

# 組立作業の繰り返しで「慣れ」は起こるか？(2) : 学習により生成される内的表象から考えるエラー発生機序 Does habituation occur with repetitions of assembly tasks? (2): What kinds of internal representations are learned that introduce errors in task performance?

原田悦子<sup>†</sup>, 安久絵里子<sup>†</sup>, 椎葉黎<sup>†</sup>, 渡部健<sup>†</sup>, 富田智晶<sup>‡</sup>, 赤津裕子<sup>‡</sup>  
Etsuko T. Harada, Eriko Ankyu, Rei Shiiba, Takeshi Watanabe, Chiaki Tomita & Hiroko Akatsu

<sup>†</sup>筑波大学, <sup>‡</sup>沖電気工業(株)

University of Tsukuba, Oki Electric Industry Co.

etharada@human.tsukuba.ac.jp

## 概要

マニュアルを見ながら同一あるいは類似の課題を複数回繰り返す実験室実験を行い、その結果として実施者にはどのような学習すなわちマニュアル情報の内在化がなされるのか、その結果として「マニュアルを見ないで課題を行うと」どのような問題が発生するのかを検討した。その結果、学習段階の最終時点と同様の課題達成が可能である場合とそうではない場合があること、そのいずれにおいても、内在化されたマニュアル情報は組立て順序の情報を必ずしも擁しておらず、意味的構造化がなされていること、その組立て順序に「組立て時の曖昧さを減ずる効果がある」などの価値がある場合に、マニュアル自体があることの効果が大きく観られることが示唆された。

キーワード：組み立て課題, 学習, 慣れ, マニュアル

## 1. 背景と目的

多品種小ロット生産が主流となっている現状、各種の組立工場では、一見類似しているが詳細は異なる多くの工程を含む組立作業が必要となっている。こうした場合、組立エラーが生じうる確率は高くなり、そのため「厳密にマニュアルを参照し、チェックしながら」組立作業を行うことが作業者に強く求められるようになっている。しかし、それにもかかわらず、複数過程のマニュアルチェックを「まとめて実施」するなどの逸脱行為が多く発生し、同時に組立エラーは減少しないという困難な状況になっている。

本研究はこうした問題の解決のための認知科学的アプローチとして、同じ課題あるいは類似課題を反復して組み立てる課題を実施した結果として、どのような学習が生じ、その結果がどのような現象として現れているのかを実験的に検討している。すなわち、こうした「反復による行動変化」は日常用語では「慣れ」と呼ばれ、「慣れによってエラーが生じる」といった表現がなされる。しかし、実際の認知的過程において、何が生じ

ているのかについての詳細は必ずしも明らかではない。

「マニュアルを見ながら実施する課題」の反復における何らかのエラーが生じやすくなるという現実現象から考えられる仮説として、マニュアルに書かれた情報を内在化する形での学習が生じているが、その学習の結果として得られたものが必ずしも実際のマニュアル情報とは対応しない、不完全なものであること、それにもかかわらず、その不完全さに対しての意識化が低い場合に、「目の前にある」外的情報源＝マニュアルによって詳細な確認を行うことなく、内化された情報に従って課題達成を行ってしまうことにより、スリップにも似た形での「マニュアル情報とは異なる組立て活動」を引き起こしてしまう可能性が考えられる。

その際に、「類似しているが同一ではない」課題情報の内在化が並存することによる影響も大きいと考えられることから、本研究プロジェクトでは複数の課題セットを準備した上で、マニュアルを用いた組み立て課題を「複数の課題を交互に」複数回繰り返すことにより「慣れ」をもたらす「マニュアル情報の内在化」としての学習が生じるか否か、その「慣れ」としてのマニュアル内在化の結果、作業者の行動にどのような変化が生じるかを検討することを目的とした実験室実験を行った。工場などでの課題遂行状況を模したものとして、1) まったく同じ工程を複数回繰り返すことの効果を検討するため、同一の3課題を3試行繰り返すこと、2) その後、同様の課題構造を持つ類似の課題セットを続けて実施することの効果を検討するため、課題セットを2つ準備し、2つを連続してそれぞれ反復実施すること、その後3) 課題の反復実施によって内在化されたマニュアル情報の特性を明らかにするために、最初に反復実施をした課題セット1について「マニュアルなしで」遂行することを求める偶発課題を行うこと、とした。その際、組み立て作業工程においてエラーの発生しやす

