

RFIDマトリックスボードを用いた プログラミング教育システムの研究

藤島 陸^{a)} 岩井 将行^{b)}

概要：我が国においては文部科学省は2020年度から小学校でのプログラミング教育の全面実施を目指しており、これは初等教育におけるプログラミング的思考を育成することを狙いにしている。実際に小学校教育ではScratchをはじめとしたビジュアルプログラミング言語などを活用した授業が報告されるようになってきている。一方PCのキーボードになれていない児童は画面のなかだけでプログラミングの概念は捉えにくく、タンジブルな装置によるプログラミングの初期の概念理解などが期待されている。ただカメラの設置にはプライバシーの保護や教室の適切な場所への設置コストの増加など教育現場には向かない場合もある。本研究では、プログラミング未習得者向けにRFIDマトリックスボードを用いたシステムを提案する。本システムはタンジブルなアイコンを操作しプログラミングを手でさわって操作していく。さらに電池を使わないタグをそうな得ているため防水加工が可能で児童が安全に使うことも可能である。本システムを提案し実際に小学生から高校生のプログラミング未習得者の利用してもらい、アンケートを収集した。アンケートや観察の結果、プログラミング未習得者に対して有用性があることが示された。また参考としてプログラミング習得者からもアンケートを収集した。その結果、インタラクティブ性が欠けるインターフェースなどの問題点や改善点を得た。

キーワード：プログラミング教育, タンジブル, RFID

Research of Programming Education System using RFID Matrix Board

Abstract: In Japan, the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology has been aiming at the full implementation of programming education at elementary schools since FY2020, which aims to foster programming thinking in primary education. In fact, lessons using visual programming languages such as Scratch are reported in elementary school education. On the other hand, students who are not PC keyboards are difficult to grasp the concept of programming only on the screen, and it is expected to understand the initial concept of programming with a tangible device. However, there are cases where camera installation is not suitable for educational sites, such as privacy protection and increased installation costs in appropriate classroom locations. In this study, we propose a system using an RFID matrix board for those who are new to programming. This system operates tangible icons and touches the programming by hand. Furthermore, because it has obtained a tag that does not use batteries, it can be waterproofed and can be used safely by children. This system was proposed, and was actually used by elementary school high school students who did not learn programming, and questionnaires were collected. As a result of questionnaires and observations, it was shown that it is useful for those who have not mastered programming. We also collected questionnaires from programming learners for reference. As a result, we obtained problems and improvements such as an interface lacking interactivity.

Keywords: Programming education, Tangible, RFID

1. はじめに

我が国においては文部科学省は2020年度から小学校でのプログラミング教育の全面実施を目指しており [1], これ

ⁱ¹ 現在, 東京電機大学
Presently with Tokyo Denki University
^{a)} riku@cps.im.dendai.ac.jp
^{b)} iwai@cps.im.dendai.ac.jp

は初等教育におけるプログラミング的思考を育成することを狙いにしている。また総務省のプログラミング人材育成の在り方に関する調査研究 [2] では 18 歳以下の青少年が教育を通じて、将来高度な情報人材として素地の構築・資質の発掘を図ろうとしている。実際に小学校教育では Scratch をはじめとしたビジュアルプログラミング言語などを活用した授業が報告されるようになってきている。一方 PC のキーボードになれていない児童は画面のなかだけでプログラミングの概念は捉えにくく、タンジブルな装置によるプログラミングの初期の概念理解などが期待されている。カメラを用いたシステムが存在するが、カメラの設置にはプライバシーの保護や教室の適切な場所への設置コストの増加など教育現場には向かない場合もある。本研究では、高校生以下のプログラミング未習得者向けに RFID マトリックスボードを用いたシステムを提案する。本システムはタンジブルなアイコンを操作しプログラミングを手でさわりの操作していく。さらに電池を使わないタグをそうな得ているため防水加工が可能で児童が安全に使うことも可能である。

2. 関連研究

Edward F.Melcer[3] らは、今日の教育用プログラミングゲームはタッチパッドやマウスを使用したシングルプレイが多く、学習成果が考慮されていない設計だと指摘し、デザインの違いによって学習やそれに関係する要素する不安が軽減することを示した。タンジブルなプログラミング教育システムは学習に適していると示されたが、カメラを使用しており設置コストが高く、教育現場には向かない。

