

神奈川県温泉地学研究所の GPS 連続自動観測システム

棚田俊收¹・伊東 博¹・八巻和幸¹・小鷹滋郎²・平野富雄¹

Automatic and continual GPS observation system
by the Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture.

by

Toshikazu TANADA, Hiroshi ITO, Kazuyuki YAMAKI,
Shigeo ODAKA, Tomio HIRANO

ABSTRACT

A GPS data processing system developed for detecting crustal deformation in and near the western part of Kanagawa prefecture where the four stations are distributed. This automatic and continual observation system analyzes a change of crustal deformation using two personal computers.

This GPS observation system is composed of four subsystems. The first subsystem is a "observation subsystem". The hardware of each station consists of an antenna and GPS receiver, a battery to guard against for power stoppages and a modem. Each antenna is stably fixed. The receivers at MANAZURU and HAKONE are Trimble 4000SST, while those at NAKAI and YAMAKITA are 4000SSE. These 4000SST and 4000SSE receive L1 and L2 signals sent from Global Positioning System NAVSTAR satellites.

The second subsystem is a "communication subsystem" which corresponds between the stations and the center of Hot Springs Res. Inst., using telephone lines.

The third is a "data processing subsystem" which defines the scheduling survey, downloads data files and calculates baselines on a the personal computer (A). The personal computer (A) automatically controls the observation and communication subsystems. After downloading data files from the stations, the personal computer (A) automatically calculates six baselines using the double-difference processing (float and fix solution) of "TRIMVEC-PLUS Ver.E". Both data and results are saved to MO disk, but only results are transferred to the personal computer (B).

The fourth subsystem a "data displaying subsystem", demonstrates the results of analysis in an easily understandable way on the personal computer (B). Information about baseline length, etc., observation conditions, change of baseline length, are shown in 3 tables and 7 figures which are useful tools for understanding the variation of baseline, displacement vectors and strain field.

We observed variation in six baselines for 6 month, from January to June 1994. Every baseline change shows within 5ppm. Making change in crustal deformation undetectable, as no earthquakes greater than Magunitude 4 occurred in and near the western part of Kanagawa prefecture.

¹ 神奈川県温泉地学研究所 足柄下郡箱根町湯本997 〒250-03

² ミクニ環境科学(株) 小田原市久野2480 〒250

神奈川県温泉地研報告 第26巻、第1号、37-48、1995.

1. はじめに

地殻変動観測の目的は、地球内部に起因する運動によって、広域ないし局地的な地盤変形を計測することである。地殻変動にはプレート運動や造山運動のように年間数センチメートル程度の長期間継続的な変形や、地震断層形成時のような突発的に数メートル動く変形がある。長期間の観測データからは地殻内の歪み率や方向が、大地震前後の観測データからは地震断層の形状やメカニズムが検討できる。また、大地震直前の地盤変形が観測できれば、地震予知への有効な手段となる。

これらの現象を観測し、解析するには、地殻変動観測の時間的、空間的分解能を高める必要がある。そのためには、広範囲（多数点）で同時に繰り返して測量できるシステムが不可欠である。従来の三角測量や水準測量の繰り返し測量では、測量に携わる期間や人員配置、測線の設定や天候等の理由から、自ずと限界があった。最近では、コンピュータ制御による自動処理の普及や人工衛星を使った電波測量等の新技術の開発によって、分解能の高い観測が簡単にできるようになってきた。

一方、神奈川県西部地域では、フィリピン海プレートが大陸プレート下に沈み込み、衝突している。そのため、歪が蓄積し、約70年毎に被害地震が繰り返し発生してきた。1923（大正12）年の関東地震を最後に、県西部では被害地震が発生しておらず、近い将来M7クラスの地震の発生が危惧されている。神奈川県温泉地学研究所は、県西部地域の歪の蓄積状態を知り、さらには地震発生直前の歪の臨界状態や前兆現象、地震直後の歪の解放状態、地震断層の形態とメカニズムを調査するために、地殻変動の観測点を整備した。1989年から1992年にわたって、当研究所は地下水位観測井とボアホール型傾斜計を県西部に11点設置した（伊東ほか、1990）。

今回、これらの観測点を包み込むように、GPS（Global Positioning System）観測網と光波観測網を整備した。GPSは宇宙技術を使った電波測量で、天候や観測点間の見通しに左右されることなく効率的な3次元測量ができる。光波観測は、光波測距儀と経緯儀を一体化し、コンピュータを用いることで自動計測・記録が可能となった。これらの観測点と観測網を組み合わせることによっ

て、県西部の地殻変動観測の時間的、空間的分解能が高くなると期待される。

本報告は、1992（平成4）年から2ヶ年にわたって県西部に構築された温泉地学研究所のGPS観測網とその連続自動観測システムについて紹介する。

2. システム全体の設計概念

GPSの新技術は、多数点の同時繰り返し観測を可能とした。その結果、多量の高精度データが簡単に得られるようになり、従来の地殻変動観測に比べ分解能が高い解析ができるようになった。しかし、膨大なデータ量を取り扱うためには、効率的なデータ収集・処理システム、それを運用する研究員の体制を整える必要がある。そこで、当研究所はGPS連続自動観測システムを以下の様なコンセプトで設計した。

