

# 視覚障害をもつ児童生徒のための携帯電話を介したロボットプログラミング教育の可能性

代表研究者	木 室 義 彦	福岡工業大学 情報工学部 教授
共同研究者	家 永 貴 史	福岡工業大学 情報工学部 助教
研究協力者	沖 本 誠 司	福岡県立福岡視覚特別支援学校 教諭

## 1 はじめに

現在、様々な機器に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によって人間と機械の調和は促進される。この情報技術の基本的な原理は社会常識の一つであり、プログラミングを通じて体験的に学習することが有用と考えられている[1]。同時に、モノづくり教育の重要性も指摘されている[2]。このような背景から、初学者向けのグラフィカルなプログラミング環境やロボット教材が学校現場などで利用されている[3]-[5]。

このような状況の中、視覚障害者も日常的に情報通信 (ICT) 機器と接する機会が増えていることが報告されている[6][7]。特別な教育ニーズを必要とする児童生徒が適切な教育を受けるためには、対象者への特別な配慮と指導上の工夫が必要であるとされる[8]が、視覚障害のある児童生徒を想定していた教材はほとんどない。特に初学者用教材は、グラフィカルなプログラミング環境が多く、教育機会に格差が生じている。

視覚障害のある児童生徒がプログラミングを学ぶためには、プログラムの入力方法だけでなく、実行結果を確認する方法も問題となる。例えば、スクリーンリーダーや点字ディスプレイを用いたプログラミング言語学習の試みや GUI を触覚や音声に変換するインタフェースの研究開発も行われている[9]-[12]。しかし、プログラミング初学者を対象としたものは少ないのが現状である。

筆者らは、視覚障害を有無に関わらず利用可能なユニバーサルな教育環境を目指し研究を進めている。また、将来的には、視覚障害者と晴眼者とが共に学びあい、教えあう情報技術教育を実現したいと考えている。この考えのもと、筆者らは、キーボード一体型の移動ロボット教材 (図 1) と教育方法を開発し、晴眼の児童生徒だけでなく、視覚障害をもつ児童生徒もプログラミング教育に取り組めることを確認してきた[13]。一方、キーボード一体型の移動ロボット教材は、1) ボタン配置や操作性、2) プログラム入力時のフィードバック、がハードとして固定されており、柔軟性や多様なニーズに対応できなかった。これを解決するためには、「移動ロボット本体」と「プログラミング環境」のそれぞれを出来るだけ柔軟かつ入手容易なものにする必要があると考えた。



図 1 キーボード一体型の移動ロボット教材

## 2 移動ロボットとプログラミング環境を分離したコンピュータ教育教材

### 2-1 学習内容とシラバス

教材開発を行う場合、学習対象や学習内容を決定し、教材を用いた授業を実施するためのシラバスの作成が不可欠である。特に初学者用の教材としては、取り扱う学習内容の絞込みが必要となる。そこで、プログラムの3要素（逐次処理、繰り返し処理、条件分岐）を利用でき、車輪の制御やセンサの利用を可能とするプログラミング環境を実現することとした。また、プログラミングを通じて情報技術の基本的な原理の理解を学習できる教材を目指すこととした。

筆者らは、晴眼児童生徒を対象としては1999年から11年間、視覚障害のある児童生徒に対しては、2010年より現在まで、移動ロボットを用いたプログラミングの実験授業を行ってきた。これまでのところ、実験授業のシラバスは、プログラムの入力方法およびロボットの動作結果の確認方法に若干の違いはあるものの、視覚障害の有無に関わらず、ほぼ同じものを使用することができていた。表1に「移動ロボットで学ぶプログラミング」のシラバスを示す。そこで、これまでの実績をふまえ、同様のシラバスを採用することとした。なお、視覚障害のある児童生徒を対象とする場合、必要に応じて補助教材として、点字もしくは拡大文字で印刷したキーボード配置図を配布している。また、生徒1名に補助者1名をつけ、教材の受け渡しや移動ロボットを見失ったときの補助、講師の説明を聞きもらした時の再説明、教材がうまく動かないときの補助など、生徒が困ったときに的確な支援が可能となるように備えている。

