

山本燎弥・堀桂太郎

◎キーワード マイコン制御, PIC, シミュレータ, アセンブラ言語, パルスモータ

1 はじめに

家電製品、自動車、産業機器など多くの機器には、マイクロコンピュータ（以下、マイコンと記す）が組み込まれている。このような組み込みシステム^[1]の市場拡大とともに、技術者の需要も高まっている^[2]。高等学校学習指導要領解説・工業編^[3]でも、平成22年版から、情報技術基礎やハードウェア技術などの科目において、組み込み技術の指導に関する記述が追加されている。組み込み技術を習得するためには、マイコンの構成や動作を理解し、機器の基本的な制御方法を学習することが不可欠となる。また、CPUの構成や動作を理解する目的においても、簡単な構成をしているマイコンは教材に適していると考えられる。

工業高校や工業高等専門学校（以下、高専と記す）、大学の電気・電子・情報系学科では、マイコン制御の講義や実習^[4]を実施していることが多い。マイコン制御を学習する際は、マイコンと制御対象の機器を備えた実機^[5]を教材にするのがよい。しかし、学習者数の実機を導入するには費用がかかる。また、学習者が実機を使用できる場所や時間に制約が生じてしまうことが多い。このため、実機の代替となるマイコン制御学習用シミュレータがあれば、効果的に学習を進めることが期待できる。

マイコン制御の講義や実習において、比較的良好に採用されているマイクロチップテクノロジー社のPICマイコンにPIC16F84A^[6]がある。このマイコンは、理解しやすい基本的な構成をしており、35個のマシン語命令を備えている。型番は異なっても、同じ命令セットをもったPICマイコン（PIC16F648A^[7]など）も多く市販されている。また、PIC16F84Aは、電子工作のホビー用マイコンなどとしても広く使用されており、入手が容易で解説書^[8,9,10]も多数出版されている。PICマイコン用のフリーのシミュレータには、PIC統合開発環境MPLAB^[11]やFlashPIC^[12,13]などがある。MPLABに搭

載されているシミュレーション機能は、制御対象とするLEDやスイッチなどの動作が視覚的にわかりにくい面がある。一方、FlashPICは、制御対象の動作が視覚的にわかりやすいように作られているが、割り込み制御などのシミュレーションを実行できない。また、工業製品などに広く使用されているパルスモータの制御^[8]は、是非とも学習対象としたいが、どちらのシミュレータも、その動作を視覚的にシミュレーションできない。このため、割り込み制御やパルスモータの制御が視覚的にわかりやすくシミュレーションできるPICマイコン用シミュレータPICsimを開発した。

2 PICsimの仕様

2.1 アセンブラ言語

マイコンの構成や動作原理を理解するためには、C言語などの高級言語より、アセンブラ言語^[14]（マシン語）を使用したプログラミングを行うことが効果的だと考えられる。したがって、PICsimは、PICマイコンの動作をアセンブラ言語によってシミュレーションする仕様とした。Table 1に、PICsimで使用できる33個のアセンブラ命令を示す。現時点では、PIC16F84Aの全命令35個のうち、待機命令SLEEPとウォッチドッグタイマに関わる命令CLRWDTは実装していない。また、PICsimには、Table 2に示す3個の擬似命令を実装した。擬似

Table 1 PICsimで使用できるアセンブラ命令

MOVF	INCFSZ	BTFSZ	INCF
MOVWF	DECFSZ	MOVLW	DECF
SWAPF	CLRF	ANDLW	SUBLW
ANDWF	CLRWF	IORLW	ADDLW
IORWF	NOP	XORLW	CALL
COMF	BCF	GOTO	RETURN
XORWF	BSF	ADDWF	RETLW
RRF	BTFSZ	SUBWF	RETFIE
RLF			

Table 2 PICsimで使用できる擬似命令とその動作

擬似命令	動作
EQU	ラベルに数値を割り当てる
ORG	プログラムを格納する先頭アドレスを指定する
END	プログラムの終わりを示す

命令は、シミュレータに指示を与えるために使用する命令であり、PIC が備えているアセンブラ命令とは異なる。

2.2 制御対象の機器

PICsim でシミュレーションできる機器は、入力機器としてスイッチ × 2 個、出力機器として LED × 7 個、7セグメント LED × 1 個、パルスモータ × 1 個である。また、割り込み制御のプログラムをシミュレーションする際に使用する割り込みスイッチを 1 個配置した。Fig. 1 に示す PICsim の起動画面には、これらの制御対象機器が表示されている。

