

3차원 공간 모델링을 위한 수치고도자료의 특징 및 정확도 분석

이근왕¹, 박준규^{2*}

¹청운대학교 멀티미디어학과, ²서일대학교 토목공학과

Characteristic and Accuracy Analysis of Digital Elevation Data for 3D Spatial Modeling

Keun-Wang Lee¹, Joon-Kyu Park^{2*}

¹Department of the Multimedia Science, Chungwoon University

²Department of Civil Engineering, Seoil University

요약 현실 공간에 대한 정보화와 시각화 기술은 공간정보 구축을 위한 주요한 기술이며, 3차원 공간 모델링은 다양한 방법으로 측정된 데이터로부터 공간정보를 구축하는 방법으로 최근 많은 관심을 받고 있는 분야이다. 수치고도자료를 취득하는 방법은 주로 3차원 레이저 스캐너가 이용되어 왔다. 한편, 최근 4차 산업혁명의 유망기술로 주목받고 있는 무인항공기는 빠른 공간정보 취득을 위한 획기적인 기술로 평가되고 있으며, 다양한 연구가 수행되고 있다. 하지만 3차원 공간 모델링을 위한 자료구축 기술의 정량적인 작업 효율성과 데이터의 정확도에 대한 평가는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 3차원 레이저 스캐너와 무인항공기로 취득되는 점군데이터의 특징, 작업과정, 정확도에 대한 다각적인 분석을 수행하였다. 3D 레이저 스캐너 및 무인항공기로 연구대상지의 수치고도자료를 생성하고, 분석을 통해 특징을 파악하였다. 정확도 평가를 통해 3D 레이저 스캐너 및 UAV에 의한 수치고도자료가 최대 10cm 이내의 정확도를 나타냄을 확인하였으며, 공간정보 구축에 활용이 가능함을 제시하였다. 향후, 3D 레이저 스캐너와 무인항공기에 의한 수치고도자료는 효율적인 공간정보 구축 방안으로 활용이 기대된다.

Abstract Informatization and visualization technology for real space is a key technology for construction of geospatial information. Three-dimensional (3D) modeling is a method of constructing geospatial information from data measured by various methods. The 3D laser scanner has been mainly used as a method for acquiring digital elevation data. On the other hand, the unmanned aerial vehicle (UAV), which has been attracting attention as a promising technology of the fourth industrial revolution, has been evaluated as a technology for obtaining fast geospatial information, and various studies are being carried out. However, there is a lack of evaluation on the quantitative work efficiency and data accuracy of the data construction technology for 3D geospatial modeling. In this study, various analyses were carried out on the characteristics, work processes, and accuracy of point cloud data acquired by a 3D laser scanner and an unmanned aerial vehicle. The 3D laser scanner and UAV were used to generate digital elevation data of the study area, and the characteristics were analyzed. Through evaluation of the accuracy, it was confirmed that digital elevation data from a 3D laser scanner and UAV show accuracy within a 10 cm maximum, and it is suggested that it can be used for spatial information construction. In the future, collecting 3D elevation data from a 3D laser scanner and UAV is expected to be utilized as an efficient geospatial information-construction method.

Keywords : 3D Laser Scanner, Accuracy Analysis, Digital Elevation Data, Unmanned Aerial Vehicle, Spatial Modeling

본 연구는 2018년도 청운대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음

*Corresponding Author : Joon-Kyu Park(Seoil University)

Tel: +82-10-3409-3935 email: surveyep@empas.com

Received August 24, 2018

Revised September 31, 2018

Accepted November 2, 2018

Published November 30, 2018

1. 서론

수치고도자료는 지형의 고도값을 수치로 저장함으로써 지형의 형상을 나타내는 자료이며[1], 다양한 공간분석이 가능하고, 공간 모델링을 위한 기초자료로 사용된다[2]. 수치고도자료를 취득하는 방법은 주로 3차원 레이저 스캐너가 이용되어 왔다[3]. 3차원 레이저 스캐너는 센서에서 대상물까지의 거리를 측정하는 원리로 레이저를 이용한 거리측정 원리를 이용하여 점군형태의 데이터가 얻어진다[4]. 점군데이터는 공간에 존재하는 물체의 형상정보를 높은 정확도로 취득할 수 있는 장점이 있다[5]. 점군데이터 활용에 관한 많은 연구를 통해 데이터의 정확도가 평가된 바 있으며, 구조물 및 문화재를 대상으로 정밀한 형상데이터를 구축하고자 한 연구가 수행되었다[6]. 한편, 최근 4차 산업혁명의 유망기술로 주목받고 있는 무인항공기는 빠른 공간정보 취득을 위한 획기적인 기술로 평가되고 있으며, 측량목적의 정사영상의 제작, 수치고도자료의 생성 등 다양한 연구가 수행되었다[7]. 하지만 3차원 공간 모델링을 위한 자료구축 기술의 정량적인 작업 효율성과 데이터의 정확도에 대한 평가는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 3차원 레이저 스캐너와 무인항공기로 취득되는 점군데이터의 다각적인 분석을 통해 공간 모델링을 위한 무인항공기 활용의 가능성을 제시하고자 한다. 이를 위해 3D 레이저 스캐너와 무인항공기로 수치고도자료를 구축하며, 각 데이터의 특징, 작업공정, 정확도에 대한 분석을 수행한다. Fig. 1은 연구흐름도를 나타낸다.

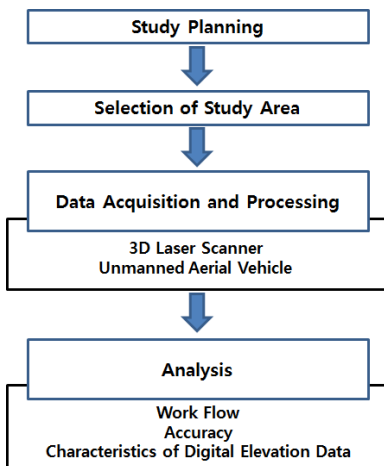


Fig. 1. Study Flow

2. 3D 레이저 스캐너에 의한 수치고도자료

본 연구에서는 3D 레이저 스캐너 및 무인항공기에 의한 수치고도자료의 분석을 위해 대구광역시 및 대전광역시 인근을 연구대상지로 선정하고, 데이터를 취득하였다. 3D 레이저 스캐너는 T사의 SX10 3D 레이저 스캐너를 이용하였다. Fig. 2는 SX10을 나타낸다[8].



Fig. 2. SX10

연구대상지의 면적은 약 66,000m²로 3회에 데이터를 취득되었다. 취득된 데이터의 데이터 처리는 TRW (Trimble Real Works) 소프트웨어를 이용하였으며, Georeferencing을 위해 기계점의 좌표정보를 입력하고, 취득된 점군데이터의 형상을 이용한 정합을 수행하였다. Fig. 3은 데이터 취득 및 처리 과정이며, Fig. 4는 자료처리 과정 및 3D 레이저 스캐너를 이용해 구축한 수치고도자료를 나타낸다.

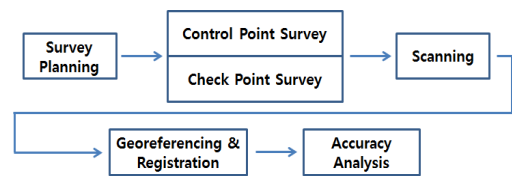
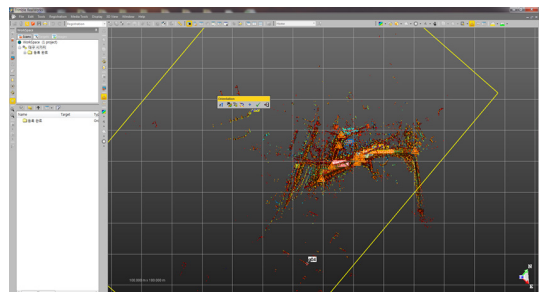


