

3차원지적 적용을 위한 항공라이다의 수직 정확도 평가에 관한 연구

A Study on the Evaluation of Airborne Lidar Height Accuracy for Application of 3D Cadastral

최병길* · 나영우** · 이경섭*** · 이정일****

Choi, Byoung Gil · Na, Young Woo · Lee, Kyung Sub · Lee, Jung Il

요 旨

현재의 평면적 지적도 표현 방법은 입체적으로 변화하는 시대적 흐름 속에 놓여 있으며, 이는 GPS 기술 및 레이저 기술의 발전과 무관하지 않다. 또한 이러한 자료를 수용할 수 있는 정보저장 장치의 발전과 맞물려 현실세계를 그대로 반영할 수 있는 가상의 3차원 공간정보 구현 매체의 도움도 3차원지적과 분리하여 설명할 수 없다. 본 연구에서는 지상의 높이 값을 정확하고 신속하게 취득할 수 있는 항공라이다측량 기술을 지적도에 적용하기 위하여 항공라이다의 수직 정확도를 평가하기 위한 실험을 실시하였다. 이를 위해 연구지역을 선정하여 항공라이다 측량을 실시했으며, 취득된 성과의 정확도를 확인하기 위해 지적비교점 측량을 실시하였다. 또한 이러한 자료를 근간으로 쌍체표본 t검정을 적용하여 항공라이다측량 성과와 지상측량 성과의 정확도를 통계적 방법론에 의해 비교하였다. 검정결과 t값이 0.322로 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각할 수 없어 두 측량 성과가 동일함을 증명 할 수 있었다. 이와 같은 결과를 통해 항공라이다측량 성과를 향후 3차원지적 정보의 지형기반 자료 구축에 적용할 수 있음을 알 수 있었다.

핵심용어 : 3차원지적, 항공라이다측량, 지상측량, 정확도, 쌍체표본 t검정

Abstract

At present, Cadastral map of 2 dimensional is in the stream of changing it to 3 dimensional type supported by GPS and laser techniques. In addition, this steam can be explained at the same time with improvement of equipment of storing much information, support of equipment for imaginative 3D spatial information, and support of equipment of expressing land in 3D Cadastral . This study suggest to apply airborne lidar survey technique on cadastral map to acquire comparably and quickly detailed height of ground. For doing this, this study checked out credibility regarding accuracy of airborne lider survey. After choosing research area, this study has done the airborne lidar survey and acquire the result after surveying Cadastral Comparison Point to check out the accuracy of acquired results. In addition, this study check out the result of Cadastral Comparison Point and airborne lidar survey applied by paired sample t-test based on actual results. The result is that test statistics is 0.322 which is 5 % similar level and null hypothesis cannot be rejected, so this study found out that result of both survey ways are the same. Therefore, the result of airborne lidar survey can be utilized to build up 3D Cadastral information hereafter.

Keywords : 3D Cadastral, Airborne Lidar Survey, Land Survey, Accuracy, Paired sample t-test

1. 서 론

1.1 연구동향

본 연구에서는 지적의 입체적 표현을 위한 방법론으

로 항공라이다측량 성과의 활용을 제안하며, 이를 위해 항공라이다측량 데이터가 어느 정도까지의 수직정확도를 확보할 수 있는지를 통계적 방법을 적용하여 평가하였다. 지적도면 자체는 측량이라는 과학적 방법론을 근

Received: 2014.05.08, revised: 2014.06.26, accepted: 2014.06.26

* 정회원 · 인천대학교 도시과학대학 건설환경공학과 교수(Member, Professor, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Incheon National University, bgchoi@incheon.ac.kr)

** 교신저자 · 정회원 · 인천대학교 산학협력중점교수(Corresponding author, Member, Professor of Hub-Industry-Academic-Cooperation, Incheon National University, survey@incheon.ac.kr)

*** 신항업 업무부 상무 (Derartment Head, Shinhan Aerial Survey, panks8032@naver.com)

**** 정회원 · 인천대학교 일반대학원 건설환경공학과 박사과정(Member, Doctoral Student Dept. of Civil and Environmental Engineering, Incheon National University, iji2000@hanmail.net)

간으로 구축되며, 현재의 과학기술은 인공위성과 광학, 레이저기술을 이용해 과거와는 차원이 다른 공간해상력과 정확도로 위치정보를 수집할 수 있게 되었다. 이 중 최근에 주목 받고 있는 부분이 평면적 지적을 3차원 지적으로 표현하고자하는 움직임이다.

