

# 耳川流域におけるスギ同齡林の成長予測に関する研究 (V) —異なる円盤採取間隔に基づいた線形補完樹幹解析法—

宮崎大学農学部 岡田浩一郎・吉本 敦  
梶田 純慈・行武 潔

## 1. はじめに

前報<sup>1)</sup>では、樹幹解析後の樹木の経済価値を維持するために、3m間隔で採取した円板と実測胸高直径値を用いて線形補間による欠損直径データを補正する樹幹解析方法について分析を行った。分析の結果、実測胸高直径値を加えることで、より制度の高い材積推定が可能になることが分かり、この樹幹解析方法の有効性が明らかとなった。本研究では、前報の結果を踏まえ、線形補間による欠損直径データ補正值を用いた樹幹解析法が任意に採取される円板に対し、有効か否かについて分析を行った。すなわち、樹幹解析を行う円板の採取位置が、前報の樹幹解析法の有効性を左右するか否かについて分析を行った。以下その方法と結果について報告する。

## 2. 分析方法

まず、任意に組み合わせる円板採取間隔は表-1に示すように決定した。表中の左第一列は樹幹解析に用いられる円板の採取数を示し、それぞれの採取数に対し円板採取間隔を対応する行に示す長さで決定する。

次に、材積推定方法には、前報同様に2つの方法を用いて各齡階の幹材積の推定を行った。第一の推定方法(以下方法1)は樹幹解析の際に使用する推定胸高直径成長データに、0.3m位置と2mから10mの位置から採取される直径成長データから線形補間により推定した値を用いる方法である。第2の方法は(以下方法2)方法1で求めた線形補間による胸高直径成長データを、実測皮付胸高直径値を用いてさらに補正した値(以下補正胸高直径成長データ)を用いて求積する方法である。すなわち、方法1で求めた胸高直径成長データを{ $G_{dbh}$ }とする。ただし $G_{dbh}$ は円板の中心から数えて第 $i$ 番目の年輪までの直径推定値である。ここで $N$ を樹皮を含めた年輪の総和とし、実測皮付胸高直径値から線形補間による胸高直径値(皮層)を引いた差を誤差 $E$ とすると、第 $i$ 番目の年輪幅の推定値を $S_i$ とすると、補正胸高直径成長データ( $G_{dbh}$ )は $[G_{dbh}_i = (S_i/G_{dbh}_i)E + G_{dbh}_i]$ となる。各齡階の幹材積の推定は、上記の2つの方法で推定される胸高直径成長データと任意の組み合わせにより決定される円板採取位置での実測直径成長データを用いて区分求積法により行った。ただし、樹幹の梢端部分は円錐体とみなし求積し、残りの欠頂部分はスマリアン

式<sup>2)</sup>を用いて求積した。ここで、方法1により求積したものを以後「補正なし材積値」とし、方法2により求積したものを「補正あり材積値」と呼ぶ。

## 3. 分析結果

本研究では、宮崎県耳川流域に位置する西郷村に設置した試験林から選定した樹木3本を分析の対象とした。表-2にこれらの樹木の樹高・実測胸高直径・樹齡及び円板採取位置の組み合わせ数を示した。ここでは、全ての組み合わせにおいて「補正なし材積値」と「補正あり材積値」に対し、実測値(従来の樹幹解析法により1m間隔で円板を採取し算出した各齡階における幹材積推定値)との間で比較分析を行い、その結果について分析を行った。

まず、実測値との当てはまり具合を見るため決定係数 $R^2$ 値を用いて上記2つの材積推定方法の有効性について分析を行った。表3-1、表3-2に $R^2$ 値の平均値と分散を算出した。これらの表から分かるように、「補正あり材積値」、「補正なし材積値」の実測値に対する当てはまり具合が良いことが分かる。

