

## 視覚支援学校におけるプログラミング授業のための システム開発および授業の実施

田内 海<sup>†1</sup> 折居 泰成<sup>†1</sup>  
松本章代<sup>†1</sup> 菅原 研<sup>†1</sup>

一般的に、児童がプログラミングの学習を行う際には、ビジュアル型のプログラミング環境が用いられる。しかし、ビジュアル型プログラミング環境は視覚障がい児が扱うことは難しい。そこで、本研究では、スマートデバイスとブロックを用いたプログラミング教育支援システムの開発に取り組んだ。そして、システムを使用して視覚支援学校の児童1名を対象に授業を行い、児童とその担任教諭から評価をいただいた。

### System Development and Implementation for Programming Classes in Schools for the Visually Impaired

KAI TAUCHI,<sup>†1</sup> TAISEI ORII,<sup>†1</sup> AKIYO MATSUMOTO<sup>†1</sup>  
and KEN SUGAWARA<sup>†1</sup>

When elementary school students learn programming, visual programming environments are commonly used. However, visually impaired children find it challenging to use visual programming environments. Therefore, this study have developed a programming education support system using a smart device and instruction blocks. We conducted classes for one student at a visually impaired school using this system and obtained evaluations from the student and his teacher.

<sup>†1</sup> 東北学院大学教養学部

Faculty of Liberal Arts, Tohoku Gakuin University

### 1. はじめに

2023年度現在、プログラミング教育が小学校において必修化されている。小学校におけるプログラミング教育の現場では、一般的にScratchなどのビジュアル型プログラミング環境が用いられる。しかし、視覚を利用するビジュアル型プログラミングを視覚障がい児がおこなうことは困難である。そこで、我々では2019年度から、点字と墨字、QRコードを貼り付けたブロックによって、JavaScriptのソースコードを組み上げ、micro:bitを通した出力を行うシステムの開発と、それを用いた授業を実施している<sup>1)</sup>。そして2022年度には、同様のブロックでタートルグラフィックスのソースコードを組み上げ、3Dプリンタやカッティングマシンを利用して二次元図形の実体を出力結果とするシステムの開発と、それを用いた授業を実施した<sup>2)</sup>。

本研究では、先行研究<sup>1)-4)</sup>で開発されたシステムをもとに、出力先の種類を維持しつつ、入力方法をQRコードリーダーではなく、スマートデバイスのカメラを利用するものとするシステムを開発し、それを用いた授業を実施する。

システムの入力端末をスマートデバイスに変更することにより、視覚支援学校を含む各学校にiPadをはじめとしたスマートデバイスが支給されている現状から、そのカメラを利用すれば道具を調達する負担を軽減でき、普及の容易性を高められると考えられる。また、QRコードリーダーのように1つ1つブロックを読み取る必要がなく、1回の撮影で読み取りが完了するため、無駄な作業時間を減らして、授業時間を有効活用できることが期待できる。さらに、読み上げ機能により、児童に確実なフィードバックを与えられるようになる。

### 2. 関連研究

視覚障がい児を対象としたプログラミング教育を支援するシステムの研究として、以下の報告がある。

本吉ら<sup>5)</sup>は、小型RFIDリーダを複数組み込んだマットと、面上にRFIDタグが貼られたブロックを用いたP-CUBE3を開発している。P-CUBE3は、マット上のブロックを位置情報と合わせて識別することで、ブロックで作成されたプログラムを読み取る。

大阪府立大阪北視覚支援学校は、Primo Toys社のCubettoを用いた授業を行っている<sup>6)</sup>。Cubettoは、平面上を移動するロボットとそのコントロールパネル、命令用のブロックで構成され、コントロールパネルに空いた穴にブロックをはめ込むことでプログラムを作ることができる。

Microsoft 社による Project Torino<sup>7)</sup> では、プログラムを作成するために、ポッド型の、物理的な機材同士をつなぎ合わせていく手法を用いている。

