

ロボットプログラミングの遠隔教育について

On Remote Education for Robot Programming

Caoduc Hoan*・端倉 弘太郎**・Md Abdus Samad Kamal**・山田 功**

群馬大学理工学部* 群馬大学大学院理工学部**

本研究では、ロボットプログラミングの遠隔教育について検討する。プログラミング教育は、2013年6月に成長戦略として「日本再興戦略—Japan is BACK—」を閣議決定されてから、重要な課題となった。IT教育の機会均等を図るには、プログラミングの遠隔教育が有効であると考えられる。さらに、COVID-19の影響で、集団教育を極力回避せざるを得ない現在の状況でも、遠隔教育の有効性が期待できる。しかしながら、プログラミングを視覚的に確認できるロボットプログラミングを遠隔教育するのは、対面教育を行ったときの教育効果を維持することを考えたとき、それほど簡単でない。本研究の目的は、遠隔でロボットプログラミング教育を行う効果的な2つの遠隔教育方法を提案することであり、実証実験結果とアンケート法を用いて、その有用性を検証する。

キーワード：STEM教育，ロボットプログラミング，遠隔教育，遠隔コミュニケーション

1. まえがき

本研究では、ロボットプログラミングの遠隔教育について検討する。プログラミング教育は、2013年6月の成長戦略「日本再興戦略 Japan is BACK」の閣議決定において、重要な教育課題に位置付けられた（日本経済再生本部（2013））。この戦略では、2010年代中に1人1台の情報端末による教育の本格展開に向けた方策を整理し、推進するとともに、デジタル教材の開発や教員の指導力の向上に関する取組を進め、双方向型の教育やグローバルな遠隔教育など、新しい学びへの授業革新の推進が謳われている。さらに続く、高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT総合戦略本部（2015））では、「情報資源立国」となるためのIT人材とその育成のための環境の整備や国民全体の情報の利活用力を向上させるための教育環境の充実が必要であるとの方針が提示されている。ここでは、発達段階に応じた情報教育、及び学習環境の充実（ソフト・ハードを含む）の重要性、特に、初等・中等教育段階におけるプログラミングに関する教育の充実に努め、ITに対する興味を育むとともに、ITを活用して多様化する課題に創造的に取り組む力を育成することの重要性とその実現に向けた取組の強化が示されている。

プログラミング教育は、初等・中等教育段階では、家庭内環境、地域の環境により左右される傾向にあ

る。すなわち、プログラミング教育において、地域差、家庭差により、学ぶ機会が異なることになり、機会均等の観点からは大きな問題である。さらに、COVID-19の影響で、緊急事態宣言が2020年4月7日出されたことにより、それ以降緊急事態宣言が解除されるまで、対面形式のプログラミング教育が難しくなってきた（内閣官房（2020））。これらの時代的な要請から、プログラミングの遠隔教育に注目が集まっている。

プログラミングの遠隔教育は、地域差による機会均等の格差を埋めるには、良い方法であろう。しかしながら、対面教育と同じ教育効果が得られるとは限らない。プログラミング教育の効果に関しては、多くの研究者から検討されている（中谷ら（2002）、ミッチェル・レズニック（2012）、清水亮（2020）、市川伸一（1994））。レズニック（2012）は、(1) 粘り強く前に進む方法、(2) 複雑な問題をひもとく方法、(3) 粘り強く前に進む方法、(4) 物事を深く理解する方法、(5) 他の人と協力して物事を進める方法に、プログラミング教育の効果があると主張している。清水（2020）は、(1) 論理的な物事の考え方、(2) 情報を適切に分類し活用する方法、(3) 最小の手間で正確な仕事をこなすための思考方法、(4) 知らない人と知恵を共有する方法を身につける効果があると指摘している。このような、対面方式でプログラミングを学習することで得られる効果を失うことのない遠隔教育法

を考える必要がある。

また、対面教育では、ヒトは情報を能動的に探索しながら、情報を創り出す存在である(野嶋(2002))ことに注意を払いながら行う方法である。対面教育において、指導者と学習者の相互コミュニケーションは、さまざまな形で互いに情報を作り出そうとしているプロセスになっているところに意義がある。

これらのことから、遠隔でプログラミング教育を行う際に、プログラミングの知識を身に付けさせるだけでなく、相互コミュニケーションによって互いに情報を作りだしながら、学習者の能動的な試行錯誤ができる環境を構築する必要がある。また、論理的思考に基づいて問題に取り組むような環境(山本ら(2016))を併せ持つ必要がある。

