김일성종합대학학보 JOURNAL OF KIM IL SUNG UNIVERSITY
(자연과학) (NATURAL SCIENCE)
주체105(2016)년 제62권 제7호 Vol. 62 No. 7 JUCHE105(2016).

형태함수의 특성과 자기이상해석에서의 리용

최 영 남

위대한 령도자 **김정일**동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《앞선 탐사방법을 받아들이는데서 중요한것은 또한 지질탐사에 물리탐사방법의 최신성과를 받아들이는것입니다.》(《**김정일**선집》 증보판 제14권 505페지)

자력탐사자료해석에서 제기되는 어려운 문제의 하나는 자기이상을 만드는 자성체들의 자화특성(자화세기와 자화방향)을 사전에 정확히 알수 없는것이다. 그러므로 자력탐사자료해석에서는 많은 경우 감응자화만을 고려하여 해석을 진행하기때문에 해석에서 오차가 생긴다. 이로부터 자성체의 자화특성에 관계되지 않는 해석방법들이 많이 연구되였다.[1, 3, 5] 그러나 이러한 방법들은 대체로 단순한 모형들을 리용하는것으로 하여 지질자름면을 정확히 묘사할수 없는 부족점들이 있다.

론문에서는 형태함수의 특성에 기초하여 자화특성을 모르는 경우에도 자기이상체의 형태와 자화세기, 자화방향을 결정할수 있는 자기이상해석방법을 제기하고 모형계산실험을 통하여 방법의 믿음성을 평가하였다.

1. 형태함수의 특성

$\boldsymbol{T_m}(x)$를 단위벡토르 $\boldsymbol{m}$에 의하여 주어진 자화방향을 가지는 2차원자성체가 만드는 이상자기마당이라고 하자. 이때 이상마당의 진폭은

$$T=\sqrt{H^2(x)+Z^2(x)} \tag{1}$$

이며 자기이상완전성분 $\Delta T(x)$의 완전구배는

$$A=\sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T(x)}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial \Delta T(x)}{\partial z}\right)^2} \tag{2}$$

이다. 여기서 $H(x)$와 $Z(x)$는 각각 이상자기마당의 수평 및 수직성분, A와 T는 자화방향 $\boldsymbol{m}$에 관계되지 않는다.

형태함수는 다음과 같이 정의된다.[4]

$$S=A/T \tag{3}$$

균일한 원천에 대하여 자화세기는 식 (3)의 분자와 분모에 공통으로 들어있으므로 소거된다. 따라서 형태함수 S는 자기이상체의 기하학적모양에만 관계된다.

각이한 자기이상체들의 자화세기와 자화방향, 형태를 변화시키면서 얻은 형태함수 S의 변화특성은 그림 1과 같다. 이때 자화방향은 65～90°에서, 자화세기는 $(50\sim100)\times10^{-3}$A/m에서 변화시켰다.

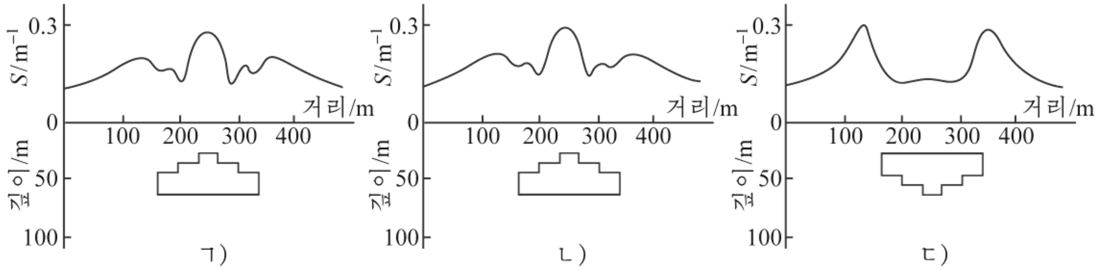

그림 1. 자화특성에 따르는 형태함수의 불변성
ㄱ) 자화방향을 변화시킨 경우, ㄴ) 자화세기를 변화시킨 경우,
ㄷ) 이상체의 형태와 자화세기를 변화시킨 경우

그림 1에서 보는바와 같이 형태함수 S는 자화방향과 자화세기에 관계되지 않으며 모형의 형태에만 관계된다.

그러므로 형태함수를 리용하여 이상체의 자화특성을 모르는 경우에도 이상체의 기하학적형태를 결정할수 있다.

2. 거꿀문제풀이방법

형태함수에 기초한 거꿀문제풀이에서는 모형으로 나란히 놓여있는 m개 직4각형체들의 모임을 리용하는데 이때 직4각형체들의 너비는 같다. 그러므로 직4각형체들의 웃면과 아래면의 깊이를 모르는 경우 이상체의 기하학적형태를 결정하자면 $(2m+2)$개의 파라메터들이 필요하다. 여기서 처음 m개 파라메터들은 직4각형체들의 웃면까지의 깊이를, 다음 m개 파라메터들은 아래면까지의 깊이를, 마지막 2개의 파라메터들은 모형의 왼쪽과 오른쪽경계의 x축자리표이다. 이상체의 량쪽경계가 결정되면 직4각형체들의 너비는 쉽게 계산할수 있다.

먼저 자화특성을 모르기때문에 자화세기를 1×10^{-3}A/m로 설정하고 자화방향은 지자기마당복각과 일치시킨다.

다음으로 거꿀문제풀이를 진행한다.

