

学部長賞受賞卒業論文
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

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 東北学院大学学術振興会 公開日: 2025-03-10 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田内, 海 メールアドレス: 所属:
URL	https://tohoku-gakuin.repo.nii.ac.jp/records/2000504

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

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

田内 海
Kai TAUCHI

Abstract: 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.

Keywords: Visual programming language, Micro:bit, 3D printer, Cutting machine

1 序論

本論文では、視覚障がい児向けプログラミング教育支援システムとして、スマートデバイスのカメラと画像認識技術を用いた新しいプログラム読み取りシステムを導入することが、視覚障がい児のプログラミング教育に有用であることを示す。

1 章ではまず、本研究の背景と目的、および本論文の構成について述べる。

1.1 研究の背景および目的

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、松本研究室では 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 [1]。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 [2]。

本研究では、先行研究 [1, 2, 3, 4] 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。

1.2 本論文の構成

本論文は全5章により構成される。

2章では、関連研究として小学校において用いられるプログラミング教育システムについて説明し、本研究で用いられるシステムとの違いについて述べる。また、従来の視覚障がい児向けプログラミング教育支援システムについて説明し、それらに対する本研究の位置づけについて述べる。3章では、本研究で開発されたプログラミング読み取りシステムの仕組みおよび、利用手順を説明する。4章では、本研究で開発されたシステムを利用した視覚支援学校でのプログラミング授業について述べ、システムが視覚障がい児のプログラミング学習に適しているか考察する。5章では、成果と今後の課題について述べる。

2 関連研究

2章では、まず小学校におけるプログラミング教育とそこで用いられる教育支援システムについて説明し、本研究で用いられる教育支援システムとの違いについて説明する。次に、視覚障がい者向けの入門的プログラミング教育とそこで用いられる教育支援システムについて説明し、それらに対する本研究の位置づけについて述べる。

2.1 小学校におけるプログラミング教育

小学校において児童向けに実施されるプログラミング教育の研究として、以下の報告がある。

定免ら [5] は、小学校において5年生児童と6年生児童を対象としたプログラミング学習の授業を行っている。児童はプログラミングを行う際に、ビジュアル型プログラミング環境 Scratch をタブレット上で用いる。Scratch では画面上に表示されているブロックを組み上げることでプログラムを作成する。出力は画面の表示によるもので、学習者は視覚によりフィードバックを得る。プログラムでは、正三角形など画面に表示する図の形や大きさを制御する。

難波 [6] は、小学校におけるコンピュータクラブ活動の中で、4年生児童および5年生児童、6年生児童に向けてプログラミング教育を行っている。児童はプログラミングを行う際に、LabVIEW に

よるビジュアル型プログラミング環境をタブレット上で用いる。この環境では Scratch と同様に、画面上に表示されているブロックを組み上げることでプログラムを作成する。出力には、平面上を移動するロボットである、LEGO 社の教育版レゴマインドストーム EV3 を使用している。学習者は主に視覚によりフィードバックを得る。プログラムでは移動や回転など、ロボットの動作を制御する。

森ら [7] は、小学校において4年生児童を対象としたプログラミング学習の授業を行っている。児童がプログラミングを行う際には、画面上のブロックを組んでプログラムを作成する、ビジュアル型プログラミング環境 Scratch を PC 上で用いる。出力は画面の表示によるもので、学習者は視覚によりフィードバックを得る。プログラムでは、画面上のイラストの伸縮や縦横の移動含む動作を制御する。

小学校におけるプログラミング教育に着目したこれらの関連研究と本研究は、児童がプログラム作成に用いる感覚において相違がある。関連研究においては、プログラムの作成に視覚を用いる。児童は画面上のブロックを視認して組み合わせていき、プログラムを作成する。一方本研究ではプログラムの作成に触覚を用いる。児童は点字を通して実際のブロックに書かれた命令を認識して組み合わせていき、プログラムを作成する。

