

# ディファレンシャルGPS処理プログラムの評価

打田明雄：海洋研究室

## Evaluation of Differential GPS Postprocessing Program

Akio Uchida : Planning Division Marine Research Laboratory

### 1. まえがき

海上保安庁水路部では、水路測量および海象観測等の調査を実施するにあたり、近年、測位機としてGPSを採用してきた。1986年7月、測量船「拓洋」に搭載しているNNSS・オメガ受信機MX1105のアップグレードキットとしてGPSを採用したのを初めとし、その後、第11図に示すとおり全ての測量船に搭載している。

また、GPSを利用した高精度船位測定手法として、1990年10月測量船「明洋」の竣工に伴いディファレンシャルGPSシステムを導入し、1993年10月に

は、測量船「海洋」の竣工に伴い、さらに新しい技術を採用したディファレンシャルGPSシステムを導入した。

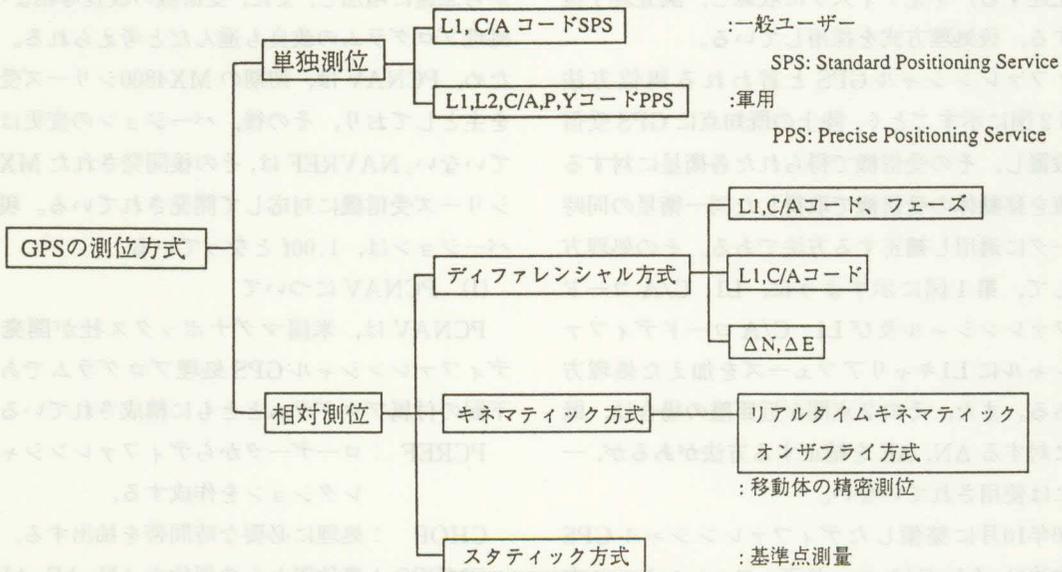
このため、これらのディファレンシャルGPS処理プログラムの評価を行ったので報告する。

### 2. GPSを利用した測位方法について

GPSの測位方法には、第1図に示すように単独測位と相対測位に区別される。

単独測位は、民間用と軍用があり、一般ユーザーは、民間用が利用できる。

軍用は、1994年現在、米国、NATO、オーストラ



第1図 GPSの利用形態

リア各国の軍が利用可能であり、日本、韓国、イスラエルは、その使用許可について、検討中となっている。

相対測位には、ディファレンシャル、キネマティック、スタティック方式があり、移動体に対しては、前2方式が利用されており、スタティック方式は、基準点測量に使用されている。

1993年12月8日、米国国防総省は、ブロックII衛星が24個となったことによりIOC (Initial Operational Capablity)を宣言し、正式運用を開始した。

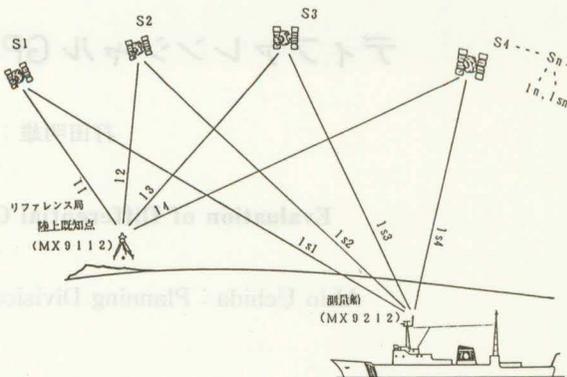
このことは、GPSを利用した測位精度は、基本的に米国のそのシステムの運用方法に依存している。

