

# 相互補完型 Wi-Fi 地磁気フィンガープリンティング手法の提案

東和樹<sup>†</sup>新井イスマイル<sup>†</sup>

## 1 はじめに

近年、スマートフォンの普及により、測位技術が盛んに研究され、ナビゲーションや人流解析などに応用されている。屋外環境では GPS(Global Positioning System) に代表される測位技術が普及しており、高精度に測位できる。ところが、衛星電波が十分に届かない屋内環境では利用不可能であり、別の手法が求められている。

Wi-Fi フィンガーブリンティング（以下、フィンガーブリンティングを FP とする）は、建物内の Wi-Fi アクセスポイント（以下 AP）から発信されるビーコンの電波強度 (RSSI) を各地点で計測することで RSSI のフィンガープリントデータ（以下指紋データ）を作成し、被測位地点から得られたデータとマッチングすることで測位する手法である。この手法は新たなインフラの設備が不要で比較的高精度に測位出来るため、現在も盛んに研究されている。最近では屋内で鉄筋コンクリート、金属等の影響を受け特徴を持った値を持つ地磁気も FP を行えることが分かり、注目されている。しかし、Wi-Fi FP は AP が少ないエリアに関してはマッチングに十分なデータが得られず、また地磁気 FP は測位エリアが広くなるほど測位精度が低くなるなど、原理的な限界を迎えている。

これらの課題を解決するため、上述の 2 つの FP の特徴に着目した。Wi-Fi FP は、Wi-Fi AP がユニークな BSSID を持つことから、おおよそのエリアを推定することに秀でており、地磁気 FP は測位エリアが狭いほど安定した精度で測位出来る。これらの特徴により、互いの欠点を補完し合う手法について提案する。

## 2 関連研究

Wi-Fi・地磁気 FP による測位は計測フェーズと、測位フェーズの二段階に分けられる。計測フェーズでは、測定エリア上に計測点を配置し、各点で AP からの BSSID、RSSI、位置座標、または磁束密度を記録しデータベースに保存する。測位フェーズでは、未知の座標での BSSID、RSSI、または磁束密度

をデータベースと比較し、最も類似した上位  $k$  個の計測点のデータから、その位置座標について重み付け平均を行い推定位置を決定する。

Vandermeulen ら [1] は地磁気 FP 手法を提案し、 $9 \times 12\text{m}$  の屋内環境において平均推定誤差  $2.5\text{m}$  を達成した。ところが  $14 \times 16\text{m}$  の屋内環境では、平均推定誤差  $3.1\text{m}$  となっており、計測範囲が拡大するほど精度が低くなっている。地表上では磁束密度は  $25\mu\text{T}$  から  $60\mu\text{T}$  で分布するが、計測範囲が広くなると、類似する磁束密度の指紋データが離れた位置でも現れるようになり、測位精度が低くなると考えられる。

Li ら [2] は、Wi-Fi FP の測位結果を中心として、計測間隔  $\times 3\text{m}$  の半径内の計測点群に対して地磁気 FP を行う屋内測位手法を提案している。地磁気 FP では、歩行した時の磁束密度の変動の波形と、予め保存していた磁束密度の指紋データを動的時間伸縮法で比較して測位する。また、屋内環境に事前に指定したランドマーク間のルートを移動し、移動を等速と仮定してルート内の計測点のデータを取得する手法の提案により、FP の課題であった人的・時間的コストを軽減している。

実験では、Wi-Fi FP、地磁気 FP、提案手法の 3 つの測位手法を検証している。Wi-Fi AP が少なく、磁束密度が測位エリア内で約  $25\mu\text{T}$  の変動しかない環境ではそれぞれの誤差の二乗平均平方根の値は、 $7.2, 16.6, 4.2\text{ m}$  と提案手法が良い精度を得た。このことから、Wi-Fi AP の数が少ない場合、または、磁束密度の変動が乏しい場合には、提案手法が最も精度よく測位できることが示された。

しかし、この手法では Wi-Fi AP が 1 つしかないようなエリアの場合、誤った位置を返す可能性が高く、その場合は誤った位置の周辺を地磁気 FP で測位し、誤差を修正することができない。また、仮にあるエリア内において、Wi-Fi FP の精度が良いが磁束密度の分布に全く変動がない場合、測位結果に最大計測間隔  $\times 3\text{m}$  の誤差が生じる事となる。しかし、計測間隔を小さくすれば、地磁気 FP の測位範囲が狭まり、地磁気 FP による測位の必要性が薄れる。このように、Li らの提案する手法は片方の精度が良くても、もう片方の精度が悪ければそれに大きく影響される性質を持つと考えられる。

<sup>†</sup> 明石工業高等専門学校電気情報工学科、Department of Electrical and Computer Engineering, National Institute of Technology, Akashi College.

