

# 二者間の動作模倣を計測可能なデジタル玩具の開発

沼田崇志<sup>†1</sup> 木口雅史<sup>†1</sup> 松本久功<sup>†1</sup> 牧敦<sup>†1</sup> 川崎雅子<sup>†2</sup> 加茂登志子<sup>†2</sup>

**概要:** 近年、児童虐待の相談対応件数が急増しており、子どもの心や行動の問題、育児に悩む親が増えている。こうした親子に対して、玩具遊びを介して親子の相互交流の質を高めることで回復へと働きかける遊戯療法および行動科学に基づいた心理療法として、親子総合交流療法 (PCIT ; Parent-Child Interaction Therapy) が実施されている。PCIT における親の子育てスキルの評価指標として、親子間の動作模倣の頻度が挙げられるが、親子の玩具操作を同時に観察し、動作模倣の有無や程度を判断する必要があるため、その評価が難しいことが課題となっている。本研究では、玩具の操作を計測可能なデジタル玩具 2 種 (センサ付きブロック、お絵描きアプリ) を開発し、デジタル玩具を用いた親子間の動作模倣の可視化を検討した。その結果、開発したデジタル玩具 2 種それぞれにおいて、デジタル玩具の操作データから二者間の動作模倣を確認できた。これらの結果から、開発したデジタル玩具により、玩具を介した二者間の動作模倣を可視化できる可能性を確認できた。

## 1. はじめに

### 1.1 背景

近年、児童虐待の相談対応件数は、2010 年度の 56,384 件から 2020 年度の 205,044 件へと急増しており、子どもの心や行動の問題、育児に悩む親が増えている[1]。こうした親子に対する支援方法の一つとして、親子相互交流療法 (PCIT ; Parent-Child Interaction Therapy) が挙げられる。PCIT とは、子どもの心や行動の問題や育児に悩む親 (養育者) の両者に対して、親子の相互交流の質を高めることで、心や行動の問題が回復に向かうように働きかける遊戯療法および行動科学に基づいた心理療法[2]である。PCIT により、様々な親子関係の改善が報告されており、エビデンスに基づいた心理療法として広まっている[2]。

PCIT では、玩具遊びを介してコミュニケーションを図る親子の行動を、セラピストが観察し、親子の関係性が強化・改善されるように指導する。PCIT において、親の子育てスキルや親子の信頼関係の評価指標の一つとして、親子間の発話や動作の模倣の頻度が挙げられる。動作の模倣は、模倣された人物に対するポジティブな感情の誘起や共感醸成に有用であり[3]-[5]、親子の関係改善につながると考えられる。しかし、親子の玩具操作を同時に観察し、動作模倣の有無や程度を評価する必要があるため、特に動作模倣の評価は難しいと言われている。そのため、PCIT にて、玩具を介した親子間の動作模倣を可視化できれば有用である。

先行研究において、動作を計測可能なぬいぐるみや積み木などの様々なデジタル玩具が開発されている[6]-[8]。しかし、複数人による使用を想定し、動作の模倣といった使用者間の玩具操作のインタラクションを可視化できるデジタル玩具は開発されていない。

### 1.2 目的

本研究では、PCIT における玩具を介した親子間の動作模倣の可視化に向けて、二者間の動作模倣を計測可能なデジタル玩具を開発することを目的とした。

具体的には、PCIT において主要な遊戯であるブロック遊び、お絵描きに着目し、ブロック遊びとお絵描きにおける玩具の操作を計測可能なデジタル玩具をそれぞれ開発した。その上で、開発した玩具の操作を課した際の動作データを取得する評価実験を行い、動作データに基づく玩具を介した二者間の動作模倣の可視化の可能性を検討した。

## 2. センサ付きブロックの開発と評価

### 2.1 センサ付きブロックの開発

ブロック遊びのデジタル化としては、センサを設置してブロック (センサ付きブロック) の動作を計測する方法と、ブロック遊びをデジタル化する (たとえばブロックを設置するアプリを開発する) 方法が考えられる。PCIT においては、親子が直感的に操作できる玩具を用いることが望ましいため、一般的なブロックと同様に組み立てるセンサ付きブロックが望ましいと判断し、市販のブロックに加速度センサを装着することで、センサ付きブロックを開発した。

