

第 XVIII 部

無線を用いた位置情報 プラットフォームの構築

第 18 部

無線を用いた位置情報プラットフォームの構築

第 1 章 はじめに

WiL WG は、平成 18 年 8 月に「ワイヤレス位置情報プラットフォーム WG (Locky WG)」として設立された。その後、Locky.jp プロジェクト¹に加え Sony CSL が運営する PlaceEngine²や、その他の研究機関との研究協力を行うため、WiL WG と名称変更し、ワイヤレス位置情報プラットフォームの研究開発を目的として活発に活動を行っている。

1.1 無線 LAN を用いた位置推定技術について

無線技術の発達と普及にともない、社会環境に多数の無線装置が設置されつつある。特に無線 LAN (IEEE802.11a/b/g) 技術は、機器の低価格化やプロバイダによる貸与等により広く普及している。これらの無線 LAN 基地局には固有な ID (BSSID) が振られているため、ID と位置情報 (緯度・経度等) を対応づけたデータベース (Wireless Location Database: 以下 WLDB) を構築することにより、無線 LAN 基地 ID を受信するだけで、受信端末の位置を取得することができる。実際、日本国内では、2006 年時点で無線 LAN 基地局が数百万台普及しており、都市部においては 100 m 四方の街路において 4 ~ 10 局程度の無線 LAN 基地局が観測され、20 m ~ 50 m 程度の位置推定精度が得られることが確認されており、社会基盤としての位置情報システムが構築できる環境が整いつつある。

これまでの位置情報システムは、例えば、GPS のように専用受信機が必要で、屋内での利用が困難なものや、屋内用では RF タグなど、大規模なインフラが必要であったり、高価な機器が必要なものが多い。これに対し、無線 LAN を用いた位置情報システムは、すでに多くの場所においてインフラが存在しているため、WLDB を構築するコストのみで、位

置情報システムの構築が可能になる。また、位置推定を行いたい場所に無線 LAN 基地局が存在しない場合や密度が低くて精度が悪い場合でも、基地局を増やすだけで容易にカバーエリアの増大や、位置推定精度の向上が可能になる。

基地局も位置推定専用とすれば、上流のネットワークは不要であり、太陽電池などを用いて、電源さえ不要とすることができる。さらに、位置推定を行う端末は、無線 LAN を持つだけで良いため、通信デバイスと位置推定デバイスを兼ねることが可能となり、端末の廉価な実現が可能になる。また、GPS と異なり、位置推定を行うための起動時間も必要ないため、起動後、100 msec 以内に位置推定が可能になる点など、バッテリー寿命にも寄与する。

このように、無線技術を用いることにより、多くの利点を持つ位置情報システムが低いコストで実現可能である。しかし、その実現のためには、WLDB を広く集め、定常的にメンテナンスすること、また、廉価で利用できる仕組みの構築やデータ構造の共通化等が必要である。

1.2 これまでの経緯

無線 LAN を用いた位置推定技術は様々な学術機関や民間企業によって検討されている。しかし、個別の機関での検討にとどまり、社会基盤としての位置情報システムの実現性があるにもかかわらず、十分な活動が行われてこなかった。また、米国 IntelResearch による研究プロジェクト PlaceLab³ においては、2003 年より米国内のデータベースの収集を行っているが、日本国内のデータを収集するための活動は存在しなかった。

平成 17 年 7 月 7 日、名古屋大学内の有志により、国内における無線 LAN 位置情報システムに関するポータルサイト Locky.jp が構築された。この後、Locky.jp では、無線 LAN 基地局のデータベースを収集するためのツール Locky Stumbler の提供などを行い、平成 18 年 12 月末には、25 万件を超える無線 LAN 基

