

## 수치지형정보를 이용한 지형의 3차원 표현 software 개발

이 규 석

천문우주과학연구소

### Development of the Three Dimensional Landform Display Software Using the Digital Terrain Model

Kyoo-seock Lee

Institute of Space Science and Astronomy

#### Abstract

The digital terrain model (DTM) or digital elevation model (DEM) is commonly used in representing the continuous variation of relief over space. One of the most frequent applications is to display the three dimensional view of the landform concerned. In this paper, the altitude matrices-regular grid cell format of the elevation in Mt. Kyeryong National Park were used in developing the three dimensional view software for the first time in Korea. It required the removal of hidden lines or surfaces. To do this, it was necessary to identify those surfaces and line segments that are visible and those that are invisible. Then, only the visible portions of the landform were displayed.

The assumption that line segments are used to approximate contour surfaces by polygons was used in developing the three dimensional orthographic view. In order to remove hidden lines, the visibility test and masking algorithms were used. The software was developed in the engineering workstation, SUN 3/280 at the Institute of Space Science and Astronomy using 'C' in UNIX operating system. The software developed in this paper can be used in various fields. Some of them are as follows :

- (1) Landscape design and planning for identifying viewshed area(line of sight maps)
- (2) For planning the route selection and the facility location
- (3) Flight simulation for pilot training
- (4) Other landscape planning or civil engineering purposes

#### 1. 지형의 특성과 수치지형 정보

일반적으로 지형은 평탄하지 않고 고도의 차이에 의해 연속적으로 변화하는 특성을 지니고 있다고

판단되어지며(Imhof, 1982), 이러한 지형의 특성을 표현하기 위해서는 전통적으로, 같은 높이의 선을 잇는 등고선기법(isoline map)이 이용되었다(Yoeli, 1983). 허나, 이러한 등고선은 analog data로서, 지

\* 1989년 10월 24일 접수된 논문임.

형에 대한 수치분석이나 modelling을 하는데에는 적합하지 못한 제약이 있으므로, 이와 같은 제약점을 극복하기 위해 수치지형 정보(Digital Elevation Model, DEM 또는 Digital Terrain Model, DTM)가 근래에 많이 이용되고 있다(Yoeli, 1984). 미국의 경우, Defense Mapping Agency(DMA)를 비롯하여 1950년대부터 이에 대한 개발을 시도해(Miller and Leflamme, 1958), 현재 이를 널리 활용하고 있으나(Carter, 1988), 국내에서는, 아직 이를 활용하고 있지 않으며, 최근에 관련기관에서 이에 대한 관심이 고조되고 있으므로 본 연구의 목적은,

첫째, 한국에서의 수치지형정보를 이용한 지형의 3차원 표현기법을 개발하여, 궁극적으로는 이를 필요한 분야에 활용하고

둘째, 이에 따른 연구대상지역의 수치지형정보(DEM) database를 구축하는 것으로 하였다.

## 2. 연구대상 지역 및 사용기법

### (1) 연구대상지역

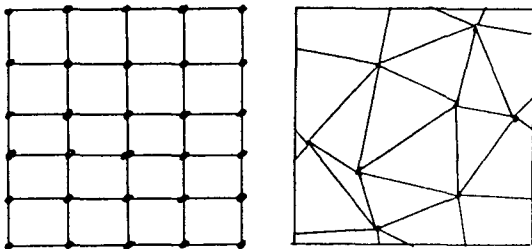
연구대상 지역은 천문우주과학연구소에서 가까운 곳에 위치하여 현장 답사 및 확인이 용이하고 충남에서 가장 지형의 기복이 심한 지역으로서, 한국적 지형을 나타내는데에 적합하다고 판단된 계룡산 국립공원을 선택하였다.

### (2) 사용기법

수치지형 정보(DEM)를 얻는 자료원(data source)으로서는

- (1) 토지측량(수준측량 및 평면측량)
- (2) 항공사진 측정에 의한 지형고도 추출
- (3) 기존 지형도의 수치자료화

등이 있으며, 자료구조에 따라서 여러가지로 구분할 수 있으나, 현재 널리 쓰이고 있는 방법은 고도행렬식 방법(altitude matrices)과 TIN(Triangulated



(1) Altitude Matrices

(2) TIN

그림 1. DEM의 종류

Irregular Network)이며 각 장·단점은 아래와 같다.

