

## 位置推定用無線 LAN 電波強度分布近似手法の検討

小野 裕也<sup>†</sup> 佐々木 菜里<sup>‡</sup> 平川 豊<sup>‡</sup><sup>†</sup> 芝浦工業大学大学院理工学研究科 <sup>‡</sup> 芝浦工業大学工学部情報工学科

## 1. 研究の背景と目的

近年、スマートフォンをはじめとした多機能情報端末の普及により、位置情報を利用したサービスが増加している。位置推定手法としては主に GPS が利用されているが、GPS は衛星からの信号を用いて現在位置を測定するため、屋内で利用すると精度が大きく落ちてしまう。そこで屋内においては、端末で取得した無線 LAN の情報から位置推定を行う手法が提案されており、中でも現在多く利用されている Scene Analysis 方式は、事前計測で収集した無線 LAN 電波強度情報を利用する。そこで、収集した電波強度を GMM (Gaussian Mixture Model) で近似することにより保持すべき事前計測データ量を削減する手法が提案されている。しかし、測定エリア外に最も強い電波強度が存在しやすい等の電波強度分布の特徴を反映した近似は行っていない。

本研究では、GMM による新たな位置推定用電波強度分布近似アルゴリズムを検討する。

## 2. 関連研究

Scene Analysis 方式とは、事前に複数の計測地点で各基地局の電波強度を計測し、その電波強度から作成した電波強度分布と端末で取得した電波強度を照合することによって位置推定を行う方式である。既設の基地局を利用するため新たな機材の設置コストを必要としない反面、高い精度を実現するためには事前に多数の地点で計測を行う必要があるため、保持すべき事前計測データ量が膨大になってしまうという問題点がある。

既存研究[1]では、事前計測で収集した電波強度から GMM を用いて近似曲面を求め、これを位置推定に利用することで保持すべきデータ量を削減する手法が提案されている。GMM とは複数の正規分布を足し合わせることで表されるモデルであり、条件を合わせることでほぼどのような連続関数でも任意の精度で近似することが可能である(図 1)。この手法を用いることで、近似前と比較して保持すべきデータ量を 5%以下にまで大きく削減している。

既存研究では GMM の作成に EM アルゴリズム[2]を用いている。EM アルゴリズムは正規分布のパラメタを最尤法に基づいて推定する手法であるが、測定エリア外に正規分布の中心を置くことができないという問題点がある。

A New Approximation Algorithm of Wireless LAN Radio Wave Intensity Distribution for Location Estimation

<sup>†</sup>Yuya Ono, <sup>‡</sup>Mari Sasaki, <sup>‡</sup>Yutaka Hirakawa

<sup>†</sup>Electrical Engineering and Computer Science, Shibaura Institute of Technology, Tokyo, Japan

<sup>‡</sup>Computer Science and Engineering, Shibaura Institute of Technology, Tokyo, Japan

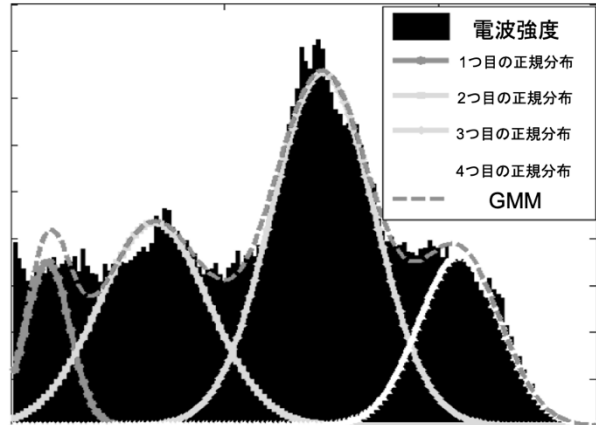


図 1. GMM による近似の例

## 3. 提案手法

## 3-1. 手法概要

電波強度分布の特徴をより反映した近似を行うために EM アルゴリズムを用いない GMM の近似手法を提案する。電波強度分布の特徴として、測定エリア外に最も強い電波強度が存在しやすいことが挙げられる。

そこで、提案アルゴリズムでは、近似する正規分布の中心を測定エリア外にも設定できるようにすることで、測定値に対して基地局が測定エリア外にある場合の近似の正確化をはかる。

## 3-2. 近似アルゴリズム

電波強度分布の近似は以下の手順で行う。測定エリアより大きなエリアを対象とし、各測定点においてマイナスの誤差(測定値を近似値が超えている場合の誤差)を許すものとする。また、各測定点における誤差の絶対値の平均を、平均誤差と呼ぶものとする。

- ① 近似する正規分布の個数を指定する。
- ② 最大値を持つ測定点に正規分布の中心を置く。正規分布のパラメタを徐々に変え、平均誤差を一番小さくするパラメタを保存する。
- ③ 正規分布の中心が置かれた測定点の近傍を探索する。近傍の測定点においてより平均誤差を小さくするような正規分布がある場合、正規分布の中心とパラメタを更新する。これを繰り返す。
- ④ 更新が止まった際に保存されている正規分布を、近似する正規分布として決定する。正規分布の合計が指定した正規分布の個数に満たない場合②に戻る。指定した正規分布の個数になった場合、探索を終了する。

