

表2 90点技能者の手送り速度の一例

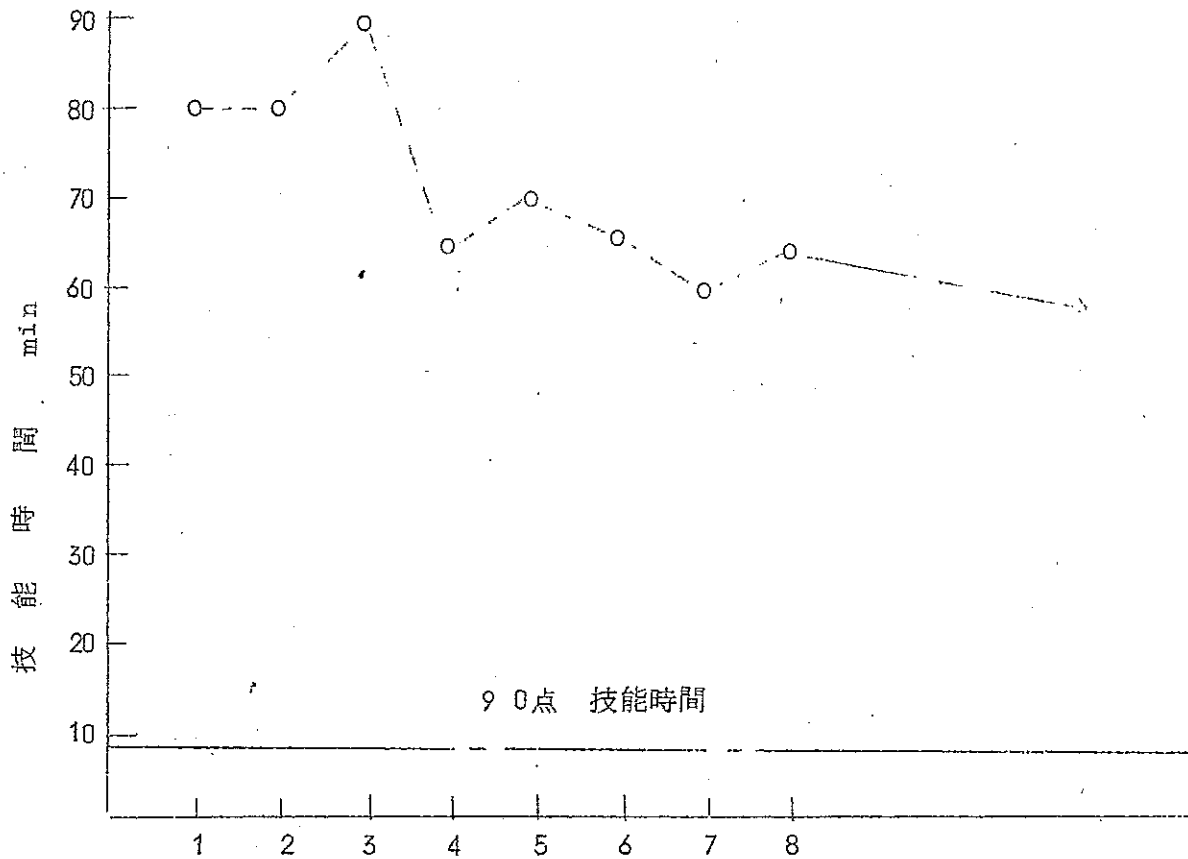
		mm/r.p.m	
送り方向	区 分	速 度	
横	端面, 段よこ	▽	0.5~0.35
		▽▽	0.3~0.2
		▽▽▽	0.1~0.08
	突切り, みぞ入れ	0.1~0.06	
縦		▽	0.32~0.25
		▽▽	0.25~0.16
		▽▽▽	0.16~0.1

4. 技能時間の分布

4.1 実験と結果

総合職業訓練所機械科1年生21名を対象として、その基本訓練期間に丸棒旋削習熟実験⁵⁾を行つた。この実験課題の最も合理的な機械時間は6分、90点技能時間は表1および表2を利用して7分であると分つた。

実験段階における技能時間のグループ平均の変化は図4のとおりである。



実験段階(基本訓練10hごと)

第4図 技能時間変化の一例(訓練生平均、円筒旋削)

