作業手順情報の記憶過程に関する研究*

Pongthorn JITTACHALOTHORN**

In this study, the simple manipulative task of “pick and place” has been performed with instructions available through a computer by “assembling position-part assembled-place of part stored” memorization sequence. Proposed memorization border model and pattern classification of the memorization border curve can be applied to analyze the effect of the number of assembled parts on the memorization process. From the results of analysis, the memorization process is divided into two categories, middle and neighborhood preceding memorization process. The memorization border curve is useful to analyze memorization trend in term of number of parts. The comparison between individual memorization border curves gives ideas of the individual inclination. The combination work method of the middle preceding memorization process on the first half work elements and the neighborhood preceding memorization process on the latter half work elements is proposed as the efficient task guideline.

本研究では情報の記憶過程の特徴と個人特性を調べる方法を提案するために、コンピュータから与えられる作業手順情報をもとに有効な取付場所記憶方法と“取付場所-部品-部品置場所”の記憶順序で情報を記憶し、部品箱に配置された単純な部品を所定の位置に取り置く作業を対象にした実験を行った。記憶境界線モデルと記憶境界線パターンを用いて取付点数が記憶過程に与える影響を動作レベルで分析することによって、作業手順情報の記憶過程には中間先行型と周囲先行型記憶過程があることと、取付点数の変化による記憶境界線を把握することができた。さらに実験と基準の記憶境界線を比較することによって、個人特性を分析・評価することが可能になり、“要素作業を前半・後半に分割したうえで、先に前半の要素作業を中間先行型記憶過程で、次に後半の要素作業を周囲先行型記憶過程で記憶する”という作業ガイドラインを提案することができた。

(キーワード：習熟過程，記憶過程，記憶境界線，要素作業の情報)

1. はじめに

組立作業における作業者の習熟現象について多くの研究では習熟現象をマクロ的にとらえて、測定された習熟効果（作業時間）の数学的モデルを作成している。最近では複合分布の α - β モデルで回帰を行った習熟過程の研究^{2,3)}や、作業時間のバラツキを定量的に把握して作業者の習熟状態を達成度で評価する研究^{17,24)}や、作業時間と部品種類数の関係を回帰式で表し作業

者の適正作業量と最適作業分割量を定める研究^{5,10,26)}

もある。これらの習熟モデルによる研究は作業者の動作レベルまで細かくとらえたものではなく、どの動作が習熟を引き起こすのかなどについての作業習熟の構造を明らかにしたものとはいえない。

作業の習熟は、作業スキルの習熟と作業手順の習得に分けられる。一般に作業習熟という場合には主として作業スキルの習熟を意味しており、これに付随するものとして作業手順の習得を扱うのが普通であろう。作業スキルの習熟とは、工具の使い方や作業を行う際のコツなどの作業能力であり、一度それらのスキルに習熟してしまえば、作業内容が変更されても作業そのものに対応できる場合が多い。一方、作業手順の習得

* 1997年2月19日受付

** 慶應義塾大学 理工学研究科

Faculty of Sci. and Tech., Keio Univ.

とは、作業を行う際の手順などの情報であり、各作業固有のものであるため、作業者や作業内容が変更されるたびに作業手順の習得が必要となる。このことから、作業手順の習得が実際の組立作業に与える影響は大きいと考えられる。

前報では作業スキルは考慮せず作業手順の習得を扱い、組立作業を行ううえで必要となる作業手順の情報を動作レベルでとらえ、その情報の記憶程度を測定するための実験設備と分析方法を提案して、情報の記憶程度を示す曲線による“記憶モデル”を適用したところ、従来の作業時間値による習熟モデルよりも動作レベルでの習熟現象をより明確に把握できた²⁷⁾。さらに作業手順の情報の記憶過程における情報間の関連づけの構造を明らかにしたうえで、部品、部品置場所、取付場所という3つの情報の記憶においては、取付場所に関連させてほかの情報と記憶する方法が優れ、取付場所-部品-部品置場所という記憶の順序が効率的であることを提案できた²⁸⁾。しかし、作業手順の習得過程における記憶構造を明確に把握して、被験者固有の特性を明らかにするには至らなかった。

