

デジタル・ティンカリング教材 YubiTus の開発

Development and Evaluation of Digital Tinkering Teaching Material "YubiTus"

椋浦 一哉† Kazuya Mukuura
井上 明‡ Akira Inoue

1. はじめに

日本では、2020年から始まった初等教育におけるプログラミング教育の必修化に対応すべく、各種の教育カリキュラムの編成や教材の開発が行われている[1]。例えば、プログラミング学習教材として、LEGO Mindstorms EV3 や Scratch などが教育現場で広く利用されている[2]。

しかしながら、現在教育現場で利用されているプログラミング学習教材にはいくつかの課題が見られる。その一つが「高価格・専用キット化」である。例えば LEGO Mindstorms EV では、専用のブロックにセンサやモータを組み込み、ロボットの制御や身の回りにあるモノの仕組みを再現することができる[3]。しかし、組み立てに専用のブロックを用いる為、それ以外の素材と組み合わせる事が困難であり、拡張性に乏しい。また、教材は1セットおおよそ2万円以上するものが多く高価である。そのため学校教育現場においては、数名のグループで1セットなどの利用に限定される場合が多く、生徒一人ひとりが自由な発想のもとに、試行錯誤をする事が難しい。

そこで本研究では、安価で利用でき、かつ身の回りの部材を組み合わせながら簡単な操作でプログラミング学習が実施できる「デジタル・ティンカリング教材”YubiTus”」を開発した。

2. デジタルティンカリング教材” YubiTus”

本研究で開発した YubiTus は、身の回りにある素材と組み合わせ、様々な動きを表現できるデジタル・ティンカ

リング教材である。

ティンカリングとは、修理屋を語源に持つ言葉で、「いじくりまわす」という意味を持つ[4]。これは、割り箸、ペットボトル、段ボール等、身の回りにある素材を組み合わせたり、分解したりして、実用的なものや風変わりなものなど、自分の目的に合うように作り変えるプロセスの事である。探究心に刺激され作りたい物を作り、試行錯誤を通じて論理的思考や課題解決能力を獲得していく [5][6][7]。

YubiTus は図1のように、回転、挟み、送風、直動、引っ張りの動きの機能を持つ。各 YubiTus には制御用マイコン(ESP32)、アクチュエータ、バッテリーが内蔵されており、動きは PC 上のブロックタイプの専用ビジュアルプログラミング言語によりプログラミングを行う。各 YubiTus は PC と Bluetooth 通信を行い、PCからの命令を受け取ることによって動作する。

YubiTus は段ボール、割りばし、粘土やブロック玩具等の、身の回りにある素材と組み合わせ使用される。素材と YubiTus はセロハンテープや両面テープを用いて取り付ける。YubiTus と素材を組み合わせたモノを、プログラミングによって動作させる。意図した動きにならない場合は、プログラミングの修正や、機構部分にあたる組み立ての修正を繰り返しながら、目的の動きになることを目指す。この YubiTus を用いて、自身のアイデアを実現する過程(ティンカリング)を通し、創造力やプログラミング的思考を養うことを目標としている(図1)。

