

PlaceEngine: 実世界集合知に基づく WiFi 位置情報基盤

PlaceEngine: a WiFi location platform based on realworld folksonomy

暦本純一¹ 塩野崎敦¹ 末吉隆彦¹ 味八木崇²
Jun Rekimoto Atsushi Shionozaki Takahiko Sueyoshi Takashi Miyaki

¹ ソニーコンピュータサイエンス研究所 インタラクションラボラトリー

Interaction Laboratory,
Sony Computer Science Laboratories, Inc.
{rekimoto,shio,sueyoshi}@csl.sony.co.jp

² 東京大学大学院新領域創成科学研究科 基盤情報学専攻

Graduate School of Frontier Sciences
The University of Tokyo
miyaki@hal.t.utokyo.ac.jp

概要

従来、機器の位置認識には GPS が一般的に用いられて来たが、屋内での使用が不可能・計測開始までに時間がかかる、などの問題があった。無線 LAN の普及を背景に、WiFi アクセスポイントを利用した電測情報によって位置認識を行う方式の実用性が増してきている。無線の電界強度で位置を推定する技術は従来から利用されてきたが、無線基地局が特定の事業者や所有者によって管理されている場合が多く、無線基地局の位置は既知として取り扱うことができた。一方、WiFi 方式位置認識では、不特定の所有者が設置する膨大な個数のアクセスポイントの位置そのものを効率よく推定し、さらに、漸次的に発生するアクセスポイントの追加・削除・位置移動などに対処する必要がある。本論文ではインターネット上での情報集約の考え方として注目される「集合知」の発想を適用し、エンドユーザによる検索要求などからデータベース更新のための情報を抽出する機構を提案する。さらに、位置情報を通常の Web サービスと容易に連携 (mashup) させるための機構についても報告し、実際に作成された位置利用アプリケーションについて紹介する。

1 はじめに

機器の位置認識は、位置情報を利用した各種の応用システム (ナビゲーション、コミュニケーション、セキュリティ、記録、等) を構築する上での重要な共通技術である。従来は GPS を用いた位置推定が主に利用されてきたが、近年、IEEE802.11b/g などの無線 LAN アクセスポイントからの電測情報に基づいて位置を認識する技術が注目されている [1, 3, 4, 9]。

無線 LAN による位置認識は、無線 LAN のアクセスポイントが普及している都市部等で特に実用性が高く、屋内・地下でも使用可能である。WiFi 搭載機器であれば、GPS 等の付加ハードウェアを必要とすることなく位置情報アプリケーションを構築することが可能になる。精度やカバレッジ等の特性の違いから、ただちに GPS による位置測位を置き換えるものではないが、それを補完するものだと考えられる (表 1)。

GPS が装備される機器は携帯電話とカーナビに

ほぼ限られ、その他の携帯機器 (ノート PC、PDA、ゲーム機器) では標準的に利用できるとは限らない。WiFi はノート PC、PDA、携帯ゲーム機器ではほぼ 100% 利用可能であり、音楽プレイヤーやデジタルカメラ等の携帯機器についても近い将来 WiFi 装備が普及する可能性は高い。位置情報を利用する機器の種類が増すにつれ、従来のナビゲーション的な応用にとどまらず、実世界に対する情報の添付 [6, 8]、コミュニケーション支援、行動履歴アーカイビング、記憶支援、ゲームなど、位置を利用する種々の応用システムに適用が可能だと考えられる。

なお、同様な方式は GSM や PHS などの携帯網基地局によっても、また Bluetooth のような近距離無線情報によっても構築可能であるが、前者は携帯機器がそれらの携帯電話基地局の信号強度を取得できる機能を有している必要がある (PHS モデムなど)。後者の場合、室内の限られた環境以外では利用が難しいという問題がある。

また、無線 LAN アクセスポイントの信号強度の

	GPS	WiFi
推定精度	数 m 程度 ¹	数 m ~ 100m 程度 ²
測位時間	数十秒程度 ³	数秒程度
測定機器	GPS が必要	WiFi が必要
データベース	不要	必要
屋内・地下	利用不可	可能 ⁴
フロア認識	不可	登録があれば可能
適用途	屋外・山間部	屋内・都市部

¹ ビルの反射等で精度が悪化する場合があります。

² 観測できるアクセスポイントの推定精度・個数に影響される。

³ コールドスタート時。連続的に取得する場合（ホットスタート）は数秒程度。

⁴ アクセスポイントが設置されている場合。

表 1: GPS・WiFi 方式の比較

みならず、パケットの到来時刻を計測してより高い精度の一測位を行う技術も存在するが、時刻同期が考慮された特別なアクセスポイントを必要とするので、工場やオフィスなどの限定された環境に適している。本論文で想定しているような、街中でも制限なく位置が認識できるものとは適用分野が異なる。

