

下刈作業の能率に関する研究

神崎康一・佐野宗一・和田茂彦・吉村健次郎・山本俊明

A Study on the Efficiency of Weeding Work

Kouichi KANZAKI, Sôichi SANO, Shigehiko WADA, Kenjirô YOSHIMURA, Toshiaki YAMAMOTO

目 次

要 旨	171	6. 下刈作業行動についての分析	179
1. はじめに	171	7. 作業者の下刈作業についての 感じ方について	181
2. 実験の目的	171	8. 結 論	183
3. 実験計画	172	Résumé	183
4. 測定因子	172		
5. 場の条件の変位についての分析	173		

要 旨

下刈作業が行なわれる場の諸種の条件を主成分解析法によって整理し、その各主成分と作業者3名、手刈り、肩掛け式下刈機、背負い式下刈機の3つの方法を実験因子として、それらが下刈作業の能率やその他2, 3の側面にどのような影響を与えるかということを実験的に調べた。その結果、労働時間と余裕率によって表わされる能率に対しては、木本ブッシュの量と土壌水分が大きな影響を与えること、背負い式下刈機による作業が時間的にはもっとも早く、手刈作業の所要時間に対して約20%の時間短縮ができることなどがわかった。また、その反面、背負い式機械は背負い式であるがゆえの欠点も多く、作業者にきられる要素も多分に有しているようであった。

1. は じ め に

近年、下刈作業に小型携帯用下刈機が使われることが多くなったが、実際にそれが果して労働軽減に役立っているのか、はたまた、どのくらい能率が上がるのかということについては、労働力の供給の問題とからんで、いろいろな疑問がもたれている。そこで、われわれは、まず下刈作業がいろいろな条件のもとでどのような性格を示し、どのように変化するかということを、特に能率の面から把握してみたいと考えていたのであるが、1965, 1966年の2年間にわたって文部省の試験研究費を得たのを好機とし下刈作業の能率についてと題して、1つの実験を行なった。ここに、その結果について報告したい。

2. 実 験 の 目 的

下刈作業の能率は、

- a. 作業集団の性格
- b. 各作業者の能力と意欲
- c. 使用する道具、機械の種類
- d. 作業場の自然的条件
- e. 作業時の気候

などの要因によって合成された下刈という集団作業の結果である。この実験では、このうち、cの使用機械の種類とdの自然的条件の影響が下刈作業にどのように表われてくるかということを知るために行なったものである。したがって、この実験によって得られる結果は、集団作業として日常的に行なわれる作業の能率を表わすものではなく、自然的条件の差異、使用機種種の相異によって、相対的に下刈作業がどのように変化するかという問題を解くことを主眼としている。

3. 実験計画

実験の場所は、京都大学芦生演習林の5林班と15、16林班の昭和34年度以降昭和39年度までの植栽地である。植栽木は、すべてスギである。実験を行なったのは昭和40年7月である。

作業能率の測定は、20m四方の0.04haの面積をもつプロットを単位とした。そうして植栽年度を昭和34・35年、昭和36・37年、昭和38年・39年の3つに分け、その各グループの植栽地上に無作為に上に述べたような20m四方のプロットを9個ずつ、計27個設定した。使用機種としては、下刈鎌（長柄鎌）による手刈 B_1 と背負い式下刈機 B_2 および肩掛け式下刈機 B_3 の3種をとった。この両機種は、同じ社のもので50cc、2.5馬力のエンジンを積み、簡単な浮子式キャブレターがついている。また全備重量は背負い式の方がやや重く14.5kg、肩掛け式は12kgであった。そうしていずれも20cmの円鋸を使用した。

作業者については、演習林の労務事情と、機械数の制限のために集団作業とすることができなかったため、常に出動してくれそうな日雇いの男3人を選んで個人作業をさせることにした。作業者 A_1 は38歳、中肉中背で身体つきは大変強健なようであった。作業者 A_2 は45歳、小柄でやや体力的に弱々しさが目立ち、 A_3 は19歳で小柄ではあるが非常に元気な男であった。いずれも機械による下刈は初めてであった。

実験計画としては、この作業者3人と使用機械3種および植栽年度の3水準を三元配置とし、その27通りの組合せをもって、先に述べた27プロット上で下刈作業を行なわせた。

4. 測定因子

実験前後において測定した因子は下記のとおりである。

i) 作業関係因子

- ① 実働時間 分/0.04ha
- ② 余裕率
- ③ 損傷木数 — 下刈作業によってはねたり、とばしたりした植栽木の数 本数/0.04ha
- ④ 機械の故障または調整のための作業中断頻度 — 使用機械がいずれも浮子式キャブを使っているため傾斜に弱くエンストすることが度々であった。 回数/分
- ⑤ 手休め率 — 作業中、手がだるくなったりして一瞬手を休めることがあるがこういう事態の生起頻度。 回数/分
- ⑥ 汗ふき頻度 — 汗をふく動作の1分間あたりの生起回数。 回数/分
- ⑦ よろめき頻度 — 作業者が作業中何かの原因でよろめくことがあるが、この頻度を1分あたり回数で示したもの。 回数/分
- ⑧ フリッカー値差 — 各プロットの前直前と終了直後にフリッカー値を各5回ずつ測定し、その平均値と範囲R値をとった。しかし、R値には、作業前後の差がなかったため、これを捨て、作業後の平均値と作業前の平均値の差を後の分析に用いた。
- ⑨ 二点弁別閾値差 — 二点弁別閾値の作業終了直後の値と開始直前の値の差。 mm
- ⑩ 色名呼称時間 — これも各作業開始前と終了後に測ったが、その前後の差が有意でなかった。