本研究の目的は、できるだけ家庭内環境、地域の環境に影響されないように、上記の疑問、問題点を解決し、遠隔でロボットプログラミング教育を行う方法を提案することである。まず、遠隔教育によるロボットプログラミング教育の方法を二つ提案する。二つの方法を行い、実証実験を行い、その有用性を検証する。遠隔教育ということで、セキュリティのことに関しても、あわせて検討している。本論文の構成は、以下のようになっている。まず、2節では対面形式でロボットプログラミングを学習することで得られる効果を失うことなく遠隔教育を行う方法を提案する。3節では、実証実験についてまとめる。4節では、実証実験で得られた結果についてまとめる。5節では、実証実験の結果を考察する。6節で本研究をまとめる。

2. 遠隔教育の方法の提案

ここでは、ロボットプログラミングの対面教育の利点を損なわずに遠隔教育を行う方法を提案する。

プログラミングの基礎を学習しながら、学習したプログラミングの知識を使いながら、これまで体験したことのない課題に、学習者が主体的に学習する教育現場を考える。

このような教育現場において、対面教育をする場合には、指導者と学習者は、相互コミュニケーションによって互いに情報を作り出す。指導者は、

- (1) 学習者の進捗状況を確認する;
 - (2) 学習者の主体的な問題解決を援助する
- というステップに沿って指導する。一方、学習者は、
- (3) 指導されたプログラミングについて理解する;

- (4) ロボットプログラミングの課題を理解する;
 - (5) 課題に対するロボットプログラムを試作する;
 - (6) 試作したプログラムを用いて実際にロボットを動かしてみる;
 - (7) ロボットが予想どおりの動きをしなければ、どのようにプログラムを変えたら課題を解決できるのか検討し、必要に応じて(5)に戻る
- というステップに沿って学習する。以上の各ステップ(1)-(7)で、相互コミュニケーションによって互いに情報を作り出すことができれば対面教育と同等の効果を得ることができる。

本研究で検討する問題は、上記の各ステップで、相互コミュニケーションによってお互いに情報を作り出すことができるよう、遠隔教育の方法を検討することである。提案する遠隔教育の方法は、リモートデスクトップとWeb会議システムを併用した方法(方法1)とWeb会議システムのみを用いた方法(方法2)である。この2つの方法においては、図1の共通した設備を用いる。学習者にはインターネット環境が整ったパソコンで作業してもらい、指導者は学習者とやり取りを行うパソコンに加えて、ロボットの動作状況を学習者に提示するためのカメラを用いロボットプログラミング教育を行う。

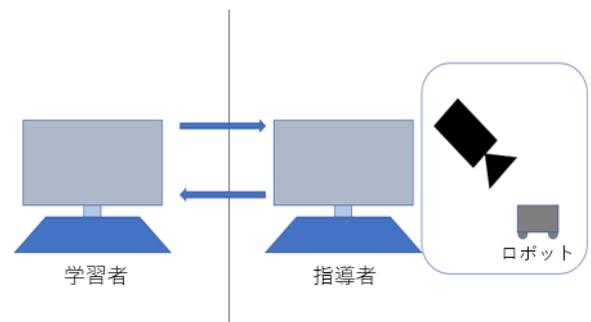


図 1 実証実験における設備

2.1. リモートデスクトップとWeb会議システムを併用した方法(方法1)

ここでは、リモートデスクトップとWeb会議システムを併用した方法(方法1)を説明する。リモートデスクトップとは、あるコンピュータのデスクトップ画面を、ネットワークを通じて他のコンピュータに転送して遠隔から操作することであり、Web会議システムとは遠隔地点の相手と音声通信やビデオ通信によるコミュニケーションを実現するシステムである。このリモートデスクトップとWeb会議システ

ムを併用した方法の概略を図2にまとめる。ここで、学習者がA地点にいて、指導者がB地点にいるものとする。ロボットプログラミング用ソフトウェアは、B地点にある指導者側のコンピュータにインストールをするものとする。この方法は、学習者の家庭内環境、地域の環境といった様々な学習環境に影響をうけないよう、例えば学習者がコンピュータを持っていない場合、学習者がコンピュータを持っていたとしてもハードウェアのスペックが低い場合であっても学習できるよう、学習者がリモートデスクトップを用いて、指導者がいるB地点にあるコンピュータ上でプログラムを作成することができるという特徴がある。また、遠隔教育で重要となる相互コミュニケーションによってお互いに情報を作り出すことができる方法として、Web会議システムを採用している。