このため、水路測量等には、米国によるGPSの意図的な精度劣化(選択利用性SA: Selectable Ability)に対応すると共に、より高精度な測位を可能とするため、限定された海域において、ディファレンシャルGPS及びリアルタイムキネマティックオンザフライ方式等を利用することとなる。

水路部では、外洋におけるディファレンシャルGPS処理を目的としているため、データリンク等の制約から、陸上の既知点に設置したリファレンス局と測量船と同時にGPSローデータ(以後ローデータと記述する)を光ディスクに収録し、調査終了後処理する、後処理方式を採用している。

ディファレンシャルGPSと言われる測位方法は、第2図に示すごとく、陸上の既知点にGPS受信機を設置し、その受信機で得られた各衛星に対する補正値を移動体の受信機で取得した同一衛星の同時刻データに適用し補正する方法である。その処理方法として、第1図に示すように、L1, C/Aコードディファレンシャル及びL1, C/AコードディファレンシャルにL1キャリアフェーズを加えた処理方法がある。また、その2点間が近距離の場合は、既知点に対する $\Delta N$ ,  $\Delta E$ を補正する方法があるが、一般的には使用されていない。

1990年10月に整備したディファレンシャルGPS処理方法は、L1, C/Aコードディファレンシャル方式であり、1993年10月に整備した処理方法は、L1, C/



第2図 ディファレンシャルGPSの概念図

AコードディファレンシャルとL1キャリアフェーズを利用した方式である。

### 3. ディファレンシャルGPS処理プログラムについて

水路部で利用できるディファレンシャルGPS処理プログラムには、1990年10月に整備したPCNAV Ver. S1.1と、1993年10月整備したNAVREF Ver. 1.00gとがある。

第11図に示すごとく利用可能衛星数が1992年後半から急速に増加し、また、受信機の改良等相まって、処理プログラムの改良も進んだと考えられる。このため、PCNAVは、初期のMX4800シリーズ受信機を主としており、その後、バージョンの変更はされていない。NAVREFは、その後開発されたMX9000シリーズ受信機に対応して開発されている。現在のバージョンは、1.00fとなっている。

#### (1) PCNAVについて

PCNAVは、米国マグナボックス社が開発したディファレンシャルGPS処理プログラムであり、下記の付属プログラムとともに構成されている。

PCREF : ローデータからディファレンシャルコレクションを作成する。

CHOP : 処理に必要な時間帯を抽出する。

CMPRS : 真位置からの偏位を $\Delta N$ ,  $\Delta E$ ,  $\Delta Up$ で出力する。

これら、一連の処理プログラムを整備した1990年頃は、利用できる衛星も少なく、ディファレンシャルGPS処理を行うと、衛星の切り替わり時にデータの振れが発生し、短時間内での処理では良い結果が得られても、一日単位での処理を実施すると、処理後のデータをそのまま利用することはできない状況であった。衛星の数が十分利用できる1994年1月12日のデータを使用し処理を行ったが、衛星数の増加により改善が見られるものの、衛星の切り替わり時にパルス状のノイズが発生し、全体に約2~3mの振れが残る。

(2) NAVREFについて

NAVREFは、米国マグナボックス社が開発したL1, C/AコードディファレンシャルとL1キャリアフェーズを利用したディファレンシャルGPS処理プログラムであり、CHOPプログラムとともに構成している。このプログラムを使用することにより、SA誤差を低減するとともに電離層・対流圏による誤差の除去等が可能となり、従来のL1, C/Aコードのみを使用した手法に比較し、測位精度が約5倍以上改善され、精度は、1m以内と言われている。

その処理方法の詳細は、公開されていない。しかし、この処理プログラムを使用することによりGPSの測位精度がどの程度改善されるか確認をする必要があると考え、次のような手法を用いて検証した。