で、後の分析には用いなかった。

ii) 各プロットの自然的条件を示す因子

いずれも各プロット単位で測ったものであるが、自然条件の諸種の側面をとらえるため、次のようなものについて測定しておいた。

- ① 木本ブッシュ量 Q_B — 正方形の各プロットの四隅の外側に各 2m 四方のプロットを計 4 個とり、その中の刈り払うべき全草木の量を重量で測り、その和を 25 倍して全刈払量を推定したのであるが、そのうちの木本量である。 $\text{kg}/0.04\text{ha}$
 - ② 草本量 Q_G — 上述の草本量である。 $\text{kg}/0.04\text{ha}$
 - ③ 植栽木の平均樹高 H — 植栽されているスギのプロット平均樹高。 cm
 - ④ 植栽木の樹高の変動係数 $C.V(H)$
 - ⑤ 植栽木の平均クローネ幅 K
 - ⑥ 植栽木のクローネ幅の変動係数 $C.V(K)$
 - ⑦ 植栽木本数 NO 本数 $/0.04\text{ha}$
 - ⑧ 土壌の A_0 層の厚さ A_0
 - ⑨ A 層の厚さ A
 - ⑩ B 層の厚さ B
 - ⑪ 自然土 100cc 中の細土重量 GS
 - ⑫ 自然土 100cc 中に細土の占める容積 VS_2
 - ⑬ 自然土の孔隙率 P^i
 - ⑭ 最大容水量 (自然土 100cc の) Wm_2
 - ⑮ 採取時含水量 (自然土 100cc の) Wt_2
 - ⑪~⑮ は、地表から 5cm, 20cm, 30cm の層からのデータの和をとった。
 - ⑯ 海拔高 GH
 - ⑰ 方位 NS — 斜面方位を南北性と東西性に分けて表わした。例えば、真北向ならば、方位 $NS = +90^\circ$, 方位 $EW = 0^\circ$, 真東向きならば、方位 $NS = 0^\circ$, 方位 $EW = +90^\circ$, また方位が 200° であれば、方位 $NS = -70^\circ$, 方位 $EW = -20^\circ$ というぐあいに表わした。これは斜面方位を単に $0^\circ \sim 360^\circ$ で表わすと、 0° の隣りに 359° が来て分析上ぐあいが悪いからこのような方法をとったのである。
 - ⑱ 方位 EW
 - ⑲ $\sec \theta$, θ : 斜面の勾配 — これは、プロットの一辺が 20m であるから、これを斜距離に直すと、その $\sec \theta$ 倍になるわけであるから、傾斜の変化をリニアに表現するのに都合が良いのではないかと考えたので、この方法をとった。
 - ⑳ 凹凸 VE — 地形図上にプロット中心を中心とする直径 20m の円を描き、中心を通る等高線と円との交点と中心とを結んでできる 2 本の直線の交角を谷側の開き角で測った。
 - ㉑ 北方開空度
 - ㉒ 東方開空度
 - ㉓ 南方開空度
 - ㉔ 西方開空度
- } プロット中心から東西南北方向のスカイラインの仰角をとったもの。

5. 場の条件の変位についての分析

野外実験においては、常に自然条件の変異が実験結果にかなりの大きな影響を与えようと考えなければならぬ。したがって、まず、実験結果について分析を進める前に自然条件がどのような変位をもっているかを調べる必要がある。それゆえ、ここで実験に使用した 27 個のプロットの自然的諸条件がプロットごとにどのような性質の変位をもっていたかということについて調べてみようと思う。

前節に示した24個の自然的条件因子は、どれをとってもプロットごとにその値を変え、あるいは大きく、あるいは小さく、いろいろ複雑な条件の変化を示しているが、これは林地においては普通である。しかも各の条件因子の間には、いろいろとからみあった相関関係がある。この24個に植栽木の植後年数Dを加えて、すべての2因子間相関係数を計算してそのうちの有意相関だけをとって相関関係図を描くと図1のようなになる。

プロット類型分類法として考えられる1つの方法としては、田口の逐次分類法(註1)があるが、分類の尺度として多数の因子を参加させることが難かしく、因子間相関をそのまま残すので、この場合にはあまり適当ではない。ここで主成分解析法(註2)(Principal Component Analysis)を用いることにする。

i) 主成分の概念

主成分解析法については、現在まだあまり一般的に知られているとは思われないので、この主成分の考え方について若干の説明をしておきたい。

今、上の25個の自然条件因子のうち、例えば、植栽木の平均樹高Hのプロット間変位ということについて考えてみよう。このHは、図1からわかるように、クローネ幅、植栽年、A層の厚さ、凹凸度と有意な正相関をもっている。したがって、例えば、aプロットよりbプロットの方が平均樹高Hが大きいというような変化は、付随的に、上記の4つの有意相関のある因子にも何らかの変位があると予想されなければならない。

植栽木の平均樹高Hと平均クローネ幅Kとをそれぞれ横軸と縦軸にとって直交座標上に全プロットの値を打点すると図2のようなになる。

ただし、このグラフは、すべての尺度の均一化と計算の便のために正規化されたデータを用いている。例えば、Hの値の正規化とは、今Hの1から27までのプロットの値を

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_{27}$$

とすると

$$x_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S_i} \dots (1) \quad \left(\begin{array}{l} \text{但し } \bar{X} = \frac{1}{27} \sum_{i=1}^{27} X_i \\ S_i = \sqrt{\frac{1}{27} \sum_{i=1}^{27} (X_i - \bar{X})^2} \end{array} \right)$$

