

地磁気全磁力（異常）の物理的解析の限界

伊勢崎 修弘 [1]; 松尾 淳 [2]
[1] 千葉・理・地球; [2] 千葉大学

Constraint on geomagnetic total intensity (anomaly) field for physical analysis

Nobuhiro Isezaki[1]; Jun Matsuo[2]
[1] Dep. Earth Sci, Chiba Univ.; [2] Chiba University

The TA is defined as the difference between the observed intensity of geomagnetic total field (TF) and the intensity of geomagnetic main (MF) field, namely, $TA = |T| - |T_0|$ (1)

where T is a vector of TF, and T_0 is a vector of MF. Because TA is a scalar without information of its direction, TA is not a harmonic function and does not hold the Laplace equation. The geomagnetic anomaly vector DT is defined as $DT = T - T_0$ (2). It is clear that TA is not equal to $|DT|$ except for the case that T is parallel to T_0 . On the other hand, the other total intensity anomaly TAP, defined as $TAP = DT \cdot t$ (3) has been used where t is an unit vector of T_0 . TAP is the intensity of a vector anomaly DT_p ($TAP = |DT_p|$) in the direction of t , which holds the Laplace equation.

eT , the difference between TA and PTA is,

$$eT = |TA - PTA| = 2 * T_0 * \sin^2(a/2) \quad (4)$$

when the angle between T and T_0 is a (See Fig.1). If a is so small, then eT is so small that T is regarded to be parallel to T_0 , TA is almost the same as TAP and has been regarded as the one component of magnetic anomaly field in the direction of T_0 . Moreover TA has been regarded to be harmonic and hold the Laplace equation and the scalar magnetic potential v for TA is defined thus $TA = -dv/dt$ (5). We must select a to discard the useless TA for analysis which is too large to regard T as the parallel vector to T_0 . Choice of $a=1$ deg means that $eT = 8nT$ and $|DT| = 2 * T_0 * \sin(a/2) = 870nT$ for $T_0 = 50,000nT$. For $a=1$ deg, TA greater than 870nT must be discarded. If DT is almost perpendicular to T_0 (See T' , DT' in Fig.1), TA varies around 0 which provides the relative error, eT/TA ranging from 0.009 ($=8/870$) to finite ($TA=0$). Then choice of $a=1$ deg will give the high relative error, from 0.08 to the infinite on TA below 100nT. In the area where TA varies sinusoidally between $\pm 870nT$, the portion of data number for $|TA|$ less than 100nT will be about 17%. If $eT/TA=0.08$ is adopted as the criterion, 17% of total amount of data must be discarded. Choice of $a=0.5$ deg correspond to $eT = 4nT$ and $TA = 440nT$ which means that TA more than 440nT must be discarded from the data for analysis. eT/TA is more than 0.08 for TA below 200nT, whose portion of data number will be about 33%.

地磁気全磁力 ($TI = |TI|$) およびその異常 (TIA) は、物理量ではなく Laplace の方程式を満たさない。しかし、主磁場 (MF) の方向のベクトルと仮定し、磁化構造、上方接続、極磁力変換等に、Laplace の方程式を満たすとして扱われ、解析されてきた。元来ベクトルでないものを、ベクトルとみなすことによって生ずる影響は大きい。地磁気異常ベクトルを、 TA とし、その MF へ投影したベクトルを TAP とすると、 TAP は物理的な磁場ベクトルで、Laplace の方程式を満たす。従来、観測 TIA を TAP とみなして、物理的な解析を行ってきた。地球磁場 (TI) と MF のなす角を a とすると、TIA と $TAP (=|TAP|)$ の差 (全磁力解析誤差)、 e は $e = 2 * |MF| * \sin^2(a/2)$ と表せる。また角度 a のとき、最小 $|TA|$ は $|TA| = 2 * |MF| * \sin(a/2)$ となる。一方 $er = e/|TIA|$ を相対全磁力解析誤差と呼ぶことにする。 e, er あるいは a が小さいほど、TIA は解析可能な TAP に近づく。 $a=1$ °までを TI/MF と仮定する場合、 $|MF| = 50,000nT$ とすると $e=8nT$ 、最小 $|TA| = 2 * |MF| * \sin(a/2) = 870nT$ となるので、870nT 以上の TIA は計算に使うことはできない。もし TA が MF に殆ど直交する場合、TIA は殆ど 0nT 付近の変化となる。

TIA が $\pm 200nT$ の変化しても $e=8nT$ であり、 er は 0.04(8/200) から ($TIA=0$) の間を変化する。 $e=8nT$ を許容範囲とするかどうかの目安は、観測誤差であろう。TI, TIA の観測誤差が 1nT であれば $e=8nT$ は有意な誤差となり、 $a=1$ °は不適な選択と判断できる。しかし $a=1$ °をあくまで採用することもできるが、わざわざ観測誤差を 1nT にした意味がなくなる。

e を 1nT まで下げると最小 $|TA|$ は 110nT となって、これ以上の TIA が解析に不適となり、解析に使用できるデータが激減する。 er の目安は決めるのが難しいが、 $a=1$ °で $er=0.04$ まで許容すると、 $|TIA|$ が 200nT 以下のデータは使用できなくなり、これは TIA が $\pm 870nT$ の範囲で変化する sine 波データの 33% になる。 a を小さくすると、データ使用可能範囲が狭くなり、解析ができなくなる。また a を大きくするとデータ使用範囲は増えるが、 e が大きくなり、 $|TA|$ が 1,000nT を超えると 10nT 以上になり、観測誤差を十分に上まわる。観測誤差 (磁力計の誤差等) を小さくして調査準備した意味がなくなる。

結論

1. 本質的に物理量ではない (Laplace の方程式を満たさない) 全磁力あるいは全磁力異常は解析には使用できない (してはいけない)。

2. 解析に用いる場合は、 e (全磁力解析誤差) を見積もって、解析結果への影響を見積もる必要がある。

3. 全磁力観測誤差 (磁力計誤差など) を考慮すると、全磁力異常数百 n T のデータの 2-3 割は使用不可となりうる。

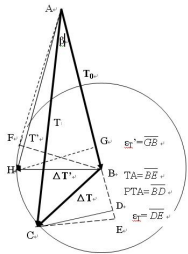


Fig.1 Geometrical expression for ϵ_T .

$T_0, \Delta T$ are the vectors of MA,TF and total intensity anomaly, $TA = \overline{BE}$, $PTA = \overline{BD}$ and $\epsilon_T = \overline{DE}$, the difference between TA and PTA. $\overline{AE} = \overline{AC}$, $\overline{AB} = \overline{AH}$, $\overline{CD} \perp \overline{BE}$, $\overline{BF} \perp \overline{AF}$, $\overline{HG} \perp \overline{AB}$, and $\beta = \angle BAC$ for T and $\beta = \angle BAH$ for T'. The maximum $\beta = \angle BAF$ for ΔT . ΔT distributes around the point B and when it turns to \overline{BH} , $\Delta T = \Delta T'$, $T = T'$ and $TA = TA' = 0$. For the small β , $\overline{BH} \approx \overline{BF}$.