

〈研究資料〉

## クヌギ及びコナラの樹幹細り表作成に関する研究

大北英太郎\*・川村 誠\*

Studies on the Construction of Tree Taper Tables for  
Kunugi (*Quercus acutissima* CARR.) and Konara (*Quercus serrata* THUNB.)

Eitaro OHKITA\* and Makoto KAWAMURA\*

### Summary

A method for constructing tree taper tables was studied by the application of the stem curve equations. This paper analyses the changes of stem-form exponents by fitting the Kunze's equation to the stem data of kunugi and konara, the trees which make up the stands in the Hiruzen forest of Tottori University in Okayama Prefecture.

In the analyses, the data on kunugi trees of height class 4-16 m and d. b. h. class 4-28 cm and konara trees of height class 3-16 m, d. b. h. class 3-28 cm were used as the basic data. The summary of the results are as follows:

(1) Fitting the modified Kunze's equation, the results showed that using Method 1, in the lower part of the stem, the computed values were higher than the measured values, while for the upper portion, the reverse trend was observed. Further, in Method 2, the computed values were smaller than the measured values for the middle part of the stem.

(2) For each height and d. b. h. class, the values of the form exponent (coefficient of regression) in kunugi and konara ranged 0.4-2.4 and 0.5-2.8, respectively. For trees which belong to height class of over 10 m, the values of the form exponent increased with the increase in d. b. h..

### I は じ め に

従来、樹幹形状に関する研究の多くは、胸高直径階と樹高階との関係に種々の幹曲線式を適用する方法で行われてきた。<sup>1)~22)</sup>しかし、樹幹細り表の作成は、特定の狭い範囲において適用されるものにとどまってきた。その理由は、地域的に樹種、保育形式等が異なり、しかも樹幹形状そのものが

---

\* 鳥取大学農学部農林総合科学科生存環境科学講座 : *Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University*

複雑であることにある。この樹幹形状の変化を忠実に反映させる方法の一つに、多項式を用いた研究があり、多項式の項の数を増やすほど適応性が高まるものの、それでは特定の資料についての実験式にとどまり、より一般的な樹幹細り表の基礎資料とはならない。そこで筆者等は、絶対形率を基礎とするBehre氏の幹曲線式を胸高以上梢頭までの距離の中央位置から上の部分と下の部分の樹幹細り資料に別々に適用して中央位置でその幹曲線を結んでスギの樹幹細り<sup>4)</sup>表を作成した。

その後このBehre氏の幹曲線式とKunze氏の幹曲線式とを絶対形率の同じ林木について理論的に比較検討<sup>19)</sup>を行ったところ、Behre氏の幹曲線式はKunze氏の幹曲線式に比べて樹幹上部では値が小さく、樹幹下部では値が大きい結果を得た。反対にKunze氏の幹曲線式はBehre氏の幹曲線式に比べて樹幹上部では値が大きく、樹幹下部では値が小さい傾向があることがわかった。筆者等はKunze氏幹曲線の方が樹幹細り計算に対して、また評価上からも安全性が高いと考えた。また空中写真の判読によって樹高を測定することが出来るから、梢頭からの樹幹距離と樹幹細りとの関係を形状指数によって判断することができればと考えた。このような考え方によって鳥取県内で収集したスギ人工林の各樹高階、各胸高直径階の樹幹細り資料にKunze氏幹曲線式(筆者が理論的に誘導した変形式)を適用したところ、この式の形状指数分布範囲は0.9~2.9であった。したがって、形状指数を完満、普通、梢殺の3つに分けて樹幹細り表を作成するための計算プログラムを作成して実用上の便に供した。

広葉樹の樹幹細り表作成に関する研究は、針葉樹に比較して数が少<sup>5)</sup>くなく、これは天然生の2次林広葉樹が多く、樹種によって樹型も相違し、針葉樹に比較して樹幹の通直性が少なく、枝の分岐が多い等、研究を進める上の困難性が多いためと思われる。広葉樹の中のクヌギ・コナラ等は樹幹下部の大径材は用材あるいはパルプ材として利用するほかは、しいたけ原木として利用することが多く、樹幹細り表を作成する意義は針葉樹に比較してやすい。しかし、本研究をとりあげることは単木の利用上の集約化にもつながると思われる。また、森林生態学的観点から言えば樹幹の生産構造を知っておくことも必要と考えられたので、過去の樹幹細りの研究成果を踏まえて本研究をおこなった。

