

情報の科学的理解を育成するプログラミング教材の開発

喜家村 奨^{*1} 高橋 参吉^{*1} 稲川 孝司^{*1} 西野 和典^{*2}

^{*1} 帝塚山学院大学 ^{*2} 九州工業大学

Development of Teaching Materials for Programming to Foster Scientific Understanding of Information

Susumu KIYAMURA^{*1} Sankichi TAKAHASHI^{*1} Takashi INAGAWA^{*1}

Kazunori NISHINO^{*2}

^{*1}Tezukayamagakuin University ^{*2}Kyushu Institute of Technology

Email: takahasi@tezuka-gu.ac.jp

あらまし：本研究の目的は、中学校から大学まで、「情報の科学的理解」を育成するプログラミング教材を開発し、適切な学習法を検討することである。現在、主に高校情報科の「情報の科学」における情報技術や情報科学の基礎を学ぶことができる教材をビジュアル言語を利用して開発を行い、高校情報科教員の研修を行っている。本稿では、本研究の目的や開発した教材などの紹介を行う。

キーワード：プログラミング教育, micro:bit, 情報科教育, 教材開発, 教員研修

1. はじめに

近年、学習指導要領の改訂、大学入試共通テストの変更、そして、大学の教職課程のコアカリキュラムの提示があり、これらは、将来に向けての人材育成につながる大きな改革である。

このような状況の中で、新学習指導要領において示される「プログラミング的思考」⁽¹⁾「論理的思考力」などを育成するための教育を行うためには、小学校⁽²⁾、中学校、高校のそれぞれの校種において、教材開発や効果的な指導法の検討が求められている。

本研究の目的は、大きく変わった高校新学習指導要領の情報科の内容を中心に、中学校から高校への接続、さらに、大学への接続を考慮した情報の科学的理解を深めるための教材や指導法を検討することである⁽³⁾。

なお、開発する教材のコンセプトは、「教材を見て、自分で確認して、自らが納得する」であり、教材はビジュアル言語を利用して開発する。さらに、教材モジュールの構成を理解する適切な学習法を検討し、学習テキストやガイドを作成していくことである。ここでは、主に micro:bit を利用した教材を紹介する。

2. micro:bit の特徴

micro:bit は、イギリス BBC が中学 1 年生対象に配布した手のひらサイズのコンピュータである。micro:bit のハードウェア機能としては、

- ・ 25 個の LED (表示, センサー)
 - ・ プログラムができるスイッチボタン (2 個)
 - ・ 光, 温度, 加速度計などのセンサー
 - ・ Bluetooth による無線通信
 - ・ 物理的に接続するための端子
- などがある。さらに、
- ・ ビジュアル言語で、簡単な操作で利用できる。
 - ・ シミュレータがついている。
 - ・ JavaScript に変換できる。
- などの特徴がある。

図 1 は micro:bit の開発環境 MakeCode Editor である。左に表示されているのが、シミュレータであり、右側がプログラムエリアで、ビジュアル言語を表示している状態になっている。



図 1 micro:bit の開発環境

3. 本研究の背景

近年の情報教育に関連する下記の1)~3)に示す3つの大きな変化は、本研究を始めることになった学術的な背景でもある。

1) 新学習指導要領

新学習指導要領では、情報教育の充実は大きなテーマの一つでもあるが、まとめると次のようなことがいえる。

小学校では、情報活用能力の育成のための学習活動には、「論理的に考えていく力」の重要性が指摘され、中学校技術・家庭科の技術分野では、プログラミングによる問題解決力の重要性が指摘された。高校では、必修教科目「情報Ⅰ」が新設され、プログラミング、ネットワークやデータベースの基礎等の内容が必修化された。

