

高精度比高観測点（電子基準点）による東海地域の地殻変動監視について

Monitoring around Tokai area using high resolution vertical positioning analysis network

測地観測センター 河和 宏・菅 富美男
Geodetic Observation Center Hiroshi Kawawa, Fumio Suga

要 旨

電子基準点（高精度比高観測点）は、GPS連続観測により、東海地域の森～掛川～御前崎（約50km）の地殻上下変動の監視を強化するために、1998年度に建設されたものである。

プレート運動による地殻沈み込みの変化が、東海地震の前兆現象の指標として注目されている東海地域においては、これまで年4回の水準測量により御前崎周辺の地殻上下変動を監視していた。1999年3月26日から高精度比高観測点での観測が開始され、地殻上下変動を連続的に監視することが可能になりつつある。新型電子基準点の特徴と観測データの解析の結果について報告する。

1. はじめに

国土地理院では、御前崎周辺の地殻上下変動を監視することを目的として、森～掛川～御前崎（約50km）に25点の高精度比高観測点（電子基準点）を1998年度に設置した。

GPSによる精密比高観測については、短距離において高い精度の結果が得られることが試験観測などにより検証されている（根本他，1999）

これまで年4回の水準測量により地殻上下変動の監視を行ってきたが、これによりリアルタイムに近い監視が可能になった。

今回設置した高精度比高観測点は、これまでの電子基準点の構造とは異なっている。GPS連続観測システム（GEONET）で設置した電子基準点は、これまでにいくつかの問題点が明らかになってきた。したがって、今回の高精度比高観測点の設置にあたっては、それらの問題点についての改良点を加えることとした。

また、点間距離が非常に短い（1～2 km程度）ことから、従来の公共用地に設置という概念に固執せず、観測条件を重視した選点を行っている。

解析については、Berneseを基本とした改良型のオリジナルの解析ソフトウェアとした。

本報告書では、高精度比高観測点の選点から設置までの概要と解析ソフトウェア、現在の解析状況について報告する。

1.1 高精度比高観測点の設置について

(1) 高精度比高観測点の配置

選点にあたっては、測地部機動観測課が行ってきた実験観測の結果を元に、点間距離は、御前崎～掛川間においては、1 km、掛川～森町間は2 kmとし、点間距離の許容範囲は20%以内、点間の勾配は4%以内、なるべく水準路線に沿うかたちで直線上に配置することとした。

選点は、単に設置場所を選定するだけでなく、上空視界の確認、所有者の確認および設置に関しての交渉、電気・電話の配線ルートの確認、地質構造の確認等と多岐にわたるものであった。

上空視界の確保については、これまでの電子基準点については、仰角15°を基準に選点を行っていたが、今回の解析では、後述するとおり、より低い高度の衛星を受信することが精度の向上につながることから、できるだけ上空視界の開けている場所とした。

地質構造については、すべての場所においてボーリング調査を行うのが理想ではあるが、予算・時間的に不可能であるため、静岡県防災局の協力を得、調査地域について約300ヶ所のボーリング調査の結果を提供していただいた。

また、調査を行うにあたっては、事前に自治体、建設省、電気、電話等の関係者を東海機動基地に集めていただき、事業説明と協力の依頼を行った。結果的には、このことが後続作業を進めるにあたり非常に有効であった。

1.2 高精度比高観測点の構造について

電子基準点は、1993年に設置を開始して以来、1997年までに全国に947ヶ所が整備されている。また、この他に科学技術庁の予算で設置している地殻変動観測施設も基本的には同様の構造となっている。

これまでの観測の中で、電子基準点の構造に改良すべきところがいくつか明らかになってきた。

①アンテナ架台

アンテナ架台の太陽光の照射による歪みである。ステンレス製とはいえ、直射日光の当たる部分と陰になる部分の太陽光の照射による温度差から不均一な伸縮の影響があり、それが傾きとなって観測結果に影響を及ぼしている。



写真-1 高精度比高観測点のアンテナ架台

コンクリートパイルと架台の基礎部との接着点については、一体化させるために、パイルの鉄筋を出し、基礎部の鉄筋に溶接し、基礎部だけが移動することを防ぐ構造とした(写真2)。

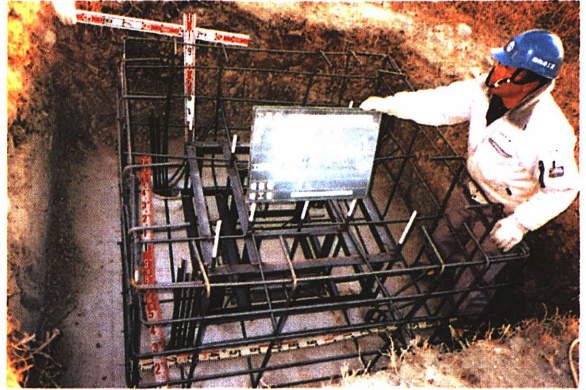


写真-2 四隅にパイルからの鉄筋が出ている

従って、太陽光の影響をなくすため、二重構造とした(図1参照)。また、二重化にすることにより、構造上外側に鍵を付けることが難しくなったため、特殊な形のネジを作成し使用することとした。

アンテナ架台の高さについては、使用している電波の周波数を考慮し、地上高0.5mから1m刻みに、より低く、適切な高さを設定することとした。結果として、0.5m、1.5mについては、安全性からみても難しいと判断し、2.5mを基本とした。一部、上空視界を確保するために、3.5mとした場所がある。

