

항공 라이다 데이터를 이용한 공간해상도별 수치표면모형 제작 및 지상기준점 획득 가능성 분석

Digital Surface Model Generation using Aerial Lidar Data and Ground Control Point Acquisition

김감래¹⁾ · 황원순²⁾ · 이호남³⁾

Kim, Kam Rae · Hwang, Won Soon · Lee, Ho Nam

¹⁾ 명지대학교 공과대학 토목환경공학과 교수(E-mail:kam@myongji.ac.kr)

²⁾ 명지대학교 토목환경공학과 박사과정·중앙항업 지리정보연구소 연구원(E-mail:aftershock@korea.com)

³⁾ 중앙항업 지리정보연구소장(E-mail:yhnhan@chollian.net)

Abstract

In this study, the Digital Surface Models of various spatial resolutions were constructed using LIDAR point data on Digital Photogrammetric System. Then, the accuracies of each DSM's were evaluated using GPS surveying data. And also, observable features were classified and their accuracies were evaluated to verify the availability for Ground Control Point.

On Socet Set, Digital Photogrammetric System, 5 DSM's of which spatial resolutions were 0.15m, 0.5m, 1.0m, 2.5m and 5.0m were constructed and the accuracies of each DSM's evaluated in RMSE. The RMSE's of each DSM's were 0.03m, 0.05m, 0.08m, 0.12m and 0.19m. The building feature was observable in DSM's of which spatial resolutions were 0.15m, 0.30m and 0.50m. On the contrary, it could hardly be observed in those of other spatial resolutions. In comparison with the digital map at the scale of 1:1,000, the DSM at the spatial resolution of 0.15m was shifted horizontally by 0.6m~0.7m of RMSE in each X, Y direction. Therefore, GCP of which horizontal RMSE is better than 1m can be obtained from the DSM at the spatial resolution of 0.15m, of which vertical RMSE is 0.03m~0.19m as the RMSE of DSM. This point cannot be used in aerial triangulation of cartography, but can be used for GCP in modeling of satellite image at the moderate resolution.

1. 서 론

수 많은 지형정보를 쉽게 제작·이용할 수 있는 요즘 Lidar 자료의 점 데이터 등은 문서로서 수집할 수 있다. 그러나, 이 데이터를 모형화하기 위해서는 고성능의 수치사진측량시스템을 이용하거나, 수학적 모델링이 가능한 소프트웨어에서 3차원 모델링을 하여야 한다. Lidar자료의 경우 3차원의 수치표면모형(DSM), 수치지형모형(DTM) 등을 이용목적에 맞게 제작하여 이용할 수 있다.

본 연구는 Lidar 점 데이터를 수치사진측량시스템을 이용하여 공간해상도별 수치표면모형을 제작한 후 정확도 평가를 수행하고, 지상의 지형지물을 구분하여 관측이 가능한지 불가능한지를 구분하였으며, 관측이 가능한 지형지물의 정확도를 평가하여 지상기준점으로서의 활용성을 제시하고자 하는 것이다.

2. 자료처리 및 분석

2.1 사용데이터

본 연구에서 사용한 데이터는 Lidar 데이터와 1/1,000 수치지형도를 이용하였다.

2.1.1 Lidar 데이터

본 연구에 사용된 Lidar 자료는 점 데이터로 약 3,000,000개를 이용하였다. 촬영고도는 약 1,000m이다. 세부 제원은 다음 표 1.과 같다.

표 1. Lidar 데이터의 제원

대상지역	대전 일부
타원체 및 좌표계	WGS84_TM
촬영고도	약 1,000m
점 개수	약 3,000,000점

2.1.2 1/1,000 수치지형도

1/1,000 수치지형도는 Lidar 데이터의 정확도 평가를 하기 위한 것이다. 정확도 평가용 데이터는 GPS 현지관측성과를 이용하는 것이 타당하나, 건물(시설물)에 대한 GPS현지관측성과의 수집이 용이하지 않아 1/1,000 수치지형도를 이용하였다. 그리고, 수평위치에 대한 정확도 평가를 수행하였으며, 높이(Z)에 대해서는 수행하지 않았다.

