

ゲームを活用した数学教材について

古川 新^{*1}・北本 卓也

A Study on the Inflection of “Mathematica” in Arithmetic Education

FURUKAWA Arata^{*1}, KITAMOTO Takuya

(Received January 6, 2016)

キーワード：算数教育、Mathematica、ゲーム

はじめに

現在の子どもたちの中で、算数・数学を苦手としている子どもは少なくない。そんな教育現場でどのように学力向上を図るかは教師の力量にかかっている。最近ではICTなどを活用した授業で生徒の興味を引き出すという方法が教育現場では多く見られる。

文部科学省の国立教育政策研究所（国研）が提唱した能力として「21世紀型能力」がある。その枠組みの構造は“思考力”を中核としてその土台となる“基礎力”と思考力の使い方を方向づける“実践力”の三層構造に整理されている。子どもの学力向上とともに、これからの社会を生き抜くために必要な能力として位置づけられ、次の新学習指導要領にも詳しく表記されている。その内容の一部に数量的リテラシーという分野がある。数学的な情報の理解・表現に関わる数量的スキルの重要性を述べている。もちろん現行の学習指導要領にも、数学の理解・表現に関するスキルの必要性が表記されている。

このようにこれから必要とされる能力は多々あり、教師はこれらの能力を子どもたちに身に付けさせるためにたくさんの技法を駆使する必要がある。

「ボードゲームで楽しく学ぶ“問題解決能力と状況判断力”」（マインドラボ）という教育プログラムが先行研究として挙げられる。この教育プログラムは、子どもが“考える力”を学ぶためのものであり、以下の3つような教育的効果があるとされている。

- ・初めての子どもたちでも楽しく取り組める。
- ・何度も繰り返して考えるトレーニングができる。
- ・楽しく夢中になれるから“教わる”ではなく、自発的に“学ぶ”になる。

上記の先行研究から、現在教育現場で多く取り入れられ始めたICTの活用に注目し、我々もゲームを教育現場に取り入れることを考えた。

ICTを活用したゲームといっても様々な形が考えられるが、数式処理ソフトウェアMathematicaに注目し、これを用いたゲームを開発することにした。

1. 研究動機

現行の学習指導要領で求められる能力、国研や新学習指導要領で求められる「21世紀型能力」をこれから培っていく必要がある。我々はその能力を培うためにMathematicaとゲームの関係を考えた。

ゲームは男女関係なく多くの子どもが好きなことの上位にあるので、これを授業で活用することで興味の持続、知識の定着、学力向上に結びつける。

現行の学習指導要領に以下のような記述がある。

- ・数理的なゲームやパズルなどを通して論理的に考えることのよさを認識し、数学と文化との関わりについ

*1 山口大学大学院教育学研究科教科教員専攻数学教育専修

て理解すること

- ・ゲームやパズルの構造や戦法などを考えることによって、数学的な思考を楽しみ、知的な喜びを得ることができる

この学習指導要領を元に、我々は2つの目標を設定する。

【目標1】：ゲームを通して数学的活動を行うことにより学習者に楽しいと感じさせかつ積極的に授業に参加させる。

【目標2】：探究的な活動を通して知的好奇心を刺激し、対象の数学的な構造に気づかせる。

MathematicaなどのICTを授業の導入に活用するだけでも児童・生徒の興味を掻き立てるが、その興味心が学力向上や知識の定着、これからの向上心につながるわけとは限らない。Mathematicaでどのような教材を作るかが上記の目標を達成する上で非常に重要である。

まず「Mathematicaとゲームをどのように結び付けるのか？」を考える。Mathematicaは道具として見ると、非常に多機能である。演算はもちろん、図形や関数、学校で学習することのほとんどの分野でMathematicaの活用が可能である。また、C言語のようにプログラムを作成できるので、今回はMathematicaを用いて数理的なゲームの作成を考える。まず簡単な四則演算である小学校算数の九九算の学習についてのゲームを上記の2つの目標に注目しながら作成する。

