10 - 6 全国の地殻変動 Curustal Deformations of Entire Japan

国土地理院 Geographical Survey Institute

第1図-(1)~(6)は,GEONET による GPS 連続観測から求めた全国の水平地殻変動速度(2000年 10月~2001年10月の1年間及び2001年7月~2001年10月の3ヶ月)である。いずれの図におい ても,固定点は新潟県の大潟としている。1年間(第1図-(1)~(3))及び3ヶ月間(第1図-(4)~(6)) の変動図の両方に,有珠山周辺(有珠山の収縮),三宅島を始めとする伊豆諸島の変動,2001年芸 予地震による変動が顕著に現れている。また,東海地方の変動は通常は西向きまたは北北西向きの ベクトルが消え,変動の様子が従来と異なっている。3ヶ月間の変動では,硫黄島(第1図(6))の 変動が大きい。9月から10月にかけての噴火活動に伴うものと考えられる。有珠山,伊豆諸島北部 などでそれぞれの活動を反映し,周囲の傾向と異なる変動が見られる。それら以外には,定常的な プレート運動に伴う従来傾向から外れた顕著な変動があるようにはみえない。

第2図-(1)~(8)は,年周などの影響を取り除いた変動をみるため,各年の同期間の変動の差を表示した図である。第2図-(1)~(4)は,7月から10月まで3ヶ月間の地殻変動についての1999年と2001年の差,第2図-(5)~(8)は,6月から7月まで1ヶ月間の地殻変動についての1999年と2001年の差を示している。両方の図とも,前年同時期の変動と異なる変動が発生した場合に,変化として現れる性質がある。2000年は,有珠山噴火,伊豆諸島北部の地殻活動,鳥取県西部地震等,大規模なイベントが相次いだため1999年の同時期と比較した。

比較した2時期の地殻変動が同一でない場合にベクトルが現れるが,単独の点だけに現れるもの は,単発的な異常値等にひきずられて生じている可能性が高い。ある地域内の点が系統的に揃った 振る舞いをする場合は,地殻活動に関連する変動である可能性がある。この場合も強い低気圧の通 過等,極端な気象現象により,見かけの変動が現れる場合もあるので注意が必要である。

なお,電子基準点は機種の異なる3つのサブネットからなるが,2001年7月にトリンブルとアシ ュテックの基準点の相対位置が変化したためその期間を含む3ヶ月の差(第2図-(1)~(4))には,両者 の系統的な差が見えている。

今回のデータには,硫黄島,伊豆諸島周辺の地殻活動の影響による伊豆諸島北部の変動,東海地 方の変動がみてとれる。それ以外の地域では,特に顕著な地殻変動があるようには見えない。

第3図は, GPS データから推定した日本列島の最近の歪変化である。図の説明を参照されたい。 第4図は,地殻変動データでみるプレート境界のアスペリティについての資料である。詳細は図 に添付されている説明を参照されたい。

第5図-(1)~(4)は,国内 VLBI 観測結果である。詳細は資料の説明を参照されたい。

第6図は,GPSによる日本列島の上下変動分布図である。GPSの上下成分は水平成分に比べて精度が劣るため3年間の期間では不安定な部分が残るが,伊豆半島東部,桜島周辺,岩手山周辺の火山性の隆起が顕著に見て取れるほか,北海道東部太平洋岸,東北の太平洋岸,東海地方御前崎周辺等,海洋プレートのもぐりこみに伴うと思われる沈降の分布が見て取れる。

第7図-(1)~(13)は,2000年7月から10月にかけて,日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が

発生していた可能性について考察したものである。詳細は図の説明を参照されたい。



第1図-(1) GPS 連続観測から求めた 2000 年 10 月~2001 年 10 月間の水平変動(1)

Fig.1-(1) Annual horizontal displacement velocities at permanent GPS sites during 2000/10-2001/10 (1 of 6).



第1図-(2) GPS 連続観測から求めた 2000 年10月~2001 年10月間の水平変動(2)

Fig.1-(2) Annual horizontal displacement velocities at permanent GPS sites during 2000/10-2001/10 (2 of 6).



第1図-(3) GPS 連続観測から求めた 2000 年 10 月~2001 年 10 月間の水平変動(3)

Fig.1-(3) Annual horizontal displacement velocities at permanent GPS sites during 2000/10-2001/10 (3 of 6).



第1図-(4) GPS 連続観測から求めた 2001 年7月~2001 年 10 月間の水平変動(4) Fig.1-(4) Horizontal displacements at GPS sites during 2001/07-2001/10 (4 of 6).



第1図-(5) GPS 連続観測から求めた 2001 年7月~2001 年 10 月間の水平変動(5) Fig.1-(5) Horizontal displacements at GPS sites during 2001/07-2001/10 (5 of 6).



第1図-(6) GPS 連続観測から求めた 2001 年7月~2001 年 10 月間の水平変動(6) Fig.1-(6) Horizontal displacements at GPS sites during 2001/07-2001/10 (6 of 6).



第2図-(1) GPS 水平変動の差(3ヶ月間)(1)

Fig.2-(1) Variation of GPS horizontal displacements: Difference of displacements between 1999/07-1999/10 and 2001/07-2001/10 (1 of 8).



第2図-(2) GPS 水平変動の差(3ヶ月間)(2)

Fig.2-(2) Variation of GPS horizontal displacements: Difference of displacements between 1999/07-1999/10 and 2001/07-2001/10 (2 of 8).



第2図-(3) GPS 水平変動の差(3ヶ月間)(3)

Fig.2-(3) Variation of GPS horizontal displacements: Difference of displacements between 1999/07-1999/10 and 2001/07-2001/10 (3 of 8).



2期間の地殻水平変動ベクトルの差(3ヶ月)

第2図-(4) GPS水平変動の差(3ヶ月間)(4)

Fig.2-(4) Variation of GPS horizontal displacements: Difference of displacements between 1999/07-1999/10 and 2001/07-2001/10 (4 of 8).



第2図-(5) GPS 水平変動の差(1ヶ月間)(5)

Fig.2-(5) Variation of GPS horizontal displacements: Difference of displacements between 1999/09-1999/10 and 2001/09-2001/10 (5 of 8).



黒:Bernese[IGS曆]

第2図-(6) GPS 水平変動の差(1ヶ月間)(6)

Fig.2-(6) Variation of GPS horizontal displacements: Difference of displacements between 1999/09-1999/10 and 2001/09-2001/10 (6 of 8).



2期間の地殻水平変動ベクトルの差(1ヶ月)

第2図-(7) GPS 水平変動の差(1ヶ月間)(7)

Fig.2-(7) Variation of GPS horizontal displacements: Difference of displacements between 1999/09-1999/10 and 2001/09-2001/10 (7 of 8).



2期間の地殻水平変動ベクトルの差(1ヶ月)

第2図-(8) GPS 水平変動の差(1ヶ月間)(8)

Fig.2-(8) Variation of GPS horizontal displacements: Difference of displacements between 1999/09-1999/10 and 2001/09-2001/10 (8 of 8).

GPS連続観測データから推定した日本列島の歪変化



GPS座標値データに基づいて1年ごとの歪変化図を作成した。各年の9月16日~10月15日(または6月16日~7月15日)までの座標値の平均値 から1年毎の変位ベクトルを算出し、それに基づいて歪を計算した。2000年10月から2001年10月までの期間では、有珠山の火山活動の影響 は落ち着いてきている(①).東海地方のスローイベントに伴うと思われる顕著な歪み(②)に加えて、北海道南東部(③)、中部地方北部(④)、宮城県太平洋岸(⑤)などで歪みパターンが若干変化しているように見える。その他、鳥取県西部地震(⑥)、芸予地震(⑦)等に関連した 歪みパターンの変化が見られる。

第3図 GPS 連続観測データから推定した日本列島の歪変化

Fig.3 Temporal variation of horizontal strain derived from continuous GPS measurements.

地殻変動データで見るプレート境界のアスペリティ



・茨城沖のアスペリティはどうなっているか?

年南海地震後にプレート境界深部で余効すべりが発生した.

第4図 地殻変動データでみるプレート境界のアスペリティ

Fig.4 Asperity around the Plate Boundary Inferred from the Crustal Deformation Data.

国内 VLBI 観測(国内超長基線測量) Results of Domestic VLBI Survey

国 土 地 理 院

Geographical Survey Institute

国土地理院では、精密測地網やGPS連続観測点の高精度規正、プレート運動及び地 殻変動の検出等を目的として、超長基線電波干渉法(VLBI)による国内観測を実施 している。国内のVLBI固定観測局は、新十津川局(北海道)、鹿島局(茨城県)、

つくば局(茨城県)、姶良局(鹿児島県)、 父島局(東京都小笠原村)の5局である。 1996年度より固定観測局間の観測が始ま り、定期的に観測を実施し、相関処理・ 基線解析を行っている。解析には、1997 年に新たに導入した3局3基線対応の相 関処理装置とNASAで開発された基線 解析ソフトウェアCALC/SOLVEを 用いている。1996年以降の基線長変化お よびグローバル解析によって得られた速 度ベクトルを示す.



つくば 32m VLBI パラボラアンテナ Tsukuba 32m VLBI antenna

● 観測諸元

観測局: 鹿島局 26m (茨城県鹿嶋市)、新十津川局 3.8m (北海道新十津川町)、姶良局 10m
(鹿児島県姶良町)、父島局 10m (東京都小笠原村) つくば局 32m (茨城県つくば市)
観測期間: 1996 年~2001 年

観測周波数: 2GHz 帯および 8GHz 帯

解析結果 基線長データ(Eponch 1997.0)

	基線長(m)		基線長(m)
	変化率(m/year)		変化率(m/year)
鹿島一姶良基線	1 035 627.388	つくばー姶良基線	995 539.550
	-0.0184		-0.0123
鹿島-父島基線	995 013.696	つくばー父島基線	1 020 488.255
	-0.0234		-0.0199
鹿島-新十津川基線	846 453.905	つくば-新十津川基線	837 421.519
	-0.0017		-0.0023
鹿島-つくば基線	54 314.281	姶良一父島基線	1 239 451.202
	0.0004		-0.0695

*観測成果は、以下の URL において観測データとともに公開している。

http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/vlbi/sess/

第5図-(1) 国内 VLBI 観測結果(1)

Fig.5-(1) Results of Domestic VLBI Measurements (1 of 4).

基線長変化グラフ •



第5図-(2) 国内 VLBI 観測結果(2)

Fig.5-(2) Results of Domestic VLBI Measurements (2 of 4).

● グローバル解析結果

国土地理院の国内超長基線測量データと世界中で行われている国際VLBI観測のデータを 総合的に解析した結果を示す.この解析は IVS Analysis Center(NASA/GSFC, Bonn Univ.等) で行われているもので、今回の解析条件の設定等は NASA/GSFC の解析を参考にした.

O 解析諸元

- 使用データ 1994~2001 年 5 月までの国際観測データ,および, 1996~2001 年 2 月までの国内観測データ
- 推定パラメータ 観測局位置,観測局速度,天頂湿潤大気遅延量,クロック遅延量, 地球回転パラメータ(極運動・UT1・章動モデル IAU1980 からのず れ)等

アプリオリ値

局位置:ITRF97

局速度:NNR·NUVEL1·A

電波源位置:NASA/GSFC による解析結果

解析ソフトウェア SOLVE(batch mode)

O 国内観測局の三次元座標値(アンテナ中心位置 Epoch: 1997.0)

位置座標	X (m)	Y (m)	Z (m)
速度	V _X (m/year)	Vy (m/year)	Vz (m/year)
鹿島 VLBI 観測局	-3 997 892.262	3 276 581.291	3 724 118.207
	0.0006	0.0102	-0.0116
つくば VLBI 観測局	-3 957 408.770	3 310 229.404	3 737 494.798
	-0.0003	0.0085	-0.0124
新十津川 VLBI 観測局	-3 642 141.819	2 861 496.416	4 370 361.490
	-0.0090	0.0046	-0.0105
姶良 VLBI 観測局	-3 530 219.492	4 118 797.766	3 344 016.027
	-0.0214	-0.0027	-0.0192
父島 VLBI 観測局	-4 490 618.808	3 483 908.541	2 884 899.407
	0.0249	0.0326	-0.0005



第5図-(3) 国内 VLBI 観測結果(3)

Fig.5-(3) Results of Domestic VLBI Measurements (3 of 4).



第5図-(4) 国内 VLBI 観測結果(4) Fig.5-(4) Results of Domestic VLBI Measurements (4 of 4).

GPSによる日本列島の上下変動速度分布





第6図 GPSによる日本列島の上下変動分布図

Fig.6 Vertical Crustal Deformation Derived from the Continuous GPS Measurements.

2000年7月から10月にかけて広域イベントが発生していた可能性について

概要:

2000年6月末以降、三宅島噴火、神津島近海におけるマグマ貫入に起因すると思われる 大規模な地殻活動、鳥取県西部地震、芸予地震と規模の大きいイベントが連続して発生し ている。神津島など伊豆諸島北部を中心とする地殻変動は2000年7月-10月間には南関東、 房総、東海地方等の広範囲に及び、規模を縮小しながらも現在まで継続している。さらに、 2001年初頭頃からは、伊豆諸島北部の活動だけでは説明できない非定常地殻変動が東海地 方で検出され、浜名湖付近直下を中心としたプレート境界において非地震性すべりが進行 していると考えられている。

GPS 連続観測が 1993 年から開始されて以来、このような大規模イベントが相次いで発生 したことはなく、これらの関連性を検討するため、この間の地殻変動の時間変化がこれま での地殻変動の傾向とどう異なるかについて詳細に調査する解析を全国を対象に実施した。

その結果、これまで、伊豆諸島、東海、房総半島、伊豆半島、南関東に見出されてきた 2000 年7-10 月間の非定常の分布はより広域に及んでいると捉えるべきであり、糸魚川-静岡 構造線をはさんで、東西に大きく日本列島を分断する地殻変動のパターンがあることが見 出された。仮に、東北日本を不動とすると、西日本が広い範囲でこの間に東進したことが 示唆される。変動量は大きいところでも1cm 弱であり、測定限界ぎりぎりの量であるが、 変動のパターンには規則性があり、真の地殻変動である可能性がある。系統的に非定常変 動のみられる地域は、中国地方から北陸地方の日本海側、九州南部、南西諸島であり **CPS** でこれまで観測されてきた定常的な地殻変動の東進成分の大きい場所と概ね一致している ように見える。

また、これらの変動が真のものであるとすると、島根半島周辺の各点も鳥取県西部地震 が発生する3ヶ月前から徐々に東進したことが示唆され、この東進は東西圧縮性のメカニ ズムであった鳥取県西部地震を加速する動きであったことが興味深い。ただし、この東進 は中国地方北部全体で発生していたようにみえ、同地震のコサイスミックな変動とは明ら かにパターンが異なるため、震源断層付近やその近傍延長上における前駆的なすべりとは 考えられない。

このような広域的な非定常変動はこれまでに例がなく、真の変動だとしても、発生させ る機構について明らかではないが、

①伊豆諸島の変動とほぼ時期を同じくして発生していることから、伊豆諸島の地殻活動の 影響により東海地方が南東に移動したため、元来西から東へ押していた北陸〜中国地方北 部のブロックがドミノ倒しのように、東海に引きずり込まれる形で東に移動した または、

②従来の定常的な地殻変動で中国地方、九州地方、南西諸島を東進または南東進させていた大陸側からの変動源がこの間ステップ状に加速した、

という定性的な説明が可能かもしれない。いずれにしても、鳥取県西部地震の発生直前の3 ヶ月間、地震を発生させるセンスの地殻変動がやや広域に発生していたことが示唆された ことに注目している。

今後は、朝鮮半島、中国大陸、台湾など周囲の GPS データを解析し、この現象が真のものであったかどうかについて検討を深めたい。

以下の図の固定点はすべて飛島(山形県酒田市図中に☆で示す)

図-1 各点の各成分ごとの時系列から 1997/06/01-2000/06101 間のトレンドを除去したの ち、1998年11月からの1年間と2000年11月からの1年間のそれぞれ平均値を比較した結 果である。この図では、定常的であった 1997-2000年間の平均的な地殻変動の傾向からの「ず れ」が強調される。ここで現れているベクトルは、伊豆諸島の活動の影響によるもの、有 珠山、岩手山の活動によるもの、鳥取県西部地震、芸予地震のコサイスミック変動による もののほかに、能登半島周辺、中国地方北部や、九州南部などやや広域的に変動が見られ るが、時系列の検討の結果、これらは主に 2000年7-10月間に発生していることがわかって いる。

図-2 各点の各成分ごとの時系列から 1997/06/01-2000/06/01 間のトレンドを除去したの ち、1999 年 9 月の平均値と 2000 年 9 月後半の平均値を比較した結果である。この図では、 定常的であった 1997-2000 年間の平均的な地殻変動の傾向からの「ずれ」が強調される。図 -1 に比べて年周成分の影響は取りきれていないが、鳥取県西部地震、芸予地震のコサイス ミック変動の影響を受けていない変動分布である。

