

走行車両画像判別による交通流計測法と交通情報提供システム

飯田 庸介[†] 曹 麗^{††} 小泉 寿男[†]

[†] 東京電機大学大学院 理工学研究科

^{††} 清華大学 自動化学科

本稿では交通流の画像に模擬ループセンサを設置し、入力された画像データから画像処理を行い、測定地点を通る交通流量・車種・速度を計測する交通流画像計測システムを提案する。1 フレーム内の模擬ループセンサ内の画像データをセンサ入力として、次フレームとの差分を求めることによって出力波形を出し、その波形を分析することにより計測する。この計測法を用いて道路上の複数地点で計測を行い、各地点の交通流量・速度を計測する。計測結果から隣接地点間の交通流量・速度の変化を分析して計測区間内の交通情報を Web にのせ情報を提供する。

Traffic Flow Measurement Method by Traffic Image Data Processing and Traffic Information Delivery System

Yosuke Iida[†] Li Cao^{††} Hisao Koizumi[†]

[†] Department of Computers and Systems, Graduate School of Tokyo Denki University

^{††} Department of Automation, Tsinghua University, China

In this paper, we propose a traffic flow measurement system with imaginary loop sensors installed in the traffic video image. By processing the image data got from the sensors, the system measures traffic parameters such as flow, vehicle type and velocity passing through the measurement point. By considering the image data in the imaginary loop sensor in one frame of video data as a sensor input, an output waveform is extracted by calculating difference with the following frame, and the measurement is conducted by analyzing the waveform. Traffic flow and velocity at multiple points on the road are measured by using this measuring method. From the measurement result, changes of the traffic flow and velocity between adjoining points are analyzed and the traffic information in the measurement section is put on the Web, and information is delivered.

1 はじめに

近年、道路交通に大きく依存する本格的な車社会が到来しており、これに伴い社会全般にわたる情報化の進展とも相まって、道路交

通情報は安全、円滑、快適な自動車利用を確保するための手段として、生活に不可欠なものとなっている。道路利用者のニーズは一層の即時性、詳細性、正確性が求められるなど

ますます高度化している。道路交通情報提供の充実は、渋滞原因やその解消見通しを周知させることを通じて運転者の心理的な安定感を高める。またこれらは、道路利用者の道路交通選択行動を多様化させ、道路交通量の平準化、道路利用の効率化により交通事故、交通渋滞、公害現象の緩和など公的な利便を増大させるという効果をもっている⁽¹⁾。

本稿では道路上に設置されたビデオカメラの画像から、交通流状況を計測する手法を提案する。また、道路上の複数地点で計測を行い各地点の交通流量・速度から交通情報を作成し提供するシステムを提案する。

2 交通情報提供システム

走行車画像判別による交通情報提供システムを図1に示す。

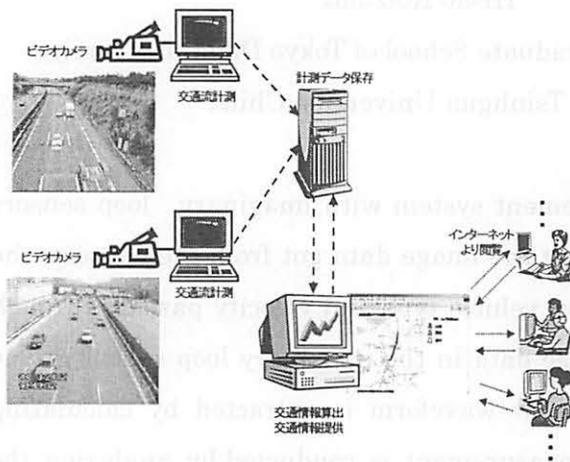


図1 交通情報提供システム

各計測地点のビデオカメラによって撮影された映像を交通流計測プログラムによって処理し車線ごとに車種(普通車, 大型車), 速度, 通過台数を取得する。この処理結果に計測日時, 計測地点などの情報を加えデータベースに保存する。交通情報作成プログラムは保存されたデータを取得, 交通情報を算出し, 交

通情報提供ページを生成する。

交通情報提供ページは Web ページとして公開され, 広く情報を提供できる。

3 交通流画像計測法

本研究では, ビデオ画像から交通流を計測する方法を用いている。ビデオ画像により車両を認識する方法は色々あるが⁽²⁾, 本研究ではビデオ画像の画面上に模擬ループセンサを指定し, そのループセンサの出力波形から車両通過を判断するという方法を用いている⁽³⁾⁽⁴⁾。これはビデオ画像をセンサ入力に利用し, 計測系を簡潔化できるという特徴がある。2次元の画像データをループセンサ時系列出力信号に変換する。

