寄 書

GPSによるユーラシア・フィリピン海プレート境界域における地殻変動の観測 (1992年4月～1993年3月)

名古屋大学理学部地震火山観測地域センター*
木股文昭・中村 勝・宮島力雄・奥田 隆
静岡大学教養部地学教室**

里村 幹夫
岐阜大学教育学部地学教室***
佐々木嘉三

Crustal Movements Observation by GPS
Measurements on the Boundary Region
between Eurasian and Philippine Sea
Plates in Apr. 1992-Mar. 1993.

Fumiaki KIMATA, Masaru NAKAMURA,
Rikio MIYAJIMA, Takashi OKUDA

Research Center for Seismology and Volcanology,
School of Science, Nagoya University, Nagoya,
Aichi 464-01, Japan

Mikio SATOMURA

Institute of Geosciences, Faculty of Liberal Arts,
Shizuoka University, Shizuoka,
Shizuoka 422, Japan
and Yoshimi SASAKI

Department of Earth and Planetary Sciences,
Faculty of Education, Gifu University,
Gifu, Gifu 501-11, Japan

(Received September 3, 1993;
Accepted October 10, 1993)

§1. はじめに

筆者らは、プレート運動も含め、東海地域における地殻歪み蓄積過程をより詳細に検討するためGPS観測を開始した[KIMATA *et al.* (1991)]. しかし、八丈と東海地域を結ぶ基線において1992年2～5月に予測を上回る10 cmもの急激な基線長の変化を観測した[KIMATA

et al. (1993)]. 一方、対流圏伝播遅延や衛星暦から生じる誤差について検討を試みた結果[木股・他(1993); 木股(1993)], 国土地理院が作成した精密暦(GSI暦)の利用により 1×10^{-7} 以上の高精度を期待できることが明確になった. 本論は、GSI暦を利用した基線解析を試み、フィリピン海プレートの収束運動、およびユーラシアプレート内の地殻変動を議論する.

§2. 観測と解析方法

筆者らは名古屋・犬山・岐阜・高山・静岡・八丈においてGPS観測を頻繁に実施している[KIMATA *et al.* (1993)]. 今回はGSI暦の提供が開始された1992年4月から1年間について、高山観測点固定で高山-名古屋(110 km)・高山-静岡(172 km)基線、静岡観測点固定で静岡-八丈(241 km)基線を解析した(Fig. 1). 観測は、毎日6時間20分、全期間とも同一衛星配置である. なお、高山-八丈基線は基線長が412 kmにも達すること、高山と八丈観測点では気象条件が大きく異なり、対流圏伝播遅延量が異なるなど、解析誤差が大と推測されるので、議論しなかった.

解析は解析ソフトTRIMVEC™(revision e)の積分位相差法を利用した. 対流圏伝播遅延一定として処理し、下里SLR基点からGPS干渉測位で求めた観測点座標値[木股・他(1990)]を使用した.

Fig. 1. Locations of GPS observation stations and observed horizontal displacement vectors in the period from April 1992 to March 1993. Horizontal displacement vectors are calculated by fixing the location of TKY station. The open vector at HCJ indicates the displacement estimated by SENO *et al.* (1993).

* 〒464-01 愛知県名古屋市千種区不老町

** 〒422 静岡県静岡市大谷 836

*** 〒501-11 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

Fig. 2. Temporal changes of horizontal displacements for the three baseline, SZK-HCJ, TKY-SZK, and TKY-NGY. Linear changing rates (straight lines) are calculated with the least squares method.

Table 1. Changing rates of horizontal displacements.

