

永久保存



共同研究報告書

第92号

中・長期に渡る次世代道路交通システムの 開発に関する共同研究報告書（その1）

平成 5 年 12 月

建設省土木研究所
財団法人 道路新産業開発機構

Copyright © (1993) 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、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはいない。

中・長期に渡る次世代道路交通システム の開発に関する共同研究報告書(その1)

建設省土木研究所

道路部長	神 崎 紘 郎
道路交通総括研究官	安 崎 裕
総合交通安全研究官	松 村 哲 男
道路研究室長	中 村 亮
道路研究室主任研究員	日 置 洋 平
道路研究室研究員	今 長 信 浩

財団法人道路新産業開発機構

常務理事	角 町 洋
技術参与	増 田 芳太郎
企画開発部調査役	吉 海 達

要旨：中・長期に渡る次世代道路交通システムの開発に関する共同研究報告書(その1)

本報告は建設省土木研究所と財団法人 道路新産業開発機構との共同研究で開発を行っている次世代道路交通システムについて平成元年度から平成4年度までの研究成果を取りまとめたものである。(研究期間のうち、平成3年度までは自主的研究で実施。)

次世代道路交通システムとは近年の技術的向上のめざましい電子、電気、自動車技術と道路を組み合わせることにより様々なシステムを構築しようとするものである。

システムは安全性の向上と輸送効率の向上を柱としており、代表的なシステムとしては車間側方コントロールシステムやガイドライトシステムが挙げられる。

キーワード：次世代道路交通システム、車間側方コントロールシステム、ガイドライトシステム、LCX

目 次

序 次世代道路交通システムの概要	1
1. 開発背景	1
2. 次世代道路交通システムの基本的な考え方	2
3. 次世代道路交通システム	3
第1章 社会の動きと道路交通ニーズ	5
1. 1 道路交通をめぐる社会環境の変化	6
1) 高齢者、身障者の活動機会の増加	6
2) 自動車交通の24時間化	8
3) 自動車の高性能化	10
4) 高度化する輸送活動と交通渋滞の発生	11
5) 快適性への欲求の高まり	12
6) 環境問題意識の高まりとエネルギー対策の活発化	14
1. 2 次世代道路交通システムの方向性	15
第2章 次世代道路交通システム素案と発展シナリオ	17
2. 1 システム素案	18
1) 自動料金徴収システム	21
2) 道路構造情報提供システム	22
3) 路面状況検知システム	22
4) 周辺移動体認知システム	23
5) 車間・側方コントロールシステム	26
6) 視線誘導システム	27
7) 交通流誘導制御システム	27
8) 環境改善システム	28
9) 気象影響除去システム（霧散システム）	29
2. 2 システムの発展シナリオ	31
1) システムの発展シナリオの考え方	31
2) シナリオ発展シナリオの想定	35
2. 3 検討対象システムの絞り込み	37

第3章 周辺移動体認知システム	39
3.1 路車間照明システムの概要	40
1) システムの目的	40
2) システムの導入イメージ	40
3) システムの構成要素と要素技術	42
4) 路車間照明システムの社会的有効性	47
3.2 ガイドライトシステムの概要	59
1) システムの目的	59
2) システムの導入イメージ	59
3) システムの構成要素と要素技術	70
4) システム導入の前提条件	77
3.3 ガイドライト実験	79
1) 実験対象システム	79
2) 実験概要及び実験結果	80
3.4 まとめ	127
第4章 車間側方コントロールシステム	129
4.1 車間・側方コントロールシステム	130
1) 車間側方コントロールシステムの目的と概要	130
2) システムイメージと発展シナリオ	130
3) 車間側方コントロールシステムの導入イメージ	132
4) 車間側方コントロールシステムの社会的有効性	141
4.2 車間側方コントロールシステムの基幹技術と構成要素	167
1) システム機能と基幹技術	167
2) システム機能イメージ	173
4.3 まとめ	184
第5章 漏洩同軸ケーブルを用いた情報通信技術の検討	186
5.1 通信形態の整理	187
5.2 通信方式の比較	188
1) 無線方式の比較	188
2) ケーブル方式の比較	191
3) 位置標定方式の比較	192

5.3 通信システム構築イメージ	195
1) 関連条件の整理	195
2) 情報通信システムの概要	197
5.4 漏洩同軸ケーブルを活用した通信に関する基礎実験	201
1) 実験目的	201
2) 実験装置	201
3) 実験内容	204
4) 実験結果	207
第6章 今後の検討課題	213
参考資料	215
1. 中長期に渡る次世代道路交通システム研究体制	215
2. 各機関における類似システムの検討状況	219

次世代道路交通システムの概要

序章 次世代道路交通システム研究会の概要

1. 開発背景

道路整備の着実な進展と自動車の普及により、自動車社会が定着した。これによって、人と自動車、道路が相互に深い関わりを持つ道路交通は、社会経済活動や人々の生活にとってたいへん重要な存在になっている。

しかし、現状に目をやると高速道路の延伸や一般道路の整備等、道路整備が進み、輸送能力は向上しているものの、交通量の増加の勢いが激しく、交通事故の多発、渋滞の慢性化、CO やNO_xの排出といった環境問題の顕在化など、解決すべき課題が多い。また、21世紀に向けた今後の社会経済環境は、高齢化の進展、女性の社会進出、生活水準の向上、自由時間の増大など多方面で変貌しつつある。そして、自動車に対しては、快適な走行や楽な運転、密閉された単なる移動手段としてだけでなく、生活空間としての自動車への発展といったユーザーニーズが高まっている。

このような多様化かつ高度化する道路交通に対する要請に応じていくため、自動車の運転補助や運転自動化によって安全性、輸送効率、環境への適合、快適性、利便性といった側面での向上を図り、次世代の道路交通にふさわしい機能をもった道路交通システムを開発していく必要性が高まっている。

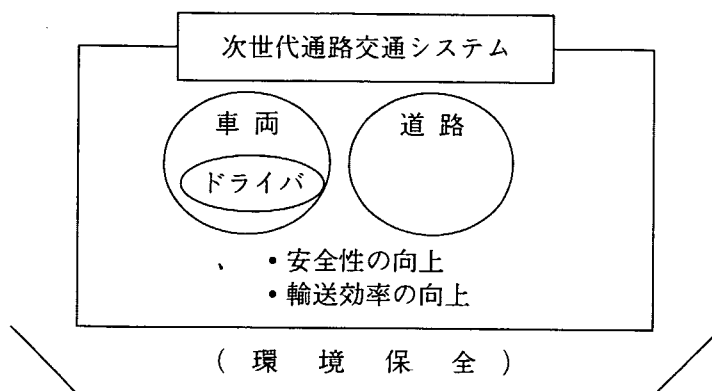
現在、道路と自動車との間のコミュニケーションを行う路車間情報システムが、技術的には既に実用化の段階に入っており、道路交通システムの機能向上が図られつつある。しかし、将来に向けたさらなる道路交通の発展のためには、道路交通をめぐる様々な情報の収集・提供や、情報通信のさらなる応用、自動車の制御等に関する技術の組み合わせにより、インフラストラクチャーである道路と車両が相互に連携した次世代指向の道路交通システムの研究を進めていく必要がある。

こうした背景のもとで、総括的な道路交通システムの開発を目指して、平成元年より次世代道路交通システムの開発を進めている。

まえがき

2. 次世代道路交通システム構築の基本的な考え方

道路交通において重要となる課題は、情報化、安全性向上、輸送効率の向上が挙げられている。このうち、情報化については各種情報提供施設や路車間情報システムの開発において着々と計られつつあるといえる。しかしながら、安全性の向上と輸送効率の向上については今後のシステム開発が必要となる。そこで、次世代道路交通システムではそれら2点を基本的な柱とし、且つ環境の保全にも配慮しつつシステムの開発を行うこととした。なお、システムは道路と車両が連携したシステムであること、車両の形態としては車輪付きであることを前提としている。



図序－1 次世代道路交通システム研究会のコンセプト

3．次世代道路交通システムの検討経緯

次世代道路交通システムは平成元年度よりシステムイメージの作成，システム仕様の決定，要素技術の開発，社会的有効性の検討等について研究活動を行っている。なお，土木研究所と道路新産業開発機構が共同研究体制となったのは平成4年度からでありそれ以前は双方とも自主研究として研究を実施している。以下，平成元年度から平成4年度までの検討内容の概要を示す。

1) 平成元年度

平成元年度は，道路交通に対するニーズを整理し，これをもとに，自動料金徴収システム，道路構造情報提供システム，路面状況検知システム，周辺移動認知システム，車間・側方コントロールシステム，視線誘導システム，交通流誘導制御システムに関する概略のイメージを検討した。また，これらシステム素案の発展シナリオを検討した。

2) 平成2年度

平成2年度は，詳細な検討対象とするシステムの絞り込みを行い，周辺移動認知システムのうちの路車間照明システム，車間・側方コントロールシステムについて，システムイメージを検討した。また，連続通信システムについて漏洩同軸ケーブル（以下，LCXと称する）の利用に着目し，その利用形態について検討した。

3) 平成3年度

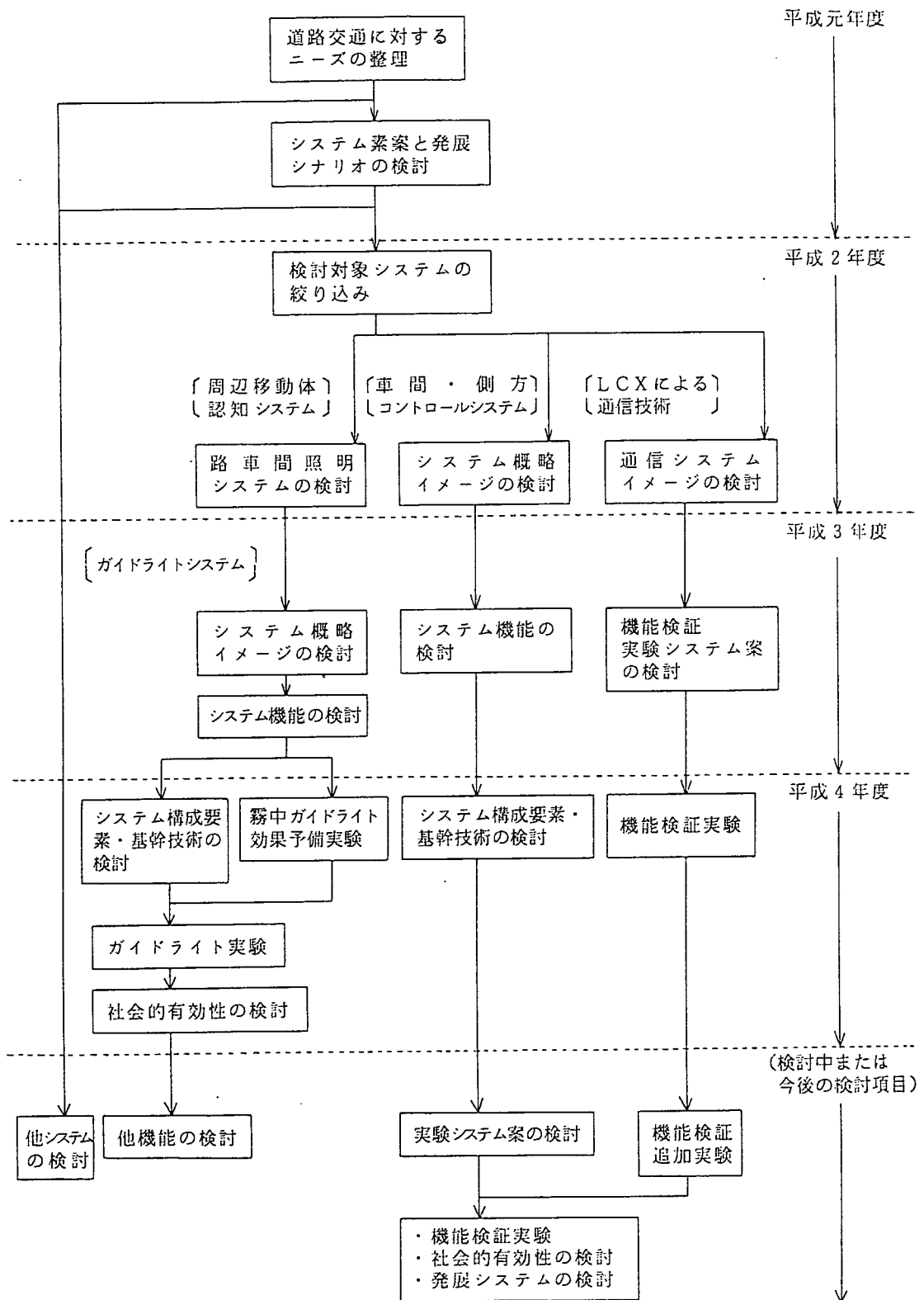
平成3年度は，検討対象とした周辺移動体認知システムのうちのガイドライトシステムの機能，車間・側方コントロールシステムのシステム機能について検討した。また，LCXを用いた通信システムの機能検証実験システム案を検討した。

ガイドライトシステムの機能については，対向車警戒・道路線形表示，交差点部道路警戒，進路表示，霧中走行支援の4つの機能に絞り込んだ。

車間・側方コントロールシステムの機能については，当面考えられる機能として周辺車両位置表示・警告，前方道路危険警告，非常時通報，合流表示，適正速度制御，追突防止，自動車間保持に絞り込み，特に検討対象機能として周辺車両位置表示・警告，前方道路危険警告，非常時通報・追突防止をとり上げた。

4) 平成4年度

平成4年度は，ガイドライトシステム，車間・側方コントロールシステムの構成要素，基幹技術について検討するとともに，ガイドライトシステムについては，霧中ガイドライトシステムの効果確認のための予備実験，フィールドにおいて効果確認のためのガイドライト実験，社会的有効性の検討を行った。また，連続通信媒体であるLCXについて，機能検証実験を行った。



図序-2 検討経緯

第1章 社会の動きと道路交通ニーズ

第 1 章 社会の動きと道路交通ニーズ

昨今、社会の動きに応じて様々な道路交通ニーズが顕在化してきている。次世代道路交通システムを検討するにあたっては、道路交通に対するこれら社会ニーズを把握し、ニーズを反映した機能を備える必要がある。

本章では、道路交通状況に変化をもたらす社会の動きを把握することにより、道路交通に対するニーズと、これに対応して求められる次世代道路交通システムの方向性を検討した。

1. 1 道路交通をめぐる社会環境の変化

1) 高齢者、身障者の活動機会の増加

(1) 社会環境の変化

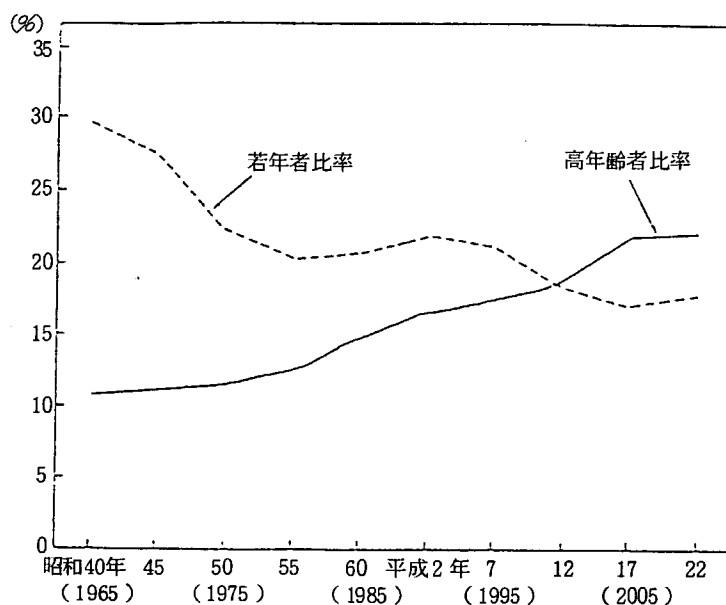
高齢者の比率は、着実に増加しており、いわゆる高齢化社会の到来を目前にしている（図1-1-1）。
高齢化社会の到来によって高齢者の活動機会、活動範囲の拡大がもたらされる。

一方、身障者については、従来から社会福祉の充実が図られてきており、今後もその重要性は変わらないが、これまでのように社会福祉の享受にとどまらず社会の一員として活動機会や活動範囲を拡大させていくものと思われる。

以上の動きに関連して、運転免許保有状況については、高齢者の運転免許保有者数の伸びが特に著しいほか、身障者の運転免許保有者数も着実に増加している（図1-1-2,図1-1-3）。

(2) 次世代道路交通システムの考え方

高齢者および身障者の活動機会の増加によって、それぞれが自動車を運転する機会が増加していくものと考えられる。これら高齢者、身障者のニーズに対応するための道路交通システムとして、高齢者の視力低下や運動能力低下、身障者の運動能力を補うシステム、イージードライブを可能にするシステムが望まれる。



資料出所 昭和40年から60年までは、総務庁統計局「国勢調査」、平成2年以後は、厚生省人口問題研究所「日本の将来推計人口」(昭和61年12月推計)の中間推計による。

(注) 1) 若年者比率とは、15～24歳人口/15～64歳人口の比率を示す。
2) 高年齢者比率とは、55～64歳人口/15～64歳人口の比率を示す。

出典：労働白書（平成元年版）

図1-1-1 人口に占める若年者および高齢者の比率の推移

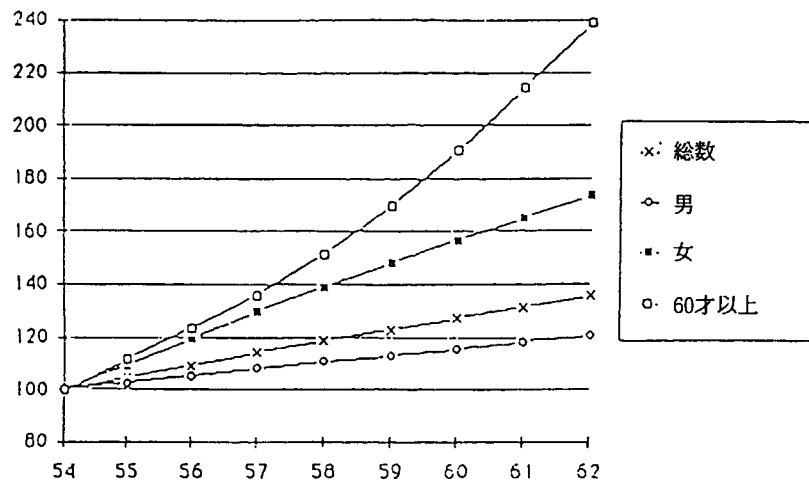


図 1 - 1 - 2 免許保有者数の伸び

出典：「労働白書」
* 昭和54年時点を100とする。

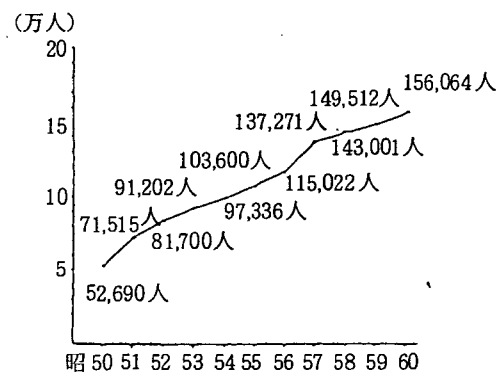


図 1 - 1 - 3 身障者の運転免許証保有状況の推移

2) 自動車交通の24時間化

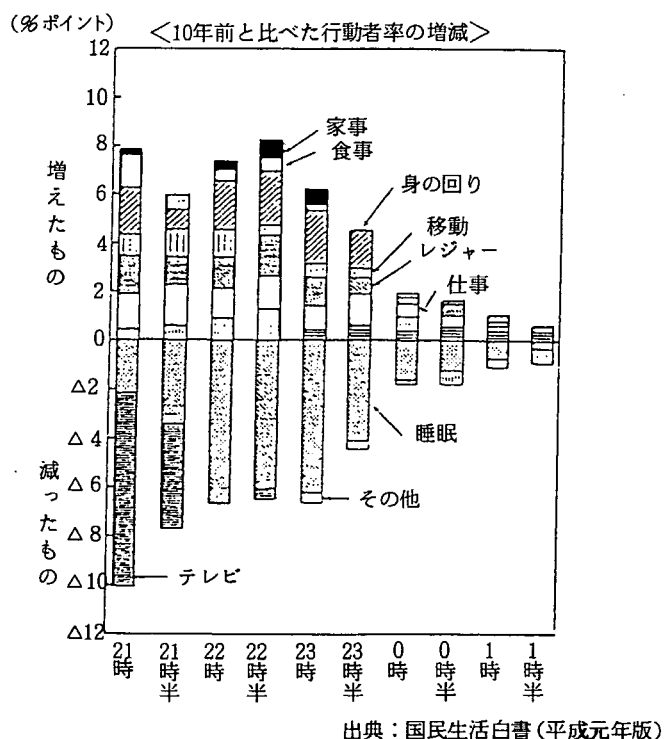
(1) 社会環境の変化

産業構造の高度化や国際化の進展にともなって、都市活動の24時間化の傾向が目立ってきている。これによって、21時台から23時台を中心にテレビ鑑賞や睡眠の時間が減少し、身のまわりに関することやレジャー、移動に当てられる時間が増大するなど日常の活動が夜間にシフトした夜型人間が増大している（図1-1-4，図1-1-5）。

夜間交通については、都市活動の24時間化による夜間の生活交通の増大や物流面における輸送活動の効率化による夜間輸送の増大により、走行台や交通量が増大している（図1-1-6，図1-1-7）。

(2) 次世代道路交通システムの考え方

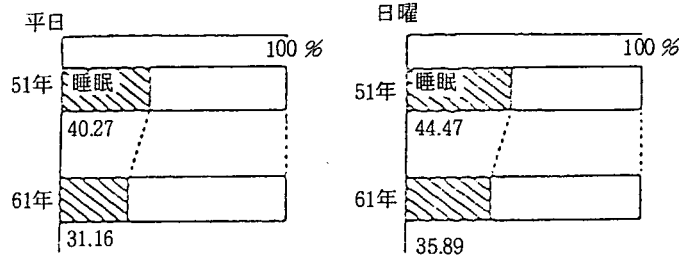
夜間交通量の増大は、前方の視認性の悪化、夜勤による労働環境の悪化などという点で危険性を増大させる要因を多分に含んでいる。このため、視認性の確保、ドライバーの疲労やいねむりからの保護など安全運転を確保する運転補助やさらに発展させた自動運転等を行うシステムの確立が望まれる。



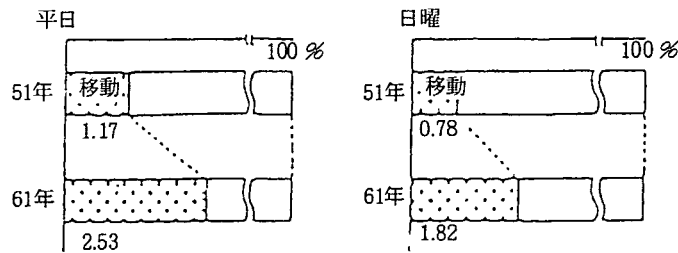
- (備考) 1. N H K「国民生活時間調査」により作成
2. 昭和60年の各時間帯の行動者率(%)の10年前とのポイント差である。
3. 各時間帯とも毎正時から15分と、30分から45分の行動者率を使用した。
4. その他は交際、ラジオ、体操、学校、新聞、雑誌、本である。
5. 行動者率の合計は、100%を越えているため(同一時間帯に2つの行動を行っている場合両方にカウント)、ポイント差の増加分と減少分は等しくはならない。

図1-1-4 パターンの変化

(1) 午後10時30分に睡眠をとっている人の割合の変化



(2) 午後10時30分に移動している人の割合の変化



出典：総務庁「社会生活基本調査報告」(昭和51年10月及び61年10月調査)

図 1-1-5 国民の生活時間 (午後10時30分)

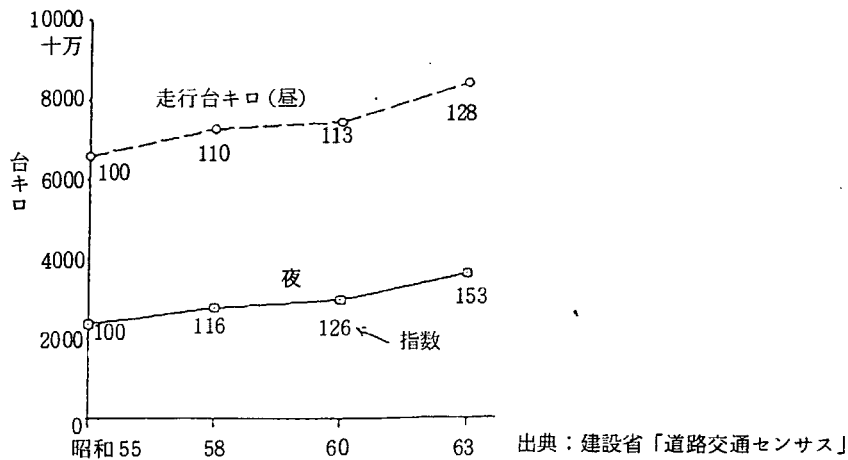


図 1-1-6 昼、夜間走行台キロ

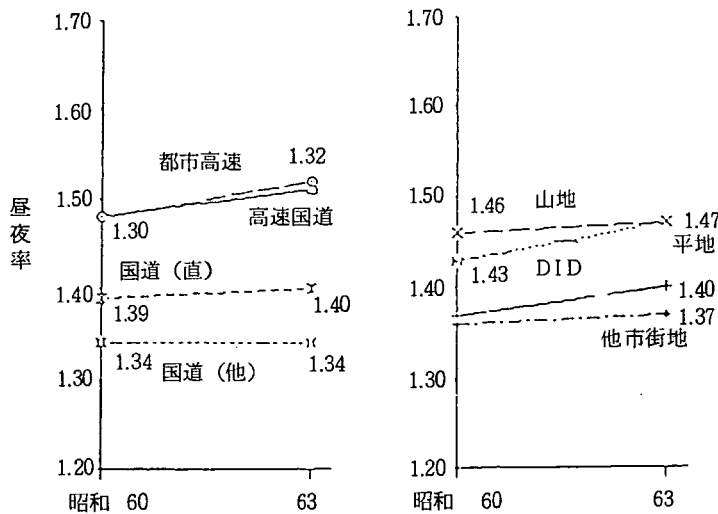


図 1-1-7 夜間交通量の変化

出典：建設省「道路交通センサス」

注) 昼夜率 = 1日交通量 / 昼間交通量
値が大きいほど夜間交通量の割合が大

3) 自動車の高性能化

(1) 社会環境の変化

人々の移動時における基本的要求として高速性や安全性があるほか、近年は所得の増大や価値観の多様化により、快適性の要求も高まっている。これらの要求にこたえるべく、自動車技術の高度化も進められ、高性能エンジンによる最高速度や加速性能の向上あるいはオートマチック、パワーステアリング、4WDなどを備えた高性能自動車をもたらしてきた(図1-1-8, 図1-1-9)。

今後さらに、自動車の技術開発は、先端のエレクトロニクス技術の導入などにより、着実な進展が見込まれる。

(2) 次世代道路交通システムの考え方

着実に進歩する自動車技術を基にした自動車の高性能化は、時間価値の上昇による所要時間短縮や物流コスト低減、それに人間の基本的な願望であるハイスピード化のニーズを満たしていくものと思われる。したがって次世代の道路交通システムとしては、これらのニーズを満足させるような高性能自動車に十分対応できるインフラの整備および自動車とインフラの相互の高度化と連携によって実現可能となるシステムが求められる。

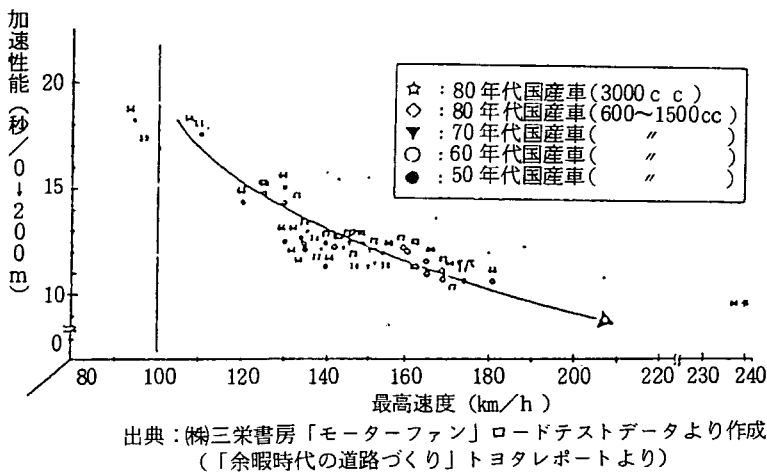


図1-1-8 国産車の最高速度と加速性の推移

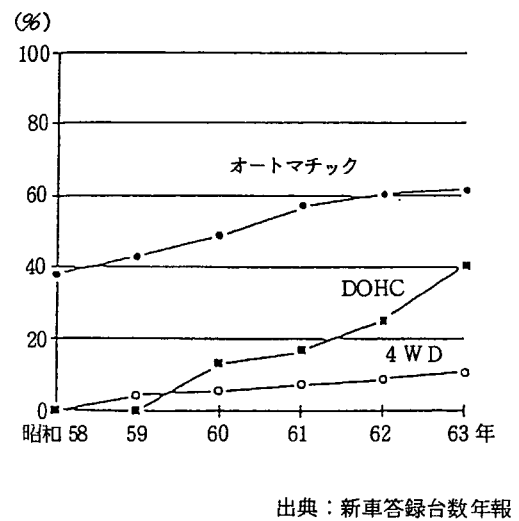


図1-1-9 自動車のオートマチック

・4WD・DOHC車の割合

4) 高度化する輸送活動と交通渋滞の発生

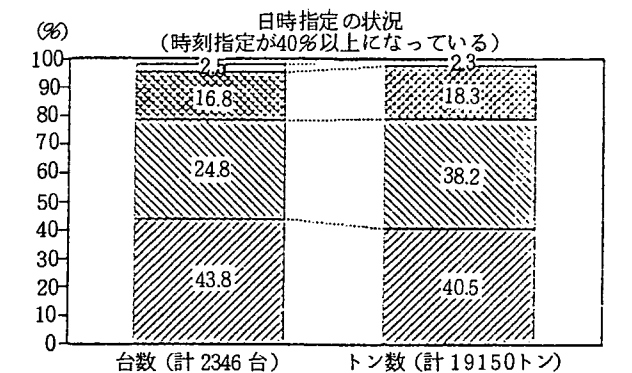
(1) 社会整備の変化

近年の産業構造の高度化，生活の多様化にともなって，物流面においてはジャスト・イン・タイム，小口・高頻度などの輸送の高度化が求められている（図1-1-10，図1-1-11）。

一方，このような輸送の高度化が求められる中で，道路交通量は自動車会社の一層の進展にともなって年々増大している（図1-1-12）。自動車交通は，道路整備の速度を上回る勢いで増大しており，道路整備が対応しきれない状況になっている。特に都市部においては，交通渋滞，道路混雑により旅行速度が低下するなど道路交通問題は今後の大きな不安要素となっている（図-1-1-13）。

(2) 次世代道路交通システムの考え方

輸送の高度化によって満たされるニーズとしては，時間価値の上昇による所要時間の安定化やジャスト・イン・タイム化などがあり，これを実現するための整備方策が望まれる。このためには交通渋滞や道路混雑を解消する必要がある。抜本策としては新たな道路そのものを整備していくことがあげられるが，次世代の道路交通システムがとるべき方向として，渋滞の解消や交通流の効率化をはたす最適ルートへの誘導を行うシステムやボトルネックを解消するシステムが求められる。



□ 日時指定 □ 午前午後の指定 □ 日のみ指定 □ 日時指定なし □ その他

出典：社団法人東京トラック協会調べ（サンプル調査）61年度

図 1 - 1 - 10 日時指定の状況

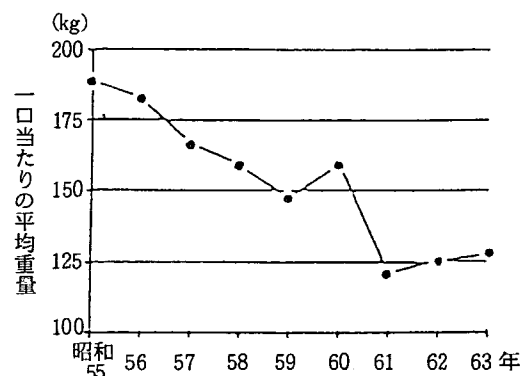


図 - 1 - 1 - 11 路線トラック貨物の平均重量

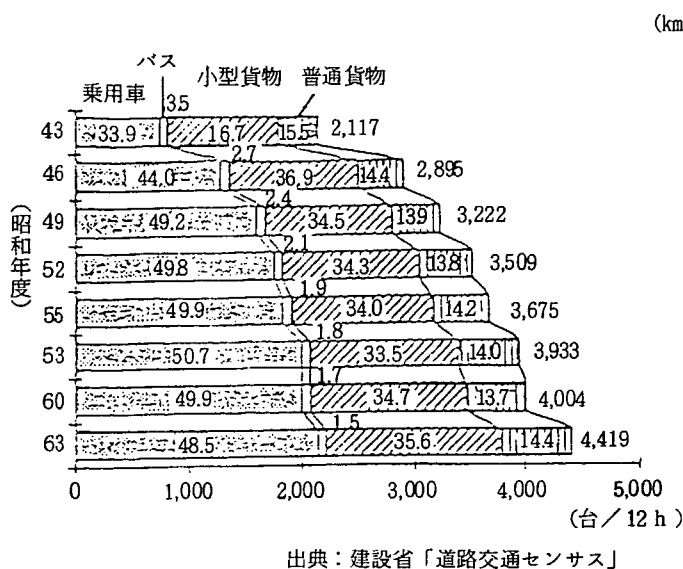


図 1-1-12 平均交通量の推移

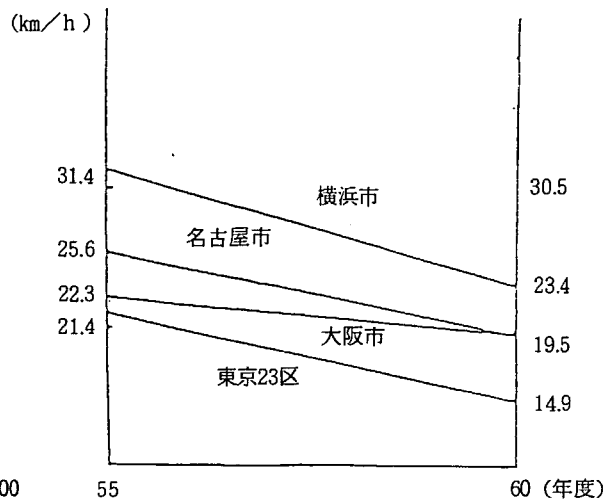


図 1-1-13 200 万人以上の都市圏における一般国道平均旅行速度(ピーク時)の推移

5) 快適性への欲求の高まり

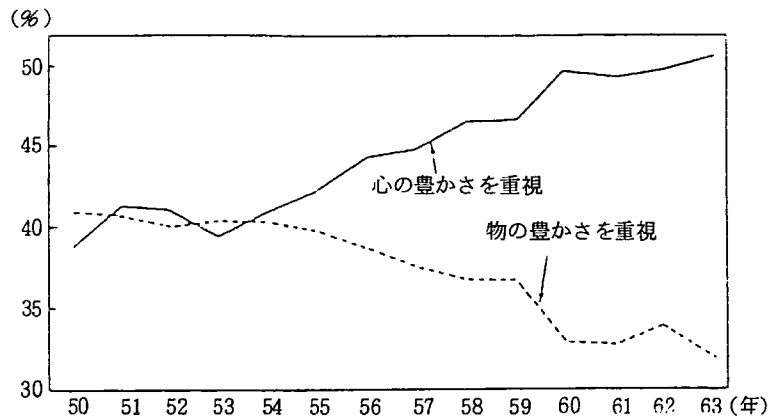
(1) 社会環境の変化

最近では、所得の増大、価値観の多様化などにもともなってより高付加価値なものが求められるようになってきている。特に生活面の重点の変化については、物への欲求から質への欲求に移ってきており、心の豊かさを重視する傾向が強くなっている(図1-1-15)。今後の生活の力点についてみると、住生活や食生活に代わって、レジャー・余暇生活の充実が年々重視される傾向にあり、さらにそのレジャーにおける中心的な移動手段として自動車への期待が高まっている(図1-1-16, 図1-1-17)。

一方、物流面においては、ドライバーの労力の低減や労働環境の改善が課題となっており、運転中の快適性の向上が求められている。

(2) 次世代道路交通システムの考え方

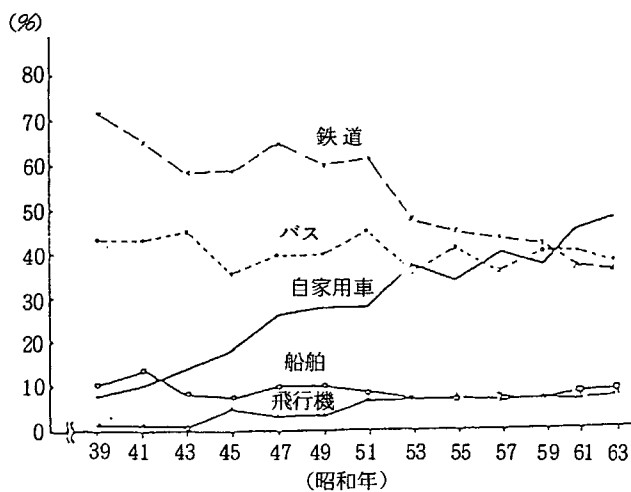
快適性への欲求に対応した次世代の道路交通システムとしては、運転そのものを楽しむことができるための運転補助を行うシステム、物流面における運転労力の低減や労働環境の改善に資するシステムが望まれる。



- (備考) 1. 総理府「国民生活に関する世論調査」による。
 2. 「今後の生活の仕方について、このような2つの考え方がありますが、あなたの考えはどちらに近いですか」という問に対して、「物質的にある程度豊かになったので、これからは心の豊かさやゆとりのある生活することに重きをおきたい」、「まだまだ物質的な面で生活を豊かにすることに重きをおきたい」と答えた人の割合である。

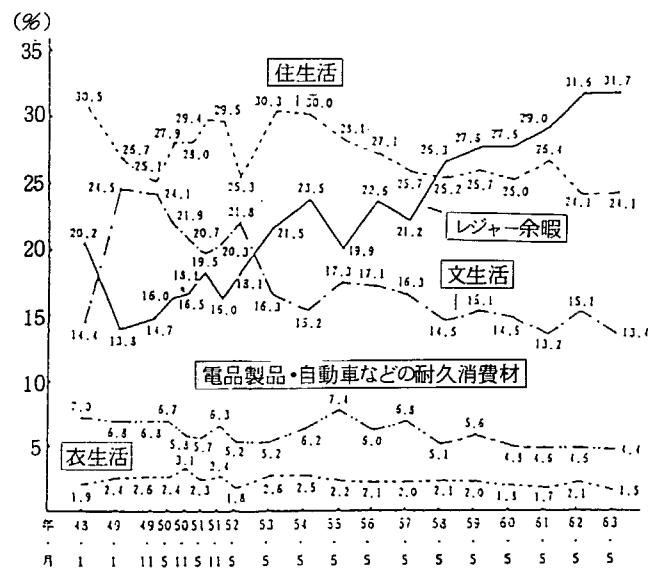
出典：国民生活白書（平成元年版）

図 1-1-14 生活面の重点の変化



出典：(社)日本観光協会「観光の実態と志向」より作成

図 1-1-15 今後の生活の力点の推移



注) 総理府広報室「国民生活に関する世論調査」(63年5月)による。

出典：総理府広報室「国民生活に関する世論調査」
(昭和 63 年 5 月)

図 1-1-16 宿泊観光旅行の利用交通機関の推移

6) 環境問題意識の高まりとエネルギー対策の活発化

(1) 社会環境の変化

都市部における大気汚染、振動、騒音などの公害の主たる発生源の一つとして、自動車交通があげられる。そのため、自動車に起因する公害の防止を図るため排出ガスの量規制、騒音規制、振動規制といった様々な規制が実施されている状況にある(図1-1-17)。

一方、エネルギー対策に関して、有限である石油に代わる原子力や太陽エネルギーなどの次代のエネルギーの開発がさかんに行われている。

以上のような公害対策と有限である石油の代替エネルギーの利用という観点から、自動車に関しては、近年電気自動車やメタノール自動車の試験的運用が行われている段階にある。

(2) 次世代道路交通システムの考え方

環境保全に向けた次世代の道路交通システムとしては、排出ガス、騒音、振動の低減化、さらに石油に代わるエネルギーの利用という観点から、石油代替エネルギーを使用する動力機関の開発など、自動車構造、インフラ構造の新システム導入の検討が期待される。

○ガソリン・LPG (1)トラック・バス		○ディーゼル (1)トラック・バス	
軽貨車	100% 昭和48/4前(未規制)	副室式	100% 昭和49/9前(未規制)
車両総重量	71% 48/4(48年度規制)	車両総重量	80% 49/9(49年度規制)
1.7t以下	59% 50/4(50年度規制)	1.7t以下	68% 52/8(52年度規制)
	32% 54/1(54年規制)		60% 54/4(54年規制)
	19% 56/1(56年規制)		52% 57/10(57年規制)
	8% 63/12(63年規制)		36% 63/12(63年規制)
中貨車	100% 昭和48/4前(未規制)	副室式	100% 昭和49/9前(未規制)
車両総重量	71% 48/4(48年度規制)	車両総重量	80% 49/9(49年度規制)
1.7t超	59% 50/4(50年度規制)	1.7t超	63% 52/8(52年度規制)
2.5t以下	39% 54年1月(54年規制)		60% 54/4(54年規制)
	29% 56年12(56年規制)		52% 57/10(57年規制)
	23% 平成元/10(元年規制)		47% (車重 1.7tを超え2.5t以下のもの)63/12(63年規制)
			(車重 2.5tを超えるもの)平成元/10(元年規制)
軽貨物車	100% 昭和48/4前(未規制)	直接噴射式	100% 昭和49/9前(未規制)
	71% 48/4(48年度規制)	車両総重量	80% 49/9(49年度規制)
	59% 50/4(50年度規制)	1.7t超	68% 52/8(52年度規制)
	39% 54/1(54年規制)	2.5t以下	56% 54/4(54年規制)
	29% 57/1(57年規制)		49% 58/8(58年規制)
	16% 平成2/10(2年規制)		40% 63/12(63年規制)
重量車	100% 昭和48/4前(未規制)	直接噴射式	100% 昭和49/9前(未規制)
車両総重量	70% 48/4(48年度規制)	車両総重量	80% 49/9(49年度規制)
2.5t超	59% 52/8(52年度規制)	1.7t超	68% 52/8(52年度規制)
	42% 54/1(54年規制)	2.5t超	56% 54/4(54年規制)
	29% 57/1(57年規制)		49% 58/8(58年規制)
	25% 平成元/10(元年規制)		42% (中荷 3.5t以下のもの)63/12(63年規制)
			(中 3.5tを超えるもの)平成元/10(元年規制)
			(大型トラック・クレーン車)平成2/10(2年規制)
(2)乗用車	100% 昭和48/4前(未規制)	(2)乗用車	100% 昭和49/9前(未規制)
	71% 48/4(48年度規制)		80% 49/9(49年度規制)
	39% 50/4(50年度規制)		68% 52/8(52年度規制)
	27% 51/4(等価間性重量1tを超えるもの)51年規制)		60% 54/4(54年規制)
	20% 51/4(等価間性重量1t以下のもの)51年規制)		52% 57/1(57年規制)
	8% 53/4(53年度規制)		37% (等価間性重量1.25tを超えるもの)手動変速機付車両51/10(61年規制)
			29% (等価間性重量1.25t以下のもの)自動変速機付車両52/10(62年規制)
			26% 平成4/10(等価間性重量1.25tを超えるもの)(4年規制)
			21% 平成2/12(等価間性重量1.25t以下のもの)(2年規制)

出典：環境白書(平成元年度)

図1-1-17 自動車排出ガス規制に係わるNOx排出量(平均値)低減効果の推移

1. 2 次世代道路交通システムの方向性

1) 道路交通に対するニーズとシステムの方向性

1. 1で整理した社会環境の変化によって、ドライバーへの情報提供や運転支援等、道路交通の高度化への対応に関連したニーズが発生する。今後構築される道路交通システムはこれらのニーズに対応できるものでなければならない。これらのニーズをふまえると次世代道路交通システムに求められる方向性は表1-2-1のように整理できる。

表1-2-1 次世代道路交通システムに求められるニーズと方向性

社会環境の変化	発生するニーズ	次世代に求められるシステムの方向性
高齢者及び身障者の活動機会の増加	・高齢者の視力低下や運動能力低下を補う ・身障者の運動能力を補う	・認知、判断、操作に関する運転補助 ・道路構造、路面状況、他車両、歩行者等に関する情報の提供
自動車交通の24時間化	・夜間における視認性の確保 ・いねむりなどによる危険性の解消	・ドライバーの視線誘導 ・路面状況の検知 ・自動運転の実現
自動車の高性能化（ハイスピード走行の実現）	・より安全な高速走行の確保	・高速走行操作などの補助 ・車間及び側方余裕保持のシステム化 ・道路構造（線形など）のドライバーへの提供
輸送活動の高度化	・渋滞の回避及び解消 ・ボトルネックの解消	・交通流の配分 ・道路の輸送効率を向上させる制御システム ・自動料金徴収（料金所での無停止化）
快適性に対する欲求の高まり	・快適でかつ楽しめる運転（自家用） ・運転に要する労力の低減（業務）	・認知、判断、操作に関する運転補助 ・自動運転の実現 ・気象の変化に強い道路環境の実現
環境に対する意識の高まり	・沿道環境の保全 ・資源の節約	・騒音、排ガス等の道路公害の抑制 ・省エネルギーへの貢献

第2章 次世代道路交通システム素案と発展 シナリオ

第2章 次世代道路交通システム素案と発展シナリオ

本章では、道路交通ニーズから求められる次世代道路交通システムの方向性から、次世代道路交通システム素案を整理した。また、これらのシステム素案にもとづいて、システムの機能レベル、構成等によりシステム発展シナリオを検討した。さらに、ニーズ面、シーズ面の背景をもとに、以降での導入イメージ、構成要素、基幹技術等についての具体的な検討対象とするシステムの絞り込み（周辺移動体認知システム、車間・側方コントロールシステム）を行った。

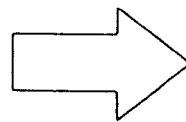
2. 1 システム素案

第1章で整理した、次世代道路交通システムに求められる方向性より、①自動料金徴収システム、②道路構造情報提供システム、③路面状況情報提供システム、④周辺移動体認識システム、⑤車間・側方コントロールシステム、⑥視線誘導システム、⑦交通流誘導制御システム、⑧環境改善システム、⑨気象影響除去システムの9つのシステム素案を整理した。これらのシステム素案のうち周辺移動体認知システムについては、路車間照明システムとガイドライトシステムの2つのシステムが、また環境改善システムについては、騒音吸収システム、トンネル内電力走行システム、物流重力走行システムの3つのシステムが含まれている。

表2-1-1に次世代道路交通システムに求められるニーズと検討するシステムの方向性を示す。

表 2-1-1 次世代道路交通システムに求められるニーズと方向性

社会環境の変化	発生するニーズ	次世代に求められるシステムの方向性	システムの内容
① 高齢者及び身障者の活動機会の増加	・高齢者の視力低下や運動能力低下を補う ・身障者の運動能力を補う	・認知、判断、操作に関する運転補助 ・道路構造、路面状況、他車両、歩行者等に関する情報の提供	・ドライバーの認知、判断、操作を補助するシステム ・ドライバーに道路構造に関する情報を提供するシステム ・ドライバーに路面状況に関する情報を提供するシステム ・ドライバーに車両周辺にある移動体を知らせるシステム
② 自動車交通の24時間化	・夜間における視認性の確保 ・いねむりなどによる危険性の解消	・ドライバーの視線誘導 ・路面状況の検知 ・自動運転の実現	・ドライバーの視線を誘導するシステム ・ドライバーに路面状況に関する情報を提供するシステム ・運転を自動化するシステム
③ 自動車の高性能化(ハイスピード走行の実現)	・より安全な高速走行の確保	・高速走行操作などの補助 ・車間及び側方余裕保持のシステム化 ・道路構造(線形など)のドライバーへの提供	・ドライバーの運転操作を補助するシステム ・車間距離、側方余裕を自動的に保つシステム ・ドライバーに道路構造に関する情報を提供するシステム
④ 輸送活動の高度化	・渋滞の回避及び解消 ・ボトルネックの解消	・交通流の配分 ・道路の輸送効率を向上させる制御システム ・自動料金徴収(料金所での無停止化)	・道路ネットワークにおいて交通流を配分するシステム ・料金所での料金徴収を自動化し、停止を不要にするシステム
⑤ 快適性に対する欲求の高まり	・快適でかつ楽しめる運転(自家用) ・運転に要する労力の低減(業務)	・認知、判断、操作に関する運転補助 ・自動運転の実現 ・気象の変化に強い道路環境の実現	・ドライバーの認知、判断、操作を補助するシステム ・運転を自動化するシステム ・気象変化の影響を取り除くシステム
⑥ 環境に対する意識の高まり	・沿道環境の保全 ・資源の節約	・騒音、排ガス等の道路公害の抑制 ・省エネルギーへの貢献	・騒音の発生を防止するシステム ・排ガスの発生を防止するシステム ・エネルギー消費量を抑制するシステム



システム素案	関係する社会環境の変化
① 自動料金徴収システム	④
② 道路構造情報提供システム	①、③
③ 路面状況情報提供システム	①、②
④ 周辺移動体認識システム	①
⑤ 車間・側方コントロールシステム	①、②、③、⑤
⑥ 視線誘導システム	②
⑦ 交通流誘導制御システム	④
⑧ 環境改善システム	⑥
⑨ 気象影響除去システム	⑤

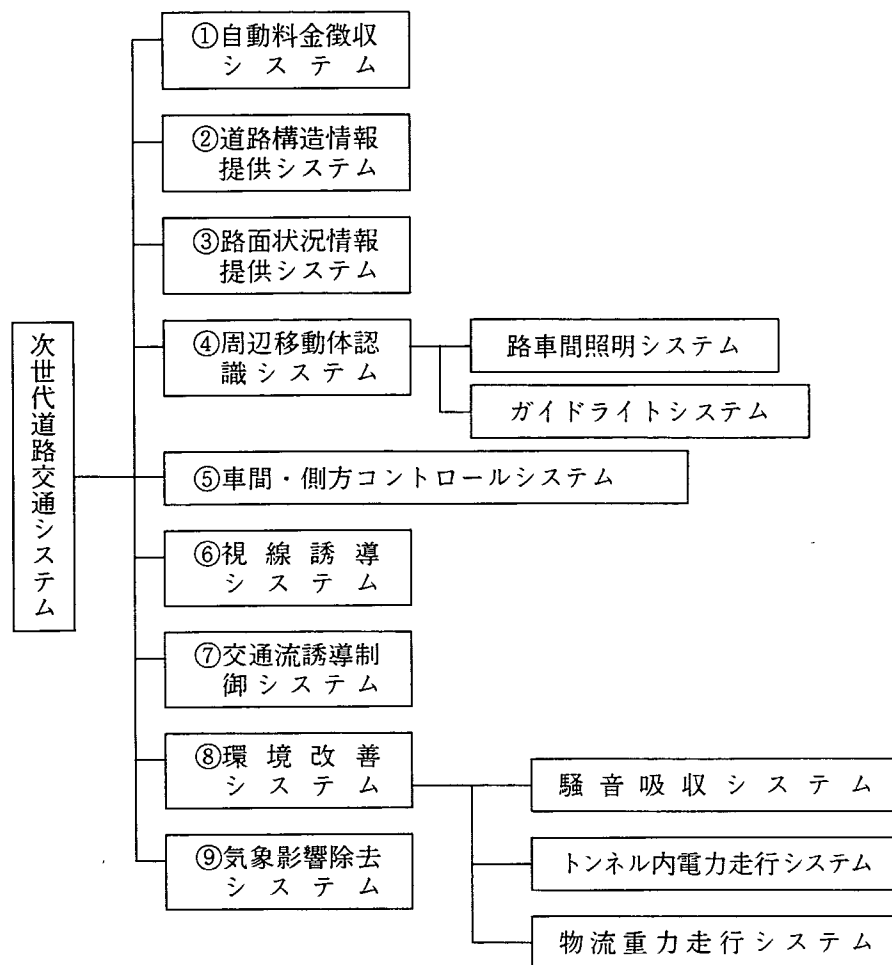


図 2 - 1 - 1 システム素案の体系図

1) 自動料金徴収システム

〔概要〕 車両IDを識別し、料金所での料金徴収を自動化する。

〔効果〕 料金所での磁気カードの受取、料金支払いの必要性を解消し、①料金所での渋滞解消、②料金所での追突事故、割り込み事故等の防止、③料金所での停止車両の減少による排ガス、騒音の減少、④料金所の無人化による人件費の節約及び料金値下げ等による利用者への還元を図る。

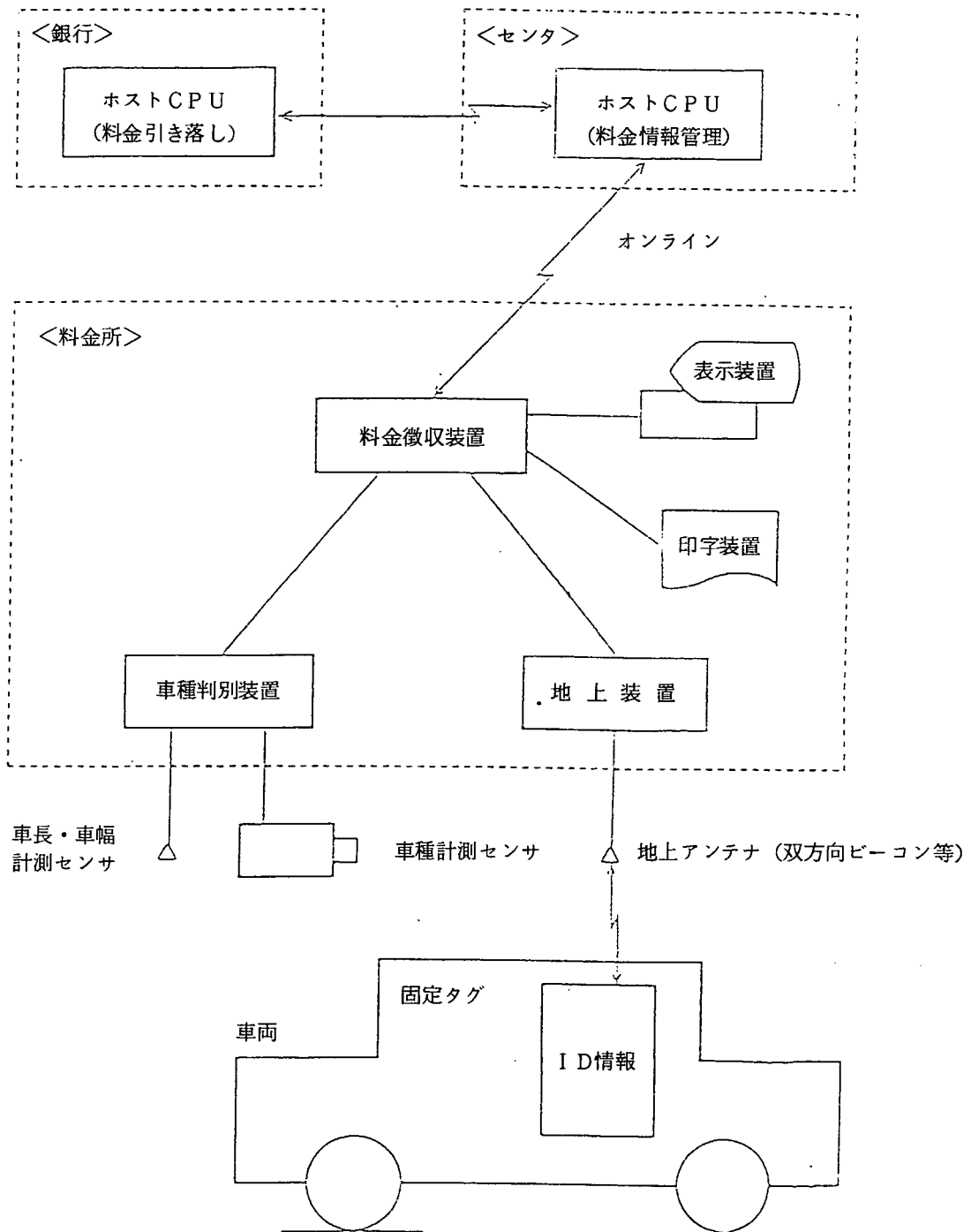


図 2 - 1 - 2 自動料金徴収システムのイメージ

2) 道路構造情報提供システム

〔概要〕 ドライバーの視界から得られる範囲以上の道路構造情報（線形，幅員，縦断勾配等）を事前にドライバーに表示・提供する。

〔効果〕 ドライバー側での情報認識の漏れ・欠落を防止し，安全性を向上させる。

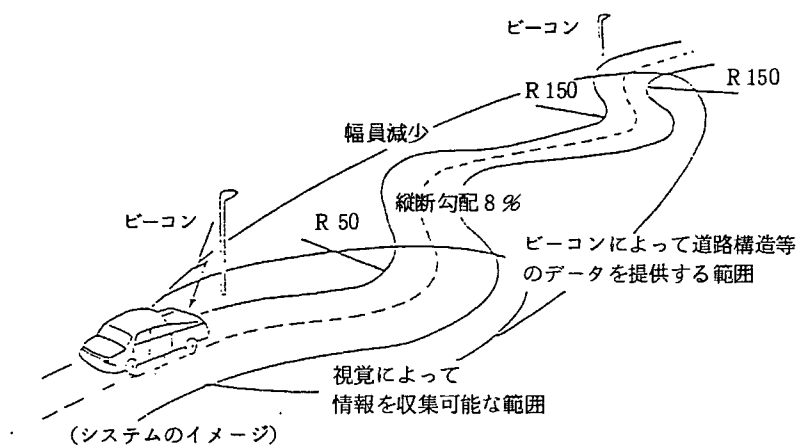


図 2-1-3 道路構造情報提供システムのイメージ

3) 路面状況情報提供システム

〔概要〕 凍結・降雨等の路面状況をセンサによって検知し，ドライバーに情報を提供する。

〔効果〕 スリップ等を起こす誤操作を防止させることにより，安全性を向上させる。

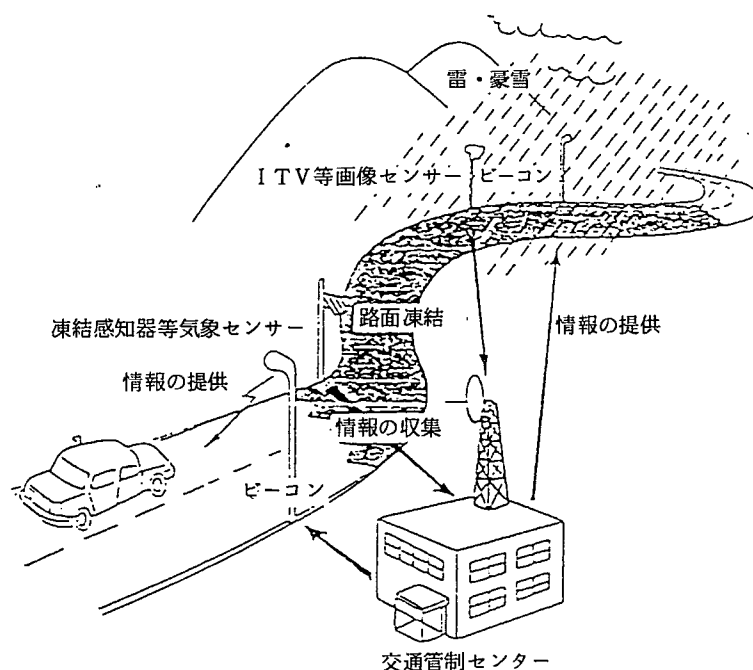


図 2-1-4 路面状況情報提供システムのイメージ

4) 周辺移動体認知システム

(1) ガイドライトシステム

① カーブにおけるガイドライトシステム

〔概要〕 車両の走行方向・速度に応じた長さの帯を車両前後の道路上に表示する、または発光体を一定間隔に設置して車両の走行に応じて発光させる。

〔効果〕 ドライバーに前方の対向車両の存在を直感的に理解させ（危険状況を予知させ）、事故の事前回避を図る。

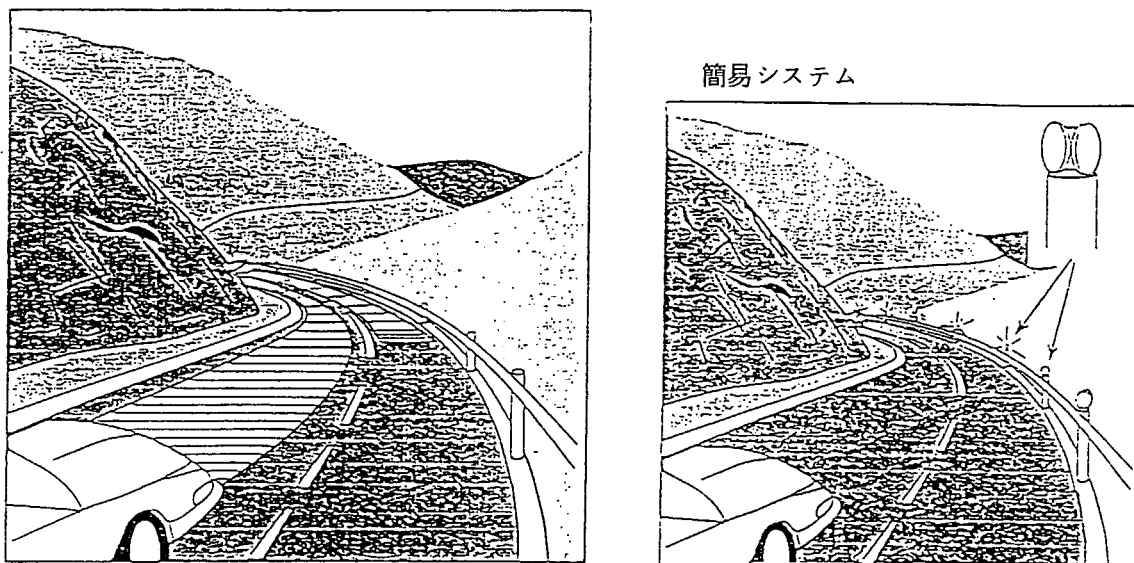


図-2-1-5 カーブにおけるガイドライトシステムのイメージ

② 交差点におけるガイドライトシステム(1)

〔概要〕 交差点において、車、人の進行方向と後部を道路上に帯で表示する。

〔効果〕 ドライバーに周囲の他車両の存在、進行方向、歩行者の存在を直感的に理解させ、交差点での事故の回避を図る。

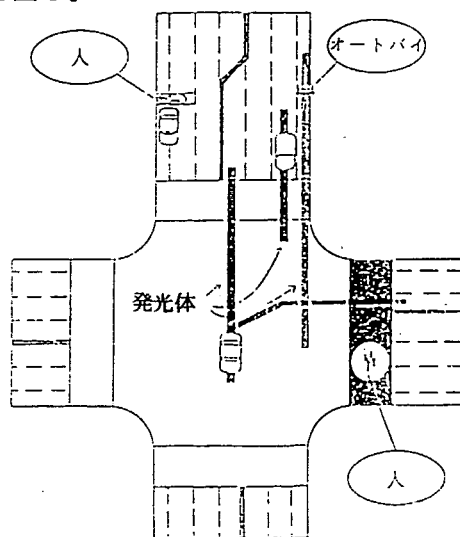


図2-1-6 交差点におけるガイドライトシステムのイメージ(1)

③ 交差点におけるガイドライトシステム (2)

〔概要〕 見通しの悪いT字路において主要道路側の車両位置・速度を検出し、警報や標識の点滅などによって一時停止をドライバーに促す。

〔効果〕 交差点での出会い頭事故の防止を図り、安全性を向上させる。

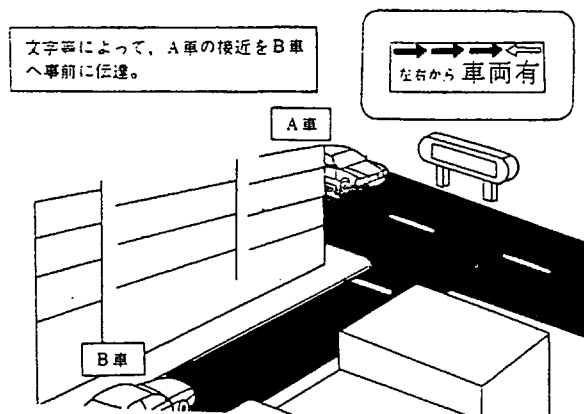


図 2-1-7 交差点におけるガイドライトシステムのイメージ(2)

④ 緊急自動車誘導のためのガイドライトシステム

〔概要〕 ガイドライトシステムにて緊急車両の接近を緊急車両の予定走行路上の車両に知らせしめ、予め路側への退避を促す。また、同時にガイドライトにて緊急車両ドライバーへの経路誘導を行う。

〔効果〕 緊急車両の走行を円滑にし、被害の拡大を防ぐ。

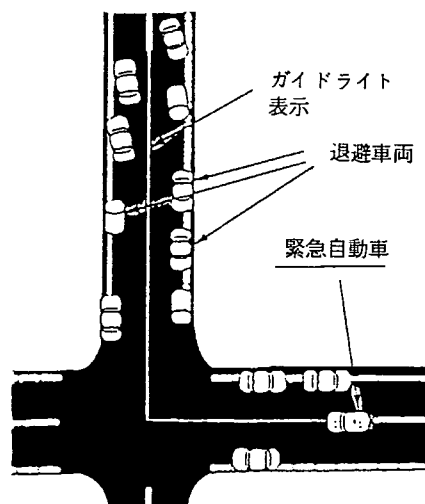


図 2-1-8 緊急自動車誘導のためのガイドライトシステムのイメージ

(2) 路車間照明システム

① 路側照明による路車間照明システム

〔概要〕 車両の接近に応じて道路照明のON-OFFを行う。また、道路照明、車両照明（ヘッドライト）の総合制御を行う。

〔効果〕 ①他車に幻惑を与えることなく夜間の視認性を確保して夜間の事故を低減し、夜間走行時の安全性を向上させる。②他車及び歩行者に照明が点灯することによって車両の接近を認知させる。③夜間走行にて必要十分な視界を確保するとともに、エネルギー消費を低減し、車両照明－道路照明トータルとしての経済性を向上させる。