2) 大学入学共通テスト「情報科目」

新しい大学入学共通テストで、「情報」を出題教科に加える検討が始まり、未来投資会議⁽⁴⁾では、「国語、数学、英語のような基礎科目として必修教科「情報Ⅰ」を追加」「文系も含めて全ての大学生が一般教養として数理・データサイエンスを履修できるよう、標準的なカリキュラムや教材の作成・普及を進める」と指摘されている。

3) 教職課程におけるコアカリキュラム

教職課程のコアカリキュラムが提示され、「各教科の指導法」「教育の方法及び技術」にはICTを活用した授業設計を行い、教材を効果的に活用することや情報活用能力の育成(情報モラルを含む)のための指導法に対する理解などが指摘されている。

以上述べたように、学習指導要領、大学入学共通テスト、そして、大学の教職課程において、同時期一斉に改訂があるのは極めてまれであり、これは将来に向けての人材育成につながる大きな改革である。

それでは、新学習指導要領において求められている「プログラミング的思考」「論理的思考力」などを育成するための教育では、どのような教材や指導法が求められているのか。このことが、本研究における大きな課題である。

4. 本研究の目的および教材の特徴

本研究の目的は、「情報の見方・考え方」「プログラミング的思考」「論理的な思考力」(ここでは、「情報の科学的理解」という)を育成する教材を開発することである。

例えば、小学校では、プログラミング的思考に係わる教材、中学校においては、プログラミングと関連した問題解決力を育成する教材、そして、高校においては、小学校や中学校で学んできたことを生かせる教材であり、大学においても利用できる接続性のある教材(レベルを考えた教材)を開発することである。

また、本研究で開発する教材は、「教材を見て、自分で確認して、自らが納得する」教材であり、そして、学習者の主体的な学びにつながる教材である。すなわち、教材のコンセプトとしては、次のようにいえる。

- 1)教材を実行して、確認する(学ぶ)。
- 2)教材(プログラム)を見て、確認する(理解する)。
- 3)教材(プログラム)の変更も試みて、確認する(思考する)。

教材の開発言語として、ビジュアル言語(Scratch, micro:bitのMakeCode Editor)を利用する。ビジュアル言語を利用する理由としては、学習者がプログラムの編集や実行を画面上で簡単に行うことができるからである。テキストベースのプログラミング言語を利用した場合に学習者がよく失敗する文法によるミスを防ぎ、アルゴリズムの検討に集中することができるからである。

図2は、よく知られた高校情報科の「整列の可視化」について、ビジュアル言語(Scratch)(付録1参照)で実行した結果である。

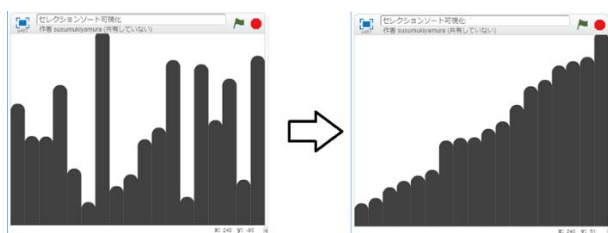


図2 整列の可視化 (Scratch)

学習者は、次の3つのステップで確認して、自ら学習できる教材である。

- 1) この可視化教材の実行結果を見て、整列について学ぶ。
- 2) この教材のブロックで示されたプログラムを見て、整列の方法について理解する。
- 3) このプログラムを変更(簡単な例は昇順を降順へ)して、整列の方法について考える。

この教材を3つのステップで利用することにより、最終的に、教材モジュールの構成やプログラムを理解できることが、情報の科学的理解の育成につながると考える。

また、教材を理解するための上記のステップのように適切な学習法を検討することも、本研究の目的である。

本研究で開発する教材は、高校の必修教科目である情報Ⅰの範囲の教材(レベル2)であり、やさしめの教材はレベル1(中学校向き)、難しめの教材はレベル3(大学向き)として、教材の難易度を考える。

なお、Scratchはグラフィック表示が可能、MakeCode Editorはブロック以外にJavaScriptによる記述が可能などの特徴を生かして教材を開発する。

