

三宅島西方・群発地震発生海域の地殻構造と銭州海嶺北部のテクトニクス†

植田義夫\*, 加藤幸弘\*\*, 三宅島西方海域調査班

Crustal Structure Beneath the Swarm Earthquake Zone in the West of Miyake-jima Island and the Related Tectonics of the Northern Part of the Zenisu Ridge†

Yoshio UEDA\*, Yukihiro KATO\*\* and the Seabottom Survey Team in the West of Miyake-jima Island

Abstract

In response to the eruption of Miyake-jima volcano starting in June 27, 2000 and the associated swarm earthquakes in the west of Miyake-jima island, the comprehensive surveys and ocean bottom earthquake observation were conducted by the Japanese Hydrographic Department. Some of the survey results and the derived sub-bottom structure were presented with consideration of tectonics as to the northern part of the Zenisu ridge inferred from geophysical data of topography, magnetic and gravity anomalies covering the northern part of the Izu-shoto region. The narrow multi-beam soundings in the west of the Miyake-jima island show the small volcanic cones in the southeast offing of the Koze-shima island. The seismic records proved the existence of many normal faults segmenting the sedimentary layers, which may imply the compressive stress field in NW-SE direction. It is also confirmed that the swarm earthquake region coincides well with the northeastern edge of magnetic basement high. Magnetic basement highs implying the dyke intrusion were also recognized between the Nii-jima and Koze-shima islands. These features may suggest upwelling of magma through NW-SE trending deep fractures caused by regional stress field. The general distribution of magnetic and gravity anomalies covering the northern part of the Izu-shoto region, show the good correspondence with the tectonic lines inferred from seismic activity. The northern part of the Zenisu ridge has been segmented into three part, Omurodashi, Nii-jima, and Koze-shima blocks, and in between there exist magnetic basement highs implying the dyke intrusion through the deep fractures in the crust.

The deflection of the major axis of Nii-jima islands is ascribed to the rotational movement caused by the huge dyke intrusions occurred in the east of the island.

1. はじめに

2000年6月26日から活発化した三宅島山頂下の地震活動は、同日夜から三宅島西方海域へ移動し、翌日27日には三宅島大鼻西方沖で海底噴火による

変色水が確認された。その後、地震活動の中心は神津島、新島、式根島とその近海に移動し、M6以上の地震を含む群発地震となり、人的被害を含め家屋の倒壊や崖崩れ等の被害をもたらした。このような三宅島西方海底下で活発化した地震現象

† Received 2000 November 30th.; Accepted 2001 February 19th.

\* 海洋研究室 Ocean Research Laboratory.

\*\* 企画課 Planning Division.

は、当初は三宅島の火山活動とは別の原因であると考えられたが、地震活動の長期化とともに、三宅島のマグマの西方海底下への移動と結びつけて考えられるようになった。

水路部では、このような群発地震の発生している海域の構造を捉えるため、同海域の総合的調査を6月以降のべ3回にわたって実施した。その中では、三宅島海底噴火口のサイドスキャンソナーによる発見もふくまれている。本論文では、主に三宅島西方海域の海底下構造に関連した調査成果を紹介し、あわせてこの海域を含む広域テクトニクスについても言及し、今後の同海域での火山及び地震・火山活動の機構解明への手掛かりとした。

## 2. 調査概要

今回の三宅島噴火を契機に実施した、三宅島西方海域の海底調査の主なものをTable 1に成果とともにまとめた。これらの調査成果については、一部が既に水路部ホームページで公開されている。第1回目の調査は、測量船「昭洋」によるもので、三宅島の緊急火山情報が出されたため、急遽当初計画を変更して三宅島西方海域調査に振り替えたものである。此の調査では、海底地形・音波探査・地磁気・重力に加え、海底地震計の設置、マンボウIIによる変色水の採取を行うとともに、マルチサイドスキャンソナーによる海底調査を実施した。Fig.1はこのときに得られたサイドスキ

Survey ship	Period	Item
Shoyo	2000/6/26-7/18	Narrow multi-beam sounding Side scan sonner imaging Single channel seismic Magnetic and gravity Seismic observation by Ocean bottomseismograph(OBS) Sampling of colored water
Meiyo	2000/7/30-8/3	Withdrawing of OBS Multi-beam sounding Magnetic survey
Meiyo	2000/10/6-10/13	Multi-beam sounding Single channel seismic Magnetic survey

Table 1 Survey cruises of the swarm earthquake zone in the west of Miyake-jima island by JHD.

ャンソナーによる三宅島西方大鼻沖の海底モザイク画像である。サイドスキャンソナーによる調査ではFig.1のAに見られるように変色水の発生源となった火口列が大鼻西方約1.5km(北緯34度5.2分、東経139度28.1分)水深85mの海底で発見された。火口列は、ほぼWNW-ESE方向に配列する3つの火口からなり、その大きさは最大で20m×50mである。また、火口列の北西300mから700m付近にダイクの貫入で形成されたと推定される3列の地溝状の亀裂が発見された。なを、火口列については東大地震研究所のグループによる潜水艇による調査がその後実施され、火口底から熱水が噴出していることが確認されている(白尾ほか, 2000)。

第2回目の調査は測量船「明洋」による調査で、海底地震計の回収が主に実施された。第3回目の調査は同じく「明洋」による海底調査で、三宅島西方海域を震源とする群発地震海域のマグマ活動の解明に必要な海底下構造を求めるための調査である。この調査では、第1回目に引き続き、精密海底地形調査、音波探査、地磁気、重力の調査を実施した。本論文では、第3章で主に今回の三宅島西方海域の調査成果を紹介し、第4章では今回の活動に関連する、神津島、新島を含む銭州海嶺北部の広域テクトニクスについて考察する。

## 3. 三宅島西方海域の海底地形

### 3. 1. 地形の特徴

Fig.2は三宅島を含む伊豆-小笠原弧北部の海底地形、Fig.3(a),(b)は今回の海底調査データと以前の調査成果をもとに作成した三宅島西方海域及び神津島東方海域のシービーム海底精密地形図である(芝田・渡辺, 1994; 芝田ほか, 1995)。三宅島は大島から南へ続く伊豆-小笠原弧の火山フロントに位置し、その基底深度は水深300mから400mの等値線で示される。三宅島の南約25kmには水深1200m付近を基底深度とする御蔵島(標高851m)が位置する。また、御蔵島南西の水深1500mから1600mの御蔵海盆には御蔵海山と蘭灘波島がほぼ南西に連なっており、伊豆-小笠原弧北部の背弧側での雁行状の地形配列の方向とよく

*Crustal Structure Beneath the Swarm Earthquake Zone in the West of Miyake-jima Island and the Related Tectonics of the Northern Part of the Zenisu Ridge*



Fig.1(a) Mosaic map of the seabottom craters on the western flank of Miyake-jima island obtained by multi-beam side scan sonner(system-5400). Five parallel track lines trending in the N-S direction are shown. Sweep width along survey line is about 150m. Each image was overlapped about 60% in the sweep direction.

A: Three craters located about 1.5km west from the coast of Miyake-jima island.

B,C,D,E,F: seabottom cracks in the western flank of Miyake-jima island, which might be created due to magma intrusion on June 27.

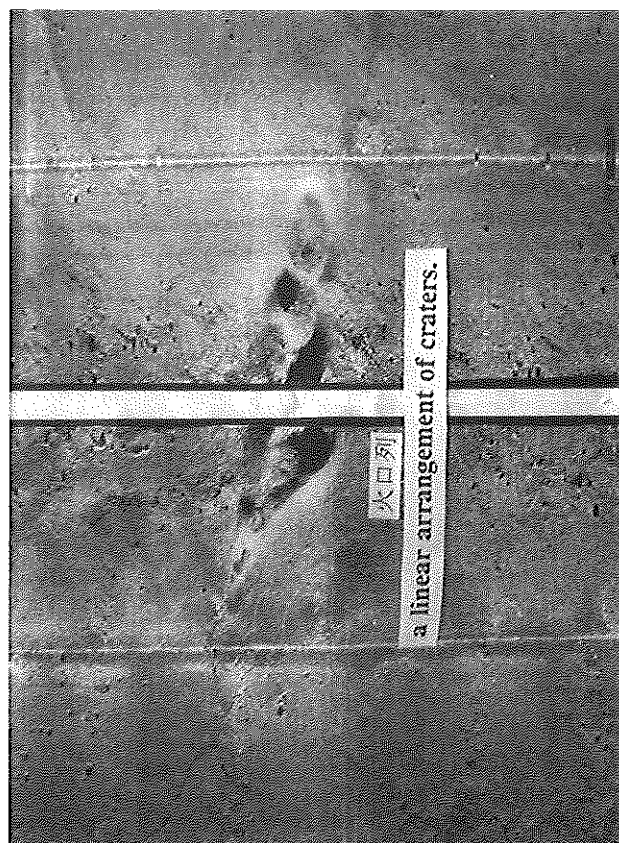


Fig.1(b) Large scale map of the area A in Fig.1(a).

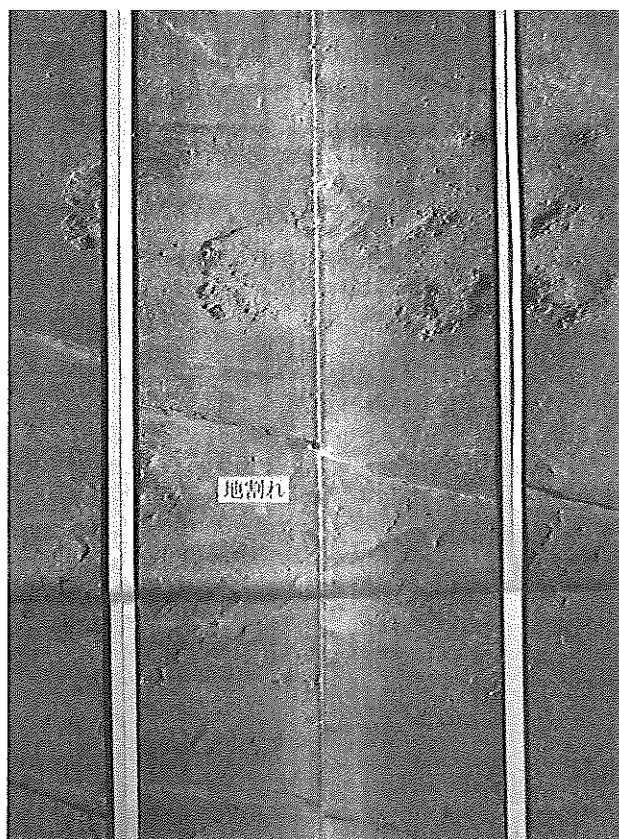


Fig.1(c) Large scale map of the area B in Fig.1(a).

一致する。一方、新島、神津島は銭洲海嶺上に位置する火山で、流紋岩質の溶岩円頂丘が地形的高まりを形成している（一色，1980；一色，1987）。神津島-新島の北東方の延長部は大室ダシの浅瀬となっている。三宅島の南西付近から西側には、大野原島、神津中瀬の浅瀬が西～西北西へと伸びている。神津島と新島の間には水深200m以浅の等深線に見られる凹部が北西方向に海嶺を切る形で入りこんでいる。又、新島の地形的高まりの配列方向もこの凹部を境により北側に変位しており、この凹部が構造的起源である可能性を示唆している。新島東方海域の精密海底地形図では、陸棚斜面に海底谷地形が刻まれていることが認められる。音波探査結果では、谷地形の下部に断層が認められることから、このような海底谷地形の形成に関しては構造的要因が推察される。一方、神津島東方海域では、神津島南東10数キロ付近に北西-南東方向に延びる小海丘状の地形的高まりが認められる。この北西延長部は祇苗島から神津島島内のNW-SE系の火山配列に連なり（谷口，1980）、さらに銭洲海嶺を横断して神津島北西約7 kmの火山性海丘に至る(Fig.3(a),(b); A,B,C,D)。このような海丘列の存在は、新島付近 (Fig.3(a), G,H,J) や式根島付近(Fig.3(a); E,F)にも認められることから、過去においても北西-南東方向につながるダイクの貫入とそれに伴う海底噴火が発生していたことを示唆する。一方、今回の、群発地震発生海域の中心部付近の地形については、特に海底噴火を示唆するような特徴的地形は認められず、今回の群発地震に伴った海底噴火はなかったものと推察される。

### 3. 2. 音波探査結果

神津島と三宅島の間で発生した群発地震発生海域の地質構造を求めため、2回にわたって音波探査を実施した。第1回目は、西北西-東南東に分布する群発地震域にほぼ直交するNE-SW方向について、測量船「昭洋」に搭載されている音波探査装置を用いて実施し、2回目は測量船「明洋」により1回目の測線にほぼ直交するNW-SE方向

の測線で音波探査を実施した。1回目の測線をFig.4に、また図中の測線番号6、8の記録断面をFig.5(a),(b)に示した。Fig.5(a),(b)に示すように、表層部は層厚約0.2秒（往復秒）の水平に広がる堆積層で覆われているが、それ以下の地層は、複数の正断層により切られていることがわかる（加藤，2000）。このような正断層は海底谷の下部にも認められる。表層部の堆積層の供給源については、柱状資料がないため確定的なことは言えないが、新島や神津島からの火山砕屑物も相当量含まれていると考えられる。表層部以深の正断層群の走向は2回にわたる音波探査記録の比較からNW-SEと推察され、この付近の最大圧縮軸方向とほぼ一致する。今回の、神津島東方海域の群発地震海域の付近の音波探査記録には、ダイクの貫入を示唆するような大規模な構造は認められないが、一部に基盤の隆起を示唆する記録が認められる(Fig.5(a),(b)のC)。ちなみに、平成5年2月に実施した神津島東方海域の音波探査結果では、今回の群発地震の震源域付近にダイクの貫入を示唆する記録が取れている(Fig.5(c)のB; 海上保安庁水路部，1996)。音波探査海域の北東縁にあたる新島東方付近の音波探査記録には、磁気異常に対応する音響基盤の隆起部が認められる (Fig.5(a),(b)のD)。

### 3. 3. 地磁気異常

#### 3. 3. 1. 磁気異常と磁気基盤

Fig.6は今回の測量結果を中心にまとめたIGRF1995による三宅島西方海域の磁気異常図である。この図では、大島や三宅島付近は陸域のため、周辺海域からの補間で示しているが、航空磁気測量では、振幅1000nT以上の高異常を示すことがわかっている（植田ほか，1983）。海域部では三宅島の南側の山麓付近から大野原島にかけてほぼ西方に振幅500nT以上の高異常域が認められる (Fig.6; N,M)。これらの異常は三宅島や大野原島が玄武岩ないし安山岩の溶岩と火山砕屑物から構成されていることと調和的である（一色，1960）。大野原島からWNWにかけては神津中瀬の隆起部が存在するが、磁気的には比較的平坦である。新

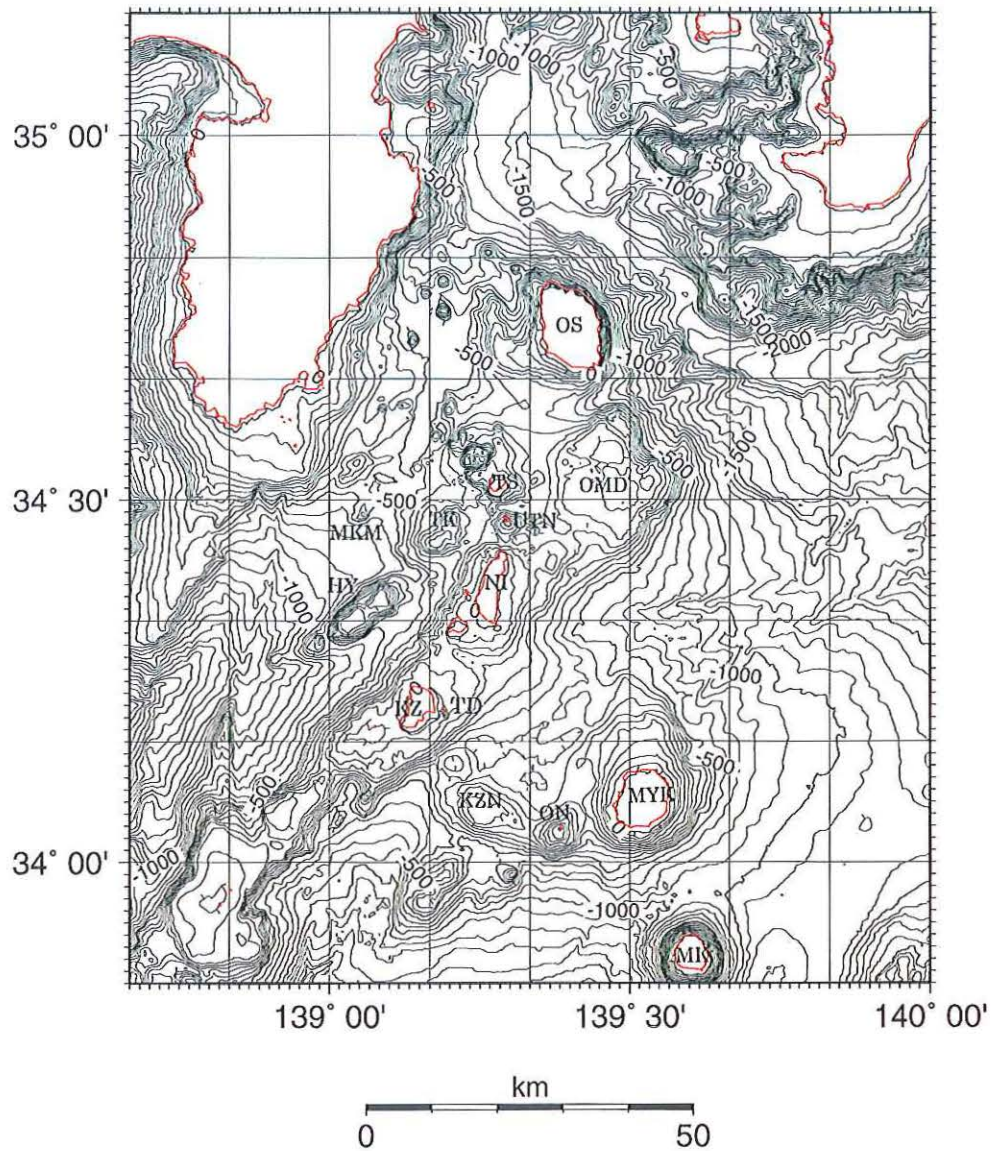


Fig.2 Topography of the northern part of the Izu-Shoto.

Contour interval is 50m in the area shallower than 500m and 100m deeper than 500m.

OS:Oshima, MYK:Miyake-jima, NI:Nii-jima, KZ:Kozu-shima, TD:Tadanae-shima, TS:To-shima, SK:Shikine-shima, UTN:Utone-jima, ON:Onohara-shima, TK:Takase, OMD:Omurodashi, HY:Hyotanse, KZN:Kozunakase, MKM:Mikomoto-shima.

*Crustal Structure Beneath the Swarm Earthquake Zone in the West of Miyake-jima Island and the Related Tectonics of the Northern Part of the Zenisu Ridge*

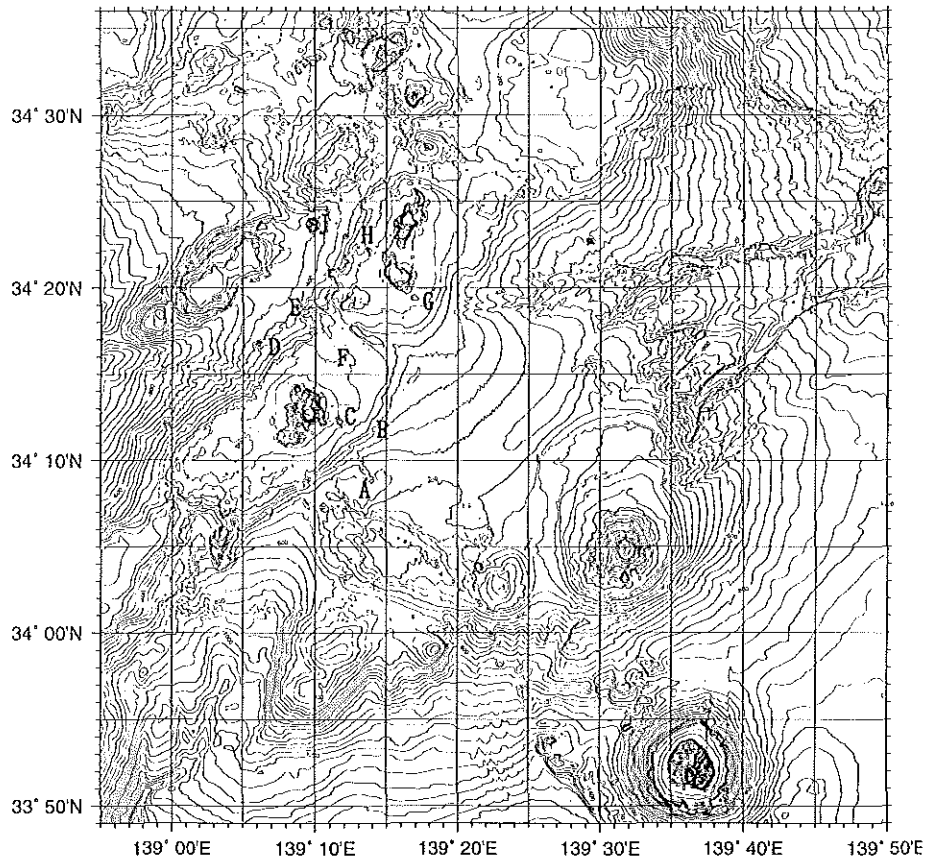


Fig.3(a) Detailed topography in the vicinity of Miyake-jima, Kozu-shima and Nii-jima islands. Small knolls arrangement are shown by alphabetic characters as (A-B-C-D), (E-F), and (G-H-I).

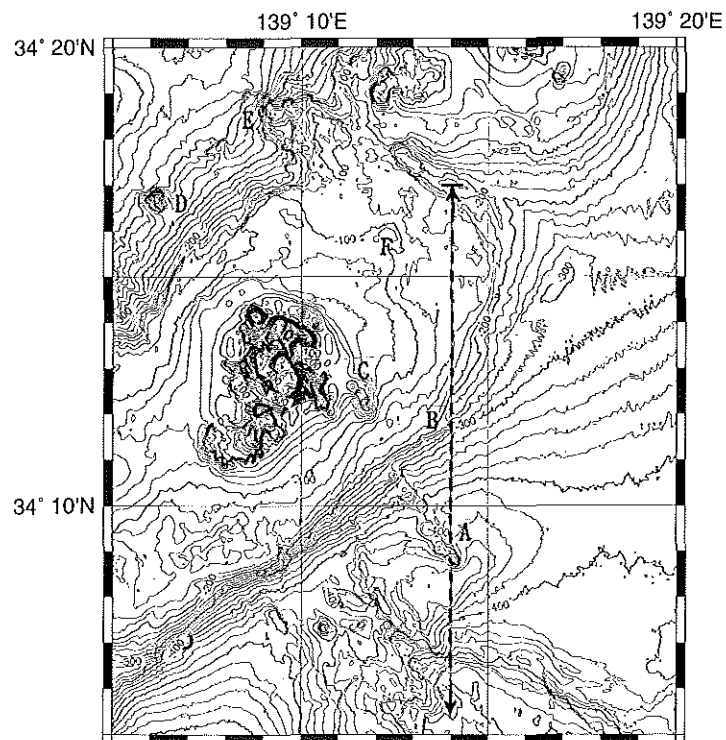


Fig.3(b) Detailed topography around Kozu-shima.

A seismic record along a broken line is shown in Fig.5(c).

Small knolls are indicated by alphabetic characters(A,B,C,D,E,F).

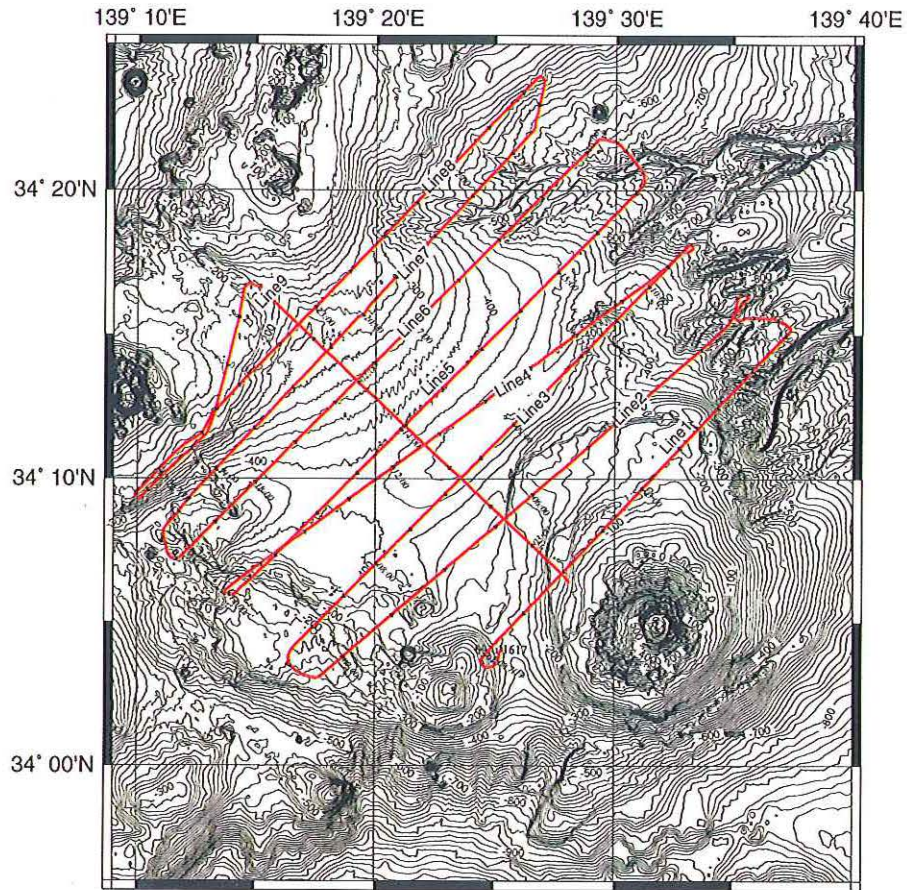


Fig.4 Track lines of single-channel airgun seismic survey by S/V Shoyo.

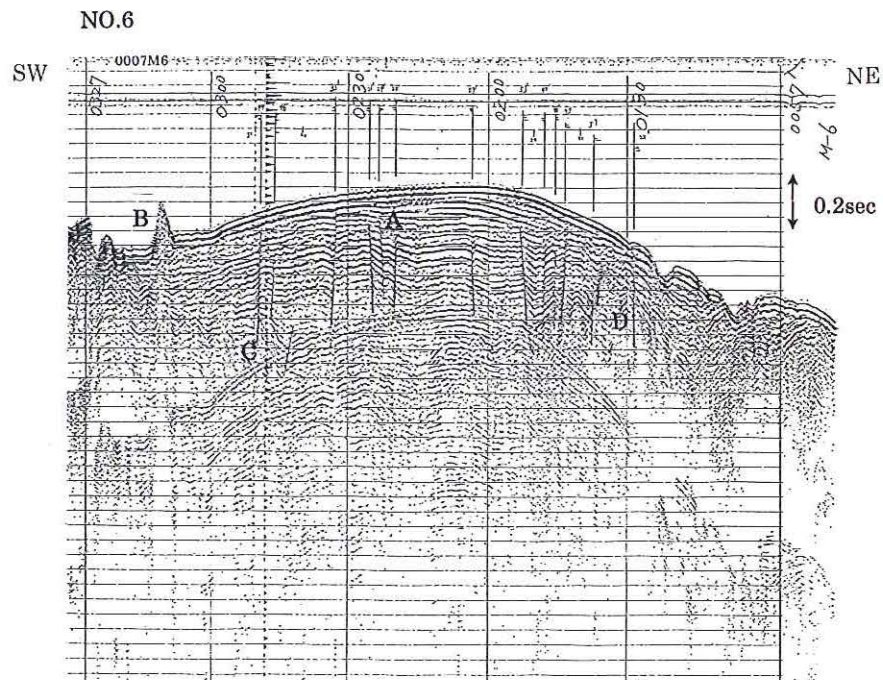


Fig.5(a) Seismic record along line-6 shown in Fig.4.

- A: Normal faults segmenting the sedimentary layers.
- B: Volcanic small knoll, C:convex feature of sedimentary layers.
- D: Acoustic basement corresponding magnetic basement high(Fig.7;F).



*Crustal Structure Beneath the Swarm Earthquake Zone in the West of Miyake-jima Island and the Related Tectonics of the Northern Part of the Zenisu Ridge*

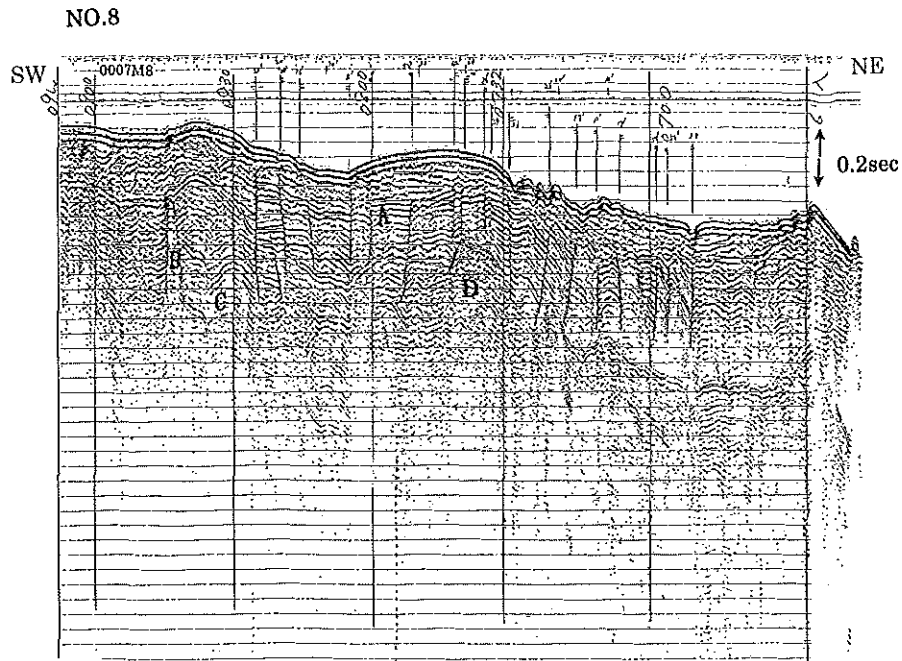


Fig.5(b) Seismic record along line-8 shown in Fig.4.

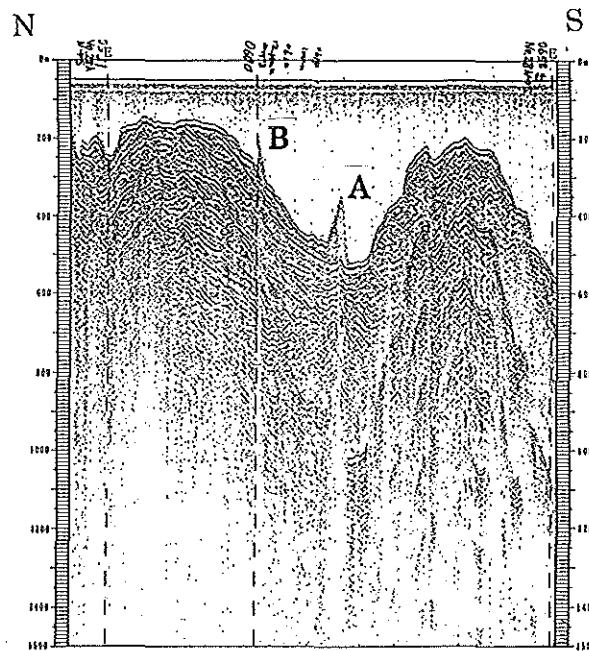


Fig.5(c) N-S seismic record of the volcanic cones to the southeast of Koze-shima.

Northward point is  $34^{\circ} 17'N$  and southward point is  $34^{\circ} 01'N$  along  $139^{\circ} 14'E$  respectively. A part of survey line is shown in Fig.3(b).

A: Volcanic knoll in the southeast of Koze-shima.

B: Volcanic small knoll at  $139^{\circ} 14.0'E$ ,  $34^{\circ} 11.7'N$ , where is the southwestern margin of the swarm earthquake zone.

島から神津島付近の200m等深線で囲まれた浅所にも、短波長の局所的な異常が認められる (Fig.6 :A,B). 新島, 神津島は主に磁化の弱い流紋岩質の溶岩から構成されているが, 新島北部の若郷火山のように一部に玄武岩質の単成火山が存在する. また, 新島北方の鵜渡根島は玄武岩質の火山島であることから (一色, 1978), ここで見られたような局所的な磁気異常も, 珪長質の基盤岩に貫入した比較的磁性の強い玄武岩質の岩脈によるものと推察される. このように海域部の磁気異常は, バイモーダルな火山活動の存在を示唆する. Fig.6では新島東方海域にも局所的異常と振幅500nT以上の中規模程度の波長を持つ磁気異常が認められる (Fig.6 P). Fig.7はFig.6の磁気異常を

もとにFFTインバージョン法 (Oldenburg,1974; Ueda,1994) により求めた磁気基盤深度である. ここでは磁化強度は5.0A/m, 平均深度500m, 磁化方向は現在の磁場方向を仮定している. この図からは, ①新島から神津島にかけては, 弱い磁化を反映して全体として磁気基盤の凹部となっているが, その中に磁性岩体の局所的な貫入を示唆する磁気基盤の隆起部が存在する (Fig.7; A,B,C,R) ことがわかる. このうち, Rは磁気基盤の凹部であるが, プーゲー重力異常図 (Fig.8(b)) では局地的な凸部に対応することから, 逆磁化を示す貫入岩体と推察される, ②大野原島付近から神津島東方にかけて磁気基盤の隆起部が北西方向へ延びている (Fig.7; D-E,N), ③新島東方4 km付近に磁

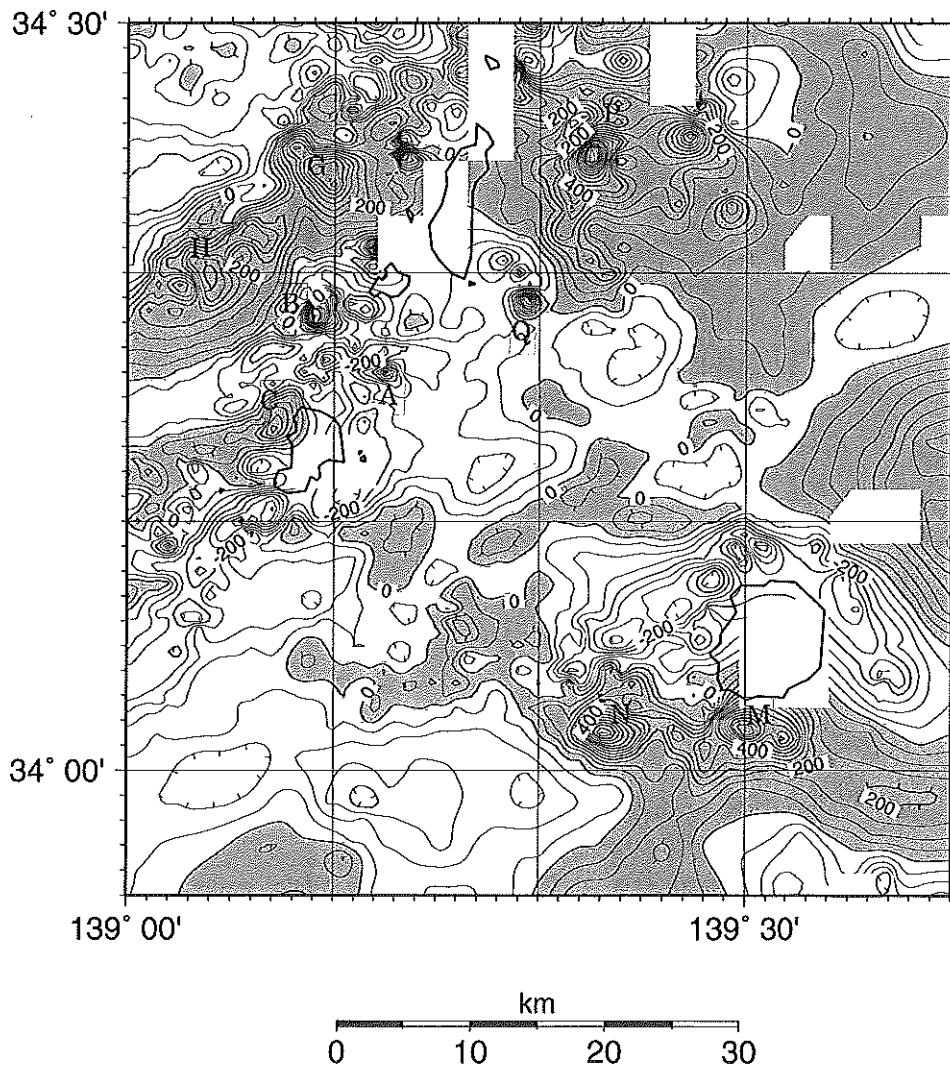


Fig.6 Total intensity magnetic anomalies in the vicinity of Miyake, Kozu and Nii-jima islands. Contour interval is 50nT. Shaded zone means positive area.

気基盤の顕著な隆起部が存在する(Fig.7:F), 等の特徴が認められる. 特に, 今回の神津島東方群発地震の震源域は②の磁気基盤隆起部の北東縁で, ①の隆起部(Fig.7:C)は, この北西延長部にほぼ位置しており, 付近の地形に見られる火山性海丘列の方向とも一致することから, NW-SE方向の亀裂が, 銭州海嶺の深部にまで達することを示唆するものとして注目される. 神津島では, 1996年以降のGPS観測から北東上がりの顕著な傾斜変動と南西方向への水平地殻変動がとらえられており, その原因としては神津島北東の海底下に推定されるマグマ溜りの膨張が原因と考えられている(木股ほか, 1999). その地理的位置は先に述べた磁気基盤の隆起部の延長上にあることも, このような見方を支持するものと考えられる. 銭州海嶺の北西側の高瀬, ヒョウタン瀬は磁気基盤の隆起部で (Fig.7:G,H), 安山岩~玄武岩質の岩体で

成されていることを示唆する.

### 3. 4. 重力異常

今回の調査では述べ3回の船上重力計による重力測量を実施したが, 第一回目の測量では, 群発地震が多発し, そのたびに船上重力計が停止するという事態となり, ほとんどデータがとれなかった. その後の調査では地震活動も減少し正常な観測ができたが, 資料整理が遅れたため, ここで示す結果は, 今回の調査結果ではなく, 1993年に実施した測量船「明洋」の測量成果(芝田ほか, 1995)をもとにまとめたものである. Fig.8(a)は三宅西方海域のフリーエア重力異常図で, Fig.8(b)は仮定密度 $2.67\text{g/cm}^3$ のブーゲー重力異常図である. なおブーゲー異常を計算するために用いた地形は10秒メッシュのデジタル水深値である(浅田 昭, 私信).

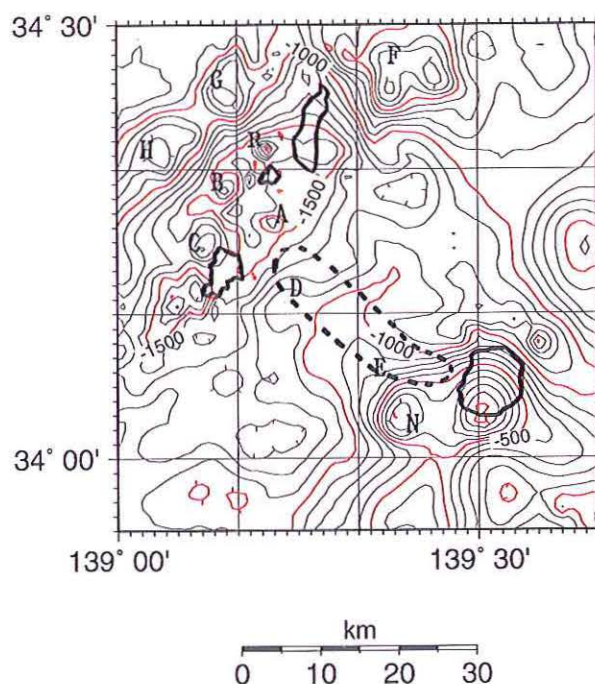


Fig.7 Magnetic basement relief derived from magnetic anomalies shown in Fig.6.

Contour interval is 100m.

A,B,C, and R : Magnetic basement highs which indicate volcanic dikes intruded the basement of the Zenisu ridge. The magnetic basement high shown by R is estimated to be reversely magnetized. D-E: Magnetic basement high trending northwestward from the Onohara-shima island. The swarm earthquake zone is shown by a closed dotted line. F: Magnetic basement high to the east of Nii-jima island, G,II are magnetic basement highs corresponding to the Takase ridge.

フリーエア重力異常では、神津島東方海域の群発地震震源域は96mGal から110mGalで、周辺海域に比べ相対的に低異常域となっている。又、新島から式根島付近も100mGal以下の低異常域が広がっている。一方、三宅島の西側から北側にかけては、120~130mGalの高異常域が三宅島を取り囲むように分布しており、その西側と北西側の急変部には、断層が確認されている(海上保安庁水路部, 1995)。ブーゲー重力異常では、新島付近から神津島東方海域はブーゲー重力異常が最も低いところで、この付近で地殻内部の花崗岩層が厚くなっていることが推察される。また、新島東方から三宅島西方にかけて、南北方向の重力異常の急変部が認められ、この部分が地殻構造の急変部に相当することが推察される。神津島東方海域は、ブーゲー重力異常図でも相対的に凹部となっているが、群発地震発生海域では、若干の鞍部となり、凹状の異常域がNW-SEの隆起部で2分されることが認められる。式根島付近の低異常域は、銭州海嶺をほぼ東西に横断しているが、この付近は地形的にも凹部が入り込んでいるところでもあ

る。式根島の北方約3km付近には局所的に相対的に4mGalの正異常域が存在する。この部分は、磁気基盤の凹部となっていることから(Fig.5;R), 逆磁化を持つ貫入岩体に対応する重力異常と推察される。神津島の北部沿岸部から北東方向には相対的に約16mGalの凸のブーゲー重力異常が銭州海嶺を横断するように分布している。この付近には既に述べたようにマグマ溜りの存在が推定されているところであり、そのような構造がブーゲー重力異常に反映している可能性が考えられる。

三宅島や大野原島付近のブーゲー重力異常をみると、島全体がブーゲー重力異常の相対的凹部にあり、火山体の地下では上部地殻が相対的に厚くなるような「根」をもっていることが推察される。

#### 4. 海域の広域地球物理データから推定される 伊豆諸島付近と銭州海嶺北部のテクトニクス

今回の三宅島2000年噴火を契機に始まった神津島、新島近海での群発地震では、M6クラスの地震がのべ6回も発生するなど、今までとは異なっ

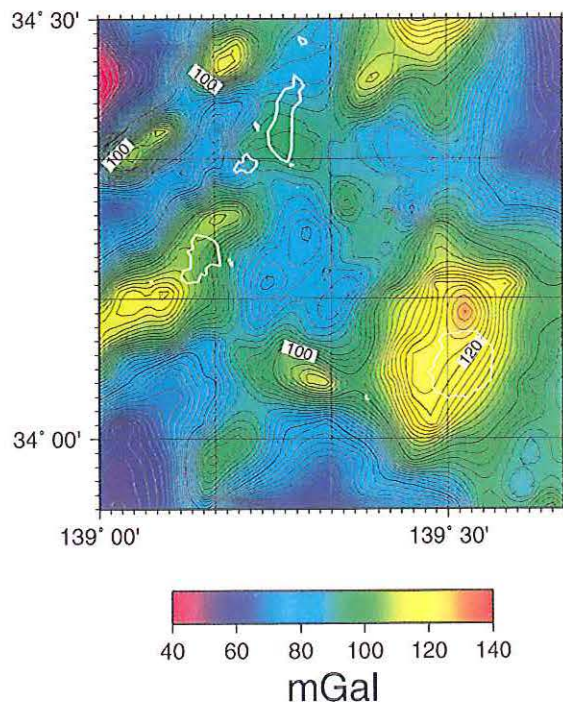


Fig.8(a) Free-air gravity anomaly in the vicinity of Miyake, Kozu and Nii-jima islands. Contour interval is 2mgal.

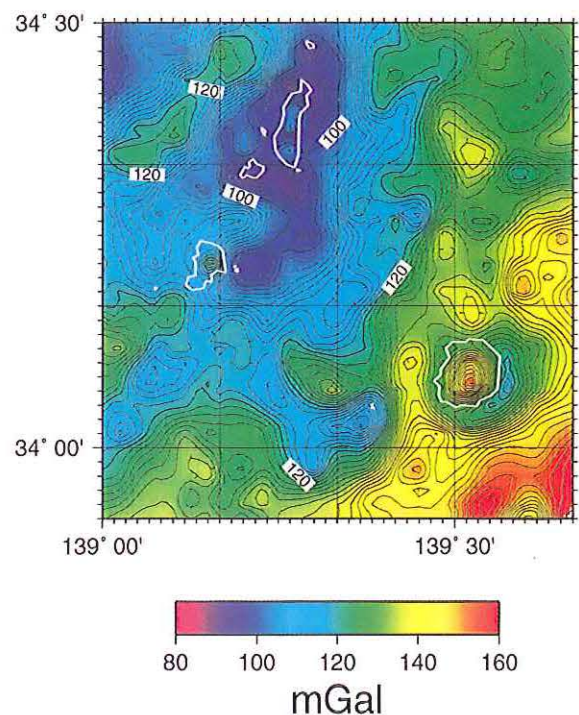


Fig.8(b) Bouguer gravity anomaly(density is 2.67 g/cc) in the vicinity of Miyake, Kozu and Nii-jima islands. Contour interval is 2mgal.

た様相を呈している。今回の地震活動は、火山活動と密接に関連して発生しており、このことは伊豆諸島北部での今後の地震火山テクトニクスを考察する上で重要な特徴と思われる。今回の群発地震のメカニズムは北西—南東の最大応力方向を示す横ずれ型の地震である。一方、銭州海嶺より北側では伊豆半島沖地震のメカニズムのように、最大応力方向が南北の方向を示すことが知られている（溝上, 2000）。また、フィリピン海プレートの駿河トラフ、南海トラフへの沈み込みに伴う歪みについては、同プレートが、銭州海嶺の下に沈み込みを開始したことによりその一部が解消されているとの見解も出されている（瀬川, 2000）。このように、伊豆諸島近海の地震活動やひいては東海地域の地震の理解にとって、銭州海嶺は特異な意味を持つところであり、そこでのテクトニックな意味を解明することは、地震予知や火山活動の長期的予測の観点からもきわめて重要な意味を持つと考えられる。

#### 4. 1. 広域的磁気異常に見る構造線

Fig.9は、この付近の地震の発生機構から推定された断層系で、（溝上, 1987）Fig.10は伊豆諸島周辺海域のMGD77データと今回の調査結果をもとに作成した磁気異常図である。Fig.10の磁気異常の分布をみると、短波長磁気異常の分布が、地震断層から推定される横ずれ断層や火山フロントによく一致することがわかる（Fig.10; VF, 1-5）。伊豆半島の先端付近から新島にかけては、伊豆半島沖地震の際の横ずれ断層線が推定されているが、この線上に沿っても短波長異常がみとめられる（Fig.10; 1）。この他、伊東沖群発地震域（Fig.10; 5）や伊豆白浜沖付近から利島付近（Fig.10; 2, 2'）にも構造線に沿った磁気異常の配列が認められる。火山フロントの海溝側にあたる前弧域には、長波長の磁気異常が分布しているが、このような異常はほかの伊豆—小笠原弧北部の前弧域でも認められている（大島ほか, 1981; Ueda, 1994）。新島、神津島を載せる銭州海嶺の磁気異常は比較的平坦であり銭州海嶺の基盤もこの

付近では流紋岩質の磁化の弱い岩体から構成されているものと推察される。一方、その北側に見られる高瀬から南西へと続く小規模海丘には、新島付近よりも振幅の大きい中規模の波長の磁気異常が認められ、これらの海丘列が流紋岩よりも磁性の強い安山岩系統の岩体で構成されていることを示唆する（Fig.10; A）。大島の南方の大室ダシ付近は、銭州海嶺の延長部で、火山フロントに位置する特異な場所である。この付近は磁気異常も顕著であり、所により600nT以上の振幅を有する異常が認められる（Fig.10; B）。このことから、大室ダシは流紋岩質の基盤に玄武岩質のマグマが所どころに貫入していることが推察される。このような磁気異常のパターンは新島の東方海域にも認められ（Fig.10; C）大室ダシと同様の構造を有するものと推察される。

#### 4. 2. 広域重力異常から見た特徴

Fig.11(a)は三宅西方海域を含む広域のフリーエア重力異常図で、Fig.11(b)は仮定密度2.67g/cm<sup>3</sup>のブーゲー重力異常図である。なを、ブーゲー重力の地形補正は10秒メッシュの水深データ（浅田,

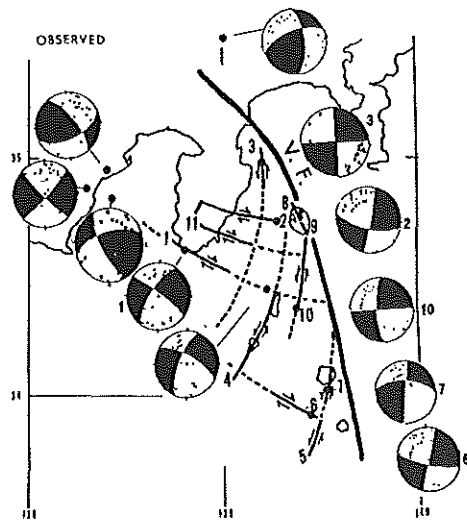


Fig.9 Faults system in the northern part of the Izu-Shoto inferred from earthquake mechanism (after Mizoue, 1987).

VF: Volcanic front, stereo projection for explanation of earthquake mechanism are shown, where dark area means the direction of extensional stress field.

私信) を用いて行った。

フリーエア重力異常図によると、三宅島付近、神津中瀬、新島東方から大室ダシ付近、神津島南西の銭州海嶺に相対的正の異常が認められる。銭州海嶺の北西に位置する高瀬からヒョウタン瀬の隆起部(高瀬海嶺)では、ほぼその地形的方向性に一致するNE-SW方向の正異常域が認められる。

又、神津島東方海域は90~92mGalで周囲に比べ10mGal程度の負の異常域となっている。

一方、ブーゲー異常図については地殻の厚さや地殻内部の玄武岩層の起伏(コンラッド面)が推察できる。ブーゲー重力異常図から見たこの付近の広域的特長としては、前弧域東部の高異常域、火山フロントと上記異常域の間の相対的凹部、火

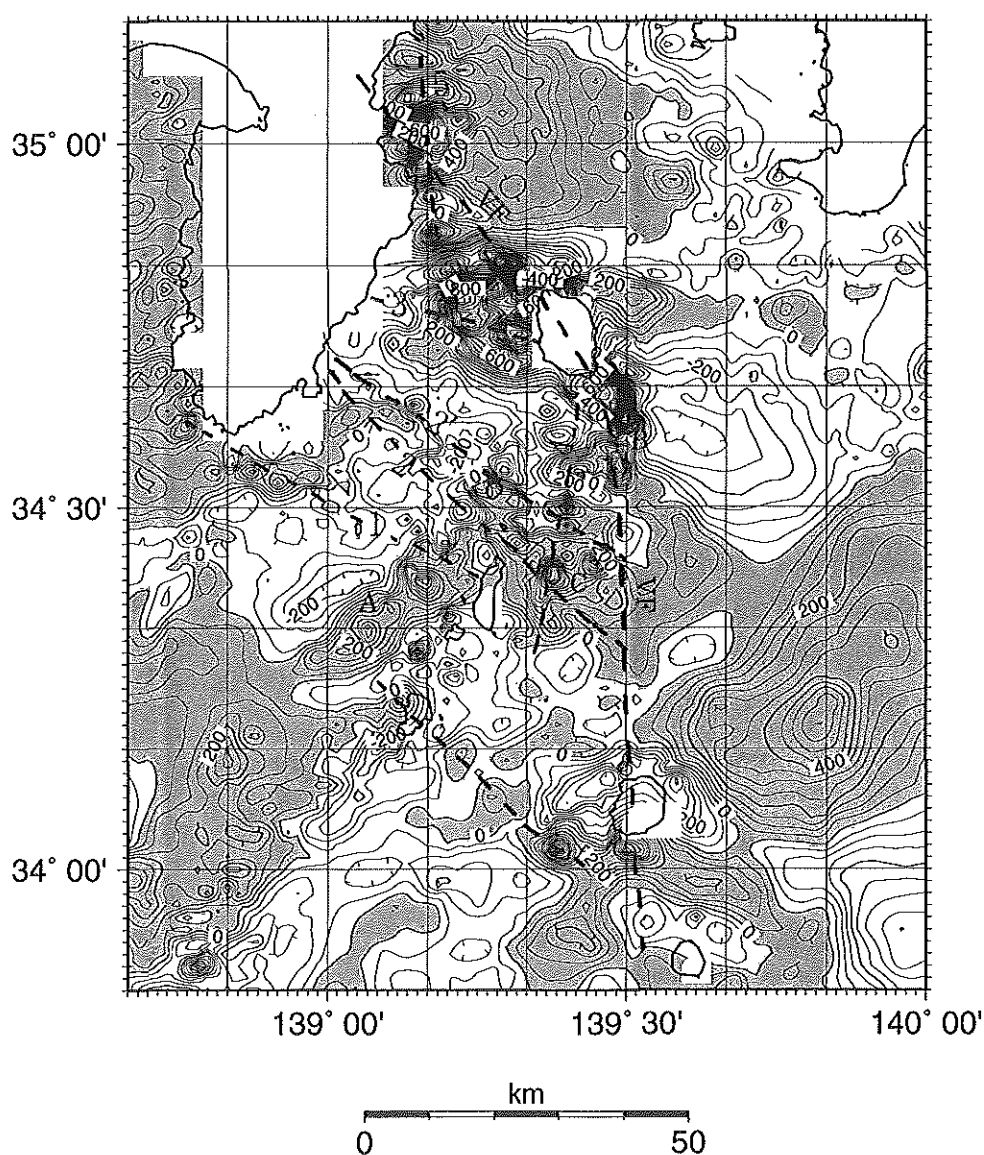


Fig.10 Magnetic anomaly of total force covering the northern part of the Izu-shoto island. Contour interval is 50nT.

Shaded zone means positive anomaly area.

Lines 1 to 5 mean the approximate position of faults estimated from earthquakes.

VF: volcanic front, A: Takase ridge, B: Omurodasi, C: Nii-jima-uranose

*Crustal Structure Beneath the Swarm Earthquake Zone in the West of Miyake-jima Island and the Related Tectonics of the Northern Part of the Zenisu Ridge*

山フロント西方の重力急変部とその西側の新島を含む重力的凹部、高瀬海嶺の重力的隆起部、伊豆半島東部の重力的凹部、等の特徴がみとめられる。特に、銭州海嶺よりもむしろその北西側の高瀬海嶺の異常がより顕著である。このことは、高瀬海嶺は銭州海嶺の組成とは異なり、玄武岩質の岩体から構成されていることを示唆するものであり磁気異常の特徴とも一致する。なを、この高重力異常の原因については、同海嶺下の地殻下部層の隆起による可能性も残されており、この検証については今後の地震探査等の調査成果に期待したい。

新島、神津島はNE-SW方向に伸びるの銭州海嶺上に位置する火山島である。火山島は主に流紋岩質の火山噴出物から構成されるが、新島北部の若郷火山のように玄武岩質の火山活動で形成されたものもある（一色，1987）。流紋岩質のマグマは、珪長質地殻の部分溶融により形成されたと一般的に考えられている(鈴木由希，2000)。新島付近のブーゲー重力異常図 (Fig.11(b)) でも、この付近の上部地殻が厚いことが推定され、このような流紋岩質マグマの起源と一致する。また、銭州海嶺全域を見ると、新島の北東側及び神津島の

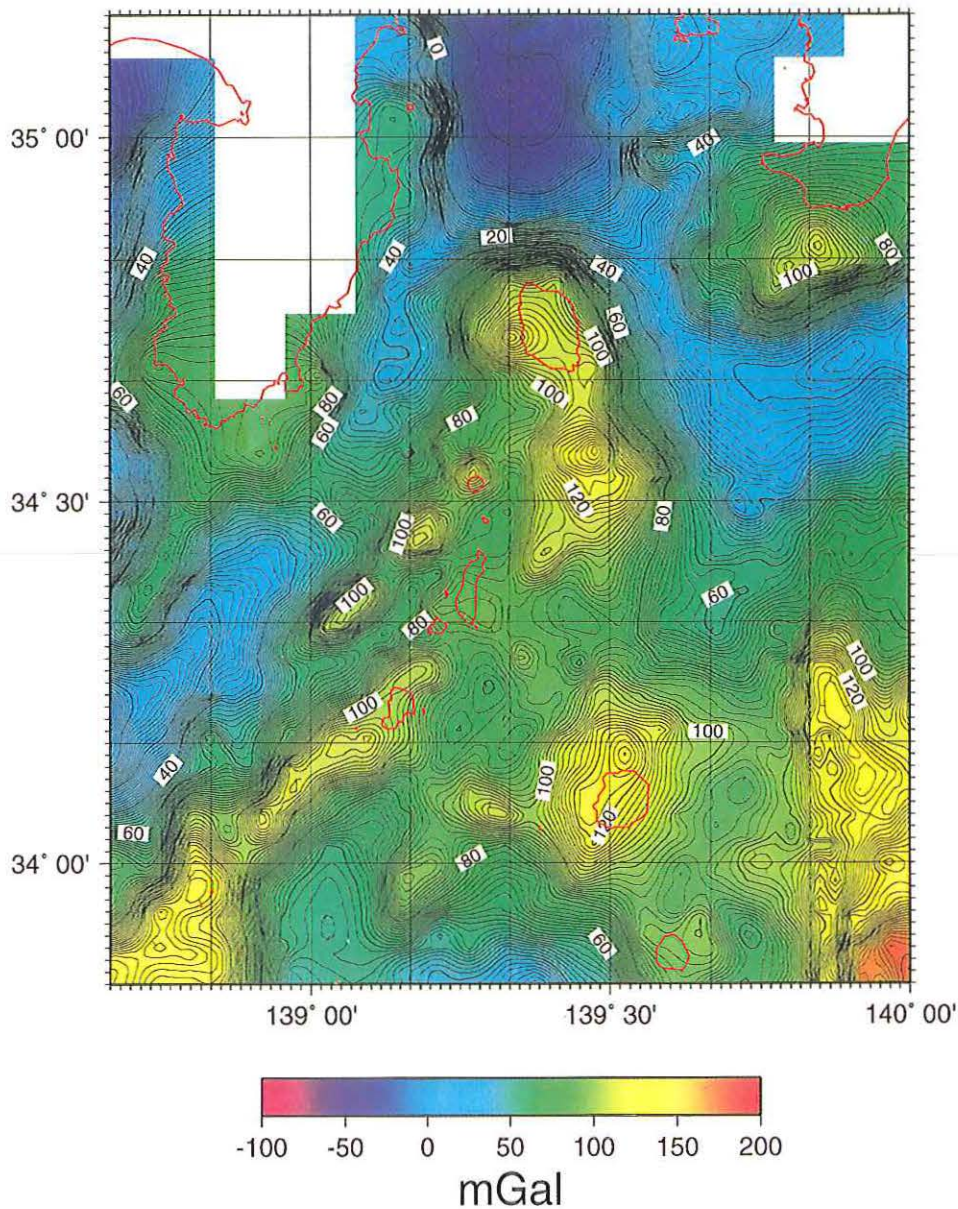


Fig.11(a) Free-air gravity anomaly over the northern part of the Izu-shoto island. Contour interval is 2mgal.

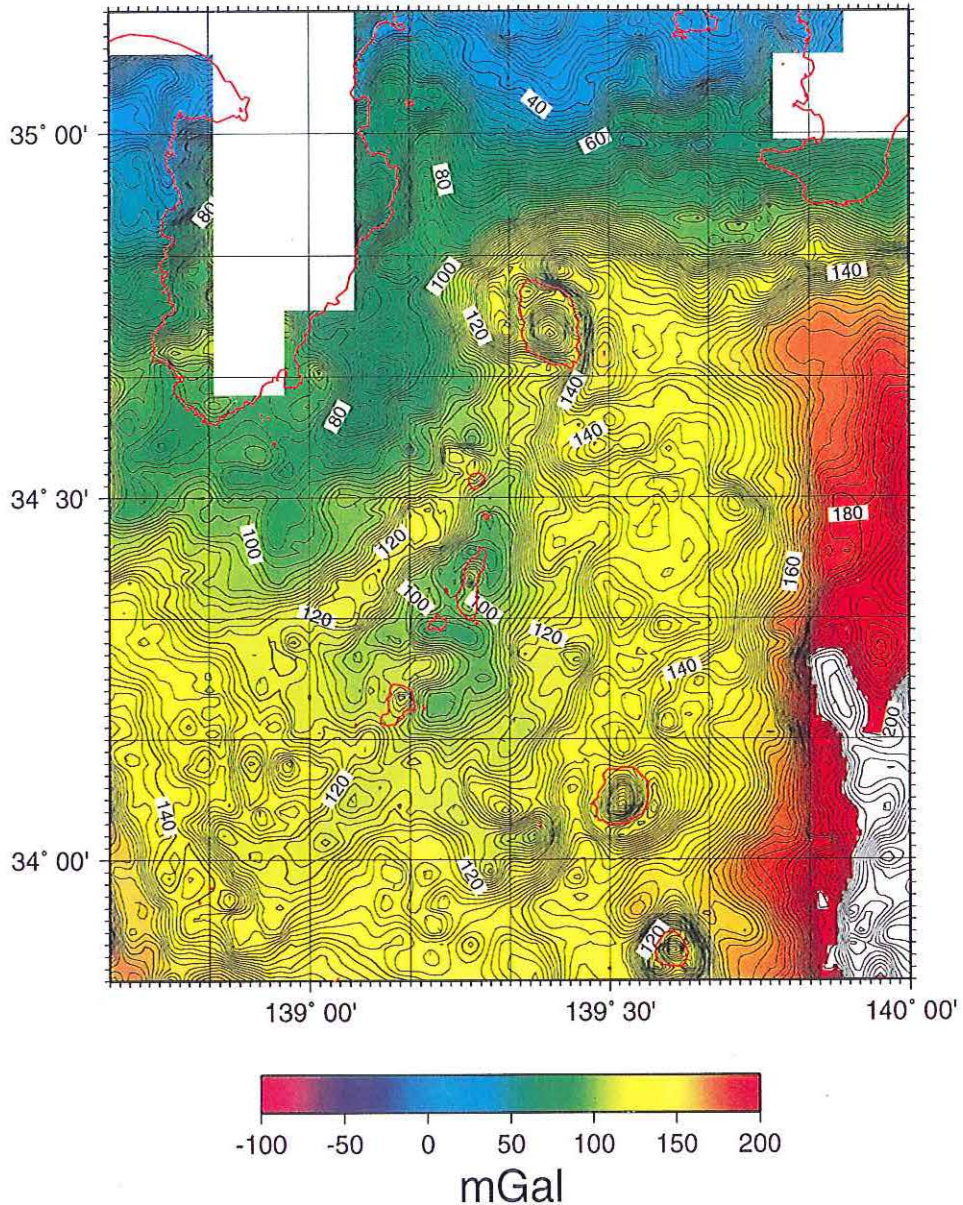


Fig.11(b) Bouguer gravity anomaly(density =2.67g/cc) over the northern part of the Izu-shoto island. Contour interval is 2mgal.

南西側ではブーゲー異常は相対的に高くなっており、この地域では磁気異常も顕著に認められる。このことから、銭州海嶺を構成する火山岩にも、ブーゲー重力異常に反映された地殻の厚さにより、組成が変化していることが推察される。

#### 4. 3. 銭州海嶺北部のブロック構造

銭州海嶺北部の地形をみると、新島と大室ダシの間、新島と神津島の間、地形の連続性を切る凹部や単成火山地形が認められ、北から、大室ダ

シ、新島、神津島の3つのブロック化が生じているように見える。新島について言えば、新島をのせる基盤の方向が銭州海嶺の一般的方向から北よりに有意に偏している。この変位を新島の回転によるとすれば、新島はもとの位置からやく20度反時計回りに回転したことになる。地形図(Fig.2, Fig.3a)をみると、新島の北側と南側は地形的にも凹部となっている。特に南側の凹部は東南東へ開口した様相をていしていること、この付近に磁気基盤の隆起部(Fig.7, A, B)が分布しているこ



と、などから、この地形的凹部が構造的起源であることが推測される。新島の東方には大室ダシから続く磁気基盤の隆起部(Fig.7,F)が認められ、かつて、大規模なマグマの貫入現象が発生したと推定される。新島東方海域でも、群発地震の発生が過去において観測されており(溝上1987)、このような磁気基盤を形成したマグマ活動を反映した可能性もある。神津島東方海域の群発地震を引き起こしたダイクの貫入では、この付近で1 m以上の地殻変動が観測されているが、それよりもはるかに大規模なマグマの貫入が新島東方で発生したとすれば、新島にも大規模な地殻変動の記録が残されているものと推察できる。新島の島軸方位の変位は、このような過去のマグマの貫入に伴って生じたものではないだろうか。これについては、新島の岩石磁気方位測定などにより、より具体的な変位の過程が明らかにされることが期待される。銭州海嶺北部での新島とそれより北東部の大室ダシの間では以上に述べた事実以外にも、磁気異常が列状に配列しており、この付近が地殻を切る構造線と推定されること(Fig.10; 2,2)、またこの延長線上には単成火山が分布しており、利島海穴のようなカルデラ状の海底火山が存在していること(岩淵ほか,1989)、ブーゲー重力異常でも明瞭な急変部にあたることなど、その間に明瞭な構造上の境界が認められる。

一方、新島と神津島の間でも、既に3章でも述べたように、凹状の地形やダイクの貫入を示唆する磁気基盤の隆起部、ブーゲー重力異常の特徴、さらに新島-神津島の間が異常な拡大を示唆する地殻変動等から、この間に構造的な境界が推定される。

銭州海嶺北部のこのようなブロック化は、ここでの広域的応力場により形成された断層系やダイク貫入により、引き起こされたものと考えられる。逆にいえば、銭州海嶺北部でのブロック毎の地塊運動で、広域的応力の一部を吸収し変化させている可能性が考えられる。又、高瀬海嶺の高まりが、高ブーゲー重力異常域となっており、この付近の下部地殻の隆起の可能性が考えられることも重要

な観測事実といえる。広域的応力場の変化には、収束境界での応力解消か、地殻物質の層厚変化が必要であり、高瀬海嶺の高ブーゲー異常も、このような応力場変化に関連している可能性が考えられる。

以上、銭州海嶺北部のブロック運動の可能性を述べたが、このような構造は銭州海嶺南部でも磁気異常の解析から推定されている(植田ほか,1985)。北部では、島嶼での観測、調査が可能であり、今後の伊豆諸島や銭州岩礁でのGPS観測及び、岩石磁気測定等の成果による検証が期待される。

## 5. まとめ

今回の三宅島2000年噴火を契機に実施された水路部の海域調査成果から以下のことが明らかとなった。

- (1) 三宅島西方海域の群発地震発生海域で正断層が多数発見された。このことは、この付近での北西-南東の最大圧縮応力の方向を反映していると考えられる。
- (2) 群発地震の震源域の海底下には音波探査の探査深度(約500m)以浅にはマグマの貫入を示唆する構造は明瞭ではないが、下層付近に凸状の記録が一部認められダイク貫入の可能性は否定できない。また、神津島南東付近や新島東方では磁気基盤の隆起部に対応する音響基盤の隆起部が認められた。
- (3) 神津島東方の群発地震域は三宅島から北西に続く磁気基盤の隆起部の北東縁付近と一致する。また、式根島と神津島の間には北西-南東の磁気基盤の隆起部となっており、銭州海嶺北部を横断する構造線の存在を示唆する。

また、伊豆諸島周辺海域の地球物理データから、新島、神津島をのせる銭州海嶺北部のテクトニクスについて考察した結果は以下のようにまとめられる。

- (1) 広域的磁気異常の分布と地震活動から推定される構造線(伊豆半島南東の河津町

から鵜渡根島をへて新島ウラノ瀬に至る構造線、伊豆半島沖地震の構造線等)とが極めてよい対応をすることが明らかにされた。

- (2) 銭州海嶺の軸方向に沿ったブーゲー重力異常は、新島付近では100mGal程度で最も小さい値を示し、その北西側の大室ダシとのあいだに40mGalのギャップが存在する。また、神津島と新島との間でも、10mGal程度のギャップが認められる。一方、高瀬海嶺は120mGal程度の高ブーゲー重力異常を示し、同海嶺が玄武岩質の岩体で構成されていることが推定される。
- (3) 伊豆大島から三宅島へと続く火山フロントとその背弧側との間は、ブーゲー重力異常の急変部となっており、明瞭な境界が認められる。
- (4) 新島の方向は銭州海嶺の方向に対して約20度北側に変位している。この原因としては、新島東方のダイク貫入により新島が反時計回りに回転したために生じたと推察される。
- (5) 銭州海嶺北部に関して、その地形、地磁気、重力異常の特徴から、大室ダシ、新島、神津島の3つのブロックに区分される。その境界部にはダイクの貫入や小規模な火山性海丘が認められ地殻深部にいたる亀裂の存在が推察される。

## 6. おわりに

本研究をまとめるにあたり、徳山英一東大海洋研究所教授からは貴重なご助言をいただいたことに深く感謝いたします。本論文をまとめるに際しては、JODCから提供されたMGD77データを使用しました。また、掲載図面の作成には一部、フリーソフトGMTを使用しました。なお、本研究には科学振興調整費「神津島東方海域海底下構造等に関する緊急研究」の補助を受けたことを記し、関係者の労を多としたい。

三宅島西方海域調査班のメンバーは下記の通りである。

大谷康夫、小野寺健英、小野智三、志岐俊郎、杉山伸二、鈴木晃、田賀 傑、西沢あずさ、原藤周、松本良浩、渡辺一樹

「昭洋」 清水日出吉船長ほか乗組員

「明洋」 鈴木良孝船長ほか乗組員

## 要 約

三宅島2000年噴火とその後の群発地震の発生に関連して、水路部では、三宅島西方海域の地形・音波探査・地磁気・重力の測量と海底地震観測を実施した。本論文はこの調査結果から得られた、同海域の地形・音波探査結果を紹介するとともに、地磁気・重力データから求めた地下構造の特徴を述べたものである。また、今回の三宅島西方海域のテクトニクスを広域的に考察するため、伊豆諸島周辺海域の既存の地球物理データをとりまとめ、新島、神津島を含む銭州海嶺北部の地震・火山テクトニクスについて考察した。三宅島西方海域(群発地震発生海域)の地形では、単成火山列が神津島南東沖及び、群発地震海域の南西付近(E13914.0', N3411.7')で認められた。一方、音波探査結果からは表層の堆積層の下部層において正断層が多数発見され、この付近での北西—南東の最大圧縮応力場の存在が推定された。また、群発地震海域が磁気基盤の隆起部の北東縁付近に相当し、式根島と神津島の間にはダイクの貫入を示唆する磁気基盤の隆起部が存在することがわかった。一方、伊豆諸島と銭州海嶺北部の広域的磁気異常や重力異常の分布と地震活動から推定される構造線とが極めてよい対応をすることが明らかにされた。銭州海嶺北部の地形、地磁気、重力異常の特徴から、銭州海嶺北部は大室ダシ、新島、神津島の3つのブロックに区分され、その境界部にはダイクの貫入や小規模な火山性海丘が認められ地殻深部にいたる亀裂の存在が推察された。銭州海嶺北西の高瀬海嶺は高ブーゲー重力異常を示し、この海嶺が下部地殻の隆起部に相当することが推定された。また、新島の方向は銭州海嶺の方

向に対して約20度北側に変位している原因として、新島東方のダイク貫入による新島の反時計回りの回転による可能性を指摘した。

#### 引用文献

- 一色直記：5万分の1地質図「三宅島」同説明書，地質調査所，(1960).
- 一色直記：5万分の1地質図「利島地域の地質」同説明書，地質調査所，(1978).
- 一色直記：5万分の1地質図「御蔵島・イナンバ島及び銭州地域の地質」同説明書，地質調査所，(1980).
- 一色直記：5万分の1地質図「新島地域の地質」同説明書，地質調査所，(1987).
- 岩淵洋・浅田昭・玉置 操：伊豆諸島，利島北西の海底カルデラ，火山，第2集，34，295-299，(1989).
- 海上保安庁水路部：沿岸の海の基本図「三宅島」調査報告書，(1995).
- 海上保安庁水路部：「神津島周辺」音波探査解析作業報告書，(1996).
- 加藤幸弘：伊豆・小笠原弧北部，神津島東方海域の変動地形とテクトニクス，月刊地球，257，777-781，(2000).
- 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).
- 溝上 恵：1986年伊豆大島噴火と広域地震活動，月刊地球，98，467-474，(1987).
- 溝上 恵：伊豆諸島地域におけるM6クラスの地震活動とその特性について，月刊地球，257，737-746，(2000).
- Oldenburg, D. W.: the Inversion and Interpretation of gravity anomalies, *Geophysics*, 39, 526-536, (1974).
- 大島章一・登崎隆志・小野寺健英・兼子俊朗・植田義夫：北陸地方，中部地方及び関東地方周辺海域の地磁気異常，水路部研究報告，16，25-45，(1981).
- 瀬川爾朗：東海・伊豆諸島海域における地球物理観測の成果（地形・重力・地震・GPSなど），月刊地球，257，768-776，(2000).
- 芝田厚・渡辺一樹：新島周辺の海底地形，地質構造，水路部技報，12，79-85，(1994).
- 芝田厚・梶村徹・渡辺一樹・熊川浩一・牛島学：神津島周辺の海底地形調査，水路部技報，13，113-119，(1995).
- 白尾元理・中田節也・金子隆之・長井雅史・鴨野岳人・下司信夫・野上健治・平林順一・金沢敏彦：三宅島2000年噴火でできた海底火口群の潜水艇観察，日本火山学会講演予稿集，p.5，(2000).
- 鈴木由希：東伊豆単成火山群における珪長質マグマの成因，火山，45，149-172，(2000).
- 谷口宏充：神津島の火山地質，火山，22，133-147，(1977).
- 植田義夫・登崎隆志・小野寺健英・兼子俊朗・大島章一：航空磁気測量から求めた本邦第四紀火山の地磁気異常と磁気構造，水路部研究報告，18，37-64，(1983).
- 植田義夫・登崎隆志・兼子俊朗：銭州海嶺・駿河トラフ周辺の地磁気異常と深部構造，水路部研究報告，20，83-108，(1985).

#### 補 編

##### 地磁気変化量の推定

三宅島西方海域の群発地震発生海域では，群発地震の発生後の10月に海上磁力計による精密測量を実施した。水路部では，1993年に，神津島東方海域について，磁気測量を実施しており，今回，本海域での地磁気変化をこれら別々の時期の測量結果の差（2000年—1993年）から求めた。Fig.A1は1993年の測量結果，Fig.A2は2000年の測量結果で，Fig.A3はその差の分布である。Fig.A1，Fig.A2との比較では，地磁気異常の全体的パターンは非常によく再現できていることがわかる。特に，Fig.A1に示した，a,b,c等の複雑なパターンが2000年の結果でも見事に再現されていることが

わかる。変化図では、全体的に-40nTから-50nTの差が広く分布しているが、この差は磁気異常の計算に用いた標準磁場モデルの年差の違いによるもので、この付近のバイアスと考えられる。このようなバイアスにたいする局部的変化は等値線の湾曲により示されている。地磁気変化が特に顕著な海域は、式根島と神津島の間分布する高異常域と神津島南東沖及び神津中瀬付近で、位置的には比較的磁気異常の顕著な海域である。Fig.A4は、

Fig.A2の磁気異常から、水平方向の磁気勾配を計算した結果である。測位誤差は0.1マイルとすれば、それを超える差が、式根島と神津島の間で認められる。この付近ではダイクの貫入が地殻変動から推定されており、このような活動による地磁気変化を検出している可能性がある。試みに、ダイク貫入に伴う磁気異常の計算例では振幅にして10nT程度の変化が予想される。

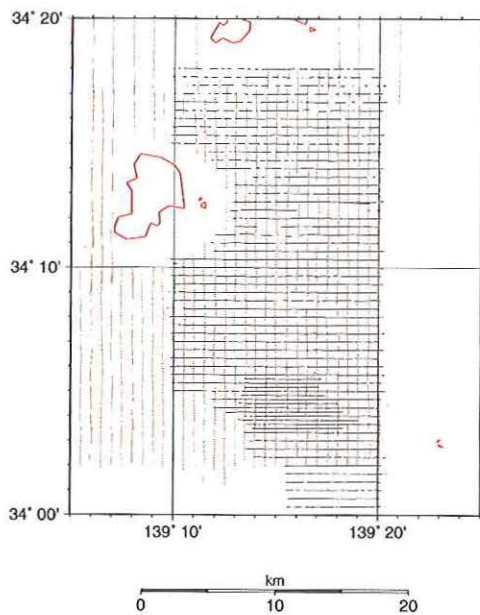


Fig. A1 Track lines of magnetic surveys in 1993(N-S) and 2000(E-W).

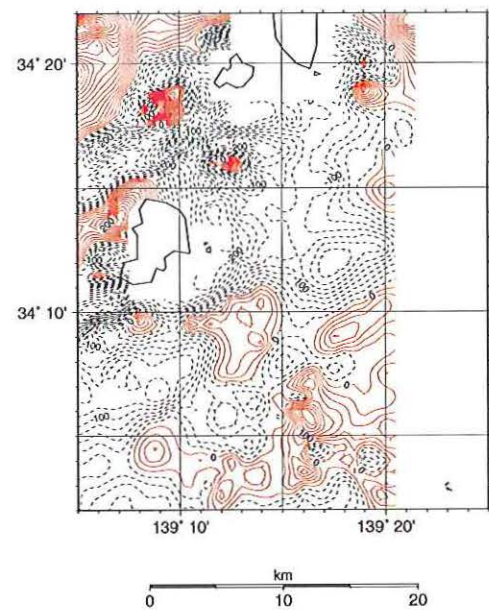


Fig.A2 Magnetic anomaly map calculated from survey data in 1993. Contour interval is 20nT.

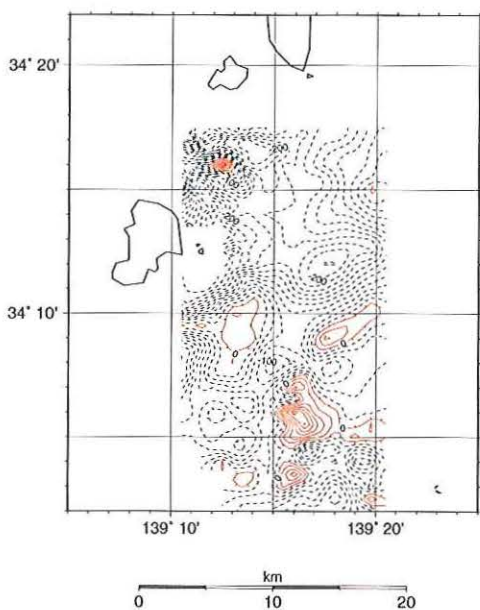


Fig.A3 Magnetic anomaly map calculated from survey data in 2000. Contour interval is 20nT.

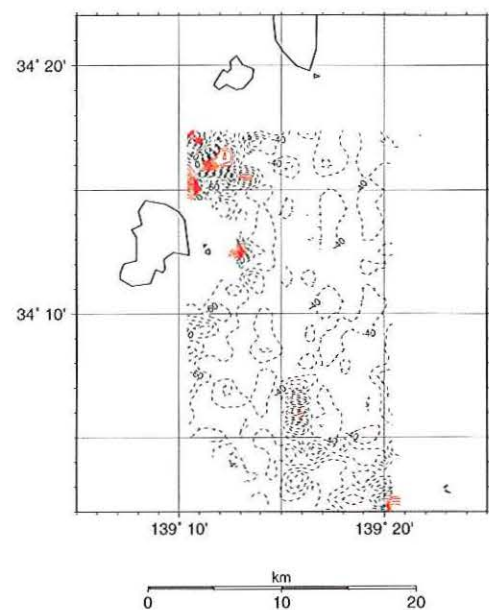


Fig.A4 Difference between A3-A2. Contour interval is 20nT.