

研究情報

Research Information

No.126 Nov 2017

デジタル空中写真による森林資源の把握

産学官民連携推進調整監 家原 敏郎

近年のIT技術の進歩は、レーザーを利用した航空機LiDARや地上LiDARの導入など、森林資源の計測分野にも変革をもたらし始めています。ここでは、レーザーとは異なる新しい技術、デジタル空中写真について紹介します。

空中写真とは、飛行中の航空機などからカメラにより地表面を撮影した写真で、1868年に初めて撮影され長い歴史をもっています。隣り合う写真を60%オーバーラップして撮影すると、2枚を対にして実体視を行い地物を立体的に見ることが可能となり、地形図はこの原理を応用した図化機を用い作成されてきました。林業では、実体鏡を使って実体視して、林相を判読したり、立木のおおよその樹冠の大きさや樹高を調べることに使われますが、作業には技能と手間が必要です。

空中写真は、以前はネガフィルムに撮影されていましたが、2000年代初頭に約1億600万画素の空中写真撮影用デジタルカメラが実用化されました。また、航空機用GPS等も急速に進歩し、航空機の位置や高度、向きや傾きが正確に計測できるようになり、デジタル空中写真をコンピュータで3次元化することが可能になりました。

スギなどの人工林では、林冠を構成する立木の頂端がデジタル空中写真上で良く見えるので、3次元データから頂端の高さがわかります。写真では林分の地表面は見えませんが、航空機LiDARや数値地形図による地盤高データをオーバーレイすれば、頂端の高さととの差分により立木の樹高が求められます。地盤高のデータは、省庁や都道府県等の事業により整備されつつあります。また、一定面積内に見えている立木本数をカウントすることにより、林冠構成木の密

度も計測できます。現在と数年前のデジタル空中写真を用意すれば、その間の樹高成長や密度の変化も把握できます。

森林総合研究所では日本森林技術協会と協力し、これらの値からスギ人工林の林分材積を推定することを目的として、デジタル空中写真を使った新たな林分材積推定手法の開発に取り組んでいます（農林水産省委託プロジェクト研究、25～29年度）。

デジタル空中写真は、区域によっては購入が可能ですが、新規に撮影する場合でも、データ数を増やすため航空機が同じコースを何度も飛ぶ必要が無いので、航空機LiDARより一般に低コストです。現在では、パソコン用のデジタル空中写真の立体視ソフトウェアが製品化され、特殊な技能が無くても立体視メガネをかけモニター上の立木の頂端をクリックすれば、樹高が計測されるようになってきています。開発した手法が立体視ソフトウェアに組み込まれれば、低コストで容易に林分材積が把握できると期待されます。



写真 航空機内の空中写真撮影用デジタルカメラ



航空機 LiDAR による立木本数の推定

森林資源管理研究グループ 田中 真哉

はじめに

戦後に造成されたスギやヒノキの人工林は、立木が収穫できるサイズにまで成長しています。このような人工林資源の充実を背景に、地域によっては間伐から主伐へと施業の中心が移行しつつあります。

森林資源を長期にわたって持続的に利用していくためには、樹高、直径、立木密度など現在の森林の状態を把握し、将来目指すべき状態をイメージして管理や伐採の計画を考える必要があります。その対象が目の前の小さな林分であれば、測高器や巻尺を用いた林分調査によって森林現況を正確に把握することができますが、広大な森林の管理計画を考える場合、現況把握に相当な労力を要します。そのため、空から効率的に森林現況を把握することができるリモートセンシング技術が必要とされています。

広域の森林現況把握に必要とされるリモートセンシング技術ですが、近年航空機 LiDAR（ライダー）のデータやドローンによる空撮写真が利用されるようになり、得られる情報が飛躍的に増加しています。本稿では、森林のリモートセンシングに関する研究の中から、航空機 LiDAR によるスギの立木本数（密度）の推定の研究をご紹介します。

