

交通現象の検出手法に関する実験的研究

An Experimental Study on Detection Techniques of Vehicular Traffic

越 正毅*・大蔵 泉*

Masaki KOSHI and Izumi OHKURA

1. はじめに

車両感知器は道路交通現象の有力な計測手段であり、近年各種の交通制御システムにおいて多く使用されている。最近では、渋滞状況の検出のためにも車両感知器による計測情報が用いられているが、車両感知器によって得られた計測値が、街路におけるいかなる交通状況に対応するかについては、あまりよく知られていない。

本論文は、最近筆者らが試みた車両感知器による街路交通現象の検出手法に関する解析結果について述べたものである。

解析の方法としては、16m/mメモーションカメラで撮影した街路における実交通現象と、同時に収録した車両感知器による計測情報とから、交通流の各種の状態量を求め、交通流の巨視的状态量と車両感知器による計測情報との相関分析を6種の単位計測時間に行ない、推定精度のもっともよい交通現象の検出手法を見つけ出すという実証的方法によった。

2. 街路交通現象の観測および状態量の読み取り

1) 観 測

観測した街路区間は、東京都内環状4号線天現寺一広尾交差点間約300mの区間である。これは、越研究室が交通信号制御のための実験システムを導入した区間

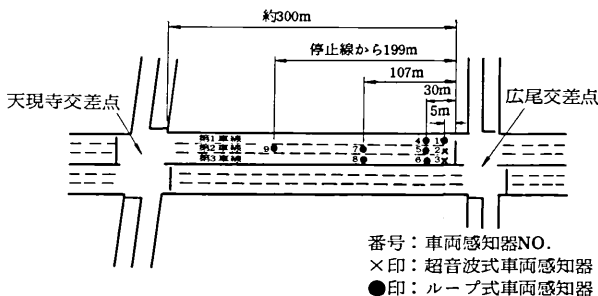


図1 調査対象街路区間における車両感知器配置図

*東京大学生産技術研究所 第5部

約1.5kmの一部に当る。図1は対象街路区間における9個の車両感知器の配置を示したもので、解析した交通流は、図1において天現寺から広尾に向う外回りの交通流である。

観測日時は昭和49年7月15日(月)8時から15時に至る間である。30分間の連続観測を5回行ない、比較的閑散な交通状態から、リンク全体に渋滞列が延伸した混雑状態までを含む広範囲な状態が記録できた。

観測は16m/mメモーションカメラによる対象街路区間内の実交通流の撮影と車両感知器による計測値の記録とから成る。写真観測の場合は、対象街路の路側における高層ビルディング屋上に16m/mメモーションカメラ2台を設置し、対象街路区間全体の交通流を每秒2コマのコマ送り速度で撮影した。一方、車両感知器による計測値は、観測対象街路から電話回線を通じて伝送された車両感知器の感知パルスを、研究室内でデータレコーダによって磁気テープに記録した。

2) 状態量の読み取り

撮影された16m/mフィルムから、対象街路区間約300mにおける存在車両全数について1秒間隔で各車両の通過時刻および存在位置を読みとり、その走行軌跡を時間-距離図にプロットした。こうして作成した延べ2.5時間、距離約300mの時間-距離図に基づいて、交通量、密度、速度、渋滞末尾位置および旅行時間の5種の状態量を読み取った。各状態量の読み取り要領は次のとおりである。

交通量および速度：各10秒間ごとの車両感知器設置地点における通過車両の車種別台数および速度の頻度分布

密度：車両感知器前後各20m、計40m区間における車両存在台数の10秒間隔サンプリング値。(ただし停止線から5m地点においては上流側20m区間の存在台数を考えた。)(台/km)

渋滞末尾位置：対象街路区間内における停止波の停止線からの距離、20秒間隔のサンプリング値。(m)

旅行時間：停止線から上流200m地点までの間の旅行

研究速報

表1 道路断面ごとに集計した車両感知器計測精度

停止線からの距離	感知器番号	第1回観測			第2回観測			第3回観測			第4回観測			第5回観測			
		実台数	実測値	誤差%	実台数	計測値	誤差%	実台数	計測値	誤差%	実台数	計測値	誤差%	実台数	計測値	誤差%	
5m	3車線計	1.2.3	795	833	+4.8	727	731	+0.6	667	678	+1.6	576	欠測	—	718	731	+1.8
30m	3車線計	4.5.6	788	815	+3.4	705	757	+7.4	642	687	+7.0	582	584	+0.3	715	711	-0.6
107m	2車線計	7.8	624	668	+7.1	509	519	+2.0	527	518	-1.7	375	382	+1.9	403	412	2.2
199m	1車線	9	449	欠測	—	441	406	-7.9	374	387	+3.5	278	320	+5.1	318	318	0.0

(注) *実台数：時間-距離図から求めた25分間当り通過実台数
 **計測値：車両感知器によって計測された25分間当り感知台数

時間, 20秒間隔サンプリング値.(秒/200m)

表2 相関分析に用いたサンプル

一方車両感知器による計測情報は, 交通信号制御用小型電子計算機によって, 10秒間の単位計測時間で集計処理し, オキュパンシと交通量とを求めた.

停止線からの距離	車線*位置	感知器No.	単位計測時間					
			20秒	40秒	1分	1サイクル	5分**	15分**
5m	1	1	424	211	140	97	120	70
	2	2	339	169	112	80	96	56
	3	3	424	211	140	97	120	70
30m	1	4	424	211	140	97	120	70
	2	5	424	211	140	97	120	70
	3	6	424	211	140	97	120	70
107m	2	7	424	211	140	97	120	70
	3	8	404	201	134	92	114	64
199m	2	9	320	159	106	71	90	50

3) 車両感知器の交通量計測精度

表1は5回の各観測時間帯25分間について, 断面ごとの車両感知器の交通量計測精度を示す. これによると停止線から30m地点における精度が時間帯によって低いことが知られる. これは頻繁に行なわれた車線変更の影響による計測誤差と考えられる. 表1によると各断面としての車両感知器計測精度は, 誤差%にして-8%~+15%の範囲にあった.

* 車線位置は左側車線から右側へ付番した.
 ** 5分, 15分は1分間隔の計測値である.

3. 解析結果および考察

2.で求めた街路交通流の各種状態量に基づいて, 車両感知器設置地点別および単位計測時間別に, 車両感知器によって計測された情報(以下感知器計測情報と称す)と実交通流の諸状態量との相関分析を行なった. 車両感知器情報は相関関係ができるだけ線形関係になるように変換して用いた. これは, 相関式を1次式あるいはたかだか2次式の形にしておく方が直感的にも理解し易く, 実用上取扱いが容易になるからである.

の5種をとりあげた.

1) 渋滞末尾位置および旅行時間の検出

さらに, 種々の要素が複雑に影響し合う街路における交通流について, 基本的な巨視的状态量である交通量, 密度および速度の間の相関特性を検討した.

渋滞末尾位置および旅行時間はともに渋滞度を表わす直接的な指標と考えることができよう. 感知器計測情報に基づいてこれらの諸量をかかなりの精度で推定できるなら, 混雑時の交通信号制御において遅れに大きな影響をもつパラメータであるスプリットを合理的に設定することができ, その結果遅れを軽減することもできよう.

これらの結果に基づいて, 交通流を自動検出するための最適な感知器計測情報, 単位計測時間および車両感知器設置位置に関して考察した. 単位計測時間は計測値の平均化時間に相当し, 本研究では20秒, 40秒, 1分, 1サイクル(周期), 5分および15分の6種をとりあげた. 表2は単位計測時間別のサンプル数を示す. また, 車両感知器によって計測された情報については, 交通量(Q), オキュパンシ(Oct), 平均パルス幅(Oct/Q)およびその逆数(Q/Oct)の4種を, そして実交通流の情態量については交通量(Q), 密度(K), 平均速度(V_T), 渋滞末尾位置(L)および旅行時間(T)

渋滞末尾位置および旅行時間と感知器計測情報との相関性について, 単位計測時間別・感知器設置位置別に検討した. その結果, 渋滞末尾位置, 旅行時間ともに平均感知パルス幅(Oct/Q)の関数として回帰した場合が, もっとも推定誤差の小さいことが見出された. 表3, 表4はそれぞれ渋滞末尾位置および旅行時間と平均感知パルス幅(Oct/Q)との単相関分析結果を, 相関係数および標準誤差について, 単位計測時間別車両感知器設置位置別に示したものである.

これらの表に基づいて車両感知器ごとの相関係数を比較すると, 停止線から107m地点の第2車線に設けられた車両感知器(NO. 7)が渋滞末尾位置, 旅行時間

表3 渋滞末尾位置と平均感知パルス幅 (Oct/Q) との単相関分析結果

停止線からの距離	車線位置	感知器番号	単位計測時間別相関係数						単位計測時間別標準誤差 (m)					
			20秒	40秒	1分	信号周期	5分	15分	20秒	40秒	1分	信号周期	5分	15分
5m	第1車線	1	0.24	0.24	0.11*	0.32	0.60	0.79	111	108	110	101	86	64
	2	2	0.19	0.15*	0.31	0.52	0.74	0.88	93	91	86	72	58	39
	3	3	0.09*	0.19	0.15*	0.32	0.49	0.53	114	109	109	101	94	89
30m	第1車線	4	0.31	0.36	0.31	0.47	0.77	0.97	108	104	105	94	69	26
	2	5	0.15	0.18	0.26	0.24*	0.50	0.87	113	110	107	104	94	51
	3	6	0.34	0.40	0.41	0.62	0.82	0.94	107	102	100	83	61	36
107m	2	7	0.41	0.37	0.51	0.89	0.94	0.98	104	103	95	49	36	16
	3	8	0.26	0.31	0.52	0.59	0.74	0.84	111	107	95	87	74	58
199m	2	9	0.30	0.28	0.50	0.64	0.86	0.96	112	111	99	86	57	30

