

交通流自動監視センサ（空間センサ）の調査研究

業務部 交通管制課 乾 福 美
大阪管理部 施設維持事務所 中 谷 邦 則

要 旨

従来の交通管制システムでは、交通流を計測するため、超音波式の車両検知器を用いて情報の収集を行ってきた。しかし、近年のVICSによる情報提供の開始により、よりきめ細かく迅速な道路交通情報の提供が望まれている。そのため、次期交通管制システムの構築にあたっては、情報収集機能の高度化を図るため、従来の技術では実現困難であった交通流の状況を空間的に計測できる空間センサの導入に大きな期待が寄せられている。また、ITS（高度道路交通システム）においては、道路管理者による安全運転の支援も利用者サービスの一つのテーマとして挙げられており、この空間センサが実用化されると、従来の地点計測に代わり道路上の交通状況を線的に捉え、交通流を空間的に把握することにより、道路利用者に対する連続的な情報提供ならびに危険警告の実現が期待できる。

今回、既供用路線において、ITVカメラを道路照明柱頭部に取り付け、振動および空間パラメータの計測を行いその基礎評価を行った。本稿は、この調査内容を報告するものである。

キーワード：画像処理、交通管制システム、線的計測、空間パラメータ

はじめに

交通管制システムにおける交通流センサは、これまでループ式車両検知器や超音波式車両検知器に代表される地点計測センサが使用されてきた。しかし、道路利用者から所要時間や安全運転に関する、より正確で迅速な情報提供が求められるようになり、従来型の地点計測センサだけでは十分な対応が難しくなっている。一方、画像処理技術の発展には目覚ましいものがあり、工業用テレビ（以下ITV）カメラを用いた画像処理システムによる交通流センサが実用化の段階に入ってきている。ITVカメラを用いることで計測エリアを点から線へ飛躍的に広げることができるため、正確な交通流の把握や安全運転に関するデータ収集が可能となり、情報収集の高度化が図れる。

一般にITVカメラは、車両の重なりの影響を避けるために、出来るだけ高い場所へ取り付けることが望ましいが、従来のITVカメラの取付け場所は門柱や専用柱であり、十分な高度視野角が得られていない現状にある。そのため今後は道路中央分離帯上にある照明柱などへの取付けも考えていく必要があるが、照明柱などの長尺構造物は路面振動の影響を受けやすいと考えられるため、十分な事前検証が必要である。

本論文では、照明柱に振動計測センサとITVカメラを取り付け、実際の振動データを調査・分析し、また、採取した画像から交通流パラメータとして空間パラメータを計測し、交通流変化時点の特性を調査した内容を報告する。

1. 交通流画像処理における道路振動の影響

1-1 振動データの収集

ITVカメラを道路上の照明柱に設置した場合、車両の通行により照明柱が振動し、画像にブレが生じることが予想される。

照明柱の振動によるITVカメラの画像への影響は、画像の上下・左右方向への複合的なブレとして現れると考えられる。そのため阪神高速道路上に設置している照明柱の上部（頭部）・下部（支持部）に振動センサを取り付け、振動測定データと振動画像を収集することにより画像のブレの影響を調査・解析した。

本調査は、後述の空間センサフィールド実証実験と同じ地点で行った。振動データ収集の機器構成を図-1に、取付け場所を図-2に示す。

道路縦断方向（以下「X方向」という）および道路横断方向（以下「Y方向」という）は、風の影響が加わり、照明柱の頭部と支持部で振動の状態が

異なるが、道路上下方向（以下「Z方向」という）については、同等の振動が予想されるため、センサは照明柱頭部にのみ設置した。

1-2 測定結果と振動の解析

データ解析の手順を以下に示す。

- ① 振動の周波数分析を行い、照明柱の振動モードを確認する。
- ② 振動変位（合成振動）の時間変化を測定すると共に、X方向、Y方向、Z方向の3方向の最大振幅を確認する。
- ③ 以上の解析結果からITVカメラの撮影画像におけるブレの大きさを推定し、画像処理への影響について考察する。

