

三宅島火山活動、新島・神津島近海の地震活動及び 鳥取県西部地震に伴う地殻変動の監視について

Monitoring of crustal deformation associated with volcanic and seismic activity in the area from Miyakejima to Niigima — Kozushima and 2000 Western Tottori Earthquake

測地観測センター 監視班

大瀧 茂・菅富美男・田村 孝・藤咲淳一・佐藤博行・飯塚豊久・澤田正典・山際敦史
Geodetic Observation Center

Shigeru OTAKI, Fumio SUGA, Takashi TAMURA, Jun-ichi FUJISAKU,
Hiroyuki SATO, Toyohisa IIZUKA, Masanori SAWADA and Atsushi YAMAGIWA

管理班 西修二郎・今給黎哲郎・青木和夫・杉田 要・山田 明

Syujiro NISHI, Tetsuo IMAKIIRE, Kazuo AOKI, Kaname SUGITA and Akira YAMADA

近畿地方測量部 宮崎孝人

Kinki Regional Survey Department Takato MIYAZAKI

はじめに

伊豆諸島群発地震は、最大震度 6 弱が 6 回、震度 5 強が 7 回、震度 5 弱が 17 回、地震総数が 14,200 回に上り、「過去に例を見ない規模の群発地震」となった（平成 13 年 1 月 10 日、日本経済新聞）。国土地理院では伊豆諸島にも十数点の GPS 観測点（電子基準点）を設置して地殻変動を常時監視している。特に火山の活動が注目される伊豆大島と三宅島には島内にそれぞれ 4 点の観測点を設置してより詳細な監視を行ってきた。測地観測センターでは、平成 12 年 6 月 26 日、火山性地震が多発し、臨時火山情報が出されるなど活発化した三宅島の火山活動に伴い、三宅島の地殻変動を把握するため、島内の電子基準点 4 点について、6 時間データで 3 時間毎に行うように緊急解析システムを立ち上げた。

6 月 27 日以降、三宅島の雄山直下で始まった地震活動は、その中心を次第に西へ移動させながら、西方海域まで達し、M（マグニチュード）5 以上の規模の地震が発生するようになった。

このため、この緊急解析の範囲を拡大して伊豆大島から御蔵島に至る伊豆諸島北部の全観測点と伊豆半島、三浦半島及び房総半島の観測点までに拡大した。

さらに、新島と神津島の距離が広がる方向に動く地殻変動が観測され、観測点が 1 点しかない新島での観測を強化するため、7 月 18 日に新島に臨時的観測点を 1 点増設した。

一方、神津島の北部にある神津島 2 観測点については、7 月 6 日に地震による電力線切断のためそれ以降観測が

停止したり、三宅島島内の観測点については、9 月に入って泥流が発生する等の障害が発生して一部観測点について観測が停止するなど観測点のトラブルが続いた。その後、三宅島は、島民が避難して停電となり既設の観測点（電子基準点）については、現在、観測停止となっている。通電されるまでの間、電力・電話回線の使用ができない地域のために設計された GPS 火山変動リモート観測装置（REGMOS）を三宅島に 2 点、式根島に 1 点、神津島に 2 点をそれぞれ設置して観測を開始した。現在、三宅島に関しては M 阿古ー神津島間の観測データを解析して地殻変動の監視を行っているが大きな変化は観測されていない（図-1）。三宅島火口での硫化水素等のガス

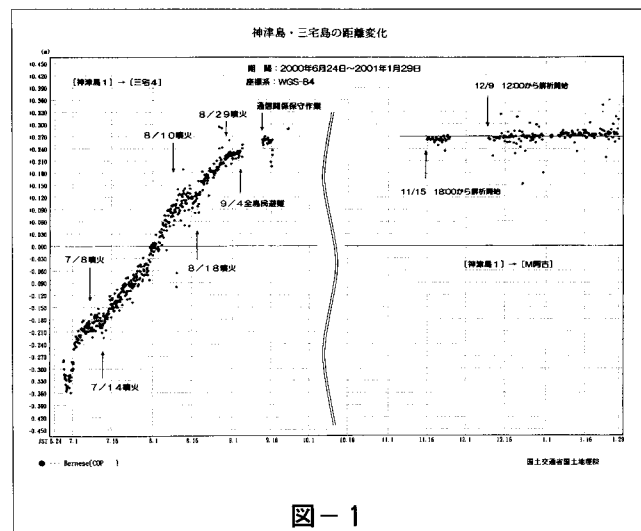


図-1

発生状況、道路の復旧状況等を見てさらに2点が三宅島に設置される予定になっている。

平成12年10月6日13時30分頃、鳥取県西部でM7.3の今年に入って最大規模の地震が発生したが、緊急解析システムを立ち上げ、6時間データの解析により地震後の地殻変動を迅速に把握して、地震調査委員会、地震予知連絡会等に資料を提供し、合わせて記者発表を行った。

国土地理院のGPS観測結果は、活動開始以前から一貫して連続した地殻変動を報告するデータとして、噴火予知連などでは、活動の推移を判断するために不可欠な資料となっている。さらに地震調査委員会などでも地震発生のメカニズムを決定する上でも不可欠な資料となっている。このように防災のために大いに役立ったばかりでなく、今後の地震調査研究へ重要な基礎資料を提供することができた。ここでは、今まで経験したことがないこれらの一連のGPS連続観測による地殻変動監視について報告する。

1. 三宅島火山活動、新島・神津島近海の地震活動に伴う地殻変動の監視

三宅島では6月26日から火山活動に伴う地震活動が活発化し、24時間の監視体制で解析を開始した（写真-1）。26日21:00～27日03:00までの短時間での結果から、三宅1-三宅2で約10cmの伸び、三宅1-三宅4で約6cmの伸びという顕著な地殻変動が観測された。これらの結果は、噴火予知連に提供すると同時に、記者発表を行うことができ、有珠山の場合と同様最初の記者発表は午前6時になった。



写真-1 緊急解析システムの立ち上げ

信じがたい程の短時間で大きな地殻変動を観測したので、品質チェックに時間を要することになったが、このチェックはしばらく続いた。27日6:00～12:00の短時間の内に三宅1-三宅4で約20cmの顕著な伸び、三宅1-三宅2は約10cm伸びた後、約10cmの縮み、三宅3-三宅4は約6cm縮んだ後、約5cmの伸び、三宅4-三宅2は約8cm伸びた後、約15cmの縮みというように複雑な地殻変動が見られた（図-2. 1, 2. 2）。三

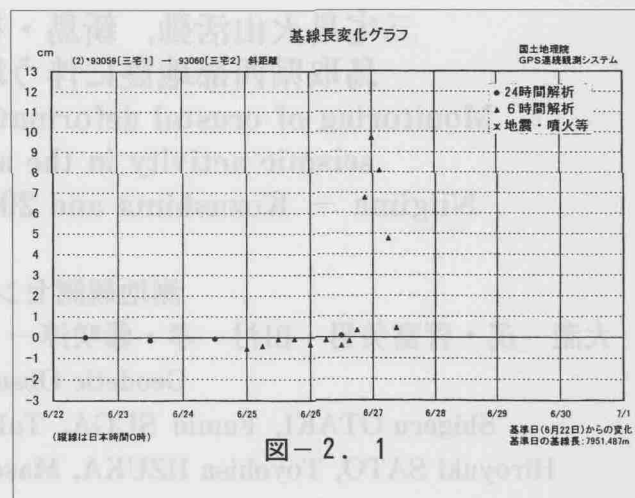


図-2. 1

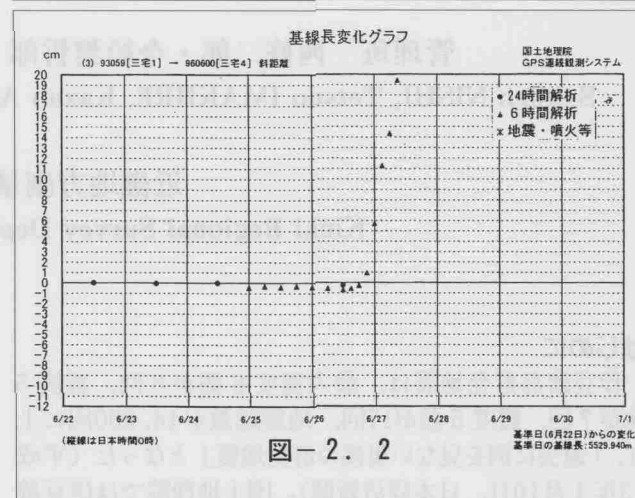


図-2. 2

宅4は周囲の点に比べ約20cm～30cmの沈降が観測された。これらの結果は、27日に2回目の記者発表となった。27日の18:00～24:00の短時間においても複雑な地殻変動が観測され、目を離せない状況の中で、監視活動は継続していった。

さらに、三宅島周辺の島から地殻変動を把握するため、御蔵島、神津島に設置してある電子基準点を加え合計6点の観測データによる3時間毎の緊急解析を開始した。

6月28日から動きが緩やかになったことや、三宅4が周囲の島の点に対し約45cmの沈降が見られること等が観測された。8日18時43分に噴火が発生したが、噴火前後で観測点間の距離に変化が見られた。噴火前において、6月末以来、全ての基線で縮みの傾向が続く中で、8日0:00～18:00の間で三宅1-三宅2が約5cm、三宅1-三宅3が約4cmと縮みが加速されていることが観測された。また、噴火後は全ての基線で伸びの変化が見られ、その後全ての基線で再び縮みの傾向に戻っていることが観測された。

6月26日から8月6日までの間に、三宅島で火山活動に伴い、19cm～63cmの変動が見られ、全体として島が収縮する傾向を示していることが観測された。

6月26日から8月29日までの間に、三宅島で火山活動

に伴い大きな変動が見られ、島を南北に挟む三宅1-三宅2で約102cmの縮み、東西方向では三宅3-三宅4で約63cmの縮みが観測された。現在でも島の収縮を示す地殻変動が続いている。

6月27日以降、三宅島の雄山直下で始まった地震活動は、その中心を次第に西へ移動させて7月1日には神津島の東方沖に震源を持つM6.4の地震が発生、さらに、新島・神津島近海で7月9日3時57分にM6.0の地震、7月15日10時30分にM6.2の地震、8月3日21時18分頃にM5.3の地震、同日22時18分頃にM5.1の地震、8月18日にはM6.4の地震がそれぞれ発生した。また、三宅島近海では7月30日に21時25分頃M6.4の地震が発生した。さらに、新島、式根島、神津島及び三宅島に設置された臨時又は機動GPS連続観測点の観測データを用いて地殻変動監視の強化を図ってきた。この間、緊急解析の範囲を拡大して伊豆大島から御蔵島に至る伊豆諸島北部の全観測点と伊豆半島の南伊豆2、河津、小室山の3観測点、三浦半島の三浦2観測点、房総半島の館山観測点までに拡大した(図-3)。

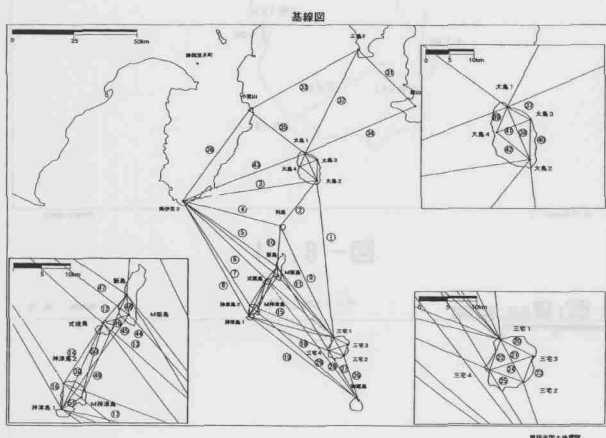


図-3

地震活動が神津島東方沖において活発に継続する中、非常に大きな地殻変動が神津島から式根島、新島で震源域を中心として観測された。神津島と新島の間の距離は80cm以上も伸びていることが観測されており(図-4)、この地殻変動の要因として①右横ズレ断層、②開口割れ目モデルの二つが考えられている(図-5)。現在、変化は停滞している(図-6)が監視は継続して行っている。この地域の地殻活動に関連していると見られる地殻変動は、房総半島、三浦半島・伊豆半島、駿河湾沿岸に及んでいる(図-7)ことも観測されている。また、8月18日には、監視網を拡大した伊豆諸島の観測点は顕著な地殻変動により、位置が大きく変動したため、最新のデータを用いて正確な位置を算出し、初期値を更新した。これによりバラツキは小さくなった。さらに12月6日には2回目の初期値を更新し、地殻変動監視の高精度化を図った。また、緊急解析システムは当初の設計では、30点規

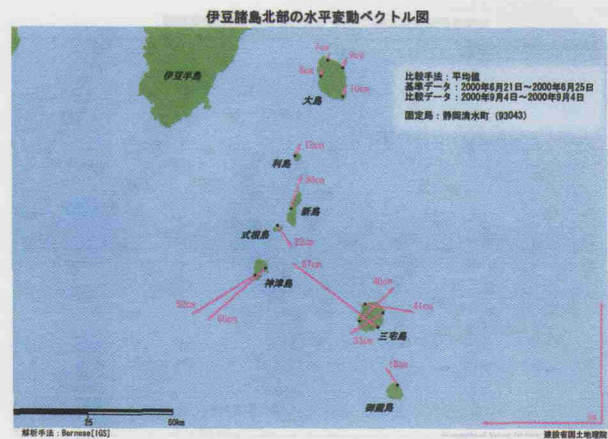
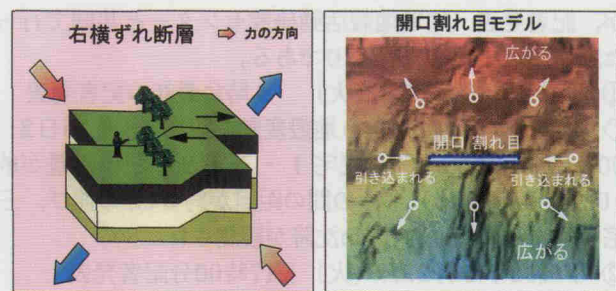


図-4

地殻変動の要因



右横ずれ断層
今回の新島・神津島近海の地震は右横ずれ断層です。
断層に向かって人が立ったとき、向かい側の地面が右にずれている横ずれ断層が右横ずれ断層、左にずれている横ずれ断層が左横ずれ断層といえます。

開口割れ目モデル
開口割れ目とは
マグマの上昇に伴いより地下に割れ目(亀裂)ができる状態。
割れ目方向に直交する方向は地盤が伸び(広がる)を示し、割れ目方向は地盤が引き込まれる変動を示す。

図-5

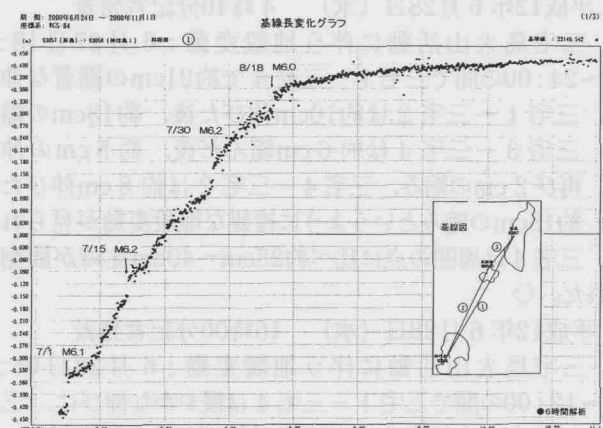


図-6

模であったが、伊豆諸島での拡大網からは40点が可能であることが確認された。

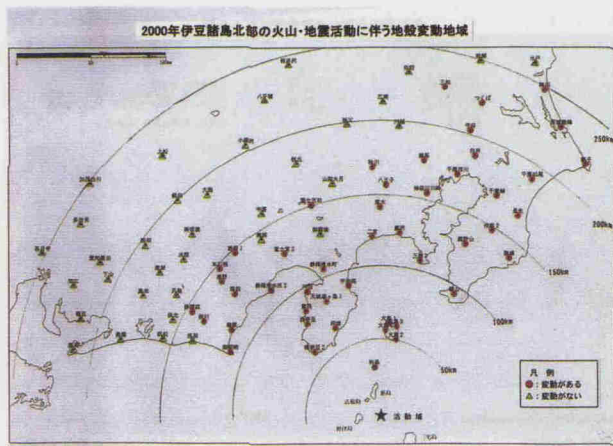


図-7

2. 三宅島火山活動・地震活動に伴って記者発表した地殻変動の概要

解析結果は、1日2回のペースで記者発表を行ったが、記者発表（地理地殻活動研究センターと共同で行った。）の概要は、次のとおりである。

① 平成12年6月27日（火） 6時に最初の記者発表

◇ 三宅島火山活動に伴う地殻変動を観測：6月26日21:00～27日03:00の間で三宅1－三宅2の間の距離が約10cm、三宅1－三宅4の間の距離が約6cmの伸び、三宅4は周りに比べ約10cm沈降が観測された。◇

② 平成12年6月27日（火） 17時00分記者発表

◇ 三宅島火山活動に伴う地殻変動：6月27日6:00～12:00の間で三宅1－三宅4で約20cmの顕著な伸び、三宅1－三宅2は約10cm伸びた後、約10cmの縮み、三宅3－三宅4は約6cm縮んだ後、約5cmの伸び、三宅4－三宅2は約8cm伸びた後、約15cmの縮みというように複雑な地殻変動が見られた。三宅4は周囲の点に比べ約20cm～30cm沈降が観測された。◇

③ 平成12年6月28日（水） 4時40分記者発表

◇ 三宅島火山活動に伴う地殻変動：6月27日18:00～24:00の間で三宅1－三宅4で約21cmの顕著な伸び、三宅1－三宅2は約10cm伸びた後、約18cmの縮み、三宅3－三宅4は約6cm縮んだ後、約5cmの伸び、再び2cmの縮み、三宅4－三宅2は約8cm伸びた後、約15cmの縮みというように複雑な地殻変動が見られた。三宅4は周囲の点に比べ約25cm～40cm沈降が観測された。◇

④ 平成12年6月28日（水） 16時00分記者発表

◇ 三宅島火山活動に伴う地殻変動：6月28日06:00～12:00の間で三宅1－三宅4は緩やかな伸びに、三宅1－三宅3と三宅1－三宅2は伸びの後、縮みが続いている。三宅3－三宅4は数センチの伸縮を繰り返しているように見える。三宅3－三宅2と三宅4－三宅2は停滞している。三宅4は神津島、御蔵島に対し動きが継続

している。比高については三宅4が周辺の島に対し、約45cmの沈降を観測。◇

⑤ 平成12年6月30日（金） 0時00分記者発表

◇ 三宅島火山活動に伴う地殻変動：6月29日12:00～18:00の間で概ね停滞傾向で推移している。火山活動に伴う地殻変動の総量（活動開始前との比較）を24時間データ解析によって求めた。伊豆半島の河津観測点を固定すると、三宅1が北北東に35cm、三宅2が北西に22cm、三宅3が南方向に4cm、三宅4が北方向に11cmの変化を示している（図-8.1）。上下変動について、三宅4が最も大きい42cmの沈降、三宅2は18cmの沈降、三宅3は7cmの沈降、三宅1はほとんど沈降していない（図-8.2）。◇

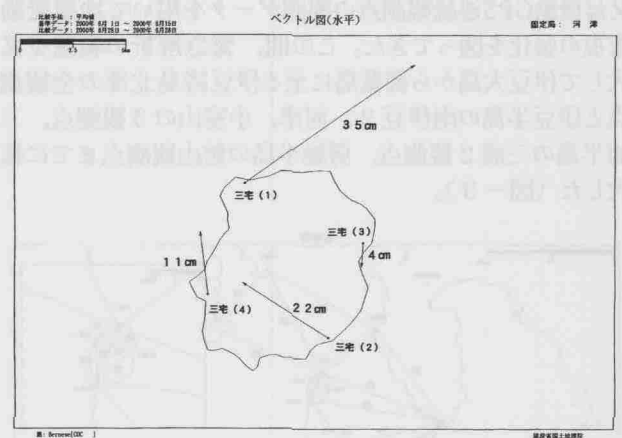


図-8.1



図-8.2

⑥ 平成12年7月9日（日） 11時30分記者発表

◇ 三宅島火山活動に伴う地殻変動：7月9日03:00～09:00の間で8日18時43分の噴火前後で観測点間の距離に変化が見られた。8日の噴火前は、6月末以来、全ての基線で縮みの傾向が続いている中で、一部基線に縮みが加速する傾向が見られた。7月8日の0時までの値と比較して、8日の18時までの値に三宅1－三宅2で約5cm、三宅1－三宅3で約4cmの縮みの変化が

観測，8日の18時までの値と比較して，9日0時までの値を見ると，全ての基線で伸びの変化が見られる。三宅3－三宅4の基線で約8cm，三宅1－三宅3と三宅4－三宅2で約6cm，三宅1－三宅4と三宅3－三宅2で約2cm伸びているように見える。噴火後は最新データ9日9時までの値で見ると，全ての基線で再び縮みの傾向に戻っているように見える。◇

⑦ 平成12年7月14日（金） 16時15分記者発表

◇ 三宅島火山活動に伴う地殻変動：7月14日06:00～12:00の間で，噴火と雄山山頂部の陥没があった8日以降，日周的な変動を繰り返しながらも観測点間の距離は横這いの傾向が続いている。14日4時14分頃噴火の前後では，全ての基線で伸びの変化が観測され，伸びの大きさは，三宅3－三宅4で約5cm，三宅1－三宅4で約1cmの縮みの変化が観測された。◇

⑧ 平成12年8月8日（火） 10時30分の記者発表

◇ 三宅島火山活動に伴う地殻変動：6月26日から8月6日までの間に，三宅島で火山活動に伴い，19cm～63cmの変動が見られ，全体として島が収縮する傾向を示していることが観測された。◇

⑨ 平成12年8月31日（木） 11時00分の記者発表

◇ 三宅島火山活動に伴う地殻変動：6月26日から8月29日までの間に，三宅島で火山活動に伴い大きな変動が見られ，島を南北に挟む三宅1－三宅2で約102cmの縮み，東西方向では三宅3－三宅4で約63cmの縮みが観測された。◇

3. 新島・神津島近海の地震活動に伴って記者発表した地殻変動の概要

① 平成12年7月2日（日） 11時30分最初の記者発表

◇ 1日の新島・神津島近海地震に伴うGPS連続観測結果：7月2日0:00～06:00までのデータから伊豆半島の南伊豆観測点を固定すると，神津島1は西に5cm，南に約3cm，式根島は東に約4cm，南に約2cm，新島は東に約2cm，北に約1cm動いたことが観測された。◇

② 平成12年7月7日（金） 11時20分の記者発表

◇ 新島・神津島近海地震に伴うGPS連続観測結果：7月7日0:00～06:00までのデータから顕著な変動は見られない。7月1日の地震で停電になり，神津島2観測点が観測停止になった。◇

③ 平成12年7月9日（日） 15時30分の記者発表

◇ 1日の新島・神津島近海地震に伴うGPS連続観測結果：7月9日06:00～12:00までのデータから7月9日03:57に発生したマグニチュード（M）6.0の地震前後のGPS連続観測結果から，新島から見て式根島が南に約2cm，式根島から見て神津島1は西に約2cm動いていることが観測された。◇

＜測地部で7月18日に新たにGPS臨時観測点1点を新島に設置＞

④ 平成12年7月15日（土） 18時30分の記者発表

◇ 新島・神津島近海地震に伴うGPS連続観測結果：7月15日10時30分頃の新島・神津島付近で発生したM6.2の地震に伴って，新島が北北西の方向に約6cm動いていることが観測された（南伊豆観測点を固定）。◇

⑤ 平成12年7月31日（月） 9時30分の記者発表

◇ 三宅島近海の地震に伴うGPS連続観測結果：7月30日21時25分頃三宅島近海で発生したM6.4の地震に伴って，三宅島が北東に約7cm動いていることが観測された（南伊豆観測点を固定）。◇

⑥ 平成12年8月4日（金） 10時30分の記者発表

◇ 新島・神津島近海地震に伴うGPS連続観測結果：8月4日00:00～06:00までのデータから8月3日21時18分頃新島・神津島付近で発生したM5.3の地震，22時18分頃に発生したM5.1の地震を含み，8月3日夕方から夜半にかけて神津島の東方沖で地震活動が活発化したが，この間の地殻変動として，新島が北へ約3cm，式根島が南へ約1cm，神津島が西南西へ約5cm動いていることが観測された（南伊豆観測点を固定）。◇

⑦ 平成12年8月8日（火） 10時30分の記者発表

◇ 新島・神津島近海地震に伴うGPS連続観測結果：6月26日に三宅島で地震活動が活発化して以来，伊豆諸島北部では顕著な地殻変動が観測されている。伊豆半島北部の観測点（静岡清水町）を基準とした8月6日まで約6週間の総変動量は，以下のとおりである。

伊豆大島	北北東へ約7cm
利島	北北東へ約10cm
新島	北北東へ約23cm
式根島	南東へ 約19cm
神津島	南西へ 約49cm
御蔵島	北西へ 約15cm

8月3日午後から4日午前にかけて，新島・神津島周辺では一時的に変動の速度が速まったが，8月2日と5日のデータ比較では，神津島で約7cm～9cm南西へ動き，新島は北北東へ4cm～5cm変動したことが見られた。◇

⑧ 平成12年8月18日（金） 21時30分の記者発表

◇ 新島・神津島近海地震に伴うGPS連続観測結果：8月18日10時52分頃新島・神津島近海で発生したM6.0の地震に伴い，新島と神津島間の距離が約4cm広がる方向に動く地殻変動があったことが観測された。

⑨ 平成12年8月31日（木） 11時00分の記者発表

◇ 新島・神津島近海地震に伴うGPS連続観測結果：6月26日に三宅島で地震活動が活発化して以来，伊豆諸島北部では顕著な地殻変動が観測されている。伊豆半島北部の観測点（静岡清水町）を基準とした8月29日まで約9週間の総変動量は，以下のとおりである。

伊豆大島	北北東へ約7cm
利島	北北東へ約12cm
新島	北北東へ約28cm
式根島	南東へ 約23cm

神津島 南西へ 約63cm
御蔵島 北西へ 約18cm

7月6日頃から新島－式根島、式根島－神津島、神津島－新島間の距離が、それぞれ伸び始め、地震等地殻活動の消長に伴って加速と停滞を繰り返しながら、ほぼ一様な伸びを示しており、8月19日頃からその伸びの速度が鈍化してきたが、伸びの傾向は続いており、8月29日までの総変化量は次のとおりである。◇

新島－式根島間 約30cmの伸び
式根島－神津島間 約40cmの伸び
神津島－新島間 約82cmの伸び

4. 三宅島、新島・神津島周辺の最新の地殻変動

三宅島、新島・神津島周辺の最新の地殻変動ベクトルは図-9. 1, 9. 2のとおりである。基準データは活動が活発化する前の平成12年6月21日～6月25日とし、最新の比較データは、平成13年1月16日とした。式根島を挟んで新島－神津島間が大きく広がっていること(80cm以上)、三宅島全体が収縮していること(三宅2は91cm)、三宅4が98cm、三宅2が80cmの沈降していることがそれぞれ観測されている。

