

論文審査の要旨および担当者

報告番号	甲 第 号	氏 名	佐藤 章博
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学大学院 教授	博士（政策・メディア） 神武 直彦
	副査	慶應義塾大学大学院 教授	Ph. D. 春山真一郎
	副査	産業技術総合研究所・人間拡張研究センター 副センター長	博士（工学） 蔵田 武志

(論文審査の要旨)

佐藤章博君提出の学位請求論文は「空間構成に迅速に適応する屋内測位環境を実現する距離情報のみの SLAM によるビーコン位置推定手法」と題し、本文 9 章からなる。

本論文では、高密度に設置した電波ビーコンを用いる屋内測位手法に着目し、空間構成の変化に迅速に適応する屋内測位環境を構築するための、スマートフォンを持つ歩行観測者によるビーコン位置推定手法を提案している。具体的には、自己位置と環境地図の同時推定 (Simultaneous Localization and Mapping: SLAM) の手法に着目し、短時間の観測で推定結果を得ることが困難なスマートフォンとビーコン間の距離情報のみを用いる条件において、SLAM の推定アルゴリズムに複数仮説追跡を用いることで、推定に必要な観測を短時間で行うことを可能にしている。さらに推定対象のビーコンの数とともに計算量が増加してしまう問題を解決するために、2 個 1 組の間隔が判明しているツインビーコンの概念を導入し、SLAM の推定アルゴリズムにビーコンの間隔情報を用いることで計算負荷の軽量化を実現している。

まず、第 1 章「序論」では、衛星測位が利用できない屋内空間全体で測位環境を導入するためには、現状では場所と状況に応じて適材適所の屋内測位方式を導入することが必要なことを論じ、さらに屋内測位を利用するための事前準備に必要な時間と作業量の問題を解決することに着眼点を置くことで、本研究の目的を示している。

第 2 章「研究課題」では、近年注目を集めている位置指紋方式において、屋内測位環境構築に必要な期間の短縮よりも工数の軽減に焦点が当てられてきたことを示し、屋内測位環境の遍在化を目指す中で、空間の構成が可変の屋内環境の例に対して位置指紋方式が対応できないことを明らかにしている。そこから迅速に屋内測位環境を構築する手法の必要性を示し、各屋内測位方式の特徴を比較、分析することで、研究課題を導いている。

第 3 章「関連研究」では、無線信号の発信機に対して位置座標を取得する手段という観点から関連研究を概観した上で、距離情報のみを用いる SLAM を取り上げ、従来の SLAM 手法における、自律航法の性能が不十分な場合に推定結果を短時間の観測により得ることが困難になる問題点を明らかにしている。

第 4 章「屋内測位環境の構築方法の設計」では、ビーコンの設置、距離推定に用いるパラメータを決定する測定、ビーコン信号の歩行観測の 3 工程からなる、屋内測位環境を構築する方法の設計を提示している。具体的なビーコン規格として、汎用品が市場に流通している BLE ビーコンを選定することにより、屋内空間の形状に合わせた位置に柔軟にビーコンを配置して見通し内信号を利用できるビーコンの数を増やし、電波の反射、干渉、遮蔽の影響を緩和することを可能にするものである。また、SLAM により事前の歩行経路の座標計測を不要としている。

第 5 章「短時間の観測による計算負荷が軽量のビーコン位置推定手法の提案」では、歩行観測により取得した距離情報を用いたスマートフォンとビーコンの位置の同時推定アルゴリズムを提案している。相反する関係を示す傾向にある観測時間の短縮と計算負荷の軽減を、ツインビーコンを対象にした複数仮説追跡により両立できることを明らかにしている。

第 6 章「平常時と緊急時に利用する屋内位置情報システムに対する要求分析」では、屋内測位環境の遍在化が達成された想定における緊急時の避難誘導の支援について実現可能性を分析している。要求分析の結果に基づいて、ビーコンの位置座標を用いた屋内測位手法は、緊急時に外部との通信が途絶しても測位が可能になること、歩行者自律航法と異なり避難中にも測位精度の劣化は発生しにくくなることの 2 点で有益なことを明らかにしている。

第 7 章「提案手法の評価」では、実際の屋内空間で実機を用いた実験を行い、距離情報のみを用いる条件において、提案手法では推定結果を得るまでの観測時間を従来手法と比較して短縮できることを示している。

第 8 章「考察」では、検証結果をまとめ提案手法の有効性を確認するとともに、提案手法により構築した屋内測位環境がもたらす測位精度について考察を行い、さらに今後の課題と展望を述べている。

最後に、第 9 章の結論では、本論文の結論を述べている。

以上より、本論文は、屋内測位環境の遍在化に貢献するために、位置指紋方式、歩行者自律航法のそれぞれの弱点を補うものとして、高密度に設置したビーコンの位置座標を用いた屋内測位手法を位置付け、これを用いた空間構成に迅速に適応する屋内測位環境を構築するための手法を提案しており、システムエンジニアリング学の発展に寄与するところが大きい。従って、本論文の著者は博士 (システムエンジニアリング学) の学位を受ける資格があるものと認める。