

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 18 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12177

研究課題名(和文)動きセンサ内蔵積木の試作と子供の遊び方分析への応用

研究課題名(英文)Recognizing and Assessing Child Building Processes during Play with Toy Blocks

研究代表者

北村 喜文(Kitamura, Yoshifumi)

東北大学・電気通信研究所・教授

研究者番号：80294023

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：無線加速度センサを埋め込んだ積み木遊び計測システムを構築した。このセンサを用いることで、個々の積木を識別した上で積み木遊びに重要な動きを精度良く取得できる。子供の積み木遊びの中で識別すべき動作を選定するため、保護者から事前に承諾を得た上で5人の幼児に予備実験を行い、8種類11パターンの動作を識別対象動作として選定した。

さらに、情報デバイスであるスマートウォッチを多機能センサとして活用することで、より多くの遊びの内容を記述することができる新しい積木システムを提案した。また、ここまでの経験を活かして、積木の組立をメタファにしたVRを用いたインタラクティブコンテンツも試作した。

研究成果の概要(英文)：We proposed a novel building block device that enables detection and recognition of children's actions and interactions when building with blocks. Each block embeds a wireless measurement device that includes acceleration, angular velocity, and geomagnetic sensors to measure a block's spatial motion and posture during children's play. We also presented a novel block-shaped user interface that embeds a smart watch for recognizing and accessing playing process. Each block's spatial movements and physical contacts with either fingers or neighbor blocks are detected by the smart watch's motion sensors and expanded multi-touch screen respectively. We implemented a first prototype using 3D printed building blocks and Sony smart watches, and conducted a technical evaluation to verify its fundamental detection accuracy regarding finger and block connections. We also discuss possible ways to estimate and recognize playing process with the proposed block interface.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：3D Content Entertainment Computing Motion Data

1. 研究開始当初の背景

積木は古くから最も幅広く普及している玩具の1つであり、子供の身体、感情、社会性、知性、直感の5つの重要な成長を促すと言われている。その遊びは子供の心理状態や発達状態を表すため、心理療法としてプレイセラピー(遊戯療法)等にもよく用いられてきた。訓練された治療者(セラピスト)は、子供が積木で遊ぶ様子を観察することによって、その子の心の状態を推し量ることができる。加えて、適切に遊びを誘導することによって、心理状態を改善する方向に向かわせることもできる。しかし、ここでの観察から治療者の主観を完全に排除することは難しく、判断にばらつきが生じてしまうことも少なくなかった。そこで、積木遊びの最中の積木の動かし方に注目した子供の遊び方を客観的に示すデータの取得とその利用が切望されていた。

研究代表者らはこれまでに、コンピュータを内蔵したブロック型インタフェースを開発し、互いに接続するとその全体形状が実時間で認識できるシステムを構築した。しかし、ここで得られるデータは、いつどのブロックをどこに接続したかという情報とそれらのシーケンスに基づくその時点での静的な構築形状だけであり、遊びの最中の積木の動かし方といった動的なデータは得られなかった。

2. 研究の目的

子供が積木で遊ぶ最中の積木の動きを、子供に負担をかけずに簡単に計測するために、動きセンサを積木に実装したシステムを試作する。さらに、発達臨床心理学を専門とする研究分担者の協力の下、複数の子供から得たデータを解析して、子供の遊び方に見られる様々な動作を認識する方法を確立する。そして、遊戯療法等の心理療法で活用してゆくための要素技術の確立と知見を得る。これらを踏まえて、他の機能のセンサの利用を検討し、これらを内蔵する高機能積木を試作する。

- (1) 子供の遊び方を測るに十分な機能を有する動きセンサを内蔵した積木の試作
- (2) 複数の子供から得られたデータを解析し、遊び方に見られる様々な動作を認識する方法の確立
- (3) 他の機能を有するセンサの利用の検討と高機能積木システムの試作

3. 研究の方法

以上の背景およびこれまでの研究成果をもとに、試作と実験を通して、次のことを明らかにする。

- (1) 積木に動きセンサを実装することによって、子供が遊ぶ最中の積木の動きを計測できるシステムを試作し、その実利用可能性を確認する。



図1: 動きセンサ内蔵型積木

- (2) 発達臨床心理学を専門とする研究分担者の協力の下、複数の子供から得られたデータを解析して遊び方に見られる様々な動作を認識する方法を確立する。
- (3) (1)(2)の知見を踏まえて他のセンサの利用を検討し、これらを内蔵する高機能積木を試作する。

