

各種車両感知器の感知特性に関する研究

A Study on the Characteristic of the Vehicle Detectors

指導教授 高田 邦道

1012 田島 隆之

1. 研究の背景と目的

わが国では刻々と変化する交通状況に対応すべく様々な信号制御システムが用いられている。その中心であるマクロ型感応制御は、車両感知器から得られた交通量・占有率を基に、パラメータをパターン選択により決定する手法である。しかしパターン選択では車両感知器により計測された車両通過データ（以下計測値とする）の精度が多少劣っていても、同じパターンが選択されるため制御効率に与える影響は小さい。

それに対し近年、MODERATO（以下モデラートとする）という次世代信号制御システムの運用が開始された。モデラートでは、車両感知器から得られた交通量、占有率に加え渋滞長を決定式に代入しパラメータを直接算出することから、交通状況に応じたより決め細やかな信号制御が可能となった。しかし、車両感知器の感知精度が低下すると、不適切なパラメータが算出されるため、制御効率に大きな影響を与える。

そこで本研究では、超音波式車両感知器（以下超音波とする）・光学式車両感知器（以下光学式とする）・画像型車両感知器（以下画像型とする）の各種車両感知器について、感知精度及び特性を明らかにする。さらに得られた特性を踏まえた上で精度向上のための対策について、検討を行うことを目的とする。

2. 調査概要

2003 年度からモデラート導入予定である広島市内の女学院前交差点付近（以下女学院前）と牛田新町交差点付近（以下牛田新町）において交通流の撮影、計測値の収集を行った。調査時間を表 - 1 に示す。

表 - 1 調査時間

地点		女学院	牛田新町
車両感知器		超音波式 光学式	画像型
調査時間	朝	7:00 ~ 9:00	7:00 ~ 9:00
	昼	10:00 ~ 12:00	10:40 ~ 12:40
	薄暮	17:30 ~ 19:30	17:30 ~ 19:30
	夜間	19:40 ~ 21:40	19:40 ~ 21:40

3. 解析

計測値が信号制御に用いられるまでの流れを図 - 1 に示す。

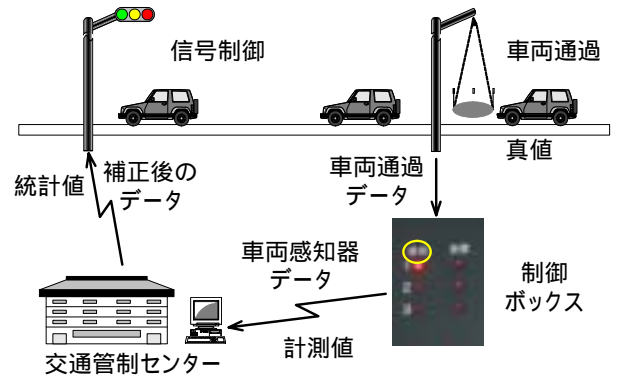


図 - 1 データの流れ

車両感知器が車両を感知すると、制御ボックスのランプが点灯し、計測値は管制センターに送信される。その後計測値は補正を行った上で、5 分間集計の形で収集された補正後のデータ（以下統計値とする）として信号制御に用いられる。

そこで本研究では感知特性を把握するために、実際の交通流データ（以下真値とする）と計測値及び統計値の比較を行った。

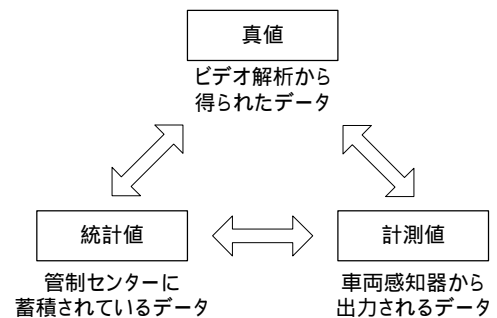


図 2 データ比較

真値と計測値の比較

車両感知器が車両を感知する際の感知精度及び特性の把握。

計測値と統計値の比較

管制センターでの補正についての検証

なお、比較を行う際に用いた真値、計測値及び統計値は、5 分間集計とした。比較に用いた正解率を式 (1) に定義する。

$$\text{正解率 (\%)} = \frac{\text{真値} - \text{誤差発生台数}}{\text{真値}} \times 100 (\%) \quad \dots (1)$$

(1) 超音波式車両感知器の特性

1) 真値と計測値の比較

超音波の感知特性を把握するため、真値と計測値の比較を行った。これを図 - 3 及び図 4 に示す。ここでは比較例として朝第 1 レーン（以下 1 L）を挙げたが、全ての時間帯及び両車線とも同様の解析を行った。

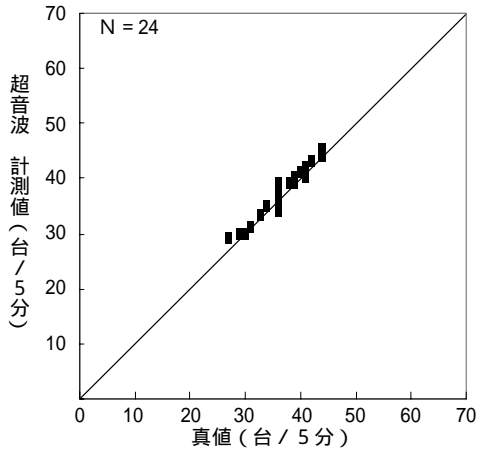


図 3 真値と計測値の比較
(超音波, 朝 1 L)

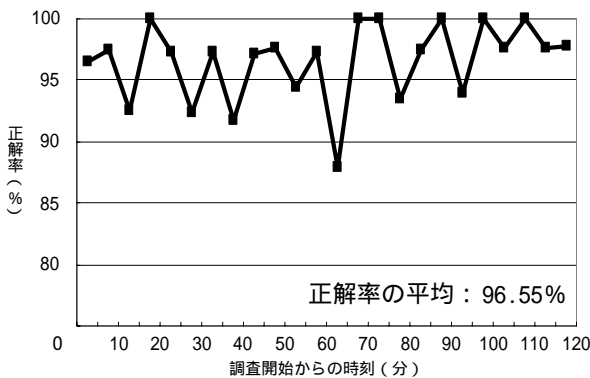


図 - 4 計測値の正解率
(超音波, 朝 1 L)

図 - 3 より計測値はほぼ 45 度の線上に分布しているが、計測値が真値を若干上回っていることから、真値と比べて若干多い台数が計測されていることがわかった。これは感知割れとよばれる車両以外（乱反射など）を感知する誤差やダブルカウントなどの誤差が起きていると考えられる。図 - 4 より正解率の平均値が 97% であることが判明した。

2 L についても同様の比較を行ったところ、真値と比べて少ない台数が計測されていた。これは感知抜けとよばれる車両が通過しても感知することができないという誤差が起きていると考えられる。正解率はおよそ 90% と、1 L に比べて大幅に低い値となった。

なお、同様の結果が他の時間帯においても得られた。これより計測値において真値との誤差は 1 L がおよそ 4%、2 L がおよそ 10% であることが判明した。

車両感知器の正解率を低下させる原因となっているのは、上記の感知割れによる誤差と感知抜けによる誤差が発生するためである。ここでは超音波の感知抜けによる誤差として考えられる車線変更により 1 L と 2 L の感知域を通らずに通過した車両（以下車線変更車両とする）についての検証を行った。本研究では真値計測時に 1 L から 2 L へ車線変更する車両を 2 L 走行として計測し、2 L から 1 L へ車線変更する車両を 1 L 走行として計測した。女学院前は 1 L がバス優先レーンになっており、1 L から 2 L への車線変更が多いことから、2 L の正解率が低下したと考えられる。表 - 2 に車線変更車両の感知状況を示す。

表 - 2 車線変更車両の感知状況

		全通過台数	車線変更台数	車線変更率	感知台数	感知率
		a	b	b/a × 100	c	c/b × 100
		(台 / 2h)	(台 / 2h)	(%)	(台 / 2h)	(%)
朝	1L	876	47	5.37	38	80.85
	2L	1,356	109	8.04	4	3.67
昼	1L	1,162	49	4.22	36	73.47
	2L	1,347	116	8.61	0	0.00
薄暮	1L	1,237	64	5.17	53	82.81
	2L	1,404	86	6.13	0	0.00
夜間	1L	863	64	7.42	51	79.69
	2L	812	86	10.59	1	1.16
合計	断面	9,057	621	6.86	183	29.47

表 - 2 より断面での感知率は 30% であるが、全台数に対する車線変更で感知抜けとなる割合がおよそ 5% であることから、信号制御に感知器データを用いる場合制御効率に与える影響は大きい。

2) 計測値と統計値の比較

管制センターでの補正を検証するため、計測値と統計値の比較を行った。なお、管制センターで行っている補正とは感知割れを修正するものであり、車両感知器の種類に関係なく、以下に示すものである。

補正 : 車両の感知時間が 0.2 秒未満であった場合、車両なしとする補正

補正 : 前車の感知終了から、後続車の感知開始までの時間が 0.2 秒未満であった場合、前車と同一の車両とみなし、1 台の車両とする補正

計測値と統計値の比較を行った結果、両車線とも計測値と比べ統計値が真値に近い値とはなっておらず、正解率に大幅な上昇はみられなかった。そこで補正の検証を行った。

補正 は主に気象条件や周囲の明るさが原因で光の

乱反射が起こった際に車両感知器が感知した場合に補正を行う。そこで計測値が 0.2 秒未満で感知したサンプル数を計測し、補正の成功率を算出した。算出結果を以下の表 - 3 に示す。