また、出力を確認する際に用いる感覚においても相違がある。関連研究においては、プログラムの動作を視覚を用いて確認する。一方本研究では、児童は触覚や聴覚を用いてプログラムの動作を確認する。

2.2 視覚障がい者向けの入門的プログラミング教育

視覚障がい者向けの入門的プログラミング教育の研究として、以下の報告がある。

本吉ら [8] は、視覚障害を持つ小学2年生から高等学校3年生を対象に、プログラミング体験授業を行っている。授業の参加者はプログラミングを行う際に、本吉らにより開発された P-CUBE3 を用いる。P-CUBE3 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利用した、プログラミング教育支援システムである。P-CUBE3 では、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。P-CUBE3 での出力は、主に音によるものである。学習者は聴覚によりフィードバックを得る。プログラムでは、出力する音声の内容を制御する。なお、P-CUBE3 の初期モデルである、P-CUBE[9]では、移動ロボットが出力先であった。学習者は聴覚によりフィードバックを得る。プログラムでは、移動ロボットのライントレース動作を制御する。

大阪府立大阪北視覚支援学校中学部は、視覚障がいを持つ中学 1 年生と中学 2 年生を対象に、プログラミングの授業を行っている [10]。授業の参加者は、プログラミングを行う際に Primo Toys 社の Cubetto を用いる。Cubetto では、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。Cubetto での出力は、平面上を移動するロボットによるものである。学習者は触覚によりフィードバックを得る。プログラムでは、移動や回転など、ロボットの平面上における動作を制御する。

Microsoft 社による Project Torino[11] は、視覚障がいを持つ若年の学生を対象として、プログラミング学習を体験する場を提供している。学習者はプログラミングを行う際に、Microsoft 社により開発された Code Jumper を用いる。Code Jumper では、ポッド型の物理的な機材同士をつなぎ合わせていくことでプログラムを作成する。Code Jumper での出力は、主に音によるものである。学習者は聴覚によりフィードバックを得る。プログラムでは、出力する音声の内容を制御する。

視覚障がい児のためのプログラミング教育に着目したこれらの関連研究と本研究は、作成できるプログラムの幅広さにおいて相違がある。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。一方、本研究におけるプログラムの出力は自由度が高い。文部科学省 [12] は、プログラミ

ング学習活動を分類し、A 分類を「学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの」としている。本研究では、3D プリンタやカッティングマシンをはじめとして、この A 分類の学習に対応できるよう、出力先を複数種類用意している。

また、関連研究におけ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、本研究におけるシステムではプログラムの言語を限定しない。

3 プログラム読み取りシステム

3 章では、カメラを入力として用いた新しいプログラム読み取りシステムの概要について説明した後、読み取りシステムに組み込まれている、変換システムと生成システムについて詳細に述べる。

3.1 プログラム読み取りシステム概要

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テキスト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 を使用可能かつ Google Keep 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

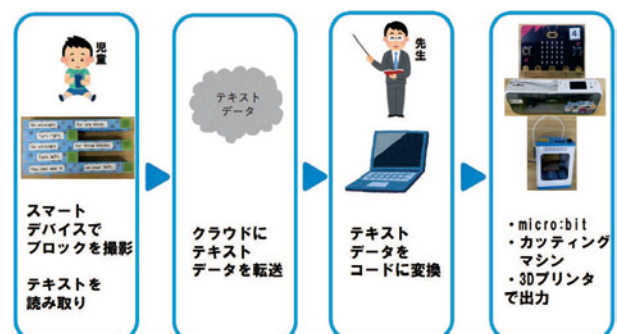


図 1 システムイメージ



図 2 命令ブロック



図 3 Google Lens の実行画面

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。また、テキストデータを共有する際のスマートデバイス上の画面を図 4 に、PC 上の画面を図 5 に示す。

プログラム読み取りシステムを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、Google Keep を用いてテキストデータを 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 4 スマートデバイス上の共有画面