### (1) 고도행렬식법(altitude matrices)

일반적으로 가장 많이 이용되는 방법으로서, 규칙적인 정사각형 또는 직사각형의 격자에 해당하는 각 점의 해발고도를 기록하는 방법이다. 이 방법은 행렬식(matrix)을 쉽게 다룰 수 있는 컴퓨터의 특성과 자료구조(data structure)의 간편성으로 인해 많이 이용되고 있으며 미국 Defense Mapping Agency(DMA)의 1:250,000 축척 지형도에서 추출한 DEM(63.5m 간격)이나 미국 Geological Survey(U.S.G.S)에서 발행하는 7.5" quadrangle(1:24,000축척)지형도에 입각한 DEM(30m 간격)이 그 예이다(Elassal and Caruso, 1983).

자료구조가 간편함으로 인해 경사도, 방위, 일사량등을 계산하는 데에 편리하나, 단점도 있으며, 이러한 단점들은

가. 지형이 평탄한 지형에서는 자료의 불필요한 중복(data redundancy)이 불가피하며(Burrough, 1986)



그림 2. 고도행렬식 방법의 불필요한 자료중복

나. 지형이 복잡한 곳(rugged terrain)에서는 sampling 간격을 변화시키지 않고 지형을 그대로 나타내기가 힘든 어려움이 있다(Lam, 1983).

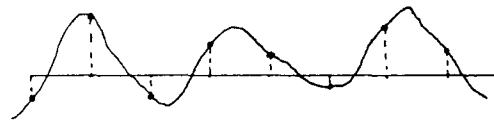


그림 3. 동일한 격자간격으로 복잡한 지형특성을 나타낼 경우

### (2) TIN(Triangulated Irregular Network)

Altitude matrices의 data redundancy를 피하기 위해 개발한 자료구조로서, 근본적으로 Vector based GIS의 topology와 같다. Vector based GIS의 chain file은 1 line이 여러개의 점들로 구성되는 것에 비해(Peucker and Chrisman, 1975), TIN은 시작점

(starting point)과 끝나는 점(ending point), 단 두점에 의해 이뤄지고 있다.

TIN은 자료구조가 복잡한 단점이 있으나, 뚜렷한 지형적 특성을(능선, 정상, 계곡등), 고도행렬식 기법에서처럼 많은 양의 자료를 사용하지 않고도 잘 표현하는 장점이 있다(Pike et.al., 1987). 이는 TIN의 자료들이 이와같은 선들을 따라 입력되기 때문에 생기는 당연한 결과이다. 허나, TIN구조를 토대로 이루어진 수치지형정보(DEM, DTM)가 대상지역을 잘 표현하기 위해서는 지형적 특성을 잘 나타내는 중요지점(critical topographic points)등을 잘 선택해서 입력해야 하며, 한반도에서와 같이 지형이 오밀조밀한 특성을 지닌 지역일 경우, 이는 자료 추출자의 주관적인 판단에 의존할 가능성도 배제할 수 없다. 전북 김제와 같은 넓은 평야지역에서는 TIN구조가 고도행렬식 방법의 불필요한 자료중복성(data redundancy)을 피할 수 있어 경제적인 것이 확실하나, 본 연구의 대상지역인 계룡산 국립공원은 지형이 복잡하므로, 어느 자료구조(data structure)가 더 효율적이라고 단언할 수 없으며, 자료구조가 비교적 간단한 고도행렬식 방법을 활용하여 국립지리원 발행 1:5,000 대축척 지형도를 digitizing하여 사용하였으며, 입력된 평면적좌표는 Transverse Mercator (TM)좌표치이며 지형의 높이는 지형도상의 해발고도를 이용하였다. Sampling 간격은 x, y 두 방향 모두 TM좌표상의 50m로 하였다.

