

車両感知器の調整に関する検討
(超音波式車両感知器)

昭和52年8月

建設省土木研究所
道路研究室

目 次

1. ま え が き	1
2. 必 要 性	2
3. 超音波式車両感知器の概要	3
4. 超音波式車両感知器の誤差要因	6
5. 調査実験方法	10
6. 調査実験結果	21
7. 結果の検討	56
8. あ と が き	69
9. 参 考 文 献	69

1. ま え が き

近年、道路交通の状況を知るために、多くの車両感知器が各種のシステムで使用されている。これらの車両感知器が正しく調整されたものならば、極端な渋滞以外は数%以内の誤差で交通量の計測が可能といわれてきた。

道路研究室では、占有率を計測する機器として最も信頼できるスリットカメラ¹⁾²⁾を使用して、ループ式、超音波式車両感知器の性能調査を行ない、さらに車両感知器がどの程度の精度であるか各地点の道路状況との比較も兼ねた調査まで行なってきた。

本報告書は、このような調査研究を基に、超音波式車両感知器を正しく調整し、これを維持管理していくために必要な機器を開発し、その一手法を検討したものである。

担当者 藤 田 大 二
野 口 正
河 野 辰 男
浦 本 良 文
* 門 脇 孝 男

* 現在、新交通研究室

2. 必 要 性

超音波式車両感知器は交通量、占有率などの交通情報収集用センサーとしてループ式車両感知器とともに多数設置され、実用に供されているが、現在のところ車両感知器に対し絶対的な信頼を得ているとはいえない。

これは整理すると次のように考えられる。

- 1) 現在、正常に作動しているかどうかの車両感知器の診断システムが弱い。
- 2) 正常に作動している機器を維持していく手法および維持していくための機器が確定していない。
- 3) 事前調査、工事、特に現地調整の管理が安定していない。
- 4) 感知器自体の改良が遅れている。

また、感知器自体に要求される性能条件を考えるならば

- 1) 台数の計数精度が高く、安定しており、誤差は統計的補正が可能であること。
- 2) 時間オキュパンスの測定には車両の存在時間の検出精度が高く、安定しており、誤差は統計的補正が可能であること。
- 3) 屋外に設置されるため、温度、湿度、雨雪、車両排気ガスなどの環境条件に耐えること。
- 4) 屋外に多数設置されるため、調整、保守が容易であり長寿命であること。

等があげられる。この内、車両感知器は1)の台数の計数精度が高く、安定していることが必須の性能条件である。

特に超音波式車両感知器では、設置場所、幅員、走行分布に適した感知領域に設定し、その性能を一定に維持することが、台数の計数精度を向上するだけでなく、定量的に道路交通情報を収集し制御するシステムの有用性からも極めて重要なことである。

しかしながら、現地での感知領域の設定は非常に困難であり、運用後正常に感知領域が維持されているかどうかの確認はほとんど不可能に近い現状である。

そこで、現地における最適感知領域は如何にあるべきか、また感知領域の設定、変更および維持管理の容易な方法の確立が必要である。

3. 超音波式車両感知器³⁾⁴⁾⁵⁾の概要

土木計測便覧⁶⁾によれば「超音波を利用したものには原理的に2種類が考えられる。1つは光電管式の光ビームをそっくりそのまま超音波と置き換えるものと、音波の反射をキャッチするものである。前者は光電管式のものの欠点があるまま現われるので、一般的に後者が採用されているが、これを2種に分けることができる。すなわち、ドップラー効果によるものと音波伝搬時間(帰着時間)の長短で判別するものとである。」とある。

今回の調査対象とした超音波式車両感知器は音波伝搬時間の長短で車両を検知する方法のものである。

この方式は超音波ヘッドより超音波パルスを周期的に発射する。この超音波パルスは車両または路面で反射され、再び超音波ヘッドで受波される。超音波ヘッドから超音波パルスが発射され、反射波が超音波ヘッドに受波されるまでの時間を超音波パルスの伝搬時間という。路面で反射された場合の超音波パルスの伝搬時間は車両で反射された場合の伝搬時間より長い。従って超音波パルスが発射される周期内のある時間帯に受波された反射波のみを取出すことによって車両からの反射波と路面からの反射波を識別することができる。

車両からの反射波の大きさが感知スレッショ・ホールド・レベル以上であれば感知出力する。図3.1に動作原理図を示す。

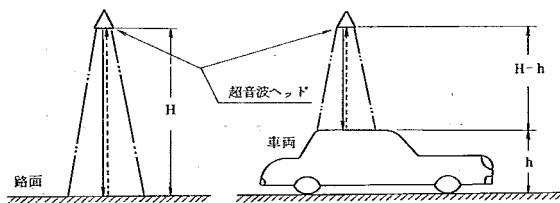


図3.1 動作原理図

H — 超音波ヘッドの取付高さ (m)

h — 車両の高さ (m)

V — 音速 (m/s)

t_R — 路面で反射された場合の超音波パルスの伝搬時間 (sec)

t_u — 車両で反射された場合の超音波パルスの伝搬時間 (sec)

θ — 気温 (°C)

$$t_R = \frac{2 \cdot H}{V} \quad (3.1) \text{ 式}$$

$$t_u = \frac{2 (H - h)}{V} \quad (3.2) \text{ 式}$$

$$t_R > t_u \quad (3.3) \text{式}$$

$$r = 331 \left(1 + \frac{\theta}{273} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.4) \text{式}$$

(3.4)式から明らかなように音速は気温により変化するため、路面および車両からの反射波が受波される超音波パルスの伝搬時間も変化する。従って、車両の反射波と路面の反射波を識別するゲートパルスを気温の変化に追従させて変化させなければいけない。

次に超音波式車両感知器の動作の概要を図3.2のブロック図、図3.3のタイミング・チャートに従って示す。

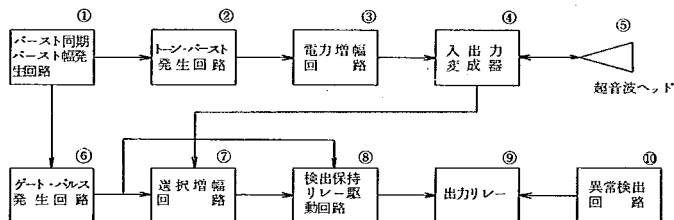


図 3.2 ブロック図

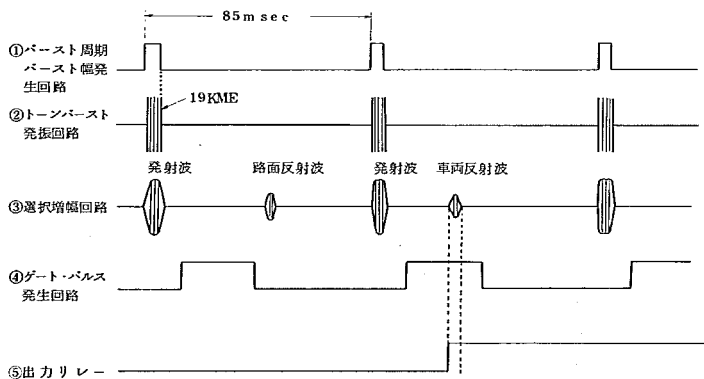


図 3.3 タイミング・チャート

- ① パースト周期・パースト幅発振回路では周期 85 msec、幅 3 msec の定周期のパルス発振を行う。
- ② トーン・パースト発振回路では 19 kHz の正弦波を①の出力パルスで変調し、幅 3 msec、周期 85 msec の変調波を作る。

- ③ 電力増幅部では②の信号を超音波ヘッドを励振できるレベルまで増幅する。
- ④ 入出力変成器は超音波ヘッドを送波器、受波器に切り換える。
- ⑤ 超音波ヘッドはバースト幅 3 msec の期間は送波器として働き、電気-音響変換を行い、空中に超音波ビームを発射する。
バースト周期の残りの時間は受波器として働き、反射波を受波する。
- ⑥ 選択増幅回路は反射波の 19 kHz 成分を増幅する。
- ⑦ ゲートパルス発生回路は⑥で増幅された反射波のうち、特定の伝搬時間を要した反射波を検出するためのゲートパルスを作る。
- ⑧ 車両からの反射波が感知レベルを越ると感知状態とし、出力リレーを駆動する。また反射波の脱落をカバーするため、ある一定時間出力リレーを保持する。この機能は反射波を受信する都度行う。
- ⑨ 出力リレーは感知信号を無電圧接点出力として出力する。
- ⑩ 超音波ヘッドの断線を検出し、感知状態とする。

4. 超音波式車両感知器の誤差要因

4-1 誤差要因

超音波式車両感知器の使用目的には、交通量計測と占有率計測があるが、誤差要因としては表 4-1 に示すようなものが考えられる。

表 4-1. 超音波式車両感知器の誤差要因

計測対象	現 象	誤 差 要 因
交通量計測	1. 感知領域が狭く、感知ミス	◦ 感知領域 ◦ 設置場所 ◦ 走行分布
	2. 車間距離が感知器の分解能以下の場合	◦ 感知領域 ◦ 保持時間 ◦ 設置場所
	3. 異常走行車の感知ミス	◦ 感知領域 ◦ 設置場所
	4. 反射波スケによるWカウント	◦ 車両形状 ◦ 保持時間
	5. 感知領域が広すぎ、測定対象車線外の車両を感知	◦ 感知領域 ◦ 設置場所 ◦ 走行分布
	6. 対向車の異常走行車両の感知	◦ 感知領域 ◦ 設置場所
	7. 外来雑音によるカウント	◦ 受信利得 ◦ 設置場所
占有率計測	1. 交通量計測誤差はそのまま占有率に影響するので上記7項目はすべて	
	2. サンプリングによる誤差	◦ 繰返し周期（補正可能）
	3. 保持時間による誤差	◦ 保持時間（補正可能）
	4. 走行分布による感知領域の変動による誤差	◦ 走行分布 ◦ 感知領域
	5. 感知領域のバラツキによる誤差	◦ 感知領域

4-2 時間占有率の誤差

超音波式車両感知器の時間占有率計測の誤差について定量的に検討する。

定義より時間占有率は

$$O_t = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{T_o} \quad \left(\begin{array}{l} t_i: \text{車両通過時間} \\ T_o: \text{測定時間} \end{array} \right)$$

今仮に

平均車長	$\bar{L}$ (m)
平均感知領域	$\bar{a}$ (m)
感知機のパルス時間	t'_i (sec)
通過台数	n (台)
保持時間	t_h (sec)
パルス周期	τ (sec)

とすると

$$O_t = \frac{\bar{L}}{\bar{L} + \bar{a}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n t'_i - n(t_h - \tau)}{T_o} \dots\dots\dots (4.1)$$

ここで $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t'_i = \bar{t}'$ とおくと

$$O_t = \frac{\bar{L}}{\bar{L} + \bar{a}} \cdot \frac{n\bar{t}' - n(t_h - \tau)}{T_o} \dots\dots\dots (4.2)$$

T_o , t_h , τ , t'_i の誤差は機器によって定まるが原理的に無視して良いものとする。 O_t の誤差は平均車長の誤差 $\Delta \bar{L}$, 平均感知領域の誤差 $\Delta \bar{a}$, 通過台数の計測誤差 Δn によって定まる。

$$\begin{aligned} \Delta O_t &= \left| \frac{\partial O_t}{\partial \bar{L}} \cdot \Delta \bar{L} \right| + \left| \frac{\partial O_t}{\partial \bar{a}} \cdot \Delta \bar{a} \right| + \left| \frac{\partial O_t}{\partial n} \cdot \Delta n \right| \\ &= \left| \frac{\bar{a}}{\bar{L}(\bar{L} + \bar{a})} \cdot O_t \cdot \Delta \bar{L} \right| + \left| \frac{-1}{(\bar{L} + \bar{a})} \cdot O_t \cdot \Delta \bar{a} \right| + \left| O_t \cdot \frac{\Delta n}{n} \right| \dots\dots\dots (4.3) \end{aligned}$$

O_t の相対誤差は

$$\frac{\Delta O_t}{O_t} = \left| \frac{\bar{a}}{\bar{L}(\bar{L} + \bar{a})} \cdot \Delta \bar{L} \right| + \left| \frac{1}{(\bar{L} + \bar{a})} \cdot \Delta \bar{a} \right| + \left| \frac{\Delta n}{n} \right| \dots\dots\dots (4.4)$$

$\Delta \bar{L}$ の誤差はそこを通る車種構成の変動によって定まる。

$$\Delta \bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^m (P_i + \Delta P_i) L_i}{m} - \frac{\sum_{i=1}^m P_i L_i}{m} \dots\dots\dots (4.5)$$

m : 車種の数

P : 構成比

L_i : i 車種の車長

$$\text{ただし } \sum_{i=1}^m P_i = 1 \quad \sum_{i=1}^m \Delta P_i = 0$$

$$\Delta \bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^m \Delta P_i L_i}{m}$$

いま $\bar{L}$ の概略値を知るために大型、小型の2車種を考え、それぞれ15%、85%とし車長を10m、5mとすると

$$\bar{L} = 0.85 \times 5 + 0.15 \times 10 = 5.65 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

$$\Delta \bar{L} = |\Delta P \times 5 - \Delta P \times 10| = 5 \Delta P \quad \dots\dots\dots (4.7)$$

ただし ΔP は車種構成比率の誤差

$\Delta \bar{a}$ はそこを通る車の車高と感知機の指向性と車種構成比により定まる。

$$\bar{a} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot a_i \quad \dots\dots\dots (4.8)$$

