

スギ樹幹細り表の作成に関する研究

大北 英太郎・曳地 政雄

Studies on Construction of Taper Tables for Sugi

Eitaro ŌKITA and Masao HIKITI

Summary

The writers tried to find a new method which was different from the former methods of constructing taper tables.

In other words, the writers tried to adapt the relation between Kunze's and Behre's theoretical stem curve to the construction of taper table.

On the one hand, data used in this experiment consist of 837 felled trees of sugi stands—total height class 9~34m, and d. b. h. class 10~54cm—in the forest districts of Chizu and Wakasa.

In this case, a FACOM 230—75 computer was used for numerical calculation, and the results were as follows.

Range of form—exponent in Kunze's stem curve expression was from 1.0 to 2.0 in the above data.

Therefore, the FORTRAN PROGRAM was constructed by 3 sections, —form-exponent in Kunze's stem curve expression was 1.2~1.4 in the first class, 1.5~1.7 in the second class, and 1.8~2.0 in the third class.

In the limited range of tree height and d. b. h. (in this case, 9~34m, 10~54cm respectively,) diameters of each cross sections on different heights are calculated by putting this FORTRAN PROGRAM into the computer.

1. はじめに

樹幹形状が立木評価には欠くことの出来ない重要な項目であることは、周知の事実であり、未だ良く適合する樹幹細り表がないため、民間においては目測法或いは経験係数等の利用によって樹幹の細りを推定し、官庁関係では測定機械等にたよっているのが実情で、樹幹形状の測定調査に比較的多くの時間と労力をかけている。

私達は、このような現状から樹幹形状に関する研究に着手してきたが、今回の報告は、従来から測樹学上良く認識されているKunze氏の幹曲線或いはBehre氏の幹曲線について、理論的に若干の考察をおこない、鳥取県智頭地方および若桜地方で収集したスギ837本の資料を用いてFORTRANによるプログラムを作成し、電子計算機により細り表を作ることとしたので、スギ樹幹形状に関する若干の検討をおこなった。

本報告にあたり、FORTRANプログラム作成と京都大

学大型電子計算機の使用について種々御援助と御教導を賜わった京都大学農学部林学科の半田良一教授並びに神崎康一助教授に厚く御礼申し上げる。

2. Kunze氏幹曲線とBehre氏幹曲線との関係

(1) Kunze氏幹曲線

Kunze氏幹曲線式を実際に応用しやすくするため、次のように変形した。

$$Y^2 = PX^r \dots \dots (\text{Kunze氏の一般式})$$

式中、Y：半径、P：定数、r：形状指数、X：梢端より断面までの長さ、である。いま、H：樹高、h：断面高とすると

$L = H - h$ となる。ここで、 $L = X$ としd：断面高の直径とすれば

$$\left(\frac{d}{2}\right)^2 = PL^r \quad \frac{d^2}{4} = PL^r \quad d^2 = 4 PL^r$$

4P=Kとすれば

$$d^2 = KL^r \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

いま、D：胸高直径、L：梢頭から胸高までの長さ、

$d_{0.5}$ ：Lの中央位置の直径、

$\frac{L}{2}$ ：梢頭から胸高までの長さの $\frac{1}{2}$

とすると

①式より

$$D^2 = KL^r \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

$$\left(d_{0.5}\right)^2 = K\left(\frac{L}{2}\right)^r \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

②式と③式より夫々

$$K = \frac{D^2}{L^r} \quad K = \frac{\left(d_{0.5}\right)^2}{\left(\frac{L}{2}\right)^r}$$

②式と③式のKを同一とすれば

$$\frac{D^2}{L^r} = \frac{\left(d_{0.5}\right)^2}{\left(\frac{L}{2}\right)^r} \quad \frac{D^2}{\left(d_{0.5}\right)^2} = \frac{L^r}{\left(\frac{L}{2}\right)^r}$$

$$\left(\frac{D}{d_{0.5}}\right)^2 = \left(\frac{L}{\frac{L}{2}}\right)^r \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

$$\left(\frac{D}{d_{0.5}}\right)^2 = 2^r \quad \left(\frac{d_{0.5}}{D}\right)^2 = \frac{1}{2^r}$$

④式において n：正の整数（普通10を使用）、d：梢頭よりLの長さの $\frac{1}{n}$ の位置の直径とすれば

$$\left(\frac{D}{d_n}\right)^2 = \left(L \times \frac{n}{L}\right)^r \quad \left(\frac{D}{d_n}\right)^2 = n^r$$

$$D^2 = n^r \left(d_n\right)^2 \quad D = n^{\frac{r}{2}} d_n^{\frac{1}{2}}$$

$$d_n^{\frac{1}{2}} = \frac{D}{n^{\frac{r}{2}}} \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

⑤式で梢頭からLの長さの $\frac{1}{n}$ における位置の $\frac{d_n^{\frac{1}{2}}}{D}$ (形率)

を計算することが出来る。

同様に④式でn=10とし、さらに梢頭よりLの $\frac{1}{10}, \frac{2}{10}, \frac{3}{10}, \dots, \frac{9}{10}$ の位置の直径を夫々 $d_{0.1}, d_{0.2}, d_{0.3}, \dots, d_{0.9}$ とすれば夫々次式が成り立つ。

$$\frac{d_{0.1}}{D} = \frac{1}{10^{\frac{r}{2}}}, \frac{d_{0.2}}{D} = \frac{1}{5^{\frac{r}{2}}}, \frac{d_{0.3}}{D} = \frac{1}{\left(\frac{10}{3}\right)^{\frac{r}{2}}}, \dots\dots$$

$$\frac{d_{0.5}}{D} = \frac{1}{2^{\frac{r}{2}}}, \dots\dots \frac{d_{0.9}}{D} = \frac{1}{\left(\frac{10}{9}\right)^{\frac{r}{2}}}$$

(2) Behre氏幹曲線

Behre氏の幹曲線式より実験式常数の計算を簡易化するため、次のように変形式を誘導した。

$$\frac{d}{D} = \frac{L}{a+bL} \dots\dots\dots \text{(Behre氏式)}$$

但し、 $a+b=1$ とする。

D：胸高直径、d：胸高以上梢頭までの上部直径、
L：胸高以上梢頭までの長さに対する梢頭より各上部直径位置までの長さの百分率、a、b：形状階に関する常数

$$\frac{DL}{d} = \frac{a+bL}{1} \quad \frac{D}{d} = a\left(\frac{1}{L}\right) + b \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

$\frac{D}{d} = Y, \frac{1}{L} = X$ とすると $Y = aX + b$ となり直線式となる。

以上の(1)と(2)の結果からKunze氏幹曲線とBehre氏幹曲線を形状指数と形率との関係から計算し比較すると第1表の如くである。

第1表は、 $\frac{d_{0.5}}{D}$ の形状階（絶対形率）を同一とした場合

各の各位置の形率を表わすが、その形率の比較では、Kunze氏幹曲線の形率は、Behre氏幹曲線の形率より梢頭に近くなるにしたがい大きい値を示し、胸高位置に近くなるにしたがい逆に小さい値を示す特性が認められる。

3. 資料に対する実験

(1) 資料

実験に供した資料は、昭和41年度において、鳥取県智頭地方および若桜地方のスギ林主要分布地帯で、主伐並びに間伐をおこなっている民有林分で測定した。その調査地および調査本数は第2表の如くである。

第 1 表 KUNZE と BEHRE の幹曲線の比較

Table 1. Relation between KUNZE'S and BEHRE'S stem curve.