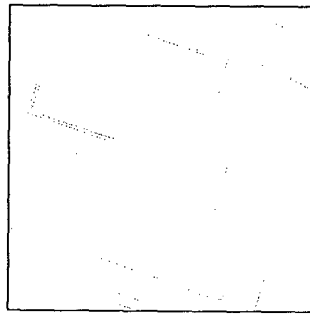


그림 1. 1/1,000 수치지형도(건물)

2.1.3 실험대상지역 수치표면모형

다음의 그림 2.는 실험대상지역으로 선정한 대전의 일부지역을 나타낸다. 수치사진측량시스템인 Socet Set을 이용하여 제작한 것으로, 수치표면모형의 공간해상도는 1m이다. 또한, 0.15m, 0.5m, 2.5m 및 5.0m에 대하여 각각의 수치표면모형을 제작하였다.

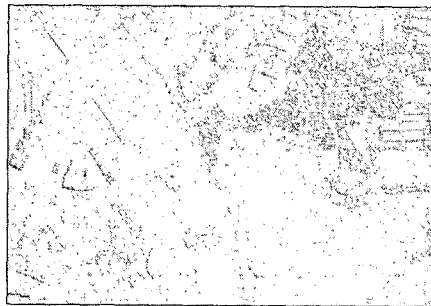


그림 2. 실험대상지역 수치표면모형(공간해상도 1m의 예)

2.2 연구수행절차 및 방법

본 연구는 Lidar 데이터를 공간해상도를 다양하게 하여 수치표면모형을 제작하였다. 다음 그림 3.은 연구수행절차도를 나타낸다.

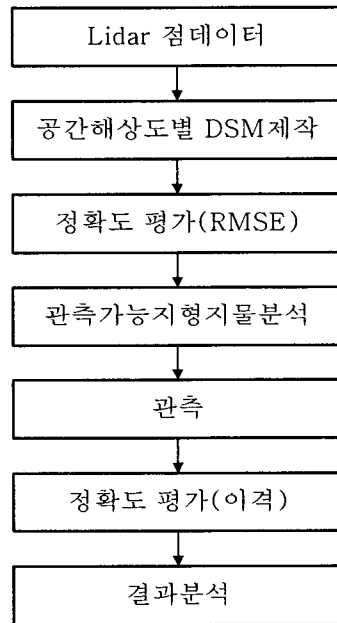


그림 3. 연구수행절차도

① Lidar 점 데이터

Lidar 점 데이터는 WGS84 타원체에 TM 좌표로 되어 있으며, 높이는 정표고(Ortho Height)를 기준으로 하였다. 데이터 포맷은 X(Easting), Y(Northing), Z(높이)로 되어 있다.

② 공간해상도별 수치표면모형(DSM) 제작

수치표면모형은 공간해상도를 다양하게 하여, 0.15m, 0.5m, 1.0m, 2.5m 및 5.0m로 제작하였으며, 수치사진시스템인 Socet Set을 이용하였다.

③ 정확도 평가

수치표면모형 정확도 평가는 GPS 현지관측성과를 이용하여 수행하였으며, 정확도 평가용 검사점은 22 점을 이용하였다.

④ 관측가능지형지물분석

제작해 놓은 수치표면모형상에서 관측가능한지형지물을 구분하였다.

⑤ 관측

수치사진측량시스템인 Socet Set을 이용하여 건물의 모퉁이를 관측하였다.

⑥ 정확도 평가

정확도 평가는 원칙적으로 GPS 현지관측성과를 이용하는 것이 타당하나, 건물(시설물)의 경우 일반적으로 지상기준점측량 성과가 거의 존재하지 않아 수집이 어려웠다. 따라서, 1/1,000 수치지형도를 이용하여 이격을 분석하였다.

3. 실험 및 결과분석

3.1 실험

본 연구는 그림 2.(실험대상지역 수치표면모형(공간해상도 1m의 예))에서 보는 바와 같이 공간해상도를 다양하게 수치표면모형을 제작하였다. 그리고, GPS현지관측성적을 이용하여 정확도 평가를 수행하였다. 그 정확도 평가 결과는 다음 표 2.와 같다.

