

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

松本 章代^{1,a)} 松木 李玖¹ 菅原 研^{1,b)}

概要: 視覚障害がある児童にプログラミングの授業をおこなう場合、既存のプログラミング環境を利用することは困難である。そこで我々は全盲の児童にもプログラミングができるシステムを独自に開発した。QRコードと点字を貼ったブロックを用いてプログラミングをおこなう仕組みである。本研究ではそのブロックで作成した図形を描くプログラムをSVGファイルに変換して、カッティングマシンで厚紙を切り抜くシステムを構築する。本システムによって視覚障害児も健常児と同じように図形を描画するプログラムを作成し、実行結果を確認することが可能となる。

1. はじめに

1.1 研究背景および目的

2020年度より小学校においてプログラミング教育が始まっている。国内の視覚支援学校・学級に在籍する児童生徒のうち、障害が視覚のみの児童生徒は学習指導要領に準ずる教育を受けることになっており、プログラミングを学ぶ必要がある。しかし、子どものプログラミング教育において一般的に用いられているビジュアル型言語によるプログラミングは、視覚に大きく依存する形で行われるため、既存のプログラミング環境は利用できない。

我々は宮城県立視覚支援学校からの依頼を受け、全盲の子どもたちにもプログラミングができるシステムを独自に開発し [1]、3年ほど共同でプログラミングの授業を実施している。開発したシステムは、QRコードと点字を貼ったブロックを用いてプログラミングをおこなうことにより micro:bit を制御する仕組みとなっている。このシステムは入手が容易な市販製品を組み合わせて作成しており、かつ電子工作の知識や技術が無くても現場の小学校教員が再現可能である。そのため、現場における導入コスト（費用・手間）を抑えることができ、普及のしやすさがメリットであると言える。一方、プログラムを動かすための装置として micro:bit を採用しているため、（視覚に頼らない）出力装置としてはスピーカーやモーターに限られており、たとえば小学5年生の算数の教科書に掲載されている「多角形を描くプログラム」を扱うことは難しい。そこで本研究で

は、プログラムからSVGファイルを作成し、カッティングマシンを用いて2次元図形をカットして出力するシステムを構築する。本システムによって視覚障害児も健常児と同じように図形を描画するプログラムを作成し、実行結果を確認することを可能にする。

1.2 小学校におけるプログラミング教育とは

文部科学省の「小学校プログラミング教育の手引き（第三版）[2]」によると、小学校におけるプログラミング教育は、学習指導要領に例示した単元等はもちろんのこと、各学校において工夫して多様な教科・学年・単元で適切に取り入れていくことが望まれる、とされている。プログラミング言語の選定についても「ビジュアル型のプログラミング言語を想定」となっており、特定の言語が指定されているわけではない。

この手引きでは、プログラミングに関する学習活動はA～Fの分類に分かれており、そのうちA分類は「学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの」、B分類は「学習指導要領に例示されていないが、学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの」、C分類は「教育課程内で各教科等とは別に実施するもの」と示されている。つまり、A分類は授業での実施が求められているもの、B分類やC分類は各校の工夫に委ねられているもの、ということである。A分類の中の1つに、小学5年生の算数「正多角形と円」（プログラミングを通して正多角形の意味を基に正多角形を描く）がある。これを小学校のプログラミング教育で一般的に用いられているScratchでコーディングすると図1のようになる。なお、このScratchのペンによる描画機能は、LogoのTurtle

¹ 東北学院大学

^{a)} akiyo@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

^{b)} sugaken@mail.tohoku-gakuin.ac.jp



図 1: 正三角形を描くプログラムの例

Graphics から派生している [3].

