

オンライン型ロボットプログラミング学習の実践と可能性

*水谷好成・**鷗川義弘

Practice and Possibility of Online Robot Programming Learning via Network

MIZUTANI Yoshinari and UGAWA Yoshihiro

概要

新型コロナウイルスの感染拡大によって実施が難しくなった対面型学習を代替するために、実物の教材や機器を使用する実習を伴うオンライン遠隔型学習としてロボットプログラミング学習を検討・試行した。遠隔型学習に適用しやすいPCのみで学習できるプログラミング学習から始め、PC以外の教材としてmicro:bit(マイコンボード)とアーテックロボ1.0(ロボット学習キット)を郵送する方法(または学内で受け取る方法)で学習者に渡すことによって、段階的な学習進行を考慮したロボットプログラミング学習をオンライン遠隔学習として実現することができた。学習者の状況把握やトラブル対応の難しさはあったが、CGIによる質問・要望システムの併用などの工夫によって遠隔学習指導をしやすくすることができた。対面型学習と同等以上の学習効果を出すためには資料提供方法の更なる工夫は必要になるが、授業の目的や学習対象者に応じて学習内容を選択して実施することができる。感染拡大の終息の見通しが無い不安定な学習環境が継続する状況下では、遠隔型で対応できる学習方法の開発は重要になってくるといえる。

Key words : ロボット学習, プログラミング, オンライン型学習, micro:bit

I はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大によって令和2年4月7日に政府による緊急事態宣言が出され、それに応じて全国各地で感染拡大を防ぐための対応がなされた(文部科学省, 2020)。埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県・大阪府・兵庫県及び福岡県が緊急事態宣言対象地域として指定された後、4月16日に対象地域が全都道府県に拡大された。結果として、5月6日までの1カ月間、春期休業期間が延長となり令和2年4月の対面型学校行事は中止された。学校に通う児童・生徒・学生等の学びを停止させないために、Webで学習環境を提供できる遠隔学習方式(NHK for School等)を利用する様々な取り組みがなされた。その後、

自宅からの移動範囲が比較的狭い小・中・高等学校では、感染者の発生に留意しながら、徐々に対面型授業が開始された。その一方、都道府県をまたぐ移動制限がされたこともあり、自宅からの移動範囲が広域で、かつ、一つの教室に多人数が集まる学習形態である大学は遠隔型学習によって対応した。映像・音声による学習資料を提供するオンデマンド型学習は学校外授業や授業内の補助教材として利用されており、都合の良い時間帯に繰り返し学習できるため計画的学習に有効である。特別な機材が不要な知識伝達が主体の講義型授業に対し、実験・実習機材を使用する遠隔型学習の実施は容易ではない。動画による実験・実習の擬似的学習は可能だが、動画の視聴だけでは自身で実験・実習を行う難しさや成功体験を感じさせることはできな

* 技術教育講座

** 教員キャリア研究機構

い。そのため、前期後半・後期まで対面型授業の実施を延期するか、遠隔型で学習指導できる内容に変更して授業する選択を迫られた。実習系授業が多い技術教育では、これまで大学で実施していた対面型授業を遠隔型授業として可能な限り代替する方法を検討して実施することにした。また、コンピュータ制御をテーマとした教員免許状更新講習は、中止を選択するのではなく、遠隔型講習として実施できる方法を検討して内容を修正して実施することにした。

情報関係学習ではPCとWeb環境の利用で実施できる学習も多い。そこで、宮城教育大学の前期授業開始前の4月段階に画像処理・図形処理アプリケーション学習を大学のビデオ会議システム(Google Meet)を用いる遠隔型学習を試行した。この勉強会の実施でPCのみを使ったプログラミング学習の遠隔型指導の手掛かりは得られたが、大学の授業ではマイコンボードやロボットキットなどの実体のある教材を制御する学習まで扱う必要があった。ビデオ会議によるPCアプリケーション学習の試行と並行して、対面型と同様の学習環境を構築して遠隔型学習を実現することを目指して、小型の学習機材(教材)を自宅の学習者(小学生)に郵送してビデオ会議システムを併用するオンライン学習として実施する電気関連の科学工作教室を企画し、試行しながら改良を進めた(水谷・木村, 2020a; 2020b)。これらの試行的な取り組みを進めながら、大学の学部・大学院学生を対象にした授業および教員免許状更新講習の情報関係学習を遠隔型学習として実現するための検討を行った。最終的に、郵送可能な小型教材として小型マイコンボードやロボットキットを用いた学習を組み合わせる段階的な遠隔型プログラミング学習を実施することができた。ここでは、遠隔型プログラミング学習の実践結果を示し、導入的プログラミング学習・マイコンボードやロボットキットを用いた実教材を用いた発展的なプログラミング学習の可能性と課題についてまとめる。

II 導入的なプログラミング学習

遠隔型学習では細かな学習指導が難しいため、小学校におけるプログラミング学習と同様に、失敗の少ない導入的学習から始めることが重要である。そのため、子ども向けのわかりやすいビジュアルプログラミング

