

土木研究所資料

車種分類車両感知器の開発
検討報告書

昭和56年5月

建設省土木研究所
道路部道路研究室

まえがき

道路交通情報の提供をはじめ、道路の計画、交通安全、道路の維持・修繕および、環境保全に関する基礎資料を得るために、昭和34年以来交通量常時観測が実施されている。また、最近では3年ごとに全国道路交通情勢調査において一般交通量調査およびOD調査が実施されている。

一般交通量調査は、建設省各地方建設局、各公団、都道府県ならびに指定市において全国一斉に実施されるが、時間帯別、車種別交通量の観測は人手によるため多くの経費を要しているのが実状である。一方、交通量常時観測ではトラフィックカウンターを用いることにより年間を通じて全国各地における時間交通量の連続的な記録が可能となったが、車種別交通量を得るための四季観測およびデータの補正は人手観測に頼らざるを得ないといった問題をかかえている。

本報告書は、このような背景から、簡単で経済性に優れた車種別交通量観測手法の開発を目的として、既存の車両感知素子を利用した車種分類方式とその判別精度を検討するとともに、車種分類車両感知器による車種分類に関し、交通工学、交通環境等の各部門からみた車種分類のあり方ならびに車両感知器の性能からみた車種分類の可能性を検討したものである。

また、試作器による判別機能実験を行い、実用の可能性を検討したので、それらの調査結果と関連資料等について報告するものである。

昭和56年5月

土木研究所道路部道路研究室

(担当者) 室 長 藤 田 大 二

主任研究員 木 下 瑞 夫*

浦 野 隆*

門 脇 孝 男

(* 現在新交通研究室)

目 次

ま え が き

1. 車種分類の前提条件	1
1-1. 車種分類の基準	1
1-2. 分類方式と基本原理	3
1-2-1. 分類方式	3
1-2-2. 基本原理	3
2. 車種判別値決定のための分析	8
2-1. 分析に用いた資料	8
2-2. 分析手法	8
2-2-1. 誤差分布の設定	8
2-2-2. 最適判別値の算出方法	9
2-3. 最適判別値の決定	12
2-3-1. 資料の整理	12
2-3-2. 車種区分の検討	13
2-4. 車種分類フロー	19
3. 判別機能実験	21
3-1. 試作器の概要	21
3-2. 実験の方法	21
3-3. 実験結果	25
3-4. 考 察	34
3-4-1. 車高測定精度	34
3-4-2. 車長測定精度	37
3-4-3. 床面高さ測定精度	38
3-4-4. 車種分類精度	39
4. ま と め	40
あ と が き	41
参 考 資 料	42
付) 車種分類車両感知器の仕様等	43

1. 車種分類の前提条件

車種分類車両感知器を検討するに際しての前提条件は次のとおりである。

- (1) 実用化されている車両感知素子を使用する。
- (2) 多車線道路も含め一般の道路を走行している 2 輪車等を対象とする。
- (3) 端末装置は屋外に設置され無人で運用されるものとする。

1-1 車種分類の基準

車種を分類する方法には、主に法規による分類と調査要領による分類とがある。前者は、道路運送車両法、道路交通法に基づく分類であり、また後者は法規による分類を基準とし、かつ全国道路交通情勢調査、交通量常時観測調査、交通騒音調査、大気汚染調査および交通振動調査に適合した分類を行ったものである。

表 1-1 に自動車登録番号と法規および調査要領による車種分類の対応関係を示す。

なお、有料道路の料金体系による分類（昭和48年4月現在）は次のようになっている。

○ 首都高速道路公団および阪神高速道路公団の場合

- (1) 普通車 (a) 普通乗用車 (b) 小型バス（定員 29 人以下） (c) 普通トラック
(d) 小型トラック (e) 自動二輪車（125 cc 以下を除く）
(f) 軽自動車 (g) 小型特殊自動車
- (2) 大型車 (a) 大型バス（定員 30 人以上または総重量 8 トン以上）
(b) 大型トラック（積載量 5 トン以上または総重量 8 トン以上）
(c) 大型特殊自動車

○ 日本道路公団（但し、高速道路のみ）の場合

- (1) 普通車 (a) 軽自動車 (b) 小型特殊自動車 (c) 小型自動車
(d) 普通乗用自動車
(e) 普通貨物自動車（車両総重量 8 トン未満、最大積載量 5 トン未満、
3 軸以下）
(f) マイクロバス
- (2) 大型車 (a) 普通貨物自動車（車両総重量 8 トン以上または最大積載量 5 トン以上、
3 軸以下）
(b) トレーラ (c) バス
- (3) 特大車 (a) 普通貨物自動車（4 軸以上）
(b) トレーラ（4 軸以上）
(c) 大型特殊自動車
(d) バス

表 1-1 法規および調査要領による車種分類

自動車 登録番号	大 き さ			道路運送車 両法	道路交通法	全国道路交 通情勢調査	交通量常時 観測調査 (四季観測 調査)	交通騒音調査	大気汚染調査	交通振動調査	備 考 (台)
	長さ	幅	高さ								
1または 10～19まで	4.70 m以上	1.70 m以上	2.00 m以上	普通自動車	大型自動車	普通貨物車	普通貨物車	大 型 車 類	大 型 車 類	大 型 車 類	1,262,662
2または 20～29まで	4.70 m以上	1.70 m以上	2.00 m以上	普通自動車	大型自動車	バ ス	バ ス	大 型 車 類	大 型 車 類	大 型 車 類	224,094
3または 30～39まで	4.70 m以上	1.70 m以上	2.00 m以上	普通自動車	普通自動車	乗 用 車	乗 用 車	小 型 車 類 (乗用車類)	小 型 車 類 (乗用車類)	小 型 車 類 (乗用車類)	301,739
4または 40～49まで	4.70 m以下	1.70 m以下	2.00 m以下	小型自動車	普通自動車	貨 客 車 小型貨物車	貨 客 車 小型貨物車	小型車類(乗用車類) 小型車類(小型貨物車類)	小型貨物車類	小型車類(乗用車類) 小型車類(小型貨物車類)	6,687,617
5または 50～59まで	4.70 m以下	1.70 m以下	2.00 m以下	小型自動車	普通自動車	乗 用 車	乗 用 車	小 型 車 類 (小型貨物車類) (乗用車類)	小 型 車 類 (乗用車類)	小 型 車 類 (小型貨物車類) (乗用車類)	17,267,638
6または 60～69まで	4.70 m以下	1.70 m以下	2.00 m以下	三輪の 小型自動車	普通自動車	軽貨物車	軽貨物車	小 型 車 類 (小型貨物車類)	小 型 車 類 (小型貨物車類)	小 型 車 類 (小型貨物車類)	29,410
7または 70～79まで	4.70 m以下	1.70 m以下	2.00 m以下	三輪の 小型自動車	普通自動車	軽乗用車	軽乗用車				5
8または 80～89まで	—	—	—	特殊の用途に供 する普通自動車 及び小型自動車	特殊の用途に供 する大型自動車 及び普通自動車	特 殊 車	特 殊 車	大 型 車 類	大 型 車 類	大 型 車 類	424,652
9または 90～99まで	—	—	—	大型特殊 自 動 車	大型特殊 自 動 車						246,147
0または 00～09まで	—	—	—	大型特殊 自 動 車	大型特殊 自 動 車						

注) 備考欄の数字は「昭和53年3月末現在初度登録年別自動車保有車両数」を示す。

1-2 分類方式と基本原理

交通流の計測項目には、通過台数、占有率、車両速度などがあるがいずれも通過する車両全体についてのデータであり、車種別データはトンネルの出入口排ガスなどごく一部の地点で大型車と小型車の2分類で計測されている程度である。

従来採用されている車種分類装置には、ループコイル式車両感知器を2台あるいは超音波式車両感知器を2台組み合わせたものがあるが、これらは長さによる大型・小型の分類または車高によるバス判定に用いられている程度である。また、料金所等の車線ごとに計測可能な場所では各種分類装置が試みられているが、いずれも自由走行している一般の多車線道路に適用するには構造上の問題点が多いのが実状である。

ここでは、車両感知器等過去の実績を考慮して想定される分類方式とその基本原理について以下に述べる。

1-2-1 分類方式

一般の道路（多車線道路を含む）を走行している車両を対象として、既に実用化されている車両感知素子（超音波およびループコイル）を利用して、車種の判定要素である車両の「高さ」、「長さ」および「床面高さ」を計測し車種を判別するものとする。この場合、それぞれの感知素子の機能を組み合わせることにより想定される分類方式を表1-2に示す。

1-2-2 基本原理

1) 車高判定の原理

図1-1に示すように、道路上に設置された超音波送受器より発射した超音波は空間を伝搬し車両の上部にあたり反射する。反射した超音波は再び超音波送受器に戻ってくる。空間を伝搬する超音波の速度をCとすると、路面より反射する超音波の伝搬時間 t_1 、および車両の上部より反射する超音波の伝搬時間 t_2 はつぎのように表わされる。

$$t_1 = \frac{2H}{C} \quad (\text{路面よりの反射時間}) \quad \cdots \cdots (1-1)$$

$$t_2 = \frac{2(H-h)}{C} \quad (\text{車両よりの反射時間}) \quad \cdots \cdots (1-2)$$

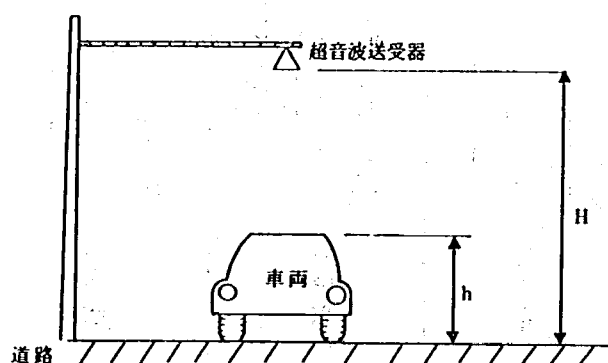


図1-1 超音波式感知器取付構成図

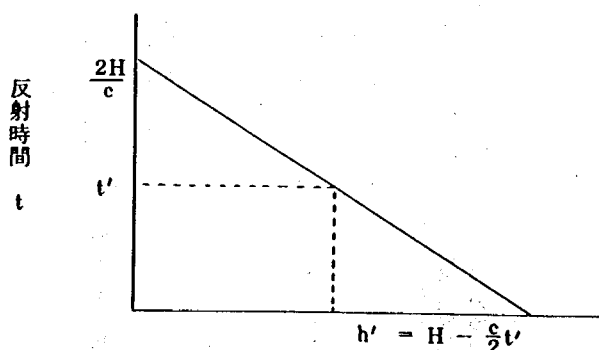
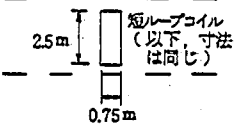
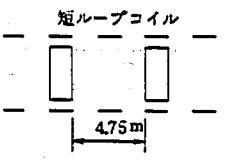
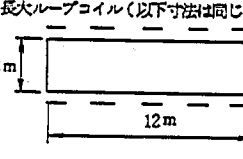
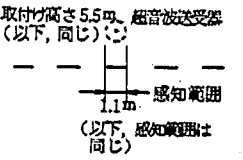
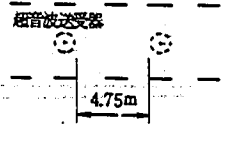
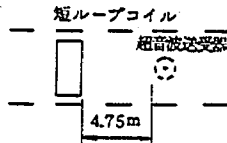
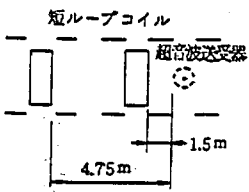
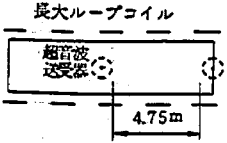
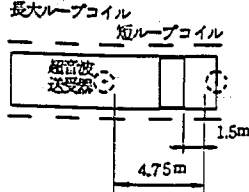


図1-2 車高と反射時間の関係

(1-1)、(1-2)式により反射波は時間的に区別することができるので、図1-2の車高(h)と反射時間(t)との関係から、通過車両の上部からの反射時間(t')が測定できると車高(h')を判読する

表 1 - 2 車種分類方式一覧

	使用する感知素子 ()内の数字は個数	機 器 配 置 (車両の進行方向→)	分離可能な車両諸元と車種 ()内の数字は車種分類数	得られる 交通データ	工事難易性 と 保守 性	相 対 コスト	特 徴
方式 1	短ループコイル (1)		床面高さ 低……乗用車・バス 高……トラック (2)	交通量 時間占有率 (以下占有率)	超音波式に比較して 工事性、保守性 がやや悪い	1	1.比較的小さいコストで2車種に分類できる。 2.大型、小型の区別ができない。 3.速度の計測ができない。
方式 2	短ループコイル (2)		床面高さ 低-車長 高-車長 短……乗用車、小型バス 長……大型バス 短……小型トラック 長……大型トラック (4)	交通量 占有率 速 度	超音波式に比較して 工事性、保守性 がやや悪い。	2	1.簡単な論理判定により、4種の車種分類ができる。
方式 3	長大ループコイル (1)		床面積 および 床面高さ 大かつ低……大型バス 小または高……その他 (2)	空間占有率	超音波式に比較して 工事性、保守性 がやや悪い	2	1.交通量はとれないが、バスだけの検出ができる。 2.交通量、速度の計測ができない。
方式 4	超音波送受器 (1)		車高 低……乗用車・小型バス・小型トラック 高……大型バス・大型トラック ※車高の低車はさらに2分類(乗用車と小型バス・小型トラック)できる可能性がある。 (2)または(3)	交通量 占有率	ループコイル方式に比較して工事性、保守性が良い。	1	1.比較的小さいコストで大型、小型の2車種に分類できる。 2.工事性、保守性が高い。 3.速度の計測ができない。
方式 5	超音波送受器 (2)		車高 (車長) 低(短) ……乗用車・小型バス・小型トラック 高(長) ……大型バス・大型トラック ※バスと大型トラックの分類も可能である。また低車側も方式4に同様2分類可能である。 (2)または(4)	交通量 占有率 速 度	ループコイル方式に比較して工事性、保守性が良い。	2	1.車種分類は少ないが、2つの諸元を用いているため、信頼性が高い。 2.工事性、保守性が高い。

	使用する感知素子 (内の数字は個数)	機 器 配 置 (車両の進行方向→)	分離可能な車両諸元と車種 (内の数字は車種分類表)	得られる 交通データ	工事難易性 と 保 守 性	相 対 コスト	特 徴
方式 6	短ループコイル(1) 超音波送受器(1)		床面高さ - 低-車高(車長) - 低(短)…乗用車・小型バス※ - 高(長)…大型バス - 高-車高(車長) - 低(短)…小型トラック - 高(長)…大型トラック ※乗用車、小型バスは方式4に同じく分類可能。 (4)または(5)	交 通 量 占 有 率 速 度	超音波式のみに比較して工事性、保守性がやや悪い。	2	1. 4～5種の車種分類ができ、2つの諸元を用いている部分があるため信頼性が高い。 2. 処理方式が、方式2に比較してやや複雑になる。
方式 7	短ループコイル(2) 超音波送受器(1)		床面高さ - 低-車高(車長) - 小-車高(車長) - 低(短)・乗用車 - 高(長)・例外車両 - 大-車高(車長) - 低(短)・小型バス - 高(長)・大型バス - 高-車高(車長) - 低(短)・小型トラック - 高(長)・大型トラック(5) インデックス	交 通 量 占 有 率 速 度	超音波式のみに比較して工事性保守性がやや悪い。	3	1. 5種の車種分類ができ、2または3つの諸元を用いている部分があるため信頼性が高い。 2. 処理方式が、方式2に比較してやや複雑になる。
方式 8	長大ループコイル(1) 超音波送受器(2)		床面積および 床面高さ - 大かつ低-車高(車長) - 低(短)…なし - 高(長)…大型バス - 小または高-車高(車長) - 低(短)…乗用車・小型トラック※ - 高(長)…大型トラック ※乗用車、小型トラックは方式4に同じく分類可能。 (3)または(4)	交 通 量 占 有 率 速 度 空間占有率	超音波式のみに比較して工事性保守性がやや悪い。	4	1. 3～4種の車種分類ができ、2つの諸元を用いている部分があるため信頼性が高い。 2. 処理方式が方式6に比較して簡単。
方式 9	短ループコイル(1) 長大ループコイル(1) 超音波送受器(2)		大かつ低-車高(車長) - 高(長)…大型バス - 高(長)…なし 定位インデックス - 大-車高(車長) - 低(短)…乗用車 - 高(長)…大型トラック - 小または高-車高(車長) - 低(短)…小型トラック 床面積および床面高さ	交 通 量 占 有 率 速 度 空間占有率	超音波式のみに比較して工事性保守性がやや悪い。	5	1. 千種の車種分類ができ2または3つの諸元を用いている部分があるため信頼度が高い。 2. 処理方式が方式6に比較して簡単。
その他	1. 車高判定は方式4でも述べたように、3段階に分類することが可能である。 2. 速度検出のできる方式では速度と占有率より車長の演算ができる。 これよりさらにきめの細かい車長分離が可能である。 3. また車長分離については感知素子数を増やすことによって同様の効果が得られる。						

