

バーチャルリアリティで変わる身体と心

北崎充晃

豊橋技術科学大学 大学院工学研究科
情報・智能工学系

バーチャルリアリティ (VR) は、感覚入力や運動出力に介入を行い、人工的な刺激を用いて知覚・認知的には現実と同じ体験を創出するものとされる。これまで没入提示や多感覚提示によって高い現実感を目指す研究が行われてきたが、近年では、錯覚や複合感覚などの認知処理を活用することでリアリティを超える新しい体験を提供する研究も盛んである。特に、自分の身体を変えられることができるのは VR の特徴の 1 つである。私たちの認知は自己身体や他者の身体に強く影響を受ける。VR はその身体をある程度自由に変更することができることから、これを利用して、私たちがどのような身体に適應することができるのか、それに所有感や行為主体感をもてるか、それによって私たちの知覚や認知がどのように変わるかが調べられている。本稿ではこれらについていくつかの研究を概観する。

Keywords: Virtual Reality, Augmented Reality, Cross-modal Perception, Embodied Cognition, Sense of Body Ownership, Sense of Agency.

はじめに

人は古来化粧や入れ墨をして自己身体を改変し、またさまざまな服を着て自らを着飾ってきた。時に人は自分の外見にコンプレックスを抱き、変えたいと願う。それが化粧やファッションの原動力となり、また過度なダイエットや美容整形手術にも関係する。バーチャルリアリティ (VR) を用いると、身体改変を容易に、かつ自在に行うことが可能である。このような背景から、現在、VRを用いた身体所有感や身体改変の研究が興隆している。本稿では、VRの基本的な潮流を説明した後、VRによる身体改変の研究やそれによる認知行動変容の研究に焦点を当てて解説する。

リアリティを超えるVR

知覚の情報処理モデルでは、感覚入力を脳が処理することによって知覚表象・知覚世界が創られると考える。VRの基本的な考え方は、この感覚入力を人工的に生成したり、操作したりすることで、現実の知覚表象と同じような感覚を創り出すことと言える。そのためには、物理的リアリティ要因として、人工的な入力をいかに感覚入力に近づけるか、時空間精度を上げるかという問題と、心理的リアリティ要因として脳の処理をいかに効果的に利用するかという問題がある。

物理的リアリティ要因は、VR装置の時空間解像度や通信速度、CGのモデリングやレンダリングの性能に依存する。一方、心理的リアリティ要因は、脳の処理に依存することから心理学や認知神経科学の知見が活用される。

VRでは単独あるいは複数のモダリティの感覚刺激を提示することで、別のモダリティに影響を与える複合感覚 (cross-modal perception) 現象が活用されている。自己運動の知覚はその例の 1 つである。オプティックフロー (視覚刺激) のみから自己運動感覚が生じることをベクション (vection) という (北崎・佐藤,

2008)。オプティックフローに足裏振動を組み合わせると歩行体験を創出することもできる (北崎・佐藤, 2008; Kitazaki, Hamada, Yoshiho, Kondo, Amemiya, Hirota, & Ikei, 2019)。また、HMDを装着して、歩行時の方向転換角度や速度のゲインを気づかれないように操作し、狭い範囲でも広い空間を歩いているように認知させる方法 (redirected walking, Razaque, Swapp, Slater, Whitton, & Steed, 2002; Steinicke, Bruder, Jerald, Frenz, & Lappe, 2010) や、触覚も利用して歩行方向の錯覚を起こして無限に広い空間を歩いているように認知させる方法 (Matsumoto, Ban, Narumi, Tanikawa, & Hirose, 2016) も歩行に関する複合感覚現象の応用である。

手の動きに対してカーソルの視覚的な動きや形のみを変化させることで触覚を体験させる疑似触覚 (pseudo haptics) は複合感覚現象活用の代表例である (Lecuyer, 2009)。

食体験については多くの複合感覚現象があり、VRに利用されている。ポテトチップスを食べるときに提示する音を変えることで、食感が変わるという知見 (Zampini, & Spence, 2004) に基づいて、咀嚼を検出し同時に操作した音を骨伝導で提示するAR食感ディスプレイが開発されている (小泉・田中・上間・稲見, 2013)。このARシステムは、せんべいやポテトチップスなどの通常の食体験のみならず、ワームの形をしたグミに鳴き声のような音を提示することであり得ない食体験も作り出している。また、食物に異なる匂いや映像を同時提示して味覚を変化させる研究もある (鳴海・谷川・梶波・廣瀬, 2010)。

このような複合感覚を用いたVRはある意味リアリティを超える新しい体験を創出していると言える。本章の身体変容に関する研究も、リアリティを超えるVR研究の流れにある。

