

## 집단마을 조성사업용 GIS 구축을 위한 기구사진체계의 활용

The Utilization of Photo Balloon System  
to GIS Construction for Build-up a Group of Villages

이 재 기 \*      이 현 직 \*\*      조 재 호 \*\*\*  
Lee, Jae Kee      Lee, Hyun Jik      Cho, Jae Ho

### 要 旨

최근 급격한 경제성장은 도시영역 및 인구의 확장으로 인한 도시문제를 야기시켰으며, 이와같은 도시문제의 해결을 위해서는 국토개발과 관련된 각종 계획 및 사업을 수행되고 있다. 일반적으로 합리적인 계획 및 설계의 추진을 위해서는 대상지역에 대한 신속하고 정확한 지형정보의 제공이 필수적이다.

본 연구에서는 소규모대상지역에 대한 계획 및 사업의 합리적인 추진에 영향을 미치는 신속하고 정확한 지형정보의 제공을 위해 기구사진체계를 도입하고 자료해석방법으로 수치사진측량의 정사투영영상 제작 알고리즘을 정립함으로써 소규모대상지역에 대한 지형공간정보체계의 구축에 기여함을 목적으로 하고 있다.

본 연구의 수행결과, 기구사진체계의 안정성 및 균형성을 확보할 수 있는 방안을 제시할 수 있었으며, 소규모대상지역의 지형공간정보체계의 구축에 필수적인 지형정보의 해석방법을 정립할 수 있었다.

### ABSTRACT

Recently, the rapid economic growth has caused urban problems due to the increase of urban population and the rapid expansion as a result of exodus phenomenon in rural territories. In order to solve the problems, we need to perform rational and effective plans for national land development.

Generally, we need speedy and accurate topographical information of the object area to go ahead with balanced national land development. Acquisition methods for topographical data include utilization of existing geographic information such as national base maps and related thematic maps and grasping of accurate present condition of object area using aerial photographs or satellite images.

When the object area is small, existing methods for acquiring topographical information reveals imitations in accuracy, speed and economic aspect. Therefore, development of a new method is in order.

As a result of this study, we recognized that Photo Balloon System to be manufactured and digital ortho-map to be generated could be used to obtain a topographical information for small areas.

\* 충북대학교 토목공학과 교수

\*\* 충북대학교 토목공학과 강사

\*\*\* 인허공전 항공측량과 전임강사

## 1. 서론

과거 20년동안의 성공적인 경제성장은 국민소득, 생활수준 및 의식수준 등과 같은 질적 양적인 차원에서 국민생활에 많은 향상을 가져온 반면, 농촌지역의 이농으로 인한 농촌공동화 현상 및 도시인구와 도시영역의 급격한 확장에 따른 도시문제 등 국가의 균형적 발전 차원에서 많은 문제점을 야기시켰다.

이와같은 도시문제의 해결을 위해서는 합리적이고 효율적인 국토개발계획의 추진이 필요하며, 균형있는 국토개발을 추진하기 위해서는 계획 대상지역에 대한 신속하고 정확한 지형정보(Geo-information)의 제공이 요망된다.

일반적으로 계획대상지역에 대한 지형자료 취득방법으로는 적정 축척의 국가기본도나 관련 주제도(thematic map) 등 기존의 지형자료를 활용하는 방법 및 계획 대상지역의 정확한 현황 파악을 위해 새로 촬영한 항공사진 및 위성영상을 통해 새로운 지형자료를 취득하는 방법이 이용되고 있는 실정이다.

그러나, 계획 대상지역이 소규모인 경우에 이들 방법을 사용하면 계획에 필요한 소요정확도, 신속성 및 경제적인 측면에 문제가 있음에 따라 소규모 계획 대상지역의 경제적이고 합리적인 지형정보의 취득방법이 요망되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 소규모 대상지역의 지형정보의 취득을 위해 기구사진체계를 활용하는 방안을 제시하고 수치사진측량기법을 이용하여 정사투영영상 및 정사투영지도를 생성하는 알고리즘을 정립하여 자료의 활용성을 향상시킴으로써 소규모 대상지역의 합리적인 계획 및 설계추진에 기여함을 목적으로 하고 있다.

## 2. 기구사진체계를 이용한 정사투영 영상 생성 이론

### 2.1 기구사진체계의 특성

지형정보의 취득에는 일반측량, 사진측량 및 원격탐측방법 등이 이용되고 있으며, 지형정보의 취득방법을 결정하는데는 지형공간정보체계(Geo-Spatial Information system : GSIS)에 이용되는 기본도(basemap)의 제작에 필요한 소요정확도, 신속성, 편리성 및 경제성과 촬영시스템, 날씨, 태양각, 고도 및 비행방법 등 지형자료의 취득에 영향을 주는 요소 등을 고려하여야 한다.

일반적으로 항공기를 이용하여 촬영한 사진으로 부터 지형정보를 취득하는 사진측량 방법은 가장 광범위하게 이용되고 있으나 대상지역의 크기가 대규모이고 제작 지형도의 축척이 소축척일때 적합한 반면, 대상지역의 크기가 소규모지역이며 대축척의 지형도를 제작하기 위한 대상지역에서는 비효율적이고 비경제적이므로 대상지역에 적합한 저고도 지형정보 취득방법이 요망되고 있다.

소규모지역에 대한 저고도 지형자료 취득에 이용되는 방법으로는 모형 비행기, 헬리콥터, 열기구, 기구, 비행선 등 여러가지가 있으며 제작 난이도, 경제성, 신속성, 안정성, 균형성 및 조정성 등을 고려하여 대상지역에 적합한 방법이 결정되어야 한다.

저고도 지형자료 취득장비중 본 연구에서 이용한 기구(balloon)는 외형이 간단하여 설계 및 제작이 용이함은 물론 대상지역까지의 이동이 기구 내부에 가스가 없는 상태로 만들어 육로로 이동할 수 있음은 물론 기구의 가스주입도 대상지역내에서 질소나 산소보다 가벼운 헬륨이나 수소를 간편하게 사용할 수 있어 작업이 신속한 장점이 있다.