本研究では、研究対象としている小・中型機械の組立作業を単純化した作業において、部品情報、部品置場所情報、取付場所情報の3つの作業手順情報を取付場所を中心に記憶する方法で、“取付場所-部品-部品置場所”の記憶順序²⁸⁾に従って記憶する。これにより詳細な記憶量を実験的に計測し、記憶過程における要素作業の記憶の分布を分析してパターンに分類し、取付点数（組立本体に取り付ける部品数）がこれらのパターンに及ぼす影響を動作レベルで調べる。これによって情報の記憶過程の特徴と個人特性を分析する方法を提案することが本論文の目的である。

2. 実験

2-1. 対象作業と実験設備

実際の組立作業では、さまざまな作業情報を習得するために作業標準書を参照しながら作業を行っている。頻繁に使用する部品の部品箱の配置は、作業者の正面に配置する場合が多く、さらにそれらを身体の正面の机上で取り付ける場合がよくみられる。本研究は作業手順情報の習得に着目しているので、作業スキルの必要のない作業をモデル作業に選定して、作業スキルの習熟への影響を排除している。実験では“手腕動作・情報取得時間や記憶量の測定方法、記憶可能な情報量、記憶する作業手順情報”などを考慮したうえで、コンピュータから逐次与えられる情報をもとに、部品箱に

配置された単純な部品を取って、それを机上に設定した組立本体の所定の位置に置くという単純化された作業を対象作業とする。このモデル作業を、本研究ではレゴ作業とよぶことにする。

レゴ作業では、1部品の取り付けごとに、部品情報、部品置場所情報、取付場所情報の3つの作業手順情報を示す画面（図1a）がモニタに順番に表示される^{22,27)}。部品情報画面では取り付けられる全種類の部品を示したうえで、取り付けるべき1部品を四角で囲んで部品情報を与える。部品置場所情報と取付場所情報画面では、対象部品が置かれている部品箱の場所と対象部品を取り付けるプレートの場所を色表示して、場所情報を与える。

モニタ、部品箱、プレートなどの実験設備のレイアウトを図1b～fに示す。部品は、部品を取る、あるいは取り付ける作業のスキルの習熟がなく、部品形状によって作業手順が連想されにくいと考えられるレゴ・ピース（プラスチック製の商標名LEGO）を使用した。実験では、6種類の形状と5色の組み合わせで、合計30種類のレゴ・ピースを用いた。部品箱は、実作業で一般的に用いられる部品供給箱をモデル化した6行×5列のセルをもつ箱である。組立本体は部品箱と同様の6行×5列のセルをもつレゴ・ピースを置くためのプレートである。さらに“部品箱の配置”と“プレートに取り付ける部品の配置”が作業手順情報の記憶順序に影響しないように、各実験では乱数を用いてこれらの配置を設定した。

2-2. 実験計画

取付点数の影響をみるため、取付点数として3水準（10, 20, 30個）を設けた。1実験で作成するプレート数は予備実験でレゴ作業の習熟が完了したと判定された30プレートとした。手順情報の記憶に関しては、前報²⁸⁾により取付場所記憶方法と“取付場所-部品-部品置場所”の記憶順序が有効であったので、本研究では被験者全員がこの記憶方法と記憶順序で実験を行った。被験者は男子大学生6名で、実験は日間変動をおさえるために乱塊法を用いて計画した。1水準の実験の繰り返し数は、ブロック因子として影響の必要な最低限度である3回とし、各被験者は9実験（3水準×3回）ずつ、合計54実験を行った。また、疲労の影響がでないように、1実験終了ごとに最低30分間の休憩をとった。1日の実験数は4実験以内とし、各被験者は3日間以内にすべての実験を終えた。実験室は室温25～28℃、湿度50～70%に保持され、被験者が外部の騒音に影響されることはなかった。

図1 実験設備と実験風景
Fig.1 Experimental equipment and environment.

