3차원 영상 생성에 의한 암반사면의 Face Mapping
Face Mapping of Rock Slope by 3D Image Generation

강 준 묵[1], Kang, Joon-Mook · 엄 대 용[2], Um, Dae-Yong · 김 위 현[3], Kim, Wee-Hyun

[1] 충남대학교 공과대학 토목공학과 교수
[2] 충남대학교 대학원 박사수료
[3] 충남대학교 대학원 박사과정

1. 서 론

수치사진측량기법은 다량의 3차원 수치데이터를 균일한 정확도로 신속·정확하게 획득할 수 있고 또한 이를 모델링에 이용할 수 있다는 장점을 가지고 있어 GIS구축을 위한 자료의 수집방법으로 다양한 분야에 그 활용 가능성이 증대되고 있다. 또한 최근에 각종 영상매체의 개발과 컴퓨터 관련 기술의 발전 그리고 수치영상처리 기술의 눈부신 발전에 힘입어 수치영상을 이용한 정량적 분석과 그 적용에 관한 연구분야에 많은 관심이 집중되고 있다. 이러한 수치사진측량의 발전에 힘입어 근래에 들어서는 수치영상을 이용하여 실 대상물을 컴퓨터 공간상에서 재현하고 실 공간상의 대상 상태와 같은 조건을 충족시키기 위한 노력이 기울여지고 있으며 이러한 조건을 만족시킬 수 있는 자료의 형태로는 3차원 영상이 대표적인 예로 들을 수 있을 것이다. 3차원 영상은 수치영상처리분야에서 많은 방법에 의해 제작되어 이용되고 있지만 이들은 공간적 위상관계가 결여되어 있어 단지 시각적인 분석에만 이용할 수 있었다. 이에 본 연구에서는 수치사진측량의 처리공정에 의해 실좌표체계를 갖는 3차원 영상을 생성하고 이를 이용하여 대상물에 대한 위치정보의 획득에 활용하고자 하였다. 이를 위해 수치사진측량의 처리공정을 단순화하여 3차원영상의 생성을 위한 처리루틴을 개발하고자 하였고 이로부터 획득되는 3차원 영상의 활용성과 측정정확도의 검토를 위해 시범적으로 암반사면을 선정하여 절리로 대표되어지는 암반사면의 불연속면 추출과 측정에 적용하였다. 이를 통해 3차원 영상의 생성 가능성과 3차원 영상으로부터의 공간정보획득의 가능성을 점검하였다.

2. 3차원영상 생성시스템 구축

3차원 영상의 생성을 위해서 두장 또는 그 이상의 영상으로부터 다수의 공간적 위치 데이터를 수치사진측량 기법에 의해 획득하고 시각적 데이터와의 통합하므로써 3차원의 영상을 구현하게 된다. 사진측량에 있어 공간위치의 결정은 영상데이터를 이용하여 3차원의 삼각측량에 기본을 두며 이를 수행하기 위해 최소한 두장의 영상(stereo image), 카메라의 위치와 오리엔테이션(camera positon and orientation) 그리고 결정하고자 하는 포인트의 공간상 위치의 각 카메라와 연관된 각위치(angular position)를 필요로 한다.

3차원 영상 생성을 위해 영상획득 및 기준점 획득과 관련되어 측정정확도 및 정밀도의

설정과 현장조건에 따른 전반적인 작업의 계획수립단계, 그리고 렌즈의 왜곡 등과 같이 획득한 영상에 포함된 왜곡요소들을 정의하므로써 영상을 보정하기 위한 단계를 수행한다. 그리고 3차원영상의 생성을 지원하기 위한 현지측량데이터를 입력하고 이들 데이터를 이용하여 카메라의 투영중심과 회전요소 등을 결정하여 각 영상에 대한 영상데이터 파일을 생성한다. 그런 다음 두장의 중복된 영상으로부터 맵을 생성하고자 하는 영역을 정의하고 각 포인트에 대한 영상들 사이의 시차를 결정하기 위한 영상정합(image matching)을 실시한다. 영상정합을 위해서 기준윈도우(template window)의 크기설정, 요구되어지는 맵의 수평 및 수직방향의 측점간격 등 맵파라메터를 설정하게 되고 영상정합과정에서 상관성이 발견되는 영상 포인트들에 대한 공간위치를 정확히 계산하게 되며 영상과의 통합을 통해 3차원 영상을 생성하게 된다. 이상의 3차원영상의 생성을 위한 작업 흐름도(work flow)는 다음과 같다.

