

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

Does habituation occur with repetitions of assembly tasks? 1): From the worker's behavior during the repetition

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

[†]筑波大学, [‡]沖電気工業(株)

University of Tsukuba, Oki Electric Industry Co.

ankyu@tsukaiyasusa.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、「慣れ」の生起の有無、および慣れによる作業者の行動の変化を検討した。その結果、同一の課題を繰り返すほど課題時間が減少し、主観評価が向上し、マニュアルを見なくなるという「慣れ」が確認された。一方で、類似の課題を繰り返し行う場合には、課題時間が減少し、マニュアルを見なくなるという慣れの影響が行動には現れたが、主観評価には反映されないことが示された。

キーワード: 組み立て課題, 学習, 慣れ, 視線計測, マニュアル

1. 背景と目的

電子機器などの精密機器の組み立て工場では、膨大な数のパーツを、マニュアルを見ながら指示通りに手作業で正確かつ迅速に組み立てることが求められている。しかしながら、そうした「注意」にもかかわらず、組み立てエラーは無くならず、また、作業者の行動観察からマニュアルを読み飛ばしている様子も確認されている。さらに、近年の消費者ニーズの多様化を背景に、多品種小ロット生産方式(ひとつの工場内で、多種多様な製品を少量ずつ生産する方式)が増加し、一見似ているように見えるが細かな部分では異なる工程を含む組み立て作業を次々で行うことが求められている。このような少しずつ異なる工程をすべて覚えることは難しく、確実にマニュアルを見ながら正確に組み立てを行う必要も増加している。こうした問題は特定メーカーの特定工場にのみ見られるものではなく、多くの製造現場で問題とされており、一般には「慣れ」による問題の発生と捉えられている。

この「慣れ」という現象はどういうものであろうか。認知科学の視点から考えると、複数回同じものを繰り返し組み立てる、あるいは類似のものを繰り返し組み立てることにより、何らかの学習が促進され、日常用語における「慣れ」が生じている可能性が考えられ、さら

にその「慣れ」生起の結果として、マニュアルを見なくなったり組み立てエラーが生じたりしている可能性がある。しかしながら、そもそも同一／類似の組み立て課題を繰り返すことにより慣れが本当に生起しているのか、それをもたらす学習とは何なのか、それが作業者のどのような行動の変化をもたらすのかについては明らかではない。

そこで、本研究では、マニュアルを用いた組み立て課題を複数回繰り返すことにより、「慣れ」をもたらす学習が生じるのか、「慣れ」が生じるのであれば作業者の行動に変化は生じるのか、マニュアルの見方に変化は生じるのかを検討することを目的とした実験室実験を行った。作業反復の要因として、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、同一の課題を3試行繰り返すこと、2) 類似の組み立て課題を複数回繰り返すことの効果を検討するため、課題セットを2つ用いること、また3) 組み立て作業工程においてエラーの発生しやすい箇所とそうでない箇所があるため、課題難易度を3段階で変化させることを実験計画に組み込んだ。実験の流れは3段階で構成されており、第1,2段階ではそれぞれセット1,2を用いて「マニュアルを見ながら」組み立て課題を繰り返し、第3段階はセット1を用いて「マニュアルを見ずに」組み立てを行う偶発課題とした。

2. 方法

実験計画 課題難易度(2D易/2D難/3D)×試行(1-3試行)×刺激セット(セット1,2)の3要因参加者内計画。

参加者 大学生18名(男女各9名,年齢21.0±1.05歳)。

材料とマニュアル作成 組み立て課題には市販の「どうぶつ立体タングラム」(株式会社アイアップ)を利用した。課題の難易度を3段階で設定し、類似のセットを2つ用意した(図1)。組み立てパーツはいずれの課

題も7部品であった。2D易と2D難はいずれも組み立て工程数が6であり、2D難は2D易に比べて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であった。3D課題については、セット1,2のそれぞれで13,9工程であった。

