

1. はじめに

GPS(Global Positioning System)は地球上どこでも連続的に位置測定(測位)を可能にする衛星航法システムです。このシステムは1970年代から米国国防総省により約20年を要して開発され、現在も同省により開発・管理されています。その一部が無料で民間にも開放され

ており、多くの分野で利用されています。日本での普及はめざましく、今年年間出荷台数150万台に達し、普及率世界一のカーナビゲーションにおいて、GPSは無くてはならないものになっています。測定精度は通常数メートルですが、測位方式によっては数ミリメートルから数センチメートルになるため、地殻変動や建設分野の測量な

どに数多く利用されています。さらにGPSは三次元の位置のみでなく時刻を精密に計測する能力もあることなどから、通信や電力の時刻同期などの産業分野にも利用されています。今回は、GPSの基本原理と精度・信頼性を上げるためのGPS補強システム等を紹介し、さらに現在勧められているGPS近代化計画など今後の動向を紹介します。

基礎講座

GPSについて 基本原則および今後の利用動向

2. GPSシステム

複数の衛星からの時刻と位置情報を同時に観測して自分の位置を決定することが、正式には1993年から、地球上どこでも可能になりました。米国の国防省が管理・運営するこのGPSシステムは、宇宙、制御、利用者の三つ(セグメント)から成り立っています。GPS衛星からは1575.42MHzの搬送波に1023個の1か0(各々をチップとい

う)からなるC/Aコード(擬似雑音コード)を1ミリ秒ごとに繰り返し送信します。さらに50ビット/秒の速度で衛星の位置、送信時刻、補正情報などの航法メッセージ信号を重畳して送信しています。これらの送信信号の基になる衛星群の時計は正確に世界時に同期しています。システムの概要を図-1に示します。民間用には1575.42MHzでC/Aコードが利用されますが、後に述べる測量用などでは1227.6

MHzの搬送波位相情報も利用されます。それらの信号はL1,L2と呼ばれています。

3. 位置と時刻の測定は

受信機では個々の衛星に割り当てられたC/Aコードと同じ内容の信号を発生し、衛星からの信号と一致する(コードの相関値が最大になる)時刻を検出し、各々の衛星からの伝搬時間を計測します。一方、航法メッセージデータを復調し、衛星位置・送信時刻情報・伝搬補正情報などを得ることが出来ます。伝搬時間に光速度を乗じると距離が計測できますので、最低3個の衛星からの距離を計測しその交点を求めると3次元の位置が計算されます。ここで受信機の時計は衛星の時計程正確ではないため、これを未知数として計算するため3次元位置は最低4個の衛星情報が必要になります。すなわち

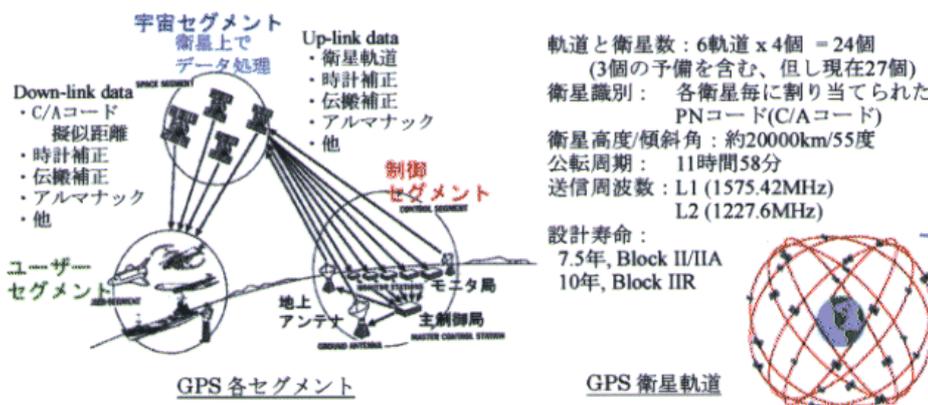


図-1 システムの構成要素と衛星諸原元

3次元位置と時刻が測定されることとなります。

4. 誤差と精度向上

測定された位置(測位)データ精度は以下の4つに大別されます。(D)衛星位置や時刻のシステム誤差、(F)電離層や大気圏伝搬により生ずる電波伝搬誤差、(H)マルチパスや受信機雑音などの受信誤差、(I)軍事的理由などにより運用者が故意にシステム誤差を増大させるSA(Selective Availability)などです。

2000年5月2日、最大の誤差要因であるSA(水項)が取り除かれました。従って精度は公称100メートルから10メートル内へと大幅に向上しました。

これ以前はDGPS(ディファレンシャルGPS)方式で(D)、(F)、(H)項を除き精度の向上を達成していました。観測点間の共通誤差を除去する相対測位方式の一つであるDGPSとは、

- ・既に正確に位置が計測された地点(基準局)にてGPS測位し、誤差成分を衛星毎に知り補正情報として送信します。
- ・この情報により、近く(数百キロ以内)の利用者(移動局)は直ぐ(通常数秒以内)にGPS受信信号に

補正を加え、より正確な位置計測することが出来ます。

SAオフ後もシステム誤差や電離層伝搬誤差を取り除くため、さらには基準局からGPSシステムの不具合を即座に知らせる(インテグリティ)など精度・信頼性向上には有効であり、海上保安庁による日本沿岸のDGPSサービスや衛星測位情報センタ(GPex)によるFM多重放送によるDGPSはGPS補強システムとして今後も運用されるということです。

5. 地すべりとGPS

これまではC/Aコードの位相を測定でしたが、さらに搬送波の1サイクル(L1で約19cm)の位相を計測して測位する干渉測位方式を用いればセンチメートルやミリメートル・レベルまでの測位が可能です(図-2)。この場合は基準局と移動局の同時計測が原則となり、さらに局間距離も約20キロメートル以内に限定されています。近年この干渉測位方式の研究が進み、従来では静止点観測や後処理に代わりリアルタイムの動的処理(RTK)が可能になりました。RTKでは搬送波のサイクル数を最初に確定する必要がありますが、動きながらこれを

行うOTF(オン・ザ・フライ)の場合はL2の搬送波を利用するのが一般的です。地すべり観測など準静止点ではL1一周波形でも可能であり、平均処理によりミリメートル程度の精度を得ることが出来ます。

現在、国土地理院による約千点のGPS電子基準点をこれら干渉測位に利用する動きが活発になっています。

またデータ・フォーマットも国際的標準にあわせDGPSと共に検討されています。

6. GPSのこれから

GPSはその補強及び改良、近代化が欧州のGalileo計画、ロシアのGLONASS計画を睨みながら急速に実施されておりその精度、信頼性の向上が期待されています。一方、利用者側の受信システムは、技術進歩と共に小形、軽量、低消費電力などハードウェアの進歩が急速に行われています。L2 C/Aコードの使用によりRTK可能な超小型の普及型GPS受信機が可能になり、数センチメートル精度の移動体計測が可能になります。

さらに欧州、ロシアのシステムが稼働する7~8年後では、50~80個のGNSS衛星が利用される、信頼性・精度の格段の向上が期待されます。ただし、微弱な衛星信号の直接波を用いるために、他システムからの信号干渉、樹木など信号減衰、建物などによる電波遮断など測位に支障がある場合の対応も重要な課題となります。

(ほうじょうはるまさ：日本無線(株))

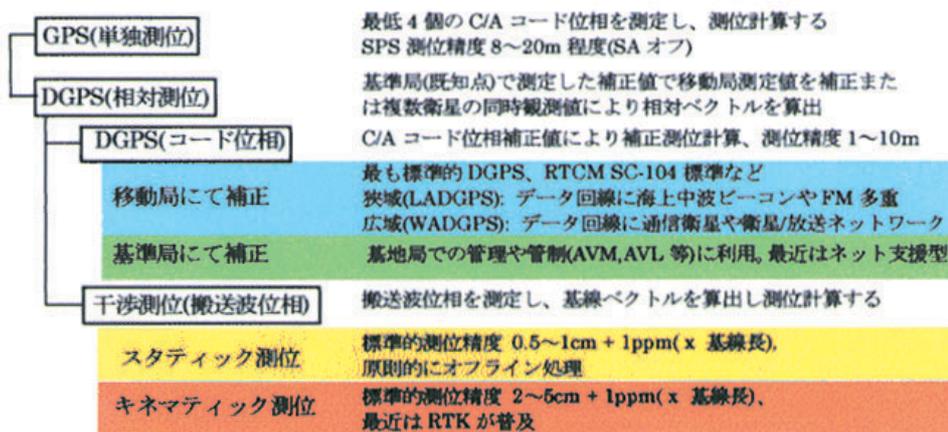


図-2 受信測位方式と利用形態