- (1) 少ない人員で効率的に観測が維持できること。
- (2) 観測点は固定点とし、神奈川県西部地震の予想震源域を取り囲むように配置すること。また、火山活動監視の観点から箱根火山内に1点設置すること。
- (3) NTT回線を用い、観測に必要な操作事項はすべてコンピュータで管理し、人手をかけないで連続観測が可能なこと。
- (4) データ回収は研究員が観測点に行かなくてもできること。
- (5) 観測点から収集したデータは当研究所の観測センターで一括自動処理できること。
- (6) 解析結果は図表としてすぐに表示できるようにすること。
- (7) 来所する見学者に対して、GPSの測量結果が理解できるようにグラフィック化すること。
- (8) 一連の作業をパソコンで簡単にかつ迅速に行えること。

GPS連続自動観測システムの流れを観測システム、通信システム、データ処理システム、データ表示システムのシステム別に次章以後で説明する（図1）。

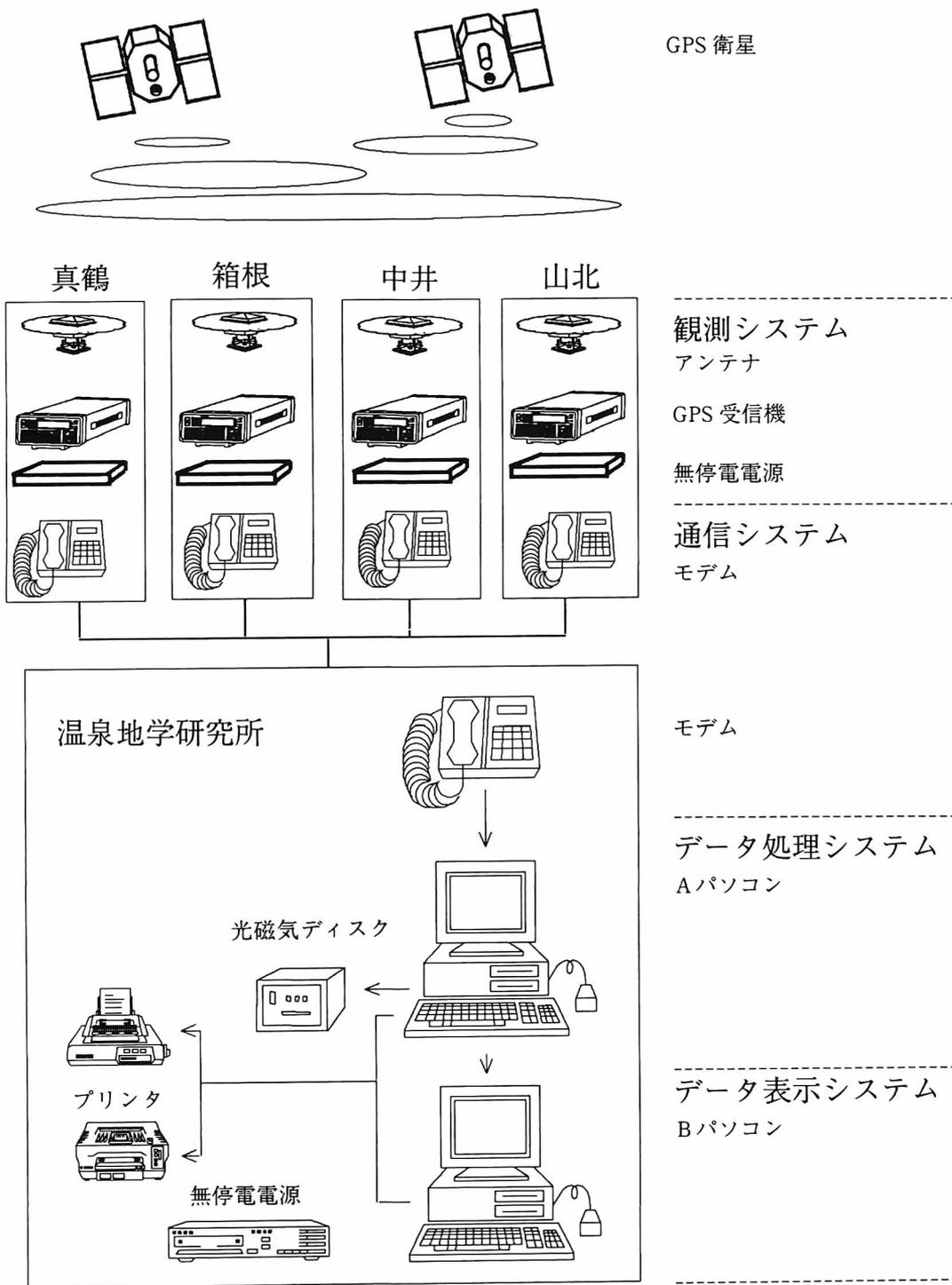


図1 GPS連続観測システム体系図

Fig.1 System map of automatic and continuous GPS observation operated by Hot Springs Res. Inst.