備考: この実験は精度を主とせよと指示して行なつた。

また、この実験段階における技能時間分布の変化は図5の左側に示すとおりであり、各段階累積の技能時間分布の変化は同図右側に示すとおりである。

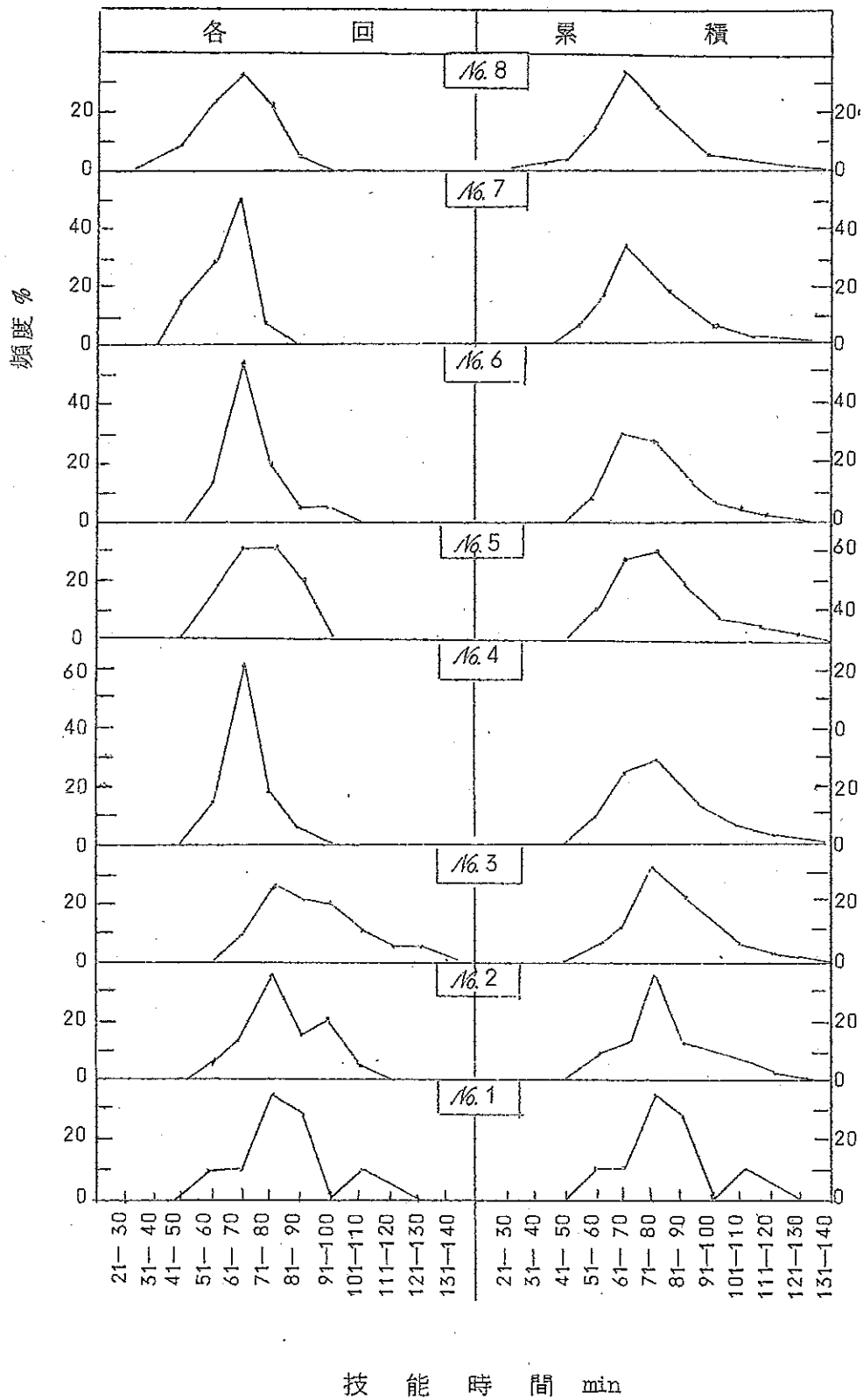


図5 技能時間分布の一例(訓練生、丸棒旋削)

次に、技能訓練効果測定用課題⁴⁾を前記訓練生の一年終了時に2組ずつ作らせた。同様に経験10～14年の熟練工14名に2組ずつ作らせた。この課題の最も合理的な機械時間は29分、90点技能時間は表1および表2を利用して1時間16分であった。

この、それぞれの実験における、各段階の技能時間分布の変化は図6の左側に示すとおりであり、段階累積・技能時間分布の変化は同図右側に示すとおりである。

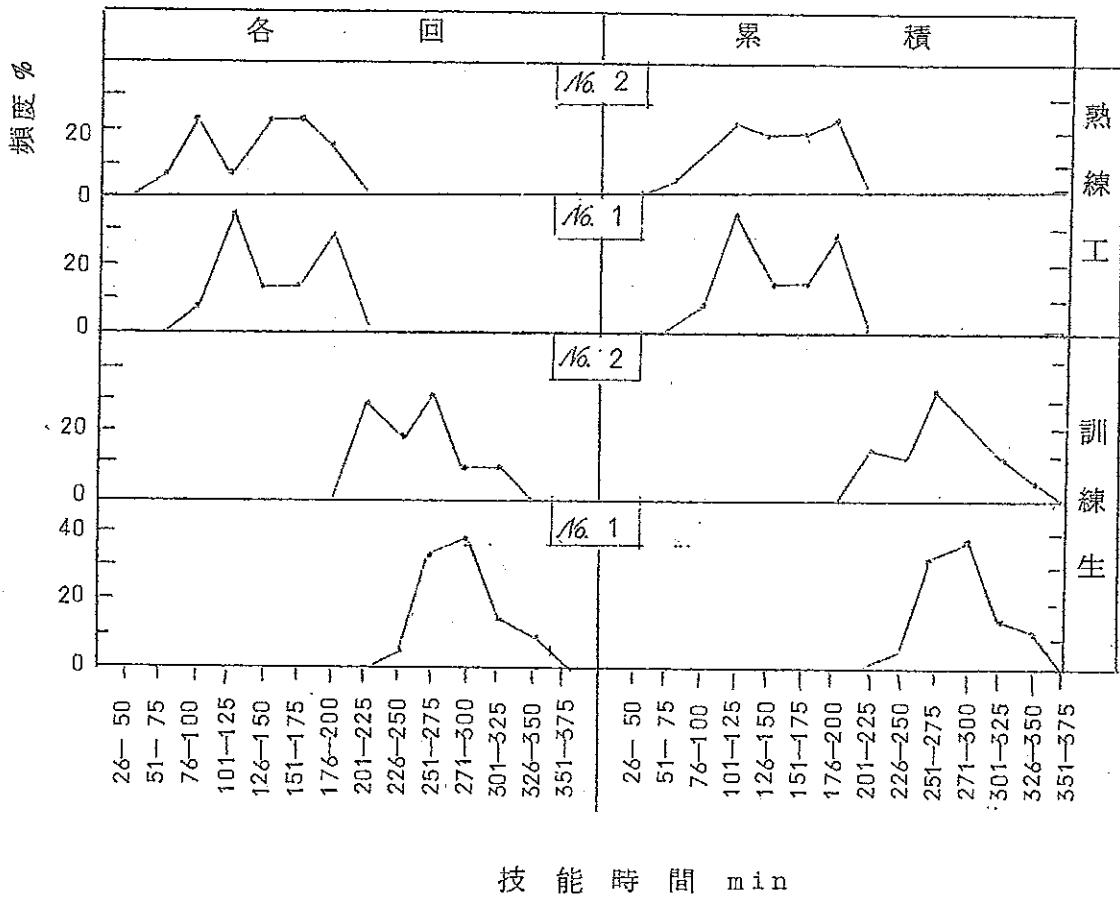


図6 技能時間分布の一例(訓練生、熟練工、訓練効果課題)

