3 - 13 相模湾周辺における GPS 観測 (序報)

Sagami Bay GPS Campaign 8812 (Preliminary Report)

GPS 大学連合 (代表:東大地震研 村田一郎)

Japanese University Consortium for GPS Research [Chief Investigator: Ichiro MURATA Earthquake Research Institute, University of Tokyo]

1. <u>まえがき</u>

小田原を中心とする相模湾地域はこれまで繰り返し M7 級地震に襲われてきた〔例えば,石橋(1985)〕,この,いわゆる小田原地震の予知に役立つ地殻歪資料を取得することを目的として,全国の大学による GPS の合同集中観測が 1988 年 12 月 13 日~17 日に実施された。観測地域は第1図に示す小田原を中心とする半径約 80kmの地域で,ここに,大学勢が所有する WM101(10 台),TRIMBLE4000SD(16 台),MINIMAC2816(5 台,うち1台は防災センター)が配置された。観測には全国 8 大学(北大,東北大,茨城大,東大,静岡大,名大,京大,高知大)から延べ 39 名が参加した他,防災センター,国土地理院,海上保安庁水路部の協力も得ることができた。観測は上記の5日間,4 衛星の見える朝7:30~10:30 の時間帯を中心に行なった。データは相互に交換されたが,当面の予備的解析のための責任分担として WM101 が東大震研,TRIMBLE が名大,MINIMAC は京大が中心となって解析を行っている。これまで得られた結果をまとめると,基線長では2 周波を用いた場合で1ppm 前後,1 周波では ppm の桁の繰り返し誤差が得られている。以下,各機種についての結果を概説する。

2. WM101 による結果

WM101 は北大、東大震研、京大が担当した。第2図に WM101 によって解析された基線を示す。解析には広報暦を用い、かつ二重差データをチェックしない、いわゆる自動モードで行われた。なお、今回の解析には気象観測データは用いていない。比較的良好なデータの得られている寒川、真鶴を基準とした放射状の網で解を求めた。基線長の解の得られた率は約70%程度である。第3図(a)~(c)に得られた結果の一部を示す。第3図(a)は比較的よい再現性の得られた基線で、約1ppmの繰り返し精度が得られている。(b)、(c)はあまり再現性のよくない基線であるが、これらのうち(b)は最初の日と最後の日を outlier として除いた中間3日分から繰り返し精度を求めるとよい結果の得られる場合である。全体の結果から得られる繰り返し精度(Day - to - day repeatability)では第4図に示すようにあまり距離にはよらずppmの桁の程度である。今後精度をあげるには受信機を2周波用に改善する(現在実施中)と同時に精密暦の取り込みが必要となろう。

3. Trimble4000SD による結果

4000SD は16点で観測が行われた。観測は5大学(東北, 茨城, 東京, 静岡, 名古屋)

と地震研が担当した。観測点は第 1 図が示すように、 $30 \sim 50$ km 間隔に置かれ、小田原を中心に半径 80 km の陸上部を覆った。運航高度が 15 度までしか達しない衛星も受信したが、アンテナは水平に設置した。

16 基点から、30 ~ 150km の基線が120 本確立される。光波測距とは違い、GPS 干渉測位では多量の受信機を動員すれば、確立される基線も飛躍的に増大する。

本報告では測量精度を報告する。測量精度の議論として、ほかの観測手法との比較、GPS 測量独自の再現性や閉合差などが考えられる。今回は再現性と閉合差を検討した。

解析ソフト TRIMVEC により積分位相差法を用いて、1 本毎に基線解析を行った。2 波を観測しているので、電離層における電波遅延は補正したが、対流圏における電波遅延は適正な補正法がなく、一定として処理した。

再現性の一例として、小田原基点から他基点への放射状基線 15 本について紹介する。基線長は $24 \sim 79$ km である。第 5 図に小田原 - 弥生・上野原基線で観測された基線長を示す。期間中の日平均値から得られる標準偏差(SD)を再現性とした。得られた再現性と基線長の関係を第 6 図に示す。なお、2 基線では諸事情により、基線決定は一日しかできず、また 2 基線では衛星 9 が観測できず、解析ができなかったので、基点では再現性の議論から除いた。再現性は $11 \sim 54$ mm($0.2 \sim 1.9$ ppm)となる。

閉合差の1例として、12月15日における、小田原 - 小室山 - 野島崎の結果を第7図に示す。 閉合差は水平方向で60cm(4ppm)、垂直方向で110cm(8ppm)となる。すなわち、GPS干渉 測位は基線長ならば1ppm、観測基線ベクトルならば数ppm の精度であることがわかる。

4. <u>MINI - MAC</u> による結果

大学で保有している MINI - MAC は現在 4 台であり、これらは今回の観測では震研屋上、小田原、下里、潮岬に置かれた。また、静岡大には防災センターの協力を得て防災センター保有の同機種を置いて観測が実施された。震研屋上、小田原、静岡はいずれも他機種が隣接して設置され、また、下里は SLR の観測点に取り付けられており、その位置がよく知られた点である。このようなことからわかるように、今回の実験では MINI - MAC はコロケーションを主目的として行われた。

得られた結果を第1表に示す。再現性を議論するには、ややデータが不足ではあるが、第1表からわかるように、相模湾 GPS ネットの中心である小田原の位置について、3日間の再現性で、緯度・経度・高度で、それぞれ 0.004 秒・0.009 秒・0.60m 程である。また、2日間の差ではあるが、下里 – 小田原間の基線長(352km)でも、1ppm の再現性がある。このように、相模湾 GPS ネットは、かなり離れた点である SLR 観測点(下里)に対して、数 10cmの精度で、相対位置を決定できたと言える。

5. おわりに

今回は、GPS 観測の作業手順や方式そのものがまだ必ずしも定型化していないなかで大

学の関係者が一堂に会して行われた初めての本格的な共同観測である。一方、衛星の状況や精密暦・固定基準点(fiducial point)の精度に問題があるなど、必ずしも高精度の成果が得られることは期待できない状況にあった。得られた結果はほぼ予想されたものであったが、今回はGPSの共同作業のノウハウが得られた点、短期間で広範囲かつ高密度に測量作業が行え、また順調に基線解析が実行できたという点が評価されよう。

今後、同地域における繰り返し観測を実施し、VLBI、SLR サイトとのコロケーションによる fiducial point の設定の高精度化、さらには、BLOCK II 衛星のデータの取り込み、国内軌道追跡網による精密暦の取得などを取り入れつつ精度の向上を計り、GPS による地殻変動研究の基礎を学ぶと同時に、当該地域の地殻歪の集積過程の解明に努めたい。

最後に、防災センター、国土地理院、下里水路観測所の方々、並びに各観測点で観測に便宣 を図ってくださった方々に感謝いたします。

参 考 文 献

1) 石橋克彦: 小田原付近の大地震発生の可能性、月報「地球」、第7巻 (1985)、420 - 426.

