

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 自律移動ロボットのための高精度な光学的
Odometry 推定技術

氏 名 清水 政行

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、自律移動ロボットに必要な技術である、位置推定と地図生成を同時に行う Simultaneous Localization And Mapping (SLAM) 技術、そのなかでも連続する 2 フレーム間のセンサ入力からセンサの移動量 (Odometry) を推定する一連の研究成果をまとめたものである。

近年、様々なロボットの研究開発が行われ、ロボットの活用により社会的課題を解決することが期待されている。このようなロボットの 1 つとして、無人で移動するロボット (自律移動ロボット) の活躍が期待されている。自律移動ロボットの実現には自己位置推定と地図生成が重要で、これらを同時に行う SLAM 技術の研究は重要な課題である。SLAM は Odometry の推定結果を初期値として自己位置を推定するため、Odometry 推定の精度が低下すると自己位置推定の誤差が大きくなり、生成される地図も精度が低下する。これを避けるためには、高精度な Odometry 推定が必要である。Odometry 推定に用いるセンサは物体までの距離で、距離もしくは深度の推定精度が変化するため、Odometry 推定精度に影響を及ぼす。自律移動ロボットが様々な環境で活用されることを考えると、Odometry 推定に用いる物体までの距離に影響されない高精度の Odometry 推定を実現する必要がある。本研究では Odometry 推定に Light Detection And Ranging (LiDAR) とカメラを用いることを想定し、Odometry 推定で手がかりとする対象物までの距離が近い (2m 以下) 場合と遠い (2 m 以上) 場合に分けて、Odometry 推定の高精度化手法を提案する。

まず、前者の場合、LiDAR による測距誤差が大きくなる。一方、視差画像からは高精度に深度推定を行うことができる。Odometry 推定に必要な深度をカメラから得ることができるため、高精度な Odometry 推定を実現するには、特徴点の対応付け性能の向上が重要である。

本論文ではライトフィールド画像の性質をふまえ、視点変化に伴う特徴量の変化を表現可能な局所特徴量としてライトフィールド特徴量を定義して、立体的な被写体に対する特徴点の対応付け手法を提案する。具体的には、部分開口画像から局所

特徴量を抽出し、光線方向の変化に応じて変化する特徴ベクトルの集合としてライトフィールド特徴量を定義する。ライトフィールド特徴量の対応付けは、同じ光線方向に対応するベクトル間の L2 距離に基づいて行う。ライトフィールド特徴量は、ライトフィールドから実際に視線変化させた時の特徴量を算出できるため、立体的な被写体に対して、特徴点の対応付け性能が低下する問題を解決することが可能になる。

次に、後者の場合、カメラの視差画像から推定する深度の誤差が大きくなるため、LiDAR を主として活用することが有効である。近年、LiDAR は、その小型化と低価格化が進んだことで急速に普及しつつある。分解能が細かい密な LiDAR 点群を取得するには、LASER 走査機構が大きくなり、価格も高くなる。そのため、密な LiDAR 点群の取得と装置の小型化・低価格化は両立しにくい。このことから、小型で安価な LiDAR を用いて取得した疎な LiDAR 点群を用いた SLAM 技術の需要が高まっている。疎な LiDAR 点群で SLAM を行うためには、疎な LiDAR 点群で高精度に Odometry 推定をする必要がある。この際、深度推定の誤差が大きい特徴点が存在すると、Odometry 推定精度が低下する。本論文では、深度推定の信頼度を定義して、信頼度に応じて最適化問題の目的関数を切り替える Odometry 推定手法を提案する。提案する手法は信頼度が低い深度を用いずに Odometry 推定の最適化を行う。これにより、深度推定の誤差に対して頑健で高精度な Odometry 推定を実現することができる。

本研究では、これら提案手法の評価を行い、その効果を示した。

これらの手法を用いることで推定に用いる物体までの距離に影響されない自律移動ロボットが実現できるようになると考えている。

自律移動ロボットの活用範囲を広げるためには、自律移動技術を多様な環境に対応できるようにしていく必要がある。

本研究がこれからの自律移動技術の発展に少しでも貢献できれば幸いである。