さにバラつきがあると考えられることから、課題難易度を3水準で変化させて実験計画に組み込んだ。

そこでまず、安久ら(2023)では、上記の1)2)のいわば学習段階において、マニュアル内在化の過程として何が生じているのかを明らかにする実験結果の報告を行った。すなわち、組立パズル課題3題を3回ずつ反復すること、類似の課題セットでそうした課題反復を繰り返す効果の2点について、課題達成の変化、そこでの主観評価の変化、その際の手動利用行動の変化(マニュアル注視時間に関する視線分析)を行った。

その結果、課題セット1では、1) 同一の課題を反復することにより、課題達成時間は大きく短縮される、2) その際、課題達成時の不安感の減少、課題の難易度の主観評価の低下が見られ、3) 実際に画面上のマニュアルを見ている時間の低下が見られた。また課題セット1を反復実施後に行った類似の課題セット2での反復実施でも同様の傾向が見られたが、特に主観評価では課題実施当初(試行1)から不安感低減や課題達成時間の減少などが見られ、課題セット1からの学習の汎化と考えられる効果も観察された。

本報告では、こうした学習段階の結果として、どのような情報構造が内在化されているのかを明らかにするために行われた上記3)の結果について報告する。

## 2. 方法

安久・原田ら(2023)と同一であり、学習段階では、1) 3つの課題を3試行繰り返す第1段階(マニュアル有、第1セット)、2) 類似の3課題を3試行繰り返す第2課題(マニュアル有、第2セット)、3) 偶発課題として、第1セットのみ3課題を「マニュアルを見ないで」実施するよう求めた第3段階の順に行った。

**実験計画** 第3段階の結果を分析するため、課題難易度(2D易/2D難/3Dの3水準)の1要因参加者内計画。

2D難課題は2D易課題に比べ、パーツの形と完成図との関係性が希薄であり、完成図からはパーツの配置を推測しづらい課題、3D課題は各部品を物理的に分解変形させ3次元化する点において難易度が高いとされた。

**参加者** 大学生18名(男女各9名、年齢 $21.0 \pm 1.05$ 歳)。

**材料** 組み立て課題は「どうぶつ立体タングラム」(株式会社アイアップ)を用い、組立パーツ7部品、組立工程数は2D易、2D難課題は6、3D課題は13であった。

**主観評価項目** 課題終了直後に「緊張-安心」「課題難-易」「組立て方を覚えていた-覚えていない」の3項

目についてVASで回答を求めた。

**手続き** 第2段階までの詳細は安久ら(2023)を参照。3段階(偶発課題)では、セット1の3課題についてそれぞれ完成図のみを提示し、マニュアルなしでの組立て作業を求めた。課題開始後、一定時間後に「いかがですか」というプロンプトを入れると同時に、それ以前であっても参加者によるギブアップを可能とした。各課題終了後に、課題に対する主観評価(VAS)への回答を求めた。

## 3. 結果

### 3.1 課題達成の有無

各課題の課題達成の有無を表1に示す。カイ二乗検定の結果、課題による偏りが見られ( $\chi^2(2)=7.20, p<.05$ )、2D易課題では全員が課題達成しているのに対し、2D難課題では他2課題に比べ、未完了の割合が高かった。2次元パズルよりも多くの工程を含み、また組立操作の形状にも多様性があった3次元パズルは、2D難課題よりも達成者数は多く、この結果は第1段階での課題達成時間、課題後主観評価の結果とも異なり、学習時と偶発課題の課題達成が独立であることが示唆された。