表 - 3 補正 の成功率

	サンプル (台 / 2h)	補正台数 (台 / 2h)	成功率 (%)
朝	38	21	55.3
昼	22	14	64.1
薄暮	32	17	51.2
夜間	25	14	57.1
合計	117	66	56.4

表 - 3 よりおよそ 60%と低い成功率であることが判明した。しかし、全台数に対するサンプル台数の割合は 1.3%であるため、制御効率に与える影響は小さい。

補正 は主にトレーラーなど大型車をダブルカウントした場合に補正を行う。そこで計測値において感知時間間隔が 0.2 秒未満の台数を計測し、補正の成功率を算出した。算出結果を以下の表 - 4 に示す。

表 - 4 補正 の成功率

	サンプル (台 / 2h)	補正台数 (台 / 2h)	成功率 (%)
朝	7	6	85.7
昼	1	1	100.0
薄暮	5	2	40.0
夜間	7	5	71.4
合計	20	14	70.0

表 - 4 より成功率はおよそ 75%であることが判明した。しかし全台数に対するサンプル台数の割合は 0.2%であるため、制御効率に与える影響はない。

以上の検討より、補正の成功率低下が正解率に及ぼす影響は少ないことから、感知抜けが統計値の正解率を低下させる原因であることが判明した。

(2) 光学式車両感知器の特性

1) 真値と計測値の比較

感知特性を把握するため、超音波と同様の方法を用いて真値と計測値の比較を行った。

その結果、1 L の朝及び昼の計測値は正解率がおおよそ 93%、薄暮及び夜間の正解率が 90%であり、ともに真値と比べて少ない感知台数が出力されていた。また 2 L では全ての時間帯において正解率に変化はなく、およそ 94%であった。よって 1 L のみではあるが、明るさの違いによる正解率への影響がみられた。

光学式では両車線とも真値を下回る感知台数であったため、感知抜けが多く発生していると考えられる。

その原因として、光学式は車両の有無を判断するた

めに輝度レベルという概念を用いている。そのため、車両の色が黒であると感知率は劣るといわれている。そこで黒い車両及び黒以外の車両の感知率を算出し、図 - 5 に示す。

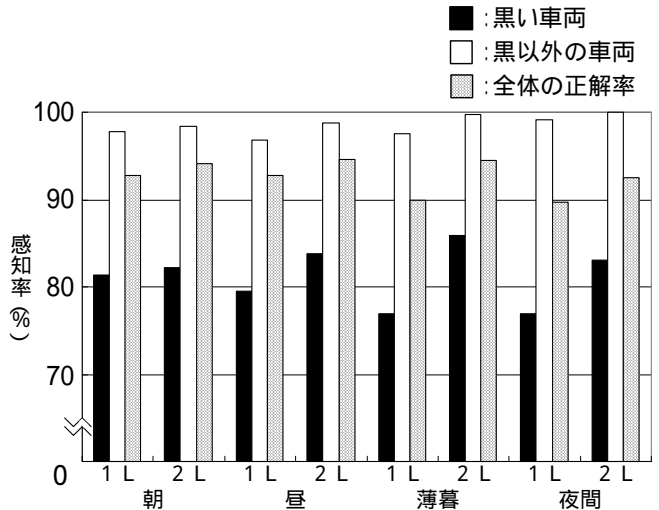


図 - 5 黒及び黒以外の車両感知率

同図より黒以外の車両感知率は 100%に近い値であるが、黒い車両の感知率はおよそ 80%であることが判明した。全台数に対する黒い車両の割合はおよそ 30%であるため、黒い車両を感知できない割合は 6%と算出される。これより、信号制御に感知器データを用いる場合、黒い車両の感知率低下が制御効率に与える影響は大きい。

また光学式においても車線変更車両の感知率を算出したところ、およそ 73%の感知率であった。全台数に対する車線変更で感知抜けとなる割合が 2%であることから、制御効率に与える影響は小さい。

2) 計測値と統計値の比較

管制センターでの補正を検証するため、超音波と同様の方法を用いて計測値と統計値の比較を行った。その結果、両車線とも補正の効果が得られていないことが判明した。そこで補正の検証を行った。

まず補正 の検証を行った結果、成功率はおよそ 85%であった。光学式は超音波と比べ、サンプル数も少なく、また補正の成功率も高いことが判明した。

次に補正 についても検証を行った結果、サンプル数も少なく、成功率は 100%であった。補正 についても超音波と比較するとサンプル数は少なく、補正の成功率も高いことが判明した。

