

今さら聞けない森林情報収集技術② 〈地上レーザー、空中写真の新しい利用法、ドローン〉

中部大学中部高等学術研究所国際GISセンター准教授 竹島喜芳

4月号の「今さら聞けない森林情報収集技術」いかがでしたでしょうか？ お役に立っていたらいいのですが。今月はその後編として地上レーザー、空中写真の新しい利用法、ドローンという順で、新しい技術の全体像が見えるように解説してみたいと思います。

地上レーザー

2015年『現代林業』3月号で紹介された地上レーザーも最近では、図1のように商品化されたものも登

場しているため、目にすることも、耳にすることも多くなりました。航空レーザーで、単木の胸高直径がいくらか推定可能だといっても、推定誤差は避けられません。ですが、地上レーザーなら、正確な計測が可能です。胸高直径ばかりか任意の高さの直径も測れる場合があります。

原理的には、航空機に載せているレーザー測距儀を地上で使ったものと考えて大丈夫です。ただ、測りたい森の中に機械も自分も移動しなければなりません。また、一箇所だけのレーザー計測だと、樹木の影に隠れた

樹木は計測できなく、少なくとも林内数箇所ではレーザー計測する必要があります。そのため、毎木調査の代わりとしてレーザー計測する場合、もれなく樹木の計測を行うことは、それなりに技術のいることです（器械の設置場所の選定や据付）。ドローン（UAS）のように遠隔・自動で森林調査をするという具合にはいきません。

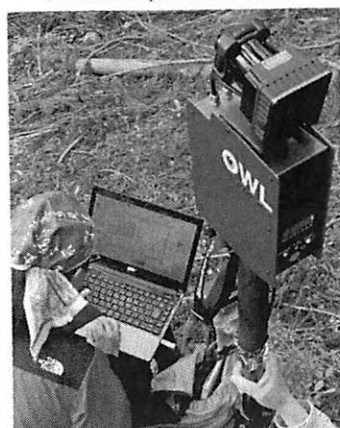
一方、プロット調査に特化した地上レーザーも市場に登場してきたようです。この装置は器械の据付精度は気にしないでいいようですが、プ

B社の地上レーザー
(maple96.wix.com/woodinfoより改変)
FARO



ある程度の広さを正確に
(複数の既知点をつかって各点でレーザー計測)

A社の地上レーザー
(www.owl-sys.comより改変)



プロット調査を素早く正確に
(移動しながらレーザー計測)

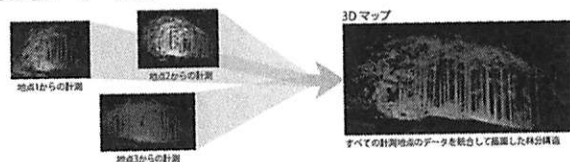


図1 地上レーザー（メーカーカタログ資料等より作成）

ロット調査に特化したもので、なので使用場面が限定されます。測量用の地上レーザーは非常に高価ですが、最近では車の自動運転でこうしたレーザーが活用されてきたため、精度や計測可能な距離

が測量用には劣るものの、レーザー器械の価格がグンと落ちたものも登場してきました。もうしばらくしたら気軽にドローンに付けられる状態になるのではと個人的に期待しています。

航空機による空中写真

（1）従来方法

空中写真は、昭和30年代には登場してきた技術です。都道府県で森林簿の編成作業の補助資料として5年に1度、林相の把握や地形の改変特定などに使われてきました。長いその歴史の中で、図2の実体鏡を使ったり、樹高計測法や立木本数推定法なども、体系的に整理されています。印刷された空中写真を眺めながらそんな情報を捻り出すのも素敵なことですが、そんな空中写真をオルソフォトに加工したら、森林計画図との対応もつけやすく、さらに素晴らしい

よばれる機械を使って経験をもとに樹冠の高さを推定しながらオルソフォトを作成していましたが、こうした一連の作業をデジタルで処理するデジタル図化機が登場し、オルソ作成の生産性は向上しました。

ところが、樹冠表面の高さ情報を計算から出すのは、コンピュータにとって大変な作業量です。そのためコストがかかるのは当然ですが、国土地理院がデジタル標高データを整備したことにより、オルソ作成時、そのデジタル標高データを利用できるようになりました。手間のかかった工程を省略することができるようになったのです。簡易オルソと言われるものがそれです。少々、樹木の倒れこみが補正されていない部分もありますが、GISの背景地図として使う分には申し分ありません。

(2) 新技術の登場

間と人手がかかったオルソフォト作成も、今では、ソフトウェアさえあれば簡単に作成できるようになりました。おかげで、GISの背景地図として当然のように使われるようになっていきます。

