

利用材積の直接測定に関する研究(Ⅳ)

—— デンドロメーターの測定誤差について ——

九州大学農学部 増谷利博
西沢正久

1. まえがき

上部直径の直接測定用器械としては、デンドロメーターが最も精密であるといわれているが、本報では、デンドロメーターは測定者間により、測定誤差がどの程度生ずるのか、また、利用材積算出の場合には、その測定誤差がどの程度、影響を及ぼすかの検討を行なった。しかし実験計画法的に行なったものでなく、しかも小標本で誤差の分布もわからないものが多いので、予備的考察によく使われるノンパラメトリックな検定を行なった。

2. 調査林分と調査方法

昭和52年8月、都城営林署白鹿岳国有林内の生長量試験地において、71年生スギの間伐木5本を、測定者三人で測定した。最初の測定者が胸高位置と枝下高までの任意の4から5点を測定し、第二、第三の測定者が、胸高位置と、最初の測定者により指定された高さを測定した。指定された高さはデンドロメーターのサイン目盛の読みを、最初の測定者の読みと一致させることで測定できる。すなわち、三人の測定者が合計22点をそれぞれ測定後、伐倒して各測定点を輪尺で測定し、各測定点で測定者ごとに真値との差を表-1のようにまとめた。測定者ごとの平均は、測定者1で0.21cm、測定者2で0.06cm、測定者3で0.29cmとなり、いずれも過大推定していることになる。

この測定誤差をノンパラメトリックな検定方法であるランクによるフライデマン二元分散分析¹⁾を行なうと測定者間の測定誤差に差があるかどうかを判定することができる。

この方法を簡単に説明する。

1) 測定者を列、測定部位を行にした二元表に測定誤差を記入する。

2) 各行で測定誤差にランクを付ける。

3) 各列でランクの合計 R_j を計算する。

4) 次式を用いて、 x_j^2 を計算する。

$$x_j^2 = 12 \sum_{j=1}^k (R_j)^2 / Nk(k+1) - 3N(k+1)$$

5) 測定者間の測定誤差に差がないという帰無仮説を検定するには、 x_j^2 の値を自由度 $(k-1)$ 、 $\alpha =$

0.05の x^2 表の値と比較して、 x_j^2 の値がそれより小さければ、帰無仮説を採択し、大きければ、棄却する。

この方法により、表-2のように測定誤差をランク付けし、計算結果を示すと、 $N=22$ 、 $k=3$ 、 $R_1=46.0$ 、 $R_2=36.5$ 、 $R_3=49.5$ であるから、 $x_j^2=4.11$ となり、 $\alpha=0.05$ での x^2 表の値5.99より小さいので帰無仮説を採択する。つまり測定者間による測定誤差の差はないということになる。測定者間、測定者内の変動の分散分析²⁾を行なった結果が表-3の分散分析表である。不偏分散比 $F_0=0.83$ で、 $\alpha=0.05$ の $F_{0.05}=3.99$ より小さいので測定者間に有意差がないということになる。さらに95%の信頼度における母平均の信頼区間を計算すると、測定者1で 0.21 ± 0.27 cm、測定者2で 0.06 ± 0.22 cm、測定者3で 0.29 ± 0.31 cmであり、いずれも0、つまり真値を含んでいることになる。

3. 考 察

今回の調査での測定者2により、昭和51年8月、九州林産株式会社有林飯田山林の44年生ヒノキ林において、63本計291点を測定し、測定後、伐倒して輪尺で測定し、誤差を求めた。調査林分は平地林であるが、測定誤差の平均は -0.22 cmであり、95%の信頼度における母平均の信頼区間は $-0.29 \sim -0.16$ cmで0を含んでいない。また昭和51年10月、福岡県筑穂町ジル谷県有林の40年生ヒノキ林において、69本計249点を測定し、その測定誤差の平均は -0.37 cmであり、母平均の信頼区間は $-0.47 \sim -0.27$ cmであった。この場合も0を含んでいない。しかし、平地林である九州林産株式会社有林での誤差と比較して、急傾斜地林である県有林の方が $1 \sim 2$ mm程度大きくなっている。

つぎに、デンドロメーターの測定誤差が利用材積算出に及ぼす影響について、九州林産株式会社有林での実際例で検討した。利用材積の推定方法は第Ⅲ報で述べられた方法によった。

3.2haのヒノキ林に10個のポイントサンプリングを行ない、そのなかの4個のポイントでの全カウント木計63本をデンドロメーターにより、上部直径の測定を行なった。収穫調査により、林分のha当断面積Gが既知であるので、断面積が既知の場合と未知の場合の二通りの推定を行なった。

ha当断面積 $G = 57.9 \text{ m}^2/\text{ha}$ が既知の場合、4個のポイントサンプリングにより推定されたha当利用材積 V_M とha当断面積 G_M の比にha当断面積 G を乗ずる比推定を行なった。これによると、 $(V_M/G_M)G = (455.8/63.0)57.9 = 418.9 \text{ m}^3$ が得られた。また林分のha当断面積が未知である場合の推定方法は、10個のポイントサンプリングによりha当断面積 $\hat{G} = 58.8 \text{ m}^2/\text{ha}$ と推定され、ha当利用材積は $(V_M/G_M)\hat{G} = (455.8/63.0)58.8 = 425.4 \text{ m}^3$ であった。これらに林分面積 3.2 ha を乗ずると、林分の推定利用材積はそれぞれ、 1340.486 m^3 、 1361.323 m^3 となる。なお、この林分は伐採され、伐木時の材積は 1344.347 m^3 、集材時の材積は 1327.676 m^3 であり、集材歩止りは 98.76% であった。二つの推定結果と伐木材積、集材材積を比較したのが表-4である。断面積が既知の場合、その差は -0.29% 、 0.97% であり、未知の場合、 1.26% 、 2.53% であった。デンドロメーターによる測定誤差は平均して -2 mm 程度あるものの、断面積が既知の場合には、わずか4個のポイントサンプリングならびに上部直径測定により、非常に良好な推定値が得られている。また、断面積が未知の場合、いくつかのポイントサンプリングあるいはラインサンプリングで正確な断面積を知るかが重要な問題となってくる。

今回の調査では、三人の測定者いずれも過大推定しているのに比べて、測定者2により測定を行なった2つの調査林分では過小推定している。これはスギとヒノキの樹種による違いかどうかはわからないが、測定誤差が 2 mm 程度あるとしても、日本農林規格に基づき採材する場合には 14 cm 以上は 2 cm 括約、 13 cm 以下は 1 cm 括約であるため、このようなわずかな誤差は採材の括約に含まれてしまうと考えると、利用材積の算出の際には、なんら影響を及ぼさないと結論づけられるであろう。今後の研究では、測定誤差の問題よりも、より効果的なサンプリング、あるいは推定方法の問題が重要であると考えられる。

引用文献

- (1) Nonparametric Statistics, PP.312, McGraw-Hill Kogakusha, LTD, 東京, 1956
- (2) 統計学, PP.600, 養賢堂, 東京, 1966

表-1

測定部位	測定者		
	1	2	3
1	0.2	-0.1	0.4
2	-0.1	-0.5	0.1
3	0.4	0.1	0.3
4	-0.4	0.2	-0.2
∴	∴	∴	∴
22	0.1	0	0.4
合計	4.7	1.3	6.3
平均	0.21	0.06	0.29

(cm)

表-2

測定部位	測定者		
	1	2	3
1	2	1	3
2	1.5	3	1.5
3	3	1	2
4	3	1.5	1.5
∴	∴	∴	∴
22	2	1	3
R_j	46.0	36.5	49.5

表-3 分散分析表

要因	S	df	s	F_0	F_{05}
測定者間	0.59273	2	0.2964	0.580	3.99
測定者内	2.245504	63	0.5103		
合計	2.304777				

表-4

真値	断面積既知の場合	断面積未知の場合
伐木材積 1344.347	1340.486 (-0.29%)	1361.323 (1.26%)
集材材積 1327.676	1340.486 (0.97%)	1361.323 (2.53%)

(m³)