具体的には、幅 60 mm×奥行き 60 mm×高さ 80 mm のブロック (凸凹ブロック、友愛玩具) の内部に、25 mm×25 mm×10 mm の 3 軸加速度センサ (2525A, モノワイヤレス) を装着することで、センサ付きブロックとした (図 1(A)(B))。本研究で用いたブロックは、ブロック同士を繋ぎ合わせても内部に幅 60 mm×奥行き 60 mm×高さ 30 mm 程度の空洞が残るため、その空洞に加速度センサを設置した。また、加速度センサとして、Zigbee により計測データを送信可能なセンサを選択した。これにより、USB ドングル (MONOSTICK-B, モノワイヤレス) を介して、PC で計測

<sup>†1</sup> (株)日立製作所 研究開発グループ

<sup>†2</sup> 日本 PCIT 研修センター

データを受信し、複数の3軸加速度センサから受信したデータを可視化するシステムを開発した(図1(C)). 可視化システムは、モノワイヤレス社提供の(加速度センサに関する)ソースコードを改修する形で開発した。これにより、市販のブロックと同様にブロック遊びを実施可能であり、ブロックの動作を計測可能なシステムを構築した。

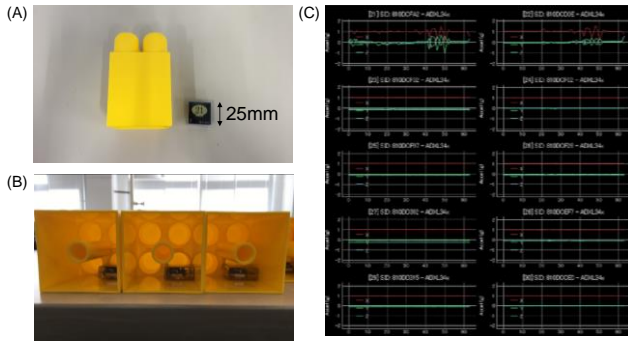


図1 開発したセンサ付きブロックとそれによるブロック動作計測システム。(A) 使用したブロックおよび加速度センサ、(B) ブロックに加速度センサを装着した様子、(C) ブロックに装着した加速度センサのデータ可視化システム

## 2.2 評価方法

二者のブロック操作とそのインタラクションを計測できる実験環境を構築し、センサ付きブロックによる動作模倣の評価実験を行った。実験環境として、二者が横並びになるように机と椅子を配置し、各被験者の前にセンサ付きブロックを8つ設置した(図2(A))。その上で、健康成人男性2名を被験者として、ブロック操作の模倣を課す実験を行った。尚、本実験のデータは、全被験者からインフォームド・コンセントを得て取得した。

センサ付きブロックによる動作模倣の評価実験として、一方の被験者(被験者Aと表記)に8つのブロックを任意の順序で1回ずつ操作し任意のブロック塊を組み上げる課題を課し、もう一方の被験者(被験者Bと表記)には被験者Aのブロック操作を模倣する(被験者Aと同様の順序で同様のブロック塊を組み上げる)課題を課した。実験開始時のブロックの配置は統一した。各ブロックに番号を1~8の番号(被験者毎にブロックA1~A8, B1~B8)を振り、同じ色のブロックであっても、番号で識別可能とした。

加速度センサは、各ブロックに装着するとともに、被験者A, Bの両手首に装着した(図2(B)(C))。このセンサのサンプリングレートは6Hzとした。ブロックと手首の加速度センサのデータを参照することで、ブロックの動作とその操作者のデータから動作模倣を可視化できるか検討した。尚、リファレンスとして、被験者A, Bの両手首には、1,000Hzで計測可能な3軸加速度センサ(TSND151, ATR-Promotions)も装着し(図2(B)(C))、前者の6Hzのセンサで適切にデータを取得できているか確認した。