4.2 結果の考察

ある作業についての技能が、未熟から完全な技能に達するまでの技能時間分布は、どうなるか。図4.5.6に表われた技能習熟の結果等からこれを推定しよう。

図4は、10~20年と言う長い技能修練の過程の極く初期における技能習熟の一例であるが、この図から次の考察ができる。

この実験は、時間はいくらかかってもよいから、出来るだけ精度を出すようにとの指示のもとで行なわれた。そのような指示にもかかわらず、作業中には常に仕事を早く済ませたいと言う気持が潜んでいるため、練習が進むにつれて技能時間も矢張り次第に短くなる。ただし、図9の先生の習熟に見る通り、既に、可成り高い技能者の習熟は円滑に行なわれるのに較べて、未熟者は上がり下がりの変動をしながら次第に習熟し、習熟が進むにつれて変動も亦、少なくなる。従って、技能の変動、すなわち、技能のバラツキが大きいのが未熟者の特性とも言える。

練習が進むにつれて、技能時間は上述のように次第に短くなる。この訓練生が将来90点技能者になれる技能適性を持つならば、さらに練習の暁には90点技能時間(7分)で仕事ができるようになり、もし、それ以上の技能適性を持つならば90点技能時間を越えて、さらに0に近づくと考えられる。

図5は上記実験で訓練生21名が表わした技能時間の分布であるが、この図から次の考察ができる。

図の左に示す各段階の分布は、練習が進むにつれて、その平均値が0に近づくと同時に、バラツキも亦逐次小さくなることを示している。その間の累積分布を見ると、逐次、そのMode(最頻値)は0に近づき、Modeより時間の短い側は急な曲線となり、時間が大きい側は長い裾をひく曲線となる。

また、上記実験課題とは異なるが、同一課題で、訓練生と熟練工との技能時間を比較した図6の結果を参照すると、図5の累積分布は、練習がさらに進むと、No.8のMode 61~70分を遙かに越えて、なお、0に近づくと推定できる。

この訓練生が、将来90点技能者になる技能適性を持つならば、このModeは90点技能時間(7分)に近づき、もし、それ以上の技能適性を持つならば、90点技能時間を越え、その極限は0に達すると仮定できる。

以上の累積分布の形は、自由度 n を異にした χ^2 分布の形^{6)※}と近似している。

Modeが0となる χ^2 分布の自由度には $n=1$ と $n=2$ とがある。

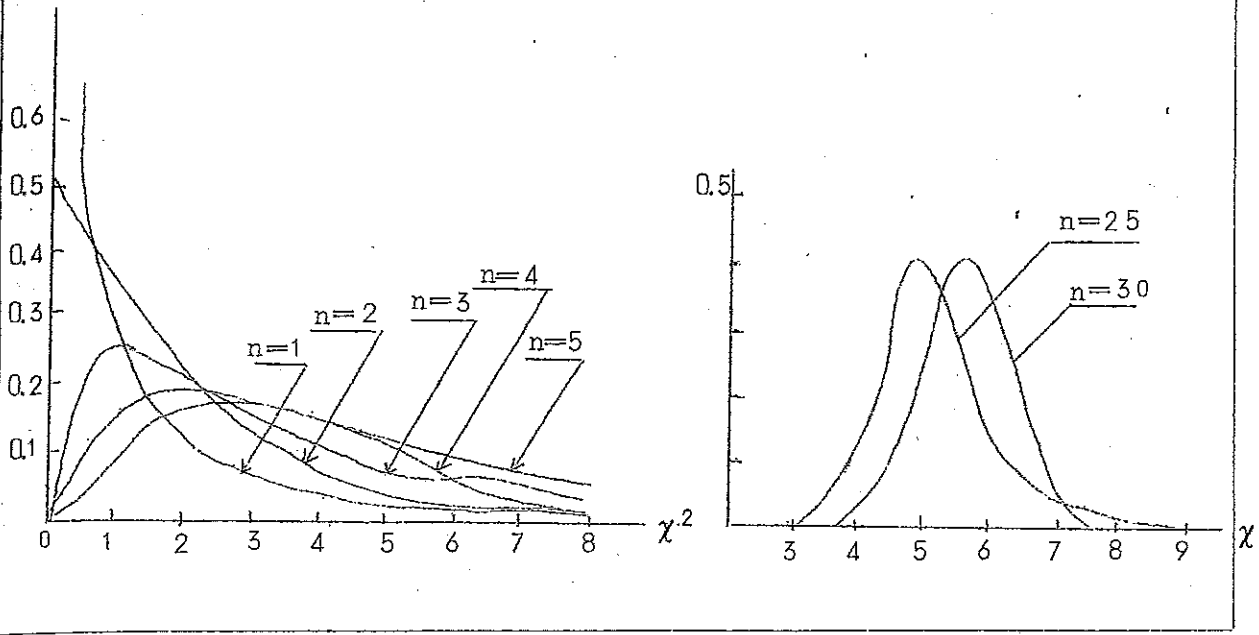
従って、作業を繰返して、未熟から完全な技能に達するまでの技能時間の累積分布は $n=1$ 、 $n=2$ いずれかの χ^2 分布と考えることができる。

$n=1$ の χ^2 分布としたときは、その確率密度は、 x を技能時間 σ を作業によって定まる助変数として(1)式で表わすことができる。

$n=2$ の χ^2 分布としたときは、その確率密度は、 t を技能時間、 λ を作業によって定まる助変数

脚注

* $I\chi^2$ 分布



として(3)式で表わすことができる。^{*}

$$\varphi(t) = \lambda e^{-\lambda t} \dots \dots \dots (3)$$

以上は、技能をグループの持つ技能として論じたが、グループの技能のバラツキを、個人の技能のバラツキはそのまま個人の技能に適用できる。

なお、 $n=1$ 、 $n=2$ のいずれが妥当かは、それぞれに基づいて定義する通し評価法のうち、いずれが技能習熟の法則をよく満足するかによって決定する。

脚註

* 自由度 n の χ^2 分布は

$$p_n = \varphi_n(\chi^2) d(\chi^2) = \frac{1}{2^{\frac{n}{2}} \Gamma(\frac{n}{2})} (\chi^2)^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{\chi^2}{2}} d(\chi^2)$$

