

関西大学審査学位論文

算数教育におけるゲーム教材の  
教育効果の検証

～ゲーム型教材「マスピード」  
を利用した授業実践から～

村川 弘城

平成 28 年 3 月  
関西大学大学院 総合情報学研究科

## 要旨

本研究の目的は、算数教育におけるゲームに勝つための方法（以下、ゲームの攻略法）を考えさせることによる教育効果を検証することである。

算数教育の中では、消極的な子どもの態度に関する問題が指摘されてきた。1995年の大規模な国際比較調査が行われるまでは、この算数教育の問題の原因が、算数教育独自の特徴にあると考えられていた。しかし国際調査の結果から、問題の解き方を暗記して解くことができる、いわゆる「暗記・再生」を重視する日本の学習観に問題があることが明らかになった。そのため1998年の学習指導要領の改定から、知識を深く理解して考えることを重視した、「理解・思考」の学習観が目指された。具体的には、教師が子どもに一方的に教える授業よりも、算数に関わりのある活動、算数的活動の充実化が図られたのである。しかし、2012年の国際比較調査から、子ども達の消極的な態度という問題が未だ解決できていないことが示された。これは、学校現場では、手や体を動かした授業を行うことが算数的活動であると捉えられていたことにその要因があった。つまり、「暗記・再生」型の学習観を排除し、「理解・思考」型の学習観を持たせるために算数的活動が取り入れられたにもかかわらず、活動によって「暗記・再生」型の授業が行われていたのである。そのため、子ども達が算数に対して消極的な態度であるという問題は未だ解決できていない。

本研究では、この問題を解決する方法を探るため、適切に行われた算数的活動の方法をレビューした。その中から、消極的な子どもの態度を変え、ことを目標の1つとして記述されることが多かった、ゲームを利用した授業に着目した。

ゲームには、「ゴール、ルール、フィードバックシステム、自発的な参加」という4つの特性が備わっている。このような特性を持つゲームを、教育の中で活かすような取り組みが、1970年後半以降に積極的に行われるようになった。初期においては、ゲームの持つ自発的な参加にのみ注目していたため、期待されていたほどの効果が出ず、否定的なイメージを生むきっかけとなった。その後、2000年代ぐらいになると、科学技術が進歩し、ゲ

ームの特性を十分に利用したデジタルゲームが開発・利用されるようになった。2010年以降は、デジタルに限らず、様々な媒体によって利用されるようになってきている。

ゲームの特性を十分に利用した取り組みの中で、本研究ではゲーミフィケーションに注目した。高いレベルでゲームが利用されているゲーミフィケーションでは、ゲーム製作者が設定した本来の目標と、ゲーム内での利用者の目標が一致していることが分かった。そこで、この視点によって実践研究をまとめ、効果的な利用方法を検討した。ここで、ゲーム製作者を教師、ゲーム内での利用者の目標をゲーム内での子ども達の目標と置き換えて考えている。つまり、「ゲーム製作者が設定した本来の目標と子ども達のゲーム内での目標が一致する」ことを本研究の視点とした。

この視点に適応するゲームの条件や利用方法を示すため、ゲームを利用した実践研究にこの視点を当てはめて検討を行った。結果、ゲームの攻略法を子ども達が考えること自体が、算数教育の目標につながる必要があることが示された。そこで本研究では、ゲームの攻略法を考えさせることによる教育効果を検証することを目的とした。そのゲームは、「理解・思考」型の学習観による活動が行われていること、勝つために有効な方法が算数教育の目標とつながっていることという2つの前提条件がある。そこで、そのようなゲームの開発を目指した。

ゲーム教材の開発に即して、「暗記・再生」には強いが「理解・思考」には弱い子どもが多く存在する「数の性質」を算数教育の目標に設定した。「数の性質」に気づかせるためには「数の合成分解」が適しているため、「1つの数を捉えるために2つ以上の数と四則を利用すること」を開発の条件とした。数の合成分解を行う従来のゲームであるテンゲームと比較した結果から、①1つの数を2つ以上の数と四則でとらえさせる、②目標の数の値が変動する、③利用する数の値が変動するという3つの要件が示された。②③の要件を満たす構造をしたゲームに、スピードというトランプ遊びがあったため、スピードのもつ「場札と1つ違いの手札を出す」というルールを、「①1つの数を2つ以上の数と四則でとらえさせる」というルールに変えて開発した。開発の後、開発したゲームが本研究で必要な前提

条件を満たしていることを評価した。結果、開発したゲームによって「理解・思考」型の学習観による活動が行われていることを示した。具体的には、ゲームの利用によって、数の合成分解で様々な道筋を見つけ出すことができるようになった。また、勝つために有効な方法が、数の性質を利用したものであったことを示した。

本研究の目的を達成するための前提条件を満たすゲームが開発できたため、ゲームの攻略法を考えさせることの教育効果を検証した。

まず、1つ目の教育効果として、子どもの数理知識の活用力に影響を与えることが分かった。具体的には、数理知識の活用力の測定は、国や大阪府が実施した学力テストの B 問題の得点をもとに分析した。マスピードの得意不得意と B 問題の得点には有意に関係があり、知識理解を測る A 問題の得点とは関係がなかった。また、マスピード利用の事前事後や、利用した群と利用しなかった群では、B 問題の得点が特に低かった子どもに、それぞれ有意の差があった。これらのことから、マスピードの利用は、数理知識の活用力の特に低い子どもに有効であることがわかった。

次に、2つ目の教育効果として、学習への意欲が高まることを検証した。具体的には、子どもの意欲を動機付けや持続することへの欲求の高まりなどを通して示した。ゲームの攻略法を考えさせた条件群との比較のために、勉強に役に立つことを教示した条件群、楽しいゲームであることを教示した条件群をそれぞれ用意した。結果、全ての質問項目においてゲームの攻略法を考えさせた条件群が最も高いことがわかった。

以上のことから、算数教育におけるゲームの攻略法を考えさせることで、子どもの数理知識の活用力と学習への意欲が向上することが分かった。

## 目次

1 章 はじめに .....	8
1-1 . 研究に到った経緯 .....	8
1-2 . 論文の流れ .....	11
2 章 算数教育の課題とゲーム利用 .....	16
2-1 . 算数教育に対する子どもの態度と算数的活動 .....	16
2-1-1 . 子どもの消極的な態度と教育内容の現代化 .....	16
2-1-2 . 子どもの消極的な態度と算数的活動 .....	17
2-2 . 算数教育の現状と問題の所在 .....	19
2-2-1 . 算数教育の現状 .....	20
2-2-2 . 子どもの消極的な態度に対する問題の原因 .....	21
2-3 . 算数的活動とゲーム .....	22
3 章 算数教育での利用とゲーム利用の先行研究 .....	25
3-1 . ゲームの特性とその利用 .....	25
3-1-1 . ゲームの特性 .....	25
3-1-2 . ゲームを利用した取り組み .....	26
3-1-3 . ゲームの利用に対する本研究の視点 .....	28
3-2 . 算数教育におけるゲームの役割と攻略法 .....	29
3-2-1 . 算数教育の目標とゲームの分類 .....	30
3-2-2 . 目標の一致と攻略法の考案 .....	36
4 章 研究の目的と方法 .....	39
4-1 . 研究の目的 .....	39
4-2 . 研究の方法 .....	40
4-2-1 . 数理知識の活用力の向上 .....	41
4-2-2 . ゲームに対する意欲の向上 .....	43
5 章 教材の開発と評価 .....	46
5-1 . 教材の開発 .....	46

5-1-1 . 対象とする領域と学習目標 .....	46
5-1-2 . 対象とする学習活動 .....	48
5-1-3 . 開発の条件 .....	49
5-1-4 . 数の合成分解を行うゲームの開発 .....	52
5-1-5 . 算数用ゲーム型教材「マススピード」 .....	53
<b>5-2 . マススピードの利用による様々な考え方や道筋の促進</b> .....	<b>54</b>
5-2-1 . 検証の方法 .....	55
5-2-2 . 検証の結果 .....	57
5-2-3 . 考察 .....	59
<b>5-3 . マススピードの攻略法と数の性質</b> .....	<b>60</b>
5-3-1 . 検証の方法 .....	60
5-3-2 . ゲームの攻略法の分類基準 .....	63
5-3-3 . 結果 .....	64
5-3-4 . 考察 .....	67
<b>5-4 . 章のまとめ</b> .....	<b>68</b>
<b>6章 数理知識の活用力の向上</b> .....	<b>70</b>
<b>6-1 . 研究の方法</b> .....	<b>70</b>
6-1-1 . 対象 .....	70
6-1-2 . 検証に用いる4つのデータ .....	72
6-1-3 . 3つの分析 .....	75
6-1-4 . 3つの分析の信頼性 .....	77
<b>6-2 . 結果</b> .....	<b>77</b>
6-2-1 . 分析1の結果 .....	77
6-2-2 . 分析2の結果 .....	79
6-2-3 . 分析3の結果 .....	81
<b>6-3 . 考察</b> .....	<b>82</b>
<b>7章 教師の介入と学習への意欲の高まり</b> .....	<b>84</b>
7-1 . 研究の方法 .....	84

7 - 2 . 結果 .....	85
7 - 3 . 考察 .....	88
8 章 まとめと展望 .....	91
8 - 1 . 5 章の成果と課題 .....	91
8 - 2 . 6 章の成果と課題 .....	92
8 - 3 . 7 章の成果と課題 .....	93
8 - 4 . 総合考察と展望 .....	93
参考文献 .....	96
謝辞 .....	101

# 1 章 はじめに

## 1-1. 研究に到った経緯

本研究では、小学校の算数教育において、ゲームを利用するときの学習効果について明らかにしていく。算数教育だけでなく、ゲームが教育のいろいろな場面で活用されてきたのは、子どもがゲームに集中できることに加え、ゲームを通して多くのことを学ぶことができるからである。初等教育における算数教育で、ゲームを活用する研究をしようと思ったのは、次のような課題を解決できるのではと考えたからである。

算数教育では、算数に対する消極的な態度が課題とされている。たとえば、国際比較調査の結果から、日本の子ども達は算数への興味関心が低いことが明らかにされている(国立教育政策研究所, 2013)。また、算数を楽しもうとする気持ちも薄く、4年生になると算数は暗記をする科目であると考えられていることが、日本数学会の大規模調査の結果からも示されている(大野・上野, 2001)。

このような課題を解決するために、教師が主体となって行うそれまでの講義形式の授業から、子ども達が主体となって行う活動を取り入れた授業が推奨されるようになった。たとえば、教員や教員を目指す大学生向けの算数教育の書籍には、算数の知識や技能を利用し課題を解決させる活動が提案されている(算数科授業研究会, 2010)。その中で、筆者が着目したゲームを取り入れた算数の授業では、子ども達が意欲的に学習活動を行っている。そのゲームでは、算数の知識や技能をうまく使うことで勝つことができる。子どもは、算数の知識・技能が役立つことを、身をもって体験する。その結果、子どもは算数を積極的に学ぼうと思うようになる。筆者の学部時代の経験から、子どものこの変化を見つけ出すことができた。

筆者は学部時代、小中学生を対象に塾を開いていた。この塾は、大手塾の入塾試験に合格できない子どもを優先的に受け入れていた。



そのため、学校の授業について行けない子どもだけでなく、宿題をやってこず、机に座らせることさえ難しい子どももいた。そんな中、塾の空き時間を利用して行ったトランプの間だけは、一生懸命机に向かっている姿を見かけた。その姿は、どのようにして勝てば良いかを考えたり、一番強い友だちにゲームの攻略法を聞いたりして真剣に取り組むものだった。その姿を見て、もしこれが勉強だったらどれほど素晴らしいことかと考えた。そこで試しに、筆者が高校の時に考案した計算ゲーム「マススピード」を紹介してみた。すると帰る時間を忘れてしまうくらい熱中し、毎週塾に来るのが楽しいという子どもが増えたのである。この現象は筆者が大学院進学で塾を去るまでの1年以上にわたって続いた。

この経験から筆者は、ゲームで学習することによって子ども達の算数への興味関心が高まり、自律的に学ぶようになり、繰り返しゲームを利用していくのではないかと考えた。つまり、子ども達の消極的な態度を変えるには、単純に良いゲームを与えればよいと考えたのである。しかし、小学校でマススピードを利用した授業を行った時、その考えが間違いであることがわかった。

筆者は、修士課程の時、小学校5年生の2クラス(便宜上AクラスとBクラスとする)に対して、マススピードを使った授業を実施した。マススピードを使った授業は、どちらのクラスにも好評であった。授業中だけでは飽き足らず、休み時間にも多くの子ども達がマススピードでゲームを行っている光景が見られた。ここまでは、塾での経験と同じであり、想定通りであった。しかし、時間が経つにつれ、2つのクラスには変化が見られた。Aクラスでは、塾での経験と同様に、1ヶ月ほど経過しても休み時間にマススピードで遊んでいる子どもが多く見られた。しかしBクラスでは、その頃には1人もいなくなっていたのだ。

筆者は、2つのクラスに違いが生まれた要因を考えた。まず、両クラス共に内容に大きな違いはなく、説明は全て筆者が行っていた。そのため、説明の内容も、提示した資料も、授業中にさせたマスピ

ードのゲーム数にも大差は無かった。次に、2つのクラスの子ども達に、マススピードに飽きるような要因がないかを検討した。しかし、子ども達の算数の学力や、算数の授業態度、通塾率なども大きく異なるということにはなかった。このように、筆者の教え方や子ども達の特徴に大きく異なる要因が見つからなかったため、最後に担任に着目した。

担任に着目した結果、担任の子どもへの介入の違いがその要因として浮かび上がってきた。Bクラスの担任は、子ども達のやり方に一切介入せず、子ども達と一緒にマススピードを楽しんでいたのである。一方のAクラスの担任は、どうすれば相手に勝てるのか、何故自分が勝てないのかを考えさせるなど、積極的に介入していたのである。このような積極的な介入は、塾の子ども達に対して筆者が行っていたことと同じであった。そのため、ゲームの攻略法を考えることが子ども達のゲームに対する興味に影響を与えたのではないかと考えた。

ゲームを利用した授業は、短期間で行われるため、動機づけを高める工夫をする必要性を感じることはあまりない。しかしマススピードは、以下のような理由から、何度も繰り返し行うことで、数の性質に気づくことができるものである。そのため、動機づけを高め、持続させることの必要性がある。

マススピードは、計算練習の代わりに勉強が嫌いな弟のために、高校の時に筆者が考案したゲームである。切符や車のナンバープレートに書かれた4つの数字と四則演算を駆使して10をつくる遊び「テンゲーム」と、場にある数字の前後の数字を手札から出していくトランプゲーム「スピード」を組み合わせ考案した。具体的には、手札の数字と四則演算を駆使して場にある数字をつくって出すゲームである。たとえば、場に「12」があり、手札として「2、3、4、5、6」があった場合、 $2 \times 6$  や  $2 \times 3 + 6$  などを出すことができる。マススピードを塾で利用した時、計算が速くなることだけでなく、子どもが様々な数の性質に気づいていった。これはマススピードが、単

純に計算が速いかどうかよりも、勝つために有効な方法を考え出し、目指す数字をいかに巧く作ることができるかが要求されるゲームであることが影響している。たとえばマスPEEDを何度か使っていると、計算をし易い数とし難い数を子ども達は自然と判断できるようになる。たとえば、大きい数は、たし算やかけ算を利用すると計算が難しくなるため、わり算やひき算で小さくしてから計算しようとする。その時、13などの素数はわり算をし難く、約数を多く含む12などの合成数はわり算をし易いため、素数と合成数の違いに気づくことができるのである。

このため、ゲームの攻略法を考えることが、そのゲームへの興味に対して与える影響を示したいと考えた。また、マスPEEDでは、何度も繰り返し行うことで数の性質に気づくことができるが、他のゲームでは子ども達にどのような変化をもたらすのかを考えたい。

そこで本研究では、ゲームの攻略法を考えさせることによって子ども達の動機づけを高め、繰り返し行わせた場合のゲームの効果を示す。つまりこの研究は、算数にかかわりのあるゲームに積極的に関わり、授業時間外にも何度も繰り返し積極的に遊ぶ子どもの学びを促す方法とその効果を明らかにすることにつながるものであると考えている。

## 1-2. 論文の流れ

本研究は、教師の介入によって子ども達の動機づけを高め、授業時間外にも利用を促し、それに伴うマスPEEDの効果を示すものである。

2章では、子ども達の算数教育に対する態度に関する問題とその問題を解決する方法としてゲームに着目した。これまで算数教育では、子ども達の消極的な態度が問題とされていた。それらの問題は、算数という教科の特徴に依るものであると考えられていた。しかし、1995年の国際比較調査で、日本の子ども達の算数教育に対する消極

的な態度が示され、それが日本の教育の問題として浮き彫りになった。具体的には、個人差が大きく時間のかかる「理解・思考」型の学習観ではなく、反復練習によって短期間で獲得しやすい「暗記・再生」型の学習観による指導が日本で行われていることが問題であることが示された。ここでいう「理解・思考」型の学習観とは、「解法や答えは多様であり、自分自身の知識や他者が示した新たな情報を活用しながら自由に考えを構成し、そのプロセスを自分のことばや自分なりの図式で表現すればいい(藤村 2008、p.51)」といった学習観である。一方の「暗記・再生」型の学習観とは、「正しい解法と答えはただ1つであり、それを見つけて(あるいは思い出して)書かなければならない(同上、p.50)」と言った学習観である。1998年の学習指導要領の改訂によって、子ども達に「理解・思考」型の学習観を持たせるため、活動を取り入れた授業の重要性が示された。しかし実際には、「理解・思考」型の学習観が持てるような、子ども達が試行錯誤して様々な考えをもち、考えること自体を楽しめるような活動にはなっていない。そのため、算数教育に対する消極的な態度に関する問題は、未だに解消されていない。本研究では、好奇心や探究心をもち積極的に学習しようとする意欲に関する問題の原因が、算数的活動の実施方法にあると考えた。そこで、適切に行われた算数的活動を分類し、本研究では、特に消極的な態度の問題を解決することを目的とされることの多かった、ゲームを利用した活動に着目した。

3章では、ゲームを利用した実践研究をレビューし、本研究で着目する点を示した。ゲームには、「ゴールとルールとフィードバックシステムと自発的な参加」という4つの特性が備わっている。このような特性を持つゲームを、教育の中で活かすような取り組みが、1970年後半以降から積極的に行われるようになった。初期においては、ゲームの持つ自発的な参加にのみ注目していたため、期待されていたほどの効果が出ず、否定的なイメージを生むきっかけとなった。その後、2000年代ぐらいになると、科学技術が進歩し、ゲーム

の特性を十分に利用したデジタルゲームが開発・利用されるようになった。2010年以降は、デジタルに限らず、様々な媒体によって利用されるようになってきている。ゲームの特性を十分に利用した取り組みの中で、本研究ではゲーミフィケーションに注目した。高いレベルでゲームが利用されているゲーミフィケーションでは、ゲーム製作者が設定した本来の目標と、ゲーム内での利用者の目標が一致している。そこで、この視点によって実践研究をまとめ、効果的な利用方法を検討した。ここで、ゲーム製作者を教師、ゲーム内での利用者の目標をゲーム内での子ども達の目標と置き換えて考えた。つまり、「ゲーム製作者が設定した本来の目標」は、「ゲームを利用することによって教師が達成したい算数教育の目標」となる。そして、ゲームを利用することによって教師が達成したい算数教育の目標を、「概念形成の素地作りをねらったゲーム」「知識・技能の定着をねらったゲーム」「獲得した数理知識の応用をねらったゲーム」に分類し、これらの3つの分類に当てはまる実践研究から、算数教育の目標と、ゲーム内での子ども達の目標が一致するための条件や利用方法を明らかにした。結果、ゲームの攻略法を子ども達が考えること自体が数理知識の獲得や確実な理解といった算数教育の目標につながる必要があることが示された。そのため、これを本研究の着目点とした。

4章では、目的とその目的を達成する方法を設定した。本研究の目的は、算数教育におけるゲームの攻略法を考えさせることによる教育効果を検証することである。そして効果の検証は、ゲームの攻略法を考えさせることによる子どもの数理知識の活用力と学習への意欲に着眼して行うこととした。ここでいう、数理知識の活用力とは、算数や数学の学習によって得た知識や考え方を利用するための力である。また、学習への意欲とは、ゲームを利用した授業を面白いと感じる、もしくは自分のためになると感じることで、これからも続けたいと感じる気持ちである。目的を設定した後には、ゲームの攻略法を考えさせることによる子どもの数理知識の活用力とゲームを利用した授業に対する意欲が高まったことを示す研究方法につ

いて説明を行った。まず、数理知識の活用力に関しては、マススピードを利用する実験群とマススピードを利用しない統制群を設定し、①マススピードの得点と数理知識の活用力のレベルの関係性、②マススピードを行う前後で、数理知識の活用力のレベル分布がどのように変化したのか③マススピードを行った子どもと、行っていない子どもを比較し、6月の数理知識の活用力のレベル分布を比較という3つの調査・分析を行った。次に、ゲームを利用した授業に対する意欲としては、①勉強に役に立つことを教示する勉強条件、②面白いゲームだからやることを教示する遊び条件、③毎回ゲームの攻略法を考えさせる方略発見条件の3つのグループを作り、意欲に関するアンケートを行った。目的を達成するためには、算数教育の目標とゲーム内での子ども達の目標が一致するゲームが必要である。そのため5章では、ゲームの開発を行った。続けて6章では、数理知識の活用力が向上することについて、7章では、学習への意欲が向上することについてそれぞれ示した。

5章では、ゲームの攻略法を子ども達が考えること自体が算数教育の目標につながるゲームの開発と評価を行った。2章の中で、算数教育における子ども達の消極的な態度に関する問題の原因が、「暗記・再生」型の学習観による算数的活動にあると考え、「理解・思考」型の学習観を意識したゲーム型学習教材に注目した。そのため、子ども達が特に「暗記・再生」型の学習観に陥っている傾向にある「数と計算」領域を対象とした。本研究では、「数と計算」領域の中の、「数の合成分解」に注目した。数の合成分解とは、4を2と2のかけ算で捉えたり、6を8と2のひき算で捉えたりといったように、ある数を他のある数で捉える活動である。ここから、「1つの数を捉えるために2つ以上の数と四則を利用すること」を条件としたゲームの開発を目指した。この条件は、①1つの数を2数以上の四則でとらえさせる、②目標の数の値が変動する、③利用する数の値が変動するといった3つの要件で成り立っている。この②と③の要件を満たすゲームとして、スピードというゲームがあったため、このゲ

ームに①の要件を加え、開発を行った。本研究の目的を達成するためには、開発したゲーム「マススピード」が、算数教育の目標とゲーム内での子ども達の目標が一致するゲームである必要がある。そこで、①マススピードを利用することによって数の合成分解能力が向上する、②マススピードで相手に勝つために有効な方法が数の性質に関することであることという2つの視点から検証を行った。結果、マススピードを利用することで数の合成分解能力が高まることと、相手に勝つために有効な方法の9割以上が数の性質に関わりのあるものであることを示した。

6章では、子ども達に攻略法を考えさせながらマススピードを繰り返し利用させ、数理知識の活用力が向上することを検証した。結果、数理知識を活用する力が低い子どもに特に効果があることが示された。具体的には、攻略法を考えさせながら1ヶ月にわたってマススピードを利用した授業を行い、その前後に行われた学力テストの得点をもとに3つの分析を行なった。1つ目は、マススピードの得意不得意と学力テストの数理知識の活用力に関する得点を分析した。結果、それぞれの上位群と下位群には関係があることを示した。2つ目は、マススピードを利用する前後で数理知識の活用力に関する子どもの分布を分析した。

7章では、動機づけを高めるために、子ども達に攻略法を考えさせることが有効であることを検証した。具体的には、教師が何も介入をしなかったグループと、攻略法を考えさせたグループ、そして、勉強に役に立つことを強調して行かせたグループで比較研究を行なった。

8章では、第5章から第7章までの結果をもとに、2つの研究課題に対する考察を行い、展望を示した。

## 2章 算数教育の課題とゲーム利用

本研究では、小学校の算数教育における、ゲーム利用の学習効果を示したい。そのために本章では、日本の算数教育の中で子ども達の消極的な態度が問題視されていること、また、その問題に対してゲームを利用することが適していることをそれぞれ示す。

### 2-1. 算数教育に対する子どもの態度と算数的活動

本節では、子ども達の算数に対する態度が消極的であるという問題に対して考えられていた要因と、問題解決のために注目されていた算数的活動について示す。

#### 2-1-1. 子どもの消極的な態度と教育内容の現代化

算数・数学教育ではこれまで、消極的な子どもの態度に関する問題がたびたび指摘されている。たとえば、日本数学教育学会の興味調査特別委員会である高森ら(1987)は、当時の状況を以下のように述べている。

昭和 40 年代の終わり頃から、「算数ぎらいの子どもがふえている」、「算数の授業についていけない子どもが多くなってきた」という声がテレビ、新聞などのマスコミを通じて報道され、教育界だけでなく、社会問題として取り上げられるようになり、小学生を持つ父母の心配事となってきた。(p.137)

このような状況を受けて日本数学教育学会は、1976年から数年に一度、「小学校児童の算数に対する意識調査」という大規模調査を実施している(廣田ら 2006)。

高森ら(1987)は、上の大規模調査から、6年生で嫌いな教科の1位となっていること、算数の勉強が一番大切だと思う子どもが3年



生で 42% いるのに対し 6 年生では 29% になっていることを示している。

このような子ども達の算数に対する消極的な態度の問題は、1968 年(昭和 43 年)の学習指導要領による「教育内容の現代化」がその要因とされている。「教育内容の現代化」とは、1960 年代にアメリカや旧ソ連などの国によってカリキュラム改造運動が起こったのを受けて、1968 年の学習指導要領で行われた取り組みである。これにより算数教育では、特に算数・数学教育の教育内容がより高度な内容を取り入れ、結果として、算数について行けない子どもを増やすことにつながった。たとえば高森ら(1987)は、算数嫌いの子どもの数が増えていることに対し「昭和 43 年度改訂の学習指導要領の内容が高度なものであったためであるとか、集合、関数や確率・統計などを小学校に導入したことにあるという説(p.27)」があると述べている。

「教育内容の現代化」により、算数について行けない子どもが増え、多くの子ども達が算数嫌いになった。そのため、「好き嫌いの両極性が顕著なのが(算数教育の)他教科と比べての特徴(寺田・荒木 1994, p.372)」であると考えられ、算数に対する消極的な態度の問題は、このような算数教育独自の特徴が要因であると考えられるようになっていった。

## 2-1-2. 子どもの消極的な態度と算数的活動

他教科と比べた時の特徴から来ていると考えられていた算数に対する消極的な態度の問題は、1995 年に行われた大規模な国際調査によって、実際は日本独自の問題であったことが示された。具体的には、1995 年に IEA(国際教育到達度評価学会)が実施した TIMSS(国際数学・理科教育動向調査)の結果から、日本の子ども達は、算数に対して好奇心や探究心をもち積極的に学習しようとする意欲がないことが示されたのである。このことについて 1998 年 6 月 22 日の教育課程審議会では、「算数・数学や理科の学習について国際比較する

と、得点は高いものの、積極的に学習しようとする意欲等が諸外国に比べ高くはない」ことが述べられている。

他国との算数教育に対する違いに対して藤村(2008)は、「暗記・再生」型の学習観と「理解・思考」型の学習観から説明している。「暗記・再生」型の学習観とは、「正しい解法と答えはただ1つであり、それを見つけて(あるいは思い出して)書かなければならない(p.50)」と言った学習観である。「理解・思考」型の学習観とは、「解法や答えは多様であり、自分自身の知識や他者が示した新たな情報を活用しながら自由に考えを構成し、そのプロセスを自分のことばや自分なりの図式で表現すればいい(p.51)」といった学習観である。藤村(2008)は、個人差が大きく時間のかかる「理解・思考」型の学習観ではなく、反復練習によって短期間で獲得しやすい「暗記・再生」型の学習観による指導が日本で行われていることを述べている。このような「暗記・再生」型の学習観による指導が日本で行われていることは、1997年に行った日本数学教育学会の大規模調査の結果を分析した大野・上野(2001)からも示されている。大野・上野(2001)は、「日本では、小学校四年生の段階で、すでに算数は考える勉強ではなく覚える勉強だという方向に子どもたちの意識が傾いている(p.72)」と分析している。

このような学習観と算数に対する意識について金本ら(2010)は、「過程を重視することは、構成の方向性に着目することで、算数のよさに気がついていくことに結びついていく(p.16)」と述べている。逆に捉えると、結果を重視し、覚える教科であると子ども達が意識するような「暗記・再生」型の学習観による指導では、算数のよさに気づかせることが難しいといえる。また、解法を暗記していなければ再生することができないため、「暗記・再生」型の学習観を持つ子ども達は、解法を暗記していないと感じた際には、問題に取り組むことができない。このことは、同じ東アジアにいる中国と比較した際に、日本の子ども達の無答率が高い(藤村,2004)ことにも表れている。

このように、「暗記・再生」型の学習観を持つ子ども達は、算数のよさに気づいたり、未知の問題に取り組もうとしたりといった積極的な態度が育まれにくいといえる。

これらのことを踏まえて 1998 年度の学習指導要領改訂では、「暗記・再生」型の学習観を打破し、「理解・思考」型の学習観による授業を目指して、講義形式ではない活動形式の授業に注目している。たとえば、1998 年度改訂の方向性を示した、同年 7 月 29 日に行われた教育課程審議会では、算数にかかわりのある活動を算数的活動と名付け、積極的に学習しようとする意欲を高めるために重視したことを示している。1998 年の学習指導要領解説によると算数的活動の定義は、「児童が目的意識をもって取り組む算数にかかわりのある様々な活動(文部省 1999)」である。算数的活動の登場により、多くの数理知識を暗記し、素早く正確に問題が解けるようにするといった「知識偏重ではなく学習過程の試行錯誤や楽しさを重視した学習のあり方が提唱されるようになった(黒田 2010, p.35)」。

このように日本の算数教育では、算数的活動によって「理解・思考」型の学習観による授業を行い、子ども達に好奇心や探究心をもたせ、積極的に学習しようとする意欲を高めることが目指されたのである。

## 2-2 . 算数教育の現状と問題の所在

前節で、子ども達の消極的な態度が算数教育の中で問題視されていることを示した。また、その問題を解決に対し日本では、算数的活動を積極的に行うという試みがなされていたことも示した。本節では、未だにこれらの問題が解決されていないこと、そしてその問題の原因が、算数的活動の実施方法にあることを示す。

## 2-2-1. 算数教育の現状

子ども達の算数教育に対する態度の現状について、TIMSS 調査や、OECD(経済協力開発機構)が 2012 年に行った PISA 調査(生徒の学習到達度調査)をもとに説明する。

表 2.1 は、「数学における興味・関心や楽しみ」に関する質問項目の日本と国際平均の違いを示した PISA2012 の結果である。

表 2.1 数学における興味・関心や楽しみの項目毎の比較(指標平均-0.23)

国立教育政策研究所(2013)から抜粋

	日本(%)	国際平均(%)
数学について本を読むのが好きである	16.9	<u>30.6</u>
数学の授業が楽しみである	33.7	<u>36.2</u>
数学を勉強しているのは楽しいからである	30.8	<u>38.1</u>
数学で学ぶ内容に興味がある	37.8	<u>53.1</u>

指標平均とは、「まったくその通りだ」を 4 点、「その通りだ」を 3 点、「その通りでない」を 2 点、「まったくその通りでない」を 1 点としたとき、一人一人の項目全体の平均得点が、その国際平均と比べて何点高いのか低いのかを表す値である。PISA 調査の結果では、「数学における興味・関心や楽しみ」に対する指標平均が -0.23 となっている。そのため日本の子ども達は、国際平均より「数学における興味・関心や楽しみ」が得点にして 0.23 点低いといえる。

これと同様の結果が、小学生を対象に行った TIMSS 調査の結果からも示されている。TIMSS 調査での算数の勉強が楽しいか否かを問う質問に対し「強くそう思う」と答えた子どもは、それまでに行われた 5 回の調査全てで、国際平均よりも 20% 以上低かったのである。「そう思う」を含め、好意的な回答として比較した場合でも、5 回の調査全てで国際平均よりも 10% 以上低くなっている。他に、算数が好きかどうかを問う TIMSS の 2011 年調査でも、「強く好き」

は、27.6%も低く、好意的な回答をしていた人は、15.5%も国際平均より低かったのである。

このように日本の子ども達は、国際平均に比べ算数に対する興味や関心が低く、算数を学ぶことそのものを楽しむことができていないことが分かった。そしてこれは、1998年の学習指導要領で算数的活動を取り入れるきっかけとなった1995年の国際比較調査の結果から変わっていない。そのため、子どもの態度に関する問題は、未だに解決できていないといえる。

### 2-2-2. 子どもの消極的な態度に対する問題の原因

子どもの態度に関する問題が未だに解決できていないことに対し金本ら(2010)は、算数的活動を適切に行うために多様な考え方を生かす指導やオープンエンドの指導や問題の工夫が必要だが、それが難しかったと述べている。このため、「学校現場では、算数的活動というと作業的・体験的な活動というとらえ方に偏る傾向があった(向山 2009, p.9)」のである。

作業的・体験的な活動に偏ることの問題を、文部科学省(2008)学習指導要領解説の文言や、藤村(2008)の示す「暗記・再生」型と「理解・思考」型の学習観をもとに説明する。学習指導要領解説では、「身体を使ったり、具体物を用いたりする活動(p.9)」と捉える人が多かったが、「算数に関する課題について考えたり、算数の知識をもとに発展的・応用的に考えたりする活動や、考えたことなどを表現したり、説明したりする活動(p.9)」が重要であると述べている。つまり本来であれば、数の性質を考えさせる、その性質を活用させるといった「理解・思考」型の学習観に基づいた活動が行われなければならなかったのである。しかし実際には、おはじきを操作する、学校の面積を調査するといった、実際に手や身体を使った活動を行うことに注目しただけであり、操作によって得られた知識や技能を重視するといった「暗記・再生」型の学習観から変わっていなかつ

た。

以上のことから本研究では、好奇心や探究心をもち積極的に学習しようとする意欲に関する問題の原因が、「暗記・再生」型の学習観に偏った算数的活動にあると推察する。

## 2-3. 算数的活動とゲーム

「暗記・再生」型の学習観に偏った算数的活動が行われてきたため、子ども達の消極的な態度という算数教育の問題が未だに解決できていないことを前節の中で示した。本節では、算数教育の問題を解決するための算数的活動の方法に注目する。具体的には、学習指導要領の改定によって算数的活動の問題点が指摘され、改善が図られるようになった 2008 年以降の実践研究をまとめ、本研究が注目する方法を示す。

本節では、学術情報ナビゲーター CiNii を用いて実践研究に関する論文を収集・分類し、子ども達の消極的な態度を解決するために最も有効であると考えられる算数的活動の種類を示す。まず、収集の条件は以下の通りである。

- ・タイトルに「算数的活動」が含まれる論文を集める
- ・2008 年から 2014 年の論文を対象とする
- ・概要や発表資料など、詳しい内容がないものは省く
- ・実践研究以外のものは省く

タイトルに算数的活動が含まれ、2008 年から 2014 年の論文は全部で 99 本であった。このうち、詳細が見られないものは 54 本あった。残りの 45 本のうち、実践研究は 33 本であった。これら 33 本の論文を対象とした。

対象とした 33 本の実践研究を授業の方法で分類した結果、「①ブロック操作を行うもの(13本)」、「②課題を解決させるもの(13本)」、「③ゲームを利用したもの(7本)」という 3 つに分かれた。

### ① ブロック操作を行うもの

ブロック操作を行うものとは、おはじきや、正方形のブロック(数図ブロック)、数え棒、三角形や四角形の模型などを実際に子ども達に操作させるものである。たとえば、数え棒を子ども達に渡し、1の位が引けない時にどうすれば良いのかを考えさせ、友達同士で教え合わせる授業(姫井 2013)や、ある個数の数図ブロックを渡し、何人かで分ける場合に1人あたりがいくつになるのかを考えさせることでわり算を学ばせる授業(杉能 2011)などがあった。このように、おはじき、数図ブロック、数え棒などを使った授業は、従来から多くの学校現場の中で行われてきたことであった。そしてこれらの研究は、子ども達が実際に操作し、話し合い、教え合うことを意識して取り入れられていた。

### ② 課題を解決させるもの

課題を解決させるものとは、実験や分析などを利用して課題を解決させる活動を行うものである。たとえば、良く回るこまを作らせることで中心や重心などに気づかせる授業(加藤 2009)や、身の回りにある比例しているものを探し出させてそれが正しいかを話し合い、検証することを通して比例の知識を深めさせる授業(安達 2011)などがあった。

### ③ ゲームを利用したもの

ゲームを利用したものとは、元々あるゲームや、新しいゲームを考案し、それをもとに算数的活動を行わせるものである。たとえば、陣取りゲームを利用して平面図形の特徴を発見させようとした授業(小林 2011)や、異分母分数が書かれたカードの大きさ比べゲームを利用して分数のひき算を学ばせる授業(鈴木 2008)などがあった。

本研究では、算数教育における子ども達の消極的な態度を問題としている。この点が重視されていたものは、ゲームを利用した算数

的活動であった。たとえば、モチベーションに関わるものとしては、「何回も楽しく活用することを通して順序数の意味の理解の習熟を図ることができた(戸田 2010, p.16)」「子どもたちはとても意欲的に学習に取り組むことができた(小林 2011, p.83)」ことが示されていた。また、「今まで学習したことを使って求めようという意識と新たな考えを獲得したいという意識で臨むことができた(平岡ら 2008, p.134)」といった主体性や数理知識の有用性に関するものも述べられていた。

以上のことから本研究では、算数教育における子ども達の消極的な態度を解決するために、ゲームを利用した算数的活動に注目する。



### 3章 算数教育での利用とゲーム利用の先行研究

前章では、算数教育の問題や課題についてまとめ、その解決策としてゲームを利用することを示した。本章では先行研究を元に、算数教育における効果的なゲームの利用のために必要な事項を示す。そのためにまずは、効果的なゲームの利用に向けた視点を定める。

#### 3-1. ゲームの特性とその利用

本節では、ゲームの特性について明らかにするとともに、その特性を生かしてゲームが様々な分野の中で利用されるようになった経緯について示す。また、その際のゲーム利用の考え方をもとに、ゲーム利用に対する本研究の視点を定める。まずは、ゲームの特性について説明する。

##### 3-1-1. ゲームの特性

サレン&ジーマン(2004)は、ゲームと遊びという2つの言葉の関係が複雑であることから、カイヨワ(1990)やホイジンガ(1971)らが記したそれぞれのゲームと遊びの定義を比較し、ゲームを定義している。サレン&ジーマン(2004)によると、「ゲームとは、プレイヤーがルールで決められた人工的な対立に参加するシステムであり、そこから定量化できる結果が生じる(p.161)」ものである。マクゴニガル(2011)は、スーツやサレン・ジーマンらの議論を元に、すべてのゲームに共通する4つの特性として、「ゴールとルールとフィードバックシステムと自発的な参加(p.39)」を挙げている。

マクゴニガル(2011)が示した4つの特性をそれぞれまとめると、以下のようなになる。ゴールとは、プレイヤーが達成すべき具体的な成果のことである。ゴールはプレイヤーに目的意識を与え、注意を引きつけ、ゲームへの参加を促し続けることができる。ルールとは、

プレイヤーがゴールに達する上での制約のことである。すぐにゴールに達することのできる方法を奪うか、制限を掛けることで、プレイヤーは新たな方法を模索し、思考を促すことができる。フィードバックシステムとは、プレイヤーがゴールにどの程度近づいているのかを示すものである。得点、レベル、合計点、進捗表示バーなどの形で示され、ゴールに到達できるという気持ちを保つことができる。自発的な参加とは、プレイヤーの誰もが、これらのゴール、ルール、フィードバックシステムを理解した上で、進んで受け入れることである。共にプレイする複数の人々に共通認識を持たせ、ストレスが多くて難しい課題でも安全で楽しめる活動として経験することができる。

次項では、本項で示したようなゲームの特性を教育の中で利用した世界的な取り組みについて説明する。

### 3-1-2. ゲームを利用した取り組み

ゲームの特性を教育の中で生かそうとする取り組みが、1970年後半から積極的に行われるようになった。その際、エデュケーションとエンターテインメントとを組み合わせ、エデュテインメントという呼び方が生まれた。エデュテインメントは、「文字通りにエンターテインメントの発想や方法を取り入れて、教育の楽しさを高めようという考え方である(藤本 2007, p.27)」。しかしエデュテインメントは、ゲームの特性の中の「自発的な参加」にのみ注目していた。たとえば、単なる反復練習だと子ども達はやる気がなくなるため、競争させたり、1ページ終わるとメダルが貰えたりといった娯楽の要素を取り入れたものが多かった。そのため期待されたほどの効果は出ず、逆に、教育でゲームを利用することに対する否定的なイメージを生む結果となった。これによりエデュテインメントは現在、「子どもっぽいテイストのドリルやクイズにゲームがくっついたもの(藤本 2007, p.29)」という認識になっている。