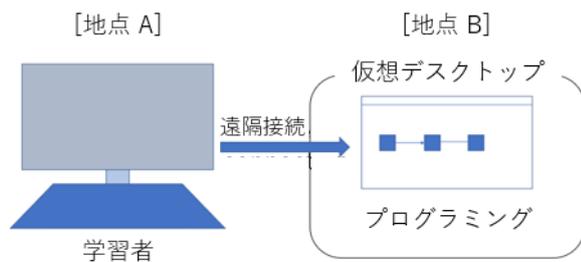


図2「方法1」の概略図

学習者が作成したプログラムの動作確認は、図2のように行われる。すなわち、

- (1) 学習者が作成したプログラムは、指導者がいるB地点のコンピュータ上にある。
- (2) 指導者は、B地点のコンピュータ上にあるプログラムを実行する。
- (3) 指導者がロボットの動きをカメラで撮影し、学習者が、ロボットの動きを確認する。

といった手順で行われる。このように行くと、学習者がロボットを持っていない環境でも学習できるという利点がある。

2.2. Web 会議システムを用いた方法 (方法2)

ここでは、Web会議システムを用いた方法（方法2）を説明する。Web会議システムを用いた方法の概略を図3にまとめる。方法1と同様、学習者がA地点にいて、指導者がB地点にいるものとする。学習者のコンピュータにロボットプログラミング用ソフトウェア

をインストールしてもらう。学習者は、学習者のコンピュータ上でプログラムを作成する。この方法は、学習者の環境に影響を受けるものの、ネットワーク環境の影響を受けにくい方法である。遠隔教育で重要となる相互コミュニケーションによってお互いに情報を作り出すことができることは、Web会議システムを用いることにする。

学習者が作成したプログラムの動作確認は、図2のように行われる。ただし、2.1節で述べた方法とは、幾分異なる。すなわち、以下のように行われる。

- (1) 学習者が作成したプログラムは、学習者がいるA地点のコンピュータ上にある。
- (2) 学習者は、Web会議システムのファイル転送機能を使い、A地点にあるコンピュータのプログラムをB地点にあるコンピュータへ送る。
- (3) 指導者は、B地点のコンピュータ上にあるプログラムを実行する。
- (4) 指導者がロボットの動きをカメラで撮影し、学習者が、ロボットの動きを確認する。

以上のように行くと、学習者がロボットを持っていない環境でも学習できるという利点がある。また、方法1と方法2では表1のような違いが存在する。

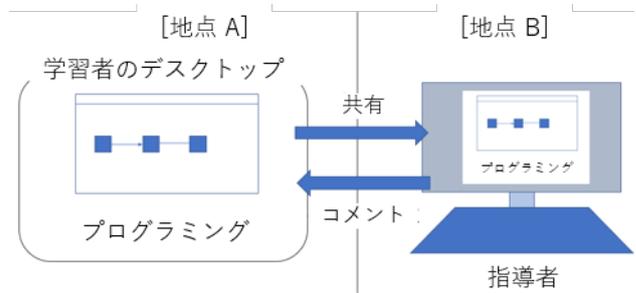


図3「方法2」の概略図

表1 方法1と方法2の違い

	方法1	方法2
状況確認	自身のパソコンにて直接確認	ZOOMによる画面共有にて確認
状況確認の頻度	常に確認できる	画面共有時のみ
指導人数	一人のみ	複数人可能
指導方法	プログラム作成過程で指導	完成したプログラムを用いて指導
プログラム作成	学習者と指導者	学習者のみ

3. 検証

ここでは、2. で提案した方法の有用性を検証するために、実証実験を行った結果をまとめる。

3.1. 設備

今回行った実証実験において、方法1のリモートデスクトップソフトウェアは「Any Desk」を用いた。

「Any Desk」は様々なプラットフォームに対応し、モバイルアプリケーションではApple iPhone, Androidに対応し、またパーソナルコンピュータではWindows, Linux, MacOSといったオペレーティングシステムに対応している。これにより、学習者側が選べる教育端末の幅が広がり、より多くの学習者の環境に対応することができる。また、「Any Desk」はデスクトップのリモート操作だけでなく、ファイルの転送なども可能であるため、学習者側に配布用スライドなどの転送にも活用することができる。「Any Desk」のサーバーは非対称暗号技術RSA2048を用いた接続、銀行業界標準のTLS1.2を用いた不正アクセスの防止にも努めているため、セキュリティ面においても安全であるといった利点がある（Any Desk HP）。