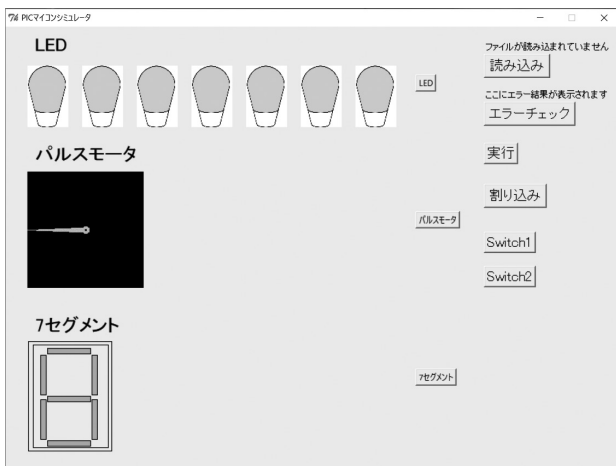


Fig. 1 PICsim の起動画面

PIC16F84A の制御用入出力ピンは、ポート A の 5 ビットとポート B の 8 ビット、計 13 ビットである。また、外部割り込み入力ピン (INT) は、ポート B の 0 ビット目 (RB0) と兼用になっている。PICsim では、これらの入出力ピンと制御対象機器を Table 3 に示すように割り当てている。例として、パルスモータの動作をシミュレーションする場合の回路のイメージを Fig. 2 に示す。

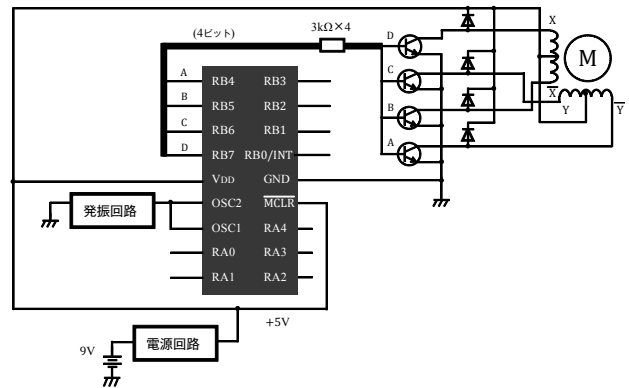


Fig. 2 パルスモータ回路のイメージ

す。

2.3 シミュレーションの手順

PICsim は、Python 2.7.12^[15] を用いて開発し、Windows7, Windows8, Windows10 上で動作確認を行った。また、PICsim は、パソコンへの特別なインストール操作を行う必要がなく、実行ファイルのアイコンをダブルクリックすれば動作する。シミュレーション実行の手順は、以下の通りである。

- (1) シミュレーションするプログラムを、テキスト形式で記述して保存する。Windows に付属しているワードパッドなどが使用できる。
- (2) PICsim の起動画面にある「読み込み」ボタンをクリックし、シミュレーションする実行プログラムを指定して読み込む。
- (3) 「エラーチェック」ボタンをクリックし、文法的なエラーチェックを実行する。エラーがあれば、エラーメッセージを参考にして実行プログラムをデバッグする。
- (4) 「LED」、「パルスモータ」、「7セグメント」ボタンのいずれかをクリックし、制御対象の機器を選択する。
- (5) 「実行」ボタンをクリックすると、シミュレーションを開始する。再び「実行」ボタンをクリックすると、シミュレーションを停止する。

Table 3 入出力ピンと制御対象機器の割り当て

ピン	LED/7セグメント	パルスモータ
RB0/INT	外部割り込み	外部割り込み
RB1	LED0	未使用
RB2	LED1	未使用
RB3	LED2	未使用
RB4	LED3	X
RB5	LED4	Y
RB6	LED5	X バー
RB7	LED6	Y バー
RA0	スイッチ 1	スイッチ 1
RA1	スイッチ 2	スイッチ 2
RA2	未使用	未使用
RA3	未使用	未使用
RA4	未使用	未使用

3 PICsim によるシミュレーション

3.1 LED 制御

```

STATUS EQU 0x03
TRIS_B EQU 0x86
PORT_B EQU 0x06
ORG 0x00
MOVLW 0x01
MOVWF TRIS_B
MOVLW 0x55
MOVWF PORT_B
END
    
```

