

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：13102

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K20384

研究課題名（和文）宙吊りの視点だけに自己は宿るか？身体的自己意識研究の新潮流をつくる身体不在錯覚

研究課題名（英文）The self only at the visual point. Develop invisible body illusion for a bodily self-consciousness study.

研究代表者

西山 雄大（Nishiyama, Yuta）

長岡技術科学大学・工学研究科・講師

研究者番号：90649724

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題の目的は、様々な感覚を統合して得られる「いまここにいる」という感覚について、物理的身体の代替物を提示しない実験環境を構築し、そこで生じる体験や行動の変化を明らかにすることであった。主な2つの実験により、視覚的に身体不在のまま歩行するという状況を仮想現実技術により構成し、身体不在という状況においても、歩行による体性感覚・前庭感覚のフィードバック、およびそれらに整合的な視点移動による多感覚同期刺激がある場合は「いまここにいる」という感覚が伴われることが示唆された。また本研究の遂行過程で、歩行の解析や仮想現実環境での身体所有感・主体感の関係についても新たな知見が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

仮想現実技術の最大の利点は現実には起こりえないことを可能とすることである。そこでは、ユーザーが普段はできない動作を仮想現実環境で実現させることもできるだろう。本研究課題では、身体がなくとも参加者の運動と視点移動の同期は臨場感を伴った。このことを踏まえ、たとえばアバターなしに、意図した動作が環境に与える結果のみを整合的にフィードバックするといった仕組みを構築することで、実際には運動がなくとも意図と結果の整合性が臨場感を伴わせ、逆に実際には働いていない運動系に働きかけるようなりハビリティツールはできないか。今後、臨場感を引き起こすための最小要件を見極める必要があるだろう。

研究成果の概要（英文）：As for a feeling of “being now here” induced through multisensory integration, we aimed to develop an experimental environment in which a proxy of physical body was not presented and then to reveal changes of experiences and behaviors. The virtual environment we developed made users walk with visually no their body. Two main experiments suggested that participants could feel “being now here” even in that situation if somatic, vestibular and visual stimuli were synchronous and congruent. In addition, we obtained new findings about walk in human crowds and a relationship between sense of body ownership and agency in the course of carrying out this study.

研究分野：認知科学

キーワード：歩行 身体 自己主体感 身体所有感 予期 注意 行動計測 軌跡

1. 研究開始当初の背景

「身体は常に存在する」[James, *The principle of psychology*, 1890]。確かに、私が居ることとそこに身体があることはほぼ同義に思える。この直観に見合って、様々な身体感覚を統合して得られる「私は今ここにいる」という実感、特に、身体的自己意識(以下 BSC)と呼ばれる。身体と自己という人間誰しにも身近なこの題材は、しかしながら、科学的研究が盛んに行われるようになってから実はまだ日が浅い。なぜなら「身体は常に存在する」が故に、自身の身体について「ある場合」と「ない場合」で比較検討する、といった科学的手法に基づく実験的操作が困難だからだ。

BSC に関する最新の科学的アプローチでは、被験者の複数の感覚を同時に刺激し、外部オブジェクトを被験者自身の身体であると錯覚させる多感覚同期刺激手法が主流である(「ゴムの手錯覚」が有名)。特に「体外離脱錯覚」と呼ばれる全身に及ぶ錯覚実験[Lenggenhager et al., *Science*, 2007]は、身体と自己の包括的関係を調べるのに適しているため、現在では BSC 研究に欠かせない手段となっている。体外離脱錯覚の実験では、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着した被験者が後方からビデオカメラで撮影されている。被験者は HMD を通して自身の後ろ姿を見ており、数分間、実験者によって背中を触れられる。この触れに関する視覚と触覚が同期していれば、被験者は映像中の身体で触れを感じる(対照条件となる非同期は映像遅延によって与えられる)。つまり、錯覚中、被験者の BSC は物理的な身体位置とは異なる位置にあり、実際、心理のみならず生理・脳画像・行動に関する調査で支持されている。

しかし、多感覚同期刺激によって、BSC が物理的身体とは異なる対象に感じられるという結果に注目が集まる一方、BSC が物理的身体から離れる過程は看過されている。言い換えれば、物理的身体がなく視点のみが宙に浮くような過程=『身体不在』は検討されていない。これは、「身体は常に存在する」という直観に拘泥するあまり、被験者に実験開始時点から自身の身体を 3 人称的に観察させるという手続き上の制約を課しているためではないか。さらに、実は体外離脱錯覚では、錯覚の印象を表す主観的強度が弱いという問題もあり、これも同じ制約に起因するのではないか。以上より、は BSC 研究に対する学術的問いとして、『「私は今ここにいる」という実感、身体不在の状況でも生まれるか?それとも生まれないか?』と考えた。