正式なオルソフォトを作成するには、樹冠の表面の高さが必要で、樹冠の高さが分かれば、写真に歪んで写る樹木（例えば、写真の端になればなる程、樹木は斜めから見るようになるため、外側に向かって倒れて写る）を補正する数学モデルができるからです。そのため、図3のように斜

に留まりません。ほんのここ3、4年の間の出来事です。従来では現実的ではなかった処理方法（SfM: Structure from Motion 連続する画像から三次元情報を創り出す、ロボット工学で研究されてきた技術）で樹冠の高さをコンピュータで計算することが情報処理技術の発達によって現実的にできるようになりました。それによって、樹木の倒れこみのない、オルソフォトがほぼ自動でできるようになったのです！

同時に、それはLIDARに依存せず、樹冠表面の高さ情報を作成することができるようになったことを意味します。ただし、レーザーで計測ではないので、樹冠の構造や反射強度などの情報はありません。樹冠表面の高さだけです。古いタイプの航空レーザーのようなデータです。

そうした空中写真から計測した樹冠の高さの情報を使得、私の参加

した岐阜大学が代表となって実施した研究プロジェクトでは、単木の抽出を行ったり、蓄積を推定することができそうなることを実証しました。ちょうど1年前の成果です。

なお一つ注意が必要です。地図の更新を目的にオルソフォトを作成する場合、公共測量作業規程に準じた作り方をせねばなりませんので、新しい技術が使えない場合もあります。

ドローンによる空中写真

早くも市民権を得たドローンですが、そのドローンに市販のデジタルカメラを取り付け、低空（対地高度150m以下）で空撮することができるようになりました。この空撮画像から、先程の航空機による空中写真をほぼ自動で作成できるようになっています（詳しくは『現代林業』の2015年3月号特集、2016年3

実体鏡



http://www.topcon.co.jp/positioning/sokkia/products/product/survey-equipment/MS27_MS16_J.html

図2 実体鏡

間と人手がかかったオルソフォト作成も、今では、ソフトウェアさえあれば簡単に作成できるようになりました。おかげで、GISの背景地図として当然のように使われるようになっていきます。

正式なオルソフォトを作成するには、樹冠の表面の高さが必要で、樹冠の高さが分かれば、写真に歪んで写る樹木（例えば、写真の端になればなる程、樹木は斜めから見るようになるため、外側に向かって倒れて写る）を補正する数学モデルができるからです。そのため、図3のように斜

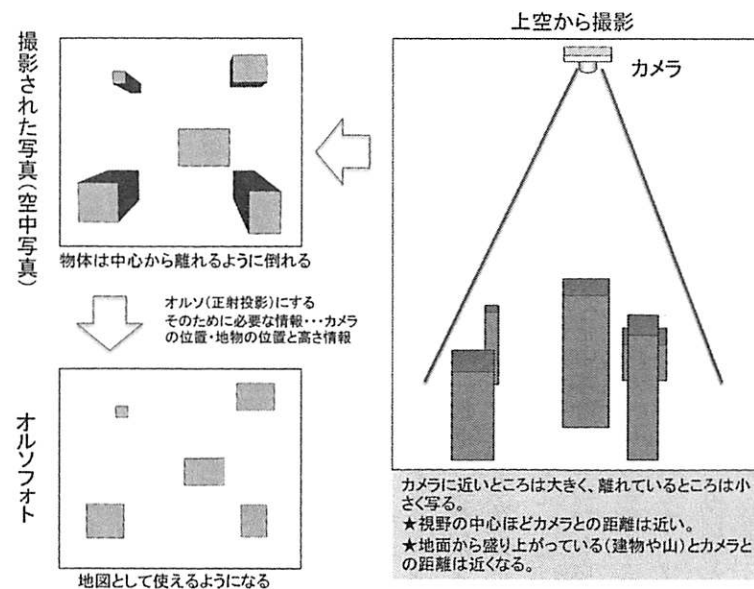


図3 空中写真とオルソフォト（正射投影）の原理とその意味

月号フォトレポートをご覧ください。その結果、図4のことが手軽にできるようになりました。

こうした技術はビックバン寸前です。今まさに普及前夜です。そのため、まだ安定した技術として確立できていませんが（妄想が先走るばかりです）、私のいままでの経験では、スギやヒノキなどの針葉樹でしたら単木識別もできそうです。もちろん、蓄積の推定もできそうなデータがでるようになります。ただ、それがたまたまなのか、いつでも安定してできるものなのか、今後検証が待たれます。

そういった技術は、まだ機体などの調整を研究者が手作業で改良しながら最適解を探っている状況です。「これほしい！」と店屋で買ってくるわけにはいきません（動画撮影用のドローンは店頭で買えます）。私の場合は図5のように、ドローンの下部に3Dプリンターで作成したカメラ

