

# 停留時 Wi-Fi 電波ログを用いた物理粒度可変な エリア識別器の構築の検討

藪 圭輔<sup>1,a)</sup> 榎堀 優<sup>1</sup> 間瀬 健二<sup>1</sup>

**概要:** ユーザにとって重要な場所 (エリア) にいるかどうかを識別する研究は、識別精度やコストを焦点にあてたものが多く、物理粒度を考慮した研究は十分になされていない。そのため、部屋や建物といった目的に合った物理粒度での利用・電波ログの統合が難しい。一般的に、二つの観測地点間の距離は、受信電波強度の減衰モデルを用いて推定するが、マルチパス等により減衰モデルに従わない変化をすることが知られており、単純な適用は不可能である。そこで本研究では物理粒度可変なエリア識別器の構築に向け、特に減衰モデルからの乖離が多いと考えられる屋内廊下における距離と RSSI の関係について分析を行った。結果、入り口が二つある部屋の近くで RSSI が大きくなる、小さくなる、観測されないといったことが多く発生することが分かった。そこで、boost を用いた物理粒度可変なエリア識別器に対して、RSSI が観測されたアクセスポイントのみでスコアを算出する、弱識別器中の最大スコアを除外する機能を追加することで、これらの変化に対応したエリア識別器を構築を試みた。結果、精度の向上が見られ、これらの改良が RSSI の変化に有効である可能性が示唆された。

**キーワード:** RSSI 分析, 物理粒度可変, エリア識別, Wi-Fi 電波ログ

## Wi-Fi Based Location Estimation with Variable Area Granularity

**Abstract:** Many researches of the location estimation focus on identification accuracy and cost, however, few research focus on area granularity. So, it is difficult to integration and use Wi-Fi log in granularity of purpose. In general, we estimate the distance using the decay model of received signal strength. However, RSSI may not follow this model because multipathing, etc., so we cannot use decay model of received signal strength simply. In this paper, we analyzed the relationship between RSSI and distance in indoor corridor which is considered deviation from the decay model is particularly large to build area discriminator variable granularity. As a result, RSSI can change RSSI significantly near a room which have two entrance. Therefore, We have improved at two of the area discriminator. As a result, We indicated that the improvement of our is effective to RSSI significantly change.

**Keywords:** RSSI analysis, Variable Area Granularity, Location Estimation, Wi-Fi

### 1. はじめに

屋外だけでなく屋内においてもユーザの位置を推定するために、Wi-Fi 受信電波強度 (以下, RSSI) を用いた位置推定の研究が多く行われ、さまざまなサービスがすでに公開されている [1-4].

RSSI を用いた位置推定に関する従来の研究は大きく分けて二つの推定方法がある。一つは、ユーザの位置を緯度

や経度などの絶対的なもので推定する方法である [1, 2, 5]. もう一つは、絶対位置ではないが、ユーザにとっての重要な場所 (以下, エリア) にいるかどうかを識別する方法で、本研究もこちらを対象としている [6-8].

しかし、エリアを識別する多くの研究はそのエリアにいるかどうかの判定を主な対象としており、エリアの物理粒度を考慮した研究は十分になされていない。そのため、部屋や建物といったサービス別の判定目的を設定することや、複数の地点で収集された Wi-Fi 電波ログを目的に合った物理粒度 (例: 半径 10 m 以内, 部屋単位) で統合するこ

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院情報科学研究科  
Graduate School of Information Science, Nagoya University  
<sup>a)</sup> yabu@cmc.ss.is.nagoya-u.ac.jp

とが難しいという問題がある。

二つの観測地点の距離を推定する手法として、RSSIの減衰モデルを用いる方法があるが、RSSIは近くに立つ人による減衰、移動物、窓や扉の位置などの建物構造によるマルチパス等の影響により減衰モデルに従わない変化をするため、単純に適用することはできない。

そこで本稿では、停留時 Wi-Fi 電波ログを用いた物理粒度可変なエリア識別器の構築に向け、実際の距離と RSSI の関係がどうなっているのかについて調査検討した。以降は、観測点の近くに、壁などの電波反射源、窓や扉などの電波透過源が頻出し、距離と RSSI の関係が特に安定しない屋内廊下における調査結果である。

