

視覚支援学校におけるプログラミング教育に 3D プリンタを活用するシステムの開発

Development of System to Use 3D Printer for Programming Education in Schools for the Visually Impaired

松本 章代[†]

Akiyo MATSUMOTO

菅原 研[†]

Ken SUGAWARA

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いる。すなわち、視覚支援学校小学部の児童もプログラミングを学ぶ必要があるということである。

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。

そこで我々は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た [1]。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 を制御する仕組みである。このシステムは入手が容易な市販製品を組み合わせで作成しており、かつ電子回路などの知識や半田付けなどの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 3D モデルを作成し、3D プリンタで出力することで 2 次元図形を描くシステムを構築する。

1.2 小学校におけるプログラミング教育とは

文科省の「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。

この文科省の手引きでは、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、そのうち学習課程内で実施されるものが A～D 分類である。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」となっており、すなわち教科書内で扱われる対象である。その中の 1 つに「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かく場面」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。



図 1 正三角形を描くプログラムの例

2. 関連研究

プログラムで 3D モデルを作成することを「スク립トモデリング」といい、たとえばモデリングソフトの Blender を利用し Python でモデルの作成をおこなうことが可能である [3]。ただし、Blender や Python の知識・経験がある程度必要であり、未経験者や小学生が容易にできるものではない。

Turtle Graphics は元々 2 次元の図形を描くものだったが、その後 3D Turtle Graphics によって 3 次元の図形を (2 次元のディスプレイに) 描くことができるようになっていた。金田 [4] は 3D Turtle Graphics に基づいた Python のライブラリを開発した。Python のソースコードから G-code¹ を生成して 3D プリンタで出力することを可能にした。

一方、我々の提案するシステムは、2 次元の直線で構成された図形に幅と厚みをもたせることにより、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。本システムは出力装置として熱溶解積層方式の 3D プリンタを想定しており、モデルの厚さを 1mm にすることで短時間 (数分間) で出力可能となることから授業時間内で利用することができる。また、小学生に

[†]東北学院大学教養学部, Tohoku Gakuin University

¹3D プリンタ等の工作機械を制御するための命令

は 3 次元空間の座標を扱うことは難しいと思われるため、2 次元の図形を描画するプログラミングを Scratch のような簡単な命令で提供することに意義があると考えている。

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、基本的に次の項目から構成される。

- 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 STL 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
- ④ 3D プリンタ

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。

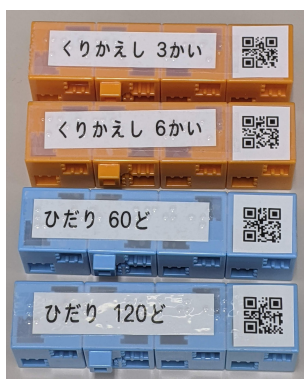


図 2 命令ブロックの例

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。

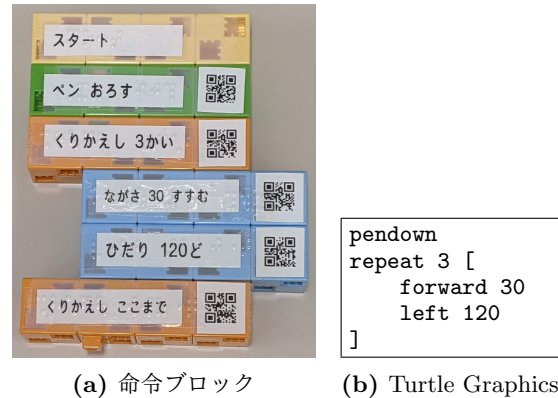


図 3 サンプルプログラム

3.1.3 STL ファイルとは

STL ファイルとは、3D プリンタで用いられるファイルフォーマットの 1 つである。3D モデルを多数の三角形のみで表現するファイル形式であり、三角形の頂点の座標と法線ベクトルによって定義した三角ポリゴンで構成される。

