

항공 레이저 매핑 시스템 DTM의 정확도 분석

Accuracy Assessment of DTM by Airborne Laser Mapping System

임삼성 * · 김영배 ** · 서정현 ***

*인하대학교 지리정보공학과(Tel:032-860-7604, Fax:032-863-1506, E-mail:slim@inha.ac.kr)

**인하대학교 지리정보공학과(Tel:032-860-7989, Fax:032-863-1506, E-mail:g1992054@inhavision.inha.ac.kr)

***(주)Mobile Mapper 대표이사(Tel:02-534-1563)

초 록

본 연구에서는 항공 레이저 지형 매핑(Airborne Laser Terrain Mapper 혹은 간단히 ALTM)을 이용하여 제작된 DTM의 정확도 분석을 위해 500m 간격으로 측정지역을 선정하고 검증 측정의 GPS 측량을 실시하여 다양한 방법을 통해 정확도를 검증하였다. ALTM의 DTM 각 점 사이의 고도 값 추정을 위해 TIN을 제작하고, GPS를 이용한 측정점들의 커버리지를 제작하여 TIN과 중첩한 다음 정확도를 분석하는 방법과 GPS 측정 주변에 분포하는 DTM 자료를 평균하여 RMSE를 구하는 방법을 병행하였다.

1. 서 론

컴퓨터와 전자기술의 발달에 힘입어 각종 사회활동에서 다루어지고 있는 정보처리의 기술도 다양화 및 고도화되고 있으며, 이러한 기술들은 최근 정보화 사회의 도래에 따라 폭주하는 정보의 효율적인 처리에 핵심을 이루고 있다. 정보의 폭증과 다양한 활용분야의 개발은 지리정보 분야에서도 예외가 아니어서 이들을 종합적이고 체계적으로 관리하기 위하여 컴퓨터 기술을 활용한 지리정보 시스템이 발전되고, 활발하게 활용되고 있다. 또한 지리정보의 자료의 획득을 위해 현재 국내에서 항공사진을 많이 이용하고 있지만, 외국의 여러 나라에서는 항공 레이저 매핑 시스템 등을 이용하여 지형도 및 DEM을 제작하고 있다.

현재 우리나라도 시범사업으로 항공 레이저 매핑 시스템을 이용한 지형도 제작, DEM제작 등의 여러 분야에 이용을 위한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 시범사업으로 레이저 매핑을 실시한 측정지역 일원에 대하여 높이 정확도를 검증하기 위해 레이저 측정지역의 검수점을 선정하여 GPS를 이용해 측정하고, 레이저 매핑 데이터와 GPS 측정성과 간의 높이 값을 비교하는 방법으로 레이저 매핑의 높이 정확도를 검증하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상지

항공 레이저 매핑 시스템을 이용해 레이저 스캔한 지역으로 분당 신도시 지역 일원으로 남북방향 1km, 동서방향 12km이며, 총 면적은 약 12km²이며, 검수지역은 도심지를 제외한 도심외곽지역을 대상으로 하였다.

2.2 연구수행과정

본 연구의 진행방법은 항공 레이저 지형 매핑(Airborne Laser Terrain Mapper 혹은 ALTM)의 시험 대상 지역을 선정하여 ALTM으로 스캐닝한 다음, 취득한 자료의 DTM의 높이 값의 정확도를 검증하기 위해 대상지역내의 동서방향 12km의 구간을 500m간격으로 분할하고, 남북방향으로는 측정점 간격이 400m가 되도록 측정점 30개 선정하였다.

GPS 측정과 레이저 매핑 데이터의 높이 값의 정확도 비교는 두 가지 방법을 이용하였다. 첫 번째 방법은 GPS 측정 좌표를 포함시키는 가장 가까이 근접해 있는 레이저 데이터의 4점을 선택하고, 이 점들의 높이 값을 평균하여 GPS 측정의 높이를 검증하는 방법이다. 두 번째 방법은 GPS 측정 좌표를 포함시키는 3점을 선정하여, 세 점이 이루는 좌표평면을 구한 후 레이저 매핑의 높이 값을 검증하였다.

이 두 가지 방법에 의해 구한 레이저 매핑 데이터와 GPS 측점간의 높이값의 차에 대해 RMSE를 구하였다. 그림 1 은 이와 같은 연구수행과정을 개념화한 것이다.

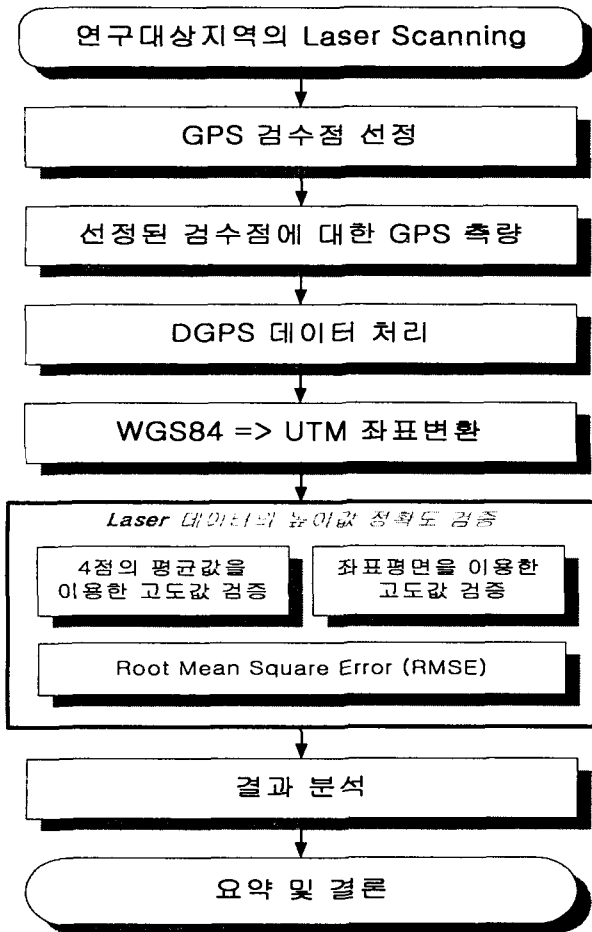


그림 1. 연구수행과정

3. 이론적 배경

3.1 ALTM

GPS와 INS 및 레이저 거리 측정 센서를 통합한 장비로써 항공기에 장착한 후 지형도 및 DTM제작 대상지역에 대해 스캐닝하여 취득한 GPS, INS, Laser 거리측정 데이터를 이용하여 지표면의 측정 좌표(X,Y,Z)를 매핑하는 기술로서 대축척 지도 및 수센티미터 정확도의 DEM 제작이 가능하다.

GPS는 레이저 센서의 위치를 결정하며, INS는 항공기 및 센서의 자세를 제어하고, 레이저 센서는 적외선 레이저 빔을 회전반사거울을 통해 투사하고, 투사된 빔이 지표면에 반사되어 돌아오는 시간차와 회전반사거울의 회전각을 이용하여 지표면 측정점의 상대위치를 계산하게 된다. 그리고, 레이저

센서의 위치를 GPS와 INS를 이용하여 결정하게 되므로 지표면 측정점의 절대위치 X, Y, Z값을 결정한다. 이때 결정되는 레이저 센서는 기지점에 설치한 GPS 기준국을 이용하여 DGPS를 이용하므로 높은 정확도의 결과를 얻을 수 있다.

3.2 레이저 데이터의 높이 정확도 검증

정확도 검증의 첫째 방법으로, 아래 그림 2와 같이 GPS측점을 포함하고 있는 4점의 레이저 측정점(A, B, C, D)의 높이값(Z) 평균을 구하여 정확도 검증한다.

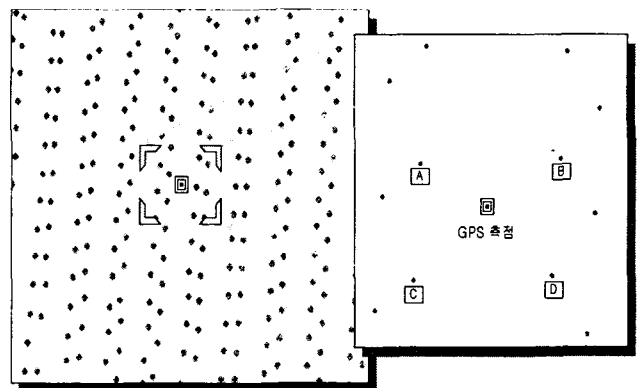


그림 2. Laser 데이터와 GPS 측정점의 높이값 비교(I)

좌표평면을 이용한 높이값 검증에서는 GPS측점(Z)을 포함시키는 3점의 레이저 측정점(P, Q, R)을 선택하고 이 3점을 지나는 평면방정식을 구하여, 아래 그림 3과 같이 GPS측점과 Z축으로 평행하는 평면상의 측정좌표(F)를 구한다. 평면상의 측정좌표(F)와 GPS측점의 높이 값을 비교한다.