1 <http://locky.jp>

2 <http://www.placeengine.com/>

3 <http://www.placelab.org>

表 1.1. WiL WG 2006 年度の活動

実施時期	分類	実施内容
2006/1	普及活動	Locky Stumbler for Windows β_1 公開
2006/2	普及活動	Locky Stumbler for Windows β_2, β_3
2006/3	普及活動	ポータルサイト Locky.jp 全面リニューアル
2006/3	普及活動	アクセスポイントマップ公開
2006/3	実証実験	東京・名古屋・大阪の主要都市部における無線 LAN 位置情報システムの実現可能性検証
2006/4	実証実験	収集手法の違いによる位置推定精度の違いについて検証
2006/5	普及活動	Locky Stumbler for Windows 1.0 公開
2006/6	普及活動	アクセスポイント収集状況推移グラフ公開
2006/7	普及活動	Sony CSL PlaceEngine サイト公開
2006/7	普及活動	Locky Stumbler for Windows 2.0 公開
2006/8		Locky WG 設立
2006/8	普及活動	アクセスポイントカバーエリアマップ公開
2006/9		WIDE CAMP で初 BOF を開催 WiL WG と改名
2006/9	普及活動	Locky Stumbler for FreeBSD 公開
2006/9	普及活動	Locky Stumbler for Linux 公開
2006/10	普及活動	Locky Stumbler for Mac OS 公開
2006/11	普及活動	新世代ロケーションアウェア技術・サービスに関するワークショップ PLACE+ 開催
2006/11	普及活動	無線 LAN 位置情報用ツールキット Locky Toolkit 公開
2006/11	普及活動	Locky Code 仕様策定
2006/12	普及活動	Locky Toolkit for Max OS X 公開
2006/12	普及活動	Locky Virtual GPS 公開
2006/12	普及活動	Locky Toolkit を利用したサンプル位置依存アプリケーション公開

地局情報を収集している。データベースの充実とともに、社会基盤としての無線を用いた位置情報や測位技術に関し、より高度な検討や情報収集・提供が必要となった。そこで、これらの議論を行う場を形成することが必要となる。本 WG の研究活動により、無線を用いた位置情報及び測位技術に関する情報提供、調査・研究開発や啓発活動等を通じ、これらの技術の実用化を図ることが可能になる。

1.3 WiL WG の 2006 年度の活動について

本報告書は、Locky.jp プロジェクト、及び WiL WG においてこれまでに行ってきた普及活動や研究開発について、以下の項目について報告する。

- Locky.jp について
- Locky Code および Locky Toolkit について
- 無線 LAN を用いた広域な位置情報システムに関する検討について
- アクセスポイントに関する情報の効率的な収集手法
- Particle Filter を用いた複数アクセスポイント探索について

また、2006 年度に実施した主な普及活動/実証実験を表 1.1 に示す。

4 無線 LAN 情報とは、無線 LAN アクセスポイントの BSSID、受信電波強度及びそれらが観測された緯度経度である。

第 2 章 Locky.jp

Locky.jp とはユーザコラボレーションによる無線 LAN 位置推定システムの構築と無線 LAN を用いた位置依存アプリケーションの提供を目指し、運営されている位置情報ポータルである。Locky.jp においては、事前に多数のユーザによって収集された無線 LAN 情報⁴とユーザが現在の場所で観測できるアクセスポイントからの、受信電波強度を利用して端末の位置推定を行う。

2.1 目的

Locky.jp の活動における目的は主に次の 2 つである。

1. 市中に存在する既設の膨大な数の無線 LAN 環境を用いて無線 LAN 位置推定システムを実現するためには、無線 LAN アクセスポイントの BSSID (Basic Service Set Identifier) やさまざまな場所における無線 LAN アクセスポイント

