

# 樹幹横断面の形状についての一考察

菅 原 聰

## A Study on the Form of Cross Section of Trees

Satoshi SUGAHARA

### I はじめに

胸高断面積を知ることは現在の多くの立木査定法では必要な事柄となつている。一般に樹幹の横断面と云うものは、不規則な形をしていて簡単な幾何学的な形状であらわされないものであり、それとともに各樹幹がそれぞれことなつた形をしているので全林木をひとつの形であたえるわけにもいかない。この樹幹横断面の不規則性は樹幹横断面が同心円的に成長せずにあるかたよつた成長を示すことによつて生じるものであつて、この偏倚成長の原因としては、次の4つの因子が主要なものとして考えられている。

- 1) 遺伝的な偏倚成長
- 2) 根張りの影響による偏倚成長
- 3) 枝の影響による偏倚成長
- 4) 外的因子に原因する偏倚成長

胸高断面に対しては小径木にあつては根張りよりも枝の影響により、大径木にあつては枝よりも根張りの影響によつていくらか偏倚成長がうながされようが、それ等はさほど大きいものでなく、遺伝的なものや外的因子によつてうながされる偏倚成長が重要なものとしてあらわれてくることは容易に推察し得るところである。偏倚成長をもたらす外的な原因として山腹の土地傾斜・光線の投射状態および樹冠の状態等が普通にあげられているが、もつとも主要なのは主風の影響であると麻生<sup>1)</sup>、山本<sup>2)</sup>および沼田<sup>3)</sup>等は述べている。

このような偏倚成長に原因して樹幹胸高断面は不規則な形状をしているが、それについての正確な知識は森林計測学においてだけでなく森林施業等の部門においても必要であり、本報告はその正確な知識を得ることに対するひとつの試みなのである。

本報告で問題とするのは個々の樹幹の胸高断面についてではなくて、あるひとつの林分では樹幹の胸高断面はどのような状態を示すか、すなわち胸高断面はある林分においてどのような集団として存在しているかを考察しようとするものである。

前にも述べたように外的因子や内的因子によつて胸高断面は種々な形状を示すので変異も大きいと考えられるが、本研究に際しては、もつとも簡単なケースであると考えられる平地の人工一斉林に試験地をとつた。なお本研究をおこなうにあつて外業に従事したのは昭和33年度森林経理学研究室専攻生の農学士角間積善君であり、内業には同君をはじめ当研究室の他の諸君の協力を受けたのであつて、これ等の尽力に対して感謝の意を表するものである。

### II 試験地として選んだ林分の状態と調査した方法

試験地として選んだのは長野県上伊那郡南箕輪村の信州大学農学部構内（以下 A 試験地と称する）と大字大芝原にある南箕輪村有林内（以下 B 試験地と称する）の2ヶ所である。

両試験地ともに平地に植栽されたアカマツの人工一斉林分であり、クローネも充分うつ閉している。これ等の林分では土地の傾斜による偏倚成長は考えられず、また等間隔に植栽されているので樹幹位置の不斉による枝張りまたは根張りの影響による偏倚成長も少ないと考えられ、他の林分に比較してより同心円的に成長していると考えられよう。

この両試験地に対して昭和33年秋に調査をおこなつたのであるが、A試験地には240本、B試験地には260本の樹幹が存在した。これら500本の樹幹について胸高直径を種々の方向から綿密に測定し、最大直径・最小直径それに北側からの直径の3直径と、最大直径方位角と最小直径方位角（これらは $0^\circ$ と $180^\circ$ の間にある）とを記録した。この調査において使用した輪尺は1mm目盛で目盛られ70cmまで測定できる鋼鉄製のものであつた。方位角はクリノメーターを輪尺の尺度と平行において測定した。その際、輪尺による磁針の影響を避けなければならなかつたので精密な測定はおこなえず、やむなく方位角は $5^\circ$ きざみに記録した。これらの資料から胸高断面の形を推定しようとしたのである。

### III 調査の結果と考察

#### 1. 胸高断面の最大直径と最小直径との間に有意の差があるか

樹幹胸高断面が正円でなく、そこに最大直径と最小直径とがあることは、本調査の結果をみれば明らかである。一般に、胸高断面積を計算する場合には胸高断面は正円とみなされているが、実際にこれを正円とみなしてよいであろうか。すなわちこの最大直径と最小直径との差は無視される程小さいものだろうか。一胸高断面の最大直径と最小直径との差を、最大直径によつて5-cm階ごとにまとめてみると第1表のようになる。

第1表 樹幹横断面の最大直径と最小直径との差

直径階 (cm)	A 試験地			B 試験地		
	本数	差の平均値 (cm)	差の標準偏差 不偏推定値 (cm)	本数	差の平均値 (cm)	差の標準偏差 不偏推定値 (cm)
10	9	0.64	0.250	3	0.73	0.158
15	94	0.88	0.341	30	0.92	0.369
20	121	1.12	0.433	18	1.13	0.406
25	14	1.42	0.597	34	1.55	0.552
30				57	1.94	0.685
35				88	2.30	1.048
40	2	1.40	0.566	29	2.82	1.299

第1表を概観するのに胸高断面の最大直径と最小直径との差は、同じ直径階に属するものはA試験地の標本とB試験地の標本とではほぼ等しい値を示していることがうかがわれる。もつとも両試験地の状態が類似しているだけに当然良く似た結果が期待されるのであり、両試験地での結果に実際に有意差が認められなければ両者をまとめて考察した方が便利でもある。

まず各標本の分散不偏推定量が同じ直径階に属するもの間で有意差が認められるかを確かめてみよう。A試験地の標本とB試験地の標本とが母分散の等しい正規母集団から抽出された任意標本であると仮定すれば、A試験地の標本による分散不偏推定量 $v_1^2$ とB試験

地の標本による分散不偏推定量  $v_2^2$  との比

$$F = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$

は自由度  $n_1 = N_1 - 1, n_2 = N_2 - 1$  と云う  $F$ -分布を示すと考えてよい。この時  $N_1$  は A 試験地の標本数であり、 $N_2$  は B 試験地の標本数である。第 1 表の数値を用いて、 $F$  の実現値を直径階ごとに計算すれば、第 2 表のようになる。

第 2 表 両試験地の直径階ごとの樹幹横断面の最大直径と最小直径との差の分散の比較

直径階 (cm)	A 試験地		B 試験地		$F$ の実現値 $F_0$	$\alpha=0.05$ に おける $F$ の値 $F$
	標本数 $N_1$	不偏分散 $v_1^2$	標本数 $N_2$	不偏分散 $v_2^2$		
10	9	0.0625	3	0.0250	2.500	19.37
15	94	0.1162	30	0.1362	1.172	1.57
20	121	0.1871	18	0.1647	1.136	2.02
25	14	0.3569	34	0.3048	1.171	2.05
40	2	0.3200	29	1.6886	5.277	250

第 2 表にはそれぞれの自由度による  $\alpha=0.05$  における  $F$  の値を表でひいて附記しておいたが、すべての直径階において  $F$  の実現値  $F_0$  は棄却域に存せず、したがって仮説は否定されない。それで両方の分散不偏推定量の間には有意の差は認められないと 5% の危険率で判断できるわけである。すなわち A 試験地の標本も B 試験地の標本も母分散の等しい正規母集団から抽出された任意標本であると 5% の危険率で考えてよいのである。

次に同じ直径階に属するものの間では、A 試験地の標本の平均値 ( $\bar{x}_1$ ) と B 試験地の標本の平均値 ( $\bar{x}_2$ ) とは等しいと仮定しよう。そうすれば統計量

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \bigg/ \frac{\sqrt{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}}{\sqrt{N_1 + N_2 - 2}}$$

は自由度  $N_1 + N_2 - 2$  の  $t$ -分布をすると考えられる。ここで  $S_1$  は A 試験地の標本標準偏差であり  $S_2$  は B 試験地の標本標準偏差である。また  $N_1$  および  $N_2$  は前記の通りである。標本から直径階ごとに  $t$  の実現値を計算し両試験地の平均値を比較すれば、第 3 表のようになる。

第 3 表 両試験地の直径階ごとの樹幹横断面の最大値と最小値の差の平均値の比較

直径階 (cm)	A 試験地		B 試験地		$t$ の実現値 $t_0$	$\alpha=0.05$ に おける $t$ の値 $t$
	標本数 $N_1$	平均値 $\bar{x}_1$ (cm)	標本数 $N_2$	平均値 $\bar{x}_2$ (cm)		
10	9	0.64	3	0.73	0.575	2.228
15	94	0.88	30	0.92	0.548	1.960
20	121	1.12	18	1.13	0.092	1.960
25	14	1.42	34	1.55	0.725	1.960
40	2	1.40	29	2.82	1.516	2.045

第 3 表にはそれぞれの自由度による  $\alpha=0.05$  における  $t$  の値を表よりひいて附記してお

いたが、すべての直径階において  $t$  の実現値  $t_0$  はこの棄却域外にあり、危険率 5% をもつて仮説は棄却できず、両試験地の標本の平均値に有意差を認めることができないことが知られる。

これ等の分散の比較および平均値の比較の結果から A 試験地の標本と B 試験地の標本とは同一母集団から抽出された各標本であると 5% の危険率でもつて判断してよい。したがって樹幹断面の最大直径と最小直径との差を考察する場合、A 試験地の標本と B 試験地の標本とをまとめて考えてよいわけであり以下両者をまとめて考察して行くことにする。

いよいよ樹幹横断面の最大直径と最小直径との間に有意の差があるかを検定するのであるが、そのために同じ直径の胸高断面においては、最大直径と最小直径との差は平均値 0 と云う正規母集団から抽出された任意標本であると仮定する。そうすれば、標本平均  $\bar{x}$  は平均値 0 を中心に  $\sigma/\sqrt{n}$  (母集団標準偏差  $\sigma$  は未知である) を標準偏差とする正規分布をするから統計量

$$t = \frac{\bar{x}\sqrt{n-1}}{S}$$

は自由度  $n-1$  の  $t$  分布をすると考えてよい。ここで  $S$  は標本標準偏差であり、 $n$  は標本数である。したがって前記の数値を用い、1 つの直径に属するものの最大直径と最小直径との差は、平均値 0 と云う正規母集団から抽出された任意標本であると仮定して  $t$  の実現値を計算すれば第 4 表のようになる。

第 4 表 直径階毎の樹幹横断面の最大直径と最小直径との比較

直径階 (cm)	本数 $n$	平均値 $\bar{x}$ (cm)	不偏分散 $v^2$	標準偏差 $v$ (cm)	$t$ の実現値 $t_0$	$\alpha=0.05$ における $t$ の値 $t$
10	12	0.67	0.0518	0.228	10.180	2.201
15	124	0.89	0.1203	0.347	28.561	1.960
20	139	1.13	0.1830	0.428	31.127	1.960
25	48	1.51	0.3164	0.563	18.582	1.960
30	57	1.94	0.4698	0.685	21.382	1.960
35	88	2.30	1.0982	1.048	20.588	1.960
40	31	2.73	1.7120	1.308	11.621	2.042

第 4 表には  $\alpha=0.05$  の場合のおおの自由度による  $t$  の値を  $t$ -分布の表からひいて最右欄に付記しておいたが、それによると  $t$  の実現値  $t_0$  はすべて棄却域にあつて、仮説は棄却されることになる。すなわちこれ等の標本からは、最大直径と最小直径との間には 5% の危険率で有意の差があると判断し得るのである。すなわちどの直径階においても明らかに最大直径が最小直径よりも大きいと考えてよいのである。

## 2. 胸高断面の最大直径と最小直径との差はどれ程であるか

最大直径と最小直径との間に有意の差があることは 5% の危険率で認められたが、この差の大きさは胸高断面の直径によつてその大きさをことにしているようである。麻生<sup>1)</sup>の研究によれば、最大・最小直径の差は直径の大なるにしたがつて増大するが、その偏倚度は直径の大小にかかわらずほぼ一定であると云う結果を得ているが、ここではどうであろうか。一般に全標本が同一母集団から抽出されていると仮定した場合、級内変動を  $u^2$  とし級間変動

を  $v^2$  とし全標本数を  $n$ , 級の数を  $k$  とすれば, 統計量

$$F = \frac{v^2}{u^2}$$

は自由度  $n_1=k-1$ ,  $n_2=n-k$  と云う  $F$ -分布を示すと考えてよい。したがつてこの方法によつて全標本が同一母集団から抽出されたと仮定し, それ故に各直径階ごとの期待値がすべて等しいと云う仮説をたてて  $F$  の実現値を計算すれば第5表のようになる。

第5表 直径階の間の最大直径と最小直径との差の比較

直径階 (cm)	本数	平均値 (cm)	要因	偏差の平方和	自由度	分散	分散比
10	12	0.67	直径階間	186.4314	7-1=6	$v^2=31.0719$	$F=66.79$
15	124	0.89					
20	139	1.13	直径階内	228.8995	499-7=492	$u^2=0.4652$	
25	48	1.51	全	415.3311	499-1=498		
30	57	1.94					
35	88	2.30					
40	31	2.73					
計	499	1.49					

自由度  $n_1=6$ ,  $n_2=492$ , 危険率  $\alpha=0.05$  として  $F$ -分布の値を表でひくと

$$P_r\{F > 2.10\} = 0.05$$

となつており第5表の  $F$  の実現値は  $\alpha=0.05$  に対する棄却域内に存しており, したがつてこの各直径階に属する標本の平均値の間に有意差がないと云う仮説は棄てられる。すなわち胸高断面の最大直径と最小直径との差の大きさは, 胸高直径の大きさによつてことなるのであり, 明らかに胸高直径と共に増加するのである。

次にこの最大直径と最小直径との差の大きさの母平均を推定しよう。これ等の任意標本が正規母集団から抽出されたとすると統計量

$$t = \frac{\bar{x} - m}{\frac{s}{\sqrt{n-1}}}$$

は自由度  $n-1$  の  $t$ -分布をする。ここで  $\bar{x}$  は標本平均,  $m$  は母平均,  $s$  は標本標準偏差,  $n$  は標本数である。よつて所定の信頼係数  $1-\alpha$  に対し確率  $\alpha$ , 自由度  $n-1$  に相当する欄から

$$P_r(t_0 < |t|) = \alpha$$

と云う  $t_0$  を求めれば, 母平均  $m$  の信頼限界は信頼度  $1-\alpha$  で

$$\left[ \bar{x} - t_0 \frac{s}{\sqrt{n-1}}, \bar{x} + t_0 \frac{s}{\sqrt{n-1}} \right]$$

としてあたえられる。

各直径階ごとの最大直径と最小直径との差の信頼度 95% における信頼限界を計算すれば第6表のようになる。

第6表 樹幹横断面の最大直径と最小直径の差の平均値の推定限界

直径階 (cm)	標本数	標本平均 (cm)	信頼限界下限 (cm)	信頼限界上限 (cm)
10	12	0.67	0.525	0.815
15	124	0.89	0.879	0.951
20	139	1.13	1.059	1.201
25	48	1.51	1.351	1.669
30	57	1.94	1.762	2.118
35	88	2.30	2.081	2.519
40	31	2.73	2.250	3.210

## 3. 最大直径方向と最小直径方向とはどのような関係にあるか

ここでは最大直径（長軸）と最小直径（短軸）とがどのような状態で交叉しているかを確かめよう。長軸と短軸との交叉角を長軸から短軸への角度として、すなわち短軸方位角の方が長軸方位角より大きいときには

$$(\text{短軸方位角}) - (\text{長軸方位角})$$

により、長軸方位角の方が短軸方位角より大きいときには

$$(\text{短軸方位角} + 180^\circ) - (\text{長軸方位角})$$

によつて計算した。したがつて長軸と短軸との交叉角は  $0^\circ \sim 180^\circ$  の値をとつている。この交叉角をまとめてみると第7表のようになる。

第7表 樹幹横断面の長軸と短軸との交叉角

交叉角 (度)	標本数		交叉角 (度)	標本数	
	A試験地	B試験地		A試験地	B試験地
30	1	1	90	30	34
35			95	18	24
40	2	3	100	28	27
45	4	1	105	16	20
50	3	5	110	11	16
55	2	5	115	4	9
60	11	6	120	9	5
65	11	14	125	9	5
70	13	14	130	3	1
75	12	19	135	6	3
80	26	12	140		2
85	21	32	145		2

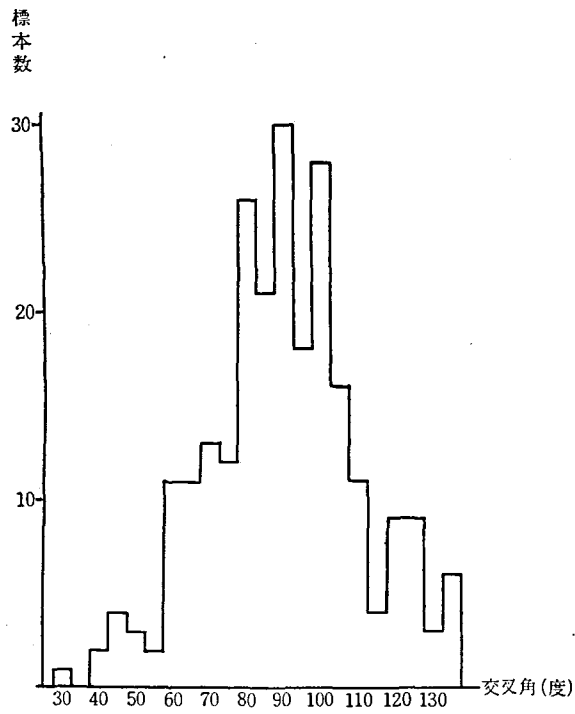
A 試験地での長軸と短軸との交叉角の期待値は

$$E(\alpha) = 89.9^\circ \doteq 90^\circ$$

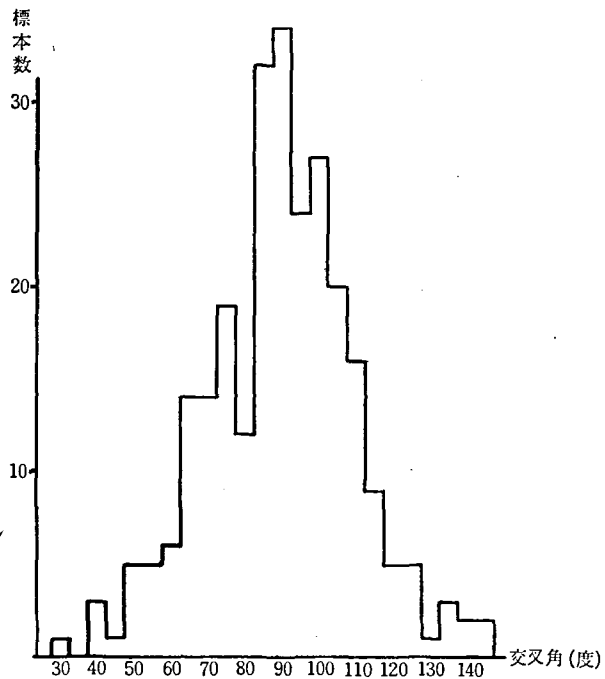
標準偏差不偏推定値は

$$V(\alpha) = 20.25^\circ \doteq 20^\circ$$

となつており、B 試験地での長軸と短軸との交叉角の期待値は



第1図 A試験地での長軸と短軸の交叉角の分布



第2図 B試験地での長軸と短軸の交叉角の分布

$$E(\alpha) = 89.8^\circ \doteq 90^\circ$$

標準偏差不偏推定値は

$$V(\alpha) = 18.45^\circ \doteq 18.5^\circ$$

となつて個々の樹幹の長軸と短軸との交叉角だけを論じることにおいて、かならずしも直交しておらず、 $30^\circ \sim 145^\circ$  におよぶ広い範囲の角度を示しているが、その期待値として得られる角度はおよそ  $90^\circ$  であり、またこれ等の標本の正規分布に対する適合度も良好であつて ( $\chi^2$ -検定による)、期待値に集中する度合もそう悪くない。これらのことからこの樹幹横断面の長軸と短軸との交叉角は平均値を  $90^\circ$  とする正規分布型の集団であると考えてよく、交叉角として期待し得る角度は  $90^\circ$  であることが知られる。

4. 樹幹横断面の最大直径はある方向に特に多くあらわれるか

樹幹の横断面は楕円成長によつて楕円形をしていることを知つたが、次にはその最大直径(長軸)の方向について考察をくわえよう。樹幹の横断面の長軸の方位角をとりまとめてみると第8表のようになる。

第8表 樹幹横断面の長軸の方位角

方位角 (度)	標本数	
	A試験地	B試験地
0	33	27
15	71	33
30	28	19
45	17	13
60	9	11
75	8	10
90	3	26
105	3	25
120	5	14
135	20	18
150	14	22
165	29	42
計	240	260

第8表をみるのに長軸の方向はすべての方向に均等に存しているのではなくて、ある一定の方向にかたよつていようである。ここではそのかたよりが偶然的なものかどうかを確かめてみよう。第8表の数値をさらに南・北方向(N-S)、北東・南西方向(NE-SW)、東・西方向(E-W)、北西・南東方向(NW-SE)の4方位にまとめてみると第9表のようになる。

今母集団の長軸がすべての方向に対して均等に存していると仮定する。そうすれば各方位に対してA試験地ではそれぞれ60、B試験地ではそれぞれ65に云う値が期待されることになる。一般に第*i*階級の出現度数を $f_i$ 、第*i*階級の理論的な期待度数を $m_i$ とすると、それらの標本が真にこの理論的な母集団から抽出された任意標本であれば(帰無仮説)、統計量

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - m_i)^2}{m_i}$$

は略近的に自由度  $k-1$  の  $\chi^2$ -分布をすると考えてよいからこの仮説の適合度を検定するために標本から得られた  $\chi^2$  の実現値を計算すれば、A試験地では

第9表 樹幹横断面の長軸の方向

方位	方位角	標本数	
		A試験地	B試験地
北↔南	$0^\circ(337.5^\circ \leftrightarrow 157.5^\circ \sim 22.5^\circ \leftrightarrow 202.5^\circ)$	133	102
北東↔南西	$45^\circ(22.5^\circ \leftrightarrow 202.5^\circ \sim 67.5^\circ \leftrightarrow 247.5^\circ)$	54	43
東↔西	$90^\circ(67.5^\circ \leftrightarrow 247.5^\circ \sim 112.5^\circ \leftrightarrow 292.5^\circ)$	14	61
南東↔北西	$135^\circ(112.5^\circ \leftrightarrow 292.5^\circ \sim 157.5^\circ \leftrightarrow 337.5^\circ)$	39	54



$$x_0^2 = \frac{(133-60)^2}{60} + \frac{(54-60)^2}{60} + \frac{(14-60)^2}{60} + \frac{(39-60)^2}{60} = 132.04$$

B 試験地では

$$x_0^2 = \frac{(102-65)^2}{65} + \frac{(43-65)^2}{65} + \frac{(61-65)^2}{65} + \frac{(54-65)^2}{65} = 31.16$$

であつても非常に大きな値となつている。自由度  $4-1=3$  による  $x^2$  の表をみると

$$P_r\{x^2 > 11.341\} = 0.01$$

であるから、 $x^2$  の実現値は A 試験地・B 試験地の両方とも棄却域に存するために前述の帰無仮説を適合度不良として 1% の危険率で棄却することができる。すなわち両試験地ともにすべての方向に等しい割合で長軸があらわれるとは判断できないのであり、A 試験地では長軸は南北方向にもつとも多くあらわれ、東西方向にもつとも少なくあらわれると考えてよく、また B 試験地でもやはり南北方向に長軸がもつとも多くあらわれると考えてよいのである。

南北方向に長軸が多くあらわれ、東西方向に少ししかあらわれないのは、その方向から考えて日光の投射状態がその原因となつているのだろうと容易に推測されるが、日光の投射状態以上に、麻生等<sup>12)</sup>が述べているように風向がその原因となつていのではないだろうか考えた。麻生<sup>1)</sup>、鈎・図師・熊谷<sup>2)</sup>、山本<sup>3)</sup>および沼田<sup>4)</sup>等は、樹幹横断面の長軸の方向は常風の方向と一致すると云つている。山本<sup>4)</sup>はその理由について「樹幹に対する風の圧力（横圧）と樹幹が風下に吹き曲げられるとき、および風が止んでも樹木自体の傾斜によつて生じる縦圧とによつて刺戟され、細胞液の組成および緊張圧に激しい変化があたえられて細胞分裂が盛んになり、成長に大きな影響がおよぼされる」と云うように述べている。そしてまた「最大の半径は針葉樹にあつては風下部にあり、潤葉樹にあつては風上部に存すると云われている。すなわち針葉樹は上方偏心 (hypotrophe)、潤葉樹は下方偏心 (epitrophe) である」としている。

このアカマツ林における楕円成長（偏倚成長）においても風が大きな影響をおよぼしていると考えられるのも決してあやまりではなからう。さいわい A 試験地に接した所で気象観測がおこなわれているので、その観測資料のうちの風向と A 試験地の長軸方向とを比較することにした。

信州大学農学部では気象観測は毎日 3 時・6 時・9 時・12 時・15 時・18 時・21 時・24 時の 8 回にわたつておこなわれている。昭和 32 年度 1 年間に観測された風向を方位別に、そして月別に整理すると第 10 表のようになる。合計欄の左欄に記入されているのは、無風および欠測の回数であり、1 月にその値が特に多いのは機械の故障のため欠測が 8 日におよんだからである（昭和 32 年度が無作為標本として選ばれた）。

第 10 表をみても南北方向の風が東西方向の風にくらべて多いのに気づくのであるが、風の出現度数を全年にわたつてまとめ、また 4 月から 9 月までを成育期間と考えてこの間の風の出現度数をまとめてみると第 11 表のようになる。

第10表 信州大学農学部構内の昭和32年度の風向

風向 月	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西		計
1月	17	37	2	5	36	26	11	11	103	248
2月	26	33	2	0	36	34	20	32	41	224
3月	26	34	4	3	39	31	15	51	45	248
4月	24	33	2	9	65	40	24	28	15	240
5月	37	50	4	5	58	29	12	21	32	248
6月	33	55	10	10	53	22	11	8	38	240
7月	15	21	3	6	114	27	12	8	42	248
8月	10	12	5	14	103	30	13	8	53	248
9月	38	48	14	6	34	19	9	23	49	240
10月	29	26	28	5	9	61	11	19	60	248
11月	38	49	39	3	7	35	8	23	38	240
12月	33	39	26	4	9	68	16	17	36	248
計	326	437	139	70	563	422	162	249	552	2920

第11表 信州大学農学部構内の昭和32年度の風向

方 位	風の出現度数	
	全 年	成育期間
北↔南	889	584
北東↔南西	859	386
東↔西	301	119
南東↔北西	319	146
欠 測	552	229
計	2920	1464

第12表 昭和32年度成育期間の風向と樹幹横断面長軸の方向の比較

方 位	風の出現度数	樹幹の長軸の出現度数
北↔南	584	133
北東↔南西	386	54
東↔西	119	14
南東↔北西	146	39

両方の場合とも非常に小さな危険率で、各方位の風の出現度数の間に有意の差があると判断されるのであり、南北方向の風が多く東西方向の風は少ないと考えてよい。昭和32年度の成育期間の風向と樹幹横断面の長軸方向とを比較してみると第12表のようになる。

風の出現度数がきわめて小さな危険率で、各方位の間に有意の差があるのと同様に樹幹横断面の長軸の出現度数も各方位の間で非常に小さな危険率で有意の差があつて、風の出現度数最多の南北方向はまた樹幹横断面の長軸の出現度数最多となつており、風の出現度数最少の東西方向は樹幹横断面の長軸の出現度数も最少となつている。このように風向と樹幹横断面長軸の出現度数とは、きわめて密接な関係が認められるのである。各方位における樹幹横断面の長軸の出現度数が昭和32年度の成育期間における風の出現度数に比例すると仮定し、長軸方向の測定結果が、このような母集団から抽出された任意標本であると云う仮説をたてて適合度の検定をおこなつたところ  $\chi^2$  の実現値として、

$$\chi_0^2 = \frac{(133-113.5)^2}{113.5} + \frac{(54-75.0)^2}{75.0} + \frac{(14-23.1)^2}{23.1} + \frac{(39-28.4)^2}{28.4} = 16.77$$

と云う値を得た。この値は前述の長軸がすべての方向に対して均等に存在していると云う仮

説をたてた時の  $x^2$  の実現値である

$$x_0^2=132.04$$

にくらべるとずつと小さい値であり、このことから風向の影響はきわめて大きいことがわられる。しかし自由度 3 による  $x^2$ -表の値は、

$$Pr\{x^2>11.341\}=0.01$$

であるので、1% の危険率で適合度不良としてこの仮説も棄却されるのであり、各方位における樹幹横断面の長軸の出現度数は昭和 32 年度の成育期間の風の出現度数に比例するとは 1% の危険率で云えないのである。もつとも風向の観測記録を 1 ケ年分だけ用いずに成育年数の全部にわたる記録を用いれば他の結果が得られるかも知れないが、とにかく樹幹横断面の長軸方向は、きわめて強く風向に影響されることおよび長軸方向は風向だけに影響されるのではなく光線の投射状態その他の因子によつても影響されると判断してよさそうである。

## VI むすびに

以上の考察によつて樹幹横断面の楕円成長（偏倚成長）は風向・光線状態によつて影響されることを知つた。そしてそれによつて形成される樹幹の横断面は楕円形をすることを知つた。しかしこれは本研究の対象として選んだアカマツに対して、しかもなお信州大学農学部構内林と南箕輪村有林に対してのみ正当なのであつて、他の林分に対してはこの結果をそのまま適用できないが、これと類似していると考えられる林分では同じような結果が得られることが予想されよう。

このような林分で任意の方向から直径測定がおこなわれて、その値を直径とする正円の面積として樹幹断面積が計算される場合にはどれ位の誤差が生じるかをみてみよう。今最大直径と最小直径との差の平均値として第 6 表であたえられた 95% の信頼限界内にある適当な数値をとつて最大径と最小径とを各直径階中央値に対してあたえ、それを各径とする楕円および正円の面積を計算すれば第 13 表のようになる。

第 13 表 樹幹断面積査定の比較

最大直径 (長径)	最小直径 (短径)	楕円面積	長径を直径と する円面積	誤差率	短径を直径と する円面積	誤差率
(cm)	(cm)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(%)	(m <sup>2</sup> )	(%)
10	9.3	0.0073	0.0076	4.1	0.0068	6.8
15	14.1	0.0166	0.0177	6.6	0.0156	6.0
20	18.9	0.0297	0.0314	5.7	0.0281	5.4
25	23.5	0.0461	0.0491	6.5	0.0434	5.9
30	28.1	0.0661	0.0707	7.0	0.0620	6.2
35	32.7	0.0899	0.0962	7.0	0.0840	6.6
40	37.3	0.1171	0.1257	7.3	0.1093	6.7

第 13 表をみて明らかのように樹幹断面積を正円として計算したときには 7.3% におよぶ誤差の生じる場合もあるのである。このことから樹幹断面を正円とみなすわけにはいかないことが知られよう。それと同時にその誤差率は直径の大小にかかわらずほぼ等しい値を示していて麻生<sup>1)</sup>の研究と一致した結果になつている。

樹幹横断面の楕円成長が光線投射状態および風向によつて影響をおよぼされることを知つ

たが、その他に山腹の土地傾斜によつても樹幹横断面の偏倚成長は影響をおよぼされると一般に云われており、土地の最大傾斜方向と樹幹の横断面の長軸方向とは一致していると明記されている文献もある。これについての一見解をここに附記しておこう。

昭和 29 年夏、奈良県吉野郡高見村の阪本奨学会所有林で間伐調査を京都大学柴田助教授の御指導の下におこなつたとき胸高直径を山側からとそれに直角の方向からと測定した。その資料によれば樹幹横断面の長軸方向と土地の最大傾斜方向とが一致すると云う判断は否定されるのである。

樹幹横断面の長軸方向が土地の最大傾斜方向に一致しているならば最大傾斜方向の直径がその横断面の最大直径でなければならず、したがつて山側に直角の方向より測定された胸高直径（最大傾斜方向の胸高直径）から山側より測定された胸高直径（水平方向の胸高直径）を減じた値の期待値は、ある正の値にならなくてはならないことになる。この吉野で調査した資料で、各間伐調査区ごとにヒノキでは、胸高直径 15.00 cm~25.00 cm のものを、スギでは 20.00 cm~30.00 cm のものをおのおの 50 本ずつ選んで

$$(\text{最大傾斜方向の胸高直径}) - (\text{水平方向の胸高直径})$$

を計算し、それをまとめると第 14 表のようになる。

第 14 表をみるのにスギ E 試験地で平均値が正値をとつているが、その他はすべて負値を示している。このことは一般に最大傾斜方向の胸高直径の方が水平方向の胸高直径よりも小さいことをあらわしているようである。そこで、これら最大傾斜方向の胸高直径と水平方向との差が平均値 0 と云う正規母集団から抽出された任意標本であると仮定して

$$t = \frac{\bar{x}\sqrt{n-1}}{s}$$

の実現値を計算し平均値の検定をおこなうことにした。その値は第 14 表に附記してある。

第 14 表 最大傾斜方向と水平方向との胸高直径の比較

試験地	標本数 $n$	差の平均値 $\bar{x}$ (cm)	差の標準偏差 $S$ (cm)	$t$ の実現値 $t_0$	$\alpha=0.05$ における $t$ の値 $t$
ヒノキ A 試験地	50	-0.070	0.828	0.592	1.960
ヒノキ B 試験地	50	-0.068	0.754	0.631	1.960
ヒノキ C 試験地	50	-0.446	0.655	4.766	1.960
スギ B 試験地	50	-0.028	0.826	0.237	1.960
スギ C 試験地	50	-0.348	0.875	2.784	1.960
スギ D 試験地	50	-0.128	1.013	0.885	1.960
スギ E 試験地	50	-0.032	0.932	0.240	1.960

ヒノキ C 試験地とスギ C 試験地とでは  $t$  の実現値  $t_0$  は棄却域にあつて仮説を棄却できる。すなわちこれらの試験地では、最大傾斜方向の胸高直径と水平方向の胸高直径との間には有意の差があることが 5% の危険率で判断できるのであり、水平方向の胸高直径の方が大きいと考えてよいのである。その他の試験地では  $t$  の実現値  $t_0$  はすべて棄却域の外にあつて仮説を棄却することができず、胸高直径は最大傾斜方向と水平方向とでは有意の差がないと 5% の危険率で判断できるのであり、どちらも同じ大きさであると考えてよいのである。それ故にいずれの場合にも最大傾斜方向と樹幹横断面の長軸方向とは一致するとは云

えなかつたのであつて、むしろ水平方向に横断面の長径があつたのである。

#### 参 考 文 献

- 1) 麻生 誠：樹幹の偏倚方向について，林試彙報，22 号，1927.
- 2) 鈎 俊一・図師祐明・熊谷秀治：樹木の偏倚成長について，日林誌，10 卷 5 号，1928.
- 3) GRUNDNER：Untersuchungen über die Querflächen-ermittlung der Holzbestände. 1882.
- 4) 山本 光：森林保護，1938.
- 5) 沼田大学：森林保護学，1955.

#### Summary

Since trees are frequently irregular in cross section, a high degree of precision in measuring their diameters is impossible. Mainly the irregularity of the cross section is due to elliptical growth (eccentric growth). It is reported that trees are generally ellipse in cross section and that the major axis of cross section lies as a rule to the direction of main wind. Author confirmed by measuring diameters of *Pinus densiflora* growing in level lands that the view was proper. It is reported that the major axis of cross section of trees growing in inclined lands lies to the direction of slope. But in *Chamaecyparis obtusa* and *Cryptomeria japonica* used by author the major axis of cross section not always lied to the direction of slope.