

GPS による関東・東海地域における地殻変動の解明

Crustal motion monitoring by GPS measurements in Kanto and Tokai regions

代表研究者 東京大学地震研究所・教授 村田一郎
Ichiro Murata Prof.
Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Since 1990, we have carried out GPS measurements in Kanto and Tokai regions, Japan. The Philippine Sea plate is subducting at the Sagami and Suruga Troughs in this region. Around Sagami bay, it is clear that no horizontal displacements are observed in inner North American plate by our GPS measurements in the period 1990-1993. On the other hand, remarkable displacements are detected in Odawara, Aburatsubo, and Nojimazaki in the plate boundary region. Moreover, we detect the convergence vectors of the Philippine sea plate with respect to the Eurasian plate by our GPS measurements and they agree with that estimated from the plate motion model. In and around Ito, Izu peninsula, we constructed the intensive GPS network with high station density in June 1994 and repeated measurements in 1994, 95 and 96. The GPS measurements at Ito net in 1995 and 1996 showed the crustal movements accompanying the earthquake swarm in October 1995.

研究目的

GPS 干渉測位(Global Positioning System, 汎地球測位システム)は、その測量精度と簡便な利用方法から地殻変動観測に画期的な成果をもたらすと期待されてきた。一方、関東東海地域においては、歴史的に反復して発生する巨大地震や、明治以降の測量成果から、大地震の発生も緊迫していると予測され、現在進行中の地殻変動を解明することは地震予知研究にとっても重要な意義を有している。このような背景から、国土地理院や科学技術庁、海上保安庁、大学などは関東・東海地域における地殻変動を解明する目的で GPS 観測を 1980 年代後半に開始した。

既存の測量手法と比較し、GPS 観測は数 100km の基線でも数 mm の分解能を有する。観測条件に左右されない等の利点がある。そこで、数年間という短い観測期間でも有意な地殻変動を観測し、しかも、その細かい変動を検出することまで期待できる。また、数 km 毎といった稠密な観測網も簡便に設置でき、空間的に詳細な観測が可能である。

さいわい、関東・東海地域では国土地理院な

どによる 10-20km 間隔の連続観測も本研究実行中に実現した。そこで、本研究では、空間的にいっそう密な観測網を展開し、地殻変動の詳細を面的に把握することから、地殻歪みの空間的な蓄積過程の解明、さらに地殻変動力源に関する推察を行なった。稠密観測網による地殻変動観測は GPS 観測ゆえに実現される。そして、地殻変動の面的な検出こそが、地殻変動力源に関する議論を深化すると考える。また、当域における地殻変動はフィリピン海プレートの沈み込みに強く関連していると考え、GPS 観測によるフィリピン海プレート収束運動の解明も伊豆諸島と東海地域を結ぶ GPS 観測から同時に試みた。

研究経過

相模湾周辺域では地殻歪み蓄積過程の解明を目的として全国大学の合同研究により 1988 年から GPS 観測を毎年実施してきた。1993 年 12 月までに 6 回の観測を実施した。一方、国土地理院は 1993 年 4 月から南関東・東海地域において 100 点からなる測点間 10-20km の GPS 観測網を設置し、連続観測を開始した。この国

土地理院による観測網は、全国大学の相模湾合同観測とほぼ重複することから、臨時観測の意義を達成したと判断し、1993年12月に6年間の観測を終了した。

一方、1993年5月から伊東市周辺で地殻変動を伴う群発地震が発生した。東京大学地震研究所や国土地理院、防災科学技術研究所が実施する光波測距やGPS観測から5cmほどの水平変動が観測された。この地殻変動の力源として科学技術庁などは伊東市沖にダイク貫入を推測した。しかし、観測点が不足し、貫入の詳細な様子は議論不可能だった。一方、同域では水準測量や潮位観測から1970年後半以降に年平均1-2cmの隆起運動が観測されていた。

そこで本研究では、伊東市周辺域における地殻変動を面的に把握する目的で、同域における稠密GPS観測を計画した。地殻変動の面的な観測から地下深部の力学的変化、たとえば、マグマ運動を詳細に推測することが可能と考えたものである。