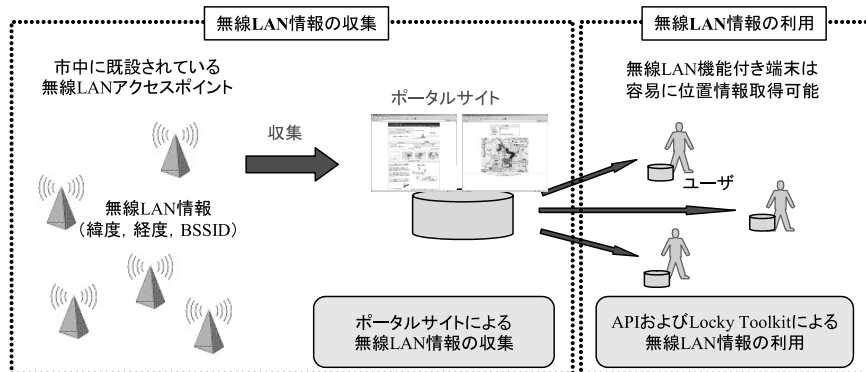


図 2.1. Locky.jp プロジェクトの構想

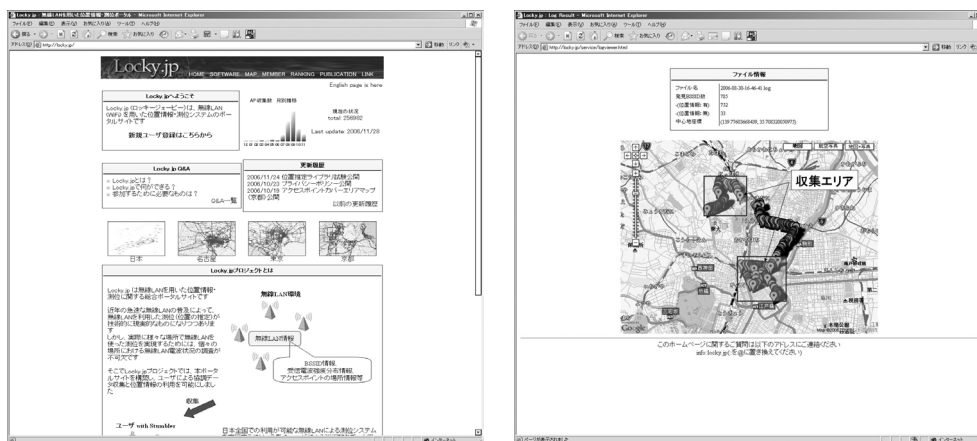


図 2.2. ポータルサイトトップページ (左) と収集履歴の表示 (右)

からの受信電波強度分布等の無線 LAN 情報を事前に収集することが必要である。Locky プロジェクトではユーザコラボレーションにより無線 LAN 情報を収集する。(2.4 節)

- 2.1. において多数のユーザより収集した無線 LAN 情報をコンパクトなファイルサイズでユーザに提供する。加えて、ユーザが無線 LAN 機能付き端末で容易に位置情報を取得できるように API 付き Toolkit を提供する。ファイルサイズをコンパクトにする事により無線 LAN 機能を持った組み込み機器に容易に位置情報を提供でき、Toolkit の利用により様々なユーザが研究や開発において、位置情報を考慮したアプリケーションを容易に作成できる。(3 章)

無線 LAN を用いた位置推定システム実現のための無線 LAN 情報の収集から、Toolkit による位置情報を考慮したアプリケーション構築基盤の提供までが Locky.jp の目的である。

2.2 Locky.jp プロジェクトの構想

Locky.jp プロジェクトの構想を図 2.1 に示す。Locky.jp では主に、無線 LAN 情報を収集する段階(2.4 節)と、無線 LAN 情報を利用する段階(3 章)の 2 段階に分かれる。無線 LAN 情報の収集では、収集者は無線 LAN 情報を収集するツール(図 2.3)を用いて調査を行う。収集された無線 LAN 情報はポータルサイト(2.3 節)に集められる。集められた無線 LAN 情報をユーザが利用する際は、ポータルサイトより無線 LAN 情報をダウンロードし、我々が提供している Locky Toolkit による API やサンプルアプリケーションを利用する(3 章)。

2.3 ポータルサイト

ユーザコラボレーションによる無線 LAN 情報の収集を促進するため、我々は無線 LAN 位置情報ポータルサイトの構築・運営を行っている(図 2.2)。ポータルサイト上では、多数のユーザによる現在までの収集

結果の表示、収集ランキングの表示、無線 LAN 情報収集のためのソフトウェアの公開、無線 LAN 情報利用のための Locky Toolkit の公開、Locky Toolkit を利用したサンプルアプリケーションの公開等を行っている。

ユーザはポータルサイトに登録を行った後、無線 LAN 情報のアップロード及びダウンロードが可能となる。ユーザがアップロードした無線 LAN 情報は、ポータルサイト上で地図サービス上において確認でき(図 2.2(右)) どのような経路で無線 LAN 情報を収集したか分かる。

加えて、無線 LAN 情報の収集意欲を喚起するためにユーザ毎のアクセスポイント発見数を集計し、収集ランキングとして提示している。

2.4 無線 LAN 情報の収集

Locky.jp において位置情報を得るためには無線 LAN 情報が必須となるため、これらの情報をあらかじめ収集する必要がある。無線 LAN 情報を収集するユーザは、無線 LAN 情報を観測するソフトウェアを用いてさまざまな場所において無線 LAN 情報の収集を実施し(2.5 節) 収集された無線 LAN 情報はポータルサイトへ登録する(2.6 節)。

