

# 局所的な最適解を回避する 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† 佐々木 菜里‡ 平川 豊‡

†芝浦工業大学大学院理工学研究科 ‡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。屋内での位置推定手法においては、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いる。中でも現在多く利用されている Scene Analysis 方式は、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。この方式で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り、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。

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

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、ほぼどのような形状でも高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ー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。

## 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、EM アルゴリズムに代わる GMM の近似手法を提案する。

A New Approximation Algorithm of Wireless LAN Radio Wave Intensity Distribution for Location Estimation to Avoid Local Optimal Solution

†Yuya Ono, ‡Mari Sasaki, ‡Yutaka Hirakawa

†Electrical Engineering and Computer Science, Shibaura Institute of Technology, Tokyo, Japan

‡Computer Science and Engineering, Shibaura Institute of Technology, Tokyo, Japan

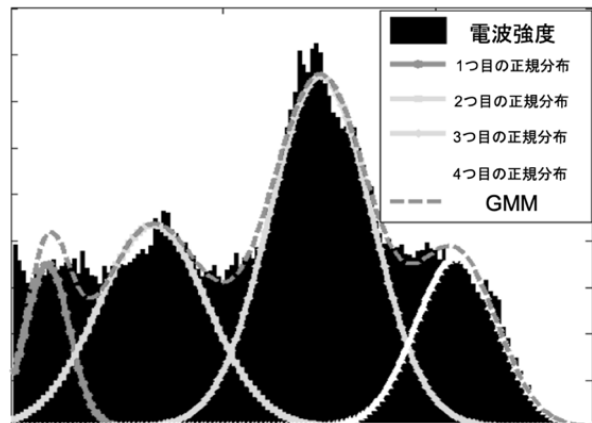


図 1. GMM による近似の例

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得ることが挙げられる。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

#### 手法 1. 最大値を用いた近似アルゴリズム

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残存誤差と呼ぶ。

- ① 近似する正規分布の個数  $n$  を指定し、 $i = 0$  と置く。
- ② 正規分布  $P_i$  の中心を置く初期値を、最大値を持つ測定点に設定する。 $P_i$  のパラメータを徐々に変え、平均残存誤差を一番小さくするパラメータを保存する。
- ③  $P_i$  の中心が置かれた測定点の近傍を探索する。近傍により平均残存誤差を小さくするような正規分布がある場合、 $P_i$  の中心とパラメータを更新する。これを繰り返す。
- ④ 更新が止まった際に保存されている  $P_i$  を近似する正規分布として決定し、測定値から  $P_i$  による近似値を引く。 $i = i + 1$  とし、 $i \neq n$  の場合②に戻り、 $i = n$  の場合、探索を終了する。

#### 手法 2. 突然変異を用いた近似アルゴリズム

手法 1 では局所解に陥る可能性があるため、突然変異を用いる。手法 1 において探索した  $P_i$  の更新が止まった後に、中心の初期値をランダムに選ばれた測定点とし、手法 1 の②、③により平均残存誤差を小さく

するような中心とパラメータを持つ $P'_i$ を探索する。 $P_i$ と $P'_i$ を比べ、より平均残存誤差が小さい方を近似する正規分布として決定する。これを各正規分布について行う。

**手法3. 負の正規分布を用いた近似アルゴリズム**

手法1では正規分布を作成する毎に、マイナスの誤差を持つ測定点が増加することが考えられる。そこで、測定点全体でのマイナスの誤差の絶対値の平均がプラスの誤差の絶対値の平均を超えている場合、マイナスの誤差を減らすために負の正規分布を用いる。

**4. 評価・実験**

本実験では平均残存誤差についての実験を行い、近似の精度を評価した。実験に用いる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、電波強度の値は-100dBmを0、-30dBmを70とし、電波強度がとる範囲は-100dBm~-30dBmを0~70と置き換えて計算する。このとき単位は用いない。

近似する正規分布の個数を10個までとし、10\*10の100個を測定点とした8種類の擬似電波強度分布に各手法を適用した。その後、平均残存誤差が一番小さくなる実験結果の平均を算出した。

前述した手法群に手法4として突然変異と負の正規分布の両方を用いた手法を追加し、これら全手法の比較評価を行う。評価結果を以下に示す(図2)。縦軸は平均残存誤差、横軸は適用した手法を表している。

この結果から既存手法よりも提案手法の方が平均残存誤差が小さくなることが確認された。

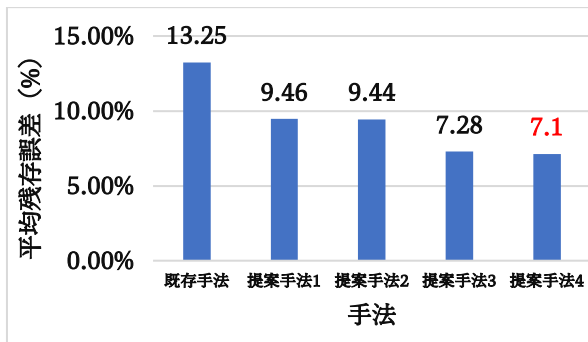


図2. 平均残存誤差での比較

**5. 考察**

既存手法に対して提案手法の優位性が顕著に表れた例を以下に示す(図3、図4)。図3は10\*10の100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4は両手法で平均残存誤差が一番小さくなるように近似した電波強度分布である。このように、既存手法では測定エリア内に正規分布の中心を設置するため平均残存誤差が大きくなったの

に対し、提案手法では測定エリア外にも正規分布の中心が設置可能であるため平均残存誤差が小さくなった。

また、手法1よりも手法1に突然変異を用いた手法2の平均残存誤差が小さくなり、手法3よりも手法3に突然変異を用いた手法4の平均残存誤差が小さくなった。これにより、突然変異を考慮することで局所解を回避することが確認された。

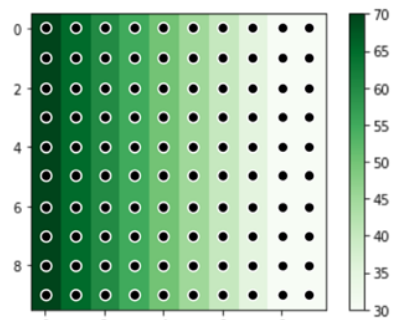


図3. 近似する電波強度分布

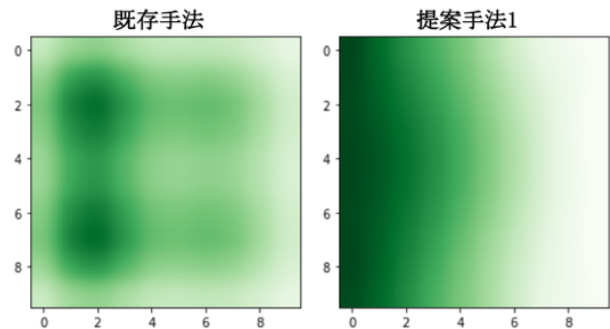


図4. 両手法による近似

**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。

今後の課題として作成した正規分布に摂動を与え正規分布全体を再構築する手法を用いることで近似の正確性が更に改善する可能性があるため、その可能性について追求していきたい。

**【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