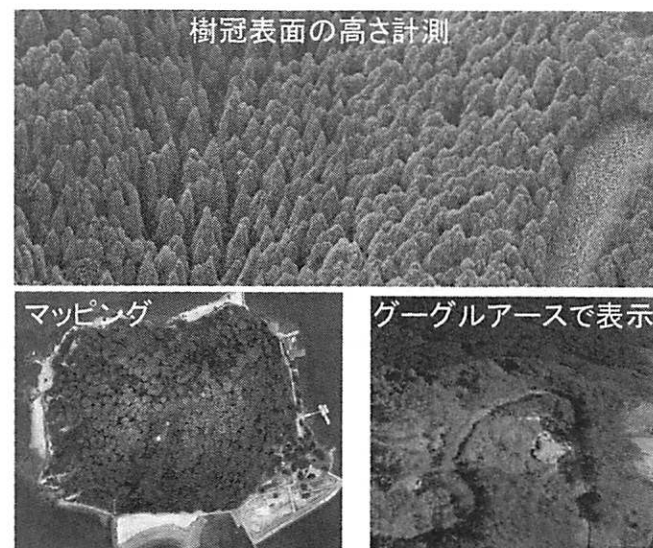


図4 ドローンによる空撮でできること

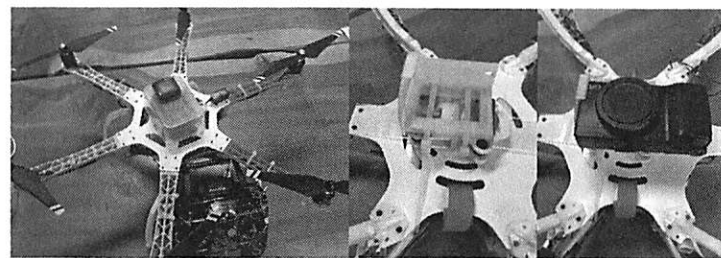


図5 発展段階にある空撮用ドローン

ラのマウントを使って撮影しています（3Dプリンターの前は、麻ひもと輪ゴムでカメラを機体に固定していました）。

最近ではドローンに積載可能なレーザーも登場してきました。ただ、カ

メラと違いレーザーは、いくら軽くなり低価格のものが出てきたとはいえ、1月上旬に問い合わせたあるメーカーでは、競合他社とは違い安い

ことが売りなのですが、1380万円でした。…となると、ドローンの空撮というほど手軽なものとはいかず、まだまだそうした技術が普及するのは、少し先のような気がします。しかし、地上レーザーでお話したように、私はそのうちドローンレーザーが普及していくのではと期待しています。

広く普及しつつある回転翼のマルチコプターと呼ばれるドローンの一番大きな欠点は、飛行可能な時間、つまり撮影範囲が狭いことにあります。私の経験では、現状の機体では100haくらいの撮影がせいぜいです（しかも、気温によって同じ電池を使っても飛ばせる時間は大きく異なります。おかげで、私はマイナス10度の雪山でドローンを飛ばし、電池切れで墜落させ、機体もカメラも失いました…）。

しかし、これには吉報があります。

最近では垂直離着陸して水平飛行をする機体もちらほら登場するようになりました。垂直離着陸（回転翼機）は重力との戦いですから、常にプロペラを力強く回していないといけません。そのため飛行時間が短く、狭い範囲の飛行しかできません。一方、水平飛行する固定翼の機体は、基本的にはグライダーのように滑降しますから、推進力が少しあれば、飛行できます。そのため飛行時間が長く取れます。撮影距離は格段に伸びます。例えば、職場にある公園という機体は、一度の撮影で10kmの範囲の撮影をします。しかし、離陸と着陸の場所を選ぶため、回転翼のように気軽に飛ばせるわけにはいきません。そこへもってきて、垂直離着陸・水平飛行の登場です。期待できる技術です。

さてドローンというと、「プロポ」とよばれる操縦桿を操作しながら飛ばすような若干趣味的に使われるも

のをイメージしがちですが、森林調査で使うものは、コンピュータで予め飛行範囲や飛行高度を設計して、GPSが搭載されたドローンがその設計されたコースに従い自動で撮影を行い、その画像処理までを一連のシステムで行うものが適しています。そういったソフト・ハードの両面からUAS（Unmanned Aircraft Systems）と呼ばれます。記憶しておきたい時代のキーワードになると思います。

まだ、未成熟ではありますが、ドローン空撮の素晴らしいのは、林業に係るものが自分の要求（データの詳細さや、飛ばしたい時期）に応じた空中写真を撮影できることです。しかも、ドローン周辺で使われるソフトウェアはオープンソースのフリーのものが多く、少ない投資で大きな効果が得られます。注目度ナンバーワン