4. 研究成果

(1) 積木の試作

子供の積み木遊びを計測するために、無線加速度センサを埋め込んだ積み木遊び計測システムを構築した。このセンサを用いることで、個々の積木を識別した上で積み木遊びに重要な動きを精度良く取得できる。そして、カメラ等での計測に比べて個体識別や遮蔽の問題が無く、構造が簡単であるため頑丈な積み木とすることができる、等の特徴がある。

図1に示すように、色付きアクリル樹脂を用いて大小2種類の直方体積み木をそれぞれ6個、計12個作製した。これらの大きさや重さは、一般的な木製の積み木の2種類の直方体の積み木を参考に、50×50×25 mm, 重さ45 gと50×100×25 mm, 重さ90 gとした。各積木と各面は、コンピュータで識別するために、IDが割り振られている。

各積木には小型無線多機能センサを搭載し、それぞれ加速度や角速度を3軸で計測し、データの集約や表示、コマンド制御などを行うホストPCとの間でBluetoothによるデータ通信を行う。各センサは、加速度をサンプリング周波数100 Hzでの加速度計測(検出レンジ: ±4 G)を開始し、10回計測するごとに1回、10回分を平均したデータを送信する。これらは積み木遊びにおける微細な動きも十分に計測できるように設定されたものである。

(2) 遊び方の計測

子供の積み木遊びの中で識別すべき動作を選定するため、保護者から事前に承諾を得た上で5人(男児3人, 女児2人)の幼児に予備実験を行い、表1に示す8種類11パターン動作を識別対象動作として選定した。

次に、選定した特徴量の積み木遊び動作識別性能を評価するために実験を実施した。本研究では幼児などを対象とした遊戯療法場面を想定しているが、ここでは、大人による積

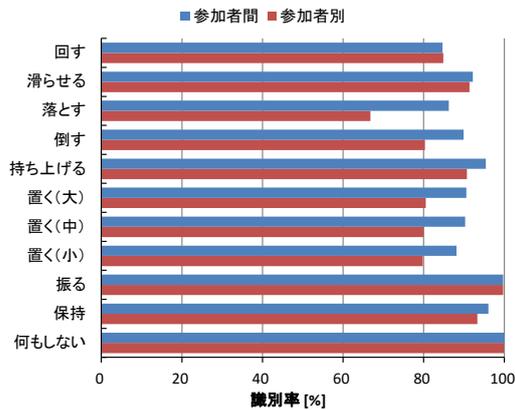


図 2: 平均識別率

み木の動作データを取得し識別精度を検証した。これは、基本的な動作は幼児と大人で同様であると考えられることと、大人の方が子供に比べ安定して学習に必要な動作を繰り返し入力できるためである。実験では、20歳から26歳の10人（男性7人、女性3人）の大学生に対して、レンガ型の積木を用いて、識別対象動作をそれぞれ繰り返し入力するように求めた（24回から36回）。そのデータを元にして、グリッドサーチにより SVM (Support Vector Machine) パラメータを算出した上で、ランダム抽出 10 回交差検定を実施した。

動作の長さを参考に加速度データをウィンドウ幅 0.64 秒ごとの区間に分割し、特徴量を算出した。特徴量は加速度データにおける平均値と分散値および振幅に相当する値に加え、我々の予備的検討に基づき、累積変化量などを採用した。いずれも積み木遊び中の動きやその変化を捉えるために重要な特徴量であると考えられる。これらの特徴量を加速度データの三軸成分と大きさ成分について算出した 40 次元の特徴量ベクトルを用いて、SVM による動作識別を検討した。

図 2 に、参加者別および参加者間データにおける各動作の平均識別率を示す。参加者別と参加者間のデータに対する平均識別率はそれぞれ 86.1%と 92.1%であった。これらは学習データのサイズが異なるために単純比較はできないが、他人の動作を含む学習データであっても安定して高い平均識別率が得られたことがわかる。しかし、幾つかの動作では、データの種類によって大きく識別率が異なった。「何もしない」、「保持する」、「振る」動作については、全体的に参加者間データの方が高い識別率となったが、明確な差はなかった。一方で、「置く」、「倒す」、「落とす」といった動作について参加者間データにおいて高い識別率が得られた。これは、学習データの数が増えたことで、参加者それぞれの違いのあるデータが集まった結果、クラスタリングの精度が高くなったものと考えられる。また参加者別、参加者間共に加速度特性が互いに似通った動作（置く動作と持ち上げる動作、滑らせる動作と回す動作、など）の間で誤認識する場合が見受けられた。