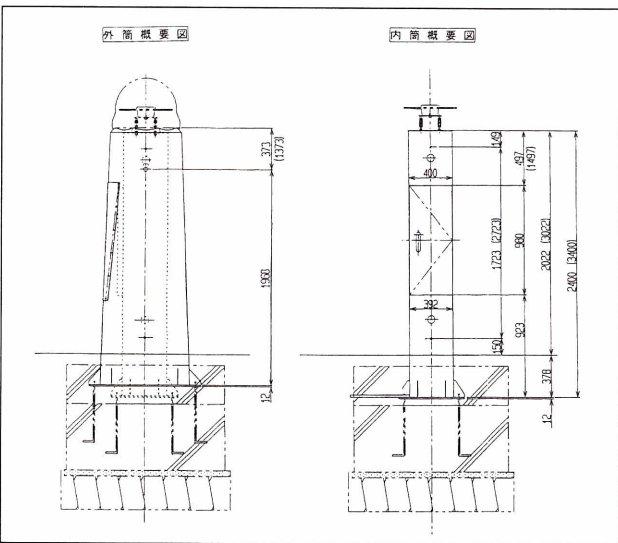


図-1 高精度比高観測点の構造

②コンクリートパイル

アンテナ架台の自重による沈下を防ぐため、支持層までコンクリートパイルを打設した。支持層は、N値を25に設定し、深いところでは10mとなった。また、地表面に岩盤が露出しているところについては、パイルの打設は省略した。なお、パイルについては、直径300mmのものを4本、コンクリートミルク工法により施工した。

③基礎の型枠

基礎の型枠については、外圧による不均等な傾きをなくすため、地表面から300mmのみの型枠使用とした。すべて型枠を使用した際には、どうしても埋め戻す際の顛圧が十分には行えず、傾きの原因となる可能性がある。また、掘削した穴の中心位置に架台の基礎が設置できれば左右、前後のバランスは取れるが、必ずしも現場においてそうとはならない。

従ってこれらの問題を解決する方法として、「山打ち」と呼ばれる型枠を使用しない工法を選択した(写真3参照)。

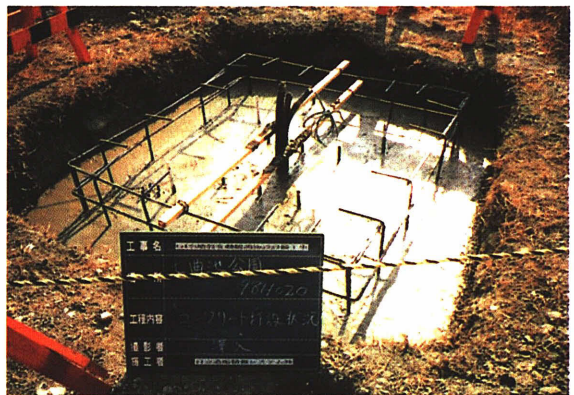


写真-3 型枠を使用しない山打ち

④電波吸収材

これまでの電子基準点においては、少なからず電波の多重反射(Multipath)による影響が見られている。測地観測センターにおける実験観測においても、アンテナ架台そのものによる多重反射の影響については、検証されている。また、この多重反射を防ぐ方法として、アンテナ架台上面とGPSアンテナとの間に電波吸収材を敷

くことにより、減少することも確認されている。

これらの結果を基に今回は(写真4)のような、形状の電波吸収材(Wave Absorber)を使用することとした。この材質については、設計段階で今回の施工会社である日立造船情報システム株式会社が実験観測を実施し、設計仕様書の中で結果について報告されている。

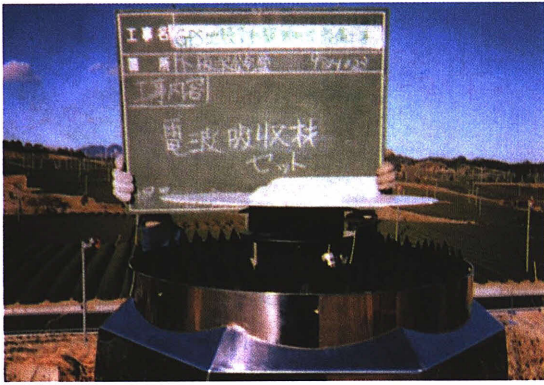


写真4 電波吸収材のセット

⑤防護柵

今回の設置場所が、道路脇や駐車場など安全性の確保の問題があり、地権者と調整の上、防護柵を設置することを前提とした。

⑥受信機およびアンテナ

受信機は、これまでのGPS連続観測システムで採用している機器同様の性能としている。主な性能は以下のとおり。

- 1) 10MB以上の内部メモリ
- 2) 受信チャンネル数は8チャンネル以上
- 3) 受信機本体とアンテナは分離型であること
- 4) 商用電源の停電に対し、5時間以上のバックアップ電源を持つこと
- 5) 作動環境は-20° ~ 55°
- 6) 機器類には防水機能が施してあること。

アンテナについては、これまでの観測局については、グランドプレーン付きのPermanentL1/L2アンテナを採用してきたところであるが、多重反射に対する対策として、チョークリングアンテナの採用を検討した。同時に、Trimbl社からマイクロセンターアンテナの提案もあり、同時に検討を行った。

結果として、チョークリング、マイクロセンターのアンテナにおいて、これまでのPermanentL1/L2アンテナに比べ、多重反射の発生が低いことが検証された。

しかし、価格の問題でチョークリングアンテナについては採用を見送った。

⑦ 傾斜監視装置

解析結果が異常な値を示した際に、アンテナ架台の傾

斜等によるものかどうかの判断を支援するために、アンテナ架台傾斜監視装置を設置した。主な性能は以下の通り。

- 1) X軸、Y軸の2軸成分の傾斜が測定可能であること。
- 2) 測定の分解能は0.01度以上の精度を有すること。
- 3) 測定範囲は、±10度以上であること。
- 4) 環境温度が-10℃～50℃の範囲で正常に作動すること。
- 5) 傾斜データは、公衆回線を介し、制御装置で監視ができること。

1.3 解析システムの構成

監視局側の構成については、GPS連続観測システム(GEONET)と共有する部分がある。具体的には、通信装置、通信制御装置、データ管理装置は共有である。今回、あらたに導入したものは、解析処理装置と表示装置である。

