

# 중형카메라 RCD105 정확도 분석

## Accuracy Analysis of Medium Format CCD Camera RCD105

김태훈<sup>1)</sup> · 원재호<sup>2)</sup> · 김충평<sup>3)</sup> · 소재경<sup>4)</sup> · 윤희천<sup>5)</sup>

Kim, Tae Hoon · Won, Jae Ho · Kim, Chung Pyeong · So, Jae Kyeong · Yun, Hee Cheon

### Abstract

Lately, airborne digital camera and airborne laser scanner in field of airborne surveying are used to build geography information such as digital ortho photo map and DEM(Digital Elevation Model). In this study, 3D position accuracy is compared medium format CCD camera RCD105 with airborne digital camera DMC. For this, test area was decided for aerial photograph. And using 1/1,000 scale digital map, ground control points were selected for aerial triangulation and check points were selected for horizontal/vertical accuracy analysis using softcopy stereoplotter.

Accuracy of RCD105 and DMC was estimated by result of aerial triangulation and result of check points measurement of using softcopy stereoplotter. In result of aerial triangulation, RMSE(Root Mean Square Error) X, Y, Z of RCD105 is 2.1, 2.2, 1.3 times larger than DMC. In result of check point measurement using softcopy stereoplotter, horizontal/vertical RMSE of RCD105 is 2.5, 4.3 times larger than DMC. Even though accuracy of RCD105 is lower than DMC, it is maybe possible to make digital map and ortho photo using RCD105.

Keywords : Aerial Triangulation, Medium Format CCD Camera, RCD105, DMC, 3D Position Accuracy

### 초 록

최근 항공측량분야에서 항공디지털카메라 및 항공레이저측량시스템은 수치정사영상지도 및 수치표고모델 제작 등의 지리정보 구축에 활용되고 있다. 본 연구에서는 항공레이저측량시스템인 ALS50-II에 구성된 중형 CCD카메라 RCD105의 3차원 위치정확도를 디지털항공사진카메라인 DMC와 비교하였다. 이를 위해 연구지역을 선정하고 항공사진촬영을 실시하였으며, 축척 1:1,000 수치지형도에서 항공삼각측량에 사용할 지상기준점과 수치도화기를 이용해 평면 및 수준정확도 검증에 사용할 검사점을 선정하였다.

RCD105와 DMC의 정확도는 항공삼각측량의 결과와 수치도화기를 이용해 검사점과 동일한 지점을 관측한 결과로 평가하였다. 항공삼각측량 결과 RCD105의 X, Y, Z RMSE (Root Mean Square Error)가 DMC보다 각각 2.1배, 2.2배, 1.3배 크게 나타났다. 또한 수치도화기를 이용해 검사점을 관측한 결과 RCD105의 평면 및 수직방향 RMSE가 DMC보다 각각 2.5배, 4.3배 크게 나타났다. RCD105의 정확도가 DMC보다는 떨어지지만, RCD105도 수치지형도 및 정사사진 제작에 활용이 가능할 것으로 사료된다.

핵심어 : 항공삼각측량, 중형CCD카메라, RCD105, DMC, 3차원 위치정확도

## 1. 서 론

최근 우리나라의 지식정보는 다양한 분야에서 빠르게 생성되어 변화하고 있다. 이러한 정보는 디지털 형태의

데이터를 기반으로 구축되어 있으며 많은 부분 인터넷을 통해 서비스되고 있다. 지리정보시스템 분야에서도 디지털 형태의 데이터로 지리정보가 구축되고 있으며 여러 가지 시스템을 이용하여 활용되고 있다. 사진측량

1) 정회원 · 인천대학교 일반대학원 토목환경공학과 박사과정(E-mail:maverick08@nate.com)

2) 정회원 · 충남대학교 토목공학과 박사과정(E-mail:acrowon@nate.com)

3) 정회원 · (주)범아엔지니어링 국토정보시스템연구소 소장(E-mail:cpkim@panasia.co.kr)

4) (주)범아엔지니어링 국토정보시스템연구소 주임연구원(E-mail:sojk0070@panasia.co.kr)