2. 研究の目的

上述の体外離脱錯覚の問題に対して、身体不在の状況をつくる新規実験系を構築し、体外離脱錯覚に至る過程としての身体不在錯覚を検証する

3. 研究の方法

本研究では、HMD を装着した実験参加者による歩行とそれに伴う視覚フィードバックの操作を用いて、主として 2 つの実験が実施された。両実験とも、HMD を装着した実験参加者が、実際に居る場所とは異なる場所の映像(視覚フィードバック)を見ながら歩行する点で同様である。手法において多くの共通点があるため、ここでは実験 1 を例に手法を詳細に述べる。

(1) 実験 1 では、実験参加者は 3 つの異なる実験条件をそれぞれ別日に実施した。各実験日の実験開始前、参加者は待機部屋で実験手順について説明を受け、実験中の動作練習を行なった後、実験用のサンダル、白衣、マーカーつき頭部カバーを装着した。サンダルは実験部屋床面の起伏などから位置を推定させないために用いられた。白衣および頭部マーカーは、後述の参加者位置追跡のために用いられた。以上の準備を終えた後、参加者は待機部屋外に案内され、実験開始位置で HMD を装着した。この時、HMD は制御用コンピュータ(以下 PC)に接続されておらず、映像は投影されていない。参加者は目を閉じるよう指示され、実験者によって開始位置から実験を実施する部屋まで、複雑な軌道で誘導される。この誘導は、全 3 回の実験がどの部屋で行われたかを参加者に特定させないために行われた。実験 1 日目と 2, 3 日目の実験実施部屋は異なるが(Room A および Room B)、3 日目の最後に口頭質問を行なったところ、参加者は異なる部屋で行われたことに気づけなかった。実験部屋に入室後、参加者は歩行開始位置まで誘導された。HMD が PC に接続され、各日の実験条件に従って映像が投影された後、参加者は目を開け、周囲を見渡し、映像が見やすいよう HMD を調整するよう指示された。

身体の可視・不可視および視覚流動の連続性・不連続性の、歩行に対する心理学的・運動学的影響を確かめるために、映像提示方法の異なる 3 種の実験条件が被験者内計画で実施された。なお、本実験では HMD の有無による影響は考慮しないため、全条件で HMD が用いられた。

参加者はすべての条件で共通する動作を行った。参加者は閉眼のまま、実験者によって試行開始位置まで誘導され、両足を揃えて立つ。目を開けてまっすぐ前を向いたまま、自身のタイミングで 6 歩前進する。6 歩目着地後、他方の足を揃えて立ち、目を閉じる。1 歩目の着地から 6 歩目の着地までにかかった時間をストップウォッチで再現する。目を閉じたまま、自身が開始位置だと思ふ場所まで、後ずさりして戻る。その後、実験者によって試行開始位置まで誘導される。

以上の試行を随時実験者の指示を受けながら 10 回繰り返す。

10 試行目終了後、参加者は最後にもう一度歩行し、停止後は開眼のまま前を向いて立ち、目の前 30cm 程度の距離に立つ実験者を見るよう指示された。その後参加者は閉眼し、実験者によって室外の実験終了位置まで再度複雑な軌道で誘導された。HMD を外した後、参加者は待機部屋で質問表への回答を指示された。質問表は 6 項目からなり、参加者はそれぞれ-3（全くそう思わない）から+3（全くそう思う）までの 7 段階ヴィジュアルアナログスケール（VAS）を用いて回答した。（項目 1：映像の部屋に実際に居ると感じた。項目 2：事前に録画された映像だと感じた。項目 3：途中で部屋の様子が変化したと感じた。項目 4：自然に歩くことができた。項目 5：自ら歩いて、視点を移動させていると感じた。項目 6：最後の試行で目の前に立っていた実験者は、近すぎて不快だと感じた。）

①基準条件

参加者は Room A の試行開始位置に誘導される。HMD には、HMD 前面に取り付けられたステレオカメラのリアルタイム映像が投影される。参加者は自身の身体が見えることを確認した後、再び閉眼し、共通動作の指示が随時伝えられる。

②テスト条件 1 (T1)

参加者は Room B の試行開始位置に誘導される。HMD には、Room A にある全天球カメラのリアルタイム映像が投影される。参加者は自身の身体が見えないことを確認した後、再び閉眼し、共通動作の指示が随時伝えられる。なお、カメラレンズ位置は参加者の目の高さに調整されている。カメラは台車に取り付けられており、Room A の試行開始位置を起点に、実験者が参加者の歩行に合わせて台車を移動させる。参加者の歩行タイミングは、Room B に設置された web カメラにより、Room A でリアルタイムに確認できる。カメラの移動方向は基準条件の場合と同様。

③テスト条件 2 (T2)

