

Nuibot: めいぐるみ機構の駆動制御システムと

郭子楽, Binod Dakal, Haoyan Li, 西野朋加, 三武裕玄, 〇長谷川晶一

1. 背景

● 生活環境でのインタラクションを目的としたロボット

● 硬いロボット

- 存在感 △ 触感 △ 表現力

● 柔軟なロボット

- 存在感 ● 触感 △ 表現力

● 立体映像、空中像等

- △ 存在感 × 触感 ● 表現力

● 柔軟なロボットの応用の探索

● 柔軟なロボットの研究が近年盛ん

- フレキシブル + 「ソフトロボット」 (Robomec 2016)
- 15件程度: 2007-2017, 30件以上: 2019
- 生活環境でのアプリケーションの探索はまだ途上
- 製品も出てきている。アプリはペットの効用の一部?



例

- 愉快工学のQoobo
 - 抱く、撫でるとしっぽが動く。
- GrooveXのLavot
 - お出迎え、甘える、見守り、
 - 家の中を動けるかわいいロボット
 - アプリケーションは探索と開発を平行して行っているのでは無いかと思う。
- 興味を持つ人、作りたい人はたくさんいる。
- YouTubeには、めいぐるみが動く動画が沢山ある。
- ハッカソンなどでもしばしばテーマになる。
- 生活環境に様々な用途・アプリがありそう → 発掘したい。

2. 目的

● ユーザイノベーション、ユーザによるアプリ探索の促進。

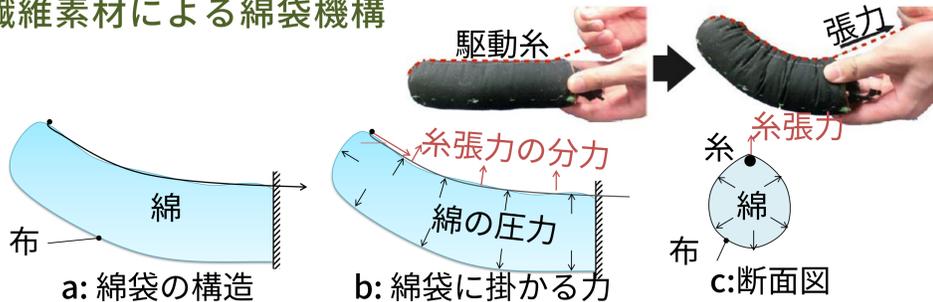
- ユーザは需要を持っているが、技術と時間は限られる。
- 柔軟ロボットの機構とソフトウェアの制作をユーザができるようにするため、ツールキットとソフトウェア制作環境を提供する。

3. 使用する柔軟機構と駆動機構

● 機構と駆動の選定

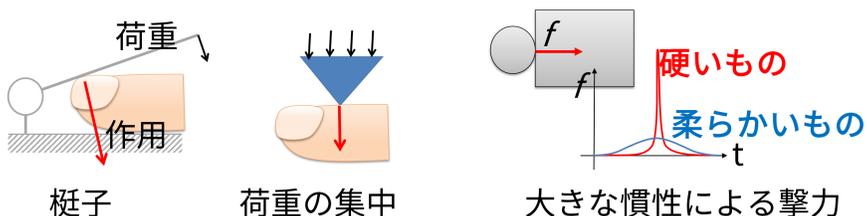
- △ ゴムやエラストマーの塊：制作に型や薬品が必要、重い。
- △ 風船：気密性、内圧の維持が難しい。
- 繊維素材：生活環境に馴染み簡単に作れる(手芸)、丈夫。
- △ 空気圧駆動：圧力源や制御弁のコスト、気密性の維持。
- 糸をモータで巻き取る：小型、安価、電池駆動が容易。

