

# 思考を含む習熟に関する研究

竹 田 仁

## Research Regarding Thought Inclusive Mastery

Hitoshi TAKEDA

An experiment of mastery relating to a branch of psychology was done. Work was analyzed into minute movements, and details about the relationship of mastery and PTS law that presents minute movements in standard time were given. Inferences were made based on data obtained from experimentation and eigenvalue that were obtained via presumptions based on PTS law.

### §1 はじめに

生産システム内の大きな設備変更をのぞいたすべての作業において、同一機能を果すための行為のくり返しによる効果があるとき習熟があると考えられる。動作経済の原則により効果的な人体使用、適切な作業場所、治具や設備に対する配慮がなされて作業が行われる場合その作業もくり返し遂行されると、その所要時間は低減してゆく、つまり習熟性が起こる。すなわち作業に固有な習熟性が存在可能である。この習熟とは一般に次の3種類に分けて考えることができる。

- (1)心理学の分野に属するもので「学習曲線」と呼ばれているもの。
- (2)人間工学に属するもので「運動学習曲線」と呼ばれ人間の指の運動の慣れ、目の動きの慣れなど人間の運動能力の発展過程の研究するもの。
- (3)IEの分野におけるもの。

以上の3種類についても、狭義にも広義にも解釈される。今回とりあげるものは第一分野の心理学の分野に属する習熟である。一般に

心理学の分野に属するマクロ的習熟としては一つの作業の方法の変化とか、作業時間の低減というような効果をさしている。一方ミクロ的習熟としてはサーブリックのつかむという要素動作の時間の低減や考察の時間の低減などが含まれる。これらの問題特に心理学的な問題にはほとんど論じられてないのが実状である。そこで、思考を含む実験を行い作業を微細動作にまで分解し、微細動作に標準時間を与えるPTS (Predetermined Time Standards) 法と習熟性との関係について詳細に検討し、PLS (Predetermined Learning Standards) 法によって推定された固有値と実験で得た資料に基づき推察していく。

### §2 実験

任意の習熟率が特定の作業に対応するものと考えられるならば、習熟性存在原則は広く一般の作業に対して成立すると考えられる。そこで今回の実験は思考を含む習熟性の実験を行った。実験例としてジグソーパズルを選び、目的の解析を進めた。この作業は、作業者が必要とするチップを探し、チップをつかみ、

表1 個別所要時間と実験値

回数	被験者 A		被験者 B		被験者 C		被験者 D	
	実験値	モデル値	実験値	モデル値	実験値	モデル値	実験値	モデル値
1	34.19	23.02	41.33	25.56	21.50	14.60	45.42	26.22
2	26.37	18.35	23.30	19.62	17.00	11.68	27.98	19.56
3	20.54	16.08	20.01	16.81	15.63	10.26	27.75	16.48
4	18.23	14.63	27.13	15.06	12.43	9.35	19.67	14.59
5	16.89	13.61	16.10	13.83	12.20	8.71	17.75	13.82
6	16.07	12.82	16.96	12.90	12.08	8.21	16.77	12.29
7	14.02	12.19	14.24	12.16	10.12	7.82	15.62	11.52
8	14.07	11.67	12.21	11.56	14.02	7.49	13.57	10.88
9	11.81	11.23	11.07	11.05	11.25	7.21	12.67	10.36
10	11.70	10.85	9.87	10.62	11.90	6.97	11.47	9.90
11	9.62	10.52	9.70	10.24	12.70	6.76	12.23	9.51
12	9.46	10.22	9.22	9.90	11.23	6.57	11.92	9.17
13	11.36	9.96	10.27	9.60	10.97	6.41	11.13	8.86
14	10.78	9.72	9.09	9.34	9.43	6.26	12.37	8.59
15	8.75	9.50	8.89	9.09	9.25	6.12	10.97	8.34
16	8.92	9.30	8.99	8.87	8.08	5.99	11.17	8.12
17	8.60	9.12	7.97	8.67	9.08	5.88	9.30	7.91
18	8.06	8.95	8.29	8.48	8.68	5.77	10.75	7.72
19	7.96	8.80	7.76	8.31	8.28	5.67	11.73	7.55
20	7.71	8.65	7.02	8.15	7.35	5.58	8.30	7.39
21	7.78	8.51	6.81	8.00	8.75	5.49	7.82	7.24
22	8.92	8.38	8.35	7.86	7.77	5.41	7.40	7.10
23	8.65	8.26	7.65	7.73	9.13	5.33	8.93	6.96
24	7.05	8.15	6.89	7.60	6.62	5.26	7.83	6.84
25	7.52	8.04	6.74	7.48	6.33	5.19	8.50	6.72
26	7.24	7.94	6.26	7.37	6.55	5.13	10.17	6.61
27	7.23	7.84	6.15	7.27	7.32	5.07	9.47	6.51
28	7.93	7.75	6.30	7.17	8.07	5.01	8.32	6.41
29	7.69	7.66	6.17	7.07	6.52	4.95	6.87	6.31
30	7.42	7.57	6.34	6.98	6.55	4.90	6.65	6.22
31	7.86	7.52	6.42	6.89	5.73	4.85	6.62	6.14
32	7.23	7.45	6.40	6.81	5.60	4.80	7.17	6.06
33	9.95	7.37	7.95	6.73	5.62	4.75	6.10	5.98
34	6.85	7.30	6.80	6.65	6.58	4.70	7.50	5.90
35	6.96	7.23	6.60	6.58	5.48	4.66	7.77	5.83
36	6.47	7.17	6.27	6.51	5.87	4.62	7.22	5.76
37	7.07	7.10	6.10	6.44	5.82	4.58	6.28	5.70
38	6.71	7.04	5.70	6.38	5.35	4.54	5.83	5.63
39	6.87	6.95	5.69	6.32	7.12	4.50	6.80	5.57
40	6.58	6.90	6.04	6.25	5.52	4.47	6.73	5.51
41	6.69	6.84	5.43	6.20	6.08	4.43	6.20	5.45
42	6.31	6.79	6.04	6.14	5.57	4.40	6.62	5.40
43	7.35	6.74	6.08	6.08	5.25	4.36	5.28	5.35
44	6.52	6.69	6.27	6.03	4.83	4.33	5.53	5.29
45	6.25	6.64	6.24	5.98	5.47	4.30	5.77	5.24
46	7.01	6.59	5.94	5.93	5.17	4.27	6.28	5.20
47	6.92	6.54	5.72	5.88	5.17	4.24	6.87	5.14
48	6.67	6.50	5.34	5.83	5.13	4.21	6.70	5.10
49	6.20	6.45	5.96	5.79	5.28	4.18	6.02	5.06
50	6.47	6.42	5.07	5.74	4.87	4.16	5.65	5.02

