

令和元年度研究開発成果概要書

採択番号 : 21409

研究開発課題名 : データ連携・利活用による地域課題解決のための実証型の研究開発 (第2回)

副題 : スモールモビリティによるラストワンマイル達成のための混雑環境でもロバストな不可視地図のオープン化

(1) 研究開発の目的

主要駅から自宅まで、ラストワンマイル (歩道など) でのスモールモビリティ (パーソナルモビリティ、将来的には無人搬送ロボット) の自律走行が必ず求められる。歩道には市民生活により、地図には表現されない動的物体が多々存在する。このことから研究者は、環境中の磁気の乱れやWiFi信号強度など目には見えない情報 (不可視情報) から、スモールモビリティのための地図を作成し、オープンデータとして社会に提供することを提案する。研究者の知財、ノウハウを駆使し、不可視地図データを作成する装置を開発する。また、市・県と連携してスマートモビリティエリアでの実践的なデモを行い、本成果の効果・有用性をアピールする。

(2) 研究開発期間

令和元年度から令和2年度 (2年間)

(3) 実施機関

国立大学法人宇都宮大学<代表研究者>

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 20 百万円 (令和元年度 10 百万円)  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目1 : 不可視環境情報の地図データ化 (宇都宮大学)

1-1. 地図データ作成装置の開発

1-2. 補間技術を適用した地図データの作成方法の開発

1-3. スモールモビリティによる評価・デモ

研究開発項目2 : 地図データの社会実装 (宇都宮大学)

2-1. 地図データ管理・運用の市としての検討

2-2. 地図データ管理・運用の県としての検討

(6) 特許出願、論文発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	0	0
	その他研究発表	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	1	1
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1：不可視環境情報の地図データ化

研究開発項目 1-1：地図データ作成装置の開発

無線データ取得装置を設計するために、様々なハードウェアをテストした。結果として、2つの検出ユニットを開発した。

athk9 チップと互換性のあるチップを持つルータをプログラムするために、openwrt に基づいてプログラムされたファームウェアを開発した。プログラムされたルータは、それ自体で無線データを取得し、接続された USB への保存や、ネットワーク経由でブロードキャストデータを送信できる。すでに展開されているロボットのプラグインシステムとして理想的であるが、一度に検出できるのは 1 つの WiFi チャンネルのみである。

開発したプロトタイプは、USB-WiFi NIC (Network Interface Controllers) と同じ数の WiFi チャンネルを同時に受信できる。また、ロボットに取り付ける NIC (WiFi センサ) の位置を任意に変更可能である。そのため、理想的な配置の検討も容易である。

現在は検出ユニットを搭載するための新規設計のデータ取得用台車を開発中である。

研究開発項目 1-2：補間技術を適用した地図データの作成方法の開発

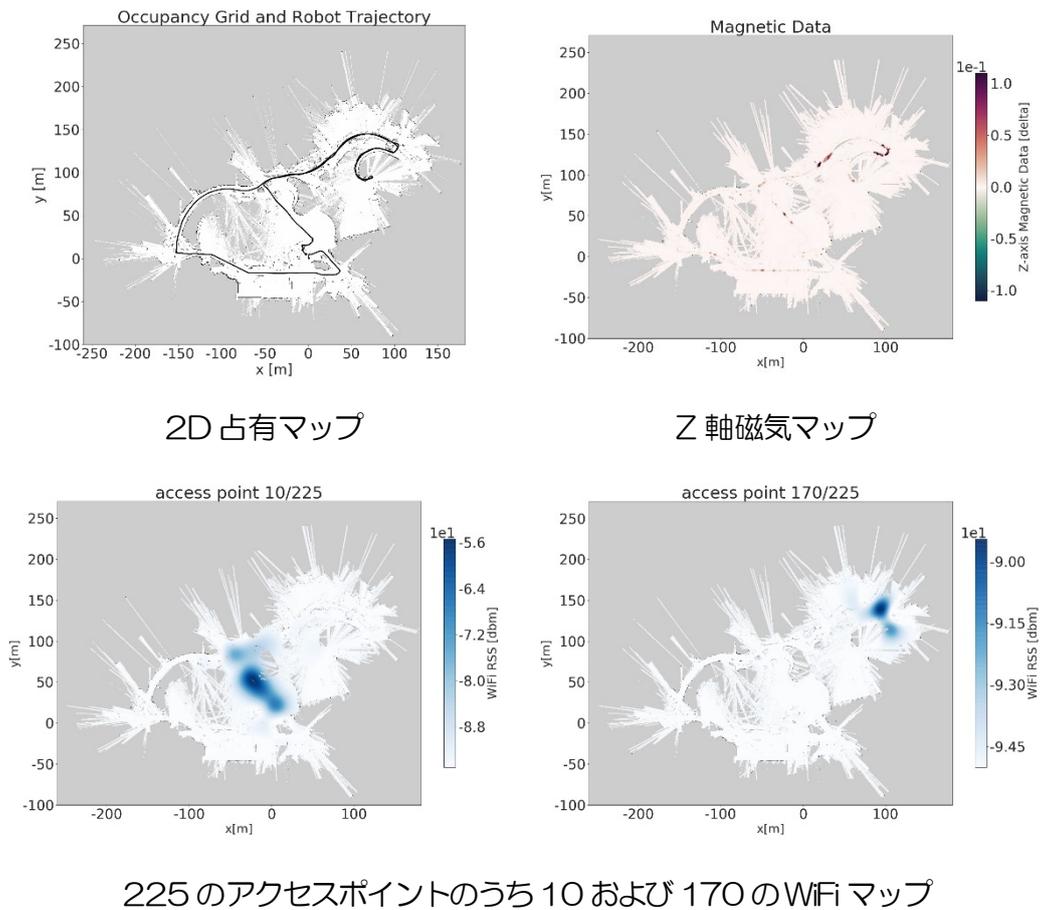
マップの作成には Robot Operating System (ROS) を使用して全ての生データを記録する。このデータはオープンソースとして ROS ユーザと共有できる。データの取得は以下の通りを行う。

- 磁気データは、すでに利用可能な磁気データ構造を使用して保存する。
- WiFi データは、開発された新しいデータ構造を使用して保存する。このデータ構造により、複数の WiFi センサが同時にデータ収集できる。

互換性を改善するために、ROS と SHM はほとんどの主要なプログラミング言語 (プロセス間通信を介して) 及びオペレーティングシステムからアクセスを可能にした。また、ネットワークメッセージを通してシステムの SHM の一部を読み書きするソフトウェアを開発した。これらは、ROS のライセンスを用いることなく使用可能であり、ネットワーク内のパソコンがサポートしている場合、ロボットは ROS を必要としないため、低スペックのロボットにも使用可能である。

取得したデータから地図を作成する際には、ガウス過程を使用して未計測地点のデータを補間し分布の推定を行う。複数のカーネルで磁気データと WiFi データをテストした。計算と予測の精度を考慮して、磁気データには Matern 3/2 カーネルを選択し、WiFi データには放射基底関数を用いる。

ログに記録された生データを使用して、磁気マップと WiFi マップを自動的に作成するソフトウェアを開発した。図 1 に、生成されたマップの例を示す。



225 のアクセスポイントのうち 10 および 170 の WiFi マップ

図 1：大阪府中之島扇町公園でのテスト中に生成された 2D 占有マップと不可視マップ

ガウス過程を使用する際、ログデータをトレーニングデータとして使用する。計算を高速化するために、現在開発しているガウス過程のソフトウェアは、学習の中間 (intermediate results) データを全てメモリにキャッシュして使用する。これにより、ソフトウェアが RAM のメモリ数に依存するようになる。実際にガウス過程の実験を 64GB の RAM を搭載した PC を使用して行う場合、15,000 ポイントのトレーニングデータ量が上限となる。15,000 ポイントを超えてガウス過程を使用するには、メモリが不足してしまうため、速度を落とす必要がある。

現在、この制限を処理するため、目的のマップをサブセットに分割するなどの改良を実験中である。

開発しているソフトウェアは任意の解像度でマップを生成する。マップの解像度は、目的のアプリケーションによって異なる。

ロボットのナビゲーションに用いる地図は以下の解像度が推奨される。

- 磁気マップの場合、屋内環境では  $10 \times 10 [\text{cm}^2] \sim 30 \times 30 [\text{cm}^2]$ 、道路幅 (2m) を想定した走行経路は  $1 \times 1 [\text{m}^2]$  の解像度が推奨される。
- WiFi マップの場合、屋内環境では  $25 \times 25 [\text{cm}^2] \sim 1 \times 1 [\text{m}^2]$ 、道路幅 (2m) を想定した走行経路は  $1 \times 1 [\text{m}^2] \sim 5 \times 5 [\text{m}^2]$  の解像度が推奨される。

道幅が狭い場合は高精度な自己位置推定精度が必要となるため、地図の解像度を高くする必要があります。また、一般的な道路幅以上（公園などのオープン空間）でナビゲーションを行う場合、多少の蛇行では道を外れることはない。そのため、地図の解像度が低い場合でも、オドメトリを用いた制御メインで磁気やWi-Fiを使用するナビゲーションによって精度が保たれるため、自律移動が可能となる。

#### 研究開発項目1-3：スモールモビリティによる評価・デモ

現在、宇都宮大学ロボティクス・工農技術研究所のロボットには、無線データ取得用にプログラムされたルータ、磁気センサ、3Dまたは2D-LiDARが搭載されている。

#### 実験

実証実験のために、以下の場所でテストを行った。

- 「つくばチャレンジ2019」におけるつくば市では、3Dセンサと正常に構築された3D点群、2Dマップ、WiFiマップ、磁気マップを使用した。
- 「中之島チャレンジ2019」における大阪府中之島の扇町公園では、2Dセンサと正常に構築された2D点群、2DマップWiFiマップ、磁気マップを使用した。

#### 研究開発項目2：地図データの社会実装

##### 研究開発項目2-1：地図データ運用の市としての検討

地図データの取得方法及び公開方法について検討した。まず、地図データの収集方法について市と議論した結果、道路を通行止め等の処置を行わないレベルであれば、特に手続き等は必要ないことがわかった。このことから、比較的小型で簡便に計測できるようなデータ取得用台車を開発するという方針を立てることができた。

また、データ更新についてはまだ試作レベルであることを考慮し、まずは宇都宮大学のWEBサーバにデータを公開することとした。

##### 研究開発項目2-2：地図データ運用の県としての検討

栃木県とデータ公開のエリアを検討した結果、LRT近隣の道路は宇都宮市の管轄であることから、走行エリアの策定については宇都宮市の役割とした。ただし、宇都宮市以外の県内の道路については継続的に検討することとしたが、そのほとんどが日光などの観光道路であることが判明し、現時点では、安全上実験区間としては適切でないことが確認された（将来的に法規制で許可されれば再度検討する）。

さらに、栃木県ではとちぎロボットフォーラムの関係者と議論し、地図データのイメージができるタイミングを見て、フォーラムとして技術紹介の場を設けることとなった。これについては令和2年度に成果紹介の日程を検討する。

なお栃木県では、ベンチャーエコシステムの構築を目指し、令和元年9月30日に「とちぎ次世代産業創出・育成コンソーシアム連携協定」が発足し、栃木県主導で新産業創出の足がかりができた。次年度は、この枠組みとの連携を視野に入れながら、新作業創出について議論していく。