形状指数 Form exponent	幹 曲 線 Stem curve	形 率 Form quotient d / D									常 数 Constants	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	a	b
1.0 (Paraboloid)	Kunze	0.3162	0.4472	0.5477	0.6325	0.7071	0.7746	0.8367	0.8944	0.9487	0.41422	+0.58578
	Behre	0.2115	0.3764	0.5085	0.6168	0.7071	0.7836	0.8492	0.9062	0.9560		
1.1	Kunze	0.2818	0.4126	0.5157	0.6041	0.6830	0.7551	0.8219	0.8845	0.9437	0.46406	+0.53594
	Behre	0.1932	0.3501	0.4801	0.5896	0.6830	0.7637	0.8341	0.8960	0.9510		
1.2	Kunze	0.2512	0.3807	0.4856	0.5771	0.6598	0.7360	0.8074	0.8747	0.9387	0.51572	+0.48428
	Behre	0.1773	0.3265	0.4539	0.5638	0.6598	0.7442	0.8190	0.8858	0.9458		
1.3	Kunze	0.2239	0.3513	0.4572	0.5512	0.6373	0.7175	0.7931	0.8650	0.9338	0.56914	+0.43086
	Behre	0.1633	0.3052	0.4296	0.5395	0.6373	0.7249	0.8039	0.8754	0.9405		
1.4	Kunze	0.1995	0.3241	0.4305	0.5266	0.6156	0.6994	0.7790	0.8554	0.9289	0.62451	+0.37549
	Behre	0.1510	0.2859	0.4070	0.5163	0.6156	0.7060	0.7889	0.8650	0.9351		
1.5	Kunze	0.1778	0.2991	0.4054	0.5030	0.5946	0.6817	0.7653	0.8459	0.9240	0.68180	+0.31820
	Behre	0.1401	0.2683	0.3860	0.4944	0.5946	0.6875	0.7739	0.8544	0.9296		
1.6	Kunze	0.1585	0.2759	0.3817	0.4805	0.5744	0.6645	0.7518	0.8365	0.9192	0.74109	+0.25991
	Behre	0.1304	0.2522	0.3663	0.4733	0.5744	0.6689	0.7584	0.8430	0.9231		
1.7	Kunze	0.1413	0.2546	0.3594	0.4589	0.5548	0.6478	0.7385	0.8272	0.9143	0.80251	+0.19749
	Behre	0.1216	0.2375	0.3481	0.4538	0.5538	0.6515	0.7441	0.8329	0.9181		
1.8	Kunze	0.1259	0.2349	0.3384	0.4384	0.5359	0.6314	0.7254	0.8181	0.9095	0.86608	+0.13392
	Behre	0.1137	0.2240	0.3310	0.4349	0.5359	0.6340	0.7293	0.8220	0.9122		
1.9	Kunze	0.1122	0.2168	0.3186	0.4188	0.5176	0.6155	0.7126	0.8090	0.9048	0.93188	+0.06812
	Behre	0.1065	0.2115	0.3150	0.4170	0.5176	0.6168	0.7146	0.8110	0.9062		
2.0 (Kegel)	Kunze	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000	1.00000	+0.00000
	Behre	0.1000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000		
2.1	Kunze	0.0891	0.1845	0.2825	0.3821	0.4830	0.5849	0.6876	0.7911	0.8953	1.07056	-0.07056
	Behre	0.0940	0.1844	0.2859	0.3838	0.4830	0.5835	0.6855	0.7889	0.8937		

(但し $a + b = 1$)

第 2 表 調査地および調査本数

Table 2. Location of sample plots and No. of trees.

調 査 地 Location of sample plots	調 査 本 数 No. of trees	林 齢 Stand age
鳥 取 県 八 頭 郡 智 頭 町 駒 帰	2 0 7 本	41 年
” ” ” ”	6 0	54
” ” 若 桜 町 中 原	2 3	55
” ” ” 落 折	3 0	30 ~ 43
” ” ” 三 倉	1 1 6	30 ~ 36
” ” ” ”	1 4 5	44 ~ 60
” ” ” ”	5 1	47 ~ 50
” ” ” 淵 見	6 0	60 ~ 69
” ” ” 糸 白 見	4 5	30 ~ 52
” ” ” ”	8	40 ~ 70
” ” ” ”	7	50
” ” ” 岩 屋 堂	8 5	38 ~ 40

(2) 調査方法

各調査地の伐倒木について、スギ樹幹材を無作為に抽出し、巻尺および輪尺を用いて、地上高0.0m、0.2m、1.2m（胸高）の各位置の直径、それより上部は2m毎の樹幹各位置における直径を測定した。測定樹幹材はほとんど剥皮材であったが、一部皮付樹幹材については、皮の厚さを調べて減じ、皮無しの直径を算出し、樹高、現実の伐採点の高さ、枝下高、樹齡等についても測定した。

(3) 資料の分布

樹高階を1m括約とし、胸高直径階を2cm括約とした資料の本数分布は、第3表の如くである。

(4) 大型計算機による計算方法

計算にあたっては、京都大学大型計算機センターのFACOM230-75を使用した。

大型計算機に入力するためのDATAの整理については、スギ837本の資料を各1本ごとに樹高、胸高直径、胸高直径から梢頭まで2m間かくの各樹幹位置の実測直径の

順序に数値をパンチした。

FORTRANによるプログラムの作成方法は、計算の方法或いはプログラム作成者の考え方等によって種々の作成方法が生じるが、いままでは測樹学で資料を分類し或いは実験式によって計算するプログラムの報告がないので、初心者或いは学生の指導上参考に供すると共に、今後、測樹関係のプログラム作成のモデル化を進める基礎のために、以下具体的にプログラム作成の内容と計算方法について述べる。

第 3 表 資料本数分布表

Table 3. Distribution of trees in d. b. h. and total height class.

樹高階 Total height class	胸高直径階 D.b.h. class	cm																								計
		10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54		
1	9 m	2	1	1																					4	
1	10		3	1																					4	
2	11		6	8																					14	
2	12		3	2	6	4			1																16	
2	13		2	3	4	10		1																	20	
2	14		2	4	9	14	4	3	1		1														38	
2	15			1	7	17	15	12	3	1															56	
2	16				4	7	17	10	7	5		2													52	
2	17				2	8	10	8	8	5	11	1													53	
2	18					9	10	15	11	7	12	9	2	1											76	
3	19					2		9	13	11	12	7	4	1	1	1	2								63	
3	20						1	1	8	5	10	11	10	3	5	5	2								61	
3	21						2	4	2	4	7	7	12	4	2	1		2	1						48	
3	22							2	3	6	2	6	6	5	2	1	2	1	2						38	
3	23							1	4	2	4	5	8	9	2	3	1	1	1			1			42	
3	24								1	1	3	3	6	6	5	4	1		1						31	
3	25								2	2	7	4	6	4	4	1	2	3	3			1			39	
4	26						1			1	5	3	3	2	1	2	2	3	1	1	2				27	
	27									3	1	2	7	5	5	5		2	1	2		1			34	
	28									1	1		4	3	5	4	5	3	1	4	1	1			33	
	29							1				3	2	5	1	4	5	3		1		1		1	27	
	30											1	1		2	3	5	5		2	5	1	1		26	
	31																2		4	1	3	1	1		12	
	32													2		2	3	2	2			1	1		13	
	33															1			2	1	2				6	
	34															1	1					2			4	
	計	2	17	20	32	71	59	67	65	54	76	64	71	48	37	35	31	28	13	18	10	13	3	3	837	

この度の計算のために作成したMAINプログラムは、計算機にDATAを入力し、そのDATAを樹高階(1m括約)、胸高直径(2cm括約)に分類して、各樹高階、各胸高直径階ごとに、各階層の樹高、胸高直径、断面高ごとの直径の順序に数値を計算機に記憶させ、数値の計算処理は、別のSUBプログラムとして作成した。また、計算結果を出力するためのプログラムもSUBプログラムとして、別に作成した。この様に、SUBプログラムを別に作成することは、数値の計算処理に各種の実験式を適用するために便利であると考えたためである。

数値の計算処理のためのSUBプログラムは、SUBROUTINE KEISANとして作成し、その内容は、各樹高階、各胸高直径階に分類したDATAを各階層ごとに、樹高、胸高直径、各断面高ごとの直径の夫々について平均値を算出し、実験式を各階層ごとに適用するために、規準方程式をプログラム化して、各階層の常数を計算する方法を採用した。但し、この場合、各階層ごとの平均値を実験式に適用するにあたり、計算の簡易化のため、今回は、資料本数のウェイトは加味しなかった。各階層の資料に実験式を適用して算出した常数は、あとから計算結果と共に出力させるため計算機に記憶させ、各階層の算出常数によって各階層の各断面高ごとの各直径数値を算出して、実測値との偏差および分散を計算し、計算結果を検討するのに便利を計った。

計算結果を出力するためのSUBプログラムは、SUBROUTINE INSATUとして作成し、各実験式を適用した結果をみるための利便を考え作成した。

以上の内容にもとづくMAINプログラムの記号名称とその内容は、第4表の如くである。

第4表 MAINプログラムの記号名称とその内容
Table 4. Symbolic name and contents in Main Program.

プログラムの記号名称 Symbolic name in the program	説明 Explanation
N	資料本数837本
K	1本の資料の実測値の数
A(I,1)	樹高数値
A(I,2)	胸高直径数値
CC	胸高直径括約の最低値
EE	胸高直径括約の最大値
C	樹高括約の最低値
E	樹高括約の最大値
II	各樹高階の実測値の数
IL	各樹高階の胸高直径も含めた上部直径の数
AA	各階層ごとに分類した資料の実測数値
NN	各階層ごとの資料本数
397	資料1本の実測数値が2枚のDATAカードになる配列数

```

C      STUDIES ON CONSTRUCTION OF TAPER TABLES FOR SUGI
1      COMMON J, M, A (837, 18), R (23, 26), II, LI (26), IL, NN, AA (18, 18), SAA (18),
      1 BAA (23, 26, 18), HA (23, 26, 18), XHA (18), XDA (18), XXH (18), XHD (18), T (23,
      2 26), TT (23, 26), AAA (18), P (18), VP (18)
2      READ (5, 100)N
3      1 0 0      FORMAT (I 8)
4      D O 11 I=1, N
5      IF (I. GE. 397)G O T O 500
6      READ (5, 101) (A (I, K), K=1, 10)
7      1 0 1      FORMAT (10F8.0)
8      G O T O 11
9      5 0 0      READ (5, 102) (A (I, K), K=1, 18)
1C     1 0 2      FORMAT (10F8.0)
    
```

```
11      1 1      CŌNTINUE
12      CC=7.0
13      EE=9.0
14      DŌ 12 J=1, 23
15      CC=CC+2.0
16      EE=EE+2.0
17      C=7.50
18      E=8.50
19      DŌ 13 M=1, 26
20      R (J, M)=0.0
21      C=C+1.0
22      II=(C-1.20)/2.00+2.00
23      IL=(C-1.20)/2.00+1.00
24      E=E+1.0
25      NN=0
26      DŌ 14 I=1, N
27      IF (A (I, 1). LT. C. ŌR. A (I, 1). GE. E)GŌ TŌ 14
28      IF (A (I, 2). LT. CC. ŌR. A (I, 2). GE. EE)GŌ TŌ 14
29      NN=NN+1
30      DŌ 15 K=1, II
31      A A (NN, K)=A (I, K)
32      1 5      CŌNTINUE
33      1 4      CŌNTINUE
34      IF (NN. EQ. 0)GŌ TŌ 13
35      CALL KEISAN
36      CALL INSATU
37      1 3      CŌNTINUE
38      1 2      CŌNTINUE
39      STOP
40      END
```

実測値に実験式を適用して計算するためのSUBプログラムは、SUBROUTINE KEISANとして作成したが、各実験式の適用別に次のようなプログラムを作成した。

i) Behre氏幹曲線式(常数 $a + b = 1$)の適用

$$\text{実験式 } \frac{D}{d} = a \left(\frac{1}{L} \right) + b$$

但し、 $a + b = 1$ とする。

この実験式は、 $\frac{D}{d} = Y$, $\frac{1}{L} = X$ とおくと、 $Y = aX + b$ として直線式となるから、最小自乗法によって基準方程式の係数 a を算出し、定数 b は $1 - a = b$ によって算出した。また、実験式の適用は、各樹高階、各胸高直径階ごととし、各階層別の常数を算出した。

このSUBプログラムの記号名称および関係式との文字の内容は、第5表の如くである。

第5表 SUBプログラムの記号名とその内容
Table 5. Symbolic name and contents in Sub-Program.

プログラムの記号名称 Symbolic name in the program	関係式の文字 Character in the relational expression	説明 Explanation
BAA		各階層別の実測値の平均値
HA		稍端から各直径位置までの長さ
HA(J, M, 2)	H-1.20	各樹高階の稍端から各胸高直径位置までの長さ
XDA	D/d	各上部直径と胸高直径との比
XHA	1/L	稍端から各直径位置までの長さ と胸高以上稍頭までの長さの比
R	a	回帰常数
T	b	” 但し、 $b = 1 - a$
TT		$a + b$
AAA	d	算出直径
P		偏差
VP		分散

```

1      SUBROUTINE KEISAN
2      COMMON J, M, A (837, 18), R (23, 26), II, LI (26), IL, NN, AA (18, 18), SAA (18),
1      BAA (23, 26, 18), HA (23, 26, 18), XHA (18), XDA (18), XXH (18), XHD (18), T (23,
2      26), TT (23, 26), AAA (18), P (18), VP (18)
3      FNN = NN
4      SXHA = 0.0
5      SXDA = 0.0
6      SXXH = 0.0
7      SXHD = 0.0
8      II = LI (M)
9      D0 20 K = 1, II
10     SAA (K) = 0.0
11     D0 21 LL = 1, NN
12     2 1 SAA (K) = SAA (K) + AA (LL, K)
13     BAA (J, M, K) = SAA (K) / FNN
14     IF (K.EQ.1) G0 T0 20

```



```

15      HA (J, M, K)=BAA (J, M, 1)-1.20-(K-2)*2.00
16      XDA (K)=BAA (J, M, 2)/BAA (J, M, K)
17      XHA (K)=HA (J, M, 2)/HA (J, M, K)
18      XXH (K)=XHA (K)**2
19      XHD (K)=XHA (K)*XDA (K)
20      SXHA =SXHA+XHA (K)
21      SXDA =SXDA+XDA (K)
22      SXXH =SXXH+XXH (K)
23      SXHD =SXHD+XHD (K)
24      2 0      CÖNTINUE
25      FIL =IL
26      R (J, M)=(FIL *SXHD -SXHA *SXDA)/(FIL *SXXH -SXHA **2)
27      T (J, M)=1.0-R (J, M)
28      TT (J, M)=R (J, M)+T (J, M)
29      II =LI (M)
30      DÖ 22 K=1, II
31      IF (K. EQ. 1)GÖ TÖ 22.
32      AAA (K)=BAA (J, M, 2)/(R (J, M)*XHA (K)+T (J, M))
33      P (K)=BAA (J, M, K)-AAA (K)
34      VP (K)=P (K)**2
35      2 2      CÖNTINUE
36      RETURN
37      END

```

ii) Behre氏幹曲線式 (常数a, bは夫々算出常数)

の適用

$$\text{実験式 } \frac{D}{d} = a \left(\frac{1}{L} \right) + b$$

但し, a, bは共に資料適用による算出
常数

この実験式は, 前述のi)の場合と同様に直線式であるから, 最小自乗法によって基準方程式の常数a, bを各樹高階, 各胸高直径階ごとの資料の平均値によって算出した。

従って, その計算するSUBプログラムは, i)のSUBROUTINE KEISANのプログラムのうちで, 次の部分だけを変更して計算をおこなった。

なお, プログラム中の記号とその内容は第5表と同様である。

iii) Kunze氏幹曲線式 (常数K, rは算出常数) の適用

$$\text{実験式 } d^2 = KL^r$$

但し, 常数K, rは算出常数とする。

この実験式は, 対数で表現すると

$$2 \log d = \log K + r (\log L) \text{ となり,}$$

$2 \log d = Y, \log L = X, \log K = b, r = a$ とおけば, $Y = a (X) + b$ として直線式となるから, 最小自乗法によって基準方程式の常数a, bを算出する。

