

携帯端末向け測位技術の動向 サーベイと新技術の紹介

森信一郎 ((株)富士通研究所 ITS 研究センター) 峰野博史 (静岡大学情報学部)

救急車両の手配を迅速にするには緊急時の正確な位置通報が重要であり、このため、2000年ころから携帯端末への測位技術搭載が始まった。当時はGPSチップの消費電力が大きいことや、初期測位時間が長いことなど課題が多かったが、それらの課題を携帯端末の特徴を活かして改善し現在に至っている。特に測位時間の短縮と測位感度の向上は目覚ましい。人の動体管理やマンナビなど、これまでの位置情報を利用したサービスは、サービス開始時に測位デバイスを起動していた。これは、測位デバイスの消費電力が大きい点や測位時間に時間がかかるなど、常時測位が困難であったことに起因する。しかし、昨今の携帯端末向け測位技術¹⁾による高精度常時測位を使った新しいサービスの展開が始まろうとしている。

本稿では、これまでの携帯端末向け測位技術の動向サーベイとしてGPSについて報告し、今後の新技術として自律測位システム、超音波測位システムを紹介する。

■ 携帯端末向け測位技術の概要

測位デバイスの携帯端末への実装は、アメリカにおける携帯電話ユーザによる緊急通報であるE911コール時の現場車両の手配の迅速化に対応して始まった。GPSは米国の技術という点も重なり、携帯端末でのGPS利用に必要な技術開発が加速度的に進んだ。携帯端末には通常、GPS以外にも複数の通信ネットワークが搭載されていることが多く、それらを利用して測位をアシストするA-GPS (Assisted GPS) 方式^{1), 6)}が開発された。しかし、A-GPS方式を用いても、常時測位を行えば数時間で電池が消耗してしまう。そのため、GPSの測位間隔を広げる方法が簡単であるが、測位間隔を広げると、その間の測位補完をする必要が生じる。一方、サービス面では今後さらに位置に依存したサービスの増加が予想される。必要とされる測位精度は、サービスによって異なるが、数cmから数十cm程度の測位精度を目指してさまざまな研究開発が進められている。たとえば、GPS測位はL1帯を使っており、理論精度は10m～60m程度で

	GPS ⁴⁾	A-GPS	自律航法	超音波
測位精度	約10m～60m	約5m～10m	約5m～10m	約5cm
測位感度	-120dB	-150dB	衛星利用無	衛星利用無
初期測位時間	数分～十数分	数秒	1秒以下	1秒以下
測位デバイス	GPS	GPS + 公衆無線	地磁気センサ	超音波
測位場所	屋外	屋外	屋外, 屋内	屋内

表-1 各測位技術の比較

ある。そこで、GPSより測位精度が高い技術として超音波デバイスを使った技術も開発されている³⁾。表-1にGPS、A-GPS、携帯自律航法、超音波それぞれの測位技術について比較した。

次章でこれら測位技術の詳細について解説する。

■ A-GPS 測位技術

GPSは1970年代に米国防総省によって開発が始まって以来、さまざまな機器で利用されている。測位技術の分類としては、単独測位と相対測位に分けられ、相対測位はさらにDGPSと干渉測位とに分けられる。携帯電話のGPS測位は基地局側に緯度・経度・高度をあらかじめ測定された測位基準局を備え、その情報を元にDGPS測位を実現している。利用できるGPS衛星は6軌道上に4衛星の計24衛星であり、高度約2万kmを約4km/secの速度で移動している。また、各衛星は時刻が同期されている。各衛星からはL1帯(1575.42MHz)およびL2帯(1227.6MHz)を搬送波とするGPS信号が送信されており、携帯電話のGPS受信機ではL1帯のC/Aコードを使って測位を行っている。ここで、GPSによる測位の仕組みを簡単に説明する。L1帯には50bpsの航法メッセージが衛星ごとに割り振られた1023チップ(チップとは擬似乱数雑音コードを適用するレート)のC/Aコードでスペクトル拡散されている。GPS受信機では受信機の擬似乱数雑音コードと受信した信号との相関をとり、コード位相のトラッキングを行う。複数の衛星のトラッ

