

2024年 1月 4日

情報・知能工学専攻	学籍番号	第 219301 号	指導教員	北崎 充晃
氏名	勝俣 安伸			福村 直博

論文内容の要旨 (博士)

博士學位論文名	バーチャル共身体化における二人の手の共有と結合 (Two individuals' share and joint of hands with virtual co-embodiment)
---------	---

(要旨 1,200 字程度)

バーチャル身体化とは、バーチャル空間上に表示されるアバターを自分の身体のように感じられることである。バーチャル身体化によって、さまざまな外見の異なる身体を自分の身体のように感じることができ、さらには人の内的な態度や心理も変容することが明らかになっている。近年では、一人が1つの身体を持っているという制約を超えて、二人あるいはそれ以上の方が1つのアバターを自己身体として操作・体験する「バーチャル共身体化」も研究されている。しかし、従来のバーチャル共身体化に関する研究では、主に手と腕全体の動きに焦点が当てられており、手指の細かな動きに注目した研究は行われていない。

本論文では、手および指についてのバーチャル共身体化を対象として、バーチャル共身体化に関する新たな知見の獲得と、具体的な応用の可能性を示すことを目的として2つの実験を行った。

実験1では一人が完全に操作する単独身体、二人の参加者の動きを平均する共有身体、部位分担する結合身体を同一の対象で比較し、その身体性（身体所有感と行為主体感）と課題成績から基礎科学的な知見を得ることを目的とした。手および指について二人の参加者がリアルタイムに共有化および結合化できるバーチャル共身体化を実装し、単独身体の手指とも比較した実験を行い、身体所有感、行為主体感、指リーチングの課題成績について調べた。その結果、共有身体では身体所有感・行為主体感が単独身体に比べてもあまり変わらないほどに高く、課題成績も一貫して高いことが示された。一方、結合身体では、ある程度の身体所有感・行為主体感が生じるが共有身体よりも低く、課題成績も共有身体よりも低く、課題難易度が高いときには単独身体よりも課題成績が低かった。

実験2では運動技能の訓練システムへのバーチャル共身体化の応用を検討した。一人称視点によるバーチャル共身体化された手（共有アバター）と、学習者の前に提示される教師の手（教師アバター）を組み合わせたバーチャル手指模倣システムを開発し、学習者のアバターを教師との共有アバターにすること及び教師アバターの提示方向が、運動模倣成績と模倣のしやすさに及ぼす影響を調べた。主観評定の結果、教師アバターが学習者と同じ向きに提示され、共有アバターを用いている方が、教師アバターが学習者の対面方向で提示され、学習者自身の動きのみを反映したアバター（単独アバター）を用いた場合よりも模倣しやすいと評価された。空間誤差の評価からは、学習者のアバターの条件にかかわらず、教師アバターを対面方向で提示する方が、同方向での提示よりも優れていることが示された。時間的遅延の評価では、教師アバターの向きにかかわらず、共有アバターの方が単独アバターよりも優れていることが示された。

今後、本研究を活用して、バーチャルリアリティ技術を用いた技能習得・技能伝承やリハビリテーション、遠隔共同作業など、さまざまな分野での応用システム構築に貢献できると考える。

Date of Submission (month day, year) : January 4th, 2024

Department of Computer Science and Engineering	Student ID Number D219301	Supervisors Michiteru Kitazaki Naohiro Fukumura
Applicant's name Yasunobu Katsumata		

Abstract (Doctor)

Title of Thesis	Two individuals' share and joint of hands with virtual co-embodiment
-----------------	--

Approx. 800 words

An avatar displayed in a virtual environment can be felt as if it were one's own body, and this is called virtual embodiment. Virtual embodiment not only allows us to feel various bodies with different appearances as if they were our own, but it can also change a person's internal attitudes and behavior. In recent years, "virtual co-embodiment" in which two or more people operate and experience a single avatar as a self-body, going beyond the restriction of one person having a single body, has also been studied. However, most studies on virtual co-embodiment have focused mainly on the whole hand and arm movements and has not focused on the detailed movements of the hands and fingers.

This study presents two experiments on virtual co-embodiment of the hands and fingers, aiming to uncover new scientific insights into this phenomenon and demonstrate its potential applications.

In Experiment 1, we compared a single body that is completely manipulated by one participant, a shared body that averages the movements of two participants, and a joint body that is partitioned by two, using the same task, and aimed to obtain fundamental scientific findings on their embodiment (sense of body ownership and sense of agency) and task performance. We made a virtual co-embodiment system of hands and fingers, capable of being shared and jointed by two in real time. We then compared the shared and joint bodies to investigate their sense of body ownership, sense of agency, and task performance in finger reaching. The results showed that the sense of body ownership and sense of agency were high in the shared body that they were not so different from those in the single body, and the task performance was consistently higher in the shared body. The joint body produced some sense of body ownership and sense of agency but lower than the shared body, and its task performance was also lower than that of the shared body, and lower than that of the single body with high task difficulty.

Experiment 2 explored the application of virtual co-embodiment to a motor skill training system. We developed a virtual hand imitation system that comprised a virtual co-embodied hand from a first-person perspective and a pre-recorded hand movement of a teacher's hand (teacher avatar). The participant's virtual hand movements were averaged in real-time with those of the teacher (shared avatar hand). We investigated the effects of the participant's hand avatar being a shared avatar with the teacher and the presentation direction of the teacher avatar on the performance and ease of imitation. The results of subjective ratings showed that the teacher avatar was presented in the same orientation as the participant and the shared avatar was rated as easier to imitate than when the teacher avatar was presented in the participant's opposite direction and reflected only the learner's own movements (a single avatar). The evaluation of spatial error indicated that presentation of the teacher avatar in the opposite direction was superior to presentation in the same direction, regardless of the condition of the participant's avatar. The evaluation of temporal latency indicated that the shared avatar was better than the solo avatar, despite the orientation of the teacher avatar.

In the future, we believe that this study can contribute to the construction of applied systems in various fields such as skill acquisition and skill transfer, rehabilitation, and remote collaborative work using virtual reality technology. This study enriches our comprehension of virtual embodiment and highlights its potential to enhance interactive experiences within virtual environments.