本研究では、名古屋大学 IB 電子情報館 3F の廊下を 2m 間隔で 21 地点で収集した。その後、Wi-Fi 電波ログを分析し、各地点の RSSI について考察した。また、収集した RSSI の特性に対応した、物理粒度を変更できるエリア識別器の構築を検討し、エリア粒度を半径 5m, 10 m, 15 m に設定して精度の評価を行った。

本稿の構成について述べる。第 2 章では RSSI の減衰モデルやエリア推定に関する関連研究について述べる。第 3 章では収集した電波ログについて分析し、その考察について述べる。第 4 章では第 3 章で得られた RSSI の特性に対応したエリア識別器について述べる。第 5 章では本稿のまとめを述べる。

## 2. 関連研究

RSSI の減衰モデルを用いた研究として、暦本らは実際に得られた Wi-Fi 電波ログから距離と RSSI の関係式を算出し、位置推定をする PlaceEngine を開発した [1]。藤田らは RSSI の減衰モデルを GMM を用いて表現し、位置推定をした [5]。

Alsehly らは Wi-Fi 電波ログから建物内のユーザの階層を特定する手法を提案した [6]。この手法は Wi-Fi フィンガープリントで位置推定する際に使われる k 近傍法を単純化した手法である“The Nearest Floor Algorithm”と Wi-Fi 電波の RSSI の分散によって階層を推定する“The Group Variance Algorithm”を組み合わせた方法であり、実装部分の単純化と学習フェーズにおける時間とコストの削減を実現した。

藤田らは名古屋市営地下鉄の全 83 駅の無線 LAN 基地局情報を収集し、それをもとに駅、フロア、エリアを推定する方法を提案した [7]。事前に駅の構内を「1, 2 番出口エリア」「3 番出口エリア」「改札口エリア」などに分け、エリア間の隣接関係を制約条件としてエリア推定をした。Nuño らは線形判別関数と隠れマルコフモデルをベースとした位置推定システムを提案し、計算時間や必要メモリ空間が他の手法に比べ少ない位置推定を達成した [8]。

以上のように Wi-Fi 電波ログを用いたエリア識別はさま

ざまな物理粒度で行われているが、多くの研究はユーザがエリアに存在するか判断する精度や、エリア識別における計算時間や消費コストの削減などを対象としており、エリアの物理粒度を対象とした研究は十分になされていない。そのため、部屋や建物といったサービス別の判定目的を設定することや、複数の地点で収集された Wi-Fi 電波ログを目的に合った物理粒度で統合することが難しいという問題がある。

## 3. 地点別 RSSI の分析

RSSI は電波を発信している地点から離れるごとに低下するが、マルチパス等により距離と無関係に値が変化することが多く見受けられる。そこで本章では実際に収集した Wi-Fi 電波ログを分析し、RSSI と取得された地点との関係について考察する。3.1 節では RSSI と距離の関係について述べる。3.2 節では収集した Wi-Fi 電波ログについて述べる。3.3 節では各地点における RSSI を示す。3.4 節で考察を述べる。

### 3.1 RSSI と距離の関係

RSSI は dBm という単位が用いられる。受信電力を Power(単位:W) とすると RSSI は式 1 で求められる。

$$\text{RSSI} = 10 \log_{10} (\text{Power}/0.001) \quad (1)$$

アクセスポイントから発信された電波から観測される受信電力は、通常 0.001W より小さいので RSSI の値は負の値をとる。アクセスポイントから発信された電波から観測される受信電力 Power は Wi-Fi 電波の発信点と受信点の間の距離  $d$  と定数  $\alpha$ ,  $C$  を用いて式 2 で求められる。

$$\text{Power} = Cd^{-\alpha} \quad (2)$$

$\alpha$  の値は減衰係数と呼ばれ、自由空間では 2、実空間では 2~4 程度であることが知られている [9]。受信電力は距離に依存する値となるため、RSSI も距離に依存する値となる。

