

論文内容の要旨

論文題目 **High resolution vector magnetic anomalies acquired on a deep-sea submersible : methodology, geomagnetic variations and seafloor dating**
(深海潜水艇によって得られた高分解能ベクトル磁気異常の研究:
解析手法、地磁気永年変化と海底の年代決定)

氏名 北沢 光子

はじめに

海底地磁気異常は、連続的な地球磁場変動の記録である。従来の海底地磁気異常の研究では、海面磁力計 (surface magnetometer) を使用し、海面近くで観測を行うのが一般的である。海面地磁気測定では、比較的長波長な地磁気異常が観測される。海面磁力計で観測される磁化構造より細かい構造の研究をするには、深海曳航型磁力計 (deep-tow magnetometer、下記は DT で省略) で観測を行う。DT は、海底面より数百メートル上で観測を行う為、海面磁力計で得られる異常より短い波長の地磁気異常 (図 1) が、DT 記録から発見されている。それらの短波長異常は、Tiny Wiggle と名付けられ (Cande and LaBrecque, 1974; Blakely, 1974; Cande and Kent, 1992; Gee et al., 1996)、地磁気異常だけでなく、堆積物の磁化変動でも存在することが確認されている (Valet and Meynardier, 1993; Lanci et al, 1997; Roberts et al, 2000)。Tiny Wiggle の起源は今だに議論されている

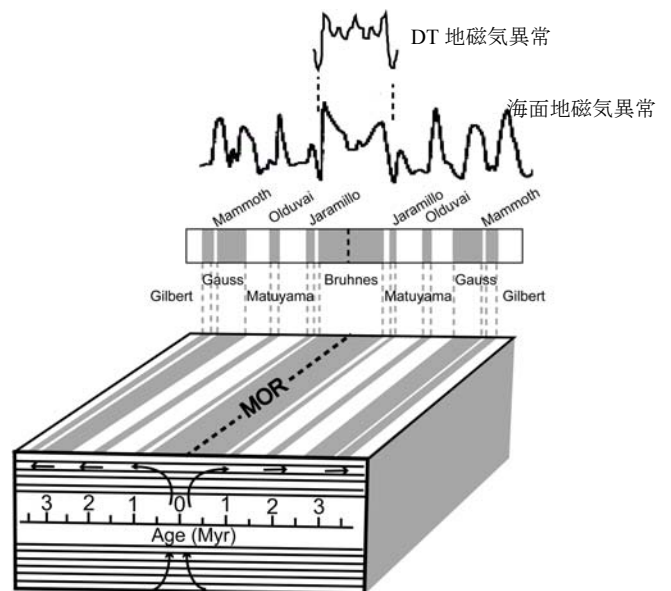


図 1 : 海底拡大と海底地磁気異常。(a): DT と海面磁力計で観測された地磁気異常の記録。DT で観測された異常は、海面地磁気異常より短波長である。(b): 海底拡大と海底に記録されている地球磁場の逆転、海洋地殻は、中央海嶺(Mid-Ocean Ridge,略して MOR)で形成され、形成時の磁場を記録する。地磁気には、現在と同じ向きの状態 (正、黒で表示) と、北極と南極が入れ替わった状態 (逆、白で表示) の 2 つの状態がある。

が、世界各地で Tiny Wiggle が観測されていることから、グローバルな地球磁場の変動により形成されていると考えられている (Gee et al, 1996; Gee et al, 2000; Pouliquen et al, 2001; Ravilly et al, 2001)。したがって、このような短波長な磁気異常を用いれば、海底の年代が従来より高い分解能で推定することができるはずである。

本研究では、過去 78 万年 (Brunhes 期) の高解像度の磁気異常を求め、海底の年代を推定することを目的として行った。

観測

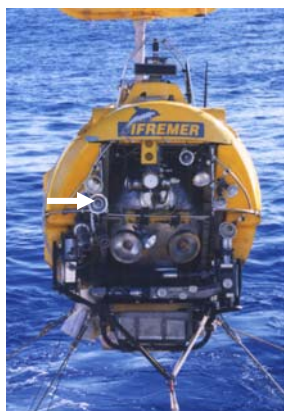


図 2: 潜水艇に搭載した三成分磁力計 (矢印)