Fig. 3 LED を点灯するプログラム例



Fig. 4 LED を点灯するシミュレーション結果

Fig. 3 に LED を点灯するプログラム例, Fig. 4 にシミュレーション結果を示す。このプログラムでは, LED の点灯データを 16 進数の 55 としているため, LED が一つ飛ばしに点灯している。

3.2 パルスモータ制御

PICsim でシミュレーションするパルスモータは, 4 相 (Fig. 2 参照), ステップ角 7.5° を想定している。パルスモータには, 1 相励磁方式や 1-2 相励磁方式などの駆動方式がある。それぞれの駆動プログラムのシミュレーション結果から, 回転速度, 回転方向, 回転角度などが正しく制御できているかどうかを視覚的に確認できる。Fig. 5 にパルスモータを 1 相励磁方式で反時計回りに回転させるプログラム例, Fig. 6 にシミュレーション

```

STATUS EQU 0x03
TRIS_A EQU 0x85
TRIS_B EQU 0x86
PORT_B EQU 0x06
TIME EQU 0x54
TIME2 EQU 0xc8
PMD EQU 0x10
PA_INI EQU 0x32
org 0x00
movlw 0x00
movwlf TRIS_B ;PORT_B 出力設定
NEW bcf STATUS,0
movlw PMD
movwlf PORT_B
MADA call TIMER1 ;TIMER1 呼び出し
RLF PORT_B,1
btfss STATUS,0
GOTO MADA
GOTO NEW
END
TIMER1 MOVLW 0x01
MOVWF 0x0c
LOOP3 NOP
DECFSZ 0x0c,1
GOTO LOOP3
RETURN
    
```

Fig. 5 パルスモータ制御プログラム例

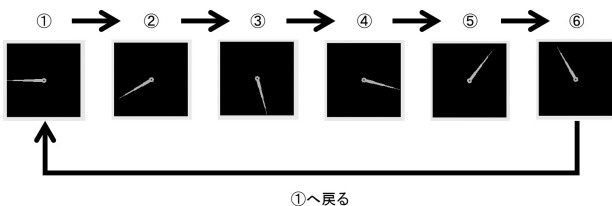


Fig. 6 パルスモータ制御のシミュレーション結果

結果を示す。

3.3 割り込み制御

割り込み制御プログラムを実行する場合は, シミュレーション中に「割り込み」ボタンをクリックすることで, INT ピンに割り込み信号が入力される。例えば, 数字の 1~6 を肉眼では判別できないくらい高速で 7 セグメント LED に繰り返して表示させる。そして, 「割り込み」ボタンがクリックされると, 割り込み制御によって, 7 セグメント LED の表示を停止させる。これによって, 人から見れば, ランダムな数字が表示される電子サイコロ^[8]などが教材として考えられる。Fig. 7 に, 電子サイコロプログラムのシミュレーション結果を示す。この例では, 7 セグメント LED が数字の 5 を表示している。

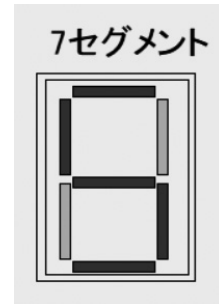


Fig. 7 割り込み制御による電子サイコロのシミュレーション結果

4 PICsim の試用

高専専攻科の学生 6 名に PICsim を試用してもらい, 感想を聞いた。これらの学生は, マイコンについての基礎知識はあるが, PIC については学習した経験がなかった。このため, 事前に PIC の基礎について簡単な説明を行ってから操作してもらった。以下に得られた感想を示す。

- シミュレータの導入が簡単でよかった
- 画面のレイアウトがシンプルで分かりやすかった
- レジスタやアドレスについて学ぶことができた
- 課題の内容が楽しくてよかった (割り込み処理を用いたプログラムを作成したり, LED の点灯状態を変えたりするなど)
- 外部割り込み処理やパルスモータについて学ぶことができた
- 自宅でもマイコン制御を学習できるのは便利だと感じた

いずれもポジティブな感想であったが, 学習者がプロ

グラムのデバッグに時間を要している様子も見受けられた。PICsim のプログラムエラーチェック機能は、エラー行の最初の 1 行のみを検出するため、複数のバグがあった場合にはそれらを同時に提示できないことが一因だと考えられる。