- (イ) 同一受信機で得られたディファレンシャルコレクションデータを、同時に得られたローデータに適用し、その再現性を評価する。
- (ロ) (イ)で再計算した位置と既知点との差が相手側の受信機で得られたローデータに対して、ディファレンシャルGPS処理した後の結果と相手側の既知点との関係に及ぼす影響について評価する。

4. NAVREFによる処理結果

(1) 再現性の評価

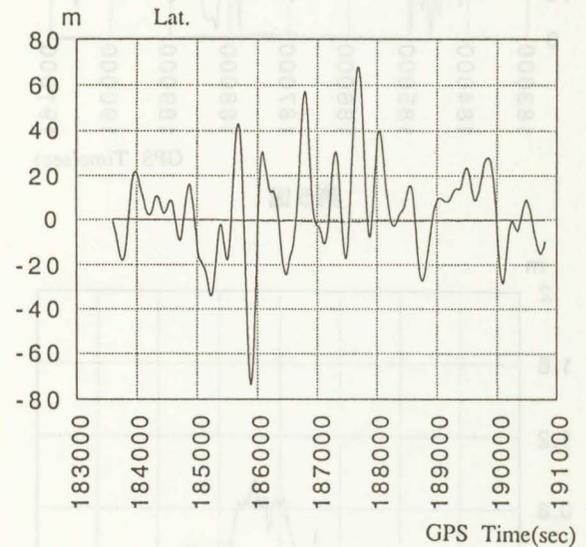
1994年6月21日、水路部屋上点、JHD-2にMX9112受信機を設置し収録したローデータを使用して処理を行い評価した。

