

수치고도모델을 이용한 오대산 국립공원지역의 지형분석¹

김철민² · 이준우³ · 권태호⁴

Terrain Analysis of Odaesan National Park using Digital Elevation Model¹

Cheol-Min Kim², Joon-Woo Lee³, Tae-Ho Kwon⁴

요 약

오대산 국립공원지역의 지형을 파악하기 위하여 1:50,000 지형도를 입력하여 100×100m 격자의 수치고도모델을 구축하였다. 오대산 국립공원 전체의 55%가 900m 이상인 고지로 되어 있고, 비로봉 자연보전지역은 90%가 1,100m 이상인 고산지역이다. 경사 20° 이상인 지역이 70% 정도로 험준한 산악지역이며, 경사향은 주로 동향과 서향으로 나타나고 있다.

주요어 : 오대산 국립공원, 수치고도모델, 지형분석

ABSTRACT

Digital elevation model for analysing terrain of Odaesan National Park was constructed by 1:50,000 topographical map. The fifty five percent of total area is located in higher than 900m in elevation, while ninety percent of the conservation area in Pirobong is above 1,100m. In other word, seventy percent of Odaesan National Park area has the slope of more than 20° and is steep mountain. The aspect of the mountain mainly turned out to be eastward and westward.

KEY WORDS : ODAESAN NATIONAL PARK, DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM), TERRAIN ANALYSIS

서 론

국립공원은 초기단계에 국립공원 기본계획을 수립하게 되는데, 이때 국립공원의 자연생태계나 그 지역에 대한 충분한 자료 수집과 분석, 그리고 정확한 이해가 부족한 상태에서 개발이 이루어져 이용자의 과도한 이용과 관리미흡으로 인하여 자연생태계의 안정성은 크게

위협받고 있다. 최근에 와서는 자연자원의 가치를 재인식하고 자연의 효율적인 이용을 위한 생태적 접근방법 (Ecological Approach)의 적용과 합리적 이용기준을 설정하기 위한 수용력개념 (Carrying Capacity Concept)의 도입 등이 이루어지고 있다. 그러나 변화하는 자연생태계와 각종 인문정보에 대한 수집 및 처리 방법, 이용자 및 시설물에 대한 관리체계가 미흡한 실정

1 접수 8월 15일 Received on Aug.15, 1995

2 임업연구원 Forestry Research Institute, Seoul 131-010, Korea

3 충남대학교 농과대학 College of Agriculture, Chungnam Nat'l Univ., Taejon 305-764, Korea

4 대구대학교 자연자원대학 College of Natural Resources, Taegu Univ., Kyongsan 713-714, Korea

이므로 이를 극복하기 위해서는 먼저 효율적이고 체계적인 자료의 수집 및 처리와 합리적인 분석과정이 필요하다고 생각되며, 분석된 정보를 통하여 적절한 국립공원 관리를 유도할 수 있는 방안이 뒤따라야 할 것이다. 따라서 최근 여러 분야에서 도입되고 있는 지리정보시스템(Geographic Information System: GIS), 원격탐사(Remote Sensing: RS), CAD(Computer Aided Design) 등과 같은 컴퓨터 응용분야가 국립공원 관리에도 도입되어 그 적용 가능성을 검토해야 할 시점에 왔다고 생각된다.

국립공원 관리를 위한 GIS의 기본자료는 크게 지형, 토양, 임상, 지질, 수문, 기상, 자연자원, 야생동물 등의 자연환경자료, 이용객, 용도지구, 관련법규, 토지소유, 시설물, 교통, 행정구역, 문화자원 등의 인문환경자료로 나눌 수 있으며(서, 1991) GIS를 이용한 계획을 수립함에 있어서 가장 먼저 고려해야 할 사항은 계획 및 관리에 필요로 하는 정보를 추출할 수 있는 기초자료의 수집으로 판단된다.

이러한 자료의 수집은 도면, 문자, 사진 등과 같은 여러가지 형태와 방대한 양으로 존재하기 때문에 자료의 수집 이전에 이용할 자료의 범위를 결정하고 내용 및 형태를 파악하여 분류하는 과정이 필요하다(Burrough, 1986).

