

리산평활보간을 리용한 광체모형작성방법

최광우, 김연호

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《현대지질탐사의 중요발전방향인 정보기술과 첨단탐사기술의 통합을 적극적으로 실현하여야 합니다.》

현재 지질탐사부문에서 널리 리용하고있는 응용프로그램들인 ArcGIS, AutoCAD, Surpac, 3DMine 등에서는 컴퓨터도형학의 원리에 기초하여 매우 유연하고 훌륭한 모형을 작성할 수 있지만 지질대상체가 가지고있는 복잡성과 속박조건들, 물리적속성들을 동시에 고려할 수 없다. 이러한 부족점을 극복하고 리산평활보간에 기초하여 지질대상체에 대하여 이미 알고있는 정보, 기하학적특징과 물리적성질들을 동시에 모형화할수 있는 지질대상컴퓨터지원설계(GOCAD: Geological Object Computer Aided Design)체계가 개발되였다.[2, 4]

본문에서는 GOCAD의 리산평활보간수법을 리용하여 광체모형을 작성하기 위한 연구결과를 서술하였다.

1. 리산평활보간원리

일반적으로 광체와 같은 복잡한 3차원지질체들은 불규칙3각형망(TIN)으로 묘사할수 있다.(그림 1)

TIN에서 모든 3각형의 매듭점모임을 $\Omega = \{1, 2, \dots, k, \dots, N\}$ (N 은 매듭점개수), 어느 한 매듭점 k 와 그 주변매듭점 β_1, β_2, \dots 의 모임을 $N_e(k)$ (Ω 의 부분모임)로 표시할수 있다.

다음 매듭점 k 에서 지질학적속성들은 다음과 같이 표시되는 속성벡터로 나타낼 수 있다.

$$\varphi(k) = [\varphi_1(k), \varphi_2(k), \varphi_3(k), \dots, \varphi_M(k)]$$

여기서 M 은 매듭점 k 에서 속성개수, $\varphi_1(k), \varphi_2(k), \varphi_3(k)$ 는 3차원공간에서 매듭점의 위치(x, y, z 자리표)를 표시하며 다른 속성들은 지질체의 기하학적 및 물리적속성들을 반영한다.

지질탐사자료에 기초하여 광체를 나타내는 3차원곡면을 작성하는 경우 추공 및 갱도 자료 등에 의하여 곡면의 일부 매듭점들에서의 속성(실례로 광석품위)을 알수 있다. 따라서 매듭점모임 Ω 는 2개의 부분모임 L 과 I 로 구분할수 있다. 여기서 L 은 속성이 알려진 매듭점들의 모임(조종점모임)이며 I 는 속성이 알려지지 않은 매듭점들의 모임(보간하려는 매듭점모임)이다.

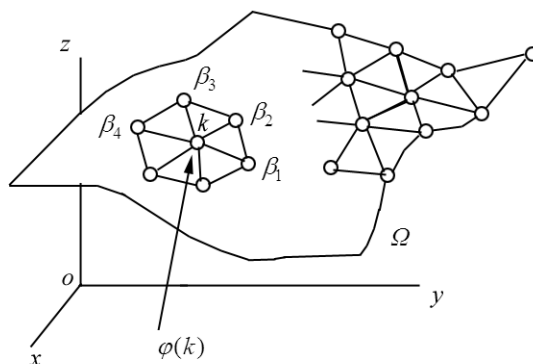


그림 1. TIN에 의한 3차원지질체의 묘사

조종점모임 ϕ_L 에서는 해당하는 속성들에 대한 지질학적조건(속박조건)들의 모임 $C=[C_1, C_2, \dots, C_p]$ (p 는 속박조건개수)를 정의할수 있다.

이상과 같이 복잡한 3차원광체를 매듭점모임 Ω 와 그 부분모임 $N_e(k)$, 속성행렬 ϕ , 속박조건모임 C 로 묘사한 모형을 리산모형이라고 한다.