### 3. Software 개발

#### 3.1. 가정

연속적으로 변화하는 지형의 기복을 수치지형 모델로 표현하기 위해서는 가정이 필요하다. 본 연구에서도 다음과 같은 중요한 가정 -일반적으로 컴퓨터그래픽에서 보편적으로 이용되는 -을 사용하였다(Park, 1985).

입력된 자료의 각 지점간의 곡선변화는 직선으로 간주한다(그림 4).

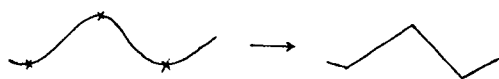


그림 4. 지형의 곡선을 직선으로 표현

#### 3.2. 지형의 3차원 표현

상기 가정에 의해 S/W를 개발하였으며 수치지형

정보를 이용한 모든 S/W들은 SUN 3/280 system에서 C언어를 사용 개발하였다.

지형의 3차원 투영도를 작성하기 위해서는 보이는 곳과 보이지 않는 곳을 구별하는 것이 필요하며, 이를 위해서는 visibility test와 masking algorithm을 사용하였다. Visibility test는 line of sight vector와 surface normal vector의 내적을 구해서 결정하였으며, masking test는 시점으로 부터 가장 가까운 cell들을 화면에 그린 후 나머지 cell들은 그림이 그려지지 않은 화면의 빈부분만 그리는 기법을 사용하였다. 이와 같은 방법은 SUN System에서 지원하는 SUN Pixrect graphic routine을 이용 표현하였다.

그림 5는 지형을 관측자의 시점에서 본 3차원 투영(orthographic projection)이며, 여기에는 관측자의 위치에서 본 option과 pan과 tilt각도에 의해서 본 별도의 option을 두고 있다. 앞서 언급했듯이 각 cell 간격은 50m이며 1:5,000 지형도 한장에 해당하는 지역을 보여주고 있다. 대상 지역은 46(동서) × 56(남북) cell로 구성되어 있다.

그림 6은 동일한 x, y 좌표상에서 연직으로 관측자의 위치가 상승될 경우 보이는 지형의 변화를 나타내고 있다. 이때의 X, Y, Z 값은 TM좌표 값이다.

	X	Y	Z
(a)	22500	313150	150
(b)	22500	313150	450
(c)	22500	313150	750
(d)	22500	313150	1050

표 1. 관측자의 수직상승시 고도 변화량

그림 7은 1050m의 고도에서 각 점의 지형높이를 2배로 수직확장(vertical exaggeration)했을 경우의 투영이며, 이는 항공사진판독시, 대상지역의 경사도에 따른 수직확장과 같은 원리로 파악될 수 있다(Dubayah & Dozier, 1986).

	a	b	c	d	e
X	218600	1.4km 동쪽	1.5km 동쪽	1km 동쪽	1.5km 동쪽
Y	311150	←	1km 북쪽	←	1km 남쪽
Z	150	←	←	←	←

표2. 관측자의 도로상에서의 위치 변화량

그림 8은 대상지역의 대략 남서쪽에서 북동쪽으로 놓여있는 도로상에서 관찰자가 이동했을 경우의 지형의 변화된 모습을 나타내고 있다.

X219948 Y314158 Z158

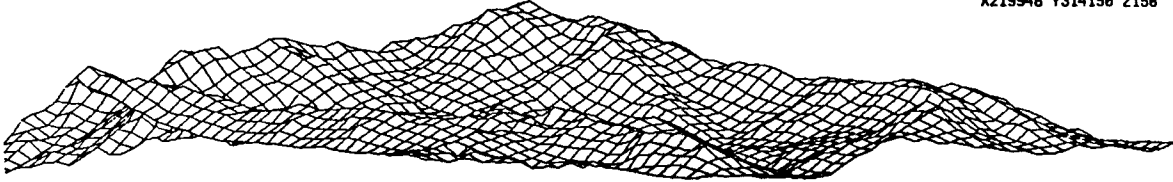


그림 5. 개발된 S/W로 본 지형의 3차원 표현

#### 4. 응 용

본 연구에서 개발한 수치지형정보를 이용한 지형의 3차원 표현기법은 여러 분야에서 이용될 수 있으며, 그 주요한 몇가지를 간추리면 다음과 같다.

