

技術分野のプログラミング教育を想定した Chromebook による教材化

Teaching materials using Chromebook assuming programming education
in the technology area

白 石 正 人 萬 谷 由 野 方 健 治

Masato SHIRAISHI
技術教育研究ユニット

Yu BANTANI
福岡市立梅林中学校

Kenji NOGATA
技術教育研究ユニット

(令和5年9月4日受付, 令和5年12月22日受理)

抄 録

中学校技術・家庭科技術分野の「計測・制御のプログラミング」と「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」の2つの学習活動について, GIGA スクール構想で導入された Chromebook での利用を想定し, Web アプリである Smalruby と MakeCode を活用し, それらの指導法を考案した。その考案した指導法で中学生, 大学生を対象に試行授業を行い, 事前・事後アンケートによって授業の有効性を検証した。「計測・制御のプログラミング」では micro:bit を用いて Chromebook から MakeCode でプログラミングする活動であり, 中学校で試行授業を実施した。「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」については, Smalruby のメッシュ機能を用いたチャットプログラムを題材とした指導法について, 大学生を対象に試行授業を実施した。いずれの試行授業においてもプログラムの完成度やプログラミングへの興味・関心が高まったことが認められた。

キーワード: Chromebook, プログラミング学習, 計測・制御, 双方向コンテンツ, 教材化

1. 緒言

GIGA スクール構想¹⁾により, 一人一台端末と高速大容量ネットワークの一体的な整備が2025年を目途に計画されていたが, 新型コロナウィルス感染症拡大の影響により, オンライン授業の必要性からその整備が前倒しされた。「端末の活用状況等の実態調査」²⁾によれば, 令和3年7月末時点での端末の整備状況は, 公立中学校は96.5%となっている。利活用を開始していない中学校も, その98%が令和3年度中に開始するとしており, ほぼすべての公立小中学校では整備が完了している。導入された端末に対するOS別のシェアはChromeOSが40.0%, Windows OSが30.9%, iOSが29.1%となっている。

WindowsOS以外の端末が導入された場合, コンピュータ教室を廃止する予定も相まって, これまで中学校技術・家庭科技術分野(以下, 技術分

野と略す。)の授業で使用していたWindowsOSベースの多くのプログラミング教材が利用できない状況が生じている。このことから, WindowsOS以外のタブレット端末をプログラミングの実習環境に想定した教材化を早急に検討する必要があると考えた。

また, 技術分野の「D 情報の技術」³⁾では, 「計測・制御のプログラミング」と「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」(以下, 双方向コンテンツのプログラミングと略す。)の2つの授業を行う必要がある。計測・制御のプログラミングでは英国放送協会(以下, BBCと略す。)が開発したmicro:bit⁴⁾とその開発環境であるMicrosoft社のMakeCode⁵⁾, 双方向コンテンツのプログラミングではWebアプリであるSmalruby⁶⁾に着目した。

これまでの先行研究としてはmicro:bitに関す

るものとして、姫路市立総合教育センター⁷⁾や佐藤ら⁸⁾による授業実践等、Smalrubyに関する先行研究として、瀬崎・戸谷ら⁹⁾による授業実践や松江市が「Rubyを核としたプログラミング教育」等が報告¹⁰⁾されている。しかし、これらの報告は詳細な指導案が示されていないものや、課題解決に向けた授業展開が示されていない等の課題もある。また、これらの先行研究については、そもそもChromebookでの授業実践を想定したものではない。

本研究では、導入シェアが最も高く、授業実践の報告が少ないChromeOSを搭載したタブレット端末をプログラミングの実習環境に想定した指導法を検討した。また、同時に様々なOSでも動作するコンテンツとしてWeb上で動作するWebアプリにも着目した。Web上で動作することで、OSの違いによる諸問題を解消することができることや、Web上で動作するため、タブレット端末へのインストール等の事前準備が不要になるからである。今回は、WebアプリであるMakeCodeとSmalrubyを活用し、Chromebookでの利用を想定した2種類の指導法（教材と学習指導案）を考案した。その考案した指導法で中学生、大学生を対象に試行授業を行い、事前・事後アンケートによって授業の有効性を検証した。

