

林業の標準工期表あてはめ

に関する研究（その 1）

辻 隆 道⁽¹⁾
渡 部 庄 三 郎⁽²⁾

I は じ め に

標準工期表作成には 2 つの方法がある。すなわち直接時間研究法（Direct data method）と標準資料法（Standard data method）とがあり、直接時間研究法は簡単に述べると作業に対して時間的要素を加味し、これを基礎として工程分析あるいは動作分析的な着眼点をもつて、ムリ、ムダ、ムラを見いだしてから作業改善を行ない、標準作業方法制定の基礎とするもので、さらにその標準作業方法を保守しながら安定した作業速度を維持するために標準工期（標準作業時間）を作り、実際に即して使用するように整理することである。標準資料法は歴史的に見て新しい手法であるが、これは直接時間研究法による資料が非常に多くなつたとき、これを横に整理して標準資料を作成することが非常に効果的であることをテラー氏自身が着目し、テラー氏の後継者によつて標準資料法にまとめる研究がなされてできた一つの手法である。

国有林において調整されてきた多くの標準工期は直接時間研究法による場合であつて、この手法のいちばん大きな目的であるところの標準作業制定の基礎資料として欠けている感がある。作業の時間分析による実態調査から組み立てられた工期表であり、一種の出来高研究による出来高調査としての意義はあるが直接時間研究法としての意義は少ないと考えられる。このことは、林業における各種作業条件因子の単純化および標準化が非常に困難である点から考えると、現実的にはやむをえなかつたのではないだろうか。しかし標準資料法の面から見れば現在までに作成された多くの工期表は資料の蓄積と考えることは妥当であろう。以上の経験により標準資料法の応用としての工期表が昭和 34 年 6 月に秋田営林局から『自動鋸による伐木造材作業時間分析報告書、1』が発表されている。また直接時間研究法の考え方としては昭和 13 年 5 月に日本林学会誌上に『官行斫伐事業における作業能率の増進に関する一考察』として熊本営林局の安武弘氏が、工期表までは作成していないが標準動作および作業方法の問題を発表している。

われわれは現在までに集積された工期表に対して今後の活用方法、あり方などを考える場合にその目途として次の 3 点に大別し、検討を加えてゆきたいと考える。

1. 工期表資料としての活用

現在までの資料の再検討を行ない、標準作業方式の確立に活用する。すなわち作業が単純化され標準化された結果の工期表であれば、同一作業種間においてはいずれも一致することが望ましい。たとえば、下刈作業についていえば、同一植生地については工期表から求めた工期と実行結果とは一致するのがたてまえである。現実には自然環境条件や作業方法、使用器具、作業員の相違により一致しない。その原因として

(1) (2) 経営部作業科作業研究室員

功程表作成途上において各条件因子の処理、作業方法の基準化、使用器具の統一などに対する関心が薄かったことである。一応処理方法は別としても多くの条件因子が測定され、功程表に表示されていることは今後の活用面および検討において有意である。すなわち、功程を管理図によつて群分けを行ない、管理図における中心グループ、上限グループ、下限グループなどに合理的な群分けをして統合することにより、その群分けされた功程はどの環境条件のもとで測定された資料であるか区別されると同時に、現在の各局、各署ごとに出されている功程表が、同一作業については環境条件による群分けされた3～4本の功程表にまとまり、使い良くなると考える。その結果から環境条件の補正係数が算出され、あるいは作業改善の着眼点に対するチェックリストの完成が可能となる。

2. 今後の標準功程の作成について

前記1によつて、過去の観測資料を活用して功程管理図を作り、条件因子の類似したものどうしに整理統合するが、この場合の功程は上・中・下という3階級に分けられるであろう。そこで各階級ごとに功程の管理図を作り、管理図の上下限界線の幅を縮めるための環境条件の単純化、作業のムラ、ムダの排除を行なうとともに、上級の功程をあげている作業方法を分析して極力下級のところに取り入れ、作業員の訓練を行ない、一方では管理限界線をせざるための原因を追求するのに、作業改善のチェックリストが必要となる。また上述の功程表統合の際に、現在までに観測された資料では不備の点もあり、補足調査を必要とするものもある。これら調査観測において従前の終日観測を行なわなくとも、現場の担当員がある適当な時刻に短時間で資料収集のできる観測方法が欲しい。このために、1日の作業時間における作業量の変動曲線、すなわち生理的作業曲線と功程のそれによる波型的変動とを検討して、功程の時刻的変動あるいは人的変動を加味して1日の平均功程を算定する。

3. 新たな功程表の作成

新たな功程表については、作成の事前に動作分析などの一定の作業研究手段により、あらかじめ作業の単純化を行ない、標準化をはかった後作業員がある程度その新しい作業方法になれてから、その上で功程表を作る。

以上の3項目が考えられるが、本稿においては2の“今後の標準功程の作成について”特に生理的作業曲線の検討を行なう。1および3の2項目については次期にゆずる。

4. 本報告に取り上げた簡易功程表作成方法のねらい

標準功程表が現実の実情を調査して得た資料から組み立てられたものでありながら、それを再現したときに再現性が薄いということが功程表の活用されない原因の一端であると思う。この再現性の問題こそ功程表活用上のあい路を除く一つのいとぐちになる大きな問題なのである。