- (1) 산악지형(예, 국립공원)의 집단시설 지구 또는 도로건설 입지선정에 이용될 수 있고,
- (2) 이와 더불어 가시구역을 판별해냄으로써 이러한 지역의 조경계획 및 설계에 응용되며
- (3) 도로상에서의 이동에 따른 지형의 변화 simulation은 driver simulation 기법에 응용되며
- (4) 이것은 최근에 super-computer를 이용한 비행조종사의 모의 조종훈련에 응용되고 있다.
- (5) 기타 지형의 고저를 고려한 토목, 조경 공사에 응용될 수 있다.

#### 5. 결 론

종래의 등고선 기법으로는 지형의 수치분석이나 simulation이 불가능하여 이용되기 시작한 수치지형정보(DEM)는 그 용도가 점차 광범위하게 쓰여 오고 있으며, 한국에서도 이에 관한 software 및 관련 기술 축적의 필요성이 있어 수치지형 정보를

이용한 지형의 3차원 표현을 시도하였다. 본 연구의 결론은,

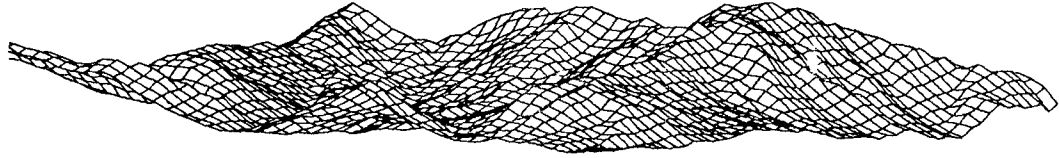
첫째, 고도행렬식기법의 자료구조에 입각한 수치지형정보를 이용한 대상지역의 3차원 표현기법은 앞서 언급한 응용부분에 이용될 수 있다.

둘째, 고도행렬식 자료구조의 sampling 간격의 세밀함으로 인한 자료의 양의 기하급수적 증가는 DEM database를 구축할 때 계속 문제로 남는다. 현재의 WORM

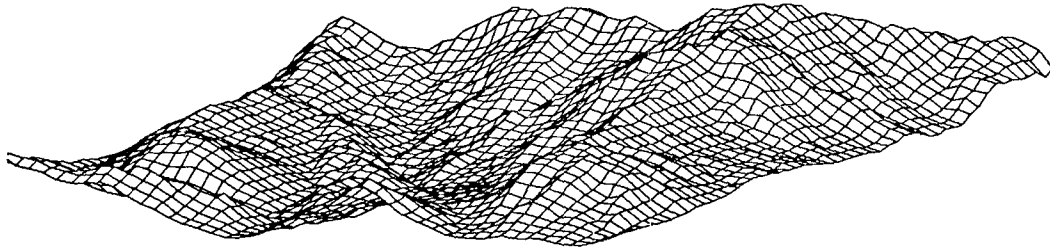
(Write Once Read Many) 기능에 머물러 있는 광 disk 자료저장기법이 WMRM(Write Many Read Many) 기능으로 바뀔 경우, DEM database분야뿐 아니라, 관련 분야의 자료저장에 혁신이 일어날 것으로 예측된다.

셋째, TIN 구조를 이용한 결과가 아직 국내에는 없으나, 이를 개발하여, 고도행렬식 기법과 비교할 필요가 있다고 판단된다.

