

絶対位置情報に依存しない 無線 LAN 基地局の移動性判定手法

福崎 雄生¹ 安積 卓也¹ 西尾 信彦¹

概要: 近年, 無線 LAN 基地局の急激な増加にともない, 無線 LAN 観測情報を用いたユーザの位置推定に関する研究が注目されている. モバイル無線 LAN などのユーザが持ち歩くことができる基地局の普及も著しい. 一方, それらの移動する基地局は位置推定精度を低下させるという問題がある. それらの, 移動する基地局に関する既存研究も存在するが, それらの研究では GPS による絶対値情報の取得を前提としており, 絶対値情報を取得できない期間においては無線 LAN 基地局の移動性を判定することができない. そこで, 本研究では GPS が取得できない期間においても, 無線 LAN 基地局の移動性を判定することを目的とする. 絶対値情報の取得できない期間においては, ユーザの移動に焦点を当てたアプローチを考案した. ユーザが移動しているにも関わらず安定して取得できる基地局はユーザと共に移動している基地局として判定を行う. 加えて, 移動スピードを考慮するために, 今回は移動期間を, 高速で移動する乗り物移動期間と低速で移動する徒歩移動期間と分類し, それぞれに対して移動性判定手法を提案した. また, 絶対値情報も取得できず, 移動期間にも観測されていなかった基地局に関しては, これらのアプローチによる判別結果を学習データとしてあつかうベイジアンフィルタリングを用いることでさらなる判定をした. 150 日間で蓄積したログを利用し, 無線 LAN 基地局の移動性判定を行った. 移動期間において抽出できた移動基地局の数は, GPS による絶対位置情報を用いた手法で抽出された移動基地局の数と比べるとわずかな数しか判定を行えていなかった. しかし, ベイジアンフィルタリングにおいては, 評価の結果 100 日より長いログを用いて学習データを作成すれば 70% 近くの判別正解率を得ることができ, 絶対位置情報に依存しない無線 LAN 基地局の判定を可能にした.

Absolute Position Independent Method to Estimate Movable Wireless LAN Base Station.

YUKI FUKUZAKI¹ TAKUYA AZUMI¹ NOBUHIKO NISHIO¹

1. はじめに

近年, 多種多様なセンサデバイスを搭載した高機能携帯端末が普及している. さらに, 各センサデバイスから取得できるログを解析し, ユーザ毎のコンテキストに焦点をあてた研究が盛んに行われている. 特に, 位置情報コンテキストを活用したサービスへの関心は高く, 位置推定技術の重要性がうかがえる [1][2][3]. 加えて, 無線 LAN を用いた位置推定に注目が集まっている [4][5][6]. 無線 LAN を用いた位置推定手法では, あらかじめデータベースに収集し

ておいた基地局の位置情報や受信信号強度などを用いる. データベース内に, ユーザの所持するモバイルルータや, 新幹線に設置されている基地局などの人や乗り物と共に移動する基地局 (以下, 移動基地局) の情報が存在する場合, それらの基地局情報を用いて位置推定を行うと精度が低下するという問題がある. そのため, 移動基地局のような測位には不適合な基地局を判別し, それらの基地局情報をデータベースから削除する必要がある. しかし, 無線 LAN 基地局の移動性判定を行う既存手法は, GPS による絶対位置情報の取得を前提としている. そこで本研究では, GPS による絶対位置情報の取得に依存せず, 無線 LAN 基地局の移動性を判別することを目標とする.

¹ 立命館大学 情報理工学部
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

はじめに、携帯端末で取得できる GPS 受信機以外のログを用いてユーザの移動期間を抽出し移動基地局の判別を行う。ユーザが移動中であるにも関わらず、安定して観測することが可能な基地局はユーザと共に移動している移動基地局と判定する。なお、移動期間における移動速度の違いを考慮し、低速で移動する徒歩移動期間と、高速で移動する乗り物移動期間の2つに分類し、それぞれの期間で無線 LAN 基地局の移動性判定を行う。さらに、絶対位置情報を用いた既存手法では、移動基地局に加えて、固定された場所に設置された基地局(固定基地局)である可能性が高い基地局の判別を行う。それらの判定結果を学習データとするベイジアンフィルタを実装することで、基地局に十分な情報を付与できずに、判定しきれなかった基地局に対しても、さらなる判定を行えるようにする。その際に、学習データとして与えられる基地局情報の ESSID と BSSID から特徴量を抽出し、ベイジアンフィルタに利用する。

