達成度手法による作業習熟のための評価基準設定法の確立*

福田 康明^{*1}, 平松 朋^{*2}, 堀 裕樹^{*2}Establishment of Evaluation Standard Setting Method for a Work
Learning by Work
Achievement MethodYasuaki FUKUTA^{*3}, Tomo HIRAMATSU and Hiroki HORI^{*3} Faculty of Science and Technology, Meijo University,
1-510 Shiogamaguti, Tempaku-ku Nagoya-shi, Aichi, 468-8502 Japan

In this manuscript three types of learning experience with different work contents and factors were carried out, and an evaluation standard setting method was established for the respective work learning by work achievement method. The professing equation in production where both working time and scattering in learning were considered was applied as the analytical technique under the theory of work achievement method where evaluation of learning is made by quantitatively sampling a scatter in individual working time in work. The result is summarized as follows: (1) Analysis of numerical values of the degree of achievement of work learning was carried out at each work by applying the work achievement method. (2) where work learning in the respective work is evaluated by the achievement degree Q, the value of Q is low in the beginning stage of learning but will rise in line with an increase of the number of working days. (3) We prepared a model graph where evaluation of the achievement degree of work learning can be made easily and at the same time established an evaluation standard setting method for work learning suitable for the respective experimental work.

Key Words: Production System, Operation Planning, Production Management, Work Achievement, Work Learning, Trend Equation of Work Model Charts of Learning, Evaluation Standards of Learning

1. 緒言

同一機能を果たすための行為の繰り返しに効果があるときに習熟が発生する¹⁾。この習熟に関する研究は、心理学を始め、人間工学やI E (Industrial Engineering)の各分野から数多くの先行研究がされている^{2~6)}。たとえば、I Eの分野では、個別作業時間を平準化した累計平均値を主体とした習熟傾向や習熟率によって習熟を評価している^{2, 3)}。しかし習熟を個別時間のばらつき状態から検討すると、習熟の初期ではばらつきが大きく、習熟の増加と共に

ばらつきが減少する傾向がみられる^{7, 8)}。したがって、従来の個別時間の平均値を主体とした解析手法のみによって習熟を評価するには限界があり、必然的に、個別時間のばらつきの減少をも考慮した解析手法がより有効である⁹⁾。さらに、作業習熟は作業内容・作業因子(検出される適性能力)などによって異なると考えられる。したがって、各作業内容・因子に対応した評価基準設定法の確立が必要となる。このことは生産活動における標準作業時間の設定や作業者の教育訓練計画のみならず、製品価格の設定、奨励給設定の基本資料、作業ロットの大きさに対応する標準時間の補正など、企業の作業活動や生産活動を展開するあらゆる場面において、多くの利用価値を含んでいるといえる。

本論文では、作業の習熟過程における作業時間のばらつきを変動率 δ でとらえ、習熟を達成度Qによ

* 原稿受付 2001年3月14日。

^{*1} 正員, 名城大学理工学部(〒468-8502 名古屋市天白区堀釜口1-501)。^{*2} 学生員, 名城大学大学院。

E-mail: fukuta@cmmf.meijo-u.ac.jp

って数値的に評価することができる解析法を適用し、作業内容や作業因子が異なる3種類の習熟実験作業によって考察した。さらに、習熟における作業時間のばらつき(変動率 δ)と作業時間の減少(傾向指数 b)から、作業習熟の遂行度を容易に評価することができる手法を提示すると共に、各実験作業に対応した習熟の評価基準設定法を確立した。

2. 達成度手法の理論^{9, 10)}

達成度とはある一つの作業を行う場合、習熟の結果および推定を数値的な基準として区間(0~1)で評価する手法である。

いま、同一作業や類似作業を繰り返す場合、作業計画の最高予想値(最短時間でばらつきのない理想的な作業状態の評価量)を1とする。そして1回目の作業評価量を Q_1 として表すと、 $Q_1 = q$ である。達成されなかった作業評価量は $(1-q)$ で表されるが、第2回目において、この未達成量に対して人為的な努力や改善を行い、第1回目の作業評価量よりも高めようとする。この場合の作業評価量を高めるための人為的な努力の割合(改善率)を r ($0 \leq r \leq 1$)とすると、2回目の作業評価量 Q_2 は改善率 r に依存し、 $Q_2 = q^2 + (1-q)r = q(q-r) + r$ となる。そして、この作業モデルを n 回繰り返した場合、その作業評価量を Q_n とすれば、式(1)によって表される。

$$Q_n = q(q-r)^{n-1} + r \left\{ \frac{1-(q-r)^{n-1}}{1-(q-r)} \right\} \quad \dots (1)$$