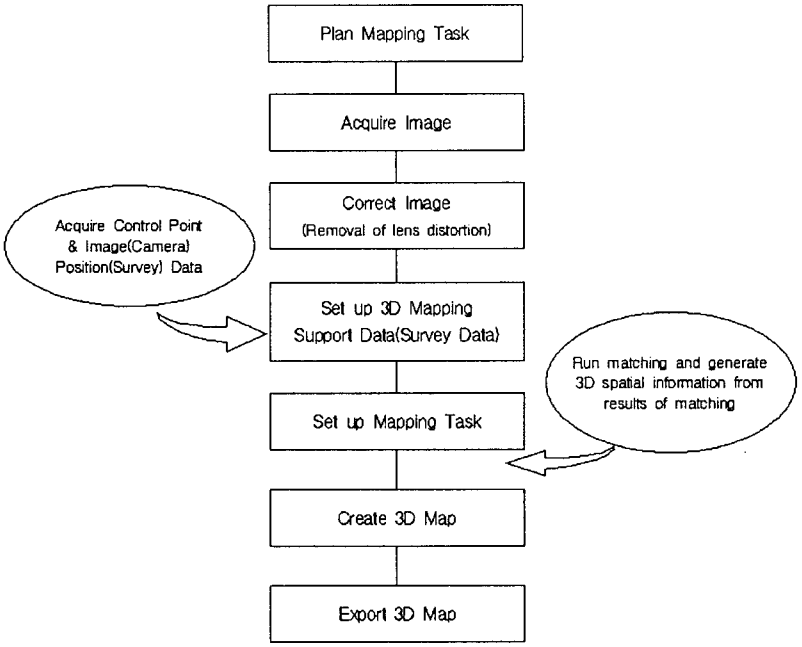

그림 1. The Work Flow for 3D Image Generation

시스템은 각 처리루틴을 최대한 간소화하고 독립적이며 계층적인 연계성을 갖도록 구성함을 물론 사용자 인터페이스를 강화한 이벤트 중심의 객체지향기법을 이용하여 설계하였다. 3차원 영상 생성을 위한 시스템은 위의 작업과정을 7개의 컴포넌트로 구성하여 완성하며 호환성을 지난 개인용 컴퓨터의 환경에서 구동될 수 있도록 한다. 표 1은 본 시스템의 개발을 위한 하드웨어적 환경을 나타낸 것이다.

표 1. 시스템 개발환경

Processor	Pentium II or Pentium III
Memory	Minimum 256Mbytes 512 Mbytes is preferable
Video Memory	Minimum 8Mbytes
Hard Disk	At least 20Mbytes space for installation At least 100Mbytes space temporary data storage

3. 암반사면의 3차원영상 생성 및 Face Mapping

3.1 시범사면선정 및 영상획득

개발한 시스템을 이용하여 대상체에 대한 3차원 영상을 생성하고 이를 이용한 측정정확도의 평가와 3차원 영상을 이용한 지형정보의 획득 가능성을 검토하기 위해 시범적으로 암반사면을 선정하여 절리로 대표되어지는 암반사면의 불연속면 추출과 측정에 적용하였다.

시범사면으로 선정한 암반사면(그림2)은 경상북도 성주군 30번 국도변에 위치한 사면으로 높이 25m, 폭 35m 가량의 규모를 가지고 있다. 사면에 대한 영상은 촬영거리 30m, 중복도 65%의 조건에 의해 총 6모델을 형성하도록 획득되었다. 이때 영상은 Nikon D1X Digital Camera를 이용하여 획득하였으며 카메라에 대한 상세 정보는 표 2와 같다.