1人のユーザの150日間のログを用いて評価を行った。移動期間を抽出する無線 LAN 基地局の移動性判定提案手法と、絶対位置情報を利用する既存手法を併用することで、150日間のログからは2881個の基地局判別が抽出された。ベイジアンフィルタに関しては、1人のユーザの150日間のログから移動中における提案手法と既存手法を用いて移動性の判別を行った結果を、学習データとし、別の期間で蓄積したログから同様の手法による判定結果を、判定対象の正解セットとして用いることで精度の検証を行った。その結果、正解率70%近い精度で判定を行えていることが確認できた。

本稿の章構成について述べる。2章では蓄積したデータベースの中から、測位に不適合な基地局を取り除く関連研究をあげる。3章ではそれらの関連研究の問題点を挙げ、4章で問題点を解決するアプローチを述べる。5章では4章で述べたアプローチの実装について言及し、6章では実装した機能の評価と考察について述べる。7章では本稿のまとめと今後を述べる。

2. 関連研究

本章では測位には不適合な基地局を取り除く関連研究をあげる。

2.1 各基地局に結びついた緯度経度情報の標準偏差の算出

桑原 [7] は携帯端末から得られる無線 LAN と GPS 観測履歴を用いて、無線 LAN 基地局の相対的な位置関係を作成する研究を行っている。桑原らの研究では、基地局の位置関係を求める前処理として、移動基地局の判別を行い、それらの移動基地局情報を無線 LAN 観測データベースから削除している。移動基地局判別では、まず観測した無線 LAN ログに GPS から取得できる緯度経度情報を結びつけている。そして、各基地局に結びついた緯度経度情報の標

準偏差を算出し、観測された場所がどれほど散らばっているか求める。その際に、緯度経度情報の標準偏差が設定した閾値をこえる基地局を移動基地局と判別している。

2.2 位置推定精度低下の要因を含む情報の除去

何轄ら [8] は引越しによる基地局の移動やモバイルルータなどの移動基地局観測情報が無線 LAN による位置推定の測位精度を下げる要因とし、無線 LAN データベースの健全性維持のためにそれらの情報を除去する研究を行っている。無線 LAN の受信信号強度は距離によって変化だけでなく、マルチパスや遮蔽物による障害などによっても変化する。そのため同じ基地局の受信信号強度が連続して同値になるということは考えにくい。同値を観測する場合は無線 LAN 観測端末もしくは端末のドライバに不具合があったと判断し、ある基地局の受信信号強度が連続して同値だった期間で取得した観測情報をデータベースから削除している。移動基地局の判別には基地局を観測した2地点間の距離を利用している。観測点間の距離が固定基地局では取り得ない値だった場合に移動基地局と判別している。移動基地局の情報も無線 LAN 観測端末の不具合による情報と同様にデータベースから削除することでデータベースの健全性を維持し測位精度の向上に貢献している。

3. 問題意識

携帯端末から取得し、蓄積されたログから無線 LAN 基地局の移動性を判定する既存研究では、移動基地局判定を行うために GPS 観測情報が必要であるため、屋内や高層ビルに囲まれた場所などといった GPS が取得できない期間に対処できないという問題がある。

4. 要件

携帯端末から得られる情報だけを用いて、移動基地局判定を行っている既存研究では、無線 LAN ログに GPS による位置情報を付与しなければ移動基地局判別を行うことができない。そこで、GPS による絶対値情報が取得できない場合においても、GPS 以外のログを利用することにより無線 LAN 基地局の移動性を判定を実現する。

5. アプローチ

本研究では、GPS による絶対値情報が取得できる場合、絶対位置情報が取得できず、ユーザが歩行している場合、乗り物に乗っている場合の3つの状況において無線 LAN 基地局の移動性判定を行う。さらに、この3つの手法を用いても移動基地局として判別できない基地局に関しては、それら3つの手法による判定結果を学習データとしてあつかうベイジアンフィルタリングを用いることで移動基地局かどうかを判定する。図1に絶対位置情報に依存しない移動基地局判定アルゴリズムのフローチャートを示す。

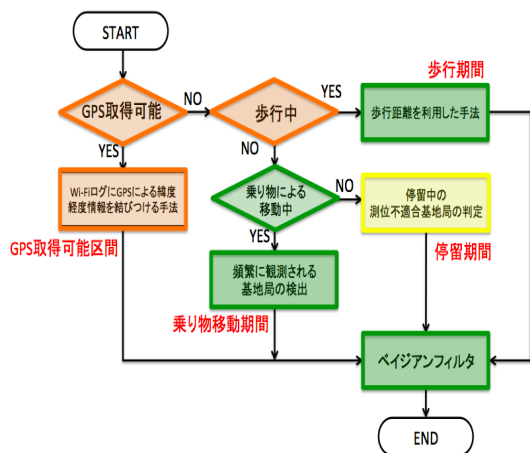


図 1 絶対位置情報に依存しない移動基地局判定アルゴリズムのフローチャート

Fig. 1 A flowchart of absolute position independent method to estimate movable wireless LAN base station.

5.1 基地局の移動性情報の管理

本研究では観測された基地局を、移動性をもとに4種類に分類する。

- **BLACK**: 移動基地局と断定された基地局
- **WHITE**: 固定基地局である可能性が高い基地局
- **DOUBTFUL**: 移動基地局である可能性が高い基地局
- **UNKNOWN**: 移動基地局か固定基地局か判定を行っていない、もしくは、判定しきれなかった基地局

5.2 既存研究により移動性判定を行う部分

図 1 における橙色で示されている部分は、既存研究、既存技術を活用する。GPS による絶対位置情報が取得できる期間では、桑原 [7] の手法を用いる。観測した無線 LAN ログに対して、GPS による絶対値情報を結びつけ、基地局が観測された地点のばらつきを求める。その際に、固定基地局では取り得ないばらつきがあった基地局は **BLACK** と分類する。一方で、観測地点のばらつきが小さな基地局に関しては、**WHITE** と分類する。

5.3 ユーザの移動期間を利用する判定

ユーザが移動しているにも関わらず安定して観測されつづける無線 LAN 基地局は、ユーザと共に移動している移動基地局であると判別することができる。なお、移動期間における移動速度の違いを考慮して、低速で移動する徒歩移動期間と、高速で移動する乗り物移動期間を分類し、それぞれの場合において、無線 LAN 基地局の移動性判定を行う。

5.3.1 徒歩移動期間の抽出

まず、徒歩移動期間の抽出には、加速度センサ情報を用いる。徒歩移動期間からは、ユーザが所持している移動基地局、もしくは、ユーザと一緒に歩いている他のユーザが所

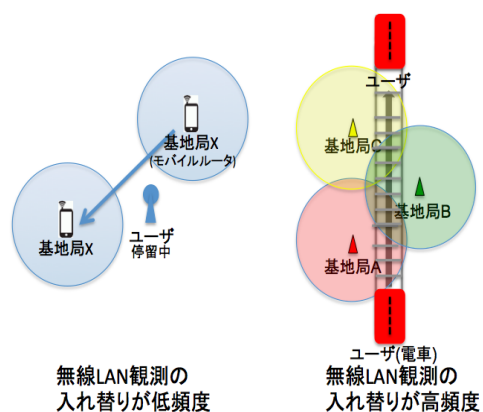


図 2 乗り物移動中とユーザ停留中における、無線 LAN 観測の入れ替り頻度の違い

Fig. 2 Absolute Position Independent Method to estimate movable Wireless LAN Base Station.

持している移動基地局を見つけ出す。抽出されたユーザの徒歩移動期間において、安定した受信信号強度で観測され続けた基地局が存在した場合、それらの基地局を **BLACK** と分類する。

5.3.2 乗り物移動期間の抽出

次に、GPS による絶対位置情報の取得できていない期間の中から、徒歩移動期間を取り除き、残りの期間を対象として乗り物移動期間の抽出を行う。乗り物移動期間からは、ユーザが所持している移動基地局、ユーザと同じ乗り物に同乗している人が所持している移動基地局、さらに、乗り物自体に設置されているために移動する基地局を見つけ出す。乗り物移動期間の抽出には、無線 LAN 観測情報の入れ替りに着目する。図 2 に示すように、乗り物移動期間では、線路付近や道路付近に存在する基地局に次から次へとすれ違うため、短い期間だけ観測される基地局が数多く存在する。それに対して、ユーザが停留している場合に短い期間だけ観測される基地局は、移動基地局を所持した他のユーザが近くをすれ違ったときなどに出現する。そこで、基地局とのすれ違いによって生じる無線 LAN 基地局観測情報の入れ替りがどれだけ起こっているかという情報を利用することで、乗り物移動期間と停留期間を区別する。乗り物移動期間を抽出した後に、その期間において安定して観測されている基地局があった場合に、その基地局を **BLACK** と分類する。

5.4 ユーザ停留期間におけるアプローチ

藤井 [9] らは、ユーザが停留している期間において測位に不適合な基地局の発見を目指す研究を行っている。断続的に稼働している基地局は無線 LAN スキャンを行うタイミングによって、観測できたりできなかったりするので、無線 LAN 測位に用いると推定精度を下げてしまう可能性がある。ユーザが停留している際のデータから、観測頻度