以上の検証より、光学式においても感知抜けが統計値の正解率を低下させる原因であることが判明した。

(3) 画像型車両感知器の特性

1) 真値と計測値の比較

感知特性を把握するため、他の2種類の車両感知器と同様の方法を用いて真値と計測値の比較を行った。

その結果、両車線とも計測値の正解率はおおよそ100%に近い値であり、他の2種類の車両感知器と比較しても、非常に正解率が高いといえる。さらに車線変更車両の感知率を算出した結果、おおよそ90%と高い感知率であることが判明した。

しかし、渋滞が発生した薄暮の終わりから夜間の始めにかけて、正解率が95%以下となる時間帯が存在した。この原因は、渋滞流において車間距離が短くなり車両同士が接近するため、後続車が前車の影になり、画像型のカメラに映らないことで、感知抜けを起こす可能性が考えられる。そこで以下の表-5に渋滞中の感知率をまとめた。

表-5 渋滞中の感知率

発生時刻			終了時刻			秒換算 (秒)	真値	計測値	感知率 (%)
時	分	秒	時	分	秒				
18	56	10	~	18	56	40	7	8	114.3
18	59	30	~	18	59	50	5	6	120.0
19	5	0	~	19	6	10	70	10	90.0
19	11	30	~	19	12	20	50	3	166.7
19	14	30	~	19	15	40	70	11	72.7
19	17	40	~	19	19	0	80	10	100.0
19	20	55	~	19	22	10	75	10	90.0
19	24	0	~	19	25	10	70	4	150.0
19	27	20	~	19	28	20	60	10	100.0
19	40	20	~	19	41	20	60	8	87.5
19	43	40	~	19	44	30	50	8	75.0
19	46	50	~	19	47	30	40	4	50.0

表-5より100%を下回るサンプルが最も多し、100%を上回るサンプルも存在している。これは車両の影などを感知することが原因として考えられる。

渋滞中は感知抜けに加え、感知割れによる誤差も発生し、制御効率に与える影響は大きい。

2) 計測値と統計値の比較

画像型についても、他の2種類の車両感知器と同様の方法を用いて計測値と統計値の比較を行った。その結果、両車線とも補正の効果が得られていないことが判明した。そこで補正の検証を行った。

補正の検証を行った結果、成功率はおおよそ40%であった。超音波と比較するとサンプル数は少ないが、補正の成功率は他の2種類の車両感知器と比較した結果最も低い値であった。なお、補正についてはサンプル数が極端に少ないため、検証を行わなかった。

以上の検証より、画像型においても補正の成功率低下による正解率への影響は少ない。

4. 結論と精度向上に対する検討

本研究の解析により得られた各種車両感知器の感知精度及び感知特性を表-6にまとめた。また感知精度は各種車両感知器の両車線の正解率を平均したものである。なお、表中の○は制度上問題がないことを、△は若干問題があることを、×は問題があることを示す。

表-6 感知特性のまとめ

	超音波	光学式	画像型
明るさの変化			
交通量の変化			(渋滞時)
黒い車線変更		×	
補正の効果	×		
補正の効果	×		
感知精度	94%	93%	99%

本研究で調査を行った各々の車両感知器は、計測値また統計値が真値に対して誤差を生じていた。特に光学式においては感知精度が93%であった。

モデラートのような制御方式の場合、ピーク時など渋滞による損失が大きい時間帯においては、交通量を過少評価すると、±5%程度でも渋滞を起こす原因となる。そのため、今後感知精度の向上が望まれる。

感知精度を低下させる原因として、本研究では感知抜け及び感知割れによる誤差をあげた。主に本研究で調査を行った車両感知器では特に感知抜けが原因で感知精度が低下していた。管制センターでは感知割れによる誤差を解消する補正を行っているが、補正の超音波及び画像型では特に効果がみられない。さらに補正では感知抜けの対策は行われていない。

そこで、今後各々の車両感知器を信号制御に用いるにあたり、以下のことに留意する必要がある。

- ・ ピーク時においては感知精度を参考にし、感知台数に係数をかけ、真値に近づける。
- ・ 黒い車両の割合を考慮し、光学式の感知台数に係数をかけ、真値に近づける。
- ・ 車線変更中の車両感知率を考慮し、特に超音波の閑散時では感知台数に係数をかけ、真値に近づける。

最後に本研究を進めるにあたり、細部において直接ご指導していただいた安井一彦専任講師、日本大学総合科学研究所の森田緯之教授には深く感謝をいたします。また感知器データを提供して頂いた広島県警察本部交通規制課、共和システム、計測機器の開発にご協力していただいた武田電子に深く感謝の意を表したい。