従って, 実験式の適用は, 各樹高階, 各胸高直径階ごとの実測値の平均値によって, 各階層別の常数を算出した。

プログラム中の記号名とその内容および実験式中の文字の説明は第6表の如くである。

```

26      R (J, M) = (FIL * SXHD - SXHA * SXHA) / (FIL * SXXH - SXHA ** 2)
27      T (J, M) = (SXXH * SXDA - SXHA * SXHD) / (FIL * SXXH - SXHA ** 2)
28      TT (J, M) = R (J, M) + T (J, M)
29      II = LI (M)
30      D O 22 K = 1, II
31      IF (K. EQ. 1) G O T O 22
32      AAA (K) = BAA (J, M, 2) / (R (J, M) * XHA (K) + T (J, M))
33      P (K) = BAA (J, M, K) - AAA (K)
34      VP (K) = P (K) ** 2
35      2 2      C O N T I N U E
36      R E T U R N
37      E N D

```

第 6 表 SUB プログラムの記号名とその内容

Table 6. Symbolic name and contents in Sub Program

プログラムの 記号名称 Symbolic name in the program	関係式の文字 Character in the relational expression	説 明 Explanation
NN		各階層の資料本数
BAA		各階層別の実測値の平均値
HA	L	梢端から各直径位置までの長さ
XHA	log L	Lの常用対数値
HDA	log d	各直径の常用対数値
BAA(J,M,1)	H	各階層の樹高の平均値
BAA(J,M,2)	D	各階層の胸高直径の平均値
IL		各階層の胸高直径も含めた上部直径の数
R	r	形状指数
T	log K	回帰定数の対数値
TT	K	log K の真数
AAA	d	算出直径
P		偏差
VP		分散

```

1      SUBROUTINE KEISAN
2      COMMON J, M, A (837, 18), R (23, 26), II, LI (26), IL, NN, AA (18, 18), SAA (18),
1     BAA (23, 26, 18), HA (23, 26, 18), XHA (18), XDA (18), XXH (18), XHD (18), T (23,
2     26), TT (23, 26), AAA (18), P (18), VP (18)
3      FNN=NN
4      SXHA=0.0
5      SXDA=0.0
6      SXXH=0.0
7      SXHD=0.0
8      II=LI (M)
9      DO 20 K=1, II
10     SAA (K)=0.0
11     DO 21 LL=1, NN
12     2 1  SAA (K)=SAA (K)+AA (LL, K)
13     BAA (J, M, K, )=SAA (K)/FNN
14     IF (K. EQ. 1) GO TO 20
15     HA (J, M, K)=BAA (J, M, 1) - 1. 20 - (K - 2) * 2.00
16     XDA (K)=ALOG 10(BAA (J, M, K) ** 2)
17     XHA (K)=ALOG 10(HA (J, M, K))
18     XXH (K)=XHA (K) ** 2
19     XHD (K)=XHA (K)*XDA (K)
20     SXHA=SXHA+XHA (K)
21     SXDA=SXDA+XDA (K)
22     SXXH=SXXH+XXH (K)
23     SXHD=SXHD+XHD (K)
24     2 0  CONTINUE
25     FIL=IL
26     R (J, M)=(FIL*SXHD-SXHA*SXDA)/(FIL*SXXH-SXHA**2)
27     T (J, M)=(SXXH*SXDA-SXHA*SXHD)/(FIL*SXXH-SXHA**2)
28     TT (J, M)=10. **T (J, M)
29     II=LI (M)
30     DO 22 K=1, II
31     IF (K. EQ. 1) GO TO 22
32     AAA (K)=10. ** ((R (J, M)*XHA (K)+T (J, M))/2. )
33     P (K)=BAA (J, M, K)-AAA (K)
34     VP (K)=P (K) ** 2
35     2 2  CONTINUE
36     RETURN
37     END

```

iv) Kunze 氏幹曲線式 (常数 K は理論計算値, r は算出常数) の適用

$$\text{実験式 } d^2 = KL^r$$

但し, 常数 K は理論計算常数, r は算出常数とする。

回帰線が胸高直径の数値をとおるものとすれば, 理論的に回帰定数 K は, 次のように計算される。

$$K = \frac{D^2}{L^r} = \frac{D^2}{(H-1.2)^r}$$

従って, 形状指数 r は, 資料に対する実験式の適用から計算し, 回帰定数 K は, r 数値の適用による理論計算値である。

この場合の SUB プログラムは, iii) の場合の SUBROUTINE KEISAN のプログラムを次の部分のみ変更して作成した。

プログラム中の記号名とその内容および実験式中の文字の説明は, 第 6 表と同様である。

各実験式の資料に対する適用によって算出された各階層別の常数は第 7 表の如くである。

以上の各樹高階, 各胸高直径階ごとの各実験式によって算出計算された常数によって, 各階層ごとの各断面高別計算直径の傾向は, 資料分布の中央附近階層を摘記して示すと第 8 表の如くである。

```

26      R (J, M) = (FIL * SXHD - SXHA * SXDA) / (FIL * SXXH - SXHA ** 2)
27      II = LI (M)
28      DŌ 22 K = 1, II
29      IF (K. EQ. 1) GŌ TŌ 22
30      T (J, M) = XDA (2) - R (J, M) * XHA (2)
31      AAA (K) = 10. ** ((R (J, M) * XHA (K) + T (J, M) / 2.)
32      P (K) = BAA (J, M, K) - AAA (K)
33      VP (K) = P (K) ** 2
34      2 2      CONTINUE
35      TT (J, M) = 10. ** T (J, M)
36      RETURN
37      END

```

(5) 結果および考察

第 8 表の結果から若干の考察をすると, Behre 氏および Kunze 氏の幹曲線式を資料に適用した場合, 実験式を資料に適用して各常数を算出し, その各算出常数にもとづいて回帰数値を求めた場合は, ii) および iii) の場合であるが, これは梢頭を原点として統計処理したために, 回帰線は胸高直径をはずれ, 何れも樹幹下部の細りに対しては大きな偏差を生じている。回帰線が胸高直径をとおるように実験式の常数を理論的に計算した場合は, i) および iv) の場合であるが, Behre 氏幹曲線式 ($a + b = 1$) の適用では, 樹幹下部の実測値に対してやや過大な傾向を認め, Kunze 氏幹曲線式 (回帰定数を理論計

算で算出) の適用では, 樹幹下部の実測値に対してやや過少の傾向にあつて, さきに Behre 氏と Kunze 氏との幹曲線を理論的に比較し, 幹曲線式の特性を検討した場合と同じ結果を示した。

しかしながら以上の各実験式の資料に対する適用では, 何れの幹曲線も樹幹中央部附近では, 実測値に対して過少の傾向を認め, 樹幹形状は, 複雑な幹曲線であることが知られる。

また, Kunze 氏幹曲線式の適用によって, 各樹高階, 各胸高直径階ごとの形状指数の分布は第 9 表の如くである。

第 8 表 実測直径と計算直径との比較

Table 8. Relation between actual and calculated diameters.

