

CCTVを用いた安価な道路監視・計測システムの開発*

Development of the inexpensive road surveillance and measurement system which uses CCTV*

片岡源宗*¹・岡宏一*²・熊谷靖彦*³・岩佐隆*⁴

By Motomune KATAOKA*¹・Koichi OKA*²・Yasuhiko KUMAGAI*³・Takashi IWASA*⁴

1. はじめに

CCTV (Closed Circuit TeleVision) は、道路管理者である国土交通省が越波や落石等の危険事象が発生する恐れのある個所にカメラを設置し、事務所や出張所等から離れた現場の情報を収集するもので、道路管理の効率化・高度化を図った道路監視システムである。国土交通省四国地方整備局土佐国道事務所では国道 32・33・55・56 号に合計 207 台の CCTV カメラが設置されているが、その目的故に日常時の映像データはほとんど利用されていない。

一方近年の社会情勢は、交通事故死者数の半減や温室効果ガスの削減と言った大きな目標が掲げられている反面、予算は削減傾向にあり、ますます道路管理の高度化・効率化が求められている。

本研究は、道路管理の高度化・効率化の一つとして、既存施設である CCTV を多目的に活用した道路の監視・計測システムを安価に構築することを目的とし、既設 CCTV の多目的活用方法の検討と、検討した活用方法を実現するためのシステム検討及びアルゴリズムの開発を行い、仕様の検討を行ったものである。

本稿では、検討した多目的活用方法として、越波や降雨・降雪等の異常気象の自動検出と、CCTV カメラが設置されている地点の交通量や速度、及び CCTV カメラ間の旅行時間計測等の交通流計測について概要を紹介した後、交通流計測の一つである地点間旅行時間計測について報告する。地点間旅行

時間計測の報告では、開発したアルゴリズムとその検証結果について報告する。

2. 多目的活用方法

検討の結果、図 1 に示した様に多目的応用方法を直接応用と間接応用の 2 つに大別した。

直接応用は、得られる情報 (画像) を処理する事で、発生している事象やデータを取り出し、管理者が活用するものである。具体的には、越波や降雨・降雪・積雪と言った異常気象事象の検出や、CCTV カメラが設置された地点の交通量及び速度、更には CCTV カメラ間の旅行時間計測と言った交通流計測が考えられる。

間接応用は、得られる情報を道路管理者が提供するもので、例えば冬季の路面凍結や公設・積雪の情報提供¹⁾、²⁾などが考えられる。ただし、間接応用に関しては、一部制約条件等が考えられる。

(1) 異常気象自動検出

本研究では、通常より危険な道路状態 (事故発生の危険性が高い) と考えられる越波や降雪・積雪、局地的な集中降雨を異常気象と定義し、これらの事象を自動的に検出し、管理者へのアラーム発令や CCTV の自動録画等を行うトリガーとなる検出ア

*キーワード：旅行時間，CCTV，ITS，画像処理

*1正員，工修，高知工科大学 社会マネジメント研究所

*2非会員，工博，高知工科大学 工学部

*3正員，学博，高知工科大学 総合研究所

高知県香美市土佐山田町宮ノ口185 TEL：0887-57-2405

E-Mail：kumagai.yasuhiko@kochi-tech.ac.jp

*4非会員，国土交通省 四国地方整備局 土佐国道事務所

・直接応用

異常気象自動検出

越波検出

降雨、降雪検出

交通流計測

地点交通量計測

地点速度計測

地点間旅行時間計測

・間接応用

一般公開

図 1 有効活用方法

ルゴリズムの開発が有効と考え、今回は越波検出アルゴリズムの開発を試みた。

越波検出は、越波が移動物体であること、他の移動物体（通行する車両や人など）と比較して画像面積が大きい事に着目し、時間差分による越波検出する基礎アルゴリズムを開発し、検証を行った³⁾。図2はある越波発生時の CCTV 映像、図3は図2の「0.5秒」前の CCTV 映像であるが、この2画像を時間差分、2値化、ラベリング、形状解析を行い、図4に示した様に画像面積が一定以上ある物体を越波と判定した。

(2) 交通流計測

交通流計測では、CCTV カメラが設置された地点の交通量及び速度の計測と、CCTV カメラ間の旅行時間計測アルゴリズムの開発を試みた。道路交通分野において一般的に用いられる画像処理アルゴリズムは、表1に示した背景差分、時間差分（フレーム差分）、空間差分（空間微分）処理方式の3方式挙げられるが、何れの方式も一長一短であるため、これら3種類の処理方式を組み合わせる事で、より道路環境に適したアルゴリズムを構築した。

地点間旅行時間計測は、地点交通量・速度計測の結果得られるデータを利用して旅行時間計測を行う。旅行時間計測にあたり、地方の典型的な道路の特徴を前提条件とし、計測アルゴリズムの開発を試みた。前提とした道路のイメージを図5に示す。このような道路において、以下の点を前提とした。

- CCTV カメラ設置地点の大半は、片側1車線の郊外部、かつ追い越し禁止区間が多い。
- 信号交差点間の距離が比較的長い。
- 信号交差点間の車群構成は同一に近い。

「a」と「b」で観測するとほぼ一緒の車群が時間差で通過する可能性が高い。

- 信号交差点前後の CCTV から当該交差点の流入出交通量推定の可能性がある。
- 長距離を走行する大型車が存在する。

なお、計測方法については次章で述べる。

3. 地点間旅行時間計測アルゴリズムの開発

地点間の旅行時間計測を行うアルゴリズムの開発を試みた。今回は、まず上流側カメラ位置において車群を検出し、次にその車群が下流側カメラ位置



図2 越波発生時の CCTV 映像



図3 越波発生 0.5秒前の CCTV 映像



図4 形状解析による越波検出結果

を通過する可能性が高い時間帯のフィルタリングを行う。そしてその時間帯内で最も同じと推測される車群を判定する、車両マッチングを行うものとした。

マッチングアルゴリズム開発の前提として、CCTV 映像を画像処理し得られると考えられる車種及び車色の組合せによる車両マッチングが妥当と考え、表2に示した6通りに車両の分類を行った。

表 1 各処理方式の特徴比較

	背景差分処理方式	時間差分処理方式	空間差分処理方式
概要	背景画面を定期的に作成し、入力画面と背景画面の差分から対象物を抽出する。	一定時間差のある 2 枚の画面の差分から対象物を抽出する。	入力画面から輝度値が急激に変化する部分をエッジとして抽出する。
抽出対象	対象物全体を抽出する。	対象物の時間的な変化量を抽出する。	対象物の輪郭を抽出する。
長所	車両を抽出対象として直接検出することが可能。処理が比較的容易である。	環境の変動に対して強い移動物体を直接検出することが可能。	入力画面 1 画面から対象物の特徴量を得ることが可能。
短所	環境変化に対する背景画面の輝度更新が必要である。	停止車両を直接計測することができない。	移動車両と停止車両が共に抽出され、識別が困難である。背景の輝度ムラをノイズとして抽出する可能性がある。

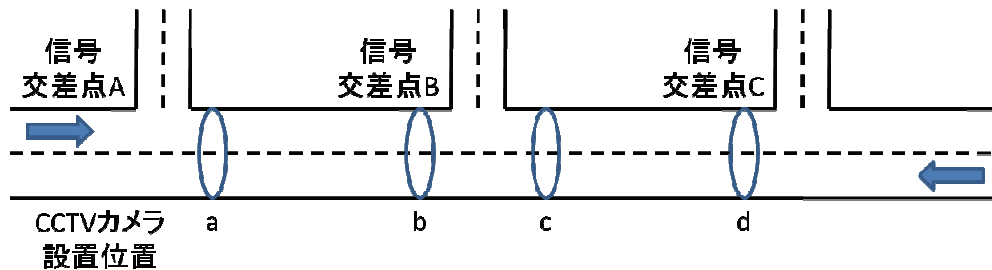


図 5 前提条件の整理

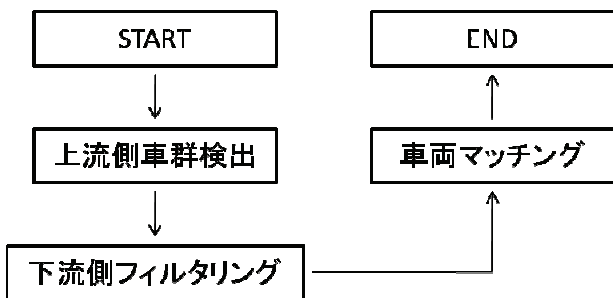


図 6 旅行時間計測のフロー

表 2 車両分類表

	白	黒	その他
小型車	1	2	3
大型車	4	5	6

(1) 上流車群検出

上流側カメラ位置における車群検出は、一定時間以内に車両が通過すれば同じ車群とする通過時間による車群検出、一定の車両台数までは同じ車群とする通過台数による車群決定、5分や15分といった単位時間交通量による車群決定の3通りが考えられる。また、場合によってはこれらの組み合わせも考えられる。

(2) 下流側フィルタリング

旅行時間計測システムの効率化を目的とし、下流側のフィルタリングを行う。旅行時間は交通状況に応じ変化をするため、その時々に応じ適切に対応する必要がある。フィルタリング範囲決定の説明変数としては、静的なものとしては CCTV カメラ間距離や制限速度、動的なものとして本研究で開発を試みている地点間交通量・速度、及び本旅行時間計測システムによる旅行時間の推移が考えられる。

(3) 車両マッチング

a) 車種分布マッチング

車種分布マッチングでは、図 7 に示した様に車群内の車種タイプを集計し、上流の集計結果に最も分布が類似する車群を検出するアルゴリズムとした。

a) フローマッチング

フローマッチングは、通過した車両タイプを時系列に取扱い、経路検索の考え方を応用し、車両タイプが同じ経路を選択する非集計型のマッチング方法である。図 8 に示した様に、車両 1 台 1 台をマッチングしており、図中の斜線が結果(マッチング)を示している。

4. アルゴリズムの検証

開発したアルゴリズムの検証を行う。今回の検

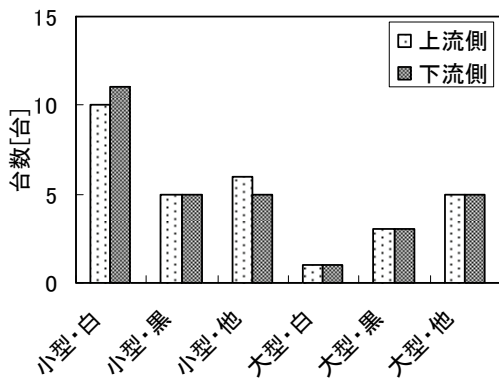


図 7 車種分布マッチング例

		上流側車両タイプ							
		5	1	1	6	3	2	5	1
下流側車両タイプ	5								
	1								
	1								
	6								
	1								
	3								
	2								
	5								
1									

図 8 フローマッチング例

証では、マッチング結果を点数化し、最も高い点数となったものをマッチング結果とした。なお車種分布マッチングでは、小型車に比べ大型車が長距離を走行する前提により、大型車に比重を持たせ、マッチングを行った。またフローマッチングでは、マッチングの連続性に比重を持たせ、連続してマッチングされるほど高い点数とした。

検証に用いた区間は、国道 55 号高知県芸西村和食～香南市手結山の 5.2km である。同区間は片側 1 車線の対面通行区間で、前提条件に一致する地方では一般的な国道である。

マッチング結果を図 9 及び表 2 に示す。結果より、いずれのマッチングも適切にマッチング出来ている箇所と出来ていない箇所が混在している。この原因として、実交通では下流側の通過時刻が時系列であるのに対し、マッチング結果では必ずしも時系列となっておらず、追い越しは困難とした前提条件にも反する事を意味している。そこで下流側の通過に順序性を持たすことで、精度の向上が図れると考えられる。

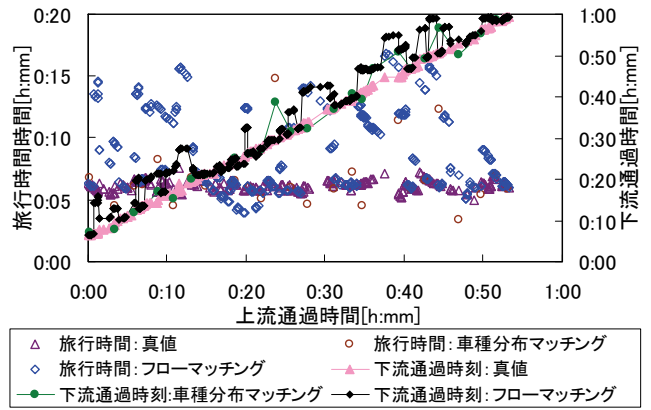


図 9 マッチング結果

表 3 マッチング結果

	平均旅行時間[秒]	標準偏差[秒]
真値	371	23.3
車種分布 マッチング	435	105.1
フロー マッチング	350	68.1

5. おわりに

本稿では既存施設である CCTV の多目的活用方法と、その一部である地点間旅行時間計測について報告した。今後はシステムの実用化に向けた研究を行い、システムの構築を行いたい。

本研究は、国土交通省四国地方整備局からの委託研究成果の一部である。また本研究にあたり住友電気工業(株)西山和人氏より貴重なアドバイスを頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) KoCoRo HP : 「<http://www.kocoro.org/>」
- 2) 46NAVI HP : 「<http://akita-road.thr.mlit.go.jp/r-46navi/>」
- 3) 谷口雄司, 岡宏一, 片岡源宗, 熊谷靖彦 : C CCTVを用いた越波検出システムの開発 : 日本機械学会中国四国支部講演論文集 No.075-1, 2007.3
- 4) 川崎紀一, 西山和人 : 画像処理技術を用いた交通流計測と今後の方向性 : 第33回土木計画学研究発表会・講演集, 2006.6