

流れ作業における単調作業のピッチタイムについて

—— 作業設計に関する研究 ——

小 嶋 高 良*

Pitch Time of Monotonous Operations in Flow Line

—— A Study on Work Design ——

Koryo KOJIMA

Abstract

This report discusses the optimum design of pitch time of monotonous operations in flow line. In order to investigate the learning phenomena, six different length model works were set up. And they were considered in all their aspect. From the experimental results it was observed that the optimum pitch time was about 15 seconds.

1. はじめに

単調作業は、「標準化・単純化・分業化・高速化という特徴を持ち、技能も、知識も、経験もまったく、あるいはほとんど必要としないような作業¹⁾」と特徴づけられ、労働様態の違いから、「単純繰り返し型の労働」と「持続的監視労働」に分けられ、前者の代表的な作業として、ベルト・コンベア・システムによる作業を挙げている。単調作業は作業者に仕事を無味乾燥的なものと感じさせ、職場においては焦燥感・孤独感を感じさせることにより、大きな社会問題として取り上げられ、様々な研究がなされ、モラル向上、作業者の待遇の配慮・改善、職務拡大・職場充実等々が叫ばれ、様々な改善策が講じられてきたが、依然として流れ作業において、生産性を高めるために、標準化・分業化された単調作業が多くで工場で行なわれている。このような単調作業を遂行するための技能程度は前述した通り、一般的に低いものであり、技能習熟のための期間は短期間である。習熟とは同一の

機能を果たすための行為の繰り返しによる効果があるとき習熟があると定義されている²⁾が、広くは工程の習熟・会社全体の習熟、逆に、作業よりも小さい要素動作のようなものの習熟についても研究が進められており、流れ作業におけるピッチタイムの設計等においても、各作業の習熟特性を考慮に入れた考察が必要である。ピッチタイムとは流れ作業で、決められた製品1個又は1台あたりの製作時間のことで、生産量が問題になるがバランス・ロスを可能な限り最小にするようにしなければならない。そのためには、(1) 作業の分割・結合、(2) 編成人員の増減、(3) ライン外作業の充実等々が考えられる³⁾。また、今日、生産ラインの作業者としては多くのパートタイムが雇用されており、日頃からローテーションが組まれ、作業者はどの工程の作業にも精通しているとしても、突然の代理ではピッチタイム内に作業を遂行することはかなりの努力を必要とする。このようなことから、突然の事態でも作業遂行に影響を与えないようなピッチタイムの長さを考究する必要がある。

本研究においては、作業設計について考究す

昭和62年10月31日受理

* 機械工学科専任講師

るものであり、本報告では、流れ作業における単調作業のピッチタイムについて、作業習熟の観点から検討を加え設計を試みたものである。実験Ⅰにおいては、モデル作業 A・B・C に設定した結果を、実験Ⅱにおいては、モデル作業 D・E・F に設定した結果をそれぞれ報告するものである。

2. 実験Ⅰ

2.1 実験方法

図1は作業者の作業姿勢と作業場所のレイアウトを示したものである。椅子の高さは45 cm、作業台の高さは70 cm、作業者から部品置場 A・完成品置場 B までの距離は約 60 cm 程度である。また、部品置場 A と完成品置場 B との間の距離は約 45 cm～55 cm 位である。作業者は部品供給者が作業台の左前方の部品置場 A に供給した部品の入っている箱を左手で取り、作業場所に部品を箱から開け、箱を右手で完成品置場 B へ置き、部品を組立て、組立てた完成品を右手で完成品置場 B の箱へ入れる。部品供給者はそれを取り、再び分解し供給する。測定データとしては、作業者が部品置場の箱へ手をかけた時点から完成品置場の箱へ完成品を入れた時点までの所要時間とした。

モデル作業はそれぞれピッチタイムが異なるように考慮し、

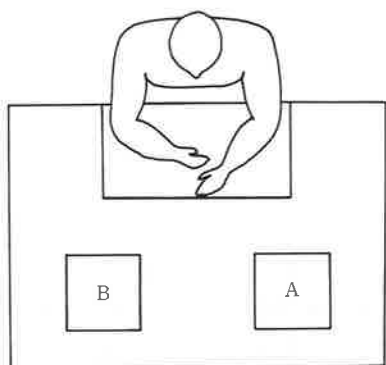


図1 作業場所のレイアウト

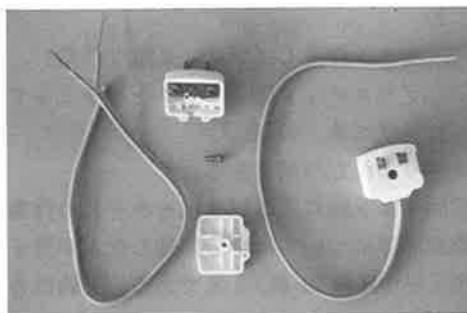


写真1 モデル作業A

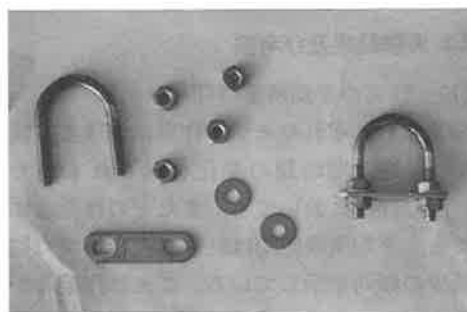


写真2 モデル作業B

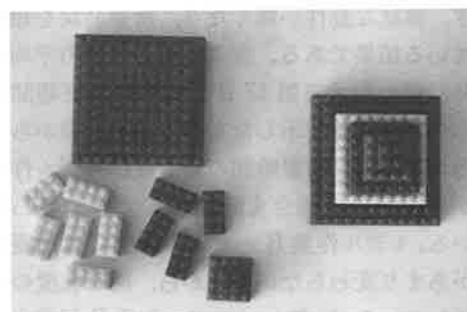


写真3 モデル作業C

- ① モデル作業 A（差込みプラグ組立作業）
差込みプラグを分解し、コードを接続し、再び組立てる。（注：コードの先が切れたり、弱ったりするので定期的に新しくし、条件を同等にするように心掛ける。）（写真1）
- ② モデル作業 B（U字型ボルト・ナット組立作業）
U字型ボルトの両端にナット・ワッシャー等を一定の順序で組立てる。（写真

2)

③ モデル作業C (ブロック組立作業)

プラスチック製ブロックをピラミッド型に組立てる。(写真3)

の3通りの組立作業である。

被験者は実験に入る以前にそれぞれの作業の作業順序等については十分熟知した本学男子大学生(平均年齢21歳)3名である。実験は各被験者が各作業を1日30回繰り返し行ない、約3週間(17日間)にわたって行なった。

2.2 実験結果及び考察

(1) 作業の平均所要時間

図2はそれぞれのモデル作業における被験者3人の平均所要時間の変化を示したものである。どの作業においても、またどの作業においても、平均所要時間は経過日数を増すに従って減少の傾向を示している。これは作業者が日を追うごとに作業に慣れてきて、作業に習熟することによりスムーズな作業を遂行することができ、無駄な動作が無くなり、所要時間を短縮している結果である。表1は第1日目の平均所要時間値に対する第17日目の平均所要時間値の割合と時間差を示したものである。表からも明らかな様に、所要時間の最も長いモデル作業Aがその減少の割合も時間差も大きく現われている。モデル作業Bとモデル作業Cは所要時間があまり変わらないことから、同じ程度の値を示しているが、僅かにモデル作業Bが減少の割合が小さくなっている。しかし、時間差では所要時間の長い順に習熟効果が大きくなっている。

(2) 作業時間のばらつき

作業が安定して行なわれているかどうかを、それぞれの作業の所要時間のばらつき具合を示す標準偏差で示したのが図3である。全体的には3人の被験者とも、どの作業においても、経過日数が増すに従って作業に慣れることにより、安定した作業が遂行され、所要時間のばらつきが小さくなることわがかる。特に、最初の

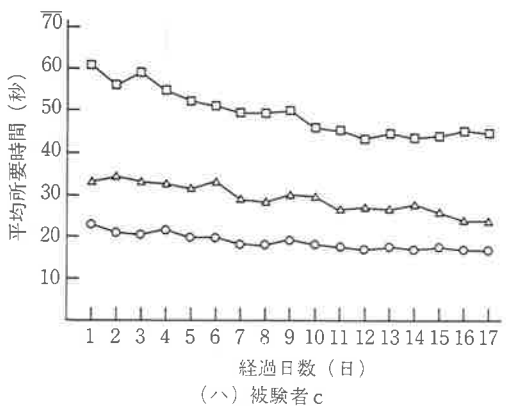
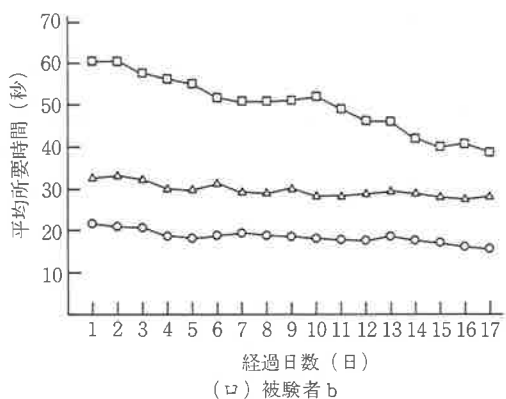
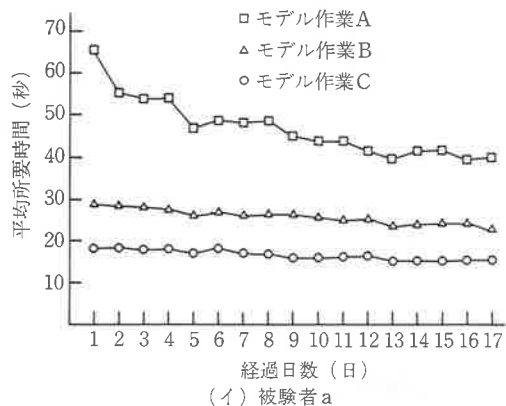