次に、前報同様にこれら2つの方法間の優劣を見るためにPaired-t検定を行い、誤差の大小について分析を行った。表-4にPaired-t検定結果を示す。検定値の算出方法は以下の通りである。まず、「補正なし材積値」と実測値との差の絶対値と、「補正あり材積値」と実測値との差の絶対値を求め、前者から後者を引き、その差に対してPaired-t検定統計量を算出し、有意水準10%の両側検定( $-1.6879 < t < 1.6879$ )で検定を行った。表-4において、( $t > 1.6879$ )の範囲に分布する組み合わせは「補正あり材積値」の方が実測値との誤差が小さいことを示し、逆に( $t < -1.6879$ )の範囲に分布する組み合わせでは「補正なし材積値」の方が実測値との誤差が小さいことを示している。また、( $-1.6879 < t < 1.6879$ )に分布するものは、「補正あり材積値」、「補正なし材積値」とも実測値との間の誤差はほぼ同じであることを示している。表-4より、3本の樹木を通して「補正あり材積値」の方が実測値との誤差が小さくなる組み合わせが多いことが分かる。しかしながら、( $t < -1.6879$ )の範囲に分布している組み合わせの存在から、必ずしも補正を行うことで精度が良くなるという訳ではないことが分かる。そこで、これらの組み合わせについて何らかの円板採取位置の特徴があるのか否か、円板採

取位置別の利用率を算出することにより分析を行った。

図-1に各円板採取位置の利用率比を示す。その算出方法は以下の通りである。まず、全ての組み合わせにおいて樹木別に利用率( $XA_i, XB_i, XC_i$ )を求める。ただし変数中のA, B, Cは表-2の樹木番号を示す。また、添え字*i*は第*i*番目の円板採取位置を示す。全ての組み合わせについて各円板位置の利用総数をそれぞれ $KA_i, KB_i, KC_i$ とすると、以下のように求められる。

$$XA_i = \frac{KA_i}{\sum_{i=2}^{10} KA_i} \times 100, \quad XB_i = \frac{KB_i}{\sum_{i=2}^{10} KB_i} \times 100, \quad XC_i = \frac{KC_i}{\sum_{i=2}^{10} KC_i} \times 100$$

次に、( $t < -1.6879$ )で観察された組み合わせについて同様に樹木別に利用率( $YA_i, YB_i, YC_i$ )を求めると、

$$YA_i = \frac{KA'_i}{\sum_{i=2}^{10} KA'_i} \times 100, \quad YB_i = \frac{KB'_i}{\sum_{i=2}^{10} KB'_i} \times 100, \quad YC_i = \frac{KC'_i}{\sum_{i=2}^{10} KC'_i} \times 100$$

となる。最後に、それぞれの樹木に対し後者の利用率から前者の利用率を引き、全体の平均を算出したものが、それぞれに円板採取位置に対する利用率比である。

$$\frac{(YA_i - XA_i) + (YB_i - XB_i) + (YC_i - XC_i)}{3} = Z_i$$

ただし $Z_i$ は第*i*番目の円板採取位置の利用率比である。

図-1から、( $t < -1.6879$ )に分布する組み合わせにおいて、採取位置の低いところでの円板利用率が高く、高い位置での利用率が低いことが観察される。その理由は次のように考えることができる。樹木上部での幹形が円錐体もしくは放物線体<sup>2)</sup>であるため、その部分の円板の欠如が材積値の過小評価につながる。次に、樹木下部においては、実測皮付胸高直径値による補正をしない場合は、その幹形(ナイロイド形<sup>3)</sup>)のため推定値が過大評価される傾向がある。その結果、「補正なし材積値」では、上部における過小評価と下部における過大評価がそれぞれ誤差を打ち消し、最終的に「補正あり材積値」の誤差を下回る結果となり、( $t < -1.6879$ )に分布する組み合わせが存在したものと考えられる。

