

## 수치지적도화를 위한 항공사진측량의 정확도 분석

### Accuracy Analysis of Aerial Photogrammetry for Digital Cadastral Map

윤부열\*

Bu-Yeol Yun\*

#### 〈Abstract〉

Recently, many studies have been conducted to utilize the digital aerial photogrammetry method in the field of cadastral surveying. The representative models of digital cameras currently used for aerial photogrammetry are classified into line-type and convex-type cameras, so the representative models were selected and analyzed. The purpose of this study was to analyze whether the accuracy suggested by the cadastral survey enforcement rules was satisfied by comparing the orthogonal and ortho image performance. As a result, there were some representative false points that exceeded the acceptable range, but the results extracted from most of the images were shown to satisfy the acceptable range. Therefore, it can be said that the application of digital aerial photogrammetry to the cadastral field in the technical aspect has sufficient potential.

*Keywords : Accuracy, Aerial Photogrammetry, Cadastra, Digital Cameras*

---

\* 주저자. 창신대학교 부동산금융학과 교수  
E-mail: yby915@cs.ac.kr

\* Dept. of Real Estate Finance, Changshin University, Professor

## 1. 서론

### 1.1 연구배경 및 목적

디지털 항공사진측량 기술은 현재 국내 수치지도 및 정사사진 제작, 지형의 높이 측정 등의 3차원 위치 측정의 목적 외에도 지형지물을 분석하고 판독하는 등 다양한 업무에서 활용되고 있으며, 기타 여러 분야에서 실무적용을 위한 연구사업도 진행되고 있다. 특히 국내에서는 지적관련 분야의 적용을 두고 1970년대부터 많은 관련 연구사업이 수행되었으며, 최근에는 “지적재조사에 관한 특별법안”이 발의됨에 따라 범국가적인 차원으로 디지털 항공사진측량의 지적 분야 적용방안에 대한 연구가 진행되었다. 본 논문에서는 디지털 항공사진 측량의 지적분야 적용을 두고 국내에 도입된 대표적인 항공사진측량용 디지털 카메라를 통한 성과들이 지적측량 시행규칙에서 제시하는 정확도를 만족하는지 분석해 보고자 한다. 이를 위해 지적도근점성과를 기준으로 현장검증측량 및 수치지적도화성과를 비교하였고, 또한 필지 경계를 대상으로 지적수치도화 및 정사영상의 결과를 지상현황측량 성과와 비교하고, 각 방법에 따른 필지 면적을 비교·분석하였다.

### 1.2 연구지역 및 방법

항공사진촬영이 실시된 본 연구의 대상지역은 전라남도 영광군 염산면 옥실지구이며, 대표적인 디지털카메라인 ADS80(라인방식)과 DMC(프레임방식)의 2가지 카메라로 촬영을 수행하였다. 항공사진촬영에 앞서 지상기준점 측량을 위해 항공사진상 식별이 용이한 평면 및 표고기준점을 선별하였고, GPS와 수준측량으로 성과를 도출하였다. 지상측량의 경우 GPS를 이용하여 지상도근점 측량 또한 실시, 지적측량성과와 검사성과의 연결교차

(지적도근점 : 0.25m)가 연결오차 이내에 포함하는지를 확인하였다. 항공사진측량의 경우 790~800m의 비행고도로 대상지역을 촬영하였고 영상처리와 AT(항공삼각측량)처리를 거쳐 수치지적도화를 실시하였다. 촬영으로 얻어진 영상과 AT 처리 성과를 이용하여 정사영상을 제작하였으며, 이는 지적도화 성과와 함께 지상측량을 기준으로 디지털카메라의 정확도를 분석하는 데 활용하였다.