過去の標準功程表は観測して得た資料から、功程に影響すると思われる因子との函数として功程表はそれから推定して作っている。しかし、林業における作業では条件の単純化や作業方法の標準化が行なわれず、あるいは規制されているものが少ないために、功程に影響を与えるいくつかの因子がある場合、同一作業でも、ある箇所では1つの因子がよく影響しているが、ある箇所ではあまり影響を及ぼさないというぐあいで、功程と因子との相関図を描くと非常に大きなちらばり方をする。このことは、現在の標準功程表を各局比較検討して見るに、功程を推定する実験式は同一作業、同一条件でありながら異なる傾向をもつた方程式が算定されていることでも知られる。そこで標準功程表を作ったときの資料を、もう一度振りかえつてみて推定式の適合度を調べる。すなわち、その作業種に対する標準功程表の誤差率が少なくとも2

～3% (信頼度 95% において) 以内に納まつておればよいが(本調査資料では後述のとおり 2.16% であった), それ以上に大きいようであれば管理図などによつて分散を大きくしている原因をみつけ, 直ちに改善策の方途を講じて作業員訓練を行なうか, または最適な群分けを行なつて功程表を作りなおすか, 補正係数を施す。

現在, 功程表の再現性をチェックするには, 標準功程表の作成当時と同じような簡易功程調査を行なっているが, チェックリストも皆無であるため功程表に対する検討の方法, 手段が見当たらず単なる功程出来高の比較に終わっている。これら作業改善, 作業訓練の経過や功程比較において, 終日観測せずに現場係員が適当なとき, ある時点で観測してきた資料がただちに標準功程表と照合できたり, また管理図ならびにチェックリストによつて検討ができる方法があるとすればたいへん楽であり, 管理業務に対しても便利な点である。かかる方法の1つとして作業功程に対する生理的作業曲線, すなわち1日の作業進行状態には人間の生理的, 精神的機能低下からくるところの功程出来高に波型の変化が示される。この波型のどこの部分をとれば1日の平均された功程と一致するか, あるいはある時点で観測した資料がこの波型のどこの部分にあるかを確実にあはくすることによつて修正値を考えるならば, 1日の平均された功程表と一致するはずである。本報告ではまず最初の段階としてこの生理的作業曲線の検討を取り上げた。

II 資料および功程の管理図

1. 資 料

使用した資料は林業労働の余裕率を検討する目的で昭和 33 年度に稼働分析調査を行なつた際, 同時に観測して得たものである。

調 査 地 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区

期 間 昭和 33 年 9 ～ 10 月, 30 日間

作業工程 造林事業, 新植植付作業

作 業 員 2 名

調査方法 連日精密時間観測調査および功程調査

時間集計 次の集計方法によつた。

勤務時間 { 実働時間→準備後仕末・主体作業・付帯作業
余裕時間→職場余裕・作業余裕・疲れ余裕・用途余裕

計算に用いたのは条件調査もれや半日作業および特別な試験植付方法などを行なつた日を除いた 18 日間のものである。作業員については技能, 経験年数とも中庸と思われる者 4 名を選び毎日行動を共にして作業を行ない, そのうちの 1 名について連日時間観測ならびに功程調査を行なつた。観測期間中の前半を B₁ の作業員, 後半を B₂ の作業員について観測したが, 両作業員とも作業日数が等しくなっているのは偶然で最初から計画したものではない(第 1 表参照)。

2. 功程の管理図による群分け

等しい母平均をもつグループごとに群分けし, しかるのち統計処理の吟味を行なつた方が有意と考えて, ここに管理図の活用をとり入れた。すなわち, 管理図にデーターを打点したとき, 管理限界線から飛

第1表 時刻・作業者・作業日を因子に傾斜を補助測定値にとつたデータ

y = 植付本数 10 本あたり実働時間 (分) (ただし毎朝の仮植地から作業地
まで苗を背負つて運搬する移動時間は本表では除いてある。)

x = 平均傾斜 (度)

時刻: $A_1=7\sim9$ 時, $A_2=9\sim11$ 時, $A_3=12\sim14$ 時, $A_4=14\sim17$ 時

作業員	作業日 (C)	時刻								合 計	
		A ₁		A ₂		A ₃		A ₄			
		y	x	y	x	y	x	y	x	y	x
B ₁	9.15	16.6	25	13.2	20	15.8	15	16.1	35	61.7	95
	17	14.7	25	13.1	25	14.0	20	13.0	28	54.8	98
	19	14.9	17	15.4	3	12.4	12	13.5	10	56.2	42
	21	17.1	7	11.1	4	10.4	3	17.8	5	56.4	19
	22	13.2	26	13.8	35	15.6	18	9.6	8	52.2	87
	23	15.4	20	11.9	7	9.6	5	11.5	3	48.4	35
	24	14.2	15	11.0	15	11.5	3	11.4	3	48.1	36
	25	12.0	26	10.6	32	10.3	12	16.0	7	48.9	77
	26	15.3	18	13.8	18	12.6	5	14.6	5	56.3	46
B ₂	29	19.3	10	14.7	10	17.3	10	13.1	10	65.4	40
	30	15.7	12	13.5	12	11.0	12	14.2	25	54.4	61
	10.1	15.3	25	12.1	20	12.8	17	13.1	8	53.3	70
	3	13.8	16	11.5	25	11.3	16	14.3	2	50.9	59
	5	14.5	20	12.2	20	11.7	18	9.8	5	48.6	63
	6	10.0	16	14.4	8	11.4	8	13.6	10	49.4	42
	7	16.8	0	12.2	0	14.8	0	11.9	0	55.7	0
	10	17.3	3	13.4	15	12.5	15	13.8	15	57.0	48
	11	15.4	0	15.1	3	14.4	17	13.5	2	58.4	22
Σy		272.9	281	233.0	272	229.4	206	240.8	181	976.1	940
Σy ²		4221.01	5679	3051.68	5864	3001.50	2996	3295.48	3437	13569.67	17976
Σyx		4111.7		3445.0		2684.4		1520.4		12761.5	