しかし、実環境下では近くに立つ人による減衰、移動物によるマルチパス等の影響、窓や扉の位置などの建物構造の影響があるため式 2 に従わない場合が多い。

### 3.2 使用したデータ

実験に使用する Wi-Fi 電波の収集にはサムスン電子製の Nexus S を使用して収集した。Nexus S での Wi-Fi 電波のサンプリング周期は 3 秒に 1 回とした。データの収集は 2014 年 8 月 2 日に行い、収集場所は名古屋大学 IB 電子情報館南棟 3F の図 1 の白丸で示す計 21 か所の観測点で行った。各観測点間の距離は 2m である。観測点付近はアクセスポイントの数が多く、常に 10 種類以上の Wi-Fi 電波を観測することができた。

ユーザが実際にデバイスを用いてデータを観測する場合

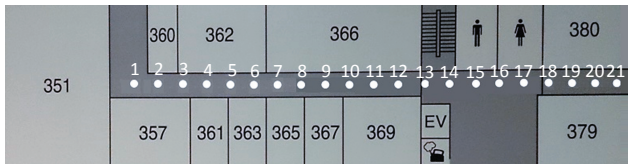


図 1 データ観測点

Fig. 1 Data observation point



図 4 共有スペース付近の様子

Fig. 4 View of community space

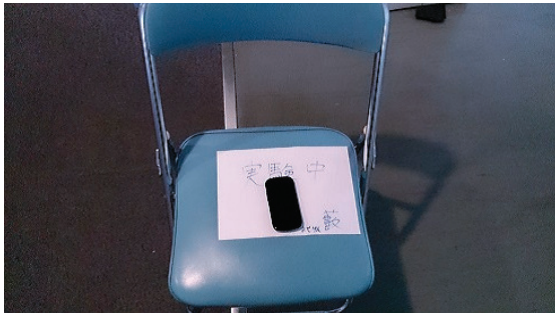


図 2 観測点の様子

Fig. 2 View of the observation point

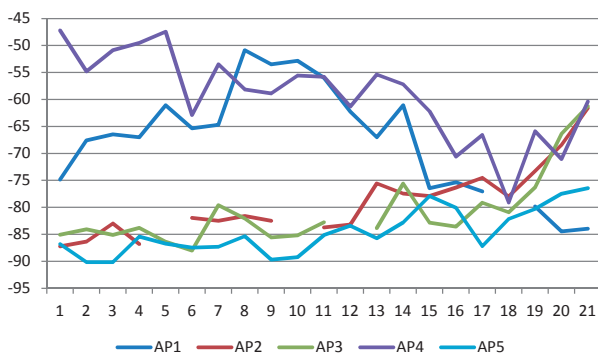


図 3 各地点の RSSI の値

Fig. 3 RSSI of each point

は地面からある程度の高さの地点で観測する機会が多い。そこで観測点では図 2 のようにパイプ椅子の上に Nexus S を置いて 30 分間静止させた状態で Wi-Fi 電波を収集した。

### 3.3 各地点別の RSSI

各地点における 5 つのアクセスポイントにおける RSSI を図 3 に示す。なお、値が途切れているものは RSSI が算出されなかったことを示す。図に示された RSSI は、観測された Wi-Fi 電波ログからランダムに 5 サンプル取り出しして RSSI の平均を求めたものをさらに 5 つ集めてその平均を出している。1 サンプルとは、1 回の観測で得られる各アクセスポイント別の RSSI の集合である。これは、5 サンプルの平均が 4 章におけるエリア識別器の入力 1 回分に当たるためであり、短時間でのエリア識別を想定している。

### 3.4 考察

#### 3.4.1 AP1

AP1 の RSSI は地点 7-10 で高い値をとり、離れるにつれて RSSI が下がる傾向がある。従って、AP1 は 365 室、367 室付近に存在すると思われる。地点 14 から地点 15 にかけて RSSI が 15 程度低下している。これは、この地点の近くに階段が存在したり、図における地点 15 付近の下半部分が広く開いた共有スペースになっているため、反射した電波が干渉しあうマルチパスフェージング [10] が起こりやすいからだと思われる。

