

무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용한 지형 분석 Analysis of Topography Using RC Helicopter Surveying System

장호식¹⁾·이종출²⁾·김차겸³⁾·차성렬⁴⁾

Jang, Ho Sik·Lee, Jung Chool·Kim, Cha Kyum·Cha, Sung Yeoul

¹⁾ 남해대학 토목환경시스템과 초빙부교수(E-mail:gpsjhs@hanmail.net)

²⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 토목공학과 교수(E-mail:jclee@pknu.ac.kr)

³⁾ 남해대학 토목환경시스템과 부교수(E-mail:kick@namhae.ac.kr)

⁴⁾ 양산대학 토목과 교수(E-mail:syucha@yangsan.ac.kr)

Abstract

In this study, the method of extracting DEM is presented using RC Helicopter Photogrammetry System. From the result of reference points and checkpoints using Total Station which is conventional type of survey, the errors turned out to $-0.194\sim 0.224\text{m}$ on the X-axis, $-0.088\sim 0.180\text{m}$ on the Y-axis and $-0.286\sim 0.285\text{m}$ on the Z-axis when RC Helicopter Photogrammetry System utilized. Through this RC Helicopter Photogrammetry System, they can provide efficient update of digital map on toparchy area or access is not easy area.

1. 서론

우리나라는 주5일 근무제의 시행에 따라 국내 여가 활동의 수요가 점차 증가 폭이 늘어남에 따라 폭발적인 증대와 더불어 도시 근교에서 많이 즐길 수 있는 기구를 이용한 레저 문화가 활성화 되어지고 있다. 특히, 컴퓨터 시뮬레이터 기술의 발달과 더불어 무선으로 조정하는 기구들을 이용하는 문화를 가져옴에 따라 국내에서도 이들을 이용하여 토목 및 건축 그리고 문화재 분야 등에서 조감도 사진촬영으로 많이 활용되어지고 있다.

특히, 측량분야에서도 이들의 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용하여 석조 문화재인 침성대를 3차원 시각화 및 해석을 하여 6~16mm의 정확도로 취득하였고(장호식 등, 2005), 도로의 평면선형을 촬영 및 분석하여 평면선형의 정확도가 XY방향으로 $-11.7\sim 0.9\text{cm}$ 로 추출하는 방법이 소개되었다.(장호식 등, 2005)

국외에서도 Rolleimetric 6006 카메라를 장착하여 연구 대상지역에서의 유적지 분포를 촬영하여 삼차원 정보를 획득하였고(Theodoridou 등 2000), 무선조정 헬리콥터를 이용하여 고도 40~80m 사이에 있는 건축물의 지붕을 촬영하여 VRML(Vi-

rtual Reality Modeling Language)로 삼차원 영상을 가시화 시켰으며, 정확도는 평균 $\pm 2\text{cm}$ 로 나타났다.(Zischinsky 등, 2000)

따라서, 본 연구에서는 이러한 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용하여 촬영된 영상으로부터 지형의 수치 표고 모델(DEM)을 추출하고 재래적인 측량방식인 Total Station에 의해 관측된 기준점과 정확도를 비교 검토하였다. 또한, 소규모 지역 또는 접근 불가능한 곳에서 재래적인 측량방식으로 이용하지 않고 본 연구의 방법으로 적용하여 지형도를 나타낼 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

2. 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템

2.1 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템

무선조정 헬리콥터 사진측량시스템은 무선(Radio Control)으로 조종되는 소형 헬리콥터의 기체와 헬리콥터의 진동이나 롤링(rolling)에 관계 없이 연직 상태를 유지할 수 있는 짐벌(Gimbal Mount)장치에 카메라를 장착하고 헬리콥터가 이

표 1 비행사용방법에 따른 조건의 해석

조건 \ 방법	모형 비행기	모형 헬리콥터	열기구	기구	비행선	고가 트라이포드	알루미늄 타워
제작 난이도	D	D	D	A	E	A	B
제작 비용	C	B	D	A	E	B	C
유지 비용	A	A	B	C	E	A	A
이동성	A	A	B	A	D	A	C
조작성	C	B	D	B	A	A	B
안정성	D	C	C	B	A	B	A
균형성	D	C	B	B	A	A	A
비행고도 및 대상면적	C	C	A	B	A	E	E

(자료) 조재호(1995) 참조

(A : 매우 양호, B : 양호, C : 보통, D : 불량, E : 극히 불량)

동하면서 포착하는 장면을 지상의 모니터를 통해 촬영되는 영상을 제어하면서 촬영하는 시스템을 말한다.