3. 観測システム

GPSとはGlobal Positioning Systemの頭文字の略称である。GPSはアメリカ国防総省によって開発された技術で、船舶などの位置を決定する電波航法の分野で利用されている。

GPSを用いた測地測量では、観測点間の3次元座標の差が精密に決定できる。この技術はGPS干渉測位法と呼ばれ、複数個の人工衛星からの電波を用いて、複数観測点での電波到達時刻差から観測点間の距離を計算する。当研究所は、このGPS干渉測位法を用いて県西部地域の地殻変動観測を行う。

なお、GPSの原理等に関しては、日本測量協会(1989)、土屋、今給黎(1992)や土屋、辻(1992)を参照していただきたい。

3.1 観測計器の構成

各観測点では、観測システムがGPSアンテナ、受信機、モデム、無停電電源装置から構築されている(図1)。GPS受信機はトリンプル社製のSST型とSSE型で、

2周波受信できるタイプである。1992年と1993年度の2ヶ年にわたり設置作業が行われたため、箱根と真鶴観測点ではSST型を、山北と中井観測点ではSSE型を使用している。

GPSアンテナは全点同一規格である。各観測点には停電・瞬断対策用に無停電電源装置を用意した。受信機等は地震対策用に固定されている。観測機器の機能一覧を表1に示した。

3.2 観測機器の設置

図2は観測点分布である。観測点は4点で、一辺20km前後のひし形配置をしている。観測網にはA級活断層(活断層研究会、1991)や神奈川県西部地震の予想震源域(例えば、神奈川県、1993a)が含まれている。また、できるだけ他の水位変化や光波測量結果と比較できるように、観測点の配置を考慮した。表2に観測点の座標等を示す。座標値(東京測地系)は当研究所の地下環境情報管理システム(神奈川県、1993b)を用いて、2500分の1の地形図から決定した。

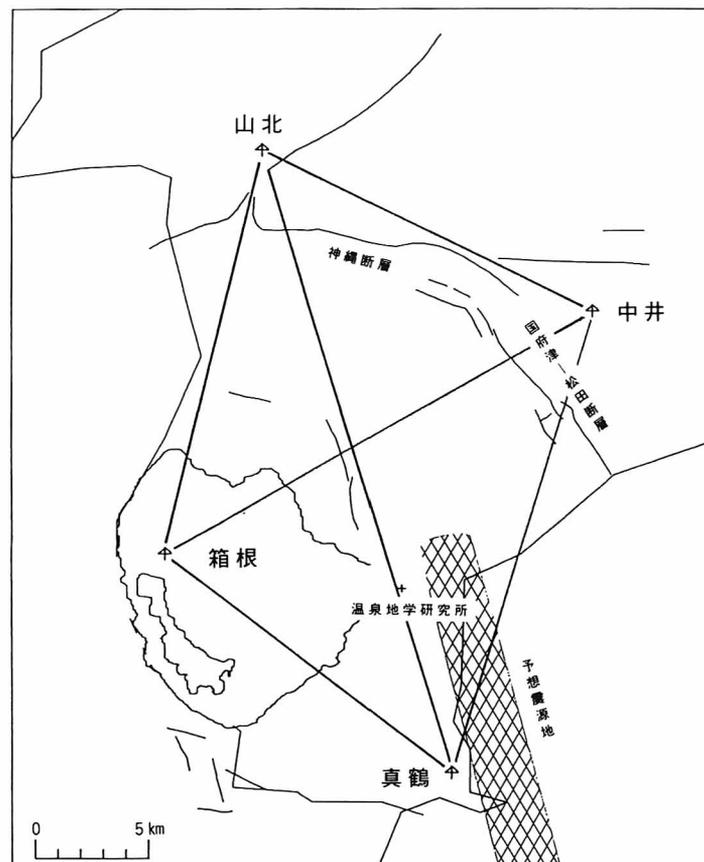


図2 観測点分布図と基線

Fig.2 Location of the GPS stations.

表1 GPS観測機器技術仕様
Table 1 Technical specifications of GPS.

	真鶴・箱根観測点	中井・山北観測点
GSP受信機	トリンプル社	
型名	SST II P型	SSE型
形状	30×35×13cm	25×28×10cm
重量	7.2Kg (受信機のみ)	3.1Kg (受信機のみ)
電源	11～18V DC 8ワットまたは10ワット	10.5～35V DC 9ワット
温度環境	-20～+55°C (動作時)	
湿度環境	100% (耐水)	
観測方式	搬送波干渉測位方式	
受信周波数	L1とL2の2周波	
受信コード	L1のC/Aコード、搬送波 L2の搬送波	L1/L2のPコード、搬送波 Pコードとフルサイクル搬送 波(L1/L2) PコードのYコード変更時の クロスコリレーション
静止測量精度	5mm±1ppm×基線距離(水平距離) 1cm±1ppm×基線距離(垂直距離) 1秒+5秒/基線距離(km)	
GPSアンテナ	トリンプル社製ジオデティック	
形状	48cm径のグランドプレーン、高さ9cm	
タイプ	無指向性測地測量用	
受信周波数	L1とL2の2周波	
温度環境	-40～+65°C (動作時)	
湿度環境	100% (完全防水)	
受信仰角	5度	
無停電電源装置	ホルゲン社製	
型名	VPS-300LH	
定格電圧	単相 AC100V±5% (停電時)	
最大出力容量	300VA	
停電保証時間	5分間以上(+25°C、300VA出力時)	
モデム	オムロン社製	
方式	全2重、調歩同期式	
インターフェース	RS232C	

真鶴観測点ではアンテナが、真鶴町役場屋上に固定されている。受信装置一式は屋上倉庫内にある。同建物は真鶴半島付け根にあり、箱根火山外輪山南東部に位置している。北側に山林があるが、それ以外の展望は良い。

箱根観測点では、ホテル屋上にアンテナが固定されている。同建物は標高788mに位置し、箱根火山のカルデラ内の中央火口丘北西部に建っている。周囲の展望は非常に良い。なお、観測小屋があるベランダには光波観測網（箱根）の測距儀が設置されている。この観測点は火山活動に関連した地殻変動の監視点になっている。

中井観測点では、地震・傾斜観測施設内のコンクリートポール先端にアンテナが固定されている。観測施設屋根の高さでは十分な展望が得られなかったために、10m程度のポールを立てた。観測施設内に受信装置一式が置かれている。同建物は大磯丘陵中央部にあたり、標高は73mである。

山北観測点では、企業庁三保管理事務所の車庫屋上にアンテナが固定されている（写真1）。車庫外壁に取り付けたキュービクル内に受信装置一式がコンパクトに収められている（写真2）。同建物は標高333mの丹沢山地南部の丹沢湖畔にある。山々に囲まれているが、展望は比較的恵まれている。

3.3 観測スケジュールの設定

図1のAパソコン（写真3）によって、観測スケジュールの設定がすべて行われる。設定項目は観測点の選択、基線組み合わせ、時間設定の3種類ある（表3）。

観測開始時間40分前にスケジュール内容が各観測点のGPS受信機に送信され、各観測点は待機状態となる。その時、Aパソコンの画面は観測待機状態の表示となり、スケジュールの変更等は受け付けない。観測終了後は、データ収集（5.1参照）を行う。

なお、Aパソコンの別機能は「5. データ処理システム」と「7. データ収集以外のAパソコンの機能」で説明する。

4. 通信システム

GPS受信機と温泉地学研究所間の通信はNTT一般回線を通して行う（図1）。各観測点と当研究所にはモデムが用意されており、Aパソコンが観測スケジュールやデータ収集等の通信を管理している。通信システムの機器性能は表1に示した。

観測開始当初は、DATASTROME TECHNOLOGIES, INC.の通信ソフト「PROCOMM-PLUS」を使用していた。現在はGPS受信機の制御を機能的に行うために、株式

表2 GPS観測施設一覧表
Table 2 Station list.

観測点名	コード	番号	座標値（東京測地系）			観測開始年
真鶴	MAN	0001	35°09'18.63"N	139°08'24.97"E	37.5m	1992
箱根	HAK	0002	35°14'37.42"N	139°00'02.58"E	788.0m	1992
中井	NKI	0003	35°20'35.23"N	139°12'36.36"E	73.0m	1993
山北	YKT	0004	35°24'29.36"N	139°02'51.03"E	333.5m	1993

観測点名	住所
真鶴	神奈川県足柄下郡真鶴町岩244-1 真鶴町役場屋上
箱根	神奈川県足柄下郡箱根町仙石原1245 箱根パレスホテル屋上
中井	神奈川県足柄上郡中井町岩倉寺窪496-2 地震観測施設内
山北	神奈川県足柄上郡山北町神尾田734 企業庁三保管理事務所屋上

会社アカサカテックで開発した通信ソフトでデータやスケジュールの転送を行っている。データ等の転送速度は9600bpsである。また、何らかの理由で観測点との連絡がとれない場合は、Aパソコン画面上で連絡不通を表示し、ページプリンターへその内容を出力する。

5. データ処理システム

データ処理システムはすべてAパソコンで行われる。AパソコンはIBM5580 (CPU80486) を使用している。トリンプル社製のソフトを使用するため、オペレーティングシステムは「IBM DOS J5.0/V」の英語版である。印刷はドットプリンターとページプリンターのどちらかに出力する。

5.1 データ収集

Aパソコンが観測終了時間の5分後、観測点番号順に呼び出し、データを回収する。データのダウンロードには「TRIMVEC-PLUS Survey Support ソフトウェア 4000」を使用している。

15秒サンプリングで、7時間分の観測データ回収時間は、1観測点当たり約13分である。1観測点のデータ回収が終了すると、Aパソコンは観測スケジュールのリセット作業を行う。全点データ回収後、自動的に基線解析を始める。



写真1 山北観測点 GPS アンテナ
Photo.1 GPS antenna at Yamakita station.