関連研究と本研究は、システムの汎用性において相違がある。関連研究で用いられているシステムで作成されるプログラムの言語は限定されているが、本システムではプログラムの言語を限定しない。また、作成できるプログラムの幅広さにおいても相違がある。関連研究におけるプログラムの出力は、ロボットが移動する、音が鳴るなどハードウェアに依存するものであるが、本研究におけるプログラムの出力は自由度が高く、様々な題材のプログラムに対応可能である。

### 3. プログラム読み取りシステム

#### 3.1 システム概要

本システムの目的は、児童がブロックを用いて組み上げたプログラムをデータとして読み取り、micro:bit などの出力先に転送することである。システムの全体的なイメージを図 1 に示す。

本システムは、点字のテープと墨字のテープが貼り付けられたブロックと、カメラ機能があり Google Lens を使用可能なスマートデバイス、変換システムと生成システムを含む PC から構成される。ブロックの点字テープは対応するプログラム言語の内容を易しくしたうえで、文節ごとに分かち書きした表現を翻訳し、点字ラベラーを用いて作成している。点字は児童がブロックを識別する際に利用する。ブロックの墨字テープは、対応するプログラム言語の内容を易しくし、文節ごとに分かち書きされた表現をテプラで印字して作成している。墨字は晴眼者である教員を含む、児童の指導を担当する者がブロックを識別する際に利用する。また、Google Lens によりテキストデータを取り込む際にも利用する。本研究において用いられる、これらのテープが貼られたブロックを命令ブロックと定義する。命令ブロックを図 2 に、Google Lens を用いて命令ブロックの墨字をテキストデータとして取り込む画面を図 3 に示す。

利用する際にはまず、組み上げた命令ブロックをカメラで撮影し、Google Lens の機能を用いて、命令ブロックの墨字をテキストデータとして取り込む。その後、テキストデータを PC とスマートデバイスで共有し、それぞれの出力先に適したコードへ変換するという仕組みである。PC 上で変換システムを用いてテキストデータからコードへの変換を行う。変換システムについては、3.2 節で詳細に述べる。

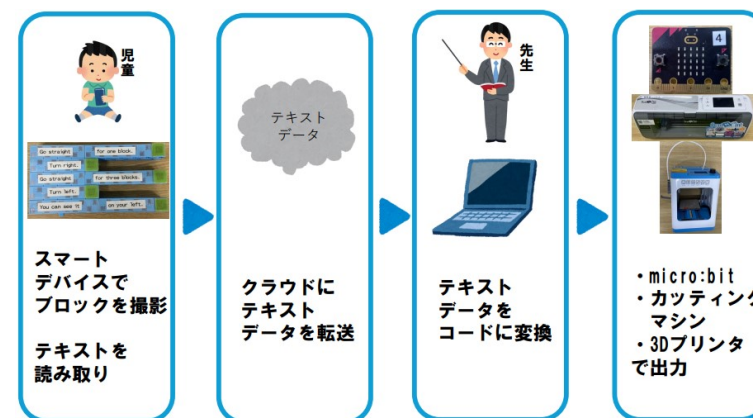


図 1 システムイメージ



図 2 命令ブロック

#### 3.2 変換システム

変換システムでは、Google Lens で取り込んだテキストデータを任意のコードへ変換を行う。テキストデータから特定の言葉を抽出し、それに対応したコードを変換結果として出力する。

本システムは、生成システムによって JavaScript で作成されている。システムの実行画面を図 4 に示す。

Google Lens で取り込んだテキストデータをスマートデバイスと PC で共有して変換システムのテキスト入力フィールドへとペーストし、変換システム上の変換ボタンをクリックすることで、変換が完了する。

変換ボタンが押されると、テキスト入力フィールドのテキストデータが半角スペースごとに区切って配列に入れられる。その後、連続した配列番号に関連付けられたデータの組み合わせと、JavaScript のソースコード内に記されているデータの組み合わせが比較され、合

