5-9 東海地方の地殻変動 Crustal Movements in the Tokai District

国土地理院 Geographical Survey Institute

第1図は、年4回繰り返し実施されている水準測量による、森〜掛川〜御前崎間の上下変動である. 最新の観測(2001年4月)と前回(2001年1月)との比較の結果では、森町に対して御前崎が約1cm隆 起する結果となった。水準測量結果には年周的成分があることが知られており、例年この時期は御前 崎側が若干隆起する傾向にある。

第2図は、森町の水準点5268を基準とした掛川市の140-1,浜岡町の2595両水準点の標高の経年変化である.最新の2001年4月の結果は、従来からの長期的な傾向にほぼ沿ったものである。1999年頃から年周の振幅が小さくなっているように見える。

第3図は,掛川市の140-1を基準とした浜岡町の2595の高さの経年変化(上段:観測値,下段:年周 変化を補正した値)である。95年頃から97年頃にかけては,それまでと比べて年周振幅が大きくなっ ていたが,最近では,むしろやや小さくなっているように見える。年周を補正したグラフ(第3図下 段)をみると,多少のばらつきはあるものの,長期的には御前崎の沈降が続いているように見える。

第4図は,掛川~御前崎間の各水準点の標高の経年変化である。第3図と同様に,最近,年周変化の 振幅が小さくなる傾向が各点に見られる。路線全体でほぼ同じパターンで沈降している。全体的な傾 向に大きな変化は見られない。

第5~7図は静岡県が実施している水準測量の結果である.2129を基準とした南北路線端の2601の上 下変動は、1997年までは、年周的な変化をほぼ正確に繰り返してきたが、1998、1999年はそれからや や外れていた。2000年になって、また以前からのトレンドに戻ってきたようである。長期的な御前崎 側の沈降の傾向は継続しているように見える。

第8図は、第3図の140-1を基準とした2595の比高経年変化、並びに第5図および第6図の2129を基準 とした2602-1、2601および10333の比高の経年変化のそれぞれに、4年間の時間窓を3ヶ月または1ヶ月 毎に移動させながら、その時間窓内で近似曲線を当てはめ、トレンド成分(または沈降率、図中のX 2)、年周の振幅および位相を計算し、それらを時系列として表示したものである。

トレンド成分(X2)を比較すると、2595~140-1 と2129~2601が1988年、1994年、1998年/1999年にそれ ぞれ谷を持つ共通のパターンを示している。2129~2601は2595~140-1の路線の一部であり、これら が共通のパターンを示すことは、沈降速度の変化が路線全体で共通していることを示唆している。年 周の振幅はトレンド成分ほど明確なパターンの共通性はないように見える。

第9図は、東海地方の各験潮場間の月平均潮位差である。地殻変動が従来の傾向をはずれて大きく 変化した験潮場はない。

第10図-(1)~(5)は、駿河湾周辺のGPS連続観測の結果である。駿河湾をはさむ基線の多くは、20 00年7月から9月にかけて伸びの傾向を示しており、伊豆半島南部の点に関係するものは伸びが大きい。 6月末からの伊豆諸島の地震・地殻活動の影響により伊豆半島南部は南東方向に動いたが、これらの 基線の伸びはこの変動に対応するものである。それ以外に、目立った変動はない。なお、2001年1月 にアンテナを交換したためオフセットが生じている点がある(図中に注記されている)ことに注意さ れたい。

第11図-(1)~(2)は、森・掛川・御前崎間のGPS連続観測による基線長変化と標高差変化である。従 来のトレンドから外れて傾向が変化した様子は見られない。

第12図-(1)~(4)は、第8図と同様の手法で、掛川-御前崎周辺のGPS点の上下変動の傾向の時間変化 を見たものである。掛川(93052)を基線の一方の端点とし、それぞれ大東1(93093)、浜岡1(93094)、お よび御前崎(93101)間の基線の基線長および比高について、それらの時系列に2年間の時間窓を1ヶ月毎 に移動させながら、時間窓の範囲内の基線長または比高変化のトレンド成分と年周の振幅および位相 の変化を求め、それらを時系列として表示したものである。1998年以降、傾向が変化した様子はない。

