

항공사진을 이용한 basemap 제작기법

국립지리원
계장 한 상 득

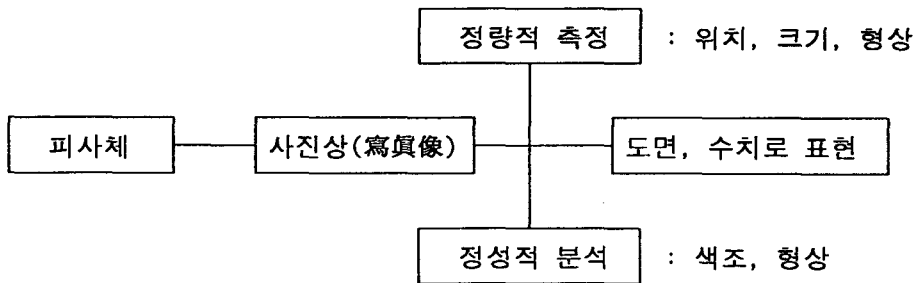
항공사진을 이용한 BASEMAP 제작기법

1. 서 론

가. 항공사진측량의 정의

사진측량이란 사진상(寫眞像)의 형태로 피사체가 갖고있는 형상, 색조등의 정보를 얻고 목적에 따라 필요한 형태의 도면 또는 수치로 표현하는 기술이며, 크기, 위치, 형상등을 정량적(定量的)으로 측정 묘사하고 색조, 형상등을 정성적(定性的)으로 분석하는, 크게 두가지 요소를 포함한다.

이를 각각 개별적으로 사용하는 경우도 있고, 지형도 제작과 같이 두 가지 요소를 모두 사용하여야 하는 경우도 있다.



나. 사진측량의 특성

- 작업을 촬영, 지상측량, 도화등으로 분업화 할 수 있고, 많은 작업부분이 내업이며, 축소된 사진을 이용하여 작업을 하므로 짧은 시간에 대단위 지역의 측량조사가 가능하여 대단히 경제적이며 능률적이다.
- 측량정확도가 매우 높은것은 바랄 수 없으나, 통상 목적에 대해서는 충분한 정확도를 가지며, 또한 전체적으로 균일하다.
- 사진은 촬영시점에 있어서 존재하는 눈에 보이는 모든 상황을 기록하고 있어 장기간에 걸친 측량기간중에도 측량대상이 변화하는 일이 없고, 도시의 발전과정이나 재해의 기록등에도 적합하다.

- 사진측량은 임의의 지점의 평면위치(X, Y)와 높이(H)를 동시에 측정하는 삼차원적(三次的) 측량이므로 복잡한 형상의 대상물 측량에 널리 이용된다.
- 사진측량은 좁은 지역의 측량에는 경제성이 없고, 수목등에 가려서 사진을 찍을 수 없는 곳은 측량을 할 수 없다.

다. 항공사진의 특성

지도가 그림 1과 같이 각 지점을 각각 바로 위에서 내려다 본 것 같은 상태에서 투영된 정사투영(正射投影)인 반면 항공사진은 그림 2와 같이 렌즈를 중심으로 하여 투영한 중심투영(中心投影)이므로 사진의 중심부분을 제외하고는 경사방향으로 투영이 된다.

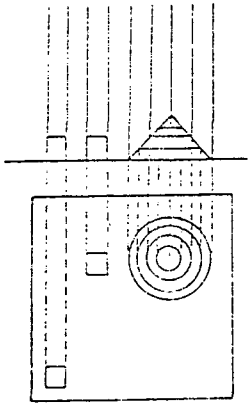


그림 1 정사투영 (지도)

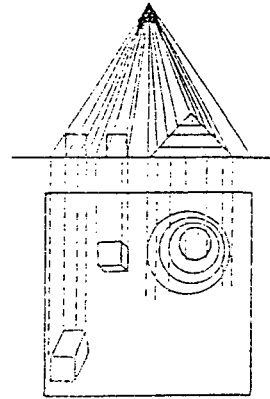


그림 2 중심투영 (사진)

따라서 기복(높이변화)이 있는 물체가 항공사진에 찍혀있을 때, 높은것은 크게

나타나고 낮은곳은 작게 나타나게 되고 또한 낮은곳과 높은곳의 위치가 다른곳에 나타나게 된다.

