

複数視点映像による交通監視

久保田 英和* 全 へい東+ 長谷川 為春++

*千葉大学大学院自然科学研究科
+千葉大学総合メディア基盤センター
++千葉工業大学情報科学部

高度道路交通システム(ITS)で必要とされる重要な機能のひとつは、安定かつ正確な交通監視(センシング)機能であり、その実現には画像処理技術が有望である。画像処理を用いた交通流監視手法の大半は固定された単一の視点から画像を得ているが、車両同士によるオクルージョンや、カメラの設置場所に制約が多いなどの問題がある。本論文では、カメラの設置条件を大幅に緩和するとともに、単一視点では対応できなかった隠蔽時の対応も可能にする車両の検出・追跡手法を提案する。この手法は自由に設置された複数視点からの観測を行うことを特徴としており、視点間での車両等の対応を動的かつ自動的に行う。したがって単一の視点による従来の監視方法に比べ、安定した車両の検出・追跡を行うことが可能となる。

Traffic Surveillance with Multiple Views

Hidekazu Kubota* Heitoh Zen+ Tameharu Hasegawa++

* Graduate School of Science and Technology, Chiba University
+ Institute of Media and Information Technology, Chiba University
++ Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

One of the important functions needed in ITS (Intelligent Transport System) is a traffic surveillance function, and the image processing technology is promising for its flexibility and coexistence with human observations. In the video surveillance, the occlusions cause the vehicle detection errors, and it may happen very often under the heavy traffic. In many cases, the new (second) view obtained from another camera can help. In this study, two different views obtained from an independent camera are used to detect running vehicles. The initial vehicle regions are detected by the optical flow followed by the matching process. In the matching process, proximity of the vehicles' position between consequent frames and between different views (cameras) based on fundamental matrix, are tested.

1. はじめに

近年、交通量の増加に伴い、渋滞や交通事故の増加が深刻な社会問題となっている。高度道路交通システム(ITS: Intelligent Transport Systems)は、このような道路交通の諸問題を解決し、さらに安全性、快適性等の向上を目的とした社会システムである[1]。ITSで必要とされる重要な機能のひとつは、安定かつ正確な交通監視(センシング)機能であり、その実現には、広角領域の監視を行うことのできる画像処理技術が有効であり、盛んに研究されている[2][3]。

画像処理を用いた交通流監視手法の大半は固定された単一の視点から画像を得ている[4][5]。しかし、車両同士によるオクルージョンや、カメラの設置場所に制約が多いなどの問題がある。さらに環境への配慮や道路構造上の理由により、画像処理による交通監視にとって都合の悪い位置にカメラを設置される事例が増えている。

この論文では、カメラの設置条件を大幅に緩和するとともに、単一視点では対応できなかったオクルージョン時の対応も可能にする車両の検出・追跡手法を提案する。この手法は自由に設置された複数視点からの観測を行うことを特徴としており、視点間での車両等の対応を動的かつ自動的に行う。したがって単一の視点による従来の監視方法に比べ、安定した車両の検出・追跡を行うことが可能となる。

2. 処理の概要

図1に提案手法の処理の概要を示す。それぞれの視点で同期があったフレームを入力する。視点間で共通して存在する車両候補となる動領域に対しては、平面射影変換を利用して対応付けを行い、その対応関係を利用して視点間で共通する動領域の位置を判別し、それぞれの視点で動領域追跡を行っている。

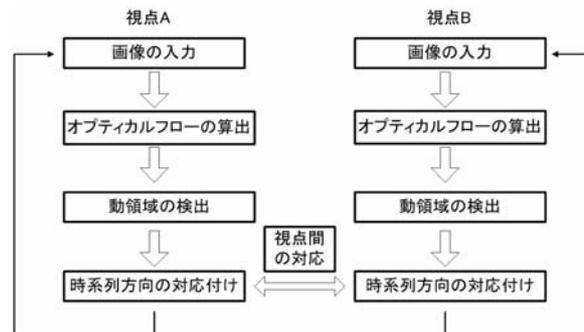


図1 処理の概要

2.1 前処理

本論文では、複数視点から監視を行っているため、視点間の対応を求める必要がある。そこで、前処理として、道路のレーンマーカなどを用いて行列式(1)を求めておく。

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots(1)$$

式(1)は、ある視点の座標(x, y)を別視点の座標(u, v)に写像する平面射影変換の行列式である。a~hは未知数であり、この未知数は、それぞれの視点で共通して存在する平面上の対応点をすくなくとも4組求めることによって、求めることができる(2)。本手法では、この対応点を手作業で取得している。

2.2 動領域の検出

動領域の検出を行う方法としては、背景差分法、フレーム間差分法、オプティカルフローを用いる方法が考えられる。このうち背景差分法は、屋外で撮影した画像を用いる場合、天候や日照条件等の影響を受けてしまうため背景にあたる画像の取得が困難となる問題がある。フレーム間差分法、オプティカルフローを用いる方法はともに、天候や日照等の変化に頑強であるが、両手法を用いて実験で用いる画像(図2)から動領域を検出した結果(図3, 4)フレーム間差分法では、車両のような色が比較的統一されている動領域は画像内で大きくなるとフレーム間で差が出にくくなり、これを1つの領域として認識することは困難になる。そこで、本研究では、天候、日照条件や色等の影響に頑強なオプティカルフローを用いる方法を用いて動領域の検出を行う。オプティカルフローの算出方法は、数値演算的に安定かつ計算量が少

ない Lucas-Kanade のアルゴリズム [6] を用いる . オプティカルフローの算出結果に閾値処理を行い , 動領域を検出する .

オプティカルフローを算出する画素の間隔は 7 画素 , Lucas-Kanade のアルゴリズムを用いる際の局所領域は 10×10 画素としている . これらの値は , 使用する画像から少ない計算時間で , 良好な検出結果を得られるように経験的に決めた数値である . これらのパラメータを一意に決定する方法については , 検討中である .

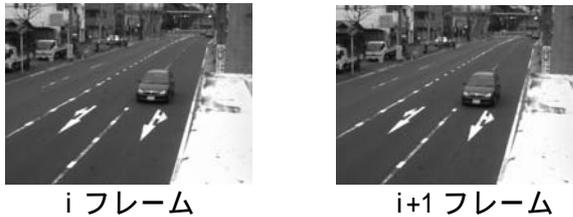


図 2 実験に用いる画像

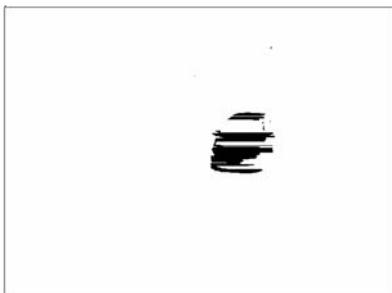


図 3 フレーム間差分法

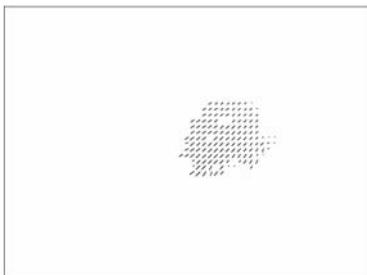


図 4 オプティカルフローを用いる手法

2.3 動領域の時系列方向の対応付け

まず , 現在処理しているフレームの視点間の対応付けを行う . 平面射影変換した別視点の画像を重ね , それぞれの視点で検出した動領域の近い別視点の動領域を同一領域として判定する . このとき , ある程度離れている領域については , 別領域として判定 (図 5) . 別視点で検出した動領域のうち , 対応けが行われなかった

領域はそのまま残し , 現在処理を行っているフレームの動領域とする (図 6) .

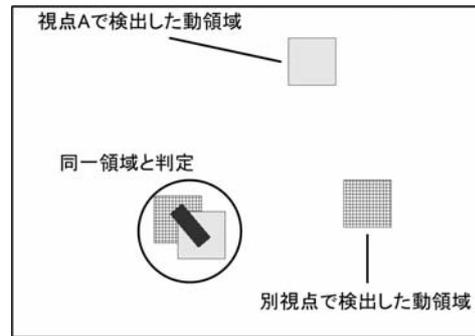


図 5 視点間の対応付け

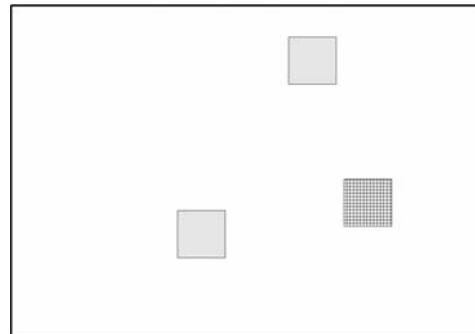


図 6 現在処理を行っているフレームの動領域

続いて時系列方向の対応付けを行う . 前回の処理で検出した動領域と最近傍となる領域同士を同一領域と判定 , 軌跡をつける (図 7) .

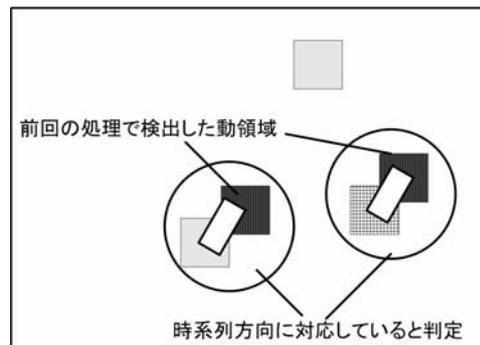


図 7 時系列方向の対応付け

視点間の対応を求めて検出した動領域 (図 6) をもとに次回の処理を行う . これらを繰り返して行うことにより車両同士によるオクルージョンが生じた場合でも , 別視点の動領域検出結果を用いて追跡を行うことが可能となる .

本論分では , 平面射影変換を利用していることから , 動領域の外接矩形のうち道路平面に最

も近いと思われる部分（図 8 の太線）として、動領域の下辺を選び、もうひとつの視点画像への変換後に下辺同士を重ねあわせて対応を求めている。



図 8 視点間の対応を求めている線

3. 実験

提案手法を用いて、動領域の検出・追跡を行った。車両候補となる動領域の追跡を行うことにより、個々の車両の動作解析を行うことが可能となる。車両の動作解析を行うことにより、交通量計測、交差点付近の交通解析、異常事象の検出、速度計測、渋滞検出が可能になると考えられる。本研究では、動領域の追跡結果の利用法の一つとして交通量計測を行った。

3.1 撮影条件

撮影は、(a)、(b)の撮影日時に IEEE1394 カメラを歩道橋の両端に設置して行った。

(a) 2004 年 6 月 8 日、晴れ、17 時頃

(b) 2004 年 12 月 20 日、曇り、11 時頃

入力画像には 640 × 480 画素濃淡 256 階調、30fps を利用した。離れた視点間での映像同期をとるため、本研究では、ViewPlus 社製 DualCap を用いた。撮影データは 1 データセットが約 1000 フレームで (1) は 3 セット (2) は 10 セット撮影を行った。



図 9 入力画像

3.2 実験

図 10 の白円で囲まれた車両に注目して追跡を行った結果を図 12, 13 に示す。図 12 は視点 B のみ、図 13 は視点 B においての複数視点をを用いた動領域検出結果を追跡した結果である。視点 B の N フレームでは、注目車両は手前のワ

ゴンと同一領域として検出されていが、視点 A では、この車両のみが動領域として、検出されているため、この検出結果を用いて追跡を行う。n+25 フレーム（図 11）では、注目車両のみが動領域として検出されているので、この結果を用いて追跡を行う。この結果から本手法を用いることで、単一の視点より詳細な追跡結果を得られることがわかる。

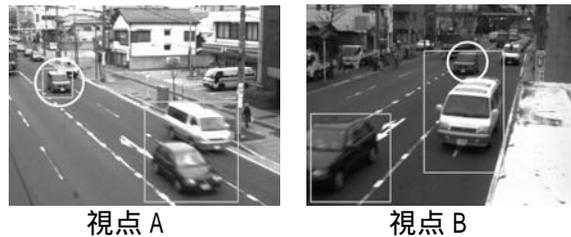


図 10 n フレーム

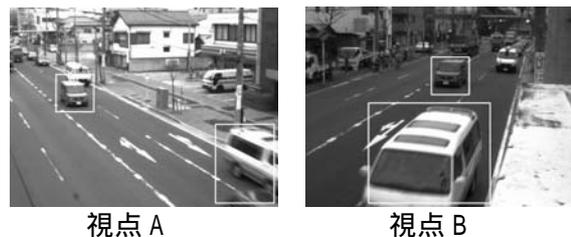


図 11 n+25 フレーム

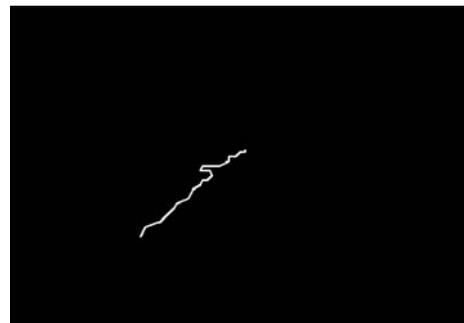


図 12 単一視点のみによる追跡結果

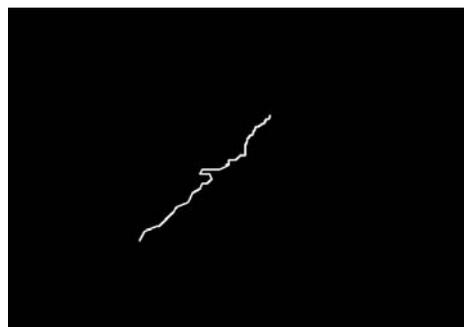


図 13 複数視点による追跡結果

3.3 交通量計測結果

動領域の追跡結果を用いて、交通量計測を行った結果を表1~3に示す。表1は全13データセットの計測結果、表2は天候別の計測結果、表3は混雑度(1データセットに通過した台数)別の計測結果である。計測数は約20m連続して追跡できた計数である。表1の結果より複数視点を利用することで、単一の視点と比較し、7%改善していることがわかる。

また、表2,3の結果から天候、混雑度によらず単一の視点に比べ精度が向上しており、特に混雑度合いが高くなるほど精度を向上させることが実証できた。

表1 交通流計測の結果

目視	157
視点Aのみ	95 60%
視点Bのみ	97 62%
複数視点	109 69%

表2 天候別計測結果

	晴れ	曇り
目視	41	116
視点Aのみ	13 32%	82 71%
視点Bのみ	12 29%	85 73%
複数視点	15 37%	94 81%

表3 混雑度別追跡結果

	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25
目視	2	30	67	36	22
視点Aのみ	2 100%	24 80%	45 67%	13 36%	11 50%
視点Bのみ	2 100%	26 87%	45 67%	13 36%	11 50%
複数視点	2 100%	28 93%	49 73%	16 44%	14 64%

単一視点に比べた場合の精度は向上しているが、本研究では、視点間の対応付けに動領域の道路平面に接している部分のみで行っていたため、複数視点を用いた場合の検出精度はそれぞれの視点での検出結果に依存しており、単一視点での精度が低いと、複数視点を用いても良好な結果は得られなかった。複数視点を用いても動領域の検出精度が低くなる原因として以下のことが挙げられる。

- (1) 両視点でオクルージョンが生じている (図14)
- (2) 影も動領域として検出されるため、影が他車両にかかりこれらが同一車両として検出されている (図15)
- (3) 道路が混雑しており、複数台が同一領域として検出されている (図16)



図14 検出失敗例(1)



図15 検出失敗例(2)



図 16 検出失敗例 (3)

4. まとめ

本論文では、複数視点を利用することで、カメラの設置条件を緩和し、単一の視点では対応できなかったオクルージョン時の対応も可能にする車両の検出・追跡手法を提案した。複数視点をを用いることで、単一の視点より良好な追跡結果が得られることは、検証できた。しかし、検出精度の向上のために単一視点における動領域の検出方法、視点間の対応付けを行う方法は検討の必要があり、今後の課題となる。

参考文献

- [1] 国土交通省, “ITS ハンドブック 2003-2004”, (2003)
- [2] 金山憲司, “道路交通システムにおける画像認識の現状と技術課題”, 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解, Vol. 97 No. 41 pp.57-64 (1997)
- [3] 小沢慎治, “ITS 道路画像における認識と理解”, 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解, Vol. 98 No. 334 pp.99-104 (1998)
- [4] 高橋,北村他, “画像処理による交通流監視方法の研究”, 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU,パターン認識・メディア理解, Vol. 97 No. 40 pp.41-48 (1997)
- [5] 福井,長谷川, “画像による車両の位置検出の一検討”電子情報通信学会技術研究報告. ITS, Vol. 100 No. 649 pp.19-24 (2001)
- [6] Lucas, B. and Kanade, T“An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision” IJCAI, pp. 674-679.
- [7] 長谷川為春, 全へい東, “複数視点映像による交通監視”, 第 8 回画像センシングシンポジウム講演論文集, pp113-116(2002)

この研究の一部は平成 16 年度科研費・基盤研究(B)「センサ統合による高精度定位装置の開発」(課題番号 15300053) によった。