2. 研究内容

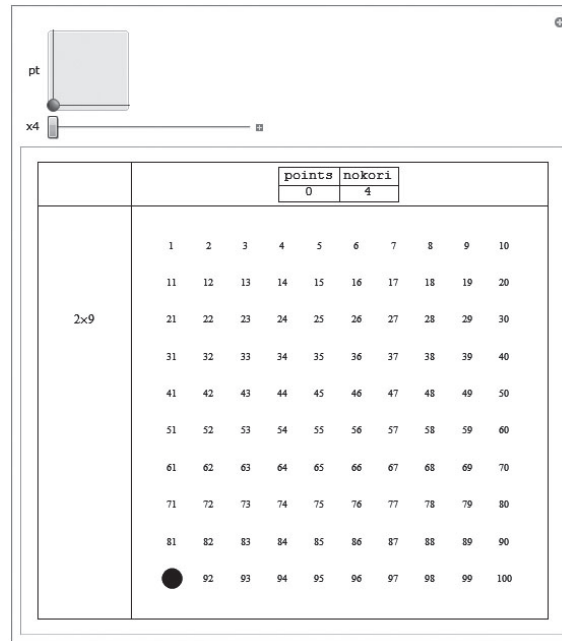
2-1 ゲーム内容

我々は以下のような3つのゲームを作成した。

【表1】

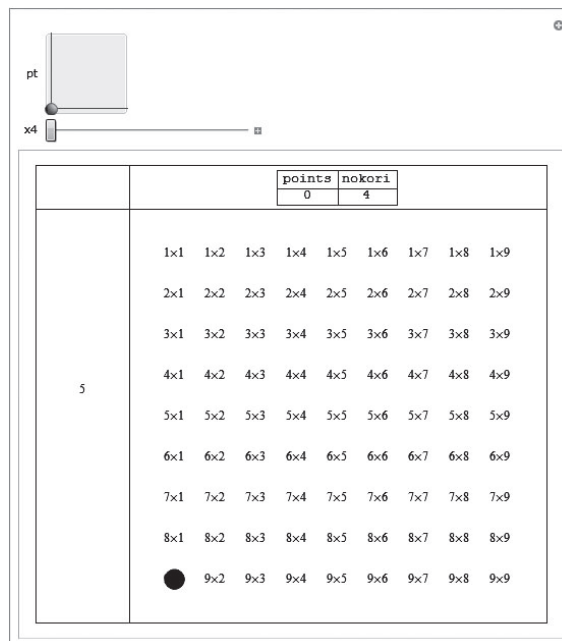
| ゲーム名 | 難易度 | Play人数 | 運的要素 |
|------|--------|--------|------|
| A | 基礎 (低) | 1人～2人 | 低 |
| B | 応用 (中) | 1人～2人 | 低 |
| C | 発展 (高) | 4人～6人 | 高 |

【ゲームA】



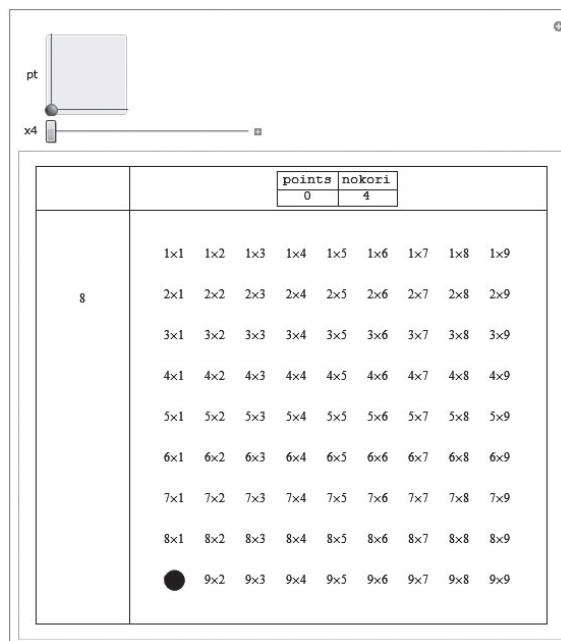
ゲームAは問題が落下し終わるまでに落下してきた式の答えを探し、数字の場所に黒丸を動かしてクリックして解答する式→答えの基礎的なゲームである。左側の2×9と書いてあるスペースが問題落下のスペースであり、10秒で落下し終わるように設定しているため10秒以内に解答しないといけない。正答又は10秒たてば次の問題になる。ポイント制にし、ポイントの加点としてはポイント=10-経過秒数(小数切り捨て)という計算プログラムを作成しポイントが加算されるようになっている。1ゲーム5問で児童・生徒同士競い合う。

【ゲームB】



ゲームAは問題が落下し終ゲームBはほとんどA同様の設定になっているが、Bは数字が落下し終わるまでに答えである式を探し、式の場所に黒丸を動かしてクリックして解答する答え→式の応用的なゲームである。1ゲーム5問で児童・生徒同士競い合う。

【ゲームC】



ゲームCの設定のほとんどがBと同じであるがBのさらに応用版として少し工夫した。異なるところは例えば数字が8だと答えである式は 1×8 8×1 2×4 4×2 の4パターンがある。Bの場合は、この4パターンのうち1つをクリックしたら次の問題に変更される設定だったが、Cの場合は落下するまで10秒の間なら重複不可で押すことで加点できるようにした。

2-2 ねらい

はじめに設定した目標1, 2を基に上記の3つのゲームを作成した。その3つのゲームのねらいをこの目標1, 2に沿って以下に説明する。

ゲームAは基礎編である。このゲームは目標1に沿って作成した。1ケタの乗法の学習で用いることで $a \times b = \square$ という基本的な乗法の知識の定着とともに学習者が楽しいと感じて学習させることがねらいである。子どもの好きなゲーム性あるものを授業で活用することで児童・生徒の興味を湧かせ、その興味の持続を行うとともに学力向上、積極性の向上をねらいとする。

ゲームBは応用編である。このゲームは目標2に沿って作成した。答えから式を導くことでさらなる知識の定着と数字の分解であるので頭の中でパズル状態となり数学的な構造を探ることができ、論理的思考力を培うこともできる。このことで知的好奇心を刺激することがねらいである。

ゲームCは発展編である。このゲームは目標1, 2どちらも網羅したゲームということで作成した。1つの数字を分解することでいろいろなパターンの分解方法があることを学習すると同時に、ゲームの構造や戦法などを考えることによって数学的な思考を楽しみ、知的な喜びを得ることがねらいである。

3つのゲームを小学校段階から活用することで「楽しく学習することで学力向上をはかる」ということを考えた。

2-3 期待される教育効果

この3つのゲームを教育現場で用いた場合、考えられる教育的効果を表にまとめた。その際より教育的効果が期待されるものを◎、少し期待されるものを○、このゲームでは主に期待されないだろうというものを空欄で示している。

【表 2】

| 【教育的効果】 | A | B | C |
|--------------|---|---|---|
| 競争心 | ◎ | ○ | ◎ |
| 向上心 | ◎ | | |
| 知識の定着 | | ◎ | ◎ |
| 計算の正確性 | ○ | ◎ | |
| 計算速度の向上 | ○ | | ◎ |
| 興味の持続 | ◎ | ◎ | |
| 知的好奇心の刺激 | ○ | ◎ | ○ |
| 論理的思考力の刺激 | ○ | ◎ | ◎ |
| コミュニケーション能力 | | | ◎ |
| 人間関係形成能力 | | | ◎ |
| 算数・数学の楽しさの理解 | ◎ | ◎ | ◎ |

3. アンケート実施・結果

今回はゲームA・Cを用いて10人の学生にアンケートを行ってもらった。ゲームAを3回、ゲームCを個人で3回、その後ゲームCをチーム戦で3回行った。その後、以下の項目に1の方は当てはまらない、5の方が当てはまるという形で5段階評価してもらった。以下にその項目と評価、そしてそれぞれのコメントをまとめた。

【表 3】

| 【項目】 | 【平均評価】 |
|--|--------|
| (1) このゲームは楽しかった。 | 4.9 |
| (2) 小学校の九九算の分野で用いた時、楽しく覚えられる。 | 4.6 |
| (3) 小学校の九九算学習後用いた時、はやく覚えられる。 | 4.3 |
| (4) 小学校の九九算学習後用いた時、正確に覚えられる。 | 4.2 |
| (5) 学習後も九九算を忘れないでいられる。 | 4.2 |
| (6) 算数が得意な子どもも退屈せず楽しめる。 | 4.9 |
| (7) 算数が不得意な子どもも授業についていける。 | 3.9 |
| (8) 算数が不得意な小学校上級生にも効果がある。 | 4.1 |
| (9) 10秒で問題を解くので計算のスピードが速くなる。 | 4.7 |
| (10) グループ活動で活用した方が個人活用より効果的である。 | 4.1 |
| (11) ポイント制にすることで子どもの“競争心”を高める。 | 4.8 |
| (12) 5回のゲームで“競争心”から九九算を理解しようという“向上心”に喚起する。 | 4.3 |
| (13) 対戦式ゲームを行うことでコミュニケーション能力育成につながる。 | 4 |
| (14) 人間関係形成能力につながる。 | 4 |
| (15) 大人向けにも楽しめる。 | 4.3 |

【改善】

- ・解答の形式をマウスで画面に表示された式や数をクリックする形式やキーボードで打ち込む形式にするとポイントが伸びそう。
- ・答えの数によってポイントに差が出ていると思ったのでゲーム1回の問題数を5個ではなくもっと増やすと差が少なくなると思う。
- ・解答個数が1, 2, 3, 4個とバラバラなので合計の答えの数を等しくしたらいい。
- ・正解の場所をクリックしたらその場所の色を変えたりすると規則性に発展しやすくなって覚えやすさにつながると思う。
- ・チーム戦にするのなら2人で答え、式を探しても面白いと思う。
- ・押し間違いをマイナス点にしたら面白い。
- ・問題の形式を「 3×4 と同じ答え」のようにするとさらに思考するかも。
- ・現状では運要素が強いので、タイムアタック性にしたらより「競争心」を高められる。
- ・乗法だけでなく四則演算にしたら小学校段階で“計算力”がつくと思う。

【その他】

- ・ゲームは楽しいので楽しく覚えられる。
- ・前半は「答え→式」の問題で苦戦しましたが慣れるとともに「あの数字になるのには何も掛けたらいいのだろう？」と考えるようになった。
- ・小学生同士で対戦する場合、運が関係してくると文句が出たりするかもしれない。
- ・コントローラーの若干の動きにくさにスリルを感じる。
- ・九九算の領域では大人向けにならない。

今回アンケートを実施した際、ゲームをやっている最中に非実験者は楽しそうにゲームを行っていた。チーム戦になると応援したり、より盛り上がりを感じられたので、この教材は学習者の興味を湧かせるようなものになっていると考えられる。しかし、一台のパソコンで一人一人ゲームを行ったので6人班で行った場合およそ80分という相当な時間を使用してしまった。4人班でもおよそ50分は使う。そのため1回の問題数を増やすことや、ゲーム回数を増やすという授業案は現実的でない。しかしこのゲームを授業で少し活用し、あとは家庭で使えるようにすれば、家庭での自主学習という方向性も考えられる（今はネットが急速に普及し、各家庭に一台はパソコンをもっている時代になってきた）。オンライン課題として対戦もできるようにしたら更なる学習意欲の向上にもつながるだろう。