第12図-(3)は、水準測量の結果も加えて結果をまとめたものである。全体的に、年周の振幅が小さいこと、トレンドの変化が小さいことが特徴としてあげられる。一方、この場所で実施されている水準測量には比較的大きい振幅の年周成分があることが知られているが、中段の振幅Aのグラフに示されているとおり、両者の年周振幅は、際だった対照を見せている。また、水準測量は、トレンド成分も数年おきに変化している。GPSと水準の差異の原因は今のところよくわかっていない。

第12図-(4)は、掛川-浜岡2および掛川-御前崎間のGPS連続観測および水準測量による比高変化の 比較である。比較期間が約3年間と短いため、ばらつきの影響が大きく出ていると考えられ、沈降率 は必ずしも一致していないが、傾向としては両者は大きく外れていない。

第13図-(1)~(4)は,静岡県中部地域のGPS連続観測結果である。この地域では、2001年4月3日にMj 5.1の地震が発生したが、それに伴うと思われる変動はGPS結果には現れていない。

第14図-(1)~(4)は,静岡県西部のGPS連続観測結果である。2000年6下旬以来の伊豆諸島の地震・地 殻活動の影響により,東海地域全域も南東方向に1から2cm程度移動したことがわかっているが,地 域全体としての変動であるため,隣接の観測点間の距離にはその変化は見えない。

第15図-(1)~(7)は,掛川-御前崎間に設置し1999年4月から観測を開始した高精度比高観測点(G PS連続観測)の結果である。第15図-(1)に示した観測点配置でGPS連続観測を実施している。第15図-(2)~(5)は,隣あう点を結んだ基線毎の比高の時系列である。基線が短いため例外もあるが,比高の ばらつきは数mm程度である。第15図-(6)は,同様に,掛川周辺の(98H023)を基準として,各GPS 点の比高の10日毎の平均値を表示したものである。図の右に各点の沈降率が表示されている。ほぼ, 2年間の観測の継続により,御前崎側の長期的な沈降の様子がおぼろげながら見えているようになっ てきた。第15図-(7)上段は,点ごとの沈降率である。図の右側すなわち御前崎に近くなるほど沈降率 が大きくなる傾向が見られる。下段には,直接水準測量との比較結果が示されている。両者はよく一 致しているが,限られた期間の一回だけの観測であるので,さらに長期にわたって比較検討すること が必要である。

第16図-(1)~(2)および第17図-(1)~(8)は,最近の東海地方を中心とする地域のGPSデータについて詳細な検討を行った結果である。詳細は,資料の説明を参照されたい。

第18図-(1)~(3)は、御前崎および切山長距離水管傾斜計による傾斜観測結果である。切山の傾斜計 は、近傍の大規模な工事のため2000年以前は大きな乱れが見られたが、工事が終了した2000年以降は 安定したデータに戻った。両傾斜系とも大きな傾向の変化は見られない。御前崎の傾斜計は1981年の 観測開始以来継続して東上がりの傾動をみせており、長期的な傾向は水準測量の結果とも整合的であ る(第18図-(3))。

第19図-(1)~(2)は、御前崎観測場の深井戸に設置されている3成分歪計と傾斜計の連続観測結果である。このセンサーは設置以来現在にいたるまで、安定状態へ移行する途上であると考えられる。依然

としてドリフトが見られるほか,機器的な要因に起因すると考えられるジャンプが断続的に時々現れ ている。また,地震によるコサイスミックなステップが現れている。それら以外には,この期間に特 に目立った変動はない。

第20図-(1)~(4)は富士山周辺のGPS連続観測結果である。2000年末からの低周波地震の増加に対応するような特段の変化はGPSには現れていない。



第1図 森~掛川~御前崎間の上下変動

Fig.1 Result of precise leveling (repeated 4 times a year) the route between Mori and Omaezaki via Kakegawa.

