

各種輪尺の実用性の検討

——毎木調査の精度と工程の解析——

菅原 聰

信州大学農学部 森林経理学研究室

はじめに

毎木調査を行なうという場合、輪尺を用いて胸高直径を測定することが普通に行なわれている。そして、そのときの輪尺としては、固定脚と遊動脚とが平行になっていて、それらと直交している尺度との3辺で胸高直径をはさんで測定するというしくみの、いわゆる「平行輪尺」が用いられている。ところが、最近、このような「普通輪尺」とは異なった形態の輪尺が考案されて市販されており、使用されようとしている。

本報告では、これらの新しい輪尺の実用性について検討することを試みるものであるが、これらの各種輪尺のうち、最近になって入手できた

- イ) ミニ輪尺
- ロ) タリフ輪尺
- ハ) ペンタプリズム輪尺

をとりあげた。

輪尺としては、実用的には

- イ) 高い精度が期待できる方がよい
- ロ) 作業が簡単で、速やかに行なえる方がよい

と考えられるのであり、したがって、これらの輪尺を用いて毎木調査を行なったときの精度について検討するとともに、作業の解析を行なうことにした。

この問題については、1972年度前期の「林学演習」でとりあげ、調査・解析し、「各種輪尺の比較」¹⁾としてまとめたが、時間的にいそがなければならなかったので不十分な点が多く、ここでまとめ直した次第である。

この調査・研究に従事したのは、麻生友二郎、近藤啓一、佐藤彰、高木信正、野口隆幸、森静樹、松井吉隆、山下幸男、米山文規の信州大学農学部の学生諸君であり、整理の段階においては、森林経理学研究室の林妙嬢に協力してもらった。また、ヤシマ農林器具研究所の白石国彦氏からは、ミニ輪尺を寄贈していただいた。これらの諸氏に対して、心から謝意を表わす次第である。

I 研究の方法

§1 概説

昭和47年8月18日受付

毎木調査を行なうときの器具として、「普通輪尺」以外にミニ輪尺やタリフ輪尺やペンタプリズム輪尺などが考案されたが、これらの輪尺はすべて最近市販されたものであって、まだ実用化されるにはいたっていない。

毎木調査に際して樹幹の胸高直径を測定する場合、その測定値は

- イ) 輪尺誤差 (器具誤差)
- ロ) 偶然測定誤差
- ハ) 括約誤差

などに原因する誤差をふくむものであり²⁾、安定した測定値が得られないことは当然である。そして、普通輪尺は勿論のこと、ミニ輪尺、タリフ輪尺、ペンタプリズム輪尺のいずれにおいても、樹幹断面が正円形をなしている場合には、正しく直径値が得られるようにされてはいるが、樹幹断面はかならずしも正円ではなく、測定方向を変えれば測定値は変わるし、また、測定高を異にすれば測定値は異なるので、毎木調査においての胸高直径測定にあつては、輪尺の構造によって、その誤差のあらわれ方はまったく異なってくる。そしてまた、直径測定作業の内容も輪尺の構造やしくみによって、かなり異なるのである。

§ 2 用いた輪尺

1 ミニ輪尺 (mini caliper)

普通輪尺ではかさばるので、携行に便利のように小型化した輪尺である。固定脚と遊動脚とが直交している「直交輪尺」であり、固定脚と尺度と遊動脚上の3点で樹幹に接するようにして、樹幹の4分の1の断面(90°の範囲)を用いて、直径の測定を行なうようにされている。その尺度目盛は $(\sqrt{2}-1)$ 倍の目盛となっているので³⁾、かなり小型化されており、27cmの目盛実長の人工林用ミニ輪尺で60cmまでの直径が測定できるようになっている。

2 タリフ輪尺 (Tarifmesswinkel; volume fork)

135°の角度で交わる2つの脚で樹幹をはさみ、目盛曲板上の目盛を視準針と樹幹端との見通し線上で読みとることによって直径を測定するようにされている⁴⁾。扇形脚は折りたためるので、小型化し得、携帯に便利になっている。

3 ペンタプリズム輪尺 (wheeler pentaprism caliper)

2つのペンタプリズムを用いて、対象樹幹から離れた位置から、樹幹直径の測定が行なえるようにされている。輪尺の左端に存しているスロットに7~10cmの距離を保って両目を近づけ、両目でスロットを覗き、可動プリズムを動かしながら、上部スロットで対象樹幹の左端、下部スロットで右端をとらえ、上下スロットにある2垂線間で樹幹の左右端を一致させて、直径の測定が行なえるようになっている。

§ 3 直径測定誤差解析の方法

毎木調査に際して同じ測定者が同一樹幹に対して同じ輪尺で測定を繰返しても同一の測定値を得ることは期待できない。まして、輪尺の種類を変えれば、その輪尺の構造上の理由によって、その測定値が異なってくるのも当然のことである。そしてまた、測定者が変わることもよつても測定値は異なったものとなるであろう。

本報告では、輪尺の種類を変えることによって測定値がどのように変わるかについてを明らかにすることを目的とし、樹幹番号がつけられた樹幹に対して、測定者9人がおのおのの輪尺を用いて1回ずつ測定した結果を用いることによって、毎木調査に際しての直径測定に

おける誤差を解析することにした。この場合、測定者のくせなどによる、いわゆる「個人誤差」がそれらのうちに入りこんでいるが、そのような「個人誤差」を除去せずに、それをもふくめておのおのの輪尺ごとでの誤差のあらわれ方の差異について明らかにしようとしたのである。

本報告でとりあげた輪尺は、ミニ輪尺、タリフ輪尺、ペンタプリズム輪尺であるが、比較のために、普通輪尺を用いても測定を行なった。そしてまた、そのほかに、測定位置を示す十字記号をつけた後に、普通輪尺を用いてmm単位でも測定を行なった。したがって、各樹幹に対して、ミニ輪尺、タリフ輪尺、ペンタプリズム輪尺、普通輪尺、普通輪尺(mm単位)ごとに9個ずつの、すなわち各樹幹に対して45個ずつの測定値を得たわけである。