5 まとめと今後の課題

マイコン制御学習の教材に多く採用されている PIC マイコン PIC16F84A の全 35 個のアセンブラ命令のうち、33 個の命令を用いたプログラムの実行がシミュレーションできる PICsim を開発した。このシミュレータを用いれば、簡単な操作で、LED の点灯やパルスモータの制御プログラムを視覚的にわかりやすくシミュレーションできる。また、割り込み制御プログラムのシミュレーションにも対応している。

一方で、これまでは、わずか 6 名の被験者から感想をもらうだけの評価しかできていない。今後は、さらに多くの学習者に使用してもらい、改善すべき事項を見いだし、より効果的な教材となるようにしたい。また、現在は Windows 上のみで動作するが、今後はタブレット上でも動作する仕様としたい。PICsim は、筆者宛 (hori@akashi.ac.jp) に連絡を頂ければ無償で配布する。

参考文献

- [1] 組込みシステム技術協会, 『絵で見る組込みシステム入門改訂新版』, 電波新聞社, 2014
- [2] IPA 情報処理推進機構, 『IT 人材白書 2017』, 2017, 111-149

- [3] 文部科学省, 『高等学校学習指導要領解説・工業編』, 実教出版, 2010, 28-112
- [4] 謝花晋一, 『科目「実習」における教材研究, PIC を利用した学習支援教材作成』, 沖縄県立総合教育センター 1 年長期研修員 第 49 集 研究集録, 2011, 1-13
- [5] マイクロアプリケーションラボラトリー, 『PIC 評価ボード』 <http://www.mal.jp/open/productsshop/menu_3.html> (2018. 2.17 参照)
- [6] マイクロチップテクノロジー, 『PIC16F84A Data Sheet』 <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/35007b.pdf>> (2018.2.17 参照)
- [7] マイクロチップテクノロジー, 『PIC16F627A/628A/648A Data Sheet』 <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044E.pdf#search=%27PIC16F648A+datasheet%27>> (2018.2.17 参照)
- [8] 堀桂太郎, 『図解 PIC マイコン実習第 2 版』, 森北出版, 2014
- [9] 後閑哲也, 『電子工作のための PIC16F 活用ガイドブック』, 技術評論社, 2004
- [10] 高橋隆雄, 『やさしい PIC マイコンプログラミング入門』, 秀和システム, 2008
- [11] マイクロチップテクノロジー, 『MPLAB[®] X IDE』 <<http://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide>> (2018. 4. 18 参照)
- [12] 石川清輝, 『はじめての Flash PIC』, 工学社, 2011
- [13] 石川清輝, 『PIC シミュレータ Flash PIC の世界へようこそ。』 <<http://digikohma.com/swf/flpic.html>> (2018. 2. 17 参照)
- [14] 浅川毅, 『PIC アセンブラ入門』, 東京電機大学出版局, 2001
- [15] Python Software Foundation, <<https://www.python.org/downloads/>> (2018.2.17 参照)

2018.2.23 受理 2018.3.27 掲載決定

著者略歴

山本燎弥 (やまもと りょうや)
 ◎現在の所属: 明石工業高等専門学校専攻科
 機械・電子システム工学専攻
 ◎専門分野: 教育工学

堀桂太郎 (ほり けいたろう)
 ◎現在の所属: 明石工業高等専門学校電気情報工学科
 ◎専門分野: 教育工学・電子工学
 ◎主な著書: 図解論理回路入門, 森北出版, 2015

コンピュータシミュレーションの育成を目的とした iOS アプリケーション「n-クイーン問題 for Education」の開発

福井昌則・佐々木雄司・黒田昌克

◎キーワード プログラミング的思考, n-クイーン問題, アルゴリズム, エイト・クイーン, コンピュータシミュレーション

1 はじめに

2017年告示の小中学校新学習指導要領では、現行学習指導要領と大きな相違点として、プログラミング教育の必修化があげられる^[1]。また、高等学校情報科においても、現行の「社会と情報」「情報の科学」を発展させた「情報Ⅰ」「情報Ⅱ」が設置されることとなり、さらなる充実が行われることとなった^[2]。文部科学省有識者会議の「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）」によれば、子供たちが、情報技術を効果的に活用しながら、論理的・創造的に思考し課題を発見・解決していくためには、コンピュータの働きを理解しながら、それが自らの問題解決にどのように活用できるかをイメージし、意図する処理がどのようにすればコンピュータに伝えられるか、さらに、コンピュータを介してどのように現実世界に働きかけることができるのかを考えることが大事であるとし、その実現のために「プログラミング的思考」の育成を掲げている。またプログラミング的思考を、各教科内でコーディングを必須としない形で身につけることが求められている^[3]。プログラミング的思考は、「コンピュータシミュレーション (Computational Thinking, 以下CTと略記)」に大きく依拠して作成されており、CTの育成は重要であると考えられる。Barefoot Computingは、CTの概念として「logic」「Algorithms」「Decomposition」「Patterns」「Abstraction」「Evaluation」の6つを示しており^[4]、これらの概念を用いることで、問題を解決し、CTの育成を目指すことが重要である。また、各教科内でこれまで以上に論理的・創造的に思考させ、さらにアルゴリズムを用いてCTを育成するような題材開発や実践ストラテジーを構築することが求められる。そしてその力を基にし、プログラミングで世の中の問題を解決する力の育成に接続する段階的な学習を行うことは、これからさらに重要な

なっていくと考えられる。前報では、順列・組合せ、場合の数や数え上げの学習を深める「ナイトツアー」を題材としたアクティブ・ラーニングを行うためのiOSアプリケーション（以下、アプリケーションをアプリと略記）を開発した。そして、紙面上で実践する際の問題点を解決するために、進んだ箇所や順番がわかる機能、進める箇所を視覚的にわかるようにする機能を実装し、充実したアクティブ・ラーニングを行うことが期待できると指摘した^[5]。その内容を踏まえ、CTを育成することを目的としたアプリを開発していくことが重要であると考えられる。小池らは、生徒が問題の手順を順序良く処理して解決できるようになるために、アルゴリズムを学ばせることの重要性およびパズル教材の有用性について指摘している^[6]。また、小池らはLevitinらが「パズルを解くことでアルゴリズム的な思考を鍛える」と述べていることや、パズルを解くことでアルゴリズムの考え方を身につけることを目指す書籍が多く確認できると述べている^[6,7]。つまり、パズルを題材としアルゴリズム的な考え方を身につけることを通してCTを育成することは、重要な方略の一つである。本稿では、プログラミングで世の中の問題を解決する力を育成するための第一歩として、パズル教材を活用し、アルゴリズム的な考え方を身につけることを通してCTを育成する、iOSアプリ「n-クイーン問題 for Education」の開発を行った。

2 題材設定

(1) 数理的パズル「n-クイーン問題」について

前章では、アルゴリズム的に考えることでCTの育成が期待できること、そしてCTの育成にはパズル教材が有用であると指摘した。パズル教材を用いた活動の有用性については、多くの先行研究が存在し、パズル教材には様々なものがあるが、本稿では、この内容を満たす数理的パズルとして、「n-クイーン問題」を扱う。n-クイーン問題とは、 $n \times n$ のチェス盤上に、クイーンの動ける範囲に他のクイーンが存在しないよう n 個のクイーンを配置するという問題であり、その変種として

「警察パズル」がある^[8]。n = 8 は、「エイト・クイーン問題」として特によく知られている。n が 2, 3 のときは答えが存在せず、n が 4 以上で解が存在する。鏡像や回転などの変換や操作をした場合に一致することを除いた「基本解」は、n = 4 で 1 個、n = 5 で 2 個、n = 6 で 1 個、n = 7 で 6 個、n = 8 で 12 個であり^[9]、n が大きい場合の解の個数は、未だ判明していない。Fig. 1 に、チェス盤にクイーンを配置したときの様子を示す。なお、クイーンが動ける範囲を濃い灰色部分で示している。また、8 × 8 のチェス盤における解（一例）を Fig. 2 5 × 5 における解法例を Fig. 3 に示す。3 列目にクイーンを配置する場合は 5 通りの可能性があるが、例えば 2 行 3 列の位置にクイーンを配置すると、×印上には他のクイーンを置くことができない。そして次のクイーンを 1 行 1 列のところにクイーンを配置すると、○印上にも他のクイーンを置くことができず (Fig. 3 右上)、3 行 1 列のところにクイーンを配置すると、○印上にも他のクイーンを置くことができない (Fig. 3 右下)。このように順序立てて考えていくことで、すべての答えを網羅することができる。また、答えの個数を求める場合、単に網羅していることだけではなく、鏡像や回転などの変換や操作をおこなって得られる解もあらかじめ考慮に入れておくことで、能率よく考えることができる^[10]。Fig. 4 のようにチェス盤を A, B, C, D の 4 領域に分割し、「☆: 上下対称の鏡像」、「★: 左右対称の鏡像」、「□: 回転」の操作によって、A, B, C, D が異なれば、8 個の変形が存在する。n が大きくなると数え