1.3.1 解析処理装置

解析処理装置は、GEONETの中央局データ管理装置から観測データを取りだし、精密基線解析を行う。また、解析終了後結果をデータ管理装置に登録する。

解析処理装置のスペックは以下のとおりである。

メーカーおよび型式	日本HP社製 HP9000モデル J2240
OS	HP-UX 10.20
プロセッサ数	2
CPUクロック	PA-8200 (236MHz)
メインメモリー	1 GB
キャッシュメモリー	2 MB
ハードディスク	13GB
カラーモニタ	19インチカラーモニタ
ビデオボード	Visualiza-EG
インターフェイス	10Base-T, LAN, SCSI-2, パラレル・セントロニクス
オプション	ATM I/F, FDDI I/F, 4mmDDS2装置, CD-ROM装置

1.3.2 表示装置

表示装置は解析結果をデータ管理装置から読み出し、視覚的に表示させる装置である。

表示装置のスペックは以下のとおりである。

メーカーおよび型式	日本HP社製 Vectra VE6/450 Series8 モデル 6.4
OS	Windows 98 日本語版
プロセッサ数	450MHz Pentium II
キャッシュメモリー	512MB
AGPチップセット	Intel 440 BX AGP セット
メモリー	128MB 100MHz SDRAM (NON-ECC)
ハードディスク	10.7GB ATA33 HDD
CD-ROM装置	Max.32*CD-ROM
モニタ	17インチ Ultra VAG モニタ
ネットワークカード	10/100Mbps Ethernet LAN Card

1.3.3 表示グラフ等について

解析結果の表示プログラム (HVANDisp) で表示させるグラフ等については、これまでのGEONETで使用しているソフトウェアを基礎として、オリジナルのものを開発した。このソフトに関しては、GEONETのデータとの共通性も兼ね備えており、GEONETで得られた解析結果についてのこの表示装置上で表示できる形式となっている。

表示できるグラフ等については、以下のとおりである。

- 1) 時系列グラフ
- 2) 三次元時系列グラフ
- 3) 三次元速度ベクトル図
- 4) 変動量マップ

(1) メイン画面

①表示期間

解析結果を表示する期間を指定する。

この時点で入力された期間をこえての表示は、以降の操作では対象とならない。

②表示種類選択

解析結果を表示する方法を以下から選択する。

- 1) 時系列グラフ
- 2) 三次元時系列グラフ
- 3) 三次元速度ベクトル図
- 4) 変動量マップ

③解析手法選択

解析手法の選択。選択する項目は「使用する暦の種類」と「ストラテジ」を選択。

④観測局選択

解析結果を表す観測局を選択する。

選択方法は「地図上から選択」する方法と「直接観測局IDを入力する」方法をサポートしている。

⑤実行

①～④までの入力項目が正しい場合、表示種類選択で指定した形式の表示を実行する。

⑥キャンセル

処理を終了する。

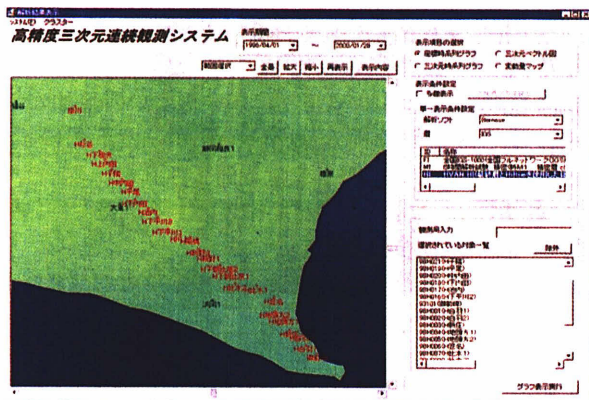


図-2 HVANDispのメイン画面

(2) 時系列グラフ

時系列グラフでは、観測局毎の成分別座標値または変動量を表すことができる。

①表示期間

メイン画面で選択した範囲での表示期間調整を行うことができる。

②固定局

選択した観測局のうち1点を固定して、その影響を補正して表示する。

③ページ

観測局別時系列 (複数時系列) 時に、ページングがかかった場合の表示を行う。

④座標系

表示させる座標系を選択する。

⑤表示成分

表示させる表示成分の指定を行う。

⑥縮尺

Y軸の縮尺 (単位) を設定する。

⑦追加表示

時系列グラフに、平均値・回帰曲線・誤差バーを追加して表示することができる。

⑧トレンド解析

⑦の回帰曲線で表示する曲線の条件を指定する。(観測局, 次数)