5) 교신저자 · 정회원 · 충남대학교 토목공학과 부교수(E-mail:hcyoon@cnu.ac.kr)

부분에서는 과거에 아날로그항공사진카메라를 주로 이용하였으나 현재는 디지털항공사진카메라를 이용하는 것이 보편화 되었다. 우리나라에서 사용되고 있는 대표적인 디지털항공사진카메라로는 Intergraph 사의 DMC, Microsoft 사의 UltraCamX, Leica Geosystems 사의 ADS80이 있으며 항공사진 웹서비스, 판독시스템, 수치도화 및 수치정사영상지도제작에 활용되고 있다. 또한 지표면의 3차원 데이터를 획득할 수 있는 항공레이저측량시스템은 신속하고 정확하게 DEM(Digital Elevation Model) 및 DSM(Digital Surface Model)을 구축하는데 적극적으로 활용되고 있다.

이와 같은 추세에 따라 국내에서도 디지털카메라의 정확도 검증에 대한 연구가 수행되었다. 한국건설교통기술평가원의 대축척 지도제작용 디지털카메라 실용화 방안 최종보고서(2007)에 따르면 기존의 항공사진촬영에 활용되는 아날로그카메라인 Leica의 RC20(흑백필름), Zeiss의 RMK-A(컬러필름)의 성과와 디지털카메라인 DMC, Ultra CamD, ADS40의 성과를 비교검증하였다. 이들 카메라에 대해 항공삼각측량에 의한 지상기준점의 잔차와 수치도화에 의한 검사점의 잔차를 각각 비교분석한 결과 디지털카메라를 사용해 대축척 지도제작에 필요한 정확도를 확보할 수 있음을 검증하였고 정사영상지도 및 수치지형도 제작에 있어서 디지털카메라를 실용화하기 위한 방안을 제시하였다.

정사영상지도제작 및 수치지형도제작에 있어서 대형 CCD카메라의 활용은 활발한데 비해 중형CCD카메라의 활용은 저조하다. 수치표고모델 제작에 많이 활용되고 있는 항공레이저측량시스템에도 중형카메라가 구성되어 있으나 활발히 이용되고 있지는 않다. 본 연구에서는 대축척 지도제작에 사용되고 있는 Intergraph 사의 DMC와 Leica Geosystems 사의 항공레이저측량시스템인 ALS50-II에 구성된 중형CCD카메라 RCD105에 대해 동일한 지상기준점을 이용한 항공삼각측량을 수행하여 이에 따른 지상기준점의 잔차를 비교하고 수치도화기를 이용해 검사점을 관측한 결과를 이용하여 RCD105의 특징을 알아보았다. 먼저 연구지역을 선정하여 축척 1:1,000 수치지형도에서 지상기준점을 선점하였고 RCD105와 DMC에 대해 항공사진촬영을 실시하였으며 항공삼각측량 후 지상기준점에 대한 RMSE를 분석하였다. 또한 축척 1:1,000 수치지형도에서 선점한 검사점을 기준으로 RCD105와 DMC에서 수치도화기를 이용해 검사점을 관측하였으며 관측점과 검사점 간의 평면 및 수직방향에 대한 정확도를 비교하였다. RCD105와 DMC에 대한 연구흐름도는 그림 1과 같다.

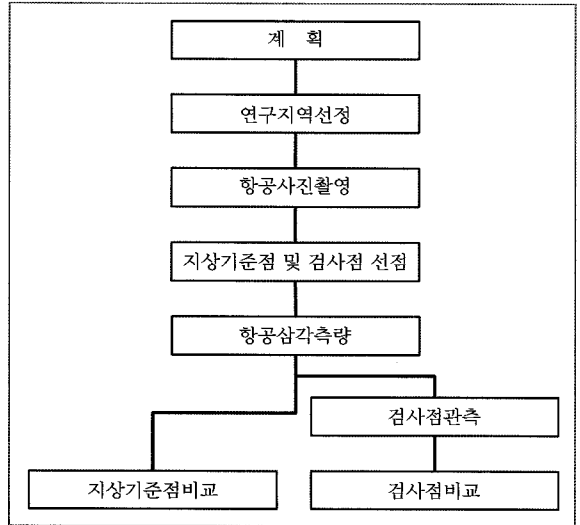


그림 1. 연구흐름도

## 2. 자료취득

본 연구를 위해 그림 2와 같이 경기도 오산시 내 시가지, 농경지, 산지가 적절히 분포되고 고도차가 150m 이내인 30km<sup>2</sup> 면적의 비교적 평탄한 지역을 연구지역으로 선정하였다.