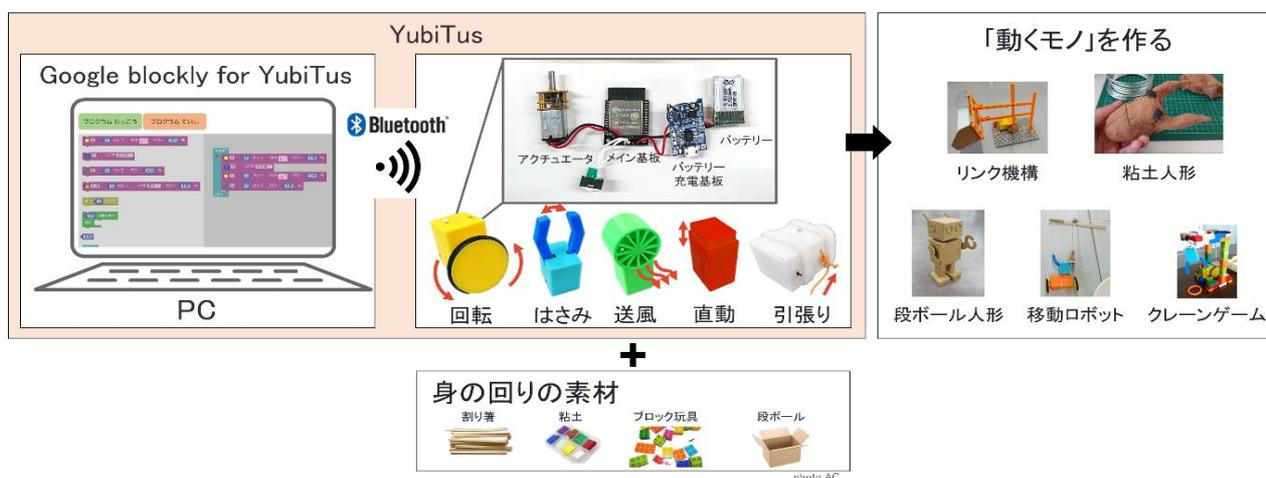


図1 YubiTus を用いたプログラミング活動

†株式会社アーテック, Artec Co., Ltd.

‡大阪工業大学, Osaka Institute of Technology



図 2. 回転型 YubiTus

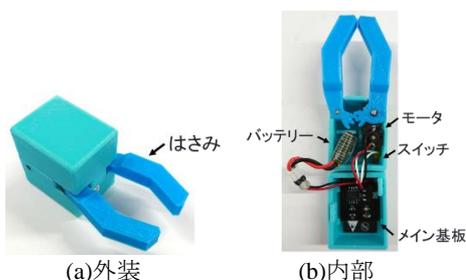


図 3. はさみ型 YubiTus

3. システム概要

3.1 ハードウェア構成

本体内部には YubiTus 用に開発した専用メイン基板、バッテリー、バッテリー充電基板、アクチュエータが搭載されている。アクチュエータは YubiTus の種類によってモータまたは、ソレノイドを使用している。メイン基板のマイコンは ESP32-WROOM-32 を用いた (図 2, 図 3)。

PC と YubiTus は Bluetooth Low Energy (以下 BLE 通信) によって通信している。PC は複数台の YubiTus を同時に接続/制御することができる。接続台数は、最大 7 台接続できるように設定している。BLE 通信部分は WebBluetoothAPI のラッパーライブラリである BlueJelly を使用している (図 4)。

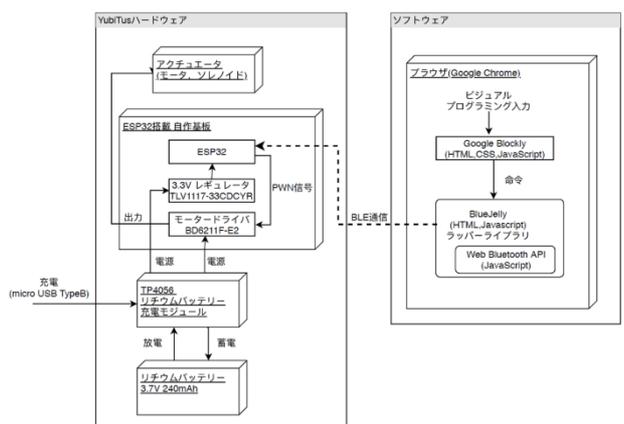


図 4. YubiTus ハードウェア・ソフトウェア構成

メイン基盤のみ専用部材を制作したが、モータやバッテリーなどは市販部品を使っている。また外装は 3D プリンタで自作できる。その結果、YubiTus 1 個当たりのハードウェアコストはおおよそ 2,000 円弱となった。低コストに制

作できることで、将来的には学校などで生徒 1 人に複数の YubiTus を提供することも可能と思われる。

3.2 ソフトウェア構成

YubiTus を制御するソフトウェアは Chrome ブラウザで起動するビジュアルプログラミング言語開発環境を作成した。ビジュアルプログラミング言語部分のベースシステムは GoogleBlocklyAPI を用いている (図 5) [8]。