VRによる身体の変容

ラバーハンド錯覚 (Rubber Hand Illusion) は、偽の身体部位が自分の身体部位のように感じられる現象 (身体所有感の錯覚) である (Botvinick, & Cohen, 1998)。被験者の手を衝立で隠し、目の前にゴム手袋やマネキンの手を置く。実験者は、隠された本当の手とゴム手袋の両方を筆で同時になぞる。筆の動きがゴム手袋 (視覚) と本当の手 (触覚) で同期している場合、被験者がゴム手袋を見ているとそれがまるで本当の手のように感じ、そのゴム手袋の位置に触覚を感じる。この感覚は質問紙による主観評定で測られ、また行動評価として、本当の手の位置がゴム手袋の方向にずれて知覚される固有受容感覚のドリフトで測られる。また、VRの腕を提示した実験では、実際の腕の3倍の長さまで身体所有感が生じる (Kilteni, Normand, Sanchez-Vives, & Slater, 2012)。

ラバーハンド錯覚の方法を全身に適用することで全身所有感の錯覚を誘発することもできる (Ehrsson, 2007; Lenggenhager, Tadi, Metzinger, & Blanke, 2007)。HMDを装着した被験者はビデオカメラを通して自分や他人の背中、あるいは直方体を目の前に観察した。そして、自分の背中を棒でつかれるのと同様に映像の中の自分や他人の背中、直方体がつつかれた。同期してつかれている条件では、目の前の自分や他人の身体に所有感が生じ、前方に固有受容感覚による自己位置がずれる (体外離脱体験; Out-of-body experience)。



Figure 1. Schematic of Experiment 1 of Kondo et al (2018).

目の前に大きな鏡を配置し、自分の運動とVRアバタの運動が同期することでも身体所有感が誘発できる (Gonzalez-Franco, Perez-Marcos, Spanlang, & Slater, 2010)。この現象では、身体所有感の生成に行為主体感が関わっていると考えられる。アバタの運動が同期しないと身体所有感は生じないか、低減する。なお、身体運動を同期させない方法としては、記録しておいた他人の運動を再生する方法と200msから2s程度の遅延を入れる方法がある。アバタの身体を全て提示せず両手 (手袋) と両足 (靴下) のみを提示し、被験者の身体運動と同期させることでも身体所有感を誘発す

ることができる (Figure 1, Kondo, Sugimoto, Minamizawa, Hoshi, Inami, & Kitazaki, 2018)。このとき、被験者は手と足を補完した透明な身体が見えるような感覚を得て、全体に所有感を持つ。なお、透明な身体への所有感は全身アバタに対する所有感と有意な差がない強度であった。

実際の腕よりも長い腕にも所有感が生じることを前述したが、手足のみの透明身体の手法を用いて、手の位置のみを変えることで長い腕に所有感を誘発することもできる (Figure 2, 近藤・上田・杉本・南澤・稲見・北崎, 2019)。前方の広い空間のランダムな位置に提示したボールにリーチングする課題を行ったところ、10分程度の中に徐々に長い方の腕をより多く使うよう行動の変化が見られた。また、長い腕の側の近い位置の時はむしろ反対側の腕でリーチングする傾向も見られた。これらは、非常に短時間で変容した身体に順応し、それを自由自在に使いこなすようになることを示唆している。

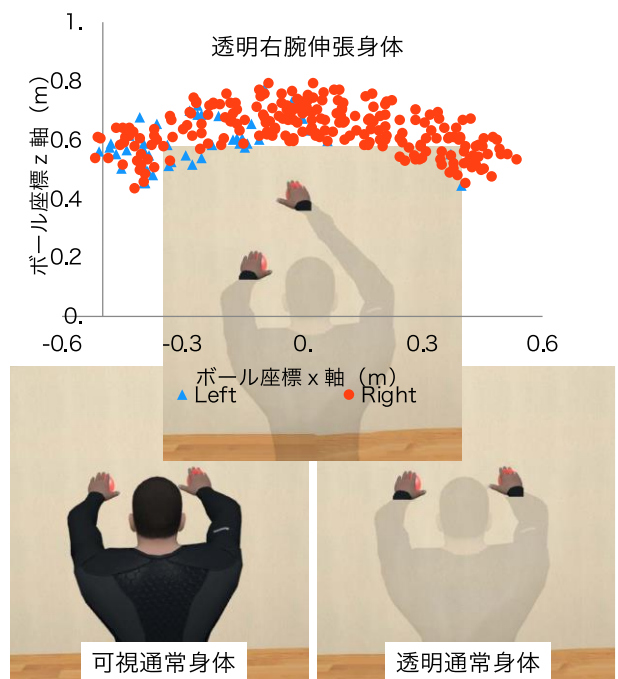


Figure 2. Schematic of results of 近藤ら (2019).



Figure 3. Schematic of finger-arm re-association.