表1 個別所要時間と実験値(続き)

回数	被験者 A		被験者 B		被験者 C		被験者 D	
	実験値	モデル値	実験値	モデル値	実験値	モデル値	実験値	モデル値
51	6.45	6.37	5.13	5.70	5.57	4.13	5.73	4.97
52	7.04	6.33	5.38	5.66	5.45	4.11	6.85	4.93
53	6.57	6.29	5.20	5.62	5.50	4.08	5.43	4.89
54	6.93	6.25	5.97	5.58	4.88	4.06	5.97	4.85
55	6.22	6.22	5.83	5.54	4.68	4.03	5.43	4.82
56	7.10	6.18	5.44	5.50	4.92	4.01	5.25	4.78
57	6.39	6.14	5.51	5.46	4.78	3.99	5.28	4.75
58	6.47	6.11	5.35	5.43	4.80	3.96	5.77	4.71
59	5.40	6.07	4.98	5.39	4.40	3.94	5.78	4.68
60	5.62	6.04	5.46	5.36	4.70	3.92	5.47	4.64
61	5.89	6.01	5.05	5.32	4.73	3.90	4.62	4.61
62	5.71	5.98	5.08	5.29	4.30	3.88	4.67	4.58
63	6.21	5.95	5.37	5.26	4.65	3.86	4.77	4.55
64	6.71	5.91	5.06	5.23	5.77	3.84	4.90	4.52
65	6.34	5.88	5.46	5.20	5.53	3.82	5.23	4.49
66	6.26	5.86	4.97	5.17	6.33	3.80	5.17	4.46
67	6.58	5.83	5.71	5.14	5.50	3.78	4.83	4.43
68	5.35	5.80	5.14	5.11	5.42	3.76	4.75	4.40
69	5.39	5.77	5.10	5.08	6.80	3.75	5.18	4.38
70	5.96	5.74	4.94	5.05	5.43	3.73	4.68	4.35
71	5.53	5.72	4.69	5.02	3.27	3.71	5.98	4.32
72	5.62	5.69	4.97	5.00	5.48	3.70	5.37	4.30
73	5.65	5.67	4.85	4.97	5.00	3.68	5.23	4.27
74	5.86	5.64	4.88	4.95	5.32	3.67	5.35	4.25
75	5.64	5.62	4.71	4.92	4.72	3.65	4.98	4.23
76	5.68	5.59	4.66	4.90	5.90	3.64	4.37	4.20
77	5.41	5.57	5.11	4.87	4.92	3.62	4.73	4.18
78	5.52	5.54	5.18	4.85	4.62	3.60	5.18	4.16
79	5.38	5.52	4.97	4.82	4.37	3.59	5.15	4.13
80	4.54	5.50	4.53	4.80	4.53	3.57	5.30	4.11
81	5.70	5.48	4.78	4.78	4.15	3.56	5.75	4.09
82	5.71	5.45	4.84	4.76	4.25	3.54	5.07	4.07
83	5.60	5.43	5.00	4.73	4.35	3.53	4.83	4.05
84	6.09	5.41	4.75	4.71	4.58	3.52	5.45	4.03
85	5.20	5.39	4.45	4.69	4.88	3.51	5.50	4.01
86	5.93	5.37	4.80	4.67	4.05	3.49	4.97	3.99
87	5.50	5.35	4.56	4.65	4.65	3.48	5.28	3.97
88	5.85	5.33	4.91	4.63	4.35	3.47	4.95	3.95
89	5.50	5.31	5.29	4.61	5.22	3.45	4.68	3.93
90	5.41	5.29	4.79	4.59	5.07	3.44	4.75	3.91
91	5.80	5.27	4.96	4.57	4.95	3.43	5.28	3.89
92	5.38	5.25	5.13	4.55	4.78	3.42	5.17	3.88
93	5.16	5.23	4.96	4.53	5.60	3.41	5.77	3.86
94	5.89	5.22	4.80	4.51	5.40	3.39	5.03	3.84
95	5.29	5.20	5.06	4.50	5.03	3.38	5.12	3.82
96	5.43	5.18	4.94	4.48	5.20	3.37	4.60	3.81
97	5.05	5.16	4.79	4.46	5.22	3.36	4.55	3.79
98	5.34	5.15	4.71	4.44	4.77	3.35	5.08	3.77
99	5.27	5.13	4.46	4.43	5.37	3.34	5.12	3.76
100	5.72	5.11	4.46	4.41	4.50	3.33	4.92	3.74

図1 実験値と対数線型習熟モデル (個別所要時間)