実世界集合知による位置データベース構築

無線 LAN 方式位置認識では、アクセスポイントの位置を特定するためのデータベースを構築・運用することが最大の課題となる。オフィスやキャンパス等の限定された環境下や、特定のプロバイダーのアクセスポイントのみを利用する場合であれば、アクセスポイントの位置を何らかの手段で知ることが可能である。一方、不特定多数の所有者によって設置されたアクセスポイントを利用する場合、その設置場所を知ることが困難である。さらに、これらのアクセスポイントには漸次的な追加・消滅・移動などが発生する可能性がある。したがって、現実的な位置認識システムを構築するためには、これらの条件を考慮して、大量のアクセスポイントの位置を推定し、さらにそれを現実の状態に追従させていく必要がある。この条件が WiFi 利用位置認識技術と、従来の（位置が管理された）無線基地局による位置認識技術と大きく異なる点である。

LaMarca らは、GPS を携帯して街中を移動しながら得た大量の無線 LAN 電界情報のログから、アクセスポイントの位置制約条件を抽出し、アクセスポイントの位置を推定する方式を提案している [5]。しかしながら、アクセスポイント状況は漸次変化していくので、このようなバッチ式の位置更新だけでは変化に追従しきれない。

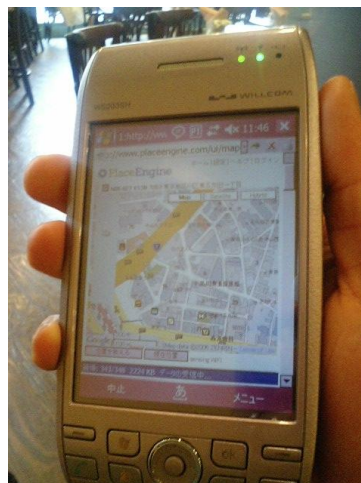


図 1: PlaceEngine を使用した Web サービスの例：通常の Web ブラウザ上で現在位置の取得および現在位置を基点とした情報検索が可能になる

本論文では、バッチ式の位置推定方式に加えて、エンドユーザによる位置アクセスによっても位置情報データベースを更新することを特徴とする無線 LAN 位置情報システム、PlaceEngine について報告する。PlaceEngine 位置システムの特徴を以下に列挙する：

- WiFi センシングによって得た電測情報を位置情報（緯度経度・住所）に変換する Web サービスを提供する。フロア情報（1F, 2F, 構内・地下）などの情報も提供可能である。
- データベースは、GPS や地図マッピングなどを利用して位置情報が添付された電測ログ情報をもとに、アクセスポイントの位置を推定する初期フェーズと、利用者アクセスによる動的なデータベース更新のフェーズを併用する。
- 利用者によるデータベース更新は、利用者が電測情報の測定と同時に明示的に位置を登録する場合に行われるが、利用者が単に位置を検索した場合にも発生する。
- すなわち、大量の利用者が継続的にシステムに対して検索要求を発生する行為自体がデータベースを更新・増大させるための重要な情報源となる。
- Web サービスとしての API を提供するので、位置情報を利用した Web アプリケーションを容易に構築することができる。たとえばレストランガイドのような情報サービスに、現在位置を基点とした検索機能を容易に追加することができる。

利用者アクセスによってデータベースを進化させようという機構は、不特定多数の利用者が Web サイトに対してタグづけする行為等 (folksonomy) の延長として考えることができる。たとえば、ある Web サイトに対して多数の利用者が各自の観点からタグをつけるとする。これらのタグづけ結果を集約すると、対象物 (Web サイト) の特徴情報としての利用価値が出てくる。また、大量の人間による相互に独立な判断を集約した場合に、個々の判断を超えて正確な結果が得られるという現象が知られている (“Wisdom of Crowds”, あるいは「集合知」 [7])。

これらは明示的な情報を集約する例だが、非明示的に情報集約が行われる場合もある。検索エンジンの利用者は、検索システムに情報を与えているという意識を通常は持たないにもかかわらず、不特定多数の利用者が検索システムに与えられるにキーワードを集約していくことで、世間の興味の変遷や、検索キーワードの関連性など情報を抽出することができる。

PlaceEngine でも同様に、実世界におけるアクセスポイントの位置情報を、大量の利用者の明示的・非明示的な情報を集約することで更新することの特徴としている。この構造を「実世界集合知」と呼ぶことにする。

図 1 に、PlaceEngine を用いた典型的なアプリケーションの例を示す。通常の Web ブラウザ上で動作し、「現在地を取得」ボタンを押すことで、現在地が表示され、レストランガイドなどの各種情報サービスを、現在位置を基点として検索することが可能になる。