図2 平均値

1週間において、ばらつきが大きく現われているが、その後は横這もしくは僅かに減少傾向を示しており、第10日目から第13日目にかけてばらつきが一時大きくなる傾向が表われている

流れ作業における単調作業のピッチタイムについて（小嶋）

表1 平均値の習熟効果 (秒/%)

被験者 モデル作業	被験者			平均
	被験者 a	被験者 b	被験者 c	
モデル作業 A	-42.7	-35.8	-26.2	-34.9
	61.1	64.6	74.1	66.6
モデル作業 B	-10.8	-7.5	-15.1	-11.1
	78.0	86.5	73.0	79.2
モデル作業 C	-4.5	-10.2	-9.7	-8.1
	85.3	72.1	74.7	77.4

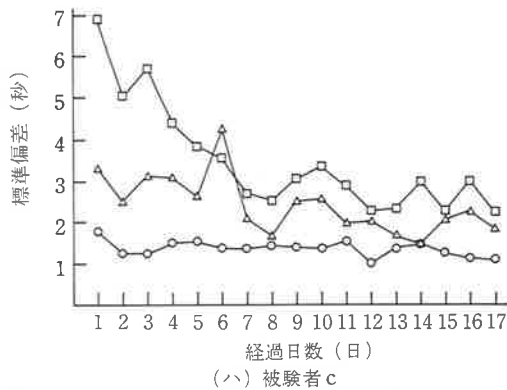
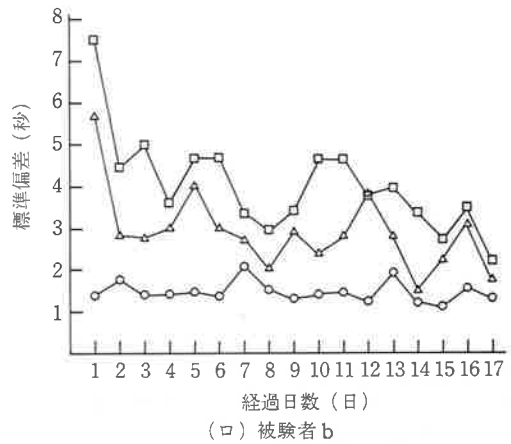
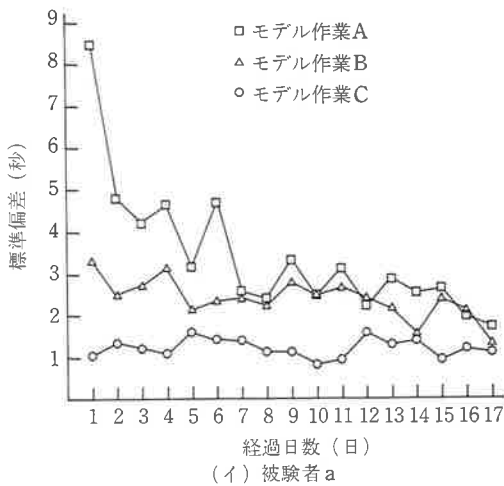