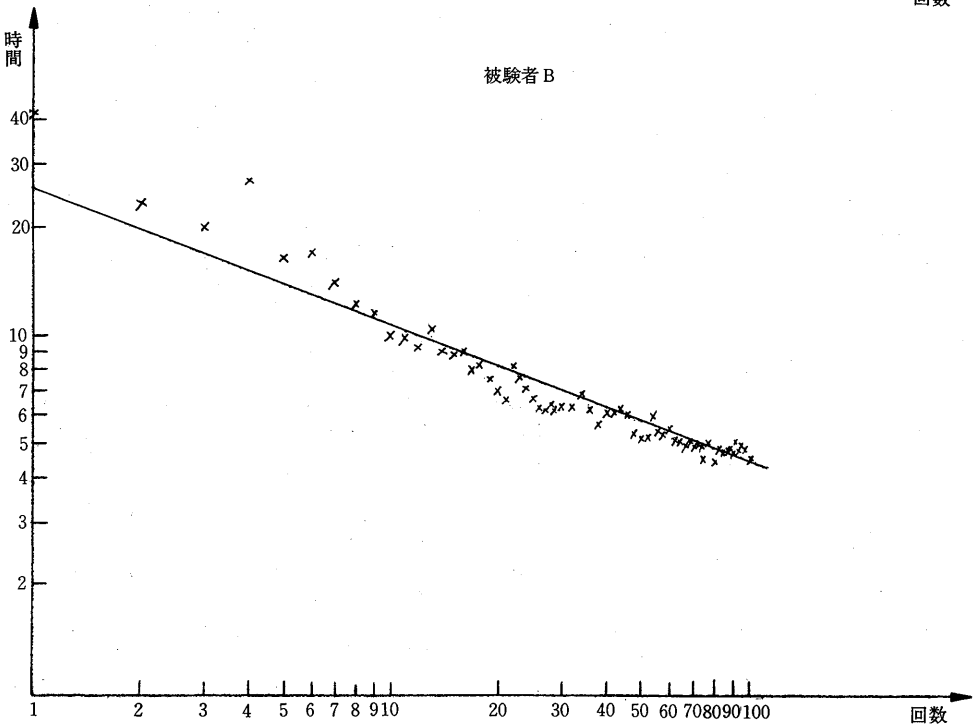
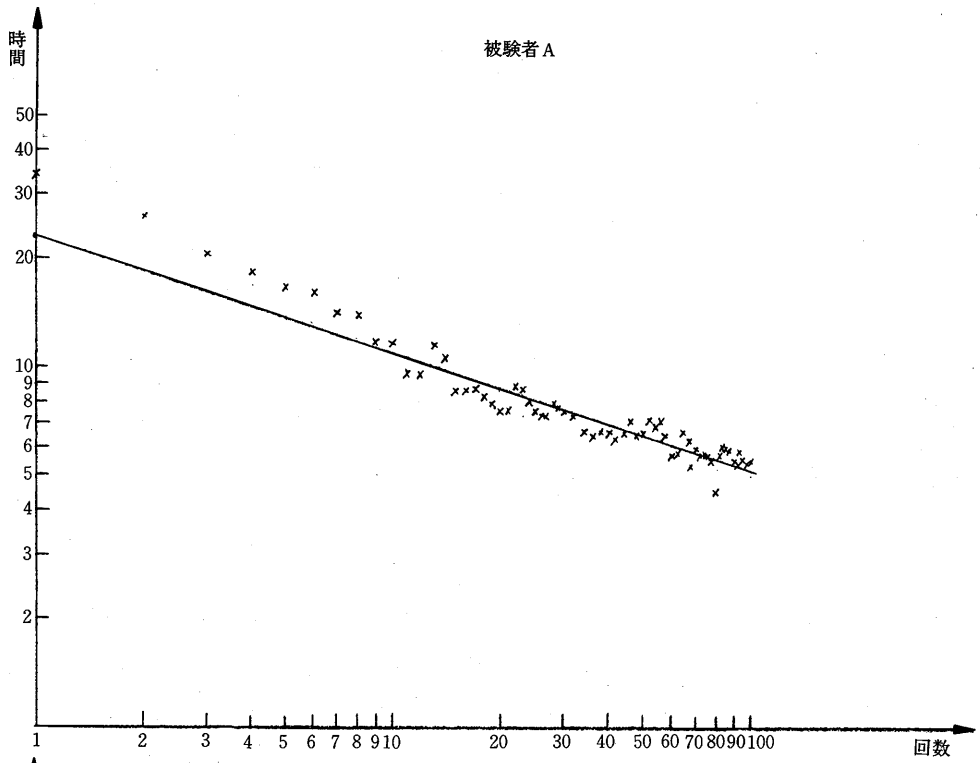


図1 実験値と対数線型習熟モデル (個別所要時間)