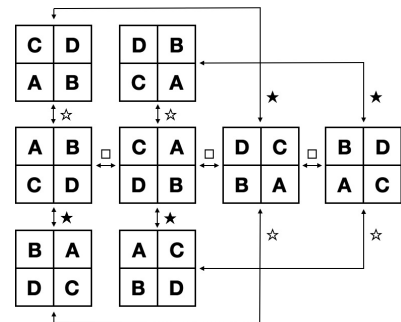


Fig. 4 鏡像と回転

上げが困難となることから、生徒のレベルや授業時間などに合わせて n を調整し、生徒にどのように考えたかをアルゴリズム的な観点で説明させるような活動を展開することが期待できる。そして、解のパターンの数え上げや、条件を満たすある一つの解を見つける活動に、前述した解き方や考え方を適用することで、Barefoot Computing の掲げる CT の概念である「Algorithms」「Patterns」「Abstraction」を身につけることが期待できる。具体的には、「順序立てて解を考えてまとめ (Algorithms)」、「その解の共通点を発見し (Patterns)」、「その共通点を抽出する (Abstraction)」などの活動を行うことが想定される。また、n-クイーン問題を教材として見れば、以下の特徴を有している。

- ①ルールは単純で、生徒はゲーム内容を理解でき、生徒に楽しみながら実践させることができる。
- ②盤面の大きさや形を変形することで、新しい問題を作成することができる。
- ③ルールは単純でありながらも、n が大きくなれば、全部の解を考えるために、プログラミングを活用することが必要となることを感じさせることが期待できる。

(2) n-クイーン問題を用いた授業の例

生徒をいくつかのグループに分け、縦横の大きさが等しい n × n のチェス盤上で、実際に n 個のクイーンを配置させる。そしてその結果を全体で共有する。ここで、どうやって解いたかについても考えさせ、解いた手順をアルゴリズム的に順序立てて説明させる。その後教員は、生徒が提示した解を回転させた解や、鏡像になっている解を提示し、生徒にパターンや性質について考えさせる。そしてパターンや性質が見つかったら、「一つの解がわかればそれと同時に複数の解が見つかること」を理解させるといった授業が展開可能である。このようにアルゴリズム的に考えることでパターンを見出し、抽象化することの良さを感じさせることが期待でき、CT を育成することが期待できる。また、n-クイーン問題を

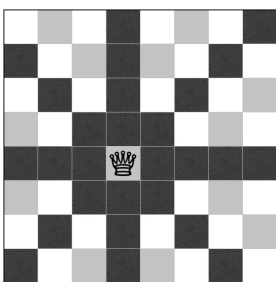


Fig. 1 クイーンが動ける範囲

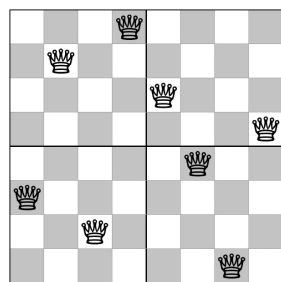


Fig. 2 エイト・クイーンの解(一例)

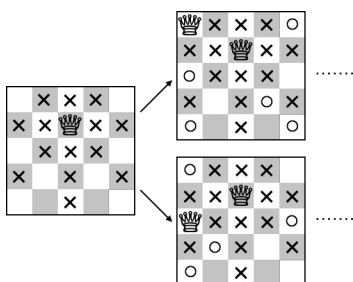


Fig. 3 5 × 5 の解き方

対戦ゲームとして捉えた問題^[11]にも適用することができ、n-クイーン問題を用いることで、CTの育成を行うことが期待できる。

(3) 実践上の課題と問題点

前項の内容から、n-クイーン問題を題材とした実践の有用性を確認することができたが、n-クイーン問題を活用するに際し、例えば以下のような問題が生じる。

- ①置いたクイーンの行き先がわかりにくく、間違っただ所にクイーンを配置してもなかなか気づきにくい。
- ②クイーンをどのように動かすと答えに近づくのか、どのクイーンを再配置したらよいかわかりづらい。
- ③再配置ややり直しなどがしづらい。
- ④チェス盤の大きさの変更がすぐにできず、対戦プレイなどにも柔軟に対応しづらい。