3.1 模擬ループセンサを用いた画像計測法

図2に模擬ループセンサを設置したビデオ画像を示す。



図2 ループセンサ設置例

模擬ループセンサは, 図中に示すようにビデオ画像上で各車線ごとに長方形のエリアとして設定する。その位置と大きさは自由に設定することができる。そしてビデオ画像の1フレームごとにループセンサ内の画像データのみ処理を行い, ループセンサ時系列出力信

号を出力する。

出力はループセンサ内の時間差分画像の加算結果で表される。これを $Output_1$ とする。 $Output_1$ の式を以下の (1) に示す。 $M \cdot N$ はループセンサの座標範囲、 i はフレーム数、 R は RGB 信号、 $f(\)$ は階調、 R は RGB 信号と定義する。

$$Output_1 = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} R[f(x,y,i) - f(x,y,i-1)] \quad (1)$$

時間差分画像の加算結果により出力された出力波形を図 3 に示す。

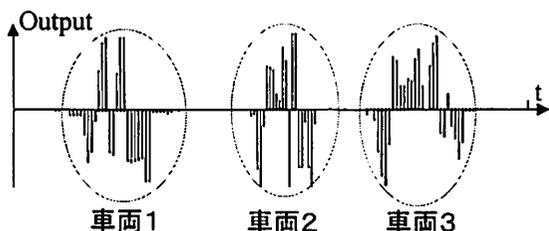


図 3 出力波形

出力波形は車両通過によって地面→フロントバンパーまたは影→車頭→フロントガラス→屋根→地面に対応して 5 回程度輝度変化することが分かる。また $Output_1$ 以外にも補足的に差分画像の符号を考慮しない統計結果である $Output_2$ や背景画像との差分出力である $Output_3$ なども用い、これらの出力形式を融合的に利用することにより後述の車両検出、車速計測の精度を高めている。

$$Output_2 = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |R[f(x,y,i) - f(x,y,i-1)]| \quad (2)$$

$$Output_3 = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} R[f(x,y,i) - f_B(x,y)] \quad (3)$$

3. 2 車両検出方法

ループセンサの時系列出力信号から車両の数をカウントするにはフレームごとに出力される時系列出力信号をグループ化と分割、ノ

イズ除去を行う必要がある。そのため図 4 に示すような車両カウントアルゴリズムを考えた。まず車両データとして有効であるか否かを判別するため時系列出力信号の閾値 (感度調整基準の 10% - 15%) を与える。次に、最大許容度 (フレーム数)、最小可能性 (フレーム数) を与える。最大許容度とは連続何フレームの間に閾値より弱い信号が続いても、トラッキングを終了させないような許容度を持たせるために用いる。最小可能性は車両がループ検出器を通過するのにかかりそうなフレーム数を表す。最大許容度、閾値は計測開始後学習をし、何フレームかごとに最適な値に変更される。

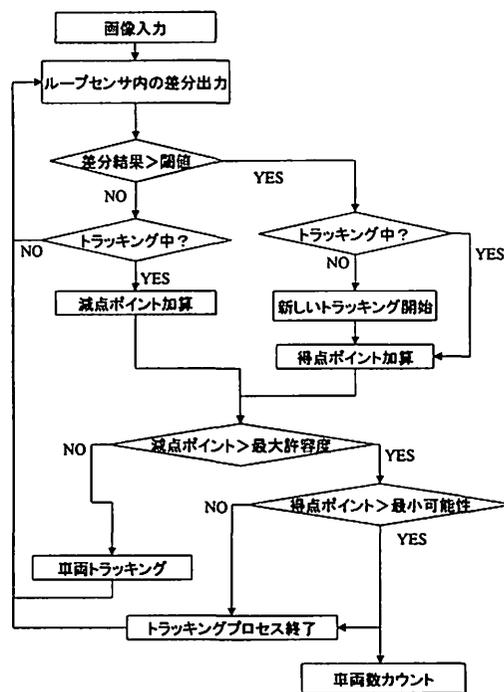


図 4 車両カウントアルゴリズム

計測が始まると、閾値を超える信号の取得によって車両トラッキングが開始される。車両トラッキング開始後、1 フレームごとに閾値を比較し、閾値以上であれば得点ポイントを、閾値以下であれば減点ポイントをそれぞれ加算する。得点ポイントが最小可能性を超