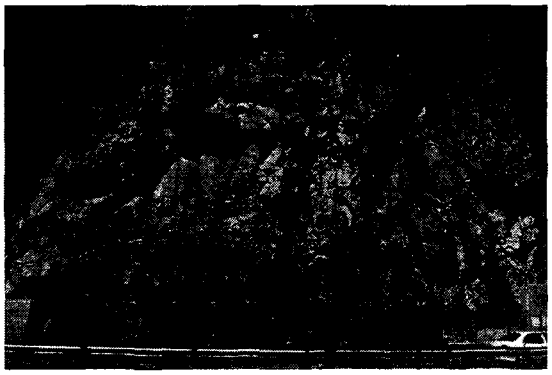

그림 2. 대상사면(경북 성주군 소재)

표 2. Nikon D1-X의 제원

ITEM	Specification
Camera type	Interchangeable-lens SLR-type
Lens	Nikon AF/Manual Lens
CCD	23.7×15.6mm RGB CCD
Image File Format	8-bit RGB-TIFF, 8-bit YCbCr-TIFF, 12-bit Raw
Record Resolution	3,008×1,960 / 2,000 × 1,312 pixels
Record Media	Compact flash (TYPE I / II)
Video Output	NTSC or PAL(switchable)
Interface(Data I/O)	IEEE 1394, RS232C
Dimension	157 x 153 x 85mm

영상획득을 위해 이용한 카메라는 비측정용 카메라로서 기하학적 해석정확도의 저하를 유발하는 렌즈의 왜곡에 대한 정밀한 검정을 통해 기하학적 안정성을 확보해야 한다. 이에 촬영시스템으로 이용된 Nikon D1X에 대해 실험적 방법인 평면투영변환식을 이용한 검정방법에 의해 왜곡계수를 산출하였다. 표 3은 검정결과를 나타낸 것이다. 영상해석을 위한 기준점은 사면전체에 걸쳐 총 53점을 선정하여 측정하였으며 영상에서의 식별이 가능한 지점을 촬영한 영상의 입체시를 통해 선정한 자연점을 활용하였다.

표 3. Digital Camera Information

Camera	Focal Length (mm)	Format Width (mm)	Format Height (mm)	Principal Point (pixel)	
				X	Y
Nikon D1-X	33.5887	24.0932	15.6000	11.5852	7.5632

Lens Distortion Parameter	K1 (mm)	K2 (mm)	P1 (mm)	P2 (mm)
Calibration Value	0.9E-04	-0.1E-05	0.9E-04	3.5E-05

3.2 DEM/3D IMAGE Creation

대상사면에 대해 획득한 각각의 수치영상들은 내부, 상호, 절대표정의 과정을 거쳐 에피폴라 영역의 설정으로 영상매칭을 통해 수치표고자료를 생성한다. 본 연구에 이용한 DEM 생성방법은 일정크기의 격자에 의해 대상의 3차원 성과를 저장하는 Grid방법을 택하였으며 격자간격의 크기를 5pixel로 설정하였다. 그림 3은 본 연구의 대상사면 중 일부에 대해 생성한 DEM성과를 나타낸 것이다. 이렇게 획득된 수치표고모델과 기준영상을 이용하여 암반사면을 입체적으로 분석할 수 있는 3차원 영상을 개발한 시스템을 이용하여 생성하였다. 그림 4는 본 연구에서 생성한 3차원 영상을 나타낸 것이며 사면일부를 3D Viewer에서 다른 각도로 회전하여 나타낸 것이다.