(注) ○ 分散分析表でのF検定の結果*印を除いてはすべて有意水準1%で有意
 ○ 集計単位時間5分および15分：1分間隔で5分および15分の集計を行なった。
 ○ 信号周期は80秒および100秒の2種

表4 旅行時間と平均感知パルス幅 (Oct/Q) との単相関分析結果

停止線からの距離	車線位置	感知器番号	単位計測時間別相関係数						単位計測時間別標準誤差 (秒/200m)					
			20秒	40秒	1分	信号周期	5分	15分	20秒	40秒	1分	信号周期	5分	15分
5m	第1車線	1	0.31	0.32	0.18*	0.36	0.66	0.82	57	56	58	53	43	33
	2	2	0.29	0.25	0.31	0.54	0.77	0.87	39	39	38	31	24	18
	3	3	0.08*	0.16*	0.15*	0.30	0.48	0.49	60	59	59	54	51	50
30m	第1車線	4	0.34	0.39	0.41	0.53	0.84	0.95	57	55	51	48	31	17
	2	5	0.20	0.28	0.33	0.28	0.58	0.88	59	57	56	55	47	27
	3	6	0.33	0.40	0.46	0.64	0.80	0.90	57	55	53	43	34	24
107m	2	7	0.48	0.47	0.59	0.92	0.97	0.99	53	53	48	22	12	7
	3	8	0.24	0.28	0.40	0.45	0.58	0.74	59	58	55	51	47	39
199m	2	9	0.26	0.24	0.48	0.57	0.80	0.93	61	60	54	48	35	21

(注) ○ 分散分析表でのF検定の結果*印を除いてはすべて有意水準1%で有意
 ○ 集計単位時間5分および15分：1分間隔で5分および15分の集計を行なった。
 ○ 信号周期は80秒および100秒の2種

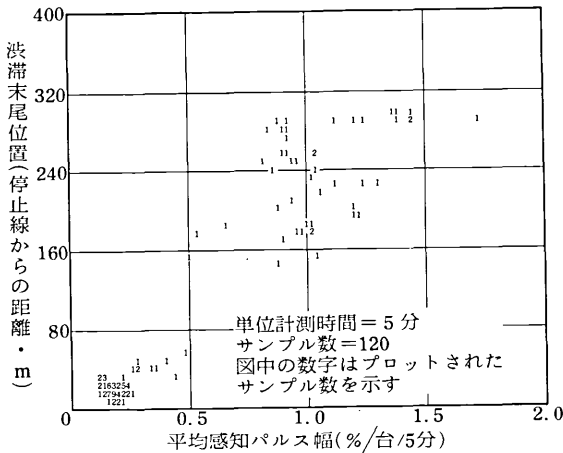


図2 渋滞末尾位置と平均感知パルス幅 (Oct/Q) との関係 (停止線から107m地点の感知器NO. 7)

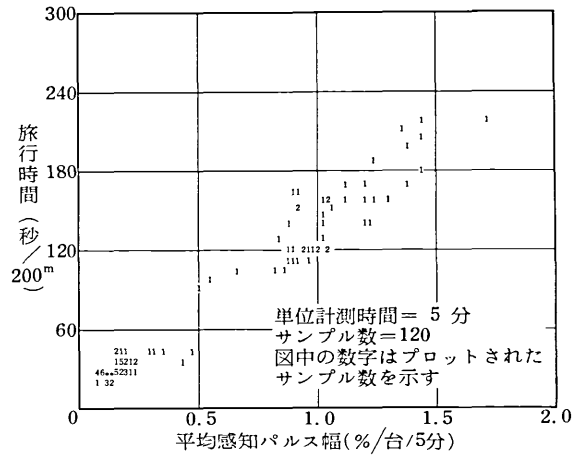


図3 旅行時間と平均感知パルス幅 (Oct/Q) との関係 (停止線から107mの地点の感知器NO. 7)

研究速報

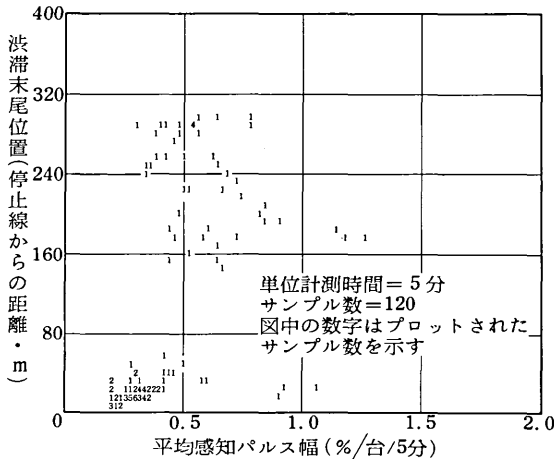


図4 渋滞末尾位置と平均感知パルス幅(Oct/Q)との関係 (停止線から30m地点の感知器NO. 5) のいずれについても、各単位計測時間についてほぼ一様に相関係数が最大となることが知られた。また、この感知器 (NO. 7) について各単位計測時間別に相関係数を比較すると、1 サイクル、5 分間および15分間の場合、いずれも 0.9 程度もしくはそれ以上であり、実用的にはほぼ十分の相関係数であると考えられる。これらの単相関分析結果に対し、2 次の項を入れた多項式 (2 次式) の方が幾分相関係数は高くなることが知られたが、実用的には 1 次式による推定で十分であろう。

図2、図3はそれぞれ渋滞末尾位置、旅行時間と平均感知パルス幅 (Oct/Q) との相関図を、単相関係数が最大となった車両感知器 (停止線から 107 m 地点の第 2 車線、感知器番号 No. 7) について、単位計測時間を 5 分間にした場合を示したものである。図4は対比のため相関係数のあまり高くない感知器 No. 5 について、単位計測時間を 5 分間とした場合の渋滞末尾位置と平均パルス幅 (Oct/Q) との相関図を示す。

2) 交通流の巨視的特性と検出

交通流の特性を示す基本的な巨視的状态量として、交通量、交通密度および平均速度があり、これらの状態量相互には明らかな相関のあることが知られている。今回得られた資料に基づいてこれら巨視的状态量の相関特性を明らかにするために、そしてこれら状態量の最適な検出方法を見出すために次のような解析を行なった。

(a) 街路における本研究の実測値に基づいて、交通密度と交通量との関係 (Q-K) および交通密度と平均速度との相関 (K-V_T) について相関分析を行なった。Q-K 相関には放物線を、K-V_T 相関には直線を

それぞれあてはめた。

(b) 交通密度および平均速度を検出する最適な方法を見出すために、これらの状態量と感知器計測情報との相関分析を行なった。

(c) 道路断面でとらえた交通流の特性と車両感知器による計測値とがどの程度対応するかについて、相関分析による検討を行なった。

これらの結果、次のようなことが知られた。

(i) Q-K 相関および K-V_T 相関の分析において、いずれもかなり高い相関関係が知られた。一般街路においても、こうした巨視的状态量の相関特性に基づいて交通現象を把握する方法が、かなりの程度有効であると考えられる (a)。

(ii) 交通密度を検出するための感知器計測情報としてオキュパンシが、そして平均速度の検出には Q/Oct がそれぞれ適切であることが知られた (b)。

(iii) 道路断面の交通特性は第2車線における計測情報によってかなりの程度代表されると考えられる (c)。

(iv) 停止線から 107 m 地点の第 2 車線に設けられた車両感知器 (No. 7) が相関分析において各単位計測時間についてほぼ一様に相関係数最大となった。また、5 分間以上の単位計測時間においては、実用的に十分意味のある相関係数が得られた (a), (b), (c)。

4. 結 論

(i) 一般街路において、できるだけ少ない感知器によって、渋滞度 (渋滞末尾位置、旅行時間) および交通流の巨視的状态量を精度よく検出するためには
車両感知器：停止線から 100 m 程度の地点
単位計測時間：5 分間程度
にそれぞれ設置、設定することが望ましい。

(ii) 渋滞度を表わす指標と考えられる渋滞末尾位置および旅行時間を検出するためには、感知器計測情報の中で Oct/Q を用いた場合がもっとも推定誤差が少ない。

(iii) 交通流の巨視的状态量のうち交通密度および平均速度を検出するためには、推定誤差を小さくするという意味で、それぞれオキュパンシ、平均パルス幅の逆数 (Q/Oct) という感知器計測情報を適用することが望ましい。

(iv) 以上の事柄から、重交通量時において効果的なスプリット制御を行なう方法として、交差点各流入部において倍止線から 100 m 程度の地点に車両感知器を設置し、これらの感知器によって計測された状態量 Oct/Q がほぼ等しくなるようにスプリットを制御することが考えられる。これによって、特定の流入部における渋滞長が不当に長くなることを避けることができ、各流入部の状態をほぼ均等に保つことができよう。(1975年9月1日受理)