Fig. 3. Scanning Data Acquisition and Processing



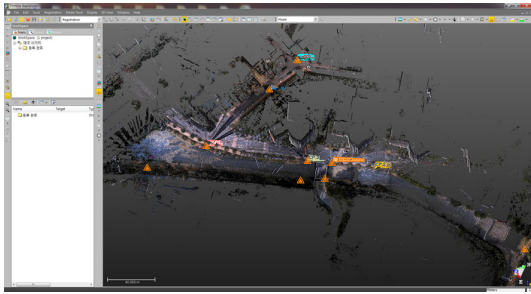


Fig. 4. Digital Elevation Data by 3D Laser Scanner

3D 레이저 스캐너에 의한 수치고도 자료 취득 작업 공정은 데이터 취득과 자료처리 과정으로 구분할 수 있으며, 작업에 소요되는 시간은 대상지역의 면적에 비례한다. 연구 대상지역의 경우 총 3회의 데이터 취득과 기계점 성과 및 자동정합에 의한 수치고도자료 구축에 총 2시간이 소요되었다. Table 1에 3D 레이저 스캐너에 의한 작업공정 및 소요시간을 나타내었다.

Table 1. Work Process and Time by 3D Laser Scanner

Work Process		Time
Field	Office	
Data Acquisition	-	20 minutes per session
-	Registration	10 minutes per session
-	Data Analysis	30 minutes

3D 레이저 스캐너로 구축된 점군 형태의 수치고도자료는 지형지물의 형상 및 색상에 대한 정보의 취득이 가능하고, 장비로부터 거리가 멀어질수록 점군 데이터의 간격이 커지는 것을 알 수 있었다. 또한 지형지물에 가리거나 건물의 옥상과 같이 장비에서 시준이 불가능한 지역에 음영지역이 발생하는 특징이 있었다. Fig. 5는 3D 레이저 스캐너의 음영지역을 나타낸다.

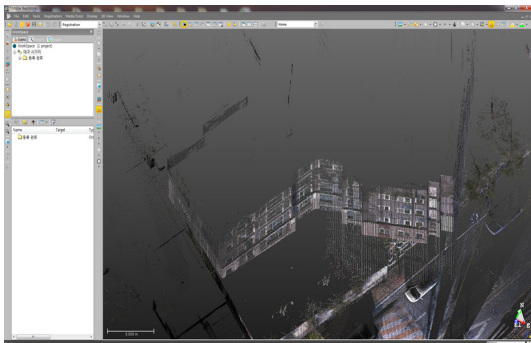


Fig. 5. Shaded areas of the 3D Laser Scanner

3D 레이저 스캐너에 의한 수치고도자료의 정확도 평가를 위해 9점의 검사점에 대한 좌표를 VRS(Virtual Reference Station) 방법으로 취득하였으며, 수치고도자료에서 얻은 좌표성과와 비교하였다. 검사점은 맨홀, 도로표지 등을 이용하였으며, Fig. 6에 검사점을 나타내었다.

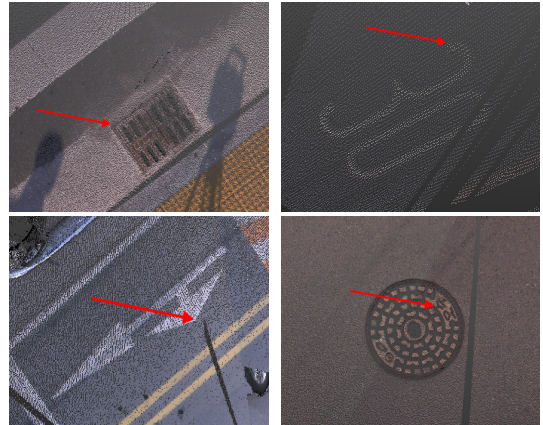


Fig. 6. Check Points of 3D Laser Scanner Data

검사점에 대한 정확도 평가 결과, 수평방향으로 최대 1.6cm, 수직방향으로 최대 1.7cm의 편차가 발생하였다. Table 2는 3D 레이저 스캐너의 정확도 평가 결과를 나타낸다.

