

# 자기이상완전성분과 수직구배자료의 결합2차원해석

최영남

최근년간 구배텐소르자료를 포텐살마당해석에 리용하기 위한 연구[2, 3]가 진행되어 많은 성과들이 이룩되고있다. 구배는 자기이상완전성분에 비하여 국부적인 이상체들에 더 예민하며 정상마당과 장애의 영향도 덜 받는 우점이 있다. 그러므로 구배자료를 자기이상완전성분과 결합하여 해석을 진행한다면 개별적인 해석방법들의 부족점을 극복하고 해석의 효과성을 보다 높일수 있으며 다가성도 어느 정도 줄일수 있는 가능성이 있다.

론문에서는 자기이상완전성분과 수직구배자료를 결합한 2차원영상화방법을 제기하고 모형계산실험을 통하여 방법의 믿음성과 효과성을 개별적인 해석방법들과 비교하여 평가하였다.

## 1. 결합해석방법

자기영상화는 본질에 있어서 관측면아래의 수직자름면을 수많은 요소체(직4각형)들의 모임으로 근사시키고 관측마당과 요소체들이 만드는 자기마당이 일정한 오차한계안에서 일치되도록 요소체들의 자성을 추정함으로써 자기이상체의 분포를 얻어내는데 있다.

일반적으로 균일한 자성체들의 자기마당계산공식들에는 자성파라미터가 선형적으로 들어있다. 그러므로 자기영상화는 선형역문제풀이를 구하는데 귀착된다. 즉 행렬방정식

$$\mathbf{d} = \mathbf{G}\mathbf{p} \quad (1)$$

가 만족되도록 자성파라미터  $\mathbf{p}=[p_1, p_2, \dots, p_M]^T$  들을 구해야 한다. 여기서  $\mathbf{d}=[d_1, d_2, \dots, d_N]^T$  는 관측자료벡터이며  $\mathbf{G}$  는  $N \times M$  형행렬이다. 즉

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & \cdots & G_{1M} \\ G_{21} & G_{22} & \cdots & G_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{N1} & G_{N2} & \cdots & G_{NM} \end{bmatrix}$$

감도행렬  $\mathbf{G}$  의 원소  $G_{ij}$  ( $i=\overline{1, N}, j=\overline{1, M}$ ) 는  $j$  째 요소체의 단위자화세기에 의하여 생긴  $i$  째 관측점에서의 자기마당으로서 요소체들의 기하학적파라미터들에 의하여 계산된다. 자기이상완전성분을 해석에 리용하는 경우에  $\mathbf{G}$  의 원소들은 다음과 같은 다각형체의 자기마당계산공식에 의하여 계산한다.

$$G_i^{\Delta T} = 2 \frac{\sin j_0}{\sin j_{0s}} \sum_{k=1}^L \sin Q_k \left[ 0.5 \cos E_k \ln \frac{S_{2k}}{S_{1k}} - \sin E_k \theta_k \right], \quad i=\overline{1, N} \quad (2)$$

여기서  $j_0$  은 감응자화세기벡터의 비탈각,  $j_{0s}$  는 탐사자름면에 대한 감응자화세기벡터 사영성분의 비탈각,  $k$  는 다각형의 모서리점번호,  $L$  은 다각형의 모서리점수,  $Q_k = \pi/2 - D_0$ ,  $D_0 = \tan^{-1}(X_{0k}/H_{0k})$ ,  $X_{0k} = x_{k+1} - x_k$ ,  $H_{0k} = h_k - h_{k+1}$ ,  $E_k = D_0 - (j_{0s} + j_s) - \pi/2$ ,  $j_s$  는 탐사