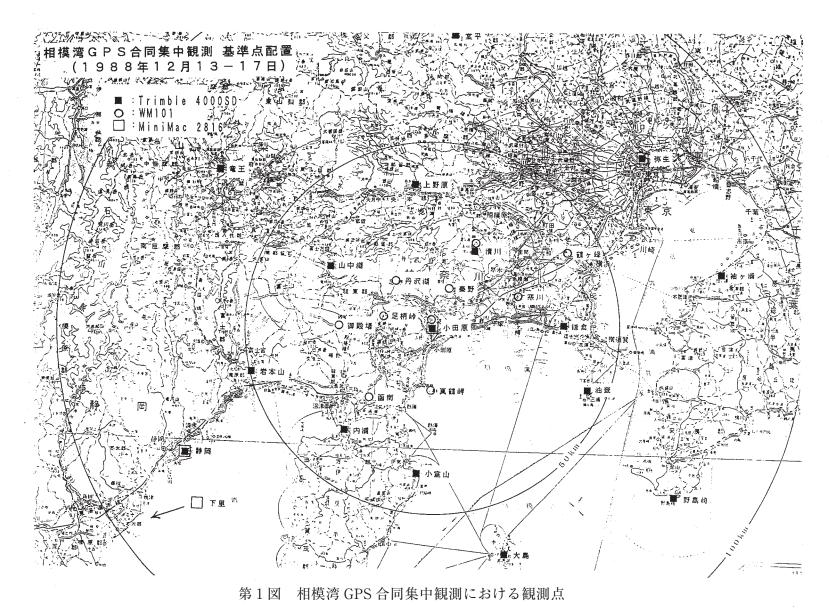
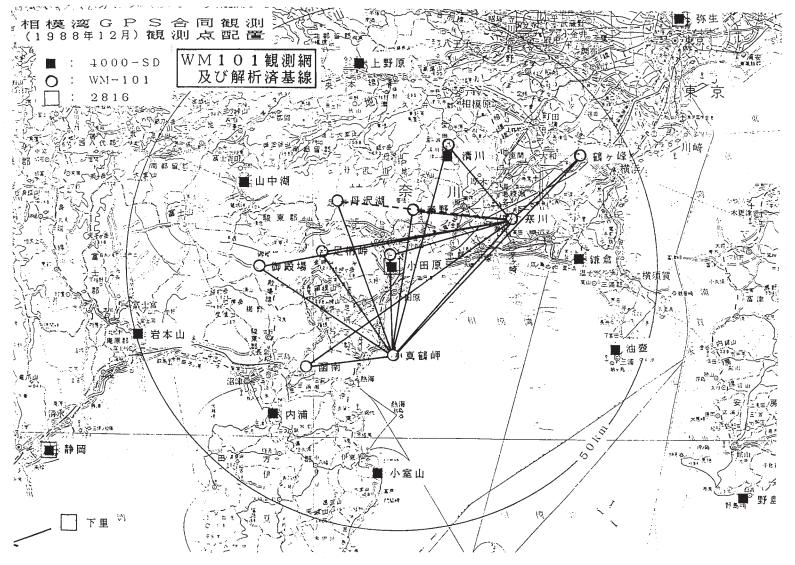
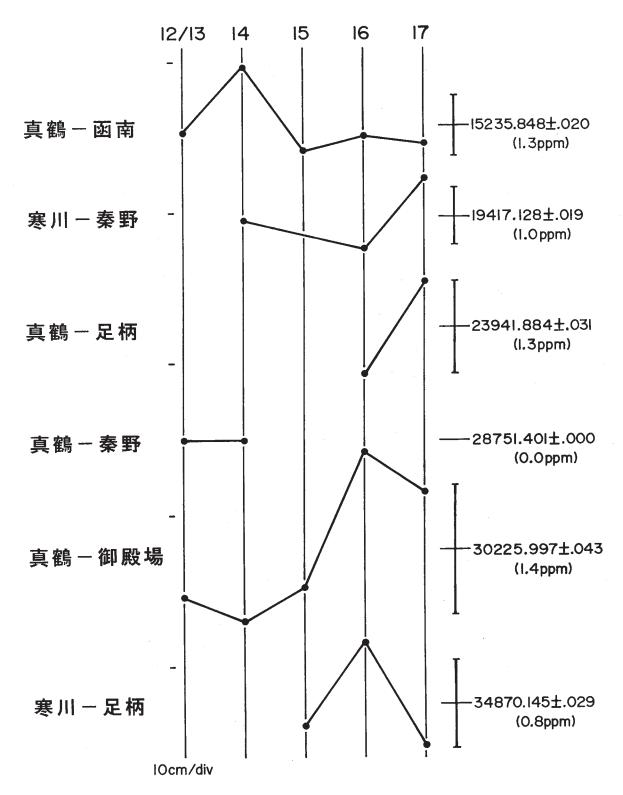


Fig. 1 Benchmarks used at the Sagami Bay GPS Campaign 8812.



