

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 30 日現在

機関番号：17401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12039

研究課題名(和文) バーチャル・リアリティ空間に提示される「ひと」の実在感

研究課題名(英文) Copresence in virtual environments

研究代表者

寺本 渉 (TERAMOTO, Wataru)

熊本大学・文学部・准教授

研究者番号：30509089

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：遠隔手術やテレワーク等の複数人でバーチャル・リアリティ(VR)空間を共有するシステムにおいては、場やものが現実世界に近いことと同程度に相手の存在の実在感が極めて重要である。そこで本研究では2人で1つのVR空間を共有して共同作業を行う場面を想定し、VR空間に提示される臨(隣)人感の評価法の開発とその生起メカニズムの解明を目指して検討を行った。その結果、社会的サイモン効果が臨(隣)人感を計測するための有力な行動および生理指標となることが示された。また、VR空間に呈示される対象の動きや当該他者との事前コミュニケーション等が臨(隣)人感に強く影響を与えることも示された。

研究成果の概要(英文)：For users in a shared virtual environment (VE) such as tele-operation and tele-work, a sense of being there together (copresence) is a key to behave as if they are in an actual environment. However, less is known as how copresence is enhanced in the VE. The present study explored behavioral and physiological indexes to measure copresence in the VE where one did a task together with a partner who was presented as avatar, and, then, investigated how copresence was enhanced using such measures, especially focusing on the social Simon effect (SSE) and event-related potentials (ERPs) associated with this effect. Results showed that the SSE and its ERPs were sensitive to copresence in the VE, suggesting that these indexes can be useful tools for measuring copresence in the VE. By using these indexes, it was found that the avatar's movements and social interactions strongly affected copresence.

研究分野：実験心理学

キーワード：実験心理学 ひとの実在感 バーチャル・リアリティ 社会的サイモン効果

1. 研究開始当初の背景

情報通信技術の発展に伴い、バーチャル・リアリティ (VR) 技術を利用した、自然でリアルなコミュニケーションシステムへの期待が高まっている。そうしたシステムにおいては、場やものが現実世界に近いことと同程度あるいはそれ以上に、コミュニケーション相手の存在の实在感が極めて重要である。特に、複数人で VR 空間を共有し、共同作業を行う遠隔手術やテレワーク等の場面では、共同作業相手が実空間と同様に間近にいるものとして感じられれば、円滑な意思疎通が可能となり、作業効率や安全性が高められると考えられる。しかし、臨場感など「場」や「もの」に着目した研究は多数ある一方で、VR 空間に提示される「ひと」の实在感や一緒にいると感じられる程度 (臨 (隣) 人感, sense of being together) に焦点を当てた研究はない。

2. 研究の目的

本研究は、VR 空間に提示される「ひと」の实在感 (臨 (隣) 人感) の評価法の開発とその生起メカニズムの解明を目指すものである。2人で1つの VR 空間を共有して共同作業を行う場面を想定し、(1) 臨 (隣) 人感を評価するための複数の行動指標及び生理指標を開発し、(2) 得られた指標を用いて臨 (隣) 人感を創出する要因を特定する。そして、(3) 臨 (隣) 人感の創出モデルを構築し、遠隔地にいる人と人を効率的効果的に結ぶ高臨場感・高实在感コミュニケーションシステムの技術開発に人間科学の視点から提言を行うことを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

①実環境と VR 環境を用いて、他者がそばに存在する (と感じている) 時のみ出現する行動や生理反応を明らかにし、指標とする。

赤または緑刺激が画面に提示され、1人の実験参加者に対してそのいずれかの色にのみ反応を求める場合 (単独条件, 図1左) には刺激提示位置によって反応速度に差は生じない。しかし、隣に座る2人で分担し、一方が赤色、他方が緑色に反応する場合 (共同条件, 図1右) には、担当する場合には色が自分側に提示される試行に比べて、相手側に提示される試行の反応時間が遅くなるという現象が

