

ETC 料金所付近での車両の振る舞い

神藤 善洋* 荒井 伸太郎 小沢 慎治 (愛知工科大学)

Behavior of the Vehicle around the Tool Gate

Yoshihiro Jindo, Shintaro Arai and Shinji Ozawa (Aichi University of Technology)

There has been many researches about traffic flow counting using image processing technique. Nowadays, ETC-booths has been developed at highway. Around the ETC-booth, there are many dangerous vehicle behavior.

It is because cross over between ETC mounted vehicles and ETC not mounted Vehicles. In this paper, extract vehicle loci technique is applied for around the tool gate of highway, and available results are given.

キーワード：動画像処理, 車両抽出, 車両追跡
(moving image processing, vehicle extraction, vehicle tacking)

1. はじめに

画像処理を用いた交通流計測の研究は古くから行われており, 実用化の例も多い. しかし従来のシステムはトラフィックカウンターの代替として高速道路本線に設置されたものが多く, 車両軌跡まで求めているものは少ない.

高速道路の料金所付近では, 平成 16 年度からの ETC 導入により, 無停止通行となり, 料金所への進入車両の挙動が大きく変化してきた. そのため, 料金所広場内では, ETC 車と現金車が交錯するため, 従来から追突・車両接触の危険性が大きく, ETC 車両に対する速度抑制対策の必要性も生じてきている. そこで, 料金所へ合流する車両の挙動を分析し解析するとともに, 料金所ブース内で発生する不払通行車両検出及び収受員の安全対策などの多様な要求に対して, リアルタイムで処理し, 交通状況の素早い把握に寄与することが望まれている.

ITS におけるマシンビジョン技術の従来の諸研究を概観すると, 一般に, 超音波やミリ波レーダのようなセンサはその検知範囲が局所的であり, 得られる情報量が乏しいという欠点がある. 一方, カメラは検知範囲が非常に広く情報量に富むが, その反面得られた情報の解釈が難しい.

しかしながら, 近年は画像認識・コンピュータビジョンにおける理論が成熟してきており, また計算機の処理能力が飛躍的に向上したことから, 画像を用いた環境センシングの技術が現実可能なものとなってきた⁽¹⁾⁽²⁾.

現在, 高速道路の料金所では, 一般レーン・ETCレーン(兼用レーン)の複数種のレーンがある. また昨今の ETC 普及率の増加を受けて効率の良いレーン配置の研究が始まった. しかし, レーン運用変更を行った時の功罪は,

車両の流れが複雑なため目視による長時間の調査は, 現実的に難しい.

そのため, 既存の監視カメラの映像を用いて画像処理により個々の車両の振る舞いをより詳しく情報抽出することが望まれている.

2. 車両領域の抽出

(2.1) 車両軌跡の検出手法の概要

図 1 に本研究における画像処理による車両軌跡の検出手法の概要を流れ図として示している. 本研究は料金所に既設の監視カメラ映像を入力画像として, 画像処理手法によりリアルタイムに交通情報を把握しようとするものであり出力は, 車両軌跡遷移統計表, 異常走行車両リストである.

手順としては, まずフレームごとに車両候補領域を抽出して, 次にフレーム間の連続性に基づいて車両軌跡を求め, それに基づいての車両軌跡遷移統計表, 異常走行車両リストを出力する. 本研究の成果の有用性は, 車両軌跡抽出手法の信頼性が高いこと, すなわち, 十分な計測精度で長時間にわたって安定に計測可能なことで達成される.

(2.2) 背景差分法による車両領域の抽出

車両領域の抽出は背景差分画像の 2 値化により行った.

(1) 背景画像の更新

背景画像をアルファブレンドによって更新する. ただし全画面を対象としたのでは図 2(b)に示すように車両領域を消すことが困難である. 提案手法では原画像から画像中の移

