

地上設置型3D レーザースキャナによる立木計測の精度について*1

寺岡行雄*2・木原 宏*2・大迫信之*3・下鶴瀬昭広*3

寺岡行雄・木原 宏・大迫信之・下鶴瀬昭広：地上設置型3D レーザースキャナによる立木計測の精度について 九州森林研究 66：133－135, 2013 地上設置型3D レーザースキャナ (TOPCON 社製 GLS 1500) を用いて立木の胸高直径や位置の森林計測を試みた。米ら (2003) の研究では、立木を一定方向から計測した胸高部分の点群データを円柱に近似し DBH を推定しているが、本研究では胸高断面の点群から4点を抽出して円に近似し、DBH を推定する手法を検討した。次に測定区域内に配置したポールをレーザースキャナで計測し、位置精度の検討を行った。13本のスギ (DBH 10.8～40.4cm) を対象として計測を行った結果、DBH 推定誤差は-0.4～-1.0cm であり、やや過小に推定した。ポールの位置計測では位置座標の誤差は、0.28～2.72cm までの範囲に分布し、誤差平均は1.45cm となった。森林内では複数の観測方向からの計測が必要であるが、3点 (方向) からのスキャンで、一定の計測精度が得られると考えられた。

キーワード：3D レーザースキャナ, DBH 計測, 位置計測, 計測精度

I. はじめに

従来の森林計測における立木の胸高直径や樹高などの林分値データは、多くの時間と労力を投じて、現地調査により測定されている。近年、これらを短時間で精度よく計測する一つの手法として、地上設置型レーザースキャナ (以下スキャナとする) を用いた森林計測がある。これまでの研究では主に、一定の観測点から得た点群データを用いた、DBH 推定や立木位置の測定精度について議論されてきた (米ら 2003)。スキャナデータは3次元座標をもつ点群の集まりに過ぎないため、スキャナにより計測された胸高断面の点群を円に近似する方法を用いて、DBH を推定する手法を試みた。さらに、任意点にポールを設置し、その位置計測精度を確認した。森林内でこれらの方法を用いて計測を行う場合、複数の観測点が必要であるが、どの程度の観測点を設置すれば精度よく計測できるか検証されていない。そこで、複数観測点からのスキャナデータを用いて DBH の推定と位置計測の精度を明らかにすることを目的とした。

II. 調査地と方法

研究対象地は、鹿児島大学高隈演習林 16 林班のキャンプ場内 (旧宿舎跡) のスギ林で、林床の見通しはよく、地形はほぼ水平であった。林内の約 30m × 35m の範囲を調査地とした。スギ立木位置、スキャナ観測点およびポールの配置図を図-1 に示す。

1. DBH 推定

調査地内にあるスギ 54 本について、直径巻尺を用いて DBH を 0.1cm 単位で測定し、スギの胸高位置にカラーテープでマーキングした。スキャナによる測定には、地上設置型レーザースキャナである TOPCON 社製 GLS 1500 を用いた。本装置の計測距離範囲は 330m、距離精度 4mm (1～150m)、視野角 360° (水

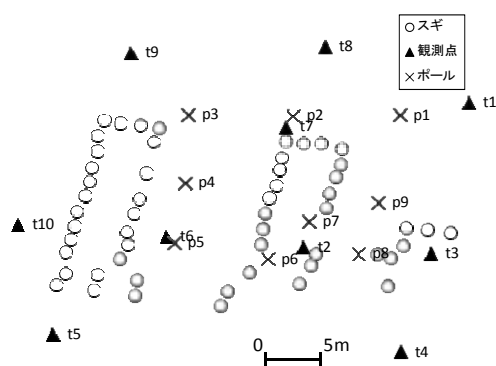


図-1. 計測対象地内の配置

平), ±35° (鉛直) である。スキャナ計測は、対象地内の 10ヶ所 (t1～t10) に観測点を設け、スキャニングを行った。取得した点群データは、データの結合 (レジストレーション) を行い、画像解析プログラムを用いて 3D モデリング化し、解析を行った。

DBH 計測に関する手順を図-2 に示す。まず全観測点 (t1～t10) から得られた点群データより、無作為に選んだ対象木 13 本において、ラベリングした胸高位置の断面から点群 (約 1,000 点) を抽出し、抽出した円形の点群を 90° 毎の 4 つの象限に分け、18° 毎に座標 (計 20 点) を選択した。各象限から 1 点ずつ座標を無作為に 4 点選び、以下の数式 (1) に代入することで、円の方程式に近似し DBH を求める作業を、1 本につき 100 回ずつ行った。

直径巻尺による実測立木の DBH を真値とみなし、点群データから近似された DBH との間の誤差を求める。実測値と計測値の差の平均を誤差平均とし、精度の評価には各計測値の標準偏差を用いた。これらの結果を胸高の径級別・長径短径比別にまとめ、誤差の要因を分析した。

*1 Teraoka, Y., Kihara, H., Ohsako, N. and Shimouse, A.: Tree measurement precision by 3D laser scanner on a ground.

*2 鹿児島大学農学部 Fac. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065, Japan.

*3 (株)久永 Hisanaga Co., Kagoshima 891-0115, Japan.



図-2. 点群データのサンプリングとDBHの円近似方法

x_i, y_i : 計測値

$$\begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum x_i^2 & \sum x_i y_i & \sum x_i \\ \sum x_i y_i & \sum y_i^2 & \sum y_i \\ \sum x_i & \sum y_i & \sum 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -\sum (x_i^3 + x_i y_i^2) \\ -\sum (x_i^2 y_i + y_i^3) \\ -\sum (x_i^2 + y_i^2) \end{pmatrix}$$

$A = -2a \quad B = -2b \quad C = a^2 + b^2 - r^2$

$x^2 + y^2 + Ax + By + C = 0$

$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$ (1)式

ここで r は算出された円の半径



図-3. 観測点数の増加による計測精度の違いの検討方法

次に複数点からの計測によって、精度がどのように変化するか検証した。その手順を図-3に示す。各立木に対して概ね4方向から得た点群データの組み合わせを変えながら上記の作業を行い、誤差がどのように変化するかを調べ、観測点の設置数および設置方向を検討した。

2. 位置精度

調査地内にポールを任意で9ヶ所設置 (p1~p9) し、トータルステーションを用いて t1 からポール位置座標を測定した。次に点群データを用いて、ポール位置を特定し、各観測点から各ポールの根元の座標をそれぞれ任意に10回ずつ計測し、その平均を計測値とした。実測による各ポールの xy 座標値を真値とみなし、計測値との2点間の距離から双方間の誤差を求め、これを誤差平均として位置精度の評価に用いた。

Ⅲ. 結果と考察

1. DBH 推定

観測点10ヶ所 (t1~t10) からのDBHの各計測値と実測値の比較を表-1に示す。誤差平均は-0.4~-1.0cmと低い値で計測可能であったが、いずれも過小推定であった。標準偏差は0.3~1.6cmであり小さいばらつきで計測可能であった。胸高の径級が40cm範囲内では標準偏差のばらつきに傾向は見られなかった。

また胸高の長径短径比による、誤差平均と標準偏差の分布を図-2に示す。長径短径比が1.3前後以上になると、標準偏差が大きくなる傾向がみられた。原因として、本手法では胸高断面を円

表-1. DBHの各計測値と実測値の比較

立木番号	実測 DBH (cm)	計測 DBH (cm)	長径短径比	誤差 (cm)	標準偏差 (cm)
1	40.4	40.0	1.10	-0.4	0.8
3	30.0	29.2	1.38	-0.8	1.6
6	27.8	27.3	1.03	-0.5	0.4
9	30.7	30.0	1.04	-0.7	0.5
24	25.2	24.3	1.16	-0.9	0.6
27	21.6	21.0	1.18	-0.6	0.5
39	32.9	32.0	1.15	-0.9	0.9
40	31.7	31.2	1.08	-0.5	0.4
42	31.7	31.2	1.05	-0.5	0.3
46	20.7	19.9	1.05	-0.8	0.3
50	30.1	29.1	1.28	-1.0	1.6
51	29.1	28.6	1.06	-0.5	0.7
53	10.8	10.2	1.22	-0.6	0.4

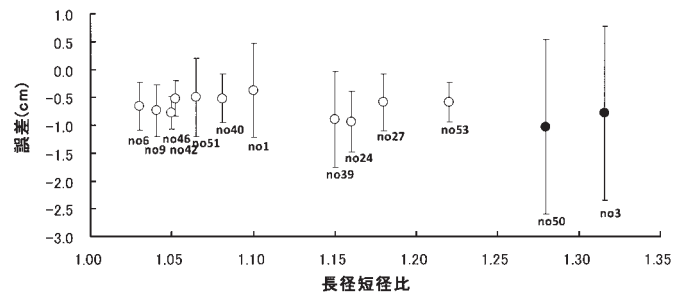


図-4. 長径短径比による誤差平均と標準偏差

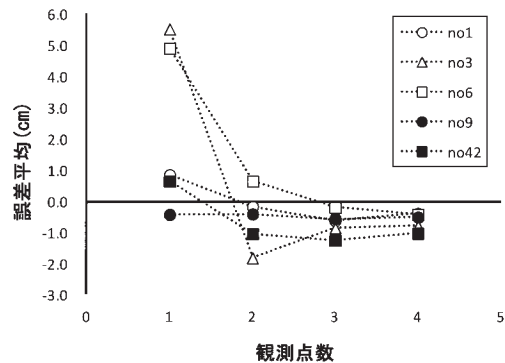


図-5. 観測点数の違いによる誤差平均の推移

に近似しているため、例えば胸高断面が長径短径比の大きい楕円に近い形状であれば、誤差が大きくなったと考えられる。しかし、立木番号53や27は長径短径比が1.2程度であったが、誤差のばらつきが小さかったため、比が極端に大きな値でなければ、影響は少ない可能性もある。

次に4方向からの計測結果を図-4に示す。観測点数を増やすことで、正確度・精度ともに向上した。3方向以上は誤差1.0cm程度で計測可能であり、2方向からの計測でも誤差2.0cm未満であったので、必要なデータの精度によっては、2方向からの計測でも有効であると考えられる。また正確度・精度のばらつきは、各方向から得られる点群データの象限数に影響すると考えられ、本手法では2方向からの計測でも3象限の点群が得られれば、高い精度で計測可能であった。そのため、スキャナ設置前に予備調

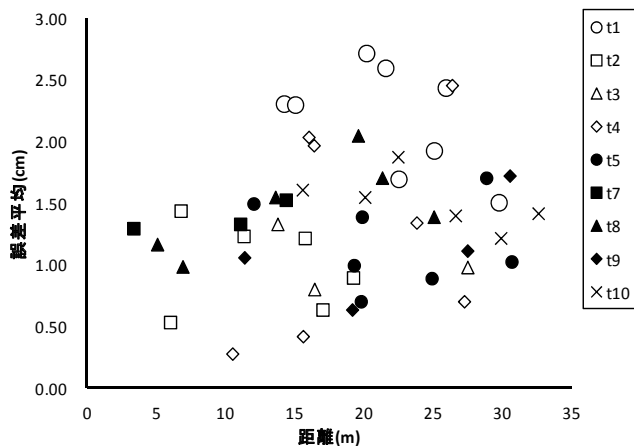


図-6. 距離による誤差平均の分布

査を行い、スキャナを規則的に配置する計画をたてる必要があると考えられる。

また表-1と図-5の誤差平均の値から今回の数式を用いると、DBHをやや過小に推定する傾向がみられた。原因として、直径巻尺で測った実測値の精度の問題が考えられる。直径巻尺は、胸高位置の周囲長からDBHを計測しているため、立木の胸高断面の形状を考慮しない測定法である。そのため、表面の凹凸が大きい立木では計測時に、実際の直径よりも大きな誤差が生まれると考えられる。直径巻尺の計測手法については、今後議論が必要になると考えられる。

2. 位置精度

各観測点からポール位置の距離による誤差分布を図-6に示す。なお、t6からはポールが確認できなかった。位置座標の誤差は、0.28~2.72cmまでの範囲に分布し、平均は1.45cmとなった。

本研究で用いたポールの直径が、3cmということ considering すると問題のない精度であった。しかし、t1からの計測による誤差がやや大きく表れた。t1では30m先1cmピッチで計測したのに対し、他の観測点では15m先1cmピッチであり、ピッチの違いにより誤差が生じた可能性がある。

IV. まとめ

胸高断面を円に近似する方法でDBH計測は精度よく行えることが分かった。円近似法は凹凸のある樹幹表面の内接円を作る形であるため、直径を過小に表す傾向があった。長径短径比の大きい立木では、必ずしも精度良く計測されない場合もあり、楕円に近似する数式を用いるなど、今後の検討が必要であろう。また位置座標も良い精度で計測可能であった。計測の精度は、対象物の点群数に影響すると考えられるため、今後は点群の取得が困難な、傾斜地や下層植生が密な林分での計測手法の検討を行っていく必要がある。今回点群データ処理の際に用いた、画像解析プログラムは、立木の点群データから高さを調節しその平面で切ることができるため、立木の任意高の断面を伐採することなく見ることが可能であった。しかし、レーザー計測技術により得られるデータは、あくまでも座標値を持つ点群である。これらの点群データをどのようにサンプリングし、どのようなアルゴリズムで森林調査の目的に活用できるのか、今後の研究が望まれる。さらに、このような手法を用いて、より詳細な樹木の立体構造の計測が可能となることが期待される。

引用文献

- 米康充ら (2003) 森林計画学会誌 37 (1) : 21-30.
(2012年11月8日受付; 2013年4月10日受理)