

5-3 補正結果の精度比較

地上レーザ計測の精度は、胸高直径では相対誤差で4~8%と比較的精度は高い。しかし、樹高について、補正を一切しなければ10~20%程度過小な値が出力される（細田 2020 ほか）。落葉したカラマツ等ではそれ以上に過小な樹高となることがある。そのため、前節5-2で述べた樹高補正法①および②を適用して、補正結果の精度を比較検討した。

- ① 樹高曲線法：標準地内の立木の樹高 H と胸高直径 D の関係をネスルンド式で近似し、全立木の D を近似式に代入して H を決定し、幹材積表から材積 V を求める。
- ② 樹幹形モデル：OWL で出力される地上高 10cm ごとの幹径データを用いて、枝下高までの樹幹形をモデル式で近似し、さらに枝下高より上の樹冠長を加算して H を算出する。この計算過程で樹幹形の体積が数値計算されるので、幹材積表は利用しない。

(1) 単木データの比較検討

樹高補正法①および②を適用し、樹高 H および材積 V を再計算した結果、平均相対誤差率は樹高で5.5%、材積で7.9%と改善され、計測精度としては実用レベルと判断された。

図 5.3.1 は、熊本南部ヒノキ林のすべての立木について、補正後の樹高と胸高直径の関係を見たものである。標準地調査で得られた樹高曲線（図中の●印）と比較しても、樹高は実測値に近い値になっていると言えるであろう。

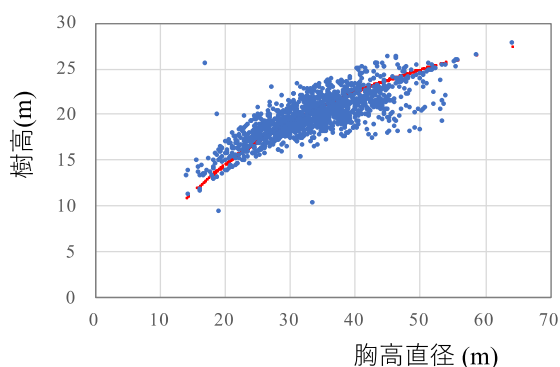


図 5.3.1 樹幹形モデルで補正した樹高と胸高直径の関係
熊本南部ヒノキ林での適用例

標準地調査区域内の全サンプル木については、OWL で計測した立木と照合しているので、樹高と胸高直径の関係を従来法の計測値と、補正後の OWL 計測値とを直接比較することができる（図 5.3.2）。樹高と胸高直径の関係は、補正後の OWL 計測値が、やや直線状に並んでいるような傾向があるが、毎木調査の値とほぼ重なって、おおむね妥当な値に補正されたと言ってよいであろう。材積と胸高直径の関係については、OWL 補正値がやや小さい傾向はあるが、全体として妥当な補正ができたものと考えられる。