Jeong et al.,(2010)은 지상라이다를 이용하여 지적경계선을 생성하고 항공사진측량에 의해 제작된 수치지도의 현황선과 지적경계선과의 비교를 통해 정확도를 검증하는 연구를 진행하였으며, Lee and Koh(2007)는 우리나라에서 적용 가능한 3차원 지적 모형을 찾기 위한 기본 연구로 공간권에 대한 개념을 정의 한 후 법률적인 부분에서 심층적 검토를 통해 3차원 지적도입을 위한 연구를 진행하였다. 이와 함께 Wie et al.,(2006)은 항공라이다 데이터의 정확도를 수평과 수직으로 구분하여 현지의 측량 기준점을 이용한 정확도 평가와 관련된 연구를 실시하여 수치지형도 수정갱신, 기본지리정보 및 3차원공간정보 구축 등에 라이다 데이터의 정확도에 따른 활용 범위를 산정하였다. 이와 같이 라이다 데이터의 정확도와 3차원지적을 개별적으로 연구한 사례는 다수 존재하나 3차원지적을 구축하기 위한 항공라이다의 정확도를 통계적으로 평가한 연구 사례는 찾아보기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 지상의 높이 값을 비교적 정확하고 신속하게 취득할 수 있는 항공라이다측량 기술을 지적도에 적용하는 것을 제안하는 바이며, 이를 위해 항공라이다 측량의 정확도에 대한 신뢰성을 확인하고 검증할 수 있는 방법에 대하여 연구하였다. 취득된 성과의 정확도를 확인하기 위해 GPS 및 수준 측량을 실시하여 비교 자료를 취득하였으며, 이러한 자료를 근간으로 이를 설명할 수 있는 객관적 평가방법인 쌍체표본 t검증을 적용하여 항공라이다 측량 성과와 지적비교점 성과의 정확도를 통계적 방법으로 비교 분석하였다.

본 실험을 통해 항공라이다측량 성과가 기존에 검증된 측량 방법인 직접수준 의한 성과와 동일한지의 여부를 판단할 수 있는 방안을 연구하였다.

1.2 연구방법

본 연구에서는 일차적으로 Fig1과 같이 연구계획을 수립하고 연구지역을 선정한 후 실제 측량을 실시하는 순서로 진행하였다. 이후 통계적 방법론을 적용하여 정확도를 검증하는 형식으로 연구를 완료하였다.

대상지역은 항공기의 상공 진출입시 비행금지구역과 같은 제한사항이 없는 지역을 선정하였으며, 지적의 경우 농촌과 도시 모두 동일한 기준이 적용돼야 하는 이유로 농촌과 도시가 함께 공존하는 지역을 선정하여 연

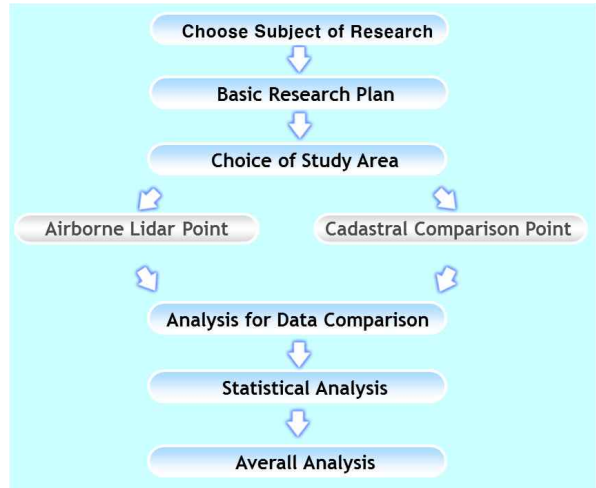


Figure 1. Flow Chart

구를 진행 하였다. 본 연구가 항공라이다측량의 정확도를 확인하기 위한 실험으로 이를 검증하기 위한 지적비교점측량을 실시하였으며, 대상지역 전체를 포함할 수 있는 밀도 계획을 수립하여 수평 및 수직 위치를 동시에 취득하였다.

이같이 구축된 항공라이다측량 데이터와 지적비교점 데이터는 기술통계적(Descriptive statistic) 분석과 쌍체표본 t-test를 통해 두 데이터의 객관적 유의성을 검증하는 방법이 적용되었다. 이후 항공라이다 측량의 신뢰성이 검증된 상황을 전제로 3차원지적 구축을 위한 항공라이다측량 성과의 활용과 적용에 대한 내용을 제시하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 항공라이다측량 기술

항공라이다측량은 높은 정확도로 지표의 높이 값을 빠른 시간에 취득하기 위해 개발되었다.



Figure 2. equipment of Lidar

항공라이더측량의 주요 기술은 항공기에 탑재된 항공라이더측량 장비를 이용하여 자료를 취득한 후, 이를 전처리와 후처리 과정을 통해 활용 가능한 자료로 편집하는 것을 말한다(Choi et al., 2011).

항공라이더측량은 측량의 범주에 속하기는 하나 과거의 측량과는 많은 차이를 보인다. 전통적 측량은 광학기술과 정밀기계가 결합된 측량장비를 활용하여 위치를 결정하는 것이 주요 기술이었지만 항공라이더측량의 경우 이와는 차원이 다른 최첨단 장비를 동원하여 위치를 결정하는 과학 기술의 총화라 할 수 있다. 항공라이더측량은 크게 위치값을 결정(X,Y,Z)하는 GPS 장치와 회전정보를 수집하는 IMU, 비행기와 지상의 상대적 거리를 측정하는 레이저장치로 구성되어 있다(Choi et al., 2011).