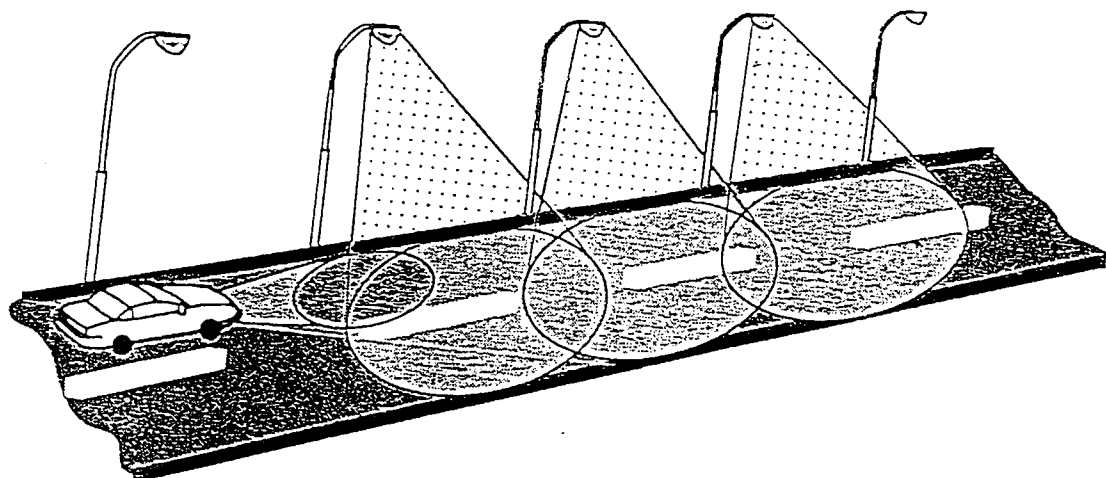


図 2 - 1 - 9 路車間照明システムのイメージ

② 反射照明システム

〔概要〕 ①幻惑防止用遮蔽板面を反射面とし、対向車のための照明を行う。

②防音壁、トンネル壁面を反射面とし、路面外へのヘッドランプ光を路面へ向けることにより、対向車に幻惑を与えるヘッドライト照明光と路外へもれているヘッドランプ照明光の有効利用を図る。

〔効果〕 夜間走行時の視認性の確保、対向車による幻惑を防止することにより、夜間走行時の安全性を向上させる。

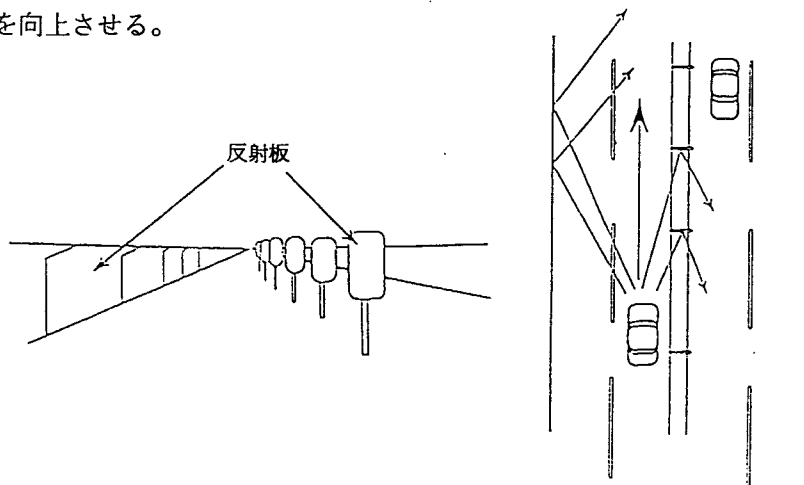


図 2 - 1 - 10 反射照明システムのイメージ

③ シルエット照明システム

〔概要〕 ヘッドライトの反射光の利用, 又は面発光照明 (高速道路の自発光道路看板に類するもの) を用いることにより路面を照明する。

〔効果〕 夜間の路面が濡れている状況下での視認性を向上させ, 安全性を向上させる。

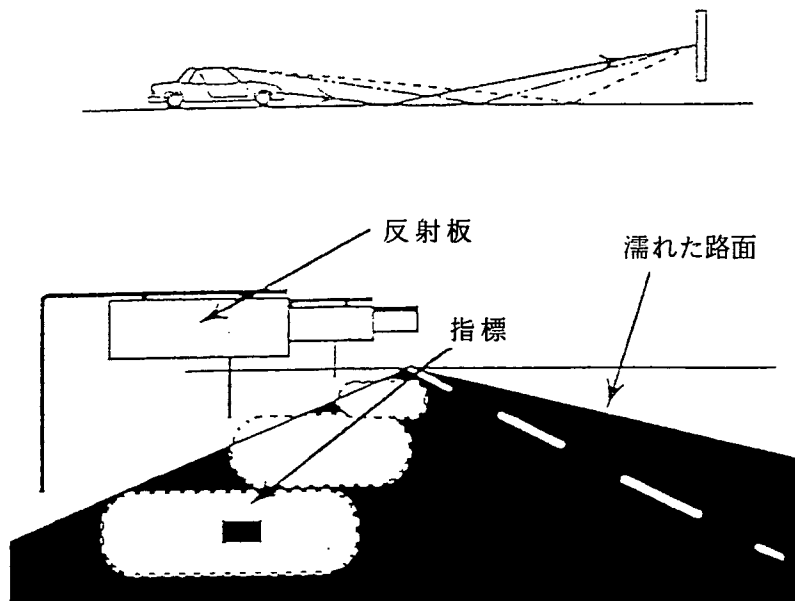


図 2-1-11 シルエット照明システムのイメージ (路車間照明システム関連)

5) 車間・側方コントロールシステム

〔概要〕 前後左右を走行する車両との間隔及び路車間の側方距離をコントロールし, また将来的には自動運動システムに発展させる。

〔効果〕 ドライバーの認知, 判断, 操作を補完あるいは代替することにより, 事故防止による安全性の向上及び適正な走行状態を保つことによる輸送効率の向上を図る。

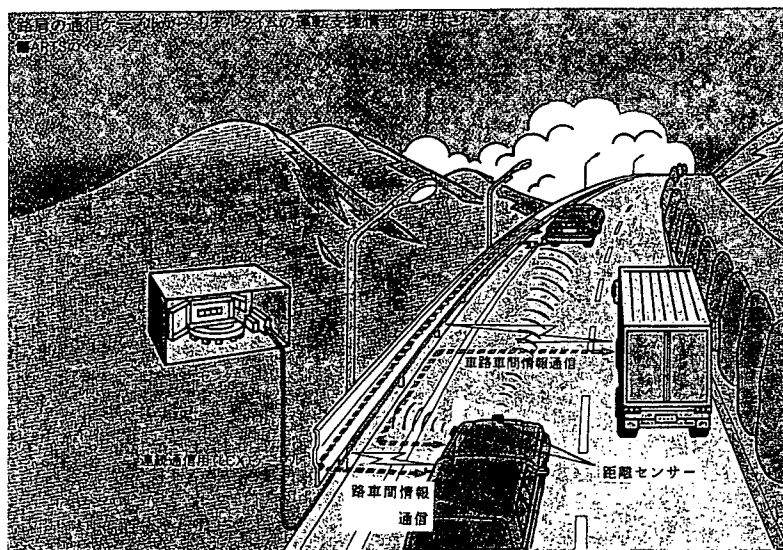


図 2-1-12 車間・側方コントロールシステムのイメージ

6) 視線誘導システム

〔概要〕 濃霧発生，トンネル内走行等の視界不良時や，事故確率の高い道路区間において，ドライバーに道路線形情報をビジュアルに提供する。

〔効果〕 ドライバーの視線を誘導することにより，安全性の向上と運転の容易化を図る。

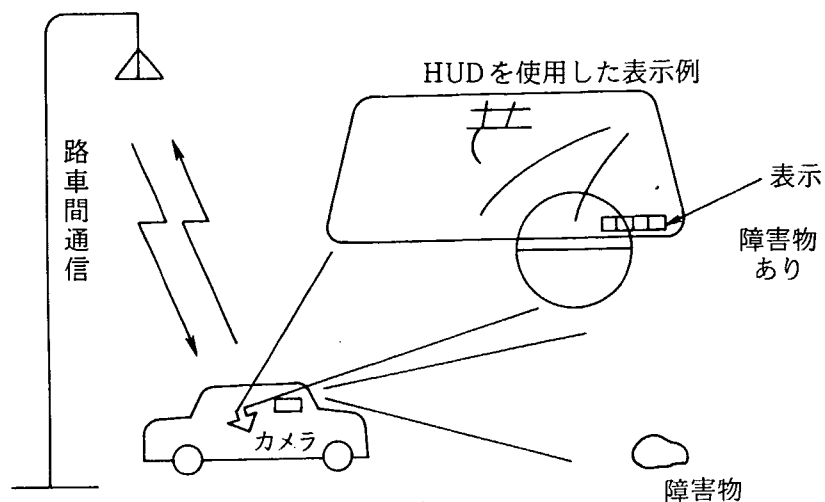


図 2-1-13 視線誘導システムのイメージ

7) 交通流誘導制御システム

〔概要〕 最適経路のための情報もしくは最適経路指示情報をドライバーに提供する。

〔効果〕 ドライバーに最適経路をとらせることにより，所要時間の短縮，渋滞の回避・軽減を図り，輸送効率を向上させる。

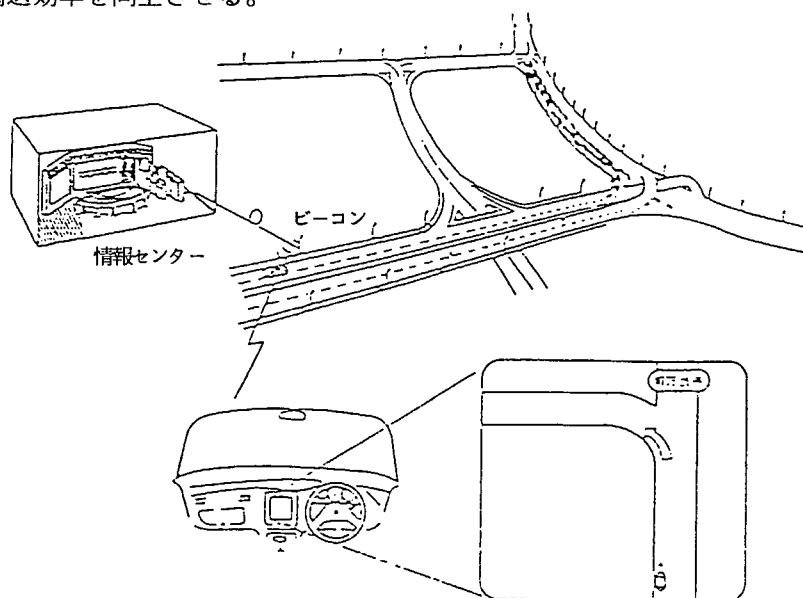


図 2-1-14 交通流誘導制御システムのイメージ

8) 環境改善システム

(1) 騒音吸収システム

〔概要〕 路側に設置した音源より走行中の騒音を打ち消す音を発生させ、道路騒音の低減，除去を図る。

〔効果〕 道路交通と周辺環境の適合を図る。

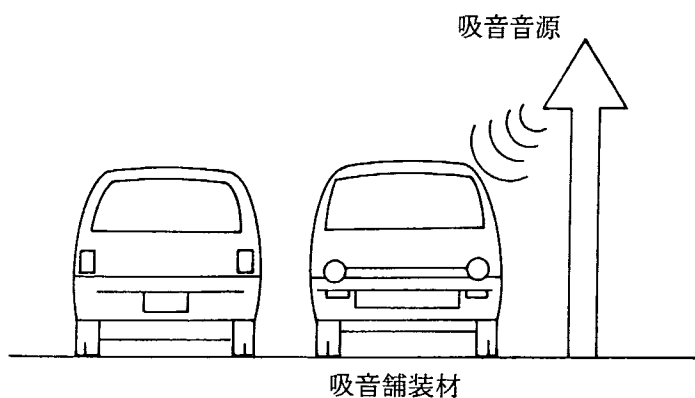


図 2 - 1 - 15 騒音吸収システムのイメージ

(2) トンネル内電力走行システム

〔概要〕 長大トンネル内に架線をはり，集電シューを持った大型車に給電し，大型車はトンネル内ではモーターにより駆動する（トンネル以外では通常のエンジンを用いて走行する）。

〔効果〕 トンネル内の排ガス濃度の低減，換気システムの省略による施工維持コストの低減，輸送効率の向上を図る。

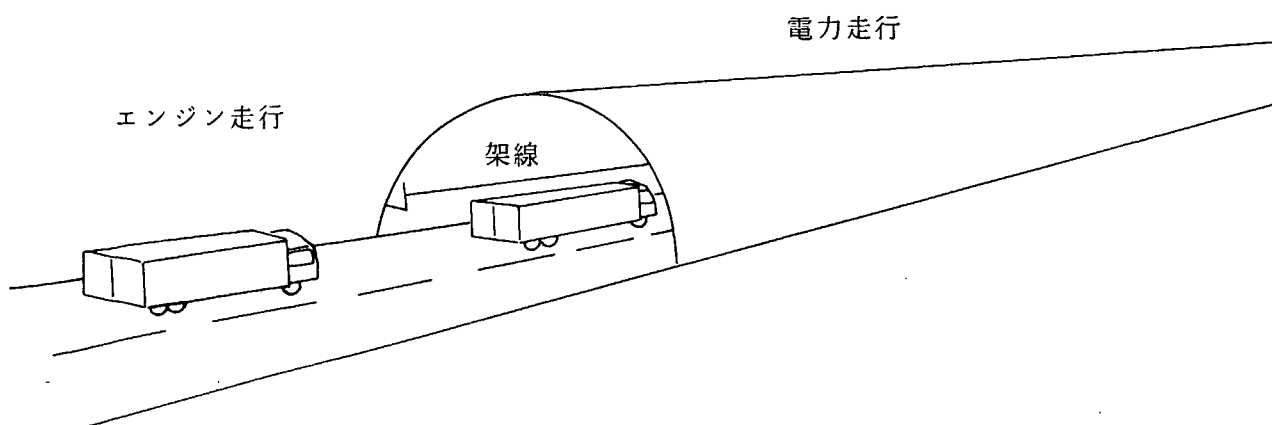


図 2 - 1 - 16 トンネル内電力走行システムのイメージ

(3) 物流重力走行システム

〔概要〕 拠点間を車両の自重を利用して走行させる。

〔効果〕 排気ガス等の減少により環境保全を図るほかに、車両運行経費の低減による経済性の向上を図る。

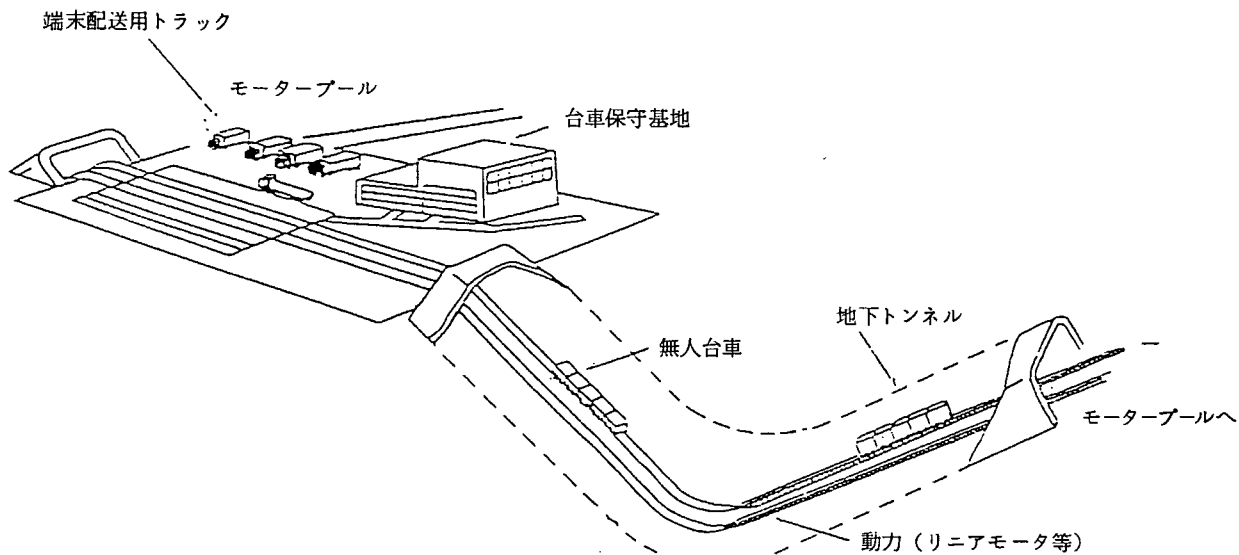


図 2-1-17 物流重力走行システムのイメージ

9) 気象影響除去システム（霧散システム）

〔概要〕 ①路側に設置した装置（音、風、光等を利用）を使用し霧を除去する。あるいは、②霧に関係なく、透過率が確保可能な特殊照明システムを設置する。

〔効果〕 濃霧時の走行安全性の向上を図る。

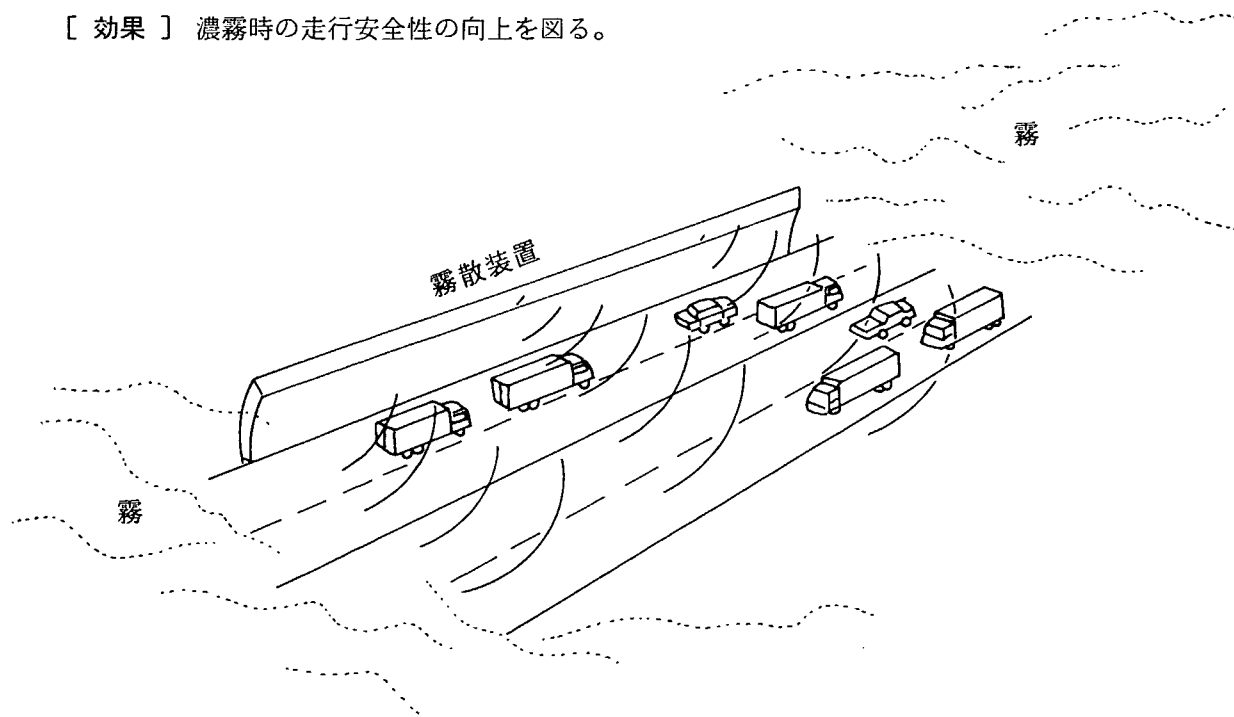


図 2-1-18 気象影響除去システム（霧散システム）のイメージ

③ システム構築の環境水準

次世代道路交通システムを検討する上では、システムが構築される環境を設定しておく必要がある。ここでは、システム構築に大きく関わるものとして、インフラ、車両、道路交通状況を考慮し、それぞれについて複数の水準を設定し、自動車運転あるいは自動運転補助システムとの対応づけを明らかにする。

- インフラの水準については、道路構造、路車間通信、車両に与える走行環境（速度、気象、車間等）等が要素として考えられるが、車両側がシステムを構築していく際には、気象の影響がどのように関わってくるのかということが最大のポイントとなるため、気象状況およびそれを伝える通信システムを視点に据える。
- 車両の水準については、車載装置の発展とシステム構築との関連において路面および周辺状況の検知能力の有無、情報収集処理能力の程度を視点に据える。
- 道路交通状況については、システム構築の難易に関わる歩行者の有無、道路規格等に視点を据える。

インフラおよび車両の水準については、時代を追うごとに技術の進歩によって水準が移行していくものであり、道路交通状況はその時々においてそれぞれの状況が存在する性質のものである。

2. 2 システム発展のシナリオ

1) システム発展のシナリオの考え方

(1) 長期的発展のシナリオの視点

① システム構築の基本的な柱

次世代道路交通システムが長期に渡って果たしていくべき目標として安全性の向上と輸送効率の向上を設定する。また、これらにあわせて、環境への適合も考慮する。

② 個々のシステムの位置づけ

システム素案において提案して個々のシステムは、個別の技術で構築可能なものと、複数の技術が複合して成立するシステムに分類できる。次世代道路交通システムにおいては車間側方コントロールシステムを複数の技術が複合して成立するシステムに位置付け、またそれ以外のシステムを個別の技術で構築可能なシステムとして位置付けている。個々の技術で構築されたシステムは車間側方コントロールシステムの一要素技術として組み込まれることになる。

インフラ、車両、道路交通状況について設定した水準は表 2-2-1 に示すとおりである。

表 2-2-1 インフラ、車両、道路交通状況の水準

	水準 1	水準 2	水準 3	
イ ン フ ラ	現状の道路に路車間通信システムが付加された程度 (点的な情報提供が可能)	水準 1 に加えて気象の変化(雨、雪、霧、凍結等)による路面状況の変化の詳細な検知、提供が可能 (線的な情報提供が可能)	標準状態を常時確保できる道路であり、気象の影響を車両に与えない	
			気象の影響を除去できる	気象とは無縁(トンネル道路等)
車 両	・車両単独での路面及び周辺状況検知能力なし ・基本的な情報収集処理能力あり(たとえば、安全速度、車間、前方道路構造等についてのインフラ側からの情報のドライバーへの伝達)	・車両単独での完全な路面及び周辺状況検知能力なし ・高度な情報収集処理能力あり(たとえば、安全速度、車間、前方道路構造等についてのインフラ側からの情報を利用したの車両間のコントロール)	・車両単独での完全な路面及び周辺状況検知能力あり ・高度な情報収集処理能力あり	
道路交通状況	歩車分離がなされておらず、システム構築上歩行者の存在を考慮する必要がある	歩車分離はなされているが、合流、分岐箇所や平面交差箇所が数多くある	自動車専用道路であり、IC等での合流・分岐箇所である	

(2) インフラ、車両、道路交通状況と自動運転の可能性

統合システムとしての自動運転システム、運転補助システムの可能性は、インフラおよび車両の水準、さらに自動交通状況に応じて変化するものと考えられる。すなわち、インフラまたは車両の水準が高まるにつれて、また道路交通状況の制約が少なくなるにつれて運転補助システム、さらには自動運転システムの構築が可能になっていく。ただし、インフラ、車両の水準を前提としてシステムを構築することは、インフラまたは車両側の技術開発に過度の負担を強いることとなり非効率と考えられる。このため、自動搬送特殊インフラに基づいた物流システム等を除いて、この水準における自動運転は考えにくい。また、道路交通状況としては、本調査ではとりあえず自動車専用道路を想定することとした。

したがって本調査では、自動運転を可能にするインフラおよび車両、道路交通状況に関する水準として、

- ・インフラ：気象の変化による路面状況の変化を詳細に検知し、車両に提供することができる。
(水準2)
- ・車両：車両単独での完全な路面状況検知能力はないが、高度な情報収集処理能力はある。
(水準2)
- ・道路交通状況：自動車専用道路で、歩行者の影響はないがI・C・等での合流・分岐箇所がある。
(水準3)

を想定した。インフラ、車両、道路交通状況と自動運転の可能性は、図2-2-1のように整理できる。

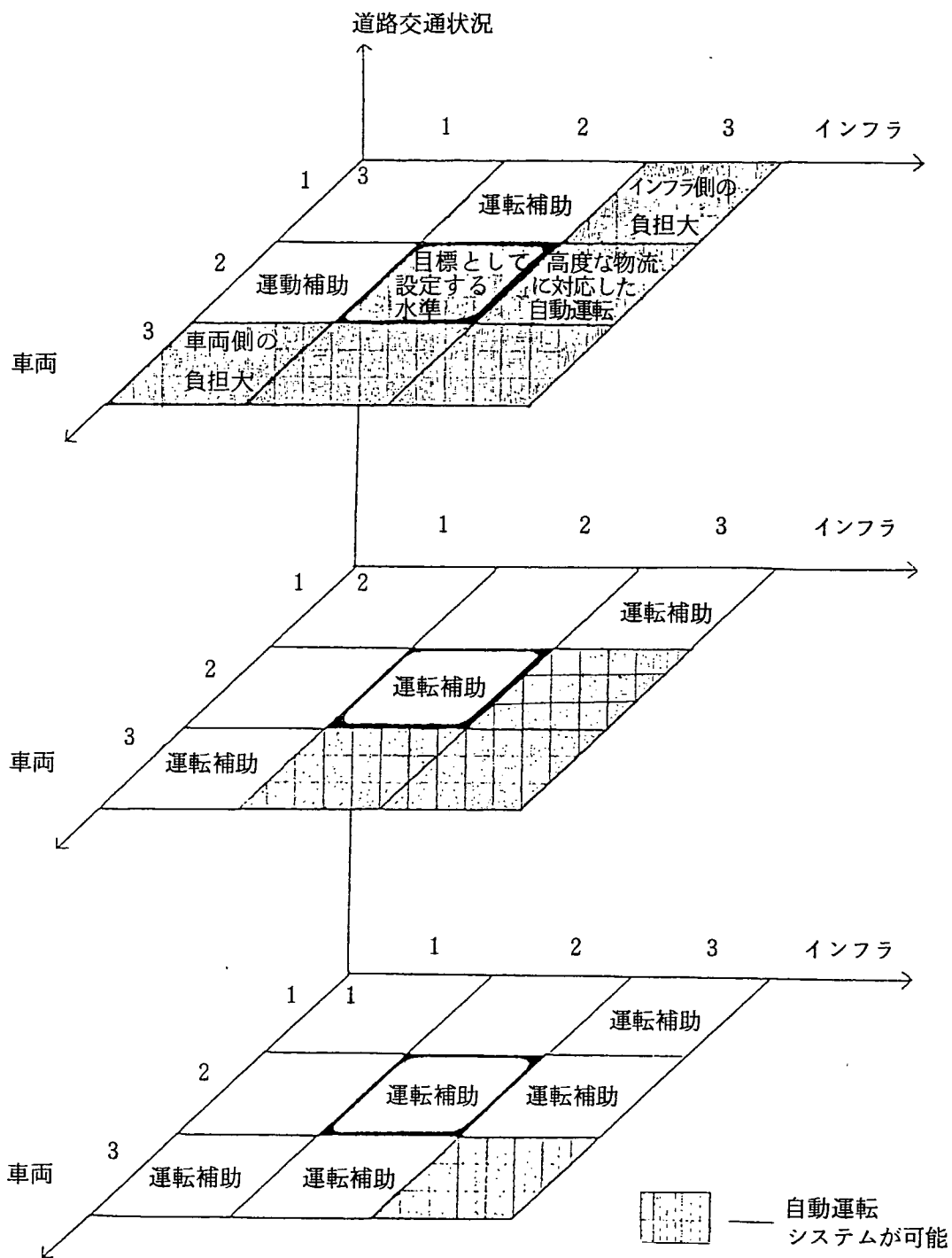


図 2-2-1 インフラ、車両の水準および道路交通状況と自動運転の可能性

2) システム発展シナリオの想定

システム素案のうち、道路構造情報提供システム、路面状況情報提供システム、視線誘導システムについては、情報収集・提供に関する要素技術として車間・側方コントロールシステムに応用される。また、周辺移動体認知システムは、インフラのみのシステムから路車間のシステムに発展する。さらに、車両の検知、通信、周辺車両運動情報の収集・提供等の要素技術の応用、制御機能の付加によって車間・側方コントロールシステムに結びつけられる。

車間・側方コントロールシステムは、他のシステムを要素技術としてとりこみながら運転補助システム（簡単な車両制御を行うシステム）、自動運転システムに発展していくシステムである。

なお、自動料金徴収システム、交通流誘導制御システム、環境改善システム、気象影響除去システムは、要素技術の一部で車間・側方コントロールシステムと関連をもちつつ、基本的にはそれぞれ独立したシステムとして発展していく。

以上の道路交通システムの発展シナリオを図2-2-2に示す。

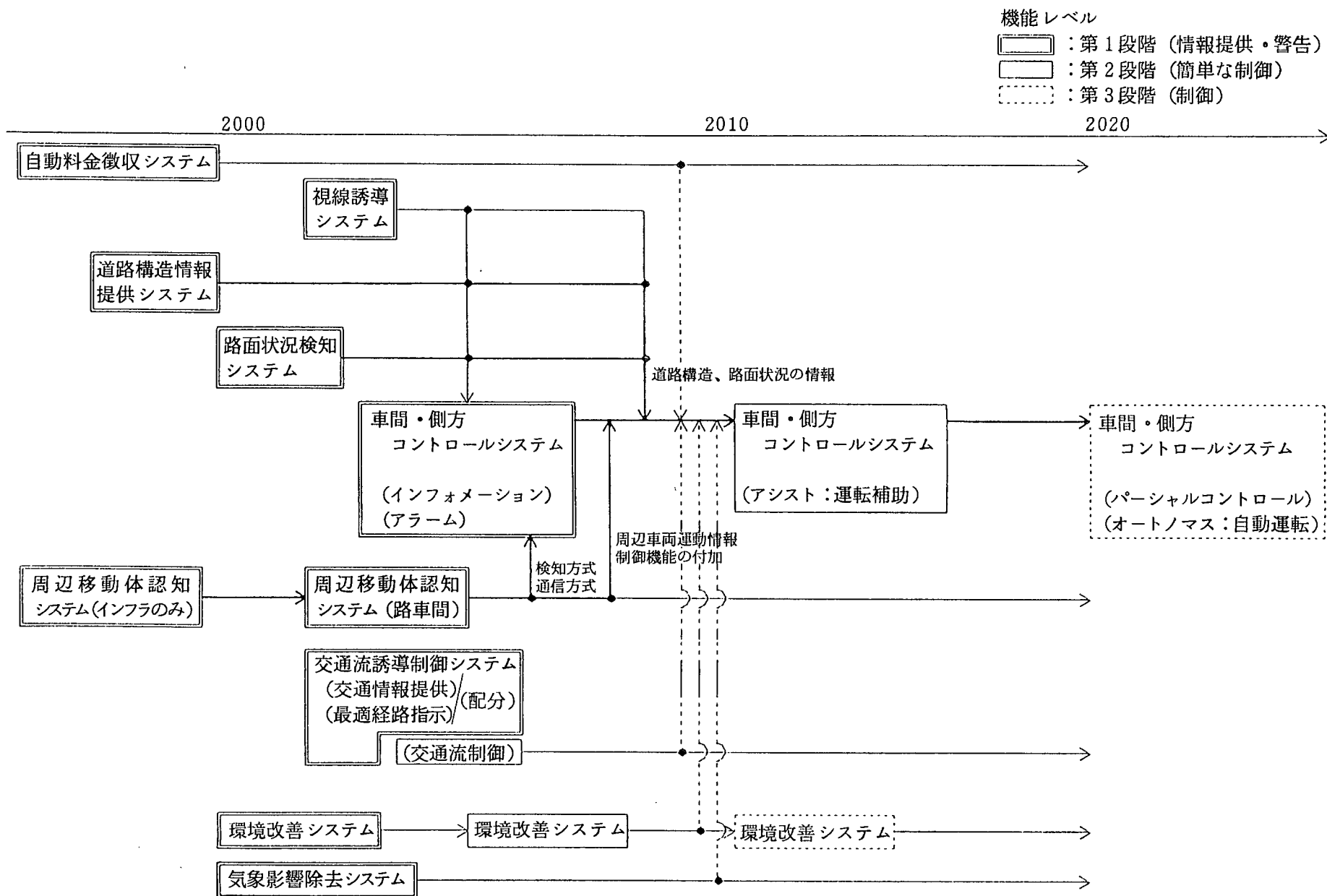


図 2-2-2 次世代道路交通システムの発展シナリオ

2. 3 検討対象システムの絞り込み

検討対象システムは、

(a)ニーズ面からの優先性

(b)技術的検討目標としての適性

に着目し、次の視点によって抽出した。

- ① 安全性や輸送効率の向上というニーズへの十分な対応が可能である。
- ② 他のシステムの要素技術を応用した総合的なシステムであり、技術開発上の重要性が高い。
- ③ 上記システムと同様にニーズへの十分な対応が可能であるとともに、技術開発項目が明確であり早期の実現が期待できる。

このうち①、②の視点より車間・側方コントロールシステムを、①、③の視点より周辺移動体認知システムを当面の検討対象システムとして取り上げた。

なお、①、③に該当する自動料金徴収システムは、技術的にかなり確立されている、視線誘導システム、道路構造情報提供システム、路面状況検知システムは、基本的機能、有効性は路車間情報システムの双方向機能の検証において証明されているため、検討対象から外した。

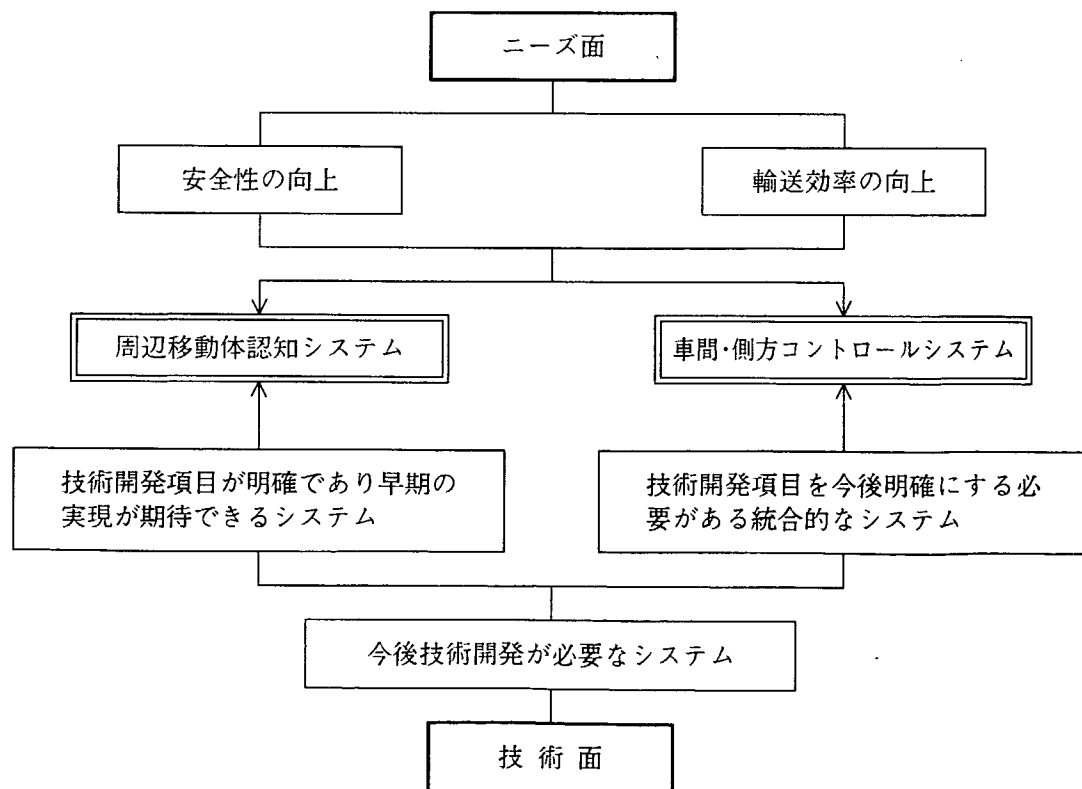


図2-3-1 検討対象システムの絞り込み

第3章 周辺移動体認知システム

第3章 周辺移動体認知システム

本章では、次世代道路交通システムの素案としてあげられた周辺移動体認知システム（路車間照明システム、ガイドライトシステムから成る。）について、システムの概要、構成要素と基幹技術を整理した。また、ここでまとめられたシステムのうち、ガイドライトシステムの単路部道路線形表示システム（対向車警戒システム）、交差部道路警戒システム（T字路）、霧中走行支援システムについては基礎的な実験結果も整理している。

3. 1 路車間照明システムの概要

1) システムの目的

路車間照明システムは、道路照明、車両照明（ヘッドライト）の総合制御を行い、

- (1) 他車両に幻惑を与えることなく夜間の視認性を向上することにより、夜間の事故を低減する。
- (2) 他車及び歩行者に照明が点灯することによって車両の接近を認知させる。
- (3) 夜間走行にて必要にして十分な視界を確保することにより、エネルギーを低減し、車両照明－道路照明トータルとしての経済性を向上させる。

ことを目的としている。

2) システムの導入イメージ

イメージの検討にあたっては、比較的交通量の少ない山間部の道路を念頭に置いている。ただし、将来的には高速道路への導入も考えるものとし、高速走行時の通信にも対応できるようにした。

(1) システムの基本的な機能

路車間照明システムは、路車間通信または車両検知装置を活用することにより、車両走行中の車両照明と道路照明の融合を図り、ドライバーにとって必要にして十分な範囲をカバーする照明システムである。

(2) システムの発展形態

路車間照明システムの発展形態として、

- ① 車両検知を画像処理装置を用い、制御コンピュータを用いて照明のON－OFFを行うシステム。
- ② 車両検知をRACS等による路車間通信で行い、制御コンピュータを用いて照明のON－OFFを行うシステム。
- ③ 車両検知をLCXを用いた路車間通信で行い、制御コンピュータを用いて照明のON－OFFを行うシステム。

といった3段階を考えた。それぞれのイメージを表3-1-1に示す。

表 3 - 1 - 1 路車間照明システムの発展イメージ

	ステップ 1 (初期型)	ステップ 2 (中間型)	ステップ 3 (発展型)
システム機能	・非市街地の局部または連続照明 ・車両の接近により道路照明をON-OFF	・非市街地の連続照明 ・路車間通信により道路照明をONN-OFF	・高速道路を含む主要道路の連続照明 ・路車間通信により道路照明と車両照明の配光制御(各車両に対する最適配光)
システムイメージ			
インフラ	・速度と位置を検出する車両センサ ・照明の点灯を制御するコンピュータ	・路車間通信 (自車の位置と速度)	・路車間通信(自車と周辺車両の位置と速度) ・瞬間点灯と配光制御が可能な照明灯
車両	なし	・路車間通信用車両側装置	・路車間通信用車両側装置 ・配光制御可能な前照灯

3) システムの構成要素と要素技術

(1) システムの基本構成

画像処理装置を用いた、システムの構成図を図3-1-1に示す。情報の流れは、画像処理装置により車両の接近を検知し、コンピュータにより照明のON-OFFの制御を行う。また、LCXを用いたシステムでは、路車間通信を行うことによって車両のヘッドライトと照明装置について配光制御を行う。この際、照明ON-OFFを行う段階から配光制御も合わせて行う段階になると、伝達する情報量が増大するため、大型の情報処理システムが必要となる。こうした通信システムの概念を図3-1-2,図3-1-3に示す。また、路車間照明システムで必要となる機器を表3-1-2に示す。

表 3 - 1 - 2 路車間照明システムに必要な機器

	情報通信系	マンマシンインターフェイス系
インフラ側	・車両検知装置 ・車速検知装置 ・路車間通信装置 (ビーコン、LCX等) ・照明パターン演算処理装置 ・照明制御装置	・ドライバー、歩行者等に 幻惑を与えない即時点灯 型照明装置
車 両 側	・路車間通信装置 ・照明制御装置	・情報提供装置システム 制御

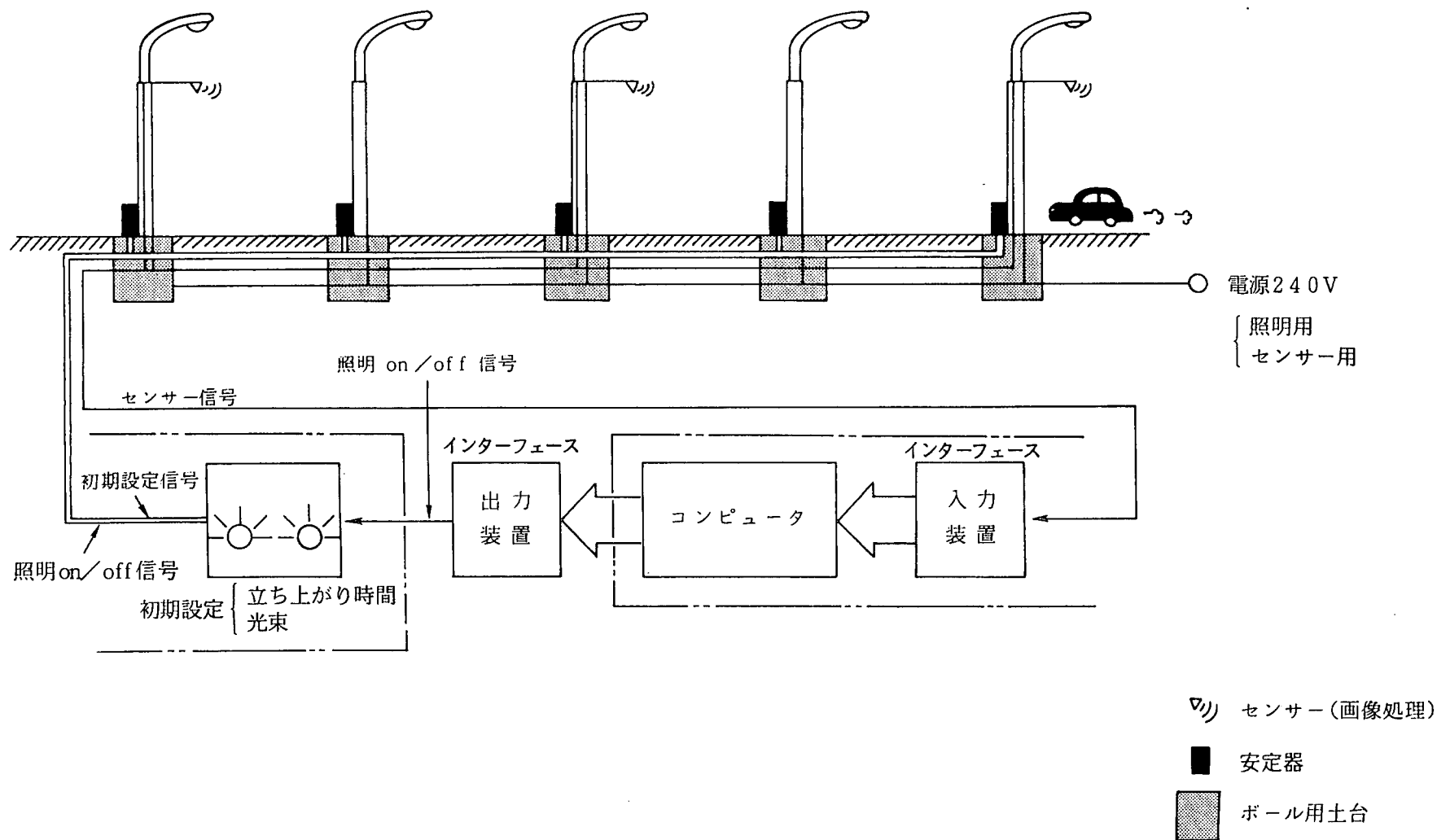
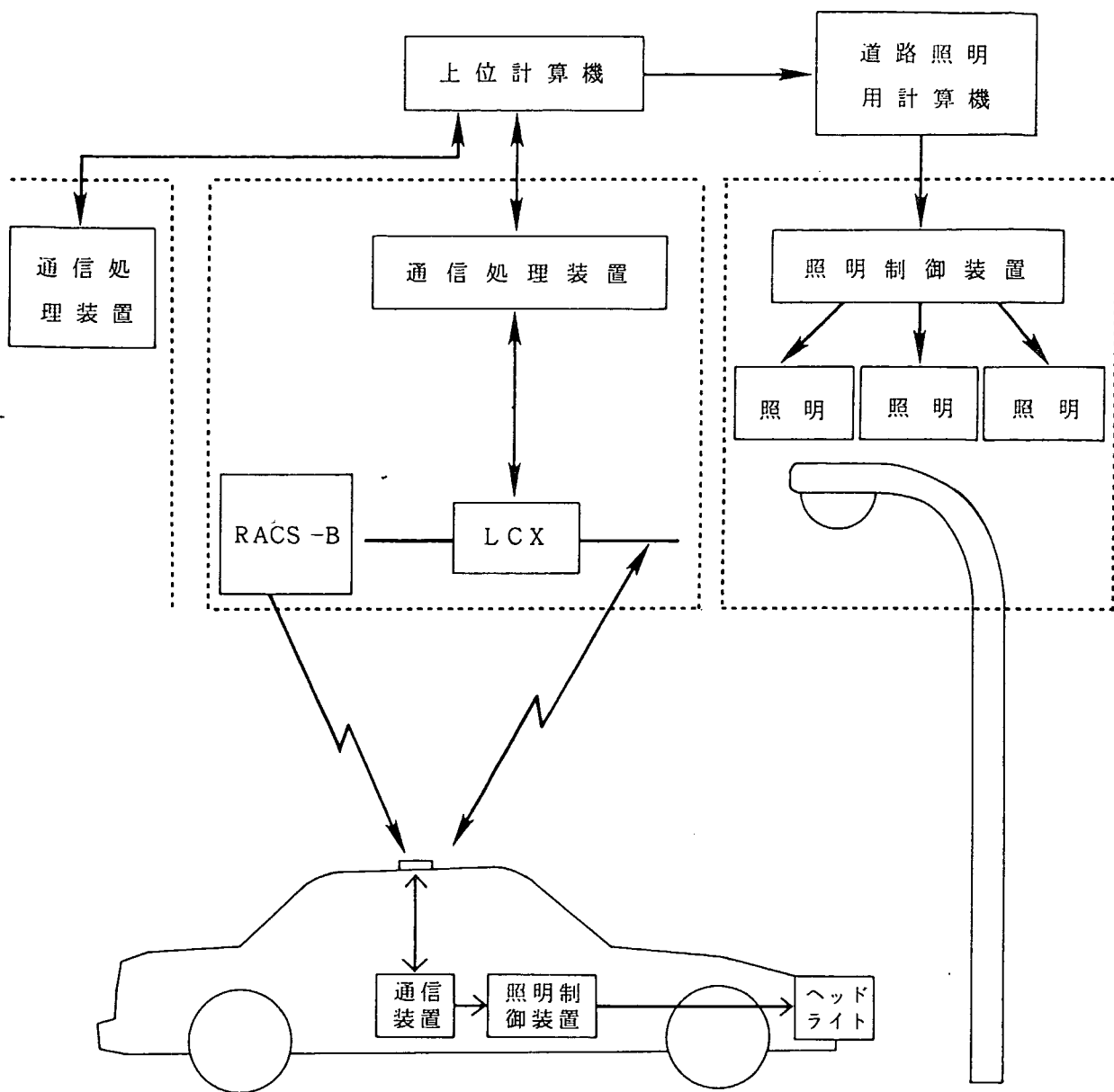


図 3-1-1 路車間照明システムブロック図 (画像処理装置を用いた初期型システム)



RACS-B：ビーコンを用いた路線間通信システム

LCX：大容量漏洩同軸ケーブル（連続的な路車間通信システムに利用）

図 3-1-2 路車間照明システムシステム概念図

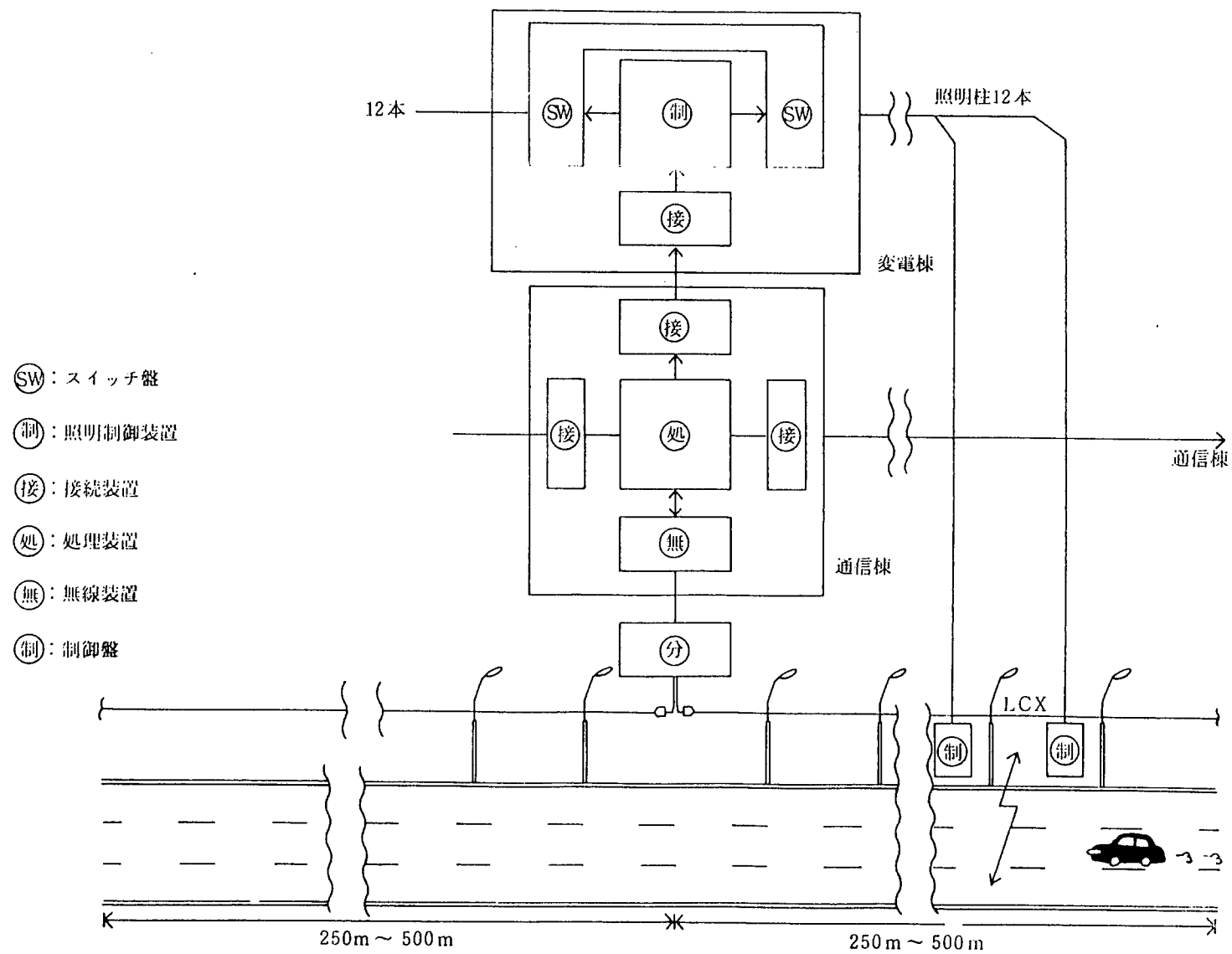


図3-1-3 LCXを用いたシステムでの制御系図

(2) 要素技術の整理

路車間照明システムに必要な要素技術としては、照明、位置検出、通信等が考えられ、主要なものを取り上げると以下のとおりとなる。

① 道路照明・車両照明の配光制御技術

ドライバーにとって最適な夜間視認性が得られる道路照明、車両照明の組み合わせ技術

- ・総合制御が路車間照明システムの基本となる。また、道路照明、車両照明の総合制御を前提とした各照明の配光パターンの検討も必要である。

② 車両の位置検出技術

走行車両位置を基準点として道路照明、車両照明の総合制御を行うため、車両の位置検出精度が悪ければ余裕を持った照明範囲が必要になる。効率を向上させるため、車両の位置検出精度の向上が必要である。

③ ON-OFF可能な高効率道路照明

既存の道路照明は、起動から完全に点灯するまでにかなりの時間を要するため、道路照明、車両照明の総合制御のためには、ON-OFF可能な高効率道路照明の開発が必要である。

④ 路車間通信技術

道路照明、車両照明の総合制御を行うため、車両の速度、進行方向（車両ID）等の情報を道路側に提供する路車間通信技術の開発が必要である。

(3) システム発展シナリオ

路車間照明システムの発展段階としては、局所的に導入して道路側のセンサーで車両を検知して照明のON-OFFを行う段階から路車間通信の導入による精度向上を図る段階、さらに主要道路への拡大を図る段階が考えられる。

表 3-1-3 路車間照明システムの発展シナリオ

段階(フェイズ)		1	2	3
機能		・交差点・カーブ路・横断歩道等の危険地点において、車両の存在により道路照明のON-OFFを行う	←+路車間通信による照明精度向上、車両照明の制御	・主要道路へのシステム拡大
要素技術	インフラ側	・車両検知装置 ・(車速検知装置)	・車両位置検出 ・路車間通信 車→路：車速、位置 路→車：車両照明、制御信号 ・道路照明制御	←
	車両側	・無し	・路車間通信 ・車両照明制御 ※ただし現状車両を混在化	←
満たされるニーズ		・危険地点における夜間安全の向上	← 精度向上	・道路走行における夜間安全の向上

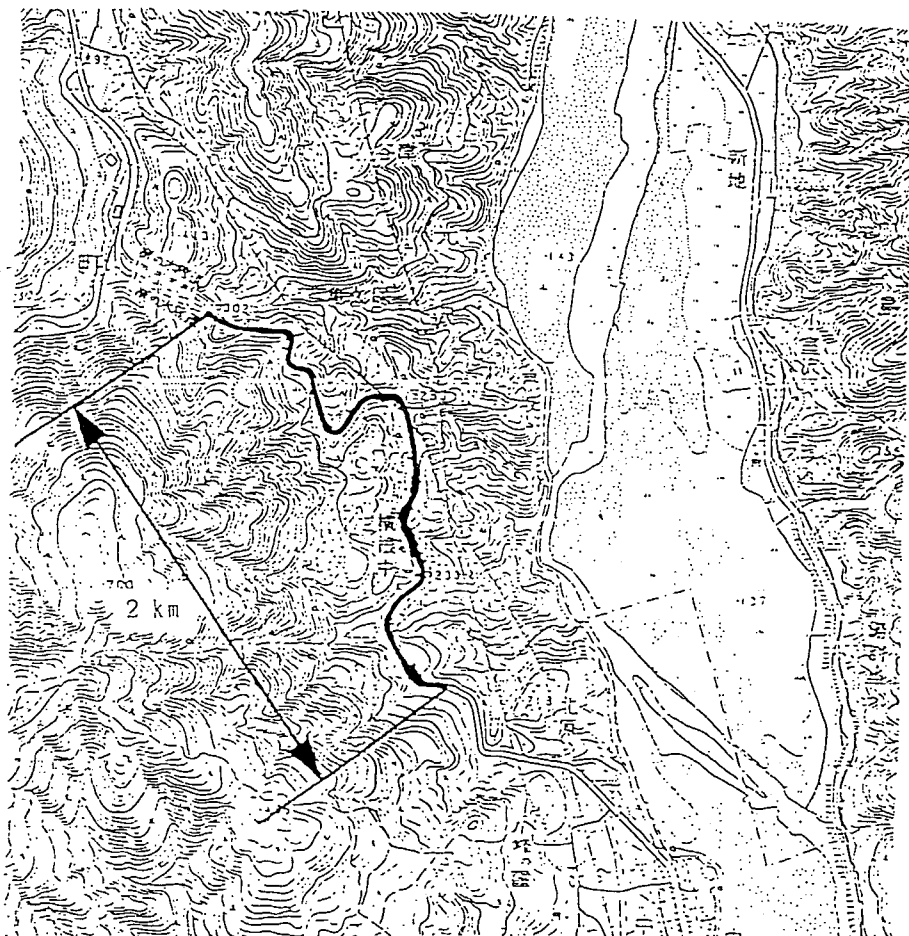
4) 路車間照明システムの社会的有効性

(1) 検討対象区間と検討項目

路車間照明システムは、現在、維持・管理費用や交通量の問題から、道路照明を導入するには至っていない道路に対して、常時ドライバーにとって道路照明がなされている状態を確保し安全性を向上することや、現在道路照明がなされているが、必ずしも常時照明する必要のない区間でのエネルギー消費量を節約することを可能にするシステムである。

路車間照明システムの社会的有効性の検討対象道路として、交通量が多くなく、かつ道路線形が悪い国道52号の起点から39km～41km (39kp～41kp区間、山梨県南巨摩郡南部町及び身延町) を取り上げる。

評価項目としては、照明設置による安全性の向上と電力使用量の減少による経済性の向上を取り上げる。



資料：国土地理院 1:25,000 地形図より作成

図 3 - 1 - 4 検討対象区間

(2) 安全性

① 検討フロー

路車間照明システムの導入による安全性に対する効果は以下のフローにしたがって検討する。

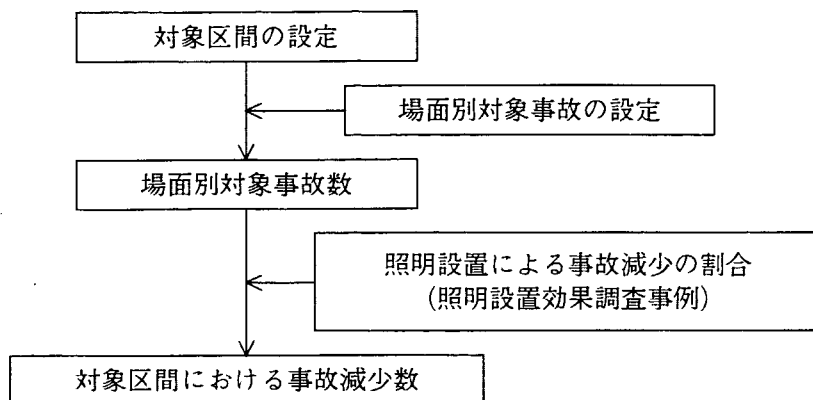


図 3 - 1 - 5 安全性に対する効果の検討フロー

② 対象事故

路車間照明システムの対象事故は、検討対象区間で夜間に発生した事故とする。国道52号の39kp～41kpの区間の1985年～1988年における夜間事故件数は、表 3- 1- 4のとおりである。

表 3 - 1 - 4 52号39kp～41kp区間の夜間事故件数

年 次	事 故 形 態	件 数
1 9 8 5	・すれ違い時	1
	・防護柵等衝突	2
1 9 8 6	・正面衝突（追越・追抜時以外）	2
	・防護柵等衝突	1
	・路外逸脱	2
	・転倒	1
	・その他車両相互	1
1 9 8 7	・すれ違い時	1
	・その他車両相互	1
	・その他工作物衝突	2
1 9 8 8	・防護柵等衝突	1
	・その他工作物衝突	3
計		1 7

資料：建設省事故データマスターファイルより作成

39kp～41kp区間の1年間あたりの事故発生率は、2km区間で4.3件、すなわち2.1件/kmである。

なお、昭和63年度道路交通センサスによると、対象区間の自動車類（乗用車類＋貨物車類）の走行台数は4,850台/日であり、対象区間の年間の走行台キロは、

$$4,850 \text{ 台/日} \times 2 \text{ km} \times 365 \text{ 日} = 354 \text{ 万台 km}$$

である。

したがって354万台kmあたり、4.2件の事故減少となる。ここで、昭和61年度の全国の事故発生状況を見ると1億台kmあたり約129件であるため、354万台kmあたり4.6件となる。これより、検討対象区間は、全国の平均的な事故発生頻度の区間であるといえる。

③ 事故減少数

道路照明の設置効果に関する既往の調査結果を用いて、対象区間の事故減少数を求める。

道路照明の効果に関する既往の調査事例を表3-1-5に示す。調査結果にはかなりばらつきがみられるが、概ね30%～60%程度と考えられるため、ここではこの値を照明設置効果による事故減少率として用いることとする。

表3-1-5 照明設置効果に関する調査事例

No.	内 容	文 献 名
A	事故件数：市街地 90 %、市街地外 55 % 死亡事故：市街地 60 %、市街地外 10 %に減少	「一般道路における交通事故の特性」 梶太郎；第27・28回交通工学講習テキスト
B	事故類型：人対車 20 %、車両相互 50 %に減少	「道路交通事故の分析と対策」 元田良孝；第43・44回交通工学講習会テキスト
C	照明施設の整備で事故は40%に減少 事故類型：人対車 30 %、車両単独 40 %に減少	「交通安全対策の効果分析に関する研究」 建設省土木研究所道路部
D	路面平均輝度・均斉度・グレア・誘導性が重要 湿潤路面は反射特性により照明効果が低い	「道路照明の所要条件」 井上猛；照明学会誌 昭和58年 第5号
E	フロリダで石油危機のため道路照明を消灯した ところ夜間事故は40%増加	「道路照明の交通事故に及ぼす効果」 荒井弘志；照明学会誌 昭和58年 第5号
F	イギリスで死亡事故50%、重軽傷事故70%に減少	「道路照明改善による安全への効果」 荒井弘志；自動車技術 vol. 38, No 5, 1984
G	名神高速にて晴曇の日45%、 雨雪の日70%に減少	「道路照明が夜間交通に及ぼす効果」 荒井弘志；高速道路と自動車 1986年6月
H	等間隔に照明を配備した為その中間横断歩道は 周囲より暗くなり事故が発生した	「改善の余地ある安全施設」 林広敏；道路 1988年9月
I	事故減少率の調査結果には、大きな幅がみられ るが総体的に言えば約30%とするのが妥当	「道路照明の社会的研究調査委員会報告」 照明学会誌 1989年第11号

資料：建設省道路局、土木研究所、技術研究会資料
「夜間の事故対策に関する調査研究」にIを追加

道路照明の設置によって夜間の交通事故の30%～60%程度が減少するものとする、対象区間である国道52号線39kp～41kpにおける年間事故減少率は、1.3件～2.6件となる。

(3) 経済性

① 検討フロー

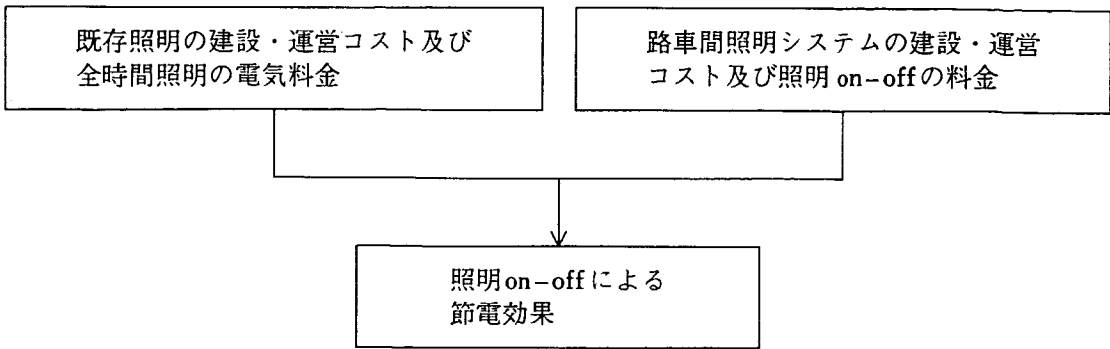


図 3 - 1 - 6 経済性の検討フロー

② 初期投資額

初期投資額には照明施設の設置費用と制御システムの構築費用が含まれる。照明等の取付間隔を40mとする2 kmの検討対象区間では片側設置の場合合計50基となる。照明施設の設置費用を、1基あたり60万円とすると、設置費用は、3,000万円となる。

一方、制御システム費については、制御システム素に必要な装置と単価、数量を画像処理方式とLCX方式に分けて、表3-1-6のとおりとする。

表 3 - 1 - 6 制御システム費

費 目	単 価	数 量	路車間照明システム	
			画像処理方式	LCX方式
・センサ（車両検知用画像処理装置）	500千円／式	20	10,000	
・制御コンピューター	2,000	1	2,000	
・LCXケーブル	5,000円／m	2,000m		10,000
・無線装置	2,000千円／式	2		4,000
・処理装置	5,500	2		11,000
・接続装置	1,000	8		8,000
・照明制御装置	3,500	2		7,000
・雑材料	1,000	2		2,000
・SW盤	5,000	2		10,000
・制御盤	200	48		9,600
合 計			12,000	61,000

