

# 携帯型ゲーム機上で起動するプログラム言語を用いた算数補助教材「魔法陣」の製作

藤井康寿

(子ども発達学科)

## 要 約

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」によると、青少年 2000 人の約 9 割が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との報告がされている。本研究ではプログラミングに触れたことのない青少年に、PC などの特殊な機械を用いなくてもソフトウェアの開発ができることを知ってもらうために、携帯型ゲーム機で起動するプログラム言語を用いて開発した。本研究では携帯型ゲーム機特有の機能を、BASIC 言語を用いて実現して、算数補助教材の魔法陣の製作を行った。魔法陣は繰り返し試行すると、数字の並び方を記憶してしまうアルゴリズムの短所を改善する魔法陣生成方法を提案した。

キーワード：算数補助教材，携帯型ゲーム機，プログラム言語 BASIC，魔法陣

(2019.9.12 受稿 査読審査を経て 2019.11.15 受理)

## 1 はじめに

### 1.1 本研究の目的

内閣府は平成 23 年 3 月に実施した「青少年のゲーム機等の利用環境実態調査」<sup>[1]</sup>の質問項目である「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と報告されている。特筆すべきは「任天堂 DS(DS Lite/DSi/DSiLL)」(以後、DSi と呼称する)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、機器の操作に精通していると推定される。

開発したソフトウェアは、携帯型ゲーム機 DSi 上で動くプログラミング言語を用いて製作した。具体的には、DSi 上で起動する「プチコン mkII (マーク II)」<sup>[2]</sup>(以下、プチコンと呼称する)という BASIC 言語を用いて算数補助教材を製作した。プチコンには開発したソフトウェアを QR コードに変換することができる機能がある。その上、後述の第 3 節で詳述するように DSi 本体付属のタッチペンを制御できる BASIC 言語の命令(コマンド)が用意されている。DSi の操作を取り入れた活用事例は、論文<sup>[3]</sup>で報告している。また、DSi 本体にはカメラ機能が装備されているので、製作した算数補助教材の QR コ

ードを DSi のカメラで読み取ることで、プログラムをインストールすることができる。プログラムをインストールした DSi は学校以外の場所で利用できる。その上、利用したいときに教材を学習することができる。本報告では、子供たちが DSi 機器の操作に精通している前提条件の下で、開発した算数補助教材の使い方を通して、教具として利用を紹介することを目的とする。

開発した算数補助教材は、藤本<sup>[4]</sup>や文部科学省<sup>[5]</sup>の提言を参考にしている(第 4 節参照)。藤本<sup>[4]</sup>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述べている。また、文部科学省も小学校算数教科で「日常の事象を数理的に捉え、算数の問題を見だし、問題を自立的、協働的に解決する過程を遂行する」いわゆる数学的活動<sup>[6]</sup>の必要性を提唱している。開発した算数補助教材の利用を通して、学校以外の環境で、教員から提示された問題に取り組むことによって、計算の仕組みや計算力が身につくことを想定している。

### 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に装備する要件

中野<sup>[6]</sup>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。DS を用いて、毎日 10 分間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を報告した。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や、担当教員から助言するために ML（メーリングリスト）を活用している。モチベーションを高めて継続使用を維持した結果の成果であってソフトウェアの使用方法に工夫が必要であると考えられる。このことから、DS 上で起動するデジタル教材を授業で利用するには、市販のゲームの楽しさを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、タッチペンや 2 画面スクリー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、授業の導入時に短時間活用することが望ましいと考えた。また、授業以外での活用も想定して、自宅から持参した DSi に、内蔵のカメラで QR コードを読み取り、算数補助教材のプログラムをインストールする。魔法陣生成には後述の第 3 節のロジックを導入することで、偶然に魔法陣が完成することを排除して、教員から生徒に指導やヒントを与えることができる仕様とした。

