

ラウ海盆南部・ハブルトラフの海底地形と磁化構造

富士原敏也*¹ 山崎 俊嗣*² 上嶋 正人*²

太平洋—オーストラリアプレート境界の背弧海盆であるラウ海盆とハブルトラフにおいて、海底地形と地磁気の調査を行った。ラウ海盆南部の 23 °S の地域では地磁気異常 2n (1.75 Ma) の時期に海底拡大を開始したと推定される。拡大速度は西側と東側方向で非対称で、西側 1.85 cm/yr、東側 1.46 cm/yr である。ラウ海盆南部の 24 °S, 177 °W 付近, N20 °E 方向、水深約 3,000 m の地溝に沿い、正帯磁を示す負の鉛直下向き成分地磁気異常が観測され、この地溝がラウ海盆の拡大軸の南端であることがわかった。ハブルトラフはリフティングによる海底拡大が起こっているとされるが、堆積物に覆われていないトラフ東側の海底地形は単成火山体や長さ 30km 程度の海嶺状の地形で構成されている。その海嶺地形の走向はハブルトラフの方向より斜交しており N40-45 °E を示す。それに対し、地磁気異常および磁化境界の走向はハブルトラフの方向にほぼ平行である。磁化構造はハブルトラフのリフト軸の方向を反映し、海底地形の走向は横ずれ断裂帯に沿った火山活動を反映しているものと推定される。

キーワード：ラウ海盆、ハブルトラフ、海底地形、地磁気異常

Bathymetry and Magnetic Structure of the Southern Lau Basin and Havre Trough

Toshiya FUJIWARA*³

Toshitsugu YAMAZAKI*⁴ Masato JOSHIMA*⁴

The Lau Basin and Havre Trough are active back-arc basins associated with Pacific-Australian plate convergence. The Lau Basin is a fast-spreading back-arc basin, whereas the Havre Trough is considered to be in a rifting stage. A morphological and geomagnetic study, focused on the less-studied southern Lau Basin and the Havre Trough, was carried out to clarify magnetic structure in order to understand the extensional tectonics of this region. The graben, located at 24 °S, 177 °W, is accompanied by strong, negative downward component geomagnetic anomalies, which indicate positive magnetization and strong magnetization. The results suggest the southern end of the spreading center of the Lau Basin, location of the southern extension of the Valu Fa Ridge of the Eastern Lau Spreading Center. Spreading of the oceanic crust started from 2n Chron (1.75 Ma) at 22 °30'S. Spreading rates show asymmetry with respect to the axis. The half spreading rate of the western flank is 18.5 mm/yr, and the spreading rate of the eastern flank is 14.6 mm/yr. Directions of magnetic boundaries in the Havre Trough show a NNE-SSW trend in general, which is consistent with the general trend of the trough. Toward the east, the directions of magnetic boundaries tend to increase their angles in a clockwise direction. A N10°W-N20°W trend is also apparent in some places. Bathymetry in the Havre Trough shows circular or elongated knolls and small ridges of several hundred meters in relative height. They are considered to be formed by rift volcanism intruded into the arc crust. The main structural trend is N40 °E-N45 °E, which is 25 ° to 45 ° oblique to the general trend of the Havre Trough. Trends in directions of magnetic boundaries are not consistent with the trend of elongation in the small volcanic ridges. The trend of the magnetic structure would reflect strikes of faults by rifting, and the trend of the bathymetry would reflect strikes of fractures.

Key words : Lau Basin, Havre Trough, Bathymetry, Geomagnetic Anomaly

* 1 海洋科学技術センター

* 2 地質調査所

* 3 Japan Marine Science and Technology Center

* 4 Geological Survey of Japan

1. はじめに

ニュージーランドとフィジーの間に位置するハブルトラフとラウ海盆は、ケルマデック・トンガ海溝の背弧海盆である(図1)。ラウ海盆では年間 6-10 cm の両側速度で中央海嶺型の海底拡大が起きている(e.g. Taylor et al., 1996)。一方、ハブルトラフはリフティングにより地殻が引き伸ばされているとされている(e.g. Parson and Wright, 1996)。そのリフティングの開始時期は南から北に 0-10 Ma で、その伸張速度は南から北に年間 1-5 cm である。この地域を研究することは、リフティングによる地殻構造の発達過程、海底拡大域への漸移、もしくは対比を観察できる点で興味深い。