注：検討対象区間（延長：2 km）についての値

③ 照明灯点灯率

路車間照明システムを導入すると、照明灯点灯時間が減少するが、どの程度減少するかを把握するため、検討対象区間の現地調査を行い、照明灯点灯率を求めた。

a) 交通量調査

対象区間付近の交通量が、国道52号の中で変化する地点があるかを検証するため、0 kp～46kpの区間における各kp付近の交通量を概算する。

i) 前提条件

調査における前提事項として、以下の項目を設定する。

- ・ 自車は、自車線のその時の流れの標準値で走行する。
- ・ 自車走行線の流速は、自車の車速とする。
- ・ その時間の対向車線の流速も、自車線の流速と同じとする。

ii) 交通量算出法

交通量の算出は、図3-1-7に示す方法によって行う。すなわち、(i-1) km～(i) km区間において、自車走行1 kmの間にすれ違った対向車の数を n とすると、(i-1) km～(i) km区間の車両台数は双方向合計で約 n 台となる。したがって、その地点での車速を v (km/h) とすると、1時間あたりの該地点の交通量は、

$$n \text{ (台} \times \text{km)} \times (v \text{ (km/h)}) = n v \text{ (台/h)}$$

である。

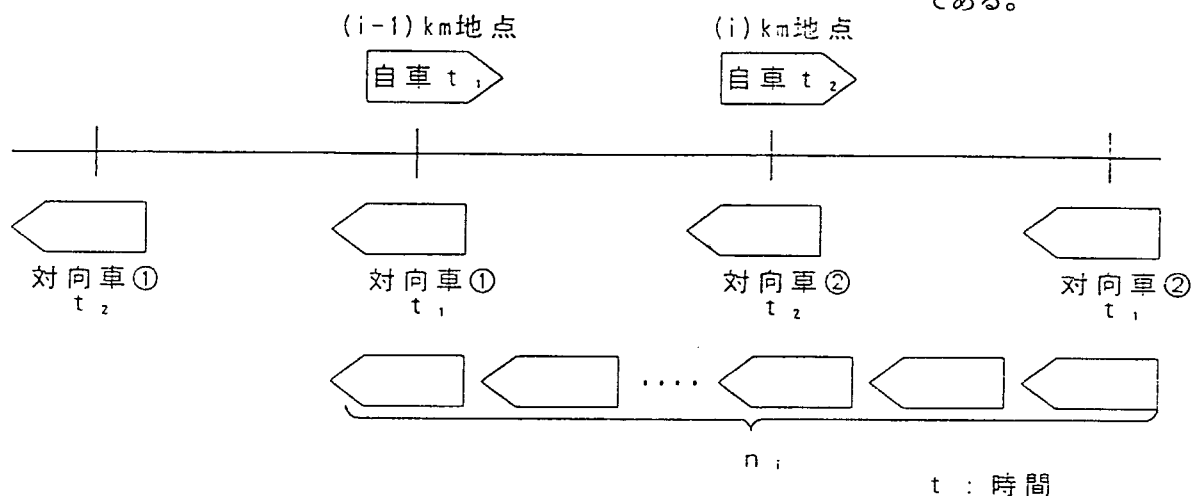


図3-1-7 交通量算出法

iii) 調査結果

交通量の測定を2回行い、0 kp～46kpの区間における平均車速を用いて算出した結果を図3-1-8及び図3-1-9に示す。

第1回目(0 kp出発時△12/11△21:30～46kp到着時△22:23△)

平均車速=54.6km

総平均台数=142(台) / 46 (km) × 54.6 (km/h)=169(台/h)

第2回目(3 kp出発時△12/11△23:18～46kp到着時△ 0:06△)

平均車速=53.8km/h

総平均台数=60 (台) / 43 (km) × 53.8 (km/h)=75 (台/h)

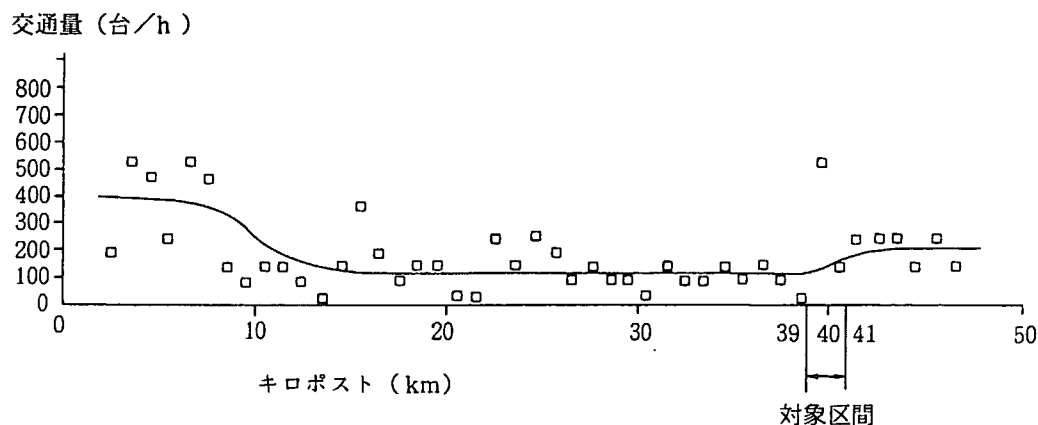


図 3 - 1 - 8 第 1 回目計測データ

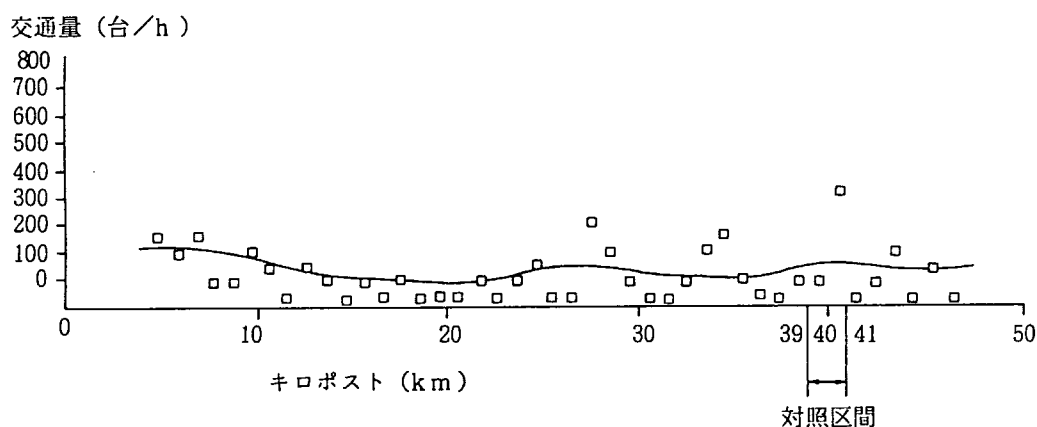


図 3 - 1 - 9 第 2 回目計測データ

交通量調査によると、国道52号の興津市街地付近では若干交通量が多めである傾向が認められるが、検討対象区間（39kp～41kp）を含む郊外においては、交通量は一定している。

b) 検討対象区間の照明灯点灯率

i) 実験条件

照明灯点灯率の調査地点を、国道52号の43kp付近とし、以下に示す日時に測定を行った。

- 12/ 3 17 : 30～18 : 30 (晴)
- 12/11 19 : 30～20 : 30 (雨)
- 23 : 00～1 : 00 (晴)
- 12/ 4 4 : 30～6 : 00 (晴)

ii)調査結果

測定結果に基づいて照明灯点灯率を求めると表3-1-7のとおりとなる。

ここで、北行とは甲府方面行、南行とは清水方面行をさす。また、車群とは単独走行しているもの、及びコンボイ状態で走行しているものと定義している。さらに、コンボイ車間時間とは、コンボイの先頭車が通過してから最後尾車が通過するまでの車間時間と定義している。なお、17:30～18:00の総交通量は、南行交通量未計測のため推定値としている。また、総交通量、照明灯点灯率の時間変化を図3-1-10及び図3-1-11に示す。

なお、照明灯点灯率は、単独走行車及びコンボイの先頭車が走行車速で7.5秒間^(*)走行する距離を先頭車の点灯距離と仮定し、照明灯はコンボイ走行する最終尾車が通過するまで点灯しているものとして、以下の式によって求めた。

(*) 安全に走行できる点灯距離を 視 距 + α とするために、
時速Vの 2×10^{-3} 倍、つまり 50km/h のとき 100m (視距は55m)、100km/h のとき 200m (同160m) とすると、

$$\frac{v \times 10^{-3} \times 2}{3600} = 7.2 \approx 7.5 \text{ 秒}$$

となり、あるポイントを通過するのに7.5秒かかることになる。

点灯時間 = (車群数 × 7.5 + コンボイ車間時間) × 総交通量 / 北行交通量

表 3 - 1 - 7 照明灯点灯率の算出

	交 通 量 (台)			車群数	コンボイ 車間時間 (sec)	照明時間 (sec)	点 灯 率 (%)
	北 行	南 行	総交通量				
17:30～18:00	75	—	(150)	36	147	834	46.3
18:00～18:30	69	75	144	39	95	809	44.9
19:30～20:00	34	45	79	21	40	459	25.5
20:00～20:30	26	42	68	23	22	509	28.3
23:00～23:30	24	21	45	18	26	302	16.8
23:30～24:00	34	21	55	24	49	370	20.6
0:00～ 0:30	29	20	49	22	23	318	17.6
0:30～ 1:00	29	20	49	23	20	325	18.1
4:30～ 5:00	45	42	87	32	55	570	31.7
5:00～ 5:30	49	60	109	33	41	642	35.6
5:30～ 6:00	48	40	88	32	63	556	30.9
					全 体	5694	28.8

総交通量 (台/30分)

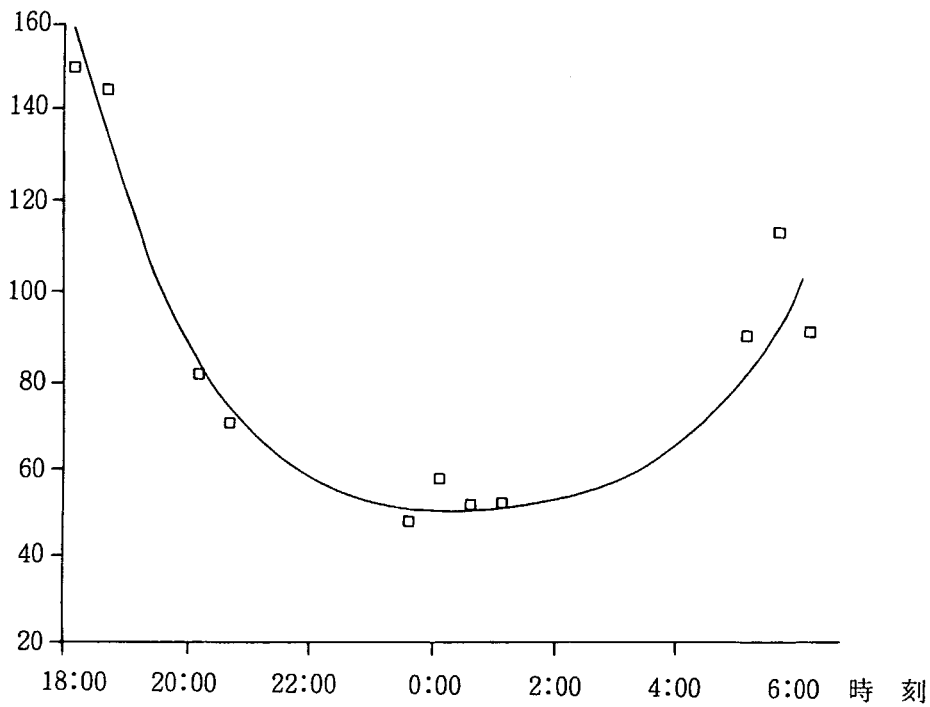


図 3 - 1 - 10 総交通量時間変化

照明点灯率 (%)

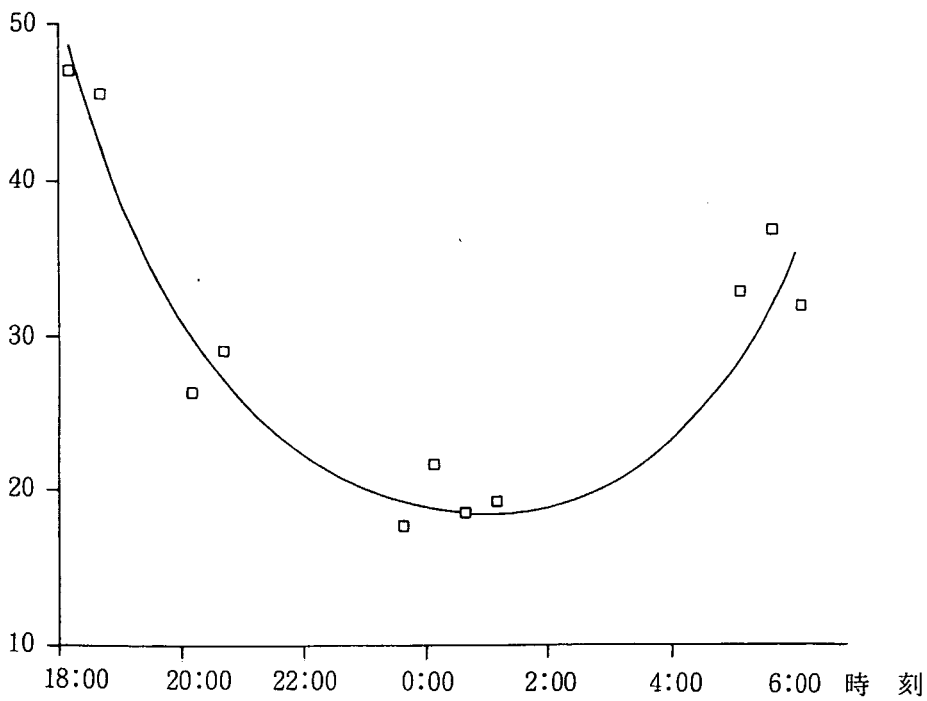


図 3 - 1 - 11 照明点灯率時間変化

以上より、検討対象区間の照明灯の点灯率は、全体で 1 / 3 程度であると考えられる。

④ 保守費

a) 現行設備の保守費

保守費は、ランプ交換費用と、点検・清掃費に分けて考える。

年間のランプ点灯時間を $4,000\text{hr}^{(*1)}$ 、ランプの寿命を $12,000\text{hr}^{(*2)}$ とすると、一年あたりのランプ交換数は、

$$4,000\text{hr} / 12,000\text{hr} \times 50\text{基} = 16.7\text{個}$$

となる。ランプの交換費用は、ランプ価格を1基あたり $19,000\text{円}^{(*2)}$ 、交換作業費を1基あたり $15,000\text{円}^{(*2)}$ とすると、

$$16.7 \times (19,000 + 15,000) = 568,000\text{円}$$

となる。一方、点検・清掃費は、1基あたりの作業費を $10,000\text{円}^{(*2)}$ とすると、

$$50\text{基} \times 16,000 = 500,000$$

となる。したがって、保守費の合計は、

$$568,000\text{円} + 500,000\text{円} = 1,368,000\text{円}$$

となり、年間で約140万円となる。

(※1) 「道路照明は社会にどのように貢献するか(照明学会)」によると、「年間の夜の合計は3882時間26分であり、これを参考に年間の点灯時間を4000時間とする」とある。

(※2) 上記と同様の文献による。

b) 路車間照明システムの保守費

ランプ交換数は、ランプ点灯時間が $1/3$ になることによって

$$4,000\text{hr} \times (1/3) = 1,333\text{hr}$$

となる。また、点滅によるランプ寿命の短縮を考慮し、寿命が短くなる割合を $0.5^{(*3)}$ とすると、

ランプの交換数 = 年間点灯時間 × 配置数 / (ランプの寿命時間 × 幻)

幻：点滅により寿命が短くなる割合

$$1,333\text{hr} \times 50\text{基} / (12,000\text{hr} \times 0.5) = 11.1\text{個}$$

ランプの寿命

となる。また、ランプの交換費用は、

$$11.1 \times (19,000 + 15,000) = 377,000\text{円}$$

である。一方、点検・清掃費は現行の保守費と同様であり、

$$50\text{基} \times 16,000\text{円} = 800,000\text{円}$$

である。ここで、制御システム点検等の費用は現行照明より上昇する。

ことが予想され、その比率を20%とすると、960,000円となる。

したがって、保守費の合計は、

$$377,000\text{円} + 960,000\text{円} = 1,337,000\text{円}$$

(※3) 現在の放電灯は点滅を繰り返すと寿命が短くなることが知られており、将来的に、長寿命のランプが開発されると、0.5程度まで引き上げることができるであろうという予測。

となり、年間では約140万円となる。

路車間照明システムの保守費を現行の照明と比較すると、上記のようにほぼ同様になる。すなわち、従来の照明では、ランプ交換費用、点検・清掃費を合わせた年間保守費は140万円程度である。一方、路車間照明システムでの保守費についても点灯時間の短縮によりランプ交換費用は従来型より減少するが、制御システムの点検費用が20%程度増加すると考えると、従来型と同程度の140万円となる。

表 3 - 1 - 8 保守費の比較（年間）

費 用	単 価 数 量	現 状 の 照 明		路面間照明システム	
		数 量	費用（千円）	数 量	費用（千円）
ランプ交換費用	19,000 円／基	16.7	317	11.1	
交換作業費	15,000 円／基	16.7	251	11.1	166
点検・清掃費	16,000 円／基	50			
	19,200 円／基			50	960
保守費合計		1,368		1,337	

⑤ 電力費

電力費は従量料金と基本料金に分けられる。

照明50基で現状のように点灯（点灯時間4000hr）とすると、従量料金133万円＋基本料金7万円であり、年間電力費は140万円となる。

一方、路車間照明システムの導入によって、(3)で検討したとおり点灯時間を1／3にできたとすると、従量料金44万円＋基本料金7万円であり、年間電力費は51万円となる。

(*)「道路照明は社会にどのように貢献するか（照明学会）」によると、電力9社の電気料金の平均値は、

基本料金 1 KVA 271 円／月

従量料金 1 KWH 16.47 円

50 基 × 4,000 h × 16.5 円 × 0.4 KW + 50 基 × 271 円 × 0.445 KVA × 12 カ月

≒ 133 万円 + 7 万円

⑥ 建設コストと運用コストの比較

路車間照明システムの節電効果を把握するため路車間照明システムの画像処理方式及びLCX方式と現状の照明の初期投資額、保守費、電力費を比較したものを表3-1-9に示す。

表 3 - 1 - 9 費用比較

費 目	単 価	数 量	路車間照明システム (千円)		現状の照明 (千円)
			画像処理方式	L C X 方式	
〔初期投資〕				3	30,000
照明システム費	600 千円	50	30,000	30,000	
制御システム費			12,000	61,600	
・センサ (車両 検知用画像処 理装置)	500 千円/式	20	10,000		
・制御 コンピュータ	2,000	1	2,000		
・L C X ケーブル	5,000 円/m	2,000 m		10,000	
・無線装置 *	2,000 千円/式	2		4,000	
・処理装置 *	5,500	2		11,000	
・接続装置 *	1,000	8		8,000	
・照明制御 装置	3,500	2		7,000	
	1,000	2		2,000	
・雑材料 *	5,000	2		10,000	
・S W 盤	200	48		9,600	
・制御盤					
合 計			42,000	91,600	30,000
保守費 (年間)			1,400	1,400	1,400
電力費 (年間)			510	510	1,400

注①検討対象区間 (延長: 2 km) についての値

② * は、他のシステムでも利用できるもの

③ 上記の他に工事費が必要となるが、ここでは省略する。

現状の照明システム (全線照明の場合) と比較した場合、路車間照明システムの制御システム費の増加による建設コストの増加分は、画像処理方式では1,200万円、L C X 方式では6,160万円である。

一方、路車間照明システムでの照明灯点灯率の減少にともなう電力費の減分は、89分円である。

したがって制御システム費の増加を電力費の減少で補うことは、画像処理方式を用いると、13.5年で可能となる。なお、L C X 方式の場合は69.2年となるが、実際は、L C X を用いたシステムではL C X 及び関連制御系について他のシステムとの共用が可能であるため、トータルの費用としては割安になる。

なお、路車間照明システムをエネルギーの節約という観点でみると、1 / 3 の夜間電力使用量で全線照明と同じ効果が得られるということがいえる。

(4) まとめ

路車間照明システムの適用可能道路としては、道路線形が悪く見通しの悪い道路、交通量が余り多くなく、常時照明する必要のない亜幹線道路等が考えられる。また、将来のLCX等を使ったシステムについては、高速道路や幹線道路にも適用可能である。

路車間照明システムを導入した場合は、全線照明と同じ効果が得られることにより現在夜間に起こっている事故の30～60%程度が解消されるため、安全性の向上に寄与するところが多い。また、経済性についても、照明のON-OFFのために、電力消費量が1/3に抑えられ、かつセンサーとして画像処理装置を用いた方式では、13.5年程度以上経過すると現行システムで照明を行う場合よりも、コストも低く抑えることが可能となる。

一方、LCXを用いた方式では、路車間照明システム単独では建設コストが割高になるが、この方式を用いる場合は、LCXを利用した他のシステムも導入可能であり、路車間照明システム単体としての費用は割安になる。したがって、LCXを利用した複数のシステムの中の一つとして整備すれば有効なものとなる。

なお、費用の検討をさらに詳細に行うためには、システム構築費に対する利子を考慮して、投資限度額を求める必要がある。

3. 2 ガイトライトシステムの概要

1) システムの目的

ガイドライトシステムは、ドライバーの安全性の向上及び輸送効率の向上を図るため、

- ① 見通し不良区間において道路構造（道路線形）に関する情報を提供する。
- ② 見通し不良区間において道路状況（対向車）に関する情報を提供する。
- ③ 気象による視界不良区間において視認性の向上を図る。

ことを目的としている。

2) システムの導入イメージ

1) で示した目的に沿って各ガイドライトシステムのイメージ作成を行った。結果を以下に示す。

表3-2-1 システムの機能整理

システム名	目 的	適 用 場 所	適用場面	表示情報の内容
単路部道路線形表示システム	単路部において、道路線形や対向車の接近を知らせる。	・山間部や都市部などにおける見通しの悪いカーブやサグ部 ・事故が多発しているカーブやサグ部 ・速度の出やすい直線の後のカーブ ・トンネル内の湾曲部 ・見通しの悪い分流部	・常時	・道路線形（カーブ、サグ部、分流部） ・対向車の接近（自車の接近を他車に知らせることも含む。） ・カーブ進入への危険速度の警告（色、光量によるフラッシングパターンの変化で警告する。）
交差部道路警戒システム	交差部において他車の接近を知らせる。	・信号がなく見通しの悪い十字路、T字路、Y字路や分合流部 ・事故の多い十字路、T字路、Y字路や分合流部 ・高速道路の本線と加速車線の合流部	・常時	・検知対象車両の接近（方向、速度、位置）
進路表示システム	見えにくい車両や歩行者の接近を知らせるとともに、進路の誘導を行う。	・交通量が多く、事故の多い交差点 ・見通しが悪い交差点 （・救急病院付近） （・緊急車両発進地付近）	・常時	・対向車の車種（自動車、バイク等）とその接近（進行方向、速度、交差点への接近具合） ・進路ガイド（右折可能や右折禁止のタイミングを表示） （・緊急車両の接近と待機位置への進路ガイド）
霧中走行支援システム	霧による見通し不良区間において、運転の支援を行う。	・霧が多発する区間 ・霧による交通規制が社会的に大きな影響を与える区間	・視界不良な霧発生時（雨や雪による視界不良時も含む）	・道路線形 ・安全車両間隔 ・前方走行車両の存在（自車の存在も含む）

(1) 各システムの概要

① 単路部道路線形表示システム

a) 道路線形表示システム

<目的>

見通し不良区間において道路線形を表示することにより，脱輪，センターラインオーバー，付物衝突事故を防止する。

<適用場所（場面）>

- ・夜間においてカーブのRが分かりづらい箇所
- ・単路部見通し不良区間
- ・山間部のカーブ
- ・気象状況により見通しが不良になった時

<イメージ図>

線形に沿って車両の進行方向と同方向にフラッシング（車両進行時のみ，フラッシング速度可変）

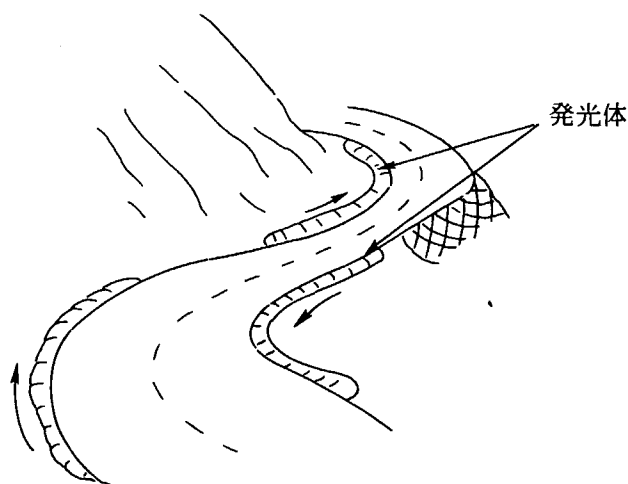


図 3-2-1 道路線形表示システム

<課題>

- ・視程不良に影響を受けない発光体の表示，埋設方法等の検討が必要である。
- ・表示に関しては，可変フラッシングがよいか，固定フラッシングがよいか効果の検証が必要である。
- ・普及のポイントとしては，路面工事なしで設置可能なシステムとして構築することが必要である。

b)対向車警戒システム

<目的>

見通し不良区間や道幅が狭い箇所において、対向車との追突を防止することを目的としている。

<適用場所（場面）>

- ・ 単路部見通し不良区間
- ・ 山間部のカーブ
- ・ 道幅の狭いカーブ
- ・ 気象状況により見通しが不良になった時

<イメージ図>

- ・ 対向車の接近をフラッシングによって伝達
- ・ 車両検知センサー照明制御演算装置

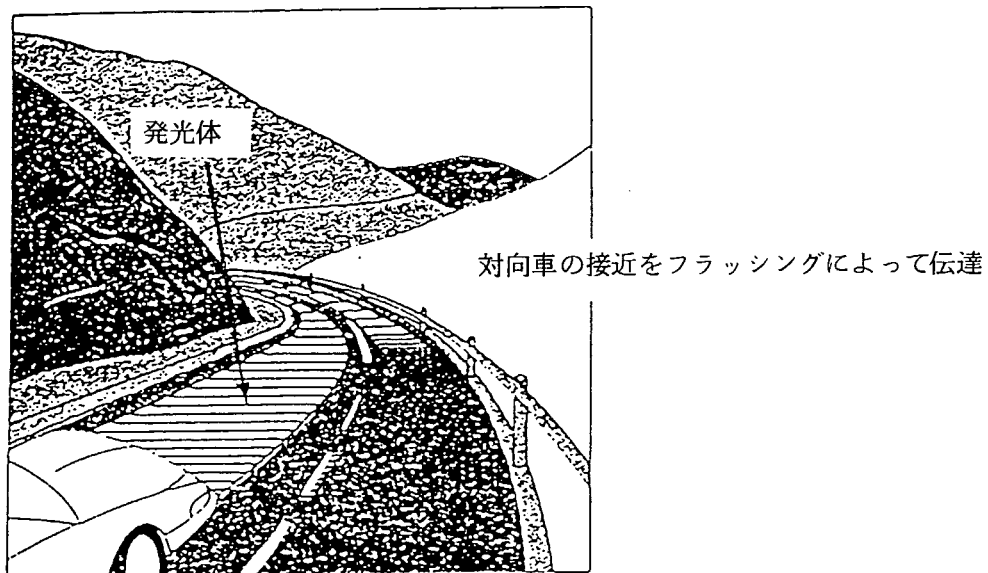


図 3 - 2 - 2 対向車警戒システム

<課題>

路面発光では、雪のとき見えなくなるので、気象などの外的要因に応じて発光体の設置場所を変えるべきである。

② 交差部道路警戒システム

a) 合流部ガイダンスシステム

<目的>

合流地点において、合流する路線における他車の接近を知らせることにより、合流地点での接触事故を防止することを目的としている。

<適用場所（場面）>

- ・ 高速道路の見通しの悪い合流部
- ・ 交通量の多い道路の合流部
- ・ 合流渋滞箇所

<イメージ図>

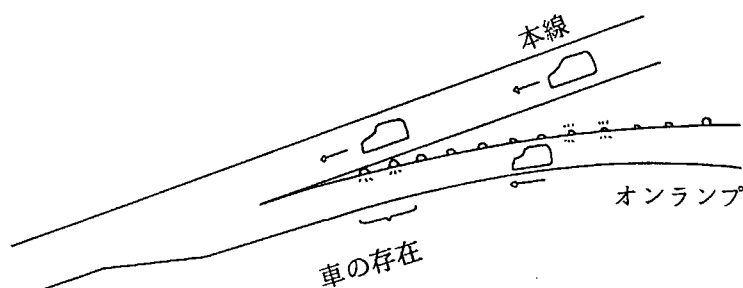


図 3 - 2 - 3 合流部ガイダンスシステム

<課題>

- ・ 合流部付近での比較的広範囲の全車両の位置、速度のデータが必要である。
- ・ 本線車両への警告もし、トータルで制御する必要がある。

b)道路警戒システム

<目的>

T字路等の見通し不良箇所において、他車両の接近を知らせることにより、接触、衝突事故を防止することを目的としている。

<適用場所（場面）>

- ・見通し不良なT字路やY字路

<イメージ図>

接近する車両の速度に応じてフラッシングする速度を変える。危険な場合は色も変える。

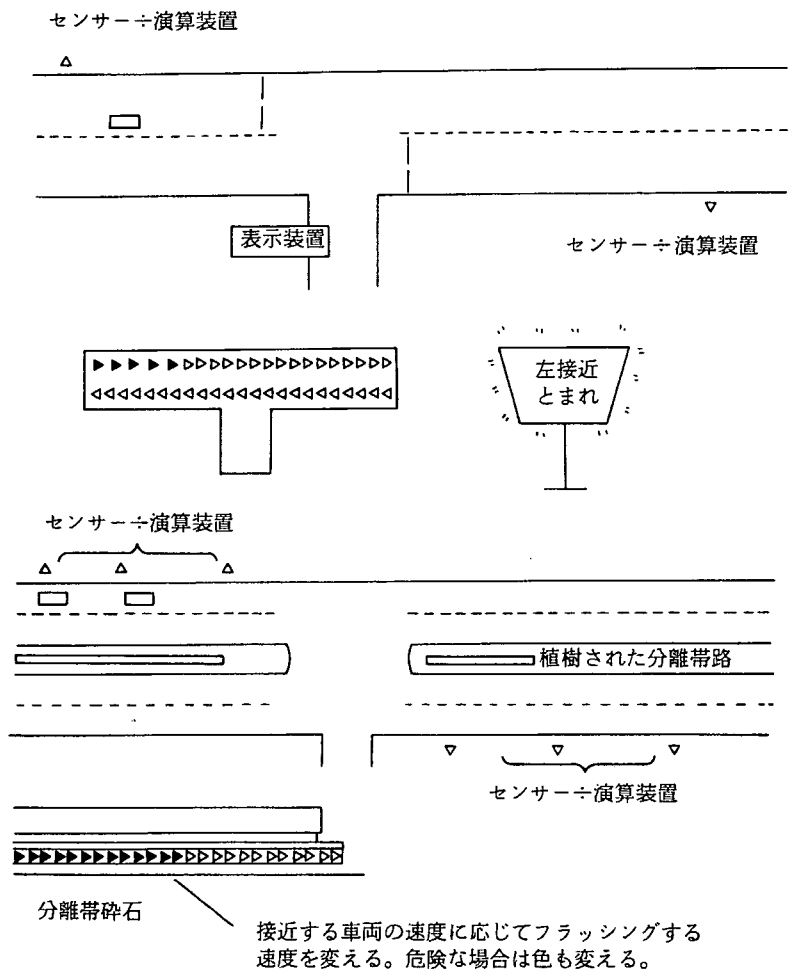


図 3 - 2 - 4 道路警戒システム

<課題>

- ・交差点近傍の全ての自動車，二輪車，人等の交通量について位置，速度を計測する必要がある。
- ・代替となる信号機との位置づけを検討すべきである。（コスト比較のため，優先道路の交通量の把握が必要）

③ 道路表示システム

a)道路誘導システム

<目的>

交差点における他車両、オートバイ、歩行者等の接近を知らせることにより、交差点での接触、衝突事故の防止を図ることを目的としている。

<適用場所（場面）>

- ・見通し不良な交差点

<イメージ図>

システム③（交差点部、他車、オートバイ、歩行者等相互の接近の検知伝達）

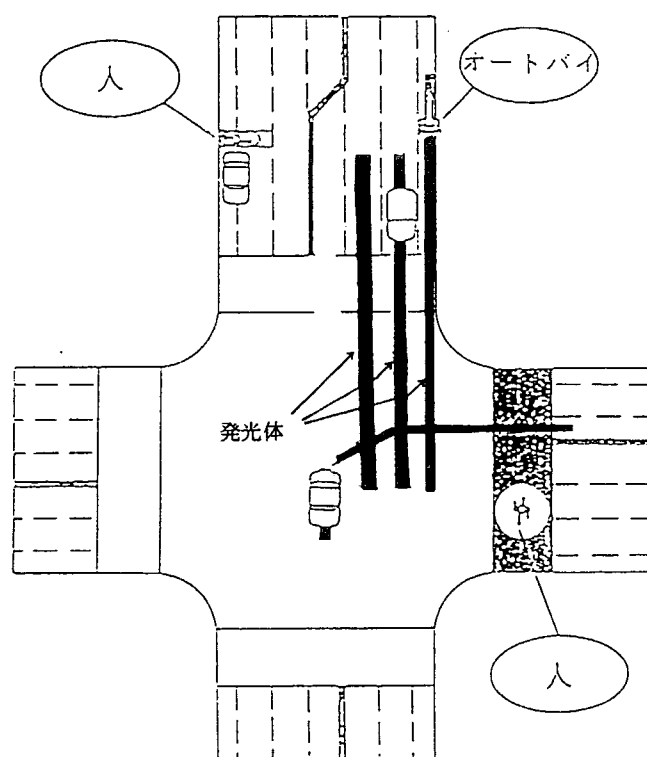


図 3 - 2 - 5 進路誘導システム

<課題>

- ・交差点部における自動車、二輪車、人等の全ての位置、速度データの計測が必要である。
- ・進路誘導の優先順位いかんによっては、交通渋滞を引き起こす可能性がある。
- ・信号機との連動が必要かどうか検討すべきである。

b) 緊急車両誘導システム

<目的>

緊急車両の接近を周辺の交通に知らせることにより、緊急車両が円滑に進行できるようにすることを目的としている。

<適用場所（場面）>

- 交通量が多い区間
- 道幅が狭い区間
- 交差点
- 救急病院付近の道路

<イメージ図>

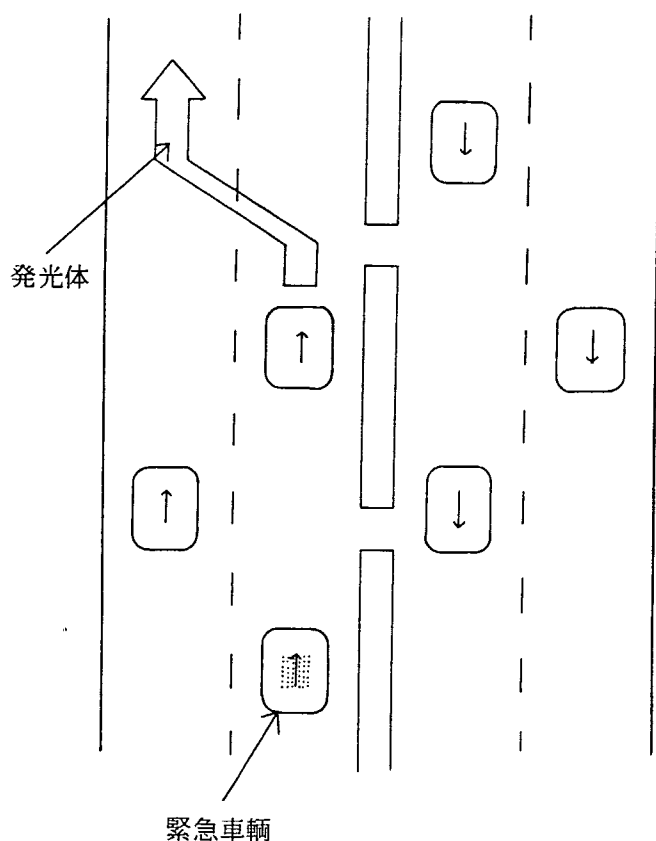


図 3 - 2 - 6 緊急車両誘導システム

<課題>

- 緊急車両の進路があらかじめ決められている必要がある。
- 渋滞時にはどのような対処をすればよいか。

④ 霧中走行支援システム

a) 霧中对物衝突防止システム

<目的>

霧による視界不良時において、LOWビームでは見えない、一定距離前方の状況を照明により確認しやすいようにし、障害物への衝突を防止することを目的としている。

<適用場所（場面）>

- ・霧，降雪等による視界不良区間

<イメージ図>

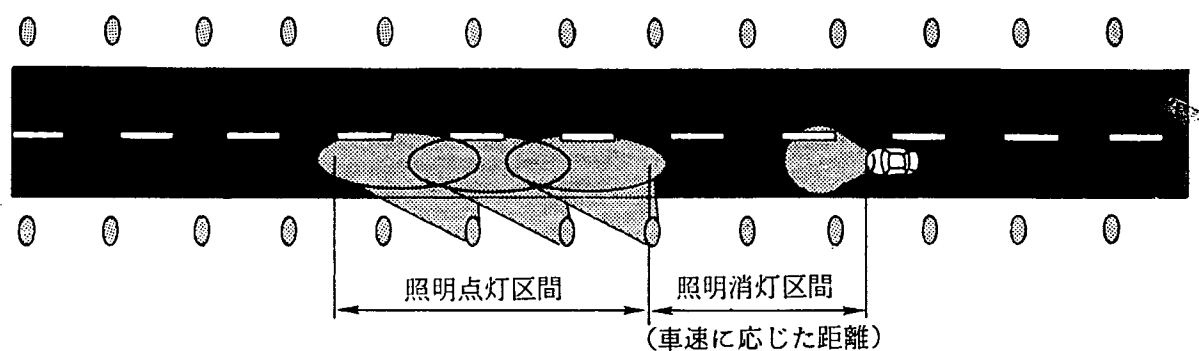


図 3 - 2 - 7 霧中对物衝突防止システム

<課題>

- ・障害物が静止しているため、照明のタイミングは、障害物に対して進行してくる車両のデータを検知すればよい。
- ・照明範囲も障害物のみで済む。

a)霧中追突防止システム

<目的>

霧による視界不良時において、前方車後方を明るくすることにより、前方車の存在をドライバーに認識させ、前方車への衝突を防止することを目的としている。

<適用場所（場面）>

- ・霧，降雪による視界不良区間

<イメージ図>

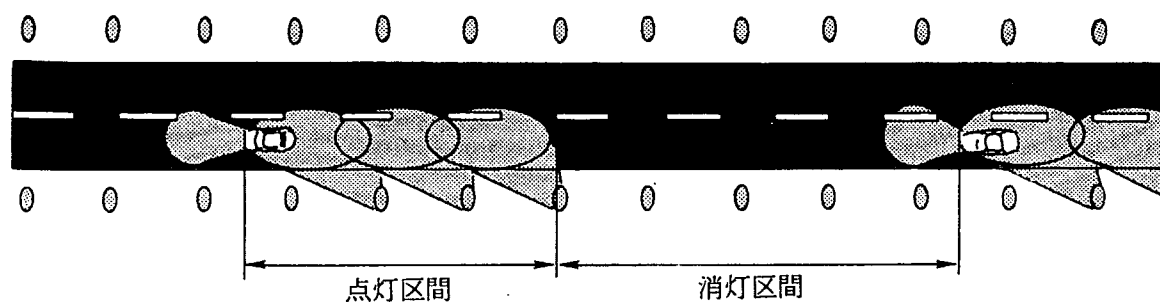


図 3 - 2 - 8 霧中追突防止システム

<課題>

- ・障害物が動いているため、障害物とそれに対して進行している車両の双方のデータが必要となる。
- ・照明範囲は、障害物と車両の間すべてか一部か検討を要する。

c)霧中安全車間確保システム

<目的>

霧による視界不良時において、前方車との間に進入禁止灯を点灯することにより、安全な車間を確保し、前方車との衝突事故を防止することを目的としている。

<適用場所（場面）>

- ・霧、降雪等による視界不良区間

<イメージ図>

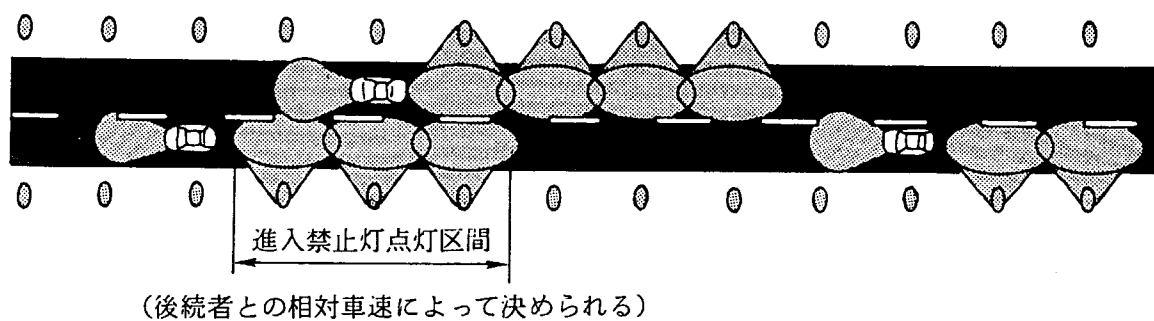


図 3 - 2 - 9 霧中安全車間確保システム

<課題>

- ・車両の相互のデータが必要となる。
- ・接近した時は全て点灯となるのか。

3) システムの構成要素と要素技術

(1) システムの基本構成

本システムの基本構成は、図3-2-10に示すようになる。

車両周辺状況の認知については、対象となるエリア内の車両およびオートバイ、歩行者等の位置や速度の検知を行う。表示系の制御については、検知されたデータを解析することにより、ドライバーへ提供する情報へと加工し、それを表示器へと伝える機能を果たす。表示器については、自発光式の発光体、照明灯、表示盤等の機器を示す。またこれらの構成要素は、様々な通信方式により接続されており、図3-2-10の矢印の方向に情報が流れていることになる。

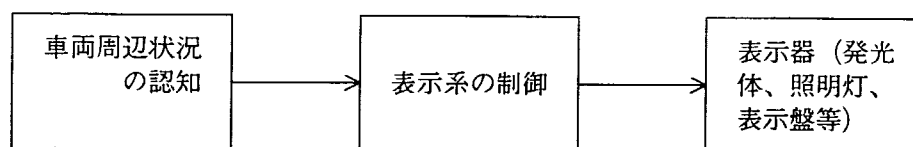


図3-2-10 システムの基本構成

(2) 要素技術の整理

周辺移動体認知システムの概要をもとにまとめた要素技術をもとに、ここではさらにそれらを具体的に掘り下げることとする。

① 検知技術

検知技術は、観測対象により方式が異なり、さらにその方式を実現する機器も異なる。以下では、検知に係わる技術の長所・短所をまとめるとともに、それらの施工性、信頼性、保守性、コスト等の面から評価した結果を表3-2-2に示す。

表 3-2-2 検知に関する要素技術（その1）

要素技術	観測項目	方 式	機 器	特 徴		備 考
				長 所	短 所	
交通状況の検知	・車両速度 ・車両	ドップラ効果	・超音波ドップラ式速度検知器	・特に高速時に速度計測精度が高い ・超音波利用するため、無線免許不要	・停止車両の感知ができない ・渋滞時の分解能は期待できない	
		ドップラ効果	・マイクロ波ドップラ式速度検知器	・特に高速時に速度計測精度が高い ・降水による影響を受けない	・停止車両の感知ができない ・無線免許が必要 ・渋滞時の分解能は期待できない	
	・車両速度 ・車間 ・渋滞 ・停止車 ・車両位置 ・歩行者等	監視TVカメラ	画像処理処理装置	・画面に交通流をとらえることが可能 ・車種等の詳細な情報が得られる	・視界不良時には赤外カメラ等の援用が必要 ・情報が多くなる程高速の計算機が必要	
	・歩行者		ポケット発信			
	・車両速度 ・車間		ミリ波レーダ レーザレーダ			
	・緊急車両	超音波／赤外線／微弱電波	発信器	・多くの情報が確実に伝達できる	・インフラの整備が必要	
環境状況の検知	・濃霧	透過光測定方式	V I 計	・光学系の汚れの影響を自動補正する ・保守点検が容易 ・小電力 ・雨は検知しない	・投・受光器の設置に一定の距離が必要	
		後方散乱光測定方式	B S 型視程計	・投受光器が同一場所にあり、設置に長い距離が不要である ・雨は検知しない	・感度が 200 m 前方まであるので観測方向に障害物がない場所に設置が必要 ・視程障害原因が分からない	
		・測温抵抗式（ジェルター式） ・プロベラ式	・気温計 ・露点温度計 ・風光風速計	・発生条件の検知方式であり予測的要素をもつ	・発生条件が揃っても必ず発生するとは限らない ・霧の濃度を検知することはできない	
	・濃霧 ・降霜 ・降雨	・後方散乱光測定方式	光レーダ方式 雨雪識別センサー	・投受光器が同一場所にあり、感知距離は 50 m 程度のため設置が容易 ・霧・雪・雨を識別でき、視程障害原因別の障害度合いが測定できる ・光学系の汚れの影響を自動補正する	・ミゾレは雨または雪として識別される	

表 3 - 2 - 2 検知に関する要素技術 (その2)

要 素 技 術	観 測 対 象	方 式	機 器	特 徴					技術的達成度	備 考
				施 工 性	信 頼 性	保 守 性	コ ス ト	そ の 他		
交通状況の検知	車両存在検知 車両速度 車両計画 車種検地 など総合的な 交通状況計画	監視TVカメラ	画像処理計画 (高俯角監視) ・TVカメラ ・画像処理装置	中 ・監視カメラを併用 ・路面工事不要	高	高 (定期点検、カメラの清掃は必要)	高	・低俯角に比べて監視領域は狭いが車両分解能は上がる。 ・数ルクス程度の夜間照明が必要。(ランプ非点灯車の場合)	実用化済 (黎明期)	交通管制用 事故検知、防災等 ・事故検出等に有効 ・歩行車検知への応用 ・山間部等無照明区間での赤外線カメラの利用 ・赤外線カメラの場合には、火災検知、煙中の状況監視も必要。
			画像処理計画 (低俯角監視) ・TVカメラ ・画像処理装置	中 ・監視カメラを併用 ・路面工事不要	中	高 (定期点検、カメラの清掃は必要)	高	・高俯角に比べて監視領域は上がるが車両分解能は下がる。 ・数ルクス程度の夜間照明が必要。(ランプ非点灯車の場合)	実用化済 (黎明期)	
			画像処理計画 (全体監視) ・TVカメラ ・画像処理装置	中 ・監視カメラを併用 ・路面工事不要	高	高 (定期点検、カメラの清掃は必要)	かなり高	・複数目標物の認識など処理の高度化が必要である。高度の計算処理を必要とする	未来技術 (実績なし)	
	車両存在感知 (台数計画)	超音波式 路上から対象物までの超音波数の伝搬時間を利用	超音波式 ・超音波ヘッド ・制御器	中 ・支柱に取付 ・路面工事不要	高	高 (定期点検は必要)	中	・速度測定は測定対象外 ・存在感知能力はループに比べてやや劣る	実用化済 (実績多数)	交通管制用
		ループ式 車両の電磁誘導効果	ループ式 ・ループコイル ・制御器	・やや低 ・路面工事要	高	中 (ループ断線時は困難である。)	中	・速度測定は測定対象外 ・床板が鉄板や鉄筋に近いところは不可	実用化済 (実績多数)	
		光学式 車両からの反射の有無を利用	光学式 ・光学ヘッド ・制御器	中 ・支柱に取付 ・路面工事不要	高	高 (定期点検は必要)	やや高	・速度測定は測定対象外 ・ループや超音波が使えないところで使用	実用化済 (実績あり)	料金所の台数計画に利用
		その他	空気管式 テープスイッチ式		低					一次的なデータ採取に使用される。
	車両速度	ドップラー効果	マイクロ波式 ・レーダーヘッド ・制御器	中 ・支柱に取付 ・路面工事不要	高 (定期点検は必要) ※一部、低という意見あり。	高	やや高	・停止車の検知ができない。 ・車間分解能が数メートル程度である。	実用化済 (実績あり)	速度警告装置、信号制御用等に使用されている。
			超音波式 ・超音波ヘッド ・制御器	中 ・支柱に取付 ・路面工事不要	やや低 ・速度測定精度は風・温度等の影響を受ける点でマイクロ波式に比べてやや劣る	高 (定期点検は必要)	やや高		実用化済 (実績あり)	
			ループ式 ・ダブルセンサ	やや低 ・路面工事要	高	中 (ループ断線時は困難である。)	中		実用化済	
		光学式 (2台の光学ヘッド間の通過時間測定)	光学式 ・光学ヘッド ・制御器	中 ・支柱に取付 ・路面工事不要	高	高 (定期点検は必要)	やや高	・停止車の検知ができない。 ・車間分解能が数メートル程度である。	実用化済 (実績あり)	速度取締に使用されている。

表3-2-2 検知に関する要素技術（その3）

要素技術 観測対象	方式	機器	特徴					技術的達成度	備考
			施工性	信頼性	保守性	コスト	その他		
車両存在感知 車両速度	ドップラー効果 他	マイクロ波式 ・レーザヘッド ・制御器	中 ・支柱に取付 ・路面工事不要	高	高 (定期点検は必要)	やや高	・渋滞時でも使用可 ・個別速度、存在感知が可	実用化済 (実績あり)	交通管制用 速度・車間警告など
		ループ式、光学式超音波式などの存在感知形のセンサーを2式使用	やや低	高	高 (定期点検は必要)	高			交通管制用など
		空気管式 テープスイッチ式		低					一次的なデータ採取に使用されている。
		ミリ波・光など					次の性能のものが今後開発されるであろう。 ・小型・高性能 ・設置の容易性 ・廉価 ・数ルクス程度	未来技術	
歩行者の検知	赤外線	赤外線検知器	高		高	低	・距離に制約あり	実用化済	インフラ整備、システムの社会的な認知等
	接触式	押しボタン	高	高	高	低		実用化済	
	ポケット発信器	ポケット発信器システム ・路側受信器 ・発信器	中 ・システムの装置 ・歩行者・二輪車等への発信器の流布が必要	やや低 誤検知あるいは検知ミスの場合の責任	高 (定期点検は必要)			実用化済	
	監視TVカメラ	画像処理計測 ・TVカメラ ・画像処理装置	中 ・監視カメラを併用 ・路面工事不要	やや低 誤検知あるいは検知ミスの場合の責任	高 (定期点検は必要)	高	・夜間照明が必要	近い将来実用 (実績なし)	
緊急車両の検知	画像処理	AVI装置	高	高	高 (定期点検、カメラの消祥が必要)	高		近い将来実用	
	電波	発信器	高	高	高	高		実用化済	
	車載機器 (ビーコン、サインポスト、LCXなど)	車載機器 (ビーコン、サインポスト、LCXなど)	中 ・システムの設置	高	高 (定期点検は必要)	高 システム全体としても高価		近い将来実用 (実績なし)	
車間計測等 (車載機器)	レーダー	ミリ波レーダー レーザーレーダー	高	低 ・マイクロ波レーダーは、気象の影響を受けやすい。	高	高	・衝突防止など	近い将来実用 (実績多少あり)	デバイスとしては、IC化も一部進んでいる。
その他	スイッチ圧力センサ	機械接点SWリードSW 圧電センサ	低	低	低	低		既存 但し、路面の埋設方法は未	
	音響/振動計測	圧電センサスペクトル解析装置	中		高	高	・計測センサの配置データ処理アルゴリズム未開発	アイディア段階	路面を伝わる音響、振動を検出 ・分析して、車の存在を検出する。
	光学式	フィトセル(可視光)	高	中	低			完成されている	

表 3 - 2 - 2 検知に関する要素技術（その 4）

要素技術 観測対象	方式	機 器	特 徴					技術的達成度	備 考
			施 工 性	信 頼 性	保 守 性	コ ス ト	そ の 他		
環境状況の検知	視程計測	透過光測定	V I 計 ・投光器 ・受光器	高 投光器と受光器の 設置に一定の距離 が必要	高	中		実用化済	
			画像処理型 V I 計 ・標識 ・ I T V カメラ	高 標識と T V カメラの 設置に一定の距離 が必要	高	やや高		近い将来実用 試験的に使用さ れている	
		後方散乱光 測定	B S 型視程計	高 送受一体形であり 設置が比較的簡単	高	中		実用化済	
	降雨降雪	後方散乱光 測定	光レーダー方式雨雪 識別センサ	高	高	中		実用化済	
	明るさ (昼夜の別)		照明計	高	高	低		実用化済	

② 通信技術

通信技術については、路車間通信とインフラとセンター間の通信に分けられ、前者は無線、後者は有線による通信があげられる。無線については、双方向で通信可能なビーコンを、システムの適用エリアに配置することが考えられる。また、有線については、伝送データ量、伝送速度、コスト等により以下の技術から選択して活用することになると考えられる。

a)同軸ケーブル方式

伝送内容 電信・電話・データ・画像の多重信号

b)光ファイバケーブル方式

伝送内容 電信・電話・データ・画像の多重信号

利 点 ・伝送損失がきわめて小さい。

・周波数帯域が広く、かつ比較的平坦な周波数特性を有する。

・漏話および外部誘導が無視できる。

・伝送特性が温度に対してきわめて安定している。

・ファイバがきわめて細径であり、同軸ケーブルに比べて多芯化が容易

・軽量で可という性に富み、取り扱い、付設が行いやすい。

・主要材料の石英が地球上に豊富に存在するため、資源問題が少ない。

問題点 ・ファイバは本質的にもろく、適切な被覆などによる保護が必要である。

・ファイバに外力が加わると、マイクロベンディングと呼ばれる微小な曲がりが生じて損失が増え伝送特性の劣化の恐れがある。

・ファイバの接続には、従来なかった高精度の技術が要求される。

・ファイバでは電力伝送ができないため、中継器などの給電方法の検討が必要となる。

③ 照明制御技術

制御技術は、車両の検知信号を受けて発光体を一定のパターンで発光させる技術である。ここで用いられる装置はパーソナルコンピュータ程度の情報処理装置が考えられる。

④ 発光体技術

本システムにおいて発光体技術は非常に重要となる。通常道路照明等に用いられている発光体の種類と特質を表3-2-3に示す。

ここで、本システムの発光体に必要な条件を整理すると①点滅、消灯を繰り返すことにより発光体寿命に影響されないこと、②発光による消費電力が小さいこと等が考えられる。発光体の決定にあたってはこれらの条件を満足するものを選択する必要がある。

表 3 - 2 - 3 発光に関する要素技術

要素技術	方 式	機 器	特 徴		課 題
			短 所	長 所	
発光技術	熱 放 射	白 熱 電 球	・発光輝度が高い ・使用温度範囲が広い ・連続発光であり、フルカラー可	・消費電力が大 ・応答速度が低い	＜発光体の選択上の留意事項＞ ・表示容量（情報量、画素数／面積） ・表示サイズ（発光面積） ・表示品位（信号、文字・図形、映像） ・応答速度（点滅周波数） ・メモリ機能 ・発光色（連続発生か、フルカラー化が可能か） ・輝度（発光体の明るさ） ・視認角（発光体の指向性） ・全体形状 ・使用温度範囲 ・信頼度（寿命） ・耐久性（耐摩耗、耐振動、耐圧、耐水性など） ・保守の容易性（清掃による輝度の回復など） ・消費電力 （発光効率、駆動回路を含む総合効率） ・動作電圧 ・駆動の容易性 （LSIによる駆動制御、システム化の容易性） ・表示モード（自発光か非発光か） ・コスト（イニシャルおよびランニングコスト）
	フォトルミネセンス	蛍光ランプ	・発光効率が高く、フルカラー可	・低温時の始動が困難	
		蛍光表示管(VFD)	・長寿命、フルカラー可	・サイズ大	
		CRT	・応答速度が速く、フルカラー可	・高コスト、サイズ大	
	放 電 発 光	HIDランプ	・高輝度、高発光効率	・瞬時点滅が困難	
		プラズマディスプレイ	・応答速度が速く、長寿命	・単色発行	
	電 界 発 光	エレクトロ・ルミネセンス(EL)	・面発光光源	・発光効率が低く、低輝度	
	レーザ ー 発 光	発光ダイオード(LED)	・点光源、指向性が強い	・単色発光、青色発光が困難	
		レーザー	・高輝度・可干渉	・高コスト	
	そ の 他 (スイッチ素子)	液晶 (LOD)	・消費電力小、応答速度が速い	・低輝度 ・バックライトが必要 (蛍光ランプ、ELなど)	

4) システム導入の前提条件

(1) システム導入の前提条件

以上示してきた各システムについて、その前提条件を対象となる道路種別・規格，導入形態，対気象性といった項目で表3-2-4にまとめることにする。

表 3 - 2 - 4 システム導入の前提条件

システム名	道路種別・規格	導入形態	対気象性
道路表示線形システム	一般・高速	・夜間においてカーブのRが分かりづらい箇所 ・単路部見通し不良区間 ・山間部のカーブ ・気象状況により見通しが不良になった時	悪気象時の機能如何がシステムの優劣を決める
対向車警戒システム	一般道	・単路部見通し不良区間 ・山間部のカーブ ・道幅の狭いカーブ ・気象状況により見通しが不良になった時	悪気象時の機能如何がシステムの優劣を決める
合流部ガイダンスシステム	主に 速道	・高速道路の見通しの悪い合流部 ・交通量の多い道路の合流部 ・合流渋滞箇所	悪気象時の機能如何がシステムの優劣を決める
道路警戒システム	一般道	・見通し不良なT字路やY字路	悪気象時は別途検討
進路誘導システム	一般道	・見通し不良な交差点	特に検討不要
緊急車両誘導システム	一般道	・交通量が多い ・道幅が狭い区間 ・交差点 ・救急病院付近の道路	特に検討不要
霧中对物衝突防止システム	主に高速道	・霧、降雪等による視界不良区間	あり
霧中追突防止システム	主に高速道	・霧、降雪等による視界不良区間	あり
霧中安全車間確保システム	主に高速道	・霧、降雪等による視界不良区間	あり

(2) その他必要となる前提条件

① 技術的な面から見た前提条件

本システムの導入にあたっては、システムを構築するための要素技術の開発が大前提としてあげられる。つまりその技術が、施工性、信頼性、保守性といった面から優れているとともに、実際のシステムに活用するレベルまで完成していることが前提となる。

② コスト的な面から見た前提条件

コスト的な面から見た条件としては、既存の代替可能システムの導入コストと本システムの導入コストを、効果（安全性、輸送効率等）の面とともに比較した場合（対費用効果の測定）の評価が前提となる。また、既存の代替可能システムがない場合には、本システムの導入コストと導入による効果を貨幣価値に換算した場合の評価が前提となる。

③ 社会的な面から見た前提条件

社会的な面から見た条件としては、システム導入に対する社会的なコンセンサスの形成がまず前提となる。またそれは、システムの導入効果といったプラス要因だけでなく、システムの過信による事故の発生といった弊害や、故障時の責任問題等といったマイナス面も考慮されていることが望まれる。そしてその上でドライバーへのシステム利用に関する教育、システム利用におけるコスト負担の受け入れ等を行っていくことが重要である。

④ その他の前提条件のまとめ

以上の前提条件をまとめると表3-2-5のようになる。

表 3 - 2 - 5 その他の前提条件

	システム導入の条件
技術的な面から見た前提条件	・施工性が良い ・信頼性が高い ・保守性が高い ・技術的に達成している
コスト的な面から見た前提条件	・代替システムとの対費用効果の面で優れている ・導入コストよりも効果の貨幣換算価値が高い
社会的な面から見た前提条件	・コンセンサスを形成する ・ドライバーへのシステムの活用法の教育を行う ・システム利用におけるコスト負担を認識させる

3. 3 ガイドライト実験

1) 実験対象システム

前節でシステムイメージの作成を行ったガイドライトシステムのうち、システムの最も基本的な機能である単路部道路線形表示システム（対向車警戒機能も含めた実験を行ったため、以下では「対向車警戒・道路線形表示システム」と記す。）、交差部道路警戒システム（T字路）、について実験システムを作成し実験を行った。また、霧中走行支援システムはシステムコンセプトの効果検証について実験を行った。これらの実験目的を表3-3-1に示す。

表 3 - 3 - 1 実験対象システムとその実験目的

実験対象システム	実 験 目 的
対向車警戒・道路線形表示システム	・効果検証（対向車の認知） ・設置パラメータの検討
交差部道路警戒システム	・設置パラメータの検討
霧中走行支援システム	・効果検証（部分点灯による視認性の向上）

2) 実験概要及び実験結果

(1) 対向車警戒・道路線形表示システム

① 効果検証

a) 実験目的

本実験は、システムに関する予備知識がないドライバーに対し、システムの存在の認知度合、存在を認めた場合のシステムの機能の認知度合を把握することによりシステムの導入の概略検討（意図した効果を発揮するかどうか）を行うことを目的として実施した。

b) 実験システムの概要

i) 設置状況

本実験システムは、図3-3-1建設省土木研究所構内に設置した。なお、システムは、設置箇所、発光体の種類、ドライバーに対する設置方向等によりA1からA4の4つに分けられる。

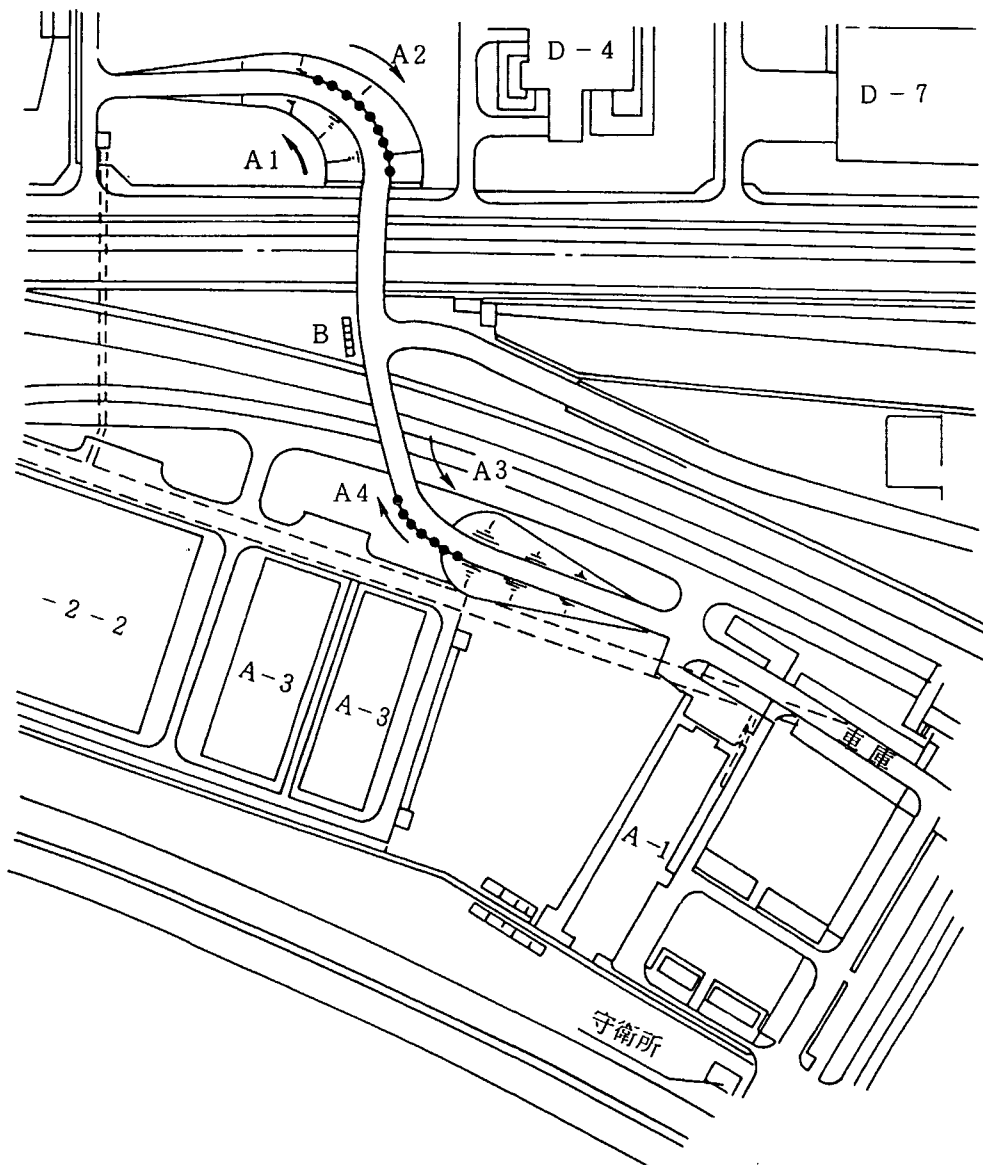


図3-3-1 実験システムの設置条件



写真 3-3-1 A 1 , A 2 設置状況



写真 3-3-2 A 3 , A 4 設置状況

ii)機器構成

各実験システムの機器構成は以下のとおりです。

<A1, A2 システム>

A1, A2 システムは図に示すように車両の接近を検知する検知部, 車両の検知に応じて発光体の制御を行う制御部, 発光によって車両の接近を示す発光部により構成されている。以下では, 発光部, 検知部について詳しく示すことになる。

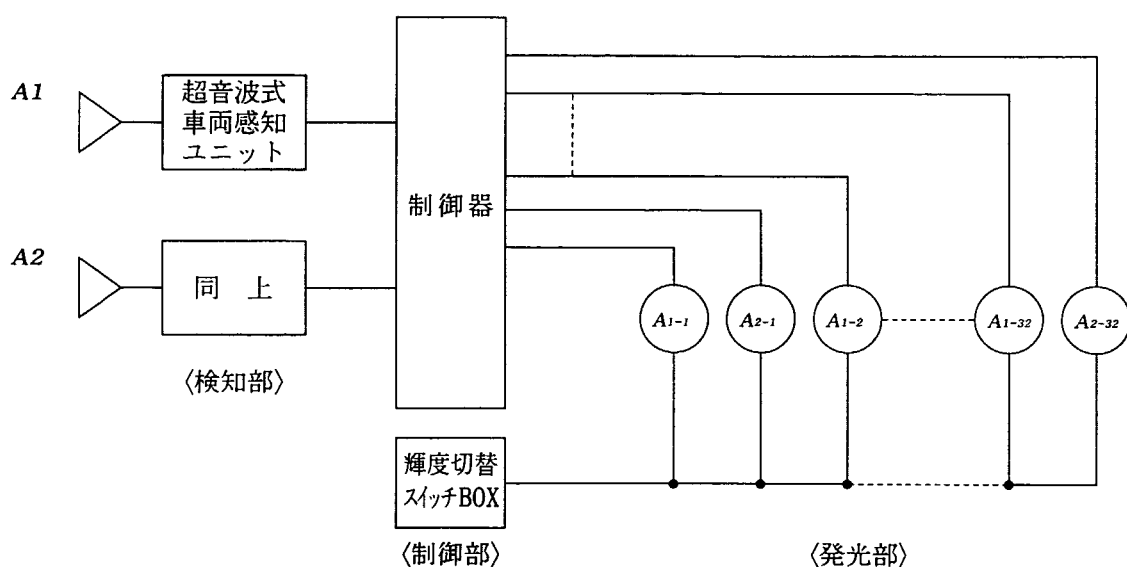


図 3 - 3 - 2 システム構成

●発光部

A 1 , A 2 システムの発光部の機器構成は以下のとおりである。

発光体種類

発光ダイオード (LED)

