

黒松樹幹の細り早見表

林業試験場技手 兼 農林技手 清 野 要

一、緒 言

黒松の材積表調製資料として蒐集した材料により、樹幹各部の直径の變化を研究し、樹高階毎に、胸高直径に對する各部直径の變化を表示することが出来たので、細り早見表と名け茲に之を發表し、広く一般の参考に資せんと欲するものである。唯樹高範圍の狭いことと、樹皮厚及根元部分直径の測定値がないこととより、樹幹の形狀を十分に盡し得ないのは甚だ遺憾であるが、尙今後の材料に俟つて更に完成を期したいと思ふ。

本研究に當り多大の援助を與へられし農林技師太田勇治郎氏、終始御指導を賜はりし林學博士寺崎渡氏、理學博士平田徳太郎氏、林業試験場技師明永久次郎氏及び計算作表の勞に當りし馬場榮子、村上澄子、加々路アサ子、鷺頭武子の諸氏に深謝の意を表せんとするものである。

尙ほ本研究の材料は大正七、八の兩年に亙り、元本場技師、山本和藏氏の蒐集にかかるものの一部であつて、同技師竝に當時實測の任に當られし各大林区署竝小林区署員各位に對し深甚の謝意を捧ぐるものである。

二、材 料

本研究の材料は大正七、八の兩年に亙り、元本場技師山本和藏氏が材積表調製の材料として蒐集したものの一部であることは既に述べたが、その產地別材料の本數を列記するときは次の如くである。

大林區署名		小林區署名		事業區名		本 數
東	京	水	戸	水	戸	250本
高	知	高	知	高	松	250
熊	本	熊	本	金	峯 山	250
鹿	兒 島	宮	崎	宮	崎	250

此等の材料は何れも從來の尺貫法單位により測定せられたもので、胸高直径及上部直径（8尺毎のフーベル氏式區分求積のため測定せられたものであつて、胸高位置地上4尺を基點とし毎8尺の位置を測定したものである。）は輪尺により、各測定位置に於て十字の兩方向に測り分位迄讀みとつたものを、算術的に平均して分位迄求め、以下四捨五入したもの、樹高及枝下高はテープにより寸位まで測定し、以下四捨五入したものである。

以下此等の材料を産地別に論ずるときは、事業區名を冠して區別することにする。

今此等の胸高直徑及樹高を、第1表甲及乙の分け方により胸高直徑階2廻、樹高階1米毎に

第 1 表 甲 胸 高 直 徑 階 の 分 け 方

Table 1 a. Classification of D. B. H.

胸 高 直 徑 階 Diameter breast high class (cm)	範 圍 Class limits in Bus	
	自 分	至 分
10	30 $\frac{2}{10}$	36 $\frac{1}{10}$
12	36 $\frac{6}{10}$	43 $\frac{6}{10}$
14	43 $\frac{4}{10}$	49 全
16	50 全	56 $\frac{6}{10}$
18	56 $\frac{4}{10}$	63 $\frac{3}{10}$
20	63 $\frac{2}{10}$	69 $\frac{1}{10}$
22	69 $\frac{9}{10}$	76 $\frac{6}{10}$
24	76 $\frac{4}{10}$	82 全
26	83 全	89 $\frac{6}{10}$
28	89 $\frac{4}{10}$	96 $\frac{3}{10}$
30	96 $\frac{2}{10}$	102 $\frac{1}{10}$
以	下	同 様

範圍を表はす右方の分數は分位以下四捨五入の考を加味し、階級を分けるとき、例へば 56 分のものの 6 割は 16 廻の階級に、残りは 18 廻の階級に入れるやうにしたのである。

第 1 表 乙 樹 高 階 の 分 け 方

Table 1 b. Classification of total height.

樹 高 階 Total height class (m)	範 圍 Class limits in Shaks	
	自 尺	至 尺
8	24.8	28.0
9	28.1	31.3
10	31.4	34.6
11	34.7	37.9
12	38.0	41.2
13	41.3	44.5
14	44.6	47.8
15	47.9	51.1
16	51.2	54.4
17	54.5	57.7
18	57.8	61.0
19	61.1	64.3
20	64.4	67.6
21	以	下 同 様

分類し、各産地別材料を示すときは第2乃至第5表の如くである。

第2表 胸高直徑階樹高階別本數分配表（水戸産）

Table 2. Distribution of trees by D. B. H. and total height classes.

樹高 Total height(m)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Totals 合計
胸高 直徑 D.B.H.(cm)																					
8	1	2	1																		4
10			7	8	3																18
12		2	2	5	5	8	2														24
14			2	2	5	8	8														25
16			1	1	5	5	11														23
18					3	3	8	6	1												21
20					1	2	7	4	1												15
22					1	6	2	6	2												17
24					2	6	7	1	3												19
26					1		2	3	6	2											14
28							1	3	7		1	1	2								15
30							2	2	1	1		2	1								9
32							1		3		1	2	4								11
34								1		2		3	2								8
36									2	1	2		3								8
38								1		1								1			3
40												1	1	1	1						4
42												1			1		1				3
44																1	1				2
46																	1	1			2
48													1						1	1	3
50																		1			1
52																	1				1
Totals 合計	1	4	13	16	26	38	51	27	26	7	4	10	14	1	2	1	4	3	1	1	250

第3表 胸高直徑階樹高階別本數分配表 (高松產)

Table 3. Distribution of trees by D. B. H. and total height classes.

樹高 Total height (m) 胸高直徑 D.B.H. (cm)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	Totals 合計
8	1	2	1																			4
10	1	2		1																		4
12		2	1																			3
14		2	1		1	1																5
16		2	2	1	8																	13
18				2	3	1	1	1				1										9
20				3	5	4	2															14
22				3	12	7	10			2	1	1		1		1						38
24				1	5	2	3	4					1	1	1							18
26					4	1	3	6	1	4	1						1					21
28					3	7	10	2	2	4	1	1				1	1					32
30								4		1	7	1		1								14
32						1	2	2	1	3	1	4	2									16
34								1			3	2	1			1	1	1				10
36									1		4	3	1				2					11
38										1	4	1			1							7
40									1		1		2	1								5
42										1	2		2		1				1	2		9
44														1	2			1	1			5
46																2	1		1		1	5
48																	1		1	1		3
50																			1			1
52														1								1
54																		1				1
56																						
58																						
60																1						1
合計 Totals	2	10	5	11	41	24	36	17	7	34	12	12	7	6	6	8	3	5	3		1	250

第 4 表 胸高直徑階樹高階別本數分配表 (金峯山産)

Table 4. Distribution of trees by D. B. H. and total height classes.

樹高 Total height(m) 胸高 直徑 D.B.H.(cm)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Totals 合 計
10			1																	1
12	1		1	2																4
14			1		2		1	1												5
16				1	3	2				1		1								8
18				2	2	2	1				1	1								9
20				1			1		2	1		1		1						7
22				1		3			1	3			1		1					10
24		1			1	1	1			3	3		3					1		14
26				3				1	1		2		1	1			1			10
28				1	1	2	1	3	2		2	4	2	4	1					23
30									2	1	1		5	3				1		13
32						1		1	1	2		1	2	4	1					13
34								1	3	1	3	1	2	3	1	2				17
36						1	1	1	1	1	3	1	3	2	3	1				18
38							1		1	2	2	2		3	2	1				14
40								1	1	3	2	3	2	3	3	2	2			22
42							1		1	5	1	1	2	2	3	2			1	19
44								1		1		1		2	1	1				7
46									2		2	1	1	1		1				8
48								1				2				1	1			5
50																				
52										1		3			1		1			6
54											1		2				1			4
56																2				2
58														1	2	2	1			6
60														1						1
62																1				1
64																				
66																		1		1
68																1				1
70																				
72																		1		1
Totals 合 計	1	1	3	11	9	12	8	9	17	27	21	25	26	29	26	12	8	4	1	250

第5表 胸高直徑階樹高階別本數分配表(宮崎産)

Table 5. Distribution of trees by D. B. H. and total height classes.

樹高 Total height (m)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	Totals 合計
胸高 直徑 D.B.H. (cm)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	Totals 合計
10	1																												1
12		1																											1
14																													
16	1																												1
18																													
20					1				1																				2
22						1																							1
24		1										1																	2
26																													
28						1																							1
30							2			2																			4
32							2	1		1	2	1	1	1															9
34									1	1	2	1	1	1			3		1										11
36															3	2	1		2	1	1								10
38												1	2	1	3		4				1								12
40								1						1	1	2		1	3	1									10
42										1				1	2	1	3		3	3	5								19
44														1	1	5	4	5	1	1	2			1					21
46												1	1	1		2	2	5	3	3	2	1							21
48																1	2	7	6	6	3								25
50															2	1	1	3		3	3	1		1					15
52															1	1	5	2	2		2								13
54													1			1		4	1	2	2								11
56																		4		4		1							9
58														1			1	3	1	2	2				1				11
60																		2	1	3	1	1	1						9
62																1		1	1			1	2	1					7
64																	2				2		1						5
66																2					1	2				1			6
68																					1								1
70																				1	1	2							4
72																				1			1		1				4
74																					1								1
76																													
78																									1			1	2
80																													
82																													
84																											1		1
Totals 合計	2	2			1	1	5	1	3	5	4	5	6	13	13	23	23	39	24	33	24	9	5	5	1		2	1	250

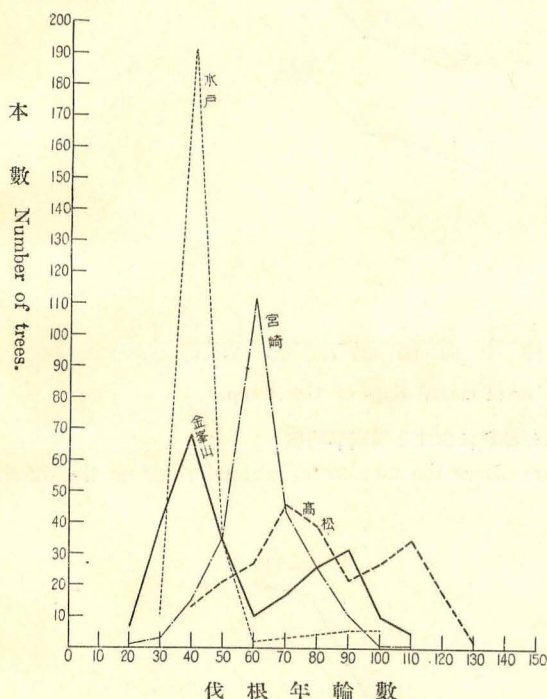
(1) 伐根年輪數に對する本數分配狀態

本材料は伐採點の位置も指定せず、又その伐採面の高も記録されてゐないのであるが、各產地別材料の老幼並生長狀態等の大略を比較するには、その伐根年輪數による分類で大なる不都合はなからうといふ考から、各材料の伐根年輪數により十年毎の階級に分類し、各齡階別本數分配狀態、胸高直徑並樹高の平均値等を算出し、その生長狀態を比較したのである。

第 1 圖

伐根年輪數に對する本數分配

Fig. 1. Distribution of trees by annual rings on the stump.



Number of annual rings on the stump.

第1圖は產地別各齡階の本數分配狀態を示す。

之に依て觀れば、水戸の材料は比較的壯齡のものが多く殆ど大部分は40年前後であるが、宮崎のものは少々老齡で60年前後が最も多い。又高松及金峯山のものは、壯齡のものと少々老齡の材料とが混じ、何れも二つのモードを有してゐる。

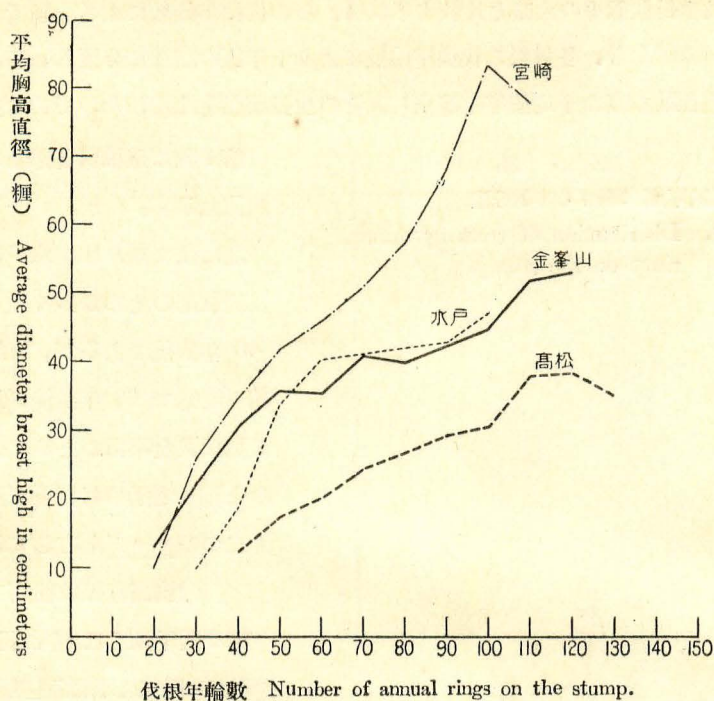
(2) 胸高直徑並樹高の生長狀態

第2圖甲及乙は產地別材料の各齡階に對する、胸高直徑並樹高の平均値を圖示したものであるが、宮崎のものは胸高直徑及樹高生長共に最も良好で、水戸及金峯山のものが之に次ぎ、高松のものは最も劣つてゐる。尙金峯山及水戸のものを比較するならば、前者は50年以前に於ては、胸高直徑及樹高ともその生長狀

態が後者よりも良好であるが、50年以後になれば、直徑生長に於ては兩者とも大差はなく、樹高生長に於ては金峯山のものは水戸のものに比して著しく劣つてゐるのを觀るであらう。前に第1圖に就て金峯山の材料には壯齡のものと比較的老齡のものとが混じてゐることを述べたが、本圖に於ては壯齡の材料は比較的樹高生長が良好で、老齡のものは樹高生長が不良なものであることが窺ひ得るであらう。

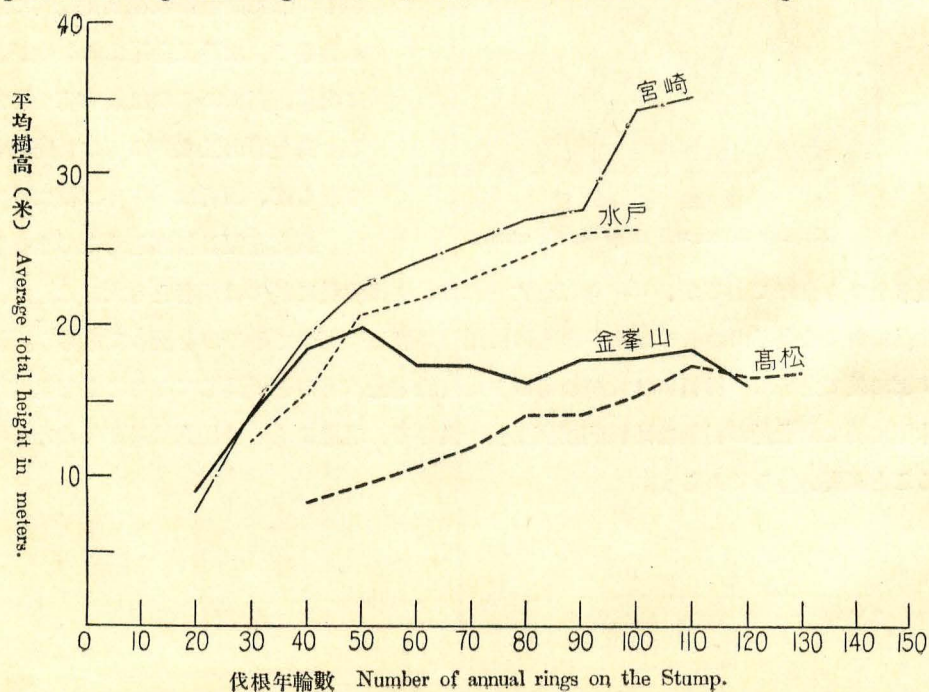
第 2 圖 甲 伐根年輪數に對する直徑の平均値

Fig. 2 a. Average diameter breast high in centimeters above the number of annual rings on the stump.



