

携帯型ゲーム機上で起動するプログラム言語を用いた 魔法陣の製作と授業活用案

藤井 康寿*

Email: fujii@tokaigakuin-u.ac.jp

*: 東海学院大学人間関係学部子ども発達学科

◎Key Words 携帯型ゲーム機, プログラム言語 BASIC, 魔法陣

1. はじめに

1.1 問題の所在と本研究の目的

2006年アメリカではプログラミング言語の学習環境として、「スクラッチ」が開発された^①。スクラッチでは正しいプログラミング言語の構文の書き方を覚えることなく結果が得られる。指示が書かれたブロックをクリックすることで実験（テスト）できたり、ブロックを積み上げていくことで動作するプログラムを作成できる。文部科学省は2010年8月にスクラッチを参考にして、動物などの絵を動かしてアニメーションなどを作ることができる「プログラミン」^②というソフトを開発し公開している。

上述のように、プログラミング言語を学習するソフトウェアは目覚ましい進歩を遂げているが、ソフトウェアが動作する機器はパーソナルコンピュータ（以下PCと呼称する）であったり、インターネット接続環境が整ったPCの利用が前提条件である。このように、ほとんどのソフトウェアはPC環境を必須条件とする。これに対して本研究で製作したソフトウェアの開発環境は、株式会社任天堂が開発した携帯型ゲーム機「任天堂DSi」上で動くプログラミング言語「BASIC」を用いて開発した。任天堂DSiを開発環境の機器に選んだ理由は、次の事柄を紹介することにある。すなわち、平成23年3月に内閣府が実施した「青少年のゲーム機等の利用環境実態調査」^③の質問項目「ゲーム機の所有状況」によると、青少年[小学生（満10歳）から高校生（満17歳）2000人を対象]の約9割（90.4%）は、なんらかの固定型あるいは携帯型ゲーム機を持っている結果が報告されている。特筆すべきことは、調査結果約9割の中で「ニンテンドーDS(DS Lite/DSi/DSiLL)」を81.5%所有していることである。この事実から推測の枠を超えないが、子供たちはゲームなどのソフトウェアを購入して遊んでおり、ソフトウェアを操作する上で欠かせない機器の取り扱いについても十分に精通していると推定される。しかし、ソフトウェアおよび機器を使いこなす技術（テクニック）はあっても、それらを使って表現する（あるいは自分で何かを表現する）手立ては知らないのである。別の言い方で喩えると、字は読めるけど、書けないのと同じ状況であると言える。本研究では、既存の環境の中で上手く操作できる満足感の他に、表現することができるツールがあることを知ってもらい、自分で考えたことを具現化できる（自由に表現する可能性）手法があるこ

とを紹介したいと考えたのである。具体的には、プログラミング言語を習得する開発環境として携帯型ゲーム機を活用する条件下で、上述した表現を具現化できるソフトウェアの一つとして携帯型ゲーム機上で動く「BASIC」の利便性を紹介することである。本研究では携帯型ゲーム機上で起動する「プチコンmkII（マークII）」^④（以下、プチコンと呼称する）というBASIC言語を利用して第2章で詳述するソフトウェアを開発した。BASIC言語のコマンド（命令）群はPC上で起動するBASIC言語と酷似しているため、携帯型ゲーム機に装備された個別の機能について、ソフトウェアの開発結果の説明を通して紹介したい。

藤本^⑤はソフトウェアを教材や学習環境として適切に利用するためには、教育プログラム全体の中での位置付けや導入目的、期待する成果を明確にした上で取り入れる工夫が必要であると提言している。

本研究では藤本の提言を参考に授業実践での活用を想定して、文部科学省が小学校算数教科で提唱している「進んで生活や学習に活用しようとする態度を育てる」という算数的活動^⑥に対して授業活用案を提示している（第4章参照）。これらの案を小学校で実践活用することで、算数を学ぶことの楽しさ、計算の確かめや計算の仕方（加法に関して成り立つ交換法則や結合法則）を考えたりすることに繋がると期待できる。