地点 18 では取り出されたデータ中に RSSI データが存在せず、平均が算出されていなかった。共有スペース付近を図 4 に示す。図のように、この付近は地点 14 付近と地点 17 地点付近が解放されており、地点 15-16 付近はガラスでさえぎられている。365 室、367 室付近で発せられた電波は大きく分けて二つの経路に分けて地点 18 に到達すると考えられる。ひとつは直線状に向かう場合で、もう一つは地点 14 付近からコミュニティスペースに入り地点 17 付近から出て地点 18 に到達する場合である。この二つの電波が互いに干渉を起こし、地点 18 付近でマルチパスフェージングによりお互いの電波が打ち消しあう状態となったために RSSI がほとんど観測されなかったと考えられる。

#### 3.4.2 AP2

AP2 の電波は地点 21 付近で RSSI が最も高くなっており、この付近に AP2 が存在すると思われる。AP2 は地点 5 と地点 10 で RSSI が観測されていない、地点 5 と地点 10 が共通する特徴として、二つの入り口を有する、362 室、366 室の中心付近であることがあげられる。AP2 が直進して地点 5、地点 10 に向かった電波と、図 1 における右側から部屋に入り左の出口から出てまた右側に戻る電波が干渉を起こして、RSSI が観測されなかったと考えられる。

#### 3.4.3 AP3

AP3 は地点 21 付近で RSSI が最も高くなっており、この付近に AP3 が存在すると思われる。AP3 は地点 12 で RSSI が観測されていない。これは AP3 から直線状に向かう電波と共有スペースを経由した電波が干渉したためと考えられる。逆に地点 14 では電波が強め合ったと考えら



図 5 地点 1 付近の様子  
 Fig. 5 View of point 1

る。地点 7 でも RSSI が高くなっているが、これも直線状に向かう電波と、366 室を経由した電波が強め合ったからだと考えられる。

### 3.4.4 AP4

AP4 は 351 室の入り口に設置されたアクセスポイントであることが分かっている。AP4 は図のように RSSI の揺らぎが激しい。地点 2 で RSSI が小さくなっているのは図における、地点 1 の上側から反射した電波が干渉したためと考えられる。地点 1 の北側の部分を図 5 に示す。同様に、地点 6 で RSSI が小さくなったのは 362 室を経由した電波が干渉したためと考えられ、地点 18 地点では共有スペースを経由した電波が干渉したためと考えられる。

### 3.4.5 AP5

AP5 は地点 15 付近と地点 21 付近で RSSI が最も高い。地点 15 付近はパブリックスペースであるため、周囲をくまなく観察したが、アクセスポイントは発見できなかったため、地点 21 付近にアクセスポイントが存在すると思われる。地点 15 で RSSI が高くなっているのは共有スペースを経由した電波が直線状に向かった電波と強め合ったからだと考えられる。

## 3.5 まとめ

上記のようにある地点の RSSI が異常に高いまたは低いのはマルチパスフェージングによるものだと考えられ、特に入り口が二つある部屋の近くで起きることが多いと考えられる。また、データ収集時は各部屋の扉は閉まっていたが、マルチパスフェージングは閉じた扉付近で発生し、扉のない共有スペース付近でも発生していることから、扉の開閉にかかわらずマルチパスフェージングは発生すると考えられる。

マルチパスフェージングが発生するために、ある地点から離れた地点でも RSSI の差が小さい、または、観測されなかったり、逆にある地点から近い地点でも RSSI が大きかったりする。図 6 に地点 11 と他の地点の RSSI の差の絶対値を示す。AP1 や AP2 のように RSSI が一部観測されない地点があることや、地点 15 のように RSSI の差が約 20 になるアクセスポイントと約 0 になるアクセスポイ

