

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13413 号
------	---------------

氏 名 浦野 健太

論 文 題 目

配布型BLEタグを用いた屋内位置推定手法

(Indoor Location Estimation Method using Mobile BLE Tag)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	河口 信夫
委員	名古屋大学	教授	武田 一哉
委員	名古屋大学	教授	西澤 典彦
委員	立命館大学	教授	西尾 信彦
委員	名古屋大学	准教授	米澤 拓郎

## 論文審査の結果の要旨

浦野健太君提出の論文「配布型BLEタグを用いた屋内位置推定手法」は、小型の省電力無線通信を利用したBLEタグを用いて、大規模な屋内イベントにおける人流推定などを目的としてタグの位置を高精度で推定する手法を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景となる位置情報の利用と屋内位置推定について述べ、屋内イベント環境における位置推定で必要となる要素や課題を明確化するとともに、本研究の貢献と論文の全体構成について述べている。特に、本研究が対象とするBLE (Bluetooth Low Energy)のタグを用いた屋内位置指定手法が、イベント来場者への負担や、機材コスト・同一人物の追跡性など面で有用であることを説明している。また、本研究が、データ収集用のシステム構築としてのハードウェア面での貢献と、実際のイベントを対象として、得られたデータを分析するアルゴリズム面での貢献を示している。

第2章では、位置情報を利用した情報の分析に関する関連研究を示し、屋内位置推定における既存研究について述べている。また、位置情報の利用が様々な分野で応用されることを示している。さらに、無線通信を利用した屋内位置推定手法について、既存手法を詳細に説明している。

第3章では、配布型のBLEタグを用いた位置推定において、電波を受信する新しいスキャナの構成法として、複数のBluetoothアダプタを用いたタンデム型のスキャナを提案している。複数のアダプタの利用により、従来の単一アダプタを用いた手法と比較して、パケットロスが低減することを、実際の大規模イベント会場でのデータ収集実験を通じて示している。また、被験者の位置とスキャナの位置に基づき、距離と信号強度の分布を作成し、スキャナとタグが近距離にあっても幅広い分布で信号が観測され、信号が安定しない場合があることを確認している。

第4章では、3章で提案した複数のBluetoothアダプタを用いたタンデム型のスキャナを用い、事前学習を必要としない手法で、従来よりも高性能な屋内測位手法を提案している。具体的には、電波強度と距離の関係からタグの位置を確率的に推定すると共に、パーティクルフィルタを用いた時系列的な制約により、より高い測位性能を得られることを確認した。また、スキャナの数や、タンデムの有無によって生じる性能差についても検証し、その結果、タンデム型のスキャナが多数設置されることが、位置推定の精度向上に有効であることを示している。

第5章では、深層学習を用いた屋内位置推定手法を提案している。具体的には、オートエンコーダにより信号強度補正と、再帰型のニューラルネットワークを用い、電波強度を入力とし、推定位置を出力するEnd-to-Endのモデルを提案する。イベント環境では、準備期間が短く、十分な量の学習用データを準備できないため、少ないデータでも効率的に学習が行える仕組みも導入している。実環境データを用い、平均誤差が1.92mという実用上十分な推定精度を得ることができた。

第6章では、本研究の成果をまとめる共に、将来のリアルタイム位置推定への展望を示している。また、最新のBluetooth規格への対応などの必要性などについて述べている。また、提案手法の応用として、イベント環境以外での利用に加え、BLEタグの小型・低消費電力性を活かし、モノへの貼付によるモノの位置推定、BLEとIoT機器の相性の良さを生かしたIoT機器向け位置情報基盤の構築などを提案している。

以上のように本論文では、小型の省電力型のBLEタグを配布する型の位置推定手法を提案しており、屋内位置推定において深層学習を活用し、多数の参加者が存在する大規模イベントにおける実証実験において、従来を上回る精度での位置推定精度を実現している。特にEnd-to-Endの深層学習を用い、電波強度から直接位置を推定可能な本手法は、電波を用いた位置推定において新しいコンセプトを提示しており、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である浦野健太君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。