

磁気異常データを用いた応力磁気効果の推定

The tectonomagnetic field estimated from magnetic anomalies and regional strains

山崎健一（東京大学地震研究所）

K. Yamazaki (Earthquake Research Institute, the Univ. of Tokyo)

A new calculation procedure to evaluate intensities of the magnetic due to regional strains has been developed. We can estimate the piezomagnetic field intensity from the magnetic anomaly and regional strain data with some assumption. Unlike other existing calculation procedure, this new method does not require the explicit structure of the magnetization intensity of the crust. Established method are applied for the magnetic survey data and geodetic data to estimate the piezomagnetic field at the height of 5000m in Japan. Obtained piezomagnetic field intensity is about several tens of pico-tesla.

地球科学において応力磁気効果を調べる主な目的は、地磁気観測を地殻内部応力の推定技術として用いることである。そのためには、応力と磁化変化をむすびつける比例定数（応力磁化係数）を決定しておくことが不可欠である。ところが、実験で得られる応力磁化係数[たとえば Ohnaka and Kinoshita, 1968]は、観測から期待される値[たとえば Davis and Stacey, 1972]との間に不一致がある。そのため、さまざまな時間・空間スケールの現象について、応力場と応力起源磁場の対応を調べるのが求められる。対象とすべきものの一つは、広域歪み場に付随する応力起源磁場である。

この問題を考える場合、断層近傍に生じる磁場を扱う場合と異なり、応力分布はあまり重要ではないと予想される。一方、地殻の磁化不均質が、応力起源磁場の生成に中心的な役割を果たすと考えられる。したがって、磁気異常データやその他の物理探査で得られた情報に基づき磁化分布を推定し、これをモデル計算に用いるという手順を踏むのが通常である[Nishida et al., 2004]。ところが、磁化分布の推定は一般に難しく、また日本列島全体のように広い範囲を対象とする場合には、推定に必要とされるデータも不足している。したがって、磁化分布を推定してから応力起源磁場を計算する手順をとることには、困難が伴う。

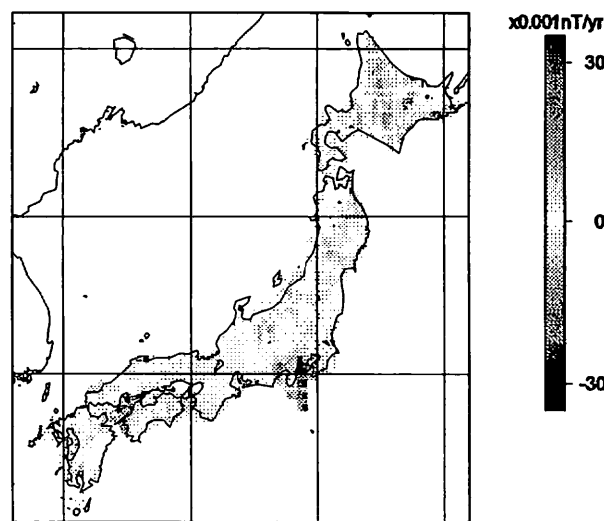
いま、対象とする領域で応力が一様で、かつ磁化方向が一定である場合を考える。このとき、応力磁気効果は、磁化方向の一様な回転とスカラー倍の合成で表現される。実は、ある観測面で磁気異常分布が得られていれば、磁化方向が変化した場合に生じる全磁力分布は、極磁気変換[Baranof, 1957]と同様の手順によって求めることができる。

このことを踏まえると、 \mathbf{k} を水平方向の波数ベクトルとして、磁気異常のフーリエ変換 $\tilde{F}(\mathbf{k})$ と応力起源磁場のフーリエ変換 $\tilde{F}_p(\mathbf{k})$ の間に、次の形の関係が導かれる。

$$\tilde{F}_p(\mathbf{k}) = \beta \cdot C(\mathbf{k}, \mathbf{T}) \cdot \tilde{F}(\mathbf{k})$$

ここで、 β は応力磁化係数、 $C(\mathbf{k}, \mathbf{T})$ は \mathbf{k} と偏差応力テンソル \mathbf{T} の関数である。よって、応力起源磁場 F_p は、磁気異常 F をフーリエ変換し、係数 $\beta \cdot C$ を乗じた後、フーリエ逆変換することで求められる。この方法を用いれば、磁化強度分布をあらわに求める必要はない。

この方針に沿って、日本周辺の応力起源磁場の理論値を計算した。歪み速度場は、水平方向のみ考えるものとし、国土地理院の GPS 連続観測システム (GEONET) によって得られた 1998 年から 1999 年の水平変位データを用いて、最小自乗法により歪みテンソルを求めた [Sagiya et al. 2000]。応力起源磁場は 0.1 度間隔の格子点上で評価することとした。これらの各点における歪み速度場から変換係数を求め、これを 1.6 度四方の領域における磁気異常データに作用させるて、この領域での理論値の分布を得るので、領域中央における値を点 x での理論値とする。この手順を、評価対象とする各点について行うことで、日本全体での応力起源磁場を見積もった (第 1 図)。応力起源の経年変化の大きさは、大きいところで数 $10\text{pT}(10^{-3}\text{ nT})$ 程度である。ただし、この結果は、歪み場がなだらかに変化することを仮定して求めたものなので、複雑な応力場が存在する場所、たとえば伊豆諸島等では不正確なものである可能性がある。



第 1 図：推定された高度 5000m における応力起源磁場強度経年変化量の分布

Fig. 1: Estimated secular changes of the piezomagnetic field at the height of 5000m.

今回得た結果は、高度 5000m での値であるが、応力起源磁場が実際に計算されるのは、地表である。したがって、理論値も地表での値を求める必要がある。そのために、下方接続を行うことも考えられる。しかし下方接続は短波長の誤差を増幅するため、正確な結果は期待できない。そこで、より低い高度で得られた値を用いることで、下方接続の距離を可能な限り小さくすることが望まれる。これにより、今回作成した方法を用いて、広域歪み場に対応する応力磁気効果の大きさのある程度正しく評価できるものと期待できる。

謝辞： 本研究では、国土地理院の 5000m 空中磁気測量データ (IGRF 補正值) [<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/geomag/index.html>]、および GPS 連続観測システムの水平変位データを利用させていただきました。記して感謝いたします。

参考文献

- V. Baranov: A new method for interpretation of aeromagnetic maps: Pseudo-gravimetric anomalies, *Geophysics*, 22(2), 359-383, 1957.
- P. M. Davis and F. D. Stacey: Geomagnetic anomalies caused by a man-made lake, *Nature*, 240, 348-349, 1972.
- Y. Nishida, Y. Sugisaki, K. Takahashi, M. Utsugi, H. Oshima: Tectonomagnetic study in the eastern part of Hokkaido, NE Japan, Discrepancy between observed and calculated results, *Earth Planet Space*, 56, 1049-1058, 2004.
- M. Ohnaka and H. Kinoshita: Effects of uniaxial compression on remanent magnetization, *J. Geomag. Geoelectr.*, 20, 93-99, 1968.
- T. Sagiya, S. Miyazaki, and T. Tada: Continuous GPS array and present-day crustal deformation of Japan, *Pure Appl. Geophys.* 157, 2303-2322, 2000.