ただし、 a_i は i 車種の感知領域

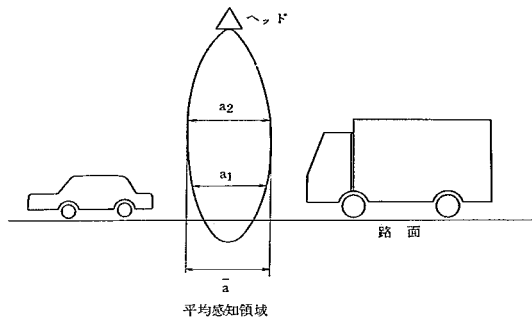


図 4.1

a_i は車種により定まり誤差はないものとするば

$$\Delta \bar{a} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial \bar{a}}{\partial P_i} \cdot \Delta P_i = \sum_{i=1}^n \Delta P_i \cdot a_i \quad \dots\dots\dots (4.9)$$

概略値を知るため2車種とすれば

$$\bar{a} = P_1 a_1 + P_2 a_2, \quad \Delta \bar{a} = \Delta P (a_1 - a_2) \text{ となる。}$$

いま、 $P_1 \geq P_2 \geq 0$ とし、 ΔP は車種構成の誤差であるから $\Delta P \leq P_1$ とすると、

$$\left| \frac{\Delta \bar{a}}{\bar{a}} \right| = \left| \frac{\Delta P (a_1 - a_2)}{P_1 a_1 + P_2 a_2} \right| \leq \left| \frac{P_1 (a_1 - a_2)}{P_1 a_1 + P_2 a_2} \right| = \left| \frac{(a_1 - a_2)}{a_1 + \frac{P_2}{P_1} a_2} \right| \leq \left| \frac{a_1 - a_2}{a_1 + a_2} \right| = \left| \frac{1 - \frac{a_2}{a_1}}{1 + \frac{a_2}{a_1}} \right| \quad \dots\dots\dots (4.10)$$

車種による感知領域の差は実際には極端なものではなく、 $0.5 \leq \frac{a_2}{a_1} \leq 2$ の範囲にあると考えられる

ため、 $\left| \frac{\Delta \bar{a}}{\bar{a}} \right| \leq \frac{1}{3}$ となる。

0_L の相対誤差の概略値は(4.4)、(4.6)、(4.7)、(4.10)より

$$\frac{\Delta O_t}{O_t} = \left| \frac{5\bar{a}}{5.65(5.65+\bar{a})} \cdot \Delta P \right| + \left| \frac{1}{5.65+\bar{a}} \cdot \Delta \bar{a} \right| + \left| \frac{\Delta n}{n} \right| \dots\dots\dots (4.11)$$

第1項と第2項を比較すると、 $\frac{5\bar{a}}{5.65} : 2\Delta a$ の比率であり、

$$\frac{\text{第2項}}{\text{第1項}} = \frac{\frac{\Delta \bar{a}}{5.65}}{\frac{5}{5.65} \bar{a}} < \frac{\frac{\bar{a}}{3}}{\frac{5}{5.65} \bar{a}} = \frac{5.65}{15} \div \frac{1}{3}$$

すなわち、感知領域の誤差による誤差は車長の誤差によるものに比べて1/3以下と考えられる。
したがって $\Delta \bar{a}$ を無視すれば、

$$\frac{\Delta O_t}{O_t} = f(\bar{a}, \Delta P, \frac{\Delta n}{n})$$

$\bar{a}$ は小である程 誤差は小

ΔP が小である程 "

$\frac{\Delta n}{n}$ が小である程 "

いま、 $\bar{a} = 1.0 \text{ m}$ とすると

$$\frac{\Delta O_t}{O_t} \leq \left| \frac{5.0}{5.65(5.65+1.0)} \cdot \Delta P \right| + \left| \frac{1.0}{(5.65+1.0)} \cdot \Delta \bar{a} \right| + \left| \frac{\Delta n}{n} \right|$$

すなわち、 ΔP と $\frac{\Delta n}{n}$ は1:6程度で誤差に影響を与え、台数精度が最も、直接に占有率の誤差に影響を与える。

ここでも超音波式車両感知器は、台数の計数精度が高く、安定していることが必須の性能条件であるといえる。

5. 調査実験方法

調査実験は、千葉国道工事々務所交通情報システムの端末感知器を対象とし、調査実験に先立ち、感知領域を容易に較正・維持できる機器の開発および予備実験を行なった。

5-1. 機器開発

3の超音波式車両感知器の概要で述べたように、超音波ヘッドより超音波パルスを周期的に発射させると、車両と路面により伝搬時間（帰着時間）が異なる。また、超音波式車両感知器には感知領域があり、この感知領域の決定要素は次の項目が考えられる。

- 1) 超音波ヘッドの指向性
- 2) 超音波ヘッドのループ能率（送波感度）
- 3) 車両感知ユニットの送信電圧
- 4) 車両感知ユニットの受信利得
- 5) 車両感知ユニットの感知スレッシュ・ホールド・レベル

上記のうち1), 5)にバラツキがない場合、総合ループ利得（送信電圧+送受器ループ利得+受信利得）を一定に保てば、感知領域も一定となることに着目し、総合ループ利得を変化させれば感知領域も変化し、その利得値を一定に保持できるとすれば維持管理もらくになり、地点にあった最適領域の設定および維持、較正が可能であると思われた。

このような観点にたつて、現地に設置されている感知器を検討した結果、この総合ループ利得の目安となるものは路面反射波レベル（電圧）であった。

次にこの方法を図5.1に従い理論的に裏づけする。

超音波ヘッドの軸上ループ利得（送波感度+受波感度）を A (dB) 角度 θ の点での指向係数を $2 \cdot R(\theta)$ 、送波出力を D (w), 反射物体の反射能率を B (dB), 感知器の受信利得を K (dB), 感知器の受信レベルを V_R (dB), ヘッドから反射物体までの実距離 x (m), ヘッドから反射物体までの軸上鉛直距離を L (m), 媒質の減衰係数を α (dB/m)とすると次の関係式が導かれる。

$$V_R = A + 10 \log_{10} D + 2 \cdot R(\theta) + B - 40 \log_{10} x + 2 \cdot \alpha \cdot x - 74 \quad \cdots (5.1) \text{ 式}$$

(5.1)式において、 D , B , x , α が一定数であれば、

$$V_R = (A + K) + 2 \cdot R(\theta) + S \quad \cdots (5.2)$$

但し、

$$S = 10 \log_{10} D + B - 40 \log_{10} x + 2 \cdot \alpha \cdot x - 74$$

となる。

感知器の感知・スレッシュ・ホールド・レベルを V_{TH} (dB) とする。、感知器の受信レベル V_R が V_{TH} 以上になった場合、感知状態となるから、

$$V_{TH} = V_R = (A + K) + 2 \cdot R(\theta) + S \quad \cdots (5.3)$$

が成立する。

この(5.3)式を満足するときの角度 θ が感知角度となり、感知領域は

$$D_A = 2 \cdot L \cdot \tan \theta \quad \text{..... (5.4)}$$

(5.3) 式において, V_{TH} , A が固定とすると,

$$R(\theta) = \frac{V_{TH} - (A + S) - K}{2} = f_1(K) \quad \text{..... (5.5)}$$

なる関係が成立し, 従って

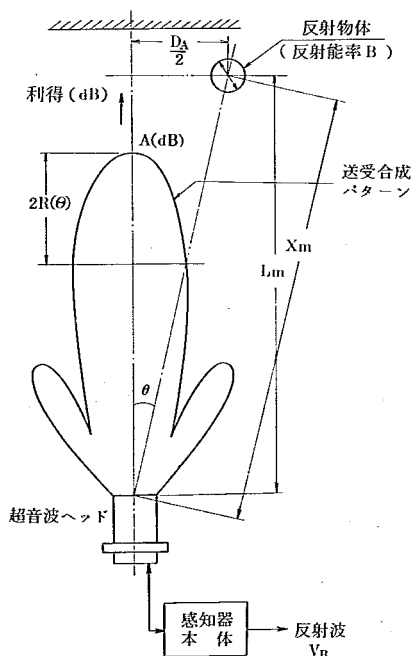
$$D_A = f_2(K) \quad \text{..... (5.6)}$$

となり, 感知領域は受信利得で決定される。

ここでヘッドが路面に対し, 鉛直に設置されている場合, 路面からの反射波レベルを V_S (dB) とすると, $R(\theta) = 0$ であり, (5.2) 式に代入すると,

$$V_S = A + K + S = f_3(K) \quad \text{..... (5.7)}$$

となり, (5.6) 式と (5.7) 式より



送波出力 D (w)
 受信利得 K (dB)
 感知スレッショールレベル V_{TH} (dB)

図 5.1 指向性パターン図

$$D_A = f_4(V_S) \quad \text{..... (5.8)}$$

が成立する。

(5.8) 式の意味するところは、路面反射レベル V_S を一定にすれば感知領域はおのずと規定されることである。図 5.2 に路面反射レベル V_S と感知領域 D_A の関係の概略を示す。

そこで写真-1 に示すような、反射波のうち路面反射波のみを取り出し、電圧として手軽に計測・表示できる機器 (較正装置) を開発した。

較正装置は図 5.3 に示すように、感知ユニットと端子板間にコネクタを介して接続される。

較正装置の動作概要を図 5.4、図 5.5 に従い説明する。

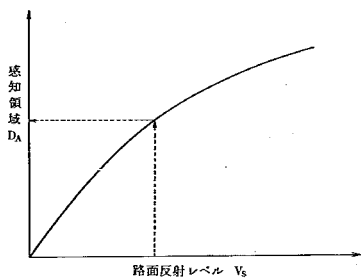


図 5.2 感知領域-路面反射電圧特性の概略図

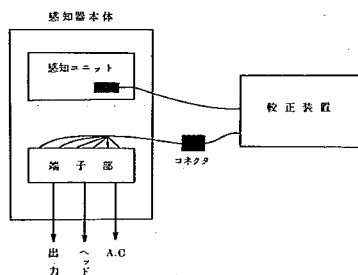


図 5.3 感知器と較正装置の接続

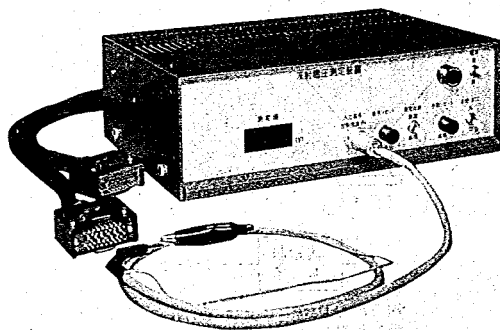
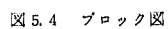


写真-1



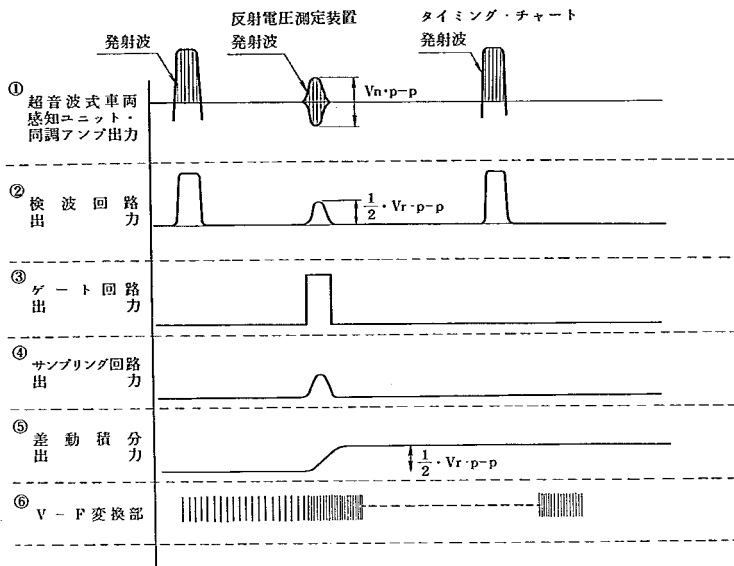


図 5.5 タイミング・チャート図

1. 校正装置は、超音波式車両感知ユニット、同調アンプより(①)同調アンプ出力を受ける。
2. ①の同調アンプ出力をバッファ・アンプを通して増幅し、検波回路で19 kHz成分を取り除き②のような信号を得る。
3. ゲート回路ではバッファ・アンプの出力をコンパレータを通して波形成形した信号と感知ユニットからの同期信号(SY)により、反射波が存在するときのみhighの状態となる信号(③)を作る。
4. サンプリング回路では、検波回路の出力信号をゲート回路がhighの状態のときのみ次の差動積分回路へ伝える。(④)
5. 差動積分回路では、サンプリング回路からの信号を徐々に積分していき、最終的には反射波の最大値(⑤)を保持する。
6. V-F変換部では、差動積分回路の出力電圧 $\frac{1}{2}V_{r-p}$ を電圧値に比例した周波数に変換する。(⑥)
7. 周波数カウンタ部では6の出力の周波数をカウントして、表示部でデジタルで表示する。
8. 6 dB ATT部では、路面反射電圧が飽和してはリニアに計測できないので、反射波受信信号をあらかじめ6 dB ダウンさせておく回路である。
9. ピーフ・ホールド回路は、車両反射波計測時には反射波が、連続して得られない為、1波で

反射波の最大値を保持する回路である。

5-2. 予備実験方法

予備実験の目的は現地実験（千葉国道工事々務所管内、超音波式車両感知器設置地点のうち5地点）を実施するにあたり、開発機器が正常に動作し、路面反射電圧に対するヘッド・路面間距離、感知領域等の特性を調査検証するための工場の室内実験（松下）である。

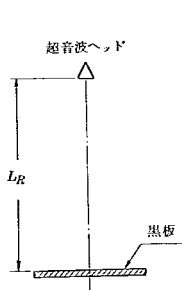


図 5.6

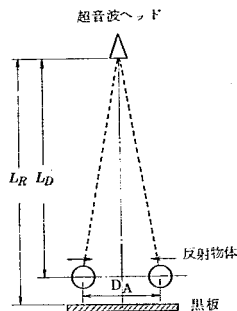


図 5.7 機器配置図

1) 感知距離-路面反射電圧特性

現地のヘッド・路面間距離は設置場所により異なるため、ヘッド・路面間距離 L_R をパラメータとして路面反射電圧を測定する。なお、路面の代用として黒板を用いる。設置方法 5.6 図参照。

