

令和 6 年 6 月 28 日現在

機関番号：32604

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04019

研究課題名(和文)ゲーミフィケーション・機械学習を利用した幼児の自己身体認識評価課題の開発と評価

研究課題名(英文)Development and Evaluation of Self-Body Recognition Task for Young Children Using Gamification and Machine Learning

研究代表者

宮崎 美智子(Miyazaki, Michiko)

大妻女子大学・社会情報学部・准教授

研究者番号：90526732

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：マークテストは有名な自己認知の指標である。だが、身体的自己表象の評価には用いられてこなかった。本研究では、マークテストに骨格検出と拡張現実を組み合わせた新課題を開発し、子どもの身体表象とその発達の新たな側面研究した。30か所の身体部位にリアルタイム骨格検出にもとづく仮想マークを表示し、30名の2～3歳児にその定位をさせた。その結果、定位エラーは動的な身体部位の協調によって予測できると分かった。3歳児は視覚誘導されたリーチングではなく、高速で予測的なリーチング(フィードフォワード制御)を示した。我々の新課題におけるリーチング方略を分析することで、感覚運動的身体表象の発達過程が明らかにされた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々が開発したXRマークテストは古典的マークテストの新たな可能性を提供し、自己身体表象の発達を評価する有効な方法となる。また、身体的自己認知の発達に関する知見に加え、本研究で用いたAI統計学的アプローチは、認知科学の発達分野への大きな貢献をもたらす。身体部位の協調とリーチングの軌跡の分析を通して、子どもの内部モデルの出現と予測的リーチングを検出する方法を提供した。この方法論は、他の発達領域にも応用できる可能性があり、感覚運動と認知過程の発達に関する新たな洞察を明らかにするために役立つ。認知科学発達分野におけるAIと統計学の統合は、人間の発達を理解を進める上で大きな可能性を秘めている。

研究成果の概要(英文)：Despite its popularity as an index of self-recognition, the mark test has not been used for assessing representations of the bodily self. This study combines the mark test and cross-reality task, to demonstrate novel aspects of children's body representation and its development. Participants' real-time skeletal data was captured, and virtual marks were displayed on 30 body parts for participants to interact through touch. The accuracy and trajectory of the first touch and reaction time were analyzed. Thirty Japanese 2- and 3-year-olds participated. Localization error could be predicted by dynamical body part coordination. Three-year-olds displayed fast and predictive reaching instead of visually guided reaching. Analyzing hand-reaching strategies in the XR mark test revealed aspects of the development of sensorimotor body representations.

研究分野：認知科学

キーワード：身体地図 自己像 発達 自己 ゲーミフィケーション

## 1. 研究開始当初の背景

鏡を見て鼻を触るとき、見えない身体部位の位置を把握する固有感覚ベースの身体イメージが役割を果たす。身体イメージは身体各部位の定位のみならず、社会性発達のカギとなる。たとえば、他者の行為を模倣する際には、他者の各身体部位を自分の各身体部位に対応づける必要がある。身体イメージは社会性発達の基盤を担う重要な認知能力である。

これまでの研究から、幼児は成人とは異なる身体表現を持つことが知られている。たとえば、幼児は2歳を過ぎる頃からヒトの描画を始める。中には、胴体や鼻を無視し、顔から直接手足が生える「頭足人」を描く子が存在する。また、2歳過ぎまで自分の身体の大きさを考慮した隙間を選択できない (Brownell, Zerwas, & Ramani, 2007)。さらに2歳児で、知らないうちにおでこに貼られたステッカーを鏡越しに確認した際、おでこに貼られているのに関わらず、最初に後頭部を探す子が4割程度見られた (Miyazaki & Hiraki, 2009)。

これらのことから、幼児期の身体イメージは歪んでいることが予測できる。幼児期の身体イメージは運動野のホムンクルスのような歪みを持つのか。この可能性の検討は成人を対象とした研究では進みつつあるが (Mora et al., 2018 など) 発達期における検討は、申請者の知る限り存在していない。これまでの研究は、身体部位を示す語彙の獲得や語彙で提示された身体部位への指差しといった語彙能力に絡めたもの (Witt, Cermak, & Coster, 1990; Camões-Costa, Erjavec, & Horne, 2011; Waugh, & Brownell, 2015) 身体全体を対象化して見られるかを検討したもの (Brownell et al., 2007) など、単純な統制による定性的な評価が中心であった。