基準:森町 5268 (119.72m)



第2図 水準点5268 (森町)を基準とした140-1 (掛川市)及び2595 (浜岡町)の標高の経年変化 Fig.2 Time series of height changes of BM140-1(Kakegawa) and BM2595 (Hamaoka) to as referenced to BM5268 (Mori).

基準:140-1 基準年:1962

●:網平均計算値による。



第3図 水準点140-1 (掛川市)を基準とした2595 (浜岡町)の高さの経年変化 Fig.3 Time series of height change of BM2595 (Hamaoka) as referenced to BM140-1 (Kakegawa).



第4図 水準点140-1 (掛川市)を基準とした掛川〜御前崎間の各水準点の高さの経年変化

Fig.4 Time series of height changes of bench marks along the route between Kakegawa and Omaezaki as referenced to BM140-1 (Kakegawa).

基準:2129



第5図 静岡県による短距離水準測量結果(1): 準基2129を基準とした2602-1、10333及び2601の高さの経年変化

Fig.5 Results of short distance leveling(1): Time series of height changes of BM2602-1,BM10333 and BM2601 as referenced to SF2129. Original data are provided by the Prefectual Government of Shizuoka.

2001.05.09まで 静岡県 上段:戦測値および近似曲 下段:年周変化を補正した



82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01

-1.5

第6図 静岡県による短距離水準測量結果(2):準基2129、2602-1及び2601間の比高の経年変化

Fig.6 Results of short distance leveling(2): Time series of height changes of bench marks, SF2129,
BM2602-1 and BM2601 as referenced to SF2129. Original data are provided by the Prefectual Government of Shizuoka.

基準:SF2129 基準年:1988.05



第7図 静岡県による短距離水準測量結果(3):第5図および第6図のデータから求めた月平均傾斜ベクトル

Fig.7 Results of short distance leveling(3): Vector representations of tims series of monthly means of tilt derived from leveling data in Fig.5 and Fig.6. Original data are provided by the Prefectual Government of Shizuoka.





Fig.8 Temporal variations of rates of subsidence and ampritudes of periodic components of leveling results in the Omaezaki region.



第9図 東海地方各験潮場間の月平均潮位差

Fig.9 Plots of differences between montly mean values at tidal gauges in the Tokai region.

駿河湾周辺(2) GPS連続観測基線図



南関東・東海地方において3月にアンテナ交換を行った。 それに伴い座標時系列にオフセットが生じた。



Fig.10-(1) Results of continuous GPS measurements around the Suruga bay (1 of 5).



第10図-(2) 駿河湾周辺GPS連続観測点観測結果(2)

Fig.10-(2) Results of continuous GPS measurements around the Suruga bay (2 of 5).



第10図-(3) 駿河湾周辺GPS連続観測点観測結果(3)

Fig.10-(3) Results of continuous GPS measurements around the Suruga bay (3 of 5).





Fig.10-(4) Results of continuous GPS measurements around the Suruga bay (4 of 5).



第10図-(5) 駿河湾周辺GPS連続観測点観測結果(5)

Fig.10-(5) Results of continuous GPS measurements around the Suruga bay (5 of 5).

御前崎GPS連続観測基線図



第11図-(1) 御前崎周辺GPS連続観測点観測結果(1) Fig.11-(1) Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki district (1 of 2).



第11図-(2) 御前崎周辺GPS連続観測点観測結果(2)

Fig.11-(2) Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki district (2 of 2).



第12図-(1) 東海地方のGPS観測結果および水準測量結果の時間変化(1)

Fig.12-(1) Temporal variation crustal deformation measured by GPS and precise leveling in Omaezaki region (1 of 4).



第12図-(2) 東海地方のGPS観測結果および水準測量結果の時間変化(2)

Fig.12-(2) Temporal variation crustal deformation measured by GPS and precise leveling in Omaezaki region (2 of 4).



第12図-(3) 東海地方のGPS観測結果および水準測量結果の時間変化(3)

Fig.12-(3) Temporal variation crustal deformation measured by GPS and precise leveling in Omaezaki region (3 of 4).



第12図-(4) 東海地方のGPS観測結果および水準測量結果の時間変化(4)

Fig.12-(4) Temporal variation crustal deformation measured by GPS and precise leveling in Omaezaki region (4 of 4).





Fig.13-(1) Results of continuous GPS measurements in the central part of Shizuoka district (1 of 4).



第13図-(2) 静岡県中部地域のGPS連続観測点観測結果(2)

Fig.13-(2) Results of continuous GPS measurements in the central part of Shizuoka district (2 of 4).



第13図-(3) 静岡県中部地域のGPS連続観測点観測結果(3)

Fig.13-(3) Results of continuous GPS measurements in the central part of Shizuoka district (3 of 4).



第13図-(4) 静岡県中部地域のGPS連続観測点観測結果(4)

Fig.13-(4) Results of continuous GPS measurements in the central part of Shizuoka district (4 of 4) .







第14図-(2) 静岡県西部地域のGPS連続観測点観測結果(2)

Fig.14-(2) Results of continuous GPS measurements in the western part of Shizuoka district (2 of 4)



第14図-(3) 静岡県西部地域のGPS連続観測点観測結果(3)

Fig.14-(3) Results of continuous GPS measurements in the western part of Shizuoka district (3 of 4)



第14図-(4) 静岡県西部地域のGPS連続観測点観測結果(4)

Fig.14-(4) Results of continuous GPS measurements in the western part of Shizuoka district (4 of 4)



第15図-(1) 御前崎地域の高精度GPS観測結果(1)

Fig.15-(1) Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki district (1 of 7).



第15図-(2) 御前崎地域の高精度GPS観測結果(2)

Fig.15-(2) Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki district (2 of 7).



第15図-(3) 御前崎地域の高精度GPS観測結果(3)

Fig.15-(3) Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki district (3 of 7).



第15図-(4) 御前崎地域の高精度GPS観測結果(4)

Fig.15-(4) Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki district (4 of 7).



第15図-(5) 御前崎地域の高精度GPS観測結果(5)

Fig.15-(5) Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki district (5 of 7).





Fig.15-(6) Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki district (6 of 7).



高精度比高観測による比高変化速度分布

水準測量による取り付け観測との比較



第15図-(7) 御前崎地域の高精度GPS観測結果(7) Fig.15-(7) Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki district (7 of 7).

東海・関東地域における地殻変動について

前回,2000年10~12月にかけて、東海地域および関東地域に主として東向 きの異常地殻変動が生じた可能性について報告した.前回の報告は、国土地 理院GPS観測網のルーチン解析結果に基づいたものであったが、その後、 1998年以降について新しい解析手法による結果が得られたので、両者の結果 を比較してみた、新解析結果では、旧解析において見られた顕著な東向きの 変動は見られない、従って、前回報告した異常地殻変動は、解析上の何らか の原因により生じた見かけ上のものと判断される、ミリメートルレベルの地 殻変動監視を行うためには、解析手法について一層の検討が必要である. ま た、観測機器、解析手法を変えずに観測網を維持するといった長期的視点が 不可欠である.

前回の資料と同じ3観測点について、定常的な変化傾向(直線のトレンド+ 季節変化+地震等に伴うステップ、2000年5月までの結果に基づいて推定) からの残差の時系列を示したもの、赤線は30日間の移動平均値の変化を示す . 左側が旧解析の結果で、右側が新解析の結果. 座標変化の計算の際には大 湯(950241)を固定した.

右側の新解析の結果では、伊豆諸島の地殻活動に伴う6~8月の変化以降 に顕著な変化は見られない.

north(m

(mm)qu

aast(mm

horth(mm)







2000.0年から2001.1年まで、0.1年毎に各観測点の水平座標の残差変化量を図示した。2000.4年以前は残差が非常に小さく、定常的に地殻変動が進行していた。2000.4年~2000.7年に かけて生じた顕著な地殻変動は伊豆諸島北部の地殻活動による。2000.8年~2001.0年にかけて東海・関東地方で北東ないし東向きの変動が生じているように見える。2000.8年~2000. 9年の期間は、近畿地方の観測点が西に移動しており、観測網全体が東西に伸びたことになる。GPS生データを解析して座標値を求める際に何らかの系統誤差が生じている可能性を 否定できない。2001.0年~2001.1年の変動(残差)は、2000.8年~2001.0年の変動と逆の傾向で、変化分が元に戻りつつある。固定点はすべて岐阜県八幡町(950283)とした。右下に199 96年4月~2000年5月までの座標値から推定した平均的な地殻変動速度分布を示す。

第16図-(2) 東海・関東地域の最近の地殻変動(2)

Fig.16-(2) Recent crustal deformations in the Tokai and Kanto districts (2 of 2).

2000年伊豆諸島群発地震活動と東海・関東地方の地殻変動

2000年9月以降も伊豆諸島で地殻変動が小さいながらも進行してきた。2000年9月以降の地殻変動デー タが、2000年6-9月の伊豆諸島地震活動と同様のモデルでどの程度説明できるかを調べてみた。 その結果、基本的には2000年9月までの地殻変動と同様に要素で説明できるが、2000年6月-9月に比 べてより深い領域を中心とした活動が示唆される事がわかった。

- 参考資料1に、2000年9月~2001年4月までの東海・関東地方の地殻変動観測結果を示す(黒矢印)。神津島-新島間の距離が開く変動、三宅島の収縮的な変動が見られる。房総半島の地殻変動も明瞭に見て取れる。参考資料3のモデル形状に基づき、伊豆諸島群発地震活動をマグマ貫入、断層クリープ運動、三宅島直下の茂木ソースでモデル化した場合の計算地殻変動が白矢印で示される(資料3参照)。モデル計算値が観測値を比較的良く再現している。
- 2) 参考資料2に、2000年4月~9月の伊豆諸島群発地震活動中の東海・関東地方の地殻変動観測結 果を示す(黒矢印)。伊豆諸島群発地震活動をマグマ貫入、断層クリープ運動、三宅島直下の 茂木ソースでモデル化した場合の計算地殻変動が白矢印で示される(資料3参照)。モデル計 算値が観測値を比較的良く再現している。
- 3) 参考資料3に地震研究所で決められた震源データに併せて(地震研究所酒井博士のご好意による)、2000年伊豆諸島群発地震活動のモデル形状を示す(西村他2000、小沢他2000参照)。三宅島直下の茂木ソースは深さ4kmにとってある。三宅島西方に貫入ダイク1、神津島近海に貫入ダイク2、神津島近海に右横ずれ断層を置いている。
- 4) 参考資料4に2000年9月~2001年4月の地殻変動データに基づいて推定した貫入ダイクの開口 量、右横ずれ断層運動の滑り量を示す。(1)の三宅島西方の貫入ダイクはこの期間に活動し ていない。(2)の神津島近海の貫入ダイクは2000年4月~9月に比べて、深さ12km付近のよ り深い所及びより北西側を中心にした活動が見られる。推定開口量は9000万。(3) Mw 6. 4程度の右横ずれ断層運動が推定されている。誤差及び、開口運動とクリープ運動の分離の検 討が必要であり、暫定的な結果である。
- 5) 参考資料5に2000年4月~9月の地殻変動データに基づいて推定した、ダイクの開口量、右横ず れ断層運動の滑り量を示す。(1) 三宅島西方の貫入ダイクは地価3km程の浅部に開口が見 られ、推定開口量は3400万。(2)の神津島近海の貫入ダイクは深さ10km付近を中心にし て開口領域が見られる。推定開口量は12億。 北西方向の開口は伊豆活動の後半に起きてい る。(3) 右横ずれ断層運動では、Mw6.8程度の滑りが推定されている。断層クリープ運動 がないと伊豆半島、東海の変動の説明が難しいと考えられる。但し暫定的な結果である。

期間:2000年4月~2000年9月までの観測地殻変動(黒矢 印)及びモデル計算(白矢印)



第17図-(1) 2000年伊豆諸島群発地震活動と東海・関東地方の地殻変動(1)

Fig.17-(1) A Model for the crustal deformations in the Tokai and Kanto districts associated with the 2000 crustal activity in the Izu islands (1 of 7).