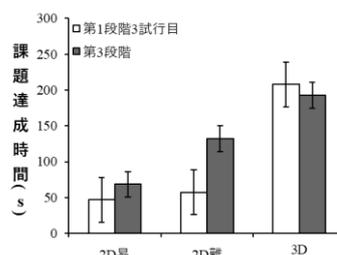
表1 第3段階(マニュアルなし課題)における課題達成者数(人)

	2D 易課題	2D 難課題	3D 課題
完成	△ 18	▼ 12	15
未完成	▼ 0	△ 6	3

### 3.2 課題達成時間

第3段階において課題を完成できたケースのみを対象に、課題達成時間の検討を行った。3つの課題については複雑度が異なるため、比較対象として第1段階第3試行目での課題達成時間と比較することとし、課題難易度(3)×段階(2)の2要因分散分析を行った(図1)。その結果、段階の主効果( $F(1, 9)=6.096, \text{偏}\eta^2=.404, p<.036$ )、課題3種間の主効果( $F(2, 18)=61.936, \text{偏}\eta^2=.873, p<.0001$ )のいずれも有意であったが、両者の交互作用が有意であり( $F(2, 18)=5.002, \text{偏}\eta^2=.357, p<.05$ )、単純主効果の分析の結果、2D難課題においてのみ、第3段階でのマニュアルなし組立てが第1段階第3試行目よりも長くかかっていることが示された。

図1 課題達成時間：第3段階(マニュアルなし偶発課題時)と第1段階第3試行目の比較



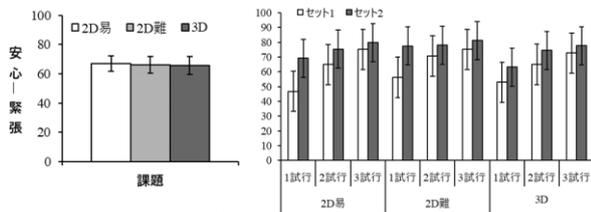
この結果は、2D易課題、3D課題は、マニュアルあり第1段階での組立反復により、何らかの「組立て方の手順学習」が正しくなされており、マニュアルなしでも内的表象に依拠して課題達成が可能であったが、2D難課題については「第1段階実施で学習された内的表象では必要な情報が不足しており、マニュアルなしでの課題達成が困難になっていたものと考えられる。

3.3 課題実施後の主観評価

各課題後に行われた主観評価 VAS 評価について、課題難易度を要因とする1要因分散分析を行った。以下、参考のために第1、第2段階での主観評価の結果と並置する。「安心-緊張感」(図2)については第3課題実施後の課題間の差は見られなかった ( $F(2, 18) < 1.0$ , 偏  $\eta^2 = .003$ ,  $p = .913$ ) が、いずれも平均値は70弱であり、特に第2段階(第2セット)第3試行後に比べて低下している様子が窺える。

図2 第3段階後の主観評価：安心—緊張：

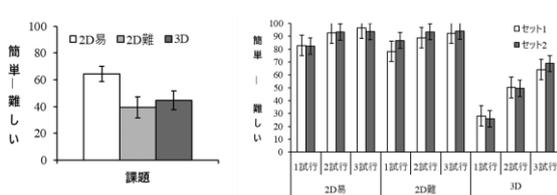
A) マニュアルなし偶発課題後、B) 第1・2段階(参考)



「課題難易度」(図3)については第3課題実施後の課題間の差が有意であり ( $F(2, 18) = 5.856$ , 偏  $\eta^2 = .256$ ,  $p = .011$ ), 2D易課題のみ他の2課題よりも評価が高く、特に第1、第2段階目の評価と比べると、2D難課題の主観評価が低く、「課題が難しい」と感じるようになった変化が観察される。またいずれの課題においても第1、2段階第3試行に比べると、課題が難しいと感じていることが見て取れる。ただし3D課題では課題達成率は低くないこととはズレが生じている点も興味深い。

