

大きな変化を迎える衛星測位システム

丸田哲也

人工衛星を利用した測位システムは、地球上の位置を高精度に把握できる仕組みとして、さまざまな産業分野で使われている。現在の民生利用の中心は米国のGPS（全地球測位システム）であるが、今後は日本の準天頂衛星システムなども加わることが予定されている。このような環境の変化によって衛星測位の高精度化や利用エリアの拡大が進み、産業ロボットでの応用や、金融取引およびクラウドコンピューティングにおける時刻情報源など、産業領域での新たな活用シーンが展開する。

GPSの仕組み

今ではカーナビゲーションなどで日常生活に広く浸透しているGPSであるが、その原理やルーツについてあまり詳しくは知られていない。まずそれらについて簡単に紹介しておく。

GPSはGlobal Positioning Systemの略で、米国によって運用される衛星測位システムであり、地球上にあるGPS受信機の緯度・経度・高度を取得するための仕組みである。6つの軌道面上に4機ずつ、24機のGPS衛星がある（このほか予備の衛星がある）。GPS受信機はこれらの衛星からの信号を受信して、信号に記された時刻と受信時刻との時間差に光速を乗じて衛星との距離を求める。3つの衛星を使えば受信機の位置

（緯度・経度）がわかり、4つの衛星を使えばそれに加えて高度もわかる。

人工衛星が発している信号は実のところ時刻情報であり、標準時に対する誤差がナノ秒（1ナノ秒は10億分の1秒）単位という正確性を持っているため、非常に正確な時計として活用できる。

GPS受信機は、携帯電話端末（以下、携帯電話）やカーナビゲーションをはじめ数多くの機器に組み込まれており、GPSから取得した位置情報を用いたサービスは日常生活で普通に使われている。

図1にGPSの主な利用分野をまとめる。最も身近な利用分野は自動車や携帯電話におけるナビゲーションサービスであろう。野村総合研究所（NRI）も、携帯電話や

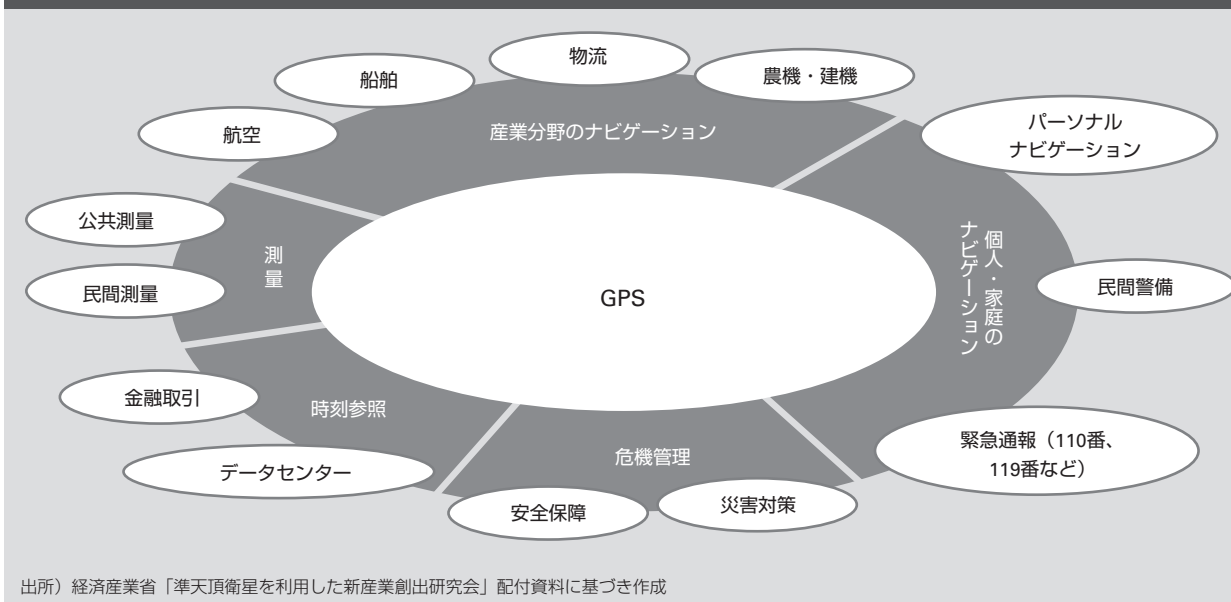
スマートフォン（多機能な携帯電話）を対象としたナビゲーションサービス「全力案内！」を提供している（図2）。このほかにも、図1に示すように高精度な位置測量、航空機や船舶の位置把握など幅広い分野で活用されている。