5.2 解析

解析は2周波二重差処理を行っている。解析ソフトはトリンプル社の「TRIMVEC-PLUS Ver.E」である。二重差処理はGPS衛星と受信機の両時計誤差を取り除くことができ、基線長が30km未満の処理に適している。電離層の影響は2周波のデータを用いることで消去している(土屋、今給黎、1992)。解析は1基線毎に自動処理で行い、フロート解とフィックス解の両結果が光磁気ディスクに保存される。また、Aパソコンのハードディスクに基線長の集計ファイルが作成してあり、基線計算処理が終了する度にファイルは自動的に更新される。

6. 解析表示システム

Bパソコン(図1、写真3)は、Aパソコンの集計結果のみを受け取り、測量結果等を表示する。表4にBパソコンメニューの一覧を示す。BパソコンはAパソコンと同じIBM5580を使用している。日本語表示を基本としているために、オペレーティングシステムは「IBM DOS J5.0/V」の日本語版を使用している。また、画面上の図表はページプリンターに印刷出力できる。図3にGPS観測データ表、基線変化グラフと基線長変化図の表示例を示す。

7. その他の処理機能

Aパソコンの主要な機能は、5章で述べたデータ収集

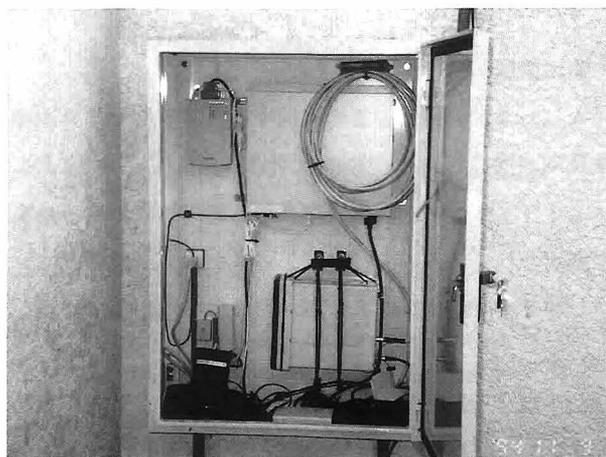


写真2 山北観測点観測 GPS 受信機他
Photo.2 GPS receiver set at Yamakita station.

表3 Aパソコン機能メニュー
Table 3 Function list of (A) personal computer.

機能メニュー	機能内容(説明章)
画面情報	基本的な情報の表示 (7)
解析例の表示	基線解析・結果例 (7)
4000プログラム	TRIMVEC-PLUSの利用 (7)
衛星情報	GPS衛星情報を収集(7)
観測スケジュールの設定	観測全般(下表、3.3、5.1、5.2)
遠隔操作機能	GPS受信機本体の遠隔操作 (7)
MS-DOSへの復帰	MS-DOSを起動(7)

観測スケジュール機能	機能内容
観測点の選択	4観測点の使用・中止を選択
基線組み合わせ	観測点の組み合わせとその基線解析の実行・中止
時間設定	
観測モード	同一GPS衛星の追尾実行・中止を選択
観測回数	1日当たり最大4回
観測時間	1時間単位で最大12時間
セッション番号	「月+日+観測順番」 「通年日(Julian day)+観測順番」
データ保存ドライブ名	FD、HD、MOを選択
観測開始時間	日本標準時間

と基線解析である。定常観測以外でもGPS観測を有効利用するために、Aパソコンには以下の情報機能がある(表3)。

・画面情報

Aパソコンの通常の画面を図4に示す。左上に日本標準時間(JST)、右上に世界標準時(UTC)、中段上にはスケジュール転送時間、観測開始時間と観測終了時間が表示されている。Aパソコンのスケジュール機能は、パソコン内部のクロックを用いた日本標準時間で管理している。

左下にはGPSセッション番号、右下には原データと計算結果を保存するドライブ名と残容量表示がある。

・解析例の表示

当研究所に來所する見学者のために画面上で基線解析の計算過程と結果例を表示し、供することができる。

・4000プログラムの実行

トリンプル社製のソフト「TRIMVEC-PLUS」の4000メインメニューが使用できる。観測点のGPS受信機との接続機能もある。

・衛星情報

トリンプル社製のソフト「TRIMPLAN」を用いて、GPS衛星情報等を知ることができる。

・観測スケジュールの設定

3.3、5.1と5.2参照のこと。

表4 Bパソコン機能メニューと選択項目
Table 4 Function list of a personal computer(B).

出力図表	表示内容	表	グラフ	地図	表示期間設定	選択項目
GPS観測データ表	観測結果、精度他	○	×	×	1カ月単位	基線長
基線平均値表	観測結果のみ	○	×	×	1カ月単位	基線長
基線変化グラフ	基線長時系列変化	×	○	×	日旬月年単位	成分単位
基線変化表	基線長の変化量	○	×	×	日旬月年単位	成分単位
観測点変位図	観測点の水平移動	○	×	○	日旬月年単位	観測点
基線長変化図	基線長の伸び縮み	○	×	○	日旬月年単位	×
網平均変位図	網平均	○	×	○	日旬月年単位	地域
主歪図	歪の伸縮と方向	○	×	○	日旬月年単位	地域
面積歪図	面積歪	○	×	○	日旬月年単位	地域
標高変化図	観測点の上下変動	○	×	○	日旬月年単位	観測点
表示設定	スケール設定	○	×	×	×	×

(a)