言語を使った学習が適用しやすい。ビジュアルプログラミング言語には、ブロックタイプ・フロータイプとこれらに含めにくい独自ルールタイプなど様々な言語が用いられており、それぞれの利点がある。これらの中でも、ブロックタイプの「Scratch」は様々な改造ができることから既に広く使われており、小学校でも多くの実践がされている(森ほか, 2011)。さらに、テキスト型プログラミング言語への変換もできることから、高次のプログラミング学習へと展開させやすいことも利点である。

Blockly Games (Google)・プログル(みんなのコード)などはWeb環境があればPCだけで利用できるブロックタイプのプログラミング教材で、遠隔型学習の導入学習として利用しやすい(Fig.1, 2)。特別な学習環境の構築が不要であり、用意された問題を順に解き進めることができる。解答したプログラムの誤りが自動判定されるため、学習者の各レベルに応じて学習を進めることができる。令和2年度の教員免許状更新講習「小学校と中学校をつなぐプログラミング学習(水谷好成)」「プログラミング教育(鶴川義弘)」のオンライン遠隔型学習において紹介・演習を行った。プログラミングに関する知識やスキルの異なる受講者が参加するために、導入的な学習として有効であった。演習で課題をクリアするための時間に個人差はあったが、遠隔指導で各自の速度で学習を進めることができた。限られた時間で学習を進める場合は、多くの課題をクリアすることを目指す指導よりもブロックタイプのプログラミング言語でプログラムを作る方法を学ぶことを重視することで理解度の差を補いながら講習を進めることができた。

現代社会では、IoT: Internet of Thingsとして、コンピュータが現実世界と様々な形でつながっている。コンピュータ内の仮想世界だけで閉じている学習だけでなく、コンピュータと現実の世界をつなぐ学習に進めていくことが必要である。PCだけを使ったプログラミング学習では、プログラム結果を仮想的に感覚的に確認できているにすぎない。PC内だけの仮想的学習の次段階として、プログラム結果を実体によって明示的に確認できる学習に進める必要がある。マイコンボードやロボットキットなどの実体にプログラムを転送して確認する方法では、曖昧な理解で作られたプログラムでは適切な動作をしない。さらに、ロボッ

ト製作学習では製作物に目的を持たせてプログラムを設計する学習へと段階的に発展させることで実世界とプログラムの仮想世界との関連付けが可能になる。



Figure 1. Blocky Games (迷路課題例)

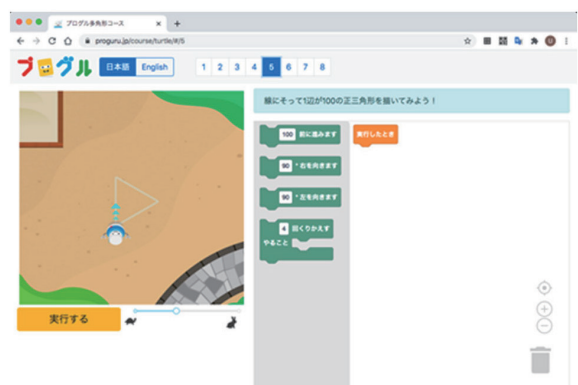


Figure 2. プログル (プログラム作成過程)

Ⅲ 実体を制御するプログラミング学習

様々なマイコンボードを扱った学習教材・ロボット学習教材は多数あり、著者らも PIC マイコンを使った教育用ロボット「梵天丸」(岩本・水谷ほか, 2006)を初めとする様々なプログラミング関係学習教材を扱ってきた。小学校におけるプログラミング学習が始まったことで、とても多くの教材が混在して提案されている。それらの中から、ブロックタイプのプログラミング導入学習の継続学習として、類似性のあるビジュアルプログラミング言語を使うマイコンボードとして micro:bit, ロボット関連教材として Studuino 系教材を候補として選び、それらの機能を比較した。

micro:bit は単体およびキットとして販売されている。購入先で異なるが、基本キット (Fig. 3: スターターキット) は 2,000 ~ 2,500 円程度で購入できる。スター

ターキットには電池ボックス・USB 接続コネクタなど学習に必要な部品が用意されているため導入学習として利用しやすい。本体だけであれば約 9g, 電池ボックス (電池付) と接続ケーブルを含んだキットでも 140g 程度以下で、定形外の小型郵便物 (250g 以内 250円, 500g 以内 390円) として学習者に郵送しやすい。通信機能の学習をさせるために 2 個セットとしても安価で送付できる。2 個の入力ボタンスイッチに加え、明るさ・加速度・地磁気・温度の各種センサが標準されている。5 × 5 の LED マトリックスによる表示機能があり、無線通信機能もある。電源電圧 3V と GND 端子と 3 つの外部入出力端子が用意されており、外部スピーカー機能も追加できる。Scratch 型のブロックタイププログラムのほかに、Python・JavaScript によるテキスト型プログラミング環境も用意されている。前述の導入学習の連続性からは Make Code によるブロックタイプのプログラミング環境が利用しやすく、micro:bit 本体がなくても Web 画面上でプログラムのシミュレーションができる (Microsoft, 2020)。ブラウザでプログラムを作成し、USB を介してプログラムを書き込む方法が基本である。micro:bit を USB メモリと同様にディスクドライブの一つとして認識するため特別なドライバのインストールは不要である。Windows の場合はストアアプリの MakeCode