## (配布版)コード変換ページ

入力:

```
へんすう かくど もしボタンA かくど=90ど モーター かくど とまる 1 もしおわり
```

変換

出力:

```
let kakudo = 0//へんすうかくど  
input.onButtonPressed(Button.A, function () {//もしボタンA  
kakudo = 90//かくど90ど  
pins.servoWritePin(AnalogPin.P0, kakudo)//モーターかくど  
basic.pause(500)//とまる 1  
})//もしおわり
```

図 4 変換システムの実行画面



図 3 Google Lens の実行画面

致しているものがあつた場合に、組み合わせに対応するコードを変換結果として順に出力する処理が行われる。

変換ボタンをクリックした後は、クリップボードに自動で変換後のコードがコピーされるため、適当な場所にペーストすることで、プログラムが利用可能となる。

本研究において、ペースト先は主に3種類ある。1つ目のペースト先は Microsoft MakeCode for micro:bit である。この Web サービスで、micro:bit をプログラムの出力先とする際に、変換後の JavaScript のコードから micro:bit が認識する HEX ファイルを生成する。2つ目は先行研究<sup>2)</sup> で開発された ttl2stl である。この Web サービスで、3D プリンタを出力先とする際に、変換後のタートルグラフィックスのコードからスライサーソフトウェアが認識する STL ファイルを生成する。3つ目は先行研究<sup>2)</sup> で開発された ttl2svg である。この Web サービスで、カッティングマシンを出力先とする際に、変換後のタートルグラフィックスのコードからカッティングマシンが認識する SVG ファイルを生成する。

授業ごとにペースト先を切り替える際には、変換システムの生成システムを用いる。生成システムについては、3.3 節で詳細に述べる。

### 3.3 生成システム

生成システムは、授業の事前準備を行うためのシステムである。本研究ではカッティング

マシンや 3D プリンタを出力先とするために、タートルグラフィックスのコードが必要な授業と、micro:bit を出力先とするために、JavaScript のコードが必要な授業をそれぞれ実施したが、回ごとに必要なプログラム言語が異なる際の授業準備に、この生成システムを利用する。

授業ごとに用いる命令ブロックを変える場合と、同一の墨字の組み合わせに割り当てたい変換後のコードが複数種類ある場合のために、変換システム上で認識させたい墨字の組み合わせと、それに対応する変換先コードを利用者が独自に設定した変換システムを生成する。

本システムは JavaScript を用いて作成している。この生成システムでは、Excel のデータを用意することで、それに対応した変換システムが動作する HTML ファイルおよび、JS ファイルを生成することができる。システムの実行画面を図 5 に示す。また、システム用の Excel データを図 6 に示す。図 6 では、命令ブロックに分かち書きされた墨字の 1 単語目がセル A に、2 単語目がセル B に、セル A とセル B の墨字の組み合わせに対応させたい変換先のコードがセル C に記載されている。

利用する際には、生成システムのテキストフォームに Excel のデータをペーストして、生成ボタンおよび配布版 HTML のダウンロードボタンをクリックすることで、JS ファイルとそれに対応する HTML ファイルがダウンロードされ、独自の変換システムが利用可能となる。

生成ボタンが押されると、テキスト入力フィールド内のデータがタブ文字および改行文字ごとに区切って配列に入れられる。その後、セル A とセル B にあたるデータを墨字の認識に用いられるように記し、セル C にあたるデータを、認識した墨字に対応して出力する変換後のコードとして記した、JavaScript のソースコードを書き出す処理が行われる。また、配布版 HTML のダウンロードボタンが押されると、変換システムに必要な HTML 要素を持っており、生成された JS ファイルのファイル名を指定している HTML ファイルを書き出す処理が行われる。