日	観測データ		真観-箱根		1994年 8月		I / 2 °				
	観測時間 元ファイル	基線長(m) 使用衛星	南北成分(m) R/D/O/P	東西成分(m) R/D/O/P	高低差(m) RMS(位相)	観測時間 元ファイル	基線長(m) 使用衛星	南北成分(m) R/D/O/P			
8-2	17:15-00:15 01028032.wft	16077.036 26,28,19,27,16,4,6,17,9,12	9831.359 -12698.718	0.142 0.142	767.243 0.030	9-1	05:11-12:12 01028091.wft	16077.038 31,17,22,28,29,25,19,15,27,2	9831.358 -12698.728	0.208 0.208	767.128 0.022
9-1	05:11-12:12 01028091.wft	16077.038 31,17,22,28,29,25,19,15,27,2	9831.358 -12698.716	0.208 0.168	767.128 0.025	9-2	18:19-00:11 01028092.wft	16077.032 26,24,6,16,27,17,9,12,23,5	9831.356 -12698.707	0.141 0.141	767.213 0.028
9-2	18:19-00:11 01028092.wft	16077.032 26,24,6,16,27,17,9,12,23,5	9831.356 -12698.717	0.168 0.210	767.147 0.023	10-2	17:07-00:07 01028102.wft	16077.011 9,26,4,19,24,27,6,17,16,12	9831.339 -12698.705	0.141 0.139	767.147 0.029
10-2	17:07-00:07 01028102.wft	16077.011 9,26,4,19,24,27,6,17,16,12	9831.339 -12698.717	0.141 0.210	767.147 0.023	11-1	05:03-12:03 01028111.wft	16077.030 31,25,22,28,17,29,19,15,27,2	9831.356 -12698.705	0.210 0.139	767.171 0.023
11-1	05:03-12:03 01028111.wft	16077.030 31,25,22,28,17,29,19,15,27,2	9831.356 -12698.705	0.210 0.139	767.171 0.023	11-2	17:09-00:03 01028112.wft	16077.023 9,4,19,16,27,24,6,17,26,12	9831.357 -12698.740	0.139 0.209	767.193 0.022
11-2	17:09-00:03 01028112.wft	16077.023 9,4,19,16,27,24,6,17,26,12	9831.357 -12698.731	0.139 0.140	767.193 0.028	12-1	04:59-12:00 01028121.wft	16077.049 31,22,29,28,17,25,19,15,27,2	9831.359 -12698.731	0.209 0.140	767.143 0.022
12-1	04:59-12:00 01028121.wft	16077.049 31,22,29,28,17,25,19,15,27,2	9831.359 -12698.722	0.209 0.138	767.143 0.022	12-2	16:59-00:00 01028122.wft	16077.041 9,26,16,19,27,24,6,17,4,12	9831.354 -12698.722	0.140 0.138	767.175 0.022
12-2	16:59-00:00 01028122.wft	16077.041 9,26,16,19,27,24,6,17,4,12	9831.354 -12698.714	0.140 0.138	767.175 0.022	15-1	16:47-23:48 01028151.wft	16077.035 9,19,4,26,27,24,6,17,16,12	9831.351 -12698.714	0.138 0.205	767.243 0.020
15-1	16:47-23:48 01028151.wft	16077.035 9,19,4,26,27,24,6,17,16,12	9831.351 -12698.714	0.138 0.205	767.243 0.020	16-1	04:43-11:44 01028161.wft	16077.022 31,22,28,17,25,29,19,15,27,2	9831.345 0.205	767.199 0.020	
16-1	04:43-11:44 01028161.wft	16077.022 31,22,28,17,25,29,19,15,27,2	9831.345 0.205	767.199 0.020							

1994年 8月17日 13:03 神奈川県温泉地学研究所

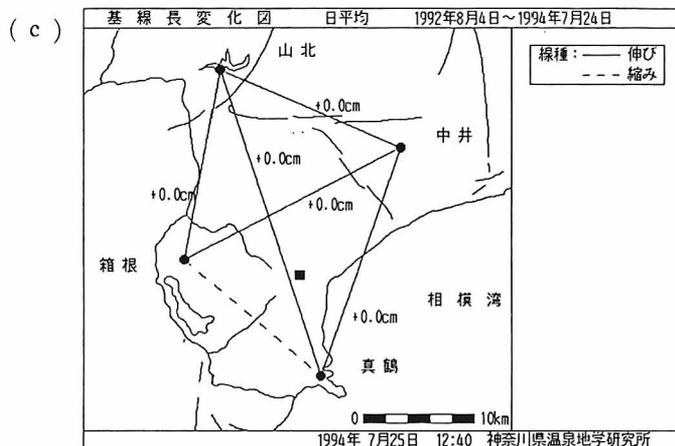
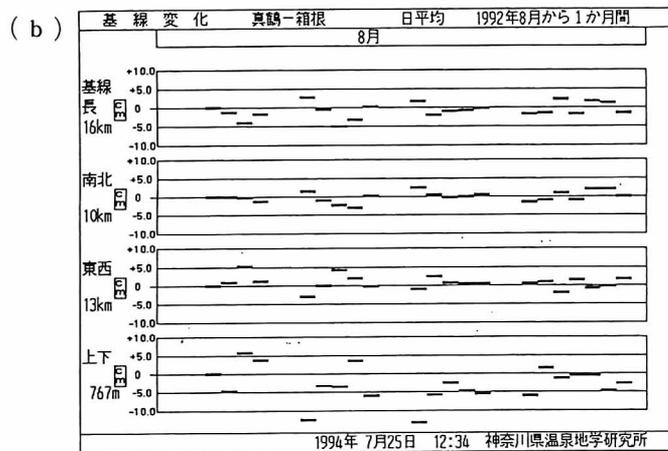


図2 観測点分布図と基線
Fig.2 Location of the GPS stations.