図3 標準偏差

が、これは実験開始後、第10日目から第13日目ということで作業者の実験に対する緊張感の欠如等の心理的な面の結果であると推測され

る。最終日の第17日目にはどのモデル作業も、どの作業者も同様な大きさになっており、一般的には、所要時間の長いモデル作業の方が標準

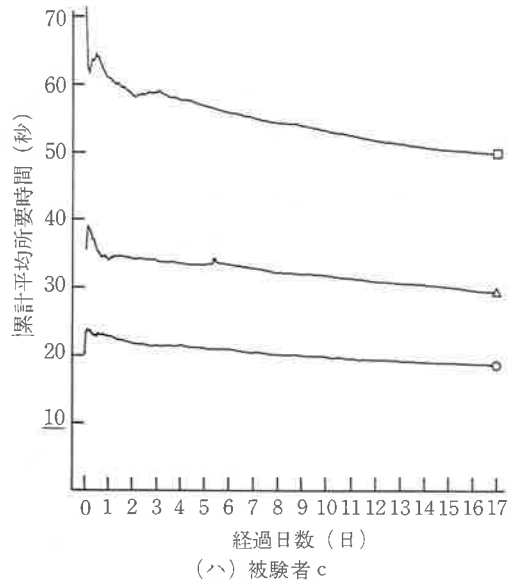
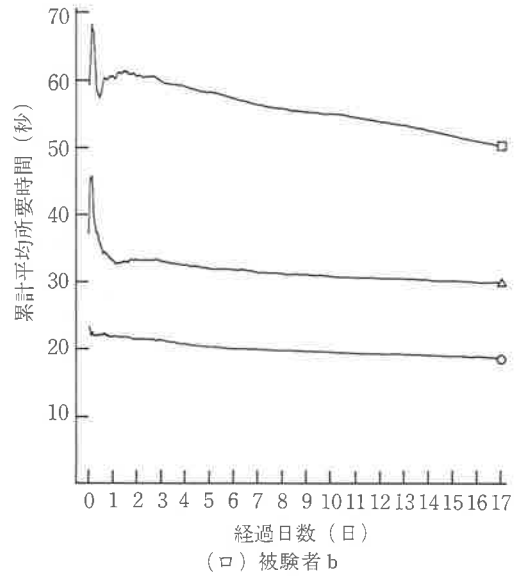
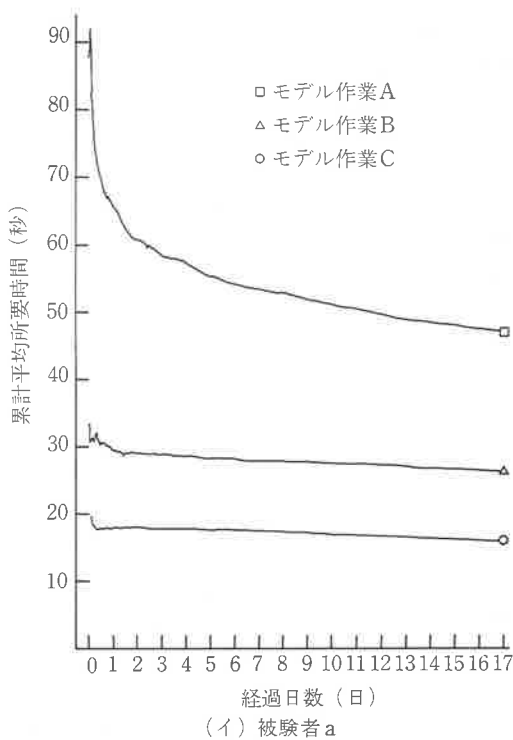


図4 累計平均値

偏差の値も大きく現われているが、習熟するに従ってあまり関係がないように推察される。

(3) 作業の習熟

習熟とは前述した通り、同一の機能を果たすための行為の繰り返しによる効果がある時習熟があると定義されており、一般的に個別所要時間値は累計平均時間値よりもばらつきが大であるため、習熟効果を表現するには累計平均値を中心に考える方が有利である。図4は被験者3人のそれぞれのモデル作業の習熟効果を示したものであり、それぞれのモデル作業の1日30個のデータの累計平均所要時間値を、横軸に17日間分継続して示したものである。図から共通して、実験開始初日から4日間位は大きな変化を示しており、累計平均所要時間の急激な大きな減少が見られたり、一旦は減少したがその後増加し、再び減少するという傾向が見られたり、実験開始直後は小さい値を示しても、その後大きな値を示すといった傾向が見られたりで、あま

り一定していないが、第4日目以降はほとんど累計平均所要時間が増加することはなく、徐々に低減しており、モデル作業に作業者が習熟していく様子が顕著に表れていると推測される。図には雑多になるので個別所要時間は示していないが、習熟曲線だけから判断すると個別所要時間もかなり安定したばらつきの小さい値を示

表2 累計平均値の習熟効果 (秒/%)

被験者 モデル作業	被験者 a	被験者 b	被験者 c	平均
モデル作業 A	-74.7	-30.2	-36.6	-47.2
	51.3	73.5	69.3	64.7
モデル作業 B	-7.3	-26.4	-11.7	-15.1
	85.6	65.5	80.8	77.3
モデル作業 C	-3.2	-6.3	-7.2	-5.6
	89.8	83.2	81.4	84.8