$n=1$ のとき $\chi^2 = \frac{x^2}{\sigma^2}$ とおけば

$$p_1 = \frac{2}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx$$

$n=2$ のとき $\frac{\chi^2}{2} = \lambda t$ とおけば

$$p_2 = \lambda e^{-\lambda t} dt$$

5. 時間技能の通し評価法

技能時間の累積分布の確率密度が $\varphi(t)$ である作業を行って、技能時間 t を要した人の時間技能の通し評価点数は精度技能評価と同様な考え方に基づいて、次式で定義する。

$$P = 100 \times \int_t^{\infty} \varphi(t) dt \dots\dots\dots (4)$$

従って、確率密度が(1)式、すなわち分布が正規分布するならば、通し評点は(2)式で定義されることとなり、第2報表5の技能評価点数表を利用して時間技能は決定できる。

また、確率密度が(3)式で、すなわち、分布が指数型分布するならば、通し評点は(5)式で定義されることとなり※、表3の時間技能評点数表を利用して決定できる。

$$P = 100 \times e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (5)$$

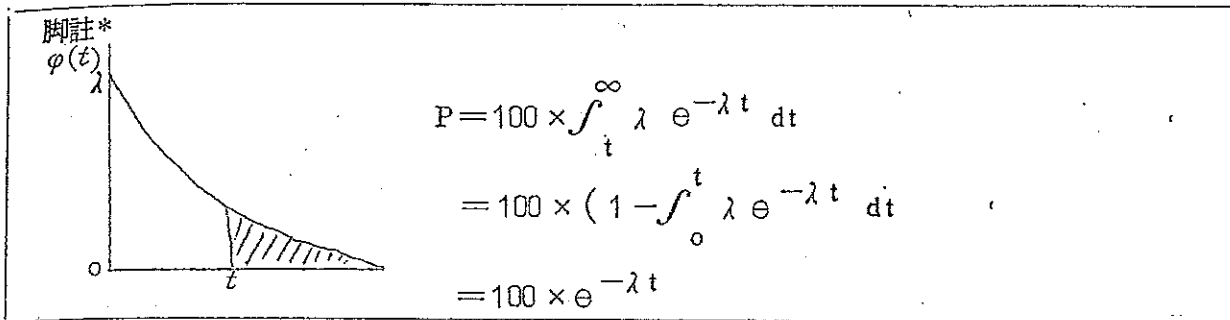
表3 時間技能評価点数表

$$P = 100 \times e^{-\lambda t}$$

λt	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	100.00	99.00	98.02	97.04	96.08	95.12	94.18	93.24	92.31	91.39
0.1	90.48	89.58	88.69	87.81	86.94	86.07	85.21	84.37	83.53	82.70
0.2	81.87	81.06	80.25	79.45	78.66	77.88	77.11	76.34	75.58	74.83
0.3	74.08	73.34	72.61	71.89	71.18	70.47	69.77	69.07	68.39	67.71
0.4	67.03	66.37	65.70	65.05	64.40	63.76	63.13	62.50	61.88	61.26
0.5	60.65	60.05	59.45	58.86	58.27	57.69	57.12	56.55	55.99	55.43
0.6	54.88	54.34	53.79	53.26	52.73	52.00	51.69	51.17	50.66	50.16
0.7	49.66	49.16	48.68	48.19	47.71	47.24	46.77	46.30	45.84	45.38
0.8	44.93	44.49	44.04	43.60	43.17	42.74	42.32	41.90	41.48	41.07
0.9	40.66	40.25	39.85	39.46	39.06	38.67	38.29	37.91	37.53	37.16
1.0	36.79	36.42	36.06	35.70	35.35	34.99	34.65	34.30	33.96	33.62
1.1	33.29	32.96	32.63	32.30	31.98	31.66	31.35	31.04	30.73	30.42
1.2	30.12	29.82	29.52	29.23	28.94	28.65	28.37	28.08	27.80	27.53
1.3	27.25	26.98	26.71	26.45	26.18	25.92	25.67	25.41	25.16	24.91
1.4	24.66	24.41	24.17	23.93	23.69	23.46	23.22	22.99	22.76	22.54
1.5	22.31	22.09	21.87	21.65	21.44	21.22	21.01	20.80	20.60	20.39
1.6	20.19	19.99	19.79	19.59	19.40	19.20	19.01	18.82	18.64	18.45
1.7	18.27	18.09	17.91	17.73	17.55	17.38	17.20	17.03	16.86	16.70
1.8	16.53	16.37	16.20	16.04	15.88	15.72	15.57	15.41	15.26	15.11
1.9	14.96	14.81	14.66	14.51	14.37	14.23	14.09	13.95	13.81	13.67
2.0	13.53	13.40	13.27	13.13	13.00	12.87	12.75	12.62	12.49	12.37
2.1	12.25	12.12	12.00	11.88	11.77	11.65	11.53	11.42	11.30	11.19
2.2	11.08	10.97	10.86	10.75	10.65	10.54	10.44	10.33	10.23	10.13
2.3	10.03	9.93	9.83	9.73	9.63	9.54	9.44	9.35	9.26	9.16
2.4	9.07	8.98	8.89	8.80	8.72	8.63	8.54	8.46	8.37	8.29