Danli Wang[4] らは、5 歳から 9 歳までの子供たちを対象に目に見えるプログラミングツール”E-Block”を開発し、評価した。このシステムはプログラミングブロックと呼ばれる非接続のブロックを使用しており、ブロックを並べることでソフトウェア上のキャラクタを操作し、迷路を抜けるプログラムを組むことができる。ブロックを使用することで子供の興味を引き、学習に適していることを示した。各非接続ブロックにバッテリーを使用しており、運用コストが高く、教育現場での運用は難しい。

坂本 [5] らは、女性を対象にした可愛いぬいぐるみロボットおよび段ボール製ロボットをプログラムで操作する機能や Android スマートフォン及びタブレット上で動作する機能、絵文字及び日本語をベースにしたプログラミング言語を提供するという特徴を備えたプログラミング教育ツール「まねっこダンス」を提供している。高校生と一般参加者からアンケートを取り、男女間という観点からプログラミングの印象が改善されたことを示した。インターフェースを改善することで高校生以上のプログラミングに対する印象が改善されたが、中学生や小学生については述べられていない。

3. RFID マトリックスボードとパッシブ RF タグ

東京電機大学岩井研究室と株式会社タカヤと共同で開発した 4×4 マス状の RFID マトリックスボード (以降、RFID ボード) とセンサ内臓型無電池パッシブ RF タグ (以降、RF タグ) を用いてアプリ開発を行った。

RFID ボードと RF タグを用いた基本設計は篠原ら [6] の研究で示されている。RF タグには加速度センサ、デジタル方位センサが搭載されている。また RFID ボードから電源が供給されるため無電池である。RFID はコネクタ接続のような複雑な操作が不要であり、カメラを設置する方式に比べ設置が用意である。

本システムでは利用者は主に RF タグを置く作業するため、小学生が触っても壊れにくく、防水加工が可能な仕様になっている。本研究では、2つの RF タグを RFID ボード上に置いた位置と表裏を利用した開発を行った。RF タグから取得可能な情報を 3, RFID ボードを図 1, RFID ボードの基盤を図 2, RF タグを図 3 で示す。3, 図 2, 図 3 は、篠原らの研究 [6] のものを使用している。

| センサ | 取得情報 | 型 |
|--------|---------------|--------|
| 方位センサ | 北を 0° とした度数 | float |
| 加速度センサ | X 軸, Y 軸, Z 軸 | float |
| | UDID | string |

表 1 RF タグから取得可能な情報一覧

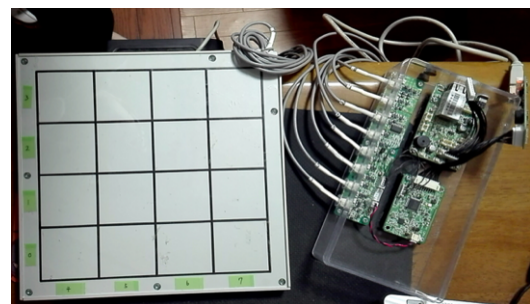


図 1 RFID マトリックスボード

4. プログラミング教育システム

本章では、3 章で述べた RFID ボードを用いてプログラミング教育システムについて述べる。

4.1 実装方法

Unity, Spine を用いて実装した。Unity はゲームエンジンであり C # でプログラムを記述するものの GUI でオブジェクトを設置することが可能であるため、ステージ制作が容易である。

また本システムはインストールが不要のネイティブアプリケーションである。RF タグ読み取り用アプリケーション

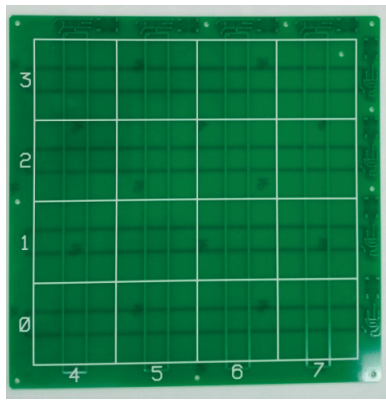


図 2 RFID マトリックスボードの基盤

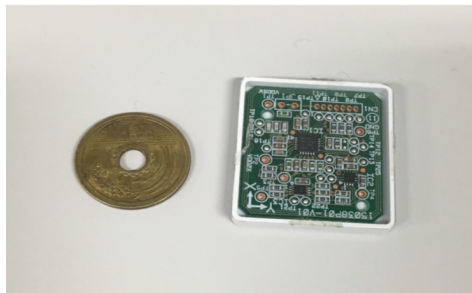


図 3 パッシブ RF タグ

ンと Unity で作成したタグ情報表示アプリケーションをダウンロードし起動すれば使用することができる。プログラミング未習得者は複雑な PC 操作に慣れてないと考えられるため、複雑な操作が不要な本システムは適している。