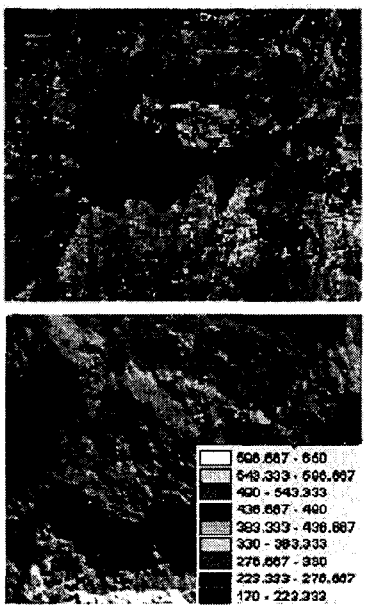

그림 3. Digital Elevation Model

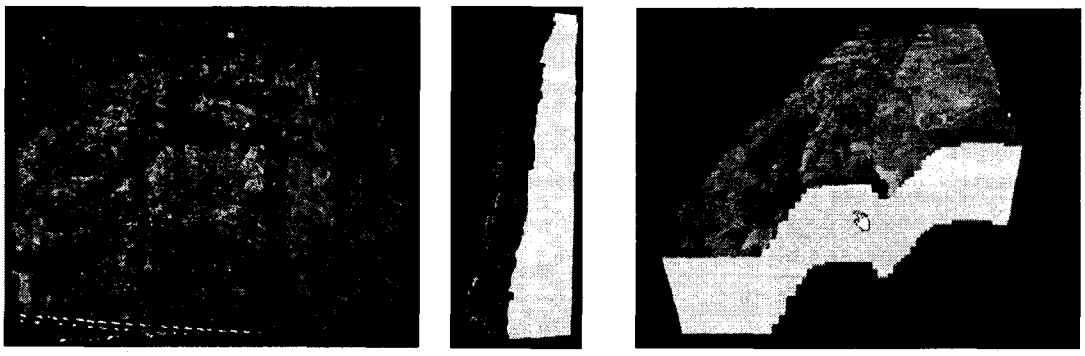

그림 4. 3D Image

3.3 불연속면 Face Mapping

3차원 영상으로부터 공간정보의 추출가능성을 검증하기 위해 암반사면에 발달되어 있는 절리에 대하여 현장관측성과와 3차원영상으로부터 측정된 주향경사 값을 비교하였다. 그림 5는 3차원 영상으로부터 추출한 주절리의 주향/경사의 조사지점과 관측값을 도식화하여 나타낸 것이며 표 4는 현장측정데이터와의 비교값을 나타낸 것으로 비교적 유사한 관측값을 나타내고 있다. 관측값의 비교치 중 몇 개의 조사지점에 대한 주향/경사에서 비교적 큰 오차를 보이고 있는데 이는 현장측정데이터 역시 현장조건에 의해 상당량의 오차를 포함하고 있으므로 인해 발생된 것으로 판단된다. 이 분석에서는 주향/경사 측정도구를 이용한 직접측정방법과 3차원영상을 이용한 간접측정 방법간의 비교검증을 통해 3차원 영상으로부터 공간정보의 획득 가능성만을 검증하기 위한 것이다.

그림 6은 3차원 영상으로부터 추출한 절리의 주향과 경사 측정값을 바탕으로 3차원으로

모식화하여 나타낸 것으로 황색은 주절리를, 청색은 2차절리를 나타낸 것이다. 주절리는 정단층성 운동 성격을 갖는 절리이며 정단층 운동에 의하여 수평절리인 2차 절리가 형성된다. 그리고 주절리와 2차 절리의 조합에 의하여 파쇄 현상이 발달한다.

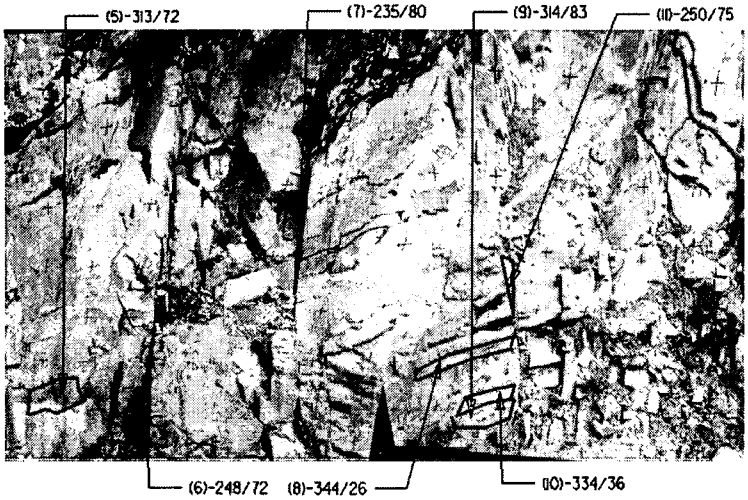

그림 5. 3차원 영상으로부터 추출한 불연속면의 주향 및 경사

표 4. 연구사면 주향 및 경사에 대한
실제 현장 측정 및 3D image로부터의 측정 결과 (단위: °)

