

理科の実験場面における指導の内容が操作パフォーマンスに与える影響

辻井 寿典 (大阪大学 蛋白質研究所, toshinori.tsujii@protein.osaka-u.ac.jp)

来田 宣幸 (京都工芸繊維大学 基盤科学系, kida@kit.ac.jp)

Influence of instruction content on operation performance in science experiments

Toshinori Tsujii (Institute for Protein Research, Osaka University, Japan)

Noriyuki Kida (Faculty of Arts and Sciences, Kyoto Institute of Technology, Japan)

要約

スポーツスキルの動作時に教示を与えることでパフォーマンスの変化が生じることが明らかにされてきた。本実験では理科の実験における操作パフォーマンスに対する教示の影響を検討し、スキルのパフォーマンスに与える教示の影響をより広く明らかにすることを目的とした。実験は、12名を対象に室内にて椅子に座った状態で実施した。操作前に教示が印刷された紙を提示し、指示に従って操作を行うように求めた。課題は、水の入ったビーカーからチューブヘスポイトを使って設定量の水を採取するよう求めた。操作の正確性を重視する条件や、操作のスピードを重視する条件が含まれている教示を設定した。また、同じ意図であっても表現の異なる教示も含め、合計で5種類の教示条件を設定した。操作の時間と移した水の重量を計測し、教示ごとに操作パフォーマンスを評価した。操作の操作時間と操作の正確性を尺度にクラスタ分析を行った結果、教示条件により正確性が変動するグループと、変動がないグループに分かれた。正確性が変動したグループでは操作時間と操作の誤差がトレード・オフ関係であることが示唆されたが、正確に教示条件ではパフォーマンスの低下による誤差の増大がみられた。教示条件により設定値誤差の変動がないグループでは操作時間に変動があったものの、設定値誤差に変化はなかった。

Abstract

It has been demonstrated that providing instructions during the execution of sports skills can influence performance outcomes. This study aimed to explore the impact of instructions on operational performance in a controlled experimental setting, thereby enhancing our understanding of how different types of instructions affect skill execution. The experiment was conducted indoors, with participants seated in chairs. Before initiating the task, participants were given a printed sheet of instructions and directed to adhere to the guidelines during the operation. The task involved using a pipette to transfer a specific volume of water from a beaker to a tube. The instructions were designed to include conditions emphasizing either operational accuracy or speed. Additionally, a total of five distinct instruction conditions were created, varying in phrasing but sharing the same underlying intentions. Task performance was assessed by measuring the time taken and the weight of the transferred water for each instruction set. Cluster analysis of task duration and accuracy divided participants into two distinct groups: those whose accuracy varied across instructional conditions and those whose accuracy remained consistent. In the group where accuracy fluctuated, a trade-off between task duration and operational error was observed. Notably under conditions prioritizing accuracy, performance declines led to increased errors. Conversely, in the group where accuracy did not fluctuate, task duration varied while the error in the set value remained consistent.

キーワード

動作パフォーマンス, 教示, トレード・オフ, プレッシャー, スポイト操作

1. 緒言

Bryan and Harter (1899) による初期のスキル獲得研究から今日に至るまで、人間のスキル学習の研究者は、最適なパフォーマンスを媒介する変数を明らかにするために熟練者と初心者の実行の違いが調査されてきた。単に明白なタスクパフォーマンスを分類するだけでなく、スキル獲得の連続性に沿ったさまざまな段階での実行の基盤となる認知制御構造の変化を特定してきた (Anderson, 1993; Kanfer and Ackerman, 1989; Proctor and Dutta, 1995)。このような研究は、最適なパフォーマンスを左右する認知基盤の理解を深めるだけでなく、最も熟練した人とそれほど熟練していない人を区別する

方法を研究者や実践者へ与えることに貢献している (Beilock et al., 2008)。

ゴルフのパッティングからサッカーのドリブル、野球のバッシングまで、さまざまなタスクに慣れた環境で動作を実行する熟練者は、段階的な制御を促す条件（たとえば、実行の特定の機械的側面に焦点を当てる）と比較して、実行に注意を制限する条件（たとえば、注意を必要とする二次タスク）から恩恵を受けるのに対し、初心者は逆のパターンを示すことが実証されている (Beilock et al., 2002; Castaneda and Gray, 2007; Gray, 2004; Jackson et al., 2006; Ford et al., 2005; Perkins-Ceccato et al., 2003)。初心者のパフォーマンスには熟練者のパフォーマンスに必要な注意リソースが必要なため、主要なタスクの実行から注意をそらす条件は、熟練者よりも初心者に悪影響を及ぼし、対照的に、パフォーマンスの展開に注意を向ける条件は、初心者よりも熟練者へ悪影響

を与えると考えられている (Beilock et al., 2006)。

Beilock et al. (2008) は非熟練者と熟練のゴルファーを対象に、2種類の教示(正確さを保ちながらできるだけ速くパットする速さ教示、精度を最適化するために必要な時間をかける正確さ教示)を用いてゴルフパット課題で比較を行った。非熟練者の場合、パッティングに費やす時間が長いほど、パフォーマンス結果が良くなり、熟練ゴルファーの場合は、逆のパターンが観察された。ただし、この実験ではパットは準備時間と動作時間の要素に分けられており、これは実行の準備要素にのみ当てはまった。変形させたパター条件では、熟練者と非熟練者の両者において正確さ教示でパッティングパフォーマンスの向上が見られたのに対し、標準的なパター条件では、非熟練者は正確さ教示で、熟練者は速さ教示でそれぞれパフォーマンスの向上が見られた。さらに、熟練ゴルファーにおいては変形させたパター条件を繰り返すことで逆のパターン(速さ教示でパフォーマンスが向上)を示すことが報告されている。熟練者と非熟練者を比較すると、教示に対する反応は異なることが示唆されている。

動作の指示と実際のジャンプ動作を調べた研究では、意図が同じ指示でも表現の仕方によって、実際に遂行される動作に違いが生じることが報告されている(北尾他, 2018)。この研究では指示ごとにジャンプのパフォーマンスに影響する要因を検討し、高く跳ばせることを意図した指示でのジャンプの跳躍高が、指示の表現の違いによりパフォーマンスに差が出ている。

これまでの研究はスポーツのスキルを中心に時間や正確性といった要素で研究が行われているが、その他の場面でもスキルを必要とし、時間と正確性が要素となるスキルも多く存在する。どのような場面のスキルであっても動作の制御は同様であることが再現されるのか。同じ制御であるとするより単純な課題で検討することでスキル獲得の研究にとって有利であると考えた。その他の場面の一つとして理科の実験場面における試薬の調整操作を再現した課題を検討した。試薬の調整は実験の準備段階で行うことが多く、大学や企業の研究場面、小学生から大学生等の幅広い段階の実習でも行う機会がある。試薬の調整も正確に設定量を測り取り調合する必要がある、限られた授業時間や業務時間に行わなければならない。そのため、時間と正確性で試薬調整のスキルを評価できる特徴がある。

本実験では、試薬調整の水を測り取る1つの動作を課題とし、複数の教示条件を与えた場合の操作時間と正確性を検討した。操作のパフォーマンスを検討する上で、パフォーマンスに影響を与える要因として、熟練度によりパフォーマンスが変化するだけでなく教示に対する反応が変化することを考慮して、パフォーマンスを操作時間と正確性を尺度としたクラスタ分析を行い対象者のグループ分けを行った。教示の意図が同じであっても表現が異なるとパフォーマンスに影響を与えることを考慮する必要があるため、操作時間を早くする意図と正確性を求める意図を持つ教示条件をそれぞれ複数用いた。

2. 方法

2.1 対象者

対象者は日常的に理科の実験業務や手指作業を主にする業務に従事していない12名(男性3名、女性9名、21歳から42歳)であった。対象者に対して本研究の趣旨と内容について説明したうえで、書面による同意を得て実施した。また、本研究は京都工芸繊維大学におけるヒトを対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。

2.2 実験試技

実験は、室内にて椅子に座り、操作は机上で実施した。実験試技の開始前に水を分注する操作の説明を行い、教示を提示しない状態で数回自由に操作の練習を行った。練習操作時に上肢作業に障害がなく、本課題操作を問題なく実行可能であることを確認した。操作前に教示が印刷された紙を提示し、教示に従った操作をするように指示を行った。課題は、教示に従い、水の入った300 mLビーカーから1.5 mLチューブヘスポイトを使用して、水1 mLを採取する内容である。水をチューブへ採取する操作を1教示あたり5回繰り返し行うことを1試行とし、1つの教示条件あたり5本の分注したチューブが得られた。実験中は被験者の操作を動画撮影した。

2.3 教示条件

隣り合った被験者で別の教示が示されるように提示順を複数用意した。本研究で使用した教示は動作の様態を表す「正確に操作してください」(以下、「正確に」と略す)、「慎重に操作してください」(以下、「慎重に」と略す)、「きれいに操作してください」(以下、「きれいに」と略す)、「手際よく操作してください」(以下、「手際よく」と略す)、「素早く操作してください」(以下、「素早く」と略す)の5条件を選択した。

「正確に」教示は設定量通り正確に、測り取ることに意識を向けることで誤差の小さい操作となることを想定した。「慎重に」教示は操作全体を失敗しないよう慎重に行うことを意識することで誤差の小さい操作となることを想定した。「きれいに」教示は無駄の無い動きをきれいな動作と表すことから、無駄の無い操作により誤差が小さくなることを想定した。「正確に」教示、「慎重に」教示はどちらも正確な操作を意図する教示として採用した。「きれいに」教示も正確な操作を意図する教示であるがより間接的な表現の教示として採用した。

「手際よく」教示は効率的に動くことを意識することで操作が早くなることを想定した。「素早く」教示は速く動くことを意識することで操作が早くなることを想定した。「手際よく」教示、「素早く」教示はどちらも早い操作を意図する教示として採用した。

教示の提示方法はA4紙に教示1条件をMSゴシック、28 ptで縦向け中央に印刷した。複数の教示をまとめて冊子とし、1教示毎に被験者がページをめくり、次の教示に移行するようにした。

