

## 小型のデジタルステレオカメラによる胸高直径と樹間距離の測定精度 Measuring accuracy of stem diameter and spacing by small digital stereo camera

細田和男<sup>\*1</sup>・西園朋広<sup>\*1</sup>・高橋正義<sup>\*1</sup>・齋藤英樹<sup>\*1</sup>・鷹尾 元<sup>\*1</sup>・田中真哉<sup>\*2</sup>

Kazuo HOSODA<sup>\*1</sup>, Tomohiro NISHIZONO<sup>\*1</sup>, Masayoshi TAKAHASHI<sup>\*1</sup>, Hideki SAITO<sup>\*1</sup>, Gen TAKAO<sup>\*1</sup> and Shinya TANAKA<sup>\*2</sup>

\*1 森林総合研究所

For. and Forest Prod. Res. Inst., Tsukuba 305-8687

\*2 森林総合研究所関西支所

Kansai Res. Ctr., For. and Forest Prod. Res. Inst., Kyoto 612-0855

**要旨：**市販されている小型のデジタルステレオカメラと専用計測ソフトを用い、スギ人工林を対象に胸高直径と樹間距離を測定してその精度を評価した。高速モードでの点群生成かつ実測補正なしの条件下で、胸高直径の RMSE は 1.98cm、樹間距離の RMSE は 0.22m となり、森林調査用としては実用的な精度を持つことが確認された。高精度モードでの点群生成や、測量用赤白ボールによる実測補正は、手作業やパソコンの計算時間が増えるだけで、精度を改善しなかった。パソコン画面上での作業に画像 1 枚あたり 2～3 分を要することや、専用計測ソフトの導入費用を考慮すると、省力化や低コスト化というよりも、現地への滞在時間や調査人員を縮減するのに有効なシステムであると評価された。

**キーワード：**森林調査、デジタルステレオカメラ、胸高直径、樹間距離

### I はじめに

地上設置型の三次元レーザースキャナーやドローンによる空中写真撮影など、森林調査の分野においてもさまざまな新技術が実用化されつつある。しかし現段階においては、これらは比較的大きな初期投資や専門的な技術、あるいは作業の外部委託などが必要であり、現場レベルへの導入にはややハードルが高いことも事実である。そこで本研究では、市販されている汎用の小型デジタルステレオカメラを用いた胸高直径と樹間距離の測定精度を評価し、森林調査における利用可能性を検討したので報告する。なお、本稿の一部は 2015 年 3 月に第 126 回日本森林学会大会で口頭発表した。

### II 材料と方法

**1. カメラとソフトウェア** 使用したデジタルステレオカメラは富士フィルムの「FinePix REAL 3D W3M (3D 計測専用モデル)」で、本体重量は 250g、基線長は 75mm である。また、撮影したステレオ写真から三次元点群の生成や画面上での計測を行うために、同カメラ専用のパソコンソフトである株式会社アルモニコス（浜松市）の「撮測 3D Ver. 2015.1」を使用した。同社によるカメラ本体とソフトウェアのセット販売価格は 60 万円（税別）、カメラ本体のみは 12 万円（税別）である。

**2. 胸高直径の測定** 2014 年 12 月に、胸高直径の範囲が 11～51cm、69 年生のスギ人工林（前橋成長予測の

固定標準地、渋川市）において撮影を行った。デフォルトの点群生成範囲であるカメラから 10m までの範囲に、3～5 本の立木を写しこむことを目安として構図を決定した。感度や画質などの設定は、カメラ本体およびソフトウェアの説明書にある必須および推奨条件に従った。また、ソフトウェアで点群を生成する際の各種パラメータは、すべてデフォルトのまま実行した。実用性を考え、点群が自動的に生成できる画像（全体の 3～4 割）のみを計測の対象とした。

撮影地は固定試験地であり、各立木の胸高が白色ペンキでマーキングされている。マーキング位置における幹の幅をパソコンの画面上でクリックして計測し、実測の胸高直径を真値として精度を評価した。精度の評価指標としては以下の 2 つを用いた。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\text{画面計測値} - \text{真値})^2}{\text{計測本数}}}$$

$$\text{平均誤差} = \frac{\sum(\text{画面計測値} - \text{真値})}{\text{計測本数}}$$

**3. 樹間距離の測定** 2015 年 5 月に平均胸高直径 28cm、本数密度 1,054 本/ha、ほぼ平坦～緩斜面に位置する 59 年生のスギ人工林（内野スギ収穫試験地、桐生市）で撮影を行った。また、レーザーコンパス（Laser Technology 社 TruPulse360）を用いて立木位置図を作成した。撮影後、

前述のソフトウェアを用いてパソコン画面上で樹間距離を測定し、その精度を、立木位置図上の樹間距離を真値として評価した。カメラ本体やソフトウェアの設定、精度の評価指標は胸高直径の場合と同じである。

### III 結果と考察

**1. 胸高直径の測定精度** 使用したソフトウェアでは、ステレオ写真から三次元点群を生成する際、高速および高精度の2つのモードを選択することができる。いずれのモードでも、計測された胸高直径のRMSEは約2cm、平均誤差は約-0.5cmであり、実用上十分な精度をもつことが分かった(図-1)。

三次元点群の生成に要する時間は、今回のテストでは、高速モードで約7秒、高精度モードで約40秒であった。精度に差が認められないことから、デフォルトである高速モードを使用するのが適切と考えられた。さらに、例えば測量用赤白ポールのような、サイズが既知であるものを写しこむことによって補正を行う機能もあるが、高精度モードの場合と同様、特に精度を改善する効果は認められなかった。

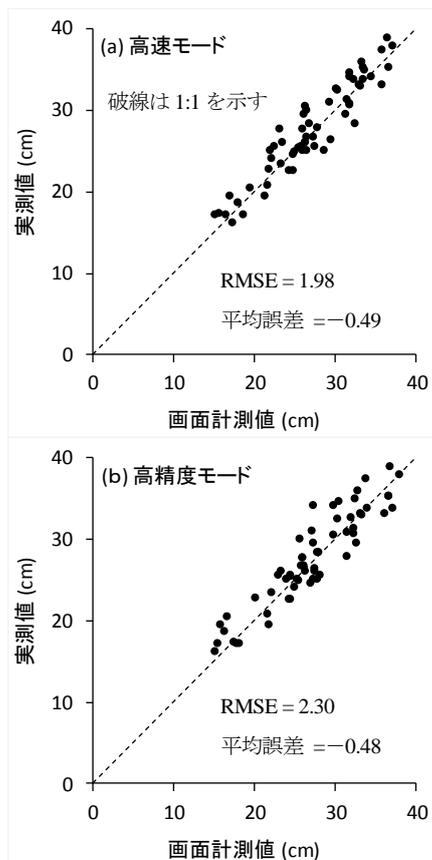


図-1. 胸高直径の測定精度

**2. 樹間距離の測定精度** 測量によって作成した立木位置図上の樹間距離を真値として、画面計測による樹間距離の精度を求めた(図-2)。点群生成は高速モードで、赤白ポール等による実測補正は行わなかった。その結果RMSEは約0.2m、平均誤差は約-0.1mであり、立木位置図自体が誤差を含んでいることを考えれば、実用上十分な精度をもつものと判断された。

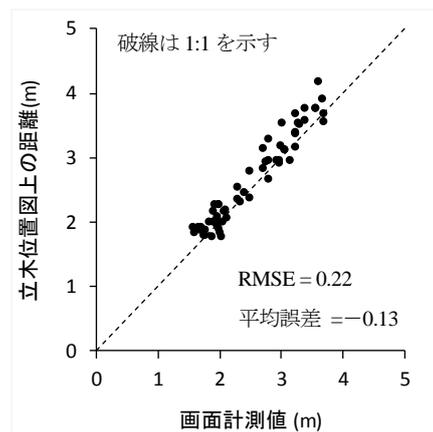


図-2. 樹間距離の測定精度

**3. 作業性その他** 1枚の画像に対する一連の作業、すなわち画像をソフトウェアに読み込んだ後、高速モードによる点群生成を行い、赤白ポール等による実測補正は行わずに、画面内の3~5本程度の立木について胸高直径や樹間距離を測定する、という作業に要する時間は2~3分程度であった。さらに、ソフトウェアでの点群生成時に左右写真のタイポイントが自動的に検出され、マニュアル操作を要しない画像は、全体の3~4割にとどまることも考慮すると、本システムの作業能率は、現地で直接測定するのに比べて、特に高いとはいえない。

本システムの仕様上、計測可能な対象物は、カメラから10m以内である。孤立した幼齢木は別としても、樹高が10mを超えるような林内木の全長を1画面に写しこんで、樹高を測定することは困難である。したがって森林調査への利用可能性としては、本研究で示した胸高直径や距離の測定が中心となるであろう。

本研究は農林水産省委託プロジェクト「低コストな森林情報把握技術の開発」の一部として実施した。撮影を行った2か所の固定試験地の維持管理にご協力をいただいている関東森林管理局技術普及課ならびに群馬森林管理署の各位に謝意を表します。