

# 항공디지털카메라 영상을 이용한 수치지도 갱신

## Updating Digital Map using Images from Airborne Digital Camera

황원순<sup>1)</sup> · 김감래<sup>2)</sup>

Hwang, Won Soon · Kim, Kam Rae

### Abstract

As the availability of images from Airborne Digital Camera with high resolution is expanded, a lot of concern are in the production and update of digital map. This study presents the method of updating the digital map at the scale of 1/1,000 using images from Aerial Digital Camera. Geometric correction was completed using GPS surveying data. For digital mapping, digital photogrammetric system was utilized to digitize buildings and roads. The absolute positional accuracy was evaluated using GPS surveying data and the relative positional accuracy was evaluated using the digital map produced by analytical mapping. The absolute positional accuracy was as follows: RMSE in X and Y were  $\pm 0.172\text{m}$  and  $\pm 0.127\text{m}$ , and average distance error was  $0.208\text{m}$ . The relative positional accuracy was as follows: RMSE in X and Y were  $\pm 0.238\text{m}$  and  $\pm 0.281\text{m}$ , and average distance error was  $0.337\text{m}$ . Accuracies of updating digital map using images from airborne Digital Camera were within allowable error established by NGII. Consequently, images from airborne Digital Camera can be used in various fields including the production of the national basic map and the GIS of local government.

Keywords : Airborne digital camera, Geometric correction, Absolute positional accuracy, Relative positional accuracy, Allowable error

### 초 록

국내에 고해상도 지도제작용 항공디지털카메라 영상의 도입 및 공급이 현실화됨에 따라 항공디지털카메라 영상을 이용한 수치지도의 제작 및 갱신에 많은 관심이 모아지고 있다. 본 연구는 푸쉬부름 항공디지털카메라 영상을 이용하여 기존의 1/1,000 수치지도의 갱신방법을 제시하고자 하였다. GPS측량성적을 이용하여 기하보정을 수행하고, 수치도화를 위해 수치사진측량시스템을 이용하였다. 수치도화는 건물 및 도로를 묘사하였고, GPS측량성적을 이용하여 절대위치정확도 평가와 해석도화에 의해 제작된 수치지도를 이용하여 상대위치정확도 평가를 수행하였다. 절대위치정확도 평가결과, RMSE가 X, Y축으로 각각  $\pm 0.172\text{m}$ ,  $\pm 0.127\text{m}$ , 평균거리오차는  $0.208\text{m}$ , 상대위치정확도 평가결과, RMSE가 X, Y축으로 각각  $\pm 0.238\text{m}$ ,  $\pm 0.281\text{m}$ , 평균거리오차는  $0.337\text{m}$ 로 나타났다. 따라서, 본 연구에서 제시한 항공디지털카메라 영상을 이용한 수치지도 갱신방법은 국토지리정보원 규정의 허용오차 이내였으므로, 향후 국가기본도 제작은 물론 지자체의 GIS사업 및 다양한 분야에 활용할 수 있다.

핵심어 : 항공디지털카메라, 기하보정, 절대위치정확도, 상대위치정확도, 허용오차

## 1. 서 론

정보화 사회에 있어서 국가기본도에 대한 수치지도자료는 필수적인 사회간접자본으로 평가되고 있으며, 지형공간정보시스템과 같은 분야에서 다양하고 창의적인 응용을 통해 고부가가치를 창출할 수 있다. 대규모 토목공

사는 물론 각종 개발로 인하여 지형에 변화가 오게 되면 지형도의 일부나 또는 상당 부분을 수정할 필요가 있으므로, 국가기본도는 일정기간을 주기로 수정 또는 갱신될 필요가 있다.(강준목 등, 2002)

1995년 국가지리정보체계 구축 기본계획에 근거하여 국가기본도인 지형도 전산화 사업이 추진되었으며, 주된

1) 연결저자 · 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 박사과정(E-mail:aftershock@korea.com)

2) 정회원 · 명지대학교 토목환경공학과 교수(E-mail:kam@mju.ac.kr)

대상축척은 1/1,000, 1/5,000 및 1/25,000의 지형도들이 다. 이러한 수치지도들은 현재 짧게는 3년부터 길게는 5~7년 정도 지난 노후화된 지형자료들로 변화하게 마련이다.(이현직 등, 1999) 이러한 수치지도의 갱신방법에는 직접측량에 의한 방법, 종이지도 및 자동독취자료를 기반으로 벡터라이징하는 방법 및 항공사진을 이용한 도화 등이 일반적이다. 그 중 항공사진을 이용하는 방법에는 아날로그 항공사진에 대한 해석도화, 디지털환경에서 자동독취에 의해 획득한 영상을 이용한 수치도화 및 디지털항공카메라의 영상을 이용한 수치도화 등이 있다.

