

# GPS에 의한 LiDAR DEM의 정확도 평가

## Accuracy Assessment of LiDAR DEM Using GPS

강준묵<sup>1)</sup> · 윤희천<sup>2)</sup> · 이창복<sup>3)</sup> · 박준규<sup>4)</sup>

Kang, Joon Mook · Yoon, Hee Cheon · Lee, Chang Bok · Park, Joon Kyu

### Abstract

DEM has been used for various purposes overall fields of engineering, the fields of civil engineering, military, communication, environment, and so forth and its applications are being extending increasingly. It is well known that LiDAR DEM is definitely superior to the other surveying methods. But LiDAR DEM run short of a full study about vertical accuracy. In order to assess LiDAR DEM, total 35 stations were selected and surveyed by GPS for utilizing as reference data. And then accuracy of LiDAR DEM was analyzed by comparison between both LiDAR DEM and GPS surveying. The RMSE of  $\pm 0.109\text{m}$  was shown in vertical direction. It is within the permissible accuracy required for mapping on a scale of 1 to 500 and 1 to 1000 on the mapping rule notified by the National Geographic Information Institute. It is expected that the results of this study will be fully used in the field of large scale DEM generation and be utilized as basic information in applied field of LiDAR DEM.

Keywords : LiDAR, DEM, GPS, Accuracy assessment

### 초 록

DEM(Digital Elevation Model)은 그 용도가 매우 다양하여 토목, 군사, 통신, 환경, 국토계획 등의 분야에서 그 활용이 날로 증가하고 있다. LiDAR 측량이 다른 측량 기법에 비해 우수한 DEM 성과를 제시하고 있는 것으로 나타나고 있으나 수직 위치에 대한 정확도를 구체적으로 평가한 연구는 아직 부족한 편이다. 이에 본 연구에서는 LiDAR DEM에 대한 정확도를 평가하기 위하여 항공 LiDAR 측량을 통해 생성된 DEM을 기준으로 총 35점의 특이점을 선정하여 GPS 측량을 실시하였으며, 이를 바탕으로 LiDAR에 의하여 생성된 DEM과 현지 GPS 측량 성과와의 정확도 분석을 수행하여 정표고에 대한 RMSE  $\pm 0.109\text{m}$ 를 확보하였다. 이는 국토지리정보원에서 고시한 축척 1:500, 1:1,000 기준의 허용 오차 범위 이내의 값으로 대축척 DEM 구축 분야에 항공 LiDAR 측량이 매우 유용하게 활용될 수 있음을 제시한 것이며 LiDAR 관련 DEM 응용 분야에서의 기반 자료로 그 활용이 기대된다.

핵심어 : LiDAR, DEM, GPS, 정확도 평가

## 1. 서 론

최근 항공 LiDAR(Light Detection And Ranging) 측량은 기존의 항공사진 측량방법보다 신속하고 정확하게 지형 정보를 구축할 수 있다는 장점으로 각광 받고 있다. 1980년대 개발되어 이후 비약적인 발전을 하고 있는 LiDAR 측

량은 장비성능 개선, 자료처리에 대한 꾸준한 기술 개발과 효율적인 활용 등을 위한 노력으로 1990년대 중반부터 경제적이고 효과적인 지형정보 취득 수단으로 인식되고 있다. 또한 선형적인 지형에 해당하는 도로, 철도와 같은 노선측량, 대규모산림지역, 해안지역 및 도로설계를 위한 토공량 산정 등의 3차원 지형정보 취득 및 응용에도

1) 정희원 · 충남대학교 공과대학 토목환경공학부 교수(E-mail:jmkang@cnu.ac.kr)

2) 정희원 · 충남대학교 공과대학 토목환경공학부 조교수(E-mail:hcyoon@cnu.ac.kr)

3) 정희원 · 충남대학교 대학원 토목공학과 석사(E-mail:surveylee@empal.com)

4) 연결저자 · 정희원 · 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:survey@cnu.ac.kr)

활용도가 매우 높다.

현재 LiDAR 자료와 수치영상(digital image) 또는 기존의 수치지도(digital map)와 같이 능동센서와 수동센서의 서로 다른 특징을 갖는 산출물의 융합을 이용한 DEM의 자동 추출 및 생성에 관한 연구가 이미 국내외에서 활발히 진행되고 있다. 국외의 경우, Axellsson(1999)은 DEM 생성 및 각종 시설물을 분류하는 알고리즘을 제시하였고, Palmer(2000)는 LiDAR 자료와 디지털 영상간의 융합을 통하여 DEM 생성 및 3차원 GIS 환경을 구축하였으며, Haugerud 등(2001)은 LiDAR를 이용하여 지형에 대한 가장 모델을 구현하였다. 또한 Hailec 등(2005)은 다양한 지표의 거칠기 값을 고려하여 LiDAR를 이용한 DEM을 생성과 DEM 해상도별 효율성 검토를 하였다.