## 2. 항공사진측량용 디지털카메라

### 2.1 ADS80-Leica

카메라는 CCD(Charge Coupled Device)센서를 이용하여 지면을 스캐닝하는 방식이다. 라인별로 서로 다른 외부표정요소를 가지고 있으며, 중심투영의 특성을 가지므로 왜곡이 발생하여도 보정량이 필요 없으며, 제작이 간단하고 무결점이며 노출을 전자적으로 제어할 수 있어 다중분광영역을 감지할 수 있다. 특징으로 전방, 연직, 후방을 동시에 촬영하는 3개의 흑백 CCD-라인의 카메라가 사용되며 Multispectral CCD-라인으로 구성되어 있으며 제원은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. ADS80 specification

구분	세부사항
픽셀크기	12,000 × 1(라인방식)
픽셀크기	6.5 microns
화소	12,000 × 1 pixel
CCD	Pan 3개, MS(칼라) 4개(R,G,B,IR)

### 2.2 DMC-Z/I

DMC 카메라는 면형방식의 CCD센서를 기반으로 4개의 흑백 모듈(7k×4k CCD)과 4개의 다중

Table 2. DMC specification

Item	Panchromatic	Colour
Type of CCD-Chip	array	array
No. of Channel	4	4
Size of Sensor [No. of pixel, rows×columns]	4084 × 7128	2048 × 3072
Focal Length [mm]	120	25
Pixel size [μm]	12	12
Image repeating rate	2.1 secs for GSD = 5 cm / overlap=60%	

분광 모듈(3k×2k CCD)의 총 8개의 다중렌즈로 구성되어 있다. 센서의 픽셀크기는 12μm이며, 렌즈의 초점거리는 흑백 120mm, 칼라 25mm이다. 그라운드해상도는 1000m 고도 촬영 시 지상 10cm 영상 해상도를 얻을 수 있다. DMC의 시스템 사양은 Table 2와 같다.

### 3. 측량데이터 취득 방법

#### 3.1 항공사진측량

우선 촬영대상지 내의 사전답사를 통해 지상 및 사진기준점으로 사용될 평면기준점과 지적 도근점의 위치확인 및 점검을 실시하고, 촬영 후의 인식력을 위해 각 도근점마다 Fig. 1과 같이 대공 표지를 설치하였다.

그 후 기상조건 및 해상력 등을 고려한 비행 계획을 수립하고 실제 촬영을 실시하였다. GSD 5~8cm급의 정밀한 영상의 확보를 위해 촬영고도는 790~800m 상에서 이루어 졌으며, 디지털카메라 별 촬영설계 세부사항은 Fig. 2, 3과 같다.

연구의 흐름도는 Fig. 4와 같이 촬영 후 각각의 디지털카메라의 영상처리과정을 거치고, 지상의 평면기

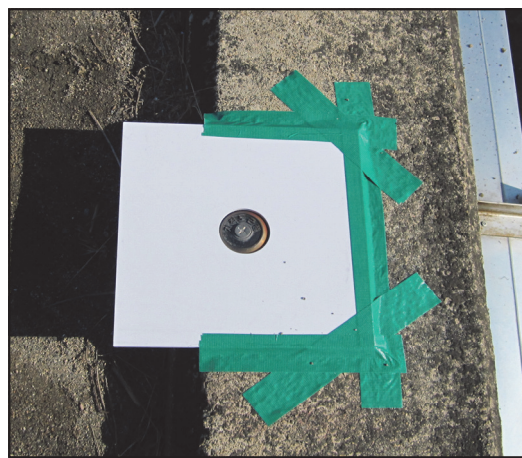
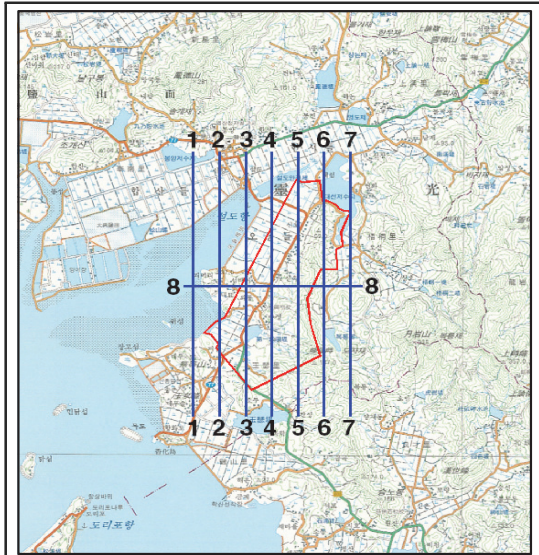


Fig. 1 Aircraft target near cadastral



촬영 카메라	ADS80(라인방식)
운항고도	790m
중중복도	100%
횡중복도	60%
촬영매수	11
노출간격	AUTO
코스간격	350m
코스수	12
코스연장	58.89km

Fig. 2 Shooting design (ADS80)



촬영 카메라	DMC (프레임방식)
운항고도	800m
중중복도	70%
횡중복도	60%
촬영매수	213
노출간격	AUTO
코스간격	442m
코스수	8
코스연장	39km

Fig. 3 Shooting design (DMC)

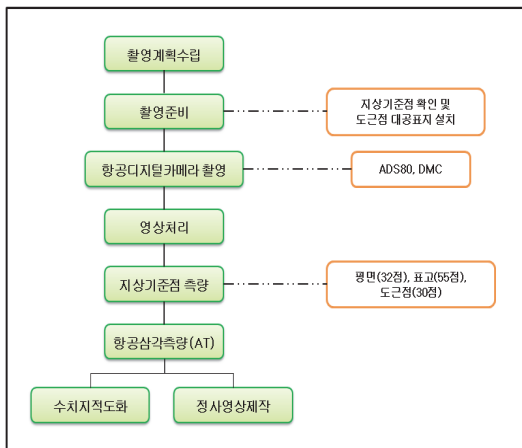


Fig. 4 Work flow chart

준점과 대공표지가 설치되어있는 도근점을 통해 기준점 측량을 수행하였다. 추후 공정으로 측지좌표로의 변환을 위한 항공삼각측량(AT : Aerial Triangulation)의 과정을 거쳐 필지 경계점 취득을 위한 수치지적도화를 실시하고 정사영상을 제작하였다.

### 3.2 지상측량

지상측량 부문에서는 촬영대상지 내의 평면기준점(32점)과 표고기준점(55점)을 지상기준점으로 사용하였으며, 이중 평면기준점의 32점은 사진기준점측량에도 사용하였다. 또한 지적도근점(30점)에 대하여도 GPS를 이용하여 현장검증측량을 수행하여 지적도근점 성과, 수치지적도화 성과와의 비교를 통해 지적측량 시행규칙에서 제시하는 연결오차의 범위 내에 포함되는지를 분석하는데 사용되었다. 그리고 항공사진촬영지역 내의 비교대상 필지 경계 16점에 대해 GPS현황측량을 수행하였다.

## 4. 취득 데이터 분석

### 4.1 지상기준점 측량

대공표지를 설치 한 지적도근점 30점에 대하여 현장검증측량을 실시하였고, 지적도근점 성과, 그리고 수치지적도화 성과와 각각 비교하였다.

#### 4.1.1 지적도근점성과와 현장검증측량성과

지적도근점의 좌표체계는 Bessel좌표이다. 비교결과는 Table 3와 같으며, 아래와 같이 정확도 분

Table 3. Accuracy results

	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$
Max error	-0.029	-0.029
RMSE	0.014	0.013



석 결과 30점에 대하여 최대오차는 X=-0.029m, Y=-0.029m이었고, RMSE는 X=0.014m, Y=0.013m로 나타났다. 이는 지적측량 시행규칙 제27조(지적측량성과의 결정)의 규정에 의한 지적측량성과와 검사 성과의 연결교차 중 지적도근점 0.25m 이내의 허용범위를 모두 만족하는 결과이다.

4.1.2 지적도근점성과와 수치지적도화성과

수치지적도화는 지적도근점 30점에 대하여 항공사진촬영 전 설치한 대공표지를 이용하여 수치지적도화기 상에서 좌표를 취득하였으며, 각 디지털카메라 별로 촬영 된 영상을 이용하였다. 비교 결과는 Table 4와 같으며, 아래와 같이 정확도 분석 결과 DMC의 최대오차는 X=0.097m, Y=0.010m이었고, RMSE는 X=0.067m, Y=0.007m로 나타났

Table 4. DMC result (unit : m)

	$\Delta X$	$\Delta Y$
Max error	0.097	0.010
RMSE	0.067	0.007

Table 5. ADS80 result (unit : m)

	$\Delta X$	$\Delta Y$
Max error	0.109	0.201
RMSE	0.041	0.054

Table 6. DMC result (단위 : m)

	$\Delta X$	$\Delta Y$
Max error	0.116	0.038
RMSE	0.076	0.018

Table 7. ADS80 result (단위 : m)

	$\Delta X$	$\Delta Y$
Max error	0.093	0.210
RMSE	0.043	0.057

다. 그리고 Table 5에 ADS80의 경우 누락 된 DO93 도근점의 성과를 제외하고 분석한 결과 최대오차는 X=0.109m, Y=0.201m이었고, RMSE는 X=0.041m, Y=0.054m로 나타났다. 이는 두 카메라 모두 지적측량 시행규칙 제27조(지적측량성과의 결정)의 규정에 의한 지적측량성과와 검사 성과의 연결교차 중 지적도근점 0.25m 이내의 허용 범위를 모두 만족하는 결과이다.

4.1.3 현장측량과 수치지적도화 성과

수치지적도화 정확도 분석 결과는 DMC(Table 6)의 경우 최대오차는 X=0.116m, Y=0.038m이었고, RMSE는 X=0.076m, Y=0.018m이었으며, ADS80 (Table 7)의 경우 최대오차는 X=0.093m, Y=0.210m이었고, RMSE는 X=0.043m, Y=0.057m로 각각의 디지털카메라 모두 매우 양호한 결과를 나타내었다.

4.2 필지경계점 분석

Fig. 5와 같이 옥실지구의 6필지 16점에 대하여 지적현황측량성과를 기준으로 필지경계점에 대한 디지털카메라 기종 별 지적도화 및 정사영상 성과를 비교·분석하였다.

분석결과는 지적측량 시행규칙 제 27조(지적측



Fig. 5 boundary point

량성과의 결정)의 규정에 의한 지적측량성과와 검사 성과의 연결교차 중 경계점 10분의 3M밀리미터(M 은 축척분모로서 농촌지역임을 적용하여 1/1200의 축척을 사용)에 따라 0.36m이내의 허용범위를 기준으로 하였다.

4.2.1 현황측량성과와 수치지적도화성과

비교 결과는 Table 8, 9과 같이 정확도 분석을 실시한 결과 DMC의 경우 최대오차는 X=0.340m, Y=0.689m이었고, RMSE는 X=0.189m, Y=0.314m이었으며, ADS80의 경우 최대오차는 X=0.613m, Y=0.584m이었고, RMSE는 X=0.263m, Y=0.241m로 나타났다. 수치지적도화의 경우 RMSE는 두 카메라 모두 허용범위내의 성과를 보였으나 오차부분에서 7개의 경계점이 허용범위를 벗어나는 결과

Table 8. DMC result (단위 : m)

	$\Delta X$	$\Delta Y$
Max error	0.340	0.689
RMSE	0.189	0.314

Table 9. ADS80 result (단위 : m)

	$\Delta X$	$\Delta Y$
Max error	-0.613	-0.584
RMSE	0.263	0.241

Table 10. DMC result (단위 : m)

	$\Delta X$	$\Delta Y$
Max error	0.182	-0.287
RMSE	0.106	0.104

Table 11. ADS80 result (단위 : m)

	$\Delta X$	$\Delta Y$
Max error	-0.266	-0.336
RMSE	0.109	0.121

가 나타났으며, 이러한 결과의 가장 큰 이유는 일반적인 수치도화의 경계 기준과 지적법상에서 규정하고 있는 경계 기준이 상이함에 따라 발생한 것으로 보여지고, 추후 필히 보완이 되어야 될 부분이라고 판단된다.

4.2.2 현황측량성과와 정사영상성과

비교 결과는 Table 10, 11과 같으며, 정확도 분석 결과 DMC의 경우 최대오차는 X=0.182m, Y=-0.287m이었고, RMSE는 X=0.106m, Y=0.104m이었으며, ADS80의 경우 최대오차는 X=0.266m, Y=-0.336m이었고, RMSE는 X=0.109m, Y=0.121m로 두 카메라 모두 매우 양호한 결과를 나타내었다.

5. 결론

본 논문에서는 디지털 항공사진 측량의 지적 분야 적용을 두고 국내에 도입 된 대표적인 항공 사진측량용 디지털 카메라(DMC, ADS80)를 통한 성과들이 지적측량 시행규칙에서 제시하는 정확도를 만족하는지 분석해 보고자 하였다. 이를 위해 지적도근점과 필지 경계를 대상으로 지상현황측량, 지적수치도화 및 정사영상 성과를 각 카메라 별로 비교하였으며, 결과는 지적측량 시행규칙 제 27조에 의거하여 분석하였다. 그 결과 지적도근점의 경우 두 카메라 모두 지적측량 시행규칙 제 27조(지적측량성과의 결정)의 규정에 의한 지적측량성과와 검사 성과의 연결교차 중 지적도근점 0.25m이내의 허용범위를 모두 만족하였다. 또한 필지경계점의 경우 촬영대상지역이 농촌지역임에 따라 1/1200의 축척을 적용하여 0.36m이내의 허용범위를 기준으로 하였다. 6필지 16점을 대상으로 두 카메라별 성과를 현황측량성과와 비교 해 본 결과 수치지적도화의 경우 7개의 경계점에서 허용오차

를 조금 벗어나는 결과를 나타내었으며, 이는 일반적인 수치도화와 지적법상에서 제시하는 경계의 설정이 상이함에 따라 드러나는 결과로 보여지며, 향후 지적분야에 항공사진측량이 도입될 경우 지적수치지적도화부분에 있어서는 지적법상에서의 경계 설정에 능통한 도화사가 양성되어 업무가 진행되거나 지적경계에 관한 별도의 교육이 선행됨과 동시에 도화사의 직접 현장방문을 통해 도화 정확도를 높이는 방안 등이 마련되어야 할 것이다.

## 후 기

본 연구는 2022학년도 창신대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(과제번호 창신-2022-083).

## 참고문헌

- [1] Lee, Jae One, Yoon, Jong Sung, Hong, Soon Heon, Choi, Jong Man, 2011, Application Status and Usage Proposal of Photogrammetric Cadastral Surveying, Journal of Cadastre, Spatial Information Research Institute, Vol 41, No. 1, pp.33-34.
- [2] Lee, Jae One, Lee, Seung Bok, Lee, In Su, Yun, Bu Yeol, 2010, Extraction of Cadastre Information using Digital Stereoplotting of High-Resolution Aerial Images, Journal of Cadastre, Vol 40, No. 2, pp.61-75.
- [3] Lee, Joung Bin, 2010, A study on the construction of digital cadastre infrastructure using numerical spatial imagery, Ph. D. dissertation, MyoungJi University.
- [4] Lee, Seung Bok, 2011, Production of Continuous Cadastral Map with Digital Camera Image, master dissertation, Dong-A University, pp.1-3.
- [5] Kang, Joon Mook, Kim, Hong Jin, Um, Dae Young, Kang, Young Mi, 2003, A study on ensuring the consistency between the digital map(1/5,000) and cadastral map data, Korea research institute for human settlements, pp.1-2.
- [6] Kim, Jung Min, 2010, A Study on a Parcel Boundary Establishment -Focused on Aerial photogrammetry-, Ph. D. dissertation, Mokpo National University.
- [7] Kim, Su Jeong, 2007, The study on the matching the digital orthophoto to cadastral map, Journal of Cadastre, Vol 37, No. 1, pp.105-121.
- [8] Kim, Su Jeong, Lee, In Su, 2008, A study on ground boundaries acquisition by digital drawing, Spatial Information Research Institute, Research report, No 01, pp.3-9.

(접수: 2022.11.04. 수정: 2022.11.25. 게재확정: 2022.11.30.)