

粘土とモジュール式の芯材を用いたデジタル知育玩具の提案

椿 麻衣* 山岡 潤一*

概要. ユーザーが設計し作り上げるロボットやプログラミング思考を取り入れたデジタル知育玩具などが多く見られるようになった。一方で教育分野では、数理教育に造形性教育を加えた教育概念である STEAM 教育が注目を浴びるようになった。さらに既存のプログラミングトイやロボットツールは、プラスチック製などのブロックやパーツから構成されており、カスタマイズ性の自由度が少ないなどの制約がある。本研究は、粘土とモーターを内蔵したモジュール、粘土を用いた動きのあるロボットである。具体的には、リニアサーボと 3D プリントしたカバー、磁石を用いたモジュールを連結させ、そこに粘土を貼り付け造形を施し、Arduino を用いて制御し動きをつける。また、動きとの相性の良い粘土の選定も同時に行った。本稿では、その設計の過程や今後の展望について述べていく。

1 はじめに

近年、ユーザーが設計できるロボットやプログラミング思考を取り入れたプログラミングトイが普及している。それらの目的として、論理的思考の発達や、プログラミング学習の支援、任意の動きを制御して機構について学習することなどが挙げられる。これらは数理教育に造形性教育を加えた教育概念である STEAM 教育 [1] に基づいており、2020 年度から小学校で導入されるプログラミング教育でも、プログラミングトイやそれに関するロボット制作ツールなどが多く広がっていくことが期待される。STEAM 教育では、芸術やプログラミングなど異なる分野の横断を繰り返しながら製作することで、問題解決手法を発見していくことを狙いとしている。

しかし、現在普及しているプログラミングトイやロボット制作ツールはプラスチック製などのブロックやパーツから構成されており、カスタマイズ性の自由度が少ないなどの制約がある。プラスチック製の筐体ではなく、柔軟な素材を用いることで、粘土特有の試行錯誤プロセスを取り入れ既存のプログラミングトイにはない試行錯誤を通しての学びや、主体的に作り上げる創造力の補助、触覚からの素材との対話を通しての試行錯誤で STEAM 教育的な学びと知的好奇心を促すことが期待される。

そこで、粘土を用いたモジュール式の柔らかいロボット制作ツールを提案する (図 1, 図 2)。粘土は、誰もが一度は使ったことのある身近な素材でありながら、直接手に触れて表現でき、かつ自由度の高い素材である [2]。粘土を用いることで直感的な試行錯誤を行うことができ、既存のプログラミングトイとは違う操作性によって新しいプロトタイプピン

考を促すことが期待される。本稿では、ツールの設計や実装、今後の展望について述べる。

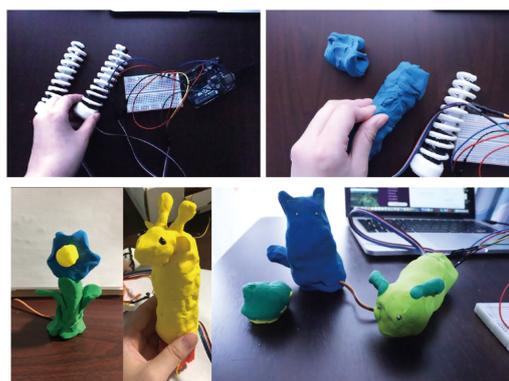


図 1. プロトタイプ



図 2. 動きの様子

2 関連研究

プログラミング思考を身につけるために、任意の動きを設計する玩具は多く提案されている。ニューブロックプログラミング (学研ステイフル社製) は、PC やスマホを使わずブロックのみを組み合わ

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 慶応義塾大学大学院メディアデザイン研究科

せ、付属のモーターを通して動き制御するブロック型玩具である。また、同じくブロック型玩具である MINDSTORMS[3] はモーターを用いてセンサ、ギア、レゴブロック等を用いてロボットの制御が可能となるツールである。KOOV[4] はバッテリーやモーター、センサー等が内蔵されたそれぞれのブロックを組み合わせて形作ることによって動きをつける。これらのブロック型玩具は組み合わせで動きを制御しているが、造形パターンの単純さやビジュアルの同質化が課題として挙げられる。Toio[5] も同じくブロック型のロボット玩具である。光学センサーが搭載されたキューブで位置を検出し、6軸検出システム(3軸加速度・3軸ジャイロ)により、環境側の動きを検出する。また身近な素材と組み合わせて遊ぶことができるキットである。コード・A・ピラーツ (fisher-price 社製) はロボット型のプログラミング玩具であり、本体の組み合わせに応じてその動きを制御することができる