えたら車両であると判断する。減点ポイントが最大許容度を超えたらトラッキングを終了する。得点・減点ポイントはトラッキングが終わるたびに初期化される。

3.3 車速計測方法

同じ車線にループセンサを2つ指定し、2つの出力波形の相関関係により速度を求める。車速の計測は、この2つのループセンサ間の距離L、同じ車両が2つのループセンサに入する時間差tより、速度結果Vを求める。

$$V = L/t \quad (4)$$

ここで問題となるのは2つのループセンサ間の距離Lである。2つのループセンサは二次元の交通流画面上に設置しているが、実際に求める距離は三次元上の距離である。そこで三次元上の距離を求めるため道路上の白線を利用し距離を求める。道路交通法では高速道路の白線の長さ8m、幅15cm、白線と白線との間隔の長さ12mと決まっている。そこで画面上の白線部分を取得し白線の手前側と奥側の両方のピクセル数を数える。そして白線の幅から1ピクセルあたりの実際の距離を算出する。次に白線の長さを利用し、手前側から奥側にかけて1ピクセルごとの実際の距離の変化の割合を求める。その割合を元にループセンサ間のピクセル数を測り、割合を含めることで実際の距離を算出する。

3.4 車種分類方法

車種の分類方法は車両トラッキングと車速計測の結果から求める。一台ごとの出力信号の続く時間の長さから車速から車長に変換し分類する。現在は軽自動車、普通車、中型車などの車長が3—7mのものを普通車と分類し、

大型車、特大車などの車長が7m以上のものを大型車というように2種類に分類している。

3.5 実験

この計測方法を用いて、186sec間のビデオを計測した結果を表1に示す。

表1 計測結果

	通過台数	正誤カウント	誤差率
例1	75	+2	2.6%
例2	65	+2-1	4.6%
例3	42	-1	2.3%
例4	26	-1	3.8%

例2の場合、実際65台の通過に対して、2台多くカウントし1台カウント漏れがあったということである。この結果を見るとカウント誤差は平均約3%となっているので通過台数は正確に計測できているといえる。

4 交通情報の算出

こうして計測されたデータから交通情報を算出する。交通情報は現在のところ渋滞情報の算出に用いることができると考えている。

4.1 渋滞基準

渋滞情報は区間の交通容量と平均通行時間より決定する。

(1) 交通容量

その区間での交通容量 C_L を決定する。交通容量は理想的な条件のもとで観測される最大交通量から決定される基本交通容量 C_B から以下の道路条件・交通条件に沿うように基本交通容量を補正して得る⁽⁵⁾。

以上の条件より交通容量 C_L は

$$C_L = C_B \times \gamma_L \times \gamma_c \times \gamma_i \times \gamma_T \quad (5)$$

から求められ、決定される。

表2 補正条件

車線幅員 γ_L	車線の幅員が十分でない
側方余裕 γ_C	路側にある障害物までの距離が十分でない
沿道状況 γ_I	進行方向に勾配や曲線があり見通し等が不良である
大型車混入 γ_T	乗用車だけでなく大型車や歩行者等を含む

(2) 平均通行時間

日本道路公団では“時速 40km以下で走行あるいは停発進を繰り返す車両が、1km 以上かつ 15 分以上続いた状態”を渋滞と定義している。そのため、どの計測地点でも 1 km あたりの平均通行時間の渋滞基準を 90[s] とする。

4.2 渋滞情報の算出

データベースに保存された各地点の計測結果の通過台数、平均速度より交通流量、平均通行時間を求める。

(1) 交通流量

交通流量 K は計測地点の通過台数より求める。普通車を a 、大型車を b とすると

$$K = a + 2.5b \quad (6)$$

となる。ここで大型車を 2.5 倍とするのは、大型車は車長が長いだけでなく、山地部などで縦断勾配がある場合は最高速度にも制限を受けるからである。こうしたことから大型車は長い車頭間隔を必要とし、結果として交通状況に影響を及ぼすためである。

(2) 平均通行時間

二ヶ所の計測地点間の平均通行時間 $T[s]$

は二地点での平均速度 $V_a[km/h]$ 、 $V_b[km/h]$ 、二地点間距離 $L[km]$ から以下の式より求める。

$$T = 3600 \frac{1}{2} \left(\frac{L}{V_a} + \frac{L}{V_b} \right) \quad (7)$$

求めた交通流量と平均通行時間をそれぞれ渋滞基準と比較し、渋滞情報を算出する。本研究では二つの基準が成り立つときを渋滞、どちらか片方が成り立つ場合を混雑、どちらも成り立たない場合を通常とした。