表1 実験授業のシラバス

移動ロボットで学ぶプログラミング	
達成目標	移動ロボットのプログラミングを通じてコンピュータの動作原理を理解する
対象者	視覚障害のある児童生徒
学習項目	
1	導入と機材の確認
a	移動ロボットの構造を触って確認
b	テンキーパッドのボタン配置の確認
c	ロボットのプログラムの実行と動作確認
2	逐次処理
a	前進後退、左右回転
b	命令語とオペランドとの関係
c	演習：Uターン、四角形に周回
3	繰り返し処理
a	繰り返しのある逐次処理
b	繰り返し処理のプログラム方法と無限回の繰り返し
c	演習：繰り返し処理を用いたプログラム
4	条件判断
a	演習：センサを用いたサンプルプログラム、センサの説明と確認
b	条件判断の理解
c	演習：センサに応じたロボットの回転動作
5	応用
	演習：盲導犬ロボットのプログラム作成
	演習：実地走行と考察
6	まとめ

### 2-2 ロボット教材の全体構想

教育教材としては「使いやすさ」や「導入しやすさ」という観点も必要である。従来、「プログラミング環境」は、PC上でプログラムを作成し、それをロボットに転送するものが多かった。しかし、児童生徒が日常的に利用するICT機器は、携帯電話やスマートフォン、タブレットなど携帯端末に変わりつつある。また、近年のクラウド技術の普及にともない、プログラムの実行コードがどこで生成されるかは利用者にとっては

あまり大きな意味をもたなくなりつつある。そのため、どのような機器やユーザインタフェースでプログラムを利用できるかが重要となってきた。このような状況をふまえて、筆者らは、図2に示すロボット教材の構成を提案している。プログラミング環境については、PCあるいは携帯電話、スマートフォンやタブレットなど種類の異なる携帯端末が、有線あるいは無線で接続される。システムの実装方式によって異なるが、それぞれの携帯端末上、あるいはネットワークに接続されたサーバ上で、対象となる移動ロボットが理解できる形式でデータを生成する。移動ロボットは有線あるいは無線経由でプログラムを受け取り、動作する。このような構成を採用することで、学習者の学習段階、利用可能な機器や予算など多様なニーズに対し、柔軟な対応ができるようになる。このような構成をより効果的なものとするためには、命令セットを出来る限り共通化することが望ましい。そこで、次節のように定めた。

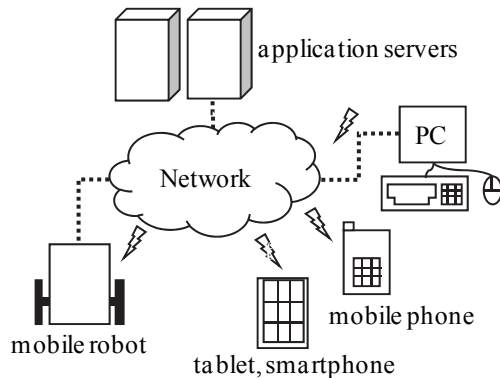


図2 システムの概要

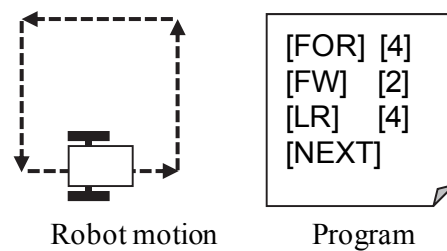


図3 サンプルプログラム

### 2-3 移動ロボットの命令セット

ロボットへの命令は、ロボットの移動とビーブ音に関する5つの基本命令と、繰り返しと条件分岐の制御命令で構成されている(表2)。基本命令では、1から9の1桁の数字で、移動や回転、音を鳴らす時間をパラメータとして指定できる。繰り返し処理では、FORとNEXTに囲まれたブロックを、FORに続く数字の回数だけ繰り返す。条件分岐の条件文では、センサの識別子とセンサの状態(ON/OFF)の2語で表すようにしている。例えば、反時計回りに四角形を描くようにロボットを動作させるには、図3のようなコードを作成することになる。

表2 移動ロボットの命令セット

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	-	単位時間鳴動
FOR	数字	-	0 = 無限回
NEXT	-	-	
IF	数字	数字	センサ種別と on/off
ENDIF	-	-	