幼児期における身体イメージの発達の変化を捉えるために、我々はマークテストに着目した。マークテスト (Gallup, 1970; Amsterdam, 1972) は有名な自己認識を評価するためのテストである。対象者に気づかれないように顔の一部にマークを付け、鏡で自分を見た際に、実在の身体にもマークがついているかどうかを確かめたり、マークを拭おうとしたりするかを見ることで、鏡像の自己が実在の自己の写しであることを理解できているかをテストする。一般的に、マークは鼻や頬につけられることが多いが、おでこにステッカーを貼る手法がとられていることもある (Povinelli et al., 1996)。我々はマークの貼り付け場所が変わることによって、定位エラーの現れ方が異なっていることに気づいており (Miyazaki & Hiraki, 2009) さまざまな身体部位における定位エラーの現れ方を見ることで、幼児が持っている身体イメージを記述できると考えた。しかし、実際のマークテストは、マークを対象者に気づかれないように貼らなければならない、何試行も繰り返すことが難しかった。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、ゲーミフィケーション・機械学習の手法を取り入れることで、幼児の身体イメージの発達を定量的に評価できる新たな課題を開発する。そして、課題の妥当性ならびに身体イメージ発達の評価を行った。

## 3. 研究の方法

新課題は、自己映像の身体各部位に拡張現実 (AR) を用いてマークを表示し、幼児が実物の自己身体に対応づけて当該部位を定位できるかを評価するゲーム様の課題である (図1; 全身版 XR マークテスト)。プログラムには、近年注目が集まる機械学習を用いた画像解析手法 OpenPose を利用した。

30か所の身体部位にリアルタイム骨格検出にもとづいて、スクリーン上の幼児の身体にバーチャルマークを表示した。2~3歳の幼児30名を対象にバーチャルマークに対する定位の正確さと、ファーストタッチの運動軌跡を解析・評価した。合わせて、身体部位に関連する語彙の理解・発話状況について調査する質問紙を、養育者に記入してもらった。

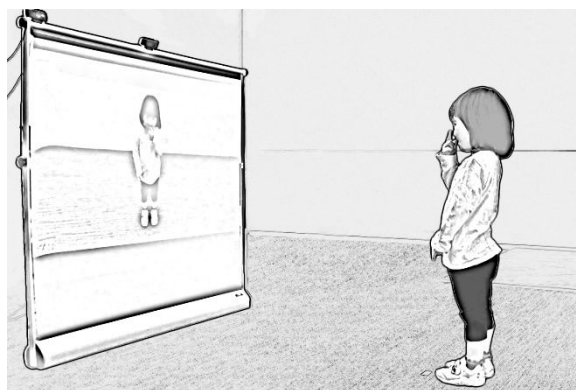


図1. 全身版 XR マークテスト (Bodytoyopo; Miyazaki, Asai, Ban & Mugitani, 2021)

## 4. 研究成果

### 4.1 参加者の意欲維持と全体のエラー率

平均試行回数は、2歳児が27.50回 (SD=5.371)、3歳児が29.75回 (SD=0.452)であった。ほとんどの参加者は、年齢に関係なく30回の試行を完了した ( $t(28) = -1.439$ ,  $p = 0.161$ , n.s.、効果量  $d = -.522$ )。この結果は、われわれの先行研究 (Miyazaki et al., 2019) と一致しており、この全身バージョン中に参加者のモチベーションを維持できたことを示唆している。さらに、ゲーミフィケーションのポジティブな効果 (すなわち、楽しいアニメーションとサウンドを演出すること) が実証された。

ファーストタッチの全体的なエラー率は、2歳児が39.9% (SD=0.132)、3歳児が35.0% (SD=0.095)であった。年齢群間の差は有意ではなかった ( $t(28) = 1.098$ ,  $p = .282$ , n.s.、効果量  $d = .398$ )。