2. 考案した指導法

技術分野の4つの学習内容を均等に配時することを想定した場合、「D 情報の技術」については、その学習時間は約21.9時間となる。「D 情報の技術」は第三学年で行われることが多いことを考慮し、今回考案した学習指導案は18時間を想定している。考案した学習指導案の配時を以下に示す。

表1 学習指導案の配時

単 元	時 数
コンピュータの構成、機能と装置	2
計測・制御のプログラミング	6
双方向コンテンツのプログラミング	10

まず、最初の2時間でコンピュータシステムの構成やソフトウェアのはたらき、主な機能、しくみについての授業を行う。続いて、計測・制御のプログラミング、双方向性コンテンツのプログラミングの授業の順番に配置した。これは、計測・制御のプログラミングがLEDを点灯したり、音を出したり、ものを動かしたりとプログラムの命令とその動作が直感的に理解できるために、プロ

グラミングがどのようなものかがわかりやすく、導入としてより適していると判断した。計測・制御のプログラミングで、ある程度プログラミングに慣れた段階で次の双方向コンテンツのプログラミングに入ることで、タブレット端末上で完結するプログラミングにも順応しやすいと考えた。そのため、このような順序で授業を行うこととした。

計測・制御のプログラミングの授業ではmicro:bitを使用することとする。micro:bitはBBCが主体となって教育向けに開発されたマイコンボードである。25個のLEDやボタンスイッチ、加速度センサや磁力センサや温度センサ、タッチセンサ等を搭載しており、様々な拡張ボードが市販されている。

micro:bitを選択した理由はいくつかある。まず、Chromebookでプログラミングが可能な教材はmicro:bitのみであることが大きな理由である。また、Web上で動作するMakeCodeはビジュアルプログラミング言語でプログラミングを行うことができ、プログラミング経験がない生徒でも取り組みやすいと考えた。

双方向コンテンツのプログラミングではSmalrubyを使用する。SmalrubyはRuby言語を扱いやすいようにブロックによるビジュアルプログラミング言語化したものである。Smalrubyにはメッシュ機能⁶⁾があるため、学習指導要領解説³⁾に記載されたチャットプログラム等を制作することができ、双方向コンテンツのプログラミングが可能である。次に計測・制御のプログラミング（以下、単元①と略す。）と双方向性コンテンツのプログラミング（以下、単元②と略す。）の学習指導案の概要を表2と3に示す。

単元①では、身近な電気機器（例えば、自動販

表2 単元①の概要

授 業	内 容
1	・計測・制御システムのしくみ
2	・micro:bitを用いて、計測・制御を含むプログラムの制作 ・情報のデジタル化
3	・身近な製品をアクティビティ図またはフローチャートで表現 ・身近な製品をmicro:bitで表現
4	・問題を見いだし、課題の設定
5	・計測・制御システムのプログラミングの制作
6	・考案した課題解決のプログラムの発表 ・制作したプログラムの評価

表3 単元②の概要

授 業	内 容
1	・通信ネットワークのしくみ (1) ・Smalruby の使い方
2	・通信ネットワークのしくみ (2)
3	・Smalruby で簡単なプログラムの制作
4	・Smalruby のメッシュ機能を用いてチャットプログラムの制作
5	・情報セキュリティ ・知的財産権の保護と活用
6	・チャットプログラムの問題解決 (1)
7	・チャットプログラムの問題解決 (2)
8	・チャットプログラムの問題解決 (3)
9	・制作したプログラムの発表及び評価
10	・情報モラル

売機) から計測・制御のしくみについて学習し、センサやアクチュエータ、インタフェース等の用語について理解を深める。その後、プログラムによってそれらが制御されていることを理解し、順次・分岐・反復などの基本的なプログラムの要素とフローチャートやアクティビティ図と関連付けて電気機器の制御を表現するように構想する。