アニメーションは Spine で作成し Unity 内で動作する Spine のライブラリを使用した。Spine はイラストをメッシュやボーンを用いてアニメーションを作成できるアプリケーションである。本システムは小学生など低年齢層が利用することを想定しており、没入感を増すゲームのようなデザインを目指している。そのためアニメーションは必要と考え Spine を使用した。

4.2 RFID マトリックスボードを用いたシステム概要

本システムの概要図を図 4 に示す。本システムは図 4 中の左側は RFID ボード、RF タグ読み取り用のアプリケーション、図 4 中の中央はルータ、図 4 中の右側はタグ情報表示アプリケーションで構成されている。図 4 は篠原らの研究 [6] のものを使用している。

タグ情報表示アプリケーションを動作させる手順は、RFID ボードと WindowsOS が搭載されたコンピュータを USB 接続し、コンピュータ上で読み取りアプリケーションを起動する。USB を用いて RFID ボードとシリアル通信をすることで RF タグ情報の読み取りを行っている。タグ情報読み取り後、読み取りアプリケーションはタグ情報を UDP で配信する。表示アプリケーションは読み取りアプリケーションから情報を受け取り、受信したタグの位置情報

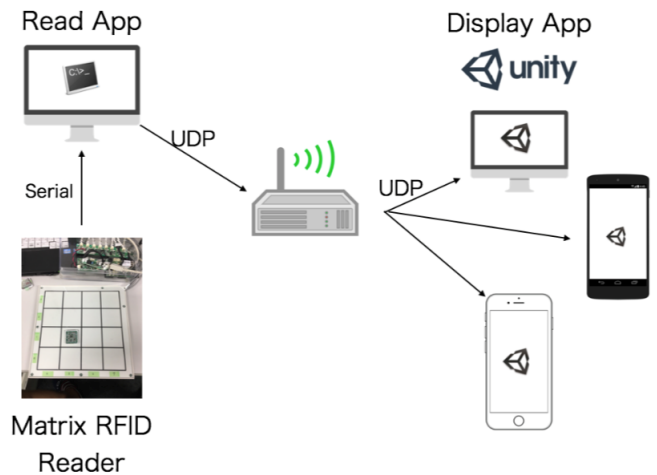


図 4 システム概要図

の位置にモデルを表示する。

図 5 は実際に RF タグを配置した RFID ボードとタグ情報表示アプリケーションを示している。RFID ボード上に置いた RF タグの位置とタグ情報表示アプリケーション上に表示されている緑色のオブジェクトの位置が一致していることがわかる。

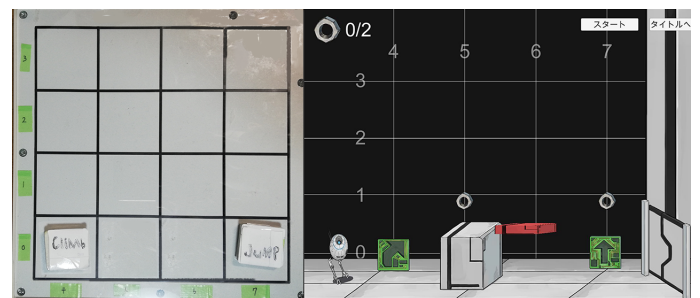


図 5 RF タグを配置した RFID ボードとタグ情報表示アプリケーション

4.3 プログラミング教育システムの概要

主に対象としている利用者は小学生から高校生までのプログラミング未習得者である。本システムを利用することでプログラミングの基本的な概念であるシーケンスを学習できる。

自由にプログラミングを組み、オブジェクトを動かすようなアプリケーションでは意図したレベルまで学習したかどうかを測ることが難しい。そのため本システムでは全てを自由に命令させるのではなく、一部分の命令を考えさせ目標を達成させる方法を採用した。

問題となるステージは3つ用意した。ステージ1を図 6、ステージ2を図 7、ステージ3を図 8 に示す。ステージをクリアする条件は図 6 の左上に表示されている個数分のナットを全て手に入れた状態でゴールすることである。

