

## 交通流ビデオ画像による時・空間速度計測方法の比較

曹麗†、尹朝征†（清華大学）、小泉寿男‡（東京電機大学）‡

† 清華大学 自動化学科  
〒100084 中国北京海澱区

‡ 東京電機大学 情報システム工学科  
〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂

E-mail: † caoli@mail.tsinghua.edu.cn, ‡ koizumi@k.dendai.ac.jp

**あらまし** 交通流のビデオ画面に模擬ループセンサを指定すれば、その出力波形から車両通過が判断できる。これはビデオ画像データをセンサー入力として利用し、計測系を簡潔化しようとする方法である。本文ではループセンサを2個置く時間的速度計測方法と、車両の数フレーム後の移動距離から空間的速度計測する方法を比較し、問題点を分析する。結果として、速度計測だけではなく、車両検知と車種判別もできるようにするには、車両の時間域特徴の方が空間域特徴より利用しやすいことがわかった。

**キーワード** 交通流ビデオ画像, 交通パラメータ計測, ループセンサ, 時間・空間特徴, 知能交通システム

## Comparison of temporal and spatial velocity measurement based on virtual loop sensors on traffic video image

Li Cao †, Zhaozheng Yin †, and Hisao Koizumi ‡

† Dept. of Automation, Tsinghua University  
Beijing, 100084 China

‡ Dept. of Computer and Systems Engineering, Tokyo Denki University  
Hatoyama Saitama 350-0394 Japan

E-mail: † caoli@mail.au.tsinghua.edu.cn, ‡ koizumi@k.dendai.ac.jp

**Abstract** Virtual loop sensors can be used in traffic video processing for detecting each lane's vehicle passage. This is an idea that is going to use video image data as a sensor input, to make measurement hardware brief. In this paper, the temporal velocity measurement method of placing two loop sensors is compared with the method of carrying out spatial velocity measurement from the movement of spatial projection form of vehicles. Experimental results turn out that it is much easy to use the temporal feature of vehicles from the spatial feature, in order for not only velocity measurement but also vehicles detection and type distinction.

**Key words** Vehicle video image, Traffic parameters measurement, Virtual loop sensor, Temporal and Spatial features, Intelligent Transportation System

## 1. はじめに

交通流パラメータ（流量、流速、道路占有率など）を計測するには、各種センサを用いる方法がある。交通流のビデオ画像による計測方法は計測エリアが広く、設置が簡単、処理は柔軟にできることから、広く使われるようになった[1][2][3]。交通流のビデオ画面に模擬ループセンサを指定すれば、その出力波形から車両通過が判断できる。これはビデオ画像データをセンサー入力に利用し、計測系を簡潔化しようとする考えである。これまでにセンサアレイを利用した空間フィルタリング処理による交通流のマクロ速度計測方法を提案した[4]。本論文では、模擬ループセンサ出力に基づく時間的と空間的速度計測する方法を提案し、両手法を比較分析する。

時間的方法は2つのループセンサを設定し、車両がループを通過する時の信号特徴に着目し、両検出器を通過する車両の信号波形をマッチングして、時間のずれより速度を求める。同一の検出器に車両が入る瞬間と離れる瞬間の間の時間差から速度を求める方法よりは精度高く計測できる。

一方、空間的方法は単一の検出器により、車両の進入を確認したら、車線方法に沿って車両の投影を求め、また何フレーム後に同車両の投影が動いた距離により速度を求める。処理時間を短くするために、投影範囲を狭くし、またいったんエッジ抽出を行ったものを投影している。

## 2. 模擬ループ検出器の計測原理

Fig.1は高速道路、Fig.2は都市一般道路における交通流画像を示す。模擬ループ検出器は図中に示すように、車線ごとに長方形のエリアとして交通流モニター画面上で設定され、その位置と大きさは自由に設定できる。ループ検出器の出力はこのエリアにおける時間差分画像の和である。フレームごとに得られた出力時系列波形を見ると、車両の色と形、またループ検出器の大きさと視野範囲などの要素が出力波形に影響を及ぼすことがわかる。