式(1)における Q_n は、通常 Q を持って表示し、この Q を達成度評価量という。達成度 Q_{qr} を表示するときは、式(1)において $Q_{qr} = Q = q = r$ (Q の基準値)を示しているものであり、 r, q は0~1まで変化するが、実際の作業では $r \geq q$ のみを考えれば十分である。

式(1)の Q は $n=2, r=1$ において最大値($Q_{\max}$)となり、 $n=\infty, r=1$ では一定値 Q_{∞} (Q の上限値)にて収斂する。そこで $Q_{\max}$ に対応する最小値($Q_{\min}$)と Q_{∞} に対応する下限値 Q_l (Q の下限値)が Q_{qr} との間に次式のように幾何的な関係が成立するように定義し、実用上 $q > r$ のすべての Q は補うと仮定する。すなわち、

$$(Q_{qr})^2 = Q_{\max} \cdot Q_{\min} = Q_{\infty} \cdot Q_l$$

となり、ここで、標準変動は式(2)と定義する。

$$\delta_{\infty} = \sqrt{\frac{Q_{\infty}}{Q_l}} = \frac{Q_{\infty}}{Q_{qr}} \quad \dots (2)$$

式(1)で $r=1$ の時、 Q_{∞} は式(3)となる。

$$Q_{\infty} = q(q-1)^{\infty} + 1 \times \left\{ \frac{1-(q-1)^{\infty}}{1-(q-1)} \right\} = \frac{1}{2-q} \quad \dots (3)$$

Q_{qr} は $q=r$ で式(1)より

$$Q_{qr} = q \quad \dots (4)$$

式(2)に式(3)(4)を代入すると、

$$\delta_{\infty} = \frac{1}{2-Q_{qr}} = \frac{1}{2Q_{qr} - Q_{qr}^2}$$

$$Q_{qr}^2 - 2Q_{qr} = -\frac{1}{\delta_{\infty}^2}$$

$$(1-Q_{qr})^2 = 1 - \frac{1}{\delta_{\infty}^2} \quad (1-Q_{qr} > 0)$$

$$1-Q_{qr} = \sqrt{1 - \frac{1}{\delta_{\infty}^2}}$$

$Q_{qr} = Q$ とすれば、式(5)が得られる。

$$Q = 1 - \sqrt{1 - \frac{1}{\delta_{\infty}^2}} \quad \dots (5)$$

実際に達成度を求めるには、式(5)によって求められる。

次に達成度 Q の理論をもとに、作業の習熟過程を表示する手法として傾向式を考察した。これを式(6)に示す。

$$t = aN^b \times (\delta_1 N^{b'}) \quad \dots (6)$$

ただし、 t :作業時間、 a :定数(第1回目の幾何平均作業時間)、 N :繰り返し回数、 b :平均傾向指数(N に対する t の指数)、 δ_1 :初期変動率($N=1$ におけるばらつき値)、 b' :変動傾向指数(N に対する δ の指数)、 $\times$: $\times$ または $\div$ を示す。式(6)は作業時間の減少を表す項(aN^b)と、ばらつきを示す項($\delta_1 N^{b'}$)から成立する。

この達成度手法の理論による作業評価法の特質としては、作業習熟の遂行度を達成度 Q によって数値的(0~1)に評価できる。従来の習熟モデルと比較して計算が容易であり、多面的な評価ができる。および作業時間のばらつきが大きい場合でも、習熟が見られる場合には対応が容易である。等が挙げられる。

本論文では、式(5)、(6)を適用して作業習熟

の実験結果の解析を行った。

3. 作業構造の分類

実験開始前に、作業構造の分類を検討した。一般に作業の分類方法は、エネルギー支出の大きさからの分類、作業速度からの分類、作業姿勢からの分類など各種の方法があげられているが¹¹⁾、本論文では、一般職業適性検査によって検出される適性を作業因子とした作業構造の分類を行った¹²⁾。その結果を図1に示す。図によれば、知覚労働作業とは感覚器官における情報受容過程を作業因子としている作業、知的労働作業とは中枢神経系による情報処理過程を作業因子としている作業、身体労働作業とは身体器官による情報伝達過程を作業因子としている作業と分類した。

Fig.1 Classification of work structure.