그 중 GPS는 군사적 목적의 측위 기술로 X,Y,Z값을 비교적 정확하게 취득할 수 있는 위치결정시스템이다. GPS를 이용하여 측량하는 방식은 다양하나 크게 수신기를 정지시킨 상태에서 데이터를 취득하는 정지측위와 수신기가 이동체에 탑재된 상태로 자료를 취득하는 이동측위방식으로 나눌 수 있다(Lee 1998).

항공라이더측량에 있어서는 플랫폼이 이동체인 만큼 이동측위 방식에 의해 위치정보가 취득되며, 이는 기준이 되는 지상의 기준국을 필요로 하는 형태를 취한다(Choi et al 2005).

IMU(Inertial Measurement Unit)는 관성항법체계의 핵심 장치로서, 자이로와 수평가속도계 및 수직 가속도계로 구성되어 있으며, 각각의 용도에 따라 관성, 각도, 방위각 감지센서를 1~3축으로 갖추고 있다(Fig. 3).

항공라이더 측량에서 IMU의 역할은 플랫폼의 회전 정보를 취득하여 비행기의 자세를 재현하고 이를 보정하는 것을 목적으로 하며, 고속으로 이동하는 비행기에 탑재된 GPS의 정확도 저하 현상을 보완하는 역할을 한다. 또한 IMU의 단점인 측위 시간의 경과와 위치이동에 따른 오차 증가 요인을 GPS 데이터의 합성을 통해 향상된 정확도를 유지할 수 있다(Lee et al 2011).

항공기에서 지상까지의 상대적 거리측정 원리는 레

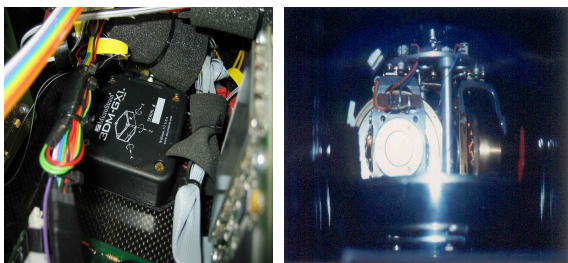


Figure 3. Electronic and mechanical IMU

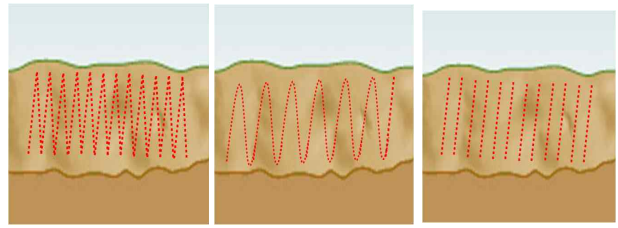


Figure 4. Scan Pattern by Lidar

이저의 도달시간과 스캐닝방향의 미러각을 측정함으로써 가능해진다. 레이저펄스의 주사 방법은 하나의 빛으로 조사되는 레이저펄스를 회전하는 거울을 통해 광원으로부터 배분하는 형식을 취하며, 이는 비행방향과 직교하여 전체 유효 스캔면적을 포괄하는 방식으로 측량이 이루어진다. Fig. 4는 지표면에 주사되는 스캔패턴으로 왕복회전미러에서는 갈짓자패턴과 상송(相送)패턴을 보이며, 단축회전미러에서는 병렬상패턴을 보이는 것이 특징이다.

2.2 3차원 지적의 정의 및 연구 범위

“지적”이란 준사법적 성격을 가진 법적·기술적 요소가 통합된 제도라 할 수 있다. 지적의 일차적 목적은 경계의 구분과 필지 소유권에 대한 등록과 이를 관리하는 것이다. 그러나 현행 지적제도의 경우 대장과 도면으로 정보를 분리하여 제공하고 있으며, 2차원적 필지만을 대상으로 하고 있어 지상 및 지하의 구조물에 대해서는 사실상 소유권 주체의 현실적 표현이 불가능한 형태로 되어 있다(Lee et al., 2008). 이러한 이유로 지하와 지상 구조물에 대한 지적제도의 적용 필요성이 지속적으로 논의 되어 왔으며, 이런 요구는 “3차원 지적”이라는 개념이 도입된 배경이라 할 수 있다.