Topobo[6] はコネクタとモーター、電子機器で構成されており、モーターを搭載した部品を用いて動きを記憶することで直感的に動きを制御することができる。今までのブロック型やロボット型の玩具とは違い、試行錯誤や造形の幅が広い。本研究では、このような直感的な制御や試行錯誤の幅を取り入れながら、有機的な柔らかい動きや造形を加えたものを提案しプロトタイプ思考の発達を促す。

3 提案手法

本稿では、粘土とモーターを内蔵したモジュールを用いて動きのあるロボットを試作する。まずユーザはリニアサーボが内蔵されたモジュール同士を接続する。モジュールのコネクタ部分は磁石を内蔵しており、連結することができる。大まかな形状を決めた後、その周りに粘土を張りつけて、表面の形状を整えていく。その後、モジュールはマイクロコンピュータ (Arduino UNO) に接続されており、コンピュータ上で動きをプログラムする。ユーザは自由に粘土を剥がしてモジュールを付け替えることが可能である本章では、実験を通じて決まった具体的なモジュールの設計について述べる。

3.1 動きに適する粘土の選定

粘土には用途に応じて、異なる素材特性を有する。今回動きとの相性の良い粘土を選定するために以下の4種類の粘土を用意し比較した。

- のび～る紙粘土 (株式会社ポケット製)
- くっつく紙粘土 (株式会社銀鳥産業製)
- 小麦粘土 (株式会社セリア製)
- ふわふわかる～い紙粘土 (株式会社CS製)

これらをリニアサーボに直接つけ、粘土がちぎれた状態 (図4) になるまでの往復回数を計測した。今



図 3. 粘土の種類

回使用したリニアサーボモーターは Actuonix Motion Devices 社製の L12-30-50-6-1 であり、ストロークは 30mm、トルクは 42N である。



図 4. 初めの状態と千切れた状態

貼り付ける粘土の厚みはリニアサーボの形がわからない程度の約 5mm とした。b, d の粘土は平均 2-3 回繰り返すと千切れてしまった。c の小麦粘土はリニアサーボにつかず、中のリニアサーボだけが動くような状態になった。a の粘土は動きと相性が良く平均 3-4 回動きを繰り返した後にちぎれてしまう形となった。この結果から、本研究で扱う粘土は a ののび～る粘土とした。

3.2 モジュール式芯材の仕組みと設計

リニアサーボにそのまま粘土をつけただけでは簡単に剥離してしまう。さらに動きに対して粘土がついてくるのが難しく、可動部分にひびが入りちぎれてしまう。そこで、モーターに 3D プリンターで印刷したカバー。(図5)をつけることで、粘土との剥離を損なわずに動かすことを検証した。

リニアアクチュエータのサイズに合わせて、3種類の異なるデザインでのカバーを設計した。カバーの大きさは 33mm x 33mm x 113mm である。カバーの材料は PLA である。図 5a のバネの間隔は 8mm, b のバネの間隔は 17mm, c のバネの間隔は 13mm とした。またバネの太さは b は直径 3mm, c

は直径4mmとした。リニアアクチュエータが伸縮するに伴いバネが同時に伸びるようにカバーは取り付けられている。今回、モータを伸長する時間は4秒と設定した。

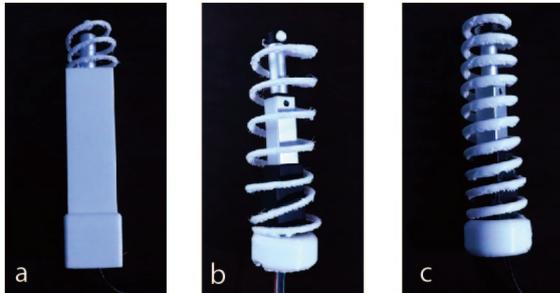


図 5. カバーの設計

- a. 可動部分のみをバネ状にしたカバー
- b. 全体を細いバネで覆ったカバー
- c. 全体を太いバネで覆ったカバー

図5 aの可動部分のみをバネ状にデザインしたカバーでは、本来リニアサーボが動く部分である上部のみが動いた。またカバーをつける前に比べ粘土の剥離が少なくなった。図5 bの全体を細いバネで覆ったものは動きがバネを通して拡散され、動きを拡散させ粘土の一点に動きの負荷がかかることを防ぎ本来可動部分ではない下部にまで動きが伝達され全体が動きを持った。図5 cも同様に動きが拡散され全体に動きを持たせることができた。図5 bに比べて、図5 cはバネ部分が太いため粘土を用いて細工を施した際に安定し、造形がしやすかった。結果、粘土で覆った際の造形のしやすさや動きの拡散から図5 cのデザインを本提案では採用した。