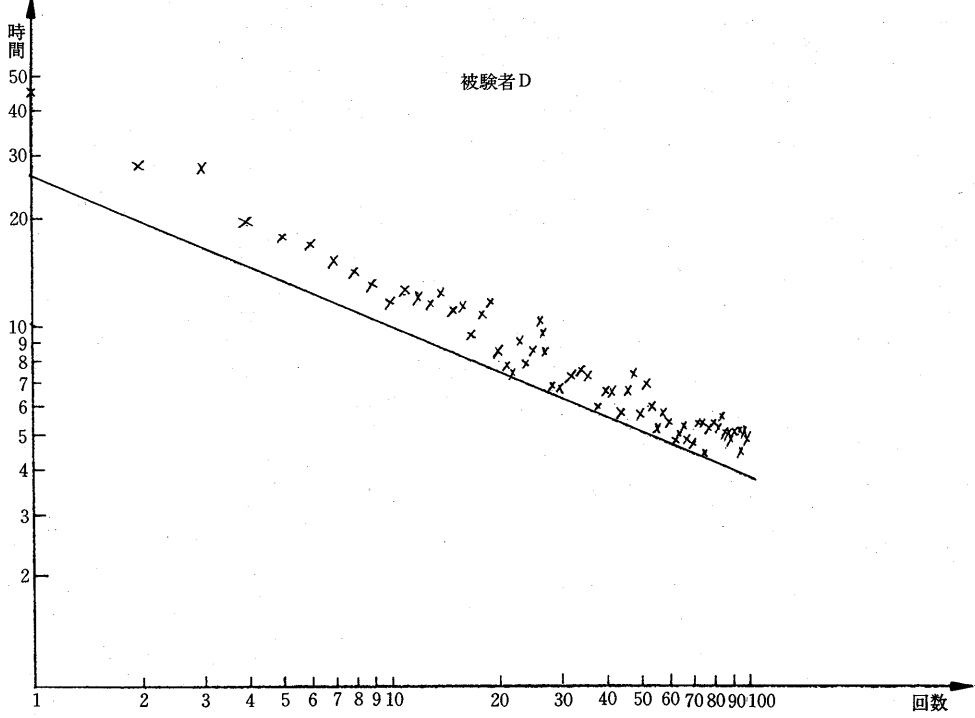
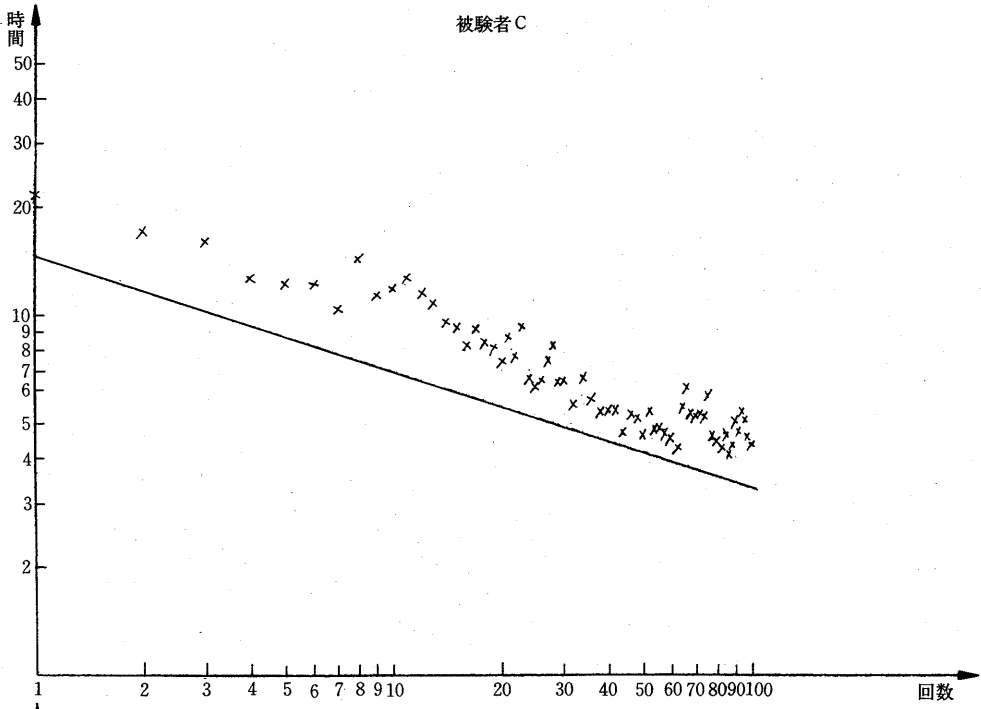


図2 累計平均実験値と対数線型習熟モデル（累計平均所要時間）

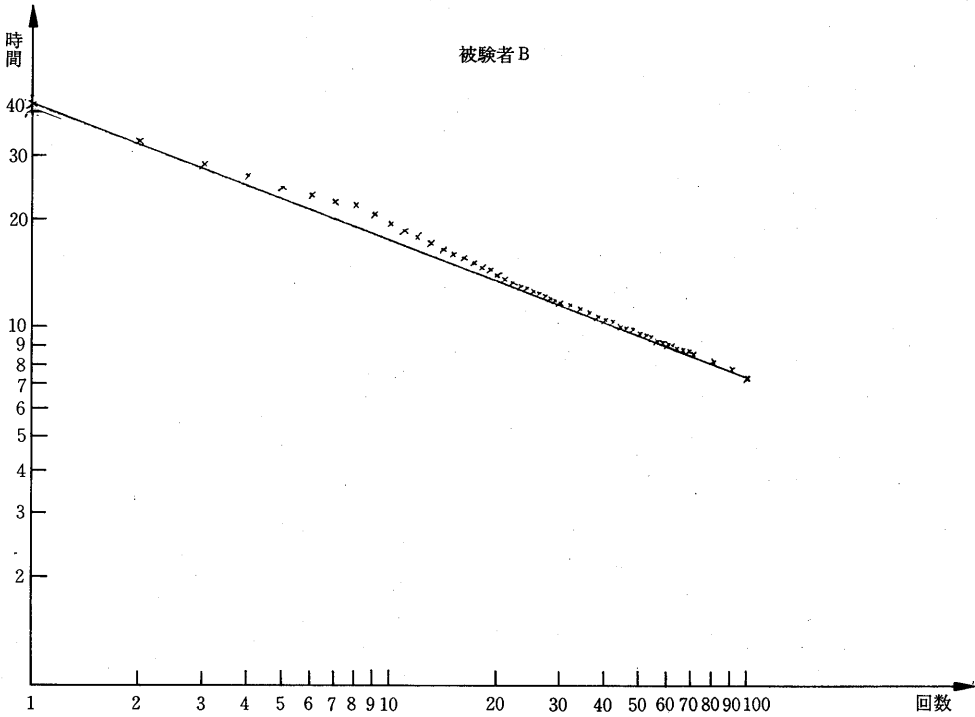
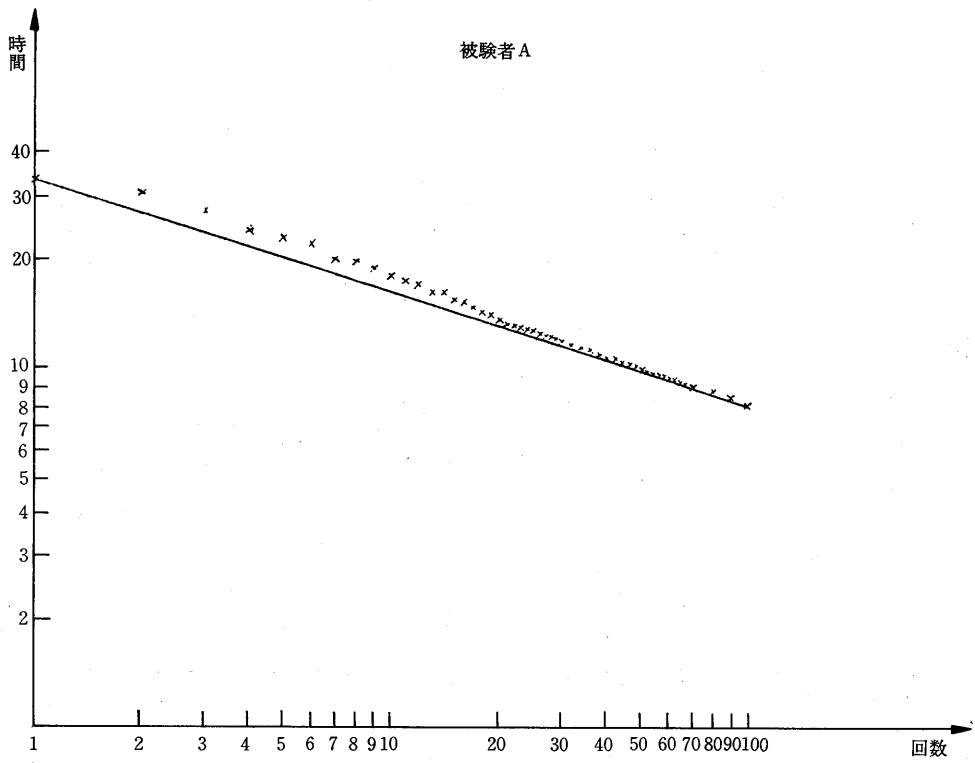
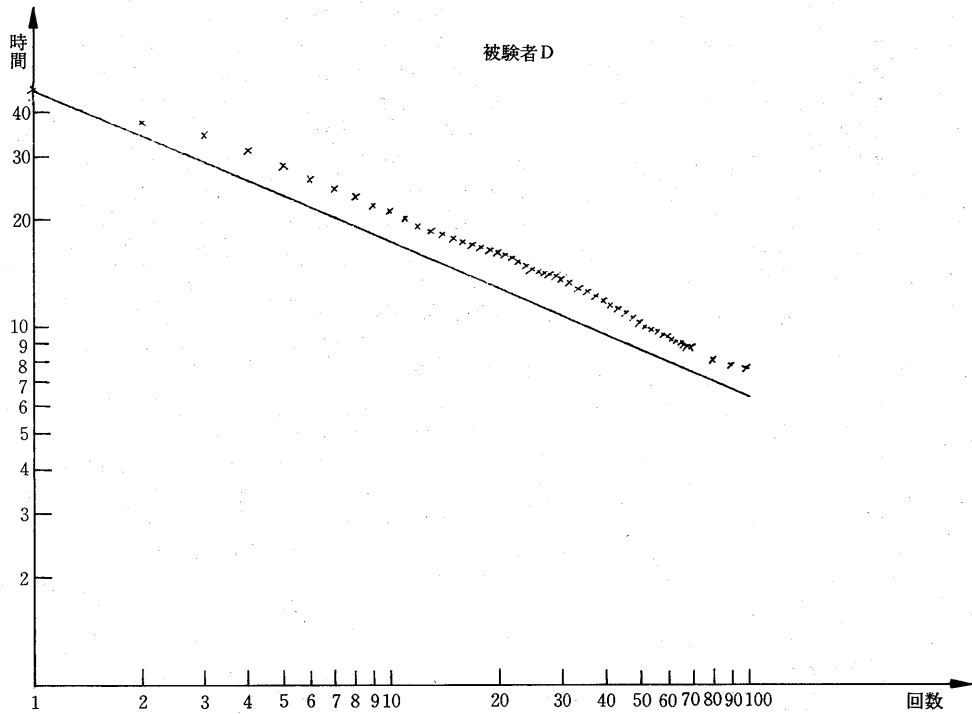
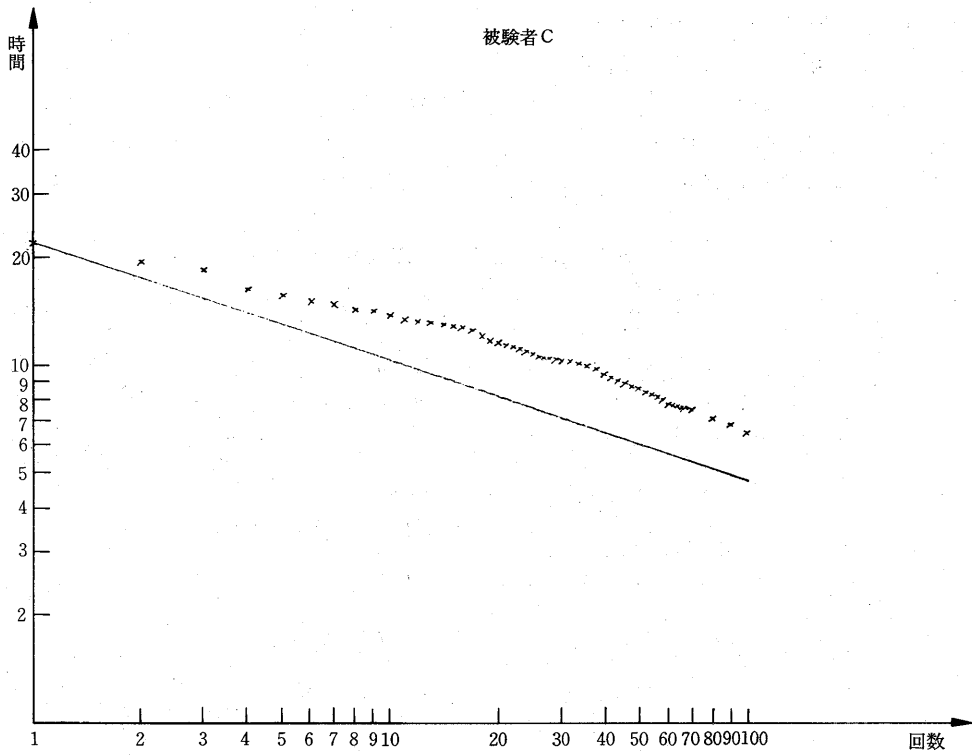


図2 累計平均値と対数線型習熟モデル（累計平均所要時間）



チップを組合せる繰り返しである。チップの数はたて10個、よこ8個の計80個から成る。被験者は4名で同じジグソーパズルを組み立てる。作業は午前9時より12時まで行ない、1回の作業が終了しだい10分間休み又作業を開始する方法で100回まで行った。観測はVTRを使用し動作内容分析は1/9の速度で観

測単位は1/100分で解析した。実験データは表1である。

習熟モデルは種々のものが発表されている。その中で一般に良く使用されている対数線型習熟モデル(個別所要時間)の式を用いて実験結果と比較した結果は表1のモデル値であり、図1である。ここで対数線型習熟モデル

表2 初期習熟における近似値  
(1)実験値 (2)個別所要時間 (対数線型) (3) $b=0.9$  (4) $b=1$ の時の値

回数	被験者 A				被験者 B			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
1	24.19	23.02	—	—	41.33	25.56	—	—
2	26.37	18.35	22.32	23.02	23.30	19.62	24.65	25.56
3	20.54	16.08	18.07	18.35	20.01	16.81	19.26	19.62
4	18.23	14.63	15.91	16.08	27.01	15.06	16.60	16.81
5	16.89	13.61	14.52	14.63	16.10	13.83	14.92	15.06
6	16.07	12.82	13.52	13.61	16.96	12.90	13.73	13.83
7	14.02	12.19	12.75	12.82	14.24	12.16	12.82	12.90
8	14.07	11.67	12.14	12.19	12.21	11.56	12.10	12.16
9	11.81	11.23	11.62	11.67	11.07	11.05	11.50	11.56
10	10.70	10.85	11.19	11.23	9.87	10.62	11.00	11.05

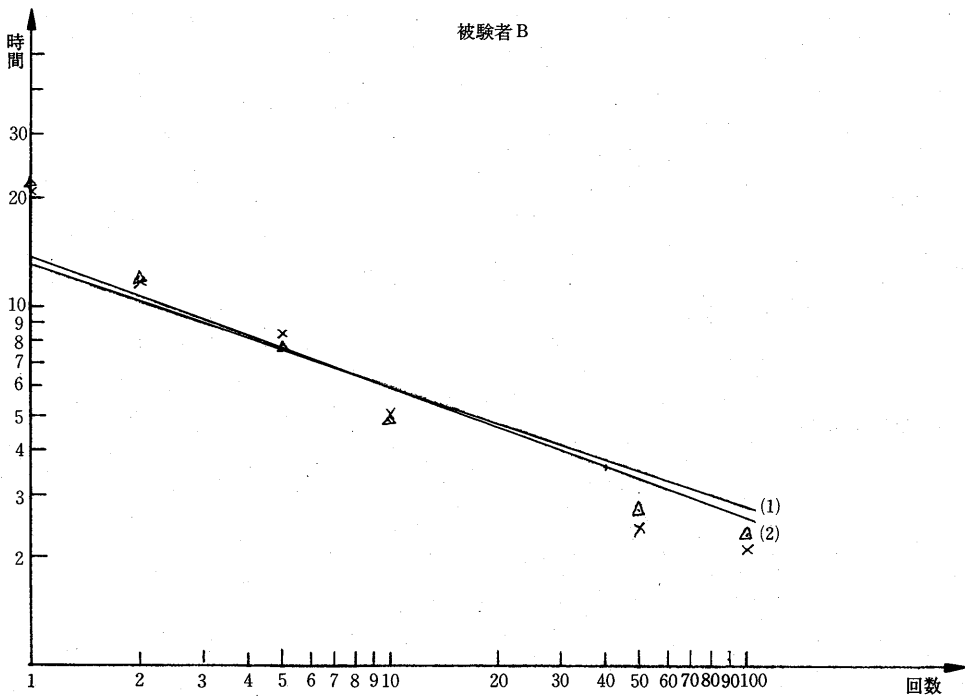
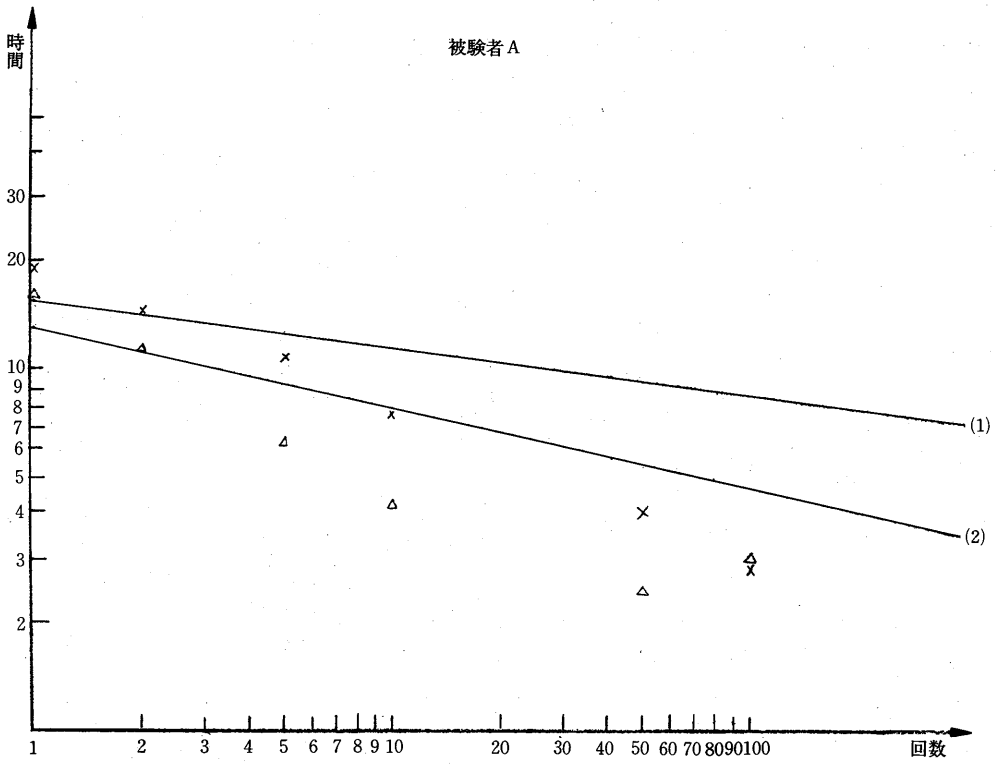
回数	被験者 C				被験者 D			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
1	21.50	14.60	—	—	45.42	26.22	—	—
2	17.00	11.68	14.16	14.60	27.98	19.56	25.18	26.22
3	15.63	10.26	11.50	11.68	27.75	16.48	19.16	19.56
4	12.43	9.35	10.15	10.26	19.67	14.59	16.25	16.48
5	12.20	8.71	9.28	9.35	17.75	13.28	14.44	14.59
6	12.08	8.21	8.65	8.71	16.77	12.29	13.17	13.28
7	10.12	7.82	8.17	8.21	15.62	11.52	12.21	12.29
8	14.02	7.49	7.78	7.82	13.57	10.88	11.45	11.52
9	11.25	7.21	7.46	7.49	12.67	10.36	10.83	10.88
10	11.90	6.97	7.18	7.21	11.47	9.90	10.31	10.36

