成層圏プラットフォームを想定した交通流計測に関する研究

東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤工学専攻 学生会員 布施孝志
東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤工学専攻 正会員 清水英範

1. はじめに

現在の交通流計測はおもに、道路上に設置された感知器による速度、交通量観測が主流となっているが、観測点を通過する車両の速度および台数を計測することによって観測を行うために、車両個別の挙動を把握するという点で限界がある。

ところで、近年、地上 20km 程度の気象の安定した成層圏に飛行船を静止させ、これを移動・高速通信の基地とすると同時に、地上に対する観測を行うという成層圏プラットフォーム構想が、科学技術庁・郵政省により提唱され、その実現が期待されている。この構想が実現すれば、人工衛星画像よりもはるかに空間分解能の高い画像による、しかもほぼ定点の地上観測が可能となり、従来困難であった車両の追跡も容易となる。その結果、信号制御のための交差点の右左折率や飽和交通流率の計測、車線変更や避走挙動などの追従挙動や車線分布状況の観測などによる交通渋滞現象の解明に向けての調査、あるいは OD 調査など、交通工学的に大きな貢献を期待することができる。

以上の背景のもと、本研究は、成層圏プラットフォーム観測による広域を対象とした交通流計測の実現可能性を探ることを目的とする。具体的には、連続的に撮影された時系列高分解能リモートセンシング画像から、車両の自動抽出手法、および車両の移動ベクトル推定手法の開発をおこなう。

2. 対象とする車両追跡問題

本研究では、有限の撮像間隔における複数枚の時系列画像上に表現されている車両を対応付けることによる車両の動体追跡問題を考える。この問題は、観測された前後 2 枚の画像から、それぞれにおいて車両を抽出する問題と、抽出された車両の対応関係を決定する問題からなる。なお、成層圏プラットフォームによる地上観測機器の仕様はまだ具体的な検討段階に入っていない。しかし、高度 20km 程度の観測であることを考えれば、20~50cm 程度の地上分解能が期待され、きわめて高い精度での車両の自動検出が可能であると思われる。そこで本研究では、車両の自動検出は現段階の研究目的からは除外し、車両が検出された後の追跡手法に限定して議論する。

抽出された車両の対応関係を決定する問題は、前後両画像における全ての車両の移動先、あるいは移動元を消失、出現を考慮に入れ特定することである。出現や消失は、駐車場において入庫・出庫があった場合、車両が画像外に出た場合、歩道橋やビルの陰に車両が入ってしまった場合などに生じうると考えられ、この問題を複雑にしている要因の一つとなっている。対応関係を決定する際、各車両の対応候補は点が車両であるがゆえの物理的要因(最高速度等)によってある程度限定され、また、交通流の局地的均一性や色の類似性を考慮することによって各対応候補への対応確率を定義することができる。このような形で成立しうる組み合わせパターンの中で、最も確からしいものを求めることが本研究の対象とする問題である。

3. 確率的弛緩法とその改良

弛緩法とは、局所的な矛盾と解釈の曖昧さを低減する処理を局所並列的に反復することで、より大局的に整合がとれた解釈を得ようとする方法である。このうち、特に各組み合わせの対応可能性を総和 1 に基準化

キーワード：成層圏プラットフォーム、高度撮影時系列高分解能画像、交通流計測、確率的弛緩法

連絡先：〒113-8656 文京区本郷 7 3 1, TEL: 03-5841-6129, FAX: 03-5841-6129,

E-mail: <fuse, shimizu>@planner.t.u-tokyo.ac.jp

した数値によって確率的に表現する方法を確率的弛緩法と呼ぶ^{1), 2)}。本研究では、確率的弛緩法の対応付け基準となる局所的な移動ベクトルの均一性が、車両の移動特性に良く一致することに着目し、車両の対応づけの基礎手法として確率的弛緩法を採用し、車両の追跡手法としてより適したものの改良を行った。手法は、各対応付けに対する初期確率設定と確率更新の2段階からなり、改良した点は以下の通りである。

初期確率は、通常、実現可能な対応付けに対し等確率に設定しているが、対応車両の色の類似度に従い初期確率を設定する。確率更新において、従来の手法では(単方向法)、第1画像から第2画像への対応確率のみを考え、注目車両の移動ベクトルと、その近傍の車両の移動ベクトルが類似していれば、注目している対応車両の対応付け確率を増加させる。この手法では、前述したような車両の出現に対応することができない。そこで、第2画像から第1画像への対応付け確率も考慮することにより(双方向法)、出現車両に対応可能な手法への改良を行った。

4. 適用

シミュレーションデータへの適用をもとに、航空 HDTV 画像((株)朝日航洋提供)から作成したサンプル実画像への適用を行った。サンプル実画像は、対象道路区間約 700m(1 方向 2 車線)、撮像間隔 1.5 秒、空間分解能 0.33m のカラー画像である。抽出車両数は第 1 画像、第 2 画像において、それぞれ 47, 48(出現 1)であり、すべての車両が抽出された場合(出現・消失なし)と 10%程度の車両を故意に隠蔽した場合(出現・消失あり)の 2 通りの画像を用意した。適用した手法は以下の 4 手法である。(a)単方向法：初期確率については可能状態ごとに均一とし、順方向対応付け確率のみを考慮。(b)色利用単方向法：初期確率に色情報を利用し、順方向対応付け確率のみを考慮。(c)双方向法：初期確率については可能状態ごとに均一とし、ラベル確率更新には双方向対応付け確率を考慮。(d)色利用双方向法：初期確率に色情報を利用し、ラベル確率更新には双方向対応付け確率を考慮。得られた結果は表 1 である。本研究で提案する色利用双方向法が最も高い正答率を示し、正答率の値自体も 95%以上となり、その有効性を確認することができた。

さらに、4 種類の撮像間隔 0.5 秒、1.5 秒、2.5 秒、4.0 秒のサンプル実画像に対して、色利用双方向法による車両追跡実験を行った。得られた結果は表 2 の通りである。撮像間隔と追跡精度の関係は、観測対象の道路特性、交通流特性に大きく依存すると考えられるため、あくまでも本適用に対する結果として捉えるべきだが、0.5 秒間隔と 1.5 秒間隔のデータに対する精度は比較的高いものであり、少なくとも本適用の範囲では、1.5 秒程度の撮像間隔であれば十分な精度での車両追跡は可能であるといえる。

表 1 サンプル実画像データによる正答率

	出現・消失なし	出現・消失あり
(a)単方向法	78.7%	75.6%
(b)色利用単方向法	80.9%	75.6%
(c)双方向法	83.2%	78.9%
(d)色利用双方向法	95.8%	96.7%

表 2 異なる撮像間隔に対する結果

t (秒)	正答率
0.5	100.0%
1.5	97.9%
2.5	78.9%
4.0	70.5%

5. おわりに

今回は、単路部に対して確率的弛緩法を用いたが、より複雑な道路種別、交通流状態への適用、外的情報の利用、その他の手法の比較検討などが今後の課題といえる。

参考文献

1) 高木幹雄, 下田陽久: 画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, pp.707-746, 1991.
 2) Barnard,S.T., Thompson,W.B.: Disparity Analysis of Images, IEEE Transaction of Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI 2-4, pp.333-340, 1980.