

移動体や人間のナビゲーションのための 位置検出技術の動向

電気通信大学

人間コミュニケーション学科 中嶋研究室 教授

中嶋 信生

移動する物体を制御し、あるいは移動体の状況を把握するためには、位置情報が重要である。カーナビでよく知られている GPS は位置情報を得る技術の代表例であるが、用途によってその他さまざまな位置検出手法が考えられる。一方、人間のナビゲーションを実現するには、まだ解決すべき課題が多い。本稿では、これらの技術動向を概説する。

1. GPS

米国で軍事用に開発された GPS は、その後民生機器に応用され、特にカーナビゲーションの世界で爆発的に普及した。20 数個の周回衛星（の一部）から受信機に届く電波の遅延より距離を計算して、自分の位置を特定する方式である。その精度は衛星の位置精度、大気の状態、受信機の性能に依存する。当初は軍事用途の精度で他の目的に利用されることを防ぐために、あえて衛星情報に誤差を加えていたが、最近それが解除されたため、今ではかなりの精度が実現されている。

一口に GPS と言っても、受信方式や受信機の構成によって性能はまちまちである。最もシンプルなカーナビ用では、誤差が数 m から数十 m ある。この誤差は自動車の道路上の位置を特定するには不十分であったため、マップマッチング技術が開発された。マップマッチングとは、道路のベクトル情報をベースにして、車が道路上にあることを条件に誤差を補正する方式である。

DGPS は、FM 放送のサブキャリアや海上保安庁のビーコン波等で放送されている誤差補正情報を受信して位置を補正する方式である。補正情報受信用のアンテナや受信機が必要になるが、精度は格段に向上して、最近では誤差 1m 以下の製品も登場している。

リアルタイムキネマティック（RTK）方式は、更に高精度である。GPS の使用周波数は 1.5GH 帯で、その波長は約 20cm であるが、衛星から受信機まで何波長あるかを解析する方式である。波数は複数の解の中から最も確からしい解を求めるため、最初に

位置を特定するまでの立ち上がりに時間がかかるが、精度は1波長以下である。衛星の位置、アンテナの指向性や周囲の状況にもよるが、最近の装置では誤差は平均で±1cm程度であり、長時間平均すれば驚くことにmmのオーダーになる。ただし、精度を得るには補正情報を送信する基準局は10km以内である必要があって、DGPSの500kmよりはかなり厳しい条件となる。一般には、利用者が基準局も運用しなければならないが、最近では、全国規模で補正情報を送信するネットワークを構築する計画が実現しつつある。このネットワークを利用すれば、利用者が基準局を設ける必要はなくなり、携帯やPHSを用いて補正情報を受信することでRTK方式を使用することができる。RTKは、移動体の位置検出のみでなく、その高精度な能力から測量にも使用されている。

GPSでは、衛星が見通せる範囲が適用領域であり、基本的に屋内では使用できない。受信電界強度と最小受信可能電界強度との間に殆どマージンがないからである。しかし、繰り返し送信される情報を平均化してSN比を改善する等により実効受信感度を高め、屋内でもある程度利用可能なGPS受信機の開発が進められている。原理的に正確な位置は期待できないが、少なくとも使用可能な場所率は高まるので、今後のヒューマンナビゲーションにと

って有効であろう。

2. その他の位置検出方式

(1) レーザ利用

レーザとコーナーキューブの組み合わせで位置検出することができる。レーザの特徴は、ビームが鋭くて遠くまで放射してもあまり拡がらないことと、高精度な距離測定ができることである。コーナーキューブは光を到来方向に反射させる機能がある。

コーナーキューブを所定の位置に配備し、移動体からレーザ光を発射してコーナーキューブからの反射光の方角を測定する。レーザビームは鋭いので、強い反射が帰ってきたときの送信ビーム方向がコーナーキューブの存在する方向を指し示す。2個以上のコーナーキューブ位置と方角が判れば、移動体の位置が求められる。

もう1つの方式は、図1に示すような、レーザ距離計の応用である。距離計は、例えば40mで数mm程度の精度が得られるものが存在する。前述の方式と同様に周囲に配置されたコーナーキューブのうち、2個以上(1個の場合はある程度の方角も)のコーナーキューブ迄の距離を測定できれば、位置を算出することができる。逆に移動体にコーナーキューブを装着し、固定側からレーザビームでコーナーキューブを追尾して、コーナーキューブ迄の距離と方角を測定し、それらの情報が