我々は 1997 年 1 月から 2 月にかけて調査船「よこすか」を用いて、過去に調査の進んでいない ハブルトラフ、ラウ海盆南部の調査 (Leg 1: Y96-14 航海, Leg 2: Y97-01 航海) を行った (松本他, 1997; Matsumoto et al., 1997)。この航海では、海底地形 (Delteil et al., 1999), 地磁気 (山崎他, 1997), 重力, ドレッジによる岩石採集, 海底地震計による屈折法探査 (高橋他, 1997) と自然地震調査 (西澤他, 1997; Nishizawa et al., 1999), シングルチャンネル反射法探査 (村上, 1997) が行われた。本論文では海底地形と地磁気異常調査の結果を論じる。

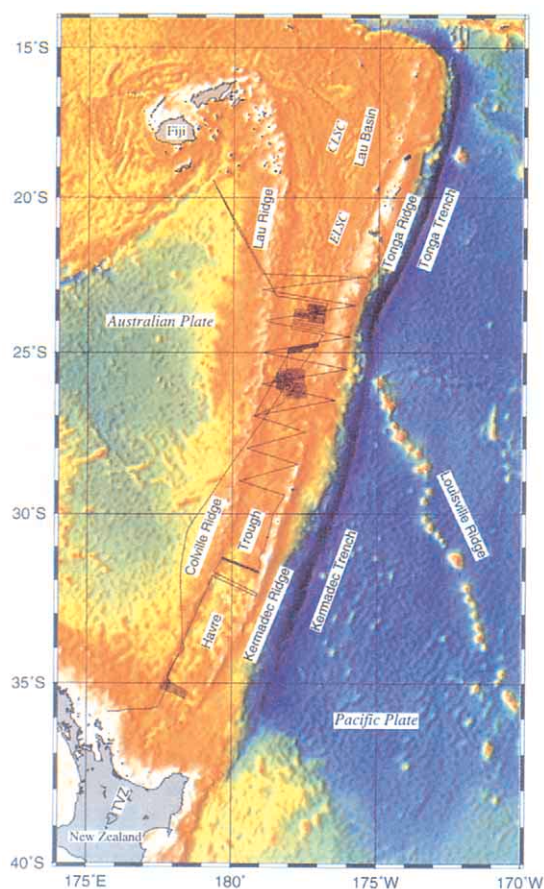


図1 研究地域の概略図。黒線は「よこすか」調査測線を示す。
Fig. 1 Overview of the study area and survey tracks.

2. 海底地形と地磁気データの取得

海底地形と地磁気データは全測線において取得された。測線は広域にわたる調査域の概要を得るための長測線と 24 S, 25 S, 26 S, 32 S そして 35 S に配された詳細な調査域で構成されている (図 1)。海底地形調査はマルチナロービーム音響測深機 HS-10 により行われた。地磁気調査は船上 3 成分磁力計を用いて行われた。地磁気データ処理は Isezaki (1986) の方法によった。地磁気 3 成分異常の計算は観測値と International Geomagnetic Reference Field (IGRF) 1995 モデル (IAGA Division V WG 8, 1995) との残差により求めた。得られた地磁気 3 成分異常から、地球磁場逆転あるいは断層による 2 次元的磁化構造の磁化境界の位置と走向 (Seama et al., 1993), およびその磁化境界における磁化コントラスト (Korenaga, 1996) が求められた。

3. 海底地形と磁化構造

3.1. ラウ海盆南部

ラウ海盆南部の 24 °S, 177 °W 付近に N20 °E 方向、水深は約 3,000 m の地溝が見られる (図 2)。この地溝の南端部の西側壁から熱水変質をうけた火山岩が採集され、熱水噴出が最近その付近で進行していることが示唆される。また同じく西側壁から新鮮な玄武岩溶岩が採集された。この地溝はラウ海盆の拡大軸 Eastern Lau Spreading Center (図 1 中の ELSC) の Valu Fa Ridge の南への延長線上に位置し、拡大軸の南端であることが推定される。こ

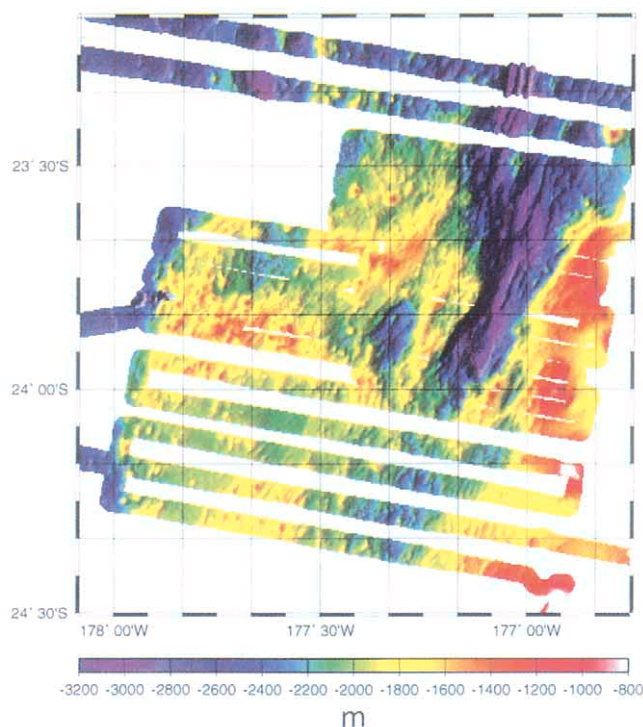


図2 24 °S 調査域の海底地形図。
Fig. 2 Bathymetry of the 24 °S survey area.

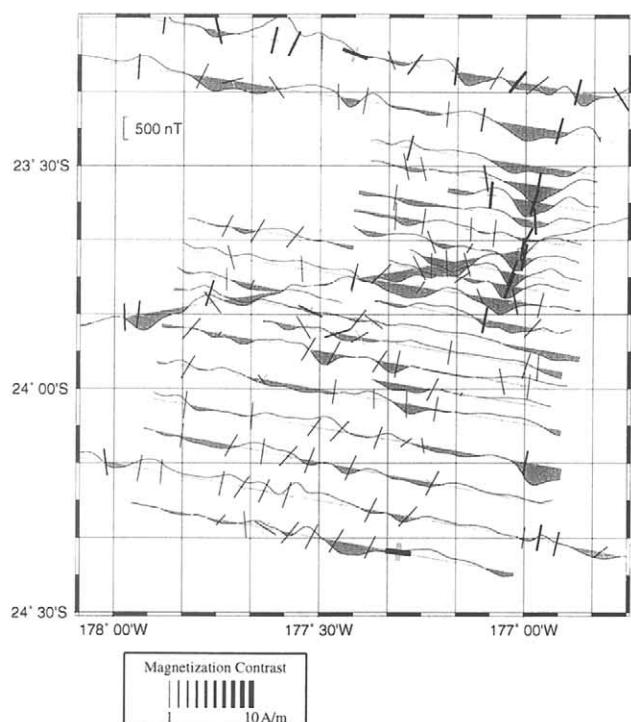


図3 24°S 調査域の鉛直下向き成分地磁気異常、磁化境界の走向、および磁化境界における磁化コントラスト。棒線の向きが磁化境界の走向を示し、その長さは磁化境界の傾きのコサインを示す。交差する灰色の棒線は2次元構造の仮定からのずれの大きさを表す。棒線の太さが磁化コントラストの強さを表す。

Fig. 3 Downward component of geomagnetic anomaly, strike of magnetic boundary, and magnetization contrast at the magnetic boundary of the 24°S survey area. The bars show strikes of the magnetic boundaries and the length of a bar corresponds to the cosine of the inclination. The cross-bars visualize the root mean square of angular error; a longer cross-bar signifies a larger angular error. Thickness of the bar indicates intensity of magnetization contrast at the boundary; a thicker bar signifies the magnetic boundary with strong contrast.

の地溝地形としては 24°00'S が終端であるが、谷地形としてはさらに南方に延びている。調査域の西側の海底は火山体を示す円状の地形や、N20-30°E 方向の長さ 30 km 程度の海嶺状の地形で構成されている。調査域の西端は堆積物の堆積を示唆する平坦な地形になっている。

24°S, 177°W の地溝に沿い、正帯磁を示す、負の鉛直下向き (Z) 成分地磁気異常が観測された (図3)。磁化コントラストは調査域の他の地域に比べて非常に強く、この地溝内の地殻年代が非常に新しいことを示しており、この地溝が Valu Fa Ridge の拡大軸の南端であることが確認される。地溝および谷地形は、24°00'S およびその南方に延長していくのに対し、振幅の大きい Z 成分異常は 23°50'S が南限である。これは 23°50'S 以北がマグマの噴出を伴う海底拡大、それ以南はマグマの噴出を伴わない海底拡大であることを示唆している。調査域西側の磁化境界の走向と地形の走向は、ほぼ一致し N20-30°E を示す。拡大軸近辺に見られる N-S に近い磁化境界の走向は、元々 N20-30°E 方向の走向を持っていた島弧地殻が、海底拡大により形成された海洋地殻に西方に押される形で、反時計周りに回転変形したことを示しているものと思われる。

