



Title	天然林における測竿による樹高測定誤差について(附属演習林)
Author(s)	平田, 永二; 寺園, 隆一; 安里, 練雄
Citation	琉球大学農学部学術報告 = The Science Bulletin of the Faculty of Agriculture. University of the Ryukyus(39): 177-182
Issue Date	1992-12-01
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3822
Rights	

天然林における測竿による樹高測定の見誤差について*

平田永二**・寺園隆一***・安里練雄****

Eiji HIRATA, Ryuichi TERAZONO and Isao ASATO : An error of measured height by using a measurement stick in evergreen broad leaved forest

Summary

The measurement error of the tree height determined with a measurement stick in evergreen broad leaved forest was studied with 1,175 samples. The results obtained were as follows;

1) The measured height by using a stick was slightly smaller than the actual height.

2) The relationship between the measured height by using a stick and the actual height gave different tendencies in plots and species.

3) Measurement error tended to increase as the tree height increased while the error rate was not influenced by the tree height and showed almost constant value (average value of 4.2%).

4) The stem volume determined from the measured height by using a stick gave almost no difference with that determined from the actual height, indicating a small influence of the measured height by using a stick on the stem volume.

緒 言

樹高は林木材測定上直径について重要な測定因子であるが、樹高測定は直径測定とは違って実行困難であり、測定の精度を高めるためには時間と経費を要する⁵⁾。そのため、天然林の毎木調査では、樹高の測定は目測または比較目測による場合が多い⁹⁾。しかし、目測は樹高の低い林分では信頼できる結果が得られるが、樹高が高くなると非常に大きな誤差を犯す恐れがあり^{3,6)}、その誤差が材積計算に及ぼす影響はかなり大きく無視することはできない^{1,7)}。したがって、試験木や試験地などで精密測定を要する場合には、巻尺または測竿で直接測定するか、或いは幾何学及び三角法の原理に基づく測高器を用いて間接的に測定するほかはない⁴⁾。しかしながら、いずれの方法を採用しても天然林では樹木の梢端が見え難いために生ずる誤差や樹幹が湾曲しているために起きる誤差を避けることはできない。

* 本論文の要旨は1990年日本林学会九州支部で発表した。

** 琉球大学農学部附属演習林

*** 沖縄県林業試験場

**** 琉球大学農学部生産学科

そのため、今回は測竿を用いて樹高を測定した場合に、どの程度の誤差を生じ、その誤差が地形、樹種、樹高によって差があるかどうかについて検討を試みた。

なお、樹高の測定に当っては演習林技官田場和雄、同大城重太郎、同宮城繁夫、同金城原一郎諸氏のご協力を得た。ここ記して感謝の意を表する次第である。

資 料

琉球大学与那演習林79林班を小班内のイスノキ樹下植栽試験地²⁾ (3プロット) 及び79林班ろ小班内のイスノキ、イヌマキ、フクギ樹下植栽試験地 (4プロット) の2つの試験地を設定する際に除伐された林木 (1,175本) について、まず、除伐前に測竿 (グラスファイバー製の伸縮式逆目盛検測桿、全長10m) で樹高を測定し、その後、伐倒して巻尺で樹高を計測し、これを資料とした。なお、測竿での測定は2人で行い、1人が測竿を樹にあて (傾斜の上側に立てる)、他の1人が少し離れた場所から測竿の先端と樹の梢端が同じレベルになるように指示を与え、両者で確認しながら作業を進めた。

プロット (20m×20m) 毎の資料数は表1に示すように、22~270本とかなり差があるが、これはプロットによって除伐の程度が異なるためである。ちなみに、プロット1、4は弱度 (相対幹距 Sr=13%)、プロット2、5は中度 (Sr=17%)、プロット3、6は強度 (Sr=21%) の除伐で、プロット7は皆伐である。