3차원 지적의 정의를 살펴보면 “공간상에 존재하는 지상·지하의 개체가 그 소유권을 달리하는 경우 이를 등록·관리하기 위한 3차원적 표현”이라 할 수 있다. 따라서 3차원 지적의 구성요소 또한 지적도와 구조물의 형상, 입체지형 등을 들 수 있다. 지적은 토지와 관련된 내용을 대장을 통해 등록하고 내용을 기술하며, 필지의 형상적 사항에 대해서는 지적도라는 형식으로 표현하고 있다. 이러한 이유로 3차원지적에서는 행정적으로 지적 공부상에 등록 및 기록에 대한 3차원적 방법과 필지 형상에 대한 표현의 입체적 방법이 동시에 강구되어야 한다. 그러나 3차원 공간상의 구조물에 대한 등록 사항은 기술적 내용 이외에 법제도의 개정과 행정적 절차에 의하는 부분으로 본 연구에서 이를 다루기에는 부적절하다.

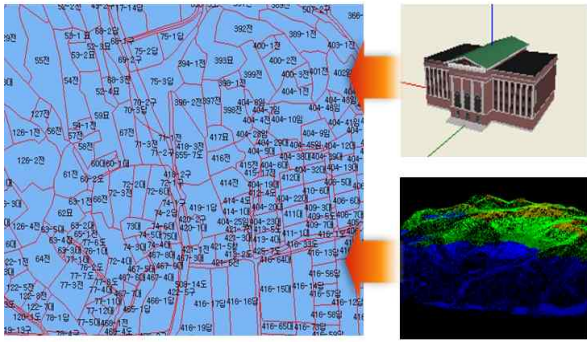


Figure 5. Component of 3D Cadastral

따라서 본 연구에서는 이와 같은 지적의 성격을 고려하여 소유권 등록관리에 대한 절차 및 행정적 내용은 논외로 하고 3차원지적과 관련된 기술적 부분 중 지형 기록을 표현하는 지표의 수직 정확도를 대상으로 연구하였다(Kim et al, 2007).

2.3 3차원 지적의 한계 및 필요성

근대적 토지조사 사업은 1912년 일본에 의해 시작되었으며, 우리나라 지적도와 토지대장의 기본 골격이 형성된 시점도 이 시기라 할 수 있다. 현행 지적 측량의 기본이 되는 지적기준점은 기본측량에 의해 설치된 국가삼각점을 근간으로 하고 있다. 지적사를 고찰해보면 1975년 개정 지적법에 의해 지적기준점이 국가삼각점에서 분리된 이후 이원화되었으며, 이후 지적의 수평위치 결정은 지적제도하에서 독자적 형태를 유지하며 발전해 왔다(Lee et al., 2008).

따라서 현재의 국가 기본측량에 의한 성과와 지적측량에 의한 성과는 차이를 보이고 있다. 지적제도 내에서는 위치에 대한 표현이 2차원 지적을 원칙으로 하고 있어 복잡다양화된 현재의 실세계 공간을 표현하는 것에 한계를 드러내고 있으며, 이의 대안으로 3차원지적에 대한 필요성이 강조되고 있는 실정이다. 그러나 전술한 바와 같이 현행 지적제도는 법적으로 2차원지적을 원칙으로하는 조항을 담고 있으며, 이러한 지적제도의 법·규정에 따라 지적도 및 공부에서는 높이와 관련된 내용은 어디에도 기록되어 있지 않다. 이와 같은 제도적 환경에 있어 지적이 3차원화되기란 쉬운일이 아니며, 필요성 자체를 부정하는 입장 또한 만만치 않아 3차원 지적의 명문화된 법·규정 마련을 전제로 시행하기란 어려운 것이 현실이다. 이러한 배경에도 불구하고 현대 사회의 토지 소유권 관리 개념은 근대 토지 및 건물에 대한 소유권 관리와는 상당한 차이를 보이며, 고도화와 효율화를 통한 새로운 관리방법이 적용되어야 할 시대적 상황에 직면해 있다. 또한 측량기술의 진보

와 통신 및 전자 기술의 발전은 이를 수용할 만한 충분한 역량을 갖추고 있으며, 공간정보기술 또한 3차원 기술을 지향하며 지속적 발전을 거듭하고 있다. 따라서 지적제도의 법·규정 이전에 3차원 지적에 대한 기술적 가능성 및 이론적 토대를 마련한 후 명문화된 법적 근거를 마련하는 것이 요구된다.

3. 연구 내용

3.1 실험 대상 지역

이 연구의 대상지역은 공주로 금강이 관류하며, 행정 경계를 중심으로 남서쪽에는 계룡산(846m)과 북서쪽에는 무성산(614m) 등이 위치한 산지로 공주시 전체면적은 940km²이며, 서울(605km²)의 1.5배 크기이다. 입지적 여건과 토지이용의 형태 등이 본 연구의 대상지역으로 적합한 조건을 갖추고 있다.