樹高階 Total height class	胸高直径階 D.b.h. class	断面高 Height of cross sections	実測直径 Actual diameter	計 算 直 径 Calculated diameter			
				Behre 式		Kunze 式	
				i) の場合	ii) の場合	iii) の場合	iv) の場合
15 ^m	20 ^{cm}	1.2 ^m	19.96 ^{cm}	19.96 ^{cm}	20.59 ^{cm}	21.00 ^{cm}	19.96 ^{cm}
		3.2	17.89	18.09	18.60	18.57	17.66
		5.2	16.14	15.98	16.38	16.06	15.27
		7.2	14.10	13.60	13.89	13.45	12.78
		9.2	11.25	10.89	11.07	10.68	10.16
		11.2	8.11	7.76	7.85	7.71	7.33
		13.2	4.11	4.12	4.15	4.39	4.18
		20	30	1.2	30.22	30.22	40.81
		3.2	27.36	27.49	35.98	30.47	27.23
		5.2	25.52	24.66	31.28	27.11	24.22
		7.2	23.65	21.73	26.71	23.71	21.18
		9.2	21.15	18.69	22.27	20.27	18.11
		11.2	18.42	15.55	17.94	16.79	15.00
		13.2	14.77	12.28	13.73	13.25	11.84
		15.2	10.90	8.89	9.63	9.64	8.61
		17.2	6.37	5.37	5.63	5.92	5.29
		19.2	1.71	1.71	1.73	2.00	1.79
25	36	1.2	35.85	35.85	37.24	37.93	35.85
		3.2	32.50	33.91	35.15	35.33	33.40
		5.2	30.15	31.84	32.93	32.69	30.90
		7.2	28.83	29.63	30.58	30.01	28.36
		9.2	27.43	27.26	28.06	27.26	25.77
		11.2	25.60	24.72	25.37	24.45	23.11
		13.2	23.40	21.98	22.50	21.56	20.38
		15.2	20.87	19.02	19.41	18.57	17.55
		17.2	16.88	15.82	16.08	15.47	14.62
		19.2	13.15	12.33	12.49	12.21	11.55
		21.2	8.40	8.53	8.61	8.74	8.26
		23.2	4.37	4.37	4.39	4.89	4.62

即ち、形状指数は、各樹高階、各胸高直径階とも形状指数0.9~2.9まで分布している。この形状指数の各樹高階および各胸高直径階に対する傾向をみるため、各階層ごとの形状指数を各階層の資料本数による加重平均によって平均値を算出してみたが、同一樹高階で胸高直径が増すに従い形状指数は高くなり、同一胸高直径階では樹高が高くなるに従い形状指数は低くなる傾向が若干認められるが、余りはっきりとした傾向ではない。しかし、各樹高階ごと或いは各胸高直径階ごとの形状指数の階層出現度を検討すると、1.7を中心として1.2~2.1までの範囲に集中しており、この結果から、各樹高階、各胸高直径階とも、形状指数の分布範囲(出現階層の集中範囲)を3区分し、完満、中庸、梢殺の樹幹形状を表現すれば、Behre氏幹曲線よりKunze氏幹曲線の方が、樹幹下部に対してやや過少の結果を示すことから、Kunze氏幹曲線の3区分は、現地調査における樹幹形状の測定に幾分の利便を与えるものと考えられた。

従って、今回は資料の収集地帯において、形状指数を1.3, 1.6, 1.9の3区分とし、伐採点を0.2mと規定し、樹高に対する各断面高を2.2m, 4.2m, 6.2m……と伐採点より2mごとの樹幹細りを、樹高(1m括約)、胸高直径(2cm括約)ごとに数表として作成するために、次のようにFORTRAN PROGRAMを作成してみた。

この数表の作成はKunze氏幹曲線式の理論計算によるもので、このプログラムの書式つき出力文のSUBROUTINE INSATUのSUBプログラムによって数表を作成することが出来る。

プログラム中における記号とその内容および計算式の文字との関係は、第10表の如くである。

$$\text{計算式 } d^2 = KL^r$$

この計算式を $d = \sqrt{KL^r}$ として計算する。

第10表 プログラムにおける記号名とその内容

Table 10. Symbolic name and contents in Program

プログラムの 記号名称 Symbolic name in the program	関係式の文字 Character in the relational expression	説 明 Explanation
N	H	樹高9mより
F J J	D	胸高直径10cmより
L		形状指数の区分
R	r	形状指数
T	K	回帰定数
K		断面高番号
H A	L	梢頭から各直径までの長さ
A	d	計算直径(樹幹細り)
N I		各樹高に対する2m材の採材本数

```

1      COMMON M, N(26), FN, HAA(26), NI(26), J, JJ(23), FJJ, NN, R, T(26, 23, 3),
1      L, K, II, HA(26, 23, 3, 17), A(26, 23, 3, 17)
2      DO 10 M= 1, 26
3      N(M)=M+ 8
4      FN=N(M)
5      HAA(M)=FN- 1. 20
6      NI(M)=(N(M)- 2. 20)/ 2. 00+ 1. 00
7      NN= 8
8      DO 11 J= 1, 23
9      NN=NN+ 2
10     JJ(J)=NN
11     CALL KEISAN
12     11     CONTINUE
13     1 0     CONTINUE
14     CALL INSATU
15     STOP
16     END
1     SUBROUTINE KEISAN
2     COMMON M, N(26), FN, HAA(26), NI(26), J, JJ(23), FJJ, NN, R, T(26, 23, 3),
1     L, K, II, HA(26, 23, 3, 17), A(26, 23, 3, 17)
3     R= 1. 0
4     DO 12 L= 1, 3
5     R=R+ 0. 3
6     FJJ=JJ(J)
7     T(M, J, L)=(FJJ**2)/(HAA(M)**R)
8     1 2     CONTINUE
9     R= 1. 0
10    DO 13 L= 1, 3
11    R=R+ 0. 3
12    II=NI(M)
13    DO 14 K 1, II
14    FN=N(M)
15    HA(M, J, L, K)=FN- 2. 20-(K- 1)*2. 00
16    A(M, J, L, K)=SQRT(T(M, J, L)*HA(M, J, L, K)**R)
17    1 4     CONTINUE
18    1 3     CONTINUE
19    RETURN
20    END
1     SUBROUTINE INSATU
2     COMMON M, N(26), FN, HAA(26), NI(26), J, JJ(23), FJJ, NN, R, T(26, 23, 3),
1     L, K, II, HA(26, 23, 3, 17), A(26, 23, 3, 17)
3     DO 15 M= 1, 26
4     N(M)=M+ 8

```

```

5          NN= 8
6          DO 16 J= 1, 23
7          NN=NN+ 2
8          JJ(J)=NN
9          FJJ=JJ(J)
10         R= 1. 0
11         DO 17 L= 1, 3
12         R=R+ 0.3
13         II=NI(M)
14         DO 18 K= 1, II
15         WRITE( 6, 100) N(M), FJJ, L, R, T(M, J, L), K, HA(M, J, L, K)
16         1 0 0   1  A(M, J, L, K)
17         1 8     FORMAT(1H, 2HH=I8, 2X, 2HD=F 8.0, 2X, 2HL=I8,
18         1 7     2X, 2HR=F 8.1, 2X, 2HT=F 8.2,
19         1 6     1  2X, 2HK=I8, 2X, 3HHA=F 8.2, 2X, 2HA=F 8.2)
20         1 5     CONTINUE
21         1 8     CONTINUE
22         1 7     CONTINUE
23         1 6     CONTINUE
24         1 5     CONTINUE
25         RETURN
26         END

```

4. おわりに

以上のように樹幹形状について大型計算機を使用して若干の検討をおこなった。この結果から樹幹形状の複雑性がわかったが、さらに樹高、胸高直径と樹幹細りとの関係を他の実験式を適用して検討すると共に、この場合

のBehre氏およびKunze氏の幹曲線式の適用についても、樹幹に対して適用範囲を限定して検討してみたい。

しかしながら、資料収集地域のスギについてのKunze氏幹曲線式の形状指数の分布範囲が把握出来たので、他の樹種の場合もこのようなプログラムの作成によってさらに今後の検討を進めたい。

第 9 表 樹高階及び胸高直径階に対する形状指数の分布

Table 9. Distribution of form-exponent by total height and d.b.h.class.