ことが可能である。したがって、予め設定された判定レベルと比較することにより、「高」「中」「低」の判定が可能である（図1-3）。

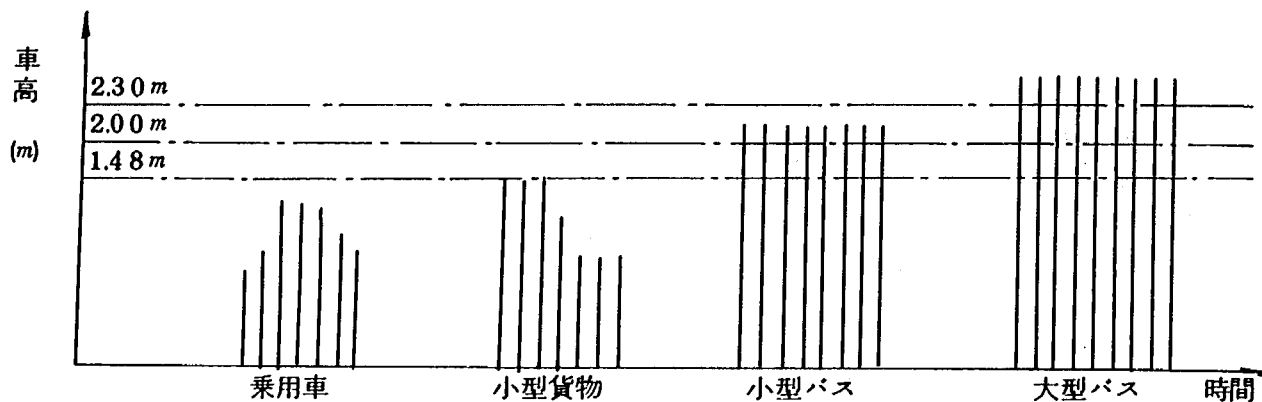


図1-3 車高の測定；図の縦の線は超音波の各周期ごとの測定車高を示している。車高は最高値を測定するため、一周期でも判定レベルにあれば、その値が記憶される。

2) 車長判定の原理

車高判定では、任意の車高が連続量として計測できたのに対し、車長はある基準値に対する長短で車両の長さを判定するものである。すなわち、車高のみでは判定不可能な小型貨物車の分類を補うために、大型車相当の間隔（車長判別値）をおいて設置したループコイルと超音波送受波器（図1-4）から得られる車両感知出力の重なり具合から車長を判定するものである。したがって、図1-5に示されるような車両Aは、ループ式車両感知器の出力と超音波式車両感知器の出力が重なり合わないで、ループコイルと超音波送受波器の感知領域にまたがらない長さである

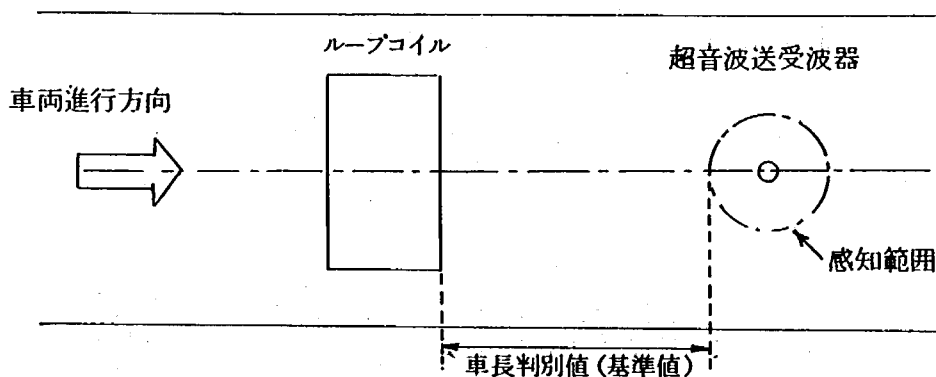


図1-4 感知素子配置図

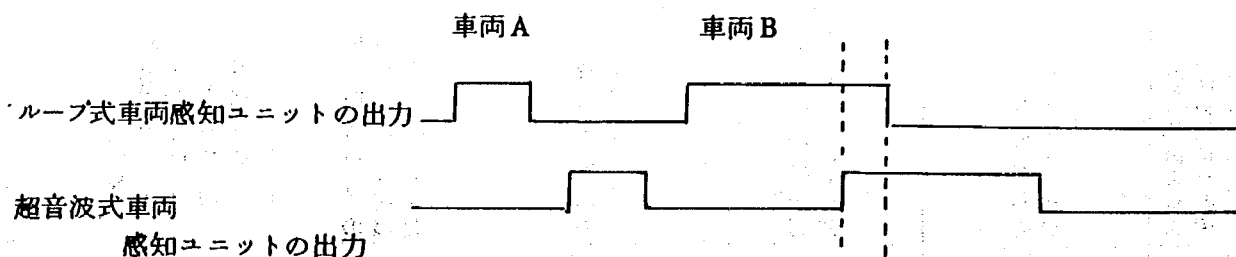


図1-5 車長判定のための感知出力

ことから「短」と判定され、車両Bの方は重なる部分があるので「長」と判定される。

3) 床面高さ判定の原理

道路に埋設されたループコイル近傍を車両のような金属物が通過する時、ループコイルのインダクタンスが変化することを利用して床面高さを判定するものである。

図1-6に示される2つの円形ループコイル(埋設されるループコイルおよび車両は四角形であるが、簡略化して円形と考える。)においてNo.2の円形コイルに鎖交する全磁束数は次のようになる。

$$\phi = \frac{2\mu_0 \cdot I_1 \sqrt{a \cdot b}}{K} \left\{ \left(1 - \frac{K^2}{2}\right) K(k) - E(k) \right\} \dots\dots\dots (1-3)$$

$$\text{ここに} \left(\begin{array}{l} K^2 = \frac{4ab}{(a+b)^2 + d^2} \\ K(k) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\theta}{\sqrt{1 - K^2 \sin^2 \theta}} \\ E(k) = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - K^2 \sin^2 \theta} d\theta \end{array} \right)$$

そこで、上式の $I_1 = 1(A)$ としたときの ϕ の値が相互インダクタンス M を表わすが、 $a \approx b$ (実際のループコイルに対して車両は充分大きい)、 $a, b \gg 1$ (床面高さに対してループ形状は大きい) とすると M は (1-4) 式のようにになる。

$$M \approx \mu_0 \cdot a \left(\ln \frac{8a}{d} - 2 \right) \dots\dots\dots (1-4)$$

ここに、 μ_0 : 真空中の透磁率を示す。

(1-4) 式は車両の床面高さにより相互インダクタンスが変化することを示している。すなわち、インダクタンスの変化量は床面の低いバス等では大きく、逆に床面の高い大型貨物車等は小さくなる。したがって、判定レベルをある値に設定することにより、床面の高い貨物車等と床面の低いバス等に分類することが可能となる。

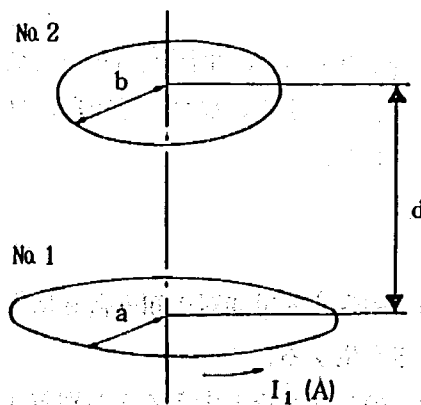


図1-6 平行な二つの円形ループコイル

2. 車種判別値決定のための分析

車種分類車両感知器による車種分類に関し、交通工学、交通環境等の各部門からみた車種分類のあり方および車両感知器の性能からみた車種分類の可能性を調べるために、プレートナンバー(①, ②～⑩)による車種分類を一応の基準として用い、感知器の測定精度と現実の車種構成比率を考慮して車種分類の最適判別値を検討した。なお、プレートナンバー⑥(三輪の貨物), ⑦(三輪の乗用車)は、登録台数が極めて少ないこと、また、⑧(緊急自動車等の特殊用途自動車), ⑨(大型特殊自動車), ⑩(大型特殊自動車のうち建設機械に該当するもの)は、車両の物理的な形状により分類することが困難なことや、①～⑤に比べ登録台数が少なく、データの利用面からは類似の車種に分類すれば足りる場合が多いことから、分類の対象から除くこととした。すなわち、これらの車種は①～⑤までのいずれかの車種と見なすことになる。

2-1 分析に用いた資料

各車種についての諸元データを収集、整理するために次の資料を用いた。

1) 「自動車ガイドブック」Vol. 20 (S 48～49), Vol. 24 (S 51～52)

その年における構造変更および型式認定済の車両が収録されており、収録内容は車名、型式、型式の諸元、価格等である。

2) 「初年度登録年別自動車保有車両数」(S 53.3)

車両を登録した年次別に、メーカー別、車名別、県別の車両登録台数が登録されている。

3) 「全国道路交通情勢調査(OD調査)」(S 52)

OD調査は、全国道路交通情勢調査の一環として自動車交通の起終点運行目的等を調査することにより、自動車の利用実態道路交通の形態等を把握することを目的としたもので、車種別走行距離等が収録されている。なお、実際の車の運行頻度を考慮して車種判別値を決定するために、上記調査のうちとくに南関東地域における車種別走行距離を用いた。

2-2 分析手法

車両の諸元として全長、全高、全幅等があるが、車両感知器の判別機能を考慮して、全長と全高の2つの要素に限定して車種を判別するものとする。なお、感知器には測定誤差が存在し、その誤差の分布型および誤差範囲は次のとおりである。

2-2-1 誤差分布の設定

1) 全長測定の誤差分布

全長測定は、ループコイル感知器と超音波式感知器の組み合わせにより行われるが、超音波は一定の周期で断続的に送波されるために誤差を生ずる。

周期 t 内のある位置(Δx)に車両の先端(点と考える)が到着する確率は一様と考えられるので、測定誤差は一様分布するものと仮定する。この場合、一様分布の密度関数は(2-1)式で示される。

$$f(x) = \frac{1}{\epsilon}; \mu - \frac{\omega}{2} < x < \mu + \frac{\epsilon}{2}$$

$$f(x) = 0 ; x < \mu - \frac{\epsilon}{2}, x > \mu + \frac{\epsilon}{2} \quad \left. \vphantom{f(x)} \right\} \dots\dots\dots (2-1)$$

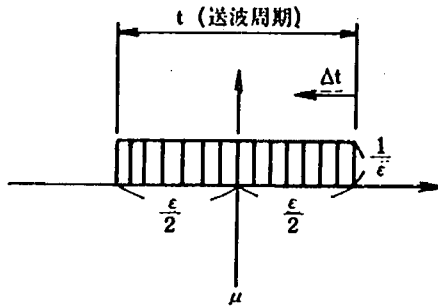


図 2-1 一様分布図

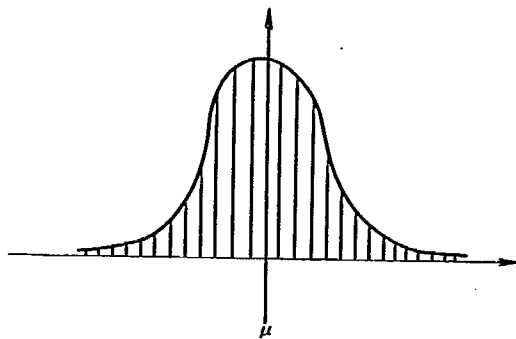


図 2-2 正規分布図

ここに (μ : 平均値)
(ϵ : 誤差)

なお、送波周期(t)と速度(v)により決定される測定誤差は、送受波器の特性から最大 0 ~ 50 cm、平均的な値として 0 ~ 30 cm 程度である。

2) 全高測定の誤差分布

全長の場合とは異なり、車両の上部からの反射時間(t_2 ; (1-2)式で示される)は、系統誤差を含まないので正規分布をするものと考えられる。この場合、正規分布の密度関数は(2-2)式で示される。

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2} \quad \dots\dots (2-2)$$

ここに (μ : 平均値)
(σ : 標準偏差)

なお、測定誤差は、送受波器の性能からみて最大 ± 5 cm 程度である。

2-2-2 最適判別値の算出方法

登録上は同じ車種であっても、型式の異なる車両は様々な仕様を有するために予め設定された判別値で車種判定を行おうとすると判別誤差を生ずる。この誤差は、(2-1)、(2-2)式に示すような分布をもつ観測誤差と欠陥誤差からなり、次のように定義される。すなわち、判別値(x_0)より小さければ小型車と見なすものと仮定すれば、誤差は第Ⅰ種の誤差(小型車が大型車と見なされる誤差)と第Ⅱ種の誤差(大型車が小型車と見なされる誤差)から成り立つことから、これらの誤差に対し、図2-3に示すように x_0 が分布に関与する場合の誤差を「観測誤差」また、独立と見なせる場合の誤差を「欠陥誤差」とするものである。また、登録による車種と判別値(x_0)により判定される車種との適合度を表わす指標として適中率を別に定義する。

車種を2分類するために必要な車高あるいは車長の最適判別値は、車両の型式ごとの登録台数から第Ⅰ種の誤差と第Ⅱ種の誤差をそれぞれ算出し、(2-3)式の適中率(p_0)を最大とする判別値を求めればよい。そこで

$$P_0 = 1 - \left\{ \frac{N_1}{N} \int_{-\infty}^{x_0} f_{(1)}(x) dx + \frac{N_2}{N} \int_{x_0}^{\infty} f_{(2)}(x) dx \right\} \quad \dots\dots (2-3)$$

$dp_0/dx = 0$ より

$$\left. \frac{N_1}{N} \int_{(1)} (x_0) - \frac{N_2}{N} \int_{(2)} (x_0^*) = 0 \right\}$$

$$f_{(2)}(x_0^*) = \frac{N_2}{N_1} f_{(2)}(x_0^*) \quad \} \dots\dots\dots (2-4)$$

が得られる。したがって、(2-4)式を満足する判別値(x_0^*)が最適判別値となる。

ここに、 $N = N_1 + N_2$; 車種別走行距離を示し、登録台数に重み付けするものである。

なお、仮説を小型車 $< x_0^*$ とすると観測誤差(E_1) および欠陥誤差(E_2) はそれぞれ次のように定式化できる。

○ 一様分布の場合

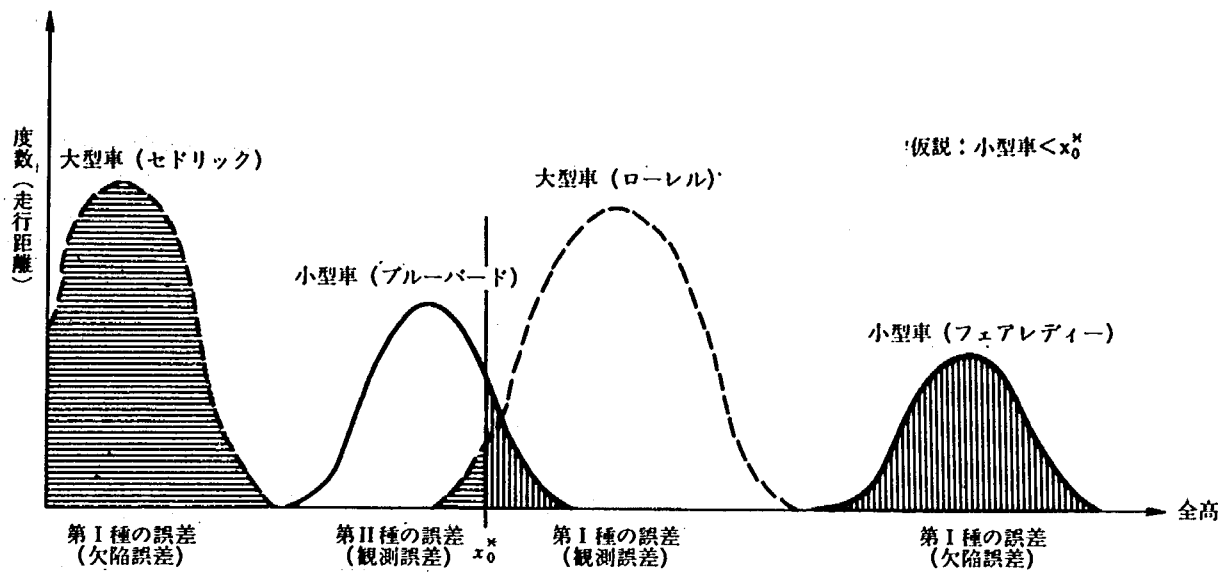
$$\left. \begin{array}{l} \text{第Ⅰ種の誤差} \\ \text{(i)} \quad x_0^* > \mu + \frac{\omega}{2} \rightarrow E = 0 \\ \text{(ii)} \quad \mu - \frac{\omega}{2} < x_0^* < \mu + \frac{\omega}{2} \rightarrow E_1 = \Sigma \frac{N_i}{N} \int_{x_0^*}^{\mu + \frac{\omega}{2}} f(x) dx \\ \text{(iii)} \quad x_0^* < \mu - \frac{\omega}{2} \rightarrow E_2 = \frac{N_i}{N} \times 1 \\ \therefore P_0 = 1 - E = 1 - (E_1 + E_2) \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{第Ⅱ種の誤差} \\ \text{(i)} \quad x_0^* < \mu - \frac{\omega}{2} \rightarrow E = 0 \\ \text{(ii)} \quad \mu - \frac{\omega}{2} < x_0^* < \mu + \frac{\omega}{2} \rightarrow E_1 = \frac{N_i}{N} \int_{\mu - \frac{\omega}{2}}^{x_0^*} f(x) dx \\ \text{(iii)} \quad x_0^* > \mu + \frac{\omega}{2} \rightarrow E_2 = \frac{N_i}{N} \times 1 \end{array} \right\}$$

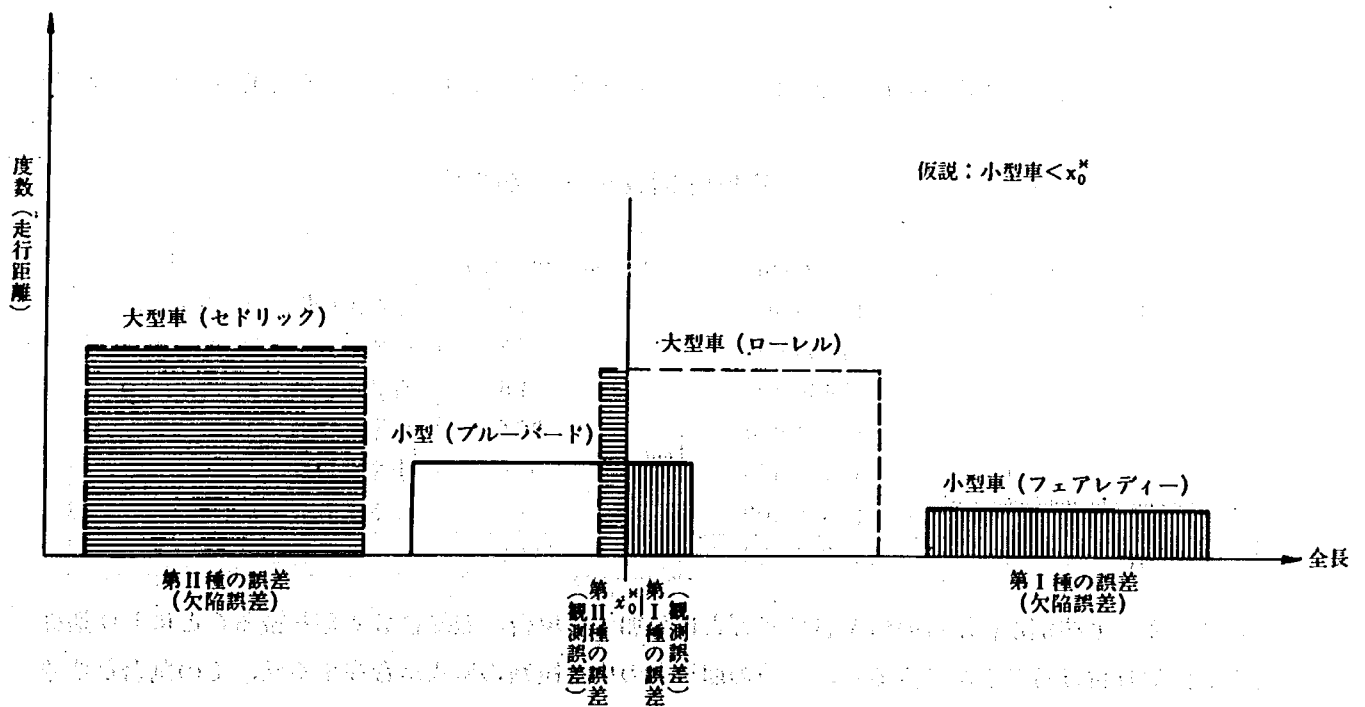
○ 正規分布の場合

$$\left. \begin{array}{l} \text{第Ⅰ種の誤差} \\ \text{(i)} \quad x_0^* > \mu + 3\sigma \rightarrow E = 0 \\ \text{(ii)} \quad \mu - 3\sigma < x_0^* < \mu + 3\sigma \rightarrow E_1 = \Sigma \frac{N_i}{N} \int_{x_0^*}^{\mu + 3\sigma} f(x) dx \\ \text{(iii)} \quad x_0^* < \mu - 3\sigma \rightarrow E_2 = \frac{N_i}{N} \times 1 \\ \therefore P_0 = 1 - E = 1 - (E_1 + E_2) \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{第Ⅱ種の誤差} \\ \text{(i)} \quad x_0^* < \mu - 3\sigma \rightarrow E = 0 \\ \text{(ii)} \quad \mu - 3\sigma < x_0^* < \mu + 3\sigma \rightarrow E_1 = \Sigma \frac{N_i}{N} \int_{\mu - 3\sigma}^{x_0^*} f(x) dx \\ \text{(iii)} \quad x_0^* > \mu + 3\sigma \rightarrow E_2 = \frac{N_i}{N} \times 1 \end{array} \right\}$$



(a) 正規分布



(b) 一様分布

図 2-3 誤差の概念図

2-3 最適判別値の決定

2-3-1 資料の整理

1) 車種別登録台数

「自動車保有車両数」の通称名と「自動車ガイドブック」の型式名との対応を行った結果を表2-1に示す。

表2-1 対応表(1都3県)

プレート・ナンバー	対応のつく延登録台数	対応のつかない延登録台数	合 計	型式数	備 考
①	257,530	3,712	261,242	189	普通貨物車
②	42,124	114	42,238	50	バス
③	52,822	61,335	114,157	20	普通乗用車
④	1,457,168	30,194	1,487,362	139	小型貨物車
⑤	3,532,434	154,319	3,686,753	344	小型乗用車
合 計	5,342,078	249,674	5,591,752	742	*

表2-1をみると対応のつかない延台数は25万台程度存在するが、この大半は「5」ナンバーである。これは、保有車両数の通称名が「その他」とされているためである。また、通称名が外車のものは、ガイドブックが日本製の車両のみを対称としている関係から対応が不可能である。そのため、「3」ナンバーで対応のつかない延台数が多くなっている。

「1」「2」については、通称名が会社名と一致しているので、そのほとんどは対応づけられる。

2) 車種別走行距離

最適判別値の算出に使用する車種別の走行距離(東京都および埼玉、千葉、神奈川の各県)を表2-2に示す。

表2-2 車種別走行距離(1都3県)

プレートナンバー	走行距離(台・km)	構 成 比 (%)	備 考
1	24,445,900	15.6	普通貨物車
2	4,409,900	2.8	バス
3	2,499,300	1.6	普通乗用車
4	32,231,000	20.6	小型貨物車
5	80,717,100	51.5	小型乗用車
9	12,458,400	7.9	(ライトバンを示す)
計	156,761,500	100.0	-

表2-2の車種別走行距離の値を各型式ごとに付加する場合、登録台数で割り振ることにより通称名までは割り付けることができるが、一つの通称名の中で複数の型式が存在する時、その割合が明確でないためウエイトで存在するものと仮定し、各型式に走行距離を付加する。

3) 車種別諸元別平均値

車種別諸元別平均値を整理した結果を表2-3に示す。表中の単純平均は車種別登録台数に基づき諸元を平均化したのに対し、ウエイト平均は、車種別走行距離でウエイトづけした値である。

表 2-3 車種別諸元別平均値

(単位：m)

		車種①	車種②	車種③	車種④	車種⑤	車種⑥
車 長	単 純 平 均	7.22	8.66	4.72	4.22	4.19	4.19
	ウ ェ イ ト 平 均	6.89	8.01	4.79	4.37	4.23	4.14
車 高	単 純 平 均	2.52	2.72	1.42	1.82	1.36	1.45
	ウ ェ イ ト 平 均	2.42	2.65	1.43	1.81	1.37	1.41
車 巾	単 純 平 均	2.21	2.14	1.72	1.63	1.60	1.59
	ウ ェ イ ト 平 均	2.13	2.77	1.42	1.82	1.60	1.59

注) ⑥はライトバンを示す。

2-3-2 車種区分の検討

いくつかの車種の組み合わせにおける最適判別値と適中率を車種構成率の影響を考慮しながら図 2-4 のフローに従って検討する。

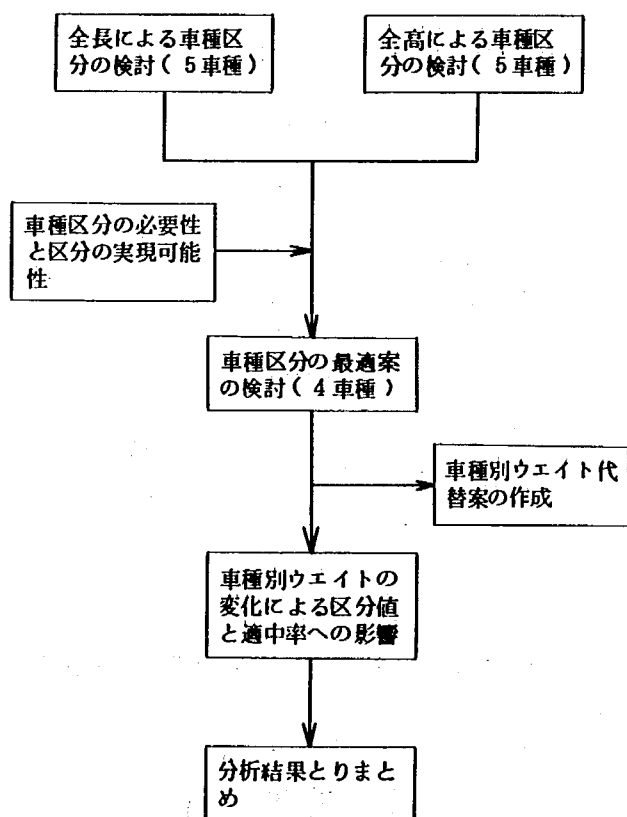


図 2-4 車種区分検討フロー

1) 5車種の場合

対象とする車種はプレートナンバー①, ②, ③, ④, ⑤の5種類で、ライトバンは⑤に含めるものとする。また、基準値のきざみは、全長については4.00～5.00mまで5cmきざみ、また全高では1.00～3.00mまで2.5cmきざみとする。このよとな条件のもとに判別誤差を最少とする最適判別値と適中率を求めた結果が表 2-4, 5である。

表 2-4, 5の分析結果から次のことがわかる。

i) 5車種での全長の最適判別値は、法規の4.7mに近い4.8m前後を示す場合が最も多いが、普通乗用車と普通貨物車やバスとの判別値は他の場合に比べ特異な値を示している。また、適中率を比べると小型貨物車と小型乗用車との適中率が最も悪く、76%である。

- ii) 車両感知器の全長測定誤差($\omega = 30, 50 \text{ cm}$)による最適判別値と適中率への影響は、 ω が20cm大きくなると判別値を10cm程度上昇させているが、適中率はほとんど変わらない。
- iii) 全高の最適判別値は法規では2.0mであるが、分析結果をみると1.5～1.8mを示す場合が最も多い、しかし、小型貨物車と普通貨物車やバスとの判別値は法規の2.0mに近い値を示している。適中率は、普通貨物車と小型貨物車との適中率が最も悪いが、全体的には全長よりも適中率がよい。

表 2-4 最適判別値と適中率（全長の測定誤差；30 cm）

	車種①	車種②	車種③	車種④	車種⑤
車種①		求まらず	4.000 以下 (85.9)	4.850 (90.2)	4.850 (95.3)
車種②	求まらず		5.450~5.900 (88.7)	4.850 (98.4)	4.850 (99.4)
車種③	1.500~1.800 (100.0)	1.575~1.825 (100.0)		4.850 (94.6)	4.850 (98.0)
車種④	2.025 (89.9)	2.050 (98.6)	1.475 (92.3)		4.750 (75.8)
車種⑤	1.525~1.850 (99.9)	1.550~1.850 (99.8)	求まらず	1.500 (97.5)	

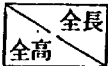
注)  の最適判別値 (m) を上段に、また適中率 (%) を下段の括弧内に示した。

表 2-5 最適判別値と適中率（全長の測定誤差；50 cm）

	車種①	車種②	車種③	車種④	車種⑤
車種①		求まらず	4.000 以下 (88.8)	4.950 (89.4)	4.950 (94.9)
車種②	*		5.550~5.800 (88.7)	4.950 (98.2)	4.950 (99.3)
車種③	*	*		4.950 (94.0)	4.950 (97.9)
車種④	*	*	*		4.850 (75.5)
車種⑤	*	*	*	*	

2) 車種を括った場合

1) の分析では、任意に 2 つの車種をとってきて、この 2 車種間を判別するための最適判別値とそ

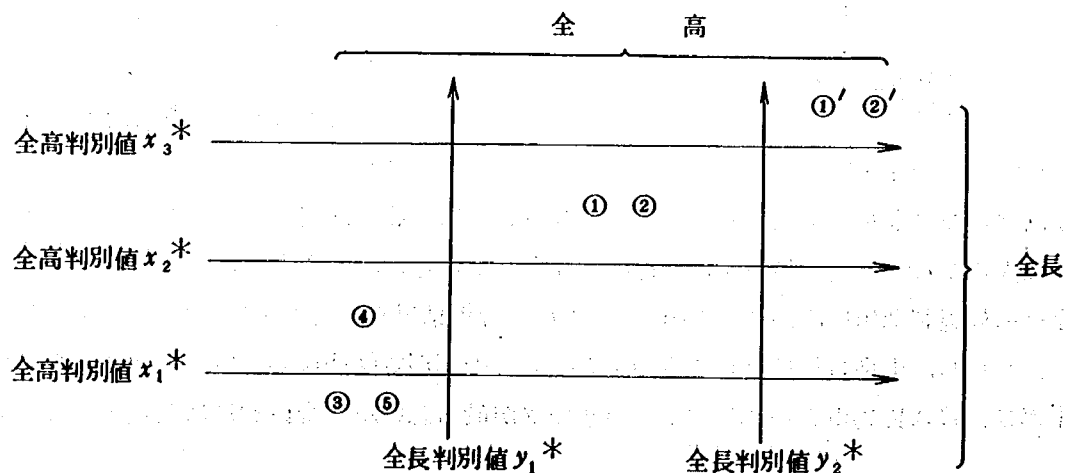


図 2-5 車種区分図

の適中率を求めたが、ナンバー①②の判別は床面の高さによっても判別が可能であること、また、③と⑥は排気量によって区分されることが多く、他の諸元（とくに全長、全高）に関してはほとんど判別が不可能なことなどから図2-5に示すようにいくつかの車種を括ることを考える。

なお、①と②を普通車と大型車（積載量5トン以上あるいは乗車定員30名以上）に新たに区分した。

最適判別値と適中率の分析結果を表2-6～9に示す。

表2-6 最適判別値と適中率（全高）

	車種①②	車種④	車種③⑤
車種①②		*	*
車種④	2.025 (89.9)		*
車種③⑤	1.575～1.800 (99.9)	1.500 (97.5)	

表2-7 最適判別値と適中率
（全長）

	車種①②	車種③④⑤
車種①②		4.900 (95.7)
車種③④⑤	4.950 (95.4)	

表2-8 普通車と大型車の最適判別値
と適中率（全高）

	車種①②	車種①'②'
車種①②		2.575 (92.5)
車種①'②'	*	

表2-9 普通車と大型車の最適判別値
と適中率（全長）

	車種①②	車種①'②'
車種①②		9.750 (81.7)
車種①'②'	9.750 (81.5)	

注）表2-9の上三角部は全長の測定誤差が30 cmまた、下三角部は50 cmの場合を示す。

これらの結果から、次のことがわかる。

- i) 車種を括ったら車種での最適判別値は、小型貨物車と大型貨物車で1.5 m、小型乗用車と普通車（貨物車、バス）で1.6～1.8 mまでの範囲の値、また、普通車と小型貨物車で2.0 mとなっている。適中率は普通車と小型貨物車が90 %で最も悪いが他は高い値を示している。
- ii) 2車種（普通車と小型車）での全長の最適判別値は法規の4.7 mより長い4.9 mとなっている。これは、ウェイトの高い方の車種の誤差を相対的に少なくすれば全体の誤差が減少するため、そのために判別値をより高い方に設定することになる。
- iii) 普通車を大型車の最適判別値と適中率は、全高で2.6 m（93 %）、全長で9.8 m（82 %）と全高の方が適中率が高い。

3) 車種別のウェイトが変化する場合

車種別のウェイト（車種構成）が変化した時、どの程度最適判別値が変化するか、または、平均的なウェイトでもって算出した最適判別値を使用した場合、車種構成が異なる地点での適中率がどの程度低下するかを検討するために、車種構成比の代替案を次の3通り（A～C）作成し、最適判別値と適中率を求めた。

なお、南関東全体での車種別ウェイトは表2-10に示すとおりである。

表 2-10 車種別ウエイト（南関東全体）

車 種	走行距離 (台・km)	構 成 比 (%)
大型車 (①, ②)	9,214,400	5.9
普通車 (①, ②)	19,641,300	12.5
小型貨物車 (④)	32,231,000	20.6
小型乗用車 (③⑤⑥)	95,674,800	61.0
合 計	156,761,500	100.0

④ 普通車混入率の変化

平均的な普通車（①②①'②'）と小型車（③④⑤⑨）の割合は、表 2-10 より 18：82 であるが普通車混入率の高低による案を以下の通りとする。

A-1; 普通車混入率が高い場合 (36%)

A-2; " 低い " (9%)

⑤ 貨物車混入率の変化

平均的な貨物車（①①'④）と乗用車類（②②'③⑤⑨）の割合は 36:64 の割合である。

B-1; 貨物車混入率が高い場合 (72%)

B-2 ; " 低い " (18%)

③ 大型車混入率の変化

平均的な大型車（①②）とそれ以外（①②③④⑤⑨）の割合は6：94である。

C-1; 大型車混入率が高い場合 (12%)