2-3. 実験データ

モニタに示された作業指示に従い、部品箱からレゴ・ピースを1つ取ってプレートに置くという動作(1サイクルの要素作業)を取付点数回だけ繰り返して、1プレートのレゴ作業が完了する。1つのレゴ・ピースを取ってからプレートに置くまでの1サイクルの動

作内容を図2に示す。被験者の手順情報の記憶度合を測定可能にするために、情報スイッチとホームスイッチを導入した。実験初期においては、情報スイッチを押す動作が情報取得動作であり、情報スイッチを押さないで部品を取る、および取り付ける動作が手腕動作である。被験者がいずれかの手順情報を記憶するとその情報の指示画面が不必要となる。部品情報を記憶し

図2 レゴ作業1サイクルのフローチャート

Fig. 2 Flowchart of operation sequence for LEGO assembly task.

てスキップする場合には、情報スイッチの代わりにホームスイッチを押すことによって計測を行う。部品置場所情報と取付場所情報を記憶してスキップする場合には、情報スイッチを押す代わりに、部品箱とプレート表面に設置された光電スイッチを被験者が手で遮断

することを検出して計測を行う。このスキップ回数(情報指示を必要としない数)を部品数で表したものをその1プレートの“記憶量”と定義し、情報を記憶してスキップする要素作業(情報指示を必要としない要素作業)を“記憶済要素作業”とよぶことにする。

1つの要素作業の記憶過程をみると、あるプレートまでにその回数だけ情報が繰り返して指示されている。そのプレートまでに情報を記憶すると情報指示が必要なくなり、情報を記憶できた状態となる。本研究では、この情報指示が必要なくなる時点を記憶の境界と考え、各要素作業のこのような時点を“記憶境界”とよぶことにする。

記憶済要素作業の概念的分布を図3に示す。X軸に30プレートのレゴ作業の流れを、Y軸に各プレート中の要素作業の流れを表現したマトリックス上に記憶済要素作業の分布を示したものである。

作業手順情報を記憶する過程では、早く記憶されるものから遅く記憶されるものまで順番に記憶していく。図3の場合には、5と6番目の要素作業の記憶が早く、2プレート目には両方ともすでに記憶済（○印で表現する）である。早く記憶される要素作業は、ほかと比べて記憶しやすいためと考えられる。プレートが進むにつれて、この5と6番目を中間としてその前後の要素作業の情報が記憶され、記憶が周囲へ広がっていく（←5, 6→）。これを“中間先行型記憶過程”とよぶ。逆に20と21番目の要素作業の記憶は最も遅く、その前後の要素作業の情報のほうが先に記憶される。このように遅く記憶される要素作業は、ほかと比べて記憶しにくいためと考えられる。プレートが進むにつれて、周囲から記憶が遅い情報へと進んでいく（→20, 21←）。これを“周囲先行型記憶過程”とよぶ。初めて全要素作業を記憶した時点（16プレート目）を記憶完了

点とよぶことにする。記憶済要素作業の分布において、未記憶と記憶済の部分に分ける線（各要素作業の記憶境界を結ぶ線）を“記憶境界線”とよび、各プレートの記憶済要素作業の和はそのプレートの記憶量^{19,22,27)}になる。

3. 分析

3-1. 記憶境界線モデル

1実験の取付場所情報における記憶済要素作業の分布例を図4aに示す。1と2プレート目にはどの要素作業の情報も記憶していないが、3プレート目になると1, 2, 30番目の要素作業の情報を記憶した。4プレート目には、3と29番目の情報を新たに記憶した代わりに1と2番目の情報を忘却したが、30番目の情報は3プレート目から2プレート連続して記憶したので、この30番目の情報は記憶が確定したとする。

人間には完全な記憶というものはなく忘れることが普通であり、図4aにみられるように、レゴ作業でも一度覚えてもまた忘れるということがある。そのためにどのプレートで記憶したと明快に判定する基準を設定することは難しい。そこで、各要素作業の情報を2プレート連続して記憶した場合、記憶し始めたプレートで、すでに記憶済と本研究では判定した。

要素作業の情報がいつから記憶済かということ把握すると、図4aに示すような記憶境界線が得られる。これにより2～7番目の要素作業の情報は記憶が容易であるが、18～26番目の要素作業の情報は記憶が困難であることがわかる。