4 使用手順と作品例

今回試作したモジュールを用いて、実際に粘土を貼り付けて作品を試作した(図7)。手順は図6に示した通りである。まず、モジュールをマイクロコンピュータ(Arduino UNO)に接続しそこに粘土を貼り付けていく。次に粘土をつけ終わったモジュール同士を連結させ、造形を施しプログラミングツール(ArduinoIDE)でコードを作って制御する。今回はリニアサーボは4秒ごとに動くようにし、サーボモータは180度回転をするようにした。図8は、実際にモジュールを動かしている様子である。図8は内部に一つのモジュールを埋めてこんでおり、aはリニアサーボ、bにはサーボモータを内蔵した動きとなっている。また、実際に粘土は剥がれずに追従して伸長していた。今回の実験では扱わなかったが、図8bの花は180度に回転するサーボモータ(TowerPro社製, SG-90)を使用している。動く様子は確認でき

たので、今後リニアサーボモータと同様にモジュール化していく予定である。

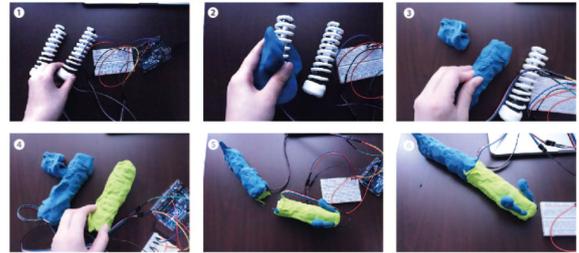


図 6. 使用手順



図 7. 作品例

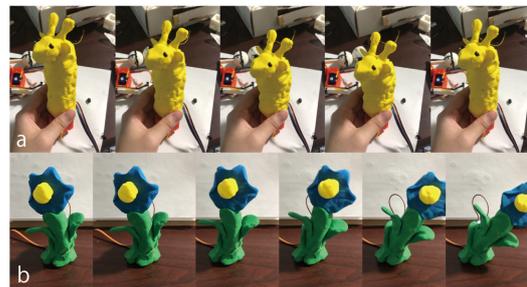


図 8. 動く様子

5 まとめと今後の課題

本研究では、直感的な試行錯誤や素材との対話を通して創造力を育みながらプロトタイプ思考の発育をサポートするデジタル知育玩具の提案を行った。リニアサーボと3Dプリントしたカバーを用いて設計をしたが、現段階ではまだ粘土の動きの自由さに対して動きのパリエーション少なく、制約も多い。また制御部分に関して、現在は有線で行なっているが将来的に無線での実装を行う予定である。今回の実験では動きの制御にツール(ArduinoIDE)を用いたが、今後は直感的な動きの入力方法を検討していく。さらに、現在は2つの動きのみであるが、より粘土が持つ柔らかい動きを表現できるような柔軟な芯材の構造を検討する。そして、実際に子供に使ってもらい、使う前と後の造形物の変化や発想力への影響、試行錯誤を通してどのように遊ぶかを調査し、改良を重ねていく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19K20314 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 虎胤胸組. Stem 教育と steam 教育：歴史，定義，学問分野統合. 鳴門教育大学研究紀要, Vol. 34, pp. 58–72, mar 2019.
- [2] 久世平井. 粘土製作における「触れる」ことについての一考察. 京都大学大学院教育学研究科紀要, Vol. 56, , 3 2010.
- [3] F. Klassner and S. D. Anderson. Lego mindstorms: not just for k-12 anymore. *IEEE Robotics Automation Magazine*, Vol. 10, No. 2, pp. 12–18, 2003.
- [4] 律高橋. Ai ロボティクス事業における情報教育戦略 —ソニーの aibo ビジュアルプログラミング—. 中央学院大学商経論叢, Vol. 34, No. 2, pp. 55–62, mar 2020.
- [5] 章愛田中. プログラミング教育の最前線:4. 楽しいロボットプログラミングを目指して-ロボットトイ「toio」の企画開発事例-. 情報処理, Vol. 61, No. 8, pp. 824–829, jul 2020.
- [6] Hayes Solos Raffle, Amanda J. Parkes, and Hiroshi Ishii. Topobo: A constructive assembly system with kinetic memory. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '04, p. 647–654, New York, NY, USA, 2004. Association for Computing Machinery.