その後、技術が高度化し、安価で容易にデジタルゲームが作れるようになった。それに伴い、教育の用途に限らず、ビジネスや医療などの様々な分野に関するゲームが作られるようになった。特に2000年代に顕著になり、「社会的な問題解決のためのゲームの開発・利用」を総称してシリアスゲームという呼び方が生まれた。たとえば藤本(2007)は、シリアスゲームの代表としてメイキングヒストリー(Making History)を紹介していた。メイキングヒストリーは、高校の歴史の授業で利用するために開発された第2次世界大戦を舞台とした戦略シミュレーションである。第二次世界大戦に参加した国の中から一国を選び、戦争回避、国際協調、国内経済の安定化などを図るものである。戦争における様々な要因の関係性を把握し、意思決定を行うことがこのゲームの目標と言える。メイキングヒストリーでは、戦争回避という具体的な成果である「ゴール」、ある国と協調しようとする他のある国が圧力を掛けてくるなどの制限といった「ルール」、国内経済を数値化し、自らがゴールに対してどの程度近づいているのかを示す「フィードバックシステム」などを巧く利用している。つまりシリアスゲームでは、「自発的な参加」以外の特性も利用しているといえる。また、シリアスゲームという共通の軸が生まれたため、これまで様々な分野で行われていたゲームの社会利用に関する研究の知見が共有されるようになった。

2010年頃になると、メディアの枠に囚われず、ゲームデザイン自体の考え方を様々な分野に取り入れようという動きが活発に行われるようになった。その際、ゲーミフィケーションという用語が生まれた。井上(2012)によるとゲーミフィケーションは、「ゲームの要素をゲーム以外のものに使う(p.36)」ことである。ゲームの要素をゲーム以外のものに使うこと自体は、エデュテインメントと大差は無い。そのため、ゲームの要素を適切に組み込まなければ、「子どもっぽいテイストのドリルやクイズにゲームがくっついたもの」と認識されてしまう可能性がある。そこで次項では、ゲームの要素を適切に組み込んだゲーミフィケーションの特徴から、本研究で着目する

ゲーム利用の視点を定める。

### 3-1-3. ゲームの利用に対する本研究の視点

本研究では、ゲームの要素を適切に組み込んだゲーミフィケーションを高次のゲーミフィケーション、適切に組み込めていないゲーミフィケーションを低次のゲーミフィケーションと呼ぶこととする。本項では、高次と低次のそれぞれのゲーミフィケーションの違いをもとにゲームの利用に対する本研究の視点を示す。

井上(2012)は、ゲームの要素が適切に組み込まれたゲーミフィケーションについて Nike+を、その比較対象としてポケットピカチュウを提示していた。そのため、本研究でも、高次のゲーミフィケーションの代表例として Nike+を、低次のゲーミフィケーションの代表例としてポケットピカチュウを利用する。Nike+は、スマートフォンやパソコンなどと連動した万歩計である。普通の万歩計と異なり、アクティビティの結果を記録し、他の利用者と比較し、感想を Facebook などに投稿することができるという特徴がある。ポケットピカチュウは、任天堂が出したポケットモンスターというゲームに出てくる人気キャラクター、ピカチュウの万歩計である。歩けば歩くほど、ピカチュウに好かれるといった特徴がある。任天堂が作成したポケットピカチュウのホームページには、ポケットピカチュウによって運動量を増やすことが目標として示されていない。そのため、高機能な万歩計である Nike+とポケットピカチュウを、歩数の増加を目標として比較することは適していない可能性がある。しかし本研究では、歩数の増加をゲーム制作者が設定した本来の目標と仮定し、利用者のゲーム内での目標と比較しながら説明を行う。

ポケットピカチュウは、歩くことでポイントが貯まり、ピカチュウと仲良くなることができるというゲームの要素を組み合わせたものである。これにより、歩数を増やすことへのモチベーションを高めようとしている。しかし、利用者のゲーム内での目標はピカチュウ

ウと仲良くなることである。そのため利用者は、歩くよりも楽にピカチュウと仲良くなることができる方法を考える。結果、歩くのをやめ、手で振って歩数を増やすようになる。一方の Nike+ は、自分が歩いた距離や速度などをグラフ化して見たり、友だちと共有してコメントをもらったりすることができる。そのため利用者は、毎日欠かさず 1 万歩が目標、1 ヶ月で 100 キロが目標といった、結果として歩数を増やすことを目標に定めるようになる。つまり、低次のゲーミフィケーションは、ゲーム制作者が設定した本来の目標と利用者のゲーム内での目標を一致させることが難しい。一方の高次のゲーミフィケーションは、ゲーム制作者が設定した本来の目標と利用者のゲーム内での目標を一致させることができる。

本研究では、このような「ゲーム制作者が設定した本来の目標と利用者のゲーム内での目標が一致する」という視点をもって効果的なゲームの利用方法を検討する。

### 3-2. 算数教育におけるゲームの役割と攻略法

本研究では、算数教育を対象としている。そのため、前節で示した本研究の視点の内、「ゲーム制作者が設定した本来の目標」を、「ゲームを利用することによって教師が達成したい算数教育の目標」と置き換えて考える。同様に、「利用者のゲーム内での目標」を、「子ども達のゲーム内での目標」と置き換えて考える。

本節では、「ゲームを利用することによって教師が達成したい算数教育の目標」と「子ども達のゲーム内での目標」という 2 つの目標を一致させるための方法を検討する。

まずは、これまでに行われたゲームを利用した実践研究から「ゲームを利用することによって教師が達成したい算数教育の目標」を示し、「子ども達のゲーム内での目標」と一致するための条件や利用方法を明らかにする。

### 3-2-1. 算数教育の目標とゲームの分類

本項では、算数教育の目標をもとにゲームに関する先行研究を分類し、それぞれの分類に対して、本研究の視点「ゲーム制作者が設定した本来の目標と子ども達のゲーム内での目標が一致する」からその可能性を議論する。本研究では、深津(1980)が示した、ゲームを利用することによって教師が達成したい算数教育の目標をもとに議論を行う。深津(1980)が示す目標は以下の3つである。

- ア. 数理をつくりだす過程において、概念形式をはかるための素地づくりをねらったゲーム
- イ. つくりだした定理を定着させたり、技能を高めるためのゲーム
- ウ. 学習で獲得した数理を十分に駆使して、ゲームを楽しみながら応用をはかるためのゲーム

注意しておかなければならないことは、この3つの目標は、ゲームそのものの分類ではなく、ゲームを利用することによって達成したい算数教育の目標の種類である。そのため、一つのゲームであっても、その使い方、使う場面によって異なる種類に当てはめることが可能である。そこで本研究では、そのゲームにとって最適な目標を検討するため、複数人の実践者によって実践が行われた、もしくはゲームの特性と学習目標が議論されている実践研究を対象とする。そのため、『日本数学教育学会誌』か、算数・数学でゲームを利用した実践研究が積極的に投稿されている雑誌『数学教室』の1970～2013年の中からゲームを選抜する。算数教育だけでは本研究の視点と合致するゲームが少なく、十分な議論ができないため、数学教育で利用されたゲームも含めて考えることとする。

## ア 概念形成の素地作りをねらったゲームの検討

概念形成の素地作りは、単元のはじめにゲームを利用する場合に設定されることの多い学習目標であった。ゲームは、ルールという制限のもとであるゴールに向かうものであるが、ゴールに向かう方法は数多く存在する。そのため、状況や手段といった変化があるものと、ルールといった変化が無いものが存在する。そして、変化が無いものの中には、ルールとして規定はされていない、条件や、法則といったものがある。たとえば、トランプを2枚引いて、足した数が大きい方が勝ちといったゲームを行った場合、足す数と足される数は変化する。しかし、5と2を足したものと、4と3を足したものは同じ数になるといった数学的な概念は、ルールとして規定されていないが、変わることはない。松下(1992)は、「概念・規則を理解するためには、さまざまに変化する現象のなかから変化しない構造をとりだすことが不可欠だが、変化のあるくり返しはそうした現象を目の前につくりだしてくれる(p.10)」と述べている。

算数の概念の素地づくりを目指して作られたゲームとしては、深津(1980)の「ジャンケンゲーム」がある。「ジャンケンゲーム」は、ジャンケンで勝ったときに5本の数え棒をもらうことを10回繰り返し、最終的にどちらが多くの数え棒をもらったかを数えるものである。子ども達は、5に、自分が勝った回数を掛ける。次の試合で、勝った回数が1回増えれば数え棒が5増え、勝った回数が2回減ったら数え棒が10減る。つまり、乗数が1増えれば、積が被乗数分だけ増えるといった関数的な考え方に気づくことができる。「ジャンケンゲーム」における子ども達のゲーム内での目標は、多くの数え棒をもらって勝つことである。一方の算数教育の目標は、関数的な考えに気づくことである。多くの数え棒をもらうためには、ジャンケンに勝たなければならないが、関数的な考えに気づくことがジャンケンに勝つこととつながることがないため、教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致させることはできない。

他に、田中(1973)の「赤と黒のゲーム」がある。「赤と黒のゲーム」は、マイナスを引くことでプラスになることの理解を目的として開発されたトランプを利用したゲームである。スペードとクロバー(黒のカード)を負の数、ダイヤとハート(赤のカード)を正の数とし、ババ抜きの変種で1枚ずつカードをまわす。一定回数まわしたあと、得点が高かった人が勝ちというゲームである。「赤と黒のゲーム」における子ども達のゲーム内での目標は、高い得点を取って勝つことである。一方の算数教育の目標は、マイナスを引くことでプラスになることの理解である。高い得点を取るためには、大きい数字の書かれた黒のカードを取ってくるか、大きい数字の書かれた赤のカードを相手に取らせる必要がある。つまり「赤と黒のゲーム」は、勝つために必要な方略が数理知識と一致しており、教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致させることができる。

#### イ 知識・技能の定着をねらったゲームの検討

知識・技能の定着は、まとめの場面にゲームを利用する場合に設定されることの多い教育目標であった。この教育目標は、日本の算数教育の中でゲームが利用されるようになった理由の中で最も古くから存在するものであった。銀林(1996)によると、ゲームを利用した授業を積極的に行い、共有する動きが生まれたのは、遠山啓による1971年に開かれた算数合宿の報告からである。遠山(1973)は、「ゲームをやりだしてから生徒たちはそれこそ夢中になった(p.9)」と述べており、ゲームが算数・数学教育に有効であることに気づいたとされている。これ以後、様々な授業実践が報告され、その結果が報告されるようになった。初めのうちは、子ども達が夢中で授業を受けることが特別のこととして述べられていたが、徐々に、ゲームを利用した授業で子ども達が夢中になることは、当然のことであると考えられるようになっていった。たとえば市橋(1984)は、自らが現場教員としてゲームを利用する理由に「ゲームの教育的意味などに



については、いろんな研究がされているが、ゲームが生徒達を夢中にさせることはたしかなようだ(p.72)」と述べている。このため、授業の中で既習内容が分からず授業に参加できない「落ちこぼれ」を減らす方法として注目が集まっていった。それには、子どもが主体となることができるといったゲームの性質も影響している。ゲームの場合、参加するためには最低限ルールを理解しなければならない。また、ゲームを成立させるためには、何らかの思考活動が必要となる。そのため、講義形式の授業と異なり、「ゲームであれば、わからなければ参加できないわけだから、いや応なくすべての生徒をひきずり込む(銀林 1973, p.13)」ことができるのである。このような効果は、ゲームの「自発的な参加」の特性に依るところが大きいといえる。

この教育目標に当てはまるものとしてたとえば、遠山(1973)の「富士登山ゲーム」がある。「富士登山ゲーム」は、サイコロを2つ振り、その合計分だけ進むことのできるスゴロクゲームである。このゲームによって達成したい教育目標は、たし算の理解と習熟である。一方、子ども達のゲーム内での目標は、先にゴールに着くことである。先にゴールに着くためには、サイコロでいい目を出すしかできず、ランダムである。そのため、教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致させることはできない。

他に、田島(1974)の開発した「算数トランプ」がある。通常のトランプは、スペード、ダイヤ、ハート、クローバーの4種類のマークがある。算数トランプは、マークの代わりに、絵、タイル、数字、かな文字の4種類で表してある。たとえば「3」の場合、リンゴが3つ書かれたカード、□のタイルが3つ書かれたカード、「3」と書かれたカード、「さん」と書かれたカードの4種類ある。このカードを使って、たとえば七並べを行う。このような「算数トランプ」における算数教育の目標は、「3」と「さん」と「抽象的な3」と「具体的な3」の関係の結びつきを強くすることである。一方の、子ども達のゲーム内での目標は、それぞれのルールのトランプゲームに

勝つことである。結びつきを強くすることは、ゲームの不便を無くすことにつながるが、勝つことにはつながらない。そのため、教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致させることはできない。ただし、そのゲームの攻略法が数理知識につながるゲームであった場合、その数理知識の獲得を算数教育の目標とした場合には教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致させることができる。

#### ウ 獲得した数理知識の応用をねらったゲームの検討

獲得した数理知識の応用は、単元の後半部分に設定される教育目標である。前半部分で学んだ知識を、ゲームを通して利用し、組み合わせることによって、視点を変えさせたりするものである。

これに当てはまるゲームとしてたとえば、山本(2013)の「約数ゲーム」がある。「約数ゲーム」は、箱の中に入ったタイルを片手で子ども達に取らせ、取ったタイルの個数を数え、その数の約数の個数を得点とするゲームである。ただし、10以上の数で約数が2個しか無いものは得点が7倍になるとしている。様々な数の約数を数えさせることで、2個しか約数を持たない数がいくつあることに気づき、素数の考え方へと応用させることができる。「約数ゲーム」における子ども達のゲーム内での目標は、高い得点を取って勝つことである。一方の算数教育の目標は、素数に気づかせることである。しかし、タイルの数は操作できないため、与えられた数の約数を求めているに過ぎない。そのため、教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致させることはできない。もし、数による約数の違いに気づかせ、素数の存在に気づかせることを算数教育の目標とし、タイルの数を操作できるようにした場合、高い得点を取るために12のような約数を多く含む数だけタイルをとるようになる。この場合、高い得点を取るために考えたことは約数や素数の知識となる。結果、教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致させることが可能である。ただし

このルールでは、タイルの数が操作できるため、最も大きな得点の数だけ全員が引くようになる。この場合、ゴールに向かう方法が1つになってしまうため、ゲームとして続けることはできない。

他に当てはまるゲームとして、野沢(1972)の開発した「法則当てゲーム」がある。「法則当てゲーム」は、遠山(1973)の「数あてゲーム」を改良したもので、関数の考え方を養うためのゲームである。出題者が空箱に入れる前の数と入れた後の数を示し、回答者がそれらのヒントを元に法則を導き出すといった流れで行う。たとえば出題者が「入れる数が2なら出る数が4」「入れる数が3なら出る数が6」というヒントを出せば、回答者が「箱には2倍するという性質がある」と答える。つまり、入力と出力をもとに、関数の式を導き出すゲームである。「法則当てゲーム」における子ども達のゲーム内での目標は、「数あてゲーム」と同様に他の回答者よりも早く答えることである。算数教育の目標は、それまでに習った比例や反比例、一次関数、二次関数などの関数の特徴に気づかせることである。他の回答者よりも早く答えるためには、それまでに習った関数の特徴に気づき、即座に適応する必要がある。そのため、教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致させることができる。

表 3.1 は、「ゲームを利用することによって教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中でのゴールが一致する」という視点からまとめたものである。次項では、このまとめをもとに、「ゲーム制作者が設定した本来の目標と子ども達のゲーム内での目標が一致する」ために本研究で着目する方法を示す。

表 3.1 ゲームの分類と教育目標・ゲーム内目標

	ゲーム名	教育目標	ゲーム内での目標	ゲーム内目標に至る為の方法	子どもの介入	2つの目標の一致
ア 概念形式の 素地作り	ジャンケンゲーム	乗法の仕組みに気づく	数え棒をたくさんもらう	ジャンケンに勝つこと	不可	否
	赤と黒	マイナスの数を引くことでプラスになることに気づく	誰よりも高い得点を取ること	マイナスのカードを取らせる	可	可
イ 知識技能の 定着	富士登山ゲーム	たし算の理解と習熟	先にゴールすること	サイコロで大きい数を出すこと	不可	否
	算数トランプ	数と読み方と具体物の結びつきを強くする	ゲームに勝つこと	ゲームそれぞれの攻略法を利用する	可	否
ウ 知識の 応用	約数ゲーム	素数に気づかせる	高い得点を取ること	素数分のタイルを取ること	不可	否
	法則当てゲーム	関数の特徴に気づく	一番先に回答すること	関数の特徴に気づく	可	可

### 3-2-2. 目標の一致と攻略法の考案

算数・数学教育でのゲームを利用した実践研究をまとめた結果、大半が勝ち負けをつけることのできるものであった。そのためゲーム内での目標は、基本的に勝つことに集約されている。

概念形式の素地作りをするためのゲームは、様々に変化する状況の中から、変わらない概念を見つけ出させることをねらいとしている。その中で「ジャンケンゲーム」は、乗数が1増えれば、積が被乗数分だけ増えることに気づかせるために、何度も5のかけ算を行

わせることが必要である。しかし子ども達の興味は、ジャンケンに勝つことにある。それに対して、算数教育の目標につながる部分である得点の計算は、勝敗を決めるために行われている作業であり、子ども達にとっては他律的な作業である。つまり、子ども達が自主的に行っていることは、算数教育の目標につながるものではない。また、「赤と黒のゲーム」は、マイナスを引くことでプラスになることに気づかせることを教育目標としている。子ども達の興味は、高い得点を取るためである。高い得点をとるためには、マイナスのカードを相手に引かせることである。つまり、子ども達が自主的に勝つための方略として考えた事が、教育目標と一致している。

定理や技能を定着するためのゲームは、子ども達が「自発的な参加」を行うというゲーム自体の特性を利用し、反復練習を行わせることをねらいとしている。そのため、ゲーム中の子ども達の目標である「勝つこと」と反復練習を行うことが一致していない。ただし「算数トランプ」のように、同じゲームであっても概念形式の素地作りをすることへと目標を変更し、勝つために必要なことが数理知識となるようにルールを設定し直すことで、教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致することが可能である。

知識の応用をするためのゲームは、ゲームを通して利用し、組み合わせることによって、既有知識の視点を変えさせたりするものである。まず、「約数ゲーム」は、攻略法と教育目標が一致している。しかしその方法は、子ども達の手によって操作できるものではなく、ランダムで決定してしまうものである。つまり、子ども達がゲームの攻略法として利用することができず、教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致させることができない。また、「法則当てゲーム」は、子ども達がゲームの攻略法として考えることが、算数教育の目標と一致している。つまり、教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致させることができる。

また、ゲームによっては、子どもがゲームに対して勝つために何らかの介入ができるものと、一切介入ができないものがある。介入ができないものは、ランダムに問題を出され、それに答えるだけであり、ゲーミフィケーションの視点から考えても、「理解・思考」型の学習観から考えても、本研究が求めているゲームにはならない。つまり、子ども達が勝つためにゲームに対して何らかの介入ができることが、本研究が求めているゲームの条件として示されたといえる。

他に、教師が達成したい算数教育の目標と子ども達のゲームの中での目標を一致させるためには、ゲームの攻略法を子ども達が考えること自体が算数教育の目標につながることを条件として示された。たとえば「赤と黒」のゲームであれば、子ども達は勝つために思考し、マイナスのカードを相手に取らせるように工夫するという考えに至る。その思考の中には、マイナスのカードが引かれることで自分の得点がプラスになるといった、負の数のひき算の概念が培われている。

そこで本研究では、ゲームの攻略法を考えることが、数理知識の獲得や確実な理解などにつながるゲームに着目する。ここで、何度も繰り返し行い、より良い方法を考えるといったゲームの攻略法が数理知識につながる場合、学習方略と捉えることができる。辰野(1997)による学習方略は、「学習の効果を高めることを目指して意図的に行う心的操作あるいは行動(p.11)」である。本研究では、学習方略の定義を参考にゲームの攻略法を「ゲームに勝つことを目指して意図的に行う心的操作あるいは行動」と定義する。

## 4 章 研究の目的と方法

2 章の中で、算数教育には子ども達の消極的な態度という問題があること、そして本研究ではその問題解決のためにゲームを利用した算数的活動に注目することを述べた。それを受けて3章では、ゲームの効果的な利用方法として、ゲームの攻略法を考えることが算数教育の目標につながるゲームを子ども達に与え、ゲームの攻略法を考えさせることに着目した。

本章では、研究の目的を定め、その目的を達成するための方法について述べる。

### 4-1. 研究の目的

本研究の目的は、算数教育におけるゲームの攻略法を考えさせることによる教育効果を検証することである。効果の検証は、ゲームの攻略法を考えさせることによる子どもの数理知識の活用力と学習への意欲に着眼して行う。

まず、数理知識の活用力とは、算数や数学の学習によって得た知識や考え方を利用するための力である。もし、ゲームの攻略法を考えながらゲームを行った場合、ゲームを行う、ゲームを振り返る、勝つために有効な方法を考えてといった流れを繰り返し行うことになる。勝つために有効だと思える方法を考えてゲームを利用した後の振り返りでは、その方法が正しかったのか否かを検証することも行われる。これは、自らが考案したゲームの攻略法が、実際にゲームの中で有効だったか否かを検証し、その効果を図り、知識として蓄積していくことになる。このため、ゲームの攻略法として現れた知識をゲームの中で活用する経験を何度も繰り返し行っていると言える。既習事項が活用されることを意識させた授業によって数理知識の活用力が高まることがこれまでの研究で分かっており(たとえば、佐野ら 1990、大澤ら 1993)、本研究でも同様にゲームの攻略法を考