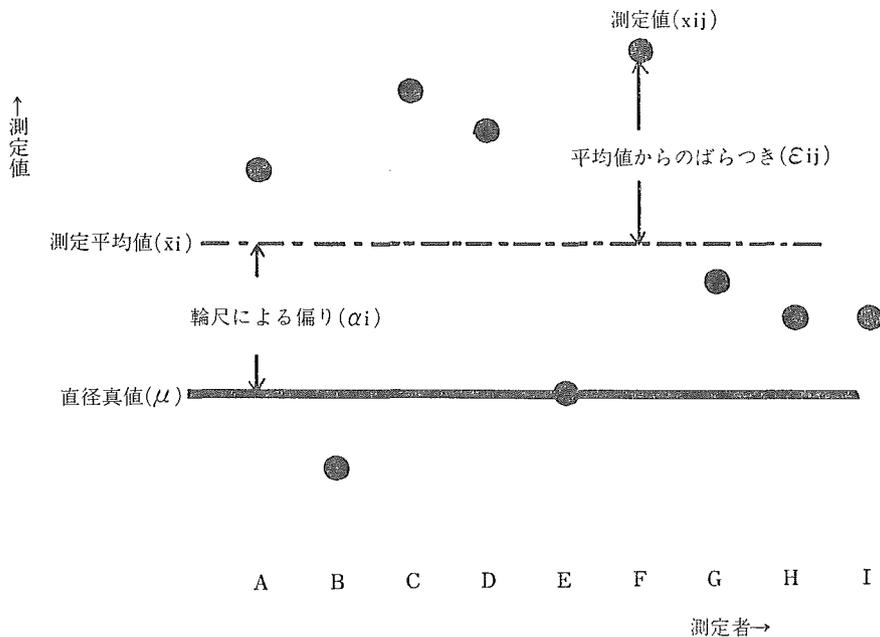


図1 胸高直径測定値の構造

さて、この場合の測定値の構造は、図1に示したように

$$x_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \tag{1}$$

と考えてよい。ここで μ は真値であり、 α_i は輪尺による偏りであり、 e_{ij} はおのおのの測定におけるばらつきに基づく誤差である。

ところで、胸高直径真値 μ としては、各樹幹に対して十字記号をつけて普通輪尺でmm単位で9人の測定者によって測定された胸高直径測定値の平均値をもってあてることにした。そして、輪尺による偏りである α_i は、各樹幹に対して輪尺ごとに9人によって行なわれた胸高直径測定値の平均値と先に計算した胸高直径真値との差として計算し、これを直径測定平均誤差と呼ぶことにした。そしてまた、平均値からのばらつきに基づく誤差 e_{ij} については、

各樹幹に対して輪尺ごとに9人の測定者によって繰返された胸高直径測定値の平均値のまわりの標準偏差であらわされると考え、これを直径測定標準誤差と呼ぶことにした。

そして、これらの直径測定平均誤差と直径測定標準誤差とが、輪尺の種類によってどのように異なるかについて比較・解析することにした。

§4 直径測定作業解析の方法

毎木調査においての胸高直径測定作業といっても、用いる輪尺を変えればその作業のやり方もおのずから異なってくる。それで、ここでは各輪尺を用いた場合の作業のやり方や所要時間などについてを明らかにしていこうと考えた。

1 胸高直径測定作業のやり方

おのおのの輪尺を用いて、毎木調査に際して胸高直径測定する場合の作業手順を示すと次のようである。

1) ミニ輪尺や普通輪尺の場合

- イ) 輪尺を測定対象樹幹の前に立ち樹幹番号を確認する
- ロ) 樹幹の胸高部に輪尺の固定脚、尺度、遊動脚の3点をあてて直径を測定し、尺度上の目盛から直径測定値を読みとる
- ハ) 読みとった直径測定値を呼びあげて記帳者に知らせるとともに測定ずみの印付けを行なう
- ニ) 記帳者は測定者によって読みあげられた直径測定値を復唱しながら野帳に記帳する
- ホ) 次に測定する樹幹の前まで歩いて移動する
- ヘ) 以上の作業を林分内の全樹幹に対して繰返して行なう

2) タリフ輪尺の場合

ミニ輪尺や普通輪尺の場合とほぼ同様の手順で作業が行なわれるが、胸高直径の測定において、135°の角度で交叉している測定脚(扇形アーム)の2点を樹幹の胸高部にあてて、視準針と樹幹端との見通し線上で目盛曲板上の目盛を胸高直径値として読みとるところだけが異なっている。

3) ペンタプリズム輪尺の場合

- イ) 測定対象樹幹の胸高部が明確に見えるところに立つ
- ロ) 樹幹番号を確認する
- ハ) スロットから覗き、樹幹の胸高部を視準する
- ニ) 可動プリズムを動かしながら、上下スロットに映った樹幹の左右端の映像を上下両スロットに示された2垂線間で一致させる
- ホ) 輪尺上部の目盛上の指示針で胸高直径値を読みとる
- ヘ) 読みとった胸高直径値を記帳者に知らせ、記帳者はそれを復唱しながら野帳に記帳する
- ト) 次の測定対象樹幹の胸高直径を上記の手順で測定する
- チ) 次の測定位置へ移動する
- リ) 以上の諸作業を繰返しながら、林分内の全樹幹に対して行なう