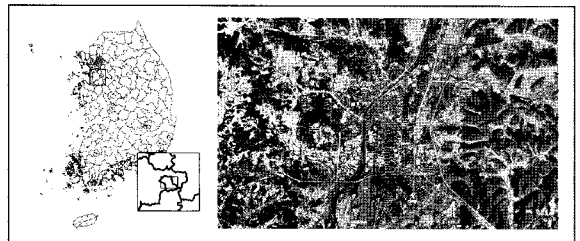


그림 2. 연구지역

연구지역에 대한 지상기준점 및 검사점은 직접측량을 통해 확보해야 하지만 측량성과 획득의 어려움으로 본 연구에서는 국토지리정보원에서 고시한 축척 1:1,000 수치지형도를 이용해 선점을 하였다. 항공삼각측량을 위한 지상기준점은 그림 3과 같이 30개의 평면기준점과 119개의 수준기준점을 선점하였다. 검사점은 평면검사점과 수준검사점으로 구분하였으며, 그림 3과 같이 13개의 평면검사점과 12개의 수준검사점을 선점하였다. 검사점은 수치도화기를 이용해 명확히 구별할 수 있도록 평면검사점은 건물외 모서리를, 수준검사점은 평탄한 도로에 위치한 표고점을 선점하였다.

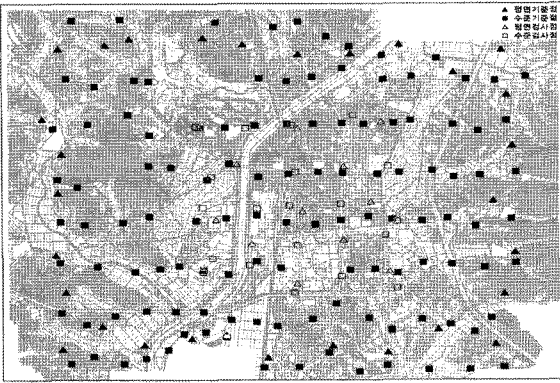


그림 3. 지상기준점 및 검사점 선점

연구에 사용된 대형CCD카메라는 Intergraph 사의 DMC 이며 중형CCD카메라는 Leica Geosystems 사의 RCD105로서 그림 4와 같이 항공레이저측량시스템인 ALS50-II에 구성된 디지털CCD카메라이다. 항공레이저측량시스템은 항공기에 장착되어 지표 및 지상물의 3차원 위치를 취득하며 취득된 자료는 DEM 및 DSM 제작에 활용되고 있다. 항공레이저측량시스템은 크게 레이저스캐너, GPS/INS, CCD 카메라로 구성되어 있다.

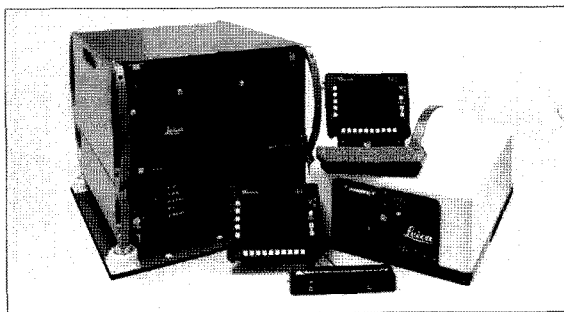
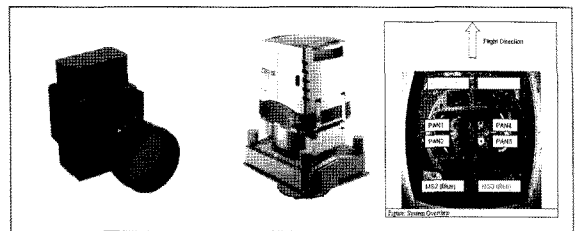