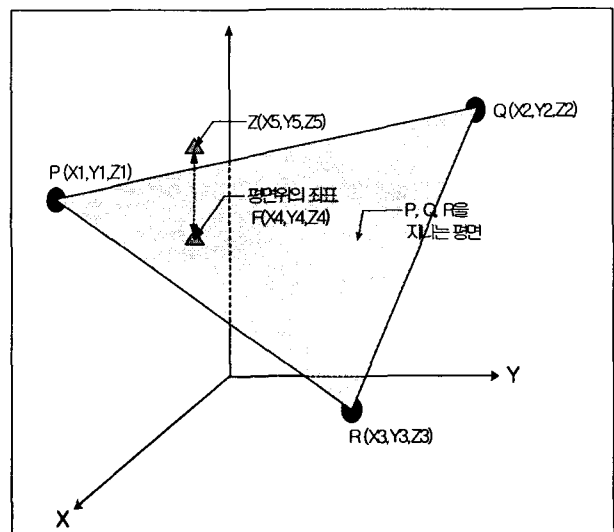


그림 3 Laser 데이터와 GPS 측정점의 높이값 비교(II)

4. ALTM 측량

4.1 ALTM 측량

ALTM을 이용한 데이터 획득 및 처리과정은 계획 수립과 취득 작업에 의해 이루어지게 된다. 그림 4는 이와 같은 과정을 개념화한 것이다.

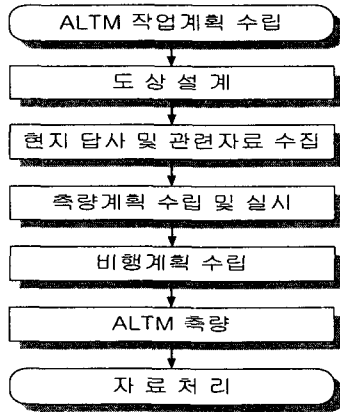


그림 4. ALTM 작업과정

ALTM장비는 하드웨어 부분의 GPS, INS, 레이저 거리측정 센서로 구성되어 있으며, 소프트웨어 부분의 분석 소프트웨어, 컨트롤 소프트웨어, 항법 소프트웨어로 구성되어 있다.

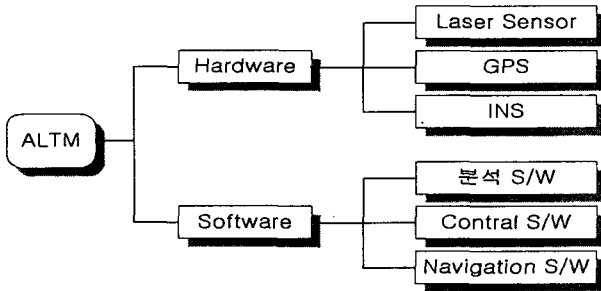


그림 5. ALTM 구성도

본 시험연구에서 사용한 장비는 캐나다 Optech사에서 개발한 ALTM 1010이며, 장비의 주요규격은 다음의 표 1과 같다.

표 1. ALTM 1010 주요 규격

구분	ALTM
Scan 고도	400~1,200m
Scan Angle	0±20°
Swath	0 to 0.68×고도
Scan Frequency	25Hz for ±20°
Laser Repetition Rate	4kHz
수평정확도	1/1,000×고도 이상
주직정확도	15cm

ALTM으로 얻어진 데이터는 레이저 측량을 실시한 지형에 대해 X, Y, Z에 대한 점으로 이루어져 있으며, 이점들에 의해 지형 정보를 추출할 수 있다. ALTM을 이용하여 분당지역을 측량한 산악지역 일부의 DTM인 영상은 다음과 같다.



그림 6. Digital Terrain Model(DTM) 영상

다음은 레이저 측량을 실시한 지역의 높이값 검수를 위한 GPS 측점 16번에 해당하는 커버리지와 이를 이용하여 제작한 TIN, GPS 측량시 촬영한 사진, 지형도이다.

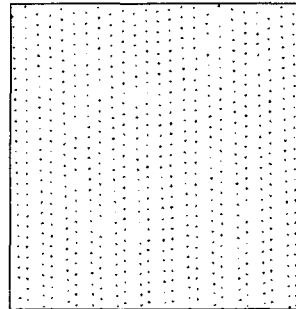


그림 7. Coverage

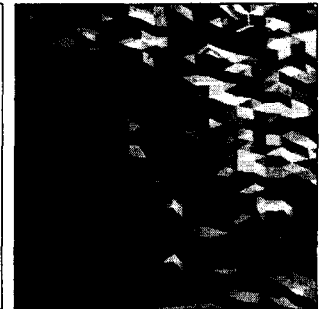


그림 8. TIN

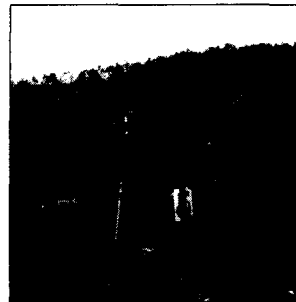


그림 9. 측점 사진

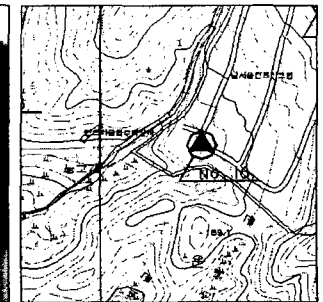


그림 10. 지형도

5. 레이저 데이터의 높이값 검수 결과

GPS 측량점 중 12, 22, 24, 32번은 레이저 매핑 지역 외곽으로 벗어나 있기 때문에 검수에서는 제외하였다. 각 측정점의 데이터를 아래의 표 2에 나타내었다.

면이 풀밭이나 농토지역으로 계절적 변화에 따른 지면의 상태가 불안정한 지역이다. 양호지역은 총 검수측점 26곳 중 14지역이고, 불량지역은 12곳이다. 검수결과에서 측정번호 10, 19, 21, 38번 지역은 검수방법에 따라 높이 값의 차가 15cm이상 차이를 보이며, 이 지역은

번호	측점번호	GPS측점 높이(Z_1)	검수방법에 의한 높이		높이 차		지면 상태
			Laser 4점 평균높이(Z_2)	Laser측점의 좌표평면 높이(Z_3)	$Z_1 - Z_2$	$Z_1 - Z_3$	
1	1	123.837	123.8575	123.879	0.0205	0.042	양호
2	2	71.965	71.930	71.888	-0.035	-0.077	양호
3	3	233.093	232.930	232.833	-0.163	-0.26	양호
4	4	126.781	126.630	126.590	-0.151	-0.191	양호
5	5	208.042	207.880	207.899	-0.162	-0.143	불량
6	6	275.342	275.323	275.320	-0.0195	-0.022	양호
7	7	172.292	172.270	172.275	-0.022	-0.017	불량
8	8	164.779	164.730	164.689	-0.049	-0.09	양호
9	9	250.461	250.405	250.379	-0.056	-0.082	양호
10	10	186.392	186.563	186.421	0.1705	0.029	불량
11	11	245.567	245.572	245.487	0.005	-0.08	양호
12	13	107.499	107.340	107.323	-0.159	-0.176	불량
13	14	80.956	80.938	80.954	-0.0185	-0.002	양호
14	15	109.907	109.735	109.712	-0.172	-0.195	불량
15	16	191.306	191.193	191.392	-0.1135	0.086	불량
16	17	163.428	163.260	163.233	-0.168	-0.195	불량
17	19	66.507	66.320	66.493	-0.187	-0.014	양호
18	20	63.441	63.268	63.164	-0.1735	-0.277	양호
19	21	192.714	193.003	192.769	0.2885	0.055	불량
20	22	140.237	140.140	140.124	-0.097	-0.113	불량
21	25	209.647	209.430	209.357	-0.217	-0.29	불량
22	30	246.869	246.818	246.802	-0.0515	-0.067	양호
23	31	202.516	202.518	202.513	0.0015	-0.003	불량
24	35	367.38	367.363	367.314	-0.0175	-0.066	양호
25	37	371.271	371.118	371.155	-0.1535	-0.116	양호
26	38	255.946	255.718	255.940	-0.2285	-0.006	불량
RMSE					0.138	0.134	

표 2. ALTM 높이값 검증결과

높이 검수에서 4점의 평균으로 검수한 결과의 RMSE는 0.138로 GPS 높이와 레이저 매핑높이는 약 13.8cm의 차를 보이는 것으로 나타났고, 좌표평면을 이용한 결과에서는 RMSE가 0.134로서 GPS높이와 레이저 매핑간의 높이차는 13.4cm로 나타났다 (표 2 참조). 그림 11에서 각 측정점의 그래프의 유형을 보면 '4점의 평균'을 이용한 검수방법과 '좌표평면'을 이용한 검수방법의 그래프의 변화는 대체적으로 비슷한 변화를 보였다.

위 결과에서 레이저 매핑 검수측점의 지면상태에 따라 '양호'와 '불량'으로 구분하였고, 양호지역은 지면이 콘크리트나 도로변으로 지면이 견고한 지역으로 계절적 변화에 영향이 없는 지역이다. 반면 불량지역은 지

면상태가 불량한 지역으로 레이저 매핑 측정점에서 검수측점 선택시 지면변화가 심하여 선택된 측정점의 높이차가 증가하여서 이와 같은 결과를 나타내는 것으로 사료된다.

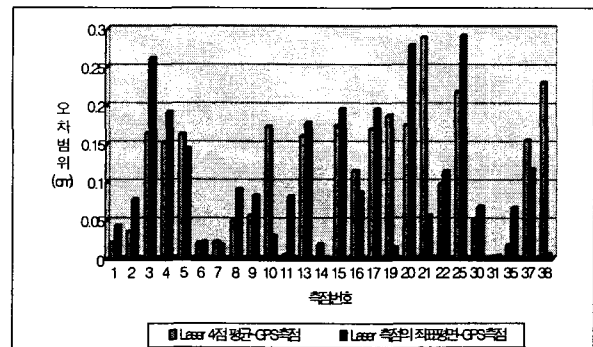


그림 11. 높이검증 결과에 대한 그래프

오차 범위	검수 방법	측점수	기타
5cm이하	TIN	8	30 %
	4점 평균	10	37 %
5cm~10cm	TIN	8	31 %
	4점 평균	2	8 %
10cm~15cm	TIN	3	12 %
	4점 평균	2	8 %
15cm~20cm	TIN	4	15 %
	4점 평균	9	35 %
20cm~30cm	TIN	3	12 %
	4점 평균	3	12 %

표 3. 오차군 분포

6. 결론

위성영상과, 항공사진을 활용해 정사투영영상을 생성하여 수치표고모델을 추출했을 경우 해상도가 10×10인 위성영상을 이용한 수치표고모델의 추출한계는 약 12m이고, 항공사진을 이용한 수치표고모델의 추출한계는 약3m정도(1/5000수치지도 제작가능)이다. 이번 연구의 결과 ALTM의 고도값 정확도는 기존에 수치표고모델을 제작방법보다 고정확도를 확보할 수 있어 1/5000 이상의 수치지도 제작에 적용할 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 GPS 측량성과를 이용하여 ALTM의 높이값을 검증한 결과, 약 13cm의 정확도를 보였다. 이 결과는 레이저 매핑 지역 중에서 지형의 기복변화가 심한 산림지역을 대상으로 하였으므로 시가지, 평지, 일반도로, 고속도로 등과 같이 시간에 따른 지면의 변화가 없는 지역을 다수 포함하면 ALTM을 이용한 수치표고모델제작 정확도는 보다 향상될 것으로 기대된다. 이와 같이 ALTM을 이용한 수치표고모델은 1/1,000 수치지도제작에 적용할 수 있다.

참고문헌

[1] James Feruson, GEOsurv Inc, "A Practical Evaluation of Airborne Laser Mapping for Highway Engineering Surveys", 2000.

[2] "수치지도 작성작업 내규", 국립지리원 내규 제 71호, pp5~7, 1995.

[3] 유복모, 박흥기, 유환희, 정수, "위성영상을 이용한 3차원 정사투영영상 생성법에 관한 연구" 연세대학교 산업기술연구소, pp18~116, 1997.