L_R : 5m, 5.2m, 5.5m, 5.7m

2) 感知領域-路面反射電圧特性

図 5.7 に示すように機器を配置し、感知器の利得を設定しては反射物体により感知領域を測定し、その時の路面反射電圧も測定する。

サンプル数 2ケ (VTI38Fタイプ・ヘッド)

〃 2ケ (VTI405タイプ・ヘッド)

L_R : 5.5m一定

L_D : 4.8mおよび5m

3) ヘッドの向き-路面反射電圧特性

図 5.8 に示すよう機器を配置し、ヘッドの中心軸と黒板鉛直上とのなす角 θ をパラメータとして路面反射電圧を測定する。

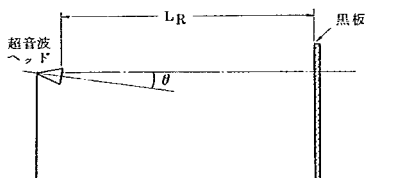


図 5.8 機器配置図

5-3. 現地調査実験方法

1) 対象地点

調査実験対象地点は千葉国道工事々務所管内に取付けられている図5.9に示す5地点で行なった。

- | | | | |
|-----|---------|------|------------------|
| (1) | 国道14号線 | 八幡 | 交差点上り500m(地点番号1) |
| (2) | " | 船橋本町 | " 下り500m(" 9) |
| (3) | " | 谷津 | " 上り300m(" 11) |
| (4) | 県道71号線 | 実籾 | " 上り500m(" 61) |
| (5) | 国道296号線 | 下市場 | " 上り500m(" 65) |

本調査実験で対象とした超音波式感知器は以下の仕様のものである。

型 式 名: VT131(本体)

VT138F(ヘッド)

(松下通信工業㈱製)

設置方式: オーバーヘッド方式

発振周波数: 19 kHz

発振周期: 85 ms

保持時間: 200 ms

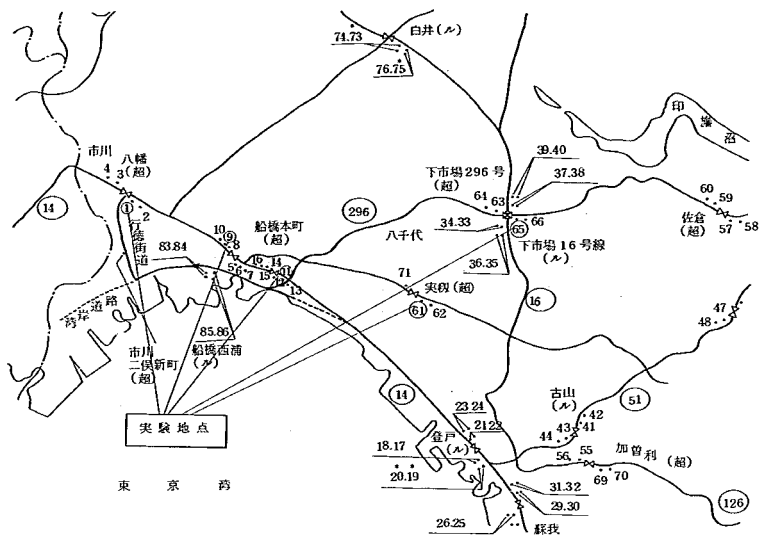
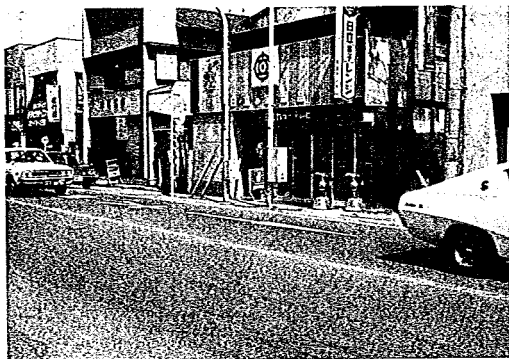


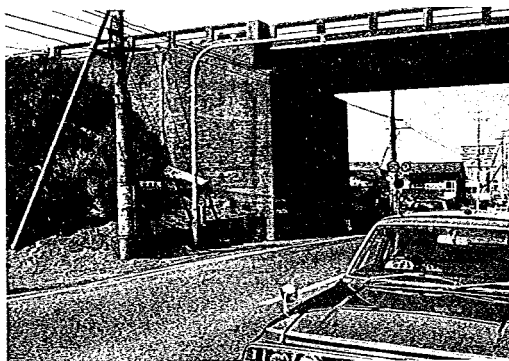
図 5.9 調査実験地点概略図



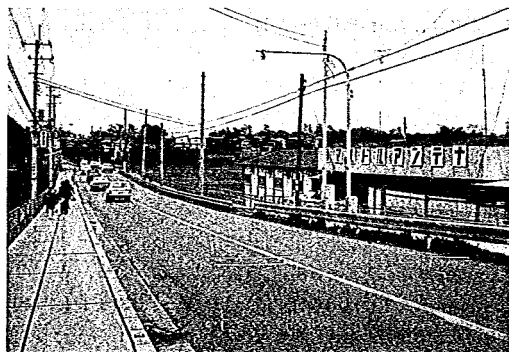
八幡 左 1



船橋本町 46 9



谷津 46 11



実初 6 1



下市場 6 5

2) 感知領域 - 路面反射電圧特性

図 5.1.0 に示すように、現地の道路において反射物体を 70 cm の高さに設置し、道路幅員方向に徐々に移動して感知器が感知状態になる地点を測定する。この方法で道路幅員方向左右から行い、感知領域を測定する。

感知領域測定後、超音波式車両感知器校正装置を感知器に接続し、路面反射電圧を測定する。

上記の作業を感知器の利得をパラメータとして数回測定する。

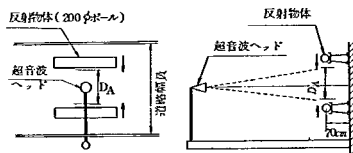


図 5.1.0 機器配置図

3) 感知領域 - 感知精度特性

(1) 走行分布の測定

超音波ヘッドの位置を中心として道路幅員方向 20 cm おきにマークをつけ、走行車両の左側の車輪の位置を測定し、走行分布を調査する。(図 5.1.1)

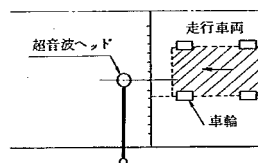


図 5.1.1 測定要領図

(2) 感知領域 - 感知精度特性

感知領域 - 路面反射電圧特性のデータをもとに感知領域の設定をして、その状態で実走行台数および感知器の感知台数をイベント・オンロに記録する。感知領域の設定を変えては、上記の方法で測定を繰り返す。

6. 調査実験結果

6-1. 室内予備実験

- 1) ヘッド・路面間距離-路面反射電圧特性.....図 6. 1
- 2) 感知領域-路面反射電圧特性.....図 6. 2 ~ 6. 3
- 3) ヘッドの向き-路面反射電圧特性.....図 6. 4

6-2. 現地調査実験

- 1) 感知領域-路面反射電圧特性.....図 6. 5 ~ 6. 9
- 2) 走行分布の測定.....図 6. 1 0 ~ 6. 1 4
- 3) 現地実測, 過不足計測一覧.....表 5. 1 ~ 5. 6

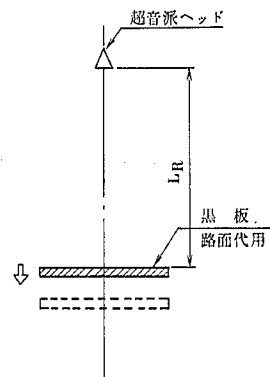
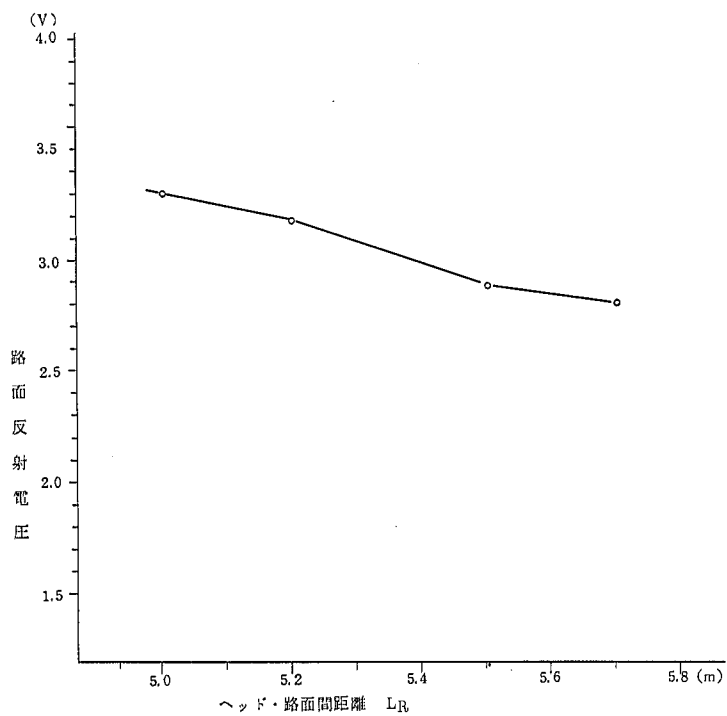


図 6.1 ヘッド路面間距離 - 路面反射電圧特性

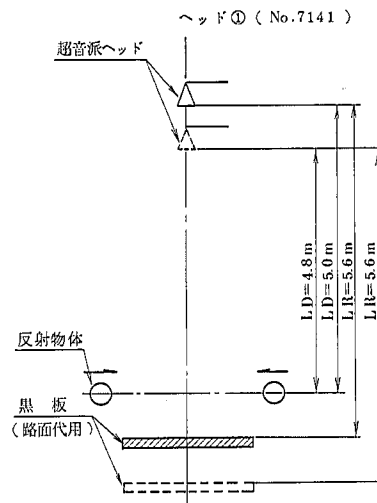
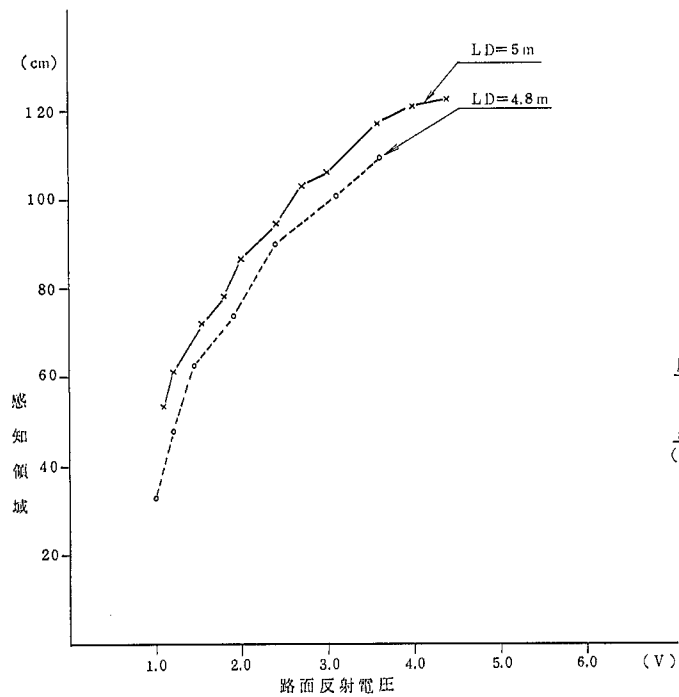


図 6.2 感知領域 - 路面反射電圧特性

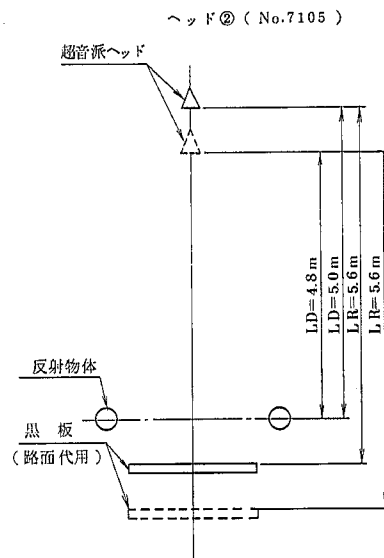
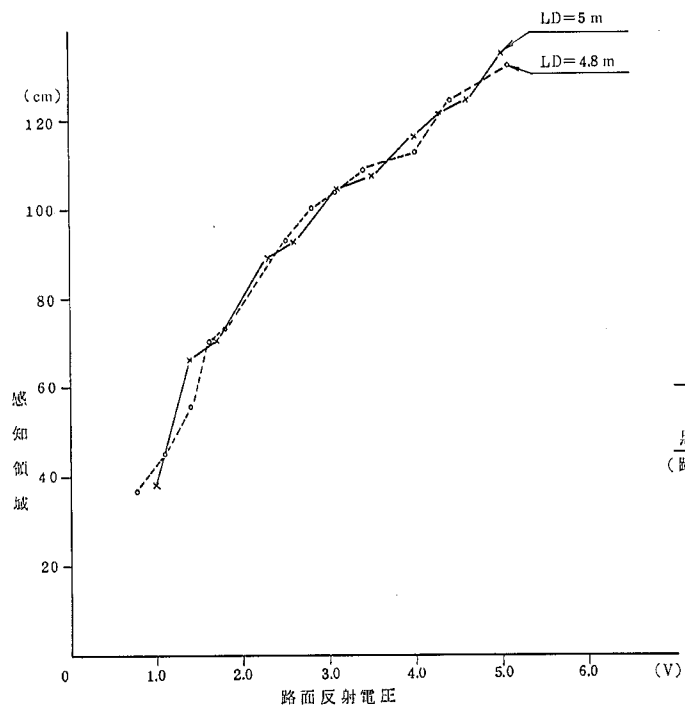