2.4 測定項目

- ・ 操作時間：
ビーカーに対してスポイトを構えた時点を操作スタートとし、最後のチューブの蓋を閉めてチューブ立てにチューブを立てるまでに要した時間を1試行の操作時間とした。
- ・ 水の分注重量：
分注操作後のチューブの重量を小数点第2位まで秤量できる電子天秤で測定した。事前に測定していた空チューブとの差から採取した水の重量を求めた。
- ・ 分注操作の正確性(設定値誤差)：
分注チューブごとに、設定値からの差の絶対値の平均を求め、分注操作の正確さの指標とした。
- ・ 分注操作の安定性(条件内誤差)：
分注チューブごとに、1試行ごとの平均値からの差の絶対値の平均を求め、分注操作の安定の指標とした。

2.5 分析方法

教示が操作のパフォーマンスへ与える影響を検討するため、12名の各教示条件試技における1試行の操作時間、分注重量、設定値誤差、条件内誤差の平均値を求めた。個人間のパフォーマンスの差を検討するため、操作時間と操作の正確性となる設定値誤差を操作のパフォーマンスの指標とし、2変数の尺度によるクラスタ分析(ユークリッド距離、Ward法、Z得点にて標準化)を行った。クラスタ分類の被験者間要因と教示の被験者内要因による各変数に対する2要因分散分析を行った。球面性検定が有意であったものは自由度の補正を行った。2要因分散分析で有意な交互作用があったものは要因の単純主効果の検定を行い、要因における差を確認した。交互作用がなかったものは主効果の確認を行い、統計的有意を示した主効果のShafferの方法による多重比較を行った。

3. 結果

3.1 操作時間と操作の正確性を尺度にしたクラスタ分析

操作のパフォーマンスの指標とした操作時間と操作の正確性となる設定値誤差の尺度によるクラスタ分析(ユークリッド距離、Ward法、Z得点にて標準化)を行い、分注操作のパフォーマンスの個人差を確認した。その結果、デンドログラムから2クラスタに分類することが妥当であると判断した(図1)。

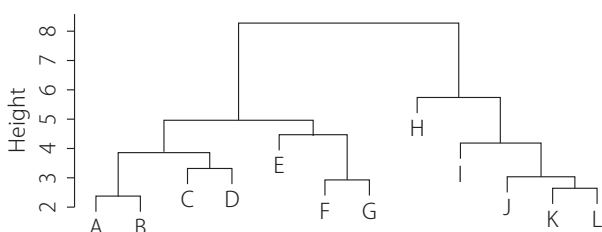


図1：操作時間と設定値誤差の尺度でのクラスタ分析結果のデンドログラム

注：第1クラスタ(A～G)、第2クラスタ(H～L)。

3.2 操作の正確性

クラスタ分類の被験者間要因と教示の被験者内要因による設定値誤差に対する2要因分散分析を行った。設定値誤差は交互作用が有意であった($F_{4,40} = 3.06, p = 0.03, \eta^2 = 0.17$)。そこで、要因の単純主効果を分析した結果、教示条件による主効果は有意であり($F_{1,10} = 14.10, p = 0.00, \eta^2 = 0.32$)、クラスタ分類による主効果も有意であった($F_{4,24} = 2.34, p = 0.07, \eta^2 = 0.14$)。第1クラスタは教示条件間の設定値誤差に有意な差はみられなかったが($F_{4,24} = 0.14, p = 0.97, \eta^2 = 0.01$)、第2クラスタは有意な差がみられた($F_{4,16} = 4.51, p = 0.01, \eta^2 = 0.47$)。第1クラスタはどの教示条件でも設定値誤差に差を示さなかったため、以下、誤差変化なし群とし、第2クラスタは教示条件により設定値誤差に差を示したため、以下、誤差変化あり群とする。また、「正確に」教示条件($F_{1,10} = 6.24, p = 0.03, \eta^2 = 0.38$)、「手際よく」教示条件($F_{1,10} = 6.64, p = 0.03, \eta^2 = 0.40$)、「素早く」教示条件($F_{1,10} = 21.58, p = 0.001, \eta^2 = 0.68$)では誤差変化なし群よりも誤差変化あり群で有意に設定値誤差が大きい結果を示した(図2)。

3.3 操作時間

クラスタ分類の被験者間要因と教示の被験者内要因による操作時間に対する2要因分散分析を行った。操作時間は有意な交互作用がみられなかった($F_{4,40} = 0.57, p = 0.69, \eta^2 = 0.02$)。主効果の確認を行った結果、クラスタ群の主効果($F_{1,10} = 4.61, p = 0.58, \eta^2 = 0.23$)、教示条件の主効果($F_{4,40} = 20.72, p = 0.00, \eta^2 = 0.41$)となり、教示条件の主効果に有意な差がみられた。教示条件の主効果の多重比較を行った結果、「正確に」教示は手際よく教示($T(10) = 9.84, p = 0.00$)、「素早く」教示($T(10) = 7.87, p = 0.00$)より操作時間が長く、「慎重に」教示は「手際よく」教示($T(10) = 5.69, p = 0.00$)、「素早く」教示($T(10) = 4.88, p = 0.00$)より操作時間が長くなる結果を示した(図2)。正確な操作を求める意図の教示と操作の早さを求める意図の教示で操作時間のパフォーマンスに異なる影響を与えることが示された。クラスタ間の比較では、誤差変化あり群よりも誤差変化なし群で操作時間が長くなる結果を示した。