このようにさまざまな分野で活用されているGPSは、もともと軍事利用目的で開発された。GPSの開発は1970年代に始まり、実際に運用が開始されたのは1978年である。その後、レーガン政権やクリントン政権のもとで民生利用への開放が進み、かつ無償で利用できるという現在の状況に至っている。

これを反映して、当初は国防総省の所管であったGPSも、現在では同省や運輸省など9省庁の関係省庁会議のPNT EXCOM(National Space-Based Positioning, Navigation, and Timing Executive Committee)によって運用されている。

民生利用のサービスで使われているGPS衛星の信号は、軍事利用の信号に比べて精度が低く、また、利用者が取得できる位置情報の精度は米国政府などが保証したものではなく、一種のベストエフォート（最善の努力）型のサービスとして認識する必要があるだろう。この

図1 GPSの利用分野



ためカーナビゲーションでは、GPSセンサーのほかに角速度を検知するジャイロセンサーも併用して正確性を担保している。一方、鉄道の運行は従来の信号システムに基づいており、GPSは付加的な運転支援サービスの手段に限定されているのが現状である。

GPSからマルチGNSSへ

GPSを含め、人工衛星を利用して位置情報を取得する仕組みは、一般的には、前述した衛星測位システムまたは衛星航法システム (Global Navigation Satellite System: GNSS) と呼ばれている。現在、GPS以外に、衛星測位シ

図2 未来型携帯ナビ「全力案内！」



テムを国や地域で独自に構築しようとする動きが世界中で広まりつつある。

次ページの表1に、衛星測位シ

ステムの構築状況を示す。同表に示すように、2010年代に入り、衛星測位システムの構築が急速に進んでいることがわかる。その結果、



表1 世界の衛星測位システムの構築状況（補強システムを含む）

国・地域	名称	概要
米国	GPS	運用中。全世界をカバー
欧州	Galileo	構築中。全世界をカバー。2011年10月20日に最初の実用衛星2機を打ち上げ
ロシア	GLONASS	運用中。全世界をカバー。以前は軍事利用中心であったが、最近は民生利用に広く開放
中国	Compass/BeiDou（北斗）	構築中。全世界をカバー。2000年から打ち上げが始まり、2015～20年の間に運用開始の予定
インド	IRNSS/GAGAN	構築中。インド周辺をカバー。2014年までに運用開始の予定
日本	準天頂衛星システム	構築中。太平洋アジア周辺をカバー。第1号機「みちびき」は2010年9月に打ち上げ。2010年代後半を目途に4機体制の予定

出所）衛星航法システムに関する国際委員会「Current and Planned Global and Regional Navigation Satellite Systems and Satellite-based Augmentations Systems」および報道などに基づき作成

米国のGPSとロシアのGLONASSのみが利用可能という現状から、2020年ごろにはさらに別の衛星測位システムも利用できる状況に変わる。このような複数の衛星測位システムが共存する環境をマルチGNSSと呼ぶようになっている。衛星測位システムは将来、GPSからマルチGNSSに移行するというのが関係者の基本認識である。

複数の国や地域が衛星測位システムに取り組むようになった背景には、同システムが国家の安全保障や経済活動に欠くことのできない存在になったことが挙げられる。国民の生命にかかわる分野でも、近年では携帯電話による110番や119番通報の際の位置情報通知にGPSが使われるなど、衛星測位システムが果たす役割は大きい。