## 4. プログラミング授業の実施

### 4.1 2023 年度のプログラミング授業概要

例年、宮城県立視覚支援学校でのプログラミングの授業は、1 回 70 分間で、年度を通して計 5 回実施されている。第 1 回の授業内容については前年度の授業の復習とし、第 2 回から第 5 回の授業内容については、FaceTime を通した視覚支援学校との意見交換会によって検討し決定した。

## JavaScriptファイル生成ツール(My Converter Maker)

①配布用htmlのダウンロードボタンを押す。②excelのAからCを入力フォームへコピーアンドペーストして生成ボタンを押す。

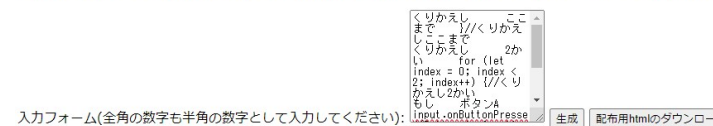


図 5 生成システムの実行画面

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	くりかえしここまで		}//くりかえしここまで					
2	くりかえし2かい		for (let index = 0; index < 2; index++) { //くりかえし2かい					
3	もし	ボタンA	input.onButtonPressed(Button.A, function () { //もしボタンA					
4	かくど=	¥¥+15ど	kakudo = kakudo + 15//かくど=+15ど					

図 6 変換システム用の Excel データ

授業の対象となる児童は、宮城県立視覚支援学校に在籍する全盲の小学 5 年生 1 名である。

### 4.2 授業内での児童の作業

授業内で児童が行うのは、命令ブロックを組み上げること、スマートデバイスを用いて命令ブロックを撮影すること、micro:bit などを用いて出力結果を確かめることである。

児童 1 人でスマートデバイスを用いた命令ブロックの撮影ができるよう、命令ブロックの置き場所を固定するための木の枠、スマートデバイスの位置を固定するためのスマホスタンド、iOS のアクセシビリティ機能のスイッチコントロールを用いる。木の枠およびスマホスタンドを図 7 に示す。

スイッチコントロールでは、画面上のいずれかの場所がタップされた場合に、実際のタップ処理を行う場所と回数を決めることができる。今年度の授業では、Google Lens 上で画面のいずれかの場所がタップされたら、シャッターボタン、全て選択ボタン、読み上げボタンが順に押されるように設定している。

### 4.3 2023 年度のプログラミング教材

#### 4.3.1 第 1 回授業

第 1 回においては、繰り返しや条件分岐の復習をテーマに授業を行った。授業目標は、2



図 7 木の枠とスマホスタンド

台の micro:bit を用い、無線機能及び、サウンド出力機能を利用して輪唱を行うプログラムの作成である。授業アイデアは先行研究<sup>3)</sup>より引き継いだ。

読み取りシステムについては先行研究<sup>1)-4)</sup>で開発されたものを引き継ぎ、QR コードと QR コードリーダーを用いたものを使用した。使用した QR コードリーダーを図 8 に示す。また、プログラム例を図 9 に、輪唱に用いた micro:bit を図 10 に示す。

#### 4.3.2 第 2 回授業

第 2 回においては、座標というプログラミングの概念を用いて、コンピュータに意図した処理を行わせることをテーマに授業を行った。授業目標は、カッティングマシンを用い、縦横に広がるマスの中から、座標を指定することで、展開図を切り出すプログラムの作成である。座標について考える際に使用した教材を図 11 に、プログラム例を図 12 に、生成した SVG ファイルを図 13 に示す。また、カッティングマシンで切り出した展開図を図 14 に示す。

第 2 回授業から、本研究にて作成したシステムを用いた。なお、第 2 回授業では木の枠、スマホスタンド、スイッチコントロールを用いておらず、読み取りは指導員が補佐し、児童