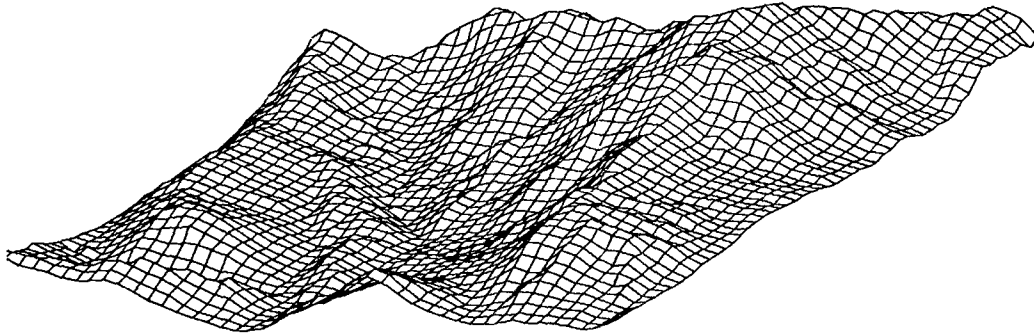
넷째, 날로 발전하는 computer graphic 기법과 graphic workstation의 정보처리 능력향상과 부피의 소형화는 손쉽게 수치지형 정보를 이용한 이 분야의 국내 software 개발 및 이용의 활성화를 촉진할 것으로 기대된다.