ただ、「Any Desk」といったリモートデスクトップソフトウェアを用いると、指導者側のコンピュータのハードディスクにあるファイルを、学習者が自由に読み書きできるようになるという問題がある。これは、「Any Desk」はデスクトップを遠隔で操作することを目的としているため、ある意味仕方ないことである。ただし、実用上問題になることが多い。この問題すなわち、学習者が指導者側のコンピュータ内のデータにアクセス制限をつける問題を解決するためには、仮想デスクトップのソフトウェアを用いると良い。仮想デスクトップとは、仮想化ソフトウェアを用い、サーバー上に複数の仮想マシンを稼働させ、そこで利用者ごとにデスクトップ環境を動かすことをいう。仮想デスクトップを用いると、学習者がアクセスする図1のB地点にあるコンピュータ上に仮想デスクトップを作成することができる。その際、B地点のコンピュータの一部(仮想デスクトップで指定された領域)の範囲でしかファイルの読み書きができないことになり、学習者が指導者のコンピュータのハードディスクにあるすべてのファイルにアクセスできるという問題が解決できる。

今回の実証実験では、仮想デスクトップのソフトウェアとして「VirtualBox」を採用した。「VirtualBox」は様々なOSのデスクトップが仮想的に創造でき、その仮想デスクトップ内で独立した作業が可能となる。Web会議システムとしては、「Zoom」を用いた。

「Zoom」は現在各大学においてオンライン授業で利用されているミーティングソフトウェアであり、複数人間の会話や1人が複数人に向けて発信する点において優れている。また「Zoom」にもファイル送受信を行う機能を持つので、指導者、学習者間のファイルの送受信を「Zoom」で行うことができる。また、「Zoom」には、画面共有機能があり、指導者が操作しているコンピュータのディスプレイ画面を学習者に見せたり、逆に学習者が操作をしているコンピュータのディスプレイ画面を指導者に見せることができたりするのでコミュニケーションを取るのに役立つ。さらに、共有画面にペンで描くことのできる注釈機能やチャット欄があり、指導者、学習者相互の相互コミュニケーションの役に立つ。また、方法2のWeb会議システムは方法1と同様の「Zoom」を用いた。

次に、方法1のリモートデスクトップとWeb会議システムを併用した方法と方法2のWeb会議システムそれぞれの方法で、指導者側に必要な設備と学習者側に必要な設備をまとめる。

方法1のリモートデスクトップとWeb会議システムを併用した方法で、指導者側と学習者側に必要な設備をまとめる。学習者が必要な設備は、インターネットに接続できるコンピュータ（Windows, Linux, MacOSといった「Any Desk」が動作する環境）またはスマートフォンである。コンピュータの場合には、できれば相互コミュニケーション用にマイクがある便利である。一方、指導者側に必要な設備は、インターネットに接続できるコンピュータ（Windows, Linux, MacOSといった「Any Desk」が動作する環境）である。さらに、相互コミュニケーション用にマイク、ロボットの動作を学習者に見せるためのビデオカメラ、またはビデオ機能を持つデバイスが必要である。なお、指導者側で2台のコンピュータ、リモートデスクトップを動作させるコンピュータとWeb会議システムを動作させるコンピュータを用いると、コンピュータの負荷を分散させることができる。このことは、学習者でも同様である。

方法2のWeb会議システムを用いた方法を用いた方法で、指導者側と学習者側に必要な設備をまとめる。

る。学習者が必要な設備は、インターネットに接続できるコンピュータである。やはり、できれば相互コミュニケーション用にマイクがある便利である。一方、指導者側に必要な設備は、インターネットに接続できるコンピュータである。さらに、相互コミュニケーション用にマイク、ロボットの動作を学習者に見せるためのビデオカメラ、またはビデオ機能を持つデバイスが必要である。

方法1のリモートデスクトップとWeb会議システムを併用した方法と方法2のWeb会議システムそれぞれの方法で必要となる設備を比べてみる。方法1の方が、学習者が必要となる設備は、要求が幾分低いのに対し、指導者が必要となる設備は、指導者側のコンピュータでリモートデスクトップソフトウェア「Any Desk」とロボットプログラミング用ソフトウェアを同時に動作させる必要があるため、メモリー量、速度の速いCPUを使わないと実用的でないという意味で、要求が幾分高くなるといえる。コンピュータの負荷の低減を行うには、先に述べた、2台のコンピュータを用いて対応することもできる。

3.2. 対象学習者と指導者

遠隔教育によるロボット教室に参加したのは、高校生7名である。7名をランダムに3名と4名の2グループに分けた。3名のグループには、2.1で述べた方法1で、4名のグループには、2.2で述べた方法2で行った。また、方法2のグループでは2人を1グループとして共同でロボットプログラミングを行ってもらい、課題にて用いるプログラムも2名で1つとした。

方法1で行う3名のグループには、3名の指導者を配置し、マンツーマンで行った。また、方法2で行う4名のグループには、2名の指導者を配置し、一人の指導者が2名の学習者を指導する体制を取った。

