

融合身体 VR による身体図式変容の心理学的基盤解明と工学的応用

Psychological foundations of body scheme transformation via co-embodiment in virtual reality and its application

課題番号：19H05661

廣瀬 通孝 (HIROSE Michitaka)

東京大学・先端科学技術研究センター・名誉教授



研究の概要

本研究の目的は、バーチャルリアリティ空間で複数人が一つの身体(融合身体)を使用して身体運動を遂行する環境での検証から、共同行為が自らの寄与によるという感覚(行為主体感)が生じるメカニズムと身体動作遂行に必要な潜在的知識(身体図式)が変容する条件とそのメカニズムを明らかにし、これを応用して効率的な身体スキル伝達手法を実現することである。

研究分野：人間情報学

キーワード：バーチャルリアリティ、認知科学、心理学、身体図式、学習支援

1. 研究開始当初の背景

共同行為を実現する認知機能は **we-mode** と呼ばれ、行為者間の無意識的な意図伝達や動作同期を促す。従来の **we-mode** 研究では、複数人が一つの目的を達成するために各々の身体を使って、異なる場所で異なる行為をおこなう実験系が用いられてきた。他方、視点変更と身体的インタラクションの仕組みを備えるバーチャルリアリティ(VR)を利用すると、実世界の制約に縛られずに、実身体と特性の異なるバーチャルな身体を扱うことができる。例えば、他人の身体の一部を操作したり、他人と協調して一つの体を操作したりできる。このようにバーチャルな身体を複数人で操ることを本研究では「融合身体」と称する。融合身体を用いると、二人のユーザの視点と身体を一致させて、一人称視点の自己の身体でありながらも他者の介在を許す新しい実験系を実現できる。融合身体で **we-mode** を成立させられるのであれば、二人が同じ視点、同じ身体で同じ行為に取り組むという状況で **we-mode** の持つ効果を発揮できることになり、意識的な行為の意図伝達と動作同期が起こるといった特性を活かして身体スキルの伝達に活用できると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、VR 空間で融合身体を使用して身体運動を遂行する環境での検証から、共同行為が自らの寄与によるという感覚(行為主体感)が生じるメカニズムと、身体動作遂行に必要な潜在的知識(身体図式)が変容

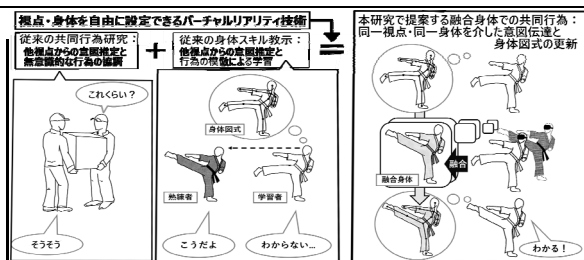


図1 融合身体による we-mode の理解深化と、その応用による身体スキルの効果的な伝達する条件とそのメカニズムを明らかにし、これを応用した効率的な身体スキル伝達手法を実現することである (図1)。

3. 研究の方法

認知科学と工学の融合で **we-mode** の理解と新たな応用に取り組む学際的研究を展開する。基盤技術研究として (A)**we-mode** を成立させる融合身体構成法の確立に取り組み、新しい実験系による心理学研究として、(B)融合身体において運動意図伝達と身体図式変容が起こる条件とメカニズムの解明に取り組む。さらに、応用技術研究として、(C)融合身体を用いた効果的な身体スキル伝達手法を構築・実用し、その有用性と適用限界を明らかにする。

4. これまでの成果

(A)では、二人のユーザの動きの加重平均を取った融合身体に一人称視点から没入可能なシステムを開発し、単純な運動を行う際の行為主体感を評価した。その結果、ユーザは自分の動きがどの程度反映されているか(寄

与率)をある程度正確に推定することが出来るものの、アバタの見かけの身体動作と実際の身体動作が近い場合や、実行すべきアクションに関する事前知識がある場合には行為主体感を過大に感じ、寄与率を高く評価することを明らかにした。さらに、融合身体を介したインタラクションからユーザ間で行為意図が伝達・共有されることを示唆した。

また、二人の参加者の融合比率をさまざまに設定した上で、融合身体を用いた身体運動タスクの後にサイモン課題を実施して we-mode の成立を調べる実験をおこない、二人のユーザが均等に近い比率で融合していると認知した場合にのみ融合身体での we-mode が成立することを明らかにした。

(B)では、融合身体では同一行為を相手が先におこなうことで行為より先に感覚フィードバックが返る場合があることを踏まえ、行為主体感が”行為→感覚フィードバック”の順序関係にどの程度規定されるか検討した。その結果、行為主体感は行為がフィードバックに先行するという通常の因果に強く規定されること、同時にその因果の判断は主観的な同時性判断に基づくことを明らかにした。

また、融合身体では2人のユーザの運動がずれると視覚と固有感覚にずれが生じる。融合身体を用いた身体スキル学習で身体図式の更新と定着を図るうえで、このずれが違和感を生じさせない必要がある。そこでどのようなバーチャル身体を用いると視覚と固有感覚のずれが大きくても意識されないか検証した。その結果、アバタの見た目が視覚と固有感覚の感覚統合に影響を与え、抽象度の低いリアルなアバタを用いることで視覚と固有感覚のずれが意識に上る閾値を拡大できることを示した。この結果は、身体の見え目が多感覚統合に影響することを初めて報告したもので、また融合身体での身体スキル学習におけるアバタの見え目の設計指針を与えるものである。

(C)では、具体的な実フィールドを持つ機関との連携関係を築き、そこでおこなうべき身体スキル伝達を明確化してシステムの設計をおこなった。特に、全身運動が必要な身体スキルに関して、接客業務を想定した身体動作と言語的インタラクションを実装した多人数参加型 VR トレーニングシステムを開発した。このシステムは VR 空間内での接客想定場面で、接客の基礎となる身体所作や視線情報を記録しつつ高自由度にふるまう事のできるもので、基盤システム(A)(B)で得られた知見を実装し、実環境に近い状況で検証するための拡張性を兼ねた基盤である。また、このシステムは今後の展開を想定している、若手消防士の教育訓練や、精密な運動スキルが必要な動物手術に対しても、ワールドとアバタを変更することで、おおよその実験検証が可能な拡張性をもっている。

5. 今後の計画

(A)では、部位ごとに制御者を割り当てる部位選択型融合身体の特性を明らかにすると共に、これまでの we-mode 研究で未解明の共同行為の相補性を人がどのように認知しているかを明らかにするための実験をおこない、we-mode のメカニズム理解に繋げる。最終的には異なる身体融合方式の持つ得失を明らかにした上で、効果的な使い分けや併用の方法論を明らかにする。

(B)では、融合身体における二者間の相互作用が行為主体感、運動意図伝達、作業の精度・効率に果たす役割について検討する。また、身体図式に関して、引き続きどのような身体形状・サイズ・見目の融合身体を用いれば学習者が学習時に実身体と異なる身体を使うことの悪影響を受けず、身体図式の変容と定着を促進できるかを明らかにする。これらから、運動意図伝達と身体図式の更新の条件を明確化し、メカニズムを明らかにする。

(C)では、これまで構築してきた基盤システムに(A)(B)の知見を組み込み、研究室での評価に留まらず現場を巻き込んだ実応用を前提とした開発・検証を進め、実用的な身体スキル伝達手法を実現する。

6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

1. R. Fribourg, N. Ogawa, L. Hoyet, F. Argelaguet, T. Narumi, M. Hirose, A. Lécuyer: Virtual Co-Embodiment: Evaluation of the Sense of Agency while Sharing the Control of a Virtual Body among Two Individuals, IEEE Trans. on Vis. and Comp. Graph, 2020.
2. D. Mine, N. Ogawa, T. Narumi, K. Yokosawa: The relationship between the body and the environment in the virtual world: The interpupillary distance affects the body size perception, PLoS ONE 15(4): e0232290, 2020.
3. N. Ogawa, T. Narumi, M. Hirose: Effect of Avatar Appearance on Detection Thresholds for Remapped Hand Movements, IEEE Trans. on Vis. and Comp. Graph, 2020.
4. N. Ogawa, T. Narumi, M. Hirose: Do You Feel Like Passing Through Walls?: Effect of Self-Avatar Appearance on Facilitating Realistic Behavior in Virtual Environments, CHI2020, pp. 1-14, 2020. **[CHI2020 Honorable mentions 受賞]**
5. 小柳, 青山, 大村, 谷川, 廣瀬: バーチャルリアリティ環境を利用したサービスのための業務訓練シミュレータの構築. 日本 VR 学会論文誌, 25(1), 78-85, 2020.

7. ホームページ等

<http://www.cyber.t.u-tokyo.ac.jp/>