

# 電波送信機の移動変位と 複数受信機における受信信号に基づく屋内位置推定

姚 可為<sup>†</sup>      梅澤 猛<sup>‡</sup>      大澤 範高<sup>‡</sup>

千葉大学大学院融合理工学府<sup>†</sup>      千葉大学大学院工学研究院<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

GPS に代表される全球測位衛星システムは、屋外において誤差数メートルの精度で位置を推定できるが、屋内においては建物の壁などの遮蔽物の影響により高精度な位置推定が困難である。このため、屋内においては別の位置推定方法が必要とされる。無線信号に基づく位置推定法の代表例として、位置指紋法が挙げられる。旧来の位置指紋法では、固定された複数の発信機からの信号受信強度 (RSSI : Received Signal Strength Indication) を受信端末で測定し、RSSI ベクトルから受信端末の位置を推定する。An らは固定された複数受信機によって送信端末からの電波を測定し、それらの RSSI ベクトルを逆位置指紋と考え、送信端末の位置を推定する方法を提案している[1]。

位置指紋に基づく位置推定方法の多くは、あらかじめ観測しておいた位置指紋と照合することで、既知地点のいずれに最も近いかを領域推定する。

高山らは複数観測点において、RSSI 値を単一受信端末で観測し、自律航法によって求めた観測点間の変位と共に合成位置指紋を構成することで、それを基に構築した非線形回帰モデルによって、変位情報を使わない従来手法に比べ小さい誤差で位置推定できることを示した[2]。自律航法による相対位置推定は加速度センサを使って変位量を計算するのが一般的なため、時間経過に伴う累積誤差が問題となる。

本研究では、An らの研究と同様に複数地点の受信機において送信端末からの信号を受信する場合を対象として、高山らの考え方を応用した位置指紋と自律航法を統合した位置推定方法について検討を行う。

## 2. 協調位置指紋による位置推定手法

本研究では、固定地点に設置された複数受信機を使って、環境内を移動する送信機から発せられた信号強度を測定する。各受信機で測定された信号強度ベクトルを受信指紋とし、自律航法によって求めた移動変位との組を協調位置指紋 (Coordinated Fingerprint) として利用する。協調位置指紋を特徴ベクトルとして回帰モデルを構築し、位置推定に利用する。検討する手法の位置推定手順は次の3つのフェーズで行う。

### 2.1. データ収集フェーズ

位置座標が既知の地点において送信端末から発信し、受信指紋を収集する。図1は、送信点 P と Q からの受信指紋から協調位置指紋を構成するときの様子を示している。5 台の受信機で受信した強度から構成される受信強度ベクトル P、Q と送信点間の変位ベクトル  $dx$ 、 $dy$  の情報から協調位置指紋を生成する。

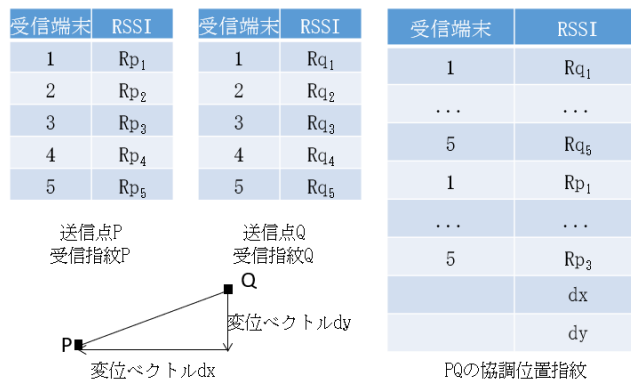


図1 協調位置指紋の生成方法

### 2.2. 学習フェーズ

データ収集フェーズで作成した協調位置指紋の集合を訓練データとして、機械学習によって非線形回帰モデルを構築する。

### 2.3. 推定フェーズ

学習したモデルに、観測した協調位置指紋を入力することで、位置推定結果を得る。

Indoor Location Estimation Based on Displacement of Moving Radio Transmitter and Received Signals at Multiple Fixed Receivers

<sup>†</sup>Kewei Yao, Graduate School of Science and Engineering, Chiba University

<sup>‡</sup>Takeshi Umezawa, Noritaka Osawa, Graduate School of Engineering, Chiba University

### 3. 実験

実測した受信指紋データを基にシミュレーションによって提案手法を評価するため、自律航法による誤差のモデル化のための実験を実施した。

#### 3.1. 自律航法による距離推定アルゴリズム

9軸センサ(加速度、ジャイロ、地磁気各3軸)の測定値を基に Mahony AHRS アルゴリズム[3]によって姿勢を推定し、加速度データをセンサ座標系から世界座標系に変換して重力加速度の影響を除去する。加速度データを台形則で処理し移動距離を求める。