Base Line	Length (km)	E-W component		N-S component	
		mm/y	$\times 10^{-7}/y$	mm/y	$\times 10^{-7}/y$
Takayama-Nagoya	110	-5 ± 12	-0.5 ± 1.1	5 ± 7	0.5 ± 0.6
Takayama-Shizuoka	172	-13 ± 11	-0.8 ± 0.6	-7 ± 9	-0.4 ± 0.5
Shizuoka-Hachijo	241	-10 ± 27	-0.4 ± 1.1	-34 ± 18	-1.4 ± 0.7

各基線における基線解水平成分の変位速度を時間の1次関数とし、基線解の月平均値から最小自乗法で算出した (Fig. 2, Table 1). なお、1993年2～3月は八丈観測点での観測に支障が生じたので、静岡-八丈基線について図示していない。

変位速度は衛星の運航状況などの理由により、南北成分が東西成分よりも小さな誤差を示す。東西成分では3基線とも近似誤差は1 cmを超え、とりわけ、静岡-八丈基線では歪み速度の2倍を上回り、得た変位速度の有意性は高くない。

今回、基線長が110-241 kmと異なるので、スケール誤差の考慮が必要である。スケール誤差は基線長に比例し、系統誤差を示す。しかし、解析結果は東西成分で3基線とも $-(0.4-0.8) \times 10^{-7}/y$ の短縮、南北成分で $-1.4 \times 10^{-7}/y$ の短縮から $0.5 \times 10^{-7}/y$ の伸びを示す。ゆえに、今回、スケール誤差は 0.5×10^{-7} 以内と考える。

§3. 水平変位ベクトル

近似した基線解水平成分変位速度 (mm/y) から、名古屋・静岡・八丈観測点における年間水平変位ベクトルを Fig. 1 に黒矢印で示す。なお、図は高山観測点固定で示しているので、八丈観測点における結果は高山-静岡基線と静岡-八丈基線を加算して求めた。高山観測点固定で八丈観測点が 331° , 47 mm/y、静岡観測点が 290° ,

15 mm/y、名古屋観測点が 225° , 7 mm/y の水平変位となる。一方、白矢印は SENO *et al.* [1993] によるフィリピン海プレートの回転ベクトルから算出したユーラシアプレートに対する八丈島の変位ベクトル (305° , 41 mm/y) である。

§4. フィリピン海プレートの収束運動

高山観測点に対する八丈観測点の水平変位ベクトルは、SENO *et al.* (1993) のモデルから計算される八丈島の変位ベクトルと方位で26度、速度で6 mm/y異なるだけである。もっとも今回の結論は誤差を考慮すると有意性はまだ高くない。しかし、解析期間を比較するとモデルが最近数10年間であるのに対し、筆者らのGPSはわずか1年間である。両者の結果はよく一致しているので、最近1年も最近数10年間と同じ収束運動が継続し、しかもGPS観測ならば1年間でも概略的なプレート運動が検出可能と考える。

八丈観測点より南方700 km、小笠原父島で、1987～1990年間に北西へ37 mm/yの水平変位がVLBI観測から検出されている [MATSUZAKA *et al.* (1991)]。この成果も今回の結果とよく一致する。

なお、SHIMADA and BOCK (1992) は1988～1989年間に塩山観測点 (山梨県) に対し伊豆半島南部の下田観測点が西南西へ28 mm/y変位していると報告してい

る。また、布施ら[1993]のGPS観測によれば、1991～1992年にかけて南伊豆観測点が弥生観測点（東京）に対し西方へ41 mm/y移動している。これらの運動が1992～1993年も継続していると仮定すれば、フィリピン海プレートの収束運動は八丈島から伊豆半島南部までほとんど減衰せず、方位のみ西方へ約90度転換していると解釈可能である。

もっとも、南伊豆観測点における西進運動は1993年に停止したとの報告[東京大学地震研究所(1993)]もある。また、SATOMURA *et al.* (1993)によれば、1990年以降、静岡を固定して求めた南伊豆観測点の水平変位ベクトルに1 cmをうわまわる有意な変化が検出されていない。このように、フィリピン海プレート内部—とりわけ伊豆諸島から伊豆南部—における地殻変動についてはまだ未解明な点が多い。

§5. ユーラシアプレート内の地殻歪み

筆者らは東海地域において最近2～3年間のGPS観測から解析された基線長の変化が最近数10年間に観測された結果[たとえば橋本(1990)]と定性的にも定量的にも一致することを報告している[KIMATA *et al.* (1991, 1993)]。今回、高山観測点を固定して求めた静岡・名古屋観測点の水平変位ベクトルは、わずか1年間の解析期間にもかかわらず、最近数10年間ににおける地殻歪みと一致する。