① 형태결정

구해야 할 풀이 $\hat{\boldsymbol{p}}$은 다음과 같은 목적함수 $Q(\boldsymbol{p})$를 최소화하여 얻는다.

$$Q(\boldsymbol{p}) = \sum_{i=1}^{n} [S_i^{관} - S_i^{리}(\boldsymbol{p})]^2 \tag{4}$$

여기서 n은 관측자료의 수, $\boldsymbol{p}$는 추정파라메터벡토르이다.

② 자화세기결정

이상체의 형태를 결정한 후 그것의 자화세기는 자기이상의 완전구배를 리용하여 결정한다.

균일한 자성체인 경우 자기이상완전구배의 관측값과 리론값은 자화세기의 크기에 따라 일정한 비값만큼 차이나게 된다. 그러므로 관측값으로부터 계산된 완전구배 $A_i^{관}$과 리론값 $A_i^{리} = A_i^{리}(\hat{\boldsymbol{p}}, J_c)$를 리용하여 i번째 관측점의 자화세기 J_i를 다음과 같이 결정할수 있다.

$$J_i = A_i^{관} \Big/ A_i^{리} \ , \ i = \overline{1, n} \tag{5}$$

보통 장애나 우연오차의 영향을 줄이기 위하여 평균자화세기를 계산하는것이 합리적이다. 즉

$$\hat{J} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} J_i \ . \tag{6}$$

③ 자화방향결정

이상체의 형태와 자화세기를 결정한 다음 자화방향은 다음의 목적함수를 최소화시켜 결정할수 있다.

$$R(j) = \sum_{i=1}^{n} [\Delta T_i^{관} - \Delta T_i^{리}(j)]^2 \tag{7}$$

여기서 $\Delta T_i^{관}$은 i번째 관측점에서의 자기이상완전성분, $\Delta T_i^{리}(j) = \Delta T_i^{리}(\hat{\boldsymbol{p}}, \hat{J}, j)$는 리론자기이상완전성분이다.

3. 모형계산에 의한 방법의 믿음성평가

우리는 제기한 방법의 믿음성을 평가하기 위하여 모형계산실험을 하였다. 이때 자기이상체(그림 2)의 자화세기는 500×10^{-3}A/m, 자화방향은 80°, 지자기마당복각은 60°, 탐사선의 자방위각은 0°로 설정하였다.

이상체의 형태를 결정하기 위하여 자화세기는 1×10^{-3}A/m, 자화방향은 지자기마당복각과 일치시키고 유전알고리듬(GA)[2]을 리용하여 거꿀문제풀이를 진행하였다. 이때 10개의 직4각형체모임을 리용하였으며 초기파라메터들은 우연적으로 선택하였다. 형태추정결과는 그림 2와 같다.

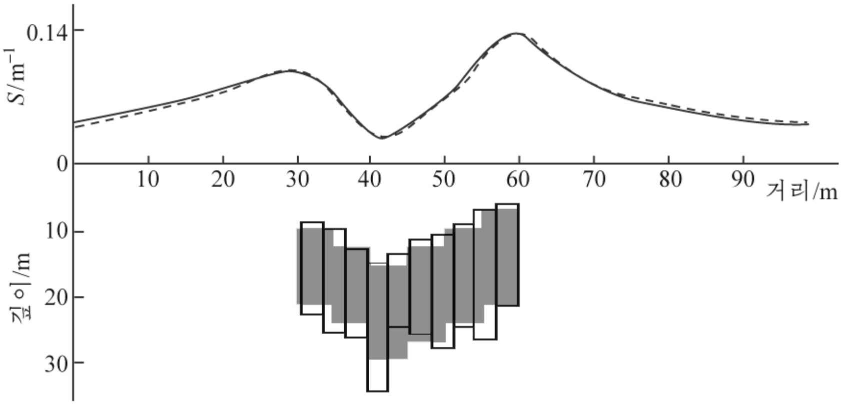

그림 2. 형태추정결과
- - - 관측곡선, — 리론곡선

그림 2에서 보는바와 같이 계산된 파라메터값들은 진값과 일정한 차이가 있지만 얻어진 이상체의 형태는 모형과 비교적 잘 일치한다.

이상체의 형태를 결정한 다음 이상체의 자화방향과 자화세기를 결정한데 의하면 평균자화세기는 440.59×10^{-3}A/m, 자화방향은 79.83°로서 실제값과 비슷하다.

맺 는 말

제기한 방법은 이상체의 자화특성에 대한 가정이 없이 관측자료만을 리용하여 그것의 형태는 물론 자화세기와 자화방향까지도 평가할수 있는 효과적인 자기이상해석방법이다.

참 고 문 헌

[1] **김일성**종합대학학보(자연과학), 59, 11, 157, 주체102(2013).
[2] **김일성**종합대학학보(자연과학), 50, 3, 167, 주체93(2004).
[3] Ahmed Salem et al.; Geophysics, 69, 3, 783, 2004.
[4] S. L. Tuma et al.; Geophysics, 72, 3, L21, 2007.
[5] Majid Beiki et al.; Geophysics, 77, 6, J23, 2012.

주체105(2016)년 3월 5일 원고접수

The Property of Shape Function and Its Use in the Interpretation of the Magnetic Anomaly

Choe Yong Nam

I suggested interpreting method of magnetic anomaly that can continually estimate the shape, the magnetization intensity and the magnetization direction of the magnetic anomaly body without an assumption of magnetization property, and evaluated the reliability and effectiveness of method via model calculation.

Key words: shape function, magnetization property, inverse