

## デジタル写真を用いた樹形測量法の紹介

石田 仁

### 1. はじめに

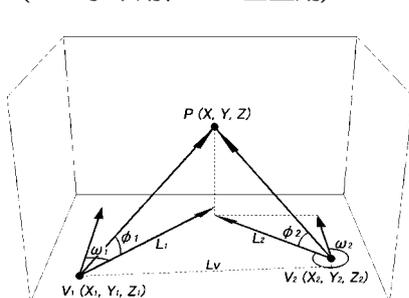
樹木の地上部分は、光合成を行う葉(同化組織)と、葉を支える幹と枝(非同化組織)に大別されます。動くことのできない植物にとって、光をめぐる競争は大変熾烈なものです。樹木は、この競争に勝つため、競争相手よりも高い位置に葉を維持できるように進化してきました。幹と枝は、年毎に新たに生産した材をペールのようにまといながら少しずつ着実に大きくなっていきます。樹形は、樹木の成長の歴史を示すものであり大変多様です。これまで、樹木の形態や大きさは主に胸高直径、樹高、枝下高、樹冠幅などの簡単な計測項目をもとに評価される場合がほとんどでした。しかし、森林からどのような材が産出されるかを予測したり、森林の中で光の取り合いをしながら競合している樹木の成長や自然間引きの過程をより正確に推定していくためには樹木の立体的な形態を明らかにすることが大変重要です。

近年、高解像度のデジタルカメラが一般に普及するようになってきました。デジタルカメラの画像は、コンピューターに直ちに取り込むことができ、写真上の座標値の測定が容易に行えるという利点があります。ここでは、複雑な形をした樹形をデジタル写真によって効率的に測量する方法について紹介いたします。

図 1. 交会法

視点  $V_1$  および  $V_2$  から目標点  $P$  を同時に観察したとき、点  $P$  の座標  $(X, Y, Z)$  は以下の式によって計算される。

( 水平角、 垂直角)



$$\begin{pmatrix} L_1 \\ L_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\csc(\omega_1 - \omega_2) ((X_1 - X_2) \cos \omega_2 + (-Y_1 + Y_2) \sin \omega_2) \\ -\csc(\omega_1 - \omega_2) ((X_1 - X_2) \cos \omega_1 + (-Y_1 + Y_2) \sin \omega_1) \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 + L_1 \sin \omega_1 \\ Y_1 + L_1 \cos \omega_1 \\ Z_1 + L_1 \tan \phi_1 \end{pmatrix} \quad \text{or} \quad \begin{pmatrix} X_2 + L_2 \sin \omega_2 \\ Y_2 + L_2 \cos \omega_2 \\ Z_2 + L_2 \tan \phi_2 \end{pmatrix}$$

## 2. 方法

二つの異なる視点から、ある目標点を観察したとき、視点の位置と観察時の方位角及び高低角から目標点の位置を「交会法」で計算することができます(図 1)。一方、写真に写っている被写体の方位角と高低角は、写真の撮影方向とレンズの歪を補正する関係式から求めることができます。ここで紹介する方法は、この二つの原理を用いた写真測量法にもとづくものです。また、幹の太さや樹冠の広がり、その断面が円であると仮定し、その幅の角度と距離から推定します。

この方法で最低限必要なものは、デジタルカメラ、三脚、方位計、傾斜計、距離計、パソコンです。精度や効率は悪くなりますが、方位計と傾斜計はクリノメーター、距離計は巻尺などが利用可能で身近にあるものを使って実施できます。ただし、レンズ収差の補正式の作成、カメラの光軸の調整などの準備が必要です。作業は、以下の三段階の手順で実施します。



図 2. 測量したい木を二箇所以上の地点から撮影する。写真機 (Nikon Coolpix950) の右は撮影地点の位置と方向を計測するためのレーザーレンジファインダー。その右は測量杭上にたてるターゲット。

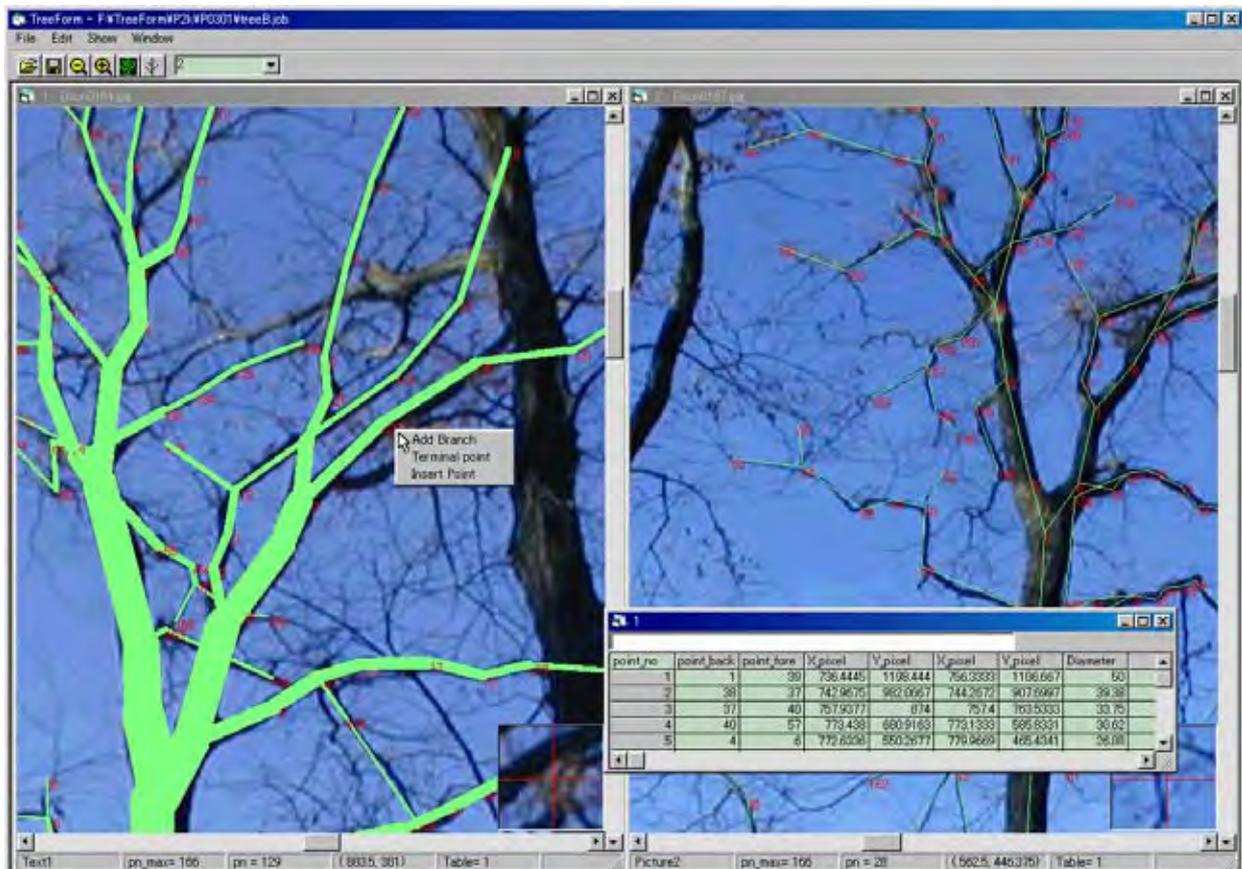


図 3. 座標入力作業中の画面 樹種はコナラ。

**写真撮影** 測量したい木の全体を二地点から写真撮影します（図 - 2）。この時、写真の撮影位置、撮影方向を記録しておきます。

**真座標入力** 二枚の写真上で、同じ目標点の座標値をそれぞれ記録し交会法の計算のための資料を整えていきます。この入力作業を効率的に行うために、写真座標入力ソフト ("TreeForm" Visual Basic ver.6.0)を作成しました(図 3)。同ソフトでは、互いにリンクした2枚1組の写真を画面上に同時表示し作業します。一枚の写真で根元から枝先に向かって一通りの入力を終わると同じ形状の樹形の骨組みが、二枚目の写真に現れます。二枚目の写真上では、すでに表示されている入力点のタグをドラッグしながら一枚目と同じ

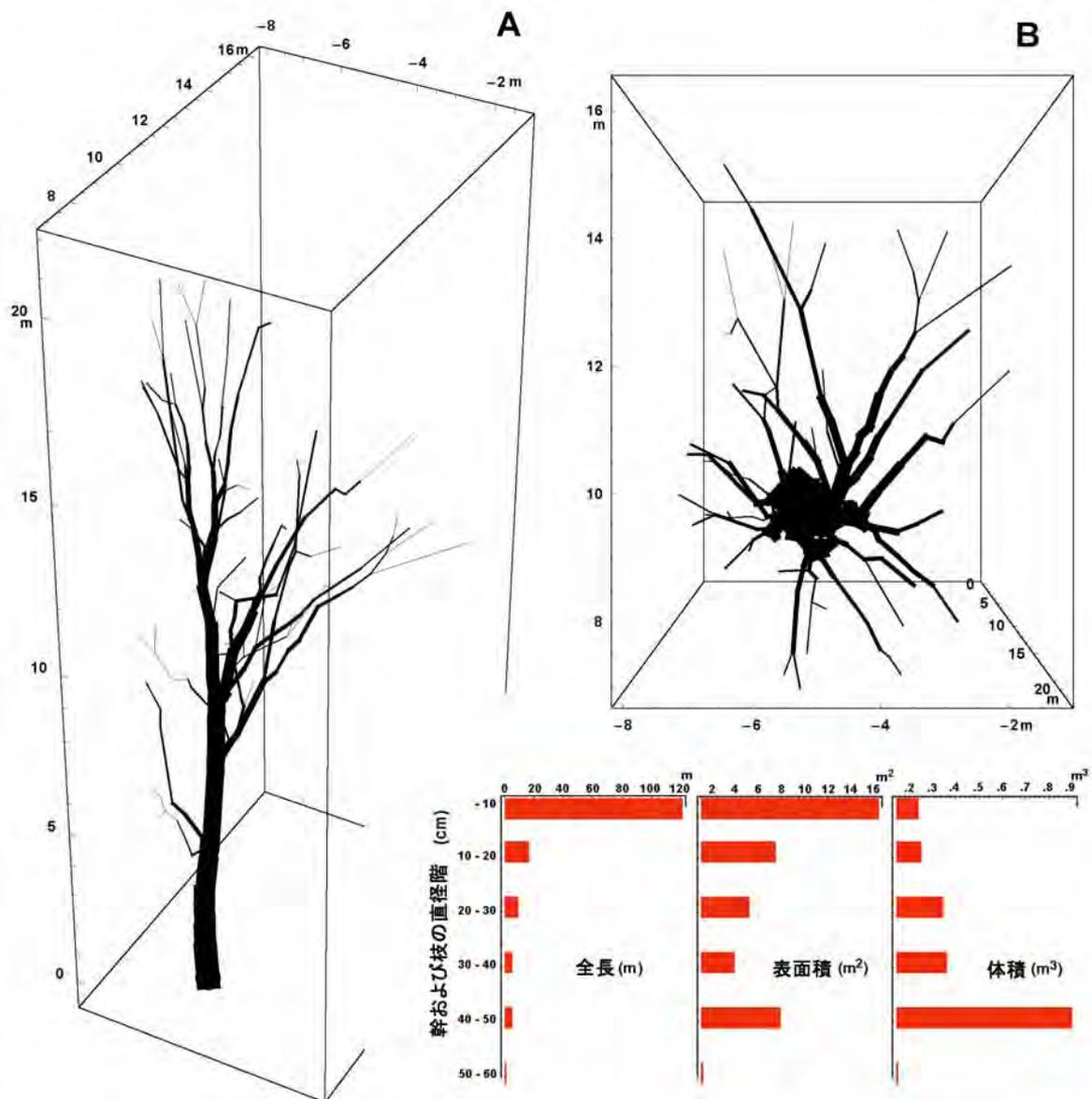


図 4. 写真座標から求められた樹形と幹枝の直径階別材積・表面積・長さの関係

A. 斜め上から見た樹形、 B. 真上から見た樹形

位置へ移動させ交会法に用いるデータを作成します。入力点の情報は一つのテーブルで管理し、二枚の写真における座標値のほか、前後の入力点番号、幹の直径が記録されます。枝分かれ、直径入力等は簡単なキー操作で行えるようになっています。

**計 算** 樹形の三次元座標と幹と枝の太さを計算し鳥瞰図、直径階別の材積、表面積、長さといった基本量の計算を行います(図 - 4)。

交会法の誤差は、測量対象までの距離が遠くなるほど大きくなる性質があります。写真撮影位置と方向の計測にレーザーレンジファインダーを用いた今回の写真測量ユニットでは、測量対象がはっきりと写真に写っている場合、10m 離れた対象の 3 次元位置の誤差が約 3 cm、直径の誤差は約 1cm でした。

交会法では、基本的に二枚の写真で同時に認識できる点のみが測量の対象となります。二枚の写真だけでは重なって見えない部分がある時、新たに写真を加える必要があります。三枚目以降の写真では、既に三次元座標が得られている計測点の写真座標は、その写真の撮影位置と方向、および三次元座標から計算されますので改めてデータを入力する必要はありません。写真と樹形の骨組みを重ねて未入力の部分を見つけ、そのデータを追加していけばよいこととなります(図 3)。しかし、いくら写真の枚数を増やしても、葉に覆われた樹冠中の幹と枝の測量は困難です。こうした場合、木が直立していると仮定できるのであれば樹形のシルエットから、樹高、樹冠の立体的な形状の計測が可能です(図 5)。

写真座標の入力作業は、ある程度の慣れが必要ですが、図 - 4 程度のデータ量であれば約 1 時間、図 - 5 であれば約 10 分で完了します。

### 3. おわりに

写真測量法では、直接に計測する方法と比較すると精度は落ちますが、効率という面では優れています。この方法を用いることによって、森林の現存量、直径階別の丸太産出量の推定、樹木や森林の空間構造の解析などが効率的に実施できるようになると思います。

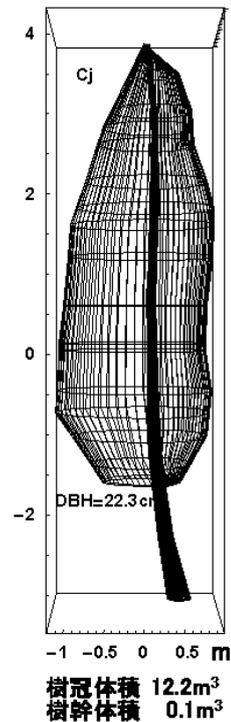


図-5. シルエットから求められた樹形と樹幹および樹冠の体積。樹種はスギ。

#### 吉峰だより No.21

平成 13 年 3 月発行

編集 富山県林業技術センター 林業試験場

〒630-1362 富山県中新川郡立山町吉峰 3

TEL 076-483-1511 FAX 076-483-1512

林業試験場  
ホームページ

<http://www.fes.pref.toyama.jp/>