全天球カメラの移動方法以外はテスト条件 1 と同様。Room A の試行開始位置を起点に、計 7 台の全天球カメラが等間隔に据え置かれている。1 台目から 7 台目の設置距離は、基準条件で予め計測された各参加者の平均歩行距離とした。試行開始位置にあるカメラのリアルタイム映像が HMD に投影された状態から始め、実験者が Room B の参加者の歩行に合わせ、踏み出した足の着地と同時に次のカメラの映像が HMD に投影される。参加者の歩行タイミングは、実験者が実際に見て確認する。映像切り替えによる移動方向は基準条件の場合と同様。

(2) 実験 2 では、実験 1 のテスト条件 1 における連続的な映像フィードバックに焦点を当て、通常歩行 (HMD なし)、HMD 通常歩行、HMD 障害物歩行の 3 条件がすべて同日に無作為順で実施された。障害物歩行では、参加者の進路をふさぐように段ボールの障害物が設置されるが、映像上でのみ提示されており、参加者は障害物を無視して直進することができる。また、実験 2 では歩数制限を行わず、提示されるゴール地点まで参加者のペースで自由に直進することができた。

4. 研究成果

自身の身体が見えないことや自身の歩行に伴う視覚的流動の不連続性は、人の歩行にどのような心理学的影響を及ぼすのか？実験 1 はそのような問いを検証するために実施された。

T1 条件・T2 条件では、「視点位置に居る感覚」（質問表項目 1 に対応）や「現在の様子であるという感覚」（質問表項目 2 に対応）が減じられ、特に T2 条件では「視点移動を操作している感覚」（質問表項目 5 に対応）も減じられた。これらの感覚はそれぞれ、「ここ」「いま」「主体」といった、いわゆる臨場感の重要な要素と考えられる。T2 条件ではそれらがすべて減じられたのに対し、T1 条件では定位感覚や時間感覚が減じられているにも関わらず主体感が維持されたことから、T2 条件では臨場感が損なわれた一方、T1 条件では臨場感の在不在が共存したような特殊な感覚が得られているのかもしれない。

参加者が実際に歩いた時間（歩行実時間）と歩いたと感じた時間（歩行再現時間）に関して、T1 条件の時間比は Base 条件に比べて低い傾向がみられた。実時間に対する再現時間の比を主観的な時間の長さのみならず、Base 条件に比べて T1 条件において時間比が小さいことは、主観的時間が短くなることを示唆している。これを質問表による心理評価と合わせて考えると、位置や時間の感覚が自身の行為と切り離されることが、主観的時間を変調させているのかもしれない。本研究の T1 条件のような、身体が不可視のまま自らの行動によって視野を連続的に変化させられる状況は、歩行に伴う臨場感の在不在の間として注目に値するため、この連続視野移動に焦点を当てた実験 2 を実施した。

実験 2 で HMD 障害物歩行は他の条件に比べ、歩行時間は客観的にも主観的にもより遅く、歩行軌跡はより大きいゆらぎを示した。これは障害物を無視するとはいえ、衝突を予想しているかのような反応であるように思える。しかしながら、そのように障害物を認識して行動様態を変化させつつも、参加者は障害物をすり抜けてもなお「ここ」という場所に関する感覚を有し、「いま」という時間に関する感覚も完全には失われなかった。つまり、身体不在という非現実的なシチュエーションにおいて、歩行による多感覚フィードバックが整合的である場合は「私は今ここにいる」が伴われ得ることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---|----------------------|
| 1. 著者名 Minoura, M., Kojima, K., Nomura, S., Nishiyama, Y., Kawai, T., Gunji, Y.P. | 4. 巻 164 |
| 2. 論文標題 Virtual Hand with Ambiguous Movement between the Self and Other Origin: Sense of Ownership and 'Other- Produced' Agency. | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of visualized experiments | 6. 最初と最後の頁 e61755 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3791/61755 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|------------------------|
| 1. 著者名 Murakami, H., Feliciani, C., Nishiyama, Y., & Nishinari, K. | 4. 巻 7(12) |
| 2. 論文標題 Mutual anticipation can contribute to self-organization in human crowds. | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Science Advances | 6. 最初と最後の頁 eabe7758 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1126/sciadv.abe7758 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 西山 雄大・植林尚之・野村収作 | 4. 巻 第20巻3号 |
| 2. 論文標題 身体がない仮想現実環境において歩行と視点移動の同期が臨場感を伴う | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 日本感性工学会論文誌 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hajime Kobayashi, Yuta Nishiyama, Shusaku Nomura, Claudio Feliciani, Hisashi Murakami, Tatsuji Takahashi |
| 2. 発表標題 Psychological and kinematic effects of an invisible self-body on voluntary gait |
| 3. 学会等名 The Science of Consciousness（国際学会） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yuta Nishiyama, Chihiro Yamashita, Wataru Hasegawa |
| 2. 発表標題 What is a difference between disownership feeling and loss of ownership feeling over one ' s own body? |
| 3. 学会等名 The Science of Consciousness (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|---------------------------|-----------------------|----|
| | | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
| | |