

高精度グローバル DGPS 技術の現状

河口星也 (測位衛星技術株式会社)

kawaguchi@gnss.co.jp

2.2.1 はじめに

GPS 機能を搭載した携帯電話が 2001 年末に出現してから既に数年が経過したが、GPS 機器から得られる位置情報は、ナビゲーション、セキュリティ、物流、運行管理、モニタリングといったアプリケーションの広がりに伴い、ますます我々の生活に密着した情報となりつつある。主にコスト的な面からであろうが、現在これらの分野では「高精度化」というテーマはそれほど重要なテーマとされていないようにも見えるが、ここ数年良く言われる「いつでも」「どこでも」「誰でも」、「正確」で、かつ「信頼性の高い」位置情報を「簡単に」入手できるようになれば、応用分野は今後もさらに広がっていくことが期待される。本稿では正確な位置情報を取得する上で現在広く利用されている DGPS 方式の中で、従来の RTK-GPS にも匹敵する測位精度を実現することができる高精度グローバル DGPS 技術について紹介する。

2.2.2 DGPS とその広域化

現在国内における主な DGPS サービスとしては、海上保安庁による中波ビーコンを用いた DGPS サービスと、測位衛星測位情報センターによる FM 多重放送を用いた DGPS サービスが利用されている。それぞれ国内に 27 局(海上保安庁)、7 局(測位衛星測位情報センター)の基準局が設置されており、前者は主に船舶向け、後者はカーナビ向けとして広く普及してきたが、いわゆる従来型の擬似距離補正による DGPS 方式を採用しているため、基準局からの距離が離れるとともに補正情報の有効性が低下し、測位精度が劣化することになる。一般的にはサービスの有効カバレッジは基準局から数 100km 程度の範囲とされている。

これら従来型の DGPS サービスが基準局を中心としたローカルな地域を対象とするのに対して、より広域、例えば大陸全域を対象とするようなコンセプトの DGPS 方式を一般的に WADGPS (Wide Area DGPS : 広域型 DGPS) と呼ぶ。代表的なものとして、航空用の衛星航法補強システムである米国の WAAS (Wide Area

Augmentation System) や、商用の静止衛星型広域 DGPS サービスなどが提供されており、航空、船舶など基準局からの距離の制約を受けやすい分野において既に様々な形で利用されている。

サービスによって対象とする受信機のタイプ、および補正情報の内容は異なるが、例えば WAAS の場合対象が L1 受信機であり、電離層遅延や衛星軌道、衛星クロックなどの補正情報を静止衛星経由でユーザに提供することで、北米全域で利用可能な広域型 DGPS サービスとして確立している。基本的な考え方としては、サービス対象とする地域にまたがる基準局網を構築し、そこで取得した観測データをもとに、サービス対象地域で有効な上述の補正情報を生成することになる。特に電離層遅延を補正するためにはある程度の密度をもった基準局網が必要とされ、WAAS の場合米国全域に 24 局の基準局が配置・運用されている。

この広域型の DGPS を全世界で使えるように拡張したものがグローバル DGPS (GDGPS) である。米国 NASA/JPL では 1995 年頃からグローバル型の DGPS に関する研究を始めており、その成果は前述の WAAS や商用の広域 DGPS サービスなどに既に応用されている。ただし、それらのサービスが L1 ユーザを対象にした広域型 DGPS で、通常の DGPS クラスの精度(1~数 m)をターゲットとしているのに対し、NASA が利用する様々なアプリケーションでは全世界で利用でき、かつ可能な限り高い精度が求められる。これらの背景をもとに JPL による高精度グローバル DGPS 技術が確立されてきたという経緯がある。

2.2.3 NASA による GDGPS

米国 NASA によるグローバル DGPS システムは現在全世界で 10cm 級の測位精度を実現することができる唯一のシステムである。システムの開発および運用は JPL が担当しており、主に NASA の航空宇宙関連のアプリケーションに利用され、実績を挙げている。現在 NASA/JPL では、各国の研究機関等と提携し、全世界で約 90

局の基準局を運用しているが、そのうち 70 局程度については主にインターネットやフレームリレー経由でリアルタイムに観測データを収集できる仕組みとなっている。大きな特徴はその高い冗長性にあり、現在のネットワークでは各衛星について常時最低でも 9 局、平均的には 18 局の基準局が同時追跡を行っている (図 1)。