X222500 Y313150 2150



X222500 Y313150 2450



X222500 Y313150 2750

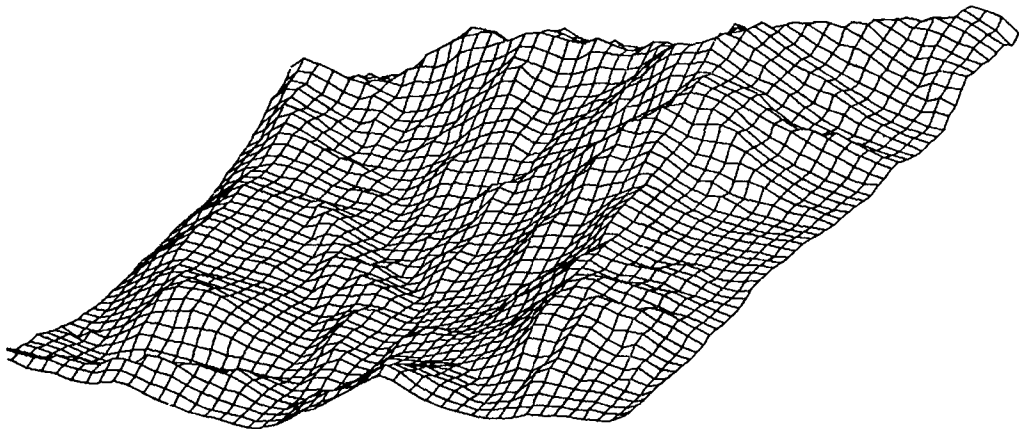
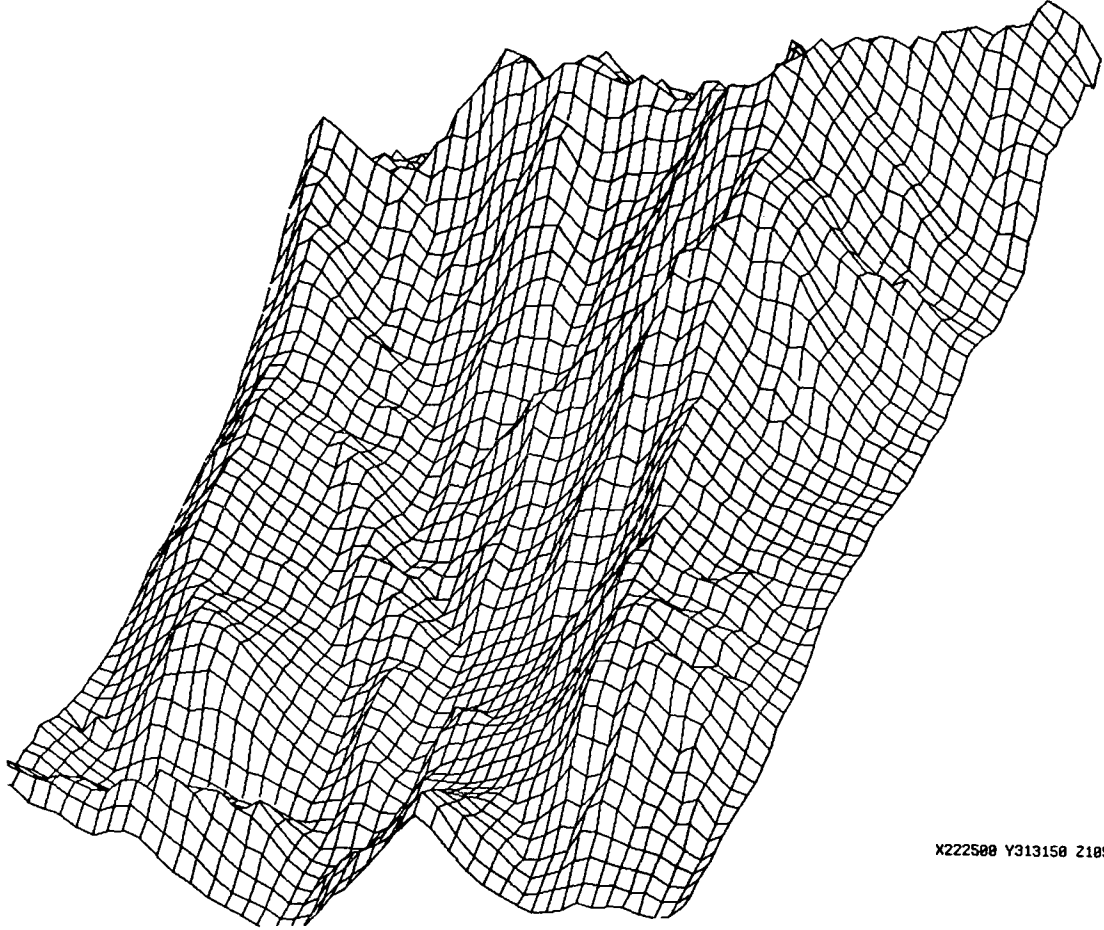
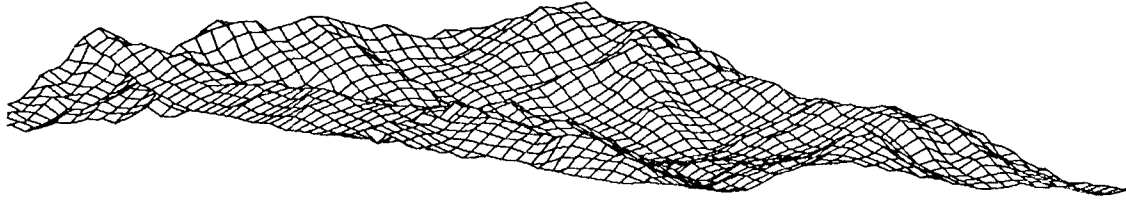


