

地磁気全磁力異常の投影誤差と地磁気3成分異常の重要性

Project error of the total intensity magnetic anomaly and importance of three component magnetic anomalies

伊勢崎 修弘 [1]; 松尾 淳 [2]

Nobuhiro Isezaki[1]; Jun Matsuo[2]

[1] 千葉・理・地球; [2] 千葉大学

[1] Dep. Earth Sci, Chiba Univ.; [2] Chiba University

地磁気全磁力異常 (TIA, geomagnetic Total Intensity Anomaly) は、観測地磁気全磁力 ($|\mathbf{TF}|$, Total intensity of geomagnetic Field) と、標準主磁場 (\mathbf{MF} , Main Field) の大きさの差である。(以後ベクトル量は太字、スカラー量は細字で表す。)

$$TIA = TF - MF \quad (1)$$

一方、地磁気異常ベクトル (TA, Total Anomaly) は、

$$\mathbf{TA} = \mathbf{TF} - \mathbf{MF} \quad (2)$$

TF と MF が平行でない限り、TIA は $|\mathbf{TA}|$ と等しくないことは明らかである。

TIA は大きさを表すスカラーである。物理学での磁場はベクトルであるので、TIA は物理学が示す諸性質、たとえば磁場と磁化の関係、Maxwell の方程式などに適用できない。しかし従来、

$|\mathbf{TA}|$ が $|\mathbf{MF}|$ より非常に小さい場合、TF と MF が平行とみなせるので、 $TIA = |\mathbf{TA}|$ としてよい。

という仮定をおいてきた。つまり

$$TIA = a \cdot X + b \cdot Y + c \cdot Z \quad \text{と仮定してきた。ここで}$$

(a,b,c) は MF の方向余弦、(X,Y,Z) は TA の3成分である。この TIA は TA を MF の上に投影したものである。投影地磁気異常ベクトル \mathbf{PTA} (Projected Total Anomaly) と呼ぶべきものである。

$$\mathbf{PTA} = a \cdot X + b \cdot Y + c \cdot Z \quad (3)$$

PTA はベクトル磁場であるので、スカラーポテンシャル v を用いて、

$$\mathbf{PTA} = -(\nabla \cdot \mathbf{t}) \quad (4)$$

と定義できる。ただし \mathbf{t} は MF の単位ベクトル方向である。 v も PTA もラプラスの方程式を満たす。繰り返すが TIA はそれを満たさない。TIA を用いて、上方接続、極磁力変換、M (磁化) の計算などはできないということである (e.g. Parker and Klitgord, 1972, GEOPHYSICS)。

$$e_T = TIA - PTA \quad (5)$$

とすると、これは PTA を用いなければいけないところ、TIA を用いることによる誤差である。これは観測誤差 (磁力計の誤差、人口的な磁場ノイズなど) と本質的に異なる必然的に TIA に備わる誤差なので、ここでは全磁力投影誤差と称する。この投影誤差が解析結果に及ぼす影響を見積もる必要がある。

図の簡単な幾何学から、

TIA が正のとき、

$$TF = MF \cdot \cos(\beta) + \sqrt{TA^2 - MF^2 \sin^2(\beta)}$$

$$PTA = \sqrt{TA^2 - TF^2 \sin^2(\beta)}$$

$$e_T = 2 \cdot TF \cdot \sin^2(\beta/2) \quad (6)$$

TIA が負のとき、

$$TF = MF \cdot \cos(\beta) - \sqrt{TA^2 - MF^2 \sin^2(\beta)}$$

$$PTA = \sqrt{TA^2 - MF^2 \sin^2(\beta)}$$

$$e_T = 2 \cdot MF \cdot \sin^2(\beta/2) \quad (7)$$

の関係式が得られる。

e_T は、 β が最大のときに、つまり TF が MF と最も離れたときに最大となる。TA が非常に MF より小さいので、 β が最大になるときは、TF は MF とほとんど等しくなる、つまり $TIA = TF - MF$ が 0 の付近となる。またこのときは、TA は T_0 にほぼ直交している。(全磁力直交効果、e.g. Hurwits and Knapp, 1974, JGR)。

直交効果は、MF、TA、 β を仮定して、式 (6) (7) から確認できる。MF=50,000nT, TA=1,000nT とし、TA を図の点 B の周りに回転させ、 α を 0° から 180° 変化させた時、 β の変化に応じた、投影誤差 e_T の変化をみると、 $\beta = 1,000/50,000 = 0.02\text{rad}$ (約 1°) のときに $e_T = 10\text{nT}$ となる。TIA の 1% である。磁場と磁化の関係は線形であるので、1% の TIA の投影誤差は、そのまま磁化の解析誤差となる。このような場合、磁力計の精度を 10nT 以下にしても解析結果の向上に何の効果も無い。

また相対投影誤差 e_T/TIA は有効桁数に影響する。 e_T は TIA が 0 付近で最大になるので、 e_T/TIA は、TIA の振幅が小さいときに非常に大きくなり、振幅の小さな TIA を用いた解析結果の有効桁数を大きく落とすことになる。

種々の MF、TA、 β と、磁化構造の形の組み合わせで、大きな e_T が生じる。また実際に行われた地磁気3成分測定の結果から、直接解析結果の検定を示す。

従来 TIA を用いて得られている解析結果は、 e_T の影響を無視してきたが、地磁気3成分測定をしていないので、 e_T の評価が不可能である。これからは地磁気3成分測定が、地磁気異常解析には必須である。

