

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 市街地映像データベースを用いた自転車位置推定に関する研究  
氏 名 内山 寛之

## 論 文 内 容 の 要 旨

市街地における高精度な自転車位置推定は、高度道路交通システム (ITS: Intelligent Transport Systems) を実現する上で最も重要な要素の1つである。例えばカーナビゲーションシステムにおいて、詳細な自転車位置を知ることがドライバーを正確に誘導するために必須である。また、高精度な自転車位置推定が実現できれば、一時停止すべき箇所で警告を行う等の運転者支援を行うこともできるようになる。現在のカーナビゲーションシステムは主に普及型 GPS によって自転車位置を推定しているが、建物等による電波の反射や遮蔽のため、普及型 GPS には 5~30 m 程度の誤差が含まれる。上記の機能を実現するためには 1 m 程度の位置推定精度が必要であり、精度が不十分である。このため、普及型 GPS に代わる高精度な位置推定手法が必要とされている。

高精度な自転車位置推定を実現するための取り組みの1つとして、車載カメラ映像と事前に蓄積した風景映像を照合することで、自転車位置を推定する手法が注目されている。しかしながら、より高精度な自転車位置推定を行うためには、それに適した高品質な市街地映像データベースを構築する必要がある。例えば、市街地映像データベース中で、車両等によって背後を遮蔽している場合、その部分の風景に関する画像情報を抽出することができない等の支障が生じる。また、市街地映像データベースを広く一般に公開する場合、人物の顔や車両のナンバープレート等の被写体のプライバシーに留意する必要がある。そのため、市街地映像データベースをその利用方法に適するように編集・加工することは、実利用を想定するうえで必要不可欠である。また、データベース構築時と自転車位置推定時で異なる種類のカメラを用いる状況が想定される。例えば、データベース構築時は広い視野で撮影できる全方位カメラ、自転車位置推定時は搭載が容易な通常カメラというようなカメラ構成が考えられる。そのため、カメラの種類が異なる場合でも、高精度に画像間の照合が可能

な手法が必要である。以上の背景から、本論文では遮蔽のない高品質な市街地映像データベースの構築と、高精度な自転車位置推定手法の開発の両面から研究を行う。

本論文は6章で構成される。第1章は序論であり、研究背景と目的、意義について述べる。第2章では、市街地映像データベースと自転車位置推定に関する周辺技術を紹介する。第3章では、提案する市街地映像データベース中の移動物体除去手法について述べる。第4章では、全方位市街地映像データベースと車載通常カメラ映像の照合による自転車位置推定について説明する。第5章では、2台の車載カメラを用いた車線方向を含めた走行位置推定について述べる。第6章では、総括と今後の課題、展望について述べる。以降、第3～5章の研究の概要を述べる。

### 第3章 市街地映像データベース中の移動物体除去：

路上の車両・人物等の移動物体を除去する手法について述べる。市街地映像データベース中の車両や人物には、先に述べたような遮蔽やプライバシーの問題がある。映像中の移動物体を除去することで、これらの問題の解決が可能である。特に、自転車位置推定において、画像照合の障害となる市街地映像データベース中の移動物体を事前に除去しておくことで、位置推定精度の向上が期待できる。

従来、映像中の欠損領域を補完するインペインティング等、映像中の不要な物体を除去する手法が多く提案されている。しかしながら、これらの手法は市街地を経路に沿って撮影した映像を適用対象としていないため、市街地映像データベース中の移動物体の除去には適さない。本研究では、同一経路を複数回走行して得られた映像を統合することで、市街地映像データベース中の移動物体を効果的に除去する手法を提案する。

同一経路を複数回走行して得られた映像は、それぞれ撮影位置が異なる。そのため、映像間の時空間レジストレーション（位置合わせ）処理により、同一地点で撮影したものと類似する映像を生成する。そして、同一地点で撮影した画像中の同一部分を長時間観察した場合、移動物体が映っている時間はわずかであるという仮定のもと、画像を部分画像に分割し、移動物体が映っていない部分画像を貼り合わせることで、全体として移動物体が映っていない映像を生成する。映像生成の際、移動物体の存在しやすさと、部分画像間の連続性を考慮したコスト関数を導入し、これを最小化する。市街地で撮影した映像を用いた実験の結果、路上の大部分の移動物体を除去することが可能であることを確認した。