자름면에 대한 합자화세기벡터 사영성분의 비탈각,  $S_{1k} = R_{1k}^2 + h_k^2$ ,  $S_{2k} = R_{2k}^2 + h_{k+1}^2$ ,  $R_{1k} = x_k - x_i$ ,  $R_{2k} = x_{k+1} - x_i$ ,  $x_i$ 는  $i$ 째 계산점의 자리표,  $\theta_k = \tan^{-1}(h_k/R_{1k}) - \tan^{-1}(h_{k+1}/R_{2k})$ 이다. 수직구배를 해석에 리용하는 경우의 계산공식은 다음과 같다.

$$G_i^{T_z} = 2 \frac{\sin j_0}{\sin j_{0s}} \sum_{k=1}^L \sin Q_k \left[ \cos E_k \left( \frac{h_k}{S_{1k}} - \frac{h_{k+1}}{S_{2k}} \right) + \sin E_k \left( \frac{R_{1k}}{S_{1k}} - \frac{R_{2k}}{S_{2k}} \right) \right] \quad (3)$$

이제 자기이상완전성분과 수직구배자료의 결합해석방법을 확립하기 위하여 관측점에서의 자기이상완전성분  $\Delta T$ 와 그것의 수직구배  $T_z$ 를 결합한  $2N$ 차 자료벡터

$$d^{\Delta T, T_z} = [\Delta T(x_1), \dots, \Delta T(x_N), T_z(x_1), \dots, T_z(x_N)] \quad (4)$$

을 구성하고 해당하는 감도행렬  $G_{ij}^{\Delta T}$ 와  $G_{ij}^{T_z}$ 에 의하여  $2N \times M$ 형행렬을 작성하면 다음과 같다.

$$G^{\Delta T, T_z} = \begin{bmatrix} G^{\Delta T} \\ G^{T_z} \end{bmatrix} \quad (5)$$

여기서  $G^{\Delta T}$ 와  $G^{T_z}$ 는 다음과 같다.

$$G^{\Delta T} = [G_{ij}^{\Delta T}], G^{T_z} = [G_{ij}^{T_z}] (i=1, N, j=1, M) \quad (6)$$

결합해석과정은 결국 행렬방정식

$$d^{\Delta T, T_z} = G^{\Delta T, T_z} p \quad (7)$$

의 풀이를 구하는 과정으로 된다. 식 (7)은 경사법을 비롯한 여러가지 선형련립방정식풀이법들에 의하여 풀수 있다. 해석에서 추정파라미터들은 매 요소체들의 자화세기이다.

결합해석은 SIRT법[1]으로 하였다.

## 2. 단일한 해석에 비한 결합해석의 효과성

확립된 결합해석결과를 단일한 해석결과들과 비교평가하기 위하여 모형계산을 진행하였다. 모형계산에서는 자기이상체를 수직 및 수평방향으로 일정하게 떨어져있으면서 수직으로 자화된 2개의 똑같은 직4각형체들로 구성하고 이상체의 자화세기를  $J=1A/m$ 로 하여 자기이상완전성분  $\Delta T$ 와 수직구배  $T_z$ 를 계산하였다.(그림 1)

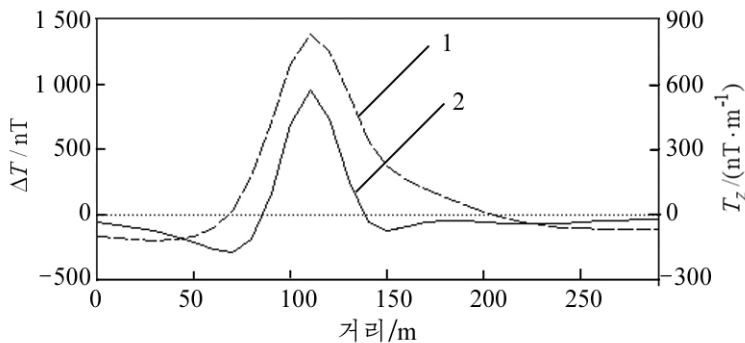


그림 1. 자기이상완전성분과 수직구배

1-자기이상완전성분, 2-수직구배

관측자료수는 30개이며 관측점들사이의 간격은  $\Delta x = 10\text{m}$ 이다.

