

ヒノキの胸高形数表について

福 永 鴻 介*

On the Breast-Height Form-Factor-Table of "Hinoki"

By

KOSUKE FUKUNAGA

本学附属大枝演習林は、京都市の周辺をめぐる西南部の丘陵地帯にある面積130余陌の森林であつて、主にアカマツ天然林とスギ、ヒノキの人工林から成立つている。現在施業の中心をなすものは、毎年行われる新補植、既往造林地の除伐、間伐および下刈枝打ちなどの撫育作業である。所要経費の大部分は造林補助金と間伐材の処分によつて賄われるので、事業的には極めて順調に進行している。

演習林においては、従来間伐木の材積は、胸高直径6糎以上のものを実測し、一般形数表によつて算出する方法を採つているが、これらの間伐木材積にしても或は残存立木材積にしても、一般形数表を用いるよりも、局部的にきめた形数表に基いて材積を算出し又は直接材積表を調製しこれを使用すれば現在よりも実材積に近い値が得られる。然し形数表並に材積表を調製するには、多数の必要な立木を伐採せねばならぬ。よつてなるべく立木の犠牲を少なくするために、間伐木を利用することにし特に本数の不足せる直径階では間伐木以外のものをも伐採し、過去3年間に亘つて材料の蒐集につとめた。斯様に努力したにも拘らず、大径木に属する材料はなお不足を告げ、取纏めに当つて多少不備の点があつたけれども、現在手許に整理した254本の材料に基いてヒノキの形数表を調製した次第であつて、将来材料が豊富に集つた場合は再検討を加える積りである。

従来材積表を調製するには、数学的方程式を用い多数の実測値から常数を決定し、得たる実験式によつてこれを示すのが通則であるが、材積は断面積、樹高および形数の相乗積で表わされるから胸高形数 f を決定すれば材積を求めることが出来る。一般に形数表を作るには胸高形数を樹高と胸高直径との函数とするか、樹高或は胸高直径の何れが一方と形状指数との函数とするか、その他直径率と樹高との函数とするなど種々の方法を探つている。

さて樹高を等しくする種々なる胸高直径を有する樹木の形数値を平均し、これを樹高の函数として示した場合の胸高形数と、また直径の等しい種々なる樹高を持つ樹木の平均形数値を胸高直径の函数として示した場合の胸高形数との両者については、種々論議がある。然し理論上相互間には大なる相違はないとも言われる。従つて実際上は何れを使用しても差支なく、また両者の形数から計算せられた二つの材積も、その何れを採るべきかは使用者の選択に俟つべきもので、材積計算の上には大なる相違はないと考えるが、後述するように林分の構成状態によ

* 西京大学農学部附属演習林

つては区別すべきであると思う。

調製材料としては、間伐の際各単木について地上 1.3 m に当る幹径の長短両径の平均値を求め、幹まで測り、樹高は単位米以下一位まで求め、次に 1.3 m 以上の幹部を 2 m 毎に区分し、フーベル式によつて求積し単位立方米以下五位まで算出したものを四捨五入して四位に止めた。以上の材料を便宜上胸高直径は 2 cm、樹高は 0.5 m の括約を行つて整理したものが第 1 表である。なお実測による単木材積の平均値は第 2 表の通りである。

この第 2 表の平均実測材積は、夫々の樹高と胸高直径から円柱材積（円面積は平方米を単位とし単位以下五位を四捨五入して四位に止め、これに米単位の高さを乗したるもの）を求め、その比率を計算して胸高形数を見出し、これを第 3 表に掲げた。次に第 3 表の形数を樹高の函数として点綴すると、その中間を通る線は曲線を描くが形数と樹高の相乗積を同じく樹高の函数として図示すれば直線となるのである。この直線式を $FH=a+bH$ で表わし、実測値から a, b の常数を求めらる。

$$\frac{d}{da} \Sigma(FH - a - bH)^2 = 0$$

$$\Sigma[2FH - a - bH](-1) = 0.$$

$$\Sigma FH = na + b\Sigma H \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{d}{db} \Sigma(FH - a - bH)^2 = 0$$

