

No.5

準天頂衛星システムによる測位技術の動向調査

位置検知で汎用されるGPS

日本ではスマホやカーナビで自分が今どこにいるかを知りたいときには、主にGPS (Global Positioning System) という衛星測位による位置検知システムを使っています。GPSは軍事用および民生用として米国で開発・運用管理されており、その民生用信号は日本を含めて全世界に無料で開放されています。衛星測位では、衛星からの電波を受信機が受信するまでの時間を計測して距離を計算します。緯度、経度、高度の三次元位置に加え、受信機時計を未知数として計算するため、最低4機の衛星が必要となります。GPSは、高度2万m上空において12時間で地球を1周する約30機の人工衛星群から構成されていますが、それでも日本の上空にあるのはせいぜい6機程度です。しかもその仰角(水平線から衛星までの角度)が低い衛星もあるため、建造

物や地形、森林の影に入ったり、マルチパス(測位信号がビルなどに反射して、測位距離が実際よりも遠いと計測されること)が生じたりすると、位置検知の精度が悪化してしまいます。現在、日本における民生用GPSの測定誤差は10m程度とされています。

鉄道分野でも使われるGPS

GPSは、手軽で便利な位置検知システムですので、鉄道分野でも多くの実用システムが開発(表1、図1~3)されています。ただし、GPSだけの位置検知では測定誤差があるため、複線区間において上り線と下り線のどちらに在線しているかの判別が難しいようです。また、トンネル内などでは

位置情報を受信できないので、GPSはおおよその列車位置を知ることで十分な旅客案内や、乗務員・作業員の業務補助など、安全には直接関わらない支援システムへの適用例が大半です。これに対して、運行管理や信号機・踏切の制御などを司る保安制御系のシステムへの適用は、信頼性が非常に高い位置検知精度を必要とするために日本では実用化されておらず、一部の海外鉄道で適用例があるに過ぎません。

表1 GPSで列車位置を検知する実用システムの例

▶ BRT(バス高速輸送システム)の運行状況を、駅設置のモニターやスマートフォンでお客さまにご案内する位置情報案内システム(図1)
▶ 貨物列車の位置をリアルタイムで把握し、列車の現在位置情報と輸送障害時にはそれに加えて遅延時分を表示するシステム(図2)
▶ ローカル線沿線の作業現場で、列車の接近を見張る係員に列車接近を知らせる警報装置
▶ 運転士が停止制動などの操作が必要な場所で、画面表示とLEDの光で注意喚起を行う運転士支援システム(図3)



図1 BRTロケーションシステムによる駅モニターの運行情報(東日本旅客鉄道株式会社(JR東日本))



図2 運転支援システムPRANETS(日本貨物鉄道株式会社(JR貨物))



図3 運転士支援システムGPS Train Navi(近鉄車両エンジニアリング株式会社)

■ 日本独自の準天頂衛星測位システム

GPSは米国が提供する衛星測位システムですので、戦争勃発など有事の際に恣意的な誤差付加や使用停止の懸念があるとわれ、日本独自の衛星測位システムを確立すべきとの考え方があります。日本初の衛星測位用準天頂衛星「みちびき」(図4)は2010年9月に打ち上げられました。準天頂衛星とは、赤道面に対して軌道面を40~50度傾けた楕円軌道で、地球の自転と同期して約24時間で一周する軌道を持っています(図5)。地上軌跡としては、日本とオーストラリアの間を南北非対称の8の字を描くように周回します。周の小さい日本上空では移動速度が遅く、東京上空では一日約8時間真上(仰角70度以上)に見え、その時間帯で「みちびき」が提供する測位サービスが受けられます。「みちびき」はGPSと同じ周波数の信号を配信し、準天頂衛星がGPSを補完しながら連携します。この準天頂衛星測位システムを構築することで、GPS単独の測位よりも安定した精度の高い位置情報を提供できるとしています。

■ 補強信号を用いた実証試験

準天頂衛星ではGPSを補完する役割のほかに、GPSを補強する信号を送信するサービスを提供しています。サブメーター級補強信号(L1-SAIF信号)、さらに高精度のセンチメートル級測位補強信号(LEX信号)といい、専用の受信機を用いることで、それぞれ測位精度1~3m、10cm程度を実現しています。これらの補強信号を利用した高精度測位の実証実験として、農作業用ロボットトラクターの無人走行試験やブルドーザーの施工精度検証試験が行われています。鉄道分野においても、鉄道総研やJR各社がL1-SAIF



図4 準天頂衛星「みちびき」
(©JAXA 提供)

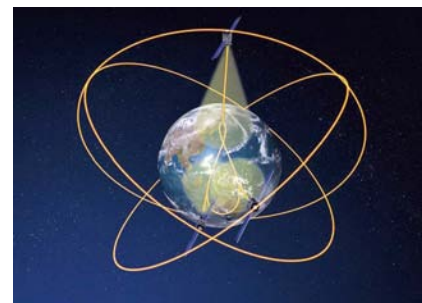


図5 準天頂衛星の軌道
(©JAXA 提供)

信号やLEX信号を利用して、移動中の列車の衛星測位精度を検証する試験を行ってきました。条件が整えば、列車が在線している線路の識別が可能であるなどの試験結果が得られました。これまでGPS単独検知では認識できなかった詳細な列車位置が、準天頂衛星の補強信号を利用することでかなり認識できるようになり、位置検知精度の大きな改善が図られようとしています。

また国内メーカーでは、準天頂衛星の高精度な位置情報を用いて、屋外歩行者の詳細な歩行軌跡をデータベース化するような実証試験も行われています。このような準天頂衛星を利用した屋外での測距技術に加え、屋内ではiBeacon(Bluetoothを利用した無線技術)やUWB(超広帯域無線通信)などの測距技術を併用すれば、屋内外を問わないシームレスで位置検知精度の高いナビゲーションサービスが提供できると考えられます。

■ 準天頂衛星の追配備計画と鉄道分野への適用

日本政府は国家戦略として、初号機の「みちびき」に続いて追加3機(準天頂2機、静止衛星1機)を打ち上げ、計4機体制を2018年度に向けて整備することとしました。さらに、「宇宙開発基本計画」(2016年4月閣議決定)では、2023年度をめどに7機体制を確立させる予定です。この準天頂衛星追

配備の計画が進むと、安定した高精度の24時間測位が可能となり、さらなる信頼性の向上が期待されています。

鉄道分野でも今後、準天頂衛星システムが提供する高精度測位技術を利用した技術開発が進むと考えられます。たとえば、スマホ程度の小型端末機だけで車椅子ご利用のお客様を、自宅から駅~エレベーター位置、ホーム上で電車内スペースのある乗車位置~乗り換え、さらには目的地まで、一貫して誘導する屋内外シームレスの旅客案内システムが実現すると期待されます。鉄道現場では、夜間の線路閉鎖作業で保守用車を自動的に運行させるような用途が考えられます。

保安制御系への適用では、安全性・信頼性の絶対的な確保が条件となるため、実用化のためには高精度位置検知技術を生かした革新的なシステムづくりが求められます。欧州では、独自の衛星測位システムGalileoを利用して、列車位置情報の質の向上を目指したマルチセンサーでフェールセーフな列車位置検知システムを開発するとしています。日本でも将来的に保安制御系への適用が実現すれば、信号機などの地上設備を大幅に削減できます。運営コスト低減が必須となっている地方鉄道に対して、廉価で機能性に富んだ列車制御システムを提供できるものと考えられます。

(武藤雅威/企画室 戦略調査)