Table 1. micro:bit とアーテックロボ1.0の比較

	micro:bit	アーテックロボ1.0
価格	価格が安い	価格がやや高い
サイズ	小型で郵送しやすい	郵送は可能だがやや大きい
センサ	明るさ (光)・温度・加速度 (方向・振動)・磁力センサ (コンパス) を標準装備	タッチ・明るさ (光)・音・加速度・温度・超音波距離・ジャイロ加速度・カラーセンサ, 赤外線フォトリフレクタなどのブロックセンサパーツを組み合わせて機能追加
入力	ボタンスイッチ 2 個	ボタンスイッチ 4 個
出力	LED マトリックス スピーカー (※ 2)	LED (赤・青・緑・白) 電子ブザー
動作	DC モーター (※ 1) サーボモーター (※ 1)	DC モーター サーボモーター
無線通信	あり	Bluetooth モジュール, (2.0 にはある)
ブロック	なし	アーテックブロック
備考	シミュレーション可能	シミュレーション不可

※ 1 : 拡張制御部品必要

※ 2 : 外部入力端子で利用可, V.2.0 では標準

for micro:bit を使えば、オフラインでもプログラミングは可能である。2020年11月に発売された V2.0では、マイク・スピーカーが標準で搭載され、さらに可能性は広がる。多機能である上に安価であることから、小・中学校のプログラミング学習用教材として注目されている(村上ほか, 2019)。世界的規模でユーザが多数おり、Web 経由で様々な活用事例を調べることができるため、事前準備が少ない状況で実施する必要のあった試行的な遠隔学習として導入しやすい教材であった。



Figure 3. micro:bit (スターターキット)

Stduino を使ったロボット関連教材として選択したアーテックロボ1.0 (Fig.4) は、対象とする大学の授業を含めて多くの実践実績がある。Stduino (マイコンボード) を組み込んだ台座に様々なブロックパーツを組み合わせ、アーテックブロックを使ってロボットや制御機器を作ることができる。製作する作品や学習の目的によって使用するブロックパーツが異なるキットを選択できる。中学校技術の内容としては10,000円程度のキットで、移動や把持動作ができ基本的なセンサを有した簡易的ロボットを製作可能である。アーテックブロックを使うため micro:bit に比べてキットサイズはやや大きくなるが、ゆうパックで送付可能なサイズである。プログラミング環境として Scratch 型のブロックタイププログラミング環境があるため micro:bit 等のプログラミング学習と継続性を持たせることができる。アイコンブロックによるプログラム環境も用意されているため、初学的な対象者にも適用しやすい (Fig.5)。Windows 以外に、MacOS・Raspbian でも動作し、様々なプログラミング環境が用意されている。プログラミング環境の構築には専用の USB ドライバのインストールをする必要がある。

アーテックロボ1.0の上位の姉妹キットとして、



Figure 4. アーテックロボ1.0のパーツ



Figure 5. Stduino プログラミング環境

Stduino に micro:bit の機能を付加した Stduino:bit で制御するアーテックロボ2.0がある。Wi-Fi 通信機能と LED マトリックス、各種センサ (3 軸加速度、3 軸ジャイロ、3 軸コンパス、温度、光センサ) 等を装備し、通信機能を有し多機能であり教材としての完成度は高い。学習の目的にも依存するが、必要なロボットパーツを選択して組み合わせで設計させるアーテックロボ1.0の方がロボットの製作学習において自由な発想をさせやすいとも考えられる。下位の廉価版姉妹キットとしては、Windows PC のみで利用できる Stduino mini もある。光センサと LED を標準装備し、USB ドライバのインストールは不要である。DC モータを2個組み込んだロボットカー台座セットを用いれば簡易的なロボットカーの製作学習ができる。基本学習機能が用意されているので、学習に適用できる時間数が少ない場合に有用である。類似性があるため、学習目的と対象者によって選択することができる。

IV オンライン型遠隔学習の実践

micro:bit を事前に郵送する方式のプログラミングを扱った遠隔型学習は、宮城教育大学の「技術科

／情報・ものづくり教育実践研究 AB (実践指導法 AB)」、「情報技術実験実習」、「電気特講(教職大学院)」の中で実施することにした。学習対象者が多数で大学にすぐに来られない宮城県外の自宅にいる者に対しても、授業開始までの短期間で教材を準備する必要があった。大学の対面型授業再開後に回収して再度利用できることから、教材貸与方式にした。教員免許状更新講習(「小学校と中学校をつなぐプログラミング学習」・「プログラミング教育」)は遠隔参加した参加者から講習終了後に教材を回収することは難しく、講習後に活用してもらうために受講費用に教材費を追加することにした。対面型講習から遠隔オンライン型講習に変更することになったため、教材費を含めた講習として講習受付で事前確認して実施した。アーテックロボ1.0を使ったロボットプログラミング学習で用いるキットは、新たにキットを追加購入するための経費と時間的が十分になかったため、前年度に授業内で扱っていた「情報技術実験実習」以外での適用はできなかった。制限付で対面型学習が一部授業で許可されていた7月中旬以後で対象学生が大学に入構できたため、大学において教材を手渡しで貸与した。

1. micro:bit を使った学習

micro:bit スターターキット (Fig. 3) に外部入出力端子を利用するための部品 (Fig. 6) を基本セットとして学習者に郵送した。遠隔型学習の時間数などで学習内容に違いはあったが、① MakeCode を用いた Web 上でシミュレーション学習 (Fig. 7) から始め、②外部出力端子に接続した外部スピーカーで音出力をさせるプログラム、③外部端子入力 (イライラ棒の入力) を使ったプログラムに進む段階的な学習進行を基本とした。

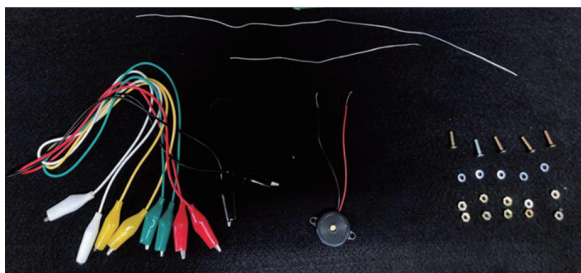


Figure 6. micro:bit 拡張用部品

みのむしクリップコード (5本)、皿ネジ M3 12mm (5本)、六角ナット M3 (5個)、スプリングワッシャー M3 (5個)、圧電スピーカー (1個)、錫メッキ銅線 (0.6mm):約30cm (1本)・15cm (1本)。

PC だけで学習できる Web シミュレーション学習の遠隔指導は難しくはなかったが、micro:bit にプログラムを転送する段階になると補足説明が必要になった。外部入出力端子にネジ・ナットを取付ける実作業では、クラスルームに呈示した写真資料やオンラインの口頭説明だけでは難しい学習者が出た。外部入出力端子にナットを締める作業で用いる工具を学習者が各自で用意できずナット締めがうまくいかないというトラブルがあったが、同時に他の学習教材として送っていたジャンプワイヤのビニルコードを巻き付けて摩擦を利用した方法で締めさせた。学習に必要な工具を全員に送ることは難しかったため、何らかの代替方法の検討が必要になった。

micro:bit 本体を用いないシミュレーション学習だけで基本的なプログラミング学習は可能であるが、micro:bit にプログラムを実際に転送して書き込み、PC から切り離した状態でプログラムを動作させることで、プログラムを作って確認するという実感を与える学習を実現できる。また、実物を利用したプログラ



Figure 7. micro:bit の導入プログラム例

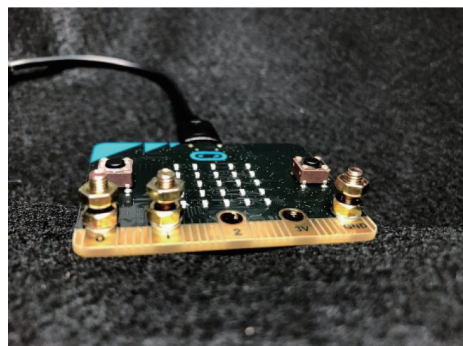


Figure 8. 入力端子へのビス・ナットの取付け



Figure 9. ジャンプワイヤ

ムの動作確認をさせることでプログラムミスによる誤動作がわかりやすくなるため、PC画面上で「なんとなく動作している」という段階から、「確実にプログラムが動作している」という確認ができる段階に移行できる。一部の授業や教員免許状更新講習においては高次の学習メニューとして、micro:bitを2セット組み合わせた通信を使ったプログラムの作成やブレッドボードを用いた外部LEDの制御学習、サーボモータを組み込んだロボット学習教材「ほんびっと」(鶴川・水谷・岩本, 2020)等を使った学習も実施した。これらの学習によって、IoTにつながる発展的な学習ができるようになり、micro:bitを応用する工作要素を含

んだ学習の可能性を広げることができた。

2. アーテックロボ1.0を使った学習

アーテックロボ1.0では学習が容易なアイコンブロックタイプのプログラミング環境もあるが、micro:bitの学習でブロックプログラミングを経験しているため、ブロックタイプのプログラミング環境の学習をメインとした。タッチセンサとLEDブロックを使った信号機制御学習から始め、1DCモータカー、2DCモータカー (Fig.13)、2DCモータ+1サーボモータカーの学習を段階的に実施した。動きを伴うロボット製作の学習を加えたことがmicro:bitと異なる。動きのあるロボット製作に不可欠な赤外線フォトリフレクタによる障害物検出・ライトレースのための白黒の色識別原理を学習した。基本的な学習指導は資料呈示とマイク音声によるオンライン説明で対応できた。しかし、遠隔指導だけで対応できないモータの動作不良のトラブルは、パーツの回収と部品交換によって翌週の授業で対応した。回収後にパーツ故障が原因であることが判明したが、故障が生じた要因は明らかにできなかった。遠隔学習では学習の意味を十分に理解できずに課題を指示に従って行う作業としてとらえている学生がトラブルを起こしていると推察され、学習の意図を伝える工夫が必要であると考えられた。micro:bitの発展学習としてのロボット学習教材「ほんびっと」は、前期の授業実施時期には準備が間に合わなかったが、対面型学習が始まった後期の授業の一部でハイブリッド型学習として利用した。