24°S, 177°W の地溝から外側斜面にはブリュンヌ正磁極期以前 (0.78 Ma) の地磁気異常パターンを追跡できない。これは 24°S の地域における海底拡大は 0.78 Ma 以後に開始されたことを示している。23°S 以北の長測線における地磁気異常のパターンは、23°S の地域では地磁気異常 2n (1.75 Ma) の時期に海底拡大を開始したことを示している (図4)。拡大速度は西側と東側方向で非対称になっており、西側 1.85 cm/yr、東側 1.46 cm/yr であることがわかった。

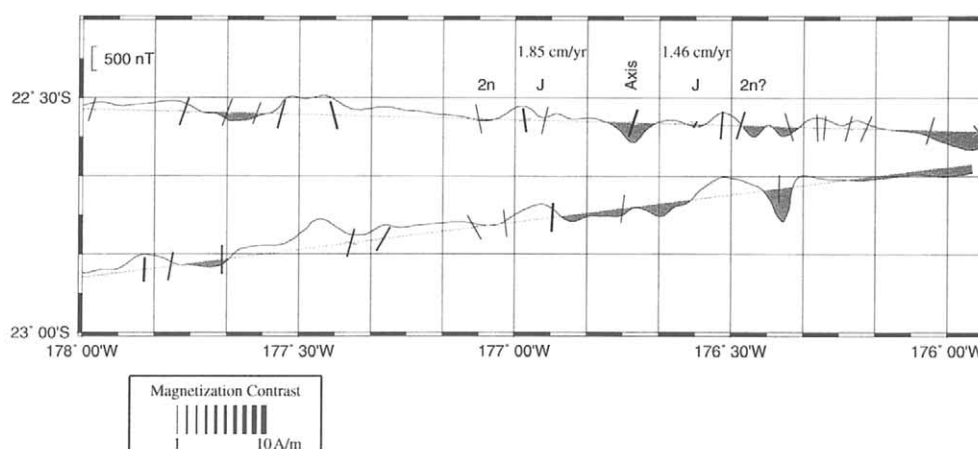


図4 23°S 付近の2測線の鉛直下向き成分地磁気異常、磁化境界の走向、および磁化境界における磁化コントラスト。

Fig. 4 Downward component of geomagnetic anomaly, strike of magnetic boundary, and magnetization contrast at the magnetic boundary near 23°S.

3.2. ハブルトラフ北部

25°S の調査域において、調査域西側に現れる堆積盆は 24°S 調査域から続いている特徴である。また調査域中央部の水深の深い部分は、拡大軸南端である地溝から連続する谷地形である (図 5)。調査域全体は火山体地形や長さ 30～40 km の海嶺状の地形が支配しているが、その走向はハブルトラフ全体の方向 N20°E よりやや斜交した N30-40°E を示す。地磁気 Z 成分異常および磁化境界は N-S から N20°E の走向を示し、地形の走向とは一致しない (図 5)。磁化コントラストは場所によらずほぼ一様で、24°S の調査域で確認された拡大軸南端に比べて弱く、年代の新しい海底拡大域はこの地域では存在しないことが示される。

26°S の調査域における火山地形や小海嶺の地形の走向は N40-60°E を示し、ハブルトラフ全体の方向から 20°以上斜交している (図 6)。調査域の中央および西側には堆積盆が存在する。中央の堆積盆で行われた屈折法地震探査によれば、地殻の厚さは 9-10 km であることとその P 波速度構造から、この地域の地殻はリフティングによって引き伸ばされた島弧地殻であると結論される (高橋他, 1997; Nishizawa et al., 1999)。