## 2-4 プログラムの入力方式

初学者向けの教材の場合、指導者がロボットの専門家ではないことも考えられる。そのため、プログラミングに利用する機器が変わるたびに、その使い方を覚えなおさなければならないというのは教材普及の障害となりうる。そこで、学習者の支援機能などを除いて、プログラムの入力方式も共通化することとした。基本的な入力方式として、PCではテンキーパッド、携帯電話やスマートフォンではダイヤル配置を用いる。ロボットへの動作命令うち、前進や後退、左回転、右回転は「5」キーを中心とした前後左右に配置する(図4)。テンキー配置とダイヤル配置は数字ボタンの並びが昇順か降順かの違いがあるものの、数字そのものではなく、キーの空間的な配置に注目することで、直感的な操作を実現し機器による差異を埋める。制御命令やセンサ命令、入力支援の機能については、空いているキーに配置する。一方、プログラミング環境によっては、日常慣れ親しんだ文字入力方式で、コマンド文字列を直接入力の方が利用しやすいことも考えられる。この場合は、文法やタイプミスへの対応といった入力支援の余地はあるが、機器操作という点では、特別な配慮は必要ないと考えている。

Nun Lock	/	*	-
7	8	9	+
4	5	6	
1	2	3	Enter
0	.		

			TTS
FOR	FW	NEXT	
LR	BEEP	RR	
IF	BK	ENDIF	SEND
		RESET	

図4 テンキーパッド配置と移動ロボットの操作命令配置

## 3. 研究成果

筆者らは、前述のコンセプト(図2)に基づき、「PC+テンキーパッド方式」、「携帯電話+電子メール方式」、「携帯端末+無線方式」の3種類を試作している。このうち、「PC+テンキーパッド方式」の評価、「携帯電話+電子メール方式」と「携帯端末+無線方式」の教材開発については、本助成金の研究成果である。また、これと並行して、全国の盲学校の協力を得て、現時点での盲学校の児童生徒が、携帯端末をどの程度利用しているのか、ロボットやプログラミングについてどの程度興味を持っているのかを調査した。以下、それぞれの詳細について述べる。

### 3-1 「PC+テンキーパッド方式」の評価

「PC+テンキーパッド方式」は、プログラミング環境としてPCとテンキーパッドを利用し、ロボットとはUSBで接続する。移動ロボットは、市販のロボットキット(EK JAPAN:KIROBO)をベースに、CPUボード(Arduino UNO R3)(図5)とモータドライバシールド(MOTOR DRIVER SHIELD)(EK JAPAN:SU-1201)(図6)を追加したものである[14][15]。なお、システムの詳細については、文献[14][15]を参照されたい。

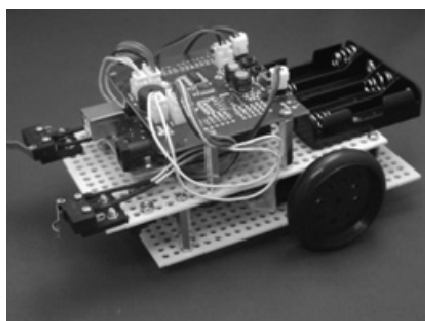


図5 KIROBO + Arduino

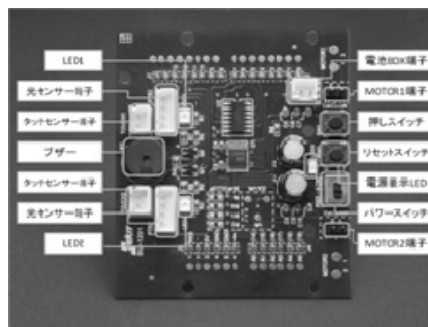


図6 モータドライバシールド基板 (SU-1201)

この開発した移動ロボット教材を用い、福岡視覚特別支援学校（2013年8月29日）および北九州視覚特別支援学校（2013年11月9日）の2回の実験授業を行った。それぞれを実験単位1、実験単位2とする。実験単位1は、当該校の夏季授業、実験単位2は、科学ヘジャンプ in 北九州のワークショップの一つとして実施された。受講者は、実験単位1が男子4名、女子3名の中学生7名（全盲3名、弱視4名）、実験単位2は、北部九州地域の盲学校からの参加者であり、男子5名、女子2名の中学生7名（全盲3名、弱視4名）であった。図7は、その実験風景である。画像の提供および利用許可は、科学ヘジャンプ in 北九州事務局から頂いた。