なる操作で

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{27}$$

に交換することである。したがって、 x_1 の平均値は0、分散または標準偏差は1となる。今後特にことわらないかぎり、本文では自然条件因子の値は、すべてこの正規化された値を用いる。

図2で明らかなように、Hの値によって、Kの値の変動範囲が異なってくる。その変動範囲

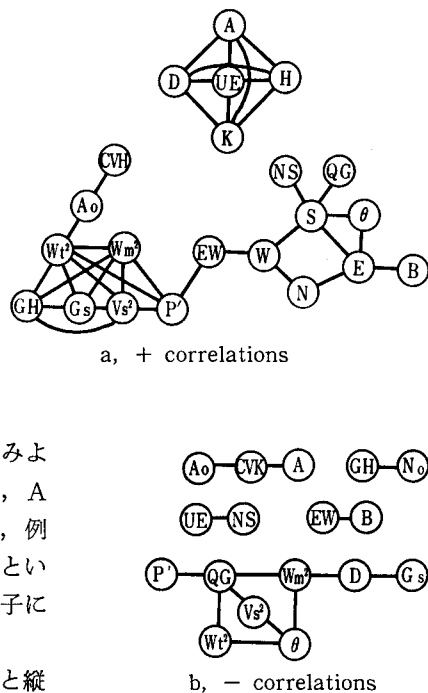


Fig 1 Significant correlations

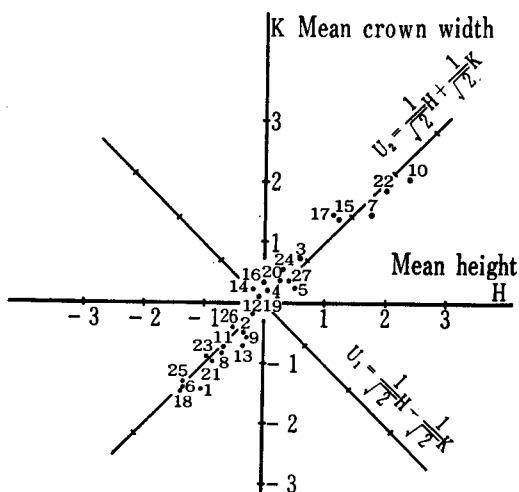


Fig. 2 correlation between mean height and mean crown width of planted trees

の中心は大体Hの値に比例している。他の相関因子についても同様な変動範囲の偏りがあるわけである。この図2のように非常に相関が大きい場合には、各プロット間の差異を表わすためには、HかKのどちらか一方を用いれば十分で、他方はそれによってほとんど決ってしまうのであるから、両方を用いる必要がないということもいえるのである。確かに、この図2のように点がよくまとまっていれば、ある特定の2つのプロットにおいてHの値が似かよっていれば、Kの値も似かよっており、離れていけば離れているわけであるから、そのどちらか一方を捨てても、その判別力という点ではたいして変りがないわけである。しかし、そのどちらか一方、例えば、HだけをとってKを捨てていたとすれば、Kがどのように変化するかという変化の様相を知るための情報を回復しようと思えば回帰直線等を他に求めなければならない。例えば、図2の回帰直線は、

$$K=0.9771 H+Se$$

$$\begin{cases} S=0.2128 \\ e \in N(0,1) \end{cases}$$

である。

このような情報の喪失を伴わずに次元を減少させるためには、次のような考えがある。

図2のような場合、H、Kという値で表わさずに、等価最小自乗直線 U_1 を軸として各プロット値の U_1 軸上の直角投影値を U_1 値として表わせば、その判別力は最大となる。しかも、HとKの変動についての情報は失われない。そうして、 U_1 だけでは表わしきれない変位は U_1 と直交する U_2 軸座標で表わせばよい。もし、 U_2 軸方向のバラツキが U_1 軸方向に比べて非常に小さければ、 U_1 だけで事足りるわけである。しかも、 U_1 と U_2 の間の相関関係は0となり、このために U_1 の変位について考える場合、 U_2 の変位の偏りを予想する必要がなくなる。すなわち、 U_1 、 U_2 を別々に切り離して考えれば良いわけである。

このように情報をじゅうぶんに保ちながら必要因子数を減少させようという狙いをもったものが主成分解析法である。この場合の U_1 、 U_2 が主成分というわけである。

ii) 主成分計算法

一般に、 n プロットについて P 個の条件因子を測定した値を正規化したものを行列の形に並べて

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{P1} & x_{P2} & \cdots & x_{Pn} \end{pmatrix} \cdots \cdots (2)$$

のようであったとする。この P 個の因子間相関係数を計算して相関行列

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1P} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2P} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{P1} & r_{P2} & \cdots & r_{PP} \end{pmatrix} \cdots \cdots (3)$$

を求める。次に

$$|R - \lambda I| = 0 \cdots \cdots (4)$$

$$\left(I \text{ は } \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & & \\ 0 & & \ddots & \\ \vdots & & & 1 \\ 0 & \cdots & \cdots & 1 \end{pmatrix} \right) \text{ なる単位行列}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_P$

なる方程式を解いて、根 λ を求める。この λ は P 個求められる。次にこの λ を大きい方から並べて

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_P$$

とする。

ここで、 $L_i = (l_{i1}, l_{i2}, \dots, l_{iP})$

[ただし、 $l_{i1}^2 + l_{i2}^2 + \dots + l_{iP}^2 = 1$]

なる行ベクトルを定義して、各 λ_i を

$$(R - \lambda_i I) L_i^t = 0 \quad \dots\dots\dots(5)$$

[ただし、 L_i^t は L_i の転置ベクトル]

