

Aid scale による傾斜地の樹高測定の精度*

長 正道**

ダウド・マラマッサム**

ザイヌディン・モハラガ**

車斗松**

I. はじめに

林木測定上、樹高の測定は重要な要因の一つである。その測定は目的によっていろいろの方法がとられる。試験地調査や生長量測定、あるいは特殊の研究目的の場合は測高器を使用して正確に測定される場合が多い。これに対し大面積森林を対象とするサンプリング調査や林班・小班単位の毎木調査、収穫調査等の場合は工期の関係もあって測桿を使用したり実測値との比較目測、あるいは標本木を利用するといった方法も用いられる。しかし材積計算には1本1本の樹高があったほうが都合がよい。その場合は比較目測が工期上最も効率的であるといえる。その工期は対象となる森林や林木により、また測定者により左右されることが多い。したがって樹高の測定を比較目測によって行なう場合の精度の安定と工期のアップを図ることを目的として Aid scale (樹高測定補助板) を考案し、その試作を行なった。¹⁾そして平地林に対しテストを試みた結果は精度の面でよい結果をえた。²⁾そこでここでは傾斜地に対する測定を行ない、その精度の検討を行なった。

II. Aid scaleの作製

(1) Aid scale の理論

いま、Hの樹高を有する林木に対し、測定者が樹高を測定する状態を模式図として示したのが図-1である。

図-1において、bは測定者から林木までの水平距離、 a_1 は測定者の目から上の高さ、 a_2 は測定者の目から下の高さをあらわすものとする。これより樹高Hの測定は a_1 、 a_2 を測ることにより求められる。なお α は

$$a = b \cdot \tan \alpha, \quad \tan \alpha = a/b$$

により求められる。

* Hasamichi CHYO, Daud MALAHASSAM, Zainuddin MOHRAGA and CHA Du Song : The accuracy of tree height measurement by Aid scale on slope land.

**九州大学農学部 Fac. of Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812

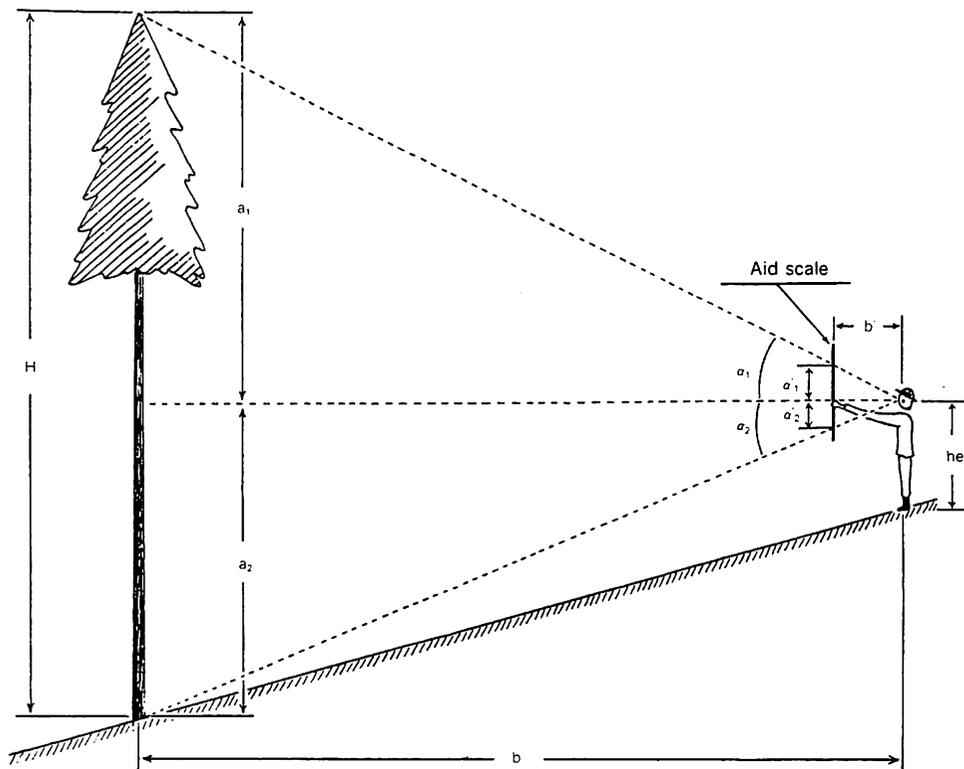


図-1 Aid scale による樹高測定の模式図

Fig - 1 The illustration of tree height measurement by Aid scale

ここで Aid scale による場合、 b は Aid scale までの長さ b' と、 a はその視角内の長さ a' とそれぞれに対応する。つまり

$$a : b = a' : b'$$

の関係が成り立つ。すなわち測定者と林木を結ぶ三角形は Aid scale により形成される三角形と相似になる。これにより Aid scale に図-1 の a の値を a' として目盛ることにより a が測定される。なお測定者の目から上の高さ a_1 に対し、目から下の a_2 は Aid scale の目盛 a'_1 を逆に下に向けることにより測定することができる。