図 5-② ボタンでノート PC と YubiTus を Bluetooth で接続する。図 5-⑥ に用意されている命令ブロックを、図 5-⑦ 成エリアに並べ、命令を組み立てる。命令ブロックは、回転や把持、動作時間などを制御する 9 種類である。例えば、ユーザは「START」と「END」ブロック (図 5-⑤) の間に、回転処理を何秒動作させる、などの命令をブロックで組み立てる。[プログラムじっこう] ボタン (図 5-③) をクリックすると作成した命令が YubiTus へ送信され、指定された通りに動作する。[プログラムていし] ボタン (図 5-④) をクリックすると動作が停止する。図 5-① はモータのキャリブレーションである。

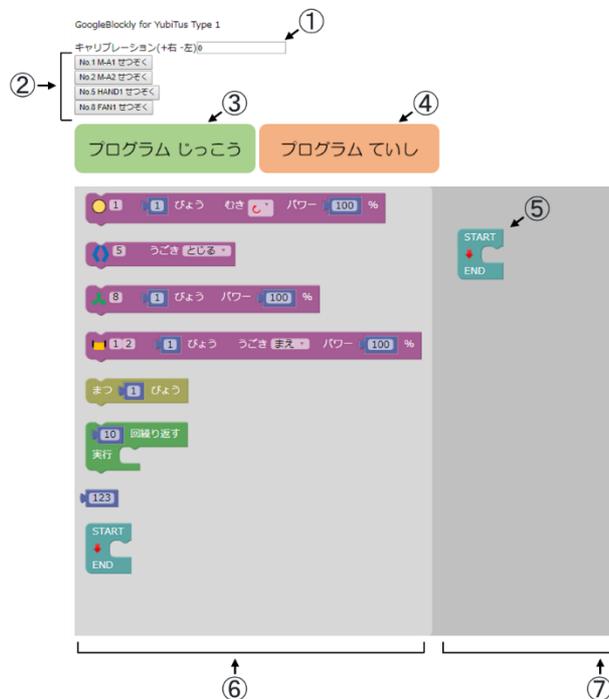


図 5. YubiTus ビジュアルプログラミングソフト画面

4. 実験

4.1 実験概要

YubiTus の学習教材としての特性と学びの活動の特徴を明らかにするため、YubiTus を用いた学習活動を 5 回行った。実験の概要は以下のとおりである。

期間：2019 年 7 月 27 日～11 月 24 日

場所：プログラボ香里園校 (大阪府枚方市)、類塾都島教室 (大阪市都島区)、類塾鶴見教室 (大阪市鶴見区)、パナ

チルドレンロボットプログラミング教室 (神戸市東灘区)、プログラボ上本町校 (大阪市天王寺区)

対象者：男女 7 歳～12 歳、合計 35 名

所要時間：各回約 60 分

実験環境：回転型 YubiTus, はさみ型 YubiTus, 送風型 YubiTus, プレイフィールド, LEGO ブロック, 和紙, 割りばし, 両面テープ, 養生テープ, はさみ, ノートパソコン等

4.2. 実験手順

実験は、まず子ども達に対し YubiTus の使い方を説明した後、「ミッション」として YubiTus を使った倒す、取ってくる、などの活動目標を与えた。そして、子ども達は、目標を達成するために YubiTus と割りばしや LEGO ブロック、テープなどを使って機構を考え、ソフトウェアで動作のプログラミングを行った。図 6 のように子ども達は、割りばしやテープを各種の YubiTus と組み合わせ、ミッションを達成するために形やプログラムを変え、試行錯誤しながらティンカリング活動をおこなった。

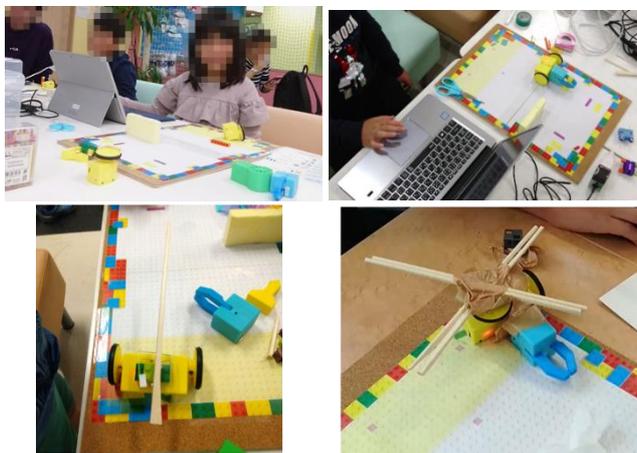


図 6. YubiTus を使ったティンカリング活動の様子

4.3. 実験結果

ARCS モデルのアンケートを実施し、教材としての特性を評価した[9][10][11]. 有効回答は 18 人である。

表 1 は ARCS モデルの評価結果を「とてもそう思う」、「そう思う」を肯定的意見に、「どちらとも言えない」を中立に、「とてもそう思わない」、「そう思わない」を否定的意見とした際の評価人数である。更に、肯定的意見の人数と否定的意見の人数で有意差がみられるか、カイ二乗分布を用いる適合度の検定を行った。その結果、すべての項目において有意差($p < 0.05$)が認められた。

次に活動の様子の映像を解析し、どのような学びの活動が行われていたのかを分析した(表 2)。データ採取対象としたのは被験者 A(小学生女子 8 歳)である。

活動内容をカテゴリ化し、実際に行われていた活動をコードとしてその頻度をセグメントとして評価した。被験者 A のコードラインを図 7 に示す。コードの出現頻度は表 2 のようになった。

表 1. ARCS モデル評価結果

| 項目 | 評価人数[人] | | | 適合度検定 | | |
|----|----------------|----|-----|------------|------|---|
| | 肯定的 | 中立 | 否定的 | χ^2 値 | P 値 | |
| 1 | 面白かった | 18 | 0 | 0 | 18.0 | * |
| 2 | 眠くならなかった | 16 | 0 | 2 | 10.9 | * |
| 3 | 好奇心がそそられた | 17 | 1 | 0 | 17.0 | * |
| 4 | 飽きずに進めることができた | 17 | 1 | 0 | 17.0 | * |
| 5 | やりがいがあった | 18 | 0 | 0 | 18.0 | * |
| 6 | 自分に関係があった | 17 | 1 | 0 | 17.0 | * |
| 7 | 身に着きたい内容だった | 16 | 2 | 0 | 16.0 | * |
| 8 | 途中の過程が楽しかった | 17 | 0 | 1 | 14.2 | * |
| 9 | 自信がついた | 17 | 0 | 1 | 14.2 | * |
| 10 | 目標をはっきりしていた | 16 | 1 | 1 | 13.2 | * |
| 11 | 学習を着実にすすめられた | 17 | 1 | 0 | 17.0 | * |
| 12 | 自分なりに工夫ができた | 17 | 1 | 0 | 17.0 | * |
| 13 | やってよかった | 17 | 0 | 1 | 14.2 | * |
| 14 | すぐに使えそうだった | 18 | 0 | 0 | 18.0 | * |
| 15 | 努力が認められていると感じた | 18 | 0 | 0 | 18.0 | * |
| 16 | ズルやえこひいきがなかった | 17 | 0 | 1 | 14.2 | * |

表 2. カテゴリとコード

| カテゴリ | コード | セグメント数 |
|------------|------------------|--------|
| ミッションクリア | ミッションクリア | 7 |
| 外界からの知識取得 | 講師からの説明を聞く | 32 |
| | 資料を読む | 0 |
| 課題解決のための思考 | 命令ブロックの並びを変える | 20 |
| | 数値や命令内容を変える | 31 |
| 意図した活動の表現 | YubiTus の付け方を変える | 5 |
| | 素材を弄る | 2 |
| 自分の活動の評価 | とりえず動かしてみる | 7 |
| | ミッションに取り組む | 42 |

5. 考察

ARCS モデル評価ではすべての項目において、否定的意見よりも肯定的意見の方が多という結果になった。

これは、YubiTus が身近な部材を組み合わせながら物体を動かすことができるタンジブルな教材であることによって、自身のプログラミングの結果を視覚的、肉体的に実感する事ができるため、知的好奇心を喚起し、親しみやすい教材



図7.被験者 A のコードライン

になっていたと考えられる。

活動のコードラインの分析から、ソフトウェアやハードウェアを様々に試行錯誤する活動が頻繁に行われていたことが読み取れる。つまり、途中で飽きることなく自身の考えを表現する力の獲得につながっていると思われる。

このように簡単な操作で利用でき、学習者の学びの意欲を刺激し、安価で作成できるプログラミング教材が実現できたと考えられる。

しかし、「素材を弄る」活動が少ないことが分かった。これは、割りばしやテープなど、一度、ある部品を使ってしまうと、活動の途中でさらに他の部品をあまり使わなかった、という意味である。YubiTusに取り付けた部品の位置や長さなどは変更するが、さらに異種の部品を途中で組み合わせるという作業が少ない。これは、用意した素材の種類が少なかったためや活動テーマによるものと考えられる。YubiTusを使う際の部材、活動テーマの選定は今後の改善点と思われる。

6.まとめ

本研究では、ティンカリングの概念を取り入れ、安価で、かつ身の回りの様々な部材を組み合わせながら容易な操作でプログラミング学習が実施できる「デジタル・ティンカリング教材”YubiTus”」を開発した。

今回「回る」「挟む」「送風」「引っ張る」の YubiTus を使い、主に小学生を対象としたプログラミング学習を実施した。ARCS モデル評価と活動のコードライン評価の結果より、YubiTus を活用したプログラミング学習活動は、学習者の興味を持たせながら、親しみやすく、着実に学習活動が継続できるプログラミング学習教材であることが明らかになった。

今後、YubiTus のメイン基板や外装の 3D プリントデータ、YubiTus を使ったプログラミング学習の教本などのオープンソース化を検討している。それにより、利用者によるオリジナル Yubutus の作成や、新たな授業展開が期待できる。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 19K12281 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 文部科学省, 小学校プログラミング教育の手引き(第二版)(2018)
- [2] 森 秀樹, 杉澤 学, 張 海, 前迫孝憲. Scratch を用いた小学校プログラミング授業の実践～小学生を対象としたプログラミング教育の再考～, 日本教育工学会論文誌, Vol34(4), pp.387-394, 2011
- [3] 教育版 レゴ® マインドストーム® EV3, <https://education.lego.com/ja-jp/product/mindstorms-ev3> (参照日 2020 年 1 月 16 日)
- [4] Karen Wilkinson, Mike Petrich(2014), THE ART OF TINKERING, Weldon Owen Inc. 金井哲夫(訳), 『ティンカリングをはじめよう——アート、サイエンス、テクノロジーの交差点で作って遊ぶ』, オライリー・ジャパン, (2015)
- [5] 柚木翔一郎, 片平克弘: “ティンカリングの観点を取り入れた生徒主体の「ものづくり」に関する研究”, 日本科学教育学会研究会研究報告, 30 巻 6 号, pp.51-54(2015)
- [6] 藤原伸彦, 阪東哲也, 曾根直人, 長野仁志, 山田哲也, 伊藤陽介, “ティンカリングとしてのプログラミング”, 鳴門教育大学情報教育ジャーナル, 第 16 巻, pp.21-26(2019)
- [7] 原田悠我, 荒優, 山内祐平, “プログラミング学習における Tinkering の支援: 自己説明を通じた仕組みの理解を促すシステムの試作” 日本教育工学会研究報告集 17, pp.325-332 (2017)
- [8] Blockly_Google Developers, <https://developers.google.com/blockly> (参照日 2019 年 12 月 27 日)
- [9] Keller, J.M Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach. Springer.(2010) 鈴木克明(監訳): 学習意欲をデザインする—ARCS モデルによるインストラクショナルデザイン. 北大路書房(2010)
- [10] 向後千春, 鈴木克明: “ARCS 動機づけモデルに基づく授業・教材用評価シートの試作”, 日本教育工学会大会講演論文集, 第 14 巻, pp. 577-578(1998)
- [11] 向後千春, 鈴木克明: “ARCS 評価シートの構造方程式モデルによる検討”, 北陸三県教育工学研究会(1999)