赤色 120個 (A 1)

黄色 120個 (A 2)

寸法, 重量

200mm (縦) × 140mm (横) × 120mm (奥) 1.5kg

発光面 : 122×66mm

輝度

赤 : 0.8cd / 1 個 × 120 個 (A 1)

黄 : 0.25cd / 1 個 × 120 個 (A 2)

色種類

赤, 橙の光発色光

筐体形態

箱型, 防雨構造, 合成樹脂製 (本体 : フェノール樹脂, 蓋 : アクリル樹脂)

消費電力

1 色点灯時約10W

設置間隔, 必要個数

図1-2-3のように A 2 側車線路肩部に背中合わせに 2 m 間隔で 32 個 × 2

(背中合わせに 1 つづつ) = 64 個設置

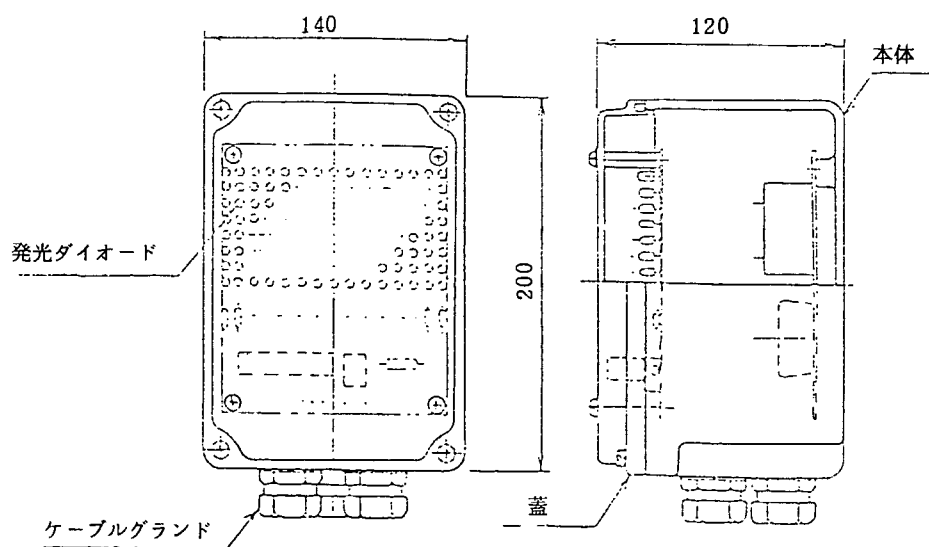
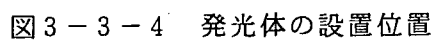


図 3 - 3 - 3 発光体の外形



●検知部

A 1, A 2 システムの検知部の機器構成は以下のとおりである。

検知方式

超音波式車両感知センサー（サイドファイヤー型）

機器構成

超音波送受器，車両感知ユニット，支柱部より構成

寸法，重

超音波送受：φ 160

車両感知ユニット：250W × 148H × 90

消費電力

7 V A

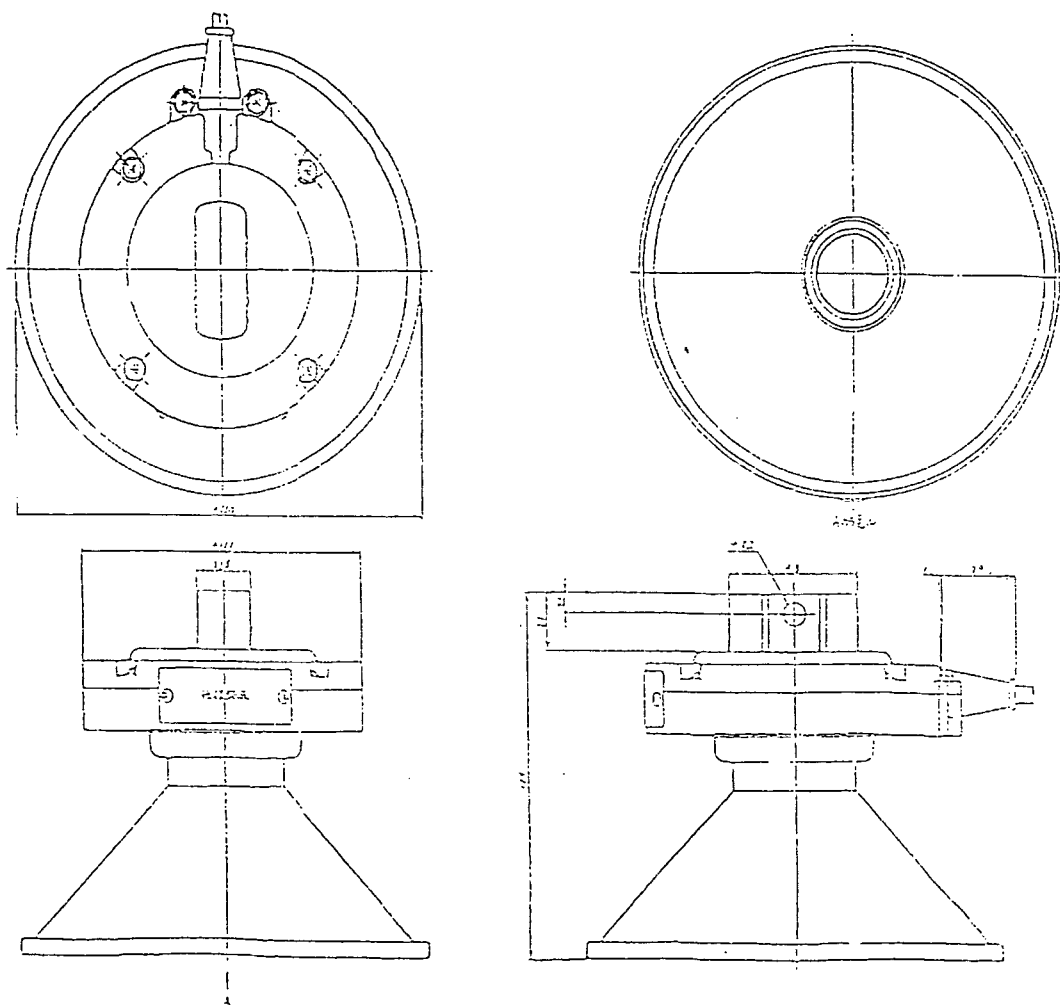


図 3 - 3 - 5 超音波送受器 外形寸法

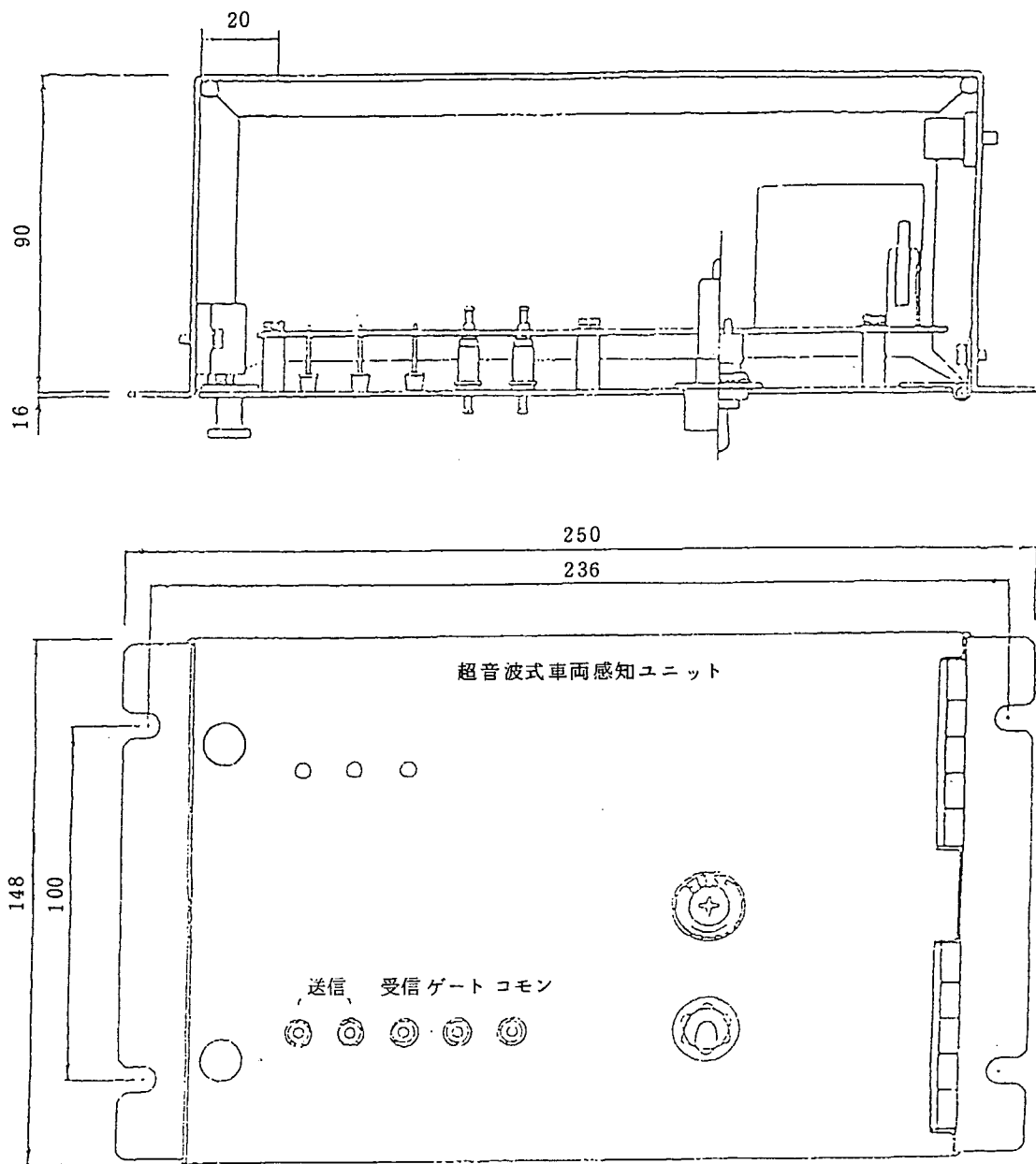


図 3-3-6 車両感知ユニット 構造寸法

<A 3, A 4 システム>

A 3, A 4 システムは, A 1, A 2 システムと同様に, 検知, 制御, 発光の 3 つの部位で構成されている。以下では, 発光体部と検知部について詳しく示すことにする。

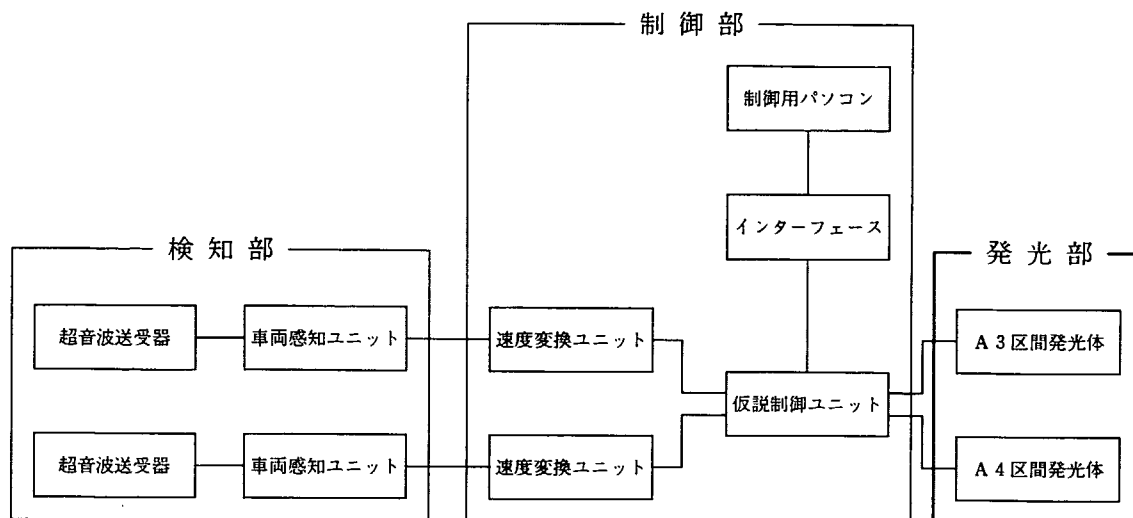


図 3-3-7

●発光部

A 3, A 4 システムの発光部の機器構成は以下のとおりである。

発光体種類

無電極蛍光ランプ (F L)

寸法, 重量

195mm (高さ) × 190mm (幅) × 200mm (奥)

重量約 5 kg

発光面は直径190mm

無電極蛍光ランプ (F L)

輝度

100~10,000cd/㎡ (中心部の目標値, 光色などに応じて設定可能)

色種類

A 3 : 橙色, A 4 : 白色

筐体形態

直径約170mmの円形, 防雨構造

消費電力

27W/個, 制御部を含めた合計消費電力は約1.5kw

設置間隔, 必要個数

灯具は 2 m間隔に約42m区間に設置する。

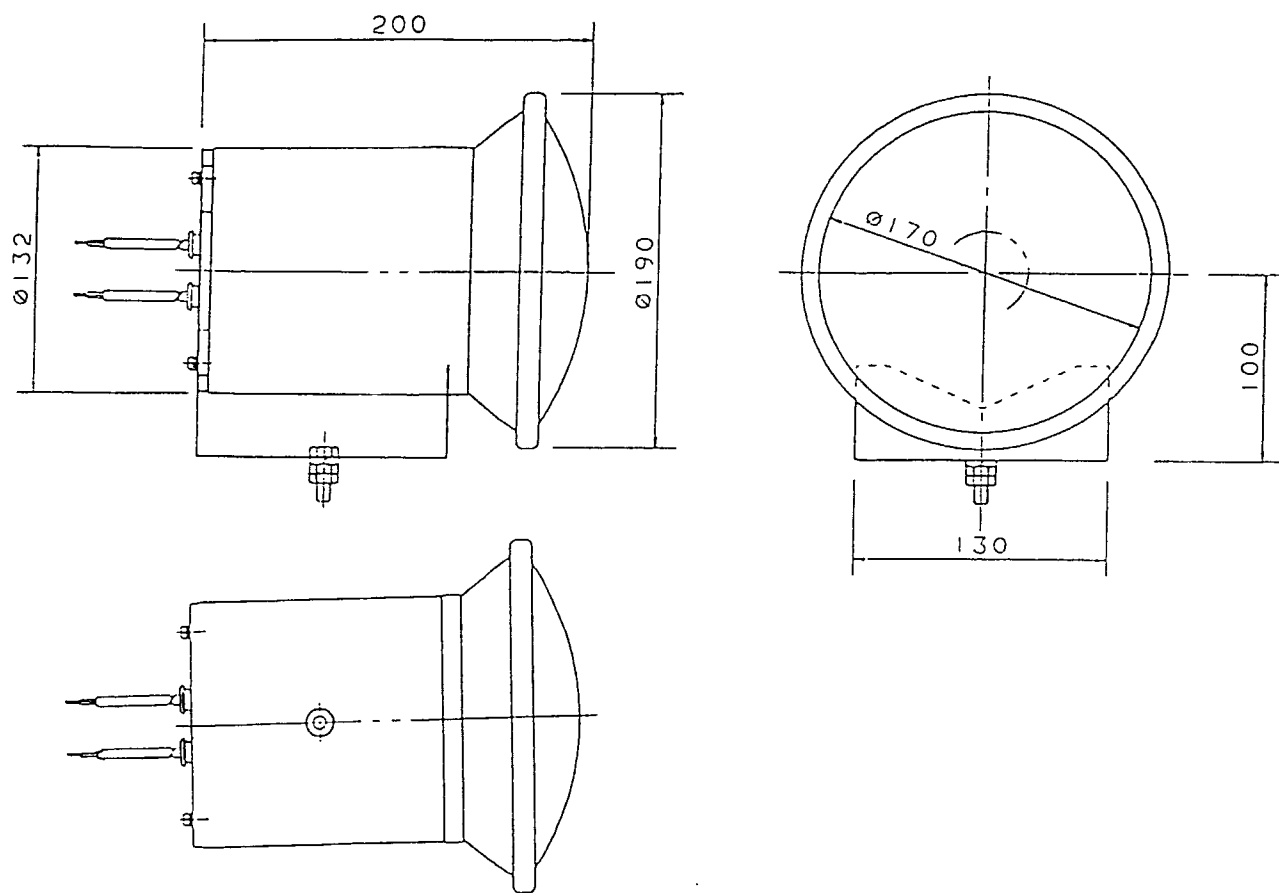


図 3-3-8 発光体の外形

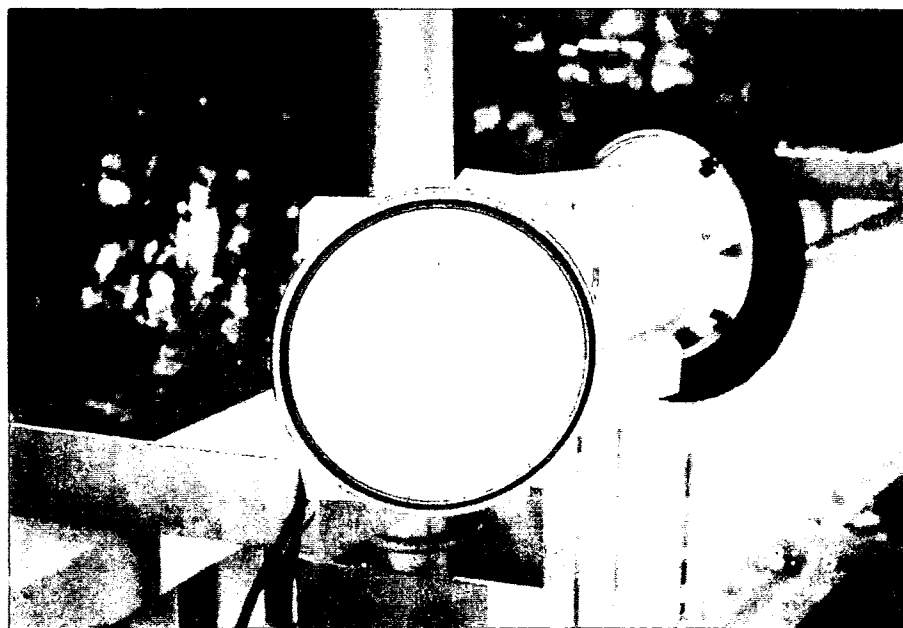


写真 3-3-3 無電極蛍光ランプ

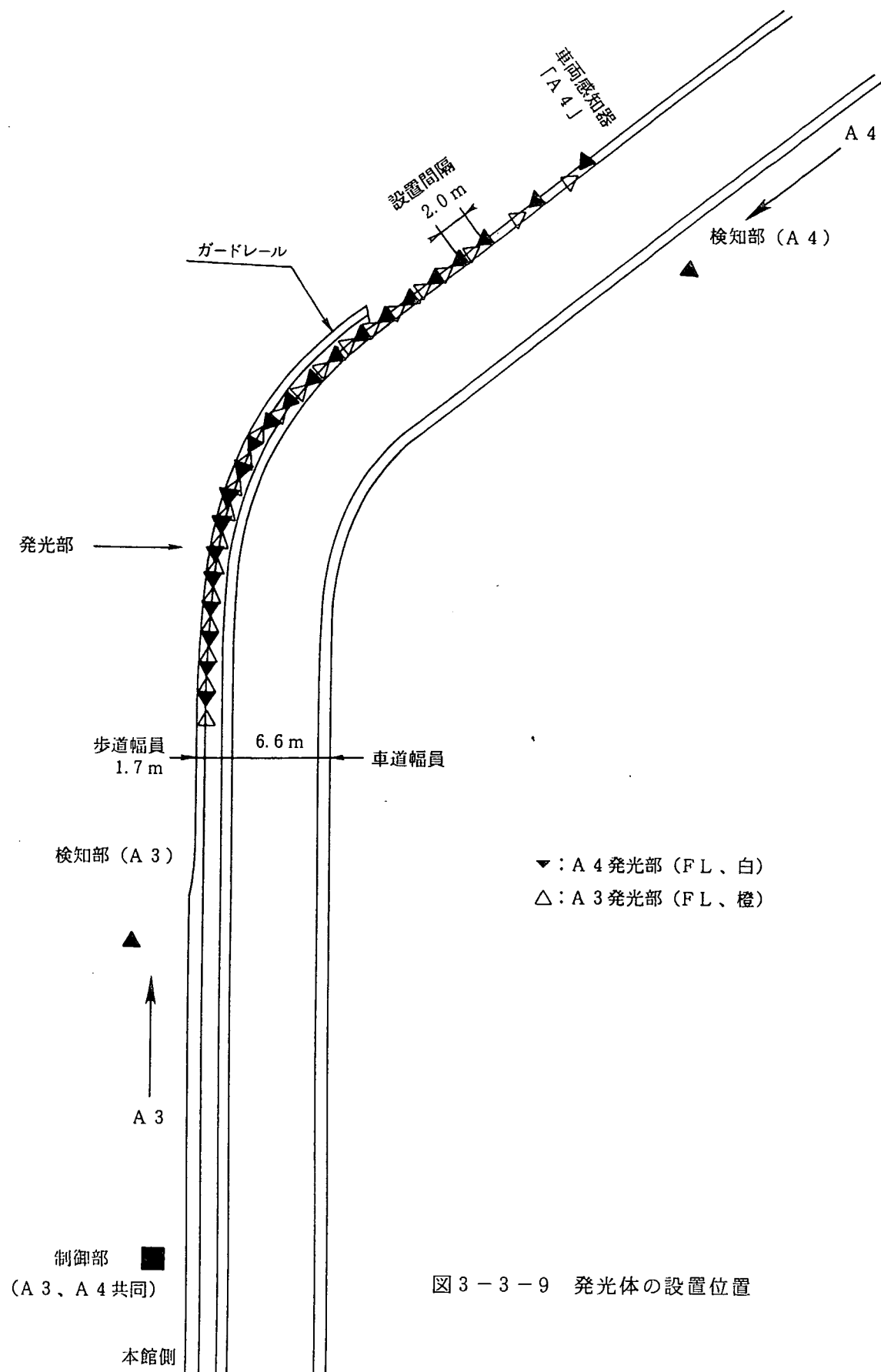


図 3-3-9 発光体の設置位置

●検知部

A 3 , A 4 システムの検知部の機器構成は以下のとおりである。

感知方式

サウンドファイア形超音波車両センサ

機器構造

超音波送受器，車両感知ユニット，支柱部より構成

寸法・重量

超音波送受器：直径 ϕ 160mm

車両感知ユニット：148mm（高さ）× 250mm（幅）× 90mm（奥）

消費電力

1 台当り 7 V A



写真 3 - 3 - 4 検知機器（サイドファイア形超音波式車両センサ）

c)実験方法、実験手順および評価方法

i)実験方法

ガイドライトシステム（Aシステム）に関する予備知識がない被験者に対し、ダミーの実験目的を与え、その後被験者にシステムの設置区間を含む土木研究所の構内道路を実走行させた。なお、実験走行は被験者が実験車両の運転に慣れるため、図3-3-11に示すコースにおいて、慣熟走行をした後にシステム設置区間を走行させた。その後、走行後にガイドライトシステムの認知、また認知した場合にはシステムの機能に関するヒアリング調査を実施し、システムの導入効果の検証を行った。なお、ヒアリング結果の記録及び発光体とドライバーの関係を把握するため、ビデオ機材を用い、音声及び画像の記録を行った。

ii)実験手順と評価方法

実験手順は以下に示すとおりである。なお、実験の概略の流れを図3-3-10に示す。

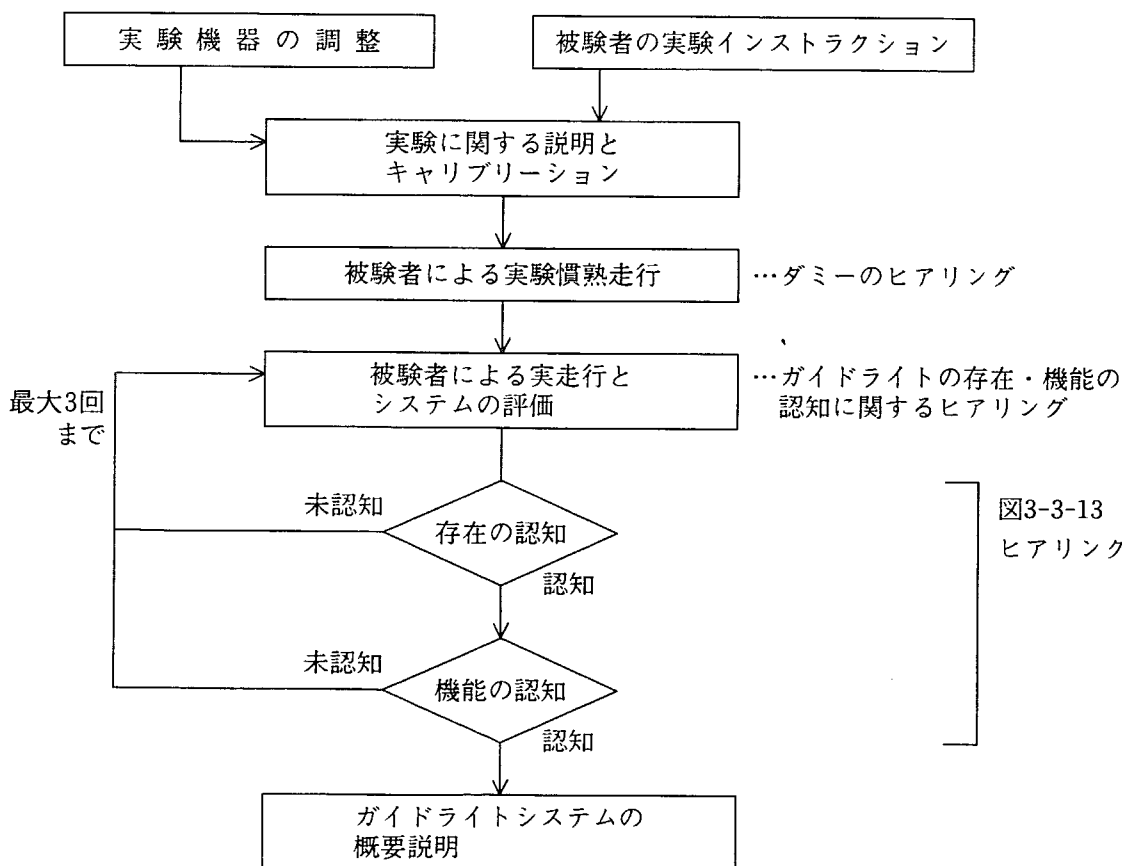


図3-3-13
ヒアリングフロー参照

図3-3-10 実験フロー

<実験機器の調整>

- ここではCCDカメラの絞りを環境照度に合わせて調整した。特に夕刻は大きく変化するため被験者ごとに調整を行った。(なお、夕刻は慣熟走行開始から評価開始までの時間差でかなり環境照度が低下するため、調整時点では露出オーバー気味に設定することにした。)

<被験者への実験のインストラクション>

- ここでは被験者に実験全体の内容、手順等を説明した。この説明は、ガイドライトシステムに関する説明は一切行わず、ダミーの実験内容を説明した。なお、このときに用いたインストラクションの内容は以下のとおりである。

インストラクション(ダミーの実験目的)

街路における自動車の走行速度と車線内位置の把握に関する実験について

●実験の内容

この実験は、都市内等の街路における走行速度と、車線内の走行位置に関して調査を行うものです。実験は土木研究所内の構内道路を街路に模擬してデータの測定を行います。

●実験における注意点

- 走行速度、車線内走行位置をデータとして車両が自動計測しています。そのため走行速度は危でない範囲で40から50km/h程度、また、走行位置は車線の中央になるように注意して走って下さい。なお、車線中央が分かり易いように所々に白線でマーキングを行っていますので、それを目印にすると走りやすいでしょう。
- 実験において緊張しないで自然な状況で走行して下さい。また、事故には注意して下さい。

<実験車に関する説明とキャリブレーション>

- ここでは実験車に関する取り扱い方法を説明した。(サンバイザ付近にカメラが設置してあるため、取り扱いに注意して欲しい旨告げることにした。)
- シートポジション決定後、視線位置のキャリブレーションを行った。
(前方、ルームミラー、両サイドミラー、メータ)

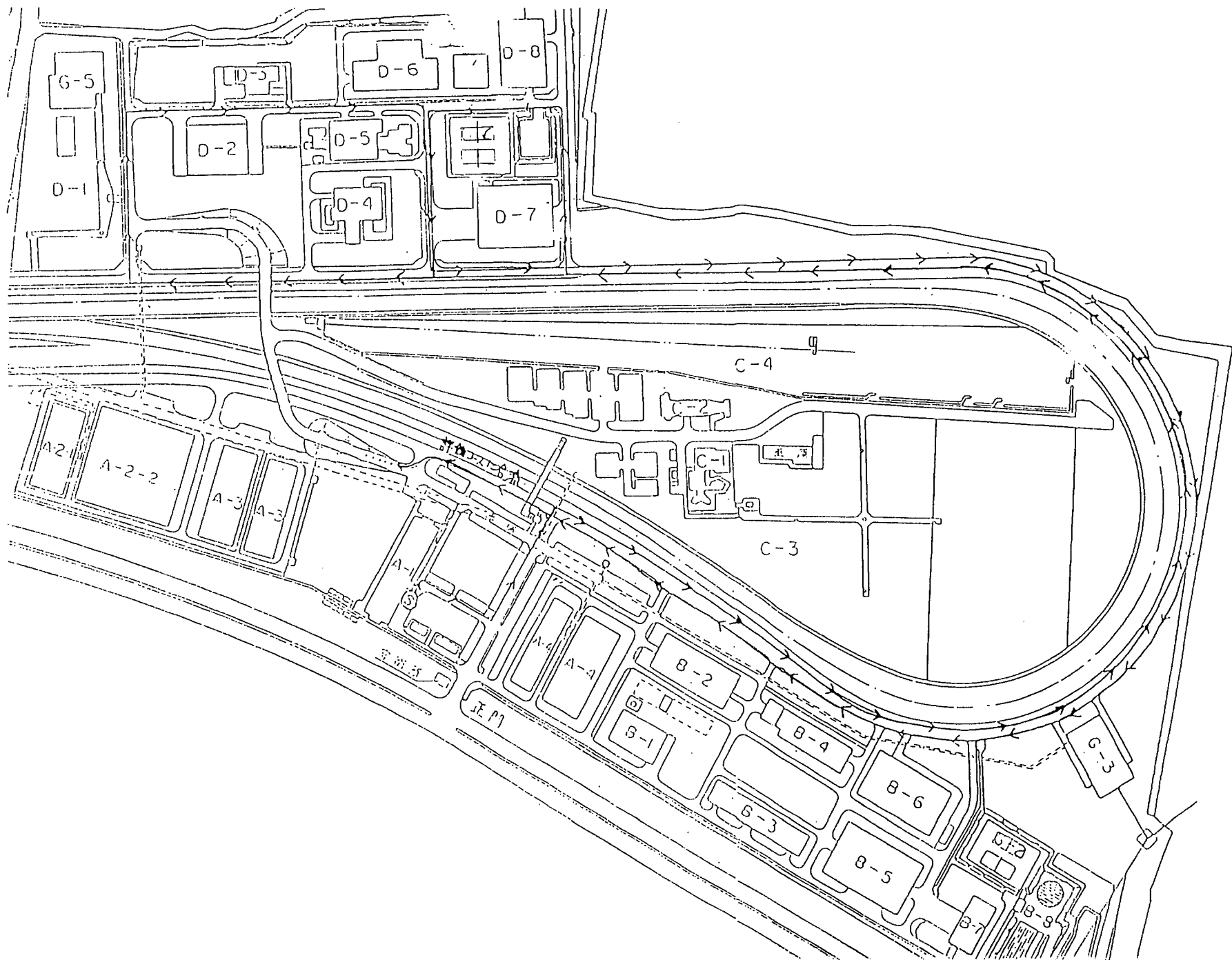


図 3-3-11 慣熟走行コース

＜被験者による実験走行とシステムの評価（図3-3-12）＞

- ダミー車と実験車がA 1 システム設置区間ですれ違うようにダミー車をスタートさせ、被験者に対向車警戒表示を体感させた。（このときA 4 システムの道路線形表示は点灯させない）
- 体感後、被験者に対しヒアリング調査を行った。（ヒアリングフローを図3-3-13に示す。）
- ヒアリング調査はダミーの質問等を交えながら、ガイドライトシステムの認知に関する質問を行った。
ここで、システムの存在及び効果に気づいていれば掘り下げた質問を行い、気づいていなければ最大3回までの範囲内で気付くまで実験走行を繰り返した。
- なお、実験車とダミー車は必ずすれ違うものとし、そのタイミングは各試行とも同一とした。また、2試行連続して同一のダミー車を使用しないものとした。
- なお、実験中にダミー車以外の対向車とすれ違うことを避けるため交通規制を行った。

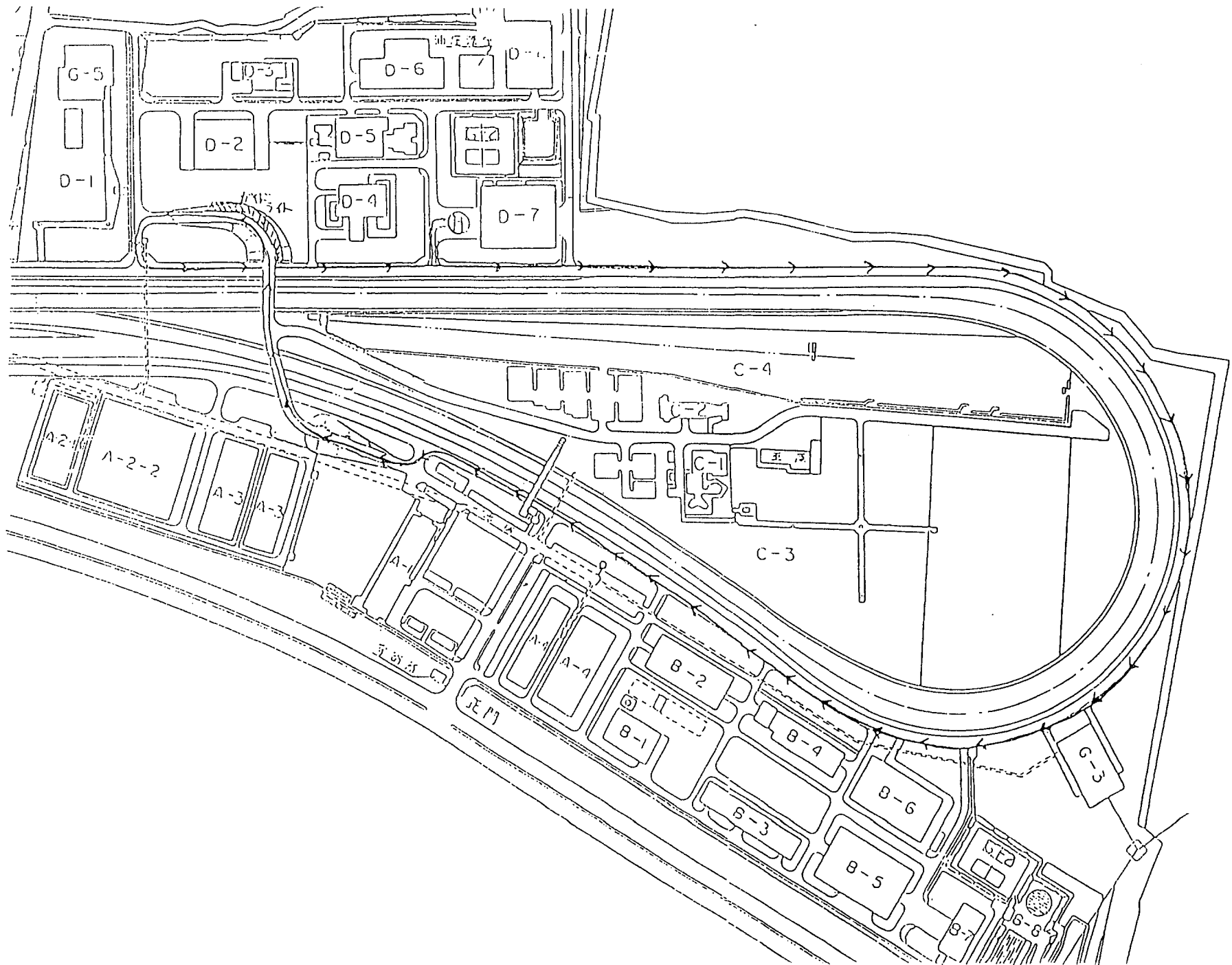
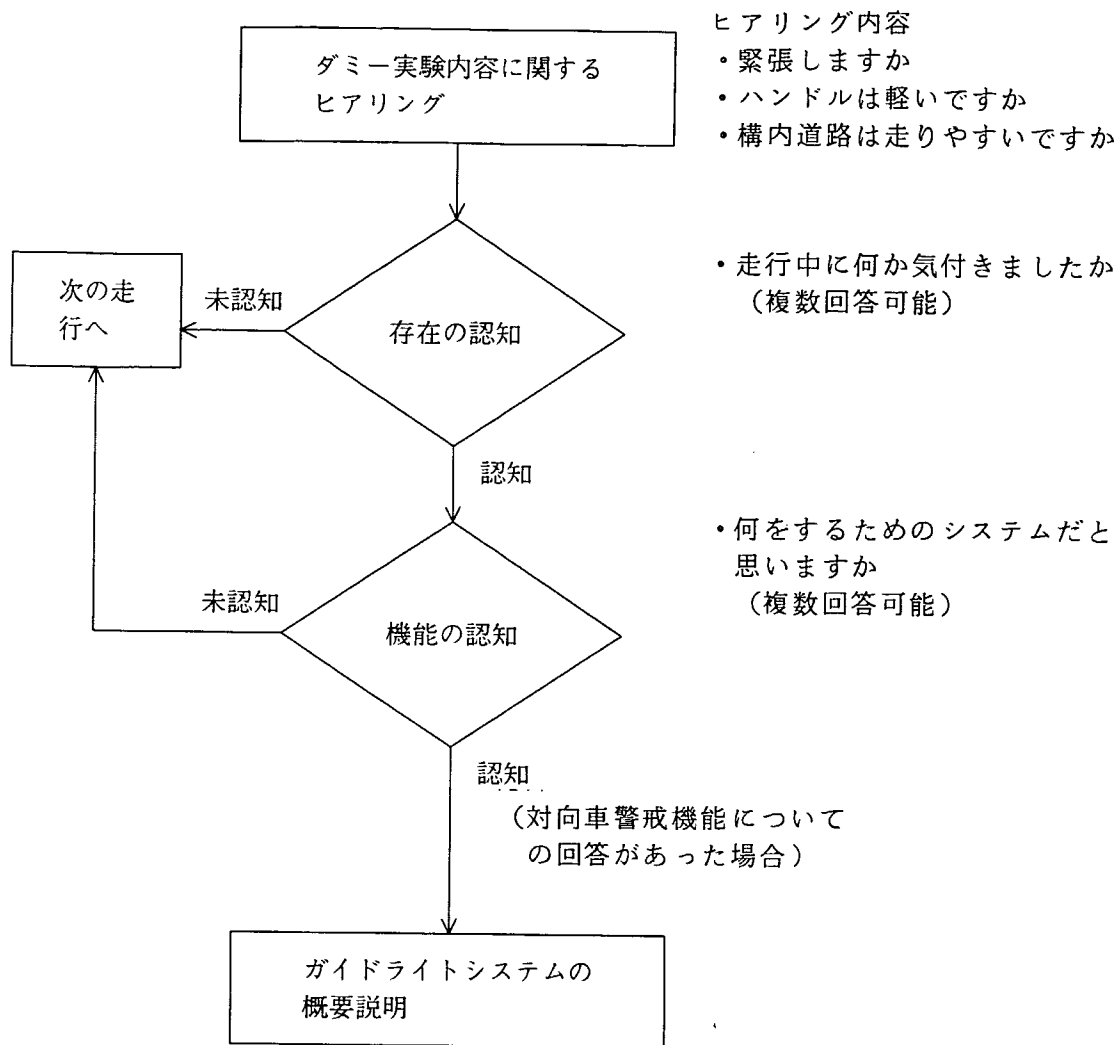


図 3-3-12 実験コース

＜被験者による実験走行とシステムの評価（図3-3-12）＞

- ・ダミー車と実験車がA 1 システム設置区間ですれ違うようにダミー車をスタートさせ、被験者に対向車警戒表示を体感させた。（このときA 4 システムの道路線形表示は点灯させない）
- ・体感後、被験者に対しヒアリング調査を行った。（ヒアリングフローを図3-3-13に示す。）
- ・ヒアリング調査はダミーの質問等を交えながら、ガイドライトシステムの認知に関する質問を行った。ここで、システムの存在及び効果に気づいていれば掘り下げた質問を行い、気づいていなければ最大3回までの範囲内で気付くまで実験走行を繰り返した。
- ・なお、実験車とダミー車は必ずすれ違うものとし、そのタイミングは各試行とも同一とした。また、2試行連続して同一のダミー車を使用しないものとした。
- ・なお、実験中にダミー車以外の対向車とすれ違うことを避けるため交通規制を行った。



注) 機能に関するヒアリングで対向車警戒機能についての回答が得られなかった場合は、再度走行実験に入る。再度走行実験を数回繰り返しその都度、機能に関するヒアリングを行う。なお、数回の走行実験で機能を認知出来なかった場合は、機能を説明し、なぜ、対向車警戒機能を認知できなかったかについてヒアリングを行う。

図 3-3-13 ガイドライトに関するヒアリングフロー

＜ガイドライトシステムの概略説明＞

- ・ヒアリング調査の結果、ガイドライトを十分に認知した（特に対向車と点灯のルールを理解していること）と考えられた場合、または3試行繰り返しても気づかなかった場合には、ガイドライトシステムの説明を行い、正しい実験目的を説明した。そして、なぜシステムを認知しなかったかとヒアリングを行った。

表 3－3－2 実車実験時のタイムスケジュール

①	実験機器の調整	事前に終了
②	被験者への実験のインストラクション	5 分間
③	実験車に関する説明とキャリブレーション	5 分間
④	被験者による実験車慣熟走行	10 分間
⑤	被験者による実走行とシステムの評価	20 分間 注)
⑥	ガイドライトシステムの概略説明	10 分間

注) ⑤に関しては認知しなかった場合は最大3回行うため、60分間かかることもある。したがって、1個の実験に約50分から90分かかることになる。

iii)実験結果

効果検証実験の結果は以下のとおりとなった。

●結果

システムに関する予備知識のない18名の被験者に対し実験を行った結果、システムの存在の認知については18名中17名が、システムの機能の認知については18名中12名が認知した。

表 3 - 3 - 3 実験結果

番号	年齢	性別	運転歴 (年)	運転頻	システムの 認知の有無		認知までの 走行回数		備 考
					存在	効果	存在	効果	
1	23	男	4	週1回	○	×	1	—	道路線形を示しているものと思った。
2	24	男	4	週1回	○	○	1	1	
3	24	男	5	週2回	○	○	2	3	
4	25	男	7	週4回	○	○	1	1	システムについては以前聞いたことがあった。
5	34	男	15	週2回	○	○	1	1	
6	38	男	18	週1回	○	×	2	—	
7	42	男	20	週1回	×	×	—	—	
8	43	男	20	週7回	○	○	2	2	
9	44	男	24	週1回	○	○	1	1	車両が接近したら消えると思っていた。
10	52	男	30	毎日	○	○	3	3	
11	22	女	4	週2回	○	○	1	1	
12	23	女	5	週4回	○	×	1	—	道路線形を示しているものと思った。
13	24	女	6	週4回	○	○	2	2	
14	24	女	0.3 (初心者)	週1回	○	×	2	—	道路線形を示しているものと思った。
15	24	女	4	毎日	○	○	1	1	ドライバーに対し右側の設置に対しても実施
16	24	女	7	毎日	○	○	1	1	夜間での実施。ドライバーに対し右側の設置に対しても実施
17	25	女	5	週3回	○	×	1	—	
18	29	女	6	毎日	○	○	2	3	

●考察

効査検証実験から、以下のようなことが考えられる。

＜存在の認知＞

システムの存在については、2回の走行までで約9割の被験者が認知しており、本システムはドライバーにとって存在がわかりやすいシステムであることが検証できたといえる。なお、最終的に唯一存在を認知しなかったドライバーについては、日常の運転頻度が低く、交通条件下での走行経験が乏しいためと考えられる。したがって、全てのドライバーに対しシステムの存在を認知させるためにはシステムに対する事前PRドライバー教育等が必要であると考えられる。

表3-3-4 システムの存在の認知までの走行回数

認知までの 走行回数	1回	2回	3回
認知した 累積被験者	10名 (55.6%)	16名 (88.9%)	17名 (94.4%)

注) ()内は被験者全体に対する割合を示す。

＜効果の認知＞

システムの効果については2回の走行までで半数以上の被験者が認知しており、本システムはドライバーに対し、直観的に対向車の接近を認知させるシステムであることが検証できたといえる。しかし、全てのドライバーに対し、システムの機能(対向車の接近)を周知させるためには、システムに対する事前PRやドライバー教育等が必要であると考えられる。

表3-3-5 システムの効果の認知までの回数

認知までの 走行回数	1回	2回	3回
被験者数	7名 (41.2%)	9名 (52.9%)	12名 (70.6%)

注) ()内はシステムの存在を認知した被験者に対する割合を示す。

次に被験者に対して行ったヒアリング結果を以下に示す。

<システム全体に関するコメント>

以下のコメントからシステムの信頼性を確保，システムの事前PR等が必要と考えられる。

- ・文字標識（この先急カーブ等）と併用した方が良い。
- ・始めての場合はびっくりしてブレーキを踏んでしまうかも知れない。
- ・発光面（光）に目をとられる。
- ・故障時や停電時の対応方法，信頼性の確保が必要。
- ・通常型のデリニエータと間違われるのでは。
- ・区間内で対向車がスピードを低下させた場合の考慮が必要。
- ・感覚的に自車のスピードを低下させる効果がある。
- ・他の環境下で存在する発光体と見間違ふことへの対応は。

<個々の仕様に関するコメント>

以下のコメントは，ドライバーがシステムの機能を認知していれば，特に問題ないと考えられる。

●設置に関するコメント

- ・車線の反対側に設置してあるものは違和感を感じる。
（発光体の流れに目が行き，対向車の認知が遅れる。）

- ・カーブよりも手前に有った方が判り易い。
- ・発光面の連続性が必要。
- ・発光面が車によって隠れる。

●発光体種類に関するコメント

- ・FLよりもLEDの方が見やすい。
- ・昼間だとLEDがよく夜間だとFLが良い。
- ・発光面は円形の方が連続性を感じて良い。
- ・発光面はもっと小さくして良い。

●発光体形態に関するコメント

- ・発光体は四角の方が良い。
- ・発光面は矢印の方が良い。

●先行距離に関するコメント

- ・発光面は早めの方が良い。
- ・車速に対応して制御した方が良い。
- ・車両が通過する以前に消えるのは良くない。
- ・対向車とすれ違ったときに消えるのは良くない。残置時間が有った方が良い。

●発光輝度、発光色に関するコメント

- ・発光色の赤は違和感がある。
- ・夜間はぎらつきが発生しないように考慮する必要がある。
- ・夜間はびっくりするのでは。
- ・FLは輝度を高くして色を濃くしても良いのでは。
- ・LED、FLの赤は信号と同色なので良くない。
- ・LED、FLの赤は前車のブレーキと同色であるため違和感がある。
- ・赤色の発生が良い。
- ・FLの白色点灯はガードレールと一体化するため認知しづらい。

●発光パターンに関するコメント

- ・順点灯ではなく点滅点灯の方が望ましい。
- ・後続車続行処理が必要。
- ・発光体は同時点灯でも良い。

(Ⅲ)まとめ

効果検証実験により、ガイドライトシステムは以下のようなシステムであるといえる。

- ①ドライバーがシステム自体の存在を認知しやすいシステムである。
- ②ドライバーが直観的に対向車の接近を認知しやすいシステムである。

ただし、全てのドライバーに対しシステムの機能をフルに発輝するためにはシステムに関する事前PR、ドライバー教育等が必要である。

② 設置パラメータの検討

a) 実験目的

本実験は、対向車警戒、道路線形表示システムにおける各種設置パラメータの最適値または推奨値を定めることを目的として土木研究所職員を対象として実施した。

b) 実験方法

本実験における設置パラメータは表3-3-6に示す7つの項目となっており、それぞれの項目の最適値または推奨値を定めるため予備実験、アンケート調査等を行った。なお、本実験で検討した設置パラメータの想定ケースは表3-3-7のとおりである。

表 3 - 3 - 6 設置パラメータ項目と実験方法

設置パラメータ		実験方法
①	発光体の設置高さ	アンケート調査
②	発光体の大きさ	アンケート調査
③	発光色	アンケート調査
④	発光輝度	アンケート調査
⑤	発光パターン・間隔	予備実験、アンケート調査
⑥	発光体先行距離	仮設定実験、アンケート調査
⑦	カバー範囲（角度）	アンケート調査

表 3 - 3 - 7 設置パラメータの想定ケース

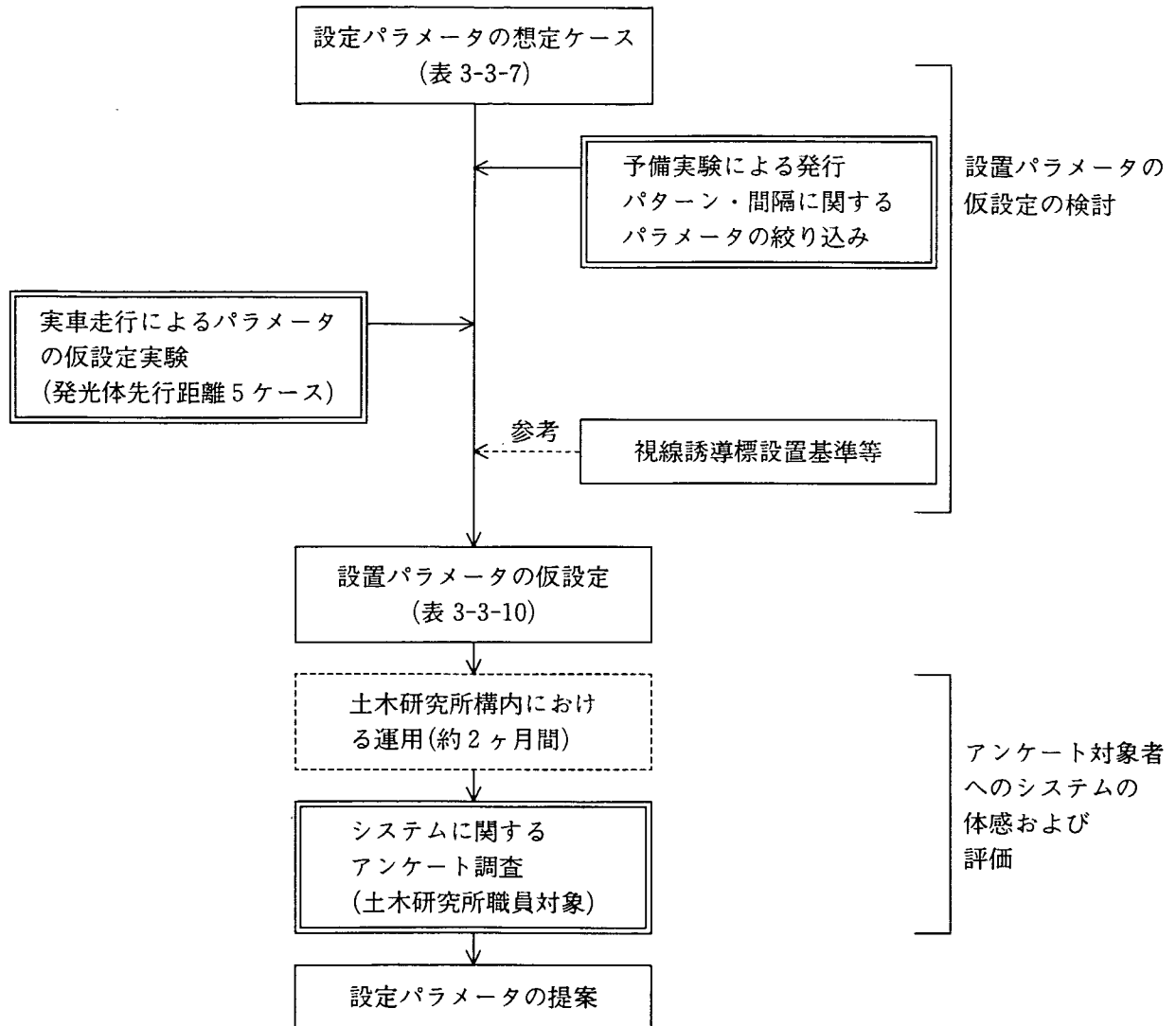
設置パラメータ		検討箇所				パラメーターケース	環境条件
		A1	A2	A3	A4		
①	発光体の設置高さ	○	○			3 ケース (1m, 1.5m, 2m)	1 ケース
②	発光体の大きさ			○	○	3 ケース (A システム 2 ケース B システム 1 ケース)	1 ケース
③	発光色	○	○	○	○	6 ケース (A 1 赤, A 2 黄, A 3 橙 A 4 白, B 橙及び緑)	6 ケース (晴天, 雨それぞれに 昼, 薄暮, 夜)
④	発光輝度	○	○	○	○	4 ケース (A システム 昼, 夜, B システム 昼, 夜)	6 ケース (晴天, 雨それぞれに 昼, 薄暮, 夜)
⑤	発光パターン・ 間隔					3 ケース (全点灯, 輝点流れ点灯, 消点流れ点灯)	1 ケース
⑥	発光体先行距離	○	○	○	○	5 ケース (10~50m 以内で 5 ケース)	1 ケース
⑦	カバー範囲(角度)	○	○			3 ケース (ドライバーに対し鋭角, 直角, 鈍角)	1 ケース

注) 検討箇所は主として検討すべきシステムを意味している。

c)実験手順

本実験は、図3-3-14に示す手順で実施した。

まず、表3-3-7に示した設置パラメータの想定ケースを予備実験および実車走行によるパラメータの仮設定等により絞り込み、その仮設定によるパラメーターにおいて実験システムを約2ヶ月運用し、その間の体感による評価をアンケート調査により把握した。



注) 図中の については、その実施概要を以下で詳しく示すこととする。

図 3 - 3 - 14 実験 フロ ー

d)設置パラメータの仮設定

i)予備実験による発光パターン・間隔に関するパラメータの絞り込み

＜実験目的＞

本実験では、表3-3-7に示した設置パラメータから発光パターン・間隔に関するパラメータを仮設定する目的で実施した。

＜実験の概要＞

図3-3-15に示すように、パネルから約5m離れた位置に1/10スケールのLED表示装置（図3-3-16参照）を設置し、点灯パターンを奥から手前へ一定速度で移動させた。移動速度については15km/h～55km/hまでの10km/h刻みの5種類に関し、下記の項目について接近感を評価した。

- ・点灯部1個を速度別に移動させる。
- ・LEDを全点灯させておき、消灯部1個を速度別に移動させる。

また、上記の結果から、速度別に適当と思われる点灯パターンを検討した。

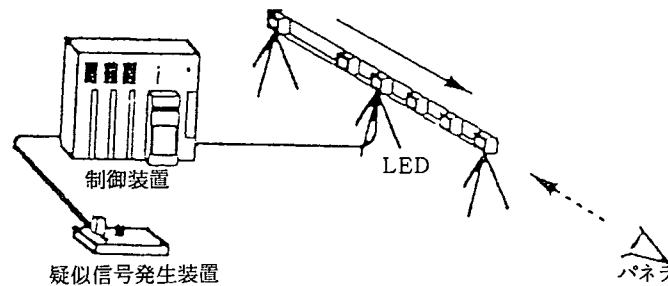


図 3 - 3 - 15 実験装置概要

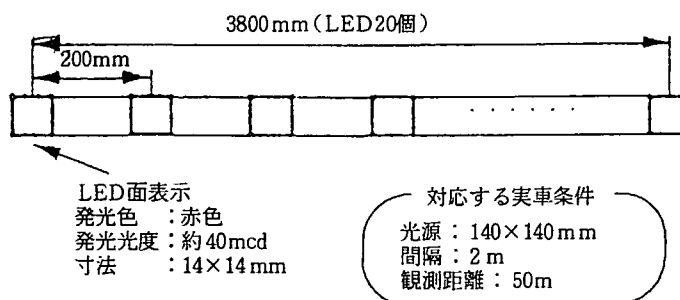


図 3 - 3 - 16 表示装置

<実験結果>

表示の見え方は以下ようになった。

- ・45km/h以上になると接近感はあるが目が追い付かなくなりちらつき感がある。
- ・45km/h以下だと消灯部が奥から手前へ移動するのではなく、点灯部が1個手前から奥へ移動して戻るように見え、接近感がない。

また、点灯パターンを検討するため、点灯部、消灯部を増やし、i)、Ⅻ)の状況を近づけていくと、以下のような結果が得られた。

- ・点灯速度が速くても、点灯部の移動を確認しやすくするためには、2個以上連続的に点灯させる必要がある。
- ・点灯速度が遅くても、点灯部の移動を確認しやすくするためには、3個以上連続的に消灯させる必要がある。

<発光パターン・間隔パラメータの仮設定>

発光パターン・間隔は、車の接近感を出すために流れ点灯とし、また実車走行による流れ点灯を評価するため、点灯速度を高速、低速に分けることにした。なお、高速については2個以上の連続点灯の流れ、低速については3個以上の連続消灯とする。

ii)実車走行によるパラメータの仮設定実験

<実験目的>

本実験では、表3-3-7に示した設置パラメータから発光体先行距離に関するパラメータを仮設定する目的で実施した。

<実験の概要>

車両の接近を認知してから回避行動がとれるまでの距離を車速の約3秒分の発光体先行距離と仮定し、机上の検討から表3-3-8のようにパラメータを設定した。そして、その設定下での発光状況を実車走行により確認した。

表 3 - 3 - 8 発光体先行距離の机上検討値

速度ランク (km/h)	平均速度 (km/h)	秒 速 (m/s)	先行距離 (m)
20 以下	15	4. 17	12
21 ~ 30	25	6. 94	20
31 ~ 40	35	9. 72	30
40 ~ 50	45	12. 5	38
50 以上	55	15. 28	46

<実験結果>

実車走行の結果、道路構造上、車両の接近を認知してから回避行動がとれるまで車速の4秒分の発光体先行距離が必要となった。したがって、表3-3-8を表3-3-9のとおり変更し、その値を発光体の先行距離に関する仮定パラメータとした。

表 3 - 3 - 9 発光体先行距離の仮設定パラメータ

速度ランク (km/h)	平均速度 (km/h)	秒 速 (m/s)	先行距離 (m)
20以下	15	4.17	18
21～30	25	6.94	28
31～40	35	9.72	40
40～50	45	12.5	50
50 以上	55	15.28	62

iii)予備実験により設定されたパラメータ

予備実験車走行によるパラメータの仮設定実験、視線誘導標設定基準等により定められたパラメータは以下のとおりである。

表 3 - 3 - 10 仮設定パラメータ

設 置 条 件		シ ス テ ム				設 定 根 拠
		対向車警戒・道路線形表示				
		A 1	A 2	A 3	A 4	
①	発光体の設置高さ(中心部)	1.5 m		1.0 m		視線誘導標設置基準の設定値（0.9～1.2 m）を参照
②	発光体の大きさ	1 2 2 × 6 6 mm		直径 1 9 0 mm		必要輝度から設定（発光体数，発光条件）
③	発 光 色	赤	黄色	橙	白	視線誘導標設置基準等を参照
④	発 光 輝 度	96 cd／㎡ 0.8cd ×120	30 cd／㎡ 0.25cd ×120	昼間 5,6 0 0 cd 薄暮 8 4 0 cd 夜間 2 8 0 cd		使用した発光体の輝度に制約される。
⑤	発光パターン・間隔	低速		高速		予備実験により，見え方を評価し決定
⑥	発光体先行距離	車速対応型 20km／h以下 18m 20～30km／h 28m 30～40km／h 40m 40～50km／h 50m 50km／h 以上 62m		車速非対応		実車走行によるパラメータの仮設定実験により決定
⑦	カバ ー 範 囲 (角度)	ドライバーの視点に対してほぼ直角になるよう設定				ドライバーが最も見やすい位置として想定

注) 環境条件については、効果検証実験によりシステムの存在あるいは機能の認知に影響を与えないことから、特に考慮しないこととした。

e) アンケート調査とその結果

i) 実施目的

表3-3-10の仮設定パラメータにより実験システムの設定パラメータを評価し、パラメータの最適値あるいは推奨値を提案することを目的として実施した。

ii) 調査概要

アンケート調査の概要は以下のとおりである。

<実施期間>

平成5年2月初旬配布，2月19日回収

<調査対象者>

土木研究所職員

<有効回答数>

173票

<調査項目>

- ・回答者属性（性別，年齢，運転歴，運転頻度）
- ・システムの設置パラメータに関する評価
- ・システムの効果に関する評価

iii) 調査結果

アンケートの調査結果は以下のとおりである。

●回答者の属性

システムを実用化した場合の適用者母数は運転免許証保有者となり，その年齢構成は図3-3-17に示すようになっている。また，本調査における有効回答の回答者属性は図3-3-18となる。これによると本アンケートは20代から40代までの有効回答となっていることになる。

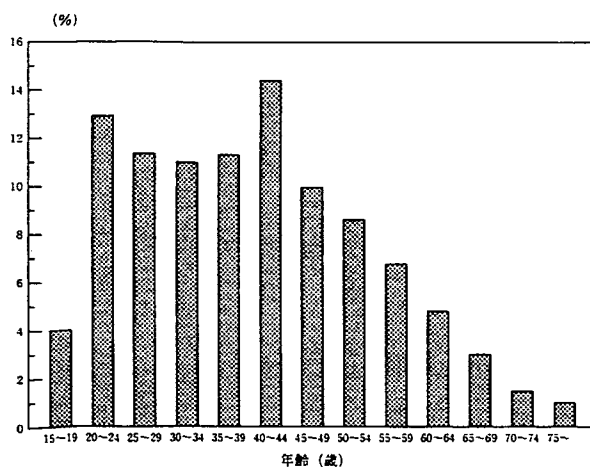


図 3 - 3 - 17 被験者の母数

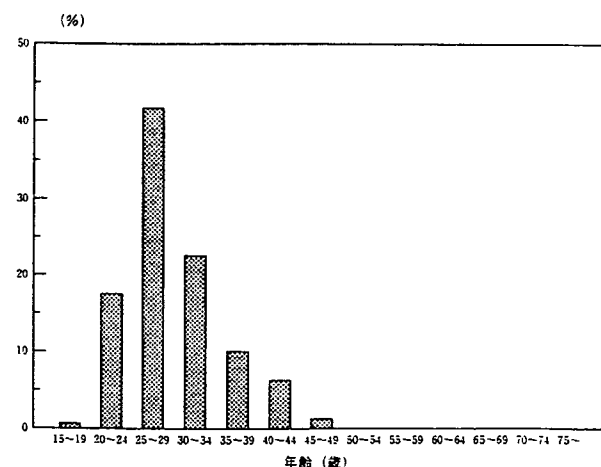


図 3 - 3 - 18 有効回答者の属性

●結果

仮設定したパラメータをアンケート調査によって評価した結果、適切と考えられる設定値は表3-3-11に示すとおりとなった。なお、これら設定値は一応の標準値と考えられるが、設置場所の各種条件（例えば、積雪区域等）によっては変更することも考えられる。

表3-3-11 アンケート調査結果により絞り込んだパラメータ

項 目	各種設置条件
① 発光体設置高さ	1. 0～1. 5 m程度
② 発光体大きさ	1 0.0 mm～2 0 0 mm程度
③ 発光色	警戒色系統（赤、黄色等）
④ 発光輝度	・発光ダイオード 昼間－9 0 c d 以上 夜間－2 4 c d 程度 ・無電極放電ランプ 昼間－5 6 0 0 c d 以上 昼間－2 8 0 c d 程度
⑤ 発光パターン	車速対応形流れ点灯
⑥ 発光体先行距離	速度と同等程度の先行距離 (時速4 0 km/hなら4 0 m程度)

(2) 交差部道路警戒システム

① 実験目的

本実験は、交差部道路警戒システムの有効性（左右から接近する車両を認知させることが可能か、システムの作動時間等は妥当な値であるか等）の検討と個々の設置パラメータの妥当性を把握することを目的としている。

② 実験システムの概要

a) 設置状況

本実験システムは図3-3-19に示す土木研究所構内道路に設置した（Bの位置）この場所は、駐車場から研究本館側へ向かう車両（従道路側）と、各種実験棟へ向かう車両（主道路側）が交差する場所である。なお、従道路側の両端はフェンスに被われており、停止した車両からは主道路を走行する車両はほとんど視認できない。