記憶境界線の実験式として3次方程式を採用し、記憶済要素作業から得られた記憶境界線にあてはめた（図4b）。回帰分析の結果、相関係数は0.80～0.90であり、要素作業の情報の記憶境界線の変化を説明する実験式であると判断した。このあてはめられた曲線を記憶境界線とよぶことにする。この記憶済要素作業と記憶境界線によって記憶過程を分析する方法を“記憶境界線モデル”とよぶことにする。

3-2. 記憶境界線による分析

被験者ごとの取付点数による取付場所情報の記憶境界線を図5に示す。取付点数が10個の場合（本論文では10取付と省略する）の被験者S1, S5の記憶境界線をみると、1番目の要素作業から順番に情報を記憶している。これは取付部品が10個で記憶すべき情報が比較的少ないので、要素作業の情報を取付順に関連づけて記憶しているためである。

図3 概念的な記憶境界線（取付点数30個）

Fig. 3 Conceptual memorization border curve (30 assembled parts).

被験者：S1 取付点数：30個 繰り返し：3回目

(a) 記憶済要素作業の分布
(Distribution of memorized work elements)

(b) 記憶境界線
(Memorization border curve)

図4 記憶境界線モデル (取付点数30個)

Fig. 4 Memorization border curve model (30 assembled parts).

図5の20取付の被験者S4のように単一の周囲先行型と思われるパターンでは、回帰曲線の形状が一山形になっている。このパターンになるものでは、20取付の被験者S4と30取付の被験者S5の場合には最初の要素作業の情報から、逆に20取付の被験者S3と30取付の被験者S2, S4, S6の場合には最後の要素作業の情報から中間の情報へと記憶する周囲先行型記憶過程がみられる。これは取付部品が20個あるいは30個で記憶すべき情報が比較的多いので、要素作業の情報を記憶が容易な周囲の情報から関連づけて記憶しているためである。

残りの実験の記憶境界線をみると、中間先行型と周囲先行型記憶過程が一對になっている。これは被験者が要素作業の情報を記憶が容易な情報と困難な情報に分割し、記憶が容易な情報を先に記憶してから残りの困難な情報を記憶するためであろう。

記憶境界線のパターンの度数の分散分析を行った結果、被験者間で5%、取付点数間で1%有意差が認められた。つまり、被験者間の記憶過程における要素作業の情報の記憶パターンの差はわずかであるが、取付点数間には明確な差がある。記憶境界線のパターンは実験要因の取付点数の増加に対応して図6に示すように分類できる。レゴ作業の1プレート目は、被験者は初めて要素作業の情報を得るため、未記憶である。10

取付の場合には、要素作業が少ないので2プレート目から記憶済要素作業があり、情報の示される順番に記憶する。このような記憶境界線を取付順記憶とよぶことにする。20取付(被験者によっては30取付)の場合には、記憶すべき情報が多いので最初の記憶済要素作業が2プレート目より遅くなり、記憶容易な要素作業の情報を中間先行型記憶過程で、次に記憶が困難な情報を周囲先行型記憶過程で記憶する傾向がみられる。このような記憶境界線を分割記憶とよぶことにする。30取付になると要素作業がかなり多いので、最初の要素作業記憶が2プレート目よりさらに遅くなり、記憶が容易な情報を特定できないため、全体の要素作業の情報を周囲先行型記憶過程で記憶する傾向がみられる。このような記憶境界線を容易順記憶とよぶことにする。

これらの3つの記憶境界線のパターンにおいて、前半の要素作業から記憶するものを前半優先記憶、逆のものを後半優先記憶とよぶことにする。前半優先記憶(67%)のほうが後半優先記憶(33%)より多い理由は、レゴ作業では要素作業の順番に情報が示されるので、要素作業前半の情報のほうが後半の情報より先に記憶する可能性が高くなるためと考えられる。

3-3. 記憶完了点による分析

実験結果において取付順記憶の記憶境界線は少ない

図5 被験者と実験水準による記憶境界線 (取付場所情報の繰り返し3回目)
Fig.5 Memorization border curve with experimental level (Third repeat of assembling position information).

