

GPSの利用(日食観測の必需品)

連載第2回 GPSの原理(その2)

丹羽 誠

今回も前回に引き続き、GPSの原理です。より高精度な測位を可能にするDGPSの原理と、接触測定で有効な時刻同期の話です。

また、モンゴル・シベリア日食直前と言うことで、国内でも容易に入手できるGPS受信機を簡単に紹介します。

2.6 ディファレンシャルGPS(DGPS)

単独測位の精度は既に述べたようにSAなどの問題もあってせいぜい 100m 程度です。この精度では陸の上にいるはずなのに海の上にいるといったこともありうるわけです。カーナビなどで使う場合マップマッチング等の方法で強制的に道路上を走っているように見せる技術もありますが根本的な解決策というわけではありません。特に掩蔽観測などではせめて 50m 以上の精度が欲しいところです。

そこでGPS測位の精度を向上させる技術として考え出されたのが、DGPS (Differential GPS) です。このDGPSは、トランスロケーションとか差動GPSという呼び方をされることもあります。

(1)DGPSの原理

DGPSと単独測位との一番の違いは、2台のGPS受信機を使って、同時に測位することにあります。一台の受信機を座標のわかっている観測点におきます(これを基準局とする)。そうするとGPSから出力される座標と、本来わかっています座標との誤差がわかります。この誤差の情報をもう一台のGPS受信機(こちらを移動局とする)に送って、測位結果から誤差を差し引くことで移動局のより正確な位置を知ることができるのです。この場合精度は数 m ~ 10m 程度にまで改善されます。

DGPSで精度が向上するのは共通の誤差を相殺できるためです。相殺される誤差は、SA、GPS衛星の軌道情報の誤差、電離層の影響です。

誤差を上手く相殺するには、誤差を相殺する前提である”それぞれの誤差を基地局・移動局共通の誤差”となるように、次の点に注意する必要があります。

- ・同時に観測すること
- ・基準局、移動局で同じGPS衛星を使用すること
- ・軌道情報は同じものであること(情報更新時に混乱する可能性がある)

このDGPSにもいくつかの方法がありますが、一般的なものとしては補正情報の扱い方により次の2つの方法があります(図2. 11)。

- ①補正情報を基準局の緯度、経度、高さ、もしくは3次元直交座標値との差とする方法

②補正情報を各衛星毎の疑似距離の誤差とする方法

それぞれの方法には一長一短があるが簡単にまとめると次のようになります。

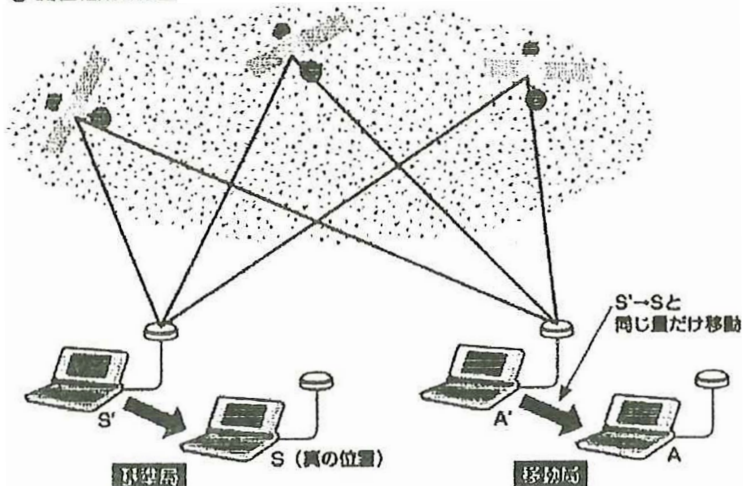
①による方法

- ・単独測位用の受信機をそのまま用いることができる。
- ・転送する補正情報は少なくすむ。
- ・基準局と移動局で測位に使用しています衛星が異なると精度が低下する。

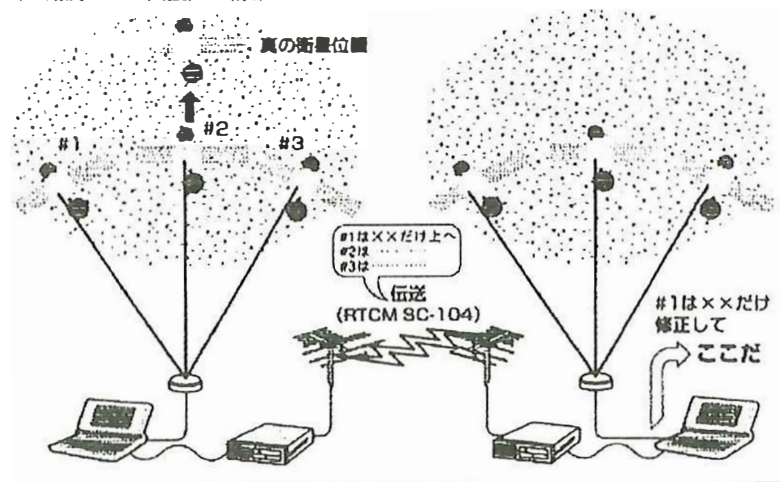
②による方法

- ・基準局は受信していますすべての衛星の疑似距離もしくは疑似距離の誤差を出力する機能が必要。
- ・観測できています衛星が多いと転送する補正情報が増加する。
- ・移動局は疑似距離補正ができる機能が必要。
- ・基準局と移動局とは同じ衛星を利用して測位計算ができる。