최근 우리나라의 항공사진측량부문에서는 항공디지털 카메라 및 Lidar장비 등 최신 기술을 적용하고, 탐재한 장비들의 도입이 활발히 이루어지고 있다. 아날로그카메라 대신에 항공디지털카메라를 이용하여 항공사진측량을 실시하면 필름을 이용하지 않으므로 현상, 운영비용, 공간, 시간의 절감이 가능하며, 또한 필름으로부터 수치영상을 획득하기 위한 스캐닝작업의 생략이 가능하여 작업오차의 발생을 방지할 수 있다. 또한 물리적인 필름이 아닌 수치데이터이므로 컴퓨터에 저장이 가능하여 보관 및 유지관리도 용이하다. 비행촬영계획부터 수치화 및 자동화된 과정을 거치므로 영상의 품질관리가 용이하며, 보안지역 검열 등에서도 파일을 영상처리하여 문제지역의 삭제가 간단히 이루어진다.

이러한 디지털카메라에는 기존의 항공사진과 촬영방식이 동일한 프레임방식, 이와는 상이한 위성영상의 촬영기법으로 널리 알려진 푸쉬부름방식의 촬영기법을 도입한 것도 있다. 이 중 기존의 항공사진과 상이한 새로운 촬영기법을 도입한 푸쉬부름방식 항공디지털카메라의 국내 도입에 따라 영상 활용이 증대될 것으로 예상되며, 지도 제작분야에서는 영상지도 및 수치지도제작에 초점이 맞춰질 것이다.

국외에서는 현재 사용되고 있는 항공디지털카메라 중 선형배열카메라를 사진측량 분야에 적용하기 위한 카메라 설계, 센서 모델링, Direct-georeferencing, 사진기준점 측량 등에 관한 연구가 여러 연구자에 의해 수행되었으며 (Sandau et al., 2000; Tempelmann et al., 2000; Fricker, 2001; Hinsken et al., 2002; Tempelmann et al., 2003; Reuke et al., 2006), Pateraki(2004)은 상용 소프트웨어인 SOCET SET과 ETH와 Leica Geosystem GIS & Mapping(LGGM)의 공동연구에 의해 개발된 정합 소프트웨어(AIM)를 이용하여 ADS40 영상 정합 성능을 평가

하였다. ADS40에 의해 취득된 영상은 기존의 프레임카메라에 의한 영상과는 달리 기하학적·방사학적 특징을 가지고 있다. Pateraki와 Baltasvias(2003a)는 ADS40 영상의 유사 에피폴라 라인을 영상정합의 구속조건으로 이용하는 알고리즘을 제안하였다. Zhu, L. 외 3인은 ADS40을 위한 계층적 triplet 영상정합을 제안하였다. 더불어 Pateraki와 Baltasvias(2004)는 최소제곱정합법의 다양한 변형을 통해 지표면의 불연속선에서 정합 성능을 개선에 대하여 연구하였으며, 국내에서는 장휘정(2007)이 항공 디지털카메라 ADS40을 위한 다중영상매칭에 관한 연구를 통해 ADS40 영상의 기하학적, 방사학적 특징을 조사하고, ADS40영상으로부터 3차원 공간정보를 추출하기 위한 영상정합 전략을 제시하였으며, 오금희(2007)는 ADS40영상에 대한 영역기반 영상정합의 특성 연구에서 디지털카메라 ADS40에 대한 특성조사, 방사해상도 높은 ADS40영상을 영역기반 영상정합에 적용하여 정합특성을 분석하였다. 따라서, 국내에 최초로 도입한 항공디지털카메라를 이용한 지리정보에 관련된 조속한 안정화 실험제작연구가 수행되어야 한다.

본 연구에서는 최근 국내 도입된 푸쉬부름 항공디지털 카메라 영상과 사진측량 분야에서 널리 보급되어 있는 수치사진측량시스템을 이용하여 수치적 환경내에서 직접적으로 1/1,000 수치지도 갱신하기 위한 연구를 수행하였다. 이를 위하여 수치사진측량시스템 환경내에서 직접 수치도를 제작하고 단계별 고찰을 통해 갱신을 위한 작업 과정을 도출하고, 그 작업성과를 GPS측량성과를 이용한 절대위치정확도 평가 및 해석도화를 통해 제작된 1/1,000 수치지도와 비교함으로써 상대위치정확도 평가를 수행하여, 갱신방법을 제시하였다.

## 2. 실험 및 분석

본 연구의 목적은 항공디지털카메라 ADS40의 영상을 이용하여 1/1,000 수치지도를 갱신하는 것으로, 실험방법 및 내용은 다음과 같다.

### 2.1 실험방법 및 내용

작업은 크게 전처리, 사진기준점측량, 정규화영상제작, 수치도화에 의한 도화원도 제작 및 정확도 평가로 구분하여 수행하였다. 다음 그림 1은 수치지도제작 흐름도를 나타낸다.