1994年6月、伊東市周辺域に50点からなる点間1-2kmの稠密GPS観測網を設置し、全国の大学により観測を実施した。当観測には同域に観測点を有する国土地理院や科学技術庁、海上保安庁も参加した。観測は1995年6月と1996年7月にも反復実施した。

一方、南関東・東海域における地殻変動を議論する上で、相模・駿河トラフに沈み込むフィリピン海プレートの収束運動の議論も重要である。幸いに、南関東・東海地域には多数のGPS観測点が設置されており、伊豆諸島にGPS観測点を設置すれば、フィリピン海プレート収束運動の議論は可能である。1993年以降に伊豆諸島の神津島、御蔵島、八丈島、青ヶ島においてGPS観測を開始した。もっとも、伊豆諸島はすべてが火山島であり、火山活動に起因する局所的な地殻変動の考慮が必要である。

これらのGPS観測は、地震予知研究とも密接に関連し、解析を敏速に行い、適宜、地震・火山噴火予知連絡会への報告、および、関連する測地学会や地震学会において発表を行なった。

研究成果
相模湾周辺域における地殻変動の解明

相模湾周辺域におけるGPS観測は年1回の頻度で1988-1993年間に実施した。しかし、観測初期は衛星運航状況が優れず、詳細な議論は困難ゆえ、3年間1990-1993年の観測から得た結果について述べる。

野辺山観測点(長野県)がこの期間に不動と仮定し、静岡、内浦、南伊豆、小室山(以上静岡県)、山中湖、上野原(以上山梨県)、小田原、油壺(以上神奈川県)、大島、弥生(以上東京都)、野島埼(千葉県)の各観測点における野辺山観測点に対する相対的な水平変動を図1(Fuse, 1994)に示す。

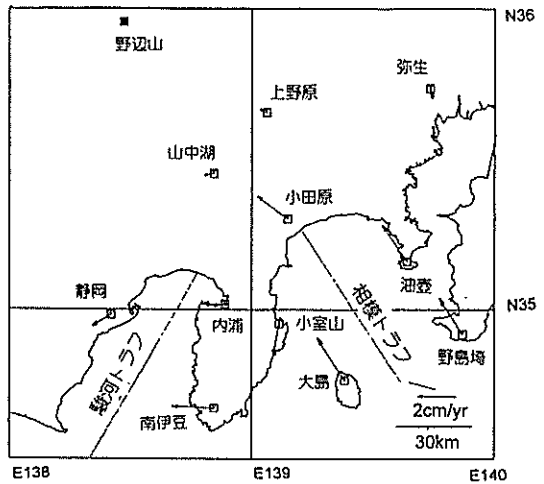


図1 相模湾周辺域における水平変動(1990-1993)野辺山を固定(布施, 1994)

図から分かるように、北米プレートに位置する山中湖、上野原、弥生の3観測点は野辺山に対し大きな変動を示さない。一方、北米プレート上の野島埼や、フィリピン海プレート上の大島、そしてプレート境界上と考えられる小田原の観測点は、フィリピン海プレートの収束方向、北西へ2-3cm/yrで移動している。すなわち、野島埼は北米プレートに位置しながらもフィリピン海プレートの沈み込みに伴い、それと一体となって北西方向へ変位している。

さらに、地質学的には日本列島に衝突していると考えられた伊豆半島で、南伊豆が西方向へ変動し、静岡観測点との間で、北西方向の主歪み軸を示す圧縮が進行していることも明確