Table 2. Accuracy evaluation results of 3D Laser Scanner

No.	N(m)	E(m)	H(m)
1	356658.202	158891.926	79.072
2	356627.016	158908.071	75.861
3	356560.363	158934.753	75.833
4	356507.675	158934.512	75.980
5	356634.971	158976.746	77.208
6	356623.424	158990.424	77.068
7	356653.455	158985.444	77.390
8	356642.959	158995.985	78.080
9	356777.873	159110.563	84.919
No.	dN(m)	dE(m)	dH(m)
1	0.014	0.015	0.015
2	0.011	-0.016	0.014
3	0.013	0.014	0.013
4	-0.016	0.011	0.017
5	0.014	-0.009	0.013
6	0.005	0.010	0.012
7	-0.014	0.007	0.012
8	0.011	-0.014	0.014
9	0.013	0.009	0.016

3. 무인항공기에 의한 수치고도자료

무인항공기에 의한 수치고도자료 구축을 위해 대전광역시 인근의 무인항공촬영 및 자료처리를 수행하였다. 촬영에 이용한 무인항공기는 D사의 Phantom4 Pro를 이용하였으며, 데이터 처리는 UAS Master 소프트웨어를 사용하였다. Fig. 7은 Phantom4 Pro를 나타낸다[9].



Fig. 7. Phantom4 Pro

연구대상지역의 면적은 약 24,000m²이며, 총 683매의 사진이 촬영되었다. 자료처리는 UAS Master 소프트웨어를 이용하여 5점의 GCP(Ground Control Point)를 이용한 georeferencing을 수행하였다. Fig. 8은 자료처리 과정 및 화면이며, Fig. 9와 Fig. 10은 정사영상 및 수치고도자료를 나타낸다.