3.4 分注重量

クラスタ分類の被験者間要因と教示の被験者内要因による分注重量に対する2要因分散分析を行った。分注重量は有意な交互作用がみられなかった($F_{1,9,18,98} = 0.50, p = 0.60, \eta^2 = 0.01$)。主効果の確認を行った結果、クラスタ群の主効果($F_{1,10} = 0.13, p = 0.73, \eta^2 = 0.01$)、教示条件の主効果($F_{1,9,18,98} = 0.51, p = 0.60, \eta^2 = 0.01$)となり、有意な差はみられなかった(図2)。誤差変化なし群、誤差変化あり群ともに、すべての教示条件で採取量の平均値は設定値の1.00 g未満となる結果を示した。

3.5 操作の精度

条件内誤差に対するクラスタ分類の被験者間要因と教示の被験者内要因による2要因分散分析を行った。条件内誤差は有意な交互作用がみられなかった($F_{4,40} = 1.43, p = 0.31, \eta^2 = 0.07$)。主効果の確認を行った結果、クラスタ群の主効果($F_{1,10} = 1.78, p = 0.21, \eta^2 = 0.07$)、教示条件の主効果($F_{4,40} = 2.08, p$

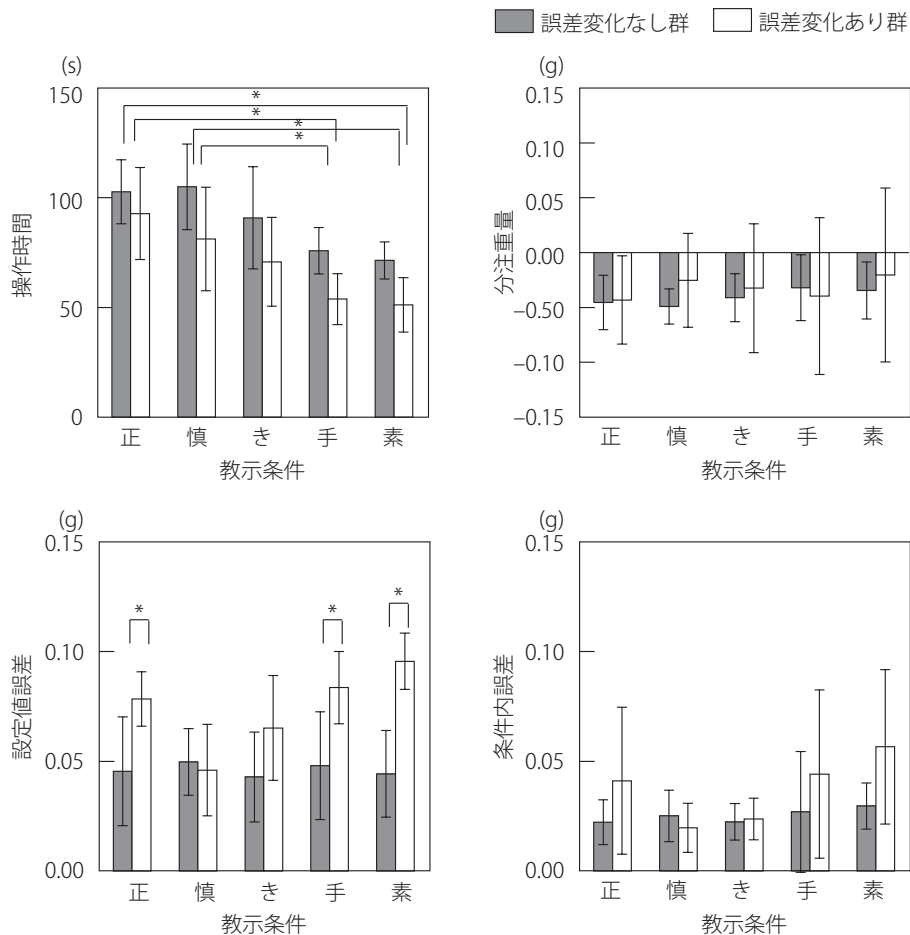


図2：各教示条件試技における1試行の操作時間、分注重量、設定値誤差、条件内誤差の平均値
注：教示条件(正=「正確に」教示、慎=「慎重に」教示、き=「きれいに」教示、手=「手際よく」教示、素=「素早く」教示)。

= 0.10, $\eta^2 = 0.11$) となり、有意な差はみられなかった (図2)。設定値誤差では、誤差変化あり群の慎重に条件 (0.046 ± 0.021 g) に対して、「きれいに」条件 (0.065 ± 0.024 g) は 0.019 g (41.3 %) 誤差が増加する結果を示し、条件内誤差では慎重に条件 (0.020 ± 0.011 g) に対して、「きれいに」条件 (0.024 ± 0.010 g) は 0.004 g (20.0 %) 誤差が増加する結果を示した。設定値誤差と条件内誤差の比較では、条件内誤差は「慎重に」条件と「きれいに」条件の差が小さいという結果を示した。

3.6 4 変数の関係

図3に各教示条件における操作時間と分注重量、設定値誤差、条件内誤差の関係を散布図として示した。これらの4つの変数間の関係について相関係数を求めたところ、操作時間と分注重量の間では誤差変化なし群 ($r = -.917, p = .008$)、誤差変化あり群 ($r = -.405, p = .499$)、操作時間と設定値誤差の間では誤差変化なし群 ($r = .292, p = .633$)、誤差変化あり群 ($r = -.580, p = .305$)、操作時間と条件内誤差の間では誤差変化なし群 ($r = -.773, p = .125$)、誤差変化あり群 ($r = -.550, p = .337$) であった。分注重量と設定値誤差の間では誤差変化なし群 ($r = -.256, p = .678$)、誤差変化あり群 ($r = -.081, p = .897$)、分注重量と条件内誤差の間では誤差変化なし群 ($r = .645, p = .240$)、誤差変化あり群 ($r = .026, p = .968$) であった。設定

値誤差と条件内誤差の間では誤差変化なし群 ($r = .180, p = .772$)、誤差変化あり群 ($r = .962, p = .001$) であった。誤差変化あり群は、操作時間が長くなると設定値誤差と条件内誤差が小さくなる関係を示したが、正確に教示条件は操作時間が長い、設定値誤差と条件内誤差は大きい結果を示した。誤差あり群の設定値誤差と条件内誤差の関係は強い正の相関関係がみられたが、近似曲線から「きれいに」教示条件は条件内誤差が小さい方へ外れており、「きれいに」教示条件が設定値誤差の大きさに対して条件内誤差が小さい結果を示した。

4. 考察

4.1 教示が操作のパフォーマンスへ与える影響の個人差の検討

個人の技量の差によるパフォーマンスの差を考慮し、操作時間と設定値誤差の尺度によってクラス分析を行った。その結果から誤差変化なし群と誤差変化あり群の2グループに分類することが妥当であると判断した。

誤差変化あり群は操作時間と操作の正確性が教示条件により変化がみられた。誤差変化なし群は操作時間が教示条件により変化する結果を示したが、操作の正確性は教示条件により変化がない結果を示した。

誤差変化なし群と誤差変化あり群に分かれた要因として

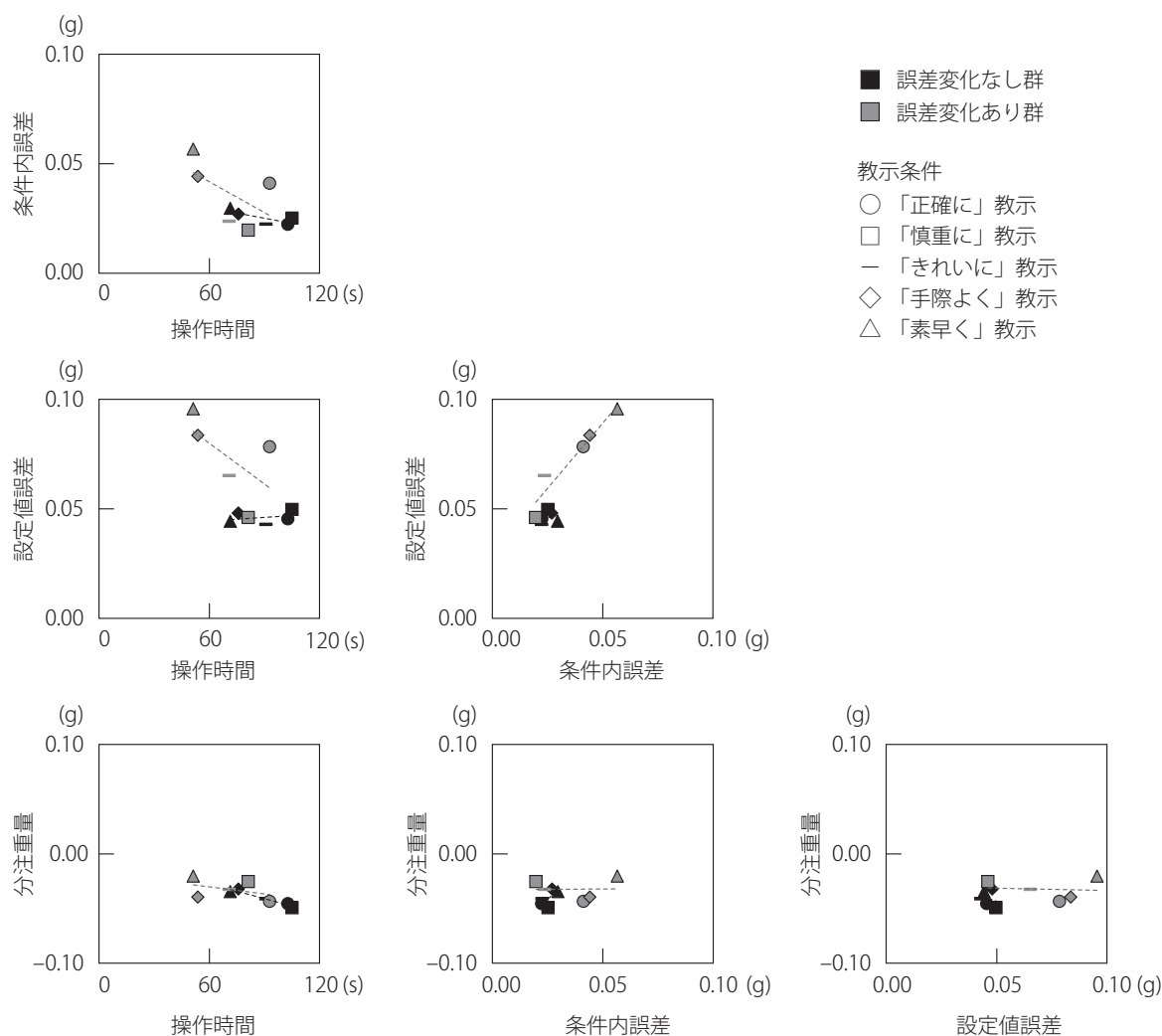


図3：クラスタ分析による分類ごとの各教示条件試技における1試行の平均値の4変数の散布図

は、熟練度の違いによるものの可能性が考えられる。今回の被験者は日常的に理科の実験に従事していないが、元々の手指の器用さに差があることで、クラスタ分析により2つの群に分かれた要因となったことが考えられる。

4.2 分注操作の正確さと速度の関係

誤差変化あり群では、正確に教示条件を除くと操作時間と誤差の大きさの関係は、操作時間が長くなれば誤差の小さい操作となる結果を示した。ある範囲の反応時間で正確さと速度がトレード・オフ関係 (Speed-accuracy trade-off: SAT) となることは以前から知られている (Garrett, 1922; Hick, 1952; Woodworth, 1899)。誤差変化あり群は正確に教示条件を除くと操作時間と操作の誤差がトレード・オフの関係となる結果を示した。Fittsの法則は操作時間が操作の困難さの指標と線形的関係であることが明らかにされている (Fitts, 1992)。一般的には、 $T = a + b \log_2(2A/W)$ と表され、与えられた距離Aで要求される精度を上げると(Wを小さくすると)運動が遅くなる。本実験の分注操作課題では教示により正確な量を採用する操作となることを意識させることでWを小さくする操作となり、操作時間が長くなったとFittsの法則から考えられる。

誤差変化あり群は、早い操作時間を意識する教示を行った操作では操作時間は短く誤差の大きい操作となる結果を示し、正確性を意識する教示を行った操作では操作時間は長く誤差の小さい操作となる結果を示した。操作時間が正確性のどちらか一方を重視した操作となる結果を示し、本実験の課題はFittsの法則に従うことが示唆された。しかし、「正確に」教示条件の操作については、正確な操作を意識させることで操作時間は長くなったにも関わらず、誤差が小さくなる効果はなかった。

本実験では誤差変化あり群は、正確に教示条件を除くとFittsの法則に従う課題であることが示された。トレード・オフの研究では比較的長い反応時間で近づく漸近的な精度レベルがあり、一定の時間を超えると、追加の処理時間を長く費やしたとしても、応答の精度は大幅に向上しないと考えられている (Wickelgren, 1977)。そのため、誤差変化なし群についてはスポイトを使用した分注操作に慣れていた、または単純な操作であったため、数回の練習で操作を習得したことにより誤差が漸近的な値を示した可能性が考えられる。誤差変化なし群は早い操作時間を求める教示を行った操作でも元々の手指の器用さにより漸近的な正確性レベルに到達し、5教

示すすべての条件で同じレベルの正確性を持った操作であり、操作時間だけに教示の影響があったことが考えられる。

4.3 正確に教示条件と慎重に教示条件間の関係

誤差変化あり群では「正確に」教示の操作と「慎重に」教示条件の操作を比較すると、「慎重に」教示で設定値誤差、条件内誤差が小さい操作であった。「正確に」教示、「慎重に」教示の操作は、どちらも同じ正確な操作を意図する教示であるが、表現が違うことにより正確性に差がみられたと考えられる。

「正確に」教示条件は誤差の大きい操作であったため、「正確に」教示を行うことが操作の正確性に悪い影響を与えたことが考えられる。「正確に」教示は、実験の設定で1 mlを分注する指示で正確な操作を意識しているにも関わらず、さらに教示により正確な操作を求めたため、必要以上にスポイトの目盛りを意識する操作となった可能性が考えられる。スポイトの目盛りへ意識を向けた結果、スポイトを持っている手指に意識が集中し、内的注意の増加により運動スキルの脱自動化となった可能性が考えられる。

また、課題の設定で設定量を測り取る指示がある上で、「正確に」教示条件を与え、重複して正確性の高いパフォーマンスの操作を意識したため、心理的なストレスから高いプレッシャーとなったと推測される。Baumeister (1984) は、特定の状況において高いパフォーマンスを発揮することの重要性を高める因子をプレッシャーと呼び、プレッシャーによりパフォーマンスが低下する現象を「あがり (chokingunderpressure)」と呼んでいる。ここでのプレッシャーとは、観衆、他者評価、報酬、時間切迫などを含む心理的なストレスを意味し、ストレスは運動パフォーマンスに促進的に作用することもあるが (Hardy and Parfitt, 1991)、多くの場合、運動スキルの遂行を阻害しパフォーマンスを低下させる (Baumeister, 1984; Lewis and Linder, 1997)。プレッシャー下では正確な動作遂行を目的とした方略の変更が起きることが示唆されている (樋口・畑山, 2001; Higuchi et al., 2002; Tanaka and Sekiya, 2010)。Baumeister (1984) はプレッシャーによるパフォーマンスの低下は、身体運動に対する内的注意の増加による運動スキルの脱自動化が原因であると提唱している。プレッシャー下の運動変位の縮小の主な原因は、注意の変化や運動方略の変化により生じると説明されている (Beuter et al., 1989; Higuchi et al., 2002; 村山他, 2007)。過剰に分注操作の正確性を意識することが誤差変化あり群にとってプレッシャーとなり、身体運動に対する内的注意の増加による運動スキルの脱自動化が原因となったことや、運動方略が他の教示条件と変化し誤差が大きくなるパフォーマンスの低下となったことが考えられる。

4.4 「きれいに」教示に対する検討

「正確に」教示条件と「慎重に」教示条件に比べ、間接的な表現の正確性を意図する教示として設定した「きれいに」教示の操作は、誤差変化あり群では操作時間と設定値誤差がトレード・オフとみられる関係であった。条件内誤差で比較すると、操作時間は「慎重に」教示条件より短いが誤差は同程度の操作であった。手の動作の特徴が言語的にどのように表現される

のかを検討した研究では、実際に動作を行いながら評価した場合、「動きがきれい」と同じ動作の美しさ因子に「動作がなめらか」、「動作が自然な感じ」があり、「動作へ集中している」ほど「動作が美しく」、「動作がぶれていない」ほど「動作が美しい」と評価されたと報告がある (鈴木・春木, 2001)。本研究の課題でも、「きれいに」教示を与えることで、ぶれのない操作を意識したことにより、繰り返し操作の差が小さくなる効果となり、操作の安定性が高くなったのではないかと考えられる。

4.5 スポイトを使用した水の分注課題の採取量の検討

分注重量は個人差に関わらず、すべての教示条件で設定値の1.00 g未満となる結果を示した。スポイトを使用した操作は1 mLの目盛りで測り取り、チューブへ吐き出す際にスポイト内に水滴が残留した場合は1 mL未満となるため、少ない採取量となった要因のひとつであると考えられる。他にも、本操作の動画を確認したところ、採取時のスポイトの目盛りを確認する際に目線とスポイト目盛りの角度が水平ではなく見下ろす角度となっており、採取量が設定値よりも少なくなったことの要因として考えられる。

ゴルフパッティングを課題とした研究では高プレッシャー下で低プレッシャー時の操作と比較してボールがカップに届かないパッティングが増えたことが報告されている。プレッシャーによって身体が緊張したことにより運動方略の変化が生じ、パッティングストロークが小さくなりボールの転がり弱くなったことでボールがカップに届かないパッティングが増えた原因と考えられている (長谷川他, 2011)。本研究で使用した分注課題は日常生活では通常行うことのない操作をカメラの前で行った。実験環境や、指定した量を測り取る操作を評価すると予想できる実験であったことを特殊な状況と判断し、心理的なストレスから「あがり」状態になったと考えられる。「あがり」を体験した際に安全性重視方略を用いていることが報告されている (村山他, 2009)。「あがり」により安全性重視方略を用いていた場合、本研究のスポイトを使用した水の分注課題はすべての教示条件で設定値の1.00 g未満となったため、本研究の課題における安全性重視方略は設定値の1.00 gを超える十分な採取となる操作ではなく、1.00 gを超えない操作であったと考えられる。

実際の実験で液体を採取する際はダイヤルで採取量を設定できるマイクロピペットや液量が多い場合は目盛りの付いたピペットをオートピペッターに取り付けて採取することがある。これらはスポイトに比べると精度の高い機器であるが、吐き出し時のピペット内の水滴の残留、目盛りを確認する角度に注意しないと本実験と同じように採取量が少なくなる要因となる。特に粘性のある液体はピペットの内壁に残留しやすいため、吐き出しに注意をする必要がある。また、危険な試薬、高価な試薬については日常的に理科の実験操作に従事している熟練者にとってもプレッシャーとなり、身体の緊張により動作が不安定になることで採取量が少ない操作となる可能性が考えられる。

5. まとめ

本研究では動作指示語と実際の動作のパフォーマンスの関係に関する基礎的研究として理科の実験場面を想定した認知作業であるピペットによる水の分注操作を用いて定量的に評価した。5つの様態を表す教示条件による操作を、操作時間、分注重量、設定値誤差、条件内誤差で評価を行った。教示条件により設定値誤差が変動したグループでは操作時間と操作の誤差がトレード・オフ関係であることが示唆されたが、正確に教示条件では過剰に正確性を意識させることでパフォーマンスの低下による誤差の増大がみられた。誤差変化なし群では、教示条件により設定値誤差に変化を示さないが、操作時間は変動を示した。そのため、操作時に教示を与えることにより操作のパフォーマンスに影響を与えることができたと考えられる。

操作の速度は教示による影響が大きく、手順書等に早くやゆっくりと指示を記載することで操作の速度をコントロールすることは可能と考えられる。操作の正確性については、手順書等に教示を記載する場合は、一部の作業者では悪い影響を受ける可能性があるため正確にと記載するよりも、慎重に操作を行う等、他の表現を使用して教示することが適していると考えられる。

引用文献

- Anderson, J. R. (1993). *Rules of mind*. NJ: Erlbaum: Hillsdale.
- Baumeister, R. F. (1984). Choking under pressure: Self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 46, No. 3, pp. 610-620.
- Beilock, S. L., Carr, T. H., MacMahon, C., and Starkes, J. L. (2002). When paying attention becomes counterproductive: Impact of divided versus skill-focused attention on novice and experienced performance of sensorimotor skills. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 8, pp. 6-16.
- Beilock, S. L., Jellison, W. A., Rydell, R. J., McConnell, A. R., and Carr, T. H. (2006). On the causal mechanisms of stereotype threat: Can skills that don't rely heavily on working memory still be threatened? *Personality & Social Psychology Bulletin*, Vol. 32, pp. 1059-1071.
- Beilock, S. L., Bertenthal, B. I., Hoerger, M., and Carr, T. H. (2008). When does haste make waste? Speed accuracy tradeoff, skill level, and the tools of the trade. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 14, No. 4, pp. 340-352.
- Beuter, A., Duda, J. L., and Widule, C. J. (1989). The effect of arousal on joint kinematics and kinetics in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Vol. 60, No. 2, pp. 109-116.
- Bryan, W. L. and Harter, N. (1899). Studies on the telegraphic language: The acquisition of a hierarchy of habits. *Psychological Review*, Vol. 6, pp. 345-375.
- Castaneda, B. and Gray, R. (2007). Effects of focus of attention on baseball batting performance in players of differing skill levels. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, Vol. 29, pp. 59-76.
- 長谷川弓子・矢野円郁・小山哲・猪俣公宏 (2011). プレッシャー下のゴルフパッティングパフォーマンス—不安の強度とパッティング距離の影響—. *スポーツ心理学研究*, Vol. 38, No. 2, pp. 85-98.
- Fitts, P. M. (1992). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology: General*, Vol. 121, No. 3, 262-269.
- Ford, P., Hodges, N. J., and Williams, A. M. (2005). Online attentional focus manipulations in a soccer-dribbling task: Implications for the proceduralization of motor skills. *Journal of Motor Behavior*, Vol. 37, pp. 386-394.
- Garrett, H. E. (1922). *A study of the relation of accuracy to speed*, Vol. 8. Columbia University.
- Gray, R. (2004). Attending to the execution of a complex sensorimotor skill: Expertise differences, choking and slumps. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 10, pp. 42-54.
- Hardy, L. and Parfitt, G. (1991) A catastrophe model of anxiety and performance. *British Journal of Psychology*, Vol. 82, 163-178.
- Hick, W. E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 4, No. 1, pp. 11-26.
- 樋口貴広・畑山俊輝 (2001). 正確性の課題要求と運動の柔軟性—運動制御の調節に関わる感情系の機能について—. *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol. 101, No. 512, pp. 35-40.
- Higuchi, T., Imanaka, K., and Hatayama, T. (2002). Freezing degrees of freedom under stress: Kinematic evidence of constrained movement strategies. *Human Movement Science*, Vol. 21, Nos. 5-6, pp. 831-846.
- Jackson, R. C., Ashford, K. J., and Norsworthy, G. (2006). Attentional focus, dispositional reinvestment and skilled motor performance under pressure. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, Vol. 28, pp. 49-68.
- Kanfer, R. and Ackerman, P. L. (1989). Motivation and cognitive abilities: An integrative/aptitude-treatment interaction approach to skill acquisition. *Journal of Applied Psychology*, Vol. 74, pp. 657-690.
- 北尾浩和・来田宣幸・深田智・中本隆幸・小島隆次・萩原広道・野村照夫 (2018). 言語的な動作指示の違いがパフォーマンスに及ぼす影響. *日本感性工学会論文誌*, Vol. 17, No. 2, pp. 257-265.
- Lewis, B. P. and Linder, D. E. (1997). Thinking about choking?: Attentional processes and paradoxical performance. *Personality and Social Psychology Bulletin*, Vol. 23, pp. 937-944.
- 村山孝之・田中美史・菅井若菜・関矢寛史 (2007). 時間切迫が運動スキルの遂行に及ぼす影響. *体育学研究*, Vol. 52, No. 6, pp. 443-451.
- 村山孝之・田中美史・関矢寛史 (2009). 「あがり」の発現機序の質的研究. *体育学研究*, Vol. 54, No. 2, pp. 263-277.
- Perkins-Ceccato, N., Passmore, S. R., and Lee, T. D. (2003). Effects of focus of attention depend on golfers' skill. *Journal of*

Sports Sciences, Vol. 21, pp. 593-600.

Proctor, R. W. and Dutta, A. (1995). Skill acquisition and human performance. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

鈴木平・春木豊 (2001). 気分状態と関連性がみられた手の動作の特徴. 感情心理学研究, Vol. 8, No. 1, pp. 1-13.

Tanaka, Y. and Sekiya, H. (2010). The influence of audience and monetary reward on the putting kinematics of expert and novice golfers. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Vol. 81, No. 4, pp. 416-424.

Wickelgren, W. A. (1977). Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics. *Acta Psychologica*, Vol. 41, No. 1, pp. 67-85.

Woodworth, R. S. (1899). Accuracy of voluntary movement. *The Psychological Review: Monograph Supplements*, Vol. 3, No. 3, p. i.

受稿日：2025年1月7日
受理日：2025年2月26日
発行日：2025年6月30日

Copyright © 2025 Society for Science and Technology



This article is licensed under a Creative Commons [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International] license.

 <https://doi.org/10.11425/sst.14.51>