① 測位結果で修正



② 衛星ごとの位置誤差情報



①の方法は簡便ですが、離れた2地点でいつも同じ衛星を使うというのが困難なため現在ではほとんど利用されていません。米国などで一般に用いられているのは②の方法です。この方法で問題となるのは基準局側の受信機です。疑似距離誤差を出力できるGPS受信機はまだまだ高価で一般に利用できるものではありません。ところが、この補正情報だけをなんらかの方法でユーザーが利用できるな

図2. 11 DGPSの方法

らば、ユーザーは補正情報を入力できるGPS受信機1台があればよいことになります。

米国では、この補正情報について標準化が以前より進められており、RTCM (Radio Technical Commission for Maritime services) SC-104委員会で、DGPSに必要なデータ仕様が定められています。

(2)DGPSの実際

先ほど述べた RTCM SC-104 のデータ仕様は、DGPSを実際に行う上で現在では事実上の世界標準です。この標準の正式な名称は、"RTCM RECOMMENDED STANDARDS FOR DIFFERENTIAL NAVSTAR GPS SERVICE" です。一般には RTCM SC-104 規格の通称で通じます。

RTCM SC-104 のメッセージは1語30ビットからなるバイナリーデータです。メッセージの内容はメッセージタイプとして区別されており、表7. 3に主なものを示します。

表7. 3 RTCM SC-104 規格の主なメッセージタイプ

メッセージタイプ No.	タイトル (意味)
1	DGPS補正量 (疑似距離誤差とその時間変化率)
2	デルタDGPS補正量 (軌道情報の更新情報の補正)
3	基準局パラメーター (基準局の WGS-84 座標)
9	DGPS補正量の一部 (タイプ 1 と同じで使用する衛星のみ)
16	特別メッセージ (90文字までのアスキーデータ)

RTCM RECOMMENDED STANDARDS FOR DIFFERENTIAL NAVSTAR GPS SERVICE
VER.2.1 TABLE4-2, JAN 3 1994 より

この規格はデータ形式を決めているだけでその伝送方法には触れられていません。一般的には RS-232C 等のシリアルデータにして伝送されることがほとんどです。この場合最低 50bps 程度の転送速度があれば補正データの転送は可能です。実際にはこれより早い 100bps から 9600bps 程度で送られていることが多いようです。

伝送方法の次は伝送手段に何を利用するかです。伝送手段としては、携帯電話を含めた電話回線、業務用無線、アマチュア無線のバケット通信、特定小電力無線、ビーコン電波、通信衛星、FM多重放送、航海衛星等があります。このうち米国ではビーコン電波、FM多重放送による補正情報が一般に利用できることは先に述べたとおりです。

米国製のGPS受信機のほとんどは、RTCM SC-104 の補正データを入力できるようになっており、専用のビーコン受信機やFM受信機と組み合わせることによって、DGPSが簡単に実現できます。

DGPS補正情報は、日本ではまだオープンに誰でも簡単にできるようにはなっていませんが、

徐々にDGPSサービスが始まりつつあります。

①日本船舶通信株式会社 DGPS補正情報サービス

NTTの公衆回線を利用したDGPSの補正情報サービスです。利用するには加入契約を結んで、ID とパスワードを取得する必要があります。公衆回線を利用するため、携帯電話等を利用すれば移動体でのDGPSも可能です。

②海上保安庁 ラジオビーコン多重放送

海上保安庁が、船舶の航行にDGPSが利用できるように、無線方位測定又は船舶気象通報のラジオビーコン電波（288 ～ 316kHz）に MSK 変調でDGPS補正量を付加して中波多重送を行っています。平成8年4月に実用運用に入る予定であったが現在遅れています。この多重放送のデータの復調には、米国製のビーコン受信機が利用可能です。ただし、もともと船舶を対象としていますので、山間などの内陸での利用は困難です。

この他、阪神大震災の教訓から、神戸の鉢伏山でDGPS実験局が開設され、RTKと呼ばれる測量用GPSの補正情報の提供も行われました。

今後、DGPS補正情報のサービスはますます一般化する方向にあると考えられますが、現在期待されているのは道路交通情報システムのVICsなどに代表されるFM多重放送の利用です。FM多重放送は既に「見えるラジオ」として利用されていますが、この他にVICsへのDGPS補正情報の付加も検討されています。これが実現すれば、カーナビも、道路から勝手に外れることもなく、より正確なナビゲーションが可能になるでしょう。

2.7 時刻同期

GPSの単独測位の副産物として正確な時刻が、GPS受信機の中にできているのは既に述べたとおりです。この時刻精度は、色々な誤差を差し引いても1 μ s程度は十分に得ることができます。