マニュアルは原田・遠藤(2017)から手の描写を含むイラストを用い、1手順1画面となるように作成した。

実験環境 実験室でモニター画面に映ったマニュアルを見ながら課題を実施した。パーツはケース内の仕切りに識別記号をふり、その中に収納されていた。

また、視線計測のためにスクリーンベースのTobii Proフュージョン(トビー・テクノロジー株式会社)をモニター画面最下部に設置した。

主観評価項目 「各課題後の主観評価」として、第1,2,3段階の各課題が終了した直後に、VAS(Visual Analog Scale)形式で3項目(「いまのあなたは緊張している—安心してている」(以下,安心感),「この課題は難しかった—簡単だった」(以下,課題簡単さ),「このマニュアルは見にくかった—見やすかった」(以下,マニュアル見易さ))への回答を求めた。

また、「課題実施に対する主観評価」として、第1,2段階の1,3試行が終了したタイミングで、7項目(表1)について6件法での回答を求めた。

手続き 書面での参加同意を得た後、発話思考の練習を行い、本番課題を実施した。第1段階では、セット1の難易度順(2D易,2D難,3D)に、「必ずマニュアルを参考にしながら」組み立て課題を実施し、課題終了ごとに、課題後の主観評価(VAS)への回答を求めた。3課題終了後、課題実施に対する主観評価(6件法・7項目)への回答を求めた。同様の手順を計3試行繰り返した(ただし、課題実施に対する主観評価は1,3試行のみ実施)。第2段階ではセット2を用いて第1段階と同様の課題実施を求めた。

第3段階(偶発課題)では、セット1の3課題について完成図のみを提示し、「マニュアルなし」での組み立て作業を求めた。途中でギブアップすることもできた。課題終了ごとに、課題に対する主観評価(VAS)へ

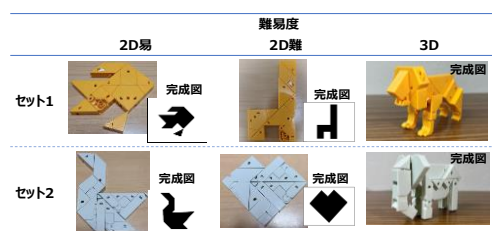


図1 組み立て課題

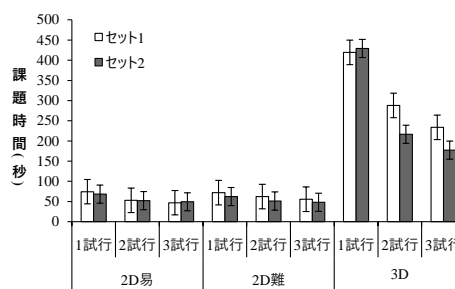


図2 第1,2段階における課題時間

の回答を求めた。

3. 結果

本報告では、第1,2段階における作業者の主観的評価ならびに行動変化について報告し、第3段階の結果と考察については原田ら(2023)にて報告する。

3.1 課題時間

第1,2段階の課題時間(図2)について、課題難易度(2D易/2D難/3D)×試行(1-3試行)×刺激セット(セット1,2)の3要因参加者内計画分散分析を行った結果、試行の主効果が有意であり($F(2,34)=112.15$, 偏 $\eta^2=.87$, $p<.001$),多重比較の結果,1,2,3試行の順に課題時間が短くなった。課題難易度の主効果が有意であり($F(2,34)=779.28$, 偏 $\eta^2=.98$, $p<.001$),3Dに比べて2D易と2D難の両方で課題時間が短かった。刺激セットの主効果が有意であり($F(1,17)=13.30$, 偏 $\eta^2=.44$, $p=.002$),セット1よりもセット2のほうが課題時間が短くなっていた。しかし、課題難易度×試行数の交互作用が有意で($F(4,68)=14.07$, 偏 $\eta^2=.45$, $p<.001$),2D易と2D難では1試行に比べ,2,3試行で課題時間が短くなったのに対し,3Dでは1,2,3試行の順に課題時間が短くなった。また、刺激セット×課題難易度の交互作用が有意であり($F(2,34)=6.88$, 偏 $\eta^2=.29$, $p=.003$),セット1では3D,2D難,2D易の順に課題時間が短くなったが,セット2では3Dに比べて2D難,2D易の両方で課題時間が短くなった。また,2D難と3Dにおいて,セット1よりもセット2のほうが課題時間が短くなった。

3.2 各課題後の主観評価

各課題後の主観評価の3項目それぞれについて、課題難易度×試行×刺激セットの3要因参加者内計画分散分析を行った結果、安心感については、試行の主効果が有意であり($F(2,34)=31.66$, 偏 $\eta^2=.65$, $p<.001$),1,2試行に比べて3試行で安心感が高まった。また、課題難易度の主効果($F(2,34)=5.31$, 偏 $\eta^2=.24$, $p=.025$)と刺激セットの主効果($F(1,17)=14.59$, 偏 $\eta^2=.46$, $p=.001$)が

有意であり、2D 易よりも 2D 難のほうが、セット 1 よりもセット 2 のほうが安心感が高かった。同時に刺激セット×試行の交互作用が有意であり ($F(2, 34)=6.26$, 偏 $\eta^2=.37$, $p=.007$)、セット 1 では 1, 2 試行に比べて 3 試行で安心感が高まったのに対し、セット 2 では 1 試行よりも 2 試行で安心感が高まった。また、刺激セット×課題難易度×試行の交互作用が有意であり ($F(4, 68)=2.96$, 偏 $\eta^2=.15$, $p=.040$)、セット 1 では、2D 易と 3D で 1, 2, 3 試行の順に安心感が高まり、2D 難では 1 試行に比べて 2, 3 試行で安心感が高まった。一方で、セット 2 では有意差は見られなかった。

課題簡単さについては、試行の主効果が有意であり ($F(2, 34)=48.74$, 偏 $\eta^2=.74$, $p<.001$)、1, 2, 3 試行の順に課題簡単さが高まった。また、課題難易度の主効果が有意であり ($F(2, 34)=120.32$, 偏 $\eta^2=.88$, $p<.001$)、3D に比べて 2D 易と 2D 難で課題簡単さが高まったが、刺激セットの主効果は見られなかった。一方、課題難易度×試行の交互作用が有意であり ($F(4, 68)=14.99$, 偏 $\eta^2=.47$, $p<.001$)、2D 易では 1 試行より 2, 3 試行で課題簡単さが高まり、3D では 1, 2, 3 試行の順に課題簡単さが高まったが、2D 難では有意な差は見られなかった。

マニュアル見やすさについては、試行の主効果 ($F(2, 34)=23.95$, 偏 $\eta^2=.59$, $p<.001$) と課題難易度の主効果 ($F(2, 34)=55.80$, 偏 $\eta^2=.77$, $p<.001$) が有意であり、1 試行より 2, 3 試行で、3D よりも 2D 易と 2D 難でマニュアルが見やすいと評価されたが、刺激セットについては有意な主効果は見られなかった。加えて、試行×課題難易度の交互作用が有意であり ($F(4, 68)=5.30$, 偏 $\eta^2=.24$, $p=.002$)、2D 難では 1 試行より 2 試行で、3D では 1 試行より 2, 3 試行でマニュアルが見やすいと評価された。

3.3 課題実施に対する主観評価

課題実施に対する主観評価の 7 項目について最尤法プロマックス回転による因子分析を行ったところ、固有値の減衰状況から 2 因子構造が妥当と判断された(表 1)。第 1 因子は「パズルを解くことに集中できた」など、組立作業に対する自己評価を示すものとして「作業自己評価因子」と命名した。第 2 因子は「どのパーツ(部品)が完成品のどの部分になるか、よく理解できた」など組み立て課題に対する理解度を示すものとして「課題理解度因子」と命名した。これらの因子得点を対象に、刺激セット×試行(1, 3 試行)の 2 要因参加者内分散分析を実施した。その結果、作業自己評価因子については、有意な主効果も交互作用も見られなかった。

表 1 課題実施に対する主観評価の因子分析結果

項目	Factor1	Factor2	共通性
パズルを解くことに集中できた	.966	-.236	.802
マニュアルは親しみやすかった	.655	.246	.622
作業は楽しかった	.528	-.063	.256
どのパーツ(部品)が完成品のどの部分になるか、よく理解できた	-.265	.876	.646
マニュアルを見て、作業のイメージがつかめた	.093	.695	.545
マニュアルの内容は、スムーズに理解できた	.490	.503	.696
パーツ(部品)の使い方が難しかった	.005	-.498	.246
因子寄与	2.259	2.185	
因子間相関	.412		

課題理解度因子については、試行の主効果が有意であり ($F(1, 68)=32.42$, 偏 $\eta^2=.32$, $p<.001$)、1 試行より 3 試行で高い得点であった。

3.4 視線計測

画面上を、マニュアルの文章部分とイラスト部分の 2 領域に分け、「課題時間全体に対する注視時間比」(以下、注視割合)をそれぞれ算出した。また、課題時間全体から文章とイラストの各注視時間を差し引いた時間を「マニュアルを見ていない時間」の近似値として同様に非注視割合を算出した。それぞれの注視割合について、課題難易度×試行×刺激セットの 3 要因参加者内計画分散分析を行った結果、文章の注視割合については、試行の主効果が有意であり ($F(2, 32)=6.20$, 偏 $\eta^2=.28$, $p=.009$)、1 試行より 3 試行で注視割合が多かった。課題難易度の主効果が有意であり ($F(2, 32)=9.34$, 偏 $\eta^2=.37$, $p=.003$)、3D, 2D 難, 2D 易の順に注視割合が多かった。しかし、刺激セット×課題難易度の交互作用が有意であり ($F(2, 32)=4.71$, 偏 $\eta^2=.23$, $p=.031$)、セット 1 では 1 試行より 3 試行で注視割合が多かったが、セット 2 では有意な差は見られなかった。

イラストの注視割合については、試行の主効果が有意であり ($F(2, 32)=42.77$, 偏 $\eta^2=.73$, $p<.001$)、1, 2, 3 試行の順に注視割合が減少した。刺激セットの主効果が有意であり ($F(1, 16)=16.56$, 偏 $\eta^2=.51$, $p=.001$)、セット 1 よりセット 2 で注視割合が少なかった。しかし、試行×課題難易度の交互作用が有意であり ($F(4, 64)=6.80$, 偏 $\eta^2=.30$, $p=.001$)、2D 易では、1, 2 試行よりも 3 試行において、2D 難では 1 試行よりも 2, 3 試行において、3D では試行が進むにつれて注視割合が減少した。また、刺激セット×課題難易度の交互作用が有意であり ($F(2, 32)=28.01$, 偏 $\eta^2=.64$, $p<.001$)、3D のみセット 1 よりセット 2 で注視割合が減少した。

マニュアルを見ていない時間割合については、試行の主効果が有意であり ($F(2, 32)=39.95$, 偏 $\eta^2=.71$, $p<.001$)、1, 2, 3 試行の順に割合が多かった。課題難易度の主効果 ($F(2, 32)=8.05$, 偏 $\eta^2=.34$, $p=.007$) と刺激セ

ットの主効果 ($F(1, 16)=6.20$, 偏 $\eta^2=.40, p=.005$) が有意であり, 2D 易よりも 2D 難と 3D で, セット 1 よりセット 2 で割合が多かった. しかし, 試行×課題難易度の交互作用が有意であり ($F(4, 64)=4.90$, 偏 $\eta^2=.24, p=.004$), 2D 易では 1,2 試行に比べて 3 試行で割合が多く, 2D 難では 1 試行に比べて 2, 3 試行で割合が多く, 3D では 1,2,3 試行の順に割合が多くなった. また, 刺激セット×課題難易度の交互作用が有意であり ($F(2, 32)=22.038$, 偏 $\eta^2=.58, p<.001$), 3D でのみセット 1 よりセット 2 でマニュアルを見ていない割合が多かった.