C-2; " 低い " (3%)

分析し際してのウェイトの用い方は表2-11の通りである。

表 2-11 車種の組み合わせによるウェイトのかけ方

全 高

①②	④	③⑤⑥
① ②	A B	A B
④	*	A B
③ ⑤ ⑥	*	*

全 長

①②	③④⑤⑥
①②	A
③④⑤⑥	*

全長・全高

①②	①②'
①②	C
①②	*

注) 車種別ウェイトの変動範囲は、24時間交通量観測結果に基づいて決定した。

最適判別値と適中率の分析結果を表 2-12~17 に示す。

表 2 - 12 普通車及び貨物車混入率の差異による判別値の変化（全高）

③⑤：④

（その 1）

		ウ エ イ ト		最適区分値	適 中 率
		③ ⑤	④		
普通車混入率	通常の場合	75.5	24.5	1,500	97.5
	高い場合	75.5	24.5	1,500	97.5
	低い場合	75.5	24.5	1,500	97.5
貨物車混入率	高い場合	40.5	59.5	1,475	94.9
	低い場合	88.8	11.2	1,525	98.6

③⑤：①②

（その 2）

		ウ エ イ ト		最適区分値	適 中 率
		③ ⑤	① ②		
普通車混入率	通常の場合	76.1	23.9	1,575～1,800	99.9
	高い場合	56.1	43.9	1,550～1,800	99.9
	低い場合	87.9	12.1	1,575～1,800	99.9
貨物車混入率	高い場合	44.2	55.8	1,575～1,800	99.9
	低い場合	87.0	13.0	1,550～1,800	99.9

④：①②

（その 3）

		ウ エ イ ト		最適区分値	適 中 率
		④	① ②		
普通車混入率	通常の場合	50.8	49.2	2,025	89.9
	高い場合	29.3	70.7	2,000	85.8
	低い場合	70.2	29.8	2,025	93.7
貨物車混入率	高い場合	53.8	46.2	2,025	89.9
	低い場合	45.6	54.4	2,025	89.8

表 2 - 13 普通車及び貨物車混入率の差異による判別値の変化（全長）

		ウ エ イ ト		$\omega = 30 \text{ cm}$		$\omega = 50 \text{ cm}$	
		①②	③④⑥	最適区分値	適中率	最適区分値	適中率
普通車混入率	通常の場合	18.4	81.6	4,900	95.7	4,950	95.4
	高い場合	37.2	62.8	4,850	92.1	4,950	91.5
	低い場合	9.4	30.6	4,950	97.7	5,050	97.6
貨物車混入率	高い場合	33.8	66.2	4,850	92.6	4,950	92.0
	低い場合	11.8	88.2	4,950	97.3	5,000	97.1

表 2-14 大型車混入率の差異による判別値の変化(全長)

		ウ ェ イ ト		$\omega = 30 \text{ cm}$		$\omega = 50 \text{ cm}$	
		①②	①'②'	最適区分値	適中率	最適区分値	適中率
大型混入率	通常の場合	68.1	31.9	9,750	81.7	9,750	81.5
	高い場合	60.0	60.0	6,250	76.7	6,300	76.4
	低い場合	80.0	20.0	9,800	88.5	9,800	88.4

表 2-15 大型車混入率の差異による判別値の変化(全高)

		ウ ェ イ ト			
		①②	①'②'	最適区分値	適中率
大型混入率	通常の場合	68.1	31.9	2,575	92.5
	高い場合	60.0	50.0	2,500	92.8
	低い場合	80.0	20.0	2,600	92.4

表 2-16 普通車混入率の差異による適中率の変化(全高)

	通常の場合				高い場合				低い場合			
	パーセント		最適区分値	適中率	パーセント		適中率		パーセント		適中率	
	前者	後者			前者	後者			前者	後者		
③⑤と車種④	75.5	24.5	1,500	97.5	75.5	24.5	97.5		75.5	24.5	97.5	
③⑤と車種①②	76.1	23.9	1,575~1,800	99.9	56.1	43.9	99.9		88.9	12.1	99.9	
④と車種①②	50.8	49.2	2,025	89.9	29.3	70.7	85.8		70.2	29.8	90.4	

表 2-17 貨物車混入率の差異による適中率の変化(全高)

	通常の場合				高い場合				低い場合			
	パーセント		最適区分値	適中率	パーセント		適中率		パーセント		適中率	
	前者	後者			前者	後者			前者	後者		
③⑤と車種④	75.5	24.5	1,500	97.5	40.5	59.5	94.8		88.8	11.2	98.6	
③⑤と車種①②	76.1	23.9	1,575~1,800	99.9	44.2	55.8	99.9		87.0	13.0	99.9	
④と車種①②	50.8	49.2	2,025	89.9	53.8	46.2	88.2		45.6	54.4	88.3	

これらの結果から次のことがいえそうである。

- Ⅰ) ウェイトの差異による全高の最適判別値への影響はあまり大きくない。乗用車(③⑤)と大型貨物車の場合でウェイトの高低による判別値の変動範囲は 5 cm であり、乗用車と普通車の場合では 2.5 cm である(表 2-12)。
- Ⅱ) 全長への影響は、小型車(③④⑥)と普通車(①②)との場合で変動範囲が 10 cm、普通車

(①②)と大型車(①②')の場合で355 cmであり、後者の場合には車種構成が著しく変化する場合には平均的なウェイトによる判別値を用いることには問題がありそうである(表2-13, 14)。

Ⅲ) ウェイトの差異による最適判別値と適中率への影響をみると、全長あるいは全高でより短かい(あるいは低い)方の車種のウェイトを高くすれば最適判別値はより高い方に押し上げられる。逆に低くすれば低い方へ押し下げられる。また、適中率は相対的にウェイトが高い車種の方にさらにウェイトを高くすると適中率は上昇する。

逆にウェイトを低くすると適中率は低下する。

Ⅳ) 平均的なウェイトによる最適判別値をウェイトが異なった地点に適用した時どの程度適中率が低下するかをみると、適中率の変動幅は乗用車と小型貨物車の場合で3.8%, 乗用車と普通車で0%, 小型貨物車と普通車で4.6%と極めて少ない(表2-16, 17)。

2-4 車種分類フロー

車種判別の適中率は車種構成比率によって異なるが、現存の車種とその寸法に対し、南関東の車種別走行距離で重み付けることにより標準的な車種構成比率に対する値を求めた(表2-4)。表2-4から乗用車(③⑤)と大型車(①②)の判別は、車高1.575~1.825 mでもって、ほぼ100%の適中率が乗用車の場合より若干低いものの判別値が2.025~2.050 mで可能である。さらに小型貨物車と乗用車については、1.475~1.500 mで可能である。

一方、全長についてみると小型貨物車および乗用車と大型車の判別値は4.850 mでありまた、乗用車と小型貨物車は4.750 mであるがいずれも車高の場合に比べて適中率が低くなっている。

これらの結果において、小型貨物車の適中率が相対的に低くなっていることから、感知器の特性を考慮して次のように判定レベルを設定すれば小型貨物車の判別がより正確に行えるものと考えられる。すなわち、車高判定レベル2.0 m(1.800~1.050 m)により大型車とそれ以外の車種に分類する。大型車と判定された中には小型貨物車が存在するから、車長レベル4.75 mにより大型車と小型貨物車に分類する。一方、それ以外の車種に分類された中には、乗用車と小型貨物車が混在するから車高レベル1.480 m(1.475~1.500 m)により乗用車と小型貨物車に分類する。

なお、大型車のうち普通貨物車とバスの分類は、ループ式車両感知器による床面高さの判定を行えば可能である。

以上の結果に基づき車種判別値を設定し、図2-6の分類フローに従って車種分類する。

実際の判定は、車両が超音波送受波器を通過した時点で行う。まず、超音波で測定した車高に対し、2.0 mの判別値を設け高低の判別を行う。車高が2.0 mより低い場合には、さらに1.48 mの判別を行い、低い場合は乗用車に分類され、1.48 mより高い場合、すなわち、車高1.48~2.0 mの車両は小型貨物車に分類される。一方、車高2.0 m以上の車両については、4.75 mの車長の判別を行い4.75 mより短い車両は小型貨物車に分類され、長い車両は床面高さの判定を行うことにより、床面の高い車両は大型貨物車に分類される。さらに、車高2.30 mの判定を行い普通貨物車と大型貨物車に分類することも可能である。なお、床面の低い車両に対しては車高2.30 mの判定を行い、低い車両は小型バスに、高い車両は大型バスに分類される。

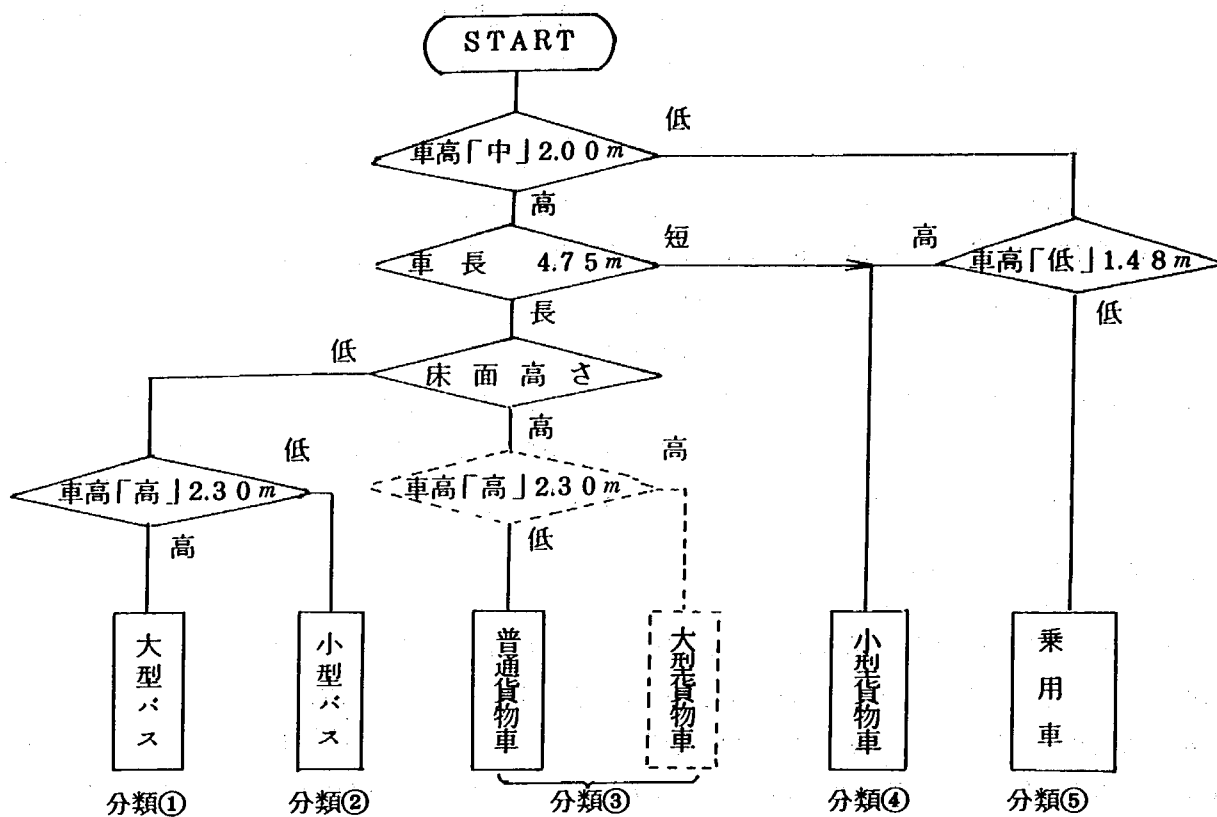


図2-6 車種分類フロー

3. 判別機能実験

各種車両の種々の走行状態における車種分類車両感知器の判別能力の限界を確認するために車両走行時の各ユニット出力データを収集し車種判別特性を明らかにするとともに、各車両感知素子の最適配置等表3-1に示す内容について実験を行った。

(1) 実験日

昭和55年1月28日～31日

(2) 実験場所

建設省土木研究所試験走路

(3) 実験内容

表3-1 実験項目及びその目的

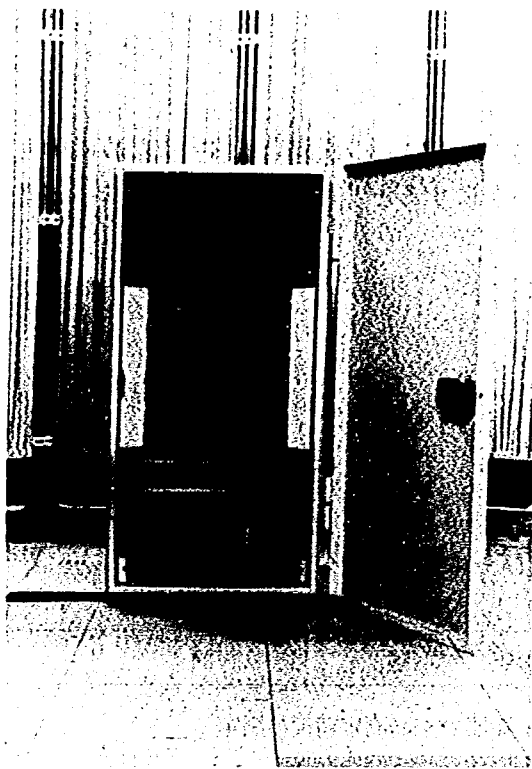
No	実 験 項 目	実 験 目 的
1	車 高 測 定	車種分類車両感知器の車高測定精度の測定
2	車 速 と 車 種 分 類 特 性	車両を定位置（車線の中央）走行させた時の速度に対する車種分類出力測定
3	車 両 走 行 位 置 と 車 種 分 類 特 性	車両走行位置を道路幅方向に変位した時の車種分類出力測定
4	車 間 距 離 と 車 種 分 類 特 性	2台の車両を近接させ走行した時の車種分類車両感知器の分解能を測定
5	感 知 素 子 間 隔 と 車 種 分 類 特 性	ループコイルと超音波送受波器の間隔を変化した時の車種分類出力測定
6	2 ル ー プ 方 式 の デ ー タ 収 集	ループコイルを2個用いた場合のインダクタンス比率の測定

3-1 試作器の概要

車種判別装置（写真-1）は、超音波式車両感知器による車高検知とループ式感知器を組み合わせたもので、5車種（大型バス、小型バス、普通貨物車、小型貨物車、乗用車）の判別と交通量、占有率および速度の計測が可能である。なお、本装置は感知素子としてループコイル1個、超音波送受波器1個、ループ式車両感知ユニット2個（インダクタンス検出用、車両感知用として各1個）超音波車両感知ユニット1個および各感知器からの情報をもとに車種の判別や交通量、占有率および速度の測定を行う演算処理ユニットから構成される。（巻末に試作器の仕様等資料を掲載した。）

3-2 実験の方法

種々の走行状態（速度、走行位置、車間距離等）における車両走行時のインダクタンス変化率や車高の感知出力を計測する。



写真－1 車種判別装置

1) 実験概要図

図3-1に示す実験概要図においてループコイル(L_2)と超音波送受波器(U)は車種分類感知素子である。また、ループコイル(L_1)、テープスイッチ(TS_1 , TS_3)はインダクタンス測定器の感知素子である。さらに、テープスイッチ(TS_1 , TS_2)はデジタルスピードメーターの感知素子である。

(実験概要図) 次ページ

2) 使用した車両等一覧

表3-2 実験に使用した車両名とその諸元

車 両 名	車 検 証 に よ る 車 両 諸 元				車高実測値 (m)
	全 長 (m)	全 高 (m)	全 幅 (m)	後輪距 (m)	
大 型 バ ス	11.98	3.00	2.49	2.20	2.90
ニッサン5tトラック	7.28	2.60	2.38	2.10	2.50
ニッサン2tトラック	5.69	2.04	1.98	1.60	2.62
マイクロボス	6.24	2.30	1.93	1.54	2.30
ハイエース1.5t	4.49	1.97	1.69	1.67	1.97
プレジデント	5.28	1.48	1.83	1.65	1.48
ライトエース	3.92	1.99	1.56	1.43	1.85
グロリア	4.69	1.43	1.69	1.55	1.43
ライトバン	4.54	1.42	1.66	1.54	1.42
クラウンS	4.66	1.44	1.69	1.55	1.44
マークII	4.35	1.41	1.63	1.35	1.41

3) 車高測定

車種分類車両感知器の車高測定精度の確認を表3-2の各車両について行った。車高の真値は車検証の値および実測値によった。

4) 車速と車種分類特性

各車両をそれぞれ車線の中央を20, 40, 60, 80 km/hの速度で走行させ、車高、車長、速度、インダクタンスおよび車種分類の出力を記録した。

速度は、図3-1に示すテプスイッチ(TS₁, TS₂)の出力をデジタルスピードメーターに入れて検証した。

5) 走行位置と車種分類特性

車両の走行位置をずらし、車高、車長、速度、インダクタンスおよび車種分類出力を④と同様記録した。車両走行位置は図3-1に示すように車両の右側を車線の中央から+60, +30, 0, -30, -60 cmの位置に設定し車両を通過させる。車両の速度は30~40 km/hとし実際に通過した車両の位置は路面に石灰をまきタイヤ跡より実測した。