### 4.2 定位エラーと身体関連語の獲得状況

保護者を対象とした身体語獲得アンケートの結果、質問された60語について、全体の28.7語 (SD=10.599) (2歳児)、40.8語 (SD=14.640) (3歳児) がそれぞれ生成・理解できた。年齢群間で獲得語数の平均に有意差がみられた ( $t(28) = -2.632$ ,  $p = 0.014$ 、効果量  $d = .955$ )。獲得身体語数とBodytopoのエラー率について、月齢をコントロール変数として偏相関分析を行った。また、Bodytopoで使用した身体部位の獲得率とエラー率との相関分析も行ったが、結果は有意ではなかった。

### 4.3 ファーストタッチの発達的变化

本研究では、バーチャルマーク定位のためのファーストタッチの運動軌跡を解析した。マークを観察する潜在フェーズとマークに実際に手を伸ばすリーチングフェーズを分ける変化点を自動抽出し、他にも年齢、各試行の反応時間などについて、定位エラーを予測する要因を探索した。

その結果、2歳児では潜在フェーズ、3歳児ではリーチングフェーズに定位エラーが予測できる傾向があると分かった。さらに、リーチング戦略が2歳児から3歳児にかけて有意に変化することが、実データおよび線形混合モデル推定から明らかとなり、内部モデルの発達的变化が示唆された。3歳児は、視覚的に誘導された (フィードバック) 注意深いリーチングではなく、高速で予測的な (フィードフォワード) リーチングを示しやすいことが分かった。

結論として、私たちの開発したXRマークテストは、幼児にも無理なく実施することができ、古典的なマークテストでは叶わなかった複数回の試行を検討できる可能性を拓いた。これによって、幼児における自己身体イメージの発達を評価する有効な方法となりうることを示した。

また、自己身体イメージの発達に関する知見に加え、本研究で用いたAIにもとづく統計学的アプローチは、発達研究への大きな貢献であると考えている。このアプローチは、単純な正答率比較では得ることのできなかつた、幼児のファーストタッチの方略の違いを明らかにすることができた。発達心理学研究におけるAIと統計学の統合は、人間の発達の理解を進める上で大きな可能性を秘めていると我々は考えている。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Miyazaki Michiko, Asai Tomohisa, Ban Norihiro, Mugitani Ryoko	4. 巻 -
2. 論文標題 Tracking Action in the XR Mark Test Reveals Developing Body Representation Among Toddlers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 bioRxiv	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） 10.1101/2021.10.08.462966	査読の有無 無
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 Miyazaki Michiko, Asai Tomohisa, Mugitani Ryoko	4. 巻 13
2. 論文標題 Touching! An Augmented Reality System for Unveiling Face Topography in Very Young Children	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 189
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnhum.2019.00189	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 宮崎 美智子	4. 巻 30
2. 論文標題 自他のなりたちから考える他者モデル	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 542～544
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11225/cs.2023.016	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 宮崎美智子
2. 発表標題 幼児の身体部位定位から考えるデータと現象の対話
3. 学会等名 自己研究の此岸と彼岸
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miyazaki, M., Asai, T., & Mugitani, R.
2. 発表標題 Gamified face and body mark test: a new method for revealing body topology in young children
3. 学会等名 Proceedings of the first virtual congress on infant studies (VICIS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮崎美智子
2. 発表標題 自己鏡像をあやつるには モデルベース解析による運動評価と身体表象の初期発達
3. 学会等名 日本認知科学会第40回大会論文集 自己と身体の相互構築とプロジェクション
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Imaizumi, S., Asai, T., & Miyazaki, M.	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Oxford University Press	5. 総ページ数 384
3. 書名 Cross-referenced body and action for the unified self: empirical, developmental, and clinical perspectives. In Y. Ataria, S. Tanaka, & S. Gallagher (Eds.) Body schema and body image.	

1. 著者名 宮崎美智子	4. 発行年 2022年
2. 出版社 東京大学出版会	5. 総ページ数 288
3. 書名 身体表象と社会性の発達 嶋田総太郎(編) 認知科学講座1 心と身体	

〔産業財産権〕

〔その他〕

researchmap  
https://researchmap.jp/myzk

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
研究分担者	浅井 智久  (Asai Tomohisa)  (50712014)	株式会社国際電気通信基礎技術研究所・脳情報通信総合研究所・主任研究員   (94301)	
研究分担者	石塚 綾子 ( 妻谷綾子 )  (Ishizuka Mugitani Ryoko)  (70447027)	日本女子大学・人間社会学部・准教授   (32670)	

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
---------	---------