図 3: スマートウォッチを用いた積木システム



図 4: 積木のアクティビティの可視化

(3) 高機能積木システムの試作

情報デバイスであるスマートウォッチを多機能センサとして活用することで、より多くの遊びの内容を記述することができる新しい積木システムを提案した。これまでの試作と同様に、スマートウォッチに内蔵されている加速度、角速度、地磁気センサを用いて積み木の動きを認識することができる他、マルチタッチスクリーンを拡張利用して、積み木への指の接触と他の積み木の接続を検出することが可能である。そのプロトタイプを図 3 のように実装した。

本研究では、スマートウォッチのディスプレイと積み木の各面を接続させることで、マルチタッチスクリーンにおける接続検出能力を積み木各面まで延長させる機構を考案した。この機構により、どの面に触れたのかといった面ごとの接触及び接続認識が可能である。ディスプレイ上に 6 つの導電性素材を互いに離して配置し、積み木の 6 つの側面にも導電性素材をそれぞれ配置する。ディスプレイ上の導電性素材と側面の導電性素材を接続することで、人の手が積み木の面に接触した時に、ディスプレイへのタッチと同様に、導電性素材下でタッチが検出される。また、積み木同士でも同様にタッチが検出される。これらの認識・推定結果を適切なグラフィックスとアニメーションも用いてわかりやすく PC 画面に可視化する手段も図 4 のように試作した。

さらに、ここまでの経験を活かして、積木の組立をメタファにしたバーチャルリアリティを用いたインタラクティブコンテンツも試作した。ヘッドマウントディスプレイを



図 5: バーチャルリアリティ環境での積木操作
インタフェース

用いたバーチャルリアリティ環境におけるデジタルコンテンツ探索操作インタフェースを図 5 のように提案し、このインタフェースの操作に「楽しさ」を取り入れるため、新体制を伴うインタラクションと遊び心のあるインタラクションを設定し、ブロック遊びに基づいた操作方法やコンテンツ表現を取り入れた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 4 件)

- [1] Tomoaki Adachi, Yoshifumi Kitamura, Kazuki Takashima, and Miteki Ishikawa, Effects of block play on salivary alpha-amylase activity in children who lived in affected or less affected area by the Tsunami, EFPA 15th European Congress of Psychology 2017, 2017 年 7 月 11-14 日, アムステルダム (オランダ) .
- [2] 石川美笛, 高嶋和毅, 中島康祐, 北村喜文, 積み木遊び認識のためのスマートウォッチを活用した積み木型インタフェース, 情報処理学会シンポジウムインタラクション論文集, pp. 59-66, 2017 年 3 月 2-4 日, 明治大学 (東京) .
- [3] Miteki Ishikawa, Takuma Hagiwara, Kazuki Takashima, and Yoshifumi Kitamura, Viblock: Block-shaped Content Manipulation in VR, In Proceeding of SIGGRAPH Asia VR Showcase, Article No. 1, 1-2, December 5-8, 2016, マカオ.
- [4] 佐藤裕美, 高嶋和毅, 伊藤雄一, 足立智昭, 北村喜文: “加速度センサ内蔵積み木による遊びの動作識別に関する一検討,” ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.17, No.5, 13-16, 2015 年 7 月 20 日, 東京大学 (東京) .

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

研究室 Web ページ

<http://www.icd.riec.tohoku.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北村 喜文 (Kitamura, Yoshifumi)

東北大学・電気通信研究所・教授

研究者番号: 80294023

(2) 研究分担者

足立 智昭 (Adachi, Tomoaki)

宮城学院女子大学・教育学部・教授

研究者番号: 30184188

高嶋 和毅 (Takashima, Kazuki)

東北大学・電気通信研究所・助教

研究者番号: 60533461

上出 寛子 (Kamide, Hiroko)

東北大学・電気通信研究所・助教

研究者番号: 90585960

(3) 連携研究者

()

研究者番号: