

大西洋中央海嶺（北緯24度～北緯28度） の重力異常

藤本 博巳*¹ 島 伸和*² 丸山 仁裕*³ 藤岡換太郎*⁴
 ウィルフレッド・ブライアン*⁵ 松本 剛*⁴ 富士原敏也*⁶
 古田 俊夫*⁷ 林 間*⁵

大西洋中央海嶺の北緯24度～北緯28度の海域で、海底地形データ並びに重力データが、MODE'94航海 Leg1, Leg2により得られた。各種の補正の後に得られるフリーエア重力異常から、地殻の密度と厚さを一定と仮定して、海底地形と地殻-マントル境界によってつくられる重力の影響を取り除いて、マントルブーゲー異常値を求めた。このマントルブーゲー異常は、1) 中央海嶺軸上で低く、軸から離れるにしたがって高くなっていく、2) この海嶺軸方向の変化が、地形から認められる9つの海嶺セグメントと強い相関がある、という特徴を示した。

キーワード：マントルブーゲー異常、大西洋中央海嶺、海嶺セグメント

-
- * 1 東京大学海洋研究所
 - * 2 千葉大学理学部（現在ウッズホール海洋研究所海洋地質地球物理部）
 - * 3 千葉大学理学部
 - * 4 海洋科学技術センター深海研究部
 - * 5 ウッズホール海洋研究所海洋地質地球物理部
 - * 6 東京大学海洋研究所
 - * 7 川崎地質株式会社開発部（現在海洋科学技術センター深海開発技術部）
 - * 8 Ocean Research Institute, University of Tokyo
 - * 9 Faculty of Science, Chiba University (Now at Department of Geology and Geophysics, Woods Hole Oceanographic Institution)
 - * 10 Faculty of Science, Chiba University
 - * 11 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center
 - * 12 Department of Geology and Geophysics, Woods Hole Oceanographic Institution
 - * 13 Ocean Research Institute, University of Tokyo (Now at Japan Marine Science and Technology Center)
 - * 14 Kawasaki Geological Engineering Co. LTD. (Now at Deep Sea Technology Department, Japan Marine Science and Technology Center)

Gravity Anomalies of the Mid-Atlantic Ridge, 24°N to 28°N

Hiromi FUJIMOTO*⁸ Nobukazu SEAMA*⁹
Yoshihiro MARUYAMA*¹⁰ Kantaro FUJIOKA*¹¹
Wilfred BRYAN*¹² Takeshi MATSUMOTO*¹¹
Toshiya FUJIWARA*¹³ Toshio FURUTA*¹⁴ Jian LIN*¹²

Multibeam bathymetry and gravity data have been obtained along the Mid-Atlantic Ridge between latitudes 24°N and 28°N during MODE'94 cruise Legs 1 & 2. Mantle Bouguer anomalies were generated by subtracting from the free-air anomalies the attraction of sea-floor topography and the attraction of relief on the crust-mantle interfaces assuming a constant thickness, constant density crust. The mantle Bouguer anomalies show 1) low value at the ridge axis and its increase off the axis, and 2) strong dependence on the tectonic segmentation of the ridge axis.

Key words: Mantle Bouguer anomaly, Mid-Atlantic Ridge, Ridge segments

1. はじめに

ここ数年間、大西洋中央海嶺沿いのいくつかの場所で、海上での重力測定が行われてきた (Kuo and Forsyth, 1988; Lin et al., 1990; Blackman and Forsyth, 1991; Morris and Detrick, 1991; Pariso et al., 1994; Detrick et al., 1995)。これらの重力測定は、十分密な測線であるとともに、マルチナロービームによる精密な地形探査を同時に行っている。この結果、得られたフリーエア重力異常から、海底地形と地殻-マントル境界によってつくられる重力の影響を、地殻の密度と厚さを一定と仮定して、取り除くことができる。この残った重力異常値は、マントルブーゲー異常と呼ばれ、中央海嶺のセグメントと強い相関があることがわかってきた (Kuo and Forsyth, 1988; Lin et al., 1990; Blackman and Forsyth, 1991; Morris and Detrick, 1991; Pariso et al., 1994; Detrick et al., 1995)。すなわち、セグメントの中央では、“bull's eye”と呼ばれる低いマントルブーゲー異常を示し、セグメントの端では高いマントルブーゲー異常を示す。これらの結果より、中央海嶺下のマグマ供給の様式が論じられている (Lin et al., 1990)。

本小論では、北大西洋中央海嶺の北緯20度～北緯40度のうち、これまで調査の行われていなかった北緯24度～北緯28度の海域の重力異常について、MODE'94航海の

結果をもとに述べる。

2. データおよび解析

大西洋中央海嶺の北緯24度～北緯28度の海域で、海底地形データ並びに重力データが、海洋科学技術センターの調査船「よこすか」による、MODE'94航海 Leg1 (1994年6月23日～7月22日、主席研究員：藤本博巳と Bil Bryan)、Leg2 (1994年7月28日～8月26日、主席研究員：藤岡換太郎)により得られた。測線は図1のとおりであり、約60,000km²の範囲をマッピングすることができた。

海底地形は、「よこすか」に搭載されたマルチナロービーム (HS-10: 周波数12kHz、幅2°の45本の音波ビーム)により得た (図2)。測線間隔は約7kmであり、観測海域の全域ではほぼ100%のデータをカバーすることができた。なお、測位は、全期間にわたり Global Positioning System (GPS) により、途切れることなく行えた。その測位精度は、±50～100mと見積もられている。

重力測定は、「よこすか」に搭載された船上重力計 (ラコストロンバーク社製 S-36型)により行った。データの測定間隔は10秒である。船上重力計の校正は、船が着岸している時に行った。最終的に校正した船上重力計の測定値とその岸壁で期待される重力値の比較は表1のとおりである。得られた重力値から正規重力を引き、エトベ

ス補正を行い、フリーエア異常を求めた。この観測海域での航跡すべての交点について、このフリーエア異常重

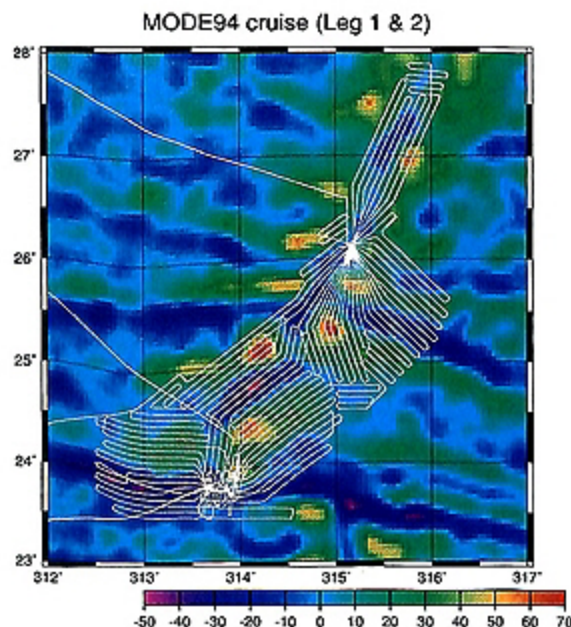


図1 MODE94航海 Leg1, Leg2の航跡図。人工衛星から得た重力異常図 (Sandwell et al., 1995) に重ねた
Fig.1 Ship's track of the MODE94 cruise Leg1 & Leg2 denoted by white solid lines superimposed by the gravity anomaly from ERS-1, Topex, and Geosat Altimetry (Sandwell et al., 1995).

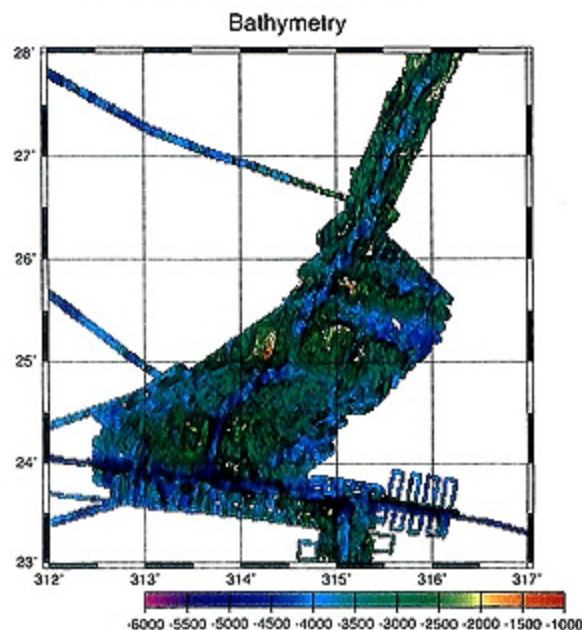


図2 200m コンターのマルチナロービームによる地形図
Fig.2 Multibeam Bathymetry map contoured at 200m intervals.

力値を比較したところ(クロスオーバーエラー)、交点は、738点あり、クロスオーバーエラーの標準偏差は、2.49 mgalであった(図3)。このフリーエア異常値は、テンション場における曲面スプラインによる方法 (Smith and Wessel, 1990) で、約2 kmメッシュのグリッド化を行った。その結果は、図4のとおりである。

海底下の密度変化を知るために、マントルブーゲー異常を求めた。マントルブーゲー異常は、海水と地殻、地殻とマントルの2つの密度差のインターフェイスによる重力効果を取り除くことで得られる。これら2つの密度差のインターフェイスによる重力効果の計算は、2次元のFFT (Fast Fourier Transform) を使った Parker (1972) による方法で行った。この時、地殻の厚さは6 km、海水、地殻、マントルの密度は、それぞれ1,030, 2,700, 3,300 kg/m³と仮定した。また、海底地形もフリーエア異常データと同様にテンション場における曲面スプラインによる方法 (Smith and Wessel, 1990) で、約2 kmメッシュのグリッド化したものを使用した。

3. 結果及び考察

得られたマントルブーゲー異常を図5に示した。このマントルブーゲー異常図には次の2つの大きな特徴が認められる。

- 1) マントルブーゲー異常値が、中央海嶺軸上で低く、軸から離れるにしたがって高くなっていく。
- 2) マントルブーゲー異常の海嶺軸方向の変化が、地形から認められる9つの海嶺セグメント (Semper et al., 1990) と強い相関がある。

ブーゲー異常値が、中央海嶺軸上で低く、軸から離れるにしたがって高くなっていくことは、プレートテクトニクスが確立されていく過程ですで見いだされていた事実である (e.g. Talwani et al., 1965)。これは、中央海嶺下で暖かいプレートが、中央海嶺から離れるに従って冷却するモデルで説明されており、ここで示したマントルブーゲー異常値の特徴もこのモデルで説明される。

2) の特徴は、大西洋中央海嶺の他の場所で見られたように (Kuo and Forsyth, 1988; Lin et al., 1990; Blackman and Forsyth, 1991; Morris and Detrick, 1991; Pariso et al., 1994; Detrick et al., 1995), "bull's eye"と呼ばれる低いマントルブーゲー異常が、海嶺セグメントの中央に認められ、その一方、海嶺セグメントの端では高いマントルブーゲー異常を示す。このマントルブーゲー異常の海嶺軸方向の変化の大きさは、温度変化による密度変化のみでは大きすぎて説明がつかない

表1 「よこすか」に搭載された船上重力計の校正結果

Table.1 Calibration result of the shipboard gravimeter of "Yokosuka"

地名	着岸期間	船上重力計の値	期待される重力値	差
	1995年	g^1 (mgal)	g^2 (mgal)	$g^1 - g^2$ (mgal)
神戸	5/19~21	9 7 9 7 1 0	9 7 9 7 0 3	7
San Juan Berth D	6/22~25	9 7 8 6 7 2	9 7 8 6 6 6	6
Woods Hole	7/24~29	9 8 0 3 0 1	9 8 0 3 1 2	-11
San Juan Berth	8/27	9 7 8 6 6 4	9 7 8 6 6 4	0