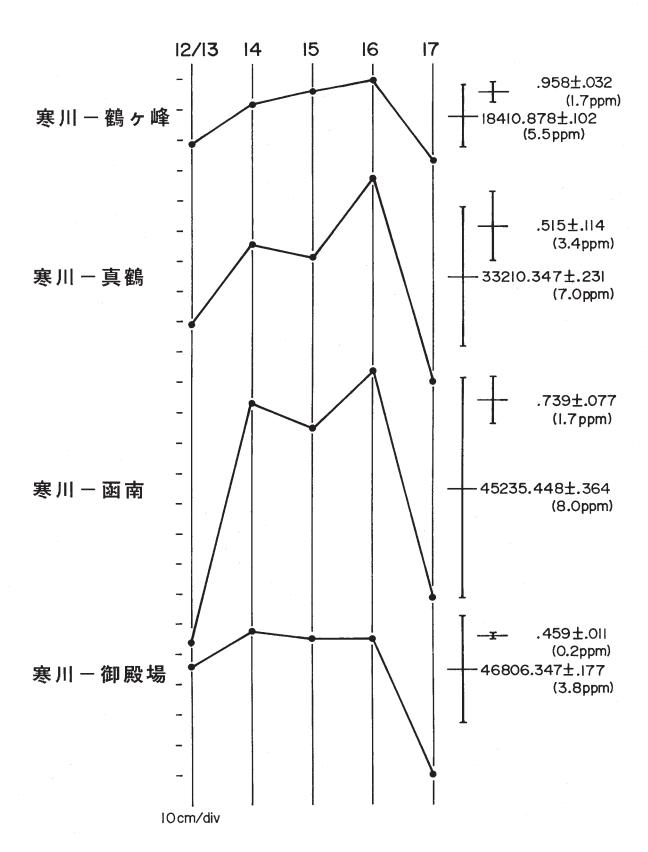
第2図 WM101 観測網及び解析済み基線

Fig. 2 Baselines analysed for WM101.



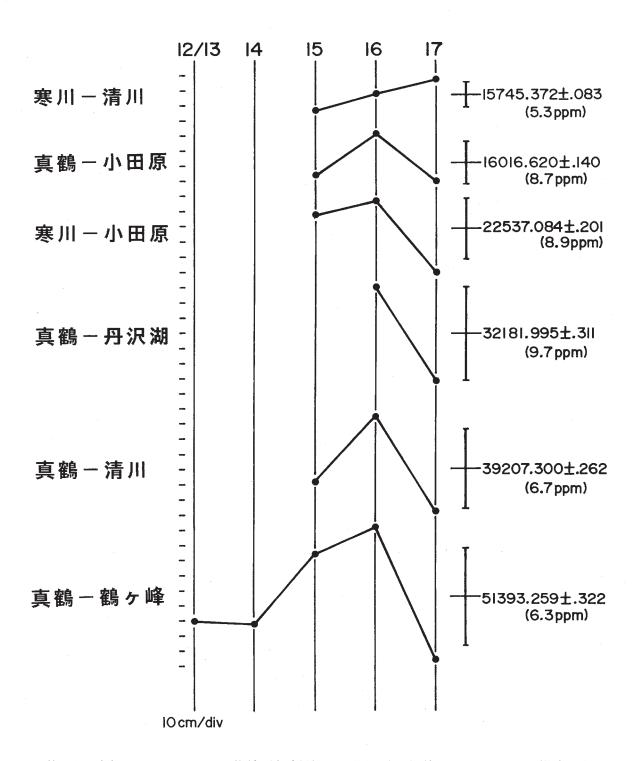
第3図(a) WM101による基線長解析結果、繰り返し誤差が2ppm以下の場合の例

Fig. 3 (a) Results of baseline lengths by WM101. Examples of fairly good results (less than 2 ppm day-to-day repeatability).