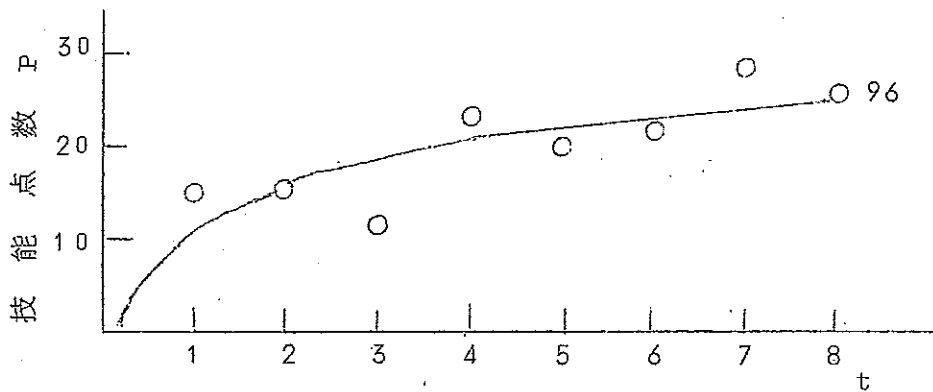
以下指数関数表参照

評価の実施に当っては、助変数 σ 及び λ は、その作業の90点技能時間に90点を与えるように決定する。

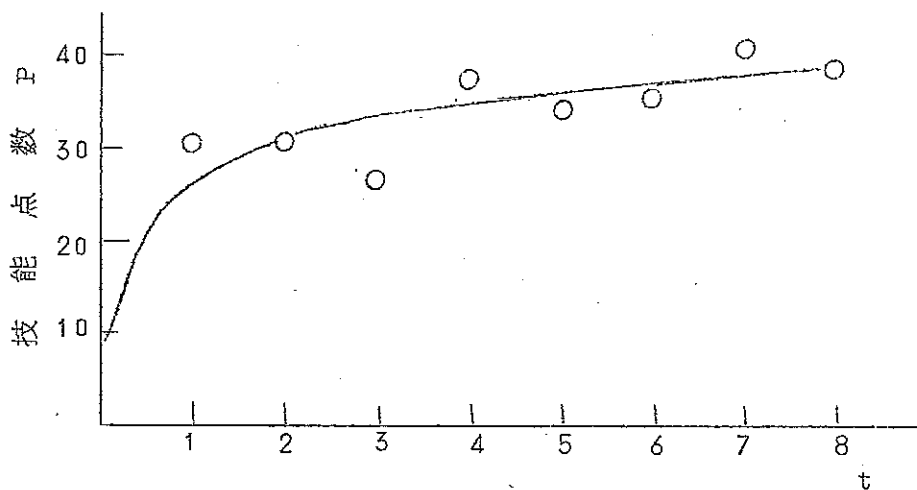


次に時間技能の通し評価法は(2)式、(5)式の何れによるべきか、技能時間の累積分布は正規分布、指数型分布の何れを妥当と考えるべきか。その妥当性を検証しよう。

訓練生の習熟実験で得た図4に示す技能時間を(2)式によって通し評点に直し、習熟曲線を求めると図7(a)の通りになり、この実験式は(6)式で表わされる。



(a) 習熟技能時間・正規分布の場合



(b) 習熟技能時間・指数型分布の場合

図7 図3に示した時間技能の通し評価

また、(5)式による場合は、習熟曲線は図7(6)．実験式は(7)式のとおりである。

$$P_{n=1} = 96 - \frac{84.51}{t^{0.082}}$$

$$= 84.51 \left(\frac{1}{0.22^{0.082}} - \frac{1}{t^{0.082}} \right) \quad (6)$$

$$P_{n=2} = 80 - \frac{52.97}{t^{0.113}}$$

$$= 52.97 \left(\frac{1}{0.026^{0.113}} - \frac{1}{t^{0.113}} \right) \quad (7)$$

上式の96点及び80点は習熟極限を意味する。

この習熟実験において、訓練生平均の寸法精度習熟の極限は70点であることが明らかである。²⁾ われわれは、時間習熟が精度習熟より一般に容易であることを経験的に知っているので、時間技能習熟極限が70点より高く与えられたことに矛盾は感じない。

然し、訓練生の、しかも、その平均の習熟極限が90点技能時間を遙かに越えて96点になりうるとは信じられない。

従って、時間習熟極限を80点と与える(5)式、すなわち、技能時間の累積分布は指数型分布をとると考えるのが妥当である。

なお、Crossman⁷⁾によると、スイッチ組立作業実験においても、指数型分布を肯定する結果が得られている。

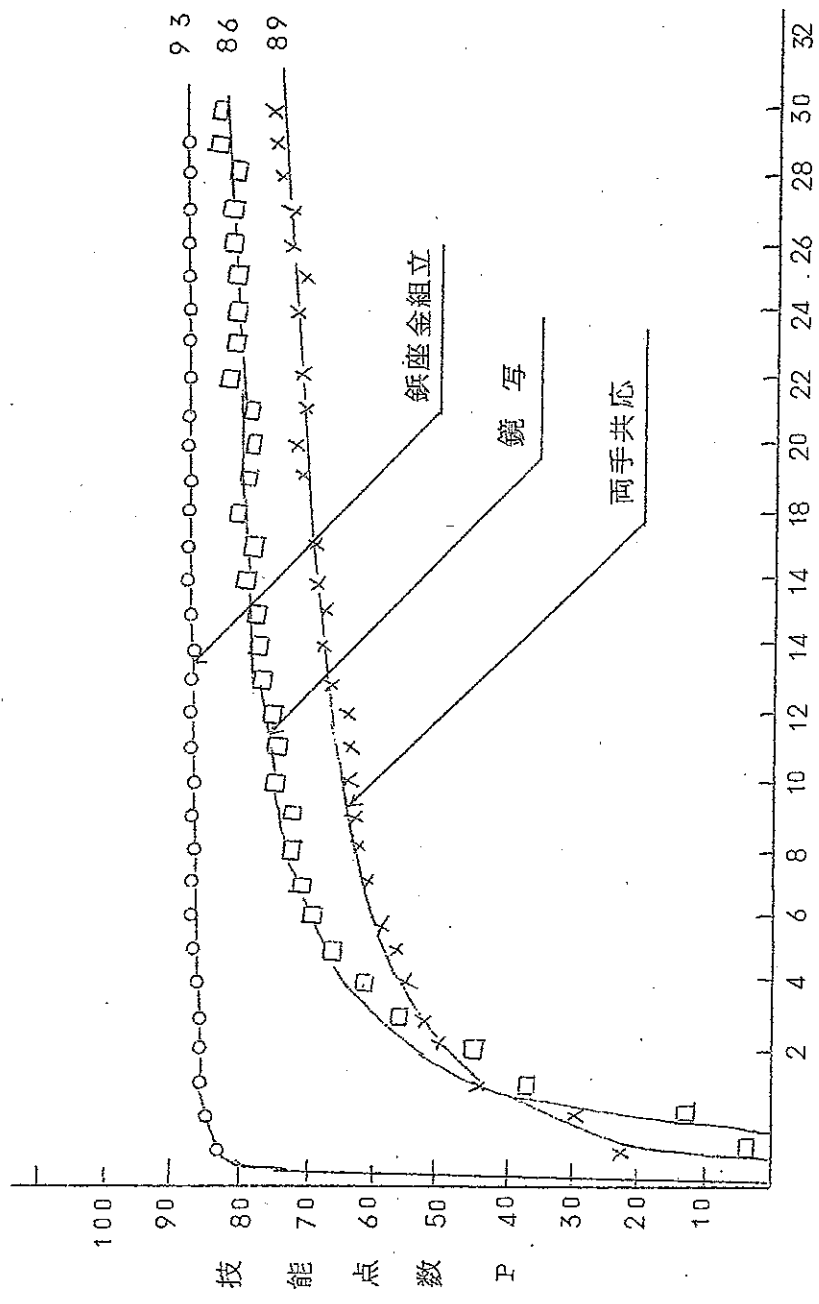
さらに、確率論で言う持続時間も指数型分布をとるので⁸⁾、技能時間は確率論で言う持続時間(例えば、素材から完成品になるまでの持続時間と考える)に属し、旋盤作業やスイッチ組立作業に限らず、すべての技能時間の累積分布は指数型分布となる法則性があると考えられる。

