

2000年伊豆諸島の群発地震による地殻変動を説明するソースモデル†

佐藤まりこ*, 河合晃司*, 深野慶太*, 笹原 昇*, 矢吹哲一朗**, 仙石 新*

A Source Model to Explain Crustal Deformations by Earthquake Swarm around Izu-shoto in 2000 †

Mariko SATO*, Koji KAWAI*, Keita FUKANO*, Noboru SASAHARA*,
Tetsuichiro YABUKI** and Arata SENGOKU*

Abstract

We used GPS observations to obtain crustal deformations by volcanic activity of Miyake-jima and earthquake swarm around Izu-shoto since the end of June, 2000. The results showed movements extending in a northeast-southwest direction between Miyake-jima and Kozu-shima.

In this report, we carried out an inversion analysis of the GPS results and suggested a source model to explain observed crustal deformations. Although it is very difficult to decide a unique model because of few stations and partial locations of the stations, the proposed model is consistent with the GPS results. Results suggest that a dike of about 7-8m in width intruded between Miyake-jima and Kozu-shima.

In addition, the model is also consistent with results of dense GPS observations that was carried out at Kozu-shima in June, 2001.

1. はじめに

2000年6月27日に始まった三宅島の火山活動、地震活動は、新島・神津島近海や三宅島南西沖にまで及び、三宅島-神津島間の海域において群発地震を発生させた。これらの領域では、2000年8月末までにM6クラスの地震が5個、M5クラスの地震は36個発生し（気象庁、2001b）、近代で最も活発な群発地震活動となっている（気象庁、2001a）。8月末以降は大きな地震がかなり少なくなり、M2クラスの地震が主となったが、地震活動は2001年5月末現在でも継続している（気象庁、2001c）。このような中、現在までにこれらの火山活動、地震活動による地殻変動が水路部や国土地

理院等のGPS観測で明らかになり、地震予知連絡会や学会等で多数報告されている（水路部、2001、国土地理院、2001）。

特に、水路部が行っている年に1、2度の岩礁におけるGPSキャンペーン観測は、海域での観測データの少なさを補い、より面的に地殻変動を捉えることを可能にした。これまでに神津島周辺の南西への変位や新島周辺の北東への変位が観測されている（寺井等、2001）。この結果を考察するため、寺井等（2001）では断層運動とダイクの貫入を仮定したモデルを提案し、フォワード解析により観測結果に合うようなモデルパラメータの推定を行った。その結果、三宅島の噴火に伴うダイクの貫入によって、三宅島-神津島間の海底が

† Received 2001 November 19th. ; Accepted 2002 March 18th.

* 航法測地課 Geodesy and Geophysics Division

** 海洋研究室 Ocean Research Laboratory

北東-南西方向に押し広げられたことが示唆され、2000年8月の時点でのダイクの貫入による開口量は約8mであると推定された。しかし、フォワードによる解析では震源域の近くに位置する祇苗島と式根島で観測された変位の方向を両方同時に満たすことができず、この問題を解決し、より適切なモデルを推定するためには観測点の数を増やして、インバージョンによる解析を行うことが必要であった。

また、同様のソースモデルの提案は国土地理院や大学等でも行われており、Nishimura et al. (2001) では、国土地理院の電子基準点30箇所以上のGPS観測データから推定した三宅島の山頂部の収縮量や三宅島-神津島間でのダイクの貫入による開口量、神津島東方海域での右横ずれ断層のすべり量が示されている。

本稿では、群発地震の領域が伊豆諸島の海域であることから、震源に近いGPS観測データを多く利用する必要があると考え、水路部のGPS観測データに加えて、伊豆諸島や房総半島で得られた国土地理院の電子基準点9箇所のGPS観測データも利用し、その結果のインバージョン解析を行

うことにより、一連の地殻変動のメカニズムをより適切に説明するソースモデルの提案を行う。そして、そのモデルから最終的なダイクの貫入による開口量を推定する。

さらに、モデルを神津島島内の局所的な地殻変動に適用し、神津島の稠密観測により得られた地殻変動との整合性についても検討する。

2. 2000年三宅島の火山活動及び三宅島-神津島間の群発地震による地殻変動

本稿で使用したGPS観測データは、年に1, 2度GPS観測を行っているキャンペーン観測点 (Fig.1の○) のうち、神津島周辺の岩礁 (祇苗島, 恩馳島, 銭洲) におけるGPS観測データ (基準観測1999年7月, 比較観測2000年8月) と新島周辺の岩礁 (鵜渡根島, 地内島) におけるGPS観測データ (基準観測1999年9月, 比較観測2000年10月), 定常的にGPS観測を行っている固定観測点6ヶ所 (Fig.1の●) のGPS観測データ, 及び国土地理院の電子基準点9ヶ所のGPS観測データ (Fig.2) である。

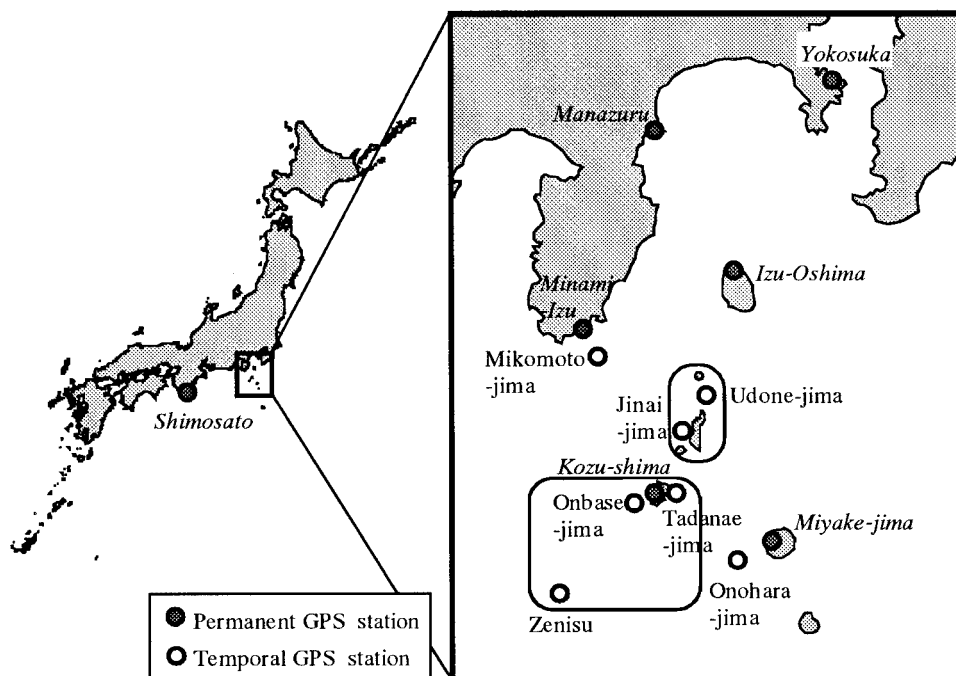


Fig. 1 GPS observation points of JHD in the southern Kanto district.