2. 関連研究

小学校でカッティングマシンを活用する取り組みとして、亀井ら [4] の研究がある。亀井らは、小学校の放課後活動において、子ども自身が創造（構想）したものを表現できるようになることを目的とし、3D プリンタやカッティングマシンなどのデジタル工作機械を取り入れた制作活動を支援し、その有効性などについて検討した。デジタル工作機械を用いた制作において、児童らが出力された作品を持ち帰ることを楽しみにする様子が顕著に観察されたことは興味深い。

亀井らの研究対象が晴眼児童の課外活動であるのに対し、本研究ではカッティングマシンを視覚障害児童の正規の授業内で利用する。図形を描画するプログラムの出力先を画面からカッティングマシンにすることで、視覚に障害を持つ児童が触覚で図形を理解できるようにすることを目的としている。比較的安価な家庭用カッティングマシンを用いた場合においても、単純な図形は 10 秒程度で厚紙を切り抜くことが可能である*1ことから授業時間内で利用しやすい。

3D プリンタと比較しても、①出力速度が圧倒的に速い、②材料が普通の厚紙でよいので材料費が安い、③出力した図形が紙なので折ることができる、といった利点がある。

3. 開発システムの概要

開発システムの構成およびプログラムの実行手順について述べる。

3.1 開発システムの構成

本研究で提案するシステムは、基本的に以下①～④の機器・ソフトウェアから構成される。

- ① QR コードと命令（点字・墨字）を貼ったブロック
- ② 読み取った QR コード（Turtle Graphics のソースコード）から SVG ファイルを生成するウェブサービス
- ③ QR コードを読み取るための PC とバーコードリーダー

*1 ただし USB メモリを経由したデータの転送時間を含めると 1～2 分程度かかる。

④ カッティングマシン

なお、①を本稿では以下「命令ブロック」と呼ぶ。

3.1.1 命令ブロック

命令ブロックの例を図 2 に示す。

命令ブロックの作成にあたり、おもちゃのブロックとして市販のアーテックブロックを採用している。類似品でも基本的に問題ないが、アーテックブロックは他のブロックと比較し、命令ブロック同士を結合したときにばらばらになりやすく扱いやすいという特徴がある。

命令ブロックに貼られた QR コードは UCB Logo の Turtle Graphics に準拠したソースコードとなっている。QR コードのシールはテプラで作成している。

命令ブロックに貼る点字は、Scratch（日本語）の表記を参考にしつつ、できるだけ簡潔な言葉になるよう配慮した命令文である。なお、点字シールは「点字ラベラー BL-1000 LINK」を用いて作成している。

さらに晴眼者の教員がわかり易いように点字の元の文字もテプラで作成して貼っている。Scratch のように、ブロックの色も命令のタイプごとに分けている。



図 2: 命令ブロックの例

3.1.2 プログラミング教材例

本システムにおいて、図形を描くためのサンプルプログラムを図 3 に示す。(a) の命令ブロックの QR コードを読み込んだものが (b) の Turtle Graphics のソースコードである。命令ブロックを組み立てる際には図 3 (a) のように範囲（スコープ）を意識してブロックをずらしてはめ込むことを想定している。

3.1.3 SVG ファイルとは

画像ファイルのフォーマットは「ラスタ形式」と「ベクタ形式」の 2 種類に分けられる。SVG (Scalable Vector Graphics) はベクタ形式の画像フォーマットの一種である。ラスタ形式の画像がピクセルごとに色情報を持つのに対し、ベクタ形式の画像は座標の情報や計算で画像を生成する。HTML を標準化している W3C が策定しており、中身は図 4 のような XML ベースのテキストファイルである。

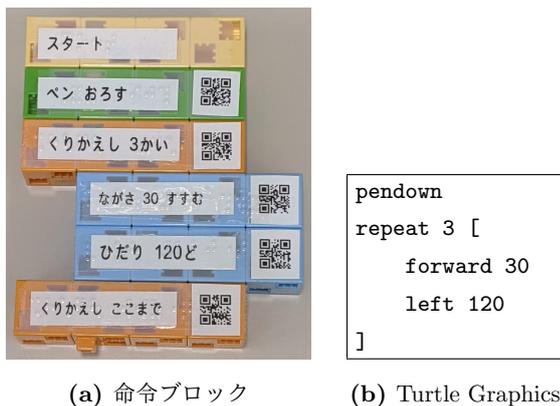


図 3: サンプルプログラム

```
<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
  <g stroke="black" stroke-width="1">
    <line x1="0" y1="0" x2="30" y2="0" />
    <line x1="30" y1="0" x2="30" y2="30" />
    <line x1="30" y1="30" x2="0" y2="30" />
    <line x1="0" y1="30" x2="0" y2="0" />
  </g>
</svg>
```