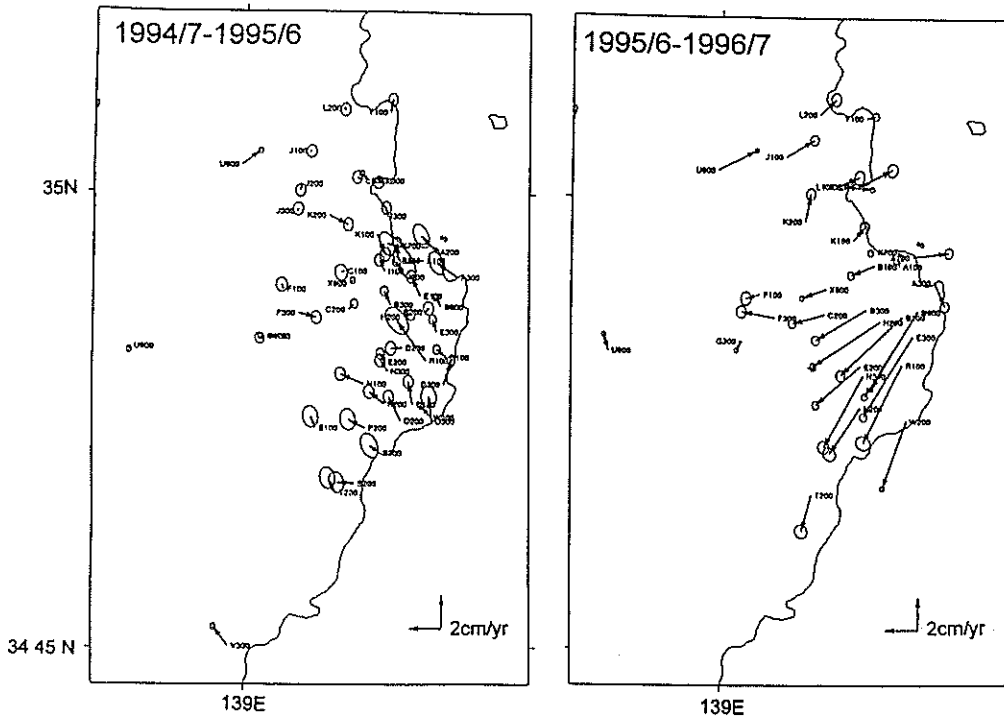


図2 伊東周辺地域における水平変動（1994年7月 - 1995年6月 - 1996年7月） 1995年6月 - 1996年7月の期間の変動には、1995年10月の群発地震に伴う地殻変動が含まれる。

である。

わずか3年間、4回の観測ながら、相模湾 - 伊豆半島 - 駿河湾といったプレート境界域における地殻変動が明確になったことは驚異的である。

伊東市周辺域における地殻変動の解明

GPS 稠密観測から得られた伊東市周辺域における1994年7月-1995年6月、1995年6月-1996年7月間の水平変動を図2に示す(名古屋大学ほか、1996)。図は伊豆半島西海岸に位置する内浦観測点(図1参照)を不動と仮定し、各点での水平変動を示す。ちょうど、1995年10月には群発地震が手石島 - 川奈崎沖に発生した。この群発地震に伴う地殻変動が観測網中・南部にかけて、相対的に南西方向の水平変位として図示される。この水平変動の大きさと空間分布から群発地震発生域に厚さ1mのダイク貫入が進行したと推測される。

また、顕著な群発地震が観測されなかった1994年6月-1995年6月には、GPS観測網南

部で1cmの北西方向への水平変位が観測された。この変動は最近20年間、伊東駿潮所を中心に潮位観測や水準測量から検出されている1-2cm/yrの隆起運動に対応すると考えられる。

伊豆諸島におけるGPS観測によるフィリピン海プレート収束運動の解明

フィリピン海プレートの相模・駿河トラフにおける沈み込みは南関東・東海域における地殻変動に大きな影響を与えていると考えられる。しかし、既存の測量手法ではフィリピン海プレートの実測は非常に困難だった。

名古屋大学や静岡大学、東京大学、海上保安庁が実施するGPS観測データを総合解析して得た相模湾・伊豆諸島・伊豆半島・駿河湾周辺域における水平変動を図3に示す。本図は中部地方内陸の高山観測点を固定で示す。