本システムを利用するプロセスは次のとおりである。

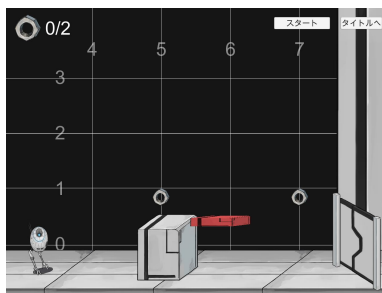


図 6 ステージ 1

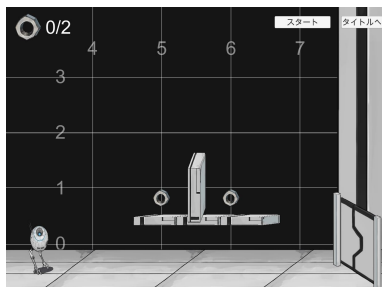


図 7 ステージ 2

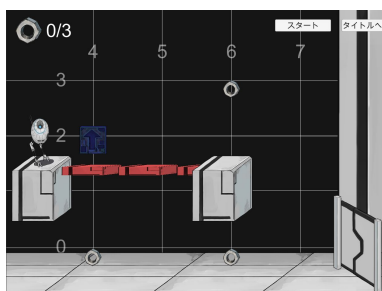


図 8 ステージ 3

- (1) 利用者はステージを選択する。
- (2) ロボットが全てのナットを手に入れゴールするかを考え RF タグ RFID ボード上に置き、画面上に RF タグの位置情報が反映されるまで待つ。
- (3) 反映後、図 6 の右上に表示されているスタートボタンを押す。
- (4) ロボットが右方向に移動し、行動チップに触れるとその行動をする。

ロボットが全てのナットを取っているとゴールのゲートが開き、そこへ入るとゲームクリアである。ナットを取り損ねる、またロボットが壁とぶつかり停止してしまうとゲームオーバーなので画面右上に表示されるリトライボタンを押すとまた図 6 の状態へ戻る。RF タグの読み込みはスタートボタンを押す前に行っているため、スタートボタンを押してから RF タグを置きなおしても画面上の行動チップは変更されない。

ステージ 1 を例にロボットの正解行動を図 9 に示す。横移動と落下は自動で行い、クライムとジャンプは利用者が RF タグを置くことで生成される行動チップに触れることで行われる行動である。利用者はロボットがどのような手

順を踏んで行動するかを考え、RF タグを置く必要がある。またロボットが行動中でもリトライすることが可能なので、利用者の考えを反映させやすく学習効率を上げる仕組みとなっている。

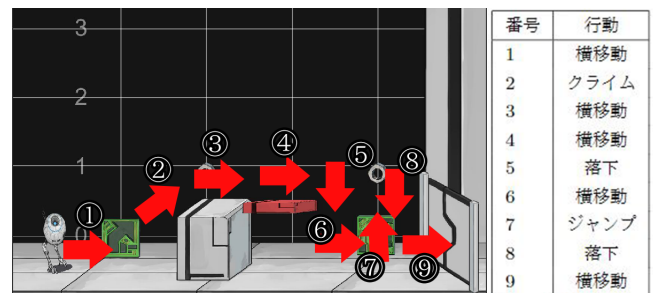


図 9 ロボットの正解行動

4.4 RF タグと行動チップ

行動チップはロボットに特定の動作をさせるものである。RF タグには行動チップを示すイラストが表記しており、RFID ボードに RF タグを置くと画面上に行動チップが生成される。一度行動チップに触れるとチップは削除される。行動チップには真上にジャンプする Jump チップ、右斜め前にジャンプする Climb チップ、ワープの入口である WarpIn チップ、ワープの出口である WarpOut チップがある。RF タグは裏表で使用できる行動チップが異なり、Jump チップの裏に WarpIn チップが使用できる。ステージ上には既に WarpOut チップが配置されており、WarpIn チップにロボットが触れることで WarpOut チップの位置にロボットが移動する。WarpOut チップはステージ上に配置し、RF タグには設定しなかった。これは WarpIn チップを使う問題が難しくなってしまう、WarpOut チップを設置できてしまうと低年齢の利用者が解くことができなくなると考えたためだ。アプリケーション内に表示した行動チップの説明を図 10 に示す。