Table 1. Number of data in each plot

Plot No.	Number of data
1	72
2	164
3	210
4	22
5	191
6	246
7	270
Total	1,175

Table 2. Distribution of data tree

Diameter class(cm)	Height class(m)												Total	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
4	2	80	220	161	56	8	2	1						530
6		7	38	100	105	47	19	1	2					319
8			1	26	52	39	16	8	3					145
10				4	22	30	13	10	30	1	1			84
12					8	71	11	2	6	2	1			37
14					1	7	5	4	4	2				23
16					2	5	3	3	2		1			16
18							1	3	3		2			9
20							1	2	1					4
22									1	1				2
24												2		2
26										1				1
32									1					1
34											1			1
38												1		1
Total	2	87	259	291	246	145	74	35	22	8	6			1,175

Table 3. Number of data in each species

Species	Number of data
<i>Castanopsis sieboldii</i>	206
<i>Schima wallichii</i>	26
<i>Syzygium buxifolium</i>	129
<i>Cinnamomum doederleinii</i>	30
<i>Daphniphyllum glaucescens</i>	92
<i>Ilex liukuensis</i>	85
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	121
<i>Myrsine seguinii</i>	171
<i>Tricalysia dubis</i>	27
<i>Eurya japonica</i>	32
<i>Vaccinium urightii</i>	36
The other species	220

資料の直径階別樹高階別本数を示すと表2のようになる。すなわち、その範囲は胸高直径4~38cm(2cm括約)、樹高3~13mで、直径は4cm階、樹高は6m階がそれぞれ最も多い。また、樹種数は37種に及んであるが、表3に示すように、イタジイ(*Castanopsis sieboldii*)が最も多く、次いでタイミンタチバナ(*Myrsine seguinii*)、アデク(*Syzygium buxifolium*)、コパンモチ(*Elaeocarpus japonicus*)、ヒメユズリハ(*Daphniphyllum glaucescens*)、リュウキュウモチ(*Ilex liukiensis*)、ギイマ(*Vaccinium wrightii*)、ヒサカキ(*Eurya japonica*)、シパニックイ(*Cinamomum doederleinii*)、シロミミズ(*Tricalysia dubia*)、イジュ(*Schima wallichii* ssp. *liukiensis*)の順となっている。