일반적으로 가벼운 가스의 힘을 이용하는 기구는 신속하게 촬영계획 위치로 이동할 수 있으며 촬영고도의 변화가 용이하고 불의의 사고에 능동적으로 대처할 수 있는 장점이 있는 반면, 주입한 가스의 재사용이 어렵워 비경제적인 단점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 소규모 대상지역의 신속한 지형정보의 취득을 위해 기구의 특성에 안정성과 조정성을 확보하기 위한 방법을 고안하여 기구사진체계(Photo Balloon System)의 비행시스템 부분을 설계 및 제작하였으며 촬영의 중심역할을 하는 촬영시스템

부분은 촬영시 편리성과 균형성을 유지하기 위한 방법을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 기구사진체계의 장단점 및 제작시 고려한 기술적인 문제점은 표2.1 및 표2.2와 같다.

표 2.1 기구사진체계의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 최저 고도 제한이 없음</li> <li>◆ 고도와 초점거리 조합이 용이</li> <li>◆ 사진축척 변경의 용이</li> <li>◆ 이단촬영/재촬영 용이</li> <li>◆ 정성적해석이 용이</li> <li>◆ 셔터속도 및 조리개 변경이 용이</li> <li>◆ 자료의 최신화가 용이</li> <li>◆ 구름 및 태양각에 대한 영향이 적음</li> <li>◆ 사진기설치 용이</li> <li>◆ 소규모지역에 적당</li> <li>◆ 촬영장비의 개조 용용성 확보</li> <li>◆ 촬영시스템의 보관 용이</li> <li>◆ 숙련를 요하지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 상승고도의 제한이 있고, 피복면적이 좁다.</li> <li>◆ 촬영 소요시간이 많다.</li> <li>◆ 풍속 및 풍향의 영향을 많이 받는다.</li> <li>◆ 사진기 촬영축의 수직방향 유지가 어렵다.</li> <li>◆ 사진기의 기울어짐, 최대경사성의 방향을 알 수 없다.</li> </ul>

표 2.2 기구사진체계의 기술적문제점

기구사진체계의 기술적인 문제점
<ol style="list-style-type: none"> <li>① 바람의 영향을 최소화 받도록 설계 및 제작.</li> <li>② 총 중량을 고려한 크기의 결정.</li> <li>③ 산소나 질소보다 가벼운 가스의 선정.</li> <li>④ 이동 및 고정에 필요한 장력을 고려하여 지지줄의 선정.</li> <li>⑤ 사진기의 광축은 항상 연직방향을 유지.</li> </ol>

2.2 수치적 방법을 이용한 정사투영영상 생성 이론

정사투영영상(ortho image)은 사진촬영시에 생긴 사진기의 경사와 지형기복에 의해 발생한 상 변위

(image shift)를 보정하여 수정된 위치에 노출되는 방법으로 정사투영(ortho projection)된 지점에 대상물의 영상이 생성되어 기하학적으로는 지도와 동일한 특성을 가지고 있다.

입체영상에 의한 정사투영영상의 생성 과정은 크게 두단계로 진행된다. 수치 정사투영영상을 생성하는 첫 번째 단계는 주사기(scanner)를 이용하여 사진(photo)을 수치영상(digital image)으로 변환한 다음, 변환된 좌우 수치영상에 존재하는 공액점(epipolar point)이 동일 직선상에 존재하도록 epipolar 영상재배열(resampling)을 수행하고 동일직선상에 존재하는 공액점의 영상좌표를 수치영상정합(digital image matching)방법을 이용하여 찾아내고, 영상좌표를 사진좌표로 역 변환하여 표고정보(elevation data)를 계산하는 과정이다.

수치 정사투영영상 생성의 두번째 단계는 보간법(interpolation)을 적용하여 영상의 모든점들에 대하여 3차원 공간의 표면을 기술하는 수치표고모형(digital elevation model)을 생성하고 원 영상에 이를 이용하여 정사투영영상을 생성하는 과정이다. 그림 2.1은 수치영상으로부터 정사투영영상을 제작하는 과정이다.

