

造林作業の功程表作成手法

造林作業の功程表作成手法

I 試験担当者

機械化部作業第1研究室 辻 井 辰 雄
〃 石 井 邦 彦
〃 朝 日 一 司

II 試験の目的

作業功程を決定することは、作業の標準化を図るためにも、また作業管理の基礎資料としても重要であって、作業の合理化には必要不可欠なことである。

林業における功程表作成の問題については、以前から取りあげられており、標準時間や基準作業量などを尺度とする各種の方法が検討されている。しかし、現場における作業方法の標準化が併行して進められなかつことと、作業条件の測定についても屋外作業のため種々の制約を受けることなどの理由によって、必ずしも現場に応用できる客観的でかつ科学的なものになっていない。

とくに、造林作業については作業者の体力や技術に依存する人力作業が主体であるうえ、作業場所が複雑な地形の林地であることもあって常に一定の条件で作業を行うことができず、功程表の作成手法や適用性については問題を生じることが多い。

このようなことから、造林作業の功程表作成手法を検討する場合も、作業方法や作業条件の標準化を前提とする時間研究によるIE的な手法については多くの困難をともなうため、取りあえず、現在林野庁で検討が進められている実績作業量を基に数量化手法によって推定する作成手法について、早急に解決が急がれている下刈作業を中心に推定精度の向上や再現性を高めるための資料整理の方法などの対策について検討を行った。

III 試験の験過と得られた成果

1. これまでの功程表作成手法

功程表という言葉は、国有林関係においては古くから使用されているが、一般産業においてはあまり使用されておらず、これは経験的な数値の1人1日あたりの出来高にあたり、治山土木関係の歩掛表に近い作業量の表示法である。一般産業でいわれている標準作業量は、普通課業ともいわれ、1単位時間すなわち、通常1時間に対する作業量のことであつて、現実には作業量や時間のみならず、品質や資材の利用度なども条件となつていて、これらの条件が標準的に管理されたものとして扱われている。

まず、一般的な功程表の作成手法について、その概要を述べるとつきの6種類に大別されている。

直接観察による方法 (*Measurement by observation*)

概算見積による方法 (*Measvrement by estimate*)

作業評価による方法 (*Measvrement by work count*)

時間測定器具を使用して直接計量する方法 (*Measurement by time study*)

予定標準資料による予測的方法 (*Bredetermined time standard data*)

実績記録による統計的方法 (*Measurcment by historical record*)

また、以上の各手法の特徴はつきのとおりである。

1) 直接観察による方法

時間測定具を用いることなく直接作業現場を観察し、個人的な判断によって功程を測定する方法であって、主観的測定法あるいは一時的測定法とも呼ばれ、管理者や監督者の勘と経験にたよる最も原始的なものである。

作業が単純で量も少ない場合には、この方法であっても十分間に合うが、チームによる組織的な活動や技術的な内容が含まれる場合については当て推量の域にとどまる。

また、作業全体の時間を総括的に求めるには、部分的な作業を過大に見積りやすいため、応急的な手段として、短い個別的な作業に用いられる程度である。

2) 概算見積による方法

概算見積は個人的な経験や過去の資料を参考にして、ある作業を見積るための方法であって、概括的な計画や予算の概算を行うためには簡便であるが、正確な結果を求めることはできない。

しかし、この方法は最も一般的であって、他に合理的な方法を持ち合せていない場合には広く活用されることがある。

概算見積法を適用する場合の一般的手順は、つきのとおりである。

- (1) 専任の作業計画者が作業の概算見積を行って、作業命令書に記入する。
 - (2) 作業命令書をその作業を実施する職長に交付する。
 - (3) 職長は個人的な判断で所要時間を見積り、作業の細部計画を立てる。
 - (4) 完成した作業について、作業命令書の実際の所要時間を集計する。
 - (5) 実際の作業時間と概算見積時間を比較する。
- なお、この方法の短所はつきのとおりである。
- (1) 概算見積時に実際の作業と大きな相違をきたすことがある場合は、その原因を適確に知ることができない。
 - (2) 概算見積による結果を強制した場合、作業員は作業の完成に自信を失い、職務に対する興味や熱意を失うことになる。

(3) 作業方法が変更された場合、適切な作業時間を算出することができない。

3) 作業評価による方法

この方法は作業現場について直接生産量をチェックすること、既往の生産記録から生産量の平均を求めるなど、スナップリーディングによって作業員の稼働状況を分析することなど積極的な方法によって資料を収集し、作業を評価するための方法である。