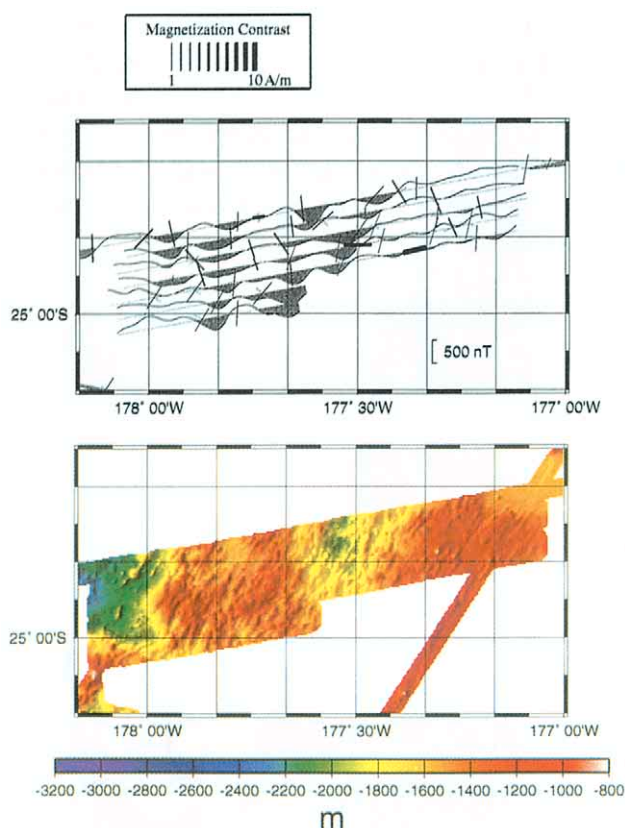


図 5 25°S 調査域の海底地形、鉛直下向き成分地磁気異常、磁化境界の走向、および磁化境界における磁化コントラスト。
Fig. 5 Bathymetry, downward component of geomagnetic anomaly, strike of magnetic boundary, and magnetization contrast at the magnetic boundary of the 25°S survey area.

地磁気 Z 成分異常および磁化境界の走向は、25°S の調査域と同様に N-S から N20°E を示し、地形の走向とは一致しない (図 7)。調査域の西側 178°10'W から 178°20'W に連なる Z 成分地磁気異常の負異常は、海底地形上の堆積盆と海嶺地形との境界 25°50'S を越えて続いており、磁化構造としては連続であることが示されている。

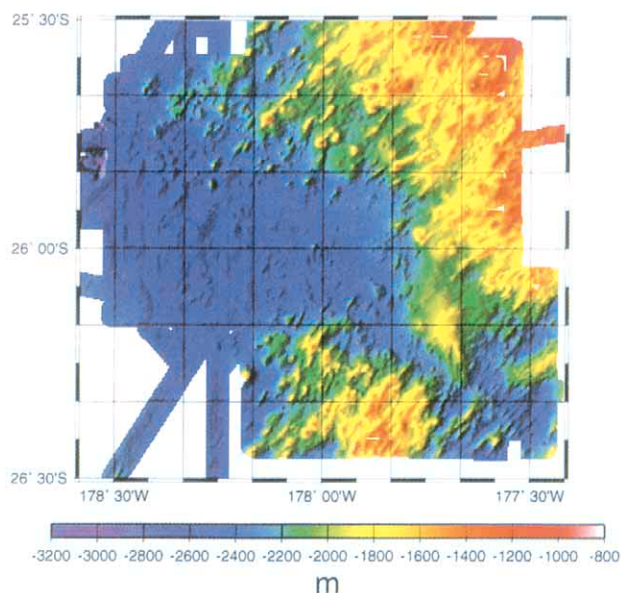


図 6 26°S 調査域の海底地形図。
Fig. 6 Bathymetry of the 26°S survey area.

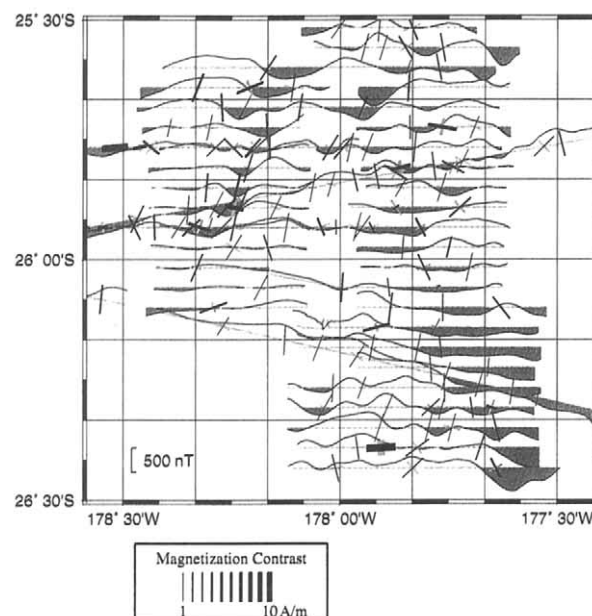


図 7 26°S 調査域の鉛直下向き成分地磁気異常、磁化境界の走向、および磁化境界における磁化コントラスト。
Fig. 7 Downward component of geomagnetic anomaly, strike of magnetic boundary, and magnetization contrast at the magnetic boundary of the 26°S survey area.