続いて、MakeCode を用いて micro:bit のプログラムを作成し、題材「振動探知ブザーをつくってみよう。」によって、振動をセンサによって感知し、音(ブザー)とLEDの点灯によって知らせるプログラムを制作する。一度プログラミングを体験した後、身近な製品の制御等をフローチャートあるいはアクティビティ図で構想し、可能であれば micro:bit でシミュレーションする班活動を行う。さらに、作成したプログラムの問題を見出して課題を設定する活動も班別に行う。最後に、制作したプログラムをプレゼンテーションし、相互評価を行う。

2 限目については、授業実践(以下、試行授業①と略す。)を行っているため、その学習指導案と教材の一部を示す。

図1は、学習活動1と2で用いる自動販売機のフローチャートであり、図2は、学習活動2で用いる順次・反復・分岐のフローチャート例である。図3は、各ボタンが押された時に異なるLEDの点灯が行われるプログラム例であり、学習活動3において用いる。図4は、学習活動3において提示する揺れがない場合は、LEDを点灯し、揺れを検知すると3回ブザーを鳴らし、LEDを消灯するという振動探知ブザーのプログラムである。実際に MakeCode を用いてこのプ

表4 試行授業①の指導案

学習活動・内容	準備	手だて(○)と評価(◇)	形態	配時
1 micro:bit の基本的な使い方 を復習する。 ・Chromebook と micro:bit の 接続方法 ・プログラムの制作の仕方 めあて プログラムをつくらう。	① ② ③ ④	○ 前時の復習のために、micro:bit はどのようなもので、どのようなことができるのかを問う。 ○ micro:bit で簡単なプログラムを作成することができるようになるために、micro:bit の使い方を提示する。	一斉	10
2 プログラムの構造と表現について調べる。 ・順次 ・反復 ・分岐		○ プログラムに関心を持たせるために、身近なプログラミングで動くものを提示する。 ○ プログラムには順次、反復、分岐が重要であることに気付かせるために、自動販売機を例に挙げる。 ○ プログラムの表現の仕方に気付かせるために、Microsoft Make Code (フローチャート) を提示する。 ○ プログラムを作成させるために、具体的なプログラムの例を提示する。	個 ↓ 班	10
3 プログラムの作成の仕方を探る。 ・方位磁石 ・温度計 ・じゃんけん		○ プログラムで様々なことができることに気付かせるために、micro:bit でできるプログラムを提示する。 ○ 身近に様々なプログラムが多数あることを提示するために、AI を例として挙げる。 ◇ プログラムを作成し、そのプログラムを説明できたか。	個 ↓ 班	20
4 本時の学習内容をまとめる。 ・micro:bit のプログラム例		○ プログラムで様々なことができることに気付かせるために、micro:bit でできるプログラムを提示する。 ○ 身近に様々なプログラムが多数あることを提示するために、AI を例として挙げる。 ◇ プログラムを作成し、そのプログラムを説明できたか。	個	10