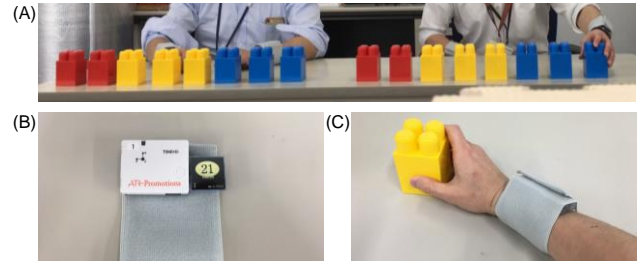


図2 センサ付きブロックによる動作模倣の評価実験の様子。(A) 実験開始時のブロックの配置、(B)(C) 手首に装着した加速度センサとそれらを装着した様子

## 2.3 評価結果および考察

実験における被験者A, Bが操作するブロックの一部および両手首に装着した加速度の時系列データのグラフの一部を示す(図3)。これらのグラフは、縦軸が加速度、横軸が時間を示す。各グラフにおける青線、黄線、赤線はそれぞれ加速度のx軸、y軸、z軸のデータを示す。マーカーが取得したデータであり、マーカーが存在しない箇所は細い直線で補間した。ブロックに装着した加速度の時系列データ(たとえば図3のBlock A1とBlock B1)を確認したところ、被験者Aによるブロックの加速度変化に続いて、被験者Bによるブロックの加速度変化が見られ、動作模倣が行われていることを確認できた(Fig.6の青色点線部)。また、被験者A, Bの手首に装着した加速度の時系列データを確認したところ、ブロックの動作に伴い、操作した被験者の手首の加速度変化も確認できた(Fig.6の緑色点線部)。

一方で、一部の加速度センサのデータの取得に失敗している時間帯が確認された(図3の赤色点線部)。データが欠損した時間帯では、ブロックや両手首の動作を取得できないことも確認できた。設置した20個の加速度センサのデータ取得成功率(実際のサンプリング数/実験時間中に6Hzで取得できるサンプリング数)は88.4%であった。

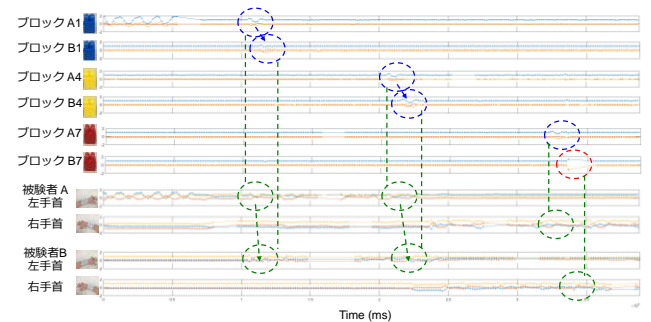


図3 センサ付きブロックによる動作模倣時の加速度データ例。青色点線部および赤色点線部は、ブロックの動作があった際のブロックの加速度データ。緑色点線部はブロックの動作があった際の被験者の手首の加速度データ。

これらの実験結果より、加速度の時系列データを欠損なく取得できていれば、ブロックおよび操作者（操作手）の動作を概ね確認できることが分かった。そのため、開発したデジタルブロックと両手首に装着した加速度の時系列データにより、ブロックの動作とその操作者を推定できる可能性を確認できたといえる。今後、二者間のブロック操作の加速度データの相関解析などにより、動作の類似度や模倣の遅延時間を算出できれば、動作模倣の有無や程度を推定し、模倣状態をより詳細に評価できると考えられる。その上で、模倣動作の有無や程度を可視化し、PCITのセラピストに提示するインタフェースを開発することで、親子間の関係改善を促すコミュニケーション支援技術へとつなげることが望ましいと考えた。

### 3. お絵描きアプリの開発と評価

#### 3.1 お絵描きアプリの開発

お絵描きについては、デジタル化した際の操作の変化が小さいと考え、お絵描きそのものをデジタル化しても、直感的に操作できると判断した。そのため、お絵描きそのものをデジタル化したお絵描きアプリを開発した。

お絵描きアプリは、Unity ベースで開発し、Windows にて動作可能とした。開発したお絵描きアプリは、親子が端末を1つずつ使用してお絵描きすることを想定し、トップ画面（図4(A)）で親か子かを選択した上で、お絵描き画面（図4(B)）を表示するように設計した。お絵描き画面では、画面下部のパレットを選択することで、お絵描きの色を選択できる機能（図4(C)）と、画面右上部の「計測開始/計測終了」を選択することで、お絵描きの記録の開始/終了を設定できる機能（図4(D)）を実装した。アプリで選択できる色は赤、橙、黄、黄緑、緑、水、青、群青、紫、黒、白（消しゴム）の11色とした。開発したアプリにおいて、使用者（親か子か）のデータに加えて、お絵描きの色と座標（画面のx座標、y座標）の時系列データを取得できるよ

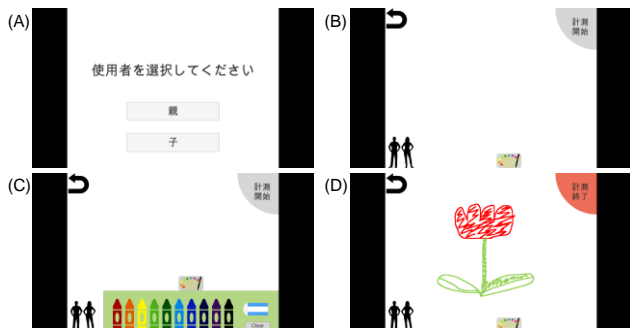


図4 開発したお絵描きアプリ。(A) 使用者の選択画面、(B) お絵描きの初期画面、(C) 色を変更する際の画面、(D) お絵描きの例

うにした。開発したアプリは、ペンタブレット2種（DTK-1660E, ワコムおよびD22S, artisol）を用いて、デジタルペンで遅滞なく描画可能であることを確認した。これにより、一般的なお絵描きと同様にお絵描きを実施可能であり、お絵描きの色や座標を計測可能なシステムを構築した。

#### 3.2 評価方法

親子のお絵描きとそのインタラクションを計測できる実験環境を構築し、お絵描きアプリを用いた動作模倣の評価実験を行った。実験環境として、二者が横並びになるように机と椅子を配置し、各被験者の前にペンタブレットとデジタルペン（DTK-1660E, ワコム）を1組ずつ設置した（図5）。その上で、日本PCIT研修センターにおいてPCITに参加中の親子2組4名を被験者として、お絵描きアプリの評価実験を行った。尚、本実験のデータは、全被験者からインフォームド・コンセントを得て取得した。

お絵描きアプリによる動作模倣の評価実験は、実際のPCITにおいてお絵描きアプリを使用することで実施した。評価実験は、通常のPCITと同様に、まず最初の5分間は、お絵描きアプリを用いて自由に遊んで良いことを親から子に伝えてもらい、親子が自由に遊ぶ様子をセラピストが観察する時間とした。その後約30分間のコーチングの中では、セラピストが親に対して望ましい行動（子のお絵描きの模倣を含む）を提案したり、不適切な行動を抑えるように指導したりすることで、親子のコミュニケーションの改善を試みる時間とした。

お絵描きアプリにおいて、親子が持つデジタルペンによりそれぞれのペンタブレットへの接触を検知した際（お絵描きした際）の時刻、色、座標を取得した。サンプリングレートは30Hzとした。



図5 お絵描きアプリによる動作模倣の評価実験の様子

#### 3.3 評価結果および考察

お絵描きアプリの評価実験において、動作模倣が行われたとPCITのセラピストが判断した動作を確認できた（図6の黒色点線部、図6(A)にはイラストも掲載）。お絵描きの過程に着目し、親子のお絵描きの色および座標の時系列データを確認したところ、色の時系列データ（図6(A)）においては、模倣動作が行われた多くの時間帯で、親子が同系統の色を用いてお絵描きをしている様子を確認できた。また、座標の時系列データを確認したところ（図6(B)(C)）、

模倣動作が行われた時間帯の一部で、親子間の座標データが類似している様子を確認できた。具体的には、700秒～800秒頃の座標データ(図6(B)(C)の赤矢印箇所)において、親子間の座標データが類似している様子を確認した。一方、動作模倣が行われたとPCITのセラピストが判断した動作であっても、親子間の座標データの類似性を目視で確認することはできない場合もあった。

これらの実験結果より、親子のお絵描きの色および座標の時系列データを可視化することで、PCITのセラピストが動作模倣が行われたと判断した箇所において、色が共通している様子や座標が類似している様子を確認することができた。

一方で、一部の動作模倣においては、親子のお絵描きの座標の時系列データを可視化しても、目視で動作模倣を判断できない場合も確認された。今後、単なるデータの可視化に留まらず、定量的に動作模倣の有無や程度を評価する方法を開発することで、PCITのセラピストに模倣状態を呈示するインタフェースを開発し、親子の関係改善を促すコミュニケーション支援技術へとつなげられると考えられる。定量的に動作模倣の有無や程度を評価する方法としては、たとえばデータ長が異なる時系列データ間の類似度を算出できる動的時間伸縮法[9]などを応用できる可能性がある。

尚、お絵描きアプリの評価実験に対するセラピストの評価をヒアリングした結果、開発したお絵描きアプリを用いて、通常のPCITと同様にコーチングを実施できることを確認できた。そのため、開発したお絵描きアプリにより、お絵描きそのものをデジタル化しても不利益が生じない可能性が高いと考えられる。今後、デジタル化によりお絵描きの色や座標等を可視化するとともに、動作模倣に関する定量的な評価指標を抽出することで、(特に未熟なPCITのセラピストにおいて)通常のPCITよりも効果が高いコーチングへと支援するインタフェースを開発できる可能性が考えられる。

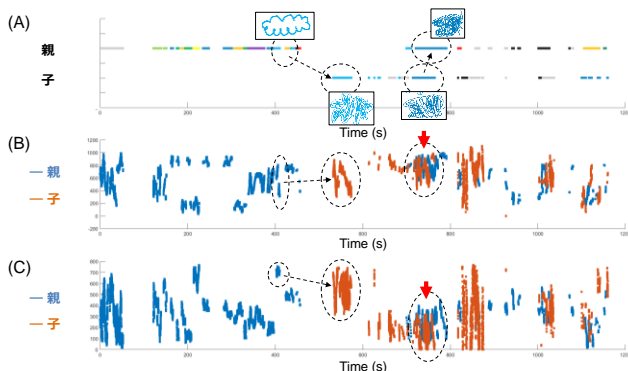


図6 お絵描きアプリを用いた動作模倣の評価実験データの例。(A) 親子がお絵描きに用いた色の時系列データ、(B)(C) 親子がお絵描きをしたX, Y座標の時系列データ

## 4. おわりに

本研究では、PCITにおける玩具を介した親子間の動作模倣の可視化に向けて、二者間の動作模倣を計測可能なデジタル玩具として、センサ付きブロックおよびお絵描きアプリを開発した。開発したデジタル玩具によりブロックの操作やお絵描きの色や座標を可視化した結果、二者間の動作模倣を可視化できる可能性があることが示唆された。

今後は、デジタル玩具を用いた動作の可視化に留まらず、模倣の有無や程度といった二者間の動作のインタラクションを定量的に評価する方法及び指標を開発し、PCITのセラピストに模倣状態を呈示するインタフェースの開発をめざす。それにより、親子関係の改善を促すコミュニケーション支援技術へとつなげることをめざす。

また、デジタル玩具による二者間の動作模倣の可視化を推進していくことは、モノを介したヒトとヒトのインタラクションや関係性(社会性)の可視化に展開できると考える。今後はデジタル玩具による動作模倣の可視化を拡張し、モノを介してヒトとヒトのインタラクションを可視化する技術として開発していきたい。

## 参考文献

- [1] 厚生労働省. 令和2年度児童虐待相談対応件数. 2021
- [2] 加茂登志子. 1日5分で親子関係が変わる! 育児が楽になる! PCITから学ぶ子育て. 小学館, 2020, 191p
- [3] Chartrand, T. L. and Bargh, J. A. The chameleon effect: the perception-behavior link and social interaction. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1999, vol. 76, no. 6, pp.893-910
- [4] Hale, J. Hamilton, A. F. and De, C. Cognitive mechanisms for responding to mimicry from others. *Neuroscience Biobehavior Reviews*, 2016, vol. 63, pp.106-123
- [5] Numata, T. Sato, H. Asa, Y. Koike, T. Miyata, K. Nakagawa, E. Sumiya, M. and Sadato, N. Achieving affective human-virtual agent communication by enabling virtual agents to imitate positive expression. *Scientific Reports*, 2020, vol. 10, article. 5977
- [6] Kato, K. Ienaga, N. and Sugiura, Y. Motion estimation of plush toys through detachable acceleration sensor module and machine learning. *International Conference on Human-Computer Interaction*, 2019, pp. 279-286
- [7] Woodward, K. Kanjo, E. Brown, D. J. and Inkster, B. Tangtoys: Smart toys that can communicate and improve children's wellbeing. *Adjunct Proceedings of the 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2020 ACM International Symposium on Wearable Computers*, 2020, pp. 497-499
- [8] Wang, X. Takashima, K. Adachi, T. Finn, P. Sharlin, and E. Kitamura, Y. AssessBlocks: Exploring toy block play features for assessing stress in young children after natural disasters. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 2020, vol. 4, no. 1, pp. 1-29
- [9] Keogh, E. and Ratanamahatana, C. A. Exact indexing of dynamic time warping. *Knowledge and Information Systems*, 2005, vol. 7, pp.358-386