6) 車間距離と車種分類特性

車両の連続走行時の車両分解能を測定した。2台の車両の分解能を測定するため、車種の異なった車両を走行させ、車高、車長、速度、車種分類出力およびループ式と超音波式の感知出力を記録した。分解能は図3-2に示すように2台の車両の分類出力により確認した。

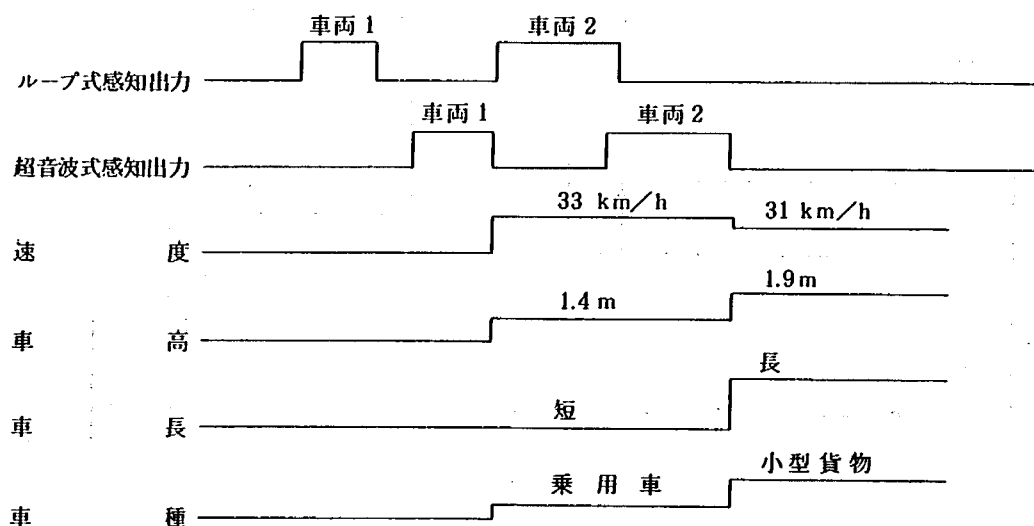


図3-2 車両分解出力の一例

(上図の車両1, 2が正常に分解できたことを示す。なお、分解できない場合は車両2の出力がない。)

7) 感知素子間隔と車種分類特性

図3-1において、ループコイルと超音波送受波器の間隔(D_s)を4.15, 4.45, 4.75 mとした時の車高、車長、速度、インダクタンスおよび車種分類出力の測定を車速20 km/hと40 km/hの場合についてそれぞれ行った。

8) 2ループ方式のデータ収集

図3-1に示すループコイルL₁, L₂を用い図3-3に示すようにループコイルL₁の定位置におけるインダクタンス比率Kを求めた。なお、車両は車種の中央を20, 40, 60, 80 km/hの速度で走行した。

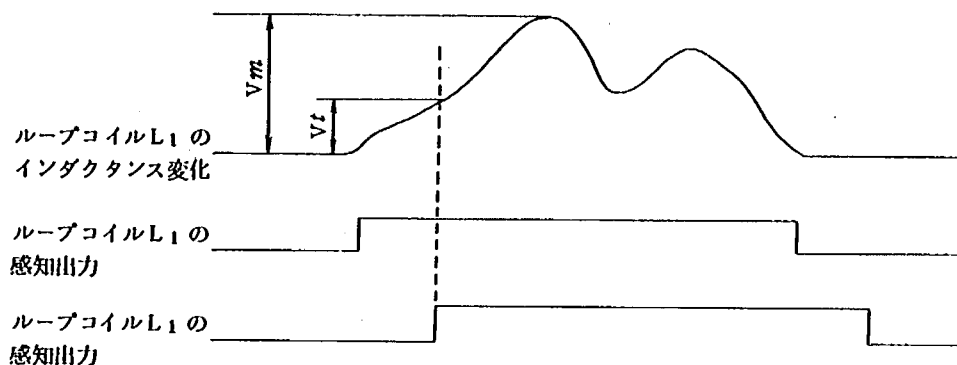


図 3 - 3 2 ループの感知出力

インダクタンス比率は、上図においてループコイル (L_2) の出力が立上る点におけるインダクタンス変化 V_t とインダクタンス変化の最大値 V_m の比 ($K = V_m / V_t$) から求める。

3 - 3 実験結果

1) 車高測定

静止した状態において巻尺にて実測した“全高実測値”と車種分類車両感知器にて測定した“車高計測値”を表 3 - 3 に示す。

表 3 - 3 車高測定結果

車 両 名	諸 元				全高実測 (m)	車 高※ 測 定 値 (m)	備 考
	全 長 (m)	全 高 (m)	全 幅 (m)	後輪距 (m)			
大 型 バ ス	11.98	3.00	2.49	2.20 後 (2.38)	2.90	2.9	
ニッサン5tトラック	7.28	2.60	2.38	2.10	2.50	2.4	
ニッサン2tトラック	5.69	2.04	1.98	1.60	2.62	2.6	荷台にホロ付
マイクロボス	6.24	2.30	1.93	1.54	2.30	2.2	
ハイエース 1.5t	4.49	1.97	1.69	1.67	1.97	1.9	
プレジデント	5.28	1.48	1.83	1.65	1.48	1.4	
ライトエース	3.92	1.99	1.56	1.43	1.85	1.9	
グロリア	4.69	1.43	1.69	1.55	1.43	1.4	
ライトバン	4.54	1.42	1.66	1.54	1.42	1.3	
クラウン S	4.66	1.44	1.69	1.55	1.44	1.4	

※ 車高測定値は小数第2位が切り捨て値となっている。

この結果より、ライトエースを除く車両に対して最大 12 cm の負の測定誤差が認められる。

2) 車速と車種分類特性

車速による車種判定への影響を調べた結果を表 3 - 4 に示す。

表3-4 車速と車種分類特性測定結果

No	速 度 (km/h)				全 高 (m)		車長 判定	車種判定	車 両 名
	設 定	測定値	実測値	アナログ値	実測値	アナログ値			
1	20	21.0	18	18.5	2.9	2.90	長	大バス	大 型 バ ス
	40	36.0	32	32.0	2.9	2.90	長	大バス	
	60	63.0	56	56.0	2.8	2.90	長	大バス	
	80	84.0	68	66.5	2.8	2.90	長	大バス	
2	20	22.9	21	21.0	2.4	2.40	長	大トラ	ニッサン 5 tトラック
	40	36.0	33	33.5	2.4	2.40	長	大トラ	
	60	50.4	54	53.5	2.3	2.35	長	大トラ	
	80	63.0	75	75.5	2.3	2.40	長	大トラ	
3	20	21.0	18	18.0	2.6	2.70	短	小トラ	ニッサン 2 tトラック (ホロ付)
	40	36.0	35	35.5	2.7	2.70	短	小トラ	
	60	50.4	48	48.5	2.7	2.75	短	小トラ	
	80	84.0	69	69.0	2.6	2.65	短	小トラ	
4	20	21.0	18	18.5	2.2	2.25	長	小バス	マイクロバス
	40	42.0	37	37.0	2.2	2.25	長	小バス	
	60	63.0	52	52.0	2.2	2.25	長	小バス	
	80	84.0	69	69.0	2.2	2.25	長	小バス	
5	20	19.3	17	17.5	1.9	1.90	短	小トラ	ハイエース 1.5 t
	40	42.0	35	35.5	1.9	1.95	短	小トラ	
	60	50.4	53	53.0	1.9	1.90	短	小トラ	
	80	63.0	64	64.0	1.8	1.90	短	小トラ	
6	20	16.8	15	15.5	1.4	1.45	長	乗 用	プレジデント
	40	36.0	33	33.5	1.4	1.45	長	乗 用	
	60	63.0	52	52.0	1.4	1.45	長	乗 用	
	80	63.0	66	65.5	1.4	1.45	短	乗 用	
7	20	19.3	17	17.5	1.9	1.95	短	小トラ	ライトエース
	40	42.0	37	37.0	1.8	1.90	短	小トラ	
	60	63.0	52	52.0	1.9	1.90	短	小トラ	
	80	63.0	77	72.0	1.8	1.90	短	小トラ	
8	20	21.0	18	18.0	1.4	1.40	短	乗 用	グ ロ リ ア
	40	36.0	35	35.5	1.4	1.40	長	乗 用	
	60	63.0	50	50.5	1.4	1.40	短	乗 用	
	80	84.0	63	62.5	1.3	1.40	短	乗 用	
9	20	19.3	17	17.5	1.3	1.40	短	乗 用	ラ イ ト バ ン
	40	36.0	31	31.0	1.3	1.35	短	乗 用	
	60	63.0	56	56.0	1.3	1.40	短	乗 用	
	80	63.0	71	70.5	1.3	1.40	短	乗 用	
10	20	21.0	20	20.5	1.4	1.40	短	乗 用	ク ラ ウ ン S
	40	36.0	38	38.0	1.4	1.40	短	乗 用	
	60	63.0	56	56.0	1.3	1.40	短	乗 用	
	80	84.0	76	75.5	1.3	1.40	短	乗 用	

なお、車種判定結果は、

大型バス……………“大バス”

大型貨物……………“大トラ”

小型バス……………“小バス”

小型貨物……………“小トラ”

乗 用 車……………“乗 用”

で示し、また、車長判定結果は、基準値（超音波とループ車両感知器間）より長いものを“長”、短いものを“短”で示した。

この結果から速度が変化しても車種分類に与える影響は少いことがわかる。とくに、車高に関しては速度との間に相関は認められない。

3) 車両走行位置と車種分類特性

走行位置の車種判定に与える影響を調べた結果を表3-5に示す。

表3-5 車両走行位置と車種分類特性測定結果

No	走行位置 (cm)		速 度 (km/h)			全 高 (m)		車長判定	車種判定	車 両 名
	設 定	測 定	測定値	実測値	アナログ値	実測値	アナログ値			
1	+60	+40	31.5	31	32.0	2.9	2.90	長	大トラ	大 型 バ ス
	+30	+15	42.0	37	37.5	2.7	2.80	長	大トラ	
	0	-15	36.0	36	36.5	2.6	2.70	長	大トラ	
	-30	-35	36.0	34	34.5	2.5	2.60	長	大トラ	
	-60	-100	-	-	-	-	-	-	判定せず	
2	+60	+65	31.5	33	33.5	2.4	2.40	長	大トラ	ニ ッ サ ン 5 t ト ラ ッ ク
	+30	+45	31.5	34	35.0	2.4	2.40	長	大トラ	
	0	0	31.5	31	32.0	2.3	2.35	長	大トラ	
	-30	-15	36.0	37	37.5	2.0	2.05	長	大トラ	
	-60	-55	-	-	-	-	-	-	判定せず	
3	+60	+65	36.0	32	33.5	2.7	2.75	短	小トラ	ニ ッ サ ン 2 t ト ラ ッ ク
	+30	+35	42.0	39	39.5	2.6	2.65	短	小トラ	
	0	+5	36.0	35	36.0	2.5	2.60	短	小トラ	
	-30	-15	36.0	34	34.5	2.5	2.50	短	小トラ	
	-60	-60	22.9	18	19.0	2.4	2.40	短	小トラ	
4	+60	+60	42.0	33	33.5	2.2	2.25	長	小バス	マ イ ク ロ ス バ
	+30	+30	42.0	37	38.0	2.1	2.20	長	小バス	
	0	-10	36.0	37	37.0	2.1	2.10	長	大トラ	
	-30	-30	36.0	32	33.5	1.9	1.90	短	小トラ	
	-60	-60	-	-	-	-	-	-	判定せず	
5	+60	+45	36.0	36	36.0	1.9	1.95	短	小トラ	ハ イ エ ー ス 1.5 t
	+30	+20	36.0	40	41.0	1.8	1.90	短	小トラ	
	0	-10	42.0	41	41.5	1.8	1.90	短	小トラ	
	-30	-40	42.0	32	33.5	1.0	1.05	短	乗 用	
	-60	-70	-	-	-	-	-	-	判定せず	

No	走行位置 (cm)		速 度 (km/h)			全 高 (m)		車長判定	車種判定	車 両 名
	設 定	測 定	測定値	実測値	アナログ値	実測値	アナログ値			
6	+60	+55	42.0	39	39.5	1.4	1.45	長	乗 用	プ レ ジ デ ント
	+30	+30	42.0	37	38.0	1.4	1.40	長	乗 用	
	0	- 5	36.0	34	34.5	1.3	1.40	短	乗 用	
	-30	-30	42.0	32	33.5	1.0	1.05	短	乗 用	
	-60	-55	-	-	-	-	-	-	判定せず	
7	+60	+60	36.0	34	34.5	1.9	1.90	短	小トラ	ラ イ ト エ ース
	+30	+30	36.0	38	38.5	1.9	1.90	短	小トラ	
	0	-20	36.0	34	34.5	1.7	1.80	短	小トラ	
	-30	-30	36.0	33	33.5	1.5	1.60	短	小トラ	
	-60	-	-	-	-	-	-	-	判定せず	
8	+60	+65	42.0	34	34.5	1.4	1.40	短	乗 用	グ ロ リ ア
	+30	+30	42.0	36	37.0	1.3	1.40	短	乗 用	
	0	0	42.0	37	37.5	1.3	1.35	短	乗 用	
	-30	-30	36.0	33	33.5	1.2	1.30	短	乗 用	
	-60	-	-	-	-	-	-	-	判定せず	
9	+60	+60	36.0	32	33.5	1.4	1.40	短	乗 用	ラ イ ト バ ン
	+30	+25	36.0	33	34.0	1.3	1.40	短	乗 用	
	0	- 5	36.0	35	36.0	1.2	1.30	短	乗 用	
	-30	-25	36.0	30	31.0	1.1	1.20	短	乗 用	
	-60	-	-	-	-	-	-	-	判定せず	
10	+60	+65	42.0	37	37.5	1.4	1.40	短	乗 用	ク ラ ウ ン S
	+30	+20	42.0	38	38.5	1.4	1.40	短	乗 用	
	0	+15	42.0	36	36.5	1.3	1.40	短	乗 用	
	-30	-25	42.0	37	37.5	1.2	1.30	短	乗 用	
	-60	-45	22.0	20	20.5	0.8	0.90	短	乗 用	

なお、上表でも明らかなように、車両走行位置が変化するとインダクタンスと測定車高が減少し、とくに大型バスが大型貨物車に分類されることがわかったので、“トラックとバスの判定限界”について追加実験を行った。その結果を表3-6に示す。

※
表3-6 トラックとバスの判定限界の測定結果

No	判 定 レベル	速 度 (km/h)			全 高 (m)			車種判定	車 両 名
		測定値	実測値	アナログ値	実測値	アナログ値			
1	5	9.3	8	10.0	2.8	2.85	長	大トラ	大 型 バ ス
2	4	15.7	16	18.0	2.4	2.45	長	大トラ	ニッサン5tトラック
3	4	9.3	8	10.0	2.8	2.85	長	大トラ	大 型 バ ス
4	3	25.2	24	25.5	2.4	2.45	長	大トラ	ニッサン5tトラック
5	3	-	11	13.0	2.8	2.85	長	大バス	大 型 バ ス

※ 大型バス-30 cm, 大型トラック中央走行時の結果

この表より、判定値を「3」にすることにより走行位置が-30 cmにおいても大型バスと大型トラ

ックの分類が可能であることがわかる。

4) 車間距離と車種分類特性

先行車と追従車の組み合わせを2種類選り次の3ケースについて実験した。その結果を表3-7～9に示す。

(A) ライトエース, スカイラインバン (20 km/h 走行)

(B) ライトエース, コークIIバン (")

(C) " " (40 km/h 走行)

表3-7 車間距離と車種分類特性測定結果(A)

No	車間距離	速 度 (km/h)		全 高 (m)		車長 判定	車種判定	車 両 名	備 考
		実測値	アナログ値	実測値	アナログ値				
1	5	19	18.0	1.9	1.95	短	小トラ	ライトエース	
		18	18.0	1.4	1.45	短	乗 用	スカイライン	
2	4	19	18.0	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		18	18.0	1.4	1.40	短	乗 用	スカイライン	
3	3.3	19	18.0	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		18	17.5	1.4	1.40	短	乗 用	スカイライン	
4	3.0	19	18.5	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		19	18.5	1.4	1.40	短	乗 用	スカイライン	
5	2.5	-	-	-	-	-	判定せず	ライトエース	LOOP 分解せず
		-	-	-	-	-	判定せず		USD 分 解

表3-8 車間距離と車種分類特性測定結果(B)

No	車間距離	速 度 (km/h)		全 高 (m)		車長 判定	車種判定	車 両 名	備 考
		実測値	アナログ値	実測値	アナログ値				
1	4.0	15	15.0	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		15	15.0	1.3	1.40	短	乗 用	マークII	
2	3.5	19	18.0	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		15	15.0	1.4	1.40	短	乗 用	マークII	
3	3.0	17	16.0	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		15	15.5	1.3	1.40	短	乗 用	マークII	
4	3.0	-	-	-	-	-	判定せず	ライトエース	LOOP 分解せず
		-	-	-	-	-	判定せず	マークII	USD 分 解
5	3.0	16	15.5	1.9	1.90	長	小トラ	ライトエース	LOOP, USD 共 分 解
		-	-	-	-	-	判定せず	マークII	

表3-9 車間距離と車種分類特性測定結果(C)