<学習プリント分析>

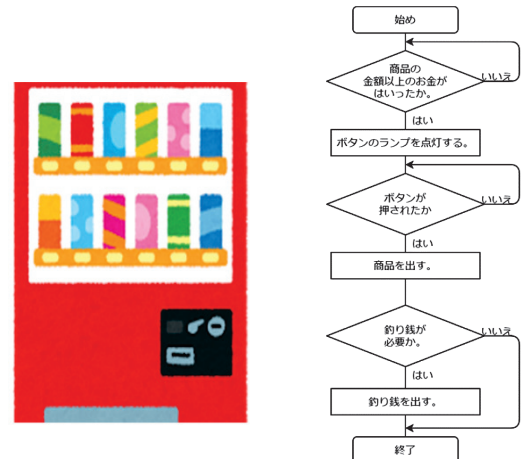


図1 自動販売機のフローチャート

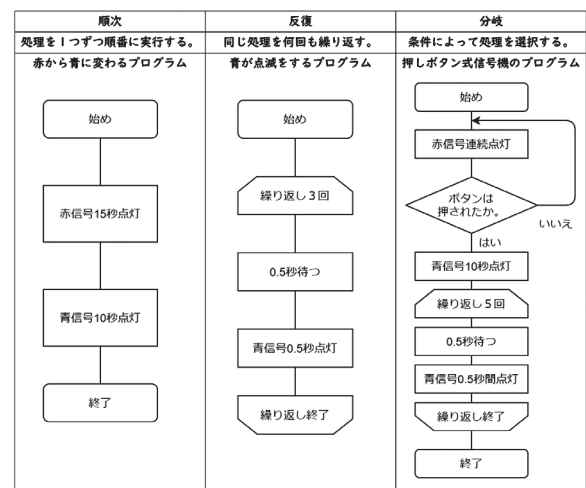


図2 順次・反復・分岐のフローチャート例

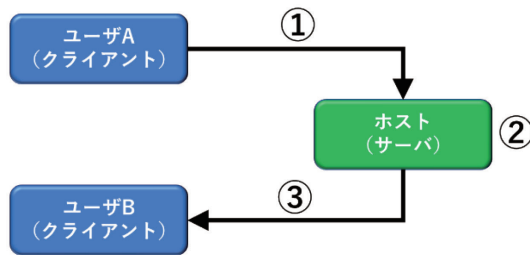


図6 サーバとクライアントのやり取りのしくみ

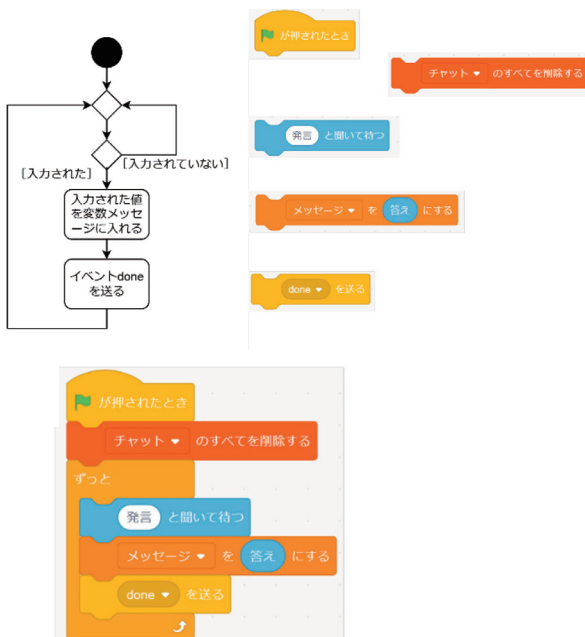


図7 チャットのプログラム① (クライアント側)

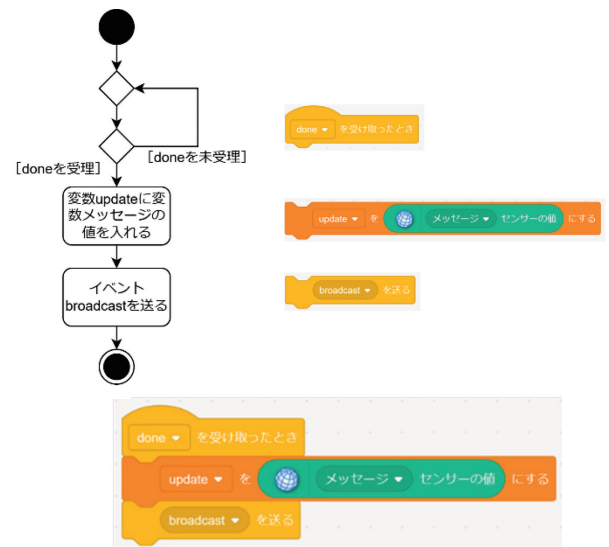


図8 チャットのプログラム② (サーバ側)

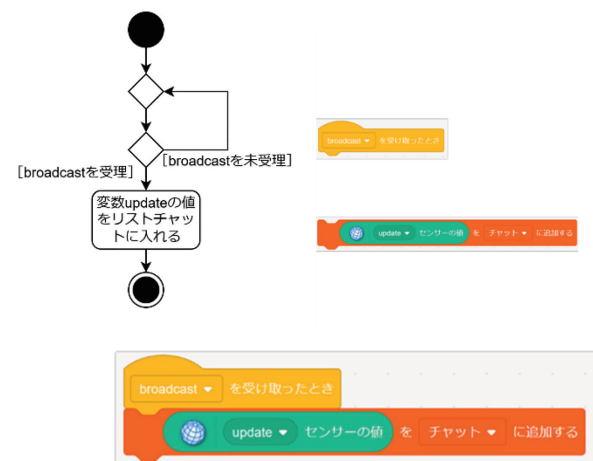


図9 チャットのプログラム③ (クライアント側)