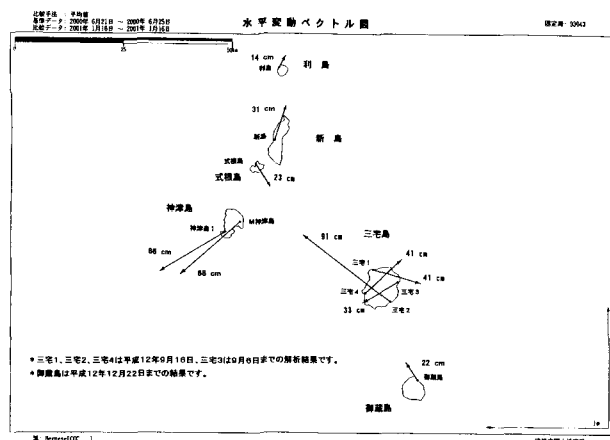


図-9. 1

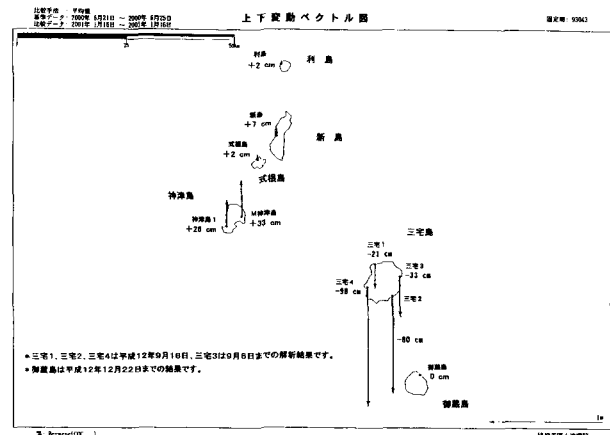


図-9. 2

5. 鳥取県西部の地震活動に伴う地殻変動の監視

測地観測センターでは、10月6日13時30分頃、鳥取県西部でM7.3の地震発生に伴い、震度の大きかった周辺地域の電子基準点34点について、緊急解析システムを活用して3時間ごとのデータダウンロードと6時間データの解析を即開始した。解析結果から地震の断層運動を示す地殻変動が観測され、解析結果を地震調査委員会等に提供し、鳥取県西部の地震のメカニズムを解明する上での基礎資料を提供することができた。

平成12年10月6日臨時に開催された地震調査委員会では、東西方向に圧力軸を持つ横ずれ型、北北西－南南東の震源断層が左横ずれしたと考えられる。」評価がされた。

さらに、地震後の余効変動などの観測の強化のため臨時のGPS連続観測点T西伯、T黒坂の2点を設置し、10月16日から観測を開始した。

6. 鳥取県西部地震に伴って記者発表した地殻変動

① 平成12年10月7日(土) 00時15分の記者発表

◇ 6日の鳥取県西部地震に伴うGPS連続観測結果：平成12年10月6日13時30分頃鳥取県西部で発生したM7.3の地震に伴い、6日21時までのデータから地震の断層運動を示す最大約17cmの地殻変動が観測された(島根県三隅町の三隅観測点を固定)。

震源の北側の電子基準点「米子」、「溝口」は北北東に約15cm, 約14cm, 震源の東側の「岡山新庄」は西北西に約10cm, 震源の東側の「中和」は西側に約3cm, 震源の西側の「松江」、「仁多」は東側に約6cm, 約4cm, 震源の南側の「日南」は南南西に約16cm, 「神郷」は南側に約5cm, 「西城」は南南西に約2cmそれぞれ変動し

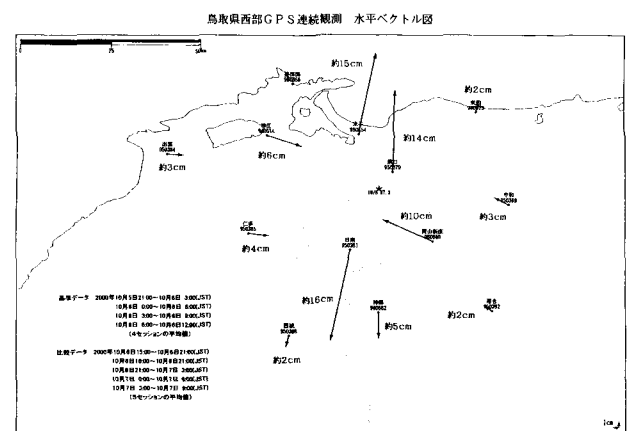


図-10

ていることが観測された(図-10)。

おわりに

有珠山の火山活動が終息しない時期に、磐梯山、北海道駒ヶ岳等の火山活動が活発化した中、三宅島の火山活

動，さらに新島・神津島の近海に活動の中心を移して地震活動が活発化し，さらに鳥取県西部地震が発生した。こうした状況の中で測地観測センターでは，緊急解析システムあるいはGEONETによる緊急解析をフル活用・フル動員して地殻変動監視を継続して行ってきた。同時に，地震活動前～地震発生直後～地震発生後～停滞（長期間）の間一貫して地殻変動資料を噴火予知連，地震調査委員会等に提供してきたことにより，噴火予知連での火山活動に関する適切な評価に基づく噴火予知連での統一

見解がだされたこと，地震調査委員会では地震活動に関する適切な評価が出されたことで防災の面，地震学的な面でも大いに役立った。このことは，長期化している地殻変動監視活動関係者の励みにもなっており，今までにない経験を積んだことで今後の防災計画に活かして行きたいと考えている。最後に，避難を余儀なくされている三宅島の住民の方々をはじめ，不安な生活を送っている伊豆諸島の住民の方々が一刻も早く普段の生活に戻るよう切に願うものである。