第3図は、緯度方向の結果を既知点からの差として表示し、第4図は、経度方向の結果を既知点からの差として表示している。

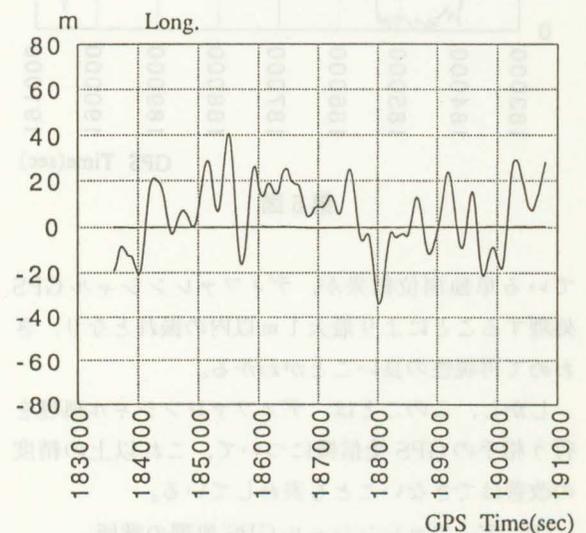
第5、6図は、既知点からの偏差の絶対値を表示している。

第3、4、5図は、単独測位結果と併せて表示しており、第6図は、処理結果のみを表示している。

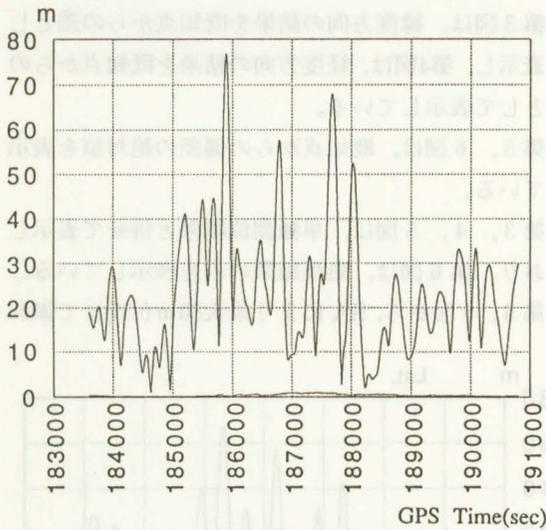
第5、6図から、SAにより最大80m付近まで振れ



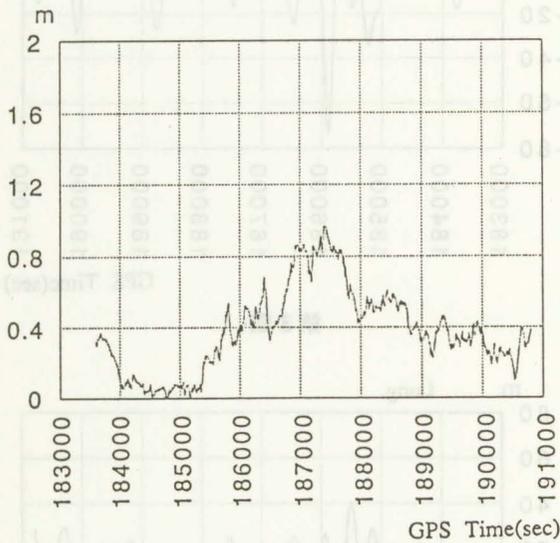
第3図



第4図



第5図



第6図

ている単独測位結果が、ディファレンシャルGPS処理することにより最大1m以内の振れとなり、きわめて再現性の良いことがわかる。

しかし、このことは、ディファレンシャル処理を行う相手のGPS受信機について、これ以上の精度の改善はできないことも表わしている。

(2) ディファレンシャルGPS処理の評価

1994年6月11日、水路部屋上点、JHD-2から約27

km離れた横浜市内に設置したMX 9112受信機で収録したローデータに対して、JHD-2で得られたディファレンシャルコレクションデータを使用して、ディファレンシャルGPS処理を行い評価した。

なお、設置点の位置は、概略位置として、24時間の単独測位で得られた位置データの平均値を使用した。

第7図は、緯度方向の結果を概略位置からの差として表示し、第8図は、経度方向の結果を概略位置からの差として表示している。

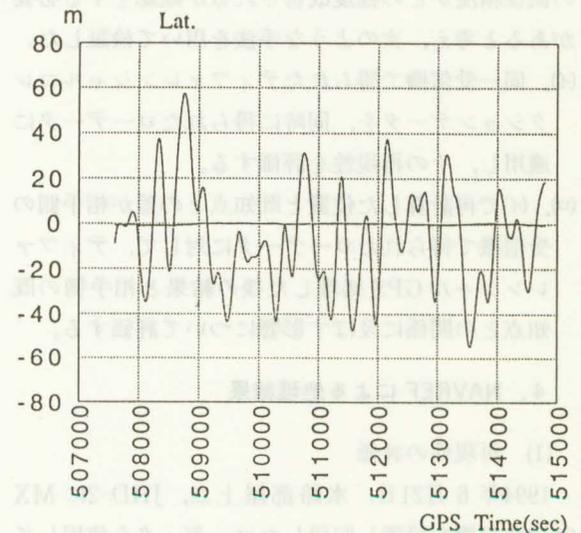
第9、10図は、概略位置からの偏差の絶対値を表示している。

第7、8、9図は、単独測位結果と併せて表示し、第10図は、処理結果のみを表示している。

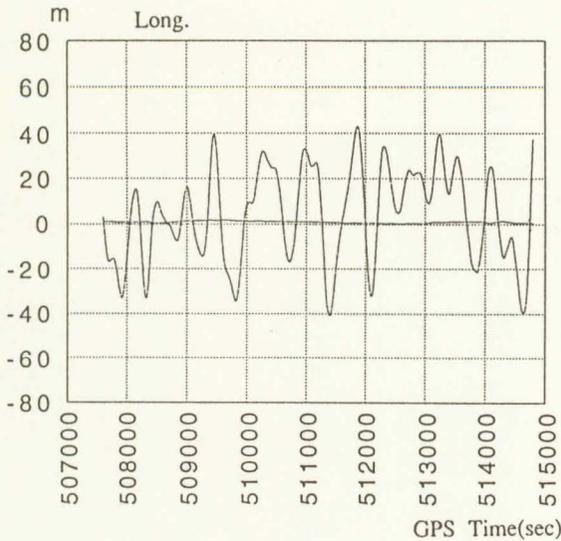
第10図より、概略位置からではあるが、最大1.8m以内となっており良い結果を得ている。

