

技術一  
林業情報  
あゝら不思議？ 写真から  
三次元情報が引き出せます

林業技術センター林業研究部

はじめに

皆さんは、ドローンで空撮した画像をパソコン（PC）で処理して、森林が立体的に表示されるのを見た事はないでしょうか。鳥のように自由に視点を変えて見る事も可能です。これを実現するためには森林の三次元（3D）情報が必要です。しかしドローンの空撮画像は普通のカラー写真で、これはただの絵です。それではなぜ、平面である絵から3D情報が得られるのでしょうか。

ステレオビュー（立体視）

それは、人間が左右の目（ステレオペア）で見て奥行を把握する、ステレオビューの原理を応用して3D計測しているからです。

例えば、部屋の端から反対の壁の絵を片目で見ると、途中で花瓶などがあれば、右目で見ると左目で見ると、絵と花瓶の位置関係が微妙にずれるのを経験した事があると思います。これを視差

と言います。同じものを見ても右目と左目の位置が10cmほどずれているため、見えるものに微妙な違いが生じます。人はこの違いを脳で処理して奥行を把握しています。そして脳が無意識にやっている3D計測を、行列式を使って数学的に表現したのが写真測量です。

例えばドローンを水平飛行させながら連続して空撮すると、あたかも巨人が左右の目で地面を見下ろしているような、多くのステレオペア画像が撮影できます。これらのペア画像をPCに取り込んで専用の写真測量ソフトで処理すると、ペアに共通して写っている範囲の3D情報が得られます。

写真測量の精度

人の目では、10m離れた壁から手前に小さな突起物が出ていても、その厚さが5cmなのか、それとも10cmなのかを、見ただけで正確に当てられるかと言われると、ちょっと難しいと思うでしょう（図1）。しかし写真測量の場合は、理想的な目幅

その意味は、「視差のある多く画像のカメラ位置を求めて、対象物の三次元形状を復元する技術」です。なお現在のドローンはGPSを搭載しており、空撮画像にはもれなくExif情報（撮影位置・高度・方角）が記録されるため、現地を踏査して2点間距離を計測することなく、正確な3D計測が可能です。

SfMを使ってみると

図3は、桜が満開になった頃の尾関山です。桜が満開になった頃を見計らい、15分程度、フライトしました。約220枚の空撮画像を処理してオルソ画像（レンズの歪を補正して合成）にしたものです。



図3 満開の桜の尾関山

次に少し変わったものをご紹介します（図4）。尾関山では直下撮影の写真だけを使いましたが、これ

で写真を撮影することが可能なので、この5cmの差を正しく把握できます（0.5%精度）。さらに市販のカメラではなく、写真測量用に作られた測量用カメラを使えば、1桁以上の大変高い精度で奥行の計測が可能になります。

しかし測量用カメラは、ボディの剛性やレンズの工作精度などが、市販のカメラとは比較にならないほど精密に作られており、重く大きく高価なため、とても小型のドローンには搭載できません。

カメラキャリブレーション

一方、ドローンに搭載できるような、小型軽量で安価なカメラは元々、計測目的では作られていません。そのため、非計測カメラの画像を写真測量ソフトで解析すると、例えば平面を撮影したものを処理しても、平らにはならず波打ってしまう。これでは高精度な計測

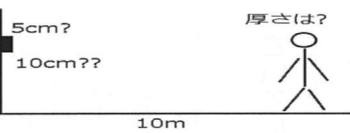


図1 10m離れて厚さを目測する

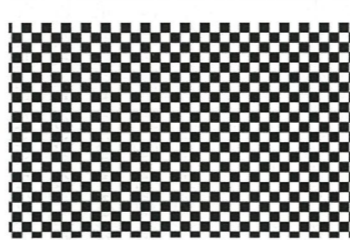


図2 キャリブレーションパターン



図4 長尺材の精密3D計測

手で持つ材の周囲を歩き回って撮影しました。これらを合成し、三次元モデルを作り、3本の長尺材の長さや、末口から元口までの太さの変化や曲り形状を、約5mmの精度で計測しました。つまりドローンが手持ち式の三次元スキャナとして使えることになりました。

おわりに

写真測量は、マシンビジョン技術により劇的に進化して現在、SfMへと発展しました。さらにこれからはAI（ディープラーニング）と結び付いて、ドローン空撮で作られた森林のオルソ画像を、自動認識するものと予想されます。つまり樹種判別の自動化です。さらにSfMから高さ情報（DSM）も作れるため、樹高や材積の推定も不可能ではありません。今後の更なる進化が期待されます。

はできません。

そこであらかじめ使用するカメラでキャリブレーションソフト専用のパターンを撮影しておき、そのソフトウェアで処理します（図2）。

そうすると、そのレンズ特有の歪の補正データができます。この手続きをカメラキャリブレーションと言います。カメラキャリブレーションはカメラごとに行う必要がありますが、一度作ってしまった後はずっと使えるため、空撮したデータを処理するたびに読み込んで使えば、高精度な3D計測が可能になります。

写真測量ソフトの歴史

写真測量そのものは戦前からある古い技術です。しかしその頃は印画紙に焼き付けたステレオ写真を、専用の器具を使って人間が両目で見て処理するものでした（アナログ図化器）。しかし20年ほど前に、PCを使ったデジタル図化器が開発されました。第1世代の写真測量のソフトは、パソコンに1組のステレオペア画像を読み込み、左右の画像内の対応点を目で見ながらマウスでクリックすると、その点の座標値を計算するというもので、主要な操作を人が行うものでした。そして画像に写っている2点間の実際の距離を現地で測ってきて、ソフトに入力すると対応点で囲まれた面積や体積が自動で求められました。

## 30年先を見つめて...

植林、間伐、伐採、そして再び植林。ニュージーランドの「ウッドワンの森」では輪伐システムを取り入れ、森の再生に積極的に取り組んでいます。森林資源を減らすことなく、30年かけて育てたニュージーパイン®を木質建材として有効利用しています。

株式会社 ウッドワン 本社 広島県廿日市市木材港南1-1 〒738-8502  
TEL(0829)32-3333 http://www.woodone.co.jp/

植林

育林

30年 サイクル

間伐

伐採