していると推測されるが、前述した図3で示した様に実験開始1週間後からは、かなり減少傾向を示しているとは言え、結構ばらついた値を示している。また、本実験は第17日目で打ち切っているが、最終日の第17日目においても累計平均所要時間より個別所要時間が小さく、いまだ作業者がそれぞれのモデル作業に習熟し切っておらず、まだまだ累計平均所要時間の短縮が推測される。しかも、所要時間の長いモデル作業の方が短いモデル作業よりも累計平均所要時間と個別所要時間との時間差が大きく、これからの習熟の余地を多く残しているように推察される。習熟を起こす要因は必ずしも単一ではなく、複数で複合している場合が非常に多いが、習熟効果を大きくするためには様々な角度からの検討が必要となる。表2は第1日目の第1回目の累計平均所要時間値に対する、第17日目の第30回目の累計平均所要時間値の割合と時間差を示したものである。表から明らか様な様に、所要時間の長いモデル作業の方が習熟効果が大きく、割合と時間差ともに大きな値を示している。

2.3 結論

以上の結論として、所要時間が異なるモデル作業A・B・Cに設定した結果から、一番短いモデル作業でも3人の被験者の平均で、ある程度習熟した実験最終日の第17日目においても所要時間が約18秒位であり、少し長過ぎ、長くな

るに従って習熟するに時間がかかり、その習熟効果も大きく、割合・時間差ともに大きい値を示す。また、実験開始直後の立上がりの時点においては大きな変動があり、安定した作業が望めず、本研究の目的である作業者を勤務状況が流動的なパートタイムに想定し、突然の作業者の工程の代替が可能な生産ラインが望まれる職場における、流れ作業のピッチタイムとしては、いささか無理があると推察される。従って本実験よりも習熟した際の所要時間が、もう少し短くなるようなモデル作業を再び設定し、本実験と同様な検討をする必要がある。ただし、所要時間を短くし過ぎたあまりに、作業者がイライラするような精神的影響を与えたり、要員を多く必要とし、人件費等のコスト面への配慮を欠いたものであってはならず、総合的な見地からの考究が求められる。

3. 実験 II

3.1 実験方法

実験1で習熟した所要時間が49秒・29秒・18秒となった結果、作業に習熟するのに時間がかかり過ぎ、流れ作業のピッチタイムとして設計することは、本研究の目的からは若干問題があるように推察され、もう少し、所要時間を短くし、早く習熟するように設定した実験が必要とされた。そこで実験IIにおいては、もう少し時間が短くなるようなモデル作業を3通り決め、

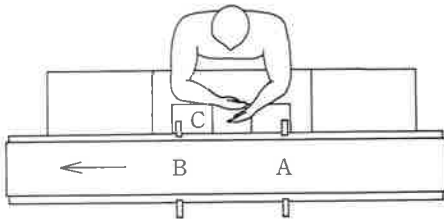


図5 作業場所のレイアウト

実験 I と同様の検討を行なった。図5は作業者の作業姿勢と作業場所のレイアウトを示したものである。椅子の高さは45 cm, コンベアの作業台の高さは70 cm, また作業者から作業者がコンベアで流れてくる部品を取り上げるA地点・完成品を置くB地点までの距離は約55 cm位である。そしてA地点とB地点の距離は約40 cm程度である。作業者は部品供給者がコンベアで流れてくる部品を取り上げるA地点で左手で取り上げ、他の部品をコンベアの手前の作業台の部品置場Cから決められた作業順序に従って取り、組立てる。組立てた完成品は右手で右前方のコンベアの完成品置場B地点へ置く。部品の供給はコンベアの送り速度を一応30 m/minで定速にしてあるが、部品供給者が作業者の作業スピードに合わせて部品を供給することによって調整している。測定データとしては、A地点から部品を取り上げたと同時にセンサーが働き、B地点に完成品を置いた時点でセンサーが働き、センサーと連動しているデジタイマによって測定されるその間の所要時間である。使用したコンベアは長さ2 m, 幅20 cmの普通の平ベルトコンベアである。

モデル作業は、実験 I よりも習熟した際の所要時間が短くなるよう、またそれぞれの所要時間が異なるように考慮し、

①モデル作業 D (コンセント組立作業)

電気器具をつなぐコンセントを組立てる。(写真4)

②モデル作業 E (蛇口組立作業)

プラスチック製の水道の蛇口を組立てる。(写真5)