びだすものがあつたとすれば、ほぼ同一条件だと見なして実施調査した環境条件か、作業方法に実は観測員の主観的な誤りがあつたか、あるいは調査途上で当初意図したことからはずれて、作業の行なわれたことを発見できる (これは単純化、標準化などによつて原因の究明は簡単になされる)。

管理図には使用目的、用途に応じて種々あるが、ここでは

- 1) 工程解析を行なうというよりは工程の異常原因をはあくして、同種原因別に資料をまとめる。
- 2) 1 区分の工程が急激に変化したときそれが直ちに知りたいこと。
- 3) 本解析には1日の作業時間を4区分して、このときの工程をデーターシートとしたが1区分の時間は正確には一定できないこと。
- 4) 3)のように区分しないで1日間の工程を1つのデーターとして管理図を描いた場合は作業状態や作業員ごとの違いなどを管理することができること。

以上の4つの理由で、1点管理図 ($x-Rs$ 管理図) を用いた。

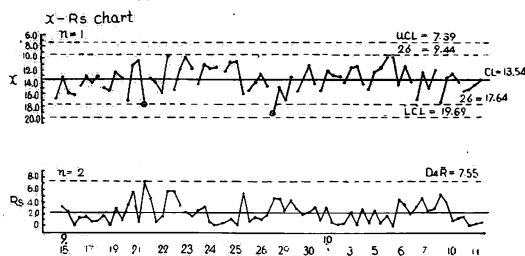
1日の作業時間区分は次のようにした。

第1区分 作業準備～9時 (＝第1回休憩時間にはいるときまで)

第2区分 9～11時 (＝昼食時間にはいるときまで)

第3区分 12～14時 (＝第2回休憩時間にはいるときまで)

第4区分 15～16時あるいは17時 (＝作業終了)



第1図 休憩時間ごとにとつた植付数 10 本
あたり実働時間の $x-R_s$ 管理図

$$\Sigma y = 975.1 \quad \Sigma R = 163.7$$

$$N = 72 \quad N = 71$$

$$\bar{y} = 13.54 \quad \bar{R} = 2.31$$

$$3\sigma \quad (CL) = \bar{y} = 13.54$$

$$(UCL) = \bar{y} - 2.66 \quad (\bar{R}) = 7.39$$

$$(LCL) = \bar{y} + 2.66 \quad (\bar{R}) = 19.69$$

$$2\sigma \quad (UCL) = \bar{y} - 1.773 \quad (\bar{R}) = 9.44$$

$$(LCL) = \bar{y} + 1.773 \quad (\bar{R}) = 17.64$$

$$D_4 \bar{R} = 3.267 \quad \bar{R} = 7.55$$

ここで D_4 は n によつてきまる値 $n=2$

上記区間内での功程表示には、1区分の時間は一定でないことおよび現場係員の調査においてはなるべく短時間であることが望ましい点を考慮して、植付本数 10 本あたり実働時間をもつて功程 (y) とした。管理図は第1図に示す。第1図では 2σ 限界線より飛びだしたものが2点ある。管理限界を、 2σ にするか 3σ にするかは作業の標準化、調査資料の精度、事業実行などを考慮して決定する必要がある。現在の功程表作成から考えたバラツキの推定から見て 3σ で計算をすすめた。 3σ をとると第1図に見るごとく資料は等分散に分布しているといえる。よつて使用した資料は、群分けを行なわなくともよいことが知られる (もちろん、資料の数が多いか作業種によつては、もつと精度の高い図法を用いるべきはいうまでもない)。

III 植付作業の功程に影響を与える要因の分析

第1表の資料にもとづき要因分析を行なつた。植付作業のように作業種によつてはあらかじめ作業員の技能を上・中・下に分けて選定し、作業員の技能別に分類した功程表を作つているところもあるので、本報告でもそれにならつて最初に作業員間の検討を行なつてみた。次に時刻と作業日との二元配置として解析をすすめたが、時刻因子の水準は時間のパラメーターであり、作業日については完全確率化されていないので時系列の資料として解析すべきかもしれないが、分散の推定の問題としては結論的には大差ないから、通常の相関分析法によつて行なつた。

傾斜は時刻の区分ごとに、平均斜面角を用いた。植付作業であるから1区分内に移動する距離はかなりの長さであるが、斜面角の変わるごとにクリノメーターで計測しておき最後の集計に平均傾斜を求めたもので、いわば簡易な測定方法である。