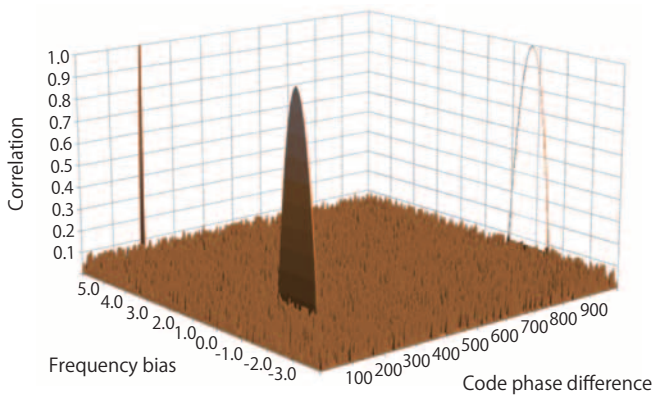


図-1 周波数バイアス／位相フェーズにおける相関値

キングにより、受信機内の時刻の補正がなされ、各衛星との擬似距離から受信機の位置が算出できる。このトラッキングには 1023 回の相関処理が必要である。また、上記で説明したように、衛星は高速で軌道を移動しており、地上の観測者も新幹線などで移動している可能性がある。お互いの相対速度によって、搬送波は 5kHz から 10kHz ほどのドップラーシフトが発生する。ドップラーシフトが発生すると 1 チップ長も変化するため、トラッキングには位相フェーズ合わせだけでなく、周波数バイアスの特定も必要となる(図-1)。さらにこの処理を 24 個の衛星に対し個別に行う必要があり、膨大な衛星探索処理が必要となる。

そこで、携帯電話の特徴をうまく使うことによって、処理する周波数範囲、位相、探索衛星数を削減し、探索処理を短時間で言う方式が開発された^{1)・6)}。まず、探索衛星は受信者の位置がおおよそ分かれば把握可能である。携帯電話の場合、その特性上、電波の届く範囲に基地局があるため、基地局の半径数 km 内に存在することが分かる。この情報から、利用すべき探索衛星の番号を特定することができる。また、探索衛星の受信者に対する見かけ上の速度から、探索周波数の絞込みが可能となる。さらに、携帯電話の公衆無線の搬送波の周波数精度を使って算出される高精度なクロックや、基地局と GPS との同期(W-CDMA の場合は非同期)を利用すれば位相合わせの時間短縮が可能となる。測位時間を短縮することで探索精度を向上させられ、受信感度の向上も期待できる。先述のように衛星のトラッキングには周波数バイアスの特定と位相合わせが必要であり、その相関値は論理上 1 になる。しかし、実際は周波数バイアスと 1 チップ以下の位相ズレにより、1 よりも小さい値である。一般的には一定以上の相関値でトラッキングしたと判断される。受信感度の向上は、位相合わせと周波数バイアスを正確に合わせ、相関値を 1 に近づけることで実現できる。通常、周波数バイアスは 0.5kHz 刻みで相関処理

を行い、位相は 0.5 チップ刻みで相関処理をする受信機が多い。つまり、受信感度の向上にはこれらの刻みをさらに小さくすればよい。ただし、探索に要する処理量は大きくなるため、感度向上処理を行うと処理時間は反比例して増加する。

以上のように、携帯電話の公衆無線の仕組みを使って、GPS 測位の処理時間短縮と感度向上を実現することが可能となる。一般的に携帯電話の基地局からの情報を使った GPS の測位方法を A-GPS 方式と呼ぶ。数年前まではすべての測位を A-GPS のみで行っていた。しかし、A-GPS は公衆無線から探索衛星番号や探索周波数などの情報を得るため、公衆無線を利用するための電力が別途必要になる。そこで最近では A-GPS を用いた初期測位の後には、携帯電話内に閉じた単独測位で測位する方式も開発されている。