図 6.3 感知領域 - 路面反射電圧特性

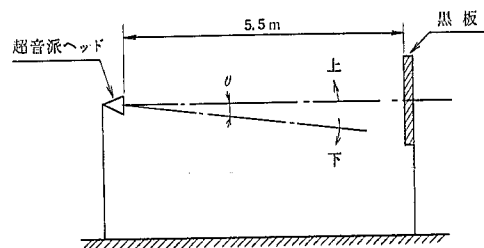
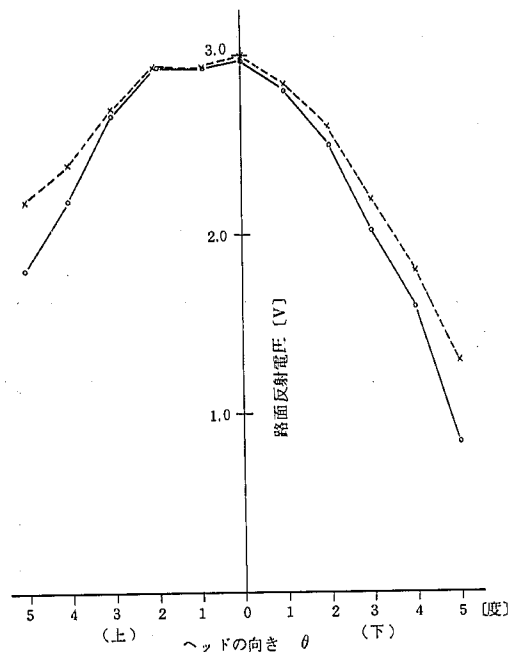


図 6.4 ヘッドの向き-路面反射電圧特性

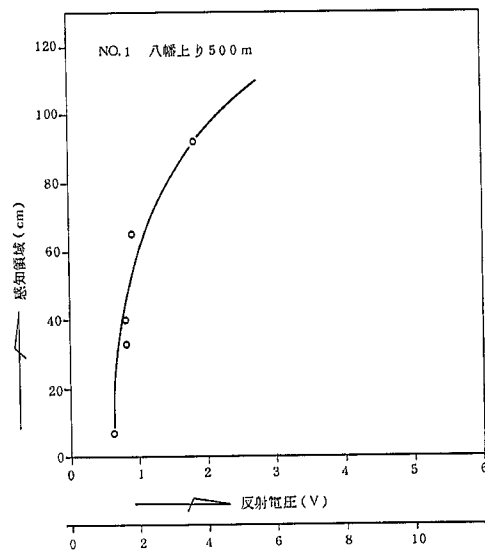
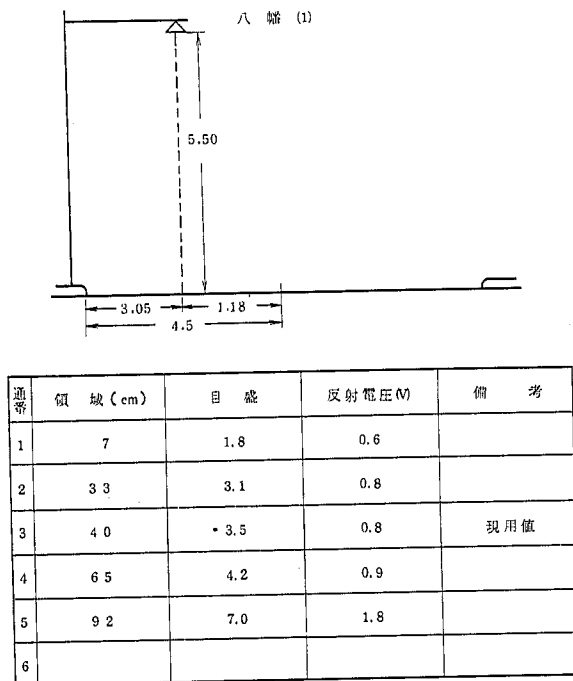
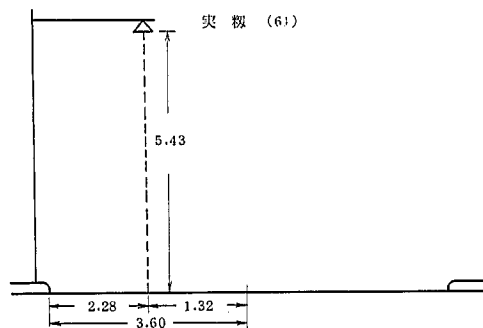


図 6.5 感知領域 - 路面反射電圧特性



通番	領域 (cm)	目盛	反射電圧 (V)	備考
1	20	1.2	0.4	
2	40	1.8	0.6	
3	53	3.0	0.8	現用値
4	65	6.0	1.2	
5	80	8.0	2.0	
6				

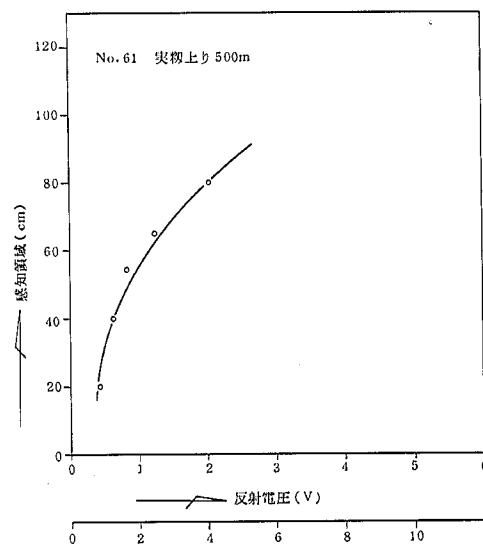


図 6.6 感知領域 - 路面反射電圧特性

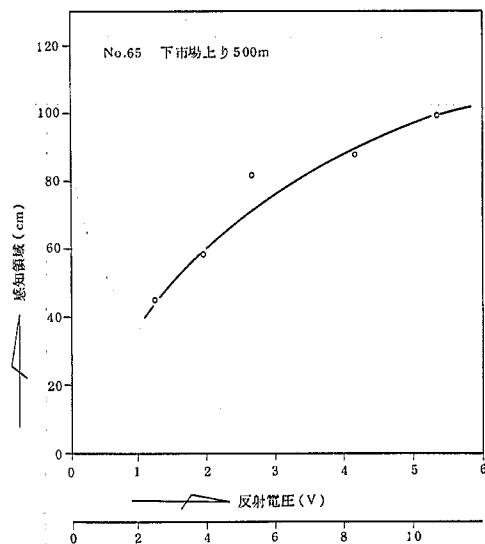
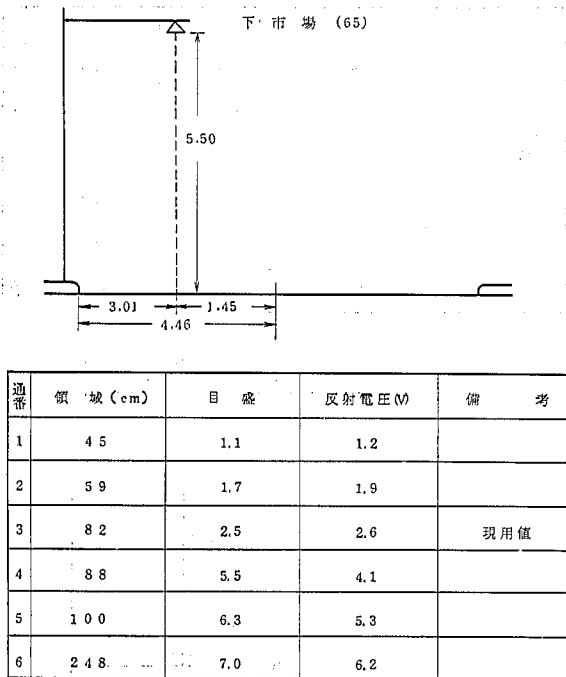
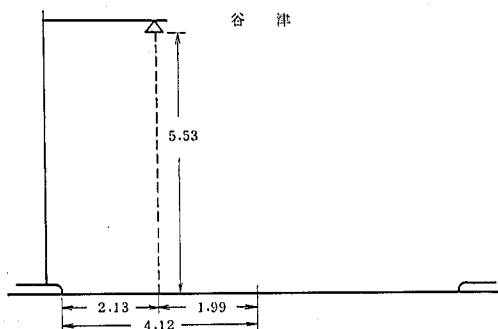


図 6.7 感知領域-路面反射電圧特性



通番	領域 (cm)	目盛	反射電圧 (V)	備考
1	2.7	4	1.0	
2	5.3	5	1.4	現用値
3	6.4	6	1.8	
4	7.8	8	2.4	
5				
6				

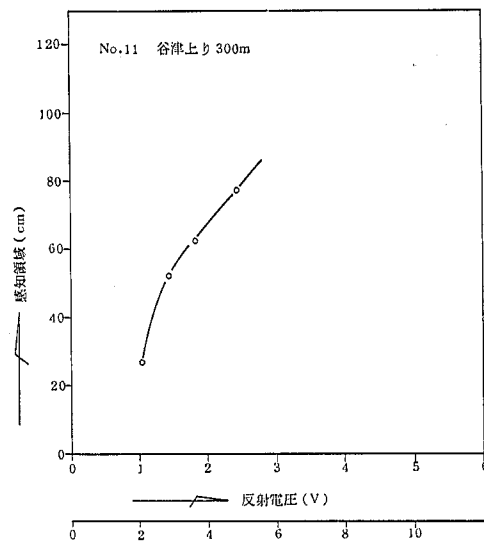
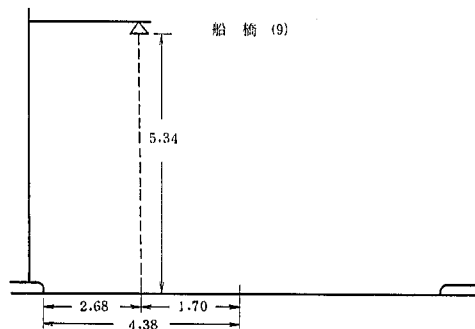


図 6.8 感知領域 - 路面反射電圧特性



通番	傾城 (cm)	目盛	反射電圧 (V)	備考
1	3.6	0.8	0.8	
2	6.0	1.0	1.2	
3	7.2	2.9	2.9	現用値
4	9.4	5.8	4.0	
5	12.0	6.6	4.6	
6				

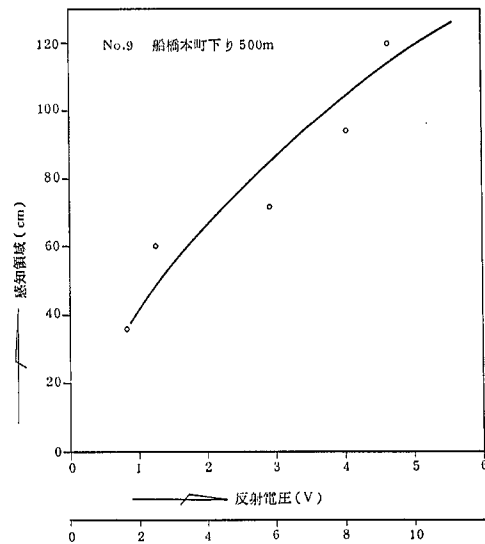


図 6.9 感知領域 - 路面反射電圧特性

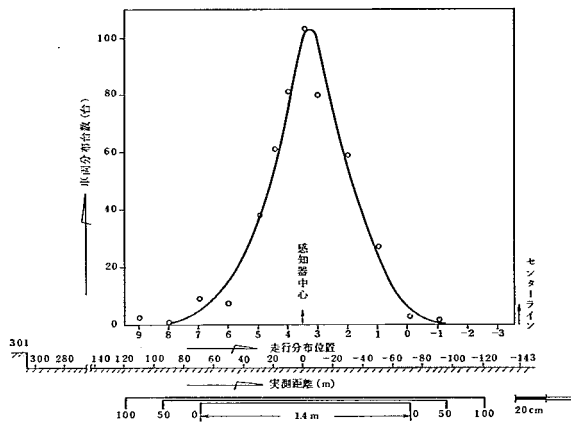


図 6.10 車両分布ヒスト・グラフ図 (八幡 TOTAL=310台)

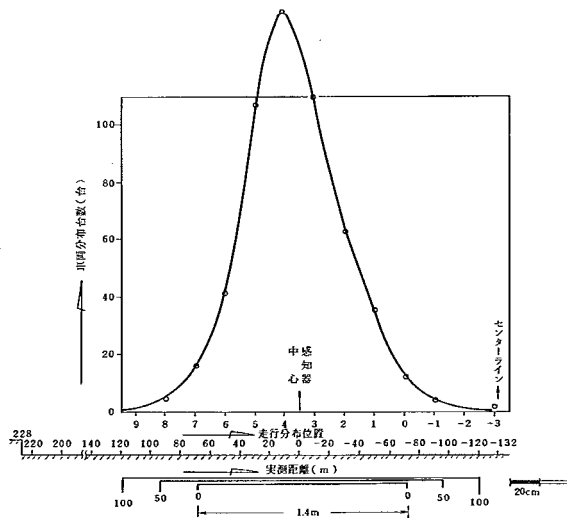


図 6.11 車両分布ヒスト・グラフ図 (実穂 TOTAL=530台)

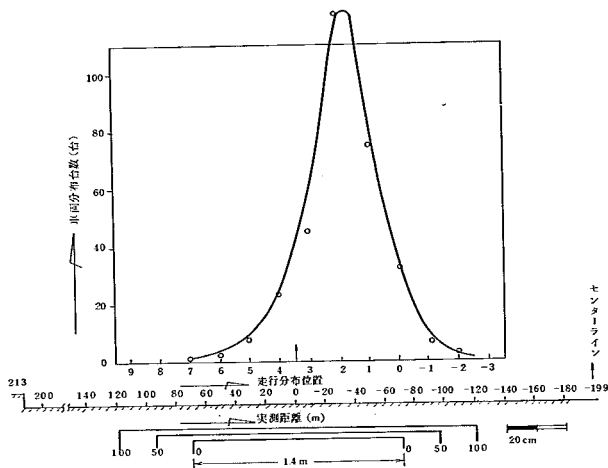


図 6.1 2 車両分布ヒスト・グラフ (谷津TOTAL=314台)