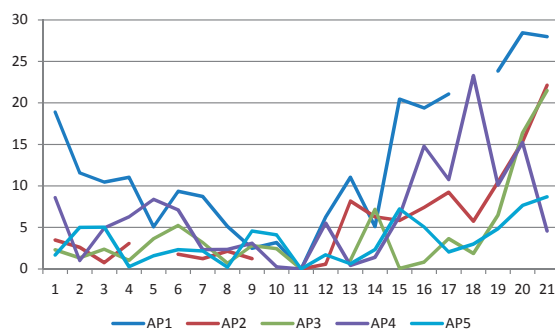


図 6 地点 11 との RSSI の差の絶対値

Fig. 6 The absolute value of the difference between the RSSI of the point 10

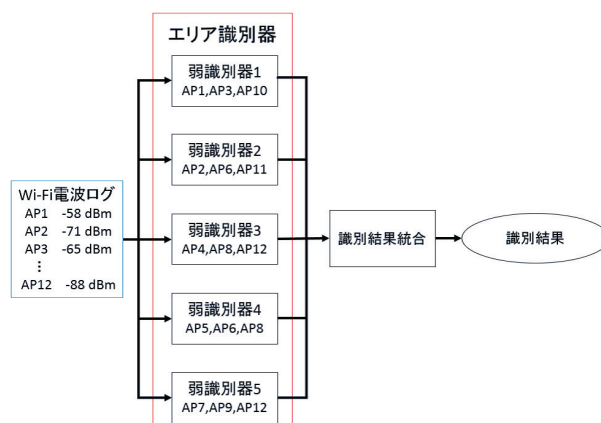


図 7 エリア識別器の概要

Fig. 7 Overview of the area discriminator

ントが同時に存在するようなことがある。エリア識別器を構築する際はこれらの対策が必要になると考えられる。

## 4. RSSI の特性を踏まえたエリア識別器

本研究で用いたエリア識別器は以前に筆者らが用いたものからエリア識別方法を変更したものである [11]。本章では 4.1 節でエリア識別器の概要を述べ、4.2 節でエリア識別方法を述べる。4.3 節ではエリア識別方法の改良方法について述べる。その他のエリア識別器の内容については [11] を参照されたい。

### 4.1 エリア識別器の概要

本研究で用いたエリア識別器の概要を図 7 に示す。本研究ではユーザが一定期間にわたり停留していたならば、その場所は意味がある場所（エリア）であり、位置識別を実施する価値がある場所であるとして学習する。

本研究で用いたエリア識別器は 5 つの弱識別器を持たせ、結果を統合させて識別する boost 手法を用いた。エリア識別器は入力された Wi-Fi 電波ログが同一エリアで観測されたものかそうでないかの 2 値判別を行う。弱識別器の数は予備実験により十分な識別精度を得られた 5 とした。

各弱識別器は事前に割り当てられたアクセスポイントのみを使用してエリア識別をする。これにより RSSI が極端に一時的に変動した場合でも、そのアクセスポイントを使用していない弱識別器は識別に影響を受けないため、識別結果の影響を比較的抑えることができる。

弱識別器に推定させるアクセスポイントの割り当てにはアクセスポイントが発信する Wi-Fi 電波から得られる BSSID を使用する。割り当てる BSSID の数は、異なる 3 つの位置からの相対位置が求まれば観測点が一意に決定されるという三点測量の考えに基づき原則 3 つとし、3 つの異なる位置にあるアクセスポイントを用いて識別した。ただし、観測された BSSID の数が 3 つ以下の場合には割り当てる BSSID が 3 つに満たない場合もある。

BSSID を割り当てられた各弱識別器は入力された Wi-Fi 電波ログの内、割り当てられた BSSID をもつ Wi-Fi 電波ログのみを使用し、各 BSSID ごとに RSSI の平均を算出する。RSSI の平均によって算出されたスコアを用いてエリア識別をする。