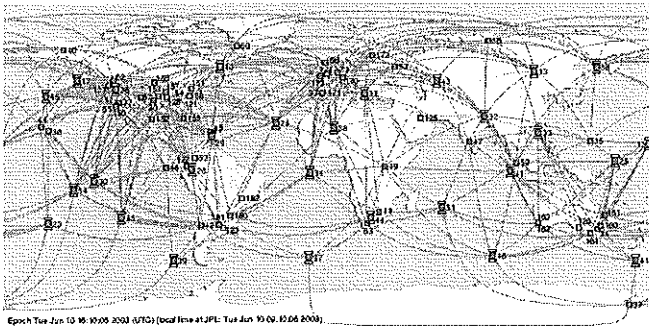


図 1 NASA/JPL のグローバル基準局網

一般的な基準局には 2 周波 GPS 受信機とチョーキングアンテナ、およびデータ収録・転送用の PC が設置してあり、PC 上では RTNT と呼ばれるモジュールが観測データの収録、圧縮等を行い、パケット化したデータを JPL が運用する 2 箇所のデータハブに転送する。また、それぞれのデータハブからはさらに 2 箇所の運用センター (カリフォルニア州パサデナおよびロサンゼルス) にデータを転送する仕組みが取られており、仮にどこか 1 箇所でトラブルが発生しても、途切れることなく運用される仕組みとなっている。また、運用センター自体も三重系となっており、2000 年からのシステム運用実績における信頼性は 99.999% を達成している。

各計算センターでは RTG (Real-time GIPSY) と呼ばれるリアルタイム軌道決定システムが運用されており、衛星軌道およびクロックの精密決定が行われ、放送暦に対する補正值として、軌道およびクロック補正情報が生成される。生成された補正情報はインターネット経由での配信や静止衛星経由での放送といった形で利用者に提供されている。

一方利用者側における測位計算については、同じく RTG の利用者側モジュールが用意されており、2 周波の GPS 受信機から得られる観測データを用いて補正計算を行う形となっている。

現在、東京海洋大学最先端衛星測位技術開発センターでは JPL と提携し、昨年末から基準

局の運用を行っている。受信機はタレス社 uZ-CGRS 受信機、アンテナはタレス社のチョーキングアンテナが使われており、1Hz で収録された観測データが学内ネットワーク経由で JPL へ転送されている。

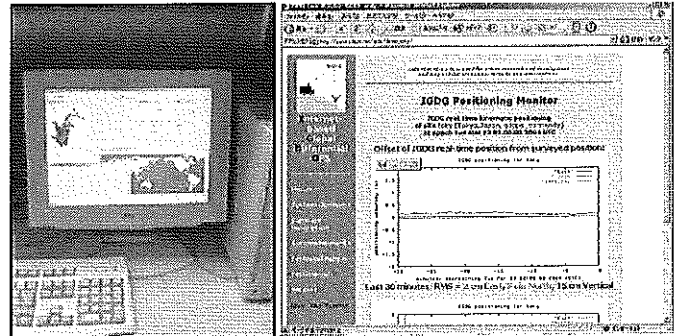


図 2 TOKY 局のデータ収録・転送用 PC とモニタサイト

2.2.4 商用サービスへの応用-StarFire

GDGPS の大きな特徴は全世界に配置された基準局ネットワークと、そこから生成される高精度な補正情報である。従来商用化されていた広域型 DGPS サービスは基本的に地域別に異なる補正情報が提供されていたが、グローバル型の DGPS 方式では全世界共通の補正情報が提供されることとなる。

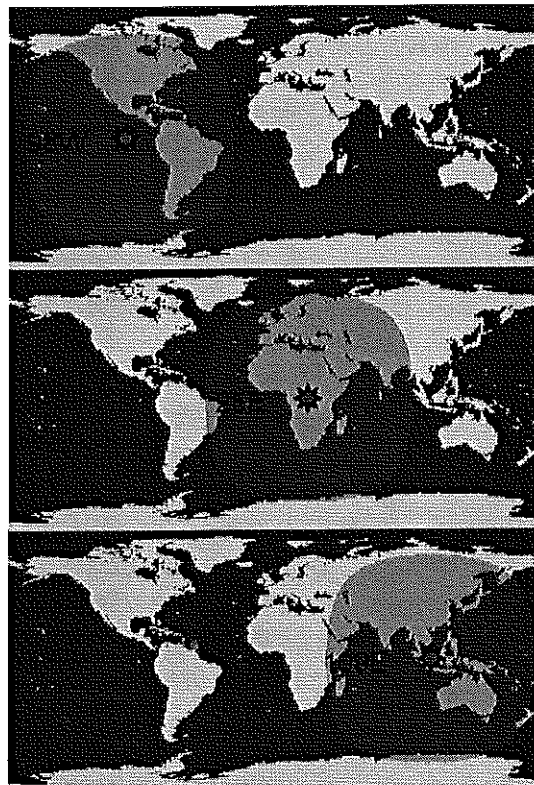


図 3 StarFire サービスのカバレッジ

StarFire は米国 NavCom 社により運用される高精度グローバル DGPS サービスである。JPL により開発されたリアルタイム軌道決定技術をコアに持ち、JPL と共用する全世界に配置された基準局網からリアルタイムで観測データを収集し、補正情報を生成する。生成した補正情報は全世界をカバーする 3 つのインマルサット衛星へアップリンクされ、Lバンドで地上に向けて放送される(図3)。利用者はこの補正情報と GPS を同時に受信することが可能なハイブリッド型受信機(図4)を利用することで日本国内に限らず、ほぼ世界中どこでも 10cm 級の高精度な DGPS 測位が可能となる。