Crossover errors of the gravity data

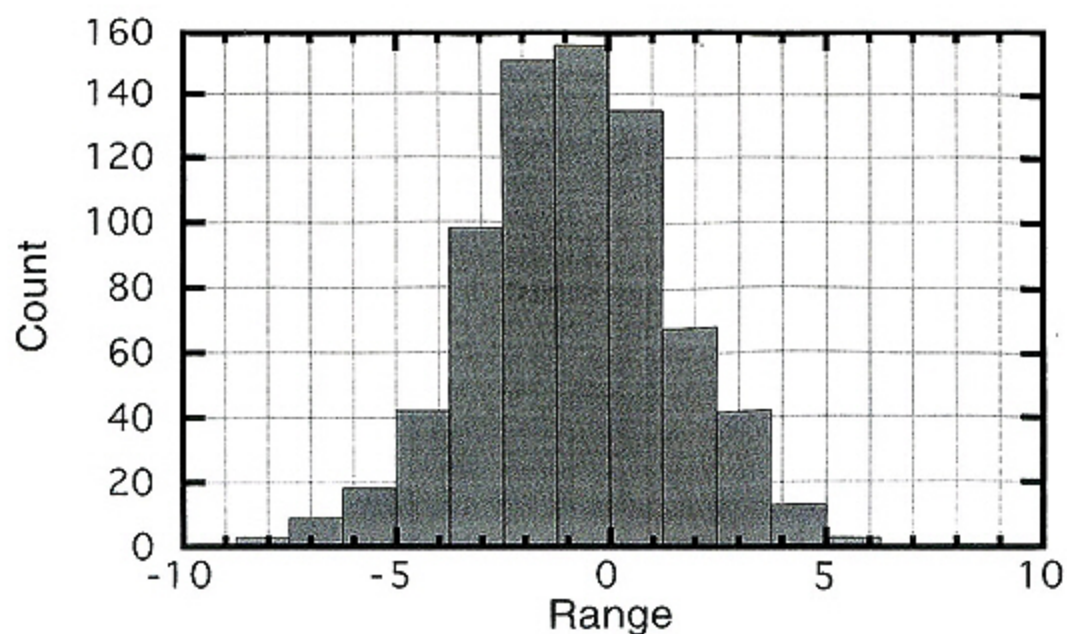


図3 観測海域での航路の交点 (738点) についてのクロスオーバーエラーのヒストグラム
Fig.3 Histograms of crossover errors for 738 track crossings in the area surveyed.

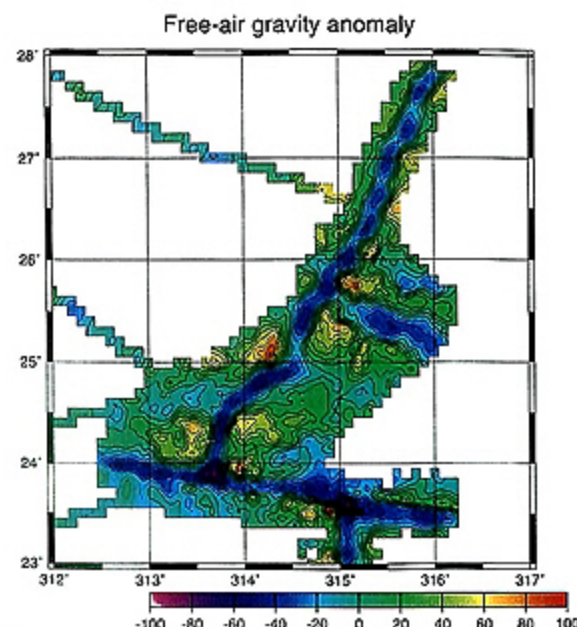


図4 10mgal コントアのフリーエア異常図
Fig.4 Free-air gravity anomaly map contoured at 10 mgal intervals.

(Lin et al. 1990) ので、地殻の厚さが、海嶺軸方向で変化していることを示唆する。すなわち、海嶺セグメントの中央で地殻が厚く、その両端で地殻が薄くなっていると考えられる。しかし、この程度は海嶺セグメントによって違っており、より詳しい解析が必要である。

4. 結 論

北大西洋中央海嶺の北緯20度～北緯40度のうち、これまで調査の行われていなかった北緯24度～北緯28度の海域の重力異常も、すでに調査の行われている他の大西洋中央海嶺と同様に、マントルブーゲー異常の海嶺軸方向の変化が、地形から認められる9つの海嶺セグメントと強い相関が見られた。これは、海嶺セグメントの中央で地殻が厚く、その両端で地殻が薄くなっていると解釈される。このような結果は、遅い拡大速度をもつ中央海嶺での普遍的特徴だといえる。この変化の大きさは、海嶺セグメントによって違っており、より詳しい解析が必要である。さらに、海嶺軸から離れたところについては、3次元のプレート冷却モデル (Phipps Morgan and Forsyth, 1988) を使ってその影響を差し引くことで、海嶺軸で見られたマントルブーゲー異常すなわち地殻の厚さ構造と海嶺セグメントとの関係が、過去にさかのぼって追えるはずである。

