

ADS40영상에 의한 수치정사영상 생성

이 준 혁* · 이 영 진**

Generation of Digital Orthoimage using ADS40 Images

Jun-Hyuk Lee* · Young-Jin Lee**

요 약

본 연구는 수치사진측량의 기본이론을 토대로 디지털 항공카메라 ADS40에 의한 디지털 영상의 획득과 정사영상 생성실험을 수행하여 정사영상 제작공정을 체계화하였으며, 수치지형도와 수치지적도와의 중첩에 의하여 정확도를 분석 및 평가하는데 목적이 있다. 축척 1/5,000 수치지형도와 중첩하여 비교한 결과는 RMSE가 X에서 $\pm 0.364\text{m}$, Y에서 $\pm 0.413\text{m}$, 수치지적도를 중첩하여 비교한 결과는 RMSE가 X에서 $\pm 1.283\text{m}$, Y에서 $\pm 1.085\text{m}$ 의 오차가 나타남을 알 수 있었다. 최신의 디지털 항공카메라영상의 활용을 위해서는 앞으로 GPS/IMU 데이터와 영상데이터의 동기화, 영상처리시 면적당 지상기준점 수량과 해상도 기준 등에 대한 연구가 필요하다.

주요어 : ADS40, 디지털카메라, 수치정사영상, 수치지도

ABSTRACT : In this paper, the acquisition of digital imagery and the orthoimage generation were performed to set up working process. And another purpose of this thesis is to evaluate the accuracy of orthoimage by overlapping digital topographic map and digital cadastral map on it. The digital topographic map and digital cadastral map were superimposed on the orthoimage to check the accuracy as another approach of evaluation. The RMSE is $\pm 0.364\text{m}$ in X direction and $\pm 0.413\text{m}$ in Y direction with digital topographical maps(1/5,000). And the RMSE is $\pm 1.283\text{m}$ in X direction and $\pm 1.085\text{m}$ in Y direction with digital cadastral map. It is necessary for the application of a newly developed digital aerial camera to make an exact synchronization between GPS/IMU data and image data, use a technology for setting a standard image resolution and the number of ground control points.

Keywords : ADS40, Digital Camera, Digital Orthoimage, Digital map

*(주)중앙항업 선임연구원 지형정보부 영상팀 팀장(geo8487@hanmail.net)

**경일대학교 건설정보공학과 교수(yjlee@kiu.ac.kr)

1. 서 론

항공사진측량은 항공기, 컴퓨터 등 관련기술의 발전과 함께 활용도가 높아지면서 기계식, 해석식, 디지털방식으로 변화해 왔다. 특히, 항공사진과 전산화 된 장비들을 활용하는 해석사진측량에서 디지털사진측량으로 변화하면서 사진이 필름에 기록되지 않고 전기적인 신호로 기록되며, 모든 작업이 컴퓨터를 이용하여 처리된다. 디지털 항공카메라를 이용하여 항공사진측량을 실시하면 필름을 이용하지 않으므로 현상, 운영비용, 공간, 시간의 절감이 가능하며, 또한 물리적인 필름이 아닌 수치데이터이므로 항공사진의 수치화를 위한 스캔작업으로 발생할 수 있는 작업오차를 소거할 수 있으며, IT(Information Technology)기술의 발전으로 대용량 메모리 저장이 가능하여 저장, 보관 및 유지관리가 용이하다(한국건설교통기술평가원 2007; 황원순 등, 2007).

컴퓨터의 처리능력과 대용량 데이터를 처리하는 하드웨어 능력의 비약적인 향상에 따라, 디지털 센서가 현실화되어 라인센서(Linear Sensor)와 면형센서(Frame Sensor)가 등장하였고, GPS(Global Positioning System)/IMU(Inertial Measurement Unit)시스템의 실용화에 따라 종래의 항공삼각측량을 대신하여 Direct-Georeferencing 기술의 개발로 인하여 지상기준점을 최소로 측량하거나 생략이 가능하며, GPS/IMU에 의한 외부표정자료를 이용하여 경제적이며 효율적으로 수치정사영상과 DEM(Digital Elevation Model)의 제작이 가능하다(송연경, 2005; 이재원, 2005).

ADS40항공디지털카메라는 기존의 항공사

진 촬영방식인 프레임방식과 상이한 위성영상의 촬영기법으로 알려진 push-broom방식의 항공디지털카메라로 국외에서는 2000년 이후 ADS40 디지털항공카메라의 설계, 센서 모델링, Direct-Georeferencing, 사진기준점측량에 관한 연구가 여러 연구자에 의해 수행되었다(Alhamlan et al., 2004; Borner et al., 2000; Fricker, 2001a; Hofmann, 2005; Flint, 2005; Reulke et al., 2006). Liu(2007)는 ADS40 영상을 활용한 효율적인 정사영상제작 공정과 L0 영상을 이용하여 정사영상을 제작하여 정확도검사를 실시하였다.

또한, 일본의 경우 ADS40영상을 활용하여 정사영상 제작을 비롯한 대축척 지도의 제작을 위한 사진기준점측량의 정확도평가를 수행하여 RMS가 X, Y, Z에 대하여 $\pm 0.12m$, $\pm 0.15m$, $\pm 0.28m$ 의 결과와 1/2,500의 지형도 제작에 규정에 충족한다는 것을 확인하였으며, 도화대상물의 판독성, 기준점 수량, 촬영 방향의 우위성을 비롯하여 GPS/IMU 데이터 처리에 있어 품질관리의 방법 등에 대하여 연구를 수행하고 있다(笹川 正 等, 2002). 디지털항공카메라 ADS40영상을 활용하여 2002~2003년에 걸쳐 2차례에 GSD(Ground Sample Distance) 0.2m의 정사영상을 제작하여 정확도 비교결과를 보면 평면에 대하여 RMS가 각각 $\pm 0.153m$, $\pm 0.128m$ 로 정사영상의 1pixel의 범위 0.2m이내의 양호한 결과를 얻었다(岡田 宏之 等, 2004).