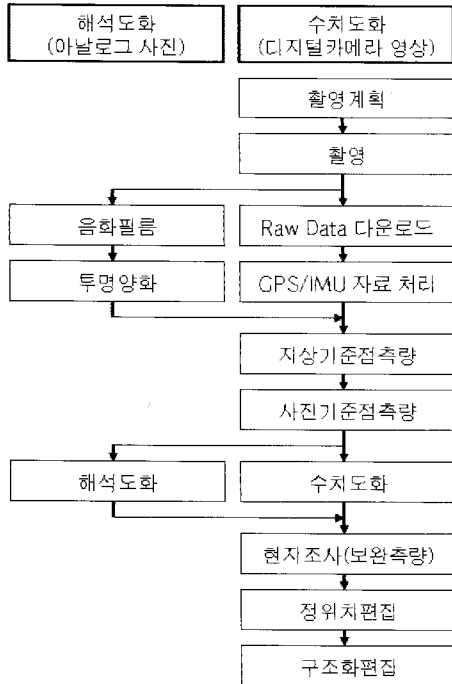


그림 1. 수치지도제작 흐름도

## 2.2 실험대상지역 선정

실험대상지역은 충청남도 천안시 일대로, 지역의 특성은 건물(고층, 저층)이 밀집되어 있는 도심지를 선정하였다. 실험대상지역의 거리는 가로, 세로 약 6.7km×5.6km로, 면적은 37.5km<sup>2</sup>이다.

다음 그림 2는 실험대상지역 현황도 나타낸다.

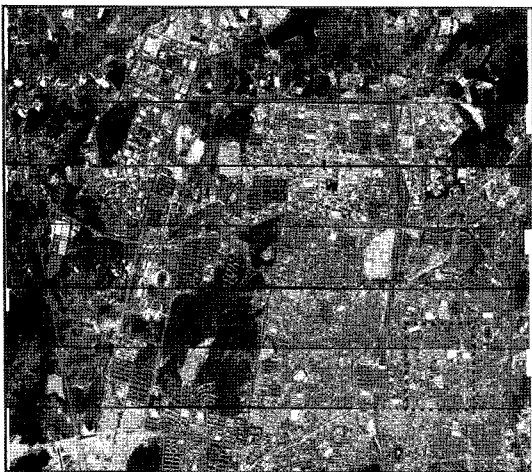


그림 2. 실험대상지역 현황도  
(실선 : 사진기준점측량, 점선 : 수치지도제작)

## 2.3 사용자료

본 연구에서 사용한 자료로는 항공디지털카메라 영상, 1/1,000 수치지도, GPS측량성과를 이용하였다.

### 2.3.1 항공디지털카메라 영상

본 연구에서 사용한 항공디지털카메라는 Leica사의 ADS40 SH52이며, 2007년도에 촬영한 지상표본거리 (GSD) 0.10m영상이다. 촬영고도는 약 0.9km이며, 중복도는 30%이다. 1스트립의 촬영폭은 약 1.1km이다.



그림 3. 수치지도제작 실험대상지역(수직영상)

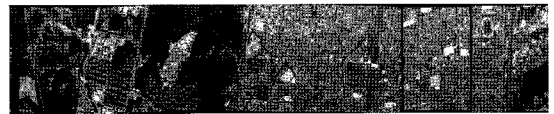


그림 4. 수치지도제작 실험대상지역(후방영상)

본 연구에서 사용한 ADS40 SH52의 사양은 표 1과 같다.

표 1. ADS40 SH52의 사양

항목	내용
Dynamic range CCD chain	12 bit
Data channel	16 bit
화소수	12,000
화소크기	6.5 $\mu$ m × 6.5 $\mu$ m
FOV(촬영각)	64°
초점거리	62.77mm

### 2.3.2 1/1,000 수치지도

본 연구에서 사용한 1/1,000 수치지도는 2007년도에 제작된 것이며, 도엽번호는 “367011971, 367011972, 367011981, 367011982”이다.

사용한 수치지도는 1/5,000 항공사진을 이용하여 해석도화에 의해 제작한 것으로, 다음 그림 5와 같다.

### 2.3.3 GPS측량성과

본 연구에서 사용한 GPS측량성과는 정적측량방법으로 수행하였으며, 수신시간은 약 30분이다.



그림 5. 1/1,000 수치지도(해석도화)

지상기준점의 개수는 총 39점으로, 사진기준점 측량용 기준점 4점 및 검사점 25점, 그리고 1/1,000 수치지도 절대위치정확도 평가를 위하여 건물 모서리 4점과 도로 모서리 6점을 측량하였다.

## 2.4 실험제작

### 2.4.1 원시자료(Raw data) 다운로드

GPro를 이용하여 7개 스트립의 원시자료(Raw data)를 다운로드하였다. PAN(팬크로매틱, 전방, 수직, 후방), R, G, B 각각 수직 및 후방, NIR(Near Infrared) 수직 및 후방 등 11개 라인을 다운로드 하였다.

### 2.4.2 GPS/IMU 자료 처리

GPS/IMU 자료 처리는 IPAS Pro를 이용하였다. 촬영시 평탄지에 지상기준국을 1개 세웠으며, 동일 지점의 정밀좌표 획득을 위해 측량을 수행한 후 3차원 망조정을 수행하였다.

다음 그림 6은 비행궤도를 나타내며, 촬영 및 GPS신호

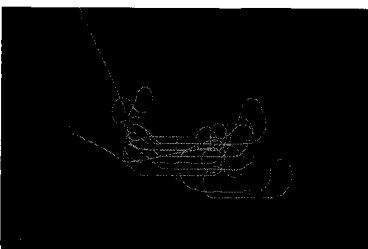


그림 6. 비행궤도

수신시간 동안의 위성개수는 7~10개를 유지하였다. 또한, 최종 GPS/IMU 데이터의 정확도는 Northing, Easting, Height에 대하여  $\pm 0.05m$  이내였다.

### 2.4.3 사진기준점측량(APM 및 Triangulation)

APM은 Automatic Point Matching의 약어로, 자동점정합이라 부른다. 이 방법에는 L0와 L1 APM으로 나눌 수 있는데, 그 방법의 차이점은 정합기준면이 상이하다는 것이다. L0 APM의 경우, 촬영당시와 동일한 표정상태 즉, 촬영기하를 재현한 것으로 USGS에서 제작한 GTOPO DEM상에 정합을 수행하며, L1 APM의 경우 평균기준면에 정합을 수행한다. 본 연구에서는 L0 APM을 수행하였으며, 사진기준점측량 종료 후, 편위수정영상제작을 위하여 Rectify를 수행하였다.

L0 APM에 이용한 방법은 ADS40의 경우 12,000라인이므로 모든 라인에 대해 APM을 수행하는 것은 불가능하다. 따라서, 데이터처리 시간 및 정확도를 고려한 APM 전략파일의 제작이 불가피하다. 또한, ADS40의 영상의 기하학적 특성상 촬영중심으로부터 거리가 멀어질수록 기하학적 왜곡이 발생하므로 중심에서는 간격을 넓게 설정하고, 양쪽 끝단으로 갈수록 조밀하게 설정하였다. 스트립간에 중복도는 30%이므로, 중복지역에서는 APM결과가 조밀한 것을 알 수 있다. 본 연구에서의 APM은 스트립당 7개 라인에서 정합을 수행하였다.

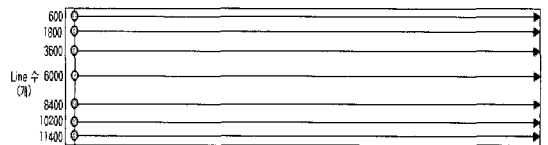


그림 7. L0 APM 전략 모식도

스트립당 7개 지점은 상단을 1라인으로 볼 때, 하단부 로 5%, 15%, 30%, 50%, 70%, 85%, 95%에 해당하는 지점이다. 영상의 라인은 각각 600, 1800, 3600, 6000, 8400, 10200 및 11400번째 라인에 해당된다.

그림 8은 APM 수행한 결과를 나타낸다. 본 연구에서는 7개의 Strip을 이용하였으므로, 투영중심이 7 라인, 중복지역 6개 부분으로 나타났다.

그림 9는 APM 및 Triangulation을 수행한 것으로 초기 APM 결과값과 최종 조정된 APM 결과값을 나타낸다. 실험대상지역에 대한 초기 APM값은 영상 Sigma값이 6.1

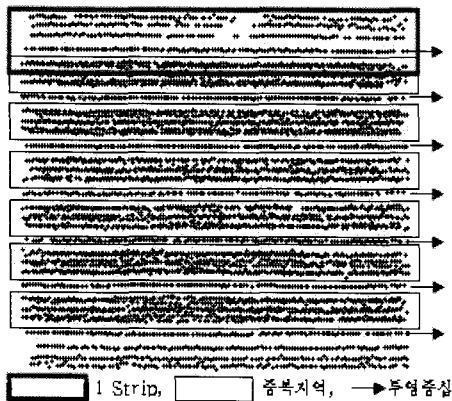


그림 8. L0 APM 결과

그림 9. L0 APM의 초기값과 최종 조정값

$\mu\text{m}$ 이다. 이는 ADS40의 1화소가  $6.5\mu\text{m}$ 이므로, 양호한 결과임을 알 수 있다.