4. 実験作業内容および条件

図1をもとに、作業内容・因子が異なる3種類の習熟実験作業を行った。以下、各実験作業の概要を記述する。

(1) 知覚労働作業

実験作業には型盤検査作業を用いた。作業内容は、2枚1組の板を組み合わせ、下の型盤のいずれかの孔にはいるように工夫する作業である。作業因子は形態知覚能力であり、適性職業例としては、速記、通信作業、事務用機器操作などである。

(2) 知的労働作業

実験作業には言語検査作業を用いた。作業内容は、カードと表示板の言葉を見比べて、関係語を探し、その下にカードを入れる作業である。作業因子は言語的能力であり、適性職業例としては、一般事務作

業、仕分け作業、速記、通信作業などである。

(3) 身体労働作業

実験作業には糸挿し検査作業を用いた。作業内容は、手で糸を持ち、金属棒の穴にできるだけ早く順番にさし通していく作業である。作業因子は指先の巧緻能力であり、適性職業例としては、電子機器の組立、修理作業、編物、縫製関連作業などである。

実験条件としては、つぎのように設定した。

- (1) 実験作業前に被験者全員に対して実験作業の内容や注意事項を教示し、なるべく最善の努力をもって作業を遂行するように指示した。
- (2) 各実験作業について、各自1回ずつ練習を行わせた。
- (3) 各被験者とも1日20回、5日間連続して作業を繰り返した(計100回実施)。
- (4) 各作業における個別作業時間は、ストップウォッチによって測定した。
- (5) 被験者は健常な男子学生であり、各実験作業について5名ずつ選出した。被験者は本作業を一度も経験したことのない者である。
- (6) 実験室内の環境条件は、室温 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $40 \pm 5\%$ 、実験作業台上の照度は 400Lx に設定した。

5. 実験結果による解析

5.1 達成度手法による解析 図2は、各実験作業の結果の一例として知覚労働作業(被験者B)、知的労働作業(被験者A)、および身体労働作業(被験者E)を式(6)によって解析した結果を示す。また表1は、図2より式(5)、(6)を用いて解析した結果である。ここでは一例として知覚労働作業における解析結果を考察する。図2および表1から作業日数が増加するにつれて傾向式の傾き b が緩やかになり、かつ、作業時間の初期のばらつきを示す初期変動率 δ_1 も減少する傾向が観察でき、作業日数の増加とともに習熟が進行してゆく過程が把握できる。この傾向は、被験者間においても多少の差異はみられるものの、同様の傾向が観察された。

達成度 Q により作業習熟を実験作業別に評価すれば、知覚労働作業では達成度 Q の値が78.40(%)と低く、知的労働作業の80.24(%)、身体労働作業91.68(%)の順で高くなる傾向が認められた。

5.2 評価基準の設定 作業習熟における作業時間のばらつきの減少量である変動率 δ と、作業

Fig.2 Trend equation of work

Tab.1 Index of each subject

	subject	work days	Trend equation of work $t=aN^b \times \delta_1 N^c$				first work achievement Q_1	last variability δ_{20}	last work achievement Q_{20}	variability δ	work achievement tQ
			work time a	tendency index b	first variability δ_1	variable tendency index b'					
Perception work	B	1	152.114	-0.543	1.442	-0.0376	0.446	1.288	0.527	1.119	67.36
		2	49.252	-0.262	1.203	-0.0155	0.590	1.148	0.541	1.048	78.71
		3	25.399	-0.038	1.202	-0.0192	0.590	1.135	0.655	1.059	76.38
		4	21.958	-0.043	1.156	-0.0066	0.632	1.134	0.657	1.020	86.04
		5	20.293	-0.057	1.134	-0.0159	0.656	1.082	0.726	1.049	78.40
Intellectual work	A	1	59.471	-0.252	1.194	-0.0271	0.597	1.101	0.697	1.085	72.06
		2	33.301	-0.243	1.238	-0.0310	0.562	1.128	0.663	1.097	70.21
		3	19.935	-0.121	1.164	-0.0066	0.624	1.142	0.648	1.020	86.04
		4	14.452	-0.052	1.138	-0.0052	0.652	1.120	0.673	1.016	87.57
		5	14.511	-0.093	1.158	-0.0133	0.630	1.113	0.681	1.041	80.24
Hand work	E	1	118.400	-0.131	1.142	-0.0256	0.647	1.058	0.766	1.080	72.83
		2	100.951	-0.052	1.112	-0.0141	0.683	1.066	0.751	1.043	79.69
		3	92.750	-0.029	1.092	-0.0044	0.710	1.078	0.731	1.013	88.58
		4	87.499	-0.034	1.074	-0.0036	0.737	1.063	0.757	1.011	89.65
		5	84.328	-0.020	1.078	-0.0023	0.731	1.071	0.743	1.007	91.68