なる連立方程式に代入して、 L_i を求めると第 i 番目の主成分の第 j 番目のプロットの値の U_{ij} は、

$$U_{ij} = \sum_{k=1}^P l_{ik} x_{kj} \quad \dots\dots\dots(6)$$

のような X の一次結合として求められる。

各 λ_i について 1 組の係数 L_i が求まるから結局 P 個の主成分 U_i が求められるわけである。

$$U = \begin{pmatrix} U_{11}, U_{12}, \dots, U_{1n} \\ U_{21}, U_{22}, \dots, U_{2n} \\ \vdots \\ U_{P1}, U_{P2}, \dots, U_{Pn} \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$L = \begin{pmatrix} l_{11}, l_{12}, \dots, l_{1P} \\ l_{21}, l_{22}, \dots, l_{2P} \\ \vdots \\ l_{P1}, l_{P2}, \dots, l_{PP} \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots(8)$$

とおけば、 X と U には、次ような関係がある。

$$\left. \begin{aligned} U &= LX, \quad \sum_{j=1}^n U_{ij} = 0 (i=1, \dots, P) \\ \sum_{j=1}^n U_{ij} U_{kj} &= 0 \quad \dots\dots\dots i \neq k \text{ の場合} \\ &= n\lambda_i \quad \dots\dots i = k \text{ の場合} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(9)$$

したがって λ_i は第 i 番目の主成分 U_i の分散である。また、 $(l_{i1}, l_{i2}, \dots, l_{iP})$ は U_i 軸の方向係数である。また、

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_k + \dots + \lambda_P = P \quad \dots\dots\dots(10)$$

なる関係が成り立ってくるので、 P 個のうちはじめの k 個の主成分が示す変位の全因子の表わすプロット間変位に対する割合は

$$\frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_k}{P} \quad \dots\dots\dots(11)$$

となる。もし、この値が 1 にじゅうぶん近ければ、 $k+1$ 番目から P までの主成分 U_i は省略しても失われる情報は僅少である。

iii) 下刈調査プロット間の自然条件の変位

下刈調査プロットの 25 の自然条件因子について、その主成分を計算した結果は、表 1、図 3～図 7 に示したとおりである。

表 1 は、各主成分の分散 λ_i と方向係数 $l_{ij} (j=1, \dots, P)$ の顕著なものを表にしたものである。その λ_i の和は、 $i=10$ までで 91.17% になるので、残りの $i=11 \sim 25$ を省略した。図 3～7 は U_i の値を座標上に示したものである。

Principal Components' number	U	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Planted year	D	0.38									
2. Quantity of bush	QB				0.43			-0.35			
3. Quantity of grass	QG							-0.38	0.47		
4. Mean height of planted trees	H	0.37									
5. Coefficient of variance of height of planted trees	CVH				0.34	-0.39				0.53	
6. Mean crown width of planted trees	K	0.38									
7. Coefficient of variance of crown width of planted trees	CVK		-0.50								
8. Number of planted trees	No			0.45		-0.36				0.36	
9. Thickness of A ₀ stratum of soil	A ₀										-0.33
10. Thickness of A stratum of soil	A					0.35					
11. Thickness of B stratum of soil	B				0.31		0.37	0.47			
12. Gravity of fine earth in 100 c.c. of natural soil	G _s					0.38				0.34	
13. Volume of fine earth in 100 c.c. of natural soil	V _{s2}	0.34									
14. Percentage of space in soil	P'			0.33			0.31			-0.37	
15. Maximum moisture content in soil	W _{m2}	0.37									
16. Moisture content of soil when dug	W _{t2}	0.35									
17. Ground height over sea level	GH	0.31							-0.34		
18. Facing direction of plot of NS dimension	NS		0.32				0.30		0.37		
19. Facing direction of plot of EW dimension	EW		0.37								
20. Secant of gradient of plot	SG				0.44						
21. Unevenness of plot	UE	0.35									
22. Angle to the skyline of north	N			0.42							
23. " east	E	-0.33									
24. " south	S										
25. " west	W			0.34							
Variance of principal component	λ	6.64	4.88	2.57	2.17	1.76	1.34	1.14	0.87	0.75	0.68
percentage of λ	%	26.6	19.5	10.3	8.7	7.0	5.3	4.5	3.5	3.0	2.7
accumulative percentage of λ	%	26.6	46.1	56.3	65.0	72.1	77.4	82.0	85.4	88.4	91.2

Table 1. Eminent coefficients (l_{ij}) and variances (λ_i) of computed principal component

さて、この各主成分の方向係数によって、その変位の意味を解釈してみよう。このような解釈はあまりすっきりしたものではなく、またあまり重要なことでもないかも知れないが、プロット間変位の様相を知るためには幾分役立つことも考えられるので、後の作業因子と関係のあったものだけについてのみ書いておきたいと思う。

a. 第1主成分 U_1

プロット間変位を最もよく伝える成分が、この第1主成分で、全変位の26.57%を占める。その方向係数の大きなものは、細土の占める容積、最大容水量、採取時含水量、海拔高および東方向の開空度の各係数である。そのうち東方向の開空度のみ負号がついている。特に大きな係数は最大容水量と採取時含水量についてであるから、だいたい、この主成分 U_1 は土壌水分の変位を主体としたものであると考えられる。各因子の標準偏差を単位として考えれば、この土壌水分は、他の因子に比べて、もっとも大きな変位を示すものであるというわけである。土壌水分が大きければ、細土の容量比が大きかったのであり、海拔高も高く、東に開いていたといった関連の変位を示すのが U_1 であるわけである。この主成分に表われた因子間の関係は、本来そのような関連があって表われたものか否か不明である。したがって、ここでは、単にこのデータ内部における偏り、または、このデータの特長として受け取っておくにとどめよう。

b. 第2主成分 U_2

第1の主成分と直交し、全変位の19.51%を占める第2主成分は、その係数の大きさから判断して、植栽木の年齢、平均樹高、平均クローネ幅の同等の重みによって示されるもの、すなわち、植栽木の平均的大きさの変位を主体としたものである。

c. 第3主成分 U_3

第1、第2主成分に直交する成分のうち最大のプロット間変位を表わすものがこれで、全体の変位の10.26%を受け持つ。おもに斜面方位の変化とクローネ幅の変動係数の変化を示す。この値 U_3 が大なるプロットは、北東向きで、小なるプロットは南西向きである。そうして、それに同時にクローネ幅のバラツキが、北東面に小さく、南西面に大なる変化を示す。すなわち、この主成分は、クローネ幅のバラツキの方位による変位を示している。

d. 第4主成分 U_4

上の3つの主成分に直交する最大の変位を与え、全体の8.69%の変位を占める。この主成分は、おもに植栽木本数 N_0 の他3因子の変位を示しているが、本数 N_0 は植栽の際、人為的に決定されるものであるから（その人為的決定に多少とも何らかの自然条件の関与があるにしても）他の孔隙量、開空度の N と W は、本数 N_0 にともなうデータの偏りと解し、単にこの U_4 は植栽木本数 N_0 の変位を示すものと考えておいた方がよい。

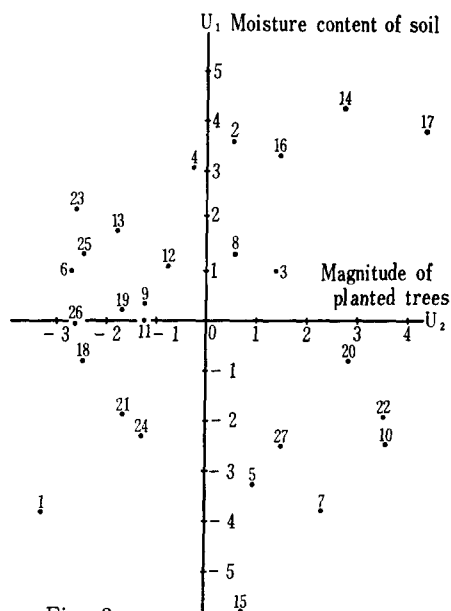


Fig. 3 Values of 1st and 2nd principal components

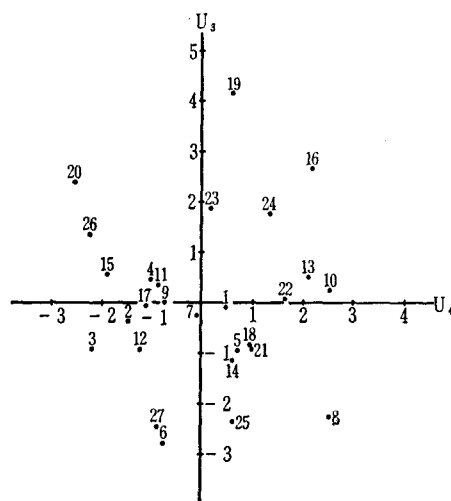


Fig. 4 Values of 3rd and 4th principal components

e. 第5主成分 U_5

この主成分は、全体の7.04%の変位を示し、木本量、樹高の変動係数、B層の厚さ、勾配の4つにいずれも正号の顕著な大きさをもつ係数をもっている。したがって、この U_5 の値が正に大きいプロットでは、他のプロットに比して勾配が急（斜面積が大）で、木本ブッシュ量が多く、それと同時にB層がやや厚く、植栽木の樹高のバラツキが大きいはずである。また、その逆に U_5 が負になり小さくなると上述の4つの成分が小さくなる。いわば、上述の4成分の関連の変位を示すものである。

f. 第6主成分 U_6

この主成分は、前の5つの主成分に直交する主成分のうち、最大の変位を示すものである。その係数の顕著なものは、樹高の変動係数、本数 N 、A層の厚さ、細土量の各係数である。そのうち本数 N の係数は負である。この4つの成分の符号をもって、この主成分が何を意味するかということ論理的につじつまの合うように説明してみると、A層の厚さが大きく、細土量の多い程、又、本数 N （植栽密度）が小さい程、樹高のバラツキが小さくなるというようになる。

6. 下刈作業行動についての分析

前章において計算した自然条件の主成分10個（全条件変動の約90%余を占める）と実験計画にのせた作業者と使用機械種によって、下刈作業の各側面を示す第4章に示したような各因子について逐次分散分析を行った結果を示すと次の一覧表（表2）のようになった。

i) 自然条件の主成分の影響

a. 実働時間 Y_1 （分/0.04ha）

各プロットでの下刈作業の所要実働時間については、第1主成分 U_1 、第5主成分 U_5 が影響を与えていると考えられる。 U_1 は土壌含水率の変位を、 U_5 は木本ブッシュ量の変位をよく伝えるものであるところから、土壌含水率が大であり、木本ブッシュ量が少ないところでは実働時間が短かくて済むという解釈ができる。すなわち図3の上部にあるものは下部にあるものより実働時間が短かくて済み、一方図5の上部のプロットは下部のものよりよけい時間がかかったことになる。 U_5 の

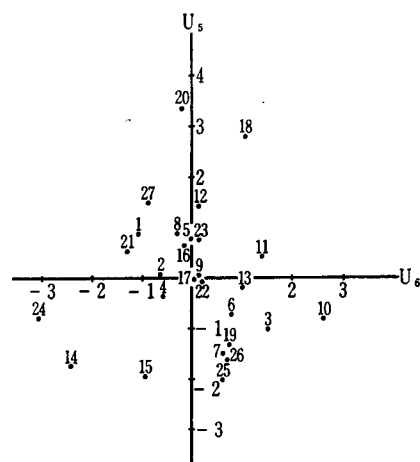


Fig. 5 Values of 5th and 6th principal components

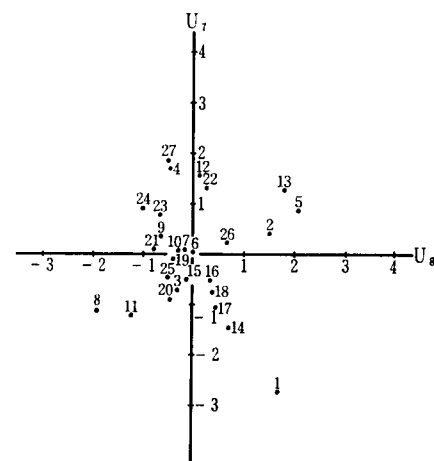


Fig. 6 Values of 7th and 8th principal components

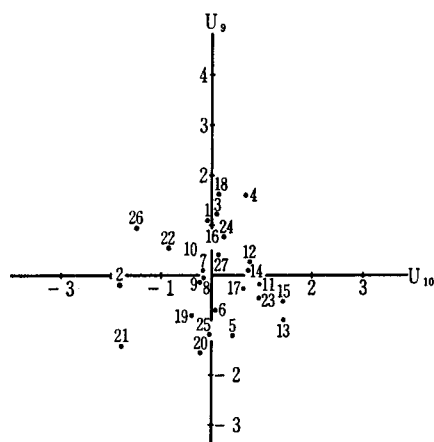


Fig. 7. Values of 9th and 10th principal components

方の解釈は当然であるが、 U_1 の方(含水量)については、いささかの疑問が起こる。しかし、土壌含水量の大きいことが、ブッシュの含水率(実測しなかった)と比例関係があると考えてよいならば、雨の日に下刈をやれば切れ味がよく能率が上がると一般にいられていることと一致する。

b. 余裕率

機械の故障修理、調整、休息といった下刈作業に直接関係のない動作、行動の全作業時間に対する割合に対しては、第5主成分 U_5 だけが有意な影響をみせた。この主成分は、木本ブッシュ量と同時に勾配の変位をも伝えるものであるから、木本量が多く勾配が急なところで余裕率が大きいということになる。以上によって、一般に作業能率といわれるもの、すなわち全作業時間当りのでき高に対しては、当然のことながら、この U_5 の影響(ブッシュ量と勾配)が非常に大きいことになる。 U_5 は所要実動時間と同時に余裕率にも影響しているわけである。

c. 損傷木本数(本数/0.04ha)

下刈作業においては、植栽木の先をはねたり、まったく根元から切りとばしたりする場合は往々にして起こるのであるが、その各プロットにおける損傷木本数については、 U_4 が有意であった。 U_4 は、前章の解釈からすれば植栽木の密度である。したがって、密度の高いほど損傷木が増すということである。

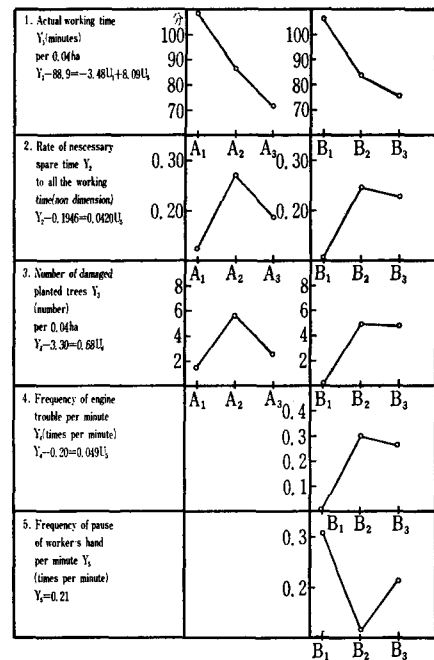
d. 機械不調等による作業中断率(回数/分)

作業時の観察によると、この機械の不調という現象(おもにエンスト)は、 U_5 に含まれる木本ブッシュ量よりも勾配という成分によって起こされていると考えられる。勾配の急な場所では、機械が作業中に傾くことが多くなり不調をまねくことが多かった。この傾向は、特に肩掛け式のものにひどかった。この事実は、下刈機設計上一考を要するものではないかと思うのであるが、近時ダイヤフラム式キャブレターの付いたものが出るようになったので、この点はすみやかに改良されるであろうと思われる。

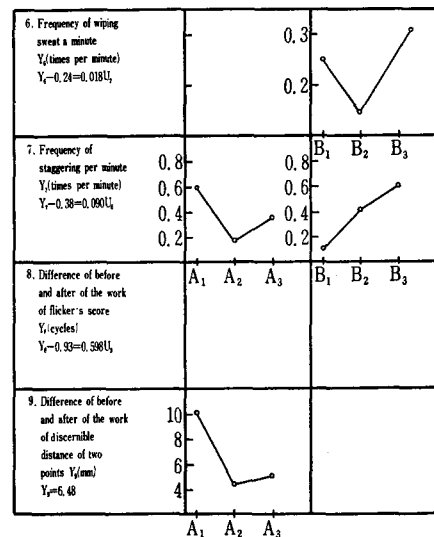
e. 汗ふき回数(回数/分)

作業時に、汗をふくという動作の1分間当りの生起回数については、 U_2 、すなわち、植栽木の大きさが影響した。植栽木が大きくなると風通しが悪くなり、大変むし暑くなる事実を示している。

f. よろめき回数(回数/分)



Telle, 2-1 Relations between effects of weeding work and experimental factors and natural conditions expressed by principal components
A : Worker
B : Machine



Tabb, 2-2 Relations between effects of weeding work and experimental factors and natural conditions expressed by principal components

分析結果としては、1分間当りの何かの原因でころんだり、よろめいたりする動作の起こる回数については、 U_6 が有意であったのであるが、これについては幾分の疑問を禁じ得ない。 U_6 は、細土量の変位を伝えてもいるわけであるから、その辺に何かあるかも知れないと思われる。

g. フリッカー値の作業後値と作業前値との差

作業時間が、プロット当り1時間半～2時間位であったので、フリッカー値は作業後の値の方が前値より高くなっている。したがって、これは、作業による精神疲労の示度ではなく、むしろ、その作業によって起こされた精神集中度の興揚を現わし、むしろ油のりの状態を示すものと解した方がよさそうである。したがって、この値が大きい程良質な精神状態であり、気持ちよく作業できたと考えてみよう。そうすると U_3 は主にクローネ幅のパラツキを示すものであるから、 U_3 の大きい場合、すなわちクローネ幅のパラツキが小さいプロットでは、作業のリズムが乱されず非常によい状態で作業が進められるという解釈も可能である。

なお、手休め率と二点弁別閾値の前後値差には、自然条件主成分の影響はほとんど見られなかった。

ii) 実験因子の影響

a. 個人差

表2に見られるように個人差がかなり大きく作業行動結果に影響している。特に二点弁別閾値の差については、これのみが有意である。

実動時間、余裕率、損傷木の3因子の各個人の差についてみると、 A_1 は最も時間をかけて休みなく作業を続け、損傷木も最も少ない。これは、 A_1 が最も慎重にいい仕事をし、精神的に安定していたという観察と一致する。これと対比的なのは A_2 で実動時間はやや短く、余裕率が大きく損傷木数も多い。これは A_2 が体力的に劣っていること、精神的にやや不安定であることと一致する。 A_3 は仕事は早いがいくぶん荒さのみえる若さを明らかに示している。

b. 機械差

これは厳密には、2種の機械と下刈鎌の差である。すなわち、長柄鎌による手刈作業、肩掛け式下刈機による作業、背負い式による作業の3つの作業法の比較である。

この表2をみると、実動時間には手刈りと機械作業の間に20分間前後の差が生じているが、手刈りではほとんど必要としない余裕時間が機械作業では約23%位必要であった。また、損傷木数も平均5本の差が生じた。これはおもに機械作業に不慣れであったことおよび機械自体が傾斜させるとエンストするという構造上の欠点をもっていたことからきたもので、今後かなりの改善を期待することができることではある。これは、機械不調による作業中断率についての結果からも明らかである。手休め率が手刈り作業に多いことは、手刈作業がかなり腕力を要する作業であることを示す。その反面手刈は作業者の重量負担が少なく、歩くのに便利であることが、よろめき回数についての結果からうかがわれる。また、汗ふき回数についての結果は、背負い式機械による作業が一般に直感的に考えられるとおり、1番暑いものであることを示している。これは、下刈作業が暑い夏期に行なわれることが多いことを考えれば一考を要する問題である。

以上のように各機種によって一長一短があるようである。ただ、能率という点だけから考えると、この平均30度以上の急斜地で行なわれた実験の結果においても、背負い式が最良である。各機種の全作業時間の平均値を調べてみると、手刈り約120分/0.04 ha、肩掛け式約111分/0.04 ha、背負い式約98分/0.04 haとなり、背負い式が最も良く手刈りの約20%だけ所要人工数を減少させ得る。しかし、一方では、よろめき回数、汗ふき回数からわかるように、背負い式なるがゆえの欠点もかなり多く、作業者にきらわれる要素の多いことも明らかである。

7. 作業者の下刈作業についての感じ方について

さて、以上で実験結果のだいたいを述べたわけであるが、ふとした思いつきから、この下刈作業実験についての作業者達の主観的な反応を知りたいと思い、いくつかの質問をもうけて、各プロットの作業が終るたびに、そのプロットの担当作業者に答えてもらった。そのうちのいくぶんか興味を感じさせる次の2つの質問の結果について述べておきたい。

質問1 今のプロットの作業は、きつかったか、楽であったか。

答 きつかった、普通である、楽だった、

質問2 今のプロットでの作業は、やりやすかったか、やりにくかったか。

答 やりやすかった、やりにくかった、普通である。

この各問の三段階の解答を、個人差、機械差及び植栽年度（植栽木の大きさ）の主効果と各々の交互作用について、累積法を用いて分散分析してみた。

i) 質問1についての結果

この質問は、肉体的精神的に、その場での下刈作業がきつかったか楽であったかというものなのであるが、これについては、個人差と手刈りと機械刈りの差が認められた。しかし、機械二種間の差は認められなかった。これは、作業者がまだ特に機械種間の差を気にする程機械作業に慣れておらず、ただばく然と機械と手刈りという対比を心中にもっていたということもうかがわせる。しかしながら、図8からもわかるように手刈りと機械の差は、ほんのわずかなもので、特

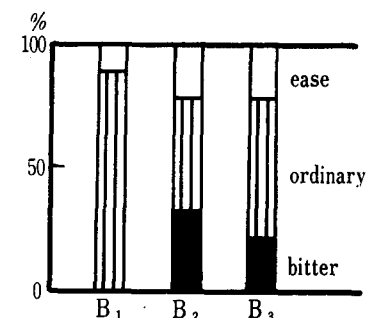


Fig. 8 Worker's answer about bitterness of weeding work classified by machines

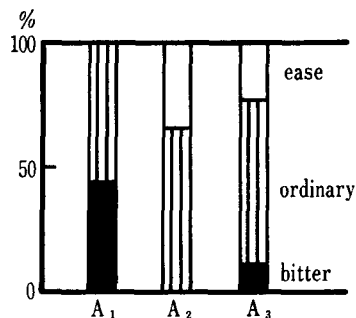


Fig. 9 Worker's answer about bitterness of weeding work classified by men

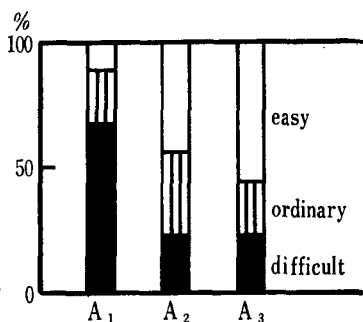


Fig. 10 Worker's answer about easiness of weeding work classified by men

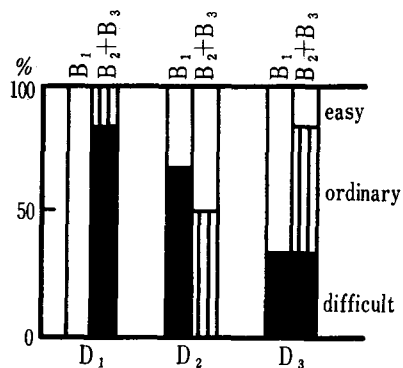


Fig. 11 Worker's answers about easiness of weeding work classified by machines and planted years

に不慣れな初めての機械作業に苦痛を感じたとは思われない。次に個人差であるが、A₁がより多く苦しいと答え、A₂がむしろ楽だと答えた方が多かったこと、A₃がその中間であったこと等は、前章の分析によって得たものから期待し得る相違である。これは、中島（注3）のリーダーシップに関する研究結果と一脈の通ずるものを感じさせる結果である。

ii) 質問2についての結果

この質問は、その場での各方法での作業の難易を聞いたものである。分析結果は、図10、図11のとおりである。

個人差については、前問と同様の結果が出ているが、機械刈りと手刈りとは、植栽木の大きさによってかなり異なった結果が出ている。植栽木は植栽年によって図12、図13のように成長しているわけであるが、手刈りでは、平均樹高60cm、うつ閉割合4%位では、地ごしらえの効果もあって“易しい”が100%であったのに対して機械作業では、そのほとんどが困難であると答えたのは、ハネ、トバシ、の危険が大きいかからかとも思われる。3、4年生の植栽地では、逆に手刈りよりも機械刈りの方が良いという答えになっているが、5、6年生の大きな植栽木の中では、再び機械作業のやや困難なことを訴えている。これは木が大きいと機械の自由がきかなくなるという点にも原因があるのであろう。

8. 結 論

上述の分析結果のうち、特に個人差と機械差は自然条件の影響を十分吟味し取除くという方法をとったので相当に一般性の期待できるものである。

下刈機械の効用というものについて簡単な結論を述べれば、経済的是非は別として、機械作業が始めてである不慣れな作業にもかかわらず、平均斜度30度以上の急斜地においても、肩掛け式で10%、背負い式で20%の労働力の節約を期待できるということになる。しかし、この機械は人間が肩で運搬しながら使用するものであるがゆえに作業者にきられる欠点も多くあることはいふまでもない。したがって、これを作業者が使用する気になるかいないかがむしろ問題になる。この壁を破るためには、その作業集団が非常な進取の規範をもつとか、むしろ専制的な能率中心主義のリーダーシップをもつとかいったことが必要で、十分な集団力学的研究が必要となってくる。一方、技術的な面から考えれば、いわゆるポータブル機械ではなく自走式機械でも開発しないかぎり、真に飛躍の能率向上は望めないわけである。

註 1) 田口玄一：実験計画法，P66，丸善，1962，

註 2) M.G.Kendall：A Course in Multivariate Analysis, P10~36, Griffin(London) 1957

註 3) 中島能道：宮崎大学演習林報告第4号，

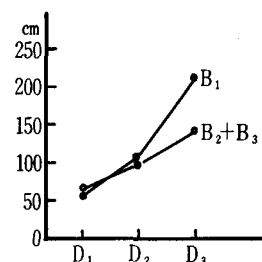


Fig. 12 Difference of height of planted trees by plot

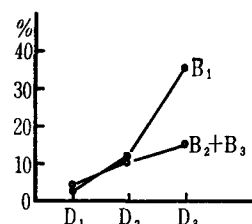


Fig. 13 Difference of covered area by plot

Résumé

This is an experimental study on the character of the weeding work. Natural conditions of weeding places in the forest differ case by case. That variety of working places was rearranged into principal components by component analysis, and three workmen and three kinds of machines (handwork by scythe, portable weeding machine of shoulder type, and that of "carry on back" type) were taken up as experimental factors to compare. Then how several components of the weeding work behavior were influenced by natural conditions expressed by those principal components and how the characters of workmen and the kinds of machines affected the efficiency of weeding work were analysed. The results said that the rapidity of work expressed by actual working time and rate of necessary spare time had been influenced by quantity of bush and moisture content of soil and that the weeding with machine of "carry on back" type had been most rapid, which had been possible to reduce the necessary working time about 20% than the work by hand. And that the "carry on back" machine had several defects at the same time due to that it was of "carry on back" type, which would be disliked by workers.