리산평활보간(Discrete Smooth Interpolation, 간단히 DSI)은 리산모형의 속박조건들을 고려하는 보간이다. 다시말하여 부분모임 I 의 매듭점들에서의 속성값들을 가능한것 평활하면서 부분모임 L 의 매듭점들의 속성값(조종값)들과 속박조건모임 C 를 고려하는 보간이다.[1, 3]

리산모형은 위상모형과 속성을 표시하는 속성함수, 속박조건들에 의하여 표시할수 있다. 위상모형은 대상의 위상관계를 수학적으로 모형화한것이다. 여러가지 지질대상들은 곡선, 곡면, 립체 등으로 나타낼수 있다. 실례로 지층이나 단층은 립점한 3각형들의 모임으로, 광체는 4면체들의 모임으로, 지질자름면은 곡선들의 모임으로 표현할수 있다.

2. 지질학적조건들을 고려한 3차원광체모형작성

론문에서는 리산평활보간의 지질학적조건들을 고려하여 광체모형을 작성하는 방법을 연구하였다.

먼저 추공 및 경도자료에 기초하여 작성한 자름면도 또는 수준별갱지질도에서 광체테두리선들을 수자화한다. 자름면도 또는 수준별갱지질도를 리용하는 경우에는 자름면도를 화상으로 입력하고 2차원공간에서 광체테두리선들을 수자화한 다음 3차원공간으로 자리표전환을 진행한다. 추공자료를 리용하는 경우에는 3차원공간에 추공자리길과 암심자료를 현시한 다음 추공과 추공사이에서 광체테두리선들을 수자화한다.

광체모형작성을 위하여 16개의 자름면에서 수자화된 광체테두리선자료들을 리용하였다.(그림 2)

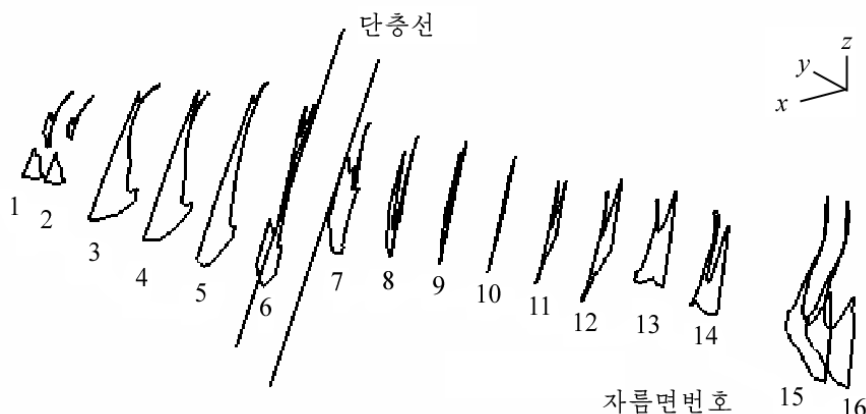


그림 2. 16개 자름면에서 수자화된 광체테두리선

그림 2에서 보는바와 같이 자름면 6과 7사이에 단층이 있으며 자름면 1과 2에서 광체테두리선은 두 부분으로 분리되어있다.

그리고 립점한 자름면들사이 간격은 자름면 1과 2에서 20m, 자름면 2~14에서 50m, 자름면 14와 15에서 100m이며 자름면 15와 16에서 20m이다.

이러한 자름면자료를 리용하여 광체를 나타내는 곡면을 정확히 작성하려면 여러가지 지질학적조건들을 설정하여야 한다.

광체모형작성은 다음과 같은 방법으로 진행한다.