즉 동일한 한장의 사진내에서도 높이에 따라 사진축척이 달라지고 기복에 위치가 달라지는 기복변위(起伏變位)가 발생하게 된다.

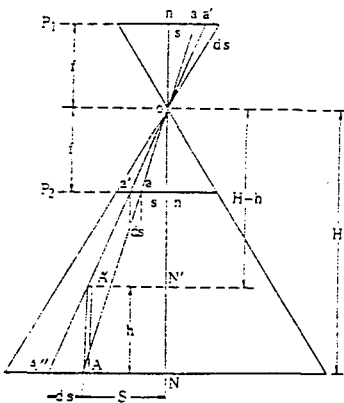
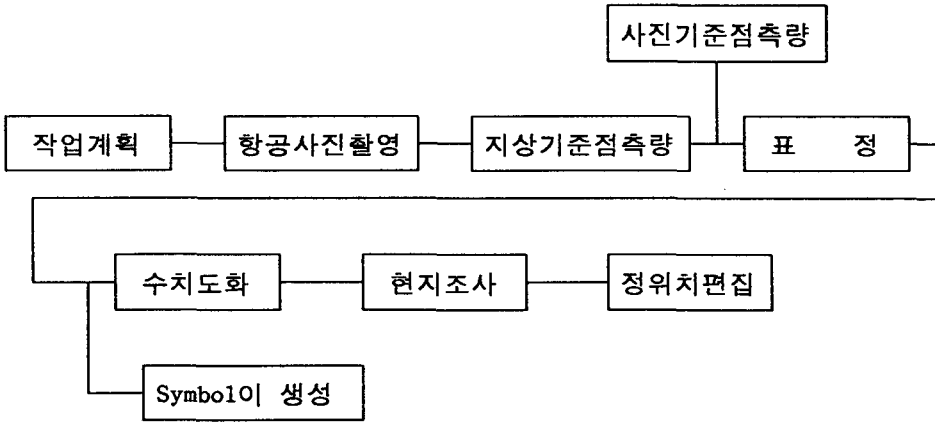


그림 3 기복변위

2. 항공사진을 이용한 BASE MAP 제작

가. 작업순서



나. 작업계획

- 사진축척의 결정

항공사진의 축척을 결정하는데에는 다음과 같은 여러가지 사항들을 서로 연계하여 검토하여야 한다.

- 지도의 사용목적 · 축척 및 소요정확도
- 촬영카메라의 종류
- 입체도화기의 성능 (정밀도)
- 촬영용 항공기의 성능
- 촬영지역 내의 지형 기복상태
- 지상기준점의 배치상태

이상의 요소중에서 먼저 지도의 축척을 기초로 하여 잠정적인 사진의 축척을 결정한 다음에 이것이 다른 요소에 부합되는지 점진적인 試算法으로 近似한 사진축척을 산출한다.

사진축척의 大 · 小는 사진제작비, 지상기준점측량비, 도화작업경비등 후속작업의 경비에 영향을 미치므로 지도제작의 경제성을 좌우하게 된다.

그러나 사진축척의 결정에서 경제성의 고찰은 지도의 소요정확도를 확보할 수 있는 범위내에서 이루어져야 한다는 점이다.

결론적으로 항공사진의 축척은 촬영작업뿐만 아니라 후속되는 일련의 모든 작업공정에 미치는 영향을 고려하여 가장 능률적이고 경제적이면서 또한 지도제작의 목적에 부합되고 소요정확도를 확보할 수 있는 범위내에서 결정되어야 한다.