무선조정 헬리콥터 사진측량시스템은 표 1에서 알 수 있듯이 고도의 무선조정 헬리콥터 조종기술과 지상의 모니터를 통하여 조정하므로, 사람이 직접 탑승하여 조종하는 헬리콥터가 접근하기 어려운 장소나 폭이 좁은 지역안에서 날 수가 없는 경우, 또는 사람의 접근이 어려운 협곡 등의 산악 지형에서 무리없이 촬영이 가능하기 때문에 무선조정 헬리콥터에 의한 근접 촬영이 가능하다. 그리고, 사람이 직접 탑승하여 조종하는 헬리콥터는 조종자의 숙련된 훈련과 고가의 헬리콥터 기체의 비용과 탑승에 대한 많은 비용을 초래하지만, 무선조정 헬리콥터는 저가의 기체 비용과 단기간 안에 조종기술을 배워서 직접 제어를 할 수가 있으므로 경제성, 기동성, 신속성면에서 뛰어나다고 볼 수 있다. 또한, 무선조정 헬리콥터는 지상에서 약 200m(가시거리)까지 비행고도를 유지하여 제어할 수 있으므로, 산업분야 적용에서도 스틸 카메라, 디지털 카메라, 디지털 비디오 카메라, 일반 비디오 카메라를 이용하여 원하고자 하는 대상물의 동영상 및 정지영상을 촬영할 수가 있으므로 주택이나 아파트 그리고 공장부지 선정이나, 학교 및 공장 건물들의 전경사진, 도로 및 교량 등의 소규모의 토목공사 진행사진, 팸플릿, 카탈로그, 인터넷 홈페이지 홍보 자료사진, 환경 영향 평가용 사진, 언론사 및 방송국의 보도용 사진, 영화 촬영 그리고 비행선 광고 및 기타 공중사진이 필요한 분야 등에서 모두 적용이 가능하다. 이런 특징을 가진 무선조정 헬리콥터가 동체의 자세를 거의 바꾸지 않고 공중정지비행(Hovering), 수직 및 하강, 전진 및 후진 비행, 측면 비행을 할 수가 있으므로, 공간상의 한 점에서 다른 점으로의 직선비행이 가능하다. 따라서, 그림 1과 같이 항공기 중에서도 비행기라 불리는 여객기나 전투기 등과 같이 주익(주날개)이 고정되어 있는 고정

익기처럼 일정하게 확보된 넓은 규모의 활주로가 필요 없는 곳에서도 수직 이·착륙이 가능하며, 비행중에 엔진이 정지되는 경우에도 조종사의 적절한 조종절차에 의하여 동체 위에 달린 자유회전을 이용하여 무사히 지상에 착륙할 수가 있다.

본 연구에서 사용된 무선조정 헬리콥터는 HIROBO사의 FREYA EVO 90급을 사용하였다. 형상 및 제원은 그림 2(a)와 표 2와 같으며 본 연구에서 사용된 무선조정 헬리콥터는 고 강도의 재질로 가볍고 튼튼하게 만들어 졌으며, 한 개의 glow 엔진(15cc)으로 메인로터(main rotor)와 테일로터(tail rotor)를 추진하고, 연료용량은 약 20분간 비행할 수가 있다. 무선조정 헬리콥터 조종자는 숙련된 훈련에 의해 무선으로 헬리콥터를 조정하고, 조종 범위는 지상에서 약 200m(가시거리) 사이의 거리에서 필요에 따라 비행 고도를 조종할 수 있다. 또한, 카메라를 제어할 수 있는 무선 조정기인 프로포셔널(Proportional)은 지상에서 무선조정 헬리콥터에 의해 촬영되는 영상을 지상에서 제어할 수 있도록 축을 상·하(약 90°)로 축을 기울게 할 수 있으며, 또한 좌·우(360°)로도 회전 가능하도록 설계되어져 있다. 그리고, 그림 2(b)는 헬리콥터의 이·착륙장치로써 가벼운 알루미늄 재질로 이루어진 쇠살대 부분으로 되어 있으며, 이와 같은 장치에 소형(35mm) 카메라, 디지털 비디오 카메라를 탑재하여 사용할 수가 있다. 또한, 중형(6×4.5cm), 파노라마(6×12cm), DV(6mm 3CCD), 35mm film movie 등을 탑재시에는 보다 성능이 뛰어난 헬리콥터 기종(가솔린 엔진 26cc)을 선택하여 사용할 수가 있다.