3.3 実証実験内容

ロボット教室で使用したロボットは、図4のLEGO Mindstorms EV3を用いた3輪ロボットである。ロボットプログラミングソフトウェアはLEGO Mindstorms EV3ソフトウェアを用いた。

実証実験のスケジュールを表1にまとめる。実証実験は、1日間とし、午前、午後と実施した。まず、事前アンケート、スケジュール説明、課題の説明をおおむね30分程度使用した。学習者がロボットプログラ

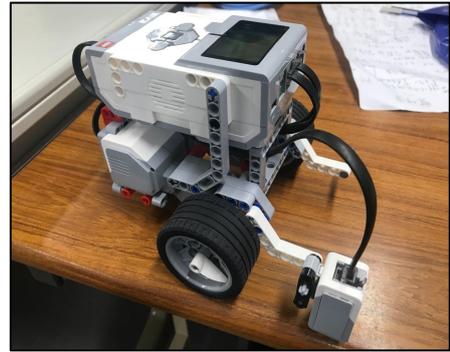


図 4 使用したロボット

表 2 実証実験スケジュール

作業	時間
事前アンケート	30分
スケジュール説明	
課題の説明	
プログラミング	90分
休憩	30分
プログラミング	210分
競技	30分
終わりに	30分

ミングを行っていたのは、午前中90分、午後210分、合計300分である。その後、課題をどの程度解決できたかを競う競技を行った。

学習者のロボットプログラミングの課題を表2にまとめる。課題1は、ロボットをまっすぐ進ませることを学習し、課題2は、ロボットを正確に回転させることを学習する課題である。ロボットが図4のように中心に重心がないため、同じ入力を左右のモータに加えたとしても、まっすぐは走らないことに注意する。同様にロボットを正確に回転させることも難しいことに注意する。課題3から課題5は、ライントレースの課題である。光センサーを1つしか使用しないという制約のもとで行わせた。また、課題3はほとんど楕円型のマップにてライントレース、課題4は回転半径が小さい部分を多く含んだマップにてライントレース、課題5はトレースラインが交差している部分および途中でラインが途切れている部分が存在するマップにてライントレースを行わせ、課題が進むごとにロボットのライントレース能力の精度がより高くなるようにマップを用意し、難易度を「初級」「中級」「上級」と設定した。

4. 実証実験の結果

4.1. 課題の達成状況

合計300分のプログラミング時間で、課題1から5までの課題に対して、学習者がどの程度課題が達成できたかをまとめる。課題1から課題5に対する達成度をそれぞれ表3から表7にまとめる。表3から、すべての学習者が精度高くロボットを直進させることができていることがわかる。また、表4から、ロボットをその場で回転させることに学習者が苦労していたことがわかる。これは、ロボットを直進させることは、かなり高精度でロボットを動かすことができていたのに対し、回転は、それほどでもないことからわかる。表5から表7までから、ライントレースをするだけの時間が取れなかったことがわかる。

表 3 課題

課題	課題	評価点
1	1メートル先にある壁に直進し、手前1cm以内にて停止	どれだけ壁に近づけるか
2	その場で50回回転した後、に停止	回数の正確性、回転中心のズレ（回転中心のズレは1cmを1point、回転数の差異は1回転を1pointとして換算）
3	ライントレース（初級:）	ライントレースにかかった時間
4	ライントレース（中級）	ライントレースにかかった時間
5	ライントレース（上級）	ライントレースにかかった時間

表 4 課題の達成状況

		課題1(壁からの距離)	課題2(回転数, 中心からのズレ)	課題3(タイム)	課題4(タイム)	課題5(タイム)	課題2の換算点
方法1	学習者A	1cm以内	58回転, ズレ2cm	記録なし	記録なし	記録なし	10point
	学習者B	1cm以内	37回転, ズレ30cm	記録なし	記録なし	記録なし	43point
	学習者C	1cm以内	49.5回転, ズレ11cm	41秒	記録なし	記録なし	11.5point
方法2	学習者D & E	2cm以内	42回転, ズレ11cm	記録なし	記録なし	記録なし	19point
	学習者F & G	1cm以内	60回転, ズレ4cm	記録なし	記録なし	記録なし	14point

4.2. 学習者からのアンケート結果

学習者には、遠隔教育の初めに事前アンケートを行い、遠隔教育が終わってから事後アンケートを行ってもらった。ここでは、事前アンケート、事後アンケートの結果をまとめる。

