

# 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

吉田 廣志<sup>†</sup> 伊藤 誠悟<sup>†</sup> 河口 信夫<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>名古屋大学大学院情報科学研究科 <sup>‡</sup>名古屋大学大学院工学研究科

## Locky.jp: Position Estimation Portal using Wireless LAN - Accesspoint Location Acquisition Method

Hiroshi Yoshida<sup>†</sup> Seigo Ito<sup>†</sup> Nobuo Kawaguchi<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Graduate School of Information Science, Nagoya University

<sup>‡</sup>Graduate School of Engineering, Nagoya University

### 1. はじめに

近年、大学や企業だけでなく、空港や家庭等の多くの場所で無線 LAN が使われるようになってきた。あらゆる場所で無線 LAN の電波が受信できるようになるに従って、無線 LAN 環境を用いた位置推定システムや、それらを用いた位置情報サービスの提案が多く行われてきた[1][5][6][8][9]。しかしいくつかの位置推定システムにおいては、基地局の位置情報や電波強度情報等の基地局データを事前に収集する必要がある。

無線 LAN を用いた位置推定システムを広域に展開する場合、効率よく広範囲から無線 LAN の基地局データを収集する必要がある。従来、基地局データは、基地局を設置した事業者や個人による情報の提供を除くと、主に War Driving と呼ばれる自動車を用いた収集手法によって集められてきた。しかし自動車による収集は、建物から離れた場所で比較的高速に行うため、徒歩での収集に比べて有用な基地局データを収集し損なう可能性が高いという問題が以前から知られていた。収集された基地局データは位置推定システムの精度とカバー範囲に影響を及ぼす可能性がある。しかし、基地局データを収集する手段や手法、収集効率に関する研究は、今まで行われてこなかった。

そこで本研究では、実環境で利用可能な無線 LAN 位置推定システムの構築を目的として、基地局データの効率的な収集手法の検討を行う。徒歩、自転車、自動車の条件の異なる3種類の移動手段により無線 LAN の基地局データを収集し、得られた情報を基に構築した位置推定システムの精度とカバー範囲により基地局データの収集効率を評価する。

以下では、日本全国において位置推定システムを構築するためのプロジェクトである Locky.jp[1]と、効率的な基地局データ収集手法について述べる。

### 2. 関連研究

#### 2.1. PlaceLab

Intel Research の PlaceLab[2][5]は、既に利用されているビーコン (IEEE802.11, GSM, Bluetooth) の電波情報と位置情報をデータベース化し、それらを利用して位置情報システムを構築することを目的としたプロジェクトである。このビーコンデータベースは、位置推定における精度とカバー範囲に深く関係する重要な要素であり、PlaceLab の提供するサービスの基盤となっている。

PlaceLab では、基地局データを収集するためのソフトウェアを作成し、サイトにて公開している。多数の無線愛好家達は公開されているソフトウェアを利用して War Driving を行い、収集した基地局データを PlaceLab に提供している。

#### 2.2. Locky.jp

Locky.jp は、日本全国における無線 LAN の基地局データをユーザ間のコラボレーションにより収集し、それらの無線 LAN 情報を用いた位置推定システムの構築、および位置情報サービスの提供を目標としたプロジェクトである。

Locky.jp では基地局が持つ固有の ID と、観測地点での受信電波強度、緯度経度を無線 LAN の基地局データとして収集し、基地局データのデータベースを構築している。また、ユーザによる基地局データの収集を支援するため、Locky.jp では位置情報ポータルサイトを構築・運営している。

現在 Locky.jp では、ユーザの環境やスキルに依存しない収集手段を提供するために、観測ツールの開発と、効率の良い基地局データ収集手法の研究を行っている。

### 3. 無線 LAN 基地局データの収集

一般に、無線 LAN を用いた位置推定システムでは、無線 LAN の基地局データを収集し、収集した基地局データのデータベースを用いて位置推定を行っている。基地局データを収集し、位置推定に関する研究を進めるに従い、我々は収集を行う移動手段により取得できる基地局データの収集率が異なることが分かってきた。事前に収集する基地局データの数は位置推定を行う際の推定精度やカバー範囲に影響すると考えられるため、異なる移動手段により収集率にどの程度の違いがあるかを検証する必要がある。