국내의 경우, 최윤수 등(2002)은 LiDAR DEM자료와 축척 1:1,000 도화원도와의 비교로 정확도를 평가하였고, 최윤석(2003)은 항공카메라와 레이저스캐너를 이용하여 지형지물을 자동으로 추출하는 알고리즘을 수행하였으며, 강준묵 등(2004)은 LiDAR에 의한 DEM과 고해상도 영상을 이용한 DEM을 융합하여 도심에서의 정밀한 DEM생성의 가능성을 제시하였다. 또한 최윤수 등(2005)은 건물을 대상으로 LiDAR 측량 자료와 토털스테이션에 의한 측량 자료를 이용하여 정확도를 평가함으로써 LiDAR 자료의 활용가능성을 제시하였으며, 유한희 등(2005)은 도심지를 대상으로 필터링기법에 의해 DTM(Digital Terrain Model)의 생성 정확도를 평가하였다.

일반적으로 LiDAR 측량이 다른 측량 기법에 비해 우수한 DEM 성과를 제시하고 있는 것으로 나타나고 있으나 수직 위치에 대한 정확도를 구체적으로 평가한 연구는 아직 부족한 편이다.

이에 본 연구에서는 항공 LiDAR 측량에 의해 생성된 DEM 자료의 정확도를 평가하기 위해 연구대상지내에 특이점을 선점하고 이에 대한 GPS 측량을 실시함으로써 LiDAR DEM에 대한 정확도를 평가하고자 하며, 이를 통해 항공 LiDAR 측량의 DEM 제작 및 활용에 있어서 기반 자료를 제시하고자 하였다.

## 2. 연구대상지 선정 및 데이터 취득

### 2.1 연구대상지 선정

본 연구에서는 연구대상지역을 대전광역시 서구 정립동 소재의 도솔산 주변으로 선정하였다. 연구대상지는 표

고 207m로 능선과 계곡 그리고 수목이 적당히 상존하는 지역이며 특이점 선점에 있어서 비교적 양호한 조건을 지니고 있다.

그림 1과 2는 연구대상지에 대한 항공사진과 수치지도를 보여주고 있으며, 본 연구에서 항공 LiDAR DEM의 정확도 평가를 위한 연구수행 과정에서 보조 자료로 활용하였다.

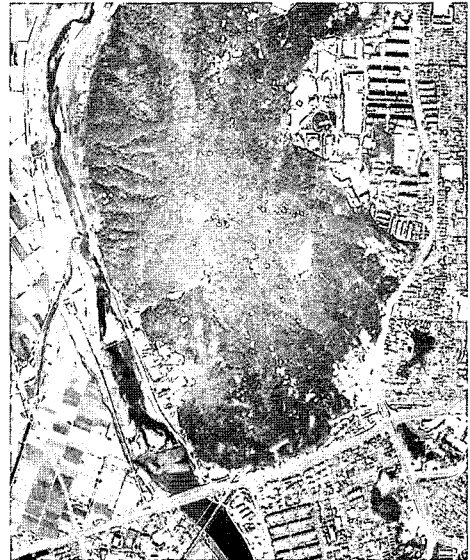


그림 1. 연구대상지 항공사진

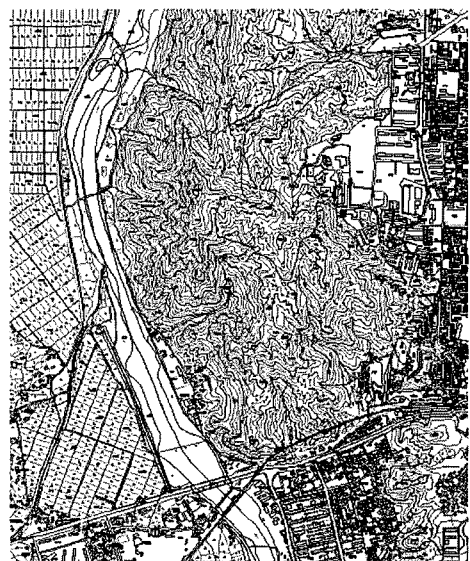


그림 2. 연구대상지 수치지도

## 2.2 데이터 취득

연구대상지역에 대한 LiDAR 자료를 취득하기 위하여 항공 LiDAR 측량을 실시하였다. 본 연구에서 사용된 항공 LiDAR 측량 장비는 캐나다 Optech사의 ALTM 30/70 모델이다. 이 장비는 레이저 펄스 주사율이 최대 70kHz이며, 고도 3,000m까지 운용 가능하다. 정확도는 약 1,000m의 비행고도에서 관측될 경우 일반적으로 수직  $\pm 15\text{cm}$ , 수평  $\pm 50\text{cm}$ 의 정확도를 보인다. 또한 하나의 펄스로 최대 4개의 반사파를 구할 수 있어 산림지대에서 투과성이 우수하다. 또한 기존 항공사진측량카메라(Leica사 RC30)의 플랫폼 요소를 공유하며, 항공용 GPS수신기와 INS장치, 파일럿 디스플레이 장치를 갖추고 있다.