事前アンケートでは、主に本実証実験に参加した学習者が、ロボットプログラミングの経験を有しているかを知るために、以下のことを調査した。

(事前1) 日頃どれくらいコンピュータを使うか

- (a) 日常的に使う
- (b) 時々調べ事をする程度
- (c) 学校の授業で使うくらい
- (d) ほとんど触れたことがない

(事前2) 過去にこのようなロボットに触れる機会はどれくらいあるか

- (a) 5回以上
- (b) 2～3回
- (c) 1回
- (d) なし

(事前3) ロボットプログラミングについてどれくらい知っているか

- (a) 熟知している
- (b) 大まかな内容は知っている
- (c) 少し知っている
- (d) あまり知らない

(事前4) ロボットにどれくらい興味があるか

- (a) 将来はロボット関係の職に就きたいほど興味はある。
- (b) 頻繁にロボットのことを調べるくらいに興味がある。
- (c) 少し興味がある。

上記の事前アンケート1から4までの結果をそれぞれ図5から図8にまとめる。実証実験に参加した学習者には、以下の特徴があることが読み取れる。

日頃どのくらいコンピュータを使いますか？

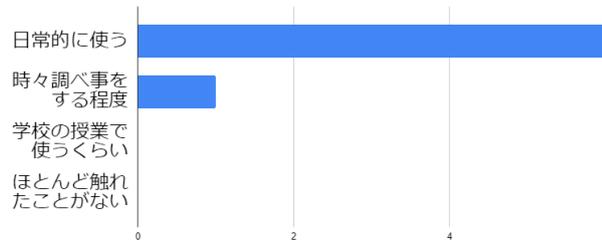


図 5 事前アンケート 1

過去にロボットに触れる機会がありましたか？

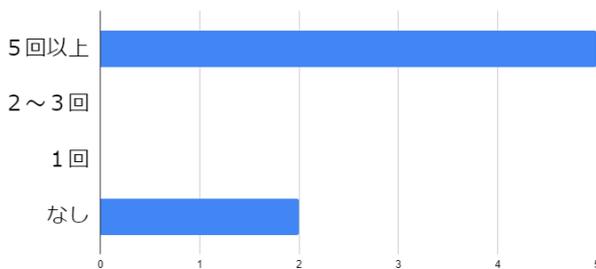


図 6 事前アンケート 2

ロボットプログラミングについてどのくらい知っていますか？

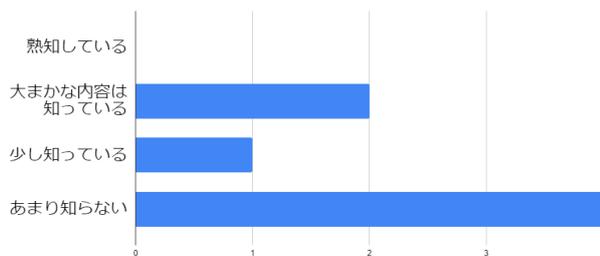


図 7 事前アンケート 3

ロボットにどれくらい興味があるか

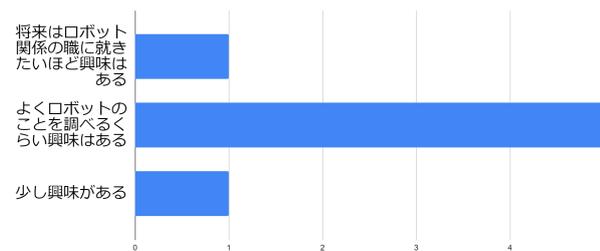


図 8 事前アンケート 4

- (1) 図5から、パソコンの操作が全くできないということがない。
- (2) 図6から、大部分の学習者は過去に、ロボット教室に参加していたことが分かった。しかし、その中でもロボット教室に初めて参加する学習者も少数存在した。
- (3) 図7と (2) から、ロボット教室には多く参加しているが、ロボットプログラミングについての理解が少ない学習者が存在している。
- (5) 図8より大部分の生徒は他の学生以上のロボットへの関心があり、将来的にもロボットにかかわりたいと考えている学生が存在した。

学習者に対する事後アンケートでは、方法1、方法2の方法で、指導者と学習者が相互コミュニケーションによって互いに情報を作り出そうとすることができているかを知るために、以下のことを調査した。

(事後1) アシスタントの説明はどうでしたか

- (a) とてもわかりやすかった
- (b) まあまあわかりやすかった
- (c) 少しわかりにくかった
- (d) わかりにくかった

(事後2) アシスタントに相談しやすかったですか

- (a) 気軽に相談できたと思う
- (b) 少し恥ずかしかったが相談できた
- (c) 恥ずかしさがありあまり相談できなかった
- (d) ほぼ受動的に動いてしまった