No.	관측결과 (주향/경사)	DPW에 의한 결과 (주향/경사)
5	313/72	311/66
6	248/72	259/63
7	235/80	237/70
8	344/26	331/19
9	314/83	327/73
10	334/36	322/26
11	250/75	253/83

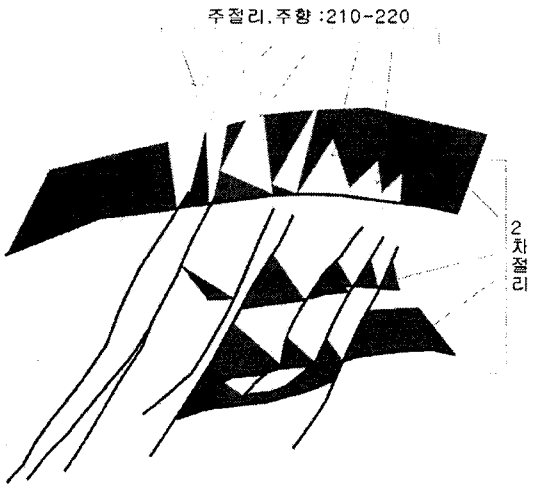

그림 6. 3차원 사면절리 해석

4. 결 론

본 연구에서는 수치사진측량의 공정에 의한 3차원 영상의 생성을 위한 작업루틴을 설정하였으며 이를 이용한 공간정보의 획득 가능성과 추출 정확도의 검증을 위해 시범적인 사면을 선정하여 3차원 영상을 생성하였다. 그리고 생성된 3차원 영상으로부터 암반사면의 불연속면에 대한 주향/절리를 추출하고 현장직접측정값과의 비교를 통해 정확도 평가 및 구축 시스템의 활용성을 검증하고자 하였다. 연구결과 3차원영상의 작업루틴을 설정하고 이를 이용한 시스템의 구현을 실현하였으며 이로부터 획득한 3차원영상으로부터 시범사면에 대한 3차원 맵을 포함한 관련된 정보를 획득할 수 있었다. 추후 공간정보획득을 위한 측정정확도 향상을 위한 연구가 지속적으로 진행된다면 현장성을 충분히 반영한 조건에서의 정밀측정이 가능한 3차원 영상의 생성이 가능하리라 판단되며 그 활용성을 증진시킬 수 있을 것으로 사료된다. 또한 본 연구를 통해 획득한 2차원, 3차원의 암반사면의 조사 자료는 사면의 진단과 평가를 위한 보다 객관적이며 과학적인 자료로서 활용 될 수 있을 것이며 3차원 영상을 이용하여 사면전반에 대한 안정적 자료의 취득과 관리가 가능할 것이다.

참고문헌

1. Wong K.W.Basic Mathematics of Photogrammetry in Manual of Photogrammetry 4thEdition American Society of Photogrammetry C.S.Slama(editor), 1980.

2. Lyman J. Ladner, "Implementation of Softcopy Photogrammetric Workstations at the U. S. Geological Survey", PE & RS, Vol. 58, NO. 1, January 1992, pp. 57-63

3. J. Wissel, "Digital Image Processing for Orthophoto Generation", Photogrammetria, Vol. 40, No. 2, 1985, pp.69-76.

4. C. Greve, "Digital Photogrammetry-An addendum to the Manual of Photogrammetry", ASPRS, 1996.

5. E. A. Fleming, "Some Results of Photogrammetric Compilation and Orthophoto Production Using Space Photography", ACSM/ASPRS, 1985, pp.770-777.

6. 유동우, "화상처리 및 입체사진측량학을 이용한 암반절리 조사시스템" 한국암반공학회, 2000, vol 10, pp 329~343

7. 최선규, 구자혁(2001) "수치표고모델을 이용한 선구조 추출기법의 개발과 활용에 관한 연구" 대한지질학회 2001년도 춘계 공동학술발표회논문집 , pp193 ~195.