6. 適用例と考察

6.1 松本等による適性器具検査の結果⁹⁾

総合職業訓練所の訓練生21名に対し、適性器具検査の鋏座金組立、両手共応及び鏡写作業を、それぞれ3回反復させた。

各実験、各段階の測定平均値を(5)式によって通し評点に直した結果と各実験習熟曲線は図8の通りであり、各実験式は(8)、(9)、(10)式のとおりである。



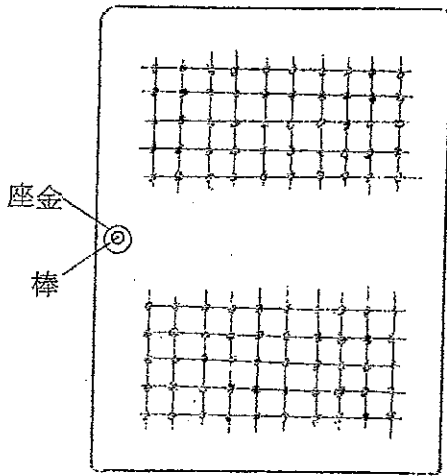
実験段階 t

図 8 適性器具検査習熟 (訓練生)

ただし、各作業の90点技能時間は、訓練生21名中の器用組(労働省職業適性検査によって判定)が表わした素点から推定された習熟極限值—鋏座金組立作業は2.17秒/組、両手共応作業は1.0秒/回、鏡写作業は8秒/回—をそれと仮定した。

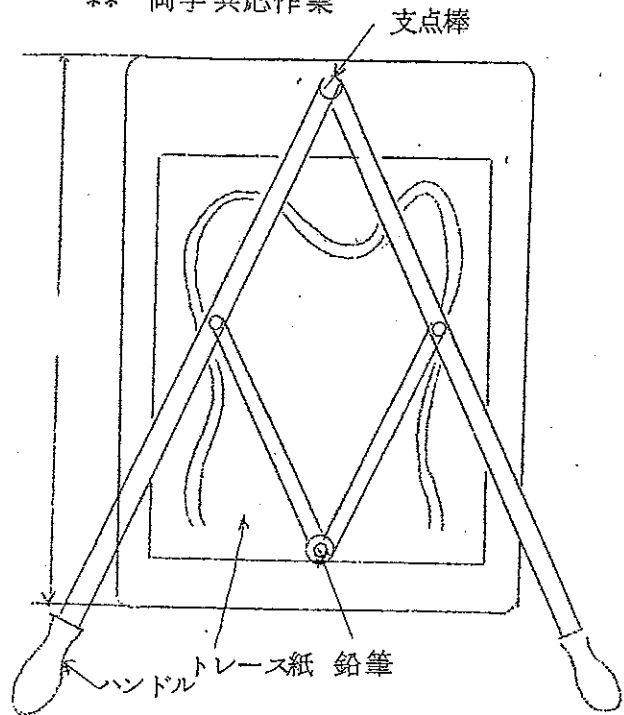
脚註

* 鋏座金組立作業



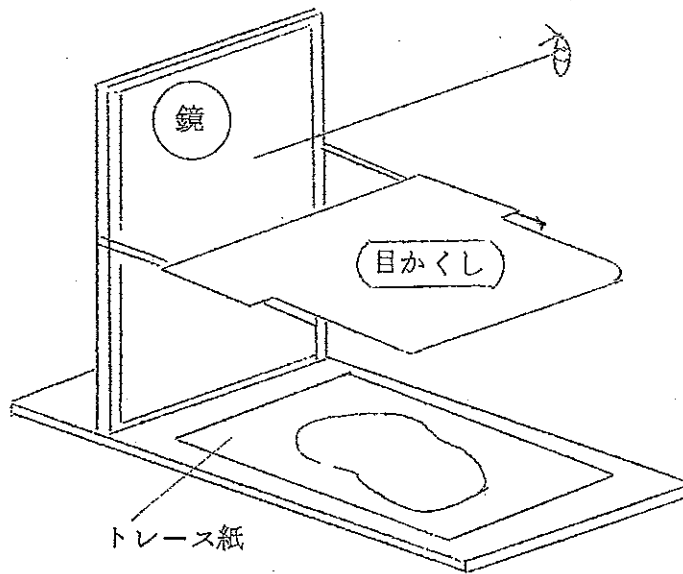
上の穴にさした丸鋏 $3\phi \times 14\text{mm}$
と、棒にさした座金を組立てて下の
穴にさす。
能力は1分30秒間の組立数ではか
る