このため、特別な用紙を準備する必要があるうえ、はっきりした作業単位を設定して信頼できる平均値が得られるように期間を定めて正確に測定することが大切である。

しかし、後述の方法に比較すると簡便な方法であるため、妥当な作業測定を行うことはできるが断片的な測定になることが多く、測定結果から作業の標準を導きだすことは困難である。

4) 時間測定器具を使って直接計量する方法

この方法は時間研究による技術的な方法である。測定器具としてはストップウォッチやその他の時間測定器具類を使用する。

使用する測定器具によって、ストップウォッチ法とマイクロモーション法に大別される。前者はストップウォッチを使用して肉眼で作業者の要素動作の所要時間を記録し、後者はマイクロモーションカメラや高速ビデオカメラを使用して微細動作、作業手順、作業時間などを詳細に記録する方法である。

さらに、測定結果の取りまとめ方法によって、直接時間研究法と標準資料法とに分けられる。

直接時間研究法は、これまでに国有林においても作成してきた功程表の作成に使用されたが、これは作業に対してまず時間的要素を加味して分析し、時間的重點を発見すると同時に各種の作業条件も併行して記録し、これを基礎にして工程分析あるいは動作分析的に着眼し、ムダ、ムラを見出し標準作業法の基礎にする。そして、その標準作業を保守することと、ある安定した作業速度を維持するために標準正味時間を観測し、実際に即して使用できるものに整理する。

この方法の短所は費用がかかること、非一貫性であること、ならびに仕事を開始した後に成果が得られることがあげられる。

一方標準資料法は時間観測値を抽出し、その要素作業に対する標準時間を決定することと、1つの作業に対して標準時間を前もって決定するための便利な形に組立てることから始める。

この方法の長所はつきのとおりである。

- (1) 標準化のための費用が少ない。
- (2) 標準化が他の方法より迅速かつ正確に設定できる。
- (3) 標準化が相互に調和し、矛盾点が少ない。

- (4) 標準化が作業の前に決定できる。
- (5) 標準化を容易に説明できる。
- (6) 仕事を合理的な原価で決定できる。
- (7) 長い作業は、日々の計算のために分割できる。
- (8) 必要な場合は、標準化を再現できる。

そして、この方法にはシュルツ方式とキャロル方式とがあり、シュルツ方式は時間観測に入る前に、機械ならびに工具の標準化を強力に実施して標準時間を算定するのに対して、キャロル方式は作業の時間分析と同様の観測法によって、固有で必要な要素作業のみを抽出観測する。そして、これを比較用紙に整理して、平準換算法によって正味時間の算出を行い、変数を数表、図表、ノモグラフ、公式などに取りまとめ、1つの作業に対する標準時間を前もって便利な形に組立てる。この場合、時間分析によっていきなり標準資料を取りまとめることから、機械ならびに工具の標準化や工程管理は当然進んでいることが前提となる。

5) 予定標準資料（動作時間標準法）による予測的な方法

この方法は基礎となる動作または運動について、あらかじめ定めた時間標準（P.T.S）を決定し、この基礎数値を用いて、測定する作業を構成する動作または運動ごとに時間値を求める。そして、これを集計することによって作業の標準時間を得る方法である。おもにP.T.S法が適用できる作業は手作業に限られる。

P.T.S法のおもなものはつぎのとおりである。

- (1) Motion time analysis
- (2) Work factor
- (3) Method time measurement
- (4) Basic motion time study
- (5) Dimensional motion times

この方法の長所は、時間測定器具を使用する時間研究の手続きを著しく簡素化したことと、その精度を直接の時間研究の結果と比較した場合は数%の誤差に過ぎないことなどで、時間研究の隘路を非常に軽減できる。しかし、少なくとも職員数の0.5~1%の専門分析者を配置しないと全作業の測定が困難であり、しかも測定の対象が反復作業に限定されることなどの短所もある。

6) 実績記録による統計的な方法

この方法は別に統計的測定法とも呼ばれ、作業現場において日々の所要時間と生産高を記録し、その定期的報告資料を基に統計的に作業標準を導き出して作業効果を判定するものである。

実績記録による方法は断片的であったり、抽出的測定であったりする場合はほとんど

効果はなく、それが全作業を網羅し、かつ長期間にわたって継続されたものである場合に大きな効果がある。

- この方法の特徴はつぎのとおりである。
- (1) 非反復性の作業、机上作業、あるいは成果を適確に把握しがたいような作業には有效である。
 - (2) 作業方法が標準化されていない作業にも有効である。
 - (3) 個人および部門の作業効率を同時に測定することができる。
 - (4) 測定のための経費と時間はきわめて少ない。
 - (5) 測定上の専門技術を必要としない。
 - (6) 測定結果から得られる作業時間、作業効率および作業標準などの数値は概略的であって、時間測定具あるいは予定標準資料を使用して測定したものと比較すると、はるかに精度が劣る。
 - (7) 測定を制度化し、長期的かつ広汎に測定しない限り正確な統計値を得ることができない。

2. 数量化手法による功 程表の作成

これまで標準功程表の作成と併行して、暫定的な事業実行上の標準作業量を予知する方法として環境評価方式や標準作業量査定係数方式などが検討されている。

この場合、両者とも環境条件の諸因子との関係を函数関係で取り扱っていて、標準作業量査定係数方式についてみても13~24の多くの因子を計測している。しかし、図-1に示した

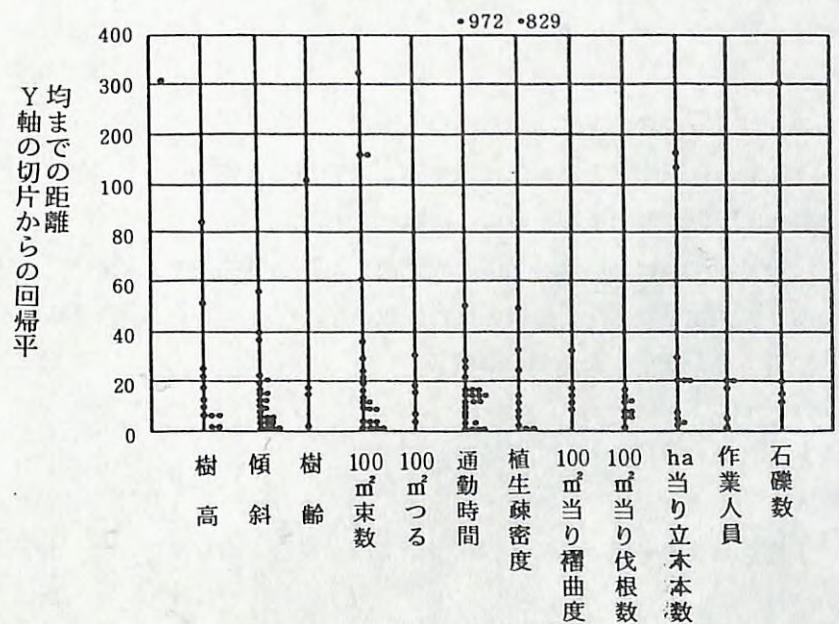


図-1 下刈一全刈1回刈作業での要因の寄与

下刈作業の因子寄与度をみてもわかるように、因子寄与度の傾向を全く把握することはできず、分析に多くの時間と労力を費やしたわりに実用性には欠けるものになっている。

ところが、前述の特徴を活した実績作業量を基として数量化手法を適用した場合は、標準化法と異なり作業実行箇所の条件因子の把握と作業時間での作業量を計測すればよく、資料の収集も簡便で、分析もコンピュータを利用することによって迅速に行えることから、有効な作成手法となる。

数量化手法については、林業においても広く活用されているため、ここでは概要を述べることとする。

現象がある変数Yで記述されるとき、Yの起り方を予測するためにM個の項目を測定したとすると、これらの項目はM次元の変数として現わされる。

そしてYの予測をつぎの式で仮定する。

$$X = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_M$$

いま、各 X_i にある数量を与えたとき（この数量を t_{ik} とする）、 t_{ik} によってYを最もよく予測するような数量 \hat{Y} を求めようとする。変数はすべてカテゴリーに分類される（数値はカテゴリー化し定性的なものとして取り扱う）。