## 4.2 エリア識別方法

エリア識別器の入力はある位置で収集した Wi-Fi 電波ログとする。エリア識別器は、5 個の弱識別器の結果を統合し、エリア識別器を生成したエリアで観測された Wi-Fi 電波ログか否かを判別する。各弱識別器はエリア識別器に入力された Wi-Fi 電波ログの内、弱識別器に割り当てられている BSSID を持つ電波から得た RSSI のみを使用し、各 BSSID ごとに RSSI の平均を算出する。識別器が持つ RSSI の平均  $E_{\text{area}}$  とエリア識別器に入力した未識別 Wi-Fi 電波ログを観測した地点で得られる RSSI の平均  $E_{\text{loc}}$  からスコア  $S$  を式 3 で算出する。

$$S = 100 - |E_{\text{area}} - E_{\text{loc}}| \quad (3)$$

式 3 で求められるスコア  $S$  を弱識別器に割り当てられている BSSID 別の Wi-Fi 電波ログから算出し、算出されたスコアの平均を求める。一方で、入力された未識別 Wi-Fi 電波ログ中にはある弱識別器に割り当てられたある BSSID の Wi-Fi 電波ログが存在しないこともある。この場合はスコアを 0 として扱う。

求めたスコアの平均が閾値以上になった場合は入力された Wi-Fi 電波ログは同一位置で観測されたものとして弱識別器の出力を 1 とし、閾値より小さい値だった場合は入力された Wi-Fi 電波ログは同一位置で観測されたものではないとして弱識別器の出力を -1 とする。もし、割り当てられたすべての BSSID でスコアが算出されなかった場合はこの弱識別器は結果を判定できないとし、出力を 0 とする。

最後に各弱識別器  $w_i$  ( $i = 1 \sim 5$ ) の出力  $a_i$  を統合したものを、最終的なエリア識別器の出力  $A$  とする。各弱識別器には重み  $w_i$  が付加されている。式 4 で求めた  $A$  が正と

なった場合、入力された Wi-Fi 電波ログは同エリアで観測されたとして、エリア識別器の出力を TRUE とし、0 以下の場合には同エリアで観測された Wi-Fi 電波ログではないとして、FALSE を出力する。

$$A = \sum_{n=1}^5 a_n w_n \quad (4)$$

## 4.3 未検出アクセスポイントのスコアの除外と弱識別器中の最大スコアの除外

4.2 節で、未検出のアクセスポイントが未識別 Wi-Fi 電波ログ中に存在した場合、スコアを 0 とすると述べた。しかし、3.5 節で述べたように、近い地点でも RSSI が観測できないことがあり、スコアが不用意に低下するため、識別精度の低下につながる可能性がある。その改良方法として、スコア  $S$  は算出せず平均から除外する改良を加えた。また、3.5 節で述べたように、遠く離れた地点でも RSSI が近い値となる場合がある、この問題の改良方法として、弱識別器が算出したスコアのうち最大のもを除外する改良を加えた。最大のもを取り除くのはアルゴリズムが簡単で計算時間が短いため、スマートフォンのようなデバイスに適しているからである。

## 4.4 評価実験

### 4.4.1 実験内容

本実験ではエリアの物理粒度を半径 5 m, 10 m, 15 m とした場合について、上記の対応が有効であるか検討するが、boost の有効性は多くの既存研究で明らかであるために残り二つについて検討した。上記の二つの対応を適応した場合と適応しない場合で精度の比較をした。実験に使用したデータは 3.2 節で述べたものと同じである。

各地点のエリア識別器は、各地点で取得された全データを使って学習した。学習した識別器に対して、実利用において短時間でエリア識別するという状況を考え、各地点の観測データから、1, 3, 5 回分のサンプルを時系列順に抜きだして識別器に入力し、識別精度を評価した。ただし、同地点の観測データを評価する場合は、10 分割交差検定として実施した。本実験における 10 分割交差検定の概要を図 8 に示す。

最終的な精度としては 21 個の識別器で算出された精度の平均を用いた。なお、本識別器は、同一エリアであるかどうかをスコアに対する閾値で決定している。以降の結果は、最も精度が良くなるように閾値を調整した結果である。

この方法で、True Positive(以下, TP) と False Negative(以下, FN), False Positive(以下, FP) を求め、式 5 で求められる適合率 Precision, 式 6 で求められる再現率 Recall から式 7 で求められる F 値を用いてエリア識別器の評価をした。

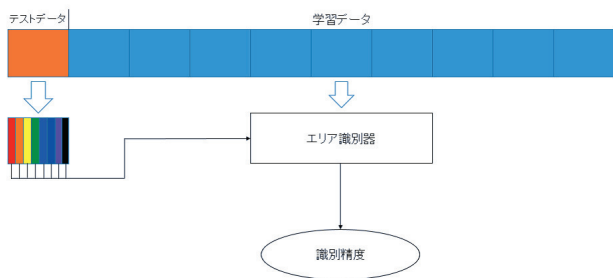


図 8 10 分割交差検定の概要

Fig. 8 Overview of 10-fold cross-validation

表 1 未検出アクセスポイントのスコアの除外および弱識別器中の最大スコアの除外を実施しなかった場合の F 値 (sample=1)

Table 1 F values when do not taking the corresponding(sample=1)

エリア粒度	F 値の最大値	閾値
5m	0.572 ± 0.178	93
10m	0.576 ± 0.221	91
15m	0.759 ± 0.092	57

表 2 未検出アクセスポイントのスコアの除外および弱識別器中の最大スコアの除外を実施しなかった場合の F 値 (sample=3)

Table 2 F values when do not taking the corresponding(sample=3)

エリア粒度	F 値の最大値	閾値
5m	0.663 ± 0.165	94
10m	0.666 ± 0.221	92
15m	0.766 ± 0.097	59

表 3 未検出アクセスポイントのスコアの除外および弱識別器中の最大スコアの除外を実施しなかった場合の F 値 (sample=5)

Table 3 F values when do not taking the corresponding(sample=5)

エリア粒度	F 値の最大値	閾値
5m	0.692 ± 0.158	94
10m	0.705 ± 0.205	92
15m	0.769 ± 0.101	59

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (5)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (6)$$

$$F = \frac{2\text{Recall} \times \text{Precision}}{\text{Recall} + \text{Precision}} \quad (7)$$

#### 4.4.2 実験結果

未検出アクセスポイントのスコアの除外および弱識別器中の最大スコアの除外を実施しなかった場合の F 値を表 1,2,3 に示す。

未検出アクセスポイントのスコアの除外および弱識別器中の最大スコアの除外を実施した場合の F 値を表 4,5,6 に示す。

表 4 未検出アクセスポイントのスコアの除外および弱識別器中の最大スコアの除外を実施した場合の F 値 (sample=1)

Table 4 F values when taking the corresponding(sample=1)

エリア粒度	F 値の最大値	閾値
5m	0.758 ± 0.085	93
10m	0.819 ± 0.077	90
15m	0.844 ± 0.070	86

表 5 未検出アクセスポイントのスコアの除外および弱識別器中の最大スコアの除外を実施した場合の F 値 (sample=3)

Table 5 F values when taking the corresponding(sample=3)

エリア粒度	F 値の最大値	閾値
5m	0.766 ± 0.091	93
10m	0.827 ± 0.079	90
15m	0.846 ± 0.073	86

表 6 未検出アクセスポイントのスコアの除外および弱識別器中の最大スコアの除外を実施した場合の F 値 (sample=5)

Table 6 F values when taking the corresponding(sample=5)

エリア粒度	F 値の最大値	閾値
5m	0.770 ± 0.094	93
10m	0.824 ± 0.087	91
15m	0.848 ± 0.081	87

#### 4.4.3 考察

未検出アクセスポイントのスコアの除外および弱識別器中の最大スコアの除外を実施したことにより、すべての場合において F 値が上昇した。入力サンプル別に F 値を比較すると入力サンプル数が少ない場合の方が F 値の上昇率が高い。入力サンプル数が少ない場合はデータの欠損等により RSSI のスコアが算出されないことが多いからだと考えられる。従って、RSSI が観測されたアクセスポイントのみでスコアを算出することはサンプル数が少なくなるほど効果的であると考えられる。