ビデオ画像のレートが一定だとすると、高速車の出力信号の周期が短く情報が少ない、低速車の出力周期は長く情報量も多い。また信号波形は車両の種類によって異なる特徴を示しており、これらの特徴は信号の振幅、周期性と信号周期長に現れている。Fig.3はバス、マイクロバスとオートバイが模擬ループ検出器を通過したときの出力波形である。

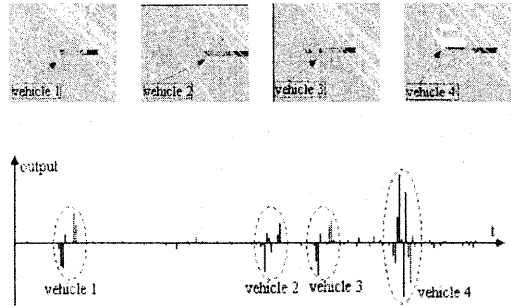


Fig. 1 Virtual loop detector and its output in highway

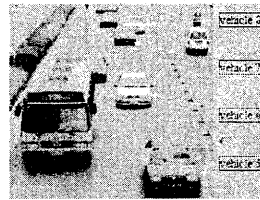


Fig. 2 Virtual loop detector and its output in urban way

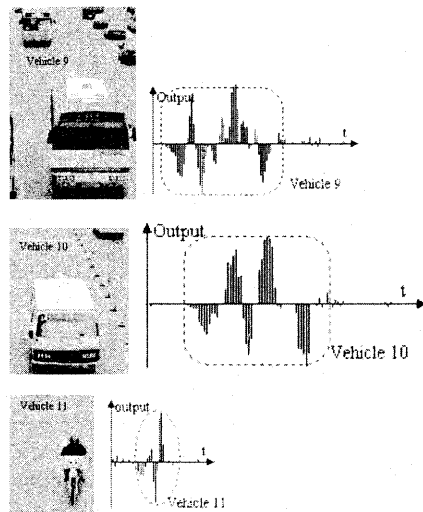


Fig. 3 Output signals from different type of vehicles

## 3. 空間的速度計測方法

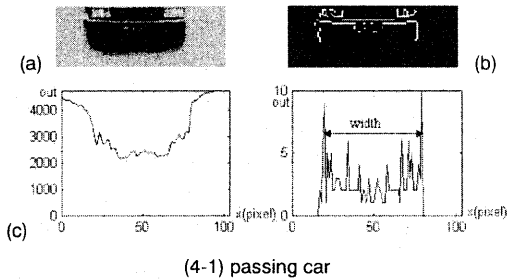
空間的速度計測はまず単一のループ検出器により、車両を検知し、そして検出器周辺エリアについてエ

ッジ抽出して垂直投影をとる。

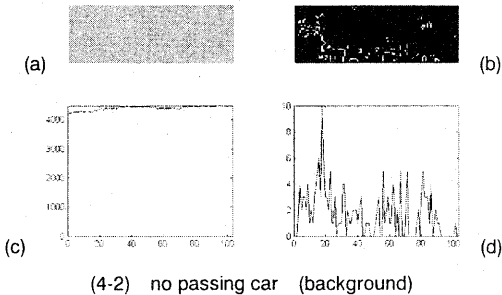
車両の検知はFig.1とFig.2に示すように車両が通過する場合の出力閾値が学習により求められ、検出器の出力大きさからも判断できる。Fig.4は車両が通過する場合と背景のみの場合における水平投影の例である。水平投影の波形からより確実に通過を判断することができ、また車両が水平方向に占める位置と幅が推定できる。これによって、その後の垂直投影と追跡のエリアが決められる。