- 경험식에 의한 사진축척 결정

$$S = K \sqrt{M_p}$$

S : 사진축척 분모
 K : 상수 (150 ~ 300)
 M_p : 도화축척 (지도축척)

- 도화기성능, 등고선간격, 촬영고도의 관계

$$\Delta h = H / C$$

Δh : 최소 등고선의 간격
 H : 촬영고도 (m)
 C : 도화기의 C - 계수 (1000 ~ 2000)

※ 수치도화용 해석도화기의 C-계수는 2000 정도임

- 표현대상물의 크기에 따른 사진축척

$$P = 0.0002 S$$

P : 표현대상물의 크기 (m)
 S : 사진축척 분모

- 측량의 소요정확도에 따른 사진축척

$$m_p = m_{pt}^2 + m_i^2 + m_{pp}^2$$

m_p : 위치오차
 m_{pt} : 대지표정오차
 m_i : 인식오차
 m_{pp} : 도화오차

※ 대지표정오차, 인식오차, 도화오차는 사진축척과 도화기의 성능 개인의 능력과 밀접한 관련이 있음.

- 일반적인 사진축척과 도화축척(지도축척)의 비

도 화 축 척	사 진 축 척
1/500	1/3,000 ~ 1/4,000
1/1,000	1/5,000 ~ 1/6,000
1/2,500	1/10,000 ~ 1/12,500
1/5,000	1/20,000
1/25,000	1/37,500

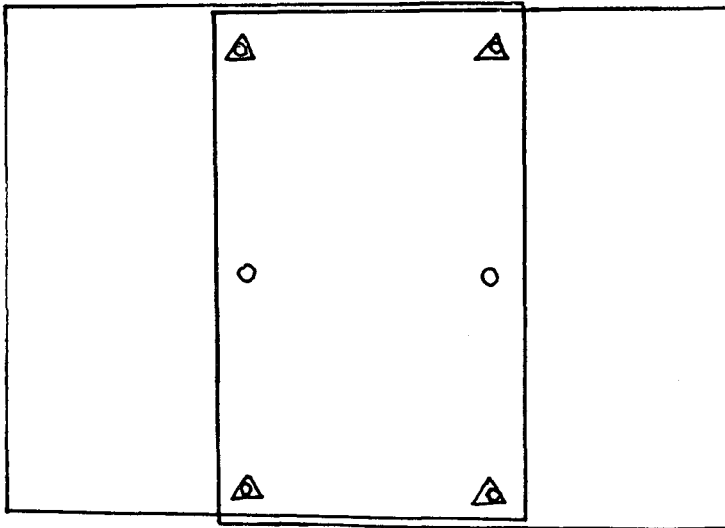
- 촬영계획

사진축척이 결정되면 항공사진을 촬영하기 위하여 촬영코스, 촬영기준면, 촬영고도, 촬영방향, 촬영시간간격등을 정하고 이를 표시한 촬영계획도를 작성한다.

다. 기준점측량

기준점측량은 인접하는 한쌍의 입체사진(모델이라고 함)과 입체사진상에 찍혀진 지상이 촬영할 때 이루어진 기하학적인 관계를 도화기 (Stereo Plotter)상에서 그대로 재현시켜 상사형을 만들고 사진상에 3 ~ 6개의 정확한 도화축척을 결정하기 위하여 지상점을 선정하여 좌표를 구하는 작업으로 현지에서 직접측량하는 지상기준점측량과 지상기준점좌표를 이용하여 컴퓨터로 좌표를 구하는 사진기준점측량이 있다.

기준점측량에서 구하는 좌표는 축척을 결정하기 위한 평면좌표(X, Y)와 모델이 가지는 입체상의 경사를 실제지상의 경사와 일치시키기 위한 표고(Z)이며 모델상 평면좌표를 가진점을 4점, 표고를 가진점 6점을 지상기준점측량 또는 사진기준점측량으로 구하는 것이 일반적이다.



△ : 평면좌표 (X, Y) 측정점
○ : 표고좌표 (Z) 측정점

라. 수치도화

수치도화는 인접한 항공사진(양화필름)을 도화기에 설치하고 지상기준점측량좌표와 눈에 보이는 지상물체의 상(Image)을 이용하여 표정(상사형을 만드는 작업)을 한 입체로 보이는 사진상의 지형, 지물을 측정하여 도면을 그리는 작업이다. 해석도화기를 이용하는 수치도화의 특징은 도지위에 직접 필기구를 이용하는 상사형도화기와 같이 도화기 본체에 연결된 자동제도대에 직접 도면을 작성할 수 있을 뿐만 아니라 컴퓨터에 직접 측정대상물의 좌표값을 입력하고 이를 모니터에 출력할 수 있다는 점이다.

따라서 수치도화에서는 컴퓨터에 입력된 좌표값을 이용하여 임의의 크기로 출력할 수 있지만 그렇다고 해서 제멋대로 확대하여 사용하여서는 안된다.

왜냐하면 지도의 축척이란 축척별 포함하고 있어야 할 내용과 필요한 필요한 정확도가 있기 때문이다.

항공사진에 찍혀진 지형, 지물을 도형(지도)으로 표현하기 위하여는 먼저 표현방법이 정하여지지 않으면 안된다.

그 중에서도 제일 먼저 하여야 할 일이 도형으로 표현할 지상의 지형, 지물을 기호화(Symbolization)하는 일이다.

지도에 표현하는 기호는 점, 선, 면으로 구분되며 이들 기호들이 가져야 할 기본요소는 모양, 크기, 무늬, 색채, 축척에 따라 표현내용이 많고 적음에 따라 모양, 크기등이 달라져야 함은 물론이다.

다음은 단순화(Simplification)하는 것으로 지도상 0.2mm이하로 표현되는 굴곡부분을 생략하는 작업이며 마지막으로 분류화(Classification)으로 항목별로 분류하는 작업이다. 이상과 같은 작업은 유기적으로 밀접한 관계를 가지고 있으며 총괄하여 기호화, 단순화 및 분류화하는 작업을 일반화(Generalization)라고 한다.

수치도화에서는 상기와 같은 방법으로 정하여진 기호를 표준코드와 연결시켜 컴퓨터에 저장하여 놓고 필요할 때마다 코드번호를 불러내어 작업을 하게 된다.

수치도화에 의하여 제작되는 Base map 이 향후 지리정보시스템(GIS : Geographic Information System)에 중요한 기초자료가 된다는 점에서 지리정보시스템의 사용목적, 범위등을 고려하지 않을 수 없다.

따라서 수치도화시 지리정보시스템의 이용목적인 지도제작의 자동화(AM), 시설물관리(FM) 및 의사결정지원등 모든 목적에 부합되도록 데이터를 취득하여야 하는데 목적에 따라 데이터의 취득간격, 취사선택이 달라져야 하므로 그리 쉬운일은 아니다.

수치도화작업의 원칙중 중요한 사항을 열거하면 다음과 같다.

- 모든 데이터는 3차원좌표(X Y Z)값이 존재하여야 한다.
- 곡선데이터의 측정간격은 축척에 따라 도상 0.5MM ~ 1.0MM로하고 중간점을 생략할 수 있는 각도는 6° ~ 10° 이내로 한다.
- 판독이 불확실한 지형.지물의 경우에도 가능한 한 묘사하되 별도로 표시를 하여 현지지리조사시 확인하여야 한다.
- 모든데이터는 가급적 연결되어야 한다.
- 직선이 지형.지물의 경우에도 기록이 있는 경우에는 변곡점마다 좌표값을 측정하여야 한다.
- 도상 0.6MM이상인 도로는 쌍선으로 표시하여야 한다.
- 실형건물, 등고선, 지류, 교량, 호수, 저수지, 섬등은 반드시 폐합되어야 한다.

수치도화의 정확도는 다음과 같다.

