

## 研究情報

# LiDAR データを用いた林冠データに基づく広域人工林資源動態シミュレーションに向けて\*1

光田 靖\*2・柴田矩良\*3

光田 靖・柴田矩良：LiDAR データを用いた林冠データに基づく広域人工林資源動態シミュレーションに向けて 九州森林研究 69：181－183, 2016 LiDAR データを解析して得られる林冠情報をプロセスベース成長モデルの初期値情報にすることにより、信頼性の高い資源動態シミュレーションを可能とするシステムを考案した。その実行可能性を検討するために、大分県国東半島で計測された LiDAR データから林分情報を推定し、その情報をプロセスベース成長モデルに初期値として代入して成長予測を行った。LiDAR データから得られる林冠情報はプロセスベース成長モデルにとって有効な情報となり得ることが示された。このようなシステムによって現状を反映した信頼性の高い資源動態予測を実現する可能性が示された。

キーワード：LiDAR, プロセスモデル, 林冠情報, 森林情報データベース

## I. はじめに

近年、森林・林業分野において航空機 LiDAR (Light Detection and Ranging) 技術の活用が活発となっている (加藤ほか, 2014)。LiDAR はレーザー光を利用して対象物までの距離を計測する技術であり、森林域に対して航空機から LiDAR 計測を行うことで林分の 3 次元構造を計測できる。森林域に照射されたレーザー光は様々な地物や地盤に反射され、最初に返ってきたものをファーストパルス、最後に返ってきたものをラストパルスとよぶ。ファーストパルスによって林冠表面高 (digital surface model, DSM) を、ラストパルスによって地表面高 (digital terrain model, DTM) をそれぞれ推定し、その差分を林冠高 (canopy height model, CHM) と捉えて、この CHM を解析することにより樹高 (Nilson, 1996; Takahashi *et al.*, 2005) や様々な林分構造 (Næsset, 2002; 松英ほか, 2006) を推定することができる。

LiDAR 計測による森林資源の把握は研究のフェーズから、実用のフェーズへと移りつつある。例えば、佐賀県では民有林全域について LiDAR 計測を行い、得られた森林情報を林業行政に活用している (小川ほか, 2013)。森林・林業分野における LiDAR 計測が実用段階へと移行していく中で考えなくてはならないことは、どのような情報をデータベース化するかということと、その情報をどのように活用するかということである。LiDAR 計測から得られる林分構造の情報は、従来の森林簿を置き換えるような新たな森林情報データベースとなり得る。しかし、単に蓄積、樹高および直径といった森林簿の情報を置き換えるだけでなく、従来の林分構造情報に加えて樹冠表面積や樹冠長といった LiDAR 計測によって得られる新たな林分構造情報を有効に活用できるような森林情報データベースとなるべきである。さらに、新たな森林情報データベースの活用においては、このような新たな林分構造情報を活かすことを考えるべきである。森林簿では林

齢や地位などで一律であった林分構造情報が、LiDAR 計測により個別の林分について現状を反映した情報を得ることができる。個々の林分について現状を反映した成長予測を行うとき、樹高、直径および林分密度といった情報を入力値として林分密度管理図を用いるという方法が考えられる。しかし、確かに林分密度管理図は膨大なデータに基づく頑健性の高いモデルであるが、新たに得られた林冠情報を活用することはできない。

そこで本研究においては、LiDAR 計測で得られる林分構造情報をデータベース化し、地域資源の動態予測に有効活用するための資源動態シミュレーションシステムを考案し、その実効可能性について実データを用いて検討した。将来的に LiDAR 計測データを森林・林業分野において有効活用するために、本研究における試みは有用な情報となりえるであろう。

## II. 森林資源動態シミュレーションシステム

本研究において提案する森林資源動態シミュレーションシステムを図-1に示す。システムの対象は針葉樹人工林とする。広域のシミュレーションを想定して、CHMの解析から抽出される単木情報を林分レベルで集約したデータベースを用いる。各林分において成長を予測して広域での資源動態を推定するが、林分の成長予測には炭素収支にもとづくプロセスベース成長モデルを用いる。このモデルは林分レベルで集約した葉・枝・幹および根のバイオマスを基礎単位とした炭素収支にもとづいて林分の成長を記述するモデルである。また、このモデルは日射の吸収、光合成による生産、気象による光合成の律速、呼吸、葉・枝・根のつけ替え、および余剰光合成生産物の各器官への配分というプロセスのサブモデルからなる。モデルの詳細については既報 (光田ほか, 2013) を参照されたい。このモデルの特徴は葉バイオマスに5階層の葉群構造を導入した点であり、累積葉量に応じて日射吸収量

\*1 Mitsuda, Y., and Shibata, N.: Preliminary analysis for broad scale simulation of resource dynamics of planted forests using canopy information derived from LiDAR data.

\*2 宮崎大学農学部 Fac. Agric., Univ. Miyazaki, Miyazaki 889-2192, Japan.

\*3 株式会社コイシ Koishi Corporation, Ooita 870-0126, Japan.

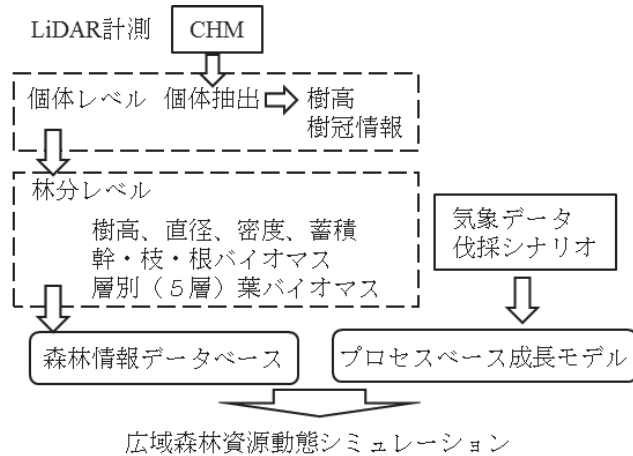


図-1. システムの概要

が決まり、それによって光合成速度が決まることで、林冠の葉群構造が変化すると林冠の光合成効率が変化する。この点はLiDAR計測によって得られる3次元林冠構造データと親和性が高いものと考えられる。さらに、3次元林冠構造データからはギャップの情報も抽出でき、間伐で林冠にギャップが生じた場合に日射の吸収効率が一時的に低下することも反映できる。

### Ⅲ. 検証

図-1に示された森林資源動態シミュレーションシステムについて、実データを使って検証した。対象地域は大分県国東半島である。国東半島全域を対象として取得されたLiDARデータ（ファーストパルス密度：13 point/m<sup>2</sup>）から50 cm解像度のDSMおよびDTM、さらにCHMを作成した。全域がスギの人工林と判断される50 m四方の範囲を擬似林分として設定し、擬似林分内のCHMを抽出した。CHMに対して局所最大値フィルタ法（Wulder *et al.*, 2000）を適用し、樹頂点を抽出して各個体の樹高を推定した。別途準備したネズンド式による樹高-直径曲線から、各個体の胸高直径を推定した。樹高と直径からHosoda *et al.* (2010)による式を用いて葉・枝および幹のバイオマスを推定した。日本国温室効果ガスインベントリ報告書（GIO, 2015）に記載された地上部/地下部比によって根バイオマスを推定した。

各樹頂点に対してWatershed法を適用して各個体の樹冠を抽出した（例えば、Hirata, 2008）。擬似林分内での最高樹高を基準として5階層（基準高：80%，70%，60%，50%，0%）を設定し、各単木について各階層までの累積樹冠体積を計算した。各個体の樹冠を構成するCHMにおいて、基準高より高いセルを抽出すれば基準高における樹冠投影面積を推定でき、これと樹冠長から累積樹冠体積が計算できる。各個体について累積樹冠体積を相対化して、これに個体の葉バイオマスを掛けることによって層別累積葉バイオマスを求めた。各個体の層別葉バイオマスおよび枝・幹・根バイオマスを積算して、林分レベルのバイオマスを求めた。