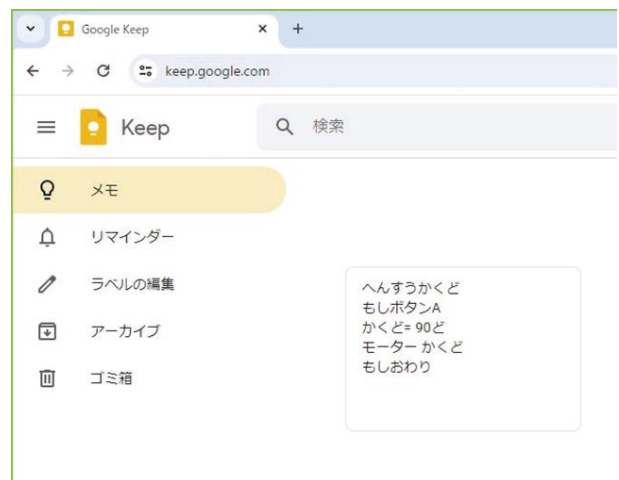


図 5 PC 上の共有画面

3.2 変換システム

3.2.1 変換システム概要

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する。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。システムの実行画面を図 6 に示す。

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。変換システムを使用する際には、事前準備として生成システム

(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 6 変換システムの実行画面

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。

3.2.2 変換システムの利用手順

本システムは以下の順序で用いられる。

まず、Google Lens で取り込んだテキストデータを Google Keep を用いてスマートデバイスと PC で共有する。

次に、共有したテキストデータをコピーし、変換システムのテキスト入力フィールドへとペーストする。

最後に、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 [2] 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 [2] 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。

3.2.3 変換システムの処理内容

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。

3.3 生成システム

3.3.1 生成システム概要

生成システムは、変換システムを用いた授業の事前準備を行うためのシステムである。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。本システムでは、入力に Excel のデータを用いる。システムの実行画面を図 7 に示す。また、実際に用意した Excel データを図 8 に示す。図 8 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

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。

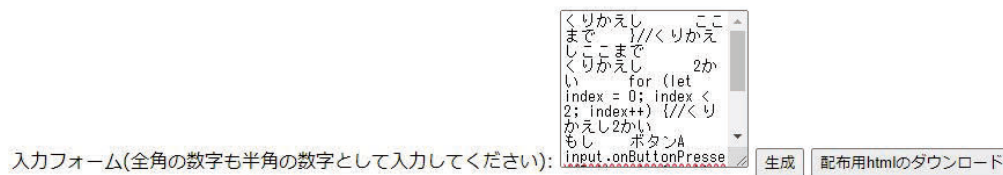


図 7 生成システムの実行画面

	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 8 生成システム用の Excel データ

応させたい変換先のコードがセル C に記載されている。

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。

本システムは JavaScript を用いて作成している。

3.3.2 生成システムの利用手順

本システムは以下の順序で用いられる。

まず、Excel で、ブロックに分ち書きされた墨字の 1 単語目をセル A に、2 単語目をセル 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をセル C に、それぞれ入力したデータを用意する。

次に、Excel にて入力したセル A からセル C の全行をコピーし、生成システムのテキストフォームにペーストする。

最後に、生成システムの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。

3.3.3 生成システムの処理内容

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。

3.3.4 生成システムのテスト

(1) テストの目的および実施方法

本研究で作成された生成システムを含む、プログラム読み取りシステムは、将来的に視覚支援学校の教員に利用してもらうことを想定している。したがって、生成システムを利用したことのない東北学院大学教養学部情報科学科の 4 年生 1 人と東北学院大学情報学部データサイエンス学科の 1 年生 6 人に生成システムを利用してもらった後、アンケートを行うことで、事前知識がなくても生成システムは利用可能なものとなっているか確認

する。

被験者には実行画面を提示しながら、変換システムおよび生成システムの目的や利用手順について口頭で説明した後、生成システムで変換システムを生成する作業および変換システムを用いたコードの変換を行ってもらふ。

アンケートでは、4つの質問に Google フォームで回答してもらふ。

(2) 質問内容

質問は以下の通りである。Q1 と Q2, Q4 は選択式で「はい」か「いいえ」から選択して回答してもらふ形式である。Q3 は自由記述で回答してもらふ形式である。

- Q1. スムーズに作業できましたか？
- Q2. システムに問題点をかんじましたか？ある場合は記述してください（ない場合は「なし」と書いてください）
- Q3. HTML と JavaScript によって、利用者独自の交換システムの動作を実現するしくみを理解できましたか？
- Q4. 利用者独自の交換システムを生成できるようにする（授業回ごとに同一のブロックに対して複数種の変換結果を出力できるようにする）必要性について理解できましたか？

(3) アンケート結果

Q1 と Q2, Q4 の回答内容を表 1 に示す。

Q3 については、5 人が「なし」、1 人が「ない」、1 人が「Google ダウンロードしてないとちょっとめんどくさい」と回答した。

表 1 生成システムのテスト回答内容

質問番号	回答人数	
	はい	いいえ
Q1.	7	0
Q2.	7	0
Q4.	6	1

(4) 考察

1 問目と 3 問目の結果は全て肯定的なものであった。1 問目の結果からは操作性には問題がないこと、3 問目の結果からはシステムの仕組みを理解しつつ作業可能なことがわかる。しかし、2 問目と 4 問目の結果には否定的な意見も含まれていた。2 問目の結果からは環境の準備の煩わしさ、4 問目の結果からは生成システムにて利用者独自の交換システムを生成する必要性を理解していない被験者がいたことがわかる。

今回のアンケート結果の否定的な意見からシステムを導入してもらふ際には、最初に、必要なアプリケーションを含む環境を伝えておくことで、作業の途中に環境の導入の必要性を初めて知って煩わしさを感じることがないように説明することが重要だと考える。また、プログラム言語により命令の記述方法が違うことなど、変換先コードを複数種類用意する目的について説明する必要があると思われる。

4 プログラミング授業の実施

4 章では、本研究で実施したプログラミング授業について述べる。授業後に授業担当児童と、その担任教諭に行ったアンケートから、授業内容および教育支援システムが視覚障がい児に適しているものであるか検証する。

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。

指導担当者は筆者で、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。本児童は、昨年度 QR コードリーダーを用いたプログラム読み取りシステムを使用した経験がある。なお、本年度における授業担当者は筆者であるが、将来的には児童の担任教諭が授業担当者となることを想定している。

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。



図 9 使用した QR コードリーダー



図 10 木の枠とスマホスタンド

1回目の授業では、昨年度まで使用していた QR コードリーダーを用いたプログラム読み取りシステムを使用した。使用した QR コードリーダーを図 9 に示す。読み取りの際には、QR コードリーダーの適切な場所への誘導など、児童への補助を行った。2回目の授業から5回目の授業では本研究で開発されたプログラム読み取りシステムを使用した。2回目の授業での読み取りの際には、スマートデバイスの適切な場所への誘導など、児童への補助を行った。3回目以降の授業での読み取りの際には、児童が1人でプログラムの読みとりを行った。

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をする際には、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 10 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。

4.2 2023 年度のプログラミング教材

4.2.1 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 [3] より引き継いだ。プログラム例を図 11 に、輪唱に用いた micro:bit を図 12 に示す。



図 11 1 回目授業のプログラム

4.2.2 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

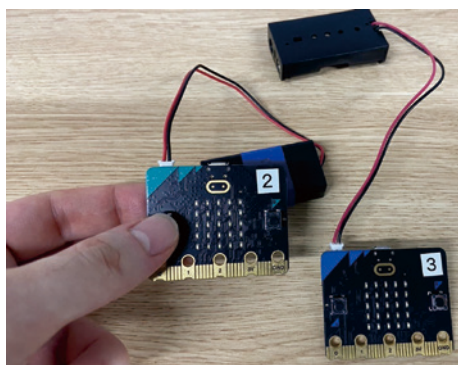


図 12 輪唱に用いたマイクロビット

える際に使用した教材を図 13 に、プログラム例を図 14 に、生成した SVG ファイルを図 15 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 16 に示す。



図 13 座標の位置を確認する教材

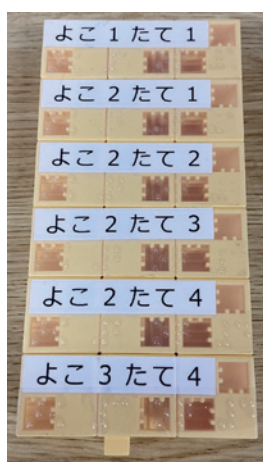


図 14 2 回目授業のプログラム

4.2.3 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

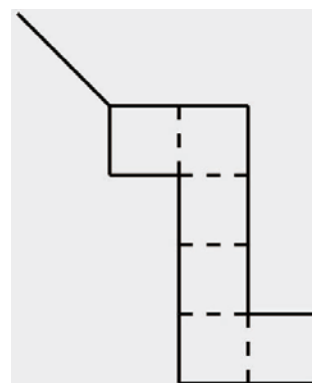


図 15 生成された SVG ファイル



図 16 切り出された展開図

図 17 に、3D 出力した公倍数を表す棒を図 18 に示す。棒の厚さは約 1mm、幅は約 2mm である。

4.2.4 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 [2] より引き継いだ。プログラム例を図 19 に示す。また、立体地図とそれに当てはめた経路を図 20 に示す。経路の厚さは約 1mm、幅は約 2mm である。

4.2.5 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 [4] より引き継いだ。プログラム例を図 21 に、使用



図 17 3 回目授業のプログラム

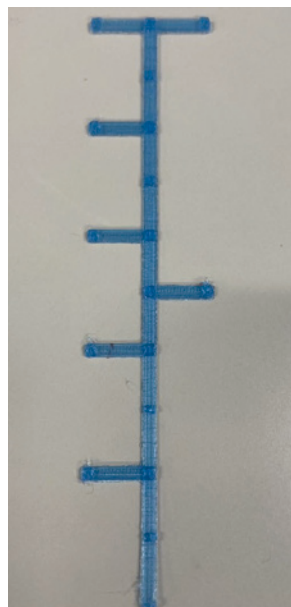


図 18 公倍数を表す棒

したコンパスロボを図 22 に、うちわロボを図 23 に示す。

4.3 アンケート調査

4.3.1 アンケートの目的および実施方法

本研究では、プログラミング授業の各回終了時に、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アンケートを実施した。アンケートの目的は授業教材やシステムへの要望、使用感、不満を聞き出すことである。アンケートにはアンケート用紙を用いた。