表3 渋滞条件

	密度25[台 /KM]以上	密度25[台 /KM]以下
平均通行時間 1 分半以上	渋滞	混雑
平均通行時間 1 分半以下	混雑	通常

5 交通情報提供ページの作成・提供

渋滞条件より算出された渋滞情報から交通情報提供ページを作成する。計測データが格納してあるデータベースから指定された計測地点と時間の計測データを取り出し前述した交通情報の算出方法により、交通情報を作成する。

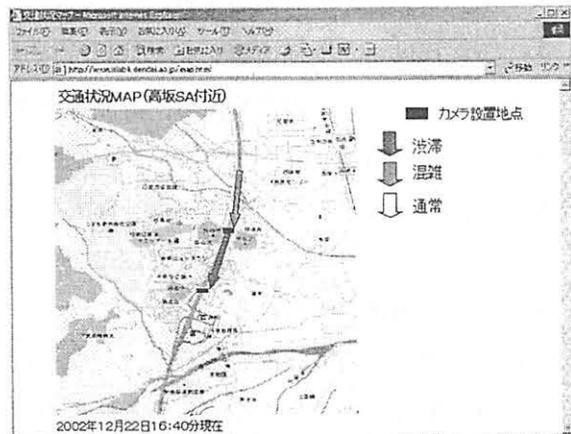


図5 交通状況提供ページ

渋滞情報を提供する方法としては、利用す

る立場からの意見として「情報を地図上に表示して欲しい」という意見が多いため⁽⁶⁾、図5に示すように計測地点周辺の道路地図と地図上の矢印で情報を表示する。地図上の計測区間ごとに、赤、橙、青の三色の矢印を表示し渋滞情報を提供する。これにより一目でどこが渋滞しているのかわかるようにした。

この交通状況提供ページは5分おきにデータベースから最新の計測結果を取り出し情報Mapを作成、常に最新の交通状況を提供できる。

だが、まだこの交通情報提供ページは計測地点の計測データ量が少なく交通状況进行分析する情報量が少ないため、情報提供できる範囲が少なく狭い。また、表示している情報も交通状況の矢印のみなので、計測結果の数値も載せ、利用者が交通状況をイメージしやすくする。

6 まとめ

本稿では走行車画像判別による交通流計測法と、走行車両画像判別による交通流計測法を用いた交通情報提供システムを提案した。交通流計測から交通情報の提供まで一連のシステムが行われることができた。今後は前述のように提供する交通情報を充実させる必要があると考える。そのためには、計測地点を増やし、交通情報を算出するデータを増やさなくてはならないと考える。また、Webページとして作成するため、車の中だけでなく、家の中でも情報を得られる。そしてこのページにより現在の交通状況を知るだけでなく自分自身で旅行計画を立てる際の参考にすることができるよう、過去の交通情報の検索や、未来の交通状況予測、目的地までの旅行時間

の予測などもできるようにし、提供する交通情報を充実させることを目指す。最後に画像により計測をしているために速度、通過台数の他にも、路面状況や天気、事故の発生なども計測できるようにし、人々が知りたい情報を提供できるようにしたいと考えている。

参考文献

- 【1】 国土交通省道路局 ITS ホームページ
<http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j.html>
- 【2】 Jien KATO, Toyohide WATANABE, and Hiroyuki HASE: A Highway Surveillance System Using an HMMBased Segmentation Method, IECE TRANS. INF. & SYS- T., Vol. E85-D, No11
- 【3】 曹麗, 尹朝征, 小泉寿男 “交通流ビデオ画像による時・空間速度計測法の比較” 情報処理学会誌, Vol2001, No0- 08-011, pp. 67-70
- 【4】 曹麗, 尹朝征, 小泉寿男 “模擬ループセンサによる交通流のビデオ画像計測” 情報処理学会誌, Vol2002, No- 83, pp. 45-51
- 【5】 樗木武, 横田漠, 平田登基男, 堤昌文, 天本徳浩 “エース 交通工学” 朝倉書店 2002年3月20日
- 【6】 加治屋安彦, 手塚行夫, 大島利廣 “道路情報分野における XML 技術の活用について” 情報処理学会誌 Vol41, No6, pp. 666-670(2000)
- 【7】 Zhigang Zhu, Guangyou Xu, etc., “A real-time vision system for automatic traffic monitoring”, Image and Vision Computing, p. 781-794, 18, 2000.