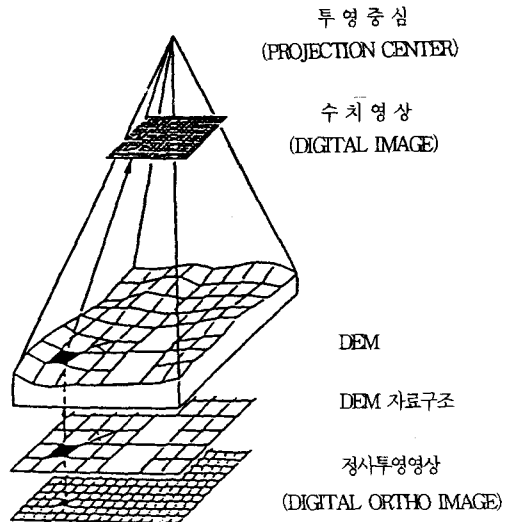


그림 2.1 정사투영영상의 제작 과정

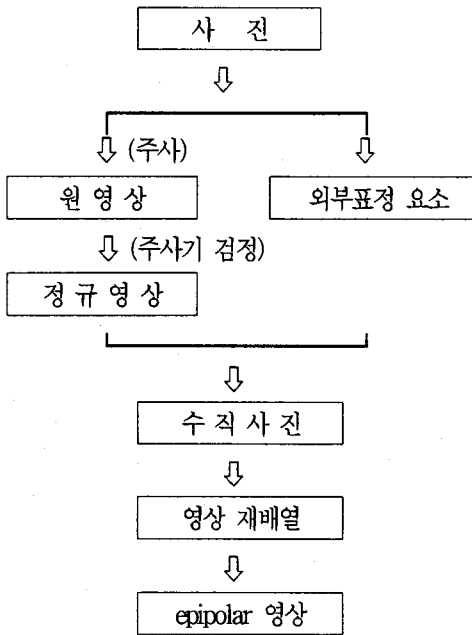


그림. 2.2 epipolar 영상의 생성과정

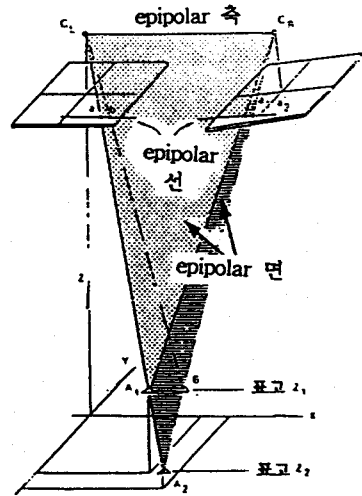


그림 2.3 epipolar 기하

epipolar 기하는 촬영한 사진기의 광축이 서로 평행하고 촬영기선에 대하여는 연직일때를 말하며, 입체영상의 주사선이 공책선을 이루고 있는 기하조건으로 수치사진측량에 사용하는 대부분의 알고리즘은 epipolar 기하상태로 표시된다는 가정에 기초를 두고 있다. 영상소와 외부표정 매개변수를 이용하여 epipolar 영상 및 epipolar 기하로 변환하는 과정은 그림 2.2 및 그림 2.3과 같다. 그림 2.2 과 같이 생성된 epipolar 영상은 수치영상정합을 통해 수치표고모형을 생성하는데 이용되며, 이와같이 생성된 수치표고모형을 이용하여 수치미분편위수정을 수행하여 수치정사투영영상을 제작한다. 본 연구에서는 기구사진체계로 취득된 대상지역의 좌우 입체사진을 주사기에 의해 수치영상으로 변환한후, 정사투영영상을 생성하였으며, 이 과정에서 각종 다항식에 의한 주사기검정을 수행하였으며 영상정합에서는 기준영역과 탐색영역을 변화시켜 영상정합에 최적을 영역크기를 결정하였다.

### 3. 기구사진체계의 제작 및 관측값 분석

#### 3.1 기구사진체계의 제작

본 연구에서는 소규모 대상지역의 지형자료를 취득하기 위해 그림 3.1 과 같은 형상의 기구사진체계를 설계하여 제작하였다. 본 연구에서 제작한 기구사진체계의 중요 구성요소는 촬영사진기와 CCTV사진기가 장착되어 있는 촬영시스템부(photographing system part)와 비행의 역할을 하는 기구시스템부(balloon system part)로 분류된다.

기구시스템의 조정성 및 균형성의 확보에 있어서 가장 중요한 요소는 지상으로 부터 고도가 높아질수록 영향이 커지는 풍속임에 따라 본 연구에서는 기구시스템의 형상을 유선형으로 설계하였으며, 주요제원은 표 3.1과 같다.

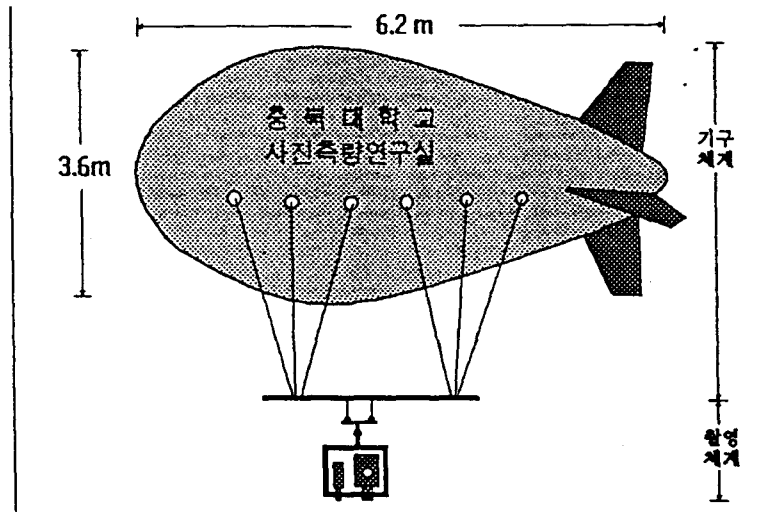


그림 3.1 기구사진체계 형상

표 3.1 기구시스템의 주요제원

재 질	Silver vinyl
형 상	Aero
크 기	6.2×3.6(m)
중 량	13.50(kg)
용 량	77(m <sup>3</sup> )

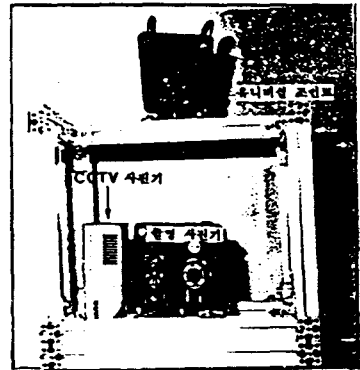


그림 3.2 기구사진체계의 촬영시스템부

촬영시스템부분은 촬영용사진기, CCTV사진기 및 이를 장착하고 지지하기 위한 장치로 구성되어 있으며, 촬영시스템의 지지장치는 안전과 무게를 최소화하기 위하여 설계 및 제작이 간단하고 치수 변경이 용이한 알루미늄 프로파일(aluminum profile)을 사용하였다. 또한, 기구사진체계는 풍속 및 풍향 등과 같은 기상조건에 많은 영향을 받기때문에 기상변화에 따른 기구의 흔들림이 사진기에 미치는 영향을 최소로 하고 사진기의 광축은 항상 연직방향을 향하도록

촬영시스템부와 기구시스템부의 연결부분에 구입이 자유롭고 가격이 저렴한 Universal Joint를 그림 3.2와 같이 장착하였다.

### 3.2 대상지역의 사진촬영 및 지상기준점측량

본 연구에서는 기상청 일기예보를 통하여 취득한 먼 바다의 풍속이 12m 보다 작은 날을 촬영일로 결정

하였으며, 촬영에 이용한 노출방법은 조리개 f-4.0 일 때 셔터속도 s=1/250초로 촬영하였고, 촬영에 사용한 필름은 Kodak사 흑백음화필름(B/W Negative Film) VP120이다.