DT より高解像度な磁気異常の記録を得る為、本研究では、深海三成分磁力計を潜水艇 *Nautilie* に搭載し、海底面より数メートル上で磁気観測を行った。この測定法により、中央インド洋海嶺 (Central Indian Ridge、下記は CIR)、南緯 19 度で、2つの測線を取得した。各測線は、8 ダイブ (北側の測線) と 9 ダイブ (南側の測線) をつないで形成されている。各測線の両端は、Brunhes-Matuyama 境界まで達している為、全 Brunhes 期での地磁気永年変化が取得されたことになる。

南緯 19 度の CIR では、拡大速度が約 4.5cm/yr (full rate) である。Réunion ホットスポットの影響で (Briais, 1995)、滑らかな地形が観察されている (Briais and Sauter, 1998; Dymant et al, 1999) が、その他の複雑なテクトニクスの影響が少ないと考えられ、磁気観測には適している地域である。

データ処理

深海三成分磁力計は、潜水艇 *Nautilie* に搭載している為、観測された磁場は、外部磁場と潜水艇の船体磁場 (誘導磁場と残留磁場) の重ね合わせである。CIR での海底地磁気異常を求める為には、潜水艇の船体磁場を補正する必要がある。船体磁場は、潜水艇が下降時に行う回転データを使用し、本庄法 (Honsho, 1999) に修正を加えた方法で見積もられた。本研究で開発した方法により、潜水艇の誘導磁場はほぼ一定であるが、残留磁場は深さと共に線形的に変化していることが分かった。潜水艇の残留磁場と深さの関係を考慮し、潜水艇の磁場の補正を行った。

地磁気異常は、補正された磁場から外部磁場 (IGRF) を引いて求める。外部磁場 (IGRF)

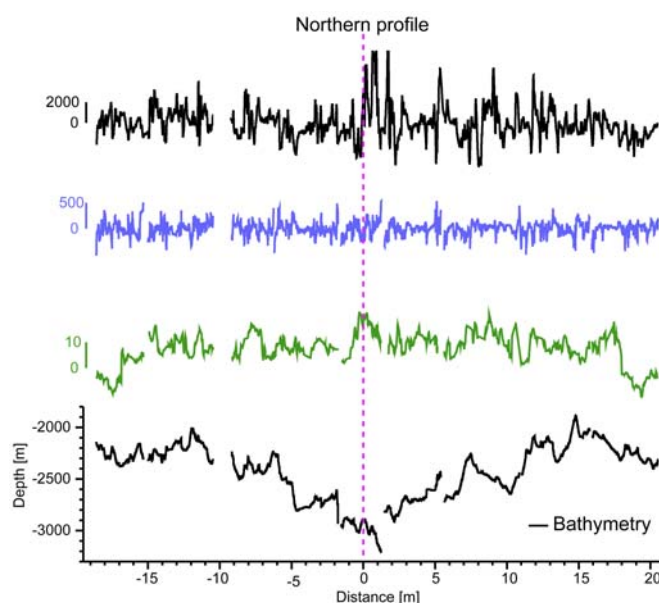


図 2: 北側の測線で観測された地磁気異常 (黒)、Forward model で求めた synthetic 磁気異常 (青) と FFT で求めた海底の磁化強度。海底地形 (下) は、黒線で表示されている。

は、観測時に、観測地域で見積もった地球磁場である。海底付近で観測を行っている為、地磁気異常は、潜水艇の上下運動と海底地形の影響を大きく受けている。その影響を、forward model を用いて見積もった。Forward model では海底が 1 A/m の磁化を持つ、500m の厚みの二次元層であることを仮定し、潜水艇の上下運動と海底地形のみを考慮し、synthetic 磁気異常を計算した。観測された磁気異常に、潜水艇の上下運動と海底地形を取り除く為、観測された磁気異常と synthetic 磁気異常との比をとって海底の磁化強度を spectral メソッド (Fast Fourier Transform (FFT)) で求めた (Parker and O'Brien, 1997)。