業②では、Smalruby を用いたチャットプログラムを制作する。このチャットプログラムについて説明する。図6は、サーバとクライアント間のチャットのコメントのやり取りを示した図である。ユーザAからコメントをサーバであるホストに転送する(①)。続いて、ホスト側では受け取ったコメントを各クライアントBにブロードキャスト(放送)する(②)。クライアントBは受け取ったコメントを表示する(③)。図7は、この①を、図8は②を、図9は、③のアクティビティ図とプログラムである。図10はこのチャットの動作画面を図示している。Smalrubyのプログラム間の通信にはメッシュ機能を用いて、「done」や「broadcast」のメッセージを交換している。

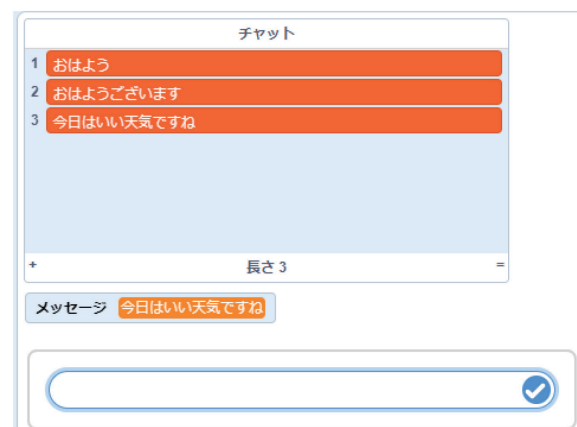


図10 チャットの動作画面

3. 試行授業

考案した学習指導案を基に単元①の micro:bit を用いた試行授業①と単元②の Smalruby を用いた試行授業②を行った。試行授業①については公立中学校の生徒と対象に、試行授業②については大学生を対象に実施した。

また、授業の前後にアンケートを行い、授業の有効性、改善点などについて検証した。試行授業の実施要項を表 6 と 7 に示す。試行授業②については、公立中学校での授業ができなかったため、大学生を対象に実施した。表 8 および 9 に試行授業で利用した Chromebook の仕様を示す。

表 6 試行授業①の実施要項

項 目	内 容
実 施 日 時	2021 年 5 月 18 日 第二校時
実 施 場 所	福岡市内公立中学校
実 施 時 間	50 分
調 査 協 力 者	3 年 3 組 31 名

表 7 試行授業②の実施要項

項 目	内 容
実 施 日 時	2021 年 11 月 26 日 第三校時
実 施 場 所	ものづくり創造教育センター内教室
実 施 時 間	90 分
調 査 協 力 者	大学生 12 名

表 8 試行授業①の Chromebook の仕様

項 目	内 容
機 種	DELL 製 Chromebook 3100 2in1
C P U	Celeron N4000
メ モ リ	4GByte (LPDDR4 (2400MHz))
S S D	32GByte eMMC
ディスプレイ	13.3HD IPS 液晶+タッチ 1366×768

表 9 試行授業②の Chromebook の仕様

項 目	内 容
機 種	ASUS 製 Chromebook C223NA
C P U	Celeron N3350
メ モ リ	4GByte (LPDDR4 (2400MHz))
S S D	32GByte eMMC
ディスプレイ	11.1HD TFT 液晶 1366×768

4. アンケート調査結果

まず、試行授業①の事前・事後アンケートの調査結果を表 10 と 11 に示す。有効回答数は、事前で 31 名、事後で 30 名（欠席者 1 名）となっている。質問項目については、すべて 5 件法で良い方あるいは高い方を 5 として悪い方あるいは少ない方を 1 としてその平均を算定した。また、上位 2 位までの割合についても記載している。なお、事後アンケートでは、最後に自由記述欄を設けた。