また、横浜に設置したMX 9112受信機で得られたディファレンシャルコレクションデータは、マルチパスと考えられる影響を受けており、数mの振れが発生していた。

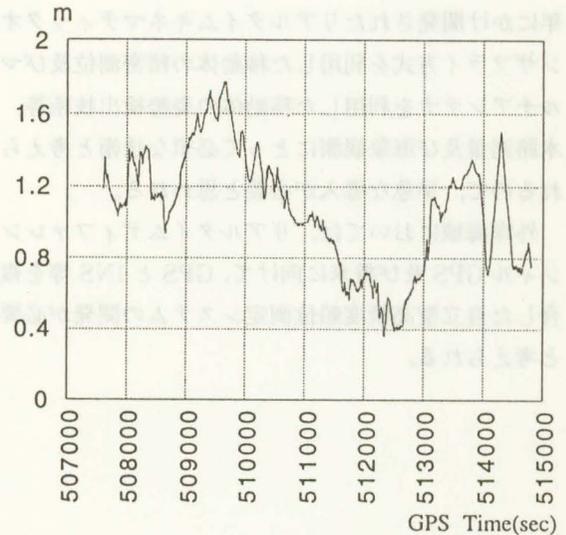
このディファレンシャルコレクションデータを使用して、JHD-2のデータを処理した結果、ほぼ振幅、周期とも同期した結果が得られた。このことは、リ



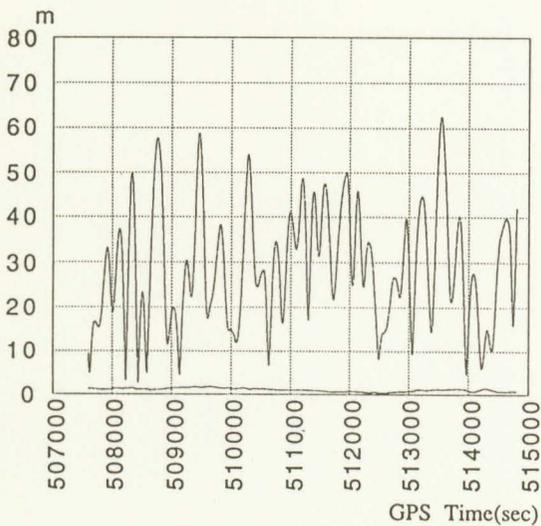
第7図



第8図



第10図



第9図

ファレンス局で得られたディファレンシャルコレクションデータが含む誤差は、移動体にバイアス値として影響することを表わしている。

5. 問題点

- (1) 建物等からの反射によるマルチパス及び強力な電波による妨害等の原因により、ディファレンシャルコレクションデータが、数mの振れを起こ

すことがある。

このため、安定した精度を得るためには、リファレンス局の設置場所の選定を行う必要がある。また、リアルタイムディファレンシャルGPSでは、送信されるディファレンシャルコレクションデータの監視をするモニター局を必要とし、後処理方式の場合、既知点に設置したリファレンス局のローデータに、ディファレンシャルコレクションデータを適用し、その結果からディファレンシャルコレクションデータの評価を行った後、移動体に対して適用する必要がある。

- (2) GPS受信機及びディファレンシャルGPSの処理方法等は、ほとんどその内容を公開していないため、ブラックボックス化されており、それらの精度等は、そのシステムを作成したメーカーの技術力に依存している。

6. まとめ

本考察は、水路部で採用したディファレンシャルGPS処理プログラムの評価を行ったものであり、ディファレンシャルGPS処理プログラム「NAVREF」について、十分に精度が得られると考えられる。

また、今後の課題として、沿岸海域では、1993~1994

年に向け開発されたリアルタイムキネマティックオンザフライ方式を利用した移動体の精密測位及びマルチアンテナを利用した移動体の姿勢検出技術等、水路測量及び海象観測にとって必要な技術と考えられるので、早急な導入が必要と思われる。