動領域を抽出して動きのない部分だけにアルファブレンドを適用することにより図 2(c)に示すような十分な性能の背景画像が得られた。

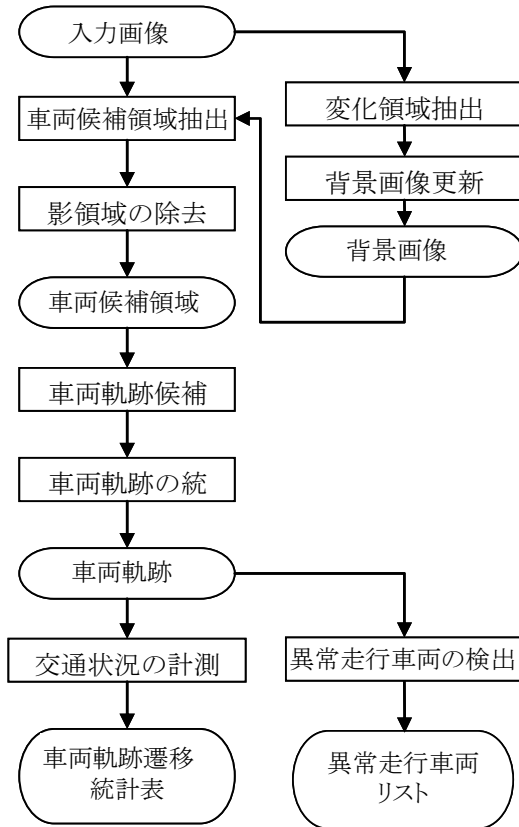


図 1 車両軌跡の検出手法の概要。



(a)原画像



(b)従来手法による背景画像



(c)提案手法による背景画像

図 2 背景画像の更新。

(2) 背景差分による車両候補の抽出

背景画像の更新で得られた背景画像を用い、背景差分と 2 値化を行うことによって車両領域を得た。この時の閾値は、きつめに設定した。これは後の軌跡の抽出処理が、2 台の車両が 1 つのラベルとして認識されるよりも 1 台の車両が複数のラベルに分かれている方が扱いやすいとしているからである。

(3) 影領域の除去

この処理は背景差分、2 値化の後に行われる処理である。影は、車両のように背景画像とまったく違う値に変化するものと異なり、R 値、G 値、B 値が均等に下がる(輝度が下がる)ものとして、各画素の差分値(Δr , Δg , Δb)が一様な値となったとき、影であるとする。閾値(ϵ , th)を定めて、車両候補領域から除去する処理を行っている。すなわち

$$if (\Delta r < \epsilon \cap \Delta g < \epsilon \cap \Delta b < \epsilon \\ \cap |\Delta r - \Delta g| < th \cap |\Delta g - \Delta b| < th \cap |\Delta b - \Delta r| < th) \\ f_n(x, y) = 0$$

である。

(4) 車両領域の抽出

車両候補領域の抽出、影領域の除去を行った後に、車両領域の補正を行う。フロントガラス部は路面の色と似ているため孔がしやすい。そのため、孔を埋める処理を行った。そして軌跡を抽出する走行車線を限定するために手動で作成したマスク画像を用いてマスクングを行った後にラベリング処理を行い車両候補領域の外接長方形などを得た。

3 車両領域の抽出実験

(3-1) 実験対象画像

実験には、DVD-Video 形式から AVI 形式に変換した空間解像度 720×480、時間解像度 29.97fps の名古屋高速道路星崎料金所前の監視カメラ映像を用いた。この映像は、2008 年 6 月 3 日 16 時 37 分～16 時 47 分の約 10 分間を撮影したものである。実験では、上記の手法に基づくプログラムを作成し車両抽出結果を検証する。

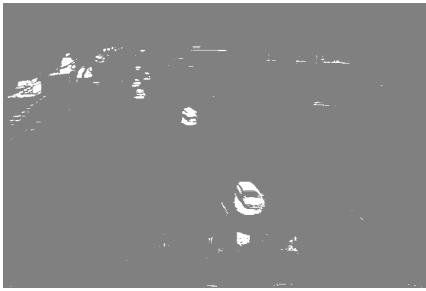


図 3 背景差分の結果.



図 4 車両領域から影領域を除去した結果.



図 5 車両候補領域の外接長方形.



図 6 車両検出結果の例.

実装したシステムはおおむね目的を達成した. 図 6 には条件の良いときの抽出結果の例を示している. 原画像に抽出結果を車両候補領域ごとに別の色を重ねることで示している.

図 7 には抽出対象数(目視による正解)と(システムの)抽出数の推移を示す. 抽出対象数は 0frame~10020frame までを目視によって 30 フレームごとに車両数を数えたものであ

り, 抽出数は, 0frame~19270frame までを実験により抽出した車両候補の数である.

このグラフより抽出対象数と抽出数には, 一定の相関関係があることがわかる.

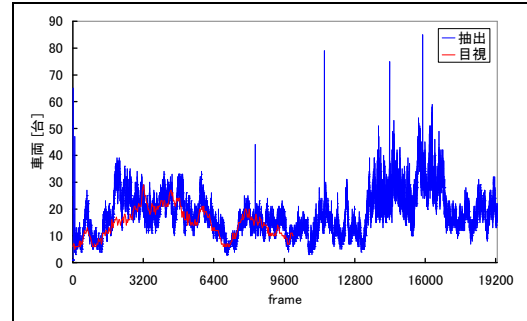


図 7 抽出対象数と抽出数の推移.

〈3・2〉 車両候補領域抽出結果

本章の結果はテキストファイルとして出力される. 内容は, 車両候補領域ごとに, 「処理フレームの通し番号, 処理フレーム内でのラベル番号, 外接長方形の座標, 重心座標, 面積」である.