#### 4. 結論

本研究では線形補間による欠損直径データを用いた樹幹解析法に対し、任意の円板採取位置における直径データを組み合わせることで、線形補間による樹幹解析法の一般的な有効性について検討した。分析の結果、ほとんどの組み合わせにおいて前報同様この樹幹解析方法が十分有効であると確認することができた。すなわち、前報の樹幹解析法は円板採取位置にそれほど左右されることなく、有効に使用できることが分かった。

今回、実測皮付胸高直径値による補正を施した材積推定値が、補正しないものより誤差が大きくなる結果

が観察された。そうした結果をもたらした円板採取位置の組み合わせに対し円板採取位置の位置別の利用率より分析を行った結果、樹木上部の円板の利用率が低く、下部の円板利用率が高いことが分かった。これは、樹木上部での幹形に対する材積値の過小評価と樹木下部における推定値の過大評価が互いに打ち消され、結果的に誤差が小さくなったものと考えられる。以上より前報で用いた線形補間による樹幹解析方法を用いる際は、線形補間による樹木上部での幹材積の過小評価が生じないように注意を払う必要がある。

#### 引用文献

- (1) 梶田ほか：耳川流域におけるスギ同齢林の成長予測に関する研究 (IV) 線形補間による欠損直径データ補正値を用いた樹幹解析, 108 回日林論, 101-102, 1997
- (2) 大熊眞一：森林計測学講義, 26-27, 30-39, 養賢堂, 東京, 1991

表-1 円板採取間隔の組み合わせについて

円板採取数	円板採取間隔 (m)				
	2m	3m	...	10m	
2	2m	3m	...	10m	
3	2m, 2m	2m, 3m	...	2m, 10m	
	3m, 2m	3m, 3m	...	3m, 10m	
...	...	...	...	...	
4	10m, 2m	10m, 3m	...	10m, 10m	
	2m, 2m, 2m	2m, 2m, 3m	...	2m, 2m, 10m	
	2m, 3m, 2m	2m, 3m, 3m	...	2m, 3m, 10m	
...	...	...	...	...	
5	2m, 10m, 2m	2m, 10m, 3m	...	2m, 10m, 10m	
	3m, 2m, 2m	3m, 3m, 2m	...	3m, 2m, 10m	
	3m, 3m, 2m	3m, 3m, 3m	...	3m, 3m, 10m	
...	...	...	...	...	
10m, 10m, 2m	10m, 10m, 3m	...	10m, 10m, 10m		

ただし、0.3m位置の円板は全ての組み合わせで使用される。

表-2 樹木データ

	樹高 (m)	実測胸高直径 (cm)	年齢 (年)
樹木 A	21.12	15.35	37
樹木 B	19.88	14.90	36
樹木 C	20.76	14.79	37

毎木調査：宮崎県西郷村 (1995年12月)

表3-1 実測値との決定変数 $R^2$ 値

	補正あり材積	補正なし材積
樹木 A	0.999642	0.999579
樹木 B	0.999195	0.999447
樹木 C	0.999615	0.999717

表3-2 組み合わせにおける $R^2$ 値の分散

	補正あり材積	補正なし材積
樹木 A	0.00000021	0.00000020
樹木 B	0.00000122	0.00000045
樹木 C	0.00000027	0.00000014

表-4 Paired-t検定結果

	$t < -1.6879$	$-1.6879 < t < 1.6879$	$t > 1.6879$
樹木 A	3.55 %	7.18 %	89.27 %
樹木 B	4.81 %	23.95 %	71.24 %
樹木 C	0.96 %	3.27 %	95.77 %

注：樹木Bのみ-1.6892<t<1.6892の範囲で計算

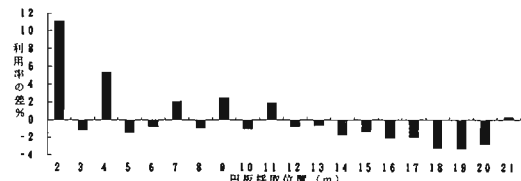


図-1 各円板採取位置の利用率の差のグラフ