数量 t_{ik} を決めるための方程式は、つぎのとおりになる。

$$n_{(ik)} t_{ik} + \sum_{j=1}^l \sum_{\ell=1}^{r_i} n_{(ik)(j\ell)} t_{j\ell} = \sum_v^{(ik)} y_v$$

$$i = 1 \dots M_1 \quad K = 1 \dots r_i$$

各 X_i のカテゴリーを $C_{11} C_{12} C_{13} \dots C_{1r_i}$ として、そのカテゴリーに分類された個数を $n_{(11)}$ $n_{(12)}$ $n_{(13)}$ \dots $n_{(1r_i)}$ とすると表-1に示すクロス表ができる。

表-1の各式について説明するとつぎのとおりである。

$(\sum_v^{(11)} y_v)$ は $n_{(11)(kr)}$ について分類された個数における外的基準（変数Y）の和

$n_{(ik)} = X_i$ は測定結果 C_{ik} に分類された個数 $n_{(ik)(j\ell)} = X_j$ は測定結果 C_{ik} を示し、かつ X_j について $C_{j\ell}$ を示したもののが数

$$i, j = 1 \dots M, \quad R = 1 \dots r_i, \quad \ell = 1 \dots r_j$$

この式を解くため行列をもってすると、

$$A_t = b$$

Aは表-1のクロス表を用いる。t, bについてはつぎのとおりになって、求めることができます。

表-1 数量化手法のクロス表

対象 カテゴリー 変数	X ₁			X ₂			X _M			$\sum_v^{(ik)} y_v$			
	C ₁₁	C ₁₂	...	C _{1r_i}	C ₂₁	C ₂₂	...	C _{2r_i}	C _{M1}	C _{M2}	...	C _{Mr_i}	
X ₁	n ₍₁₁₎	0	...	0	n ₍₁₁₎₍₂₁₎	n ₍₁₁₎₍₂₂₎	...	n _{(11)(2r_i)}	n _{(11)(Mr_i)}	n ₍₁₁₎₍₂₁₎	...	n _{(11)(2r_i)}	$\sum_v^{(11)} y_v$
	0	n ₍₁₂₎	...	0	n ₍₁₂₎₍₂₁₎	n ₍₁₂₎₍₂₂₎	...	n _{(12)(2r_i)}	n _{(12)(Mr_i)}	n ₍₁₂₎₍₂₁₎	...	n _{(12)(2r_i)}	$\sum_v^{(12)} y_v$
	0	0	...	n _(1r_i)	n _{(1r_i)(21)}	n _{(1r_i)(22)}	...	n _{(1r_i)(2r_i)}	n _{(1r_i)(Mr_i)}	n _{(1r_i)(21)}	...	n _{(1r_i)(2r_i)}	$\sum_v^{(1r_i)} y_v$
X ₂	n ₍₂₁₎	n ₍₂₂₎	...	n _(2r_i)	n ₍₂₁₎₍₃₁₎	n ₍₂₁₎₍₃₂₎	...	n _{(21)(3r_i)}	0	n ₍₂₂₎₍₃₁₎	0	n ₍₂₂₎₍₃₂₎	0
	n ₍₂₂₎	n ₍₂₂₎	...	n _(2r_i)	n ₍₂₂₎₍₃₁₎	n ₍₂₂₎₍₃₂₎	...	n _{(22)(3r_i)}	0	n ₍₂₂₎₍₃₁₎	0	n ₍₂₂₎₍₃₂₎	0
	n _(2r_i)	n _(2r_i)	...	n _(2r_i)	n _{(2r_i)(31)}	n _{(2r_i)(32)}	...	n _{(2r_i)(3r_i)}	0	n _{(2r_i)(31)}	0	n _{(2r_i)(32)}	0
X _M	C _{M1}	0	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0
	C _{M2}	0	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0
	C _{Mr_i}	0	...	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0

$(\sum_v^{(11)} y_v)$ は $n_{(11)(kr)}$ についての分類された個数における外的基準（変数Y）の和

$$t = \begin{bmatrix} t_{11} \\ t_{12} \\ \vdots \\ t_{1r_i} \\ t_{21} \\ \vdots \\ t_{Mr_i} \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} \sum_v^{(11)} y_v \\ \sum_v^{(12)} y_v \\ \vdots \\ \sum_v^{(1r_i)} y_v \\ \vdots \\ \sum_v^{(Mr_i)} y_v \end{bmatrix}$$

以上が数量化手法の概要であるが、この手法では資料数を大量にしかも万遍なく必要とすることと、理論的には要因カテゴリーの交互作用と誤差などの解釈については問題点もある。しかし、従前の手法と比較すると多くの要因を同時に取り上げることができ、功程表自体も単純なスコア表で表現することができるため、実用性は高いといえる。

3. 数量化手法による分析結果

長野営林局の下刈り作業調査資料7件（資料数247～557個）を基に、数量化手法によっ

て実績作業量を推定し、推定精度や再現性を高めるための対策について検討を行った。
数量化手法による分析結果を取りまとめると表-2のとおりである。

表-2 数量化手法による分析結果

資料 No.	1	2	3	4	5	6	7
直 請 別	直よう	直よう	直よう	直よう	請 負	請 負	請 負
資 料 数	317	377	557	295	395	448	247
要 因 数	5	4	5	4	8	7	7
カテゴリー数	40	25	40	25	45	36	36
観測の平均	9.325	9.397	11.433	10.416	8.726	10.047	9.039
重相関係数	0.885	0.871	0.923	0.920	0.862	0.809	0.957
寄与率	0.783	0.759	0.852	0.846	0.743	0.654	0.916
標準誤差	2.951	1.153	11.722	1.057	8.162	1.251	2.938
誤差率(%)	31.6	18.0	25.6	13.2	15.8	17.8	10.5
外的基準	人/ha	人/ha	人/ha	人/ha	ha/人日	ha/人日	ha/人日

長野局資料

資料No.1～No.4は直ようにおける鎌による人力作業(要因数4～5), 資料No.5～No.7は請負における人力, 刈払機, 人力と刈払機併用の各作業(要因数7～8個)となっている。

分析結果から, 推定値 \hat{Y} ・観測値Yとの一致度を示す重相関係数 $\rho_{Y\cdot\hat{Y}}$ についてみると, それぞれ0.809から0.957の範囲にあって, 高い水準の信頼度を示している。また, 寄与率 ρ^2 も0.654から0.916で比較的高い値を示している。

つぎに, 推定精度の目安として誤差率についてみてみる。

誤差率 $\rho = \{6(Y - \hat{Y}) / \hat{Y}\} \times 100$ (信頼度68%)

として資料No.1～No.3までの各誤差率はそれぞれ31.6%, 18.0%, 25.6%となって, 精度としては芳しくない。また, 資料No.4～No.7の誤差率も10.5%～17.8%の範囲となっており, 作業功程を推定する精度からみると一般的な誤差率は5%以内がよく, 大きくみても10%前後には収まる必要性があることからみると, 精度としては低いことを示している。

これまでの林業における各作業功程を推定した諸手法においても, 実際に誤差率が10%以内に収まっていることはほとんどみられないが, 今回の分析結果においても同じ傾向を示していて, 重相関係数は高い水準にありながらも推定値のバラツキが大きく, 功程としてのあてはまりは良いものとはいえない。

誤差率が31.6%と最も高い資料No.1について, 推定値 \hat{Y} と観測値Yの関係を示したもののが図-2, 10.5%と最も低い資料No.7について示したもののが図-3である。

[ケース1の場合]

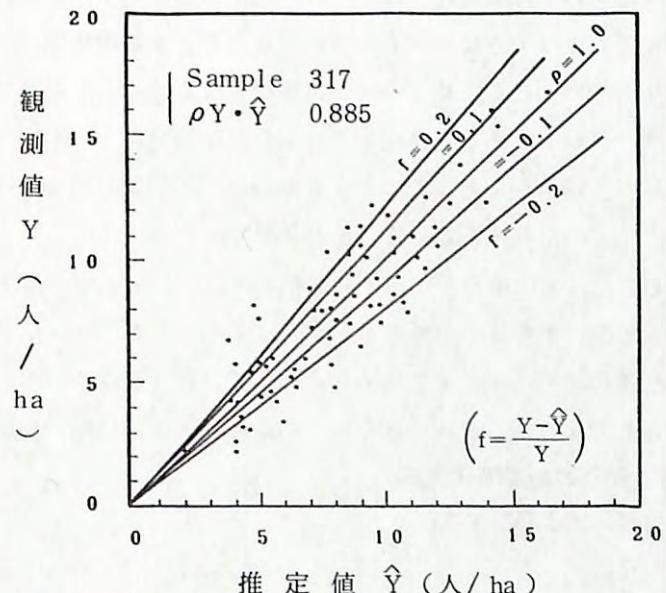


図-2 推定値と観測値の関係

[ケース7の場合]

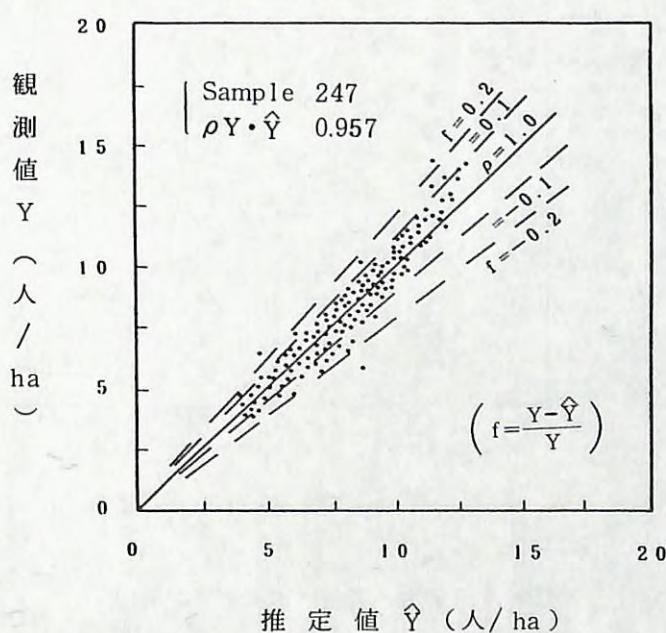


図-3 推定値と観測値の関係

推定値が完全に観測値を再現しておれば、図示したように $\rho = 1.0$ の線上に並び、誤差率 10% 以内であれば $f = 0.10$ の上下線の枠内に全資料数の 68% までが収ることになる。当然のことながら、資料 No. 7 は他の 6 件に比較すると再現性が高いことを示している。

つぎに、林業における作業功程では、これに対応する作業条件が無数にあるため、すべての項目を把握することはできない。そこで把握を必要とする現象間については、バラツキの大きいところは少し規制することによって、再現性を高めることも必要である。

すなわち、同一条件下であると目視して計測した結果であっても、他の原因によって大きなバラツキを生じる場合がある。このような場合は、不明な原因を一時別扱いにすることによって、全体としての再現性を高めることも必要である。

この方法としては、要因項目のなかで最も相関の高い要因を一つ選定して、作業功程との相関図を作成して検討することができる。要因はすべてカテゴリー化されているため、カテゴリーごとの数量のメディアン \bar{x} を求める。そして、各カテゴリーのメディアンを結ぶ曲線を、図-4 に示したように求める。さらに、曲線とカテゴリー軸の交点の値を読みとり \bar{x}' として、 $\bar{x}' (1 \pm 0.60)$ の幅で図化する。

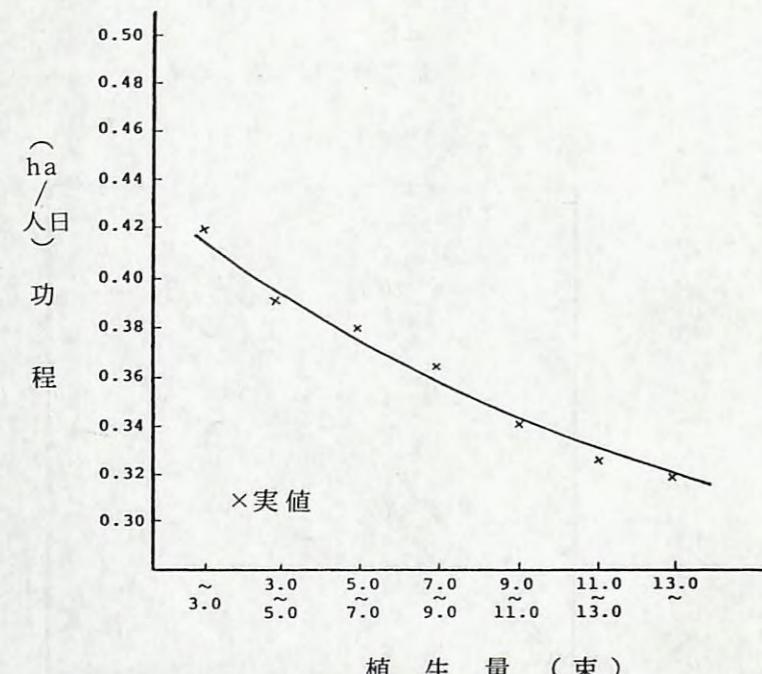


図-4 メディアンとメディアン平均

そして、これを便宜的な異常値の棄却幅とし、資料を棄却整理する。棄却限界を求める式は、つぎのとおりである。

$$\bar{x} \pm S \left\{ \frac{N+1}{N} F'_{N-1}(a) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{ここで, } \bar{x} = \frac{1}{N} (x_1 + x_2 + \dots + x_N)$$