エリア粒度別に F 値を比較すると、エリア粒度が 15m に比べ、エリア粒度が 5m, 10m の場合で F 値の上昇率が高くなっている。図 3 を見ると、今回の環境では 10 m 以内に 1 回程度、異常に強い RSSI が観測されている。そのため、エリア粒度が 5 m, 10 m の場合、15 m に比べて、テストデータに対する異常に強い RSSI の割合が多く、最大スコアの除外が効果的だった可能性が考えられる。

#### 5. おわりに

停留時 Wi-Fi 電波ログを用いたエリア識別の研究ではエリアの物理粒度を対象とした研究は十分になされておらず、部屋や建物といったサービス別の判定目的を設定することや、複数の地点で収集された Wi-Fi 電波ログを目的に合った物理粒度で統合することが難しいという問題があった。Wi-Fi 電波ログを用いた位置推定では RSSI の減衰モデル

を利用することが多いがマルチパス等の影響で RSSI の減衰モデルに従わない変化をするため単純に適用できない。

そこで、本研究では各地点における RSSI について考察し、RSSI の特性に対応した物理粒度可変なエリア識別器の構築を検討した。結果、電波の干渉により、RSSI が小さくなったり、大きくなったり、時にはほとんど観測されなくなることがあり、特に入り口が二つある部屋の近くで多く発生することが分かった。

そこで、boost を使う、未検出アクセスポイントのスコアの除外、弱識別器中の最大スコアの除外することで上記の問題に対応した物理粒度可変なエリア識別器を構築し、エリア粒度を半径 5m, 10m, 15m とした場合について識別精度を評価し、これらの対応の有効性を確認した。

今後の課題として、状況からの考察に留まっているマルチパスフェージングなどが実際に発生しているかの検証を行う。また、単純な最大値除去では一つの異常強度アクセスポイントにしか対応できないため、複数の異常強度アクセスポイントに対応した除去手法の開発が必要である。また、アクセスポイント数が少ない、移動物が多いなどの環境下での精度の評価を行う必要がある。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 24700062 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 暦本純一, 塩野崎敦, 末吉隆彦, 味八木崇. Placeengine: 実世界集合知に基づく wifi 位置情報基盤. インターネットコンファレンス, Vol. 2006, pp. 95-104, 2006.
- [2] 河口信夫. Locky.jp: 無線 lan を用いた位置情報ポータルとその応用. ヒューマンインタフェース学会誌= Journal of Human Interface Society: human interface, Vol. 10, No. 1, pp. 15-20, 2008.
- [3] Skyhook apps, enterprise & device. <http://retailnext.net/products/guest-wi-fi-personalization/>.
- [4] Guest wi-fi & personalization. <http://retailnext.net/products/guest-wi-fi-personalization/>.
- [5] 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.
- [6] Firas Alsehly, Tughrul Arslan, and Zankar Sevak. Indoor positioning with floor determination in multi story buildings. In *Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2011 International Conference on*, pp. 1-7. IEEE, 2011.
- [7] 藤田迪, 佐々木威, 河口信夫. 地下鉄構内の制約条件を利用した無線 lan 位置推定手法. 情報処理学会研究報告, Vol. 2008, No. 66, pp. 153-157, 2008.
- [8] Galo Nuño-Barrau and José M Páz-Borrillo. A new location estimation system for wireless networks based on linear discriminant functions and hidden markov models. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, Vol. 2006, pp. 159-159, 2006.
- [9] 高島雅弘, 趙大鵬, 柳原健太郎, 福井潔, 福永茂, 原晋介, 北山研一. センサネットワークにおける受信電力と最ゆう法を用いた位置推定 (ネットワーク). 電子情報通信学会論文誌. B, 通信, No. 5, pp. 742-750, 2006.
- [10] マルチパスフェージング. <http://www.kddi.com/yogo>.
- [11] 藪圭輔, 榎堀優, 間瀬健二. レイリー分布を用いた wi-fi 電波強度分布に基づく少数標本時位置推定. 情報処理学会研究報告. UBI,[ユビキタスコンピューティングシステム], Vol. 2014, No. 23, pp. 1-8, 2014.