以上のようにして、森林情報データベースに格納する林分構造情報を推定した。この擬似林分では平均樹高18.5 m、平均直径

21.3 cm、本数密度1688本/ha、林分蓄積627.1 m<sup>3</sup>/ha、幹バイオマス196.9 ton/ha、枝バイオマス14.3 ton/haおよび根バイオマス65.3 ton/haとなった。また、層別葉バイオマスは上層から3.5, 7.6, 5.5, 2.7, 2.5 ton/haとなった。そして、個体の樹冠抽出によってギャップと判別された面積は7.3%となった。

次に、推定された部位別バイオマスを入力値として、プロセスベース成長モデルを適用して成長を予測する。気象データとして擬似林分が存在する3次メッシュにおける平年値を用いて、5年間の成長を予測した。予測の結果、期首の林分蓄積627.1 m<sup>3</sup>/haに対して期末の林分蓄積は652.2 m<sup>3</sup>/haとなり、年間平均成長量は5.02 m<sup>3</sup>/haとなった。

### Ⅳ. おわりに

本研究において、擬似的な一つの林分を対象としたものであるが、LiDAR計測データを用いて森林情報データベースを構築し、それを元にして森林資源動態予測シミュレーションを行った。擬似林分における林分構造推定および成長推定の結果は、通常の林分で計測される範囲から逸脱しておらず、ある程度は妥当なものと思われる。しかし、樹頂点抽出や個体の樹冠抽出など、個別の技術に関しては改善する必要がある。今回の結果に関しては樹冠抽出においてギャップと誤判定された面積が大きく、材積成長量が比較的小さくなったことに影響していた。最新の研究動向を把握し、より良い方法へとアップデートする必要がある。しかし、当初の目的であったように、LiDAR計測で得られる林分構造情報をどのようにデータベース化するのか、それをどのように活用するのかに関して、実際のデータから示すことができた。

本研究では擬似林分を設定したが、森林GISから実際の林分区分を利用するとき、どのような問題が生じるのか検討する必要がある。また、本研究で用いたLiDARデータは比較的高密度のものであったので、既存の低密度データを活用するためには方法を一部変更する必要がある。個別の要素技術を含めて改善・検証すべき点は多々あるが、LiDAR計測から得られる3次元林冠情報と、プロセスベース成長モデルとの組み合わせが有効であることは示すことができたものと考えられる。

### 謝辞

本研究で用いたLiDAR計測データは株式会社コイシより提供を受けた。また、解析にあたっては森林総合研究所九州支所・高橋與明主任研究員に助言いただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

### 引用文献

- GIO (2015) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書, 655 pp, 国立環境研究所, つくば.  
 Hirata, Y. (2008) J. For. Res. 13: 147-154.  
 Hosoda, K. and Iehara, T. (2010) J. For. Res. 15: 299-306.  
 加藤 顕ほか (2014) 日林誌 96: 168-181.

松英恵吾ほか (2006) 写測とリモセン 45 (1) : 4-13.  
光田 靖ほか (2013) 統計数理 61 : 307-322.  
Næsset, E. (2002) Remote Sens. Environ. 80 : 88-99.  
Nilson, M. (1996) Remote Sens. Environ. 56 : 1-7.  
小川吉平ほか (2013) 第 124 回日本森林学会大会発表要旨集 P 1

-020.

Takahashi, T. *et al.* (2005) J. For. Res. 10 : 135-142.

Wulder, M. *et al.* (2000) Remote Sens. Environ. 73 : 103-114.

(2015 年 10 月 26 日受付 ; 2015 年 11 月 15 日受理)