第2表 作業員の2群における回帰と推定の誤差

作業員の 水 準	自 由 度	平 方 和 ・ 積 和			相 関 係 数	回 帰 係 数	推 定 の 誤 差	
		Sx^2	Sxy	Sy^2	$\frac{r}{Sxy/\sqrt{Sx^2 \cdot Sy^2}}$	$\frac{b}{Sxy/Sx^2}$	$Sdy \cdot x^2$	$d \cdot f$
B ₁	35	3430.31	159.08	170.03	0.208	0.0464	162.6527	34
B ₂	35	2038.75	-122.88	165.29	-0.212	-0.0603	157.8838	34
和							320.5365	68
水準内平均	70	5469.06	36.20	335.32	0.027	0.0066	335.0804	69
全 体	71	5703.78	17.97	336.74	0.013	0.0032	336.6834	70

$$Sdy \cdot x^2 = Sy^2 - (Sxy)^2 / Sx^2$$

第3表 2人の作業員の修正平均病程（植付数10本あたり実働時間）間の差の有意性の検定

変 動 因	自 由 度	推 定 の 誤 差		分 散 比	備 考
		平 方 和	平 均 平 方		
第2表の全体	70	336.6834			
水準内平均	69	335.0804	4.8562	—	—
修正平均値間	1	1.6030	1.6030	0.330	—

第4表 2人の作業員の傾斜に対する回帰係数の差の有意性の検定

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平 均 平 方
水 準 内 平 均	69	335.0804	
各水準内における回帰直線からの偏差	68	320.5365	4.7138
2 つ の 回 帰 係 数 の 差	1	14.5439	14.5439

第5表 作業員ごとの回帰とその有意性

作 業 員 の 水 準	回 帰 係 数	推 定 の 誤 差			回 帰 係 数 の 有 意 性		回 帰 方 程 式 の 常 数			x の 範 囲
	b	$Sdy \cdot x^2$	$d \cdot f$	$Sy \cdot x$	Sb	t	$\bar{y}$	$\bar{x}$	a	(傾斜)
B ₁	0.0464	162.6527	34	2.1872	0.0373	1,244	13,417	14,861	12,727	3~35
B ₂	-0.0603	157.8838	34	2.1549	0.0477	1,264	13,697	11,250	11,928	0~25

$$\text{第2表から } Sy \cdot x = \sqrt{Sdy \cdot x^2 / d \cdot f} \quad Sb = Sy \cdot x / \sqrt{Sx^2}$$

1. 作業員2人の間の差の検定

傾斜の項はコントロールできないのでこれを補助測定値としたので、傾斜の修正を施しても作業員2人の間に差があつたかどうかは、次の第2表から第5表までに示すとおりである。なお、推論を整理して述べると、

- (1) 作業員の2群（人）における回帰と推定の誤差は、第2表で回帰係数がB₁とB₂とでは正と負で

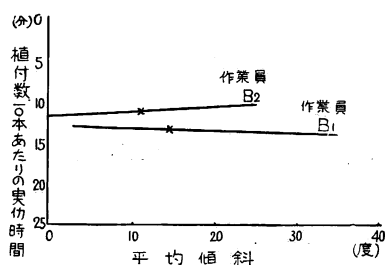
互いに逆になっており、等質の母集団からの標本ではないように見える(しかし、その回帰に預る量はきわめて小さく2つの回帰は類似しているという証明は次の(3)でなされる)。

(2) 2人の作業員の傾斜の違いによる工期の変化を、修正したところの修正平均工期について見ると第3表となり、修正平均工期間には差は認められない。

(3) 傾斜に対する回帰係数の差を検定したのが第4表で、2つの回帰係数は類似していると見なしてよい。実際、現実の作業状態から常識的に考えて、作業員 B₁ は傾斜が増すにしたがつて植付時間が増してゆく正の相関にあり B₂ の作業員は傾斜が増すにつれて植付時間が少なくなつてゆく負の相関にあるという事は疑問である。

(4) さらにこの辺のことをもう少し見てみるために第2図を描いた。第2図は作業員 B₁ と B₂ について工期 y と平均傾斜 x とを直線の関係とみなし、第2表から回帰方程式を算出し、この回帰式をグラフ化したものである。

回帰係数はきわめてゆるい傾斜で、(1)において述べた作業員 B₁ と B₂ の回帰の方向係数が正、負と反対であることも、それは偶然であつて(第4表)、第2表の相関係数 r および第5表の回帰係数の有意性検定、 t の値にあらわれたとおり無視してもよいことになる。



第2図 作業員ごと工期の傾斜に対する回帰
(×印は回帰の平均値を示す)

2. 時刻・作業日の変動

時刻の因子は休憩時間のとり時点をもつて区分し、これを水準の数とした。休憩時間は9時から15分間、11時から60分間、14時から15分間とられる。休憩時間のとり方は、集団作業であるため班長の指示により作業員がいつせいに休憩にはいり、時間の長さは毎日同じ程度ではあるが休憩時間のとりはじめおよび作業開始時刻は正確には守られていないので、工期においてはたとえば第1水準の7～9時までの間における全工期を使用せずに、10本苗木を植え付けるのに平均どれだけの時間を要したか、という1つの単位を設定して単位あたりに要した時間の傾向をみることにした。

(1) 修正工期平均間の有意性の検定

時刻因子に、傾斜の項が影響を与えているかどうか解析したのが第6表である。傾斜の修正を加味しても時刻間の効果だけが著しく有意となり、作業日間の効果は有意とならない。しかし F_0 の値が1以上であるから、第2種の誤りも考えられる。また他面、労働生理学上からも週間内における毎日の生産工期に波型の変化、すなわち生理的作業曲線が週間単位であらわれることが、過去の調査で明らかにされている。本調査においても週間作業が規則正しく行なわれておれば、たとえ雨による作業休日は例外としても作業の休み日が一定週期でとられていたならば、作業日に対する週間効果もある程度は本稿で解明されたが、実際には連続作業日に差があり、たとえ計算上から効果があつたとしてもそれに対する説明は困難となる。また作業日の週間内効果による補正係数ができても、現在のごとき週休日を実施しているところでは活用できてもそれ以外であれば作業週期に合わせた補正係数が必要となる。いずれにしても、作業日の効果については95%の信頼度をとるならば、その有意水準に達しないので、この問題に対しては保留しておく。