(事後3) 一番近く感じたものをお答え下さい

- (a) プログラミングについて深く理解した
- (b) 遠隔でロボットを動かせるのが新鮮だった
- (c) 遠隔でやりとりするのが大変だった

(事後4) 今回の遠隔ロボットプログラミングに関して、改善して欲しい点など、自由に記述してもらう

この事後アンケートの質問事項事後1から事後3までのアンケート結果をそれぞれ図9から図11にまとめる。図9、図10から、方法1、方法2ともに学習者と指導者の相互コミュニケーションに支障はないことが明らかになった。図7、図10から、学習者は遠隔教育にてロボットプログラミングを行う際に感じるストレスを感じるよりも、遠隔教育によるロボットプログラミングを楽しみながら、理解を深めることができていることがわかる。

アシスタントの説明はどうでしたか？

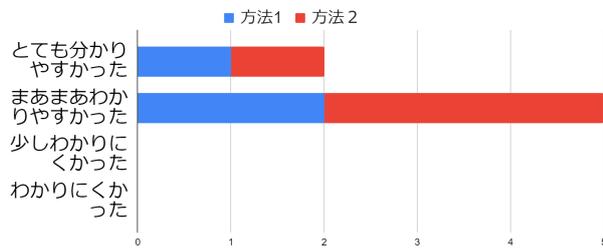


図 9 事後アンケート 1

アドバイスなどを行ったと思いますが、相談できやすかったですか

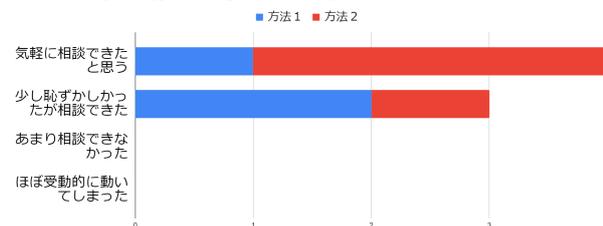


図 10 事後アンケート 2

一番近く感じたものをお答えください

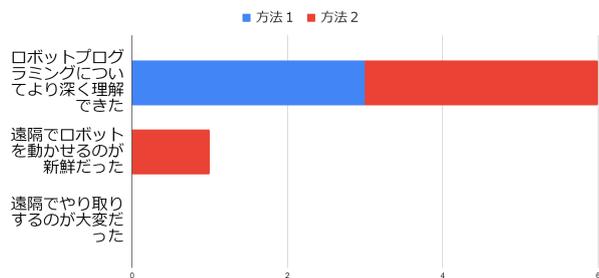


図 11 事後アンケート 3

次に事後4の質問に対して述べる。

方法1については次のような回答が得られた。

- (1) 指導者がいる位置によっては、電波が弱くなることがあり、動作の様子があまり鮮明に映らなかった。
- (2) 頻繁に回線が切れることがあり、効率よく作業ができなかった。

方法2については次のような回答が得られた。

- (1) カメラの映像がスムーズに動かなかった。
- (2) 共有された画面がカクカクしてロボットの動きが確認しにくかった。
- (3) マイクの音が途切れたり、他の人と音声干渉したりした。

- (4) これはWeb会議システム「Zoom」の問題だと思うが、複数の人の話し声が入ると、音が聞こえなくなってしまうところが、少しだけ大変だった。別のWeb会議システムのソフトウェアを使うのも一つの手かなと思った。

4.3. 指導者へのアンケート結果

実証実験の最後に、指導者に以下のアンケートを行い、提案方法について調査した。質問では、(指導者1)自身が担当した方法(方法1, 方法2のいずれか)の利点、欠点を自由に記載してもらった。

方法1の利点について次の回答を得た。

- (1) 場所の制約がない
- (2) 直接会う必要がない
- (3) プログラミングにのみ専念できる
- (4) 学習者にきめ細かな指導ができる
- (5) 学習者と一緒にプログラミングができる

方法1の欠点について次の回答を得た。

- (1) 指摘時はカーソルしか使用できない
- (2) 学習者の表情などからの状況把握がしづらい

方法2の利点について次の回答を得た。

- (1) 場所の制約がない
- (2) プログラミングにのみ専念できる
- (3) 直接会う必要がない
- (4) 学習者にきめ細かな指導ができる
- (5) 学習者と一緒にプログラミングができる
- (6) 複数人の学習者を担当するため、アドバイスの共有が可能

方法2の欠点について次の回答を得た。

- (1) ロボットの試走状況の伝達が難しい
- (2) ロボットのエラー解決に役立つ情報が動画のみという点にある。
- (3) 学習者の表情を通じた状況把握がしづらい

以上のアンケート結果から、指導者の立場からも方法1, 方法2ともに、相互コミュニケーションによって互いに情報を作りだすことができていることが明らかになった。何度もロボットを試走させている様子があり、その様子を伝える困難さがあるが、学

習者の能動的な試行錯誤ができる環境を構築できていることがわかった。なお、ロボットの試走状況の伝達が難しい点に関しては、ロボットを試走させている様子を一度ビデオで録画し、録画したビデオを見せるようにすると、鮮明にロボットの動作を学習者に伝えることができることが、後の補足実験により明らかになっている。

5. 考察

ここでは、実証実験を通し、遠隔教育によるロボットプログラミングについて考察する。

表4の課題の達成状況を見ると、課題3以降において急激に達成者数が減少している。これは、プログラミングの出来不出来という点よりも、プログラムの調整のために十分な時間を割けなかったことがより大きな原因と考えられる。

事前アンケートの結果より、実証実験における学習者の大多数は、ロボット教室に何度か参加経験があり、初めてロボット教室に参加された学習者はすくなかった。全学習者とも全課題は達成できなかったが課題2まで完了し、初参加者でもロボット教室の参加経験の多い学習者と同じ課題まで達成することができた。このことより本研究を適用した遠隔ロボット教室を実施することは学習者の経験を問わず可能であり、ロボットプログラミング教育として活用できることを示唆している。

次に遠隔教育として提案した方法1を用いた時の効果と方法2を用いた時のそれを比較する。3節で述べた課題達成状況を比較すると、全学習者が課題2まで完了している。課題の達成度において方法1と方法2に教育効果の差は発見できなかったが、「図10 事後アンケート」において方法2を用いた場合の方が気軽に相談できたと感じた学習者の割合は大きかった。これは方法2では学習者と指導者の作業が独立しているため学習者は能動的に行動しやすいという環境が影響していると考えられる。学習者が受動的であるよりも能動的であった方が質問は気軽にできる。したがって方法2を用いた場合の方が学習者を能動的な行動を引き出せると考えられる。そして、「4.3 指導者のアンケート結果」において方法1では「学習者と一緒にプログラミングができる」という利点、方法2では「アドバイスの共有が可能」という利点を確認され、それぞれ固有の利点を確認できた。また、事後アンケート4にて学習者から寄せられた回答とし

て「回線が不安定」「周囲の音が入る」があったことから方法1と方法2の共通の問題点として回線状態による影響が大きく、周囲の環境により学習者が快適にロボットプログラミングを行えるかが大きな問題として考えられ、指導者側のパソコンのパフォーマンスに加え使用するネットワークの強度にも考慮する必要があると考えられる。

6. あとがき

本研究では、遠隔でロボットプログラミング教育を行う2つの方法を提案し、実証実験結果とアンケート結果によりその有用性を検証した。研究では、遠隔でロボットプログラミング教育を行う2つの方法を提案し、実証実験結果とアンケート結果によりその有用性を検証した。提案方法を用いると、ロボットプログラミングの経験の有無にかかわらず学習者はロボットプログラミングを学ぶことができ、さらに対面形式でロボットプログラミングを学習することで得られる効果を失わないことが明らかになった。今後の研究課題としては、より大規模な教室の実現性などがあげられる。最後に、重要なご指摘を頂きました査読者の方々に感謝する。

参考文献

- 日本経済再生本部 (2013) 日本再興戦略 JAPAN is BACK, https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf (参照日 2020.6.22).
- IT総合戦略本部 (2015) 世界最先端IT国家創造宣言, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20150630/siryou1.pdf> (参照日 2020.6.22).
- 内閣官房 (2020) 新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言の概要, https://corona.go.jp/news/news_20200421_70.html (参照日 2020.6.22).
- 山本利一, 本郷健, 本村猛能, 永井克昇 (2016) 初等中等教育におけるプログラミング教育の教育的意義の考察, 教育情報研究, Vol.32, No.2, pp.8-9.
- Any Desk ホームページ (2020) <https://anydesk.com/ja> (参照日 2020.6.22).
- 中谷多哉子, 兼宗進, 御手洗理英, 福井眞吾, 久野靖 (2002) オブジェクトストーム: ブジェクト指向言語による初中等プログラミング教育の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.6, pp.1610-1624.

- ミッチェル・レズニック (2012) 子ども達にプログラミングを教えよう, TED, https://www.ted.com/talks/mitch_resnick_let_s_teach_kids_to_code/transcript?language=ja (最終閲覧日 2020.7.17).
- 清水亮 (2020) 教養としてのプログラミング講座 増補版, 中央公論新社, 東京.
- 市川伸一 (1994) コンピュータを教育に活かす: 「触れ, 慣れ, 親しむ」を超えて, 勁草書房, 東京.
- 野嶋栄一郎 (2002) 教育実践を記述する—教えること・学ぶことの技法, 金子書房, 東京.