一方、世界で幅広く使われているGPSは、あくまでも米国が管理・運用する単一のシステムである。故障による大規模障害の発生の危険性は否定できず、米国の都合により利用が制限される可能性もないとはいえない。また、妨害電波を発して位置情報の精度を意図的に下げることも技術的には可能であり、米国では具体的な事案も発生している。したがって、民生用の信号を利用しているかぎり、位置情報に対して高い信頼性を求める分野では、GPSは十分な性能を有していないといってよいだろう。GPSへの一極依存に対する懸念は米国政府自身も認識しており、その解決策としてマルチGNSSによるバックアップ体制の構築も検討されている。

マルチGNSSによるバックアップを実現するためには、センサーの共通化や運用の連携など国際協調が欠かせない。近年では国際連合に衛星航法システムに関する国際委員会（International Committee on Global Navigation Satellite Systems：ICG）が設置され、表1に示したように、日本を含む各国間での連携が進みつつある。

日本の準天頂衛星システム

日本が構築を進めている準天頂衛星システムもマルチGNSSの一翼を担うものである。

一般的な静止衛星の仰角（地平線からの角度）が40度から50度程度であるのに対し、準天頂衛星は日本のほぼ真上を通過することから70度以上を見込める。そのため準天頂衛星からの信号を受信することで、山間部やビルの谷間など、GPSの信号が届きにくい環境下でも衛星測位が可能になる（図3）。

準天頂衛星は、日本だけでなくオーストラリア上空にも及ぶ軌道を描くため、日本の上空に位置する時間が限られている。日本の上空に常に最低1機の準天頂衛星が来るようにするには、同一軌道上に最低3機（バックアップを含めて4機）の衛星が必要とされている。

る。

準天頂衛星システムは、宇宙航空研究開発機構（JAXA）のほか、関係7機関により共同開発が進められている。2010年9月11日には第1号機「みちびき」の打ち上げに成功し、実用化に向けさまざまな実験が行われている。

2011年9月30日には、2010年代後半を目途にバックアップも含めた4機体制、将来的には他の衛星測位システムに頼らない持続測位が可能な7機体制を目指すこと（「実用準天頂衛星システム事業の推進の基本的な考え方」）が閣議決定された。

マルチGNSSの効果

以上、日本の準天頂衛星システムも含め、近年のマルチGNSSに関する動向について整理してきた。では、このような変化は国民生活や企業活動、行政にどのような効果をもたらすのであろうか。

最も大きなポイントは、従来のGPSに比べて衛星測位の品質向上が見込めることである。具体的には次の3点である。

①衛星測位が可能な場所の拡大

山間部やビルの谷間などでは空を見通せる範囲が狭いため、衛星

図3 準天頂衛星システムの概要



出所）JAXA資料に基づき作成（http://www.jaxa.jp/projects/sat/qzss/index_j.html）

信号を捕捉する機会が、見晴らしの良好な場所と比べて少ない。マルチGNSSによって衛星の数が増えれば、見晴らしの悪い場所での衛星測位の機会が増える。

②測位精度の向上

衛星測位は、原理的には4機の衛星から信号を受信することによって、高度を含めた位置情報の取得が可能である。しかし、大気の影響などで誤差が生じることもあるので、測位精度を向上させるに