## 2. 魔方陣の定義と算数補助教材の製作に用いたアルゴリズム

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。

魔法陣の作成方法は吉田<sup>[7]</sup>が詳細な説明を行っている。開発したソフトウェアは、吉田の作成手法(アルゴリズム)に則った。以下に紹介する。

(1)最初の 1 は最上段の中央から始める(図 1(a)参照)。  
 (2)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。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、上がない場合は一番下に、右がない場合は一番左におく(図 1(b)参照)。  
 (3)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。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。同様の操作を繰り返せば、5×5 の魔法陣が図 1(d)のように作ることができる。本アルゴリズムは、方陣の大きさが 3,5,7・・・の奇数の魔法陣に適用可能である。

以上の方法で、特定の魔法陣を見つけ出す問題となる。すなわち、利用者が適当に入れた数字で偶然に魔法陣が

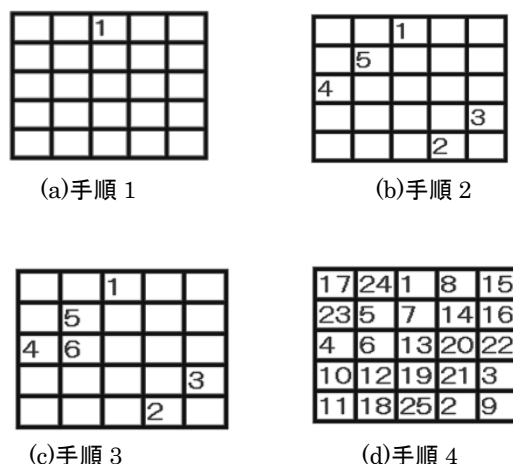


図 1 魔法陣作成のアルゴリズム

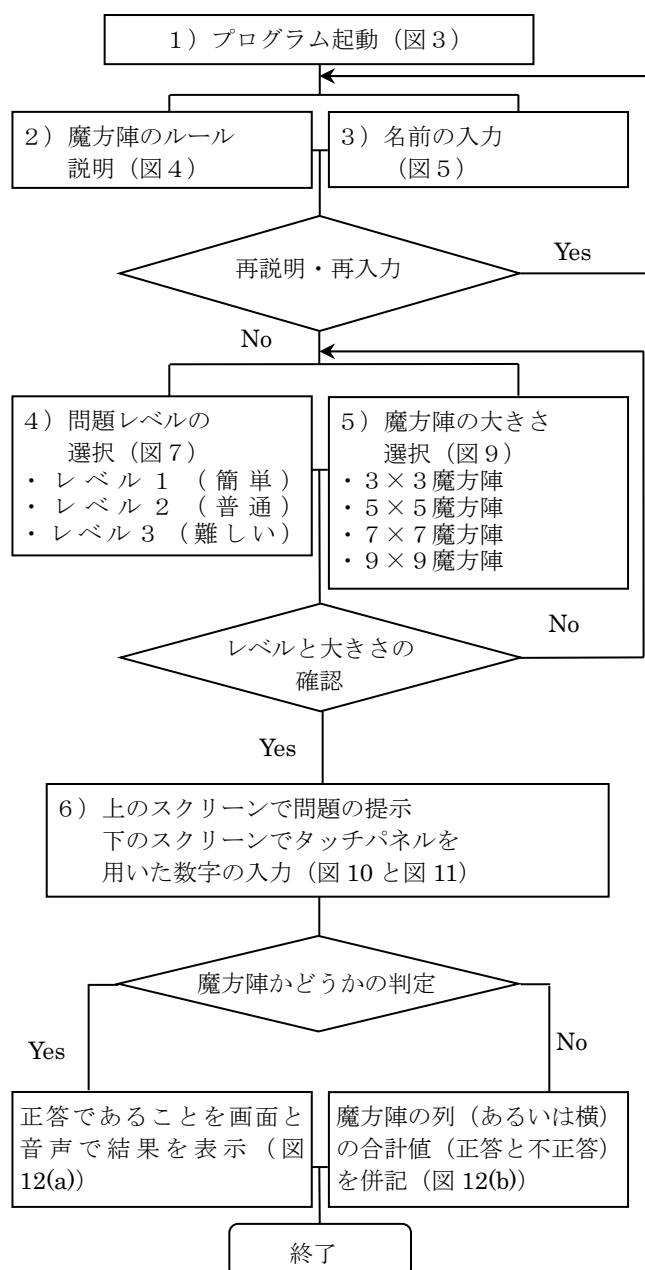


図 2 プログラムの流れ

完成する組み合わせではなく、数字の並びが限定される。このことは、授業で実践する場合には、教員が生徒にヒントを与えることが可能となる。しかし、思考（試行）を繰り返すと、数字の並びを記憶してしまう短所がある。採用したアルゴリズムの短所を改善した開発結果を第3節で掲載する。