## II 資 料

資料を収集した場所は、岡山県の北部、岡山県真庭郡川上村大字上徳山に位置する鳥取大学農学部蒜山演習林地内で、クヌギ資料は第17林班、コナラ資料は第20林班である。この蒜山演習林は海拔高580~869mの間に存在し、地形は比較的緩慢で東南向の幼年期地形である。地質は大山凝灰角礫岩層で安山岩質の角礫や亜角礫からなり、表土は黒色火山灰土である。本地域の気象は年平均気温10.5°C、年最高平均気温15.5°C、年最低平均気温5.4°C、年平均降水量2,300mm、年平均降水日数199日、積雪は12~3月で平均降雪日数100日前後、積雪最大240cm(1968年2月)である。

蒜山演習林の広葉樹2次林の植生群落は、①ブナ林、②ミズナラ林、③コナラ林、④クヌギーコナラ林、⑤トチノキ林の5種に大別される。

クヌギ資料を収集した林地は、④のクヌギーコナラ林に該当する地域で、海拔高700m、地形は平坦な北から南へ流れる尾根上に位置し、上層木はクヌギ、下層木はコナラが比較的多く、林床の一

部にはヤネフキササが分布している。土壤型はB<sub>10</sub>(d)型定積土である。

コナラ資料を収集した林地は、③のコナラ林から④のクヌギーコナラ林に該当する地域で、海拔高は750m、地形は北から西へ流れる尾根の南面斜面に位置し、山腹上部から山腹にかけてコナラが上層木を占め、山腹下部には上層木としてクヌギを混交する傾斜地で、林床にはヤネフキササが分布し、土壤型はB<sub>10</sub>(d)型匍行土である。

クヌギ・コナラの資料は上記の地内に設定した施業試験地の伐倒木について測定した。伐採点0.2mから上部へ1mごとに各断面高における樹幹直径をmm単位で測定し、さらに樹高、枝下高、枝下直径、胸高から梢頭までの樹幹距離の中央位置における直径、枝張り等の因子も測定した。資料収集に際して各樹高階、各胸高直径階における資料分布本数は出来るだけ均等になるよう心掛け、また、試験地内に分布する最小の樹高、胸高直径の資料も収集した。

その資料の各樹高階、各胸高直径階に分布する本数はクヌギ資料では表1、コナラ資料では表2のとおりである。

表1 クヌギ資料本数分布表

H\D	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	計	
4	1	1																								2	
5		1	1			1																					3
6																											-
7		1	2	2	3	1		1																			10
8				1																							1
9							1																				1
10						1	2		1																		4
11								1	1		1																3
12									1	2		1	3	1	1	1			1								11
13								1		1	1	1		1		1	2	1				1			1		11
14											1	1			2	1		2	1	1	1						10
15																1		1				1					3
16																								1			1
計	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	1	1	2	1	-	1	60

註1. Dは胸高直径(単位cm)、Hは樹高(単位m)である。

2. 測定は1977年である。

表2 ナラ資料本数分布表

H\D	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	計
3	1																										1
4	2	1																									3
5	1		2																								3
6	1	3	3	1																							8
7		1				1																					2
8			1	1	1	2																					5
9				1	1	2	2				1																7
10					1		2	1	1			1															6
11							1	1	1																		3
12								1	1	2	1	2															7
13									1	1			3	1	1	1	1		1								10
14								1			1	1				1	1	1									6
15														1	1	1		2	1		1					1	8
16															1				1					1			3
計	5	5	6	3	3	5	5	4	4	3	3	4	3	2	3	3	2	3	3	—	1	—	—	1	—	1	72