표 2. 정확도 평가 결과표

내용 점번호	GPS현지관측성과			높이(공간해상도 ; 단위 m)					오차				
	X	Y	Z	Z1(0.15)	Z2(0.5)	Z3(1.0)	Z4(2.5)	Z5(5.0)	Z-Z1	Z-Z2	Z-Z3	Z-Z4	Z-Z5
1	228660.17	320438.78	72.72	72.73	72.74	72.75	72.75	72.75	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03
2	228922.09	320315.44	62.51	62.52	62.52	62.59	62.67	62.93	-0.01	-0.01	-0.08	-0.16	-0.42
3	229070.31	320272.68	62.63	62.63	62.65	62.65	62.69	62.46	0.00	-0.02	-0.02	-0.06	0.17
4	229246.57	320462.07	66.48	66.47	66.46	66.43	66.4	66.44	0.01	0.02	0.05	0.08	0.04
5	229504.77	320461.75	71.80	71.81	71.83	71.85	71.83	71.9	-0.01	-0.03	-0.05	-0.03	-0.10
6	229247.26	320499.61	68.68	68.64	68.56	68.51	68.54	68.59	0.04	0.12	0.17	0.14	0.09
7	229018.29	320654.01	65.63	65.62	65.6	65.57	65.55	65.44	0.01	0.03	0.06	0.08	0.19
8	228856.67	320548.88	63.75	63.74	63.73	63.73	63.76	63.79	0.01	0.02	0.02	-0.01	-0.04
9	228731.83	320678.69	68.30	68.29	68.29	68.31	68.19	68.68	0.01	0.01	-0.01	0.11	-0.38
10	228643.83	320616.90	110.45	110.46	110.48	110.48	110.46	110.5	-0.01	-0.03	-0.03	-0.01	-0.05
11	228604.11	320750.15	77.05	77.07	77.11	77.17	77.27	77.35	-0.02	-0.06	-0.12	-0.22	-0.30
12	229012.59	320523.22	63.94	63.95	63.99	64.02	64.09	64.04	-0.01	-0.05	-0.08	-0.15	-0.10
13	228588.19	320325.63	72.35	72.35	72.33	72.31	72.26	72.28	0.00	0.02	0.04	0.09	0.07
14	228172.95	320291.59	95.65	95.64	95.61	95.56	95.56	95.56	0.01	0.04	0.09	0.09	0.09
15	229246.02	320466.02	66.43	66.5	66.49	66.47	66.52	66.63	-0.07	-0.06	-0.04	-0.09	-0.20
16	229109.62	320735.75	76.85	76.84	76.83	76.78	76.73	76.74	0.01	0.02	0.07	0.12	0.11
17	228900.15	320733.30	65.75	65.86	65.87	65.88	65.91	66	-0.11	-0.12	-0.13	-0.16	-0.25
18	229099.50	320342.74	56.39	56.4	56.42	56.44	56.61	56.54	-0.01	-0.03	-0.05	-0.22	-0.15
RMSE									0.03	0.05	0.08	0.12	0.19

위의 표 2.에서 보는 바와 같이, 공간해상도 0.15m, 0.50m, 1.0m, 2.5m 및 5.0m의 수치표면모형에 대한 RMSE는 각각 0.03m, 0.05m, 0.08m, 0.12m 및 0.19m를 나타내었다.

검사점은 22개의 GPS현지관측성적을 이용하였으나, 4점은 과대오차를 나타내었다. 여기서, 과대오차라 함은 3σ 이상인 것을 말한다. 따라서, 3σ를 초과하는 4점을 소거한 후, 18점만을 이용하였다.

또한, 본 연구에서는 다음 그림 5.와 같이 지형지물을 구분하여 수치표면모형을 제작하였다. Lidar 점 데이터를 이용한 수치표면모형 제작시 고성능의 하드웨어와 소프트웨어를 요구한다. 따라서, 광역의 수치표면모형을 처리하는 것이 불가능 하였다. 그러므로, 본 연구에 필요한 수준의 영역을 선택하여 각각의 수치표면모형을 제작하였다.