** 両手共応作業



左右のハンドルを操作してトレース紙の軌跡を鉛筆
でたどる
能力は所要時間ではかる

*** 鏡写作業



鏡に写つた曲線を見ながらトレース紙の軌跡を鉛筆でたどる
能力は所要時間ではかる。

$$P_{\text{鋏}} = 93 - \frac{9.68}{\pm 0.189}$$

$$= 9.68 \left(\frac{1}{(6 \times 10^{-6}) 0.189} - \frac{1}{\pm 0.189} \right) \quad (8)$$

$$P_{\text{両手}} = 89 - \frac{75.87}{\pm 0.455}$$

$$= 75.87 \left(\frac{1}{0.70 0455} - \frac{1}{\pm 0.455} \right) \quad (9)$$

$$P_{\text{鏡}} = 86 - \frac{130.98}{\pm 0.982}$$

$$= 130.98 \left(\frac{1}{1.53 0982} - \frac{1}{\pm 0.982} \right) \quad (10)$$

(5)式による通し評価は、以上のとおり、旋盤作業以外の時間技能習熟についても、矢張り、技能習熟の法則性を実証し、しかも、次に述べるように、われわれの経験的な実感をよく表わす。従って、これは、技能時間の累積分布は一般に指数型をとると言う法則性を例証したとも言える。

3つの作業のうち、鋏座金組立が最もやさしく、鏡写が最もむづかしいことは、われわれの実感である。通し評価法は、その実感を同一グループの習熟極限において93点、89点、86点であると点数ではっきり示した。

鋏座金組立に類似したことを、われわれは子供のときから日常行っている。従って、この実験の鋏座金組立作業は初めて経験するにしても最初から上手に出来ない筈はない。通し評価法は、そのことを、第一回目の成績83点として示した。

鏡写作業は旋盤作業などと比較して、本質的にむづかしい作業とは思われない。しかし、日常生活における右、左の感覚と反対の作業だから、その感覚に慣れないと手が動かないのが当然である。通し評価法は、このことを、第一回目の技能は0点、習熟極限を図7(6)に見る80点より大きい86点として示した。

6.2 篠崎による訓大・機械科における旋削習熟実験の結果⁹⁾

実験課題の作業分解表を作り検討して、この課題に対する最も合理的な機械時間は6.48分、90点技能時間は22.71分となった。

実験結果を通し評価すれば、図9の習熟曲線と実験式(11)、(12)、(13)式が得られる。

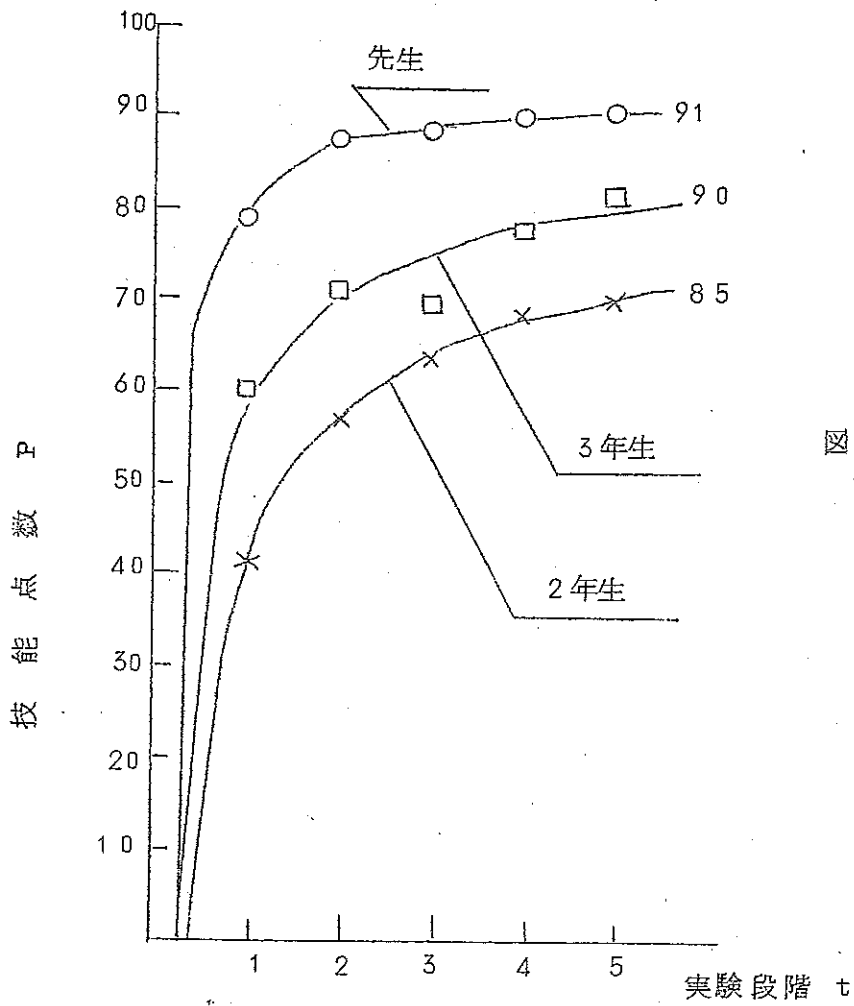


図 9. 訓大・旋削習熟実験

$$\begin{aligned}
 P_{\text{先生}} &= 91 - \frac{1 \cdot 0.966}{t^{1.527}} \\
 &= 1.0966 \left(\frac{1}{0.2501527} - \frac{1}{t^{1.527}} \right) \quad (11)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{3年生}} &= 90 - \frac{3 \cdot 2.537}{t^{0.696}} \\
 &= 3.2537 \left(\frac{1}{0.2320696} - \frac{1}{t^{0.696}} \right) \quad (12)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{2年生}} &= 85 - \frac{4 \cdot 4.092}{t^{0.658}} \\
 &= 4.4092 \left(\frac{1}{0.3690658} - \frac{1}{t^{0.658}} \right) \quad (13)
 \end{aligned}$$

