機能
	外界接続機能	外部接続管理	○	△					交通管制センタ、VICS、ITSなどを他システムとの基幹LAN等を経由した接続機能と運用、管理機能
		外部プロトコル変換	○	△					上記接続のための通信処理機能
	全体	交通状況把握	○	△					AVIを用いた交通状況の把握、旅行時間の計測、予測時間から成る

○:所持機能　△:代替機能

所持機能			上位装置	中位(上)	中位(下)	下位装置	インフラ装置	車載器	機能概要
処理機能	最適化機能	経路誘導	○	△					渋滞解消、予防を目標にした動的誘導機能
		規制自動決定	○	△					渋滞解消を目標に入口閉鎖などの制限、規制内容を自動的に判断、提示し管理員の指示を仰ぐ
	判断処理機能	事象正誤自動決定	○	○	○				通知事象の自動による正誤判断、及び異常程度の判断と処理の決定
		事象正誤マニュアル確認	○	△					通知事象の人による正誤判断、異常程度の判断と処理の決定のための支援機能とそのためのHMI処理
		情報変換、配信(広)	○	○					広域、動的な事象送信先決定、優先順位付け処理機能 広域災害情報を地域毎に対応付け、配信範囲を決定など
	統合機能	基幹LAN送受	○	○	○				上位、中位装置を結合する上層のLAN通信処理
		情報整合	△	○					各地点からの情報の統合化、整合処理
通信機能	連携機能	緊急データ処理			○	○			区間に対応したコードの変換や配信範囲の決定と通信、報告 下位では、車両からの緊急データの即時折り返し送信
		情報変換、配信(狭)		○	○				静的、狭域な事象送信先決定、優先順位付け処理機能 事象情報を区間毎に対応付け、配信範囲の決定など (静的とは配信先、対応付けがある程度固定的なもの)
		情報集配		○	○				下位、上位間相互の電送中継処理
		LAN送受		△	○	○			中位、下位装置を結合する下層のLAN通信処理
		隣接区間処理			○	○			車両の移動に伴う引継処理など隣接区間での処理
	路車間機能	動作記録、報告	○	○	○	○	○	○	装置動作の記録と上位方向への報告のための処理
		車両登録／退去			△	○			区間進入車両に関する車両登録退去処理機能
		送受データ編集			△	○			LANからのデータ、無線からのデータを相互にデータフォーマットに変換、編集処理、データチェックする機能
		無線制御				○			下位装置が無線送受信器を制御する機能
		インフラ装置等送受				○	○		路側センサと下位装置間のインターフェイス機能

○:所持機能　△:代替機能

所持機能			上位装置	中位(上)	中位(下)	下位装置	インフラ装置	車載器	機能概要
		送受信データ記録			○	○			送受信データを記録する機能
端末機能	情報収集	路側センサ情報処理					○		事故検出機能、メディア変換機能から成る
		機器障害送受				○	○		センサ機器の故障などを通知
	車載機能	車載センサ情報処理						○	事故検出機能、メディア変換機能
		機器障害送受				○			センサ機器の故障などを通知、下位が受信する機能
		情報送受信				○		○	LCX無線通信機能

（２）システムの機能関連の検討

①概要

前方危険警告及び非常時通報システムの基本設計においては、システムを構成する装置が有する機能の内容と機能間の関連を定義することが必要となる。ここでは、事象の発生から車両への情報提供の流れに着目して、各処理装置の機能関連を検討した。

②前提

a)ケーススタディの事象とデータの流れ

情報の流れとしては以下の２ケースを検討する。

・路上の事象をシステムを介して車両に情報提供する（図表（4-2-3）4-2）。

・本システム以外から提供された事象に関する情報を車両に提供する（図表（4-2-3）4-4、図表（4-2-3）4-6）。

b)データの流れ図の説明

ｱ)ケース1　車両故障

車両故障の発生をインフラ側で検出し、また車両から路車間通信（ＬＣＸ）を介して通知することにより故障発生が路側に送信される。システムは、車両故障発生の発生情報を基に処理装置を介して発生場所の上流側車両に適切な情報を提供する。また、他のシステムや他機関に情報を提供する。

ｲ)ケース２　事故

事故の発生をインフラ側で検出する。システムは事故発生情報を基に処理装置を介した発生場所の上流側車両に適切な情報を提供する。また、他のシステムや他機関に情報を送信する。

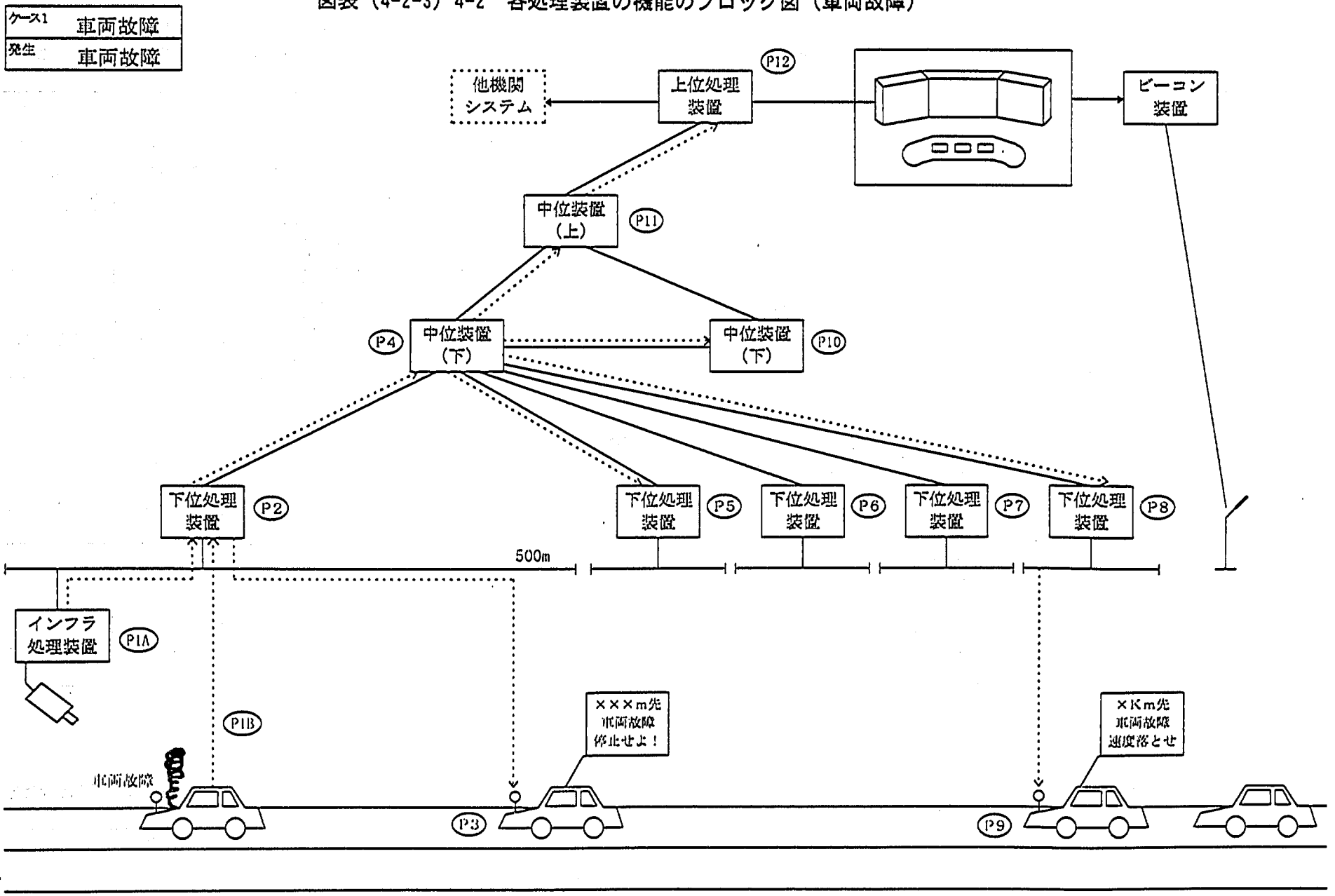
ｳ)ケース３　気象

気象観測システムより受信した地震発生情報を処理装置を介して発生場所の上流側車両にＬＣＸを介して提供する。また、他のシステムや他機関に情報を送信する。

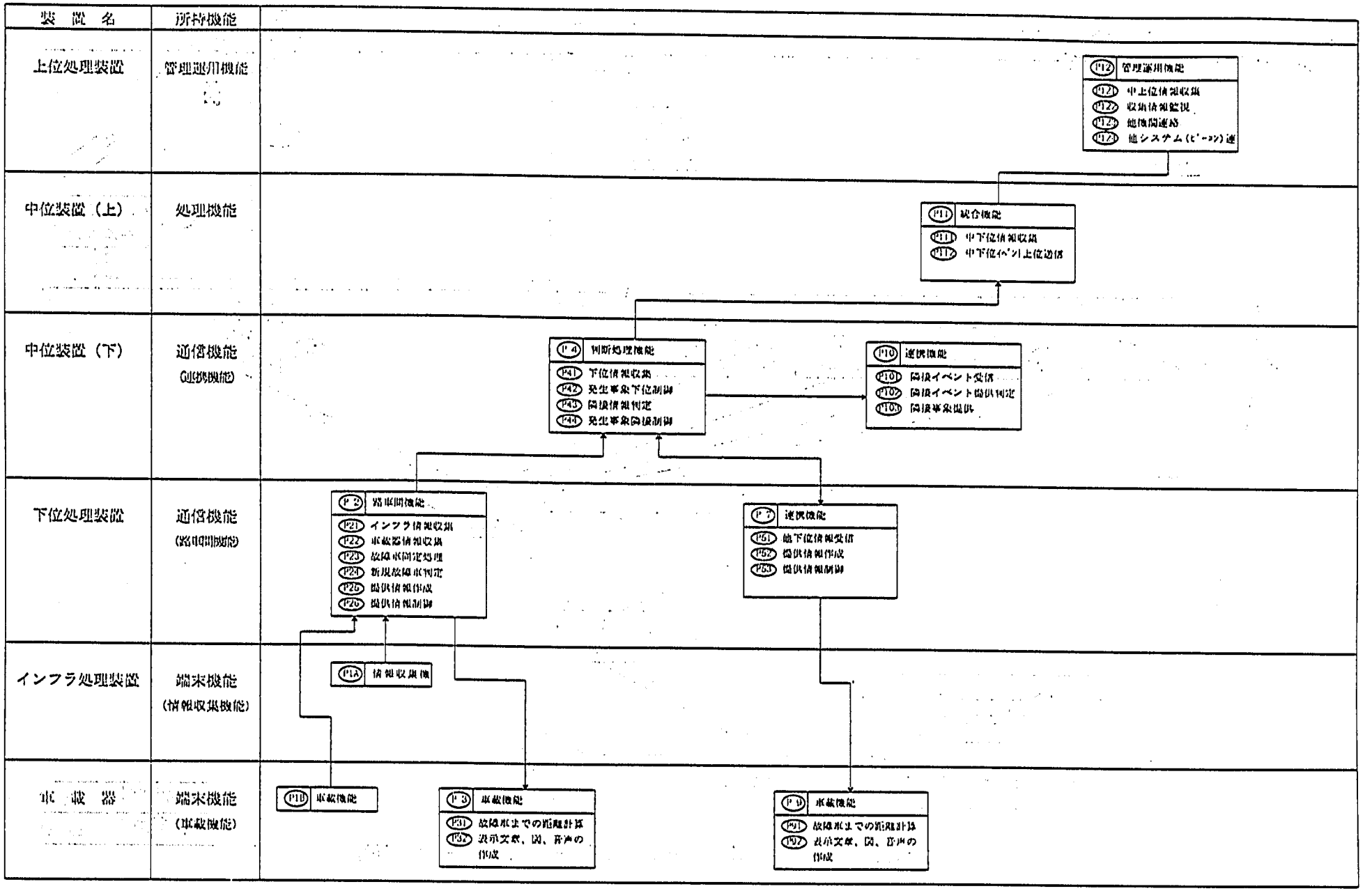
（３）機能関連図の説明

各処理装置及び機能レイヤで処理する機能項目及び機能詳細項目をブロックで示すとともに、機能項目間の関連をデータのフローで示す。

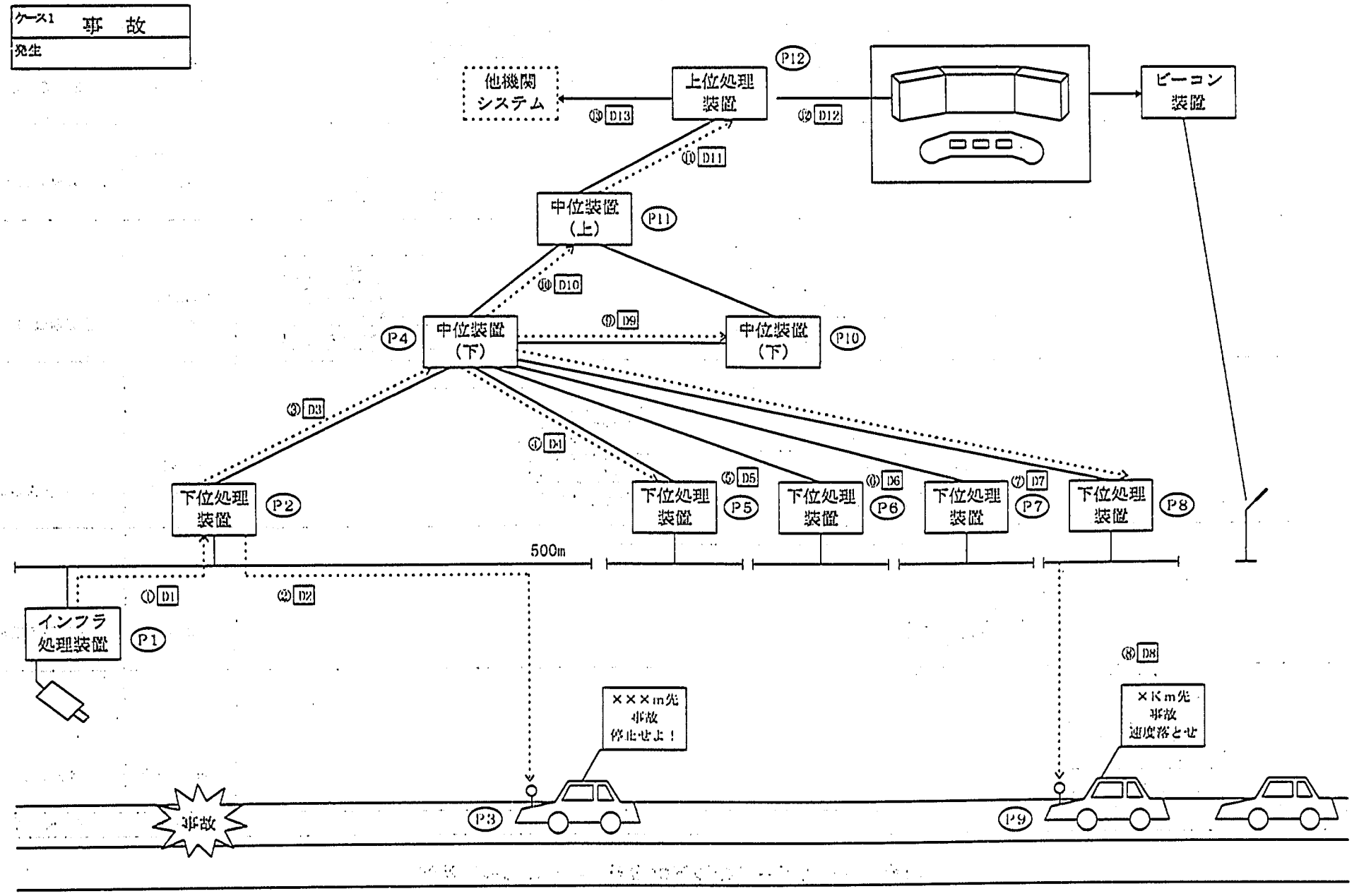
図表（4-2-3）4-2　各処理装置の機能のブロック図（車両故障）



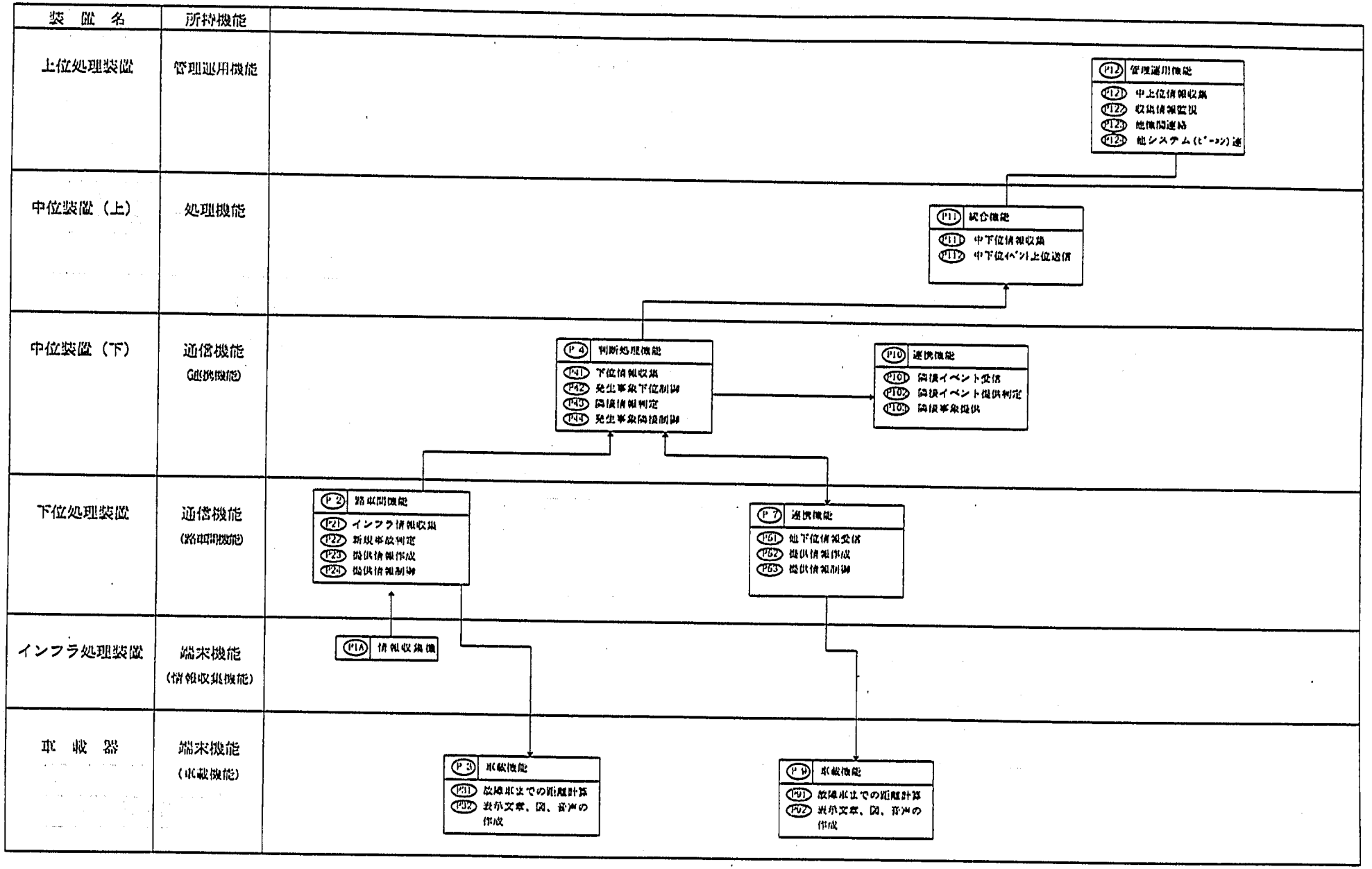
図表（4-2-3）4-3　機能項目間のデータフロー（車両故障）



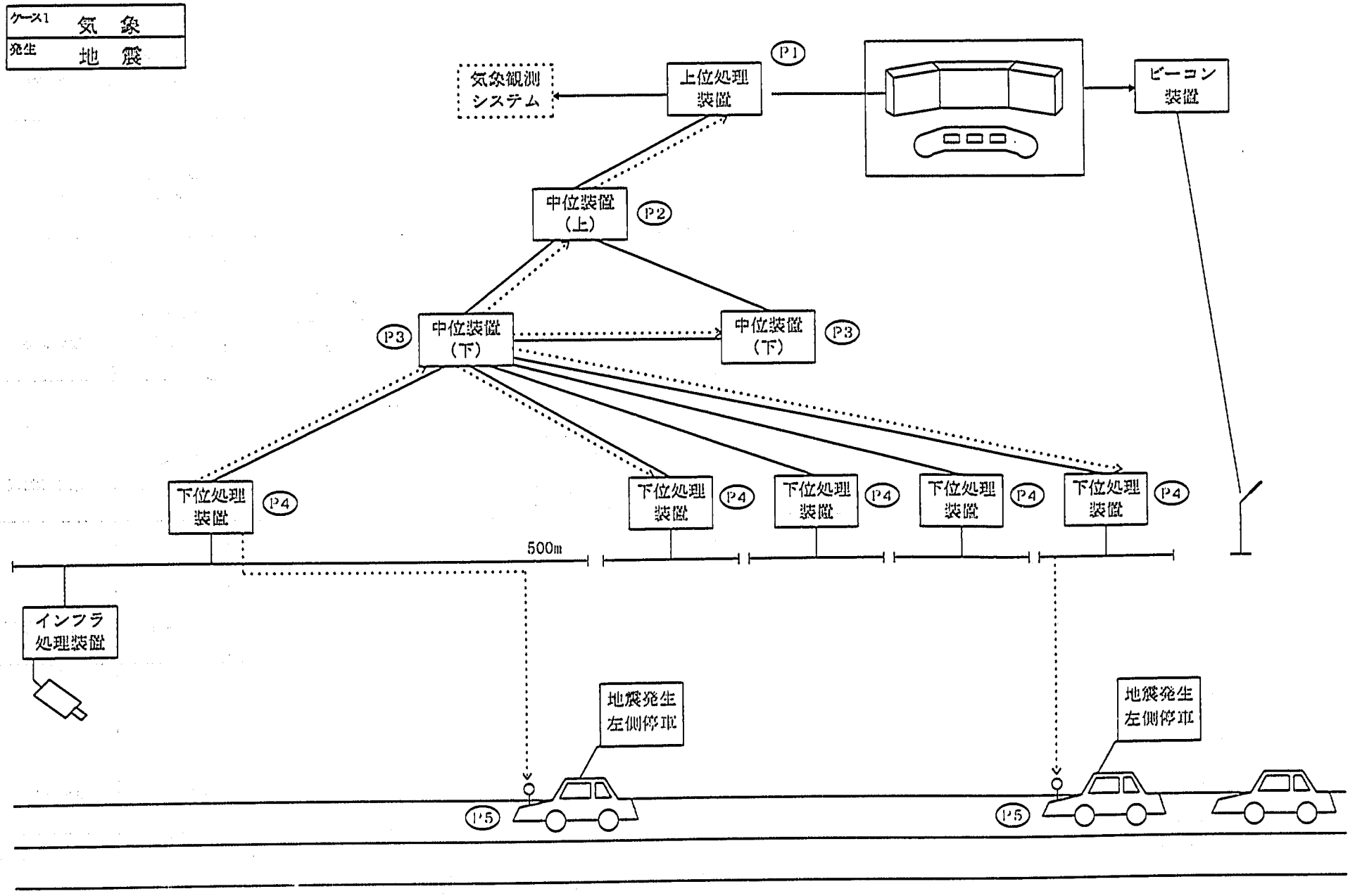
図表（4-2-3）4-4　各処理装置の機能のブロック図（事故）



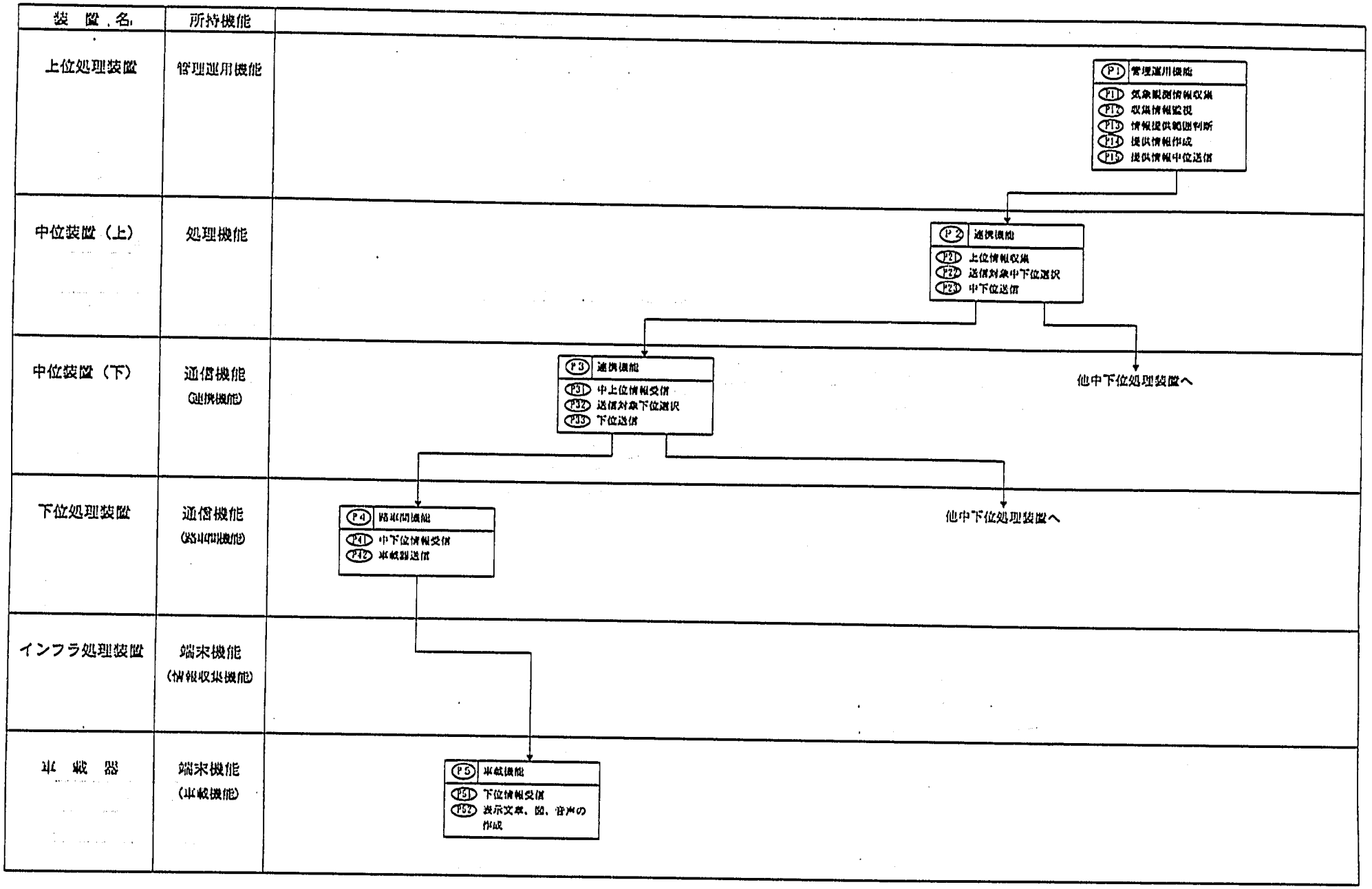
図表（4-2-3）4-5　機能項目間のデータフロー（事故）



図表（4-2-3）4-6　各処理装置の機能のブロック図（地震）



図表（4-2-3）4-7　機能項目間のデータフロー（地震）



5）ケーススタディ（実用化に向けたパイロットシステム）

東名高速道路（東京～横浜）を対象に、以下の前提条件のもとケーススタディを行った。ケース設定は以下の通りとした。

・本線料金所
・一般道～料金所ブース
・料金所（ブース～本線）
・トンネル（対象区間には存在しないので一般的な考え方を整理）
・ＳＡ・ＰＡ
・バス停

（1）前提条件

ケーススタディにあたっては以下の前提条件を設けた。

①ＬＣＸによる通信を前提とした。
②センサの配置感覚は100m毎とした。
　→１ＬＣＸ区間に５台のセンサを配置することとした。
③センサの種類は特に言及しないこととした。
④センサには処理装置が含まれるものとした。
⑤ＬＣＸがカバーする車線数は３車線とした。
⑥本線、料金所、チェックバリアなどにより下位処理装置の種類が異なるため、専用の中位装置（下）を設けることとした。
⑦加減速車線は本線に含めた。
　→物理的に道路が分かれている所からＬＣＸを分ける。
⑧トンネルは本線と同じとした。
　→防災設備とのリンクは考慮するが、中位装置を専用にする必要はないものとした。
⑨ＳＡ・ＰＡは入出路のみ対象とし、ＳＡ・ＰＡ内はサービスの対象外とした。
⑩バス停、登坂車線、カーブは本線の一部としてとらえた。
⑪橋梁、高架も本線の一環とした。
　→下位装置の設置方法、大きさ等は要検討。
⑫入出路、分合流も本線と同じと考えた。
⑬ＬＣＸは進行方向左側に設置するものとした。

（２）ケース別の検討

①本線料金所

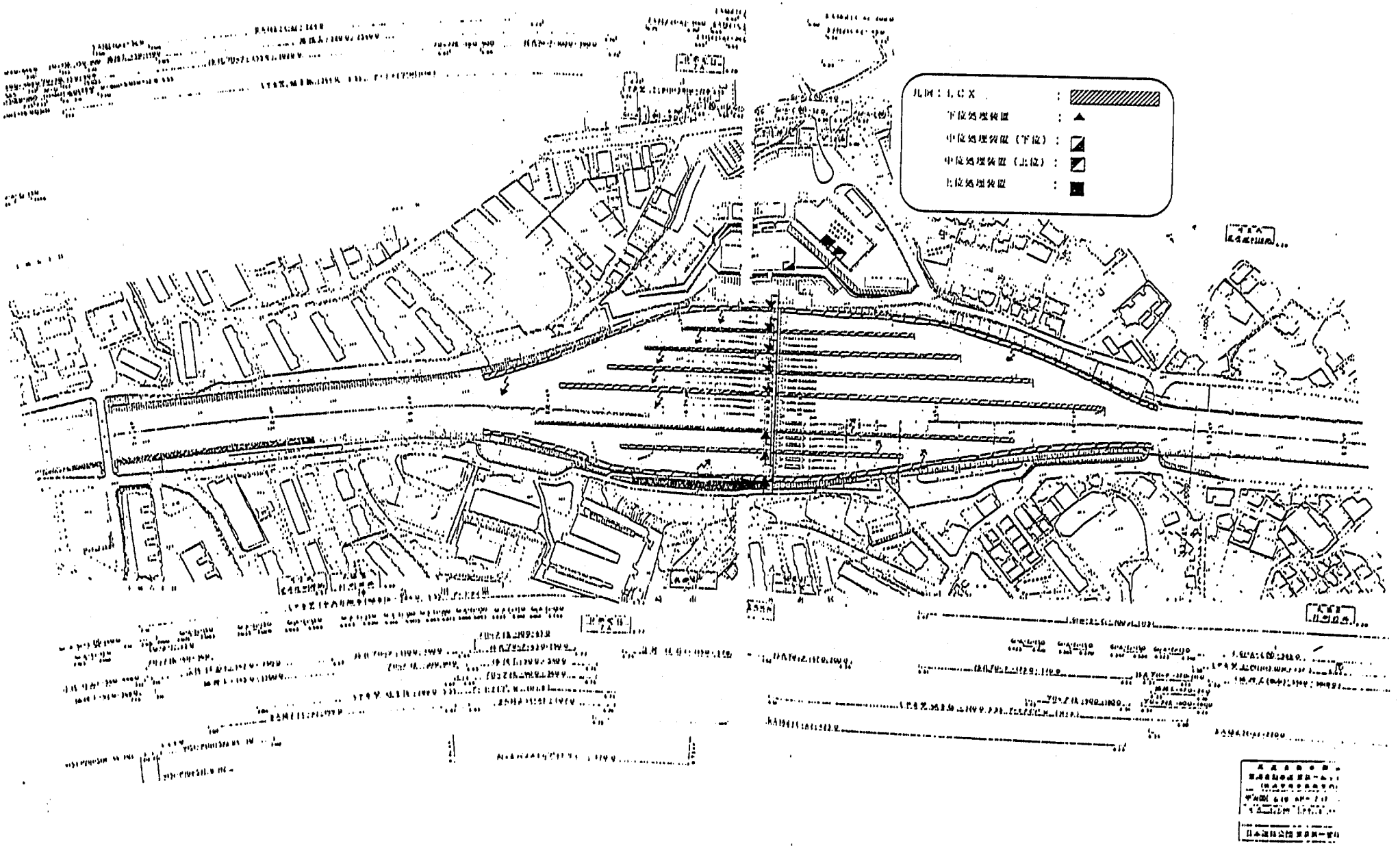
以下の考え方のもとケーススタディを実施した。

a)ＬＣＸは、路側から順番に３車線ごとに設置するものとし、車両側では一方向から電波を受信できるようにする。
b)路側のＬＣＸは、料金所前後の250m区間に布設するものとする。
c)下位装置はブース付近に設置する。
d)料金所専用の中位装置（下）は事務所に設置する。
e)料金所専用中位装置（下）と下位処理装置間のケーブルは料金所付近の管路を使用する。

なお、本線料金所では、今後以下の点について、さらに検討が必要と考えられる。

a)上り／下りに共用するゲートがある場合の対策を検討する必要がある。
b)料金所には複数のＬＣＸが必要であり通信領域が重なるため、混信対策を十分に考慮する必要がある。
c)混信対策としては、各レーンの同期化による時分割通信方法その他の方式を検討する必要がある。そのため、専用の下位装置が必要となる可能性がある。
d)ＬＣＸの設置方法は架空によるものと考えられるが、設置方法は検討が必要である。
e)ゲート中心部分のＬＣＸの長さは穴ができないように決定する必要があるが、その決定方法は十分検討が必要である。
f)本線料金所におけるＬＣＸの設置には検討事項が多いので、ビーコンの使用も検討する必要がある。

図表（4-2-3）5-1　ケーススタディ（本線料金所）



②一般道から料金所ブースまで

一般道から料金所までの範囲でＬＣＸを設置する場合について、横浜ＩＣをモデルとして以下のような考え方のもと検討した。

a)ＬＣＸは、路側から順番に３車線ごとに設置し、車両側では一方向から電波を受信できるようにする。

b)ＬＣＸを設置する区間は、入／出路及び料金所ブース周辺（約100m～150m）とする。

c)下位装置は基本的に１ＬＣＸあたり１台を設置する。ただし、料金所ブース周辺では、ＬＣＸの長さは100m～150mなので２～３ＬＣＸを１台の下位装置で処理することも考えられる。また、下位装置は管理対象のＬＣＸの中間辺りに設置する。

d)八王子方面への出路の中央分離帯部分（約150m）では、中央分離帯の高さによっては電波が遮られない位置（高さ）に設置する必要がある。

問題点：

a)料金所周辺では、入出路の車線数と料金所ブースの車線数が大きく異なるので、自由に車線変更できなければならない。そのためには、ＬＣＸを電車やトロリーバスの送電線のように上方に設置する等のＬＣＸの設置位置を検討する必要がある。