1.2 先行研究の考察から得られた学習効果を高めるための携帯型ゲーム機が装備する要件

中野^⑦は市販の英語学習ソフトウェアを用いて学習効果の検証実験を行った。ニンテンドーDSを用いて、毎日10分以上トレーニングを行い100日間継続して学習した結果、英語の学習能力の向上に繋がることが証明された。しかし、著者が指摘しているように、優れたソフトウェアを選定することの必要性や、担当教員から助言することを目的としてML（メーリングリスト）を活用することによって、モチベーションを高めて継続使用を維持した結果の評価に関しては疑問が残る。このことから、ニンテンドーDS上で起動するデジタル教材を授業で利用するには、市販のデジタルゲームの楽しさまでは求めることは出来ないけれど、従来の教科書や学習テキストにはない音声による説明やタッチペンの利用など直感的なUI（ユーザーインターフェイス）を装備した補助教材を開発して、授業の導入や展開時に短時間活用することや、自宅で利用できることが望ましい。

以上の観点から、教材開発に求めるハードウェア部分は、ニンテンドーDSの機器に装備されている直感的なUI（ユーザーインターフェイス）である2画面のスクリーンの活用や音声、タッチペン入力など利用できる仕様とした。また、授業や自宅で短時間の利用を目的としたシンプルなロジックの補助教材を開発した。

2. 魔法陣

2.1 定義と最近の研究成果

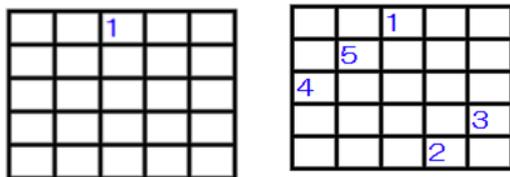
正方形のマス目に、1からマス目の数までの数字を一回ずつ使い、縦、横、斜めの数の合計がすべて同じになるように配置する方法を魔法陣という。

研究成果として一例を挙げると、縦横5マス、計25マスある魔法陣の場合、1から25の数字を配置し、縦、横、斜めの合計が65になるように配置する組み合わせは、約2億7千万通りあることが分かっている。魔法陣の解の個数は、公式があって簡単に求められるものではなく、全て当てはめてみないと分からない。現在、魔法陣の解の個数が正確に求められているのは魔法陣5×5までである。魔法陣6×6は約1800個と推定されているだけで、正確な個数は不明である。最近、高校生が筑波大学と共同研究で、スーパーコンピュータ用のプログラムを考案し、上述の縦横5マスの魔法陣を満たす全ての配置を求めることに成功したことが新聞⁶⁾に掲載された。

2.2 アルゴリズム

2.1節の定義で述べたように、魔法陣のすべての組み合わせを求めることが本研究の主題ではないので、以下に示すアルゴリズムを用いて、コンピュータ内で生成された解をソフトウェア利用者が見つける方法とした。このようにすることで、膨大な正解をコンピュータ内に用意する必要はなくなる。また、最初の数字1（あるいは最初に入力する数字）が最上段の中央に位置することで、次の数字の配置を考えるきっかけも与えることができる。

最初の1は最上段の中央から始める(図1(a)参照)。

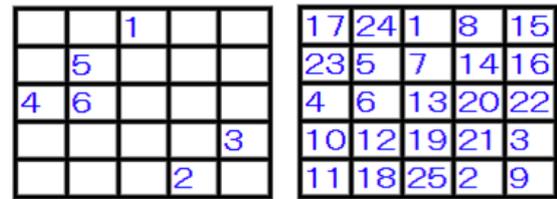


(a)手順1 (b)手順2

図1 魔法陣作成のアルゴリズム

次の数字は右上におく。最上段に達したときは、最下段の右におく。具体的には、図のように斜め右上がっていきながら、2,3,4,5・・・と入れていく。ただし、上がない場合には一番下に、右がない場合には一番左におく(図1(b)参照)。

右上にすでに数字があるときはいまいる場所の下におく。具体的には、図1(c)のように、斜め右上にすでに数字が入っている場合(上の図の場合は1)は、その列(上の図の場合は5の列)の1つ下に入れる。



(c) 手順3 (d)手順4

図1 魔法陣作成のアルゴリズム

同様の操作を繰り返せば、5×5の魔法陣は図1(d)のように作ることができる。以上の手順(アルゴリズム)に従えば、奇数マス×奇数マスの魔法陣は簡単に作成できる。この奇数マスを用いた魔法陣作成方法は、吉田⁹⁾が詳細な説明しているため割愛する。

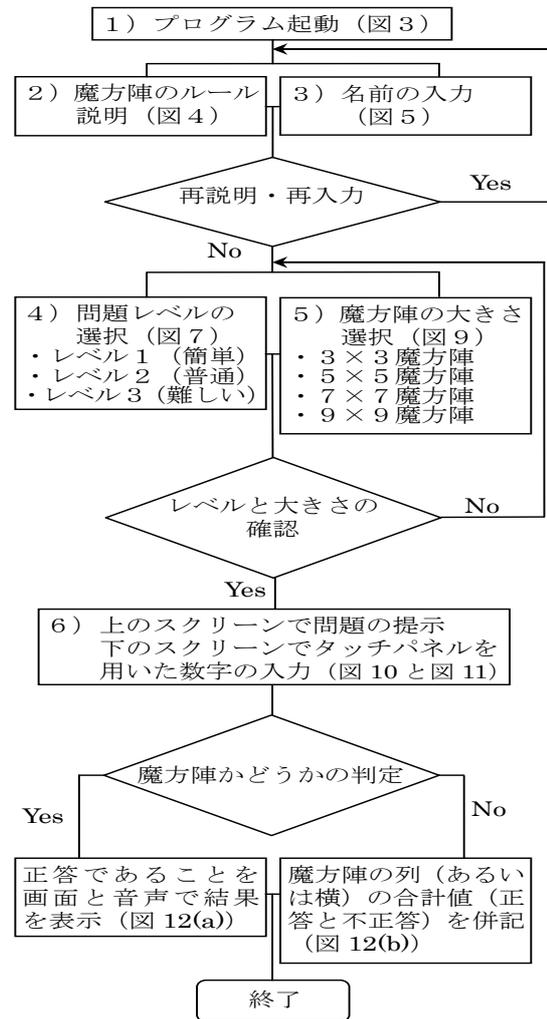


図2 プログラムの流れ

3. 魔法陣のソフトウェアの開発結果

携帯型ゲーム機「ニンテンドーDSi」上で起動する「BASIC 言語」を用いて開発した「魔法陣」は図2のプログラムの流れに沿って起動する。具体的には、図3の起動画面から開発したプログラム名を読み込んで起動すると、最初に2.2節のアルゴリズムの手順に従って後述の大きさに対応した魔法陣が生成される。

次に、図2の項目2のルール説明が上側スクリーンに図4に示すようにカタカナで表示されると同時に、



(a)起動画面 (b)タイトル表示画面

図3 プチコン mk II (起動画面) とタイトル表示画面

人口音声でも流れる。具体的には、正方形（四角）を縦と横が同じ大きくなるように分けたマスに、数字を順番に入れていく。しかし、マスに入れる数字は、縦の合計、横の合計や斜めの合計がすべて同じとき魔法陣が完成することの説明である。以上の内容を、プログラム内に装備された文字読み上げ機能により、画面上に表示されている内容（カタカナ文字）が人工的な音声にして読み上げられる。

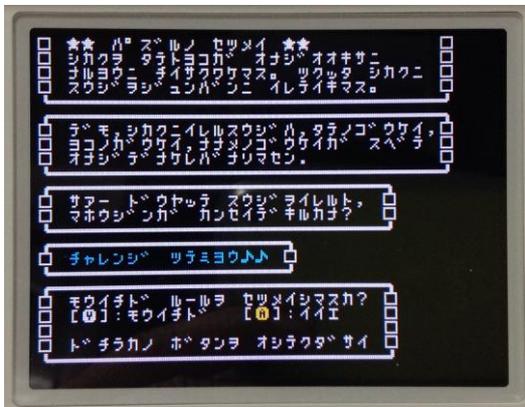


図4 魔法陣のルール説明画面

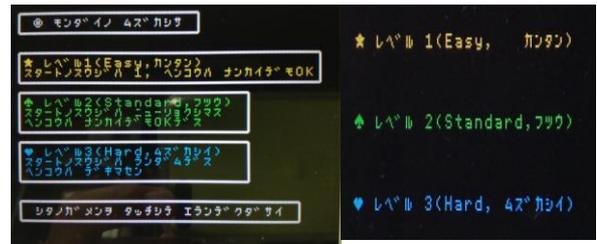
続いて、図5に示すように利用者の名前を入力画面が表示される。下側スクリーンには図6のキーボード画面が表示され、タッチペンや指で文字を触れることで名前を入力することができる。