結果及び考察

伐倒後巻尺で計測された樹高(以下実樹高という)と測竿で測定された樹高(以下測竿樹高という)の差を測定誤差とし、測定誤差の実樹高に対する比率を誤差率とする。

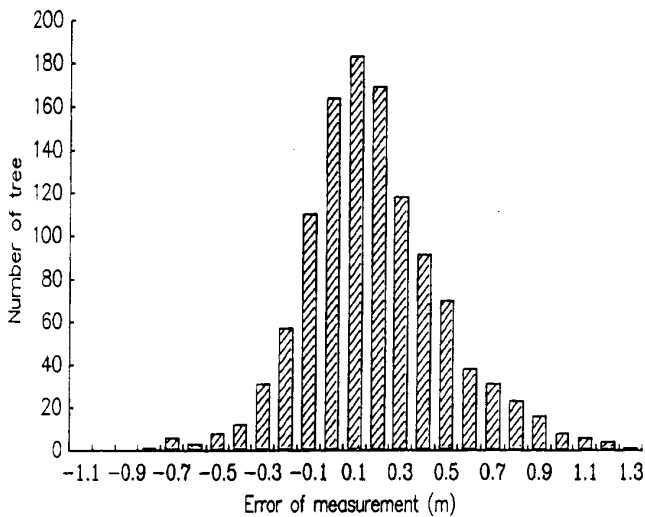


Fig 1. Distribution of measured height by using a stick

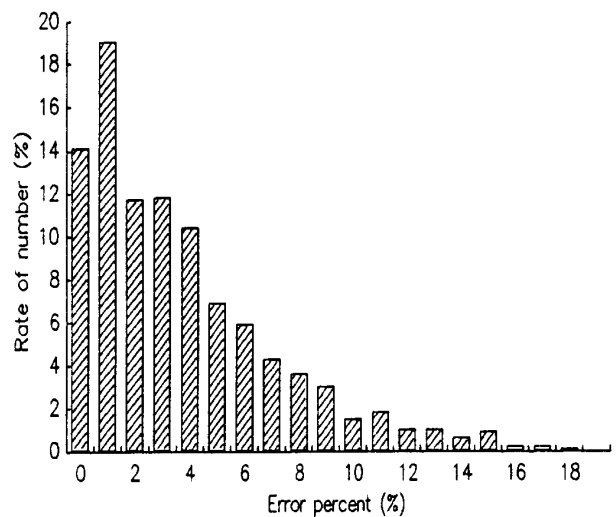


Fig 2. Distribution of error percent

まず、測定誤差について見ると、図1に示すように、1.3m~-1.1mの範囲を示し、その分布はほぼ正規分布となる。測定誤差の平均は0.18mで、測竿で測定された樹高は実際の樹高に比べやや過小の値を与えている。また、誤差率は図2に示すような分布型を呈し、0~19%の範囲を示すが、小さい誤差率に本数が集中し、5%以下のものが全本数の約74%を占めている。誤差率は後述するように、余り樹高に左右されず、ほぼ一定となり、平均は2.4%と計算される。

Table 4. Regression equation for the relationship between actual height(y) and measured height by using a stick(X) in each plot

Plot No.	Regression equation	r
1	$y = -0.096 + 1.067x$	0.947
2	$y = 0.240 + 1.003x$	0.970
3	$y = 0.314 + 0.989x$	0.954
4	$y = -0.423 + 1.115x$	0.976
5	$y = 0.189 + 0.993x$	0.982
6	$y = 0.227 + 0.981x$	0.987
7	$y = 0.211 + 0.990x$	0.989
Total	$y = 0.247 + 0.989x$	0.982

Table 5. Covariance analysis for plot

Source	SS	DF	MS	F
Within	108.040	1,161	0.093	
Reg. diff.	4.415	6	0.736	7.91**
Common reg.	112.455	1,167	0.096	
Adj. mean	5.673	6	0.946	9.85**
General reg.	118.128	1,173		

** Significant at 1% level

次に、測竿樹高(x)と実樹高(y)との間に1次式($y = a + b x$)が成立するものとして、各プロット毎に回帰式を求めると、表4のようになる。測定誤差がプロット(地形や林相の異なる)によって差があるかどうかを検討するために、これらの回帰式の係数間の差の検定を行った結果、表5に示すように、回帰係数及び修正平均のいずれも著しく有意となる。すなわち、測竿樹高と実樹高との関係は、プロットによって異なった傾向を示すことになる。樹高の測定誤差には測高器による誤差や測定者による誤差もあるが、測定対象木に起因する誤差が最も大きく、なかでも梢端の位置を正しくおさえ得ないことによる誤差は、特に大きいといわれる⁶⁾。したがって、梢端確認の難易に関係する地形や林相の違いは、樹高測定に大きな影響を与えているものと考えられることができる。ただ、表6からわかるように、各プロットの地形や林相が類似しているにもかかわらず差を生じていることから、ある特定の因子、例えば傾斜角やha当たり立木本数などが単独的に影響を及ぼしているのではなく、むしろ全ての因子が総合的に作用して、樹高測定に影響していると考えられることができる。

Table 6. Stand structure, error of measurement and error percent in each plot

Plot No.	Mean diameter (cm)	Mean height (m)	Number per hectare	Volume per hectare (m ³)	Derectoin of slope	Inclination of slope (°)	Mean of error(m)	Mean of error percent(%)
1	7.8	7.0	7,200	215	SW	22	0.29	6.74
2	7.8	7.0	7,025	209	W	32	0.26	5.27
3	7.7	6.4	8,000	202	W	24	0.25	5.04
4	7.9	7.0	6,225	170	W	25	0.16	4.46
5	7.2	6.7	8,025	179	W	22	0.15	3.60
6	7.4	6.7	7,700	191	W	22	0.11	3.25
7	7.8	7.3	6,750	239	W	28	0.14	3.60

Table 7. Covariance analysis for species

Source	SS	DF	MS	F
Within	111.150	1,151	0.097	
Reg. diff	2.789	11	0.254	2.62**
Common reg.	113.939	1,162	0.098	
Adj. mean	4.189	11	0.381	3.89**
General reg.	118.128	1,173		

** significant at 1% level

次いで、プロットと同様な方法で、樹種間の差について検定した結果、表7に示すように、回帰係数及び修正平均のいずれも有意である。すなわち、樹種によって測竿樹高と実樹高との関係が違ってくる。これは、樹種によって樹冠の形状や大きさが異なり、梢端の見え易い樹種と見え難い樹種があるので当然の結果といえる。ちなみに、各樹種の測定誤差と誤差率を示すと、表8のようになり、イタジイ、イジュ及びリュウキュウモチは誤差が近似し、ほかの樹種に比べて誤差率が小さい。これは、この3つの樹種がほかの樹種よりも梢端の確認がし易いためだと思われるが、今回の調査ではこのことを明らかにすることはできない。

Table 8. Error of measurement and error percent in each species

Species	Mean of error (m)	Variance of error	Mean of error percent(%)	Variance of error percent
<i>Castanopsis sieboldii</i>	0.13	0.091	3.19	9.411
<i>Schima wallichii</i>	0.01	0.067	2.00	3.839
<i>Syzygium buxifolium</i>	0.21	0.073	4.77	14.960
<i>Cinnamomum doederleinii</i>	0.28	0.078	4.32	12.660
<i>Daphniophyllum glaucescens</i>	0.22	0.106	4.52	7.378
<i>Ilex liukiuensis</i>	0.19	0.078	3.60	13.367
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	0.20	0.123	4.56	15.349
<i>Myrsine seguinii</i>	0.18	0.108	4.61	14.353
<i>Tricalysia dubis</i>	0.14	0.103	4.80	13.076
<i>Eurya japonica</i>	0.14	0.092	5.10	12.893
<i>Vaccinium wrightii</i>	0.21	0.089	4.99	18.752
The other species	0.19	0.130	4.45	12,420

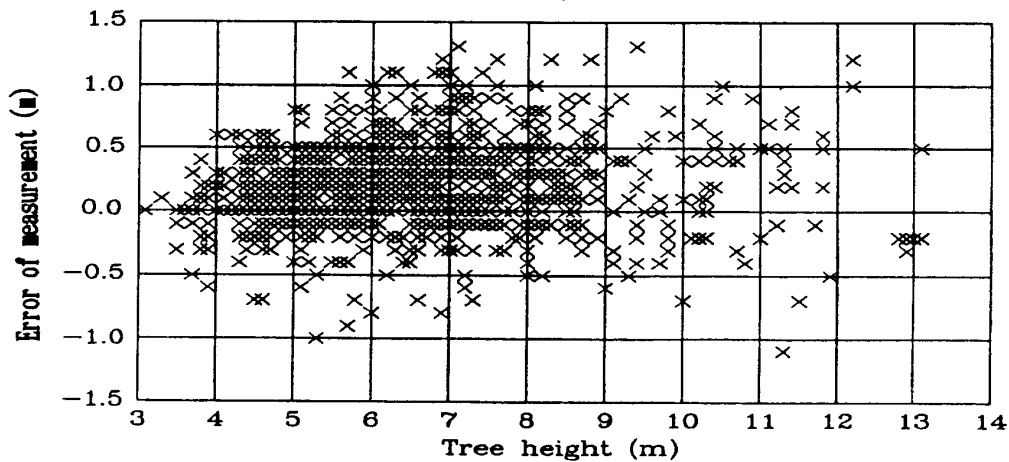


Fig 3. Relation between error of measurement and tree height

Table 9. Error of measurement and error percent in each height class

Height class (m)	Number of data	Mean of error (m)	Variance of error	Mean of error percent(%)	Variance of error percent
3 ~ 4	37	-0.04	0.046	4.42	13.071
4 ~ 5	157	0.12	0.052	4.36	13.171
5 ~ 6	320	0.14	0.064	3.94	12.813
6 ~ 7	277	0.22	0.106	4.57	16.633
7 ~ 8	176	0.23	0.135	4.32	16.202
8 ~ 9	118	0.26	0.112	3.97	9.748
9 ~ 10	32	0.14	0.213	4.07	9.621
10 ~ 11	30	0.24	0.183	3.83	6.890
11 ~	28	0.20	0.283	4.07	6.802

次に、測定誤差と樹高の関係を示すと、図3のようになり、樹高が高くなるにしたがっていくらか大きくなる傾向が見られる。いま、樹高を3~4m、4~5m、10~11m、11m以上の9階級に分け、各樹高階の測定誤差及び誤差率の平均値を示すと表9のようになる。すなわち、測定誤差は樹高が高くなる

にしたがって増大し、特に6mを越えると急激に大きくなるが、誤差率は樹高に余り左右されず、ほぼ一定の値(平成4.2%、標準偏差3.68%)を示す。

次いで、実樹高と測竿樹高の2つの樹高を用いて2変数材積式⁸⁾ ($\log V = -4.12494 + 1.96732 \log D + 0.79377 \log H$) で材積を求め、両材積の差の平均が0と有意差があるかどうか検定した結果、 $t = 0.007$ (材積の差の平均0.00035m³、標準偏差0.001496m³) となり、差のないことがわかった。このことは、測竿樹高を用いて材積を求めても差し支えないことを表している。

なお、今後は測定者、地形、立木密度、樹種及び樹高等各種の要素を組み合わせた実験的な調査を行い、これらの要素が測定誤差に及ぼす影響について、要素間の交互作用も考慮に入れて検討する必要がある。

摘 要

本報は、天然林で測竿を用いて樹高を測定した場合の測定誤差について、1,175本の資料を用いて検討したものである。その結果を要約すると次の通りである。

- 1) 測竿で測定された樹高は実際の樹高に比べてやや過小の値を与える。
- 2) 測竿樹高と実樹高の関係は、プロットや樹種の違いによって異なった傾向を示す。
- 3) 測定誤差は樹高が高くなるにしたがって増大する傾向にあるが、誤差率は樹高とはさほど関係なく、ほぼ一定の値(平均4.2%)を示す。
- 4) 測竿樹高を用いて求めた材積は、実樹高のそれとは殆ど差がなく、測竿樹高の材積に及ぼす影響は小さいといえる。

引用文献

1. 平田永二、田場和雄、砂川季昭、山盛直、新本光孝、西沢正久 1981 亜熱帯地域における常緑広葉樹林の択伐方式による施業法の研究(V)一目測樹高の誤差について一、日林九支論、34:57~58
2. 平田永二、安里練雄、寺園隆一、生沢均 1991 天然生常緑広葉樹林の林相改善に関する研究 第4報 イスノキの樹下植栽試験地の林分構造、琉大農学報、38:277~288
3. 木梨謙吉 1958 推計学を基とした測樹学、p10~15、東京、朝倉書店
4. 西沢正久 1972 森林測定、p18~20、東京、農林出版
5. 中山博一 1957 林木材積測定学、p79~89、東京、金原出版
6. 大隈真一、梶原幹弘、大内幸雄、今永正明、菅原 聰、北村昌美、柴田信明、石川善朗 1987 森林計測学講義、p47~56、東京、養賢堂
7. 大友栄松 1956 材積表の検定について、日林誌、38(6):234~237
8. 砂川季昭 1967 沖縄に生育する広葉樹林のBitterlich法による材積推定ならびに収穫予測に関する研究、琉大農学報、14:1~122
9. 山田茂夫、村松保男 1971 例解測樹の実務、p6~8、東京、地球出版