2.5 Locky Stumbler による収集

Locky Stumbler とは我々が開発した無線 LAN 情報を収集するためのツールである。図 2.3 に Locky Stumbler を示す。Locky Stumbler では、無線 LAN アクセスポイントに関する BSSID、受信電波強度、観測時間等と、GPS が接続されている場合には、それらが観測された場所の緯度経度をログファイルとして保存する。例えば下記の Locky Stumbler 観測データ例では、TYPE=GPS 以下の行において GPS から取得した緯度経度を表し、その緯度経度での観測された無線 LAN の BSSID、受信電波強度等を TYPE=WIFI 以下の行に表している。

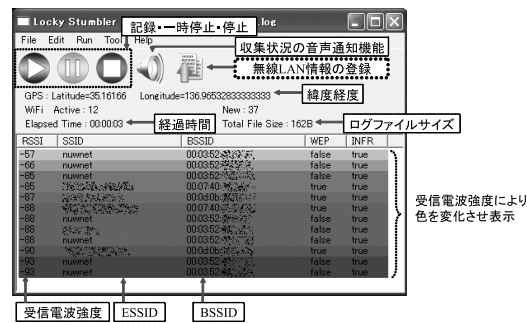


図 2.3. Locky Stumbler

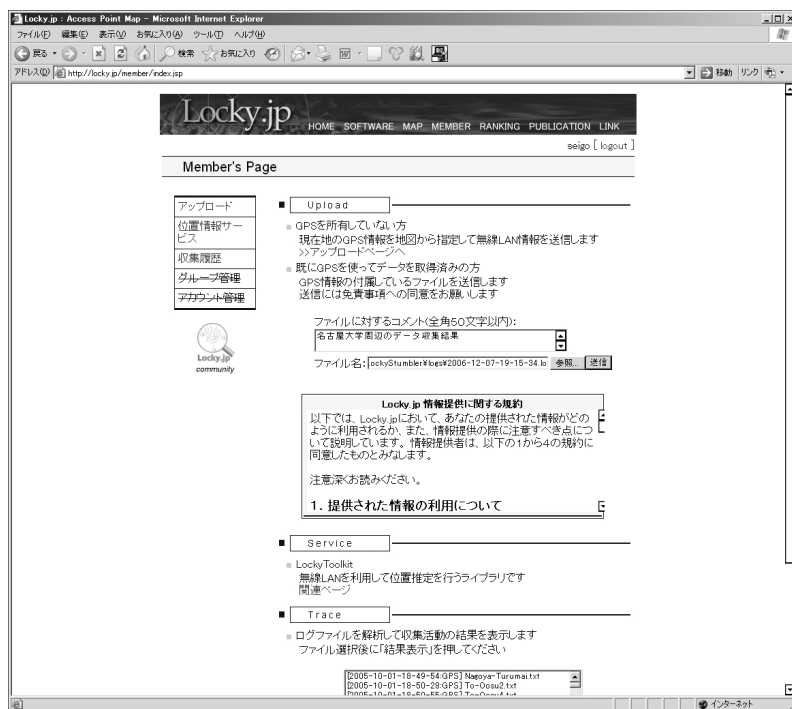


図 2.4. Web からの無線 LAN 情報の登録

Locky.jp Ranking - Microsoft Internet Explorer

http://locky.jp/member/ranking.html

Locky.jp HOME SOFTWARE MAP MEMBER RANKING PUBLICATION LINK

Ranking

[User Ranking] [Group Ranking]

User Ranking

Rank	User Name	AP Count	CB	Share
1	kgwms	53508	-	19.83%
2	jun	31585	21923	11.70%
3	yoshifuji	29221	2364	10.83%
4	seigo	25670	3551	9.51%
5	riho-m	18300	7370	6.78%
6	yoshida	17745	555	6.57%
7	ynegishi	16744	1001	6.20%
8	monkawa	12700	4044	4.70%
9	sun	11181	1519	4.14%
10	motonori	10941	240	4.05%
11	metal	9797	1144	3.63%
12	sakane	8951	846	3.31%
13	inanyo	5278	3673	1.95%
14	nakayama	4110	1198	1.52%
15	shin	3100	1010	1.14%
16	sunohara	2208	892	0.81%
17	dcl_game	1634	574	0.60%
18	yuudra	1188	446	0.44%
19	kasahara	928	260	0.34%
20	seamans	849	79	0.31%