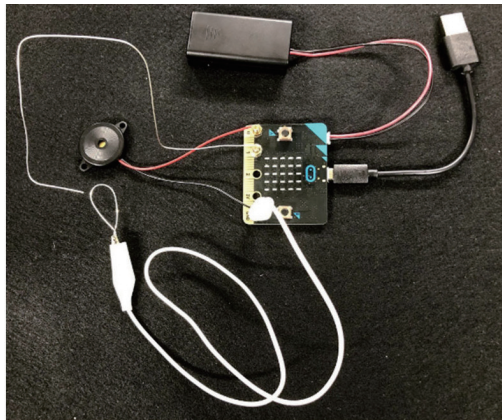


Figure 10. 製作したイライラ棒

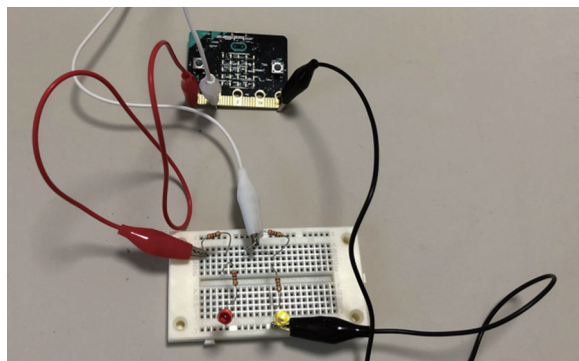


Figure 11. ブレッドボードを介したLED制御

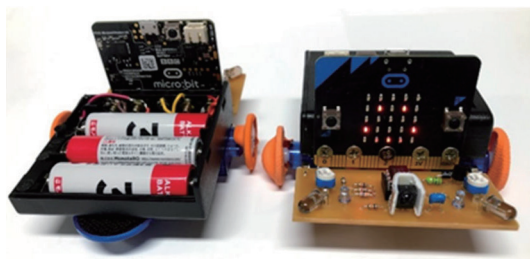


Figure 12. 発展型教材としての「ほんびっと」

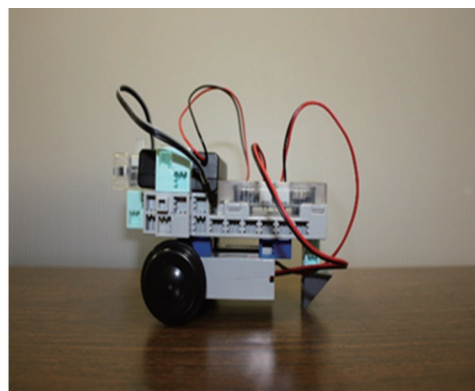


Figure 13. アーテックロボ1.0のロボット例

V 双方向型授業の実施における課題の検討

遠隔型学習においてもコンピュータの利用だけで可能な単純な実習型学習は対応できる。Webを用いる通信型教育と同様に、説明資料・動画説明などでオンデマンド的学習として基本的な学習を進めることができる。問題となるのは、学習者が資料だけで対応できないトラブルが生じた場合や資料だけでは理解できない場合への実時間で対応である。対面型授業でも授業内容理解度の判断は難しく、テスト以外では学習者の様子から指導者は総合的に判断(推察)する。遠隔型学習において音声やチャットによる返信がない場合、指導者側では学習者の状況を知ることはほぼできない。指導者の音声がかかっているかどうか不安になり、何度も「聞こえていますか」という質問をする教員は少なくなかった。そこで、学習者の状況を知るために、CGI (Common Gateway Interface) による授業中に質問を受け付ける「投票・要望・質問システム」を利用した(鶴川, 2008)。呈示したURLにWeb上で接続できる端末があれば対応できるため、遠隔学習システムで用いるメイン端末以外からも対応できる。はい/いいえ、数字・アルファベットなどの選択肢を選んで送信することで発問に対する回答や質問ができる(Fig.14)。選択肢の回答比率や要望数を集計して知ることによって学習者の状況を把握することができる(Fig.15)。基本選択肢以外に、授業で必要となるコメントとして「今の説明もう一度、今の操作もう一度、ちょっと待って、もっとゆっくり」などの定番のコメントを送信できる。匿名で質問しやすく、学生が質問しやすくするためのシステムである。用意した基本コメント以外に自由記述でコメントを送ることもできる。授業進行を補填するための情報であれば匿名でかまわないが、状況によってはトラブルを起こしている学習者を特定する必要がある。コメント記述欄に氏名を付記して対応できるが、毎回の入力を簡略化するために署名を保存する機能も付加した。