図 10 行動チップ

5. 評価

本アプリケーションの有用性を評価するために、東京電機大学で開催された旭祭にて、高校生以下のプログラミング未習得者 12 名、プログラミング経験者 8 名からアプリケーションを利用していただき、感想等のアンケートを取

集した。利用する前に RFID ボードと RF タグ、行動チップの説明をし、解けなかった場合はヒントを出した。



図 11 システムを利用している児童

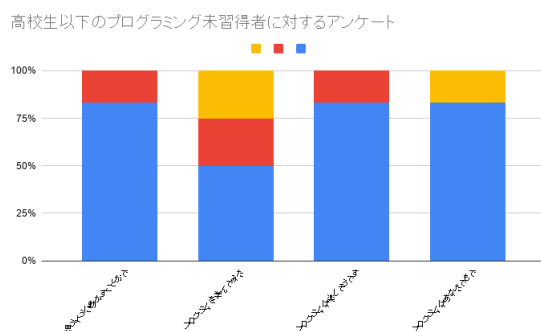


図 12 高校生以下のプログラミング未習得者に対するアンケート

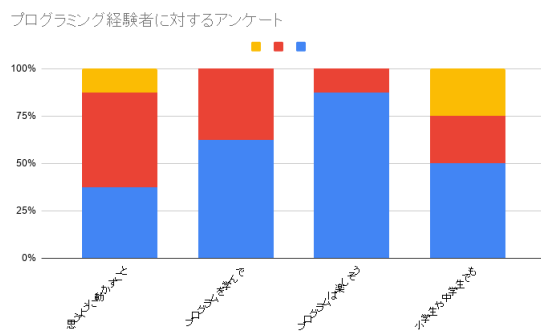


図 13 プログラミング経験者に対するアンケート

図 12 は高校生以下のプログラミング未習得者から回収したアンケートである。アンケートでは 4 項目について調査を行い、1. 思うように動かさなかったか、2. プログラミングを学んでみたいと思ったか、3. プログラミングは楽しそうか、4. プログラミングはあなたでもできそうかという設問でアンケートを行った。図 13 はプログラミング経験者から回収したアンケートである。アンケート項目は高校生以下に対して行ったアンケートの 4. プログラミングはあなたでもできそうかというアンケートの代わりに 4. 小学生や中学生でも理解できそうかという項目を追加した。回答は 5 段階で行い、青色はとても当てはまる、赤色は当てはまる、

黄色はどちらでもないを示している。今回の回答ではあまり当てはまらない、当てはまらないが無かったので図 12 と図 13 では 3 段階で表示している。

高校生以下に対するアンケート結果からあなたでもできる、楽しそうと好意的な回答が 9 割を超えており非常に良い結果が得られた。一方学んでみたいという項目に関してはとても当てはまるという回答は 5 割という解答になった。

プログラミング経験者に対するアンケート結果から概ね好意的な意見を得ることができたが、高校生以下に対するアンケートと比べ、全体の平均が低いという結果になった。

また自由記入欄にてプログラミングは難しいイメージがあったが、ゲーム感覚で体験できてとっつきやすい、楽しい、キャラクターが可愛くて面白いなど好意的な意見をいただいた。一方、盤面と画面のデザインがずれていてわかりづらい、ボタンはエンターキーを使用したいという意見をいただいた。盤面に関しては盤面はマス目になっているのに対し、画面上では盤面に対応するマスが線の交差で表現していることが問題だと考えられる。ボタンはマウスでクリックするという方法を取ったが、タンジブルな装置を使用していることを考慮し、キーボードのキーに設定しておく必要があった。

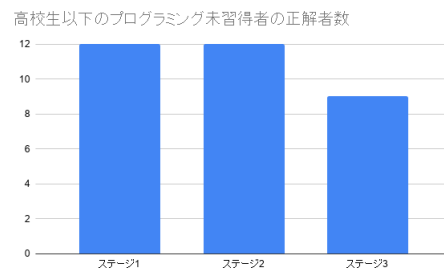


図 14 高校生以下のプログラミング未習得者の正解者数

図 14 は高校生以下のプログラミング未習得者の正解者数を示す。ステージ 1、ステージ 2 は全ての利用者が正解することができたがステージ 3 の正解率は低かった。これは消える足場が消えた後、WarpIn チップを利用するという解法が小学生には難しかったことが起因していると考えられる。