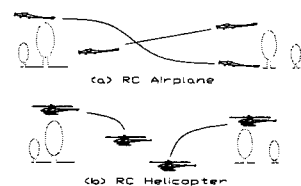
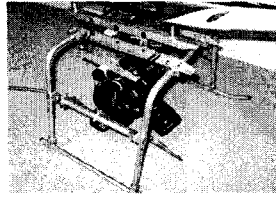


그림 1 무선조정 비행기와 헬리콥터의 특성



(a)



(b)

그림 2 무선조종 헬리콥터 및 짐벌장치

표 2 무선조정 헬리콥터의 제원

헬기 명칭	SST-EAGLE FREYA 90급
길이	1,375 mm
높이	453 mm
폭	200 mm
메인로터 직경	1,561 mm
테일로터 직경	270 mm
Gear ratio	7.9 : 1 : 4.77
최대 중량	4,900 g
작동거리	200m(가시거리)
작동시간	약 10 ~ 15분
응용 분야	사진측량학, 토목 및 건축측량, 등

2.2 카메라 캘리브레이션

수치사진측량에서의 기초적이면서 가장 중요한 부분은 카메라 렌즈에 대한 검증이다. 카메라의 렌즈는 제작할 때의 상황에 따라 다소 제원들이 근소한 차이로 변화하며, 시간이 지남에 따라 제원들의 값이 변화하므로 사진촬영하기 전에는 반드시 카메라의 검증이 필요하다. 카메라 렌즈의 정확한 파라미터를 검증하기 위하여 본 연구에서는 그림 3과 같이 A4 또는 A3 용지 등에 가로 및 세로로 일정한 간격으로 이루어진 100개의 원으로 된 용지에 ①, ②, ③, ④의 각 구간에서 촬영하였다. 그리고 카메라를 90° 회전시켜 각 구간에서도 촬영하여 얻은 총 8장의 사진을 가지고 검증하였다. 카메라 렌즈의 검증 방법은 각 양쪽 상·하단에 나와 있는 기준점에 대하여 사진 S/W인 Photomodeler 5.0을 이용하여 자동 포인트 마킹으로 검증하였다. 따라서, 본 연구에서 사용된 관측 카메라는 Nikon사에서 제조한 D80 디지털 카메라를 사용하였으며, 카메라에 대한 검증결과를 표 3에 나타내었다.

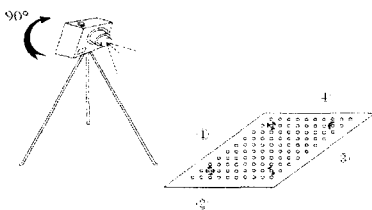


그림 3 디지털 카메라 검증 모습

표 3 디지털 카메라 검증 제원

Calibration[Nikon D80 Digital Camera]		
Interior Orientation	Focal Length	17.6353mm
	Format Size	W 23.9179 mm H 16.0000 mm
Principal Point	X	12.0447 mm
	Y	8.1006 mm
Lens Distortion	K1	6.929e-004
	K2	1.185e-005
	P1	-9.939e-007
	P2	-7.085e-006
Image Size	3,872×2,592 pixel	

3. 현장관측 및 분석

본 연구는 경상남도 사천시에 있는 모형비행장 활주로에서 Total Station에 의한 기준점 및 현황 측량을 하였다. 그리고 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용하여 고도 약 100m 상공에서 15매의 영상을 취득하였고, 그림 4와 같이 취득된 영상중 3매를 이용하여 상좌표 22점을 취득하였다. 그 중 3점은 기준점으로 나머지 19점은 검사점으로 사용하여 사진측량 S/W인 Photomodeler 5.0을 이용하여 기준점 및 검사점들을 Total Station에 의해 관측된 점과 비교하여 표 4에 나타내었다. 또한 그림 5와 같이 암반, 사면 그리고 지형의 계측 및 분석을 할 수 있는 ShapeMatrix^{3D}를 이용하여 그림 6과 같이 불규칙 삼각망(TIN)을 형성하여, 그림 7과 같이 수치 표고 모델(DEM)로 나타내었다.

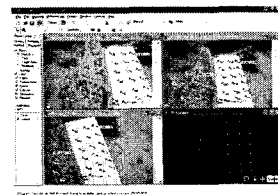


그림 4 추출된 기준점 및 검사점

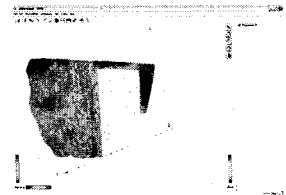


그림 5 TIN을 형성하기 위한 영상

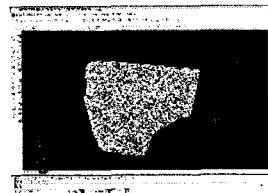


그림 6 불규칙 삼각망(TIN)

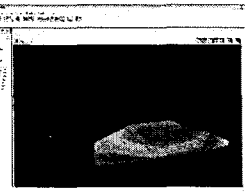


그림 7 추출된 수치 표고 모델(DEM)