航空機 LiDAR による立木本数の推定

航空機 LiDAR とは Light Detection and Ranging（光検出と測距）の略で、航空レーザ測量とも呼ばれる技術です。航空機 LiDAR による計測では、航空機に搭載したセンサから地表に向かってレーザ光を照射し、樹冠表層の標高と地面の標高を同時に計測します。このふたつの標高の差をとると、樹冠の高さの空間分布（林冠高）を詳細に画像化することが可能です。

林冠高画像から立木本数を推定する方法にはいろいろありますが、今回は局所最大値フィルタリングという画像処理の方法を利用しました。局所最大値フィルタリングとは 3×3 画素や $5 \times$

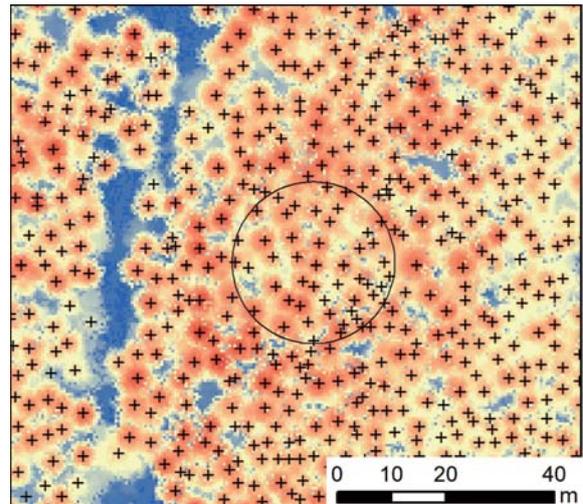


図1 林冠高画像と局所最大値フィルタリングによる樹頂点抽出結果（+で表示しています）。

5画素といったように画像から樹頂点の候補を探索する範囲を決め、探索範囲の中心画素が探索範囲内の最大値（ピーク）であった時にその中心画素が樹頂点であるとみなして林冠高画像から樹頂点を自動的に抽出する方法です。図1は、林冠高画像が高さの情報であることを利用し、中心画素の値によって探索範囲を変化させる可変サイズの局所最大値フィルタリングを行った結果を示しています。

約55年生の林分を拡大して示した図1を見ると、ひとつの樹冠のひろがりの中心部分にあって、まわりに比べて林冠高の高い画素（より赤い画素）が樹頂点として正しく抽出されているように見えます。もちろん、誤って樹頂点が抽出されたり、逆に抽出されるべきものがされなかったりする例外がないわけではありませんが、全体としては概ね良好な抽出結果と言えるでしょう。それでは、このような良い抽出結果はどのような林分でも得られるのでしょうか？

様々な密度の林分における検証

私たちは航空機 LiDAR による立木本数推定の限界を調べるため、立木密度や個体サイズの異なる様々な林分で現地調査を行っています。定量的な分析は現在実施している最中ですので、ここでは、立木密度の異なるいくつかの林分について林冠高画像を用いた抽出結果とオルソ写真（倒れこみを補正した正射投影の写真）の目視判読結果を定性的に比較することにします（図2）。なお、図2上段の林冠高画像の解像度は

50cmです。図2下段のオルソ写真は解像度5cmで、林分を上空からドローンで多数撮影し、それらを専用のソフトウェアを用いて処理することによって作成しました。

林分の立木密度が低く、ひとつひとつのスギの樹冠がはっきりとしている低密度林（左列）の場合、ギャップにおいて誤抽出している例外があるものの、林冠高画像から自動抽出した樹頂点は図1の例と同じように、おおよそ樹冠の中心にあり、写真の目視判読による樹頂点とほぼ同じような結果となりました（目視判読結果に対する抽出率115%）。中密度林（中列）の比較でも、いくつか間違いはあるものの、樹頂点の自動抽出によって判読と同じような結果が得られました（抽出率97%）。しかし、それよりも高密度になると（右列）、樹冠が連続的でピークがはっきりとしなくなり、抽出漏れと思われる箇所が増え、判読結果の73%の樹頂点しか抽出することができませんでした。このような分析を多数の林分で行ったところ、おおよそ750-800本/ha以上の立木密度を境にして、抽出漏れの樹頂点が多くなることが分かりました。