身体運動同期を用いる身体所有感の生成では、身体運動とアバタの運動の同期が重要である。一方、運動のタイミングや角度変化のみを等しくして、右手の親指をアバタの左腕に対応させることでも、弱い身体所有感を誘発することができる (Figure 3. Kondo, Tani, Sugimoto, Minamizawa, Inami & Kitazaki, 2020)。つまり右手の親指を動かすとバーチャルな左腕が動く体験を続けると、その左腕が自分の左腕のように感じる、これは身体の階層 (指と腕) と身体の左右を超える身体部位の再連合と言える。

このように、視覚と触覚の統合、あるいは視覚と身体運動の同期の方法を用いて、自己身体の見え方を変え、それに対して身体所有感や行為主体感が生じるのか、それによって認知や行動が変化するかについて多くの研究がなされている。

VRによる心の変容

自己身体のイメージを変えるVRを体験することで、社会的認知が変わる (概論として, Maister, Slater, Sanchez-Vives, & Tsakiris, 2015)。顔に対する視覚の同時刺激で顔の皮膚色を変えることで異人種への潜在的偏見が減少する (Fini, Cardini, Tajadura-Jiménez, Serino, & Tsakiris, 2013)。皮膚色を変えた腕へのラバーハンド錯覚体験でも潜在的偏見が減少する (Maister, Sebanz, Knoblich, & Tsakiris, 2013)。また、全身運動を用いて身体運動同期を行う方法でも同様の異人種への潜在的社会的態度の変容が報告されている (Peck, Seinfeld, Aglioti, & Slater, 2013)。

自分のアバタの顔を魅力的にすると、異性により接近し雄弁になるプロテウス効果が報告されている (Nick, & Bailenson, 2007)。HMDを装着し、スーパーヒーローのように自ら街の上空を飛び回る体験をすると、HMDを外した後に他者への援助行動が促進される (Rosenberg, Baughman, & Bailenson, 2013)。この援助行動の促進は、VRの中で援助行動を体験するかしないかではなく、自分の力で飛び回るか乗り物に乗って受動的に飛ぶかの違いに依存する。つまり自分がそのような超人的能力を持っていることを体験することが重要である。

ラバーハンド錯覚と同様に視覚と触覚の同時刺激を行うが、アバタ身体が見えず何も無い空間を筆でなぞられると、自分が透明になった感覚が得られる (Guterstam, Adbulkarim, & Ehrsson, 2015)。この透明身体条件とアバタが裸になっている条件との比較がなされ、目の前で多数の人に見つめられているとき透明身体条件では緊張・不安が抑制された。

二人の被験者がカメラをつけたHMDを装着し、相手の視点から自分を見て、お互いに握手をすると、相手と身体が入れ替わった感覚が生じる (Petkova, & Ehrsson, 2008)。VRで苦悩する自分とそれに対処するカウンセラーの身体を交互に体験するシステムが開発されている (Osimo, Pizarro, Spanlang, & Slater,

2015)。その研究では、カウンセラーの身体がフロイト (Sigmund Freud) に改変されると気分が改善した。

このように自分の見ためを変えることで認知が変わる知見が多数得られている。

むすび

身体改変、およびそれによる心と行動の変化について多くの研究が行われている。その基礎としては、人の認知が自己身体や他者身体に強い影響を受けるといふ心理学の知見がある。それに基づいて、VRはバーチャルな身体を変えることで、人の認知や行動を変えることを目指している。さらに、この方法を用いることで、我々は人が将来ロボティクスやVRで新しい身体を持つようになった時に、どのような心理・認知特性を有し、どのような社会になるかを客観的に推定できるようになる。それは未来志向の心理学と言える。

謝辞

本研究の一部は、JST ERATO JPMJER1701 (稲見自在化身体プロジェクト) の補助を受けて実施された。

引用文献

- 北崎充晃, 佐藤隆夫 (2008). 視覚からの自己運動知覚と姿勢制御, 心理学評論, 51, 287-300.
- Kitazaki M., Hamada, T., Yoshiho, K., Kondo, R., Amemiya, T., Hirota, K., and Ikei, Y. (2019). Virtual walking sensation by pre-recorded oscillating optic flow and synchronous foot vibration. *i-Perception*, 10(5), 1-14.
- Razzaque, S., Swapp, D., Slater, M., Whitton, M. C., and Steed, A. (2002). Redirected walking in place. *Proceedings of EGVE 2002 (Eurographics Workshop on Virtual Environments 2002)*, 123-130.
- Steinicke, F., Bruder, G., Jerald, J., Frenz, H., and Lappe, M. (2010). Estimation of detection thresholds for redirected walking techniques. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 16(1), 17-27.
- Matsumoto, K., Ban, Y., Narumi, T., Tanikawa, T., & Hirose, M. (2016). Curvature manipulation techniques in redirection using haptic cues. *IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2016*, 105-108.
- Lecuyer, A. (2009). Simulating haptic feedback using vision: A Survey of research and applications of pseudo-haptic feedback, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 18, 39-53.
- Zampini, M., & Spence, C. (2004). The role of auditory cues in modulating the perceived crispness and staleness of potato chips. *Journal of Sensory Science*, 19, 347-363.