### 第4章 全方位市街地映像データベースと車載通常カメラ映像の照合による自転車位置推定：

市街地映像データベース中の全方位カメラ映像と車載通常カメラ映像を照合することで、自転車位置を高精度に推定する手法について述べる。市街地映像データベース構築時には広い視野を一度に撮影できる全方位カメラが適する。一方、全方位カ

メラは上部に突き出した特殊な形状をしており、カメラの構造的な観点から、自車位置推定を行う一般車には通常カメラが適する。しかしながら、従来提案されているデータベース構築時と自車位置推定時で同一種類のカメラを用いたアピアランススペースの自車位置推定手法を、異種のカメラを用いた枠組みに適用することは、カメラの視野角が異なるため、困難である。そのため、カメラの視野角が異なっても、高精度に映像間の照合が可能な手法を提案する。

本章で提案するカメラ構成では、全方位カメラと通常カメラの視野角の違いにより、画像の見え方が大きく異なるため、画像間の正確な照合が難しい。そこで、画像の見えの違いに対応すると同時に、映像の時間方向に対応付けることで、全方位カメラ映像と通常カメラ映像のフレーム間に対応付ける。このとき、複数フレームを照合に用い、時系列情報を利用することで、位置推定精度を向上させる手法を提案する。具体的には、視野角の違いに対処するため、全方位カメラ画像上にサブウィンドウを設置し、サブウィンドウの平行移動と拡大縮小を行うことで、カメラ間の見えの違いに対処する。そして、平行移動と拡大縮小を制御するパラメータを拡張DPマッチングに導入することで、映像の対応付けに映像の時間軸方向の時系列情報だけでなく、空間方向の時系列情報も利用する。評価実験により、空間方向の時系列情報を利用した場合には、利用しない場合に比べ、位置推定精度が向上することを確認した。さらに、第3章の移動物体除去手法を適用前後の市街地映像データベースを自車位置推定に利用し、位置推定精度を比較したところ、適用後では位置推定精度の向上が見られた。これにより、自車位置推定に移動物体を除去した市街地映像データベースを利用することの有用性を示した。

## 第5章 2台の車載カメラを用いた車線方向を含めた走行位置推定：

第4章の自車位置推定手法は、進行方向の位置情報のみの取得が可能であり、車線方向の位置は取得することができない。そこで、この手法に対し、車線方向の位置も取得可能となるように拡張を行う。具体的には、自車位置推定時に1台の車載通常カメラではなく、2台の車載通常カメラを利用する手法を提案する。また、2台のカメラの照合結果を統合的に利用し、2台のカメラをそれぞれ独立に扱うよりも高精度に自車位置推定を行う手法を提案する。1台のみでは画像照合が不確かな区間でも、2台のカメラの情報を統合的に利用し、補完しあうことで、位置推定精度を向上させることが可能となる。

車両が道路を直進している場合、車両の車線方向の位置の変化量は、進行方向の位置の変化量に比べて小さいという仮定から、データベース映像と2台のカメラからの入力映像の対応関係に制約を付加する。そして、データベース映像と2台のカメラからの入力映像の対応付けコストに関する目的関数を設定し、この制約のもとで目的関数を最小化することで、最適な映像フレーム間の対応付けを決定する。

最後に、これらの対応付け結果から、三角測量によって走行位置を計算する。実験により、2台のカメラを統合的に利用する場合、2台のカメラの情報を独立で扱う場合に比べ、位置推定精度が向上することを確認した。

以上のように、自転車位置推定手法として全方位市街地映像データベースと通常カメラ映像の照合による手法を提案し、高精度に自転車位置が推定できることを確認した。また、映像中に移動物体が存在しないデータベースを自転車位置推定を用いることによって、市街地映像データベース中の背景の遮蔽の問題を解決し、自転車位置推定性能が向上することを確認した。これらにより、高精度な自転車位置推定およびそれに適する高品質な市街地映像データベースの構築を行うという本研究の趣旨を達成した。