以上の関係をまとめると次のとおりとなる。

$$\textcircled{1} H = a_1 + a_2$$

ただし a_1 : 測定者の目から上の高さ

a_2 : 測定者の目から下の高さ

$$\textcircled{2} a_1 : b = a'_1 : b'$$

$$a_2 : b = a'_2 : b'$$

$$a_1 = b \cdot \tan \alpha_1$$

$$a_2 = b \cdot \tan \alpha_2$$

$$a'_1 = b' \cdot \tan \alpha_1$$

$$a'_2 = b' \cdot \tan \alpha_2$$

$$\tan \alpha_1 = a_1 / b = a'_1 / b', \quad \tan \alpha_2 = a_2 / b = a'_2 / b'$$

ただし a' : 視角内の Aid scale 上での長さ

b : 測定者から林木までの距離

b' : 測定者の目から Aid scale までの長さ (つまり腕の長さ)

③したがって Aid scale に記入される目盛りの値 a' により, a が a' 上で測定される。 a_1 , a_2 は Aid scale を上下逆にして使用することにより測定される。

(2) Aid scale の目盛の計算

Aid scale の目盛の計算にあたっては, 測定者の目から Aid scale までの長さ, つまり腕の長さ b' と測定者から林木までの距離 b が必要である。また実際に樹高を測定するとき, 水平距離が測定できた場合 (平地林と同じ状態で距離 b が測定できた場合) は目の高さ h_e までを Aid scale に目盛っておけば樹高 H は $H = h_e + a$ により 1 回で測定することができる。そのため測定者の目までの高さ h_e も参考のため測った。表-1 は測定者 A, B, C, D の 4 人の h_e および b' の測定値を示したものである。この測定値は測定者の固有値となる。

表-1 測定者 4 人の b' および h_e の測定値
Table-1 b' and h_e values for 4 surveyors

測定者 Surveyors	b'	h_e
A	0.60m	1.55m
B	0.67	1.61
C	0.56	1.60
D	0.53	1.55

b は一般に樹高 H とほぼ同じ距離をとった場合がその測定値の精度が最もよい。その H は当然のことながら対象となる林分によってそれぞれ異なる。通常は最大 30m くらいまでの範囲の樹高が殆んどである。したがってここでは b の設定を一応 15m, 20m, 25m, 30m の 4 段階とした。また H は 0.5 m 単位で測定することとする。これにより H に対応する a が計算される。この a を

$$a / a' = b / b' = R$$

で割ることにより a' つまり Aid scale の目盛りが求められる。測定者 4 人の R はそれぞれ表-2 のとおりとなった。

表-2 測定者 4 人の b に対応する R の値
Table-2 The values of R corresponding to b values of 4 surveyors

測定者 Surveyors	$b=15m$	$b=20m$	$b=25m$	$b=30m$
	R			
A	25.0000	33.3333	41.6667	50.0000
B	22.3881	29.8507	37.3134	44.7761
C	26.7857	35.7143	44.6429	53.5714
D	28.3019	37.7358	47.1698	56.6038

以上の数値にもとづいて, $b=15m$, $b=20m$, $b=25m$, $b=30m$ のそれぞれに対応する Aid scale の目盛 a' を測定者 A, B, C, D の各人毎に計算した。表-3 はその中の測定者 A について

表-3 Aid scale の目盛の計算値 (測定者 A)

Table-3 The calculated values of graduation of Aid scale (Surveyor A)

(1) 目の高さを 0 m とした場合

(1) For the case of 0m graduation is putted on eye level

目から上の高さ Height above eye (m)	Aid scale 上での目盛の位置 Values of graduation on Aid scale (cm)				樹高 Height (m)
	$b=15m$	$b=20m$	$b=25m$	$b=30m$	
0.5	2.0	1.5	1.2	1.0	2.05
1.0	4.0	3.0	2.4	2.0	2.55
1.5	6.0	4.5	3.6	3.0	3.05
2.0	8.0	6.0	4.8	4.0	3.55
2.5	10.0	7.5	6.0	5.0	4.05
3.0	12.0	9.0	7.2	6.0	4.55
3.5	14.0	10.5	8.4	7.0	5.05
4.0	16.0	12.0	9.6	8.0	5.55
4.5	18.0	13.5	10.8	9.0	6.05
5.0	20.0	15.0	12.0	10.0	6.55
5.5	22.0	16.5	13.2	11.0	7.05
6.0	24.0	18.0	14.4	12.0	7.55
6.5	26.0	19.5	15.6	13.0	8.05
7.0	28.0	21.0	16.8	14.0	8.55
7.5	30.0	22.5	18.0	15.0	9.05
8.0	32.0	24.0	19.2	16.0	9.55
8.5	34.0	25.5	20.4	17.0	10.05
9.0	36.0	27.0	21.6	18.0	10.55
9.5	38.0	28.5	22.8	19.0	11.05
10.0	40.0	30.0	24.0	20.0	11.55
10.5	42.0	31.5	25.2	21.0	12.05
11.0	44.0	33.0	26.4	22.0	12.55
11.5	46.0	34.5	27.6	23.0	13.05
12.0	48.0	36.0	28.8	24.0	13.55
12.5	50.0	37.5	30.0	25.0	14.05
13.0	52.0	39.0	31.2	26.0	14.55
13.5	54.0	40.5	32.4	27.0	15.05
14.0	56.0	42.0	33.6	28.0	15.55
14.5	58.0	43.5	34.8	29.0	16.05
15.0	60.0	45.0	36.0	30.0	16.55
15.5	62.0	46.5	37.2	31.0	17.05
16.0	64.0	48.0	38.4	32.0	17.55
16.5	66.0	49.5	39.6	33.0	18.05
17.0	68.0	51.0	40.8	34.0	18.55
17.5	70.0	52.5	42.0	35.0	19.05
18.0	72.0	54.0	43.2	36.0	19.55
18.5	74.0	55.5	44.4	37.0	20.05
19.0	76.0	57.0	45.6	38.0	20.55
19.5	78.0	58.5	46.8	39.0	21.05
20.0	80.0	60.0	48.0	40.0	21.55

(表-3 (1)のつづき)

目から上の高さ Height above eye (m)	Aid scale 上での目盛の位置 Values of graduation on Aid scale (cm)				樹高 Height (m)
	$b=15m$	$b=20m$	$b=25m$	$b=30m$	
20.5	82.0	61.5	49.2	41.0	22.05
21.0	84.0	63.0	50.4	42.0	22.55
21.5	86.0	64.5	51.6	43.0	23.05
22.0	88.0	66.0	52.8	44.0	23.55
22.5	90.0	67.5	54.0	45.0	24.05
23.0	92.0	69.0	55.2	46.0	24.55
23.5	94.0	70.5	56.4	47.0	25.05
24.0	96.0	72.0	57.6	48.0	25.55
24.5	98.0	73.5	58.8	49.0	26.05
25.0	100.0	75.0	60.0	50.0	26.55
25.5	102.0	76.5	61.2	51.0	27.05
26.0	104.0	78.0	62.4	52.0	27.55
26.5	106.0	79.5	63.6	53.0	28.05
27.0	108.0	81.0	64.8	54.0	28.55
27.5	110.0	82.5	66.0	55.0	29.05
28.0	112.0	84.0	67.2	56.0	29.55
28.5	114.0	85.5	68.4	57.0	30.05
29.0	116.0	87.0	69.6	58.0	30.55
29.5	118.0	88.5	70.8	59.0	31.05
30.0	120.0	90.0	72.0	60.0	31.55
30.5	122.0	91.5	73.2	61.0	32.05
31.0	124.0	93.0	74.4	62.0	32.55
31.5	126.0	94.5	75.6	63.0	33.05
32.0	128.0	96.0	76.8	64.0	33.55
32.5	130.0	97.5	78.0	65.0	34.05
33.0	132.0	99.0	79.2	66.0	34.55
33.5	134.0	100.5	80.4	67.0	35.05
34.0	136.0	102.0	81.6	68.0	35.55
34.5	138.0	103.5	82.8	69.0	36.05
35.0	140.0	105.0	84.0	70.0	36.55
35.5	142.0	106.5	85.2	71.0	37.05
36.0	144.0	108.0	86.4	72.0	37.55
36.5	146.0	109.5	87.6	73.0	38.05
37.0	148.0	111.0	88.8	74.0	38.55
37.5	150.0	112.5	90.0	75.0	39.05
38.0	152.0	114.0	91.2	76.0	39.55
38.5	154.0	115.5	92.4	77.0	40.05
39.0	156.0	117.0	93.6	78.0	40.55
39.5	158.0	118.5	94.8	79.0	41.05
40.0	160.0	120.0	96.0	80.0	41.55

(2) 目の高さ ($h_e=1.55\text{m}$) を加味した場合

(2) For the case of eye level ($h_e=1.55\text{m}$) was added

樹高 Height (m)	Aid scale 上での目盛の位置 Values of graduation on Aid scale (cm)				目から上の高さ Height above eye (m)
	$b=15\text{m}$	$b=20\text{m}$	$b=25\text{m}$	$b=30\text{m}$	
1.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
2.0	1.8	1.4	1.1	0.9	0.45
2.5	3.8	2.9	2.3	1.9	0.95
3.0	5.8	4.4	3.5	2.9	1.45
3.5	7.8	5.9	4.7	3.9	1.95
4.0	9.8	7.4	5.9	4.9	2.45
4.5	11.8	8.9	7.1	5.9	2.95
5.0	13.8	10.4	8.3	6.9	3.45
5.5	15.8	11.9	9.5	7.9	3.95
6.0	17.8	13.4	10.7	8.9	4.45
6.5	19.8	14.9	11.9	9.9	4.95
7.0	21.8	16.4	13.1	10.9	5.45
7.5	23.8	17.9	14.3	11.9	5.95
8.0	25.8	19.4	15.5	12.9	6.45
8.5	27.8	20.9	16.7	13.9	6.95
9.0	29.8	22.4	17.9	14.9	7.45
9.5	31.8	23.9	19.1	15.9	7.95
10.0	33.8	25.4	20.3	16.9	8.45
10.5	35.8	26.9	21.5	17.9	8.95
11.0	37.8	28.4	22.7	18.9	9.45
11.5	39.8	29.9	23.9	19.9	9.95
12.0	41.8	31.4	25.1	20.9	10.45
12.5	43.8	32.9	26.3	21.9	10.95
13.0	45.8	34.4	27.5	22.9	11.45
13.5	47.8	35.9	28.7	23.9	11.95
14.0	49.9	37.4	29.9	24.9	12.45
14.5	51.8	38.9	31.1	25.9	12.95
15.0	53.8	40.4	32.3	26.9	13.45
15.5	55.8	41.9	33.5	27.9	13.95
16.0	57.8	43.4	34.7	28.9	14.45
16.5	59.8	44.9	35.9	29.9	14.95
17.0	61.8	46.4	37.1	30.9	15.45
17.5	63.8	47.9	38.3	31.9	15.95
18.0	65.8	49.4	39.5	32.9	16.45
18.5	67.8	50.9	40.7	33.9	16.95
19.0	69.8	52.4	41.9	34.9	17.45
19.5	71.8	53.9	43.1	35.9	17.95
20.0	73.8	55.4	44.3	36.9	18.45
20.5	75.8	56.9	45.5	37.9	18.95
21.0	77.8	58.4	46.7	38.9	19.45

(表-3 (2)のつづき)

樹高 Height (m)	Aid scale 上での目盛の位置 Values of graduation on Aid scale (cm)				目から上の高さ Height above eye (m)
	$b=15m$	$b=20m$	$b=25m$	$b=30m$	
21.5	79.8	59.9	47.9	39.9	19.95
22.0	81.8	61.4	49.1	40.9	20.45
22.5	83.8	62.9	50.3	41.9	20.95
23.0	85.8	64.4	51.5	42.9	21.45
23.5	87.8	65.9	52.7	43.9	21.95
24.0	89.8	67.4	53.9	44.9	22.45
24.5	91.8	68.9	55.1	45.9	22.95
25.0	93.8	70.4	56.3	46.9	23.45
25.5	95.8	71.9	57.5	47.9	23.95
26.0	97.8	73.4	58.7	48.9	24.45
26.5	99.8	74.9	59.9	49.9	24.95
27.0	101.8	76.4	61.1	50.9	25.45
27.5	103.8	77.9	62.3	51.9	25.95
28.0	105.8	79.4	63.5	52.9	26.45
28.5	107.8	80.9	64.7	53.9	26.95
29.0	109.8	82.4	65.9	54.9	27.45
29.5	111.8	83.9	67.1	55.9	27.95
30.0	113.8	85.4	68.3	56.9	28.45
30.5	115.8	86.9	69.5	57.9	28.95
31.0	117.8	88.4	70.7	58.9	29.45
31.5	119.8	89.9	71.9	59.9	29.95
32.0	121.8	91.4	73.1	60.9	30.45
32.5	123.8	92.9	74.3	61.9	30.95
33.0	125.8	94.4	75.5	62.9	31.45
33.5	127.8	95.9	76.7	63.9	31.95
34.0	129.8	97.4	77.9	64.9	32.45
34.5	131.8	98.9	79.1	65.9	32.95
35.0	133.8	100.4	80.3	66.9	33.45
35.5	135.8	101.9	81.5	67.9	33.95
36.0	137.8	103.4	82.7	68.9	34.45
36.5	139.8	104.9	83.9	69.9	34.95
37.0	141.8	106.4	85.1	70.9	35.45
37.5	143.8	107.9	86.3	71.9	35.95
38.0	145.8	109.4	87.5	72.9	36.45
38.5	147.8	110.9	88.7	73.9	36.95
39.0	149.8	112.4	89.9	74.9	37.45
39.5	151.8	113.9	91.1	75.9	37.95
40.0	153.8	115.4	92.3	76.9	38.45