2개 자름면에서 서로 다른 점모임으로 구성된 광체테두리선들로부터 광체곡면을 작성할 때에는 지질학적조건을 반영하는 조종선들을 설정하여야 한다. 2개의 닫힌 곡선사이에서는 보통 3각형분할방법으로 곡면을 작성하지만 조종선들이 있는 경우에는 2개의 곡선들을 조종점사이에서 부분곡선으로 구분하고 곡면을 작성한다. 실례로 그림 2의 자름면 9, 10에 놓여있는 2개의 광체테두리선에 4개의 조종선을 설정하면 광체곡면을 얻을수 있다.(그림 3)

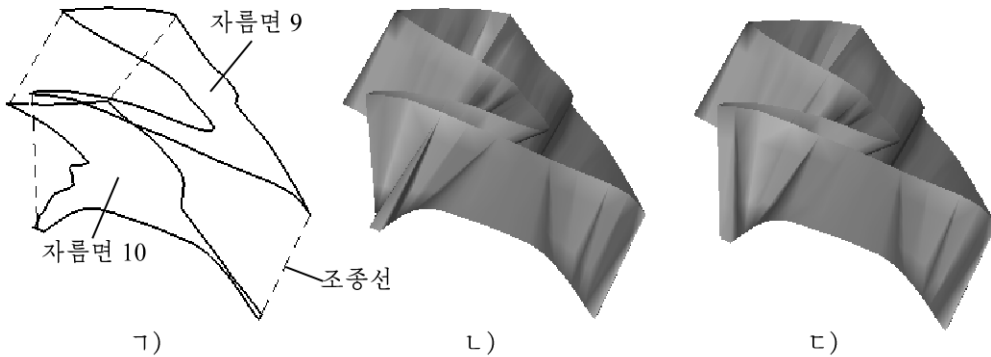


그림 3. 2개의 광체테두리선에 조종선을 설정하여 작성된 광체곡면

ㄱ) 2개의 광체테두리선과 조종선, ㄴ) 조종선을 리용하지 않았을 때 작성된 광체곡면,
ㄷ) 조종선을 리용하였을 때 작성된 광체곡면

그림 3에서 보는바와 같이 조종선을 리용하지 않는 경우에는 왼쪽부분에 지질학적으로 모순되는 면이 생기지만 조종선들을 충분히 리용하면 정확한 곡면이 얻어진다.

단층에 의하여 광체가 전이된 경우에는 단층을 기준으로 하고 위에서 리용한 방법을 적용하여 2개의 곡면을 작성한다. 이때 단층과 2개의 곡면사이에는 일정한 간격이 생기게 된다. 이 간격을 없애고 단층면과 광체가 접촉되도록 하기 위하여 먼저 모호조종거리속박조건을 준다.[3] 다음 단층면에 경계선을 설정하고 2개 린점면들을 연결하여 단층을 고려한 광체의 경계면모형을 작성한다.(그림 4)

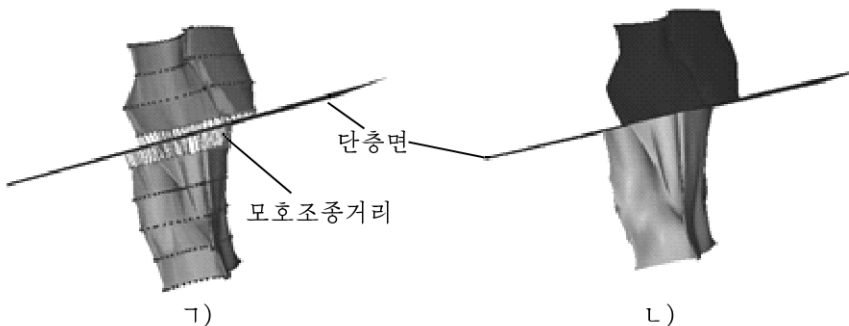


그림 4. 단층을 고려하여 작성한 광체의 경계면모형

ㄱ) 설정된 모호조종거리, ㄴ) 연결된 단층면과 광체의 경계면

린접한 자름면들에서 광체테두리선들이 분리되어있는 경우에는 다음과 같은 지질학적조건들을 리용한다.