### 3 提案手法

本研究では、Wi-Fi・地磁気 FP を組み合わせた測位手法を提案する。図 1 に提案手法の流れを示す。Wi-Fi 観測データの BSSID、また移動方向の推定からエリア推定を行った後、エリア内での Wi-Fi・地磁気 FP の結果を依存度による重み付け平均することで測位を行う。

#### 3.1 エリア推定

計測フェーズの際、得られた Wi-Fi 指紋データから、BSSID による計測範囲のエリア分割を行う。エリア分割には重要度の高い AP を優先して使用し、重なったエリアも新しいエリアとする。広範囲の屋内環境において、1 つの AP からの電波は規格上 100m 程度で、かつ BSSID はユニークであるため、計測範囲全域から数十 m<sup>2</sup> に落としこむことが可能である。ただし、Wi-Fi の電波は人の影響などによって変化するため、エリアには、Wi-Fi AP を中心とした半径の 20% 程度、つまり数メートルのマージンを用意しておく。2 章に、地磁気 FP の精度はエリアが狭いほど高くなることを示したため、エリア分割せずに測位を行う場合と比べ、高精度に測位できると考えられる。

しかしながら、実環境では、屋内に AP が存在するにもかかわらず、どの電波も受信できないエリアが存在する可能性がある。そのエリアは、他の AP から分断されているエリアと考えることが出来、このようなエリアの推定に関しては、端末の移動方向の計算から、エリアの推定を行うことが可能で、狭い範囲での地磁気 FP が可能となる。

その後、エリア毎の両手法への依存度を、前回の指紋データから学習し決定する。計測フェーズ中、現在位置を教師データ、得られたデータを入力、前計測フェーズにより得られた指紋データでの測位結果を出力とし、出力と教師データの差を最小とするように依存度のパラメータを調節し、決定する。

#### 3.2 FP による測位

本フェーズでは、正確な測位のため、AP の重要度を計測時に得られた電波強度と、観測頻度から決定し、使用する [3]。地磁気 FP についても Wi-Fi FP と同様に、水平方向、垂直方向、全体の磁束密度の指紋データを作成する。Wi-Fi FP、地磁気 FP がそれぞれ未知の座標で得られた結果から最も類似度の高い  $k$  個の点を選出し、計  $2k$  個の位置推定結果を得る。これらを 3.1 節で得られた両手法への依存度と、データの類似度で重み付け平均して最終的

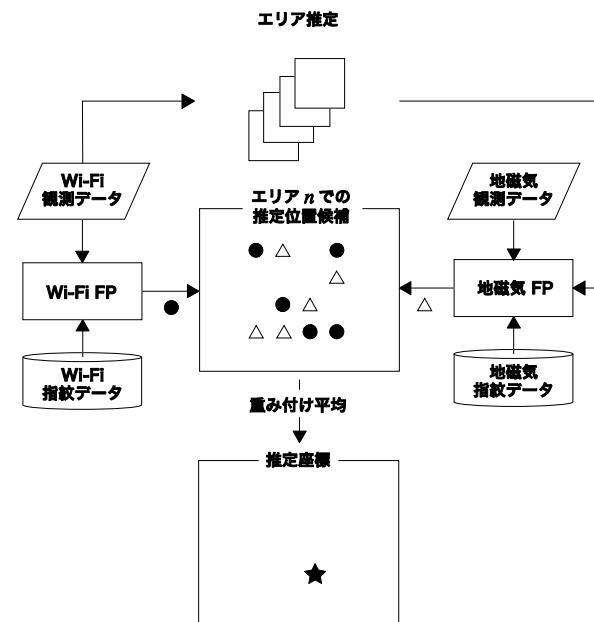


図 1 提案手法の流れ図

な推定位置とする。

関連研究の性能を踏まえると、十分な AP があるエリアでは 2m 程度、AP 密度が粗なエリアでも 3m 程度の測位精度を得られると考えられる。

### 4 おわりに

Wi-Fi・地磁気 FP を組み合わせた測位手法について提案した。Li らの手法と比較した際、本提案は、一方の FP の測位結果がもう一方の FP の測位結果より精度が悪くても、最適な依存度を学習により決定することで、常に安定した精度で測位可能と見込んでいる。

### 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 25730066 の助成によるものである。

### 参考文献

- [1] D. Vandermeulen, C. Vercauteren, and M. Weyn. "Indoor localization Using a Magnetic Flux Density Map of a Building". AMBIENT 2013, The Third International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies, pp. 42–49, 2013.
- [2] L. You, Z. Yuan, L. Haiyu, Z. Peng, N. Xiaojie, and E. Naser. "WiFi-aided magnetic matching for indoor navigation with consumer portable devices". Micromachines, Vol. 6, No. 6, pp. 747–764, 2015.
- [3] 谷内大祐, 前川卓也. "ブースティングを用いたアクセスポイントの重要性を考慮した Wi-Fi 屋内位置推定手法". 情報処理学会研究報告, Vol. SIG-UBI-43, No. 3, pp. 1–7, 2014.