### 3. 魔方陣のソフトウェアの開発結果

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DSi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、最初に第2節のアルゴリズムの手順に従って魔法陣が生成される。



(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

次に、図2の項目2のルール説明が上側スクリーンにカタカナで表示されると同時に、人口音声でも流れる(図4参照)。音声内容は次である。正方形(四角)を縦と横が同じ大きさになるように分けたマスに、数字をマスの数だけ入れていく。マスに入れる数字は、縦、横や斜めの合計がすべて同じとき魔法陣が完成することである。

続いて、図5に示すように利用者の入力画面が表示される。下側スクリーンに図6のキーボード画面が表示され、文字をタッチペンや指で触れることで名前が入力される。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)。

第2節で詳述したアルゴリズムを採用している。このことから魔法陣の正答数が固定されるので、試行する回数が増え、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。対策として、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、表1に示すように、魔方陣の最上段中央に入る数字と、マスに入れた数字の訂正の可否の2項目である(図7(a)参照)。最上段中央に入る数字は、魔方陣のスタートの数字であるので、異なる数字が入ることによって、縦横斜めの合計が異なる問題になるのである。

上述の3レベル(表1参照)のほか、魔方陣の大きさ

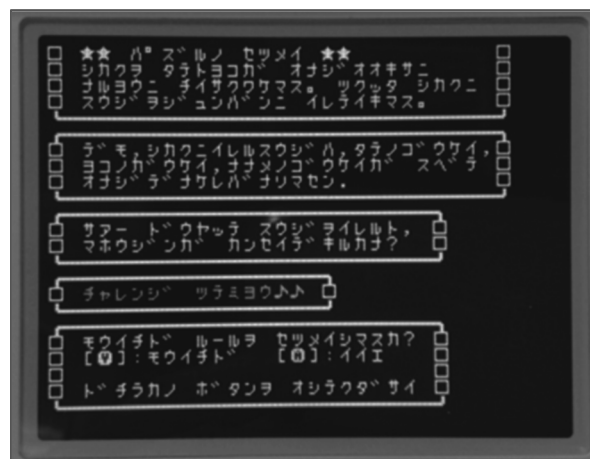


図4 魔法陣のルール説明画面

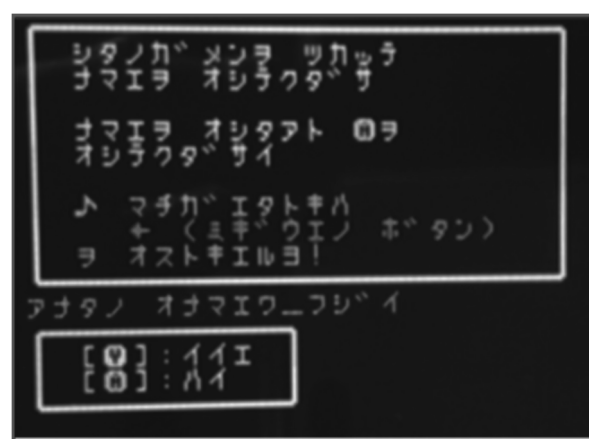


図5 名前の入力画面(上側スクリーン)



図6 カタカナ表示の画面(下側スクリーン)