4 車両軌跡の抽出

軌跡抽出には, 車両候補情報を用いて以下の手順に従って軌跡を求めた. 軌跡の終点と車両候補情報が, 以下に示す 2 つの条件をすべて満たしたときに接続する.

- ・軌跡の終点との距離が最も短い車両候補で, なおかつ $\sqrt{S}/(2-0.2f_{sub})$ 未満の場合
- ・面積の変化率が $0.3+0.05f_{sub}$ 未満の場合

車両候補情報 1 つに対し, 繋がった軌跡が 2 つ以上だった場合は, 軌跡が最も長いもの以外の軌跡を確定する. 終点のフレーム番号と現在のフレーム番号の差 f_{sub} が, 15 を超えたものは軌跡を確定する.

以上の処理を行っても余った車両候補情報を軌跡の始点として登録する.

車両候補情報がなくなるまで, 以上の処理を繰り返す.

〈4・1〉 軌跡の抽出

2 章で検出した車両候補情報は x 軸, y 軸に時間 t 軸を加えた 3 次元空間 (時空間) 内に分布すると見なせる. このとき, 同一の車両からもたらされた車両候補情報は空間内で柱状に集積する. この性質は対象を撮影した角度によらず成立するものであるから, これらの軌跡を車両ごとにクラスタリングすれば, 撮影位置によらない検出を実現できる.

〈4・2〉 軌跡の属性の算出

(1) レーン情報画像

車両候補情報にレーンの認識結果を与える．これにより頻繁に車線変更を行っている車を判別したり，レーンごとの交通量を集計したり比較することなどが可能となる．レーン情報は手動で作成したレーン情報画像(図 8)により与える．

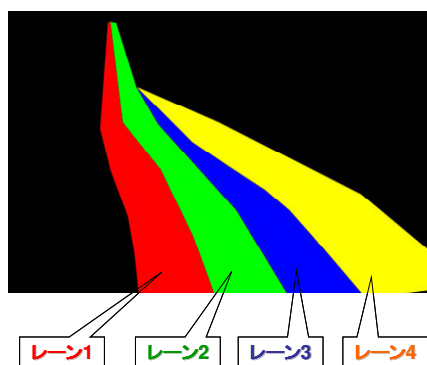


図 8 レーン情報画像．

5. 車両軌跡の抽出実験

実験には，前章で求めた 351,051 個の車両候補情報を用いた．また，背景画像の初期条件が黒一色であるため，車両候補情報の初期には誤りが多く存在する．

〈5・1〉 軌跡の再構成

2章の段階で1車両が2つ以上のラベルに分離してしまうことが多発しているため1車両から何本もの軌跡が発生しているように見えることが多い．また車両から発生する細かなノイズに軌跡が接続されることが多発し，軌跡が途切れてしまうことが多く存在する．これを2台を1台にまとめる処理などで解決すれば，より車両情報の精度を上げることができる．

2章で説明したとおり，本研究では2台の車両が1つのラベルとして認識されるよりも1台の車両が複数のラベルに分かれている方が扱いやすいとして閾値の設定をきつめにしてきた．これは2台の車両が1つのラベルとして認識されているものを分割するアルゴリズムを考えると，原画像まで立ち戻る必要がある．その点複数ラベルが時間軸の情報を与えることによってもともと1台の車両であったことが判別できた場合はこれを合成するだけでよい．本章ではこの複数のラベルがもともと1台であったことを判別し，合成する手法についての説明を行う．

〈5・2〉 軌跡の再構成手法

現 n フレームからさかのぼり， n -delay フレームとの移動軌跡を求める．よって軌跡抽出の結果は， n -delay フレーム

後に出力される．この移動軌跡がおおむね一致し，距離が車両1台分に相当する距離であれば，これを1台の車両であったとして判定する．移動軌跡の類似度は x 軸方向の移動距離と y 軸方向の移動距離の $\tan\theta$ を用いる．

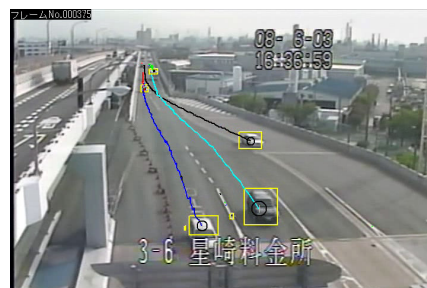


図 9 検出された軌跡の例．

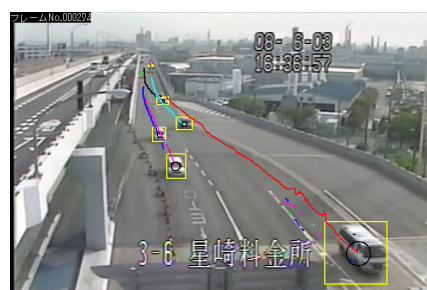


図 10 ノイズを含む例．



図 11 ブース 2 へ進入した軌跡．

〈5・3〉 実験結果

実験では，351,051 個の車両候補から 72,600 本の軌跡が得られた．しかし，これにはノイズによる短い軌跡も含まれているため実際の車両数をもっと少ないと考えられる．