5. 開発教材の内容

本研究で開発する教材の分野と内容は、表1の通りである。

表1 教材の概要

教材の分野	分類	教材の内容
プログラミング	1.1	プログラムの基本構造
	1.2	配列, 関数(引数, 戻り値)
	1.3	再帰(階乗, ハノイの塔)
	1.4	論理演算, 論理設計(数あて・じゃんけんゲーム)
情報の基礎	2.1	10進数・2進数(変換)
	2.2	数値・文字の表現
	2.3	情報のデジタル化
	2.4	コンピュータの仕組み
アルゴリズム	3.1	逐次探索・二分探索・交換法・直接選択法(数値, 文字列)
	3.2	モデル化, 状態遷移図
ネットワーク	4.1	通信の基本, エラー検出, 暗号通信
データの活用	5.1	統計データの活用
計測と制御	6.1	センサーの利用と活用

また、表2では、それぞれの教材のレベルと開発状況を表している。表2において、◎印は概ね開発済み(もしくは確認済み)の教材である。○印が今後、開発予定の教材である。さらに、ビジュアル言語で開発した表1の教材をレベルごとに分類し、各レベルの学習者が利用できるように学習テキストやガイドを作成し、学習方法を明らかにする予定である。

表2 各教材のレベル

教材の分野	分類	中学	高校	大学
		レベル 1	レベル 2	レベル 3
プログラミング	1.1	◎	◎	◎
	1.2	◎	◎	◎
	1.3		◎	◎
	1.4	◎	◎	○
情報の基礎	2.1	○	◎	
	2.2	◎	◎	
	2.3	○	◎	
	2.4	○	○	
アルゴリズム	3.1		◎	◎
	3.2		◎	○
ネットワーク	4.1	○	○	◎
データの活用	5.1	○	○	○
計測と制御	6.1	○	○	○

6. 作成した教材の例

この章では、現在までに、作成した教材のいくつかを紹介する。

6.1 整列(交換法)

整列(交換法)の教材例で、図3に整列結果、図4にJavaScriptプログラム(一部のみ)を示している。LEDで棒グラフを表示するため、データは5つで、1桁の数値を使用している。なお、グラフを描いている個所は、同じプログラムなので、関数にしている。



(a) 整列前 (b) 整列後

図3 整列結果の表示

```

1 let a: number[] = []
2 let tmp = 0
3 a[0] = 3
4 a[1] = 2
5 a[2] = 1
6 a[3] = 5
7 a[4] = 4
8 for (let x = 0; x <= 4; x++) {
9   for (let y = 5; y >= 5 - a[x]; y--) {
10    led.plot(x, y)
11    basic.pause(100)
12   }
13 }
14 basic.pause(1000)
15 for (let i = 3; i >= 0; i--) {
16   for (let j = 0; j <= i; j++) {
17     if (a[j] > a[j + 1]) {
18       tmp = a[j]
19       a[j] = a[j + 1]
20       a[j + 1] = tmp
21     }
22   }
23 }
24 basic.clearScreen()
25 for (let z = 0; z <= 4; z++) {
26   for (let b = 5; b >= 5 - a[z]; b--) {
27     led.plot(z, b)
28     basic.pause(100)
29   }
30 }

```

図4 整列(交換法)のプログラム

なお、付録2に、付録1のScratchのプログラムと比較するために、Micro:bitのプログラムを示している。

6.2 じゃんけんゲーム

図5はじゃんけんゲームのプログラムで、ボタンAを押すとAさんが、ボタンBを押すとBさんが出した「グー」「チョキ」「パー」を表示する。表示は2回使うので、「hyouji」という関数にしている。

また表3は、AさんとBさんの勝敗を判断する判定表である。この表をもとに、図5のプログラムを改造することで、勝敗の判定処理(表3)を追加した、もう1段上のレベル学習ができる。