表3 作業内容の要因区分

回数	被験者 A			被験者 B			(1)精神的作業			(2)肉体的作業		
	被験者 A			被験者 B			被験者 B			被験者 B		
	(1)	(2)	合計	(1)	(2)	合計	(1)	(2)	合計	(1)	(2)	合計
1	17.58	16.61	34.19	20.22	21.11	41.33	12.44	9.06	21.50	29.69	15.73	45.42
2	14.61	11.76	26.37	11.53	11.77	23.30	9.44	7.56	17.00	18.88	9.10	27.98
5	10.66	6.23	16.89	8.44	7.66	16.10	6.19	6.01	12.20	10.47	7.30	17.75
10	7.54	4.25	11.70	5.02	4.85	9.87	6.91	4.99	11.90	7.01	4.46	11.47
50	4.03	2.44	6.47	2.34	2.73	5.07	2.83	2.04	4.87	3.06	2.59	5.65
100	2.78	2.94	5.72	2.12	2.34	4.46	2.37	2.13	4.50	2.82	2.10	4.92
	習熟率											
	91.553	85.400		78.511	77.878		87.942	91.722		81.795	78.926	
	習熟係数											
	0.1273	0.2277		0.3490	0.3607		0.1854	0.1247		0.2899	0.3414	

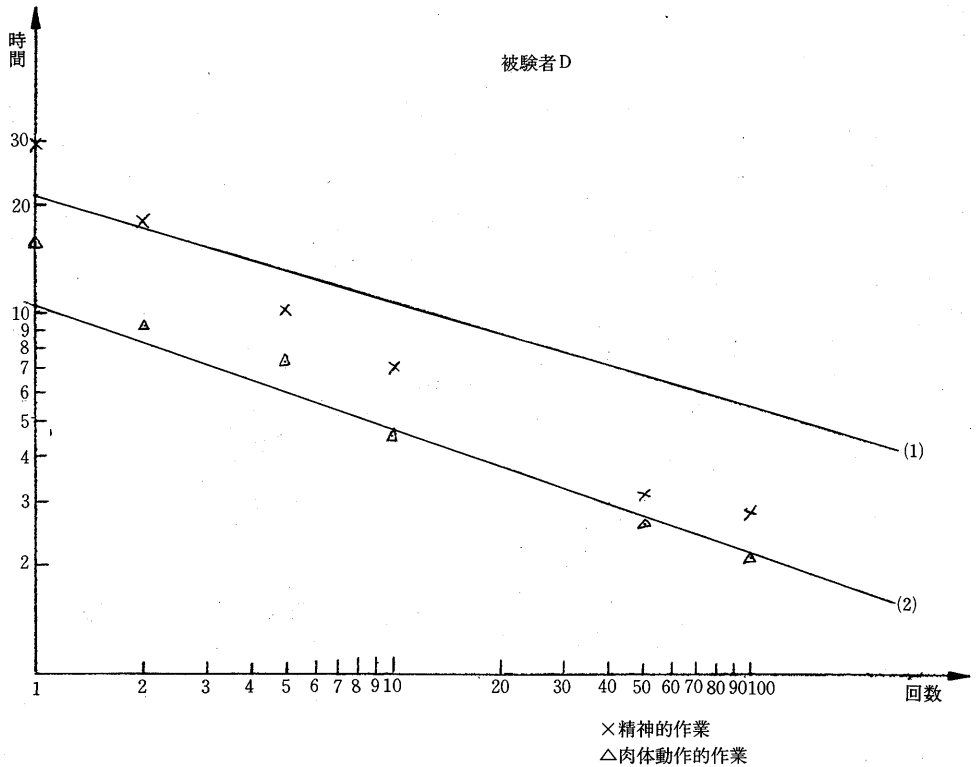
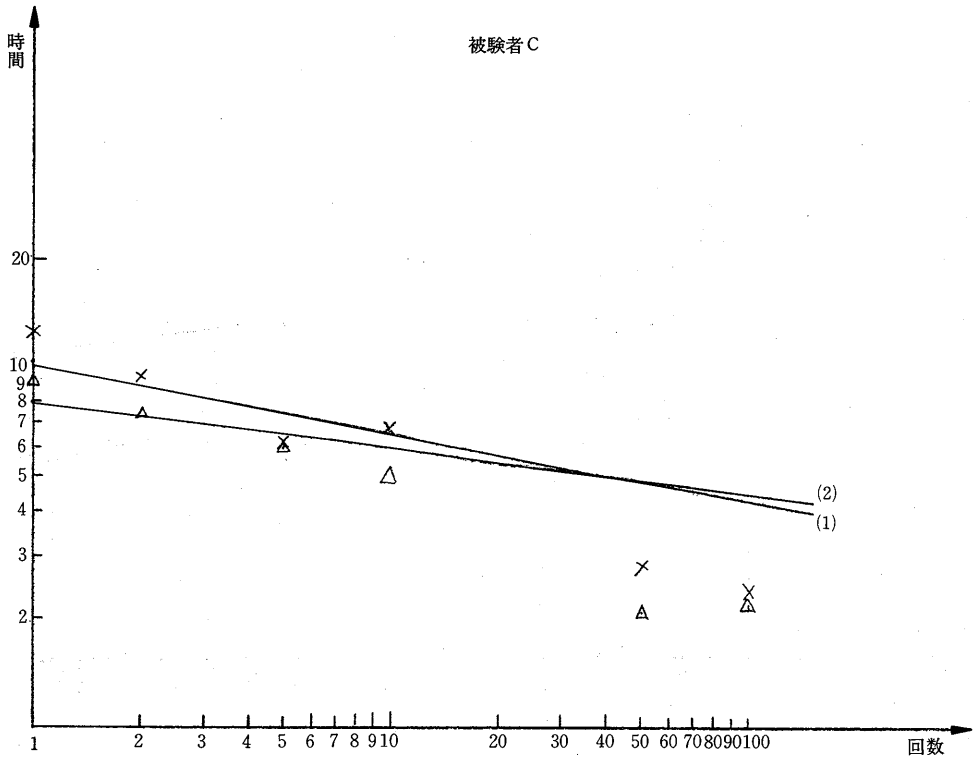