Fig.5にエッジ処理する場合としない場合の垂直投影の違いを示す。エッジ処理したほうが車体の長さなどの特徴がより強調されることがわかる。

Fig.6はf1とf7という2つフレーム(6フレーム間隔あり)における垂直投影例である。車両の空間移動距離Sは投影波形の相関係数より求められ、そして速度Vは $S/(NT)$ より求まる。

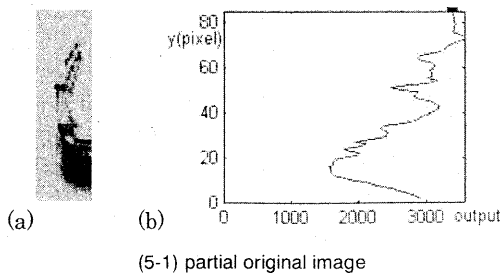


(4-1) passing car

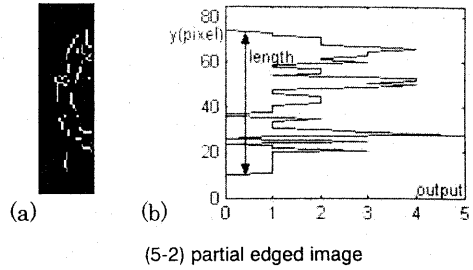


(4-2) no passing car (background)

Fig. 4 Single detector(a), edge extraction(b) and their horizontal projections (c)(d)



(5-1) partial original image



(5-2) partial edged image

Fig. 5 Processing area(a) and vertical projection (b)

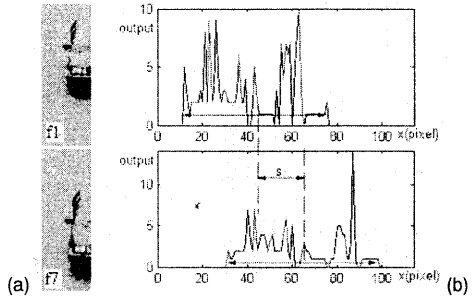


Fig. 6 Vertical detector(a) and vertical projections (b) with different frames

#### 4. 時間的速度計測方法

時間的速度計測方法はFig.7に示すように、まず車線方向に前後2つのループ検出器(loop1とloop2)を設定し、検出器間の距離Lはキャリブレーションより求まる。それぞれに車両が通過する時の出力時系列信号を見ると、空間域方法と同じ、出力波形の相関係数により時間ずれtが求められ、速度Vは $L/t$ より求まる。

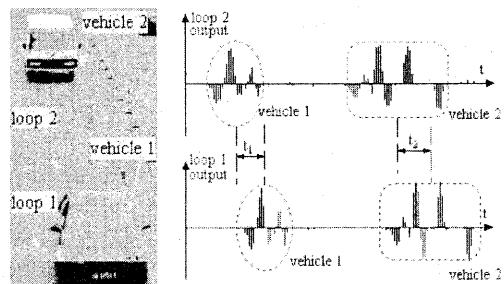


Fig. 7 Loop detectors and their output signals with vehicles

#### 5. 実験および考察

現在異なる視野角度と視野範囲、総計20分間程度のビデオサンプルについて、テスト試験を行っている。速度計測結果はそれぞれビデオの画素単位から道路上の実距離単位に変換する必要があり、また白い車線の長さを用いて校正を行った。上記高速道路

のサンプルについて時間的速度計測の結果は90-130km/hの間に変動し、市内道路では混雑時20-40km/h、流暢時60-80km/hと変動することがわかった。校正は十分にされていない結果であるが、計測の可能性を示した。

しかし、空間的計測方法に関して、一般道路の混雑時に求められる車両の垂直投影には隣接車両を含むことがあった。Fig.8にこの場合の一例を示す。また高速道路では車両が視野内に占める範囲が小さく、さらに垂直投影は車線に垂直していないため、車両の空間特徴が出にくいことが分かった。Fig.9に示す。

