

# 屋内向けナビゲーションにおける無線 LAN を用いた位置推定の検討

## A Study of Location Estimation using Wireless LAN for Indoor Environments Navigation

今井 康平<sup>†</sup> 阿部 宏尹<sup>‡</sup>  
Kouhei Imai Hirotada Abe

### 1 はじめに

近年、携帯端末の発展と普及に伴い、ユーザの位置情報を利用した歩行者ナビゲーションサービスが存在している。屋外における位置情報の取得には GPS が用いられることが多いが、屋内においては利用が困難である。屋内の位置推定としては、中継機を用い、GPS を地下でも利用可能にする方法や、UWB、Bluetooth、RFID、無線 LAN などによる位置推定などが存在する。これ等の多くの方法は、新たな設備の導入コストが高くなる等の問題がある。しかし、無線 LAN においては、既に様々な施設で利用可能である。また、無線 LAN が搭載されたスマートフォンや携帯電話などが存在し、低コストでの導入が期待できる。この様な背景を受け、様々な位置推定の研究 [1][2] がなされている。

本稿では、無線 LAN を用い、屋内におけるナビゲーションを想定した、位置推定を行うシステムについての検討を行った。位置推定においては、無線 LAN を搭載した携帯端末と複数のアクセスポイントを用い、各位置でのアクセスポイントの RSSI(電波強度:Received Signal Strength Indication) を測定し、事前観測データを作成する。次に、任意の点で電波強度の測定を行い、事前観測データとの比較により位置推定を行った。

### 2 無線 LAN による位置推定

#### 2.1 関連研究

無線 LAN による位置測定の方法は、TDOA 方式、セル ID 方式、RSSI 方式の大きく 3 つに分類できる。

- TDOA(Time Difference of Arrival) 方式  
端末の発する信号を複数のアクセスポイントで受信し、受信タイミングのずれから位置を推定する。この方式は、精度は良いが、専用の機器が必要となり、導入にはコストがかかる。
- セル ID 方式  
端末があるアクセスポイントを観測した場合、そのアクセスポイントがカバーする範囲(セル)を端末の位置として推定する。アクセスポイントが観測可能な全ての範囲が推定位置となるため精度が低いという問題点がある。
- RSSI 方式  
RSSI を利用して端末の位置を推定する。アクセスポイントの位置と電波の距離特性を用いた推定や、位置推定時に観測した値と事前観測した値を比較して推定する方法などが存在する。また、事前観測を用いる方法には、ベイズ推定を用いる方法も存在する [3]。

#### 2.2 ベイズ推定による位置推定

ベイズ推定による位置推定について述べる。はじめに、RSSI を  $a$ 、BSSID を  $b$  とし、観測におけるそれらの集合を  $s$ 、端末の観測状態すなわち座標を状態  $c_j$  とすると、以下のようになる。ただし、 $N$  はアクセスポイント数、 $L$  は座標数とする。

$$s = \{(a_1, b_1), (a_2, b_2) \dots (a_i, b_i)\} \quad i = 1 \dots N$$

$$c_j = (x, y) \quad j = 1 \dots L$$

状態  $c_j$  において端末がアクセスポイント  $b$  から RSSI の値  $a$  を観測する確率は、以下のように書く事が出来る。

$$P(a_i, b_i | c_j) = \frac{\text{状態 } c_j \text{ で } b_i \text{ から } a_i \text{ が観測された回数}}{\text{状態 } c_j \text{ の観測回数}}$$

この式を用い、状態  $c_j$  において  $s$  を観測する事後確率は、次式で計算する。

$$P(s | c_j) = \prod_{i=1}^N P(a_i, b_i | c_j) \quad (1)$$

また、状態  $c_j$  における、複数の観測値  $s$  を独立とすると、観測集合の事後確率は以下の式で示される。ただし、 $M$  は観測回数とする。

$$P(s_1 \dots s_M | c_j) = \frac{P(s_1 \dots s_M, c_j)}{P(c_j)}$$

$$= \frac{\prod_{k=1}^M P(s_k, c_j)}{P(c_j)}$$

$$= \frac{\prod_{k=1}^M \{P(s_k | c_j) \cdot P(c_j)\}}{P(c_j)} \quad (2)$$

次に、位置推定における観測の事後確率は、ベイズの定理を用いると、

$$P(c_j | s_1 \dots s_M) = \frac{P(s_1 \dots s_M | c_j) \cdot P(c_j)}{\sum_{t=1}^L \{P(s_1 \dots s_M | c_t) \cdot P(c_t)\}} \quad (3)$$

となる。ここで、式 (2) を代入すると、

$$= \frac{\prod_{k=1}^M \{P(s_k | c_j) \cdot P(c_j)\} \cdot P(c_j)}{\sum_{t=1}^L \left\{ \frac{\prod_{k=1}^M \{P(s_k | c_t) \cdot P(c_t)\}}{P(c_t)} \cdot P(c_t) \right\}}$$

$$= \frac{\prod_{k=1}^M P(s_k | c_j)}{\sum_{t=1}^L \left\{ \prod_{k=1}^M P(s_k | c_t) \right\}} \quad (4)$$

式 (4) は、位置推定において、 $s_1 \dots s_M$  が観測された時に、観測状態  $c_j$  における存在確率である。式 (4) に式 (1) を代入することで各位置における存在確率を計算でき、確率が高い位置が推定位置となる。

<sup>†</sup> 龍谷大学大学院 理工学研究科 電子情報学専攻

<sup>‡</sup> 龍谷大学 理工学部 電子情報学科

## 2.3 位置推定の検討

位置推定アルゴリズムの検討を行う。まず、位置推定においては、RSSI方式のベイズ推定による位置推定を用いる。事前観測は全ての座標で行い、BSSIDとRSSIを事前観測データとして測定する。