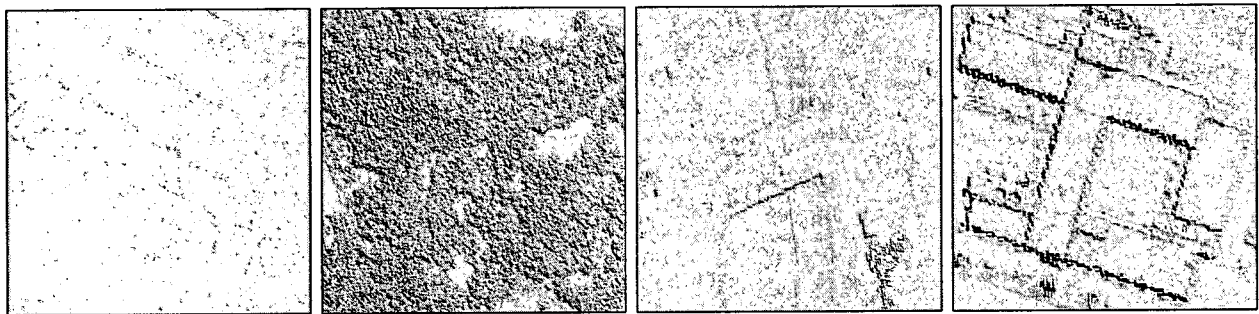


그림 4. 지형지물 구분(좌로부터 농경지, 산지, 교량, 건물(시설물))

항공사진, 디지털카메라 등은 주차선, 도로중앙선과 정지선의 교차점 등 선점하기 용이하고, 관측하기 용이한 점을 GPS현지관측을 통해 측량을 실시하여 지상기준점을 획득한다. 그러나, Lidar 점 데이터는 그 점데이터가 영상상에서 어느 부근인가를 판단하기가 곤란하다. 따라서, 수치표면모형을 제작하여 3차원 모델링을 하여야 지형지물에 대한 실상 인지가 가능하다.

위의 그림 4와 같이 다양한 지형지물을 관측한 결과, 경계가 명확하고, 관측이 용이 또는 가능한 지형지물은 건물(시설물) 정도였다. 따라서, 건물에 대한 수치표면모형을 공간해상도를 달리하여 제작하였으며, 대상 건물에 대하여 관측 용이한 모퉁이를 관측하였다.

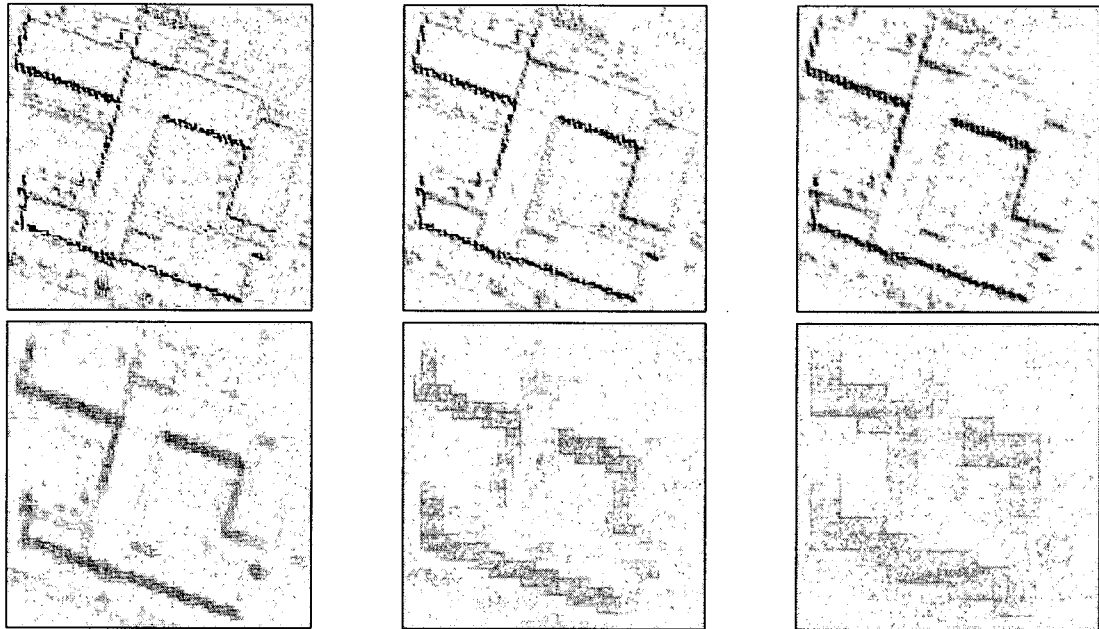


그림 5. 건물(시설물)에 대한 지상해상도(좌상단부부터 시계방향으로 0.15, 0.30, 0.50, 1.0, 2.5, 5.0m)

위의 그림 5.에서 보는 바와 같이 공간해상도가 0.15m, 0.30m 및 0.50m 수준은 관측이 용이하였으나, 그 이상의 수준에서는 관측하는 것이 곤란하였다.