高密度の林分で上から見える樹頂点を抽出できない理由は、隣り合う樹木同士の距離が近く、樹冠が重なったりくっついたりして連続的になることにより、複数の樹頂点がひとつの樹頂点として抽出されてしまうことであると考えられます。そのため、今回用いた50cmよりも解像度の高い林冠高画像を解析に利用すれば上記の理由による抽出漏れを少なくすることができると考えられます。しかし、そのような高解像度でクオリティの高い林冠高画像を作成するためには、レーザの照射密度を高くして航空機LiDARの計測を行う必要があります。計測にかかるコストは高くなります。

航空機LiDARから本数の推定が必要な場面として、主伐時に得られる本数と単木材積の推定あるいは要間伐林分の特等いろいろなことが考えられます。しかし、データを利用する目的によって求められる解像度は異なってきます。航空機LiDARの計測にあたっては、利用目的に対応した計測仕様を十分に検討しておくことが重要です。

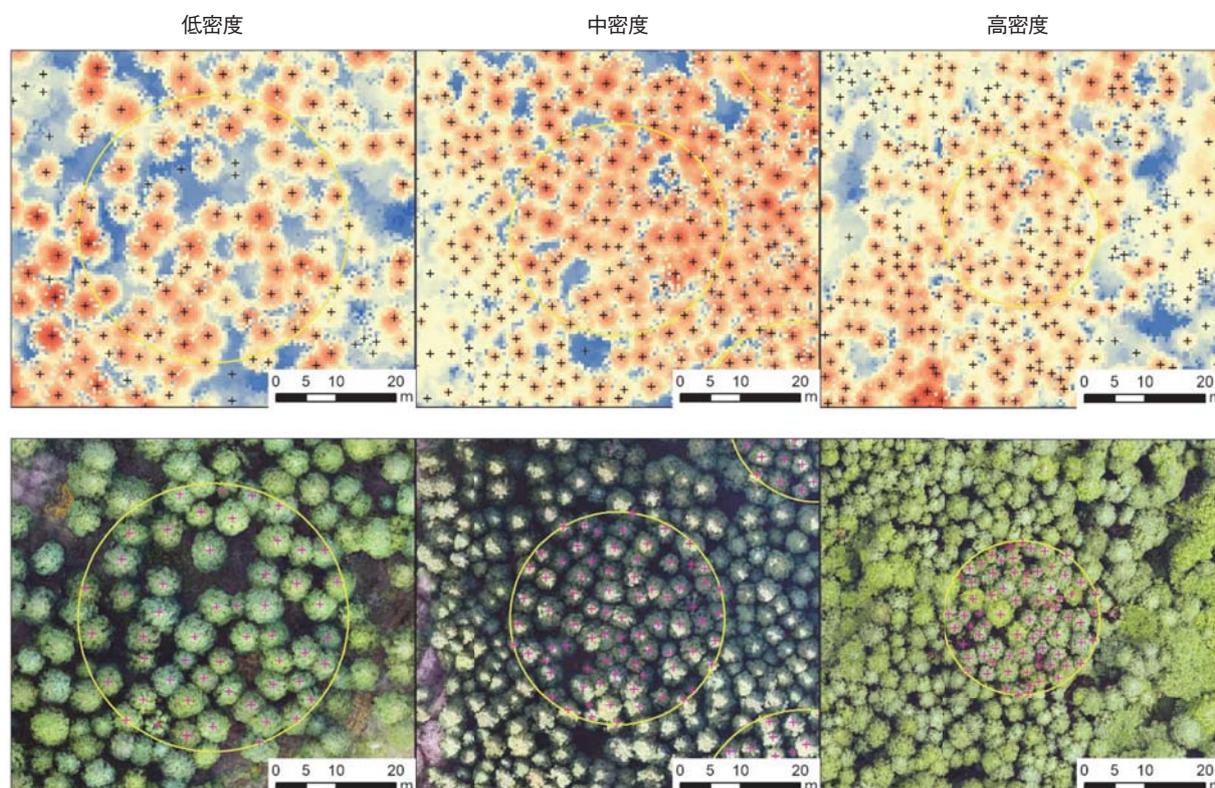


図2 林冠高画像と局所最大値フィルタリングによる樹頂点（上段）およびオルソ写真（解像度5cm）と写真の目視判読による樹頂点（下段）。現地で調べた立木密度はそれぞれ約310本/ha（左列）、770本/ha（中列）、1920本/ha（右列）です。画像中の円は本数密度によって大きさを変えて設定した現地調査プロットを示し、立木密度はプロット内の値です。

竹の豆知識 第3回

竹と笹

地域研究監 鳥居 厚志

小倉百人一首には、竹を詠んだ歌はありませんが笹を詠んだ歌が一首だけあります。笹は、一般的には「竹の小さいヤツ」というイメージですが、竹と笹の違いは何でしょう？実は、植物図鑑を見ても、「竹（タケ）」や「笹（ササ）」という言葉は見当たりません。植物学の世界で厳密に定義された言葉ではなく、かなり曖昧に使われます。

イネ科のタケ亜科に属する植物種を、我々は通称「竹類」とか「竹・笹類」と呼びます。世間一般のイメージとしては、モウソウチクやマダケ（いずれもマダケ属）など大型の種類はまさしく「竹」であり、筍を食用にするチシマザサ（ネマガリタケ）や葉をチマキの材料にするチマキザサ（いずれもササ属）など小型の種類は「笹」と認識されるでしょう。

植物図鑑の検索表を見ると、タケ亜科全体を、いわゆる「竹」であるマダケ属を含むグループと、いわゆる「笹」であるササ属を含むグループの2つに大別する識別点として「稈鞘が脱落する/しない」が記載されています。稈鞘とは竹の皮のことで、筍が伸長する過程で脱落するか宿存するかという違いです（写真1）。そして便宜的に、前者を「竹類」、後者を「笹類」と呼ぶことが多いようです。

表1は、日本のおもな竹・笹類の最大サイズ（高さ）と、世の中の一般的なイメージの一覧です。大型のマダケ属と小型のササ属・スズタケ属は、各々「竹」「笹」というイメージに合致します。しかしそれ以外は、竹・笹を問わず最大サイズが約5mの「中型の竹」が大半です。マダケ属は直径が2cm、高さ5mに達するので、「笹」という印象は薄いでしょう。また、最小の竹であるオカメザサ（写真2）は、どう見ても「笹」です。

七夕の笹は、「竹」を使うことが多いですし、「笹

酒」と称して竹稈を酒の容器に用いています。このような曖昧な用法を見てくると、百人一首に読まれた「笹」が、どの植物種に相当するのか、推定するのは容易ではないですね。



写真1 (左) 稈鞘のあるマダケ (笹の仲間) (右) 稈鞘のないヒメハチク (竹の仲間)

	最大の 高さ	一般的な イメージ
<稈鞘が脱落する「竹」>		
マダケ属	25m	竹
ナリヒラダケ属	10m	竹?
ホウライチク属	5m	中型の竹
シホウチク属など	5m	中型の竹
オカメザサ属	1m	笹?
<稈鞘が宿存する「笹」>		
マダケ属	5m	中型の竹
ヤダケ属など	5m	中型の竹
スズタケ属	3m	笹
ササ属	3m	笹

表1 日本の竹・笹類のサイズとイメージ



写真2 最も小型の竹、オカメザサ

前号（2017年8月発行 No.125）の訂正

4頁掲載の「竹の豆知識 第2回 竹の花」右段8行目に、モウソウチクの開花に関して「57年周期」と記載しましたが、正しくは「67年周期」です。謹んで訂正いたします。

巻頭帯写真について：嵐山国有林(京都市西京区)

研究情報 第126号

平成29年11月30日発行

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所関西支所

京都市伏見区桃山町永井久太郎 68番地

〒612-0855 Tel. 075(611)1201 (代表)

Fax. 075(611)1207

ホームページ <http://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/>