기구사진체계를 이용하여 취득한 사진을 해석하기 위한 기계좌표의 관측에는 해석적도화기 WILD Aviolt BC 2를 이용하였으며, 좌표 관측해상력은 1 μm로 하였다.

본 연구에서 선정한 대상지역의 기준점의 배치는 각 사진에 최소 8점 이상이 찍히도록 총 26개를 대상 지역에 균등하게 배치하였고, 지상기준점의 3차원좌표 취득방법으로는 지상측량 방법을 이용하여 수평위치 (X,Y), 표고(Z)값을 취득하였다.

3.3 수치사진측량기법을 이용한 자료해석 방법의 개발

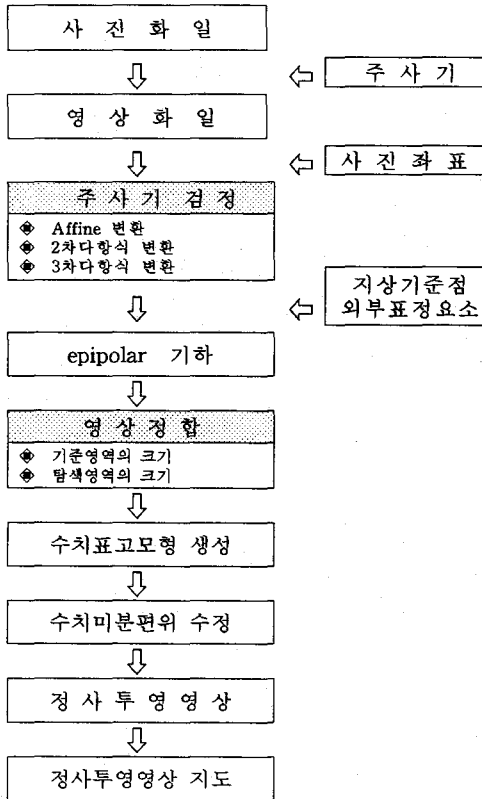


그림. 3.3 수치 정사투영영상 생성 과정

지형자료의 처리방법에는 기계적방법(analog method), 해석적방법(analytical method) 및 수치적 방법(digital method)이 있다. 수치적 방법은 기계적방법이나 해석적방법보다 영상의 왜곡이 적으며 해석시 고가의 장비가 필요하지 않아서 경제적인 뿐만 아니라 지형공간정보체계의 기초자료로 수치표고모형의 생성과 지형정보의 분석에 그 활용도가 큰 장점이 있음에 따라 원격탐측, 지도제작 및 사진측량분야에 이용도가 날로 증대하고 있는 실정이다.

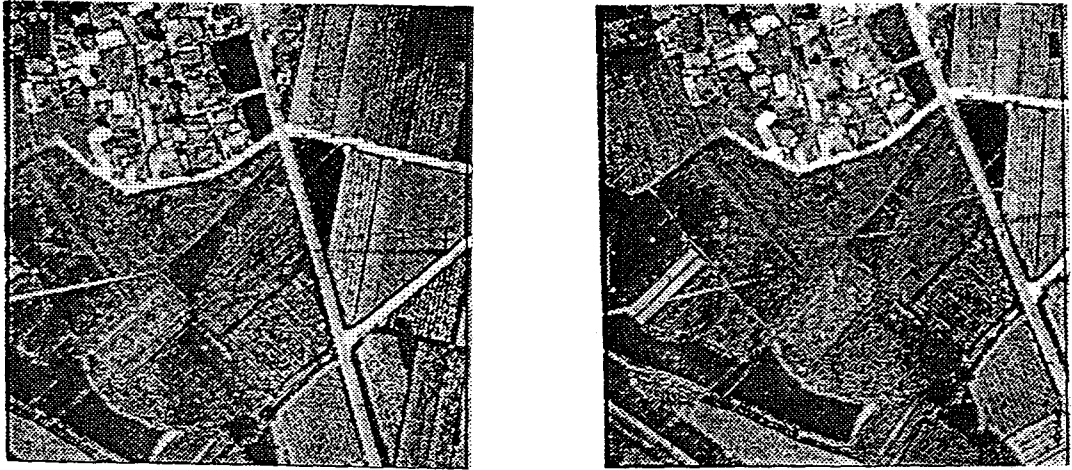
본 연구에서는 소규모대상지역의 신속한 지형정보 제공을 위해 기구사진체계를 통해 취득된 대상지역의 사진을 주사기로 수치화하여 정사투영영상을 생성하는 자료해석방법을 정립하였다. 본 연구에서 수행한 수치사진측량 기법을 이용한 자료해석 과정은 그림 3.3과 같다.

3.3.1 사진의 수치영상화

본 연구에서는 준측량용 사진기 Rolleiflex 6006를 이용하여 취득한 축척 1/5,000 사진을 수치영상으로 변환하였다. 사진의 수치영상화에 이용된 주사기, 사용 프로그램, 필름 및 해상력은 표 3.2와 같으며 수치화된 영상은 그림 3.4 와 같다. 주사영역은 필름의 크기를 고려하여 2.46×2.46 inch 로 설정하였으며 해상력은 영상소의 분해능력과 저장용량을 고려하여 1,016 DPI로 하였다.

표 3.2 수치영상화의 주요 특성

제 목	이용 장비 및 해상력
스 캐 너	Map Setter 4000
소 프 트 웨 어	SRIF and Iras C
필름	Black and White Negative Film
해 상 도	1016DPI
주 사 면 적	2.025inch × 2.025inch
영 상 소 수	2500(Colums) × 2500(Rows)
영상소 크기	25 μm × 25 μm
지 상 해 상 도	0.125m × 0.125m
자 료 량	7 Mbyte / 사진



(a) 좌측 영상

(b) 우측영상

그림 3.4 수치화된 좌·우 영상

수치화된 영상의 1 영상소의 크기는  $25 \times 25 \mu\text{m}$ 이며 실제 지형에서의 크기는  $0.125 \times 0.125\text{m}$ 로 256가지의 밝기값으로 구분하여 수치화된 흑백필름의 한 영상소가 1 byte의 기억용량을 가지므로 1장의 영상을 저장하는데 필요한 저장용량은 7 Mbyte가 된다.

정사투영영상은 일반 사진과 마찬가지로 양화의 형태로 표현되어야 하는 반면, 본 연구의 기구사진 촬영에 이용한 필름은 Kodak사의 흑백 음화필름이므로 수치적 처리에 의해 음화인 상태를 양화 상태로 변환시켜야 한다.

또한, 스캐닝된 영상의 크기가 사진마다 다를뿐만 아니라 행과 열이 달라서 본 연구에서는 영상처리의 편리성을 도모하기 위하여 각 수치영상의 영상소 수를  $2400(\text{columns}) \times 2400(\text{rows})$ 으로 통일시켰다.

### 3.3.2 주사기검정

주사기를 이용한 사진의 수치영상화 과정중에는 주사기 드럼(drum)의 회전으로 인하여 발생하는 흔들림과 주사 속도의 불균일에 의하여 왜곡이 발생한다.

주사기에 의한 왜곡(distortion)은 사진좌표에서 수치영상좌표로, 역으로 수치영상좌표에서 사진좌표로 변환하는 과정에 영향을 미치고 있으므로 정확도를 향상하기 위해서는 왜곡에 대한검정이 이루어져야 한다.

주사기검정(scanner calibration)을 위하여 본 연구에서는 사진상에 표시된 격자점을 검사점으로 선정하여 이용하였고, 검사점의 분포는 정확도를 향상시킬 목적으로 21개를 사선(radial)방향으로 필름 전체에 균일하게 배치하였다. 주사기검정에 이용된 검사점의 영상좌표와 사진좌표는 표 3.3과 같다.

본 연구에서는 부등각 사상변환, 2차 다항식법, 3차 다항식을 검정을 위한 모형식(model equation)으로 적용하였으며, 각 검사점에서 x, y 방향으로 발생한 잔차의 평균제곱근오차는 표 3.4 와 그림 3.5 와 같다.

그림. 3.5 에 나타난 것과 같이 3차 다항식을 이용한 변환방법이 가장 높은 정확도를 보였으며, 2차 다항식, 부등각 사상변환 순으로 양호한 결과를 나타내고 있어서 본 연구에서는 3차다항식을 통해 주사기검정을 수행하였다. 본 연구에서 이용된 3차다항식을 통한 주사기검정의 검사점 잔차는 그림 3.6과 같다.

표 3.3 주사기검정을 위한 우측영상의 사진 및 영상좌표

격자 번호	영상좌표		사진좌표	
	x (mm)	y (mm)	x (mm)	y (mm)
101	177.5000	205.4100	-24.9992	25.0001
103	578.4500	199.0300	-15.0016	24.9995
106	1179.5800	189.5700	-0.0004	24.9989
109	1780.5200	179.0900	14.9995	24.9990
111	2181.5000	172.0200	25.0003	24.9998
125	585.0600	599.5600	-15.0015	15.0004
128	1185.9500	589.5000	0.0000	14.9995
131	1787.5000	579.5400	14.9995	14.9992
156	194.0300	1206.5500	-24.9993	0.0014
158	595.5400	1200.0500	-15.0000	-0.0001
161	1196.0400	1190.0400	0.0005	-0.0008
164	1797.5400	1180.1300	15.0001	-0.0002
166	2198.5100	1173.0400	25.0004	0.0008
191	605.0000	1800.5500	-15.0000	-14.9987
194	1205.9600	1790.0000	-0.0002	-14.9993
197	1807.0000	1780.5400	15.0001	-14.9993
211	210.5000	2207.9600	-24.9988	-24.9991
213	612.1000	2200.4200	-14.9996	-24.9991
216	1212.9600	2189.9700	0.0008	-24.9979
219	1813.5500	2179.9600	15.0004	-24.9990
221	2215.0600	2174.2800	24.9998	-24.9993

표 3.4 주사기검정방법에 따른 검사점의 RMSE

분석 방법	R M S E		
	$\Delta x$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	$\Delta \mu$ (mm)
부등각 사상	0.0066	0.0080	0.00730
2차 다항식	0.0065	0.0062	0.00635
3차 다항식	0.0046	0.0035	0.00405

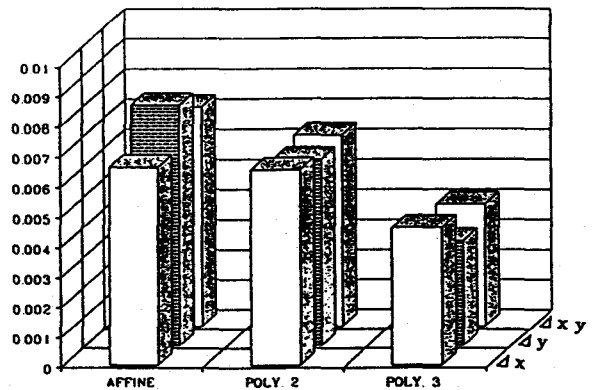


그림 3.6 검정방법에 따른 검사점의 RMSE

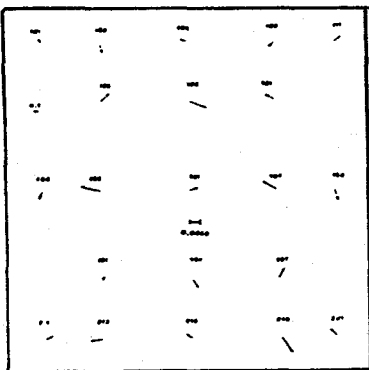
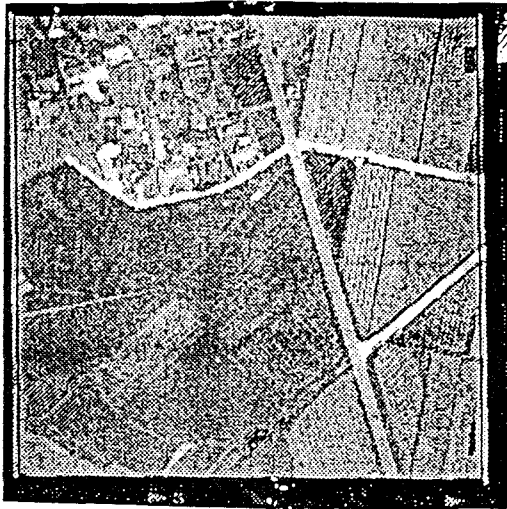