#### 3.1. 従来手法

基地局データの収集手法としては、War Driving と呼ばれる収集が代表的である。War Driving は無線 LAN 機能付き端末 (ノート PC や PDA) と GPS を搭載した自動車で行くことにより、無線 LAN の基地局データを収集する手法である。移動手段に自動車を用いるため、短時間で広範囲の収集を行うことが可能である。

War Driving には、高速な移動速度や自動車の金属フレームが原因で発生する、有用な基地局の見落としという問題が知られている。自動車による収集は、電波が発信される間隔の間に受信範囲を走り去る可能性が徒歩と比較すると高い。また、アンテナを車内に置いた場合には、自動車のフレームが電波を遮る可能性がある。それに加え、基地局が設置されるのは一般的には屋内であるため、比較的基地局から離れた場所での収集となり、自動車が侵入できないような狭い路地等の収集を行うことはできない。

#### 3.2. 収集時の移動手段

基地局データ収集時の移動手段としては、車での移動だけでなく、徒歩や、自転車、バイク等が考えられる。以下では、各収集手段について、利点・欠点などを定性的に挙げて比較し、その結果を表 1 に示す。

- ・ 徒歩

徒歩での移動は家屋に近い場所で収集を行うことが可能であり、基地局からの電波を受信するのに十分な時間をかけて家屋の近隣を通過する。しかしながら移動速度や収集者への負担を考えると、基地局データの収集を広い範囲で行うことには適していない。

- ・ 自転車

自転車は徒歩よりも高速で移動可能であり、徒歩と自動車の中間の距離に移動する時に利用されることが多い。収集に用いれば、徒歩よりも広い範囲を収集することが可能であるが、あまりに広い範囲の収集は収集者への体力的な負担が大きくなる。一般的に一人一台を所有しており、手軽に利用できる移動手段である。

- ・ バイク

バイクは自動車並みの速度で移動可能であり、遠方にあるエリアや広い範囲の収集を行うことが可能である。自動車と比較して、渋滞の影響を受けにくい、狭い路地への進入が容易という利点がある。

- ・ 自動車

自動車での収集は、他の収集手段と比較して広範囲の収集が可能であり、収集者への体力的な負担が少ないという利点がある。欠点として、一方通行や進入禁止等の交通法規の影響を受けること、狭い路地への進入が難しいこと等がある。また、車道を低速で走るとは渋滞や事故の元となるため、収集時には周囲の自動車に応じた速度で移動する必要がある。

表 1:基地局データ収集における移動手段の特徴

	徒歩	自転車	バイク	自動車
金銭的成本	○	○	△	×
体力的コスト	×	△	○	○
単位時間の収集範囲	×	△	○	○
実行環境の汎用性	○	○	×	△
収集の密度	○	△	×	×

### 3.3. 収集手法への外的影響

端末の近くに人がいるだけでも受信電波強度は変化するように、受信する電波に影響を及ぼす要因は、移動手段だけではない。同一地点において観測できる電波の強度が一定ではないことが報告されており、収集時の端末のアンテナの状態や端末周辺の環境は、基地局データの収集率に影響を及ぼすと考えられる[4][6]。

得られる基地局データが変化する外的要因としては、他に収集を行う日時や天気と考えられる。昼間は歩行者や自動車等の電波の伝播を妨げる要因が多いが、その反面深夜にはそれらの要因が少なくなる。住宅地区や商業地区では、平日、休日の違いで交通量は大きく異なるため、無線 LAN 情報の収集に影響を与えると考えられる。また、電波の伝播には、気圧、気温、湿度が関係しており、これらの要因も収集できる基地局データの量に影響していると考えられる。

以上の要因を考慮すると、特定の位置において収集を行う場合でも、一瞬の受信電波強度のみを参考にせず、一定時間計測し続けた値を採用するなど、環境が電波に与える影響を考慮する必要がある。

## 4. 無線 LAN 基地局データ収集効率の検証

移動手段による基地局データの収集効率を比較するための実験を行った。以下ではその概要と結果を述べる。

### 4.1. 実験の設定

徒歩、自転車、自動車の3種類の移動手段を用いて収集を行い、得られた基地局データから構築した位置推定システムの精度により、各収集手段の評価を行った。位置推定システムの推定技術には、Proximity 手法[3]を用いた。Proximity 手法は、端末が観測している基地局からの受信電波強度をリストにし、最も強い受信電波強度を観測した基地局の位置を端末の位置として推定する手法である。