図 8 使用した QR コードリーダー



図 9 1 回目授業のプログラム

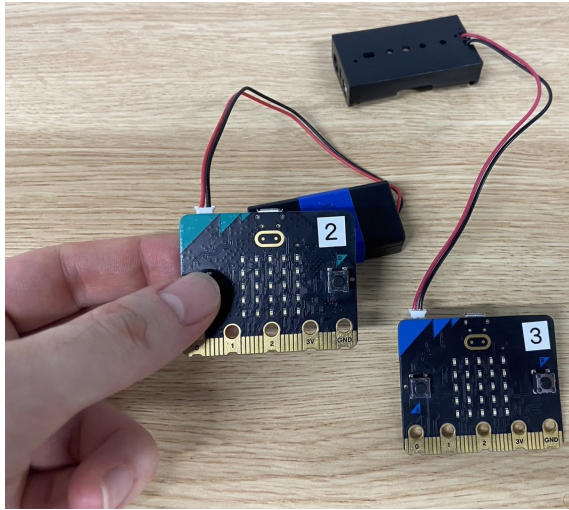


図 10 輪唱に用いたマイクロビット



図 11 座標の位置を確認する教材

と共に行った。

#### 4.3.3 第3回授業

第3回においては2重ループを含む繰り返しの学習をテーマに授業を行った。授業目標は、左右に異なる倍数の間隔で突起を作り、公倍数の間隔で突起が左右重なる棒を3Dプリンタを用いて出力するプログラムの作成である。プログラム例を図15に、3D出力した公倍数を表す棒を図16に示す。棒の厚さは約1mm、幅は約2mmである。

第3回授業から、本研究にて作成したシステムに加え、木の枠、スマホスタンド、スイッチコントロールを用いて、児童が1人で読み取りまで行えるようにした。

#### 4.3.4 第4回授業

第4回においては小学5年生外国語の道案内の単元の内容と関連して、順次処理を学習することをテーマに授業を行った。授業目標は、立体的な地図模型上における英語での道案内内である。目的地までの経路を問う英語の質問に対して返答を命令ブロックで組み立てると、その経路が3Dプリンタで出力される仕組みである。授業アイデアは先行研究<sup>2)</sup>より引き継いだ。プログラム例を図17に示す。また、立体地図とそれに当てはめた経路を図18に示す。経路の厚さは約1mm、幅は約2mmである。

