

# 효율적인 도시녹지 모니터링을 위한 3차원 측량정보의 활용 -활엽수림의 사례를 중심으로-

송영근

서울대학교 BK21+ 그린인프라 창조인재양성팀

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

날로 발전하는 원격탐사기술이 지상 조사의 수고를 더는 데 일조하고 있다는 점에는 이견이 없다. 특히 항공 라이다(Light Detection and Ranging: LiDAR) 기술, 또는 항공 레이저스캐닝(airborne laser scanning) 이라 불리는 기술은 초당 수십만발의 레이저빔들의 반사위치를 기록함으로써 광역스케일에서 지상물의 3차원 형상을 십수센치 이하의 정확도로 단번에 취득한다는 점에서 그 활용가치가 주목받고 있다. 최근에는 정밀지형측량이나 구조물의 3차원모델링 등을 위해 LiDAR데이터를 국가차원에서 정기적으로 취득하고 있는 바, 이러한 LiDAR자료를 생태 및 경관분야에 어떻게 활용할 것인지에 대한 지속적인 연구가 절실히 요구된다.

관련 연구로써 산림분야에서는 북미·북유럽 침엽수 조림지 관리의 측면에서 수목 개체수 조사, 수고측정, 지상 바이오매스 추정, 수관 크기 추정 등에 응용되어 왔고, 보다 생태적인 관점에서는 분광영상과의 융합을 통해 열대림의 종다양성을 추정하는 연구도 수행되었다. 본 연구에서는 이질적인 수림생태계가 혼재하는 도시공원의 녹지에 초점을 맞추어, 활엽 가로수 개체목에서부터 도시림 규모에 이르기까지 LiDAR자료를 활용한 모니터링 방안을 조명하고자 한다.

## II. 연구 방법

본 연구에서는 항공기 및 헬기에서 취득한 small-footprint high-density airborne LiDAR 데이터를 이용하였다. 대상지는 도시공원의 가로수(왕벚나무류)와 활엽수림 지역을 대상으로 하였다. LiDAR 데이터 취득은 2003, 2004, 2008, 2010년 각각 이루어졌으며 검증자료 수집을 위한 필드조사가 병행되었다. 임분별 기본적인 매목조사 항목에 더하여, 개별목 레벨에서는 수목 활력도를 조사하였다.

## III. 결과 및 고찰

연구 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, LiDAR자료로부터 추출된 3차원 수관형상은 수목체적을 추정하는 데에 유용하며, 이는 도시지역에 식재된 수목의 활력도를 평가함에 있어 중요한 정보이다(Song et al., 2011b). LiDAR자료 기반 식생지수의 하나인 지엽면적밀도의 합이 현장 측정된 흉고직경과 수고를 변수로 하는 상대생장식으로 추정된 수목의 체적과 가장 높은 상관관계(Pearson's  $r=0.818$ ,  $n=56$ )를 보였으며, 이는 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)와 같은 기존의 분광정보 기반 식생지수와 비교하여 높은 값이다. 식재시기, 수령, 수종 및 환경인자가 통제된 도시공원의 수목의 경우 이러한 수목체적은 활력도를 가능하게 하는 바로메타가 되므로, LiDAR자료가 활용될 수 있는 가능성을 보여준다.

둘째, 기존 분광정보기반 원격탐사자료로 녹지평가 수행시 우려되는 수형에서 야기되는 분광정보 왜곡을 보정가능케 함으로써 수목활력도 평가 정확도를 향상시킨다(Song et al., 2013). 공간해상도가 1m이내인 고해상도 분광영상의 경우, 수형에 따른 수관표층의 사면과 태양과의 위치관계에 의해 분광정보가 왜곡되는 문제점이 있다. 이를 LiDAR자료로 얻어진 수형형상을 기반으로 보정함으로써, 예를 들어 최적의 분광지수(Song et al., 2011c)를 이용하여 수목활력도를 판별하는 경우 정확도(fuzzy accuracy)가 향상(75.5% → 84.5%)되는 것을 확인하였다. 이처럼 분광영상과의 융합을 통해 더욱 정제된 자료를 취득 가능케 함으로써 기존 원격탐사자료의 활용을 확대시킬 것으로 기대된다.