Tab.2 Result of the calculation of learning transference.

tendency index b	Perception work		Intellectual work		Hand work	
	variability δ	work achievement Q (%)	variability δ	work achievement Q (%)	variability δ	work achievement Q (%)
0.00	1.022	85.33	1.015	87.92	1.009	90.50
-0.01	1.026	84.18	1.019	86.24	1.016	87.57
-0.02	1.029	83.11	1.024	84.75	1.022	85.24
-0.03	1.033	82.12	1.028	83.41	1.029	83.25
-0.04	1.037	81.18	1.033	82.18	1.035	81.50
-0.05	1.040	80.30	1.037	81.04	1.042	79.91
-0.06	1.044	79.46	1.042	79.97	1.049	78.47
-0.07	1.048	78.66	1.046	78.97	1.055	77.12
-0.08	1.051	77.89	1.051	78.02	1.062	75.87
-0.09	1.055	77.15	1.055	77.11	1.068	74.70
-0.10	1.059	76.44	1.060	76.25	1.075	73.59
-0.11	1.062	75.76	1.064	75.43	1.082	72.54
-0.12	1.066	75.10	1.069	74.63	1.088	71.54
-0.13	1.070	74.46	1.073	73.87	1.095	70.58
-0.14	1.073	73.84	1.078	73.14	1.101	69.67
-0.15	1.077	73.24	1.082	72.43	1.108	68.79
-0.16	1.081	72.66	1.087	71.75	1.115	67.95
-0.17	1.084	72.09	1.091	71.08	1.121	67.13
-0.18	1.088	71.54	1.096	70.44	1.128	66.35
-0.19	1.092	71.00	1.100	69.82	1.134	65.59
-0.20	1.096	70.47	1.105	69.21	1.141	64.86
-0.21	1.099	69.96	1.109	68.62	1.147	64.15
-0.22	1.103	69.46	1.114	68.04	1.154	63.47
-0.23	1.107	68.97	1.118	67.48	1.161	62.80
-0.24	1.110	68.49	1.123	66.94	1.167	62.15
-0.25	1.114	68.02	1.127	66.40	1.174	61.52
-0.26	1.118	67.56	1.132	65.88	1.180	60.91
-0.27	1.121	67.12	1.136	65.38	1.187	60.31
-0.28	1.125	66.68	1.141	64.88	1.194	59.73
-0.29	1.129	66.24	1.145	64.39	1.200	59.16
-0.30	1.132	65.82	1.150	63.91	1.207	58.61
-0.31	1.136	65.40	1.154	63.45	1.213	58.07
-0.32	1.140	65.00	1.159	62.99	1.220	57.54
-0.33	1.143	64.60	1.163	62.54	1.227	57.03
-0.34	1.147	64.20	1.168	62.10	1.233	56.52
-0.35	1.151	63.82	1.172	61.67	1.240	56.03
-0.36	1.154	63.43	1.177	61.25	1.246	55.55
-0.37	1.158	63.06	1.181	60.83	1.253	55.08
-0.38	1.162	62.69	1.186	60.43	1.259	54.61
-0.39	1.165	62.33	1.190	60.03	1.266	54.16
-0.40	1.169	61.97	1.195	59.63	1.273	53.72
-0.41	1.173	61.62	1.199	59.25	1.279	53.28
-0.42	1.176	61.28	1.204	58.86	1.286	52.85
-0.43	1.180	60.94	1.208	58.49	1.292	52.44
-0.44	1.184	60.60	1.213	58.12	1.299	52.02
-0.45	1.187	60.27	1.217	57.76	1.306	51.62
-0.46	1.191	59.95	1.222	57.40	1.312	51.23
-0.47	1.195	59.62	1.226	57.05	1.319	50.84
-0.48	1.198	59.31	1.231	56.71	1.325	50.46
-0.49	1.202	59.00	1.235	56.37	1.332	50.08
-0.50	1.206	58.69	1.240	56.03	1.339	49.71