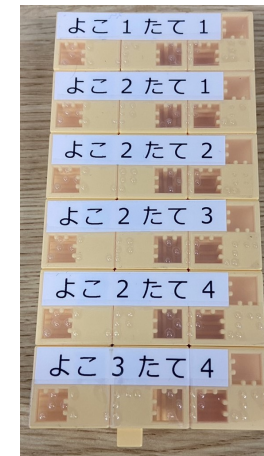


図 12 2回目授業のプログラム

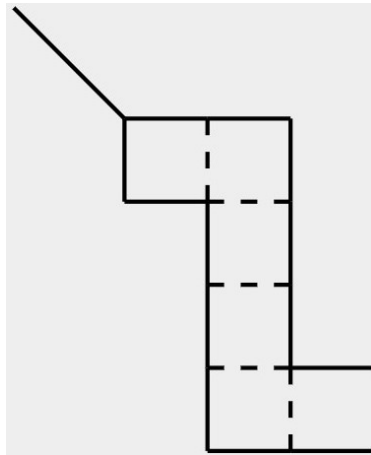


図 13 生成された SVG ファイル

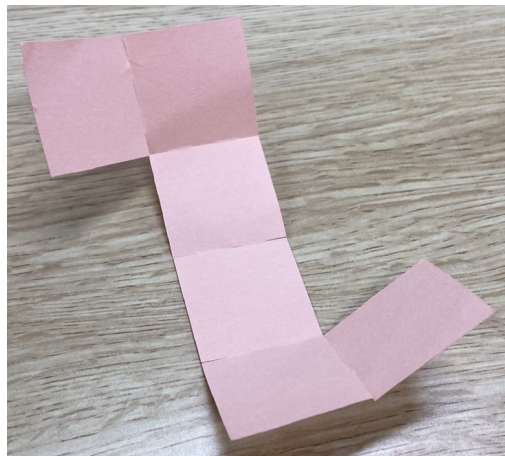


図 14 切り出された展開図



図 15 3回目授業のプログラム



図 16 公倍数を表す棒

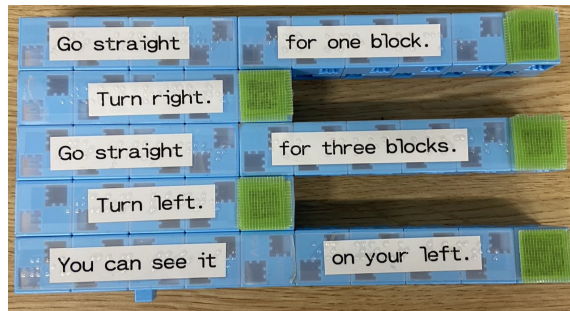


図 17 4 回目授業のプログラム

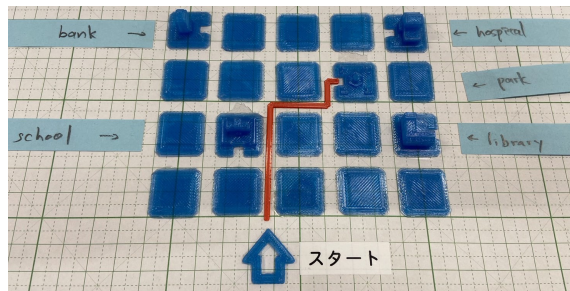


図 18 立体地図とそれに当てはめた経路

#### 4.3.5 第 5 回授業

第 5 回においては変数の学習をテーマに授業を行った。授業目標は変数を用いながら、サーボモーターの動く角度を指定し、micro:bit を利用して、コンパスロボやうちわロボを動かすプログラムの作成とした。授業アイデアは先行研究<sup>4)</sup>より引き継いだ。プログラム例を図 19 に、使用したコンパスロボを図 20 に、うちわロボを図 21 に示す。

### 5. 評価および考察

本研究では、プログラミング授業の各回終了時に、授業教材やシステムへの要望や使用感などを問うアンケートを、授業に立ち会った担任教諭および授業に参加した児童に向けて実施した。