● 繊維素材による綿袋機構

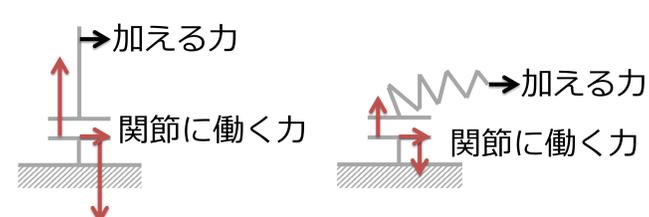


● 安全性：軽く柔らかい繊維素材は、原理的に安全

- ∴ 大きな力を発生させる仕組み ↓ ができない



● 堅牢性：力の増幅が無いので壊れにくい

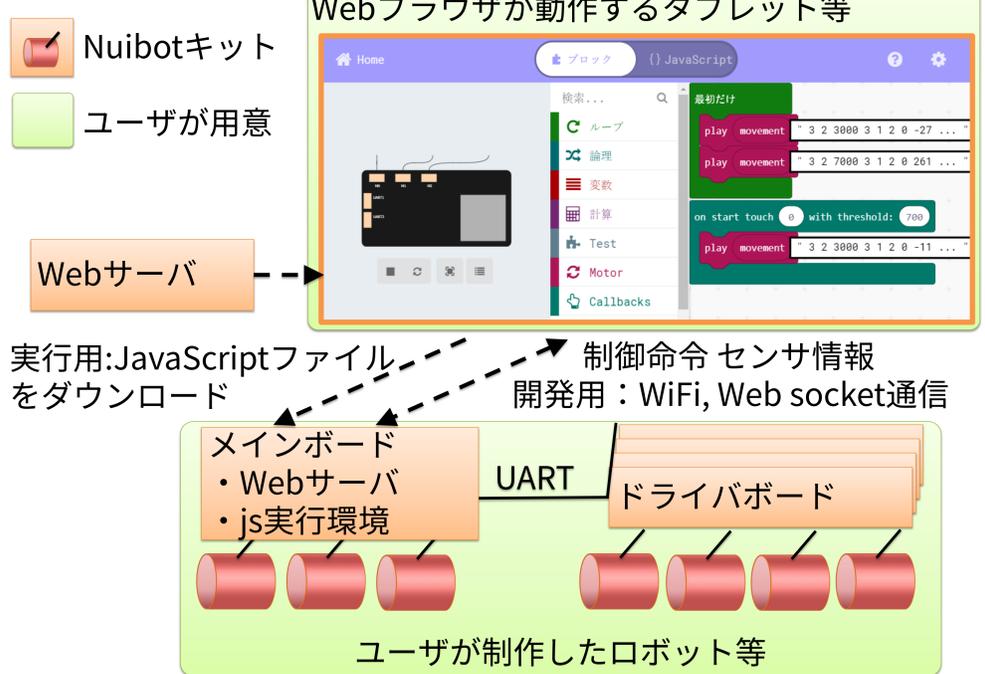


4. めいぐるみロボット制作キットNuibot

● めいぐるみ機構を使ったロボット制作の困難を解消

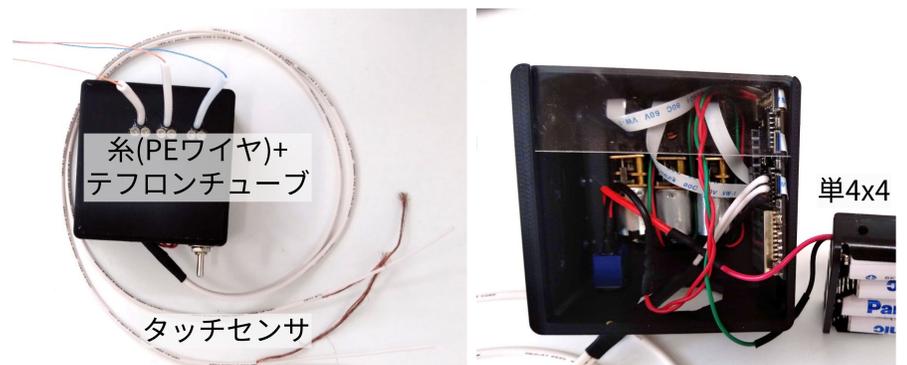
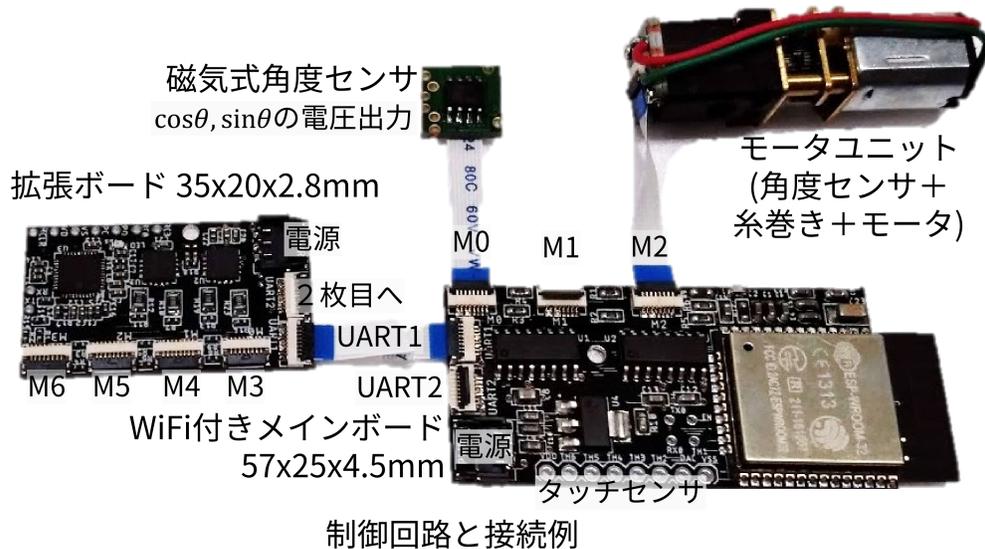
- 糸駆動のためのアクチュエータ
 - ホビーロボット、ラジコン用サーボは1回転以下
 - 小型で十分なトルクとストロークを持つ既成品はない。
 - モータ・角度計測・制御・無線通信・開発環境をキットに
- アプリ制作のためのソフトウェア開発
 - プログラミング言語の習得と使用は敷居が高い
 - 初心者向けのビジュアルプログラミング環境を利用
 - タッチパッドでもプログラミング可能
 - Java scriptに変換し、ロボットのマイコンだけで実行

● 全体構成



● 糸駆動のためのアクチュエータ

- ギヤードモータ：10x12x25mm, 0.3~1W, 300円~3000円で市販
- 角度センサ：板ゴム磁石と磁気センサで角度計測
 - ADCは安価なマイコンにも付属。パルスは読み落としが問題に。
- WiFi付きマイコン：ESP32(240MHz x2), モータx3, 静電容量式タッチセンサ×5, 拡張用UARTx2
- 拡張ボード：PIC32MM(40MHz), 4モータ, 電流制御 UART経由で8x2=16枚接続可能
- モータ電圧2.7~10V, モータ電流<1.5A



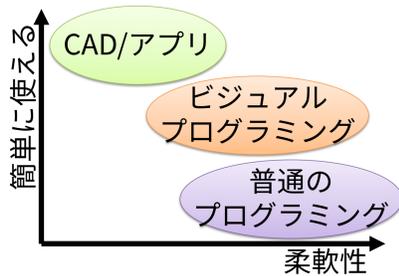
糸、モータ、回路、電池(内蔵可能)を含む制作キット Nuibot

5. Nuibotのビジュアルプログラミング環境

● 近年の初学者向けビジュアルプログラミング環境の充実

背景:

- プログラミングとその教育の重要性への認識の広がり。
- Webブラウザ上、Javascriptで開発環境が動くようになった。
- タブレット、スマートフォンの普及。

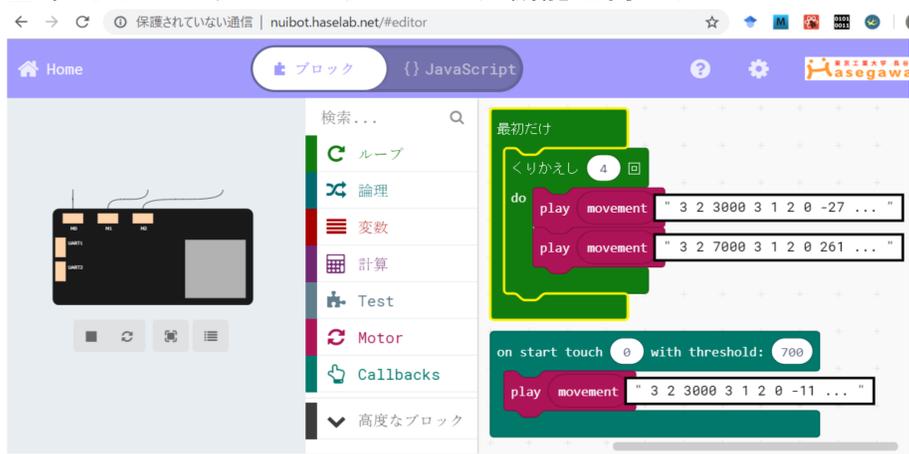


動向:

- Alan Kay の Squeak-eToys, MIT Media LabのScratch (2003-)
- Blockly(2012-): Googleのオープンソースビジュアルブロックプログラミング言語用ライブラリ
- Microsoft MakeCode: Microsoftのオープンソースの教育向けプログラミング開発環境
 - 種々の教育用マイコンボードをサポート(micro:bit, adafruit...)
 - ブロックとJavaScriptを相互に切替可能
 - エディタ / シミュレータ / Nativeコード生成機能を持つ
 - 読み書きプログラミングがリテラシーになるかもしれない。

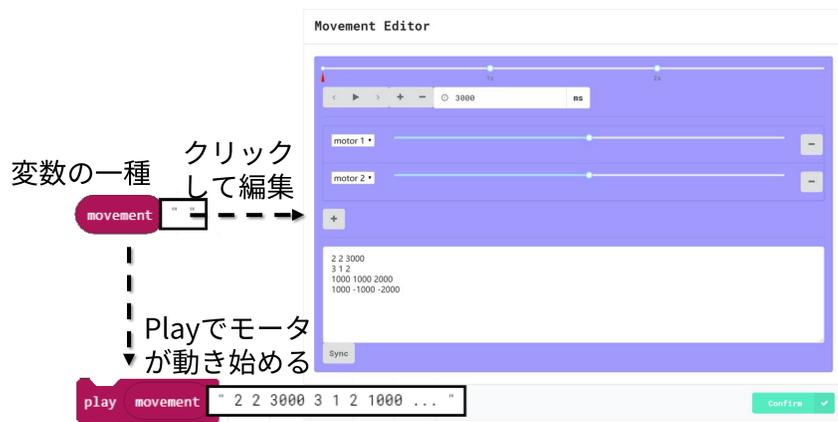
● Microsoft MakeCodeを拡張して利用

- 基本的なブロックプログラミング機能を持つ。

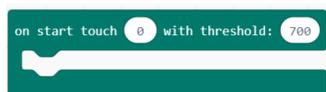


→ぬいぐるみロボット制作キットNuibotのために拡張

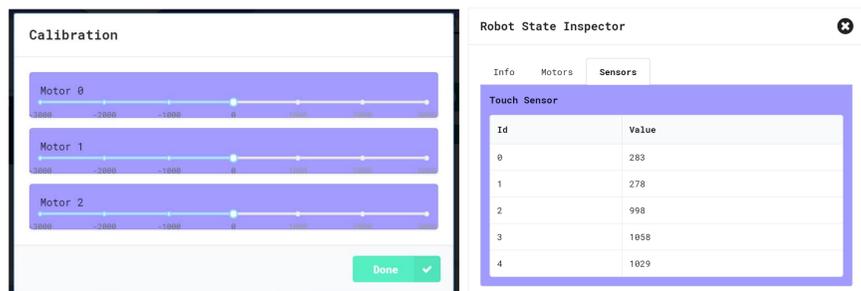
- Movementブロック: 糸長の目標値と到達時間の編集



- On Start Touchブロック: 触れたら起動するセンサブロック



- 設定の追加: モータ角の0調整、センサ値ステータスの表示



- シミュレータとハードの同期、JSファイルのダウンロード
オフラインでプログラムを実行



6. 試作例

- 触れると動くぬいぐるみ
- 動作の設計だけのミニワークショップでの作品
- ロボットの姿勢、動きを見ながらキーフレームを編集



- その他の作品例



動画はYouTube Nuibotチャンネル



7. 結論と今後

- ユーザイノベーションによるアプリ探索のために、
- ぬいぐるみロボットに必要な糸駆動機構を廉価に製品化
- ビジュアルブロックプログラミング環境を用意
- 今後
 - EmailやSNS等と連携できるように、MakeCodeによるビジュアルプログラミング環境を拡張する。
 - Nuibotワークショップを開催し、手芸とプログラミングによる作品作りを広め、ユーザイノベーションを促進する。

8. 関連研究

- 幸野朋美, 渡邊恵太, Filum: 環境やユーザに即して糸の縫込み可能な布や柔軟物体に新たな動作や変形機能を与える糸と縫い方, 2018.
 - 動くテキスタイルのプロトタイプと可能性を示す。
- J. M. Bernら: Interactive design of animated plushies, 2017.
 - 形と動きから、最適な糸の張り方を見つけるCAD。
- J. M. Bernら: Fabrication, Modeling, and Control of Plush Robots, 2017
 - ぬいぐるみロボット用の糸巻き機構と設計法を提案。
- J. M. Bernら: Model-based optimization of tendon layouts for soft robots, 2018
 - ウレタンフォームと布と糸で作ったハンド。よく動く。
- 遠藤玄ら: 高強度化学繊維を用いたワイヤ駆動系のための基礎的検討, 2018.
 - 本研究に比べ大型大出力のロボット向けワイヤ駆動系を目的に化学繊維の特性、端部の処理法、溝付プーリの特性を報告している。