まず、位置推定システムを構築するための学習データとして、各収集手段で1秒毎にGPSによる位置情報と電波情報を収集し、計1800箇所のデータを収集した。次に、評価のための実験データとして、学習データとは独立に1800箇所の位置情報と電波情報を収集する。この位置情報を正解データとし、各学習データを用いて構築した位置推定システムにより推定された位置との差を推定誤差として比較を行う。

### 4.2. 基地局データの収集

評価実験は名古屋大学東山キャンパスの外周で行った。走行経路を電子国土図[10]上に表示したものを図1として示す。中の交点より、反時計回りに周回して収集を行った。実際に収集した基地局データログの一部を図2に示す。

図3は、各収集手段によって収集した学習データと、徒歩により収集した実験データを用いて位置推定精度比較を行った際の、推定位置と正解位置との誤差をメートル単位の分布に表したグラフである。電波を観測して推定可能である範囲の中で、平均の誤差は、徒歩が24.3m、自転車が26.7m、自動車が29.6mであった。基地局からの電波が元々受信できない範囲と、推定システム構築用の学習データ収集時に基地局の見落としが発生して位置推定を行うことができない範囲の

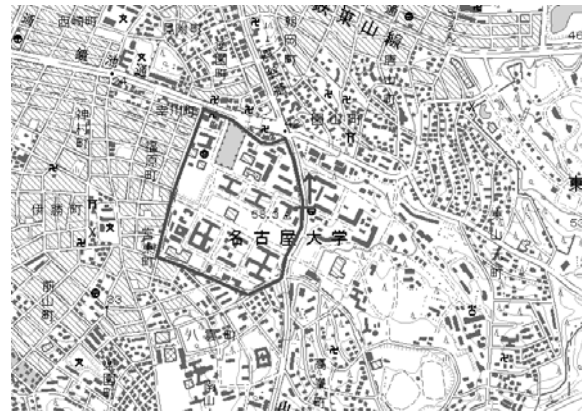


図 1: 名古屋大学周辺地図

```

TYPE=GPS
[TIME=1128332053640|HDOP=4.0|DGPSAGE=|DATE=031005
|QUALITY=1|LAT=35.15483999999999|DGPSID=|STATUS=A
|NUMSAT=00|MODE=A|ANTHEIGHT=44.8|SOG=1.9|VARDIR=W
|VAR=6.9|LON=136.965385|TIMEOFFIX=093418
|GEOHEIGHT=35.7|COG=140.4
TYPE=WIFI
[TIME=1128332055625|ID=00:07:40:***:***
|NAME=nwunet|RSSI=-91|WEP=false|INFR=true
TYPE=WIFI
[TIME=1128332055625|ID=00:07:40:***:***
|NAME=nwunet|RSSI=-90|WEP=false|INFR=true
    
```

図 2: 基地局データログ

割合を、推定不可としてグラフ右端に示した。推定システムのカバー範囲の割合は 100%と推定不可の値の差で示され、徒歩が 86.8%，自転車が 87.8%，自動車が 83.3%であった。平均誤差とカバー範囲を位置推定システムの基地局データの数（徒歩：247，自転車：269，自動車：183）と照らし合わせると、データの数と精度は比例関係とはならないことがわかった。これは特定の位置で観測を続けた場合でも、受信電波強度が一定ではないことが主な原因であると考えられる。しかし複数の基地局データが位置推定に利用できる環境では、三点測量のように複数の基準点を用いた位置推定[5][7]を行うことが可能となるため、Proximity 手法と他の位置推定技術を併用する位置推定システムを構築した場合には、データの数と位置推定精度が比例関係になる可能性がある。また、データの数とカバー範囲には、比例の関係が見られた。これは学習データ収集時の基地局の見落としが、推定システムのカバー範囲に直接影響したものと考えられる。