教員免許状更新講習などでは、学習者の状況を把握するために、LINE オープンチャット (Fig.16) の手法も併用した。オープンチャットでは普段と異なる参加名を使えるので匿名性が高くなり、個人情報保護の観点からも講習で利用しやすい。通信環境が不安定になったときの補助連絡手段にもなり、写真画像や動画

による課題や作品の提出にも有効であった。

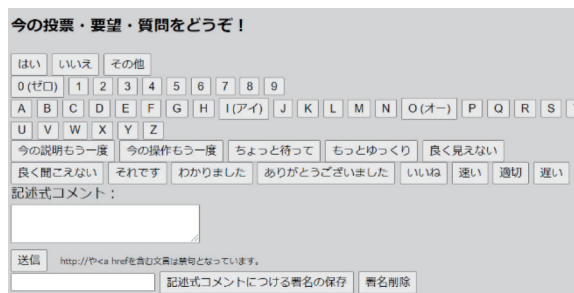


Figure 14. 「質問・要望システム」(回答側)
<http://staff.miyakyo-u.ac.jp/~mizu/mizu.html>

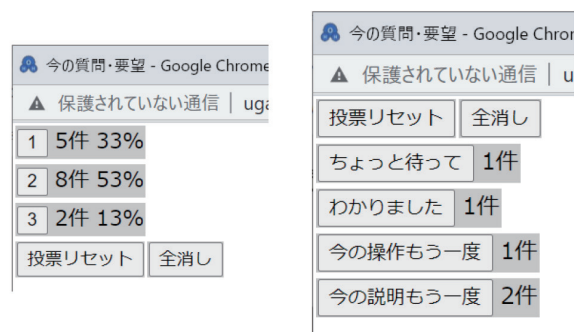


Figure 15. 「質問・要望システム」(集計)



Figure 16. LINE オープンチャット

VI 遠隔型プログラミング学習の実践的検証

大学の授業開始前(4月)にPCだけで実施できるデザイン系アプリケーションの試行学習により、遠隔型指導手順を確認した。しかし、実習型演習を組み込んでいた「技術科/情報・ものづくり教育実践研究

AB(実践指導法 AB) [2・3年生対象]」で従来と同じ授業は実施できない。そこで、授業開始に間に合うように学習機材を郵送して実施可能な方法を考え出すことができた学習をローテーション方式で組み込む遠隔型授業形態を検討した。この中で、micro:bitを用いたプログラミング学習を実施した。講義系学習は1グループで、実習系学習は学生を分割してローテーション方式で指導する。3グループ(7～8人単位)に分けた授業では、micro:bitによるプログラミングを含む学習の他、オンライン工作教室実施を検討していた電気関係工作を組み込んだ学習(水谷・木村・鶴川, 2020)と木材(板材)をプラスチックダンボールで代替する木材加工関係の学習を実施した。2グループ(10・11人単位)に分けた授業では、micro:bitによるプログラミングと電気工作を組み合わせた学習と木材加工関係・情報系学習を実施した。異なる複数授業を同時進行するための教材を学生別に準備(予備加工含む)・梱包・郵送する作業は教員負担で、各授業の数日前に届けるのが限度であった。コロナ禍のために、定型以外の大型郵便物を多数送る場合には集配する郵便局に事前に連絡しておく必要もあった。特に初期段階の授業は学生も教員も初めてであったため時間配分・指導方法は試行錯誤で実施され、不足材料があることが判明して追加郵送で対応する必要もあった。先行実践事例がなかったため、授業の中で試行と改良を繰り返し、該当する学習の実施が前期の半ば以後であった「情報技術実験実習」、「電気特講(教職大学院)」, 教員免許状更新講習の実践へとつなげた。さらに、micro:bitを用いた学習実践の経験値を基にして情報技術実験実習におけるアーテックロボ1.0を使った学習に展開できた。

実習型の対面型授業・講習などの実施が困難な状況で多数の各種講習が中止された。対応方法が見出せず、今年度の実施が断念された授業もあった。前例の無い状況下で遠隔指導を実現するために授業・講習内容・方法を変更した。ローテーション方式で実習を実施する授業形態は初めてで、類似した学習内容を扱った場合でも授業回数は異なった。そのため、学習効果を単純に比較することは難しいが、各授業や講習で達成目標としていた学習内容は実施できた。実体を用いた授業でなければできなかった試行錯誤できる実習を実現できた点は評価できる。