2 要素作業の分類

毎木調査において、おのおのの輪尺を用いて胸高直径測定を行なったときの作業手順は前

項に示したようであるので、作業解析を行なっていくうえで、毎木調査に際しての胸高直径測定作業の要素作業として次のように分類した。

1) 主体作業

イ) 胸高直径測定：ミニ輪尺、タリフ輪尺、普通輪尺の場合には、輪尺を測定対象樹幹にあてて測定し、測定値を読みあげている状態を、ペンタプリズム輪尺の場合には、スロットを覗いて可動プリズムを動かしている状態と尺度から測定値を読みあげている状態をさす。調査したときは「測定」と「読みあげ」に分けていたが、結果として分けてみても意味がなかったので、解析にあたっては両者をまとめることにした

2) 付帯作業

ロ) 移動：ミニ輪尺、タリフ輪尺、普通輪尺の場合には、対象樹幹から対象樹幹へ測定のために移動していく状態をさし、ペンタプリズム輪尺の場合には、ある測定位置から次の測定位置へと移動していく状態をさす

3) 余裕

ハ) 作業余裕：測定対象樹幹の確認や、測定済みか否かの確認行為などや、測定に際して記帳者と測定者との諸打ち合せ行為や、作業段取り上の待ち合せ行為など、作業遂行上の不備のために生じてくるいろいろの遅れをさす

ニ) 疲れ余裕：疲れを回復するための息抜き、休憩などをさす

3 直径測定作業解析の方法

直径測定作業の作業解析として

イ) 所要時間の比較

ロ) 要素作業の構成割合の比較

を行ない、おのおのの輪尺の実用性を検討する手がかりを得ることを試みることにした。

ところで、このような解析を行なうためには Snap Reading 法による時間分析法が有効であると考え、Snap Reading 法によって作業解析することにした。

というのは、毎木調査に際しての胸高直径測定作業では、それぞれの要素作業が比較的短かい時間でしか続けて行なわれず、ある要素作業から他の要素作業へと急速に転換し、そのようなことを繰返しながら長時間にわたって作業が続けられるだけに、胸高直径測定作業の作業調査を行なうには、各要素作業のあらわれてくる頻度を観測して、間接的に各要素作業の時間の長さを推定する Snap Reading 法を用いることによって、比較的正確な実態が把握できるだけでなく、調査も実行しやすいと考えたからである。

Snap Reading 法というのは、一定の観測時間内でN個の総観測時点が無作為的に選び出し、それらおのおのの時点において行なわれている作業を瞬間的にとらえて、要素作業別に分類記録し、総観測回数Nに対する各要素作業の観測回数 n_i の比、すなわち各要素作業の観測回数の百分率から各要素作業の所要時間を推定するものである*。

* このような観測によって得られた各要素作業の観測回数の百分率は二項分布にしたがうものと考え

てよく、各要素作業のあらわれる観測回数の百分率 P_i は $P_i = \frac{n_i}{N} \times 100$ 、その標準偏差 S_i は

$S_i = \frac{\sqrt{P_i(100-P_i)}}{N}$ としてあたえられ、実用的には95%の信頼度においてのこの百分率の信頼限界は

$P_i \pm 1.96S_i$ として推定される。

Snap Reading 法で作業解析を行なう場合、おのおのの要素作業に対する観測回数、その要素作業の所要時間に比例していることを前提としている。したがって、観測に偏りが生じないようにしなければならないのであるが、そのためには

- イ) 観測回数をできるだけ多くする
- ロ) 作業の周期と観測時点の周期とを一致させないようにする

ことなどの注意が必要であろう。

毎木調査に際しての胸高直径測定作業の場合、作業の変化もほぼ一定しており、ある周期性をもっとも考えられるが、それほど規則的でないので、比較的短かい単位であれば、等間隔的に観測しても偏るようなことはないと考えられる。すなわち、観測時点を等間隔的に選ぶことによって、各要素作業を無作為的にカバーできると考えられる。そして、そのことと、比較的多くの観測数を得ることを考慮して、今回の調査では10秒ごとに観測を行なうことにした。

II 精度と作業の解析

§ 5 試験地の概況

毎木調査においての胸高直径測定誤差や作業工程などを考える場合、測定対象林分の環境が大きく影響することはいうまでもない。

本報告では各種輪尺のもつ特性を把握することが目的なので、できるだけ単純な環境で測定することを考え、信州大学農学部構内演習林の天然生アカマツ林内に試験地を設定した。試験地の特徴は次のようである。

- イ) 天竜川の河岸段丘上の平坦地に存している
- ロ) 林齢約35年のアカマツ天然生林である
- ハ) 本数密度1,700本/ha程度のやや密生した感じの林分である。
- ニ) 2haほどにわたって続いているうちの0.2haだけが選ばれている
- ホ) 調査に先立って、下刈を行なったので、林分内での歩行ならびに見通しはきわめて良好となっている

§ 6 直径測定平均誤差(偏り)の解析

前章でも述べたように、おのおのの輪尺を用いて9人の測定者によって測定された各樹幹の胸高直径値の平均値と胸高直径真値との差を、その樹幹の直径測定平均誤差(偏り)と考えた。

直径測定平均誤差が輪尺の種類によってかなり異なることは、図2および図3を見ることによって明らかであるが、その分布からみて樹幹の胸高直径値によって異なるであろうと推測される。そこで、この直径測定平均誤差が、使用した輪尺の種類によって、また樹幹の胸高直径値によって変動することについて、二元要因による分散分析法を用いて確かめてみた。

分散分析の結果は表1に示したようであり、直径階要因、輪尺要因ともに1%以下の危険率で有意の差のあることが認められた。

直径測定平均誤差を輪尺の種類ごとにまとめてみると表2のようになるのであり、いずれ

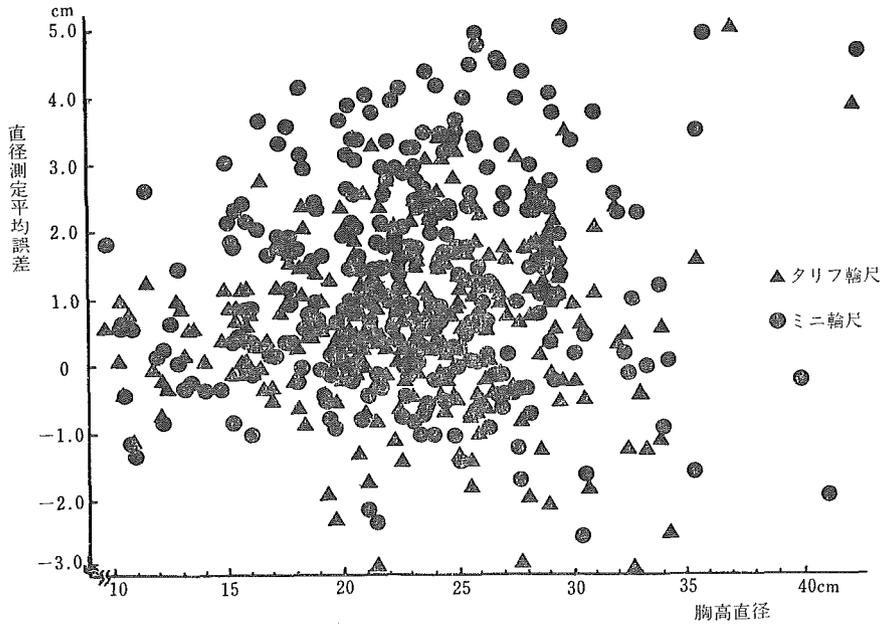


図2 直径測定平均誤差（ミニ輪尺，タリフ輪尺の場合）

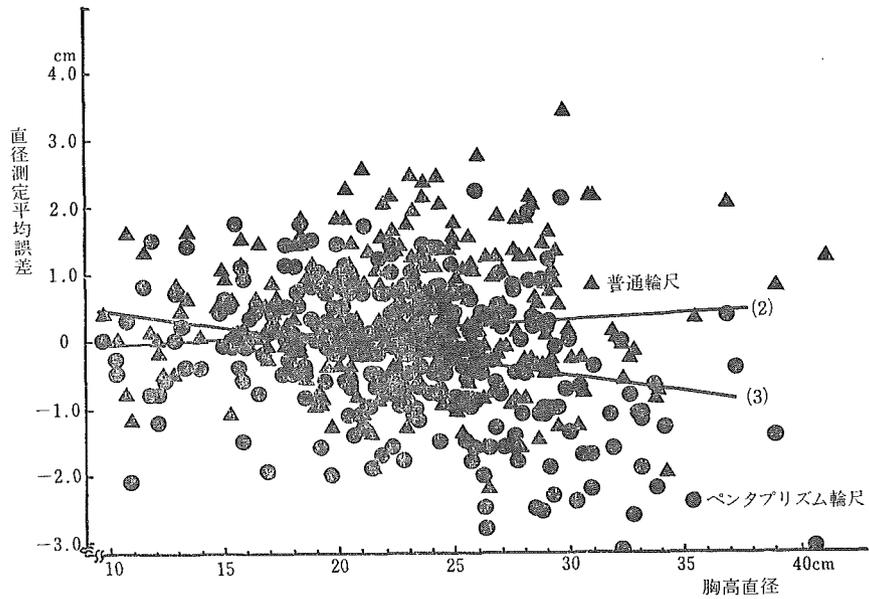


図3 直径測定平均誤差（ペンタプリズム輪尺，普通輪尺の場合）

表1 直径測定平均誤差の分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	F ₀	
直径階間変動	23.51	5	4.70	3.38	※※
輪尺間変動	315.00	3	105.00	75.54	※※
交互作用変動	36.71	15	2.45	1.76	
残差変動	1,643.05	1180	1.39		
総変動	2,018.27	1203			

表2 輪尺の種類ごとの直径測定平均誤差

輪尺の種類	平均値	標準偏差	to	to'
ミニ輪尺	1.22cm	1.57cm	13.48※※	8.83※※
タリフ輪尺	0.55	1.18	8.09※※	2.80※※
ペンタプリズム輪尺	-0.20	0.96	3.61※※	6.33※※
普通輪尺	0.29	0.93	5.41※※	

注 toは平均値が0との有意の差が認められるかの検定でto'は普通輪尺との有意の差が認められるかの検定

の種類輪尺においても1%以下の危険率で偏りがあるといえる。そして、ミニ輪尺がもっとも大きい正の偏りを示し、次いでタリフ輪尺が正の偏りを示し、普通輪尺でもやはり過大評価する傾向が認められた。それに対して、ペンタプリズム輪尺の場合には過小評価する傾向がうかがわれた。

また、普通輪尺との差異をみると、いずれの輪尺の場合でも1%以下の危険率で有意の差異が認められるのであり、これらのことから、これらの輪尺で胸高直径の測定を行なっていくとき、輪尺の特性にもとづく誤差が方向性をもって生じてくることが知られた。

いま、ここでこれらの原因について考えられることを整理しておくことと次のようである。

- イ) ミニ輪尺の場合、輪尺傾斜誤差(輪尺を水平に保って測定されないために生じる誤差)⁵⁾がとくに作用することと、測定位置がやや下り気味であることのため、正の偏りを示すようになる
- ロ) タリフ輪尺でも、輪尺傾斜誤差が作用して正の偏りを示しやすいのであるが、反面、測定位置をやや高目にとりがちであるので、そのことによる負の偏りによって相殺される向きもあって、正の偏りをとるもののやや小さくなっている
- ハ) ペンタプリズム輪尺では、規定の測定高で測定することができにくく、どうしても高い位置で測定しがちであるため、負の偏りを示すようになる

また、直径階間要因での差異を明らかにするために、回帰分析を行なってみたが、その結果は表3のようである。これからも明らかなように、ミニ輪尺およびタリフ輪尺の場合には、樹幹の胸高直径の差異による直径測定平均誤差の変動はきわめて少なく、直径階間変動や回帰による変動に有意の差異が認められなかったが、ペンタプリズム輪尺および普通輪尺の場合には、直線回帰することが認められたのであり、その回帰直線式を示すと次のようである。

表3 直径測定平均誤差の回帰分析表

要 因	平方和	自 由 度	不 偏 分 散	Fo
ミニ輪尺				
回帰による変動	7.74	1	7.74	3.13
残りの変動	4.78	4	1.20	0.49
直径階間変動	12.52	5	2.50	1.01
直径階内変動	727.73	295	2.47	
総 変 動	740.25	300		
タリフ輪尺				
回帰による変動	1.10	1	1.10	0.79
残りの変動	7.89	4	1.97	1.41
直径階間変動	8.99	5	1.80	1.29
直径階内変動	412.88	295	1.40	
総 変 動	421.87	300		
ペントプリズム輪尺				
回帰による変動	16.13	1	16.13	19.43**
残りの変動	17.85	4	4.46	5.37**
直径階間変動	33.98	5	6.80	8.19**
直径階内変動	244.55	295	0.83	
総 変 動	278.53	300		
普通輪尺				
回帰による変動	4.22	1	4.22	4.85**
残りの変動	0.51	4	0.13	0.15
直径階間変動	4.73	5	0.95	1.09
直径階内変動	257.89	295	0.87	
総 変 動	262.62	300		

$$\text{ペントプリズム輪尺} \quad y = 0.816 - 0.044x \quad (2)$$

$$\text{普通輪尺} \quad y = -0.213 + 0.022x \quad (3)$$

これらでも明らかなように、直径測定平均誤差（偏り）は、ペントプリズム輪尺の場合には樹幹の胸高直径値が大きくなるにつれて負の偏りが大きくなるのであり、それに対して、普通輪尺では正の偏りが大きくなるのが知られるのである。

§7 直径測定標準誤差（ばらつき）の解析

おのおのの輪尺を用いて各樹幹に対して9人の測定者が行った胸高直径測定値の標準偏差をもって直径測定標準誤差と考えたことは先にも示したようである。

図4および図5に示したように、直径測定標準誤差は輪尺により異なっており、また、樹幹の胸高直径値によってもかなり異なっている。そこで、この直径測定標準誤差が使用した輪尺の種類によってや、樹幹の胸高直径値によって変動することについて、二元要因による分散分析法を用いて確かめてみた。

分散分析の結果は表4のようであり、直径階要因、輪尺要因ともに1%以下の危険率で有

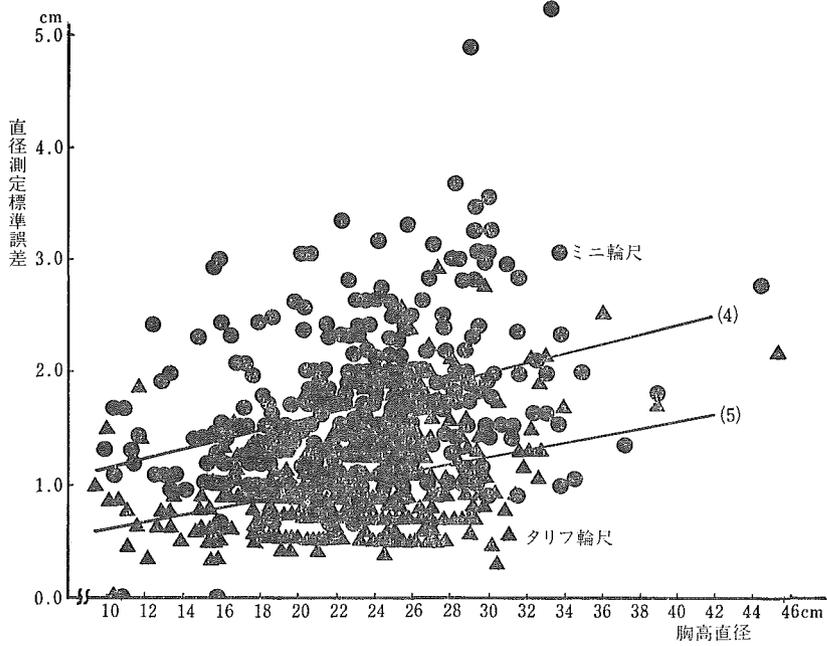


図4 直径測定標準誤差 (ミニ輪尺, タリフ輪尺の場合)

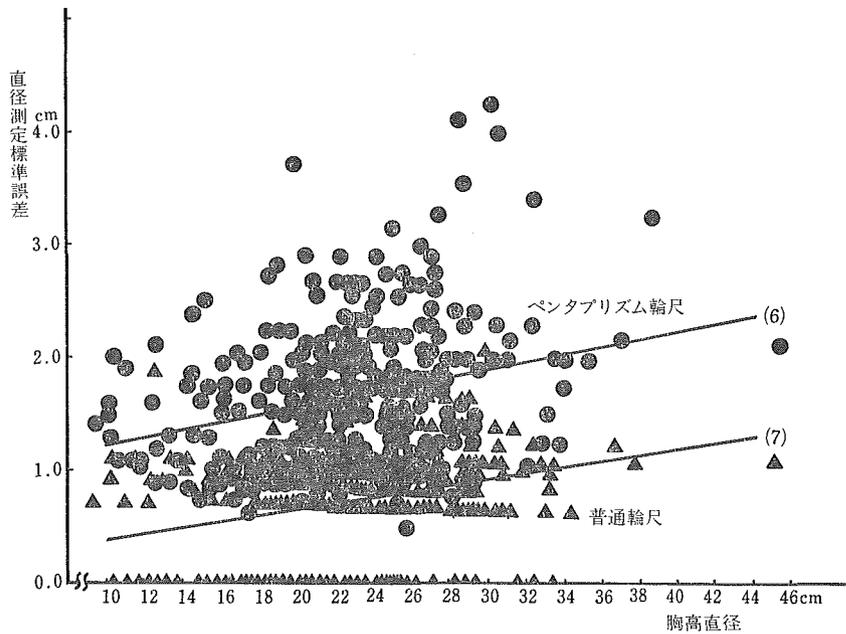


図5 直径測定標準誤差 (ペンタプリズム輪尺, 普通輪尺の場合)

表4 直径測定標準誤差の分散分析表

要 因	平方和	自由 度	不 偏 分 散	F ₀
直 径 階 間 変 動	40.47	5	8.09	28.89 ※※
輪 尺 間 変 動	198.74	3	66.25	236.61 ※※
交 互 作 用 変 動	5.32	15	0.35	1.25
残 差 変 動	333.77	1180	0.28	
総 変 動	578.30	1203		

表5 輪尺の種類ごとの直径測定標準誤差

輪 尺 の 種 類	平 均 値	標 準 偏 差	t ₀
ミ ニ 輪 尺	1.71cm	0.70cm	19.87 ※※
タ リ フ 輪 尺	1.00	0.45	6.40 ※※
ペ ン タ プ リ ズ ム 輪 尺	1.65	0.62	20.18 ※※
普 通 輪 尺	0.77	0.44	

意の差異のあることが認められた。

輪尺の種類間での直径測定標準誤差の差異はきわめていちじるしく、直径測定標準誤差を輪尺ごとにまとめてみると、ミニ輪尺とペンタプリズム輪尺との間では差異は認められなかったが、そのほかではすべて有意の差異が1%以下の危険率で認められ、直径測定標準誤差は

ミニ輪尺・ペンタプリズム輪尺>タリフ輪尺>普通輪尺

となっていること、すなわち、ミニ輪尺、タリフ輪尺、ペンタプリズム輪尺のどれを用いても、普通輪尺よりも大きなばらつきを示すことが知られた。

ここで、これらの原因として考えられることを整理しておく次のようである。

イ) ミニ輪尺とタリフ輪尺の場合には、樹幹横断面の4分の1、約3分の1を用いて測定するようになっているため、樹幹断面の2分の1を用いて測定する普通輪尺に比べて、どうしてもその測定値は不安定になりがちである。

ロ) ペンタプリズム輪尺では、樹幹に直接に接しなくて測定するため、測定位置がちらばりやすく、その測定値は不安定になりがちである。

次に直径測定標準誤差の直径階間の変動について直線回帰分析を行なってみたが、その結果は表6に示したようである。これからも明らかなように、すべての種類の輪尺の場合に直線回帰することが認められ、その回帰直線式を示すと次のようである。

$$\text{ミニ輪尺} \quad y=0.673+0.045x \quad (4)$$

$$\text{タリフ輪尺} \quad y=0.289+0.031x \quad (5)$$

$$\text{ペンタプリズム輪尺} \quad y=0.910+0.032x \quad (6)$$

$$\text{普通輪尺} \quad y=0.214+0.024x \quad (7)$$

$$\text{// (無記号)}^5 \quad y=0.295+0.023x \quad (8)$$

$$\text{// (水平線)}^5 \quad y=0.098+0.018x \quad (9)$$

$$\text{// (十字記号)}^5 \quad y=0.049+0.013x \quad (10)$$

表6 直径測定標準誤差の回帰分析表

要 因	平 方 和	自 由 度	不 偏 分 散	F ₀
ミニ輪尺				
回 帰 に よ る 変 動	17.28	1	17.28	40.19**
残 り の 変 動	3.07	4	0.77	1.79
直 径 階 間 変 動	20.35	5	4.07	9.47**
直 径 階 内 変 動	125.81	295	0.43	
総 変 動	146.16	300		
タリフ輪尺				
回 帰 に よ る 変 動	8.08	1	8.08	47.53**
残 り の 変 動	1.82	4	0.46	2.71
直 径 階 間 変 動	9.90	5	1.98	11.65**
直 径 階 内 変 動	49.54	295	0.17	
総 変 動	59.44	300		
ペンタプリズム輪尺				
回 帰 に よ る 変 動	8.96	1	8.96	24.89**
残 り の 変 動	1.32	4	0.33	0.92
直 径 階 間 変 動	10.28	5	2.06	5.72**
直 径 階 内 変 動	105.11	295	0.36	
総 変 動	115.39	300		
普通輪尺				
回 帰 に よ る 変 動	4.78	1	4.78	26.56**
残 り の 変 動	0.48	4	0.12	0.67
直 径 階 間 変 動	5.26	5	1.05	5.83**
直 径 階 内 変 動	53.31	295	0.18	
総 変 動	58.57	300		

このように、直径階間の差異がミニ輪尺でもっとも大きく、タリフ輪尺、普通輪尺の順となっているのは、これらの輪尺での直径測定標準誤差が主として輪尺傾斜誤差によっていると考えられるため、直径値が増大するにつれて直径測定標準誤差も大きくなるものと考えられる。それに対して、ペンタプリズム輪尺の場合に直径階間での差異があまり大きくなかったのは、この輪尺での直径測定標準誤差が主として測定位置の不確定性によるものであるため、直径値とは比較的無関係になったのであろう。

§ 8 直径測定作業の解析

直径測定作業を解析するために、10秒ごとの観測時点を設定して、作業を要素作業ごとに分類測定したが、その結果を輪尺の種類ごとに9人の直径測定者の総計として示すと図6のようである。