図5 名前を入力画面 図6 カタカナ表示の画面 (上側スクリーン) (下側スクリーン)

名前入力後、問題レベルの選択画面が表示される(図7(a)と図7(b)参照)。

本研究では第2.1節で述べたように、魔法陣のすべての解を求めることは皆無に等しいので、簡単なアルゴリズムで得られる方法を採用している。このことは魔法陣の解の数が限定されるので、試行回数が増えると、マスに入る数字の位置を覚えてしまうのではないかと考えた。授業での導入の仕方や使い方を工夫すれば、違った取り組み方も考えられるが、魔法陣の解の



(a) (上側スクリーン) (b) (下側スクリーン)

図7 問題のレベルの選択画面



図8 魔法陣の大きさ (下側スクリーン)

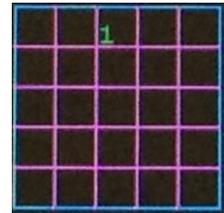


図9(a) 魔法陣5×5

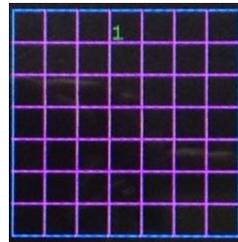


図9(b) 魔法陣7×7

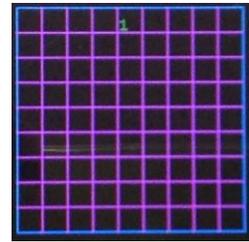


図9(c) 魔法陣9×9

個数は決まっているので、上述の問題回避にはならない。以上の理由から、予めプログラムを組んで対策を講じる方法として、利用者の習熟度に応じた3通りのレベルを提供することにした。具体的には、レベル1は、マスの最上段中央に1が入り、マスに入る数字の訂正は何度でも変更可能な魔法陣(図7(a)参照)、レベル2はマス最上段中央の数字はユーザーが入力して、レベル1と同様にマスに入る数字の訂正は何度でも変更可能な魔法陣である。レベル2は、レベル1と違って、スタートの数字を利用者が決定することによって、魔法陣の成立条件である縦、横そして斜めの合計の値が異なる問題となる。レベル3は、マスの最上段中央の数字は、携帯型コンピュータ内でランダム関数を用いて生成された数字から開始して、その上、マスに入れる数字の訂正ができない条件で行う魔法陣である。さらなる対策として、下側スクリーン画面には図8に示す魔法陣のマスの大きさを決定する画面が表示されて、本体付属のタッチペンで数字を触れると、図9(a)~図9(c)に示す魔法陣が上側スクリーンに表示される。

上述の操作により、問題レベルとマスの大きさの組み合わせ方法によって、 3^4 (81) 通りの魔法陣が問題として表示されることになる。

図10(a)~図12(b)には、レベル1の魔法陣3×3の入力と出力画面、および正答の判定までの一連の操作結果を例示した。図10(a)は上側スクリーンに表示された魔法陣3×3の初期画面である。また、図10(b)の下側スクリーンには未入力を表す「★」印、選択して数字の入力待ちを表す「？」の他に、携帯型ゲ

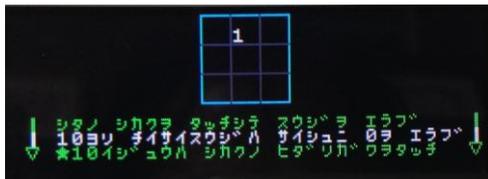


図10(a) 魔法陣3×3の初期画面



図10(b) 入力画面（下部スクリーン）

ーム機に装備されているキャラクター（数字0～9の sprite）が表示される。ここで、「sprite」は画面上の小さなキャラクターを高速に合成するための技術であり、テキスト（定型の大きさ）とは異なり自由に変形（拡大、縮小や回転）することができる。また、下のスクリーンにはスプラインを表示する他に、本体附属のタッチペンや指などでスクリーンを触ると、位置情報を取得することができるシステム変数が用意されている。

図10(b)はソフトウェアに登録済みのspriteを拡大表示し、下のクリーンに一定の間隔で配置した結果である。このspriteから情報を読み取る方法（この場合、0から9の数字を読み取る方法）は次のようにして行う。スクリーンの大きさ（高さ×横の長さ）、および拡大したspriteの縦と横の大きさは分かっているため、個々のsprite（0から9の数字）がスクリーン上のどこに配置されているか2次元座標（スクリーンの高さ×横の長さ）で表しておく。次に、タッチペンや指がスクリーンに触れると、PCHコンのシステム変数を介して値が読み取られる。以上の選択操作を魔法陣となるように、マスに入れる場所を考えながら2～9までの数字を図11に示すように配置する。