のみ、(1)目の高さを0 mとした場合、および(2)目の高さ h_0 を加味した場合、の両者について示した。

表-3によって計算された目盛 a' は適当な大きさの板に目盛ることによって Aid scaleは簡単に作製することができる。板は片手で容易に持てる大きさと重さであることが望ましい。われわれは 2.2 cm×2.2 cm角、長さ1.0 mの木のパール(重さ215g)を用いた。そして木片の第1面に $b=15m$ における(a)および(b)を、第2面に $b=20m$ における(a)、(b)を、という方法で都合4面に対し a' の目盛を付した。

この Aid scaleを片手で持ち、目盛の下限を目の高さに据え、事前に測られた測定者の腕の長さ(b')を確保し、林木の頂点を Aid scaleの辺で見通して、その目盛 a'_1 を読み取る。

次にこの Aid scaleを逆に下に向け、同じように目盛の下限を目の高さに合わせ、林木の地際を見通して Aid scaleの目盛から、目の下までの高さ a'_2 を読み取る。

以上により、樹高 H は $a'_1 + a'_2$ により測定される。なお実際の測定に際しては Aid scaleの下限の目盛が測定者の目の高さを基準としているため、腕の長さ(b')と共にこの目の高さを正確に確保すること、および Aid scaleが前後に傾かないように注意して測定する必要がある。

Ⅲ. 傾斜地を対象とした樹高の測定

以上の理論とそれにもとづく目盛の計算によって作製された Aid scaleを使用して、傾斜地を対象に実際に樹高の測定を行なった。測定は九大粕屋演習林内13林班および14林班のスギに対し、測定者4人により43本について1968年9月26日、10月3日の両日に実施した(測定者Dのみ33本を測定)。またこれと同時に Alti-levelで各林木の樹高を測定し、一応これを実測値とみなした。その結果は表-4に示すとおりである。なお測定地は5度ないし30度の傾斜地であった。

Ⅳ. 測定結果に対する精度の検討

Aid scaleを用いて測定した43本(Dのみ33本)に対する測定者4人の樹高を x 、対応する Alti-level による測定値(一応これを実測値とみなした)を y とし、これをグラフに示すと図-2のとおりとなった。

図-2から測定者4人の Aid scaleによる樹高測定値は、個々には若干のちらばりを示しているが、全体的には45度($y=x$)の線上に乗っており、測定値は実測値とほぼ対応しているといえる。

いま、実測値 y に対する測定者4人のそれぞれの測定値 x の有意差検定を t -検定により行なうと次のとおりとなる。 t -検定に当っては実測値を x 、対応する各測定者の測定値を y とおきかえ

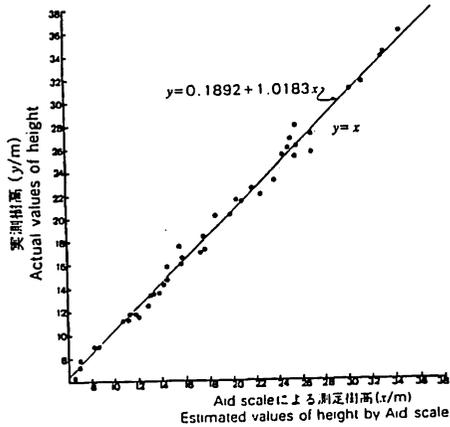
$$y = b_0 + b_1 x$$

の関係式を4人のそれぞれについて計算し、回帰係数 b_0 、 b_1 を求め、これについて

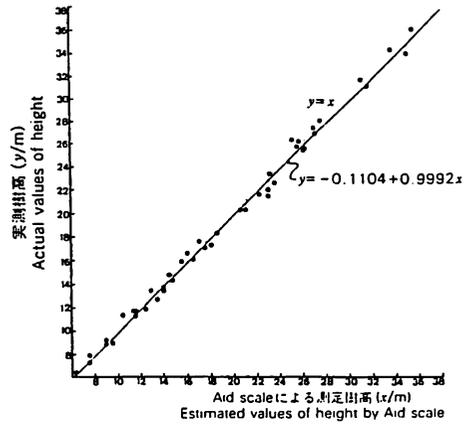
$$\text{検定①: } t = |b_0 - \alpha| / \sqrt{V(b_0)} \quad (\alpha = 0)$$

表-4 Aid scale による測定者4人の樹高測定結果一覧
 Table-4 The estimated values of tree height by Aid scale for 4 surveyors

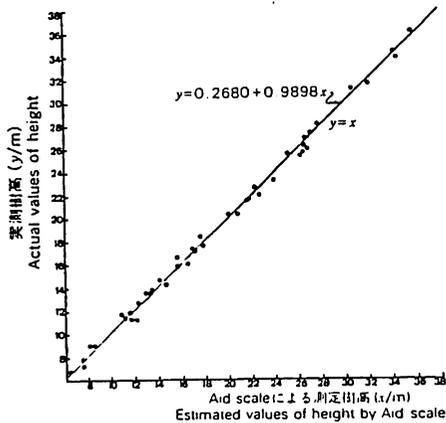
Tree No.	距離 Distance	実測樹高 Actual value of height (y)	Aid scale による測定樹高 Estimated values of height by Aid scale (x)			
			A	B	C	D
1	30m	27.15m	27.0m	27.1m	27.0m	—m
2	10	7.8	7.0	7.5	7.6	—
3	15	15.8	14.5	15.6	15.5	—
4	15	13.5	13.0	13.3	14.0	—
5	15	17.1	17.3	17.1	17.5	—
6	15	18.35	17.5	17.5	18.5	—
7	15	14.3	14.2	14.5	14.7	—
8	10	12.65	12.8	12.3	13.5	—
9	15	13.5	13.3	13.0	13.0	—
10	15	16.6	15.7	16.5	16.0	—
11	25	23.3	23.8	23.9	23.1	23.0
12	15	11.7	12.0	11.3	11.6	11.6
13	10	6.3	6.3	6.6	6.3	6.2
14	20	20.3	18.5	20.8	20.6	19.5
15	25	25.5	24.5	25.1	26.1	24.5
16	25	31.6	31.5	32.0	31.0	32.0
17	20	25.7	27.0	26.4	25.5	25.8
18	20	22.6	21.8	22.2	23.5	22.8
19	20	21.5	20.8	21.5	23.0	19.5
20	20	28.0	25.6	27.7	27.5	25.5
21	15	17.6	15.5	17.7	17.0	17.0
22	15	17.3	17.7	16.9	18.0	19.0
23	15	16.1	15.6	16.4	16.5	15.7
24	20	26.3	25.7	26.5	25.0	26.5
25	20	20.3	19.5	19.9	21.0	19.5
26	25	31.1	30.4	30.6	31.5	31.0
27	25	25.4	25.5	26.2	26.0	25.5
28	25	22.0	22.5	22.5	23.0	22.5
29	30	36.0	34.5	35.6	35.5	35.5
30	25	34.3	33.2	34.2	33.6	35.2
31	30	26.9	25.2	26.7	27.0	26.2
32	25	33.9	33.0	34.4	35.0	33.5
33	15	13.7	13.8	13.4	14.0	14.5
34	15	11.3	10.8	12.1	10.5	11.6
35	10	14.7	14.5	14.1	14.5	14.3
36	15	11.8	11.8	11.7	12.5	11.5
37	15	11.7	11.3	11.0	11.5	11.2
38	30	21.6	20.5	21.6	22.2	23.2
39	25	26.1	25.0	26.7	25.7	26.7
40	10	11.4	11.2	11.3	11.5	11.2
41	10	9.0	8.6	8.5	9.5	8.4
42	10	7.3	7.0	7.5	7.5	7.2
43	10	9.0	8.3	8.2	9.0	7.3



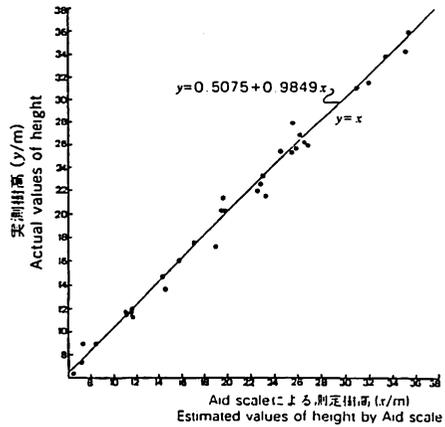
(1) 測定者—Surveyor—A



(3) 測定者—Surveyor—C



(2) 測定者—Surveyor—B



(4) 測定者—Surveyor—D

図--2 実測値 (y) とAid scale による測定値 (x) の関係図

Fig --2 The relationship between actual values (y) and estimated values by Aid scale(x)

検定②: $t = |b_1 - \beta| / \sqrt{V(b_1)}$ ($\beta = 1$)

ただし

$$V(b_0) = s^2_{yx} \cdot \sum x^2 / n \cdot \sum (x - \bar{x})^2$$

$$V(b_1) = s^2_{yx} / \sum x (x - \bar{x})^2$$

$$s^2_{yx} = \{ [\sum (y^2) - (\sum y)^2 / n] - b_1 [\sum (xy) - (\sum x)(\sum y) / n] / n - 2 \}$$

$$= SSR / n - 2$$

により行なった。

その結果は表-5に示すとおりとなり、測定者4人の何れについても有意差は認められなかった。すなわち傾斜地における Aid scaleによる樹高測定の結果は、A、B、C、Dの4人の測定者の何れの場合もAlti-levelによる実測値とよく合っているといえることができる。

表-5 t-検定結果一覧表
Table-5 The result of t-test

測定者 Surveyors	検定 t-test	
	①	②
A	0.738 ^{not sig.}	1.494 ^{not sig.}
B	1.486 ^{not sig.}	1.140 ^{not sig.}
C	0.456 ^{not sig.}	0.070 ^{not sig.}
D	1.273 ^{not sig.}	0.831 ^{not sig.}

(注) $d_f = \infty$ における $t_{.05} = 1.960$, $t_{.01} = 2.576$

V. 考察

(1) t-検定の結果に対する考察

傾斜地に対する Aid scaleによる樹高測定、およびその測定値の実測値とのt-検定の結果は、測定者A、B、C、Dの4人の何れの場合も有意差はなかった(表-5参照)。これより Aid scaleは個々の樹高については若干のちらばり(誤差)はあるが、全体的には十分に使用可能であるといえる。ちなみに図-2にもとづき各人の回帰式を求めた結果は表-6のとおりとなり、その相関係数rはいずれも0.995~0.998と高い値を示した(図-2参照)。

表-6 回帰計算結果一覧表
Table-6 The estimated values by regression

測定者 Surveyors	回帰係数 Regression coefficient		相関係数 Correlation (r)
	b_0	b_1	
A	0.1892	1.0183	0.996
B	0.2680	0.9898	0.998
C	-0.1104	0.9992	0.997
D	0.5075	0.9849	0.995

また回帰係数に対する分散分析、95%レベルにおける回帰係数の信頼幅、および測定値(x)にもとづく推定値(y)の信頼幅はそれぞれ表-7、表-8、表-9に示すとおりとなった。

(2) Aid scaleの使用上の問題

Aid scaleの目盛の計算は測定者の腕の長さ(b')と目までの高さ(h_e)をその基準としている。したがってこれを用いて樹高を測定する場合はこの両者を正確に保つこと、および Aid scaleが前方

表-7 回帰係数に対する分散分析

Table-7 Analysis of variance for regression coefficient

(1) 測定者—Surveyor—A				
Factor	SS	DF	MS	F-ratio
Regression	2625.96	1	2625.96	4934.16**
Residual	21.8198	41	0.5322	
Total	2647.78	42		
(2) 測定者—Surveyor—B				
Factor	SS	DF	MS	F-ratio
Regression	2639.37	1	2639.37	12868.70**
Residual	8.4097	41	0.2051	
Total	2647.78	42		
(3) 測定者—Surveyor—C				
Factor	SS	DF	MS	F-ratio
Regression	2633.29	1	2633.29	7453.41**
Residual	14.4854	41	0.3533	
Total	2647.78	42		
(4) 測定者—Surveyor—D				
Factor	SS	DF	MS	F-ratio
Regression	2232.50	1	2232.50	2902.74**
Residual	23.8430	31	0.7691	
Total	2256.34	32		

表-8 回帰係数の95%レベルの信頼幅

Table-8 The confidence interval for regression coefficient at level of 95%

Surveyors		Estimate	Lower limit	Upper limit
A	Constant	0.18924	-0.40342	0.78190
	Coeff. of x	1.01827	0.98899	1.04756
B	Constant	0.26799	-0.09785	0.63382
	Coeff. of x	0.98985	0.97222	1.00748
C	Constant	-0.11040	-0.59920	0.37840
	Coeff. of x	0.99916	0.97578	1.02254
D	Constant	0.50748	-0.30566	1.32063
	Coeff. of x	0.98488	0.94759	1.02218

表-9 測定値 (x) にもとづく推定値 (y) の信頼幅
 Table-9 The confidence interval of estimated values (y) based
 on measurement values (x)

Surveyors	x	y		
		(Estimate)	(Lower y limit)	(Upper limit)
A	5	5.2806	4.8201	5.7411
	10	10.3720	10.0317	10.7123
	15	15.4633	15.2135	15.7132
	20	20.5547	20.3269	20.7825
	25	25.6460	25.3557	25.9364
	30	30.7374	30.3380	31.1368
	35	35.8288	35.3018	36.3557
	40	40.9201	40.2578	41.5825
B	5	5.2173	4.9309	5.5036
	10	10.1665	9.9528	10.3802
	15	15.1157	14.9579	15.2735
	20	20.0650	19.9247	20.2052
	25	25.0142	24.8411	25.1874
	30	29.9635	29.7272	30.1997
	35	34.9127	34.6009	35.2245
	40	39.8620	39.4694	40.2545
C	5	4.8854	4.5025	5.2683
	10	9.8812	9.5954	10.1669
	15	14.8770	14.6671	15.0868
	20	19.8727	19.6890	20.0564
	25	24.8685	24.6432	25.0939
	30	29.8643	29.5559	30.1728
	35	34.8601	34.4516	35.2686
	40	39.8559	39.3402	40.3715
D	5	5.4319	4.7871	6.0768
	10	10.3563	9.8664	10.8462
	15	15.2807	14.9150	15.6465
	20	20.2051	19.8936	20.5167
	25	25.1296	24.7692	25.4899
	30	30.0540	29.5720	30.5359
	35	34.9784	34.3426	35.6141
	40	39.9028	39.0992	40.7063

または後方に傾かないよう注意しなければならない。しかしこれらは何回か練習を重ね、段々に慣れてくることによって習熟する。当初は実測値とのチェックを行なうことも必要である。

なお今回は林木との水平距離 b を $15m$, $20m$, $25m$, $30m$ の4段階を設定して作製した。しかし低樹高の場合は $10m$ の b をとり、Aid scale の $b=20m$ の目盛で測定し、その読み取り値を $1/2$ とすることにより $b=10m$ のときの樹高を測定することができる。逆に高い樹高のときは $40m$ の b をとり、Aid scale の $b=20m$ の目盛を2倍することによって $b=40m$ のときの H (a_1 または a_2) も測定できる。このようにすれば水平距離 b はかなり拡大・応用することが可能であることが確められた。

ちなみに Aid scaleに 2 m, 2.5 m, 3 mの目盛を設定し水平距離の測定をテストした(2 mは人が手を上げたときの高さ, 2.5 mは 0.5 mの輪尺等を上げて持ったとき, 3 mは 1 m長の棒等を手を上げて持ったときのそれぞれの高さを想定)。その結果は誤差およそ 5%以内の範囲で測定することができた。しかし実際の距離測定では測量用距離計, 精密距離計等の併用が望ましい。今回はテープおよびメール繩を使用して水平距離 b を測定した。

またこの Aid scaleは樹冠長や枝下高, 樹冠径の測定にも利用することができる。樹冠径の測定には Aid scaleを横位置に持って使用することになる。

引用文献

- (1) 長 正道: 「樹高測定補助板」の試作による樹高目測の精度と功程 (I)。91回日林論, 65~66, 1980
- (2) CHYO, H., AOKI, H. & HAGA, N.: Regua Auxiliar para Determinação de Altura-Protótipo e Teste de Precisão. Boletim Técnico de Instituto Florestal-V.37, 1-18, S.Paulo-Brazil, 1983