この高精度の時刻を利用するには、GPS受信機に 1PPS 出力と呼ばれる時刻出力がついた受信機が必要です。普段我々が利用できるハンディタイプのGPS受信機には、この 1PPS 出力はあまりみかけませんが、センサータイプのGPSや測量用GPS受信機にはついていてるものを多くみかけます。1PPS 出力は、その名の通り1秒間に1パルス（1 pulse per second）正確に出力されます。この出力をビデオのスーパーインポーズ用の時計のリセット入力などにつないで制御すれば、その精度を活かすことができます。ただし、こういった形で簡単に時刻セットできるGPSとしての製品は、一般消費者向けとしては発売されていないため、アマチュアの自作により行われているのが現状です。

日本国内でも、JJYが順次廃止される方向に向かっており、安定した精度の時刻を得る方法は、これからはGPSに頼らざるを得ないようになってきています。日食の海外遠征などでは、1PPS 出力の精度まででなくても、GPSに表示されるUTだけでも十分に助かります。

3. モンゴル・シベリア日食に向けて

モンゴル・シベリア日食まであとわずかとなりました。ここまで読んでいただけた方の中には「GPSって日食観測に便利そうな道具だが、どこで売っているの?」と疑問に思う方も見えるかと思えます。

3.1 国内で入手できるGPS受信機

そこで、現在国内で入手しやすいGPS受信機を簡単に紹介したいと思います。以下の製品以外にもいくつかのおもしろい製品がありますが、それはまた機会を改めて紹介したいと思います。

(1)エンペックス ポケット GPS38J/40J (米国 Garmin 社製ハンディGPS)

気象関係の製品を扱っているエンペックス株式会社が Garmin 社のハンディGPSを輸入販売しています。38J と 40J の2モデルがあり、両者の違いは外部アンテナが付けられるかどうかという違いです。ハンディGPSですので、買ったその日から早速使うことができます。また、Jモデルということで、表示とマニュアルが日本語表記となっています。

Garmin 社のハンディGPSは北米でも多大なシェアを誇っており、C/P も高くおすすめできる製品です。ただし、この 38 以前のモデルは、アンテナ感度がやや低く、日本国内の都心などでは衛星がなかなかつかまらないといった難点もありました。また、オプションのデータケーブルによりパソコンにつないでの利用も可能です。

問い合わせ先：エンペックス気象計株式会社 通信販売事業部 03-3494-4010

<http://www.infoweb.or.jp/empex/welcome.html>

価格：GPS38J ¥39,800 GPS40J ¥59,000

なお、この製品は大手のアウトドアショップに置いてあることが多いです。

(2) SONY IPS-5000

これはセンサータイプのGPS受信機です。単独では使えません。必ずパソコンなどにつないで、その出力を利用するタイプです。私が普段から使っているGPS受信機もこれで、ベルー、インド日食で活躍しました。このGPS受信機の特長は、非常に感度が高く、電波状況の少々悪いところでも測位出来る点です。パソコンにつなぐことにより、データを自由に加工することができ、この点も便利です。ただし、パソコンとつなぐにはレベルコンバーターというものが必要です(別売り品)。

入手先：通信販売：(株)SPA 03-5496-4701

<http://www.avisnet.or.jp/~syspal/spa/spa.html>

秋葉原：ツクモ万世店 03-3251-2441

T-ZONEアップグレードギャラリー 03-3257-2675

価格：IPS-5000 本体 ¥29,800

3.2 わからないことがあったら

GPS、特に最近のハンディGPSは非常に使いやすくなっており、使い方がわからないといったことはほとんどないと思います。ただし、間違った使い方をしていて、それに気がつかないことは結構あるようです。

例えば、電源入れても全然測位にならない。最初はGPS受信機の中のデータがからっぽになっていることがあるので、全方位天空のよく開けたところで、20～30分衛星からの電波をまず受信して下さい。部屋の中や窓際ではだめです。

地図の位置と表示されている緯度経度とが4～500mずれている。測地系が WGS-84 のままになっています。日本国内の地図は TOKYO-DATUM で書かれていますので、GPS受信機の測地系をセットしてください。ただし、海外遠征では WGS-84 系で、観測地の緯度経度を記録された方がよいでしょう。

この他にも使っていると疑問がわいてくると思います。もし、パソコン通信のニフティサーブのIDをお持ちでしたら、是非一度、パソコンGPSフォーラム (FGPS) を覗いてみて下さい。答えがきっと見つかると思います。私は、このフォーラムでサブシスオベ (ID:DNC01095) をしております。お気軽に FGPS にお寄り下さい。

参考文献

- ・日本測地学会編著、日本測量協会発行「新訂版GPS 人工衛星による精密測位システム」、1989
- ・土屋 淳、辻 宏道著、日本測量協会発行「GPS測量の基礎」、1995
- ・電波実験社発行「PC WAVE1994年11月号 特集2 パソコンGPS」
- ・電波実験社発行「PC WAVE1995年10月号 特集1 パーソナルGPSの構築」

* 訂正

前回記事の中で、図2. 8と図2. 9が逆になっていました。謹んで訂正いたします。