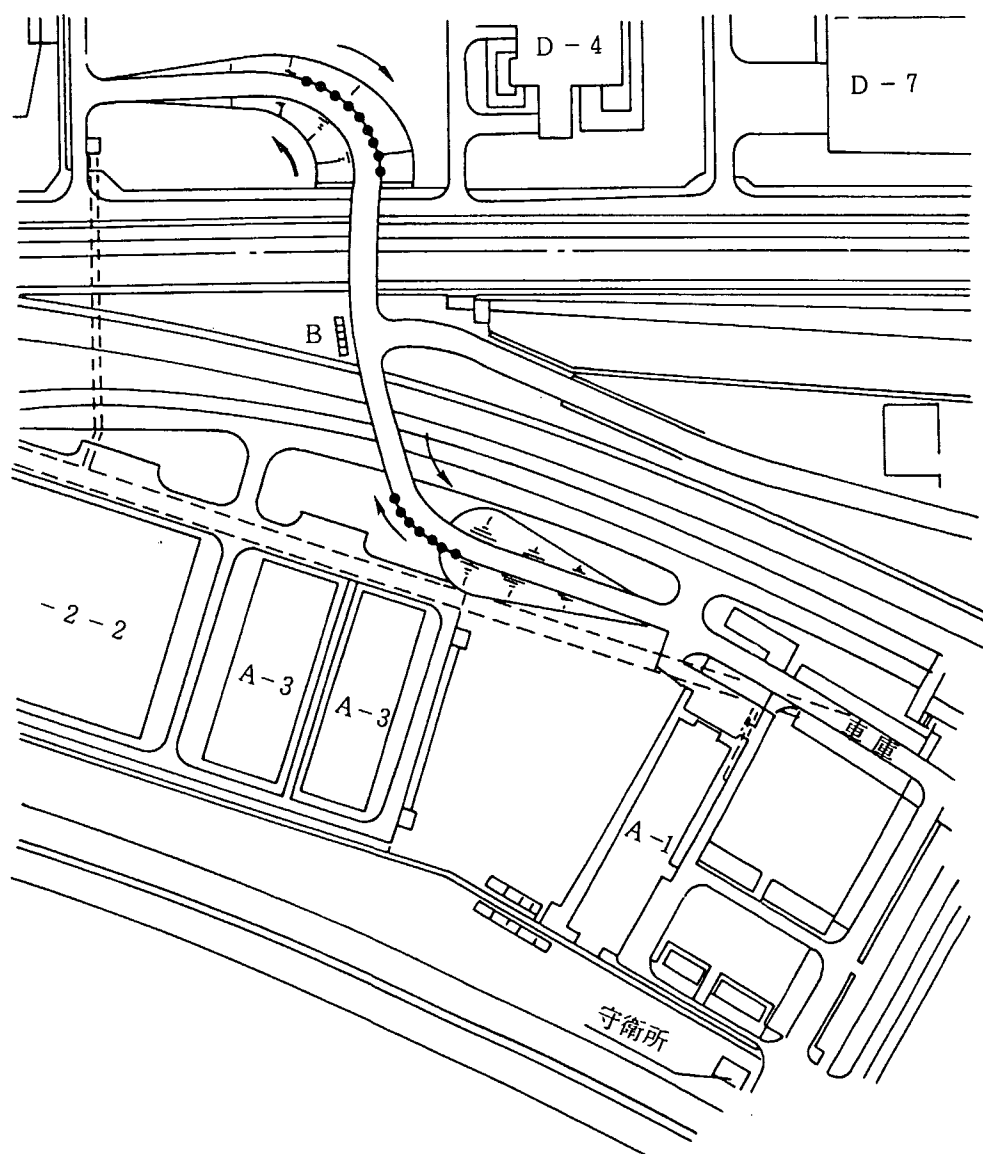


図 3 - 3 - 19 実験システムの設置条件

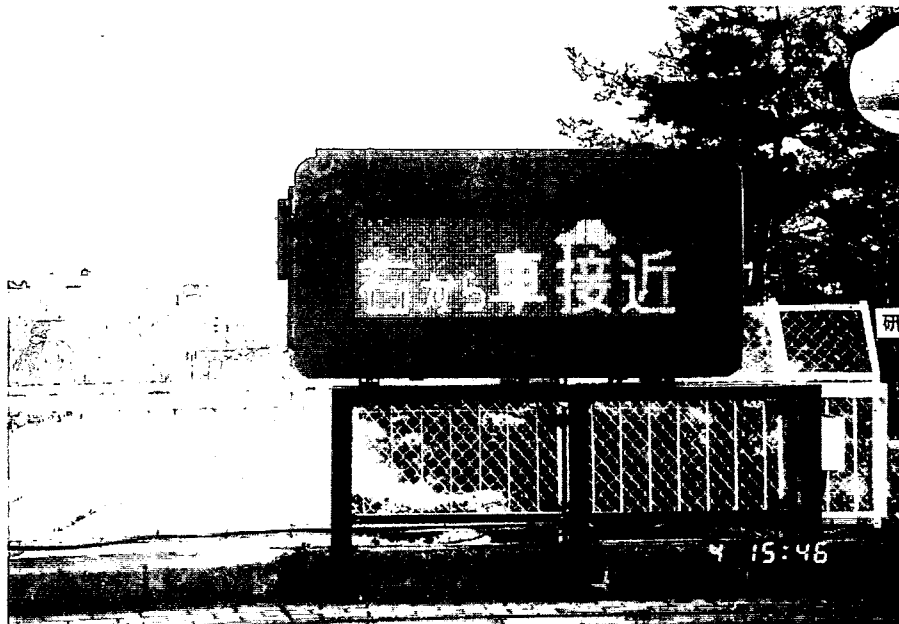


写真 3-3-5 実験システムの設置状況

b) 機器構成

本実験システムは、車両の接近を検知する検知部、車両の検知に応じて表示機を制御する制御部、LED表示によって車両の接近を伝達する表示部から構成される。また、このシステムは車両方向からの車両の検知を行っていることから、表示部を中心として対象な構成になっている。

以下では、表示部と検知部について詳しく示すことにする。

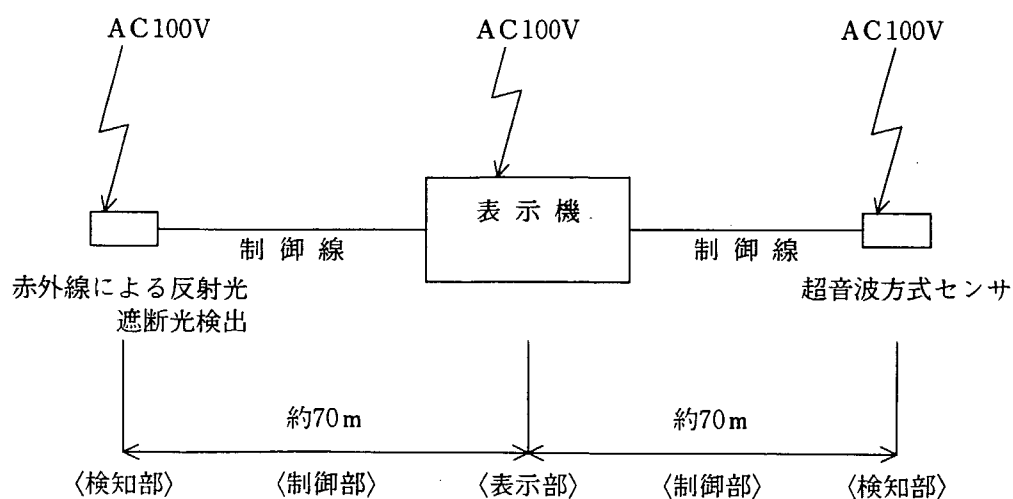


図 3-3-20 システム構成

●表示部

システムの表示部の機器構成は以下のとおりである。

発光素子

LED (φ7.5)

寸法 (突起は除く) , 重量 (支柱を含む)

寸法―― (縦) 1060mm× (横) 2180mm× (奥) 550mm

重量―― 約350kg

表示面―― (縦) 480mm× (横) 1600mm

色種類

文字部 : 橙色 (ただし, 一部赤色も可)

記号部 : 橙色, 緑色

消費電力

約1700W

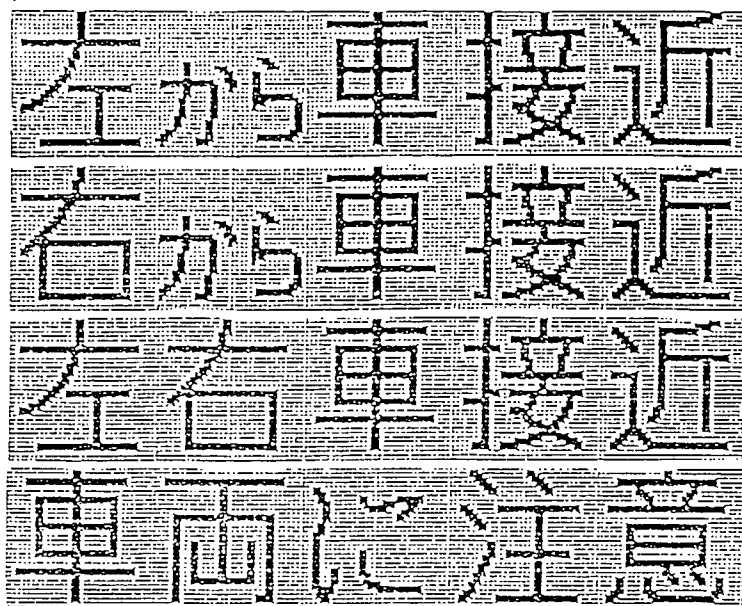
表示内容

[文字]

表示文字の大きさは3種類(30×26ドット, 23×20ドット, 15×13ドット)

(下図は30×26ドットの場合の例)

「車接近」「車注意」の部分は、橙と赤の色切替が可能



[シンボル]

シンボルは次の3種類

矢印(左右)



丸



車

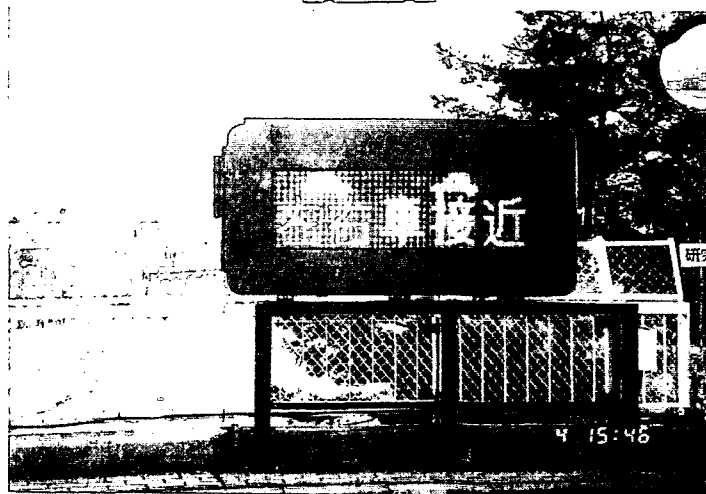


写真3-3-6 システムの設置状況

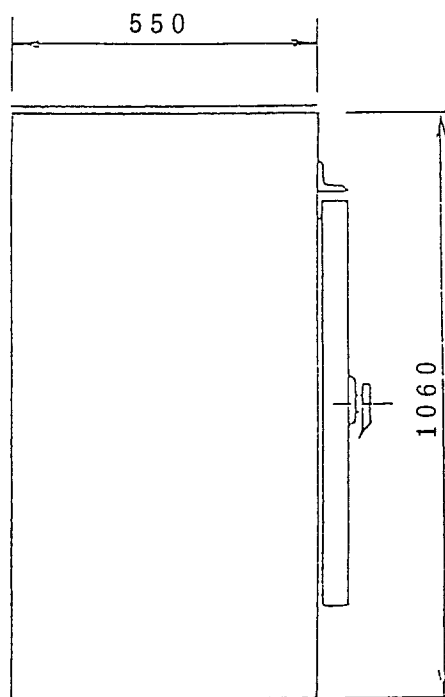
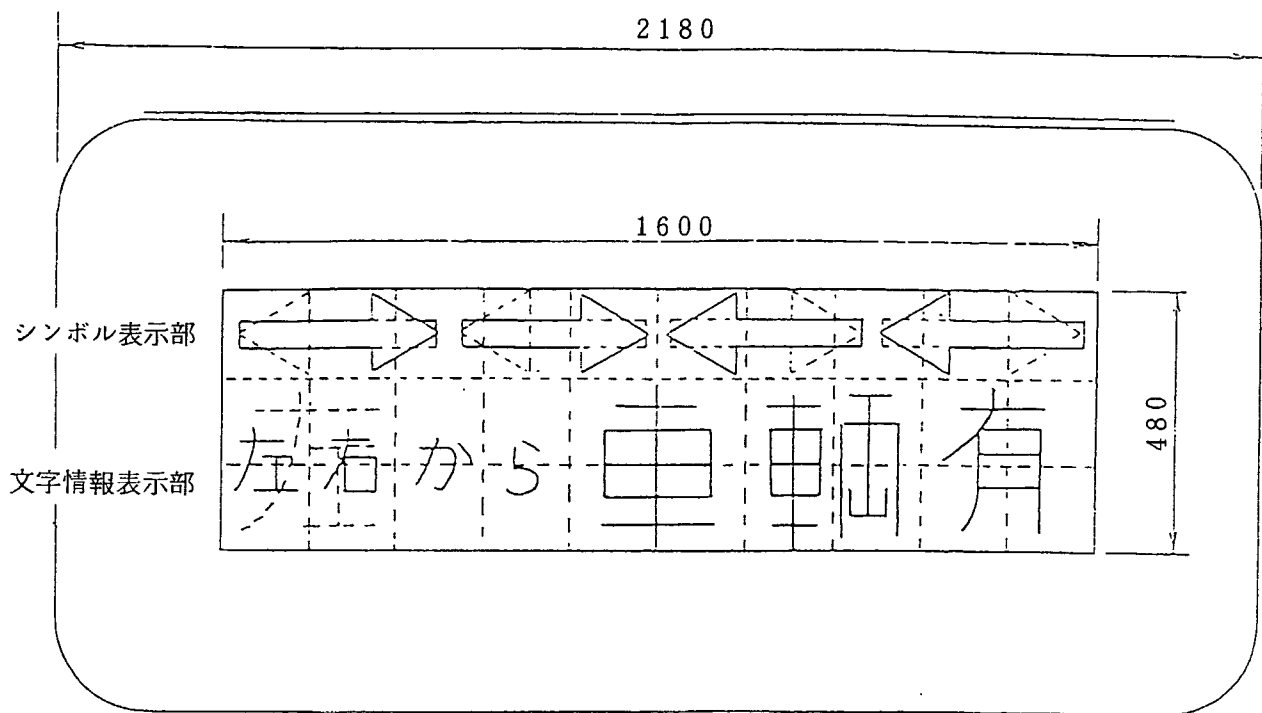


図 3 - 3 - 21 表示機の外形

● 検知部

システムの検知部は赤外線による反射光，遮断光により検出している。

架設方法

道路側方のガードレールなどにUボルトなどで縛り付け，路面にアンカーボルトで固定

消費電力

約50 V A

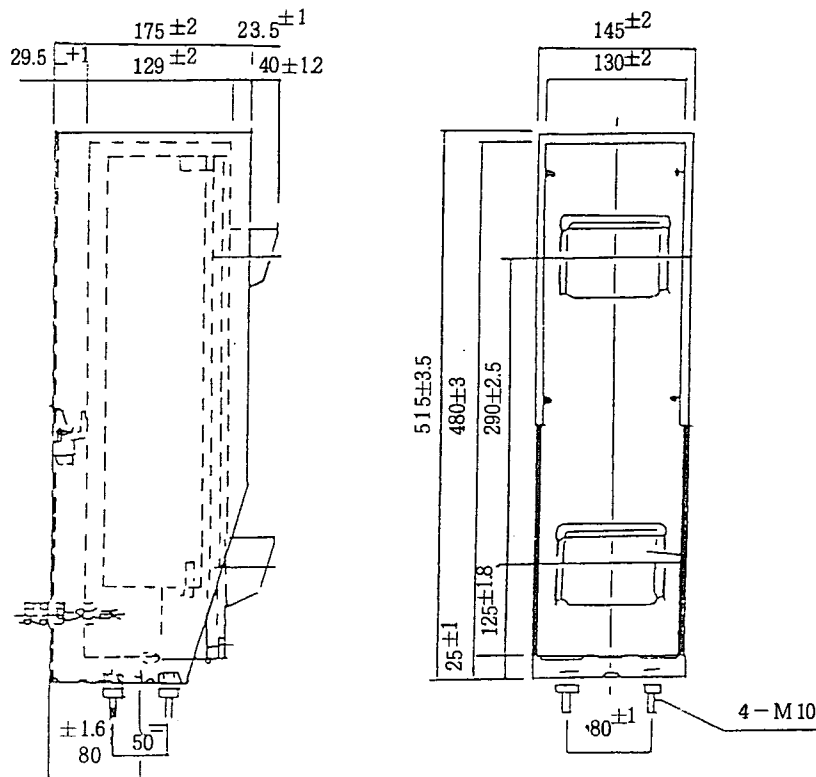


図 3 - 3 - 22 検知機器の概観図

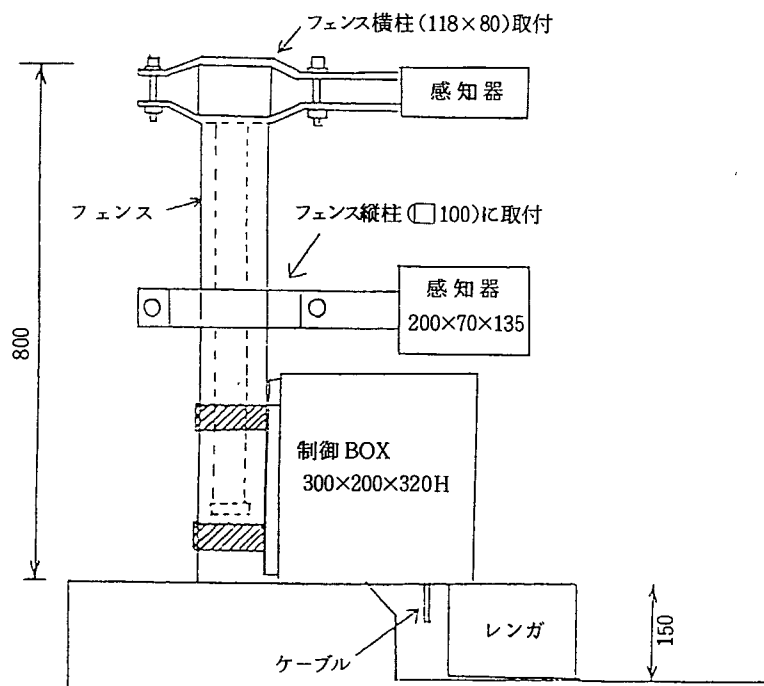


図 3 - 3 - 23 検知機器の架設図概観図

c)実験結果

実験結果はアンケート調査の結果により以下ようになった。まず、システムの全体効果については有効数133名（173名から無回答40名をのぞく）のうち、113名が有効と答えている。これは全被験者の約85%に相当し、システムは有効であるといえる。また、各種パラメータについては表3-3-12に示す各設定値が最適値として絞り込まれた。

表 3 - 3 - 12 交差部道路警戒システムの設置パラメータ

	設 置 パ ラ メ ー タ
① 発光体設置高さ	1.5 m程度
② 発光体の大きさ	1 6 0 0 × 4 8 0 mm
③ 発 光 色	橙、緑 ただし、文字と記号は、異なる方がよい
④ 発 光 輝 度	昼間 400cd 以上 夜間 20cd程度
⑤ 発 光 形 態	文字又は記号
⑥ カバー範囲(角度)	ドライバーの視点に対してほぼ 直角になるよう設定

(3) 霧中走行支援システム

① 実験目的

本実験は霧中ガイドライトの基本コンセプトである。一部点灯が全部点灯よりも効果があることを検証することを目的として実施した。

② 実験概要

a)実験場所

建設省土木研究所構内標識屋内実験施設

標識屋内実験施設は、天井に276個のノズルがあり、そこから水と圧縮空気を同時に噴出させることにより霧を発生させる。

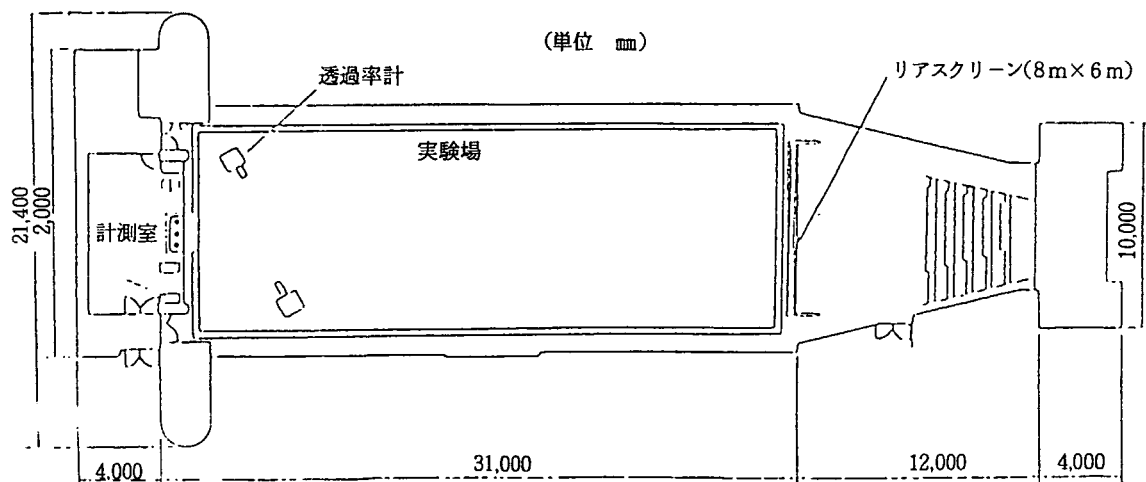


図 3 - 3 - 24 標識屋内実験施設

b)実験内容

標識屋内実験施設に霧を発生させ、実験的場内に設置した模擬車両後部を観測室から観察し（図3-3-23），その見え方を記録する。また、実施にあたっては表表3-3-13に示すパラメータを設定し、表3-3-14に示す観測項目を5段階で評価し、アンケート用紙に記入することにした。

表 3 - 3 - 13 実験パラメータ

パラメータ	設定条件		
1) 環境照度 (Lx) 対応時間帯	1000 昼 (曇天)	30 薄暮	5 夜
2) 透過率 (%) 対応視程 (m)	0~10 14以下	20~30 19~25	50~60 40~60
3) 車両照明	消灯	Highビーム	Lowビーム
4) 路上照明	消灯	全点灯	部分点灯

注) 透過率の設定にあたっては、現在の通行規制基準となっている透過率60%（視程換算値50m）を上限とした。

表 3 - 3 - 14 観測項目

1	前方車両の見え方
1)	尾灯
2)	制動灯
3)	車両輪郭
4)	視標（見える数字）
2	路面の見え方
3	前方車両との距離感
4	視線誘導効果
5	安全走行の可否 （50km/h程度で）
6	路上照明灯の眩しさ
7	路上照明灯の不快感

c) 実験機器

実験機器配置は、図3-3-27の通りである。また、模擬車両については図3-3-25に示す通り、実車両の後部コンビネーションランプ（尾灯、制動等、後退灯等を組み合わせ一体化したランプ）を使用し、車体部分にはアクリル板を利用している。

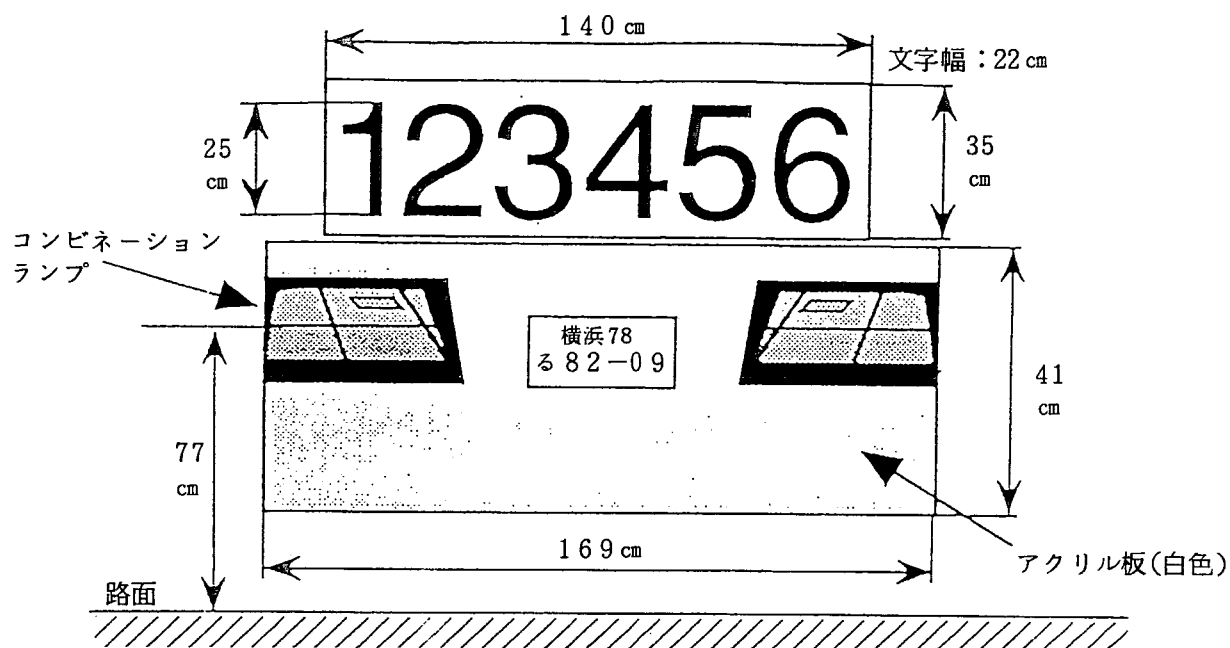
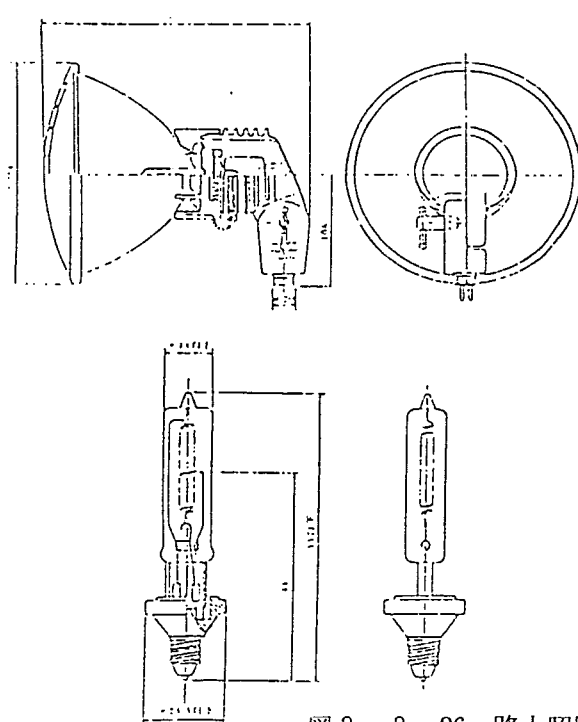


図 3 - 3 - 25 模擬車両

また、路上照明については、関越自動車道の霧対策用に使用されているものと同じハロゲンランプとする。



名 称	ハロゲンランプ
形 式	JD250WM
光 束	4500lm

最大光束	5350 cd
ビームの開き	1/10 35° 1/20 54°
効 率	1/10 33.5% 1/20 48.0%
器具光束	3263lm
器具効率	72.5%

図 3 - 3 - 26 路上照明の灯具姿図

③ 実験結果

全被験者の評価結果を、観測項目毎に単純平均して全体の評価結果とした。非験者の着席位置により、疑似先行車両までの距離は、最大3.4mの違いが発生するが、今回の実験目的が路上照明の部分点灯による効果を観測することになるため、この距離差は考慮にいれないことにした。

a) 環境照度別の各観測項目の見え方

環境照度をかえた場合の、消灯時、全点灯時、部分点灯時の観測項目について示す。

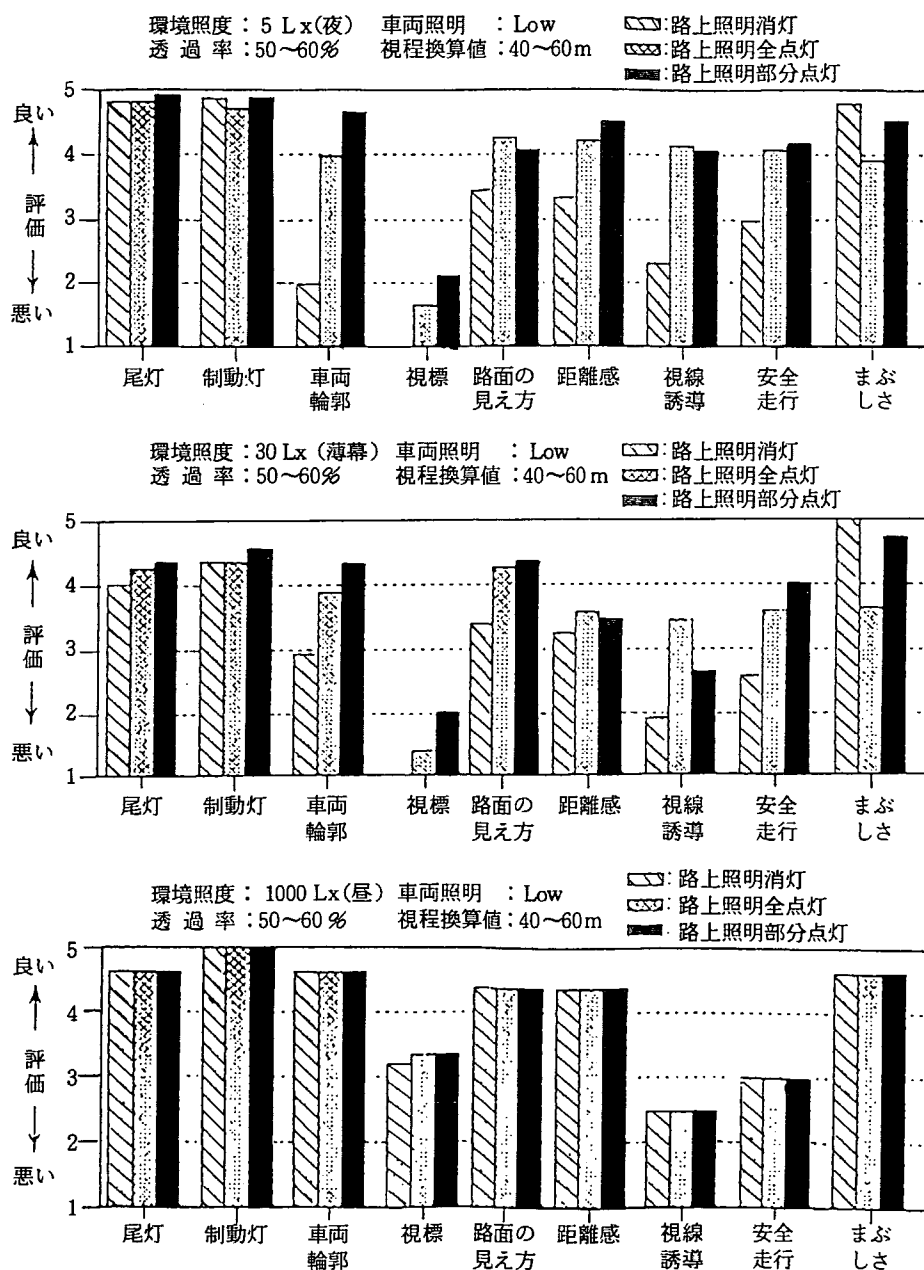


図 3-3-28 透過率50～60%の場合

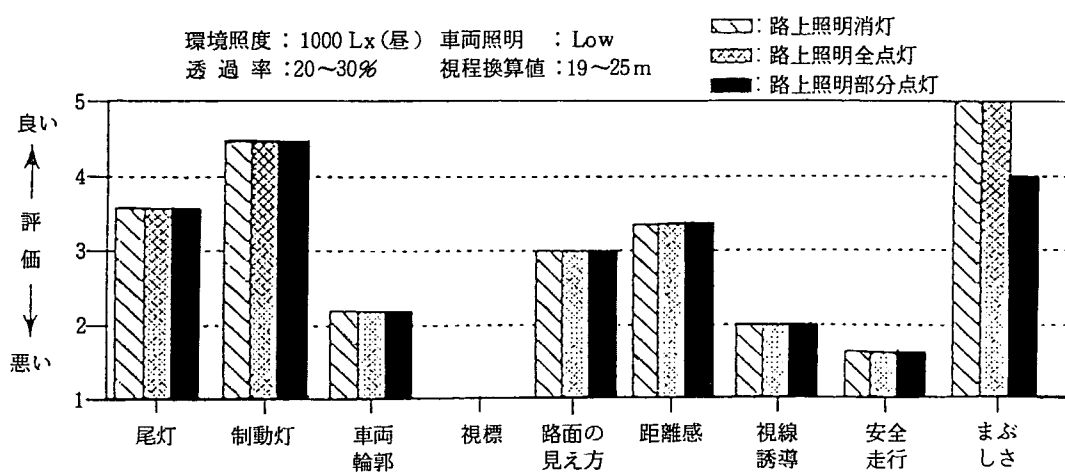
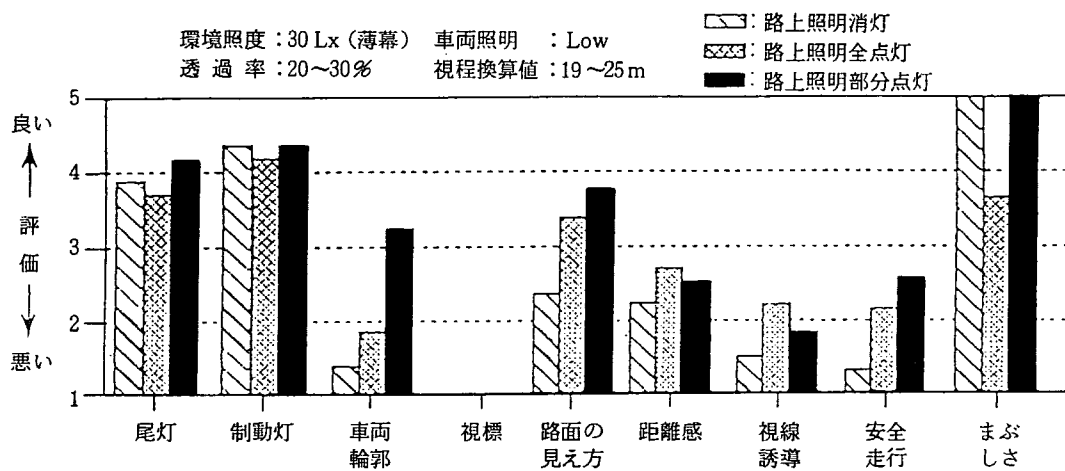
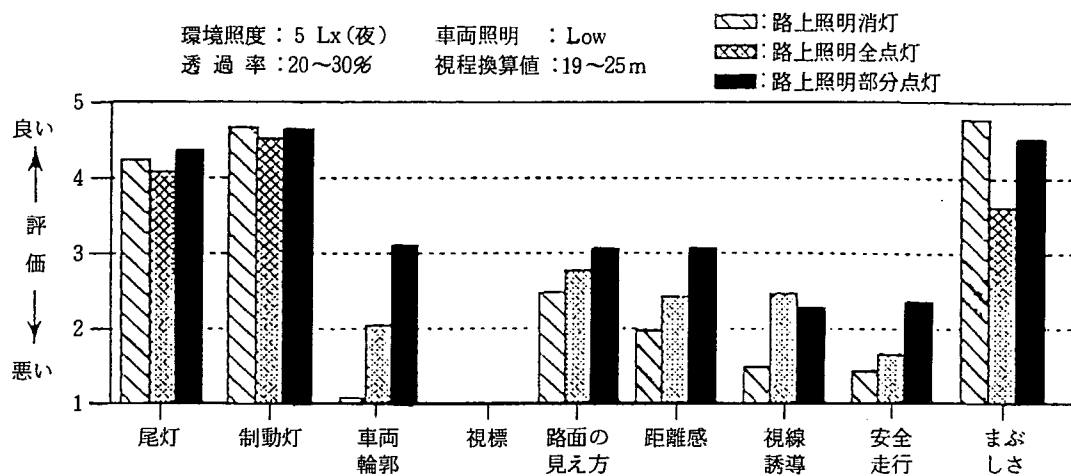


図 3 - 3 - 29 透過率20～30%の場合

b) 車両輪郭の見え方

車両輪郭のみについて、環境照度、透過率、車両照明を考えた場合の見え方を示す。

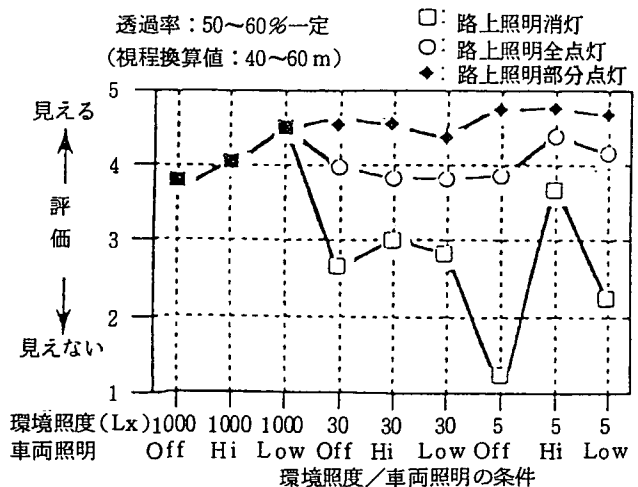
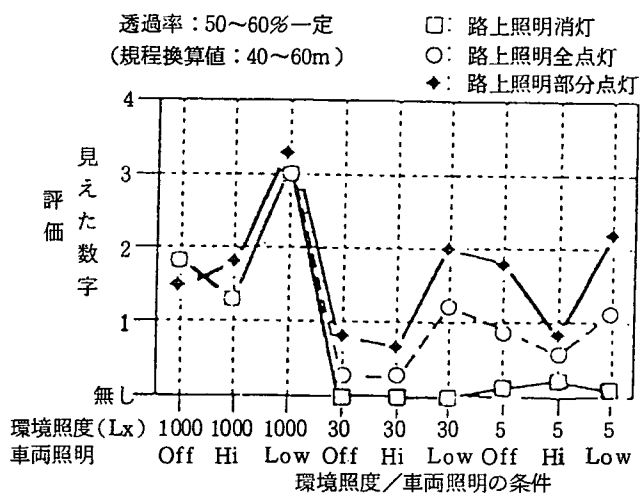
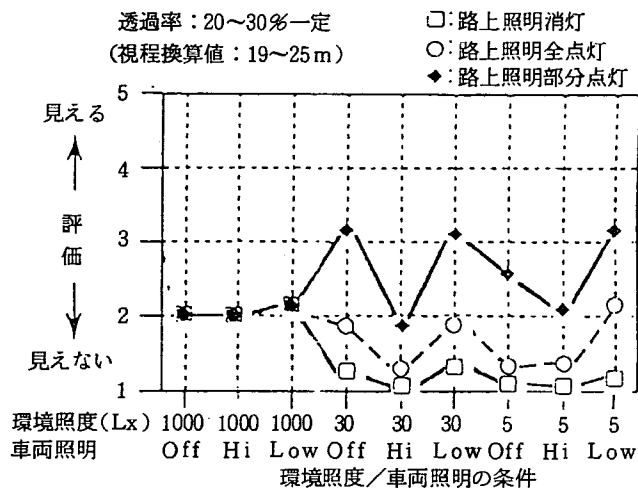
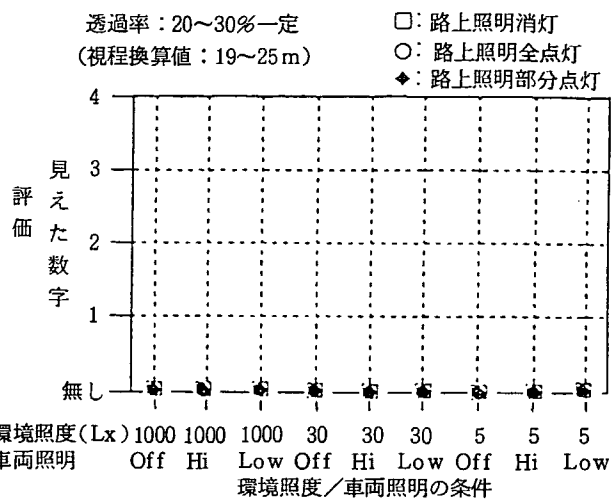
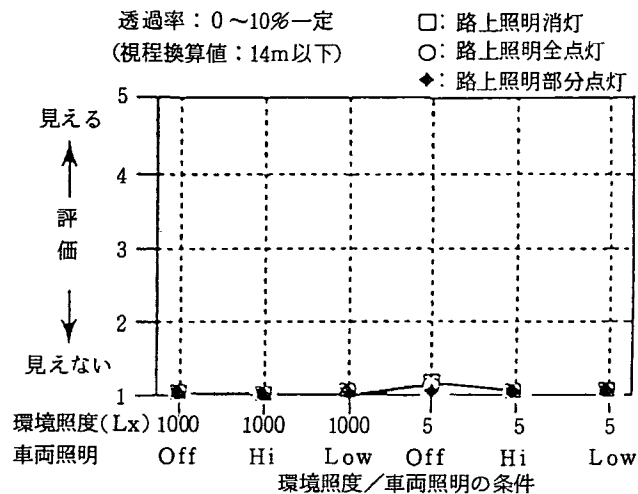


図 3 - 3 - 30 車両輪郭の見え方

c)路面の見え方

路面の見え方のみについて、環境照度、透過率、車両照明を考えた場合の見え方を示す。

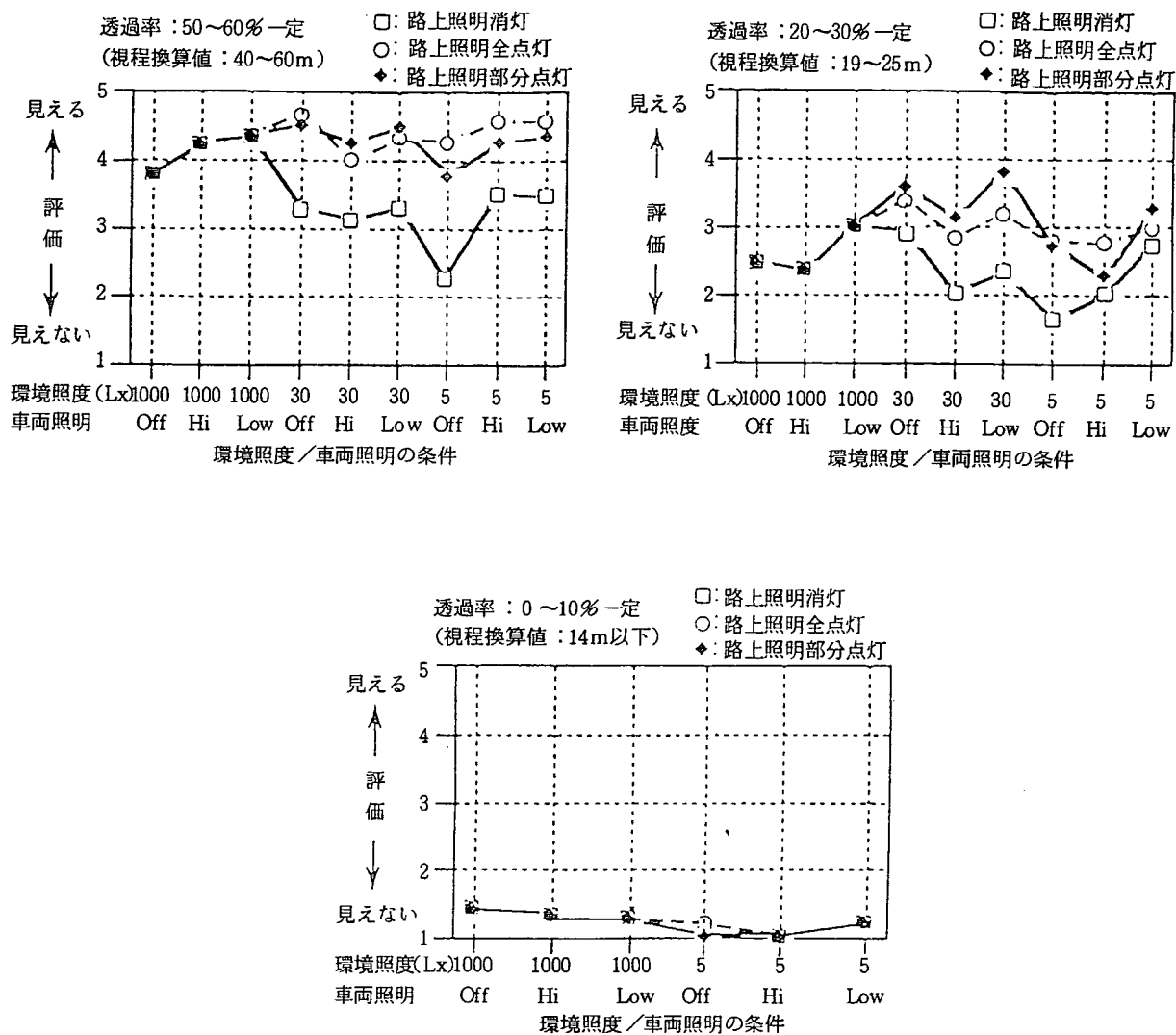


図 3 - 3 - 31 路面の見え方

d) 前方車両との距離感のつかめ方

前方車両との距離感のつかめ方のみについて、環境照度、透過率、車両照明を変えた場合を示す。

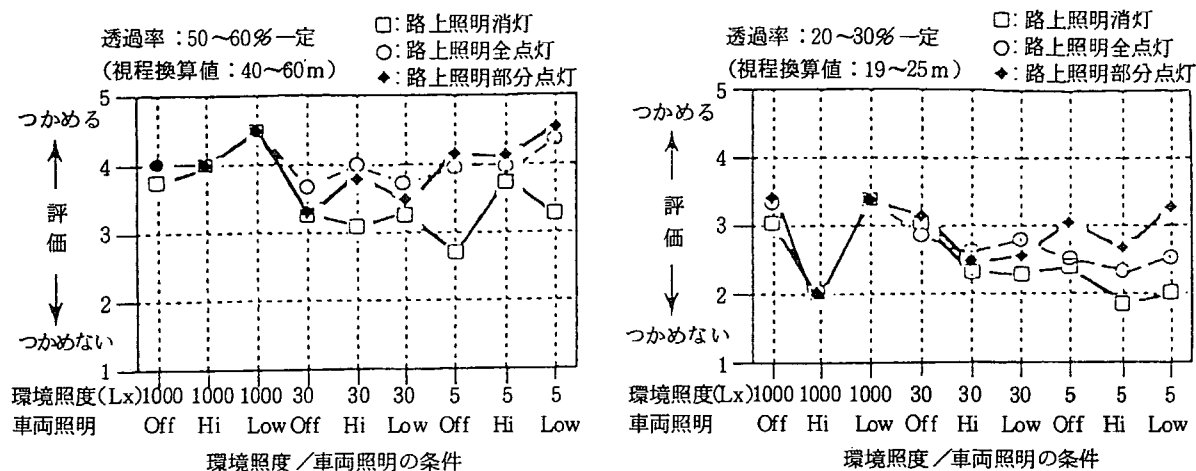


図 3 - 3 - 32 前方車両との距離感のつかめ方

④ 考察

実験結果をまとめると以下ようになる。

- a)部分点灯は夜間及び薄暮時で、かつ透過率が20%以上（10m透過率；視程換算19m以上）の霧に対して、前方車両の視認性向上に効果がある。その中で、路上照明を全点灯から部分点灯にする視認性向上の効果は、車両輪郭の見え方、距離感のつかめ方において顕著である。また、指標についても部分点灯にした方が見え方が向上する。なお、部分点灯にすることで視認性が向上するのは、前方車両が路上照明で照らされると共に、自車両直前の路上照明が消灯することで光幕輝度が減少するためと考えられる。
 - b)部分点灯にすることによる効果は、透過率が20%以上で現れるが、中でも透過率が低い方がより顕著である。なお、今回、30～50%（視程換算値25～40m）の透過率については実験を行わなかったが、透過率20～30%と50～60%の中間的な効果が予測される。
 - c)透過率が20%以下（10m透過率；視程換算19m以下）の濃い霧に対しては、路上照明の光も透過せず視認性向上はない。この場合は、他の方法による視線誘導が必要となる。
 - d)昼（曇天時気）の環境照度の条件下では、環境照度が路上照明のそれに対し極めて高く、路上照明は視認性向上に寄与しない。
- 更に、評価項目以外の点について、非験者の感想をまとめると、次のような点に加えられる。
- e)尾灯、制動灯等の自発光体の見え方については、光が見えるか見えないかの評価であったため、数値上では路上照明の消灯／全点灯／部分点灯の差は殆ど現れなかった。但し、尾灯、制動灯も車両全体が見えた方が直感的に分かりやすくなることが分かった。
- その意味では、尾灯、制動灯の視認性向上の点でも路上照明の効果はあるといえる。

以上の結果より、路上照明の効果を透過率と環境照度別に整理すると図3-3-33のようになる。

環境照度 (Lx) 透過率 視程 対応 (%) 換算値(m) 時間帯		5 夜	30 薄暮	1000 ~ 10000 昼(曇天) 昼(晴天)
60 ~ 50	60 ~ 40	路上照明効果あり	部分点灯 ≥ 全点灯	路上照明効果なし (全点灯、部分点灯とも)
30 ~ 20	25 ~ 19		部分点灯 > 全点灯	
20 ~ 0	19 ~ 0		路上照明効果なし (全点灯、部分点灯とも)	

図 3 - 3 - 33 路上照明の透過率と環境照度別の効果の有無

⑤ まとめ

- a) 路上照明による霧対策が有効なのは、透過率が20%（視程換算19m）以上の場合である。特に、透過率が50%（視程換算40m）以下の場合には、車両位置に応じて部分的に点灯する方が全灯するより顕著な効果がある。
- b) このことから、実際のシステム構築に当たっては、透過率に応じて全点灯と部分点灯の切り替えを可能にする等の検討の必要性がある。
- c) 路上照明による効果が有効な環境照度は30 Lx以下であり、時間帯としては薄暮から夜である。
- d) 透過率が20%（視程換算19m）以下の霧に対しては路上照明の効果はなく、消霧等の別対策が必要になる。

3. 4 ま と め

本章では、周辺移動体認知システムについて、これまでに検討してきた内容、実施した実験等を整理した。

路車間照明システムでは、全線照明と同じ効果が得られることにより、現在夜間に起こっている事故の30%から60%程度が解消されるといった安全性の向上に寄与することがわかった。また、経済性についても、電力消費量が1/3に抑えられるうえ、センサーとして画像処理装置を用いた方式では13.5年程度で現行のシステムよりもコストを低く抑えられることもわかった。

ガウドライトシステムでは各サブシステムのコンセプトを整理するとともに、一部のシステムについて効果検証、システムの設置パラメータを決定する実験を行った。その中でも、単路部道路線形表示システム、交差部道路警戒システム（T字路）については実際に建設省土木研究所の構内にシステムを構築して実験を行った結果、概ね良好な結果が得られた。

なお、本システムの今後の検討の方向性としては、ほぼ仕様が固まったシステムについては実用化に向けた課題の整理、また詳細な仕様検討が行われていないシステムについては、実験システムの構築を行い効果検証、設置パラメータの検討を行うことがあげられる。

第4章 車間側方コントロールシステム

第4章 車間側方コントロールシステム

本章では、次世代道路交通システムのシステム素案としてあげられた車間側方コントロールシステムについて、その導入イメージ、システムの基幹技術と構成要素について整理した。なお、車間側方コントロールシステムでは、その発展形として高度な車両制御をともなう自動運転が考えられるが、システム機能の具体的な検討にあたっては、情報提供・警告レベルの周辺車両位置表示・警告機能、前方道路危険警告機能、非常時通報機能、簡単なレベルの追突防止機能を中心に検討している。

4. 1 車間側方コントロールシステムの導入イメージ

1) 車間側方コントロールシステムの目的と概要

車間側方コントロールシステムは、図4-1-1に示す様に前後左右を走行する車両との間隔及び路車間の側方距離をコントロールし、ドライバーの認知、操作を補完あるいは代替することにより、事故防止による安全性の向上及び適正な走行状態を保つことによる輸送効率の向上を図ることをねらいとしたシステムである。

車間側方コントロールシステムでは、道路と車での連続通信を基本とし、様々な情報提供や、車両制御を行う。通信では時々刻々と変化する道路状況、交通状況に応じた車両制御を行うため、常時接続、リアルタイム通信、連続通信等の特性が要求される。また、これらの要求特性に応える連続通信媒体としてLCXの利用が考えられる。

車間側方コントロールシステムは、第2章で提案されているシステム素案のうち、システムイメージと発展可能性からみて基幹的なシステムになると思われるものである。システムの発展における初期の段階においてはドライバーの運転判断のための各種情報提供機能を中心とし、発展するにしたがって、ドライバーの運転操作の昭部または全部を代替する機能が想定される。

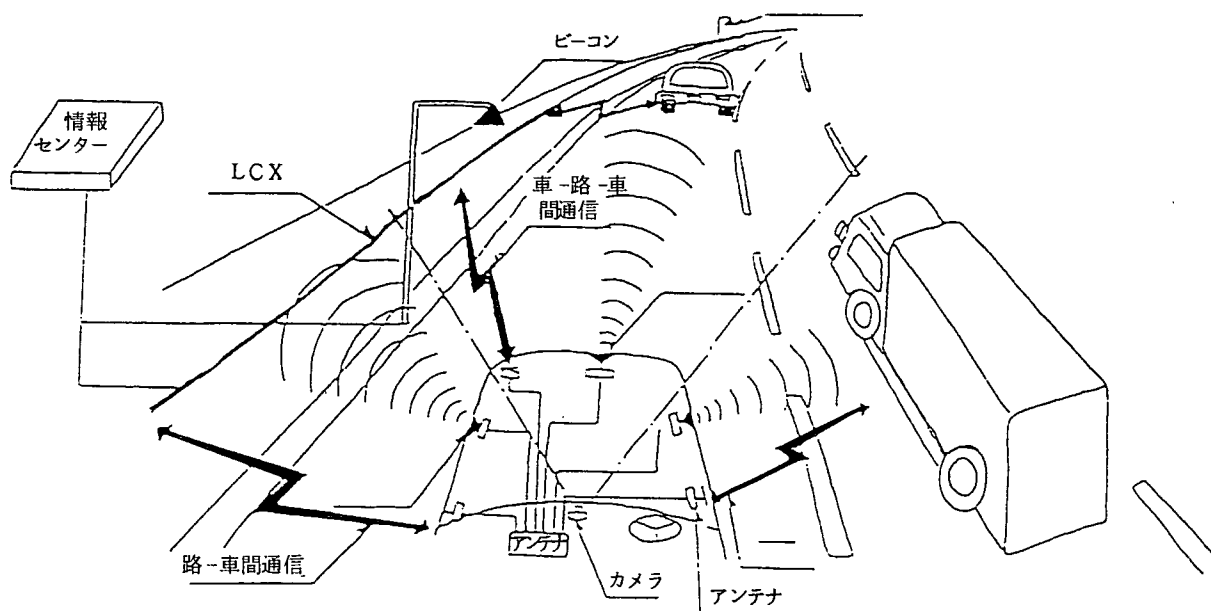
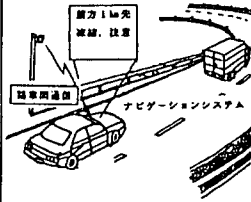
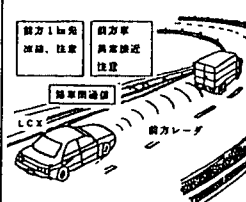
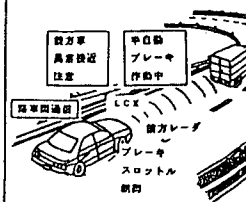
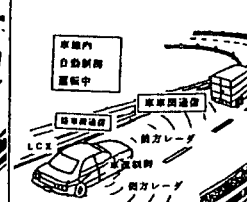
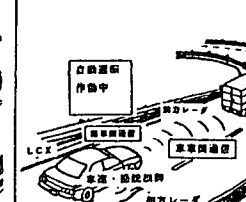


図4-1-1 車間側方コントロールシステムのイメージ

2) システムイメージと発展シナリオ

車間側方コントロールシステムは、初期の情報提供・警告機能を持つ段階から、運転補助システム、さらに最終的には自動運転システムに発展するシステムとして位置づけられる。表4-1-1にシステムの発展シナリオを指す。

表 4-1-1 車間側方コントロールシステム発展のシナリオ

実験年度	～1993年	1993年～1996年	1997年～2003年	2003年～2008年	2008年～2018年
ステップ(実現予定年度)	ステップ1(1995年頃)	ステップ2(2000年頃)	ステップ3(2005年頃)	ステップ4(2010年頃)	ステップ4(2020年頃)
システムレベル	情 報 提 供	警 告	運 転	補 助	自 動 運 転
シ ス テ ム 名	インフォメーションシステム	アラームシステム	アシストシステム	パーシャルコントロールシステム	オートノマスシステム
システム機能	ナビゲーション、道路交通情報の提供、道路構造提供、道路状況提供	車間距離表示、車間距離危険警告、周辺車両表示・警告	追突防止反自動ブレーキ 危険操舵制限	自動車間保持 (半自動運転)	自動走行
イメージ					
インフラ側システム	路車間通信(間欠通信) ・道路構造、路面状況、道路 交通情報、ナビゲーション 情報 道路・交通状況把握センサー	路車間通信(連続通信) ← 自車と周辺車の位置情報 ← 車線内位置、車線検出補助表示	路車間通信(連続通信) ← ← ← 車線内位置、車線検出補助表示	路車間通信(連続通信) ← ← 車車間通信 ・車速、位置情報 ← 車線内位置、車線検出補助表示	路車間通信(連続通信) ← ← 車車間通信 ・行動意志情報 ・車両運動情報 ← 車線内位置、車線検出補助表示
車両側システム	インフォメーションディスプレイ 車載ナビゲーションシステム	← ← 車内警報HMI ← 車両の運動予測システム	← ← ← 前方距離検出レーダシステム ブレーキ制御システム 操舵制御システム	← ← ← ← 車速制御システム	← ← ← ← 自動走行HMI

注1) システムステップはレベルの高いものはそれより低い機能も含む。ただし、表にはステップで代表となる機能しか記載していない。

注2) あみかけ部を実験システムで整備

3) 車間側方コントロールシステムの導入イメージ

(1) システム導入の対象道路

車間側方コントロールシステムは路車間通信あるいは車々間通信を利用して、車両に情報を提供したり、制御を行うシステムである。システムが高度化し制御項目が増加したり、制御が複雑化するにつれて、システム搭載車と非搭載車の混在交通への導入や、分・合流、交差点などが存在する一般道路への導入にあたっては、技術的難度が増大する。

したがって、車間側方コントロールシステムは初期においては、交通流が比較的単純な高規格な自動車専用道路へ導入し、その後一般道路へ普及させていくことが望ましいと考えられる。

(2) 自動車専用道路における導入イメージ

車間側方コントロールシステムの導入イメージに係わる項目として、①導入環境、②導入形態、③非常時への対応方法、④分岐部・合流部での処理方法、⑤適用区間と適用外区間の境界における処理方法、⑥全天候路面表示との係わり、⑦路車間及び車々間通信の役割分担・情報伝達経路等についてシステム検討を進める上での前提条件、想定される内容等について整理したものを表4-1-2に示す。また、システム作動モデル例を表4-1-3に示す。

表 4 - 1 - 2 車間側方コントロールシステムの導入イメージ

項 目	前 提 条 件	内 容
①システム導入環境 a . 道路構造	道路構造（車線幅，曲率，縦断勾配等）は，現行の道路規格に添う。	雨や霧，凍結時には対応可能
b . 対気象性	積雪時は，現行レベルで通行する。	
②システム導入形態 a . 車線の使用方法 （システム搭載車と非搭載車の振り分け）	システム搭載車と非搭載車が混在	まず，全車がシステムを搭載することを前提として，一部車線導入が考えられるが，最終的な全車線導入時には，システム搭載車と非搭載車の混合を考えざるを得ない。
b . 車線の振り分け （速度設定等について車線によるレベルの違いを設けるか）	速度の振り分けによって車線を振り分ける。	

表4-1-2 車間側方コントロールシステムの導入イメージ（つづき）

項 目	前 提 条 件	内 容
c. 車種混在への対処 (車種混在を認めるか、 車種分離をはかるか ～トラック、バス、 普通車、二輪車の走 行レーンの分離)	車種混在は、上記bのように速度 レベルによる車線の振り分けを行 えば対応できるので認める。	ただし、ドライブを楽しむ要素が強 く、また装置を搭載しにくい二輪車 は除外した方が良い。なお、システ ム搭載車と非搭載車の混合の場合は 二輪車（システムは搭載していない） の存在を考える必要がある。
b. LCX敷設形態		LCXの敷設方式として、ガードレ ール、架線、側溝等が考えられるが、 上部に張った方が、メンテナンスが 容易、大型車の陰にならない等の理 由で有利である。（要は出力、周波 数を保てるかが問題である。） →通信系の検討結果との照合が必要
e. 車両が中間車線にあ るときの路車間通信 システムの方法		上記のところで、中間車線を走行中 の車両とも個別通信が可能な敷設形 態とすればよい。 片側のLCXでそれぞれの車線との 通信は可能である。この際、車線に 関する情報をLCXに伝えてやれば よい。
f. 車線変更への対応方 法	ハンドル操作については、ドライ バーが操作する余地を残す。	この際まず初めに、ドライバーの意 志を他車に伝達する必要がある。 ドライバーの介入余地をまったく残 さないシステムとするのは自動車交 通システムとして疑問である。 (危険な操作につながる場合は操作 不能とする)

表 4-1-2 車間側方コントロールシステムの導入イメージ（つづき）

項 目	前 提 条 件	内 容
③非常時への対応方法 a. 故障車、緊急車両への対応方法	多重のフェールセーフシステムを付加し、車間側方コントロールシステムの機能が全く失われることがないようにする。	最低限、警告発信等を行えるようにし、故障車のマニュアル操作による運転路側帯への回避等を可能にさせる。 ただし、直前で突然発生するような故障に対しては、対応が極めて難しく、今後の検討のポイントである。 なお、緊急車両に関しては現在の要領（路肩を走らせる、緊急車両をよける制御を行う等）で対応する
b. 事故、定期点検、修理によるシステムストップ時の対応方法	すべての制御をシステムに依存するのではなく、最終的にはドライバーの判断に基くマニュアル操作による緊急避難的要素を残しておく必要がある。	事故への対処は、システム構築の最もポイントとなる事柄であり、多重のフェールセーフシステムが必要である。緊急時に備える運転形態（自動運転時においてもハンドルを常時握っているシステムとするか否か等）緊急避難の方法（側壁に接触させて止まらせるというような方法がとれるか等）については今後の検討課題である。

表 4 - 1 - 2 車間側方コントロールシステムの導入イメージ（つづき）

項 目	前 提 条 件	内 容
④分岐部、合流部、トンネル、橋梁部の処理方法		分岐部：＊脱出情報を予め入力する。 ＊人間の介入要素が多少残ると思われる。 合流部：＊長い付加車線が必要と思われる。 トンネル、橋梁部： ＊特別な処理は要しない。 強いてあげると、前方レーダーによる構造物（トンネル、橋梁部）と車両の識別が必要である
⑤システム適用区間と適用外区間の境界における処理方法		システム適用区間突入前に正常なシステムの作動をチェックする区間を設ける。 作動不良の場合は警告してハンドルを特に注意して握らせるようにする。

表 4-1-2 車間側方コントロールシステムの導入イメージ（つづき）

項 目	前 提 条 件	内 容											
⑥全天候路面表示との係わり	位置関係（車線中央を走っているか等）は光学的（視覚的）に検出する。	車線認識・検出手段として必要。周囲車両の車線位置関係を認識し、車両をコントロールするための車線表示で、気象状態によっては（たとえば積雪時には融雪装置を準備する等）道路側に対応施設を準備する。 （下表参照）											
	<table border="1"> <tr> <th>気象条件</th><th>検 出 法</th><th>走行車線区分法（例）</th></tr> <tr> <td>通常</td><td>視覚（光学）</td><td>白線</td></tr> <tr> <td>霧・雨</td><td>光学（視覚）</td><td>発光体</td></tr> <tr> <td>雪</td><td>光学（視覚）</td><td>発光体＋融雪施設</td></tr> </table>	気象条件	検 出 法	走行車線区分法（例）	通常	視覚（光学）	白線	霧・雨	光学（視覚）	発光体	雪	光学（視覚）	発光体＋融雪施設
気象条件	検 出 法	走行車線区分法（例）											
通常	視覚（光学）	白線											
霧・雨	光学（視覚）	発光体											
雪	光学（視覚）	発光体＋融雪施設											
⑦路車間通信と車々間通信の役割分担及び検知、処理、制御の各過程において伝達される情報の経路と内容	・センサー（前方レーダー、側方センサー、車線認識カメラ等）の役割～情報収集内容、情報伝達先、情報伝達手段 ・情報処理装置（インフラ側、車載側）の配置パターンと処理内容 ・制御指令の伝達内容と伝達経路	得た情報の処理が特に問題となる。 （表 1-2-3 システム動作モデル検討例参照）											

表 4 - 1 - 3 システム作動モデル例

走 行 条 件	操 作	車 両 情 報	外 部 情 報	情 報 経 路	車 内 警 報 等	処 理	制 御
発進時（非制御路）		（車間・側方・車線）			制御圏外		手動
制御圏進入（予告区間）	制御選択	車間・側方・車線	制御圏	路車	制御予告		手動
制御圏進入（予告区間）	制御選択	車間・側方・車線 ^{*1}	車線 車速 車間	車内（路車） 路車 車内	制御開始	車線選択で 最適値を設定	自動
合流	合流選択	合流		車車（路車）		合流点指定	合流車線車両制御
カーブ路		（横角速度）	カーブ半径	路車		最適速度設定 前方センサ補正	自動
追い抜き		側方・車線	車速	車車	（追い抜き）		車線変更禁止
分岐路	分岐選択	分岐	分岐予告	車車（路車）		分岐点指定	分岐車線車両制御 車線変更
事故車両			障害物	路車	障害物	車速・車間・車線 指定	走行車両強制制御
緊急車両			緊急車両	路車・車車	緊急車両	車線規制	走行車両強制制御
路面（雪）警報			積雪	路車	積雪	車速・車間・車線 指定	走行車両強制制御 ^{*2}
システム（車）故障		故障		車車（路車）	装置故障	外部にも警報	手動
システム（路）故障 ^{*3}		（車間・側方・車線）			制御圏外		手動

