



# 幼児の身体化感覚における手足の 視覚運動同期と空間配置の効果

The Effect of Visual-Motor Synchrony and Placement of Limbs on Infant's Sense of Embodiment

吉田優太<sup>1)</sup>, 板倉昭二<sup>2)</sup>, 北崎充晃<sup>3)</sup>

Yuta YOSHIDA, Shoji ITAKURA, and Michiteru KITAZAKI

1) 豊橋技術科学大学 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1 番地 1, [yoshida.yuta.hh@tut.jp](mailto:yoshida.yuta.hh@tut.jp))

2) 立命館大学 (〒567-8570 大阪府茨木市岩倉町 2-150, [sit24175@fc.ritsumeai.ac.jp](mailto:sit24175@fc.ritsumeai.ac.jp))

3) 豊橋技術科学大学 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1 番地 1, [mich@tut.jp](mailto:mich@tut.jp))

**概要:** 成人では、手足のみが身体運動と同期する「透明身体」に対してフルボディアバターと同程度の身体所有感, 行為主体感が生じる。本研究では 4 歳から 5 歳の幼児における透明身体への身体化感覚に, 身体運動の時間的同期性と身体配置の空間的整合性が与える影響を調べた。その結果, 幼児では非同期・非整合の条件でも, 同期・整合の条件と同程度の身体化感覚が誘発された。この結果より幼児は先行研究で示された時間的同期性への感度の低さに加え, 身体配置の整合性への感度も低い可能性が示唆された。

**キーワード:** 透明身体, 身体化感覚, 時間的同期性

## 1. はじめに

バーチャルリアリティ (VR) を用いることで, 現実には不可能な体験が可能になる。例として透明身体が挙げられる。手足以外の身体部位が不可視化され, 手足のみが浮いているように見える手足のみアバターを用いて透明身体への所有感を誘発できる (図 1)。この手足のみアバターを頭部搭載型ディスプレイ (HMD) を通して提示し, 参加者に全身運動をさせると視覚運動同期時には視覚運動非同期時よりも透明身体に対する身体所有感が高く評価される [1]。さらに, 透明身体の手足の位置を変化させた配置非整合 (Scrambled) 条件と, 現実と同じ位置に手足を配置する配置整合条件を比べると, 配置整合条件の方が透明な全身および身体部位に対する身体所有感が高く評価される [2]。

VR を用いた幼児における研究では, 5 歳児が自身の身体サイズと異なる全身アバターに対しても視覚運動の同期, 非同期にかかわらず高い身体所有感と行為主体感を感じると報告されている [3]。ただし, 同期的または非同期的に動くバーチャルな手でボールに触れて消すという課題を行ったところ, 同期運動時において高い身体所有感と行為主体感が報告されている [4]。

本研究では, 手足のみの透明身体刺激を用いて, 身体運動の時間的同期性と空間的配置の一致性に着目し, 幼児が身体化感覚を得るのかについて明らかにすることを目的とした。

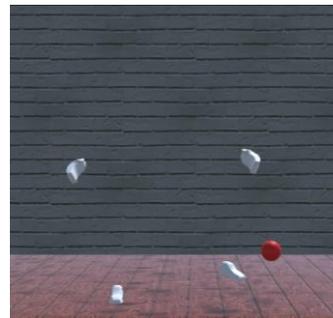


図 1: 透明身体の例

## 2. 方法

### 2.1 参加者

4 歳から 5 歳 (平均  $4.7 \pm 0.49$  歳) の幼児 26 名 (男性 13 名, 女性 13 名) が参加した。本実験は, 豊橋技術科学大学における人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て, その規則に基づいて実施された。全ての参加者の保護者が実験同意書を理解・合意し, 署名したのちに実験に参加した。

### 2.2 装置

スクリーン ((KIMOTO RUX-87, サイズ: 1477mm × 1880mm) にプロジェクタ (EPSON EB-W06, 液晶パネル画素数 (横 × 縦 × 枚数) 1280 × 800 × 3, 解像度: WXGA, リ

フレッシュレート: 60Hz) を用いてスクリーン後方から視覚刺激を提示した。視覚刺激はコンピュータ (CPU: Intel(R) Core(TM) i7-10700, メインメモリ: 40.0GB, OS: Windows10 Home, GPU: NVIDIA GeForce RTX 2070 SUPER) で Unity (2021.3.15f1) を介して制御した。手足の位置の計測にはトラッキングデバイス ViveTracker (HTC) (両手足の4箇所に配置) を用いた。

### 2.3 刺激

2つの身体配置条件と2つの運動同期条件を設定した。身体配置条件として、手足が現実の位置と同様の場所に配置された配置整合条件モデル,あるいは手足の位置が上下に±30cmの範囲かつ,左右の手のシフト量の差が20cm以上,足の位置が上に+100cmの範囲かつ,左右の足のシフト量の差が30cm以上になるようにランダムなシフト量を持って配置される配置非整合条件モデルを提示した。

運動同期条件として参加者の手足と同期的に動く同期条件と,1秒遅延して動く非同期条件を提示した。

参加者は課題としてボールリーチングを行った。ボールはスクリーンから200cm離れた位置に左右に60cm,最低位置高さ20cm,最高位置高さ100cmの範囲でランダムな位置に出現した。参加者がボールに触れると音を出して消え,次のボールが出現した。