も変更できる。図8に示すように、下側スクリーン画面に魔法陣のマスの大きさを決定する画面が表示されることである。本体付属のタッチペンで数字を触ると、図9(a)～図9(c)に示す3種類の魔法陣が上側スクリーンに表示される。なお、3×3の魔方陣の表示は割愛した。

以上の対策により、問題レベルとマスの数の組み合

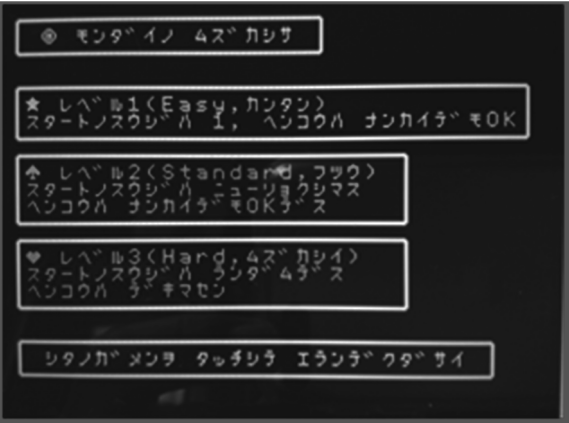


図 7(a) 問題レベルの選択画面(上側スクリーン)

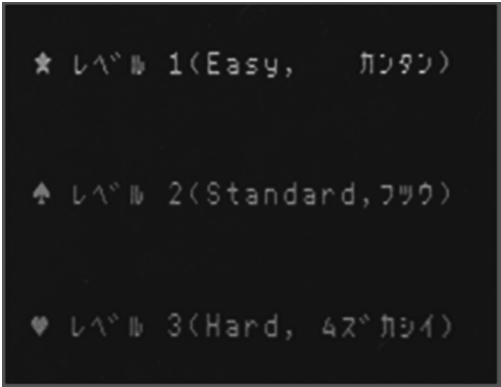


図 7(b) 問題レベルの選択画面(下側スクリーン)

表 1 魔法陣のレベル

	魔法陣の最上段 中央に入る数字	マスに入れた数字 訂正の可否
レベル1	1	可
レベル2	1以外の数字 (利用者が入力)	否
レベル3	コンピュータ内で ランダムに生成さ れる2桁の数字	否



図 8 魔法陣の大きさ(下側スクリーン)

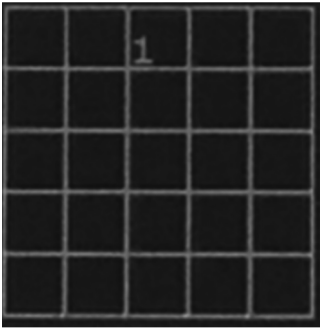


図 9(a) 魔法陣 5×5

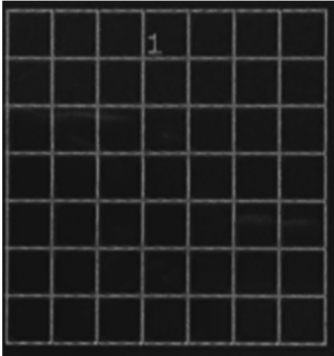


図 9(b) 魔法陣 7×7

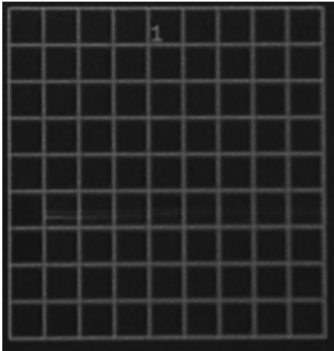


図 9(c) 魔法陣 9×9



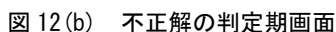
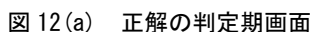
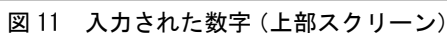
図 10(a) 魔法陣 3×3 の初期画面



図 10(b) 入力画面(下部スクリーン)

