



5

森 信一郎

(株) 富士通研究所 メディア処理システム研究所

スマートフォン向け 屋内測位技術の動向と 新技術の紹介

■ 概要

最近、海外で自分の位置情報を友人と共有するソーシャルサービスの普及が始まっている。Foursquare (4sq) は自分のいる場所をネットに登録(チェックイン)することで、自分の位置を友人に公開する。すでに全世界で650万人を超える勢いで拡大しており、今後も拡大傾向にある。自分の位置を公開する主たる理由は友人と位置に関する情報(お店情報など)の共有であるが、最近ではネット上で人の信頼性を評価する手段としても利用されつつある。つまり、個人が公開しているプロフィールとその人の行動履歴で人を評価するということである。日本において、彼氏の移動履歴を共有する「カレログ」が社会的問題になったことは記憶に新しい。これまでの人の位置情報は安心安全性、利便性(ナビなど)、効率性の向上を目的としてサービスが提供されてきた。基本的にGPSが多用され、その性能は屋外で数m～十数m程度である。しかし、上記のように人の位置情報の利用形態が多様化し、最近では人のコンテキストに応じたサービス提供を行う提案¹⁾もされており、GPS以上の測位精度を持つシステムの要望が高くなると思われる。特に、屋内測位はGPSでは利用が困難なため、その需要は大きいと言える。

一方、移動携帯端末としてスマートフォンが普及し、Webサービスがこれまでより容易に利用できる環境が整った。また、スマートフォンの多くは人のコンテキストを把握するセンサ(加速度センサ、ジャイロセンサ、地磁気センサ、温度センサなど)

が実装されており、それらの情報をネットワークに提供することが可能となっている。しかし、これらWebサービスが多用されていることから、スマートフォンとサーバをつなぐ広域無線公衆回線の帯域が圧迫され、課題になっている。そこで、人が集まるような場所には無線LANによるホットスポットを構築し、ユーザの無線LAN利用を促進することで広域無線公衆回線の帯域圧迫問題を緩和しようという動きが各キャリアで進められている。その数は2012年度までに数十万カ所とも言われており、ほぼ日本全土で人が多く集まる場所にはホットスポットが提供され、インフラとしての活用が期待されている。

このような背景から、今後は無線LANのホットスポットを使った高精度な屋内測位技術が急速に発展するのではないかと考えられる。

■ 無線LANによる屋内測位システム

無線LANを使った屋内測位システムはすでに多くの研究者が研究を進めており、スマートフォンで利用されているものもある。無線LANによる測位方式の分類を表-1に示す。

無線LANを使った測位技術は3種類に分類することができる。それぞれの特徴について説明する。

■ AP検知方式

AP(基地局)検知方式は、設置位置が既知のAPを携帯端末の無線LAN受信機が検出することで携帯端末の位置を取得する。APの位置を携帯端末の

測位方式	概要	性能	備考
AP※1 検知方式	AP 検知で位置特定	数 m ~ 100m	連続測位不可
基地局間距離測定方式	AP との距離測定で位置を特定	5m ~ 10m※2	専用 AP が必要
電界強度測定方式	AP の電界強度で位置を特定	5m ~ 10m※2	既存 AP が利用可能

※1 無線 LAN 基地局

※2 電波障壁のない環境下での精度

表-1 無線 LAN を使った測位技術

位置として近似化する方式や、受信した AP の電界強度から AP と携帯端末間の距離を推定し、より正確な携帯端末の位置を算出する方式もある。AP 検知方式の概要図を図-1 に示す。

AP の存在を検知する方式のため、測位精度は AP の電波を受信できる範囲と同じで数 m から 100m 程度である。AP の電波出力を小さくすれば、測位精度を向上させることができるが、多数の AP が必要となる。

■ 基地局間距離測定方式

携帯端末と複数の AP 間の距離を測定し三角法を用いて携帯端末の位置を取得する方式である。電波の到達時間を測定して距離を測定するため、すでに位置情報が分かっている場所に測位専用の AP を設置する必要がある。また、測位を同期して行うため、測定基地局の間で高精度な同期システムも必要となる。GPS⁴⁾ が複数の衛星からの電波を同時に受信して携帯端末の位置を算出するのに対し、無線 LAN による基地局間距離測定方式は、携帯端末からの電波が複数の基地局に到達する時間を基地局側で測定し、その情報から各基地局と携帯端末の距離を推定する。推定された距離と既知である基地局の位置情報から携帯端末の位置を基地局側で算出する。基地局側で測定することで、携帯端末には測位に特化した技術の搭載が不要で、無線 LAN を搭載した端末であれば携帯端末の位置算出が可能となる。AP から携帯端末までの電波の到達距離を測定するため、電波の反射が少ない大きな広い屋内での利用に適している。電波が反射するような環境では距離補正を

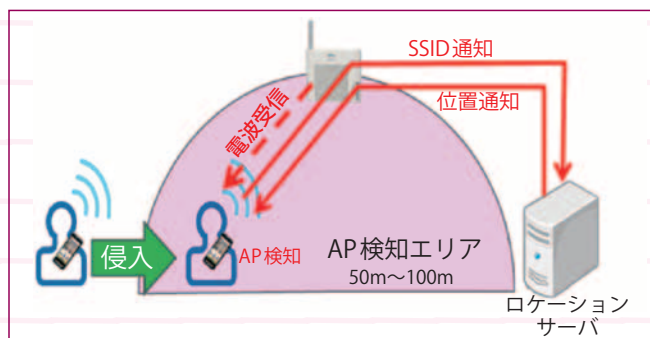


図-1 AP 検知方式

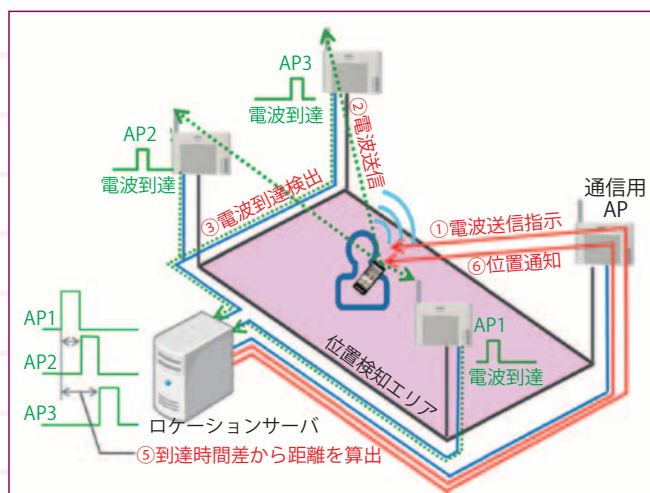


図-2 基地局間距離測定方式

含めたアルゴリズムが別途必要となる。図-2 に基地局間距離測定方式の概要図を示す。

基地局間距離測定方式の場合、電波障壁のない状態で測位精度は約 5m ~ 10m くらいである。AP の電波の到達距離などを考慮すると、最小の AP の構成で適用範囲はおおよそ 50m 四方の対応が可能である。しかし、オフィスなど電波の反射が多い環境で利用する場合は測位精度が大きく劣化するため、AP の電波到達距離を短くし、適用範囲を小さくし、複数の小さいエリアを設けることで測位精度を改善する必要がある。

■ 電界強度測定方式

AP から放射される電波の強度をいろいろな場所であらかじめ測定して電界強度地図として保存しておき、携帯端末で観測された電波の強度情報をその地図情報に照らし合わせ位置を算出する方式²⁾である。1 つの AP から放射される電波の電界強度 MAP

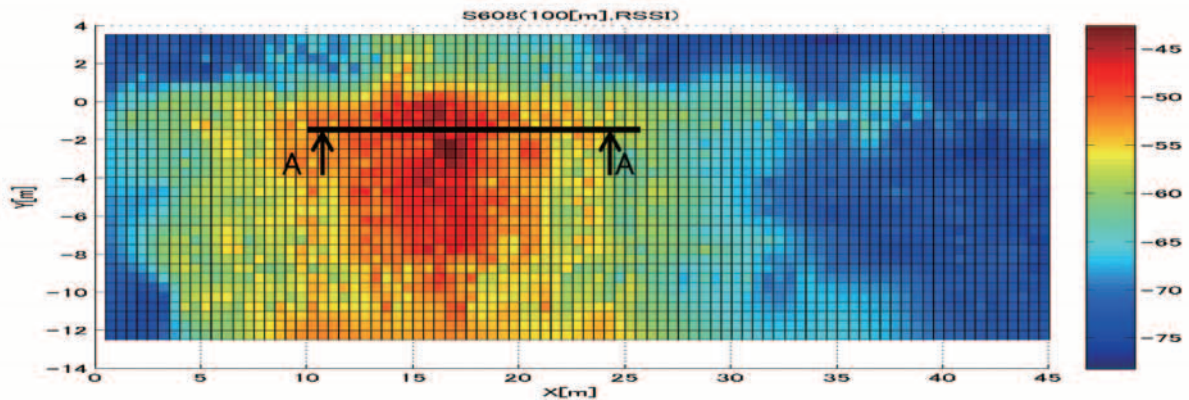


図-3 電界強度 MAP 例

例を図-3に示す。

あるAPから放射される電界強度を上面から場所ごとに示している。赤色になるほど電界強度が高い。つまり、図-3においては最も濃い赤色を示している場所にAPが設置されていると考えられる。図-3のA-A断面矢視の電界強度を図-4に示す。

縦軸が電界強度で上に行くほど高いことを示している。このようにAPから離れるほど電界強度が下がっていくことが分かる。しかし、図-3からは必ずしも距離に応じて電界強度が下がっているわけではないことが分かる。これは屋内の壁などの構造物に電波が反射すること起因している。そのため、基地局からの距離に応じた電界強度を推定することが困難となっている。しかし、基地局間距離測定方式と違って電波を発する基地局が固定で移動しないため、マルチパスを含む電波の挙動が常に同じとなり屋内の電界強度分布は構造物に変化がなければ変化がない。したがって、図-3に示す電界強度分布はオフィス内のロッカーを移動した場合や、部屋の構造を変更した場合を除き常に同じ電界強度分布を示す。電界強度測定方式は、この特徴を利用して比較的屋内のようにマルチパスが発生しやすい環境においても安定して測位を行うことができる。具体的に測位を行うためには携帯端末で測定した電界強度がどの場所に相当するか推定する必要がある。単体のAPだと解が複数発生するため、複数のAPを使って解を特定する。図-5に概要図を示す。基地局から等高線のように描かれている円は各APからの

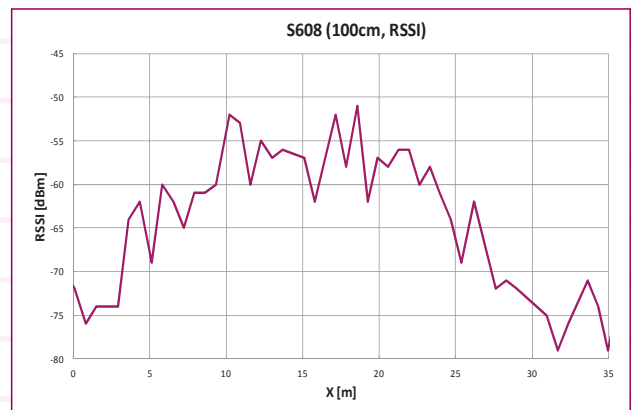


図-4 A-A断面矢視の電界強度

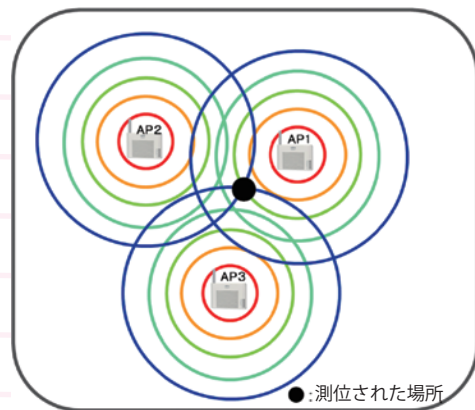


図-5 複数の基地局による場所推定

同じ受信強度の場所を示す。複数のAPから電波が放射され、携帯端末の位置で受信された各基地局の受信強度同士が交わる交点に携帯端末がいると推定することができる。

しかし、無線LANの電波の反射は窓の外の移動体(自動車など)にも影響を受けるため、同じ場所でも電波強度がバラつく。また、携帯端末に搭載され

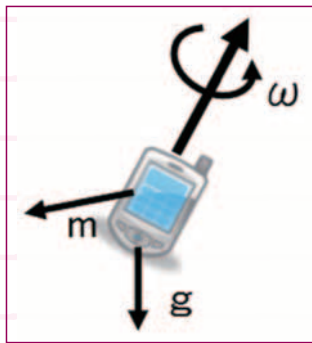


図-6 携帯端末の状態量

ているアンテナも指向性があるため、携帯端末の固定場所によっても電波強度が変化する。このような変動が測位誤差として表れるため、一般的にカルマンフィルタ等のフィルタを通して測位精度は5m以上とされている。

■ 高精度屋内測位技術

以上のように無線LAN単独での測位では測位精度を5m以下にすることは難しい。しかし、屋内の位置情報サービスを考えた場合、屋外と比較して人が位置を認識する構造物が近いこと、測位精度が悪いと違和感がある。たとえばオフィスで人が認識しやすい測位精度を考えた場合、最も身近な空間は自席の机周辺である。机の幅は1.5m程度であるから、測位精度も同じ程度必要であると考えられる。そこで、自律航法と無線LAN測位を組み合わせた技術³⁾の研究が進められている。

自律航法とは、携帯端末に実装されているジャイロセンサや加速度センサ等を利用して人の挙動を追跡する技術である。自律航法を行うためには、実装されている端末の姿勢を把握し、地面に対しその姿勢の変化を捉え、それに歩数計などによる移動量を加えることにより、移動ベクトルを推定する必要がある。図-6に携帯端末の姿勢を検出する状態量の概要を示す。gは重力加速度、mは方位ベクトル、omegaは角速度ベクトルを示している。これら状態量から次状態の端末姿勢を推定し、その変化を捉えて移動方向を推定する。

単体では精度が悪いが絶対位置が分かる無線LAN

測位技術と、単体では絶対位置および移動方向が分からないが、単位時間当たりの移動履歴の推定精度が高い自律航法をうまく組み合わせることで、3m以下の高精度測位が実現されている。将来的には1m以下の測位精度も期待されている。

■ 今後のICT

2011年は日本にとって未曾有の大災害に見舞われた年であった。人々はこの自然の脅威に翻弄され叩きのめされ、窮地に立たされた。しかし、人々は途方に暮れるのではなく、まず周囲の人と小さなコミュニティを作り出し、この状況を打破するために活動を開始した。コミュニティはコミュニティを呼び、大きな力となった。その力は世界中の人々に対するメッセージとなり、多くの支援を得るに至った。これらの多くに現在のICTが絡んでいる。便利な技術から、人と人をつなぐ温かい技術へ我々ICTに関係する研究者は協力して支援していかなくてはならない。

測位技術も人と人をつなげる大切な技術である。屋外や屋内、公共機関や徒歩などの状況変化に依存しない測位技術の開発が急務である。

人々を救うICTへ。がんばれニッポン。

参考文献

- 1) 川勝良章, 宇式一雅, 角田忠信, 長谷川尚己, 藤野信次: 周辺機器連携により多様なユーザ支援を可能とするシステムの開発と評価, M-019, FIT2011 (2011).
- 2) Luo, X., O'Brien, W. J. and Julien, C. L.: Comparative Evaluation of Received Signal-strength Index (rssi) based Indoor Localization Techniques for Construction Jobsites, Vol.25, No.2, pp.355-363 (2011).
- 3) Evennou, F. and Marx, F.: Advanced Integration of WiFi and Inertial Navigation Systems for Indoor Mobile Positioning, Hindawi Publishing Corporation EURASIP Journal on Applied Signal Processing Vol.2006, Article ID 86706, pp.1-11.
- 4) 土屋 淳, 辻 宏道: GPS測量の基礎: 日本測量協会, pp.98-100.

(2011年12月31日受付)

■ 森信一郎 (正会員) mori.shinichiro@jp.fujitsu.com
 1987年関西大学工学部卒業。同年富士通(株)入社。博士(情報学)。2010年DICOMOシンポジウム 最優秀論文賞/最優秀発表賞など受賞。高精度測位技術に関する研究に従事。