図3 データ表示システム出力例 (a)観測データ表、
(b)基線変化グラフ、(c)基線長変化図
Fig.3 Example of data displaying subsystem.
(a) is a table of observation results.
(b) and (c) show valiation of baseline for time serise and achange of distance on the western part map of Kanagawa prefecture.



写真3 データ処理システムとデータ表示システム

Photo.3 Data processing subsystem and data displaying subsystem in the center of Hot Springs Res. Inst.

(日本標準時間)	(世界標準時間)
- WAITING SCHEDULE TRANSMIT TO GPS -	
Schedule Transmit Time :	14:41
Survey Start Time :	15:21
Survey End Time :	22:21

Test of Data Processing 4000 Program Satellite Information Reset Survey Schedule Escape to MS-DOS Remote Control	
(セッション番号)	(保存ドライブ名：残容量)

スケジュール転送時間
観測開始時間
観測終了時間

解析例の表示
4000プログラム
衛星情報
観測スケジュールの設定
MS-DOSへの復帰
遠隔操作

図4 Aパソコン表示画面例

Fig.4 Example of A personal computer display.

・遠隔操作機能

GPS 受信機 SSE 型のみに対して、GPS 受信機内の設定項目を遠隔操作できる。

・MS-DOSへの復帰

MS-DOS 上での別作業ができる。ただし、上記の作業をするときには測量スケジュールが最優先させるために、作業打ち切り時間が最初に表示される。

8. 観測結果

図5は1994年1～6月までの基線長変化である。図には自動処理による2周波二重差処理のフロート解の結果を示した。1観測時間は1回当たり7時間、観測回数は1日2回とした。追尾したGPS衛星は、できるだけ同一のものになるようにした。観測期間中、SA (selective availability: 選択利用性) が作動しており、GPS衛星の軌道情報の質やC/Aコード等のタイミングが劣化して

いる可能性がある。

データ取得は、観測期間中順調であった。時々欠測があるが、その原因としては、外電源部の故障、GPS受信機ソフトや通信ソフトのダウン等によるものである。観測点を設置してから、ここまでの観測レベルに達するまでは、電源やモデムの交換、通信ソフトの変更やトリンプル社解析ソフトのバージョンアップの試行錯誤があった。

解析結果は全基線とも 5×10^{-6} (ppm) 程度のばらつきの範囲に収まった。静止測量精度(表1)を参考とすると、20kmの基線距離に対する精度は、数ppmとなる。一般的に、解がばらつく主な原因として、衛星の位置、電波の伝搬、電離層、多重伝搬、大気などの影響がある(日本測地学会、1989)。また、アンテナを設置している建物自身の伸び縮みや観測点間の標高差による影響もあるだろう。これらの誤差の影響評価は今後の検討課題である。なお、サイクルスリップ排除のためのGPS衛