No	車間距離	速 度 (km/h)		全 高 (m)		車長 判定	車種判定	車 両 名	備 考
		実測値	アナログ値	実測値	アナログ値				
1	10	33	32.0	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		31	30.5	1.3	1.40	短	乗 用	マ ー ク II	
2	9.7	34	33.0	1.8	1.85	短	小トラ	ライトエース	
		33	32.0	1.3	1.40	短	乗 用	マ ー ク II	
3	9.5	32	31.0	1.9	1.95	短	小トラ	ライトエース	
		33	32.0	1.3	1.40	短	乗 用	マ ー ク II	
4	8.0	34	33.0	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		34	33.0	1.4	1.40	短	乗 用	マ ー ク II	
5	8.0	33	32.0	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		30	29.0	1.3	1.40	短	乗 用	マ ー ク II	
6	8.0	34	33.5	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		32	31.0	1.3	1.40	短	乗 用	マ ー ク II	
7	7.0	33	30.5	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		33	30.5	1.3	1.40	短	乗 用	マ ー ク II	
8	5.5	㊄	㊄	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		28	27.5	1.3	1.40	短	乗 用	マ ー ク II	
9	5.5	33	32.5	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		33	32.5	1.3	1.40	短	乗 用	マ ー ク II	
10	4.0	㊄	㊄	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		33	32.0	1.3	1.40	短	乗 用	マ ー ク II	
11	3.8	㊄	㊄	1.9	1.90	短	小トラ	ライトエース	
		30	29.0	1.3	1.40	短	乗 用	マ ー ク II	
12	3.0	34	33.5	1.9	1.95	長	小トラ	ライトエース	LOOP, USD 共分解せず
		—	—	—	—	—	判定せず	マ ー ク II	
13	3.0	33	32.0	1.9	1.90	長	小トラ	ライトエース	LOOP 分解せず USD 分 解
		—	—	—	—	—	判定せず	マ ー ク II	
14	2.7	30	32.0	1.9	1.90	長	小トラ	ライトエース	"
		—	—	—	—	—	判定せず	マ ー ク II	

注) (LOOP: ループ式車両感知器)
(USD: 超音波車両感知器) を表わす。

これらの結果より、車間距離が3.0 m以下になると車種分類車両感知器で分解できないことがわかる。

5) 感知素子間隔と車種分類特性

車両感知素子の設置間隔が車種判定に与える影響を調べた結果を表3-10に示す。

表3-10 感知素子間隔と車種分類特性測定結果

No	超音波ループ間隔	速 度 (km/h)				全 高 (m)		車長判定	車種判定	車 両 名
		設 定	測定値	実測値	アナログ値	実測値	アナログ値			
1	4.75	20	21.0	18	18.0	2.6	2.70	短	小トラ	ニッサン2t トラック (ホロ付)
		40	36.0	35	35.5	2.7	2.70	短	小トラ	
		60	50.4	48	48.5	2.7	2.75	短	小トラ	
2	4.45	20	22.9	22	20.5	2.6	2.60	長	大トラ	
		40	42.0	41	38.5	2.7	2.60	長	大トラ	
		60	63.0	59	56.5	2.7	2.60	長	大トラ	
3	4.75	20	19.3	17	17.5	1.9	1.90	短	小トラ	ハイエース 1.5 t
		40	42.0	35	35.5	1.9	1.95	短	小トラ	
		60	50.4	53	53.0	1.9	1.90	短	小トラ	
4	4.45	20	22.9	20	18.5	1.9	1.90	短	小トラ	
		40	36.0	36	34.5	1.9	1.90	短	小トラ	
		60	63.0	56	54.0	1.9	1.90	短	小トラ	
5	4.15	20	21.0	20	18.5	1.9	1.90	短	小トラ	プレジデント
		40	42.0	40	38.0	1.9	1.90	短	小トラ	
		60	63.0	59	56.5	1.9	1.90	短	小トラ	
6	4.75	20	16.8	15	15.5	1.4	1.45	長	乗 用	
		40	36.0	33	33.5	1.4	1.45	長	乗 用	
		60	63.0	52	52.0	1.4	1.45	長	乗 用	
7	4.45	20	19.3	19	18.0	1.4	1.40	長	乗 用	ライトエース
		40	36.0	36	34.5	1.4	1.40	長	乗 用	
		60	50.4	58	56.0	1.4	1.40	長	乗 用	
8	4.75	20	19.3	17	17.5	1.9	1.95	短	小トラ	
		40	42.0	37	37.0	1.8	1.90	短	小トラ	
		60	63.0	52	52.0	1.9	1.90	短	小トラ	
9	4.15	20	19.3	18	16.5	1.9	1.90	短	小トラ	グロリア
		40	42.0	39	37.0	1.9	1.90	短	小トラ	
		60	50.4	55	52.5	1.9	1.90	短	小トラ	
10	4.75	20	21.0	18	18.0	1.4	1.40	短	乗 用	グロリア
		40	36.0	35	35.5	1.4	1.40	長	乗 用	
		60	63.0	50	50.5	1.4	1.40	短	乗 用	

No.	超音波ループ間隔	速 度 (km/h)				全 高 (m)		車長判定	車種判定	車 両 名
		設 定	測定値	実測値	アナログ値	実測値	アナログ値			
11	4.15	20	21.0	21	20.5	1.4	1.40	長	乗 用	グ ロ リ ア
		40	36.0	38	36.0	1.4	1.40	長	乗 用	
		60	63.0	54	51.0	1.4	1.40	長	乗 用	
12	4.75	20	21.0	20	20.5	1.4	1.40	短	乗 用	ク ラ ウ ン S
		40	36.0	38	38.0	1.4	1.40	短	乗 用	
		60	63.0	56	56.0	1.3	1.40	短	乗 用	
13	4.45	20	21.0	19	18.0	1.4	1.40	短	乗 用	
		40	42.0	38	36.0	1.4	1.40	短	乗 用	
		60	50.4	54	51.0	1.4	1.40	短	乗 用	
14	4.15	20	21.0	20	18.5	1.4	1.40	長	乗 用	
		40	42.0	40	38.0	1.3	1.30	長	乗 用	
		60	63.	61	58.5	1.4	1.40	短	乗 用	

表3-10より超音波・ループ間隔を4.75から4.45 mにすると2 tトラック（全長5.69 m）が小型貨物車から大型貨物車に分類が移行している。その他の車種については、車長判定に変化は見られるが車種分類には変化が見られない。

6) 2ループ方式のデータ収集

車長、車高測定その他、インダクタンス変化率による床面高さの計測を加え車種判定を行った結果を表3-11に示す。

なお、表中の“定位置”とは車線中央を走行した場合の2ループの内側のループ感知ユニットが感知した位置での外側のループのインダクタンス変化率を示している。また、インダクタンス比率はインダクタンス変化率の最大値を“定位置”でのインダクタンス変化率で割った値である。

表3-11より1.5 mの定位置でインダクタンス比率を測定した結果では、大型バスと大型トラックの間に大きな差が認められず、両者の判定を行うことが困難である。そこで、別に大型バスと大型トラックに関してインダクタンス変化率の測定を行った結果を示したものが図3-4である。

この図より、大型バスの場合ループコイルの端から2.0, 3.0, 3.5 mの位置でのインダクタンス変化率の変動は少なくなっているのに対し、大型トラックの場合2.0 mの位置では大型バスとの差がみられない。したがって、インダクタンス変化率の測定結果より最適ループ間隔は3.0 mまたは3.5 mと考えられ、このような設定を行うことにより大型バスと大型貨物車の分離は走行位置の制約を受けずに可能となる。

表3-11 2ループ方式による車種判定結果

No	速 度 (km/h)				全 高 (m)		インダクタンス (V)		インダクタンス 比 率	想定車 種判定	車 両 名
	設 定	測定値	実測値	アナログ値	実測値	アナログ値	定位置	最大値			
1	20	25.2	20	20.0	2.8	2.90	1.4	3.3	2.2	大バス	大型バス
	40	36.0	29	27.0	2.9	2.85	1.8	4.0	2.2	大バス	
	60	50.4	43	41.0	2.8	2.85	2.0	3.6	1.8	大バス	
	80	63.0	60	56.5	2.9	2.85	1.8	3.9	2.2	大バス	
2	20	25.2	21	20.5	2.4	2.40	1.5	2.3	1.5	大バス	ニッサン 5t トラック
	40	36.0	29	27.0	2.3	2.30	1.9	2.2	1.2	大バス	
	60	50.4	47	46.0	2.1	2.10	2.0	2.1	1.0	大バス	
	80	63.0	61	57.5	2.3	2.30	1.4	1.8	1.3	大バス	
3	20	28.0	20	19.0	2.6	2.70	2.3	2.4	1.0	小バス	ハイエース 1.5t (ホロ付)
	40	36.0	27	25.5	2.6	2.65	2.3	2.3	1.0	小バス	
	60	50.4	43	41.0	2.7	2.70	2.3	2.3	1.0	小バス	
	80	84.0	55	54.0	2.7	2.65	2.2	2.2	1.0	小バス	
4	20	21.0	16	15.5	2.2	2.20	3.3	4.5	1.4	小バス	マイクロ バス
	40	36.0	28	25.5	2.2	2.20	3.2	4.3	1.3	小バス	
	60	50.4	42	38.5	2.2	2.15	3.2	4.3	1.3	小バス	
	80	63.0	54	51.0	2.2	2.20	3.1	4.0	1.3	小バス	
5	20	21.0	14	13.0	1.9	1.90	1.8	2.0	1.1	小バス	ハイエース 1.5t
	40	36.0	30	28.0	1.9	1.90	1.8	1.9	1.1	小バス	
	60	63.0	44	41.0	1.9	1.85	1.8	1.8	1.0	小バス	
	80	84.0	55	54.0	1.9	1.85	1.8	1.8	1.0	小バス	
6	20	19.3	14	13.0	1.4	1.40	5.8	6.1	1.1	乗 用	プレジデント
	40	36.0	29	27.0	1.4	1.40	5.5	6.1	1.1	乗 用	
	60	63.0	45	42.0	1.4	1.40	5.4	6.1	1.1	乗 用	
	80	63.0	59	56.0	1.4	1.40	5.2	6.1	1.2	乗 用	
7	20	21.0	15	14.0	1.9	1.90	3.9	4.0	1.0	乗 用	ライトエース
	40	42.0	28	25.5	1.9	1.90	3.6	3.6	1.0	乗 用	
	60	63.0	41	38.5	1.9	1.85	3.8	3.8	1.0	乗 用	
	80	63.0	61	57.0	1.9	1.85	3.6	3.6	1.0	乗 用	
8	20	19.3	15	13.5	1.4	1.40	5.7	6.1	1.1	乗 用	グロリア
	40	36.0	28	25.5	1.4	1.35	5.4	6.1	1.1	乗 用	
	60	63.0	45	42.0	1.4	1.35	5.2	6.1	1.2	乗 用	
	80	84.6	53	50.0	1.4	1.35	5.0	6.1	1.2	乗 用	
9	20	21.0	15	13.5	1.4	1.40	5.1	6.1	1.0	乗 用	ライトバン
	40	42.0	28	25.5	1.3	1.30	6.0	6.1	1.0	乗 用	
	60	63.0	41	38.5	1.4	1.35	6.0	6.1	1.0	乗 用	
	80	63.0	52	48.5	1.3	1.30	6.0	6.1	1.0	乗 用	
10	20	22.9	17	15.5	1.4	1.40	6.1	6.1	1.0	乗 用	クラウンS
	40	36.0	29	27.0	1.4	1.35	6.0	6.1	1.0	乗 用	
	60	63.0	47	43.5	1.4	1.35	6.0	6.1	1.0	乗 用	
	80	84.0	65	61.5	1.4	1.35	6.0	6.1	1.0	乗 用	

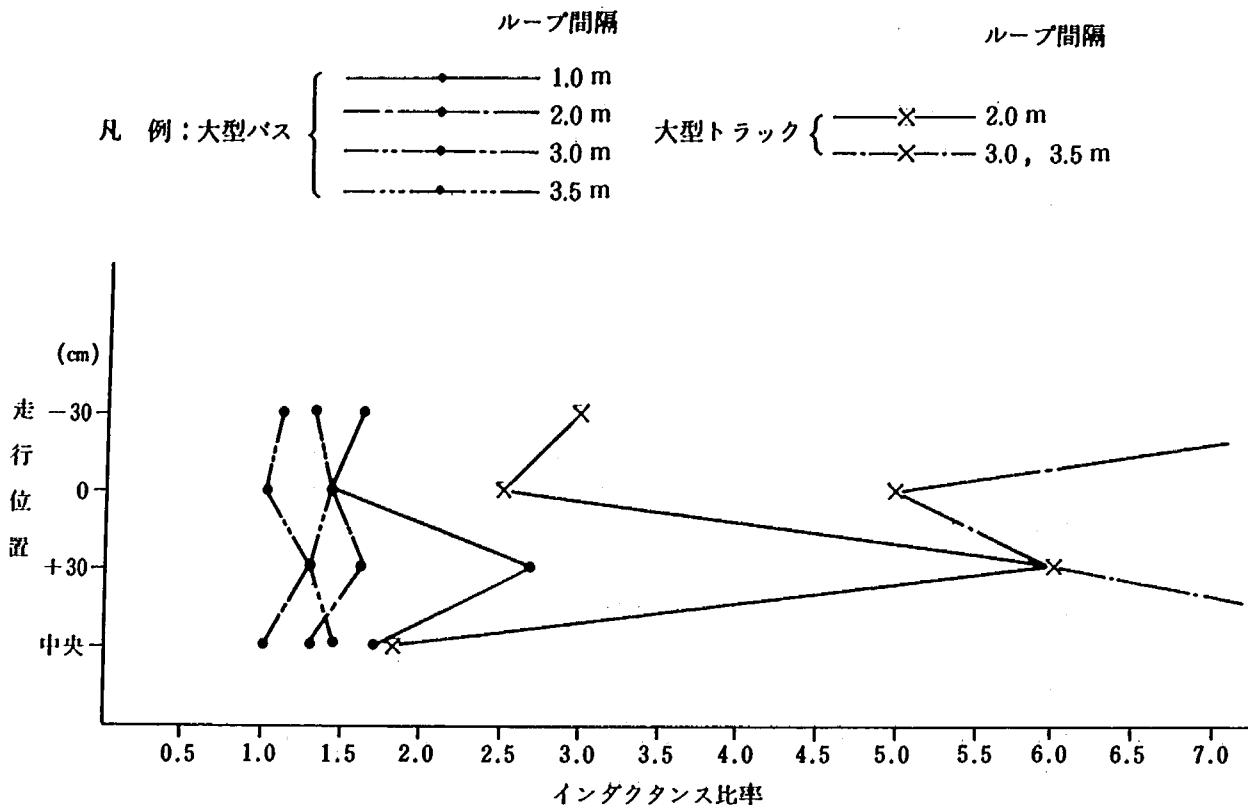


図3-4 走行位置とインダクタンス比率の関係

3-4 考 察

3-3項の実験結果に基づき、実績を有する車両感知器の特性を考慮して、車種判別装置の測定精度について考察する。

3-4-1 車高測定精度

表3-3の結果からライトエースを除く各車両に対して最大12cmの負の測定誤差が認められるのに対し、車速を変えた場合は車高測定（車種分類）精度に与える影響は少いことがわかる（表3-4）。

一方、表3-5から車両走行位置が中心より外側にずれるに従って、測定車高が低くなっている。これらの誤差の生ずる原因としては、次の3つが考えられる。

- ・超音波送受波器は指向性があるため、車両の走行位置の変化により、超音波の伝播距離が長くなり車高が低く計測される。
- ・気温変化により音速が変わるため車高計測に誤差を生ずる。
- ・送波周期でサンプリングして計測するため、とくに車速が大きくなれば誤差は大きくなる。

1) 超音波送受波器の指向性と車両走行位置

車両走行位置と測定車高の関係をみると車両走行位置が超音波受波器のビーム軸より外側にずれるに従い測定車高が低くなっている。これは、図3-5に示すように超音波車両感知器には幾何学的な感知領域があるため、超音波送受波器より一様に放射された超音波は反射物体の位置が異なることにより反射時間がそれぞれ違ってくるのである。この関係を示したのが図3-6である。すなわち、感

知領域で車高2.6 mの車両がビーム中心軸より0.5 mずれることにより4.3 mの誤差が生ずることを示している。

図3-5の特性を実験結果と比較してみると、誤差の絶対値は実験結果の方が大きい。これは、車両の構造が図3-7に示すように屋根の角の部分に角がなく、まるくなっているために、さらに負の誤差となってあらわれたものと考えられる。

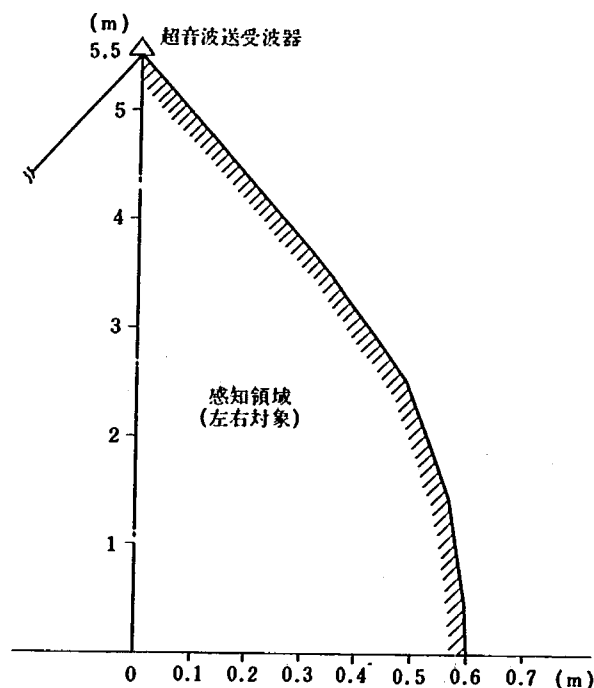


図3-5 超音波送受波器の幾何学的感知領域

は次のように表わされる。

$$n_1 = \frac{H}{T \cdot V_1} \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

この時、車高 h (m) は、

$$h = n \cdot T \cdot V_1 \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

となる。そこで(3-1)(3-2)式より H を消去すると

$$h = \frac{n_0}{n_1} \cdot n \cdot T \cdot V_0 \quad \dots\dots\dots (3-4)$$

2) 気温変化が車高測定精度に及ぼす影響

気温と測定誤差の関係を図3-8に示す。この図から気温が $0 \sim 40^\circ$ の範囲でも10数 cm 誤差の生じていることがわかる。

なお、気温変化の影響を受けない方法について以下に述べる。

高さ測定は、1-2-2項でも明らかなように、超音波を発射して反射波が帰ってくるまでの時間で計測される。いま、送受波器のヘッド取付け高さを (H) m、測定用クロック周期を $T(S)$ 、温度を $\theta_0(^{\circ}C)$ 、温度 θ_0 の時の音速を $V_0(m/s)$ とすると路面反射波のカウント数 n_0 は次のように表わされる。

$$n_0 = \frac{H}{T \cdot V_0} \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

次に気温が $\theta_1(^{\circ}C)$ になった場合の音速を $V_1(m/s)$ とすると、路面反射のカウント数 n_1

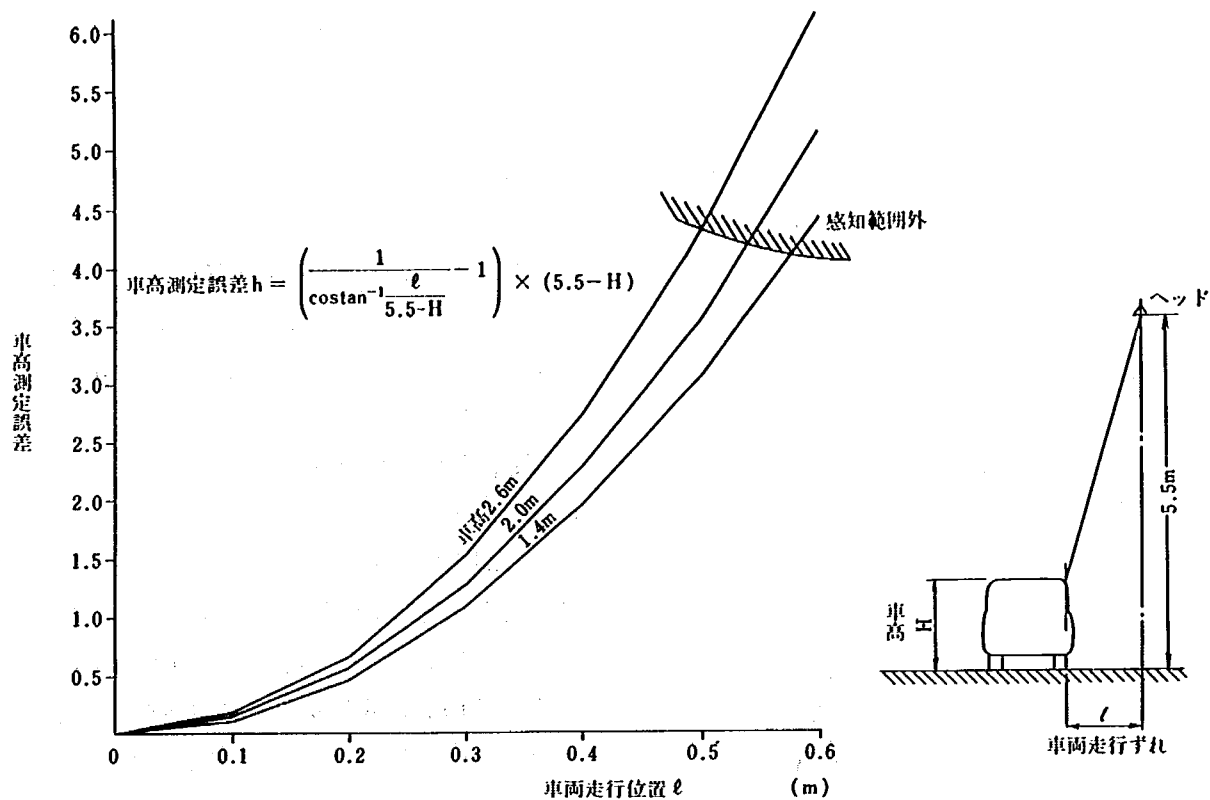


図 3 - 6 車両走行位置と車高測定誤差の関係

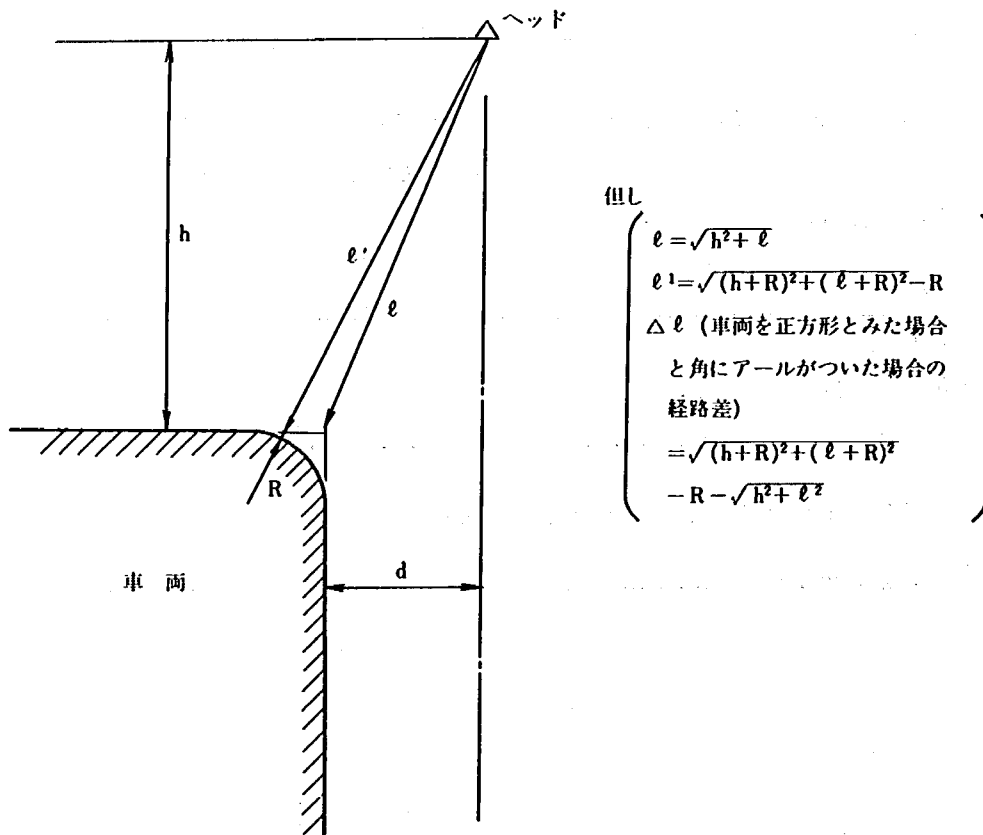


図 3 - 7 超音波伝播経路差

が得られる。(但し、 n : クロックのカウント数である)

(3-4) 式は温度 θ (°C) の音速, 路面反射のカウント数を記憶していれば温度 θ_1 (°C) の音速が未知であっても路面反射波のカウント数 n_1 , と車両反射波のカウント数 n より車高の測定が可能であることを示している。

したがって, 装置設置時に上記音速 V_0 , カウント数 n_0 を記憶装置に入力することにより外気温に関係なく車高の測定ができる。

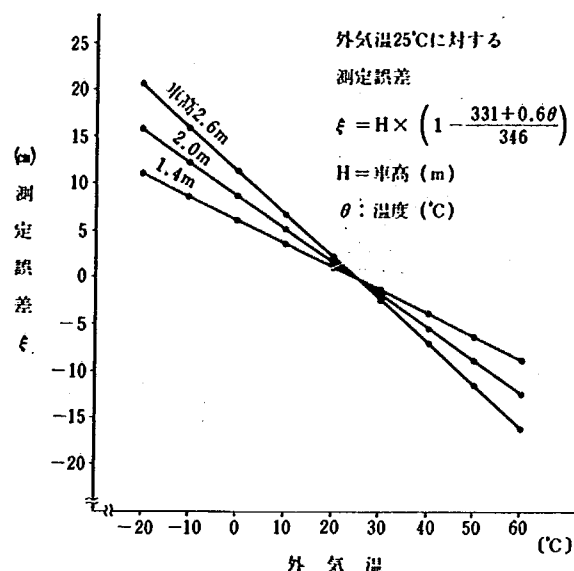


図3-8 気温変化と測定誤差の関係

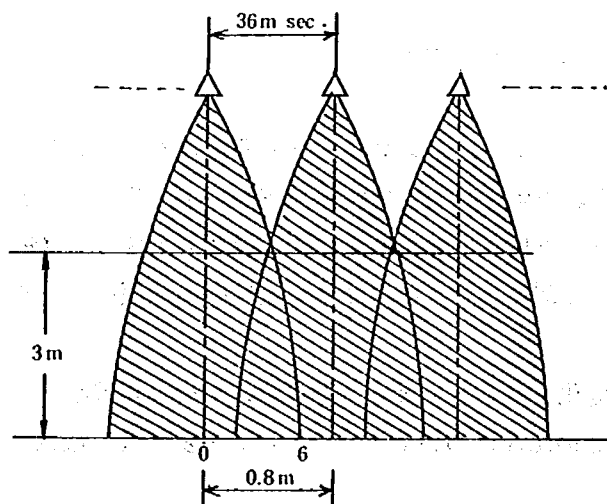


図3-9 感知領域と送波周期の関係

3) 送波周期が車高測定精度に及ぼす影響

表3-3の結果から, 車両速度と測定車高の関係をみると, 大型貨物車以外の車両に関しては速度によって測定車高にあまり大きな変化は認められないが, 大型貨物車は表3-11に示すように速度60 km/hで2.1 mとかなり低い値となっている。これは, 超音波車両感知器の送波が間欠波であるため, 車両の速度とタイミングによっては車高の高い部分の面積が狭いトラックのような屋根からの反射を得られないことがあるためと考えられる。

そこで, 図3-9に示すような感知領域と送波周期の関係についてみると, 測定車両の最大値を80 km/h, 最大高を3.0 mに対して, 図3-5より感知領域は0.8 mとなるので感知領域に空隙を生じない送波周期は36 secとなる。したがって, 送波周期が36 m sec (現状では33 (= 0.8 m / 80 km/h × 3600)) が限界で, これに対する車高は3.4 mである) 以下であれば車両からの反射は必ず得られる。

3-4-2 車長測定精度

ループ式では車両の感知位置が車種により異なると同様超音波式は間欠波であるため車速や送波周期により感知位置が異なる。したがって, ループ式の感知位置と超音波式の感知位置の精度によって車長測定精度が決定される。いま, 表3-10の実験結果をみると2トトラックに関して超音波・ループ間隔を4.75から4.45 mにするといずれの速度においても“短”から“長”に判定されることから0.3 m以内の測定精度を有するものと考えられる。なお, グロリアにおいて超音波・ループ間隔が4.75 mであるにもかかわらず“短”と判定されたり“長”と判定されたりしているのは超音波が間欠波であるためと考えられる。

超音波とループを組み合わせた時の車長測定誤差を速度の関数として表わしたものを図3-10に示す。

す。

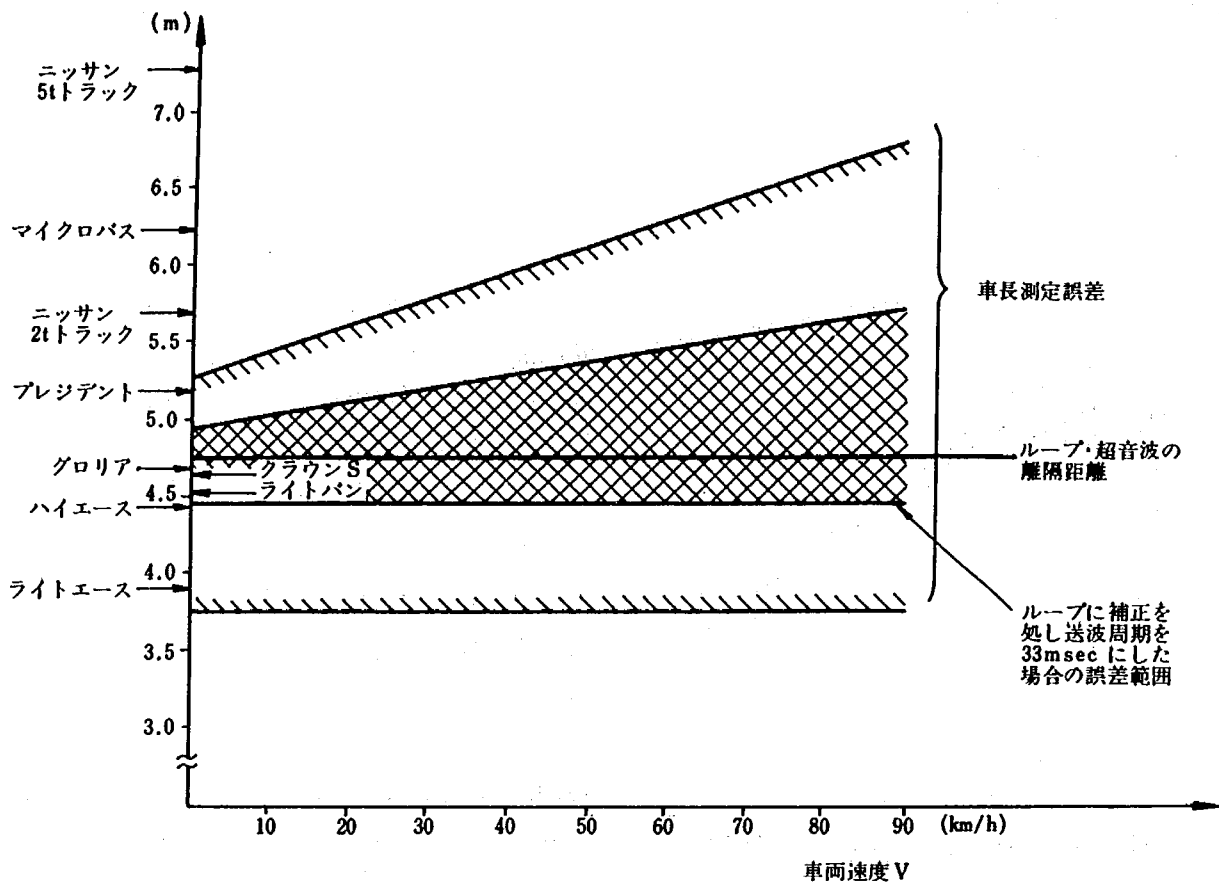


図 3-10 速度と車長測定誤差の関係

上図の網目部は、超音波の送波周期を 33 msec にし、かつ、インダクタンス変化の大きい車両に関しては判定レベルを上げインダクタンス変化の小さい車両に関しては判定レベルを下げることにより、ループ式感知ユニットの感知出力が感知から非感知に移る位置を一定にする処理 (AGC; 自動利得調整) を行った場合の誤差領域を示す。なお、斜線部は誤判定を受ける可能性のある領域である。

3-4-3 床面高さ測定精度

大型バスと大型貨物車の走行時のインダクタンス変化をみると、双方とも車線の中央から偏心して走行するほどインダクタンス変化量は小さくなる。この関係についてインダクタンス変化量の最大値をプロットしたものが図 3-11 である。

この図から、大型バスが車線中央から逸脱すると、大型貨物車が車線中央を走行した時のインダクタンス変化量より小さくなる。この大型バスが車線を逸脱した時のインダクタンス変化量と、大型貨物車が車線中央を走行した時のインダクタンス変化量が一致した位置が、両車種の判別が可能な走行位置の限界値である。すなわち、大型バスと大型貨物車を分離する限界値は、大型バスの一方のタイヤが車線中央を走行した場合である。この場合、大型バスの車幅を 2.5 m、道路幅を 3.7 m とすると車両は車線外に 0.65 m 逸脱していることになり、これ以上逸脱すれば大型バスは大型貨物車と判別される。なお、3.0 m あるいは、3.5 m の間隔に設置された 2 ループ方式における定位置でのインダクタンス比

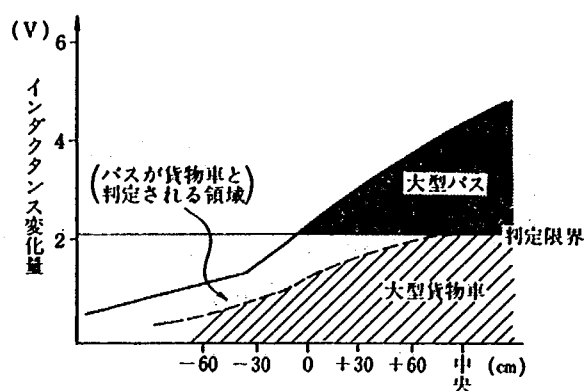


図 3-11 走行位置とインダクタンス変化量の関係

率を求めることにより、車両の走行位置に関係なく大型貨物車の分離が可能であるが、実用上は上記の走行車両までを判別すれば十分考えられる。

3-4-4 車種分類精度

本装置の車種分類機能は大型バス、大型（普通）貨物車、小型バス、小型貨物車および乗用車の 5 車種の分類を対象としたものであるが、表 3-4 にも示したように、本実験に使用した 10 種類の車両（特殊な形状を有しない）が車線内走行した場合は確実に分類されている。

4. ま と め

車両感知素子の特性から決定される誤差分布と、自動車保有台数および南関東地域（1都3県）における車種別走行距離を考慮して最適な車種判別値を求めた。一方、車種分類車両感知器の基礎調査において明らかとなったいくつかの車種分類方式のうち、車種判別要素（車高、車長および床面高さ）の測定条件を満足し、かつ経済的（安価）な組み合わせと考えられる方式（超音波式とループ式車両感知器を組み合わせたもの）を基礎として車種分類車両感知器を試作し、前述の車種判別値を用いて判別機能を確認した。

これらの検討結果から、本装置の機能として次のことが明らかとなった。

1) 車高計測精度

超音波方式により車両の車高を計測して車種分類する場合、車高計測精度が問題となる。

車高計測誤差の生ずる要因は次のとおりである。

- (a) 車両の走行位置により超音波の伝播距離が長くなり車高が低く計測される。
- (b) 気温変化により音速が変化するため誤差を生ずる。
- (c) 送波周期でサンプリングして計測するため、とくに車速が大きくなると誤差も比例して大きくなる。

(a)項については、車線内を走行する車両に対しては問題ない。また(b)項の音速に対する誤差は3-4-1の2)で述べた方法で解消できる。さらに、(c)項については、送波周期を短くすることにより誤差を小さくすることができる。したがって、最終的には超音波による車高測定の誤差範囲は±5 cm以内である。

2) 車長測定精度

超音波方式とループ方式による車長測定誤差の生ずる原因は、超音波が間欠波であるためと、ループ方式においては車種によって感知位置が異なると同様、感知から非感知に移る位置も異なるためと考えられる。したがって、送波周期を33 msec（最少値）と短くすることおよびループ方式にAGC（自動利得調整）をほどこすことにより計測誤差範囲は±30 cm以内となる。

3) 床面高さ測定精度

ループ方式により床面高さを測定する目的は、車高および車長測定だけでは分離できない大型バスと大型貨物車を分類するために、床面高さの違いに着目してループコイルのインダクタンス差で区別するものである。しかし、バスが車線を逸脱して走行した場合、ループコイルを被う面積が小さくなるためインダクタンスの変化量が大型貨物車と同等になり、最大値だけでは分離できなくなる。本実験においては道路幅3.75 mで走行した場合約90 cmの車線逸脱まで分離できたが、それ以上の車線逸脱までを分離する必要がある場合はループコイル1個では不可能であり、3-3の6)で述べた2ループ方式により検出することになる。

4) 車種分類精度

今回実験に使用した車両は10種類であるが、通常走行（車線内走行）では100%精度で分類できる。

あ と が き

本研究では、道路上に設置され既に運用されている車両感知素子をできるだけ利用することを車種分類車両感知器の開発方針として調査研究を進めてきたが、今回の試作器による判別機能実験の結果から通常走行（車線内走行）において特殊な形状を除く車両では十分実用に供し得る車種分類精度を有することが確認された。

なお、本機器から得られる車種別交通データの有効利用等に関する検討が今後の課題として残されてはいるが、このような機器が莫大な経費を要する各種調査に利用され省力化等に役立てば幸いと考える。

最後に、本機器の開発にあたりご協力を頂いた関係各位に深く感謝の意を表します。

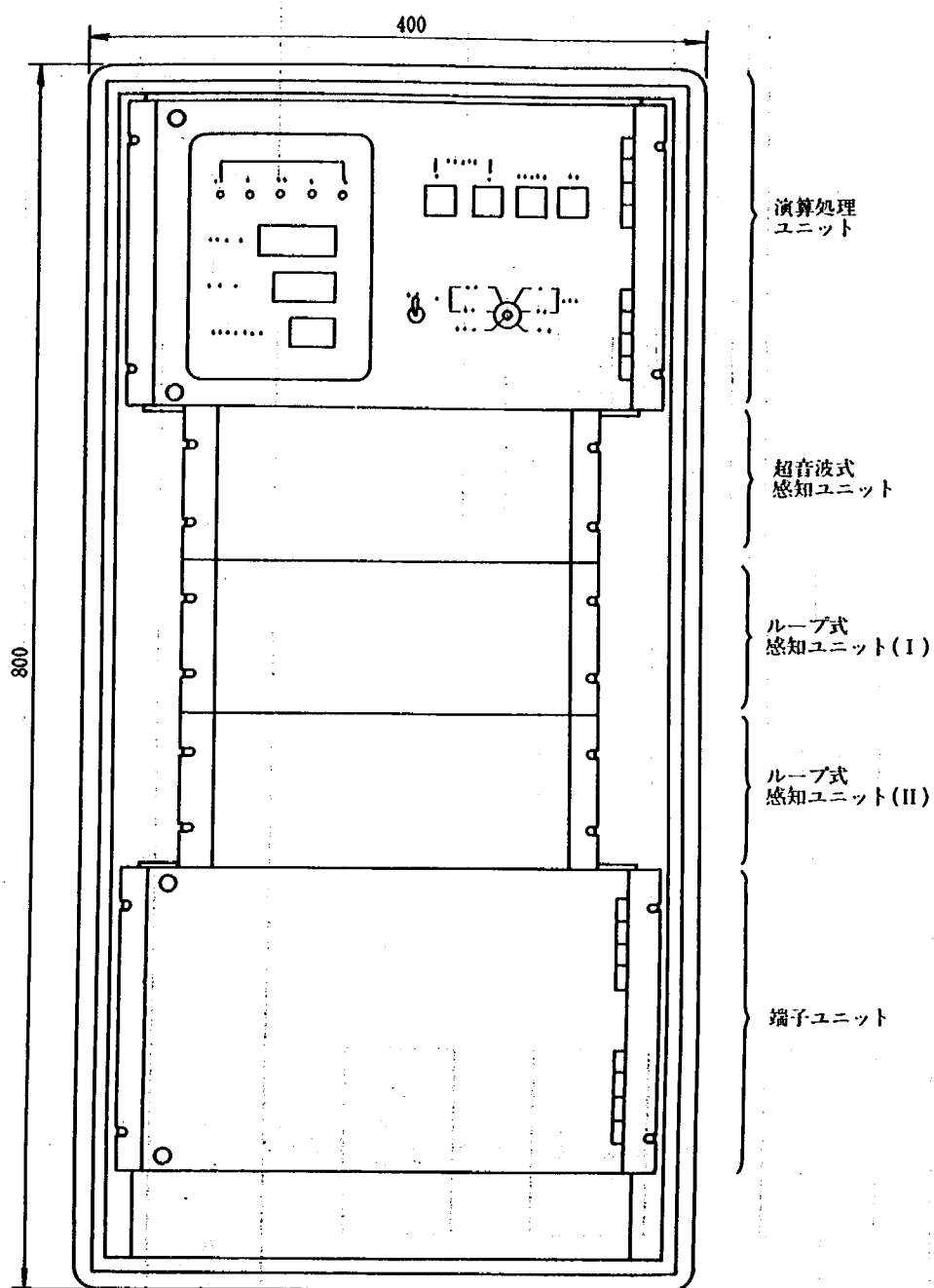
参 考 資 料

- 1) 車種分類車両感知器の開発に関する基礎調査報告書
昭和53年12月 立石電気(株)
- 2) 車種分類車両感知器の開発に関する基礎調査(その2)
昭和53年 松下通信工業(株)
- 3) 自動車の車種分類に関する解析業務報告書
昭和55年1月 セントラルコンサルタント(株)
- 4) 車種分類車両感知器の判別機能実験報告書
昭和55年2月 (社)建設電気技術協会
- 5) 車両感知器の調整に関する検討(超音波式車両感知器)
土木研究所資料1270号 52年8月
- 6) 車両感知器の調整に関する検討(ループ式車両感知器)
土木研究所資料1586号 55年3月

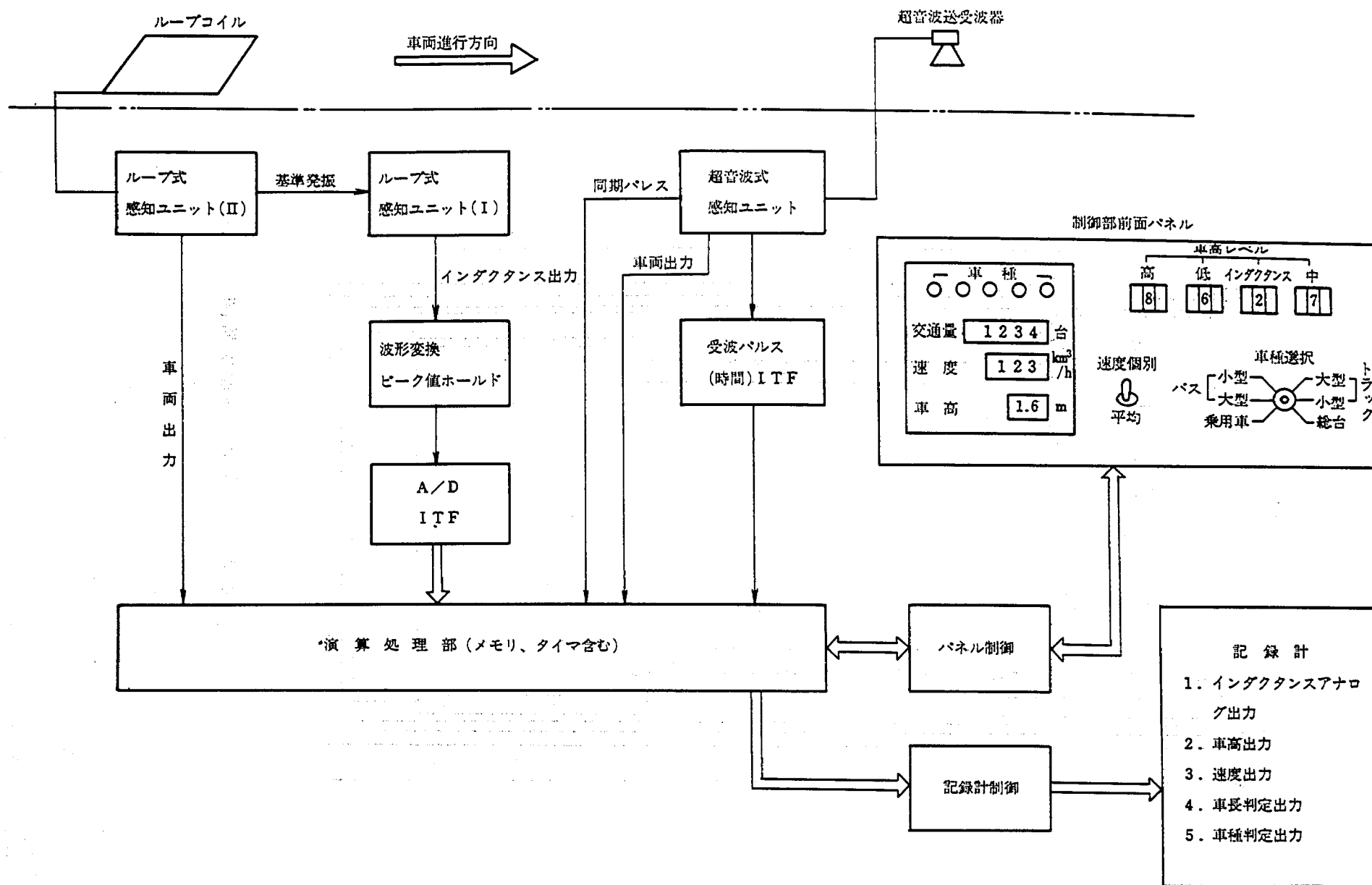
付 録

車種分類車両感知器に関する資料

附錄五 英國政府與海商會議公報中

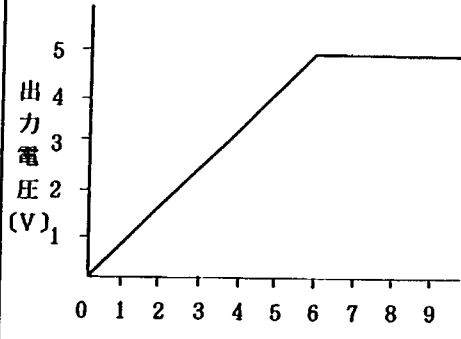


付図－１ 装置の前面配置図



付図-2 ブロック図

付表-1 機器の仕様

機能仕様		電気・機械・感知素子の仕様	備考																								
車種分類車両感知器	1) 車種分類は次の5車種とする。 大型バス、大型貨物、小型バス、小型貨物、乗用車 2) 出力(記録用出力) a) 車高 2 (V/m) b) 速度 0.1 (V/Km/h) c) インダクタンス 0.5 (V/%) d) 車長 5/0 V 長/短 e) 車種分類 5段階電圧レベル	使用感知素子 1) ループコイル(1個) 1.5m×2.4m 3ターン 2) 超音波送受波器 3) 筐体の外形寸法 400×800×350mm 4) 電気的条件 a) 入力電源 AC 80~110V 50/60HZ 40VA以下 b) 絶縁耐圧 1000V 1分間 c) 絶縁抵抗 10MΩ 以上 d) 動作温度 -20~+60℃ e) 相対湿度 40~90% 5) 機械的仕様 a) 耐振動 全振幅2mm, 振動数300~1200cpm上下, 左右, 前後各30分間試験後, 異常のない事	車種分類基準 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>車高</th><th>車長</th><th>床面高さ</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>大型バス</td><td>2.3m 以上</td><td>4.75m 以上</td><td>低</td></tr> <tr> <td>大型貨物</td><td>2.0m 以上</td><td>4.75m 以上</td><td>高</td></tr> <tr> <td>小型バス</td><td>2.0~2.3m</td><td>4.75m 以上</td><td>低</td></tr> <tr> <td>小型貨物</td><td>2.0m 以上</td><td>4.75m 未満</td><td>-</td></tr> <tr> <td>乗用車</td><td>1.48m 未満</td><td>-</td><td>-</td></tr> </tbody> </table>		車高	車長	床面高さ	大型バス	2.3m 以上	4.75m 以上	低	大型貨物	2.0m 以上	4.75m 以上	高	小型バス	2.0~2.3m	4.75m 以上	低	小型貨物	2.0m 以上	4.75m 未満	-	乗用車	1.48m 未満	-	-
	車高	車長	床面高さ																								
大型バス	2.3m 以上	4.75m 以上	低																								
大型貨物	2.0m 以上	4.75m 以上	高																								
小型バス	2.0~2.3m	4.75m 以上	低																								
小型貨物	2.0m 以上	4.75m 未満	-																								
乗用車	1.48m 未満	-	-																								
使用ユニットの単体仕様	1. インダクタンス検出用 (ユニットⅠ) 1) 適合ループコイル インダクタンス 80~200μH 2. 車両感知器用 (ユニットⅡ) 1) 適合ループインダクタンス 80~200μH 2) ループ供給高周波電圧 4Vrms 40~60KHZ 3) 自動補正範囲 ±15% (ΔL/L) 4) 感知感度 インダクタンス変化率に対し 0.2~5% 5) プレゼンス時間 「短」: 10±2sec 「中」: 5±2min 「長」: 20min 以上 6) 感知可能車両速度 0~160 (km/h)		 出力電圧 (V) インダクタンス変化率 (%) ループ式車両感知ユニットⅠのインダクタンス変化率対出力電圧特性曲線																								

		機 械 仕 様	電気・機械・感知素子の仕様	備 考
使用 ユニット の 単 体 仕 様	超 音 波 式 車 両 感 知 ユ ニ ツ ト	1) 感知対象 軽自動車以上の車両		車両分解能は次式で表わされる。 分解能 $D = \frac{V \times T_h}{3600} + D_s$ (m)
		2) 感知範囲 標準反射体(200%の円筒) にて測定し5mの位置で1.0 ～1.4m		T V ; 車両速度 (km/h) T_h ; 保持時間 (msec) D_s ; 感知範囲 (m)
		3) 保持時間 100, 200, 300 msec $\pm 10\%$ 可変		感知可能車両速度の算出式
		4) 感知距離 1.5 ～ 8.0 m		最大車両感知速度 $V = \frac{\text{車長} + D_s}{3.6}$ (km/h)
		5) 感知可能車両速度 0 ～ 160 (km/h) (60 msec 周期時)		車長 ; (m)

車種分類車両感知器の開発

ISSN 0386-5878
土研資料第1690号
昭和56年5月
建設省土木研究所
道路部道路研究室

キーワード 交通調査, 交通観測機器

要 旨

車種分類を要する全国道路交通情勢調査、大気汚染、騒音等の各調査では人手による調査を余儀なくされており多くの経費を要している。本資料は車種分類の自動化を目的として、試作器による車種判別機能実験を行い実用の可能性等について検討した結果をとりまとめたものである。



郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい

305-□□

建設省土木研究所

道路部道路研究室御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1690号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印