일반적으로 단속적인 사상을 표현하는 코로플레스 지도(choropleth map) 기법¹⁾은 연속적으로 변화하는 지형면을 표현하고 모형화하기에는 적합하지 않다고 알려져 있다(유, 1990). 이러한 지형면을 표현하기 위하여 우리는 흔히 등고선을 이용한다. 하지만 이러한 등고선은 자료를 수치화하고 저장하는데는 연속적으로 변화하는 지형면을 수치화하거나 분석하고 모델화 하는데는 적합하지 않다. 따라서 연속적인 변화를 표현하기 위하여 다른 방법들이 개발되어 왔다.

공간에서 나타나는 연속적인 기복의 변화를 수치적으로 표현하는 방법을 수치고도모델(Digital Elevation Model: DEM)이라 하며, 수치지형모델(Digital Terrain Models: DTM)이라는 용어도 함께 사용된다. 여기서 지형이라는 용어는 고도 뿐만 아니라 지표의 다른 속성도 포함하기 때문에 DTM이라는 용어도 함께 사용된다. 수치지형모델은 기복의 변화 뿐만 아니라 다른 속성들의 연속적인 변화를 나타내는데도 사용된다(김 등, 1993). 격자형태의 수치고도모델(DEM)에서 고도속성은 평면상의 좌표를 X, Y축으로 표현하기 때문에 흔히 세번째 차원 즉, Z좌표로 표현된다.

이러한 수치고도모델의 중요한 응용분야로는 수치지형도 작성, 군사적 목적이나 조경설계 및 계획을 위한

입체적 표현, 시계분석(cross-country visibility), 도로의 부지 및 댐의 적지선정, 지형의 통계적 분석과 비교, 경사도, 사면방위도, 음영기복도의 제작, 토양이나 토지이용, 식생과 같은 주제정보를 나타내기 위한 기초(hydrologic information system) 구축 등과 같은 것이 있다.

이상의 관점에서 본 연구는 오대산 국립공원지역을 대상으로 수치지형모델을 이용한 지형분석을 통하여 향후 국립공원 관리 및 연구를 위한 기초적인 단계로서 지형과 관련한 수치지도를 제공할 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

1. 연구대상지

1975년 2월 국립공원으로 지정된 오대산은 평균군, 홍천군 및 명주군에 걸쳐 총면적이 298.5km²에 달하며, 태백산맥으로 동서로 나누어져 있고, 차령산맥으로 남북으로 나누어져 국립공원지역내에 비로봉(1563.4m), 호령봉(1560m), 상왕봉(1493m), 동대산(1425.8m), 두로봉(1421.9m), 노인봉(1388.1m) 등 봉우리들이 즐비하게 분포하고 있다. 오대산 국립공원은 자연환경지구(255.67km²), 비로봉지역과 소금강지역의 자연보존지구(41.24km²), 취락지구(0.85km²), 집단시설지구(0.74km²)로 나누어져 있으며, 공원보호구역(1.98km²), 진입도로(97.6km), 등산로(56.6km), 야영장(4개소), 대피소(4개동) 등이 있다.

어떠한 축척의 지도가 시스템에 입력된다고 하더라도 디지털 지도는 축척에 관계없이 원도의 일정한 정밀도를 유지할 수 있지만 지도의 축척은 최종 데이터의 적절한 사용목적에 따라 결정되는 바(Burrough, 1986) 경제적인 측면과 필요한 데이터의 선택 및 수집을 고려한 정밀도를 염두에 둘 때, 일반적으로 국립공원과 같은 대면적을 다루기에는 축척이 1:25,000 또는 1:50,000 인 지도가 적절한 것으로 보인다.

본 연구에 사용된 오대산 국립공원지역의 표고자료는 1:50,000 등고선도로로부터 100m 간격의 주곡선만을 추출하였으며, 지형자료의 형태가 선형으로 되어 있기 때문에 사상을 정확히 표현할 수 있는 벡터구조로 하였다.