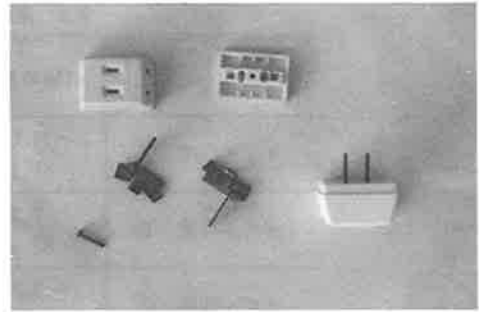


写真4 モデル作業D

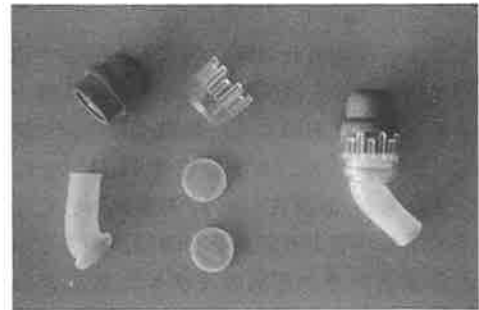


写真5 モデル作業E

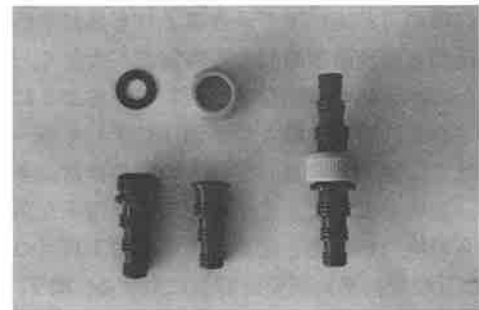


写真6 モデル作業F

③モデル作業 F (ジョイント組立作業)

プラスチック製のホースのジョイントを組立てる。(写真6)

の3通りの組立作業である。

被験者は実験 I 同様、実験に入る以前にそれぞれの作業の作業順序等については十分熟知した本学男子大学生(平均年齢21歳)3名である。実験は各被験者が各作業を1日30回繰り返し行ない、約3週間(20日間)にわたって行なった。

3.2 実験結果及び考察

(1) 作業の平均所要時間

図6はそれぞれのモデル作業における被験者3人の平均所要時間の変化を示したものである。実験Iの図2と同様の結果が現われており、平均所要時間は経過日数を増すに従って減少の傾向を示している。やはり作業者が作業に徐々に慣れ、所要時間を短縮していることが実験Iと同様に推測される。表3は表1と同様、第1日目の平均所要時間に対する第17日目の平均所要時間の割合と時間差を示したものである。表より所要時間が長いモデル作業Dがその習熟効果が最も大きく現われているが所要時間の最も短いモデル作業Fとあまり変わらない値を示しており、全体的に同じ傾向を示している。しかし、時間差ではやはり所要時間の長いモデル作業Dが最も習熟効果を表わしている。また、実験Iの表1のモデル作業B、モデル作業Cと比較すると所要時間が短いのに割合ではむしろ習熟効果が大きく現われているが、時間差ではやはり小さい値を示している。

(2) 作業時間のばらつき

図7は個別所要時間のばらつきの程度を示す標準偏差の値を示したものである。全体的には実験Iの図3と同じ傾向を示し、所要時間の長いモデル作業の方がばらつきも大きくなっているが、経過日数が増してもばらつきが小さくなる傾向は無く、変動はあるものの同じ位の値を

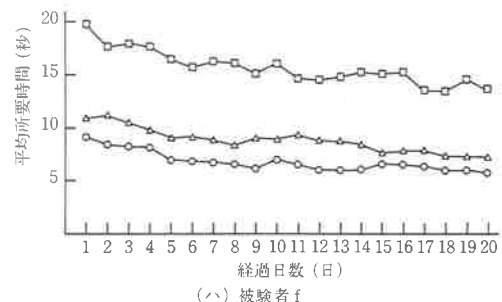
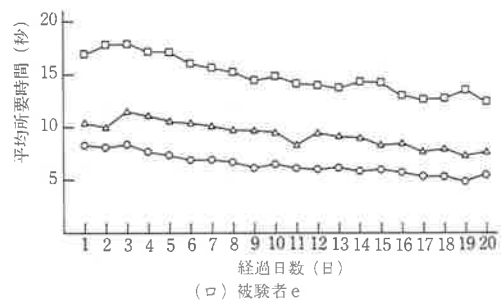
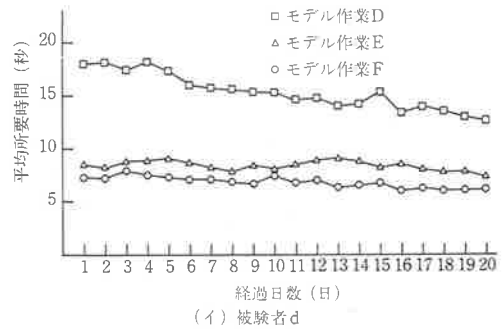


図6 平均値

表3 平均値の習熟効果 (秒/%)

被験者 モデル作業	被験者 d	被験者 e	被験者 f	平均
モデル作業 D	- 5.3 70.3	- 4.4 73.7	- 6.1 69.4	- 5.3 71.1
モデル作業 E	- 1.2 86.3	- 2.5 75.9	- 3.2 69.1	- 2.3 77.1
モデル作業 F	- 1.1 85.2	- 2.8 66.3	- 3.4 62.6	- 2.4 71.3

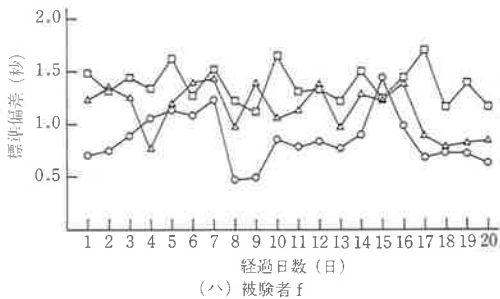
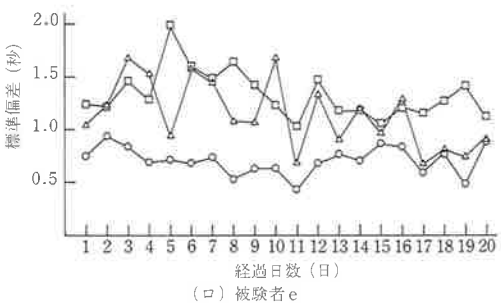
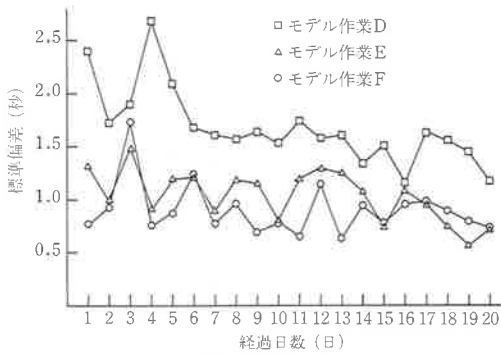


図7 標準偏差

示し、所要時間が短いことが影響していると推測される。

(3) 作業の習熟

図8は図4同様、習熟効果を累計平均所要時間を用いて示したものである。図4では共通して、実験開始初日から4日間位に大きな変化を示していたが、図8ではその変化の程度が小さくなっており、その後も徐々に低減しているが、横這もしくは増加傾向を示す部分もある。また、実験Iの結果と比較すると、習熟曲線が個別所

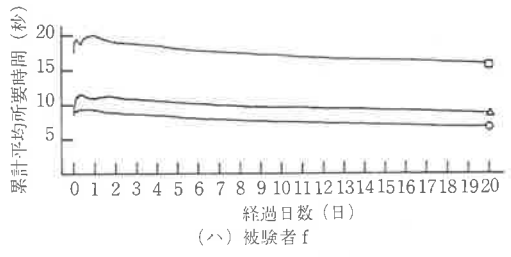
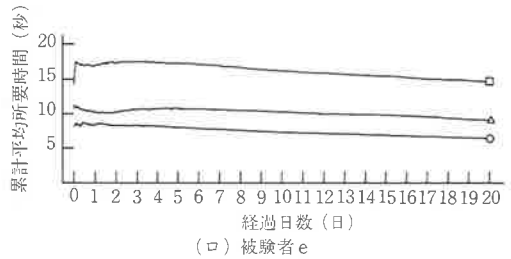
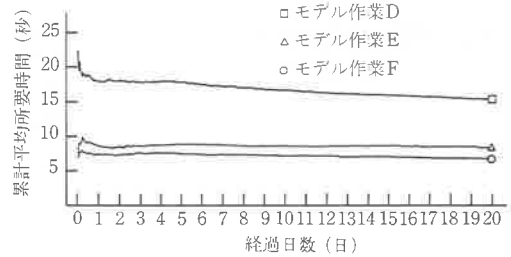


図8 累計平均値

要時間の間を通過しており、やはり所要時間が短い分、作業の単純化・容易さが増し、作業者がモデル作業に早く習熟して行くと推測される。表4は表2同様、累計平均所要時間の習熟効果の割合と時間差を示したものである。一般的には表2と同様に所要時間が長いモデル作業の方が習熟効果が大きく、割合も時間差も大きい値を示している。しかし、実験Iのモデル作業も含めて最も所要時間の短いモデル作業Fがむしろ次に所要時間の短いモデル作業Eよりも、被験者3人とも習熟効果が大きく現われている。これはあまりに作業が単純化され、容易になり過ぎたため、普通は習熟を起こす要因は複数で複合している場合が多いが、それが単純化され、単一化されることにより、単なる慣れからくる作業スピードのアップを招いているのではない