註1. Dは胸高直径階(単位cm), Hは樹高階(単位m)である。  
 2. 測定は1977年である。

### III Kunze氏幹曲線式の変形とその応用

Kunze氏幹曲線の一般式は次式である。

$$Y^2 = P \cdot X^r \dots \dots \dots (1)$$

但し, Y:半径, P:定数, r:形状指数, X:梢端より断面までの長さ  
 (1)式を実際に応用しやすくするため, 次のように変形する。

H:樹高, h:任意の断面高 とすれば, X: H-h となり, さらに dh:任意の断面高の直径とすれば, (1)式は次のようになる

$$\left(\frac{dh}{2}\right)^2 = P \cdot (H-h)^r$$

$$\therefore dh^2 = 4P \cdot (H-h)^r$$

4P = Kとおけば

$$dh = \sqrt{K \cdot (H-h)^r} \dots \dots \dots (2)$$

形状指数 r は, 特定の1本の立木においては,

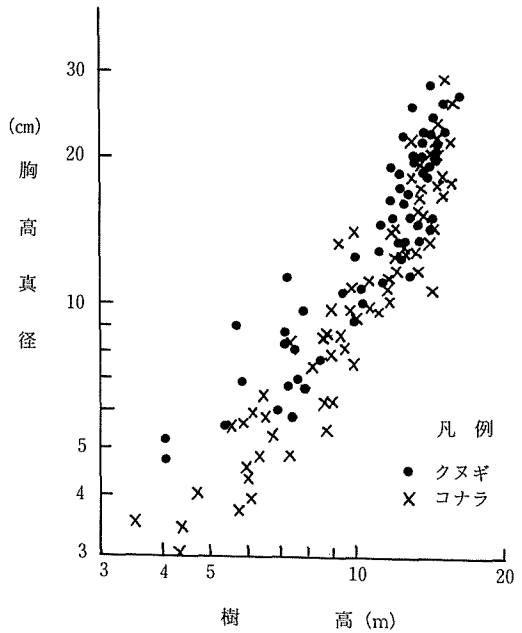


図1 樹高対胸高直径

断面高の位置によって相異なるが、いま、樹高階、胸高直径階に属する1本の立木の形状指数  $r$  は各断面高において一定と仮定し、その  $r$  と  $K$  の常数が与えられれば、(2)式により各任意の断面高の直径 ( $dh$ ) を求めることが出来る。

(2)式の  $r$  と  $K$  の常数を各樹高階別、各胸高直径階別の立木における各断面高 ( $h$ ) と各実測直径 ( $dh$ ) によって求めるため、(2)式を対数で展開する。

$$2 \log dh = \log K + r \cdot \log (H - h) \dots\dots\dots(3)$$

各胸高直径階別、各樹高階別の樹幹細りの測定資料にもとずき、回帰定数  $\log K$  及び回帰係数  $r$  を同時に求める。この方法を(1)の方法とし、次の方法を(2)の方法とした。

いま、 $D$  : 胸高直径、 $(H - 1.2)$  : 梢高から胸高までの長さ とすれば、(2)式は次の(4)式となる。

$$D^2 = K (H - 1.2)^r \dots\dots\dots(4)$$

表3 実測直径と計算直径との比較 (クスギ)

胸高直径階	樹高階	断面高	実測直径	(1)の方法		(2)の方法	
				計算直径	残差	計算直径	残差
cm	m	m	cm	cm	cm	cm	cm
5	5	1.2	5.50	5.56	-0.06	5.50	0.00
		2.2	4.90	4.81	0.09	4.75	0.15
		3.2	3.90	3.93	-0.03	3.89	0.01
8	7	1.2	8.33	8.35	-0.02	8.33	0.00
		2.2	7.57	7.50	0.07	7.48	0.08
		3.2	6.50	6.58	-0.08	6.57	-0.07
		4.2	5.60	5.56	0.04	5.55	0.05
		5.2	4.40	4.40	0.00	4.40	0.00
16	12	1.2	16.27	16.13	0.14	16.27	0.00
		2.2	14.73	15.02	-0.28	15.15	-0.41
		3.2	14.07	13.88	0.19	14.00	0.07
		4.2	12.97	12.72	0.25	12.83	0.14
		5.2	11.60	11.52	0.08	11.62	-0.02
		6.2	9.60	10.28	-0.68	10.37	-0.77
		7.2	9.00	9.00	0.00	9.08	-0.08
		8.2	8.13	7.66	0.47	7.73	0.40
		9.2	6.17	6.25	-0.08	6.30	-0.14
		10.2	4.70	4.73	-0.03	4.77	-0.07
21	14	1.2	21.40	22.08	-0.68	21.40	0.00
		2.2	20.50	20.80	-0.30	20.17	0.33
		3.2	19.30	19.50	-0.20	18.91	0.39
		4.2	17.15	18.18	-1.03	17.62	-0.47
		5.2	16.75	16.82	-0.07	16.30	0.45
		6.2	16.65	15.42	1.23	14.95	1.70
		7.2	14.20	13.98	0.22	13.55	0.65
		8.2	12.95	12.50	0.45	12.11	0.84
		9.2	11.20	10.95	0.25	10.61	0.59
		10.2	8.90	9.33	-0.43	9.04	-0.14
		11.2	8.65	7.61	1.04	7.38	1.27
		12.2	5.15	5.76	-0.61	5.59	-0.44

表4 実測直径と計算直径との比較 (コナラ)

胸高直径階	樹高階	断面高	実測直径	(1)の方法		(2)の方法	
				計算直径	残差	計算直径	残差
cm	m	m	cm	cm	cm	cm	cm
5	5	1.2	5.55	5.80	-0.25	5.55	0.00
		2.2	5.20	4.82	0.38	4.62	0.58
		3.2	3.65	3.77	-0.12	3.61	0.04
8	8	1.2	8.55	8.74	-0.19	8.55	0.00
		2.2	7.40	7.76	-0.36	7.59	-0.19
		3.2	6.85	6.75	0.10	6.60	0.25
		4.2	5.95	5.71	0.24	5.58	0.37
		5.2	5.10	4.62	0.48	4.52	0.58
		6.2	3.20	3.48	-0.28	3.41	-0.21
12	12	1.2	12.30	13.59	-1.29	12.30	0.00
		2.2	11.85	12.59	-0.74	11.39	0.46
		3.2	11.15	11.56	-0.41	10.46	0.69
		4.2	10.45	10.52	-0.07	9.52	0.93
		5.2	10.05	9.46	0.59	8.56	1.49
		6.2	9.10	8.37	0.73	7.57	1.53
		7.2	7.90	7.25	0.65	6.56	1.34
		8.2	7.00	6.09	0.91	5.51	1.49
		9.2	4.85	4.89	-0.04	4.43	0.42
		10.2	3.10	3.62	-0.52	3.28	-0.18
20	15	1.2	20.20	23.06	-2.86	20.20	0.00
		2.2	18.90	21.36	-2.46	18.71	0.19
		3.2	18.30	19.66	-1.36	17.23	1.07
		4.2	17.70	17.97	-0.27	15.74	1.96
		5.2	16.35	16.28	0.07	14.26	2.09
		6.2	15.40	14.60	0.80	12.79	2.61
		7.2	14.30	12.92	1.38	11.32	2.98
		8.2	13.00	11.24	1.76	9.85	3.15
		9.2	10.65	9.58	1.07	8.39	2.26
		10.2	8.85	7.92	0.93	6.94	1.91
		11.2	6.80	6.27	0.53	5.49	1.31
		12.2	4.10	4.62	-0.52	4.05	0.05
		13.2	2.60	3.00	-0.40	2.63	-0.03



表6 樹高階および胸高直径階における回帰係数の傾向 (コナラ)

D (cm) \ H (m)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
3	0.0																									
4	0.53	1.14																								
5	1.15	1.46																								
6	2.09	1.55	1.86	1.76																						
7		1.22					2.51																			
8			1.33	1.43	1.10	1.65																				
9				1.68	1.34	1.33	1.74				1.18															
10					1.63		1.51	1.13	1.51		1.82															
11								1.27	1.17	1.44					1.62											
12									1.31	1.57	1.66	1.62	1.99													
13										1.66	1.71		1.74	1.79	1.81	1.54	2.27	2.17								
14									1.39		1.62	1.61			1.56	1.87	1.79	1.93								
15													1.59	1.95	2.05	2.01		2.20							2.78	
16																	1.85							2.22		

て次のようなことがわかった。

すなわち、(1)の方法では、クヌギ・コナラとも樹幹下部では計算直径が実測直径よりも大きい値を示し、その残差は負の記号を示す傾向が各胸高直径階、各樹高階の資料でみられた。しかし、樹幹の中部から上の部分では逆に計算直径が実測直径よりも小さく、その残差は正の記号を示す傾向がみられた。すなわち、断面高が高くなるにしたがって残差は負から正に変化している。(2)の方法では、クヌギの小径木を除き各胸高直径階、各樹高階で断面高2～3 mから上の部分で計算直径が実測直径よりも小さく、その残差は正の記号を示す傾向がみられた。特に樹幹の中部では残差が(1)の方法に比べてはるかに大きかった。この二つの方法を比較してみると、樹幹の下部に対しては(2)の方法が実測値と計算値との差が小さく、樹幹の中部から上の部分に対しては(1)の方法が実測値と計算値との差が小さいことがわかった。

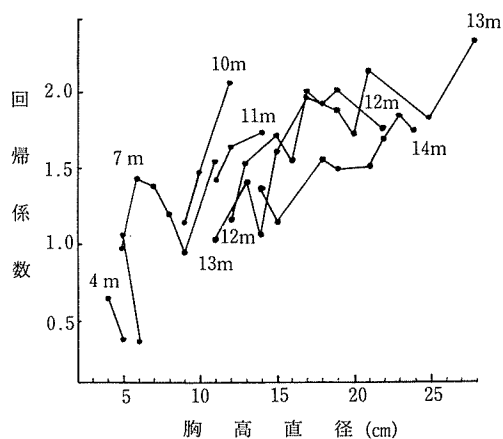


図3 クヌギの胸高直径に対する回帰係数の傾向

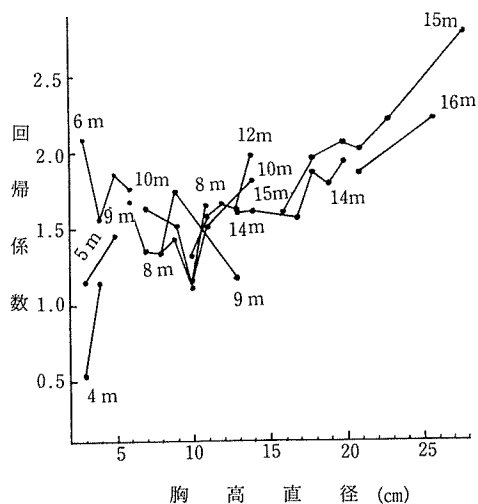


図4 コナラの胸高直径に対する回帰係数の傾向

次に各樹高階、直径階の資料を実験式にあてはめ回帰係数を計算した結果をクヌギについては表5に、コナラについては表6に示した。表5・6を図示すると図3・4のとおりである。

クヌギおよびコナラの同一樹高階の回帰係数を実線で結んでみると、樹高階の低いものでは胸高直径と回帰係数との間に一定の傾向がみられない。しかし、樹高10m以上のものでは胸高直径が大きくなるにしたがって回帰係数が大きくなる傾向がみられた。また樹高階の大きいものでは胸高直径に対する回帰係数の変化が規則的に配列される傾向が認められた。

各樹高階、各胸高直径階の樹幹細り表を作成する目的でKunze氏幹曲線の変形式を樹幹細り資料に適用したところ、(1)の方法ではクヌギ・コナラとも各樹高階、各胸高直径階で樹幹下部では計算値が実測値よりも大きく、樹幹上部では逆に計算値が実測値よりも小さい傾向がみられた。すなわち、樹高の中央付近で残差が負から正に変化している。この位置が絶対形率を示す位置であるのか、クヌギ・コナラの枝分岐付近であるのか、また枝下高あるいは枝下直径と胸高直径とによる形率と関係があるのか疑問を提起することになったが、これらについて今後検討したい。Kunze氏幹曲線の変形式を用いて計算した樹幹の細りは(1)の方法、(2)の方法とも樹高階、胸高直径階が大きくなるにしたがって実測値と計算値との差が大きくなり、(1)の方法では樹幹下部と樹幹上部で、(2)の方法では樹幹中部で残差が特に大きかった。(1)の方法および(2)の方法から樹幹細り表の作成は不可能ではないが、より適合性の高い細り表を作成するためにはさらに検討する必要があると考える。