注）自動車としては、車両側で主な運転制御を行い、運転者の意思による操作の余地を多少残す事を想定。

（*1）車間・側方・車線情報は走行中常時車内情報として検知する。

（*2）路面条件によって判断し、例えば制御ランクを“自動”から“補助”等に下げ、その旨車内には表示警告する。

（*3）非制御路と処理・制御は同じ。

(3) システム導入形態

車間側方コントロールシステムは車両側の検知、通信、情報処理、制御などに関する装置を搭載する必要があり、車間側方コントロールシステムを導入するにはシステム導入区間を通過する全車両が、システムを搭載していることが望ましい。しかし、システム適用区間を通る全車両がシステムを搭載していることを前提とする場合は、特定レーンを専用レーン化するなどして一部車線への導入になると思われる。

なお、混在交通下においては全車線への導入が比較的容易である。

したがって、初期の導入形態としては全車システム搭載を前提とした一部の専用レーンへの導入が検討しやすいが、システム検討の前提条件としては、社会的実現性を考慮してシステム搭載車と非搭載車の混在とする。

表 4-1-4 前提条件と技術的難度、社会的実現性

導 入 形 態		技術的 難 度	社会的 実現性	備 考
システム適用区間 の交通状況	車線の 使用 方法			
全 車 塔 載	全 車 線 導 入	小	小	
	一部車線導入	小	大	専用レーン化が必要
混 在 交 通	全 車 線 導 入	大	大	当面の検討対象とする
	一部車線導入	大	大	

(4) 制御形態と制御対象車両

車間側方コントロールシステムを機能レベルとシステム形態によって分類すると前者については情報提供・警告を行う段階、簡単な車両制御を行う段階、自動運転またはこれに近い制御を行う段階の3つの段階に分けられる。また、後者については、インフラと車両との組み合わせによってインフラ側のみのシステム、車両相互のシステム、インフラ側及び車両側相互のシステムにわけられる。これらを整理すると表4-1-5、表4-1-6のようになる。

表 4-1-5 システム機能レベルの分類

レ ベ ル	機 能
①第 1 段階	情報提供・警告
②第 2 段階	簡単な制御（運転補助）
③第 3 段階	制御（自動運転）

表 4 - 1 - 6 システム形態の分類

構 成 要 素	情 報 の 流 れ
① インフラ側のみ	路→車（路上機器による表示、路面表示等によるインフラ側から車両側への一方向情報提供）
② 車 両 相 互	車⇔車（車々間通信）
③ インフラ側及び 車両側相互	路→車、路⇔車（車載器への表示、車両制御等） 車→路→車（インフラ側を介した車両相互の情報提供、制御等） 車⇔車（車々間通信の併用による車両相互の情報提供、制御等）

車間側方コントロールシステムは機能レベルでは最終的に第3段階まで到達し得るシステムであり、第1段階（情報提供・警告）から第3段階（制御）までのそれぞれの段階を経るものである。一方、システム形態については路車間、車々間の双方向の情報の流れが必要となるインフラ側及び車両側相互に係わるシステムである。

(5) 対気象性

車間側方コントロールシステムは基本的には全天候型のシステムとして想定される。このため、路面の湿潤状態や凍結状態を検知するシステムを取り込んだものとする。

また霧中走行に対しては、制御や操舵を補助することにより、安定走行や追突防止が可能となる。

なお、強度の悪天候や積雪時には自動運転またはこれに近い高度な制御は停止させることが考えられる。

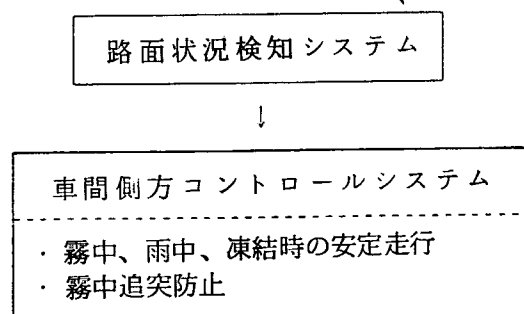


図 4 - 1 - 2 車間側方コントロールシステムの対気象性

(6) 合流・分流などの対応

合流・分流箇所においては、全車両がシステムを搭載している場合は、合流・分流箇所付近に存在する車両を全体として最適な走行状態になるように各車両を制御することが可能。

一方、混在交通下では、システム搭載車のみの制御となるため他車の走行状態からシステム搭載車にとっての最適な走行状態が実現されるように制御することとなる。

(7) システム適用区間及び適用区間外との接点処理

システム適用区間外ではマニュアル走行となるため、境界地点の通過前にドライバーにシステムの作動基準またはマニュアル走行への切替準備に関する情報を提供する必要がある。

これについては、次の方法が考えられる。

- ① 適用区間外との間にジョイント区間を設けてシステム切替の準備を行う。

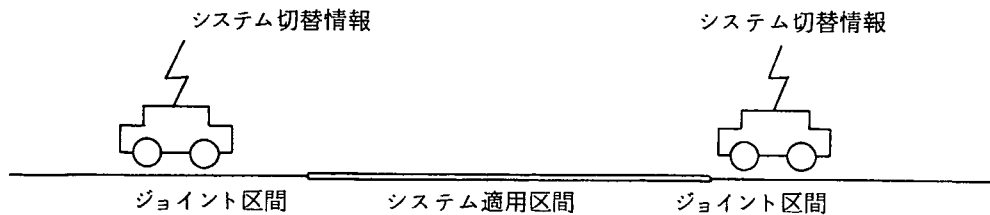


図 4 - 1 - 3 システム適用区間外との接点処理

- ② 一般道路に広範囲に普及していると考えられるビーコンを用いた路車間通信システムを利用して車間側方コントロールシステム適用区間への進入情報を送り、適用区間外への進入時には車間側方コントロールシステムの中でそれに関する情報提供・処理を行う。

(8) その他必要となる前提条件

(1)～(7)の他に車間側方コントロールシステムを導入する場合の条件として次のことに留意する必要がある。

- ① 通信・処理：情報の通信・処理能力には十分に余力がある。
- ② 各種構成機器・車間側方コントロールシステムを構成する機器は十分な信頼性が確保されている。

4) 車間側方コントロールシステムの社会的有効性

道路に求められる基本的な機能としては、安全かつ効率的であることがあげられる。ここでは、事故の減少による安全性の向上、渋滞の解消による輸送効率の向上に着目して、車間側方コントロールシステムの社会的有効性を検討する。

(1) 検討対象区間と評価項目

車間側方コントロールシステムは高度なインフラ設備を設置できる道路への導入が考えられるが、社会的有効性について既存の道路にあてはめて検討を行う際の対象道路として、東名高速道路を取り上げる。このうち東京～厚木間及びボトルネックの一つとなっている都夫良野トンネル付近について検討する。

評価項目については、安全性の向上と輸送効率の向上を取り上げる。安全性の評価は、東京～厚木間に対しては、事故の減少に伴う事故渋滞の解消による走行時間の短縮及び走行経費の減少について行い、また都夫良野トンネル付近に対しては、ボトルネック渋滞の解消による走行時間の短縮及び走行経費の減少について行う。

表4-1-7 車間側方コントロールシステムの検討対象区間評価項目

区 間	安全性評価項目	輸送効率評価項目
東名高速道路 東京～厚木間	・事故の減少	事故渋滞の解消による ・走行時間の短縮 ・走行経費の減少
東名高速道路 都夫良野トンネル付近	—————	ボトルネック渋滞の解消による ・走行時間の短縮 ・走行経費の減少

(2) 安全性

① 検討フロー

車間側方コントロールシステム導入による安全性に対する効果は以下のフローにしたがって検討する。

検討対象とする発展段階としては、表4-1-1のSTEP 3に相当する運転補助システム（半自動運転）とSTEP 5に相当する自動運転システムの2段階を取り上げる。

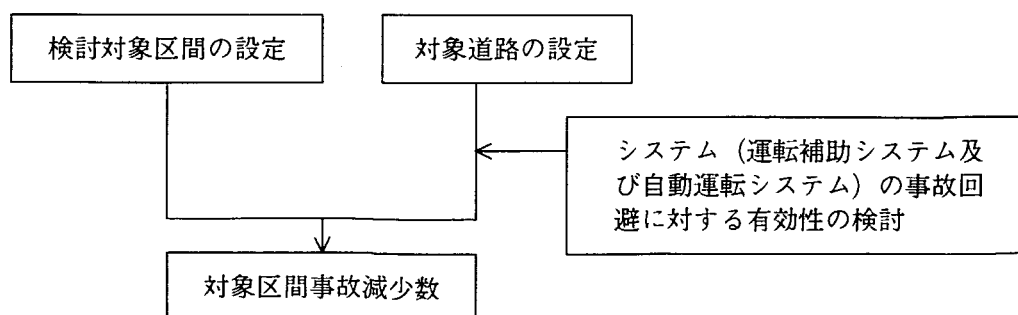


図4-1-4 安全性に関する効果の検討フロー

② 車間側方コントロールシステムの対応可能事故の設定

車間側方コントロールシステムの導入によって解消可能となる事故を、事故形態及び事故原因にしたがって整理する。なお、事故原因については、事故データにおける違反種別分類を事故原因分類と考えることとする。

東名高速道路の東京～厚木間について事故データの事故形態及び違反種別の分類に基づき、車間側方コントロールシステムのうち運転補助システムと自動運転システムで対応可能となり得る事故を抽出し、同時に、各項目について事故の減少に対する影響の程度を設定する。

車間側方コントロールシステムにおける運転補助システム及び自動運転システムで対応可能と思われる事故形態、一部対応可能であると思われる事故形態を表4-1-8に示す。運転補助システムでは、激しい衝突、乗り上げ等には一部対応可能であり、それ以外に関しては、システムの機能に直接結びつかない車外転落、車両火災、対人事故、その他あるいは形態不明の事故を除いてすべて対応可能であると考えられる。また、自動運転システムでは、システムの機能に直接結びつかない車外転落、車両火災、対人事故、その他あるいは形態不明の事故を除いてすべての事故形態に対応可能であると設定した。

次に、車間側方コントロールシステムのうち運転補助システム及び自動運転システムで対応可能と思われる事故原因、一部対応可能と思われる事故原因を表4-1-9に示す。運転補助システムではハンドル及びブレーキ操作の誤りや車間距離の不足に対応可能となり、それ以外のものには一部対応可能であると考えられる。自動運転システムは完全自動運転であるため、「その他」、「不明」、「該当なし」に分類される事故を除いてすべての事故原因に対応可能と設定した。

表4-1-8 車間側方コントロールシステムで対応可能な事故形態及び形態別の事故件数

				運・転・補・助・止・半・自 ・退・突・ク・レ・二・手・限 ・危・険・操・舵・制	自・動・自・動・自・動 ・入・入・入・入・入 ・行・走・行・走・行	事・故・件・数 89 東京圏 ～間 事故 数	
車 両 相 互	対 車 両		衝 突	△	○	197	
			追 突	○	○	698	
			接 触	○	○	559	
	対 向 車 両		衝 突	△	○		
			接 触	○	○		
車 側 路 左 側 道 路 右 側 独	道 路 左 側	防 護 柵	衝 突 ・ 接 触	○	○	78	
				乗 り 上 げ	△	○	
				突 破	△	○	
			トンネル壁	衝 突 ・ 接 触	○	○	
			橋 梁 高 欄	衝 突 ・ 接 触	○	○	
		アイランド	衝 突 ・ 接 触	○	○		
			乗 り 上 げ	△	○	1	
			法 面	衝 突 ・ 接 触	○	○	9
			標 識 ・ 照 明 柱	衝 突 ・ 接 触	○	○	3
			そ の 他 構 造 物	衝 突 ・ 接 触	○	○	5
	中 央 分 離 帯 及 び 道 路 右 側	防 護 柵	衝 突 ・ 接 触	○	○	104	
				乗 り 上 げ	△	○	2
				突 破	△	○	
			分 離 帯	乗 り 上 げ	△	○	10
			縁 石	衝 突 ・ 接 触	○	○	15
		開 口 部	衝 突 ・ 接 触	○	○		
			突 破	△	○		
			トンネル壁	衝 突 ・ 接 触	○	○	
			橋 梁 高 欄	衝 突 ・ 接 触	○	○	
		アイランド	衝 突 ・ 接 触	○	○		
			乗 り 上 げ	△	○	2	
			法 面	衝 突 ・ 接 触	○	○	1
			標 識 ・ 照 明 柱	衝 突 ・ 接 触	○	○	
			そ の 他 構 造 物	衝 突 ・ 接 触	○	○	2
	独	分 岐 端	衝 突 ・ 接 触	○	○		
		料 金 所	衝 突 ・ 接 触	○	○	4	
		落 下 物 ・ 飛 来 物	衝 突 ・ 接 触	△	○	71	
		横 転	転 倒	△	○	15	
		車 外	転 落	×	×		
		車 両	火 災	×	×		
		路 外	逸 脱	○	○		
		対 人 事 故		×	×	8	
		そ の 他 ・ 不 明		×	×	57	
○：対応可能					計	1,841	

表4-1-9 車間側方コントロールシステムで対応可能な事故原因

	運転補助システム ・追突防止半自動ブレーキ ・危険操舵制限	自動運転システム ・自動走行
通行禁止制限違反	△	○
車両通行帯違反	△	○
車間距離不保持	○	○
徐行違反	△	○
駐停車違反	△	○
合図不履行	△	○
運転者の厳守事項違反	△	○
横断違反	△	○
転回違反	△	○
後退違反	△	○
追越違反	△	○
積載不適当	△	○
酒酔い運転	△	○
過労・居眠り運転	△	○
最高速度違反	△	○
最低速度違反	△	○
ハンドル操作不適当	○	○
ブレーキ操作不適当	○	○
安全運転義務違反	△	○
わき見運転・前方不注意	△	○
安全速度違反	△	○
後方安全不確認	△	○
後退不適当	△	○
追越不適当	△	○
車両整備不良	△	○
タイヤ不良	△	○
安全運転管理者の義務違反	△	○
その他	×	×
不明	×	×
該当なし	×	×

○：対応可能
△：一部対応可能
×：対象外

東名高速道路（東京～三ヶ日間）における1989年の実績値による事故形態と事故原因（違反種別）の関係は表4-1-10のとおりである。ここでの比率をもとに形態別・原因別の事故件数を求め、さらに事故を形態別・原因別に捉えた場合に車間側方コントロールシステムが対応できる程度を以下のように設定して、事故減少の程度を把握する。

- ・事故原因、事故形態ともに対応可能な事故はすべて解消できる。
- ・事故原因あるいは事故形態のどちらかが対応可能な事故は50%が解消できる。
- ・事故原因、事故形態ともに一部対応可能な事故は25%が解消できる。
- ・事故原因、事故形態のどちらかが対応不可能な事故は解消できない。

形態別・原因別の事故減少率と事故減少数を運転補助システムについてまとめたものを表4-1-11に示す。

以上より、1989年の事故データ（事故件数1841件）に基づく東名高速道路東京～厚木間の事故減少数は、

運転補助システム： 965件（52%）

自動運転システム：1714件（93%）

となる。

表 4 - 1 - 10 形態別・原因別の事故件数と比率

違反種別 形態			通制 行限 禁違 止反	車違 両通 行帯反	事不 間保 距離持	徐行 違反	駐停 車違反	合図 不履行	運事 転者の 厳守反	横断 違反	転回 違反	後退 違反	追越 違反	積載 不適当		
車両相互	対 車 両	衝突 追突 接触		0.3 (0.2)	1.9 (1.0) 22.1 (3.2) 2.1 (0.4)				3.8 (1.9) 1.0 (0.1) 10.2 (1.8)		0.4 (0.2)		0.4 (0.2) 0.4 (0.1)		0.9 (0.2)	
		衝突 接触	0.4 (0.1)													
車 両 単 独	道路左側	衝突・接触 乗り越上げ 突 破			0.2 (0.2)				0.2 (0.2)							
		トンネル壁 橋 梁 高 欄	衝突・接触 衝突・接触													
		アイランド	衝突・接触 乗り越上げ													
		法 面 標識・照明柱	衝突・接触 衝突・接触													
		その他構造物	衝突・接触		0.1 (2.6) 0.8 (0.8)										0.1 (2.6)	
		中央分離帯及び道路右側	防護柵 乗り越上げ 突 破													
			分離帯 縁 石	乗り越上げ 衝突・接触												
			開口部 突 破	衝突・接触												
	トンネル壁 橋 梁 高 欄		衝突・接触 衝突・接触													
	アイランド		衝突・接触 乗り越上げ													
	法 面 標識・照明柱		衝突・接触 衝突・接触													
	その他構造物		衝突・接触												0.1 (4.6)	
	分岐端 料金所		衝突・接触 衝突・接触												0.4 (9.5)	
	落下物・飛来物		衝突・接触		3.2 (4.4)											
	横 転 車 外 転 落 車 両 火 災 路 外 逸 脱		転 倒 転 落 火 災 逸 脱													
	対 人 事 故 そ の 他 ・ 不 明	事 故 不明						0.7 (1.3)					11.4 (20.0)			
	合 計		0.4	0.3	30.4			0.7	15.2		0.4		12.2	1.5		

(→つづく)

表 4 - 1 - 10 形態別・原因別の事故件数と比率（つづき）

違反種別 形態			酒酔い 運転	過居 眠り 運 労転	最高 速度 違反	最低 速度 違反	ハ操 作 不 適 当	ブ操 作 不 適 当	安義 全務 運 転 反	わ前 方 見 不 運 注 転規	安全 速度 違反	後不 方 確 全認	後退 不 適 当	追越 不 適 当	
車 両 相 互	対 車 両	衝突 追突		4.2 (2.1)	0.4 (0.2)		46.6 (23.6)	29.4 (14.9)	3.4 (1.7)	55.0 (27.9)	1.5 (0.8)	43.1 (21.9)	1.1 (0.6)		
		接触		22.4 (3.2)			6.0 (0.9)	53.1 (7.6)	3.0 (0.4)	571.0 (81.8)	1.7 (0.2)	9.0 (1.3)			
	対 向 車 両	衝突 接触		8.5 (1.5)			52.8 (9.4)	14.0 (2.5)	6.0 (1.1)	108.5 (19.4)	1.7 (0.3)	316.1 (56.5)		0.9 (0.2)	
車 両 単 独	道 路 左 側	防 護 柵	衝突・接触		2.3 (3.0)		48.3 (61.9)	11.5 (14.8)	1.1 (1.4)	11.5 (14.8)	1.3 (1.6)				
			乗り上げ												
			突 破												
		トンネル壁	衝突・接触												
			橋 築 高 欄	衝突・接触											
		アイランド	衝突・接触												
			乗り上げ					0.2 (18.2)	0.2 (18.8)	0.1 (9.1)	0.5 (54.6)				
	法 面	衝突・接触		0.5 (5.0)	0.2 (2.5)		4.1 (45.0)	1.1 (12.5)	0.2 (2.5)	2.3 (25.0)	0.2 (2.5)	0.2 (2.5)			
		標識・照明柱	衝突・接触		0.3 (8.3)			1.5 (50.0)	0.3 (8.3)	0.5 (16.7)	0.3 (8.3)	0.3 (8.3)			
		その他構造物	衝突・接触					3.1 (61.5)	0.6 (12.8)		0.9 (18.0)	0.1 (2.6)			
	中央分離帯及び道路右側	防 護 柵	衝突・接触	0.2 (0.2)	2.7 (2.6)	0.8 (0.8)		60.9 (58.6)	12.0 (11.6)	1.2 (1.1)	21.5 (20.7)	2.1 (2.1)	0.6 (0.6)		
			乗り上げ		0.2 (10.0)			0.8 (40.0)	0.2 (10.0)	0.2 (10.0)	0.6 (30.0)				
			突 破												
		分 離 帯	乗り上げ					6.2 (62.0)	1.0 (10.0)	0.2 (2.0)	2.0 (20.0)	0.2 (2.0)	0.2 (2.0)		
			縁 石	衝突・接触		0.6 (4.1)			9.1 (60.8)	1.0 (6.8)	0.2 (1.4)	3.4 (23.0)	0.4 (2.7)		
		開 口 部	衝突・接触												
			突 破												
		トンネル壁	衝突・接触												
			橋 築 高 欄	衝突・接触											
		アイランド	衝突・接触												
			乗り上げ						0.7 (33.3)			0.7 (33.3)	0.7 (33.3)		
		法 面	衝突・接触						0.5 (50.0)			0.5 (50.0)			
			標識・照明柱	衝突・接触											
		その他構造物	衝突・接触					1.0 (50.0)	0.4 (18.2)		0.5 (27.3)				
	分岐・金所 落下物・飛来物 横 転 車 外 車 両 路 外 対 人 そ の 他 ・ 不 明	分 岐 端	衝突・接触												
		料 金 所	衝突・接触		0.2 (4.8)			0.6 (14.3)	0.6 (14.3)		1.3 (33.3)	0.2 (4.8)	0.4 (9.5)		
		落下物・飛来物	衝突・接触					1.1 (1.5)		0.5 (0.7)	57.3 (80.7)				
横 転		転 倒					9.9 (65.8)	2.4 (15.8)		2.0 (13.2)	0.4 (2.6)				
車 外		転 落													
車 両		火 災													
路 外		逸 脱													
対 人		事 故					0.4 (4.6)		0.4 (4.6)	5.5 (68.2)		1.1 (13.6)			
そ の 他 ・ 不 明				0.4 (0.7)	0.7 (1.3)		2.2 (3.9)	1.1 (1.9)	0.4 (0.7)	3.3 (5.8)	0.7 (1.3)	11.8 (20.7)		0.4 (0.7)	
合 計			0.2	42.3	2.1		256.0	128.9	17.4	848.6	11.5	382.5	1.1	1.3	

(→つづく)

表4-1-10 形態別・原因別の事故件数と比率(つづき)

違反種別 形 態			車 両 整 備 不 良	タイ ヤ 不 良	安 全 運 転 管 理 反 者 の 義 務 違 反	そ の 他	不 明	該 当 な し						東京 事故 件数 厚木 間数	
車 両 相 互	対 車 両	衝突 追 突			0.3 (0.1)	1.5 (0.8) 1.7 (0.2)	3.4 (1.7) 6.7 (1.0)	0.4 (0.2)						197 698	
		接 触		0.4 (0.1)	0.4 (0.1)	5.5 (1.0)	29.4 (5.3)	0.9 (0.2)					559		
		対 向 車 両	衝突 接 触												
車 両 単 独	道 路 左 側	防 護 柵	衝突・接触 乗 り 上 げ		0.2 (0.2)		0.7 (0.9)	0.4 (0.5)	0.4 (0.5)					78	
			突 破												
			トンネル壁	衝突・接触											
		橋 梁 高 欄	衝突・接触												
		アイランド	衝突・接触 乗 り 上 げ												
			法 面	衝突・接触			0.2 (2.5)								1
		標識・照明柱	衝突・接触											9	
		その他構造物	衝突・接触											3	
		中 央 分 離 帯 及 び 道 路 右 側	防 護 柵	衝突・接触 乗 り 上 げ		0.2 (0.2)		0.6 (0.6)	0.4 (0.4)						5 104
				突 破										2	
	分 離 帯			乗 り 上 げ			0.2 (2.0)							10	
	縁 石		衝突・接触				0.2 (1.4)							15	
	開 口 部		衝突・接触 突 破												
			トンネル壁	衝突・接触											
	橋 梁 高 欄		衝突・接触												
	アイランド		衝突・接触 乗 り 上 げ												
			法 面	衝突・接触											2
	標識・照明柱		衝突・接触											1	
	その他構造物	衝突・接触											2		
	独	分 岐 端	衝突・接触												
		料 金 所	衝突・接触					0.4 (9.5)						4	
		落 下 物 ・ 飛 来 物	衝突・接触				6.3 (8.9)	2.1 (3.0)	0.5 (0.7)					71	
		転 落	転 倒				0.4 (2.6)							15	
		車 外	転 落												
		車 両	火 災												
		路 外	逸 脱												
対 人		事 故				0.4 (4.6)	0.4 (4.6)						8		
そ の 他 ・ 不 明			1.8 (3.2)			11.8 (20.7)	9.9 (17.4)	0.4 (0.7)					57		
合 計			1.8	0.8	0.7	29.3	53.3	2.6						1,841	

注：()内数値は百分率。1989年東名高速道路東京～三ヶ日間の実績による。 出典：日本道路公団資料より作成

表 4-1-11 車間・側方コントロールシステム（運転補助システム）による事故減少比率と事故減少数

形 態			違 反 種 別			通制	車違	車不	徐行	駐停	合図	運転	横断	転回	後退	追越	積載	酒酔	過眠	最高	最低	ハンド	ブ操	安義	前方	安全
			限違	両通	間保	違反	車違	不履	車違	断違	回違	退違	越違	載不適	酔い	眠り	速度	速度	作不適	作不適	全運	務違	わき	方不	全運	
			止反	常反	離持	反	常反	行	者	違反	違反	違反	違反	違反	違反	違反	違反	違反	違反	違反	違反	違反	違反	違反	違反	違反
			△	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
車両相互	対 車 両	衝突	▲	▲	△ 1	▲	▲	▲	▲ 1	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲ 1	▲	▲	△ 23	△ 15	▲ 1	▲ 14	▲
		追突	○	△	○ 22	△	△	△	△ 1	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△ 11	△	△	○ 6	○ 53	△ 2	△ 286	△ 1
車両相互	対 向 車 両	接触	○	△	○ 2	△	△	△	△ 5	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△ 4	△	△	○ 52	○ 14	△ 3	△ 54	△
		衝突	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	▲	▲	▲
車	道 路 左 側	接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△ 1	△	△	○ 48	○	△ 1	△ 6	△ 1
		乗り上げ	△	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	▲	▲	▲
車	道 路 右 側	突 破	△	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	▲	▲	▲
		トンネル壁	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
車	橋 梁 高 欄	衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
		衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
車	アイランド	衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
		乗り上げ	△	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	▲	▲	▲
車	法 面	衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○ 4	○ 1	△	△ 1	△
		標識・照明柱	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○ 2	○	△	△	△
車	その他構造物	衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○ 3	○ 1	△	△	△
		衝突・接触	○	△	○ 1	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○ 61	○ 12	△ 1	△ 11	△ 1
車	防 護 柵	乗り上げ	△	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	▲	▲	▲
		突 破	△	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	▲	▲	▲
車	分 離 帯	乗り上げ	△	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△ 3	△ 1	▲	▲ 1	▲
		縁 石	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○ 9	○ 1	△	△ 2	△
車	開 口 部	衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
		突 破	△	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	▲	▲	▲
車	トンネル壁	衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
		衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
車	橋 梁 高 欄	衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
		衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
車	アイランド	衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
		乗り上げ	△	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	▲	▲	▲
車	法 面	衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○ 1	○	△	△	△
		標識・照明柱	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
車	その他構造物	衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○ 1	○	△	△	△
		衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○ 1	○	△	△	△
車	分 岐 端	衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
		衝突・接触	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○ 1	○ 1	△	△ 1	△
車	料 金 所	衝突・接触	△	▲	△ 2	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△ 1	△	▲	▲ 14	▲
		衝突・接触	△	▲	△ 2	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△ 5	△ 1	▲	▲	▲
車	横 転	転 倒	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
		転 倒	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
車	車 外	転 落	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		火 災	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
車	路 外	逸 脱	○	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	△
		事 故	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
車	対 人	事 故	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		事 故	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
車	そ の 他 ・ 不 明	事 故	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		事 故	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
合 計			0	0	23	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1	0	221	111	7	391	5

○：100％対応可能 △：50％対応可能 ▲：25％対応可能 ×：対象外

表4-1-11 車間・側方コントロールシステム（運転補助システム）による事故減少比率と事故減少数（つづき）

形 態				違反種別																							合 計	東京 厚木 事故 件数	
				後方安全 不確認 △	後退不適当 △	追越不適当 △	車両整備不良 △	タイヤ不良 △	者の義務違反 安全運転管理 △	そ の 他 ×	不 明 ×	該 当 な し ×																	
車 両 相 互	対 車 両	衝突	△	▲ 11	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×														67	197	
		追突	○	△ 5	△	△	△	△	△	△	×	×	×														387	698	
		接触	○	△ 158	△	△	△	△	△	△	×	×	×															293	559
車 両 単 独	対 向 車 両	衝突	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×															0	0	
		接触	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															0	0	
		衝突・接触	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															69	78	
	道 路 左 側	乗り越上げ	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×															0	0	
		突 破	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×															0	0	
		トンネル壁	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															0	0	
		橋 築 高 欄	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															0	0	
		アイランド	衝突・接触	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															0	0
			乗り越上げ	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×															0	1
			法 面	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															7	9
		標識・照明柱	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															2	3	
		その他建造物	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															4	5	
		中 央 分 離 帯 及 び 道 路 右 側	衝突・接触	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															89	104
			乗り越上げ	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×															1	2
	突 破		△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×															0	0	
	分離帯		△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×															4	10	
	縁 石		○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															13	15	
	開 口 部		衝突・接触	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															0	0
			突 破	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×															0	0
			トンネル壁	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															0	0
	橋 築 高 欄		○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															0	0	
	アイランド		衝突・接触	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															0	0
			乗り越上げ	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×															1	2
		法 面	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															1	1	
	独 立	標識・照明柱	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															0	0	
		その他構造物	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															2	2	
		分 岐 端	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															0	0	
		料 金 所	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×															3	4	
		落下物・飛来物	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×															17	71	
		横 転	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×															7	15	
		車 外 転 落	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×														0	0		
		車 両 火 災	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×														0	0		
		踏 外 逸 脱	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△														0	0	
		対 人 事 故	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×														0	8		
そ の 他 ・ 不 明		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×														0	57			
合 計				177	0	1	1	0	0	0	0	0													965	1,841			

○：100％対応可能 △：50％対応可能 ▲：25％対応可能 ×：対象外

(3) 輸送効率

① 検討フロー

輸送効率の評価については、事故渋滞あるいはボトルネック渋滞の解消による走行時間の短縮と走行経費の減少をとりあげる。なお、走行短縮時間は時間価値を設定することによって価格換算し、走行経費減少数と合わせて輸送効率を評価する。

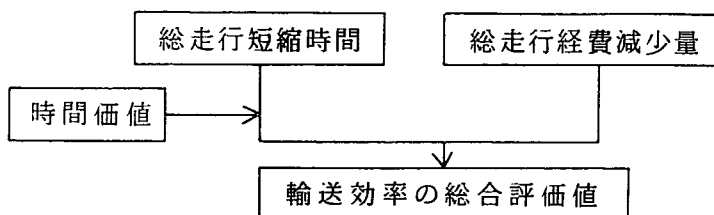


図4-1-5 輸送効率の総合評価フロー

車間側方コントロールシステムの導入による走行時間の短縮と走行経費の減少については、それぞれ図4-1-6、図4-1-7に示すフローにしたがって検討する。

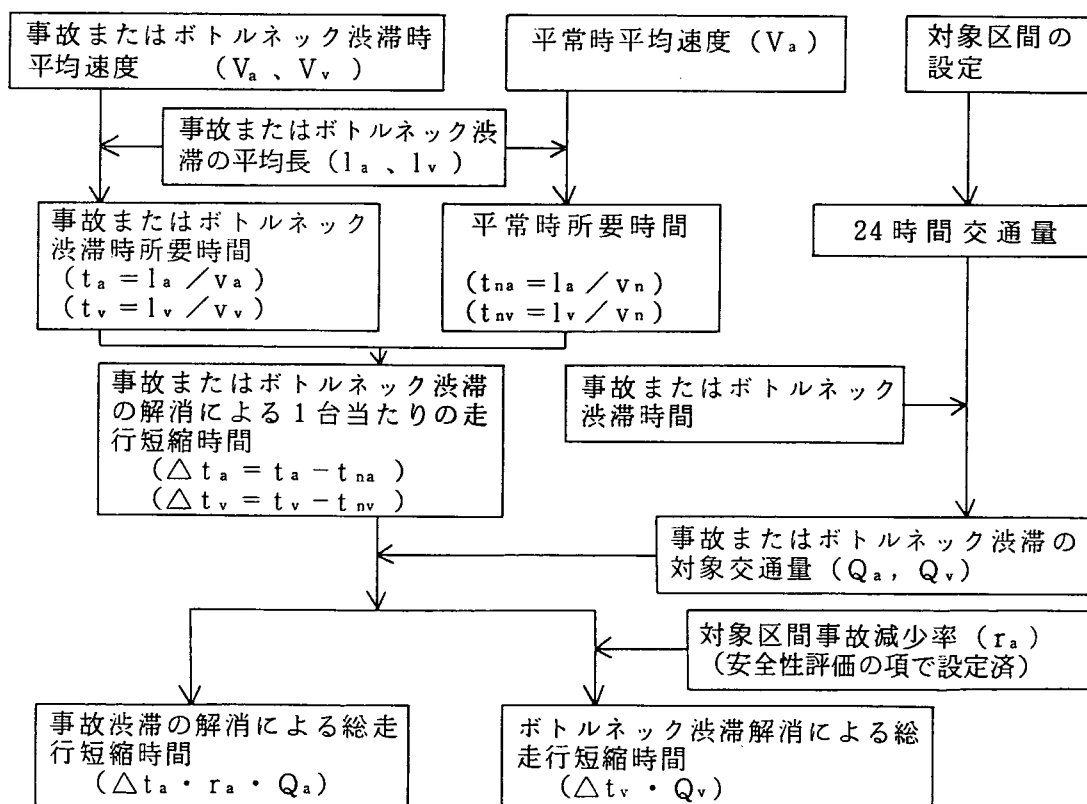


図4-1-6 走行時間短縮に関する効果の検討フロー

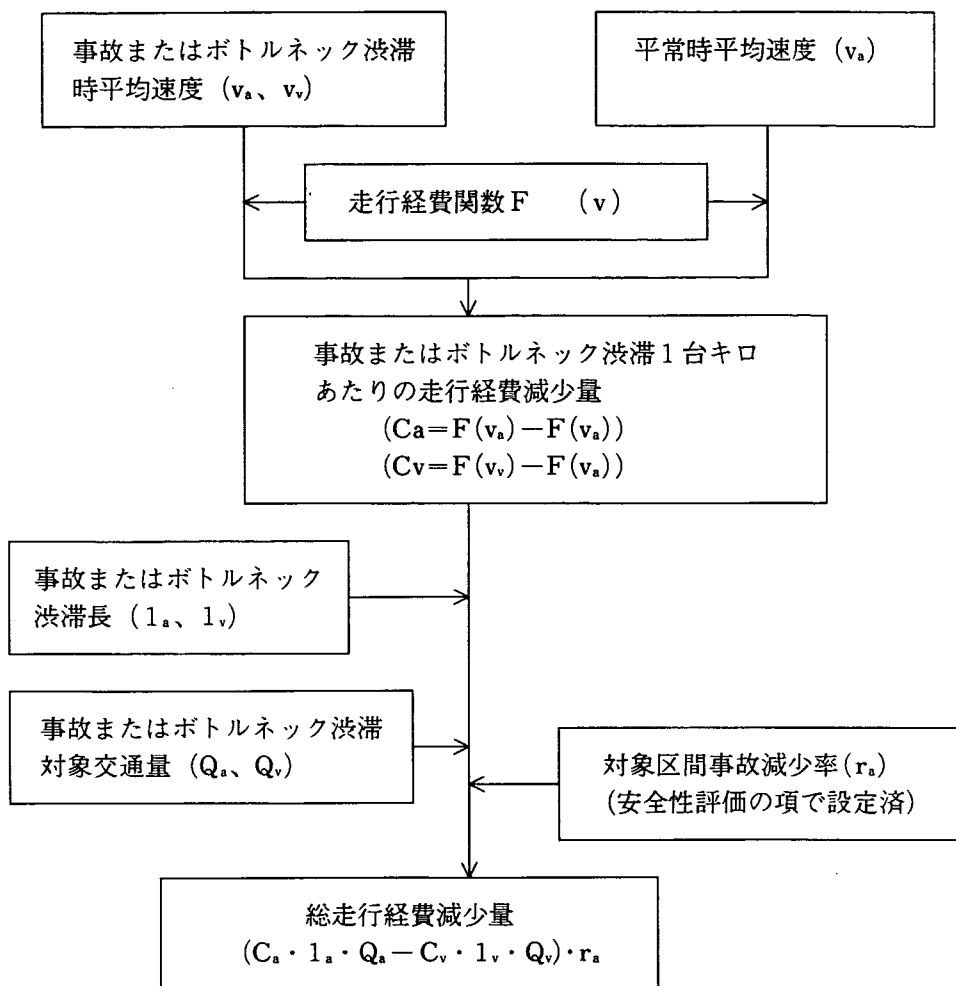


図 4-1-7 走行経費減少に関する効果の検討フロー

② 東京～厚木間における輸送効率に対する効果

a) 事故渋滞の解消による走行時間の短縮

i) 事故渋滞の平均速度

東名高速道路の横浜～厚木間の起点より23.0km地点における渋滞発生後最大交通量範囲は340台／5分～425台／5分である。この中間値である383台／5分を上記地点における事故渋滞時の交通量とする。

Q－Vグラフより事故渋滞時（交通量が383台／5分の時）の速度を求めると32km／hとなる。この値を東名高速道路東京～厚木間の事故渋滞時の平均速度とする。

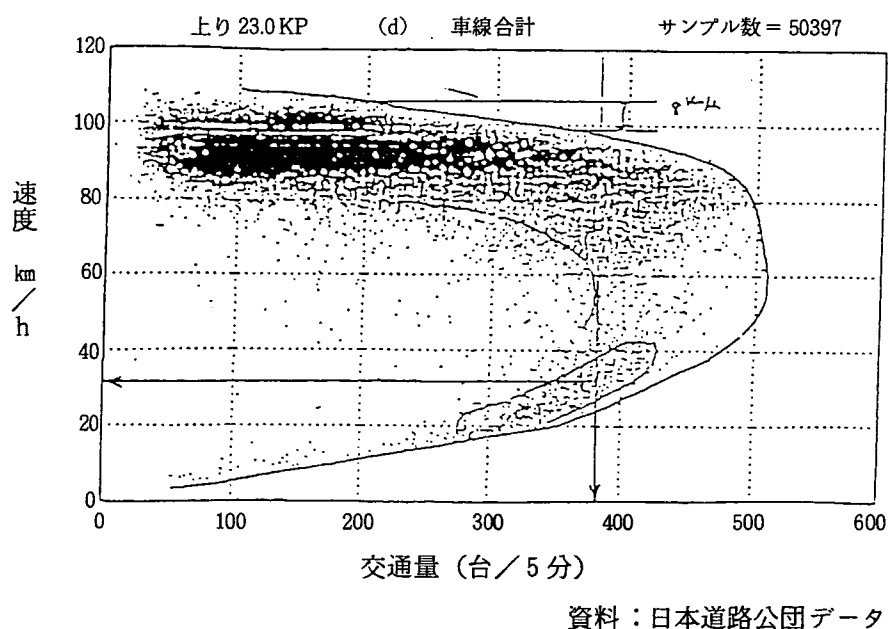


図 4 - 1 - 8 車線合計全 Q V 関係

上り 23.0kp (横浜～厚木間) 6 ヶ月 S 60.4～9 月

ii) 平常時平均速度

東名高速道路の東京～厚木間の平均速度は96.7km／h（日本道路公団データによる）であり、この値を平常時の平均速度とする。

表 4 - 1 - 12 I . C . 間平均速度

区 間	平 均 速 度
東京～東名川崎	9 1.8
東名川崎～横浜	9 8.3
横 浜 ～ 厚 木	1 0 0.0
東 京 ～ 厚 木	9 6.7

iii)平均事故渋滞長

表4-1-13, 表4-1-14に示す東名高速道路横浜 I . C . 付近における事故渋滞長の平均値を事故渋滞時の平均渋滞長とすることとし, 上下合わせてこの値を求めると, 4.3kmとなる。

表 4 - 1 - 13 渋滞の多い地点の渋滞長分布表 (横浜 I . C . 付近-下り線)

渋 滞 長	渋 滞 原 因			
	自 然	工 事	事 故	その他
0 ～ 2 km	46	3	2	
2 ～ 4 km	18	3	1	
4 ～ 6 km	3			
6 ～ 8 km	1			
8 ～ 10 km				
10 ～ 12 km				
12 ～ 14 km				
14 ～ 16 km	2			
合 計	70	6	3	

資料：日本道路公団データ

表 4 - 1 - 14 渋滞の多い地点の渋滞長分布表 (横浜 I . C . 付近-上り線)

渋 滞 長	渋 滞 原 因			
	自 然	工 事	事 故	その他
0 ～ 2 km	74		1	
2 ～ 4 km	70	1	3	
4 ～ 6 km	22		1	
6 ～ 8 km	16	1		
8 ～ 10 km	26			
10 ～ 12 km	11			
12 ～ 14 km	21			
14 ～ 16 km	11			
16 ～ 18 km	19			
18 ～ 20 km	6		1	
20 ～ 22 km	7			
22 ～ 24 km	4			
24 ～ 26 km	1			
26 ～ 28 km	1			
28 ～ 30 km	1			
30 ～ 32 km				
32 ～ 34 km	1			
34 ～ 36 km				
36 ～ 38 km	1			
38 ～ 40 km				
40 ～ 42 km				
42 ～ 44 km	1			
合 計	293	2	6	

資料：日本道路公団データ

Ⅳ) 一台あたりの走行短縮時間

事故渋滞時に Ⅲ) で求めた渋滞区間を通過するための所要時間は、

$$\text{平均事故渋滞長} \div \text{渋滞時平均速度} = 4.3\text{km} \div 32\text{km/h} = 8.1\text{分}$$

である。また、平常時に渋滞長分の区間を通過するための所要時間は、

$$\text{平均事故渋滞長} \div \text{平常時平均速度} = 4.3\text{km} \div 96.7\text{km/h} = 2.7\text{分}$$

である。

したがって、事故渋滞の解消による一台あたりの走行短縮時間は、

$$8.1\text{分} - 2.7\text{分} = 5.4\text{分}$$

である。

Ⅴ) 事故渋滞の対象交通量

東名高速道路東京～厚木間のキロポスト別の事故渋滞時間、IC間別の一日交通量は表4-1-15のとおりである。

表 4 - 1 - 15 キロポスト別の事故渋滞時間と交通量

キロポスト	年間事故渋滞時間		一日交通量		一日当たり事故渋滞時交通量	
	上り	下り		うち大型車		うち大型車
0～1 東京IC	11.3	0.5	129082	17414	173.9	23.5
1～2	11.6	7.3	129082	17414	278.5	37.6
2～3	4.8	0.2	129082	17414	73.7	9.9
3～4	7.6	6.1	129082	17414	201.9	27.2
4～5	1.4	2.8	129082	17414	61.9	8.4
5～6	0.2	2	129082	17414	32.4	4.4
6～7	5.7	5.9	129082	17414	170.9	23.1
7～8 川崎IC	12.3	3.2	129082	17414	228.4	30.8
8～9	4.3	2.2	124547	19063	92.4	14.1
9～10	5.4	9.8	124547	19063	216.1	33.1
10～11	0.8	6.6	124547	19063	105.2	16.1
11～12	6.5	1.9	124547	19063	119.4	18.3
12～13	1.7	3	124547	19063	66.8	10.2
13～14	8.6		124547	19063	122.3	18.7
14～15	0.6	5.7	124547	19063	89.6	13.7
15～16	4.6	8.3	124547	19063	183.4	28.1
16～17	8.5	1.1	124547	19063	136.5	20.9
17～18	2.6	6.1	124547	19063	123.7	18.9
18～19	0.4	2.1	124547	19063	35.5	5.4
19～20	13.3	2.3	124547	19063	221.8	33.9
20～21	3.8		124547	19063	54	8.3
21～22	1.1	3.5	124547	19063	65.4	10
22～23 横浜IC	1.9	1.3	124547	19063	45.5	7
23～24	0.7	4.2	116572	21716	65.2	12.1
24～25	4.1	2.4	116572	21716	86.5	16.1
25～26	4.2		116572	21716	55.9	10.4
26～27	0.3		116572	21716	4	0.7
27～28	7.8	1.1	116572	21716	118.4	22.1
28～29	2.9	1.5	116572	21716	58.6	10.9
29～30	5.9	8.1	116572	21716	186.3	34.7
30～31	9.1	3.4	116572	21716	166.3	31
31～32		1.2	116572	21716	16	3
32～33	1	1.9	116572	21716	38.6	7.2
33～34	0.6	0.8	116572	21716	18.6	3.5
34～35		2.7	116572	21716	35.9	6.7
35～36 厚木IC	0.3	5.3	116572	21716	74.5	13.9
合計			312008	58193	3824	593.9

資料：日本道路公団データ

したがって、事故渋滞の対象交通量は、

事故渋滞時交通量（台kmベース）÷平均事故渋滞長

=594台km／日÷4.3km=138台／日（大型車）

3230台km／日÷4.3km=751台／日（大型車以外）

である。

iv)事故渋滞の解消による総走行短縮時間

車間側方コントロールシステムの導入による事故減少率は2)の検討より運転補助システムで52%、自動運転システムで93%である。事故渋滞件数の減少率がこの事故減少率に等しいものとする
と、1989年の事故渋滞件数を基にしての車間側方コントロールシステム導入後の事故渋滞解消による総走行短縮時間は、

一台当たりの総走行短縮時間×事故渋滞対象交通量×事故減少率

=5.4分×138台／日×0.52=6台hr／日（運転補助システム、大型車）

5.4分×751台／日×0.52=35台hr／日（運転補助システム、大型車以外）

5.4分×138台／日×0.93=12台hr／日（自動運転システム、大型車）

5.4分×751台／日×0.93=63台hr／日（自動運転システム、大型車以外）

となる。

b)事故渋滞の解消による走行経費の減少

i)事故渋滞時の平均速度

事故渋滞時の平均速度はa)の i)同様に、32km／hとする。

ii)平常時平均速度

平常時の平均速度についてもa)のii)と同様に96.7km／hとする。

iii)事故渋滞による1台キロあたりの走行経費減少量

走行経費関数を用いて1台キロあたりの走行経費減少を設定する。走行経費としては、燃料費、油脂費、タイヤ・チューブ費、整備費、車両償却費、人件費の6項目を対象とする。走行経費関数の設定方法は第10次道路整備五箇年計画の便益推計における設定方法と同様とする。なお、走行経費関数は車種別（普通貨物、小型貨物、バス、乗用車）に設定されているが、ここでは普通貨物及び乗用車について式を用いる。

普通貨物及び乗用車についての走行経費関数は、以下の表に示すとおりである。

表 4 - 1 - 16 走行経費関数 (普通貨物)

費 目	走 行 経 費 関 数
燃 料 費	$c_1 = \frac{a}{1000} \left(\frac{-138.1}{v} - 20.53v + 0.1045v^2 + 983.74 \right)$
油 脂 類	$c_2 = \frac{-1.388}{v} - 0.02063v + 1.41 \times 10^{-4} v^2 + 0.9888$
タイヤ・チューブ費	$c_3 = 4.51$ (v : 45 km/h 以下の場合) $c_3 = -0.011v + 5.005$ (v : 45 km/h 以上の場合)
整 備 費	$c_4 = 5.50$ (v : 45 km/h 以下の場合) $c_4 = -0.003v + 5.64$ (v : 45 km/h 以上の場合)
車両償却費	$c_5 = 0.183v + 25.50$ (v : 45 km/h 以下の場合) $c_5 = 0.156v + 24.28$ (v : 45 km/h 以上の場合)
人 件 費	$c_6 = 220.810$

c 1 ~ c 6 : 各走行経費 (円)

v : 速度 (km/h)

a : 税引き後の燃料単価 (円/ℓ)

資料：建設省道路局，（株）三菱総合研究所，道路整備による効果の推計
 に関する調査研究報告書，1988年3月

表 4 - 1 - 17 走行経費関数 (乗用車)

費 目	走 行 経 費 関 数
燃 料 費	$c_1 = \frac{a}{1000} \left(\frac{1103.0}{v} - 1.414v + 0.0151v^2 + 73.86 \right)$
油 脂 費	$c_2 = \frac{-1.133}{v} - 0.00146v + 1.55 \times 10^{-5} v^2 + 0.0759$
タイヤ・チューブ費	$c_3 = -0.0016v + 1.792$ (v : 45 km/h 以下の場合) $c_3 = -0.008v + 2.08$ (v : 45 km/h 以上の場合)
整 備 費	$c_4 = -0.002v + 5.53$ (v : 45 km/h 以下の場合) $c_4 = -0.003v + 5.58$ (v : 45 km/h 以上の場合)
車両償却費	$c_5 = -0.0428v + 5.96$ (v : 45 km/h 以下の場合) $c_5 = -0.036v + 5.65$ (v : 45 km/h 以上の場合)
人 件 費	$c_6 = 0$

c 1 ~ c 6 : 各走行経費 (円)

v : 速度 (km/h)

a : 税引き後の燃料単価 (円/ℓ)

資料：建設省道路局，（株）三菱総合研究所，道路整備による効果の推計
 に関する調査研究報告書，1988年3月

上式を用いて事故渋滞時の走行経費と平常時の走行経費の差を求める。なお、税引き後の燃料単価aについては貨物車については42.7円/ℓ，乗用車については64.2円/ℓ（1989年価格）を用いる。また，燃料費と油脂費の関数については，渋滞時の停止・発進の繰り返しの影響が考慮されていないが，これを加味するため，速度を20km/hとして走行経費を算出する。

表4-1-18 事故渋滞の解消による1台km当たりの走行経費減少量(普通貨物)
(単位:円)

費 目	事故渋滞時走行経費	平常時走行経費	差 額
燃 料 費	27.2	13.6	13.6
油 脂 費	0.6	0.3	0.3
タイヤ・チューブ費	4.5	3.9	0.6
整 備 費	5.5	5.3	0.2
車 両 償 却 費	19.6	9.2	10.4
人 件 費	220.8	220.8	0.0
計	278.2	253.1	25.1

表4-1-19 事故渋滞の解消による1台km当たりの走行経費減少量(乗用車)
(単位:円)

費 目	事故渋滞時走行経費	平常時走行経費	差 額
燃 料 費	6.9	5.8	1.1
油 脂 費	0.0	0.0	0.0
タイヤ・チューブ費	1.7	1.3	0.4
整 備 費	5.5	5.3	0.2
車 両 償 却 費	4.6	2.1	2.5
人 件 費	0.0	0.0	0.0
計	18.7	14.5	4.2

表4-1-18, 表4-1-19のとおり，1台kmあたりの走行経費減少量は，貨物車は25.1円，乗用車は4.2円となる。

iv) 事故渋滞の解消による総走行経費減少量

a)で求めたとおり，東京～厚木間における平均事故渋滞長は，43kmであり，事故渋滞対象交通量は，貨物車，乗用車をそれぞれ大型車，大型以外としてとらえると，138台/日，751台/日である。

これより，車間側方コントロールシステム導入にともなう事故渋滞解消による走行経費減少量を求めると，表4-1-20に示すとおり，運転補助システムで15,600円/日，自動運転システムで28,600円/日で，平均ではそれぞれ569万円/年，1,044万円/年となる。

表4-1-20 事故渋滞の解消による走行経費の減少

	システム導入前 走行経費 (円/日)	システム導入後 走行経費 (円/日)	走行経費減少量		走行経費 減少率 (%)
			円/日	円/日	
運転補助システム (貨物車)	85,800	76,300	9,500	3,470,000	9
運転補助システム (乗用車)	31,400	24,300	7,100	2,590,000	22
計	117,200	100,600	16,600	6,060,000	18
自動運転システム (貨物車)	154,000	136,000	18,000	6,570,000	9
自動運転システム (乗用車)	56,200	43,500	12,700	4,640,000	23
計	210,200	179,500	30,700	11,210,000	13

注) ・走行経費 = 1台kmあたりの走行経費 × 平均事故渋滞長

× 事故渋滞対象交通量 × 事故減少率

(事故減少率は、運転補助システムで52%, 自動運転システムで93%)

・走行経費減少率: システム導入前の走行経費に対する減少量の比率

c) 輸送効率の総合評価

事故渋滞の解消による走行時間の短縮と走行経費の減少分を時間価値を設定することによって合わせてとらえる。

i) 時間価値の設定

時間価値の設定方法は、第10次道路整備五箇年計画の便益推計方法と同様とする。

貨物車については、荷主側の都合で車両を待機させた場合のペナルティとしてとらえ(車両留置料金方式)、車両留置料金と車両台数から求まる、48.9円/分・台(平成元年度値、建設省道路局、道路整備による効果の推計に関する調査研究報告書、昭和63年3月)を、時間価値として用いる。

表 4 - 1 - 21 車両留置料金方式による貨物車時間価値の設定

積 載 量	普 通 貨 物					
	北海道、東北、新潟、関東 中部、近畿、中国、四国、九州			沖 縄		
	料金 (円/分)	台 数	料金×台数	料金 (円/分)	台 数	料金×台数
1 トン車以下	34.33	66,302	2,276,148	27.33	665	18,174
2 "	38.00	108,188	4,111,144	29.33	1,353	39,683
3 "	41.00	533,555	21,875,755	31.33	3,039	95,212
4 "	43.66	448,033	19,561,121	33.33	3,298	109,922
5 "	48.00	310,736	14,915,328	37.00	1,693	62,641
6 "	52.66	5,616	295,739	40.33	44	1,774
8 "	60.00	35,383	2,122,980	45.66	552	25,204
10 "	66.00	134,284	8,862,744	51.00	1,073	54,723
12 "	69.00	236,860	16,343,340	53.66	3,486	187,059
12 ～ 20	80.33	50,791	4,080,041	66.33	218	14,460
計		1,929,748	94,444,340		15,421	608,852
合 計	1,943,169 95,053,192					
平 均	95,053,192 ÷ 1,945,169 = 48.87 (円/分) 平成元年値					

- (資料) 1. 車両留置料……平成2年2月現在、財建設物価調査会「建設物価」平成2年2月号
 2. 車両台数……平成元年3月現在、財自動車検査登録協会「自動車保有車両数、積載量別、使用者の産業職業別貨物車」№17

一方、乗用車については、労働者賃金に対応した時間価値をとらえ（所得接近方式），次式によって求める。

$$\begin{aligned}
 \text{時間価値(乗用車)} &= \frac{\text{常用労働者一人あたり賃金(月額)}}{\text{一人あたり労働時間(就業者)(月)}} \times \text{乗車人数} \\
 &= \frac{357.079^{*1} \text{ 円/人}}{10,440^{*2} \text{ 分}} \times 1.6^{*3} \text{ 人/台} \\
 &= 54.7 \text{ 円/分} \cdot \text{台}
 \end{aligned}$$

*1・*2：平成元年度「毎月勤労統計調査報告」

*3：平成元年度「陸運統計要覧」

ii) 総合評価

走行時間の短縮分を時間価値を用いて価格に換算すると、以下のとおりとなる。

運転補助システム	貨物車：6台hr/日×48.9円/分・台＝17,600円/日
〃	乗用車：35台hr/日×54.7円/分・台＝115,000円/日
自動運転システム	貨物車：12台hr/日×48.9円/分・台＝35,200円/日
〃	乗用車：63台hr/日×54.7円/分・台＝207,000円/日

これらを走行経費の減少分と合わせると表4-1-22のとおりとなる。

表4-1-22 事故渋滞の解消による走行時間短縮および走行経費減少効果

	走行時間の短縮 (円/日)	走行経費の減少 (円/日)	計	
			(円/日)	(円/年)
STEP3 貨物車	17,600	9,500	27,100	9,890,000
STEP3 乗用車	115,000	7,100	122,100	44,600,000
計	132,600	16,600	149,200	54,490,000
STEP5 貨物車	35,200	18,000	53,200	19,400,000
STEP5 乗用車	207,000	12,700	219,700	80,200,000
計	242,200	30,700	272,900	996,000,000

③ 都夫良野トンネル付近における輸送効率に関する効果

a) ボトルネック渋滞の解消による走行時間の短縮

i) ボトルネック渋滞時の平均速度

東名高速道路の都夫良野トンネル内上りの69.5kp地点における渋滞発生後最大交通量範囲は、200台/5分～270台/5分（日本道路公団データによる）である。この中間値である235台/5分を上記地点におけるボトルネック渋滞時の交通量とする。

Q-Vグラフよりボトルネック渋滞時（交通量が235台/5分の時）の速度を求めると27km/hとなる。この値を東名高速道路都夫良野トンネル付近のボトルネック渋滞時の平均速度とする。

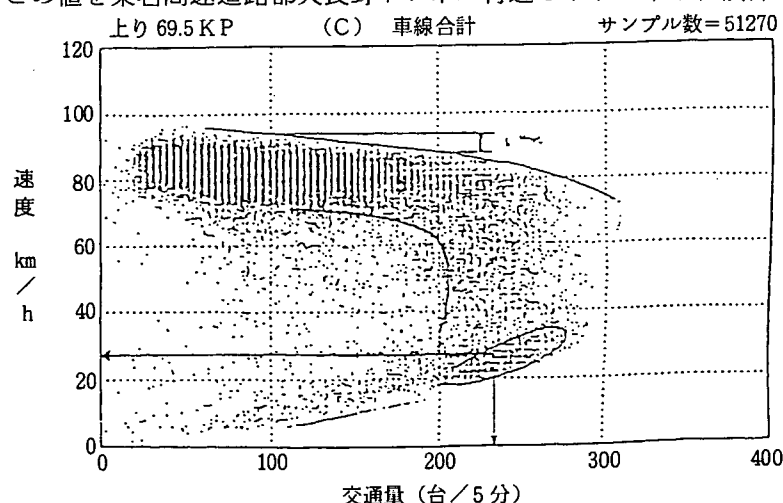


図4-1-9 車線合計全QV関係 上り69.5kp（都夫良野トンネル直前）
（S60.4～9月の6ヶ月データ）

ii) 平常時平均速度

東名高速道路の70.0km付近の平均速度は82.1km/h（日本道路公団データによる）であり、この値を平常時の平均速度とする。

iii) 平均ボトルネック渋滞長

表4-1-23, 表4-1-24に示す東名高速都夫良野トンネル付近における自然渋滞長の平均値をボトルネック渋滞時の平均渋滞長とすることとし、上下合わせてこの値を求めると、7.7kmとなる。

表 4 - 1 - 23 渋滞の多い地点の渋滞長分布表（都夫良野トンネルー下り線）

	渋 滞 要 因			
	自 然	工 事	事 故	そ の 他
0 ~ 2 km	10	2	1	
2 ~ 4 km	11		9	
4 ~ 6 km	5	2		
6 ~ 8 km	3		2	
8 ~ 10 km	5			
10 ~ 12 km	1			
12 ~ 14 km	4			
14 ~ 16 km	5		1	
16 ~ 18 km	1			
18 ~ 20 km				
20 ~ 22 km	3			
22 ~ 24 km				
24 ~ 26 km	1			
26 ~ 28 km	1			
計	50	4	13	

資料：日本道路公団データ

表 4 - 1 - 24 渋滞の多い地点の渋滞長分布表（都夫良野トンネルー上り線）

	渋 滞 要 因			
	自 然	工 事	事 故	そ の 他
0 ~ 2 km	12	8	6	
2 ~ 4 km	32	12	9	
4 ~ 6 km	11	5	1	
6 ~ 8 km	3	1		
8 ~ 10 km	1	1		
10 ~ 12 km	3	3		
12 ~ 14 km	4	1		
14 ~ 16 km	1			
16 ~ 18 km	1		2	
18 ~ 20 km				
20 ~ 22 km	2		1	
22 ~ 24 km			1	
24 ~ 26 km				
26 ~ 28 km	1			
28 ~ 30 km				
30 ~ 32 km	1			
32 ~ 34 km				
34 ~ 36 km				
36 ~ 38 km				
38 ~ 40 km				
40 ~ 42 km				
42 ~ 44 km				
44 ~ 46 km				
46 ~ 48 km				
48 ~ 50 km				
50 ~ 52 km				
52 ~ 54 km				
54 ~ 56 km				
56 ~ 58 km				
58 ~ 60 km			1	
60 ~ 62 km				
62 ~ 64 km				
64 ~ 66 km				
66 ~ 68 km				
68 ~ 70 km	2			
計	74	31	24	

資料：日本道路公団データ

iv) 一台あたりの走行短縮時間

渋滞時にiii)で求めた渋滞長の渋滞区間を通過するための所要時間は、

$$\text{平均自然渋滞長} \div \text{渋滞時平均速度} = 7.7\text{km} \div 32\text{km/h} = 17.1\text{分}$$

である。また、平常時に渋滞長分の区間を通過するための所要時間は、

$$\text{平均自然渋滞長} \div \text{平常時平均速度} = 7.7\text{km} \div 82.1\text{km/h} = 5.6\text{分}$$

である。

したがって、ボトルネック渋滞の解消による一台あたりの走行短縮時間は、

$$17.1\text{分} - 5.6\text{分} = 11.5\text{分}$$

である。

v) ボトルネック渋滞の対象交通量

東名高速道路都夫良野トンネル付近（66kp～70kp）におけるキロポスト別の自然渋滞時間、IC間別の一日交通量は表4-1-25のとおりである。

表 4 - 1 - 25 キロポスト別の事故渋滞時間と交通量

キロポスト	年間自然渋滞時間		一日交通量		一日当たり自然渋滞時交通量	
	上り	下り		うち大型車		うち大型車
66 ～ 67	7.1	18.2	66917	21717	193.3	62.8
67 ～ 68	33.2	38.5	66917	21717	547.7	177.8
68 ～ 69		0.3	66917	21717	2.3	0.7
69 ～ 70	55.6	61	66917	21717	890.7	289.2
合 計	95.9	118			1634	530.5

したがって、ボトルネック渋滞の対象交通量は、

$$\text{自然渋滞時交通量（台kmベース）} \div \text{平均自然渋滞長}$$

$$= 531\text{台km/日} \div 7.7\text{km} = 69\text{台/日（大型車）}$$

$$1103\text{台km/日} \div 7.7\text{km} = 143\text{台/日（大型車以外）}$$

である。

vi) ボトルネック渋滞の解消による総走行短縮時間

1989年の自然渋滞時間を基にして車間側方コントロールを導入した場合の都夫良野トンネル付近（66kp～70kp地点）のボトルネック渋滞解消による総走行短縮時間は、

$$\text{一台あたりの走行短縮時間} \times \text{自然渋滞対象交通量}$$

$$= 11.5\text{分} \times 69\text{台/日} = 13\text{台hr/日（大型車）}$$

$$= 11.5\text{分} \times 143\text{台/日} = 27\text{台hr/日（大型車以外）}$$

となる。

b) ボトルネック渋滞の解消による走行経費の減少

i) ボトルネック渋滞時の平均速度

ボトルネック渋滞時の平均速度はa)の i) 同様に、27km/hとする。

ii) 平常時平均速度

平常時の平均速度についてもa)のii)と同様に82.1km/hとする。

iii) ボトルネック渋滞による1台キロあたりの走行経費減少量

②での検討と同様に、走行経費関数を用いて走行経費減少量を求める。ここでも車種別の走行経費関数のうち、普通貨物と乗用車に関する式を用いる。

普通貨物および乗用車についての走行経費関数は、以下の表に示すとおりである。

表4-1-26 自然渋滞の解消による1台kmあたりの走行経費減少量

(普通貨物)

(単位：円)

費 目	事故渋滞時走行経費	平常時走行経費	差 額
燃 料 費	27.2	10.6	16.6
油 脂 費	0.6	0.2	0.4
タイヤ・チューブ費	4.5	4.1	0.4
整備 費	5.5	5.4	0.1
車両償却 費	20.6	11.5	9.1
人件 費	220.8	220.8	0.0
計	279.2	252.6	26.6

表4-1-27 自然渋滞の解消による1台kmあたりの走行経費減少量

(乗 用 車)

(単位：円)

費 目	事故渋滞時走行経費	平常時走行経費	差 額
燃 料 費	6.9	4.7	2.2
油 脂 費	0.0	0.0	0.0
タイヤ・チューブ費	1.7	1.4	0.3
整備 費	5.5	5.3	0.2
車両償却 費	4.8	2.6	2.2
人件 費	0.0	0.0	0.0
計	18.9	14.0	4.9

表4-1-26、表4-1-27より、1台kmあたりの走行経費減少量は、貨物車は26.6円、乗用車は4.9円となる。

iv) ボルトネック渋滞の解消による総走行経費減少量

a)と同様に平均事故渋滞長は7.7kmであり、ボトルネック渋滞対象交通量は、貨物車・乗用車をそれぞれ大型車、大型車以外としてとらえると、それぞれ60台/日、143台/日である。

これにより、車間側方コントロールシステム導入にともなうボルトネック渋滞解消による走行経費減少量を求めると、表4-1-28に示すとおり、19,400円/日、年間では7,080,000円/年となる。

表4-1-28 ボトルネック渋滞の解消による走行経費の減少

	システム導入前 走行経費 (円/日)	システム導入後 走行経費 (円/日)	走行経費減少量		走行経費 減少率 (%)
			円/日	円/年	
貨物車	148,000	134,000	14,000	5,110,000	9
乗用車	20,800	15,400	5,400	1,970,000	26
計	168,800	149,400	19,400	7,080,000	11

注) ・走行経費 = 1台kmあたりの走行経費 × 平均ボトルネック渋滞長
× ボトルネック渋滞対象交通量

・走行経費減少率：システム導入前の走行経費に対する減少量の比率

c) 輸送効率の総合評価

ボトルネック渋滞の解消による走行時間の短縮と、走行経費の減少分を、時間価値を設定することによって合わせてとらえる。

i) 時間価値の設定

時間価値の設定は②と同様とし、貨物車については、48.9円/分・台、乗用車については54.7円/分・台とする。

ii) 総合評価

走行時間の短縮分を時間価値を用いて、価格に換算すると、以下のとおりである。

貨物車：13台hr/日 × 48.9円/分・台 = 33,100円/日

乗用車：27台hr/日 × 54.7円/分・台 = 88,600円/日

これらを走行経費の減少分と併せると表4-1-29のとおりとなる。

表4-1-29 ボトルネック渋滞解消による走行時間短縮及び走行経費減少効果

	走行時間の短縮 (円/日)	走行経費の減少 (円/日)	計	
			円/日	円/年
貨物車	38,100	14,000	52,100	19,000,000
乗用車	88,600	5,400	94,000	34,300,000
計	126,700	19,400	146,100	53,300,000

(4) まとめ

車間側方コントロールシステムは、インフラ側の支援が必要であるため、車両の走行や情報提供に関してより高度なインフラ設備を設置できる道路への導入が考えられる。

東名高速道路東京～厚木間に当てはめて検討すると、車間側方コントロールシステムを導入した場合、運転補助のレベルでは、5割以上（試算では52%）の事故が解消され、安全性の向上に大きく寄与することが可能である。

また、輸送効率については、東京高速道路東京～厚木間に当てはめて、事故渋滞の解消について試算した場合、走行時間短縮分と、走行経費減少分を合わせて、運転補助システムで年間5,400万円、自動運転システムで、年間約1億円の費用削減効果があるとの効果が得られた。なお、これは、安全性の向上に伴う事故渋滞の解消による効果であり、実際には車間側方コントロールシステムには事故渋滞の解消以外の効果も得られるので、試算結果以上の効果が期待できる。

一方、東名高速道路都府良野トンネル付近に当てはめてボトルネック渋滞の解消について試算した場合、走行時間短縮分と走行経費減少分を合わせて、年間で約5,300万円の費用削減効果があるとの結果が得られた。

以上のように車間側方コントロールシステムの導入により、飛躍的な安全性向上が図れるとともに、事故渋滞の解消、ボトルネック部の円滑な交通流の実現により、輸送効率の大幅な向上も図れる。

なお、ここでの検討結果は、高度なインフラ側設備の設置に対応できる道路を想定してのものであり、一般道路への導入には制御方法等に関する多くの技術制御課題が残る。

4. 2 車間側方コントロールシステムの基幹技術と構成要素

1) システム機能と基幹技術

車間側方コントロールシステムの機能は、情報提供・警告レベルから自動運転レベルまで想定できるが、ここでは各機能レベルに係わる検知、通信、制御（制御は情報提供・警告レベルではなし）等各処理過程での基幹技術を整理する。

(1) システム機能例と検討対象機能レベル

① システム機能レベルと機能例

車間側方コントロールシステムは、その発展形として車両の制御までを想定したシステムである。
システム機能レベルとしては、システムの発展に応じて、

- ・ 情報提供・警告レベル
- ・ 簡単な制御レベル
- ・ 自動運転レベル

が考えられる。それぞれの機能レベルに含まれる機能は、表4-2-1の通りである。

表 4 - 2 - 1 発展レベルと機能

機能レベル 機能	第 1 段階 〈 情報提供・警告 レベル 〉	第 2 段階 〈 簡単な 制御レベル 〉	第 3 段階 〈 自動運転レベル 〉
情報提供	○	○	○
危険警告	○	○	○
非常通報	○	○	○
ブレーキ制御 (半自動制御)	—	○	○
アクセル制御 (半自動制御)	—	○	○
ブレーキ制御 (自動制御)	—	—	○
アクセル制御 (自動制御)	—	—	○
操舵制御	—	—	○

それぞれのレベルについて、複数の機能（情報提供・警告レベルにおける周辺車両位置表示・警告，前方道路危険・警告，非常時通報，合流表示，簡単な制御レベルにおける適正速度制御，追突防止，自動車間保持，自動運転レベルにおける追従走行，群走行，自動合流・分流）が考えられる。機能レベルごとの機能を表4-2-2に示す。

表 4 - 2 - 2 車間側方コントロールシステムの機能例

機能レベル	機 能 例
情報提供・ 警告レベル	・周辺車両位置表示・警告機能 後方車，車線変更時後側方車，車間距離，合流車緊急車等の位置表示，車両接近時，車線逸脱時の警告 ・前方道路危険警告機能 事故，障害物，渋滞の末尾，低μ路，カーブ，強風等の前方で発生している危険事象の警告 ・非常時通報機能 故障，ガス欠，事故発生または発見等の非常事態の発生を自動的に通報 ・合流表示機能 合流車両の接近状況を表示 （・RACS-B（ビーコン）での機能） 道路交通情報表示（路→車のみ） ・道路状況 事故（位置，種類，原因），渋滞（位置，種類，度合い），工事（位置，種類，終了予定日） ・道路構造 分岐（位置，名称，形状，レーン数） ・道路環境 気象 ・道路規制 通行規制，速度規制 ・案内 近，中，遠距離の方向別行き先，主要施設の位置 ・車両 自車位置，地点名，路線名 ・警戒 警戒標識の内容（車線減少etc） ・メッセージ インフラからの連絡
簡単な制御 レベル	〔最終判断はドライバーが行う半自動制御（アクセル，ブレーキ制御のみ）〕 ・適正速度制限機能 低μ路，カーブ，強風等の走行条件を考慮して走行速度を適正状態に制限 ・追突防止機能 前後方車との車間距離，相対速度，相対加速度等より追突の危険が生じた場合は，警告と同時にブレーキ制御し追突を防止 ・自動車間保持（オートクルーズ）機能 前後方車との車間距離，相対速度，相対加速度等より速度を制御し車間距離を適正状態に保持
自動運転 レベル	〔操舵制御を加えた総合制御〕 ・追従走行機能 路面状況，道路構造，気象状況，前者の走行状態等に応じて操舵制御，速度制御を行い前車に追従して走行 ・群走行（高密度追従走行）機能 複数車両が車間距離を短く保ちながら走行できるように操舵制御，速度制御を行い高密度に追従して走行 ・自動合流・分流機能 合流・分岐箇所において自車及び周辺車両の走行状態に応じて操舵制御，速度制御を行い合流・分流を自動化

② 検討対象機能レベル

情報提供・警告レベル，簡単な制御レベル，自動運転レベルの3つの機能レベルのうち，検討の進め方として，技術的難易度の低いレベルから検討することとし，「情報提供・警告レベル」，「簡単な制御レベル」を当面の検討対象機能レベルとした。

(2) 検知技術

車間側方コントロールシステムで必要となる検知技術としては障害物，路面状況，他の車両との相対位置関係等の検知があげられる。表4-2-3に検知に関する要素技術の内容を示す。

表 4 - 2 - 3 車間側方コントロールシステムにおける検知技術

機能レベル	要素技術の内容	課題
情報提供・警告レベル	・障害物検知（車両、落下物、事故） 車両全体の行動をインフラ側で情報処理して障害物の判断を行い、車両にLCX等の通信手段を通じて伝達 ・路面状況検知（湿潤、凍結） 一般的な前方の情報はインフラ側で入手〔手段〕 ・車両センサ：全車量の位置、速度 ・路面センサ：湿潤、凍結 ・気象センサ：風速、天候 ・事故・障害物センサ ・レーダ（+TVカメラ（高感度、赤外線）による簡易画像処理）	・センシング 方法、精度、設置間隔、耐環境性（天候、道路形状） ・道路側と車両側の情報収集分担の検討 ・情報信頼性の確保 ・局所的な路面状況検知 ・非搭載車の取扱い方
簡単な制御レベル	上記に加えて ・車載視覚センサ（車間距離等） ・検知精度向上、高速処理 ・危険度による警報及び自動ブレーキ制御（前車の情報をLCX等の通信手段を通じてインフラ側で収集し、相互の車速と加速度を計算処理） （但し、例えばブレーキ操作又はハンドル操作によって危険回避操作を行ったと考えられる場合は、自動ブレーキ制御は中断する。）	・車載視覚センサ 方法、精度、耐環境性（天候、道路形状） ・インフラ側と車側の役割分担 センシング、故障時対応 ・危険判断基準 速度、路面情報、車両性能を考慮

(3) 通信技術

車間側方コントロールシステムにおける通信は、リアルタイムの連続通信が必要であり、機能レベルが高度化するにつれて情報量が多くなることが予想されることから、LCXによる路車間通信を利用するのが有効であると思われる。表4-2-4に通信に関する要素技術の内容を示す。

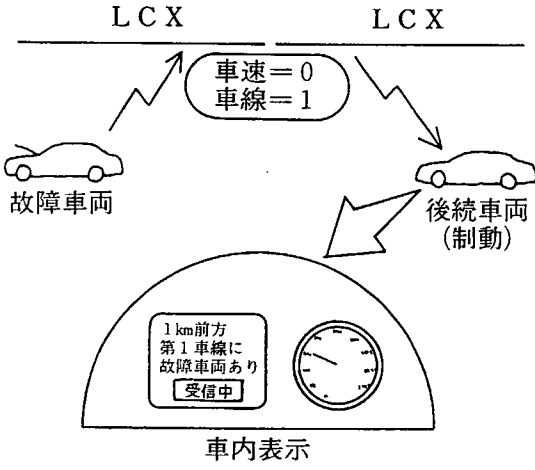
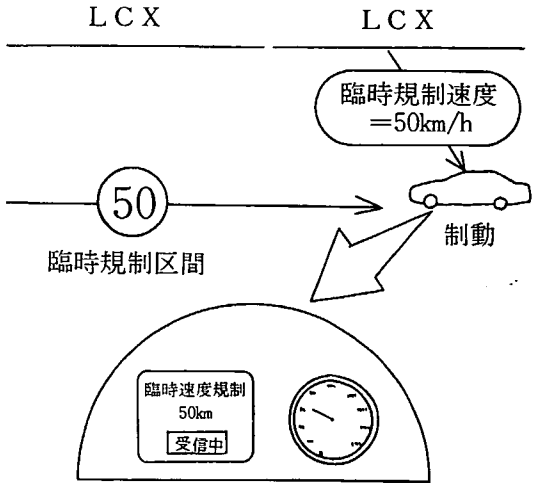
表4-2-4 車間側方コントロールシステムにおける通信技術

機能レベル	要素技術の内容	課題
情報提供・警告	・LCXを経由した通信（一部車々間も併用） ・LCXに加えて従来型のビーコンを用いたRACSとのハイブリット型とする。 ・RACS-B：主に法規情報やナビゲーション情報の提供 ・RACS-L：主に周辺車両情報や緊急情報の通信 〔情報内容〕 ・車→路： ・個別車両情報（車両ID、積載条件、車速、ブレーキ、アクセル、方向指示器） ・位置情報（基準位置） ・局部情報（路面情報、障害物） ・路→車： ・共通情報 ・個別車両情報 ＜共通情報＞ 法規情報：進行方向規制、速度規制、走行方法（追越し等） →特に大幅に規制を越えたり、情報内容が変更になった時伝達 道路構造：車線数、曲率、勾配、傾斜（バンク角） →必要により構造情報も伝達するが、通常は車両情報、自環境と共に総合判断処理の上、車速、車線等を指定し伝達 路面状況：路面状態、気象 →全般的環境条件と走行条件（車速、車間他）の指示 進路状況：障害物（落下物、故障車）、渋滞、その他規制情報 →情報を送ると共にその後の対応策を指示 ＜個別車両情報＞ 車両情報：車両運動、行動意思（車線変更、異常対応） 位置情報：車両ID、基準位置、走行速度、加速度	・受信電力、BER等通信品質の確認 ・干渉区間での対応（以上の課題は基礎実験によって確認する） ・通信プロトコルデータ更新時間、伝送速度、フォーマット、信頼性（誤り訂正方式の検討） ・車載データベースに持っておくべき情報内容の吟味 ・LCXからの情報内容の吟味 ・交換情報の精度、信頼性の向上 ・車々間通信との分担（車両情報、行動意思情報は緊急度に応じて車々間で行う等）
簡単な制御	上記に加えて 〔情報内容〕 ＜個別車両情報＞ 車両情報：加速速度、舵角、ブレーキ・アクセル、踏み代	

(4) 制御技術

車間側方コントロールシステムの制御技術はブレーキ・アクセルによる速度制御及び舵角制御が基本となる。表4-2-5に制御に関する要素技術の内容を示す。

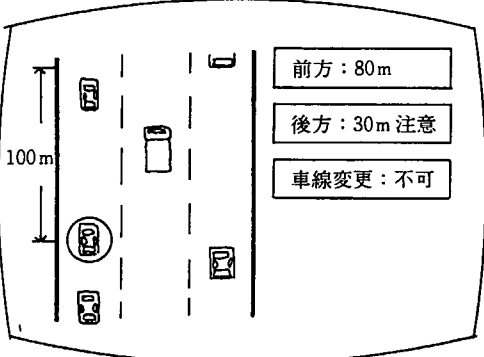
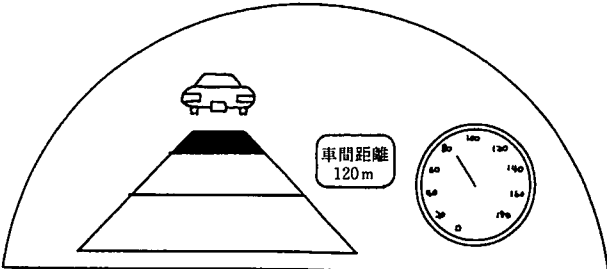
表4-2-5 車間側方コントロールシステムにおける制御技術

機能レベル	要素技術の内容	課題
簡単な制御	・（電子制御）スロットル ・（電子制御）ブレーキアクチュエータ イメージ1 ・故障車両（停止車両）への追突防止  車内表示	・ドライバーの意思にかかわらず車両を制御することに対するコンセンサス作りが必要 ・車両ごとの制動性能の差を考慮する必要がある。
	イメージ2 ・臨時速度規制区間進入時の減速 例) 工事等による車線数の減少時, 悪天候時等  車内表示	・危険判断基準 - 速度, 路面情報, 車両性能を考慮 ・アクセル, ブレーキの制御方法 - 危険判断ロジック, 制御量, タイミング ・ドライバーの意思に沿った制御法 ・非搭載車の規制方法 ・人間工学的検討 ・フェールセーフシステム

(5) 表示・警告技術

情報表示・警告は初期の機能レベルでは、システムの目的そのものであり、また制御を行うレベルでは、ドライバーがシステム状態を認知したり、適切な運転操作を行う上で重要な役割を果たす。

表4-2-6 車間側方コントロールシステムにおける表示・警告技術

機能レベル	要素技術の内容	課題
情報提供・警告	・追突・接触注意喚起 ・周辺車両と自車の相対位置関係、急速接近車情報 ・危険車間、前方渋滞、緊急車接近情報 →視覚の対象以外も重点的に表示 →全般的な情報は任意選択表示 →緊急情報は強制表示 →前後（左右）の車がこの種のシステムを用いている場合は表示し、安全車間・速度等を補正 	・表示イメージ ・誤表示の場合の対応
	車両側（機器搭載車） 表示・警告機器：周辺車両情報等、各種情報より危険を推定し表示・警告 〔対ドライバー〕 ・モニターによる表示 ・危険時にミラーを赤色化して警告 ・緊急性、重要性の高い情報は音と併用 	・視認性に優れた情報提供方法（H/MIF） ・警報装置 ・追突警報の出し方（安全車間の考え方）

なお、自動運転またはこれに近い制御については、技術的難度が高く、操舵制御方法、合流制御方法、高度信頼性の確保、非常時の対応などについて今後検討していく必要がある。

2) システム機能イメージ

(1) 検討対象機能の設定

検討対象機能レベルのうち、情報提供・警告レベルでは①周辺車両位置表示・警告、②前方道路危険警告、③非常時通報、④合流表示、簡単な制御レベルでは、⑤適正速度制限、⑥追突防止、⑦自動車間表示（オートクルーズ）の各機能が考えられる。

この中の機能のうち技術的応用性・新規性、システム発展性、研究内容のデモンストレーション効果に着目して、〔周辺車両位置表示・警告機能〕，〔前方道路危険警告機能〕，〔非常時通報機能〕，〔追突防止機能〕をプロトタイプ実験システム検討における対象機能とする。

表 4-2-7 機能の性格

発展レベル	機 能	技術的応用性・ 新規性	システム発展性	デ モ 効 果	検討対 象機能
情 報 提 供 ・ 警 告	周辺車両 位置表示 ・ 警告	◎ 位置標定の基幹技術となる。また、連続通信が前提となり、新規性が特に高い。	◎ 取扱う情報が車両制御のための基本情報となる。	◎ ディスプレイを用いて走行中の表示状況をわかりやすくアピールできる。	●
	前方道路 危険警告	○ 道路状況、交通状況検知の基幹技術となる。	○ 取扱う情報が車両制御のための基本情報となる。	○ 視認できない前方の危険警告をシミュレータ等を用いてアピールできる。	●
	非常時 通報	○ 自車の異常状態判断及び通報、周囲の異常発見通報の基幹技術となる。	○ 取扱う情報が車両制御のための基本情報となる。	○ 異常状態における即時通報の充実をアピールできる。	*1 ●
	合流表示	△ 周辺車両位置表示・警告の技術と類似している。	△ ガイドライトシステムでの対応も考えられる。	○ ディスプレイを用いた合流部の運転支援情報提供効果をわかりやすくアピールできる。	
簡 単 な 制 御	適正速度 制限	△ 速度制御技術の基幹技術となる。技術的難度が高く追突防止機能から検討した方がよい。	○ 自動車間保持や自動運転システムに応用できる。	○ 速度面での安全走行をアピールできる。	—
	追突防止	○ 速度制御技術の基幹技術となる。また、車両制御を行う点で新規性が高い。	○ 他の車両制御システムの基幹システムとなる。	◎ 重大事故となり易い追突の防止効果をアピールできる。	●
	自動車間 保持	△ 技術的難度が高く他の機能の要素技術を先行して検討した方がよい。	○ 自動運転に近いシステムである。	複数車両の走行状況を示し、自動運転に近いシステムイメージをアピールできる。	—

* 1：非常時通報機能は前方道路危険警告機能に含めて検討している。

(2) システム機能別のイメージ

① 周辺車両位置表示・警告機能

インフラ側からの情報提供、車両自らの情報収集により、周辺車両の位置・走行状態を車内に表示するとともに、危険を判断してドライバーに警告することにより、運転者の注意を喚起し、事故回避ができるようにする。

表示・警告の重要性が高い場面として、次のものが考えられる。

- ・合流部
- ・追越し時・車線変更時
- ・後方車両異常接近走行時
- ・前方車、前々方車異常時走行時
- ・車線の減少・増加箇所

なお、情報伝達にはLCX及びビーコンを介した路車間通信を利用するが、LCXにより連続的に車両情報を伝達し、ビーコンにより法規情報、道路構造情報、気象情報、ナビゲーション情報等を伝達する。

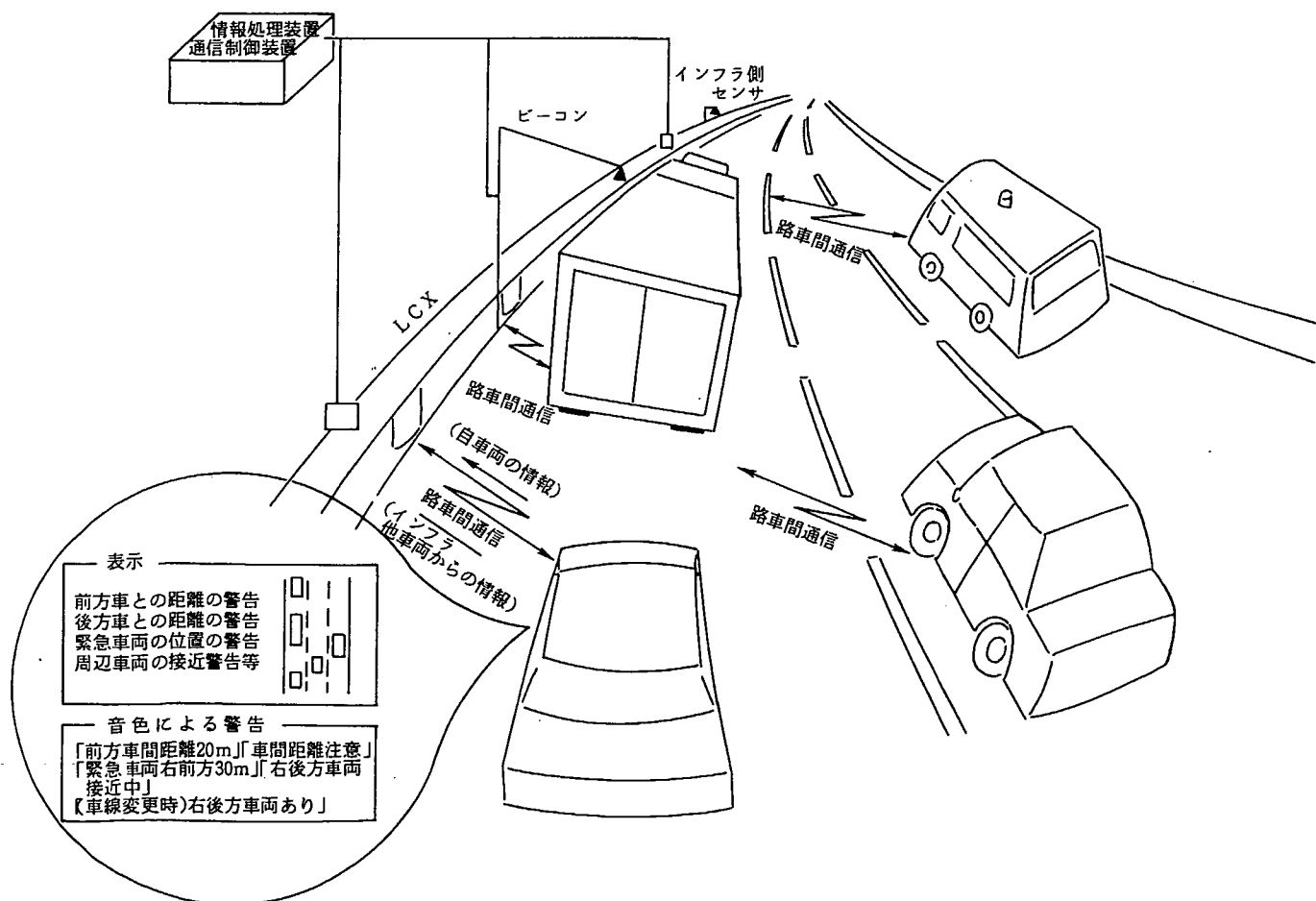


図4-2-1 周辺車両位置表示・警告機能イメージ

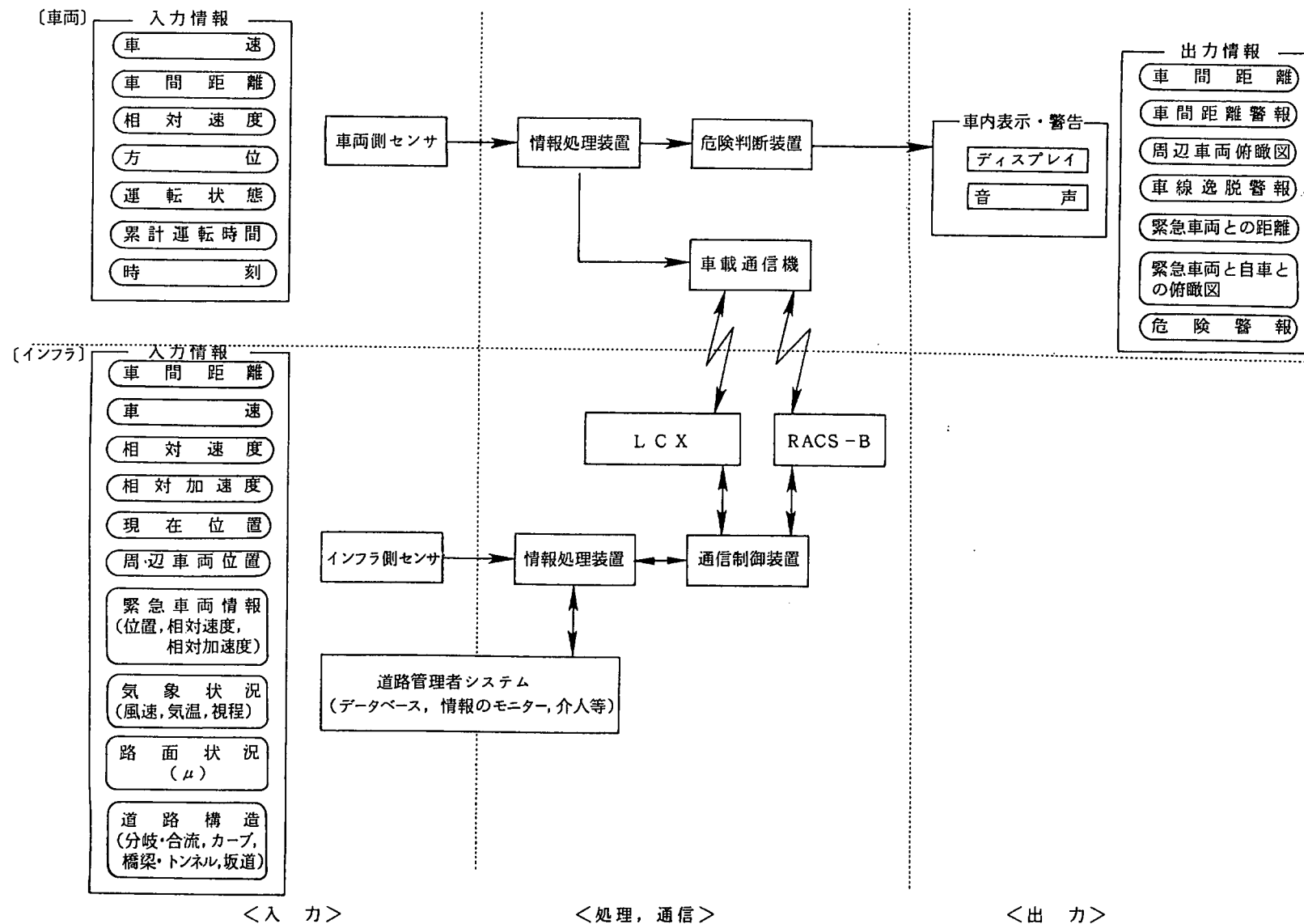


図 4-2-2 周辺車両位置表示・警告機能ブロック図

表 4 - 2 - 8 周辺車両位置表示・警告機能の構成要素とその役割

構 成 要 素		役 割
インフラ	インフラ側センサ	・車両位置、車速、緊急車両、気象状況、路面状のセンシング
	道路管理者システム (インフラ側データベース)	・静的情報（道路構造情報）の提供
車 両	車 両 側 セ ン サ	・＜車外情報＞車間距離、相対速度、車速、車線 ・＜車内情報＞自車位置、車速、運転状態、路面状況のセンシング
	情 報 処 理 装 置 危 険 判 断 装 置	・車間距離演算、車線逸脱判断、車両俯瞰図作成、危険車両判断、合流 情報処理、ファジィ危険判断
通 信	路 → 車	・車両位置（進行方向・道路幅方向の車両位置・車間距離）、車両速度、 緊急車両情報、合流情報、気象状況、路面状況、道路構造情報、I D コード、車両・ドライバ属性の送信
	車 → 路	・自車の走行情報、I Dコードの送信

② 前方道路危険警告機能，非常時通報機能

車両進行方向で発生する各種状況及び事象（障害物，落下物，渋滞の末尾，路面状況〔凍結等〕，強風，積雪，カーブ等）を把握し，進行中の車両に伝達することにより走行安全性を高める。

また，自車両や周辺車両の異常状態，事故や災害の発生情報を即時に他車両や道路管理者に伝え，緊急事態発生時における安全確保，多重事故防止，対応の迅速化を図る。

なお，路車間通信においては，LCXにより前方の道路状況，発生事象，危険状態等を，またビーコンにより法規情報，道路構造情報，気象情報，ナビゲーション情報等を伝達する。

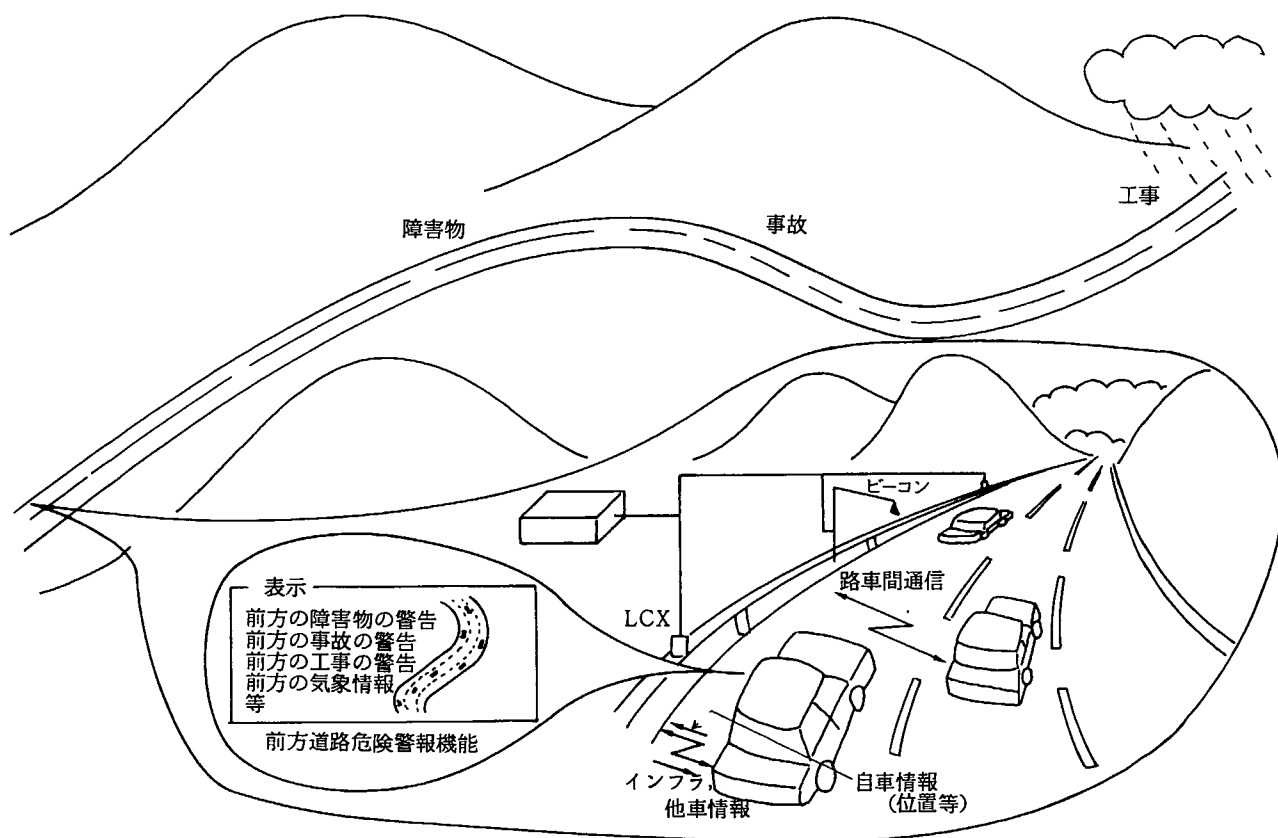


図 4 - 2 - 3 前方道路危険警告機能イメージ

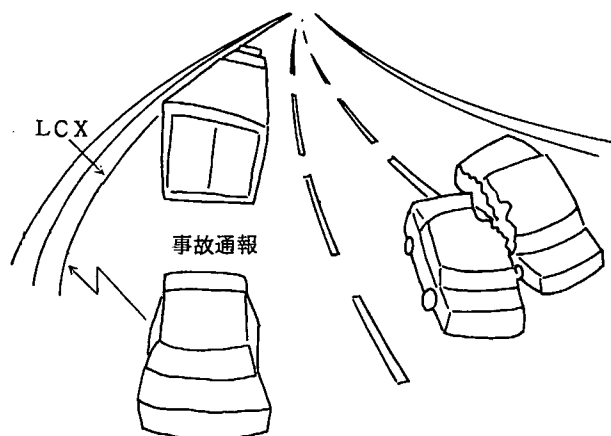


図 4 - 2 - 4 非常時通報機能イメージ

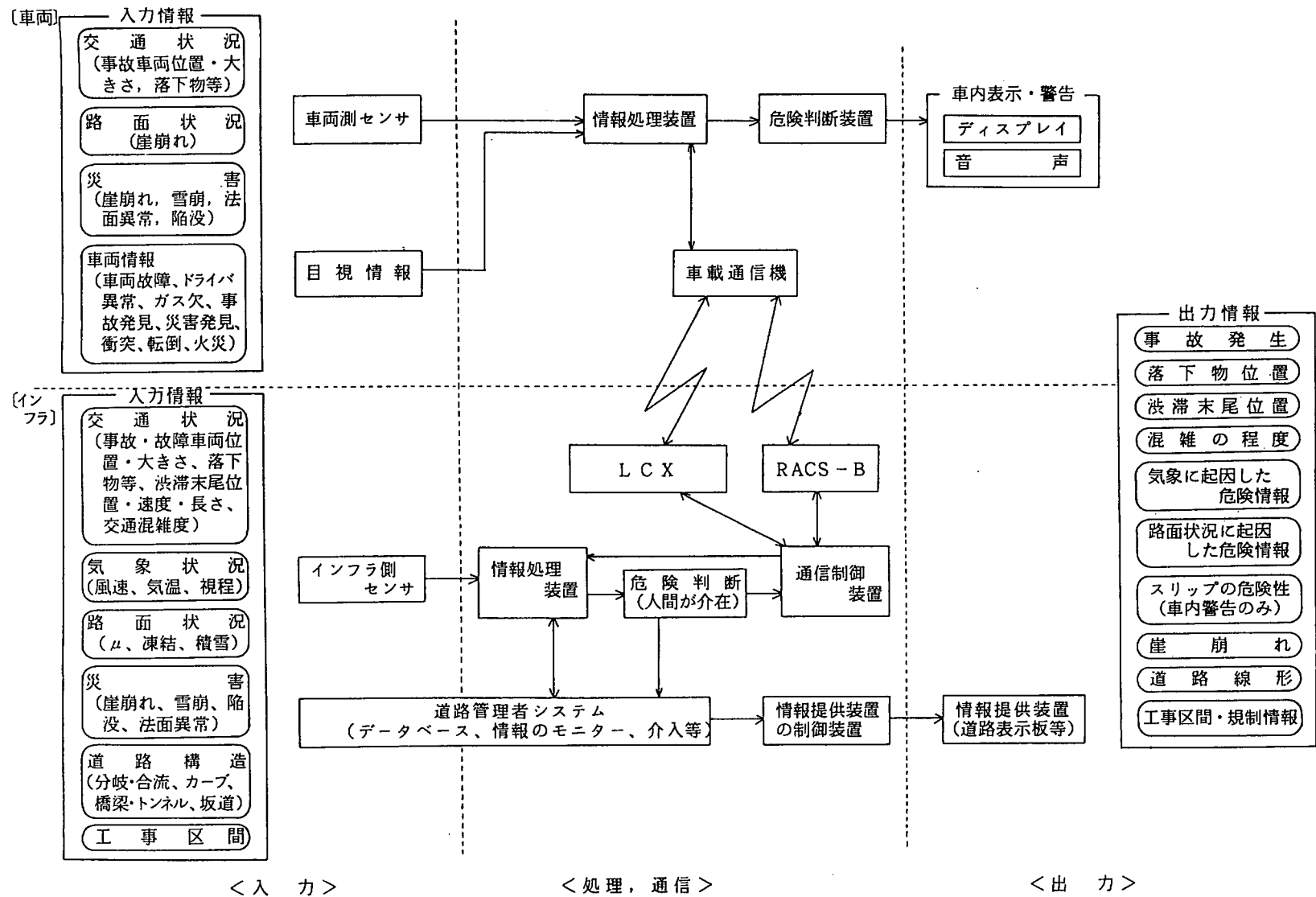


図 4-2-5 前方道路危険警告機能, 非常時通報機能ブロック図

表 4 - 2 - 9 前方道路危険警告機能、非常時通報機能の構成要素とその役割

構 成 要 素		役 割	備 考
インフラ	インフラ側 センサ	・交通状況、気象状況、路面状況、災害発生状況のセンシング	交通状況のセンシングについては、異常事象として直接検知する方式と道路を連続的にカバーしてセンシングし、情報処理装置で異常事象を判断する方法がある。
	道路管理者システム (センターシステム)	・道路構造、工事区間に関する情報提供 ・交通状況のモニター、情報提供装置制御情報の送出、各種機器類の監視、統計処理、データベース作成	—
	情 報 処 理 装 置	・インフラ側、車両側または双方の情報からの異常事象の検知、異常事象の危険判断、警告事象と対象危険区間の設定、危険判断結果の送信、道路管理者システムへの入出力情報の送出	—
車 両	車 両 側 セ ン サ	・＜車外情報＞交通状況、路面状況、災害発生状況、車両情報（位置、車速） ・＜車内情報＞車両情報（車両故障、ドライバー異常、ガス欠、事故発見、災害発見、衝突、転倒、火災）に関するセンシング	—
	情 報 処 理 装 置 危 険 判 断 装 置	・車両側センサからの情報による異常判定、車両及びインフラからの情報による危険判断、緊急事態の判断、出力情報の作成、表示・警告制御情報の作成、スイッチ操作・設定状況の認識、通信機との間の情報の入出力、データ記憶	—
通 信	路 → 車	・危険判断結果、交通状況、気象状況、路面状況、災害発生状況、道路構造情報、工事状況、ID情報、車両・ドライバ属性の送信	—
	車 → 路	・交通状況、路面状況、災害発生状況、車両情報（自動に関する情報）の送信	—

③ 追突防止機能

前車との車間減少により危険な状態にはいる前に予防手段として緩やかな制御（スロットル制御）を行い、また、危険度が増したときブレーキ制御を行い追突事故を防ぐ。

なお、路車間通信においては、LCXにより連続的に車両情報を伝達し、ビーコンにより法規情報、道路構造情報、気象情報、ナビゲーション情報等を伝達する。

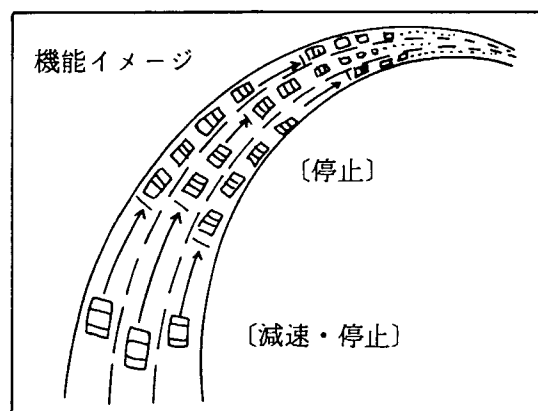
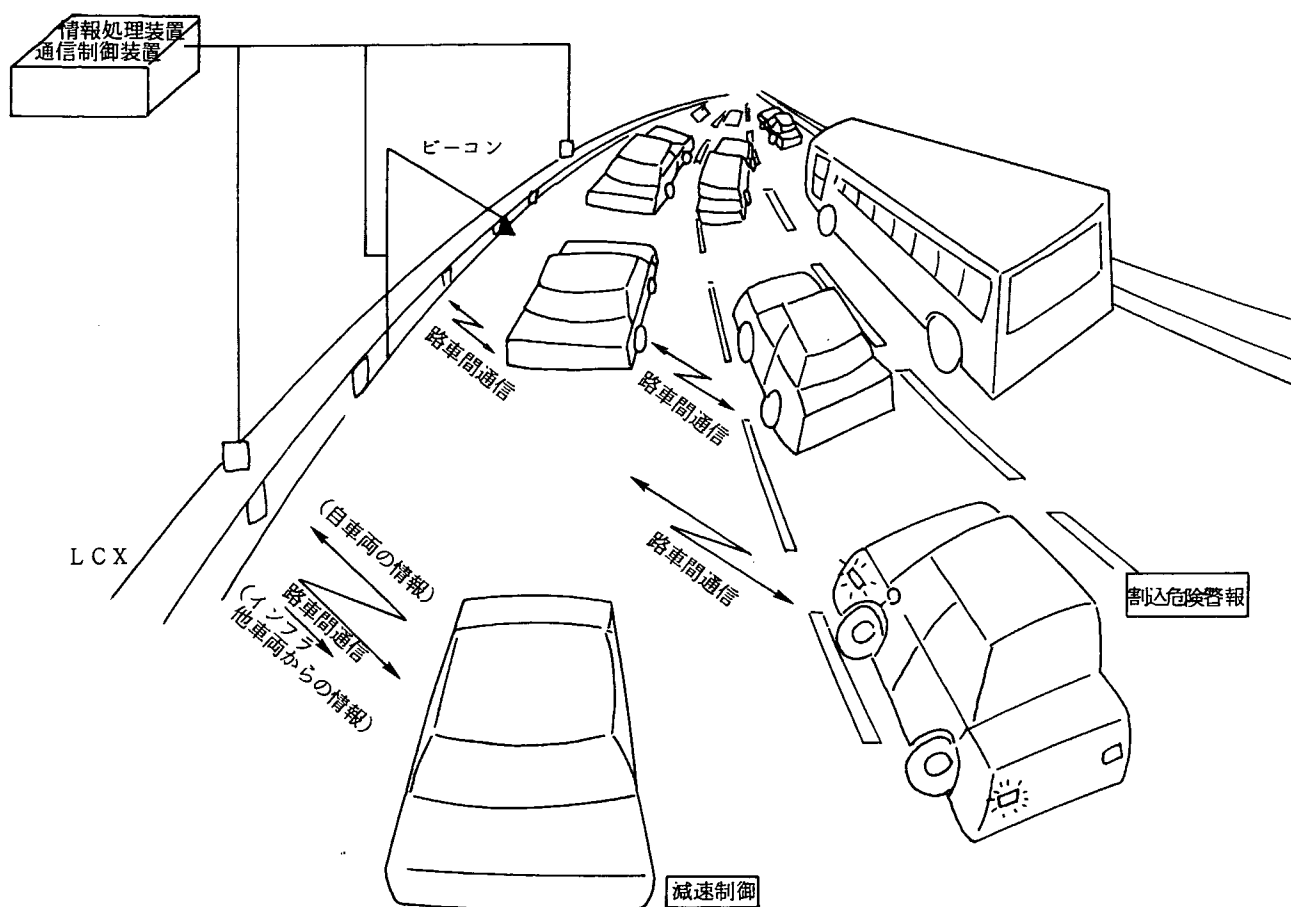


図 4 - 2 - 6 追突防止機能イメージ

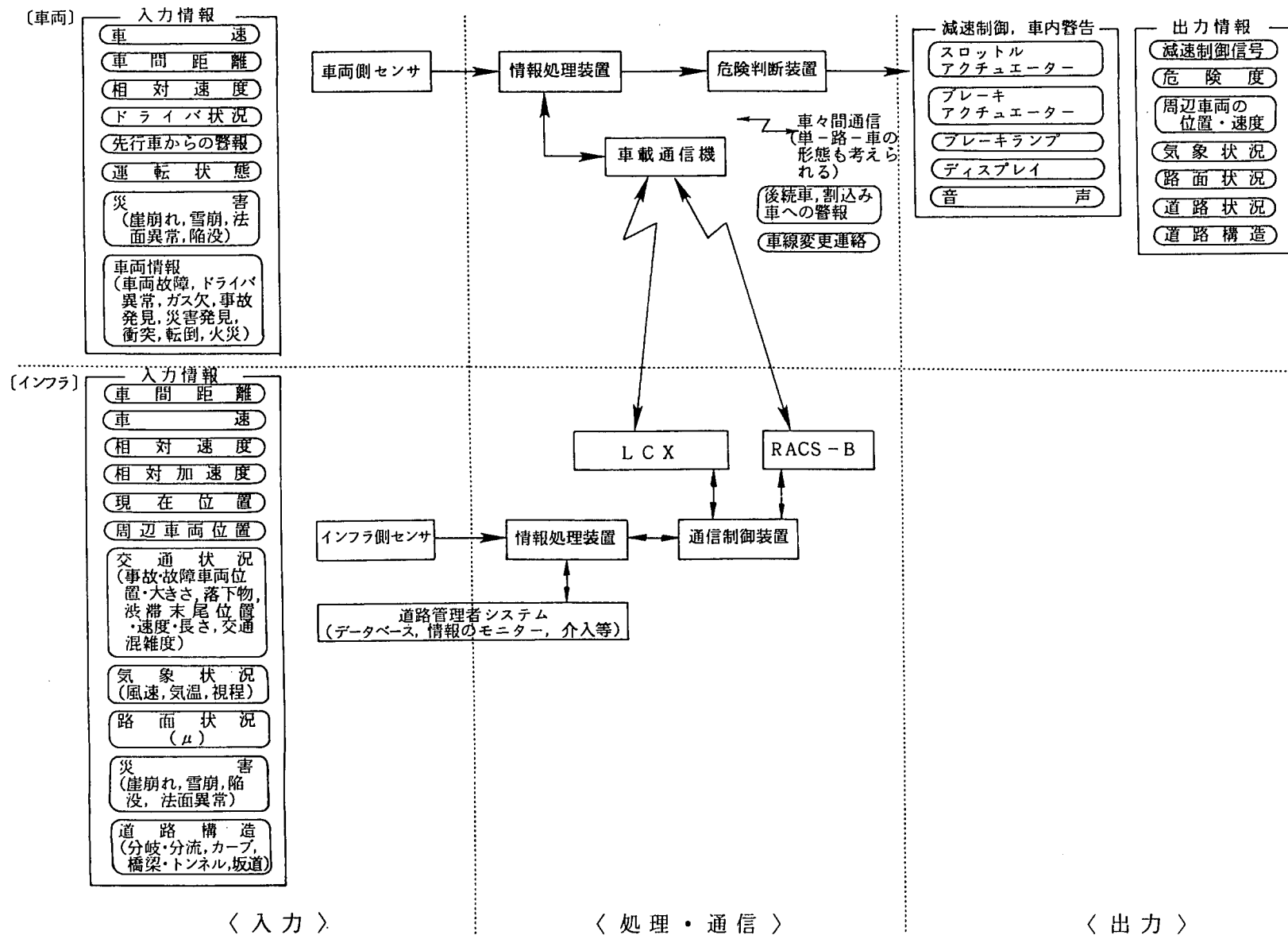
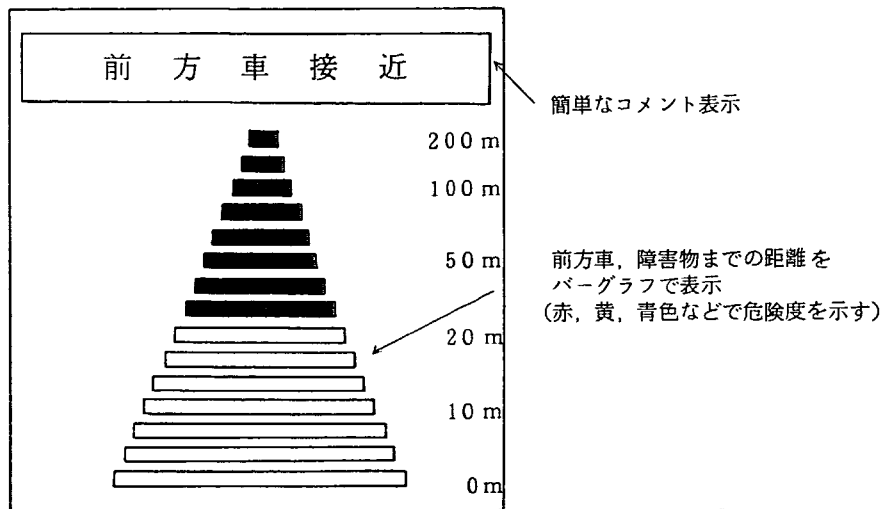


図4-2-7 追突防止機能ブロック図

表 4 - 2 - 10 追突防止機能の構成要素とその役割

構 成 要 素		役 割
インフラ	インフラ側センサ	・車両位置、車速、気象状況、路面状況、交通状況、災害発生状況のセンシング
	道路管理者システム	・道路構造情報の提供
	情報処理装置	・インフラ側、車両側又は双方の情報からの異常事象の検知、異常事象の危険判断、危険判断結果の送信、道路管理者システムへの入出力情報の送出
車 両	車両側センサ	・＜車外情報＞車間距離、相対速度、車速、災害発生状況 ・＜車内情報＞車速、ドライバ状況、先行車からの警報、運転状態、車内情報に関するセンシング
	情報処理装置 危険判断装置	・車両側センサからの情報による異常判定、車両及インフラからの情報による危険判断、緊急事態の判断、出力情報の作成、表示・警告制御情報の作成、スイッチ操作・設定状況の認識、通信機との間の情報の入出力
インフラ 又は 車 両	情報処理装置	・基本マップによる作動距離演算、作動距離補正演算（相対速度、路面 μ 、勾配、積載量による）
通 信	路 → 車	・車両位置、道路構造（勾配）、路面状況、交通状況（事故・渋滞・落下物）、ドライバ状況、システム作動状況の送信
	車 → 路	・自車の走行情報、ドライバ状況、システム作動状況の送信

(簡易表示HUD イメージ図)



(詳細表示CRT or LCD イメージ図)

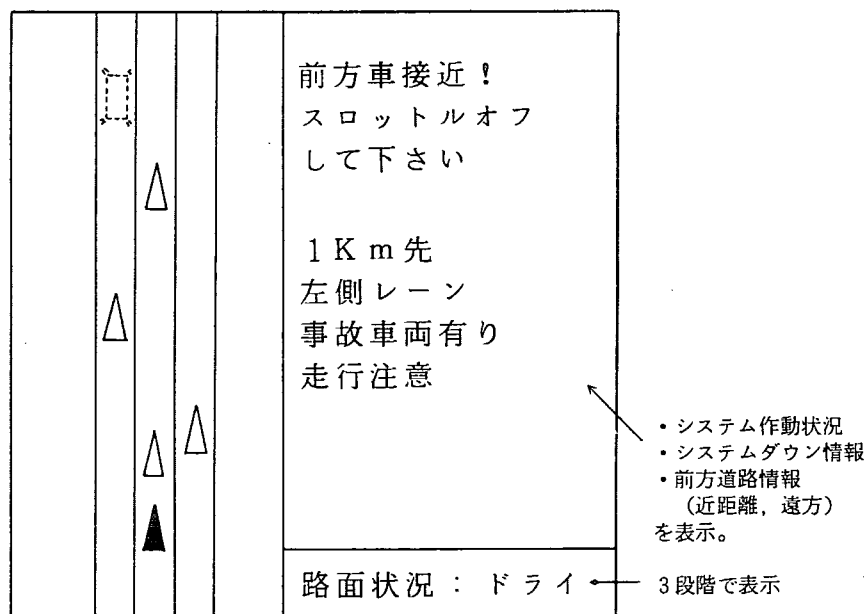


図 4 - 2 - 8 車内表示例

4. 3 まとめ

車間側方コントロールシステムは、前後左右を走行する車両との間隔及び路車間の側方距離をコントロールするシステムとしてシステム素案が考えられた。本システムの発展イメージとして、高度な車両制御技術を要する自動運転システムが考えられるが、そこに至るまでの機能の発展レベルとして、情報提供・警告レベル、簡単な制御レベルがあり、制御レベルに相当する自動運転レベルと合わせて大きく3つのレベルが考えられる。

車間側方コントロールシステムの形態は、インフラと車両が相互に連携し合って成立するものであり、路車間あるいは車路車間、車々間のリアルタイム・連続通信によって、情報の収集・処理・制御・提供が行われる。これらの過程では、次世代道路交通システムの素案として提案されている道路構造提供システム、路面状況情報提供システムの技術の利用が考えられる。車間側方コントロールシステムは他システムを要素システムとしてとりこみながら、車両制御が可能なレベルまで発展するシステムと考えられ、次世代道路交通システム素案の中心的システムとして位置づけられる。

これまでの検討において、システムイメージをもとに安全性、輸送効率の向上に対する社会的有効性に着目したところ、十分な効果が期待でき、これを受けて個別のシステム機能として、情報提供、警告レベルにおける周辺車両位置表示・警告、前方道路危険警告、非常時通報、合流表示、簡単な制御レベルにおける適正速度制限、追突防止、自動車間保持、自動運転レベルにおける追従走行、群走行、自動合流・分流を設定した。このうち、検討対象レベルとして情報提供・警告レベル、簡単な制御レベルをとり上げ、特に、周辺車両位置表示・警告、前方道路危険・警告、非常時通報、追突防止についてシステムイメージの検討を行った。これによって、システム構築に必要なより具体的な検討、実験による検証が可能となった。

今後は、システム実現化に向けて、システム仕様の検討、技術開発課題の整理とそれらへの取り組み、実験による機能の検証などを実施していく予定である。

第 5 章 漏洩同軸ケーブルを用いた情報通信 技術の検討

第5章 漏洩同軸ケーブルを用いた情報通信技術の検討

本章では、次世代道路交通システム特に高度な情報通信機能が必要となる車間側方コントロールシステムにおける新たな要素技術として、漏洩同軸ケーブル（以下LCXとする）を用いた情報通信技術について検討した。

検討にあたっては、まず路車間の通信形態、通信方式について整理し、LCXを用いた情報通信システムの構築イメージとLCXの機能を検証するための実験システムについて整理した。

5. 1 通信形態の整理

現在検討されている通信システムは、次世代道路交通システムの目標である安全性の向上と、輸送効率の向上を実現するために利用される道路～車両間通信手段である。こうした通信形態は、従来の移動体通信システムとはかなり異なったものと思われる。

以下に、その相違点を中心に検討することにより、目的とされている通信の形態を整理する。

従来の自動車に関する移動体通信システムの利用形態の特徴として、

- ・ 人対人の対話型通信である
- ・ ホスト対端末あるいは端末対端末のデータ通信がなされる
- ・ センターからの情報提供がなされる

ということなどがあげられる。したがって、情報提供のタイミングについては、利用者（人）が、必要になった時に、情報を利用できる状態になっていればよいことになる。

一方、次世代道路交通システムの通信利用形態の特徴と考えられることとして、

- ・ 自車と道路及び他車の位置関係の把握が必要である
- ・ 周囲の車両の行動意思の把握が必要である
- ・ 走行中の道路の状況把握が必要である
- ・ 車両と道路間で連続した通信が必要である

ということなどがあげられる。したがって、情報提供のタイミングについては、走行中の車両が、常時、情報を利用できる状態になっていることが求められる。

これらのことより、両者の相違点についてまとめると以下のようなになる。

表 5－1－1 従来型と次世代型の通信システムの比較

従 来 の 通 信 シ ス テ ム	次 世 代 道 路 通 信 シ ス テ ム
・ 必要な時に通信リンクを設定 ・ 1：1の通信リンクが原則 ・ 情報の遅延許容値は人間の通常感覚レベルで決まる。 ・ 通信リンクの確立は数秒。 ・ 情報の信頼性は利用目的による。 ・ 直接安全性とリンクしない。	・ 常時通信リンクを保持 ・ 同時存在車両数分の通信リンクを同時に実現 ・ 情報の遅延許容値は車両の運動レベルで決まる。 ・ 区間にはいると、瞬時に通信リンクを確立 ・ 情報の信頼性は直接安全性につながる。

以上のことから、次世代道路交通システムにおける通信システムに要求される技術的項目としては、

- ・ リアルタイムであること
- ・ 連続していること
- ・ 常時接続されていること
- ・ 高信頼が確保されること

等があげられる。

5. 2 通信方式の比較

1) 無線方式の比較

5. 1でまとめたように、リアルタイム性、連続性、常時接続性、高信頼性を備えた通信形態を実現できる通信システムとして、どのような無線方式を採用することが望ましいかを検討するため、考えられる方式の比較を行う。

(1) 次世代の通信システムとして考えられる無線方式

路車間通信システムとして研究が進められているものにビーコンを用いた道路側と車両側の完結極小ゾーンにおけるスポット的な通信を行うRACS (Road Automobile Communication System)がある。しかし、次世代道路交通システムにおける通信システムは通信の連続性を確保する必要があるため、ビーコンを用いたRACSは補助的な通信システムとし、連続性が保てる別の通信システムを導入する必要がある。

したがって、通信の連続性を条件とすると、無線方式として次の4種の形態が考えられる。

- a. 衛星通信の利用 (超広域無線ゾーン)
- b. 広域無線ゾーン
- c. 連続小無線ゾーン
- d. ケーブルによる無線ゾーン

この中で、衛星通信は、全国どこでも利用可能であるが、衛星通信の問題点として、

- ・全国の車両が常時衛星と通信リンクを構成することは不可能である。
- ・仮に、通信リンクが構成できたとしても、センターでの処理量は膨大になる。
- ・衛星通信にはかなりの伝達遅延がある。(伝送時間だけで、約500ms)
- ・トンネル内、ビル影等リンクの構成できない場所がある。

ということがあり、実用的でない。

図5-2-1に広域無線ゾーン、連続小無線ゾーン、ケーブルによる無線ゾーンの概念を示す。

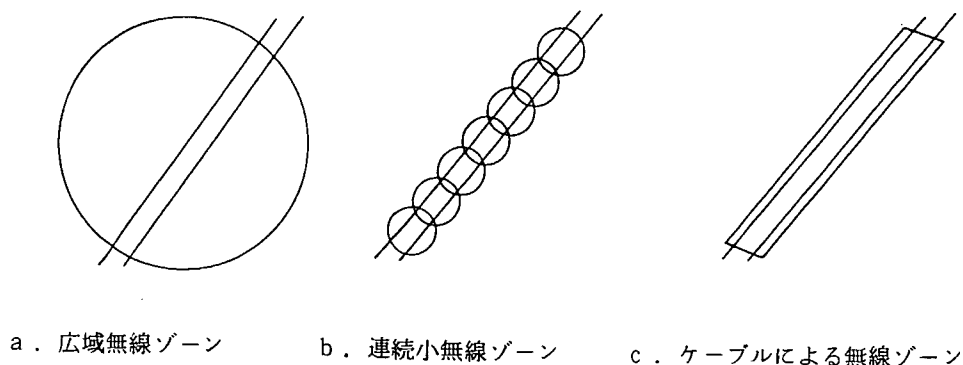


図 5 - 2 - 1 無線方式の概念

(2) 広域無線ゾーン

これは、該当道路を含む広域無線ゾーンを構成する方式である。広域無線ゾーンを構築する場合はチャンネル数の規模が問題となると考えられる。例えば無線ゾーンの範囲として10kmを想定し、ゾーン内のサービス範囲を、道路1路線（片側のみ）とすると、1km区間64kbpsを1チャンネルの基準とした場合の10倍の規模となる。また、広域ゾーンの場合には、マルチパスの影響から高速伝達は不可能であり、テレターミナルでも9.6kbps程度である。複数チャンネルが利用できるとしても、

$$64k \div 9.6k = 7CH$$

$$7CH \times 10 = 70CH$$

が必要となる。さらに、実際には、円のゾーン内には複数の路線及びそれぞれの路線の上下方向がある。従って、全体の規模は、

$$70CH \times 2（上下） \times 路線数 \times N（干渉対策）$$

が必要であり、実用的でない。

(3) 連続小無線ゾーン

これは、道路に沿って連続小無線ゾーンを構成する方式である。

連続小無線ゾーンによる通信はRACSによりかなりの技術は確立されている。ただしサービス提供内容は限定される。

(2)と同様にマルチパスを考慮して、9.6kbpsで伝送することを考える。区間長1km、伝送速度64kbpsをもとにすると、ゾーンの大きさは、

$$1km \times 9.6 / 64 = 150m$$

となる。

また、ゾーン間の干渉のため、ゾーンごとに無線CHを切り替える必要があり、200km/hで走行する車両は、約3秒毎にCH切り替えが必要となる。

そのため基地局におけるゾーン間処理が繁雑になる。

(4) ケーブルによる無線ゾーン

これは、道路に沿って敷設したケーブル（漏洩同軸ケーブル：LCX等）により無線ゾーンを利用するものである。LCX等によるケーブルによる方式は、ケーブルに沿って安全な電界が構成できる他、広帯域性を有しており、またゾーンの長さを任意に設定できるため、技術面から見ると最も有利である。

この方式の場合、伝送遅延に対する要求や、区間あたりの車両台数が増加したとしても、更に伝送速度を高速にすることが可能である。また、技術方式の流れとしては、ビーコンを用いたRACS（RACS-B）の発展形としてとらえられ、開発中のRACSの成果を応用し、LCX等のケーブルを用いたRACSとすることが可能である。（RACS-L）

(5) 経済比較

概念的には、連続小ゾーンの場合の装置及び設置工事コスト（複数台）と、ケーブルの場合のケーブル及び敷設コストの比較となる。数値的な比較は更に方式の詳細検討を進めないといけないが、大幅な差はないと思われる。

また、ケーブル方式の場合には、ケーブルを多目的に利用することによる経済化が図れるという利点がある。

(6) 次世代道路交通システムに有効な通信方式

路車間の情報通信システムを構築することにより、直前車両の状況だけでなく、前方の複数車両の速度、相対位置等の情報が入手でき、これによりドライバーが視認できない領域における他車の動きを知ることができる。また、ドライバー不注意による視認漏れ等を、本システムの情報提供機能により、補うことが可能となる。

次世代道路交通システムの通信システムでは、このような機能を満足するとともに連続通信ができることが前提となる。このような条件を満足し、かつ多目的に利用できるシステムを、主として技術的な断面、特に高速伝送をという点からとらえると、

- ・広域無線ゾーンはマルチパス等の影響を受けやすいため適応しにくい。
- ・連続小ゾーン方式の場合にも高速伝送路を構成するためには、極小とする必要があり、路上局が非常に大きくなるとともに、ゾーン切り替えを含む通信制御がかなり複雑となる。

という難点がある。一方、ケーブルによる無線ゾーン方式は、

- ・道路に側った電界構成が可能なため道路側、車両側の無線設備が小規模で構築可能である。
- ・広域帯性を有する。
- ・ゾーンの長さを任意に設定できる。

という有利性を備えているため、LCX等のケーブル方式について研究を進めることが適当であると考えられる。

2) ケーブル方式の比較

無線方式の比較検討により、ケーブル方式が有利であるとの結論が得られたため、ケーブル方式の比較検討を行う。

各種ケーブル方式の特性を比較すると表5-2-1のとおりとなる。

表5-2-1 ケーブル方式の比較

方 式	原理的な可能性	データ高速伝送の可能性	実用上の問題点	備 考
1 LCX単独 使用方法	OK (実績あり)	OK (広帯域伝送可)	準マイクロ波帯では伝送損失が大きく、多数のリピータが必要となる。 モデルシステムを考え具体的な検討が必要。	- 構成 LCX LCX — □ — □ — - 実用帯域 ～2GHz - 地上敷設
2 光fiber -LCX 複合方式	OK	OK	光fiber採用によるcost up が要検討 (そのため光fiberは多目的に使用し、本方式への負荷を軽くすることを考える必要がある。)	- 構成 (画像) 光fiber (Tel) — LCX — LCX □ — □ — - 実用帯域 ～2GHz - 地上敷設
3 OW	× アースリターン方式では、準マイクロ波での伝送損失は過大になり伝送困難と思われる。	×	—	実用帯域 ～3MHz
4 平行2線	× 準マイクロ波帯では波の輻射が発生し、長距離伝送は困難。	× 伝送周波数特性悪く広帯域、長距離伝送は困難。	—	実用帯域 ～30MHz
5 誘導無線	× 準マイクロ波帯では、Radiation Waveや、Leaky Waveが発生し、誘導界方式は成立しないと思われる。	×	—	実用帯域 ～500KHz
6 埋込み ループコ イル	× 準マイクロ波では、Soilでの損失が大になって送信装置の電力が問題となる。	×	—	実用帯域 ～500KHz
7 高架用 AT	× 誘導無線と同様	×	—	

これらのケーブル方式を比較すると、原理的な可能性、データの高速伝送の可能性等から大容量漏洩同軸ケーブル(LCX)を用いた(光ファイバー複合方式でも可)方式が有利である。

3) 位置標定方法の比較

(1) レーン方向

レーン方向の位置評定に関しては、確立され実用化された方式は今の所存在せず、技術的検討あるいは研究試作検討の段階にある。

位置標定の基本的な方式としては、道路インフラ側に機能或いは設備を設置する方法と、車両側が認識処理して自己判定する方式とが検討されている。

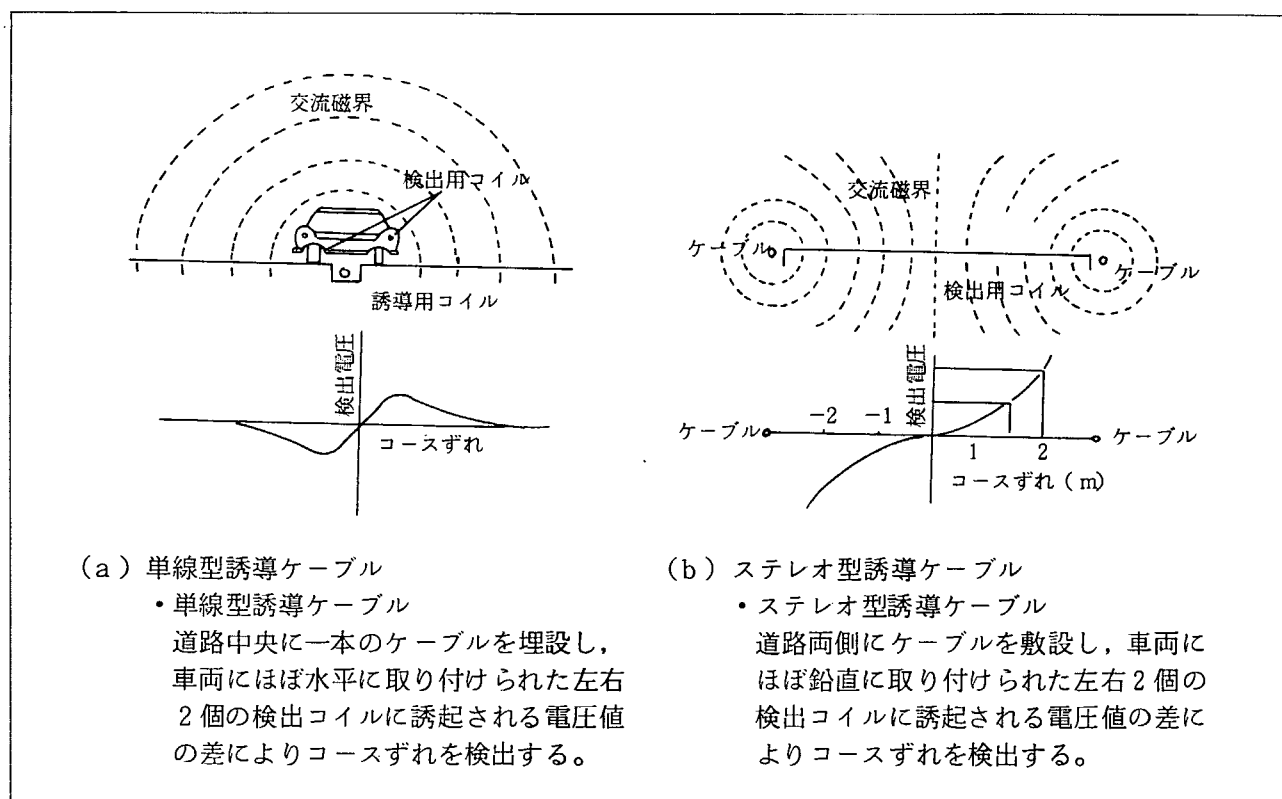
① 道路設備併用方式

a) 誘導ケーブル埋設方式 (S E 2000にて検討)