그러나, APM수행시 과대오차가 포함되므로, 임계값을 주어 반복적으로 과대오차를 소거하였다. 최종 과대오차를 소거한 APM결과는 영상좌표의 Sigma값  $3.5\mu\text{m}$ 이었으며, 약 0.5화소를 나타낸다. 또한, GCP는 4점을 선정하여 관측하였으며, 검사점은 25점을 이용하였다. GCP 관측 후, 엄밀법에 의해 사진기준점측량을 수행하였다.

기준점에 대한 최종 RMSE는 X, Y, Z로 각각  $\pm 0.049\text{m}$ ,  $\pm 0.035\text{m}$  및  $\pm 0.013\text{m}$ , 검사점에 대한 RMSE는 X, Y, Z로 각각  $\pm 0.081\text{m}$ ,  $\pm 0.085$  및  $\pm 0.071\text{m}$ 로 나타났다.

#### 2.4.4 편위수정영상제작

엄밀법에 의한 사진기준점수행 후, 편위수정영상제작은 L0 APM 수행의 경우 피사체를 비롯한 모든 영상이 굴곡되어 있으므로 수행하여야 한다. 수치도화를 수행하기 위하여 입체영상을 제작하였다. 수치도화, 영상정합을 통한 수치표면모형(DSM)제작 및 정사영상을 제작하기 위해서 편위수정영상제작과정은 불가피하다.

#### 2.4.5 수치도화

1/1,000 수치지도를 제작하기 위하여 수치도화를 수행하였으며, 건물 및 도로를 묘사하였다. 수치도화대상지역은 본 연구에서 사용한 1/1,000 수치지도에 포함되는 지역내에 일부 지역을 수행하였으며, 다음 그림 10은 수치도화영역을 나타낸다.



그림 10. 수치도화영역(1/1,000 4도엽)

#### 2.4.6 정확도 평가

본 연구에서 제작한 1/1,000 수치지도의 정확도 평가방법은 정량적 평가 즉, GPS측량성과를 이용한 절대위치정확도 평가 및 기존 해석도화에 의해 제작한 1/1,000 수치지도를 이용한 상대위치정확도 평가를 수행하였다. 또한, 정사영상을 중첩하여 정성적 평가인 시각적 평가를 수행하였다. 절대위치정확도 평가는 수치도화성과의 건물 및 도로 모서리에 대해 GPS측량성과를 기준으로 수행하였으며, 또한, 해석도화로 제작한 1/1,000 수치지도를 기준으로 상대위치정확도 평가를 수행하였다.

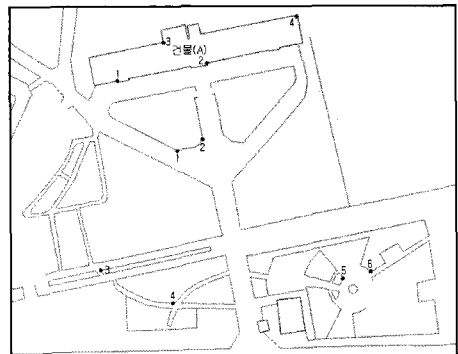


그림 11. 수치지도상의 정확도 평가 위치

평면위치정확도 평가를 위해 실험대상지역에 존재하는 대표적인 건물을 선정하였다. 절대위치정확도평가용 건물은 학교를 선정하였으며, 상대위치정확도평가용 건물은 고층 건물, 대형 건물 및 학교를 선정하였다. 또한, 도로는 6개의 모서리를 선정하였다. 그 현황은 다음 그림 11.에 나타내었다.

표 2. 건물(A) 절대위치정확도 평가

점번호	수치도화성과 -GPS측량성과		거리오차
	North(X)	East(Y)	
1	0.196	0.184	0.269
2	-0.046	-0.143	0.150
3	-0.188	0.076	0.203
4	-0.185	-0.205	0.276
RMSE	±0.166	±0.160	
평균거리오차			0.225

GPS측량성과를 이용하여 수치도화성과의 정확도평가 수행결과, 건물 모서리에 대한 RMSE는 X, Y축에 대하여 각각 ±0.166m, ±0.160m, 평균거리오차는 0.225m이었다.

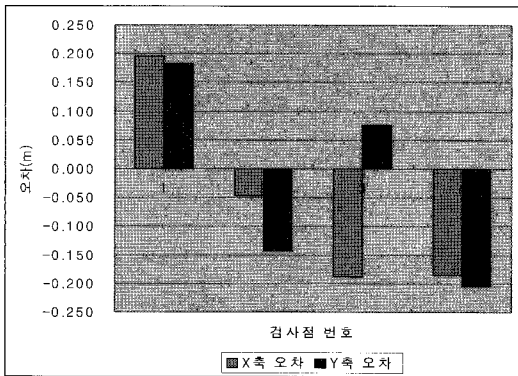


그림 12. 건물(A) 절대위치정확도 평가

도로 모서리에 대한 RMSE는 X, Y축에 대하여 각각 ±0.177m, ±0.094m, 평균거리오차는 0.191m이었다.