アンケート項目評価の部分では平均的に高い評価を得られた。特に教育的効果である 計算の正確性 知識の定着 計算速度の向上 算数の楽しさの理解 の分野で高い評価が得られた。また、数学が得意な児童・生徒、不得意な児童・生徒関係なく楽しめる、楽しく覚えられるというねらいに関することにも高い評価が得られたが、(7)算数が不得意な子どもも授業についていける。の部分のみ3.9と少し低い評価が下がった結果となった。「不得意な生徒でも九九算の能力はつくと思うが九九算のみで授業についていけるとは限らない」とコメントもあった。その点に関しては、Mathematicaをもっと利用すれば、他の算数・数学分野（例えば四則演算）のゲームも同様に作成できると考えている。

ゲームCは問題の数字によっては答えが1パターン～4パターンある。5問中5問1パターンの数字だった場合もちろん合計ポイントは低い、逆に5問中5問が4パターンの数字だった場合ポイントが高い、この差がとても激しく、落下する問題もランダムであるため運要素が非常に高いから公平ではないという意見も出たが、これもゲーム性の一つと考えた。ゲームCに関してはたくさんの方の案、改善をいただき、まだまだ改良の余地があるため改良を加えていきたい。

今回、Mathematicaを活用してゲームを作成した。このゲームは数学のたくさんの分野においてゲームとして活用できる。計算問題、ドリルなどはゲーム化することができることはもちろん他にも図形などにも広げていくことが可能である。

おわりに

「現行の学習指導要領、新学習指導要領の条件を満たしつつ、数学を楽しく学習してもらうためにはどのようにしたらよいか？」を検討した。我々は目標を2つ設定し、その目標に沿ってゲームを作成した。ゲームの作成には、Mathematicaという数学の演算ソフトを用いた。ゲームはA, B, Cと3つ作成し、基礎編・応用編・発展編と分けて作成した。この3つの作成する際、2つの目標に沿って作成し、様々な教育的効果が期待されるように考えた。

その3つのゲームのうちA, Cを用いて10人の学生にゲームを実施してもらった。その後アンケートを実施し、評価やコメントを得た。今回のゲームでたくさんの教育的効果が期待されるが、Cに関して運の要素が高すぎて不公平、というコメントがあった。その他にも改善点はまだまだたくさんあり、さらにゲームを有用かつ面白くする余地はある。今回は九九算をベースにゲームを考えましたがMathematicaの多様性を考えると様々な分野のゲームが作成可能である。今後は、教育現場でこのようなゲームが様々な場面で活用されるように研究して行くつもりである。また、本来であれば実際の学校現場でこの教材を用いた授業を行いたかったが、機会を得られず実践を行うことができなかった。これについても今後の課題である。

参考文献

Manipulate-Wolfram Mathematica Documentation Center:

URL <http://reference.wolfram.com/language/ref/Manipulate.html>

Mathematicaフォーラムラーニング: URL <http://www.mathforum.jp/limitation/tutbegin/chap1.html>

スティーブン・ウルフラム (1992) : 『Mathematica日本語版』 星雲社.

日本Mathematicaユーザー会編著 (決定版Ver. 7対応) : 『入門Mathematica』 東京電機大学出版局.

早苗雅史 (H12年度) : 『数学におけるコンピュータを利用した授業作り』.

国立教育政策研究所 (2013) : 『社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原則』 (教育課程の編成に関する基礎的研究報告書5)

マインドラボ : 『問題解決力と状況判断力』 : <http://iko-yo.net/events/19279>

文部科学省 (H19年度版) : 『小学校学習指導要領解説 算数編』, 実教出版.

文部科学省 (H20年度版) : 『中学校学習指導要領解説 数学編』, 実教出版.

文部科学省 (H21年版) : 『高等学校学習指導要領解説 数学編』, 実教出版.

山本修一 (2011) : 『Mathematicaを活用する数学教材とその検証』