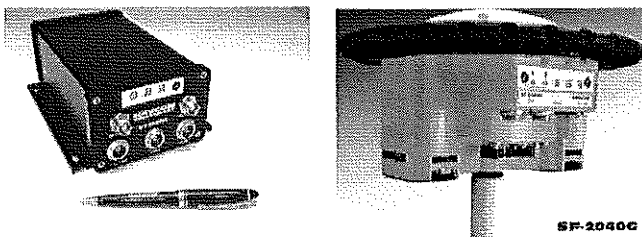


図4 StarFire 対応受信機 (SF2050G/SF2050M)

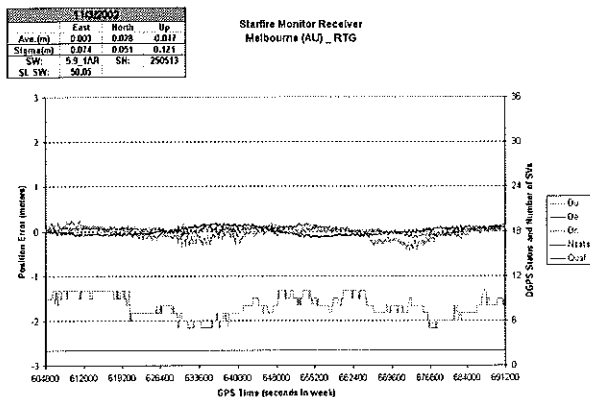
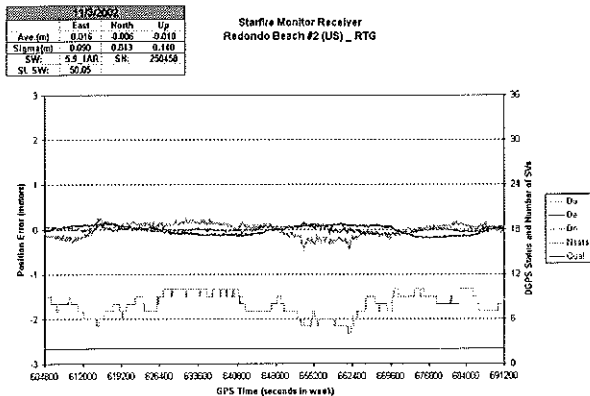


図5 24時間静止測位結果 (2002/11/3)

受信機は 2 周波型で、L1 および L2 を用いることで電離層遅延の補正をほぼ完全に行っている。現在アンテナと受信機が一体型のモデル (SF-2050G) と、分離型のモデル (SF-2050M) がリリースされており、農業やマシンコントロール、GIS 等での利用が普及しつつある。

図5は 2002年 11月 3日に米国カリフォルニア州レドンドビーチおよび豪州メルボルンに設置されているモニタ局において得られた約 24 時間の静止測位結果を示している。水平成分の標準偏差で約 10cm、鉛直成分の標準偏差で約 15cm と、従来の DGPS と比較するとむしろ RTK-GPS に近いレベルの測位結果が得られていることがわかる。

2.2.5 おわりに

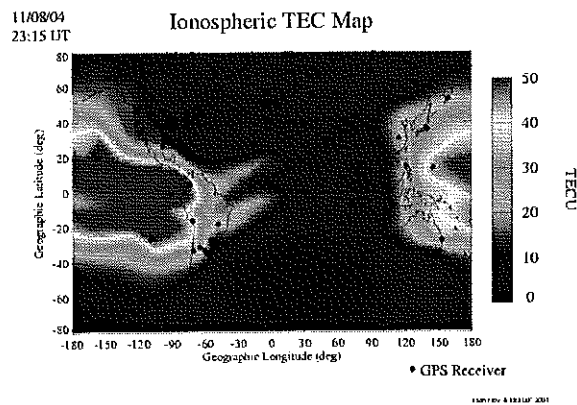


図5 JPLによるグローバル電離層マップ

現在 JPL では 1 周波の GPS 受信機を対象とした補正情報の生成についての研究を進めている。GRAPHIC(Group and Phase Ionosphere Calibration)と呼ばれる手法では、群速度と位相速度における電離層遅延の影響量が絶対量として同じであることを利用して電離層遅延量の補正を行うことで、約 30cm 程度の測位精度を達成している。また、RTI(Real-Time Ionosphere)と呼ばれる手法では、リアルタイムで生成したグローバル電離層マップ(図5)に基づく補正を行うことで、擬似距離のみの L1 受信機でも約 1m 程度の測位精度を達成している。

これら新しい補正技術を採用することで、従来 2 周波受信機ユーザしか享受できなかった“高精度かつグローバル”という GDGPS の恩恵を、将来的には 1 周波受信機ユーザでも利用できるようになることが期待される。

参照文献

/1/ Results of an Internet-Based Dual Frequency Global Differential GPS System, Proceedings of IAIN World Congress, San Diego, California, 2000.

/2/ Real-Time Point Positioning Performance Evaluation of Single-Frequency Receiver Using NASA's Global Differential GPS System, ION GNSS 2003, Long Beach, California, 2004