図 4: SVG ファイルのソースコードの例

3.1.4 変換システム TTL2SVG

TTL2SVG は我々が開発した Turtle Graphics のソースコードを SVG ファイルに変換するウェブサービスである。サーバ側で Ruby で書いた CGI が動いている。

現在は、以下の命令にのみ対応している。

- ペンの上げ下げ : penup, pendown
- ペンの太さの設定 : setpensize
- 直線移動 : forward, back
- 進行方向の設定 : left, right
- 指定座標への移動 : setxy
- 繰り返し : repeat
- 条件分岐 : if~else
- 代入 : make
- 算術演算 : +, -, *, /

3.1.5 カuttingマシンへの出力

安価なカuttingマシンとして、ブラザー工業の ScanNCut CM300 を用いる。このカuttingマシンは、PC から USB メモリを介して SVG ファイルを読み込みカットすることが可能である。また、約 30cm × 30cm の大きさまで出力*2でき、5cm 程度の長さの直線の辺を 8 本カットする場合の所要時間は 10 秒程度である。

3.2 プログラムの実行手順

命令ブロックで作成したプログラムを実行するには以

*2 12 インチマットを使用した場合。

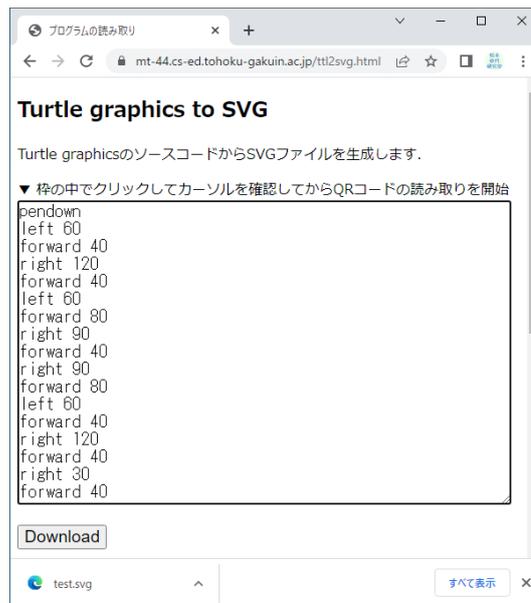


図 5: QR コード読み取り・SVG 生成画面

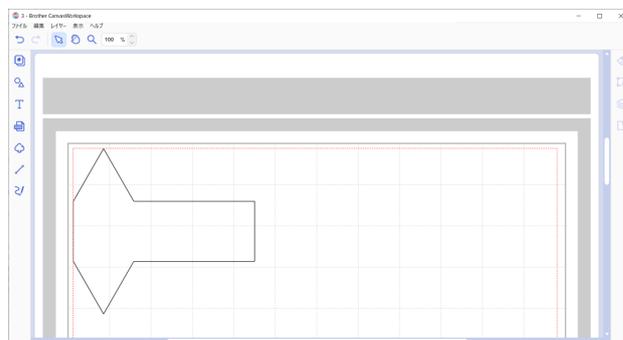


図 6: 生成された SVG ファイル

下の手順で進める。手順 (2) まで進めた状態のシステム画面を図 5 に示す。生成された SVG ファイルを図 6 に示す。

- (1) バーコードリーダーを PC に USB 接続し、本システム (ウェブページ) を開いて入力フォームの中に QR コードを読み込んでいくと Turtle Graphics のソースコードが入力されていく。
- (2) 入力がひととおり終わったら、Download ボタンを押すと SVG ファイルがダウンロードされる。
- (3) カuttingマシンに SVG ファイルを転送する。
- (4) カuttingマシンで図形の線に沿って厚紙を切り抜く。(図 7)

3.3 本システムを用いた授業例

本システムを用いたプログラミングの授業は小学 5 年算数の正多角形に留まらない。本システムの活用が期待できるプログラミングの授業例を以下に挙げる。

- 小学 4 年算数「角の大きさ」(B 分類)
- 小学 4 年算数「立方体の展開図」(B 分類)
- 小学 5 年算数「正多角形と円」(A 分類)
- 小学 5 年算数「角柱・円柱の展開図」(B 分類)

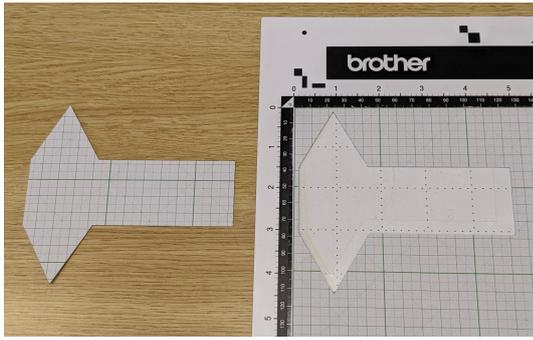


図 7: カuttingマシンで出力したところ

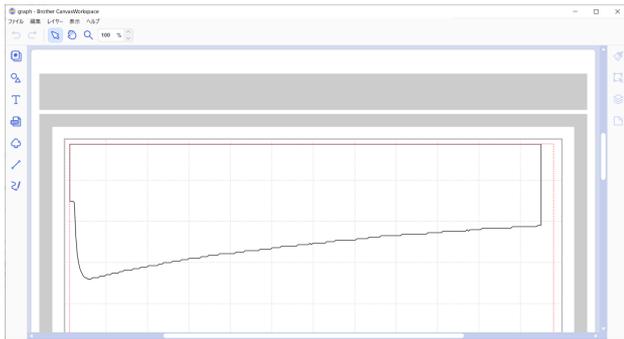


図 8: TTL2SVG で作成した折れ線グラフ

- 小学 6 年算数「拡大図と縮図」(B 分類)
- 小学 4 年理科「もののあたま方」(B 分類)
- 理科「お湯の冷め方」(C 分類)

「角の大きさ」「正多角形と円」「拡大図と縮図」の授業内容については、文献 [5] が参考になる。

展開図の授業内容は独自のアイデアである。出力結果の紙を折ることができるカuttingマシンならではの授業案と言える。なお「拡大図と縮図」においても、図形同士で辺の長さや面積の大きさを重ねたり折ったりして比較できることは、理解を促す効果が期待できる。

また、本システムを用いて折れ線グラフを出力することが可能である。理科では「もののあたま方」など温度の変化を計測する単元があり、たとえば文献 [6] では micro:bit で温度を計測するプログラムを作成することが提案されている。MakeCode (の命令ブロック) を用いてプログラムを作成すると micro:bit の温度センサの値を CSV 形式で保存できるため、それを Turtle Graphics のソースコードに変換し、折れ線グラフとして出力すれば変化量の推移を触覚で確認できる。参考までに、熱した水が冷める場合の温度変化の SVG ファイルを図 8 に示す。なお y 座標の向きが上下逆になるが、出力後の用紙を裏返せば問題は生じない。

4. まとめ

本研究では、視覚支援学校小学部におけるプログラミング教育にカuttingマシンを導入することを想定し、視

覚障害を持つ児童が図形を描くプログラムの作成・実行を実現するシステムを構築した。

今後は、Turtle Graphics に留まらず、micro:bit のセンサから取得したデータを折れ線グラフとして直接出力できるようにするなど使い方の幅を広げ、プログラミング出力装置としての応用例を増やしていく。また、本システムを用いて宮城県立視覚支援学校小学部において実際に授業をおこない、小学部の先生方とともに授業内容の検討をおこなっていく。

謝辞 研究に日頃からご協力いただいている宮城県立視覚支援学校の教職員の方々に深く感謝いたします。

本研究は、学校法人東北学院共同研究助成金の支援を受けました。

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)
- [2] 文部科学省: “小学校プログラミング教育の手引 (第三版)” (2020)
https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf
- [3] Scratch Wiki
<https://en.scratch-wiki.info/wiki/Pen>
- [4] 亀井美穂子, 宮下十有, 加藤良将, 鳥居隆司: “小学生の表現とものづくりにおける ICT の活用に関する考察—放課後クラスでの 3D プリンタおよびカuttingマシン導入—”, 椋山女学園大学文化情報学部紀要, No.18, pp.43-50 (2018)
- [5] Type_T, 堀田龍也: “事例と動画でやさしくわかる! 小学校プログラミングの授業づくり”, 学陽書房 (2021)
- [6] 横川耕二: “理科がもっとおもしろくなる Scratch で科学実験”, 誠文堂新光社 (2021)