図から、地質学や地震学から推測されたフィリピン海プレートの収束運動と1991-1995年という僅か5年間におけるフィリピン海プレ

ート周辺における水平変動が数 mm/yr の誤差で一致することが明確である。さらに、ユーラシアプレート内における変形は高山観測点まで及んでいないこと、北米プレート上にあるにもかかわらず、フィリピン海プレートと接する小田原や野島崎で北西方向へ 3cm/yr 以上の速度で顕著な変形が進行していることも鮮明になった。

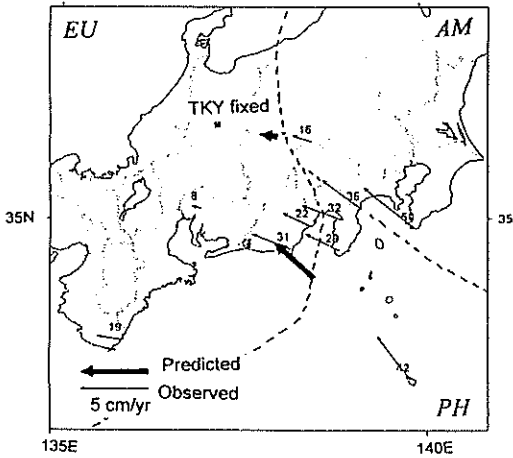


図3 南関東・東海地域における水平変動 (1990-1995) 高山 (TKY) を固定

今後の課題と発展

この3年間における本研究の進展と同時に国土地理院などによる全国GPS観測網が充実し、1996年度末には全国1000観測点で連続観測が実施予定であり、日本列島における地殻歪み蓄積過程の解明は急速に進展している。その結果、M5クラスの地震から巨大地震までの地震時や地震後の地殻変動が議論され、しかも、地震活動を伴わない地殻変動も一部存在することが明確になった。ダイク貫入の議論も時間的な変化を概略ながら検討可能な状況になった。これらは、地震や火山噴火メカニズムの議論へと進展している。

しかし、地殻変動の力源は一般に地下に存在し、その位置の推定からそのエネルギーの時間的な変化などを議論するには、より面的な観測手法の確立と総合的な観測が必要と考えられる。

GPS観測の普及で地殻変動の面的観測は、大きく前進したが、まだ疎すぎる。しかし、

GPS観測網の稠密化も限界がある。一方、合成開口レーダ干渉(InSAR)のように地殻変動がまさに面的に検出可能な測量手法も急速に進展している。ゆえに、高精度なGPS観測と広域合成開口レーダ干渉観測の組み合わせにより、地殻変動の実態が明らかにできるものと考えられる。

さらにより多方面の観測を含む総合的な観測が必要である。たとえば、地下の力源に関する議論に重力測定は重要な情報を提供する。可搬型高精度絶対重力計による観測もすでに開始され、地殻変動に対応する重力の時間変化の対応などから、力源におけるエネルギー変化などの議論が期待できる。

ひるがえって、GPS観測自体の高分解能化を追求することでより詳細な地殻歪み蓄積過程の議論が可能となる。これは地震予知研究にとっても重要な意義を有すると考える。

本研究は、日産学術振興財団の財政的支援の下に行なわれた。ここに記して謝意を表す次第である。

また、全員の氏名を記載することが紙面の制約上不可能であったが、本研究への参加者は、多数にのぼり、本研究の成果は、参加者全員の努力に帰すべきものであることを記しておく。

発表論文リスト

布施浩一郎: GPSを用いた相模湾周辺地域の地殻変動の研究, (1994), pp104

Japan University Consortium for GPS Research: First Ito GPS campaign for crustal movements (part: preliminary report), Proceedings of the Japanese Symposium on GPS (1994), 177-180.

Japanese University Consortium for GPS Research: Crustal deformation observed at the Sagami Bay area, Japan, by means of GPS Interferometry Journal of the Geodetic Society of Japan, Vol. 39 (1993), No. 2, 107-119.

木股文昭・里村幹夫・村田一郎・加藤照之: 駿河湾周辺域における地殻水平歪み-時間的な変化(1991-1995), 月刊地球, (1996), 号外 14