振動センサの測定結果をもとに照明柱の一次固有振動数を机上計算した結果を図-3に示す。

測定結果を周波数分析した結果、1.7Hz付近に振動周波数の分布が集中しており、照明柱は一次モードで振動しているものと考えられる。

収集した振動データの内、照明柱頭部の2つの

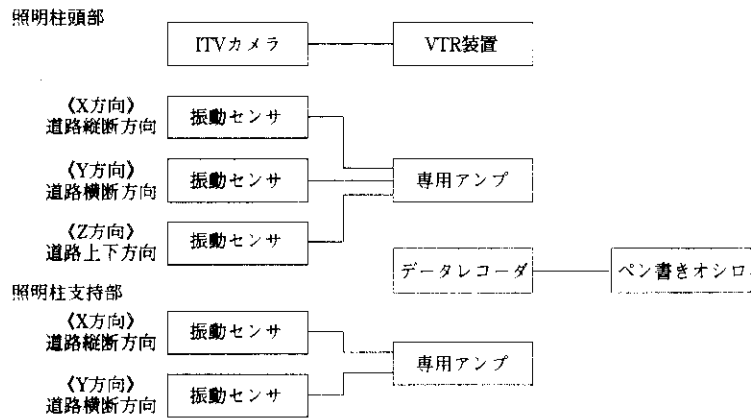


図-1 振動データ収集の機器構成

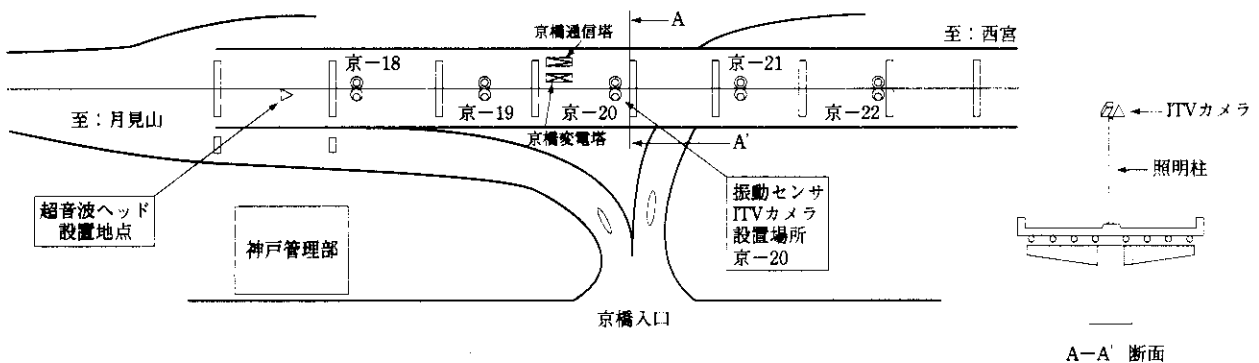


図-2 振動データ収集の機器取付場所

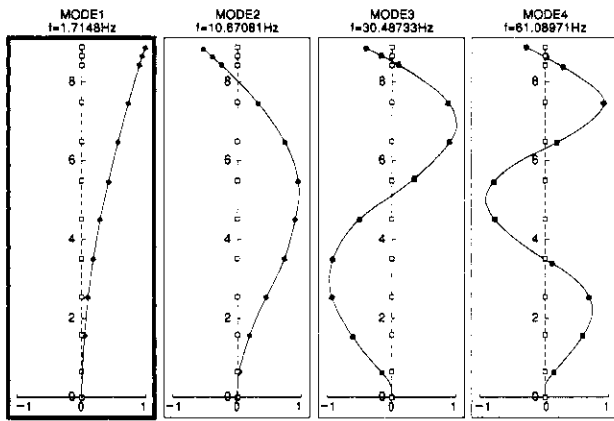


図-3 京-20照明柱振動モード

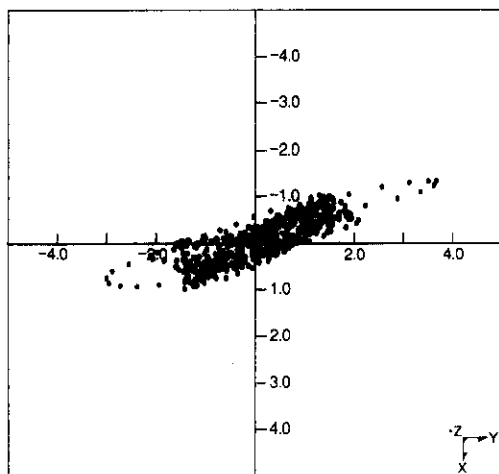


図-4 頭部振動軌跡 (5時26分付近)

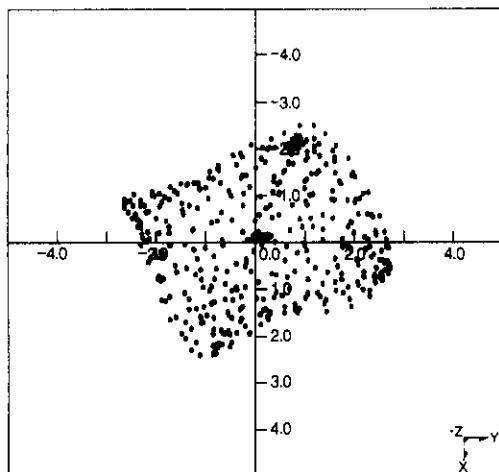


図-5 部振動軌跡 (5時11分付近頭)

表-1 京-20照明柱の最大振幅値

測定箇所	X方向	Y方向	Z方向
支持部	0.12mm	0.58mm	
頭部	2.88mm	4.25mm	0.28mm

代表的な振動軌跡を図-4および図-5に示す。

図の内容は25msec間隔で収集したデータの10秒間の分布を示し、分布の単位はmmである。

収集したデータの大半が図-4のようにY方向に広がる軌跡を描くが、図-5に示すようなX方向に広がるデータも確認された。

照明柱の振幅波形から読み取った振幅最大値を表-1に示す。

解析結果から、今回の実験に使用した京-20照明柱は、一次モードの振動が卓越するためITVカメラが設置される照明柱の上端部が最もよく揺れ、その振幅はX方向に対して2.88mm、Y方向に対して4.25mmであることが判明した。

X方向の揺れは、照明柱の上端が自由端であるのに対し、取付け部が固定端であるため、ITVカメラの光軸がX方向に揺れることとなる。ITVカメラの光軸角度が振れると、ITVカメラの仰角が変化することになり、画面は上下に振れる。そのため、画面の座標値と道路上の位置関係が合わなくなり、車両の移動量計測の誤差原因となる。その結果、速度計測の精度低下につながると考えられる。

今回の調査では、ITVカメラの設置位置が路面高10mであり、ITVカメラがX方向に2.88mm移動した場合、ITVカメラの光軸角度は次式より0.0165°振れる結果となる。

$$\tan \alpha = \frac{\text{x方向の振れ}}{\text{ITVカメラの高さ}} = \frac{2.88\text{mm}}{10 \times 1000\text{mm}}$$

この最大約0.0165°の光軸のブレは、ITVカメラから120m地点において道路上で約40cmのずれを生むことになるが、この誤差は速度計測処理上、特に問題になる値ではないものと考えられる。

一方、Y方向の揺れについては、画面の横方向のブレとなり、車両などの対象物の検出に対する影響が考えられるが、ITVカメラの仰角が浅く、遠方を俯瞰しているような画角では特に大きな影響を受けないと考えられる。

1-3 照明柱の振動が画像に与える影響解析

データ解析の手順を以下に示す。

- ① 照明柱の振動周期に同期した画像を2枚取り込む。
- ② 撮像点の画像上の座標値を抽出する。
- ③ 座標値のずれを画素数で比較する。
- ④ 画像数から実距離を算出し、移動量を評価する。

2枚の画像からそれぞれ8箇所ずつセンターラインの白線部など道路上の同一地点を比較ポイントとして抽出し、各ポイント点のずれをその画像上の座標値を比較することにより解析する。