■ 携帯電話による自律航法技術

携帯電話の従来の測位技術として GPS はすでに説明したように、その性質上多くの相関処理が必要であり、多くの消費電力が必要となる。そのほかにも無線 LAN を使った方式なども提案されているが、マルチパスの影響による測位精度の劣化や、新たなインフラが必要となるため、広範囲での測位が困難といった問題があった。そこで、GPS を間欠運転することで消費電力を抑え、間欠間を地磁気センサおよび加速度センサを使って補完する技術が検討されている⁵⁾。間欠運転間の測位を加速度センサによる歩数計と地磁気センサによる方位計を使って補完することで、帯磁している端末でも正常に補完ができる新しい方式である。地磁気センサを携帯電話端末に実装し方位を取得しようとする時、端末の帯磁による方位誤差が発生することが知られている。本来、地磁気センサは、その名が示すとおり、地球が持つ磁場の強さ(磁力)である地磁気値を検出するものである。地磁気は大きさや方向を持つベクトルで、ベクトルの方向を調べることで、方位を計算することができる。したがって、加速度センサを使った歩数計と地磁気センサを組み合わせ、一歩ごとに計測する方位情報を一歩数幅の単位ベクトルとし、歩数分ベクトル加算することにより位置推定を行うことが可能である。しかし、実際は端末の帯磁が影響して、図-2 のような大きな方位誤差が発生することがあり、測位対象の位置がずれてしまう。そのため、端末の帯磁に伴って地磁気センサが出力する方位の誤差を改善するような手法の検討を進めている。

ここで注目すべきは、上記の方位誤差は内外的影響が新たに付加されない限り安定して同じ値であったという事実である。つまり、移動に伴う方位の差分を調査すれ

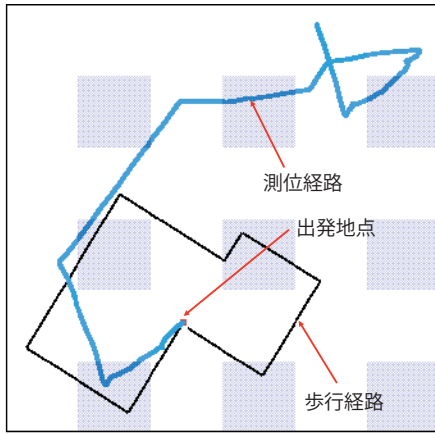


図-2 携帯端末帯磁による誤差の発生

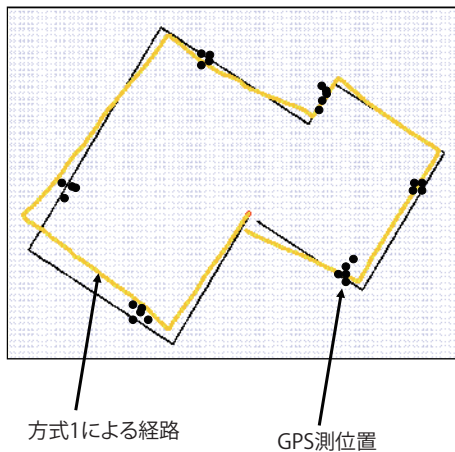


図-3 端末帯磁による誤差の修正

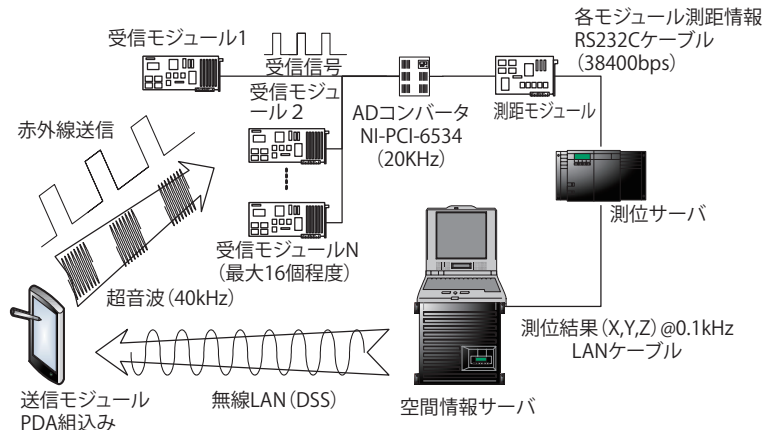


図-4 実験システム概要図

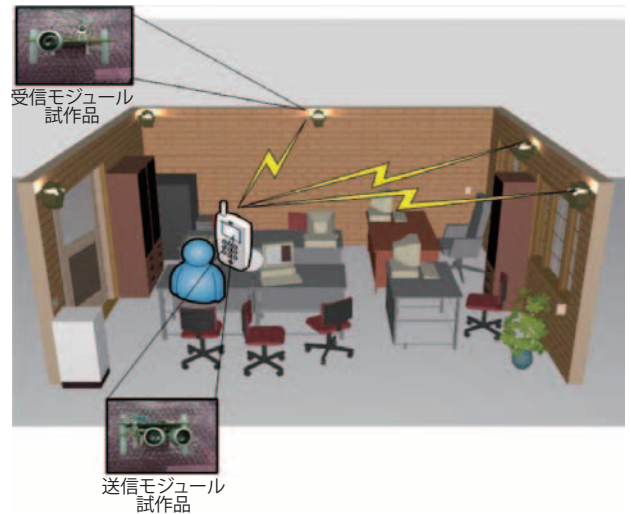


図-5 運用概念図

ば、移動履歴の形状を知ることが可能であると考えた。たとえば、移動に伴って一定に方位角が増加すれば、円弧を描きながら移動しているのではと推測できる。移動に伴って方位角に変動がなければ、それは直線に移動しているのではと推測できる。急な方位角の変動は、その周辺が曲がり角であると推測することもできる。つまり、下記のような特徴を捉えることができると考えた。

- 1) 直線を行けば、方位は誤差を含んでいるがほぼまっすぐな線を捉えることはできる
- 2) 角を曲がると、曲がり角度は間違っているかもしれないが、曲がったことは判別できる

以上の考え方に従って、導かれた歩行を示す線分の組合せを、間欠測位しているGPS情報で補完することで正しい測位ルートを導き出すことができた(図-3)。

将来的にGPSの代わりにスポット測位などを利用すれば、地下街での測位補正にも利用可能であると考える。

■ 超音波測位技術

次に、屋内での測位技術の1つとして、超音波を使った測位技術が挙げられる。超音波は安価で、比較的容易

に利用することができるため、扱いやすいデバイスである。また、小型軽量であるため、天井などへの設置が容易であり、複数のデバイスを利用することで3次元の測位も可能となる。

超音波を使った測距技術は電気街に行けば数百円程度で手に入れることができる。測距すべき対象物に対し超音波を発射し、反射して戻ってくるまでの時間を測定することで測距可能である。たとえば、赤外線と超音波を利用して、3次元での測位を実現するシステムを開発した。図-4にシステムの機能ブロックを、図-5に運用概念図を、図-6に開発した超音波モジュールと携帯電話を示す。実験エリア天井に複数の超音波受信モジュールを設置する。携帯端末側から超音波と赤外線を一定周期(100Hz)でパースト送信する。天井に配置された受信モジュールにて、赤外線を受信してから超音波を受信するまでの時間差を計測することで、携帯端末と受信モジュール間の距離を算出する。超音波の検波は包絡線検波で行った。天井に設置された3つ以上の受信モジュールにて超音波を捕らえられれば、携帯端末の位置を3次



図-6 超音波測距用試作端末

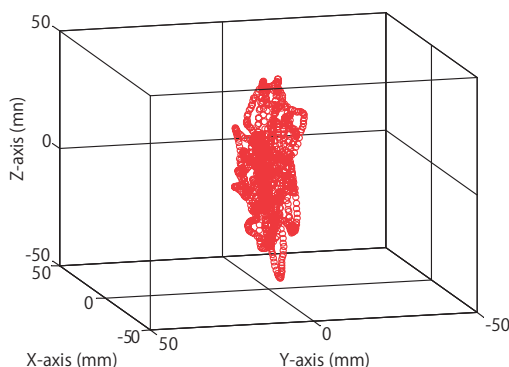


図-7 携帯端末の定点の測位精度

元で測位することができる。図-7に携帯端末の定点の測位精度を示す。Z軸(高さ方向)の精度がX、Y軸(水平面方向)より精度が悪いことが分かるが、受信機をすべて天井に設置したことに起因すると考えられる。しかし、いずれもmmのオーダの精度が得られている。図-8は、水平面上で長半径200mm、短半径150mmの楕円を描いた場合を示す。楕円を判断することが可能な十分な精度と追従性が得られていることが分かる。

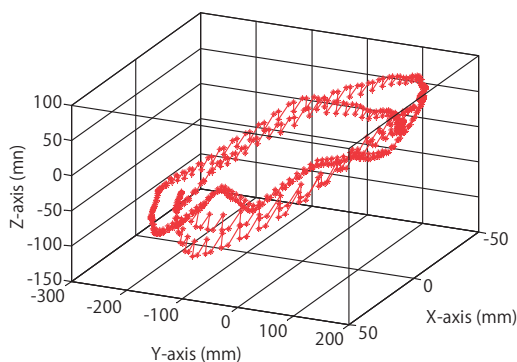


図-8 移動携帯端末の位置精度と追従性

今後の位置情報サービス展開

今後も携帯端末向けの測位技術は発展し、屋内外の高精度な常時測位が可能になっていくと考える。その結果、SpaceTag²⁾に代表されるような現実世界にマッピングされた情報(仮想Tag)を用いたサービスが一般化され、より一層、仮想世界と現実世界のインターフェースとしての位置情報の利活用が促進されていくと考える。

本稿では携帯端末に特化した測位方式としてA-GPSについて調査し、新技術として携帯端末自律測位、超音波測位について紹介した。今後の測位技術性能の向上と、位置情報を用いた新しいサービスの創造が楽しみである。

参考文献

- 1) 相賀康則, 鷺頭浩一, 小笠義治, 東海林昌伸, 反田和忠, 津田伸啓: 高度GPS受信機: <http://www.jrc.co.jp/jp/company/html/review45/01.html>
- 2) 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, 近代科学社, pp.1-10 (Dec. 1998).
- 3) 森信一郎, 畠添菜美, 塩内正利, 原政博, 藤野信次: 実空間定義型

ユビキタスインフォメーションサービス(空間情報サービス), 情報処理学会研究報告, モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会, 2005-MBL-35, pp.201-206 (2005).

- 4) 土屋 淳, 辻 宏道: GPS測量の基礎: 日本測量協会, pp.98-100.
- 5) 森信一郎, 奥山鏡子, 峰野博史, 水野忠則: 地磁気センサを使った高精度測位技術, 情報処理学会シンポジウムDICOM2009, 8B-2.
- 6) Taylor, R. E. and Sennott, J. W.: NAVIGATION SYSTEM AND METHOD, United States Patent, 4445118 (Apr. 24, 1984).

(平成21年11月1日受付)

森信一郎 (正会員)

smori@flab.fujitsu.co.jp

1987年関西大学工学部卒業。同年富士通(株)入社。2003年(株)富士通研究所に異動。半導体製造ロボットの開発、GPS携帯端末関連の開発、次世代携帯電話の開発、仮想世界／オーギュメントドリリアリティに関する研究を経て、現在ITS向け高精度測位技術の研究に従事。

峰野博史 (正会員)

mineno@inf.shizuoka.ac.jp

1999年静岡大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年日本電信電話(株)入社。2002年静岡大学情報学部助手。2007年同大助教。工学博士。2001年NTTサービスインテグレーション基盤研究所所長表彰、2007年船井情報科学奨励賞など受賞。モバイルコンピューティング、ヘテロジニアスネットワークコンバージェンスに関する研究に従事。電子情報通信学会、IEEE、ACM各会員。