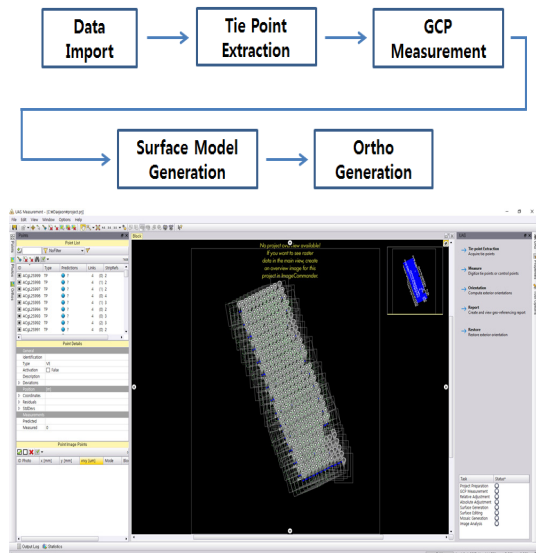


Fig. 8. Data Processing Flow and Data Processing Screen

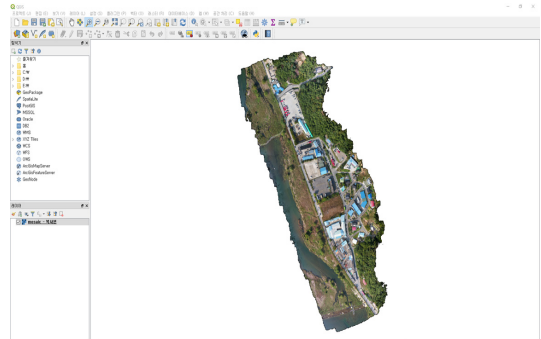


Fig. 9. Ortho Image

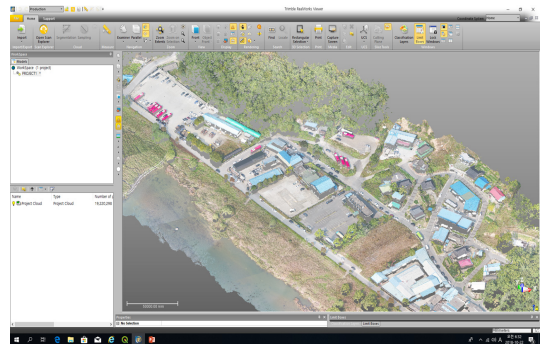


Fig. 10. Digital Elevation Data

무인항공기에 의한 작업 공정은 3D 레이저 스캐너와 마찬가지로 데이터 취득 및 자료처리 과정으로 구분할 수 있으며, 작업에 소요되는 시간은 대상지역의 면적에 비례한다. 연구 대상지역은 1회의 데이터 취득과 자료처리 과정을 거쳐 수치고도자료를 생성하는데 총 2.5시간의 작업시간이 소요되었다. Table 3에 무인항공기에 의한 작업공정 및 소요시간을 나타내었다.

Table 3. Work Process and Time by 3D Laser Scanner

Work Process		Time
Field	Office	
Data Acquisition	-	20 minutes
-	Post Processing	100 minutes
-	Data Analysis	30 minutes

무인항공기에 의한 수치고도자료는 3D 레이저 스캐너에 비해 넓은 면적의 데이터 구축이 가능하였으며, 취

득되는 사진에서 식별이 어려운 건물의 옆면이나 수목의 하단과 같은 영역의 데이터 생성이 불가능 하였다. 또한 도로와 같은 평탄한 지형에서 다소 굴곡이 있는 데이터가 생성되는 특징이 나타났다. Fig. 11은 무인항공기에 의한 수치고도자료의 굴곡현상을 나타낸다.



Fig. 11. Curvature of Digital Elevation Data by UAV

무인항공기에 의한 수치고도자료의 정확도 평가를 위해 5점의 검사점에 대한 좌표를 VRS 방법으로 취득하고, 무인항공기 정사영상 및 수치고도자료에서 얻은 좌표성과 비교하였다. 검사점은 도로표지를 이용하였으며, Fig. 12에 검사점을 나타내었다.



Fig. 12. Check Points of UAV

무인항공기 데이터의 검사점에 대한 정확도 평가 결과, 수평방향으로 최대 3.7cm, 수직방향으로 최대 9.8cm의 편차가 발생하였다. Table 4는 무인항공기의 정확도 평가 결과를 나타낸다.

Table 4. Accuracy evaluation results of UAV

No.	N(m)	E(m)	H(m)
1	412892.422	231952.421	132.724
2	412956.635	232025.024	145.256
3	412631.687	232084.235	125.236
4	412307.288	232095.477	136.214
5	412364.254	232251.236	154.214
No.	dN(m)	dE(m)	dH(m)
1	-0.024	-0.017	-0.098
2	0.031	0.021	0.074
3	0.037	0.037	-0.067
4	0.032	0.031	0.087
5	-0.031	-0.027	0.081

3D 레이저 스캐너와 무인항공기로 취득되는 점군데이터의 특징 및 정확도는 Table 5와 같으며, 대상지역의 면적에 따른 데이터 취득 및 처리의 예상시간은 Table 6과 같다.

Table 5. Features and Accuracy of Pointcloud Data

Method	Features	Accuracy
3D Laser Scanner	- Shaded areas occur where parts are not observed at the instrument point - High accuracy data - Requires a lot of work time to acquire data in a wide area	-0.016m ~ 0.017m
UAV	- Low accuracy compared to 3D laser scanners - Curvature of Digital Elevation Data - Generate large area data in short time	-0.098m ~ 0.087m

Table 6. Estimated Time of Data Acquisition and Processing by area

Area	Time of Data Acquisition and Processing	
	3D Laser Scanner	UAV
66,000m ²	120min	110min
153,000m ²	210min	130min
240,000m ²	390min	150min

Table 5와 Table 6에서 보는 바와 같이 무인항공기를 이용한 수치고도자료는 3D 레이저 스캐너에 비해 짧은 시간에 넓은 면적의 데이터 생성이 가능하였지만 다소 낮은 정확도가 확인되었다. 하지만 데이터 취득의 높은

효율성으로 인해 높은 정확도를 요구하지 않는 공간정보 구축에 충분히 활용이 가능할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 3차원 레이저 스캐너와 무인항공기로 취득되는 점군데이터의 특징, 작업공정, 정확도에 대한 다각적인 분석을 통해 공간 모델링을 위한 무인항공기 활용의 가능성을 제시하고자 한 것으로 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 연구대상지에 대한 데이터를 3D 레이저 스캐너 및 무인항공기를 이용하여 취득하였으며, 자료처리를 통해 점군 형태의 수치고도자료를 구축하였다.
2. 3D 레이저 스캐너 및 무인항공기에 의한 수치고도자료의 특징을 분석하였으며, 정확도 평가를 통해 최대 10cm 이내의 정확도를 확인함으로써 수치고도자료의 활용성을 제시하였다.
3. 향후, 3D 레이저 스캐너와 무인항공기에 의한 수치고도자료는 효율적인 공간정보 구축 방안으로 활용이 기대된다.

References

- [1] J. K. Park, K. Y. Jung, "Application of Laser Scanner for Mine Management and Mining Plan", Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, Vol.7, No.6, pp.693-700, June, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/ajmahs.2017.06.89>
- [2] J. H. Kim, J. H. Kim, "Accuracy Analysis of Cadastral Control Point and Parcel Boundary Point by Flight Altitude Using UAV", Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.36, No.4, pp.223-233, August, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2018.36.4.223>
- [3] S. Y. Won, S. W. Lee, J. C. Paik, C. Y. Yune, G. H. Kim, "Analysis of Erosion in Debris Flow Experiment Using Terrestrial LiDAR", Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.34, No.3, pp.309-317, June, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2016.34.3.309>
- [4] K. W. Lee, J. K. Park, "Construction of 3D Digitizing Data Using Aerial Photographs Acquired by UAV", International Journal of Advanced Science and Technology, Vol.112, pp.79-88, March, 2018.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/ijast.2018.112.08>
- [5] S. Y. Kim, J. H. Yu, Y. G. Yu, H. J. Lee, "Database

Enhancement for Development of Open-pit Mine Monitoring System in Open Source Environments", Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.34, No.1, pp.21-32, February, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2016.34.1.21>

- [6] G. H. Kim, J. W. Choi, "Land Cover Classification with High Spatial Resolution Using Orthoimage and DSM Based on Fixed-Wing UAV", Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.35, No.1, pp.1-10, February, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2017.35.1.1>
- [7] S. C. Lee, J. H. Kim, J. S. Um, "Accuracy and Economic Evaluation for Utilization of National / Public Land Actual Condition Survey Using UAV Images", Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.35, No.3, pp.175-186, June, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2017.35.3.175>
- [8] Trimble Inc.. SX10 [Internet]. Available From: <http://www.trimble.com> (accessed Sep., 10, 2018)
- [9] DJI. Phantom4 Pro [Internet]. Available From: <https://www.dji.com/kr> (accessed Sep., 10, 2018)

이근왕(Keun-Wang Lee)

[종신회원]



- 1993년 2월 : 한밭대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1996년 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2000년 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2001년 2월 ~ 현재 : 청운대학교 멀티미디어학과 교수

<관심분야>

멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용, 모바일 통신

박준규(Joon-Kyu Park)

[종신회원]



- 2001년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 토목공학과 부교수

<관심분야>

지형공간정보공학