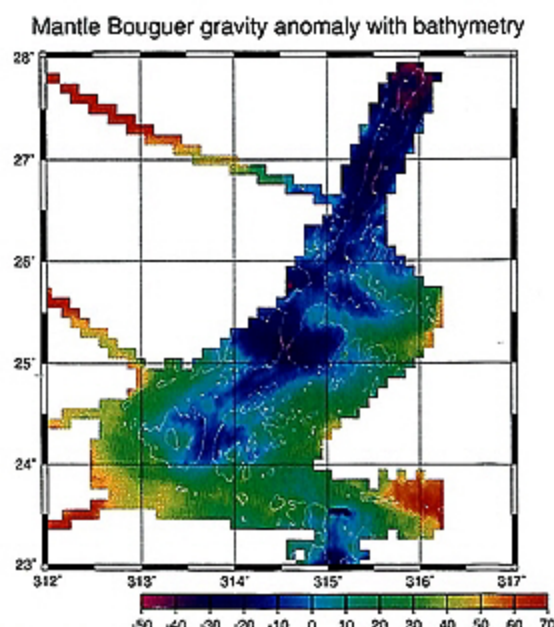


図5 マントルブーゲー異常図。白の実線は、3,200mの等深線であり、海嶺の中軸谷の形をおおまかに示す
Fig.5 Mantle Bouguer anomaly map with 3,200m bathymetric contours.

謝 辞

得られたデータは、MODE'94航海 Leg1, Leg2乗船研究者並びに、調査船「よこすか」の船長並びに乗務員、海洋科学技術センターの関係者の努力なくては得られなかった。これらの方々に感謝する。すべての図は、GMT ソフトウェア (Wessel and Smith, 1991) によって描いた。

引用文献

- Blackman, D. K. and D. W. Forsyth (1991): Isostatic compensation of tectonic features of the Mid-Atlantic Ridge: 25-27°30'S. *J. Geophys. Res.*, **96**, 11741-11758.
- Detrick, R. S., H. D. Needham and V. Renard (1995): Gravity anomalies and crustal thickness variations along the Mid-Atlantic Ridge between 33°N and 40°N. *J. Geophys. Res.*, **100**, 3767-3787.
- Kuo, B.-Y. and D. W. Forsyth (1988): Gravity anomalies of the ridge-transform system in the South Atlantic between 31 and 34.5°S: Upwelling centers and variations in crustal thickness. *Mar. Geophys. Res.*, **10**, 205-232.
- Lin, J., G. M. Purdy, H. Schouten, J.-C. Sempere and C. Zervas (1990): Evidence from gravity data for

- focused magmatic accretion along the Mid-Atlantic Ridge. *Nature*, **344**, 627-632.
- Morris, E. and R. S. Detrick (1991): Three-dimensional analysis of gravity anomalies in the MARK area, Mid-Atlantic Ridge 23°N. *J. Geophys. Res.*, **96**, 4355-4366.
- Pariso, J. E., J.-C. Sempere and C. Rommevaux (1994): Temporal and spatial variations in crustal accretion along the Mid-Atlantic Ridge (29°-31° 30'N) over the last 10Ma: Implications from a three-dimensional gravity study. *J. Geophys. Res.*, (submitted).
- Parker, R. L. (1972): The rapid calculation of potential anomalies. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, **31**, 447-455.
- Phipps Morgan, J. and D. W. Forsyth (1988): 3-D flow and temperature perturbations due to a transform offset: Effects on oceanic crustal and upper mantle structure. *J. Geophys. Res.*, **93**, 2955-2966.
- Sandwell, D. T., M. M. Yale and W. H. F. Smith (1995): Gravity anomaly profiles from ERS-1, Topex, and Geosat Altimetry. *EOS Trans. AGU*, **76**, S89.
- Sempere, J.-C., G. M. Purdy and H. Scouten (1990): Segmentation of the Mid-Atlantic Ridge between 24°N and 30°40'N. *Nature*, **344**, 427-431.
- Smith, W. H. F. and P. Wessel (1990): Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*, **55**, 293-305.
- Talwani, M., X. Le Pichon and M. Ewing (1965): Computed model from gravity and seismic refraction data. *J. Geophys. Res.*, **69**, 1093-1101.
- Wessel, P. and W. H. F. Smith (1991): Free software helps map and display data. *EOS Trans. AGU*, **72**, 441, 445-446.

(原稿受理：1995年6月20日)