

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K11396

研究課題名（和文）子どもの創作活動を見護る Internet of Toys (IoT)

研究課題名（英文）Internet of Toys (IoT) for watching over children's creative activities

研究代表者

山本 景子 (Yamamoto, Keiko)

東京電機大学・システムデザイン工学部・准教授

研究者番号：10585756

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）：子どもは多様な遊びを通して心身ともに成長していくが、その発達の進度は個々で異なっている。そこで本課題では、おもちゃにセンサ等を仕込み、子どもがどのおもちゃでどのように遊んでいるかをリアルタイムに計測し、その計測データから機械学習によって子どもの発達度を推定することを提案した。ボールとペンホルダーを実装し、子どもの遊びの発達段階をそれぞれ7割程度推定できることを確認できた。精度としてはまだ向上の余地があるが、子どもの遊びには自由度が高く、また複合的に判断することが重要であるため、実用に足る精度であると考えている。ただし、実際の幼児の遊びにおいて同程度の精度が得られるかの検証は今後の課題である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

子どもは多様な遊びを行うことで心身ともに成長していくが、その発達の進度は個々で異なっており、保護者や保育者が適切に見護ることが必要である。しかし従来のカメラや身体装着型デバイスによるセンシングでは、見護りのために過度の制限を与えることとなり、子どもの活動意欲を奪ってしまう可能性がある。これに対し本研究課題では、子どもが遊ぶときに使用するおもちゃ自体にセンサと無線通信デバイスを仕込み、子どもがどのおもちゃでどのように遊んでいるかをリアルタイムに計測し、それらの計測データから機械学習によって子どもの発達度を推定する手法を提案し、個々の子どもの適切な見護りと支援へ適用できる可能性があることを示した。

研究成果の概要（英文）：Children develop both mentally and physically through a variety of play, but the degree of development differs from one child to another. In this project, we proposed a method of estimating children's developmental stages through machine learning by measuring in real time which toys children are playing with and how they are playing with them, using sensors and other devices installed in toys. We implemented a ball type and a pen-holder type devices, and confirmed that we could estimate about 70% of the developmental stages of children's play. Although there is still room for improvement in accuracy, we believe that the accuracy is sufficient for practical use because children's play has a high degree of freedom and it is important to make judgments based on multiple factors. However, it remains to be verified whether the same level of accuracy can be achieved in actual play by young children.

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：IoT 子ども 創作活動 見護り 発達支援

1. 研究開始当初の背景

平成28年度6月に閣議決定された「ニッポン一億人総活躍プラン」においても、子育て支援が含まれており、安心して子どもを産み育てる社会の創出が望まれている。少子化が進んでいる一方、待機児童や保育士不足が問題視されており、厚労省から保育園のICT化への補助金も出されている。しかし、実際の現場では、ICT化に伴う仕事内容の変化・仕事量の増加、ITリテラシー不足に基づく導入への不安が未だに大きい。

このような背景の下、子どもにセンサデバイスを装着させ、ビックデータを収集することにより、異常を検知・通知するなどの見護りシステムが数多く提案されている。このようなシステムの導入により、日々の検温等の測定作業の自動化による保育士の負担軽減、事故の発見・予測が可能となる。これらに用いられるセンサは皮膚接触させた状態でセンシング可能となるものが多いが、自分の身体への興味を持ち始める年齢の子どもは、身体に異物が接触していることを嫌がる傾向や、それで遊び始め破壊や誤飲をする場合があるため、動きの少ない就寝時の管理や乳児を対象を限定しているものが多い。そこで、本課題では非拘束に、また活動範囲を制限されることなく子どもの活動をセンシングできる手法の確立を目指す。

2. 研究の目的

本課題では、子どもが遊ぶおもちゃにセンサと無線通信デバイスを仕込むことにより、子どもがどのおもちゃでどのように遊んでいるかをリアルタイムに計測し、それらの計測データから機械学習（深層学習）によって子どもの心理状態や事故の危険を予測し、かつアクチュエータを適度に駆動することでおもちゃにインタラクティブ性を持たせ、子どもの適切な見護りと創作活動の支援を同時に行う。本課題を通し、まず非拘束型デバイスにより状態のセンシングは可能か、どこまでを計算機で処理しどこから人の手に委ねれば適切な見護りが実現できるのかという工学的問いを明らかにする。また、子どもの創造性はどうかやって育まれるのか、逆に創造性を摘み取っているのは何かという発達学的問い、遊びは学びなのか、遊びを通した学びはどのように実現できるのかという教育学的問いを明らかにすることを目指す。これらの知見より、子どもの創造性を阻害しない見護り手法の提案、および新たな創造性教育の手法の提案へと繋がることが期待される。

3. 研究の方法

本課題では、創作活動のうち子どものおもちゃ遊びに焦点をあて、子どもの心理・身体の状態を推定するためのシステムを実装する。そのために、(1)子どもの創作活動を妨害することなく、子どもの状態を推定するためのデータを収集および記録することが可能か、(2)その情報をもとに子どもの状態推定が可能か、また(3)それを元に適切な見護りが実現できるかの3点を検証することを旨とした。

具体的には、子どもの使うおもちゃのうち、ボールと筆記具に着目し、ボールの投球能力と描画能力の発達に関する調査を行い、判別対象とする発達段階を特定すること、加速度センサ等を組み込んだデバイスの開発、そのデバイスを用いた発達段階推定の精度評価実験を実施した。

4. 研究成果

(1)センサ内蔵ボール型デバイス・ペンホルダー型デバイスの実装

体を動かす遊びのうち、ボールを用いた遊びの動作の加速度データを判別することを目的に、幼児がよく使用する中型（直径約16cm）のウレタン製ボールに加速度センサ、無線通信デバイス、バッテリーを内蔵したもの（図1左）を実装した。また、幼児の心理状況を推定するために絵はよく用いられるため、筆記具の動きをセンシングするために、ペンホルダー型デバイス（図1右）も同様に実装した。ただし、ボール型デバイスとは異なり、ペンホルダー型デバイスでは、筆記具を装着して使用する際に重心位置がセンサ側に偏ってしまうため、できるだけ把持位置に重心がくるよう、バランス（錘）を追加している。

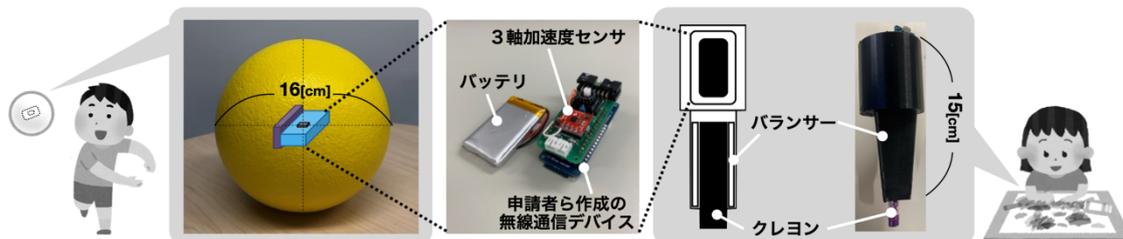


図1 実装したセンサ内蔵ボール型デバイス（左）とペンホルダー型デバイス（右）

(2) ボール型デバイスを用いた判別精度評価

(1)で取得した加速度データから幼児の能力の発達段階を推定し、それを提示することで、保育者が幼児の発達段階を把握できるようにすることを目指し、各デバイスに内蔵した加速度センサのデータから描画能力の発達段階を機械学習を用いて判別できるか検証するための実験を行った。本実験では、幼児の発達段階に応じて変化する描画動作を大人の実験参加者（男子大学生・大学院生（21～24歳））10名に模倣させ、筆記具型デバイスを使って描画させる。具体的には、表1に示した尾崎の研究[8]の分類に倣い、以下の四つの描画を行わせる。その際、表1右に示したそれぞれの分類における代表的な絵の見本を提示し、各段階の幼児の描画の様子がわかる動画（タスク1用動画（「クレヨンでお絵かきしたら次男の芸術的センスが爆発してた！」 <https://youtu.be/eXrhzYXekuE>）、タスク2用動画（「あさからおえかき / 3歳2か月」 <https://youtu.be/YaeX110gDqg>）、タスク3用動画（「349_4歳7ヶ月子供『娘とほのぼのお絵かき対決。直前に図鑑を見てから描く』drawing. 4year old」 <https://youtu.be/g6zxbBNYqDM>）、タスク4用動画（「4歳ホワイトボードへの落書き ♪♪♪」 https://youtu.be/LbF8MmaKx-U?si=rQdghPywP_z6ksIa））を閲覧させた上で、以下のタスクを実行させる。これらの行番号をタスク番号とする。

- 1 スクリブル（整形されていない殴り書き）
- 2 ダイアグラム・コンバイン（整形された図形の組み合わせ）
- 3 アグレゲイト（複数種の組み合わせによる形態）
- 4 絵画的な描写

表1 幼児の描画の発達段階と描画例

描画段階	描画の例
1 段階 (スクリブル)	
2 段階 (ダイアグラム とコンバイン)	
3 段階 (アグレゲイト)	
4 段階 (絵画的なもの)	

(2) データの処理方法

合計 400 個のデータ（10 名×4 種のタスク×10 回）を収集した。収集した加速度データの一例を図2に示す。描画中の加速度データのみを対象とするために、描画中の加速度データのみを切り出し、加速度データの特徴量（後述）を計算する。切り出し方法は図2に示すように、x 軸方向の加速度（デバイスの軸方向の加速度）が 1G に近く、重力加速度がかかっている時は、デバイスを把持している時で描画中と考え、x 軸方向の加速度が 1G 付近にない時はデバイスが寝ている（筆記具が把持されていない）時であるため、描画中でないと考え、それらを除外する。なお、x, y, z, abs はそれぞれ「x 軸（筆記具の長軸方向）方向の加速度 [G]」、「y 軸方向の加速度 [G]」、「z 軸方向の加速度 [G]」、「加速度の絶対値 [G]」を示す。また、用いた特徴量は以下の 10 種類である。以下、ある時点 t の 3 軸それぞれの加速度センサの出力を x_t, y_t, z_t 、加速度をそれらの二乗平均平方根、サンプル数を n とする。

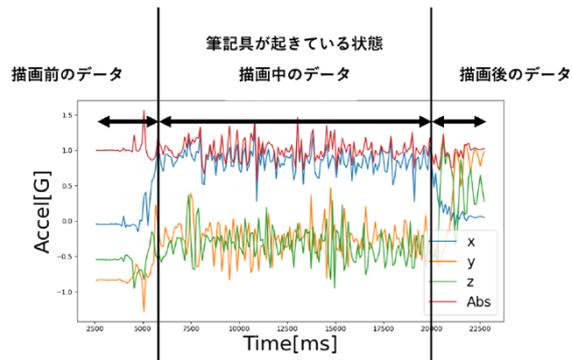
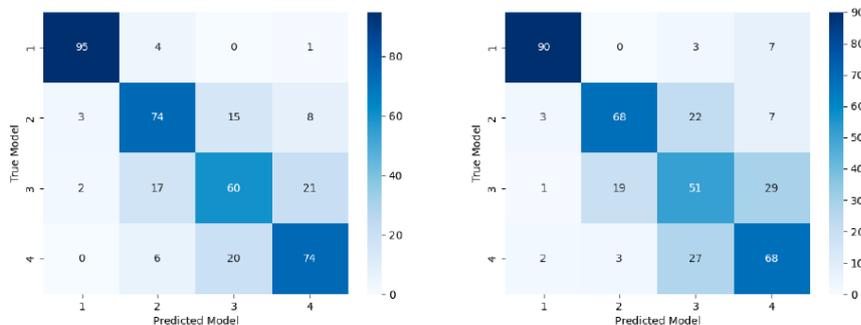


図2 加速度データの切り出しの一例

(3) 判別制度の検証

加速度データの14種の特徴量(平均, 分散, 標準偏差, 尖度, 歪度, 二乗平均平方根, x軸(筆記具の長軸)方向の加速度の平均・分散・標準偏差・尖度・歪度・二乗平均平方根, x軸(筆記具の長軸)方向の加速度の最小値, x軸(筆記具の長軸)方向の加速度の最大値)の算出を行い, Pythonのオープンソース機械学習ライブラリであるscikit-learnを用いて機械学習を行う。学習アルゴリズムは現在使用されている分類器の中でも非常に高い判別率を算出できると言われているサポートベクタマシン(SVM)とランダムフォレスト(RF)の2種類を採用する。検証方法は一個抜き交差検証を用いる。

その結果, 判別率はSVMでは75.75[%], RFでは69.25[%]となった。SVMとRFを用いた学習モデルによる混同行列を図3に示す。図3のラベルは(2)のタスク番号と一致し, 左の軸ラベルが正解ラベルであり, 下の軸ラベルが判別結果である。



(a) SVM (b) RF
図3 学習モデル (SVM, RF) による混同行列

(4) 考察と課題

本実験では, 高精度であると言われている学習アルゴリズムのSVMとRFを用いて動作判別を行った結果, どちらも7割程度の精度であった。判別ミスが発生した箇所の多くは, タスク3の判別である。この理由としては主に以下の二つが考えられる。

1. タスク間の動作の加速度変化に類似した特徴が現れたため

混同行列から, タスク2・3間, タスク3・4間において多くの判別ミスが発生していることがわかる。タスク2・3には円を描くという動作が共通している。さらに, タスク2の複数の小さい円を描く動作と, タスクの複数の短い線を描く動作には, 筆記具型デバイスを紙面に対して水平方向に細かく移動させるという動作が共通している。また, タスク3・4は, 複数の細かい線を描く動作が共通している。そのため, これらのタスク間の加速度変化に類似した特徴が現れ, 判別精度が下がったと考えられる。

2. 筆記具の動かし方を必ずしも検出できなかったため

タスク3の複数の細かい線を描く様子を撮影した動画を観察した結果, 筆記具型デバイスのセンサ部分を中心として動かさず, 筆記具先端側のみを動かしていた参加者がいた。このような場合, タスク3において比較的大きな円を描く動作のみの特徴を捉えてしまい, タスク2とタスク3の判別にミスが生じると考えられる。つまり, 実際の筆記具の動きとセンサが検出できた動きが異なっている可能性が考えられ, 判別精度に影響したと考えられる。

以上の問題を解決するために, 筆記具型デバイスの筆記具側(本実験ではクレヨン)の先端により近い位置に, 本実験で用いたセンサよりも小さいセンサを内蔵し, デバイスの両端の加速度変化を取得, 分析することで, 描画中のデータを正確に計測できると考えられる。もしくは, 本実験では3軸加速度センサを用いたが, 9軸センサ(3軸加速度+3ジャイロ+3軸加速度)を用いることで, デバイスの姿勢のデータを計測することができ, より描画中のデータの詳細な特徴量が取得できるため, より高い精度の判別結果を得ることができると考えられる。また3軸加速度センサのみでは, 紙面と筆記具の先が接触しているかどうか, つまり筆記中かそうでないかを判別しづらいため, 筆記具のお尻とデバイス間に圧力センサを仕込むことで, スタイラスペンとタブレットを用いずに, 筆記中か否かを判別できると考えられる。加速度センサから取得できるデータと合わせて, この圧力センサのデータも分析することで, 一つのストロークごとのデータを切り出し, それぞれの加速度データを比較することが可能となり, よりタスクの判別精度が高めることができると考えられる。

今後は, 以上のようにセンサを追加もしくは変更することで, 筆記具の動きだけでなく, 姿勢の変化も計測できるようにすることで, 判別精度を向上させることが挙げられる。そのうえで幼児を対象にした再実験をすることや, さらに細かい描画能力の発達段階が推定できるかを検証することも課題である。本研究は幼児の遊びを対象とするだけでなく, スポーツや勉強などの器具にセンサを内蔵させ, 加速度データを計測, 分析することで, ユーザが器具の使用者の能力や発達に適した教育や支援が行えるように支援することにも展開できるだろう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔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 Yamamoto Keiko, Fujihara Taichi, Kanaya Ichi
2. 発表標題 Internet of Toys for Measuring Development of Drawing Skills in Support of Childcare Workers
3. 学会等名 AHFE (2023) International Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yamamoto Keiko, Matsumoto Koshiro, Usui Tomonori, Kanaya Ichi, Tsujino Yoshihiro
2. 発表標題 Internet of Toys for Measuring Development of Ball Handling Skills in Support of Childcare Workers
3. 学会等名 22nd International Conference on Human-Computer Interaction (HCI) 2020 (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
研究分担者	金谷 一郎 (Kanaya Ichiro) (50314555)	長崎大学・情報データ科学部・教授 (17301)	

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