結果

本研究では、CIR (19°S) で潜水艇に三成分磁力計を搭載し、海底付近で、磁気観測を行い、2つの測線の磁気異常を取得した。その測線は、全 Brunhes 期の地磁気永年変化を含んでいる。観測された磁気異常から潜水艇の上下運動と海底地形の影響を取り除き、海底の磁化強度を求めた。求めた磁化強度の記録は、同時に採取された岩石サンプルの自然残留磁化とよく一致し、海底の磁化は主に岩石 (玄武岩) の自然残留磁化であること (Irving et al., 1970; Gee and Kent, 1994; Johnson and Tivey, 1995; Ravilly et al, 2001) が確認された。

本研究で求めた磁化強度の記録は、堆積物から求めた地磁気永年変化の記録 (Guyodo and Valet, 1999) と比較が出来るような高解像度な記録であり、両記録を比較した。堆積物から求めた地磁気永年変化の年代は、astronomical calibration や Ar^{39}/Ar^{40} などを用いて、年代測定を行っている (Valet and Meynardier, 1993; Tauxe et al, 1996; Langereis et al, 1997)。両記録を比較しながら主な磁気イベントを認定し、海底の年代を推定した (図 3)。

推定された海底の年代と測定場所との対比により見かけの拡大速度 (apparent spreading rate) を求めた (図 4)。その結果、インドプレート側の見かけの拡大速度がアフリカプレートの見かけの拡大速度より速いことが分かった。この非対称拡大は、北側の測線より、南側の測線の方により顕著に見られることも分かった。

結論

本研究により、従来の観測手法 (海面及び DT) によるものに比べ、高解像度の地磁気永年変化の記録が得られた。

観測された磁場は、潜水艇の船体磁場と外部磁場を重ねた磁場であり、潜水艇の船体磁場を見積もり、補正をする必要がある。潜水艇の残留磁場は、深さと共に線形的に変化しているため、潜水艇の磁場を補正する場合には、潜水艇の残留磁場と深さの線形的な関係を考慮する必要があることが分かった。

本研究で得られた海底地磁気異常から、海底の磁化強度を求めた。これを堆積物から求めた地磁気永年変化の記録と比較し、主な磁気イベントが認識された。磁気イベントの年代は堆積物から求められているので、海底の年代を推定することができる。