국내에서는 장휘정(2007)이 ADS40을 위한 다중영상매칭에 관한 연구를 통해 ADS40 영상의 기하학적, 방사학적 특징을 조사하여 3차원 공간정보를 추출하기 위한 영상정합 전략을 제시하였고, 오금희(2007)는 ADS40영상으로 영역기반 영상정합의 특성연구에서 정

합특성을 분석하였으며, 황원순(2007)이 ADS40 영상을 활용하여 선형지물의 경계선을 자동 추출하고 수치지형도를 갱신하여 정확도를 평가 분석하였다.

특히, 디지털 항공카메라 정사영상과 관련해서 2006년 이후 시범지역 연구를 수행하여 라인센스카메라 ADS40, 프레임센서방식 카메라 DMC, UltraCam으로 동일 지역에 대하여 사진기준점측량을 실시한 후 정사영상을 제작하여 정확도를 비교하여 <표 1>과 같이 다른 종류의 디지털항공카메라영상을 활용하여 사진기준점측량의 기준점, 검사점에 대한 정확도비교와 정사영상을 제작하여 정확도비교결과를 얻었다(한국건설교통기술평가원 2007).

본 연구에서는 국내에 도입된 디지털 항공카메라인 ADS40에 의해 획득된 디지털 영상을 활용하여 정사영상의 제작공정을 정립하고, 정사영상을 제작하여 기 제작된 지형도와 지적도를 중첩하여 정확도를 분석하였다. 디지털 항공카메라 영상에 의한 수치사진측량의 작업공정을 연구하고 ADS40을 이용한 디지털영상의 획득과 정사영상 생성

실험을 통해 정확도를 평가해 활용방안을 제시하고자 한다.

2. ADS40 시스템에 의한 정사영상생성

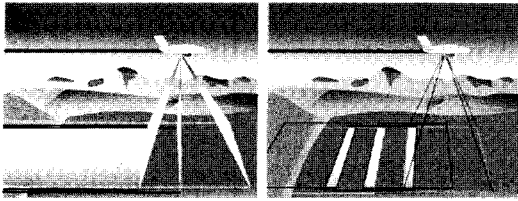
2.1 ADS40 항공카메라의 특성

ADS40은 Deutsches Zentrum Für Luft-und Raumfahrt(독일 항공 센터-DLR)와 Leica Geosystem이 공동 개발하였다. 기존 아날로그 항공카메라와 항공디지털 프레임센서카메라와는 전혀 다른 항공디지털 선형센서를 채택하여 사용한다.

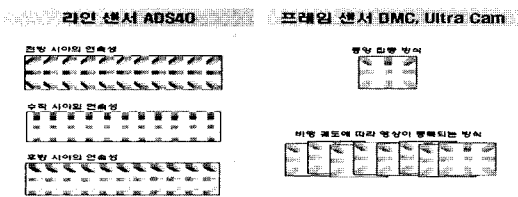
[그림 1]은 대표적인 항공디지털카메라의 촬영방식인 라인센서방식과 프레임센서의 영상촬영방식을 설명하고 있다. 라인센서방식인 ADS40은 3-line 선형 CCD 센서를 구성하여 흑백 영상을 수직, 전방, 후방으로 촬영하며, 전방, 후방, 수직으로 영상을 동시에 획득할 수 있다. 수직영상에서 얻을 수 없었던 높은 건물의 폐색지역이나 그림자 지역의 영상을 얻을 수 있기 때문에 실제 지형의 거

<표 1> 정확도평가 결과

평가 항목	카메라 종류	X(m)	Y(m)	Z(m)	비고
기준점	ADS40	0.068	0.083	0.055	Horizontal : 26 vertical : 118
	DMC	0.025	0.015	0.010	
	UltraCam	0.077	0.072	0.053	
검사점	ADS40	0.073	0.060	0.072	Horizontal : 30 vertical : 19
	DMC	0.042	0.032	0.033	
	UltraCam	0.091	0.056	0.116	
정사영상	ADS40	0.291	0.224	-	1/1,000 수치지형도
	DMC	0.066	0.071	-	
	UltraCam	0.221	0.264	-	



[그림 1] 라인/프레임센서 영상 촬영방식 (Fricker, 2001a)



[그림 2] 획득영상의 특성비교 (Fricker, 2001b)

의 모든 정보를 얻을 수 있다(Fricker, 2001a).

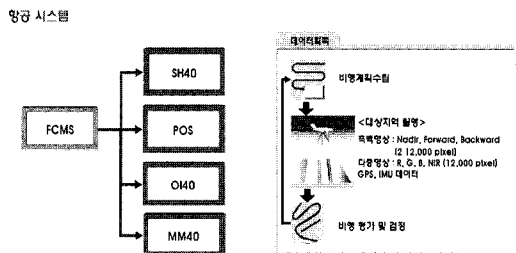
[그림 2]는 라인센서를 사용하는 ADS40영상 특성과 프레임센서를 사용하는 DMC와 Ultra-Cam의 영상특성을 간략하게 보여주고 있다. 3차원 건물을 라인센서카메라와 프레임센서 카메라로 촬영한 영상을 비교하면, 라인센서 방식의 카메라를 이용하여 획득한 영상은 전방, 수직, 후방의 시야에서 연속적으로 촬영하기 때문에 한 건물에 대한 옆면과 수직에 대한 모든 정보를 획득할 수 있고, 프레임센서방식의 카메라를 이용하여 영상을 획득하는 방법은 60~80%의 중복을 통해 폐색 지역을 최소화 한다. 라인센서방식의 카메라에 의해 획득된 세 방향 영상은 기존 프레임 영상에서 비행 방향으로 발생하던 폐색지역에 대한 정보의 제공이 가능하며 100% 중복도를 가진 흑백 입체 영상의 촬영이 가능하다 (Fricker, 2001b).

2.2 디지털 항공카메라 ADS40의 시스템

디지털 항공사진촬영은 촬영계획, 표정도 제작, 촬영으로 나누어 진행되며, 기본적으로 필름이 아닌 디지털데이터 형식으로 영상을 취득하기 때문에 필름을 현상하여 사용하는 시간과 아날로그데이터를 디지털데이터로 변환하는 스캔작업도 필요 없게 됨으로써 처리시간을 줄일 수 있다.

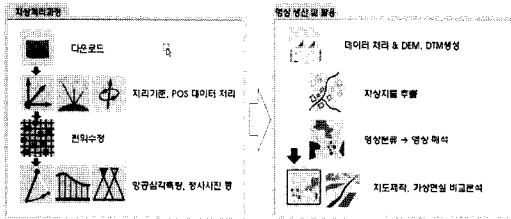
ADS40시스템은 항공시스템과 지상시스템으로 나뉘며, 항공 시스템은 항공기에 탑재된 카메라 이외에 부수적인 시스템을 말하며, 지상시스템은 획득된 영상을 처리하며 카메라의 외부표정요소를 구하고 영상을 일반 사용자가 사용할 수 있도록 제작하는 S/W 등이다.

[그림 3]은 항공시스템의 구성으로 항공 시스템의 총괄적인 컨트롤을 담당하는 FCMS (Flight and sensor Control Management System), 영상을 촬영하는 카메라 SH40, 시스템의 조작 및 영상 획득에 대한 정보를 출력하는 역할을 하는 디스플레이 장치 OI40, 영상의 획득 및 저장을 컨트롤 할 수 있는 대용량 메모리 장치 MM40과 컨트롤 유닛 CU40으로 구분된다. PAV30은 자이로 장치의 마운트로 CU40에 설치되어 있는 POS로 부터 비행 자세의 제어를 받는 역할을 한다.



[그림 3] ADS40의 항공시스템 (Fricker, 2001b)

지상 시스템 (Leica Photogrammetric Suite)



[그림 4] ADS40의 지상시스템(Fricker, 2001b)

[그림 4]는 ADS40 지상시스템으로 Leica에서 제공하는 S/W로 대용량 메모리 장치 MM40에서 영상처리를 하는 Workstation에 영상관련 데이터의 다운로드와 APM(Automatic Point Matching)을 수행하는 G-Pro(Ground Processing software)와 접합점관측 및 지상기준점관측의 A.T(Aerial Triangulation)를 수행하는 ORIMA(ORIENTATION MANAGEMENT software)와 기준점측량의 결과를 Import하여 정사영상 제작을 수행하는 LPS(Leica Photogrammetry Suite)가 있다. LPS는 빠른 그래픽을 제공하며 부화소 단위의 위치 표시가 가능하도록 되어있다.

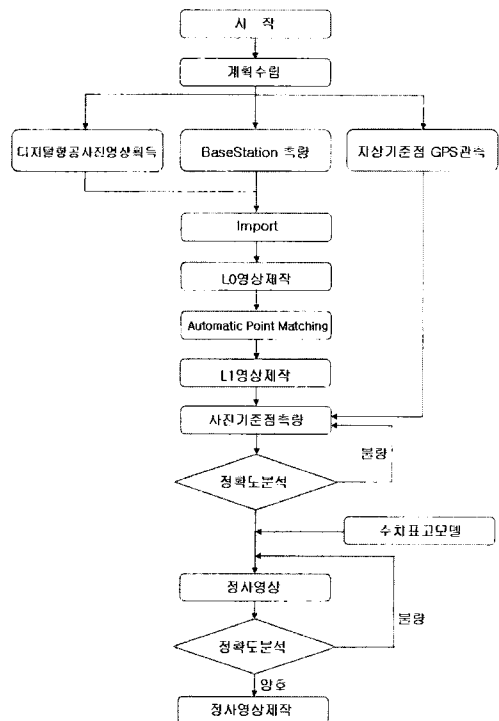
2.3 디지털 항공카메라 영상의 정사영상제작 공정

디지털 카메라의 영상획득을 위한 계획준비단계에서는 촬영하고자 하는 지역의 좌표를 이용하여 계획을 수립하고, 항공기의 이륙과 동시에 항공기에서 GPS/IMU데이터와 지상에서 GPS데이터를 수신한다.

지상에 설치된 GPS는 촬영대상지역에서 반경 50Km내에 설치하여 데이터를 수신을 하게 된다. 촬영이 진행되는 동안 획득된 영상자료는 메모리장치에 raw data로 저장되고, GPro와 Orima S/W를 활용하여 Level 0, Level 1, Level 2 영상제작을 수행할 Work-

station에 연결하여 ADS40에 관련된 Image파일, GPS/INS데이터 및 Event 파일들의 다운로드 및 디지털영상의 L1영상을 제작하는 과정까지를 자동 혹은 수동으로 수행한다. 디지털 항공카메라 영상의 정사영상제작과정은 [그림 5]와 같다.

[그림 6]은 ADS40 디지털영상을 활용하여 정사영상을 제작하는 과정에서 생성되는 단계별 영상을 보여주고 있다. L0영상은 GPro를 활용하여 다운로드 받은 원시영상이며, L1영상은 GPS/INS처리 및 APM(Automatic Point Matching)의 과정을 거친 후 기준점을 활용하여 Orima에서 사진기준점측량을 완료한 상태의 영상이며, L2영상은 L1영상과 DEM자료로 LPS를 활용하여 제작되는 정사영상이다.



[그림 5] ADS40 디지털영상 정사영상 제작공정



[그림 6] ADS40 단계별 영상(왼쪽 L0, 가운데 L1, 오른쪽 L2)

3. 연구대상지 및 자료

3.1 연구대상지 선정

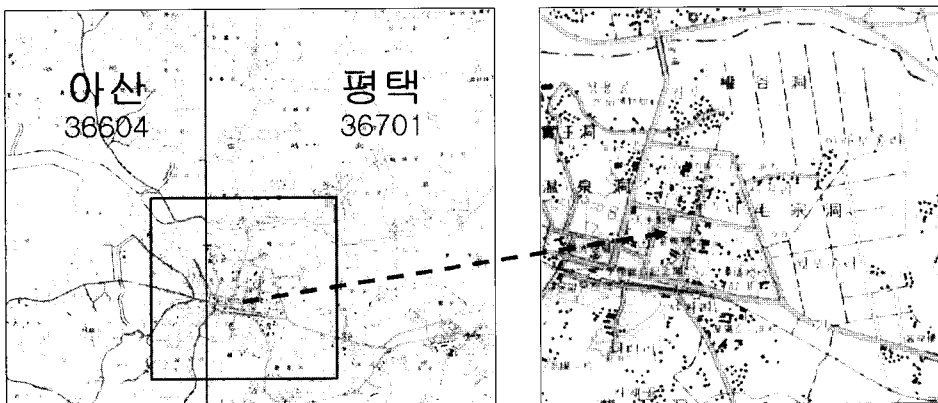
본 연구대상지역은 [그림 7]에서 보는 바와 같이 촬영허가 신청에 무리가 없는 지역으로 면적은 약 16km²이다. 또한 평지, 구릉지, 산지 등이 고르게 분포하고 있는 지형을 선택하였다.

3.2 영상자료

촬영 시기는 2005년 11월이며, 4개의 스트

립으로 구성되어 있다. 항공기의 진행방향에 따라 영상이 스트립 간에 엇갈려 보인다. [그림 8]은 영상을 획득하는 궤적을 보여주고 있다. 촬영 순서는 분홍색, 파란색, 빨간색, 노란색이고, 남북방향으로 수행하였다. 대상지역내에 빨간색의 삼각형은 지상GPS Base-station의 위치를 나타낸다. <표 2>는 코스별 촬영시간과 데이터의 용량을 나타내고 촬영에 소요된 총 비행시간은 15분정도였으며, 촬영에 소요된 시간은 각 코스마다 1분 30초 정도 소요되었다. MM40에 저장된 데이터의 용량은 약 25GB정도이다.

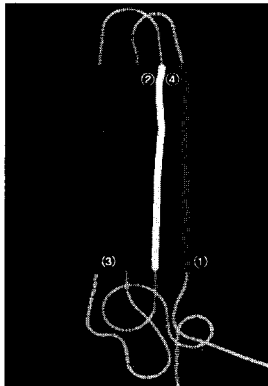
[그림 9]는 [그림 8]의 촬영궤적에 따라 획



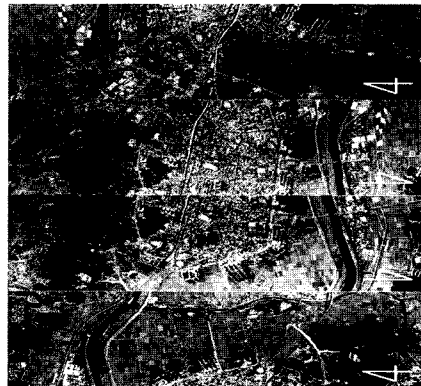
[그림 7] 연구대상지역 위치도(축척 1/50,000)

<표 2> 코스별 촬영시간 및 데이터 용량

코스 번호	촬영 시간			용량 (GB)	코스 번호	촬영 시간			용량 (GB)
	Start	End	소요시간			Start	End	소요시간	
1	05:41:20	05:43:00	1분40초	6.1	3	05:50:44	05:52:29	1분45초	5.5
2	05:45:36	05:47:14	1분38초	6.4	4	05:55:02	05:56:31	1분29초	6.2



[그림 8] 촬영궤적



[그림 9] 디지털 항공카메라 Level 0 영상

득된 Level 0 디지털항공카메라영상으로 해상도는 약 0.08m이다. 영상하나의 용량은 1GB 정도 되며 촬영 길이가 길어질수록 증가하며, 하나의 스트립은 REDN00A, REDF14A, PANF28A, PANB14A, NIRF18A, GRNN00A, GRNN16A, BLUN00A의 8개 밴드로 구성된다. 스트립간의 중복도는 40%이상이며, 마지막 코스를 촬영하고 IMU장비의 초기화를 위해 8자형 회전을 하고 대상지역을 이탈하였다.

3.3 지상기준점 좌표 자료

지상기준점 자료는 영상에서 명확한 지점을 평면기준점으로 선점하였고, 표고기준점의 경우에는 평면기준점과 동일한 표고를 가지는 인근의 평탄한 지역으로 선점하여 Leica System 1200으로 9점에 대하여 정밀 GPS측량을 실시하였다. <표 3>은 지상기준점의 좌표를 나타낸다.

<표 3> 지상기준점의 좌표

점번호	X(m)	Y(m)	Z(m)	점번호	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	367334.636	199165.839	31.802	6	363981.521	200708.448	60.260
2	365793.525	198911.318	46.148	7	366534.110	201920.007	38.111
3	364702.297	198809.488	49.388	8	365316.321	201989.351	39.152
4	366573.480	200463.461	32.605	9	364116.048	202069.484	45.743
5	365729.570	200336.349	50.652				

3.4 수치표고모델 자료

정사영상 제작에 사용된 DEM데이터는 기존에 대상지역에 제작되어진 1/5,000수치지형도를 이용하였으며, DEM데이터 제작과정은 ① 연구대상지역의 수치지형도 확보, ② 등고선 레이어 추출, ③ ASCII포맷의 DEM 데이터 제작, ④ ERDAS의 image포맷으로 변환의 순이다. DEM데이터는 상용소프트웨어를 사용하여 ASCII포맷의 형태로 제작하였다. 제작된 DEM데이터의 격자간격은 수치지형도 1/5,000의 주곡선간격인 5m로 제작되었다. ASCII데이터는 ERDAS모듈을 사용하여 ASCII DEM의 형태로 제작하여 최종정사영상제작에 사용하였다.

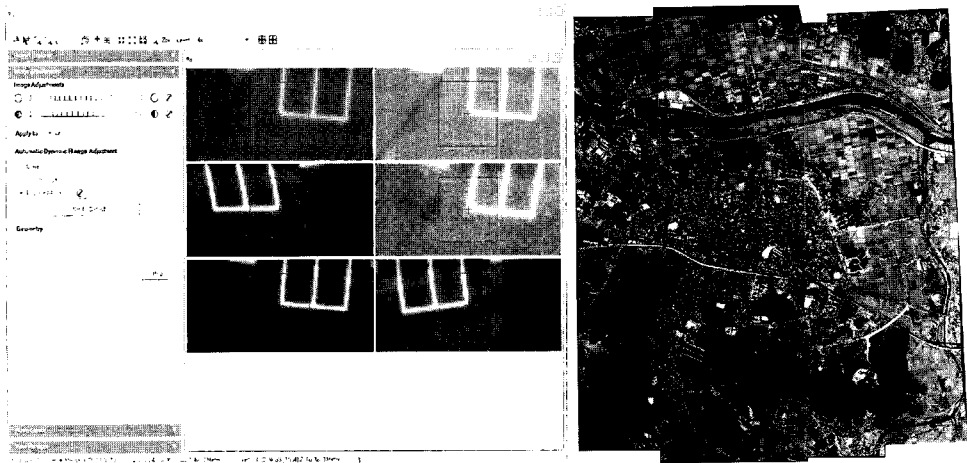
4. 정사영상 생성연구

4.1 사진기준점측량

GPro에서 GPS/IMU처리를 수행 후 APM으로

17,000점의 Tie Point를 관측하고 그 결과를 Orima에 Import하였으며, APM 결과 중 발생하는 과대오차는 임계값을 설정하여 반복 수행을 통하여 약 15%의 점을 제거하였다. 연구대상지역에 있어 과대오차점의 유무를 확인한 후 GPS측량에 의해서 획득한 기준점으로 정확한 위치에 [그림 10]은 Orima S/W를 활용한 사진기준점관측 및 정확도비교를 수행한 영역을 나타낸다.

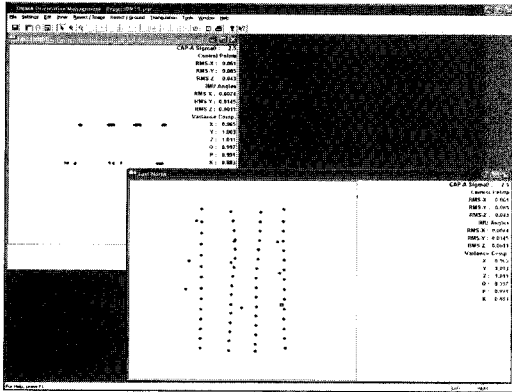
항공사진측량 작업내규(국토지리정보원, 2006)의 사진기준점측량의 조정계산의 오차한계는 조정 후 좌표로 평면 및 표고에 대하여 표준편차 0.2‰Z와 최대값 0.4‰Z 이내여야 한다. 대상지역의 획득된 영상은 800m 고도에서 촬영되었으므로 0.08m에 해당한다. 기준점에 대한 최종 RMSE는 X방향으로 ±0.061m, Y방향으로 ±0.085m, Z방향으로 ±0.043m의 <표 4>와 같은 결과를 얻었으며, [그림 11]은 Orima에서 사진기준점측량의 결과를 도시한 것이다.



[그림 10] 디지털영상의 기준점 관측 및 정확도 비교영역

<표 4> 사진기준점측량의 결과

	dx(m)	dy(m)	dz(m)	비고
RMSE	0.0612	0.0854	0.0426	
최대값	-0.152	0.145	0.067	



[그림 11] Orima 결과도시

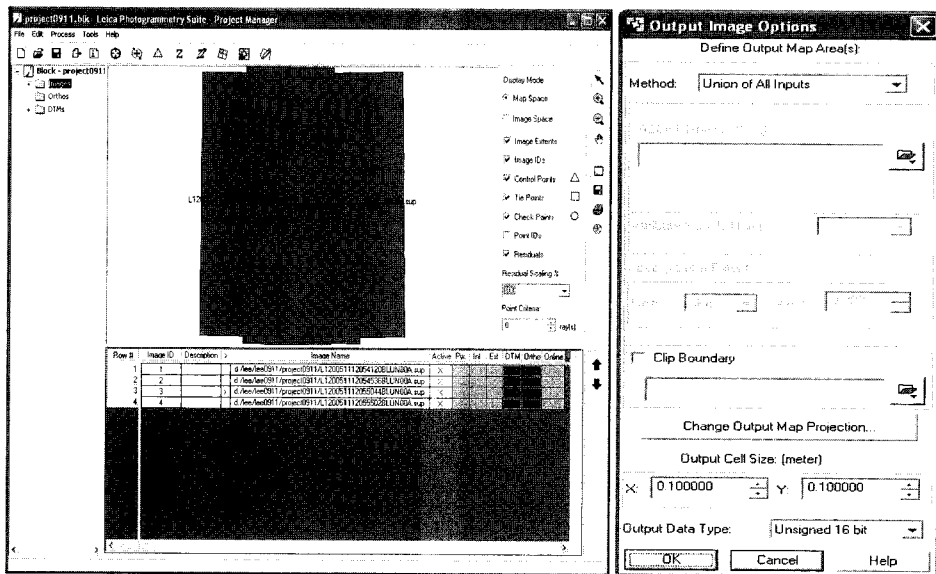
4.2 정사영상 생성

디지털 항공카메라영상은 GPro소프트웨어

를 사용하여 Workstation에 영상과 관련 데이터를 저장하였고, Orima소프트웨어를 사용하여 지상기준점의 좌표를 활용하여 3차원 모델링을 수행하였다.

정사영상은 사진기준점측량결과와 DEM 자료를 활용하여 제작된다. 사진기준점측량은 GPro와 Orima에서 수행해서 [그림 12]와 같이 LPS의 Mosaic Tool에서 완료된 결과파일을 Import하며, DEM자료는 기존의 1/5,000수치지도의 등고선데이터를 사용하였고, 정사영상의 GSD는 원영상이 0.08m임을 확인한 후 0.1m로 설정하였다.

영상지도제작에 관한 작업규정(국토지리정보원, 2002)을 기준으로 정사영상 정확도 평가는 사진기준점으로 사용된 점에 대해서 해당하는 위치를 찾아 그 위치의 좌표 값을 읽는 방식으로 기존의 GPS좌표와 비교한 결과 RMSE가 X방향으로 $\pm 0.131m$, Y방향으로 $\pm 0.114m$ 의 결과를 얻었다.



[그림 12] 정사영상 제작 창

본 연구에서 정사영상제작에 있어 GSD를 0.1m로 설정하였으므로 1/1,000의 정사영상 지도를 제작한 것으로 도상 1.0mm의 오차허용범위를 적용한다면 1.0m이내의 RMSE의 결과이므로 양호한 것임을 알 수 있었다.

의 수치지도에서 등고선 레이어만 추출하여 제작한 DEM데이터를 이용하여 제작하였다. DEM영역으로 제작된 정사영상의 용량은 16,450MB이며, 48시간 소요되는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결과 및 고찰

디지털 항공카메라 ADS40영상 Import에서 GPS/IMU데이터를 처리하는 공정을 제외한다면 외부표정요소가 결정되어지는 공정까지는 일괄처리 가능하며, 접합점의 관측도 획득된 영상의 중복부분에서 자동으로 관측된다.

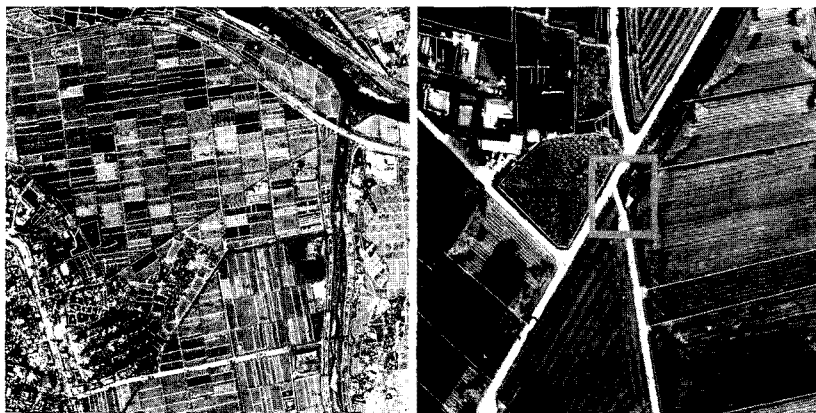
본 연구에서는 약 17,000점이 접합점으로 관측되었고, 접합점관측에 오류발생의 우려가 있으나 범위를 정하여 과대오차로 자동으로 분류 및 삭제가 가능하였다. 지상기준점의 관측은 입력된 좌표에 포함되는 영상은 자동으로 도시되며, 미세조정으로 가능해진다.

디지털 항공카메라영상은 GPro및 Orima를 사용하여 3차원 모델링을 수행하였고, 정사영상은 LPS의 Mosaic Tool을 사용하여 기존

5.1 수치지형도와의 비교

본 연구에서는 대상지역이 1/5,000 수치지형도로만 구축되어 있으며 정확도평가는 GPS 측량성과좌표를 이용한 절대위치정확도 평가와 수치지형도를 이용하여 상대위치정확도 평가를 정사영상을 중첩하여 정성적 평가인 시각적 평가를 수행하였다. 절대위치정확도평가는 사진기준점측량에 사용한 9점의 기준점에 대하여 수행하였고, 상대위치정확도평가는 1/5,000 수치지형도를 기준으로 수행하였다. 상대위치 정확도 평가는 경지정리가 완료된 경작지로 테스트지역을 선정하여 도로교차점 및 경작지의 경계지점의 좌표를 추출하여 수행하였다.

[그림 13]과 같이 정사영상과 수치지형도를 중첩하여 기준점 9점과 검사점 20점에 대



[그림 13] 정사영상과 수치지형도 중첩

<표 5> 정사영상과 수치지형도(1/5,000) 검사점 비교

NO	정사영상_지형도		NO	정사영상_지형도		NO	정사영상_지형도	
	dx(m)	dy(m)		dx(m)	dy(m)		dx(m)	dy(m)
1	0.135	0.108	11	0.255	0.510	21	-0.293	0.293
2	0.093	-0.079	12	-0.098	-0.196	22	-0.794	0.205
3	-0.095	0.102	13	-0.297	-0.223	23	0.370	-0.246
4	0.196	-0.140	14	-0.173	-0.477	24	-0.751	-1.315
5	0.112	0.088	15	0.278	-0.238	25	-0.682	-0.361
6	-0.099	0.092	16	0.202	0.317	26	0.146	0.535
7	0.103	0.085	17	0.128	-0.449	27	0.486	0.648
8	0.143	0.119	18	0.404	-0.538	28	-0.467	0.506
9	0.166	-0.180	19	-0.388	0.097	29	-0.262	0.640
10	-0.231	-0.288	20	-0.759	0.304	RMSE	0.364	0.413

하여 정확도비교를 실시하였다. NO1에서 NO9까지는 기준점에 대한 오차량으로 X방향 최대값은 0.196m, Y방향으로 -0.180m이며, 기준점의 RMSE는 X방향으로 ±0.131m Y방향으로 ±0.114m이다. NO13에서 NO29까지는 검사점에 대한 오차량으로 X방향 최대값은 -0.759m, Y방향 -1.315m 이며, 검사점의 RMSE는 X방향으로 ±0.430m, Y방향으로 ±0.491m이다. 기준점과 검사점을 통합한 전체 RMSE는 X방향으로 ±0.364m, Y방향으로 ±0.413m의 <표 5>와 같은 양호한 결과를 얻었다.

5.2 수치지적도와와의 비교

우리나라에서는 지적의 선진화를 위해 기존 종이도면을 기반으로 운영되고 있는 지적제도를 전산화하였다. 전산화는 대장전산화 사업을 출발점으로 하여, 도면전산화 사

여까지 완료하였고, 이를 운용하기 위한 업무시스템으로 PBLIS(Parcel Based Land Information System, 필지중심토지정보시스템)를 개발 구축하였다. 최근에는 토지관련 정보의 공동 활용과 데이터 중복 구축에 비용소요를 최소화하기 위해 행정자치부의 PBLIS와 건설교통부의 LMIS(Land Management Information System, 토지관리정보체계)를 통합한 KLIS (Korea Land Information System, 한국토지정보시스템)를 구축 운영하고 있다(홍성연 등, 2007).

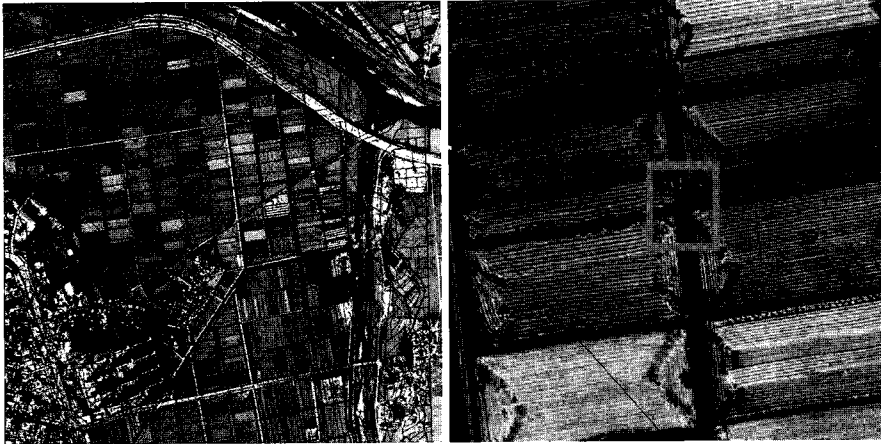
본 연구에서는 대상지역의 수치지적도는 Bessel TM좌표계로 구성이 되어있었으며, 수치지형도의 테스트지역과 동일한 영역에 대하여 확보하였다. 제작된 정사영상과 동일한 좌표계 확보를 위하여 수치지적도의 특징점과 동일한 GRS80 TM의 수치지형도 특징점을 이용하여 <표 6>과 같이 변환계수를 구하여 2차원 Helmert변환 기법으로 수치지적

<표 6> 2차원 Helmert 변환계수

변환요소	a	b	c	d
변환 값	+305.2204937	+88.1969525	+9.999855518e-001	-3.486435512e-005

<표 7> 정사영상과 수치지적도 검사점 비교

NO	정사영상_지적도		NO	정사영상_지적도		NO	정사영상_지적도	
	dx(m)	dy(m)		dx(m)	dy(m)		dx(m)	dy(m)
1	1.622	-0.924	8	0.963	-0.803	15	0.822	1.738
2	1.423	0.819	9	-1.218	-0.949	16	-1.619	0.655
3	-0.863	1.229	10	-1.397	0.680	17	-1.187	-1.297
4	-1.448	-0.869	11	-0.889	0.984	18	-1.563	0.006
5	-1.115	-1.632	12	-0.739	-1.288	19	-1.845	-1.363
6	-0.559	0.622	13	-1.657	-0.896	20	-0.923	-0.468
7	-0.653	1.092	14	-1.897	-1.695	RMSE	1.283	1.085



[그림 14] 정사영상과 수치지적도 중첩

도를 GRS80 TM으로 변환하였다.

[그림 14]와 같이 정사영상을 변환된 수치지적도와 중첩하여 경지정리가 된 영역에서 도로 및 논외 경계지역에서 특징점에 대하여 정확도검사를 실시하였다. 정확도를 비교한 결과 X방향 최대값은 -1.845m, Y방향 1.738m이며, 전체에 대한 RMSE는 X방향으로 ±1.283m, Y방향으로 ±1.085m의 <표 7>과 같은 결과를 얻었다. 변환된 수치지적도를 중첩한 결과가 수치지형도와 중첩한 결과에 비해 큰 오차가 발생함을 알 수 있다. 그 원인으로서는 전산화된 지적도를 구축할 당시의 지적원도에

서 발생한 오차와 전산화과정에서의 오차를 포함해서 Bessel TM좌표계로 구축된 지적도를 GRS80 TM좌표계로 변환하는 과정에서 수치지형도와 수치지적도의 동일지점좌표를 획득하여 구한 변환계수의 오차가 있다고 판단된다.

6. 결 론

본 연구는 디지털 항공카메라 ADS40시스템을 이용하여 획득한 ADS40영상으로 정사

영상생성을 수행하여 정사영상생성공정의 체계화와 수치지형도와 수치지적도를 중첩하여 정확도 분석 및 평가하는데 목적이 있다. 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. ADS40영상의 사진기준점측량 수행 결과는 사용한 기준점의 RMSE가 X, Y, Z로 각각 $\pm 0.061\text{m}$, $\pm 0.085\text{m}$, $\pm 0.043\text{m}$ 로 나타났다.
2. 정사영상과 기준점의 좌표를 활용한 절대위치정확도는 RMSE가 X, Y로 각각 $\pm 0.131\text{m}$, $\pm 0.114\text{m}$, 1/5,000 수치지형도를 중첩한 상대위치정확도는 RMSE가 X, Y로 각각 $\pm 0.364\text{m}$, $\pm 0.413\text{m}$ 로 양호한 결과임을 알 수 있었다.
3. GRS80으로 변환한 수치지적도를 정사영상과 중첩한 위치정확도는 RMSE가 X, Y로 각각 $\pm 1.283\text{m}$, $\pm 1.085\text{m}$ 로 수치지형도 보다 큰 오차가 발생하였다. 이는 지적원도 및 지적전산화과정의 오차 혹은 좌표변환계수의 오차가 원인이라 판단된다.
4. 디지털 항공카메라 ADS40에 의한 디지털영상의 획득과 정사영상생성의 보편화를 위해서는 기준점 수량에 따른 정확도에 대한 연구가 필요하며, 디지털항공카메라영상을 이용한 대축척 수치지형도제작을 비롯하여 주제도 제작에서 ADS40영상의 활용 가능성과 정사영상의 활용분야의 확대에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- 건설교통부 국토지리정보원, 2002, “영상지도 제작에 관한 적업규정”.
- 건설교통부 국토지리정보원, 2006, “항공사진 측량 작업내규”.
- 건설교통부 한국건설교통기술평가원, 2007, “대축척 지도제작용 디지털카메라 실용화 방안 최종보고서”.
- 송연경, 2005, “외부표정요소 직접결정에 의한 수치정사영상 생성”, 한국GIS학회지, 제13권, 제1호, pp. 55~63.
- 오금희, 2007, “ADS40영상에 대한 영역기반 영상정합의 특성 연구”, 인하대학교 대학원 석사학위논문.
- 이재원, 2005, “사진축척을 고려한 GPS/INS항공 사진측량 블록조정의 정확도 분석”, 한국측량학회지, 제23권, 제3호, pp. 323~330.
- 장휘정, 2007, “항공디지털카메라 ADS40을 위한 다중영상매칭에 관한 연구”, 인하대학교 대학원 박사학위논문.
- 황원순, 2007, “정사영상의 선형지물 자동추출”, 명지대학교 대학원, 박사학위논문.
- 황원순, 김감래, 2007, “항공디지털카메라 영상을 이용한 수치지도갱신”, 한국측량학회지, 제25권, 제6-2호, pp. 635~643.
- 홍성언, 이현준, 김윤기, 2007, “KLIS의 효율적 운영을 위한 지적도 전산 파일의 정확도 평가”, 한국GIS학회지, 제15권, 제1호, pp. 81~94.
- 岡田宏之, 橋 菊生, 笹川 正, 2004, “トウルーオルソの作成と精度検証”, 日本測量調査技術協會, APA. No.87-5, pp. 39~42.
- 笹川 正, 橋 菊生, 福澤 由美子, 岡川正臣, 四俣 徹, 2002, “デジタルエアボーンセンサー ADS40の精度検証”, 日本測量調査技術協會, APA. No.82-11, pp. 71~77.
- Alhamlan, S., J. P. Mills, A. S. Walker, T. Saks, 2004, “The Influence of Ground Control Points in the Triangulation of Leica ADS40 Data”, International Archives of photogrammetry and Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 35, No. 1, pp. 495~500.
- Borner, A., Kirchhofer W., Michalevich B., Reulke R., Scheele M., Scheibe K. Tempelmann U.,

- 2000, "Test results, obtained with the LH Systems ADS40 Airborne Digital Sensor", International Archives of photogrammetry and Remote Sensing, Amsterdam, Vol. 33, Part B4, pp. 871~878.
- Flint, D., 2005, "Innovations to Increase Productivity of Airborne Sensors", Photogrammetric Week 05, Westford, pp. 69~77.
- Fricker P., 2001a, "ADS40-Progress in digital aerial data collection", Photogrammetric Week 01, Heerbrugg, pp. 105~116.
- Fricker, P., 2001b, "Introduction to ADS40 airborne digital sensor", Regional User Group Meeting Asia Pacific 2001, Kuala Lumpur.
- Hofmann, O., 2005, "Calibration and Georeferencing of Aerial Digital Cameras", Photogrammetric Week 05, Brunthal, pp. 105~109.
- Liu, J., Wang, D.-h., 2007, "Efficient OrthoImage Generation from ADS40 Level 0 Products", 遙感學報, Vol 11, No. 2, pp. 247~251.
- Reulke, R., Becker, S., Haala, N., Tempelmann, U., 2006, "Determination and improvement of spatial resolution of the CCD-line-scanner system ADS40", International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol 60, No. 2, pp. 81~90.
-
- 접수일 (2008년 9월 17일)
최종수정일 (2008년 11월 17일)
게재확정일 (2008년 11월 18일)