わせによって、 $3^4(=81)$ 通りの魔法陣が生成され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、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、プチコンに装備されている数字キャラクター(0



これらの数字は、次のようにして読み取る。付属タッチペンや指がスクリーン上の数字キャラクターに触れると、プチコンに装備されたシステム変数を介して上部スクリーンに対応する数字が探索表示される(図 11 参照)。

#### 4. 終わりに代えて

開発したソフトウェアは、タッチパネルの操作や音声による応答など、DSi 本体の機能を操作できる機能を装備した BASIC 言語を用いた。BASIC 言語は古いプログラム言語とされているが、高速処理の性能を必要としない STEM 教育に活用され始めている。例えば、電子工作で使われる IchigoJam や RasberriPi<sup>[8]</sup>の電子基板を制御するために BASIC 言語が使われている。児童対象の

ワークショップが頻繁に開催されている。

開発した算数補助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<sup>14)</sup>。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。開発した算数補助教材も、授業の冒頭で利用する。このとき、魔方陣の大きさ3、レベル1で行う。小学校第3・4学年で扱い、トピック教材として、学期のはじめの意欲付けに実践する。導入では、生徒に興味や関心を持ってもらうことと、使い方に重点を置いた指導を行う。魔方陣が完成しない生徒には自宅に持ち帰って、完成するよう指導する。次のステップでは、教員が魔方陣の大きさやレベルを指定して、自宅学習するよう指導する。完成した魔方陣は、ノートに書き写して提出させる。以上の活用実践を通して、魔方陣発見の喜びをクラス内で共有できて、計算力や計算の仕方(工夫して計算する力)を獲得する状況を検証したい。今後の課題である。

本稿は、2017PC Conference にてポスター論文として発表したものに加筆修正し、まとめたものである。

## DSi を用いてプチコン mkII を購入することについて

DSi は 2017 年に生産は終了している。後継機種として 3DS が生産販売されている。プチコン mkII も 3DS に合わせてプチコン 3 号として販売されている<sup>10)</sup>。仮に、3DS で活用する場合は、次の対応が必要である。具体的には、開発した算数教材を 3DS で活用する場合、プチコン 3 号はプチコン mkII の上位互換の BASIC 言語であるが、表示された QR コードを内蔵カメラで読み取ってプログラムをインストールすることはできない。したがって、DSi で開発したプログラムを画面表示して、プチコン 3 号に付属するエディターを用いて入力することになる。1 台の 3DS にプログラムの入力が完了して、バグ修正や画面の大きさなどの細部調整を行い起動が確認できれば、ネットを通じてバックアップや一般公開が可能となる。同じ装備を有する利用者に共有可能となる。

[1] 内閣府、「青少年のゲーム機等の利用環境実態調査」、

- <http://www8.cao.go.jp/youth/youth-harm/chousa/h22/game-jittai/html/index.html>
- [2] プチコン mk II,  
<https://smileboom.com/special/petitcom/>
- [3] 藤井康寿,「携帯型ゲーム機上で起動するプログラム言語を用いた算数補助教材の開発と授業構想案」, 東海学院大学紀要, 第 10 号, 2016, pp.73-78.
- [4] 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, 2015, pp.10-15.
- [5] 文部科学省,『小学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 算数編』, 日本文教出版, 2018.2, pp.71-75.
- [6] 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, 2008, pp.44-47.
- [7] Yoshita,『あなたの脳を目覚めさせる美しい数学 1』, 星の環会, 2007, pp.20-23.
- [8] IchigoJam BASIC Rpi/Rpi+,  
[http://na-s.jp/IJBRPi/index\\_ja.html](http://na-s.jp/IJBRPi/index_ja.html)
- [9] Smile Basic,  
<http://smilebasic.com/academy/introduction/>

Production of an Arithmetic Teaching Aid  
Called *Mahojin*(Magic Square) Using the  
Programming Language Running on  
Portable Game Consoles  
Kouju Fujii