3.3. ハブルトラフ南部

ハブルトラフの水深は 32°S 付近を境に急変し、その南方で水深が深くなっている（図 1, 8）。31°50'S 以北の調査域西側は堆積盆、東側は N30-40°E の走向をもつ火山

状海嶺が見られる（図 8）。一方、31°50'S 以南の海底地形はその東側に火山海嶺をもたない、これが深い水深の理由であり、その北より活動的でないことが推定される。Z 成分地磁気異常は北側の 3 測線、南側の 2 測線どうして

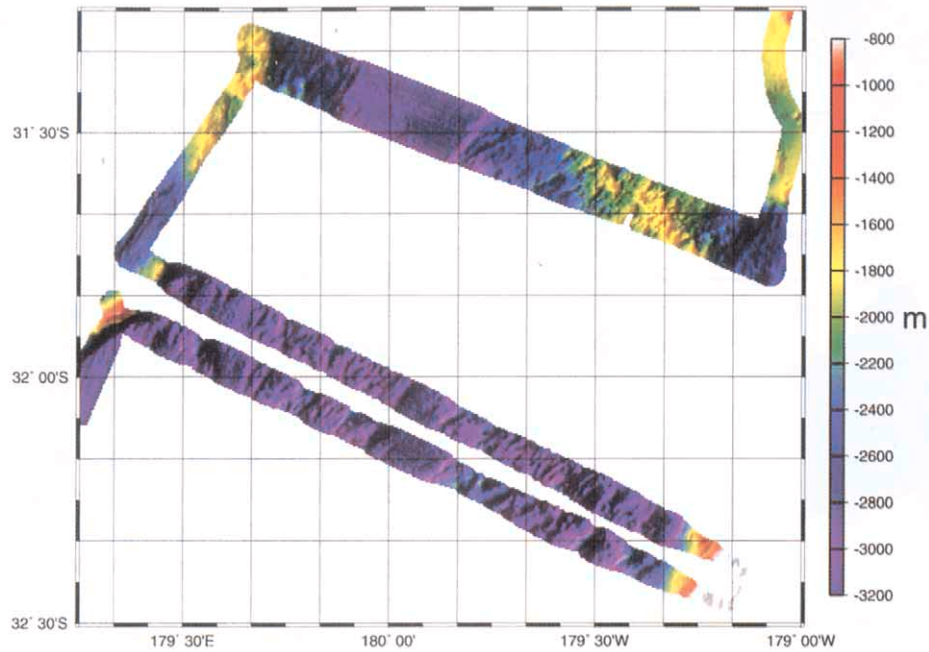


図 8 32°S 調査域の海底地形図。
Fig. 8 Bathymetry of the 32°S survey area.

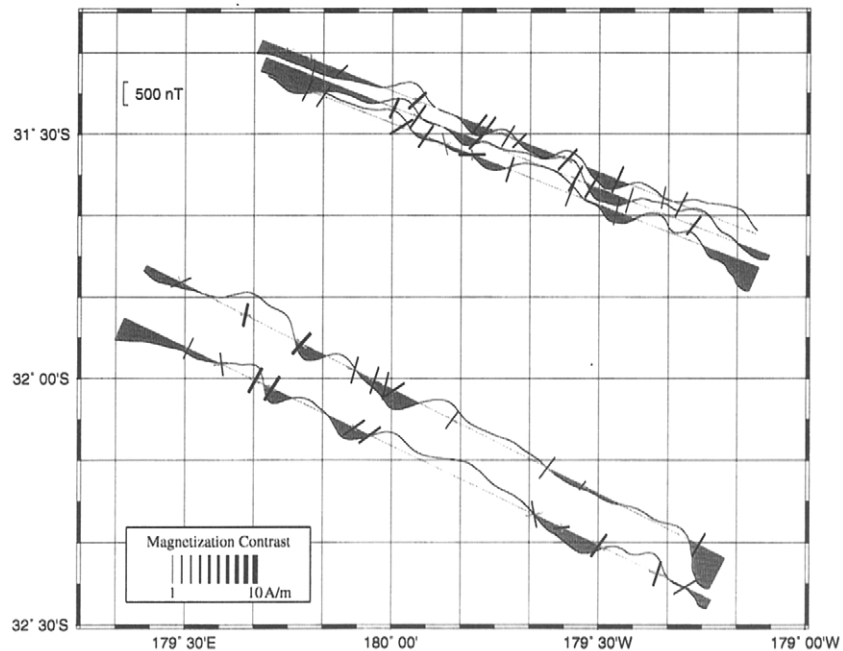


図 9 32°S 調査域の鉛直下向き成分地磁気異常、磁化境界の走向、および磁化境界における磁化コントラスト。
Fig. 9 Downward component of geomagnetic anomaly, strike of magnetic boundary, and magnetization contrast at the magnetic boundary of the 32°S survey area.

