

新しい運動の学習で主体感が生じるプロセスを解明 ——試行錯誤を通して「私の動き」という感覚が生じるしくみ——

発表のポイント

- ◆「自分の運動が何かを引き起こしている」という感覚を行為主体感と呼びます。今回の研究では、新しい運動技能を初めて学ぶ際に、どのようにこの感覚が生まれるのかを明らかにしました。
- ◆従来は運動によって自分の予測通りの結果が生じることが主体感の生起条件と考えられていましたが、今回の研究は、予測ができない時点から試行錯誤を通して、運動と結果の関係性を「身体で覚える」ことが主体感を強める重要な要素であることを示しました。
- ◆怪我や病気に伴うリハビリや仮想現実（VR）内のアバターの操作など、これまでとは違う身体の動かし方を学習する必要が生じた際に、主体感を維持・向上させる技術の開発に寄与することが期待されます。



試行錯誤によって「自分の動き」という感覚が生まれる

概要

東京大学大学院人文社会系研究科の田中拓海助教と今水寛教授は、人が新たな運動技能を学習する過程で「これが私の動きだ」という感覚（行為主体感：以下「主体感」）がどのように生まれるかを明らかにしました。従来の理論では、運動によって予測通りの結果が生じたときに、人はその運動や結果を「自分が引き起こした」と感じると考えられてきました。しかし、初めてある運動に挑戦するときのように、結果が予測できない状況でどのように主体感が形成されていくのかは未解明でした。本研究では、実験参加者にとって未経験である、手指の運動でスクリーン上のカーソルを操作するといった特殊な運動課題を使うことでこの問題に取り組みました。実験の結果、明示的に教えられるのではなく、試行錯誤を通して運動と結果の対応関係を身体で覚えることが、主体感の獲得に重要であることが示されました。本成果は、怪我や病気に伴うリハビリや仮想現実（VR）環境下でのアバターの操作など、これまでとは異なる身体の動きを学習する場面において、主体感の維持・向上を支援する技術開発につながることを期待されます。

発表内容

パソコンのマウスを動かしたとき、同時にモニター上のカーソルが動くのを見ると、人は直感的に「自分がカーソルを動かした」と感じます。このように、自分の運動が何かを引き起こしているという感覚は行為主体感と呼ばれます。従来の理論（比較器モデル：注1）では、運動によって予測通りの結果が生じたときに、人はその運動や結果を「自分が引き起こした」と感じると考えられてきました。しかし、初めてある運動に挑戦するときには、誰も運動の結果を正確に予測できません。このような状況から、どのように主体感が生まれるのかは未解明でした。

本研究では、2つの行動実験を通して、新たな運動技能を学習する過程で生じる主体感の変化とそのメカニズムを調べました。1つ目の実験では、実験参加者は様々な手のジェスチャーを通して、スクリーン上のカーソルを任意の場所に移動させる操作を学習しました（図1 A：実験動画 <https://drive.google.com/file/d/1Uwzs8P05xwEOHriXBwML9Sut-DAsHktZ/view?usp=sharing>）。実験開始時、参加者はジェスチャーとカーソルの動きの対応関係を全く知りませんでしたが、数十分のトレーニングを通して急速に操作に習熟しました（図1 B）。この学習の合間に、参加者は自分が動かすカーソルと他者が動かすカーソルを見分ける主体判断課題に取り組みました（図2 A：実験動画 https://drive.google.com/file/d/1uIBCst4BC_xkQEvUtrF4ZWvXHlfl_H9W/view?usp=sharing）。この課題では、実際に参加者自身が動かすカーソルが表示される試行と、事前に記録された他者が動かしたカーソルが表示される試行（他者条件）がありました。ただし、参加者自身が動かすカーソルが表示される場合でも、学習した対応関係に従ってカーソルが動く試行（バイアスなし条件）に加え、ジェスチャーとカーソルの動きの対応関係が学習したものとは異なる試行（空間バイアス条件）や、ジェスチャーがカーソルの動きに反映されるまでにわずかな時間遅れがある試行（時間バイアス条件）が含まれていました。

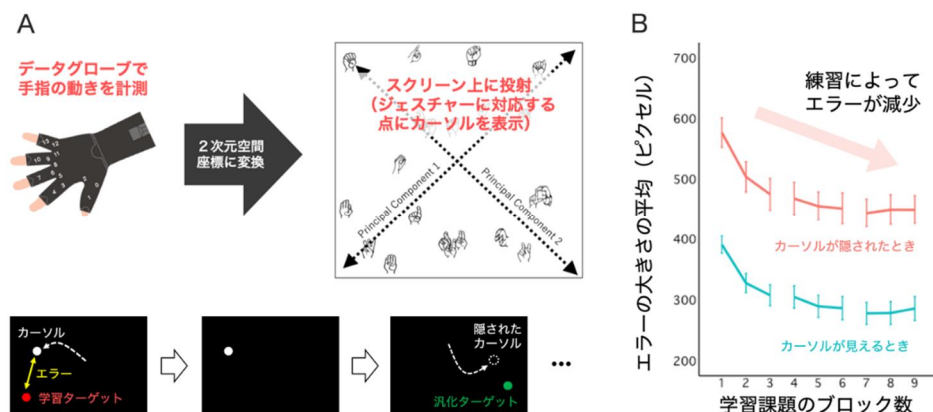


図1：実験参加者が行った運動学習課題とその結果（実験1）

(A) 右手につけたデータグローブによって計測された参加者の手指の動きは、スクリーン上の座標に変換され、カーソルの動きに反映されました（図上：実験動画 <https://drive.google.com/file/d/1Uwzs8P05xwEOHriXBwML9Sut-DAsHktZ/view?usp=sharing>）。運動学習課題において、参加者はこのカーソルをスクリーン上の様々な位置に出てくるターゲットに近づく練習を繰り返しました（図下）。(B) 運動学習課題におけるカーソルとターゲットのずれ（エラー）は、練習を重ねるにつれて減少していきました。カーソルが隠され、ターゲットのみが見えていた試行でもエラーの減少が生じたことから、参加者が練習を通して「どのように手を動かせばカーソルがどこに動くか」といった法則性を学習したことが示されました。縦軸は、スクリーン上の画素（ピクセル）の数で測ったエラーの大きさを示します。エラーバーは標準誤差を表しています。

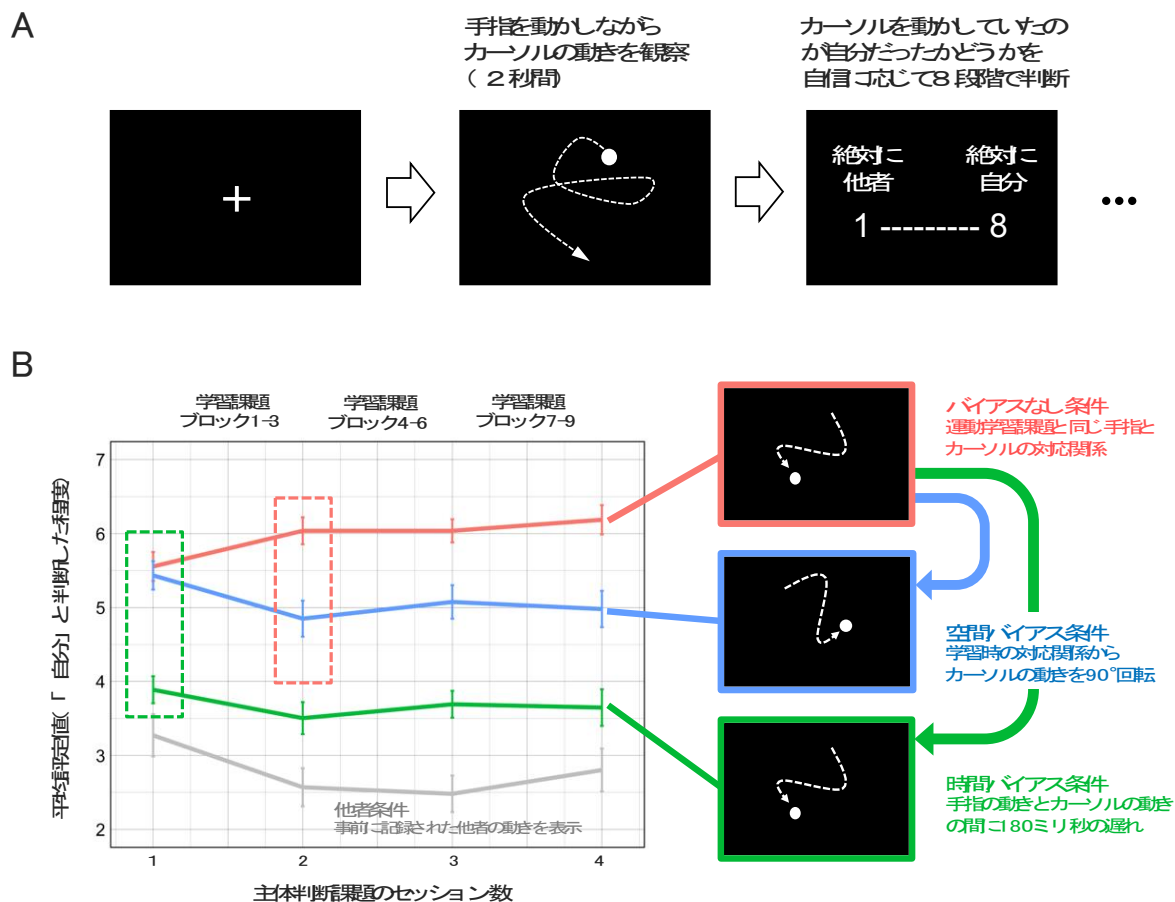


図2：実験参加者が行った主体判断課題とその結果（実験1）

(A) 主体判断課題において、参加者は2秒間手指を動かしながらカーソルの動きを観察し、そのカーソルが誰によって動かされたものだったかを「1：絶対に他者」から「8：絶対に自分」までの8段階で評価しました（実験動画 https://drive.google.com/file/d/1uIBCst4BC_xkQEvUtrF4ZWvXHlfl_H9W/view?usp=sharing）。

(B) 参加者は、3セッションに分けられた運動学習課題の前後と合間に主体判断課題に取り組みました。最初の運動学習課題の前、カーソルの操作を全く経験したことがないときから、参加者は手指の運動とわずかに時間のずれがあるカーソルを自分が動かしていると感じづらい傾向がありました。ひとたびカーソルの操作を学習すると、学習した手指との対応関係に従うカーソルの動きが、それに一致しない動きをするカーソルより「自分らしく」評価されるようになりました。エラーバーは標準誤差を表しています。

主体判断課題において、運動を学習する前段階では、参加者はカーソルが自分の手指と同時に動くかどうかだけを手がかりにして、自分が動かすカーソルと他者が動かすカーソルを判別しようとしていました。しかし、操作に習熟した後では、学習した手指との対応関係に従うカーソルの動きに対してより「自分らしい」と感じるようになりました（図2B）。この傾向はカーソル操作の習熟度が高い参加者ほど顕著でした。また興味深いことに、このような主体感の変化は、参加者に正解の動きを教えながら、単にジェスチャーとカーソルの動きの関係を暗記させた2つ目の実験では観察されませんでした。

これらの結果は、試行錯誤を通して運動と結果の対応関係を「身体で覚える」ことが、新たに学習する運動に対する主体感の形成に重要であることを示しています。人はこういった運動と外界の関係の知識を持たずに生まれ、学習を通してあらゆる行動を習得します。本知見は、

人間の発達において自他の区別が生じるメカニズムの解明に寄与する可能性があります。また、怪我や病気に伴うリハビリや、仮想現実（VR）空間におけるアバターの操作など、これまでとは違う身体の動かし方を学習する必要が生じた際に、いかに「自分が動かしている」という感覚を維持・向上させるかといった問題の解決に貢献することが期待されます。

発表者・研究者等情報

東京大学 大学院人文社会系研究科

田中 拓海 助教

研究当時：特任研究員

今水 寛 教授

兼：東京大学大学院工学系研究科人工物工学研究センター 教授

国際電気通信基礎技術研究所 (ATR) 認知機構研究所 客員所長

論文情報

雑誌名：Communications Psychology

題 名：Sense of agency for a new motor skill emerges via the formation of a structural internal model

著者名：Takumi Tanaka* & Hiroshi Imamizu (*責任著者)

DOI:10.1038/s44271-025-00240-7

URL:<https://www.nature.com/articles/s44271-025-00240-7>

研究助成

本研究は、科研費「主体感に基づく運動制御メカニズムの解明（課題番号：JP23K12928）」、「超適応を促す身体認知・情動機構の解明（課題番号：JP19H05725）」、「主体感の探索と利用：その行動メカニズム、神経基盤、および数理モデル（課題番号：JP21H03780）」、「エキスパートが認知する世界の可視化と再構成：ドライビングを題材として（課題番号：JP24H00172）」の支援により実施されました。

用語解説

（注 1）比較器モデル：主体感の代表的な理論である比較器モデルは、運動を行う前に脳がその結果を予測し、予測と実際の結果が一致したときに主体感が生じると説明します。たとえば、マウスを右に動かしたとき、スクリーン上のカーソルも右に動くと人は「自分がカーソルを動かした」と感じますが、カーソルが左に動くなど、予測と異なることが起こると主体感が損なわれます。

問合せ先

(研究内容については発表者にお問合せください)

東京大学大学院人文社会系研究科 心理学研究室

助教 田中 拓海 (たなか たくみ)

E-mail : kino31513@l.u-tokyo.ac.jp

Tel: 03-5841-3861 (研究室) Fax: 03-5841-8969

東京大学大学院人文社会系研究科 総務チーム

E-mail : shomu@l.u-tokyo.ac.jp

Tel: 03-5841-3705