第6表 時刻・作業日を因子として傾斜を指定変数とした共分散分析表

変動因	$d \cdot f$	平方和および積和			推 定 の 誤 差				
		Sx^2	Sxy	Sy^2	$(Sxy)^2/Sx^2$	$Sy^2 - (yx)^2/Sx^2$	$d \cdot f$	$m \cdot s$	F_0
時刻間 A	3	402.34	84.36	65.53					
作業日 C	17	3005.78	-40.55	98.02					
誤 差 E	51	2295.66	-25.84	173.18	0.2908	172.8892	51-1=50	3.4578	
全 体 S	71	5703.78	17.97	336.73					
A+E	54	2698.00	58.52	238.71	1.2693	237.4407 172.8892 64.5515	54-1=53 50 3	21.5172	6.223**
C+E	68	5301.44	-66.39	271.20	0.8314	270.3686 172.8892 97.4794	68-1=67 50 17	5.7341	1.658

ここで、時刻間の $d \cdot f = 3$ と 50, $\{F_{3,50}^{2.0}(0.01) = 4.203\}$

作業日間の $d \cdot f = 17$ と 50, $\{F_{17,50}^{1.0}(0.05) = 1.85\}$

(2) 補助測定値をとつたことの効果の検定

傾斜を補助測定値としたことによつて効果があつたかどうかは、 Sx (調整) $= Sb^2 = Se^2(xy)/Se(xx)$ と Se とを比較して大きいかどうかをみればよい。

よつて $0.2908/3.4578 = 0.08409$

すなわち、傾斜の項は全く要因に影響を与えていない。

(3) 時刻ごとの母平均の推定と精度

Ⅲ—1 で作業員間が無視でき、Ⅲ—2—(1)、Ⅲ—2—(2)では時刻間だけが有意で功程に対する傾斜の相関ならびに回帰も無視できるので、普通の一元配置の分散分析になつてしまう(調査を行なつた層雲峡地区がたまたま条件が非常に良かった結果であつて一般的には例の少ないことである)。有意と出ない因子を一緒にして一元配置とした分散分析は次の第7表となる。時刻間は1%以下の危険率で効果が認められ、結論としては前となんら変わらない。

第7表 一元配置に組み替えた分散分析表

要 因	$d \cdot f$	$s \cdot s$	$m \cdot s$	F_0
時 刻 間 A	3	65.53	21.845	5.478**
誤 差 E	68	271.20	3.988	
計	71	336.73		

そこで時刻の各水準に対する功程量の推定に対する精度を見ると、各水準の母平均の不偏推定値は

$$\hat{\mu}(A_1) = 272.9/18 = 15.16$$

$$\hat{\mu}(A_2) = 233.0/18 = 12.94$$

$$\hat{\mu}(A_3) = 229.4/18 = 12.74$$

$$\hat{\mu}(A_4) = 240.8/18 = 13.38$$

となり、母平均の推定の精度を β としその信頼度を $(1-\alpha)$ とすれば、99%の信頼度は

$$\beta = \{t\phi_E(\alpha)\} \hat{\sigma}x_i = \frac{\{t\phi_E(\alpha)\}}{\sqrt{n_i}} \sqrt{V_E} = \frac{2,650}{\sqrt{72}} \sqrt{3.9883} = 0.623$$

$$\therefore \hat{\sigma}x_i = \sqrt{\frac{V_E}{n_i}}$$

すなわち、上式で求められた各平均値 ± 0.62 (分) の範囲内に時刻 A_i の真の平均値があると断定した場合、100 回のうち 99 回は正しい断定となる。

これらのことをグラフに描くと第3図となり、図中↑印は信頼限界の幅を示す。

時刻間効果の曲線は、1日の時刻経過とともに求められる生理的作業曲線とよく一致する。

(4) 生理的作業曲線の曲線性の検定と推定

時刻 (A) の水準としての範囲は、

$$K_1 = 7 \sim 9 \text{ 時}, K_2 = 9 \sim 11 \text{ 時}, K_3 = 12 \sim 14 \text{ 時},$$

$$K_4 = 14 \sim 17 \text{ 時},$$

の4段階をとつたのであるが、いずれも不等間隔となるので次の方式により近似曲線を求める。測定した K の値を $K_1, K_2, \dots, K_i$ とすれば

$$Z = K - \bar{K}$$

$$\bar{K} = 1/n (K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_i)$$

として次の直交展開を行なう。

$$y = b_0 + b_{12} + b_2 (-M_2^2 - M_3 Z + M_2 Z^2) + b_3 \{ (M_3^3 - 2M_2 M_3 M_4 + M_5) + (-M_4^2 + M_2^2 M_4 - M_2 M_3^2 + M_3 M_5) Z + (M_2^2 M_3 + M_3 M_4 - M_2 M_5) Z^2 + (M_2 M_4 - M_2^3 - M_3^2) Z^3 \} + \dots$$