えさせることで子どもの数理知識の活用力が向上することが考えられる。

次に、学習への意欲とは、ゲームを利用した授業を面白いと感じる、もしくは自分のためになると感じることで、これからも続けたいと感じる気持ちである。学習方略を自ら考えさせることが自律的な学習を促すことが明らかになっている(たとえば、伊藤 2002)。3章の中で、ゲームの攻略法を考えることは、学習方略を考えることと等しいことを示した。そのため、ゲームの攻略法を考えさせることで学習への意欲が高まるといえる。

#### 4-2. 研究の方法

本研究では、目的を達成するため、図 4.1 のような計画を立てた。

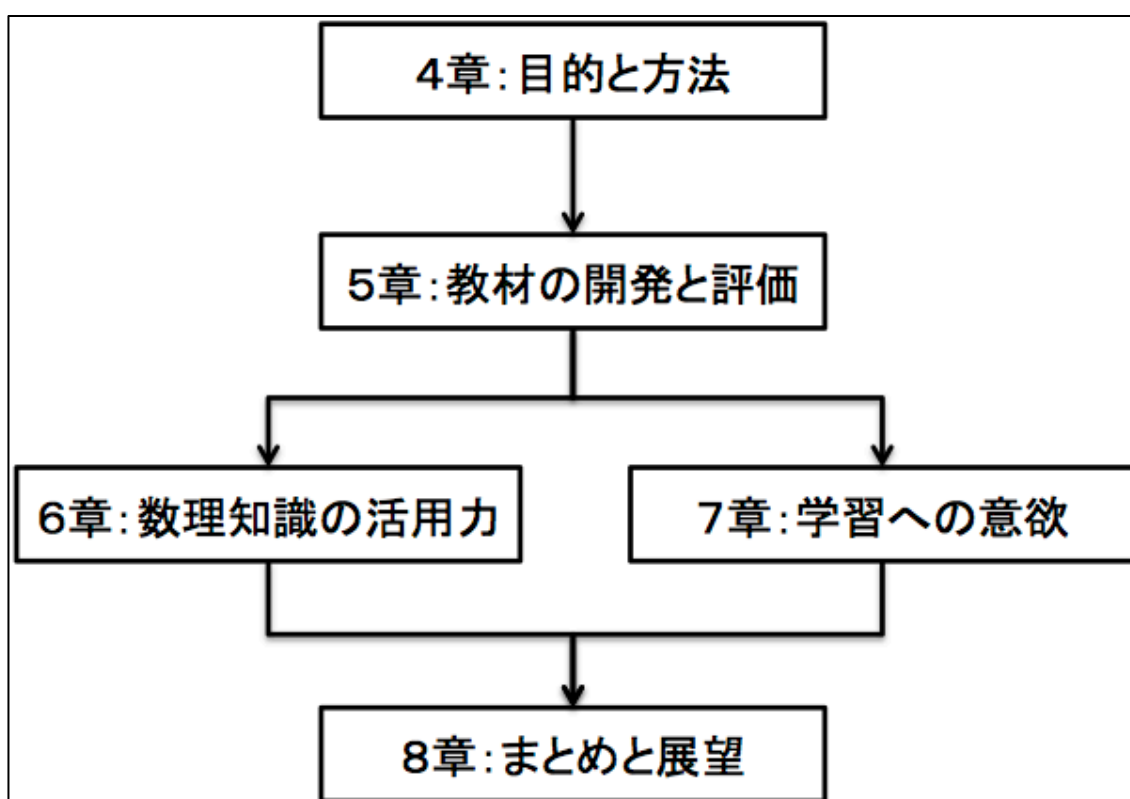


図 4.1 研究計画



まず前章の中で、前提条件として「理解・思考」型の学習観による活動が行われていること、勝つために有効な方法が算数教育の目標とつながっている必要があることを示した。そのため先に5章を設定し、そのようなゲームを開発し、前提条件が達成していたことを評価することを計画した。

次に前節の中で、目的を達成する上で子どもの数理知識の活用力と学習への意欲に着眼することを示した。そのため、ゲームの攻略法を考えさせることが子どもの数理知識の活用力に与える影響を6章、学習への意欲に与える影響を7章としてそれぞれ計画した。

本節では、必要なゲーム教材が5章の中で開発できたと仮定し、ゲームの攻略法を考えさせることが、子どもの数理知識の活用力と学習への意欲を向上させることを示す方法について説明する。

#### 4-2-1. 数理知識の活用力の向上

数理知識の活用力が向上することを検証するために、図 4.2 のような計画を立てた。

具体的には、マスPEEDを利用する実験群とマスPEEDを利用しない統制群を設定し、以下の3つの分析を行う。

分析1：マスPEEDの強さと数理知識活用力の関係

分析2：数理知識活用力へのマスPEED利用の前後による比較

分析3：数理知識活用力へのマスPEEDの利用有無による比較

1つ目の分析は、マスPEEDの得点と数理知識の活用力のレベルの関係性を明らかにするものである。マスPEEDの得点が高い子どもが数理知識の活用力のレベルも高く、その逆も真である場合、マスPEEDで使われる能力が、数理知識の活用力に関係があることが示される。

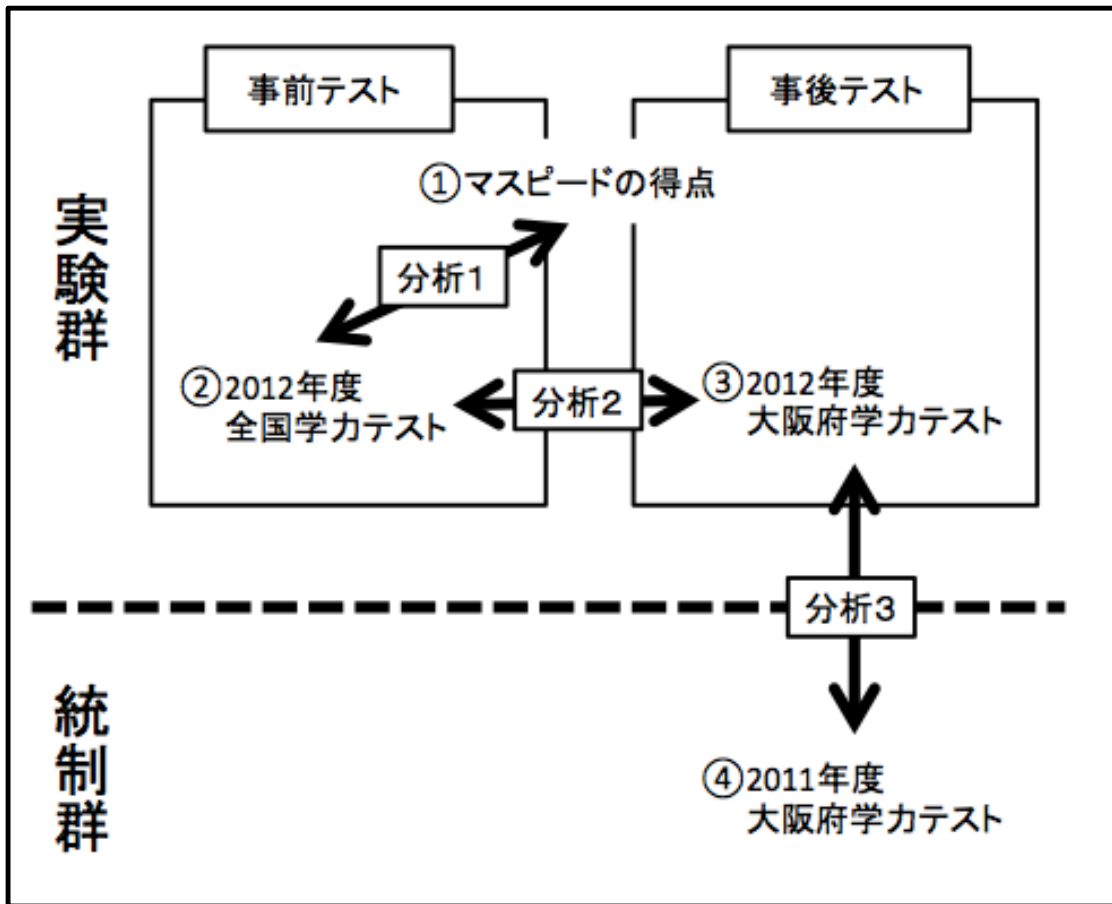


図 4.2 研究計画概要図

2つ目の分析は、マスビードを行う前後で、数理知識の活用力のレベル分布がどのように変化したのかを明らかにするものである。たとえば、数理知識の活用力のレベル下位群の子どもが減り、上位群の子どもが増えた場合、子どもたちの数理知識の活用力のレベルがマスビードを行う前に比べて高くなったと考える。

3つ目の分析は、マスビードを利用した子どもと、利用していない子どもの数理知識の活用力のレベル分布がどのように違うのかを明らかにするものである。もし、マスビードの利用の有無によって2つ目の分析と同様の結果が得られれば、2つ目で示された6月の分布が、その学校特有のものではなく、マスビードを行ったことによるものであることを示すことができる。

1つ目の分析では、マスPEEDで使われる能力が、数理知識の活用力に関係があることを示しており、マスPEEDを行うことで数理知識の活用力に影響を与えることを示すことはできない。2つ目の分析では、5月から6月の間に経験したものが、数理知識の活用力に影響を与えたことを示しており、マスPEEDによるものであることを示すことができない。3つ目の分析では、数理知識の活用力のレベル分布の、学年間の違いを示すことしかできない。しかし、1つ目の分析で、マスPEEDで使われている能力が数理知識の活用力に関係があることが示され、2つ目の分析で、マスPEEDを行った事前と事後で数理知識の活用力の分布に変化があり、3つ目の分析で、マスPEEDを行っていない子どもの分布と異なっていることを示すことで、それぞれの分析を補い合わせている。

このことから、3つの分析を行うために、以下の4つのデータが必要であることがわかる。

データ1：マスPEEDの得点を測定したもの

データ2：マスPEED利用前の数理知識活用力を測定したもの

データ3：マスPEED利用後の数理知識活用力を測定したもの

データ4：マスPEEDを利用しなかった子どもの数理知識活用力を測定したもの

つまり、分析1は、データ1とデータ2の関係を示したもの。分析2は、データ2とデータ3を比較したもの。分析3は、データ3とデータ4を比較したものであるといえる。

ゲームの攻略法を考えさせることが数理知識の活用力に与える影響の検証は、実際に行った研究の流れや、それぞれの項目に関する詳細を含め、6章で説明する。

#### 4-2-2. ゲームに対する意欲の向上

本研究では、マスPEEDの利用時に、ゲームの攻略法を考えさせ

ることでゲームに対する意欲が高まることを示したいと考えている。そのため、①勉強条件、②遊び条件、③方略発見条件の3つのグループを設定した。それぞれの特徴は、表 4.1 の通りである。

表 4.1 3つの条件群

条件	教示	利用方法
勉強条件	勉強の役に立ちます	自由に遊ばせる
遊び条件	楽しい遊びです	自由に遊ばせる
方略発見条件	楽しい遊びです	1戦毎に時間を取って、ゲームの攻略法を考えさせる

①勉強条件は、計算力向上など数学の勉強に及ぼす価値を強調する教示によって自分たちの役に立つことを子どもたちに意識させるものである。

②遊び条件は、マスपीドを単に遊びとして提示し、教師の介入を行わないものである。

③方略発見条件は、本研究の核となる条件である。教師の介入として、マスピードの利用後に時間を取り、ゲームの攻略法を考えさせるものである。

手順は、以下の流れで行った。

- ① それぞれの条件に沿った教示
- ② マスピードのルール説明
- ③ マスピードの実施(20分間)
- ④ 動機付けに関するアンケートの実施
- ⑤ 勝つために利用した方法の記入

アンケートは、次の3つの設問で構成した。1つ目の設問は、「マ

スピードは楽しかったですか？」に、「楽しい」「どちらかというところ『楽しい』」「どちらでもない」「どちらかというところ『つまらない』」「つまらない」の5段階で評価してもらった。2つ目の設問は、「マスピードで計算速度は上がると思いますか？」に、3つ目の設問は、「この後もマスピードで遊びたいですか？」に、「はい」「どちらかというところ『はい』」「どちらでもない」「どちらかというところ『いいえ』」「いいえ」の5段階で評価してもらった。これらの質問は、**E.L.Deci&R.M.Ryan(1985)**が提唱した有機的統合理論をもとに作成した。有機的統合理論では動機づけを、自立性の程度が強い順に、「内発的調整」、「統合による調整」「同一化による調整」「取り入れによる調整」「外的調整」で構成している。1つ目の設問は内発的動機付け、2つ目の設問は同一化的動機付け、3つ目の設問は内発的動機付けに基づいた学習への継続性を評価するものである。

「内発的調整」は、内発的動機付けであり、動機付けの中で最も自律的である。この動機づけは、単純にその行為自体を楽しんでいるものである。そのため、ゲームを利用することが楽しかったか否かによって評価した。「同一化的動機付け」は、行動や活動に対するそのものの価値をみとめているものである。そのため、算数が得意になることを期待して行うか否かによって評価した。

ゲームの攻略法を考えさせることでゲームに対する意欲が高まることの検証は、実際に行った研究の流れや、それぞれの項目に関する詳細を含め、7章で説明する。

## 5章 教材の開発と評価

本研究の目的は、算数教育におけるゲームの攻略法を考えさせることによる教育効果の検証することである。そのゲームは、「理解・思考」型の学習観による活動が行われていること、勝つために有効な方法が算数教育の目標とつながっていることという2つの前提条件がある。そのため本章では、そのようなゲームを開発し、前提条件が達成していたことを評価する。

### 5-1. 教材の開発

本節では、学習目標やそれに伴う学習活動と、それらをゲームに組み込むための条件についてそれぞれまとめていくことで、前提条件を満たしたゲーム教材の開発を目指す。まずは、ゲーム教材の対象となる領域と学習目標を設定する。

#### 5-1-1. 対象とする領域と学習目標

本研究は、算数教育における子ども達の消極的な態度に関する問題から端を発していた。2章の中で、この問題の原因が、「暗記・再生」型の学習観による算数的活動にあると考え、「理解・思考」型の学習観を意識したゲーム教材に注目した。

本研究では、「数と計算」領域を対象としてゲームの開発を行う。それは、子ども達が「数と計算」領域に対して「暗記・再生」型の学習観に陥っている傾向にあるからである。「数と計算」領域は、その名前の通り、数と計算に関する学習を行うものである。学習指導要領解説の中で「数と計算」領域は、「数の意味や表し方を理解すること」「数の感覚を豊かにすること」「計算の意味を理解すること」「計算の仕方を習得すること」を目指す領域であることが示されている。そして、数の意味や表し方を理解し、計算の仕方を習得する

ことなどは特に、他の領域の中で利用されることが多いため、確実に利用できるようになることが目指される。そのため、計算練習を反復して行わせ、機械的に解けるように、いわゆる形式計算の技術を習得することを重視する傾向にある。形式計算の技術を習得することを重視する傾向にある学校現場に対して片桐(2004)は、「形式計算ができるようにするということは、算数科のねらいであるが、低次元のねらいである(p.12)」と述べている。このことは、子ども達の学力にも表れている。たとえば、全国学力テストの結果を分析した黒田(2010)は、計算を苦手とする子どもは少ないが、数の理解や計算の意味を理解していない子どもが多いことを明らかにしている。

このような課題を解決するためには、前提として「数の感覚を豊かにすること」と「計算の意味を理解すること」という、重視されていないこれらのねらいを達成するべきである。これらのねらいは、計算の簡略化を学ぶことでお互いに影響しあうことができる。たとえば、19と11を足す場合11から1を借りてくることで、計算が楽になる。これは、20といった2桁の数と1桁の数は計算が簡単であるという十進位取り記数法の良さと、19は20に対して1足りないといった感覚と、19に1を足しても11から1を引いたら答えは変わらないといった計算の意味を理解していることで成り立つものである。このように、計算の簡略化を行うためには、「数の性質」が重要な要素である。そして、計算の簡略化によって「数の感覚を豊かにすること」と「計算の意味を理解すること」を達成するためには、「数の性質」を「理解・思考」型の学習観によって子ども達自身に気づかせるべきである。

しかし実際の「数の性質」の学習で子ども達は、「暗記・再生」型の学習観に陥りやすい。たとえば、5年生では「数の性質」として、素数を学ぶ。素数には、1とその数以外の整数で割り切れない数という定義がある。1とその数以外の整数で割り切れるということは、1とその数以外の約数を持っているということである。このため素数の定義は、1とその数以外の約数を持たない数とされることも多

い。小学校では、後者の定義を学ぶ。説明の中に約数が出てくるため、約数の学習の後すぐに素数の学習が設定されている。まず、13くらいまでの約数を学び、その中で1とその数以外の約数を持たない数が幾つかあることに気づかせる。そして、それらの数を素数と呼ぶことを教える。他に幾つかの数を提示し、それぞれが素数か、素数でないかを判断させる。最後に、エラトステネスが考案した、機械的に素数を判別することができる方法を教えるのである。この授業では、素数という用語の意味と判別の方法を暗記し、その数が素数かそうでないかを判別することが求められていると子ども達は感じてしまう。

このように、従来の「数の性質」の授業では、子ども達が「暗記・再生」型の学習観に陥りやすい。そこで本研究では、「数の性質」の理解を学習目標として設定する。次項では、素数を含む整数に対する「数の性質」の理解を子ども達に促すための学習活動について検討する。

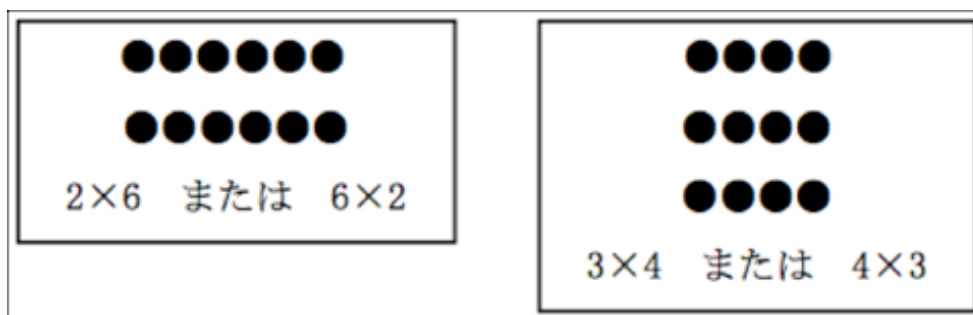
### 5-1-2. 対象とする学習活動

数の性質を理解させるために算数教育では、数の合成分解が利用されている。数の合成分解とは、4を2と2のかけ算で捉えたり、6を8と2のひき算で捉えたりといったように、ある数を他のある数で捉える活動である。これは、数の性質に気づかせ、計算の素地を整えさせる上で重要かつ一般的な方法とされており、学習指導要領や教科書、算数教育の書籍に記載されている。たとえば、教員や教員を目指す大学生向けの算数教育の書籍には、 $8+6$ の計算の素地として「8が後いくつで10になるかということが、6を2と4に分ける根拠になる(金本ら, 2010, p.21)」と述べられている。これは、 $8+6$ といった繰り上がり計算を、「8を10にするには2足りない」と「6は2と4に分けられる」といったそれぞれの合成分解を使って理解させているものである。他に学習指導要領解説では、



おはじきを利用した指導方法が説明されている。たとえば2年生では、**図 5.1** のようにおはじきを用いて、12は2と6、3と4の積であるということを示している。

本研究では、開発するゲームの対象とする学習活動として数の合成分解を設定する。次項では、数の合成分解をゲームに組み込むための条件について設定する。



**図 5.1** 12 の分解

### 5-1-3. 開発の条件

本研究では、「理解・思考」型の学習観にもとづく算数的活動を目指している。そこで、数の合成分解による数の性質理解を目指した算数的活動を、それぞれの学習観から設定・比較し、開発の条件を設定する。

ここでは、「12という数は約数を多く持っている」といった数の性質を例に説明する。12という数が約数を多く持っていることを、数の合成と分解によって気づかせるためには、12を含む様々な数を、他の様々な数によって割らせる必要がある。具体的には、11や13を他の数で割ろうとして割れないこと、10は2や5でのみ割れることを試行錯誤する中で気づかせるのである。その上で、12は2、3、4、6で割れることを経験させる。