得られた軌跡の中からブース 2 へ進入した軌跡だけを抽出した結果を図 11 に示す．ここで，ブース 2 とはレーン 2 にいる車両が通過する料金所を意味しており，その他のブースもこれと同様にレーン番号を対応させている．

(1) 統計情報の正解率

これまでに求めた軌跡の正解率を出すために，手作業にて一定時間の車の動きを確認し，システムで得られた軌跡との比較を行った．100 秒間に得られた軌跡を図 12 に示す．

表 1 軌跡検出結果の正解率.

		システムの解	
		検出	不検出
目視による	正解	34	3
	誤り	0	—

表を見てわかるとおり、合計台数はプログラムでは 34 台、手計測では 37 台で、誤差は-3 台。データは過検出が 0 で未検出が-3 であり、正確であることが確認できる。やや見落としがちではあるが、今後の精度向上を試みたい。

(2) 異常走行車両の検出

異常走行の定義は難しいが、ここでの異常走行を 2 車線以上にわたってレーンチェンジすることとして計測した。

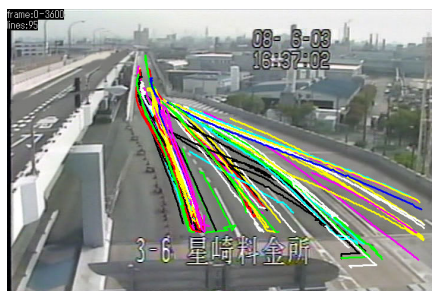


図 12 検出したすべての軌跡.

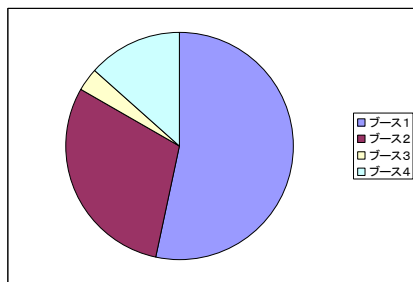


図 13 ブース別の車両軌跡の割合.

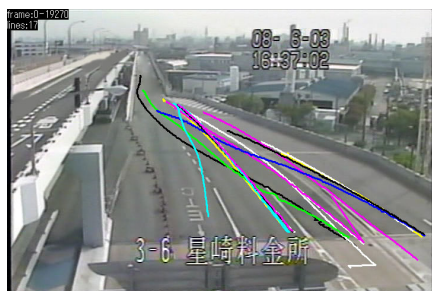


図 14 検出したすべての異常走行.

(5.4) 実験結果の検討

車両の抽出については多くの工夫を加えて稼動するシステムが構築できた。性能についてはほぼ満足であるがいくつかの課題が発見された。さらにブラッシュアップすることが必要である。

軌跡の抽出については同様であるがシステムの出力と目視の正解とを比較した。結果は表 2 のとおりである。目視で正解を得ることを大量に行いシステムの性能を正しく測定する必要がある。

また、軌跡の抽出と車両候補領域の検出は相互に関係しているのでフィードバックをかける仕組みが必要である。

表 2 システムによる軌跡抽出の評価結果.

		出力ブース				
		1	2	3	4	
入力レーン	1	システム	15	1	1	3
		目視	14	1	2	1
	差		1	0	-1	2
	2	システム	1	8	0	1
目視		2	9	3	5	
差		-1	-1	-3	-4	

異常走行の検出と記録についてはプロトタイプを示すことができた。今後の研究により異常走行の定義を改善することにより有用な結果が得られるものと考えられる。

文 献

- (1) M.Ambai and S.Ozawa : "Robust Vehicle Tracking Method for Various Traffic Situations Using Feature Points Extraction and Graph Cuts", IEICE Trans. Fundamentals, vol.J90-A, no.1, pp.54-65,(2007-1).
 安倍 満、小沢慎治：「特徴点抽出とグラフ分割を用いた撮影環境にロバストな車両追跡法」, 信学論, vol.J90-A, No.1, pp.54-65,(2007-1).
- (2) S.Kamijo et al. : "Robust Tracking Utilizing Spatio-Temporal Markov Random Field Model", IEICE Trans. Inf. And Syst. vol.J83-D-11, no.12, pp.2597-2609,(2000-12).
 上条俊介、他：「宇空間 Markov Random Field モデルによる隠れにロバストなトラッキングアルゴリズム」, 信学論 D-2, vol.J83-D-II, no.12, pp.2597-2609,(2000-12).