本報告で扱った授業を含む全ての遠隔型学習において、指導者・学習者ともにネットワークを介した学習方法が未経験であったことは大きな障壁であった。インターネット検索などのネットワークを使った学習経験が多い大学生でも、遠隔型学習で用いるビデオ会議システムの使用方法は未習熟であった。全授業が遠隔型となったことで、ネットワーク環境の確保を含める様々なトラブルを経験しながらも大学生は徐々に学習システムに慣れていった。複数回の授業があれば授業内のトラブルを次の授業で補填することは可能であったが、学外の学習者が対象になる教員免許状更新講習のように限定された講習時間内だけで学習を完結しなければならなかった。ネットワークでビデオ会議システムに接続できる環境があることが前提となり、本学で用いている Google Meet のビデオ会議システムにおいて、招待→承認の手続きが必要であった。さらにビデオ会議システムへの接続練習を経て講習当日に参加するように準備したが、学生に比較してネットワークを扱う作業に不慣れな者が多かった。そのため、遠隔型学習の実施前に学習環境に適用できるようにするレディネスが必要になった。対面型学習の場合、授業者の説明を十分に理解できなくても隣席の学習者の協力で補填的に理解できるが、遠隔型学習では一人だけで課題を解決しなくてはならない。そのため、対面型授業に比べて、学習者の ICT スキルと学習内容に関する理解度の差によって指導者の説明に対する理解不足が顕在化しやすく、授業・講習の進行に支障が生じる場合があった。遠隔型学習では、対面型以上に授業に遅れる学習者への対応が重要になる。

PC と Web 環境だけで実施でき、小学生でも簡単に操作できる難易度の低い教材を選択すれば、初学者でも理解しやすい。難易度の低いわかりやすい学習課題は、質問→回答を反復する方法で不明な箇所があったときでも対応できる双方向性のある学習が実現でき、ネットワークを使った学習環境の練習としても有効であった。講習で扱った「Blocky Games」では、論理的な思考の必要な課題も多く用意されており、各自の理解度に応じて学習を進めていくことができる。そのため、学習進行の遅い学習者に集中して指導をすることができた。遠隔型学習の環境に慣れることも狙いとした導入的な学習から、以下に示す段階的に学習の難易度を上げる効果的な学習メニューを提案できる。

1：PCのみの導入的な学習：「Blocky Games」などでブロック形プログラミング方法を理解することを目指す。この段階では、ネットワークを介した遠隔型指導への対応方法を習得させることも目的の一つとする。小学校の低学年で対応可能な教材もあるが、課題となるのはネットワークの接続をサポートしてくれる人がいるかどうかである。学習を始めることができれば、小学校の中学年以上であれば適用できると考えられる。

2：小型マイコンボード「micro:bit」を使った学習：Web上のシミュレータを用いた学習から、マイコンボードにプログラムを転送して動作確認をする学習を扱う。Table 2に示すような段階的な学習が考えられる。ブロックプログラミングの手順を理解していれば、何らかの入力（ボタン・センサ）に対して、単純な出力（LED点灯・音出力）をするような単純な構造のプログラムであれば、小学校中・高学年を対象にして実施可能である。複数の「条件分岐」が伴う場合には、フローチャートを使った学習を組み合わせるなどの工夫が必要になる。micro:bitでは変数や配列の概念の理解が不十分でもプログラムを作成することができるが、高度なプログラムを作成できるように学習を進める上では、アルゴリズム、変数・配列などを意識してプログラミングすることが重要である。適用できる学習時間にゆとりがあれば、micro:bit 2台による通信機能を使った学習へも発展させていけばIoTの学習に展開できる。さらに、拡張部品としてサーボモータを用いたセンサ付ロボット教材「ほんびと」を扱った学習、フォトカプラなどを使った外部機器をON/OFF制御する学習まで様々な可能性がある。学習対象者や授業の目的に応じた学習設計が可能で、学習者のスキルと課題の難易度でプログラミングに要する時間は変わるため、時間数に応じて扱う課題の難易度や到達目標を調整することができる。学習者の理解が進んでくれば、課題に取り組むための学習資料を用意することでオンデマンド型の学習を加えることで、学習者の理解度の差に応じた学習をさせることもできる。

3：ロボットキット「アーテックロボ1.0」を使った制御学習：micro:bitを使った学習によりプログラミング方法の基礎を身につけた段階でアーテックブロックや各種センサや出力ブロックを組み合わせる動きのある機器（ロボット）の設計と製作を行う。micro:bit

にサーボモータなどの拡張部品を組み合わせることで様々な制御学習は実施できるが、構造物の自由度は高くはない。アーテックブロックを使うことで自由な発想で様々な構造物を構築でき、必要なパーツを選択して制御機器やロボットを製作する学習ができる。

Table 2. micro:bitを使った学習内容案

ステージ	学習内容
1	micro:bitの仕様・基本機能の確認 LEDマトリックス出力の制御 ①LEDマトリックスによる表示制御（記号・文字表示） ②入力ボタンA・Bによる制御 ③方向や傾きによる制御 ④サイコロ（乱数）の制御（※オプション）
2	音出力の制御 ①シミュレータによる音（音楽）出力制御 ②圧電スピーカーによる音出力制御 ※外部出力ポートの利用（V.1の場合）
3	フローチャートの学習と応用的プログラミング ①順次・分岐・繰り返し制御 ②外部入力を使った「イライラ棒装置」の製作（図1） ③タイマー（稼働時間）機能によるプログラムの拡張
4	プログラムと様々なセンサ・通信機能の学習 ①地磁気・明るさセンサなどの活用 ②2セットを用いた通信機能によるデータ送信・制御
5	変数・配列などを使ったプログラミング学習 ①LEDマトリックスの活用（スプライトの移動制御） ②配列を使って数字／文字の転送 ③複数の条件分岐のある課題
6	拡張部品を組み合わせた応用プログラミング学習 ①ほんびと（センサ付サーボモーター） ②外部センサ（人感センサなど）の利用 ③外部機器のON/OFF制御（通信機能）

VII 遠隔型学習の可能性

遠隔型学習のデメリットの一つである学習状況の把握しにくさは、CGIによる質問システムを併用することで学習者の状況を確認できた。学習者の理解度を知ることは対面型学習でも難しく、他の学生に回答がわからないCGIの質問システムを用いる指導法は有用であり、学習場面に依って対面型授業再開後の授業でも活用できる。対面型学習に比べて指導上の難しさはあるが、コロナ禍以外でもインフルエンザなどのために対面学習が難しい状況が発生することを考えれば、今後も必要に応じて、通常の対面型授業を補填するハイブリッド型学習として有効に利用できる学習法

であると言える。

宮城教育大学の後期授業(10月～)で対面型授業は再開された。しかし、新型コロナウイルスの感染拡大は終息せず、体調不良や感染リスクに対する不安により対面型授業に参加できない学生は少なからずおり、対面型授業の実施が不安定な状況は継続している。そのため、オンデマンド対応可能な学習資料を用意し、対面型授業で示すスライドと説明音声をビデオ会議システムで同時配信する方法で遠隔参加もできるハイブリッド方式の授業を実施した(「情報技術(岩本正敏・水谷好成)」)。トラブルが生じたときの対応や課題に対する質問への回答は対面型指導で対応したが、学習環境が用意されていれば全てを対面型授業として実施しなくても学習を進めることはできる。体調不良や降雪によって通学が難しい学習者のための補助的な学習手段として有効である。1年生を対象にした「教育と情報システム論(鶴川義弘)」はハイブリッド方式で実施し、micro:bitを用いた基礎的なプログラミング学習から「ぼんびっと」を使った応用的な学習までを扱った。学習内容に応じて、対面型学習と遠隔型学習を組み合わせる指導は様々な授業実施の可能性を生むといえる。

遠隔型学習においては、対面型以上に学習者にわかりやすくする授業設計・指導方法の工夫が必要である。学習者にわかりやすい授業は対面型学習でも利用できるユニバーサルデザイン的な学習設計になっている。本報告で提案した学習方法には改良する余地は多く残されてはいるものの、対面型学習に劣らない学習効果を得られる学習も実現可能であると考えられる。対面型でも遠隔型でも指導できる学習内容・指導方法を開発することで、状況に応じて学習方法を柔軟に選択できる学習は自由度の高い学習となると考えられる。

引用・参考文献

- 岩本正敏・水谷好成・鈴木南枝・中村昇(2006), 子どものためのロボットキット「梵天丸」の開発と教育実践, 日本ロボット学会誌, 第24巻第1号, pp.2-6
- 鶴川義弘(2008), 今現在授業中に質問を受け付けるシステム, 学術情報処理研究, Vol.12, pp.90-93
- 鶴川義弘・水谷好成・岩本正敏(2020), 自律走行型ロボット教材「ぼんびっと」の開発, 第38回日本産業技術教育学会東北支部大会講演論文集, A14
- 齋藤楓・水谷好成(2018), 小学校低学年におけるプログラミングの導入学習の検討, 宮城教育大学技術科研究報告, Vol.20, pp.22-23
- 水谷好成・木村峻・鶴川義弘(2020), 小学生を対象にしたオンライン型電気工作教室の実践と検討, 第63回日本産業技術教育学会全国大会, p.156
- 水谷好成・川口将吾(2020), オンライン型ロボット学習指導の検討, 第63回日本産業技術教育学会全国大会, p.157
- 水谷好成・齋藤楓(2017), Osmo Coding を使った小学校低学年におけるプログラミング導入学習の提案, 日本産業技術教育学会第35回東北支部大会講演論文集, No.A2-4
- 村上志穂・千田峻吾・岡田倫明・坂本弘志・松原真理(2019), マイクロビットを用いた小学校プログラミングの授業実践, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, Vol.6, pp.531-534
- 森秀樹・杉澤学・張海・前迫孝憲(2011), Scratch を用いた小学校プログラミング授業の実践～小学生を対象としたプログラミング教育の再考～, 日本教育工学会論文誌, Vol.34 (1), pp.387-394
- Google, ブロックリーゲームズ, <https://blockly.games/?lang=ja> (2020年11月確認)
- みんなのコード, プログル, <https://proguru.jp/> (2020年11月確認)
- Make Code エディター, Microsoft, <https://makecode.microbit.org/#> (2020年11月確認)
- NHK for School, <https://www.nhk.or.jp/school/> (2020年11月確認)
- 文部科学省(2020), I. 新型コロナウイルス感染症に対応した臨時休業の実施に関するガイドライン https://www.mext.go.jp/content/20200417-mxt_kouhou01-000004520_1.pdf