図6 取付点数の変化による記憶境界線のパターン

Fig. 6 Pattern of memorization border curve with various assembled parts.

(10 取付の被験者 S1 と S5 の 2 例のみ) ので、以下の分析では対象外とする。

記憶境界線のパターンごとの記憶完了点の度数分布を図 7 に示す。これをみると、10 取付の場合には分割記憶 (41 %) のほうが容易順記憶 (24 %) より多く、20 取付になるとほぼ同数 (35 % と 31 %) になり、30 取付になると容易順記憶 (45 %) のほうが分割記憶 (25 %) よりも多くみられる。

分割記憶 (図 7 a) の 10 と 20 取付の記憶完了点はそれぞれ 3～12 プレート目 (平均 6.82 プレート) と 5～14 プレート目 (平均 8.58 プレート) に分布しており、30 取付の場合は 13～17 プレート目 (平均 13.90 プレート) になる。容易順記憶 (図 7 b) の 10 と 20 取付の記憶完了点はそれぞれ 5～9 プレート目 (平均 7.21 プレート) と 5～12 プレート目 (平均 9.50 プレート) に分布しているが、15 と 21 プレート目まで遅れる場合もある。30 取付の記憶完了点は 6～14 プレート目 (平均 11.20 プレート) に分布し、16～23 プレート目まで遅れる場合もある。

これらのことから 30 取付未満では、記憶完了点の平均プレート数からみると、分割記憶のほうが容易順記憶

よりも効率的であることと、取付点数が 30 個に増加しても分割記憶は可能であるが、記憶完了点の多くは最も遅いプレートになっており、分割しない場合 (容易順記憶) よりも記憶完了点の分布が相対的に遅れていると思われる。

4. 考 察

4-1. 基準記憶境界線の定義

30 取付の場合には分割方法に注意する必要があるが、30 取付未満では中間先行型と周囲先行型記憶過程に分割して記憶すれば、より正確に早く記憶できると考えられる。これは要素作業の情報には記憶容易な情報もあれば記憶困難な情報もあるので、それらを同時に記憶することは難しいためである。そこで最初は記憶困難な情報を記憶しない (休憩) ようにしながら記憶容易な情報を記憶してから記憶困難な情報を記憶するほうが効率的だと考えられる。すなわち、前半・後半優先記憶のいずれの場合でも、まず中間先行型記憶過程で記憶が容易な情報を記憶し、この記憶過程が終

(a) 分割記憶の場合
(Case of divided memorization)

(b) 容易順記憶の場合
(Case of easy order memorization)

図7 記憶境界線のパターンによる記憶完了点の分布

Fig. 7 Distribution of completely memorized point with various pattern of memorization border curve.

了した時点で周囲先行型記憶過程を開始して記憶が困難な情報を記憶する方法である。

そこで望ましいと考えられる分割記憶の記憶境界線を“基準記憶境界線”(図8)とよび、これを求めることを考えてみる(図9, 10では前半優先記憶だけを説明する)。プレート数に関して中間先行型と周囲先行型記憶過程の分割点を記憶境界線分割点とよび、要素作業に関して前半と後半の分割点を要素作業分割点とよぶことにする。記憶境界線分割点より2プレート目までの範囲をプレート前半、記憶完了点までの範囲をプレート後半とよび、要素作業分割点より1番目の要素作業までの範囲を要素作業前半、N番目の要素作業までの範囲を要素作業後半とよぶことにする。

4-2. 基準記憶境界線の決定方法

分割記憶の場合の記憶境界線分割点と要素作業分割点の決定例を図9aに示す。図9aのように、周囲先行型記憶過程の最も記憶困難な情報より1番目の要素作業の情報を先に記憶する場合がほとんどであり、1番目の要素作業の情報を記憶した時点を経験境界線分割点とし、プレートを前半と後半に分割する。この記憶境界線分割点(1番目の要素作業)上の“中間先行型と周囲先行型記憶過程の中間にある要素作業(○)”までの要素作業数を N_1 、“周囲先行型記憶過程の最も記憶困難な要素作業(○)”までの要素作業数を N_2 とする。この N_1 と $N_2/2$ の midpoint を要素作業分割点とし、要素作業を前半と後半に分割する。

(a) 要素作業分割点の決定
(Determination of
work elements dividing)

Fig. 9 Regression of standard memorization border curve (Case of divided memorization).