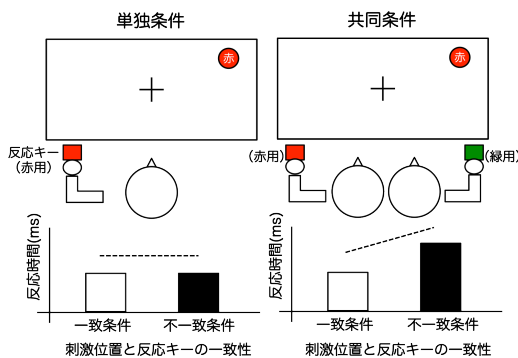


図1. 社会的サイモン効果

生じる (社会的サイモン効果, Sebanz et al., 2003)。この現象はパートナーが実際に隣にいて感じているときにのみ生じる。こうした他者が存在することによって大きく変わる行動や生理反応を複数見だし、臨 (隣) 人感を測定するための指標とする。

②VR 空間に提示される他者 (アバター) に関するオンライン感覚情報 (他者の動き, CG の質など) を臨 (隣) 人感に与える影響を検討する。従来の研究では、見た目や動きなどにおいて「人らしい」ことが人間の社会性の神経基盤の一つと考えられるミラーニューロンシステムを活性化することも見いだされている (Tai et al., 2004)。そこで、本研究では他者のアバターの質 (見た目および動き) を操作することによって、オンライン感覚情報が臨 (隣) 人感の創出に与える影響を検討する。

③他者との事前のコミュニケーションや関係性情報といった社会的情報が臨 (隣) 人感に与える影響を検討する。他者のオンライン感覚情報以外にも当該他者とのこれまでの相互作用経験や記憶が影響を与える可能性も考えられた。

4. 研究成果

【社会的サイモン効果を利用した検討】

前出の社会的サイモン効果を用いて、臨 (隣) 人感を測定する指標としての利用可能かどうかについて行動と生理反応の側面から検討した (鈴木・寺本・浅井, 2016)。社会的サイモン効果は他者の存在とその空間位置が自分の行動に取り込まれた結果生じる現象である。もし VR 環境に提示する他者であっても他者の存在が十分考慮される処理がなされていれば社会的サイモン効果が生じるものと考えられ、臨 (隣) 人感計測のための指標となる可能性が高い。

まず、実環境で社会的サイモン効果を測定した。行動反応と同時に事象関連電位を測定し、本研究の実験環境でも社会的サイモン効果が出現することのほか、社会的サイモン効果出現に伴い Pz, Cz, Fz 電極の P300 や P300 後期成分に有意な振幅変化が生じることを見いだした。

次に図2のような実験環境を構築した。実験参加者 A と B (B は実験協力者) はヘッドマウントディスプレイ (HMD) を用いて1つ

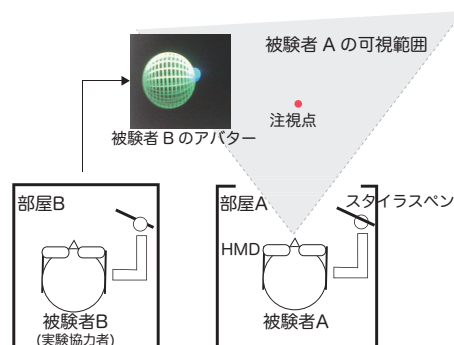


図2. 本研究で用いた VR 実験環境

の VR 環境を観察した。他者のアバターはワイヤーフレームで構成されていた。実験参加者の頭部に装着された頭部センサからの情報によって、実験参加者の頭部の動きに同期してアバターがリアルタイムに動くように設定した。鼻を付与することによってどちらを向いているのかわかるようにした。以上のように視覚情報としては必要最低限の情報のみを呈示するようにした。また、当該他者とのこれまでの相互作用経験を操作するため、実験パートナーとの事前コミュニケーションあり条件となし条件を設けた。コミュニケーションあり群では、共同条件での本試行前に VR 環境内にてスタイラスペンを使用して 3 分間パートナーとコミュニケーションをとらせ、パートナーの存在を十分に認識させた。一方、コミュニケーションなし群ではそのような手続きを行わなかった。コミュニケーション時には、スタイラスを用いて VR 空間に文字や絵を書いたり、相手の動きを真似たりするなど、自由に行動させた。

その結果、コミュニケーションなし群では単独条件と共同条件の間に差が認められず、アバターで呈示された他者の存在が全く考慮に入れられていなかった (図 3)。それに対し

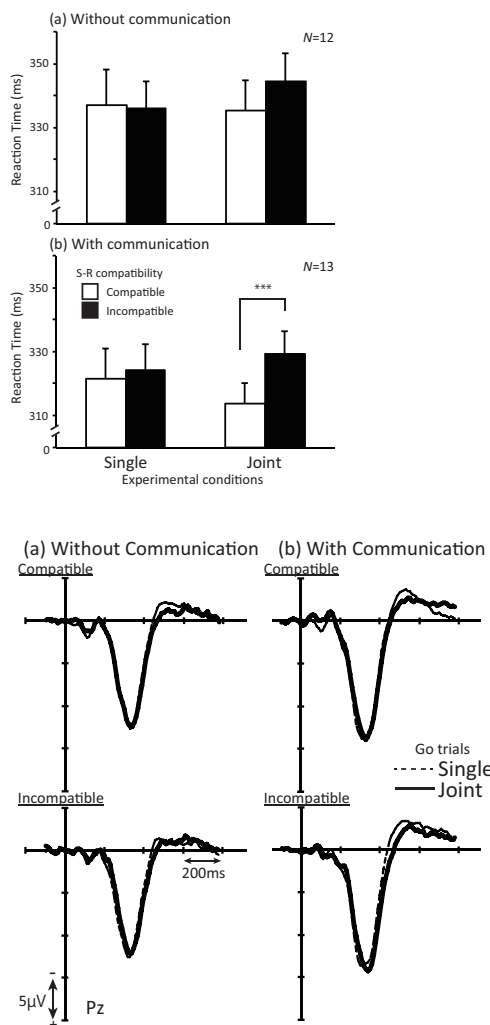


図 3. VR 環境での社会的サイモン効果

て、コミュニケーションあり群では、社会的サイモン効果が生じ、ERPにもP300後期成分に課題条件の効果(単独条件と共同条件の差)が認められた。この成分は実環境実験時と一致していた。このように事前コミュニケーションが強く臨(隣)人感に影響を与えることが示された。さらに実験を進めたところ、アバターに動きがない場合には社会的サイモン効果は生じないことや、コミュニケーションをとらなくてもアバターの動きを観察しているだけでもある程度は社会的サイモン効果が生じることなどが見いだされた。これらのことは、社会的サイモン効果やその生理反応を指標とした場合、臨(隣)人感はパートナーの動き情報や事前コミュニケーションによって高まる可能性があることを示唆する。

VR環境での他者の存在感を高めるためには、コミュニケーションを通じて相手の知性や意図に触れることが重要であることが示唆されている(Biocca et al, 1997)。一方、社会的サイモン効果生起の背景メカニズムとして、他者行動を自己の行動表象として取り込んだ結果であるとの考え方(Sebanz et al., 2003)のほか、「存在の顕著性」の重要性を説くグループも存在する(Dolk et al., 2013)。このグループの主張は、ヒトやモノに関わらず注意を惹きつける顕著な存在が自分のそばにあれば、自動的にそれを参照枠としてしまうため、社会的サイモン効果が生じるというものである。このことを考えると、そもそもVR環境(実環境でもそうかもしれない)における存在感の本質は、ヒトとモノにかかわらず「存在の顕著性」(観察者の注意を十分に惹きつける存在であること)であるかもしれない。この点は他の行動指標等を用いて今後検討していく必要がある。

#### 【その他の行動指標に関する検討】

臨(隣)人感の指標として有効なのは、他者がそばに存在する(と感じている)時のみ出現する行動や生理反応である。しかし、従来の研究を概観すると、社会的サイモン効果以外でVR環境において活用できそうな行動を示した研究がない。そこで新たな指標を見いだすべく実環境で実験を行った。

#### (1) 身体近傍空間の共有表現の利用

身体表面から数センチから数十センチの空間は身体近傍空間と呼ばれ、外界と相互作用を行ううえで重要な役割を担っており、他とは異なるものとして脳内で表現されていることが知られている。近年、サルの前頭葉の単一細胞応答記録によって自分自身の身体近傍空間だけでなく他者の身体近傍空間にも応答する神経細胞があることが報告されている

(Ishida et al., 2010)。ここではサル自身の身体近傍空間に提示された視覚刺激によく反応する視触覚バイモダルニューロンの応答が、対面する人間の存在によってどのように変化するかが調べられた。その結果、サル自身の身体近傍空間から遠い距離に提示された

視覚刺激であっても、対面する人間の近傍であれば、あたかも自分自身の身体近傍空間に視覚刺激が提示されたかのように応答するニューロンがあることが示された。

そこで本研究では、身体近傍空間の共有がヒトの行動レベルにおいても行われるかを調べるため、視触覚検出課題による心理実験を行った(吉良・寺本, 2017)。これまで、身体近傍空間において自分の身体に接近する視覚対象を呈示すると強い視触覚相互作用が生じることが見いだされている(Makin et al., 2007)。もし、他者の身体近傍空間をも自分の身体近傍と同様に処理しているのであれば、他者の身体近傍空間内で他者の身体に対して接近する視覚対象に対しても自己の身体近傍空間内と同様に強い視触覚相互作用が生じると考えられた。

視覚刺激はプロジェクタによって実験参加者の手が置かれたテーブル上に投影された(図4)。視覚刺激は実験参加者の手の近傍または遠方(パートナーの手の近傍)で、実験参加者の手に対して接近または後退運動した。視覚刺激運動中に、触覚刺激、運動刺激の色変化、またはその両方のいずれかを呈示し、実験参加者にはそれらを素早く検出するように教示した。実験参加者が1人で課題を行うときには、標的の種類によらず、視覚運動刺激が手の近傍に呈示されたときの方が遠方のときよりも標的が素早く検出された。この傾向は接近運動時に最も強く現れ、先行研究に一致する結果であった。一方、実験参加者の向かい側にパートナーがいて同じ課題を同時に行うときには、パートナーの近傍でパートナーに向かって視覚刺激が運動する条件においても、あたかも観察者の近傍であるかのような反応が得られた。このことは、ヒトにおいても自己と他者間で身体近傍空間が共有されていることを示しており、他者の身体近

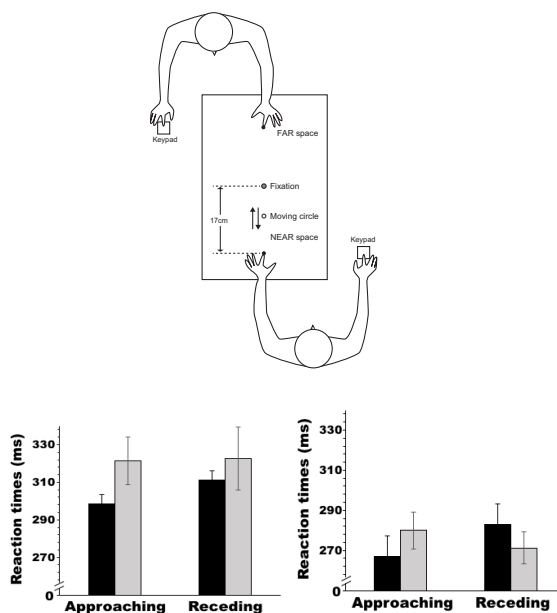


図4. 身体近傍空間の共有表現

傍空間における視触覚相互作用の大きさが、VR環境における臨(隣)人感の測度になる可能性を示すものである(例えば、臨(隣)人感が低ければ、他者の身体に接近する視覚対象を見ただけでは視触覚相互作用は生じしないなど)。

## (2)身体近傍空間の注意特性の利用

特に、手の近傍には注意が向けられやすく、手の近傍に呈示された対象は手から遠く離れた対象よりも素早く検出される(Reed et al., 2006)。手は外界と相互作用を行ううえで特に重要であり、注意空間が手を参照枠として行われるためと考えられている。本研究ではこの現象が自己と他者の間で共有されるか否かについて検討を行った(田頭・寺本, 未公開)。Reed et al. (2006)実験では、視覚標的のそばに自己の手をおくという操作を行っていたが、本研究では自己の手の代わりに他者の手をおくという操作を行った。その結果、自己の手を視覚標的のそばに置いたときと同程度の注意効果が得られた。このことは、自己と他者間で手の身体近傍空間の注意表現が共有されていることを示しており、他者の手の身体近傍空間における注意効果の大きさが、VR環境における臨(隣)人感の測度になる可能性を示すものである。