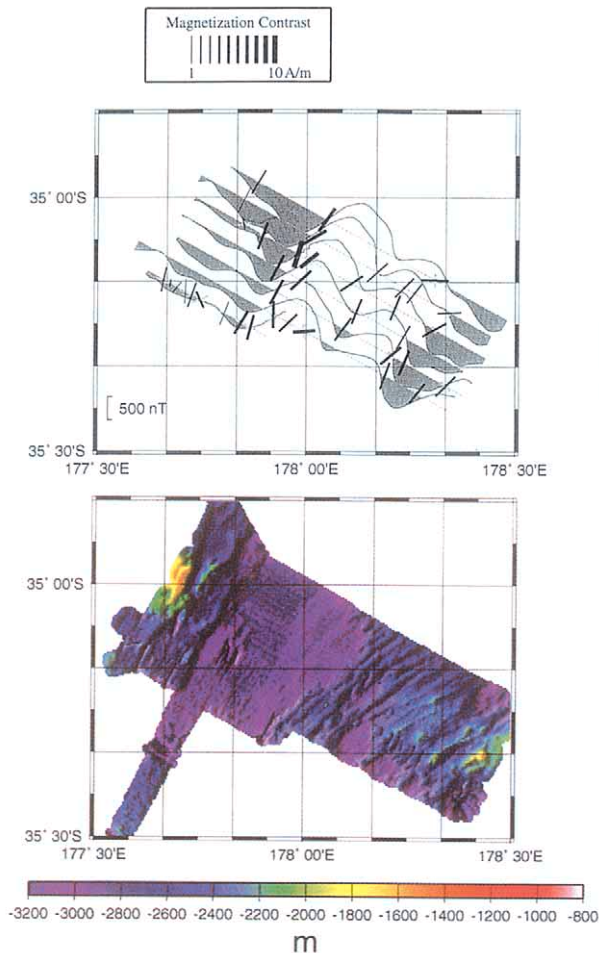


図 10 35°S 調査域の海底地形、鉛直下向き成分地磁気異常、磁化境界の走向、および磁化境界における磁化コントラスト。
Fig.10 Bathymetry, downward component of geomagnetic anomaly, strike of magnetic boundary, and magnetization contrast at the magnetic boundary of the 35°S survey area.

はそれぞれ相関を見せているが、北側の地磁気異常パターンと南側のパターンとは類似しておらず、互いに異なった磁化構造をもつことが示唆される（図9）。磁化境界の走向は北側、南側ともに N20-30°E を示す。

トラフ西側に堆積盆、東側に海嶺状地形という海底地形は、ハブルトラフ全域にみられる特徴である（図10）。堆積盆の存在はトラフ西側が地質学的に年代が古いことを示している。シングルチャンネル反射法探査から、堆積盆下にもトラフ東側と同様の火山体の存在が認められている（村上，1997）。トラフ西側はトラフ形成の初期に火山の形成を伴うリフト活動をした後、沈降し堆積物に埋没したものと推定される。活動的な地域はトラフの発達に伴い東側、すなわち海溝側に移行していくものと推論される。磁化コントラストの強さは、35°S 調査域を除き、ハブルトラフ全域にわたりほぼ一定である。この事実はハブルトラフが時間的に安定した特定の拡大軸を持たず、拡散的に海底が拡大していることを示唆している。磁化

境界の走向は N-S から N30°E を示し、ハブルトラフの方向に平行である。この磁化構造はリフティングに伴いリフト軸に平行に形成される正断層の走向を反映しているものと思われる。一方、火山の配列によって構成された海底地形の走向は、ハブルトラフの方向に斜交している。これは地殻の伸張速度は北に向かって速くなるため、この南北間の拡大速度の差異により、地殻に剪断応力が働き、横ずれ断層帯が形成され、その断層帯に沿って火山活動が起きているためであると考察される。

4. まとめ

太平洋—オーストラリアプレート境界の背弧海盆であるラウ海盆とハブルトラフにおいて、海底地形と地磁気の調査が行われ、以下の事柄が明らかになった。

1) ラウ海盆南部の 23°S の地域では地磁気異常 2n (1.75 Ma) の時期に海底拡大を開始したと推定される。拡大速度は西側と東側で非対称で、西側 1.85 cm/yr、東側 1.46 cm/yr である。