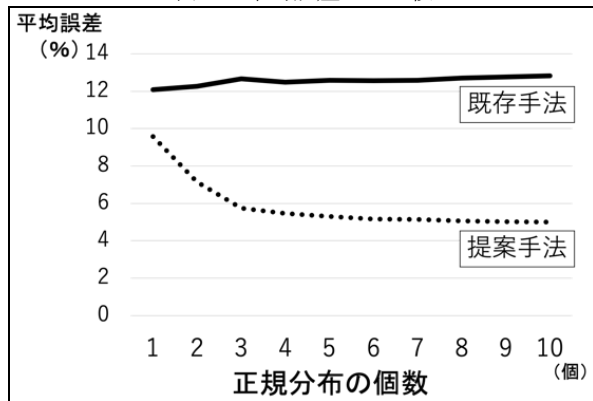
4. 評価・実験

近似の正確さを評価するための実験を行う。電波強度分布は人工的に作成した擬似電波強度分布を対象とした。また、電波強度がとる範囲を  $-100\text{dBm} \sim -30\text{dBm}$  であるとし、 $-100\text{dBm}$  を 0、 $-30\text{dBm}$  を 70 と取る線形な数  $0 \sim 70$  に置き換えて計算する。このとき単位は用いない。

評価実験は平均誤差についての実験を行った。近似する正規分布の個数を 10 個までとし、8 個の擬似電波強度分布に両手法を適用した。その後、実験結果の平均を算出した (表 1)。縦軸は平均誤差、横軸は近似した正規分布の個数を表している。

表 1 の結果から既存手法よりも提案手法による平均誤差の方が小さくなることが確認された。そのことから、既存手法よりも提案手法による近似の方が正確であったといえる。

表 1. 平均誤差での比較



5. 考察

両手法を適用した際、提案手法の優位性が顕著に表れた例を以下に示す (図 2、図 3)。図 2 は  $5 \times 5$  の 25 個を測定点とした擬似電波強度分布である。測定エリア外に基地局があることを想定し作成したため、測定エリア左端の測定点の電波強度が大きな分布となっている。目盛りは座標、色の濃さは電波強度の値を表している。また、図 3 は両手法で 1 つ目の正規分布により近似した電波強度分布である。

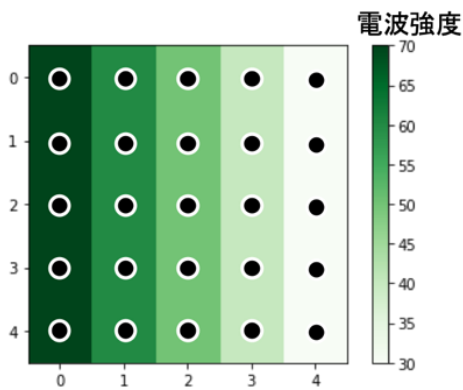


図 2. 測定した電波強度分布

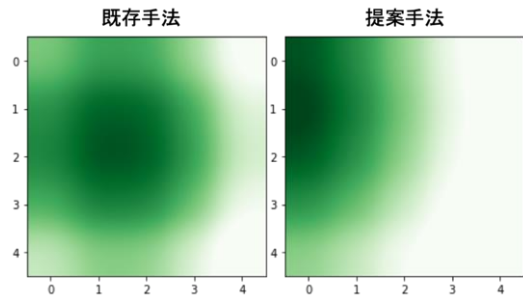


図 3. 両手法による近似

既存手法では測定エリア内に 1 つ目の正規分布の中心を設定しており平均誤差が大きくなってしまったのに対し、提案手法では測定エリア外に 1 つ目の正規分布の中心を設定しているため平均誤差が小さくなっている。

また、以下の図 4 のように電波強度分布において電波強度の値が障害物や他電波の影響で局所的に変動しているような場合がある。このような電波強度分布に対して提案手法を適用した場合、その変動が反映されない場合があった。これは、毎回の近似において平均誤差を一番小さくするような正規分布を作成しているが、マイナスの誤差に制約を与えていないため、電波強度の変動を反映した近似ができていないと考えられる。

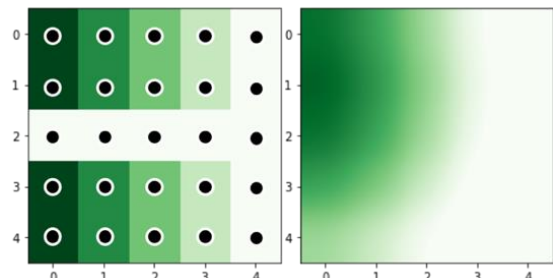


図 4. 障害物があると仮定した電波強度分布  
左：測定した電波強度分布 右：提案手法による近似

6. まとめ・今後の課題

本研究では新たな位置推定用無線 LAN 電波強度分布近似手法の検討を行った。また、既存研究との比較評価を行うことで提案手法の優位性を示すことができた。

今後の課題として各測定点におけるマイナスの誤差の割合を考慮した手法を検討する。

また、本研究では人工的に作成した電波強度分布を用いて実験を行ったので、実測した電波強度分布でも実験を行う。

参考文献

[1] 藤田迪, 梶克彦, 河口信夫, “Gaussian Mixture Model を用いた無線 LAN 位置推定手法”, 情報処理学会論文誌, vol.52, no.3, pp.1069-1081, 2011-03-15

[2] Dempster, Arthur P., Nan M. Laird, and Donald B. Rubin. "Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm." Journal of the royal statistical society. Series B, Vol.39, pp.1-38, 1977