4-3. 実験と基準記憶境界線の比較

基準記憶境界線の記憶境界線分割点と要素作業分割点によって、記憶完了点までの要素作業の範囲（図 9 b, 10 b）は 4 分割され、そのなかでプレート前半-要素作業前半、プレート後半-要素作業後半の 2 つの領域（シェード部）での比較が大切になる。実験から得られた記憶境界線を“実験記憶境界線”とよぶことにし、両曲線を積分すると、実験と基準の各領域の記憶済要素作業の差を把握することができ、これらの差を記憶済差異とよぶ。情報を記憶するタイミングが早い場合（早着記憶とよぶ）には記憶済差異が正の値になり、遅い場合（遅延記憶とよぶ）には負の値になる。さらに早着記憶や遅延記憶がみられなくタイミングよく記憶する場合（バランス記憶とよぶ）には 0 に近い値になり、この情報の記憶過程は基準に近いといえる。また

(b) 実験と基準の記憶境界線
(Experimental and standard
memorization border curve)

図 10 基準記憶境界線のあてはめ (容易順記憶の場合)

Fig. 10 Regression of standard memorization border curve (Case of easy order memorization).

両曲線を比較することにより、プレート数が進むにつれて“どの要素作業”を“いつ記憶したか”がわかるため、情報の記憶過程における個人特性を把握したり記憶構造の改善ができると考えられる。

後半優先記憶の場合も同様な結果になるため、取付順記憶を除く前半優先記憶の場合の全実験に関する各領域の記憶済差異の分析結果を図 11 に示す。曲線はそのグループの記憶境界線の例であり、ヒストグラムは被験者ごとの度数分布を表すものである。要素作業前半の遅延記憶パターン (図 11 a) は被験者全員に現れ、被験者 S1～S3 のほうが被験者 S4～S6 より多くみられた。さらに被験者 S3～S6 はほとんど容易順記憶の場合である。これらの実験記憶境界線をみると、プレート前半の範囲内で要素作業前半の情報を記憶できずプレート後半まで遅れてしまっている。これは要素作業全体の情報をうまく分割しておらず、多くの情報を同時に記憶しようとするためである。はじめのほうのプレートでは、要素作業前半の情報に集中して記憶すればもっと早く記憶できるはずであるが、要素作業後半の情報も記憶しようとするために、要素作業前半の情報を記憶するタイミングが遅れることになり、結果として記憶境界線のパターンが容易順記憶 (特に被験者 S3～S6 の場合) になったものと考えられる。

要素作業後半の早着記憶パターン (図 11 b) は被験者全員に現れたが、被験者 S3～S6 は容易順記憶の場合もある。これらの実験記憶境界線をみると、プレート前半の早いプレートで要素作業前半の情報を記憶してしまい、要素作業後半の情報の記憶を開始している。

これは要素作業全体の情報をうまく分割しているだけでなく、分割した後半の情報を積極的に早い時点から記憶するためである。はじめのほうのプレートで要素作業前半の最初の情報を記憶するときに、要素作業後半の最後のほうの情報も記憶している。この早着記憶パターンは要素作業後半の情報を記憶するタイミングを早めることになるが、疲労やミスなどが多くなる可能性も考えられる。

要素作業バランス記憶パターン (図 11 c) は被験者 S1, S2, S4 に現れた。これらの実験記憶境界線をみると、プレート前半で要素作業前半の情報を記憶してからプレート後半で要素作業後半の情報を記憶するものであり、最も基準記憶境界線に近く記憶済差異が小さい。これは要素作業全体の情報をうまく分割して記憶するだけでなく、タイミングよく記憶するためである。これにより記憶に関する疲労やミスなどを減らすことができ、さらに情報を正確に早く記憶できると考えられる。

上記の分析結果から、被験者全員に現れた遅延記憶や早着記憶パターンに着目して、要素作業全体の情報をうまく分割してタイミングよく記憶することに注意すれば、記憶境界線のパターンが分割記憶で、かつバランス記憶になり、作業手順の記憶がより効率的になると考えられる。被験者 S1, S2 の場合はほとんどが分割記憶であるうえに、バランス記憶が現れており、要素作業全体をうまく分割してタイミングよく記憶する特性がある。一方、被験者 S3～S6 の場合には容易順記憶が多く、要素作業全体をうまく分割できない特

図 11 実験と基準記憶境界線の比較による結果（前半優先記憶の場合）

Fig. 11 Comparison result between experimental and standard memorization border curve (Case of prior memorization first half work elements).

性があると考えられる。

本研究で用いた記憶境界線モデルで要素作業の基準記憶境界線を分析すると、バランス記憶（図 11 c）は前半・後半優先記憶の場合のいずれでも基準記憶境界線に近いといえる。レゴ作業では要素作業の順番に情報が示されるため、要素作業前半の情報のほうが先に取得されると思われる。そのため全体の要素作業を前半・後半に分割したうえで、先に前半の要素作業を中間先行型記憶過程で、次に後半の要素作業を周囲先行型記憶過程で要素作業の情報を記憶すべきである。すなわち作業手順情報を取付場所記憶方法と“取付場所-部品-部品置場所”の記憶順序で、要素作業の情報を分割して前半優先記憶の分割記憶パターンで記憶すべきである。

5. まとめ

本研究では、部品箱に配置された単純な部品を所定の位置に取り置く作業を対象作業とし、コンピュータから与えられる手順情報をもとに有効な取付場所記憶方法と、“取付場所-部品-部品置場所”の記憶順序²⁸⁾で実験を行い、取付点数が記憶過程に与える影響を動作レベルの記憶境界線パターンを用いて分析することによって以下の結論を得た。

- (1) 作業手順情報の記憶過程には、中間先行型記憶過程と周囲先行型記憶過程があることが明らかになった。
- (2) 取付点数の増加に伴って、記憶境界線パターン

が取付順記憶→分割記憶→容易順記憶と変化することが明らかになった。

- (3) 記憶過程の記憶済要素作業に2次関数であてはめた基準記憶境界線によって、取付点数の変化による記憶過程の特性を把握できた。
- (4) 実験と基準の記憶境界線を比較することにより、記憶過程の記憶済差異を用いて個人特性を分析・評価することが可能になった。

この結論を作業ガイドラインとして示せば、“要素作業を前半・後半に分割したうえで、先に前半の要素作業を中間先行型記憶過程で、次に後半の要素作業を周回先行型記憶過程で記憶すべきである”ということになる。