Group Ranking

Rank	Group Name	AP Count	CB	Share
1	kawa	53508	-	19.83%
2	jun	31585	21923	11.70%
3	yoshifuji	29221	2364	10.83%
4	seigo	25670	3551	9.51%
5	riho-m	18300	7370	6.78%
6	yoshida	17745	555	6.57%
7	ynegishi	16744	1001	6.20%
8	monkawa	12700	4044	4.70%
9	sun	11181	1519	4.14%
10	motonori	10941	240	4.05%
11	metal	9797	1144	3.63%

図 2.5. ユーザランキング

Locky Stumbler 観測データ例

TYPE=GPS

```
|TIME=1122022567250|HDOP=1.9
|DGPSID=|STATUS=A|NUMSAT=03
|MODE=A|ANTHEIGHT=44.5|SOG=11.4
|VARDIR=W|VAR=7.1|LON=136.96570833
|TIMEOFFIX=085608|GEOHEIGHT=35.7
```

TYPE=WIFI

```
|TIME=1122022567328
|ID=00:03:52:****:**|NAME=nwnet
|RSSI=-77|WEP=false|INFR=true
```

TYPE=WIFI

```
|TIME=1122022567328
|ID=00:03:52:****:**|NAME=nwnet
|RSSI=-79|WEP=false|INFR=true
```

加えて、GPSを保持していないユーザのために、現在ユーザがいる緯度経度を Web 地図サービス上で手動指定することにより、無線 LAN 情報の収集に貢献できる仕組みも提供している。

2.6 ポータルサイトへの無線 LAN 情報の登録

Locky Stumbler により収集した後、ユーザは無線 LAN 情報をポータルサイトへ登録する。ポータル

サイトへの登録は Locky Stumbler にある「無線 LAN 情報の登録」ボタン(図 2.3 上)もしくは、Web からの直接登録が可能である(図 2.4)。登録された無線 LAN 情報は即座にユーザランキングに反映され、各ユーザがどれだけ情報を収集したか分かる(図 2.5)。加えて、ポータルサイトへの無線 LAN 情報登録の際、Locky Stumbler 以外に、既存の PlaceLab Stumbler、NetStumbler も利用可能である。

第 3 章 Locky Code および Locky Toolkit による Locky.jp データベースの利用

3.1 概要

ユーザコラボレーションにより収集された無線 LAN 情報はポータルサイト Locky.jp 上から自由にダウンロード可能である。しかし、Locky Stumbler により出力されたログファイル形式のままではファイルサイズが大きすぎるため(2006 年 11 月時点で 1GB 以上)、無線 LAN アクセスポイント 1 つにつき図 3.1 に示す 16 バイトの形式に変換しユーザに配布する。図 3.1 の形式に変換する事により、現時点

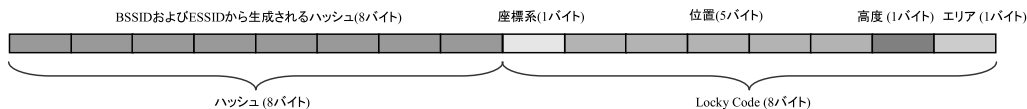


図 3.1. データ形式

で収集されている全ての無線 LAN アクセスポイント約 25 万個に関する情報を 3 MB 程度にできる。

Locky Code とは、日本全土を格子状に分割し、それらの格子に付けられた 8 バイトのアドレスである。緯度経度を Locky Code に変換する理由はデータサイズ削減のためである。例えば、緯度経度をそれぞれ Java における浮動小数点 double で表した場合 16 バイト必要で Locky Code の倍のデータサイズが必要となる。Locky Code へ変換することにより、表現できる精度が 3 メートル程度（厳密には変換前の緯度精度により異なる）になるが、前章までに検討してきた無線 LAN を用いた位置情報システムにおいて 3 m 程度の精度を表現できれば十分であると我々は考えるため、緯度経度を Locky Code に変換し利用する。Locky Toolkit とは Java で実装されたライブラリであり、現在端末が観測できる無線 LAN の受信電波強度から端末の位置推定を行い位置情報を緯度経度もしくは Locky Code により出力する。