## V お わ り に

広葉樹の樹幹曲線を応用して樹幹細り表を作成した研究は少ない。この報告は、Kunze氏の幹曲線式の変形式に鳥取大学蒜山演習林クヌギおよびコナラのデータをあてはめ樹幹の細りおよび形状指数の変化を研究したものである。使用した資料は、クヌギでは樹高階4~16m、胸高直径階4~28cm、コナラでは樹高階3~16m、胸高直径階3~28cmのものである。

本研究の結果の概要は次のとおりである。

1. Kunze氏の幹曲線式の変形式を用いて樹幹の細りを計算した結果、(1)の方法による樹幹の細りはクヌギ・コナラとも樹幹下部では実測値よりも計算値が大きく、樹幹上部では逆の傾向がみられた。また(2)の方法で計算した樹幹の細りは樹幹の中部で実測値よりも計算値の方が小さい傾向がみられた。

2. 各樹高階および胸高直径階における形状指数(回帰係数)の値は、クヌギでは0.4~2.4、コナラでは0.5~2.8の範囲にあった。形状指数は、クヌギ・コナラとも樹高階10m以上のものでは胸高直径が増加するにしたがって増大する傾向がみられた。

## 文 献

- 1) 清野 要：黒松樹幹の細り早見表。農林省林業試験場，34，201—241，1935
- 2) 松井善喜外2：トドマツ樹幹の細り表。林業試験場北海道支場業務報告，4，142—148，1955
- 3) 大金永治：樹幹の形状と細り表の調整（I）。第65回日本林学会大会講演集，73—77，1956
- 4) 大北英太郎外2：智頭地方に於ける所謂「元木計算」による立木評価法に関する研究（II）。



鳥取県林業試験場試験研究報告, 2, 29—36, 1957

- 5) 大内幸雄外 1 : ブナの樹幹形状と細り表について. 岐阜大学農学部研究報告, 9, 87—93, 1958
- 6) 大隅真一 : 幹形に関する研究 (I). 日本林学会誌, 41 (12), 471—479, 1959
- 7) 大内幸雄外 1 : ウダイカンバの樹幹形状と細り表について. 岐阜大学農学部研究報告, 11, 99—104, 1960
- 8) 大北英太郎外 1 : 樹幹細り表作成に関する研究. 日本林学会関西支部大会講演集, 17, 93—94, 1967
- 9) 後藤 亮 : ヒノキの細り表. 広島県林業試験場研究報告, 2, 2—8, 1967
- 10) 高瀬五郎 : スギのテーパータブルの作成について. 愛媛大学農学部演習林報告, 5, 31—57, 1967
- 11) 上田富茂 : 細り表作成に関する研究 (II). 奈良県林業指導所報告, 4, 1—7, 1970
- 12) 上野賢爾外 1 : スギの幹形について (II). 日本林学会誌, 52 (3), 92—94, 1970
- 13) 高瀬五郎外 1 : 樹幹の形状生長の分解と合成. 日本林学会誌, 52 (5), 141—148, 1970
- 14) 梶原幹弘 : スギ同齢林における相対幹曲線の変動について. 日本林学会誌, 54 (10), 340—345, 1972
- 15) 梶原幹弘 : スギの相対幹曲線について. 日本林学会誌, 55 (2), 63—70, 1973
- 16) 坂本 格外 1 : 採材のための細り曲線に関する研究. 高知大学農学部演習林報告, 4, 29—33, 1973
- 17) 梶原幹弘 : 林分相対幹曲線による林分細り表の作成方法. 日本林学会誌, 55 (12), 379—387, 1973
- 18) 北演道林務部 : トドマツ間伐木の樹幹の形状と細り表の調整. 経営試験業務資料, 25, 34—43, 1975
- 19) 大北英太郎外 1 : スギ樹幹細り表の作成に関する研究. 鳥取大学農学部演習林報告, 8, 11—32, 1975
- 20) 長浜三千治 : スギ細り表の調製. 福岡県林業試験場研究資料, 5, 1—32, 1981
- 21) 前橋営林局 : ヒノキの枝打管理図. 技術開発報告, 21, 5—7, 1975
- 22) 堂上龍雄 : 林木の幹形変化の解析法に関する研究. 静岡大学農学部演習林報告, 6, 1—50, 1981

## 参考資料

本研究の計算に使用したクヌギの場合のFORTRAN言語によるプログラムは次のようである。

MAINプログラムの記号と内容

プログラムの 記号名称	説 明
N	資料本数60本
K	1本の資料の実測値数
A(I, 1)	樹高数値
A(I, 2)	胸高直径数値
CC	胸高直径階括約の最低値
EE	胸高直径階括約の最大値
C	樹高階括約の最低値
E	樹高階括約の最大値
II	各樹高階の実測値数
IL	各樹高階の直径の数
AA	各階層に分類した資料の実測傾
NN	各階層ごとの資料本数

SUBプログラムの記号と内容

BAA	各階層別実測値の平均値
HA	梢端から各直径位置までの長さ
R	形状指数
T	回帰定数の対数値
TT	回帰定数(Tの真数)
AAA	算出直径
P	残差
VP	分散

## ISN SOURCE STATEMENT

ISN	SOURCE STATEMENT
C	KUNUGYI NO HSORIKEISAN
1	COMMON J,M,A(60,20),R(25,13),II,IL(25),LI,NN,AA(20,20),SAA(20), 1BAA(25,13,20),HA(25,13,20),XHA(20),XDA(20),XXH(20),XHD(20),T(25, 213),TT(25,13),AAA(20),P(20),VP(20)
2	READ(5,400) N
3	400 FORMAT(I8)
4	DO 11 I=1,N
5	IF(I.GE.20) GO TO 500
6	READ(5,401) (A(I,K),K=1,10)
7	401 FORMAT(10F8.0)
8	GO TO 11
9	500 READ(5,402) (A(I,K),K=1,20)
10	402 FORMAT(10F8.0)
11	11 CONTINUE
12	CC=3.0
13	EE=4.0
14	DO 121 J=1,25
15	DO 122 M=1,13
16	R(J,M)=0.0
17	122 CONTINUE
18	121 CONTINUE
19	DO 12 J=1,25
20	CC=CC+1.0
21	EE=EE+1.0
22	C=3.0
23	E=4.0
24	DO 13 M=1,13
25	C=C+1.0
26	II=(C-1.2)/1.0+2.0
27	IL(M)=(C-1.2)/1.0+1.0
28	E=E+1.0
29	NN=0
30	DO 14 I=1,N

```

31      IF(A(I,1).LT.C.OR.A(I,1).GE.E) GO TO 14
32      IF(A(I,2).LT.CC.OR.A(I,2).GE.EE) GO TO 14
33      NN=NN+1
34      DO 15 K=1,II
-----
35      AA(NN,K)=A(I,K)
36      15 CONTINUE
37      14 CONTINUE
38      IF(NN.EQ.0) GO TO 13
39      CALL KEISAN
40      CALL INSATU
-----
41      13 CONTINUE
42      12 CONTINUE
43      STOP
44      END

```

## ISN SOURCE STATEMENT

```

1      SUBROUTINE KEISAN
-----
2      COMMON J,M,A(60,20),R(25,13),II,IL(25),LI,NN,AA(20,20),SAA(20),
1BAA(25,13,20),HA(25,13,20),XHA(20),XDA(20),XXH(20),XHD(20),T(25,
213),TT(25,13),AAA(20),P(20),VP(20)
3      FNN=NN
4      SXHA=0.0
5      SXDA=0.0
-----
6      SXXH=0.0
7      SXHD=0.0
8      II=IL(M)
9      DO 20 K=1,II
10     SAA(K)=0.0
11     DO 21 LL=1,NN
-----
12     21 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)-1.2-(K-2)*1.0
16     IF(K.EQ.1) GO TO 20
17     XDA(K)=2.*(ALOG10(BAA(J,M,K)))
-----
18     XHA(K)=ALOG10(HA(J,M,K))
19     XXH(K)=XHA(K)**2
20     XHD(K)=XHA(K)*XDA(K)
21     SXHA=SXHA+XHA(K)
22     SXDA=SXDA+XDA(K)
23     SXXH=SXXH+XXH(K)
-----
24     SXHD=SXHD+XHD(K)
25     20 CONTINUE
26     LI=IL(M)-1
27     FLI=LI
28     R(J,M)=((FLI*SXHD)-SXHA*SXDA)/((FLI*SXXH)-SXHA**2)
29     T(J,M)=(SXXH*SXDA-SXHA*SXHD)/((FLI*SXXH)-SXHA**2)
-----
30     TT(J,M)=10.**T(J,M)
31     II=IL(M)
32     DO 22 K=1,II
33     IF(K.EQ.1) GO TO 22
34     AAA(K)=10.**((R(J,M)*XHA(K)+T(J,M))/2.)
35     P(K)=BAA(J,M,K)-AAA(K)
-----
36     VP(K)=P(K)**2
37     22 CONTINUE
38     RETURN
39     END

```

ISN	SOURCE STATEMENT
1	SUBROUTINE INSATU
2	COMMON J,M,A(60,20),R(25,13),II,IL(25),LI,NN,AA(20,20),SAA(20), 1BAA(25,13,20),HA(25,13,20),XHA(20),XDA(20),XXH(20),XHD(20),T(25, 213),TT(25,13),AAA(20),P(20),VP(20)
3	WRITE(6,601) J,M,R(J,M),T(J,M),TT(J,M)
4	601 FORMAT(1H ,2HJ=I8,2X,2HM=I8,2X,2HR=F10.5,2X,2HT=F8.5,2X,3HTT=F8.5)
5	II=IL(M)
6	DO 30 K=1,II
7	IF(BAA(J,M,K).LE.0.0) GO TO 30
8	IF(K.EQ.1) GO TO 30
9	WRITE(6,602) K,BAA(J,M,K),AAA(K),P(K),VP(K)
10	602 FORMAT(1H ,24X,2HK=I8,3X,3HBD=F8.2,3X,2HA=F8.2,3X,2HP=F8.2,3X,4HVA 1R=F8.4)
11	30 CONTINUE
12	RETURN
13	END

なお、回帰曲線が胸高直径位置を通るために、理論的に回帰定数を計算する場合のSUBROUTINE プログラムは次のとおりである。

ISN	SOURCE STATEMENT	(Tは理論値)
1	SUBROUTINE KEISAN	
2	COMMON J,M,A(60,20),R(25,13),II,IL(25),LI,NN,AA(20,20),SAA(20), 1BAA(25,13,20),HA(25,13,20),XHA(20),XDA(20),XXH(20),XHD(20),T(25, 213),TT(25,13),AAA(20),P(20),VP(20)	
3	FNN=NN	
4	SXHA=0.0	
5	SXDA=0.0	
6	SXXH=0.0	
7	SXHD=0.0	
8	II=IL(M)	
9	DO 20 K=1,II	
10	SAA(K)=0.0	
11	DO 21 LL=1,NN	
12	21 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)-1.2-(K-2)*1.0	
16	IF(K.EQ.1) GO TO 20	
17	XDA(K)=2.*(ALOG10(BAA(J,M,K)))	
18	XHA(K)=ALOG10(HA(J,M,K))	
19	XXH(K)=XHA(K)**2	
20	XHD(K)=XHA(K)*XDA(K)	
21	SXHA=SXHA+XHA(K)	
22	SXDA=SXDA+XDA(K)	
23	SXXH=SXXH+XXH(K)	
24	SXHD=SXHD+XHD(K)	
25	20 CONTINUE	
26	LI=IL(M)-1	
27	FLI=LI	
28	R(J,M)=((FLI*SXHD)-SXHA*SXDA)/(FLI*SXXH-SXHA**2)	
29	II=IL(M)	
30	DO 22 K=1,II	
31	IF(K.EQ.1) GO TO 22	
32	T(J,M)=XDA(2)-R(J,M)*XHA(2)	
33	AAA(K)=10.**((R(J,M)*XHA(K)+T(J,M))/2.)	
34	P(K)=BAA(J,M,K)-AAA(K)	
35	VP(K)=P(K)**2	
36	22 CONTINUE	
37	TT(J,M)=10.**T(J,M)	
38	RETURN	
39	END	