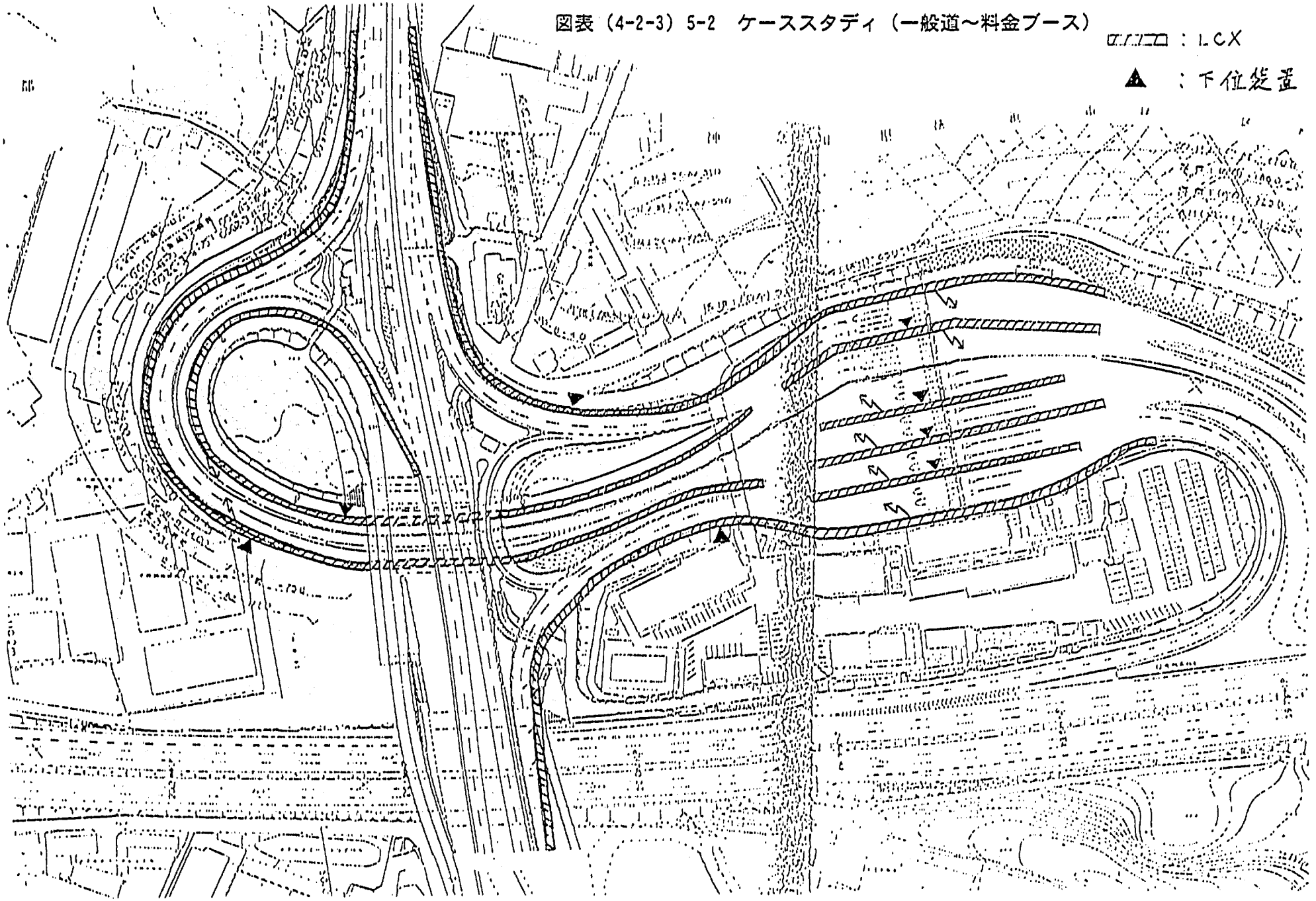
b)料金所周辺では複数のＬＣＸが必要であり通信領域が重なるため、ＬＣＸ間で同期をとって時分割で通信する方式等の混信対策を考慮する必要がある。

c)センサ装置の設置間隔は100mという前提だが、曲率半径が10m程度の部分があり、この部分に関しても全てカバーするとなると、約10m間隔でセンサ装置を設置する、あるいは、もっと広範囲をカバーできるような位置に設置する等の検討が必要である。

図表（4-2-3）5-2　ケーススタディ（一般道～料金ブース）

□□□：LCX

▲　：下位装置



③料金所（ブース(含まない)～本線分合流）

横浜インターを例にとる。

以下の各道路全てにＬＣＸを張るものと仮定する。

a)上り本線→料金所　約300m－１ＬＣＸ

b)上り料金所→本線　約300m－１ＬＣＸ

c)下り本線→料金所　約500m－１ＬＣＸ

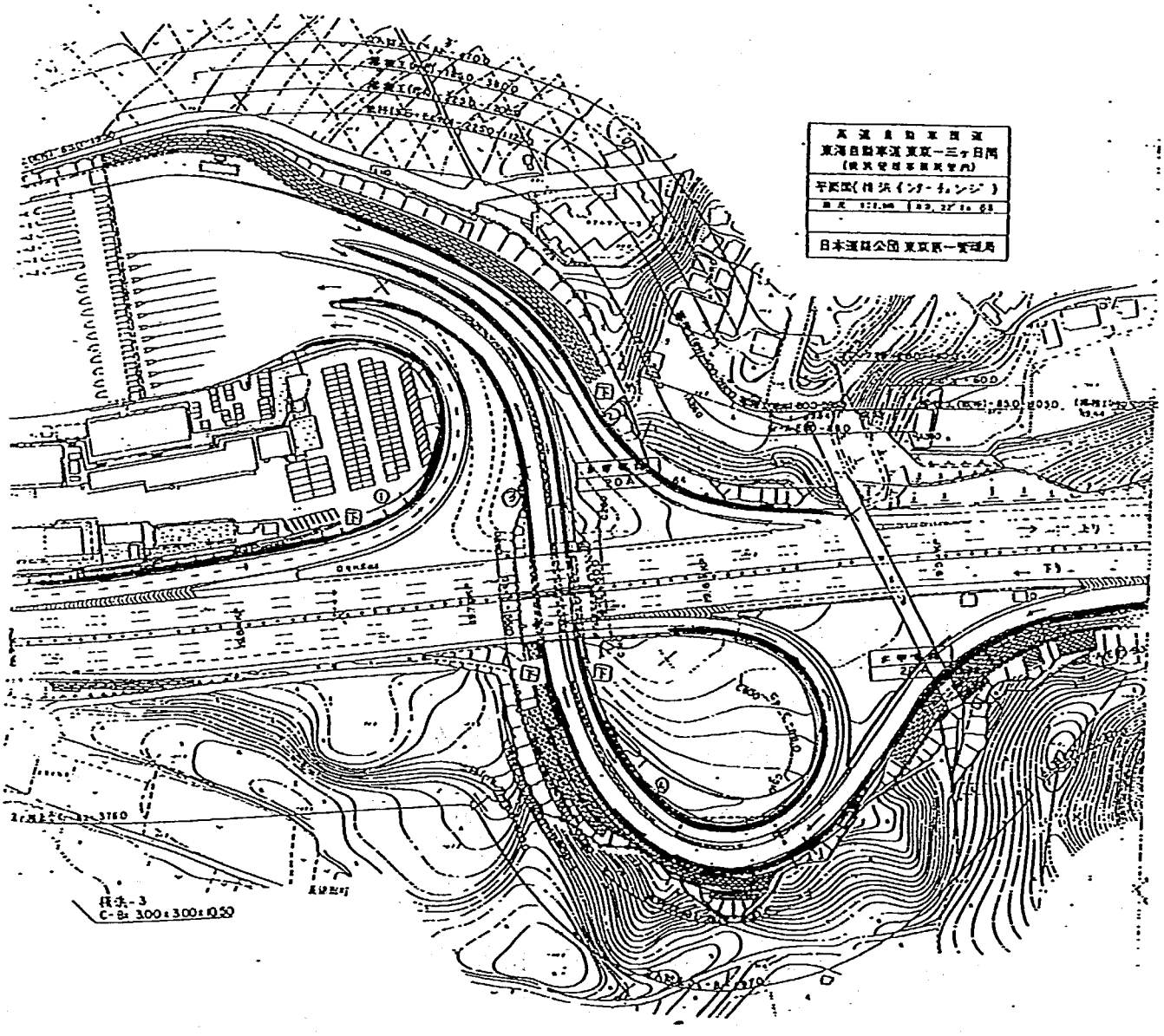
d)下り料金所→本線　約500m－１ＬＣＸ

問題点・課題

・隣接（高低差、直角での交差含む）ＬＣＸ間の混信、干渉

・本線用ＬＣＸとの敷設の兼ね合い

図表（4-2-3）5-3　ケーススタディ（一般道～料金ブース）



④トンネル

東京ＩＣ～横浜ＩＣ間にはトンネルが存在しないため、トンネル部分におけるシステム構成／機器配置などについて課題と施策について検討した。

a)システム構成について

ここまでに検討したシステム構成にて問題ないと考えるが、以下のシステムとの連携について検討することが今後の課題である。

・トンネル防災システム（機能分担および連携）
・ＩＴＶシステム（既存システムの活用）
・ラジ再／移動無線システム（ＡＨＳ／非ＡＨＳ混在時の機能分担）
・その他、表示板システム等（ＡＨＳ／非ＡＨＳ混在時の機能分担を検討する必要があるが、高速道路のどの部分にも同様のことがいえるため、別途検討課題とする）

b)機器配置について

ｱ)ＬＣＸの敷設方法

・３車線をカバーすることを考慮して、ＬＣＸは天井に敷設する。ただし、天井の中心に配置すると、火災時の熱の影響を即座に受けてしまうため、斜め上への配置とする。また、他トンネル設備も存在するが、トンネルにより機器配置が異なる場合があるため、詳細な設置は別途検討する。
・トンネル防災システムとの連携を考慮して、ＬＣＸは通常の明かり部とは分ける（500m以下の変則ＬＣＸの敷設が必要）。

ｲ)下位装置、無線制御装置

・トンネル内では路側に機器を設置することが困難であることから、設置場所を検討する必要がある。

ｳ)中位処理装置

・前提からすると中位処理装置はトンネル専用に設置されることはないが、他との関係からトンネル区間に設置が必要な場合は、トンネル設備用に換気所や電気室があるため、ここに設置することを考える。

ｴ)インフラ装置

・検討の前提条件から100m毎となるが、トンネル内では設置場所の高さ制限があるため、これらを考慮して別途検討する必要がある。また、トンネル内には既に画像センサが設置されているため、機器の供用を検討する必要がある。

⑤ＳＡ・ＰＡ

ＳＡ・ＰＡの特徴、課題（港北ＰＡをモデルとした）

・13.9KP付近で入路の分岐が始まり、14.555K付近で出路の合流が終了する。

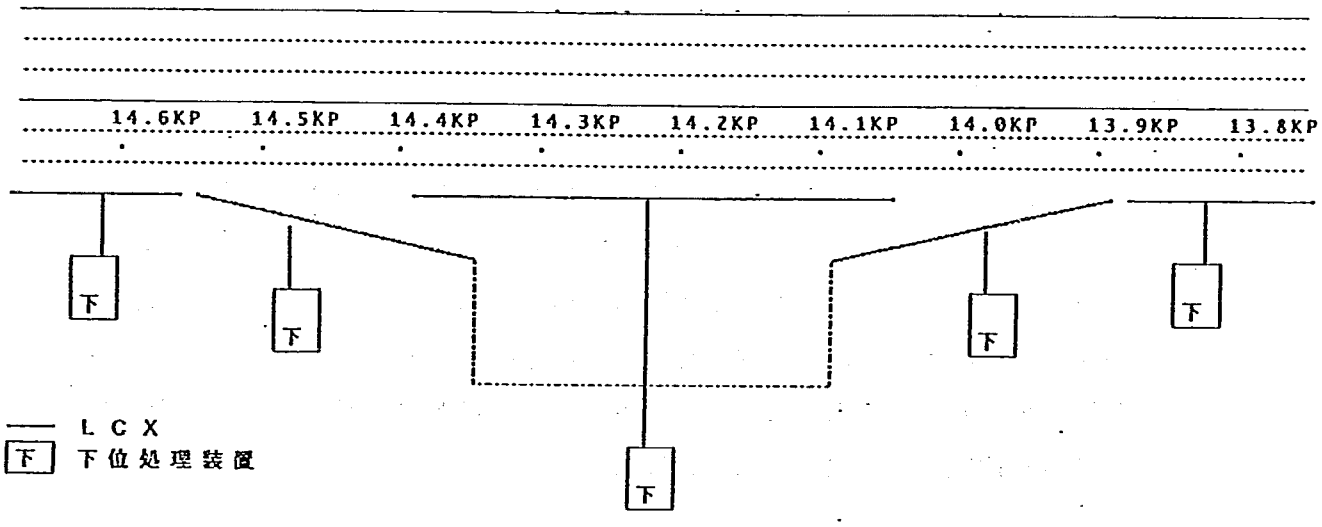
・分岐開始から合流終了までの距離は、直線距離で約650m

・上記区間のＬＣＸ布設は、入路：約200m、本線約350mの３カ所となる。

・入路の13.9KP～14.05KP付近、出路の14.4KP～14.55KP付近を入出路のＬＣＸにて、入出路及び本線の情報提供を行う場合、通信エリアが本線３車線＋入出路分必要となる。

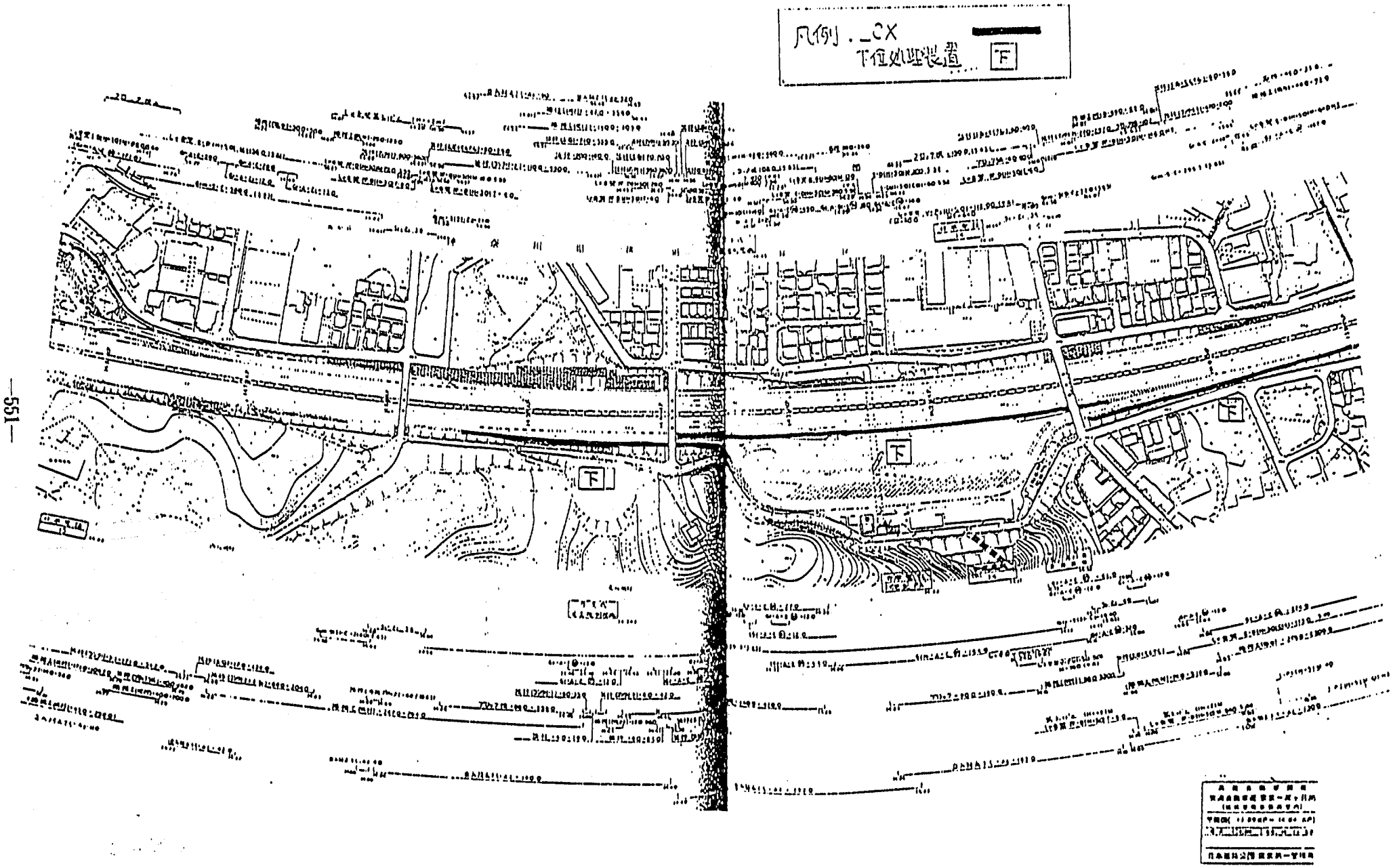
・本線に設置するＬＣＸと入路及び出路に設置するＬＣＸについて、干渉の調査が必要である。

図表（4-2-3）5-4　ケーススタディ（ＳＡ・ＰＡ）



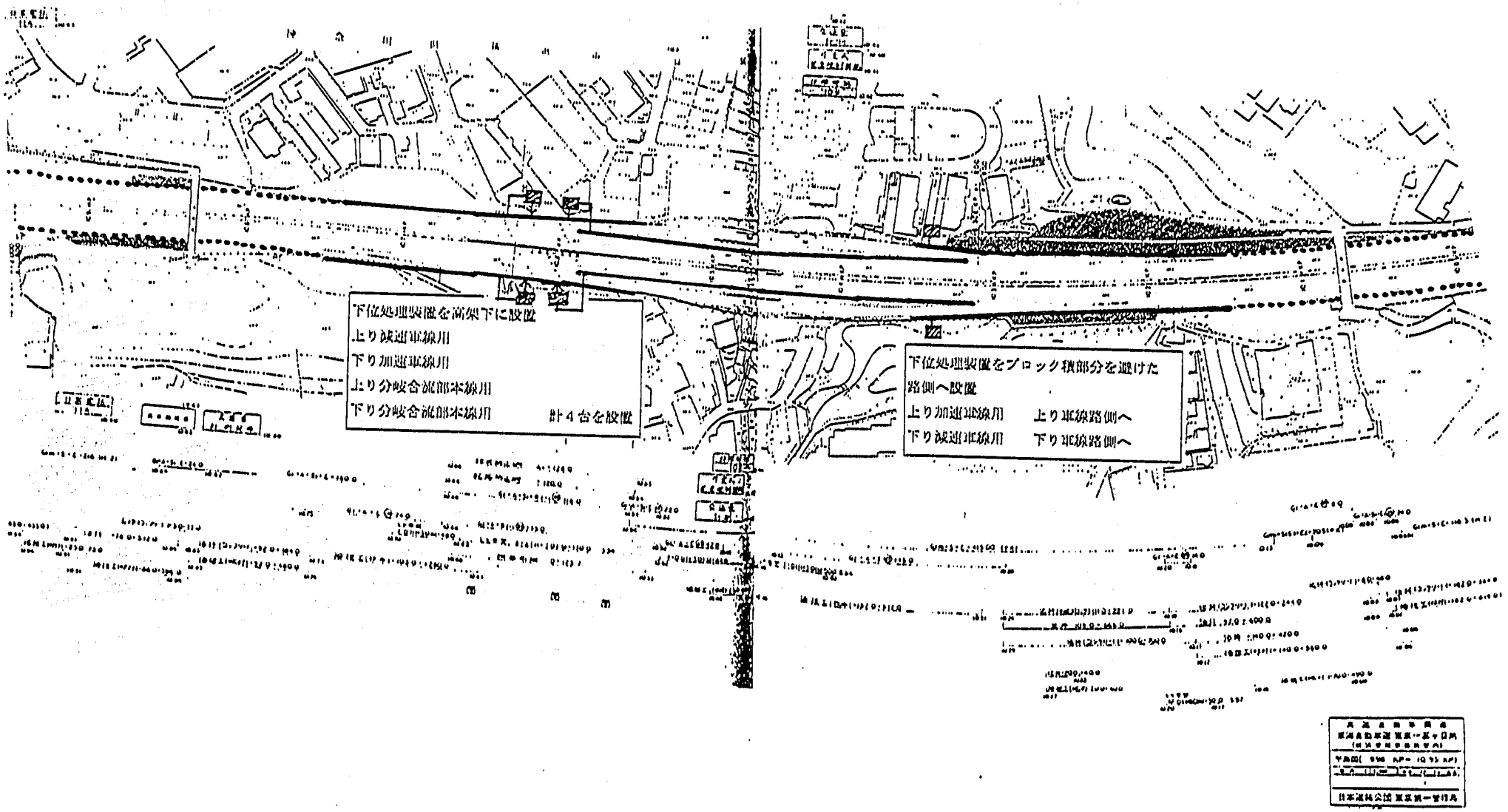
下り港北ＰＡ

図表（4-2-3）5-5　ケーススタディ（ＳＡ・ＰＡ）



⑥バス停

図表（4-2-3）5-6　ケーススタディ（バス停）



（3）コストダウン検討案

①前提条件

インフラ設備に関わる経費を軽減するため以下のような前提条件の再設定を行った。

ケーススタディにおける前提条件

a)ＬＣＸによる通信を前提とした。

b)センサの種類は特に言及しないこととした。

c)センサには処理装置が含まれるものとした。

d)センサの設置間隔は100m毎を基本とした。但し、コストダウン時にはセンサの設置間隔を延長するものとした。

e)ＬＣＸがカバーする車線数は３車線とした。

f)料金所、チェックバリアなどはサービスの対象外とした。

g)加減速車線は本線に含めた。

→物理的に道路が分かれている所からＬＣＸを分ける。

h)トンネルは本線と同じとした。

→防災設備とのリンクは考慮するが、中位装置を専用にする必要はないものとした。

i)ＳＡ・ＰＡは入出路のみ対象とし、ＳＡ・ＰＡ内はサービスの対象外とした。

j)バス停は入出路のみ対象とし、バス停はサービスの対象外とした。

k)バス停、登坂車線、カーブは本線の一部としてとらえた。

l)橋梁、高架も本線の一環とした。

→下位装置の設置方法、大きさ等は要検討。

m)入出路、分合流も本線と同じとした。

n)ＬＣＸは進行方向左側に設置するものとした。

o)トンネル内の既設カメラ等は共有するものとした。

図表（4-2-3）5-7　検討案の比較表

前提条件	ケーススタディによる構成案	コストダウン検討案
ｼｽﾃﾑの設置条件	全線に設置	重点設置個所を設定
通信手段	ＬＣＸによる	ＬＣＸの他一部区間（低速走行区間）でのﾋﾞｰｺﾝとの代替を検討
ｾﾝｻの設置間隔	一律100m毎	設置間隔を延長
ｾﾝｻの種類	特に言及しない 但しｾﾝｻには処理装置を含む	←
ＬＣＸがｶﾊﾞｰする車線数	３車線	←
料金所、ﾁｪｯｸﾊﾞﾘｱについて	専用の中位装置（下）を設置	処理装置による制御を行わず、ﾋﾞｰｺﾝによる情報提供のみ
加減速車線の扱い	本線に含める	←
ﾄﾝﾈﾙの扱い	本線と同じとする	←
ＳＡ・ＰＡの扱い	入出路のみがｻｰﾋﾞｽの対象	入出路での情報提供のみ
ﾊﾞｽ停、登坂車線、ｶｰﾌﾞの扱い	本線の一部とする	ﾊﾞｽ停については入出路での情報提供のみ
橋梁、高架の扱い	本線の一環とする	←
入出路、分合流の扱い	本線と同じと考える	情報提供のみ
ﾄﾝﾈﾙ内の既設ｶﾒﾗ	特に考慮しない	共有を前提
ＬＣＸの設置方法	進行方向左側に設置	←

②インフラ設備の設置条件について

a）システムを全線に設置せず、重点設置個所を設定する。

※重点設置個所を検討：事故多発地域
渋滞頻発地帯
霧の発生地帯
トンネル内部
見通しの悪い場所　など

b)ビーコンの既設箇所において、ＬＣＸ（同軸漏洩ケーブル）をビーコンで代替する。（ビーコンは、道路横方向での受信範囲がＬＣＸより優れるため、料金所・チェックバリア等の車両が低速で走行する区間において、車両への情報提供の手段として使用する。ＥＴＣ、ＶＩＣＳ等で使用するビーコンとの共用を考える。）

図表（4-2-3）5-8　ＬＣＸとビーコンの条件比較

	ＬＣＸ	ビーコン
受信範囲	一本500mの何れからも受信	前後65m(VICSの場合)
隣接装置との電波の干渉	干渉は少ない	干渉する
設置の容易性	連続しての敷設が必要	ある程度の間隔をおいて設置
伝送ﾃﾞｰﾀ量	連続通信が可能なため制約が少ない	VICSの場合100m/hで走行中の車両に対し最大120bit
送信速度(伝送周期)	ﾃﾞｰﾀﾌｫｰﾏｯﾄの大きさによるが実験では100msの伝送周期を実現	設備の設置密度によるが、通信の連続性を確保するのは困難
ﾄﾗｯｸ車体などによるｼｬﾄﾞｰｲﾝｸﾞ対策	ｹｰﾌﾞﾙ敷設の高さを調整	ﾋﾞｰｺﾝ送信装置の設置位置を検討
保守の容易性	長大なｹｰﾌﾞﾙのため、困難が予想される	通信の連続性を確保するため装置の設置密度を高めた場合装置の数が非常に多くなる

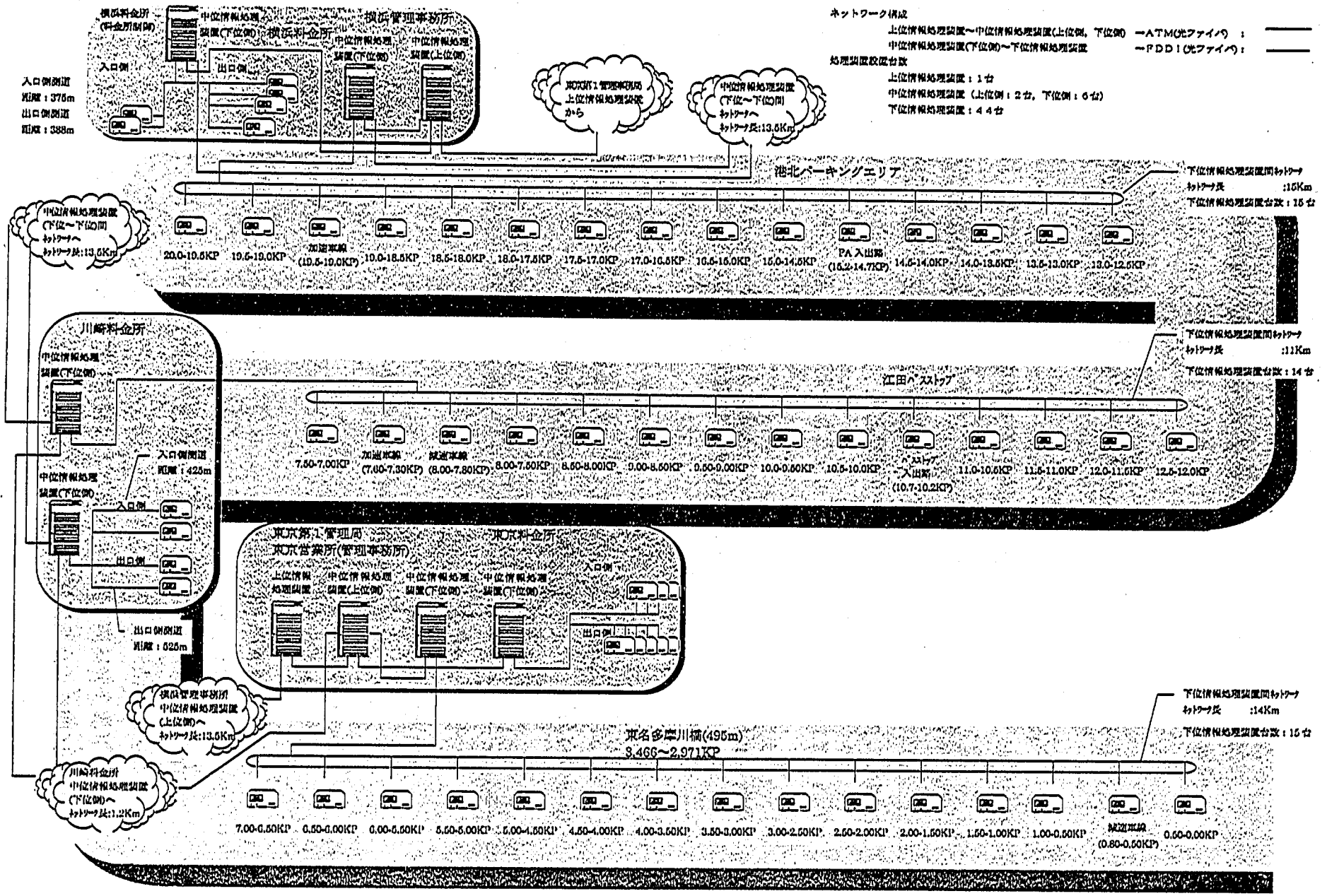
c)処理装置の集約について

・コストダウン検討案では、下位処理装置の総数を削減することを期待できるため、中位装置（上）を廃止。

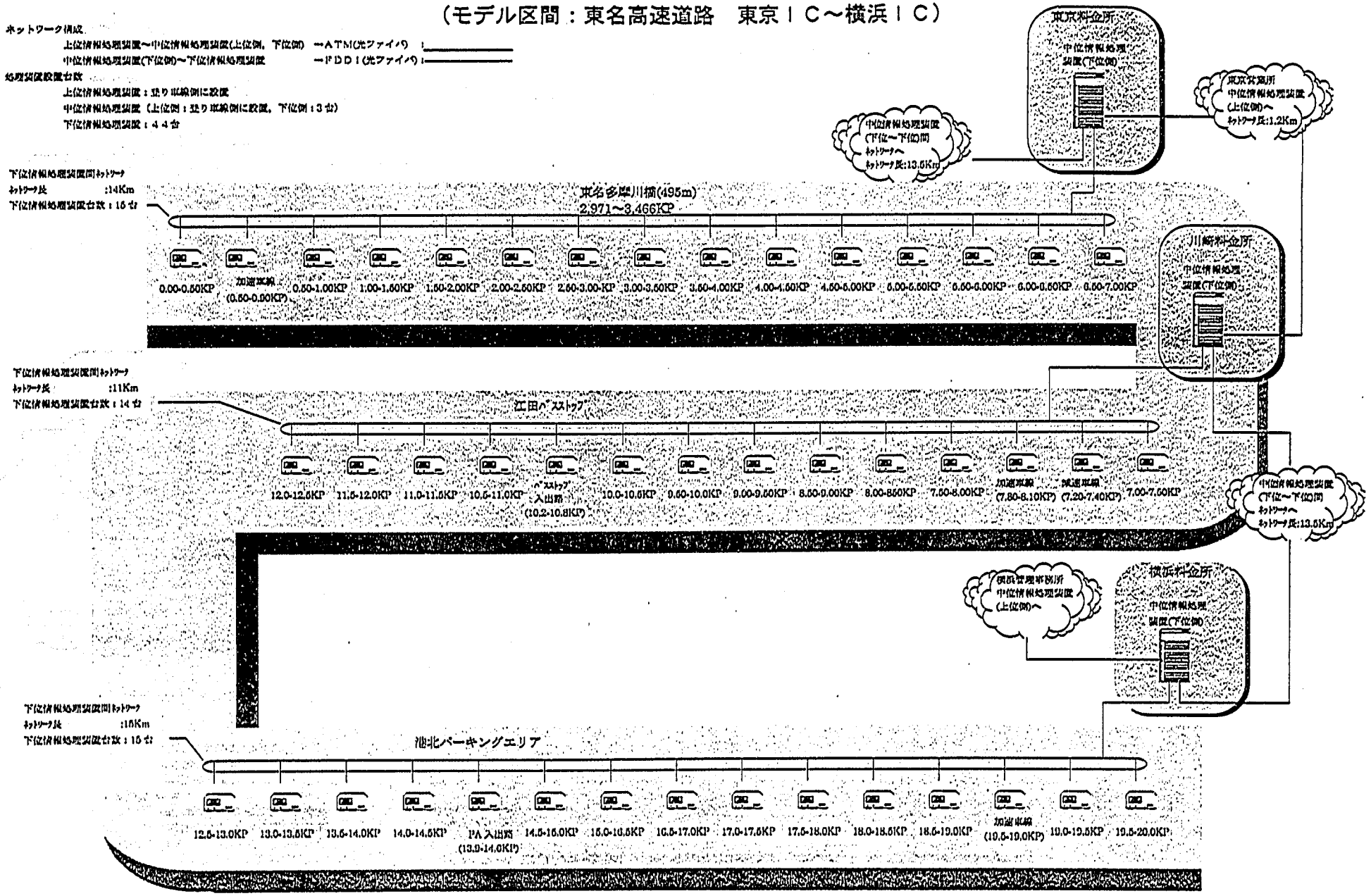
システム構成図（機器配置案）、及びコストダウン版システム構成図（機器配置案）を図表（4-2-3）5-9～図表（4-2-3）5-12に示す。

なお、コストダウン版システム構成図において、重点設置個所については、事故多発区間、渋滞頻発区間、霧発生区間、トンネル区間、線形の悪い箇所を設定したが、事故多発区間、霧発生区間などは特定しにくいため東京～横浜間における渋滞頻発区間を重点設置個所とした。

図表（4-2-3）5-9　システム構成図（機器配置案）（上り車線側）
（モデル区間：東名高速道路　東京ＩＣ～横浜ＩＣ）



図表（4-2-3）5-10　システム構成図（機器配置案）（下り車線側）
（モデル区間：東名高速道路　東京ＩＣ～横浜ＩＣ）



図表（4-2-3）5-11　システム構成図（機器配置案、コストダウン版）（上り車線側）
（モデル区間：東名高速道路　東京ＩＣ～横浜ＩＣ）

ネットワーク構成

上位情報処理装置～中位情報処理装置

中位情報処理装置～下位情報処理装置

処理装置設置台数

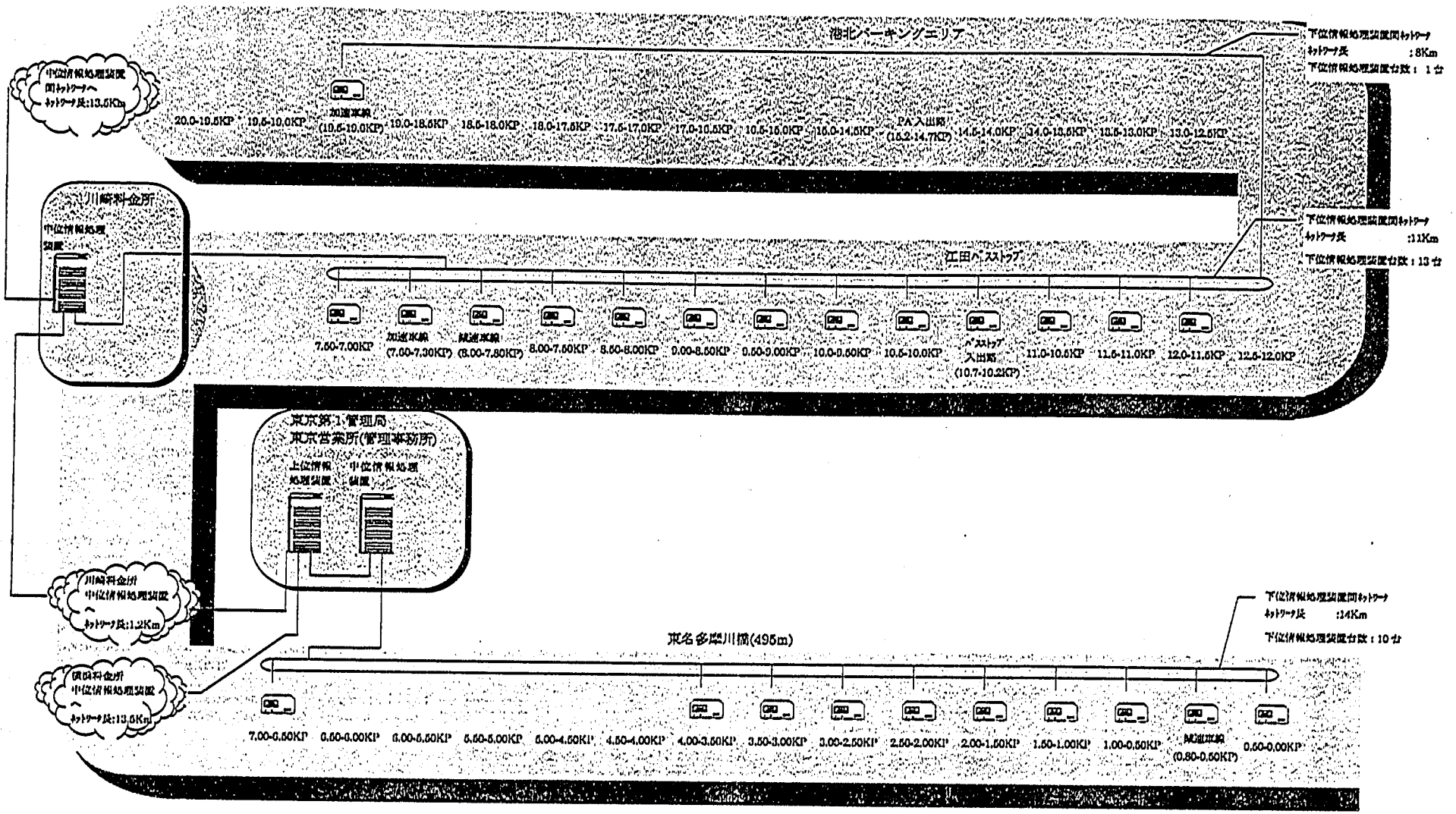
上位情報処理装置：１台

中位情報処理装置：２台

下位情報処理装置：２４台

－ＡＴＭ(光ファイバ)：

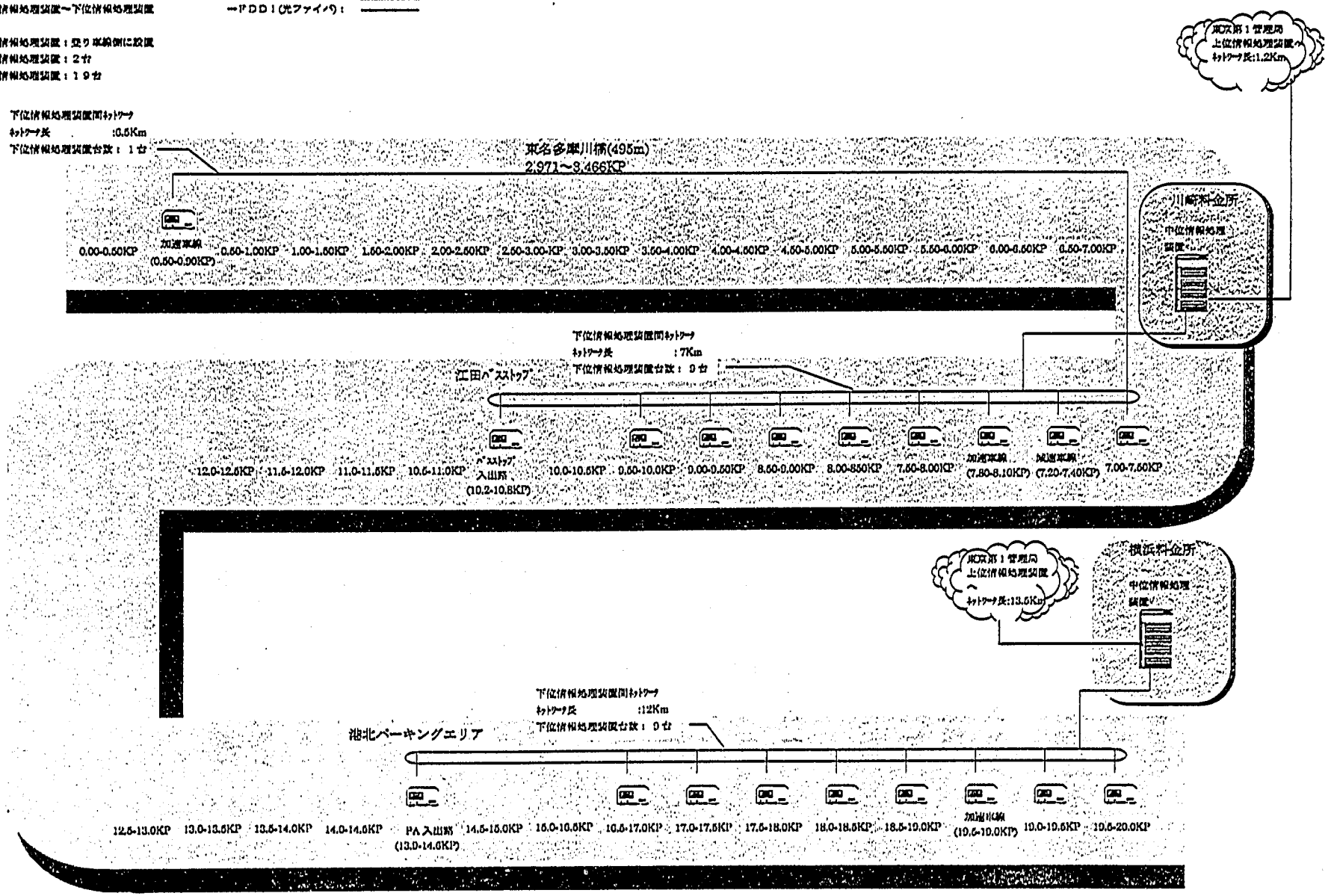
－ＦＤＤＩ(光ファイバ)：



図表（4-2-3）5-12　システム構成図（機器配置案、コストダウン版）（下り車線側）
（モデル区間：東名高速道路　東京ＩＣ～横浜ＩＣ）

ネットワーク構成
- 上位情報処理装置～中位情報処理装置　→ＡＴＭ(光ファイバ)：
- 中位情報処理装置～下位情報処理装置　→ＰＤＤＩ(光ファイバ)：

処理装置設置台数
- 上位情報処理装置：登り車線側に設置
- 中位情報処理装置：２台
- 下位情報処理装置：１９台



（4）今後の課題

ケーススタディで明らかになった問題点を踏まえ、今後の課題として以下にまとめる。

①本線料金所

・上り／下りに共有するゲートがある場合の対策

・料金所ブースでのＬＣＸ間の混信、干渉対策

②インターチェンジ

・隣接（高低差、直角での交差含む）ＬＣＸ間の混信、干渉対策

・インターチェンジでの曲率の大きいカーブにおける画像処理センサなどの配置方法

③トンネル

・トンネル部分に関する他システムとの連携

・トンネル内の他設備に配慮したＬＣＸの敷設

・トンネル内での機器（下位装置など）の配置場所の選定

・トンネル内の既存機器の供用

④ＳＡ・ＰＡ

・本線ＬＣＸと入路及び出路のＬＣＸとの間の混信、干渉対策

・入出路部における入出路＋本線３車線への情報提供

⑤バス停

・ＳＡ・ＰＡと同様に、入出路と本線部分のＬＣＸの混信、干渉対策

・車載の方向センサ利用

・道路マーカ（磁気ネイル、白線等）に識別情報を付加

・路面以外の道路マーカ（反射器、道路標識など）

４．２．４　システム構築上の課題

１）システム構築上の技術課題

システムを構築する上での技術的課題として次の項目について検討を実施しており、以下に、検討内容を記載する。

①システムの基本方式

路車間通信と車車間通信との機能分担、障害物検出の路車の分担などシステムの基本方式に関する項目。

②処理方式

情報提供タイミング、情報内容の新鮮度など情報提供方法、及び、事象の同定、複数事象の処理方法など処理方式に関する項目。

③実用化に向けての検討

分合流など種々の道路構造への適用、システム、機器の信頼性（障害時のバックアップ）、小型化、低コスト化に関する項目。

④運用上の課題

システム導入時の混在走行におけるフィージビリティスタディ、他システムとの相互運用、接続性に関する項目。

（1）システムの基本方式

①路車間通信と車車間通信との機能分担

ＡＨＳを構築するための車間通信を、車車間で行う場合と車路車間で行う場合の比較検討を行った。また、その際に前提となる情報量、必要な更新周期についても検討した。

なお、車車間通信については、ＳＳＶＳ(Super Smart Vehicle System)の研究成果も参考にした。

a)車間通信に要求される性能

比較検討に当たり、車間通信検討の前提条件を次の様に仮定した。

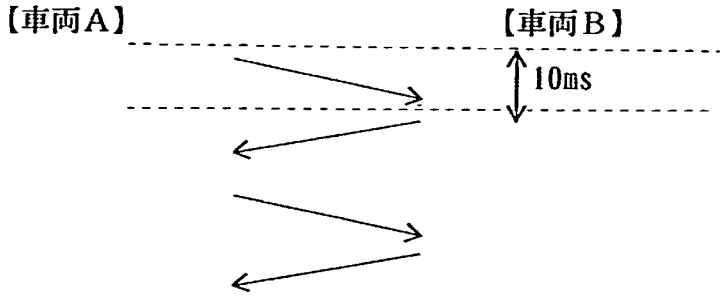
・情報種類・・・・走行制御情報、走行環境情報など
・情報量・・・・・512バイト
・伝送時間・・・・10ms（片道）
・通信距離・・・・100m以上
・通信車両数・・・10台
・処理時間・・・・無し（検討を単純にするため）

b)通信手順案

詳細の通信プロトコルを除くアプリケーションデータの流れは、およそ以下のような手順と推定される。

ア)車車間通信の場合（ただし、隣接車両間）

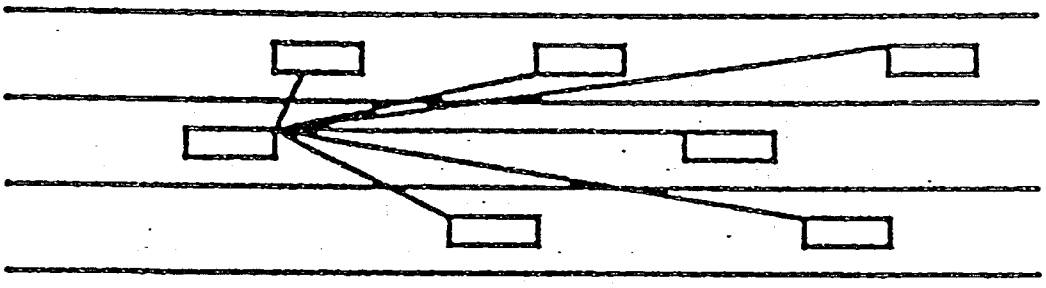
図表(4-2-4)1-1　データの流れ（車車間通信）



ここで、車車間通信の接続方式としては、次のものが考えられる。

1. 親局あり、スター接続

図表(4-2-4)1-2　接続方式（スター接続）

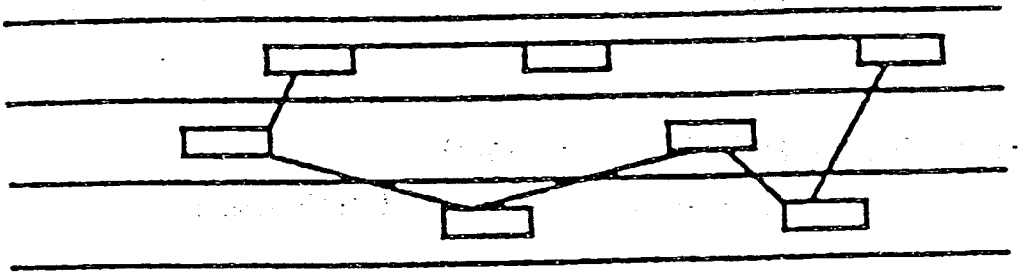


・親局を決定、変更する手順が要る。

・車両が多いと親局の負荷大。

2. ループ接続

図表(4-2-4)1-3　接続方式（ループ接続）

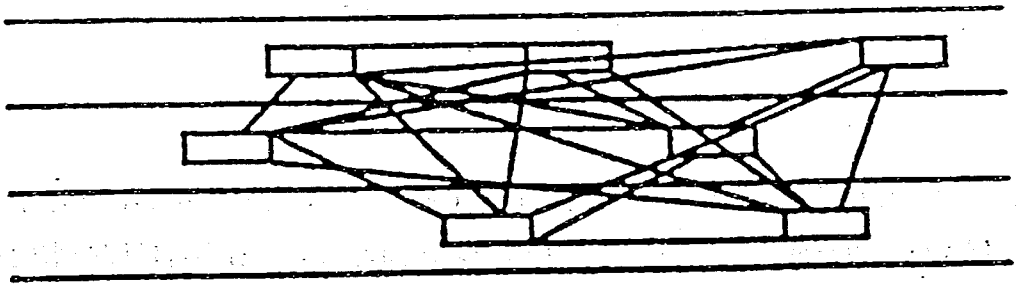


・１台でも通信品質悪いとき網が形成されない。

・ループの形成手順が難しい。

3. 全接続（電波到達の範囲で）

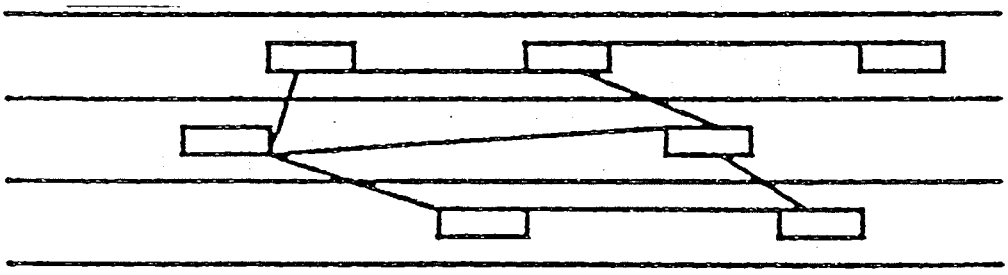
図表(4-2-4)1-4　接続方式（全接続）



・通信チャネル数が多く要る。

4. 選択接続（例えば、同一レーン前後と隣接レーン直近車両のみ）

図表(4-2-4)1-5　接続方式（選択接続）

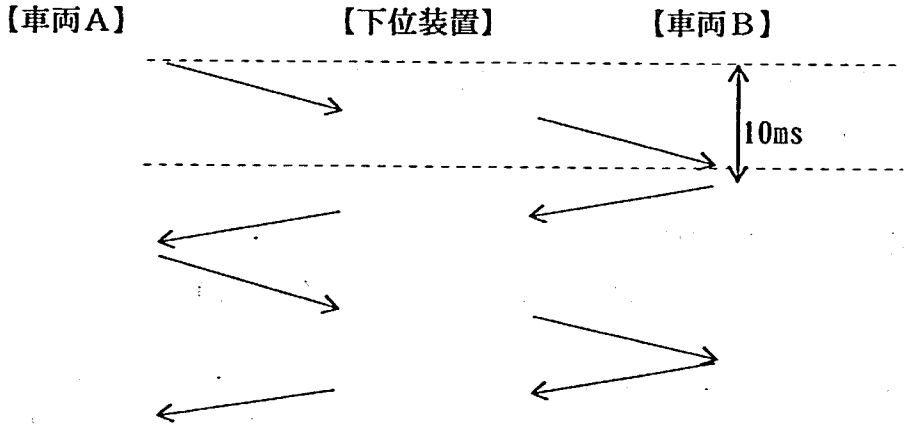


・初期の選択手順が繁雑。

各方式の内4. が最も実現性があり今回の検討では、4. を前提とした。4. にはさらに縦方向のある角度内でのみ接続する方式が含まれ、ＳＳＶＳで採用された赤外線を通信媒体として実験検証が行われたものはこの方式に当たる。

ｲ)車路車間通信の場合（ただし、同一区間内）

図表(4-2-4)1-6　データの流れ（車路車間通信）



ここで示した通信手順は、基本的なものであり実際にはもう少し複雑な手順となる。例えば、車車間通信に関しては１台先の車両と通信する場合は間の車両が中継して通信するため通信手順が増加する。また、車路車間通信では、通信区間をまたがって通信する場合は、路側の有線通信を介するためその通信手順が加わることとなる。

c)データ伝送速度

以上のように車車間通信より車路車間通信の方が情報そのものの伝送経路が長い分だけ高速にする必要がある。また、伝送速度は、通信対象車両台数にも関係し、必要伝送速度を求めると次のとおりである。

ア)車間通信に必要な伝送速度

512バイトのデータを10ms周期で送信する場合、１対１とした場合でも
512/0.01＝51.2Kbps以上必要となる。

通常はこれに対して伝送制御や誤り制御のための情報が付加され、100Kbps程度は必要になると想定される。

さらに１対１が１対NまたはN対Nとなり、Nが10以上となると車間通信のためだけに１～数Mbps以上の通信が必要になりそうである。

イ)車路車間通信に必要な伝送速度

現状の実験で用いられた通信プロトコルでは、30バイトの情報を0.1秒サイクルの短期サイクルで最大54台の車両に伝送するために512Kbpsの伝送速度が必要となっている。実際には長期サイクル情報の通信も512Kbpsの中に含まれ車路車間通信情報の占める割合は半分程度である。

これは、前提条件の512バイト、0.01秒サイクル、10台へ当てはめると、単純に計算して、

$$512\text{Kbps} \times \frac{512}{30} \times \frac{0.1}{0.01} \times \frac{10}{54} \times 0.5 = 16\text{Mbps}$$

となる。

ただし、比較のため車両を10台としたが現実的には車両台数はこれより多く、数十Mbpsが必要となる。

したがって、車車間と車路車間では、一般的に１桁の伝送速度の違いになると考えられる。

d)情報量

情報量に関しては、検討の方向性や対象はやや異なるが、ＳＳＶＳによれば、直接的に交信対象とする周囲の車両の通信情報量は192バイト（８台分）になっている。（主に車体運動情報）

なお、車群走行の実現のためには、その程度の情報の伝送にも２～４Mbpsの伝送速度が必要とされている。

一方、平成６年（1995年）11月のＡＨＳのデモ実験での状況によれば、そこで使用された車車間通信の情報量は、車体運動情報、制御状態情報及び自動走行指示情

報合わせて約256バイト程度の情報が、少なくとも20ms以下の周期で必要であった。将来的な余裕も含めると、10ms周期で交信する必要があると思われる。

路車間通信との分担を前提にすれば、車車間通信は、ある程度情報量を絞り込めば数十バイトから百数十バイト程度の情報量になると思われる。

e)考察

路車間通信と車車間通信の特徴をまとめると次のとおりである。

ア)車路車間通信の特徴

・路が親局となり通信でき、複数の車両との通信方式も確立している

→車車間通信は、通信のリンク確立手順などが車路車間に対して複雑になり、初期のリンク接続時間もかかるが、路車間通信は、複数の車両との通信方式も確立している。

・比較的広範囲の車両と通信可能

→路側の有線を経由するため遠くの車両とも通信ができる。

・路側情報の提供

→当然ながら同一の通信により路側の情報（路側センサ、道路管理者からの通知など）を車両に伝達可能

・一斉同報通信が簡単に可能

→車両からの緊急情報などを後続車に一斉に伝達でき、車車間通信のように各車両を順番に経由する方式よりも伝達に時間がかかる事がない。

・路側の有線通信の高速化

→通信エリア境界を挟んで走行する車両にも同等のレスポンス時間で通信する必要があり、路側の有線通信の高速化が必要となる。

・シャドーイング

→車両の影による通信不良発生の課題がある。

イ)車車間通信の特徴

・車両から車両への通信伝送遅れ時間が短い

→路側を経由しない分、伝送時間が短くて済む。

・伝送速度が低くて済む

→用途から考えて周辺の車両とのみ通信すれば良く、伝送速度が低くて済む。

・機器故障に対する危険分散がしやすい

→路車間通信がダウンすれば複数の車両との通信が一度に途絶えるなど影響はその通信エリアの全車に及ぶが、車車間では故障車両のみ、或はその周辺車両を含めた数台のみの問題で済む。

・方式の確立

→車車間通信で行うにしても、車両の走行制御を行うような重要な情報を数Mbpsの高速通信で行うのは困難な面が多く、情報の効率的な伝送方法などに課題がある。また、最初の通信リンク接続方式の確立が課題である。

f)車車間／路車間の棲み分け、役割分担案

車車間通信用と路車間通信用に複数の無線機を搭載することがコストアップにつながる面もあるが、総合的に見ると併用が良いと思われる。また、併用によって路車間または車車間通信機器の故障に際しもう一方の通信機が代替機としてある程度カバーでき安全面でも好ましい。

従って、車間で通信する情報のうち、走行制御に必要で重要な情報で短時間の周期で通信する必要があるものについては車車間通信で行い、より広い範囲の車両に共通な情報で通信周期がやや遅くても良いものについては車路車間に回して互いの通信の負荷を下げる方法がよいと考える。

プラトゥーン走行や分合流の最終確認の場合など走行制御に直接必要な情報は、交信周期を短縮するために車車間通信で実現した方が良いと考える。ただし、システム導入時期の車載機普及率の低い時は、間に入った車両が車載機非搭載車で通信出来ない場合も多く、見通しが利かない状況での通信をカバーするためインフラ側での補助システムとしての車路車間通信は必要である。

緊急情報については、車両の前後左右に直接通知するものの他は、インフラ側からの路車間通信で同報的に通知することが効果的と考える。

ＡＨＳ導入時は、初めは路車間通信で車路車間通信が実現され、普及と共に車車間通信が使用されていくと思われる。

それぞれの主な通信対象情報は次のとおりである。

ｱ)路車間通信

・車両の制御情報

・車群の制御情報

・道路情報等

・一斉同報緊急情報

・車車間通信の代替情報

イ)車車間通信

・周辺（前後左右斜め）車両との相互制御情報
・緊急情報
・車間距離等の制御、衝突防止情報
・急ブレーキ、急加速等の自車状況情報
・路車間通信の代替情報（路車間通信の障害、シャドーイング救済）
・路車間通信の敷設されていない地域での通信情報

なお、路車間通信と車車間通信を同一機器、通信手順にまとめて実現する事に関しては、バックアップの安全性とコストの対比で考慮しなければならず、引き続き検討すべき課題である。

g)車路車間通信対応通信方式の一例

車車間通信の代わりに現状の路車間通信を用いて車路車間通信を実験する場合の検討を行った。その実現方法の一例を示す。

この場合、短期間でデータ送受するため0.1秒の1通信サイクルで上りを、次のサイクルで下り通信を行う必要がある。

そのためには、短期サイクル通信を利用する方法が考えられるが、従来の短期上り情報と情報内容が異なること、30バイト以上の情報を扱うことも考えられる事、必要な時だけ通信すればよい事など、かなり短期サイクル情報とは利用の性格が異なる。従って、今回これを機会に全体フレーム構成を見直しし、随時（緊急）サイクル上り／下り通信を設けそれを利用する方法を考えた。

ア)フレーム構成の見直し

フレーム構成を次のように見直す。

・長期下り情報を放送的使用に用いる同報通信（従来の長期下り）と従来用意していなかった長期下り個別通信に分ける。
・個別通信の長期下りと長期上りが対になり長期情報をやり取り出来る様にする。
・個別通信の長期下りと長期上りの一部を随時（緊急）サイクル通信下り、上りに割当て、迅速な通信が行える様にする。
・随時サイクルは、周辺車両位置警告が実現される前でも（短期サイクル通信が用意されない状況でも）前方道路危険警告アプリケーションを用いて緊急通信

が実現出来るよう（同時に通信する台数は限られるが迅速さを要求される緊急通信としての用途）、また、今回の車路車間通信のように迅速さが要求されるが常時通信しない用途のために設けたものである。

イ)随時（緊急）サイクル通信の実現方法と条件

上記のフレーム構成とした上で、次の処理を行い実現する。

・車両登録は、通常ＬＣＸ進入時にのみ行っていたが、緊急発信したい時にはＬＣＸ区間内で随時車両登録でき、その登録で緊急である旨通知し、路側は、緊急発信要求の時には、その通信サイクルの中での緊急スロットに該当車両を割り当て、登録ＡＣＫで通知する。
・車両は、割り当てられたスロットで随時（緊急）サイクル上り通信を行う。
・割り当てられたスロットは、その車両が当ＬＣＸを退去するまで、または、上位装置から消去操作するまで保持される。
・情報は、車路車間通信などの場合は相手ＩＤ、自ＩＤを付与して送受するが緊急発信時には特に相手を特定しなくとも送信出来る。
・相手ＩＤは、長期下り情報にて知る事が出来る。
・相手を指定した場合の通信相手の場所は隣接ＬＣＸまでの範囲（自車から見て前後500m～１㎞）とする。
・緊急用に常時スロットを空けて用意しておくため送受それぞれ５スロットに制限を設ける（同時に５台まで）。
・上り、下りのスロットの衝突を避ける方法は、従来と同様路側がスロットを割り当てる時点で、同じＩＤの上り／下りをずらし割り当てることで実現する。

②障害物検出の路／車の分担

障害物には種々の種類が考えられ、それぞれに対し路／車の検出分担を高速道路に限定して検討した。結果を以下に示す。

図表(4-2-4)1-7　障害物種類毎の検出分担(1/2)

分類	説明	現状	AHSでの検出手段							分担
			インフラ				車両			
			管理車	画像ｾﾝｻ	他ｾﾝｻ	TEL通報等	位置速度	車ｾﾝｻ	手動通報	
車両 停止車両(火災含む) 事故車	走行、追い越し車線上停止車両	A4 B1	○	○		○	○	○	○	路/車①
停止車	路肩停止車両	A4 B1	○	○		○	○	○	○	路/車①
渋滞末尾		A4 B1	○	○			○	○	○	路/車①
異常走行車両 (火災含む) 単独低速車		A6 B1	○	○			○ *3	 *2	○	路②
蛇行車	居眠り、飲酒運転	A6 B5	○	○			○ *3	 *2	○	路②
低ﾏﾅｰ車	無理なﾚｰﾝ変更等	A6 B5	○	○			△ *3	 *2	○	路②
車両以外の移動物 人間		A3 B1	○	○				○ *1	○	路/車①
動物		A3 B1, 3	○	○				○ *1	○	路/車①
風等で舞い 移動する物体		A4 B1, 3	○	○				○ *1	○	路/車①
落下物 固形物 車両から	荷物、車部品	A4 B1, 3	○	△		○		△	○	路/車①
道路外から		A3, 4 B1, 3	○	△		○		△	○	路/車①
道路構造物	崖崩れ、標識転倒	A2, 3 B1	○	○	○	○		○	○	路/車①
微細固形物	粉、釘、ｶﾞﾗｽ片	A4 B3, 4	○			○			○	路⑥

図表(4-2-4)1-7　障害物種類毎の検出分担(2/2)

分類	説明	現状	AHSでの検出手段							分担
			インフラ				車両			
			管理車	画像ｾﾝｻ	他ｾﾝｻ	TEL通報等	位置速度	車ｾﾝｻ	手動通報	
液体	油など科学薬品など	A4 B3, A4	○	△		○		μ	○	路/車①
道路環境異常 路面異常 徐発生異常	轍、ﾚｰﾝﾏｰｶ異常(白線かすれ含む)	A1 B3	○						○	路③,⑤
突発生異常 (一部徐発生も含む)	陥没、ひび割れ、断差、路肩崩壊、高架道桁落下	A1, 2 B3	○	△	△	○		△	○	路/車①
ｱｽﾌｧﾙﾄ軟化		A3	○					μ	○	路③
走路環境異常 横風		A4 B2			○		○	○	○	路④
雹		A4 B2			○			μ	○	路④
凍結		A3, 5 B4	○		△			○ μ	○	路/車①
積雪、圧雪		A3, 4 B1	○	○	△			○ μ	○	路/車①
冠水、漏水		A4 B1	○	○	○	○		○ μ	○	路/車①
地震		A4			○				○	路④
視界異常 視程低下	霧、大雨、大雪、煤煙	A4	○	○	○			○	○	路④
眩惑	対向車ﾗｲﾄ、地平線太陽、その他人工設備	A3	○					○	○	路③
照明設備障害		A2	○						＊4	路⑤
ﾄﾞﾗｲﾊﾞへの悪影響 沿道火災		A4 B1, 2	○			○			○	路⑥
越波		A4 B2	○	○	○				○	路④
排気ｶﾞｽ滞留		A3			○					路④
毒ｶﾞｽ						○				路⑥

○：項目を検出可能

△：条件付き検出可能

μ：車からの走行摩擦係数で検出可能

＊1：人間、動物、移動物の区別は必ずしも不要。

＊2：他車の異常走行を検出する場合、時間経過の判断が必要で、車両では検出不可とした。

＊3：該当AHS車が異常走行した場合の検出。

＊4：気が付きにくいため不可とした。

（表の補足説明）

●分類：発生部位、発生原因、検出手段、検出場所、自然／人工、対処方法、利用者／道路管理者の視点、センサの移動／静止条件などを考慮し分類した。

なお、落下物が火薬類、放射性物質等危険物の場合は事後の扱い方が異なるが今回は考慮しない。

●現状：実施方法、検出手段を、以下の記号で示す。

A：現状では、主に路側で検出、管理している項目（道路管理者の安全保安義務）

A１：徐々に生じる道路不具合、保守の時間的余裕あり。パトロールで発見。

A２：突然生じる道路不具合。通報やパトロールで発見。

A３：未然防止のため対処しているもの。万一発生した場合は、程度によっては規制を実施するもの。

A４：検出、または、通報を受け通知を行なう。程度によっては規制、実施する。

A５：同上、ただし検出が技術的に困難でどちらかというと検出よりパトロールや通報に頼っているもの。

A６：パトロールカー等による取り締まり対象。

B：現状では、主にドライバが認識、対処している項目（ドライバの安全走行義務）。

B１：大きくて発見容易でありドライバにとって当然の注意義務。

B２：認識が容易なもの、または、道路標識等で分かるもの。

B３：車両の少ない時は発見容易だが、車両が混んでいると発見困難なもの。

B４：認識、判断が難しく、注意して走行する対象。

B５：ドライバの自己責任放棄状態で、取り締まり対象。

●ＡＨＳでの検出手段：

・管理車：道路管理車両、パトロールカーなどで定期的に走行し道路、交通状況を監視する。間欠的検出となり一時的事象、天候などは、把握しきれない。

・画像センサ：路側のカメラを用い画像処理により実現。ただし、カメラの設置場所から200m前後のみの検出範囲となる。対象物の大きさによって検出できない場合は△印とした。

・他センサ：路側の画像処理以外のセンサ。気象関連のセンサが中心だが、設置場所周辺のみの検出となる。精度が悪い項目に関しては△印とした。

・ＴＥＬ通報等：事故の当事者、発見者からの非常電話、携帯電話による通報で認識する事象。ただし、通報は自車両の運転にかなり支障を生じない限り期待できない。

・位置、速度：ＡＨＳ車の基本的機能である自車位置、速度、緊急情報の通報を用いて検出できる事象。

・車センサ：ＡＨＳ車の上記以外の各種車載センサで検出できるもの。μは走行摩擦係数を示す。

・手動通報：上記の位置、速度、車センサの情報は、路側にも自動伝送されることを前提としているが、それ以外にドライバが操作し通報可能な項目。ただし、ドライバに負荷をかけず、如何に通報して貰うかのしくみ作りが必要である。ドライバの五感により検出されるため道路管理車両によるパトロールの代行的位置付けと言える。

●分担：路、車両どちらで検出するのが好ましいかを示した案である。路側センサと車載センサは、一般的に次のような特徴がある。

・路
  ・センサは静止状態
  ・センサ装置の大きさ、重量、消費電力に制限が少ない
  ・比較的遠距離からの検出
  ・用途に合わせ設置高さは比較的自由

・車載
  ・センサ自身が移動しながらの検出
  ・小型、計量、低消費電力必須
  ・比較的近距離からの検出
  ・低い高さからの検出

上記特徴を考慮し、また、検出手段の結果から分担案を検討した。本分担案の決定理由は次のとおりであり、表中の数字と決定理由の項番は一致する。なお、車からの手動通報は、補助手段と考え分担の検討では考慮しなかった。

①検出手段でインフラ、車両両方に○がつき、互いに補完しあう関係のものを路／車両方で分担する。
②ＡＨＳ車が自車の挙動を把握できるとしても、取り締まり対象の項目は路の分担とする。
③路側で正確に予測が可能な事象に関しては路側の分担とした。
④天候など正確に計測できる路側センサがある場合は路の分担とした。
⑤パトロールの検出時間間隔でも対処可能な緊急を要さないものは路の分担とした。
⑥車載センサでの検出が難しく、当事者、パトロール等からの通報以外に検出手段がない場合は路の分担とした。

（２）処理方式の確立

①複数事象処理

インフラ側と車両側両方で事象を検出した場合、或はどちらかのみ検出した場合など、それぞれの事象を同一のものとして処理すべきか或は車両側だけで検出した

事象が正確なものかの判断をする必要が生じる。ここではその方法について検討した。

a)インフラ側、車側の事象の提供について

次表のように車側、インフラ側両方で或は片方だけで事象を検出した場合は次の様に処理する。

図表(4-2-4)1-8　情報提供判断

		インフラ側	
		検　出	非検出
車側	検出	A情報提供する	B情報提供する (検出分担に応じて)
	非検出	C情報提供する (検出分担に応じて)	D情報提供しない

・Aの場合には、事象の優先度を予め設定しておき提供する情報を決定する。更に、誤検出を減らすために検出分担を設定して提供する情報を決定することも考えられる。

例）・インフラ側＝事象１、車側＝事象２を検出した場合→事象１を通知
　　・インフラ側＝事象４、車側＝事象３を検出した場合→事象３を通知

・B、Cの場合にも、事象の優先度で提供する情報を決定するが、誤検出を減らすために検出分担によっては情報を提供しないことも考えられる。

例）・インフラ側＝非検出、車側＝事象２を検出した場合→事象２を通知
　　・インフラ側＝非検出、車側＝事象１を検出した場合→情報提供しない

事象の優先度、提供判断は、次の表に従う。（検出分担は、前述）

図表(4-2-4)1-9　優先度等の判断表

事象種別	優先度	検出分担	
		インフラ	車
事象１	1	○	
事象２	2	○	○
事象３	2		○
事象４	3	○	
：	：	：	：

【留意点】

・検出センサの信頼性（検出確立、誤報確立等）の確認

・事象の優先度の検討

b)複数イベント（含む複数区間）の発生について

基本的には、「検出した事象を全て情報提供する」ことが良いと思われる。ただし、路側で事象を取捨選択する余地も残す必要はある。

全て情報提供する理由は次のとおりである。

・路側で事象を取捨選択する場合、どの事象を通知すべきかの判断処理が必要になり何らかの待ち時間が発生する可能性があり、即時性が犠牲になる危惧がある。

・提供された情報を利用者に伝えるか否かは車載機側で自車両位置、受信時刻などを基に判断し、利用者の混乱を避けるようにする。このため、事象に優先度および重要度（致命度）を設けて以下のように対処することも考えられる。

－利用者へ情報を提供してからある一定時間が経過するまでは、新たに送信されてきた事象の優先度または重要度が以前のものより低ければ新たな情報は提供せず、高ければ新しい情報を利用者に提供する。

－利用者へ情報を提供してから時間経過に係わらず、新たに送信された事象の情報を利用者に提供する。

図表(4-2-4)1-10　重要度等の判断表

事象種別	優先度	重要度
事象１	1	致命的
事象２	2	致命的
事象３	2	致命的
事象４	3	警　告
：	：	：

－路側で事象を取捨選択する場合、図表(4-2-4)1-10のように優先度に加えて重要度（致命度）が必要と思われる。

例）複数の事象が発生し一方が優先度が高い場合、その事象が情報提供されることになるが、他の事象が優先度では劣るがＬＣＸ区間の場所等の関係から利用者に与える影響が大きい場合がある。この場合には、利用者に近いＬＣＸ区間で発生した事象を情報提供するなどの処置が必要とすべきである。

【留意点】

・優先度と重要度の兼ね合い

・経過時間と情報提供・危険警告内容との関係

・通信トラフィックの余裕の程度（同時提供可能な事象数）

c)複数事象の同定について

インフラ側、車側両方で事象を検出し、その事象の発生場所が接近している場合、同一の事象であるか別々の事象であるかが問題となる。この場合、検出された複数の事象を同定する事が必要となるが、現時点では、同定の方式、精度などが未検討である。当面は無理に同定せず、たとえ同一の事象でも別々の事象として提供して特に不都合はないと思われる。同定方式、精度に関しては今後の課題である。

（３）実用化に向けての開発

①道路構造への適用

ここでは、路車間通信方式に関連する項目について記述し、実際の道路に適用した場合のケーススタディは４．２．３に示す通りである。

a)分合流に必要な機能と主な情報

ここでは各種分合流方式の内、実現時期が早いと思われるインフラから情報を提供し車両の制御は車載機で直接処理するような、インフラ側が比較的軽微な装置で実現できる方式を想定している。

ア)必要情報

・分合流先の交通情報の方向別提供（渋滞、事故、落下物、閉鎖、規制、路面凍結、道路案内等）
・分合流の道路線形情報提供（分合流地点までの距離、分合流形状、レーン情報等）
・分合流部のレーンマーカ符号情報（マークの意味等）
・周辺車両情報（本線、分岐線上の車両位置、速度等）

イ)路側機器の機能

本線対応の通常の路側機器の機能に対し次の機能が追加される。

・情報提供範囲処理の複数線対応機能
・情報優先付け処理の複数線対応機能
・車両退去処理のための情報送信先の複数線対応機能
・隣接区間処理の複数線対応機能

ウ)混信対策

本線、分岐線それぞれの車線に対し通信を行うため分岐構造によっては通信の混信の恐れがある。対策案は次のとおりであり、現場に合った最適な対処をする必要がある。

・ある範囲では本線、分岐線両方をカバーする通信エリアを設け、分岐部から離れた互いの通信が干渉しない地点から本線、分岐線専用の通信を設置する
・無線周波数の複数使用
・区間間での無線通信の同期整合
・上りスロット数の余裕化とスロット割り当ての区間間の整合

エ)車両の走行道路確認方法の併用

分岐部で自車両が本線、分岐線どちらの車線を走行しているかにより、受信情報のどの部分を用いるか判断する必要がある。その方法としては以下のものがある。

・道路識別スポット通信の併用
・D－GPS、GPS利用

・車載の方向センサ利用

・道路マーカ（磁気ネイル、白線等）に識別情報を付加

・路面以外の道路マーカ利用（反射器、道路標識など）

b)往復２車線同時対応

１条のＬＣＸで２車線両方向（上り方向、下り方向）の車線をカバーするためには、現状の方式に何等かの手段を追加する必要がある。本方式は、既に上信越自動車道路でのＡＨＳ実験で実施され有効性を検証されている。

ア)方式概要

長期下りのエアフォーマット上には両方向用の情報をセット、送信し、車両側で自車両の方向を認識し、その方向に合った情報を選択利用する方法が良いと思われる。その場合の自車両方向認識方法のいくつかを図表(4-2-4)1-11に示す。

図表(4-2-4)1-11　自車両方向認識の各種方式

方　式	概　要	課　題
方式1:LCX番号順	・受信するLCX番号の切替えが昇順か降順かで走行方向を認識する。 ・LCXから昇降順と方向の対応ﾃﾞｰﾀを送信するので車両で判断する	・LCX両端で方向認識出来ない。 ・区間内でUﾀｰﾝの時最大500m走行しないと認識できない。 ・区間内で車載機電源ONの時最大500m走行しないと認識できない。
方式1'	・上記方法に加え、LCX両端の対策として受信無し状態から端のLCX受信	・区間内でUﾀｰﾝの時最大500m走行しないと認識できない。 ・区間内で電源ONの時最大500m走行しないと認識できない。
方式1"	・上記方法に加え、車載端末に不揮発ﾒﾓﾘを搭載しLCX内での電源ON/OFFに対応する。 (ﾊﾟｿｺﾝであればﾊｰﾄﾞﾃﾞｨｽｸに記録)	・区間内でUﾀｰﾝの時最大500m走行しないと認識できない。
方式1'''	・上記方法に加え、車両のｽﾃｱﾘﾝｸﾞｾﾝｻの信号を利用し、Uﾀｰﾝに対応する。	
方式2：磁気ネイル	・基準ﾏｰｸ(現状500m)に方向ﾏｰｸを追加する。 例　～NSNSNSNSN～は、上り ～NSSNSSNSSN～は、下りなど	・最大500m走行しないと認識できない。(500m間隔の場合) ・ｾﾝｽし損なうとその区間認識できず。
方式3：車載ｾﾝｻ(GPS)	・車載の地磁気ｾﾝｻ、GPS、ｽﾃｱﾘﾝｸﾞｾﾝｻなどで大凡の方位を知り、LCXからの方向／方位対応ﾃﾞｰﾀを受信し車両側で方向を確認する。	・GPS受信機等が新たに必要となる
方式4：ボタン操作	・走行車線入力と同様、ボタン操作で設定する。	・設定忘れあり。

ｲ)比較結果

各方式の比較結果をまとめると以下のとおりである。

図表(4-2-4)1-12　認識方式の比較

方式	実施し易さ		有効性	推奨
	路側	車側		
方式１	○	○	×制約多い	
方式１'	○	○	×制約多い	
方式１"	○	○	△ﾘﾀｰﾝ不可	ただし途中Ｕターン認めず
方式１'''	○	△ｽﾃｱﾘﾝｸﾞｾﾝｻ	○	△
方式２	×工事	○	×制約多い	
方式３	○	×GPSなど	○	△
方式４	○	○	△設定忘れ	△

※その他、上記方式の複数組合せも考えられる。（例：方式１"＋方式４）
※因みに上信越実験では、方式１'＋方式４が採用された。

②構成機器に関する課題

構成機器に関する課題としては、次のものがある。

a)信頼性

バックアップ機能としては、機器の二重化の他に他機器が代替する対処も検討する必要がある。例えば、ある下位装置が故障時に中位装置が代替するなど。

フィードバックチェックは、主に無線通信部分で重要である。路側から電波が送信され確かに車両に届いているかをチェックするため、路側に模擬の車両受信機を設置し常時無線通信のフィードバック通信をするなどの方策が必要である。

診断機能に関しては、ＡＨＳの障害が人命の安全に関係する事を考慮し、故障の前に予兆を検知する等の対策が望まれる。

b)小型化

路側設置機器は、小型化が必要である。特に 橋梁、トンネルなどでは設置場所が制約される関係で対処が必要である。施設に集中設置する案もあるがケーブル内伝搬での電力減衰等を考えると路側に何等かの機器が設置されることは避けられない。

c)低コスト化

設置台数の多い下位装置は特に、低コスト化が必要である。対策案として、上り下り方向両方向カバーや、無線区間の延長による台数の削減などが考えられるが、ケーブルを反対車線まで横断させたり、電波出力の増大を招いたり、逆に新たな問題を生じ簡単ではない。

（4）運用上の課題

①導入時の混在走行におけるフィージビリティスタディ

システムを導入した場合、現実的には、車載機を搭載した車両と非搭載車の一般車両が混在して走行する状況が生じる。その場合の効果を幾つかの機能について検討した。

a)検討方法

混在時の技術的な実現性は、車載機搭載車両が混在していないときと同様にサービスを受けられるか否かを検討した。

混在時の安全性は、車載機搭載車（自車両）の安全性が、非搭載車と比較して向上するか否かを検討した。例えば次の様な問題点が想定される。

・ＬＣＸから車載機を通して非常時通報や前方危険警告を受信した車両が危険回避行動（急ブレーキ等）をとった場合、後続の非搭載車は前方車両の急停止に対応できずに追突する危険性が高くなり、非常時通報や前方危険警告を通知することにより、かえって追突事故等を誘発する危険性がある。

・車載機非搭載である前方車両が事故を起こした場合、後続車両が車載機搭載車でも前方車両に追突する危険性がある。

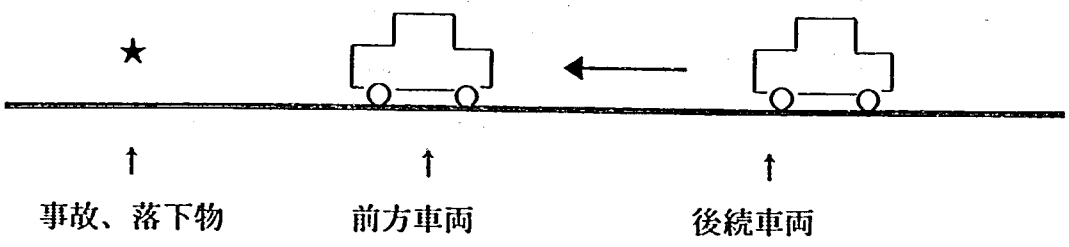
b)車両位置と追突事故の危険性

情報提供時の車載機搭載車／非搭載車の位置関係と事故回避／追突事故等の危険性を以下にまとめた。

ア)前方危険警告の場合

前方道路上に事故車両や落下物があるような場面にインフラ側から車両に情報を通知する場合

図表(4-2-4)1-13　前方道路危険警告時における追突危険性の検討



図表(4-2-4)1-14　前方危険警告時の組み合わせ

車載機の有無 / 情報提供の有無	前方車両		後続車両		位置ﾊﾟﾀｰﾝ
	搭載車	非搭載車	搭載車	非搭載車	
前方危険警告を通知する	○		○		1.
	●			△	2.
		×	○		3.
		×		△	4.
前方危険警告を通知しない	×		△		5.
	×			△	5.
		×	△		5.
		×		△	5.

○：危険回避可能
●：前方車両は危険回避可能だが、後続車両に追突される危険性有
△：前方車両に追突する危険性有
×：危険事象の発見が遅ければ危険回避不可能

1. 前方車両：車載機搭載車、後続車両：車載機搭載車 、情報提供：有の場合

・前方車両・・①非常時通報／前方危険警告の通知により危険事象をいち早く確認できるので危険回避の可能性が高い。

・後続車両・・①非常時通報／前方危険警告の通知により危険事象をいち早く確認できるので危険回避の可能性が高い。

②前方車両と同じタイミングで危険事象を確認できるので前方車両への追突回避が可能となる。

2. 前方車両：車載機搭載車、後続車両：車載機非搭載車、情報提供：有の場合

・前方車両・・①非常時通報／前方危険警告の通知により危険事象をいち早く確

認できるので危険回避の可能性が高い。
②後続車両に追突される危険性がある。

・後続車両・・①前方車両の緊急停止により追突の危険性がある。ただし、適正な車間距離を取っていれば追突の危険性が低い。（前方車両リアランプの点灯等で前方車両の緊急停止を判断できる）

3. 前方車両：車載機非搭載車、後続車両：車載機搭載車、情報提供：有の場合

・前方車両・・①前方の危険事象の発見が遅ければ危険回避は不可能となる。
②車両故障の場合、車車間通信ができないので後続車両に追突される危険性がある。

・後続車両・・①非常時通報／前方危険警告の通知により危険事象をいち早く確認できるので危険回避の可能性が高く、また前方車両への追突回避も可能となる。

4. 前方車両：車載機非搭載車、後続車両：車載機非搭載車、情報提供：有の場合

・前方車両・・①前方の危険事象の発見が遅ければ危険回避は不可能

・後続車両・・①前方車両の事故の発見が遅ければ追突の危険性がある。ただし、適正な車間距離を取っていれば追突の危険性は低く危険回避の可能性が高い。

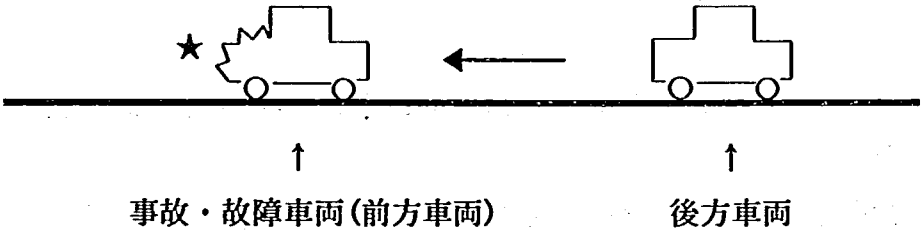
5. 情報提供：無しの場合

位置パターン：4. の場合と同様。

イ)非常時通報の場合

前方車両が事故･故障して、その情報を車両からインフラ側に情報を通知する場合

図表(4-2-4)1-15　非常時通報時における追突危険性の検討



図表(4-2-4)1-16　非常時通報時の組み合わせ

車載機の有無 / 情報提供の有無	前方車両		後続車両		位置ﾊﾟﾀｰﾝ
	搭載車	非搭載車	搭載車	非搭載車	
非常時通報を通知する	×		○		1.
	×			▲	2.
		×	△		3.
		×		▲	4.
非常時通報を通知しない	×		▲		5.
	×			▲	5.
		×	▲		5.
		×		▲	5.

○：前方の事故・故障車両への追突を回避可能
△：インフラ側の検出・通知により前方の事故・故障車両へ追突する危険性は低い
▲：前方の事故・故障車両に追突する危険性あり
×：前方車両は事故を起こしている前提であり、すべて×

1. 事故・故障車両：車載機搭載、後続車両：車載機搭載車、情報提供：有の場合
・後続車両・・①事故・故障車両の非常時通報の通知により、前方の事故・故障車両とほぼ同じタイミングで危険事象を認識できるので前方の事故・故障車両への追突を回避可能。

2. 事故・故障車両：車載機搭載車、後続車両：車載機搭載車、情報提供：有の場合
・前方車両・・①通信ができないので後続車両に追突される危険性がある。
・後続車両・・①前方の事故・故障車両の急停止により、前方車両へ追突する可能性がある。

3. 事故・故障車両：車載機非搭載車、後続車両：車載機搭載車、情報提供：有の場合
・前方車両・・①通信ができないので後続車両に追突される危険性がある。
・後続車両・・①事故・故障車両をインフラ側で検出し路車間通信で通知されるので、前方の事故・故障車両に追突する危険性が低い。

4. 事故・故障車両：車載機非搭載車、後続車両：車載機非搭載車、情報提供：有の場合

・前方車両・・①通信ができないので後続車両に追突される危険性がある。

・後続車両・・①通信ができないので前方の事故・故障車両に追突する危険性がある。

5. 情報提供：無しの場合

位置パターン：4. の場合と同様。

c)その他の機能

簡単な制御機能も含めて効果をまとめると以下のようになる。

図表(4-2-4)1-17　混雑時の効果まとめ

	情報提供警告			簡単な制御		
	前方道路危険警告	非常時通報	周辺車両位置表示・警告	追突防止	適正速度制限	自動車間保持(ｵｰﾄｸﾙｰｽﾞ)
混在時の技術的な実現性	○	○	○ｲﾝﾌﾗｾﾝｻの検出有 ×ｲﾝﾌﾗｾﾝｻの検出無	○	○	△
混在時の安全性	○	○	○ｲﾝﾌﾗｾﾝｻの検出有 ×ｲﾝﾌﾗｾﾝｻの検出無	△搭載車の自動ブレーキの影響	○	○
非搭載車の搭載車（自車）への影響	無	非搭載車の故障、事故等の情報警告不可	非搭載車の車線変更等の情報警告不可	前方の搭載車に追突する可能性有	無	非搭載車の影響受けやすい
搭載車の非搭載車への影響	無	無	無	後続する非搭載車が追突する危険性有	無	無
有効性の評価	○	○	△	△	○	△

○：効果有　　△：条件により効果有

×：効果期待できず　　無：影響無し　(変化なし)

d)結論

以上のことより、次のことが考えられる。

ｱ)前方車両への追突事故を起こす危険性

非常時通報／前方危険警告を通知する場合も通知しない場合も追突事故の危険性は同様か、発見の遅れ時間短縮による僅かな減少があると考えられる。したがって、「非常時通報・前方危険警告を通知することによりかえって追突事故を誘発する危険性がある」とは考えられない。

ｲ)非常時通報／前方危険警告の通知の有効性

最近、前方監視用のレーザレーダを搭載した車両も市販されるようになったが、レーザレーダはカーブや霧では使用できない。したがって、カーブや霧等の車両側で対処不可能な場面では、路側で前方の事故や落下物を検出して車側に通知することで事故を防止・軽減させることができる、と考えられる。

更に、後続の車載機非搭載車は前方車両のリアランプの点灯等から判断して緊急停止するので、非常時通報／前方危険警告は結果として車載機非搭載車にも搭載車と同様に危険をいち早く認識させて、事故の回避または被害を軽減させる効果があると考えられる。

最終的には、車の位置関係、車間距離、気象条件、路面形状等とあらゆる場面を想定して実験やシミュレーション等で検証する必要がある。それにより、非常時通報／前方危険警告の通知の有効な場面や通知すべきでない場面等を明らかにしていく必要があると考えられる。

②他システムとの相互運用、接続性

本サブグループにて検討した車間側方コントロールシステムと他システムとの運用、接続に関しては、今後、次の項目に関し検討をし、明確化していく必要がある。

a)他システムの種類、範囲

ｱ)高速道路における他システムの種類

他システムとしては、ＶＩＣＳ(Vehicle Information & Communication System)、交通管制システム、施設管制システム、トンネル防災,料金収受システム、気象観測システム、地震観測システム、情報ターミナルシステム、ＥＴＣ(Electronic Toll Collection)システムなどがある。

ｲ)システムの範囲

システムの範囲は、既存のシステム及び、既システムの管理範囲である。

b)他システムとの運用、接続の目的

他システムの接続、相互運用する目的は、他システムからの情報収集（たとえば、地震情報や交通情報）、当システムの情報提供（突発事象発生位置や非常時通報による事故車の位置など）、自または他システムの機能強化、更新への拡張性などであると思われが、その精緻化が必要である。

また、システム運用における運用規則をマニュアル化する必要がある。

c)他システムとの役割分担

ＶＩＣＳや交通管制システムなどとの交通情報提供における役割分担の明確化が必要である。

d)他システムとの接続インターフェイス

他システムとの論理インターフェイス（情報交換種類、内容、フォーマット、表現形式）及び、他システムとの物理インターフェイス（通信方式、ネットワーク、通信プロトコル）の検討が必要である。

2）システムの拡張性

（1）システムの拡張にともなう検討項目

今後の拡張機能として、情報提供警告（周辺車両位置表示・警告）、簡単な制御（追突防止、適正速度制限、自動車間保持）、自動運転（追従走行、群走行、自動合・

分流、完全自動運転）が考えられている。

最終的な、自動運転システムへの拡張について検討する。

自動運転システムへの拡張にともなう検討項目を以下に示す。

- 通信フォーマット
- 情報量
- 通信速度
- 無線周波数
- センサ種別／数（インフラセンサ、車載センサ、道路側設備）
- 個別車両制御
- 路車間通信と車車間通信の機能分担
- 機器信頼性

センサ種別、路車間通信と車車間通信の機能分担など、今後の検討課題であるが、自動運転システムへの拡張時の情報項目と伝送量の概算を事項に示す。

（2）自動運転システムの情報項目と伝送量

自動運転システムへの拡張時の情報項目と伝送量の規模を図表(4-2-4)2-18に示す。

図表(4-2-4)2-18　自動運転システム情報項目と伝送量

情報項目	伝送量の規模
正確な時刻の通知（車間での時刻合わせのため）	小
周辺車両との相対位置、相対速度、車間距離	大
レーンの曲率と種類	小
道路上での位置（進行方向、横方向）	大
自車速度（進行方向、横方向）	大
落下物、障害物、渋滞末尾の有無と位置	（遠）小、（近）大
巡航速度、制限速度	小
周辺車両運転位置（レーン変更、割込、原則等）	大
わだち発生防止、回避用情報	小
規制、渋滞、旅行時間情報	小
気象情報（凍結、霧など）	小
道路情報（分合流、車線減少、勾配など）	小

（3）情報量と通信速度

①エアフォーマット

・短期サイクル―自動運転システム機器制御用

・長期サイクル―ドライバ用

短期サイクルと長期サイクルの通信サイクルの比較から、情報量は主に短期サイクルを考慮することにより算出される。

1車両当たりの短期サイクルの情報量を30B、路車間の通信サイクル時間を10msとして、

210台×30B×8bit／B×100回／秒＝5Mbps

伝送効率50%として（車両登録処理など）、

5×（1／0.5）＝10Mbps（ただし、渋滞時の210台で計算したが渋滞時には車速は遅く、10ms毎の通信は必要ないと考えれば、例えば半分の5Mbpsとなる可能性あり）

②通信容量

路側通信では、エアフォーマット上の情報項目の内一部が、隣接ＬＣＸに通信されることを考慮して、通信容量を算出する。

隣接へ、３車線×10台×２（両隣接）＝60台分の情報を流すとして、

60台×80B×100回/秒×８bit/B×２(往復)＝7.68Mbps

下位装置数20台×7.68＝154Mbps（下位～中位装置の下位）

また、

中位装置(下位)～中位装置(上位)は、緊急情報　150Kbps

中位装置(上位)～上位装置は、　緊急情報　３Mbps

以上より、各装置間の通信容量を以下に示す。

上位～中位装置（上位）	３Mbps
中位装置（上位）～中位装置（下位）	150Kbps
中位装置（下位）～下位装置	154Mbps
下位装置～車両	12Mbps

●研究担当者一覧

インフラ班連絡先（1/2）

テーマ 報告書対応番号			会社名	部署名	担当者	連絡先 TEL	連絡先 FAX
4．1．1 1）	渋滞		オムロン㈱	社会システム統括事業部 道路管理システム事業部 システム技術課	佐藤 政英	03-3436-7167	03-3436-7192
			名古屋電機工業㈱	技術本部 システム開発部 システム開発課	長屋 保視	052-443-3981	052-443-1770
				技術本部 システム開発部 画像処理開発課	谷密 徹也	〃	〃
			日本電気㈱	無線事業本部 放送映像事業部 映像システム部	石川 昭夫	0423-33-1135	0423-33-1759
			㈱日立製作所 （とりまとめ）	ＩＴＳ推進本部 システム開発ｸﾞﾙｰﾌﾟ	原田 昭雄	03-5295-5976	03-3258-8793
				大みか工場 社会システム開発センタ	佐藤 良幸	0294-52-7266	0294-53-9601
			富士通㈱	複合情報通信ﾋﾞｼﾞﾈｽ本部 第二ネットワークシステム統括部 社会システム部	蓉山 浩	044-814-9012	044-814-9013
			松下通信工業㈱	情報システム事業部 開発技術部	生井 遼朗	045-544-3442	045-544-3444
			三菱電機㈱	鎌倉製作所 電子応用システム部 交通システム課	山本 貴幸	0467-41-6353	0467-41-6938
2）	落下物		オムロン㈱	社会システム統括事業部 道路管理システム事業部 システム技術課	佐藤 政英	03-3436-7167	03-3436-7192
			富士通㈱ （とりまとめ）	複合情報通信ﾋﾞｼﾞﾈｽ本部 第二ネットワークシステム統括部 社会システム部	蓉山 浩	044-814-9012	044-814-9013
			松下通信工業㈱	情報システム事業部 開発技術部	生井 遼朗	045-544-3442	045-544-3444
					吉田 敬明	〃	〃
			三菱電機㈱	鎌倉製作所 電子応用システム部 交通システム課	山本 貴幸	0467-41-6353	0467-41-6938
3）	停止車両		沖電気工業㈱	社会基盤システム事業部	吉川 元淳	03-3454-2111	03-3798-7645
				研究開発本部 関西総合研究所	天本 直弘	06-949-5103	06-949-5108
			小糸工業㈱	開発本部 研究開発第１ｸﾞﾙｰﾌﾟ	若林 義道	045-826-6720	045-826-6722
					戸村雄一郎	〃	〃
			住友電気工業㈱ （とりまとめ）	システム事業部 第一技術部 機器開発課	徳留 秀樹	06-466-6542	06-466-5727
				システム事業部 第二技術部 東京システム技術課	井藤 義行	03-5273-7570	03-5273-7574
			㈱東芝	通信システム技術部 情報通信システム技術第一担当	大渕 廣行	03-3457-3141	03-5444-9328
					柴田 恭央	〃	〃
4．1．2 1）	個別実験	路面湿潤1/2	名古屋電機工業㈱	技術本部 システム開発部 システム開発課	長屋 保視	052-443-3981	052-443-1770
				技術本部 システム開発部 画像処理開発課	相原 靖師	〃	〃
2）	個別実験	路面湿潤2/2	小糸工業㈱	開発本部研究開発第１ｸﾞﾙｰﾌﾟ	若林 義道	045-826-6720	045-826-6722
					戸村雄一郎	〃	〃

インフラ班連絡先（2/2）

テーマ 報告書対応番号			会社名	部　署　名	担当者	連絡先 TEL	連絡先 FAX
3）	個別実験	ﾄﾝﾈﾙ煤煙3/1	日本無線㈱	ｼｽﾃﾑ機器事業部 情報ｼｽﾃﾑ技術部 道路情報課	面上　秀之	0422-45-9348	0422-45-9366
4）		ﾄﾝﾈﾙ煤煙3/2	日立電線㈱	ｵﾌﾟﾄﾛｼｽﾃﾑ研究所 第３部	宮田　庶弘	0294-25-3835	0294-43-8355
5）		ﾄﾝﾈﾙ煤煙3/3	住友電気工業㈱	ｼｽﾃﾑ事業部 第二技術部 東京ｼｽﾃﾑ技術課	井藤　義行 根岸　孝男	03-5273-7570 〃	03-5273-7574 〃
6）		飛砂	小糸工業㈱	開発本部 研究開発第１ｸﾞﾙｰﾌﾟ	若林　義道 高岡　直実	045-826-6720 〃	045-826-3722 〃
7）		ＤＧＰＳ	日本無線㈱	ｼｽﾃﾑ機器事業部 情報ｼｽﾃﾑ技術部 道路情報課	福田　知弘	0422-45-9348	0422-45-9366
4．1．3		音センサ	星和電機㈱	第１事業部 技術部 営業技術部 技術第１課 営業技術部 技術第３課	中島賛太郎 中西　智之 村山　光弘	0774-55-8181 〃 〃	0774-58-2034 〃 〃

※「３．２．２　インフラ情報収集装置に関する実験」はオムロン㈱（とりまとめ）、㈱東芝、住友電気工業㈱、富士通㈱、三菱電機㈱にて担当

通信制御班連絡先　(1/2)

テーマ 報告書対応番号		会社名	部署名	担当者	連絡先 TEL	連絡先 FAX
3．2．1 4．2	情報収集装置実験 通信ネットワークシステムデザイン	沖電気工業(株)	社会基盤システム事業部 ITS事業推進本部	山田　豊 野本　和則 佐藤　慎治 有住　正人	03-3454-2111 (内 3439) (内 3615) (内 3951)	03-3798-7645 〃 〃 03-3798-7040
－		オムロン(株)	社会システム統括事業部 開発センター第２開発課	藤本　卓也	075-957-9838	075-953-7604
－		昭和電線電纜(株)	光・通信技術部　通信技術第二課 ネットワークシステム開発室	清水　修 成田　敏浩 松元　信太郎 大橋　省吾	0224-52-6120 〃 〃 0427-74-8230	0224-52-2041 〃 〃 0427-74-8262
4．2	通信ネットワークシステムデザイン	住友電気工業(株)	通信事業部　技術部　技術課	坂部　至 角田　樹哉	045-853-7220 〃	045-851-9855 〃
－		(株)デンソー	ＩＴＳプロジェクト部	井上　五郎	0566-25-9908	0566-25-4588
3．2．1 4．2	情報収集装置実験 通信ネットワークシステムデザイン	(株)東芝	官公情報システム技術第一部 通信システム技術部　情報通信システム技術第一担当	島田　重人 柴田　康弘 鈴木　勝宜 高橋　英雄 大渕　廣行 柴田　恭央	03-3457-2601 〃 〃 03-3457-3141 〃 〃	03-5444-9289 〃 〃 03-5444-9328 〃 〃
3．2．1 4．2	情報収集装置実験 通信ネットワークシステムデザイン	日本電気(株)	第１官庁システム事業部　第三システム部	原　康人	03-3456-8483	03-3456-6388
4．2	通信ネットワークシステムデザイン	日本無線(株)	システム機器事業部 技術第三部 複合通信課	古瀬　雅之	0422-45-9396	0422-45-9396
3．2．1	情報収集装置実験	(株)日立製作所	自動車機器事業部 第２制御システム設計部	堀井　史朗	029-276-9032	029-275-6015
－		日立電線(株)	電線事業部 主任技師	土方　久雄	03-5252-3358	03-5252-5998

通信制御班連絡先　(2/2)

テーマ 報告書対応番号		会社名	部　署　名	担当者	連絡先 TEL	連絡先 FAX
－		(株)フジクラ	情報伝送事業部　情報技術部 技術課	小川　幸三	03-5606-1205	03-5606-1535
－		富士通 (株)	第２ネットワークシステム統括部　Gプロジェクト推進室	安徳　文則	044-754-3295	044-754-3606
－		古河電気工業(株)	光伝送事業部　技術部	庄子　民雄	03-3286-3491	03-3286-3190
４．２	通信ネットワークシステムデザイン	松下通信工業(株)	情報システム事業部　開発技術部　第２設計室	錦木　耕司	045-544-3432	045-544-3444
４．２	通信ネットワークシステムデザイン	三菱電機(株)	公共システム技術部　第１グループ 電力・産業システム事業所 広域監視制御部 ITSプロジェクトグループ	今井　直治 新川　清	03-3218-2522 078-682-6046	03-3218-2569 078-682-6662
－		三菱電線工業(株)	情報通信事業部 通信技術部 高周波技術部 情報通信事業部 通信技術部 技術課	二見　明登 馬見新悦郎 渡辺　園生 山本　巧	0776-85-1286 〃 03-3216-1580 〃	0776-85-1287 〃 03-3216-1402 〃

車両班連絡先

テーマ		会社名	部署名	担当者	連絡先	
安全走行システム実験車	自動運転実験車				TEL	FAX
○	○	住友電気工業(株)	ＩＴＳ研究所	滑水　修	06-466-5793	06-465-0596
		(株)デンソー	開発１部	永縄　浩	0566-25-6952	0566-25-4552
○	○	トヨタ自動車(株)	東富士研究所　第１ＦＰ部	橘　彰英	0559-97-7559	0559-97-7884
○	○	日産自動車(株)	総合研究所　車両研究所 総合研究所　電子情報研究所	井上　秀明 佐藤　宏	0468-67-5155 0468-67-5182	0468-65-5699 0468-65-4183
		日立製作所(株)	自動車機器事業部	高野　和朗	029-276-6710	029-275-6015
○		古河電気工業(株)	研究開発本部　自動車技術開発センター	橋本　恭介	045-311-1217	045-311-6511
○	○	(株)本田技術研究所	栃木研究所　第８研究ブロック　ＩＶ研究	山下　誠一 古川　修	028-677-6597 028-677-7264	028-677-7820 〃
○		マツダ(株)	技術研究所	香川八州男	045-461-1269	045-461-1221
○	○	三菱自動車工業(株)	乗用車開発本部　電子技術部	太田　貴志	0564-32-5215	0564-33-1218
○	○	三菱電機(株)	自動車機器開発センター　ＩＴＳ開発部	鈴木　尋啓	0792-98-9882	0792-96-1992

ＡＨＳ「自動走行システムおよび安全走行システム」公開実験
広報一覧（新聞報道・雑誌掲載）

ＡＨＳ新聞報道紙一覧

掲載日	新聞名	発行部数
平成８年 ９月２０日（金）	１．毎日新聞（全31面、長野24面） ２．日本経済新聞（夕刊18面） ３．産経新聞（10面） ４．日経産業新聞（5面） ５．読売新聞（長野2・地域ニュース27面） ６．信濃毎日新聞（第３社会・37面） ７．産経新聞（長野28面） ８．毎日新聞（長野24面） ９．長野日報（21面） 10．日刊自動車新聞（2面）	３，９９０，０００部 ２，８６９，０００部 １，９２２，０００部 ２４０，０００部 ８９，０００部 ４４７，０００部 ６，８５０部 ２５，０００部 ８１，０００部 １５３，０００部
９月２１日（土）	11．電波新聞（1面）	２５８，０００部
９月２４日（火）	12．建設産業新聞（8面） 13．日刊建設工業新聞（2面） 14．建設通信新聞（4面）	２９６，０００部 ３３８，０００部 ３１９，０００部
９月２５日（水）	15．日刊自動車新聞（2面）	１５３，０００部
９月２８日（土）	16．朝日新聞（29～31面）	８，２５２，０００部
９月３０日（月）	17．毎日新聞（11面）	３，９９０，０００部
１０月　２日（水）	18．日刊建設工業新聞（2面） 19．建設産業新聞（1面） 20．建設通信新聞（1面）	３３８，０００部 ２９６，０００部 ３１９，０００部
１０月　７日（月）	21．日本経済新聞（27面）	２，８６９，０００部
１０月１５日（火）	22．日刊自動車新聞（5面）	１５３，０００部
１０月２８日（月）	23．産経新聞（10．11面）	１，９２２，０００部
１０月２９日（火）	24．読売新聞（26．27面）	６，０３３，０００部
１１月　８日（金）	25．シティリビング（5面）	１５４，０００部
１１月１０日（日）	26．日本経済新聞（12面）	２，８６９，０００部
１１月３０日（土）	27．読売新聞（27～29面）	６，０３３，０００部

AHS雑誌掲載誌一覧

雑誌名	発売日	スペース
	平成８年	
1．週刊プレイボーイ	１０月　２日（水）	１Ｃ５Ｐ
2．カー＆ドライバー	１０月　５日（土）	１Ｃ２Ｐ
3．ドライバー	１０月　５日（土）	１Ｃ２Ｐ
4．ＤＩＭＥ	１０月２４日（木）	１Ｃ１Ｐ
5．ＣＡＲ　ＳＥＮＳＯＲ	１０月２５日（金）	４Ｃ１Ｐ
6．カーマガジン	１０月２６日（土）	１Ｃ５Ｐ
7．ル・ボラン	１０月２６日（土）	１Ｃ２Ｐ
8．ＮＡＶＩ	１０月２６日（土）	４Ｃ１Ｐ
9．ＡＲＥＡ	１０月２８日（月）	１Ｃ３　2/3Ｐ
10．オート・ルート	１１月　１日（金）	１Ｃ　1/6Ｐ
11．月刊自家用車	１１月　１日（金）	４Ｃ　1/3Ｐ
12．プレイドライブ	１１月　１日（金）	１Ｃ　1/3Ｐ
13．日経ＴＲＥＮＤＹ	１１月　４日（月）	４Ｃ１Ｐ
14．Ｑｕａｒｋ	１１月　５日（火）	４Ｃ１Ｐ
15．オートメカニック	１１月　８日（金）	１Ｃ２Ｐ