그림 4. ALS50-II

항공사진촬영에 사용되는 카메라의 분류는 영국의 Glasgow 대학 Gordon Petrie 교수가 2006년 ISPRS(International Society for Photogrammetry & Remote Sensing)에 기고한 Airborne Digital Imagers : An Overview & Analysis 에 따라 정의하였다. 이 분류에서는 현재 사용되고 있는 항공사진측량 및 보급형 디지털카메라를 CCD 크기에 따라 소형, 중형, 대형 카메라로 분류하였고 획득한 영상이 단일렌즈에 의한 방식인지 혹은 다중렌즈에 의한 방식인지 구분하였다. 이 기준에 따르면 단일렌즈에 의해 약 4000만 화소의 영상을 획득하는 RCD105는 중형카메라로 정의되며 다중렌즈에 의해 약 1억 6백만 화소의 집성된 가상 영상을 획득

하는 DMC는 대형카메라로 정의할 수 있다. 그림 5(a)와 같이 RCD105는 1개의 CCD에 의해 사진이 촬영되는 단일렌즈 카메라인 반면 DMC의 CCD는 그림 5(b)와 같이 panchromatic 4개와 RGB 각각 1개 및 NIR(Near Infra-Red) 1개로 구성되어 있으며 촬영된 사진은 후처리에 의해 가상 이미지로 재구성된다. 장비의 제원은 표 1과 같다.

본 연구에서 사용하는 RCD105의 가장 큰 특징은 초점거리가 60mm로서 DMC의 120mm에 비해 1/2 수준이다. 특히 국토지리정보원의 항공사진측량작업규정에서는 항공측량용 카메라의 방사왜곡량을 10 $\mu$ m 이내로 규정하고 있으나 제조사에서 제공한 RCD105의 렌즈 캘리브레이션 결과를 보면 그림 6과 같이 71.8~208.7 $\mu$ m로 그 값이 매우 크다.



(a) RCD105

(b) DMC

그림 5. 연구에 사용된 디지털카메라

표 1. 장비 제원

구 분	RCD105	DMC
제조사	Leica Geosystems	Intergraph
픽셀크기 ( $\mu$ m)	6.8	12
초점거리 (mm)	60	120
GSD(AGL1000)(m)	0.113	0.100
CCD 크기 (pixel)	7162 × 5389	7680 × 13824
사진크기 (mm)	49.0688 × 37.2096	92.160 × 165.888
기선고도비 (@60% FOL)	0.25	0.30

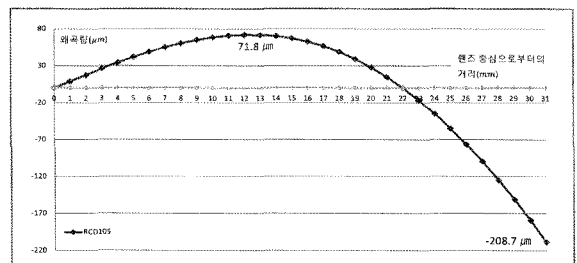


그림 6. RCD105의 렌즈 방사왜곡량

연구지역에 대해 RCD105는 평균고도 1030m에서 지상 해상도 12cm 급으로 촬영하였으며 그림 7(a)와 같이 중중복도 60%, 횡중복도 30%로 7코스 126매의 사진을 촬영하였다. 또한 DMC는 평균고도 1600m에서 지상해상도 16cm 급으로 촬영하였으며 중중복도 60%, 횡중복도 30%로 그림 7(b)와 같이 3코스 33매의 사진을 촬영하였다. 평균 촬영 기선장은 RCD105가 268m였으며 DMC는 461m였다.