解析画像は、VTR装置により取込み対象となる場面を静止画にて表示し、キャプチャー機能を用いてパソコンに画像データとして取り込む(565H×426V画素)。

なお、取込み対象となる場面の選定は、振動は大型車両がITVカメラ設置地点を通過した時に特に大きく発生するものと考えられるので、大型車両が画面内に進入する場面を用いる。取込み画像の時間的な間隔は、照明柱の振動周波数が1.71Hzであることを考慮して、図-6に示すように極大、極小点をねらい、1/2周期分の時間(およそ290msec)をあけた画像を用いる。

図-7、図-8に取込んだ画像例を、図-8に振動を比較した道路上での位置(point 1~8)を示す。表-2はpoint 1~8の座標値と画素数の

ずれを示す。振動のずれはX方向、Y方向のずれの合成値を算出したものである。

表-2の結果が示すとおり565H×426V画素の画面において、X方向に最大3画素、Y方向に最大2画素、すなわち画面の画素数に対して1%未満にあたることになる。これをカメラ視野の最遠点であるpoint 8の地点(ITVカメラからおよそ120m付近)での距離的なずれに換算すると22.6cm(振動測定から求めたずれの最大値は約40cm)となり、車両幅、車長から判断しても画像処理への影響はないものと考えられる。

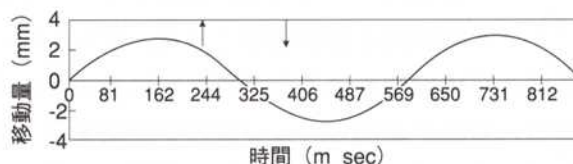


図-6 京-20照明柱の振動波形

表-2 振動による画像のずれ対比表(値は全て画素数)

	振動のずれ		ずれ率		振動のずれ (合成値)
	X方向	Y方向	X方向	Y方向	
Point 1	3	1	0.7%	0.2%	3.2
Point 2	2	2	0.5%	0.4%	2.8
Point 3	1	1	0.2%	0.2%	1.4
Point 4	2	0	0.5%	0.0%	2.0
Point 5	0	1	0.0%	0.2%	1.0
Point 6	1	1	0.2%	0.2%	1.4
Point 7	1	1	0.2%	0.2%	1.4
Point 8	0	2	0.0%	0.4%	2.0



図-7 Frame 1 画像

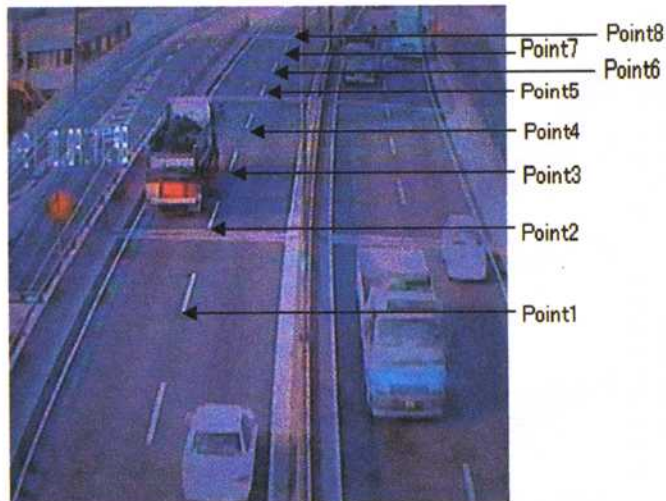


図-8 Frame 2 画像

2. 空間センサ

2-1 リアルタイム性を持ったセンサ

交通流計測の主な目的は、交通量の計測、渋滞判定、所要時間算出である。

一般に、交通流の渋滞現象は、

交通量 $[Q] = \text{交通密度} [K] \times \text{空間平均速度} [V]$ の関係が用いられる場合が多い。

交通密度と空間平均速度との関係は、一般に、図-9の4種類の曲線に示すように、交通密度の増加とともに空間平均速度が低下する右下がりの曲線とされている。

しかし、従来のセンサでは交通密度などの空間パラメータの直接計測が困難である。すなわち、超音波式車両検知器による渋滞判定は車両検知器で車両の有無を識別し、5分間の集計結果として算出される時間占有率と交通量の相関から行っている(図-10参照)。このとき、交通状況の状態遷移を追跡すると、5分間で非渋滞から渋滞へ状態が大きく変化する部分がある(図-11参照)。現行の超音波式車両検知器では、この変化を不連続状態ではしか把握できない。

一方、空間センサは、交通状況を空間的に捉えることを特徴としており、また、時間的に連続した画像の変化を捉えるため、前述の時間占有率と交通量の相関図上をデータが連続的に推移する。そのため、従来方式の課題であった急激な交通状

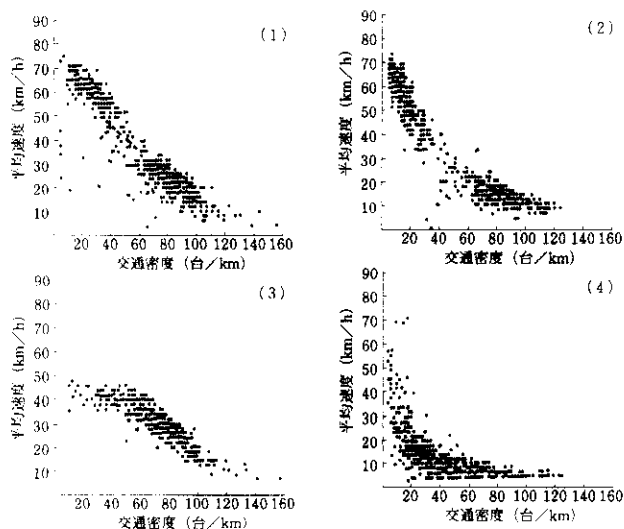


図-9 交通密度と平均速度の相関事例①

況の変化点あるいは変化傾向を的確に、かつ、リアルタイムに捉えることができると考えられる。

2-2 道路交通情報に対する利用者ニーズ

平成9年度に実施した「道路交通情報に対する利用者ニーズのアンケート」結果²⁾(図-12, 図-13)によれば、所要時間情報の有効性が高く、情報提供者側の精度が要求されるが、現行のセンサでは、前述のとおりラッシュ時、事故等の急激な交通量の変化が捉えられないため、信頼性が劣る結果となっている(図-14)。

また、「渋滞長と迂回判断の調査」結果²⁾(図-15)によると、渋滞長の延長とともに迂回率が上昇する。空間センサによるリアルタイムでの情報提供は、早期の迂回判断が可能となり、渋滞緩和と利用率の増大につながる。

以上のことから、空間センサの導入効果は大きいものと考えられる。

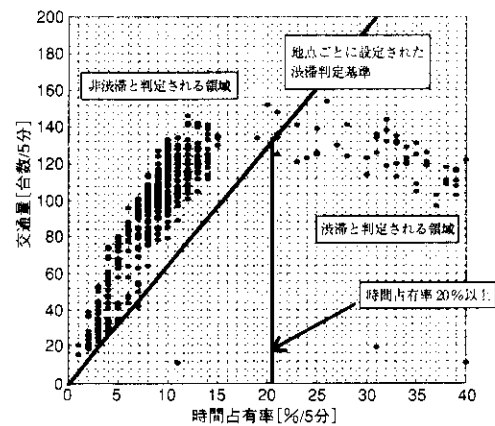


図-10 占有率と交通量の相関図

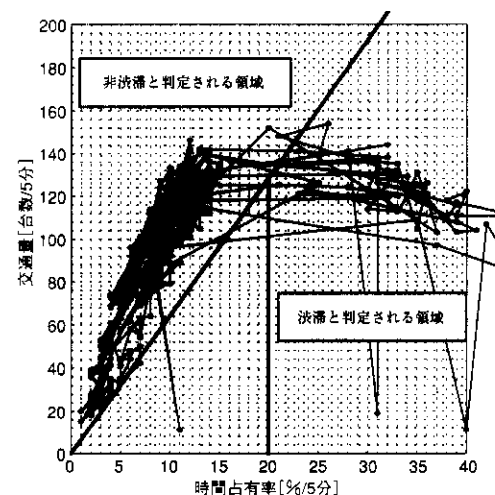


図-11 占有率と交通量の相関図(状態変化)

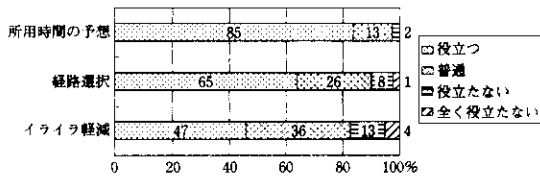


図-12 所要時間情報の有効性

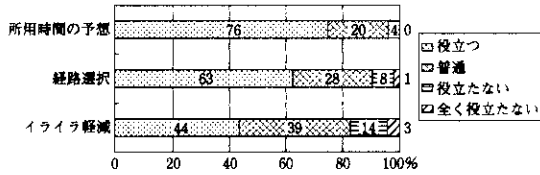


図-13 渋滞情報の有効性

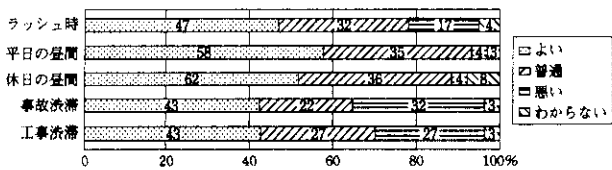


図-14 所要時間情報の信頼性

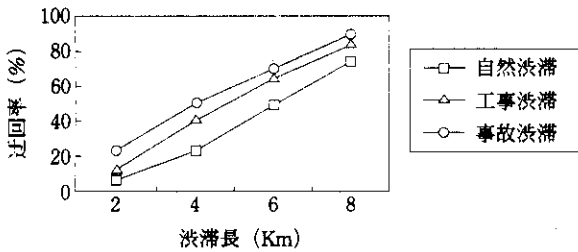


図-15 渋滞長と迂回率の関係

2-3 フィールド検証実験

空間センサの実用性を検証するため、供用路線に空間センサを設置し、実交通流を対象として以下の2種類の検証実験を行った。

① センサ単体検証

空間センサにより計測する3種類の空間パラメータ（空間占有率、空間平均速度、交通密度）の計測精度を評価する。

② システム適用検証

空間センサにより収集された空間パラメータの交通計測における活用を確認するため、渋滞判定への適用性を評価する。

実験は、あらゆる交通環境下で評価を行う必要があるため、定常的な渋滞の発生が予想され、カメラの設置に適したT型照明柱が設置されている3号神戸線の京橋ランプを中心とした約1kmの区間で行った（図-16参照）。

実験システムの機器構成を図-17、概略仕様を表-3に示す。

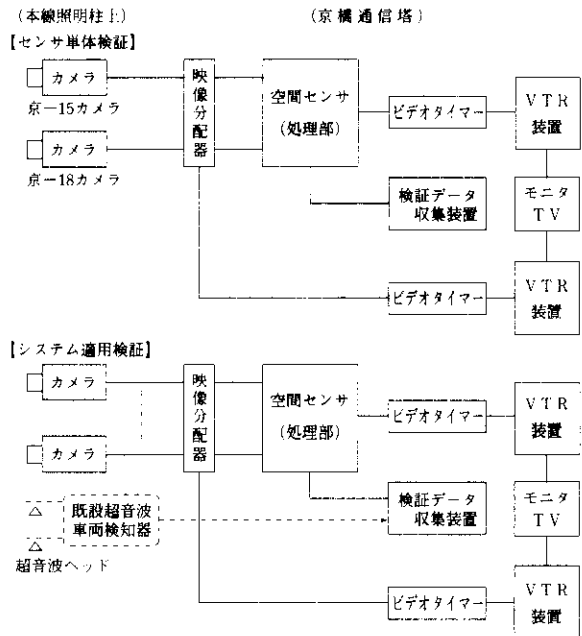


図-17 実験システムの機器構成

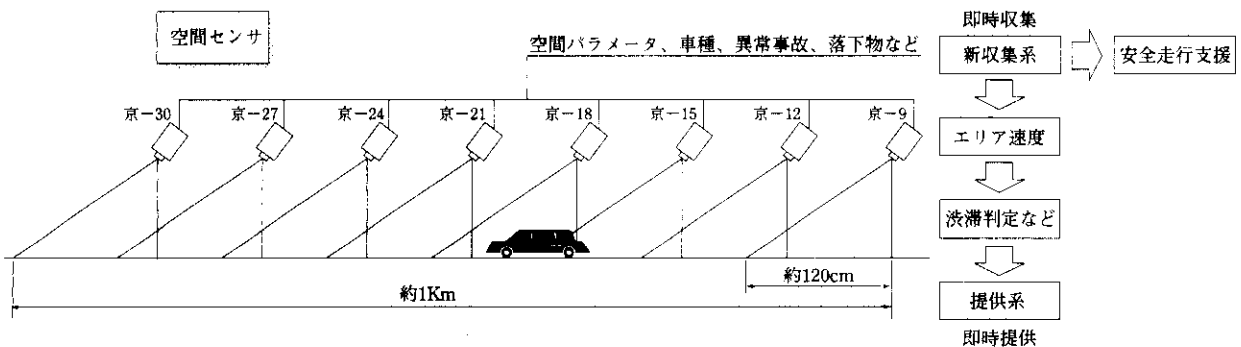


図-16 空間センサのカメラ配置

表-3 実験システムの概略仕様

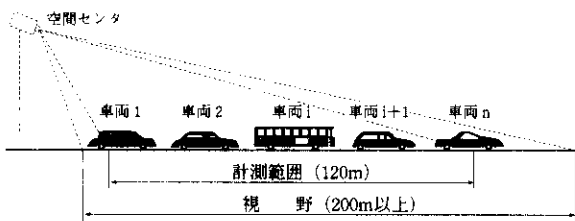
項目	内容
基本処理方式	背景差分と空間微分などの画像前処理を組合せて車両の特徴を抽出し、車両候補を検出する。
車両抽出方法	車両候補と車両モデルとのパターンマッチング
速度算出方法	個々の車両候補に対して、計測時間とその時の移動距離から速度を算出する。
空間パラメータ算出方法	車線毎に以下のパラメータを算出する。 交通密度 計測領域内の車両台数を計測する。 空間占有率 計測領域内の車両について、平均車長(大型/小型)あるいは実測した車長と計測領域長から算出する。 空間平均速度 計測領域内に存在する車両の速度の平均値を計算する。
概略処理フロー	

2-4 検証実験の解析と考察

(1) センサ単体検証の結果

センサ単体検証では、カメラレンズの焦点距離と道路線形が異なる京-15ならびに京-18の2台のカメラを対象に3種類の空間パラメータの計測精度を評価した。

データ解析評価の概要を図-18に示す。



●交通密度 = $n-1$

●空間平均速度 = $\frac{\sum_{i=2}^n \text{車両 } i \text{ の地点速度}}{n-1}$

●空間占有率 = $\frac{\sum_{i=2}^n \text{車両 } i \text{ の車長}}{\text{計測範囲長}}$

(注) 計測領域に入り切っていない車両1は算出対象から除いている。

図-18 空間パラメータの算出方法

表-4に一例として京-15および京-18カメラにおける空間占有率、空間平均速度ならびに交通密度の検証結果を示す。なお、枠内の数値は計測値/目視値を示す。

表-4 空間センサ センサ単体検証結果

●カメラNo.: 京 15

天候条件	時間帯	交通流	空間占有率 (%)		空間平均速度 (km/h)		交通密度 (台)	
			走行車線	追越車線	走行車線	追越車線	走行車線	追越車線
晴天	早朝	通常流	11/11	12/14	79/78	82/85	3/3	3/3
		通常流	9/8	10/9	64/87	82/105	2/2	3/2
		渋滞開始	8/14	10/11	55/72	88/89	2/3	2/2
	昼間	渋滞中	7/5	50/21	67/74	70/82	2/2	3/4
		渋滞解消	11/9	13/19	76/77	83/90	3/2	2/4
		通常流	11/9	17/20	78/81	95/104	3/2	4/4
	薄暮	渋滞開始	12/12	19/17	55/57	58/66	3/3	4/4
		渋滞中	10/10	30/26	45/48	26/29	2/3	6/5
		渋滞解消	9/10	23/23	45/54	30/33	3/2	4/5
	夜間	通常流	7/8	11/18	74/82	107/110	1/1	3/3
		渋滞開始	13/14	22/24	55/54	59/57	2/2	4/4
		渋滞中	17/17	31/27	51/52	45/49	3/3	5/6
曇天	早朝	通常流	7/7	27/24	45/59	52/53	1/2	4/5
		通常流	7/7	13/10	70/83	100/103	2/1	3/3
		通常流	9/10	11/12	72/82	96/95	2/2	3/3
	昼間	渋滞開始	8/10	9/7	81/81	99/105	2/2	7/5
		渋滞中	8/5	16/16	66/68	73/76	2/1	4/4
		渋滞解消	10/10	11/12	77/82	90/100	3/3	2/3
	薄暮	通常流	10/10	9/8	75/88	101/109	2/2	2/2
		渋滞開始	8/8	16/15	63/74	73/89	2/1	3/4
		渋滞中	8/8	27/28	56/64	57/65	1/2	6/6
	夜間	渋滞解消	9/10	27/25	61/60	61/63	2/2	5/6
		通常流	13/8	8/4	75/87	93/119	2/1	2/1
		渋滞開始	10/12	25/24	61/72	58/69	3/3	5/5
雨天	昼間	渋滞中	13/14	22/32	51/58	32/40	2/3	6/6
		渋滞解消	9/8	21/25	58/61	40/42	2/2	4/5
		通常流	8/8	10/12	75/77	86/82	2/2	2/3
	薄暮	通常流	8/8	17/16	65/65	59/70	2/2	4/4
		渋滞開始	14/16	21/33	51/58	32/40	3/3	4/5
		渋滞中	12/6	25/24	57/57	63/60	3/1	5/5
	夜間	渋滞開始	8/8	22/20	50/57	41/46	2/2	5/5
		渋滞中	4/11	29/25	50/52	29/26	2/2	7/6
		渋滞解消	11/12	22/19	48/45	35/36	3/3	5/5
	夜間	通常流	7/5	15/11	71/86	93/99	2/1	3/2
		渋滞開始	12/13	21/22	47/52	46/54	3/2	4/4
		渋滞中	14/16	29/39	41/47	20/23	3/3	6/6
渋滞解消	14/16	31/29	36/37	26/26	3/2	6/6		

●カメラNo.: 京 18

天候条件	時間帯	交通流	空間占有率 (%)		空間平均速度 (km/h)		交通密度 (台)	
			走行車線	追越車線	走行車線	追越車線	走行車線	追越車線
晴天	早朝	通常流	8/7	15/16	78/78	74/82	2/2	3/3
		通常流	10/8	15/17	75/75	76/78	2/2	3/3
		通常流	9/10	10/12	76/75	77/80	2/2	2/3
	昼間	通常流	7/6	8/7	76/75	72/84	2/1	2/2
		渋滞開始	17/20	36/28	48/47	31/32	3/4	8/6
		渋滞中	27/25	24/26	38/39	33/38	6/5	5/6
	薄暮	渋滞解消	20/18	19/19	48/51	56/59	4/4	4/4
		通常流	9/9	14/13	72/78	70/78	2/2	3/3
		通常流	8/8	5/7	70/74	67/80	2/1	1/1
	夜間	渋滞開始	12/12	32/33	38/33	24/25	3/2	7/5
		渋滞中	30/33	34/34	25/24	19/19	6/6	7/7
		渋滞解消	23/28	35/26	33/31	38/39	5/6	8/6
曇天	早朝	通常流	7/7	10/12	77/78	74/78	2/1	2/3
		渋滞開始	17/16	28/17	65/68	55/56	4/3	6/4
		渋滞中	12/12	43/29	49/48	37/38	3/3	9/7
	薄暮	渋滞解消	27/22	46/34	35/35	27/24	6/5	10/7
		通常流	7/8	11/11	73/71	71/75	2/1	2/3
		渋滞開始	16/18	23/23	47/43	43/39	3/4	5/5
	夜間	渋滞中	27/28	37/35	25/27	26/26	6/6	8/8
		渋滞解消	18/23	38/28	31/34	31/33	4/5	8/7
		通常流	7/9	8/10	71/74	73/80	1/2	2/2
	昼間	渋滞開始	16/20	20/30	58/57	55/54	3/3	4/6
		渋滞中	14/21	36/31	44/45	41/37	3/4	7/6
		渋滞解消	6/11	19/24	58/60	48/48	1/2	3/5
薄暮	通常流	22/26	33/28	44/38	40/37	4/6	7/6	
	渋滞開始	11/20	36/32	44/40	35/31	2/4	7/7	
	渋滞中	32/37	41/35	19/17	24/22	6/7	8/6	
夜間	渋滞解消	19/25	32/30	36/32	34/29	4/5	6/6	
	通常流	6/10	8/9	67/70	56/62	1/2	1/2	
	渋滞開始	5/14	31/23	52/52	42/41	1/3	6/5	
渋滞中	11/23	33/29	38/36	32/31	2/5	6/6		
渋滞解消	8/21	24/26	41/39	42/39	1/4	5/6		

(2) センサ単体検証結果の考察

検証の結果、以下の事柄が判った。

- ① 通常交通流の下では、カメラ画角による差異は認められない。

また、時間帯による計測精度の変化も特でない。

- ② 他の天候条件に比べ、雨天の交通密度ならびに空間占有率の計測値が目視値を下回る場合が多くなる傾向にある。

- ③ 渋滞交通流の下では、カメラから遠方になると後続車両により隠されるため、計測値のばらつきが大きくなる傾向にある。

また、渋滞解消時には、後続車に隠された車両の挙動が捉えられないため、車両が計測領域から抜け出たことを検出できず、計測値が目視値より大きくなる場合が見受けられる。

(3) システム適用検証の結果

システム検証評価は、京-9から京-30までに120m間隔で設置した8台のカメラを対象として3種類の空間パラメータを用いてそれぞれの相関、時間変化ならびに渋滞判定を行った。

前述の通り、交通流の渋滞現象は交通密度と空間平均速度により表されるが、交通密度は、通常1km単位で算出され、カメラ単位での計測には、不向きである。

そこで、今回の検証では、それぞれのパラメータ間の相関を評価するとともに、交通流の時間的変動を的確に表現するパラメータを選び出すことで、渋滞判定論理を構築することとした。

図-19にそれぞれのパラメータの相関を示す。それぞれのパラメータの計測結果を10秒単位にサンプリングして相関分布に表した。

図-20に各カメラにおける空間占有率と空間平均速度の相関を示す。

また、図-21に空間占有率ならびに空間平均速度の時間変化を、図-22に渋滞発生時の各カメラにおける空間平均速度の時間変化を示す。

(4) システム適用検証結果の考察

図-19から、交通密度と空間占有率は相関が高く、線形関係にあるため、交通密度-空間平均速

度と空間占有率-空間平均速度の相関図が同じような分布を示している。したがって、空間占有率-空間平均速度の相関は、交通流の渋滞現象を的確に表しているものと判断できる。

また、図-20から、空間占有率-空間平均速度の相関は、道路線形などの影響により交通状況が地点毎に異なっていることをよく捉えていることから、精細な交通状況の把握に期待が持てるものと考えられる。

一方、図-21の空間平均速度の時間変化は、渋滞の発生による急激な速度低下ならびに粗密状態による速度変動を的確に捉えている。

また、図-22から渋滞発生時の空間平均速度値は、下流カメラから順に低下しており、渋滞の波及状態を捉えている。

以上の検証の結果から、交通流の渋滞現象を捉えるためには、空間平均速度データを主体に空間占有率と空間平均速度の相関から渋滞判定を行うことに期待が持てる結果が得られたものと考えられる。

しかし、渋滞発生時には、空間平均速度ならびに空間占有率の値が渋滞の粗密状態などの影響もあり、複雑に変動するため、渋滞判定を固定の閾値で行ったのでは、渋滞判定結果が短時間の間に変化し情報提供に支障をきたす可能性が考えられる(図-22参照)。

そのため、空間平均速度ならびに空間占有率の時間変動に対して平滑化を施すとともに、渋滞判定を行う閾値と渋滞解消を判定する閾値に分け、判定にヒステリシスを持たせることも今後の運用評価の中で検討していく必要があると考えられる。

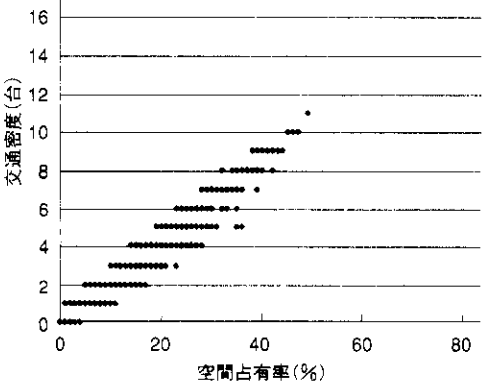
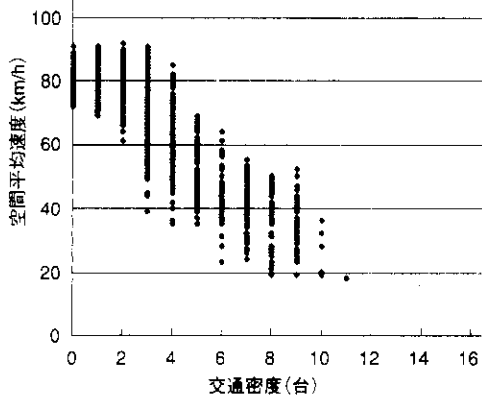
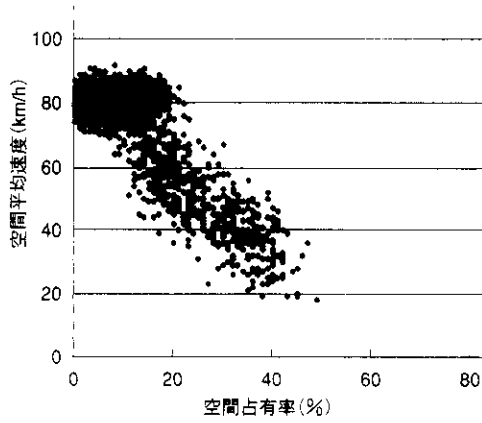


図-18 空間占有率、交通密度、空間平均速度の相関関係（京-18）

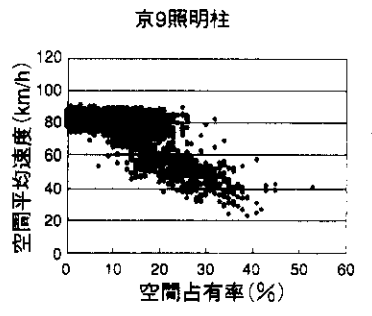
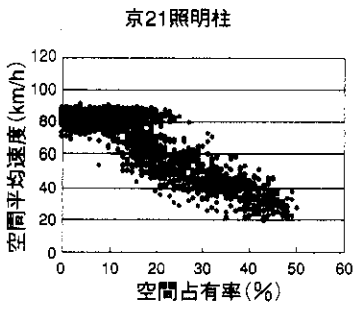
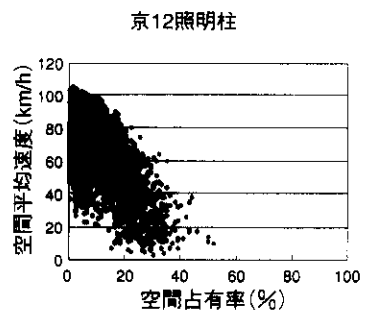
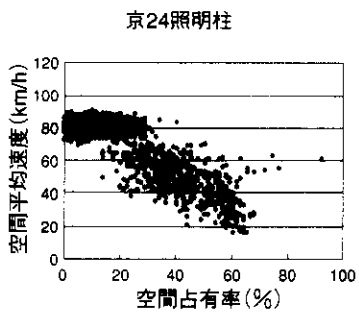
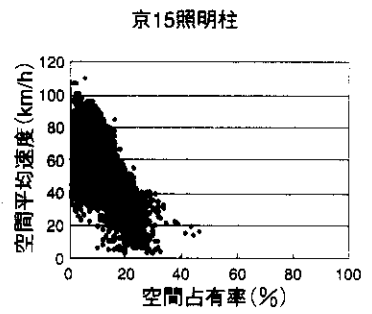
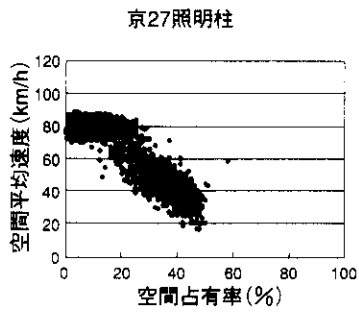
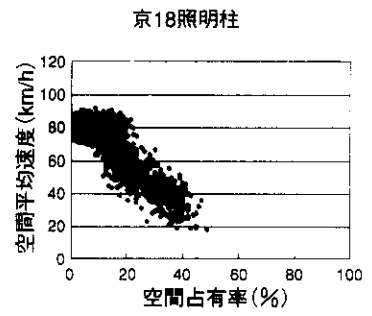
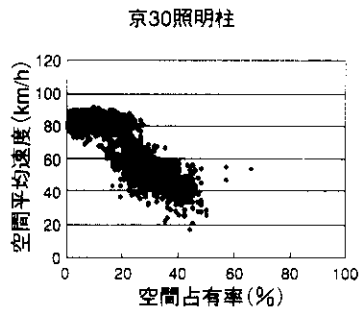
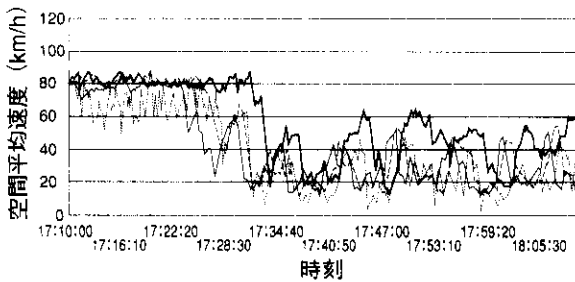
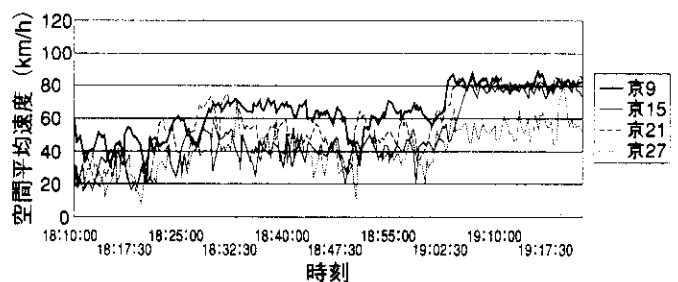


図-19 空間占有率-空間平均速度の相関（2月平日）



(a) 渋滞発生時（17:10~18:10）



(b) 渋滞解消時（18:10~19:24）

図-21 渋滞発生/解消時の空間平均速度の時間変化（2月平日 夕刻）

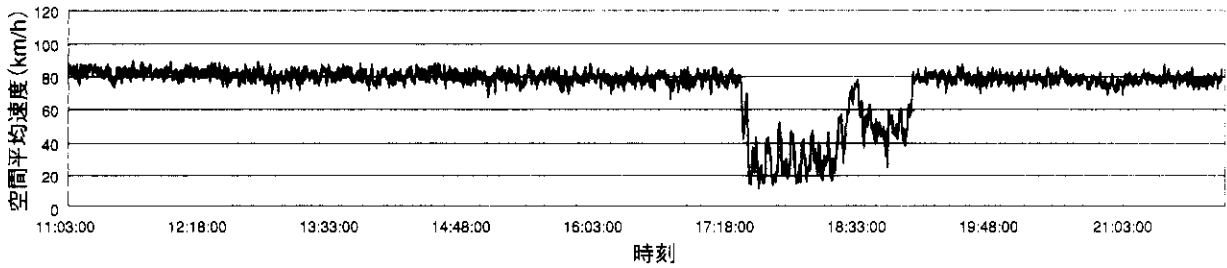


図-20 空間平均速度の時間変化 京-18照明柱
(2月平日 11:00~22:00)

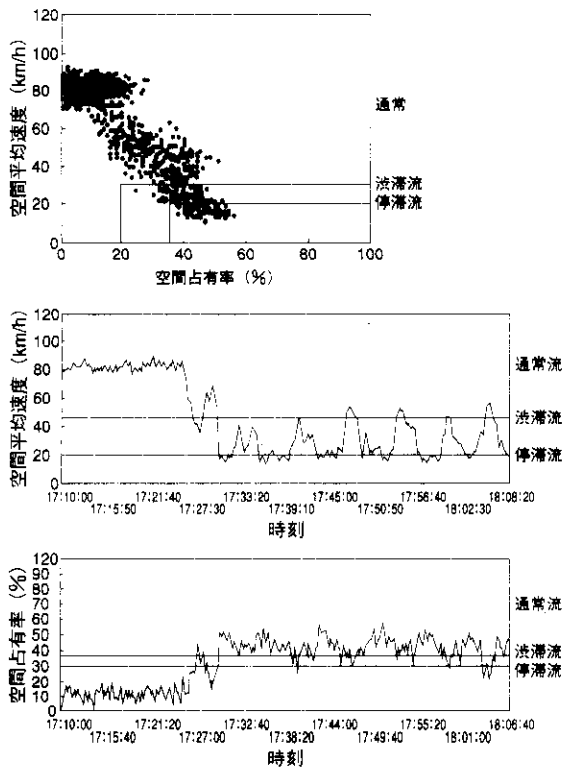


図-22 空間パラメータと渋滞判定閾値の関係

3. おわりに

画像センサは、突発事象検知装置あるいはトンネル内交通流監視装置などの使用用途では既に実績があるものの、空間センサへの適用事例はほとんどない。空間センサを実現するためのセンサ方式には超音波、ループ式など種々あるが、計測における時間遅れがないこと、計測範囲が広いことに伴う経済性あるいは都市景観の観点から画像センサによる実現が望ましいと判断する。

これからの情報提供の高度化において、正確性と迅速性が要求され、正確かつ迅速な情報提供を

行うためには、交通流の急激な変化局面を的確に把握することが必要である。この解決策として、空間センサの導入は有効であり、また計測における時間遅れなど超音波式車両検知器の課題解決にもつながるものと考えられるため、継続的な検討が必要である。

また、空間センサの導入で、ITS構想にも挙げられているナビゲーションシステムの高度化に必要な正確かつ迅速な情報提供の実現、安全運転の支援に必要な路線の連続的な監視の実現、交通管理の最適化に必要な交通事故の早期発見と早期情報提供についても期待が持てるものである。

最後に、ここに報告できたことは「阪神高速道路交通管制施設に関する調査検討委員会」関係各位の多大なるご協力によるものであり、誌面をお借りし、厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団：阪神高速道路の交通特性，昭和62年3月。
- 2) 阪神高速道路公団：阪神高速道路の交通管制に関する調査研究報告書（平成9年度）1998年3月。
- 3) 阪神高速道路公団：阪神高速道路交通管制施設に関する調査検討業務報告書（平成9年度）1998年3月，同（平成10年度）1999年3月。
- 4) 知的交通流計測に関する調査研究専門委員会：電気学会技術報告第512号知的交通計測，電気学会。