2) ラウ海盆南部の 24°S, 177°W 付近、N20°E 方向、水深約 3,000 m の地溝に沿い、正帯磁を示す負の鉛直下向き成分地磁気異常が観測され、この地溝がラウ海盆の拡大軸の南端であると推定される。

3) 堆積物に覆われていないハブルトラフ東側の海底地形は火山体や長さ 30 km 程度の海嶺状の地形で構成されている。その海嶺地形の走向はハブルトラフの方向 N20°E より斜交しており N40-45°E を示している。

4) 地磁気異常および磁化境界の走向はハブルトラフの方向にほぼ平行である。磁化構造はハブルトラフのリフト軸の方向を反映し、海底地形の走向は横ずれ断層帯に沿った火山活動を反映しているものと推論される。

謝 辞

斎藤房夫船長、今井利雄通信長をはじめとする「よこすか」乗組員の調査航海における協力と航海データの提供に感謝する。Y96-14, Y97-01 航海乗船研究者には研究に関する援助と有益な助言をしていただいた。

引用文献

- 1) Delteil, J., E. Ruellan, T. Matsumoto, K. Kobayashi, and I. Wright, "Deformation distribution in the Havre Basin (SW Pacific)", (abstract) EOS Trans AGU, **80**(46), 1137 (1999).
- 2) IAGA Division V WG 8, "International Geomagnetic Reference Field, 1995 revision", J. Geomag. Geoelectr., **47**, 1,257-1,261 (1995).
- 3) Isezaki, N., "A new shipboard three-component magnetometer", Geophysics, **51**, 1,992-1,998 (1986).
- 4) Korenaga, J., "Comprehensive analysis of marine magnetic vector anomalies", J. Geophys. Res., **100**, 365-378 (1995).
- 5) 松本剛, 小林和男, 山崎俊嗣, J. デルテール, E. リュー

- ラン, 乗船研究者一同, "中南部太平洋ラウ海盆・ハブルトラフ中央部の海底構造の発達—研究船「よこすか」による New Starmer 航海の成果速報", JAMSTEC 深海研究, **13**, 287-297 (1997).
- 6) Matsumoto, T., K. Kobayashi, T. Yamazaki, J. Delteil, E. Ruellan, and LAUHAVRE 97 onboard scientific party, "Regional tectonics in the southern Lau Basin - Havre Trough - Preliminary results of the LAUHAVRE 97 cruise -", (abstract), EOS Trans. AGU, **78**(46), 720 (1997).
 - 7) 村上文敏, "南西太平洋ハブル舟状海盆及びラウ海盆南部の地質構造", JAMSTEC 深海研究, **13**, 311-321 (1997).
 - 8) 西澤あずさ, 阿部信太郎, 高橋成実, 海宝由佳, "Havre トラフ北端部における地震学的調査 1. 自然地震活動", JAMSTEC 深海研究, **13**, 323-338 (1997).
 - 9) Nishizawa, A., N. Takahashi, and S. Abe, "Crustal structure and seismicity of the Havre Trough at 26°S", Geophys. Res. Lett., **26**, 2,549-2,552 (1999).
 - 10) Parson, L. M. and I. C. Wright, "The Lau-Havre-Taupo back-arc basin: A southward-propagating, multi-stage evolution from rifting to spreading", Tectonophysics, **263**, 1-22 (1996).
 - 11) Seama, N., Y. Nogi, and N. Isezaki, "A new method for precise determination of the position and strike of magnetic boundaries using vector data of the geomagnetic anomaly field", Geophys. J. Int., **113**, 155-164 (1993).
 - 12) 高橋成実, 阿部信太郎, 西澤あずさ, "Havre トラフ北端部における地震学的調査 2. 地震波速度構造", JAMSTEC 深海研究, **13**, 339-351 (1997).
 - 13) Taylor, B., K. Zellmer, F. Martinez, and A. Goodliffe, "Sea-floor spreading in the Lau back-arc basin", Earth Planet. Sci. Lett., **144**, 35-40 (1996).
 - 14) Yamazaki, T., T. Fujiwara, and M. Joshima, "Geomagnetic vector anomaly in the southern Lau Basin and Havre Trough", JAMSTEC J. Deep Sea Res., **13**, 299-309 (1997).

(原稿受理: 1999 年 12 月 27 日)