그림 3.5 3차다항식에 의한 검사점잔차

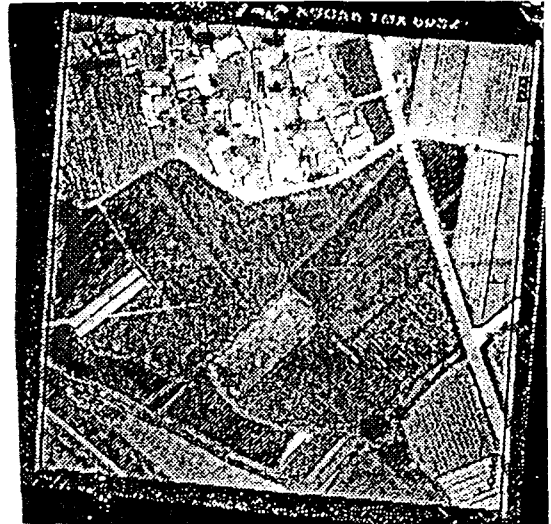
### 3.3.3 epipolar기하 영상의 생성

epipolar 기하의 생성에서는 주사기를 이용하여 수치화된 대상지역의 좌-우영상에 사진기자세 ( $x, \phi, \omega$ )와 촬영기선요소(BX, BY, BZ)를 적용하여 epipolar 영상좌표계로 변환하였으며, 좌-우영상과 epipolar영상의 영상재배열은 공일차보간법(bilinear interpolation)을 적용하였다. epipolar 기하를 통하여 생성된 영상은 그림. 3.7과 같다.





(a) 좌측 영상



(b) 우측 영상

그림 3.7 대상지역의 epipolar 기하 영상

### 3.3.4 수치영상상관을 이용한 영상정합

수치영상정합(digital image matching)은 좌·우 수치 영상의 밝기값의 분포에 대한 상관관계를 계산하여 좌·우영상상의 공액점을 결정하는 방법으로 본 연구에서는 우측영상에 탐색영역(search window)과 좌측영상에 기준영역(target window)을 설정하고 그 영역에 내에 있는 밝기값의 분포를 비교하여 정합점을 탐색하는 영역적 정합방법(area based matching)을 이용하였다.

탐색영역의 크기를 결정하기 위하여 본 연구에서는 좌측영상에서 총 10개의 기준점을 선정하고 자유도 (degree of freedom)를 고려하여 Affine 변환식과 2차 다항식을 적용하여 수행하였다. 두 모형식에서 x, y 방향에 대한 예측점에 존재하는 잔차의 평균제곱근 오차는 표 3.5 와 같다. 종방향 탐색영역의 크기는 안전율을 고려하여 epipolar선을 기준으로 상·하로 2 영상선씩 5 영상선으로 잡았고, 횡 방향에 대해서는 기복차를 고려하여 10 영상선으로 결정하였다. 탐색영역과 상관관계를 유지하고 있는 기준영역의 크기를 결

표 3.5 모형식별 잔차의 RMSE

Affine 변환		2차 다항식	
$\Delta x$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	$\Delta x$ (mm)	$\Delta y$ (mm)
1.246450	2.715613	0.000000	0.000000

정하기 위하여 본 연구에서는 그림 3.8과 같은 흐름으로 예비정합실험을 실시하였다.

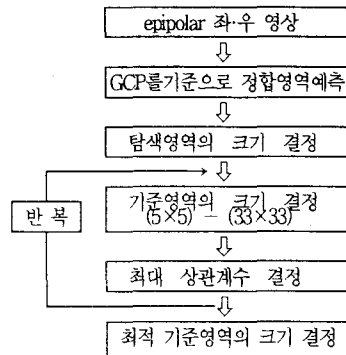


그림 3.8 최적기준영역 설정을 위한 흐름 과정

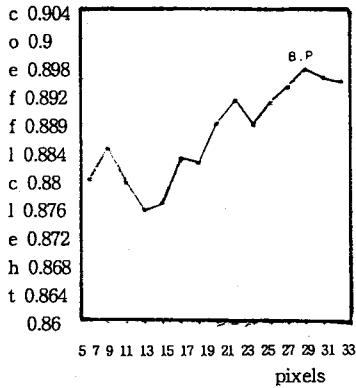


그림 3.9 기준영역크기별 상관계수

예비영상정합실험을 통하여 결정한 기준영역의 크기는 평균상관계수가 가장 크게 나타난 29×29 영상소로 결정하였으며, 정합된 영상수는 총 111개이고, 평균상관계수값은 0.895 이었다. 기준영역 크기별 상관계수는 그림 3.9와 같다.

실제 영상정합시에는 예비영상정합실험을 통하여 결정한 기준영역을 이용하여 전체 영상에 10×10 영상소의 간격으로 총 28,900점의 영상정합을 실시하였으며, 3.img와 5.img에서 정합된 점은 9,698개로 33.56%, 5.img와 7.img에서 정합된 점은 4,390개로 32.56%의 정합률을 보였고, 이때 상관계수는 0.901과 0.898 이었다.

### 3.3.5 영상정합을 이용한 수치표고모형 생성

수치표고모형(digital elevation model)은 자료처리과정을 통하여 규칙적으로 또는 불규칙적으로 관측된 불연속점의 3차원 지형을 기하학적으로 재현하고 수치적으로 해석하는 방법으로, 자료의 정확성과 자료처리의 효율성 증대를 위한 자료처리과정에는 자료취득(data acquisition)과 자료보간(data interpolation)으로 분류되며, 이들 두 요소는 지형의 형태와 결과의 소요 정확도에 의해 적절히 수행되어야 한다.

본 연구에서 이용한 자료취득방법은 수치상관기법

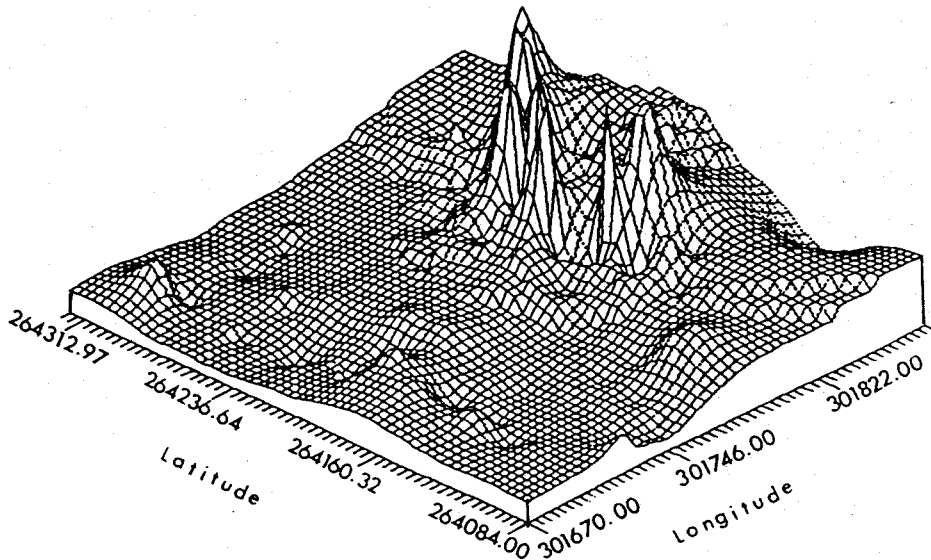


그림 3.10 Kriging 보간법으로 생성된 대상지역의 수치표고모형

을 이용한 영상정합기법으로 이 방법은 영상정합을 통하여 좌·우 영상에 존재하는 공액점의 epipolar영상 좌표가 결정되면, 이를 원영상의 영상좌표, 사진좌표의 순으로 역변환시키고, 결정된 사진좌표에 벡터 선형해법을 이용하여 대상지역의 3차원 위치좌표를 얻는 방법이다.

또한, 본 연구에서는 영상정합을 통하여 결정한 사진좌표와 자료취득의 표본추출방법은 일정한 격자망으로 형성되는 정규격자에 의한 연속적 추출방식과 일정한 격자망 형태가 없는 불연속적 추출방식을 수치표고자료를 얻었다.

불연속적 자료취득은 대상지역에 존재하는 취득점들이 무작위로 분포되어 있으므로 대상지역의 전체에 대하여 규칙적으로 존재하는 정규격자망을 형성하고 있는 이루고 있는 자료점을 생성하기 위하여 정합점들의 표고를 이용하여 보간을 하여야 하고, 기지점의 표고를 이용하여 대상지형에 가장 유사한 미지점의

표고를 결정하는 자료보간방법을 이용한다.

따라서, 본 연구에서는 대상지역의 지형의 조건 및 자료추출 밀도를 고려하고 공간함수를 임의의 함수로 형성하여 수 많은 공간자료를 해석하는데 편리한 Kriging 보간법을 적용하여 3inch × 3inch 간격으로 수치표고모형을 그림 3.10과 같이 생성하였으며, 또한 정확도를 향상시키기 위하여 수치표고모형내에 존재하는 이상표고를 제거하였다.

### 3.3.6 수치미분편위수정을 이용한 정사투영영상 생성

본 연구에서와 같이 사진기를 기구에 탑재하여 촬영한 사진은 풍향 및 풍속과 같은 외부적인 요소에 의하여 사진기의 자세가 완전 연직인 상태에서 촬영할 수 없고 대상지역의 지형 기복에 의하여 변위(displacement)가 생긴다.