まず、「12という数は約数を多く持っている」といった数の性質に気づかせる学習に対し、「暗記・再生」型の学習観にもとづく活動

について説明する。ここでは、約数について学んだ後におはじきを渡し、12と13をそれぞれ1から順番に同じ数で分けさせる授業を想定する。この授業では、子ども達によって12個のおはじきを1から12で分ける活動が行われ、12は様々な数で分けることができることに気づく。つまり子ども達は、12が約数を複数持っていることに気づく。次に、13個のおはじきを1から13で分ける活動が行われる。そして、13は1と13しか約数を持たないことに気づく。その後教師によって、2つしか約数を持たない数を素数ということが教えられる。結果、子ども達は、13が素数であることと、約数を数えることで素数かそうでないかを判別できるようになる。こういった授業では、教師にそのような意図がなかったとしても、素数を判別するための方法を暗記し、他の数で使えるようになることが重要視されているように子ども達が感じてしまう。

次に、「理解・思考」型の学習観にもとづく活動を設定する。ここでは、様々な数を他の様々な数によって割らせ、そこで気づいたことを説明させる授業を想定する。この授業の中で子ども達は、様々なことを考える。1は1でしか割れないこと、2は2と1で割れること、3は3と1で割れること、4は4と2と1で割れることと言ったことに気づく。これらを取り上げ、子ども達に気づいたことを発言させ、2と3と5と7といった素数が同じ性質を持っていることに気づかせることができる。この授業では、素数という言葉覚え、どの数が素数であるかを判断することではなく、自分たちが気づいた数の性質が大事なことであり子ども達に感じさせることができる。

この2つの活動の大きな違いは、多様な考え方の有無にある。「暗記・再生」型の学習観にもとづく活動では、約数を多く持つ12と、12と対比的に約数を2つしか持たない13を提示し、それぞれの約数を数えさせ、比較をしている。このため、12は約数が多く、13は約数が少ないという考え以外の考えが生まれにくい。子ども達の意見は1つに集約され、必要とする時間は少なく済むが、教師が

黒板に 12 と 13 の約数を書き、どう感じるかを聞くという操作を子ども達にさせただけに過ぎない。子ども達全員が 1 つの考え方に導かれるため、自分たちの手で発見したという実感を持ちにくい。一方の、「理解・思考」型の学習観にもとづく活動では、様々な考え方や道筋が生まれる。そのため、「暗記・再生」型の学習観にもとづく活動に比べて時間はかかるが、自分たちの手で発見したと実感することができる。

そこで、「理解・思考」型の学習観にもとづく活動を行わせるため、上で設定したように、様々な数を、他の様々な数によって割らせることが適していると考ええる。

今回目指すものは、素数の性質だけにとどまらない。素数と合成数の違いが、1 とその数以外で割ることができるか否かによって判断することができたため、「1 つの数を捉えるために 2 つの数とわり算を利用すること」で、素数の性質に気づかせることができた。本研究では、素数の性質の気づきを算数教育における数の性質、とりわけ四則演算における整数の性質へと拡張したい。四則演算では、たし算やひき算、かけ算などを利用し、3 つ以上の数を計算することもある。そこで、2 つの数だけ、わり算だけ、といった制限を取り払うことにする。

かけ算を取り入れることによってたとえば、3 に 1 を掛けたら 3、4 に 1 を掛けたら 4 といった、ある数に 1 を掛けても元の数は変わらないといった、乗法単位元の考え方にたどり着くことができる。

また、3 つ以上の数によって捉えることによってたとえば、計算を簡略化したり選択肢を増やしたりするために、数の性質を利用することに気づく。たとえば、2 つの数でしか 4 を捉えない場合、 $8 \div 2$ 、 $2 + 2$  のように、直接 4 を作るしかできない。しかし、3 つの数で 4 を捉える場合、様々な数で割ることのできる 12 を先に作ってから 3 で割るといった考え方ができる。特に日本には、四則が混合したこのような計算を苦手としている子どもが多い(黒田 2010) ため、重要な条件であると言える。

そこで本研究では、「1つの数を捉えるために2つ以上の数と四則を利用すること」を、数の性質に気づくための数の合成分解の条件として設定する。

#### 5-1-4. 数の合成分解を行うゲームの開発

前項で示した「1つの数を捉えるために2つ以上の数と四則を利用すること」という条件は複雑なため、数の合成分解を利用するゲームとして親しまれてきた「テンゲーム」に当てはめて具体化し、幾つかの要件に分割する。

テンゲームにはいくつかの細かなルールはあるが、基本的には切符や、車のナンバープレートなど、4つの数が書かれたものを見つけたとき、その4つの数と四則演算を使って10を作るゲームである。たとえば、1、2、3、4という数を見つけたとき、 $1 + 2 + 3 + 4 = 10$  や、 $4 \times 3 - 2 \times 1 = 10$  といった解を出すことを目指すゲームである。

テンゲームは、10という数を4つの数で捉えることにのみ執着している。つまり、条件を満たすためには、10という目標の数の値が変動し、加えて、利用する数の値と個数が増えなければならない。まとめると、①1つの数を2数以上の四則でとらえさせる、②目標の数の値が変動する、③利用する数の値が増えるといった3つの要件を満たさなければならない。

②③の要件を満たすゲームに、スピードというトランプ遊びがある。スピードは、以下の流れで行う。

1. 2人のプレイヤーが向かい合って座り、ジョーカーを除いた52枚のトランプを赤(ハートとダイヤ)と黒(スペードとクラブ)の2組に分け、両者がそれぞれ1組ずつ持つ。
4. プレイヤーは自分の前の場に裏のままカードを置き(以後、台札)、その右側に表向きにしながら4枚のカードを置く(以後、手札)。
5. 「スピード」という掛け声で、台札から1枚ずつ手札の斜め右前

に 2 人同時に置く(場札)。

6. 手札の中に場札の値が 1 つ違いの手札があれば、手札を場札に重ねて置き、台札から手札が 4 枚になるように補充する。

7. どちらのプレイヤーも 1 つ違いの手札が無ければ、5.から行う。

8. 自分の手札を無くしたプレイヤーが勝ち。

本研究では、スピードの「場札と 1 つ違いの手札を 1 枚出す」というゲームのルールを、「場札の数を、手札の数をいくつかと四則演算を利用して作り、出す」へと変える。これにより、すべての要件を満たすことができる。なお、開発したゲーム教材は、数学を表す「マス」とトランプゲーム「スピード」を合わせ、「マススピード」と名付ける。

#### 5-1-5. 算数用ゲーム型教材「マススピード」

マススピードは、数字の書かれたカードを利用したカードゲームである。基本的に 1 対 1 の対戦で行うが、場合によっては 1 人で رفتたり 2 対 2 のチーム戦で行ったりすることもある。

まず、ゲームを始める前に、机の上に台札と手札を準備する(図 5.2)。台札は、数字の書かれたカードを裏返し、机の上の左側に重ねて置いたものである。手札は、台札から 5 枚引き、並べたものである。図 4.2 の場合、「マススピード」と書かれたカードが台札で、「6、2、3、1、7」の数字が書かれたカードが自分の手札である。

次に、お互いに台札から 1 枚のカードを引き、右斜め前に出す。これを場札と呼ぶ。図 5.3 では、「5」が自分の出した場札で、「4」が相手の出した場札である。

そして、手札の数字と四則演算を使い、2 つの場札のうちどちらか一方の数字を作り、使った手札と場札の上に置く。このとき、利用する手札の枚数は、2 枚以上であれば何枚でも構わない。たとえば、場札の「4」を、手札の「7」から「3」を引いて作ったり、場札の「5」を、手札の「7」から「3」を引き、「1」を足して作った

りする。できたら、使った手札を場札の上に置き、手札が5枚になるまで台札から引いてくる。このとき、場札の一番上に置かれたカードの数字を新たな場札とする。以上の操作を繰り返し、台札と手札がなくなれば終わりである。ただし、どうしても出せない場合は、台札(なければ手札)から1枚場札に出す。

本研究では、このマスपीードを利用して目的の達成を目指す。



図 5.2 マスピーード準備

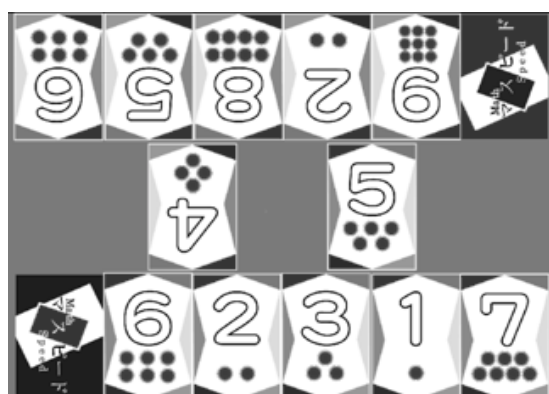


図 5.3 マスピーード初期状態

## 5-2. マスピーードの利用による様々な考え方や道筋の促進

本章では、「理解・思考」型の学習観による活動が行われていること、勝つために有効な方法が算数教育の目標とつながっていることを前提条件としたゲーム教材の開発を目指している。前節で示したように、「理解・思考」型の学習観による活動を行わせるためには、様々な考え方や道筋が生まれる必要がある。そこで本節では、マスपीードを利用することによって、様々な考え方や道筋が促進されていることを示す。

ここで、2つ以上の数と四則を利用して、ある1つの数を作る場合、道筋が多数存在する。たとえば、1、2、3、4という数から2つ以上の数を選んで利用し、5という数を作る場合、 $1 + 4$ 、 $2 + 3$ 、 $1 \times 2 + 5$ 、 $3 \times 4 \div 2 - 1$ などが考えられる。これらの道筋のうち、 $1 + 4$ 、 $2 + 3$ 、などは見つけやすく、 $3 \times 4 \div 2 - 1$ など

は見つけにくい。そして時間を区切った場合には、 $1 + 4$ しか見つけられない人、 $1 + 4$ 、 $2 + 3$ を見つめる人、 $3 \times 4 \div 2 - 1$ も見つけることができる人などに分かれる。つまり、様々な道筋によって数の合成分解を行えることは、多くの道筋を見つげ出すことができるか否か、見つけにくい道筋を見つげ出すことができるか否かといった、一種の能力と言える。そこで本研究では、このような能力を、「数の合成分解能力」と呼び、マスPEEDによって数の合成分解能力が向上することを明らかにする。マスPEEDによって数の合成分解能力が向上することが示されれば、様々な考え方や道筋が促進されていると言え、「理解・思考」型の学習観による活動が行えていると捉えることにする。

### 5-2-1. 検証の方法

具体的には、以下の2点を明らかにすることを目的とする。

1. 数の合成分解能力を得点化し、マスPEEDを利用する事前と事後の得点を比較することで、マスPEEDの利用によって数の合成分解能力が向上することを示す
2. 「マスPEEDの利用時間」をデータ化し、マスPEEDを利用している時間が多い子どもは数の合成分解能力得点の増加が大きいことを示す

1で示した事実が、慣れや運によるものでないことをより確かなものにするため、2の分析も合わせて行う。

### 数の合成分解能力の得点化

数の合成分解能力を得点化するために、**図 5.4**のようなテストを利用する。

「場のカード」の部分には、1から13までの数が5つ書かれており、ここからいくつかの数を選び、四則演算を駆使して「答」の部分に書かれた数をつくる。「式はここに」の部分は空白になってお

り、作れた式全てを記入する。今回は、事前と事後で数を変えて 13 問ずつ作成する。このとき、事前と事後で難易度が変わらないよう、先に 26 問を作成し 13 問のうち前の 10 問は 2 つの数を使うことで作ることができるもの、後の 3 問は 3 つ以上の数を使わないとつくりできないものとなるようにだけ恣意的に行い、それ以外はランダムに割り振る。

図 5.4 数の合成分解プリント(一部)

場のカード	答	式はここに
<b>例題</b> ①⑦①⑩⑬	<b>5</b>	<b>7-1-1    10÷(1+1)</b> <b>13-10+1+1</b>
⑫①⑦②③	10	
③③⑦⑩⑫	2	
①④⑩②③	11	
⑧⑫⑥⑪③	5	
④⑤②②①	9	

使った数字の数による得点は、2 つの数を使った回答(以後、2 数回答、以下同様)、3 数回答、4 数回答、5 数回答によってその難易度が異なる。たとえば 2 数回答は、5 つの数字から 2 つを選び、並び替え、四則を当てはめて答えを導く。この場合、80 通りの式から答えを導けば良が、3 数回答は、960 通りの式から答えを導かなければならない。つまり、2 数回答よりも 3 数回答や 4 数回答などで答えるほうがより複雑になるため時間がかかる。そのため、子ども



達の回答から、2数回答、3数回答などの個数を数え、それぞれの出現する確率を考慮する。これによって、2数回答や3数回答など単純な組み合わせを多く解答する学習者の得点は低く、逆に、4数回答や5数回答など複雑な組み合わせを多く回答する学習者には高い得点を与えることができる。具体的には、それぞれの回答数から出現確率を計算し、その逆数を2数回答の出現確率の逆数で割ったものを得点とする。たとえば、2数回答が全体の回答数の50%を占めており、3数回答が全体の回答数の25%だった場合、2数回答は3数回答の2倍の出現率である。逆に言うと、3数回答は2数回答に比べて2倍出にくいものである。そのため、3数回答は2点として計算すると言うものである。

## マスピードの利用と利用時間のデータ化

評価を行う際の対象としては、公立の小学校5年生65名(2クラス)を選んだ。小学校5年生では、学習指導要領で示されたように、偶数や素数などの数についての性質を学ぶ時期であるため、適していると考えた。対象者には、約2ヶ月間でマスピードを使った算数の授業を6回行い、加えて、希望者には休み時間にマスピードを行わせた。

このとき、授業時間以外で学習者がマスピードを行っていた時間をアンケートで答えてもらい、「マスピードの利用時間」のデータを集めた。

### 5-2-2. 検証の結果

検証の結果は、以下の通りである。

## 数の合成分解能力の得点化

65名のテストからは、2数回答が740個、3数回答が464個、4数回答が154個、5数回答が39個、合わせて1397個見られた(表

5.1)。出現率を計算すると、2数回答は約53.0%、3数回答は33.2%、4数回答は11.0%、5数回答は2.8%となった。つまり2数回答に比べて3数回答は約1.6倍、4数回答は4.8倍、5数回答は約19.0倍出現率が低く、子ども達が発見しづらいたと言えることになる。そこで本研究では、2数回答を1点、3数回答を1.6点、4数回答を4.8点、5数回答が19.0点として設定した。

表 5.1 マスピード得点表

	総数	2数解答	3数解答	4数解答	5数解答
個数(個)	1397	740	464	154	39
出現率(%)		53.0	33.2	11.0	2.8
得点(点)		1	1.6	4.8	19.0

### 事前事後の比較

前項の採点方法をもとにテストを採点した。事前の平均点は16.76点、事後の平均点は33.57点と高くなっていた(表 5.2)。

また、マスピードを行った後のテストでは87.7%(65名中57名)の子どもの得点が上昇していた。 $t$ 検定を行った結果、得点は事前よりも事後のほうが有意に高くなっていた( $t = 7.67, p < 0.01$ )。

この結果から、マスピードを利用する前に比べて利用した後の方が、数の合成分解能力は向上していることが示された。

表 5.2 マスピード事前事後の得点による  $t$  検定結果

	事前	事後	差
データ数	65	65	65
平均	16.76	33.57	16.8
標準誤差			2.18
$t$			7.67

## マスपीド利用時間による得点増加量の比較

得点の増加量で学習者を順位付けし、4分割した。ただし、全データは65で、4で割り切ることはできない。そこで事前事後ともに中間である33位のデータを省き、分析のデータ数を64にした。1位から16位のデータ群を上位群、17位から32位のデータ群を中上位群、34位から50位のデータ群を中下位群、51位から65位のデータ群を下位群とした(各14)。そして、その各データ群を、授業時間以外でのマスピードの利用時間、60分以上、1分以上60分未満、授業時間以外では行っていないという3つで分けた。

結果、毎日60分以上マスピードを行っていた学習者は下位にはおらず、授業以外で全く行っていない学習者は上位にいなかった(表5.3)。この結果から、他の学習者よりも多くの時間マスピードを利用して学習者の方がより早く正確に1つの数を2数以上の四則でとらえることができるようになっていたことが分かった。

表 5.3 マスピード時間と得点増加量の関係

	60分以上	1分から60分	やってない
上位群	4	10	0
下位群	0	11	3

### 5-2-3. 考察

ここでは、数の合成分解能力を得点化できる問題を作成し、マスピードを利用する前後で実施した。同時に、授業時間以外でのマスピードの利用時間を調査した。

結果として、マスピードを利用する前よりも、全体的に数の合成分解能力の得点が上がっていた。しかしこれだけは、マスピードを利用することによって数の合成分解が訓練されたこと以外に、2度目のテストによる慣れの影響が否定できない。そこで、マスピードの授業時間以外での利用時間と数の合成分解能力の増加量との関係

を示した。マスPEEDを授業時間以外で1時間以上遊んでいた子どもは、数の合成分解能力得点の増加量が多く、遊んでいない子どもは、増加量が少ないもしくは減少していた。これにより、マスPEEDを利用することで、数の合成分解能力得点が増加することが示された。ここで測った数の合成分解能力は、1つの数を他の2つの数と四則で分解するだけでなく、1つの数を他の3つ以上の数と四則で分解する方が、より得点が高くなるようになっている。そのため得点が増加したということは、より難易度の高い数の合成分解ができるようになっていたことを示している。

以上のことから、マスPEEDを利用することによって、子ども達に様々な考えや道筋の促進が認められたといえる。この結果を踏まえ次節では、本研究で利用するゲーム教材の前提条件を満たしていることを示す。

### 5-3. マスPEEDの攻略法と数の性質

本章では、「理解・思考」型の学習観による活動が行われていること、勝つために有効な方法が算数教育の目標とつながっていることを前提条件としたゲーム教材の開発を目指している。前節の中で、「理解・思考」型の学習観による活動が行われていることを示した。本節では、マスPEEDの攻略法が、数の性質を利用していることを示したい。そこで、マスPEEDで勝つために有効だと子ども達が考えた方法を分類し、その中から数の性質に関する方法の割合を示す。

#### 5-3-1. 検証の方法

マスPEEDで勝つために有効な方法を考えさせるためには、利用者がマスPEEDを何度も繰り返し利用する必要がある。また今回は、気づきやすさの程度に影響されずに、勝つために方法を出させたいため、自らの行動を振り返らせ、意識させる必要がある。自らが経

験した状況を逐一覚え、ゲームの攻略法を考えさせることは容易ではないため、マスピードを操作しながら何を考えていたかを振り返らせる、再生刺激法を利用する。

## 再生刺激法

再生刺激法とは、子どもがその時に何を考えていたのかといった認知過程を明らかにし、教師が子どものつまずきなどを知るための方法として開発されたものである。吉崎・渡辺(1992)による再生刺激法の流れは以下のとおりである。

① 1台のカメラで教室の後方から子どもの視線の方向に合わせて(つまり、授業者を中心に)授業をビデオ録画する

② 重要な授業場面(授業目標を達成するうえでポイントとなる場面で、しかも子どもがそのときの内面状態を記憶再生しやすい、教師の発問・説明や友達の意見発表などが行われた場面)を3~5個選択する

③ 授業終了後、各授業場面を約2・3分間にわたって子どもに再生視聴させ、それらの重要な授業場面でビデオを一時停止する

④ 授業中にその場面で考えていたことや思っていたこと(あるいは、感じていたこと)を、**図 5.5**の形式で子どもに自己報告させる

⑤ 自己報告された子どもの認知・情意反応を分類する

村川(2012)は、子どものつまずき場面を明らかにする以外に、子どもの援助場面への気づきを表出する方法として再生刺激法を利用した。そのため今回のように、マスピードを操作しているときの場面を想起し、よりよい方略を考えさせることができる。

そこで今回はその時の方法を参考に行う。

① マスピード利用時の子どもの様子をひとりひとりビデオに撮る。

② 自分の映像を見ながらその時に思っていたことを想起させ、マスピード用ワークシート(**図 5.6**)に記入させる。

③ マスピード用ワークシートをもとに、攻略法を考えさせる。

① あなたはこの時何をしていましたか？ (みんなに聞いてください。)		児童番号	質問番号	—
<input type="text" value="ほくほこのとき・わたしほこのとき・・・"/>				
② 勉強に関係あることを考えていましたか？	はい	いいえ	③ 勉強に関係ないことを考えていましたか？	はい
↓			↓	いいえ
この時、あなたが考えていたことをくわしく教えてください。			何を考えていたか教えてください。	
<input type="text"/>			<input type="text"/>	
④ そう考えたわけを教えてください。			⑤ なぜ何も考えていなかったと思いますか？	
↓			↓	
<input type="text"/>			<input type="text"/>	

表 5.5 質問票  
(吉崎・渡辺 日本教育工学雑誌 16(1)26(1992)p.37 より)

手札	場札	式	言っていること・作戦	思ったこと・作戦
11、5、4、3、2、5	7、10	11-4	11は先に使おう	11は使いにくいから先に使おうと思った

図 5.6 マスピード用ワークシート(一部)