図6からは測定所要時間について次のような判断ができるであろう。

イ) ペンタプリズム輪尺を用いた場合には所要時間が長く、普通輪尺を用いた場合での約2倍におよんでいる

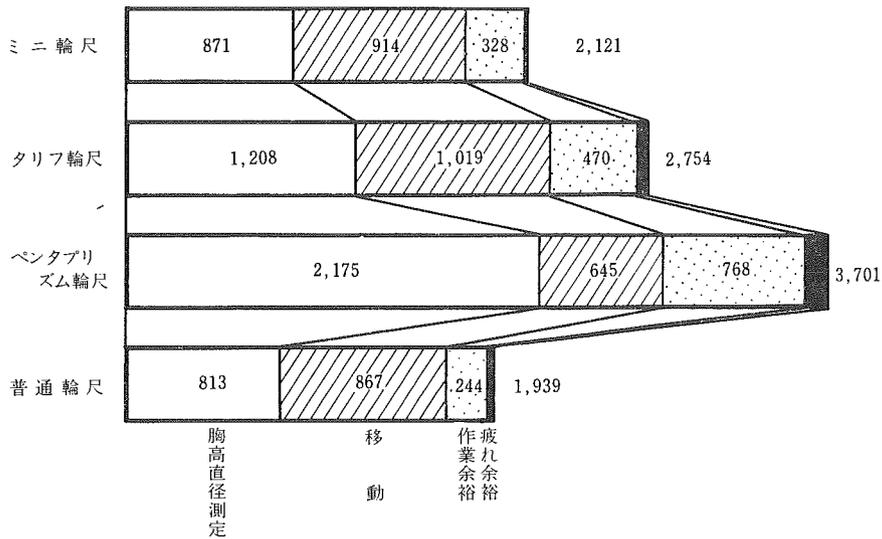


図6 輪尺の種類ごと、要素作業ごとの観測時点数

ロ) タリフ輪尺を用いた場合には、ペンタプリズム輪尺を用いた場合よりも短い時間ではあるが、普通輪尺を用いた場合の約1.5倍の時間を必要とする

ハ) ミニ輪尺を用いた場合には、普通輪尺を用いた場合とほぼ同じ時間を必要とする

ペンタプリズム輪尺を用いた場合に時間がかかるのは、視準によって測定しなければならないため、「直径測定」に非常に時間がかかるからであり、それとともに測定手続き上の「打ち合せ」などの「作業余裕」に多くの時間をとられるからである。ただ、ひとつの測定位置から数本の樹幹の測定ができるだけに、「移動」は他の種類の輪尺に比べてずっと短かくなっている。

タリフ輪尺を用いた場合に多くの時間がかかるのは、視準針と樹幹端との見通しによって「直径測定」するため、これにより多くの時間を必要とすることによっている。

次にその作業を比較するために、輪尺の種類ごとの要素作業比率を示してみると表7のようであり、これからは次のようなことが知られる。

イ) 「直径測定」の構成割合は、ペンタプリズム輪尺の場合、とくに多くなっている

ロ) 「移動」の構成割合は、ペンタプリズム輪尺の場合、とくに少なくなっている

ハ) 「作業余裕」の構成割合は、ペンタプリズム輪尺の場合、とくに多くなっている

ペンタプリズム輪尺を用いる場合には、樹幹から離れた位置から測定できるため、「移動」作業に要する時間の割合は少なく、それに対して、スロットを覗いて上下のスロットで樹幹端を一致させる「直径測定」作業がやりにくいため、その時間の占める割合が多くなっている。そしてまた、「打ち合せ」などの「作業余裕」にも時間がとられ、その占める割合が多くなっている。

次にタリフ輪尺を用いる場合であるが、測定値を視準針と樹幹端との見通し線上で読み取

表7 輪尺の種類ごとの要素作業比率

輪尺の種類	要素作業	百分率	標準偏差
ミニ輪尺	直径測定	41.0%	1.07%
	移動	43.1	1.08
	作業余裕	15.5	0.79
	疲れ余裕	0.4	0.14
タリフ輪尺	直径測定	43.9	0.95
	移動	37.0	0.92
	作業余裕	17.1	0.72
	疲れ余裕	2.0	0.27
ペンタプリズム輪尺	直径測定	58.7	0.81
	移動	17.4	0.62
	作業余裕	20.8	0.67
	疲れ余裕	3.1	0.28
普通輪尺	直径測定	41.9	1.12
	移動	44.7	1.13
	作業余裕	12.6	0.75
	疲れ余裕	0.8	0.20

るため「直径測定」に手間どり、とくに小径木の場合には読み取りにくいので時間がかかり、「直径測定」作業の占める割合が多くなっている。

また、ミニ輪尺は普通輪尺とほぼ同じ構造であるため、直径測定作業もほぼ同様となっている。

おわりに

毎木調査を行なうときの器具として、各種の輪尺の実用性について検討してみたが、普通輪尺と比較して各種輪尺の欠点および利点を示すと次のようである。

1) ミニ輪尺

- イ) 測定値は正の偏りを示しがちであり、ばらつきも大きい
- ロ) 輪尺は軽く、あまり大きくなく携帯に便利である
- ハ) 操作が簡単で、測定も容易である
- ニ) 所要時間が短かくてすむ

2) タリフ輪尺

- イ) 測定値はやや正の偏りを示し、かつ、ばらつきも大きい
- ロ) 視準針と樹幹端との見通しは、小径木や曲った樹幹の場合にはやりにくいので、誤差を生じやすい
- ハ) 輪尺を胸高であてると、見通すとき身をかがめなければならないため測定しにくく、どうしても高い位置で測定しがちになる
- ニ) 片手で支えて測定するには輪尺が重すぎ疲れやすい

