

## 無線 LAN を用いた位置推定システムのためのデバイス正規化手法

片山 隆一郎<sup>†</sup> 田頭 茂明<sup>††</sup> 北須賀 輝明<sup>††</sup>  
中西 恒夫<sup>††</sup> 福田 晃<sup>††</sup>

無線 LAN を用いた位置推定システムの重要な課題のひとつに、使用するデバイス間の違いによる推定精度の低下の問題がある。本稿では、デバイス間の特性の違いを明らかにし、校正を行うことで、異なるデバイスを用いた場合でも推定精度の低下を抑えることを目指す。具体的には、無線 LAN を用いた位置推定システムとしてシーン解析法に着目し、事前測定フェーズと位置推定フェーズの間に、校正フェーズを導入し、自動的にデバイス間の差を抽出する。実際に位置推定する際には、校正フェーズで抽出したデバイス間の差を考慮し、観測データを補正する。また、校正フェーズにおけるデバイス間の差を抽出するコストにも着目し、そのコストを削減することも目指す。実験により提案手法の有効性を評価し、その結果から校正しない場合と比べて、最大で約 30% の推定精度の向上を確認することができた。

### Device Normalization for Wireless LAN-based Positioning System

RYUICHIRO KATAYAMA, SHIGEAKI TAGASHIRA, TERUAKI KITASUKA,  
TSUNEO NAKANISHI and AKIRA FUKUDA

A critical problem with wireless LAN-based positioning systems is degradation in the estimation accuracy due to difference between employing wireless LAN devices. In this paper, we propose a device normalization technique that mitigates the degradation by analyzing and calibrating the difference in the location estimation. More specifically, we introduce calibration phase between the survey phase and estimation phase in the process of the scene analysis. The calibration phase distinguishes the difference automatically, and the estimation phase corrects observation data based on the extracted difference. Furthermore, the proposed technique reduces calibration cost for collecting calibration data. We evaluate the effectiveness of the proposed technique by experiments. The results indicate that it improves the estimation accuracy compared with no calibration.

#### 1. はじめに

携帯情報端末や携帯電話を利用したサービスは、多様化の一途をたどっている。それらのサービスのひとつに、ユーザの位置情報を利用したロケーションアウェアサービスがある。ロケーションアウェアサービスでは、携帯端末の位置を推定することでユーザの位置を求め、周辺の地理情報と併用することで、ナビゲーションやガイドといった機能を提供する。このような

サービスの基盤として、携帯端末の位置を推定するための技術が必要である。

端末の位置を推定する手法には様々なものがあるが、本稿では特に無線 LAN を利用したものに注目する。無線 LAN を利用するための環境は、空港や地下鉄といった公共の施設を中心に整備が進んでいる。また、無線 LAN 通信機能を搭載した携帯端末も一般的なものとなっている。このため、位置推定システムを導入するために特別なハードウェアを用意する必要がなく、また導入が容易であるという利点があり、多くの利用者が期待できる。

無線 LAN を利用して端末の位置を推定する手法には、無線信号の到着時刻や、受信信号強度 (RSSI: Received Signal Strength Indication) を利用するもの、無線信号の到達方位を求めるものなどがある。特に、無線信号の RSSI を利用するものは、数多く研究がなされている<sup>1)~4)</sup>。RSSI を利用した位置推定は、主に

<sup>†</sup> 九州大学大学院システム情報科学府

Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

<sup>††</sup> 九州大学大学院システム情報科学研究院

Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

<sup>†††</sup> 熊本大学大学院自然科学研究科

Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

経験的手法と数理的手法との2つの手法に大別される。経験的手法では、位置推定を行う前に複数の地点でRSSIを測定し、事前測定データを作成する。位置推定を行う際には、RSSIを測定し、事前測定データとの照合を行うことで位置を推定する。数理的手法では、RSSIの距離による減衰特性モデルを利用する。位置推定を行う際にRSSIを測定し、減衰特性モデルから、送信機、受信機間の距離を算出する。さらに、三辺測量を行うことで、位置を推定する。経験的手法には、測位精度が高いが、事前測定データを作成するための手間がかかるという特徴がある。一方、数理的手法では、事前測定データを作成する必要が無いが、減衰特性モデルのパラメータを適切に設定する必要がある。本稿では、経験的手法に絞って話を進める。

従来の無線LANのRSSIを利用した位置推定では、単一の無線LANデバイスを使用することが暗黙の前提であることが多い。しかし、ロケーションアウェアサービスの普及に際し、ユーザが様々な無線LANデバイスを使用している状況を想定することが必要となる。しかし、無線LANデバイスにはRSSIを測定する機能にデバイス固有の特性があるといわれている。そのため、異なる特性を持つ無線LANデバイスを使用してRSSIを測定すると、異なる結果を得る可能性がある。その結果、異なるデバイスを使用して位置推定を行う場合、推定精度が低下する恐れがある。

本稿では、デバイス間の特性の違いを明らかにし、校正を行うことで、異なるデバイスを用いた場合でも推定精度の低下を抑えることを目指す。具体的には、事前測定フェーズと位置推定フェーズの間に、校正フェーズを導入し、デバイス間の差を抽出する。実際に位置推定する際には、校正フェーズで抽出したデバイス間の差を考慮し、観測データを補正する。また、校正フェーズにおけるデバイス間の差を抽出するコストにも着目し、そのコストを削減することも目指す。実験により提案手法の有効性を評価し、その結果から校正しない場合と比べて、最大で約30%の推定精度の向上を確認することができた。

本稿の構成は次のとおりである。第2章では、無線LANデバイスの固有特性について述べる。第3章では、無線LANデバイスの固有特性に応じて校正を行う手法を提案する。第4章では、提案手法の評価を行う。第5章では、関連研究を紹介する。第6章では、まとめと今後の課題を述べる。

## 2. 異なる無線LANデバイスによるRSSIへの影響

本章では、異なる無線LANデバイスを使用した際に起こる位置推定への影響について言及する。

### 2.1 概要

無線LANのRSSIを利用した位置推定手法では、RSSIを正確に測定することが測位精度の向上につながる。しかし、RSSIは、使用するデバイスの違いなどの内的要因、および電波の干渉、マルチパスフェージング、周辺の状況などの外的要因といった様々な要因によって影響を受ける。特に、本研究では使用するデバイスの違いによるRSSIへの影響について考察する。無線LANのRSSIを測定する際に、無線LANアダプタやOSが異なるデバイスを使用すると、同じ環境下であっても異なるRSSI値が観測されることがある。このように無線LANデバイスが固有に持つ、観測できるRSSI値の振る舞いのことを、**無線LANデバイスの固有特性**と呼ぶ。

無線LANデバイスの固有特性が生じる要因としては、大きく2つのものが考えられる。まず、無線LANアダプタ間で、RSSIを導出する過程が統一されていないことが挙げられる。RSSIは、受信した信号の強さを0から255に量子化し、その値に対してある変換を施すことで得ることができる。しかし、これらの量子化や変換は無線LANアダプタ間で統一されていない。そのため、無線LANアダプタの製造メーカーや、使われているチップによって、異なる特性を有することになる。

次に、無線LANアダプタの形状や、アンテナの違い、端末への無線LANアダプタの取り付け箇所の違いなどが挙げられる。無線LANアダプタ内のアンテナが異なると、無線LAN信号への受信特性や感度が異なると考えられる。また、無線LAN信号は、アンテナを覆う無線LANアダプタの外装によって遮蔽され、RSSIが低下する。そのため、無線LANアダプタの形状や材質によって、RSSIが変化すると考えられる。また、同様の理由から、無線LANアダプタを取り付ける端末の違いや、取り付けの箇所、内蔵や外付けといった違いによってもRSSIは変化すると考えられる。

### 2.2 事前実験

ここで、無線LANデバイスの固有特性を評価するための実験を行った。実験では、表1に示す4つの異なる無線LANデバイスを用いて、無線LANのアクセスポイントからのRSSIを測定した。

表 1 事前実験で使用した無線 LAN デバイス

	端末	無線 LAN アダプタ	取り付け位置
デバイス A	Panasonic Let's note CF-R4	Intel(R) PRO/Wireless 2915ABG Network Connection	内蔵
デバイス B	KOHJINSHA SC3	VIA Technologies USB Wireless LAN Adapter	内蔵
デバイス C	KOHJINSHA SC3	NEC Aterm WL300NU-G	外付け
デバイス D	KOHJINSHA SC3	Logitech LAN-WG/U2A	外付け

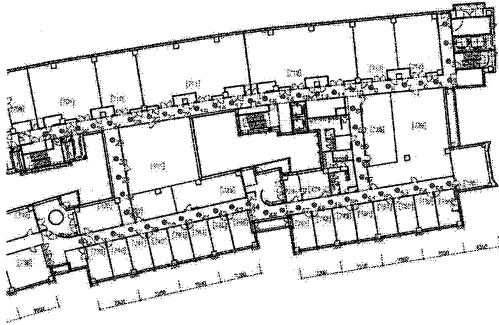


図 1 実験地点

実験では、図 1 中の点で示す 61 地点で、デバイス A を使用して、1 地点あたり 60 回の測定を行った。隣接する地点間の距離は約 3m である。次に、同じ 61 地点で、残りの 3 つの無線 LAN デバイスを使用して、1 地点あたり 40 回の測定を行った。

まず、無線 LAN デバイス間の RSSI の違いに注目する。図 2(a)～図 2(c) に、デバイス A と残り 3 つの無線 LAN デバイスとの RSSI の比較の結果を示す。グラフの横軸は、デバイス A を使用して測定した RSSI である。また、縦軸は、残りの 3 つのデバイスを使用して測定した RSSI から、デバイス A を使用して測定した RSSI を減算した値を表している。またグラフにおいて、デバイス A を使用して測定した RSSI から、同じ地点でデバイス B、デバイス C、デバイス D を使用して測定した同一のアクセスポイントから観測できた RSSI を減算した結果をプロットしている。図 2(a) では、RSSI の違いが大きく現れており、特に、デバイス A の RSSI の値に応じて、RSSI の差に変化があることがわかる。例えば、RSSI が -70dbm 以下では差が大きく、-60dbm 周辺では差が小さく、さらに -50dbm 以上になると差が再び大きくなっている。一方、図 2(b) では、デバイス B と同様に RSSI の違いが大きく現れているが、デバイス B に比べると、デバイス A とデバイス C 間の RSSI の差は、デバイス A の RSSI の値に関係なく一定である。また、図 2(c) では、残りの 2 者に比べると、RSSI の違いは小さい

表 2 無線 LAN デバイスと、1 地点あたりの平均アクセスポイント観測数 (個)

デバイス A	デバイス B	デバイス C	デバイス D
17	32	35	27

が、RSSI 値が小さいほど差が大きくなっている。

ここで、図 3(a)～図 3(c) に地点別のデバイス間の RSSI の差を示す。グラフ中の系列は、それぞれ隣接する 3 地点での測定結果をまとめたものである。これらの系列間の地点同士は、地理的に離れたものとなっている。グラフからは、RSSI の差は、離れた地点間であっても、類似した特徴を持つことが読み取れる。また、全ての地点をまとめた図 2(a)～図 2(c) と比較した場合でも、両者の示す RSSI の差の特徴は類似している。次に、図 3(d)～図 3(f) にアクセスポイント別のデバイス間の RSSI の差を示す。アクセスポイントが異なる場合でも、RSSI の差は類似した傾向を示していることが読み取れる。

以上のことから、無線 LAN デバイス間の RSSI の差の大きさは、地点やアクセスポイントに因らず、RSSI の値の大きさに強く依存しているといえる。このことは、一部の地点やアクセスポイントを測定することで、デバイスの RSSI の差の特徴を明らかにできることを示唆している。

次に、無線 LAN デバイス間での観測されるアクセスポイントの違いに注目する。表 2 は、デバイス毎の 1 地点あたりの平均アクセスポイント観測数である。デバイス A と残り 3 つの無線 LAN デバイスとは、観測されるアクセスポイントの数に大きな違いがあることがわかる。また、デバイス B、デバイス C、デバイス D 間にも違いを見て取ることができる。

図 4(a)～図 4(c) は、デバイス A では観測されず、それぞれ残りの 3 つのデバイスで観測されたアクセスポイントと、その観測時の RSSI の関係を表している。横軸はそれぞれデバイス B、デバイス C、デバイス D を使用して測定した RSSI であり、縦軸はその RSSI において一方のデバイスのみで観測されたアクセスポイントの累積相対度数になっている。3 つのグラフから、デバイス A では観測されず、残りの 3 つのデバイスで観測されたアクセスポイントのほとんどは、RSSI の弱いものであることがわかる。

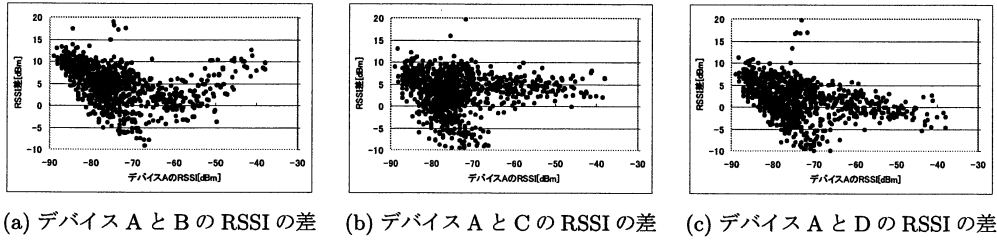
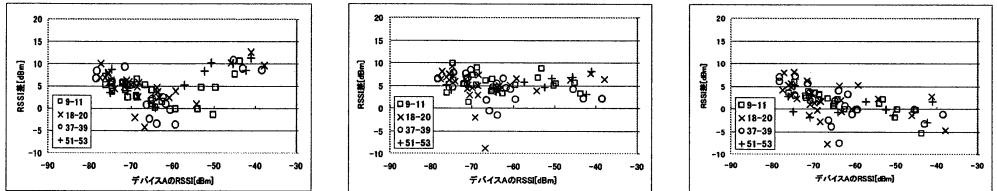
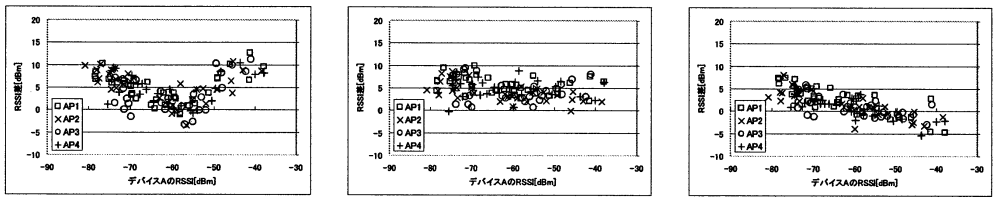


図 2 デバイス間の RSSI の違い

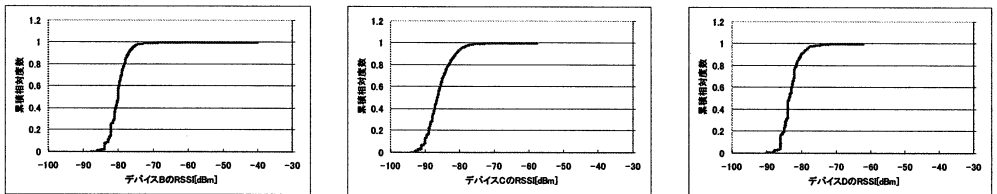


(a) 地点別のデバイス A と B の RSSI の差 (b) 地点別のデバイス A と C の RSSI の差 (c) 地点別のデバイス A と D の RSSI の差



(d) アクセスポイント別のデバイス A と B の RSSI の差 (e) アクセスポイント別のデバイス A と C の RSSI の差 (f) アクセスポイント別のデバイス A と D の RSSI の差

図 3 地点別、アクセスポイント別の RSSI の差



(a) デバイス B (b) デバイス C (c) デバイス D

図 4 一方のデバイスのみで観測されたアクセスポイントとその RSSI

以上で示した無線 LAN デバイスの固有特性の違いは、無線 LAN の RSSI を利用した位置推定に影響を及ぼす。経験的手法では、事前測定フェーズと位置推定フェーズとで異なる無線 LAN デバイスを使用した場合に影響が出ると思われる。推定時に測定された RSSI が、事前測定時の正答地点のものよりも、それ以外の地点のものと類似してしまい、誤った地点を推

定してしまう可能性がある。また、数理的手法では、無線 LAN デバイス毎に、RSSI の減衰特性モデルのパラメータが異なると考えられる。そのため、無線 LAN デバイス毎にパラメータを調整する必要がある。

### 3. 提案手法

本章では、無線 LAN デバイスの固有特性を校正す

るための手法を提案する。経験的手法では、事前測定フェーズと位置推定フェーズとで異なる無線 LAN デバイスを使用した場合に、推定精度が低下する。従って、提案手法では、位置推定フェーズの前に**校正フェーズ**を導入する。校正フェーズにおいて、事前測定フェーズと位置推定フェーズとの間の無線 LAN デバイスの固有特性の違いを明らかにする。位置推定フェーズにおいて、校正フェーズで得られた違いを校正することで推定精度の低下を抑えることが可能になる。

### 3.1 校正フェーズ

校正フェーズでは、位置推定フェーズで利用する無線 LAN デバイスを用いて、事前測定を行った地点の中からいくつか選択した地点（**校正地点**）において、アクセスポイントからの RSSI を測定する。本稿では、このとき得られるデータを**校正データ**と呼び、また事前測定フェーズで得られたデータを**事前測定データ**と呼ぶ。校正データおよび事前測定データは、観測できたアクセスポイントの BSSID と、その RSSI 値との組で構成されるデータである。校正フェーズにおいて校正データを収集するための重要な点を以下に列挙する。

- 校正地点は、できるだけ少ないことが望ましい。すなわち、校正を行うために、事前測定を行った全ての地点で新たに RSSI を測定することは多大な校正コストが必要である。
- また、校正地点が、狭い範囲に集中していることも重要である。すなわち、校正地点が少ない場合でも、それらの地点が広範囲に分散しては校正コストを削減できない。

本研究では、以上の点を考慮しながら校正の対象となる項目として、観測できる RSSI 値とアクセスポイントの違いに注目する。以下、それぞれの校正について具体的に説明する。

#### 3.1.1 RSSI 値の校正

2.2 節で述べたデバイス間の RSSI の差に対して、RSSI 値を校正することで対処する。校正フェーズにおいて、異なるデバイス間の差の傾向を、校正データと事前測定データから予測し、位置測定フェーズで校正する。特に、2.2 節において、RSSI の差の傾向は、一部の地点やアクセスポイントを測定するだけでも、その全体的な傾向を近似できることを示した。このことを利用して、局所的な校正地点に対して校正データを収集し、校正コストを低く抑えることを試みる。

本稿では、校正データと事前測定データから得た RSSI の差を  $n$  次関数で近似する。具体的には、RSSI の差と近似により求めた差の誤差  $\epsilon$  を、最小にする  $n$

次関数の係数  $p_i (i = 0, \dots, n)$  を求める。

$$\epsilon = \sum_{k \in L} \sum_{j \in A(k)} \left\{ |T(k, j) - C(k, j)| - \sum_{i=0}^n p_i C(k, j)^i \right\}$$

ここで  $L$  は、校正データを計測した地点の集合を表し、 $A(l)$  は、地点  $l$  において観測できたアクセスポイントの集合を表す。また、 $T(k, j)$  は事前測定データにおいて地点  $k$  におけるアクセスポイント  $j$  の RSSI 値、 $C(k, j)$  は校正データにおいて観測した地点  $k$  におけるアクセスポイント  $j$  の RSSI 値を表す。 $\epsilon$  を最小にする係数  $p_i$  を最小二乗法により求める。

#### 3.1.2 観測できるアクセスポイントの校正

2.2 節で述べたように、無線 LAN デバイス間で観測できるアクセスポイントも異なる。経験的手法では、事前測定フェーズと位置推定フェーズとで、観測されるアクセスポイントが等しいことが望ましい。よって、位置推定フェーズで使用するアクセスポイントを、デバイス間で等しくなるように校正する必要がある。このことから、RSSI がある閾値以上のアクセスポイントのみを位置推定に使用することで、観測されるアクセスポイントの違いによる影響を抑えることを試みる。

本稿では、この閾値は、事前測定データと校正データとを比較することで求める。事前測定時には観測されず、校正時に観測されたアクセスポイントを集め、図 4(a)～図 4(c) のような、RSSI 値と累積相対度数との関係を求める。ここで、この様なアクセスポイントの中には、アクセスポイント自体の設置状況が変化したことによるものも含まれている。この場合、RSSI 値が非常に大きなアクセスポイントが含まれることも考えられる。大きな RSSI 値を閾値に定めた場合、位置推定に利用するアクセスポイントが必要以上に削減されてしまう。そこで、累積相対度数が約 0.99 に対応する RSSI 値を上限值として定める。また、RSSI 値には干渉やマルチパスフェージングによるゆらぎが生じることから、この上限値に 5dBm 加えたものを閾値として設定する。

#### 3.2 位置推定フェーズ

位置推定フェーズでは、3.1.1 節および 3.1.2 節で求めた校正パラメータを用いて、観測したデータを校正する。

まず RSSI 値に関して次のように校正する。観測した（校正前の）RSSI 値を  $x$ 、校正後の RSSI 値を  $y$  としたとき、以下の式により校正する。

$$y = x + \sum_{i=0}^n p_i x^i$$

係数  $p_i$  は、3.1.1 節で求めた係数を利用する。

その後、3.1.2 節で求めた閾値を用いて、その閾値以下のデータを削除する。

#### 4. 評価

本章では、実際に実験を行い、その結果から提案手法の有効性を示す。

##### 4.1 実験概要

本稿では、位置推定の手法としては、Nearest Neighbor (以下 NN) を用いる。NN は経験的手法のひとつである。各アクセスポイントからの RSSI 値を基底とする空間上で、位置推定時の測定データと、各地点の事前測定データとの間のユークリッド距離を算出する。このとき、ユークリッド距離が地点間で最小となる地点が、位置推定の結果となる。実験では、図 1 に示す 61 地点を対象に、位置推定を行った。隣接する地点間の距離は約 3m である。実験には、2.2 節の表 1 で示した 4 つの異なる無線 LAN デバイスを使用し、3.1.1 節の近似関数の次数を 3 とした。

実験の手順を説明する。まず、事前測定フェーズでは、デバイス A を使用して、観測できたアクセスポイントからの RSSI 値を測定し、事前測定データを作成する。測定は図 1 に示す各地点で 60 回行う。各地点でアクセスポイントごとに RSSI 値の平均値を求め、事前測定データとした。

次に、校正フェーズではデバイス B, C, D を使用し、校正地点として事前測定フェーズと同じ 61 地点で測定を行う。1 地点あたりの測定回数は 20 回とした。各地点で観測できたアクセスポイントごとに RSSI 値の平均値を求め、校正データとする。事前測定データと校正データとを比較し、RSSI 値の差を求め、近似した 3 次関数の係数を求める。また、アクセスポイントの選択を行うための閾値を求める。

位置推定フェーズでは、デバイス A, B, C, D を使用した。事前測定フェーズと同じ 61 地点で、1 地点あたり 20 回の測定を行った。5 回の測定ごとにアクセスポイントからの RSSI 値の平均値を求め、位置推定を行った。したがって、1 つのデバイスにつき、1 地点 4 回、61 地点で 244 回の位置推定を行うことになった。デバイス B, C, D については、校正フェーズで求めたパラメータを用いて、測定データの校正を行う。RSSI 値の平均値に対して、校正フェーズで求めた 3 次関数を使用して、RSSI 値の差を加算する。

表 3 校正の有無と位置推定正答率 (%)

	デバイス A	デバイス B	デバイス C	デバイス D
校正無し	64.8	22.5	22.1	29.1
校正有り	-	47.1	52.5	44.3

表 4 校正地点と位置推定正答率 (%)

	デバイス B	デバイス C	デバイス D
61 地点での校正	47.1	52.5	44.3
3 地点での校正	44.3	50.4	45.5

また、RSSI 値の閾値を使用して、アクセスポイントの選択を行う。

##### 4.2 実験結果

表 3 に、位置推定の結果を示す。表中の“校正無し”は、RSSI 値の校正や、アクセスポイントの選択を行わない、従来どおりの手法を示している。また、“校正有り”は、提案手法を用いて校正した後の結果を示している。校正無しの結果において、事前測定フェーズと位置推定フェーズとで同じデバイスを使用したデバイス A では、高い正答率を示していることがわかる。しかし、残りのデバイス B, C, D では、デバイス A に比べて正答率の低下が見られる。一方、校正有りでは、デバイス B, C, D を使用した場合の正答率は、デバイス A を使用した場合と比べると低い。しかし、校正を行わない場合と比べると向上が確認できる。例えば、デバイス C の場合では、校正前と校正後では、正答率が約 30% 向上していることがわかる。

##### 4.3 校正コストの削減

次に、校正コストの削減を試みる。先の実験では、校正地点として事前測定フェーズと同じ、61 地点での測定データを利用している。ここで、校正地点の削減を行う。提案した校正手法では、校正時になるべく少ない校正データで構成できることが重要である。そこで、図 1 中の 61 地点のうち、アクセスポイントの観測数が多い 19 番の地点を中心に、18, 19, 20 番の 3 つの校正地点の測定データのみを用いて校正を行う。

結果を図 4 に示す。デバイス B, C では、61 地点での測定データを使用して校正を行った場合に対して、3 地点での測定データを使用して校正を行った場合で位置推定精度の約 2% から 3% の低下が見られる。一方、デバイス D では、3 地点での測定データを使用して校正を行った場合のほうが、位置推定精度が約 1% 向上した。このことから、一部の地点で校正を行った場合でも、全ての地点で通用する校正とほぼ同じ効果が得られることがわかる。

#### 5. 関連研究

本章では、位置推定における異種デバイス間の正規

化を行った関連研究を紹介する。

文献 5) では、デバイス間の RSSI の違いを緩和する手法を紹介している。提案手法では、デバイス間の RSSI の違いが線形であるという前提を基にしている。チップセット間で RSSI を一次変換することで校正を行い、位置推定精度の向上を確認している。また、位置推定のなかでもユーザの追跡を取り扱っており、そこでの校正の手間の削減にふれている。

文献 6) では、デバイス間の RSSI の違いと、アクセスポイントからの距離との関係に注目している。提案手法では、アクセスポイントからの距離ごとにデバイス間の RSSI の差を求め、アクセスポイントからの距離に応じて、RSSI にデバイス間の差を加算している。結果として、提案手法による測位精度の改善を報告している。

文献 7) では、デバイス間に RSSI の違いが存在することを明らかにし、デバイスの固有特性の影響を受けにくい測位手法を提案している。その方法として、RSSI の違いを校正するのではなく、2つのアクセスポイント間の RSSI の関係を位置推定に利用することを提案している。このアクセスポイント間の RSSI の関係が、RSSI に比べてデバイス間の違いが小さいことを示すとともに、位置推定での測位精度の向上を確認している。また、デバイス間の観測されるアクセスポイントの違いについても着目しており、その解消の重要性を明らかにしている。

## 6. まとめ

本稿では、無線 LAN デバイスの固有特性について注目し、無線 LAN デバイス間での固有特性の違いを明らかにした。さらに、この固有特性を RSSI 値の違いと、アクセスポイントの違いとに分類し、それぞれについて、その影響を抑える方法を提案した。さらに、提案手法を実装し、実験として位置推定を行った。その結果、従来と比べて、推定精度の向上を確認した。また、校正のために必要な測定を、限られた地点のみで行うことの実効性を示した。

今後の課題として、次の事柄が挙げられる。第一に、本稿での校正の具体的な手順には、人の経験的な判断が含まれていることが挙げられる。RSSI 値の差を近似するための  $n$  次関数の次数の決定や、アクセスポイントを選択するための閾値の決定には、事前実験から得た経験が含まれている。様々な環境や状況でこれらのパラメータを決定していくために、より一般的な基準が必要である。

第二に、校正のための測定を行う地点の削減をさら

に追求することである。まず、校正にどの程度の測定が必要なのかを明らかにすることが重要である。さらに、事前測定データから、校正に必要な地点を選択する仕組みを決定する必要がある。

さらに、RSSI を加算によって補正するのではなく、各アクセスポイントからの RSSI を基底とする空間を考えた場合に、デバイス間の軸を正規化する、という手法を実現したいと考えている。具体的な手法としては、正準相関分析を利用したものを検討中である。

## 謝 辞

本研究の一部は、科学技術研究費および次世代研究スーパースター養成プログラム(九州大学総長裁量経費)による助成を受けている。

## 参 考 文 献

- 1) P. Bahl and V. N. Padmanabhan, "RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system," Proceedings of the Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM 2000), pp 775-784, 2000.
- 2) 伊藤誠悟, 河口信夫, "実環境における無線 LAN を用いた位置推定システムとその応用", 情報処理学会研究報告, IPSJ-MBL-30, pp 33-40, 2004.
- 3) 北須賀 輝明, 中西 恒夫, 福田 晃, "測位方式 WiPS を用いた無線 LAN 端末の動き検出の応用", 情処研報, Vol.2004, No.114, 2004-MBL-31, 2004-ITS-19, pp.349-352, 2004.
- 4) M. Youssef and A. Agrawala, "The Horus WLAN location determination system," Proceedings of the 3rd international conference on Mobile systems, applications, and services, pp 205 - 218, 2005.
- 5) A. Haeberlen, E. Flannery, A. M. Ladd, A. Rudys, D. S. Wallach and L. E. Kavraki, "Practical robust localization over large-scale 802.11 wireless networks," International Conference on Mobile Computing and Networking, pp 70 - 84, 2004.
- 6) S. Ito and N. Kawaguchi, "Data Correction Method Using Ideal Wireless LAN Model in Positioning System," 17th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, pp 1-5, 2006.
- 7) M. B. Kjaergaard and C. V. Munk, "Hyperbolic Location Fingerprinting: A Calibration-Free Solution for Handling Differences in Signal Strength," Sixth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, pp 110-116, 2008.