⑨物理量選択

時系列にする物理量 (座標値または変動量) を選択する。

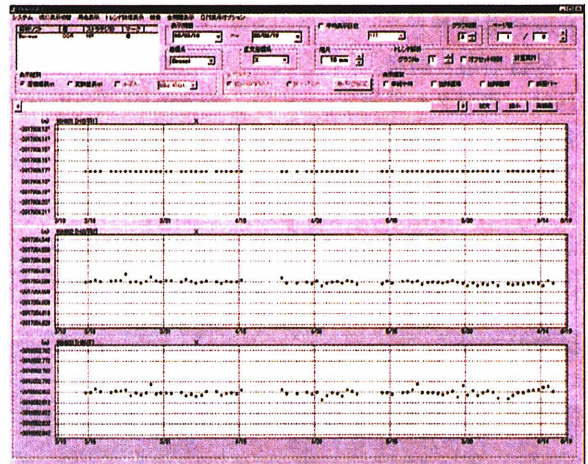


図-3 時系列グラフの表示

(3) 三次元時系列グラフ

三次元時系列グラフでは、観測局毎の成分別変動量を一括に表示することができる。

①～⑥までは時系列グラフと同様

⑦観測局色設定

各時系列毎に色を選択することができる。

⑧時系列接続

指定した期間間隔で、時系列を接続する線分を追加する。

⑨ X・Y・Z軸

各軸毎に指定した回転角で変換した座標系で表示する。

⑩回転リセット

⑨で指定した角度を初期値にリセットする。

⑪プリセット

予めシステムでもつ回転角を用いて回転表示をする。

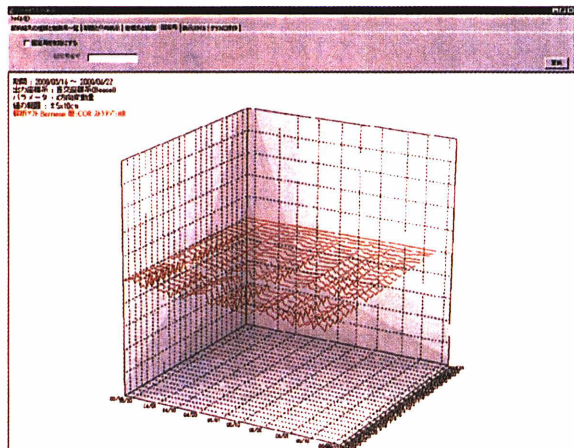


図-4 三次元時系列グラフの表示

(4) 三次元速度ベクトル図

三次元速度ベクトル図では、観測局毎の成分別変動量を一括に表示することができる。

①～③については前項と同様

④表示成分

経度・緯度・楕円体高もしくは、X・Y・Z成分のいずれかで表示する。

⑤～⑥は前項と同様。

⑦日付・デジタル量表示

各ベクトルの先端に解析結果日やデジタル量を表示する。

⑧ X・Y・Z軸

各軸毎に指定した回転角で変換した座標系にて表示する。

⑨回転リセット

⑧で指定した角度を初期値にリセットする。

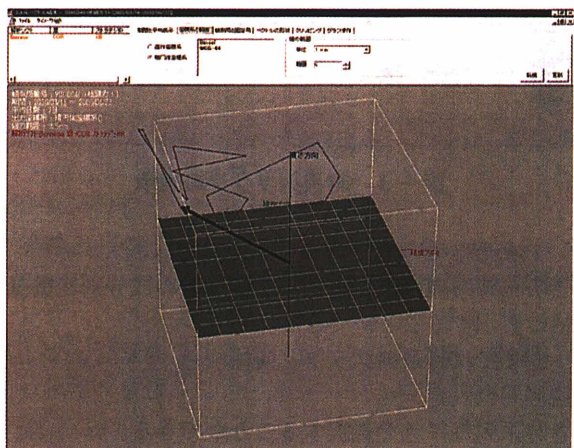


図-5 三次元速度ベクトル図の表示

⑩プリセット

予めシステムでもつ回転角を用いて回転表示をする。

(5) 変動量マップ

①表示期間

②固定局

③縮尺

④平均表示

①～④については前項と同様

⑤デジタル量表示

各点の変動量をデジタル表示する。

⑥表示ファクタ

表示する変動量の大きさを変更する。

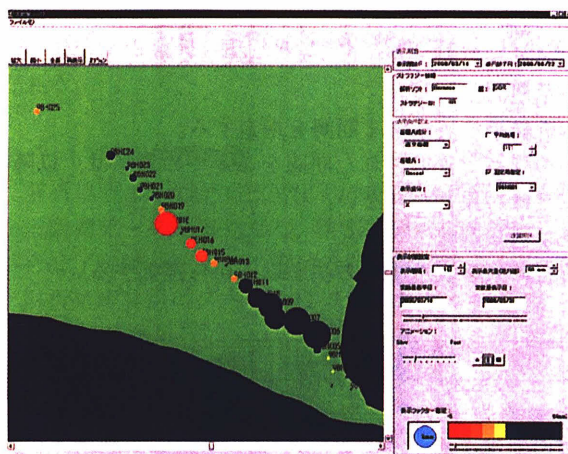


図-6 変動量マップの表示

(6) 共通項目

①時系列の一括表示と三次元速度ベクトル表示、三次元時系列グラフに「略図」を取り込むことができる。略図はビットマップファイルで予め作成したものをファイル指定により追加する。

②印刷は、ローカルプリンタまたはネットワークプリンタをサポートする。

③地図の内容については、GEONETで使用しているものを共有する。

1.4 解析の精度向上にかかわる手法について

高精度三次元連続観測システムは、高さ(比高)成分の観測を1mm(RMS)レベルで実現するという目的から、従来のGPSデータ解析では充分でなかった下記の誤差要因を取り除くことに重点を置き開発された。

- 1) 観測施設(Monuments)に起因する誤差
- 2) 多重反射(Multipath)
- 3) 大気及び電離層を電波が通過することによる伝搬遅延

上記のうち観測施設に起因する誤差については、前述した構造や施工方法によって軽減を図っており、ここで

は、本システムでこれら2) および3) の誤差要因をいかにして低減させGPSデータ解析を行うかを説明する。

1.4.1 多重反射 (Multipath) の軽減

多重反射とはGPSから送られてきた電波信号が何かに反射し、その反射波がGPSアンテナに取り込まれて直接受信されたかの様に振る舞う事に起因するデータの誤差である。

多重反射は観測施設の構造上の問題だけで起こるものではなく、その周りの状況によって引き起こされるものが一般的である。

本システムでは観測施設別に多重反射の影響を推定し解決する試みを行った。

各観測施設に起こる多重反射は電波を発射するGPS衛星の位置・方向角と仰角で導くこととし、GPS衛星から送られてくる信号を基にMultipath Correction MAP (MCM) を作成し、その情報を位置解析計算に適用した。

ここではMCMの作成及び多重反射推定効果について説明する。

(1) MCMの作成

MCMを作成するためには、衛星と受信点の位置、衛星時計そして電離層と大気遅延量が精度良く求まることが必要となる。

MCMを作成するアルゴリズムは以下の通りである。

- 1) 単独測位計算の残差を求める
- 2) 二重差の残差を求める
- 3) アンテナ位相中心推定を行う

これらの結果から、一義的なMCMを作成する。

多重反射は衛星と受信機の位置関係に依存し、日毎の衛星の軌道は大体同じであることから、ある期間多重反射の情報を計測すればその連続した日の多重反射情報は予測・修正する事が可能である。さらに多重反射の推定時に

