

視覚障害をもつ児童生徒のための移動ロボットを用いた プログラミング教育

Mobile Robot Programming Education for visually impaired students

2021010



研究代表者	福岡工業大学	教授	木室 義彦
共同研究者	福岡工業大学	准教授	山口 明宏
共同研究者	福岡工業大学	助教	家永 貴史

[研究の目的]

急速に情報化社会が進みつつある現在、晴眼者だけでなく、視覚障害者の日常生活にも、PCやインターネットが浸透してきた。身の回りの様々な機器にもコンピュータが搭載されている。コンピュータを過信することなく、その動作原理を理解することが市民の常識の一つとなりつつある。このコンピュータの動作原理を理解するには、プログラミング学習が効果的であり、初学者でも扱えるグラフィカルな教材が作られている。しかし、視覚障害のある児童生徒にとっては、グラフィカルな環境はバリアそのものである。

視覚障害者に対するプログラミング教育の実践例は、いくつか報告されている。しかし、テキストプログラミングが障壁となり、プログラミングの楽しさを伝えるまでに至っていない。一方、国内では、各種ロボコンを始めとして、ロボットを題材とするものづくり教育が盛んに行なわれている。この教育効果が、ロボットの動きの視覚効果によるものなのか、ロボットの操作性によるものかは明らかではない。この視覚情報と操作性に係る部分を明らかにすることで、視覚障害を持つ児童生徒が、コンピュータを楽しみながら学習するための糸口となる(図

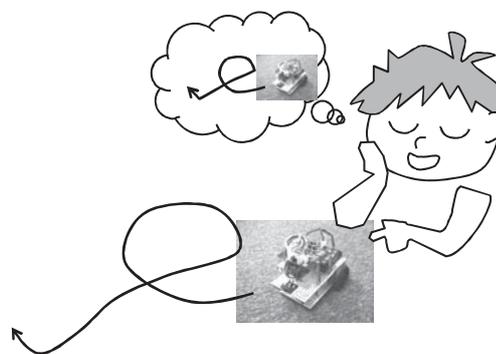


図1 移動ロボットプログラミング

1)。本研究では、視覚障害者でも学習可能なプログラミング教材およびカリキュラムの研究を行う。

[研究の内容、成果]

本研究では、まず、晴眼の児童生徒の利用を前提とした移動ロボット教材を視覚障害のある児童生徒に利用してもらうことで、その教育効果が失われないことを確認した上で、その教材における課題を抽出した。次に、これらの課題を克服する教材とカリキュラムの設計を行なうこととした。開発した教材の有効性を確認するためには、実際に視覚障害のある児童生徒に使用してもらう必要がある。今回の研究では、盲学校教諭の指導を受け、実験授業のためのシラ

バスの設計およびアンケート調査の設計までを行なった。

移動ロボットプログラミング教材の課題抽出

図2は、我々が2005年から初等中等教育における技術教育教材として実験授業に用いてきた自律型2輪駆動の移動ロボットである。プログラム入力用のキー33個をロボット背面に有しており、このロボットのファームウェアを再設計することで、逐次処理、反復処理、条件分岐処理を簡単に実行、学習できるようにしている。

以上の教材を用い、福岡県立福岡視覚特別支援学校にて実施した実験授業の結果を課題抽出に利用した。対象者は、九州地域の全盲または弱視の中学生であり、13名を2クラスに分け、それぞれ90分の授業を行ったものである。実験に用いたロボットは、視覚障害に対する配慮は一切なされていない。ボタン配置は、講師の口頭の説明を通じて暗記することになるが、すべての生徒が、晴眼児童生徒と同様にプログラミングの課題をクリアし、このロボットプログラミング授業を楽しいと回答していた。この実験授業において、参加者の同意を得て、教材に関するアンケート調査を実施した[2]。なお、この実験授業に用いたシラバスや教育効果については文献[1]を参考にされたい。

図3は、アンケート項目の中の5つの結果を示している。それぞれ、5段階順位尺度の主観



図2 キーボード一体型移動ロボット

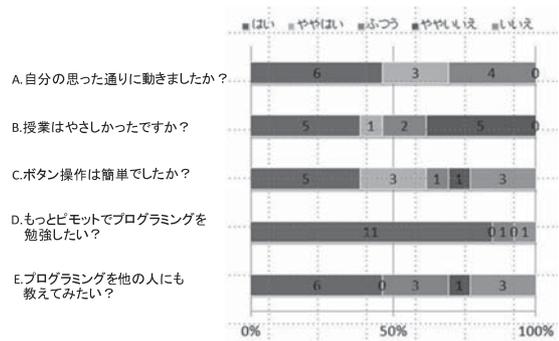


図3 アンケート集計結果 (部分)

表1 スピアマンの検定結果

設問項目の組	相関 ρ	$\rho = 1 - \frac{6\sum D^2}{N^3 - N}$
B C	0.724	
A D	0.694	D: 対応する X と Y の順位差
D E	0.496	N: 値のペアの数

評価で回答してもらった。

それぞれのアンケート項目は、ロボットの操作性と授業の主観的な難易度、自分の知識の習得とこれを他の人に教えたいかに着目したものである。このアンケート項目間の関連を調べるため、スピアマンの順位相関係数を求めた(表1)。この結果、ボタンの配置や操作性が授業の難易度と関係していること(B-C間)、ロボットの操作精度が学習者の意欲と関係していること(A-D間)などが分かった。また、プログラミングへの学習意欲が、学習した内容を他の生徒に伝えたいという意欲につながることも確認できた(D-E間)。また、アンケートの自由回答としても、移動ロボットプログラミングは難しいけど面白い、楽しいという感想と同時に、ボタン配置の暗記が難しい、入力ボタンの読み上げ機能が必要といった改善意見があった。これらの結果から、移動ロボットプログラミングの特徴を活かしつつ、晴眼者も視覚障害者も同じように簡単に扱えるプログラミング教材が開発可能と考えた。

新しい教材とプログラミング環境

前述の通り、実験授業を実施したところ、ロボットプログラミングの実施可能性と教育効果

が確認されたものの、課題も明らかになった。この課題は、A:ハードウェア (HW)、B:ソフトウェア (SW)、C:ユーザインタフェース (UI) の3つの要件に整理できた。

まず、A: HW は、学習者の興味をひくだけでなく、教材の入手性が課題であった。実験授業のみを目的とした特殊な教材ではなく、必要な時に誰もが簡単に入手できるものが望まれた。なお、これまで実験に用いてきたロボット玩具 (図2) は、生産終了している。

B: SW は、対象 HW に依存しない設計である。一度習得したプログラミング I/F が、他の HW にも適用可能な方が望ましい。教育支援に有効な柔軟性のある教育コンテンツが求められる。

C: UI は、プログラムコード入力 of 簡便さである。初心者 of のほとんどがタッチタイプが困難なように、できるだけ簡単な入力環境が求められる。現在、新しい様々な入力 I/F が利用可能になってきているが、現状 of のコミュニケーションツールを考慮すると、PC や携帯電話に共通する I/F を利用した方が簡便と我々は予想した。また、視覚障害に対応し、音声読み上げが求められている。プログラムの内容を音声で読み上げることで学習者の操作ミスが減らす効果につながる。

【HW: 市販ロボット玩具の利用】

プログラミング対象として、市販 of のロボット玩具 KIROBO (MR-9132 イーケイジャパン社) を改造することとした。KIROBO は、これまで我々が使用してきた移動ロボットと同じ、自律型2輪駆動ロボットである。2つの光センサ、2つのタッチセンサの他に、ブザーを搭載している。2種類のセンサはそれぞれ、前方左右と下部に再配置できる。以前のロボットと異なる点は、専用キーボードを有していないこと、マイクロプロセッサ of のファームウェア (FW) を新たに開発する必要があることであった。そこで、メーカーとも協議した結果、ファームウェア開発をオープンソースハードウェア of の

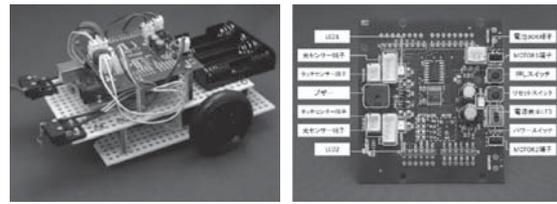


図4 KIROBO 改とモータドライバシールド基板

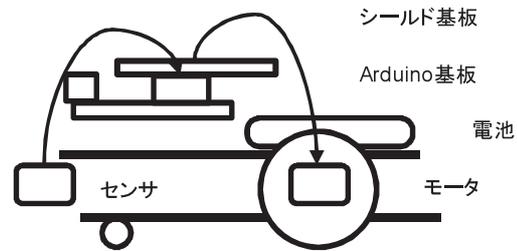


図5 接続構成

Arduino で行なうこととし、KIROBO に搭載されているモータドライバ基板を Arduino 専用のモータドライバシールドに変更し、操作 I/F のみ、別途改良できるようにした (図4, 5)。

【SW: 移動ロボットの命令セット】

新しいプログラミング教材 KIROBO+ Arduino では、少数のキーからなる PC のテンキーパッドでプログラミングする環境を構築した (表2)。

基本命令は、移動ロボットの移動方向および音に関するものである。移動方向と移動量の2語命令であるが、音に関してのみ、命令名と音色、鳴動時間の3語となっている。数字は、すべて0から9の1桁とし、文末の改行キーを不要とした。

表2 移動ロボット KIROBO (改) の命令セット

命令コード			説明
1 語目	2 語目	3 語目	
前進 (FW)	数字	—	単位距離前進
後退 (BK)	数字	—	単位距離後退
左回転 (LR)	数字	—	4=90度
右回転 (RR)	数字	—	4=90度
音 (BEEP)	数字	数字	音種及び回数
FOR	数字	—	0= 無限回
NEXT	—	—	
IF	数字	数字	センサ種と on/off
ENDIF	—	—	

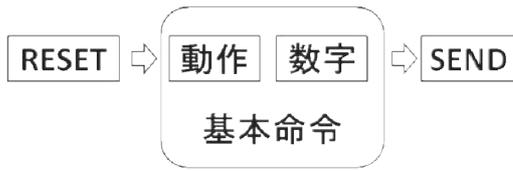


図6 移動ロボットの命令

制御命令は、繰り返し処理と条件分岐である。どちらもブロック構造とし、繰り返しは [FOR] と [NEXT] に囲まれた基本命令列を [FOR] に続く数字の部分だけ繰り返す。条件分岐の条件文はセンサ番号およびセンサのオン・オフの2語で表すことにしている。ロボットは、内部のプログラムをリセットし、その後、基本命令列を入力し、最後に実行キーを押下することで、動作する (図6)。

[UI: テンキーパッドを利用した操作 I/F]

図7は、テンキーパッド配置と移動ロボットの操作命令配置を示している。視覚障害者でも直感的に分かりやすいように、テンキーの [5] キーの凸部を中心として、上に前進 (FW)、下に後退 (BK)、左に左回転 (LR)、右に右回転 (RR)、と覚えやすく設定してある。なお、このキー配置は、後述の XML ファイルで自由に変更可能である。

旧教材での実験授業で要望の多かったキーの読み上げ機能も操作 I/F として実装した。TTS (Text To Speech) ソフトウェアとしては、Microsoft 社の提供する音声合成ソフトを利用している。操作 I/F の読み上げるテキストは、可能な限り、XML ファイルで設定を行えるようにした。これにより、視覚障害のある

Nun Lock	/	*	-				TTS
7	8	9	+	FOR	FW	NEXT	
4	5	6		LR	BEEP	RR	
1	2	3	Enter	IF	BK	ENDIF	SEND
0						RESET	

図7 テンキーパッドとロボット操作命令配置

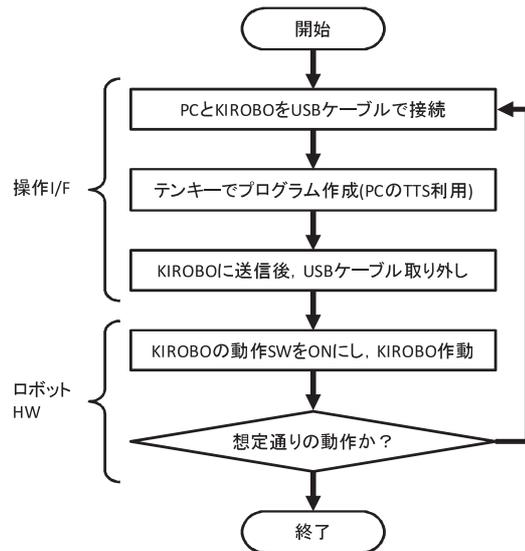


図8 操作手順

児童生徒にとって聴き取りやすく、誤聴の少ないテキスト読み上げとすることができる。また、移動ロボットに限定せず、さまざまなプログラミングキー配置が可能となる。もちろん、TTS の音声データが準備できれば、日本語を母語としない海外の児童生徒も利用可能となる。図8に、移動ロボットプログラミングの操作手順を示す。

点字アンケート作成と模擬実験

以上の教材を用いた授業カリキュラムを作成し、模擬実験を行なった。なお、このカリキュラムは、盲学校および普通校教諭と協力して設計したロボット本体のみで操作するカリキュラムに準拠している。アイマスクを着用した晴眼大学生を被験者とし、視覚障害児を対象としたカリキュラムや点字の説明書により授業を行ない、開発教材の課題抽出を行なった。機材の安全性やコマンド名の誤聴といった課題については、対応可能であることを確認している。以上の結果については、文献 [4] にて発表を行なった。

[今後の研究の方向, 課題]

試作した移動ロボット教材とシラバスに関し

ては、2013年8月と11月に、福岡視覚特別支援学校と北九州視覚特別支援学校にて実験授業を実施する。これにより教材の改良を進めると共に、視覚障害のある児童生徒が、プログラミングの先生役を務めるためには、どのような課題と効果が期待されるのか調査していく予定である。なお、ロボット玩具のベース機材は、メーカーの協力により一般発売が開始されたため(SU-1201 2012/11～)、教材の入手性については、大きく前進した [3]。

[成果の発表, 論文等]

- [1] 木室, 寺岡, 家永, 八木, 沖本, “視覚障害のある中高生のためのロボットを用いたプログラミング教育”, 信学論 D, Vol. J95-D, No. 4, pp.940-947, 2012.
- [2] 江頭, 家永, 木室, “視覚障害をもつ児童生徒のための移動ロボットプログラミング教材”, 計測自動制御学会九州支部大会, pp.225-226, 2012.
- [3] Arduino 専用モータードライバーシールド [SU-1201]
<http://www.elekit.co.jp/product/53552d31323031>
- [4] 江頭, 井出, 寺岡, 家永, 山口, 木室, “視覚障害をもつ児童生徒のための携帯電話 I/F を想定した移動ロボットプログラミング教材”, 電子情報通信学会, 信学技報 WIT2013, Vol. 68, 2013.