다음 표 4는 건물과 도로의 평균 RMSE와 평균거리오차를 나타낸다.

국토지리정보원의 규정된 1/1,000 도화작업시, 평면위치에 대한 허용정확도의 최대오차가 0.4m, 1/1,000 이하의 수치지도의 허용정확도는 도상 ±0.7mm, 따라서, ±0.7m이므로 양호한 결과임을 알 수 있었다.(국토지리정보원, 1995;

표 3. 도로 절대위치정확도 평가

점번호	수치도화성과 -GPS측량성과		거리오차
	North(X)	East(Y)	
1	-0.014	-0.185	0.186
2	-0.167	-0.041	0.172
3	-0.068	-0.059	0.090
4	-0.164	0.065	0.176
5	-0.272	0.011	0.272
6	-0.232	-0.097	0.251
RMSE	±0.177	±0.094	
평균거리오차			0.191

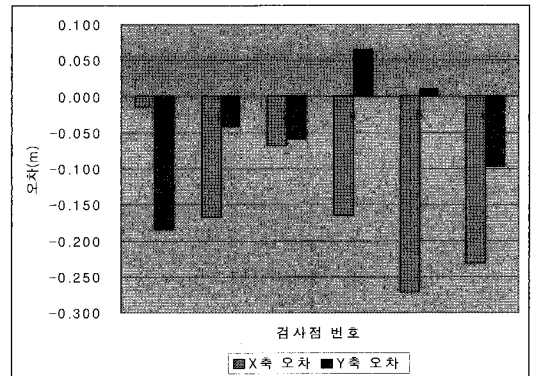


그림 13. 도로 절대위치정확도 평가

표 4. 평균 RMSE(건물+도로)

구분	수치도화성과 -GPS측량성과		거리오차
	North(X)	East(Y)	
건물	±0.166	±0.160	0.225
도로	±0.177	±0.094	0.191
평균 RMSE	±0.172	±0.127	
평균거리오차			0.208

2004)

수치도화를 이용하여 제작한 수치지도성과와 기존 1/1,000수치지도를 비교하여 상대위치정확도 평가를 수행하였으며, 실험대상지역내에 대표적인 건물 3개를 선정하여 수행하였다. 다음 그림 12는 본 연구에서 상대위치정확도 평가용으로 선정한 건물을 나타낸다.

1/1,000 수치지도를 이용하여 정확도평가를 수행한 결과, 건물(B) 모서리에 대한 RMSE는 X, Y축 방향으로 각각 ±0.191m, ±0.278m, 평균거리오차는 0.316m이었다.

건물(C) 모서리에 대한 RMSE는 X, Y축 방향으로 각

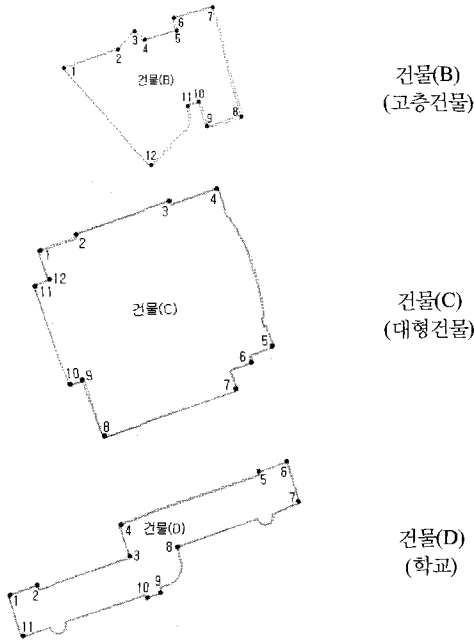


그림 14. 수치도화와 해석도화지도 중첩

표 5. 건물(B) 상대위치정확도 평가

건물명	점번호	수치도화성과 -1/1,000수치지도		거리오차
		North(X)	East(Y)	
건물 (B)	1	0.294	-0.166	0.338
	2	-0.342	-0.233	0.414
	3	0.066	0.143	0.157
	4	0.042	0.456	0.458
	5	0.040	0.210	0.214
	6	0.078	0.144	0.164
	7	0.162	0.157	0.226
	8	-0.370	0.411	0.553
	9	-0.067	0.286	0.294
	10	-0.092	0.395	0.406
	11	-0.065	0.340	0.346
	12	-0.206	0.076	0.220
RMSE		±0.191	±0.278	
평균거리오차				0.316

각 ±0.284m, ±0.298m, 평균거리오차는 0.384m이었다.  
 건물(D) 모서리에 대한 RMSE는 X, Y축 방향으로 각  
 각 ±0.239m, ±0.266m, 평균거리오차는 0.310m이었다.  
 다음 표 8.은 건물(B), (C), (D)의 평균 RMSE와 평균  
 거리오차를 나타낸다.

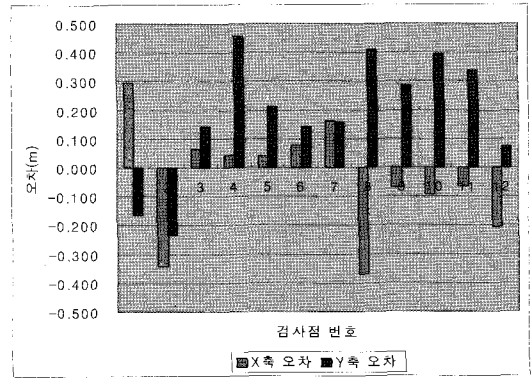


그림 15. 건물(B) 상대위치정확도 평가

표 6. 건물(C) 상대위치정확도 평가

건물명	점번호	수치도화성과 -1/1,000수치지도		거리오차
		North(X)	East(Y)	
건물 (C)	1	0.465	-0.011	0.465
	2	0.195	0.130	0.234
	3	0.329	0.233	0.403
	4	0.363	0.219	0.424
	5	-0.208	0.666	0.698
	6	0.128	0.417	0.436
	7	0.043	0.212	0.216
	8	0.286	0.016	0.286
	9	0.361	0.506	0.622
	10	0.224	-0.143	0.266
	11	0.306	-0.022	0.307
	12	0.238	-0.059	0.245
RMSE		±0.284	±0.298	
평균거리오차				0.384

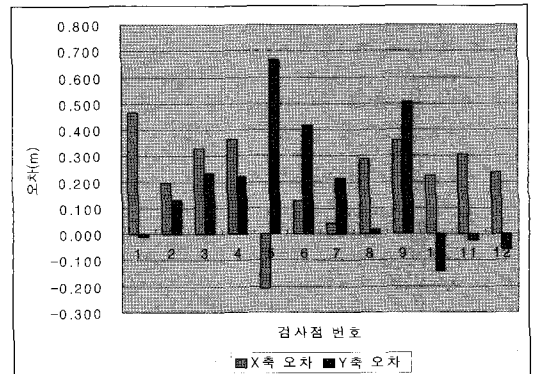


그림 16. 건물(C) 상대위치정확도 평가

표 7. 건물(D) 상대위치정확도 평가

건물명	점번호	수치도화성과 -1/1,000수치지도		거리오차
		North(X)	East(Y)	
건물 (D)	1	0.253	-0.005	0.253
	2	0.224	0.141	0.265
	3	0.349	0.100	0.363
	4	0.224	-0.640	0.678
	5	0.347	0.147	0.377
	6	0.243	0.264	0.359
	7	0.043	0.240	0.244
	8	0.359	0.432	0.562
	9	0.148	0.039	0.153
	10	0.054	0.035	0.064
	11	0.082	-0.029	0.087
RMSE		±0.239	±0.266	
평균거리오차				0.310

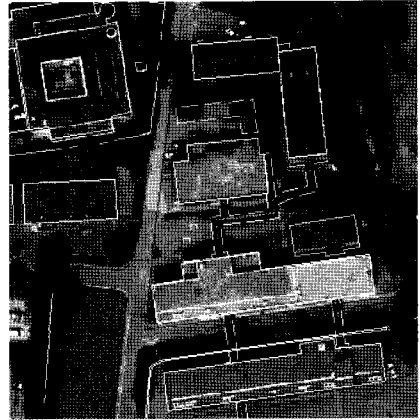


그림 18. 정사영상과 수치지도 중첩

서리가 명확히 구분되는 곳을 선택하였다. 정성적 평가 수행 결과, 중첩시 오차가 미소하게 발생하였다.

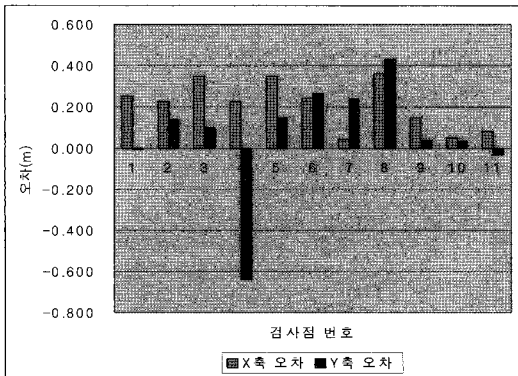


그림 17. 건물(D) 상대위치정확도 평가

표 8. 건물의 평균 RMSE(건물(B, C, D))

구분	수치도화성과 -GPS측량성과		거리오차
	North(X)	East(Y)	
건물(B)	±0.191	±0.278	0.316
건물(C)	±0.284	±0.298	0.384
건물(D)	±0.239	±0.266	0.310
평균 RMSE	±0.238	±0.281	
평균거리오차			0.337

위치정확도 평가결과, 국토지리정보원의 규정된 1/1,000 수치지도의 정확도 허용범위 이내임을 알 수 있었다.

수치도화성과의 정성적 평가를 수행하기 위하여, 고품질 정사영상에 수치도화성과를 중첩하여 시각적 평가를 수행하였다. 시각적 평가는 도로 및 건물 등 경계 및 모

### 3. 결 론

본 연구는 항공디지털카메라의 영상을 이용하여 1/1,000 수치지도를 갱신하는데 목적이 있다. 정확도 평가용 기준자료는 GPS측량성과와 1/1,000 수치지도를 사용하였으며, 정량적/정성적 평가를 수행하였으며, 실험을 통해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 항공디지털카메라 영상의 모델링 수행 결과, 기준점에 대한 RMSE는 X, Y, Z로 각각 ±0.049m, ±0.035m 및 ±0.013m, 검사점에 대한 RMSE는 X, Y, Z로 각각 ±0.081m, ±0.085 및 ±0.071로 나타났다.

2. 1/1,000 수치지도에 대한 절대위치정확도 평가결과 RMSE가 X, Y축으로 각각 ±0.172m, ±0.127m이었다. 또한, 수치지도를 중첩한 상대위치정확도 평가결과, RMSE가 X, Y축으로 각각 ±0.238m, ±0.281m이었으므로 매우 양호한 결과임을 알 수 있었다.

3. 본 연구에서 항공디지털카메라 영상을 이용하여 1/1,000 수치지도를 갱신하였으며, 위치정확도는 물론 시각적 평가의 정확도도 양호한 것으로 판단된다. 따라서, 국가기본도 제작은 물론 지사체의 GIS사업 및 다양한 분야에 활용할 수 있다.

4. 본 연구성과를 기반으로 항공디지털카메라에 대한 표준작업규정 및 품셈에 대한 연구가 조속히 수행되어야 할 것으로 판단된다.



## 참고문헌

- 강준목, 이철희, 이형석 (2002), 수치지도의 수정 및 갱신을 위한 고해상도 위성영상의 적용 가능성 평가, *한국측량학회지*, 제 20권, 제3호, pp. 313-321.
- 국토지리정보원, *공공측량의작업규정세부기준*, 국토지리정보원, 2004.
- 국토지리정보원, *수치지도작성작업내규*, 건설교통부, 1995.
- 이현직, 정수, 이승호 (1999), 수치사진측량시스템 환경에서의 수치지도의 수정 및 갱신, *한국측량학회지*, 제17권, 제4호, pp. 359~372.
- 오금희, ADS40영상에 대한 영역기반 영상정합의 특성 연구, 인하대학교 대학원 석사학위논문, 2007, pp. 1~2.
- 장휘정, 항공디지털카메라 ADS40을 위한 다중영상매칭에 관한 연구, 인하대학교 대학원 박사학위논문, 2007, pp. 1~7.
- Fricker, P(2001). ADS40-progress in digital aerial data collection, *Photogrammetric Week'97*, pp. 105-116.
- Hinsken, L., S. Miller, U. Tempelmann, R. Uebbing and S. Walker (2002), Triangulation of LH systems' ADS40 imagery using ORIMA GPS/IMU, *The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 34, Part B3/A, pp. 156-162.
- Pateraki, M. and E. Baltsavias, 2003a. "Analysis and performance of the adaptive multi-image matching algorithm for airborne digital sensor ADS40", *Proc. ASPRS Annual Conference 2003*, Anchorage, AK, USA, 5-9 May.
- Pateraki, M. and E. Baltsavias, 2004. "Experience on automatic image matching for DSM generation with ADS40 push-broom sensor data", *The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, Istanbul, Turkey, Vol. 35, Part B2.
- Pateraki, M. and E. Baltsavias, 2004. "Surface discontinuity modelling by LSM through patch adaptation and use of edges", *The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, Istanbul, Turkey, Vol. 35, Part B3.
- Reuke, R., S. Becker, N. Haala and U. Tempelmann (2006), Determination and improvement of spatial resolution of the CCD-line-scanner ADS40, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol 60. pp. 81-90.
- Sandau, R., B. Braunecker, H. Driescher, A. Eckardt, S. Hilbert, J. Hutton, W. Krichhofer, E. Lithopoulos, R. Reulke, and S. Wicki (2000). Design principle of the LH systems ADS40 airborne digital sensor, *The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 33, Part B1, pp. 258-265.
- Tempelmann U., A. Börner, B. Chaplin, L. Hinsken, B. Mykhalevych, S. Miller, U. Recke, R. Reulke and R. Uebbing (2000), Photogrammetric software for the LH systems ADS40 airborne digital sensor, *The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 33, Part B2, pp. 552-559.

(접수일 2007. 10. 5, 심사일 2007. 11. 20, 심사완료일 2007. 12. 6)