次に、ナビゲーションを想定し、時間的に連続的な位置推定とユーザの移動を考慮する。連続的な推定位置では、直前に推定した位置から近い距離にあると仮定できる。そこで、直前の推定結果から一定範囲内に限定した位置の確率を計算し、次の推定位置を導く。また、ユーザの移動を考慮すると、観測時間が長いと、一度の観測中に端末の位置が変わり、位置推定に影響が出ると考えられる。

## 3 位置推定実験

事前観測を用い、ベイズ推定を用いた位置推定の実験を行う。実験は、龍谷大学瀬田学舎1号館4階の廊下で行う。座標は110ヶ所を設定する。また、アクセスポイントは5台用い、全座標で最低1台は観測できるように設置した。実装環境の全体図を図1に示す。広さは、X軸が63[m]、Y軸が25[m]、座標の最小間隔は2[m]である。携帯端末は、無線LANが搭載されているEM・ONE $\alpha$ を用いる。位置推定の事前観測は、各座標で200回測定した。事前観測の結果、各座標からの一度の観測あたりのアクセスポイント観測数は、平均が1.87、最大値が2.98、最小値が1.0であった。

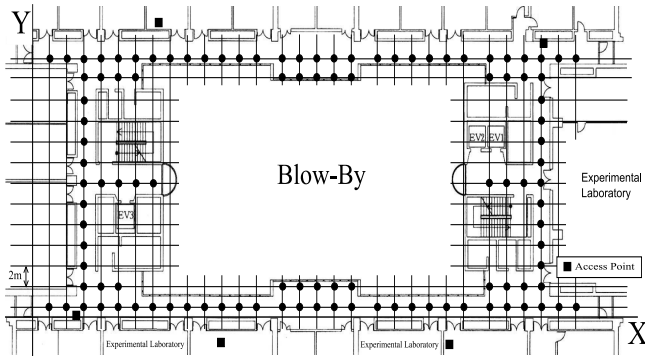


図1 実装環境の全体図

### 3.1 観測時間の変化による誤差の変化

ベイズ推定を用いた推定位置の誤差を測定する。位置推定の観測時間を1、3、5、7[s]間と変化させ、それぞれの推定位置の誤差を測定する。測定において端末の座標は固定する。推定位置の誤差とその累積確率を図2に示す。すべての観測時間において、誤差10[m]以内に8割前後の確率で存在することが示された。

### 3.2 ナビゲーションを想定した位置推定実験

ナビゲーションを想定し、直前の推定位置との距離による制限を用いた位置推定の誤差を測定した。初回起動時は7[s]間測定し、それ以降は、直前の推定位置から10[m]以内に限定し、推定を行った。距離による制限時の観測時間は1[s]間とする。推定位置の誤差とその累積確率を図3に示す。ベイズ推定のみを用いた図2の結果と比較して、誤差が減少した。

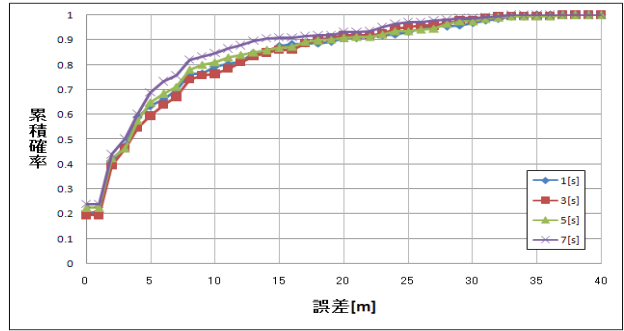


図2 観測時間の変化における誤差

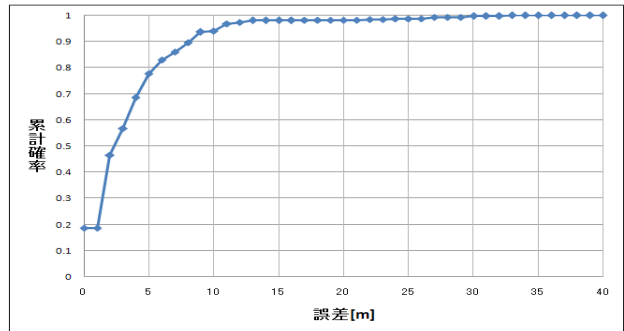


図3 ナビゲーションを想定した位置推定の誤差

## 4 まとめ

本稿では、屋内向けのナビゲーションを想定した、無線LANによる位置推定の検討を行った。位置推定では、時間的に連続であることを考慮し、直前の推定位置からの距離による制限を用いた位置推定を提案し、携帯端末を用いて実験を行った。その結果、提案方法により、誤差が5[m]および10[m]以下の割合が10%近く増加し、精度が改善されることが示された。今後の課題としては、最適なアクセスポイントの台数と配置の検討や事前観測の効率化などが考えられる。

## 参考文献

- [1] 北須賀輝明, 中西恒夫, 福田晃: 無線LANを用いた屋内向けユーザ位置測定方式 WiPS の実装, 情報マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2004) シンポジウム論文集 pp.349-352, (2004)
- [2] 吉田廣志, 伊藤誠悟, 河口信夫: 無線LANを用いた測位ポータル locky.jp における位置情報サービス, 情報処理学会 グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2005, pp.61-62, (2005)
- [3] 伊藤誠悟, 河口信夫: アクセスポイントの選択を考慮したベイズ推定による無線LANハイブリッド位置推定手法とその応用, 電気学会論文誌C, Vol.126, No.10, pp.1212-1220, (2006)