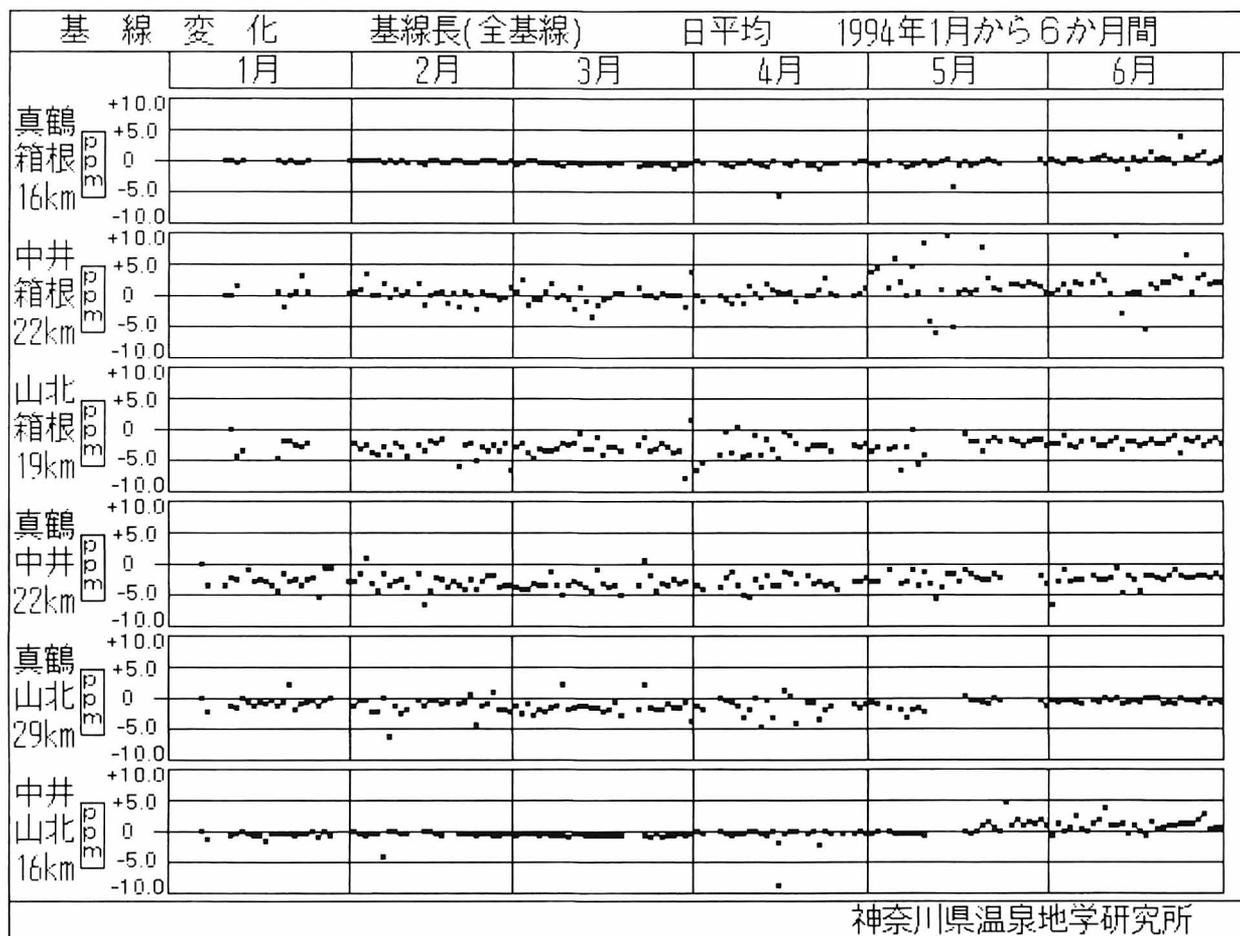


図5 全基線変化グラフ(1994年1～6月)

Fig.5 Valiation of baseline during the period between January and June 1994.

星受信仰角の変更作業は観測点設置時に行っている。

観測点の組み合わせによっても、解のばらつき度が異なることが判明した。真鶴一箱根と中井一山北の両基線の計算結果は数 ppm の範囲に収まるが、他の 4 基線では、ばらつきが 5 ppm 程度広がる。この結果は GPS 受信機 (SST と SSE 型) の組み合わせと良く対応している。つまり、異種型間の組み合わせ基線解析よりも同一型の方が、解析結果は安定している。これは、SSE 型の方が SST 型より上位機種で、暗号化された P コードの取り込み方法が異なるためと考えられる (表 1)。

この期間中、神奈川県西部地域では、マグニチュード 3 以上の地震は発生しなかった。今回の観測結果は 5 ppm 以内で安定しており、地震に伴う地殻変動の異常は認められなかった。5 月中旬に中井一箱根基線でデータがばらついているが、他の基線には変化が見られないので、地殻変動以外の要因で生じたと考えられる。

9. まとめ及び今後の課題

県西部地域に GPS 観測点を 4 点設置し、6 測線の基線長変化が観測できるようになった。この観測網は当研究所の地下水位観測井や傾斜計観測点を取り囲む様に配置されている。観測システムや解析システムは自動処理である。表示システムは、解析結果を簡単に表示でき、専門家のみならず一般見学者も理解しやすいように構築した。

1994 年半年間、基線長変化は 5 ppm 以内であり、急激な地殻変動に伴うような基線長変化は観測されなかった。

当研究所の地殻変動観測の最終目的は、予想されている神奈川県西部地震に伴う異常現象の有無を時間的、空間的に見極めることである。今回の解析結果には、種々の誤差が含まれている。今後は以下のような検討を加え、観測精度の向上を目指さなければならない。

- (1) 全観測点の GPS 受信機を SSE 型の同一機種に揃える。
- (2) 採用した固定点の経緯度の精度に起因する系統的な誤差を除去する (土屋、今給黎、1992)。人工衛星レーザー測距 (SLR) や超長基線電波干渉法 (VLBI) から座標値がわかっている他機関観測点

を参考として、新たに当研究所の観測点の座標値を決定しなければならない。

- (3) 軌道情報の劣化、多重伝搬等の影響を見積もる。

謝 辞

GPS 観測点を設置するにあたって、企業庁管理局三保管理事務所管理課、真鶴町庶務課、中井町庶務課、箱根パレスホテルの方々にはお世話になりました。ここに感謝いたします。

GPS の設置工事、コンピュータソフト開発等は、取締役技術部長菊岡仁氏をはじめとする株式会社アカサカテックによって行われた。

参考文献

- 伊東 博、小鷹滋郎、棚田俊收、長瀬和雄、横山尚秀、平野富雄、荻野喜作、大木靖衛 (1990) 温泉地学研究所の地震・地下水位観測システムについて、神奈川温地研報告、21 巻、3 号、71-86.
- 土屋 淳、今給黎哲朗 (1992) GPS 測量と基線解析の手引き、日本測量協会、335p.
- 土屋 淳、辻 宏道 (1992) やさしい GPS 測量、日本測量協会、376p.
- 日本測量協会 (1989) 新訂版 GPS、日本測量協会、272p.
- 活断層研究会 (1991) 日本の活断層、東京大学出版会、435p.
- 神奈川県 (1993a) 神奈川県西部地震被害想定調査手法編報告書、437p.
- 神奈川県 (1993b) 神奈川県地下地質資料集、50p.