3) ペンタプリズム輪尺

- イ) 測定値は負の偏りを示しがちであり、ばらつきも大きい
 - ロ) 密度の高い林分では、測定対象樹幹とその後方に位置している樹幹とが重なり合って1本の立木に見えるので測り誤まりやすい
 - ハ) 曇った日や夕方などで林内が暗い場合などには、対象樹幹が見えにくく、測定誤差を生じやすい
 - ニ) 対象樹幹から離れて測定するため、胸高を正しくおさえることができず、測定高がばらつき、測定誤差を生じやすい
 - ホ) 傾斜していたり曲ったりしている樹幹では、輪尺を傾けて視かなければならないため、測定しにくく誤差を生じやすい
 - ヘ) 輪尺が重いため、目の高さで支えながら視準することは疲れやすい
 - ト) 上下スロット内で左右の樹幹端をスムーズに一致させるには熟練を必要とする
- 以上のことを総括して、各種輪尺の実用性について述べると次のようである。
- イ) ミニ輪尺は誤差を生じやすいが、正しく水平に保持しながら測定することを固く守るならば、それもかなり小さくし得ると考えられるので、取扱いが容易で軽いという利点からもっとも使いやすい
 - ロ) タリフ輪尺はスマートな形態をしているし、誤差も相殺されやすい性質をもっているので、実用化し得る可能性を十分にもっている
 - ハ) ペンタプリズム輪尺は測定しにくいことと時間がかかりすぎるという欠点が目立ち、比較的高密度のわが国の人工林においては実用化されにくいであろう

表8 輪尺の種類ごと、測定者ごとの試験地の林分胸高断面積合計

(単位: m²)

測定者	ミニ輪尺	タリフ輪尺	ペンタプリズム輪尺	普通輪尺
A	14.5824	13.7508	12.5978	13.4433
B	14.4668	14.0128	12.0031	12.7511
C	15.0135	14.2064	14.9160	13.0504
D	14.7262	13.9176	13.8555	13.8734
E	15.2821	13.6239	12.2816	13.6020
F	15.2836	13.9983	13.1040	13.5829
G	14.8388	13.8621	14.1691	13.1962
H	14.7644	14.3378	13.0351	14.3984
I	15.1530	13.8664	12.7500	13.6297
平均	14.9012	13.9529	13.1902	13.5030

なお、参考のために毎木調査の結果としての林分胸高断面積合計を示しておくのと表8のようである。この表を用いて、真値との差異を確かめてみると表9のようであり、ミニ輪尺を用いた場合と、タリフ輪尺を用いた場合では、過大評価することが1%以下の危険率で認められたのである。

表9 輪尺の種類ごとの試験地の林分胸高断面積合計平均値の真値との差の検定

輪尺の種類	真値との差	標準偏差	to
ミニ輪尺	1.5569	0.2982	15.6630**
タリフ輪尺	0.6086	0.2202	8.2916**
ペンタプリズム輪尺	-0.1541	0.9481	0.4876
普通輪尺	0.1587	0.4795	0.9929

要 約

ミニ輪尺、タリフ輪尺およびペンタプリズム輪尺の実用性を確かめるために、毎木調査に際しての胸高直径測定においての

- イ) 直径測定平均誤差
- ロ) 直径測定標準誤差
- ハ) 所要時間
- ニ) 要素作業の構成割合

について検討を行なった結果、次のような結論が導かれた。

- イ) ミニ輪尺は正の偏りを示しがちであり、誤差を生じやすいが、使いやすい
- ロ) タリフ輪尺は誤差を相殺しやすい性質があり、実用化される可能性は高い
- ハ) ペンタプリズム輪尺は実用化されにくいであろう

参 考 文 献

- 1 菅原聰など：各種輪尺の比較 信州大学農学部森林経理学研究室 1972
- 2 菅原聰：毎木調査における誤差について 信大農紀要 3(2) 1963
- 3 菅原聰：胸高断面積査定についての一考察 第70回日林講 1960
- 4 大隅・北村・菅原・大内・梶原・今永：森林計測学 1971
- 5 菅原聰：毎木調査における偶然測定誤差について 信大農紀要 4(1) 1966
- 6 岡崎・大隅・菅原など：林分材積推定の精度と工期に関する研究調査報告書 大阪営林局 1961
- 7 辻隆道：時間分析のやり方 1958

Erforschung der Brauchbarkeit der verschiedenartigen Kluppen
—über die Genauigkeit und die Arbeitsleistung in Bestandeskluppierung—

von **Satoshi SUGAHARA**

Seminar der Forsteinrichtung, Fakultät der Ackerbauwissenschaft, Universität zu Shinshu

Zusammenfassung

Die Genauigkeit und die Arbeitsleistung in Bestandeskluppierung ist verschieden je nach den Kluppenarten.

Die vorliegende Arbeit bezweckt, Einblick in einige Problem der praktischen Brauchbarkeit der verschiedenartigen Kluppen, wie Mini Kluppe, Tarifmesswinkel und "Wheeler Pentaprism Caliper", zu geben. Die Hauptpunkte erforscht in der vorliegende Arbeit sind

- a) der durchschnittlichen Durchmesser messungsfehler
- b) der mittleren Durchmesser messungsfehler,
- c) die notwendige Zeit,
- d) die prozentuellen Zusammensetzung der Elementesarbeiten.

Für die Brauchbarkeit der verschiedenartigen Kluppen in der Bestandeskluppierung erklärte es sich wie folgt:

- a) Der Messungsfehler in der Bestandeskluppierung mit Mini Kluppe ist vorzüglich abhängig von schiefe Ansetzen der Kluppe. Aber Mini Kluppe wird leicht um Leichtigkeit in Messungsarbeiten gebraucht werden.
- b) Der Messungsfehler in der Bestandeskluppierung mit Tarifmesswinkel ist abhängig von dem Ansetzen der Kluppe an einer unrichtigen Messstelle und von schiefe Ansetzen der Kluppe, aber Tarifmesswinkel wird um die Fehlerarmigkeit in Messung gebraucht werden.
- c) "Wheeler Pentaprism Caliper" wird schwierig für dem praktischen Gebrauche sein.