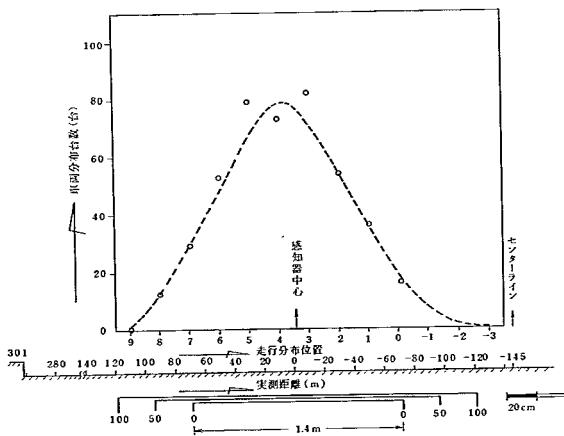


図 6.1 3 車両分布ヒスト・グラフ (下市場TOTAL=437台)

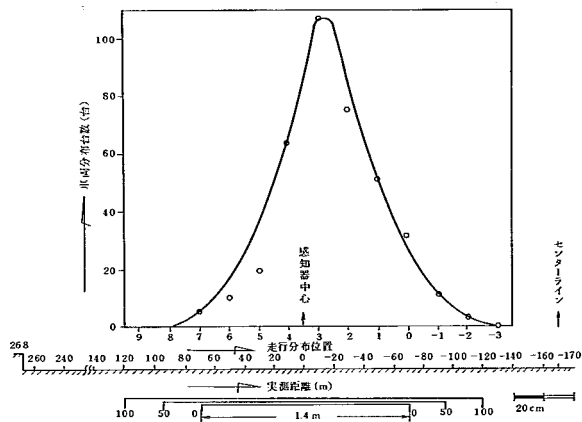


図 6.1 4 車両分布ヒスト・グラフ図 (船橋本町 TOTAL=377 台)

表 5.1 (1) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号八幡交差点

調査年月日 昭和52年3月2日

感知領域 7 cm

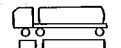
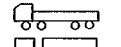
時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備考
	大 型 バス	小 型 貨物	大 型 乗用	小 型 貨物	大 型	小 型	対向	外部 雑音	
0 1 5			7	1	3	3			㊦ 1, 4, 24, 25, 26, 27 台目, 乗 用車停止車両有, センターライン寄通過  ㊦ 40 台目 軽乗用車センター寄通過 ㊦ 15, 16, 18 台目乗用車 1 台を 2 台に計測  ㊦ 69 台目 タンク・ローリ  1 台を 2 台に計測 ㊦ 72, 73 台目 ホロ付大型トラック  1 台を 2 台に計測
5 1 10						12			㊦ 74, 81, 85, 86, 88, 89, 91, 92, 93, 97, 102, 111 台目 渋滞をみて速度遅い。  乗用車 1 台を 2 台 に計測
10 1 15		1	4		1				㊦ 140 台目 ホロ付トラック センター寄通過 ㊦ 145, 163, 166, 175 台目 乗 用車, 軽乗用センター寄通過 ㊦ 169 台目 大型トラック 1 台を 2 台に計測 

表 5.1 (I) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 八幡交差点

調査年月日 昭和52年3月2日

感知領域 7cm

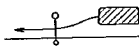
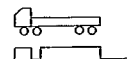
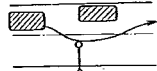
時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				外部雑音	備考		
	大	型	小	型	大型	小型	対向					
	バス	貨物	乗用	貨物								
15 20			2		3	3				㊦ 212台目 ライト・バン  路肩より通過 ㊦ 249台目 軽乗用車 センター寄通過 ㊦ 207, 209, 246台目 大型トラック, ダンプ 1台を2台に計測  ㊦ 219, 226, 227台目 乗用車 1台を2台に計測 		
20 25			3			8				㊦ 277台目 乗用車 路肩より通過 ㊦ 289, 290台目 軽乗用車 センター寄通過 ㊦ 279, 280, 282, 287, 291, 293, 297, 299台目 乗用車 1台を2台に計測 		
25 30			3							㊦ 328台目 軽乗用車 路肩寄を通過 ㊦ 342, 370台目 乗用車 センター寄を通過		
30 35			9				1			㊦ 377, 379, 384, 390, 393, 395, 398, 399台目 乗用車, 軽乗用車 センター寄通過 ㊦ 387台目 軽乗用車 路肩寄通過 ㊦ 対向車 異常走行(375台目と376台目の間) 		

表 5.1 (2) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 八幡交差点

調査年月日 昭和52年3月2日

感知領域 40cm

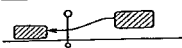
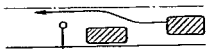
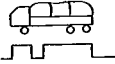
時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備 考
	大 型 バス	大 型 貨物	小 型 乗用	小 型 貨物	大 型	小 型	対 向	外 部 雑 音	
0 ~ 5			8	1		7			㊦ 2台目 軽トラック 路肩寄に停車  ㊦ 13, 14, 15, 16, 18台目乗用車 路肩に停車車両有 センター寄通過  ㊦ 36, 46台目 軽乗用車・乗用車 センター寄通過 ㊦ 34台目 小型トラック センター寄通過 ㊦ 5, 7, 30, 32, 41, 44, 48台 目 乗用車 1台を2台に計測 
5 ~ 10			4						㊦ 75, 76, 123, 124台目 乗用車, 軽乗用車 センター寄を通過
10 ~ 15			3						㊦ 140, 159, 171台目 乗用車, 軽 乗用車 センター寄を通過
15 ~ 20			3		2	2			㊦ 201, 210, 245台目 乗用車 センター寄を通過 ㊦ 204, 234台目 乗用車 1台を2台に計測  ㊦ 192, 251台目 ホロ付大型トラック 1台を2台に計測 

表 5.1 (2) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 八幡交差点

調査年月日 昭和52年3月2日

感知領域 40cm

時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備考
	大	型	小	型	大型	小型	対向	外部雑音	
	バス	貨物	乗用	貨物					
20 ↓ 25		1		1	3	7			㊦ 278台目、軽トラック センター寄通過 ㊦ 286台目 ホロ付中型トラック センター寄通過 ㊦ 308, 311, 312, 313, 314, 315, 317台目 乗用車 1台を2台に計測  ㊦ 289, 305, 307台目 大型トラック、ホロ付 1台を2台に計測 
25 ↓ 30			1		5	13			㊦ 368台目 乗用車 センター寄を通過 ㊦ 334, 335, 339, 344, 347, 349, 355, 359, 360, 365, 369, 370, 371台目 乗用車 渋滞さみで速度遅い 1台を2台に計測  ㊦ 348, 351, 352, 354, 363台目 大型トラック 
30 ↓ 35			1			7			㊦ 407台目 乗用車 センター寄を通過 ㊦ 373, 374, 375, 377, 378, 385, 386台目 乗用車 渋滞さみ速度遅い 

表 5.1 (3) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 八幡交差点

調査年月日 昭和52年3月2日

感知領域 74cm(1.3V)

時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備考
	大型		小型		大型	小型	対向	外部雑音	
	バス	貨物	乗用	貨物					
5 7 10						1		1	㊦ 69台目 乗用車 1台を2台にカウント  ㊦ 90～91台目 オートバイ オートバイを感知
15 17 20								1	㊦ 218～219台目 オートバイ オートバイを感知
20 22 25			3						㊦ 268, 269台目, 乗用車2台 乗用車2台接近しており1台にカウント ㊦ 270台目 乗用車 センター寄通過 ㊦ 282, 283台目 乗用車2台 乗用車2台接近しており1台にカウント
25 27 30			3					1	㊦ 338, 347, 349台目, 乗用車 センター寄通過 ㊦ 339～340台目 オートバイ オートバイを感知

表 5.1 (4) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 八幡交差点

調査年月日 昭和52年3月2日

感知領域 103cm(2.3V)

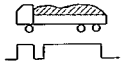
時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備考
	大型 バス	小型 貨物	乗用 貨物	乗用 貨物	大型	小型	対向	外部 雑音	
0 1 5						1			④ 17台目 乗用車 1台を2台に計測 
5 1 10			2		1				④ 110, 111台目, 乗用車2台, 126, 127台目 渋滞で車両2台が接近して おり, 1台にカウント ⑤ 114台目 大型トラック 1台を2台に計測 
10 1 15							1		⑤ 135~136台目, 大型トラック対向車 を感知
15 1 20							1		⑤ 207~208台目, 大型トラック対向車 を感知
20 1 25			2			1			④ 279, 280台目, 306, 307台目, 乗用車2台, 渋滞で車両2台が接近して おり, 1台にカウント ⑤ 276台目 乗用車 1台を2台にカウント 
25 1 30			2			1			④ 368, 369台目, 386, 387台目, 乗用車2台, 渋滞で車両2台が接近して おり, 1台にカウント ⑤ 345台目, 乗用車 1台を2台にカウント 

表 5.2 (I) 過不足計測一覧表

調査地点 天戸台方面 実相交差点

調査年月日 昭和52年3月2日

感知領域 20cm (0.5V)

時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備 考
	大 型 バス	貨物	乗用	小 型 貨物	大型	小型	対向	外部 雑音	
0 1 5			3			3			㊦ 24, 25, 45台目, 軽乗用車 センター寄通過 ㊧ 16, 29, 33台目, 乗用車 1台を2台に計測 
5 1 10			4	2					㊦ 79, 90, 91, 92台目, 乗用車 路肩に停止車両有, センター寄通過  ㊦ 105, 109台目 軽トラック センター寄通過
10 1 15			3						㊦ 133, 150, 161台目, 乗用車, 軽 乗用車 センター寄通過
15 1 20			2						㊦ 179, 203台目 乗用車 センター寄通過
25 1 30			1						㊦ 273台目 乗用車 センター寄通過

表 5.2 (2) 過不足計測一覧表

調査地点 天戸台方面 実羽交差点

調査年月日 昭和52年3月2日

感知領域 40cm

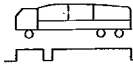
時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備考
	大型 バス	小型 貨物	乗用 車	貨物	大型	小型	対向	外部 雑音	
0 ? 5			6		1	2			㊦ 9, 10, 11, 12, 29, 55台目。 乗用車, 軽乗用車, センター寄通過 ㊧ 25, 34台目, 乗用車 1台を2台にカウント ㊨ 45台目 ホロ付大型 トラック 1台を2台にカウント  
5 ? 10			1		2	4			㊦ 90台目 軽乗用車 センター寄通過 ㊧ 64, 79, 112, 118台目, 乗用車 1台を2台にカウント ㊨ 99, 124台目 大型トラック 1台を2台にカウント
10 ? 15		1				2			㊦ 182台目 ホロ付トラック センター寄通過 ㊨ 160, 166台目, 乗用車 1台を2台にカウント
20 ? 25			2			2			㊦ 264, 265台目, 乗用車2台 車両2台が接近しており1台に計測 ㊦ 289台目 乗用車 センター寄通過 ㊨ 278, 300台目, 乗用車 1台を2台に計測
25 ? 35			2			1			㊦ 355, 356台目, 乗用車 センター寄通過 ㊨ 402台目 乗用車 1台を2台に計測

表 5.2 (3) 過不足計測一覧表

調査地点 天戸台方面 実叅交差点

調査年月日 昭和52年3月2日

感知領域 65cm

時 間 帯 (分)	不 足 計 測				過 剰 計 測				備 考
	大 型		小 型		大型	小型	対向	外部 雑音	
	バス	貨物	乗用	貨物					
5 / 10		1						2	㊦ 84台目 ホロ付トラック センター寄通過 ㊧ 43～44台目間、59～60台目間、対 向ダンプのエア－ブレーキ音下り坂のた め、ブレーキをかける車両多い。
10 / 15					3				㊧ 96, 121, 133台目 大型トラック 2台、タンク・ローリ1台 1台を2台に計測
25 / 30		3			2				㊦ 222, 239, 240台目、ホロ付トラ ックセンター寄通過 ㊧ 243, 256台目 バス、タンク・ロー リ 1台を2台に計測
30 / 35			1						㊦ 268台目 軽乗用車 センター寄通過
35 / 40					1			1	㊧ 328台目、タンク・ローリ 1台を2台に計測 ㊧ 335～336台目間 対向ダンプのエア－ブレーキ音
40 / 45								1	㊧ 387～388台目間 対向ダンプのエア－ブレーキ音

表 5.2 (4) 過不足計測一覧表

調査地点 天戸台方面 実初交差点

調査年月日 昭和52年3月2日

感知領域 80cm

時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備考
	大型		小型		大型	小型	対向	外部雑音	
	バス	貨物	乗用	貨物					
0 / 5						1			㊦ 29台目 乗用車 1台を2台に計測
5 / 10					1			1	㊦ 79台目 タンク・ローリ 1台を2台に計測 ㊦ 68～69台目間 対向ダンプのエア・ブレーキ音
15 / 20			1		1				㊦ 156台目 軽乗用車 センター寄通過 ㊦ 145台目・バス 1台を2台に計測
20 / 25					1			1	㊦ 216台目 ホロ付トラック 1台を2台に計測 ㊦ 198～199台目間 ダンプ 対向ダンプ・エア・ブレーキ音
25 / 30		1						3	㊦ 248台目 ホロ付トラック センター寄通過 ㊦ 255～256, 275～276台目間 対向ダンプ・エア・ブレーキ音
30 / 35		1			1				㊦ 326台目 ホロ付トラック センター寄通過 ㊦ 338台目 バス 1台を2台に計測
35 / 40			1		1			2	㊦ 352台目 乗用車 センター寄通過 ㊦ 367台目 タンク・ローリ 1台を2台に計測 ㊦ 358～359, 397～398台目間 対向ダンプ・エア・ブレーキ音

表 5.2 (5) 過不足計測一覧表

調査地点 天戸台方面 実鞍交差点

調査年月日 昭和52年3月2日

感知領域 94cm(2.8V)

時間帯 (分)	不足計測				過剰計測			備考	
	大型		小型		大型	小型	対向		
	バス	貨物	乗用	貨物					
0 1 5					1			2	⑤ 15台目 大型トラック 1台を2台に計測 ⑤ 33～34, 49～50台目間 対向ダンブ・エア－・ブレーキ音
5 1 10			1		1			1	⑥ 103台目 乗用車 センター寄通過 ⑤ 101台目 ホロ付トラック 1台を2台に計測 ⑤ 94・95台目間 対向ダンブ・エア－・ブレーキ音
15 1 20								2	⑤ 206～207台目間 対向ダンブ・エア－・ブレーキ音
25 1 30					1				⑤ 272台目 ホロ付トラック 1台を2台に計測
30 1			2		1			5	⑥ 371, 372台目乗用車 センター寄通過 ⑤ 392台目 ホロ付トラック 1台を2台に計測 ⑤ 341～342, 354～355, 378 ～379, 390～391台目間 対向ダンブ・ブレーキ音

表 5.3.(1) 過不足計測一覧表

調査地点 296号線 下市場交差点

調査年月日 昭和52年3月4日

感知領域 45cm

40 45			2						⑤ 361, 373台目 乗用車 センターライン寄を通過
----------	--	--	---	--	--	--	--	--	---------------------------------

表 5.3. (2) 過不足計測一覧表

調査地点 296号線 下市場交差点

調査年月日 昭和52年3月4日

感知領域 59cm

時 間 帯 (分)	不 足 計 測				過 剰 計 測				備 考
	大 型 バス	小 型 貨物	乗用 貨物	大型	小型	対向	外部 雑音		
0 1 5			2					㊦ 1 1、1 2台目 乗用車 センターライン寄を通過 停止車両有	
5 10						1		㊦ 5 7～5 8台目間 大型トラック 異常走行で感知領域内侵入	
10 15			1					㊦ 1 0 1台目 乗用車 センターライン寄通過	
25 30				1				㊦ 1 8 7台目 ホロ付トラック 1台を2台に計測	
30 35			1					㊦ 2 3 1台目 乗用車 センター・ライン寄通過	

表 5.3 (3) 過不足計測一覧表

調査地点 296号線 下市場交差点

調査年月日 昭和52年3月4日

感知領域 82cm

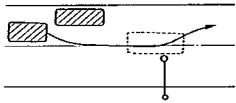
25 1 30							2	㊦ 230~231, 249~250台目間 大型トラック 停止車両有, 感知領域内侵入 
35 1 40			1				1	㊦ 337台目 乗用車 センターライン寄通過 ㊦ 321~322台目間 大型トラック 停止車両有, 感知領域内侵入

表 5.3. (4) 過不足計測一覧表

調査地点 296号線 下市場交差点

調査年月日 昭和52年3月4日

感知領域 100cm

時間帯 (分)	不足計測				過剰計測			備考
	大型 バス	小型 貨物	乗用 貨物	大型	小型	対向	外部 雑音	
0 1 5			1	1		2	① 19, 20台目 乗用車 2台接近して走行1台に計測 ② 6台目 ホロ付大型トラック 1台を2台に計測 ③ 16～17台目間 25～26台目間 大型トラック 停止車両有 感知領域内侵入	
5 10						1	④ 57～58台目間 大型トラック 停止車両有 感知領域内侵入	
10 15			1				⑤ 120台目 乗用車 路肩寄を通過	
15 20				1	1	2	⑥ 128台目 ミキサー車 1台を2台に計測 ⑦ 151, 152台目間 オートバイを感知 ⑧ 155～156, 159～160台目間 大型トラック対向車 停止車両有 感知領域内侵入	
20 25					1		⑨ 168, 169台目間 オートバイを感知	
25 30					1		⑩ 247～248台目間 オートバイを感知	
30 35						1	⑪ 268～269台目間 大型トラック対向 異常走行にて感知領域内侵入	
35 40						2	⑫ 315～316, 323～324台目間 大型トラック対向車 停止車両有 感知領域内侵入	
45 50						1	⑬ 382～383台目間大型トラック対向車 停止車両有 感知領域内侵入	

表 5.4. (1) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 谷津本町

調査年月日 昭和52年3月1日

感知領域 27cm

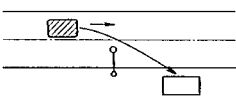
時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備 考
	大 型 バス	大 型 貨物	小 型 乗用	小 型 貨物	大型	小型	対向	外部 雑音	
5 / 10			1						㊦ 83台目 乗用車 センターライン寄通過
10 / 15							1		㊧ 112~113台目間 小型トラック対向 車異常走行 

表 5.4. (2) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号線 谷津本町

調査年月日 昭和52年3月1日

感知領域 64cm

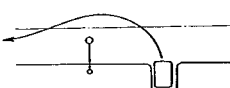
5 / 10			1				1		㊦ 60台目 乗用車 センターライン寄通過 ㊧ 57~58台目間 小型トラック 異常走行で感知領域内侵入
15 / 20				1					㊦ 156台目小型トラック 
20 / 25				1					㊦ 184台目 小型トラック 上記156台目と同様

表 5.4. (3) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 谷津本町

調査年月日 昭和52年3月1日

感知領域 78cm

時 間 帯 (分)	不 足 計 測				過 剰 計 測				備 考
	大 型		小 型		大型	小型	対向	外部雑音	
	バス	貨物	乗用	貨物					
5 / 10						1	3		㊦ 77～78台目間 対向小型トラック2台 異常走行で感知領域内侵入 ㊦ 84～85台目間 オートバイを感知 ㊦ 98～99台目間 対向乗用車 異常走行で感知領域内侵入
10 / 15						1			㊦ 145～146台目間 オートバイを感知

表 5.4. (4) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 谷津本町

調査年月日 昭和52年3月1日

感知領域 100cm

0 / 5					3	3			㊦ 8, 24, 55台目 ホロ付トラック 1台を2台に計測 ㊦ 49, 57台目 乗用車 1台を2台に計測 ㊦ 40~41台目間 オートバイを感知
5 / 10			1		3	1	1		㊦ 58~59台目 乗用車2台 2台接近しており、1台に計測 ㊦ 63, 68, 70台目 ホロ付トラック 1台を2台に計測 ㊦ 77台目 乗用車 1台を2台に計測 ㊦ 57~58台目間 対向小型トラック 異常走行して感知領域内侵入
10 / 15						2			㊦ 128~129, 163~164台目間 オートバイを感知

表 5.5. (1) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 船橋本町

調査年月日 昭和52年3月1日

感知領域 20cm(0.4V)

時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備 考
	大 型 バス	大 型 貨物	小 型 乗用	小 型 貨物	大型	小型	対向	外部 雑音	
0 7 5						6			⑤ 15, 16, 19, 25, 34, 35台目 乗用車 完全に渋滞しており, 1台を2台に計測 
5 7 10						7			⑤ 57, 64, 68, 69, 72, 77台目 乗用車 渋滞しており, 1台を2台に計測
10 7 15						5			⑤ 109, 117, 123, 144, 145 台目 乗用車 渋滞しており, 1台を2台に計測
15 7 20						9			⑤ 161, 162, 163, 165, 166, 167, 175, 177, 193台目 渋滞しており, 1台を2台に計測

表 5.5. (2) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 船橋交差点

調査年月日 昭和52年3月1日

感知領域 36cm(0.8V)

時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備 考
	大 型 バス	大 型 貨物	小 型 乗用	小 型 貨物	大型	小型	対向	外部 雑音	
0 7 5			1			8			④ 18, 19台目 乗用車2台 2台接近しており, 1台に計測 ⑤ 2, 6, 8, 12, 16, 20, 21, 31台目乗用車 渋滞しており, 1台を2台に計測
5 7 10						8			⑤ 33, 34, 36, 44, 47, 48, 53, 54台目 乗用車 渋滞しており, 1台を2台に計測
10 7 15						5			⑤ 80, 81, 102, 104, 119台目 乗用車 渋滞しており, 1台を2台に計測
15 7 20						9			⑤ 129, 130, 138, 153, 154, 155, 156, 158台目 乗用車 渋滞しており 1台を2台に計測 ⑤ 171台目 オートバイを感知
20 7						4			⑤ 193, 196, 197, 205台目 乗用車 渋滞しており1台を2台に計測

表 5.5. (3) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 船橋本町

調査年月日 昭和52年3月1日

感知領域 80cm

時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備 考
	大 型 バス	大 型 貨物	小 型 乗用	小 型 貨物	大 型	小 型	対 向	外 部 雑 音	
0 7 5			1			1			① 10, 11台目 乗用車 2台接近しており, 1台に計測 ② 15台目 乗用車 1台を2台に計測
5 7 10						3			③ 63, 64, 74台目 乗用車 1台を2台に計測
10 7 15						1			④ 114台目 乗用車 1台を2台に計測
15 7 20						6			⑤ 136, 146, 153, 155, 161, 176台目 乗用車 渋滞しており, 1台を2台に計測
20 7 25						5			⑥ 181, 185, 194, 202台目 乗用車 渋滞しており, 1台を2台に計測 ⑦ 220~221台目間 オートバイを感知
25 7						3			⑧ 245, 253, 279台目 乗用車 渋滞しており, 1台を2台に計測

表 5.5. (4) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 船橋交差点

調査年月日 昭和52年3月1日

感知領域 104cm(3.9V)

時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備考
	大型		小型		大型	小型	対向	外部雑音	
	バス	貨物	乗用	貨物					
0 5						1			㊟ 22台目 乗用車 1台を2台に計測
5 10			1			1			㊟ 78, 79台目 乗用車 接近しており, 2台を1台に計測 ㊟ 89台目 乗用車 渋滞しており, 1台を2台に計測
10 15						4			㊟ 122, 143, 158, 176台目 乗用車 1台を2台に計測

表 5.5 (5) 過不足計測一覧表

調査地点 国道14号 船橋本町

調査年月日 昭和52年3月1日

感知領域 115cm(4.6V)

0 5					1	2			㊟ 11, 45台目 乗用車 1台を2台に計測 ㊟ 47台目 ホロ付トラック 1台を2台に計測
5 10			2				1		㊟ 64, 65台目 乗用車2台 2台接近しており1台に計測 ㊟ 79, 80台目 乗用車, 小型トラック 2台接近しており, 1台に計測 ㊟ 105~106台目間 乗用車対向異常走行で感知領域内侵入
10 15							1		㊟ 139~140台目間 乗用車対向異常走行で感知領域内侵入
15 20						2			㊟ 161~162, 192~193台目間 オートバイを感知

表 5. 6. (I) 過不足計測一覧表

調査地点 国道296号 下市場交差点

調査年月日 昭和52年3月4日

(指向性のバラツキないもの)

感知領域 45cm

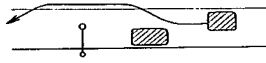
時間帯 (分)	不足計測				過剰計測				備考
	大型 バス	小型 貨物	乗用 貨物	大型	小型	対向	外部 雑音		
15 20		1	3					㊦ 143, 147, 148, 151台目 乗用車3台 トラック1台 路肩寄に停止車両有, センターライン寄通過 	
20 25		5	7					㊦ 165, 170, 171, 172, 178, 183, 186, 188, 197, 198, 199台目 乗用車7台 トラック5台 路肩寄に停止車両有, センターライン寄通過	
25 30			2					㊦ 212, 239台目 乗用車 センター・ライン寄を通過	
30 35			3	1				㊦ 245, 277, 281台目, 乗用車 センター・ライン寄通過 ㊧ 280台目 タンクローリー 1台を2台に計測	
35 40			2					㊦ 294, 299台目 乗用車 センターライン寄通過	
40 45			1					㊦ 337台目 軽乗用車 感知領域直前右折	
45 50			2					㊦ 368, 397台目 乗用車 センター・ライン寄通過	

表 5.6 (2) 過不足計測一覧表

調査地点 国道296号線 下市場交差点

調査年月日 昭和52年3月4日

感知領域 80cm

(指向性のバラツキないもの)

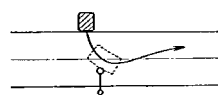
時間帯 (分)	不足計測				過剰計測			備考
	大型	小型	大型	小型	対向	外部雑音		
	バス	貨物	乗用	貨物				
5 / 10						1	⑫ 49～50台目間 小型トラック対向 	
40 / 45		2	4				⑬ 332, 335, 340, 341, 342 台目 乗用車4台, トラック2台 路肩寄停止車両有 センターライン寄通過:	

表 5.6 (3) 過不足計測一覧表

調査地点 国道296号 下市場交差点

調査年月日 昭和52年3月4日

感知領域 105cm

(指向性のバラツキないもの)

15 / 20					1				⑭ 135台目 ホロ付大型トラック 1台を2台に計測
20 / 25			2						⑮ 148, 149台目 乗用車2台 センターライン寄通過
30 / 35					1				⑯ 227台目 ホロ付大型トラック 1台を2台に計測
50 / 55			1						⑰ 429台目 乗用車 センターライン寄通過
55 / 60					1				⑱ 443台目 ホロ付トラック 1台を2台に計測

表 5.6 (4) 過不足計測一覧表

調査地点 国道296号 下市場交差点

調査年月日 昭和52年3月4日

感知領域 128cm

(指向性のバラツキないもの)

時 間 帯 (分)	不 足 計 測				過 剰 計 測				備 考
	大 型		小 型		大型	小型	対向	外部 雑音	
	バス	貨物	乗用	貨物					
5 10			3						㊦ 83, 85, 87台目 乗用車3台 路肩寄停止車両有センターライン寄通過
10 15			2						㊦ 91, 92台目 乗用車 路肩寄停止車両有 センター・ライン寄通 過
35 40			1						㊦ 336台目 乗用車 センター・ライン寄通過

表 5.6 (5) 過不足計測一覧表

調査地点 国道296 下市場交差点

調査年月日 昭和52年3月4日

感知領域 130cm

(指向性のバラツキないもの)

10 15						1			㊦ 84~85台目間 オートバイを感知
----------	--	--	--	--	--	---	--	--	------------------------

7. 結果の検討

7-1. 感知領域-路面反射電圧特性

5地点の感知領域-路面反射電圧特性図をまとめると図7.1のようになる。

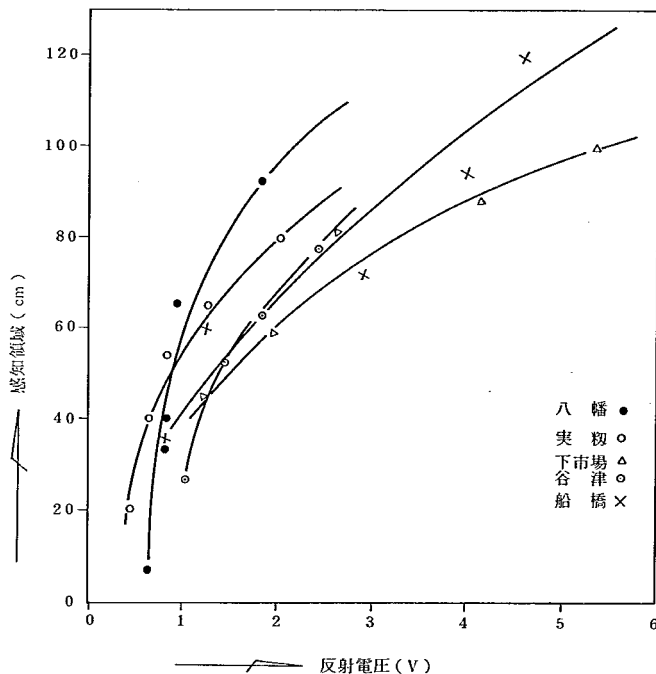


図 7.1 感知領域-路面反射電圧特性

これを見ると同種類の超音波式車両感知器でありながら各地点の特性が、路面反射電圧 1.5 V に対して感知領域が 40 cm 程度バラツキを持っている。この原因として

- 1) 各超音波ヘッドの指向性にかなりのバラツキがある。
- 2) 超音波ヘッドの路面に対する設置角度にバラツキがある。
- 3) 路面のゆがみ、傾斜などにより、感知領域測定時に反射物体の長さ方向がヘッドに対し鉛直に向かない。

等が考えられる。

一般的に超音波の空気中の減衰は距離に比例するから、予備実験結果でもあさらかなように、路面反射電圧-ヘッド路面間距離特性、ヘッド路面間距離をパラメータとした感知領域-路面反射電圧特性は図 7.2 の概要図ようになる。

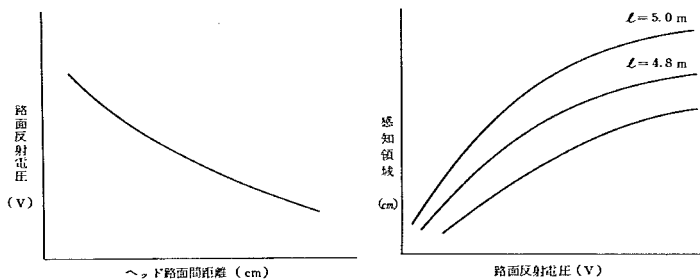


図 7.2 路面反射電圧特性概要図

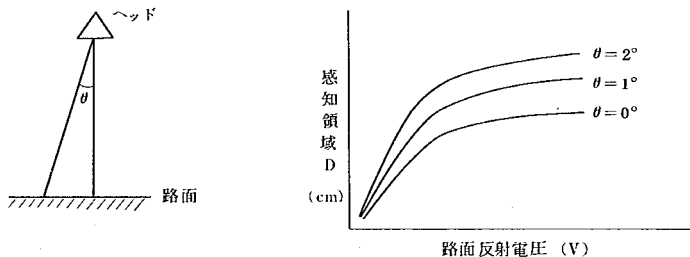


図 7.3 ヘッド傾きの路面反射電圧特性概要図

また、ヘッドの傾きをパラメータとした感知領域-路面反射電圧特性は図 7.3 の概要図のようになる。これらを定量的に把握するため、指向性 10° の場合の理論指向特性、および角度 θ と感知領域 D の関係を図 7.4、図 7.5 に示す。

図 7.4 において、 $L = 5 \text{ m}$ の場合を基準とすると、 $L = 4.8 \text{ m}$ の場合には超音波の空気中の減衰量が $L = 5 \text{ m}$ の場合より 0.3 dB 程減るため、超音波ヘッドが受波するレベルは 0.3 dB だけ増加する。

ここで、感知器本体のスレッシュ・ホールドレベルを -10 dB とすると、 $L = 4.8 \text{ m}$ と $L = 5.0 \text{ m}$ の場合で指向角は $L = 4.8 \text{ m}$ のほうが 0.2° 広がる。しかし、 0.2° の違いは図 7.5 により $L = 5.0 \text{ m}$ の場合のほうが $L = 4.8 \text{ m}$ より領域は 2 cm 程広い。従って図 7.2 の関係が成り立つ。

ヘッドの傾きによる感知領域の変化の影響は、ヘッドが路面に対し 2° 傾いて取付けられたとすると、路面反射電圧は 2 dB 減衰する。この 2 dB 減衰した路面反射電圧を、ヘッドを鉛直につけた

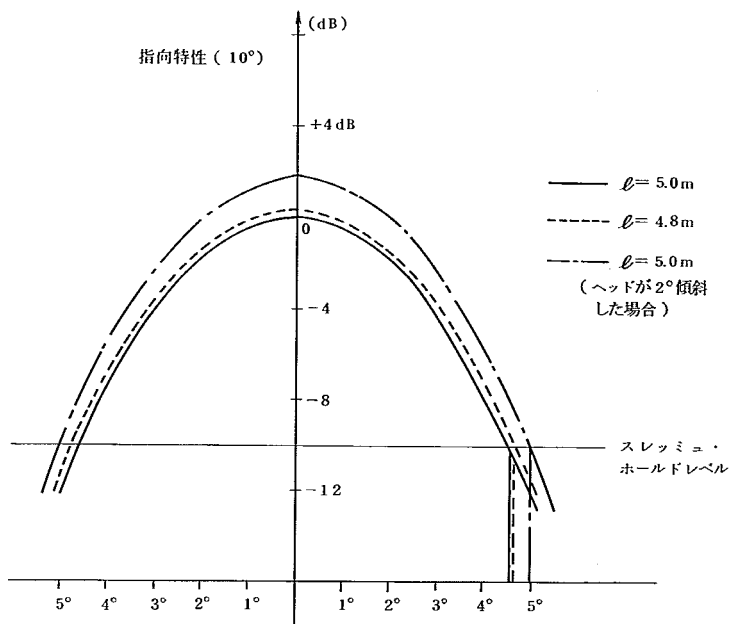


図 7.4 理論指向特性

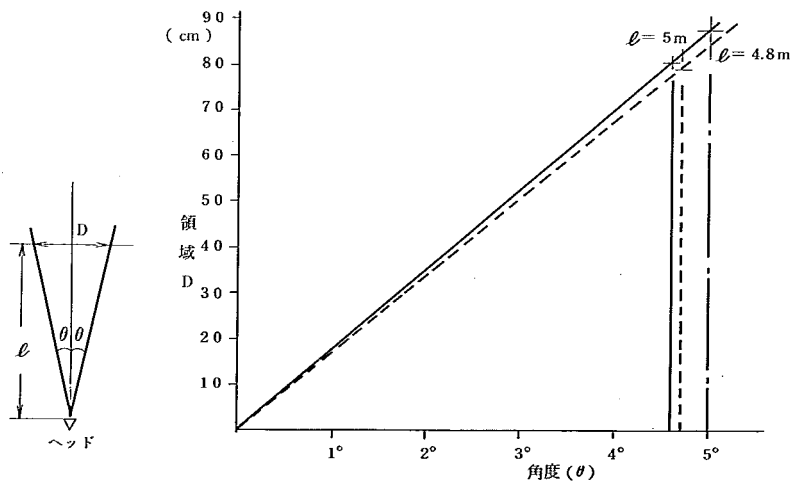


図 7.5 角度-感知領域特性

場合と同じにするため、結果として全体の利得は2 dB 上昇する。この場合、 $l=5$ m で鉛直につけられた場合に比べ角度は0.8°広がる。従って図7.5に示すように、領域は8 cm 程広がる。ヘッドが2°以上傾いた場合、領域はさらに広がる。

このようなことから、ヘッド路面間距離、感知距離の影響より、ヘッドの取付角度の設定が重要である。

現地実験5地点の l の差は約20 cm、ヘッドの取付け角度は2°以内であるとすれば、図7.1の路面反射電圧に対して領域は、領域測定誤差も含めて10 cm~15 cm 程度のバラツキでなければならない。以上の検討より図7.1のバラツキの最大の原因は上記でのべた1)の各超音波ヘッドの指向性のバラツキであると考えられる。

そこでこの検証として、下市場感知器番号65地点において、指向性バラツキの検証実験を行なった。その結果を図7.6に示す。

図中実線は指向性がよい種類の感知器10個の室内における感知領域-路面反射電圧の平均値で

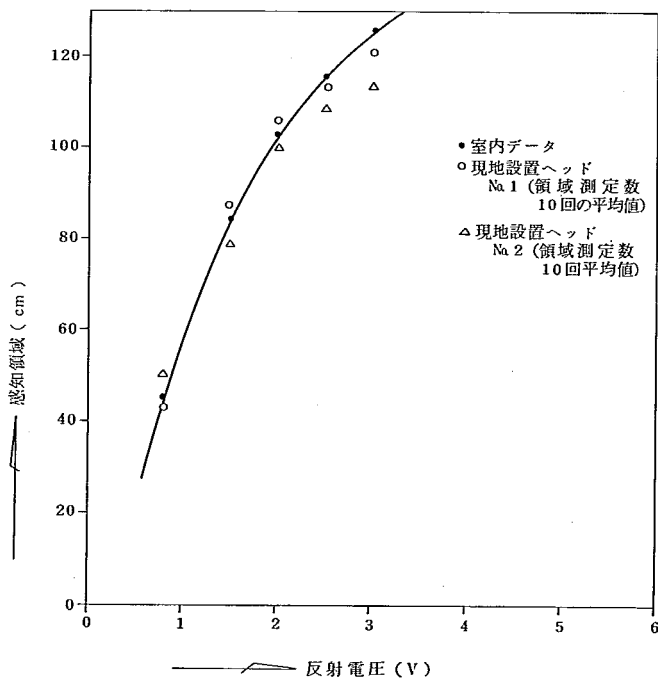


図7.6 下市場地点指向性検証実験

ある。現地においては同種類の別の感知器 2 個を設置し、室内の反射電圧に対し感知領域を 10 回測定し、その平均値を示したものである。この結果から明らかなように各感知器の指向性のバラツキがなければ路面反射電圧に対し、感知領域のバラツキは 10 cm~15 cm 以内におさまっている。

しかしながら、現在設置されている感知器の指向性のバラツキの調整は不可能であり、各地点ごとの感知領域-路面反射電圧特性が必要となる。

7-2. 感知領域-感知精度特性

現地の実測結果(表 5.1~5.6)をもとに感知領域-感知精度特性をまとめたものを表 7.1~7.3 および図 7.7 に示す。また、走行分布の状態は図 6.10~6.14 に示した通り、全地点ともに非常に安定している。谷津地点では、走行分布のピークと感知器設定位置がだいぶずれている。

図 7.7 で極端に誤差の大きい地点の状況は、

- 1) 船橋本町は実測期間中、渋滞が続いており、パルス割れによる過剰計測がほとんどであり、正誤差が目立った。
- 2) 八幡は感知領域 40 cm の所で急に正誤差が出ているが、この時点でかなりの渋滞となっており、パルス割れによる過剰計測が原因となっている。
- 3) 谷津は感知領域 1 m の所でプラス誤差が出ているが、これは超音波ヘッドのサイドローブの影響でダブルカウントを起している。

以上の現象を除くと感知器誤差率が安定してくるときの感知領域は 75~100 cm 前後である。

そこで、実測した走行分布をもとに、感知領域を変化させた場合の確率計算を行なった結果を図 7.8 に示す。これによると船橋本町では対向車の異常走行台数は実測したが、走行位置は測定できなかったため同一異常走行位置として計算したものであるにしろ図 7.7 の実測値とはあまりにもかけはなれた結果になっている。つまり理論計算外の感知器自体のヘード的誤差(パルス割れによるもの、サイドローブによる過剰計測)を証明している。このようなことは八幡の感知領域 40 cm、谷津の感知領域 100 cm についてもいえる。

実羽・八幡・下市場は感知領域 70~90 cm で安定しているが、谷津では感知領域 150 cm になっている。これは感知器設置位置が走行分布の中心より外れているためである。そこで感知器設置位置と走行分布の中心がよく一致している下市場地点で感知器の位置を移動した場合の計算結果を図 7.9 に示す。この図から明らかなように、走行分布に対する感知器位置が感知領域(精度)を左右する重要な要因となっている。

7-3. 最適感知領域の存在

今回の実験において、不足計測より過剰計測の方がめだった。不足計測は感知領域が狭い場合にやはり多く見られたが、渋滞時においては逆に 1 台を 2 台にカウントする過剰計測のパルス割れがほとんどであった。その原因としては次のようなことが考えられる。一つは車両によって引き起される乱流によって反射波の乱れが生じていること、もう一つは車両の前窓部、後窓部のように超音波の進行方向に対して直角面でなくある傾斜した面、すなわち反射損失の大きい部分で受波ミスしていると考えられる。

表 7.1 誤差率表

調査地点 八幡交差点

現用感知領域 40 cm

感知領域 (cm)	全通過 台数(A) (台)	不足計測 (B)		過剰計測 (B)		異常通行 補正 (C)	感知器 誤差率 $\frac{B}{A} \times 100$ (%)	感知器誤差率 $\frac{(B+C)}{A} \times 100$ (%)
		正常 走行	異常 走行	正常 走行	異常 走行			
7	406	-30		+33	1	-1	+0.99	+0.74
40	407	-22	-1	+46		+1	+5.65	+5.90
74	411	-4	-2	+1	3	-1	-0.49	-0.72
103	417		-6	+4	2	+4	± 0	+0.96
調査地点 実初交差点 現用感知領域 53 cm								
20	408	-9	-4	+3		+4	-2.45	-1.47
40	406	-11	-1	+14		+1	+0.49	+0.74
65	418	-5		+6	4	-4	+1.20	+0.24
80	402	-4		+5	+7	-7	+1.99	+0.25
94	412	-3		+4	+11	-11	+2.91	+0.24

表 7.2 誤差率表

調査地点 下市場交差点

現用感知領域 82 cm

感知領域 (cm)	全通過 台数 (A) (台)	不足計測 (B)		過剰計測 (B)		異常走行 補正 (C)	感知器 誤差率 $\frac{B}{A} \times 100$ (%)	感知器誤差率 $\frac{(B+C)}{A} \times 100$ (%)
		正常 走行	異常 走行	正常 走行	異常 走行			
45	401	-2					-0.50	-0.50
59	315	-2	-2	+1	+1	+1	-0.63	-0.32
82	426	-1			+3	-3	+0.47	-0.23
100	427	-1	-1	+2	+12	-11	+2.8	+0.23
調査地点 谷津本町 現用感知領域 53 cm								
27	183	-1			+1	-1	0.0	-0.55
64	207	-1	-2		+1	+1	-0.97	-0.48
78	199				+5	-5	+2.5	0.0
100	189		-1	+8	+5	-4	+6.3	+4.2

表 7.3 誤差率表

調査地点 船橋本町

現用感知領域 72cm

感知領域 (cm)	全通過 台数 (A) (台)	不足計測 (B)		過剩計測 (B)		異常走行 補正 (C)	感知器 誤差率 $\frac{B}{A} \times 100$ (%)	感知器誤差率 $\frac{(B+C)}{A} \times 100$ (%)
		正常 走行	異常 走行	正常 走行	異常 走行			
20	193			+27			+13.99	+13.99
36	205		-1	+33	+1		+16.10	+16.10
80	280		-1	+18	+1		+6.43	+6.43
104	186		-1	+6		+1	+2.69	+3.23
115	205		-2	+3	+4	-2	+2.43	+1.16
調査地点 下市場交差点 (新型ヘッド)								
45	406	-9	-17	+1		+17	-6.16	-1.97
80	421		-6		+1	+5	-1.19	0.0
105	531	-3		+3			0.0	0.0
128	415	-1	-5		+5		-1.45	-0.24
130	423			+1	-1		+0.24	0.0

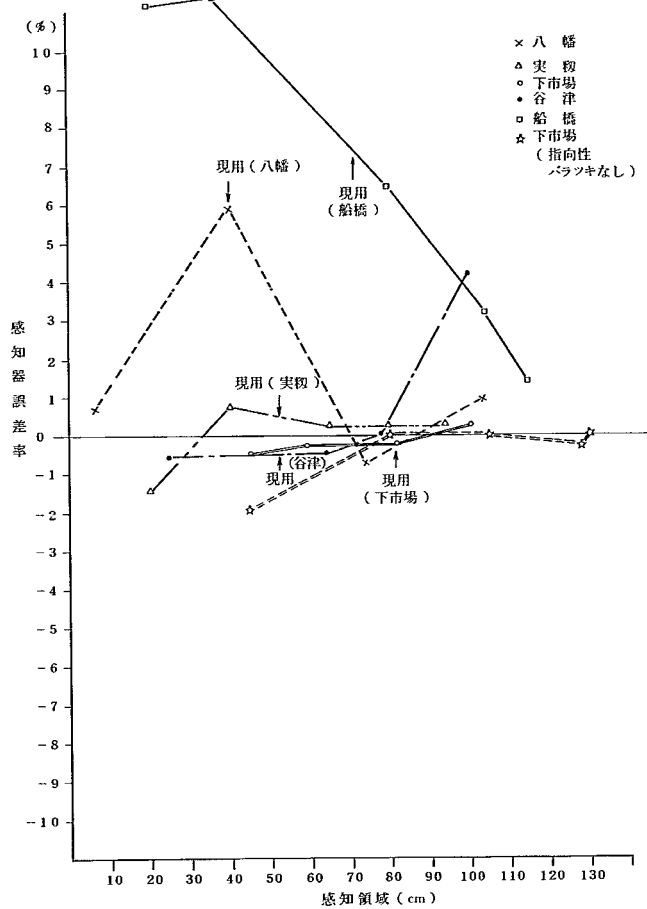


図 7.7 感知領域-感知精度特性 (実測)

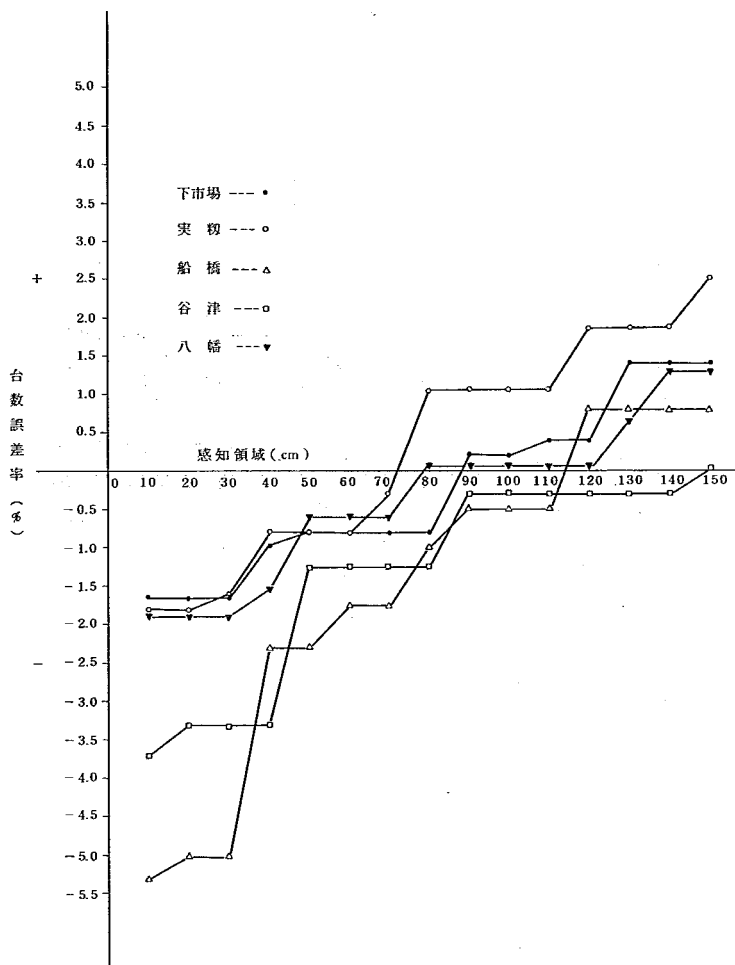


図 7.8 感知領域-感知精度特性 (計算結果)

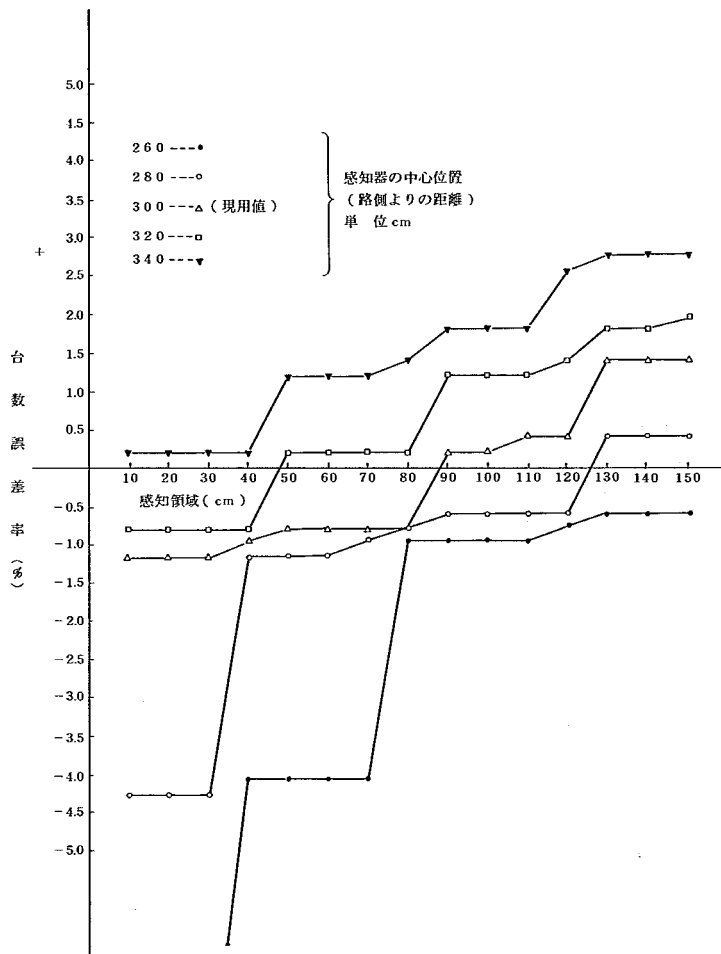


図 7.9 感知器の中心位置移動 (計算結果)

つまり、感知領域が狭い場合には受信利得も低くなるから前窓部などが感知領域内にある時、他の部分からの反射波がまったく得られないためだと考えられる。

感知領域を広くしすぎると対向車の異常走行車、また感知領域を広くするためには、利得も大きくなるから、ダンプカーのエアブレーキ音等による雑音、ヘッドの指向性のサイドローブによる過剰計測のダブル・カウントを起す。

この様に考えて行くと、感知器の設置地点ごとに走行分布に対する感知器ヘッド位置、道路幅員、車線数等にあった最適感知領域が存在する。実験地においては、走行分布、図7.7～8から最適感知領域は75～100cm前後と考えられる。しかし渋滞時、特に船橋地点ではこれ以上の領域が必要と思われたが、現在設置されている感知器ヘッドでは、指向性、能率、サイドローブの關係で感知領域を広くすることは不可能であった。

7-4. 較正手法の提案

以上の検討をまとめると図7.10のような路面反射電圧を基準とした、超音波式車両感知器の較正手法を提案することができる。

- ① 感知器の選択は、特性（指向性、能率、サイドローブが現われる感知領域等）を十分調査してから決定する。
- ②③ 感知器設置地点が決定したら、走行分布を調査する。
- ④ 走行分布より感知器ヘッドの中心位置を決定する。
- ⑤ 感知器・路面間の高さを決定する。
- ⑥ ヘッドが路面に鉛直になるよう取付角度を調整する。
- ⑦ 感知領域の決定
- ⑧⑨⑩ 較正器による路面反射電圧を測定し、感知領域-路面反射電圧特性図から感知領域の変更、維持管理をする。

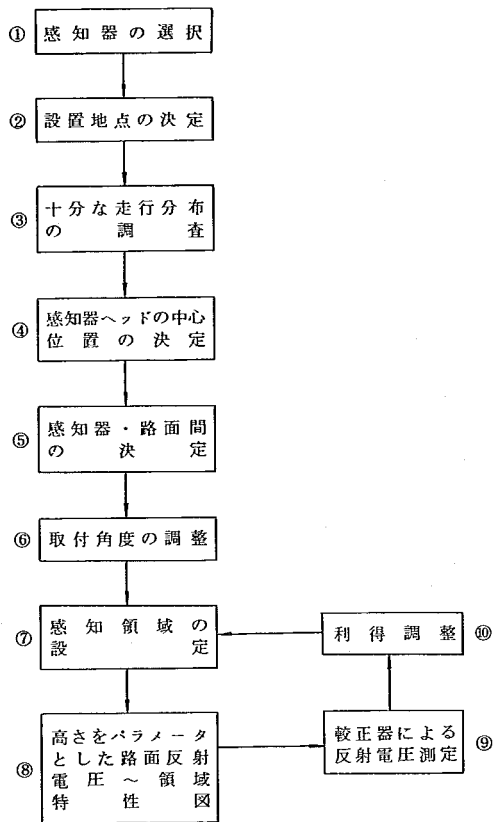


図 7.1 0 超音波式車両感知器の校正手法

8. あ と か き

本調査実験、検討の結果、超音波式車両感知器の路面反射電圧を基準とした、個人の勘にたよる部分がなくなる一般正手法を提案することができた。しかしこれは調査地点がいつでも2車線道路の調査結果である。今後、2車線、多車線道路の渋滞時における最適感知領域について地味な研究を加えていかなければならない。

9. 参 考 文 献

- 1) 「スリットカメラによる車両感知機の性能調査」
土木研究所資料 第796号 昭和48年3月
- 2) 「スリットカメラによる車流計測の一手法」
小林建夫・河野辰男 第15回土研発表会資料 昭和51年11月
- 3) 「超音波式車両感知器の実用化実験報告書」
社団法人 建設電気技術協会 昭和48年3月
- 4) 「首都高速道路管制用測定機器の校正等についての調査研究報告書」
社団法人 建設電気技術協会 昭和51年3月
- 5) 「オキュパンシー計測装置に関する調査研究」
社団法人 建設電気技術協会 昭和47年3月
- 6) 「土木計測便覧」
京都大学土木会編 丸善 昭和50年2月第2版