第 2 圖 乙 伐根年輪數に對する樹高平均値

Fig. 2 b. Average total height in meters above the number of annual rings on the stump.



(3) 胸高直径に対する樹高の關係

産地別材料の各胸高直径階内に於ける平均樹高と、その變異係數とを算出し表示するに第6

第6表 胸高直径階別平均樹高並其變異係數

Table 6. Averages, and coefficients of variation of total heights by D. B. H. class.

(水 戸) (高 松)

直径階(厘米) D.B.H. class (cm)	本 數 Number of trees	平均樹高 (間) Average total height	變異係數 Coefficients of variation	直径階(厘米) D.B.H. class (cm)	本 數 Number of trees	平均樹高 (間) Average total height	變異係數 Coefficients of variation
8	4	6.0	5.0	8	4	4.0	7.5
10	18	7.0	5.7	10	4	4.1	9.8
12	24	7.6	7.9	12	3	4.2	4.8
14	25	8.1	6.2	14	5	4.8	14.6
16	23	8.2	7.3	16	13	5.0	8.0
18	21	8.7	5.7	18	9	6.1	16.4
20	15	8.8	4.5	20	14	5.6	10.7
22	17	8.8	6.8	22	38	6.4	17.2
24	19	8.7	5.8	24	18	6.9	20.3
26	14	9.5	5.3	26	21	7.2	12.5
28	15	10.2	6.9	28	32	7.1	14.1
30	9	10.1	9.9	30	14	7.8	9.0
32	11	10.9	9.2	32	16	8.2	12.2
34	8	11.1	8.1	34	10	9.2	15.2
36	8	11.1	6.3	36	11	9.9	15.2
38	3	11.6	17.3	38	7	8.5	7.1
40	4	12.4	4.0	40	5	8.8	10.2
42		13.0	7.7	42	9	10.2	19.6
44	2	13.9		44	5	11.1	9.0
46	2	14.7		46	5	12.0	9.2
48	3	14.4	12.5	48	3	12.4	5.6
50	1	14.8		50	1	12.4	
52	1	14.5		52	1	10.0	
				54	1	12.0	
				60	1	11.0	

(金 峯 山)

(宮 崎)

直徑階(吋) D.B.H. class (cm)	本 數 Number of trees	平均樹高 (間) Average total height	變異係數 Coefficients of variation	直徑階(吋) D.B.H. class (cm)	本 數 Number of trees	平均樹高 (間) Average total height	變異係數 Coefficients of variation
10	1	4.8		10	1	4.2	
12	4	5.0	14.0	12	1	4.8	
14	5	6.3	14.2	16	1	4.5	
16	8	6.9	17.4	20	2	7.7	
18	9	7.0	17.2	22	1	7.9	
20	6	8.3	16.9	24	2	7.7	
22	10	8.2	18.3	28	1	7.3	
24	14	8.8	18.2	30	4	8.4	9.5
26	10	8.5	24.7	32	9	9.5	10.5
28	23	8.9	18.0	34	11	11.0	12.7
30	13	10.2	8.8	36	10	12.8	8.6
32	13	9.7	13.4	38	12	12.3	8.1
34	17	10.4	11.5	40	10	12.9	10.1
36	18	9.8	14.3	42	19	13.2	10.6
38	14	9.9	12.1	44	21	13.6	7.4
40	22	10.4	11.5	46	21	13.6	8.1
42	19	10.2	10.8	48	25	14.2	4.2
44	7	10.3	12.6	50	15	14.3	7.7
46	8	9.7	10.3	52	13	13.6	5.1
48	5	10.3	10.7	54	11	14.0	5.7
52	6	10.4	9.6	56	9	14.1	7.8
54	4	10.8	10.2	58	11	14.3	7.7
56	2	11.6		60	9	14.8	4.1
58	6	11.8	5.1	62	7	15.2	9.2
60	1	10.3		64	5	14.5	10.4
62	1	11.7		66	6	15.0	13.3
66	1	13.3		68	1	15.1	
68	1	11.3		70	4	15.6	2.6
72	1	13.2		72	4	15.9	5.7
				74	1	15.6	
				78	2	18.3	
				84	1	18.8	

表の如くである。但し茲に變異係數とは Pearson 氏の式 $\frac{\text{標準偏差}}{\text{算術平均値}} \times 100$ の、標準偏差の代りに平均偏差を用いたのである。それは計算を簡略にするためであるが、P 氏の標準偏差による場合よりも少しく小さくなる理である。

之に依て見るに、水戸及宮崎のものは比較的細長であつて、高松のものは割合に短太である。而して同様の胸高直径を有するものの樹高に就て見るに、水戸及宮崎のものは、樹高の變化が割合に少く、金峰山及高松のものは少々多いやうに思はれる。

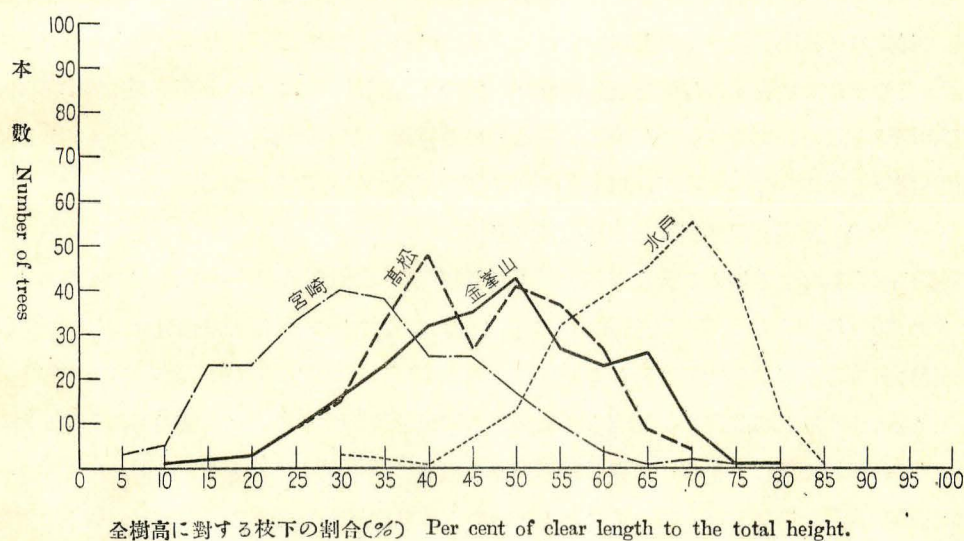
(4) 樹高に對する枝下の割合

第3圖は各產地別材料の樹高に對する枝下の割合 $\left(\frac{\text{枝下長}}{\text{全樹高}} \right)$ を百分率にて示し、5%毎の階級に分けて各階級の本數分配狀態を圖示したものであるが、之に依て見るに水戸のものは枝下

第 3 圖

枝下率に對する本數分配狀態

Fig. 3. Distribution of trees by the percentage of clear length to the total height.



が全樹高の 50% 以上のものが大部分を占め、之に反して宮崎のものは大部分は枝下が全樹高の 50% 以下になつてゐる。又高松及金峰山のものは枝下 50% 以上のものと、以下のものと割合が殆ど相等しくなつてゐる。

之を要するに本研究の材料の内、

水戸のものは、壯齡のもの多く、樹高生長良好で、枝下高く細長の形狀を有するものである。

宮崎のものは、前者に比し少々老齡であつて、樹高生長、直径生長共に良好で、枝下は極めて低い。

高松のものは、壯齡のものと老齡のものとを含み、樹高生長、直径生長共に他の何れのものよ

りも劣る。

金峰山のものは、壯齡のものと老齡のものとを混じ、水戸のものに比し、直徑生長には大差はないが、老齡のものは樹高生長が著しく劣つてゐる。

枝下は高松のもの及金峰山のものともに大差はなく、全樹高に對し 50 % 以上のものも、以下のものも略々同數である。

三、調製方法

樹幹縱斷面の形狀を論ずるとき、樹幹の全長(又は胸高位置以上の部分)を n 等分し、各等分點に於ける直徑の變化を對象とするのは、弘く一般に行はれてゐる方法であつて、理論上極めて妥當のやうに考へらるるが、實用上の見地よりいふときは、むしろ樹木の相對的位置に拘はらず、一定間隔を隔てた位置の直徑を對象として表示する方が我々の目的にかなふ場合が多い。本研究に於ても其意味を以て、黒松樹幹の地上 2 米毎の位置に於ける直徑の變化を表示しやうとしたものであるが、樹高の大小により精粗の差あることは止むを得ない。又材積表調製資料として從來の尺貫法單位により蒐集した材料であるために、測定の單位はもとより直徑測定的位置もそのままでは表示の目的を達し得ない。仍つて實測材料により、胸高直徑に對する各部直徑の關係を求め、之より地上任意の位置に於ける直徑の關係を誘導し、更にメートル法單位に依る關係を求めたのであるが、以下其順序に従つて記述することにする。

(1) 胸高直徑に對する上部直徑の關係

同形の樹高を有する樹木の胸高直徑と、上部直徑(例へば樹高 44.1—48.0 尺のものの地上 12 尺の位置の直徑)との關係を圖示すると第 4 圖の如くであつて、後者は前者に對し略々直線的關係にあることが知られるであらう。同様に地上 20 尺、28 尺、33 尺等胸高位置より毎 8 尺目の位置に於ける上部直徑の、胸高直徑に對する關係を圖示するに、第 5 圖乃至第 7 圖の如くであつて、梢端に近づくに従つて多少不規則なる撒布狀態を示すけれども、大體に於て夫々一つの直線の周圍に集合するものと見て差支ないやうに思はれるのである。今之等の關係を數量的に知るために、胸高直徑に對する上部直徑の相關係數及相關比を算出すると、

全體の本數 83 本

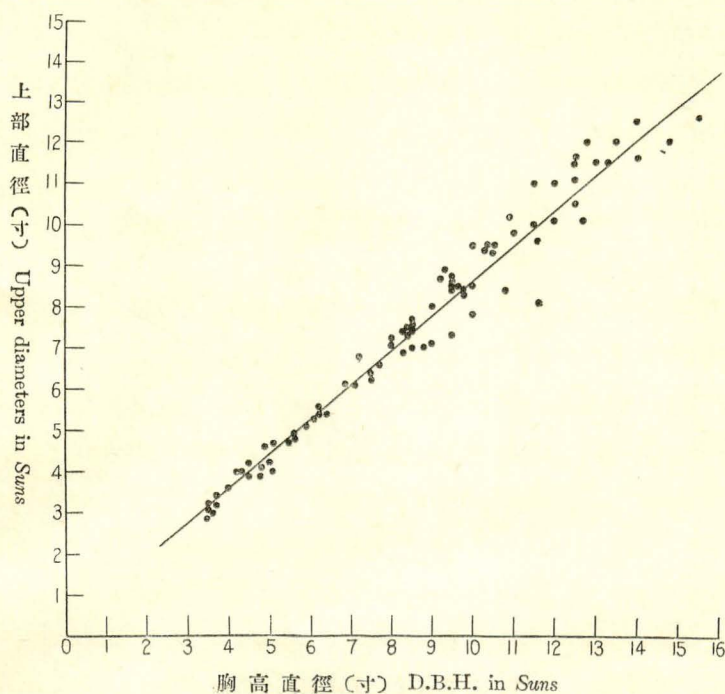
	地上 12 尺	地上 20 尺	地上 28 尺	地上 36 尺
相關係數 Correlation coefficients (r)	0.974 ± 0.006	0.958 ± 0.009	0.898 ± 0.021	0.793 ± 0.041
相關比 Correlation ratios (η_{yx})	0.983 ± 0.002	0.973 ± 0.003	0.942 ± 0.004	0.827 ± 0.006
(η_{xy})	0.986 ± 0.003	0.969 ± 0.007	0.950 ± 0.011	0.818 ± 0.036

となり、 $n(\eta^2 - r^2)$ を計算するに、

第 4 圖

胸高直徑に對する上部直徑の關係 (地上 12 尺)

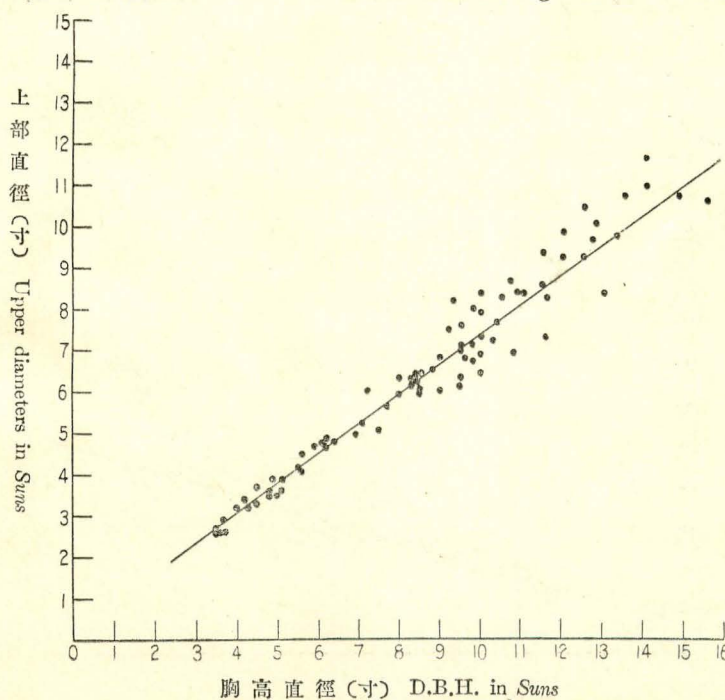
Fig. 4. Upper diameters (12 *Shakus* above the ground) on D.B.H.



第 5 圖

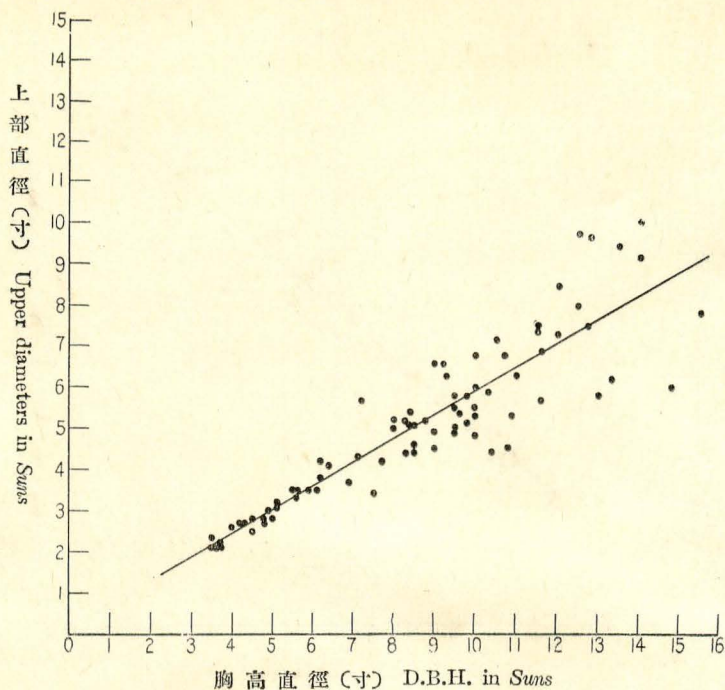
胸高直徑に對する上部直徑の關係 (地上 20 尺)

Fig. 5. Upper diameters (20 *Shakus* above the ground) on D.B.H.



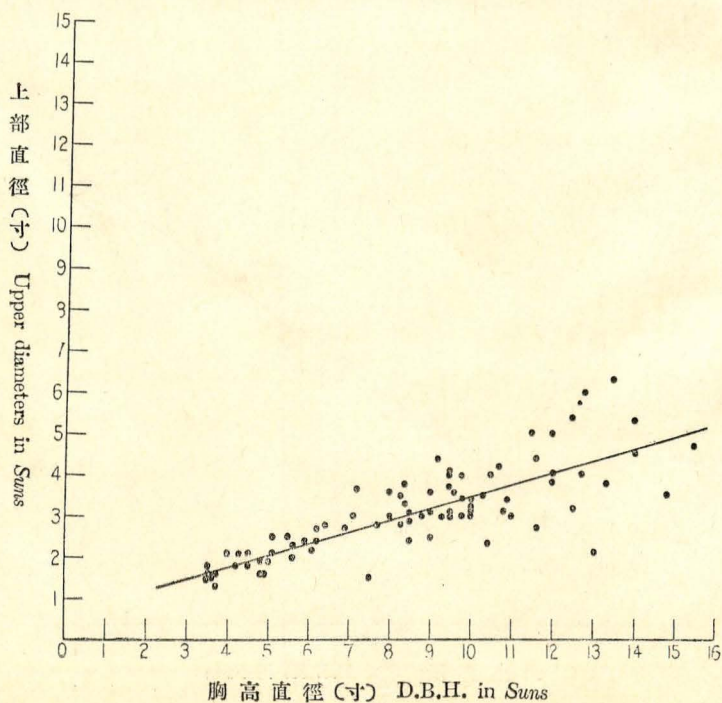
第 6 圖

胸高直徑に對する上部直徑の關係 (地上 28 尺)

Fig. 6. Upper diameters (28 *Shakus* above the ground) on D.B.H.

第 7 圖

胸高直徑に對する上部直徑の關係 (地上 36 尺)

Fig. 7. Upper diameters (36 *Shakus* above the ground) on D.B.H.

$n(\eta^2_{yx}-r^2)=$	1.46,	2.38,	6.66,	4.63
$n(\eta^2_{xy}-r^2)=$	1.91,	1.73,	8.00,	3.40

となる。即ち各部直径とも、その胸高直径に對して著しく高度の直線的關係を有することを知るのである。仍つて今、胸高直径に對する上部直径の回歸直線式を求めるに、

地上 12 尺では	$Y_1=0.25+0.839X$	} (1)
地上 20 尺では	$Y_2=0.14+0.734X$	
地上 28 尺では	$Y_3=0.16+0.575X$	
地上 36 尺では	$Y_4=0.67+0.281X$	

となる。但し茲に X は寸單位の胸高直径、 Y は同じく寸單位の上部直径を表はす。而して之等の回歸直線式により見積らるる上部直径の見積値の標準偏差は

$\bar{s}_1=0.591$	茲には $\bar{s}=\sigma_y\sqrt{1-r^2}$ により算出せり。式中 σ_y は上部
$\bar{s}_2=0.669$	直径の標準偏差、 \bar{r} は胸高直径に對する上部直径の相關
$\bar{s}_3=0.858$	係数を測定數に就き補正したものである。
$\bar{s}_4=0.657$	

であつて、上部直径の平均値に對し夫々 6.9, 8.9, 13.3 及 12.9 %となるのである。

(2) 產地別材料の回歸直線式

以上 (1) の結果は、全部の材料を一括し、同一取扱をしたものであるが、此の材料の内、水戸のもの 29 本、高松のもの 31 本を分離し、各產地別に前同様の直線式を決定するに、

	水 戸	高 松
地上 12 尺	$Y_1=0.15+0.849X$	$Y_1=0.10+0.870X$
地上 20 尺	$Y_2=0.02+0.758X$	$Y_2=-0.69+0.840X$
地上 28 尺	$Y_3=0.09+0.596X$	$Y_3=-1.79+0.782X$
地上 36 尺	$Y_4=0.33+0.352X$	$Y_4=0.60+0.285X$

となり、高松のもの少々回歸係数が大きくなるが、全國合併の材料より決定せられた直線式 (1) とその標準偏差とより判斷して、大體に於て同一取扱をするも差支なきことを知るのである。但し茲に (1) 式の標準偏差とは、回歸係数の標準偏差 (σ_b にて表はす) と胸高直径の平均値 M_x に對する (1) 式の見積値の標準偏差 (σ_{My} にて表はす) とより、

$$\sigma_y^2 = (\sigma_b x)^2 + \sigma_{My}^2 \dots \dots \dots (2) \quad \text{但し茲に } x \text{ は平均値 } M_x \text{ よりの距離を表はす。}$$

により算出したものであつて、第 8 圖の實線は全國合併の回歸直線、點線及細い實線は水戸及高松のみの材料より決定せられた回歸直線を示し、破線は (2) 式により全國合併の回歸直線式 (1) に對し算出した標準偏差の 3 倍を上下にとり、結んだものである。

又樹高階 52.1—56.0 尺のものに就て算出した直線式は、

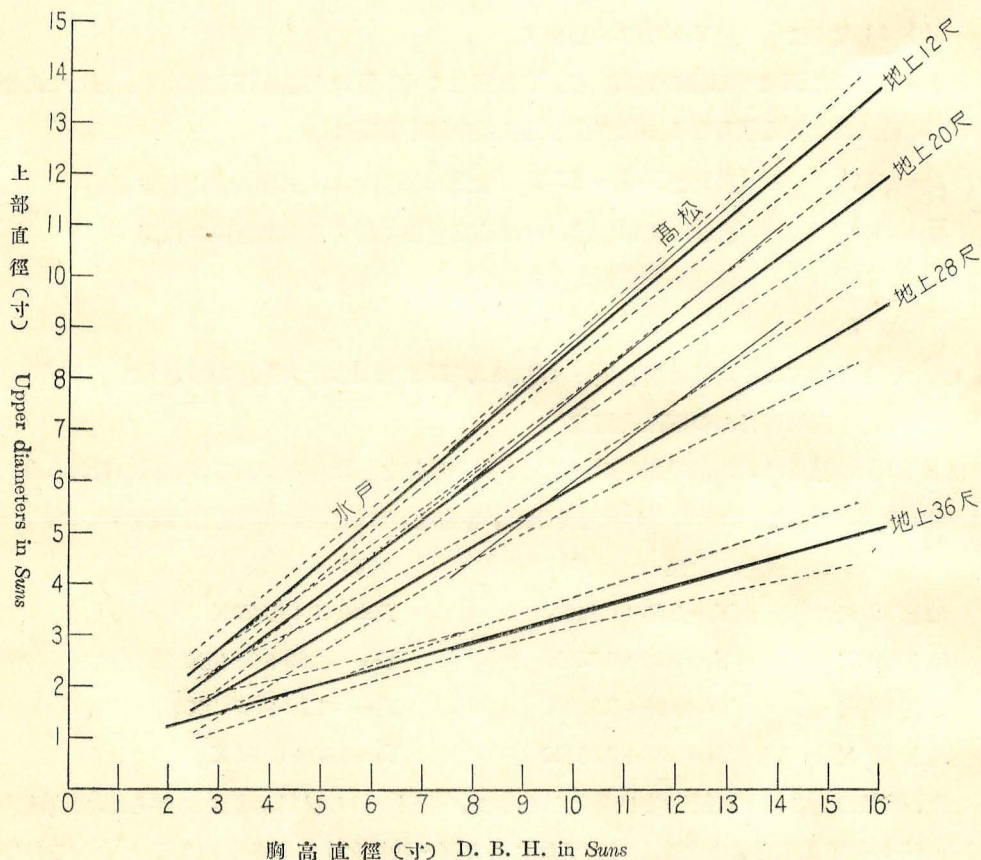
第 8 圖

胸高直徑に對する上部直徑の關係

產地別材料により決定せられる回歸直線と全國合併の材料より得られる回歸直線並に其標準編差の3倍を上下にとりたるものを示す

Fig. 8. Reglations of upper diameters to D.B.H.

Regression lines of upper diameters on D.B.H., and ranges whithin which the true relations probably lie, for odds 135 to 1.



胸 高 直 徑 (寸) D. B. H. in Suns

水 戸 (38 本)

金 峯 山 (34 本)

地上 12 尺

$$Y_1=0.49+0.812X$$

$$Y_1=0.40+0.831X$$

地上 21 尺

$$Y_2=0.38+0.743X$$

$$Y_2=0.23+0.761X$$

地上 28 尺

$$Y_3=0.59+0.596X$$

$$Y_3=0.39+0.614X$$

地上 36 尺

$$Y_4=0.75+0.434X$$

$$Y_4=0.65+0.446X$$

地上 44 尺

$$Y_5=0.88+0.208X$$

$$Y_5=0.96+0.214X$$

となり、極めて良く一致せる直線式を得るのである。之に他の高松、宮崎等の材料を加へ、全體として決定した直線式も、

地上 12 尺	$Y_1=0.37+0.840X$
地上 20 尺	$Y_2=0.31+0.758X$
地上 28 尺	$Y_3=0.39+0.631X$
地上 36 尺	$Y_4=0.59+0.458X$
地上 44 尺	$Y_5=0.72+0.235X$

であつて、良く前二者に一致することを見るであらう。

樹高階 48.1—52.0 尺のものには水戸の材料が特に多いのであるが、高松、金峯山の材料も相當に含まれてゐるので比較して見るに、

	水 戸 (60 本)	高 松 (20 本)	金峯山 (16 本)
地上 12 尺	$Y_1=0.47+0.814X$	$Y_1=0.58+0.802X$	$Y_1=0.35+0.825X$
地上 20 尺	$Y_2=0.19+0.735X$	$Y_2=0.19+0.754X$	$Y_2=0.02+0.769X$
地上 28 尺	$Y_3=0.32+0.604X$	$Y_3=0.60+0.605X$	$Y_3=0.30+0.589X$
地上 36 尺	$Y_4=0.58+0.383X$	$Y_4=0.07+0.445X$	$Y_4=0.41+0.396X$
地上 44 尺	$Y_5=0.38+0.185X$	$Y_5=0.13+0.206X$	$Y_5=0.93+0.117X$
地上 48 尺	$Y_6=0.21+0.076X$	$Y_6=0.46+0.054X$	$Y_6=0.13+0.084X$
全 國 合 併 (98本)			
	$Y_1=0.48+0.814X$		
	$Y_2=0.27+0.743X$		
	$Y_3=0.36+0.600X$		
	$Y_4=0.53+0.389X$		
	$Y_5=0.55+0.156X$		
	$Y_6=0.01+0.076X$		

となる。

以上例示せる比較は、各産地別材料の本数が成るべく多く含まれることを必要とするため、樹高階の範囲より見るときは、中央に近き部分のみに限られてゐるけれども（茲には紙面の都合上掲記することを省略せるも樹高階 40.1 尺より 60.0 尺迄のものに就き比較した。その他の樹高階は各産地別本数の差著しきにより別々に直線式を決定し比較することが出来ない。）後に掲記する、各樹高階の、胸高直径に對する上部直径の相關係數、及回歸係數等より判斷しても、本研究の材料の範囲では、各産地毎に回歸直線式を變へる必要はなく、同一式を以て表示するに差支なきものと結論することが出来るであらう。

各産地別材料の「細り」及直径率等に就て

同一樹高階に屬する黒松の、胸高直径に對する上部直径の關係が、各産地の材料とも同一直線式を以て示されるといふ結論は、各産地の黒松が同一細り又は直径率を有するといふ意には

ならないことにつき一言附記して置く。

同一樹高階に屬する黒松の地上 12 尺、20 尺、28 尺等各 8 尺毎の位置に於ける直径が、胸高直径に對し、夫々

$$\text{地上 12 尺} \quad Y_1 = a_1 + b_1 X$$

$$\text{地上 20 尺} \quad Y_2 = a_2 + b_2 X$$

$$\text{地上 28 尺} \quad Y_3 = a_3 + b_3 X$$

: : :

等により示されるものとすれば、胸高位置より各 8 尺を上る毎の樹幹の細りは、

$$\text{胸高より地上 12 尺に至るときの細り} \quad \Delta Y_1 = -a_1 + (1 - b_1) X$$

$$\text{地上 12 尺より地上 20 尺に至るときの細り} \quad \Delta Y_2 = (a_1 - a_2) + (b_1 - b_2) X$$

$$\text{地上 20 尺より地上 28 尺に至るときの細り} \quad \Delta Y_3 = (a_2 - a_3) + (b_2 - b_3) X$$

等により示される理である。此等の數値は明に X の大小により異なるものであつて、各產地別の材料が含む胸高直径の範圍により自ら異なる性質のものである。例へば 前記樹高階 44.1—48.0 尺の例によれば、水戸産のものは、胸高直径の範圍、3.5—8.4 寸、高松産のものは、7.5—14.0 寸であつて、其の細りは夫々、

	水 戸 産	高 松 産
$\Delta Y_1 =$	0.3—1.1 ^寸	1.0—2.0 ^寸
$\Delta Y_2 =$	0.5—1.0	0.9—1.6
$\Delta Y_3 =$	0.6—1.3	1.2—2.2
$\Delta Y_4 =$	0.6—2.0	1.7—3.6

となり、高松産の黒松が水戸産の黒松に比し、遙に細りの程度が著しいのである。

又胸高直径に對する上部直径の比、即ち直径率も $b + \frac{a}{X}$ なる形により示さるる理であるから、各產地別材料の含む胸高直径の範圍により自ら異なるべきは推斷するに難くないであらう。

(3) 樹高階別、胸高直径に對する上部直径の相関係數、回歸係數、及直線式により見積らるる値の標準偏差。

扱て第 2 表乃至第 5 表の材料を合併し、樹高階 4 尺毎に分類し、各樹高階に就き前同様、胸高直径に對する上部直径の相関係數、回歸係數、及上部直径の平均値等を算出し表示するに第 7 表乃至第 9 表の如くなる。而して直線的關係として胸高直径より見積らるる上部直径の標準偏差は第 10 表の如くなる。

之等の數値より見るに、各樹高階とも、胸高直径に對する上部直径の關係は簡単な直線式により表はし得るものであつて。胸高直径より上部直径を見積りたる値は、樹梢に近い部分を除いては相當信頼し得るものなることを知るのである。故に前記回歸係數及平均値より決定せらるる各直線式は、夫々の樹高を有する黒松の、胸高直径より上部直径を見積る直線式と

第 7 表 胸高直徑に對する上部直徑の相關係數並其標準偏差
 Table 7. Correlation Coefficients of upper diameters on D.B.H.,
 with their standard errors.

樹高階(尺) Total height class (Shakus)	24.1—28.0	28.1—32.0	32.1—36.0	36.1—40.0	40.1—44.0	44.1—48.0
本 數 Number of trees	14	54	35	64	51	83
地上 12 尺 12 <i>Shakus</i> above the ground	0.937±0.033	0.979±0.005	0.964±0.012	0.970±0.007	0.988±0.003	0.974±0.006
地上 20 尺 20 <i>Shakus</i> above the ground	0.661±0.150	0.782±0.053	0.855±0.046	0.897±0.025	0.973±0.007	0.958±0.009
地上 28 尺 28 <i>Shakus</i> above the ground	0.501±0.200		0.568±0.114	0.376±0.107	0.953±0.013	0.898±0.021
地上 36 尺 36 <i>Shakus</i> above the ground					0.853±0.038	0.793±0.041
地上 44 尺 44 <i>Shakus</i> above the ground					0.718±0.068	
樹高階 Total height class (Shakus)	48.1—52.0	52.1—56.0	56.1—60.0	60.1—64.0	64.1—68.0	68.1—72.0
本 數 Number of trees	98	92	78	55	59	59
地上 12 尺 12 <i>Shakus</i> above the ground	0.943±0.011	0.979±0.004	0.977±0.005	0.959±0.011	0.950±0.013	0.962±0.010
地上 20 尺 20 <i>Shakus</i> above the ground	0.982±0.004	0.961±0.008	0.967±0.007	0.936±0.017	0.941±0.015	0.895±0.026
地上 28 尺 28 <i>Shakus</i> above the ground	0.953±0.009	0.952±0.010	0.935±0.014	0.918±0.021	0.946±0.014	0.885±0.028
地上 36 尺 36 <i>Shakus</i> above the ground	0.875±0.024	0.915±0.017	0.899±0.022	0.873±0.032	0.930±0.018	0.798±0.047
地上 44 尺 44 <i>Shakus</i> above the ground	0.670±0.056	0.724±0.050	0.830±0.035	0.780±0.053	0.882±0.029	0.524±0.094
地上 52 尺 52 <i>Shakus</i> above the ground	0.524±0.073		0.706±0.057	0.593±0.087	0.613±0.081	0.349±0.114
地上 60 尺 60 <i>Shakus</i> above the ground			0.541±0.080		0.344±0.115	0.223±0.124
地上 68 尺 68 <i>Shakus</i> above the ground					0.080±0.129	
樹高階 Total height class (Shakus)	72.1—76.0	76.1—80.0	80.1—84.0	84.1—88.0	88.1—92.0	92.1—96.0
本 數 Number of trees	49	37	45	42	32	22
地上 12 尺 12 <i>Shakus</i> above the ground	0.973±0.008	0.896±0.033	0.864±0.038	0.944±0.017	0.905±0.032	0.947±0.022
地上 20 尺 20 <i>Shakus</i> above the ground	0.957±0.012	0.943±0.018	0.793±0.055	0.949±0.015	0.950±0.017	0.961±0.016
地上 28 尺 28 <i>Shakus</i> above the ground	0.929±0.020	0.905±0.030	0.809±0.051	0.942±0.018	0.922±0.065	0.965±0.015
地上 36 尺 36 <i>Shakus</i> above the ground	0.909±0.025	0.896±0.032	0.810±0.051	0.928±0.022	0.916±0.029	0.963±0.015
地上 44 尺 44 <i>Shakus</i> above the ground	0.795±0.053	0.883±0.036	0.696±0.077	0.894±0.031	0.913±0.029	0.965±0.015
地上 52 尺 52 <i>Shakus</i> above the ground	0.547±0.100	0.746±0.073	0.632±0.090	0.842±0.045	0.883±0.039	0.934±0.027
地上 60 尺 60 <i>Shakus</i> above the ground	0.245±0.134	0.644±0.096	0.322±0.134	0.691±0.081	0.810±0.061	0.912±0.036
地上 68 尺 68 <i>Shakus</i> above the ground	0.151±0.140	0.420±0.135	0.385±0.127	0.459±0.122	0.792±0.066	0.899±0.041
地上 76 尺 76 <i>Shakus</i> above the ground	0.154±0.139		0.232±0.141	0.091±0.153	0.667±0.098	0.759±0.090
地上 84 尺 84 <i>Shakus</i> above the ground			0.196±0.143		0.570±0.119	0.365±0.185
地上 92 尺 92 <i>Shakus</i> above the ground						0.157±0.208

第 8 表 胸高直徑に對する上部直徑の回歸係數並に其標準偏差

Table 8. Regression coefficients of upper diameters on D.B.H. with their standard errors.

樹高階(尺) Total height class (Shakus)	24.1—28.0	28.1—32.0	32.1—36.0	36.1—40.0	40.1—44.0	44.1—48.0
地上 12 尺 12 <i>Shakus</i> above the ground	0.806±0.080	0.842±0.024	0.873±0.041	0.845±0.027	0.869±0.019	0.839±0.021
地上 20 尺 20 <i>Shakus</i> above the ground	0.393±0.113	0.550±0.059	0.630±0.064	0.655±0.040	0.769±0.025	0.734±0.024
地上 28 尺 28 <i>Shakus</i> above the ground			0.182±0.043	0.334±0.054	0.505±0.022	0.575±0.031
地上 36 尺 36 <i>Shakus</i> above the ground					0.240±0.020	0.281±0.024
樹高階 Total height class (Shakus)	48.1—52.0	52.1—56.0	56.1—60.0	60.1—64.0	64.1—68.0	68.1—72.0
地上 12 尺 12 <i>Shakus</i> above the ground	0.814±0.029	0.840±0.018	0.867±0.022	0.791±0.031	0.810±0.035	0.756±0.028
地上 20 尺 20 <i>Shakus</i> above the ground	0.743±0.014	0.758±0.023	0.762±0.023	0.680±0.034	0.742±0.035	0.591±0.038
地上 28 尺 28 <i>Shakus</i> above the ground	0.600±0.019	0.631±0.021	0.652±0.028	0.597±0.035	0.630±0.028	0.549±0.038
地上 36 尺 36 <i>Shakus</i> above the ground	0.389±0.022	0.458±0.021	0.494±0.027	0.507±0.038	0.554±0.029	0.439±0.043
地上 44 尺 44 <i>Shakus</i> above the ground	0.156±0.017	0.235±0.023	0.356±0.027	0.396±0.043	0.425±0.030	0.229±0.048
地上 52 尺 52 <i>Shakus</i> above the ground			0.183±0.021	0.199±0.036	0.164±0.027	0.108±0.036
地上 60 尺 60 <i>Shakus</i> above the ground					0.061±0.020	0.060±0.030
樹高階 Total height class (Shakus)	72.1—76.0	76.1—80.0	80.1—84.0	84.1—88.0	88.1—92.0	92.1—96.0
地上 12 尺 12 <i>Shakus</i> above the ground	0.840±0.029	0.740±0.060	0.650±0.098	0.830±0.045	0.837±0.070	0.878±0.063
地上 20 尺 20 <i>Shakus</i> above the ground	0.774±0.034	0.702±0.041	0.606±0.091	0.753±0.038	0.805±0.047	0.898±0.055
地上 28 尺 28 <i>Shakus</i> above the ground	0.692±0.039	0.590±0.046	0.605±0.091	0.739±0.041	0.744±0.055	0.756±0.044
地上 36 尺 36 <i>Shakus</i> above the ground	0.555±0.036	0.561±0.046	0.535±0.081	0.672±0.042	0.688±0.053	0.718±0.043
地上 44 尺 44 <i>Shakus</i> above the ground	0.384±0.042	0.472±0.041	0.398±0.060	0.571±0.044	0.664±0.052	0.632±0.036
地上 52 尺 52 <i>Shakus</i> above the ground	0.192±0.041	0.314±0.046	0.349±0.053	0.477±0.047	0.566±0.053	0.553±0.045
地上 60 尺 60 <i>Shakus</i> above the ground	0.069±0.034	0.218±0.042	0.173±0.026	0.309±0.049	0.470±0.060	0.464±0.044
地上 68 尺 68 <i>Shakus</i> above the ground	0.047±0.032	0.132±0.044	0.148±0.022	0.167±0.048	0.414±0.056	0.386±0.040
地上 76 尺 76 <i>Shakus</i> above the ground			0.082±0.012	0.047±0.040	0.199±0.039	0.297±0.053
地上 84 尺 84 <i>Shakus</i> above the ground					0.112±0.028	0.104±0.049
地上 92 尺 92 <i>Shakus</i> above the ground						

第 9 表 樹高階別、胸高並上部直徑の平均値

 Table 9. Average diameters at breast height,
and at every 8 *Shaku* from the breast height.

樹 高 階(尺) Total height class (<i>Shakus</i>)	24.1—28.0	28.1—32.0	32.1—36.0	36.1—40.0	40.1—44.0	44.1—48.0
本 數 Number of trees	14	54	35	64	51	83
胸高直徑 平均 Average D. B. H.	5.36	6.73	6.70	7.48	6.78	8.62
樹上 12 尺 平均 Average diameters at 12 <i>Shakus</i> above the ground	4.18	5.46	5.64	6.28	5.86	7.48
樹上 20 尺 平均 Average diameters at 20 <i>Shakus</i> above the ground	2.26	3.66	4.11	4.85	5.02	6.47
樹上 28 尺 平均 Average diameters at 28 <i>Shakus</i> above the ground			2.02	2.76	3.57	5.11
樹上 36 尺 平均 Average diameters at 36 <i>Shakus</i> above the ground					1.84	3.09
樹 高 階 Total height class (<i>Shakus</i>)	48.1—52.0	52.1—56.0	56.1—60.0	60.1—64.0	64.1—68.0	68.1—72.0
本 數 Number of trees	98	92	78	55	59	59
胸高直徑 平均 Average D. B. H.	7.95	9.21	10.27	11.44	12.26	13.13
樹上 12 尺 平均 Average diameters at 12 <i>Shakus</i> above the ground	6.95	8.11	9.11	9.86	10.66	11.49
樹上 20 尺 平均 Average diameters at 20 <i>Shakus</i> above the ground	6.18	7.29	8.23	8.78	9.71	10.44
樹上 28 尺 平均 Average diameters at 28 <i>Shakus</i> above the ground	5.13	6.20	7.16	7.83	8.68	9.42
樹上 36 尺 平均 Average diameters at 36 <i>Shakus</i> above the ground	3.62	4.81	5.78	6.63	7.52	8.38
樹上 44 尺 平均 Average diameters at 44 <i>Shakus</i> above the ground	1.79	2.89	4.02	4.99	5.94	6.72
樹上 52 尺 平均 Average diameters at 52 <i>Shakus</i> above the ground			1.91	2.86	3.84	4.84
樹上 60 尺 平均 Average diameters at 60 <i>Shakus</i> above the ground					1.80	2.83
樹 高 階 Total height class (<i>Shakus</i>)	72.1—76.0	76.1—80.0	80.1—84.0	84.1—88.0	88.1—92.0	92.1—96.0
本 數 Number of trees	49	37	45	42	32	22
胸高直徑 平均 Average D. B. H.	14.32	15.66	15.87	16.19	16.45	19.44
樹上 12 尺 平均 Average diameters at 12 <i>Shakus</i> above the ground	12.58	13.75	13.75	14.46	14.87	17.26
樹上 20 尺 平均 Average diameters at 20 <i>Shakus</i> above the ground	11.52	12.70	12.74	13.39	13.84	16.10
樹上 28 尺 平均 Average diameters at 28 <i>Shakus</i> above the ground	10.55	11.44	11.76	12.36	12.83	14.91
樹上 36 尺 平均 Average diameters at 36 <i>Shakus</i> above the ground	9.31	10.31	10.64	11.28	11.82	13.71
樹上 44 尺 平均 Average diameters at 44 <i>Shakus</i> above the ground	7.85	8.91	9.44	10.03	10.53	12.51
樹上 52 尺 平均 Average diameters at 52 <i>Shakus</i> above the ground	6.00	7.01	8.02	8.59	9.21	10.98
樹上 60 尺 平均 Average diameters at 60 <i>Shakus</i> above the ground	3.94	5.13	6.23	7.09	7.69	9.39
樹上 68 尺 平均 Average diameters at 68 <i>Shakus</i> above the ground	1.97	3.07	4.12	5.31	5.87	7.59
樹上 76 尺 平均 Average diameters at 76 <i>Shakus</i> above the ground			1.94	3.07	3.80	5.10
樹上 84 尺 平均 Average diameters at 84 <i>Shakus</i> above the ground					1.67	2.66
樹上 92 尺 平均 Average diameters at 92 <i>Shakus</i> above the ground						

第 10 表 回歸直線式により胸高直徑より上部直徑を見積るときの標準偏差

Table 10. Standard errors of the estimated values
of upper diameters by linear regression equations on D.B.H.

樹 高 階(尺) Total height class (Shakus)	24.1—28.0	28.1—32.0	32.1—36.0	36.1—40.0	40.1—44.0	44.1—48.0
地 上 12 尺 12 Shakus above the ground	0.444	0.269	0.492	0.430	0.433	0.591
地 上 20 尺 20 Shakus above the ground	0.629	0.663	0.779	0.655	0.572	0.669
地 上 28 尺 28 Shakus above the ground	0.364		0.523	0.873	0.504	0.858
地 上 36 尺 36 Shakus above the ground			0.343		0.460	0.657
地 上 44 尺 44 Shakus above the ground					0.308	
樹 高 階 Total height class (Shakus)	48.1—52.0	52.1—56.0	56.1—60.0	60.1—64.0	64.1—68.0	68.1—72.0
地 上 12 尺 12 Shakus above the ground	0.895	0.574	0.549	0.642	0.859	0.560
地 上 20 尺 20 Shakus above the ground	0.441	0.712	0.580	0.704	0.856	0.773
地 上 28 尺 28 Shakus above the ground	0.591	0.664	0.714	0.711	0.696	0.757
地 上 36 尺 36 Shakus above the ground	0.669	0.654	0.695	0.780	0.703	0.870
地 上 44 尺 44 Shakus above the ground	0.534	0.724	0.690	0.869	0.727	0.960
地 上 52 尺 52 Shakus above the ground	0.380		0.527	0.731	0.669	0.719
地 上 60 尺 60 Shakus above the ground			0.473		0.498	0.599
地 上 68 尺 68 Shakus above the ground					0.323	
樹 高 階 Total height class (Shakus)	72.1—76.0	76.1—80.0	80.1—84.0	84.1—88.0	88.1—92.0	92.1—96.0
地 上 12 尺 12 Shakus above the ground	0.634	1.109	1.393	0.742	0.991	0.891
地 上 20 尺 20 Shakus above the ground	0.744	0.748	1.297	0.640	0.665	0.775
地 上 28 尺 28 Shakus above the ground	0.875	0.840	1.295	0.680	0.783	0.611
地 上 36 尺 36 Shakus above the ground	0.804	0.838	1.146	0.694	0.757	0.598
地 上 44 尺 44 Shakus above the ground	0.924	0.758	0.851	0.736	0.745	0.510
地 上 52 尺 52 Shakus above the ground	0.911	0.842	0.748	0.783	0.755	0.632
地 上 60 尺 60 Shakus above the ground	0.751	0.770	0.371	0.821	0.851	0.622
地 上 68 尺 68 Shakus above the ground	0.706	0.816	0.318	0.795	0.796	0.561
地 上 76 尺 76 Shakus above the ground	0.524		0.175	0.670	0.551	0.748
地 上 84 尺 84 Shakus above the ground			0.082		0.395	0.690
地 上 92 尺 92 Shakus above the ground						0.398

して實用上差支なく、相當信頼し得るものと結論することが出来るのである。従つて之等の式を用ひ、各樹高階毎に、種々の胸高直徑を有する黒松樹幹の地上 12 尺、20 尺等各測定位置に於ける上部直徑を算出し、細り早見表を調製することが出来る理であるが、尙ほ同一胸高直徑を有し、樹高を異にする樹木に就て上部直徑の變化が調和するやうに修正する必要があるのである。此の修正の方法は、吉田博士著「測樹學要論」にも要約してあり弘く一般に知られてゐる方法であるから茲には之を省略し、後にメートル法單位による場合に、その順序を記述するに止めやうと思ふ。

(4) 回歸直線式による計算値の信頼度

一般に直交軸座標による直線式

$$Y=a+bX \dots\dots\dots (3)$$

に於て、 a は直線が Y 軸を截る點、換言すれば直線の高さを示す常數であり、 b は直線の傾斜即ちその直線の方角を示す常數であることは今更茲に言ふ迄もない。又此等の常數が測定値を基として統計的に決定せられるときは、その決定せられた値が絶對的に正しいものではなく、むしろ或程度の信頼をおき得る値に過ぎない。而してその信頼の程度は統計學上の標準偏差によつて測り得るといふ事も良く人の知る所である。

信頼の程度を測るには通常 Modulus of Precision (h にて表はす) がある (Whittaker & Robinson:—The Calculus of Observations. 1926 p.179)。而して標準偏差(σ にて表はす)に對しては $h=\frac{1}{\sigma\sqrt{2}}$ なる關係 (同書 p. 183) を有してゐるから、或測定値又は算出値に對する $\frac{1}{\sigma}$ を算出すれば其の信頼の程度を比較し得るのである。

今前記各樹高階の材料に就き決定せられた地上 12 尺の位置に於ける回歸直線式の $\frac{100}{\sigma}$ を算出し圖示するときは第 11 圖の如くであるが、同圖は大體に於て同一胸高直徑を有し、樹高を異にする樹木の上部直徑の算出値の信頼度を表示するものと考へ得るから (嚴密には各測定位置に應じ同様の曲線が得られる理で、必ずしも地上 12 尺の位置の割合になるとは限らないが、茲では簡單のために畧々同様の割合と見ることにする)、之の曲線を参照し、後に同一胸高直徑を有し樹高を異にする樹木の上部直徑の變化を平均し調和せしむることにする。

(5.) 胸高直徑と地上任意の位置に於ける上部直徑との關係

各樹木に就き所要の位置に於ける上部直徑を測定し、その實測値によつて前記の方法を行ふときは、所要の細り早見表を作製することは容易である。然るに初めその目的のために蒐めた材料でなく、従つて所要の位置に於ける上部直徑の實測値がないときは、次の如く考ふことに依り實測せられた位置の材料より、任意の位置に於ける直徑の關係式を求むることが出来るであらう。

今例へば樹高階 48.1—52.0 尺の材料より算出せられた回歸係數を、各測定位置 (地上 12, 20, ... 尺に對し圖上に置くときは第 12 圖の + 印の如くなる。此等の回歸係數は、胸高直徑の單位の

變化に對し、夫々の位置に於ける上部直徑が、變化する割合を平均的に示す數値であるから、樹木の他の位置の直徑に對しても、實測せられた位置の直徑に對する値を接續するやうに、順次連續的に變化するものと思ふことが出来るであらう。而して胸高位置に於ける回歸係數は1であり、梢端に於けるそれは零でなければならないから、之等の二點をも加へて各點を平滑に結ぶ曲線が、回歸係數の變化する軌跡であると言ひ得るのである。同様に各部の平均直徑を夫々の地上位置に對して點をおき、(第12圖の○印)、これを平滑なる曲線によつて結ぶならば、同様の樹高を有する黒松の平均の狀形を示す曲線を得るであらう。尤も根元附近の如く形狀の變化著しき部分に於ては、間隔を近くして實測箇所を多くする程良き結果を得るであらうことは言ふ迄もない。

さて任意の地上位置に於ける回歸係數(b_{yx})と、平均直徑(M_y)とが、第12圖の圖上より讀み得るならば、任意の胸高直徑(X)に對する其位置の直徑(Y)の關係式は、

$$X=M_x \text{ のとき } Y=M_y$$

であるやうに直線の高さを決めればよい理である。即ち

$$Y = (M_y - bM_x) + bX$$

が所要の直線式である。而して M_y , M_x 等をメートル單位にて讀みとり、直徑の測定位置もメートル單位によつて定むるときは、メートル單位による關係式が得らることも容易に推斷し得るであらう。

回歸係數は $b_{yx} = \frac{\Sigma(XY) - nM_xM_y}{\Sigma(X^2) - n(M_x)^2}$ であるから、 X と Y が同一單位でありさへすれば、尺寸單位の場合も、メートル單位の場合も變りはない。

第11表の數値は、夫々の樹高を有する黒松の地上2米毎の位置に於ける直徑(Y)をその胸高直徑(X) (胸高位置 地上4尺を地上1.2米と考へた)より見積る直線式 $Y=a+bX$ の常數 a 及 b を示す。

(6) 樹高に對する上部直徑の變化並に其修正

以上第11表の直線式を用ひ、胸高直徑2米毎の變化に對する上部直徑を算出するときは、各樹高階に屬し種々の胸高直徑を有する黒松の地上2米毎の位置に於ける上部直徑を得るのである。然るに此の如くして算出せられた値を用ひ、同一胸高直徑を有し、樹高を異にする樹木の上部直徑の變化を見るのに、樹高に對し必ずしも調和された曲線にはならない。即ち各樹高階より同一胸高直徑に對する上部直徑の算出値を選び之を縦座標に、又その屬する樹高階の平均樹高を横座標にとつて點をおき、同一樹木部分(地上位置)に相當する諸點を結び付くときは、平滑な曲線とならず、所により多少の屈曲ある折線を得るのである、(第13圖參照)。之等の屈曲は第(2)式の標準偏差より考へても豫め期待し得る所であるが、樹高に對する上部直徑の變化が連續的に調和さるるものと思ふのが最も妥當であるから、第11圖の信頼度を參酌し、目測により平滑な曲線に結んで得られたものが、同一胸高直徑を有する樹木の地上

upper diameters (Y) on D.B.H. (X) $Y=a+bX$.

樹高(米) Total height class (m) 地上位置(米) Height (m) 常數 Const ants		8.3		9.5		10.7		11.8		12.9		14.2	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
2		-0.10	0.946	-0.21	0.956	-0.15	0.962	0.02	0.950	0.03	0.955	0.20	0.948
4		-0.37	0.754	-0.63	0.807	-0.64	0.843	-0.14	0.819	-0.20	0.857	0.60	0.827
6		0.48	0.405	-0.13	0.558	-0.36	0.637	-0.16	0.661	-0.56	0.771	0.47	0.736
8		0.43	0.039	0.48	0.235	1.94	0.273	0.80	0.394	-0.35	0.560	0.51	0.603
10						1.56	0.017	0.53	0.173	0.64	0.341	1.33	0.405
12										0.62	0.113	2.20	0.158
14												0.26	0.017

樹高(米) Total height class (m) 地上位置(米) Height (m) 常數 Const ants		15.3		16.5		17.7		18.9		20.2		20.9	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
2		0.49	0.924	0.54	0.937	0.24	0.953	0.81	0.921	0.95	0.927	1.38	0.917
4		1.46	0.801	1.03	0.829	0.72	0.851	2.67	0.770	1.97	0.801	5.49	0.723
6		0.81	0.745	0.96	0.759	1.22	0.764	3.09	0.682	1.88	0.743	7.97	0.594
8		0.97	0.636	1.09	0.660	1.34	0.677	3.23	0.613	2.85	0.655	7.07	0.560
10		1.39	0.473	1.42	0.532	2.00	0.553	2.88	0.543	2.54	0.584	7.40	0.488
12		1.74	0.285	2.27	0.356	1.76	0.434	1.80	0.464	1.94	0.505	9.19	0.350
14		1.23	0.110	1.99	0.175	0.90	0.309	1.49	0.346	2.77	0.361	10.96	0.196
16				0.52	0.029	-0.11	0.172	1.65	0.184	5.13	0.158	9.75	0.109
18								0.82	0.048	3.41	0.068	6.45	0.064
20										0.51	0.005	2.45	0.022

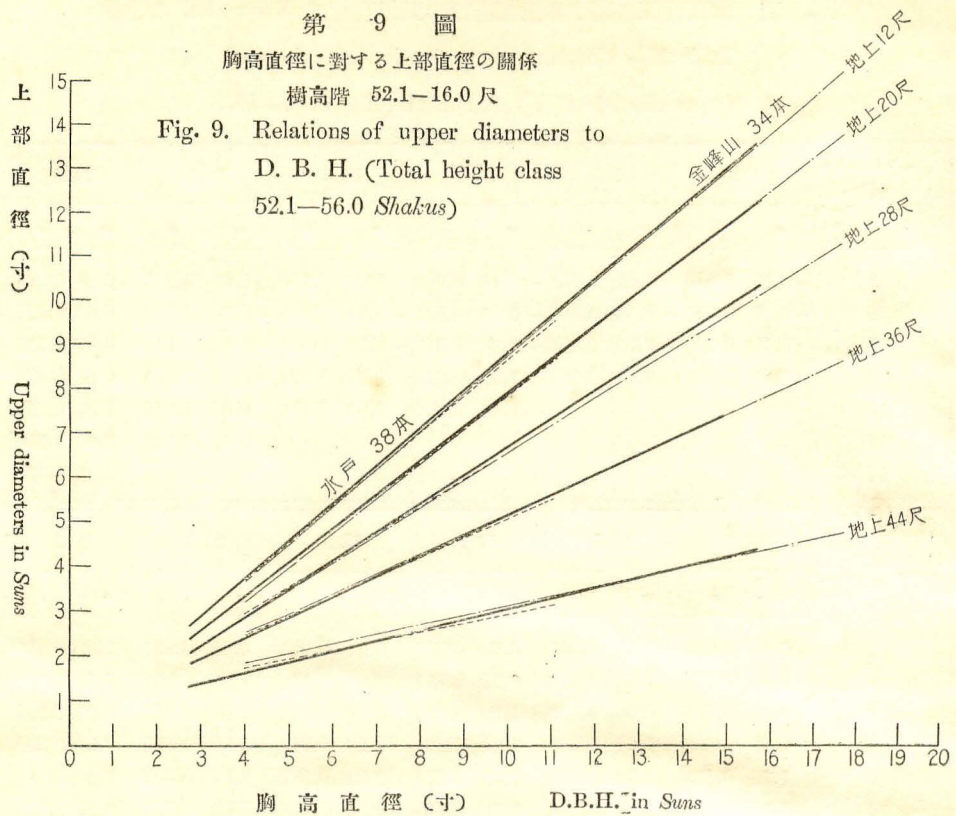
樹高(米) Total height class (m) 地上位置(米) Height (m) 常數 Const ants		22.5		23.2		24.9		26.2		27.2		28.3	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
2		0.57	0.941	2.43	0.899	2.74	0.893	1.09	0.936	1.05	0.941	1.05	0.934
4		1.62	0.831	6.46	0.731	7.05	0.718	3.36	0.813	3.20	0.831	-0.22	0.880
6		1.37	0.776	6.00	0.686	5.65	0.694	3.53	0.756	1.92	0.805	-3.86	0.896
8		2.00	0.709	6.18	0.619	3.57	0.691	1.77	0.743	1.82	0.759	-0.97	0.800
10		3.30	0.610	5.26	0.579	3.59	0.634	1.18	0.700	1.78	0.708	-0.11	0.733
12		5.24	0.482	4.29	0.527	5.35	0.532	1.56	0.628	0.05	0.682	0.68	0.666
14		7.74	0.335	5.15	0.430	6.62	0.440	2.16	0.552	-1.06	0.641	1.74	0.593
16		10.09	0.174	6.67	0.302	7.80	0.343	3.21	0.461	-0.31	0.557	1.07	0.540
18		9.17	0.075	5.37	0.224	8.86	0.223	5.70	0.328	-0.41	0.482	0.58	0.479
20		5.13	0.052	3.62	0.155	6.44	0.163	7.59	0.201	-2.09	0.428	0.10	0.414
22		1.00	0.021	2.17	0.061	3.35	0.114	7.47	0.099	-3.45	0.355	-1.39	0.340
24						1.07	0.047	4.95	0.032	-2.53	0.229	-0.57	0.221
26								0.57	0.002	0.49	0.062	2.27	0.070
28												0.20	0.007

第 9 圖

胸高直徑に對する上部直徑の關係

樹高階 52.1—16.0 尺

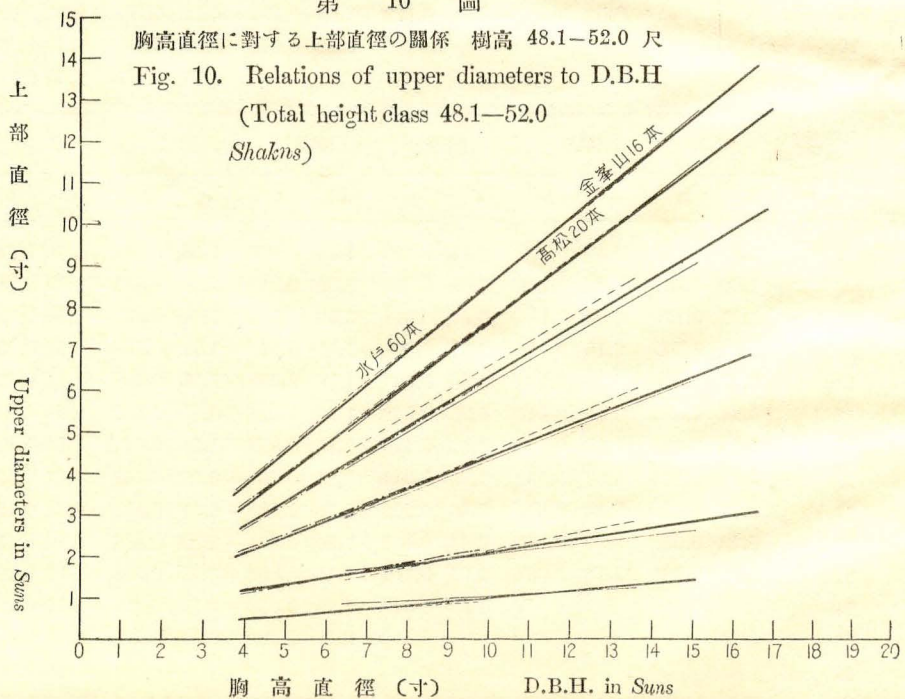
Fig. 9. Relations of upper diameters to
D. B. H. (Total height class
52.1—56.0 *Shakus*)



第 10 圖

胸高直徑に對する上部直徑の關係 樹高 48.1—52.0 尺

Fig. 10. Relations of upper diameters to D.B.H.
(Total height class 48.1—52.0
Shakns)

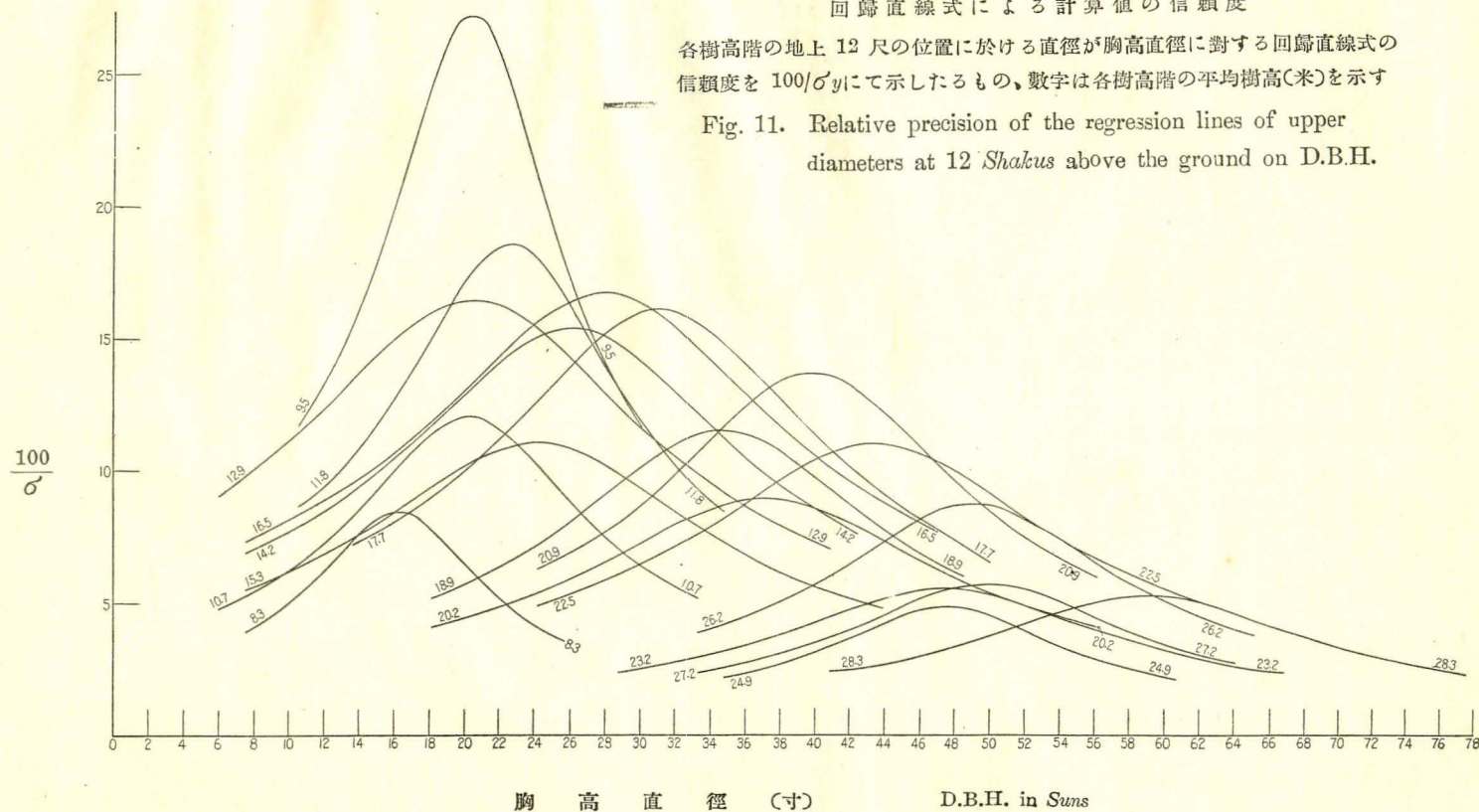


第 11 圖

回歸直線式による計算値の信頼度

各樹高階の地上 12 尺の位置に於ける直径が胸高直径に對する回歸直線式の信頼度を $100/\sigma_y$ にて示したるもの、數字は各樹高階の平均樹高(米)を示す

Fig. 11. Relative precision of the regression lines of upper diameters at 12 *Shakus* above the ground on D.B.H.



2米毎の位置に於ける上部直径が、樹高を異にするに従つて變化する状態を示す曲線であると考へなければならない。仍つてこの修正せられた曲線上より任意の樹高に對する各上部直径の値を読みとるときは、所要の樹高を有する樹木の地上2米毎の位置に於ける上部直径が得られるのである。本表作製に當つては樹高2米毎に對して読みとり、更に此の読みとりたる値を、各樹高階毎に、胸高直径に對する變化を調和せしむるやうに（直線關係になるやうに）修正し、其の修正した數値を用ひ更に同一胸高直径を有し、樹高を異にする場合の樹高に對する變化を修正し、再三反復繰り返してその修正の必要なきを認めた後、最後の數値を得たのである。

初め尺寸單位により實測せられた樹木各部の直径を基とし、それらの平均値と、胸高直径に對する關係とより、地上任意の位置に於ける上部直径の變化を胸高直径に對する直線式で表はし、之によりて上部直径を算出する方法は著者の創案によるものであるが、その後の修正法は諸先輩の著書に詳細に述べられてゐるので茲には單にその順序を記述するに留めたのである。

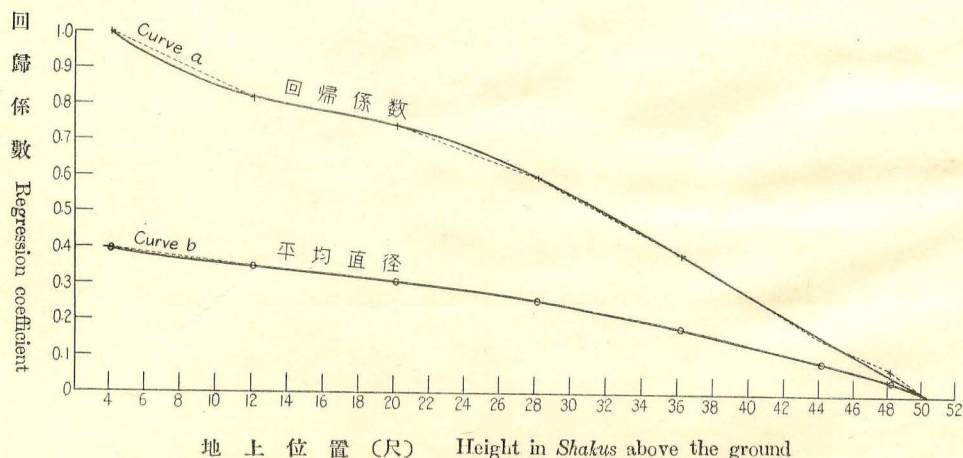
四、細 り 早 見 表

以上記述したる順序を経て調製したものが次の早見表であるが、針葉樹木材規格による素材の分け方に従ひ、小丸太、中丸太、大丸太の區分點である末口 20 糎及 30 糎の所迄の長を圖上より読みとり表示することにした。尚ほ各樹高階とも（樹高階 30 米のものは除く）括弧内の數値は直線を延長し圖上より求めたものであり、又樹高階 30 米のものは全部他の樹高階の傾向を延長して求めたものであることを附記しておく。（各產地別材料の胸高直径の範圍は第2—5表を参照せられたし）

第 12 圖

胸高直径に對する上部直径の回歸係數並上部直径の平均値（樹高階48.1—52.0 尺）

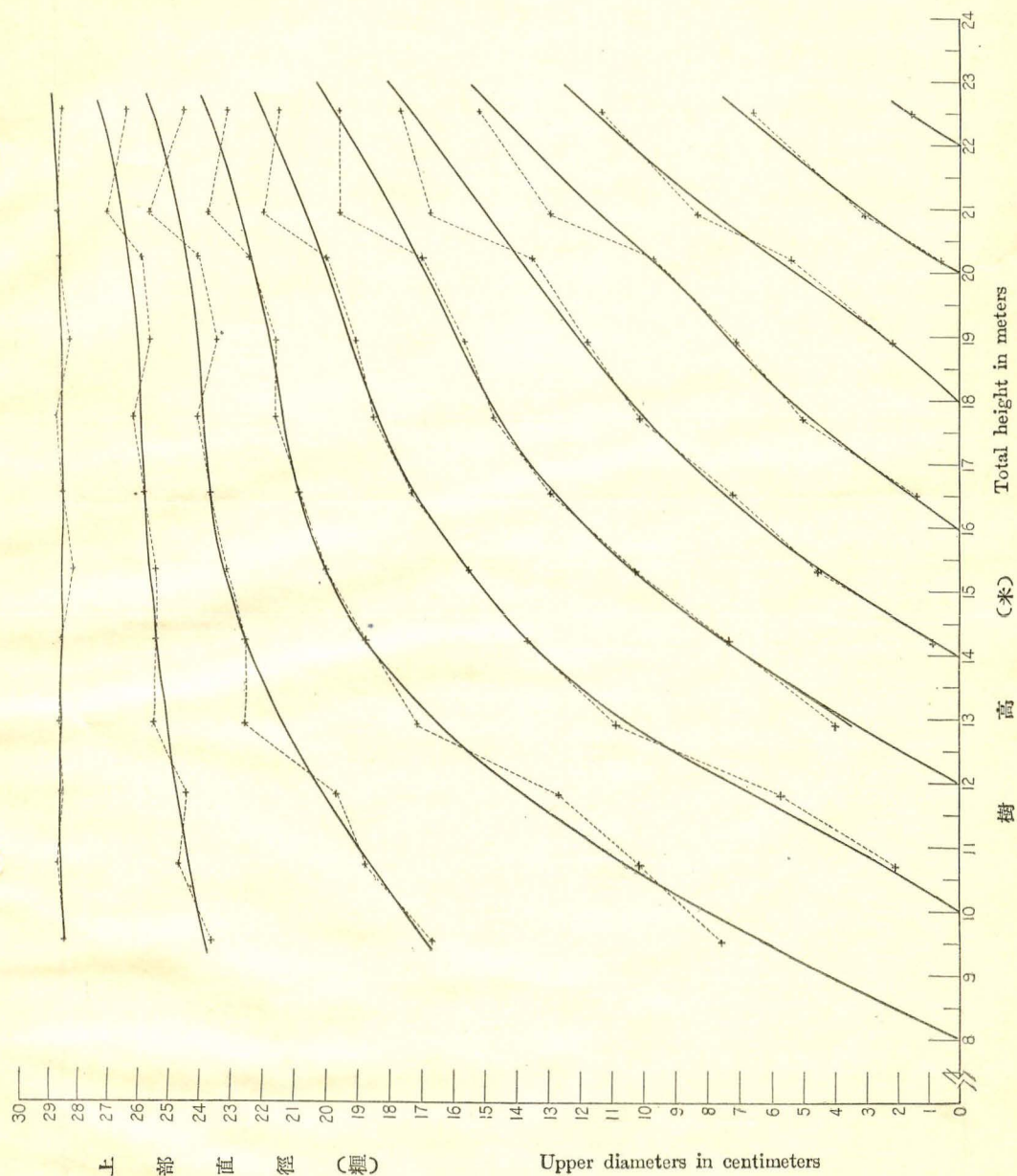
Fig. 12. Averages and regression coefficients of upper diameters on D.B.H., plotted against the height above the ground.



第 13 圖

樹高對上部直徑の關係 (胸高直徑階 30 厘のもの)

Fig. 13. Relation of upper diameters to the total height. (D.B.H. class 30 cm)



樹 高 8 米

地上位置 Height (m) 胸高 Diameter 直徑 breast height	2	4	6	末口 20 糎 迄の地上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口 30 糎 迄の地上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
(cm.) (6)	5.5	3.9	3.0		
8	7.4	5.5	3.8		
10	9.3	7.0	4.5		
12	11.2	8.6	5.3		
14	13.1	10.1	6.1		
16	15.0	11.7	6.9		
18	16.9	13.2	7.6		
20	18.8	14.8	8.4		
22	20.7	16.3	9.2	2.4	
24	22.6	17.9	10.0	3.2	
(26)	24.5	19.4	10.7	3.8	
(28)	26.4	21.0	11.5	4.2	
(30)	28.4	22.5	12.3	4.5	

樹 高 10 米

地上位置 Height (m) 胸高 Diameter 直徑 breast height	2	4	6	8	末口 20 糎 迄の地上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口 30 糎 迄の地上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
(cm.) (6)	5.7	4.4	3.0	2.0		
8	7.6	6.1	4.2	2.6		
10	9.5	7.7	5.4	3.2		
12	11.4	9.3	6.6	3.8		
14	13.3	10.9	7.8	4.4		
16	15.2	12.5	9.0	5.0		
18	17.1	14.2	10.2	5.7		
20	19.0	15.8	11.4	6.3		
22	20.9	17.4	12.6	6.9	2.5	
24	22.8	19.0	13.8	7.5	3.4	
26	24.7	20.6	15.1	8.1	4.2	
28	26.6	22.3	16.3	8.7	4.8	
30	28.5	23.9	17.5	9.3	5.2	
32	30.4	25.5	18.7	9.9	5.6	2.1
(34)	32.3	27.1	19.9	10.5	6.0	2.9
(36)	34.2	28.7	21.1	11.1	6.2	3.6

樹 高 12 米

地上位置 Height (m) 胸高 Diameter 直徑 breast height	2	4	6	8	10	末口 20 糎 迄の地上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口 30 糎 迄の地上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
(cm.)							
8	7.7	6.5	5.4	3.9	1.8		
10	9.6	8.2	6.8	4.9	2.4		
12	11.5	9.9	8.1	5.9	2.9		
14	13.4	11.5	9.5	6.9	3.5		
16	15.3	13.2	10.9	7.8	4.1		
18	17.2	14.9	12.2	8.8	4.7		
20	19.1	16.5	13.6	9.8	5.2		
22	21.0	18.2	15.0	10.8	5.8	2.7	
24	22.9	19.9	16.4	11.8	6.4	3.9	
26	24.7	21.5	17.7	12.8	7.0	4.8	
28	26.6	23.2	19.1	13.8	7.5	5.5	
30	28.5	24.9	20.5	14.8	8.1	6.1	
32	30.4	26.5	21.8	15.7	8.7	6.6	2.2
(34)	32.3	28.2	23.2	16.7	9.3	6.9	3.1
(36)	34.2	29.9	24.6	17.7	9.8	7.3	3.9

樹 高 14 米

地上位置 Height (m) 胸高 Diameter 直徑 breast height	2	4	6	8	10	12	末口 20 糎 迄の地上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口 30 糎 迄の地上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
(cm.)								
(8)	7.9	7.2	6.3	5.4	3.9	1.6		
10	9.8	8.9	7.8	6.6	4.8	2.1		
12	11.6	10.5	9.3	7.8	5.6	2.6		
14	13.5	12.2	10.8	9.0	6.5	3.1		
16	15.4	13.8	12.2	10.1	7.3	3.6		
18	17.3	15.5	13.7	11.3	8.2	4.1		
20	19.1	17.2	15.2	12.5	9.0	4.6		
22	21.0	18.8	16.7	13.7	9.9	5.0	2.9	
24	22.9	20.5	18.2	14.9	10.7	5.5	4.4	
26	24.8	22.1	19.7	16.1	11.6	6.0	5.7	
28	26.6	23.8	21.2	17.3	12.4	6.5	6.5	
30	28.5	25.4	22.6	18.5	13.3	7.0	7.2	
32	30.4	27.1	24.1	19.7	14.1	7.5	7.8	2.2
34	32.2	28.7	25.6	20.9	15.0	8.0	8.3	3.3
36	34.1	30.4	27.1	22.0	15.8	8.5	8.7	4.2
38	36.0	32.0	28.6	23.2	16.7	8.9	9.0	5.2
40	37.9	33.7	30.1	24.4	17.6	9.4	9.3	6.0
42	39.7	35.3	31.6	25.6	18.4	9.9	9.5	6.5
(44)	41.6	37.0	33.0	26.8	19.3	10.4	9.8	7.0
(46)	43.5	38.7	34.5	28.0	20.1	10.9	10.0	7.4

樹 高 16 米

地上位置 Height (m) 胸高Diameter 直徑breast height	2	4	6	8	10	12	14	末口20 厘米の 地上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口30 厘米の 地上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
(10)	9.9	9.2	8.6	7.6	6.4	5.1	3.0		
12	11.7	10.8	10.1	8.9	7.5	5.7	3.3		
14	13.6	12.5	11.5	10.2	8.5	6.4	3.6		
16	15.4	14.1	13.0	11.5	9.5	7.0	3.9		
18	17.3	15.8	14.5	12.8	10.5	7.7	4.3		
20	19.2	17.4	15.9	14.1	11.6	8.4	4.6		
22	21.0	19.1	17.4	15.4	12.6	9.0	4.9	3.1	
24	22.9	20.7	18.9	16.7	13.6	9.7	5.2	4.9	
26	24.8	22.4	20.3	18.0	14.6	10.4	5.6	6.3	
28	26.6	24.0	21.8	19.3	15.6	11.0	5.9	7.4	
30	28.5	25.7	23.3	20.6	16.7	11.7	6.2	8.3	
32	30.4	27.4	24.8	22.0	17.7	12.4	6.5	8.9	2.3
34	32.2	29.0	26.2	23.1	18.7	13.0	6.8	9.4	3.4
36	34.1	30.7	27.7	24.4	19.7	13.7	7.2	9.9	4.5
38	36.0	32.3	29.2	25.7	20.7	14.4	7.5	10.2	5.4
40	37.8	34.0	30.7	27.0	21.8	15.0	7.8	10.5	6.3
42	39.7	35.6	32.1	28.3	22.8	15.7	8.1	10.8	7.0
(44)	41.6	37.3	33.6	29.6	23.8	16.4	8.5	11.0	7.8
(46)	43.4	38.9	35.1	30.9	24.8	17.0	8.8	11.2	8.3
(48)	45.3	40.6	36.5	32.2	25.9	17.7	9.1	11.4	8.7
(50)	47.2	42.2	38.0	33.5	26.9	18.4	9.4	11.5	9.0
(52)	49.0	43.9	39.5	34.8	27.9	19.0	9.7	11.6	9.2

樹 高 18 米

地上位置 Height (m)	2	4	6	8	10	12	14	16	末口20 糎迄の 地上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口30 糎迄の 地上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
胸高 直径 Diameter breast height (cm.) (14)	13.8	13.0	12.2	11.3	10.0	8.1	5.5	3.0		
16	15.6	14.6	13.6	12.5	11.1	9.0	6.1	3.3		
18	17.5	16.3	15.1	13.8	12.2	9.8	6.7	3.6		
20	19.3	17.9	16.6	15.1	13.3	10.7	7.3	3.9		
22	21.2	19.5	18.0	16.4	14.4	11.6	8.0	4.2	3.3	
24	23.0	21.1	19.5	17.7	15.5	12.4	8.6	4.5	5.4	
26	24.9	22.7	21.0	18.9	16.6	13.3	9.2	4.8	7.0	
28	26.7	24.3	22.4	20.2	17.7	14.2	9.7	5.1	8.2	
30	28.6	26.0	23.9	21.5	18.7	15.0	10.5	5.5	9.1	
32	30.4	27.6	25.4	22.8	19.8	15.9	11.1	5.8	9.8	2.3
34	32.3	29.2	26.8	24.0	20.9	16.8	11.8	6.1	10.4	3.4
36	34.1	30.8	28.3	25.3	22.0	17.6	12.4	6.4	10.9	4.6
38	36.0	32.4	29.8	26.6	23.1	18.5	13.0	6.7	11.3	5.8
40	37.8	34.0	31.2	27.9	24.2	19.4	13.6	7.0	11.7	6.6
42	39.7	35.7	32.7	29.2	25.3	20.2	14.3	7.3	12.0	7.5
44	41.5	37.3	34.2	30.4	26.4	21.1	14.9	7.6	12.3	8.2
46	43.4	38.9	35.6	31.7	27.4	22.0	15.5	7.9	12.6	8.8
48	45.2	40.5	37.1	33.0	28.5	22.8	16.2	8.2	12.8	9.3
50	47.1	42.1	38.6	34.3	29.6	23.7	16.8	8.6	13.0	9.8
52	48.9	43.7	40.0	35.5	30.7	24.6	17.4	8.9	13.2	10.2
(54)	50.8	45.4	41.5	36.8	31.8	25.4	18.1	9.2	13.4	10.5
(56)	52.6	47.0	43.0	38.1	32.9	26.3	18.7	9.5	13.6	10.8

樹 高 20 米

地上位置 Height (m)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	末口20 m 樹高の 地上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口30 m 樹高の 地上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
胸高 直径 (cm.)	20	19.5	18.5	17.2	15.8	14.2	12.2	10.4	7.6	4.5	
22	21.4	20.0	18.6	17.1	15.4	13.2	11.0	8.0	4.7	4.0	
24	23.2	21.6	20.0	18.4	16.5	14.1	11.7	8.3	4.8	6.0	
26	25.1	23.1	21.4	19.7	17.6	15.1	12.3	8.7	5.0	7.7	
28	26.9	24.7	22.8	21.0	18.8	16.0	13.0	9.0	5.1	8.9	
30	28.8	26.2	24.2	22.2	19.9	17.0	13.7	9.4	5.3	9.9	
32	30.6	27.8	25.6	23.5	21.0	17.9	14.3	9.8	5.4	10.7	2.4
34	32.4	29.3	27.0	24.8	22.2	18.8	15.0	10.1	5.5	11.3	3.6
36	34.3	30.9	28.4	26.1	23.3	19.8	15.6	10.5	5.7	11.9	4.7
38	36.1	32.4	29.8	27.4	24.4	20.7	16.3	10.8	5.8	12.3	5.9
40	38.0	34.0	31.2	28.7	25.6	21.7	16.9	11.2	6.0	12.7	7.0
42	39.8	35.5	32.6	29.9	26.7	22.6	17.6	11.5	6.1	13.0	7.9
44	41.7	37.1	34.0	31.2	27.8	23.6	18.2	11.9	6.2	13.3	8.7
46	43.5	38.6	35.4	32.5	29.0	24.5	18.9	12.2	6.4	13.6	9.4
48	45.3	40.2	36.8	33.8	30.1	25.5	19.5	12.6	6.5	13.8	10.1
50	47.2	41.7	38.2	35.1	31.3	26.4	20.2	13.0	6.7	14.1	10.5
52	49.0	43.3	39.6	36.	32.4	27.4	20.8	13.3	6.8	14.2	10.9
54	50.9	44.8	41.0	37.6	33.5	28.3	21.5	13.7	7.0	14.4	11.3
56	52.7	46.4	42.4	38.9	34.7	29.2	22.2	14.0	7.1	14.5	11.7
58	54.6	47.9	43.8	40.2	35.8	30.2	22.8	14.4	7.2	14.7	12.1
60	56.4	49.5	45.2	41.5	36.9	31.1	23.5	14.7	7.4	14.8	12.3

樹 高 22 米

地上位置 Height(m) 胸高 直径 Diameter breast height	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	末口20 厘米の 地上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口30 厘米の 地上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
(cm.) (22)	21.5	20.9	19.8	18.3	17.0	15.8	14.8	12.8	9.7	5.3	5.6	
(24)	23.4	22.4	21.2	19.6	18.2	16.8	15.4	13.2	9.9	5.4	7.6	
26	25.2	24.0	22.6	20.9	19.3	17.7	16.0	13.5	10.1	5.5	9.2	
28	27.1	25.5	24.0	22.2	20.5	18.6	16.7	13.9	10.3	5.7	10.4	
30	28.9	27.1	25.3	23.5	21.6	19.5	17.3	14.3	10.5	5.8	11.5	
32	30.8	28.6	26.7	24.8	22.8	20.4	17.9	14.6	10.7	5.9	12.3	2.7
34	32.6	30.1	28.1	26.1	23.9	21.3	18.6	15.0	10.9	6.0	13.0	4.2
36	34.5	31.7	29.5	27.4	25.1	22.2	19.2	15.4	11.1	6.1	13.5	5.5
38	36.3	33.2	30.9	28.7	26.2	23.1	19.8	15.7	11.3	6.3	13.9	6.8
40	38.2	34.8	32.4	30.0	27.4	24.1	20.4	16.1	11.6	6.4	14.2	8.0
42	40.0	36.3	33.7	31.3	28.5	25.0	21.1	16.5	11.8	6.5	14.5	9.0
44	41.9	37.8	35.1	32.6	29.7	25.9	21.7	16.8	12.0	6.6	14.7	9.8
46	43.7	39.4	36.4	33.9	30.8	26.8	22.3	17.2	12.2	6.7	14.9	10.4
48	45.6	40.9	37.8	35.2	32.0	27.7	23.0	17.6	12.4	6.9	15.1	10.9
50	47.4	42.5	39.2	36.5	33.1	28.6	23.6	17.9	12.6	7.0	15.3	11.3
52	49.3	44.0	40.6	37.8	34.3	29.5	24.2	18.3	12.8	7.1	15.4	11.8
54	51.1	45.6	42.0	39.0	35.4	30.4	24.9	18.7	13.0	7.2	15.5	12.1
56	53.0	47.1	43.4	40.3	36.6	31.3	25.5	19.0	13.2	7.3	15.7	12.4
58	54.8	48.6	44.8	41.6	37.7	32.3	26.1	19.4	13.4	7.5	15.8	12.7
60	56.7	50.2	46.2	42.9	38.9	33.2	26.7	19.8	13.6	7.6	15.9	13.0
62	58.6	51.7	47.5	44.2	40.0	34.1	27.4	20.1	13.8	7.7	16.0	13.2
64	60.4	53.3	48.9	45.5	41.2	35.0	28.0	20.5	14.0	7.8	16.1	13.4
(66)	62.3	54.8	50.3	46.8	42.3	35.9	28.6	20.9	14.2	7.9	16.2	13.6
(68)	64.1	56.3	51.7	48.1	43.5	36.8	29.3	21.3	14.4	8.1	16.3	13.8

樹 高 24 米

地上位置 Height (m) 胸高直径 Diameter breast height	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	末口20 m 20 cm の 地上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口30 m 30 cm の 地上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
(cm.)													
28	27.6	26.5	24.9	23.1	21.2	19.3	17.7	15.9	13.6	9.9	5.4	11.2	
30	29.4	28.1	26.3	24.4	22.4	20.3	18.6	16.6	14.0	10.2	5.5	12.4	
32	31.2	29.6	27.7	25.8	23.7	21.4	19.5	17.2	14.4	10.4	5.7	13.4	3.4
34	33.0	31.1	29.1	27.1	24.9	22.5	20.4	17.9	14.8	10.7	5.8	14.2	5.0
36	34.8	32.6	30.5	28.4	26.1	23.6	21.3	18.6	15.2	10.9	5.9	14.9	6.4
38	36.7	34.1	31.9	29.7	27.4	24.7	22.1	19.2	15.6	11.2	6.1	15.4	7.7
40	38.5	35.6	33.3	31.1	28.6	25.7	23.0	19.9	16.0	11.5	6.2	15.9	8.8
42	40.3	37.1	34.6	32.4	29.8	26.8	23.9	20.5	16.4	11.7	6.4	16.3	9.8
44	42.1	38.6	36.0	33.7	31.1	27.9	24.8	21.2	16.8	12.0	6.5	16.6	10.7
46	43.9	40.2	37.4	35.0	32.3	29.0	25.7	21.8	17.2	12.2	6.7	16.8	11.4
48	45.8	41.7	38.8	36.3	33.5	30.1	26.6	22.5	17.6	12.5	6.8	17.0	12.0
50	47.6	43.2	40.2	37.7	34.8	31.1	27.5	23.2	18.0	12.7	6.9	17.2	12.6
52	49.4	44.7	41.6	39.0	36.0	32.2	28.4	23.8	18.4	13.0	7.1	17.4	13.2
54	51.2	46.2	43.0	40.3	37.2	33.3	29.2	24.5	18.8	13.2	7.2	17.6	13.6
56	53.0	47.7	44.4	41.6	38.5	34.4	30.1	25.1	19.1	13.5	7.4	17.7	14.0
58	54.9	49.2	45.8	43.0	39.7	35.5	31.0	25.8	19.5	13.7	7.5	17.9	14.4
60	56.7	50.7	47.2	44.3	40.9	36.5	31.9	26.5	19.9	14.0	7.7	18.0	14.7
62	58.5	52.3	48.6	45.6	42.2	37.6	32.8	27.1	20.3	14.2	7.8	18.1	14.9
64	60.3	53.8	50.0	46.9	43.4	38.7	33.7	27.8	20.7	14.5	7.9	18.2	15.2
66	62.1	55.3	51.3	48.3	44.6	39.8	34.6	28.4	21.1	14.8	8.1	18.3	15.4
68	64.0	56.8	52.7	49.6	45.9	40.9	35.5	29.1	21.5	15.0	8.2	18.4	15.7
70	65.8	58.3	54.1	50.9	47.1	41.9	36.4	29.7	21.9	15.3	8.4	18.5	15.9
(72)	67.6	59.8	55.5	52.2	48.3	43.0	37.2	30.4	22.3	15.5	8.5	18.6	16.1

樹 高 26 米

地上位置 Height (m) 胸高直径 Diameter breast height	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	末口20 糺迄の 地上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口30 糺迄の 地上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
(cm.)														
(34)	33.2	31.1	29.3	27.2	25.3	23.3	21.1	18.8	16.4	13.2	9.2	5.0	15.0	5.2
36	35.0	32.7	30.8	28.7	26.6	24.5	22.2	19.7	17.1	13.7	9.6	5.1	15.8	6.7
38	36.9	34.3	32.3	30.1	28.0	25.7	23.3	20.6	17.8	14.2	9.9	5.2	16.4	8.0
40	38.7	35.9	33.8	31.6	29.3	27.0	24.4	21.5	18.5	14.8	10.2	5.4	17.0	9.3
42	40.5	37.5	35.3	33.0	30.7	28.2	25.5	22.4	19.2	15.3	10.6	5.5	17.5	10.5
44	42.3	39.1	36.8	34.5	32.0	29.4	26.6	23.4	19.8	15.8	10.9	5.7	17.9	11.4
46	44.2	40.7	38.3	35.9	33.4	30.6	27.7	24.3	20.5	16.3	11.3	5.8	18.2	12.3
48	46.0	42.3	39.8	37.4	34.8	31.8	28.8	25.2	21.2	16.8	11.6	6.0	18.5	13.1
50	47.8	43.9	41.3	38.8	36.1	33.0	29.9	26.1	21.9	17.3	12.0	6.1	18.8	13.8
52	49.6	45.5	42.8	40.3	37.5	34.2	30.9	27.0	22.6	17.8	12.3	6.2	19.1	14.4
54	51.5	47.1	44.3	41.7	38.8	35.4	32.0	27.9	23.2	18.3	12.6	6.4	19.3	15.0
56	53.3	48.7	45.7	43.2	40.2	36.6	33.1	28.9	23.9	18.9	13.0	6.5	19.5	15.5
58	55.1	50.3	47.2	44.6	41.5	37.9	34.2	29.8	24.6	19.4	13.3	6.7	19.7	15.9
60	57.0	51.9	48.7	46.1	42.9	39.1	35.3	30.7	25.3	19.9	13.7	6.8	19.9	16.3
62	58.8	53.5	50.2	47.5	44.2	40.3	36.4	31.6	26.0	20.4	14.0	7.0	20.1	16.6
64	60.6	55.1	51.7	49.0	45.6	41.5	37.5	32.5	26.6	20.9	14.3	7.1	20.2	16.8
66	62.4	56.7	53.2	50.4	46.9	42.7	38.6	33.4	27.3	21.4	14.7	7.2	20.4	17.1
68	64.3	58.3	54.7	51.9	48.3	43.9	39.7	34.4	28.0	21.9	15.0	7.4	20.5	17.3
70	66.1	59.9	56.2	53.3	49.7	45.1	40.8	35.3	28.7	22.4	15.4	7.5	20.7	17.5

樹 高 28 米

地上位置 Height (m)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	末口20 釐迄の 樹上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口30 釐迄の 樹上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
胸高直径 Diameter breast height (cm.)															
(40)	38.6	36.0	33.8	31.9	29.9	27.3	24.9	22.2	19.2	15.7	11.8	7.9	4.3	17.5	9.9
(42)	40.4	37.7	35.5	33.4	31.4	28.7	26.1	23.3	20.2	16.6	12.5	8.4	4.5	18.1	11.0
44	42.3	39.4	37.1	35.0	32.8	30.0	27.4	24.5	21.2	17.5	13.2	8.9	4.6	18.6	12.0
46	44.2	41.1	38.8	36.5	34.2	31.4	28.7	25.6	22.2	18.3	13.9	9.3	4.8	19.1	13.0
48	46.1	42.7	40.4	38.1	35.6	32.7	29.9	26.7	23.2	19.2	14.6	9.8	5.0	19.6	13.9
50	48.0	44.4	42.1	39.7	37.1	34.1	31.2	27.8	24.2	20.1	15.3	10.2	5.1	20.1	14.7
52	49.9	46.1	43.7	41.2	38.5	35.5	32.5	29.0	25.2	21.0	16.0	10.7	5.3	20.4	15.4
54	51.8	47.8	45.4	42.8	39.9	36.8	33.7	30.1	26.2	21.9	16.7	11.2	5.4	20.7	16.0
56	53.6	49.5	47.0	44.3	41.4	38.2	35.0	31.2	27.2	22.8	17.4	11.6	5.6	21.0	16.6
58	55.5	51.2	48.7	45.9	42.8	39.5	36.2	32.3	28.2	23.6	18.1	12.1	5.8	21.3	17.1
60	57.4	52.9	50.3	47.4	44.2	40.9	37.5	33.5	29.2	24.5	18.8	12.5	5.9	21.6	17.6
62	59.3	54.6	52.0	49.0	45.7	42.2	38.8	34.6	30.2	25.4	19.5	13.0	6.1	21.8	18.0
64	61.2	56.2	53.6	50.5	47.1	43.6	40.0	35.7	31.2	26.3	20.2	13.5	6.2	22.0	18.4
66	63.1	57.9	55.3	52.1	48.5	44.9	41.3	36.8	32.1	27.2	20.9	13.9	6.4	22.2	18.8
68	65.0	59.6	56.9	53.6	49.9	46.3	42.5	37.9	33.1	28.0	21.6	14.4	6.6	22.4	19.2
70	66.9	61.3	58.6	55.2	51.4	47.6	43.8	39.1	34.1	28.9	22.3	14.8	6.7	22.6	19.5
72	68.7	63.0	60.2	56.7	52.8	49.0	45.1	40.2	35.1	29.8	23.0	15.3	6.9	22.8	19.8
(74)	70.6	64.7	61.9	58.3	54.2	50.3	46.3	41.3	36.1	30.7	23.7	15.8	7.0	22.9	20.1

樹 高 30 米

地上位置 Height (m) 胸高直径 Diameter breast height (cm.)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	末口20 厘米の 地上高 Height to a point where the diameter is 20 cm.	末口30 厘米の 地上高 Height to a point where the diameter is 30 cm.
(46)	44.4	41.0	39.2	37.0	34.8	31.9	29.3	26.3	23.0	19.1	14.5	10.5	6.6	2.8	19.4	13.7
(48)	46.3	42.8	40.9	38.6	36.2	33.4	30.6	27.5	24.1	20.2	15.6	11.3	7.1	3.0	20.0	14.5
(50)	48.2	44.6	42.6	40.2	37.7	34.8	32.0	28.7	25.3	21.3	16.7	12.1	7.6	3.3	20.6	15.2
(52)	50.1	46.3	44.4	41.8	39.2	36.2	33.3	29.9	26.5	22.5	17.8	12.9	8.0	3.6	21.0	16.0
(54)	52.0	48.1	46.1	43.4	40.7	37.6	34.7	31.2	27.6	23.6	18.8	13.8	8.5	3.8	21.5	16.7
(56)	53.9	49.9	47.8	45.0	42.1	39.1	36.1	32.4	28.8	24.7	19.9	14.6	8.9	4.1	22.0	17.3
(58)	55.8	51.7	49.5	46.6	43.6	40.5	37.4	33.6	30.0	25.8	21.0	15.4	9.4	4.4	22.3	17.9
(60)	57.7	53.4	51.2	48.2	45.1	41.9	38.8	34.8	31.1	26.9	22.1	16.2	9.8	4.6	22.7	18.6
(62)	59.6	55.2	52.9	49.8	46.6	43.3	40.1	36.0	32.3	28.0	23.1	17.0	10.3	4.9	23.0	19.2
(64)	61.5	57.0	54.6	51.4	48.0	44.8	41.5	37.3	33.5	29.1	24.2	17.9	10.7	5.2	23.3	19.8
(66)	63.4	58.7	56.3	53.0	49.5	46.2	42.9	38.5	34.6	30.2	25.3	18.7	11.2	5.4	23.6	20.2
(68)	65.3	60.5	58.0	54.6	51.0	47.6	44.2	39.7	35.8	31.3	26.3	19.5	11.7	5.7	23.9	20.6
(70)	67.2	62.3	59.8	56.2	52.5	49.1	45.6	40.9	37.0	32.5	27.4	20.3	12.1	6.0	24.1	21.0

On the construction of taper tables for the Kuromatsu

(*Pinus Thunbergii* Parl). (Résumé).

By

KANAME SEINO.

There are wide variations in the form of the tree bole due to variations in the rates of diminution in diameter from the base to the tip of the tree. This progressive diminution in diameter is known as taper. This paper is intended to investigate the taper of the Kuromatsu (*Pinus Thunbergii* Parl.) and to compile its taper tables.

Basic Data. The data upon which this study is based are measurements of 1000 trees, covering a range of age from 20 to 150 years by the annual rings on the stump.

Diameters at breast height were measured at 4 *Shakus* above the ground, and diameters at upper portions of the stem were measured at intervals of 8 *Shakus* from the breast height. All these measurements were taken with calipers outside the bark in *Sun* units, and the average of two measurements at right angles at each height is recorded to the nearest tenth of 1 *Sun*.

For simplicity we shall use the abbreviate "D. B. H." for diameter at breast height, and "upper diameters" for these diameters at upper portions of the stem.

The height of every tree was measured with tape to the nearest tenth of 1 *Shaku* after felling.

The distribution of the trees by D. B. H. and total height classes are given in Tables 2—5. In these tables diameter and height classes are grouped in metric system according to the classifications in Table 1 a, b.

The analysis of the data for (1) age by the annual rings on the stump, (2) diameter and height growth, and (3) the proportion of clear length to the total height, are shown in Table 6 and in Figures 1—3.

Construction of taper tables. As the data were collected in *Shaku-Kwan* system for volume study, the records are classified by total height classes of 4 *Shakus*. Within each class where there is a sufficient number of trees for grouping, the relationship between upper diameters at the same height above the ground and D. B. H. are studied, and the measures of relationship are computed.

The results of these computations are given in Tables 7—9. The following is an example of the results for the class 44.1—48.0 *Shakus*.

Measures of correlation Height of measurement	Correlation Coefficients	Correlation ratios		Test of linearity for correlations		Standard errors of the estimated values
		of upper diameters on D. B. H.	of D.B.H. on upper diameters	of upper diameters on D.B.H.	of D.B.H. on upper diameters	
at 12 <i>Shakus</i> above the ground	0.974±0.006	0.983±0.002	0.986±0.003	1.46	1.91	0.591
" 20 " "	0.958±0.009	0.973±0.003	0.969±0.007	2.38	1.73	0.669
" 28 " "	0.898±0.021	0.942±0.004	0.950±0.001	6.66	8.00	0.858
" 36 " "	0.793±0.041	0.793±0.006	0.818±0.036	4.63	3.40	0.657

These results show that there is very good linear relation between upper diameters and D. B. H., so that the upper diameters can be estimated from D. B. H. by linear equations fairly well.

Within each height class, the results in tables 8 and 9 are then cast into a rough chart using the average of total heights of all trees in the class. The independent variable or the abscissa is the height in *Shakus*, and the dependent variables or the ordinates are average diameter in *Suns*, and regression coefficients at each height. Those constants for breast height and for the tip of the bole are also plotted in this chart. (It is naturally thought that the regression coefficients for D. B. H. and for the tip of the bole are 1.0 and 0.0 respectively.)

Smoothing the curves on their main trend by eye, two series of curves are obtained; one shows the progressive variations of regression coefficients of upper diameters on D. B. H., (Curve a.) the other shows the average form of tree boles in each class (Curve b.).

From these curves, we can read the average upper diameters and the regression coefficients corresponding to the height at every 6.6 *Shakus* or 2 meters from the ground. Using these readings at every 2 meters (after converting the diameter readings into centimeter units) determine the regression equations of upper diameters on D. B. H. in metric system so as to pass through the points on the curve of average form (Curve b.). Each of these regressions gives the upper diameter at every 2 meters of the tree bole from the ground for any D. B. H. in each height class. In this study the upper diameters are estimated for even centimeter D. B. H..

Now taking the corresponding upper diameters thus estimated for the trees of the same D. B. H., but in different height classes as ordinates, and the average total height of each height class as abscissa, second charts are constructed.

As is shown in Fig. 13 there are some irregularities on each curve, and in order to smooth out such irregularities, the weights of the estimated values by the regression equations are considered. In Fig. 11 the weights are plotted on D. B. H. for diameters at 12 *Shakus* above the ground in each height class, and practically they are supposed to represent approximately the relative weights of the estimated values for diameters at other upper portions of the tree.

Being smoothed such irregularities, divide the abscissa or the height at every 2 meters. At each of these points on the abscissa erect a perpendicular and prolong it until it intersects the curves representing the diameters at every 2 meters above the ground. This is done for each D. B. H., and these intersections give diameter readings for the taper tables.

Before we can cast these readings into a table, it is necessary to harmonize the tapers based on them for trees of different D. B. H. within each height class.

This can be readily done by plotting them on D. B. H. and joining by straight lines these readings at the same height.

Thus we have compiled taper tables in metric system on the base of the data in *Shaku-Kwan* units.