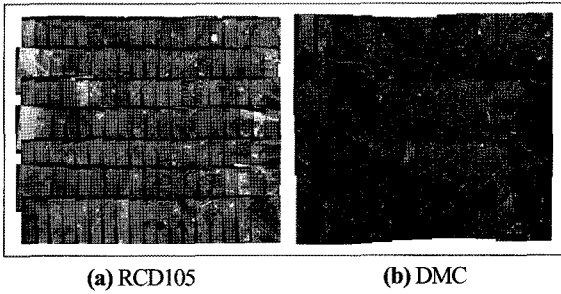


그림 7. 항공사진촬영

### 3. 자료처리

본 연구에서는 *bessel* 타원체를 기준으로 한 중부원점의 TM(Transverse Mercator) 좌표계로 항공삼각측량을 실시하였으며 소프트웨어는 *SOCET SET*을 활용하였다. 우선 RCD105는 그림 8(a)와 같이 286개의 점합점을 관측하였고 DMC는 그림 8(b)와 같이 86개의 점합점을 관측하였다.

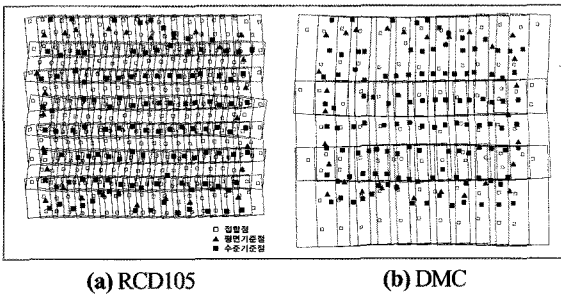


그림 8. 지상기준점 및 점합점

항공삼각측량 후 RCD105와 DMC에 대해 검사점과 동일한 지점을 수치도화기로 관측하였으며 도화 시스템은 *Summit Evolution*을 활용하였다. 그림 9는 수치도화기를 이용해 검사점을 관측한 방법을 표현한 예로 CT는 평면검사점을 CL은 수준검사점을 표현한다. 그림 9(a)와 같이 수치지형도 상의 평면검사점 CT07에 대해 RCD105에서 관

측한 점과의 평면거리( $d_1$ ), DMC에서 관측한 점과의 평면거리( $d_2$ )를 계산한 것이다. 또한 그림 9(b)는 수치지형도 상 수준검사점 CL03의 표고점은 18.1m로서 수치도화기로 동일한 지점을 관측한 결과가 RCD105는 17.4m, DMC는 18.2m인 것을 보여준다. 이와 같은 방법으로 RCD105와 DMC에 대해 수치도화기로 13개의 평면검사점과 12개의 수준검사점을 관측하였다.

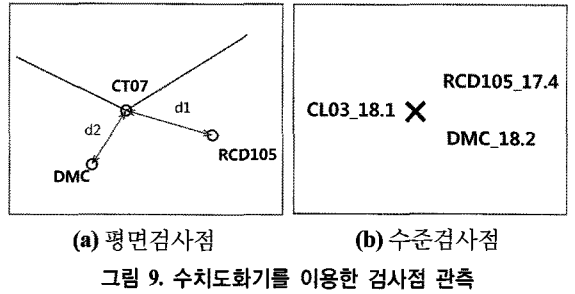
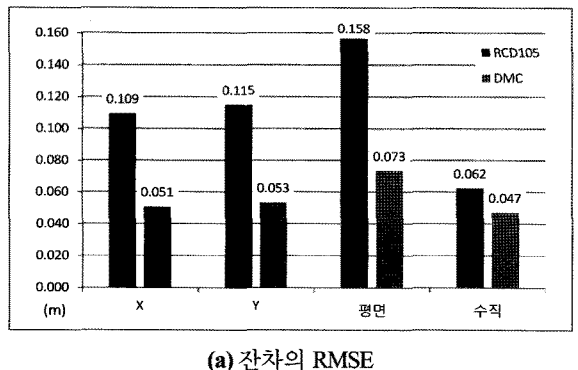


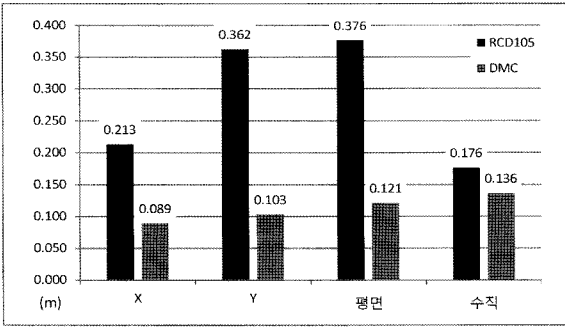
그림 9. 수치도화기를 이용한 검사점 관측

### 4. 결과분석

본 연구에서는 RCD105와 DMC에 대해 항공삼각측량 전후의 지상기준점 잔차를 비교하였으며 RMSE와 최대값은 그림 10과 같다. X, Y, 평면, 수직방향의 RMSE는 RCD105가 각각 0.109m, 0.115m, 0.158m, 0.062m이며, DMC는 각각 0.051m, 0.053m, 0.073m, 0.047m이다. 평면에 대한 RMSE는 항공삼각측량 전후의 평면기준점이 평면방향으로 이동한 거리를 이용하여 계산하였다. 항공삼각측량의 결과를 보면 RCD105의 RMSE는 평면방향에서 0.158m, 수직방향에서 0.062m로 DMC와 비교해 평면방향에서 두 배 이상 큰 값을 보였지만 수직방향에서는 큰 차이가 없었다. 또한 RCD105의 최대값은 평면방향에서 0.376m로 DMC 보다 세 배 이상 큰 값을 보였다.

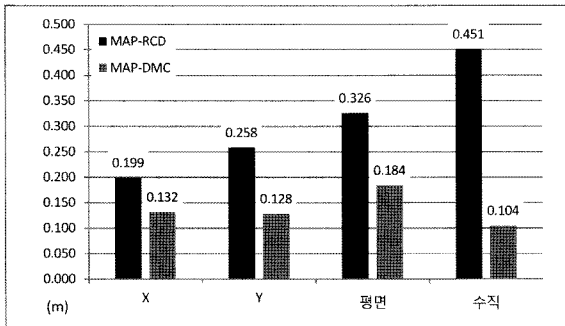


(a) 잔차의 RMSE

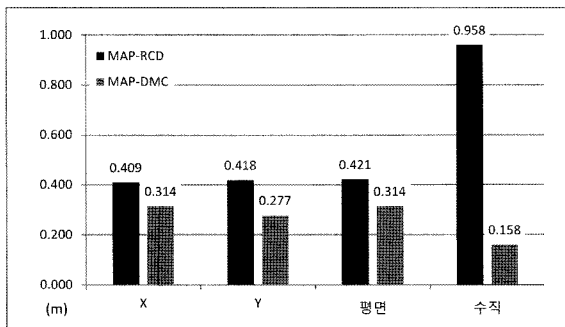


(b) 잔차의 최대값  
그림 10. 항공삼각측량 결과

항공삼각측량 후 RCD105와 DMC에 대해 수치도화기를 이용한 검사점 관측 후 정확도를 비교하였다. 검사점에 대한 잔차의 RMSE와 최대값은 그림 11과 같다. 검사점과 수치도화기로 관측한 점 사이에 발생한 X, Y의 잔차를 평면 거리와 수직거리로 계산하였으며 이와 같은 방법으로 RCD 105는 'MAP-RCD'로 정의하였고 DMC는 'MAP-DMC'라 하였다. 잔차에 대한 평면방향의 RMSE는 RCD105와 DMC가 각각 0.326m, 0.184m였으며 수직방향의 RMSE는



(a) 잔차의 RMSE



(b) 잔차의 최대값  
그림 11. 수치도화기를 이용한 검사점 관측 결과

RCD105가 0.451m, DMC가 0.104m로서 RCD105가 4배 이상 큰 값을 보였다. 또한 잔차의 최대값은 평면방향에서 RCD105가 0.4m 내외, DMC가 0.3m 내외의 값을 보이는 반면 수직방향에서의 최대값은 RCD105가 0.958m로 DMC의 0.158m 보다 6배 이상 큰 값을 보였다.

본 연구에서 사용한 RCD105의 해상도는 12cm로 DMC의 16cm보다 더 좋은 반면 평면 및 수직방향의 RMSE 및 최대값은 DMC보다 크다. 이와 같은 원인은 카메라의 기하학적 안정성이 낮기 때문인 것으로 판단되지만 RCD105의 기선고도비는 0.25로서 DMC의 0.30과 비슷하기 때문에 기선고도비가 이와 같은 결과에 큰 영향을 주지는 못했을 것이다. 다만 RCD105의 렌즈 왜곡량이 71.8~208.7 $\mu$ m으로 일반적인 항공사진측량 카메라에 비해 매우 큰 값을 갖고 있어 이에 따른 영향인 것으로 판단된다.

### 5. 결론

국내 항공사진측량분야에서 디지털항공사진카메라는 그 활용 비중이 높아지고 있으며 이를 이용한 수치정사영상 및 수치지형도 제작에 활발히 이용되고 있다. 이와 같이 항공사진측량에서 사용하는 대형CCD카메라는 다양한 연구가 수행되었을 뿐만 아니라 작업규정이 이루어져 있어 활발하게 활용되고 있지만 중형CCD카메라는 그렇지 않다. 본 연구에서는 중형카메라인 RCD105를 대축척지도제작에 활용되고 있는 DMC과 비교해 항공삼각측량을 수행하여 지상기준점에 대한 RMSE를 비교하였다. 또한 RCD105와 DMC에 대해 수치도화기를 이용해 검사점을 관측하여 평면 및 수직방향에 대한 RMSE를 비교하였다. 중형CCD카메라인 RCD105와 대형CCD카메라인 DMC에 대해 항공삼각측량을 수행하고 수치도화기를 이용해 검사점을 관측한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, RCD105와 DMC에 대한 항공삼각측량결과 평면 및 수직방향의 RMSE는 두 카메라 모두 10cm 내외의 작은 값을 보였다.

둘째, 검사점에 대해 RCD105와 DMC의 항공사진을 수치도화기로 관측하여 정확도를 비교한 결과 RCD105의 RMSE는 DMC보다 평면방향에서 2.5배, 수직방향에서 4.3배 크게 나타났다.

셋째, 수치도화기를 이용해 검사점을 관측한 결과 RCD105의 정확도는 DMC보다 떨어지지만, 수치지형도 및 정사사진 제작에 활용이 가능할 것으로 사료된다.

넷째, RCD105가 DMC보다 좋은 해상도로 촬영되었지만 항공삼각측량 후 수치도화기를 이용한 검사점 관측에서 수직방향에 대한 RMSE와 최대값이 크게 나타났다. 이와 같은 결과는 카메라의 방사왜곡량과 같은 물리적인 특징에 의한 것으로 판단된다.

중형CCD카메라인 RCD105와 대형CCD카메라인 DMC의 더욱 정확한 비교를 위해서는 동일한 해상도로 촬영한 항공사진을 활용하고 지상기준점 및 검사점은 측량을 통해 얻어진 성과를 활용할 필요가 있다.

### 참고문헌

국토지리정보원 (2009), 항공사진측량작업규정 개정, 국토지리정보원 고시 제2009-848호.

한승희, 배연성, 배상호 (2003), 알기쉬운사진측량학개론, 보문당, pp. 79-94.

한국건설기술평가원 (2007), 대축척지도제작용 디지털 카메라 실용화 방안 최종보고서, 연구보고서, pp. 68-78, 105-118, 141-149.

Gordon Petrie and Stewart Walker (2006), Airborne Digital Imagers : An Overview & Analysis, *ISPRS Commission I Symposium Working Group I/4*, ENSG, Mame-La-Vallee, France, 4 July 2006.

Paul R. Wolf and Bon A. Dewitt (2000), *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS*, The McGraw-Hill Companies, Inc., pp. 52-80, 366-403.

Wilfried Linder (2006), *Digital Photogrammetry*, Springer, pp. 73-102.

---

(접수일 2010. 07. 15, 심사일 2010. 07. 29, 심사완료일 2010. 08. 27)