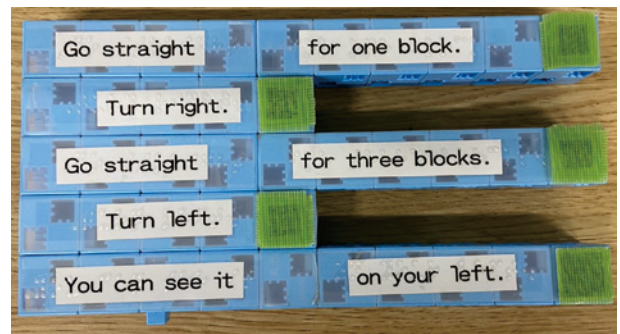


図 19 4 回目授業のプログラム

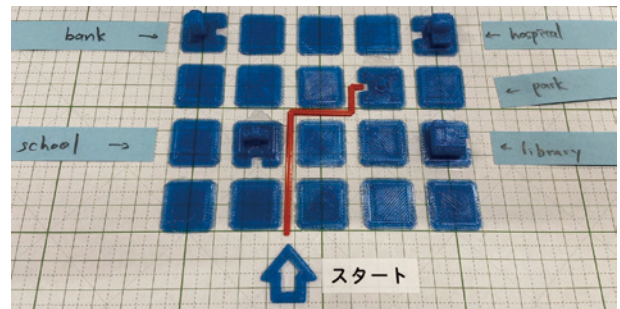


図 20 立体地図とそれに当てはめた経路

4.3.2 質問内容およびアンケート結果

(1) 担任教諭への質問内容およびアンケート結果

担任教諭への質問と回答は以下の通りである。回答における括弧内は授業回を示す。

全ての授業回において Q1 から Q6 の質問を行った。また、Q7 は第 2 回から第 5 回の授業で質問を行った。Q8 は第 2 回の授業にて、Q9 は第 3 回の授業にて質問を行った。

授業回によっては一部の質問への回答がなかった。回答がなかった場合については回答内容を-で表す。

Q1. 先生の目から見て、どういうところが上手く
 いていたか、どういうところに問題があっ
 ったか、忌憚のないご意見をご記入ください。

- -(第 1 回)
- カットニングマシーンで、立方体を作る時には、1 マスで考えられましたが、直方体、長方形の面のとらえ方について方眼紙と同じようにとらえることを伝えていただくと良かった。(第 2 回)
- スマホを固定して、さつえいできるようにしたことが良かったです。(第 3 回)



図 21 5 回目授業のプログラム

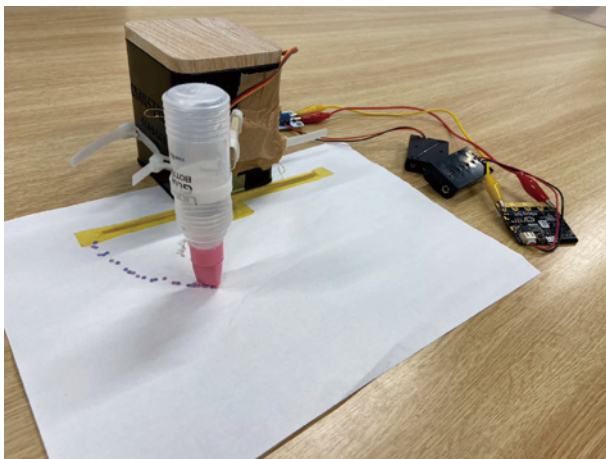


図 22 コンパスロボ

- 英語の読み方は、まだ行っていない状況を把握して、本児がわかりやすい指導をしていたのがよかったと思います。ライトとレフトの考え方でLを指で作れるのは左手だけだから左で覚えるとよいと伝えたことに児童はとても感心していました。(第4回)
- 変数については、イメージを持ちにくいところがあったが、角度の変わり方を扇やモーターの動きで、プログラムと関連して結び付けたので良かったと思います。(第5回)

Q2. プログラミング中の児童の様子について何かお気づきのことがありましたら教えてください

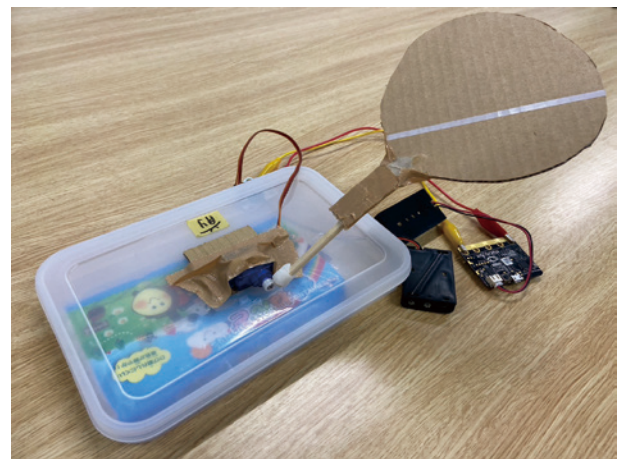


図 23 うちわロボ

い。とまどっている様子、困っている様子などはなかったでしょうか。

- -(第1回)
- -(第2回)
- 3D プリンタの動きと、プログラムの中味を理解していたので、よい教材だったと思いました。(第3回)
- 道順や数直線などを3Dプリンタで作るプログラミングは、理解し深めることのできる学習であると思いました。(第4回)
- 変数の意味についてだけイメージが難しかったようでした。(第5回)

Q3. 教材の難易度はいかがでしょうか。児童に適當でしたか。

- -(第1回)
- -(第2回)
- はい。(第3回)
- 適當でした。細かな工夫がされていて素晴らしかったです。(第4回)
- 変数以外は適當。(第5回)

Q4. 今回の教材において、改善してほしい点がありましたらご記入ください。

- -(第1回)
- -(第2回)
- -(第3回)

- ありません。よかったと思います。(第4回)
- 特になし。(第5回)

Q5. 授業の進め方について、ご意見・ご感想がございましたらご記入ください。

- -(第1回)
- -(第2回)
- とても教材、良かったです。(第3回)
- この状況を維持していただけると大変ありがたいです。(第4回)
- プログラムと教材の動きや完成したものが、結びついていたので、素晴らしい授業であったと思います。(第5回)

Q6. その他、ご意見・ご感想・お気づきの点がございましたら自由にご記入ください。

- -(第1回)
- -(第2回)
- 1人でもできるようなものだといえます。(第3回)
- 来年度も是非宜しく願いいたします。(第4回)
- 今後も是非、授業を提供していただければと思います。(第5回)

Q7. 8月に打ち合わせをおこないましたが、そのときのイメージ通りの授業内容となっていたでしょうか。

- -(第2回)
- はい。(第3回)
- イメージ以上にわかりやすく、使いやすくなっていると思います。(第4回)
- こちらで変数のことを踏まえていなかったで、申し分けありませんでした。他はイメージ通りでした。(第5回)

Q8. 今回からプログラミングのシステムが変わりましたが、いかがでしたか。

- 時間を短縮できて良いと思います。座標のプログラムは、プログラムをくみだてる意味としても、一番つながりやすく思いました。(第2回)

Q9. 今回から、一人で読み込みが行えるように、プログラミングのシステムに変更を加えましたが、いかがでしたか。

- すばらしい。(第3回)

(2) 児童への質問内容およびアンケート結果

児童への質問と回答は以下の通りである。回答における括弧内は授業回を示す。回答の際には、担任教諭から児童へと聞き取りを行ってもらう。

全ての授業回において Q1 から Q3 の質問を行った。

Q1. 授業内容は理解できましたか。

- とてもよく理解できた。(第1回)
- できました。(第2回)
- はい。(第3回)
- はい。(第4回)
- 理解できました。(第5回)

Q2. 授業の感想。第2回授業では設問に「システムへの不満はないか」という文言を付け加えている。

- 分かりやすかったのでよかった。(第1回)
- 少しある。一人でやるとしたら、スマホでのさつえいは難しい。もっとわかりやすい方法がありましたらお願いします。(第2回)
- 棒で倍数をあらわしたのはわかりやすかった。(第3回)
- 3Dプリンターの地図と道案内の棒が、プログラムとの結びつきがわかりやすかった。建物の一つ一つに特徴があって面白かった。(第4回)
- モーターの音がとてもよくて、動きもわかりやすかった。(第5回)

Q3. 直してほしいところ。

- ありません。(第 1 回)
- 一人でもデータを取りやすいようにしてほしい。(第 2 回)
- ないです。(第 3 回)
- 無いです。(第 4 回)
- ないです。(第 5 回)

4.3.3 考察

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、「一人でもデータを取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、児童の不満を解消することができた。昨年度までの、QR コードリーダーを用いたシステムを不満なく利用していた児童に、スマートデバイスを用いることで QR コードリーダーを利用するよりも再現しやすくした、本研究のシステムも同様に不満なく利用してもらえたことから、操作性の低下など、システムの変更に伴う新たな問題点を発生させず、先行研究 [1, 2, 3, 4] にて開発されてきたプログラム読み取りシステムの普及性を純粋に高めることができたと考える。