ただし

$$M_i = 1/n (Z_1^i + Z_2^i + \dots + Z_n^i) \quad (i=1, 2, \dots)$$

$$\hat{b}_i = \frac{1}{rs} (w_1 A_1 + w_2 A_2 + \dots + w_R A_R)$$

$$\sigma^2(\hat{b}_i) = \frac{1}{rs} \sigma_E^2$$

ここで

$$S = w_1^2 + w_2^2 + \dots + w_R^2$$

よつて

$$r=18 \quad K_1=8 \quad K_2=10 \quad K_3=13 \quad K_4=15.5$$

とおけば

$$\bar{K}=11.625 \quad Z_1=-3.625 \quad Z_2=-1.625 \quad Z_3=1.375 \quad Z_4=3.875$$

これから

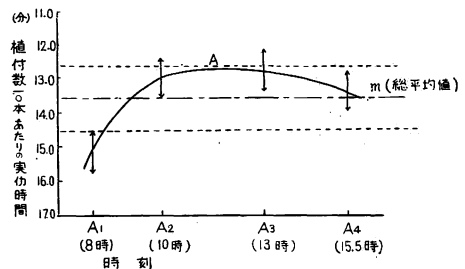
$$M_2 = 1/4 (Z_1^2 + Z_2^2 + Z_3^2 + Z_4^2) = 8.172$$

$$M_3 = 1/4 (Z_1^3 + Z_2^3 + Z_3^3 + Z_4^3) = 112.711$$

したがつて、 b_1 に対して

$$w_1 = -3.625 \quad w_2 = -1.625 \quad w_3 = 1.375 \quad w_4 = 3.875$$

$$S = w_1^2 + w_2^2 + w_3^2 + w_4^2 = 32.7$$



第3図 時刻間効果の曲線

b_2 に対して

$$w_1=449 \quad w_2=138 \quad w_3=-206 \quad w_4=-381$$

$$S=w_1^2+w_2^2+w_3^2+w_4^2=408242$$

$$\therefore S_A(e) = \frac{(w_1A_1+w_2A_2+w_3A_3+w_4A_4)^2}{rs} = 24.21$$

$$S_A(q) = \frac{(w_1A_1+w_2A_2+w_3A_3+w_4A_4)^2}{rs} = 33.48$$

$$S_A(res) = S_A - S_A(e) - S_A(q) = 65.53 - 24.21 - 33.48 = 7.84$$

以上によつて自由度1の成分に直交分解ができたので主効果に対する曲線性の検定を行なつた。

第8表 曲線性を検定するための分散分析表

要 因	$s \cdot s$	$d \cdot f$	$m \cdot s$	F_0	F_0'	備 考
時刻間 $SA(I)$	24.21	1	24.21	6.071*	5.987*	$F_{68(0.05)}^1 = 4.00$
$SA(q)$	33.48	1	33.48	8.395**	8.279**	
誤 差 $SA(res)$	7.84	1	7.84	1.966	$\begin{cases} V'_E = 279.04 \\ \phi'_E = 69 \end{cases}$	$F_{68(0.01)}^1 = 7.08$
計 SE	271.20	68	3.988			
計 S	336.73	71				

第8表がそれであり、因子時刻の主効果は2次的にきいている。3次については95%の有意水準には足りない。

そのほかにⅢ—2—(1)で述べたごとく、週間効果との関係がどのようになっているか解明が保留となつている現在においては、曲線式は設定せずに図による想定曲線にとどめておく。

IV 簡易功程の算出法

1. 総平均値に対する時刻ごとの差

本解析の終局における目的は、実験を行なつて最適の条件を発見することではなく、各水準ごとに特性値に及ぼす変化があるならば、その変化の状態をはあくして総平均値 m からののはずれの度合いを知ろうとすることである。今までに述べてきたことから要因は時刻だけを取り上げれば他の要因や補助測定値は無視できるという情報を得たので各時刻水準における功程量を求めることができる。

$$\text{総平均値} \quad m = T/N = 13.56$$

Ⅲ—(3)より

m に対する水準 A_1 での母平均値の比

$$\bullet \cdot 15.16/13.56 = 111.8$$

m に対する水準 A_2 での母平均値の比

$$12.94/13.56 = 95.4$$

m に対する水準 A_3 での母平均値の比

$$12.74/13.56 = 94.0$$

m に対する水準 A_4 での母平均値の比

$$13.38/13.56 = 98.7$$

すなわち、各水準における修正係数は+11.8～-1.3%の範囲にある。たとえば A_1 の水準、7～9時の間における作業では、植付け本数 10 本あたりの実働時間が総平均の時間より 11.8% 余計にかかっているため、総平均値の時間に近づけるためには 11.8% を減じた時間でもつて 1 日の功程表を作成しなければならない。 $A_2 \sim A_4$ の各水準、すなわち 9～17 時までの間の作業について調査した場合は 10 本あたりの実働時間は 6.0～1.3% だけ平均値の時間より少ないため、総平均値に近づけるためには実働時間に 6.0～1.3% の増加した時間でもつて功程表を作成しなければならない。

修正係数をまとめて再掲すると次のとおり。

新植植付作業測定時刻 1 日平均を推定するときの測定時間を修正する係数

7～9時	+0.88
9～11〃	+1.05
12～14〃	+1.06
14～17〃	+1.01

以上の修正係数の使用法は現場係員が作業現場に行つた場合、時刻に関係なく 1 日のどの時点で功程を調査（この場合は植付本数、10 本あたり作業時間）してきたかにより、その時点の修正係数によつて補正を施せば 1 日の平均功程が推定でき、またその作業に対する簡易功程表の作成が可能となる。なお既存の標準功程表の検討、環境評価の検討などに活用が可能となる。

2. 簡易功程の算出

われわれは新植植付作業（エゾマツ・トドマツ）の観測資料から次式を用いて余裕率を決定した。

$$\log \hat{y} = 1.132691 + 0.145848x_1 - 0.000224x_2$$

ただし $\log \hat{y}$ …… 「勤務+昼食休み」 余裕率

x_1 …… 実働平均 $R \cdot M \cdot R$

x_2 …… 「勤務+昼食休み」 の労作量値 （480 分勤務時における）

観測した全期間（22 日間）平均によれば、

$$x_1 = 3.93 \quad x_2 = 1736$$

となり上式に代入して

$$\text{「勤務+昼食休み」 余裕率} \quad y = 20.72\%$$

$$\text{「勤務+昼食休み」 実働率} \quad Z = 100\% - 20.72\% = 79.28\%$$

となる。

1 日の勤務時間 480 分に対して “国有林野作業員処遇規定” に定められた昼食時間、45 分をあわせて考えると、

$$\text{「勤務+昼食休み」 時間} = 480 \text{ 分} + 45 \text{ 分} = 525 \text{ 分}$$

となり、この 79.28% が換算実働時間である。

$$525 \text{ 分} \times 79.28\% = 416 \text{ 分}$$

すなわち 416 分が植付作業における実働時間となるが、この時間は今後林野庁において各職種ごとに決定される模様であるので、活用にあつては直接の計算は行なわなくともこの数値を使用すればよい。

この実働時間と前項で述べた修正係数によつて直ちに1日の平均功程は推定できる。

たとえば、 A_2 の水準（9～11 時の時点）で観測した資料で1日の平均功程を推定して見ると、第4表の上から4日分の資料を引用して平均すると、

$$(13.2分+13.1分+15.4分+11.1分)/4=13.20分$$

$$\begin{aligned} \text{功程 } y &= \frac{\text{功程の単位}}{\text{単位あたりの所要時間} \times \text{補正係数}} \times 1 \text{ 日の換算実働時間} \\ &= \frac{10 \text{ 本}}{13.20分 \times 1.03} \times 416分 = 300 \text{ 本} \end{aligned}$$

3. 現行の標準功程表作成法との比較

(1) 現在旭川営林局監査課で発表している“作業標準功程調査資料”によれば、エゾマツ4年生苗木の新植作業は皆伐跡地に植え付ける場合1日8時間労働の標準功程は298本または288本となつている。そのときの換算実働率は76.5%である（この換算実働率は林業労働余裕率を算定する旧式の3次式による値である）。

(2) これまでの計算では調査期間中18日分だけの資料について計算を行なつたのであるが、これとは別に管理図で管理限界線から飛びでた2日間の資料を除き、他の観測資料22日分を全部込みにして1日功程の算出式として次式を得ている。

$$\log \hat{y} = 0.73758 + 0.66624 \log x$$

ただし y …… 1日の新植植付け本数（本）

x …… 実働時間（分）

《式の吟味》

$$SX=57.50519 \quad SY=54.53922 \quad SXY=142.58596 \quad N=22$$

$$Sd_{y,x}^2=0.024449 \quad S_{y,x}=0.034964 \quad Sb^2=0.029720$$

$$tb=b/Sb=0.66624/0.172395=3.865^{**}$$

$$\text{ただし } \{t_{20(0.01)}=2.845\}$$

回帰式の誤差率と功程表に対する誤差率

回帰式の対数による過少推定の修正

$$\text{修正係数 } q = 10^{\frac{n-1}{n} (1.151293) \sigma^2 \log y}$$

$$= 10^{\frac{22-1}{22} (1.151293) (0.034964)^2 \log y}$$

$$= 1.00309 \log y$$

$$\text{標準誤差率 } S_{y,x} = \left\{ \frac{1}{n-(K+1)} \Sigma (Y-\hat{Y})^2 \right\}^{1/2}$$

$$= \left\{ \frac{1}{22-(1+1)} (11798.87) \right\}^{1/2}$$

$$=24.28875$$

$$\text{回帰式の誤差率 } f = \frac{S_{y \cdot x} \cdot t_{(0.05)}}{\bar{y}} \times 100 = \frac{24.28875 \times 2.086}{302.271} \times 100 = 10.14\%$$

$$\text{功程表の誤差率} = \frac{\text{誤差率 } f}{\sqrt{\frac{N}{22}}} = \frac{10.14}{\sqrt{22}} = 2.16\% \cdots \cdots (95\% \text{信頼度})$$

ここで n ……測定個数, K ……独立変数の数, Y ……実観測値,

$\bar{y}$ ……(回帰式から計算した $\bar{y}$ の真数) $\times$ (修正係数)

$\bar{y}$ ……対数の平均値 $\bar{y}$ を真数になおして修正係数を乗じた。

功程表の誤差率は 2.16% に納まった。層雲峡経営区における植付作業は功程に影響を与えるような要因がほとんど無視できることが前段の解析で明らかとなつたので、このように実働時間から功程を推定する実験式を求めることができたのである。

上式から 1 日の功程を算定してみると、換算実係率は IV—2 ですでに求めたとおり 79.28% をそのまま使用すると、実働時間は 416 分であるから 1 日の植付本数は 304 本となる。いずれにしても近似的な功程量が算出されている。

V む す び

功程表作成の一つの方法として管理図を使用することを考えて、その求め方について簡単に述べたが、少ない資料であり、決定的なものではない。しかし一つの手法として、また功程と管理手法との結び付きがこれによつて少しでも理解され活用されれば筆者の望むところである。今後も資料の得られしだい、この方面の研究もすすめてゆく予定ではあるが、現実には多くの資料を持つている各局の監査課において過去の資料の活用法として管理図を求め、その際に作業改善の着眼点に対するチェック・リストを作成しておき、管理図およびこのチェック・リストを一緒に現場へ流し、毎日の功程記入を行なつてもらふ。その結果、管理限界から飛び出した日、あるいは作業箇所についてはチェック・リストにより検討して改善点を明らかにして事業実行上の参考とする。なおチェック・リストによつても原因不明の場合は上部機関(署の担当課あるいは局の監査課)によつて原因の探究はあくを行なう。上記の手段により逐次、作業改善を行ない管理図上の管理限界の幅を縮めていくように心掛ける必要がある。管理限界の幅は事業内容、管理業務内容から検討されて目標とする値が決定されるべきである。このようにしてでき上つた功程表は一つの目標に向かつて統制された功程表となり、また精度においても均衡のとれている点、資料としてリニヤ・プログラミングなどの数学的な計画手法に活用されることが期待できる。

文 献

- 1) 愛媛県立産業能率研究所：時間研究, (4)
- 2) 俣嶋義等：労働科学辞典, 河出書房, (1949)
- 3) 秋田営林局監査課：自動鋸による伐木造材作業時間分析報告書(1), (1959)
- 4) 安部弘：官行斫伐事業に於ける作業能率の増進に関する一考察, 日林誌, 27, 8, (1938)
- 5) 林野庁監査課：標準功程調査基準
- 6) 桐原葆見：最近の産業心理学, 金沢書店, (1953)
- 7) 西堀栄三郎：品質管理実施法, 日本科学技術連盟, (1955)

- 8) 品質管理実用便覧編集委員会：品質管理実用便覧，日本規格協会，（1956）
- 9) 畑村・津村・奥野・田中訳：統計的方法（下），岩波書店，（1952）
- 10) 近藤正巳：林業技術のための推計学入門，養賢堂，（1959）
- 11) 田口玄一：実験計画法（下），丸善，（1958）
- 12) 石川馨：実験の計画法と解析法入門，日本化学会関東支部，（1955）
- 13) 旭川営林局監査課：作業標準功程調査資料その 2，（1953）
- 14) 辻・渡部：林業労働の余裕に関する研究，林試研報，122，（1960）
- 15) 林業試験場経営部：立木材積表調製法解説書Ⅰ，（1956）

**A Study of the Application of the Normal
Work Output Chart to Forest Operations (No. 1)**
Takamichi TSUJI and Shôzaburô WATANABE

(Résumé)

I Purpose of this study

The normal work output chart is made by either of two ways, the direct data-method and the standard data method.

In our national forestry, the latter method is adopted for the research of the normal work output, and up to now, we have finished investigations almost all kinds of forest operations. The future problem to solve is how to arrange and utilize these data.

For this purpose;

- (1) We should arrange the work output charts collected, by every kind of operations through the control chart.
- (2) In compilation of data, we tried to find out the factors of large variance of sampling error through the control chart and gave the instruction on how to improve and the training and recorded the process and also to find out the way to investigate in short period when the supplementary investigation was required for the insufficient working system.
- (3) When a new work output chart is made, the previous analysis of control must be made. This article is made up to estimate the average work output for a day from the stand point of the physiological output curve for the above purpose (2).

II Method of estimation

The following data of estimation are collected from the observation made in parallel with the investigation of the operation analysis of afforestation of Ezo-fir and White-fir during 1958 fiscal year.

As the aim of this estimation lies in to find variation of the work output at every hour in a day. we divide work hours into four.

We firstly ascertain the problem of variance of data be the control chart, and examine individual difference of two workers, variance of work day and hour and the slope which seems to affect the work output by correlation analysis method.

The result of the examination shows. "Only time effect is significant and the other factors may be negligible, for their effects on the work output are too small."

III Result of estimation

It is said that the work output for a day records a wavelike change.

This is the case with the planting operation.

Then, the work output in a few hours does not always represent the average process for a day.

Such being the case the following modification coefficient should be applied because the time for observation differs.

Hour of observation					Modification coefficient
from	7	o'clock to	9	o'clock	0.88
"	9	"	11	"	1.05
"	12	"	14	"	1.06
"	15	"	17	"	1.01

In other words, the above correlation will be available for the check of the work output chart, for the estimation of the simple work output and for the investigation to grasp the work output in the environment valuation, in place of the whole day observation.

IV Inquiry

- a) At the inspection section of each regional forestry office which collected many data, it is hoped that they will investigate the rate of error to the work output chart and examine how much the experimental formula will apply.
- b) As for such operation causing the rate of error large, it is needed to draw a chart of control to find the point for improvement and at the same time the check-list should be made.
- c) These charts of control and check-list are to be sent to the job site and every day work output should be entered to find conditions which make the variance of the work output large.
- d) To try to narrow the limit line of control is to produce a work output chart directed towards an object and to get adequate preciseness. This will be after all a short cut to the mathematical planning way like a linear programming.

The real problem to arrange the work output chart will be reported next time.