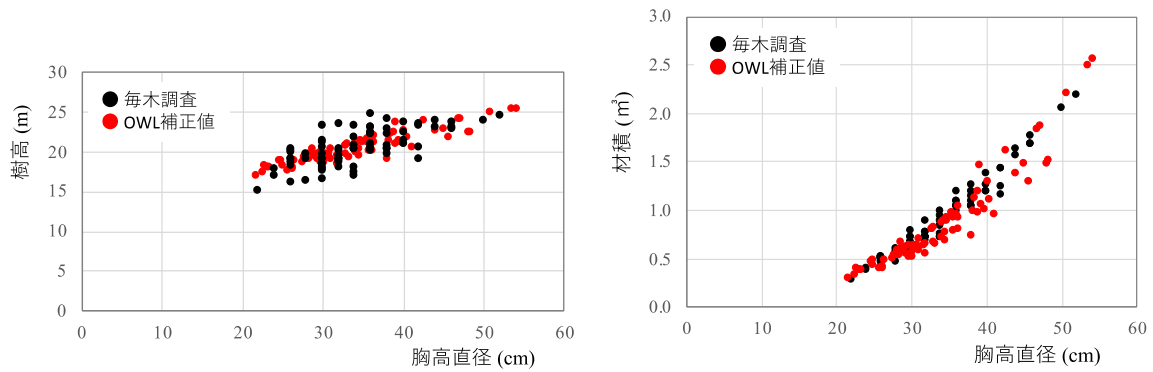


図 5.3.2 樹高補正結果と毎木調査結果との比較
 左：樹高～胸高直径の関係、右：材積～胸高直径の関係

次に、胸高直径、樹高、立木材積について OWL 計測データの補正後の値の相対誤差率（標準地調査での計測値と比較）を検討した（図 5.3.3）。胸高直径については、もともと OWL 計測値はおおむね妥当であったが全体としてやや過大（5%程度）であったため、本事業では、胸高直径の OWL 計測値をすべて 0.95 を乗じた値としたものである。ここで示している樹高補正值は「樹幹形モデル」で補正した値であるが、図 5.3.3 中央に示したように、実測値と比較してほぼ妥当であり、ほとんどが相対誤差率 10%以内となった。材積ではやや誤差が大きい立木が見られるが、OWL 計測値のノイズ除去が不十分であった可能性があり、精査することで解消される程度の誤差と考えられる。

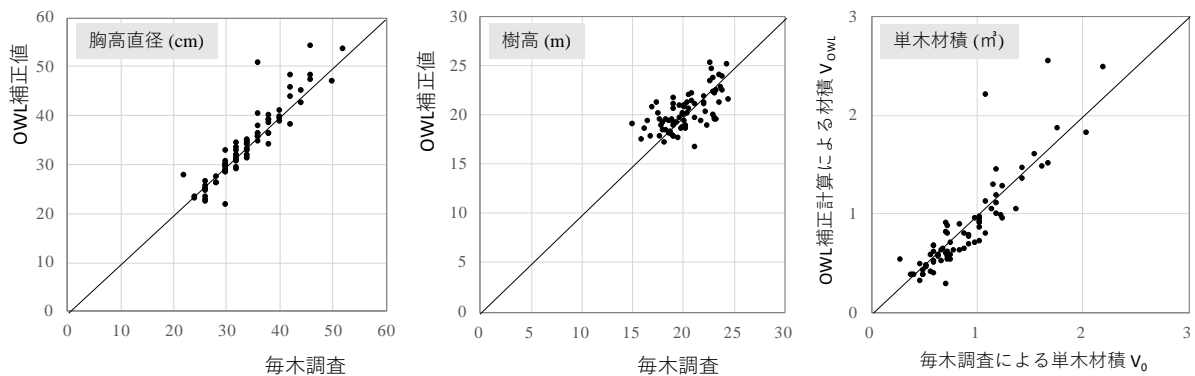


図 5.3.3 補正後の胸高直径、樹高、単木材積の誤差比較
 熊本南部ヒノキ林の例
 ◆は誤差率±10%以下の範囲を示す。

一方、調査林分の平均値レベルで計測値を見ると、ある意味当然ではあるが、標準地内の平均直径及び平均樹高ともに、標準地調査と OWL 計測値（補正值）はほぼ一致した（表 4.5.1）。材積については OWL 補正值がやや小さい値となったが、胸高直径および樹高がほぼ一致していたことを考えると、OWL 補正で採用した材積計算法が、従来の単木幹材積表よりも小さくなっていった可能性がある。従来の幹材積表（東日本版、西日本版）は 1950 年代に調整され、地域別、樹種別、径級別に各計算式の係数が整理されたもので

あるが、立木材積の精度について若干異なるとの評価もあり、材積計算値については今後検討も必要と考えられる。

表 4.5.1 補正結果と毎木調査結果の平均値の比較
熊本南部ヒノキ林での計算例

平均値の比較	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	材積 (m ³)
毎木調査	34.1	20.3	68.8
OWL 補正值	34.1	20.0	61.6

(2) 林分データの比較検討

収穫調査データの集計については、調査区域を全面的に調査する「毎木調査」、林内の代表的箇所をサンプリングする「標準地調査」、そして今回実施した地上レーザ計測による調査がある。さらに、標準地調査では、調査区の計測値を林分全体の計測値に集計・拡大する必要があり、その方法として「面積拡大法」と「本数拡大法」がある。標準地の設定が文字通り、その林分を代表できていれば、面積拡大でも本数拡大でも結果は一致するものと思われるが、そうしたことも含めて、本事業の調査対象地について、3通りの推計方法の結果を整理した(表 4.5.2)。

表 4.5.2 推計方法の違いによる収穫調査結果の比較

調査地	推計方法	N			L		
		立木本数	材積	平均材積	立木本数	材積	平均材積
空知 カラマツ林	面積拡大	141	154.6	1.10	284	64.2	0.23
	本数拡大	140	153.5	1.10	282	63.7	0.23
	OWL計測	120	147.2	1.23	242	54.6	0.23
空知 トドマツ林	面積拡大	147	171.1	1.16	95	34.6	0.36
	本数拡大	137	161.7	1.18	90	32.7	0.36
	OWL計測	150	202.4	1.35	98	35.8	0.36
熊本南部 ヒノキ林	面積拡大	1,440	1,302.7	0.90	299	17.6	0.06
	本数拡大	1,372	1,240.9	0.90	285	16.7	0.06
	OWL計測	1,443	1,360.2	0.94	300	17.6	0.06

面積拡大：標準地集計量に区域面積／標準地面積の比を乗じたもの

本数拡大：標準地集計量に区域内本数／標準地内本数の比を乗じたもの

OWL計測：NはOWL計測値そのもの。Lは標準地調査から得た比を乗じたもの

第2章ですでに述べたように、空知カラマツ林はササ繁茂のためOWL計測値の信頼性が低いと思われるが暫定的に集計に加えた。OWL計測では、空知トドマツおよび熊本南部ヒノキの材積が大きめの推定値になっているが、林分あたりの推計値は比較的近い結果となっているが、個々の差異については、精査が必要である。

コラム 地上レーザ計測装置 3DWalker による計測

背負式の 3DWalker (Woodinfo 株式会社製) による森林計測をヒノキ林 (熊本南部 49 区) で実施した。計測装置および台座 (背負子) を含めた全重量は 5.0kg であり、林内歩行に支障はない (図1)。

計測中は、ややゆっくりとした歩き方であれば差し支えないが (図2)、大きな上下動にならないように留意する。倒木を乗り越える場合や段差がある場合などは、一旦立ち止まるなど、急激な姿勢変化とならないように配慮すれば、計測作業を続けて移動して差し支えない。



図1



図2

今回実施した林内計測 (約 3ha) の所要時間は約 5 時間であった。計測データは約 10 分間隔で分割して保存される (今回は 16 分割)。

図3の実線は、計測の経路 (足取り図) で、16 区分した経路ごとにデータが分割保存された。

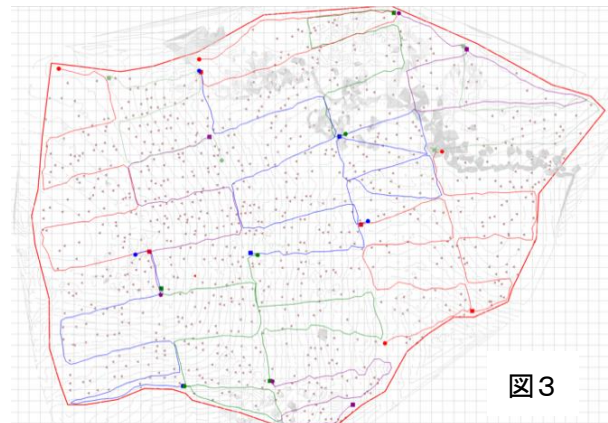


図3



計測終了後、3DWalker の本体 Paracosm (図4) に内蔵している解析ソフトですべてのデータ処理が行われる。データサイズにもよるが、今回の解析処理には約 9 時間を要した。