셋째, LiDAR 자료로부터 단위체적당 지엽량(잎, 줄기, 가지 등)의 3차원 공간분포를 재현할 수 있으며, 이는 수직적, 수평적 수관구조를 정량화하는 기초단위가 된다(Song et al., 2011a). 1m × 1m × 1m 의 복셀(voxel) 내에 입사, 투과, 차단된 레이저빔의 개수를 추정함으로써 단위체적당 지엽면적밀도(plant area density)를 계산할 수 있으며 이 분포를 통해 수림의 종횡단면도를 정량적으로 재현할 수 있게 되었다. 이는 기존의 단위면적당 엽면적을 나타내는 지수(leaf area index)가 가지는 2차원적 한계를 극복하는 중요한 성과라고 판단된다.

넷째, 정량화된 수관구조는 녹지가 도심 내 미기후에 미치는 영향을 분석하는 기초자료가 된다(Fujiwara, 2013). LiDAR자료에 기반한 식생지수들은 각 임분의 수직/수평적 위요도 및 피복도와 같은 수관구조의 특징을 나타내며, 이는 공원 외곽 도심과의 온도, 습도, 광량 등 기후인자의 일변화 차이와 높은 상관관계

를 보였다. 따라서 기존의 도시 기후변화 저감관련 연구에 정량적인 녹지의 유형을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

다섯째, 다시기 LiDAR 데이터 취득을 통해 수관의 성장이나 틈새(gap)를 광역스케일에서 정량적으로 단번에 파악할 수 있으며, 이는 지역생태계 관리에 있어 중요한 정보이다(Song et al., 2015). 2004, 2008, 2010년 여름 동일 도시공원에 대해 계측된 LiDAR 자료로부터 입분 단위 및 개별목 단위에서 성장세를 파악한 결과, 현장 측정된 흉고단면적 성장세 및 수고성장세와 유의미한 상관관계를 보였다. 수립의 장기모니터링시 요구되는 막대한 노동력과 예측불가능한 변수들을 고려할 때, 이러한 LiDAR 자료의 잠재성은 가히 혁신적이라 할 수 있으며, 해석방법론에 대한 더 많은 연구가 요구된다.

## IV. 결론

앞서 정리한 바와 같이 LiDAR자료의 활용에 대한 기대는 확대되고 있으며 생태 경관 관리부문에 있어서도 검증되고 있다. LiDAR자료는 국토정보인프라 구축의 측면에서 앞으로도 전략적으로 더욱 활발하게 취득될 것으로 전망되며, 도시지역의 경우 우선적으로 적용될 것으로 기대된다. 플랫폼 역시 항공기, 헬기 기반에서 드론탑재나 자동차, 지상 고정형과 같이 확대되는 바, 적정 수준 이상의 해상도와 품질이 확보된 LiDAR자료의 융합과 활용을 통해, 도시 녹지 모니터링을 위한 혁신적인 기반자

료를 구축해 나아갈 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. Song, Y., Imanishi, J., Sasaki, T., Ioki, K., Morimoto, Y. (2015) Estimation of broad-leaved canopy growth in the urban forested area using multi-temporal airborne LiDAR datasets. *Remote Sensing of Environment in review*.
2. 송영근 (2014) 도시공원에 식재된 왕벚나무 수종을 중심으로 한 수목 활력도의 정량평가지표 개발 및 이론적 고찰에 관한 연구. *한국환경복원기술학회지* 17(4): 57-67.
3. Song, Y., Imanishi, J., Hashimoto, H., Morimura, A., Morimoto, Y., Kitada, K. (2013) Spectral correction for the effect of crown shape at the single-tree level: an approach using a Lidar-derived digital surface model for broad-leaved canopy. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on* 51(2): 755-764.
4. Fujiwara, S.(2013) Remotely estimated climatic factors in various types of urban forests (in Japanese). Undergraduate thesis, Kyoto Gakuen University, Japan.
5. Song, Y., Maki, M., Imanishi, J., Morimoto, Y. (2011a) Voxel-based estimation of plant area density from airborne laser scanner data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/(W12): 209-212.
6. Song, Y., Imanishi, J., Morimoto, Y.(2011b) Use of airborne laser scanning data for the assessment of tree condition. *Proceedings of the 32nd Asian Conference on Remote Sensing, Sensing for Green Asia*, October 3-7, 2011, Taipei, Taiwan, 1196-1201.
7. Song, Y. K., Imanishi, J., Hashimoto, H., Morimura, A., Morimoto, Y. (2011c) Importance of the green spectral region for remote assessment of tree vigor condition: a case study of *Cerasus* species. *Journal of Environmental Information Science*, 39(5): 87-96.