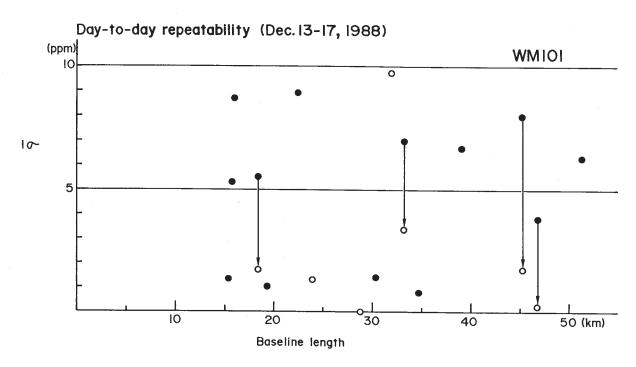


第3図(b) WM101による基線長解析結果, 13日と17日を除いて繰り返し誤差が改善できる場合の例

Fig. 3 (b) Results of baseline lengths by WM 101. Examples which shows better repeatability by discarding outliers.

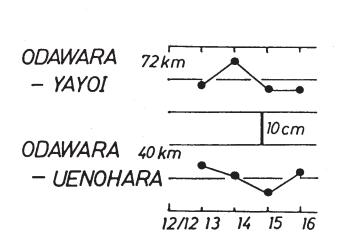


第3図(c) WM101 による基線長解析結果,繰り返し誤差が 5ppm 以上の場合の例 Fig. 3(c) Results of baseline lengths by WM 101. Examples of bad results (larger than 5 ppm repeatability).



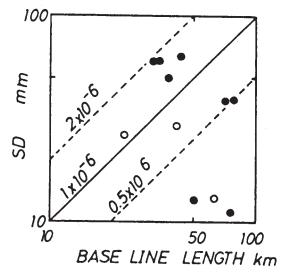
第4図 WM101による繰り返し誤差

Fig. 4 Summary of day-to-day repeatability vs. baseline length. Results of WM101.



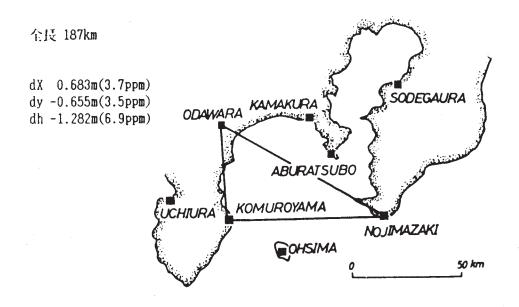
第5図 小田原 - 弥生・上野原基線で観測 された基線長の日変化

Fig. 5 Daily change of baseline lengths for Odawara -Yayoi and Odawara-Uenohara. Trimble 4000SD is used for observation.



第6図 小田原基点から求まる基線におけ る基線長の再現性

Fig. 6 Summary of day-to-day repeatability vs. baseline length. Results of Trimble 4000SD.



第7図 12月15日における、小田原-小室山-野島崎基線の閉合性

Fig. 7 An example test of closure error. Odawara-Komuroyama-Nojimazaki baseline network at December 15, 1988 is used.

第1表 MINI-MACによる結果(観測点座標)

Table 1. Benchmark coordinates obtained by MiniMac 2816.

| | Day | 緯度 | 経度 | 髙さ |
|-----|------------|-------------|----------------------------|----------------------|
| 潮岬 | | | 135 45 23.03683 0.021 m | 109.195 m 0.081 m |
| 小田原 | | | 139 9 56.45742 0.096 m | |
| | | | 139 9 56.46987 | |
| | | | 0.125 m | |
| | | | 139 9 56.47864 | |
| | . ± | 0.179 m | 0.122 m | 0.265 m |
| | AV. 35 | 17 10.49653 | 139 9 56.46864 | 69.801 m |
| | SD. | 0.00418 | 0.00870 | 0.598 m |
| 弥生 | 348 35 | 43 7.47400 | 139 45 35.30485 | 85.370 m |
| | ± | 0.212 m | 0.148 m | 0.305 m |
| | 349 35 | 43 7.49618 | 139 45 35.31221 | 84.028 m |
| | <u>±</u> | 0.211 m | 0.146 m | 0.304 m |
| | AV. 35 | 43 7.48509 | 139 45 35.30853 | 84.699 m |
| | | | -0.00736 | |