3.2 정확도 평가를 위한 항공라이다측량

항공라이다측량에 의해 얻어진 성과는 지표의 높이를 표현하는 자료로 사용되는 경우가 많다. 현재의 지적도는 높이에 대한 기준이 없어 지표의 기록자료로 사용할 자료에 대한 내용이 전무하다. 3차원지적의 높이를 결정하는 요소는 크게 두가지로 건물 자체의 높이와 지표면의 기반부 높이를 들 수 있다. 이 연구에서는 지표면의 높이 기반 자료로 사용할 수 있는 항공라이다자료의 수직정확도를 평가하기 위한 자료취득을 실시하였다.

연구지역 개관에서 소개한 바와 같이 공주시역은 산지와 강이 탁월한 지역적 특성을 갖는다. 항공라이다시스템에서 GPS와 IMU 장비에 의해 취득되는 데이터의 경우 기상이나 지형특성에 따른 데이터 질의 저하 문제

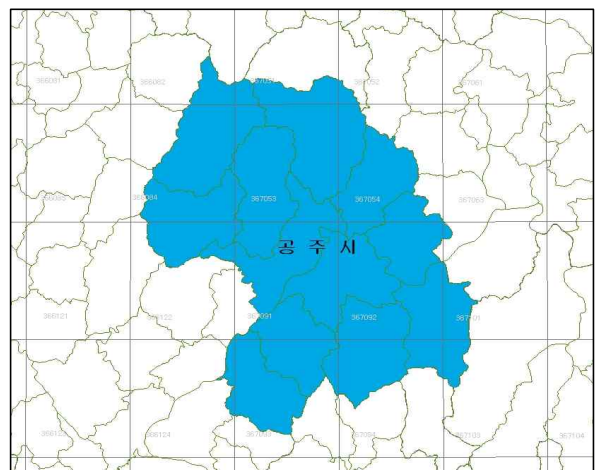


Figure 6. Study Area

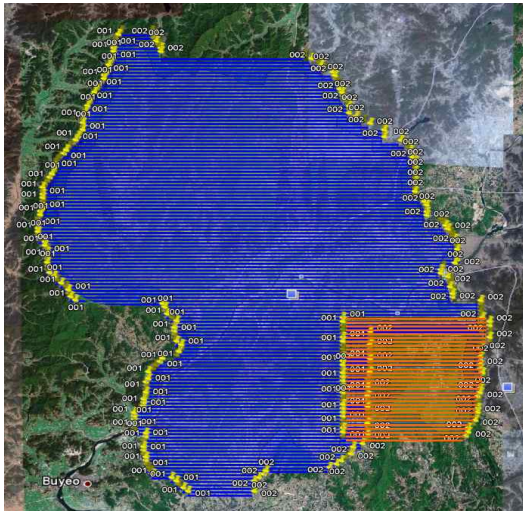


Figure 7. Course Design for Study Area

는 크게 발생하지 않는다. 그러나 레이저 장비에 의해 취득되는 데이터는 기상조건에 따른 영향을 받으며, 지상의 기복이나 수계의 존재 유무에 따라 데이터의 상태가 좌우된다. 또한 수목의 우거짐 정도도 데이터 질과 밀접한 상관관계가 있다. 따라서 작업환경과 관련된 이러한 요인들에 대해서도 고려하여 측량을 실시하였다. 전문적인 고려사항을 적용하여 늦가을에서 초겨울 사이 낙엽이 떨어지는 시기에 측량을 행하였으며, 기상은 구름과 연무 등이 없는 쾌청일을 선택하여 비행계획을 수립하였다. 이와 함께 항공라이다측량의 또 다른 고려사항인 지상의 기복을 분석하여 Fig 7과 같이 2단 측량을 실시하였다. 비행고도는 연구지역의 지형에 따라 1,600~2,000m로 설계하였으며, 계룡산이 있는 남서부 지역에서는 2,000m로 고도를 유지하며 비행하였다.

항공라이다측량은 이동국 GPS 안테나와 지상GPS간의 위치보정을 통한 이동측위 방식으로 위치정보를 취득하였다. 따라서 항공라이다측량을 위한 비행이 행해지는 동일한 시간대에 지상기준국을 연구지역 반경 30 km이내에서 운용하였다. 위 과정을 통해 취득된 데이터는 전처리 과정을 거쳐 편집 가능한 레이저 데이터로 변환하였다. 원시자료의 전처리 이유는 최초 항공기에서 취득된 GPS, IMU, Laser 데이터의 경우 상호 독립된 형태로 취득되기 때문이다. 이렇게 개별적으로 취득

Table 1. Design for Study Area

Division	Content
Number of Courses	160+@
Maximum Altitude	846m (Gyeryongsan)
Course Overlay Rate	50%
Point Density (m ²)	5~6 point

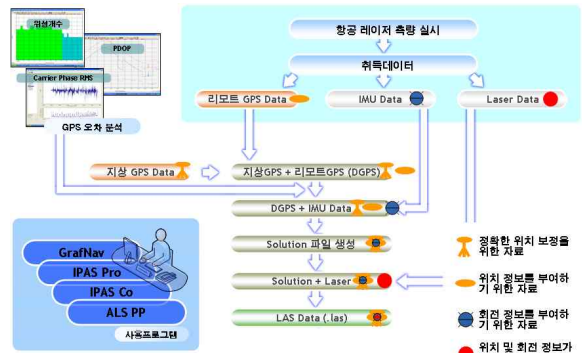


Figure 8. Preprocessing Flow

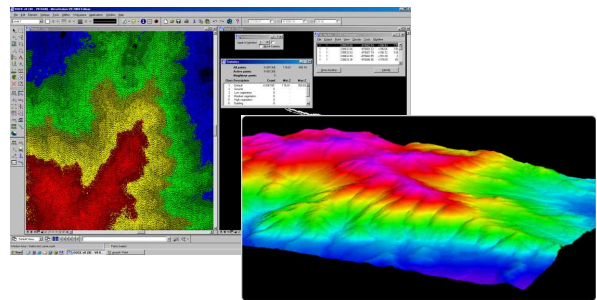


Figure 9. Result of Lidar Data

된 데이터는 레이저 데이터를 중심으로 하나로 융합하여야 높이와 좌표를 갖는 표고자료로 활용할 수 있다.

Fig. 8은 전처리 과정에 대한 흐름을 개략적으로 설명한 것으로 이해가 쉽도록 지상GPS(▲)와 이동국GPS(●), IMU(●), Laser(●) 데이터를 각각 심볼화하여 표현하였다. 프로세싱 초기단계에서 순차적으로 데이터간 융합 과정을 거치며, 최종 단계에서는 원시레이저 자료와 위치 및 회전 정보가 결합된 LAS형식의 항공라이다측량 성과를 만들어 냈다. 생성된 항공라이다측량 데이터는 지표면을 비교적 정확하게 표현하는 것으로 이의 정확도 평가를 위해 현재까지 정확도가 검증된 지상측량 방법(GPS, 레벨 측량)을 이용해 연구대상지를 측량하고 두 측량성적을 비교하는 과정으로 항공라이다측량 데이터의 정확도를 확인하였다.

본 연구의 궁극적 목적은 3차원지적 구축시 항공라이다측량 성과 활용을 위한 사전 수직 정확도 검증의 성격이 강하며, 데이터간 기술통계적 비교와 검정 통계를 통해 이를 분석하였다.

3.3 높이값 산출을 위한 지적비교점 측량

항공라이다측량에 의해 얻어진 성과의 정확도를 평가하기 위해서는 현재 보편적으로 사용되고 있는 측량 방법에 의해 취득된 성과와 항공라이다데이터를 상호

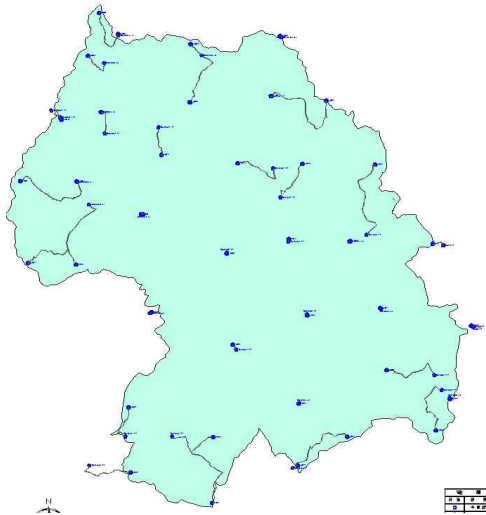


Figure 10. leveling point for Study Area

Table 2. Comparison Table (unit : m)

ID	Easting	Northing	Ground Survey	Lidar Survey	DZ
1	196962.34	352434.64	247.99	247.49	0.49
2	196082.73	348629.57	150.45	149.94	0.51
3	198465.07	350547.41	205.93	205.51	0.42
4	211171.85	350377.88	187.02	187.03	-0.02
5	214817.57	344633.25	144.87	145.01	-0.15
6	210526.93	345055.65	55.83	55.92	-0.09
7	197159.52	343603.65	84.31	83.97	0.34
8	194014.64	342940.64	168.00	167.49	0.50
9	190772.89	337485.49	197.57	197.09	0.48
10	201866.64	339819.18	95.53	95.35	0.18
11	207856.46	339084.46	80.88	80.83	0.05
12	212941.52	339012.57	125.07	125.20	-0.13
13	223195.23	331922.97	21.01	21.42	-0.42
14	216715.19	332146.12	46.22	46.44	-0.23
15	211869.96	332342.01	20.24	20.35	-0.12
16	200262.79	334535.97	34.73	34.62	0.10
17	195146.05	330073.75	122.37	122.06	0.30
18	191391.30	330222.45	285.77	285.38	0.38
19	207459.99	322960.52	48.94	48.93	0.00
20	213323.50	325554.00	24.72	24.98	-0.27
21	219056.17	326198.10	19.63	19.98	-0.35
22	224541.90	318136.12	160.06	160.57	-0.52
23	223427.00	315330.38	241.07	241.54	-0.47
24	219552.79	320697.30	153.55	153.90	-0.35
25	212641.71	317715.56	57.18	57.42	-0.25
26	205933.93	314737.20	35.07	35.08	-0.01
27	199277.17	317381.99	17.98	17.86	0.12
28	205834.93	308879.62	9.97	9.98	-0.01
29	212557.71	312227.73	22.97	23.05	-0.09

비교하는 통계적 기법을 적용해 볼 수 있다. 본 연구에서는 GPS 측량(수평위치)과 레벨을 이용한 직접수준측

Table 3. Result of paired sample t-test

Division	Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean			
Ground & Lidar Survey	0.018	0.311	0.057	0.322	28	0.750

량을 실시하여 연구지역을 대상으로 29점의 건물 바닥 및 논밭 등의 수평 및 수직 값을 취득한 후 이를 항공라이다측량 성과의 높이값과 비교하는 과정을 거쳤다.

항공라이다측량 성과와 수준측량에 의해 산출된 표고값 비교는 Table 2와 같다. 수준측량에 의해 산출된 연구지역의 높이값은 무수히 많은 항공라이다측량 포인트 중 위치좌표가 수준측량점과 동일영역 내에 해당하는 데이터와 비교하여 정확도를 직관적으로 파악 할 수 있었다.

이의 결과는 Table 3과 같다. 실험 결과 기술통계적으로는 평균 0.018m에 표준편차 0.311m로 항공라이다측량 성과와 지상측량에 의해 산출된 수직 성과의 결과 값과의 차이가 공공측량 작업규정제 47조에서 정하는 1/1,000 지도의 정확도 규정을 만족하는 것으로 분석되었다.

이와 같은 공공측량 작업규정을 준용하는 이유는 현재 지적의 경우 소유권 표기라는 목적하에 구축된 데이터의 형태로 높이에 대한 개념이 없기 때문이다.

3.4 쌍체표본 T검정을 통한 정확도 비교 평가

쌍체표본 t검정은 통계학적 방법론으로 측량 분야에서는 동일 지점을 다른 장비를 이용하여 측정한 경우 성과의 동일성 여부를 판단하는 검증 방법으로 활용할 수 있다. 본 연구에서는 지상의 높이값 측정 방법인 수준측량에 의해 얻어진 성과와 항공라이다측량에 의해 얻어진 성과의 동일성 여부를 판단하는 기준으로 쌍체표본 t검정을 활용하였으며, 95%의 신뢰수준에서 검증이 이루어 졌다. 본 연구에 활용된 통계 패키지는 SPSS이며, 크로스 체크를 위하여 엑셀에서 제공하는 통계 도구로도 이를 확인하였다. 다음 내용은 분석의 결과이다.

① 가설의 설정

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$: 지적비교점과 항공라이다측량 성과는 동일
- $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$: 지적비교점과 항공라이다측량 성과는 동일하지 않음.

② 유의수준의 결정

- $\alpha = 0.05$ 의 양측검정

③ 임계치의 계산

자유도 : $n - 1 = 28$

$\alpha = 0.05$ 의 양측 t검정의 임계치는 $t_{0.025, 28}$
 $= 2.048$ 이므로

- 채택영역 : $-2.048 \leq t \leq 2.048$
- 기각영역 : $t < -2.048$ 또는 $t > 2.048$

④ 검정통계량의 계산 결과

$$t = \frac{\bar{D} - (\mu_1 - \mu_2)}{SD / \sqrt{n}} = 0.322$$

- ⑤ t 값이 채택영역에 포함되어 있으므로 귀무가설은 채택된다. 그러므로 지적비교점 성과와 항공라이다측량 성과는 통계적으로 동일하다.

3.5 3차원지적의 활용성 평가

지적의 경우 사유재산의 보장을 위한 경계설정의 목적이 강하다. 이와 같이 경계가 중요시되는 지적의 성격상 3차원지적이 구축될 경우 기반부 수직 정확도에 대한 평가 없이는 경계설정상 왜곡 및 편위가 발생할 수 있다. 분석의 결과와 상호 데이터 비교에 따르면 항공라이다측량 성과는 공공측량작업규정이나 통계적 검증 절차상으로는 수직높이에 대한 정확도가 제도권 내에서 인정 받을 수 있는 수준임을 확인하였다. 그러나 지적에서는 높이에 대한 기준을 정해 측량 할 필요성이 없었으므로 현재 수평위치 정확도에 대한 기준은 있으나 높이에 대한 정확도기준은 존재하지 않는다. 이로 인해 “3차원지적도 구축에 있어 어느 정도의 정확도를 요구한다”라는 결론을 내리는 것은 불가능한 상태이다. 따라서 3차원지적에 높이값에 대한 정확도의 기준을 명확히 할 수는 없으나 지적제도와 측량제도의 통합이라는 대 전제와 차후 지적과 측량 성과의 통일을 고려한다면 공공측량부분의 기준을 준용하여 평가하는 것은 무리가 없으리라 본다. 또한 통계적 방법에 의한 검증 결과를 통해 정확도면에서도 기존 측량방법에 의한 성과와 동일성이 입증된 것으로 평가할 수 있다. 이러한 일련의 확인과 검증 과정을 통해 항공라이다측량 성과를 3차원지적에 적용하는 것에 대한 문제점은 없을 것으로 판단되며, 차후 3차원지적의 정확도 높은 성과를 얻기 위해서는 지적제도와 기술적 측면을 고려한 법·규정의 개선이 요구된다.

4. 결 론

본 연구에서는 항공라이다측량 성과를 이용하여 3차원지적 구축시 수직정확도의 평가 방법을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 항공라이다측량 성과의 3차원지적 적용시 수직 정확도 측면에서 충분히 신뢰할 수 있는 정도를 가진 것으로 평가되었다. 항공라이다측량 성과는 통계적 유의성을 검증해 볼 때 직접수준측량에 의해 얻은 지적비교점 성과와 “차이가 없다”라는 결과를 얻을 수 있었으며, 단순 기술통계적 비교에서도 제도권 내의 정확도 수준을 유지하여 3차원지적 구축시 높이의 기본 자료로 적용 가능함을 알 수 있었다.

둘째, 쌍체표본 t검정을 적용하여 항공라이다측량 성과와 지적비교점 성과의 정확도를 통계적 방법론에 의해 비교하였다. 검정결과 t값이 0.322로 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각할 수 없어 두 측량 성과가 동일함을 증명 할 수 있었다. 이와 같은 결과를 통해 항공라이다측량 성과를 향후 3차원지적 정보의 지형기반 자료 구축에 적용할 수 있음을 알 수 있었다.

지표면의 높이값을 반영한 3차원 지적의 경우 평면에 적용한 지적 경계에 비하여 경계의 왜곡을 최소화할 수 있을 것으로 보이며, 3차원지적의 중요한 부분중의 하나인 건축물 또는 구조물의 3차원 표현을 통한 지적도의 입체화는 항공라이다측량 성과를 이용한 정확한 지형기반 자료를 통해 효율성을 극대화할 수 있으리라 판단된다.

References

1. Lee, J. I., Lee, S. J., Suh, Y. C., 2008, Study on the shape of RFID based control Point and the preference item of providing information, Journal of Cadastre, Vol.38 No.1, pp.195-212.
2. Kim, G. R, Hwang, B. S., Lee, S. H., 2007, A Study on registration 3D cadastre, The Korean Society of Cadastre, Vol.23 No.2, pp.133-145.
3. Choi, B. G., Na, Y. W., Lee, J. I., 2011, Accuracy assessment of the airborne laser scanning for 3D cadastre registration, 2011 conference of The Korean Society for Geospatial Information System, pp. 227-228.
4. Choi, S. P., Cho, J. H., Kim, J. S., 2011, An filtering automatic technique of LIDAR data by multiple linear regression analysis, Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System, KOGSIS, Vol.4

- No.19 pp. 109–118.
5. Lee, J. H., Yeom, J. H., Kim, Y. I., 2011, Filtering airborne laser scanning data by utilizing adjacency based on scan line, Korean Journal of Geomatics, KSGPC, Vol.29 No.4, pp. 221–227.
 6. Choi, Y.S., Kang, I.G., Lee, G.W., 2005, A study on airborne LiDAR system calibration and accuracy evaluation, Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography, Vol.23 No.4, pp.359–366.
 7. Wie, G.J., Lee, I.P., Kang, I.G., Cho, J.M., 2007, Efficiency evaluation of contour generation from airborne LiDAR data, Journal of the Korea Society for Geospatial information System, Vol.15 No.2 pp.59–66.
 8. Association of Precise Survey and Applied Technology, 2009, Airborne lidar survey translation copyright, Korean Association of Surveying & Mapping, Vol. 1.
 9. Lee, G. D., 1998, Deformation monitoring of a structure using kinematic GPS surveying technology, Korean Society of Surveying Geodesy Photo-grammetry and Cartography, Vol. 16 No.1, pp. 27–40.
 10. Jeong, C. D., Oh, J. M., Kim, S. Y., 2010, Accuracy analysis of building outline extracted from terrestrial laser scanner data, Journal of the Korea Society for Geospatial information System, 2010 spring, pp.11–18.
 11. Lee, B. J., Koh, J. H., 2007, A study on the air space right for 3D cadastral system, Journal of the Korea Society for Geospatial information System, 2007 spring, pp. 252–258.
 12. Wie, G. J., Yang, I. T., Suh, Y. W., Sim, J. M., 2006, Evaluation of airborne LiDAR data using field surveyed ground control points, Journal of the Korea Society for Geospatial information System, Vol 14 No.4, pp. 11–18.