1/1,000수치지형도와의 이격은 공간해상도 0.15m의 경우 최소 0.01m, 최대 1.01m까지, 0.30m인 경우 최소 0.13m, 최대 1.23m, 0.50m인 경우 최소 0.14m, 최대 1.23m를 나타내었다. 또한, 공간해상도가 높을 수록 이격이 작음을 알 수 있었다. 공간해상도별 RMSE는 다음 표 3.에 나타내었다.

표 3. 1/1,000수치지형도와 Lidar 데이터의 이격

좌표		공간해상도(m)		
		0.15	0.30	0.50
RMSE(m)	X	0.67	0.82	0.98
	Y	0.69	0.83	1.03
수평위치		0.96	-	-

3.2 결과분석

본 연구를 수행한 결과, 공간해상도 0.15m, 0.50m, 1.0m, 2.5m 및 5.0m의 수치표면모형에 대한 RMSE는 각각 0.03m, 0.05m, 0.08m, 0.12m 및 0.19m를 나타내었다. 또한, 지형지물 중 지상기준점의 목적으로 관측이 가능한 것은 건물(시설물)뿐이었다. 대상건물은 공간해상도별로 다양하게 제작하였는데, 공간해상도가 0.15m, 0.30m 및 0.50m 수준은 관측이 용이하였으나, 그 이상의 수준에서는 관측하는 것이 곤란하였다.

1/1,000 수치지형도와와의 이격은 공간해상도 0.15m의 경우 최소 0.01m, 최대 1.01m까지, 0.30m인 경우 최소 0.13m, 최대 1.23m, 0.50m인 경우 최소 0.14m, 최대 1.23m를 나타내었다. 이는 공간해상도가 높을수록 이격이 작음을 알 수 있었다. 결과적으로 Lidar 수치표면모형상에서 건물 모퉁이를 관측했을 경우 수평위치에 대해 약 1m 내외, 수직위치에 대해서는 약 0.05m~0.2m 수준의 지상기준점 획득이 가능할 것으로 판단된다.

4. 결 론

Lidar 점데이터를 이용한 공간해상도별 수치표면모형 제작 및 지상기준점 획득 가능성에 대한 연구실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Lidar 점데이터를 이용하여 공간해상도를 0.15m~5.0m 수준으로 제작한 수치표면모형은 높이(Z)에 대하여 RMSE가 0.03m~0.19m 수준의 정확도를 나타내었다.
2. 수치사진측량시스템 환경에서 Lidar 수치표면모형을 관측하여 획득할 수 있는 지상기준점은 건물(시설물)의 모퉁이 정도뿐이며, 1/1,000 수치지형도와 이격(RMSE)은 각각 X, Y축으로 0.6~0.7m 수준이었으며, 수평위치는 0.96m이었다. 따라서, 1/1,000 수치지형도의 정확도를 고려하면 Lidar에서 획득할 수 있는 지상기준점의 정확도 추정이 가능하다.
3. 획득한 지상기준점은 지도제작을 위한 항공사진의 사진기준점측량의 경우는 사용이 불가능하지만, 중해상도 이상의 위성영상 모델링시 사용가능할 것으로 판단된다.
4. 향후 개선된 지상기준점 획득방법을 연구하여 항공사진의 사진기준점측량 수행 결과와 Lidar 수치표면모형에서 획득한 지상기준점을 이용하여 수행한 사진기준점측량성과와 비교하는 연구를 수행하여 지상기준점 활용이 어느 수준까지 가능한지 파악하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 최윤수, 한상득, 위광재 (2002), 도화원도를 이용한 LiDAR DEM의 정확도 평가, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제20권, 제2호, pp. 127-136.
- 유환희, 김성삼, 정동기, 홍재민 (2005), LIDAR 자료를 이용한 DTM 생성 정확도 평가, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제23권, 제3호, pp. 261-272.
- 이동천, 염재홍 (2005), LiDAR 데이터를 이용한 수치지도의 건물 및 등고선 레이어 생성, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제23권, 제3호, pp. 313-322.