그림 6. 관측자의 시점의 수직상승으로 인한 projection 변화

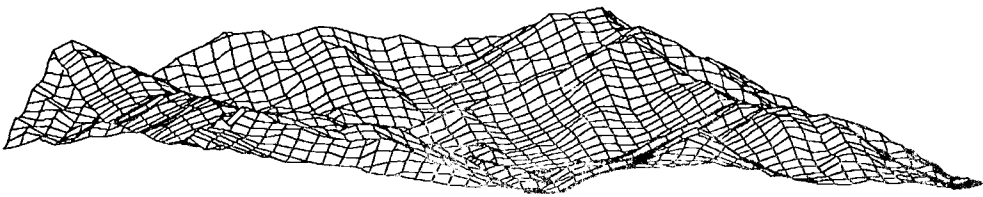


X222500 Y313150 Z1050

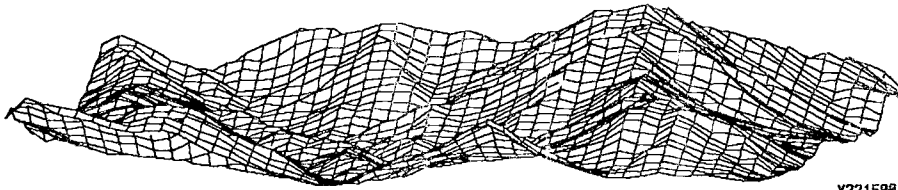
그림 7. Z-scaling을 2배로 했을시의 변화



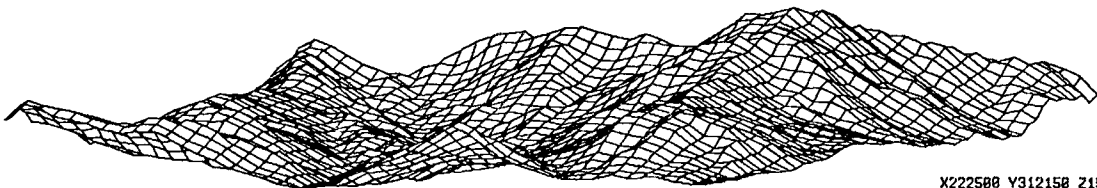
X216600 Y311150 Z150



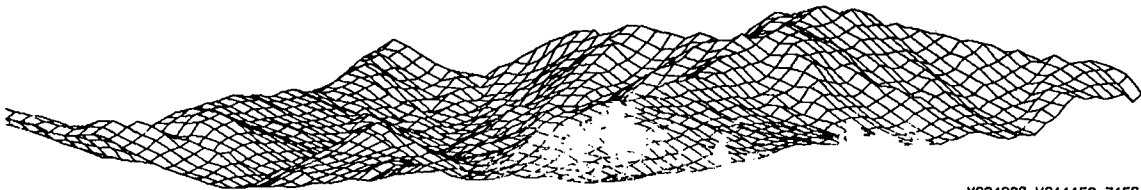
X228225 Y311150 Z150



X221500 Y312150 Z150



X222500 Y312150 Z150



X224000 Y311150 Z150

그림 8. 남서쪽에서 북동쪽으로 이동시의 관측 변화

## 참 고 문 헌

1. Burrough, P.A. (1986) "Principles of GIS for Land Resources Assessment," Monographs on Soil and Resources Survey No.12, Oxford, Clarendon Press, Chap.3, Digital Elevation Models
2. Carter, James R. (1988) "Digital Representation of Topographic Surfaces," *PERS* 54(11) : 1577-1580
3. Dubayah, Ralpho and Jeff Dozier (1986) "Orthographic Terrain Views Using Data Derived from DEM," *PERS* 52(4):518-590
4. Elassal, Atef A. and V.M. Caruso (1983) "USGS Digital Cartographic Data Standard : Digital Elevation Models," the U.S. Geological Survey Circular 895-B, the U.S. Geological Survey, Reston
5. Imhof, E. (1982) *Cartographic Relief Representation*, Berlin & N.Y. Walter de Gruyter : 1-5
6. Lam, Nina Siu-Ngan (1983) "Spatial Interpolation Methods : A Review," *The American Cartographer* 10(2) : 129-149
7. Lee, Kyoo seock, G.B. Lee, and E. J. Tyler (1988) "Thematic Mapper and Digital Elevation Modeling of Soil Characteristics in Hilly Terrain," *Soil Sci. Soc. of Amer. Jour.* 52(4) : 1104-1107
8. Miller, C.L. and R.A. Laflamme (1958) "The DTM Theory & Application," *Photogrammetric Engr*: 422-433
9. Park, Chan S. (1985) *Interactive Microcomputer Graphics*, N.Y., Addison-Wesley Publishing Co. : 133-242
10. Peucker(now Poiker), Thomas K. and Nichollas R. Chrisman (1975) "Cartographic Data Structures," *Amer. Cartographer*, 2(1) : 55-69
11. Pike, Richard J., G.P. Thelin & W. Acevedo (1987) "A Cartographic and Cartometric Utilization," *the Cartographic Journal*, 20(1) : 340-351
12. Yoeli, Pinhas (1983) "Digital Terrain Models and Their Cartographic and Cartometric Utilisation," *the Cartographic Journal*, 20(1) : 17-18
13. Yoeil, Pinhas (1984) "Cartographic Contouring with Computer and Plotter," *the American Cartographer*, 11(2) : 139-143