図4

立木データの抽出、地形情報の取得、等高線作図等 (図5~7) には、解析ソフト Digital Forest を使用する。今回計測したデータ解析の所要時間は約 2 時間であった。さらに上述した 16 分割されたデータファイルの結合作業に約 2 時間を要した。

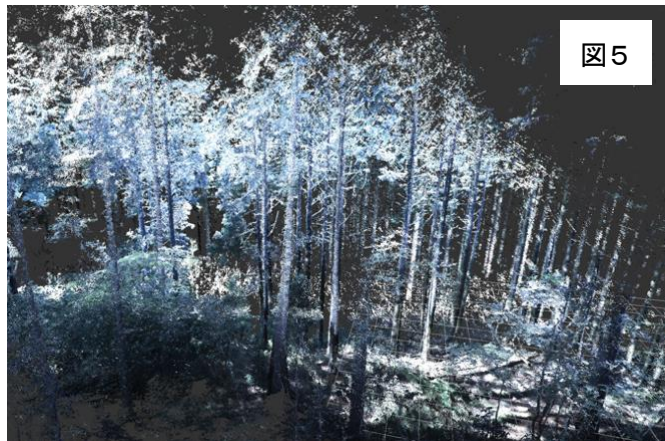


図5



図6

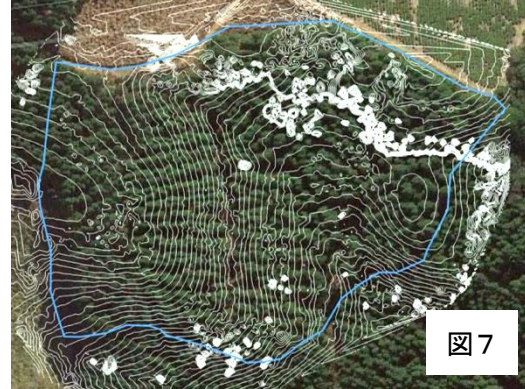


図7

◆出力データ

① 立木データ

- ・全立木の胸高直径、樹高、単木材積、立木位置座標、解析結果.csv、立木位置.shp
- ・立木の品質区分（矢高等の曲がりの数値データでも可）、解析結果.csv
- ・関連データの出力画像、DigitalForest 画面、GIS 画面、単木点群、木画像サムネイル

② 地形データ

調査対象林地の地形データ（メッシュによる地面座標値）、等高線.shp、demmesh.txt、demtin.csv

③ 調査地の三次元画像

三次元画像①.png、三次元画像②.png、三次元画像③.png

◆現地計測における留意事項

- ・3DWalker 本体を地面と比較して 45 度程度傾けると木の上部が計測しやすい。
- ・ループクロージング（記録を始めた位置に戻る）するようなコースで歩くと精度が高くなる。
- ・1 回の計測時間をなるべく 15 分程度にした方が、解析時のエラーを生じにくい。
- ・計測幅は 20m が基本だが、立木密度や灌木、地形に応じて 10m~20m で調整する。
- ・灌木や笹など多い林地は計測幅を密にする。
- ・雨、霧は計測不可

◆計測データの整理や解析の手順ならびに解析の所要時間

- ・3DWalker 本体で計測データを再構成する。
所要時間は、計測時間の 3~5 倍程度（今回は約 9 時間）
- ・DigitalForest での解析（立木抽出、等高線作成）
計測時間の 1.5 倍程度（今回は約 2 時間）
- ・データ結合 1 時間（16 ファイル結合）
- ・不要木の削除 2 時間（約 4500 本 → 約 900 本）

◆データ結合（解析）において困難が生じる要因と対応策

- ・SLAM の特性上、急激な方向転換は点群のねじれやデータが破綻する場合がありますので、カーブはゆっくり進みながら徐々に方向転換する。傾斜と平坦が絡むカーブは特に注意する。
- ・3DWalker 本体を急激に動かしてしまった場合（転倒など）は、その場で 5 秒程度静止してから動き出す。