6. 考察

アンケートの結果と問題の正解者数から、タンジブルな本システムが高校生以下のプログラミング未習得者の学習の動機付けを支援することが示された。特にプログラミングが楽しそうかという設問に対し全ての利用者が好意的な意見を回答したことは、本システムが既存のゲームのように没入して利用できたことが挙げられる。利用者を観察していたが、複数人で利用している場合に活発に発話されている場面があった。Edward ら [3] の研究で複数人でタンジ

ブルな装置で学習することでプログラミングに対する不安が軽減させるという結果が述べられている。本システムは複数人で学習することが可能なので、没入して学習できたと考えられる。

しかし難易度や操作性については検討すべき点がある。ステージ3を正解することができない利用者がいたが、これはステージ3が WarpIn チップという繰り返しを表現した機能が難しかったことが挙げられる。本研究では繰り返しについては考慮していないが、よりプログラミングの基本的な概念を理解させるために繰り返しを表現する方法を再考する必要があると考えられる。また小学生低学年から高校生までという年齢層では、難易度に幅が出てしまうことが判った。ステージ3の難易度は高校生にはやや簡単に見えたが、小学生では解けない利用者がいた。今後、より年齢層を絞り難易度を調整する、ステージを作る機能を実装し教育者に難易度の調整を任せるなどの改善をする必要がある。

アンケートの自由記入欄にていただいた盤面と画面のデザインがずれていてわかりづらい、ボタンはエンターキーを使用したいという意見はインタラクティブな本システムの体験を低下させる要因になったと考えられる。回答では見られなかったがRFタグを設置していから画面内に反映されるまで遅延が発生することがあり、これもインタラクティブ性を低下させる要因になったのではないかと考えられる。より没入させるためにRFIDボードと画面内のインターフェースを近づけるなどの改善が必要だ。操作性やインターフェースを改善することによって、よりプログラミングの学習の動機づけになると考えられる。また今回使用できるRFタグの個数が2つだったため、1つのRFタグの表裏にJumpチップとWarpInチップを設定したが、利用者を困惑させる場面があった。今後は使用できるRFタグを増やし、利用者が没入できるような改善が望まれる。

7. おわりに

我々はタンジブルで設置コストが低く、高校生以下のプログラミング未習得者向けにRFIDマトリックスボードを用いたシステムを提案した。本システムはタンジブルなRFタグを操作し動機したタグ情報読み取りアプリケーションを通してプログラミングを手でさわって操作していく。また小学生などでも興味を持ってもらうため、ゲームを模したインターフェースを採用した。

高校生以下のプログラミング未習得者12名、プログラミング経験者8名に対しアンケート調査を実施したところ、本システムがプログラミングの初期の概念理解を支援し、プログラミングに対し好印象を与えることが示された。

ただし、操作性の低さや没入感を欠くインターフェースなど検討する点も多く存在する。今後はこれらの検討課題を改善しつつ、プログラミングの基本的な概念である繰り返し

返しや条件分岐を学習できる仕組みを考える。

謝辞 本研究で使用したハードを開発して下さった株式会社タカヤの野口 正寿様、佐伯 典貢様に深く感謝する。

参考文献

- [1] 文部科学省: 教育の情報化の推進, 入手先 (http://www.mext.go.jp/m_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.html), (2018.11).
- [2] 総務省: プログラミング人材育成の在り方に関する調査研究 (2015.6).
- [3] Edward F.Melcer and Katherine Isbister: *Bots and (Main) Frames: Exploring the Impact of Tangible Blocks and Collaborative Play in an Educational Programming Game*, CHI (2018).
- [4] Danli Wang, Yang Zhang and Shengyou Chen: *E-Block A Tangible Programming Tool with Graphical*, Mathematical Problems in Engineering (2013).
- [5] 坂本一憲, 高野孝一, 本田澄, 音森一輝, 山崎頌平, 鷲崎弘宣 and 深澤良彰: まねっこダンス: 真似て覚えるプログラミングツール, 日本ソフトウェア科学会 (2014).
- [6] 篠原雅貴, 柴原直也, 佐伯典貢, 野口正寿 and 岩井将行: RFIDリーダと方位センサを搭載したパッシブRFタグを用いたインタラクティブVRコンテンツの開発, 第171回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会 (2017).
- [7] 藤島陸, 岩井将行: パッシブRFIDマトリックスボードを用いた親子間コミュニケーション支援アプリの研究, 第63回サイバースペースと仮想都市研究会 (2018).