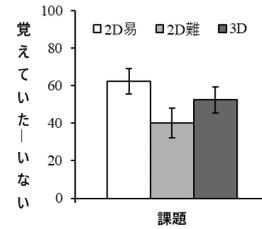
図3 第3段階後の主観評価：課題難易度：

A) マニュアルなし偶発課題後、B) 第1・2段階(参考)



第3段階では課題実施後のもう一つの主観評価として、「組立て方を覚えていたかどうか」を評価するよう求めたところ、課題間差が有意であり ( $F(2, 18) = 3.271$ , 偏  $\eta^2 = .161$ ,  $p = .050$ ), 特に2D難課題での評価が低かった。特に第1、第2段階での主観評価や達成時間においては、2D易課題と2D難課題にはほとんど差が見られなかったのとは対照的な結果といえよう。

図4 第3段階後の主観評価：組立て方を覚えていた



3.4 課題実施時の行動プロトコルの分析

第3段階のマニュアルなし偶発課題時に、7部品を分解などせず平面的に並べ直す課題である2D易課題、2D難課題の2つについて、どのような順に課題を遂行したかを分析したところ(表2)、課題達成率が高かった2D易課題であってもマニュアルの手順通りに組み立てた参加者は稀(18名中3名)であり、15名はマニュアルとは異なる順で課題達成を行っていた。その中で特に金魚の尾の部分構成する部品CEFについては、「順番は問わず一つながりで組み立てる」場合が大部分(17/18)であり、最終形の内の意味のある構成要素が「どのパーツにより構成されるか」という意味的な構造化がなされていたことが示唆された。

表2 第3段階(マニュアルなし課題)における2D易、2D難課題の組立て順分析(N=18)

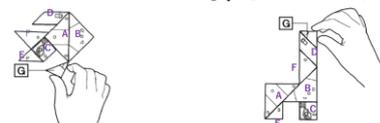
2D易		2D難	
手順通り	3	手順通り	5
(ABCEFDG)		(ABCEFDG)	
手順が異なる	15	手順が異なる	7
(CEF連続)	14	(EFD連続)	6
		(ABの次にまずE)	5
		未完成	6

※CEFは尾の部分

※FDGは背もたれ、E/Cが脚

6. Gを図のように並べれば完成です。

7. Gを図のように並べれば完成です。



一方、課題達成率が低かった2D難課題においては、課題達成者の内、マニュアル手順通りに組み立てた者の比率は相対的に高めであり(12名中5名)、こちらの課題の方がリテラルにマニュアル手順に従いやすい環境があった可能性が示唆される。一方、こちらの課題においても「椅子の背もたれの部分」という意味的なまとまりに当たる部分は、多くの「手順通りではない参加者」にも共通に表れており、2D易課題との共通点が見られた。また多くの「完成はしたが、手順とは異なる順で組み立てた」参加者は、脚部分について、「マニュアル手順」では右脚から組み立てていたのに対し、左脚の

三角形 E を置くことから始めていた。この三角形 E と三角形 F は、大きさが異なるものの同じ形状であるため、マニュアル手順では右脚 C を先に置くことによって「脚の長さが一定になる」ことで解に至る道をうまく狭めていくことができるのに対し、左脚 E から置いてしまった（あるいは誤って F を置いてしまった）場合には様々な試行錯誤が生じやすいと考えられる。

このように、マニュアルなしの組立て時に取られる順序は、必ずしもマニュアルに記載された順ではなく、しかしランダムな順ではなく「意味的にまとまりを持った下位要素部分」ごとに組み立てられていること、その下位要素部分に「不確定要素部分があるか否か」で組立ての成否が依存していることが示唆された。すなわち、課題達成率が低く、また課題達成までに長時間を要した 2D 難課題においてもマニュアル情報の内在化がまったく存在しなかったのではなく、その内在化された情報において、組立て方の制約となる情報が手順として組み込まれていなかったために、2D 易課題に比べて課題達成が低下したものと考えられよう。