図3 作業内容の要因区分



×精神的作業  
△肉体的作業

図3 作業内容の要因区分



(個別所要時間)の式は

$$T_x = \frac{t_1(1-n)}{x^n}$$

$T_x$ : 個別値       $t_1$ : 初期値  
 $n$ : 習熟係数     $x$ : 実験回数

対数線型習熟モデル(累計平均所要時間)の式を用いて実験結果の累計平均実験値と比較した結果は図2である。

ここで対数線型習熟モデル(累計平均所要時間)の式は

$$T_x = \frac{t_1}{x^n}$$

$T_x$ : 累計平均所要時間     $t_1$ : 初期値  
 $n$ : 習熟係数       $x$ : 実験回数

図1, 2からも分かるように, 初期の段階では誤差が大きくなる。誤差を修正するために近似式を用いて実験結果と比較した結果は表2の(3)(4)の値である。

ここで対数線型習熟モデル(個別所要時間)の近似式は

$$T'_x = \frac{t_1(1-n)}{(x-b)^n}$$

$T'_x$ : 近似式を用いた個別値  $t_1$ : 初期値  
 $n$ : 習熟係数       $x$ : 実験回数  
 $b$ : 定数  $0 \leq b \leq 1$

図1, 図2からも分かるように所要時間が次第に低減する, いわゆる所要時間が習熟性を示す要因は一体何か, 今回の実験において特に習熟に影響を及ぼしたと思われる要因についてサブリンク分析を基に微細動作習熟に焦点を合せ, 全体としての習熟率は固有値であると仮定し, その習熟率ともっとも相関関係の強い要因は何か, その要因から逆に習熟率を正確に推定できるか, PLS法で比較する。

作業内容で精神的習熟要因, 肉体的習熟要因と区別したのが表3, 図3である。

## § 結 言

思考を含む習熟性の実験を行なった結果は

思考の習熟率が86.10%, 思考を含まない作業の習熟率が84.75%ということが実験の結果である。

これまでの習熟の研究の多くは思考を含まないもので思考を含む問題を扱った研究は殆んど皆無といってよい。ゆえに習熟率をもとめる時も思考を含まない対線型習熟曲線を使用してきたが, 実際は習熟曲線を開発する必要があるように思う。(実際に Operation Performing Industrial Bench Assembly Operations という論文で習熟曲線は作業を実際に行なっている作業者の特性と作業そのものの特性によって影響されるという考え方から特定の作業を行なう特定の作業者のための特定の習熟曲線を開発している。この習熟曲線はいままでの対数線型習熟曲線, 対数非線型習熟曲線, 指数関数型習熟曲線などにより所要時間の予測はきわめて良く, 精度が高い結果を得ている。この曲線の式は特定の作業者が特定の作業を行なった際の特定の習熟曲線を実験公式的にある期間の観測データから開発するというもので従来一般的な方法とは異なる考え方である。)

又習熟率  $P$  を今までは  $P = \frac{R_2 X_u}{R X_u} \times 100$  (%) という式(生産量  $X_u$  に必要な累計平均所要資源を  $R X_u$  とし, 生産量  $2 X_u$  なるときの累計平均所要資源を  $R_2 X_u$  とすると, 習熟率が求められる。しかし師岡孝次氏は Predetermined learning standard, Pre-Print 4th ICPR で習熟率  $P$  は次式で与えている  $P = 1 - (1 - 1/ax^b)^{\frac{1}{n}}$

$x$ : 生産台数

$a, b$  はデータを両対数グラフに打点し, 上限, 下限線より計算して得られる値。

今までの実験はマクロ的習熟であったがもっと深くほりさげて微細動作に標準時間を与える Predetermined Time Standards 法の代表的な WFMTM 法とか, 従来の動作分析法に比べて適用がきわめて簡単である MDDAPTS

法などについても、習熟性との関係について  
詳細に検討して行く予定である。