① 여러개의 광체테두리선모임 $C(P)$ 들을 포함하는 자름면(실례로 평면 A)에서 1개의 닫긴 곡선 $C(P^*)$ (가상선)을 작성한다.

② 광체가 분리될수 있는 조건들을 고려하여 $C(P^*)$ 을 다른 자름면(실례로 평면 B)에 놓여있는 방향으로 이동시킨다.

③ 닫긴 곡선 $C(P^*)$ 과 평면 A 에 놓여있는 광체테두리선모임 $C(P)$ 사이에서 3각형분할방법으로 1개의 곡면을 작성한다.

④ 닫긴 곡선 $C(P^*)$ 과 평면 B 에 놓여있는 광체테두리선 $C(Q)$ 사이에서 조종선들을 리용하여 곡면을 작성한다.

이와 같이 광체테두리선들이 분리되어있는 경우에도 가상선과 조종선들을 리용하여 곡면을 작성할수 있다.

리산평활보간을 리용하여 광체의 닫긴 곡면을 만들려면 모호조종두께평행속박조건을 리용하여야 한다. 이 조건은 두 곡면사이의 모든 조종점에서 일정한 두께를 가지고 평행이동시키기 위한 속박조건이다.[3]

이상과 같은 방법으로 자름면자료에 기초하여 광체의 경계곡면을 완성한다. 최종적으로 광체의 립체도를 작성하고 체적을 계산하며 매장량계산에 리용한다.

우에서 서술한 방법을 ○광상 류성산광체와 채굴장에 대한 3차원모형화에 적용하였다.(그림 5)

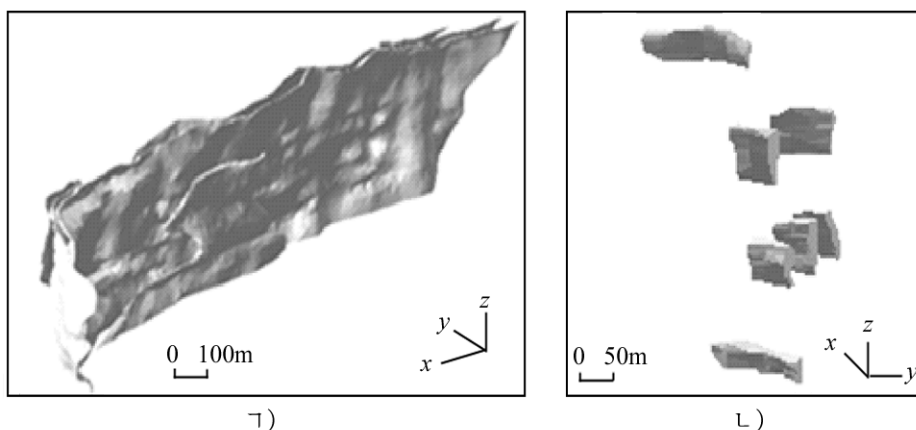


그림 5. 광체 및 채굴장의 3차원모형작성결과(축척은 수평축척)

ㄱ) 류성산광체모형, ㄴ) 풍년강 17호채굴구역의 채굴장모형

맺 는 말

조종선, 가상선, 모호조종조건들을 고려할수 있는 리산평활보간방법으로 복잡한 광체들을 보다 정확하게 묘사할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 58, 11, 171, 주체101(2012).
- [2] T. Schmiedel et al.; International Journal of Earth Sciences, 2, 323, 2015.
- [3] J. L. Mallet; Geomodeling, Oxford University Press, 139~198, 2002.
- [4] 刘聪元 等; 资源环境与工程, 8, 14, 534, 2014.

주체109(2020)년 10월 5일 원고접수

A Method for Building Orebody Model Using Discrete Smooth Interpolation

Choe Kwang U, Kim Yon Ho

In this paper, we built more accurate and realistic models for complicated orebodies by using discrete smooth interpolation method capable of considering control curves, virtual curves and fuzzy control conditions.

Keywords: discrete smooth interpolation, GOCAD, orebody model