表4 累計平均値の習熟効果 (秒/%)

被験者 モデル作業	被験者 d	被験者 e	被験者 f	平均
モデル作業 D	- 4.1 78.9	- 1.1 92.9	- 3.2 83.0	- 2.8 84.9
モデル作業 E	0.3 103.4	- 1.8 83.7	- 1.4 86.4	- 1.0 91.2
モデル作業 F	- 0.7 90.8	- 2.0 76.3	- 2.6 72.4	- 1.8 79.8

かと推察される。

3.3 結 論

以上の実験Ⅰのモデル作業よりも短い所要時間になるよう、また異なるように設定したモデル作業D・E・Fの結果から結論として、実験Ⅰの結果よりは、実験開始直後の立ち上がりの時点の所要時間も長くなり、また変動も小さく、安定した作業が遂行されていると推察される。また、標準偏差の値も小さく、経過日数に関係なく、あまり変化がないように推察される。ただ、あまり所要時間の短い作業では、作業が単純化され過ぎて、作業に習熟するというよりはむしろ作業に慣れて、手の動かすスピードが増すことにより、所要時間が短くなり、習熟効果を大きく現わしていると推察されるので、あまり好ましいものではなく、また、あまりの作業の単純さに作業者がいらつき、作業ミスを引き起こす可能性もあり、これもまた好ましいものではない。そして、ピッチタイムを小さくし過ぎたため、要員を多く必要とし、コスト高になってはいけなく、ある程度の長さを持ち、作業の複雑さを持ち、本研究の目的にあった簡単に代理者を得られる様な習熟効果を考慮に入れたピッチタイムとしては、モデル作業D程度の約15秒位の所要時間が妥当であると推察される。

4. ま と め

作業設計に関する研究において、流れ作業における単調作業のピッチタイムについて、所要時間の異なる6通りのモデル作業を設定し、実験的に習熟効果を中心に考慮に入れた考察の結果、以下の結論が得られた。

- (1) 習熟は様々な要因により引き起こされるので、それらを改善する必要がある。
- (2) 所要時間の長い作業の方が習熟効果が大きい、長い習熟期間を必要とする。
- (3) 所要時間の長い作業の方が、新しく作業開始時において、大きな変化が生じやすい。
- (4) 所要時間があまり短すぎても作業が単純化され過ぎ、単に作業遂行の動作スピードの増加を招くだけである。
- (5) 本実験のモデル作業の最適ピッチタイムとしては約15秒位であると推察される。

本筆ながら、本研究に際し御協力いただいた唐牛賢治、楠吉友、松川理の各氏（八戸工業大学昭和60年度卒業生）、遠藤一彦、佐藤祐司、高橋諭の各氏（八戸工業大学昭和61年度卒業生）に心から感謝致します。

引用・参考文献

- 1) 労働省労働基準局監督課：単調労働，労務行政研究所（1970）

- 2) 師岡孝次：習熟性工学，建帛社（1969）1～15
- 3) 日本経営工学会編：経営工学便覧，丸善（1975）223～225, 269～270
- 4) 小嶋高良：パーソナルコンピュータのデータ入力作業における一連続作業時間について——最適作業時間の設計に関する研究——，八戸工業大学紀要，Vol. 4（1985）1～14
- 5) 小嶋高良：パーソナルコンピュータのデータ入力作業における習熟について（第2報）——最適作業時間の設計に関する研究——，八戸工業大学紀要，Vol. 5（1986）1～7
- 6) 長町三生：職務充実の設計，ダイヤモンド社（1973）
- 7) 近藤武・堀江良典：単調労働の問題点に関する一考察，日本大学生産工学部第9回学術講演会，（1976）85～88
- 8) 師岡孝次：作業習熟の経済原則，日本経営工学会誌，Vol. 28, No. 1（1977）37～43
- 9) 中山・師岡：手の要素動作の習熟について，人間工学，Vol. 16, No. 1（1980）37～40
- 10) 曾根・殿木：多因子作業の習熟に関する一考察，Vol. 32, No. 2（1981）118～124
- 11) 川上・上野：二つの異なる作業方式における作業習熟に関する一考察——組立作業システムの設計に関する研究——，日本経営工学会昭和60年度春季大会予稿集，（1985）45～46
- 12) 岸田孝弥：一連続作業時間に関する一考察，日本経営工学会昭和54年度春季研究発表会予稿集，111～112，（1979）