図-3 1998年10月-1999年10月間の定常的な水平地殻変動図-1において、中国地方北部、 能登半島周辺、九州南部、南西諸島などに、東進の非定常地殻変動分布が見られたが、こ の図の東進成分の大きいところと概ね一致している。

図-4 図-1 の西南日本の変動分布を拡大した図能登半島周辺や若狭湾周辺の変動が見られることが興味深い。

図-5 図-2の西南日本の変動分布を拡大した図四国南部や紀伊半島南部は変動が小さい。

図-6 神津島周辺の力源および浜名湖下のプレートすべりから予想される水平地殻変動。 図-4の能登半島周辺や若狭湾周辺の変動を説明できていない。

図-7 鳥取県西部地震のコサイスミック変動浅い内陸地震であるため、距離とともに急速 に変動は減衰する。

以下の時系列は、飛島を固定した各点の各成分の時系列から、1997/06/01-2000/06/01 間の トレンドだけを除去したものである。周期成分除去の処置は施していない。地殻変動の傾 向が 1997 106/01-2000/06/01 間と同じ傾向であれば、この図の時系列は 0 を通る水平線上を 通る。 図-8 島根半島の美保関(960656)における、トレンド除去後の時系列。2000年6月までは ほぼ水平であるのに対し、東西成分が7月から10月にかけて徐々に1cmほど増加し、10 月6日の鳥取県西部地震を迎えている。

図-9 鳥取県西部地震の震源域周辺の溝口(950379)におけるトレンド除去後の時系列。 2000年7月から10月にかけて東進の変動が見られる。

図-10 対馬(950456)のトレンド除去後の時系列。2000年7月から10月にかけて東進している。

図-11 隠岐の五箇(950382)のトレンド除去後の時系列。2000年7月から10月にかけて東進している。

図-12 南九州串間 2(960716)のトレンド除去後の時系列。2000 年 7 月から 10 月にかけて 東進している。

図-13 南西諸島与論(950495)のトレンド除去後の時系列。2000 年 7 月から 10 月にかけて 東進している。

図-14 北陸志賀(950254)のトレンド除去後の時系列。2000年7月から10月にかけて東進している。

図-15 北陸富山(950249)のトレンド除去後の時系列。2000年7月から10月にかけて東進している。

図-16 四国南部窪川(960684)のトレンド除去後の時系列。年周以外の変動があるように はみえない。

図-17 東北遠野(950169)のトレンド除去後の時系列。年周以外の変動があるようにはみ えない。

図-18 北海道大樹(950138)のトレンド除去後の時系列。年周以外の変動があるようには みえない。



- 第7図-(1) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(1)
 - Fig.7-(1) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (1 of 13).



- 第7図-(2) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(2)
 - Fig.7-(2) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (2 of 13).



- 第7図-(3) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(3)
 - Fig.7-(3) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (3 of 13).



- 第7図-(4) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(4)
 - Fig.7-(4) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (4 of 13).



- 第7図-(5) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(5)
 - Fig.7-(5) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (5 of 13).

2000/6/1-9/1 のモデル計算



- 第7図-(6) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(6)
 - Fig.7-(6) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (6 of 13).

平成12年10月6日鳥取県西部地震に伴う地殻変動と断層モデル



- 第7図-(7) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(7)
 - Fig.7-(7) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (7 of 13).



- 7月から 10月にかけて徐々に 1cm ほど増加し、10月6日の鳥取県西部地震を迎えている。



図-9 鳥取県西部地震の震源域周辺の溝口(950379)におけるトレンド除去後の時系列。2000 年 7 月から 10 月にかけて東進の変 動が見られる。

第7図-(8) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(8)

Fig.7-(8) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (8 of 13).







第7図-(9) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(9)

Fig.7-(9) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (9 of 13).







第7図-(10) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(10)

Fig.7-(10) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (10 of 13).



第7図-(11) 2000 年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(11)

Fig.7-(11) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (11 of 13).



第7図-(12) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(12)

Fig.7-(12) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (12 of 13).



- 第7図-(13) 2000年7月から10月にかけて日本列島の西半分に広域に異常地殻変動が発生していた可能性(13)
- Fig.7-(13) A large Spatial Scale Anomalous Slow Event in the Western Half of the Japanese Arc during July to October, 2001 inferred the Continuous GPS Measurements Data (13 of 13).