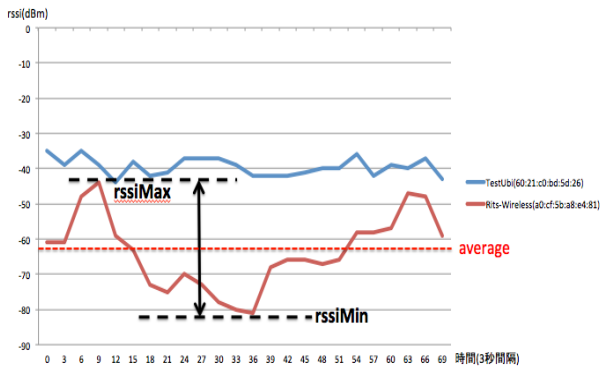


図 3 Diff の算出

Fig. 3 A calculation of Diff

を統計的に解析することで、断続的に稼働している基地局を見つけ出す。

5.5 ページアンフィルタリングによる判定

GPS による絶対値情報の結びつけも十分にできず、移動期間内でも観測されずに判断しきれていない基地局に対しては、それまでに判定された結果を学習データとして活用し、無線 LAN 基地局の所持する BSSID, ESSID から抽出した特徴量を利用するページアンフィルタリングを実装する。これにより、無線 LAN 基地局の移動性を判断するには十分な情報を付与できなかった基地局に対して更なる判定を行えるようになるだけでなく、ユーザがはじめて観測した無線 LAN 基地局についても無線 LAN 基地局の移動性判定を行えるようになる。

6. 実装

GPS による絶対位置情報が取得できない期間における、無線 LAN 基地局の移動性判定手法の実装について詳しく述べる。なお、本研究では無線 LAN のスキャンを 3 秒間隔で行う端末を想定している。

6.1 徒歩移動期間判定

GPS が取得できていない期間の中から、まず徒歩移動を行っている期間を抽出する。その際の徒歩検出には加速度センサの値を用いる。

6.1.1 徒歩移動期間における移動基地局の判定

一定期間以上の徒歩移動が確認された場合には、その徒歩期間で行われた全てのスキャンで観測に成功した基地局に対し、式 (1) を用いて Diff 値を求める。

$$Diff = (rssiMax - rssiMin) * |average| \quad (1)$$

途中から観測されなくなったり、途中から観測されるようになった基地局はユーザと共に動いている基地局である可能性は極めて低い。図 3 における TestUbi とは、ユーザが所持していた移動基地局である。このようにユーザが所持

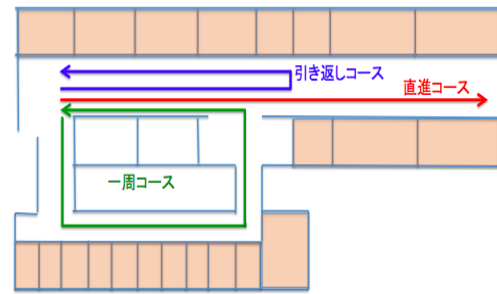


図 4 徒歩移動期間検証に用いたコース

Fig. 4 The courses for investigation moving duration

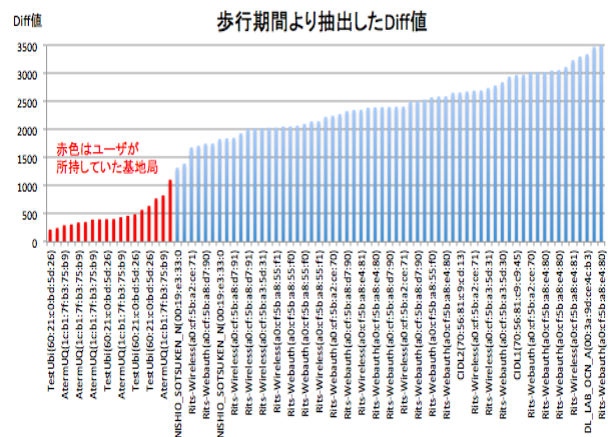


図 5 歩行中の Diff 値

Fig. 5 Diff value during walking

している基地局は安定した受信電波強度で観測できる。一方で、Rits-Wireless という基地局は大学内に設置された固定基地局であり、ユーザが移動しているためにユーザの所持する移動基地局に比べると、観測される rssi 値に変動が生じやすい。そこで、徒歩期間内で行われたスキャン全てで観測に成功した各基地局の、rssi 値の最大値と最小値の差をもとめ、rssi 値の変動の幅を算出する。加えて、期間内における rssi 値の平均値の絶対値を掛け合わせる。ユーザが所持している基地局は、ユーザの周囲に存在する基地局よりも近い距離にあるため、より強い受信電波強度で観測されると考えられる。これらの処理によって、ユーザの所持している基地局の Diff 値は低くなり、ユーザの周囲に存在している基地局の Diff 値が高くなることが期待される。

6.1.2 徒歩を行った際の Diff 値の調査

図 4 示す 3 つのコースを準備し、各 3 回ずつ 1 分程度の徒歩移動を行った。その際に、ユーザが所持する基地局として 2 つの基地局を利用した (AtermUQ, TestUbi)。それらの合計 9 サンプルにおける Diff 値算出結果を図 5 に示す。今回の調査では、移動基地局の Diff 値は高くても 1000 前後であった。一定期間以上徒歩を行った期間において、Diff 値を算出した場合に、その Diff 値が 500 以下だった場合をユーザと共に移動している移動基地局としてみなす。

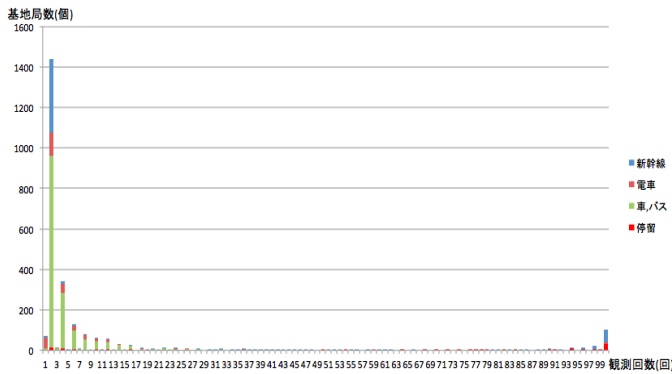


図 6 観測回数別の無線 LAN 基地局出現分布図

Fig. 6 A distribution map of the AP observed times



図 7 GPS ログの消失、復帰ポイントの利用

Fig. 7 A utilisation of GPS lost point and GPS found point

6.2 乗物移動期間判定

次に、GPS による絶対値も取得できておらず、徒歩も行っていない期間を対象として乗り物乗車期間の判定を行う。ここで考えられるユーザの状況は乗り物で移動している場合か、ユーザが停滞している場合のどちらかである。そこで5章に述べたように、ユーザとすれ違い基地局により生じる無線 LAN 基地局観測情報の入れ替りを利用する。ユーザが乗り物に乗って移動している場合には、乗り物の走路付近に存在する基地局を短い期間だけ次から次へと観測する。その際に、無線 LAN 観測情報が頻繁に入れ替わるため、その入れ替りを考慮することにより乗り物移動期間の判定を行う。

6.2.1 すれ違い基地局の定義

ユーザの所持する携帯端末が、すれ違いの際に短い期間だけ観測する基地局をすれ違い基地局としてあつかう。図 6 はユーザが新幹線移動、電車移動、車移動、停留している状態にあった場合のそれぞれに関して、3 分間のデータを 3 つずつ用意し、観測回数別の基地局数の分布を表したものである。図 6 から、ユーザが乗り物に乗って移動している場合には、観測回数が 4 回以下の基地局が多く存在することが読み取れる。そこで、本研究では観測回数が 4 回以下で、かつ、それらが連続してスキャンされている場合に、その基地局をユーザとすれ違ったすれ違い基地局としてあつかう。

6.2.2 GPS ログの消失ポイントと復帰ポイントの利用

GPS による絶対値情報が取得できなくなった場合、次に GPS による絶対値情報が取得可能になった復帰ポイントとの距離を、ヒュベニの公式を用いて算出する(図 7)。その 2 点間の距離が一定距離以上離れていた場合に、乗り物で移動している期間の検出を行う。

6.2.3 すれ違い基地局を利用した乗り物移動期間候補の抽出

GPS による絶対値情報の消失ポイントと復帰ポイントの距離が一定距離よりも離れていた場合には、その期間からすれ違い基地局のみを抽出し、すれ違い基地局を連続し

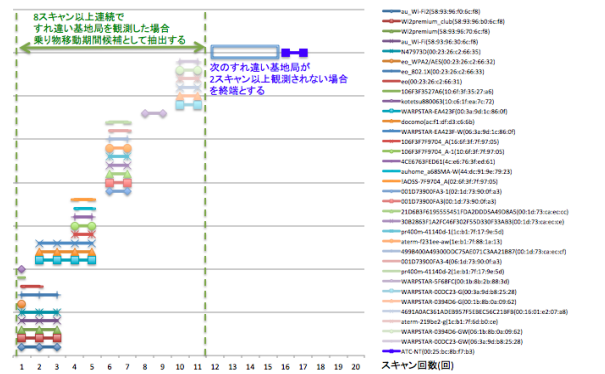


図 8 すれ違い基地局を利用した乗り物移動期間候補の抽出

Fig. 8 A extraction transportation duration using by passed AP

て観測していた期間はないか確かめる。乗り物移動期間候補の抽出の流れを図 8 に示す。図 8 であつかっている期間については、11 スキャン連続ですれ違い基地局を観測できていることが確認できる。しかし、11 スキャン目以降にすれ違い基地局を観測するのは 16 スキャン目である。次に観測するすれ違い基地局が出現するまで、2 スキャン以上間隔がひらく場合は、その時点で最後にすれ違い基地局を観測した地点を乗り物移動期間候補の終端とする。図 8 の場合は、11 スキャン目が終端になり、1 回目のスキャンから 11 スキャン目までの期間が乗り物移動期間候補として抽出される。今回は、8 スキャン以上連続してすれ違い基地局を観測している期間があれば、それらを乗り物移動期間候補としてあつかう。

6.2.4 乗り物移動期間候補内におけるすれ違い基地局の割合の導入

上記のようにして、抽出された乗り物移動期間候補内において、観測された基地局の数の何割をすれ違い基地局が占めているかを算出する。該当期間内において観測された基地局のなかで、7 割以上がすれ違い基地局であった場合に、その期間を乗り物で移動期間として抽出する。この値は実験的に決定した。また抽出された乗り物移動期間において行われたスキャン数の 9 割以上で観測に成功してい

る基地局が存在したら場合に、それらの基地局をユーザと共に移動していた基地局として判定し、**BLACK** と分類する。

6.3 ベイジアンフィルタリング

ベイジアンフィルタリングでは、上述した各状況別におけるアプローチによって判定された結果を学習データとしてあつかう。また判定結果を学習する際に、基地局の BSSID と ESSID から特徴量を抽出しておき、判定を行いたい基地局情報からも特徴量を抽出しそれらの特徴量が含まれる場合に **BLACK** と **WHITE** のどちらの確率が高いのかを算出する。またベイジアンフィルタによって **BLACK** である可能性が高いと判定された無線 LAN 基地局は **DOUBTFUL** な基地局として分類する。

6.4 特徴量の抽出ルール

今回は基地局の ESSID と BSSID から以下のようにして特徴量を抽出する。

- 特殊記号 (, - / = *space*) を区切りとする。
例) auhome.a45Lmt -> auhome, a45Lmt
- 切り出された文字列が 2 文字以下の場合には特徴量としない。
例) auhome.a45LmtW -> auhome, a45Lmt
- 頻出する固有名詞 (手動で決定) で区切る。
例) 0001softbank -> 0001, softbank
- BSSID においては先頭から 4 オクテット分 (ベンダ番号と機種コード) を抽出
例) 06:1d:73:90:0f:a3 -> 06:1d:73:90

6.5 特徴量を用いたベイジアンフィルタによる判定

抽出した特徴量を以下の式 (2), (3) にあてはめることにより、無線 LAN 基地局の推定を行う。BSSID と ESSID から抽出された特徴量を F , **WHITE** か **BLACK** のどちらかというカテゴリを C と表記する。

$$p(C)p(F_1, \dots, F_n|C) \quad (2)$$

$$p(F_i|C) = \frac{\text{Number of } F_i + 1}{\text{Number of } F \text{ of } C + \text{number of all } F} \quad (3)$$

カテゴリが **BLACK** と **WHITE** の 2 つの場合について、式 (2) を用いてどちらの可能性が高いのか算出し、無線 LAN 基地局の移動性を判定する。

7. 評価

ユーザの状況別のアプローチで **BLACK** と判定される基地局の個数を調査した。また、ベイジアンフィルタの判定精度についての評価を行った。

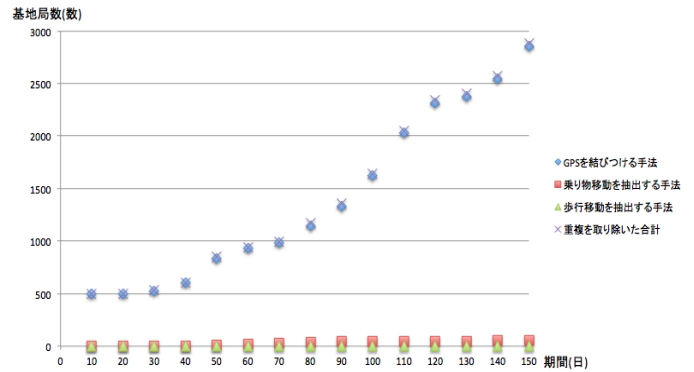


図 9 各アプローチで抽出された BLACK の個数

Fig. 9 The number of BLACK extracted by each approaches

7.1 各アプローチで抽出された black と white の個数

GPS による絶対値情報を用いた手法と、GPS が取得できない期間だった場合の乗り物移動期間と徒歩移動期間を利用した手法を用いることで **BLACK** と判定される基地局の個数を調査した。期間は最短で 10 日間で 10 日刻みで最長 150 日間のデータを用いた。その結果を図 9 に示す。150 日間のうち、徒歩移動期間で検出できた **BLACK** の数は 0 個という結果であった。また乗り物移動期間においても 150 日間で検出された **BLACK** の数は 51 個と少なかった。これらの状況別アプローチのなかでは、GPS による絶対値情報を利用する手法が圧倒的に **BLACK** の検出数が多いという結果となった。

7.1.1 各アプローチによる判定結果の考察

今回用いた端末は、GPS による絶対位置情報の取得を安定して行えており、移動中に GPS による位置情報が取得できないというケースが稀だった。そのため、乗り物移動期間を利用して、抽出できた移動基地局の数は少ないという結果になってしまった。しかし、携帯端末によっては高速移動していると GPS による絶対位置情報の取得が不安定になる傾向のものがある。そういった場合には、乗り物移動期間から抽出できる基地局の個数は今回よりも増えるということが予想される。

7.2 ベイジアンフィルタリングの評価

評価を行った期間で検出できた **BLACK** と **WHITE** の個数を図 10 に示す。図 9 に示されている判定結果を学習データとしてベイジアンフィルタリングに与え無線 LAN 基地局の移動性判定を行う。その際に用いる正解セットには学習データを作成した期間とは別の期間から、同様の手法により判定させた結果を用いる。そのとき、学習データとしてすでに判定済みの基地局情報は正解セットから取り除いた。今回の評価では **BLACK** と **WHITE** を各 1600 個ずつ用意し、それらを正解セットとして用意して判定を行った。検証結果を図 11 に示す。 **WHITE** な基地局を判定させた場合の判定精度はとても高いのに対して、

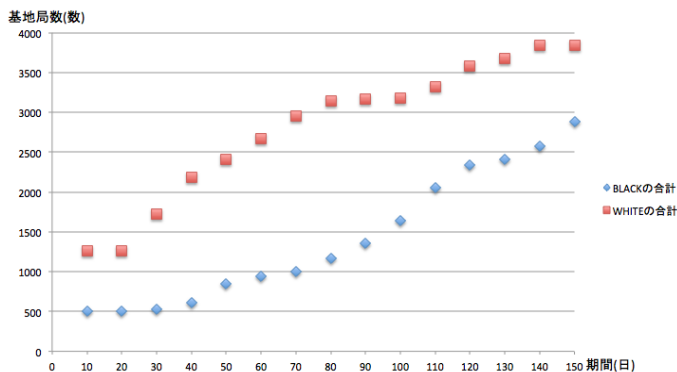


図 10 抽出された BLACK と WHITE の個数

Fig. 10 The number of extracted WHITE and BLACK

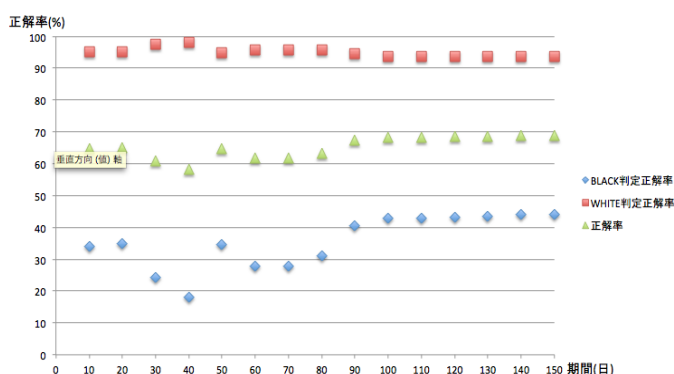


図 11 ベイジアンフィルタリングの正解率

Fig. 11 An accuracy rate of

BLACK な基地局の判定結果は低めになっていた。学習データが少ないと、判定精度にばらつきが出て安定して判定を行えていなかった。逆に、100 日分の学習データを用いてからは、判定精度が安定した。学習データが増えるとなぜかながら正解率が向上していることも確認できた。150 日間の判定結果を用いた場合の判定精度は、68.9%であった。

7.2.1 ベイジアンフィルタリングの精度に関する考察

100 日間より長い期間で学習セットを作成すれば、判定結果が安定することが分かった。このことから、少なくとも 100 日以上学習データを作成し、ベイジアンフィルタリングを活用していくことが好ましい。100 日より短い期間で作成した正解セットを活用した場合には、BLACK の判定正解率が著しく低く、不安定な結果となった。これは、判定したい基地局から抽出される特徴量を、学習データが所持していない場合に、とても小さな値を返すように設定しているためである。BLACK は WHITE よりも学習データが少なく、判定対象の基地局から抽出される特徴量を額種データとして持っていないということが、WHITE の場合より頻繁に起こっているのだと推測する。

8. まとめと今後

8.1 まとめ

本研究では、無線 LAN 基地局を用いた位置推定の精度を低下させる可能性のある、移動基地局を判別を行った。既存研究では、GPS 情報による位置情報の取得を前提としていたため、GPS 情報に依存することのない無線 LAN 基地局の移動性の判定を要件とした。GPS による絶対位置情報の取得できない期間では、ユーザの移動に注目し乗り物で移動している期間と徒歩移動の抽出を行い、その期間で安定して観測されている基地局をユーザと共に移動している基地局とみなした。加えて、ベイジアンフィルタリングを実装し、すでに判定済みの基地局情報を学習データとしてあつかうことにより、さらなる判定を行えるようにした。その結果、ユーザの移動に注目したアプローチでは、携帯端末が GPS による絶対値情報を取得できていない期間が短く、思っていたほどの移動基地局を抽出することができなかった。一方で、ベイジアンフィルタリングに関しては、100 日間よりも長い期間で学習データを作成し、ベイジアンフィルタリングに与えることで 70%前後の正解推定率を得ることができた。

8.2 今後の課題

今回ベイジアンフィルタリングに正解セットとして与えたものが、真に正解セットかどうか証明することができない。そこで、実際に測位システムにこの無線 LAN 基地局の移動性判別結果を与えることで、どの程度測位精度の向上に貢献できたかという評価を行う必要があると考えている。現状では、ベイジアンフィルタリングが BLACK と判断した基地局は DOUBTFUL と分類し管理しているので、ベイジアンフィルタリングの判定結果をどのように活用していくかを改めて考え直す必要がある。

参考文献

- [1] 食べログ. 入手先 (<http://tabelog.com/>)(2013. 5. 15).
- [2] Foursquare. 入手先 (<https://ja.foursquare.com/>)(2013. 5. 15).
- [3] Facebook places. 入手先 (<http://www.facebook.com/about/location/>)(2013. 5. 15).
- [4] Anthony LaMarca, Yatin Chawathe, Sunny Consolvo, Jeffrey Hightower, Ian Smith, James Scott, Tim Sohn, James Howard, Jeff Hughes, Fred Potter, Jason Tabert, Pauline Powledge, Gaetano Borriello, and Bill Schilit. Place Lab: Device Positioning Using base station Beacons in the Wild, Pervasive 2005, LNCS 3468, pp. 116-133 (2005).
- [5] 厩本純一, 塩野崎敦, 末吉隆彦, 味八木隆. PlaceEngine: 実世界集合知に基づく WiFi 位置情報基盤. ソニーコンピュータサイエンス研究所, 東京大学大学院新領域創成科学研究科. インターネットコンファレンス (2006).
- [6] 吉田廣志, 伊藤誠悟, 河口信夫. 無線 LAN を用いた位置推定ポータル Locky.jp と基地局データ収集手法. 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2006) シンポジウム論文集, pp. 281-284,

(2006).

- [7] 桑原雅明. アップデート可能な無線 LAN 基地局トポロジー生成機構. 立命館大学 2010 年修士論文 (2010).
- [8] 何韜, 梶克彦, 河口信夫. 位置推定のための健全性維持手法の大規模無線 LAN データベースへの適用. 電子情報通信学会論文誌, VOL.111, NO.296, pp13-18 (2011).
- [9] 藤井陽光. 屋内細粒度行動認識のための無線 LAN 標本の自動管理機構. 立命館大学修士論文 (2013).