$$\Sigma[2FH - a - bH](-H) = 0$$

$$\Sigma HFH = a\Sigma H + b\Sigma H^2 \dots\dots\dots(2)$$

(1) 式と (2) 式とを解けば

$$a = 0.7760$$

$$b = 0.4441$$

この a, b の数値を直線式に入れると

$$FH = 0.7760 + 0.4441 H$$

$$F/H = 0.4441 + \frac{0.7760}{H}$$

この式は樹高に対する胸高形数を求める実験式であつて、胸高直径を函数とする場合の胸高形数を求める式もまた同じ方法で直線式 $FD=a+bD$ で表わされる。この実験式を得るには a, b の常数を決定すればよい。

$$\frac{d}{da} \Sigma(FD - a - bD)^2 = 0$$

$$\Sigma[2(FD - a - bD)](-1) = 0.$$

$$\Sigma FD = na + b\Sigma D \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{d}{db} \Sigma(FD - a - bD)^2 = 0$$

$$\Sigma[2FD - a - bD](-D) = 0$$

$$\Sigma DFD = a\Sigma D + b\Sigma D^2 \dots\dots\dots(2)$$

(1) 式と (2) 式から

$$a=1.2615$$

$$b=0.4091$$

$$FD=1.2615+0.4091D$$

$$F(D)=0.4091+\frac{1.2615}{D}$$

$F(H)=0.4441+\frac{0.7760}{H}$ 右式の H に樹高の数値を入れて胸高形数を算出し、これと実測胸高形数との誤差を求めると第4表のようになり、また $F(D)=0.4091+\frac{1.2615}{D}$ の式に胸高直径の数値をあてはめて計算した胸高形数と実測胸高形数との誤差は第5表に示す通りになる。両表から誤差の範囲を知るために確率誤差を求めると、前者の場合は $P.E.=\pm 0.0137$ 後者の場合は $P.E.=\pm 0.0192$ となつて、前者の方が狭いことがわかる。 $F(H)$ と $F(D)$ によつて求めた形数は第6表に取纏め、参考として $F(H)$ によつて算出した材積を第7表に、 $F(D)$ から求めた材積を第8表に、夫々表示しておいた。

最後に一林分の立木材積を測定する場合には、通常樹高を目測し直径を実測するからややもすると樹高には誤差を生ずるおそれがある。斯様な場合は樹高の函数として求めた形数を適用するよりも寧ろ直径の函数とした形数を用いるべきではあるまいか。然し一般に樹高差が大なる林分材積を測定する場合は $F(H)$ を用い、之に反する場合は $F(D)$ を用いる方が実際問題として適當であると思われる。

Summary

This study was carried out from 1948 to 1950, at Oe experiment forest, to find the breast height form-factors for single trees of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* ENDLICHER).

The data were obtained from 254 cutting trees of the cultivated pure stand by Huber's sectional measurement. The sample trees used in this study, particularly the large diameter class trees, were not plenty to research on this subject, but from the data at present, we have had the following results.

- (1) In practically, there is no much difference between the stem volumes which calculated by $F(H)$ and $F(D)$.
- (2) In the irregular height stand or the uneven aged stand mixed by single trees, we can not measure easily the actual height of the individual tree for their closed canopies, and then it occurs often the error of height. Such a case, it seems to take $F(D)$ rather than $F(H)$.
- (3) For measurement of the stem volumes, it is used $F(H)$ generally, but if there is no effect of tree height, as we find occationary in an even aged stand, we ought to take $F(D)$, and it will be obtained more accurate value than calculated value by $F(H)$.

Table 1. Frequency distribution of sample trees

height (m) d.b.h. (cm)	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5
6	4	5	5	4	4	9	6	2				
8				3	3	9	12	13	6	2	3	
10				1	0	2	3	3	4	6	10	1
12					1	0	1	1	2	4	4	3
14							1	2	1	1	3	3
16												
18												
20												
22												
total	4	5	5	8	8	20	23	21	13	13	20	7

Table 2. Average actual stem-volume (m³)

H (m) D (cm)	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
6	0.0079	0.0091	0.0097	0.0114	0.0131	0.0145	0.0152	0.0161			
8				0.0166	0.0180	0.0201	0.0210	0.0234	0.0258	0.0298	0.0291
10				0.0254	—	0.0311	0.0310	0.0314	0.0362	0.0436	0.0411
12					0.0381	—	0.0578	0.0573	0.0453	0.0471	0.0553
14							0.0350	0.0661	0.0610	0.0771	0.0790
16											
18											
20											
22											

Table 3. Breast-height form-factors derived from

height (m) d.b.h. (cm)	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
6	0.5643	0.6067	0.5774	0.6264	0.6684	0.6905	0.6786	0.6765			
8				0.5108	0.5143	0.5360	0.5250	0.5506	0.5733	0.6274	0.5820
10				0.4912	—	0.5245	0.4905	0.4673	0.5091	0.5806	0.5146
12					0.4817	—	0.6394	0.5963	0.4454	0.4385	0.4889
14							0.2841	0.5050	0.4401	0.5270	0.5130
16											
18											
20											
22											
Total	0.5643	0.6067	0.5774	1.6314	1.6644	1.7510	2.6176	2.7957	1.9679	2.1735	2.0985
Average	0.5643	0.6067	0.5774	0.5438	0.5548	0.5837	0.5235	0.5591	0.4920	0.5434	0.5246

11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	total
										39
										51
3	1	2								36
7	9	2	7	3	1	1				46
7	3	4	7	0	7	4				43
2	2	4	4	3	2	4	6	3		30
1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	7
									1	1
									1	1
20	16	13	18	7	11	10	6	3	3	254

10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5
0.0480	0.0118	0.0529	0.0515							
0.0638	0.0657	0.0686	0.0709	0.0806	0.0831	0.0805	0.0793			
0.0821	0.0893	0.0828	0.0938	0.0943	—	0.1123	0.1154			
	0.1085	0.1046	0.1135	0.1050	0.1270	0.1286	0.1264	0.1484	0.1534	
	0.1261	0.1593	0.1273	—	0.1763	0.1745	0.1579	—	—	0.1837
										0.2622
										0.2497

actual stem volume

10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	Total	Average
											50.888	0.6361
											44.194	0.5524
0.5783	0.4810	0.5820	0.5432								57.653	0.5241
0.5375	0.5286	0.5277	0.5229	0.5704	0.5657	0.5275	0.5013				73.718	0.5266
0.5077	0.5272	0.4675	0.5076	0.4899	—	0.5402	0.5353				58.446	0.4871
	0.4907	0.4524	0.4706	0.4178	0.4860	0.4738	0.4492	0.5091	0.5088		42.584	0.4732
	0.4496	0.5431	0.4160	—	0.5318	0.5068	0.4423	—	—	0.4647	33.543	0.4792
										0.5381	0.5381	0.5381
										0.4239	0.4239	0.4239
1.6235	2.4771	2.5727	2.4603	1.4781	1.5835	2.0483	1.9281	0.5091	0.5088	1.4267		
0.5412	0.4954	0.5145	0.4921	0.4927	0.5278	0.5121	0.4820	0.5091	0.5088	0.4756		

Table 4.

H (m)	actual b. h. form-factors F	F.H	H ²	H.F.H	calculated b. h. form-factors F(H)	Residual Δ	Δ^2
5.0	0.5643	2.822	25.00	14.110	0.5993	- 0.0350	0.00122500
5.5	0.6067	3.337	30.25	18.354	0.5852	+ 0.0215	46225
6.0	0.5774	3.464	36.00	20.784	0.5734	+ 0.0040	1600
6.5	0.5438	3.535	42.25	22.978	0.5635	- 0.0197	38809
7.0	0.5548	3.884	49.00	27.188	0.5550	- 0.0002	4
7.5	0.5837	4.378	56.25	32.835	0.5476	+ 0.0361	130321
8.0	0.5235	4.188	64.00	33.504	0.5411	- 0.0176	30976
8.5	0.5591	4.752	72.25	40.392	0.5354	+ 0.0237	56169
9.0	0.4920	4.428	81.00	39.852	0.5303	- 0.0383	146689
9.5	0.5134	5.162	90.25	49.039	0.5258	+ 0.0176	30976
10.0	0.5246	5.246	100.00	52.460	0.5217	+ 0.0029	841
10.5	0.5412	5.683	110.25	59.672	0.5180	+ 0.0232	53824
11.0	0.4954	5.449	121.00	59.939	0.5146	- 0.0192	36864
11.5	0.5145	5.917	132.25	68.046	0.5116	+ 0.0029	841
12.0	0.4921	5.905	144.00	70.860	0.5088	- 0.0167	27889
12.5	0.4927	6.159	156.25	76.988	0.5062	- 0.0135	18225
13.0	0.5278	6.861	169.00	89.193	0.5038	+ 0.0240	57600
13.5	0.5121	6.913	182.25	93.326	0.5016	+ 0.0105	11025
14.0	0.4820	6.748	196.00	94.472	0.4995	- 0.0175	30625
14.5	0.5091	7.382	210.25	107.039	0.4976	+ 0.0115	13225
15.0	0.5088	7.632	225.00	114.480	0.4958	+ 0.0130	16900
15.5	0.4756	7.372	240.25	114.266	0.4942	- 0.0186	34596
$\Sigma = 225.5$	—	117.217	2532.75	1299.777		$\Sigma \div 22$ = 0.0176	0.00906724

Table 5.

D (cm)	actual b. h. form-factors F	F.D	D ²	D.F.D	calculated b. h. form-factors F(D)	Residual Δ	Δ^2
6	0.6361	3.8166	36	22.900	0.6194	+ 0.0167	0.00027889
8	0.5524	4.4192	64	35.354	0.5668	- 0.0144	20736
10	0.5241	5.2410	100	52.410	0.5353	- 0.0112	12544
12	0.5266	6.3192	144	75.830	0.5142	+ 0.0124	15376
14	0.4871	6.8194	196	95.472	0.4992	- 0.0121	14641
16	0.4732	7.5712	256	121.139	0.4879	- 0.0147	21609
18	0.4792	8.6256	324	155.261	0.4792	0	0
20	0.5381	10.7620	400	215.240	0.4722	+ 0.0659	434281
22	0.4239	9.3258	484	205.168	0.4664	- 0.0425	180625
$\Sigma = 126$		62.9000	2004	978.774		$\Sigma \div 9 = 0.021$	0.00727701

Table 6. Breast-height form-factor table (d.b.h.=1.3m)

height (m)	b,h, form-factor	d.b.h. (cm)	b,h, form-factor
5.0	0.5993	6	0.6194
5.5	0.5852	8	0.5668
6.0	0.5734	10	0.5353
6.5	0.5635	12	0.5142
7.0	0.5550	14	0.4992
7.5	0.5476	16	0.4879
8.0	0.5411	18	0.4792
8.5	0.5354	20	0.4722
9.0	0.5303	22	0.4664
9.5	0.5258		
10.0	0.5217		
10.5	0.5180		
11.0	0.5146		
11.5	0.5116		
12.0	0.5088		
12.5	0.5062		
13.0	0.5038		
13.5	0.5016		
14.0	0.4995		
14.5	0.4976		
15.0	0.4958		
15.5	0.4942		
16.0	0.4926		
16.5	0.4911		
17.0	0.4897		
17.5	0.4884		
18.0	0.4872		
18.5	0.4861		
19.0	0.4849		
19.5	0.4839		
20.0	0.4829		
20.5	0.4820		
21.0	0.4810		
21.5	0.4802		
22.0	0.4794		
22.5	0.4786		
23.0	0.4778		
23.5	0.4771		
24.0	0.4764		

(m³)

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0.0791	0.0841									
0.1076	0.1145	0.1213	0.1282							
0.1406	0.1495	0.1585	0.1674	0.1763	0.1852					
0.1780	0.1892	0.2006	0.2118	0.2231	0.2344	0.2457	0.2570			
0.2197	0.2336	0.2476	0.2615	0.2755	0.2894	0.3033	0.3173	0.3314	0.3453	
0.2653	0.2827	0.2996	0.3164	0.3333	0.3502	0.3670	0.3840	0.4009	0.4177	0.4346

(m³)

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0.0814	0.0872									
0.1076	0.1153	0.1230	0.1306							
0.1373	0.1472	0.1570	0.1668	0.1766	0.1864					
0.1707	0.1829	0.1951	0.2073	0.2195	0.2317	0.2439	0.2561			
0.2077	0.2250	0.2374	0.2522	0.2670	0.2819	0.2967	0.3115	0.3264	0.3412	
0.2482	0.2659	0.2837	0.3013	0.3190	0.3369	0.3546	0.3723	0.3901	0.4078	0.4255