樹高階 Total height class	胸高直径階 D.b.h. class																										計 Total	加重平均 Weighted average
	10 cm	12 cm	14 cm	16 cm	18 cm	20 cm	22 cm	24 cm	26 cm	28 cm	30 cm	32 cm	34 cm	36 cm	38 cm	40 cm	42 cm	44 cm	46 cm	48 cm	50 cm	52 cm	54 cm					
9	(2) 1.7	(1) 1.5	(1) 1.7																						(4)	6.6	1.7	
1 0		(3) 1.9	(1) 2.0																						(4)	7.7	1.9	
1 1		(6) 1.4	(8) 1.6																						(14)	21.2	1.5	
1 2		(3) 1.8	(2) 2.0	(6) 1.6	(4) 1.9					(1) 1.8															(16)	28.4	1.8	
1 3		(2) 1.4	(3) 1.3	(4) 1.4	(0)				(1) 1.7																(20)	30.0	1.5	
1 4		(2) 1.5	(4) 1.6	(9) 1.8	(4) 1.7	(4) 1.9	(3) 1.9	(1) 1.5		(1) 2.4															(38)	66.6	1.8	
1 5		(1) 1.6	(7) 1.4	(5) 1.5	(5) 1.6	(2) 1.6	(3) 1.7	(1) 1.9																	(56)	87.1	1.6	
1 6			(4) 1.6	(7) 1.6	(5) 1.7	(0) 1.8	(7) 1.9	(5) 2.0		(2) 2.2															(52)	92.2	1.8	
1 7			(2) 1.2	(8) 1.3	(0) 1.5	(8) 1.5	(8) 1.6	(5) 1.7	(1) 1.9																(53)	81.7	1.5	
1 8				(9) 1.8	(0) 1.9	(5) 1.9	(0) 1.9	(7) 1.9	(2) 1.8	(9) 1.9	(2) 1.9	(1) 2.2													(76)	142.6	1.9	
1 9				(9) 1.5	(3) 1.5	(1) 1.6	(2) 1.6	(7) 1.7	(4) 1.8	(4) 1.8	(2) 2.0	(1) 2.0	(1) 2.1	(1) 2.0	(1) 2.7	(2) 1.9									(63)	105.6	1.7	
2 0				(1) 1.5	(1) 1.7	(8) 2.0	(5) 1.9	(0) 2.0	(0) 1.9	(0) 2.0	(3) 1.9	(5) 2.1	(5) 2.0	(5) 2.0	(2) 2.0										(61)	119.9	2.0	
2 1				(2) 1.4	(4) 1.3	(2) 1.3	(4) 1.7	(7) 1.8	(7) 1.7	(7) 1.8	(2) 1.7	(4) 1.6	(4) 1.8	(2) 1.8	(1) 1.8	(2) 1.8	(1) 2.0	(1) 2.1							(48)	81.0	1.7	
2 2					(2) 1.6	(3) 1.4	(6) 1.8	(2) 1.4	(6) 2.0	(6) 1.8	(5) 1.7	(2) 2.0	(1) 2.0	(2) 2.1	(1) 2.2	(1) 2.1	(2) 2.1								(38)	68.9	1.8	
2 3				(1) 1.0	(4) 1.2	(2) 1.4	(4) 1.4	(5) 1.6	(8) 1.7	(9) 1.7	(2) 1.7	(3) 1.8	(8) 1.8	(9) 1.7	(1) 1.9	(1) 2.0	(1) 1.8	(1) 1.6							(42)	67.8	1.6	
2 4					(1) 1.4	(1) 1.5	(3) 1.9	(3) 1.8	(6) 1.8	(6) 1.8	(5) 2.1	(4) 1.9	(4) 2.5												(31)	58.3	1.9	
2 5					(2) 1.3	(2) 1.4	(7) 1.3	(4) 1.4	(6) 1.5	(4) 1.5	(4) 1.6	(1) 1.8	(1) 1.5	(2) 1.8	(3) 1.5	(3) 1.8	(3) 1.8								(39)	59.0	1.5	
2 6						(1) 1.4	(1) 1.4	(5) 1.6	(3) 1.6	(3) 1.7	(2) 1.8	(1) 1.7	(2) 1.8	(2) 1.9	(3) 1.9	(1) 2.0	(1) 2.0	(2) 2.0							(27)	46.0	1.7	
2 7						(3) 1.3	(1) 1.5	(2) 1.4	(7) 1.5	(5) 1.4	(5) 1.5	(5) 1.5	(5) 1.5	(5) 1.5	(2) 1.7	(2) 2.0	(1) 1.9	(2) 1.7							(34)	51.4	1.5	
2 8							(1) 1.6	(1) 1.5	(4) 1.5	(3) 1.5	(5) 1.6	(4) 1.8	(4) 1.7	(5) 1.7	(3) 2.1	(1) 1.7	(4) 1.7	(1) 1.7							(33)	55.2	1.7	
2 9							(1) 1.2				(3) 1.4	(2) 1.3	(5) 1.4	(1) 1.4	(4) 1.6	(5) 1.6	(4) 1.6	(1) 1.8							(27)	39.4	1.5	
3 0											(1) 1.4	(1) 1.5	(2) 1.3	(3) 1.8	(5) 1.6	(4) 1.8	(2) 1.5	(5) 1.5							(26)	44.8	1.7	
3 1																									(12)	18.5	1.5	
3 2																									(13)	20.3	1.6	
3 3																									(6)	9.6	1.6	
3 4																									(4)	6.7	1.7	
計 Total	(2) 34	(17) 26.8	(20) 32.4	(32) 50.0	(71) 113.7	(59) 98.8	(67) 111.1	(63) 109.0	(54) 92.4	(76) 128.9	(64) 113.0	(71) 120.6	(48) 81.1	(37) 64.1	(35) 63.3	(31) 53.2	(28) 49.5	(13) 25.3	(18) 29.9	(10) 18.2	(13) 22.0	(3) 5.4	(3) 5.4	(837)	1416.5			
加重平均 Weighted average	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.8	1.9	1.7	1.8	1.7	1.8	1.8			1.7		

註) () は各階層の資料本数である。

第 7 表 各実験式の常数

Table 7. Table of constants on the relational expression

樹高階 Total height class	胸高直径階 D.b.h. class	Behre氏幹曲線式 $\frac{d}{D} = \frac{L}{a + bL}$			Kunze氏幹曲線式 $d^2 = KL^r$		
		i) の場合		ii) の場合	iii) の場合		iv) の場合
		b	a	b	r	logk	logk
9 ^m	10 ^{cm}	0.23601	0.76399	0.18543	1.73290	0.47546	0.44203
	12	0.37414	0.62586	0.29739	1.53499	0.85422	0.79234
	14	0.27059	0.72941	0.28959	1.70987	0.80092	0.79321
10	12	0.15601	0.84399	-0.04274	1.89763	0.51692	0.41485
	14	-0.02812	1.02812	-0.20088	2.03344	0.37218	0.30406
11	12	0.51221	0.48779	0.49964	1.37048	0.85071	0.80929
	14	0.34595	0.65405	0.28743	1.59581	0.73508	0.68361
12	12	0.24234	0.75766	0.01209	1.78840	0.42957	0.31097
	14	0.04454	0.95546	-0.29835	1.97375	0.41634	0.28799
	16	0.37225	0.62775	0.27585	1.64399	0.74371	0.66224
	18	0.19336	0.80664	0.11063	1.85274	0.63570	0.58181
	24	0.29712	0.70288	0.24918	1.76014	0.97842	0.91946
13	12	0.51943	0.48057	0.54992	1.38116	0.64894	0.62954
	14	0.55567	0.44433	0.65777	1.34055	0.83695	0.84739
	16	0.48408	0.51592	0.52145	1.41892	0.86321	0.85228
	18	0.37225	0.62775	0.36829	1.57034	0.84111	0.81970
	22	0.32527	0.67473	0.29088	1.66601	0.95944	0.91029
14	12	0.55249	0.44751	0.55489	1.46117	0.65424	0.59227
	14	0.43111	0.56889	0.33940	1.56993	0.62154	0.54959
	16	0.24186	0.75814	-0.03573	1.79408	0.54508	0.43018
	18	0.33060	0.66940	0.22645	1.69763	0.70354	0.63802
	20	0.11579	0.88421	-0.15921	1.89211	0.58244	0.48414
	22	0.14409	0.85591	-0.05030	1.86342	0.65029	0.56730
15	24	0.45217	0.54783	0.67960	1.53843	0.94807	1.00330
	28	-0.84963	1.84963	-1.58438	2.37534	0.25909	0.20740
	14	0.35620	0.64380	0.22222	1.61421	0.60351	0.51867
	16	0.53763	0.46237	0.58551	1.37299	0.86991	0.85381
	18	0.47548	0.52452	0.49814	1.45887	0.87354	0.84905
	20	0.38231	0.61769	0.35170	1.58223	0.83443	0.79039
	22	0.35082	0.64918	0.32993	1.62837	0.86172	0.82368
	24	0.26277	0.73723	0.15948	1.70437	0.86792	0.81056
	26	0.10083	0.89917	-0.11617	1.90289	0.73206	0.63342