- 대지표정

도화축척	평면의 표준편차	표고의 표준편차
1/1,000	0.2M	0.17M이내
1/5,000	0.8M	0.6M "
1/25,000	1.5M	2.0M "

- 묘사오차

도화축척	표준편차			최대오차		
	평면	등고선	표고점	평면	등고선	표고점
1/1,000	0.2M	0.3M	0.15M	0.4M	0.6M	0.3M
1/5,000	1.0M	1.0M	0.5M	2.0M	2.0M	1.0M
1/25,000	5.0M	3.0M	1.5M	10.0M	5.0M	2.5M

마. 지리조사 및 현지보완측량

”지리조사”라함은 지형도에 표시하여야 할 사항중 항공사진상에서는 취득이 불가능한 정보를 현지에서 직접조사하는 작업을 말하며 ”현지보완측량”이라함은 도화기의 인식한계, 항공사진의 해상력, 나무.숲.그림자.주변지형지물과의 동일한 색조등에 의해 작업자의 판단을 흐리게 하는 요소등으로 인하여 발생하는 오차를 줄이기 위하여 현지에서 관련자료를 수집하거나 직접조사 측정하는 작업을 말한다. 주요조사내용을 살펴보면 다음과 같다.

- 행정경계 및 각종지형
- 도로의 명칭, 구분, 번호 및 제원
- 휴게소, 신호등, 정류장, 교통표지등 도로시설물의 위치와 종류
- 전주, 맨홀등 시설물의 위치와 종류
- 교량의 명칭, 재질 및 제원
- 철도의 노선명, 단복선, 국철등의 구분
- 광산의 명칭과 주생산물
- 저수지, 수로의 명칭과 제원
- 행정관서, 백화점, 방승국, 호텔, 여관, 목욕탕, 금융기관, 병원, 약국등 건물의 명칭 및 층수
- 산, 하천, 폭포, 계곡, 평야등 자연지명
- 탑, 누각, 성, 기념비등 문화재의 명칭

바. 정위치 편집

”정위치편집”이라함은 지리조사 및 현지보완측량에서 얻어진 성과물 및 자료를 이용하여 도화성과 또는 지도데이터 입력성과를 수정보완하여 실제지형과 일치시키는 작업을 말한다.

항공사진을 이용한 도화작업은 나무, 숲, 그림자, 주변지형지물과의 동일한 색조등에 의해 판독이 불가능하거나 작업자의 판단을 흐리게 하는 요소를 내포하고 있어 부분적인 오차를 발생시킬수 있다.

이러한 오차를 제거하기 위하여 현지에서 지리조사를 실시한 성과를 이용하여 실제위치값을 정확히 표현하게 된다.

작업방법은 다음과 같다.

- 국가기준점은 성과표(삼각점, 수준점)에 따라 모두 입력하여야 한다.
- 숲 또는 장애물등으로 항공사진 판독이 불가능한 지역은 지리조사 성과를 이용하여 수정보완하여야 하며, 모니터상에서 직접 수정이 어려운 부분은 수동독취기로 입력하여야 한다.
- 숲 또는 장애물로 인한 등고선의 불합리한 부분은 산지에 한하여 주곡선 간격의 1/3이내에서 수정하여야 한다.
- 항공사진 촬영과 지리조사 시점의 차이로 변경된 지형지물은 지리조사 성과를 이용하여 입력 또는 수정하여야 한다.
- 도로, 철도, 교량, 제방, 댐, 건물등 각종 지형지물은 지리조사된 자료에 따라 정확히 수정 또는 입력하여야 한다.
- 도로화 하천폭이 축척 1/1,000에서는 0.6M 이상, 1/5,000에서는 3M이상, 1/25,000에서는 6M이상은 실폭으로 표현하여야 하며 중심선을 입력하여야 한다.

정위치편집작업은 도로, 교량, 제방, 댐, 각종 시설물등의 상대적위치만을 측정 한 현지조사자료를 이용하는 것이므로 오차개념과 지도의 제작과정을 염두에 두 지않고 작업을 하는 경우에는 정확도에 영향을 미칠 우려가 있으므로 상당한 경험이 있는 숙련된 기술자에 의해 실시되어야 한다.