## 研究の方法

本研究では、公立の小学校5年生 26名を対象とした。マスピードに勝つため、特に有効な方法を正確に判断することができるように、1年間継続的にマスピードを行わせた。具体的には、1～2ヶ月に1度、子ども達全員を対象にマスピードの大会を開催した。

1年後、6年生になった26名の子ども達に、再生刺激法を利用した振り返りを行わせた。その後、4～5人ずつの班(全6班)にし、

マスपीドに勝つために最も有効な方法を話し合わせた。さらに、思いついた方法の中から特に有効だと思ったものを話し合い、考えてもらうため、攻略法の発表は最大2個までに限定させた。

### 5-3-2. ゲームの攻略法の分類基準

3章の中でゲームの攻略法は、学習方略に似たものであることを示した。マスピードは、数の性質を利用してゲームに勝つことが目指されている。これはマスピードが、虱潰しに計算をしていては勝つことができず、手札と場札の数字を見て、ある程度あたりを付けなければならないことに起因する。たとえば初心者は、2枚の手札だけで作ろうとする。この場合、場札を作ろうと、5つの中から2枚を抜き出し、計算のために並び替えた場合、 $5P2$ で20通りある。しかし、5枚全て使えるようになれば、320通りとなる。このように、一度に多くの手札を使えるようになると、場札を作ることでできる確率が高くなり、同時に、すぐに場札を消費するため、勝ちやすくなる。しかし、320通りの計算を一つずつ行っていくことは困難である。そのため、目的の数字にすぐに近づけるよう場札や手札に書かれた数の性質を考え、目指す数へと最短で近づける人が「マスピードの巧い人」と言える。これを学習方略の定義に当てはめた場合、「巧く行うことを目指して意図的に行う心的操作あるいは行動である」と説明することができる。そこで本章では、このようなゲームの攻略法を、巧者方略と呼ぶ。先の定義で捉えると巧者方略は、自分自身の能力を高めるものであり、相手のパフォーマンスを下げる、自分が相手よりも有利になるように行うような、心的操作や行動は含まれない。たとえば、「大きな声で計算式を言って相手の思考の邪魔をする」といった方法は、ゲームの攻略法ではあるが、相手のパフォーマンスを下げることをねらいとしているため、巧者方略ではない。これらの区別のため、巧者方略でない上記のようなゲームの攻略法を、「非巧者方略」と呼ぶこととする。混乱を避

けるため、巧者方略と非巧者方略を合わせたものは、従来通りゲームの攻略法と呼ぶこととする。

### 5-3-3. 結果

6班のうち、5班が2個、1班が1個（全部で11個）の勝つために有効な方法を発表した。まとめると、以下のようになった（「」は発表と発表に対する指導者の質問をもとに筆者がまとめたもの、『』は学習者が発表するための用紙に書かれていた原文のままである）。

#### 【数の性質に関係がある巧者方略】

A: 1に関する巧者方略 5個

A-1「1を有効的なものとして残しておく」2個

『つまった時に1を使う』など

A-2「同じ数同士で割る」1個（Bとも関連あり）

『だぶっている数字を÷にして1にする』

A-3「一度に使う数を増やすために1を使う」2個

『 $\times 1$ 』など

B: 大きい数に関する巧者方略 3個

B-1「大きな偶数は2でわる」1個

『2で大きい数をわる』

B-2「大きな数は小さな数で小さくする」1個

『大きい数がある時は、1の位の数を有こう的に使う』

B-3「大きな数は早めに使う」1個

『二桁の数字から使う』

C: 四則に関する巧者方略 2個

C-1「たし算やひき算にこだわらない」2個

『かけ算やわり算をつかう』など



## 【その他巧者方略】

D-1「手札をすぐに補充して選択肢を増やす」 1個

『ばふだ「手札(筆者)」がへったらすぐに手ふだをだす』

マスピードの攻略法は、相手よりも早く、一度に多くの手札を使って場札の数を作るために行われる方略である。今回、全ての方法が、巧者方略に当てはまることが示された。そのため、自分自身の能力を高めるものであり、相手のパフォーマンスを下げる、自分が相手よりも有利になるように行うような、非巧者方略は含まれていなかった。

そして更に、マスピードの巧者方略には、数の性質に関するものと、そうでないものがあった。数の性質に関する巧者方略とは、「1を作る」、「奇数を最後に残さない」といったものである。

## A:1に関する巧者方略

マスピードの巧者方略で最も多く書かれていた、「1」を利用した巧者方略について説明する。A-1「1を有効的なものとして残しておく」という巧者方略には、特に2つの考え方が含まれている。1つ目は、同時に出す手札の数を増やすことができるという考え方、2つ目は、数字を計算することが簡単であるという考え方である。

1つ目の、同時に出す手札の数を容易に増やすことができるという考え方は、A-3『 $\times 1$ 』で表された、「一度に使う数を増やすために1を使う」という巧者方略に表れている。これは、任意の数字にかけてももとの数と同じになるという乗法単位元の考え方が子どもたちの中に生まれていることを示している。今回、巧者方略について話し合ってもらった子どもたちは、6枚の手札の内で5枚を同時に使わなければならないなど、難易度を色々変えて行ってきた。このため1をかけることで、同時に出す手札の数を増やすという考えが多かったと言える。

2つ目の数字を計算することが簡単であるという考え方は、1と

いう数字は0を除く最小の自然数であり、たし算やひき算が容易であるという考え方である。1はたし算やひき算が容易であり、かけ算のもとになる数を容易に変えることができるため、2数で計算をする場合と同じように計算することができる。たとえば、場札が「16」で手札に「4、5、1」がある場合、16という数字を因数分解し $4 \times 4$ と考えることができれば、 $5 - 1$ の計算は容易にできるため、 $4 \times (5 - 1)$ を生み出すことができる。これらの考え方が、A-1「1を有効的なものとして残しておく」という巧者方略にも表れている。

このように、「1」がマスपीドを行う上で有効であるため、A-2「同じ数同士で割る」ことが巧者方略として示されている。

今回、巧者方略について話し合ってもらった子どもたちは、既に素数についての知識を持っているため、この調査では素数の知識がマスピードによって生まれたものであることを示すことはできない。

しかし、「同じ数同士で割る」という巧者方略は、使いづらい数が2つあれば、使いやすい「1」を作ることができ、有効な手段といえる。このため、Bの「大きい数」に関する巧者方略であるともいえる。また、プレイ中には、わざわざ手札にある二桁の素数を一桁同士の手札を足して作るといった方法が多数見られた。素数は被除数では使いにくいいため、大きな素数の巧者方略を考えなければならない。大きな素数が出てきた際に、同じ数字のものであれば割ることができることに気づき、「同じ数同士で割る」という巧者方略が考えられたといえる。

## **B:大きい数に関する巧者方略**

次に、「大きい数」に関する巧者方略について説明する。「大きい数」については、A-2の「同じ数同士で割る」という巧者方略にも少し示したが、基本的にマスピードは暗算で行うため、大きい数は計算が難しく、子どもたちが苦手とする傾向にある。しかしマスピードはそのルール上、最後に手札を出し切らなければならない。もし、使いづらい数字を残しておけば、先に相手より手札が少なくな

ったとしても、逆転されてしまう。これは、A-1の「1を有効的なものとして残しておく」や、B-3「大きな数は早めに使う」という巧者方略に表れている。このようにマスपीドは、二桁の数字はできるだけ早く消費することが望ましいため、B-1「大きな偶数は2でわる」や、B-2「大きな数は小さな数で小さくする」という巧者方略が出てきたといえる。そしてこれらの巧者方略は、C-1「たし算やひき算にこだわらない」という巧者方略とも関係している。

### C:四則に関する巧者方略

Cは四則に関する巧者方略である。子どもたちは、マスピードを始めて触った頃は、たし算やひき算を多用しており、かけ算やわり算、特にわり算はほとんど使われることはなかった。しかし、C-1「たし算やひき算にこだわらない」という巧者方略が出てきているように、徐々にわり算が使われるようになる。具体的に、A-2「同じ数同士で割る」、B-1「大きな偶数は2でわる」、B-2「大きな数は小さな数で小さくする」といった巧者方略は、わり算を上手く利用した巧者方略とも換言できる。

わり算を利用するようになってくると、子どもたちの中で、除数として利用できる、できない数、被除数として利用できる、できない数などの分類が行われ、素数や合成数、因数、約数といった概念が必要になる。

#### 5-3-4. 考察

本節では、マスピードの攻略法には巧者方略が多く含まれているのか、数の性質に関係がある巧者方略の割合はどの程度かを示すことを目指して検証を行った。

結果は、10個が数の性質に関係がある巧者方略で、1個がその他の巧者方略であった。数の性質に関係がある巧者方略は、1に関するもの、大きな数に関するものといった、大きな数を先に計算の

簡単な小さな数に計算してしまうという方略が多くみられた。これらは、暗算することが難しい数を、暗算し易い数に変えることが目指されていた。そしてその際に、偶数奇数や、素数などの数の性質に関する考え方が利用されていることが分かった。

#### 5-4. 章のまとめ

本章では、「理解・思考」型の学習観による活動が行われていること、勝つために有効な方法が算数教育の目標とつながっていることを前提条件としたゲーム教材の開発を行った。

ゲーム教材の開発に即して、「暗記・再生」には強いが「理解・思考」には弱い子どもが多く存在する「数と計算」領域における「数の性質」に気づくことを算数教育の目標に設定した。「数の性質」に気づかせるためには「数の合成分解」が適しているため、「1つの数を捉えるために2つ以上の数と四則を利用すること」を開発の条件とした。数の合成分解を行う従来のゲームであるテングゲームと比較した結果から、①1つの数を2つ以上の数と四則でとらえさせる、②目標の数の値が変動する、③利用する数の値が変動するという3つの要件が示された。②③の要件を満たす構造をしたゲームに、スピードというトランプ遊びがあったため、スピードのもつ「場札と1つ違いの手札を出す」というルールを、「①1つの数を2つ以上の数と四則でとらえさせる」というルールに変え、マススピードを開発した。

マススピードによって「理解・思考」型の学習観による活動が行われていることを示すため、様々な考え方や道筋が生まれていることを明らかにした。具体的には、数の合成分解を様々な道筋によって見つけることができることを一種の能力として捉え、その能力が高まっていることによって評価した。結果、マススピードの利用によって数の合成分解能力が高まっていたことが示された。

次に、マススピードに勝つために有効な方法が数の性質に関するも

のであることを示すため、再生刺激法を利用して分析した。再生刺激法とは、吉崎・渡辺(1992)が開発した、子どもがその時に何を考えていたのかといった認知過程を明らかにし、教師が子どものつまづきなどを知るための方法である。ここでは、マスPEEDを操作しているときの場面を想起し、よりよい方略を考えさせるために利用した。結果、勝つために特に有効な方法 11 個の中に、数の性質に関するものが 10 個含まれていた。

以上のことからマスPEEDは、本研究の目的を達成するための前提条件を満たしていることが示された。本研究では次章以降、マスPEEDを利用し、本研究の目的達成を目指す。

## 6 章 数理知識の活用力の向上

本研究では、ゲームの攻略法を考えさせることが、数理知識の活用力とゲームを利用した学習への意欲が高まるという2つの教育効果があることを示そうとしている。本章では、子どもの数理知識の活用力への影響を検証する。

### 6-1. 研究の方法

4章の中で、ゲームの攻略法を考えることが子どもの数理知識の活用力に影響を与えることを示すため、3つの分析と分析のための4つのデータについて説明した。

分析1：マスPEEDの強さと数理知識活用力の関係

分析2：数理知識活用力へのマスPEED利用の前後による比較

分析3：数理知識活用力へのマスPEEDの利用有無による比較

データ1：マスPEEDの得点を測定したもの

データ2：マスPEED利用前の数理知識活用力を測定したもの

データ3：マスPEED利用後の数理知識活用力を測定したもの

データ4：マスPEEDを利用しなかった子どもの数理知識活用力を測定したもの

本節では、それぞれの項目についてその詳細を説明する。まずは、本研究で対象とした子ども達及びその活動について説明する。

#### 6-1-1. 対象

実験群と統制群はそれぞれ、公立の小学校6年生76名(以下、実験群)と、その比較対象として同小学校前年度の6年生74名(以下、

統制群)である。6年生では、「数と計算」領域の中で整数の指導はほとんど扱っていない。しかしそれまでの5年間に、整数に関係のある内容は全て習得しており、マスपीドを利用する時に、それらの知識を活用することができる。

実験群にはマスピードを使った算数の授業を、5月から6月の約1ヶ月間にわたって6回行う。それ以外にも、希望者には休み時間にマスピードを行わせる。また、家で練習しても良いと子どもに伝える。

授業時間内のマスピードを使った活動の計画は以下のとおりである。ただし、( )の中は1人用のルール及び対戦型のルールをそれぞれ何回ずつ行ったかを示している。

授業1：1人用の説明と練習(1人用を班で2回)

授業2：対戦型の説明と練習(対戦を4回前後)

授業3：数字12まで、手札6枚(対戦を6回前後)

授業4：4数解答、5数解答(対戦を6回前後)

授業5：数字20まで(対戦を6回前後)

授業6：撮影(1人用を2回、練習と本番)

マスピードはその難易度や慣れによって1回のプレイ時間が異なるが、概ね5分ほどで行われる。マスピードは、トランプを使って自宅で利用することができるため、実験群の中では、マスピード利用時間に幅ができることが考えられる。しかし、授業の中で26回以上のマスピードを設定しており、また、統制群はマスピード自体を知らない。そのため、実験群と統制群とを比較した際の、マスピードの利用時間の差が結果に影響を与えることはないと考えられる。

また、マスピードを行うために算数の授業時間を増やすと、数理知識の活用力に関する得点が伸びたとしても、授業時間の差である可能性を否定することができない。そのため、実験群はマスピードを利用するために特別に授業時間を設けず、算数の授業時間を利用

して行う。つまり、通常の算数の授業時間に関しては実験群の方が少なく、統制群の方が多くなる。ただし、マスピードの利用は、授業時間以外にも自主的に行われる可能性が通常の算数の授業よりも高くなるため、算数に関する勉強の時間自体は実験群の方が多くなる可能性がある。しかし、授業時間以外で子どもたち自らが進んで行ったことは、ゲームの特性が生きたマスピードの効果の一つと言えるため、実験群と統制群を比較することに問題はないと考える。

さらに、教師の意識による優劣をなくすため、教師には統制群の成績と比較することを伝えず、通常通りの授業を行ってもらおう。

## 6-1-2. 検証に用いる4つのデータ

本項では、検証に用いるための4つのデータについて説明を行う。

### マスピードの得点(①)

マスピードの得意不得意は、早く出せることと、同時に多くの手札を出せることが関係している。そこで、同時に出した枚数による得点(以下、枚数得点)の計算方法と、早さによる得点(以下、早さ得点)の計算方法を設定し、複合的に採点する。データを収集する具体的な流れは、以下のように設定する。

- ① 実験群の子どもをひとりずつ別室に呼び出しビデオ撮影し、マスピード利用時の動きを捉える
- ② ビデオで撮影した実験群のマスピード利用時の動きから、1ゲームの秒数と、同時に出すときの手札の枚数をデータ化する  
このデータをもとに、子ども達のマスピード得点を算出する。

まず、枚数得点の計算方法について説明する。枚数得点の計算は、5章2節で示した方法を利用する。そのため、出した枚数による1回あたりの得点は、2数回答、3数回答、4数回答、5数回答、6数回答が出現する確率をそれぞれ計算し、その逆数を2数解答の出現確率の逆数で割ったものとする。こうすることで、2数回答や3



数回答など単純な組み合わせを多く解答する子どもは低く、逆に、5数回答や6数回答など複雑な組み合わせを多く解答する子どもは高い得点を得ることができる。

次に、早さ得点の計算方法について説明する。早さ得点の計算方法は、マスピード1ゲームの時間が最もかかった人の秒数から、対象とする子どもの秒数を引いた数字を得点とする。これにより、僅差で終わった場合には得点差は少なく、大幅な差があった場合には得点差を大きくすることができる。

ただしこのままでは枚数得点と早さ得点で差ができてしまい、どちらかに偏った方法をとった方が良かったことになってしまう。そこで、枚数得点の平均を早さ得点の平均で割った値を、早さ得点に掛け、得点調整を行う。たとえば、枚数得点の平均点が100点で早さ得点の平均点が50点だった場合、枚数得点は早さ得点よりも2倍得点を取りやすいことになる。そのため、早さ得点に2を掛け、それぞれに不公平が出ないように考慮する。

## 学力テストの得点(②③)

2つ目のデータには、東京書籍が発行する標準学力調査と呼ばれる、全国を対象とした学力テスト(以後、全国学力テスト)を利用する。全国学力テストは、全国の小学校を対象に1学期中に行うテストであり、対象校では5月に行う。東京書籍(2012)によると、大きく分けて基礎・基本の習得度を測る問題、活用の力を測る問題の2つで構成されている。

一方、3つ目、4つ目のデータには大阪府教育委員会が大阪府の小学生を対象に6月に行う、大阪府学力・学習状況調査(以後、大阪府学力テスト)を利用した。大阪府(2012)によると、全国学力テストと同様に2種類で構成されている。「主として『知識』に関する問題」と「主として『活用』に関する問題」の2種類である。この構成方法は、文部科学省が毎年実施している全国学力・学習状況調査を参考にしている。

まず、「主として『知識』に関する問題」は、「基礎的・基本的な知識・技能が身に付いているかどうかをみる問題(文部科学省, 2012, p.9)」である。また、「主として『活用』に関する問題」は、「基礎的・基本的な知識・技能を活用することができるかどうかをみる問題(文部科学省, 2012, p.9)」である。そのため、全国学力テストの活用の力を測る問題とその内容は大きく変わらないと言える。

本研究においては、全国学力テストの基礎・基本の習得度を測る問題と、「主として『知識』に関する問題」を A テストと呼び、全国学力テストの活用の力を測る問題と、「主として『活用』に関する問題」を B テストと呼ぶこととする。

A テストが、既習した知識技能の定着を測る構成になっているのに比べ、B テストは、既習内容の知識技能を活用する力を測る構成になっている。そのため、数学を必要とする問題において知識や技能を活用して問題解決を行うときに働く考え方であり、数理知識の活用力と関係が深い。そのため、B テストの得点を、数理知識の活用力を測る指標とする。

③は 2012 年度、④は 2011 年度と時期が異なっており、マスपीドを利用した授業を行った 2012 年度の③と比較するために、その前年度、2011 年度の④をデータとして利用する。

次に、全国学力テストと、大阪府学力テストの内容的な違いについて示す。全国学力テストは、「数と計算」領域から 3 問、「図形」領域から 3 問、「量と測定」領域から 4 問、「数量関係」領域から 4 問となっている。ただし全国学力テストは、領域がまたがっている場合に最も関連の高い領域に数えられている。一方大阪府学力テストは、「数と計算」領域から 3 問、「図形」領域から 2 問、「量と測定」領域から 4 問、「数量関係」領域から 9 問となっている。大阪府学力テストは、領域がまたがっている場合、それぞれの領域に数えられている。たとえば全国学力テストでは、「文章問題を解くための小数の除法の立式ができる」というねらいが「数と計算」領域に数えられているが、大阪府学力テストは「値引き後の値段を求める式を選

ぶ」というねらいは「数と計算」領域と「数量関係」領域の両方に数えられている。「数量関係」領域は他の領域とも関係があることが多いため、大阪府学力テストは全国学力テストに比べて「数量関係」領域が多くなっている。それ以外の領域については特に大きな差はなく、2種類のテストの領域の差はないと考える。

また、実験群、統制群ともに全国学力テスト、大阪府学力テストの両方のテストを受けており、特定の群だけが全国学力テストを受け、大阪府学力テストの得点に影響を与えたとは考えにくい。そのため、事前テストが結果に影響を及ぼすことは考えにくい。

### 6-1-3. 3つの分析

本項では、前項で示したデータを分析する方法について述べる。

#### 分析1：マススピード得点とBテストの得点の関係

分析1では、マススピードの得点とBテストの得点でレベルに関連が見られるかどうかを分析する。

まず、事前に示した方法でマススピードの得点を算出し、その得点で実験群を順位付けし、76名のうち上位から38名をマススピード得点の上位群、下位から38名をマススピード得点の下位群とする。

次に、2012年度全国学力テストのAテストとBテストの得点それぞれで実験群を順位付けし、76名のうち上位38名をAテスト、Bテストの上位群、下位38名をAテスト、Bテストの下位群とする。

「マススピード得点の上位群下位群とAテストの上位群下位群とには差が見られない」「マススピード得点の上位群下位群とBテストの上位群下位群とには差が見られない」をそれぞれ帰無仮説として、カイ二乗検定を使って検証を行う。

## 分析 2 : 事前事後による数理知識活用力のレベルの変化

分析 2 では、マスPEEDを利用する前後で、子どもの数理知識の活用力のレベル分布がどのように変化したのかを分析する。そのために、2012 年度全国学力テストと 2012 年度大阪府学力テストの B テストを利用する。