更に、海底の年代を使用して求めた見かけの拡大速度から、観測地域の CIR では、インド

プレート側の方がアフリカプレートより速いという、非対称な拡大をしていることが示唆された。

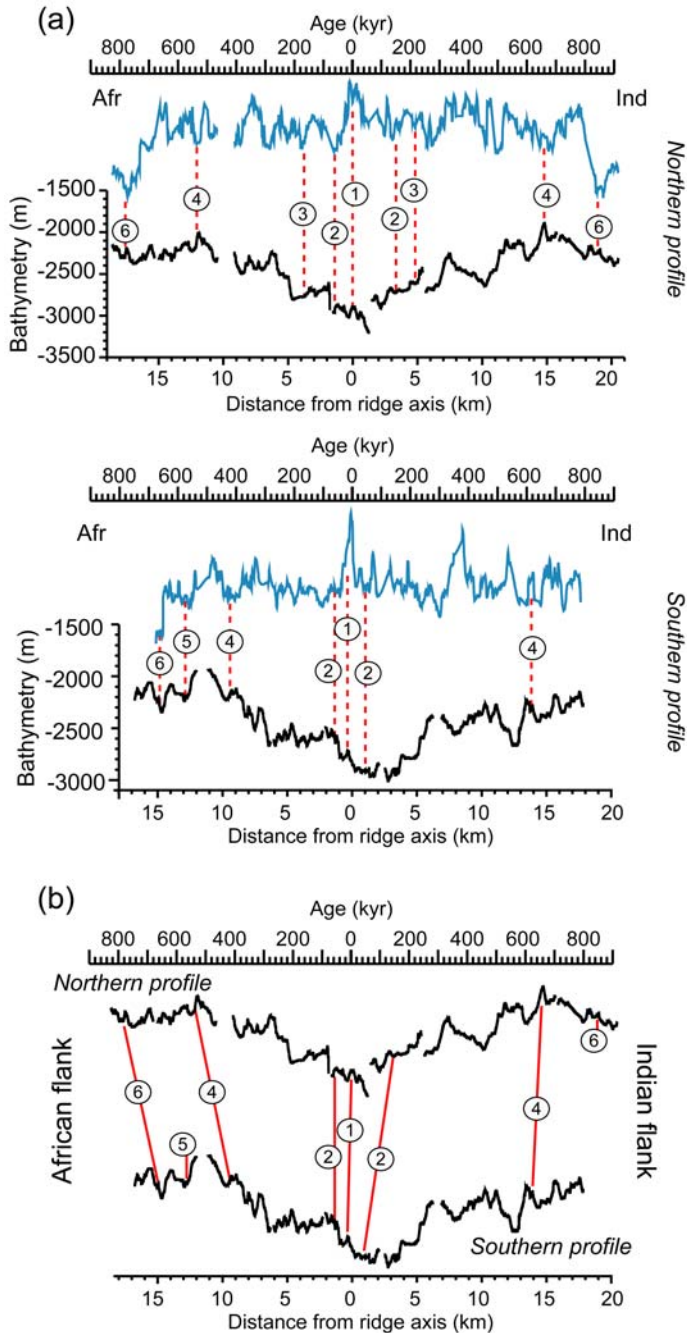


図3：海底の年代推定。磁気イベントは、本研究で求めた磁化強度の記録と堆積物から求めた地磁気永年変化の記録を比較し、認定された。磁気イベントは、イベントが観測された場所の海洋底地殻と同年代であり、海底の年代を推定することができる。確認されイベントは、①:zero-age point (0 kyr), ②: Blake (110-120 kyr), ③: Jamaica (205-215 kyr), ④: Big Lost-Emperor (560-570 kyr), ⑤: Delta (690 kyr), ⑥: Brunhes-Matuyama boundary (780 kyr) である。

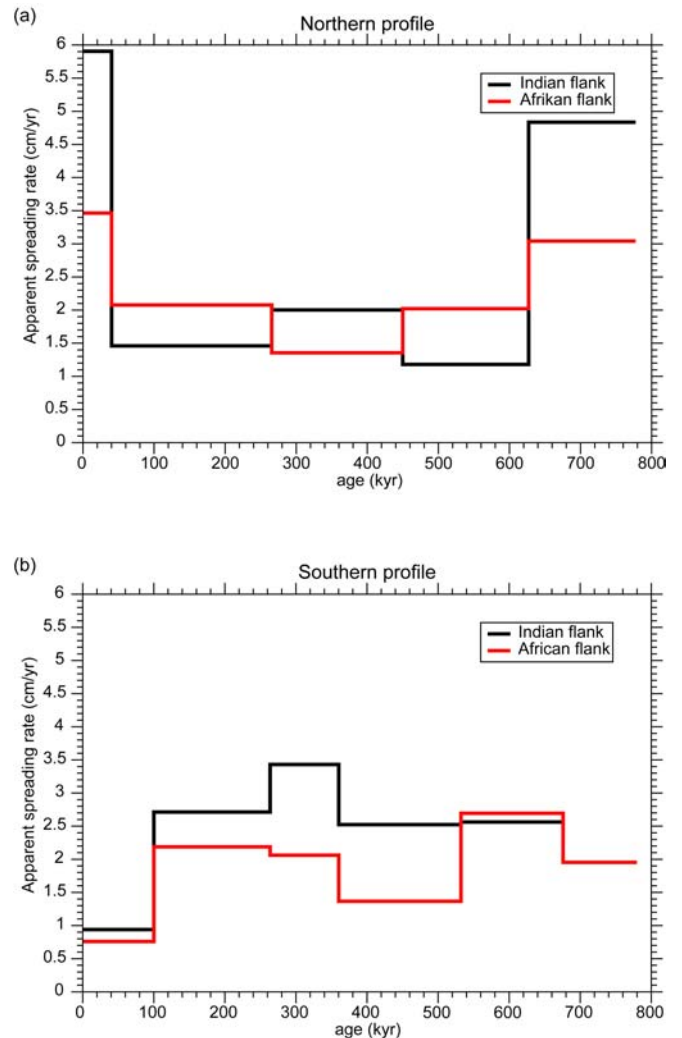


図4：観測地域での見かけの拡大速度。インドプレートは黒線、アフリカプレートは赤線で表示されている。北側(a)と南側(b)の測線は、非対称である。