해석을 진행하기 위하여 해석구역을 수평방향에서 28개, 수직방향에서 11개로 하여 모두 308개의 요소체들로 분할하였는데 요소체의 크기는  $10\text{m} \times 10\text{m}$ 이다.

먼저 그림 1에 제시된 자기이상완전성분과 수직구배자료로부터 단일한 해석을 진행하였다.(그림 2)

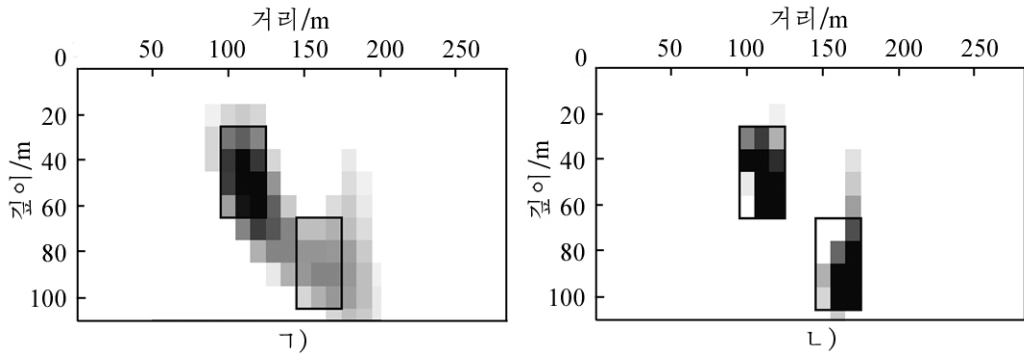


그림 2. 단일한 해석결과

가) 자기이상완전성분, 나) 수직구배

그림 2에서 보는바와 같이 단일한 해석에 의한 영상화결과는 실지이상체와 크게 차이난다. 특히 자기이상완전성분의 해석결과(그림 2의 가))는 두 이상체들사이의 거리가  $2\Delta x$  보다 크지 않을 때 이상체들을 갈라낼수 없다는것을 보여준다.

한편 수직구배자료의 해석결과(그림 2의 나))는 두 이상체를 높은 분해능으로 비교적 명백하게 갈라내지만 심부에 있는 이상체를 정확히 반영하지 못하는 부족점이 있다.

다음 그림 1에서 보여준 자기이상완전성분과 수직구배자료를 결합하여 해석을 진행하였다.(그림 3)

그림 3에서 보는바와 같이 결합해석결과가 단일한 해석방법들에 비하여 보다 개선된 영상을 제공한다는것을 알수 있다.

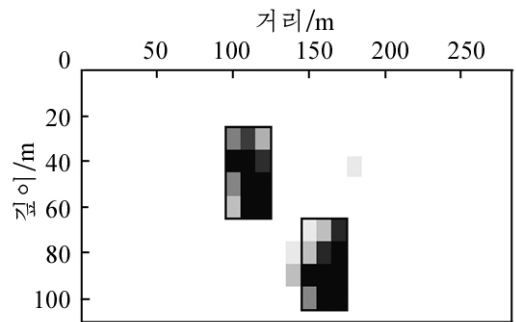


그림 3. 결합해석결과

## 참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 47, 1, 142, 주체90(2001).
- [2] C. Martinez et al.; Geophysics, 78, 1, B1, 2013.
- [3] M. Beik; Geophysics, 77, 6, J23, 2012.

## **The Joint 2D Interpretation of Total Field-Magnetic Anomaly and Vertical Gradient Data**

*Choe Yong Nam*

We suggested the joint 2D magnetic imaging method using total field-magnetic anomaly and vertical gradient data together, and verified the effectiveness of the joint interpretation method by model calculation.

Key words: joint interpretation, total field-magnetic anomaly, vertical gradient