今後の課題としては、記憶過程における作業手順情報の分割方法、個人差への適用方法などを考えている。

参考文献

- 1) Steven, L. J. : Effect of Training Device on Retention and Transfer of a Procedural Task, *Human Factors*, 23(3), 257~272, 1981.
- 2) Paul, A. L., Timothy, C. F., David B. P. : Capacity Demands in Short-Term Memory for Synthetic and Natural Speech, *Human Factors*, 25(1), 17~32, 1983.
- 3) 高橋 誠 : CRT ディスプレイ観察時の目の調節機能, *労働科学*, 59, 345~353, 1983.
- 4) Walter, S. : Training High-Performance Skills : Fallacies and Guidelines, *Human Factors*, 27(3), 285~300, 1985.
- 5) 川上満幸, 上野俊夫, 鶴飼隆好 : 二つの異なる作業方式における作業習熟に関する研究 (組立作業システムの設計に関する研究), *日本機械学会論文集 (C編)*, 52(481), 2581~2585, 1986.
- 6) Pawel, L., Maria, C., Hunter, H. : Unconscious Acquisition of Complex Procedural Knowledge, *J. Experimental Psy. : Learning, Memory, and Cognition*, 13(4), 523~530, 1987.
- 7) Richard, A. C. Marc, A. S., Walter S. : Practice and Working Memory Effects in Building Procedural Skill, *J. Experimental Psy. : Learning, Memory, and Cognition*, 15(3), 517~526, 1989.
- 8) Asher, C., Richard, I. I., Steven, W. K. : Attentional and Structure in Sequence Learning, *J. Experimental Psy. : Learning, Memory, and Cognition*, 16(1), 17~30, 1990.
- 9) 金子友保 : 組立作業の習熟に対する手持ち部品点数と部品種類の影響, 慶応義塾大学修士論文, 1990.
- 10) 川上満幸, 上野俊夫 : 部品の種類数と点数からみた適正作業量に関する研究 (組立作業システムの設計に関する研究), *日本経営工学会誌*, 40(6), 421~426, 1990.
- 11) Phillip, L. A. : A Correlational Analysis of Skill Specificity : Learning, Abilities, and Individual Differences, *J. Experimental Psy. : Learning, Memory, and Cognition*, 16(5), 883~901, 1990.
- 12) Peter, A. F. : Transfer of Composed Knowledge in a Multistep Serial Task, *J. Experimental Psy. : Learning, Memory, and Cognition*, 17(5), 997~1016, 1991.
- 13) 渡辺 茂 : 部品点数及び部品属性が情報の判断時間に及ぼす影響の研究, 慶応義塾大学修士論文, 1991.
- 14) Karashima, M., Seki, H., Saito, M. : The relationship between the quantity of human information processing and performance error in VDT work, *WWWDU '92*, I-4~5, 1992.
- 15) Pierre, P., Michel, A. A. : Conscious Knowledge and Changes in Performance in Sequence Learning : Evidence Against Dissociation, *J. Experimental Psy. : Learning, Memory, and Cognition*, 18(4), 785~800, 1992.
- 16) Richard, A. C., David, H. L. : Consistency and Restructuring in Learning Cognitive Procedural Sequences, *J. Experimental Psy. : Learning, Memory, and Cognition*, 18(1), 127~141, 1992.
- 17) 福田康明, 大久保堯夫 : 達成度手法による作業習熟の研究, *人間工学*, 29(4), 215~222, 1993.
- 18) 辛島光彦 : 情報取得における視・聴覚併用の有効性に関する研究, *人間工学会*, 29(suppl.), 480~481, 1993.
- 19) Jittachalothorn, P. : 作業手順習得過程に関する研究, 慶応義塾大学修士論文, 1993.
- 20) Tim, C., Steven, W. K. : Attentional and Nonattentional Forms of Sequence Learning, *J. Experimental Psy. : Learning, Memory, and Cognition*, 19(1), 189~202, 1993.
- 21) 辛島光彦, 岡村俊彦, 斎藤むら子 : 短期記憶保持を伴う作業の呈示情報量に関する研究, *人間工学*, 30(2), 63~69, 1994.
- 22) Jittachalothorn, P., Kanazawa, T. and Matsumoto, T. : Information Memory of Learning

Process for Manual Assembly Task, Proceedings of the 16th Annual conference on Computers and Industrial Engineering, Mar. 1994.

- 23) 佐々木久子, 藤田恵璽: 手先動作の熟達過程における所要時間分析, 人間工学, 30(3), 179~186, 1994.
- 24) 福田康明, 大久保亮夫: 作業習熟の転移と評価に関する研究, 人間工学, 31(3), 197~204, 1995.
- 25) 辛島光彦, 斎藤むら子: 視覚情報集中型作業における情報提示方法に関する研究, 人間工学, 32(2), 105~110, 1996.
- 26) 三林洋介, 上野俊夫, 大久保亮夫, 川上満幸: 人間作業におけるとまどい現象と最適作業に関する研究, 日本経営工学会論文誌, 47(3), 150~156, 1996.
- 27) Jittachalothorn, P., 金沢 孝, 松本俊之: 作業手順習得過程の記憶度合とその評価法, 人間工学, 32(2), 63~70, 1996.
- 28) Jittachalothorn, P., 金沢 孝, 松本俊之: 部品種類数と取付点数の組み合わせによる作業手順習得過程の記憶方法に関する研究, 人間工学, 33(5), 1997.