

審査の結果の要旨

氏名 布施 孝志

本論文は、交通工学・計画において需要の高まっている効率的な車両の詳細挙動観測法に対し、高度撮影時系列画像の有用性に着目した車両動態認識手法を開発したものである。

本論文の成果として評価し得る点は以下のようにまとめられる。

- (1) 既存の動画画像処理手法のレビュー、及び、人間の動物体認識の視点からの整理より、動物体を特徴付ける最も重要な要素は、注目するピクセルにおいて静止領域との差異を明らかにすること、また、画像内における移動ベクトルを抽出することであることを示している。これらの特徴量は、画像処理において、背景差分値とオプティカルフローに対応し、動物体認識において極めて重要な情報であることが確認される。人間の認識過程においては、上記の特徴抽出段階を前注意過程と呼び、続く集中的注意過程における群化作用を通して動物体を認識することとなる。すなわち、車両の動態認識問題は、背景差分値、オプティカルフローを特徴量とし、時空間において車両クラスを形成することに他ならない。以上の整理の基づき、車両動態認識手法の枠組みを構築している。
- (2) (1)の枠組みに基づき、時空間クラスタリング法の開発を行っている。時空間クラスタリング法は、幾何補正、背景差分、影領域除去、オプティカルフロー抽出、時空間クラスタリング、車両認識という流れで構成される。高度撮影時系列画像は定点観測画像ではあるが、プラットフォームの揺れにより画像の幾何補正が必要となる。そのため、特に道路部を対象とした自動幾何補正手法の開発を行っている。そして、背景差分値、オプティカルフローの抽出を行う。背景差分後に、影領域除去の処理が含まれるが、車両認識精度を向上させるためには重要な処理である。幾何補正後に背景画像を作成しているため、背景画像を用いることによる単純なアルゴリズムでの影領域の特定が可能である。背景差分値とオプティカルフローの抽出後、これらの特徴量とした時空間内におけるクラスターの形成を行う。最終的に、車両特性を用い、車両クラスターを同定する。
- (3) (2)の時空間クラスタリング法では、車両に属するピクセルが時空間において隣接しているという条件を満足しなければならない。しかしながら、撮像間隔の制約等で、この条件を満足しない場合も生じる。そのため、段階法の開発を

行っている。段階法では、単フレームにおける車両抽出、抽出された車両を連続するフレーム間で対応付けることによる追跡の2段階によって車両動態認識を実現させる。その流れは以下の通りである。幾何補正後、背景差分を行い、背景差分値のみを特徴量とした空間クラスタリングにより車両を認識する。ここで、時空間クラスタリング法と同様に影領域を除去する。その後、確率的弛緩法によって追跡を行う。単フレームにおける車両抽出のため、抽出精度には限界があるが、撮像間隔が十分に短いものではない場合にも適用可能であることが利点となる。このことは、分析に必要なデータ量の減少を意味し、重要な要素であると考えられる。

- (4) 前述した手法を、ヘリコプターから撮影した航空 HDTV 画像に対して適用し、手法の有効性を確認している。適用対象は空間分解能 10cm、撮像間隔 1/30 秒、総フレーム数 600 フレームの時系列画像である。時空間クラスタリング法では 100%の車両認識精度が得られ、一方、段階法では、車両抽出段階で 90%の抽出率であり、抽出された車両に対してのみ追跡を行った結果、100%の追跡率が得られたことを示している。両手法に対し、空間分解能、時間分解能が及ぼす影響を検討し、時空間クラスタリング法では、時間分解能に対する制約がより厳しいことを示し、一方で、段階法では、空間分解能による制約がより強いものである反面、時間分解能に対しては安定した結果を得られることを確認している。更に、マニュアルによる車両追跡結果との比較による位置精度の検証を行っている。直進車両では 20cm 程度の位置精度が得られ、左折車両等に対して十分な位置精度を得るためには、時間的なスムージング処理が必要であることを示している。

以上本論文により、車両動態認識手法を構築し、その有効性の確認を行い、高度撮影時系列画像による新たな交通観測法の可能性を提示している。本論文の成果により、交通工学・計画への詳細な車両動態の実観測データが提供され、より精緻な現象分析へ貢献し得るものと評価される。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。