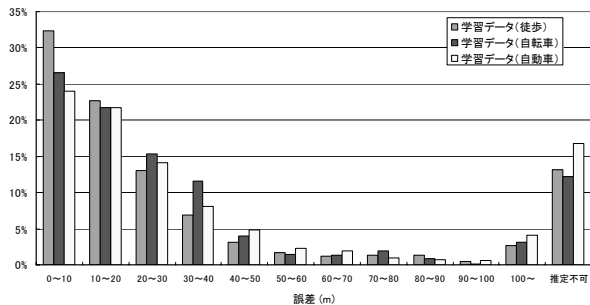


図 3: 徒歩の実験データと各推定システムの誤差分布

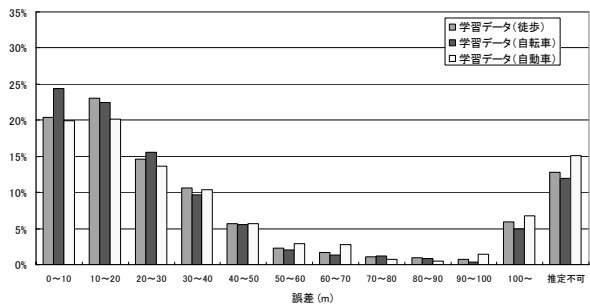


図 4: 自転車の実験データと各推定システムの誤差分布

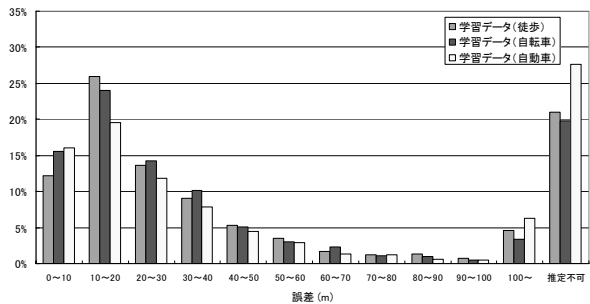


図 5: 自動車の実験データと各推定システムの誤差分布

図 4，図 5 はそれぞれ自転車，自動車による実験データを用いて、徒歩と同様の実験を行った結果である。図 3～5 の 3 つのグラフの共通点として、推定不可の相対的な割合が類似している点がある。実験データを変更してもデータの数量とカバー範囲の比例関係が崩れないことは、位置推定システムのカバー範囲が推定用データの数と比例関係にあることを裏付けている。また、学習データと実験データの収集手段が同じ場合には、その収集手段で構築された位置推定システムの推定精度が相対的に良い値を示している。この特徴が顕著に現われている原因として、データベースに登録する基地局の位置情報に、その基地局からの電波を受信した位置を用いている上に、位置推定技術として Proximity 手法を用いていることが考えられる。しかし顕著な差が見られる範囲は誤差 10 m以内だけであり、より高度な位置推定技術を用いることにより、この特徴は薄れると考えられる。また、複数地点で観測した基地局の受信電波強度と電波の距離特性を利用して発見した基地局の設置位置を推定・再配置することによっても、この現象は見られなくなると考える。

各移動手段を用いた収集における、基地局発見数の網羅率（移動手段による発見数/発見総数）を算出すると、徒歩は 83%，自転車は 91%，自動車は 62%であった。この結果によれば、単位時間当たり自動車は徒歩の 6 倍の範囲が収集可能であっても、収集するデータの質と量は徒歩・自転車による収集に及ばないことがわかる。また、自転車による収集は、徒歩の 3 倍の範囲を高い網羅率で収集し、推定可能な範囲の差では徒歩より優れた結果を示している。この結果より、実社会で利用可能な位置推定システム構築を目的とした基地局データ収集においては、自転車による基地局データの収集が効率的に優秀であることが明らかになった。

### 4.3. 収集効率検証結果の評価

次に、実験により得られた今回の知見が、特定の位置推定技術に依存したものであるかを検証した。4.2 で述べた結果は Proximity 手法によるものである。図 6 に Centroid 手法により同じ検証を行った結果を示す。Centroid 手法は、端末が発見している基地局の位置を Proximity 手法により推定し、それらの重心を端末の位置として推定を行う手法とする。図 6 では 6 つの折れ線は大概に見て共通の特徴を示しており、今回の評価実験により得られた知見が、特定の推定手法に依存したものではないといえる。

## 5. 広域的な無線 LAN 基地局データ収集

前節で述べた検証より、実社会で利用可能な位置推定シ

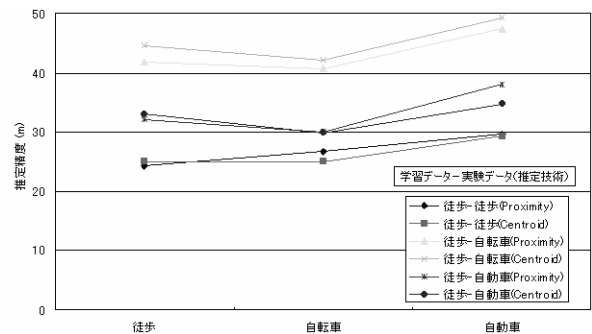


図 6: 収集手法と推定技術

テム構築を目的とした基地局データ収集において、自転車による収集は効率的に優秀であるという知見が得られた。そこで Locky.jp では、自転車による収集を支援するために、無線 LAN 基地局データ収集セット「Locky セット」を作成した。Locky セットによる収集の様子を図 7 に示す。

Locky セットは、ノートパソコン、GPS、無線 LAN カード等、収集に必要なものを、鞆の形態にまとめたものである。収集者はノートパソコンと GPS の電源を入れた後、無線 LAN 電波情報観測ソフトウェア (Stumbler) を起動する。その後、観測結果の記録開始操作と停止操作は、手元のコントローラから行うことができるため、収集者は自転車から降りることなく収集を続けることが可能である。システムが正常に稼動しているかは、定期的に発信される音声によって知らされる。4 時間以上の連続収集が可能であり、鞆の中にある予備バッテリーと取り替えれば、1 日中収集を行うことが可能である。

Locky.jp では、実際に Locky セットを用いて基地局データ



図 7: Locky セット



図 8: Locky セットによる商業地域での収集結果

の収集を行っている。その収集成果の例として、発見した基地局の配置を図 8 に示す。図 8 は愛知県名古屋市中区栄の電子国土地図であり、用途地域は商業地域に指定されている。図中表示されている三角錐は、一つの基地局を表しており、100 平方メートルあたり 8.8 個の基地局を発見している。このように高層ビルにより GPS の精度が良くない商業地域では無線 LAN の使用が比較的多く、この結果は、無線 LAN を用いた位置推定システムが、GPS との相互補完的な利用にも適していることを示している。

また、Locky セットと自転車の組み合わせによる基地局データ収集の効率を比較検討するために、Locky セットと原動機付き自転車の組み合わせにより収集を行った。その結果、収集する地域までの移動時間は原動機付き自転車の方が短い。一方通行の道を収集するために回りこむ時間が必要となり、収集活動全体に必要な時間は自転車による収集と変わらないことがわかった。

## 6. 終わりに

本研究では無線 LAN 情報収集時の移動手段を比較し、収集効率の検討を行った。結果として、自転車による収集は、徒歩に近い精度で単位時間当たりより多くの範囲を収集可能であることが明らかになった。今後は位置推定システムに最適な基地局データ収集手法の検討を深め、収集した情報の有効な利用方法を模索していく予定である。

## 参考文献

- [1] 伊藤誠悟, 吉田廣志, 河口信夫, "locky.jp:無線 LAN を用いた位置情報・測位ポータル", 情報処理学会モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会, Vol.2005, No.90, pp.25-31, 2005 Sep. 15-16 (2005)
- [2] Anthony LaMarca, Jeffrey Hightower, Ian Smith, Sunny Consolvo, "Self-Mapping in 802.11 Location Systems", In Proceedings of the seventh International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2005), pp.87-104 (2005)
- [3] John Krumm, Ken Hinckley, "The Nearest Wireless Proximity Server", In Proceeding of the Sixth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2004), pp.283-300 (2004)
- [4] Jie Yin, Qiang Yang, Lionel Ni, "Adaptive Temporal Radio Maps for Indoor Location Estimation", In Proceedings of The Third IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom2005), pp.85-94 (2005)
- [5] Anthony LaMarca, Yatin Chawathe, Sunny Consolvo, Jeffrey Hightower, Ian Smith, James Scotto, Timothy Sohn, James Howard, Jeff Hughes, Fred Potter, Jason Tabert, Pauline Powledge, Gaetano Borriello, Bill Schilit, "Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild", In Proceedings of The Third International Conference on Pervasive Computing (PERVASIVE 2005), pp.116-133 (2005)
- [6] Paramvir bahl, Venkata N. paramanabham, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System", In Proceeding of The 19th Conference of the IEEE Communications Society (Infocom2000), pp.775-784 (2000)
- [7] Teruaki Kitasuka, Tsuneo Nakanishi, Akira Fukuda "Wireless LAN based Indoor Positioning System WiPS and Its Simulation", In Proceeding of IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM'03), pp.272-275 (2005)
- [8] Ekahau Positioning System - <http://www.ekahau.com/>
- [9] AirLocation - <http://www.hitachi.co.jp/>
- [10] 電子国土 - <http://cyberjapan.jp/>