

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

## 主論文の要旨

論文題目

Monocular Vision-Based Localization in Metric Space for Autonomous Vehicle

(自律走行車両のための単眼カメラによるメトリック位置推定)

氏名

SUJIWO Muhammad Adi Puspo

## 論文内容の要旨

位置推定はロボットシステムにおいて不可欠な機能であり、経路計画とともに用いられる。現在利用されている多くの経路計画手法は距離空間上での実行が想定されているため、位置推定も距離空間上で実行できる必要がある（これをメトリック位置推定とよぶ）。メトリック位置推定は LiDAR を利用する位置推定では実現できているが、LiDAR はサイズが大きく、高価である。一方、単眼カメラはサイズ、価格面では優位であるが、2次元画像から3次元構造を抽出する際に内在する縮尺の曖昧性のため、単眼カメラによる位置推定を運動計画と連動させることはこれまでできなかった。また、画像利用システムには、長時間実行における環境照度変動による信頼性問題の存在が広く知られている。

本研究では上述した二つの問題を解決し、歩行者混在環境での移動ロボットと都市走行を想定した自律走行車の二つの異なる状況において評価した。解決法として、地図生成では先進のセンサを用い、位置推定では低価格なセンサを用いるといった、地図生成と位置推定で異なる方法を用いるコンセプトを提案した。まず縮尺の曖昧性の解決と距離空間の取得のため、視覚地図（カメラでの位置推定に用いる地図）を個別に作成するとともに LiDAR を利用した位置推定を使用することで、実世界上のカメラ位置をこれに記録する。LiDAR による位置推定結果は推定位置の評価のための参照位置にも用いた。これらの視覚地図を用いることで、単眼カメラのみを用いた場合でも、視覚地図とメトリック位置とのスケールの違いを視覚地図のキーフレーム位置から計算することにより距離空間上での姿勢取得も可能とした。さらに、画像による位置推定と、オドメトリ（距離空間上での走行距離計算）を組み合わせ、粒子フィルタ手法を適用することにより、カメラからは適切な位置推定ができなかった状況にも対応可能とした。一方、長時間実行における信頼性問題を改善するため、ガンマ値の自動制御手法およびボキャブラリー（各場面での画像特徴値リスト）利用手法を提案した。

歩行者専用道路における移動ロボットを用いた実験では、画像を用いた実空間位置推定の性能と、長時間位置推定の信頼性の2点について評価した。この評価にあたり、2種類の性能指標を定義した。位置推定の正確さと被覆率である。位置推定の正確さは、距離空間上でLiDARを用いて位置推定した実空間位置との差により計算した。被覆率は、画像を用いた位置推定のみで計測できた走行路の割合として定義した。その結果、歩行者専用道路環境において、画像を用いた位置推定誤差は平均的には低い(1メートル以下)が、時々スパイク状の誤差(3メートル以上)が見られることがわかった。被覆率も良く(99%にせまる)、特にガンマ値自動制御の効果が大きいことがわかった。

一方、都市一般道での高速走行実験においては、歩行者専用道路での実験と比較し、被覆率が低いことがわかった。これは自動車走行と同じ速度での場所認識が難しいことに起因している。しかしながら、これらの誤差はGPSシステムより小さく測定されていた。

これらの結果は、カメラや他の低価格センサを用いた自動車の自律走法の実現可能性があることを示しており、その鍵は、第三者により作成された、高精度センサを用いて作成された距離空間上の正確な複数の視覚地図にあることがわかった。