작업의 효율성, 항공기 운영, 지상 GPS 기준국의 설치와 관련하여 전체 대상영역을 구분하여 나누고, 이에 대한 비행설계를 하였으며 3~4점/m<sup>2</sup>의 점밀도로 데이터를 취득하였다.

지상 GPS기준국은 기내 탑재된 레이저스캐너의 정확한 위치파악을 위해 항공기의 이륙에서부터 착륙까지 전 시간에 걸쳐 운용하였다. GPS데이터는 1초 간격으로 수신하며, 이 때 LiDAR 자료의 정확도 향상을 위해 지상 GPS 기준국의 위치는 측량지역 상황에 따라 다르지만 연구대상지 조건을 고려하여 비행노선에 최대한 가까이 설치하였다. 그림 4는 본 연구에서 사용된 지상 GPS 기준국 장비로 미국 Trimble사의 5700 2주파 수신기이며



그림 3. LiDAR 원시자료

GPS 관측 광경을 나타내고 있다.

본 연구에서는 LiDAR DEM의 정확도 평가를 위하여 연구대상지 산악지형을 총 3개의 구역으로 설정하고 각 구역에 특이점을 선정하였다. 이때 보다 향상된 성과 획득을 위해 연구대상지의 공간적 분포를 고려하여 두 점의 지상기준점을 선정하였으며 선정된 두 점의 지상기준점에 대해서는 약 3시간 정도 Trimble사의 5700 2주파 수신기를 이용하여 정지측량을 실시하였다.

LiDAR DEM의 정확도 평가를 위하여 선정된 특이점들은 각 구역에 해당하는 위치 중 GPS 측량이 용이한 곳이며 특히 도솔산내의 측점 선정시에는 묘봉, 산정, 등산로 등의 식별이 용이한 점을 선정하였다. 표 1은 선정된 특이점들에 대한 구역 및 특징을 설명하고 있다.

그림 5, 6, 7은 연구대상지역에 구역별로 선정된 특이점들의 위치를 보여주고 있다.

본 연구에서는 선정된 총 35점의 특이점 및 설치된 지상기준점들에 대해 GPS 측량을 실시하였다. 관측 장비는 Trimble사의 4800 및 5700 이주파 수신기를 사용하였으며 저장 간격은 1초로 관측 위성의 수에 따라 약 5분~15분 정도의 관측 시간을 소요하였다. 그림 8은 특이점들에 대한 GPS 측량 장면이다.

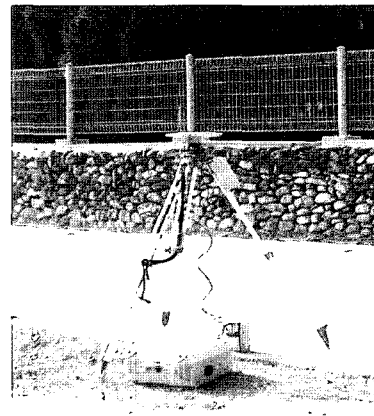


그림 4. 지상 GPS기준국 측량

표 1. 특이점의 구역 및 특징

표시	구역	특징
A	○○대학교 교내	경사로
B	도솔산 지형	묘봉, 산정, 등산로
C	장묘사업소 진입로	경사로

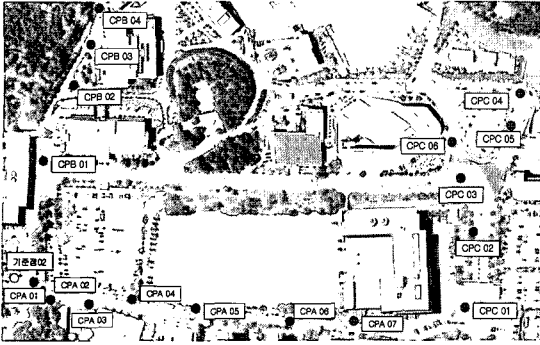


그림 5. A구역 특이점 위치도

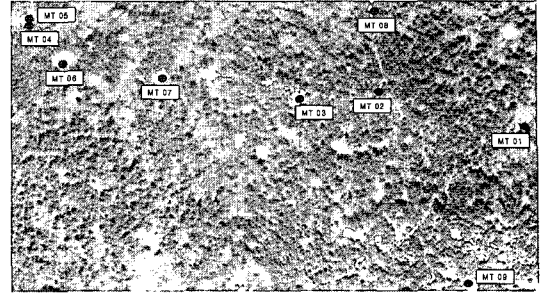


그림 6. B구역 특이점 위치도

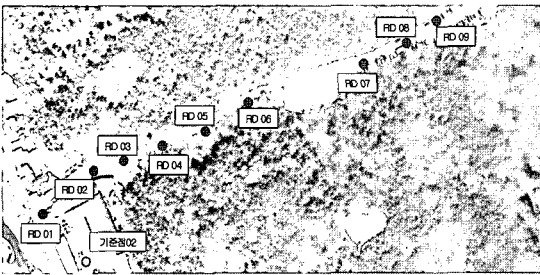


그림 7. C구역 특이점 위치도

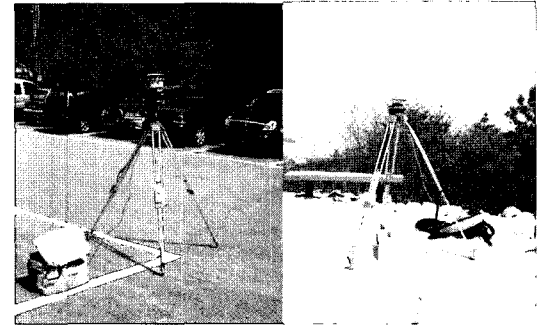


그림 8. 특이점 GPS 측량

### 3. 자료처리

#### 3.1 LiDAR 자료의 처리

우선 항공기에서 취득된 원 자료를 이용하여 3차원 지형에 대한 항공레이저 포인트 좌표 값을 얻어내는 자료의 전처리를 실시하였다. 항공레이저측량을 통해 얻어진 자료는 모두 디지털 체계의 형태로 하드디스크에 실시간으로 저장된다. 항공기 착륙 후, 자료 처리용 컴퓨터에서 디코딩된 자료는 항공레이저측량 관련자료 및 GPS/INS 자료가 포함되어 있다. 그림 9는 항공레이저측량 자료의 처리에 대한 흐름도를 나타내고 있다.

GPS/INS 자료는 항공기의 이동 중에 수신된 자료이므로 이의 좌표 결정을 위해서는 지상 GPS 기준국에서 생성된 자료와 함께 DGPS 처리를 해준다. 이 과정에서 GPS 위성의 개수, 신호단절(cycle slip), PDOP(positional dilution of precision) 등의 품질관리가 이루어진다.

GPS/INS의 자료 처리이후 항공기의 위치 및 자세자료를 바탕으로 레이저 자료를 처리한다. 레이저 자료의 처리에는 GPS/INS 결과뿐만 아니라, 항공기와 센서간의 이격거리, 시스템 검정 정보 등이 필요하다. 또한 여러 비행코스에서 연구에 필요한 부분만을 선택하고 이를 산출하기

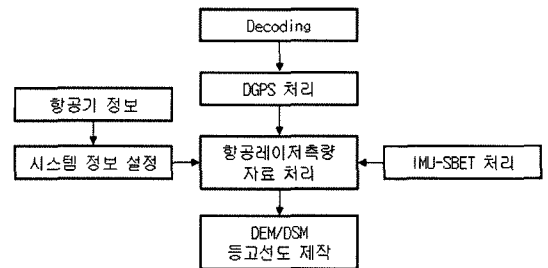


그림 9. 항공 LiDAR 자료의 처리 흐름도

위한 작업영역의 설정, 투영방법의 설정 등도 필요하다.

데이터의 전처리 후 불규칙 포인트 데이터를 사용자 목적에 맞도록 가공하는 자료의 후처리를 실시하였다. 이 후처리 후에는 DEM, DSM, 등고선 및 음영기복도의 제작이 가능하다.

항공 LiDAR 자료의 전·후처리 단계를 거친 후 Bentley사의 MicroStation과 Terrasolid사의 TerraScan, TerraModel 등의 상업용 소프트웨어를 이용하여 Pseudo-Grid, DSM, DEM 및 등고선도를 제작하였다. 그림 10 및 11은 각각 연구대상지역에 대한 항공 LiDAR 자료의 처리를 통해 생성된 DEM과 1m 등고선도를 보여주고 있다.