16	16	0.38772	0.61228	0.18823	1.62372	0.61781	0.51348
	18	0.40055	0.59945	0.27978	1.62130	0.67917	0.59607
	20	0.34011	0.65989	0.19027	1.67757	0.71812	0.63823
	22	0.19599	0.80401	-0.08131	1.80260	0.65543	0.56087
	24	0.05022	0.94978	-0.33850	1.93879	0.60358	0.48311
	26	-0.11901	1.11901	-0.64762	2.03722	0.56284	0.44130
17	30	-0.30222	1.30222	-0.82435	2.17055	0.52446	0.42022
	16	0.64721	0.35279	0.75866	1.24925	0.91087	0.90186
	18	0.60438	0.39562	0.68039	1.27512	0.98602	0.97585
	20	0.44466	0.55534	0.43354	1.50264	0.83278	0.80121
	22	0.42110	0.57890	0.41551	1.52736	0.86799	0.83591
	24	0.34990	0.65010	0.26049	1.62504	0.86085	0.79573
18	26	0.32349	0.67651	0.30529	1.65720	0.87136	0.84100
	28	0.28781	0.71219	0.24580	1.71711	0.87140	0.82688
	30	0.11760	0.88240	-0.06044	1.87402	0.75991	0.68015
	18	0.20639	0.79361	-0.24615	1.78468	0.49107	0.34663
	20	0.05594	0.94406	-0.53374	1.90614	0.44037	0.27822
	22	0.09491	0.90509	-0.34078	1.87366	0.52115	0.39531
19	24	0.03560	0.96440	-0.42130	1.91385	0.53619	0.42194
	26	0.11183	0.88817	-0.32382	1.88064	0.65507	0.51495
	28	0.13676	0.86324	-0.16176	1.84456	0.70592	0.62087
	30	0.08540	0.91460	-0.17926	1.91383	0.69408	0.61518
	32	0.03199	0.96801	-0.12235	1.87475	0.68877	0.69974
	34	-0.51568	1.51568	-1.35871	2.17387	0.50811	0.40279
20	18	0.51051	0.48949	0.54733	1.47762	0.74302	0.70363
	22	0.42038	0.57962	0.35985	1.54339	0.81948	0.76248
	24	0.39781	0.60219	0.35617	1.57916	0.84531	0.79654
	26	0.38836	0.61164	0.32764	1.57697	0.91128	0.86050
	28	0.25509	0.74491	0.12675	1.73555	0.78695	0.71971
	30	0.20632	0.79368	0.11831	1.76929	0.77409	0.73896
20	32	0.21406	0.78594	0.07685	1.79313	0.83068	0.75642
	34	-0.08754	1.08754	-0.52046	2.03589	0.66402	0.50785
	36	0.02253	0.97747	-0.15740	1.95123	0.75555	0.70383
	38	-1.74409	2.74409	-3.38093	2.74666	-0.07053	-0.23637
	40	0.06410	0.93590	-0.00858	1.94950	0.79117	0.75379
	20	0.58893	0.41107	0.58673	1.48124	0.82589	0.73627
20	22	0.31041	0.68959	0.07021	1.72963	0.55328	0.45890
	24	-0.28372	1.28372	-1.25129	2.04752	0.30996	0.15459
	26	0.00596	0.99404	-0.54155	1.94290	0.49950	0.36379
	28	-0.03811	1.03811	-0.59742	1.98527	0.51291	0.37959
	30	0.15951	0.84049	-0.10008	1.86076	0.68280	0.58512
	32	-0.11093	1.11093	-0.68818	2.00203	0.56663	0.45523
20	34	-0.39839	1.39839	-1.30854	2.10871	0.47480	0.35815
	36	-0.05845	1.05854	-0.46064	1.97353	0.65609	0.58170
	38	-0.12531	1.12531	-0.68764	2.01179	0.70206	0.59577
	40	-0.02173	1.02173	-0.27019	1.95427	0.73671	0.70416

21	20	0.51204	0.48796	0.51492	1.44434	0.79883	0.74782	
	22	0.59581	0.40419	0.67873	1.34264	0.96994	0.94684	
	24	0.59610	0.40390	0.67304	1.31702	1.09334	1.07374	
	26	0.32671	0.67329	0.22821	1.65606	0.74665	0.69228	
	28	0.23178	0.76822	0.06093	1.75915	0.69488	0.61605	
	30	0.28484	0.71516	0.21092	1.69941	0.80136	0.76028	
	32	0.25677	0.74323	0.15512	1.73347	0.80933	0.75644	
	34	0.34172	0.65828	0.26743	1.64934	0.96832	0.90853	
	36	0.19804	0.80196	0.16085	1.80264	0.78696	0.76538	
	38	0.25393	0.74607	0.31296	1.77971	0.83811	0.82643	
	42	-0.09403	1.09403	-0.34172	2.03259	0.66121	0.60565	
	44	-2.61782	3.61782	-5.08742	2.91545	-0.29016	-0.49984	
	22	22	0.39522	0.60478	0.12384	1.61996	0.64495	0.53359
		24	0.59733	0.40267	0.56188	1.43543	0.98062	0.88192
26		0.24616	0.75384	-0.10694	1.79396	0.61228	0.48521	
28		0.65753	0.34247	0.90438	1.37252	1.05869	1.05991	
30		-0.19712	1.19712	-1.09558	1.99959	0.46775	0.31983	
32		0.14507	0.85493	-0.20538	1.84787	0.68058	0.57946	
34		0.33297	0.66703	0.29942	1.67929	0.85347	0.82353	
36		-0.04035	1.04035	-0.57753	1.98732	0.61743	0.48144	
38		-0.11092	1.11092	-0.61392	2.02983	0.58430	0.47216	
40		-0.46667	1.46667	-1.53994	2.14715	0.50672	0.38283	
42		-0.62164	1.62164	-1.74983	2.21313	0.46394	0.34437	
44		-0.34603	1.34603	-0.89139	2.12243	0.53268	0.48853	
23		22	0.79928	0.20072	1.06662	0.99113	1.35123	1.40307
		24	0.65630	0.34370	0.78140	1.20551	1.14084	1.14728
	26	0.55221	0.44779	0.70422	1.38734	0.94187	0.96405	
	28	0.55600	0.44400	0.56209	1.37573	1.10222	1.05381	
	30	0.39883	0.60117	0.39315	1.60949	0.85692	0.81478	
	32	0.33712	0.66288	0.26319	1.66131	0.83345	0.77410	
	34	0.32464	0.67536	0.26586	1.65406	0.87543	0.83589	
	36	0.28645	0.71355	0.16845	0.73918	0.88662	0.81372	
	38	0.10350	0.89650	-0.03923	1.89056	0.67046	0.61570	
	40	-0.02251	1.02251	-0.38244	1.96261	0.69700	0.59268	
	42	0.12388	0.87612	0.02212	1.81926	0.81599	0.80006	
	44	0.36350	0.63650	0.38572	0.61298	1.11423	1.09838	
	50	-0.61680	1.61680	-1.49877	2.18281	0.55614	0.48517	
	24	24	0.61048	0.38952	0.75920	1.37060	0.91797	0.90905
26		0.50770	0.49230	0.55009	1.49649	0.83195	0.80257	
28		0.06505	0.93495	-0.51436	1.86751	0.49171	0.34499	
30		0.09326	0.90674	-0.58223	1.81734	0.63643	0.50031	
32		0.17590	0.82410	-0.21879	1.78869	0.69348	0.58405	
34		0.27989	0.72011	0.05685	1.77082	0.76991	0.66587	
36		-0.21152	1.21152	-0.94286	2.05153	0.44794	0.33541	
38		-0.03297	1.03297	-0.64401	1.93062	0.65777	0.54944	
40		-2.19167	3.19167	-6.05744	2.47076	0.04054	-0.12961	
44		-0.45735	1.45735	-1.68236	2.10146	0.57571	0.43138	