以上の結果により、被験者になった先生（実技指導者）は既に、安定した高い技能を持っていることがわかる。

また、旋盤経験は、先生が30,000時間、3年生は450時間、2年生は200時間である。図8の実験第1回目の技能点数の差はその経験の差によるものである。

また、3年生は先生より経験時間が非常に短いにも拘わらず、図と式は、3年生の技能発揮が先生より早い結果を示している。これは、技術教育が見かけの訓練時期を早める効果があることを示す、と解釈できる。

7. まとめ

以上の諸実験、考察により、技能習熟における技能時間に関連してつぎの諸項がのべられる。

- (1) 一般に、技能習熟過程における技能時間分布の確率密度は前記(3)式で表わすことができる。
- (2) 一般に、時間技能の通し評価点数は前記(5)式で定めることができる。
- (3) 通し評価法によれば、作業者が発揮した技能を、完全な技能に対する妥当な割合として評点することができる。また、数回の作業反復実施の結果から、作業者の作業適応性、作業の本質的な難易等を判定することができる。

参 考 文 献

- (1) 成瀬政男：方程式による職業訓練の解析(1)(2)(3) 雑誌職業訓練，労働省訓練局編，1963年4月号～6月号 または成瀬：技能訓練の過程について，機械学会創立70周年記念特集(昭42-10)
- (2) 古賀一夫：技能(普通旋盤作業)の通し評価法について，職訓大，調査研究部報告書7号，昭41年度
- (3) 公差便覧：日刊工業新聞社，昭39・5設備管理P 697
- (4) 松本洋その他：技能訓練効果測定について，中訓，調査研究報告書，昭38，P 22
- (5) 戸田勝也，古賀一夫：旋盤訓練における技能習熟の過程，職訓大，調査研究部報告書，昭40年度その2
- (6) 成実清松，坂井忠次：数理統計学要説，標本分布各論P 95，培風館，昭39年
- (7) Crossman, E. R. F. W1959. A theory of the acquisition of speed - skill. Ergonomics 2. 153 ~ 166
- (8) 丸山儀四郎：確率および統計，確率変数P 56共立出版，昭33年
- (9) 松本洋その他：単純反復作業の練習曲線と準備性適時性に関する予備実験の結果報告，中訓，調査研究報告書，昭37年度その1
- (10) 篠崎襄：技能の評価，訓大季報No 3. 1966

4 2年度発行の職業訓練に関する調査研究報告書

8号	総合職業訓練所における高卒訓練生と中卒訓練生の比較	: 安江 節夫・富田 康士
9号	技能(普通旋盤作業)の通し評価法について — 第3報・技能時間の累積分布の型と時間の技能評価 —	: 古賀 一夫
10号	通し評価法による技能評価の一例 — 42年度全国総訓技能競技大会・旋盤作業 —	: 古賀 一夫
11号	ヨーロッパの技能者養成	: 内田 悦弘
12号	技能の習熟構造に関する研究(I)	: 手塚 太郎
13号	「学制」に関する一考察 — 技能軽視の風潮は何故生じたか —	: 木村 力雄

調査研究部報告書バックナンバー

年 度	内 容
37年度 No.1	<ul style="list-style-type: none"> ・中央職業訓練所及び附属総合職業訓練所の訓練生の素質並びに選考方法に関する考察 ・単純反復作業の練習曲線と準備性適時性に関する予備実験の結果報告 ・転職者訓練実態調査結果報告
38年度	<ul style="list-style-type: none"> ・年令と単純反復作業に現われる練習効果の関係 ・旋盤作業及び仕上作業に関する技能訓練効果測定 ・機械工基本実技訓練調査
39年度 No.1	<ul style="list-style-type: none"> ・機械工電機組立工基本実技訓練内容調査 ・技能訓練効果測定(自動車ガソリンエンジン整備、電気配線作業) ・米ソの新しい職業訓練理念(紹介) ・米国の人的能力開発訓練法(M, D, T, A)について
39年度 No.2	<ul style="list-style-type: none"> ・技芸、技能的職業の練習開始時期に関する調査 ・中高年令者の雇用並びに労働能力に関する調査 ・技術革新に伴なう技能労働の変化に関する調査 ・技能の習熟に関する研究(その1) — 訓練期間における旋削技能の変化 —
40年度 No.1	<ul style="list-style-type: none"> ・全国総訓技能試験に基づく技能度測定
40年度 No.2	<ul style="list-style-type: none"> ・訓大附属総訓修了者の実態調査報告 ・旋盤訓練における技能習熟の過程 ・技術革新に伴なう技能労働の変化に関する調査(2報) ・熟練技能労働者の就職年令・学歴の調査 ・西独逸の職業教育 ・フランスの職業訓練と技術教育

年 度	内 容
41年度 7号	<ul style="list-style-type: none"> ・高等学校卒業を入所資格とする事業内訓練の実態……安江 節夫、富田 康士 ・旋盤訓練における技能習熟の過程について(第2報)……………戸 田 勝 也 ・技能(普通旋盤作業)の通し評価法について(第1報)……………古 賀 一 夫 —一寸法公差内のねらいどころと仕上げ可能な最小公差— ・技能(普通旋盤作業)の通し評価法について(第2報)……………古 賀 一 夫 —製作寸法誤差分布の正規性と寸法精度の技能評価— ・技能に関する研究についての—考察……………石 橋 泰 彦 ・訓練成績と職場適応に関する分析的考察……………岡 村 一 成 ・衝動傾向と職業適性に関する—研究……………岡 村 一 成 ・英国の技術教育と産業訓練法の特色(紹介)……………内 田 悦 弘 ・生産工学におけるサンドウィッチ方式学位コースの未来像(紹介)…内 田 悦 弘 ・英国工科系大学におけるサンドウィッチ方式 ディプロマ・コースの技術教育(紹介)……………内 田 悦 弘 —主として英国ノーサンプトン、カレッジの実情紹介を中心に— ・スウェーデンにおける職業指導員の訓練について(紹介) ……戸 田 勝 也

昭和43年3月25日発行

発行者 職業訓練大学校調査研究部長 宗 像 元 介

職 業 訓 練 大 学 校
 東京都小平市小川西町2210
 電話 0423(41)3331