単線型及びステレオ型の2方式があり、低速走行では実績があるが、高速走行では疑問が残る。

b) 磁気素材埋設方式

ネイルを埋設する方式である。磁性材料を用いるため地磁気利用した他のシステムへの影響を考慮する必要がある。



資料：日本道路公団審議室 SE2000

「自動車運転システムに関する基礎調査」報告書

図5-2-2 誘導ケーブル埋設方式の比較

② 車両単独認識方式

a)画像処理方式

ガードレール認識／車線認識……高速処理技術，混雑交通で限界

b)超音波感知器方式

ガードレール検用……………30～60msec，混雑交通で限界

(2) 道路進行方向

道路進行方向の位置検出は，RACSビーコンの位置検出精度をそのまま適用すれば良いと考えられる。現状の位置検出精度+1mを確保すれば，現実の交通流においても実用可能と思われる。実際は，位置ビーコンの検出位置と車両距離計の検出距離によってリアルタイムの位置検出を行い，ビーコンの検出精度と距離計の検出精度とを重ね合わせて実際の位置検出精度が決定される。

① 道路設備方式

a)位置ビーコン方式

RACS位置ビーコンを用いる方式であり，精度は+1mである。

b)位置決定ループコイル方式

ループコイルを横断方向に埋設する方式である。精度は+0.5mである。

c)ネイル・磁性材料方式

磁性材料埋設する方式である。磁性材料を用いるため地磁気利用した他のシステムへの影響を考慮する必要がある。

(参考) ネイル等磁気材料の舗装への打ち込みに関する影響について
ネイル等磁気材料の舗装への打ち込みによる影響は，気温の変化により舗装面が膨張又は収縮するために発生するネイル等のすれが考えられるが，数ミリ単位の精度を要求しなければ特に問題はない。ただし，舗装面のオーバーホール（5から8年に1回実施）時においては全て，再敷設する必要がある。（路面に直接敷設するケーブル等も同様。）

② 車両単独認識方式

走行距離計方式があるが，タイヤ，ホイールの交換で正しいデータが得られなくなる。

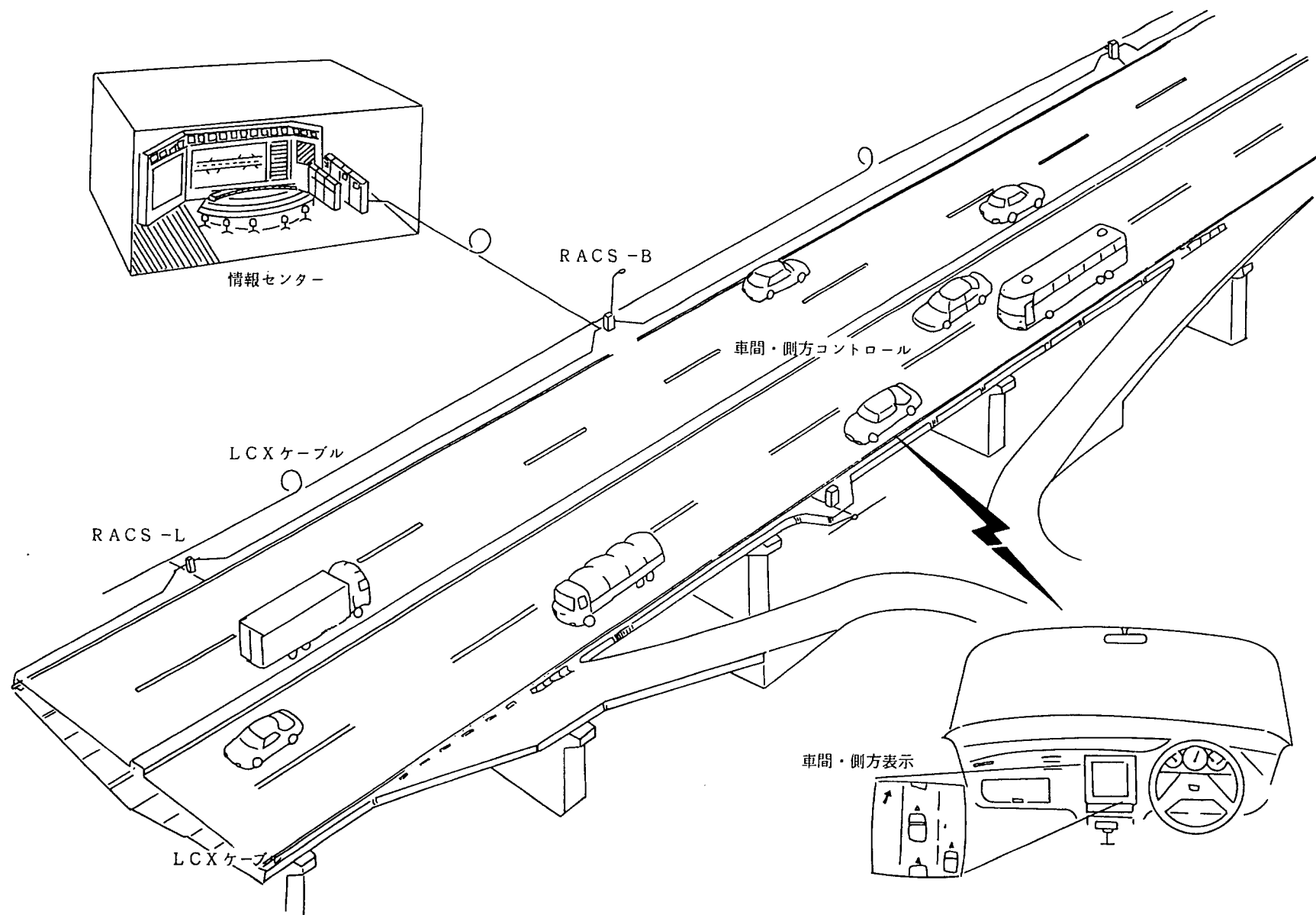


図5-2-3 LCXを用いた路車間の情報通信システムイメージ (RACS-L)

※ビーコンを用いた路車間情報システム (RACS-B) を併用

5. 3 通信システム構築イメージ

1) 関連条件の整理

(1) データ更新時間に関する条件

データ更新時間に関する条件としては、車両側によって決定されるものと通信側によって決定されるものが考えられる。

① 車両側によって決められる条件

- ・自動車運転に必要な制御条件
車両特性，走行速度，道路線形等
- ・上記条件下で安定して走行可能な条件
0.2 S E C，0.4 S E C，0.8 S E C・・・（環境によって異なる）
- ・自動車工学的条件
旋回性能，ブレーキ性能等

② 通信側によって決められる条件

- ・伝送速度
- ・送受信エリア
- ・環境条件下での通信品質
温度，湿度，ノイズ，再送の必要性
- ・エリアの繋ぎ部分での通信の連続性
または通信不連続を前提としたシステム設計

③ 交通工学的条件

- ・車群の形成，安定性
追突防止，車間距離維持・縮小
- ・車群が形成された場合の最も混雑した条件
通信システム側の最繁トラフィック条件

(2) 安全車間距離に関する考え方

通信システムを構築するためには，(1)で整理したとおり，各種の条件を考慮する必要があるが，基礎検討を行うためには特に車間距離の設定が必要となる。

前方車のブレーキランプ視認に t_1 ，ブレーキ操作に t_2 の時間がかかるとすると安全車間距離 L は，

$$L > (t_1 + t_2) \times \text{時速} + \text{制動距離}$$

である。（前方車が即時に停車した場合を想定）

安全車間距離に関する明確な規程は道路構造令では行っていないが、走行中の車両が前方の同一車線上に、障害物が存在する場合に、安全に制動停止するために必要な距離については制動停止視距として以下に示す式において規程されている。よって通信に関するデータを検討するために用いる数値はこれを用いることにする。

$$D = \frac{V}{3.6} t + \frac{V^2}{2 g f (3.6)^2}$$

ここで、D：制動停止距離（m）
V：速度（m/h）
f：摩擦係数
t：反応時間

上式の第1項は空走行距離であり道路構造例では、反応時間×速度で表している。反応時間は1.5秒（判断時間）+1.0秒（反応時間）と規程されている。

従って、前式において $t=2.5$ 秒、 $g=9.8\text{m/s}$ 及び本システムで仮定した条件として速度 140km/h 、摩擦係数 0.28 を代入すると、約 400m となる。なお、摩擦係数については湿潤路面を想定し、 120km/h のデータから推計した。よって、前車との間隔を 400m として設定すれば、自動運転下において前車にトラブルが発生した場合でも安全に停車することが可能である。

しかし、実際には、 400m よりも短い車間距離で走行しており、仮に通信システムを車間距離 400m を前提として構築すると交通容量が大幅に低下することになる。したがって設定する車間距離は交通容量を低下させないため現在の走行における車間距離あるいはそれ以下にする必要がある。

ここでは、車間側方コントロールシステムをモデルとして検討しているため、高速道路における実際の車間距離を参考とすることとする。したがって東名高速道路横浜～御殿場間までの観測値から得られる車間距離が、

100m 程度あることから、通信システムで前提とする車間距離は 100m 以下とする。

2) 情報通信システムの概要

(1) 前提条件

車間側方コントロールシステム，路車間照明システムを想定した情報通信インフラの研究の基礎となる技術を検討する。

① 検討内容

ここではLCXを用いた場合の連続通信システム（RACS-L）を通信インフラストラクチャーとした場合について検討する。なお，情報通信システムの検討は，初期段階から路車間の情報通信システムが必要となる車間側方コントロールシステムをモデルとする。

したがって，高速道路で前後左右を走行する車両との間隔及び路側との側方距離を制御し，ドライバーの判断・操作を補完するシステムを実現するための情報通信システムと車両制御システム相互の技術課題を検討する。

また，検討にあたって以下の点に留意する。

- ・利用目的が高速性を要求することから，一般の通信は含まないものとする。一般の通信については，漏洩同軸ケーブルの広帯域性を活かした多目的利用の断面で考える。
- ・車両運動及び行動意志に関する情報は車々間で情報をやりとりするものであるが，直接車々間通信を行うことは通信制御技術的に課題が多いため，RACS-Lの通信の制御機能を仲介する方式で考える。

② システムの規模

初期段階の検討としては，テストコースでの基礎実験が行える規模で考えることとし，500m～1km程度を1区間ブロックとすて考える。なお，通信システムの検討には各種のパラメータが必要となるが，これについては5：4で検討する実験を介して求めることとする。

車線の数，片側3車線とする。

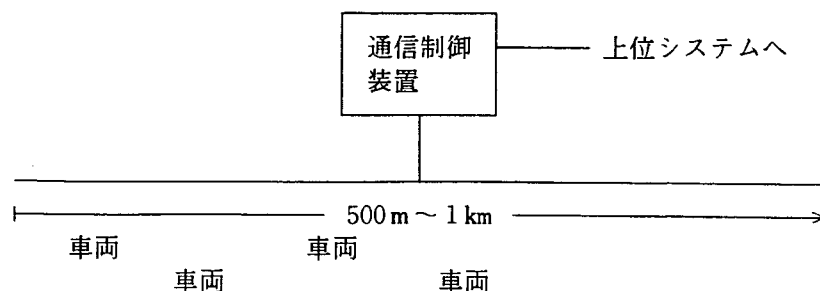


図5-3-1 実験ブロック

③ 情報量と収集伝達方法

a)情報量

仮に車両の走行速度を200km/hとし、各車両のデータ内容を10m毎（0.18秒）に更新するものとし、車間側方コントロールシステムのための情報量を試算すると、車両あたり約250bitの情報量となる。なお、この情報量は、bit単位の積み上げであり、byte構成としての考慮、通信制御用の符号、冗長bit等は考慮されていない。

表 5 - 3 - 1 車間側方コントロールシステムのための情報量予測

分 類	情 報 名	情報量 (bit)	適用ステップ (注2)
法規情報 (注1)	* 進行方向規制 (左・右折禁止等)	1 2	I
	* 制限速度	8	I
	* 走行方法規制 (追越し禁止等)	4	I
道路構造 (注1)	* 車線数	3	I
	* カーブ半径	1 2	I
	* 勾配	8	I
	* バンク角	4	I
路面状況	* 気象情報 (場所)	2 0	I
	* 路面状況 (凍結等)	1 2	I
前方道路状況	* 落下物, 故障車等	2 0	I
車車間情報	* 行動意志	8	V
	* 車両運動	2 4	IV
位置情報	* 車両 I D	6 4	
	* 基準位置信号	3	II
	* 自車社走行距離	1 2	II
	* 自車速度	8	II
	* 他車位置・速度	2 4	
		計 2 4 6 bit	

注1：RACS情報ビーコンで提供可能

注2：適用ステップ

I；インフォメーション・システム

II；アラーム・システム

III；アシスト・システム

IV；パーシャルコントロール・システム

V；オートモナス・システム

b)通信の方式

通信の方式は、複信方式とし、車両からの通知情報は個別通信、道路側からの共通情報、個別車両情報は同報通信の形態とする。

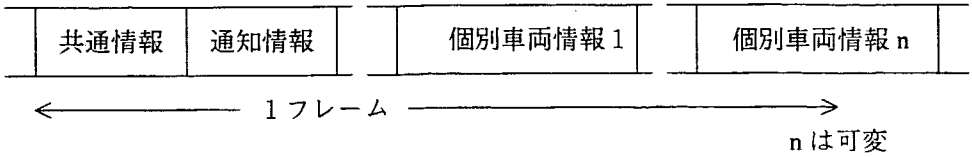


図 5 - 3 - 2 通信フレーム

④ 共用区間の固定情報

道路形状や道路標識情報等の固定情報は、実用化推進中の情報ビーコン（RACS-B）で提供されるものとする。

(2) 課題の抽出

① 車両の位置把握

車両から収集するデータの中で、最も重要なものは、車両位置情報である。RACS-Bによる位置補正と、自律走行センサーの組み合わせで、道路長方向のデータを生成する。ただし、この場合の位置精度が、目的の車間コントロールに使用可能かどうかは、別途検討する必要がある。

なお、走行レーンの情報をどのように把握するかが重要課題となる。

② 区間またがりの処理

LCXによる1ブロックの長さは、道路側の処理遅延や処理能力等で決まるものと思われる。こうしたブロックが連続したシステムを構成した場合、

- ・ブロック間の情報処理の方法
- ・LCX末端での干渉による誤り領域とその対策

等が課題となる。

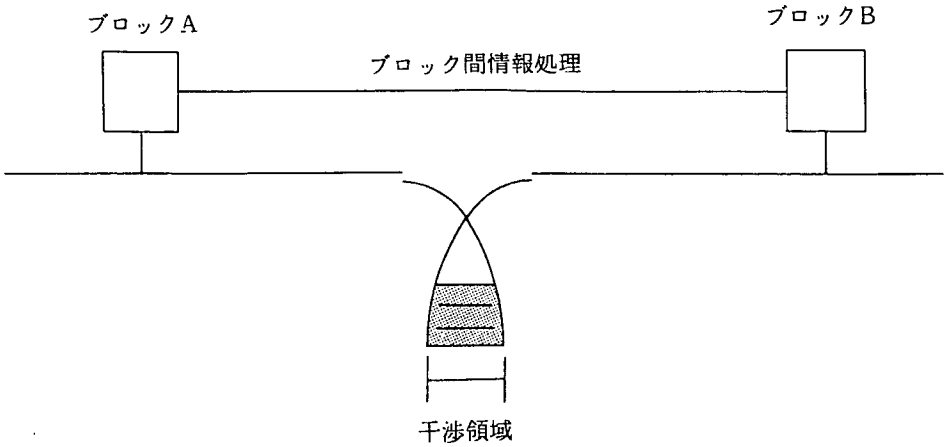


図 5 - 3 - 3 ブロック間の情報処理

③ 通信の信頼度

LCXでつくられた通信領域でデータ伝送した場合の回線信頼度がどうなるかということとシステムに要求されるデータの信頼度はどの程度かを検討し、誤り制御をどのように行うかを決定する必要がある。

④ RACS-Bとの共用，機能分担等

現在開発・実用化を進めているRACS-Bとの関係を整理する必要がある。

⑤ LCX無線伝送技術

LCXシステムの回線設計に必要なパラメータの値を設定する必要がある。

検討項目としては、以下のことがあげられる。

- ・ LCXの特性
- ・ 使用周波数
- ・ LCXの設置位置
- ・ 車両のアンテナの種類と位置等

5. 4 LCX を活用した通信に関する基礎実験

1) 実験目的

次世代道路交通システムの通信媒体として利用が考えられるLCXケーブルは路側通信や列車無線などの通信媒体として利用され十分な実績を持っている。しかしながら、次世代道路交通システムに適用することを考えると、従来の利用周波数より高い準マイクロ波を使用して高速データ伝送を行うことが想定され、基本的な通信特性を検証しておく必要がある。そのため、準マイクロ波帯(1.5GHz 及び2.6GHz)におけるLCXケーブルの各種通信特性を把握するために①電界強度の分布、②誤り率の測定実験を行うものである。

この実験によって得られた結果から車両の制御におけるLCXケーブル利用可能性の検証及びLCXケーブルを用いた場合の、路車間の連続した通信プロトコルの検証等を行う。

なお、伝送速度512kbps及び64kbpsで行うが、その理由は以下に示すとおりである。

(1) 準マイクロ波帯 (1.5GHz及び2.6GHz)の2波を使用する理由

2.6GHz帯については路車間情報システムで実用化されつつあり、同じ周波数帯でのシステム構築は最も合理的であると考えられる。しかしながら、現状のLCXケーブル製作技術では2.6GHz帯における伝送損失は12dB/100mになり道路沿いのシステムを想定した場合、中間の中継増幅器を多数必要とする。一方、1.5GHz帯における伝送損失は5.5dB/100mであり2.6GHz帯に比較して半分以下の伝送損失ですむことから中継増幅器は半分以下になり、より経済的なシステムを実現できると期待される。このため、本実験においては、2.6GHzを第一の周波数として低い周波数の比較検討用に1.5GHzについても実験を行い伝送特性の把握を行う必要がある。

(2) 伝送速度512kbps及び64kbpsを使用する理由

64kbpsの伝送速度については間欠極小ゾーン通信方式の路車間情報システムですでに実用化されつつある。一方次世代道路交通システムにおける車間側方コントロールシステムでは路車間に常時通信を確保する必要があり、多数の車両が道路側と同時に通信するためには高速で通信を行わなければならない。将来高度な通信機能を展開するためには64kbpsにとどまらず、更に高度な伝送速度での実験を行い、その利用可能性を評価する必要がある。

2) 実験装置

(1) 概要

本実験研究で用いる装置は、送信側測定機器及びLCXケーブルによって構築される。送信側測定機器の主要構成機器は、PNパターン発生機、モデム(変調器)、可変アッテネーター、送信変換部、電力増幅部等である。また、受信側測定器の主要構成機器は、受信変換部、電界強度測定器、モデム(変調器)、誤り率測定器等である。各機器の主要諸元は以下に示すとおりである。なお、送信側測定機器の構成を図5-4-1に、受信側測定機器の構成を図5-4-2に示す。

(2) 実験装置諸元

① 送信側測定器

i) 送信部

送信周波数：1.5GHz帯の一波及び2.6GHz帯の一波

送信出力：1W

電波形式：G1D

変調方式：GMSK 64kbps

 : GMSK 512kbps

ii) 空中線部

形 式：LCXケーブル

結合損失：70dB(1.5GHz帯)

 : 60dB(2.6GHz帯)

伝送損失：55dB/km(1.5GHz帯)

 : 120dB/km(2.6GHz帯)

地上高：0m～7m(0m, 1.5m, 5mを標準値とする。)

長 さ：200m

② 受信側測定機器

i) 受信部

受信周波数：1.5GHz帯の一波及び2.6GHz帯の一波

中間周波数：90MHz

検波方式：周波数検波2値検知方式

ii) 空中線部

方 式：2モノポール他，数種類

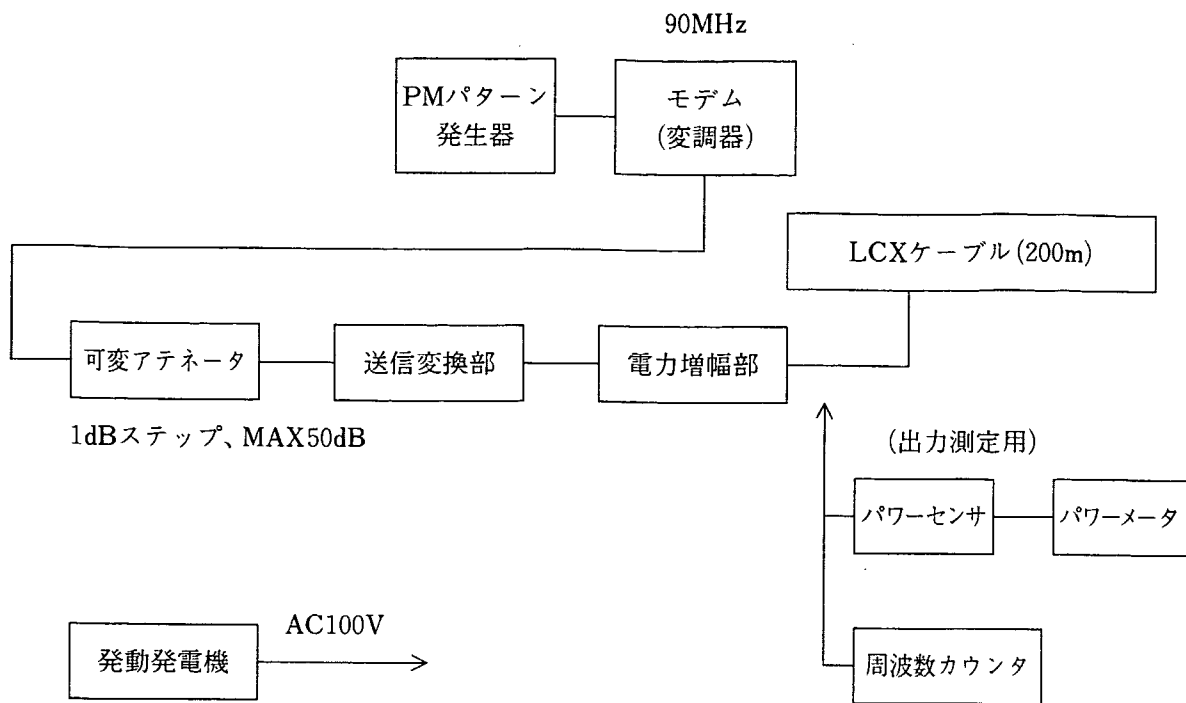


図 5 - 4 - 1 送信側測定系統図

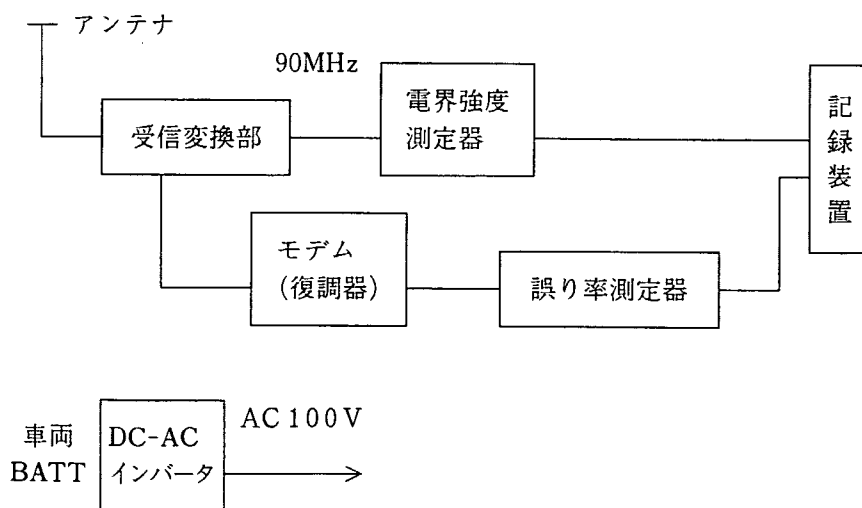


図 5 - 4 - 2 受信側測定系統図

3) 実験内容

(1) 概要

実験は図5-4-3に示す土木研究所内試験走路の直線部分（コンクリート部及びアスファルト部それぞれ約2km）で実施した。実施した内容は、①電界強度分布、②Bit誤り率の測定の2種類について行った。LCXケーブルの設置高さについては、実際の道路上又は、その付属施設に設置することを考慮し0～7mの範囲で任意に設置するが、標準値としては、①道路上に直接設置した場合の地上高0m（ケース1）、②ガードレール等の安全施設に添架して設置した場合の地上高約1.5m（ケース2）、③遮音壁の上部に設置した場合の地上高約5m（ケース3）の3種を用いた。なお、ケーブルの架設は図5-4-4に示す方法で行った。また、測定は車両に測定機器を搭載し走行しながら行った。表5-4-1に実験の項目一覧を示す。

表 5 - 4 - 1 実験項目一覧

周波数	1.5GHz帯, 2.6GHz帯
車速	0～150km/hの範囲で任意に設定
高さ	0～7mの範囲で任意に設定 (0m, 1.5m, 5mを標準値とする。)
測定位置	1～3車線
測定項目	受信電力レベル, ビット誤り率

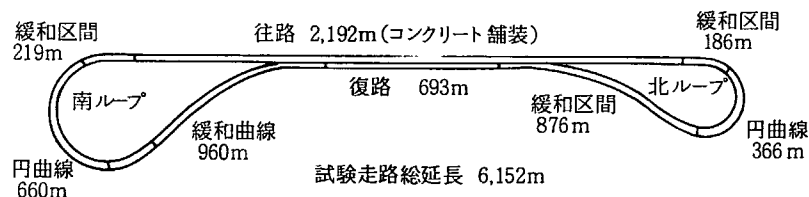


図 5 - 4 - 3 実験場所

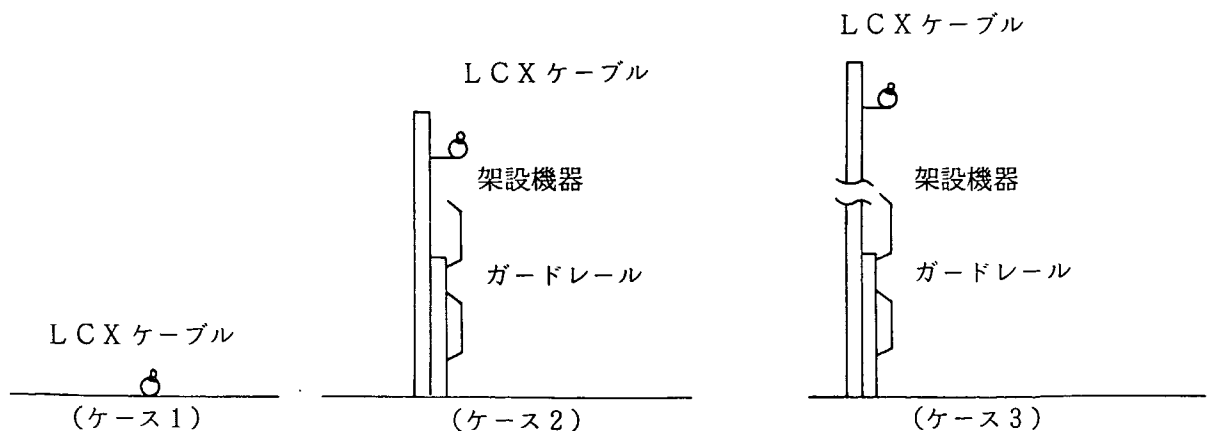


図 5 - 4 - 4 ケーブルの架設方法

(2) 実験項目

① 電界強度分布実験 1 (図5-4-5参照)

試験走路縦断方向200mに、LCXケーブルを設置し、送信装置をケーブル端に設置し電界を発生させ、道路縦断方向における車線ごと(1～3車線)及び高さ毎の電界強度分布を車両内に搭載した電界強度測定器を用いて測定する。周波数は1.5GHz及び2.6GHzの2種類とする。車速は0～150km/hまでとする。なお、図5-4-5は全て標準値で示した。また、受信装置を搭載する車両の種類としては乗用車、ラゴン車、バス、トラックの4車種を用いるものとする。

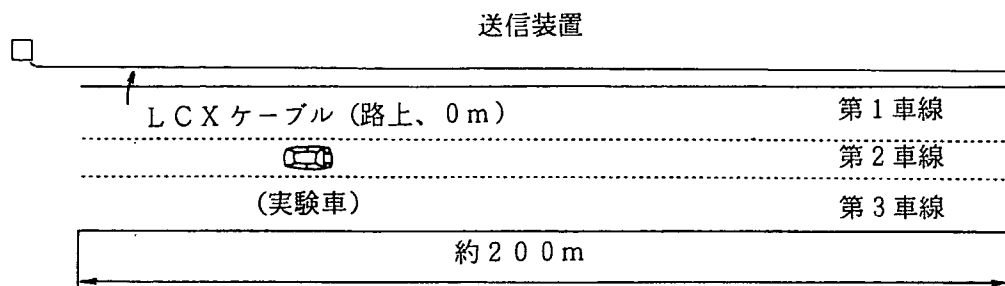


図5-4-5 電界強度分布実験(端部給電)

② Bit誤り率の測定 1

①の電界強度測定実験と同じ構成で、定型パターンデータを送信して、Bit誤り率を測定した。さらに送信出力を可変アッテネータで低下させBit誤り率の変化特性を把握した。なお、測定は車線ごと(1～3車線)に行った。

③ 電界強度分布実験 2 (図5-4-6参照)

試験走路縦断方向200mに、LCXケーブルを設置し、送信装置をケーブル中央に設置し電界を発生させ、道路縦断方向における車線ごと(1～3車線)及び高さ毎の電界強度分布を車両内に搭載した電界強度測定器を用いて測定した。周波数は1.5GHz及び2.6GHzの2種類とした。また、車速は0～150km/h程度までとした。なお、図5-4-6は全て標準値で示した。

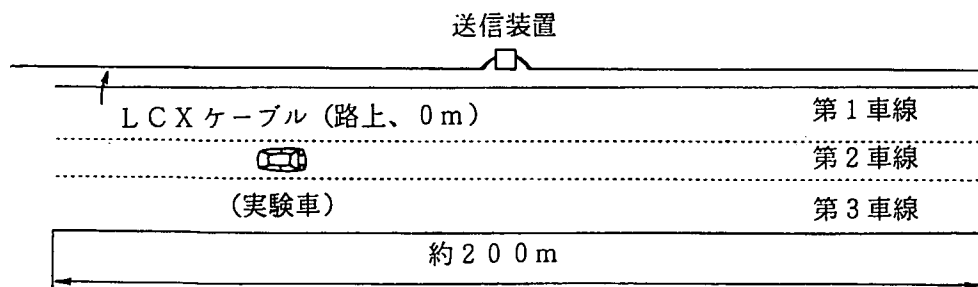


図5-4-6 電電界強度分布実験(中央部給電)

④ Bitの誤り率の測定 2

①の電界強度測定実験と同じ構成で、定型パターンデータを送信して、Bit誤り率を測定した。さらに送信出力を可変アッテネータで低下させBit誤り率の変化特性を把握した。なお、測定は車線ごと(1～3車線)に行った。

⑤ その他

[受信空中線の選択及び車両障害の影響]

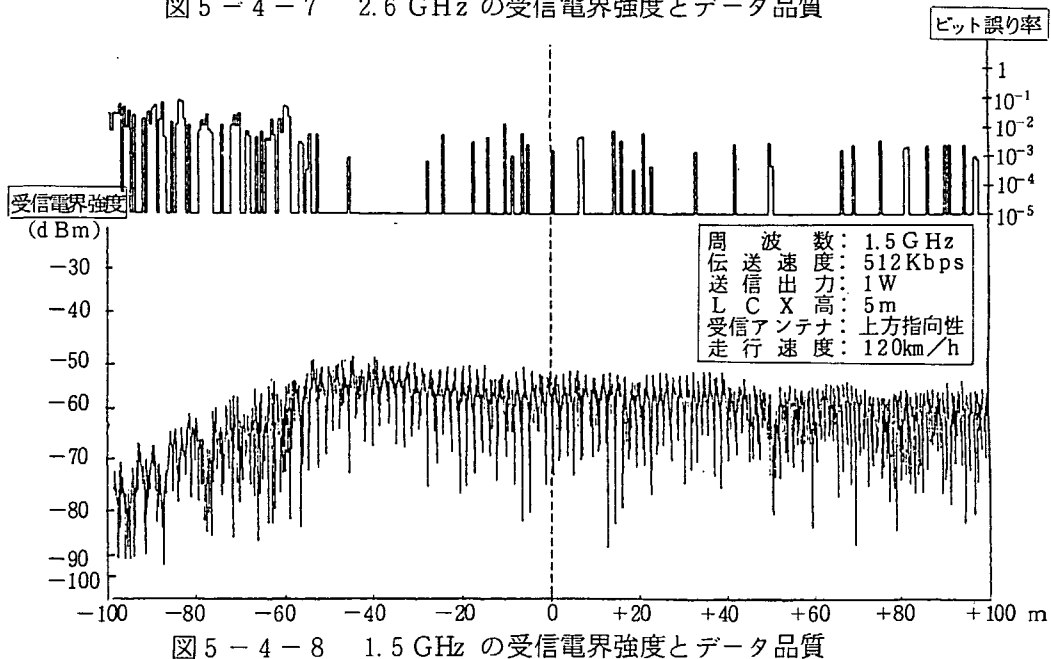
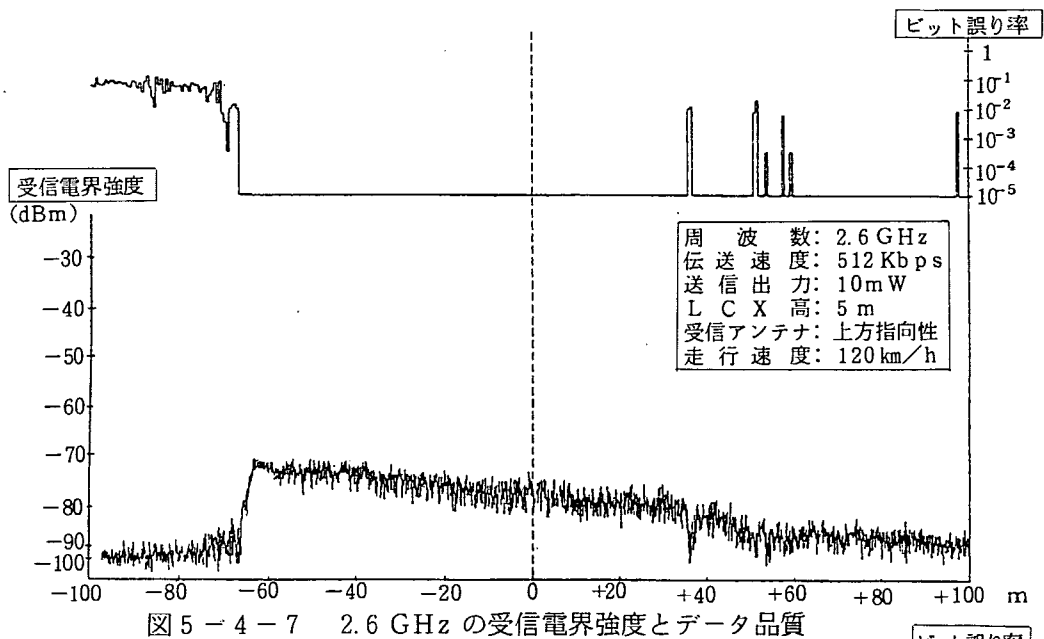
路側に設置されたLCXケーブル方向に対し利得をもつアンテナを選択する必要がある、上方指向性アンテナ（車両の屋根に設置）と車体側面指向性アンテナ（車両側面に設置）の2種類を用いて実験を行った。また、追加実験として併走車等の車両障害が発生した場合を想定し、試験走路内に大型バスを停止させ、アンテナ設置位置を変化させた場合の電界強度分布、Bit誤り率の測定も同様に行った。

4) 実験結果

(1) 基本実験結果

① 周波数による比較

図5-4-7に出力0.1Wにおける2.6GHzケーブルの受信電界分布とビット誤り率を、図5-4-8に出力1Wにおける1.5GHzケーブルの受信電界とビット誤り率を示す。これに見られるように2.6GHzケーブルの方が出力が小さいにも関わらず、受信電界強度分布の変動幅が少ない、低レベルまで受信誤りが発生しないとの傾向を示しており、今回の実験では全般的に伝送特性がすぐれていた。一方、1.5GHzケーブルの場合は受信電界強度の変動が大きく、ビット誤りも随所に発生している。ただし、これが周波数に起因するものか、ケーブル構造によるものかは今後の詳細解析結果をまって再度報告することにした。よって、以下の実験結果に間する考察は2.6GHzケーブルに絞って行うこととする。なお、比較検討を行うデータはLCXから最も遠い第3車線のデータを用いた。



② LCXの設置高と車両アンテナの関係による比較

LCXの設置高は各種の車載アンテナを使用し比較を行った。比較を行ったアンテナは上方指向性アンテナ（車両の屋根に設置）と車両側面指向性アンテナ（車体側面に設置）の2種類とした。まず、上方指向性アンテナではLCXケーブルの設置高さが高いほど、受信電界強度が大きくなる傾向にあることがつかめた。また、ケーブルの設置高さ0 mでは車両の屋根が遮蔽板として働き、受信電界強度の大きな低下が見られた（図5-4-9）。一方、車体側面に指向性を持ったアンテナではLCX設置高さ0 mの場合の受信特性が改善された（図5-4-10）。この結果から、システムの構築においては、LCXと車両側のアンテナの見通しが確保可能のように双方の設計を行うことが重要になることがわかった。

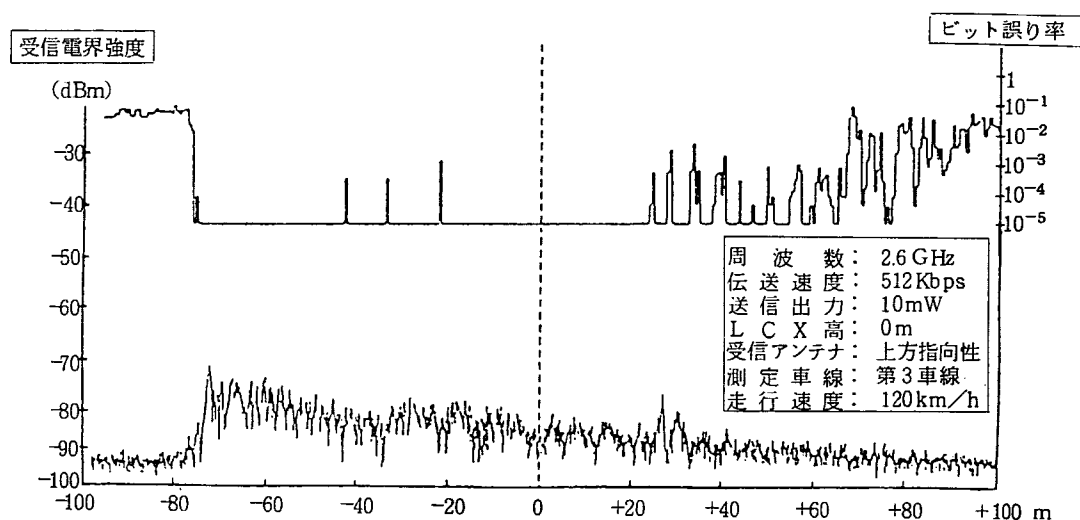


図5-4-9 ケーブル設置高さ0 mの受信電界強度（上方指向アンテナ）

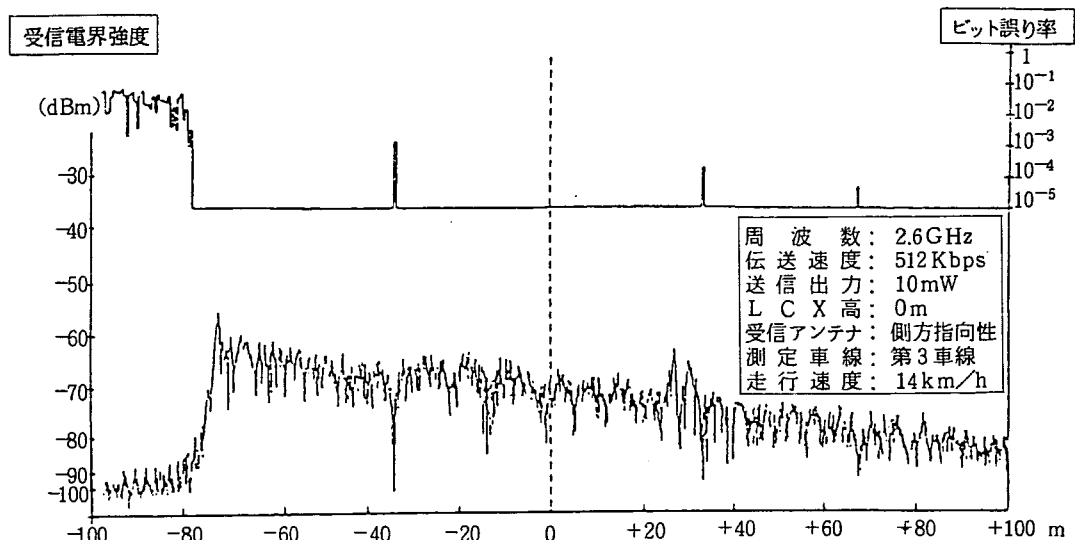


図 5 - 4 - 10 ケーブルの設置高さ 0 m の受信電界強度 (側方指向アンテナ)

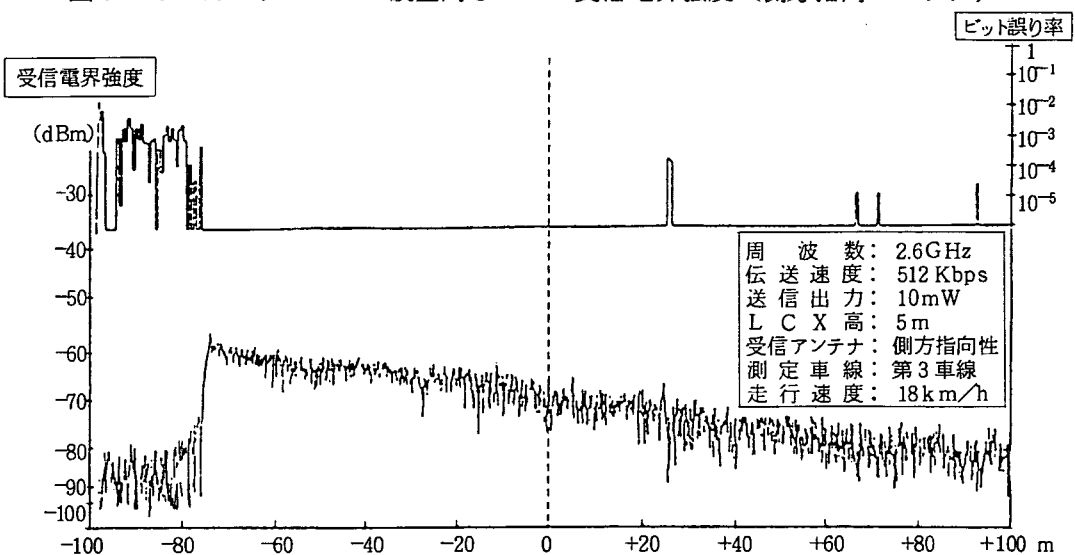


図 5 - 4 - 11 ケーブルの設置高さ 5 m の受信電界強度 (側方指向アンテナ)

③ 受信アンテナによる変化

受信アンテナは前述の通り、車体天井に設置した上方指向性アンテナと車体側面に設置した側方指向性アンテナを用いたが上方指向性アンテナの場合は 0 m における電界が悪い。また、側面に設置した指向性アンテナは 0 m の電界もさほど低下しておらず、実用面では側面の空中線がすぐれていると考えられる。

④ 速度による変化

今回の実験においては、徐行 (10km/h 以下) ~ 120km/h 程度まで速度を変化させ走行したが、受信電界、データ誤り率とも特に大きな差は見られなかった。図 5-4-12 に徐行時のデータを示す。なお、120km/h 走行時のデータは図 5-4-7 を参照されたい。

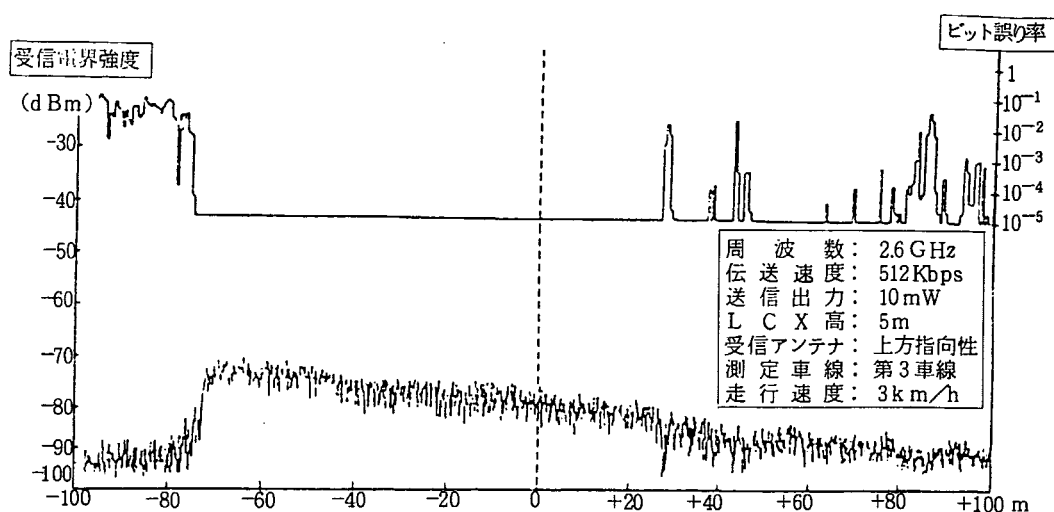


図 5 - 4 - 12 徐行時の受信電界

⑤ L C X の伝送損失

ケーブルの伝送品質は L C X の敷設状況とほとんど関係なく一定であった。1.5 G H z にて 3.8 ~ 4.1 d B / 100 m (規格 5.5 d B / 100 m) , 2.6 G H z にて 10.4 ~ 11.4 d B / 100 m (規格 12 d B / 100 m) であった。

⑥ 必要な送信出力

今回の実験では送信出力を最大 1 W とし、0.1 W , 0.01 W まで低下させて実験を行った。その結果、2.6 G H z においては計算値の予想よりも伝送品質がよく、512 kbps で 0.01 W 程度でシステムが構築できる可能性がある。また、1.5 G H z においても L C X ケーブルの輻射特性を改善できれば同等の送信電力でシステムを構築できる可能性がある。

送信出力を 0.01 W とした場合、L C X ケーブルの伝送品質を補償するために 2.6 G H z においては約 100 m 毎、1.5 G H z においては約 200 m 毎の中継増幅がそれぞれ必要となり経済的とは言い難い。このため、現実的には送信出力を 1 W 程度とし、中継区間を延長することが現実的であろう。この場合の中継区間は 2.6 G H z にて 300 m , 1.5 G H z にて 約 600 m となる。

(2) 障害車両存在時の受信電界強度

前節では、最も基本的な条件下での受信電界強度分布について測定した結果を示したが、本節では、障害車両存在時の受信電界強度分布について測定した結果を示す。測定は、図 5-4-13 に示するうに 1 ボックスカー及び大型バスを第 1 車線に停車させ、そのわきの第 2 車線を走行した場合の受信電界強度、Bit 誤り率を測定した。実験結果を以下に示す。なお、測定条件を表 5-4-2 に示す。

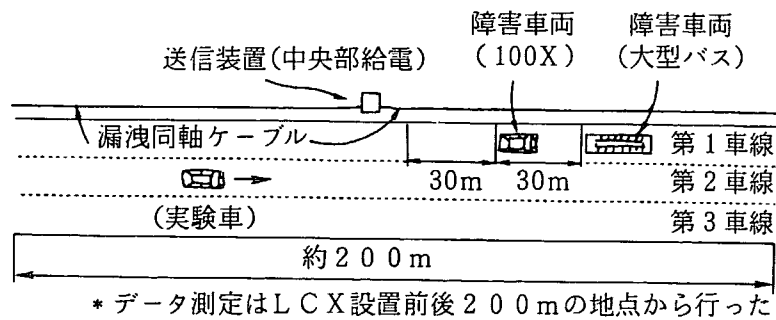


図5-4-13 遮蔽物存在時の受信電界強度

表5-4-2 追加実験測定条件

LCX条件	給電点：中央給電 敷設高：5.1，5.0m
周波数	2.6GHz
伝送速度	64Kbps
送信レベル	1.0W
測定条件	乗用車
走行条件	車速：40km/h
	走行車線：1. 2. 3
受信アンテナ位置	ルーフ，センターピラー バンパ，リアトレイ
遮蔽物	配置位置：給電点より30m地点（ワンボックス） 給電点より60m地点（大型バス） 配置車線：1. 2

① 遮蔽物の影響について

LCXとアンテナ間が見通し関係でなくなると、受信電界強度が大きく劣化する。ただし、劣化の状況はゆるやかであった。これは、電波の反射やまわり込みに起因すると考えられる。また、劣化量はLCX高さ及びアンテナ高さの組合わせによらず同様な傾向にあった。また、遮蔽物が高いほど、劣化量は大きい傾向にあった。データ例を図5-4-14に示す。

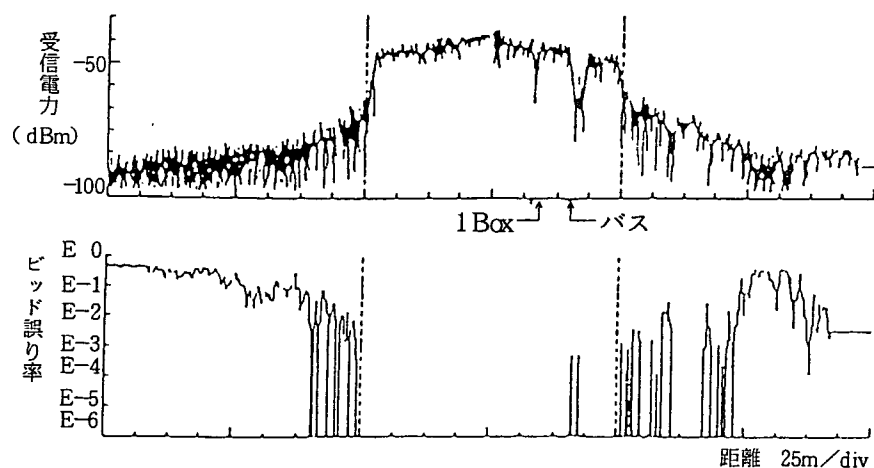


図5-4-14 遮蔽物存在時の受信電界強度

② 車両アンテナ設置位置の影響について

側方指向性設置アンテナ（ルーフ，センターピラー，バンパ）に比較して上方指向性アンテナ（リアトレイ）では受信電界強度が低い。側方指向性アンテナでは大きな差がみられなかった。

(3) 実験結果のまとめ

今回の通信機能検証実験において、以動に示すことが検証された。

- ① LCXを通信媒体とし、準マイクロ波を利用した通信は受信電界の変動幅が少ない、低レベルまで受信誤りが発生しないなどのすぐれた伝送特性を有している。
- ② 空中線の架設位置はほとんど通信品質に影響しない。ただし、車両アンテナと空中線間の見通しが確保できないと通信品質は低下する。
- ③ 速度による通信品質の変化は受信電界，データ誤り率とも特に大きな差は見られない。低速域から高速域まで安定している。
- ④ LCXの伝送損失は敷設状況とはほとんど関係なく一定である。
- ⑤ 送信出力は1 W程度でシステム構築の可能性がある。

第6章 今後の検討課題

第 6 章 今後の検討課題

本報告は次世代道路交通システムについて平成元年度から平成 4 年度までの研究成果を取りまとめたものである。現在までの研究において周辺移動体認知システムのガイドライトシステムの初期のシステムについては基本的な機能，効果の検証を終了し，実際の現場に試験設置する段階に達した。また，車間側方コントロールシステムについては構築すべきシステムイメージの作成が完了し，システムの具体的な機能，機器構成の検討を開始する段階に達した。また，基幹技術である LCX ケーブルについては基本的な通信特性の把握が行え，路車間の連続通信媒体としての利用の有効性が検証できた。

今後は、各システムについて以下に示す方向で具体的な検討を進めていくことにしたい。最後に、本システムの検討にあたっては次世代道路交通システム技術部会長である東京都立大学の片倉教授，車間側方コントロールシステムワーキング主査である慶応義塾大学の川島教授，ガイドライトシステムワーキング主査である日本道路公団施設部，長滝調査役（前任，吉野調査役）及び多数の民間のメーカーの方々にお世話になった。これらの方々に深く感謝するとともに今後のより一層のご協力をお願いするものである。

(1) ガイドライトシステムの実用化に向けた検討

- ・対向車警戒・直路緑形表示システム、交差点道路警戒システムについては、平成4年度より実施している効果検証実験の結果を受けて、センサ、発光方法、機器の設置条件等について、実用化に向けたガイドラインを作成する必要がある。
- ・交差点部、合流部ガイドライトシステム、霧中ガイドライトシステムについては、機能の整理、機器構成の検討を進め、実用化に向けたガイドライン作成につなげていく必要がある。
- ・実用化に向けて社会的有効性（安全性の向上）、認知性の検討を進めていく必要がある。
- ・ガイドライトシステムは実道路への適用が近いと考えられるため、システム機能を十分に発揮できる導入場所の具体的な検討が必要である。

(2) 車間側方コントロールシステムの検討

- ・車間側方コントロールシステムで当面の検討対象としている、前方道路危険警告機能・非常時通報機能、周辺車両位置表示・警告機能、追突防止機能について、技術的可能性を検証するための実験を行う必要がある。そのために、実験項目の検討、実験システムの設計・構築を進めていく必要がある。
- ・車間側方コントロールシステムの検討にあたっては、現在、表示・警告機能、簡単な制御機能のレベルを対象としているが、システムの発展型として、本格的な制御レベルまで設定しており、今後はさらに高度なシステム機能の検討につなげていく必要がある。
- ・システムイメージの具体化にともなって、システム導入シナリオ、社会的有効性（安全性、輸送効率の向上）の検討を進めていく必要がある。

(3) L C X通信の検討

- ・実験を通じて、L C Xの利用が有効であることが基本的に確かめられたが、高度な路車間通信へのL C Xの適用可能性の検討をさらに進めていく必要がある。
- ・車間側方コントロールシステムへのL C X通信の適用に向けて、通信プロトコルの検討等を行い、車間側方コントロールシステムの実験システムの構築を支援していく必要がある。

(4) その他のシステム検討

- ・現在、具体的な検討を進めているシステムの他に、今後の道路交通が必要とする次世代指向の道路交通システム素案の検討を進めていく必要がある。

参 考 資 料

1. 中長期に渡る次世代道路交通システム研究体制
2. 各機関における類似システムの検討状況

1. 中長期に渡る次世代道路交通システム研究体制

本システムの開発においては電気、電子、自動車等の多岐に渡る技術開発が必要になる。そのため、次世代道路交通システム技術部会を（財）道路新産業開発機構に構築し民間メーカー協力のもと研究を実施している。

次世代道路交通システム技術部会は開発を行う各種システムの技術的な側面に関する検討を行う部会である。部会長は東京都立大学土木工学片倉教授である。なお、具体的な検討を行う場として車間側方コントロールシステムワーキング（主査：慶応義塾大学管理工学科，川島教授），LCX通信機能検証ワーキング（主査：建設省土木研究所，中村道路研究室長）、ガイドライトシステムワーキング（主査：日本道路公団企画部施設科、長滝調査役）を設置している。

表－参 1 次世代道路交通システム技術部会、各ワーキングへの参加状況

メーカー名	技 術 部 会	車間側方コントロール WG	L C X WG	ガイドライト WG
岩 崎 電 気	○			○
沖 電 気 工 業	○	○	◎	○
オ ム ロ ン	○	○	○	○
住 友 電 気 工 業	○	○	○	
星 和 電 機	○			○
トヨタ自動車	○	◎	○	
東 芝	○	○		
日 産 自 動 車	○	○		◎
日 本 電 気	○		○	
日 本 電 装	○	○	○	
日 本 無 線	○	○	○	○
日 立 製 作 所	○	○	○	
日 立 電 線	○		○	
藤 倉 電 線	○		○	
富 士 通	○	○	○	
古河電気工業	○	○	○	
本田技術研究所	○	○		○
松下通信工業	○	○		
マ ッ ダ	○	○		
三 菱 電 機	○	○	○	○
矢 崎 総 業	○			

注）◎は副主査

1. 次世代道路交通システム研究会運営要領

1. 目 的

本研究会は、21世紀に向けて今後予想される社会的経済的諸条件の変化に伴う道路建設運用上の諸課題に対処し、次世代の道路にふさわしい自動運転道路を含む新しい機能を持った道路交通システムの可能性を検討し、必要性、実用性の高いシステムから順次、関係機関と共同して開発を進めることを、意図するものである。

2. 事 業

次世代道路交通システムの開発に係わる調査研究、および研究に伴う必要な諸実験を実施する。

3. 研究体制

次世代道路交通システム研究会の中に、部会を設置し次世代道路交通システムについての技術的、社会的有用性について検討を行うとともに、フィールド実験等具体的な検討が必要になった段階で部会で審議した上で、建設省土木研究所等との共同研究体制をとるものとする。

4. 研究会会員

本研究会は、学識経験者、道路管理者および本会の趣旨に賛同する法人、事業所、団体をもって構成される。

なお、本会事業を実施しようとして入会する法人、事業所、団体は、（財）道路新産業開発機構の賛助会員とし、また、部会において別に定める実験等の実施に伴う経費負担をしなければならない。

5. 研究会の構成

本研究会は、以下の組織より構成される。

〔委員会〕 次世代道路交通システム研究会の検討内容、方法および成果について、幅広い見地より提言を行う。

〔部 会〕 研究に対し技術的な検討・提言を行う技術部会および社会的有用性に対する検討・提言を行う運用部会（仮称）を設置することとする。また、具体的な検討を行うWGを設置することができる。

なお、運用部会（仮称）については、当面設置せずその機能を幹事会に委ねることとし、幹事会はその機能遂行上必要な学識経験者を招集する。

また、部会は部会の事業計画、収支予算、事業報告、収支決算について審議を行う。

〔W G〕 部会の下で各テーマについて具体的な検討を行う。

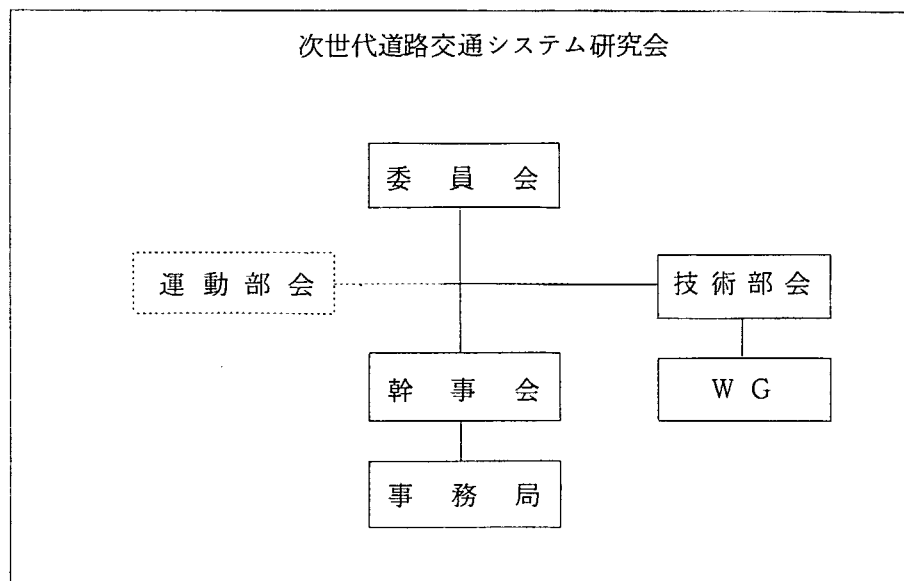
〔幹事会〕 以下の事項について検討する。

① 研究会の運営に関すること

- ② 委員会に付議すべき事項
- ③ 委員会の提言された事項の執行に関する事項
- ④ 新しいシステム素案の提案
- ⑤ 発展シナリオの検討
- ⑥ 検討対象システムの抽出
- ⑦ その他委員会、技術部会の運営において必要事項

〔事務局〕 （財）道路新産業開発機構内に設置する。

次世代道路交通システム研究会組織図



本検討の目標時点は21世紀に向けて概ね10年後とする。

2. 各機関における類似システムの検討状況

	VICS (Vehicle Information Communication System)	ARTS (Advanced Road Transportation Systems)	ASV (Advanced Safety Vehicle)	SSVS (Supr Smart Vehicle System)	IVHS (Intelligent Vehicle/Highway Systems)	DRIVE (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe)	PROMETHEUS (Program for European Traffic Highest Efficiency and Unprecedented Safety)
開発目標	・安全性の向上 ・円滑性の向上	・安全性の向上 ・輸送効率の向上	・安全性の向上 ・通常走行時の予防安全 ・事故回避対策 ・衝突時の被害軽減 ・衝突後の災害拡大防止	・安全性の向上 ・円滑性の向上 ・快適性の向上	・輸送効率の向上 (渋滞の低減とモビリティの向上) ・予防安全性の向上 ・環境保全(省エネルギー、大気浄 化等)	・安全性の向上 ・輸送効率の向上 ・環境への影響軽減	・安全性の向上 ・経済性の向上(燃費向上) ・輸送効率の向上 ・利便性の向上(ドライバーの負 担軽減) ・環境への配慮
目標達成の考え方 (システム上における インフラと車両の役 割)	・電波を利用してインフラか ら車両に情報を提供する	・インフラと車両が相互に分担 してシステムを構成 ・路一車間通信、車一車一車 間通信が主体	・自動車機能高度化からアプ ローチ	・インフラと車両の相互分担を想 定しているが、車両制御では 車間通信を主体としている。	・自動車とインフラの双方をイン テリジェント化 ・道路容量の増強及び公共交通機 関との効率的・機能的連携	・インフラの充実からアプローチ	・自動車機能高度化からアプロー チ
実用化目標時期	1990年代中頃	90年代後半及び21世紀初頭 但し、当面の検討目標として 10年後程度を設定	21世紀初頭	20～30年後に出現すべきシステム 像を検討 10年程度に区切り、近未来に実現 可能なシステムも検討	2020年 (当面2010年に向けた開発計画を 設定)	1991年(研究期間) (現在DRIVE IIが進行中)	1994年(研究期間)
推進主体	道路交通情報通信システム推 進協議会	建設省 [関連機関] 建設省土木研究所 (財)道路新産業開発機構	運輸省	通産省 [関連機関] (財)自動車走行電子技術協会	IVHS AMERICA (Intelligent Vehicle Highway Society of America)	EC委員会	カーメーカー(ベンツ主導、ルノ ー積極的支援)
主 な 研 究 テ マ	交通管理 ・経路誘導 ・信号制御	_____	_____	_____	・高度交通管理システム(ATMS)	・交通制御のための戦略	_____
	情報提供 ・危険警告 ・ナビゲーション ・交通状況 ・道路状況	・ビーコンによる道路交通情 報提供 ・FM多重放送による道路交 通情報提供 ・テレターミナルによる道路 交通情報提供	・視線誘導システム ・道路構造情報提供システム ・路面状況検知システム	・夜間の障害物等検知技術 ・警報灯火自動点灯システム ・渋滞・事故情報、路面状況 等関連ナビゲーションシステム ・後側方警報システム ・車線逸脱時警報システム ・事故自動通報システム	・高知能交差点システム ・知的状況認識システム	・高度旅行者情報システム(ATIS)	・経路案内システム
	車両制御 ・危険警告 ・運転補助 ・自動運転	_____	・車間・側方コントロールシステム ・自動運転システム(SE 2000)	・車間距離警報システム ・最適車間距離維持自動運転 技術 ・事故回避自動運転システム ・コーナー進入減速システム ・交差点自動停止システム	・協調走行システム ・積極的運転支援システム ・高知能交差点システム	・自動車両コントロールシステム(AVCS)	・運転支援システム
	道路管理車両・ 事業用車両の 運行支援	_____	・ロジスティックシステム ・新物流システム ・AVM・AVIシステム	_____	・イオリジェンド物流情報システム	・商用車運用システム(CVO)	_____
	公共交通の高度 化	_____	・ガイドウェーブシステム	_____	_____	・高度公共交通システム(APTS)	_____
	インフラの高度 化	_____	・ガイドライトシステム ・路車間照明システム ・気象影響除去システム	_____	_____	_____	_____
	要素技術の開 発	・システムネットワーク ・車載機・表示方法 ・データベース	・LCX通信 ・マンマシンインターフェイス	_____	・車々間通信	・システムアーキテクチャー ・セーフティ/ヒューマンファクタ ・標準化、プロトコル	・伝送技術 ・センサ、レーダシステム ・通信プロトコル、RTI サブシステム 間のインターフェースの標準化
その他	_____	・自動料金徴収システム ・環境改善システム	・歩行者被害軽減システム	・超小型車システム	・便益/コスト ・法体制	・道路管理者、カーメーカー、ユ ーザー等のニーズ役割分担の解 析 ・交通事故データ解析	・車々間通信 ・路車間通信 ・人工知能技術 ・カスタムハードウェア ・通信方式の標準化

→ ARTS には、道路新技術会議(建設省)、SE 2000(日本道路公団)で検討中のシステムを含んでいる。