選択配置された魔法陣の数字は、携帯型ゲーム機本体で生成された魔法陣の正解と照合されて、正解および不正解の判定が行われ、スクリーン表示されるとともに音声によっても知らされる。なお、不正解の場合は、縦、横、斜めの合計値が最も大きい値を表示して不正解であることを音声によっても知らせて終了する（図12(a)および図12(b)）。

4. まとめ替えて

本研究で開発した教材を授業で活用するには、藤本が論文の中で紹介した英国の学校教育現場で導入されている方法を提唱する⁶⁾。論文で紹介された市販のデジタルゲームの授業利用は、小学校高学年の算数の授業の冒頭15分間に、市販の娯楽ゲームの画面をプロジ

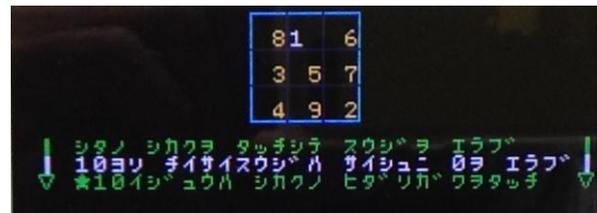


図11 入力された数字（上部スクリーン）

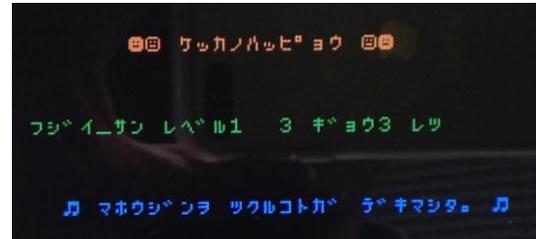


図12(a) 正解の判定

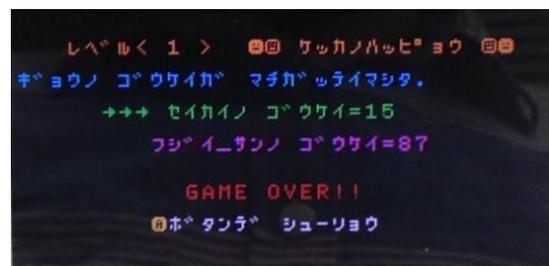


図12(b) 不正解の判定

ェクターに映し出して、みんなで議論しながらプレイする方法であった。本研究で開発した教材も、授業の冒頭の利用することで、次の効果が期待できる。すなわち、授業開始早々に活用することで、ディスカッション促進ツールとしての機能を発揮させるとともに、ゲームで学ぶ機会が「ごほうび」として機能し、通常の授業でもやる気の持続が高まるのである。開発した教材が算数指導の方法とは明示的に合致していなくても、教員の工夫で活用方法や目的が明確であれば、上述の効果を期待でき得ると推察される。

参考文献

- (1) スクラッチ, URL: http://info.scratch.mit.edu/ja/About_Scratch
- (2) プログラミン, URL: <http://www.mext.go.jp/programin/>
- (3) 内閣府: 「青少年のゲーム機等の利用環境実態調査」, URL: <http://www8.cao.go.jp/youth/youth-ham/chousa/h22/game-jittai/html/index.html>
- (4) プチコン mk II (マークII), URL: http://smileboom.com/special/ptcm2/html_first-a40.php
- (5) 藤本 徹: 「効果的なデジタルゲーム利用教育のための考え方」, コンピュータ&エデュケーション, Vol.31, pp.10-15, 2015.
- (6) 文部科学省: 「小学校学習指導要領解説 算数編」, 東洋館出版社, pp.69-77, 2008.8.
- (7) 中野 健秀: 「携帯型ゲーム機を用いての英語学習ーニンテンドーDSの実用性を探るー」, コンピュータ&エデュケーション, Vol.24, pp.44-47, 2008.
- (8) 中日新聞朝刊 (3月2日付け朝刊): 「魔法陣5×5 16歳攻略」, p.37, 2014.
- (9) Yoshita: 「あなたの脳を目覚めさせる美しい数学1」, 星の環会, pp.20-23, 2007.