橋本(1990)によれば、東海地域南部では北西-南東方向の圧縮が卓越し、せん断歪みが $(2-3) \times 10^{-7}/y$ で蓄積している。今回得た静岡観測点の西北西へ (15 ± 10) mm/yの変位は、高山-静岡基線が172 kmで北西-南東方向に位置することから、最近数10年間の地殻歪み蓄積が1992～1993年にも同様に継続していることを示していると考ええる。

また、名古屋観測点が南西方向に (7 ± 10) mm/y変位していることも、高山から名古屋かけての地殻歪みが北西-南東の圧縮、北東-南西の伸張、そして $1 \times 10^{-7}/y$ 程度のせん断歪み速度という最近数10年間の結果と矛盾しない。

以上議論したように、GPS干渉測位は日本列島における地殻歪み蓄積過程が既存の測量手法では困難だった1年間という短期間の観測でも概略ながら議論可能な段階に至った。

謝 辞

GSI暦を提供していただいた国土地理院測地二課、八

丈での観測に協力していただいた東京都八丈支庁と林冬人氏(八丈町)、査読と有益な指摘をいただいた田部井隆雄・三浦哲氏に感謝します。

文 献

- 布施浩一朗・茶塚俊一・ウェディヤントクンチェロ・村田一郎・加藤照之, 1993, 広域首都圏GPS固定観測, GPS研究会[GPSシンポジウム1993]集録, 10-16.
- 橋本 学, 1990, 測地測量から求めた日本列島の地震間の平均的な地殻水平歪速度[I], 地震2, **43**, 13-26.
- 木股文昭, 1993, GSI暦による基線解の長期再現性(1)一高山-八丈基線における1992年4月～1993年1月の基線解—測地学会誌, **39**, 印刷中.
- 木股文昭・広瀬由美・佐々木嘉三, 1993, GPS基線解水平成分における対流圏の影響, 測地学会誌, **39**, 317-319.
- 木股文昭・臼井和平・中村 勝・宮島力雄・奥田 隆・角野由夫・藤井 巖・村田一郎・加藤照之・矢吹哲一朗・金沢敏彦・里村幹夫・佐々木祐治・藤井陽一郎・長坂健一・佐々木嘉三, 1990, 中部・関東地域の南部におけるGSP干渉測位[1989-1990], 測地学会誌, **36**, 219-230.
- KIMATA, F., M. SATOMURA and Y. SASAKI, 1991, Preliminary results of crustal motion monitoring by GPS in the Southern Part of Central Japan [March 1989-March 1991], J. Phys. Earth, **39**, 649-659.
- KIMATA, F., M. SATOMURA and Y. SASAKI, 1993, GPS measurements in the Tokai region and Izu Hachijo island [March 1989-June 1992], J. Geode. Soc. Japan, **39**, 135-150.
- MATSUZAKA, S., M. TOBITA, Y. NAKAHORI, J. AMAGAI and Y. SUGIMOTO, 1991, Detection of Philippine Sea plate motion by Very Long Base Line Interferometry, Geophys. Res. Lett., **18**, 1417-1419.
- SATOMURA, M., T. SHINDO, H. SUZUKI, M. IWANISHI, F. KIMATA, T. KATO, I. MURATA, E. OHBA, K. KUDO, W. USUI and M. MASUNAGA, 1993, Crustal deformation measurements with GPS around the Suruga Bay, Proceedings of the Japanese Symposium on GPS [1993], 17-22.
- SENO, T., S. STEIN, A. E. GRIPP, R. GORDON and C. DEMETS, 1993, A model for the motion of the Philippine Sea plate consistent with NUVEL-1, J. Geophys. Res., **98**, in press.
- SHIMADA, S. and Y. BOCK, 1992, Crustal deformation measurements in central Japan, applying the Global Positioning System fixed-point network, J. Geophys. Res., **97**, 12437-12455.
- 東京大学地震研究所, 1993, 第105回地震予知連絡会資料.