본 연구에서는 정사투영영상 생성을 위하여 기구

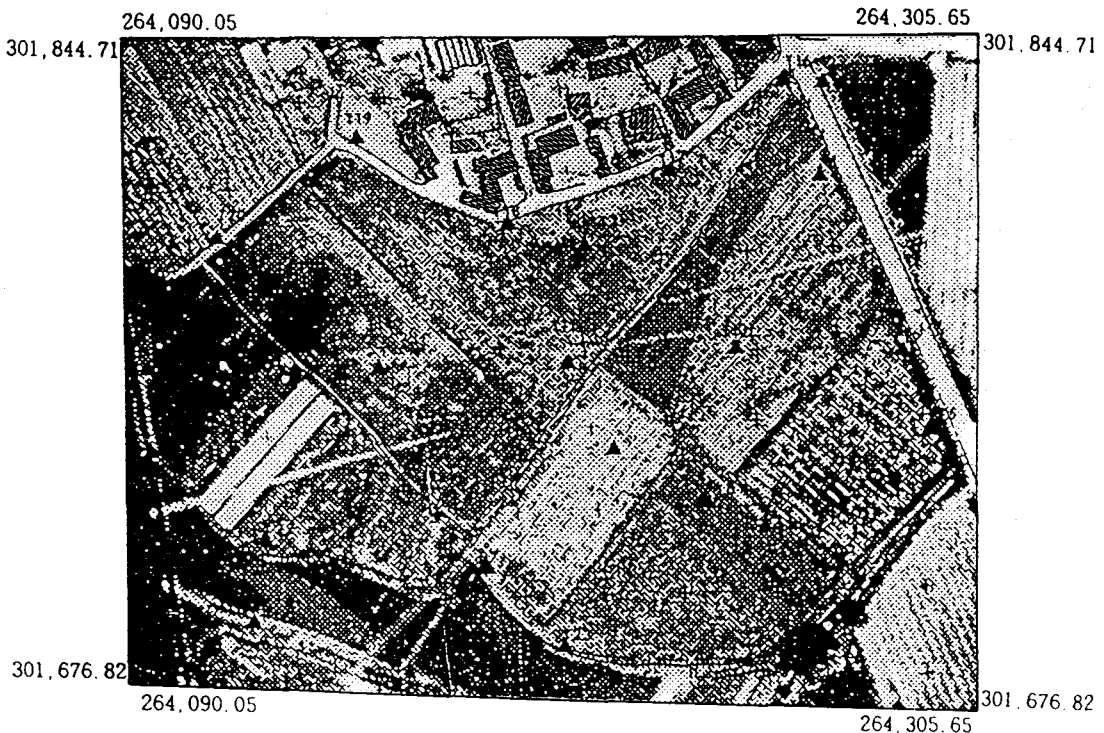


그림 3.11 수치미분편위수정에 의해 생성된 대상지역의 정사투영영상지도

사진의 외부표정요소 결정에 필요한 지상기준점과 주사기를 이용하여 사진을 수치화한 수치영상 및 입사 사진의 외부표정요소 결정에 필요한 지상기준점과 력영상의 영상좌표와 출력영상의 영상소 값을 결정하는데 필요한 수치표고모형 자료를 이용하는 간접적 방법으로 프로그램을 적용하여 정사투영영상을 생성하였다.

정사투영영상의 범위 및 영상소의 해상력은 영상좌표로 변환된 수치표고모형 자료의 첫 부분에 있는 좌측 하단 및 우측 하단의 좌표와 간격에 의하여 초기 값을 설정하고 변경할 수 있으나, 본 연구에서는 정사투영영상을 이용하여 좌표를 관측하거나 출력하는데 혼동이 없도록 출력영상소의  $x$ ,  $y$  해상력을 동일하게 정하였다. 정사투영영상의 범위와 해상력이 결정되면 각 영상소의 좌표는 자동적으로 결정되고, 영상소 값과 수치표고모형 자료의 영상좌표를 이용하여 입력영상의 위치를 결정하였다.

또한, 입력한 수치영상과 출력한 정사투영영상은 각기 다른 두 정규격자상에 존재하고 있으며, 이들 격자들 사이에 변환을 위하여 기하학적 변환을 사용한다고 할지라도 변환된 출력영상의 정규격자는 입력영상의 정규격자와 일치하지 않으므로 보간법을 이용하여 정사투영영상에 존재하는 정규격자의 영상소 값을 결정하도록 영상 재배열을 하였다.

영상 재배열하는 방법에는 입력 격자에 가장 가까운 영상소의 값(gray level)을 출력 격자에 대한 영상소 값으로 택하는 최근린 보간법과 이웃하고 있는 4 영상소 값에 경중률을 고려하여 보간하는 공일차 보간법을 이용하여 영상 재배열을 수행하였다.

이와같이 생성된 정사투영영상의 크기는  $167.89 \times 215.6m$ 로  $1344 \times 1725$  영상소이며 영상소의  $x$ ,  $y$  지상해상력은  $0.125m$ 이다. 본 연구를 통해 생성된 대상지역의 정사투영사진지도는 그림 3.11 과 같다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 소규모 대상지역에 대한 신속하고 정확한 지형자료의 취득하기 위해 기구사진체계를 도

입하고 수치사진측량에 이용되는 수치적방법의 자료 해석방법을 정립한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 본 연구에서 제시된 기구사진체계는 안정성, 균형성 및 조정성이 우수하여 소규모 대상지역에 대한 신속정확한 지형정보 취득방법으로 이용가능함을 알 수 있었다.
2. 최적 촬영방법을 통하여 결정한 외부표정요소를 이용하여 원 영상을 epipolar영상으로 변환하였으며 주사기검정, 예측모형식 및 예비영상정합을 통하여 자료입력과정에서 발생하는 오차제거 및 영상정합의 정확도를 향상시킬 수 있었다.
3. 최적 촬영방법으로 취득한 사진을 수치화하고 수치표고모형 및 정사투영영상을 생성함으로써 소규모지역의 자료구조에 적합한 자료해석방법을 정립할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. Landolf Maelshagen, "Report on the Activities of Working Group V/2, 1980-1988 (Low Altitude Aerial Photogrammetry)", Comm. V, ISPRS, Vol.27, 1988.
2. Taichi Oshima and Kiyoe Miyahita, "Low Altitude Aerial Photogrammetry using a Kite Balloon", Comm. V, ISPRS, Vol.27, 1988.
3. William B. Green, "Digital Image Processing : A Systems Approach", Second Edition, Van Nostrand Reinhold, 1990.
4. 유복모, 사진측정학, 문운당, 1991.
5. Konecny, G., "Method and Possibilities for Digital Differential Rectification", P.E. & R.S., Vol. 45, No. 6, 1979.
6. Terrence J. Keating and Dennis R. Boston, "Digital Orthophoto Production Using Scanning Micro-

- densitometers", P.E. & R.S., Vol. 45, No. 6, 1979.
7. Marius, C. van Wijk, "Geometrical Quality of Stereo-Orthophotos Produced from Automatic Image Correlation Data", International Symposium Commission IV New Technology for Mapping, Ottawa Canada, 1978.
  8. Schenk, T., " Computation of Epipolar Geometry: Technical Notes in Photogrammetry ", No. 4, Dept. of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, 1991.
  9. 이현직, 박종덕, 김인섭, " Digital사진측량의 수치 영상합성 ", 대한토목학회 학술발표회, 1988.
  10. 유복모, 박홍기, 정수, 김원대, " GIS의 자료기반 구축을 위한 SPOT 위성영상으로 부터의 수치표 고모형 생성", 한국지형공간정보학회 논문집, 제1권 제1호, 1993.