実験終了後、各受講者に対して対面式の直接聴き取り調査を行った。調査項目は、「A:ロボットの動きの把握状況」、「B:思い通りに動かせたか」、「C:キー配置の分かりやすさ」、「D:ロボットプログラミングの難易度」、「E:今後のプログラミング学習への意欲」、「F:授業の難易度と長さ」、「G:今回行ったプログラムを先生として他の人に教えたいか」であり、それぞれ5段階主観評価として受講者に回答してもらった。表3はその集計結果である。なお、実験単位1と実験単位2は、被験者は異なるがU検定により実験単位間に差がないことを確認している。文献[13]と同様、今回開発した「移動ロボット本体」と「プログラミング環境」が、視覚障害がある児童生徒でも容易に楽しく利用できることが確認された。



図7 実験風景（北九州視覚特別支援学校実験）

表3 アンケート集計結果(実験単位1および2)

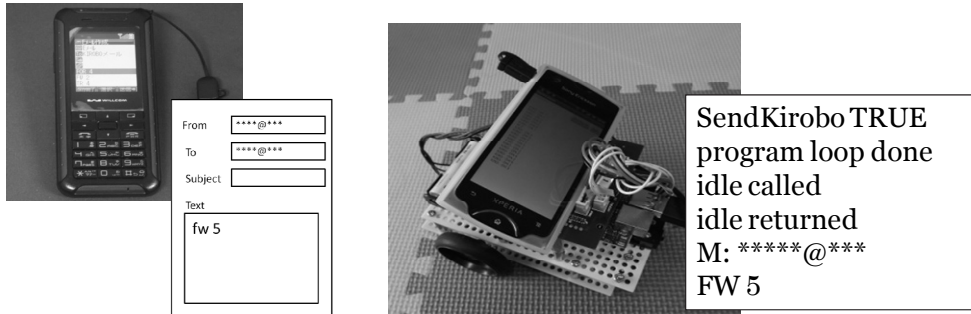
アンケート項目	5	1	平均
A:ロボットの動きは確認できましたか?	はい	… いいえ	4.64
B:思い通りに動かせましたか?	はい	… いいえ	3.79
C:キー配置の分かりやすかったですか?	はい	… いいえ	4.29
D:ロボットプログラミングは簡単でしたか?	はい	… いいえ	2.79
E:これからプログラムの勉強をしたいと思いましたか?	はい	… いいえ	4.36
F:授業は難しかったですか?	はい	… いいえ	3.08
G:プログラムの先生になって他の人に教えたいですか?	はい	… いいえ	3.79

### 3-2 「携帯電話＋電子メール方式」の教材開発

「携帯電話＋電子メール方式」では、プログラミング環境として、電子メールアプリケーションを利用する。ユーザは、電子メールが利用可能な自分の携帯電話や携帯端末のキーパッドを用いて、ロボットのコマンド文字列を入力する（図8(a)参照）。この際、音声ガイドといった入力支援は、電子メールアプリケーションに依拠する。ユーザが作成した電子メールは、各ロボットに割り振られた電子メールアドレスに、外部のMTA（Message Transfer Agent）経由で送信される。

一方、ロボットキットとモータドライバは「PC＋テンキーパッド方式」と同じ市販品を利用した。CPUボードについては、Arduino ADK及びそれにUSBで接続されたAndroid端末（Galaxy, OS 4.1.2）を用いた。Android端末は、外部のIMAP（Internet Message Access Protocol）サーバに、各ロボットに割り振られた固有のメールアカウントで接続し、メールを受信する。さらに、このメールを構文解析し、ロボット本体に

送信することで、ロボットが動作するという仕組みである[15]。メール受信の状況やコマンドの構文解析状況の音声ガイドは、Android 端末が行う。この方式の場合、電子メールが利用可能なすべての ICT 機器でロボットプログラミング実験が可能となる。なお、今回はメールアドレスとして Gmail のものを利用した。実装状態を図 8 に、プログラミングの処理フローを図 9(a) に示す。



(a) 携帯電話メール作成画面 (b) Android 端末搭載 KIROBO

図 8 「携帯電話＋電子メール方式」システム

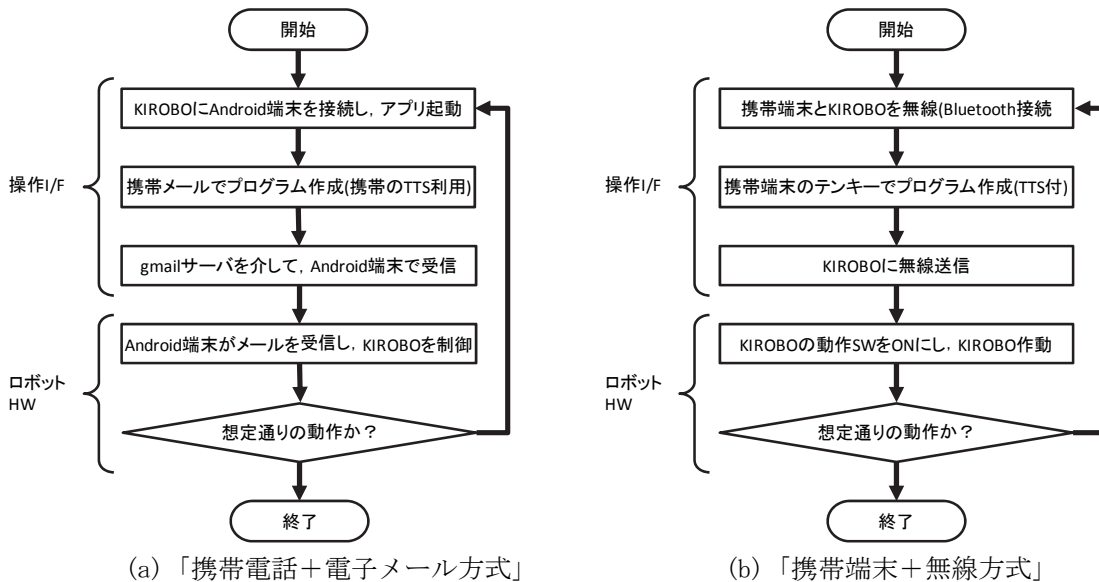


図 9 ロボットプログラミングの処理フロー

### 3-3 「携帯端末＋無線方式」の教材開発

「携帯端末＋無線方式」のシステム全体の構成と開発した教材の写真を図 10 に示す。また、処理の流れを図 9(b) に示す。

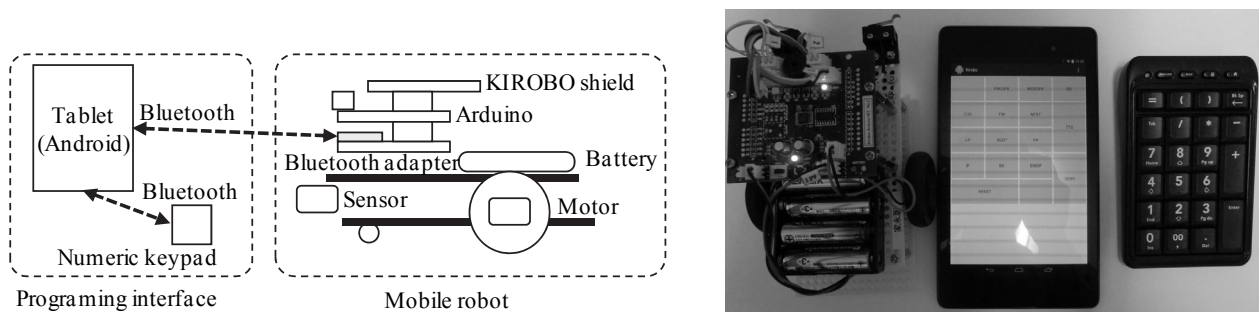


図 10 「携帯端末＋無線方式」システム構成と実際に開発した教材外観

「PC+テンキーパッド方式」では、ロボット教材の課題の一つである入手性への対応として、ベースとなるロボットキットをはじめ、ハードウェアは全て市販品でまかなっていた。「携帯端末+無線方式」においても、ロボットキットとモータドライバは「PC+テンキーパッド方式」と同じものを使い、CPUボードのみ同じArduinoファミリのもの（Arduino Pro 328 3.3V版）を用いた。携帯端末からの無線通信には、Bluetoothを採用した（ADC Technology:ZEAL-C02）。今回、CPUボードとBluetoothアダプタの接続基板のみ自作したが、Arduinoの普及状況を考えると、早晚、同等の機能をもった製品が出てくると期待している。

図11及び図12は、Androidタブレット（Google Nexus7, OS4.0以上）で実装された画面遷移と、実際の表示画面である。プログラミングは、画面をタッチして行うことができる。タッチパネルのみで物理キーパッドをもっていない携帯端末の場合、このままでは全盲の生徒は利用できない。そのため、携帯端末に無線接続されたメカニカルなテンキーパッドを用いることで、利用できるようにしている。また、「携帯電話+電子メール方式」など、他のプログラミング環境を利用することも選択肢の一つとなりうる。この他、視覚障害のある学習者への支援機能としては、キー入力時の音によるフィードバックのほか、テキスト音声合成による入力キーやプログラムの読み上げ機能を実現している（図12(a)TTS, MODSPK, PRGSPK）。これらにより、学習者が現在置かれている状況を、視覚情報を利用せずとも把握することが可能となった。

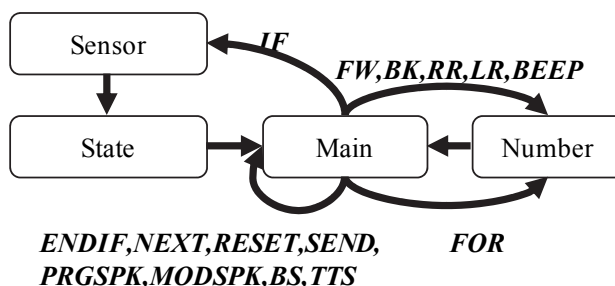
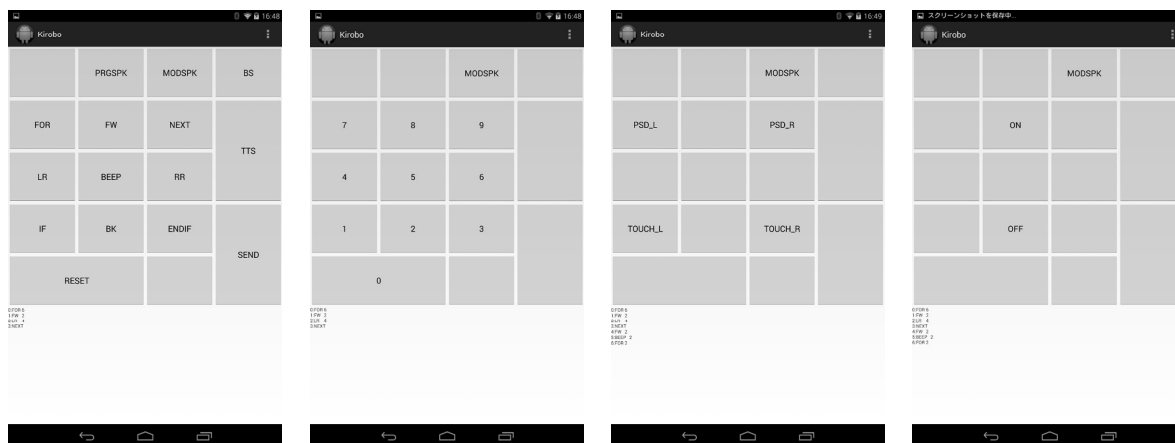


図11 プログラム入力画面の状態遷移



(a) メイン画面

(b) 数字画面

(c) センサ画面

(d) センサ状態画面

図12 プログラミング I/F のスナップショット

### 3-4 視覚障害のある児童生徒をとりまく IT 環境の調査

#### (1) 目的と方法

本研究では、プログラムの入力環境が携帯端末に移行すると予想して、ロボット教材の開発を行っている。そのため、視覚障害のある児童生徒が、これらの携帯端末をどの程度利用しているのかが重要である。アンケート調査の目的は、視覚障害のある生徒において、ロボットやプログラミングに興味を持つ人がどの程度いるか、携帯端末をどの程度所持しているかといった現状を明らかにすることであった。2013年12月、全国の盲学校69校に対して郵送方式のアンケート調査を行った。アンケートの趣旨等の説明は、同封した書面において行った。なお、アンケート用紙は、点字（墨字併記）版、拡大文字版、通常文字版の3種類を準備し、児童生徒ができるだけ独力で個々に回答できるように試みた。また、開発中のロボット教材や実験風景を紹介するために、濃淡画像に応じて凹凸を生成するカプセルペーパーを用い、触図と同様、児童生徒が触って確認できるようにした。

#### (2) 結果

2014年3月15日現在で47校557名の回答が得られた。回答者の内訳は、小学生59名、中学生94名、高校生240名、専攻科47名、視覚障害のある教員83名、学齢記入漏れ34名であった（表4）。他に晴眼教員と保護者178名の回答があった。なお、以降の集計結果では、集計対象の項目が欠損値となっている場合、集計対象から除外している。

表4 回答者の内訳

	合計	弱視	全盲	未記入
小学生	59 (10.6%)	32 (54.2%)	27 (45.8%)	0
中学生	94 (16.9%)	65 (69.1%)	28 (29.8%)	1
高校生	240 (43.1%)	173 (72.1%)	64 (26.7%)	3
専攻科	47 (8.4%)	38 (80.9%)	9 (19.1%)	0
教諭	83 (14.9%)	51 (61.4%)	32 (38.6%)	0
学齢未記入	34 (6.1%)	20 (58.8%)	8 (23.5%)	6
合計	557 (100%)	379	168	10

#### (a) プログラミングおよびロボットへの興味

プログラミングおよびロボットに興味があるかという質問に対する回答結果を表5に示す。なお、この結果では、盲弱の違いはほとんどなかったため、総数のみ示している。小学生全体では、プログラミングに興味のない児童が多く、視力の状況によらず8割をこえる生徒から興味がないという回答が得られた。一方で、中学、高校と学齢が上がるにつれて、視覚の状況によらず興味をもつ生徒の割合がやや多くなった。教員においては48.2%（83名中40名）となっている。一方、ロボットに興味のある児童生徒の割合は、視力の状況によらず、小中高共に5割を超えていた。

表5 プログラミングおよびロボットへの興味

	プログラミングに興味がある	ロボットに興味がある
小学生	10 (16.9%)	30 (50.8%)
中学生	32 (34.0%)	54 (57.4%)
高校生	114 (47.5%)	140 (58.3%)
専攻科	16 (34.0%)	29 (61.7%)
教諭	40 (48.2%)	55 (66.3%)

#### (b) 携帯端末の所持状況

アンケートから得られた携帯端末（携帯電話、スマートフォン、タブレットのいずれか）の所持状況を表



6に示す。弱視の生徒については、小学生で5割、中高生では7割以上の生徒が携帯端末を所有していることがわかる。一方、全盲の生徒の場合、小学生で2割弱、中学生で6割、高校生で8割が所持している。一方、スマートフォンやタブレットの所持については、各学齢共、弱視の児童生徒の所持率が比較的大きくなっている(表7)。視力の状況の違いがあるが、携帯電話やスマートフォンが日常的な電子機器として広く普及していることがわかる。

表6 携帯電話の所持(一部スマートフォンを含む)

	合計		弱視		全盲	
小学生	20	(33.9%)	15	(46.9%)	5	(18.5%)
中学生	68	(72.3%)	50	(76.9%)	18	(64.3%)
高校生	208	(86.7%)	155	(89.6%)	53	(82.8%)
専攻科	44	(93.6%)	35	(92.1%)	9	(100.0%)
教諭	75	(90.4%)	47	(92.2%)	28	(87.5%)

表7 スマートフォンやタブレットの所持

	合計		弱視		全盲	
小学生	5	(8.5%)	5	(15.6%)	0	(0.0%)
中学生	29	(30.9%)	28	(43.1%)	1	(3.6%)
高校生	105	(43.8%)	93	(53.8%)	11	(17.2%)
専攻科	22	(46.8%)	22	(57.9%)	0	(0.0%)
教諭	30	(36.1%)	20	(39.1%)	10	(31.3%)

### (3) 考察

アンケートにおけるロボットとプログラミングに対する興味の程度を考えると、小中高生に対してプログラミングに興味を持たせるためにロボット教材を用いることは有効である可能性が示唆されたと考えている。ただし、プログラミングへの興味は小中高と学齢が上がるにつれて増えることから、学齢に応じたレベルのプログラミング学習が適していると思われる。また、中高生以上を対象と考えた場合、プログラミング環境として携帯端末を用いることは、生徒の約7割が携帯端末を所持していることを考えると妥当だと考えられる。ただし、携帯端末の所持状況は、全盲と弱視では所持率が異なっている。視覚情報を全く利用できない全盲の小中学生にとっては、携帯端末が使いにくいという現状を示唆しているのかもしれない。「電子機器を使う際に不便だと感じる点について教えてください」という質問に、自由記述で回答してもらった結果からは、「タッチパネルの使いづらさ」、「文字の大きさや画面の配色」、「音声ガイドの内容の不足」といったユーザインタフェースに関する点が不便な点としてあげられていた。プログラミングを通じたコンピュータ教育を行う上でも、適切なユーザインタフェースを備えることが教材として必要不可欠であると考えられる。

今回の教材では、「物理キーボードの利用」、「キー入力時のフィードバック機能」など、使い勝手に関する機能を実現しており、これらが入力支援として有効である可能性を示唆していると考えられる。

## 4 まとめと今後の課題

視覚障害のある児童生徒を対象とした移動ロボットと携帯端末を用いたコンピュータ教育教材について研究開発を行なった。また、全国の盲学校の協力のもと、小中学生のロボットやプログラミングに対する興味、携帯端末の所持状況についてアンケート調査を行い、全数調査ではないもののその傾向を示すことができた。さらに、アンケート結果にもとづいて、開発した教材についての考察を行い、携帯端末を利用するロボット教材が妥当であるとの感触を得た。今後は、開発した教材を用いた実験授業などを通じた評価が必要であるとともに、視覚障害をもつ児童生徒がコンピュータ教育やプログラミング学習をうける機会が増えるような、仕組みの創出が必要だと考えている。

## 謝辞

ロボットプログラミング実験授業においては、受講者や保護者の皆様、福岡県立視覚特別支援学校や北九州視覚特別支援学校をはじめとする関係者の皆様など、多くの方に御協力頂いた。また、アンケート調査にあたっては、全国の盲学校の生徒、保護者、職員の皆様をはじめ多くの方に御協力頂いた。その他、移動ロボットのハードウェアについて、モータドライブシールドの市販化など、株式会社イーケイジャパンの協力を得た。ここに改めて深く御礼申し上げる。

## 【参考文献】

- [1] 安浦:情報技術を社会常識にするためには、情報処理, vol.40, no.1, pp.47-49, 1999.
- [2] 村松:中学校段階におけるロボット学習の展望, 日本ロボット学会誌, vol.27, no.9, pp.967-970, 2009.
- [3] 紅林, 兼宗, 岡田, 佐藤, 久野:画面を飛び出したオブジェクト:自立型ロボットを活用した情報教育の提案, 情報教育シンポジウムシリーズ, vol.2002, no.12, pp.77-84, 2002.
- [4] 井戸坂, 兼宗, 久野:中学校における自立型制御ロボット教材の評価と授業 -新学習指導要領の「計測・制御」授業に向けて-, 情処学コンピュータと教育研報, vol.2010-CE-103, no.22, pp.1-7, 2010.
- [5] 甲斐, 木室, 坂口, 安浦:情報社会に生きる小中学生のための計算機の動作原理の教育, 情処学論, vol.43, no.4, pp.1121-1131, 2002.
- [6] 渡辺, 宮城, 南谷, 長岡:視覚障害者のパソコン利用状況調査 2007, 信学技報, WIT2008-2, 2008.
- [7] 宮城, 渡辺, 南谷, 長岡:視覚障害者のインターネット利用状況調査 2007, 信学技報, WIT2008-3, 2008.
- [8] 池谷:すべての視覚障害児の学びを支える視覚障害教育の在り方に関する提言, 視覚障害教育ブックレット, vol.15, pp.80-87, 2011.
- [9] 長岡:重度視覚障害者による Java プログラミングの可能性, 筑波技術短期大学テクレポート, vol.12, pp.21-25, 2005.
- [10] 駒田, 山口, 川根, 鈴木:音声インターフェースと触覚ディスプレイを組み合わせた視覚障害者の新たな科学情報利用環境, 信学技報, WIT2005-45, 2005.
- [11] 金子, 大内, 岡本:グラフィック出力に特化した点字プリンタの改良, 第 31 回感覚代行シンポジウム, pp.101-105, 2005.
- [12] 島田, 篠原, 清水, 下条:触覚 GUI 装置の補正方法および触地図への応用, 日本バーチャルリアリティ学会第 10 回記念大会論文抄録集, p.39, 2005
- [13] 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.
- [14] 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, 第 31 回計測自動制御学会九州支部学術講演会, pp.225-226, 2012.
- [15] 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, 信学技報, vol.113, no.77, WIT2013-4, pp.19-24, 2013.

## 〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
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	信学技報, vol. 113, no. 77, WIT2013-4, pp. 19-24	2013/6