$$S_2 = \frac{1}{N-1} \{ (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_N^2) - \frac{1}{N} (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_N)^2 \}$$

において、 $\bar{x} = x$ と仮定し、また別にカテゴリー内での変動係数 $C \cdot V$ を 30% とすれば、 S は関接的に求められる。

$$S = (C \cdot V) \bar{x} \div (C \cdot V) x = (0.30) x$$

N は 1 つのカテゴリーに 40 個以上のサンプルが反応していることにして、前式より

$$\bar{x} \pm 0.30(\bar{x}) \{ 2.04 \sim 1.96 \} = \bar{x} \pm 0.61(x) \sim 0.59(\bar{x})$$

となる。

分析結果として図-5 に示したものは、要因項目のうちで最も相関の高い植生量について、前述の方法で算出した棄却限界線によって資料を整理したものである。

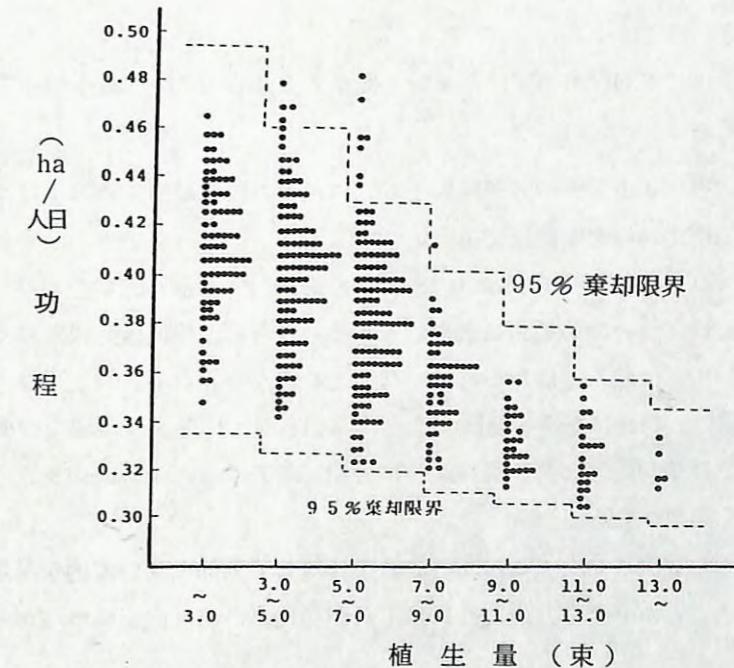


図-5 植生量と功程

この方法による1回目の分析では、全資料数を打点し図化したところ調査資料に偏りがみられ、棄却限界を越えるものが多数みられ、しかも大部分が2地域(署)に限られていたため、この2地域を除外して再度整理してみたものである。

このように下刈作業では、変動係数は実際27%程度であるため、変動係数を30%として設定した棄却限界においては、大部分が限界線内に入ってしまうため、棄却される資料は大幅に減少しているが、バラツキ規制の効果をあげることができる。

この方法は簡単な資料整理の方法であって、カテゴリー内の変動係数が小さい場合は棄却される資料が少なくなり、逆に変動係数の大きい場合は総資料数に対して5%以上が限界を越え、棄却されることもある。

しかし、数量化手法においては回帰分析と異り、異常値の棄却を行っても全体の精度を顕著に高めることはできないため、いわゆる異常値に引かれてカテゴリーのスコアが偏らないための予防措置としての効果を期待して行うことである。

なお、このような方法によって、精度は幾分向上できるが、再現性を高めるための有効な方法は、バラツキを大きくしている要因の抽出法や合理的なカテゴリー化についての検討が残されている。また、分析に用いる資料数についても、作業功程を推定する場合は要因の数が自然と多くなることが予想されるため、資料数が100個以下であると各要因の数量にも片寄りが現れ、常識的な傾向に反する現象がみられることから注意する必要がある。

4. まとめ

数量化手法によって下刈作業の実績作業量を推定するためのスコア表を例示すると、表-3、4のとおりである。

功程を推定しようとする箇所の各条件因子ごとに、それぞれ該当するカテゴリーのスコアを加えた和がその箇所の功程の予測値である。

しかし、このスコア表をもって現地へのあてはめを検討する最終的なつめは行っていないため、適用の可能性についての議論は残されている。さらに、作成段階における資料の収集方法や吟味についても、統一がはかられていないところがみられる。たとえば、下刈作業における傾斜の因子は、功程に影響を及ぼすことは確認されているが、現場での測定方法も確立されておらず、作業功程との関係を具体的に表現する方法は、未解決のままであることを念頭に入れておく必要がある。

要するに、資料の収集にあたっては、外的基準に対して関係の深い要因を選定し、質の良い資料を収集することが必要で、最終的にはそれが功程表の精度向上につながる基本的なことである。

表-3 下刈作業の功程を推するコア表(直よう・全刈・人力)

因 子	階 層	功 程	因 子	階 層	功 程
下刈回数	1 回 目	0.3099ha	林地傾斜	0° ~ 4°	0.0 ha
	2 回 目	0.2366		5° ~ 14°	-0.0393
	3 回 目	0.2004		15° ~ 24°	-0.0215
	4 回 目	0.1961		25° ~ 34°	0.0147
	5 回 目	0.2128		35° ~	0.0452
	6 回 目	0.2046		刈 払 幅	25.0%
	7 回 目	0.1595		32.5	0.0283
	8 回 目	0.1898		37.5	0.0126
主たる植生	雜 草	0.0	刈 扟 高	50.0	0.0439
	かん木	0.0416		62.5	-0.0159
	笹	0.0290		75.0	0.0480
	雜草, かん木	0.0358		10 cm 以下	0.0
	雜草, 笹	-0.0334		20 cm	0.0222
	笹, かん木	-0.0200		30 cm 以上	0.0264
	雜草, 笹 かん木	-0.0191			

表-4 下刈作業の功程を推定するコア表(請負・全刈・人力)

因 子	階 層	功 程	因 子	階 層	功 程
傾 斜	10° 未満	4.22 人		雑草, かん木	-0.14 人
	10° ~ 20° "	3.94		かん木, 笹	0.30
	20° ~ 30° "	4.03		雑草, かん木, 笹	-0.18
	30° ~ 40° "	3.76		笹, 雜草	-0.32
	40° 以上	3.98		刈払物件量	500束未満 0.0
しゅう曲度	疎(少)	0.0		500~750 "	0.36
	中(中)	0.25		750~1000 "	0.24
	密(多)	0.11		1000~1250 "	0.44
石礫度	少(疎)	0.0		1250~1500 "	0.46
	中(中)	-0.31		1500~1750 "	1.91
	多(密)	-0.17		1750以上	2.15
被圧状況	よく	0.0	下刈回数	1回目	0.0
	かなり	0.27		2回目	0.19
	少し	0.31		3回目	0.47
	ほとんど	0.53		4回目	0.55
植生	雑草	0.0		5回目	0.45
	かん木	-0.31		6回目	0.66
	笹	0.42		7回目以上	0.46

参考文献

- (1) 林 知己夫ほか2: 市場調査のための統計的量化の理論と実際, 統計数理研究所 1963.
- (2) 米田幸武ほか2: 林業の標準功程表あてはめに関する研究2. 林試研報 149, 1963.
- (3) 日刊工業新聞社: 作業測定便覧, 1964.
- (4) 西沢正久ほか2: 数量化による地位指数の推定法, 林試研報 176, 1965.
- (5) 林野庁: 国有林野事業功程調査手順書, 1970.
- (6) 林野庁監査課: 各種作業功程表, 1970
- (7) 関田章人: 林業労働の特性を働く, 林業経営研究所, 1972.
- (8) 梅田三樹男ほか2: 標準功程表と立木評価, 日本林業調査会, 1982.
- (9) 辻井辰雄ほか2: 下刈, 地掻作業における安全作業法の確立, 技術開発試験成績報告書, 1986.
- (10) 作業第1研究室資料: 林業主要作業の要素分析, 1987.