以上の2つの行動指標に関しては今後VR環境で社会的サイモン効果と同様の検討を行うことによって、指標として有効性を検討する必要がある。

## <参考文献>

- ① Biocca, F. (1997). The cyborg's dilemma: Embodiment in virtual environments. *J Comput Mediat Commun*, 3, 12-26.
- ② Dolk, T., et al. (2013). The (Not So) Social Simon Effect: A Referential Coding Account. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 39, 1248-1260.
- ③ Ishida, H., et al. (2010). Shared mapping of own and others' bodies in visuotactile bimodal area of monkey parietal cortex. *J Cognitive Neurosci*, 22, 83-96.
- ④ Makin, T. R., et al. (2007). Is that near my hand? Multisensory representation of peripersonal space in human intraparietal sulcus. *J Neurosci*, 27, 731-40.
- ⑤ Reed, C. L., et al. (2006). Hands up: attentional prioritization of space near the hand. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 32, 166-177.
- ⑥ Sebanz, N., et al. (2003). Representing others' actions: just like one's own? *Cognition*, 88, B11-B21.
- ⑦ Tai, Y. F., et al. (2004). The human premotor cortex is 'mirror' only for biological actions. *Curr Biol*, 14, 117-120.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① Teramoto, W., Honda, K., Furuta, K., Sekiyama, K. (in press).  
Visuotactile interaction even in far sagittal space in older adults with decreased gait and balance functions. *Experimental Brain Research*. 査読有  
doi :10.1007/s00221-017-4975-7.
- ② 吉良 和真, 寺本 渉 (2017). 自己と他者との身体近傍空間の共有. *電子情報通信学会技術研究報告*, 116 (513), HIP2016-78, 21-25. 査読無  
<http://www.ieice.org/ken/paper/201703098bs4/>
- ③ 鈴木 直弥, 浅井 暢子, 寺本 渉 (2016). バーチャルリアリティ環境における臨(隣)人感の社会的サイモン課題による検討. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 21(1), 53-62. 査読有  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110010050601>
- ④ 近藤 雄治, 寺本 渉, 小林 まおり, 大谷 真 (2016). 聴触覚相互作用が音像の距離弁別精度に与える影響. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 21(1), 49-52. 査読有  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110010050600>

[学会発表] (計5件)

- ① Teramoto, W. (2017). Behavioral evidence for shared representations of peripersonal space between self and others. *International Multisensory Research Forum*, May 19 ~22 2017, Nashville(USA).
- ② 吉良 和真, 寺本 渉 (2017). 自己と他者との身体近傍空間の共有. *電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会*, 2017年3月9日~10日, 脳情報通信融合研究センター (大阪・吹田).
- ③ Teramoto, W. (2016). Negative correlation between strength of visually induced self-motion and subsequent motion aftereffects. *International Congress of Psychology 2016*, July 24~29 2017, Pacifico Yokohama (Kanagawa・Yokohama).
- ④ 櫻澤 昂, 寺本 渉, 鈴木幸司, 渡部 修 (2016) コントラストによる注視のされやすさが選好に与える影響. *日本視覚学会冬季大会*, 2016年1月20日~22日, 工学院大学 (東京・新宿区).
- ⑤ 櫻澤 昂, 寺本 渉, 鈴木 幸司, 渡部 修 (2015) . コントラストによる選好判断

と注視位置への影響. *電気・情報関係学会北海道支部連合大会*, 2015年11月7日~8日, 北見工業大学 (北海道・北見).

[その他]

ホームページ等

<http://www.let.kumamoto-u.ac.jp/ihs/hum/psychology/teramoto.html>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

寺本 渉 (TERAMOTO, Wataru)

熊本大学・文学部・准教授

研究者番号 : 30509089