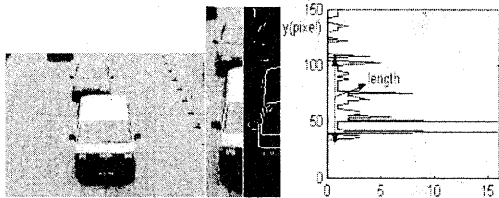


Fig. 8 Vertical projection at crowded urban road with inaccurate length

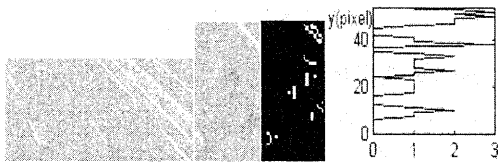


Fig. 9 Vertical projection on high way with uncertain features  
一方、時間的計測方法に切り替えれば、上記 Fig.8 と Fig.9 にそれぞれ対応し、Fig.10 と Fig.11 に示す出力信号が得られた。

Fig.10において、相関係数より速度計測結果は得られるものの、車両検知するために、ループ検出器の出力信号を車両の時間域テンプレートにより、隣接車両から切り離すことができるようにしなければならない。

Fig.11において、単一ループ検出器の出力波形を見ると、車両の時間特徴は空間特徴よりはっきりしており、車両検知もできる。もちろん、2つのループ検出器を適当に近い間隔で設置されれば、相関法による速度計測もできる。

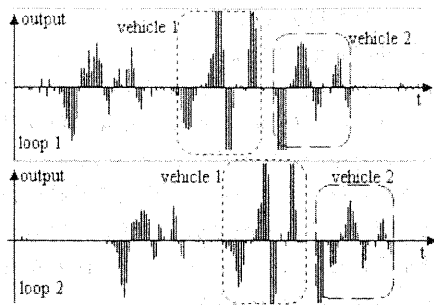
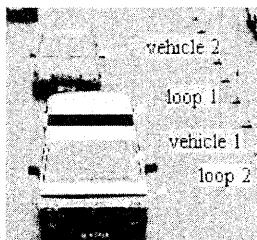


Fig. 10 Loop detectors and their output signals in urban way

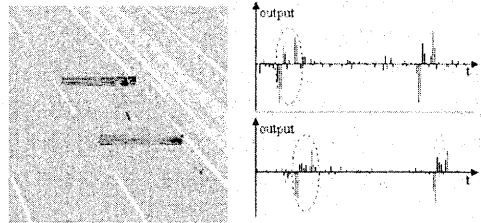


Fig. 11 Loop detectors and their output signals in highway

## 6. おわりに

交通流に関する時間域と空間域問題は対であり、性質は似ている。速度計測だけなら、空間域または時間域における波形のずれを相関法で求めればよい。しかし、車両検知と車種識別をするには、車両の空間域と時間域の信号特徴を同定する必要がある。上述した時間と空間の処理では、時間信号波形の方が正負交互に変動し、より車両の特徴をまとめていえることが言える。また、ビデオ画像情報を模擬センサ入力に利用し時系列信号を処理するならば、計測系の簡潔化を狙う主旨とも合うのである。

今後、時間域の信号特徴に着目し車種別のテンプレートを作成すること、また車両検知の誤判断率を詳しく調べる必要がある。

## 参 考 文 献

- [1] Zhigang Zhu, Guangyou Xu, etc., "A real-time vision system for automatic traffic monitoring," Image and Vision Computing, p.781-794, 18, 2000.
- [2] Benjamin Coifman, David Beymer, etc., "A real-time computer vision system for vehicle tracking and traffic surveillance," Transportation Research Part C 6, p.271-288, 1998.
- [3] Shang Fei and Guo Zhifen, "Detection of Moving Vehicles on the Highway," Journal of Beijing Institute of Technology, p.759-764, Vol.17, No.6, 1997
- [4] Cao Li and Yin Zhaozheng, "Video Processing Method of Velocity Measurement Using Spatial Filter," Chinese Journal of Scientific Instrument, p.206-208, Vol.22, No.3, 2001