試行授業②の事前・事後のアンケート調査結果を表 12 と 13 に示す。有効回答数は 12 名であっ

表 10 試行授業①の事前アンケートの結果

質 問	平均	内訳（上位 2 位）
①スマートフォンの使用頻度	4.06	かなり使う 39% 使う 42%
②パソコンやタブレットの使用頻度	3.45	使う 48% どちらともいえない 19%
③パソコンの授業経験	3.90	かなりあった 10% あった 81%
④プログラミングの経験	2.77	あった 39% 全くなかった 23%
⑤プログラミングへの印象	3.94	面白そう 61% どちらともいえない 23%

表 11 試行授業①の事後アンケートの結果

質 問	平均	内訳（上位 2 位）
①プログラミングの楽しさ	4.27	かなり楽しい 39% 楽しい 45%
②プログラムの完成度	3.93	かなり思う 13% 思う 68%
③また、プログラミングをしたいか。	4.33	かなり思う 39% 思う 52%
④プログラミングへの印象	4.30	かなり面白い 35% 面白い 55%

表 12 試行授業②の事前アンケートの結果

質 問	平均	内訳（上位 2 位）
①スマートフォンの使用頻度	4.83	かなり使う 83% 使う 13%
②パソコンやタブレットの使用頻度	4.17	かなり使う 50% 使う 42%
③小中高校でのプログラミングの経験	2.08	あまりなかった 58% 全くなかった 23%
④プログラミングが好きか	3.58	面白い 33% どちらともいえない 42%
⑤プログラミングはわかり ますか	2.67	どちらともいえない 50% わからない 42%

表 13 試行授業②の事後アンケートの結果

質 問	平均	内訳 (上位 2 位)
①プログラミングの楽しさ	4.42	かなり楽しい 42% 楽しい 58%
②プログラムの完成度	3.67	かなり思う 25% 思う 33%
③また、プログラミングをしたいか。	4.33	かなり思う 42% 思う 50%
④プログラミングが好きか	4.17	かなり面白い 42% 面白い 42%
⑤プログラミングはわかりますか	2.83	どちらともいえない 67% わからない 25%

た。試行授業①を受けて、試行授業②では質問項目を追加している。質問項目については、すべて 5 件法で良い方あるいは高い方を 5 として悪い方あるいは少ない方を 1 としてその平均を算定した。また、上位 2 位までの割合についても記載している。

5. 考察

まず、試行授業①で行ったアンケートにより、明らかになった中学生の実態について考察する。事前アンケートの結果から、中学生はスマートフォンやタブレット端末を始めとする情報通信機器を使用する機会が学校・家庭どちらでも多いことがわかる。スマートフォンだけでなく、タブレット端末も使用する機会が多いのは GIGA スクール構想で配布されたタブレット端末の影響が大きいと考察される。

また、事前・事後アンケートから、プログラミングに対する興味・関心は高いことがわかる。しかし、プログラミングに関する知識・技能が劣っていることも伺える。その背景に、プログラミングに関わる授業等が少ないことが予想される。

次に、試行授業①の学習効果について考察する。事前・事後アンケート共にある「プログラミングに対する印象」に関する設問では、面白いなどの肯定的な回答が事前に比べ、事後では平均で 3.94 から 4.30 へと 0.36 増加している。また、再度プログラミングをしたいか問う設問では、肯定的な回答が 91% であった。このことから、今回行った試行授業①はプログラミングへの興味・関心を高める一定の効果があったことが認められる。その一方で、自由記述で「すごい難しかった。」や「可能性（選択肢）がありすぎて、頭がこんがらがった。」などの記述がみられた。そのため、改善すべき点もあることが判明した。

試行授業②も同様に、まず、事前・事後アンケートから明らかになった結果を考察する。事前アンケートより、大学生も中学生と同様にスマートフォン、パソコン、タブレット端末を使用する機会が多いことがわかる。試行授業①の結果に比べ、プログラミングに対する興味・関心に関する設問で肯定的な回答が少ない。これは、大学の授業で C 言語に関する授業を履修しており、中学生が行ったビジュアルプログラミング言語ではなく、C 言語を第一に連想するからと予想される。次に、試行授業②の学習効果について考察する。授業が楽しかったかという設問に対して回答が全て肯定的であった。さらに、プログラミングは好きかという事前・事後共にある設問では、事後の方が肯定的な回答が 34% 増加している。このことから、プログラミングに対する興味・関心については一定の学習効果が認められた。

6. 結言

本研究では、ChromeOS を搭載した Chromebook を実習環境に想定し、計測・制御のプログラミングと双方向コンテンツのプログラミングの学習指導案および教材を考案し、それを基に試行授業を行い、事前・事後アンケートを行った。その調査結果から計測・制御のプログラミングの試行授業①、双方向コンテンツのプログラミングの試行授業②のいずれも生徒、学生の興味・関心が向上しており、プログラミングの授業として一定の効果が認められた。

今後の課題としては、まずビジュアルプログラミング言語とアクティビティ図もしくはフローチャートをどう結び付けるかという点が挙げられる。ビジュアルプログラミング言語は日本語で表記してあり、プログラミング経験がなくとも容易にプログラムが制作できる。その一方でアクティビティ図もしくはフローチャートと関連して順次・反復・分岐がどのように行われているかがわかりにくい。今回考案した学習指導案ではビジュアルプログラミング言語で制作したプログラムの順次・反復・分岐が可視化できるようにアクティビティ図を用いた。しかし、短い授業時間数からアクティビティ図に関する十分な学習時間を確保することが難しく、アクティビティ図への生徒の理解が進んでいないことや、ビジュアルプログラミング言語では同じ色のブロックでも、アクティビティ図で表すと違う役割をしているなどの問題点があった。これらの問題点を解決するためには、まず、身近にある日常生活における活動を

アクティビティ図に表したりするなどの導入を入れること、ビジュアルプログラミング言語とアクティビティ図を役割ごとに記号で分類し、プログラムを制作する前に合致するものを選ばせるなどの手立てが必要であると考ええる。

次に、双方向コンテンツのプログラミングの試行授業は本来中学生に行う授業であるものを大学生に行っていることが今後の課題として挙げられる。大学生はプログラミングの授業を大学で履修していることもあり、中学生のプログラミングに対する理解度とは大きく異なる。今回行った試行授業を中学生に行って、さらに学習効果を検証する必要がある。クラス全員が完成するには、それなりの時間を要することが予想され、さらに変数やリストなどを使用する必要がある、少し難易度が高い。大学生でも時間を要したため、中学生はもっと時間が必要だろう。

参考文献

- 1) 文部科学省：GIGA スクール構想の実現へ，
https://www.mext.go.jp/content/20200625-mxt_syoto01-000003278_1.pdf
- 2) 文部科学省：端末の利活用状況等の実態調査，
https://www.mext.go.jp/content/20210830-mxt_jogai01-000009827_10.pdf
- 3) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 技術・家庭編，開隆堂出版，（2018）
- 4) Micro:bit 教 育 財 団：micro:bit，<https://microbit.org/ja/>
- 5) Microsoft: MakeCode for micro:bit，<https://makecode.microbit.org/?lang=ja>
- 6) NPO 法人 Ruby プログラミング少年団：Smalruby，<https://smalruby.app/>
- 7) 姫路市立総合教育センタープログラミング教育研究班：Himeji のプログラミング教育～考えの組み立てや改善が「見える」授業を通して～，<https://www.city.himeji.lg.jp/bousai/cmsfiles/contents/0000013/13596/1-1.020.pdf>
- 8) 佐藤 敦：micro:bit を活用した双方向性のあるコンテンツの制作，<https://sway.com/s/EiTbg0ZJuNnXc3d8/embed>
- 9) 瀬崎邦博，戸谷修寿：中学校技術におけるスモウルビーを活用した授業実践－プログラムによる計測・制御の授業を中心として－，https://www.jaet.jp/repository/ronbun/JAET2016_A-2-5.pdf
- 10) 松江市：Ruby を核としたプログラミング教育，https://www.soumu.go.jp/main_content/000552469.pdf