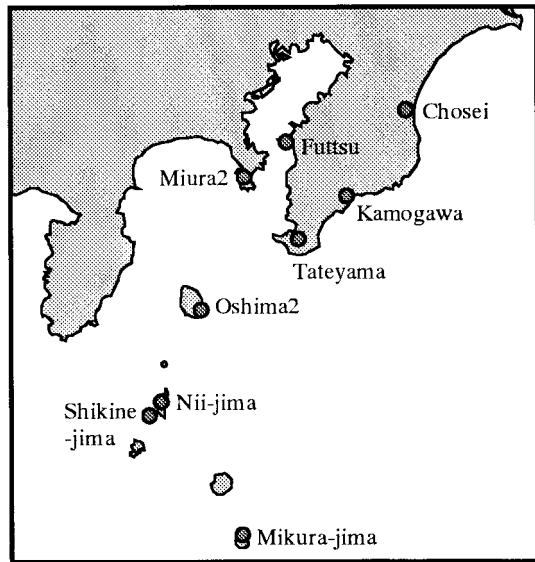


Fig. 2 Used GPS observation points of GSL.

GPS観測データの解析は、固定観測点と国土地理院の電子基準点については和歌山県の下里を基準点としてBernese Ver.4.0により行い、キャンペーン観測点については最寄りの固定観測点である神津島を基準点としてGPSurvey Ver.2.35により行った。なお、全ての解析に精密暦を使用した。

まず、1999年7月から2001年4月までの間の連続的な伊豆諸島の動きを把握するため、GPS固定観測点である三宅島、神津島と下里との基線長の時系列変化をFig.3に示す。三宅島、神津島のいずれにおいても三宅島が火山活動を開始した2000年6月末以前には特に目立った基線長の変化は見られないが、三宅島の活動開始直後から9月半ばにかけて急激な基線長の変化が見られ、その後も収束しつつあるとはいえ、地殻変動は継続している。2001年4月までに下里-三宅島間の基線長は約30cm伸び、下里-神津島間の基線長は約60cm縮んだことが観測された。また、これにGPSのキャンペーン観測を行った時期を照らし合わせてみると、神津島周辺の岩礁でGPS観測を行った2000年8月(Fig.3の赤い矢印)は火山活動、地震活動共に活発な時期で、まさに地殻が大きく動いている時期であり、新島周辺の岩礁でGPS観測を行った同年10月

(Fig.3の青い矢印)は、地殻変動が鈍くなり始めた時期であることが分かる。

次に、2000年8月と同年10月のGPS観測で得られた地殻変動の変位ベクトルをFig.4に、それぞれの観測点における変位量をTable.1に示す。先に示したように三宅島、神津島において2000年6月末以前に大きな変動が見られないことから、観測された約1年間の地殻変動は三宅島の火山活動とそれに伴う群発地震による変動を表していると考えられる。Fig.4(a)より、2000年8月の時点では、水平方向は、神津島周辺で南西に40~50cm、式根島で南東に約20cm、新島で北北東に約30cmの変位が見られ、千葉県房総半島でも北東に数cmの変位が観測された。2000年10月には、神津島では8月の観測時の方向とほぼ同じ方向を保ったままさらに約13cm程度移動していることから、8月から10月の間に特に地殻変動の方向を変えるようなイベントはなく、8月までの地震活動と同様の活動が継続していたと考えられる。また、10月にキャンペーン観測を行った鵜渡根島では北東に約30cmの変位が見られ、これは新島で観測された8月までの変位と調和的である。一方で、新島のすぐ西に位置する地内島では東南東に8cmと新島の変位と大きく異なっており、かなり特徴的な変位を示している。

また、広域的に見ると、三宅島-神津島間の海底を境に南関東全体が北東-南西方向に拡大し、北西-南東方向に縮むような地殻変動が見られ、三宅島-神津島間でのマグマ活動によって地殻が北東-南西方向に押し広げられたこと示している。

一方、Fig.4(b)より、垂直方向は神津島、新島周辺で隆起が観測されたが、隆起量は大きく異なっており、新島周辺では約3cm、神津島周辺では約20cmである。また、三宅島では10月の時点で活動前に比べて47cm沈降が見られ、これは山頂部における収縮の影響であると考えられる。

これらの観測結果に基づき次節でソースモデルの推定を行う。

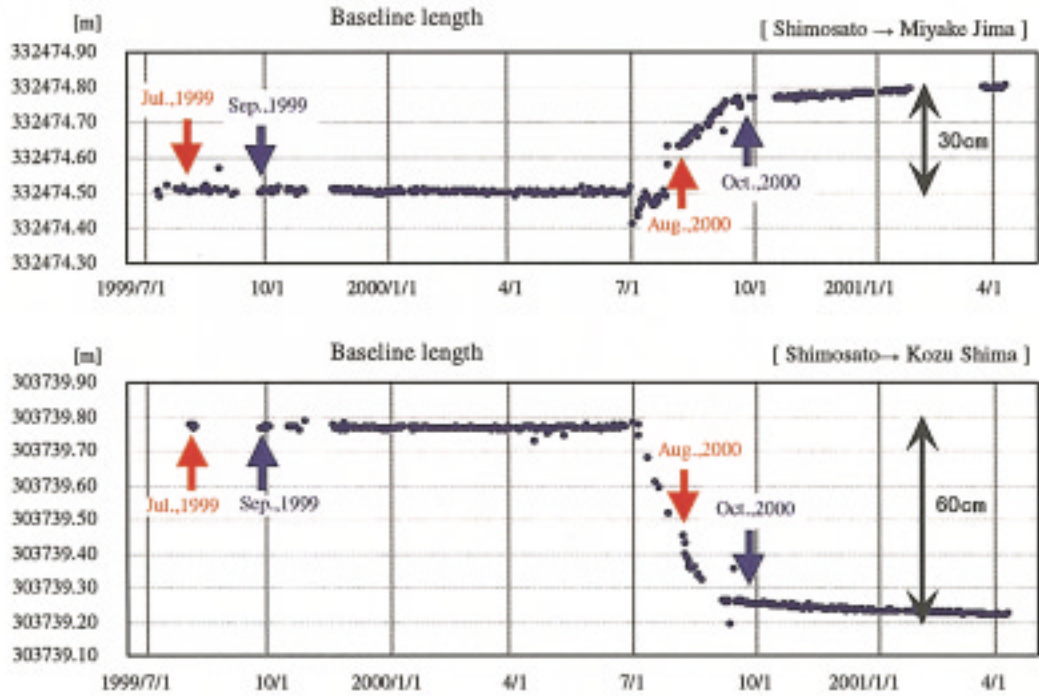


Fig. 3 Time series of observed baseline lengths between Shimosato and Miyake-jima (upper) and between Shimosato and Kozu-shima (lower). Arrows show the time that we carried out GPS observations at the temporal stations.

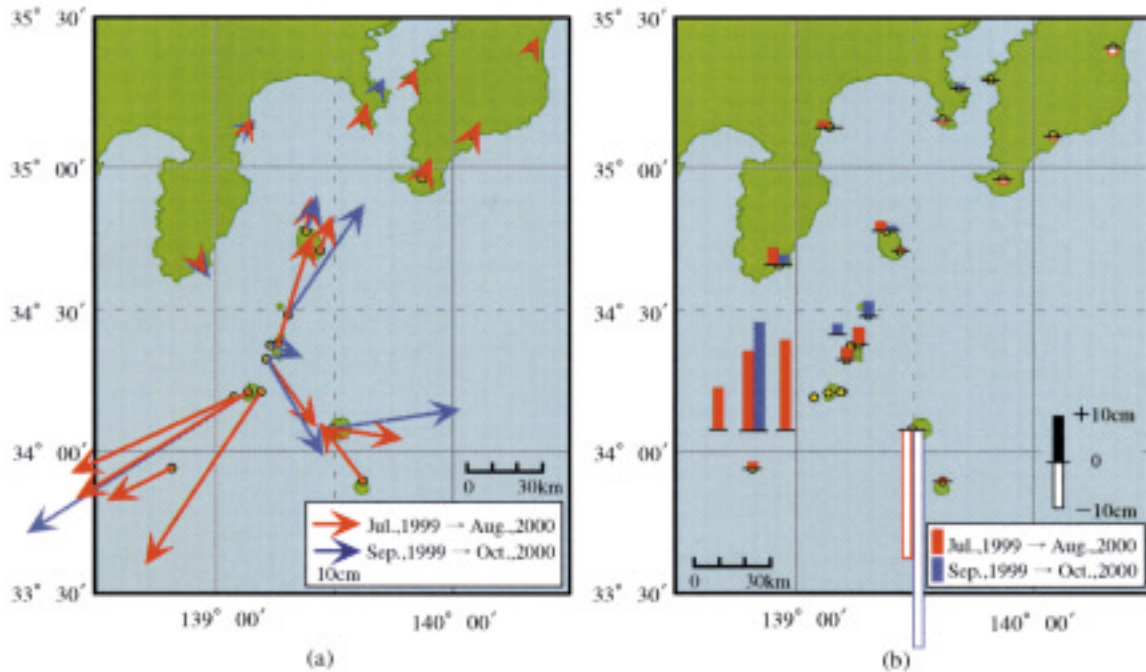


Fig.4 Displacements in the southern Kanto district, derived from the comparison of the previous observations (1999) and the latest observations (2000). (a) Horizontal displacements. (b) Vertical displacements. Shimosato is fixed.

A Source Model to Explain Crustal Deformations by Earthquake Swarm around Izu-shoto in 2000

Table1 Displacements of each station, derived from the comparison of the previous observations (1999) and the latest observations (2000). Shimosato is fixed.

	Station	Horizontal Displacements						Vertical Displacements		
		Eastward [cm]	S.D. [cm]	Northward [cm]	S.D. [cm]	Amplitude [cm]	Azimuth [°]	Upward [cm]	S.D. [cm]	
Jul., 1999 → Aug., 2000	JHD	Izu-Oshima	1.0	1.5	7.1	0.8	7.2	8	1.8	2.0
		Manazuru	0.4	0.5	1.1	0.5	1.2	17	1.0	1.1
		Minami-Izu	1.1	0.7	-1.7	0.3	2.0	146	3.3	2.4
		Miyake-jima	15.1	1.0	-2.4	0.5	15.3	99	-27.7	1.9
		Kozu-shima	-36.7	3.1	-23.2	1.6	43.4	238	17.1	1.6
		Onbase-jima	-34.7	0.6	-16.5	0.3	38.4	245	9.0	0.7
		Tadanae-jima	-24.6	0.4	-37.6	0.3	45.0	213	19.5	0.8
		Zenisu	-14.0	1.5	-7.3	0.6	15.8	243	1.2	1.2
	GSI	Nishi-Izu	1.1	0.2	-0.5	0.3	1.3	114	-1.3	0.7
		Shikine-jima	10.5	0.3	-14.9	0.4	18.2	145	2.5	0.7
		Mikura-jima	-9.3	0.4	12.7	0.5	15.8	324	0.5	0.8
		Miura2	0.8	0.1	3.3	0.4	3.4	14	-0.7	0.7
		Oshima2	2.6	0.1	7.8	0.5	8.2	18	0.5	0.7
		Nii-jima	7.3	0.4	23.8	1.1	24.9	17	3.4	0.4
		Chosei	0.8	0.2	1.8	0.4	1.9	23	-1.5	0.6
		Futtsu	0.7	0.1	2.1	0.4	2.2	18	0.3	0.9
		Kamogawa	1.4	0.2	2.9	0.5	3.2	26	-0.7	0.9
		Tateyama	1.8	0.1	4.5	0.3	4.9	22	-0.8	0.8
		Sep., 1999 → Oct., 2000	JHD	Izu-Oshima	2.1	0.4	7.3	0.3	7.6	16
Manazuru	1.0			0.4	0.8	0.3	1.3	52	0.0	1.1
Yokosuka	1.2			0.3	2.3	0.3	2.6	28	0.9	0.8
Minami-Izu	2.2			0.4	-3.1	0.3	3.8	145	2.0	1.1
Miyake-jima	27.2			0.5	4.1	0.2	27.5	81	-47.1	1.1
Kozu-shima	-47.3			0.2	-30.8	0.2	56.4	237	23.5	0.7
Jinai-jima	7.1			2.1	-2.9	0.9	7.7	112	2.2	2.9
Udone-jima	16.3			1.0	24.2	0.6	29.2	34	3.3	1.5