外洋海域においては、リアルタイムディファレンシャルGPS及び将来に向けて、GPSとINS等を複合した自立型高精度船位測定システムの開発が必要と考えられる。



図1

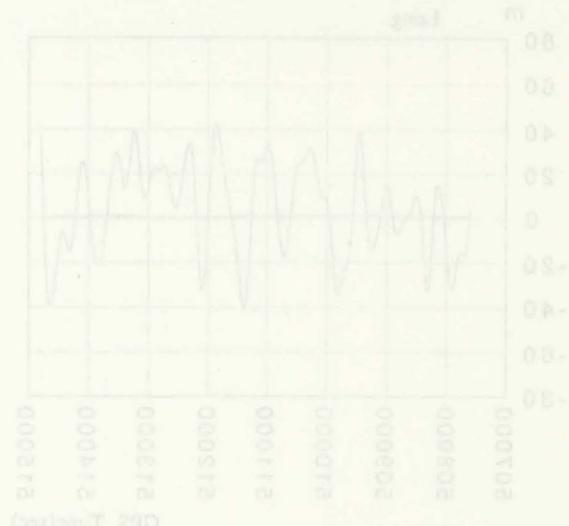


図2

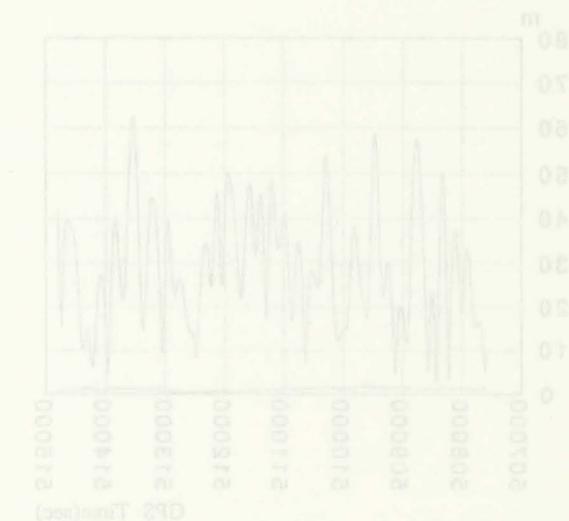


図3

このように、GPS測位技術の発展に伴って、リアルタイムディファレンシャルGPS測位技術が、高精度な測位を実現する上で重要な役割を果たしている。特に、船舶測位においては、高精度な測位を実現するために、リアルタイムディファレンシャルGPS測位技術が、高精度な測位を実現する上で重要な役割を果たしている。特に、船舶測位においては、高精度な測位を実現するために、リアルタイムディファレンシャルGPS測位技術が、高精度な測位を実現する上で重要な役割を果たしている。

2. 高精度測位技術

高精度測位技術は、GPS測位技術の発展に伴って、リアルタイムディファレンシャルGPS測位技術が、高精度な測位を実現する上で重要な役割を果たしている。特に、船舶測位においては、高精度な測位を実現するために、リアルタイムディファレンシャルGPS測位技術が、高精度な測位を実現する上で重要な役割を果たしている。

高精度測位技術は、GPS測位技術の発展に伴って、リアルタイムディファレンシャルGPS測位技術が、高精度な測位を実現する上で重要な役割を果たしている。特に、船舶測位においては、高精度な測位を実現するために、リアルタイムディファレンシャルGPS測位技術が、高精度な測位を実現する上で重要な役割を果たしている。

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
昭洋 HL 01		I-MX4400 3	—————					I-MX100 3	—————		
拓洋 HL 02		I-MX1105-GPS 7	—————					—————			
明洋 HL 03						I-MX4400 I-MX4810, (MX4200) I-[MX4818] 10	—————				
天洋 HL 04		I-T_SET 11	—————					I-MX4810 I-[MX4818] 3	I-MX9212 —————		
海洋 HL 05			I-10XII 3	—————					(DMU 586) I-MX4200 I-MX4200 —//—MX9212 I-[MX9112] 10	—————	
利用可能な衛星数	7	7	7	7~11	11~16	15~16	16~20	20~26	26~25	25~	

第11図 測量船におけるGPS受信機の整備状況と利用可能な衛星数

型名	製造会社	受信チャンネル数等	備考
MX1105-GPS	マグナボックス	2ch L1,C/A	MX1105にGPS機能を追加
T_SET	〃	2ch L1,C/A	
10XII	トリプルナビゲーション	2ch L1,C/A	
MX4400	マグナボックス	4ch L1,C/A	
MX4810	〃	12ch L1,C/A	
MX4818	〃	12ch L1,C/A	DGPS 陸上局
MX100	〃	6ch L1,C/A	
MX4200	〃	6ch L1,C/A	
MX9112	〃	12ch L1,C/A	DGPS 陸上局
MX9212	〃	12ch L1,C/A	
DMU586	デルノート	6~12ch L1,C/A	トリスボンダーDMUとの一体型

第12図 測量船におけるGPS受信機の概要