3.2 Locky Code

Locky Code の構成要素は以下の 4 つである。

- 座標系 (1 バイト): 座標系は、この Locky Code が表す座標系の番号を表す。日本の場合は、81 (10 進) で表す。
- 位置 (5 バイト): 位置はある基準点からの位置を表す。日本の場合は、北緯 20 度 0 分 0 秒、東経 122 度 0 分 0 秒を基準点とする。日本全体を基準点から東方向に 2 度ずつ 16 マス、北方向に 16 マスを最初の 1 バイトで表現する (図 3.2)。区切られた 1 マスを更に横に 16 マス・縦に 16 マスに区切り (256 個のマスに区切られる)、これを 2 バイト目で表現する。同様に 2 バイト目で表わされた各マスを縦 16 マス・横 16 マスに区切り、3 バイト目で表す。同様に 5 バイト目まで区切る。例えば、愛知県名古屋市千種区不老町 (名古屋大学: 緯度: 35.158935546875 経度: 136.96218872070312) は 10 進数表記で 119.151.75.82.137 と表す。5 バイト目まで区切る。

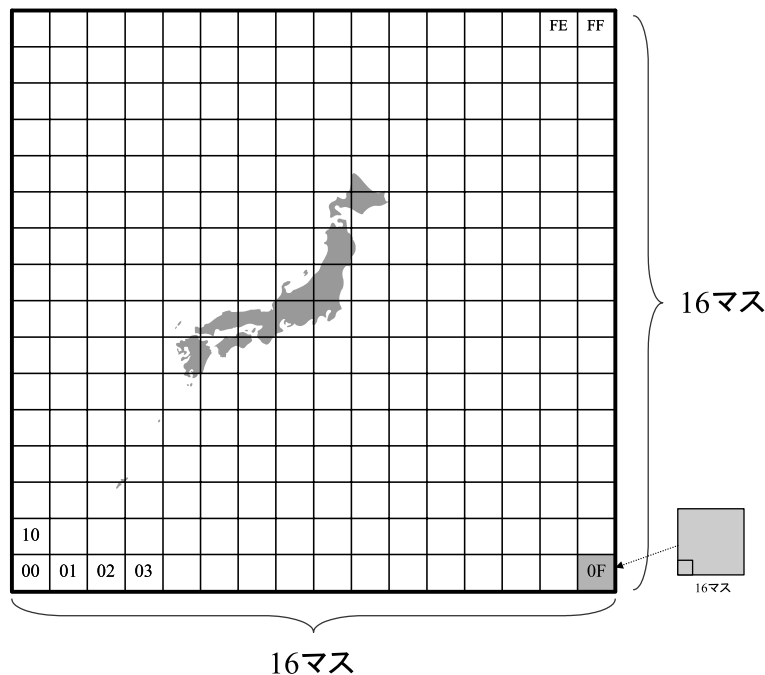


図 3.2. Locky Code における区切り

イトを A.B.C.D.E とした場合、各バイトにおける 1 マスの 1 辺のおおよその大きさは、A : 207 km、B : 12288 m、C : 768 m、D : 48 m、E : 3 m、である（厳密には場所により大きさが多少異なる）、Locky Code と緯度経度の変換式を (1)(2) に示す。

$$\begin{aligned} \text{経度} &= 122 + \{(A \bmod 16) * 2\} \\ &+ \left\{ (B \bmod 16) * \left(\frac{2}{16}\right) \right\} \\ &+ \left\{ (C \bmod 16) * \left(\frac{2}{16 * 16}\right) \right\} \\ &+ \left\{ (D \bmod 16) * \left(\frac{2}{16 * 16 * 16}\right) \right\} \\ &+ \left\{ (E \bmod 16) * \left(\frac{2}{16 * 16 * 16 * 16}\right) \right\} \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{緯度} &= 20 + \left\{ \left(\frac{A - A \bmod 16}{16}\right) * 2 \right\} \\ &+ \left\{ \left(\frac{B - B \bmod 16}{16}\right) * \left(\frac{2}{16}\right) \right\} \\ &+ \left\{ \left(\frac{C - C \bmod 16}{16}\right) * \left(\frac{2}{16 * 16}\right) \right\} \\ &+ \left\{ \left(\frac{D - D \bmod 16}{16}\right) * \left(\frac{2}{16 * 16 * 16}\right) \right\} \\ &+ \left\{ \left(\frac{E - E \bmod 16}{16}\right) * \left(\frac{2}{16 * 16 * 16 * 16}\right) \right\} \quad (2) \end{aligned}$$

- 高度 (1 バイト): 高度を表す。
- エリア (1 バイト): Locky Code の有効範囲を表す。

3.3 Locky Toolkit

Locky Toolkit を用いることによりユーザはアプリケーションを作成する際、容易に位置情報を利用できる。例えば Java では、以下のソースコードを記述するだけで容易に位置情報を取得できる。

まず初めに LockyToolkit オブジェクトを生成し、次に図 3.1 に示した形式の無線 LAN 情報を読み込む。その後は LockyToolkit オブジェクトに対して、getLockyCode メソッドを必要に応じて呼び出すと、現在位置の LockyCode を取得する。

Locky Toolkit 利用例

```
// ① Toolkit オブジェクト生成
LockyToolkit lockyToolkit_ = new LockyToolkit();
// ② データベースの読み込み
lockyToolkit_.openDB();
// ③ 現在位置を Locky Code で取得
LockyCode l_code = lockyToolkit_.getLockyCode();
```

第 4 章 無線 LAN を用いた広域な位置情報システムに関する検討

近年、無線 LAN の急速な普及により、あらゆる環境において無線 LAN アクセスポイントが設置され、広い範囲で利用可能な、無線 LAN を用いた位置情報システムの実現可能性が高まりつつある。本研究が対象とする無線 LAN 位置情報システムでは、アクセスポイントの緯度経度情報および BSSID (Basic Service Set Identifier) を位置推定のための基準点情報として収集し、基準点情報を利用して位置推定を行う。広く利用できる位置情報システムを構築するためには、無線 LAN 位置情報システムの実現可能性を調査し、基準点情報を広域に効率よく収集することが課題となる。加えて、位置情報システムの性能としての位置推定精度や推定可能範囲と、基準点情報の収集手法との関係を明らかにする必要がある。本研究では基準点情報の収集手法について、「収集地域の違い」「収集回数の違い」「収集経路の違い」「収集手段の違い」といった複数の観点から検討および評価を行った。その結果、名古屋、東京、大阪の都市部において、全ての経路のおよそ半分の経路の収集だけでも、80%程度の位置で 30 ~ 50 m の精度で推定可能となることが分かった (wide-paper-wil-seigo-ieeejournal200610-00.txt[287]、wide-paper-wil-seigo-ipsjournal200612-00.txt[288])。

第 5 章 アクセスポイントに関する情報の効率的な収集手法

近年、無線 LAN を用いた位置情報システムが盛んに研究されており、多くの成果が発表されている。しかしながら、ほとんどのシステムはアクセスポイントの位置や電波強度の事前調査が必要である。全国で広く使用可能な位置情報システムを構築するために、我々にはアクセスポイントの情報を効率的に収集する手法が必要である。本研究で、我々は徒歩、自転車、自動車の 3 種類の移動方法を用いた収集手法を、構築した位置情報システムの推定精度により

評価を行った。最後に、我々が現在研究を行っている効率的な収集手法の収集能力を示す (wide-paper-wil-Locky-PreAcquisition-00.txt[278])。

第 6 章 ParticleFilter を用いた複数無線 LAN 基地局 位置推定手法

近年、無許可での無線 LAN 基地局の設置などに対応するため、無線 LAN 基地局の位置を特定するニーズが増えている。無線 LAN 基地局の位置推定手法として、佐藤らのベイズ推定による自走機と指向性アンテナを用いた手法が挙げられる。しかし、複数の無線 LAN 基地局を同時に位置推定するには計算量が大きく、計算量の少ない手法を用いる必要があった。本研究では、指向性アンテナを搭載した自走機で走行し、自身の移動情報と電波強度のデータを取得する。その後、計算量を容易に少なく出来る Particle Filter を用いてデータを解析することにより複数の無線 LAN 基地局の位置を同時に推定することが出来る (wide-paper-wil-ParticleFilter-00.txt[300])。

第 7 章 まとめ

ワイヤレス位置情報システムは、大きな可能性を秘めた技術である。WG 設立当初は、2006 年末に 10 万の WLDB を構築、2007 年 3 月に試験公開の予定であったが、すでに 29 万件のデータが収集できているとともに、WLDB の試験公開、ツールキットの公開も実現できている。当初の予定よりも早く計画が進捗しているのは、WiL WG 及び WIDE メンバーの協力に加え、社会的な関心も高いことも要因である。

今後は、ますますの WLDB の収集件数の増大とともに、ツールキットの品質向上や利用範囲の拡大を行うことをめざす。また、現在、屋外を中心としている WLDB 構築を、駅や地下鉄といった公共の場所での情報収集や収集手法の検討を進める。また、屋内の構造データ等を表現するための構造情報データの検討を進める。