これらの問題点により、n-クイーン問題を題材とした活動が困難となる可能性がある。よって本稿では、これらの問題点を解消し、アルゴリズム的な考え方を身につけることを通して、CTの育成を目的とするiOSアプリ「n-クイーン問題 for Education」を開発した。

3 「n-クイーン問題 for Education」の開発

前章で述べた実践時に生じる問題点を解決し、より充実した活動を行うために、iOSアプリ「n-クイーン問題 for Education」を開発した。本アプリは、iOS11.2以降がインストールされたiPhoneやiPadで動かすことができる。本アプリはXcode9.2、言語はSwift 4.0を用いて筆者らが開発した。AppStoreで「n-クイーン問題」や「Yuji Sasaki」などで検索すると表示され、無料でダウンロードすることができる。また、多くの生徒が扱えるようにシンプルなUIを採用し、わかりやすい色合いを採用した。本アプリは以下の機能を実装している。

- ①クイーンをタップすることで配置することができる。
- ②配置したクイーンを取り除くことができる。
- ③チェス盤の大きさを変えられることができる。
- ④クイーンが進める（=他のクイーンを置いてはいけない）箇所を表示することができる。
- ⑤2人対戦プレイをすることができる。

n-クイーン問題を題材としたスマートフォンアプリやwebアプリは多数存在するが、いずれもゲームとして作成されており、授業で利用する場合、前章で指摘した問題が生じ、実践が困難になってしまう。また、対戦ゲームとしてn-クイーン問題を捉えたアプリは、筆者らの知る限りにおいて存在しない。筆者らの作成したアプリは、前章で述べた活動を行うために、機能①～⑤を

実装しており、アルゴリズム的な考え方を身につけることを通して、CTの育成を目的とする活動を行うことが期待できる。

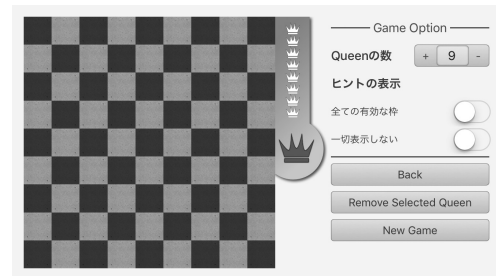


Fig. 5 プレイ画面

本アプリを立ち上げると、Fig. 5が表示される。画面の左側がクイーンを配置するチェス盤、右側がオプションの設定および様々な操作が準備されている領域である。プレイするには、チェス盤右側にある王冠マークをタップしてから、チェス盤上でクイーンを配置したい箇所をタップするとクイーンが配置される。そして、Queenの数のところに示されている個数のクイーンを、クイーンの動ける範囲に他のクイーンがこないように配置するとクリアとなる。本アプリは、学習内容や対象に合わせて様々なカスタマイズができるようになっている。その機能について示す。

- Queenの数：クイーンの数が変わるとともに、チェス盤の大きさが「クイーン×クイーン」の数に変わる。
- 「全ての有効な枠」のON/OFF：すべてのクイーンに対する行き先が表示される/されないを切り替える。
- 「一切表示しない」のON/OFF：クイーンの行き先を示さない/示すを切り替える。

行き先が示されている様子をFig. 6、クイーンが配置できない箇所が表示されている様子をFig. 7、全てのクイーンの行き先が表示されている様子をFig. 8に示す。

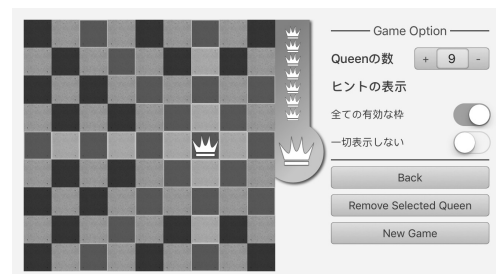


Fig. 6 行き先が示されている様子

また、2人（先手と後手）が交互にプレイしながら、駒をおけなくなった方が負けとなるゲームも実装している（Fig. 9）。このことにより、野崎らが述べていた対戦プレイを活用した実践を行うことが期待できる。



