

審査の結果の要旨

氏名 石原 辰也

視覚障害者にとって単独での移動は困難であるため、視覚障害者ナビゲーションシステムは重要である。近年、スマートフォンによる視覚障害者ナビゲーションシステムの研究が盛んであるが、正確に視覚障害者を誘導するためには、高精度かつスマートフォン上でリアルタイムに動作する位置推定技術が必要である。本論文では、画像と Bluetooth Low Energy(BLE)ビーコンの信号を統合することで、視覚障害者ナビゲーションシステムのための高精度な位置推定手法を提案している。

第1章「Introduction」

スマートフォン上における位置推定に利用できるセンサは複数あるが、現在でも視覚障害者を正確に誘導できるために十分な精度の位置推定システムは実現されていない。スマートフォン上で利用できる画像と BLE 信号を組み合わせることで、正確かつ頑健な測位技術を提案することが本研究の目的であると述べている。

第2章「Related Work」

実環境で利用できる視覚障害者ナビゲーションシステムを実現するためには、特別なセンサを必要とせずスマートフォンのみで利用できる高精度な測位技術が必要となると述べている。これまで室内位置推定に利用されてきた様々なセンサと、位置推定手法を整理している。そして、視覚障害者が正確かつ安全に歩行するのに十分な精度で、かつ頑健な位置推定システムを実現するために画像と BLE 信号を利用することが最も適していると述べている。

第3章「Supervised State-Space Model for BLE-Based Localization」

BLE 信号の時系列データを用いて位置推定をするときに、教師あり状態空間モデルを適用することで精度を向上する手法を提案している。また、実験により従来の状態空間モデルと比較して精度が向上することを検証している。

第4章「Geometry-Based Image Localization Enhanced by BLE Signals」

画像による位置推定手法である Structure from Motion (SfM) において、BLE 信号を利用して精度を向上する手法を提案している。BLE 信号と画像を統合することにより、従来の SfM による手法と比較して同程度の計算量でありながら精度とロバスト性の両方が向上することを検証している。

第5章「Deep-Learning-Based Image Localization Enhanced by BLE Signals」

Deep Learning による画像位置推定手法を BLE 信号を利用して精度を向上する手法を提案している。提案する画像と BLE 信号の両方を用いた位置推定手法が、従来の Deep Learning による画像位置推定手法と比較して同程度の計算量でありながら、高精度であることを実験により検証している。また、提案する手法は SfM による従来手法と比較しても大幅に頑健でありながら、近い精度を達成できることを検証している。

第6章「Blind Navigation System with Image and BLE Localization」

第3章の知見を元に、第5章の Deep Learning による画像位置推定手法を時系列データに拡張する手法を提案している。実験により、第5章で提案した手法よりも効率的かつ高精度な画像位置推定手法であることを検証している。また、提案する Deep Learning による画像位置推定手法を、既存の BLE による視覚障害者ナビゲーションシステムに実装している。まず、提案したシステムがリアルタイムに動作することを視覚障害者ユーザーによって検証している。さらに、提案したシステムが従来の視覚障害者ナビゲーションシステムよりも高精度な測位を実現できることを検証している。

第7章「Conclusion and Future Work」

第1章で挙げた視覚障害者ナビゲーションシステムに必要な高精度な位置推定技術が達成されたのか述べている。具体的には、画像と BLE 信号を統合することにより、従来技術より高精度でありながら、スマートフォン上でリアルタイムに動作し、頑健に位置推定できる技術を実現できたことを述べている。そして、提案した複数のセンサ情報を統合する手法を他のセンサにも適用することにより、視覚障害者ナビゲーションシステムをより広範囲に適用していくことを提案している。

筆者によって提案された画像と BLE 信号を用いた位置推定手法は、従来技術では実現できなかった頑健性、リアルタイム性を確保しながらも、より高精度な

測位を実現するものである。提案手法は画像と BLE 信号以外のセンサにも適用可能な汎用的な手法であり、位置推定システムに関する工学分野の発展に貢献することが期待される。

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。