

# 3次元屋内モデルにおける拡張位置指紋法を用いた無線端末位置推定

Wireless Location Estimation Using Extended Fingerprinting Technique in 3-D Indoor Propagation Model

黒崎 雄太<sup>1</sup>  
Yuta Kurosaki

山田 寛喜<sup>1</sup>  
Hiroyoshi Yamada

山口 芳雄<sup>1</sup>  
Yoshio Yamaguchi

新潟大学大学院自然科学研究科<sup>1</sup>  
Graduate School of Science & Technology, Niigata University

## 1 まえがき

アレーアンテナで受信される信号の空間情報を位置指紋とし、パターンマッチングにより端末位置を推定する手法が提案されている [1]。この手法（従来法）では、参照データ取得時と位置推定時の伝搬環境変化により位置推定精度が劣化する。筆者らは、伝搬環境変化にもロバストな拡張法を文献 [2] で提案している。しかし、これまでは 2 次元モデルを用いて評価を行っていた。

本稿では 3 次元モデルを用いて提案手法の検討を行う。

## 2 3次元伝搬屋内モデルを用いた位置推定

本稿では図 1 に示されるような 3 次元屋内モデルを用いて位置推定を行うことを考える。なお、壁材質はコンクリートを仮定する。このモデルではアクセスポイントの高さを 2m、端末の高さを 1 m と仮定し、使用周波数は 2.4 [GHz] とする。アクセスポイントには 8 素子等間隔リニアアレー（0.5 波長間隔）を用いる。探索対象エリアは  $(x, y) = (0.8, 8.4), (6.05, 8.4), (0.8, 2.65), (6.05, 2.65)$  により構成される四角形に囲まれるエリアとし、参照点は  $x, y$  方向に 50cm (4 波長) 間隔とし、同図に示される 132 点とする。従来法による位置推定は以下の評価式を用いて行う。

$$\cos \alpha_m = |u_m^H v|, \quad m = 1, \dots, N_{RP} \quad (1)$$

ここで、 $H$  は複素共役転置、 $v$  は探索対象端末からの受信信号の信号固有ベクトル、 $u_m$  は  $m$  番目の参照信号固有ベクトルであり、 $|u_m| = |v| = 1$  である。また、 $N_{RP}$  は参照点数を表し、本稿では  $N_{RP} = 132$  である。一方、拡張位置指紋法は以下の式により推定を行う。

$$\cos \alpha_m = |v^H P_{S_m} v|^{\frac{1}{2}}, \quad m = 1, \dots, N_{RP} \quad (2)$$

$$P_{S_m} = A(A^H A)^{-1} A^H \quad (3)$$

$$A = [a(\theta_1, \phi_1), \dots, a(\theta_D, \phi_D)] \quad (4)$$

ここで、 $a(\theta_1, \phi_1), \dots, a(\theta_D, \phi_D)$  は各主要素波のモードベクトルであり、主要素波到来方向は伝搬シミュレータを用いて推定する。なお  $D$  は Rx のアレー素子数未満であると、本稿では直接波、一回反射波から到来波電力の強い 4 波を選択するものとする。

## 3 計算機シミュレーション

探索対象エリアを 25cm (2 波長) 四方に区切ったときの交点 (528 点) を位置推定評価点とし、端末の高さを

1m として位置推定を行ったときの推定誤差距離に対する累積確率分布 (CDF) を図 2 に示す。この結果より拡張位置指紋法は 3 次元伝搬モデルに拡張した場合でも有効であることがわかる。

## 4 まとめ

本稿では 3 次元屋内モデルを用いて従来法、拡張位置指紋による位置推定精度を検証した。その結果、拡張位置指紋法は 3 次元伝搬モデルに拡張した場合でも有効であることが確認された。

謝辞 本研究は科研費（基盤研究 (C) 2056349）の助成により行われたものである。

## 参考文献

- [1] 辻宏之, “アレーアンテナを用いた屋内外の無線局位置推定の実験的検証.” 信学論 (B), vol.J90-B, no.9, pp.784-796, Sept. 2007.
- [2] 黒崎, 山田, 山口, “近似信号部分空間を用いた屋内無線端末位置推定に関する検討.” 信学技報, A-P2009-35, pp.141-146, May 2009.

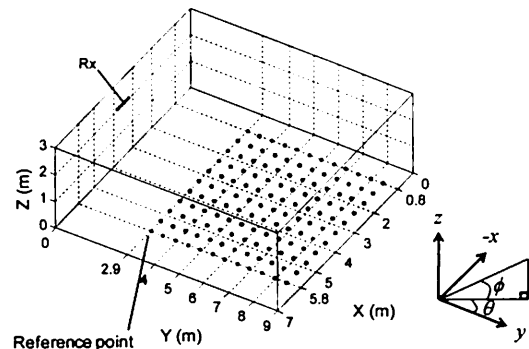


図 1 3次元屋内モデル

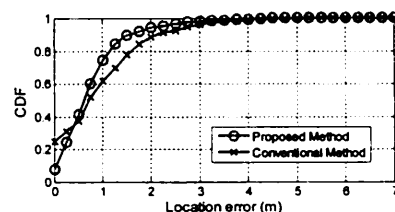


図 2 シミュレーション結果