- 小泉直也・田中秀和・上間裕二・稲見昌彦(2013).
Chewing JOCKEY -咀嚼音提示を利用した食感
拡張装置の検討-, 日本バーチャルリアリティ学
会論文誌, 18(2), 141-150.
- 鳴海拓志・谷川智洋・梶波崇・廣瀬通孝 (2010). メタ
クッキー: 感覚間相互作用を用いた味覚ディス
プレイの検討, 日本バーチャルリアリティ学会論文
誌, 15(4), 579-588.
- Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel'
touch that eyes see. *Nature*, 391, 756.
- Kilteni, K., Normand, J-M., Sanchez-Vives, M. V., Slater,
M. (2012). Extending body space in immersive virtual
reality: A very long arm illusion. *PLoS ONE*, 7(7):
e40867.
- Ehrsson, H. H. (2007). The Experimental Induction of Out-
of-Body Experiences. *Science*, 317 (5841), 1048.
- Lenggenhager, B., Tadi, T., Metzinger, T., & Blanke, O.
(2007). Video ergo sum: manipulating bodily self-
consciousness. *Science*, 317(5841), 1096-1099.
- Gonzalez-Franco, M., Perez-Marcos, D., Spanlang, B., &
Slater, M. (2010). The contribution of real-time mirror
reflections of motor actions on virtual body ownership
in an immersive virtual environment. *Proceedings of
IEEE Virtual Reality 2010*, 111-114.
- Kondo, R., Sugimoto, M., Minamizawa, K., Hoshi, T.,
Inami, M., & Kitazaki, M. (2018). Illusory body
ownership of an invisible body interpolated between
virtual hands and feet via visual-motor synchronicity.
Scientific Reports, 8(1), 7541.
- 近藤 亮太, 上田祥代, 杉本麻樹, 南澤孝太, 稲見昌
彦, 北崎充晃(2019). 見えない長い腕: 四肢先端
の視覚運動同期による四肢伸張透明身体への所
有感生成と行動変容. 日本バーチャルリアリティ
学会論文誌, 24(4), 351-360.
- Kondo, R., Tani, Y., Sugimoto, M., Minamizawa, K.,
Inami, M., & Kitazaki, M. (2020). Re-association of
body parts: Illusory ownership of a virtual arm
associated with the contralateral real finger by visuo-
motor synchronicity, *Frontiers in Robotics and AI:
Virtual Environments*, 7:26.
- Maister, L., Slater, M., Sanchez-Vives, M. V., & Tsakiris,
M. (2015). Changing bodies changes minds: owning
another body affects social cognition. *Trends in
Cognitive Sciences*, 19(1), 6-12.
- Fini, C., Cardini, F., Tajadura-Jiménez, A., Serino, A. &
Tsakiris, M. (2013). Embodying an outgroup: the role
of racial bias and the effect of multisensory processing
in somatosensory remapping. *Frontiers in Behavioral
Neuroscience*, 7:165.
- Maister, L., Sebanz, N., Knoblich, G., & Tsakiris, M.
(2013). Experiencing ownership over a dark-skinned
body reduces implicit racial bias. *Cognition*, 128, 170-
178.
- Peck, T. C., Seinfeld, S., Aglioti, S. M., & Slater, M.
(2013). Putting yourself in the skin of a black avatar
reduces implicit racial bias. *Consciousness and
Cognition*, 22, 779-787.
- Nick, Y. & Bailenson, J. (2007). The Proteus Effect: The
Effect of Transformed Self-Representation on
Behavior. *Human Communication Research*. 33 (3):
271-90.
- Rosenberg, R. S., Baughman, S. L., & Bailenson, J. N.
(2013). Virtual superheroes: Using superpowers in
virtual reality to encourage prosocial behavior. *PLoS
ONE*, 8(1), e55003.
- Guterstam, A., Adbulkarim, Z., & Ehrsson, H. H. (2015).
Illusory ownership of an invisible body reduces
autonomic and subjective social anxiety responses.
Scientific Reports, 5:9831.
- Petkova, V. I., & Ehrsson, H. H. (2008). If I were you:
Perceptual illusion of body swapping. *PLoS ONE*
3(12): e3832.
- Osimo, S. A., Pizarro, R., Spanlang, B., & Slater, M.
(2015). Conversations between self and self as
Sigmund Freud – A virtual body ownership paradigm
for self counselling. *Scientific Reports*, 5:13899.