また、第 2 回授業終了後に、授業全般に対しての意見や気付いた点を尋ねたところ、「1 人でもできるようなものだといと思います。」との指摘があった。指摘通りに、本研究で作成されたシステムを利用する際にはコピーとペーストの作業やテキストデータの共有など、指導担当者が児童を補助する必要がある場面が多い。補助を適切に行うには、少なからず指導担当者は補助の仕方を学習しなければならず、指導担当者に時間的な負担が生じる。生じる負担の多さは、システムの導入のしやすさに直結する。したがって、本研究におけるシステムの普及性をさらに高めていくには、将来的にプログラミング授業の指導担当者となることが想定される、視覚支援学校の教員の負担をなるべく小さくする改善を行う必要があると思われる。

5 結論

本論文では、スマートデバイスを利用した新しいプログラム読み取りシステムを作成し、作成したシステムを用いて授業を行った。そして、授業後のアンケートによりシステムが視覚障がい児に適しているものであったか検証した。

5 章では、その成果と今後の課題について述べる。

5.1 成果

スマートデバイスを利用する視覚障がい児向けプログラム読み取りシステムを用いることで、QR コードリーダーを利用する場合に比べ、読み取りにかかる時間短縮により授業時間を有効に活用できるようになること、読み上げ音声により児童に確実なフィードバックを与えることができるようになることを示した。

本研究で作成した読み取りシステムを用いた視覚支援学校での授業は、全ての回において順調に進行することができた。読み取りにかかる時間短縮および、読み上げ音声によるフィードバックのどちらに対しても、授業を受けた児童とその担任教諭から問題点を指摘されることはなかった。読み取りの時間短縮については、担任教諭から「時間を短縮できて良いと思います。」との肯定的な意見も挙げられた。

実際の授業内では、スマートデバイスによるプログラム読み取りの時間短縮が有効に働いた。本研究で用いた 3D プリンタやカッティングマシンは、出力に時間がかかるため、1 回の授業内での出力回数に限度がある。スマートデバイスによる読み取り時間短縮は、この限度回数を昨年度までより多くすることに貢献した。本研究で行われた授業ではこの恩恵により、多くの触覚的なフィードバックの機会を児童に提供することができた。

5.2 今後の課題

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、児童の指導担当者の負担を減ら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

本研究において、丁寧かつ適切な御指導と御指示、御助言をいただきました、松本章代教授、菅原研教授に感謝致します。また、構想発表、中間発表、情報処理学会東北支部研究会では武田敦志教授から適切な御助言を頂きました。感謝申し上げます。

さらに、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。

折居泰成氏には、教材開発および授業準備において、おおいにご協力いただきました。感謝申し上げます。

以上の方に論文の末尾ではありますが、改めて感謝の意を表します。

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 李玖: “視覚支援学校におけるプログラミング教育に3Dプリンタおよびカッティングマシンを活用するシステムの開発”, 東北学院大学 卒業論文 (2023.02)
- [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] 定免 友登, 伊藤 陽介:“小学校プログラミング教育の授業実践と児童に対する意識調査”, 鳴門教育大学情報教育ジャーナル, No.19, p.37-41 (2022.03)
- [6] 難波 宏司:“プログラミング教育の実践に関する研究”, 園田学園女子大学論文集, No.53, p.61-73 (2019.01)
- [7] 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, vol.34, No.4, pp.387-394 (2011.03)
- [8] 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 (2023.08)
- [9] 本吉 達郎, 掛橋 駿, 小柳 健一, 増田 寛之, 大島 徹, 川上 浩司:“P-CUBE:視覚障害者のプログラミング教育支援用ブロック型ツール”, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.3, pp.172-180 (2015.05)
- [10] 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:キューベットを用いた情報活用能力の育成”, 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
- [11] Microsoft Research:Project Torino
<https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-torino/>
- [12] 文部科学省:“小学校プログラミング教育の手引(第三版)”, (2020.02)
https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf