

상용 디지털카메라에 의한 3차원 측정의 정확도 분석

3D Measurement Accuracy Analysis using Consumer Digital Camera

정성혁¹⁾ · 박경식²⁾ · 이계동³⁾ · 이재기⁴⁾

Jung, Sung-Hyuk · Park, Kyung-Sik · Lee, Kye-Dong · Lee, Jae-Kee

- 1) 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 공학박사 · 043-273-0485 (E-mail:email@chungbuk.ac.kr)
- 2) 정회원 · 인하공업전문대학 지형정보과 · 전임강사 · 032-870-2249 (E-mail:pks@inhac.ac.kr)
- 3) 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 박사과정 · 043-273-0485 (E-mail:kedo114@chungbuk.ac.kr)
- 4) 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 교수 · 043-273-0485 (E-mail:leejk@chungbuk.ac.kr)

1. 서론

디지털카메라는 소형화에 따른 휴대의 편리성, 구입의 용이성, 사용 메모리에 따른 많은 촬영 사진매수, 상대적으로 저렴한 장비구입비용 및 유지비용 등의 장점으로 빠른 속도로 보급이 이루어지고 있는 실정이다. 또한, 현재 일반적으로 판매되고 있는 디지털카메라의 해상도가 200만 화소급의 카메라에서 600만 화소급 이상으로 크게 증가하여 고화질의 영상을 취득할 수 있고, 측량용 카메라에 비해 월등히 낮은 가격에 판매가 이루어짐에 따라 일반 디지털카메라를 검정하고 이를 근거리 사진측량에 활용하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다.

본 연구의 목적은 상용 디지털 카메라의 3차원 좌표 측정의 정확도를 분석하여 실제 근거리 사진측량에 적용할 수 있는지를 알아보는 데 있다. 이를 위하여 상용 디지털카메라를 200만 화소, 300만 화소, 600만 화소 대로 분류하여 카메라 검정을 통해 3차원 좌표를 정밀 측정하였으며, 정확도 분석을 통해 실용가능성을 알아보려 하였다.

2. 디지털 카메라 검정

비측정용 카메라를 이용하여 근거리 사진측량을 수행하기 위하여 카메라 고유의 광학적 특성을 반드시 알아야 하며 이와 같은 과정을 카메라 검정(calibration)이라 한다. 카메라 검정을 통해 얻어지는 카메라 검정 자료는 초점거리, 영상 크기, 주점위치, 렌즈왜곡요소 등이 있다.

본 연구에서는 일반 사진 촬영용으로 이용되고 있는 상용 디지털 카메라로서 200만화소, 300만화소, 600만화소 대의 해상도를 가지고 있는 Rollei D30, Olympus 3040Z, Nikon D100를 이용하였으며, 각각 그림 1, 그림 2, 그림 3과 같다.

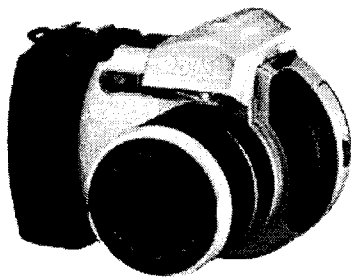


그림 1. Rollei D30



그림 2. Olympus 3040Z



그림 3. Nikon D100

D30은 2/3" CCD 소자로 구성되어 200만 화소로 영상을 촬영할 수 있고, 3040Z는 1/1.8" CCD 소자로 구성되어 334만 화소로 영상을 촬영할 수 있다. D100은 23.7 x 15.6mm CCD 소자로 그 유효 화소수는 610만 화소이다.

본 연구에서는 카메라 검정 및 3차원 좌표측정을 위하여 EOS사의 Photomodeler Pro 5.0를 이용하였으며, 프로그램에서 제공하는 검정방식에 따라 실험하였다. 그림 4와 같은 검정판을 그림 5와 같이 4 방향에서 촬영하였다. 이때 4방향에서 카메라를 회전하지 않고 촬영한 뒤 1번 위치와 2번 위치에서는 카메라를 시계방향으로 90도, 3번 위치와 4번 위치에서는 카메라를 반시계방향으로 90도 회전하여 총 8매를 촬영하였다. 3대의 카메라 각각에 대해 카메라 검정을 실시하였으며, 검정 결과 표 1과 같은 카메라 검정데이터를 취득하였다.

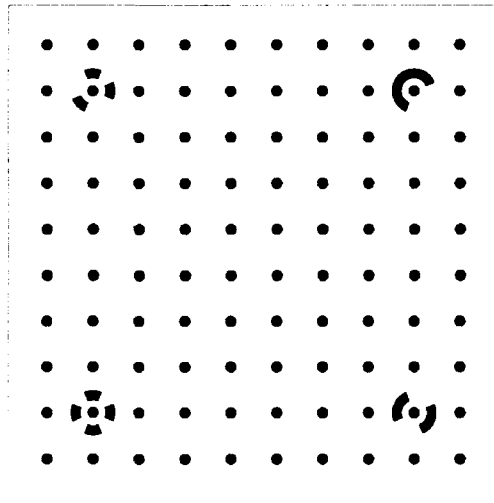


그림 4. 카메라 검정판

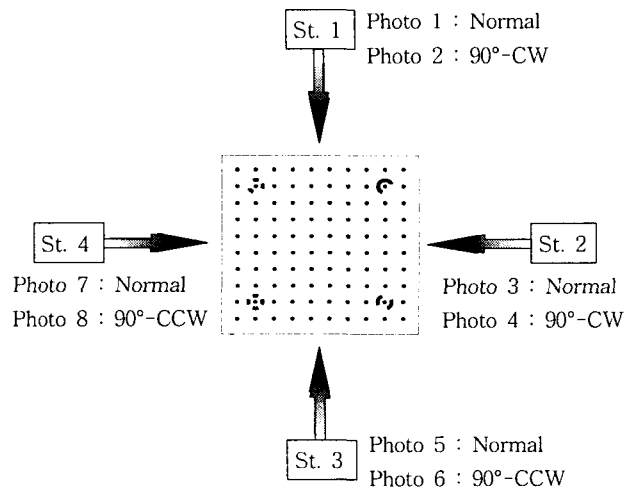


그림 5. 검정을 위한 촬영 위치와 카메라 회전각

표 1. 카메라 검정 결과

CameraName		D30	3040Z	D100
Focal Length(mm)		5.1563	7.4716	23.5987
Format Size(W×Hmm)		5.9932×4.8000	7.2970×5.4753	23.4157×15.5366
Principal Point(X×Ymm)		2.9648×2.3550	3.6882×2.6281	11.4505×7.7642
Lens Distortion	K1	0.005007	0.004844	0.0003576
	K2	-0.0002147	-8.260E-05	-4.710E-07
	P1	3.570E-05	-8.140E-05	6.570E-06
	P2	0.0002364	-5.400E-05	-0.0001123

3. 사진촬영 및 데이터처리

검정된 카메라를 이용하여 3차원 측정의 정확도를 분석하기 위하여 그림 6과 같이 가로 6m, 세로 6m의 벽면에 150×150mm크기의 타겟을 가로 약 60cm간격으로 5열, 세로 약 70cm간격으로 5열로 총 25매를 부착하였다. 또한, 타겟의 상좌표 측정은 수작업으로 인해 발생할 수 있는 우연오차를 최소화하기 위하여 그림 7과 같이 자동으로 타겟의 중심점을 측정할 수 있는 Coded 타겟을 이용하였다.

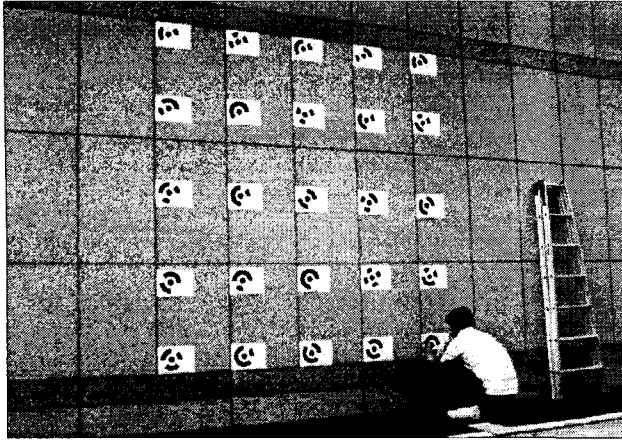


그림 6. 실험 대상물



그림 7. Coded 타겟

타겟의 3차원 위치는 사진측량결과 정확도를 분석하기 위한 자료로 이용되며, 1초독 테오돌라이트를 이용하여 삼각수준측량 기법으로 정밀 관측하였다.

촬영은 상, 중, 하 3방향 및 좌측, 중간, 우측 3방향으로 총 9방향에서 실시하였으며, 그림 8과 같은 영상을 취득하였다. 각 사진에서 타겟의 상좌표는 자동으로 취득되며, 다중영상 표정과 광속조정 과정을 거쳐 25개의 타겟에 대한 3차원 위치를 계산하였다. 그림 9는 사진측량의 최종결과로서 계산되어진 타겟의 위치를 나타내고 있으며, 표 2는 X, Y, Z 좌표값을 나타내고 있다.

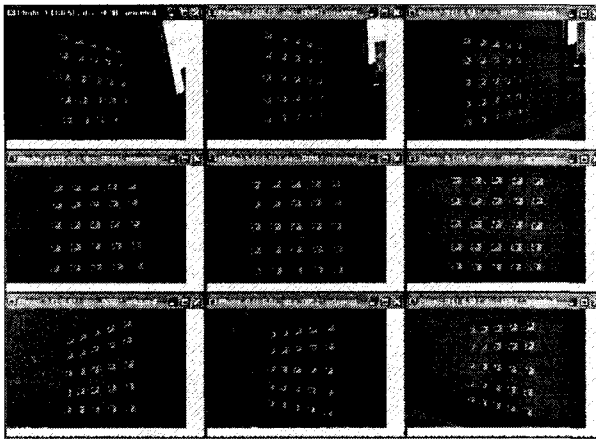


그림 8. 사진 촬영

2611	27512	27612	277.4	278.5
26316	270.7	27128	27216	274.10
264131	26112	266.13	26714	26815
259112	260.12	26116	26219	26320
254221	255.22	25623	25724	25825

그림 9. 25개 측정점의 위치

표 2. 카메라별 3차원 좌표 측정 결과

No.	Rollei D30			Olympus 3040Z			Nikon D100		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	2.20144	6.11230	3.74672	2.20144	6.11230	3.74672	2.20144	6.11230	3.74672
2	2.80107	6.11216	3.74400	2.80234	6.11220	3.74324	2.80152	6.11667	3.74457
3	3.39997	6.11164	3.74675	3.40149	6.11158	3.74551	3.40089	6.11706	3.74737
4	3.99734	6.11233	3.74504	3.99914	6.11217	3.74304	3.99916	6.11518	3.74450
5	4.59796	6.11209	3.74530	4.60011	6.11188	3.74301	4.60027	6.10892	3.74323
6	2.20159	6.11021	3.12269	2.20217	6.11039	3.12222	2.20247	6.11068	3.12095
7	2.80204	6.11204	3.13829	2.80303	6.11211	3.13761	2.80234	6.11720	3.13702
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25	4.59971	6.10706	1.13841	4.59762	6.10706	1.13819	4.59811	6.10705	1.13535

4. 결과분석

3차원 측정결과 삼각수준측량 성과와 비교하여 실험에 사용한 디지털 카메라별로 정확도를 분석하였다. 실험에서 사용한 3종류의 카메라에 대한 평균표준오차는 Rollei D30의 경우 0.255mm, Olympus 3040Z의 경우 0.335mm, Nikon D100의 경우 0.311mm로 약 0.3mm의 평균표준오차를 나타냈으며, 각각의 X, Y, Z 좌표에 대한 평균표준오차는 표 3과 같이 계산되었다. 분석결과 사용된 카메라의 유효 화소수는 사진실측시 정확도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

표 3. 측정된 3차원 좌표의 RMSE

Camera Name	RMSE _x (mm)	RMSE _y (mm)	RMSE _z (mm)	RMSE _{xyz} (mm)
Rollei D30	0.213416	0.102011	0.096105	0.255321
Olympus 3040Z	0.281924	0.098917	0.150618	0.334592
Nikon D100	0.228970	0.088782	0.190999	0.311111

5. 결론

일반용 디지털카메라를 이용한 근거리 사진측량기법을 3차원 측정분야에 활용하기 위하여 카메라의 검정에 따른 3차원 측정의 정확도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

카메라 검정을 통해 유효화소수가 200만 화소대인 Rollei D30, 300만 화소대의 Olympus 3040Z, 600만 화소대의 Nikon D100과 같은 비측정용 디지털카메라의 내부표정요소 및 렌즈왜곡요소 등 카메라검정데이터를 취득할 수 있었다.

검정된 디지털카메라를 이용하여 Coded 타겟 25개의 3차원좌표를 근거리사진측량기법으로 측정한 결과 실험시 사용한 3종류의 카메라에서 평균표준편차가 약 0.3mm를 나타내었으며, 측정된 대상물의 크기를 고려할 때 약 1:20,000의 정밀도로 측정할 수 있음을 알 수 있었다.

디지털카메라의 유효 화소수에 따른 사진실측의 정확도를 분석한 결과 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 대상물의 크기, 촬영거리, 자연타겟을 사용할 경우 측정의 윤곽구분 정도 및 세부도화시 대상물의 세부적인 표현가능성에만 영향이 있는 것으로 사료된다.

따라서, 본 연구를 통하여 저렴한 디지털카메라를 검정하고, 이를 이용한 근거리 수치사진측량시스템을 이용하여 건축분야, 고고학, 산업측정분야 등에서 3차원 정밀 측정과 모델링 등과 같은 광범위한 근거리 사진측량 분야에 적용할 수 있는 경쟁력을 갖추고 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1) Streilein, A., "Digital Architectural Photogrammetry and CAAD for Digital Three Dimensional Restitution", 1995, pp. 1~3.
- 2) Edward, M., James, S., "Modern Photogrammetry", 2001, pp. 67~71.
- 3) 정성혁, 임인섭, 함창학, 최석근, "수치사진측량기법에 의한 레이저 스캐너의 정확도 검증" 대한토목학회 학술발표회 논문집, 2002.
- 4) 정성혁, 유정훈, 손세원, 이재기, "근거리사진측량과 레이저스캐너를 이용한 문화재 정밀측정" 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, 2003, pp. 493~496.