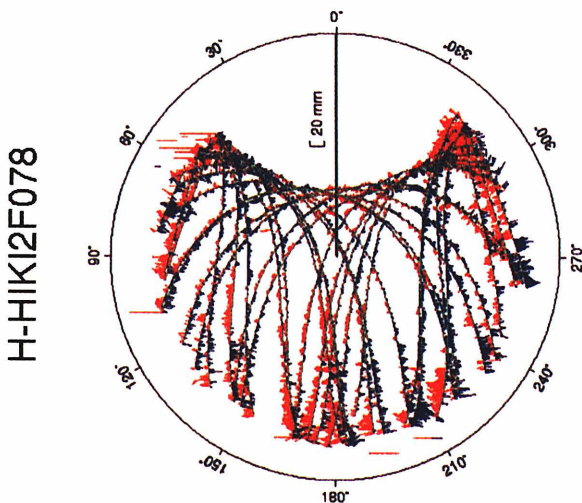


図-7 一義的なMCMデータの例
多重反射は低仰角部分に大きく見られる。

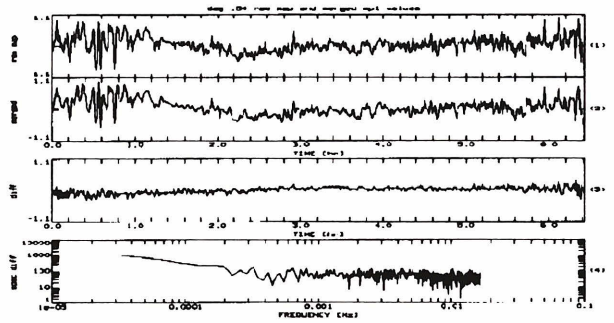


図-8 疑似距離多重反射情報と多重反射のスペクトル

ノイズを除去すれば、繰り返される位置関係でのデータを平均化したデータを切り出すことができ、この情報を常に保持し日々の推定に利用する構造を組み込むこととした。

蓄積された疑似距離多重反射情報の効果の例を図8に示す。

(2) MCMの適用

蓄積された多重反射情報は日毎に作成されるものに非常に合っていることが解る。

最上段は生の多重反射量を表し、2段目は過去のデータを蓄積した結果である。

3段目は2つの差を表し、4段目はそのパワースペクトルを表示している。

ノイズの周波数成分の推定は蓄積された多重反射情報によって除去されたことを示す。

上段2つのプロットはL2-L1フェーズを表している。ノイズの乗った線はMCMを採用しないP1-P2 (1)とMCMを採用したP1-P2 (2)である。

3/4段目のパネルはフェーズと疑似距離の差をMCMを採用 (3) と採用しない (4) で表している。

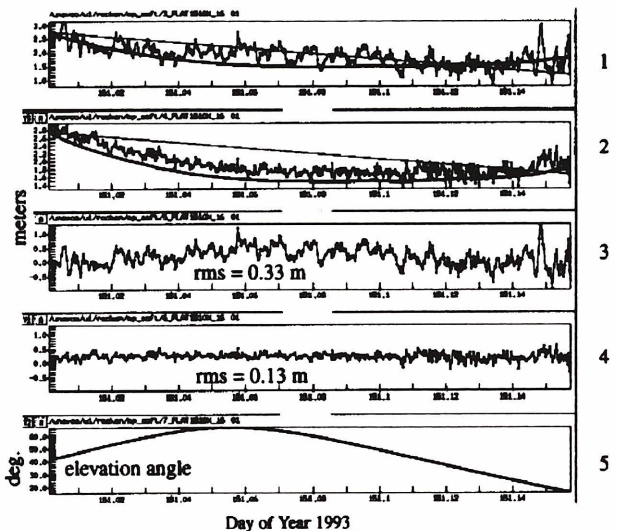


図-9 MCMを利用した位相差の例

1.4.2 L1-1周波での処理と電離層補正及び大気遅延推定
短基線での解析において、L1での解析がL3での電離層補正を行った解析よりも低いRMSで得られることを地理院内のテスト観測で判明している。

この理由としてL1, L2の線形結合を取る際に、それぞれの観測誤差が約3.1増幅されていることが報告されている(Rothacher 1996)。

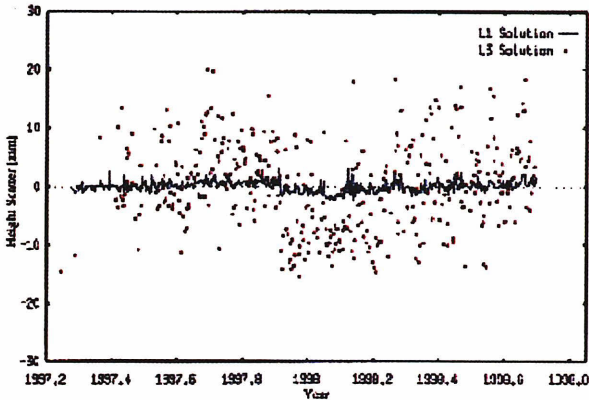


図-10 高さ方向の解析結果 (L1とL3)
L1 RMS=0.93mm, L3 RMS=7.4mm at 300m length

高密度に配置された基線での解析ではL1での解析を選択するのが良い方法である。

しかし、それは非常に短い基線の場合に有効であって、基線長に応じて電離層の影響は解析に誤差を含んで行くこととなる。

基線長の長さ大きく影響を受けるのが高さ方向の精度であるため、電離層補正を正確に行うために、各観測局における電離層補正と組み合わせて処理する方法を実現した。

本ネットワークと近隣のGEONET観測局の2周波データを利用して局所的な電離層マップを作成しL1解析時に適用することである、本システムでは米国UCARにて研究・開発された更に高度な補正方法を採用し、高い次元で電離層の影響を補正することを試みた。

(1) HiRIM (High Resolution Ionosphere Map)