2012 年度全国学力テストと 2012 年度大阪府学力テストの B テストは、問題数に差があり、また、結果が得点ではなく正解の問題数で示されるため、得点による度数分布を比較することができない。そのため、最多正解問題数から最少正解問題数までをそれぞれ上位群、中上位群、中下位群、下位群の 4 つに分ける。割り切れない場合は、余剰を中間点とし省く。

今回、2012 年度全国学力テストの B テストを事前テスト、2012 年度大阪府学力テストの B テストを事後テストとして扱い、「上位群から下位群に関して、実験群の事前テストと事後テストとに差が見られない」を帰無仮説として、カイ二乗検定を使って検証を行う。帰無仮説が棄却された場合、続けて残差分析も行い、どの部分に差が見られるのかを分析する。

## 分析 3 : 実験群と統制群の比較

分析 3 では、マスPEEDを利用した実験群と、マスPEEDを利用していない統制群とで、子どもの数理知識の活用力の分布にどのような違いが見られるのかを分析する。そのために、2012 年度と 2011 年度の大阪府学力テストそれぞれの B テストを利用する。

実験群と統制群それぞれの大阪府学力テストの B テストの偏差値を、下位群(35 以下)、中下位群(35 から 45)、中位群(45 から 55)、中上位群(55 から 65)、上位群(65 以上)の 5 つに分ける。続けて、「上位群から下位群に関して、実験群の B テストの偏差値と、統制群の B テストの偏差値に差が見られない」を帰無仮説として、カイ二乗検定を使って検証を行う。帰無仮説が棄却された場合、続けて残差分析も行い、どの部分に差が見られるのかを分析する。

#### 6-1-4. 3つの分析の信頼性

本研究では、実験群と統制群は担任、年度、テスト問題などが異なり、5月は全国を対象とした学力テスト、6月は大阪府を対象とした学力テストという違いがあり、偏差値の母集団が異なる。信頼性を担保するため、3つの調査を行う。

1つ目の調査では、実験群のBテストの上位群下位群とマスピードの得点の上位群下位群の相関を示す。この分析で、マスピードで使われる力と数理知識の活用力に関係があることを示す。2つ目の調査では、実験群の5月と6月の事前と事後の比較を行う。この分析で、マスピードを行っていた期間に、どのレベルの子どもの数理知識の活用力が育成されたのかを示す。3つ目の調査では、6月の実験群と統制群の偏差値による分布の比較を行う。この分析で、マスピードを行った実験群の数理知識の活用力のレベルの分布が、マスピードを行わなかった統制群のそれと異なっており、数理知識の活用力のレベルが低い子どもが少なくなっていることを示す。このように3点の調査を行うことで、不足部分を補い合い、信頼性を担保することができると思う。

### 6-2. 結果

本節では、前節で示した3つの分析の結果についてそれぞれ述べる。

#### 6-2-1. 分析1の結果

分析1では、マスピードの得点と数理知識の活用力のレベルに関連が見られるかどうかを分析する。そこでまずは、それぞれの子どものマスピード得点を算出する。

今回、マスピードの枚数得点は、2数回答は1回につき1点、3

数回答は1回につき1.5点、4数回答は1回につき2.26点、5数回答は1回につき5.57点、6数回答は1回につき12.0点となった。

この得点をもとに子どもたちそれぞれの採点を行うと、枚数得点の最高点は60.26で、最低点は17.25点、平均点は31.4点となった。

また、最も早かった子どもが63秒、最も遅かった子どもが508秒、平均は164秒となった。早さ得点は、最も遅かった子どもの秒数から引いたものであるため、早さ得点の平均点は344点となった。

枚数得点の平均点が31.4点、早さ得点の平均点は344点であり、枚数得点の平均を早さ得点の平均で割った値は0.0913となった。そのため分析では、早さ得点に0.0913を掛けたものを利用する。

次に、マスPEEDの得点と数理知識の活用力のレベルの関連性を分析する。そのために、マスPEED得点の上位群下位群とAテストとBテストそれぞれの得点の上位群下位群との関連を分析する。

「マスPEED得点の上位群下位群とAテストの上位群下位群とには差が見られない」という帰無仮説を検証するためにカイ二乗検定にかけて分析を行った(表6.1)。

表 6.1 マスPEED得点とAテストのカイ二乗検定結果

マスPEED得点		実測値	
		上位	下位
Aテスト	上位	20	17
	下位	17	21
$p=0.4197>0.1$			

結果、帰無仮説は棄却されず(*n.s.*)、マスPEED得点の上位群下位群とAテストの上位群下位群とには、関連は見られなかった。また、「マスPEED得点の上位群下位群とBテストの上位群下位群とには差が見られない」という帰無仮説を立て、カイ二乗検定にかけて分

析を行った(表 6.2)。

表 6.2 マスピード得点と B テストのカイ二乗検定結果

マスピード得点		実測値	
		上位	下位
B テスト	上位	24	14
	下位	13	24
$p=0.015 < 0.05^*$			

結果、帰無仮説が棄却され( $p < 0.05$ )、マスピード得点の上位群下位群と、B テストの得点の上位群下位群とに有意な差が見られた。このため、B テストの得点が高い子どもは、マスピードの得点も高いことが分かった。

分析 1 から、マスピードの得点の高かった子どもは、B テストの得点も高かったが、A テストにはそのような関連は見られないと言いうことが明らかになった。

### 6-2-2 . 分析 2 の結果

分析 2 では、マスピードを利用する前後で、子どもの数理知識の活用力のレベル分布がどのように変化したのかを分析する。まずは、実験群が行った全国学力テストと大阪府学力テストを最高点、最低点をもとに 4 つに分けた。今回、全国学力テストの平均点は 38.2 点(正解数 約 5.4/14)、大阪府学力テストは 42.9 点(正解数 約 6.44/15)となっている。問題数にして 1 問の差であり、難易度に大きな差はなく、その分布が難易度の違いによって大きく変化することは考えにくい。

今回、全国学力テストは 13 問中最多正解問題数が 12 個、最少正

解問題数点が0個だったため、正解数が0から2個を下位群、3から5個を中下位群、7から9個を中上位群、10から12個を上位群とし、中間に位置する正解数6個の子どもは除いた。大阪府学力テストは15問中最多正解問題数が13個、最少正解問題数点が1個だったため、正解数が1から3個を下位群、4から6個を中下位群、8から10個を中上位群、11から13個を上位群とし、中間の7個は除いた。

次に、「上位群から下位群に関して、実験群の事前テストと事後テストとには差が見られない」という帰無仮説を検証するためにカイ二乗検定を行った。カイ二乗検定の結果、カイ二乗値は14.462となり、1%水準で棄却された。そのため残差分析を行い、上位群から下位群各項目の差を分析した。結果は表6.3の通りになった。

表 6.3 Bテスト事前事後の残差分析結果

X <sup>2</sup> 検定		残差		
		事前	事後	P 値
X <sup>2</sup> =14.462**	下位	20	5	***
	中下位	21	39	**
	中上位	12	14	n.s.
	上位	7	9	n.s.
***:p < 0.001、 **:p < 0.01、 *:p < 0.05				

残差分析の結果、下位群が減少し(p < 0.001)、中下位群が増加していた(p < 0.01)。中上位群、上位群には変化が見られなかった(n.s.)。

つまり分析2から、実験群の下位群は事前よりも事後テストの人数のほうが多く、中下位群は事前よりも事後テストの方が多いということが分かった。



### 6-2-3. 分析3の結果

分析3では、マスPEEDを利用した実験群と、マスPEEDを利用していない統制群とで、子どもの数理知識の活用力の分布にどのような違いが見られるのかを分析する。「上位群から下位群に関して、実験群のBテストの偏差値と、統制群のBテストの偏差値に差が見られない」という帰無仮説を検証するためにカイ二乗検定を行った。カイ二乗検定の結果、カイ二乗値は13.859となり、1%水準で棄却された。そのため残差分析を行い、上位群から下位群各項目の差を分析した(表6.4)。

表6.4 Bテスト実験群統制群の残差分析結果

X <sup>2</sup> 検定		残差		
		実験群	統制群	P 値
X <sup>2</sup> =13.895**	下位	1	12	**
	中下位	15	15	n.s.
	中位	37	34	n.s.
	中上位	20	13	n.s.
	上位	3	0	n.s.
***:p < 0.001、 **:p < 0.01、 *:p < 0.05				

残差分析の結果、実験群の下位群が統制群の下位群に比べて極端に少なかった(p < 0.01)。それ以外に有意差は見られなかった(n.s.)。つまり分析3からは、実験群の下位群は統制群の下位群よりも人数が少ないということが分かった。

### 6-3. 考察

分析の結果、以下の5点が明らかになった。

- (1) マスピードの得点と A テストの得点に関連性は見られない(分析 1 結果)
- (2) マスピードの得点が高かった子どもは、B テストの得点も高い(分析 1 結果)
- (3) 実験群の下位群は事前テストよりも事後テストの人数のほうが少ない(分析 2 結果)
- (4) 実験群の中下位群は統制群の中下位群よりも人数が多い(分析 2 結果)
- (5) 実験群の下位群は統制群の下位群よりも人数が少ない(分析 3 結果)

まず、マスピードの得点と A テストの得点に関連性は見られなかった。A テストは、算数に関する知識や技能を問う問題となっている。マスピードの得点は、早さだけでなく、手札を多く出すことで得点を高くしている。マスピードは、4 万通りもの式の中から答えを導き出す。一方の A テストは式が示され、そこから 1 つの答えを導き出している。性質の違う力が求められているため、A テストと有意な関連が見られなかったと考える。一方、マスピードの得点が高かった子どもは、B テストの得点も高くなっていた。本研究において B テストの得点は、数理知識の活用力のレベルを測っているものである。そのため、マスピードの得点が高い子どもは、数理知識の活用力のレベルが高いと考えることができる。

次に、実験群の下位群は事前テストよりも事後テストの人数のほうが少なく、実験群の中下位群は統制群の中下位群よりも人数が多かった。下位群の子どもは、数理知識の活用力のレベルが他の子どもに比べて低い子どもである。また、中下位群の子どもは、数理知識の活用力のレベルが下位群より高い子どもである。ここから、5 月のテストで数理知識の活用力のレベルが他の子どもに比べて低か

った下位群の子どもが、6月のテストでは減少しており、代わりに中下位群の子どもが増えていた。つまり、他の子どもに比べて数理知識の活用力のレベルが低かった子どもが、5月から6月の間に、減少していたと考えることができる。

最後に、実験群の下位群は統制群の下位群よりも人数が少なかった。ここから、授業の中にマスPEEDを取り入れた実験群は、マスPEEDを取り入れなかった統制群と比較して、数理知識の活用力のレベルが他の子どもに比べて低い子どもが少なかったことがわかる。

マスPEEDの得点は、算数の知識技能の習得度合いではなく、数理知識の活用力のレベルと関係があった。さらに、マスPEEDを授業の中で利用した子どもは、数理知識の活用力のレベルが低い子どもの数が減少していた。総合的に考えると、マスPEEDを利用することで、数理知識の活用力のレベルが低い子どもの数理知識の活用力が育成されたと考えることができる。

## 7章 教師の介入と学習への意欲の高まり

本研究では、ゲームの攻略法を考えることによって、数理知識の活用力とゲームを利用した学習への意欲という2つの教育効果があることを示そうとしている。前章では、子どもの数理知識の活用力が向上することを示した。本章では、もう一つの教育効果である、ゲームを利用した学習への意欲の高まりが起こったことを示す。

### 7-1. 研究の方法

4章で示したように、子ども達を勉強条件、遊び条件、方略発見条件に分けてマスPEEDを実施し、動機付けの高まりや継続への欲求に関するアンケート調査を行う。質問項目の中には、「マスPEEDで計算速度は上がると思いますか？」と言った同一化的調整に基づく動機付けに関する質問もあるため、四則演算を習得し、十分な鍛錬を行っている必要があった。そこで、小学校課程を終えたすぐの、中学校1年生を対象に調査を行った。

公立中学校1年生、A組34名、B組35名、C組34名の合計3クラス103名を対象とし、3コマの授業の中でマスPEEDを行わせた。3クラス103名の子どもをそれぞれ次の3つの条件に分けた。ただし、学級風土による結果の偏りを減らすため、各組を2条件にランダムに割り振った。また、1、2学期末数学テストにおいて、各クラスで数学の成績に有意な差はない。

- ① 勉強条件 35名(A組18名—6ペアと2つの3人組—、C組17名—7ペアと1つの3人組—): マスPEEDを渡す際、「これをやると計算力が身につきますよ」と教示する。
- ② 遊び条件 35名(B組18名—6ペアと2つの3人組—、C組17名—7ペアと1つの3人組—): マスPEEDを渡す際、「こんな楽しいゲームを見つけたので、やってみようか」と教示する。

- ③ 方略発見条件 33名(A組16名—8ペア—、B組17名—7ペアと1つの3人組—): マスピードを渡す際、「こんな楽しいゲームを見つけたので、やってみようか」と教示する。一戦終わるたびに攻略法に関するメモを書かせる。

手順は、以下の流れで行った。

- ① それぞれの条件に沿った教示
- ② マスピードのルール説明
- ③ マスピードの実施(20分間)  
方略発見条件は、一戦が終わるたびにメモに記入
- ④ 動機付けに関するアンケートの実施
- ⑤ 勝つために利用した方法の記入

アンケートの記述の後に攻略法の記述を行わせることで、攻略法の記述によって方略発見条件と同様の効果を得てしまうことがないように配慮した。

## 7-2. 結果

動機付けに関するアンケート結果を図 7.1～図 7.3 に示した(Mean±SE)。

3つの設問(内発的動機付け、同一化的動機付け、継続性)すべてにおいて、どれも方略発見条件、勉強条件、遊び条件の順で高い評価となった。特に方略発見条件は、勉強条件、遊び条件に比べて標準誤差を考慮しても差が認められた。

以上の結果の中で、方略発見条件が内発的動機付けにおいて遊び条件を上回り、同一化的動機付けにおいて勉強条件を上回ったことは特筆すべき点である。本来、「楽しいゲームを見つけたので、やってみようか」と教示し、自由にさせていた遊び条件のほうが、外的報酬に妨げられず、内発的動機付けが高くなることが想定される。

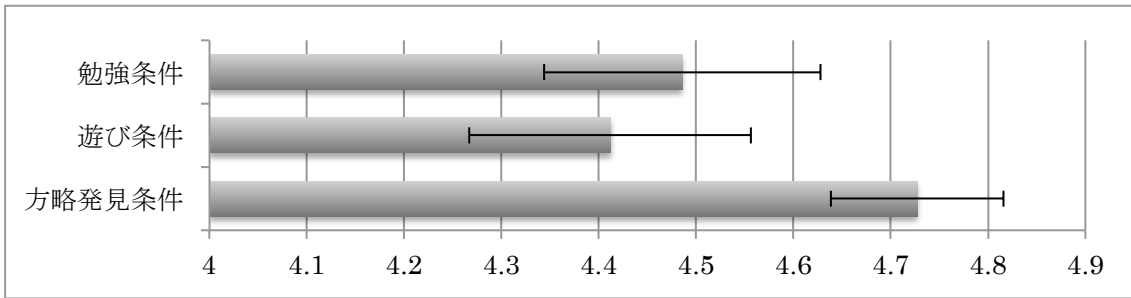


図 7.1 内発的動機付けによる評価

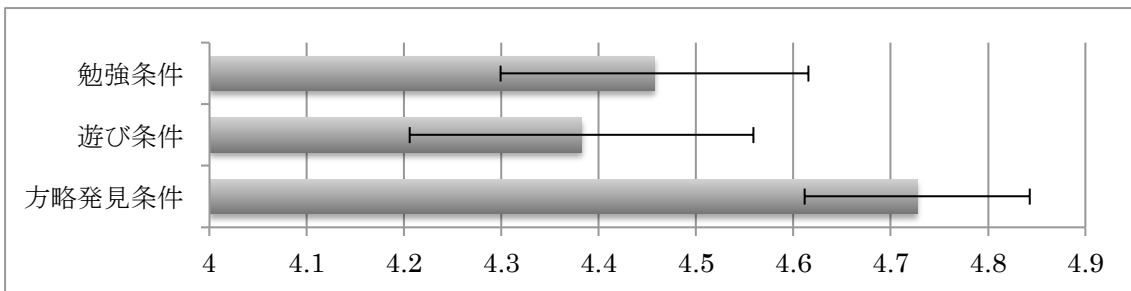


図 7.2 同一化的動機付けによる評価

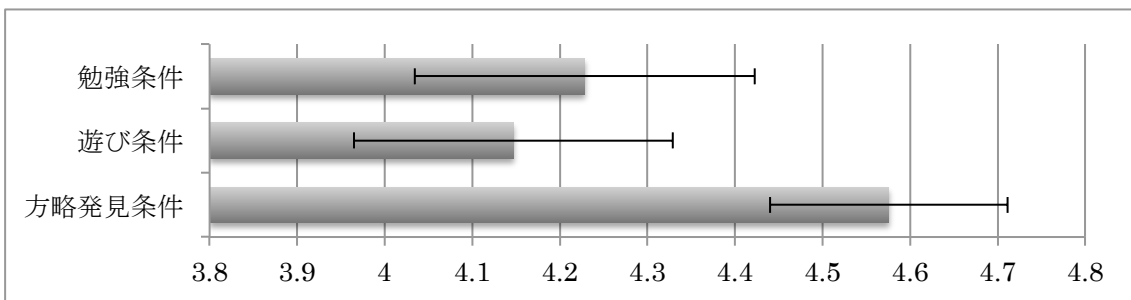


図 7.3 継続性の評価

また、「計算力が身につきますよ」と教示し、マスPEEDが勉強に役立つことを教師が強調した勉強条件のほうが、価値を認識する同一化的動機付けが高くなることが想定される。しかし両者とも、ゲームの攻略法を振り返る活動を子どもたちに行わせた方略発見条件の方が高くなっていた。

次に、方略発見条件における「学び」が動機づけに繋がった可能性を検討するため、生徒が書き留めた攻略法を分析した。ゲームの攻略法を、4章で分類した数の性質に関わりのある巧者方略とその他巧者方略に分けた。「数の性質に関わりのある巧者方略：数や四則演算の性質を利用した方略（e.g. 1を作る、奇数を最後に残さな

い)」、「その他巧者方略：数や四則演算の性質には関係がない方略 (e.g. 手札をすぐに補充して選択肢を増やす)」に分け、頻度に関してカイ二乗検定を行った。結果、5%水準で有意差があった ( $\chi^2(2) = 6.40$ 、 $p = 0.041$ )ため、残差分析を行った(表 7.1)。

表 7.1 攻略法の条件間結果

		数的	その他	合計
勉強	度数	4	22	26
	調整済み残差	-0.32	0.32	
遊び	度数	3	39	42
	調整済み残差	-2.19*	2.19*	
方略発見	度数	14	38	52
	調整済み残差	2.38*	-2.38*	
		21	99	120

\*:  $p < 0.05$

方略発見条件は、数の性質に関わりのある巧者方略の数がその他の巧者方略よりも有意に多かった( $p < 0.05$ )。マスピードの攻略法を振り返る活動の中で、学習教材そのものが持っている数学的な側面を考えたことが、統合的動機付けを引き起こし、引いては内発的動機付けや学習の継続性を高めたと推察される。一方、遊び条件は、数の性質に関わりのある巧者方略の数がその他の巧者方略よりも有意に少なかった( $p < 0.05$ )。単なる勝敗を競うゲームとしてのみマスピードを楽しんだため、数学的な学習の継続に繋がるまでの内発的動機付けが喚起されなかったと推測される。

### 7-3. 考察

本研究では、マスपीドにおける攻略法を振り返らせることで、子どもたちの動機付けや継続への欲求が高まることを示した。攻略法の分析から、プレイごとの簡単な振り返り活動が数学的方略の発見を促し、それがマスピードの面白さを一層引き出すことに繋がったと推察できた。この結果は、伊藤(2002)が学習方略に対して行った研究結果とも一致する。伊藤(2002)は、自ら獲得した学習方略では外的動機づけが負の相関を示し内発的動機づけが正の相関を示している一方で、他者から獲得した学習方略に関しては、有意差がなかったことから、学習方略を自ら考えさせることが自律的な学習を促すこと示している。

このような本章の成果は、動機付けや、ゲームを利用した教育などに関する研究分野にも寄与することができる。

#### 動機付けに関する研究分野への寄与

動機付け研究の分野では、内発的動機付けが外的報酬によって損なわれることが Lepper et al. (1973)以来、繰り返し確認されてきた。しかし、教育が子どもに対して外から働きかける営みであるとする、動機付けを引き起こす働き掛けを見出す必要がある。ここで、ゲームを利用した授業において教師が介入するためには、ゲームがそもそも持っている内発的動機付け以外の動機を促す必要があった。本章の結果は、この課題に対する解決法になりうる可能性がある。一例として、数学のゲーム教材に適用する。計算力向上など数学の勉強に及ぼす価値を強調する教示によって自分たちの役に立つことを子どもたちに意識させ、同一化的動機付けを促進するのに対し、ゲームの方略を振り返る活動によってゲームの中にある数学的な面白さを自分たちで見出すことで、自分たちの価値観と一致し、同一化的動機付けよりも、より自律的である統合的動機付けを促すことができる。これらの条件が、ゲームを単に遊びとして提示する