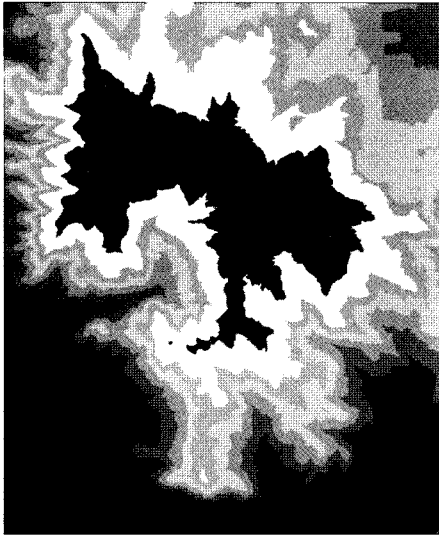


그림 10. 연구대상지 LiDAR DEM



그림 11. 연구대상지 1m 등고선도

### 3.2 GPS 자료의 처리

본 연구에서는 관측된 점들의 자료처리를 위해 Trimble사에서 제공하는 TGO(Trimble Geomatics Office) 프로그램을 이용하였으며 더불어 IGS 정밀궤도력도 사용하였다.

연구대상지내에 설치한 두 점의 지상기준점들의 자료처리를 위하여 국토지리정보원에서 제공하고 있는 GPS 상시관측소 자료 중 청주, 전주, 서산을 기준으로 성과를 산출하였다. 표 2는 산출된 지상기준점에 대한 좌표 성과이다.

표 2. 지상기준점 성과

측점	GRS80 타원체			
	위도-경도	평면직각좌표 (m)	타원체고 (m)	정표고 (m)
기준점1	위도=36-19-07.65978 경도=127-22-02.49500	X=313481.338 Y=232988.753	136.283	110.89
기준점2	위도=36-18-45.93875 경도=127-21-21.99677	X=312808.037 Y=231981.012	76.198	50.83

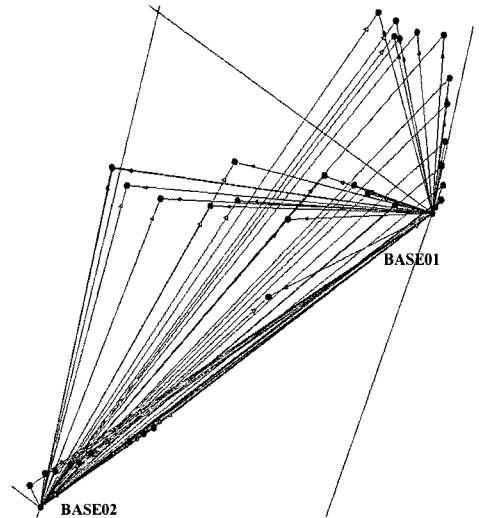


그림 12. 특이점 관측망도

총 35개의 특이점들에 대한 자료처리는 연구대상지내에 설치된 지상기준점 성과를 기준으로 수행하였다. 그림 12는 지상기준점과 특이점들에 대한 관측망도이며, 표 3, 4, 5는 각 구역별로 배치된 특이점 35점에 대한 좌표 성과이다.

## 4. 정확도 평가

본 연구에서는 LiDAR DEM의 정확도 평가를 위해 GPS 측량을 통하여 현지 관측 자료의 결과를 산출한 후, LiDAR 데이터를 사용하여 제작된 DEM과의 중첩을 통해 3차원 위치에 대한 두 자료의 성과를 비교·분석하여 정확도를 평가하고자 하였으며 이를 통해 DEM 제작 및 활용뿐만 아니라 LiDAR의 다양한 활용 분야에서의 기반 자료를 제시하고자 하였다.

본 연구에서는 연구대상지 항공사진 상에 선점한 특이점들에 대해 직접 GPS 측량을 실시하였으며 이를 통해

표 3. A구역 특이점 좌표 성과

측점	GRS80 타원체			
	위도-경도	평면직각좌표 (m)	타원체고 (m)	정표고 (m)
CPA01	위도=36-19-08.1090 경도=127-22-02.7949	X=313495.215 Y=232996.179	136.114	110.72
CPA02	위도=36-19-08.1090 경도=127-22-03.4283	X=313511.830 Y=233011.917	132.208	106.81
CPA03	위도=36-19-09.7427 경도=127-22-03.6178	X=313545.649 Y=233016.516	128.331	102.94
CPA04	위도=36-19-11.1847 경도=127-22-03.4950	X=313590.084 Y=233013.284	125.787	100.40
CPA05	위도=36-19-12.9486 경도=127-22-03.8181	X=313644.485 Y=233021.138	121.768	96.38
CPA06	위도=36-19-15.7734 경도=127-22-04.0386	X=313731.577 Y=233026.306	118.467	93.08
CPA07	위도=36-19-17.6898 경도=127-22-04.2825	X=313790.672 Y=233032.166	114.161	88.77
CPB01	위도=36-19-08.2917 경도=127-21-58.6972	X=313500.456 Y=232893.834	136.625	111.24
CPB02	위도=36-19-09.1883 경도=127-21-55.8440	X=313527.825 Y=232822.669	147.454	122.06
CPB03	위도=36-19-09.7759 경도=127-21-54.4361	X=313545.803 Y=232787.483	152.260	126.87
CPB04	위도=36-19-10.4712 경도=127-21-51.3758	X=313566.948 Y=232711.064	153.738	128.36
CPC01	위도=36-19-20.9136 경도=127-22-03.6954	X=313889.985 Y=233017.145	110.489	85.10
CPC02	위도=36-19-21.1221 경도=127-22-00.9189	X=313896.149 Y=232947.864	116.304	90.91
CPC03	위도=36-19-20.6669 경도=127-21-59.1404	X=313881.949 Y=232903.555	119.786	94.40
CPC04	위도=36-19-22.5978 경도=127-21-56.9354	X=313941.261 Y=232903.555	126.272	100.89
CPC05	위도=36-19-20.8242 경도=127-21-58.7678	X=313922.333 Y=232894.110	120.850	95.46
CPC06	위도=36-19-20.8242 경도=127-21-58.5650	X=313886.743 Y=232889.185	121.204	95.81

표 4. B구역 특이점 좌표 성과

측점	GRS80 타원체			
	위도-경도	평면직각좌표 (m)	타원체고 (m)	정표고 (m)
MT01	위도=36-19-07.2607 경도=127-21-47.6016	X=313467.633 Y=232617.292	171.833	146.45
MT02	위도=36-19-08.6631 경도=127-21-42.3983	X=313510.376 Y=232487.336	207.589	182.21
MT03	위도=36-19-08.2687 경도=127-21-39.5878	X=313497.957 Y=232417.275	209.251	183.87
MT04	위도=36-19-11.1012 경도=127-21-29.4771	X=313584.338 Y=232164.748	232.268	206.90
MT05	위도=36-19-11.1425 경도=127-21-29.4417	X=313585.598 Y=232163.861	232.199	206.83
MT06	위도=36-19-09.8065 경도=127-21-34.4519	X=313544.557 Y=232202.515	215.026	189.66
MT07	위도=36-19-08.8441 경도=127-21-34.4519	X=313515.217 Y=232289.100	212.976	187.61
MT08	위도=36-19-11.5250 경도=127-21-42.1019	X=313598.563 Y=232479.613	189.325	163.95
MT09	위도=36-19-01.5195 경도=127-21-45.5855	X=313290.481 Y=232567.664	200.992	175.61

표 5. C구역 특이점 좌표 성과

측점	GRS80 타원체			
	위도-경도	평면직각좌표 (m)	타원체고 (m)	정표고 (m)
RD01	위도=36-18-47.5578 경도=127-21-20.9101	X=312857.843 Y=231953.719	76.372	51.00
RD02	위도=36-18-48.4510 경도=127-21-22.4802	X=312885.518 Y=231992.788	78.032	52.66
RD03	위도=36-18-48.6245 경도=127-21-23.5468	X=312890.964 Y=232019.374	79.673	54.30
RD04	위도=36-18-49.0848 경도=127-21-25.0856	X=312905.294 Y=232057.708	83.741	58.37
RD05	위도=36-18-49.2863 경도=127-21-25.9782	X=312911.585 Y=232079.954	86.544	61.17
RD06	위도=36-18-49.9656 경도=127-21-27.2757	X=312932.645 Y=232112.244	90.826	65.46
RD07	위도=36-18-50.8351 경도=127-21-31.2186	X=312959.811 Y=232210.504	101.237	75.86
RD08	위도=36-18-51.3902 경도=127-21-32.3651	X=312977.052 Y=232246.170	105.460	80.08
RD09	위도=36-18-51.8506 경도=127-21-33.7085	X=312991.343 Y=232272.501	108.628	83.25

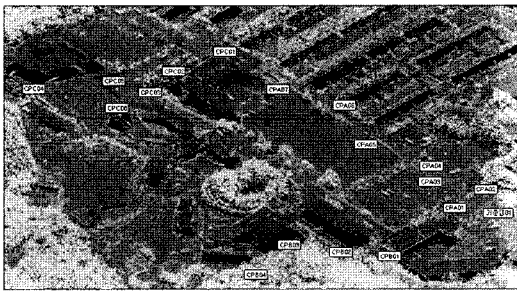


그림 13. 3차원 입체도 상의 분석

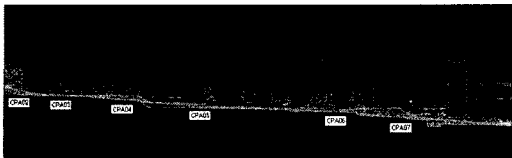


그림 14. 단면도 상의 분석

산출된 성과를 LiDAR 자료에 옮겨 각각 3차원 자료와 단면도를 구성하여 정확도 평가를 수행하였다.

