



**バーチャルリアリティにおける共有身体の運動特性を解明  
～操作者2人が1つのアバターで共同作業するために～**

**<概要>**

豊橋技術科学大学とUM-CNRS LIRMM (モンペリエ大学とフランス国立科学研究センターによる情報学・ロボティクス・マイクロエレクトロニクス研究所)、東京大学、慶應義塾大学の研究チームは、バーチャルリアリティ (VR) 空間において、2人が1つのアバターを共有して共同作業を行うシステムを開発しました。この共有身体アバターの動きは、2人の参加者の動きを平均して生成しました。これを用いて、ランダムな位置に現れる物体に手を伸ばす動作を行うと、共有身体アバターの動きは、共有身体アバター操作者の動きや共有身体でない場合の参加者自身の動きよりも直線的で滑らかになることが分かりました。この理由は、操作者が、自分自身の動きよりも、共有身体の動きを無意識に最適化し、優先するためと考えられます。この知見は、VR やロボティクスを用いた身体の共有による新しい共同作業方式の提案と基礎設計に貢献することが期待されます。

**<詳細>**

豊橋技術科学大学情報・知能工学専攻、萩原隆義氏 (大学院生) と教授 北崎充晃、UM-CNRS LIRMM (モンペリエ大学とフランス国立科学研究センターによる情報学・ロボティクス・マイクロエレクトロニクス研究所)、シニア研究員 Gowrishankar Ganesh (ゴウリシャンカーガネッシュ) 博士、東京大学 先端科学技術研究センター教授 稲見昌彦、慶應義塾大学 理工学部教授 杉本麻樹の研究チームは、バーチャルリアリティ (VR) 空間において、2人が1つのアバターを共有して操作するシステム「共有身体アバター」を開発し、それを使用する時の人の運動特性を明らかにしました。共有身体アバターの動きは、2人の参加者の動きを平均して生成しました。これを用いて、ランダムな位置に現れる物体 (ターゲット) に手を伸ばすリーチング課題を行うと、共有身体アバターの動きは、共有身体アバターを操作する参加者の動きや共有身体でない場合の参加者自身の動きよりも直線的で滑らかな運動になり、躍度 (加速度の変化率) が減少しました (図1)。つまり、人は自分自身の動きよりも共有身体の動きを最適化し、優先することが分かりました。この知見は、VR やロボティクスを用いた身体の共有による新しい共同作業方式の提案と基礎設計に貢献することが期待されます。

現在、サイバースペースの利用はますます一般的になっています。サイバースペースを活用することで、遠くに離れた複数の人がVRのアバターや実世界のロボットを自分の身体であるかのように操作して、コミュニケーションしながら共同作業することが可能になりました。しかし、私たちはどのような形態のアバターやロボットを、どこまで自分の身体として認識すること (身体化) ができるのか、その時に身体化したアバターやロボットを、どの

ように操作するのかについてはまだ詳しく分かっていません。例えば、2人で1つのアバターやロボットを共有し、身体化し、操作することは可能なのでしょうか？

豊橋技術科学大学を中心とする研究者たちは、2人の人間が1つのVRアバターを操作するシステムを開発し、それを操作する時の認知特性と身体運動特性を計測しました。

実験システムでは、2人の参加者の全身の運動を光学式モーションキャプチャシステムで同時に計測し、2人の運動を平均することで、共有身体アバターの動きを生成しました。参加者は、この共有身体アバターを頭部搭載型ディスプレイで観察し、自分の姿として認識することができます(図2)。これを用いて、20名10組の実験参加者が、突然ランダムな位置に現れる1つのターゲットにアバターの右手を伸ばすリーチング課題を行い、認知特性と身体運動特性を計測しました。この共有身体アバターを用いて得られた認知特性と身体運動特性を、共有身体アバターを操作している参加者自身の動きの特性、およびアバターが各参加者の動きのみを反映する個別身体アバターを用いた場合の特性と比較しました。

実験の結果、認知特性においては、共有身体アバターに対する行為主体感(自分が操作している感覚)は個別身体アバターの場合よりも低くなりましたが、実際に運動が反映されていると感じる割合は50%よりも高いと評価されました(参加者は、自分の動きが全て反映されているなら100%、全く反映されないなら0%として割合を回答、図3左)。また、身体所有感(アバターが自分の身体であるという感覚)も共有身体アバターの方が個別身体アバターよりも低くなりましたが、アンケートで良く使われる心理的回答方法であるリッカート尺度で7段階の中間(参加者は、身体所有感が全く無いなら-3、とても強く感じるなら+3として7段階で回答、図3右)となり、ある程度の所有感が見られました。

次に、身体運動特性においては、共有身体アバターの動きは、それを操作している参加者自身の動きや、個別身体アバターを操作する参加者の動きよりも直線的になり、加速度の変化率である躍度が小さくなりました(図4)。これは、共有身体アバターの動きが真っ直ぐで滑らかになったことを意味します。また、ターゲットに対して手を動かし始める時間が、共有身体アバターでは個別身体アバターを操作する参加者よりも早くなりました。

なぜ共有身体アバターの動きが真っ直ぐ滑らかになったのでしょうか。共有身体アバターを使用する際には、2人が協力する必要がありますが、突然現れるターゲットにすぐに手を伸ばす課題では、事前の協議なく即座に暗黙的にそれを行わなければなりません。その時に2人の予測が一致しやすい運動が、直線的で滑らかな運動であったと思われる。それゆえ、共同作業のパフォーマンスを上げるために、共有身体アバターの直線的で滑らかな運動が優先されたと考えられます。ただし、この仮説の検証には、今後の詳細な実験が必要です。

本研究は、共有身体アバターという新しい共同作業のための方式を提案し、それを使う時の人の身体運動の基礎特性、特に共有身体アバターの運動を優先して最適化する暗黙的傾向を明らかにしました。将来は、共有したアバターやロボットを用いて、遠くに離れた人が共同作業を行うことも一般的になるかもしれません。共有身体による全般的なパフォーマンス

ンス向上のみならず、各個人の得意なことを組み合わせることによる適応的なパフォーマンス向上も期待されます。1人に1つの自分の身体を持つ時代から、目的や状況に合わせて身体を自在に切り替え、時には複数人で1つの身体を共有しながら作業を行う時代へ変わっていくことも予想されます。本研究は、それを実現するための基礎的知見となるものです。

今後は、各個人のパフォーマンスが異なる時の運動の最適な組み合わせ方法の特定や、共有身体を用いて共同作業することによる社会的な心の変化を研究する予定です。

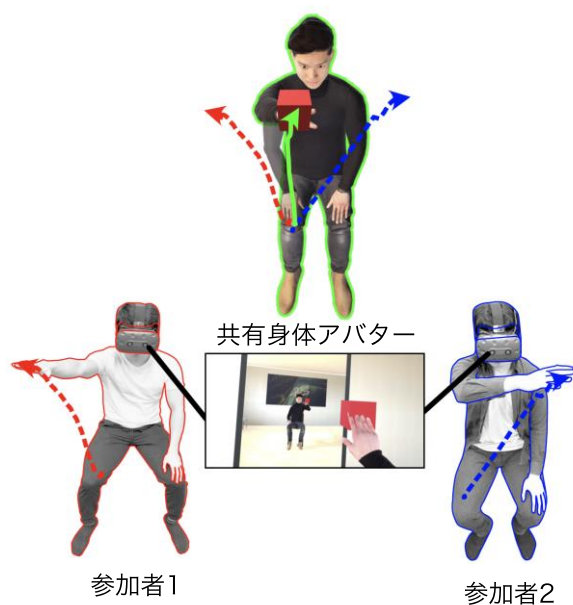


図1：研究の概要。2人の実験参加者（図下左・右）の身体運動を平均し、共有身体アバター（上）の動きを生成しました。2人は頭部搭載型ディスプレイを通して自分の身体であるかのように共有身体アバターを観察し、操作しました。突然ランダムな位置に現れるターゲット（赤い立方体）に対して右手を伸ばすリーチング運動を行うと、共有身体アバターの手の動きは、2人の参加者個人の手の動きよりも直線的で滑らかになりました。

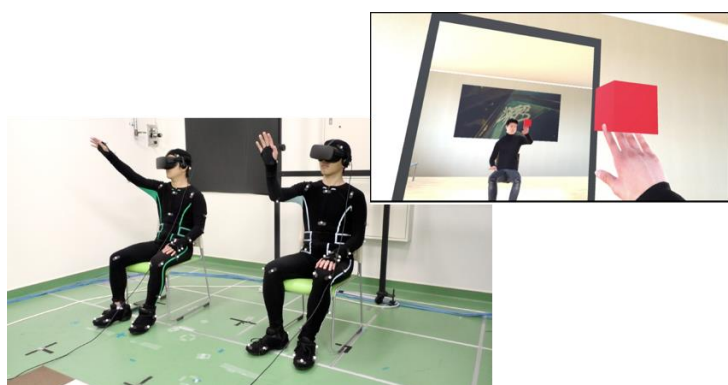


図2：実験システム。2人の実験参加者の身体運動は、光学式モーションキャプチャシステムで計測され、リアルタイムにVR空間内のアバターに反映されました。実験参加者は、主観視点からアバターを観察しました。VR空間の前方には鏡を配置し、鏡の中にも全身が見えるようにしました。

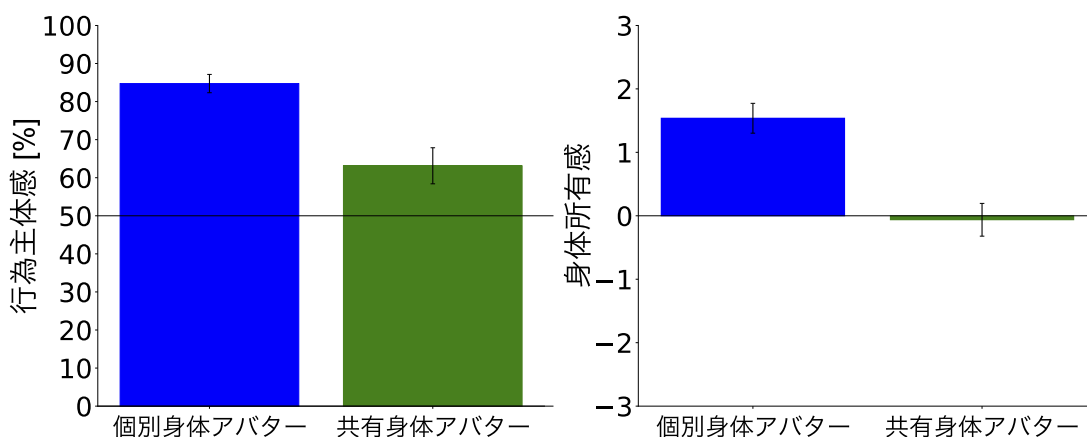


図3：認知特性の結果：行為主体感（左）では自分の動きが全て反映されているなら100%、全く反映されていないなら0%として割合を回答。共有身体アバターに対する行為主体感はい個別身体アバターの場合よりも低くなりましたが、50%よりも高いと評価されました。身体所有感（右）ではリッカート尺度で身体所有感が全く無いなら-3、とても強く感じるなら+3として7段階で回答しました。共有身体アバターの方が個別身体アバターよりも低くなりましたが、中程度の所有感が報告されました。

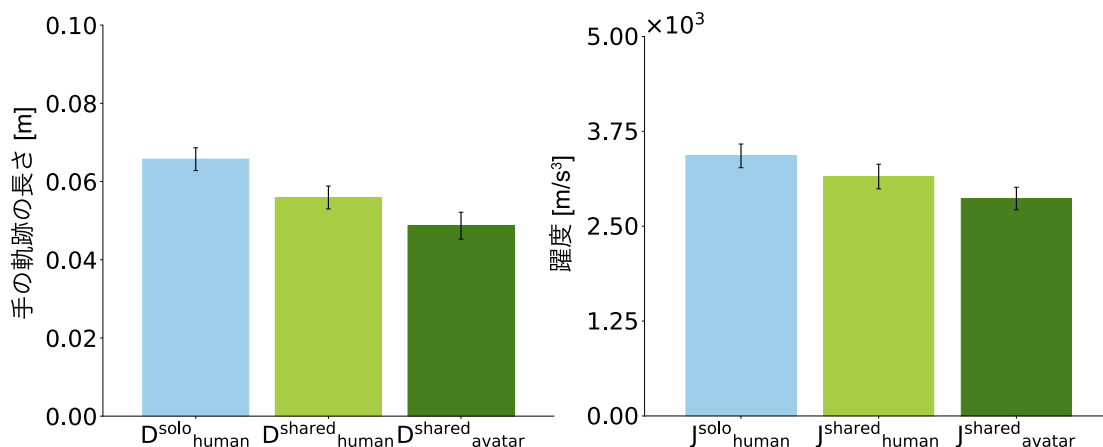


図4：運動特性の結果：左は手の運動軌跡の長さ ( $D^{\text{solo}}_{\text{human}}$  は個人身体アバターを操作する参加者の手の軌跡の長さ、 $D^{\text{shared}}_{\text{human}}$  は共有身体アバターを操作する参加者の手の軌跡の長さ、 $D^{\text{shared}}_{\text{avatar}}$  は2人の操作者の動きの平均である共有身体アバターの手の軌跡の長さ)、右は躍度 ( $J^{\text{solo}}_{\text{human}}$  は個人身体アバターを操作する参加者の手の躍度、 $J^{\text{shared}}_{\text{human}}$  は共有身体

アバターを操作する参加者の手の躍度、 $J^{\text{shared}}_{\text{avatar}}$  は 2 人の操作者の動きの平均である共有身体アバターの手の躍度)。共有身体アバターの手の動き ( $D^{\text{shared}}_{\text{avatar}}$  ,  $J^{\text{shared}}_{\text{avatar}}$ ) は、運動軌跡が短く直線的になり、躍度が減少しました。

研究室 youtube 動画 : <https://www.youtube.com/watch?v=YX-jTVRo5lk>

#### 論文情報

Takayoshi Hagiwara, Gowrishankar Ganesh, Maki Sugimoto, Masahiko Inami, and Michiteru Kitazaki (2020). Individuals prioritize the reach straightness and hand jerk of a shared avatar over their own. *iScience*

本成果は、科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業 ERATO「稲見自在化身体プロジェクト」(課題番号 : JPMJER1701、研究総括 : 稲見 昌彦) および、JSPS 科研費 (課題番号 : JP20H04489、研究代表者 : 北崎 充晃) によって得られたものです。

#### 本件に関する連絡先

広報担当 : 総務課広報係 堤・高柳・杉村 TEL:0532-44-6506

科学技術振興機構 広報課 TEL:03-5214-8404

#### JST 事業に関するお問い合わせ

科学技術振興機構 研究プロジェクト推進部 内田

TEL : 03-3512-3528 E-mail : eratowww[at]jst.go.jp