期間:2000年4月~2000年9月までの観測地殻変動(黒矢印) 及びモデル計算(白矢印)



第17図-(2) 2000年伊豆諸島群発地震活動と東海・関東地方の地殻変動(2)

Fig.17-(2) A Model for the crustal deformations in the Tokai and Kanto districts associated with the 2000 crustal activity in the Izu islands (2 of 7).

期間:2000年9月~2001年4月までの観測地殻変動(黒矢 印)及びモデル計算(白矢印)







期間:2000年9月~2001年4月までの観測地殻変動(黒矢 印)及びモデル計算(白矢印)



第17図-(4) 2000年伊豆諸島群発地震活動と東海・関東地方の地殻変動(4)





crustal activity in the Izu islands (5 of 7).













(3) 右横ずれ断層 南から見た断面図。Mw6.8相当。伊豆南端、東海地 方の変動は開口運動では説明が難しいように思われる。また、クリープ運動は 地震活動と連動する暫定的な結果が得られている。

注) 茂木ソースの収縮量:1億2000万m3

注) 誤差及び開口運動とクリーブの分離の検討が必要であり暫定的な結果であ

第17図-(6) 2000年伊豆諸島群発地震活動と東海・関東地方の地殻変動(6)

Fig.17-(6) A Model for the crustal deformations in the Tokai and Kanto districts associated with the 2000 crustal activity in the Izu islands (6 of 7).



期間:2000年9月~2001年4月





第17図-(7) 2000年伊豆諸島群発地震活動と東海・関東地方の地殻変動(7)

Fig.17-(7) A Model for the crustal deformations in the Tokai and Kanto districts associated with the 2000 crustal activity in the Izu islands (7 of 7).



第18図-(1) 御前崎および切山長距離水管傾斜計による傾斜観測結果(1) Fig.18-(1) Result of tilt observation by long water tube tiltmeter at Omaezaki and Kiriyama (1 of 3).



長距離水管傾斜計による傾斜変化(時間平均値)[2000.10.01~2001.04.09]

第18図-(2) 御前崎および切山長距離水管傾斜計による傾斜観測結果(2) Fig.18-(2) Result of tilt observation by long water tube tiltmeter at Omaezaki and Kiriyama (2 of 3).



第18図-(3) 御前崎および切山長距離水管傾斜計による傾斜観測結果(3) Fig.18-(3) Result of tilt observation by long water tube tiltmeter at Omaezaki and Kiriyama (3 of 3).

御前崎地中地殻活動観測施設



第19図-(1) 御前崎地中地殻活動監視装置による連続観測結果(1)

Fig.19-(1) Results of continuous measurements of tilt and strain in the Omaezaki deep borehole (1 of 2).



第19図-(2) 御前崎地中地殻活動監視装置による連続観測結果(2) Fig.19-(2) Results of continuous measurements of tilt and strain in the Omaezaki deep borehole (2 of 2).



第20図-(1) 富士山周辺地域のGPS連続観測点観測結果(1) Fig.20-(1) Results of continuous GPS measurements around Mt. Fuji (1 of 4).



第20図-(2) 富士山周辺地域のGPS連続観測点観測結果(2)

Fig.20-(2) Results of continuous GPS measurements around Mt. Fuji (2 of 4).



第20図-(3) 富士山周辺地域のGPS連続観測点観測結果(3)

Fig.20-(3) Results of continuous GPS measurements around Mt. Fuji (3 of 4).



第20図-(4) 富士山周辺地域のGPS連続観測点観測結果(4)

Fig.20-(4) Results of continuous GPS measurements around Mt. Fuji (4 of 4).