#### 4. 考察

本報告では、マニュアルを用いた同一、あるいは類似の組立て課題を複数回繰り返すことで、いわゆる「慣れ」がもたらされた後、その結果として、作業者が（主体的に）「マニュアルを見ずに」組み立てをするようになってしまった場合に、なぜエラーを生じてしまうのかを考えるため、実験操作として、複数課題を 3 試行ずつ反復して行い、さらに類似の課題セットも同様に反復した後で、突然に行われる偶発課題事態での「マニュアルなしで組み立てを行う」よう教示される課題（第 3 段階目）の課題実施の結果を分析した。

その結果、課題達成率、課題達成時間のいずれにおいても「マニュアルを見ながら」行った場合とほぼ同様の課題達成を生じうる場合（2D 易課題と 3D 課題）と、そうではなく課題達成成績が低くなる場合（2D 難課題）があることが示された。後者についてマニュアル存在時には主観的な課題困難度は低く評価されていたが、マニュアルなしで実施することによって初めて、課題の困難さが「意識された」状態となっていた。

一方で、マニュアルなしでの課題達成時の組立て過程の分析では、課題が達成できるようになっている場合であっても、マニュアルに表示された組み立て方がそのまま学習・記憶されているのではなく、意味的な構

造化がなされており、その結果、組立て順については多様性が生じていること、課題達成が困難な課題でも同様に意味的構造化がなされているが、その中に不確定要素を含む下位要素（パーツ群）があり、それが先に実施されることによって、「課題を達成できない」エラーに入り込む可能性があることが示された。

こうした結果は、マニュアルを見ながら作業を進めるように言われている場合であっても、人はそのマニュアルに記載されている情報を「自分なりの意味的構造化を伴って」内在化していくこと、マニュアルを見ながらであれ、マニュアルなしの場合であれ、そうした内在化した情報にしたがって、組み立て作業が行われうるが、そこに曖昧情報（あるいは不確定情報）が含まれる場合にはエラー発生となりうることが示された結果と言えよう。本報告では、より複雑と考えられていた 3D 課題でのマニュアル内在化の状況については、未だ分析がなされていないが、少なくとも意味構造化が行われていることは発話プロトコル情報（例：「ここが（ライオンの）顔だから」）からも示唆されている。

興味深いことに、2D 難課題については、「そこにマニュアルがある限りは」作業者はそこにある困難度には気づかず、エラーをすることなく課題が実施できている。すなわち「マニュアルによって課題遂行が支援されている」ことは確かであろう。しかし 2D 難課題でもマニュアルを見なくなる様子は観察されており（安久ら、2023）、こうした「慣れによって」「マニュアルを見なくなることにより生じる」エラーは、いかにすれば防ぎえるであろうか。一つの方向性としては、例えば 2D 難課題での困難点をあらかじめマニュアルに「注意ポイント」として記載し、より精密な形でマニュアルの内在化を進める方法が考えられる。一方、現状のマニュアルのように「なぜその手順を求めるのか」という理由・動機はなしに順番が強制されるのではなく、意味的な構造化を活かし、自由度を含んだ形でのマニュアル構成の可能性も考えられる。工場等での作業マニュアルをどのように位置づけ、作業を行う「人」としていかなる存在の人工物としてデザインするか、人間中心設計の考え方に立ち、より上流の概念として検討していく必要がある。

なお本実験では、類似の課題を反復して行う「第 2 セットの効果」については直接的な課題検証はできていない。今後の課題としてさらに検討していきたい。

文献：安久絵里子，原田悦子，権葉黎，渡部健，富田智晶，赤津裕子（2023）組立作業の繰り返しで「慣れ」は起こるか？(1)：作業反復時の作業者の行動から，日本認知科学会第 40 回大会