25	24	0.58478	0.41522	0.58197	1.32849	0.99425	0.94971
	26	0.56040	0.43960	0.55739	1.39078	0.97203	0.90807
	28	0.59905	0.40095	0.66520	1.33477	1.07461	1.04385
	30	0.55540	0.44460	0.62877	1.38745	1.06349	1.05049
	32	0.50940	0.49060	0.62435	1.45539	0.99882	1.00381
	34	0.48746	0.51254	0.50021	1.48504	1.05767	1.01834
	36	0.37367	0.62633	0.33636	1.62171	0.92214	0.87324
	38	0.27385	0.72615	0.16701	1.75244	0.83135	0.75536
	40	0.44772	0.55228	0.50237	1.53375	1.12168	1.10573
	42	0.22896	0.77104	0.15162	1.80216	0.82531	0.76644
26	44	0.20422	0.79578	0.02497	1.81415	0.88385	0.79588
	50	-0.03667	1.03667	-0.19201	1.92723	0.72014	0.72050
	22	0.57044	0.42956	0.46649	1.43638	0.74383	0.64147
	26	0.59469	0.40531	0.54405	1.39153	0.93595	0.85302
	28	0.55633	0.44367	0.52501	1.42139	0.95271	0.90202
	30	0.41592	0.58408	0.21080	1.60051	0.80983	0.71653
	32	0.29103	0.70897	-0.05489	1.70188	0.73808	0.63646
	34	-0.01323	1.01323	-0.67009	1.83665	0.56269	0.51120
	36	0.31545	0.68455	0.09088	1.71358	0.84070	0.73770
	38	0.24890	0.75110	0.03508	1.78942	0.75439	0.65811
27	40	0.00109	0.99891	-0.49343	1.90481	0.62078	0.55189
	42	0.06535	0.93465	-0.32364	1.91919	0.66023	0.55485
	44	-0.09000	1.09000	-0.69137	1.97846	0.61105	0.54554
	46	0.01802	0.98198	-0.29880	1.92890	0.67766	0.63177
	48	-0.12764	1.12764	-0.67096	2.03741	0.62362	0.51510
	26	0.57924	0.42076	0.62223	1.34661	0.96380	0.93763
	28	0.51362	0.48638	0.52280	1.45273	0.86546	0.81919
	30	0.57320	0.42680	0.63900	1.35761	1.05696	1.03585
	32	0.55264	0.44736	0.60125	1.39584	1.08045	1.05228
	34	0.49133	0.50867	0.54173	1.49140	0.98663	0.96449
28	36	0.45606	0.54394	0.39571	1.50802	1.04054	0.98253
	38	0.52434	0.47566	0.58829	1.47761	1.11436	1.07709
	42	0.32590	0.67410	0.27011	1.67172	0.91402	0.86891
	44	-0.00243	1.00243	-0.27834	2.00837	0.57108	0.47016
	46	0.18383	0.81617	0.07852	1.85920	0.77380	0.70480
	50	0.36548	0.63452	0.37211	1.67856	1.08531	1.03364
	26	0.40154	0.59846	0.22852	1.59097	0.61017	0.55370
	28	0.47254	0.52746	0.34070	1.52743	0.76908	0.69728
	32	0.51702	0.48298	0.41080	1.53114	0.92902	0.82356
	34	0.56184	0.43816	0.60378	1.49005	1.00479	0.94352
	36	0.45608	0.54392	0.32616	1.57586	0.95243	0.86521
	38	0.21763	0.78237	-0.10408	1.77350	0.71320	0.62506
	40	0.31367	0.68633	0.12977	1.71004	0.82910	0.76501
	42	0.09381	0.90619	-0.32173	1.83529	0.67940	0.61784
	44	-0.39041	1.39041	-1.25074	2.11481	0.34958	0.25163
	46	0.24739	0.75261	0.00528	1.74728	0.89327	0.83255
	48	0.33634	0.66366	0.28290	1.70760	0.97306	0.92397
	50	0.05951	0.94049	-0.29134	1.88287	0.75735	0.72181

29	24	0.71353	0.28647	0.84231	1.15982	1.06857	1.05969	
	30	0.58747	0.41253	0.68422	1.36108	1.00625	0.99223	
	32	0.64472	0.35528	0.72851	1.29107	1.18697	1.14830	
	34	0.53879	0.46121	0.63151	1.44232	0.98637	0.96799	
	36	0.53961	0.46039	0.76977	1.44007	1.00775	1.04856	
	38	0.43888	0.56112	0.45767	1.59642	0.90741	0.86120	
	40	0.54818	0.45182	0.69917	1.43624	1.11809	1.11979	
	42	0.41653	0.58347	0.47087	1.58460	0.97068	0.95294	
	46	0.26193	0.73807	0.15947	1.76644	0.83634	0.76849	
	50	0.63569	0.36431	0.77748	1.27795	1.54882	1.55127	
	54	0.22156	0.77844	0.25870	1.69606	0.97318	1.02867	
	30	30	0.70422	0.29578	0.88873	1.37999	1.02010	0.96587
		32	0.47280	0.52720	0.19149	1.52184	0.90754	0.77289
		36	0.72543	0.27457	1.01635	1.29092	1.24942	1.24224
38		0.13409	0.86591	-0.30023	1.83603	0.57561	0.47350	
40		0.44739	0.55261	0.46937	1.62777	0.88035	0.82917	
42		0.14214	0.85786	-0.25484	1.82039	0.66772	0.58570	
46		0.30566	0.69434	0.33218	1.84417	0.71681	0.62781	
48		0.07356	0.92644	-0.37534	1.87507	0.69846	0.62242	
50		-0.00045	1.00045	-0.47976	1.89203	0.69990	0.63274	
52		0.01561	0.98439	-0.54894	1.94894	0.70264	0.58164	
31	42	0.45799	0.54201	0.49205	1.52845	1.01180	0.98730	
	46	0.54241	0.45759	0.72527	1.48817	1.13654	1.13097	
	48	0.50313	0.49687	0.61094	1.48540	1.16243	1.15981	
	50	0.50422	0.49578	0.61014	1.49689	1.19261	1.18187	
	52	0.32375	0.67625	0.29162	1.74921	0.93779	0.87187	
	54	0.32936	0.67064	0.49895	1.75230	0.89393	0.89600	
	54	0.32936	0.67064	0.49895	1.75230	0.89393	0.89600	
32	36	0.51337	0.48663	0.46492	1.53894	0.90513	0.83119	
	40	0.49136	0.50864	0.45253	1.54981	0.96337	0.89714	
	42	0.44381	0.55619	0.38919	1.62984	0.90041	0.82538	
	44	0.53991	0.46009	0.81261	1.54076	0.97641	0.99142	
	46	0.73078	0.26922	1.23251	1.38528	1.25968	1.26538	
	52	0.17665	0.82335	-0.00597	1.84508	0.72321	0.67125	
	54	0.00331	0.99669	-0.84560	1.91599	0.79217	0.62064	
	40	0.45775	0.54225	0.49748	1.54638	0.90133	0.87207	
	46	0.38865	0.61135	0.31283	1.62956	0.94644	0.87755	
	48	0.53072	0.46928	0.58349	1.47329	1.17649	1.13473	
33	50	0.26955	0.73045	0.23540	1.73085	0.83426	0.81846	
	34	38	0.48321	0.51679	0.34570	1.57593	0.85906	0.75427
		40	-0.26437	1.26437	-1.84338	1.90432	0.48113	0.34518
50	0.47081	0.52919	0.65256	1.59173	0.97700	0.98769		