第 2 回授業終了後、授業の直してほしいところについて児童に尋ねた際、1 人でもデータ

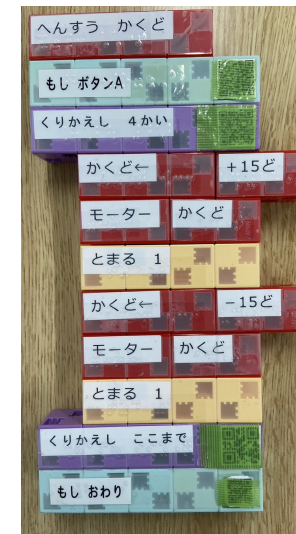


図 19 5 回目授業のプログラム

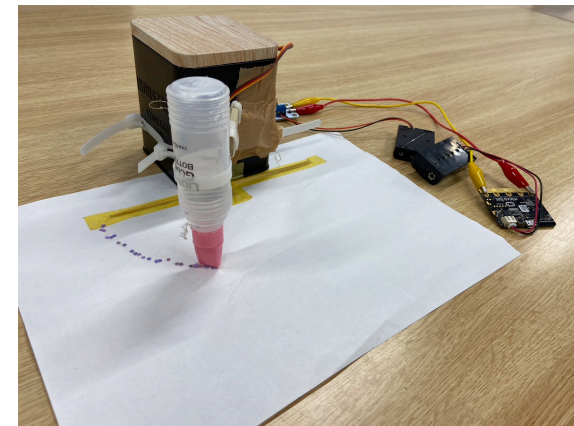


図 20 コンパスロボ



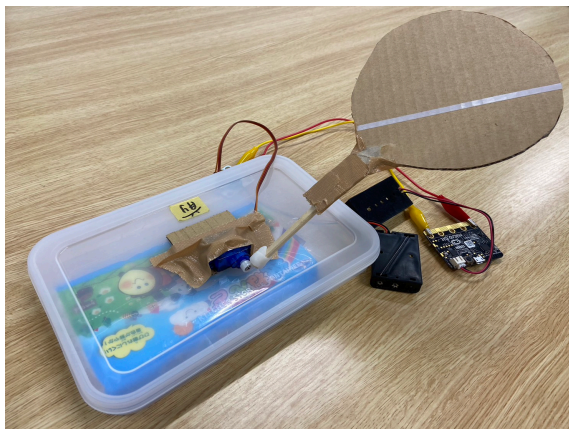


図 21 うちわロボ

をとりやすいようにしてほしいとの指摘があった。それを受け、スマホスタンドや木の枠、スイッチコントロールを用いて操作を容易にできるよう改善した結果、児童の満足度を高めることができた。

前年度、QRコードリーダーを用いた授業に参加していた経験を持つ担当児童に、最終的に、不満なくスマートデバイスのカメラを用いた読み取りシステムを利用できていたことから、先行研究<sup>1)~4)</sup>にて開発されてきたプログラム読み取りシステムを、より普及性の高いものへと改善できたと考える。

## 6. ま と め

本研究では、スマートデバイスのカメラを用いた新しいプログラム読み取りシステムを開発し、そのシステムを用いて授業を行った。毎回の授業後のアンケートをもとに、システムに改善を加えた結果、児童に不満なくシステム利用してもらうことができた。

今後の課題は、システムのうち、PCとスマートデバイス間のテキストデータ共有や、コピーとペーストの作業など、人の手で操作している部分を自動化していくことである。プログラミング授業で使うことを前提としている以上、児童を補助する人員がいることも前提とはなるが、システムの大部分を自動化して、児童1人でも学習を行いやすくすることで、児童がより主体的にプログラミングの学習を行えるようになることが望ましい。

**謝辞** 特別授業の機会を提供いただきました宮城県立視覚支援学校の方々に深く感謝いた

します。

## 参 考 文 献

- 1) 松本 章代, 高橋 幹太, 菅原 研: 視覚障害をもつ子ども向けプログラミング環境の開発, 日本教育工学会研究報告集, vol.19, No.5, pp.143-148 (2019.12)
- 2) 松本 章代, 松木 李玖, 菅原 研: 視覚支援学校小学部におけるプログラミング教育にカッティングマシンを活用するシステムの開発, INTERACTION 2023 第 27 回情報処理学会シンポジウム (2023.03)
- 3) 桑原 彩夏, 渡邊 弥音, 菅原 研, 松本 章代: 視覚障がい児向けのプログラミング教材開発と授業の実施, 2021 年度 情報処理学会東北支部研究会 (2022.01)
- 4) 細屋 静花, 菅原 研, 松本 章代: 視覚障害児向けのプログラミング教材開発, 2020 年度 JSiSE 学生研究発表会 (2021.03)
- 5) 本吉 達郎, 瀧田 一誠, 澤井 圭, 増田 寛之, 高木 昇: 視覚障がい者を対象ユーザに含めたタンジブルなプログラミングツール P-CUBE3 を用いた体験授業の実施と評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol.25, No.3, p.177-188 (2023.8)
- 6) 大阪府立大阪北視覚支援学校: 視覚障がいのある生徒へのプログラミング授業, 第 44 回 実践研究助成 特別支援学校, パナソニック教育財団  
[https://www.pef.or.jp/db/pdf/2018/2018\\_69.pdf](https://www.pef.or.jp/db/pdf/2018/2018_69.pdf)
- 7) Microsoft Research: Project Torino  
<https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-torino/>