#### 3.2. 実験方法

歩行実験の前段階として、手を使ってテーブル上でスマートフォンを水平に移動させて実験を行った。スマートフォンを 0m、0.25m、0.5m、0.75m、1.0m を目標として単一方向に移動させ、移動推定距離を記録した(0mは静止状態を示す)。また、実際の移動距離を精度 1mm のレーザ距離計を用いて計測した。歩行の速度を模擬するため、移動時間は 1 秒以内とした。各距離 30 回データを記録した。なお、スマートフォンには 9 軸センサを備え、Android 7.0 を搭載した HUAWEI P10 を利用した。

#### 3.3. 実験結果

推定距離  $\hat{d}$  と実測距離  $d$  の関係を図 2 に示す。

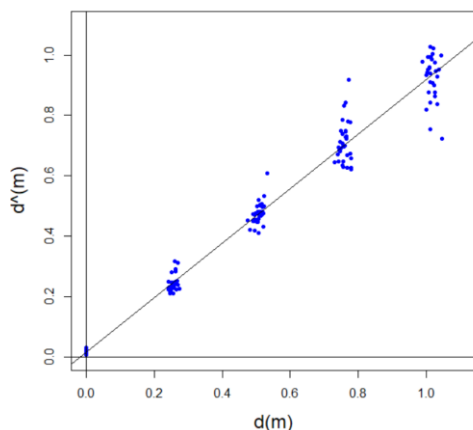


図 2 実測距離と推定距離の関係

表 1 距離グループごとの平均誤差と標準偏差

距離グループ	平均誤差 (m)	標準偏差
0m	0.0134	0.00578
0.25m	-0.0185	0.0153
0.5m	-0.0356	0.0236
0.75m	-0.0578	0.0439
1.0m	-0.0905	0.0946

各距離グループの平均誤差と標準偏差を表 1 に示す。平均誤差は -0.0343m、標準偏差は 0.0539、回帰直線の傾きは 0.904、切片は 0.0591 であった。

#### 3.4. データ解析

実測距離  $d$ 、推定距離  $\hat{d}$  から差  $r = d - \hat{d}$  を求めた。 $r$  が、 $d$  の影響を受けると考えられることから、 $r/d$  の分布を調べた。

実験結果の平均誤差と標準偏差より、距離グループ 1m の場合は他の計測と分散が異なる。そのため、本稿では 0.75m 以下の距離グループで有効なモデルパラメータを求める。

0.25m~0.75m のデータのヒストグラムと正規分布確率密度関数を図 3 に示す。 $\mu = -0.0732$ 、標準偏差  $\sigma = 0.05424$  であった。図中の赤破線は求めたパラメータの正規分布確率密度関数を示す。

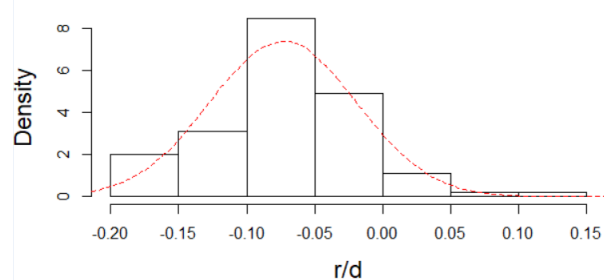


図 3 r/d ヒストグラム

#### 3.5. 考察

電子機器が発する磁気の影響で環境内の磁気分布が複雑になっており、移動距離が長くなると誤差が大きくなっている可能性がある。また差  $r$  とその平均はほぼマイナスであり、姿勢推定方法および移動推定方法の再検討が必要である。

### 4. まとめ

本研究では位置指紋と自律航法を結合した屋内位置推定方法について検討した。今後は自律航法の精度を高めると共に歩行実験による推定誤差のモデル化を行い、受信指紋と距離推定モデルに基づいた提案手法の評価を行う予定である。

### 参考文献

- [1] Jae Hyung An, and Lynn Choi. "Inverse fingerprinting: Server side indoor localization with Bluetooth low energy." IEEE 27th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC), pp.1-6, 2016.
- [2] 高山智史, 梅澤猛, 大澤範高. "屋内における移動前後の位置指紋と相対位置に基づいて構成された非線形回帰モデルを利用した位置推定." 情報処理学会研究報告, 第 81 回モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム研究会 (MBL), 2016-MBL-81(21), pp.1-8, 2016.
- [3] Sebastian O. H. Madgwick, Andrew J. L. Harrison, and Ravi Vaidyanathan. "Estimation of IMU and MARG orientation using a gradient descent algorithm." 2011 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), pp.1-7, 2011.