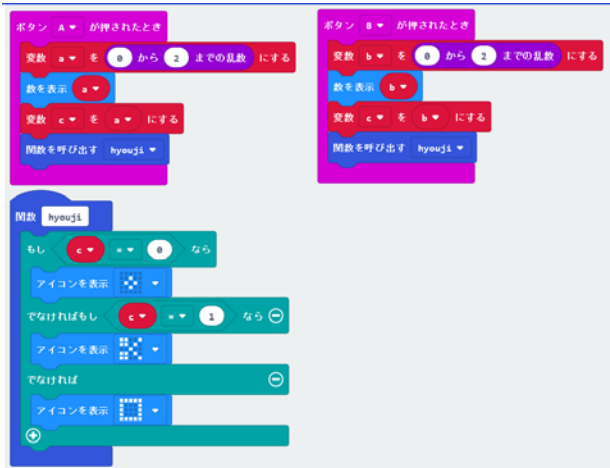


図5 じゃんけんゲーム

表3 じゃんけんゲームの判定表

種類	数値	A	B	判定	A-B
グー 	0	0	0	引き分け	0
		0	1	A	-1
		0	2	B	-2
チョキ 	1	1	0	B	1
		1	1	引き分け	0
		1	2	A	-1
パー 	2	2	0	A	2
		2	1	B	1
		2	2	引き分け	0

表3において、グー、チョキ、パーに、0,1,2の数値を割り当てているが、自分の手をチョキで考えると、相手の手が自分の手の次の数値なら勝ち、前の数値なら負けである。すなわち、 $(A-B+3)$ を3で割った余りを求めると、0は引き分け、2は勝ち、1は負けとする判定式に気づかせることも、次のレベルの学習である。

6.3 再帰アルゴリズム (hanoiの塔)

図6はhanoiの塔を再帰関数を用いて実装したプログラムである。再帰アルゴリズムは理解が難しいが、実際に模型などで、円盤を動かしながら再帰呼び出しの様子を確認することで理解が容易になる。

```

16 function hanoi(n: number, a: number, b: number) {
17   if (n > 1) {
18     hanoi(n - 1, a, 6 - a - b)
19   }
20   basic.showIcon(IconNames.Heart)
21   basic.pause(1000)
22   basic.showNumber(n) //円盤の番号 1, 2, 3...
23   basic.pause(500)
24   // 移動前の棒(a)から
25   basic.showString(String.fromCharCode(64 + a))
26   basic.pause(500)
27   basic.showArrow(ArrowNames.South) // 矢印は移動の印
28   basic.pause(500)
29   // 移動後の棒(b)へ
30   basic.showString(String.fromCharCode(64 + b))
31   basic.pause(500)
32   basic.clearScreen()
33   if (n > 1) {
34     hanoi(n - 1, 6 - a - b, b)
35   }
36 }

```

図6 hanoi 関数 (再帰)

6.4 ネットワーク (通信プログラム)

図7に、通信プログラムの概念図、図8に通信プログラムを示す。

図7に示すように送信、受信2つのmicro:bitを使い、さらにmicro:bitの無線 (Bluetooth) 通信機能を利用し、ネットワークにおけるアドレッシングの重要性を学習するためのプログラムである。複数のmicro:bitに別々のアドレスを割り振り、Aボタンを押して、送信先のmicro:bit (この場合は2番)を指定し、Bボタンで、メッセージ (この場合は”Hello”)を送信するプログラムである。

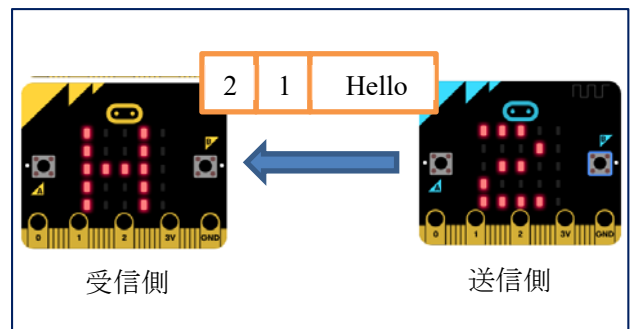


図7 通信プログラムの概念図

ネットワークについては、この他に通信において重要な概念であるハンドシェイクの必要性を理解するための教材なども作成している(図9)。

```

1 let yourAddress = ""
2 let message = ""
3 let yad = 0
4 let myAddress = ""
5 myAddress = "2"
6 yourAddress = "1"
7 input.onButtonPressed(Button.A, function () {
8   yad = (yad + 1) % 9
9   yourAddress = String.fromCharCode(yad + 48)
10  basic.showString("" + yourAddress)
11 })
12 input.onButtonPressed(Button.B, function () {
13   message = "" + yourAddress + myAddress + "Hello"
14   radio.sendString("" + message)
15 })
16 radio.onReceivedString(function (receivedString) {
17   if (myAddress == receivedString[0]) {
18     basic.showString(receivedString.substr
19       (2, receivedString.length - 2))
20   }
21 })

```

図8 通信プログラム (アドレッシング)

```

1 let sstring = ""
2 input.onButtonPressed(Button.B, function () {
3   sstring = "s" + "hello"
4   radio.sendString(sstring)
5 })
6 radio.onReceivedString(function (receivedString) {
7   if (receivedString[0] == "s") {
8     basic.showString(receivedString.substr
9       (1, receivedString.length - 1))
10    sstring = "a" + "world"
11    radio.sendString(sstring)
12   } else {
13     basic.showString(receivedString.substr
14       (1, receivedString.length - 1))
15   }
16 })

```

図9 通信プログラム (ハンドシェイク)

7. 教材を利用した教員研修

先に述べたように、プログラミングに関連する教育が重視され、中学校・高等学校においても、高度なプログラミング教育が始まろうとしており、小学校での研修だけでなく、中学校・高等学校の教員の研修講座も急務となっている。

一方、帝塚山学院大学の卒業生で情報科教員として活躍している若い教員も多い。そこで、情報科の教員免許状を出してきた学科の責務として、卒業生(教員)の指導力向上のために、作成した教材を利用したプログラミングの教員研修を企画した。

2018年8月から2019年3月にかけて、卒業生(現情報科教員)と、現役の高等学校の情報科教員に対して、プログラミング教育に関する研修会を実施している。概要は以下の通りである。また、研修内容を表3に示す。

- ・実施回数：月1回(第4日曜日)、合計8回
- ・時間：90分2コマ
- ・対象：教員免許状を有している者

- ・担当：高橋参吉、喜家村奨、稲川孝司
- ・講演会：西野和典(九州工業大学)
天良和男(東京学芸大学)

表3 プログラミング教育の研修内容

回	研修内容
第1回	情報教育の動向と情報科教育、micro:bitによるプログラミング
第2回	プログラムの活用
第3回	プログラムによる計測・制御(1)
第4回	プログラムによる計測・制御(2)
第5回	アルゴリズムとプログラム
第6回	通信とプログラム
第7回	補習日
第8回	講演会(日本情報科教育学会近畿・北陸支部と共催)

8. おわりに

micro:bitはビジュアル言語でプログラミングできるため、中学校の技術・家庭科における双方向プログラミング教材も、Bluetoothの通信を利用して作成できる。さらに、ビジュアル言語で書いたプログラムをJavaScriptにも変換できることから、高等学校の情報科教育にも利用できる。

中学校から高等学校への接続という面からは、現状のmicro:bitで十分であるが、小学校でのScratchの利用も考えると、micro:bitとScratchの両方を利用することで、小学校から大学までの一貫した情報の科学的理解の育成をすることが可能である。また、Scratchとmicro:bitの両方を同時に利用することによって、ヒューマンインターフェイスやIoTについての学習にも活用が期待できる。

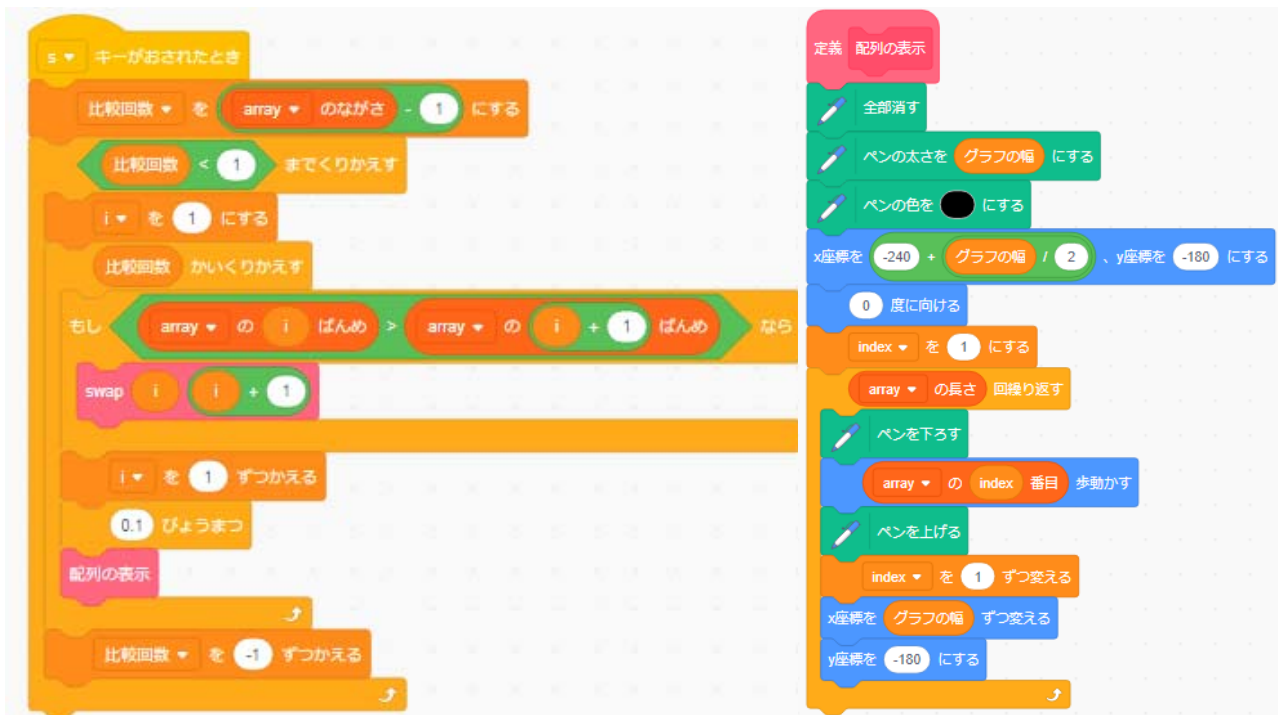
謝辞

本論文は、帝塚山学院大学学長裁量経費の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 文部科学省：小学校プログラミング教育の手引(第一版)
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm
- (2) 未来の学びコンソシアム：小学校を中心としたプログラミング教育ポータル
<https://miraino-manabi.jp>
- (3) 高橋参吉,喜家村奨,稲川孝司,西野和典 :“「micro:bit」プログラミングで学ぶ情報技術の教材開発”,教育システム情報学会第43回全国大会講演論文集 pp.205-206 (2018)
- (4) 未来投資戦略2018(素案)―「Society 5.0」「データ駆動型社会」への変革―, AI時代に対応した人材育成と最適活用 (pp.14-15)
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshik aigi/dai17/siryou4-1.pdf>

付録 1 Scratch のソートプログラム（選択法）



付録 2 micro:bit のソートプログラム（選択法）