ら移動体の位置を求める方式もある。

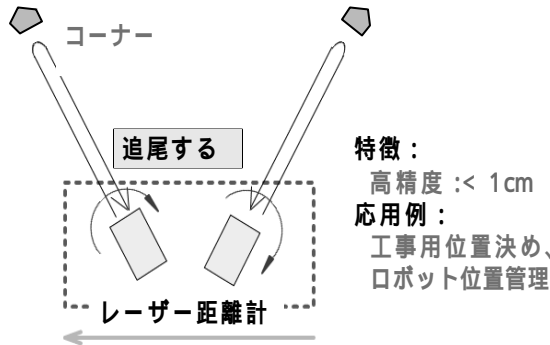


図1 レーザ方式（距離測定形）

(2) 超音波利用

40kHz 周辺の人間の耳に聞こえない音波をパルス状に発射し、遅延時間から距離を測ることができる。よく用いられているのは数mの範囲で反射波から対象物までの距離を測定する用途である。自動車の衝突防止やロボットの障害物センサなどに用いられている。超音波方式は、レーザー距離計を用いた場合と同様な適用形態が考えられる。一例を図2に示す。移動体が電波と超

音波を同時に発射し、受信側はそれらの到着した時間差から距離を割り出す。超音波は光に比べてけた違いに速度が遅いので信号処理がしやすく、部品も安く経済的に装置を構成できる。ただし屋外で風がある場合は、誤差が生じる。また、レーザよりはビームが拡がり減衰が大きいため、広範囲の位置検出には減衰を克服する工夫が必要である。

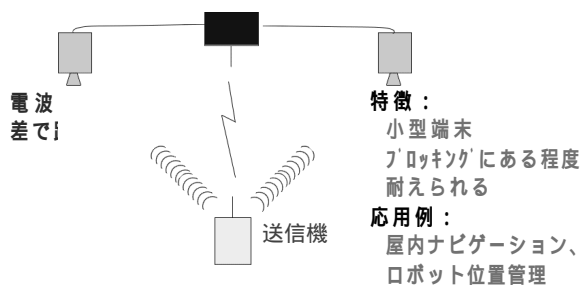


図2 超音波方式例

(3) 移動通信の電波利用

現行（第2世代）の cdmaOne や第3世代の W-CDMA 方式では、スペクトル拡散方式が用いられており、GPS と同じである。従って基地局からの電波を位置検出に利用することも当然考えられる。cdmaOne ではこの方式が既に実用化されていて、ココセコム的位置情報サービスや GPS 携帯に利用されている。ただし、精度は GPS より劣る。なぜなら、移動通信は GPS と違って殆どの場合、基地局と移動機の間が見通し通信ではないのでマルチパス（建物等による多重反射で遅延したパルスが到来する）の影響で誤差が生じると、異なった基地局間の遠近問題（GPS では各衛星からの電波はほぼ同じ強さだが、移動通信では、基地局からの距離によって強さに大きな違いがあり、弱い電波は受信が困難となる）が本方式では避けられない。しかしながら、移動通信の電波は GPS よりはるかに強く屋内まで届くので、GPS が使えない屋内では移動通信の電波で位置検出をするハイブリッド方式が用いられている。

PHS システムは基地局が数百mと非常に近い間隔で設置されている。これの特徴を利用して、各基地局からの電波強度を比較することにより自分の位置を特定する。既に通信事業者により、位置情報サービスとして商用化されている。電波の強さは途中の建物等の電波障害物によって違うため誤差が生じるが、100m

～200m程度の精度は得られている。

場所による電波の減衰の違いをメッシュ状にデータベース化して補正情報として利用することにより、更に精度を高める技術もローカス社によって開発されている。

(4) 自律航法

移動体において、車輪の回転に応じてパルスを発生させる装置や磁気方位センサ、ジャイロ等を組み合わせて位置を求めることができる。車の両輪のパルスを計数すれば、両者の平均値が移動距離を表し、差が進行方向の変化を表す。距離と方向から、南北及び東西成分の移動距離を計算し積分して行けば、スタート点からの相対的な位置関係を得ることができる。進行方向は、磁気方位センサやジャイロでも求めることができる。ただしジャイロは角速度が1次出力でその積分として方位を求めるので、絶対方位が判らないのと時間の経過で方位誤差が累積するため、磁気方位センサ等の補助装置として用いられるのが一般的である。

以上の方式は皆、スタート点からの相対的な位置関係を得るもので、位置誤差が累積する欠点を有している。このため、特定の地点に位置の基準を与えるマーカ（バーコード、電波マーカ等）を設置して、補正する場合もある。

3. ヒューマンナビゲーション

いつでもどこでも人間の位置を精度よく知ることができれば、その情報を基にした各種のサービスを創出することができる。更に移動通信と組み合わせると可能性は無限に近い。屋外は GPS が応用できる。しかしながら、人間は1日の生活において屋外にいる時間はそう多くない。むしろ屋内が主体であり、そこが自動車との大きな違いである。屋内における位置が判らなければ、サービスとして成立しない。GPS と移動無線とのハイブリッドで、ある程度屋内の位置検出が可能になってきたが、地下街等の電波の届かない場所はまだ無理である。多くの用途を開拓するには、より高い精度が求められる。屋内の位置検出は、まだまだこれからの課題である。

人間が使用するので携行性が重要であり、やはり位置検出手段は電波に頼ることになる。つまり電波の発信源を屋内に配置する方式が本命である。大きく分けると、以下に述べる3種類の方式が考えられる。

- a) 通信システムとの併用 PHS は公衆通信のみでなく、自営のビル内 PBX システムにも利用できる。対象とする区域に PHS のネットワークをはりめぐらし、前述の手法を用いれば、地下街でもどこでも位置検出が可能となる。
- b) 擬似衛星の利用 Pseudolite(PL) と呼ばれる、GPS と同じ機能を有す

る擬似衛星を米国のインテグリノーティクス社が開発した。PL を対象となる区域に配備すれば、GPS と同様に屋内で位置検出ができる。受信機は(若干のソフトの改造が必要であるが)現在の GPS 受信機と同じ物が使えるのもメリットである。ただし、電波免許の取得、前述の遠近問題とマルチパスへの対策が課題である。

- c) 電波マーカ 発信器を分散配置して、発信器からの電波強度或いは遅延から距離を求め位置を特定する。遅延を測定する場合は、発信器同士を同期させるか、移動体との双方向通信が必要である。マルチパス対策も PL と同様今後の課題である。マーカを多数配置すれば、精度が向上すると共に微弱電波となるので電波免許上有利である。移動体側の装置から電磁誘導等でマーカに電力を供給すれば、無電源も可能である。ただし、距離はかなり近づけねばならない。精度、装置コスト、工事性を考慮して最適な構成を考える必要がある。

4. 今後の研究開発動向

今後の位置検出技術の大きなターゲットは、工事車両やロボット等の移動体の高精度位置検出と、屋内における人間のナビゲーションである。前者は、数 mm から数 cm の精度でエリアは限られたものとなるであろう。後者は、1m から数

m の精度で、エリアは「人間の移動する空間全て」である。

わが国では、PL を検討しているグループの他、一部の企業と大学の研究室がこれらの課題に取り組んでいるが、まだ関心を持っている機関はそれ程多くない。

中嶋研究室ならびに、(株)ワイヤレスコミュニケーション研究所は、これらの課題を解決する技術を検討している。前者に対しては、いくつかの具体的ニーズ

について、レーザおよび超音波の適用を検討中である。後者については、W-CDMA や Bluetooth (図 3) の適用可能性を検討し始めた。

位置検出は、新しい研究領域であり、大きな潜在的ニーズが期待される。個々の大学あるいは企業が独立に研究開発するだけでなく、もっと情報交換を活発にして、わが国の技術が世界をリードできるようにすることが夢である。

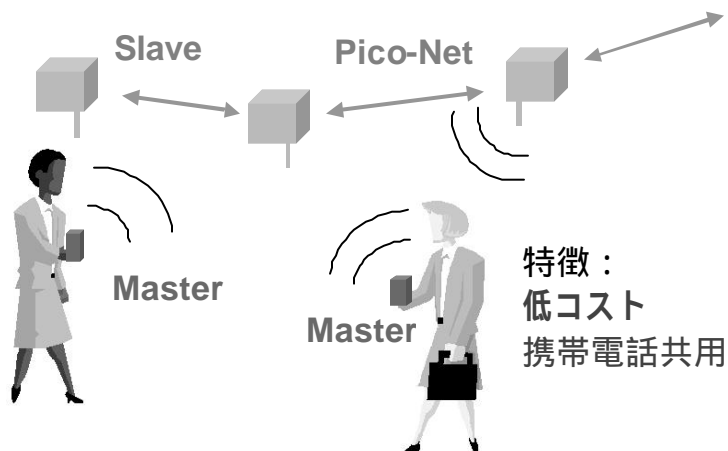


図 3 Bluetooth を用いた方式