3.1.4 変換システム TTL2STL

TTL2STL は我々が開発した Turtle Graphics のソースコードを STL 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
- 直線移動: forward
- 進行方向の設定: left, right
- 繰り返し: repeat

3.1.5 3D プリンタへの出力

安価な熱溶解積層方式の家庭用 3D プリンタとして、XYZ printing 社のダヴィンチ nano w を用いる。このプリンタは、プラットフォームを取り外すことが可能である。モデル造形完了直後、プラットフォームごとモデルを児童に渡すことで、プログラム作成時の向きとモデルの向きを一致させやすい。また、12cm 四方の大きさまで出力でき、長さ 30mm × 幅 2mm × 厚さ 1mm の辺を 6 本描く場合に印刷にかかる時間は 5 分間弱²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下の手順を進める。手順 (2) まで進めた状態のシ

²材質: PLA, 品質: 普通, 内部充填密度: 10% の場合。



図 4 QR コード読み取り・STL 生成画面

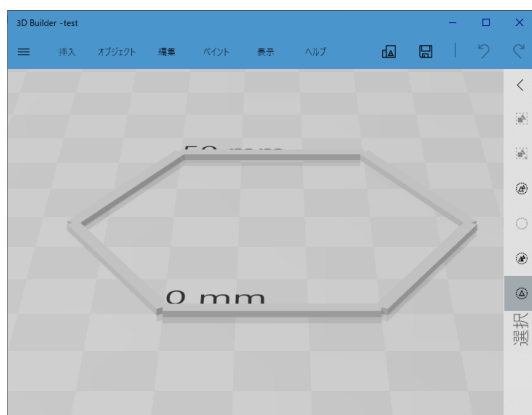


図 5 生成された 3D モデル

システム画面を図 4 に示す。生成された 3D モデルを図 5 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 Tutle Graphics のソースコードが入力されていく。
- (2) 入力がひとつおわり終わったら、Download ボタンを押すと STL ファイルがダウンロードされる。
- (3) 3D プリンタで STL ファイルを出力する。(図 6)

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 5 年算数「正多角形と円」(A 分類)
- 小学 6 年算数「拡大図と縮図」(B 分類)
- 小学 5 年英語「道案内」(B 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。

「道案内」は宮城県立視覚支援学校の先生のアイデアである。「Go Straight.」「Turn right.」「Turn left.」

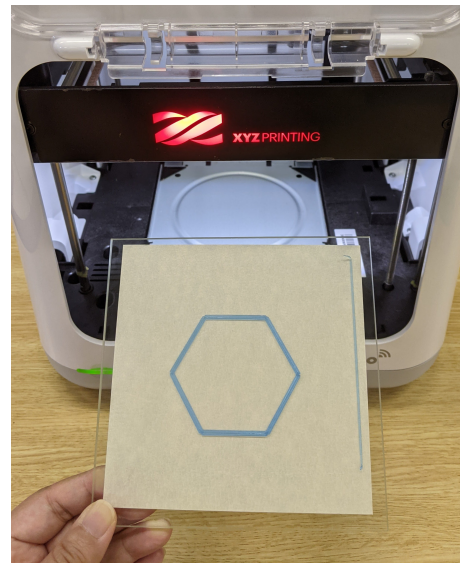


図 6 3D プリンタで出力したところ

の命令を組み合わせて（目的地に移動するための）軌跡を作成する。3D プリンタから出力したモデルを、あらかじめ用意したマップに重ね合わせることを想定している。こうしたアイデアにも、命令ブロック上の点字をこれらの英語表現に置き換えるだけで柔軟に対応可能である。

4. まとめ

本研究では、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、対応する命令（条件分岐や変数など）の種類を増やしていく。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検討をおこなっていく。

謝辞

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。

研究にご協力いただきました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。

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] 大西武: “Blender ユーザーのための Python 入門”, シーアンドアール研究所 (2021)
- [4] 金田泰: “3D プリンタもプログラミングで — draw3dp”, 情報処理, Vol.58, No.6, pp.481-487 (2017)
- [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)