표 4에서 기준점 770, 787, 788번을 이용하여

표 4 추출된 기준점과 검사점의 오차

측점	Total Station 관측 좌표(m)			모델링 좌표(m)			vx	vy	vz	비고
	X	Y	Z	X	Y	Z				
770	51.413	145.607	100.044	51.413	145.607	100.044	0.000	0.000	0.000	기준점
771	52.850	140.850	100.040	52.818	140.806	99.841	0.032	0.044	0.199	검사점
772	54.112	136.182	99.799	54.090	136.270	100.080	0.022	-0.088	-0.281	검사점
773	55.200	132.240	100.090	55.285	132.152	99.805	-0.085	0.088	0.285	검사점
774	56.250	128.190	100.100	56.390	128.137	99.908	-0.140	0.053	0.192	검사점
775	57.110	124.680	100.130	57.304	124.660	100.090	-0.194	0.020	0.040	검사점
776	55.570	146.970	100.070	55.539	147.000	100.024	0.031	-0.030	0.046	검사점
777	57.030	142.070	100.070	57.053	142.010	99.938	-0.023	0.060	0.132	검사점
778	58.470	137.330	100.100	58.514	137.242	99.889	-0.044	0.088	0.211	검사점
779	59.650	133.300	100.120	59.707	133.230	99.841	-0.057	0.070	0.279	검사점
780	60.770	128.950	100.100	60.840	128.925	99.918	-0.070	0.025	0.182	검사점
781	61.450	125.720	100.130	61.540	125.734	100.041	-0.090	-0.014	0.089	검사점
782	60.780	148.570	100.100	60.835	148.546	100.222	-0.055	0.024	-0.122	검사점
783	62.030	143.390	100.100	62.069	143.289	100.049	-0.039	0.101	0.051	검사점
784	63.280	138.740	100.090	63.305	138.635	99.957	-0.025	0.105	0.133	검사점
785	64.360	134.680	100.100	64.364	134.600	99.944	-0.004	0.080	0.156	검사점
786	65.550	129.900	100.100	65.547	129.861	99.989	0.003	0.039	0.111	검사점
787	62.959	119.259	100.117	62.959	119.259	100.117	0.000	0.000	0.000	기준점
788	63.743	115.438	100.090	63.743	115.438	100.090	0.000	0.000	0.000	기준점
789	75.490	140.590	99.990	75.429	140.422	100.163	0.061	0.168	-0.173	검사점
790	78.070	137.350	99.930	77.939	137.170	100.153	0.131	0.180	-0.223	검사점
791	77.530	132.560	99.930	77.306	132.412	100.216	0.224	0.148	-0.286	검사점

자동으로 추출한 검사점과 Total Station에 의해 측량된 기준점 좌표와의 차를 나타내었다. 표 4와 같이 X방향으로는 -0.194~0.224m, Y축으로는 -0.088~0.180m, Z축으로는 -0.286~0.285m의 정도 오차로 나타났다. 특히, Z축의 오차가 다소 큰 오차로 나타난 것은 촬영시 카메라의 촬영 수렴 각을 고려하지 않은 것으로 판단되는 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구는 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용하여 촬영된 영상으로부터 지형의 표고 모델(DEM)을 추출하고 재래적인 측량방식인 Total Station에 의해 관측된 기준점 및 검사점과의 정확도를 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 첫째, 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용하여 자동으로 추출된 검사점과 Total Station에 의해 측량된 기준점과 비교한 결과 X방향으로는 -0.194~0.224m, Y축으로는 -0.008~0.180m, Z축으로는 -0.286~0.285m 정도의 오차를 얻을 수 있었다.
- 둘째, 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템에 의해 촬영된 영상으로부터 수치 사진측량 프로그램인 Shape Metrix^{3D}을 이용하여 불규칙 삼각망(TIN)과 수치 표고 모델(DEM)을 추출하여 수치 현황도로 표현할 수가 있었다.
- 셋째, 이러한 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용하여 좁은 지역 및 접근하기 곤

란한 지역에서도 수치지형도를 수정하거나 제작시에 다른 측량방법보다 보다 빠르게 작업할 수 있는 방법이라 판단된다.

참고문헌

- 장호식, 노태호. 2005. 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용한 도로의 평면선형정보 추출, 한국지리정보학회지, 제8권 제4호, pp. 44-51.
- 장호식, 김진수, 이종출. 2005. 무선조정 헬리콥터와 지상사진측량시스템에 의한 석조 문화재 해석, 대한토목학회논문집 25(1D):151-158.
- 조재호. 1995. 기구 사진측량체계를 이용한 소규모지역의 지형자료기반 구축. 충북대학교 대학원 박사논문.
- Sofia Theodoridou, Kostas Tokmakidis and Dimitris Scarlatos. 2000. Use of Radio-Controlled Model Helicopters in Archaeology Surveying and in Building Construction Industry. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B5, Amsterdam. pp. 825-829.
- Thomas Zischinsky, Lionel Dorffner and Franz Rottensteiner, 2000. Application of a New Model Helicopter System in Architectural Photogrammetry. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B5, Amsterdam, pp. 117-183.