2 位置推定方式

PlaceEngine では、WiFi アクセスポイントが定期的に発信するビーコンパケットをクライアント機器が受信し、その際に得られるアクセスポイント ID (MAC アドレス) と受信信号強度値 (RSSI¹) を位置推定に用いる。

前節で述べたように、PlaceEngine では位置情報つき電測ログ情報による位置データベースの初期構築と、利用者アクセスから得られる情報による逐次的なデータベース更新を併用している。具体的には、以下のように 2 段階の重み付き平均処理によって、アクセスポイントの位置および利用者の位置推定を行う。

¹received signal strength indication

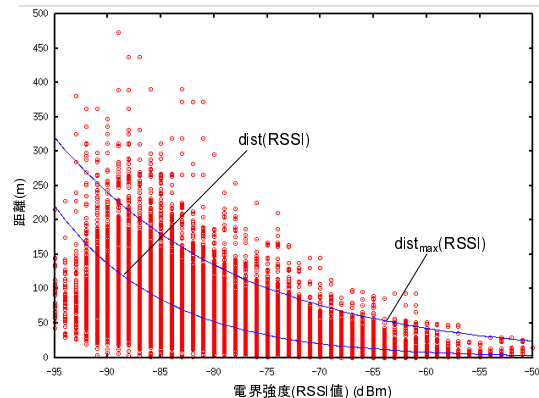


図 2: 信号強度と実際の距離との関係

2.1 準備:信号強度と実測距離との関係

位置データベースの構築に先立って、一般の WiFi 機器を現実的な環境で利用した場合の、距離と信号強度 (RSSI) の関係について検証を行った。

理想的な環境では、信号強度は距離の二乗に反比例するが、実際の環境では、遮蔽物・反射物・ノイズ等の影響を受ける。またアクセスポイント出力強度やアンテナ利得・アンテナ方向など、特定できない要因も多くある。したがって単純に信号強度が距離に関係しているかは自明ではない。

そこで、予備実験として、東京都内にある位置が既知なアクセスポイントに対して、その周辺で信号強度の計測を行った。計測機器は通常のノートパソコン (複数種類利用) を用いた。計測は徒歩 (位置はマニュアルで記録) と自動車 (位置は GPS で記録) で行った。GPS では、測位精度が低い箇所、道路から逸脱している点をデータから削除した。計測を行ったアクセスポイントは約 800 箇所、計測点の合計は約 15,000 箇所である。

計測して得られた RSSI 値と実測距離との関係を図 2 に示す。図からも明らかのように、実際の環境でも RSSI と距離の間には明瞭な関係がある。また、ビーコンパケットの受信は、通常の WiFi 接続が可能な距離 (100m 程度) よりも遠い地点から (200m 程度) でも可能なことがわかる。一方、距離に対して電界強度が弱い場合が多く発生しているが、これは遮蔽等の影響によるものと考えられる。

以上の計測結果を考慮して、以下で述べる位置推定処理では RSSI 値から位置を推定する関数 $dist$ と、RSSI 値から距離の上限を推定する関数 $dist_{max}$ を併用することにする。それぞれ

$$dist(RSSI) = 10^{\frac{A-RSSI}{B}}$$

$$dist_{max}(RSSI) = 10^{\frac{A_{max}-RSSI}{B_{max}}}$$

という形式を用いる (図 2 実線)。 A, B, A_{max}, B_{max} は定数で、計測に用いたデータのうち 50% をカバーすることを条件に算出した値と、95% をカバーすることを条件に算出した値をそれぞれ用いる。

2.2 アクセスポイント位置の初期推定

次に、初期データベースの構築のために、位置情報にタグづけされた WiFi 電測情報のログを利用する。このログは、予備実験のときと同様、GPS で位置計測しながら徒歩・車で移動しながら採取したデータと、地図データから直接データの採取位置をポイントしたデータを併用している。

このようにして得られたログデータは、位置 $OP_k = (x, y)$ から観測できたアクセスポイント情報 $[(AP_1, RSSI_1), (AP_2, RSSI_2), \dots, (AP_n, RSSI_n)]$ の列である。(OP は観測点、AP はアクセスポイント ID, RSSI は信号強度)。このデータから、アクセスポイントの初期位置を以下のようにして推定する：

$$pos(AP_i) = \frac{1}{W} \sum_{j \in AP_i \text{を含む観測点}} \frac{1}{dist(RSSI_j)} OP_j$$

$$W = \sum_j \frac{1}{dist(RSSI_j)}$$

単純に重み付き平均で位置を推定すると、誤りのある位置データが混入した場合に、推定結果への影響が大きい。そこでロバスト平均を利用してこのような誤差の影響が少なくなるようにする。具体的には、平均値を計算し、そこから逸脱しているデータの重みを減らしながら再度平均値を計算する処理を繰り返して推定値を収束させていく。

上記の方式の推定精度評価を行うために、予備実験で用いた、位置が既知なアクセスポイント約 800 箇所に対して、その周辺での観測記録を元に位置推定した結果との距離差分を比較した (図 3)。図 3(上) が観測位置を単純平均したもの、図 3(下) が $dist(RSSI)$ を重み係数として評価した結果である。推定誤差平均値はそれぞれ 32.84m, 9.70m で、RSSI 値を考慮した結果、精度が向上していることが確認できた。

以上の処理により得られた、首都圏近辺の約 14 万箇所のアクセスポイント位置推定結果を図 4 に示す。

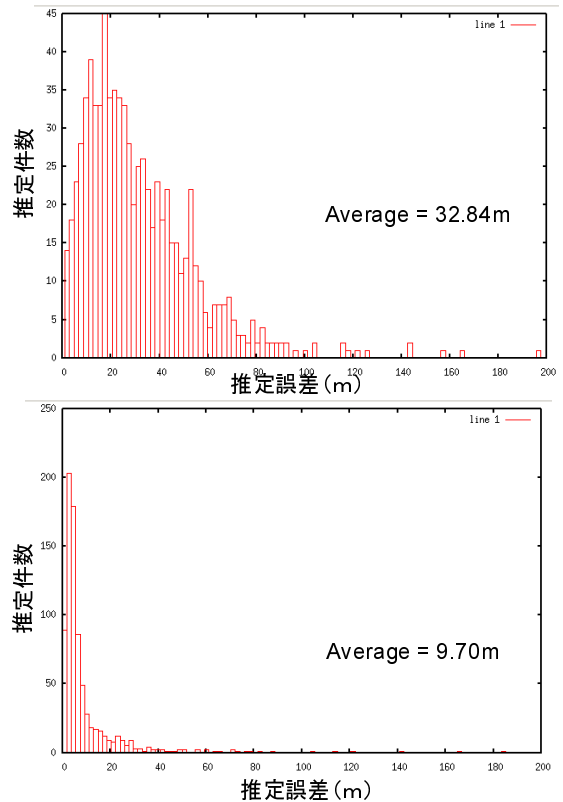


図 3: アクセスポイント推定精度 (上: 単純平均、下: RSSI 値を考慮)

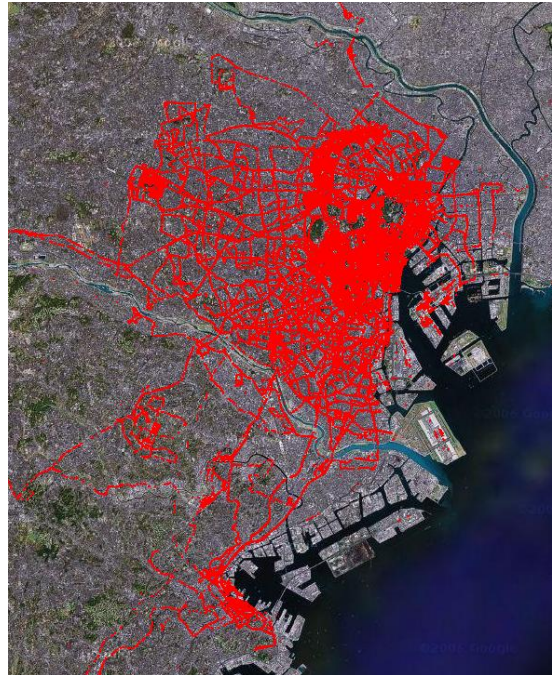


図 4: 推定されたアクセスポイント情報 (首都圏)



図 5: 位置登録インターフェース：緯度経度情報に加えて、フロア情報・施設名などの付加情報を登録することが可能

2.3 機器位置推定

次に、構築されたアクセスポイント位置データベースを利用して、機器の位置を推定する。機器の位置推定もアクセスポイント推定と同様に重みつき平均値推定で行う。

今、機器が周辺のアクセスポイントの信号強度を観測した結果が $[(AP_1, RSSI_1), \dots, (AP_n, RSSI_n)]$ であった場合、機器の位置を観測したアクセスポイントの位置から、

$$pos = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^n \frac{1}{dist(RSSI_i)} pos(AP_i)$$

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{1}{dist(RSSI_i)}$$

として推定する。

2.4 利用者の位置登録/検索によるデータベースの更新

以上の方法によって、アクセスポイント位置の初期データベースを構築し、WiFi 機器位置の推定が可能になる。さらに、運用時に、アクセスポイントの追加・削除・移動などに対応し、また未知のアクセスポイントをデータベースに取り込むために、次の方針でデータベースを変更している。

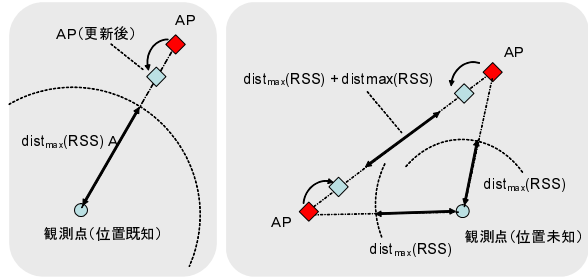


図 6: 位置更新の方針：利用者による位置登録・位置検索に応じてアクセスポイント推定位置を逐次的に更新していく

利用者が明示的に位置を登録する場合

図 5 に示すようなインターフェースで、利用者に明示的に位置を登録してもらう。これにより、位置 $pos = (x, y)$ と電測情報 $[(AP_1, RSSI_1), \dots, (AP_n, RSSI_n)]$ が得られる。位置と信号強度がわかるので、前述の $dist_{max}(RSSI)$ によって推定距離の「上限」を設定する。これは、「ある位置 $pos = (x, y)$ から、距離 d 以内にアクセスポイントが存在しなければならない」という制約条件になる。データベースに登録されているアクセスポイント位置がこの制約を満たさない場合、以下の様にして位置情報を更新する (図 6 左):

$$pos(AP_j)^{new} = t * pos(AP_j) + (1 - t) * pos(AP_j)'$$

ここで $pos(AP)'$ は距離制約に基づいて移動させたアクセスポイントの位置を意味する。 t はデータベースの可塑性を制御する係数で、 t が 1 に近いほど可塑性が低く (元のデータベースを重視)、0 に近いほど可塑性が高くなる (登録値を重視)。現状は $t = 0.5$ としている。

利用者が位置を検索する場合

利用者が単に位置を検索する場合にも、検索パラメタを利用してデータベースを更新させることができる。

まず、検索要求に未知のアクセスポイントが含まれる場合が考えられる。位置情報は既知のアクセスポイント情報から得ることができるが、電測情報にデータベースに登録されていないアクセスポイントが含まれていた場合、推定した位置情報を、そのアクセスポイントの初期登録位置として記録する。図 7

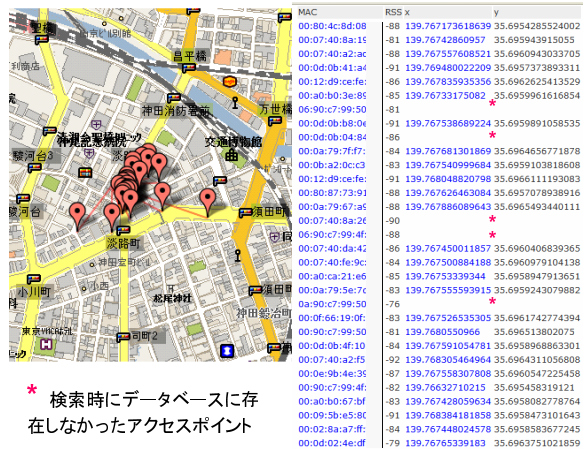


図 7: 位置推定の例: 検索パラメタに、データベースに未登録なアクセスポイント情報が含まれている。このようなパラメタ情報を利用して位置データベースが成長していく。

に典型的な位置検索の際のパラメタの例を示す。検索要求に未知のアクセスポイント情報が含まれている。このような場合、既知のアクセスポイント情報に基づき位置を推定し、未知アクセスポイントの初期位置も推定位置として設定する。

さらに、検索パラメタから アクセスポイント間の距離制約を求める。今、位置が未知の観測点から $[(AP_1, RSSI_1), (AP_2, RSSI_2), \dots, (AP_n, RSSI_n)]$ なる電測情報が観測されたとする。このとき、アクセスポイント間には

$$Dist(AP_i, AP_j) < dist_{max}(RSSI_i) + dist_{max}(RSSI_j)$$

なる制約を課すことにする。ここで $Dist(\cdot, \cdot)$ はデータベース中でのアクセスポイント間の距離、 $dist_{max}(\cdot)$ は信号強度から推定されるアクセスポイントへの距離上限である。アクセスポイントの登録位置が上記の制約を満たさない場合、図 6 (右) のような方針でアクセスポイント推定位置を改善する。

位置更新の効果評価

前節で説明した位置データベース更新アルゴリズムが機能していることを確認するために、位置認識精度の比較実験を行った。位置データベースとしては初期位置推定によって生成したもの(初期位置データベース)と、PlaceEngine サーバを約 1.5ヶ月間運用した結果更新されたデータベース(運用

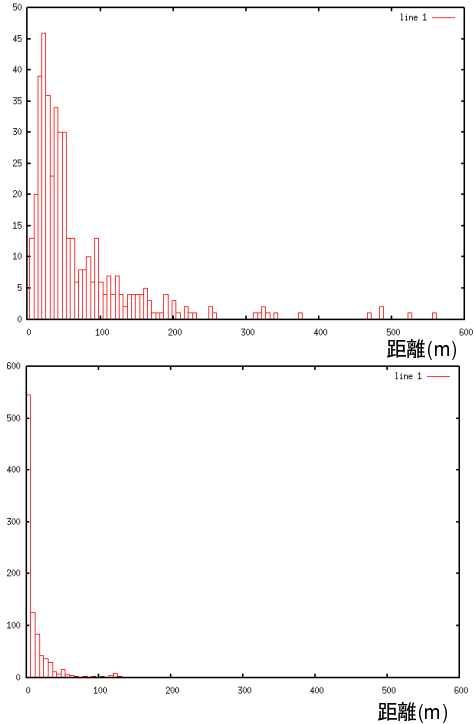


図 8: データベース更新の効果

データベース)の二つを比較した。比較データは、PlaceEngine サーバに利用者が登録した位置情報約 1000 件を用いた。

図 9 上は、初期位置データベースを用いて位置の推定を行った結果である。同図下は、1.5ヶ月間の運用後のデータベースで同じデータに関して位置推定を行った結果である。比較して明確なように、更新のデータベースでは顕著な精度改善が確認できる。

ただし、この結果は利用者が登録・検索した情報に関してデータベースが追従していることを示すもので、総合的な位置認識精度の向上を示すものではなく、必ずしもない。現在、登録データとは独立して位置精度評価用のデータ収集を行っており、このデータを用いてより正確な性能評価実験を行う予定である。

GPS との比較

図 9 は、PlaceEngine システムによって推定された携帯機器の移動軌跡と、携帯 GPS (SONY VGP-BGU1) による位置推定軌跡とを比較したものである。WiFi による位置認識でも、携帯 GPS とほぼ同等の位置推定精度を達成しているのがわかる。また、ビル影や屋内など、GPS による位置推定精度が著しく悪化する場所でも、WiFi による位置推定



図 9: PlaceEngine による位置推定と GPS との比較

が成功しているのがわかる。

3 PlaceEngine システム

PlaceEngine では、上記のようにして構築した位置データベースと位置推定エンジンを、Web サービスとして運用している。² 2006年6月よりグループ内で試験的に利用を開始し、7月上旬から外部に対して一般公開を行っている。

3.1 位置サービスアプリケーション連携

従来の位置情報システムは、専用のアプリケーションソフトとして構築するスタイルが主であったが、最近になって、Google Maps のように Web 上での地図アプリケーション構築環境が急速に普及しつつある [2]。これらの環境では、Web アプリケーション用の API を公開し、他のインターネットサービスとの連携を容易にすることを目的としている。

PlaceEngine でも、位置情報の取得や利用を使った Web アプリケーションの構築や既存サービスとの連携 (mashup) が容易にできるような構成をとっている。具体的には、Javascript ライブラリの形式で、位置推定機能の API を提供し、Web ページ上

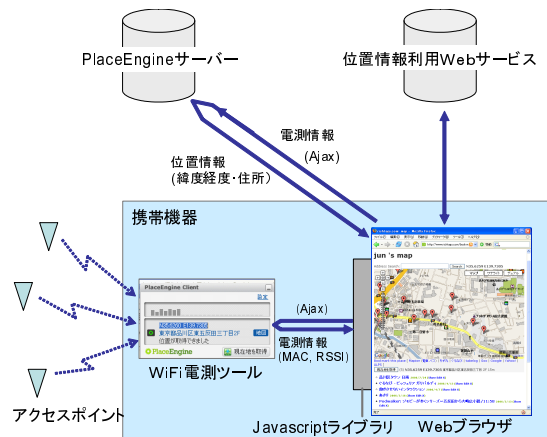


図 10: PlaceEngine システム構成

のスク립トがこのライブラリを呼び出すことで位置情報とサービスの連携を図る。

図 10 に PlaceEngine システムの全体構成を示す。携帯機器側に WiFi 電測を行うためのクライアントプログラムを常駐させておき、Javascript 上のプロセス間通信 (Ajax) 機構を利用してブラウザ上の Web アプリケーションが電測情報を得、さらにそれを PlaceEngine サーバーに送ることで位置情報を得る構成になっている。

図 11 は、C 言語例題の”Hello World” に相当する、非常に簡単な位置情報利用 Web アプリケーション

²URL は <http://www.placeengine.com>



```

<html>
<head>
<meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=utf-8">
<title>Hello Location GoogleMaps</title>
.....
<script type="text/javascript">
    var map = null;
    function load() {
        if (GBrowserIsCompatible()){
            map = new GMap2(document.getElementById("map"));
            map.addControl(new GLargeMapControl());
            map.addControl(new GScaleControl());
            map.setCenter(new GLatLng(37.4419, -122.1419), 16);
        }
    }
</script>
</head>

<body onload="load()" onunload="GUnload(">
<div id="map" style="width: 500px; height: 300px"></div>
<input type="button" value="現在地" onclick="pe.getLocation(">
<span id="pestatus">位置表示欄</span>

<script type="text/javascript">
    var pe = new PEngine({
        idstatus:"pestatus",
        onGetLocation: function(x, y, r, info) {
            if (map != null) map.panTo(new GLatLng(y, x));
        }
    });
</script>
</body>
</html>

```

図 11: “Hello Location”: 位置依存 Web アプリケーションのプログラミング例

の例である。GoogleMaps API を併用して、Web を閲覧する利用者に現在位置情報を提供する。

図 12 は Google Desktop の部品のひとつとして構成した例である。Google Desktop にアクセスするたびに、その位置付近の情報を自動的に表示するようなアプリケーションが構築可能である。

このように、通常の Web アプリケーションを構築するのとほぼ同等の手間で、現在位置情報を利用したサービスが容易に構築可能である。



図 12: Google ホームページに埋め込まれた PlaceEngine 応用サービスの例

4 応用

以下では、PlaceEngine を利用して構築した位置情報応用システムの例を示す。類似の機能は GPS 付き携帯機器でも実現可能であるが、WiFi によるセンシングでは、

- 屋内での位置計測が可能で、
- ノート PC のような、そのユーザが通常の作業に利用している機器で位置情報が可能

な点に特徴があると考えている。

4.1 行動履歴の自動記録

常に携帯するデバイスで、自分の一日の行動履歴を位置ログとして記録する。

モバイル機器をタイマー起動しながら定期的に WiFi 情報を電測し記録する。WiFi 電測時以外はスリープモードにしておくことで、通常の PDA 等でも長期間の自動位置記録が可能になる。ログ記録時には PlaceEngine サーバーとの通信は行わずに、電測情報をそのままファイルにログを記録する。インターネット接続可能な環境（たとえば自宅やオフィス）でサーバーにログをアップロードし、サーバー側で位置情報に変換して最終的な行動履歴を得る。

この機構をスマートフォン (Willcom ZERO-3) 上に実装した。タイマー起動で 2 分に 1 回のペースで WiFi 電測を行う場合、標準装備のバッテリーで約 2 日間の連続使用が可能である。図 13 は、携帯機器を持ちながら銀座でショッピングした際の位置情報履歴を記録・再現した例である。

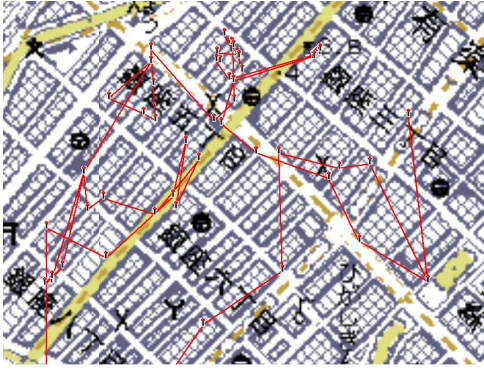


図 13: 行動履歴ロギングの例

このようにして、自分の位置履歴が時刻付き情報として蓄積されるようになると、他の、任意の時刻付き情報に位置情報を自動添付させることが可能になる。たとえば以下のような応用が考えられる。

- 写真に位置を記録する。デジタルカメラで撮影した写真データを、上記の方法で取得した行動履歴とを時刻データで照合し、もっとも近い時刻の位置データを写真の位置情報として設定する。デジタルカメラ側に特別な機構は必要としない。これにより、地図への写真の添付や、ブログ写真への自動的な位置情報のリンクなどが可能になる。
- 行動履歴に基づいた情報検索・コミュニケーション: 位置を常に記録することで、「あの日散歩中に見かけた店の名前は」など、位置・時間・行動に依存した情報検索が可能になる。また、同様の機構を複数人で共有することで「あの日の夜のパーティで同席だった人たちにメッセージを送る」のようなコミュニケーションが可能になる。
- 複数人の位置履歴情報を照合させることで、いつどこで会っていたなどの対人情報を抽出することが可能になる。

4.2 プレゼンス共有

メッセージングや iChat などのインスタントメッセージシステムでは、Online, Idle, Busy などのユーザのプレゼンス状態を交換する機能が装備されている。これによって相手の状況を漠然と把握し、存在を確認する「ゆるい」コミュニケーションが可能になっている。PlaceEngine の機能を使って、プレゼンス情報として位置を交換することが可能になる。これにより、友人のリストを現在位置からの距離で整



図 14: 位置情報に基づくコミュニケーション

列して表示したり、近傍の友人のみに選択的にメッセージを送ることが可能になる。

図 14 はこの発想に基づいて Skype のフレンドリストを位置を考慮してブラウズできるようにしたもので、

- 利用者の現在位置を定期的に計測し、地図や近隣情報などを表示する。
- 友人間で位置を交換し、フレンドリストを距離順にソートして表示する。
- 近傍の人だけに選択的にメッセージを送る。

などの機能を提供している。たとえば、キャンパスやオフィスを移動しながらネットワークを利用しているユーザ同士で、互いの位置関係を把握して「近くにいるようですので、ランチでも一緒にどうですか」などのメッセージを送ることが可能になる。

同様の機構により、mixi などのソーシャルコミュニケーションに位置情報によって拡張することも可能であろう。たとえば、現在位置の近傍にいる友人に選択的にメッセージを送ったり、ある場所の近傍にいる人のみが閲覧できるコミュニティを作成したり、ということが可能になる。

5 議論と今後の課題

本論文では、WiFi 電測情報を利用した位置基盤システム、PlaceEngine について報告した。PlaceEngine では、アクセスポイントの位置データベースの更新・発展に利用からのアクセス情報を積極的に利用する点に特徴がある。また Web サービス API を提供して、新規・既存の Web アプリケーションと容易に連携できることを特徴としている。

PlaceEngine は現状でも実用的な位置基盤システムとして利用可能だと考えているが、今後は位置認識可能エリアの拡大を図るとともに、より大規模な推定精度評価実験を行う予定である。位置認識シス

テムとしては、以下の点にも考慮する必要があると考えている：

プライバシー

位置情報は、プライバシー情報と成り得るのでその扱いに留意しなければならない。とくに Web アプリケーションが位置情報を扱えるようになるので、利便性と同時に個人情報保護に配慮したシステムとして構築する必要がある。

位置表記記法

PlaceEngine で提供する位置情報は緯度・経度と、住所表示が基本であるが、利用者が登録したタグ情報（施設名・フロア情報等）も補助的に提供している。現状では補助情報の記法を統一していないが、なんらかの標準記法が求められる。

システム構成

本論文では、位置データベースはネットワーク上に集約され、各携帯機器はデータベースに問い合わせで位置を得る構成について主に述べてきた。一方、データベース（に相当する情報）を携帯機器上に搭載して、通信を介することなく位置を取得する構成も当然可能である。たとえばゲーム機器や音楽プレイヤーでは、携帯機器に搭載されたデータベースによって位置を得、それを再生音楽の選択やゲームキャラクターの挙動などに対応させることができる。WiFi による位置認識結果を GPS と同じフォーマットで取り出すことによって、GPS が搭載されていない WiFi 機器で GPS 対応の地図ソフトなどを駆動するなど、GPS エミュレーション的な使用方法も可能である。

一方、位置履歴の応用で述べたように、携帯機器が電測情報の取得を行った時点では、必ずしもただちに位置情報を得る必要がない応用もある。たとえばデジタルカメラに WiFi 機能が搭載された場合、写真には電測情報の添付のみを行い、ネットワーク接続可能な環境で一括して電測情報を位置情報に変換する方法も考えられる。

参考文献

- [1] ekahau home page. <http://www.akahau.com>.
- [2] Google maps api home page. www.google.com/apis/maps.
- [3] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan. RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system. In *INFOCOM (2)*, pp. 775–784, 2000.
- [4] Anthony LaMarca, Yatin Chawathe, Sunny Consolvo, Jeffrey Hightower, Ian Smith, James Scott, Timothy Sohn, James Howard, Jeff Hughes, Fred Potter, Jason Tabert, Pauline Powledge, Gaetano Borriello, and Bill Schilit. Place Lab: Device positioning using radio beacons in the wild. In *Proceedings of Pervasive 2005*, 2005.
- [5] Anthony LaMarca, Jeff Hightower, Ian Smith¹, and Sunny Consolvo. Self-mapping in 802.11 location systems. In *UbiComp 2005: Ubiquitous Computing, Lecture Notes in Computer Science*, pp. 87–104. Springer Berlin / Heidelberg, 2005.
- [6] Jun Rekimoto, Yuji Ayatsuka, and Kazuteru Hayashi. Augment-able Reality: situated communication through physical and digital spaces. In *Proc. of the Second international symposium on wearable computers (IEEE ISWC'98)*, pp. 68–75, 1998.
- [7] James Surowiecki. *The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few and How Collective Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations*. Doubleday, 2004.
- [8] 垂水浩幸, 森下健, 中尾恵, 上林弥彦. 時空間限定型オブジェクトシステム: SpaceTag. *インタラクティブシステムとソフトウェア VI*, pp. 1–10, 1998.
- [9] 伊藤誠悟, 河口信夫. locky.jp: 無線 LAN を用いた位置情報・測位ポータル. *情報処理学会研究報告 モバイルコンピューティングとユビキタス通信*, No. 2005-MBL-34(4), pp. 25–31, 2005.