Fig. 7 クイーンが配置できない箇所が表示されている様子

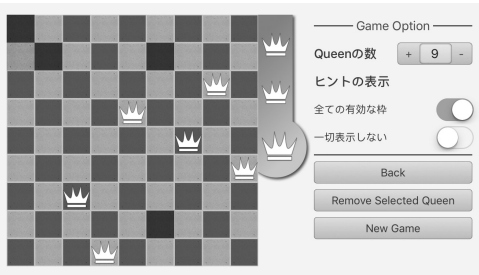


Fig. 8 全てのクイーンの行き先が表示されている様子



Fig. 9 対戦モード

以上のことから、 n -クイーン問題のアプリを用いることで、プログラミングで世の中の問題を解決する力を育成するための第一歩として、パズル教材を活用したCTの育成が期待できる。

4 まとめと今後の展望

本稿では、アルゴリズム的な考え方を身につけることを通して、CTの育成を行う数理的パズル「 n -クイーン問題」の有用性および実践で生じる問題点を指摘し、その問題点を解決するiOSアプリ「 n -クイーン問題 for

Education」を開発した。今後、アルゴリズム的な考え方やCTを基にして、世の中の問題をプログラミングや技術で解決する力の育成を目指す実践ストラテジーの構築や、その実践を支援するアプリ開発を行なう必要がある。

参考文献 (全ての URL は 2018.02.13 参照)

- [1] 文部科学省. 「小学校プログラミング教育に関する概要資料」, 2018. http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/03/30/1375607_01.pdf
- [2] 文部科学省. 「高等学校学習指導要領の改訂のポイント」 2018. http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/_icsFiles/afieldfile/2018/04/18/1384662_3.pdf
- [3] 文部科学省有識者会議. 「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について (議論の取りまとめ)」 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/074/siryo/_icsFiles/afieldfile/2016/07/07/1373891_5_1_1.pdf
- [4] Barefoot Computing. "Computational Thinking" <http://barefootcas.org.uk/wp-content/uploads/2014/10/Computational-thinking-Barefoot-Computing.pdf>
- [5] 福井昌則, 萩倉丈, 番庄智也. 「順列組合せの単元におけるアクティブ・ラーニングを促進する iOS アプリケーション「ナイトツアー for Education」」. コンピュータ利用教育学会『コンピュータ&エデュケーション』43, 2017, pp.89-92.
- [6] 小池翔太, 高橋正太郎, 荻無里広造. 「ゲームステージ作成アプリを活用した「お絵かきロジック」の教材化-アルゴリズムを扱う中学校選択授業「ゲームで学ぶ数学」の試み-」, 千葉大学『社会とつながる学校教育に関する研究』, 3, 2015, pp.37-41.
- [7] A.Levitin, M.Levitin (黒川洋, 松崎公紀翻訳). 『アルゴリズムパズル-プログラマのための数学パズル入門』, 2014.
- [8] 上野富美夫. 『数学パズル辞典 改訂版』, 東京堂出版, 2016.pp.158-159.
- [9] 中村義作. 『世界の名作数理論パズル 100』. 講談社, 2017. pp.153-154.
- [10] 野崎昭弘, 『離散数学「数え上げ理論」: 「おみやげの配り方」から「Nクイーン問題」まで』, 講談社, 2008.p.255.
- [11] 小沢健一, 数学教育協議会 (編集). 『ゲームであそぼう 算数・数学』, 国土社, 1996.pp.140-142.

2018.2.28 受理 2018.3.15 掲載決定

著者略歴

福井昌則 (ふくい まさのり)

◎現在の所属: 広島大学大学院工学研究科(院生), 日本学術振興会特別研究員 DC1, 大阪電気通信大学(非常勤講師), 神戸学院大学(非常勤講師), 関西学院高等部(非常勤講師)

◎投稿時の所属: 兵庫教育大学大学院(院生)

◎専門分野: プログラミング教育, ゲーム教育, 創造性教育, 教育工学

佐々木雄司 (ささき ゆうじ)

◎現在の所属: 慶應義塾大学環境情報学部(学生), 株式会社 Skyward 取締役副社長

◎投稿時の所属: 関西学院高等部(学生)

◎専門分野: ユーザインタフェース, iOS アプリ開発

黒田昌克 (くろだ まさかつ)

◎現在の所属: 兵庫教育大学連合大学院(院生)

◎投稿時の所属: 兵庫教育大学教職大学院(院生)

◎専門分野: 小学校段階におけるプログラミング教育, 技術教育