はなるべく多くの衛星から信号を受信することが欠かせない。マルチGNSSによる人工衛星の増加は、受信可能な衛星の数を増やし、より正確な位置の割り出しを可能にする。

③信頼性の向上

GPSは軍事利用目的のシステムを民生利用に開放するというスタンスであるため、衛星から発信される情報の確からしさ（信頼性）は必ずしも明確ではない。したが



表2 マルチGNSSによって期待される新たな活用分野と活用方法

	活用分野	活用方法
位置情報	スマートフォン向け次世代位置情報サービス	時空間認証技術を活かし、トランザクションに応じた比較的高額のクーポンの発行など、新しい位置情報サービスの展開
	時空間認証	物流時の動産担保や通行課金など、イベント発生時の時刻や位置の情報の高い信頼性が求められる分野への展開
	交通（自動車、鉄道、船舶など）	高い信頼性を活かした、鉄道信号システムへの全面的な導入や自動車の自動操縦などへの展開
	ロボット	日本の準天頂衛星システムを活用したロボットの正確な遠隔または無人操作。現在、準天頂衛星システムと並行して開発が進むIMES（屋内測位の基盤）と併せて活用することにより可能となる屋内外のシームレスな精密移動
	権利確認	精度要件などとのバランスを考慮する必要があるが、土地の境界画定作業の負担軽減に寄与。特に今後活性化が期待される森林管理など林業分野での活用
	農林水産業	農地集約・大規模化に伴う農作業ロボットへの導入など、農作業の効率化への寄与が期待される。また、従来は苦手とされてきた山中での衛星測位が可能となり、森林管理・林業分野における業務改善にも寄与
時刻情報	金融取引	最先端の高頻度取引における遅延監視やトランザクション管理のための正確な時刻情報源。欧米ではこの目的でのGPSの活用が進んでおり、日本ではビルの谷間などでの時刻情報源としての準天頂衛星システム利用に期待
	クラウドコンピューティング環境下でのビッグデータのトランザクションとネットワークの管理	クラウドコンピューティング環境下での複数データセンター間の時刻情報同期。特にビッグデータ活用におけるトランザクション管理のための正確な時刻情報源として期待される。ネットワーク遅延の精密監視手段としても活用可能
その他	防災	日本の準天頂衛星システムに搭載される簡易な通信機能を活用し、緊急津波警報などの防災情報を提供

って、鉄道の運行制御のように人の生命にかかわる分野などでは、

前述のように、GPSを利用しても参考情報程度の位置づけにとどまってきた。これに対し、準天頂衛星システムの信号精度の信頼性は高いとされている。各種の実証実験を通じて信頼性の水準の高さが明らかになれば、信頼性の観点からこれまでGPSが導入されていなかった分野での衛星測位の導入が進む可能性がある。

以上の3つの品質向上により、表2に示すような新たな利用分野が見込める。従来からのGPSを利

用した位置情報サービスに加えて、ロボットや交通、権利確認など衛星測位の新たな利用分野が創出されることには大きな意味がある。しかも、それらは民生利用といっても産業分野が中心である。したがって、企業の業務効率化や高度化、新規事業創出に大きな影響を与えることが予想される。

マルチGNSSによる新たな市場創出への期待

準天頂衛星システムを含めたマルチGNSS環境の構築によって、日本国内では数兆円の経済効果が期待できるといわれている。では、

その市場の創出に当たり、官民にとってどのような取り組みが必要になるのだろうか。マルチGNSSのメリットを享受するには、衛星の運用にとどまらず、その情報を活用するための仕組みが必要である。それには以下の2つがポイントになる。

①マルチGNSS対応ハードウェアの普及

ハードウェアの観点からは、仕様が異なる複数の衛星測位システムに対応できる受信機が必要である。特に、今後さまざまなソリューション（課題解決策）のインタ

フェースの中心となるスマートフォンへの対応が重要である。これは実際に始まっている。あまり知られてはいないが、2011年10月に発売された米国アップルの「iPhone (アイフォーン) 4S」には、GPSに加えてGLONASSの信号も受信できるようになっている。

②精度の高い地図の整備

地図の整備も現状では十分ではない。政府が整備する高精度の地図は2万5000分の1程度の縮尺が中心であり、この縮尺では、最高で1m程度の解像度を持つ衛星測位の結果を表現するのに十分ではない。マルチGNSS時代における

地図のあり方について、あらためて議論が求められるだろう。

以上の仕組みが整備されることにより新たなサービスの創出が期待される。そのサービスは日本にとどまらず、アジア太平洋地域をはじめ世界への展開を図るべきであろう。特に準天頂衛星の軌道はアジア太平洋地域にも及ぶことから、そうした地域での効果は大きいと思われる。

海外へのサービス展開に際しては、準天頂衛星システムの利用によって生み出されるサービスや技術、地図の整備なども含め、マルチGNSS活用に必要な要素をフル

セットで展開することが有効である。

なお、『ITソリューションフロンティア』2012年1月号の特集「産業革新を支える衛星測位とITソリューション」では、このような新市場の創出に向けて参考となる事例を3つ紹介している。ご参照いただきたい。

『ITソリューションフロンティア』
2012年1月号より転載

.....
丸田哲也（まるたてつや）

ICT・メディア産業コンサルティング
部上級コンサルタント