4. 考察

マニュアルを用いた同一, あるいは類似の組み立て課題を複数回繰り返すことで, 「慣れ」をもたらすと考えられる学習が生じるのか, そして「慣れ」が生じるのであれば作業者の行動やマニュアルの見方はどのように変化するのかを検討した. その結果, 同一の組み立て作業を複数回繰り返すことにより, 課題時間は試行数が増えるにつれて短くなること, 特に工程数が多い 3D 課題ではその効果が大きく, 試行が進むにつれて課題時間が短縮し, 操作手順に関する学習が進んでいることが示された. また, 作業者の主観評価においても, 試行が進むにつれて安心感が増し, 課題が簡単で, マニュアルが見やすく, 課題理解度も高まったというポジティブな評価に変化した. さらに, 視線計測の結果, マニュアルの中でも特にイラスト部分を注視する割合が減少し, 反対に, マニュアルを見ていない時間割合が増加した. その効果の大きさは課題難易度によって異なり, 特に 2D 難課題では 2D 易課題に比べてより早い試行でマニュアルを見なくなっていた. これは, 作業者が二つの 2D 課題において, 課題難易度が異なることに気が付いておらず, 意識的な学習による内的表象の獲得に十分な時間を割いていない可能性を示している. 以上より, 同じ課題を繰り返すことで, 課題時間の短縮と主観評価の向上が見られ, 「慣れ」をもたらす学習が生じていること, しかし課題難易度によってその効果が表れる早さ (試行数) が異なることが示された.

また, 類似の組み立て課題を複数回繰り返すこと, つまりセット 1 と類似した課題であるセット 2 を実施することにより, セット 1 に比べセット 2 では第 1 試行から課題達成時間が短くなっていることが示された. 特に, 2D 難と 3D において, セット 2 での課題時間が短くなっており, 課題難易度が高い方が類似の組み立

て課題を繰り返すことによる効果が大きいことが示された. また, 作業者の主観評価に関しては, セット 1 では, 課題難易度によってその効果の早さ (試行) に差はあるものの, いずれの課題難易度においても試行が進むにつれて安心感が増したが, セット 2 では最初から安心感が高く, 試行に関わらず一定の安心感を保った. しかし, 課題簡単さやマニュアル見やすさ, 課題実施に対する主観評価 (作業自己評価因子と課題理解度因子) では刺激セットの効果は見られなかった. つまり, 類似の課題の繰り返しによって課題時間の短縮が見られたものの, 主観評価にはその効果が反映されていないことが示された. さらに, 視線分析の結果, セット 1 では文章部分の注視割合が 1 試行より 3 試行で減少したが, セット 2 ではその効果が小さく, 注視割合は変化しなかった. また, 2D 易と 2D 難では刺激セットによる効果は見られなかったが, 3D ではセット 1 に比べてセット 2 でイラスト部分の注視割合が減少し, マニュアルを見ていない時間割合が増加した. 以上より, 類似の組み立て課題を繰り返すことで, 難易度の高い課題においては課題時間が短縮し, マニュアルを見なくなる時間割合が増加するが, その効果は主観評価には反映されておらず, 作業者の行動と主観の間には乖離があることが明らかとなった.

実際の組み立て工場では, 複雑な工程を立体的に組み上げていく場面が多いため, 今回の課題難易度では 3D に最も近いと想定されるが, 「似ているけれども同一ではない」工程を複数回繰り返す多品種少量生産においては特に, 作業者の行動と主観の間のズレが大きくなると考えられる. この差がマニュアルの読み飛ばしや組み立てエラーの増加に繋がっていると考えられるため, 組み立て対象物 (パーツなど) やマニュアルに与える情報量や提示の仕方に工夫が求められる. なお, なぜそこでのエラーが発生するのかについては, 第 3 段階の偶発課題の結果を中心として, 原田ほか (2023) にて報告する.

文献

- [1] 原田悦子, 遠藤祐輝 (2017) 動画マニュアルはわかりやすいか? : 組立課題における動画優位性の検討, 日本認知心理学会第 15 回大会, O2-02
- [2] 原田悦子, 安久絵里子, 椎葉黎, 渡部健, 富田智晶, 赤津裕子 (2023) 組立作業の繰り返して「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, 日本認知科学会第 40 回大会