2. 수치고도모델의 표현 방법

앞에서 언급한 바와 같이 연속적인 변화를 표현하기

1) 코로플레스지도(choropleth map)기법: 정량적이거나 정성적인 정보를 주제도에 나타낼 때 같은 값을 가지는 지역이나 지점을 동일한 색깔이나 무늬로 나타낸 지도

위하여 많은 방법들이 개발되어 왔으며, 공간에서 나타나는 연속적인 기복의 변화를 수치적으로 표현하는 방법을 DEM이라고 하는데, 표 1은 지표면의 고도를 표현하는 여러가지 방법(Burrough, 1986)을 나타낸 것이다.

Table 1. Methods of representing terrain surfaces

Methods	Model
A. Mathematical methods	1. Global-Fourier series Multiquadratic polynomials
	2. Local-Regular patches Irregular patches
B. Image Methods	1. Using line data- Contours, Profiles, Critical lines
	2. Using point data- Regular points, Irregular points, Critical features

1) 선형모델

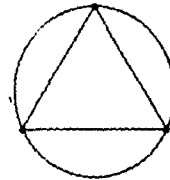
지형을 선으로 나타내는 가장 일반적인 방법은 등고선 방법이다. 등고선은 높이가 같은 지점을 연결한 선이다. 이러한 등고선은 대부분의 지도에 나타나기 때문에 스캐너를 사용하여 쉽게 얻을 수 있다. 하지만 이러한 등고선은 경사를 계산하거나 음영기복 모델에는 적합하지 않기 때문에 이산고도행렬형태의 모델(point model)로 변환된다.

2) 고도행렬

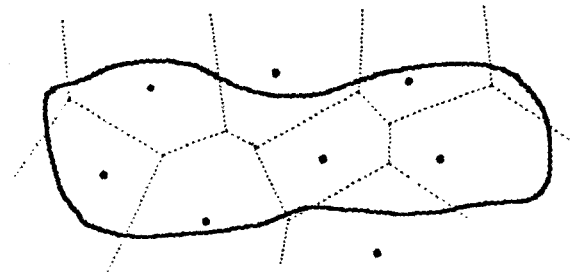
수치고도모델에서 볼 수 있는 가장 흔한 형태는 고도행렬 또는 규칙적인 사각형의 격자이다. 이러한 격자모델은 행렬을 사용하기 때문에 컴퓨터에 의해 쉽게 처리할 수 있고, 따라서 래스터 방식의 지리정보시스템에 많이 이용된다(Weibel과 Heller, 1991). 이 고도행렬은 등고선, 경사각, 경사향 등을 계산하거나 음영이나 분지를 표현하는데 유용하지만, 평탄한 지형에서는 필요 이상으로 자료의 양이 많고, 봉우리나 와지, 고개, 능선, 하천과 하천유로와 같은 유용한 정보를 잘 나타낼 수가 없다.

3) 불규칙한 삼각 분할 네트워크(Triangulated Irregular Network: TIN)

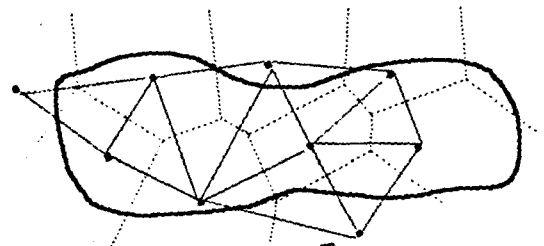
TIN은 Peuker 등(1978)이 처음 발표한 수치고도 모델로서 고도 행렬이 가지는 자료의 중복을 줄일 수 있고 여러 형태의 계산에 매우 효율적이다. TIN은 델로니 삼각법에 따라 불규칙하게 배치된 절절이나 관찰지점을 삼각법에 따라 연속적인 삼각면으로 연결한 모델이다(그림 1 참조). 이러한 TIN은 자료의 중복을 줄일 수 있고, 경사가 급변하는 지역에 적합하다(Peuker, 1977). 또한 TIN모델은 벡터위상구조를 가지며, 다각형 네트워크를 이루고 있는 순수한 위상구조와 개념적으로 유사하다.



(a) Delaunay Triangulation



(b) Thissen Triangulation (Point)



(C) Thissen triangulation
 ————— Delaunay triangulation

Figure 1. Thissen triangulation and Delaunay triangulation

3. 수치고도모델의 구축과정

본 연구에 사용한 수치고도모델은 아래의 그림 2와 같은 과정을 거쳐 구축되었다.

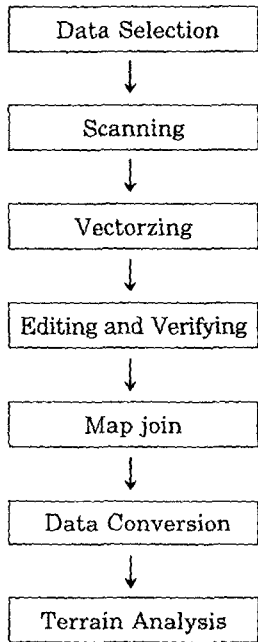


Figure 2. Process of DEM construction

1) 자료선정

앞에서 언급한 바와 같이 표고자료는 1:50,000 등고선도로부터 100m 간격의 주곡선 만을 추출하여 사용하였다.

2) 자료입력 및 수치화

자료의 입력은 자료의 양이 많고 복잡하기 때문에 스캐너를 사용하여 스캐닝한 다음, 이를 벡터라이징하여 각 등고선 값을 입력하였다(CADCORE 이용). 이때 입력된 자료를 모니터를 통해 대화적으로 검색하여 편집 및 수정작업을 통해 잘못된 부분을 수정하였다.

3) 좌표변환 및 투영

지도상의 지도좌표점을 4점이상 선정하여 좌표변환을 한 후 우리나라에서 사용하고 있는 표준지도좌표체계인 횡측메르카토르(Transverse Mercator)와 일치하도록 지도투영을 실시하였다(Arc/Info 이용).

4) 지도병합 및 절출

각각의 지도단위로 구축된 DEM자료들에 대해 edge

matching을 실시한 후 인접 지도간에 병합(map join)을 통해 하나의 DEM자료를 구축하고, 국립공원의 경계선을 이용하여 분석지역만을 따로 절출하였다.

5) 자료 변환 및 분석

이상의 구축된 DEM자료를 TIN구조로 변환한 후, 분석을 위하여 규칙적인 사각형 모양의 그리드 모델로 변환하였다.

결과 및 고찰

지형분석에 사용된 소프트웨어는 PC용 GIS 소프트웨어인 IDRISI(Eastman, 1993)를 사용하였다. 지형분석은 오대산 국립공원 전체지역과 자연보존지구(비로봉지역, 소금강지역)로 구분하여 실시하였다. 그림 3은 오대산 국립공원지역의 경계와 2개의 자연보존지역을 나타낸 것이다.



Figure 3. Boundary map of Odaesan National Park

1. 표고분석

그림 4는 TIN모델을 만든 후, 100×100m격자로 재배열 시킨 후 표고급별로 분류한 그림이며, 표 2는 오대산 국립공원지역의 표고급별 면적과 그의 백분비를

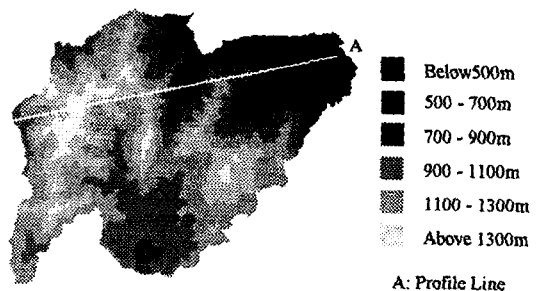


Figure 4. Elevation map of Odaesan National Park

Table 2. Area distribution of elevation class in Odaesan National Park (unit:ha)

Elevation	Study Area (Odaesan Nat'l Park)	Conservation Area(Pirobong)	Conservation Area(Sogumgang)
- 500m	3,553 (11.8)		209 (7.8)
500 - 700m	3,007 (10.0)		529 (19.8)
700 - 900m	6,972 (23.3)		788 (29.5)
900 -1100m	9,559 (31.9)	117 (8.0)	748 (28.0)
1100 -1300m	5,621 (18.8)	653 (44.7)	385 (14.4)
1300 -	1,253 (4.2)	692 (47.3)	10 (0.5)
Total	29,965(100.0)	1,462(100.0)	2,669(100.0)

Table 3. Area distribution of slope class in Odaesan National Park (unit:ha)

Slope	Study Area (Odaesan Nat'l Park)	Conservation Area(Pirobong)	Conservation Area(Sogumgang)
0° - 10°	8,797 (29.4)	214 (14.6)	548 (20.5)
10° - 20°	10,432 (34.8)	440 (30.1)	871 (32.6)
20° - 30°	9,502 (31.7)	745 (51.0)	1,098 (41.2)
30° - 40°	1,227 (4.1)	63 (4.3)	152 (5.7)
40° -	7 (0.0)		
Total	29,965(100.0)	1,462(100.0)	2,669(100.0)

Table 4. Area distribution of aspect class in Odaesan National Park (unit:ha)

Aspect	Study Area (Odaesan Nat'l Park)	Conservation Area(Pirobong)	Conservation Area(Sogumgang)
Evenness	3,111 (10.4)	45 (3.1)	143 (5.4)
North	3,723 (12.4)	129 (8.8)	535 (20.0)
Northeast	2,964 (9.8)	133 (9.1)	343 (12.9)
East	4,786 (16.0)	235 (16.1)	423 (15.8)
Southeast	3,018 (10.1)	234 (16.0)	287 (10.8)
South	2,846 (9.5)	160 (10.9)	217 (8.1)
Southeast West	1,942 (6.5)	103 (7.0)	82 (3.1)
West	4,155 (13.9)	241 (16.5)	270 (10.1)
Northwest	3,420 (11.4)	182 (12.5)	369 (13.8)
Total	29,965(100.0)	1,462(100.0)	2,669(100.0)

표시한 것이다. 오대산 국립공원의 총 면적은 29,965ha로 나타났고, 자연보존지역은 비로봉지역이 1,462ha, 소금강지역이 2,699ha로 나타났다. 이 면적은 오대산 국립공원 관리사무소에서 제시한 면적 29,850ha보다 약간 많은 면적으로써 지형도 입력과정에서의 오차로 판단되지만 그 오차율은 0.38%에 불과하다. 이 표에서

알수 있듯이 오대산 국립공원은 표고가 900m이상 지역이 전체의 약 55%를 차지하는 고산지역이다. 특히 자연보존지역 비로봉지역은 대부분이 1,100m이상 지역으로 구성되어 우리나라에서 전형적인 고산식물대지 역임을 알 수 있다. 하지만 자연보존지역 소금강지역은 비교적 표고급 분포가 고르게 되어 있음을 알 수 있다.



Figure 5. Slope map of Odaesan National Park

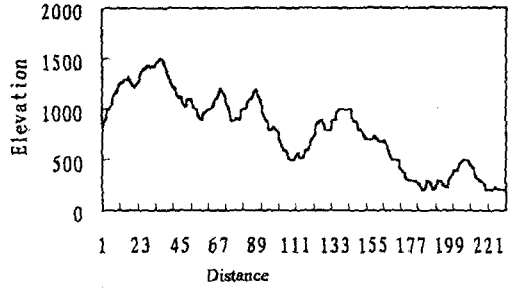


Figure 7. Profile by line A of Figure 4

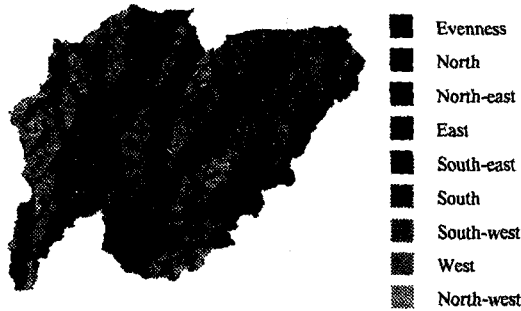


Figure 6. Aspect map of Odaesan National Park

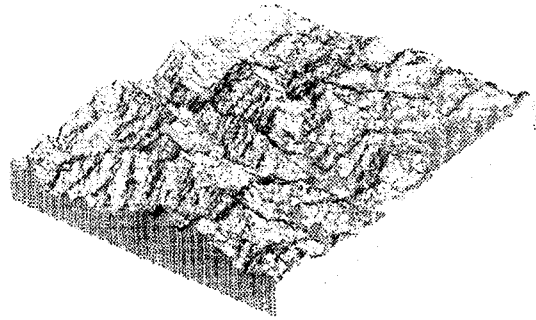


Figure 8. Perspective map of Odaesan National Park

이러한 표고 데이터는 국립공원내의 식물상과 관련된 연구 등에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 경사도 분석

오대산 국립공원의 경사도를 분석한 결과는 표 3과 같다. 국립공원 전체지역의 70%정도가 경사 20° 이상의 험준한 지역으로 판단된다. 특히 자연보존지역은 다른 지역에 비해 경사도가 더욱 급한 것으로 나타났다.

그림 5는 오대산 국립공원지역의 경사도를 나타낸 그림이며, 이러한 경사도 데이터는 시설물 배치, 등산로 노선 선정 등 다양한 연구에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 경사향 분석

그림 6은 오대산 국립공원 지역의 경사향을 구분한 그림이며, 표 4는 경사향별 면적을 나타낸 것으로, 정북향을 기준으로 놓고 시계방향으로 경사향을 표시하였다. 평활지가 약 10%로 나타났으며, 동향과 서향이 대체로 많이 분포하고, 남향이 적음을 알 수 있다. 비로봉 지역은 고산지대로서 평활지가 적고, 동향과 남동향, 서

향의 사면이 많이 분포한다. 하지만 소금강지역은 남향이 적고 북향의 사면이 많이 분포하고 있다. 따라서 비로봉지역과 소금강지역 간에 많은 차이가 있음을 알 수 있을 것이다.

이러한 경사향 데이터는 시설물 배치, 식물상 분포 등의 연구에 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글 : 본 연구를 위하여 협조해 주신 임업연구원 산림자원정보연구실 연구원 여러분과 서울대학교 대학원 오동하님께 감사드립니다.

인용문헌

- 과학기술처 (1993) 지리정보시스템 활용기법, 과학기술처, 421쪽.
- 김규현, 이승호, 김철민 (1993) 원격탐사에 의한 산림 정보처리 해석. 임업연구원 1992년도 시험연구보고서(4-IV), 24-55.
- 서창완 (1991) 국립공원관리를 위한 GIS의 활용방안

에 관한 연구. -한라산국립공원을 대상으로. 서울대학교 대학원 석사학위논문, 89쪽.

유근배 (1990) 지리정보론. 서울. 상조사. 352쪽.

Eastman, J. R. (1993) IDRISI User's Manual. Clark University, Massachusetts. 209pp.

Burrough, P. A. (1986) Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon Press, Oxford. 194pp.

Peucker, T. K.(1977) Data structures for digital terrain model: discussion and comparison. In Proc. Advanced Study Symp. on Topological Data Structures for Geographic Information

System, Harvard University, Cambridge, Massachusetts.

Peucker, T. K., R. J. Fowler, J. J. Little and D. M. Mark (1978) The triangulated irregular network. In Proc. of the DTM Symp. American Society of Photogrammetry-American Congress on Survey and Mapping, St Louis, Missouri. 24-31.

Weibel, R. and M. Heller (1991) Digital Terrain Modeling. Geographic Information System. Vol I. 269-297.