### 2.4 手続き

参加者はViveTrackerを手足に装着し,視覚刺激を観察しながら課題を行った。配置整合条件・同期条件で練習試行を60秒間行った後,ランダムな順番で240秒間の試行を4試行行った。各試行後,参加者は身体認知に関する3項目の質問紙に1(全くそう思わない)から5(とてもそう思う)の5段階のリッカート尺度で回答を行った(表1)。

表1: 質問項目

質問内容	種別
スクリーン上のアバターが自分のように感じた	身体所有感
スクリーン上のアバターの手足の間に体があるように感じた	透明身体感
スクリーン上のアバターの手足を自分で動かしているように感じた	行為主体感

#### 2.4.1 質問紙

質問紙の結果の分析には全参加者のデータを用いた。項目ごとに身体配置条件(BODY)と運動同期条件(SYN)を設定した被験者内2要因の分散分析を行った。

#### 2.4.2 ボールリーチング課題

ボールリーチングの分析ではViveTrackerを実験中に落とした参加者のデータは除いた21名(平均4.6±0.50歳)のデータを用いた。項目ごとに身体配置条件(BODY)と運動同期条件(SYN)を設定した被験者内2要因の分散分析を行った。

### 3. 結果

質問項目ごとに分析した(図2)。質問1(身体所有感)では,身体配置条件( $F(1,25) = 0.871, p = 0.360, \eta_p^2 = 0.034$ ),運動同期条件( $F(1,25) = 0.147, p = 0.705, \eta_p^2 = 0.006$ ),身体配置条件と運動同期条件の交互作用( $F(1,25) = 0.007, p = 0.932, \eta_p^2 = 2.982 \times 10^{-4}$ )の全ての主効果・交互作用が有意でなかった。質問2(透明身体感)では,身体配置条件( $F(1,25) = 0.165, p = 0.688, \eta_p^2 = 0.007$ ),運動同期条件( $F(1,25) = 1.042, p = 0.317, \eta_p^2 = 0.040$ ),身体配置条件と運動同期条件の交互作用( $F(1,25) = 0.239, p = 0.629, \eta_p^2 = 0.009$ )の全ての主効果・交互作用が有意でなかった。質問3(行為主体感)では,身体配置条件( $F(1,25) = 0.109, p = 0.744, \eta_p^2 = 0.004$ ),運動同期条件( $F(1,25) = 1.591, p = 0.219, \eta_p^2 = 0.060$ ),身体配置条件と運動同期条件の交互作用( $F(1,25) = 3.194, p = 0.086, \eta_p^2 = 0.113$ )の全ての主効果・交互作用が有意でなかった。

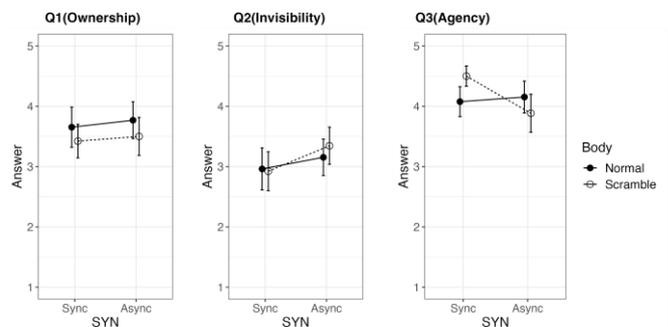


図2: 質問紙の回答の平均と標準誤差

### 4. 考察

本研究では幼児の身体化感覚に対する運動の同期性,身体配置の整合性の影響が見られず,非同期・非整合の条件でも,同期・整合の条件と同程度の身体化感覚が誘発された。Keenaghanらの研究[3]で示された時間的同期性への感度の低さに加えて,身体配置の整合性への感度の低さが示唆された。また,手足の運動量が非同期運動時に同期運動時よりも大きくなることなどから,課題達成のためより多くの運動を行い,その運動の結果が遅延してフィードバックされた場合でも,運動予測とある程度合致していると知覚され,身体所有感・行為主体感が誘発された可能性が考えられる。

#### 謝辞

本研究の一部は,科研費(JP20H04489,JP23K17460)の補助を受けて実施された。実験の際に多大なご助力をいただいた同志社大学赤ちゃん学研究センターの皆様へ感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] Kondo, Ryota and Sugimoto, Maki and Minamizawa, Kouta and Hoshi, Takayuki and Inami, Masahiko and Kitazaki, Michiteru: Illusory body ownership of an invisible body interpolated between virtual hands and feet via visual-motor synchronicity, *Scientific Reports* 8, 7541. 2018.
- [2] Kondo, Ryota and Tani, Yamato and Sugimoto, Maki and Inami, Masahiko and Kitazaki, Michiteru: Scrambled body differentiates body part ownership from the full body illusion, *Scientific Reports* 10, 5274, 2020.
- [3] Keenaghan, Samantha and Polaskova, Marie and Thurlbeck, Simon and Kentridge, Robert W. and Cowie, Dorothy: Alice in Wonderland: The effects of body size and movement on children's size perception and body representation in virtual reality, *Journal of Experimental Child Psychology* 224, 105518, 2022.
- [4] Dewe, Hayley and Gottwald, Janna M. and Bird, Laura-Ashleigh and Brenton, Harry and Gillies, Marco and Cowie, Dorothy: My Virtual Self: The Role of Movement in Children's Sense of Embodiment, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* vol.28 no.12, 4061-4072, 2022.