HiRIMの概念図を下記に示す。

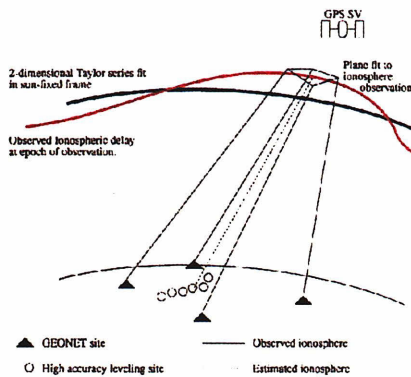


図-11 HiRIMイメージ図

上図で青いラインは地上高さ方向に電離層遅延が比例した2次元のテラ適合度を表す。

マゼンダのラインは時間と衛星を与えて得られる実際に観測された電離層遅延量である。

HiRIMは近隣のGEONET観測局を使用して算出された電離層補正量を使い、更にそれぞれの観測局から算出した遅延量を面に適合させて観測施設と衛星方向の遅延量を求めるものである。系統的な誤差は面に適合したときに除去される。

(2) 大気遅延誤差の除去

大気遅延誤差は高さ方向の精度に大きく関わることはよく知られている。

天頂方向の大気遅延パラメータを使用することは高さ方向の誤差を除去するのに効力を発揮すると考えられる。

本システムでは更に大気遅延の勾配推定と衛星方向での遅延量の推定処理について行う。

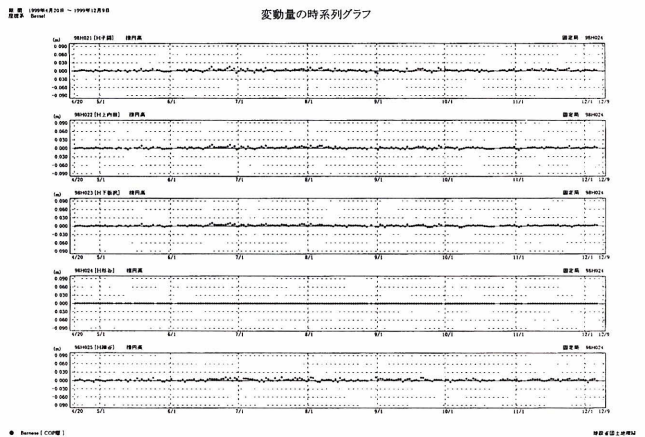


図-12 試験運用結果

1.4.3 試験運用での結果

本システムは1999年度から試験運用を開始し、約9ヶ月間のデータを処理し評価を行った。

図12に示す結果はL1及びL3のそれぞれ大気遅延量を求めた種類別とHiRIMを適用したL1解析についてそれぞれの基線長別にプロットしたものである。

この結果ではHiRIMを適用し大気遅延量を3時間ごとに推定した解析結果が、5mmRMS程度の誤差で高さ方向に得られたことを示唆している。

2. 解析結果の特徴

御前崎・掛川間の地殻上下変動の監視については、これまでも強化地域高精度三次元測量において特定水準測量が1年間に4回(例年、概ね4月、7月、10月、1月)おこなわれ、その結果は注目されている。GPS連続観測システム(通称GEONET)の運用が開始されて以降は、水準測量に加えて、これによる解析結果もあわせて注目されるようになった。

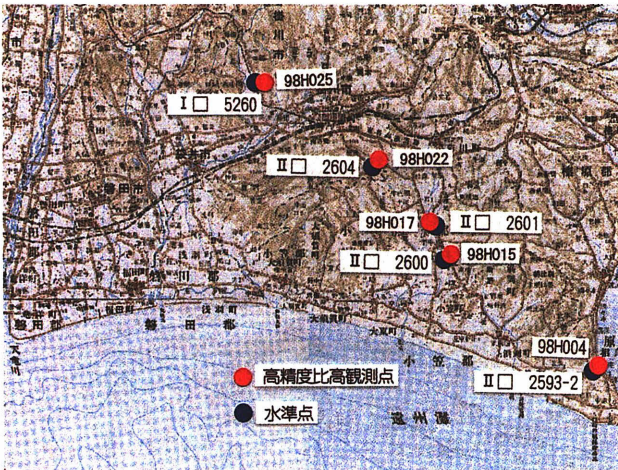


図-13 掛川～御前崎の高精度比高観測点と水準点

2.1 水準測量結果とGEONET解析結果との比較

これまで長年にわたり蓄積してきた水準測量の結果から、少なくとも1962年以降、長期的にみると掛川を基準とすると御前崎の先端が沈降している傾向が検出されており、御前崎先端に近い浜岡町（一等水準点2595）では、1980年以降、掛川市（一等水準点140-1）を基準として、平均して年間約5mm（最近は約2mm）の沈下傾向を示している（図14）。

しかしこうした傾向にとどまらず、1981年から1年間に4回実施されることとなった水準測量において、長期的な傾向に加えて観測時期に応じて4月および7月に御前崎隆起、10月および1月に沈降を繰り返す、年周

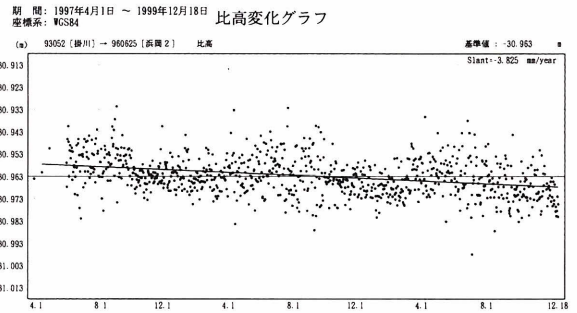


図-15 掛川市～浜岡町の電子基準点による比高変化グラフ

的な変動がみられることが報告されている（国土地理院，1999，地震予知連絡会会報第62巻）。

GEONETの運用が開始されて以降、こうした比高変化についても連続観測が可能となり、水準測量路線に近接した電子基準点間の基線について、その比高成分の変化が水準測量とあわせて注目されている。

ここで、水準測量結果における掛川・御前崎間の地殻上下変動の特徴とGPS連続観測システム解析結果を比較すると、前述した水準点に近い電子基準点では、掛川市（電子基準点：93052 掛川）を基準として浜岡町（電子基準点：960625 浜岡2）は、両電子基準点で連続観測が開始された1997年4月以降、年間3.8mmの割合で沈下を続けており、このことは、水準測量が示す傾向にほぼ符合しているとみることができる（図15）。

一方で季節的な変動については、この基線の観測日ごとの比高成分の再現性が標準偏差17.7mmとバラツキが大

水準点2595（浜岡町）の経年変化

基準：140-1 基準年：1962

●：網平均計算値による。

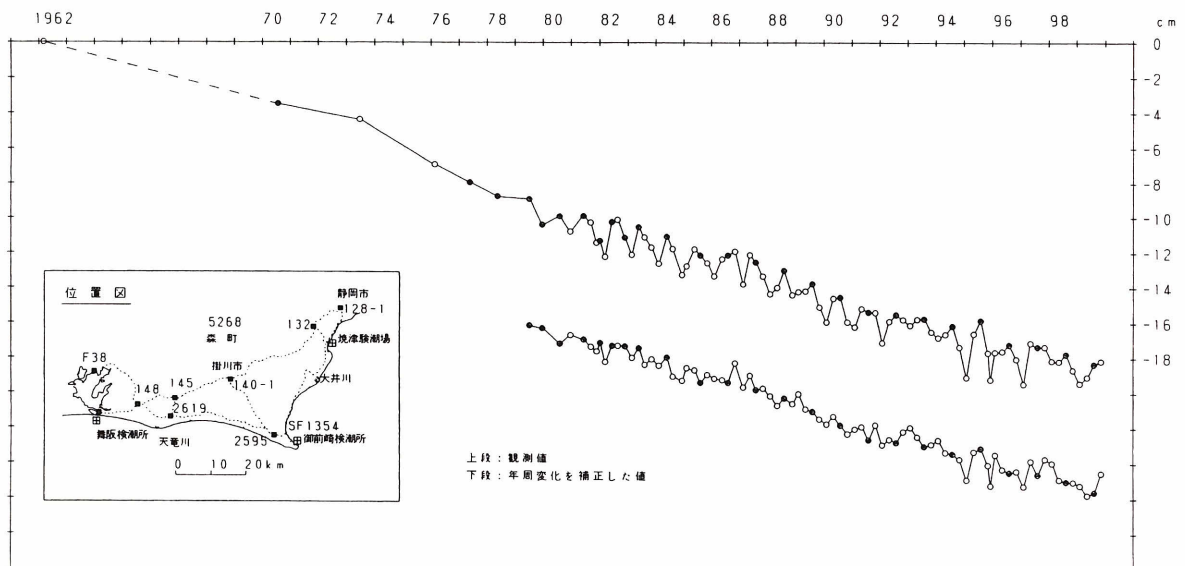


図-14 掛川市（I□140-1）を基準にした浜岡町（II□2595）の上下変動

掛川～浜岡間のGPS連続観測による比高変化(月平均)

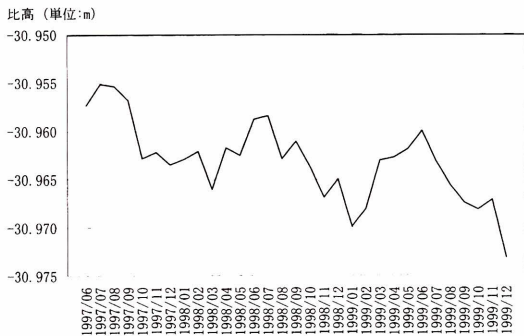


図-16 掛川市～浜岡町の電子基準点による比高(月平均)

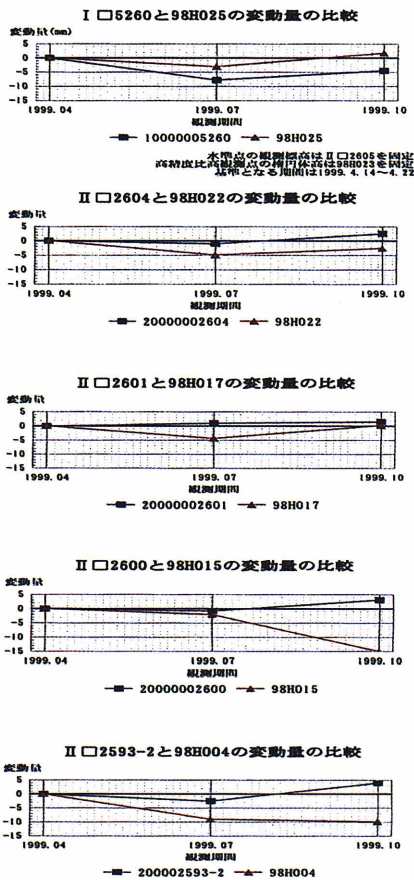


図-17 水準点と高精度比高観測点の変動量比較

大きく、比高成分のグラフを描いても顕著な傾向を読みとることは困難であるが、解析結果をもとに月平均値をとってみると、年周的な変動の傾向をみる事ができる(図16)。

2.2 高精度比高観測点の解析結果の特徴と今後の課題

前述した、高精度比高観測点での連続観測結果を利用した1周波解析を導入する前段として、2周波による解析がおこなわれていたが、この結果では、水準測量がおこなわれていた期間の平均値をとると、一部の高精度比高観測点では水準測量の結果と近い変動傾向も得られている(図17)と同時に1ヶ月毎に平均をとると季節に応

変動量の時系列グラフ(2周波解析)

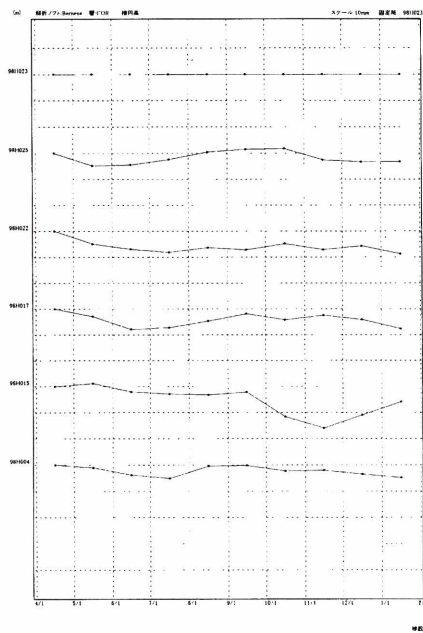


図-18 L1-L2の2周波解析による変動量(1ヶ月の平均)

じた変化らしい傾向もみることが出来る(図18)。このことから、高精度比高観測点における連続観測で水準測量に比較しうる解析結果が得られることが期待された。

その後、高精度比高観測点の連続観測においては、各基線長が短いことから1周波(L1)での解析をおこなうこととし、さらに高度な電離層遅延量や大気遅延量の補正をおこなう試験運用がおこなわれている。

この結果における時系列変化をみると、標高を固定した高精度比高観測点から離れるほど、値のばらつきは大

変動量の時系列グラフ(1周波解析+HRIM)

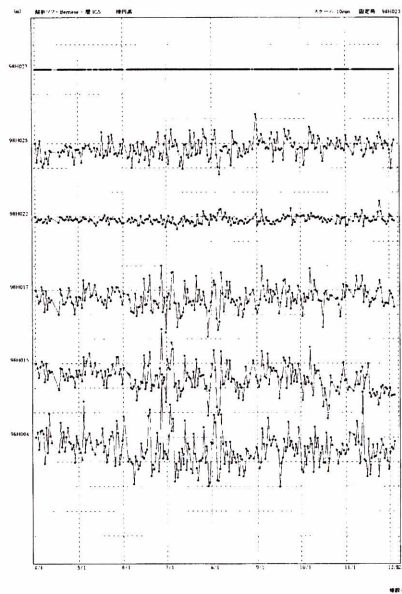


図-19 1周波解析による変動量

きくなり、各基線における誤差が累積していることが推測されるものの、座標値、特に楕円体高の再現性が著し

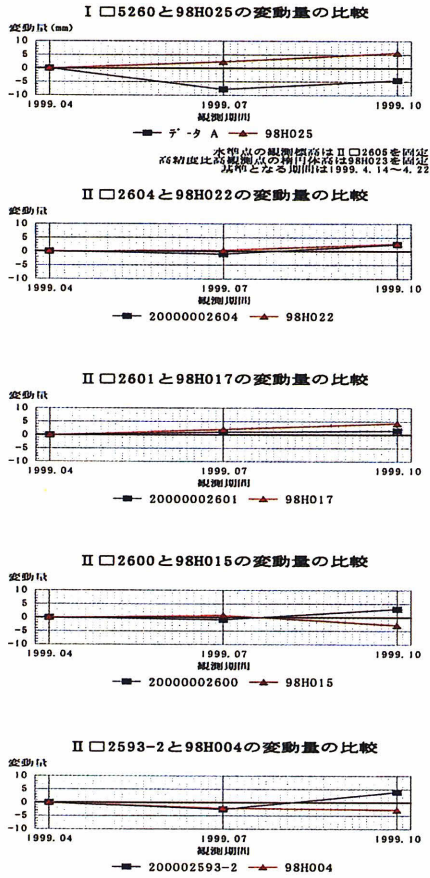


図-20 L1-1 周波解析の結果と水準測量の比較

く改善されている (図19)。

また、1999年度実施の水準測量による変動量のグラフに近づいているようにも見る事ができる。(図20)

しかし、この結果からは、水準測量に見られる季節による周期的な変動を見ることは困難である (図21)。

これらの結果について、測量の対象としている場所

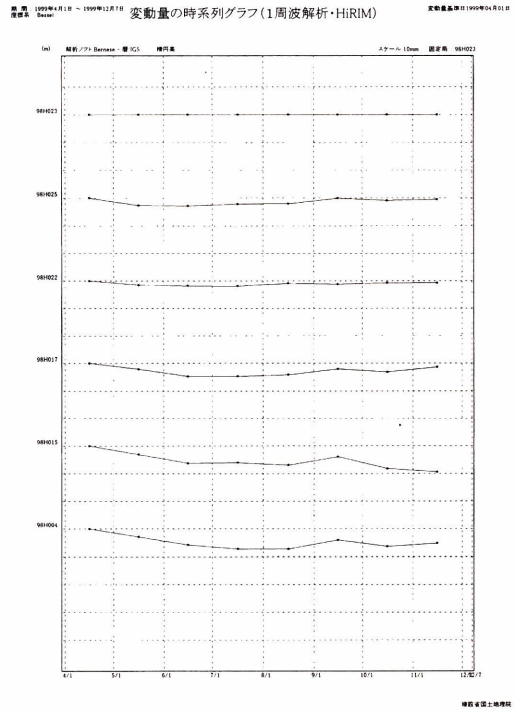


図-21 L1-1 周波解析による変動量 (1ヶ月の平均)

(水準点、高精度比高観測点の位置) が厳密に一致していないこと、水準点と高精度比高観測点の構造が異なること、観測の方法が異なること、さらに高精度比高観測点での観測期間が短いことなどから、どの観測が変動の状態をより正しく表しているか、現時点で判断はできない。

今後、中期的な変動傾向について、有意な値が現れると予測される期間は、水準測量による変動量と従来からのGPS連続観測結果、今回設置された高精度比高観測点での連続観測結果をそれぞれ比較し、その解析結果の特徴を検討するとともに、より適切な変動傾向を表す解析手法を確定していく必要があると考えられる。

参考文献

根本盛行・田中博幸・小枝 登・鷺谷 威：GPSによる精密比高観測，国土地理院時報第91集，24-34
 建設省国土地理院：東海地方の地殻変動，地震予知連絡会会報第62巻，268-269