時間の減少傾向 b から作業習熟の遂行度を評価する手法を検討した。

図3の右図は、一例として身体労働作業における傾向指数 b と変動率 δ の関係を図示した。この図から、変動率 δ が減少するにしたがって、 b の傾きが小さくなる負の相関関係が観察できる。両者間の相関係数を求めると $r = -0.776$ となり、有意水準1%で有意が認められた。同様に、知覚労働作業、知的労働作業でも解析した結果、有意水準1%で有意が認められた。そこで、実験作業ごとに傾向指数 b を独立変数 x 、変動率 δ を従属変数 y として回帰方程式を求めた。その結果を式(7)、(8)、および(9)に示す。

$$\text{知覚労働作業} \quad y = -0.368x + 1.022 \quad \dots(7)$$

$$\text{知的労働作業} \quad y = -0.450x + 1.015 \quad \dots(8)$$

$$\text{身体労働作業} \quad y = -0.659x + 1.009 \quad \dots(9)$$

上式から、表1をもとに x (b)の値を変化させ、 y (δ)を算出し、さらに δ を式(5)の δ_{∞} に代入し、作業習熟の遂行度を達成度 Q によって評価した。その結果を表2に示す。図3の左図は、式(5)より δ に任意の値を代入し、 δ と Q の関係を図示したものである。すなわち、図3は縦軸に変動率 δ をとり、横軸右に傾向指数 b 、横軸左に達成度 Q を示したものであり、これは作業習熟の評価モデル図である。

図2から、身体労働作業を例としてあげれば、傾向指数が $b = -0.30$ とすれば、この点を上に延ばせば変動率は $\delta = 1.20$ が求まる。その点から左に進めば達成度は $Q = 58.6$ (%)となる。

このように任意の傾向指数 b が求まれば、変動率 δ が把握でき、かつ習熟の評価が容易となり、実用的にも有効であると考えらる。

Fig.3 Appraisal of learning transfer.

6. 結言

本論文では、作業内容・因子が異なる3種類の習熟実験を行い、各種作業に対応した作業習熟の評価基準設定法を確立した。解析手法には、作業における個別の作業時間のばらつきを定量的に把握し、習熟を評価する達成度手法の理論から、習熟における作業時間とばらつきの双方を考慮した傾向式を適用した。

結果を要約すると以下ようになる。

(1) 達成度手法を適用し、作業習熟の遂行度を作業別に数値解析した。その結果、達成度手法が有効であることが認められた。

(2) 達成度 Q によって各作業に対する作業習熟を評価すれば、習熟の初期段階において、 Q の値は低値となるが、作業日数が増加するにつれて Q の値は増加する。また、実験作業別で作業習熟を達成度 Q で評価すれば、知覚労働作業が低く、知的労働作業、身体労働作業の順に高い値となる結果が得られた。

(3) 作業習熟の遂行度を容易に評価することができるモデル図を作成すると共に、各実験作業に対応した作業習熟の評価基準設定法を確立した。このことより、実作業への応用が期待できる。

文献

- (1) 師岡孝次, 習熟性工学, pp.4-10, 建帛社, 1971
- (2) 加藤孝, 量産工場における慣熟低減曲線の適例事例, IE review, 13(3), pp.231-239, 1974
- (3) 師岡孝次, 作業習熟の経済原則, 日本経営工学会誌, 28(1), pp.37-43, 1977
- (4) 能見義博, 学習心理学, pp.186-226, 大日本図書(株), 1981
- (5) 曾根努, 殿木義三, 多因子作業の習熟に関する一考察, 日本経営工学会誌, 32(2), pp.118-124, 1981
- (6) Lovejoy, E, Attention in Discrimination Learning, A point of View and a Theory, San Francisco, Holden-Day, 1986
- (7) 西山徳幸, 習熟とばらつきを考慮した作業測定モデル, 日本経営工学会春季大会研究発表会事例集, pp.114-117, 1971
- (8) 日本経営工学会編, 経営工学便覧, pp.223-

225, 丸善, 1975

- (9) 福田康明, 坂井龍二, 生産性経営工学による作業評価法, 日本経営工学会誌, 32(3), pp. 118-119, 1981
 - (10) 前掲(1), pp. 20-24
 - (11) 労働科学研究所, 適性検査マニュアル(産業用), 労働科学研究所出版部, pp. 12-15, 1965
 - (12) 労働省職業安定局, 一般職業適性検査(第二)実施手引, 雇用問題研究会, pp. 3-5, 1955
-