条件に比べて肯定的な効果をもたらしたため、ゲームにおける教育的働きかけの可能性が示されたと言える。特に、方略を振り返らせるという外的な働きかけが、ゲームの内在的な面白さを子ども自身が見出し、その後も遊び続け学び続ける基盤となることが示唆されたため、学習への動機付けを喚起する教育方法として提案することができる。この結果は、櫻井(2009)が動機づけの段階毎の学業成績への影響を明らかにした研究をまとめ、内発的動機付けよりも統合的動機付けや同一化的動機付けが高い子どもの方が学業成績との関係が強く、学ぶ意欲が高いことを示していることからもうかがえる。

### ゲームを利用した教育に関する研究分野への寄与

ゲームを利用した教育に関する研究分野は、シリアスゲームやゲーミフィケーションといった取り組みが始まり、その試みは増えつつある (Gee 2003, Kafai et al. 2009)。ゲームには、自分独自の考えややり方を試して豊富なフィードバックを得ながら、自分のペースで解決を進めていくことができる利点があり、それが子どもの動機付けや学習を促すことが期待されている。ハーバード大学で集中的に研究されている、MUVE(multi-user virtual environment)のように、バーチャル環境の中で共通の問題を集団で解決するなど、社会的な動機付けを有効に活用した教育ゲームも多い。しかし、ゲームにおける学習と動機付けの関係について、詳しくはわかっていない。たとえば、プレイ後の戦略の振り返りは、社会人向けの企業教育では採り入れられ易いが、子ども向けのゲームには含まれることが少ない (Collins & Halverson 2009)。そこには、振り返る活動の難しさに加え、振り返りがゲームの没入感を妨げる懸念があると考えられる。しかし、ゲームの戦略・方略を振り返る活動が、「ゲームをやりたい」という内発的な動機付けを損なうかは、実証すべき課題の一つであった。本章では、電子的ではないが実物のカードゲームを用いて、プレイごとに方略を振り返る活動が学習と動機付けを促進することを示すことができた。実際に、方略発見条件の授業観

察からは、ゲームの振り返りの有効性が示唆された。プレテストの四則演算問題では手が動かなかった生徒が、マスピードの対戦に入ると、積極的に解法や方略を発言する姿が認められた。マスピードは、四則演算課題でしかないが、5枚のカードから数字を作る方法は4万通り近くあり、極めて複雑である。この複雑さを縮約するために、一人がプレイする姿をもう一人がモニタリングしながら、「いったん1を作る」などの方法が生まれてくると推察された。攻略法の発見は、次の対戦に生かされることで有能感を高め、未来の学びに繋がると考えられる。

## 8章 まとめと展望

本章では、これまでの研究をまとめ、その成果と課題を示す。本研究では、算数教育におけるゲームの攻略法を考えさせることによる教育効果を検証するという目的のもと、5章、6章、7章と、大きく分けて3つの研究を行った。まずは、各章で行った研究をまとめ、それぞれの成果と課題を示す。

### 8-1. 5章の成果と課題

本研究の目的を達成するため、ゲームの攻略法を考えることで数理解知識の獲得や確実な理解が可能なゲーム教材が必要であった。そのため4章では、そのようなゲームの開発を行った。対象とする学習内容には、「暗記・再生」型の学習観に偏りやすい、「数の性質」を設定した。「数の性質」に気づかせるためには「数の合成分解」が適している。そのため「数の合成分解」によって、1つの数を他の様々な数と四則演算によって捉えられるようになる算数用ゲーム型教材「マススピード」を開発した。

先に、マススピードによって「理解・思考」型の学習観による活動が行われていることを示した。具体的には、マススピードを利用することによって、数の合成分解で様々な道筋を見つけ出すことができるようになることを示した。

次にマススピードが、攻略法を考えることで数理解知識の獲得や確実な理解が可能なゲーム教材であることを示した。具体的には、マススピードで勝つために有効な方法が、数の性質を利用したものであったことを示した。

このためマススピードは、攻略法を考えることで数理解知識の獲得や確実な理解が可能なゲーム教材と言える。マススピードは、学習目標を定め、その学習目標を達成するための学習活動を開発の条件とし、条件に当てはまるゲームに、不足した条件を埋め込んだ結果できた

ものである。このため、他の学習目標においても、本研究で示した流れでゲームが開発できる可能性がある。しかし本研究では、ゲーム教材の開発を主として研究したものではなく、攻略法を考慮することで数理知識の獲得や確実な理解が可能な一般的なゲーム教材としてマスPEEDを示したに過ぎない。そのため、この開発の方法が、他の学習目標に対しても同様の結果が得られることを担保できるものではない。今後、様々な教科や単元におけるゲームに当てはめ分析していくことで、ゲーム教材の開発方法として提案できる可能性として残しておく。

## 8-2. 6章の成果と課題

6章では、5章で開発したマスPEEDを利用し、ゲームの攻略法を考えさせることが、子どもの数理知識の活用力にどのような影響を与えるのかを検証した。数理知識の活用力の測定は、国や大阪府が実施した学力テストのB問題の得点をもとに分析した。結果、マスPEEDの得意不得意とB問題の得点には有意に関係があり、知識理解を測るA問題の得点とは関係がなかった。また、マスPEED利用の事前事後や、利用した群と利用しなかった群では、B問題の得点が特に低かった子どもに、それぞれ有意の差があった。

このため、マスPEEDを利用することで、特に、数理知識の活用力が低い子どもに有効であることが示された。しかし、攻略法を考えながらゲームを行うことが、数理知識の活用力が高い子どもに対して影響を与えていたのかは示せていない。このことに関しては、子ども達のゲーム前後の会話などを分析したり、学力テスト以外の問題によって活用力を測ったり、より実験的な方法によって調査を行ったりといった方法によって検証する必要がある。

### 8-3. 7章の成果と課題

7章では、マスピードの攻略法を考えさせることが、子どものゲームを利用した学習への意欲が高まったことを示した。本研究では子どもの意欲を、動機付けや持続することへの欲求の高まりなどを通して示した。攻略法を考えさせた条件群との比較のために、勉強に役に立つことを教示した条件群、楽しいゲームを見つけてきたからやることを教示した条件群をそれぞれ用意した。

結果、全ての質問項目において攻略法を考えさせた条件群が最も高く、攻略法を考えさせることがゲームに対する意欲に影響を与えることが示された。しかし、攻略法を考えさせていた条件群がその後、他の条件群よりも継続していたのかは検証していない。このことに関しては、今後も研究を続け、継続的な調査が必要であると考えている。

### 8-4. 総合考察と展望

本節では、全体を通して以下の2つの視点から知見と展望を示す。

1つ目は、算数教育の問題を解決する方法に関する知見と展望である。

本研究は、算数教育における子ども達の消極的な態度に関する問題から端を発している。この問題の所在が、「暗記・再生」型の学習観による算数的活動にあると考え、「理解・思考」型の学習観を意識したゲームの開発とその利用方法について示した。結果、本研究の中で算数用ゲーム型教材「マスピード」を開発し、攻略法を考えながら利用することによって、数理知識の活用力とゲームを利用した学習への意欲が高まったことを示すことができた。その際、教師の介入だけを変えたグループで比較をした。そのため、マスピードの特性によって、学習への意欲が高まったわけではない。つまり、数理知識が攻略法として現れる他のゲームにおいても同様の結果が得

られることが示唆される。つまり、子ども達の消極的な態度を解決するためには、数理知識が攻略法として現れるゲームを用意し、それを子ども達に意識的に考えさせながら利用させることが有効である。

また本研究では、「理解・思考」型の学習観を意識した算数的活動を対象とし、その代表例としてゲームを利用した活動を設定した。そのため、「暗記・再生」型の学習観に基づく従来の算数教育に対しては、消極的な態度が解消できることを分析によって示していない。しかし、攻略法を考えさせることで数理知識の有効性に気づくなど、子ども達の意識が変わることで算数を好きになり、結果として消極的な態度が解消される可能性が考えられる。そのため、今後も従来の算数教育が続いていく場合には、数理知識が勝つための方法として現れるゲームを用意し、勝つための方法を子ども達に意識的に考えさせながら利用させることが子ども達の従来の算数教育に対する態度に与える影響を調査したい。

2つ目は、ゲームを利用した教育方法に関する知見と展望である。

本研究では、ゲームの攻略法を考えさせることで、子ども達の数理知識の活用力とゲームを利用した学習への意欲が高まることを示した。動機付けに関する研究の中では、報酬をちらつかせるといった介入を教師が行うことで、すでに興味を持って行っていたことの興味が薄れることは、よく知られたことである。そのため、これまでのゲームを利用した学習では、ゲーム利用中の子ども達に対し、教師が何らかの介入を行うことにためらうことがあったと推察できる。その場合教師は、どのゲームを選ぶのか、ゲームによって気づいたことをどう授業の中で利用するのかという、ゲームを利用させる前か後にしか介入することができなかった。しかし、本研究によってゲームの攻略法を意識的に考えさせることの効果が示された。これにより、教師が勝つためのより良い方法に気づかせようと、子ども達に対して助言や助力といったゲーム中での教育支援を行うことが、正しい方法であることが示唆された。今後、適切な教育支援

の種類や質、量などといった、ゲーム利用中の教師の適切な教育支援の方法を提案していきたい。

## 参考文献

- 安達 隆弘(2011)「算数的活動を生かした授業展開 ～比例教材を中心として～」『愛知教育大学教育実践研究科(教職大学院)終了報告論集』2, 21-30
- Collins, A. & Halverson, R. (2009) Rethinking education in the age of technology: The Digital Revolution and Schooling in America. Teachers College Press, NY
- E.L.Deci&R.M.Ryan(1985) The general causality orientations scale: Self-determination in personality。 Journal of Research in Personality、 19: 109-134
- 藤本 徹(2007)『シリアスゲーム 教育・社会に役立つデジタルゲーム』東京電機大学出版局
- 藤村 宣之(2004)「児童の数学的思考に関する日中比較研究」『教育心理学研究』52, 370-381
- 藤村 宣之(2008)「知識の獲得・利用とメタ認知」『メタ認知』(三宮真智子編)北大路書房
- 深津 浩(1980)「ゲームを通して数理をつくりだす算数の授業」『日本数学教育学会誌』62(2), 11-15
- Gee, J.P.(2003) What video games have to teach us about learning and literacy. Palgrave Macmillan, NY
- 銀林浩(1996)「数学におけるゲームの効能」『ゲームであそぼう算数・数学』小沢健一編, 国土社: 6-27.
- 銀林浩(1973)「数学教育とゲームの理論」『数学教室』246: 12-18.
- 姫井 章孝(2013)「『算数的活動』を生かした算数の授業づくり ～第3学年『たし算とひき算の筆算』の授業実践を通して～」『岡山大学算数・数学教育学会誌パピルス』20, 16-25
- 平岡 賢治ら(2008)「発想力を高める算数科授業の実践的研究 ～算数的活動を通じた思考の転換の試み～」『長崎大学教育実践総合センター紀要』7, 127-142



- 廣田 敬一[他 10 名](2006)「児童の算数に対する意識」『日本数学教育学会誌』 88(12), 45-64
- 市橋 公生(1984)「カルタとトランプ」『数学教室』 386, 72-73
- 井上 明人(2012)『ゲーミフィケーション ～<ゲーム>がビジネスを変える～』NHK 出版
- 伊藤 宗達(2002)「学習方略の獲得過程と動機づけ」『神戸常盤短期大学』 24, 23-28
- ジェイン・マクゴニガル(2011)『幸せな未来は「ゲーム」が創る』(妹尾堅一郎監修 藤本徹・藤井清美訳)早川書房
- ヨハン・ホイジンガ(1971)『ホモルーデンス』(高橋英夫訳)中央公論社
- Kafai, Y.B., Peppler, K. & Chapman, R. (Eds.) (2009) *The Computer Clubhouse: Constructionism and Creativity in Youth Communities*. Teachers College Press, NY
- 金本ら(2010)『算数科教育の基礎・基本』, 明治図書
- 片桐 重男(2004)『新版 数学的な考え方とその指導 第1巻 数学的な考え方の具体化と指導 ～算数・数学科の真の学力向上を目指して～』明治図書
- 加藤 菊美(2009)「『活用する力』を育てるための算数的活動の工夫 ～小学校 4 年生の算数科の実践を通して～」『福井大学教育実践研究』 34, 1-12
- 小林 克久(2011)「算数的活動を楽しみ, 活用力を伸ばす算数教育の実践 ～小 5 算数「いろいろな図形で陣取りゲーム(三角形・四角形の角)」の実践を通して～」『愛知大学数学教育学会誌イプシロン』 53, 78-83
- 国立教育政策研究所(2013)「OECD 生徒の学習到達度調査 ～2012 年 調 査 国 際 結 果 の 要 約 ～」  
[http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2012\\_result\\_outline.pdf](http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/pisa2012_result_outline.pdf)(参照日 2015.8.22)
- 向山宣義(2009)「思考力・表現力を育てる算数的活動と指導」『これ

- からの算数教育 4 算数的活動で子どもの思考力・表現力を育てる』(向山宣義, 廣田敬一 編)明治図書
- 黒田 恭史 (2010)「初等算数科教育法 ～新しい算数科の授業をつくる～」ミネルヴァ書房
- 黒田 哲史(2001)「再び・4年 ～面積の導入～」『数学教室』600, 46-52
- 黒田 恭史(2010)「初等算数科教育法 ～新しい算数科の授業をつくる～」ミネルヴァ書房
- 文部科学省(1998a)「幼稚園、小学校、中学校、高等学校、盲学校、聾学校及び養護学校の教育課程の基準の改善について」  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/old\\_chukyo/old\\_katei1998\\_index/toushin/1310282.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/old_chukyo/old_katei1998_index/toushin/1310282.htm)(参照日 2015.8.22)
- 文部科学省(1998b)「幼稚園、小学校、中学校、高等学校、盲学校、聾学校及び養護学校の教育課程の基準の改善について(答申 )」  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/old\\_chukyo/old\\_katei1998\\_index/toushin/1310294.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/old_chukyo/old_katei1998_index/toushin/1310294.htm)(参照日 2015.8.22)
- Lepper, M.R., Greene, D. & Nisbett, R.E. (1973) Undermining children's intrinsic interest with extrinsic rewards: A test of the "overjustification" hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 28: 129-137
- 松下 佳代(1992)「ゲームのなかの学び」『数学教室』486, 8-11
- 文部科学省(2008)『小学校学習指導要領解説 ～算数編～』東洋館出版社
- 文部科学省 (2012) 「平成 24 年度全国学力・学習状況調査 ～調査結果のポイント～」  
[http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/02point/24\\_chousakekka\\_point.pdf](http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/02point/24_chousakekka_point.pdf)(参照日 2013.5.7)
- 文部科学省(1999)『小学校学習指導要領解説 ～算数編～』東洋館出版社

- 村川 弘城(2012)「向社会的行動尺度における問題と新しい可能性」  
『日本教育工学会論文誌』36(Suppl.), 29-32
- 野沢 茂(1972)「小学校の関数指導」『数学教室』234, 38-42.
- 大野 晋, 上野 健爾(2001)『学力があぶない』岩波書店.
- 大阪府(2012)「平成 24 年度大阪府学力・学習状況調査の実施について」  
<http://www.pref.osaka.jp/shochugakko/h24hugakucho-jisshi/index.html>(参照日 2015.2.26)
- 大澤 隆之, 関本 淳, 渡辺 仁子(1993)「数学的な考え方・態度を育てる問題の開発 ～興味ある問題の開発 5・6年生～」  
『日本数学教育学会誌』75(12), 300-305
- ロジェ・カイヨワ(1990)『遊びと人間』(多田道太郎・塚崎幹夫訳)  
講談社学術文庫
- 櫻井 茂男(2009)『自ら学ぶ意欲の心理学 ～キャリア発達の視点を加えて～』,有斐閣.
- ケイティ・サレン&エリック・ジマーマン(2011)『ルールズオブプレイ上 ～ゲームデザインの基礎～』(山本貴光訳)ソフトバンククリエイティブ株式会社
- 佐野 恒子, 光安 実代, 平山 貴代(1990)「数学的な考え方を育てる学習指導の研究 ～既習事項の活用を通して～」『日本数学教育学会誌』72(8), 203-207
- 杉能 道明(2011)「思考力・表現力を育てる『計算の仕方』の指導 ～算数的活動の内面科の過程を大切に～」『岡山大学算数・数学教育学会誌パピルス』18, 53-60
- 鈴木 隆幸(2008)「問題解決の方法を考え、説明する算数的活動の工夫」『岡山大学算数・数学教育学会誌パピルス』15, 25-29
- 田島 文明(1974)「算数カルタ遊びとトランプ遊び」『数学教室』253, 6-10
- 高森 敏夫[他 9 名](1987)「児童の算数に対する意識」『日本数学教育学会誌』69(6), 137-150

- 田中 貞則(1973)「私の実践 ～正・負(トランプゲーム)～」『数学教室』246, 19-23
- 辰野 千寿(1997)「学習方略の心理学 ～賢い学習者の育て方～」図書文化社
- 寺田 誠 , 荒木 紀幸(1994)「児童の算数に関する意識についての一考察」『日本教育心理学会総会発表論文集』(36), 372
- 戸田 直美(2010)「思考力・判断力・表現力を育成するための算数的活動の工夫 ～第1学年「なんばんめ」の実践を通して～」『岡山大学算数・数学教育学会誌パピルス』17, 11-16
- 東京書籍 (2012) 「標準学力調査」  
<http://www.tokyo-shoseki.co.jp/test/hyoujun/>(参照日 2015.2.26)
- 遠山啓(1973)「ゲームの導入について」『数学教室』246, 6-11.
- 山本 忠義(2013)「約数ゲーム」『数学教室』739, 36-37
- 吉崎 静夫 , 渡辺 和志(1992)「授業における子どもの認知過程 ～再生刺激法による子どもの自己報告をもとにして～」『日本教育工学雑誌』16(1), 23-39

## 謝辞

本論文をまとめるにあたり、非常に多くの方々にご協力いただきました。

久保田賢一先生には、自分の興味が赴くままに行っていた研究を論文としてまとめるため、非常に多くの時間を割いていただきました。特に論文を書き上げるまでの最後の2年間は、私が仕事の関係で秋田に転居しまったため、指導の上で非常にご不便・ご面倒をおかけしてしまいました。それにもかかわらず、最後まで熱心に指導していただきました。この2年間は、自分が恵まれていることを常に感じながら論文を書いておりました。本当にありがとうございました。

黒上晴夫先生には、要所要所でゴールへと導いていただきました。そもそも「マスपीド」をテーマに研究を行うきっかけを頂いたのも黒上先生です。はじめは、異学年交流や、映像による振り返り、考えさせる体育といった修士論文の内容を発展させることを考えておりました。そんな中で一度「マスピード」の話をしたところ、博士論文の研究にするためのアドバイスをいただきました。あの日がなければ、この論文は無かったと思います。

久保田真弓先生には、意図を理解していただき、それに合わせて他者に伝わる文章を教えてくださいました。また、何度か行った発表の度に、よりよい発表の仕方をアドバイスいただきました。まだまだ他者にわかりやすく伝える技術を会得できているとは言えないかもしれませんが、これからも精進していきます。

白水始先生には、7章で非常にお世話になりました。また、今後「マスピード」を利用して研究をしていく上で、様々なアドバイスをいただきました。今後は、いただいたアドバイスを参考に、研究を進めていきたいと思っております。

泰山裕先輩には、何度も論文を読んでいただきその度に細かなところまでコメントをいただきました。先生方と物理的な距離があっ

た中、提出までなんとか到達することができたのは泰山さんのおかげです。ありがとうございました。

研究に協力していただいた五領小学校の先生、児童、保護者の皆様にも感謝します。数年にわたって「マスपीド」を利用していただき、映像を子ども達にみせて振り返らせたい、学力テストの得点を見せて欲しいといった無理なお願いにも対応してくださいました。本当にありがとうございました。

研究室の先輩方、研究会やその前後で様々なアドバイスをありがとうございました。様々な視点からアドバイスをいただくことで、論文の中に生かすことができました。特に山本良太先輩からいただく質問は、恐ろしくもあり、成長の糧にもなりました。野口聡先輩には、研究の悩みを飲みながら聞いていただきました。

研究に協力してくれた同級生、後輩のみんな、ありがとう。一人では、本論文で利用した研究のデータを採ることができていません。みんなが手伝ってくれたからこそ、この論文が成立しています。

最後に、何度もくじけそうになる私を支えてくれた家族に感謝します。

2016年1月15日

博士論文公聴会後の賑やかな研究室にて