본 연구에서는 GPS 측량을 통하여 획득된 WGS84 타원체고를 현행 측지계인 GRS80 타원체로 변환하였고 항공 LiDAR 측량 시 지오이드고의 정확한 산정을 위해 연구대상지 일원 수준점에 대하여 수준측량을 실시하여 정밀 지오이드고를 산출하였다. 이를 바탕으로 GPS 측량에 의하여 획득된 타원체고(h)와 수준측량에 의하여 획득된 지오이드고(N)를 이용하여 각 구역에 대하여 LiDAR에 의하여 생성된 DEM의 정표고 값을 분석하였다.

표 6, 7, 8은 각 구역별 GPS 측량 성과와 LiDAR 성과

표 6. A구역 정확도 평가 결과

구역	측점	정표고 H(m)		
		GPS	LiDAR	$\Delta H$ (GPS-LiDAR)
A	CPA01	110.72	110.48	0.24
	CPA02	106.81	106.85	-0.04
	CPA03	102.94	102.91	0.03
	CPA04	100.40	100.53	-0.13
	CPA05	96.38	96.28	0.1
	CPA06	93.08	93.11	-0.03
	CPA07	88.77	88.77	0
	CPB01	111.24	111.19	0.05
	CPB02	122.06	122.02	0.04
	CPB03	126.87	126.83	0.04
	CPB04	128.36	128.42	-0.06
	CPC01	85.10	84.89	0.21
	CPC02	90.91	90.95	-0.04
	CPC03	94.40	94.45	-0.05
	CPC04	100.89	100.89	0
	CPC05	95.46	95.47	-0.01
CPC06	95.81	95.79	0.02	

표 7. B구역 정확도 평가 결과

구역	측점	정표고 H(m)		
		GPS	LiDAR	$\Delta H$ (GPS-LiDAR)
B	MT01	146.45	146.67	-0.22
	MT02	182.21	182.36	-0.15
	MT03	183.87	183.94	-0.07
	MT04	206.90	206.91	-0.01
	MT05	206.83	206.98	-0.15
	MT06	189.66	189.71	-0.05
	MT07	187.61	187.83	-0.22
	MT08	163.95	164.03	-0.08
	MT09	175.61	175.58	0.03

표 8. C구역 정확도 평가 결과

구역	측점	정표고 H(m)		
		GPS	LiDAR	$\Delta H$ (GPS-LiDAR)
C	RD01	51.00	51.10	-0.1
	RD02	52.66	52.52	0.14
	RD03	54.30	54.51	-0.21
	RD04	58.37	58.39	-0.02
	RD05	61.17	61.05	0.12
	RD06	65.46	65.51	-0.05
	RD07	75.86	75.96	-0.1
	RD08	80.08	79.97	0.11
	RD09	83.25	83.31	-0.06

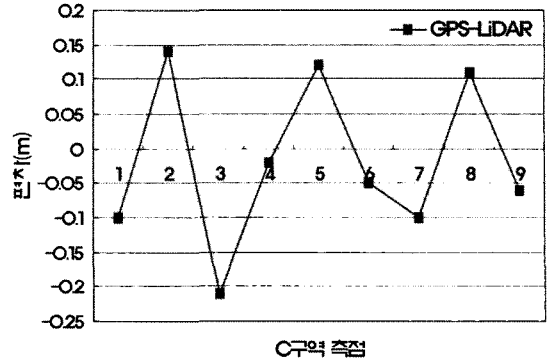
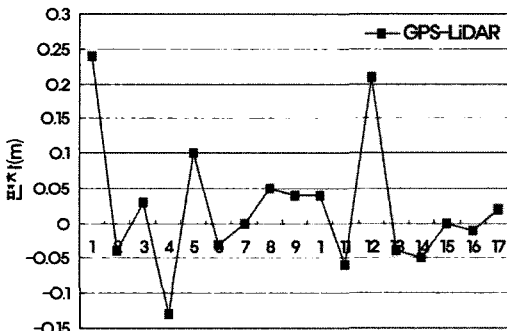
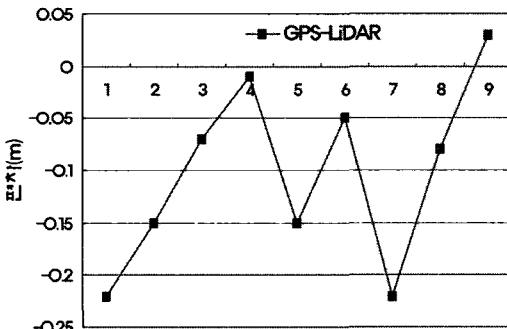


그림 17. C구역 편차 결과



A구역 측점

그림 15. A구역 편차 결과



B구역 측점

그림 16. B구역 편차 결과

표 9. 수치지도 축척별 교차 허용 범위

항목		축척		
		1:500	1:1,000	1:5,000
표준 편차	평면위치	0.5m 이내	0.7m 이내	3.5m 이내
	표고	$\Delta h/4$ 이내	$\Delta h/3$ 이내	
등고선	$\Delta h/2$ 이내			

이를 표 9의 공공측량의 작업규정 세부기준(수치지도 축척별 교차 허용 범위)에 의거하여 분석해보면, 본 연구의 RMSE 성과인  $\pm 0.109\text{m}$ 는 축척 1:500, 1:1,000, 1:5,000에서 표고 허용 범위 이내에 존재하는 결과이다.

따라서, 항공 LiDAR 측량을 통해 생성된 DEM은 대축척 지형정보 구축에 충분한 정확도로 활용될 수 있다고 판단된다.

## 5. 결 론

본 연구는 LiDAR에 의하여 생성된 DEM의 정확도를 평가하기 위하여 LiDAR 자료로부터 DEM 및 등고선도를 제작한 후, 선점된 특이점에 대해 직접 GPS 측량을 실시하여 취득한 성과를 바탕으로 LiDAR DEM의 정확도를 분석한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. GPS 측량을 통해 LiDAR DEM의 정확도를 분석한 결과, RMSE가  $\pm 0.109\text{m}$ 로 나타났으며, 이는 공공측량의 작업규정 세부기준에 의거하여 축척 1:500, 1:1,000, 1:5,000에서의 표고 허용 범위를 만족시키는 결과로서 대축척 DEM 구축 분야에 항공 LiDAR 측량이 매우 용이하게 활용할 수 있을 것이다.

의 정확도 평가 결과를 제시하고 있으며 그림 15, 16, 17은 각 구역에 대한 편차를 그래프로 나타내고 있다.

이와 같이 LiDAR DEM의 정확도 평가 결과, A, B, C 세 구역에서 최대 +0.24m, 최소 0m, 평균 -0.021m의 편차가 발생하였다. 이를 바탕으로 총 35점의 특이점들에 대한 평균제곱근오차(RMSE)를 산출해 본 결과  $\pm 0.109\text{m}$ 로 나타났다.



2. LiDAR DEM의 정확도 평가 시 지형적 특성으로 인해 선점 및 관측에 대한 제한이 나타났으며 이에 대한 보다 정확한 검증을 위하여 다양한 지형의 산악지에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

3. LiDAR 자료의 정확도 평가 시 DEM과 더불어 평면 위치, 경제성 검토 등에 대한 종합적인 검증이 이루어진다면 DEM 구축 이외에도 건물, 도로, 하천 등에 대한 DB 구축 시 항공 LiDAR 측량을 유용하게 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 2006년도 한국과학재단 특정기초연구(과제 번호 : R01-2006-000-11331-0) 지원으로 수행된 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

강준목, 강영미, 이형석 (2004), 도심의 정밀 모니터링을 위한 LiDAR 자료와 고해상영상의 융합, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 383-388.

유환희, 김성삼, 정동기, 홍재민 (2005), LiDAR 자료를 이용한 DTM 생성 정확도 평가, 한국측량학회지, 제 23권 제 3호, pp. 261-272.

좌윤석 (2003), 항공 레이저 스캐닝 데이터를 이용한 건물 자동 추출에 관한 연구, 인하대학교 석사학위 논문.

최운수, 한상득, 위광재 (2002), 도화원도를 이용한 LiDAR DEM의 정확도 평가, 한국측량학회지, 제 20권 제2호, pp. 23-32.

최운수, 강인구, 이강원 (2005), 항공LiDAR 시스템 검증 및 정확도 평가, 한국측량학회지, 제 23권 제 4호, pp. 359-366.

Axelsson Peter (1999), Proceedings of laser scanner data-algorithms and applications, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*.

Hailea Alemseged Tamiru and Rientjesb T. H. M. (2005), EFFECTS OF LIDAR DEM RESOLUTION IN FLOOD MODELLING : A MODEL SENSITIVITY STUDY FOR THE CITY OF TEGUCIGALPA, HONDURAS, *ISPRS WG III/3, III/4, V/3 Workshop "Laser scanning 2005"*, Enschede, the Netherlands, September 12-14.

Haugerud R. A., Harding D. J. (2001), Some Algorithms for Virtual Deforestation(VDF) of LiDAR Topographic Survey Data, *the 24th Proceedings of the ISPRS Workshop Annapolis, Maryland*.

Palmer Trent C. (2000), Urban modeling from LIDAR data in an integrated GIS environment, *ASPRS annual conference*, St Louis, USA, April 23-27.

---

(접수일 2006. 12. 13, 심사일 2006. 12. 16, 심사완료일 2006. 12. 21)