3. 地殻変動を説明する一モデル

(1) 2000年8月の時点での地殻変動を説明するモデル

2000年8月の時点での地殻変動のメカニズムをなるべく簡単なソースモデルを用いて説明するため、断層運動と三宅島-神津島間のダイクの貫入を仮定し、観測データのインバージョン解析によりモデルパラメータを推定する。但し、本稿では複雑化を避けるため、三宅島西部におけるダイクの貫入や三宅島の雄山山頂部の収縮は考慮していない。そのため、三宅島の火山活動の影響を強く受けていると思われる三宅島と御蔵島のGPS観測結果はインバージョン解析には用いないこととする。

また、本稿においてソースモデルを推定する際に重要であるとしたポイントが2つある (Fig.5)。一つ目のポイントは寺井等 (2001) で報告されていることであるが、群発地震の震源地に最も近い観測点である祇苗島と式根島で観測された地殻変動を説明すること、そしてもう一つは約3kmしか離れていない新島と地内島で観測された地殻変動が方向、大きさ共に大きく異なるという結果を

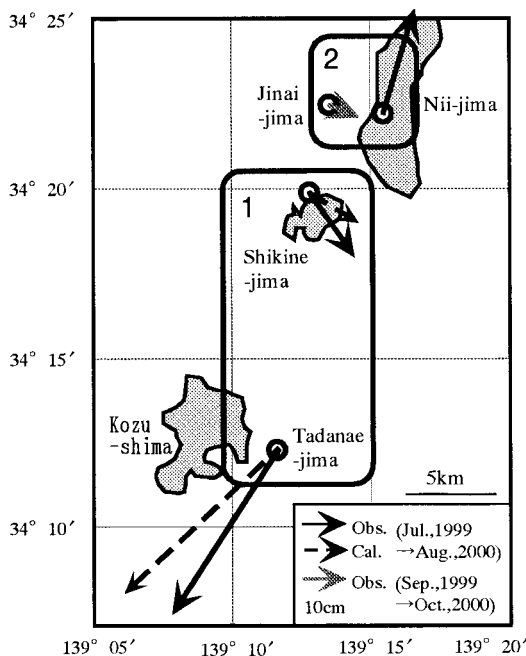


Fig.5 Two important points when we presume a source model. Dashed lines are calculated displacements by the previous model.

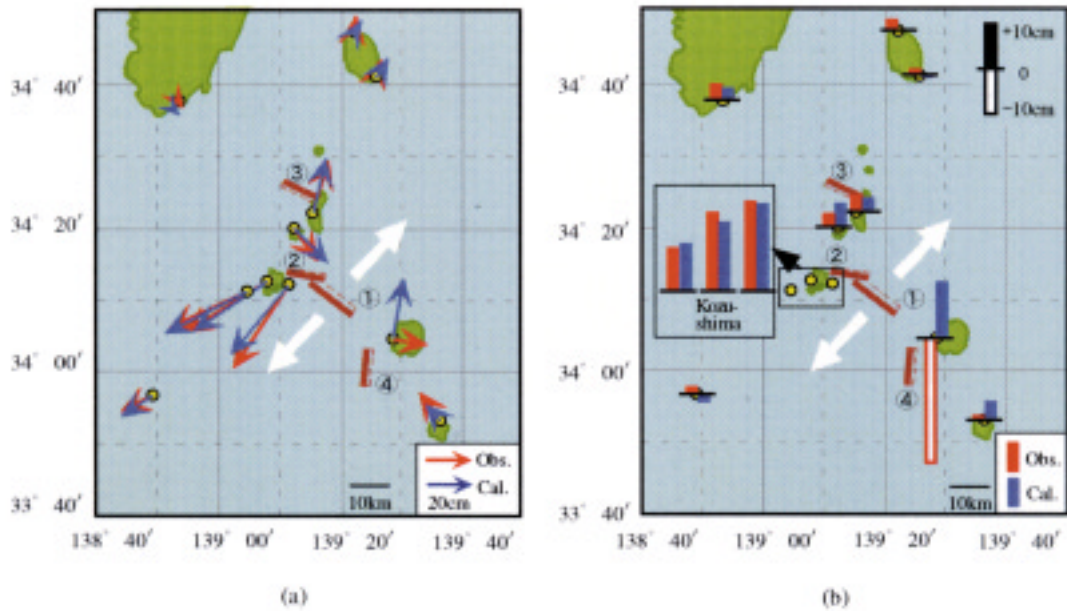
説明することである。これらの2点について、推定したモデルを評価する。

今回仮定した4つのモデルを Fig.6 に示す。まず、三宅島-神津島間に地殻変動に最も大きな影響を与えたと思われるダイク貫入モデル (Fig.6, ①) を仮定した。しかし、これだけでは観測により得られた地殻変動を説明することができず、三宅島近海から神津島・新島近海にかけて発生した4つのM6クラスの地震に対応する断層モデルを仮定した。神津島東方で7月1日と7月9日に発生したM6クラスの地震に対応する右横ずれ断層モデル (Fig.6, ②), 新島近傍で7月15日に発生したM6.3の地震に対応する右横ずれ断層モデル (Fig.6, ③), 三宅島南西沖で7月30日に発生したM6.4の地震に対応する左横ずれ断層モデル (Fig.6, ④) である。これにより、Fig.6 に示すように観測結果と大変調和的なモデルとなった。

こうして仮定した4つのソースモデルについて、それぞれ断層の位置、大きさを既知として与えて観測結果のインバージョン解析を行い、断層のすべり量、ダイクの貫入による開口量を推定した。なお、既知として与えた断層等のパラメータは東京大学地震研究所の震源分布を元に決定し、インバージョン解析には Yabuki and Matsu'ura (1992) のプログラムを使用した。

インバージョン解析の結果として得られたそれぞれの断層のすべり量とダイクの開口量を、仮定したモデルのパラメータと共に Fig.6 の下部に示す。これによると、火山活動、地震活動が活発であった2000年8月の時点で、幅6.8mに及ぶダイクの貫入があったと推定される。これは体積にして1.14km³に相当し、Nishimura et al. (2001) のソースモデルで推定された1.04km³ (2000年6月26日~8月31日) と調和的である。

また、神津島東方での断層 (Fig.6, ②) のすべり量は4.5mと推定され、M6クラスの地震2つにしてはかなり大きいと思われるが、この付近ではM6クラスの地震2つに加えて群発的に多数の地震が起きており、これらにより地殻が徐々に滑っていったことが示唆される。



- ①. Right strike-slip fault model and Dyke model
Length 14.0km, Width 12.0km, Depth 3.0km, Dip angle 75° . Dislocation 2.0m, Open 6.8m
- ②. Right strike-slip fault model
Length 10.0km, Width 12.0km, Depth 2.5km, Dip angle 80° . Dislocation 4.5m
- ③. Right strike-slip fault model
Length 10.0km, Width 7.0km, Depth 1.0km, Dip angle 80° . Dislocation 0.72m
- ④. Left strike-slip fault model
Length 10.3km, Width 7.0km, Depth 1.0km, Dip angle 87° . Dislocation 1.9m

Fig. 6 A presumed source model and calculated displacements by the model in August, 2000. (a) Horizontal displacements. (b) Vertical displacements. Shimosato is fixed.

(2) 推定したソースモデルの評価

今回推定したソースモデルが、前項に示したモデルを推定する上で重要な2つのポイントを説明できているかを検討するために、ソースモデルから神津島、新島周辺での水平変位を密に計算した結果をFig.7に示す。Fig.7より、この辺りでは式根島と神津島の間では南東方向へ変位し、新島の東側は北東方向へ、神津島の南側では南西方向へと渦状に変位していることが分かる。

まず、1つ目のポイントであった祇苗島と式根島の変位の方向について見てみると、従来のモデル(寺井等, 2001)よりも観測結果と良い一致を示していることが分かる。

次に、2点目のポイントである新島と地内島の変位量については、観測結果と計算結果は非常に良く一致しており、約3kmしか離れていないにもかかわらず、変位量が大きく異なるということ

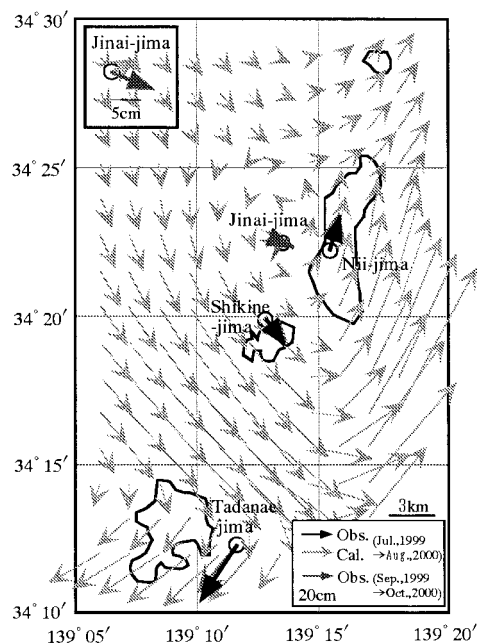


Fig. 7 Horizontal displacements calculated by the presumed model around Kozu-shima and Nii-jima. Shimosato is fixed.

が説明できている。変位の方向については地内島においてはやや異なるが、水平変位のベクトル場から地内島はベクトル場の渦の中心付近に位置し、変位の方向が大きく変わるところにある。従って、モデルパラメータを少し変えたと地内島の変位の方向は大きく変わることが予想され、この点についてはさらにモデルの改良の余地があると思われる。また、このような変位の量や方向の急激な変化は、仮定したモデルのうち、北東-南西方向に拡大し、北西-南東方向に収縮するような地殻変動をもたらすダイク貫入モデル (Fig.6の①) の影響であると考えられる。

(3) 伊豆諸島周辺海域で推定される地殻変動

Fig.8にソースモデルから計算した伊豆諸島の周辺海域で推定される変位量を示す。Fig.8(a)より、水平方向については、北東-南西方向に引張られ、北西-南東方向に縮むような地殻の変形がかなり広い範囲で起きたことが分かる。最も大きく変位したと推定される地点は、ダイクが貫入した中心付近で、最大約2mの変位が起きたと推

定される。

また、Fig.8(b)より、垂直方向の変位は、ダイクの貫入を示すようにダイクを中心として隆起している。特に、ダイクの北側が最も隆起が大きく、最大約1.4mの隆起があったことが推定される。一方で、神津島の北方では沈降が推定されたが、その辺りにはGPS観測点がないため、実際に沈降しているかどうかは現時点では明らかではない。また、三宅島の推定値が観測結果である約30cmの沈降と異なっていることについては、今回の提案したモデルが、三宅島西方でのダイクの貫入や山頂部の収縮を考慮していないためである。

(4) 最終的なダイクの貫入量の推定

今回提案したモデルは、火山活動、地震活動が活発であった時期に対応するものであるため、活動全体のダイクによる開口量や断層のすべり量はもっと大きいはずである。その値を見積もるため、2000年8月の時点でのモデルを地殻変動が落ち着いた2000年10月の観測結果に適用すること

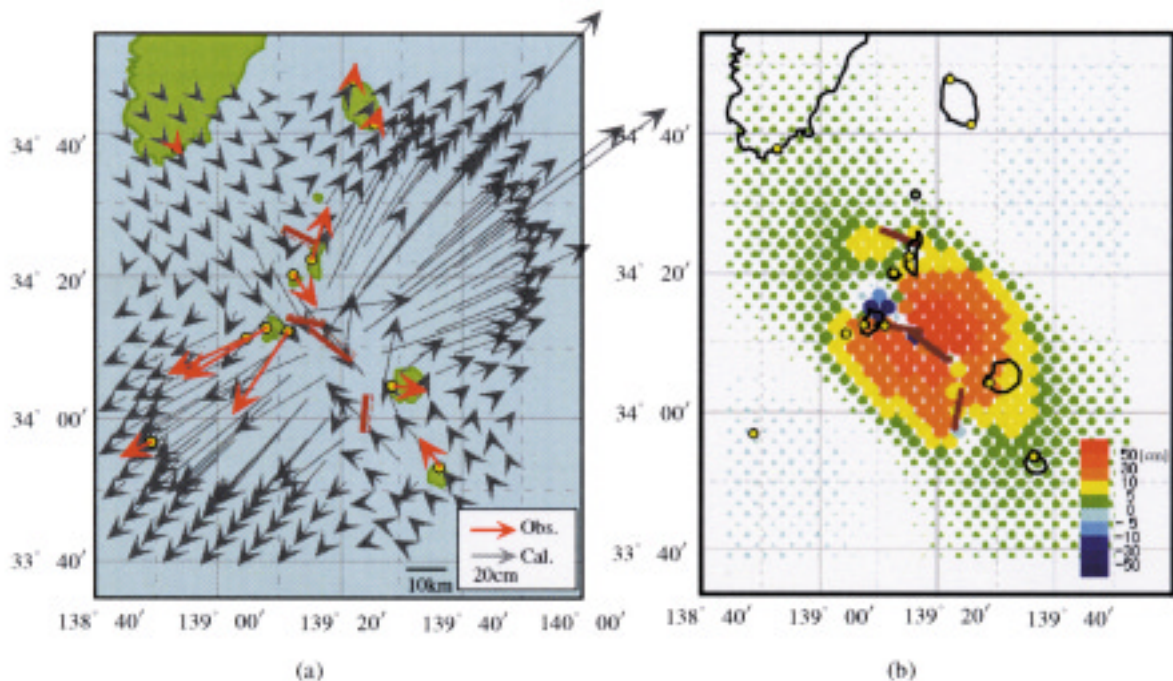


Fig. 8 Displacements calculated by the presumed model around Izu-shoto. (a) Horizontal displacements. (b) Vertical displacements. Shimosato is fixed.

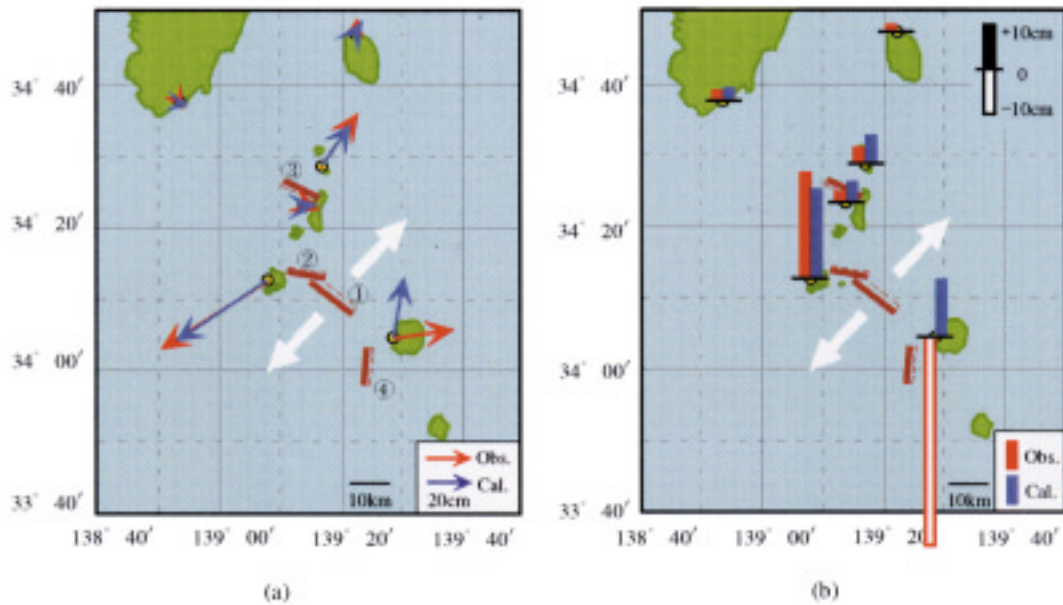


Fig. 9 Calculated displacements when we applied the model to the GPS results in Oct., 2000. Presumed open dislocation of the fault ① is 7.5m and presumed shear dislocation of the fault ② is 6.0m. (a) Horizontal displacements. (b) Vertical displacements. Shimosato is fixed.

を試みる。2 (2) で示したように8月以降変位の方向を大きく変えるようなイベントは存在せず、この間の地殻変動に影響を与えたのはダイクによる貫入と神津島東方での群発地震であると考えられる。そのため、8月の結果から推定したソースモデルのパラメータのうち、ダイクによる開口量と神津島東方の右横ずれ断層のすべり量だけを変化させて、2000年10月の観測結果に最も良く一致する値を求めた。その結果をFig.9に示す。推定の結果、ダイクの貫入による開口量は7.5m (体積にして1.26km³)、断層のすべり量は6mと推定された。2000年10月以降も緩やかな地殻変

動は見られるが、終息しつつあることから、最終的なダイクの開口量や断層のすべり量もおおよそ10月の時点での量と同程度であると思われる。

(5) 以前発生した割れ目噴火との比較

最後に、今回の地震・火山活動の規模の大きさを示すため、同じくダイクの貫入が推定された1986年の伊豆大島の噴火、1989年の伊東沖の火山活動と比較してみる。Table.2にそれぞれの活動ごとにM6クラスの地震の数、M5クラスの地震の数、ダイクが貫入したとされる地点と最寄りの観測地点との距離、観測された最大水平変位量、

Table 2 The comparison of this activity and previous volcanic activities with open dislocations.

	Earth swarm and volcanic activity in Izu-shoto in 2000	Eruption of Izu-Oshima in 1986	Volcanic activity off Ito in 1989
Number of earthquakes of $M \geq 6.0$	5	1	0
Number of earthquakes of $5.0 \leq M < 6.0$	37	2	2
The distance between the point of dike intrusion and the nearest observation point	10~20km	~1km	5~10km
The observed maximum horizontal displacements	50~60cm	about 40cm	about 10cm
The open dislocation	7.5m	2m	a little over 1m

モデルにより推定されたダイクの貫入による開口量を示す。伊豆大島の噴火時の地震の数は気象庁(1987), モデルは石原(1990)によるもので, 伊東沖の火山活動時の地震の数は気象庁(1990), モデルは防災科学技術研究所(1991)によるものである。また, 今回の活動については, 2000年10月の時点での値である。Table.2より, 今回の活動は, 伊豆大島の噴火や伊東沖の火山活動の時に比べてはるかに規模の大きな活動であることが分かる。

4. 2001年6月神津島稠密GPS観測結果との整合性

水路部では, 1997年より神津島の島内7箇所において年に一度GPS稠密観測を行っている。神津島の北東には, 点圧力源があることが示唆されており(木股等, 1999), それを裏付けるかように水路部の過去4回の観測でも年間数cm程度の島の緩やかな膨張が確認されている(Fig.10)。

最近では, 2000年2月と2001年6月に観測を行っており, その変化量は2000年6月からの一連の火山活動, 地震活動による地殻変動を大きく反映したものであることが予想される。そこで, 本節



Fig. 10 The results of GPS dense observation at Kozu-shima from Jan., 1997 to Feb., 2000. Western Mt.Tenjo is fixed.

では, この神津島島内のGPS稠密観測の結果と2000年10月の時点でのソースモデルにより推定される変位量とを比較し, 局所的な神津島島内の地殻変動について考察する。ただし, 神津島の北東にある観測点では, 2000年7月の地震で道路が塞がってしまい, 2001年6月には観測できなかったため, この点を除く6箇所について議論を行う。

まず, 神津島全体の変位を把握するため, 下里を固定した時の各観測点の変位をFig.11に示す。神津島全体は2000年2月から2001年6月までに, 南西に50~80cm移動し, 20~30cm隆起しており, これは2(2)で示したキャンペーン観測の結果と調和的である。

次に, 島内の局所的な変位を調べるため, 神津島の中心付近にある天上山西口点を固定した時の各観測点の変位(観測値)をFig.12に示す。また, 3(4)のソースモデルにより推定される変位量(計算値), 観測値と計算値との差も同図に示す。

Fig.12(a)の観測結果は, Fig.10に示された2000年2月までの年間数cmの島の膨張と大きく異なり, 2000年6月以降の地震活動で神津島島内において非常に特徴的な右回りに回転するような10cmから20cmの変形が見られることが分かる。ソースモデルによる計算結果も完全に一致しているというわけではないが, ほぼ同様な変位を示しており, 観測結果を良く表している。また, この右回りの変位はFig.7で示した神津島, 新島周辺の水平変位ベクトル場の流れとも調和的である。

一方, もしかつて観測されていた島の膨張が継続的なものならば, 観測結果から計算結果を除いた変位は神津島の膨張を表すことが予想されるが, Fig.12(a)の観測値と計算値との差はFig.10で示したような膨張を示していない。このソースモデルは2000年6月から10月までの変位を説明するものであり, 現在のところ今回の地震活動が神津島の膨張のメカニズムを変化させたかどうかは明らかではないが, このことに関しては, 今後の稠密観測により明らかになると期待される。

また, 島内の垂直方向の変位は, Fig.12(b)より, 隆起の量は島の南東側の方が大きいことが分か

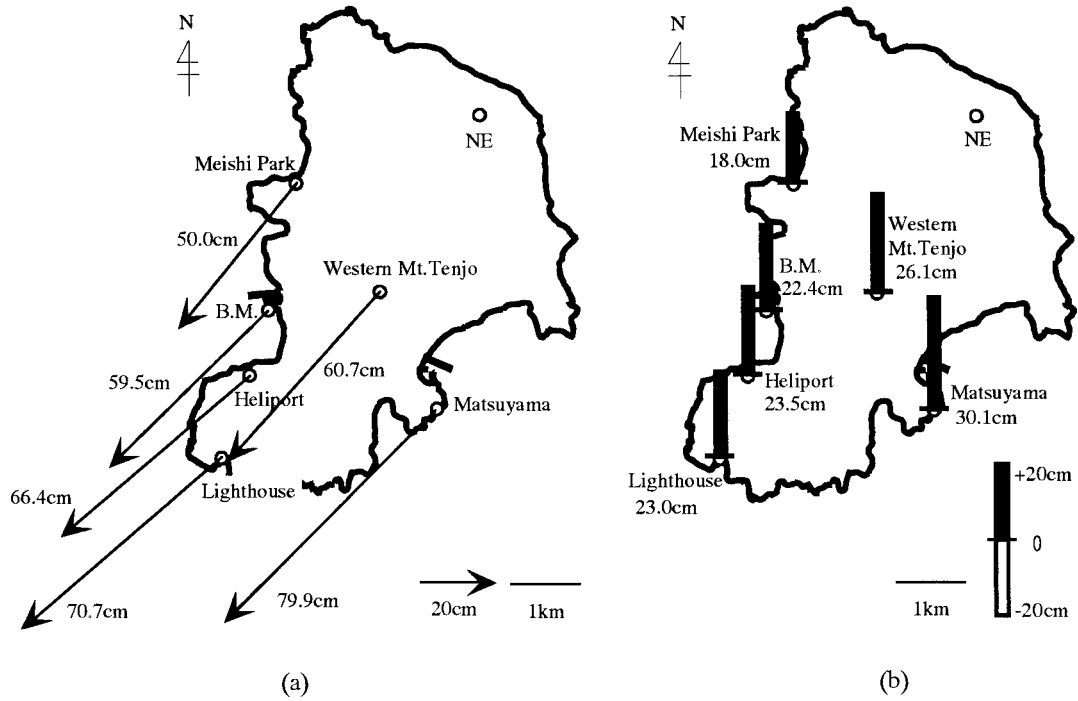


Fig. 11 Displacements in Kozu-shima, derived from the comparison of the previous observations (Feb., 2000) and the latest observations (Jun., 2001). (a) Horizontal displacements. (b) Vertical displacements. Shimosato is fixed.

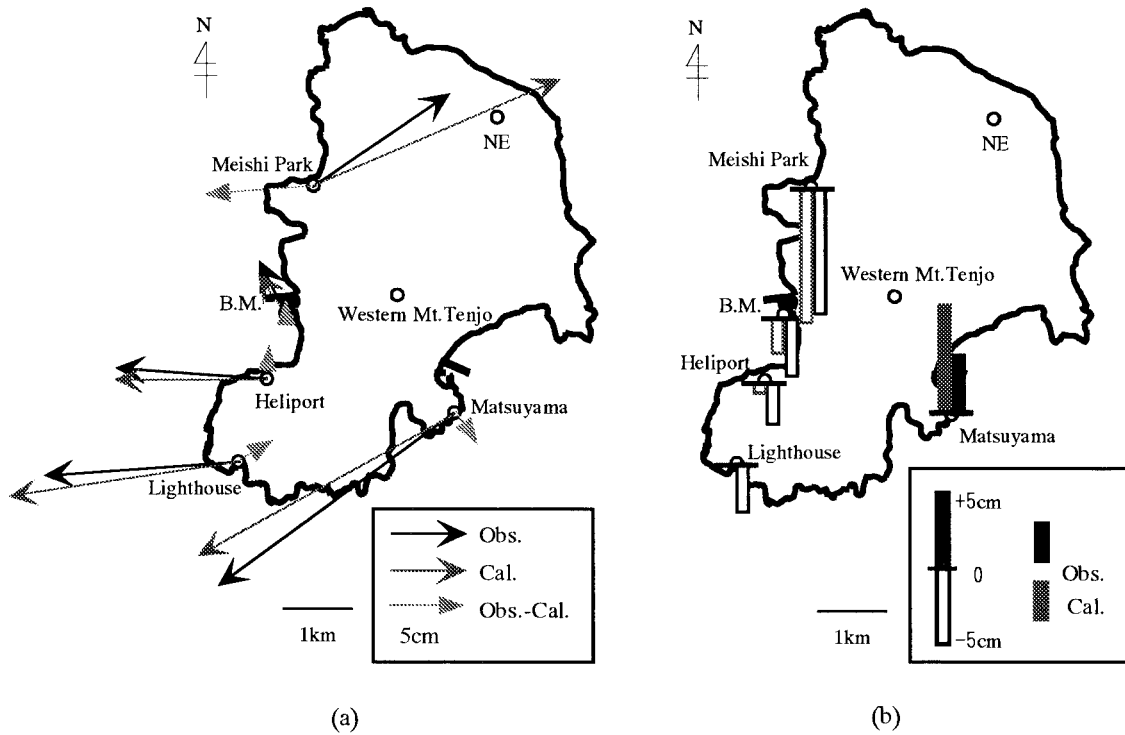


Fig. 12 Displacements in Kozu-shima, derived from the comparison of the previous observations (Feb., 2000) and the latest observations (Jun., 2001), and calculated displacements by the model applied to the GPS results in Oct., 2000. (a) Horizontal displacements. (b) Vertical displacements. Western Mt. Tenjo is fixed.

る。ダイクが貫入したと推定されるところに近い方が大きく隆起していることから、ダイクの貫入に伴い地殻が隆起していることを示している。また、ソースモデルによる計算結果も観測結果と同じ傾向を示している。

以上より、神津島島内では、水平方向は右回りに回転するような変形をしながら、島全体が南西へ約60cm移動し、垂直方向は島全体として20~30cm隆起しており、隆起の量は島の南東ほど大きいことが分かった。また、南関東を含めたGPS観測結果から推定したソースモデルは、局所的な神津島島内の地殻の変形とも調和的であることが確認できた。

5. まとめ

今回、海域における観測データの不足を補うため、水路部の観測点（固定観測点、キャンペーン観測点）のデータだけでなく、伊豆諸島や房総半島で得られた国土地理院の電子基準点のデータも用いることで、2000年6月末以降の三宅島の火山活動とそれに伴う伊豆諸島における地震活動による地殻変動をより面的に捉えることができた。さらに、その結果を用いてインバージョン解析を行うことにより、観測結果を説明する一つのソースモデルを提示した。その結果、三宅島-神津島間のダイクの貫入による開口量は7~8mに及ぶことが推定された。また、このモデルは火山活動、地震活動が活発な2000年8月の結果を用いたものであったが、地殻変動が落ち着いてきた同年10月の観測結果や局所的な神津島島内の地殻の変形とも非常に調和的であることが確認できた。

但し、今回の活動域が海域であったため、観測点と震源地との距離も遠く、観測データの量も決して十分であったとは言えず、ここで示したモデルの位置や大きさ等のパラメータを一意的に決定することは非常に困難であるということに注意する必要がある。しかし、各観測結果との整合性を見る限りにおいて、仮定したダイク貫入モデル、横ずれ断層モデルは妥当であり、また推定されたダイクの開口量及び断層のすべり量も有意な値で

あると考えられる。

6. 終わりに

本稿におけるソースモデルの決定に際しては、新島と地内島、祇苗島と式根島のように数km~十数kmしか離れていないにもかかわらず、観測された変位の量や方向が大きく異なるという観測結果が非常に重要であり、水路部が年に1度行っている岩礁でのGPSキャンペーン観測の重要性を再認識した。海域における地殻変動のメカニズムを解明するためにも今後一層のGPS観測体制の強化、継続が望まれる。

謝 辞

本稿の作成にあたり、東京大学地震研究所の震源分布、国土地理院の電子基準点データを利用して頂きました。深く感謝いたします。

要 約

伊豆諸島と南関東におけるGPS観測データのインバージョン解析を行い、2000年6月末以降の三宅島の火山活動とそれに伴う伊豆諸島の群発地震による地殻変動を説明するソースモデルの推定を行った。観測点の少なさや配置の偏りから、モデルを一意的に決定することは困難であるが、開口割れ目に加えて地震に伴う横ずれ断層を加えることで観測結果を良く説明できた。推定の結果、三宅島-神津島間ではダイクの貫入により、北東-南西方向に7~8mの開口があったと考えられる。また、この推定されたモデルは2001年6月に実施した局所的な神津島のGPS稠密観測による結果とも非常に調和的で、モデルが有意であることが示された。

参 考 文 献

Nishimura, T., S. Ozawa, M. Murakami, T. Sagiya, T. Tada, M. Kaidzu and M. Ukawa : Crustal Deformation caused by magma migration in the northern Izu Islands, Japan, *GRL*, **28**, 3745-3748, (2001).

- Yabuki, T. and Matsu'ura, M.: Geodetic data inversion using a Bayesian information criterion for spatial distribution of fault slip, *Geophys. J. Int.*, **109**, 363-375, (1992).
- 石原和弘：地殻変動・重力等の測定によるマグマ活動の検知, 火山, **34**, S235-S246, (1990).
- 海上保安庁水路部：海上保安庁のGPS地殻変動監視観測, 地震予知連絡会会報, **65**, 279-288, (2001).
- 気象庁地震予知情報課：伊豆大島近海の地震活動 (1986年11月～12月), 地震予知連絡会会報, **38**, 230-236, (1987).
- 気象庁地震予知情報課：伊豆半島およびその周辺の地震活動 (1989年5月～10月), 地震予知連絡会会報, **43**, 140-156, (1990).
- 気象庁地震予知情報課：1885年からの三宅島及び新島・神津島近海のM6以上の地震と震度分布, 地震予知連絡会会報, **65**, 162-165, (2001).
- 気象庁地震予知情報課：日本周辺のM5以上の地震と主な地震のメカニズム解 (2000年5月～2000年10月), 地震予知連絡会会報, **65**, 688-695, (2001).
- 気象庁地震予知情報課：関東・中部地方とその周辺の地震活動 (2000年11月～2001年4月), 地震予知連絡会会報, **66**, 114-122, (2001).
- 木股文昭, 仮屋新一, 藤田雅之, 松本邦雄, 田部井隆雄, 瀬川爾朗, 山田晃子：GPS観測による神津島島内における地殻変動 (1996年7月-1997年11月), 火山, **44**, 13-22, (1999).
- 国土地理院：伊豆半島およびその周辺の地殻変動, 地震予知連絡会会報, **65**, 170-269, (2001).
- 寺井孝二, 矢吹哲一朗, 笹原昇, 河合晃司, 深野慶太, 佐藤まりこ, 仙石新：伊豆諸島の岩礁における地殻変動観測及び三宅島噴火による周辺海域の地殻変動, 水路部研究報告, **37**, 73-86, (2001).
- 東京大学地震研究所：三宅島火山, 神津島・新島地震活動情報, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/MIYAKE/index.shtml>
- 防災科学技術研究所：地殻変動より見た1989年伊東沖の地震・火山活動, 地震予知連絡会会報, **44**, 159-171, (1991).