

数学教育における  
メタファー思考に焦点を当てた  
活動の展開に関する研究

2024年3月

東京学芸大学連合学校教育学研究科

博士論文

小 泉 健 輔

## 序章 研究の背景・目的・方法

第1節	本研究の背景	2
第2節	本研究の目的と方法	4
第3節	本論文の全体構成	5

## 第1章 数学教育におけるメタファー研究に関する基礎的考察

第1節	修辞学および文学におけるメタファー	6
第2節	認知的な視点に立ったメタファー論	13
第3節	数学におけるメタファー	24
第4節	数学教育におけるメタファー研究と本研究の立場	26
第5節	数学的知識の成長とメタファー	50
第6節	第1章のまとめ	67

## 第2章 数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動に関する理論的考察

第1節	メタファー思考について	70
第2節	子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動に関する具体的な構想	75
第3節	数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動の教育的意義に関する考察	84
第4節	数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動を展開するための方法に関する考察	97
第5節	数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動における題材の選定とその特徴に関する事例分析	106

第6節 授業デザインの基本的な枠組みに関する考察.....	115
第7節 第2章のまとめ.....	119

### 第3章 数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動の展開に関する事例的研究

第1節 本章で取り上げる二つの事例と各々の意図.....	121
第2節 子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動に関する事例的研究1....	123
第3節 子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動に関する事例的研究2....	142
第4節 今後のさらなる研究課題.....	162
第5節 第3章のまとめ.....	165

### 終章 研究の総括と課題

第1節 本研究の総括.....	166
第2節 今後の課題.....	169

参考・引用文献.....	170
--------------	-----

註と巻末資料.....	180
-------------	-----

## 序章 研究の背景・目的・方法

### 第1節 本研究の背景

今日の学校教育においては、誰一人取り残すことのない、多様性と包摂性のある社会の実現に向けた学校教育、という重要かつ至難なテーマが論点となっている。数学教育においても、算数・数学科だからこそ強調し得る視点をより一層模索していく必要があり、様々な児童生徒が集まる教室だからこそ、児童生徒の多様性が生きること、より深く、より豊かに学ぶことのできる場を如何につくるかが重要な検討課題である。本研究では、互いに理解し合いながら深める活動を促進し得るといった視点から、メタファーというテーマのさらなる可能性に着目している。

メタファーについて、言語学の分野においては伝統的に、標準的な意味からの逸脱により「印象の強さ」を得るといった、レトリックを用いた表現とその効果に着目されてきた（滝浦・大橋, 2015）。それに対して、ある事柄を他の事柄を通して理解し、経験することにメタファーの本質はありと捉える認知意味論の台頭とともに「ただ単に言語の、つまり言葉遣いの問題ではない」（レイコフ・ジョンソン, 1986, p.7）ことが主張され、メタファーに対するアプローチは多岐にわたる学問領域へと派生した（鍋島・楠見・内海編, 2018）。

数学教育においても、主に認知的な視点に立ったメタファー研究の影響を受ける形で、メタファー研究が展開されてきた。数学教育におけるメタファー研究は基本的に、言語に中心性を置いた、理解を深めるためのアプローチとして位置付けられる（Sfard, 1997）。ただ、一口にメタファー研究といっても、数学を理解するという複雑なプロセスを解明するためであったり、学習活動の構造を説明するためであったり、教師にとっての指導技術としての考察であったりと、その関心は様々である（Soto-Andrade, 2014）。日々の授業実践においても、例えば「方程式は天秤である」「集合は容器である」といった表現があるように、実はメタファーはしばしば活用されている（國岡, 2020；橋本, 1992；添田, 1998）。ただ、先行研究においては、教師にとっての教材研究や解説的な活用を念頭に考察が進められてきた傾向にあるとともに、子どもの行うメタファー思考に焦点を当てた場合にも、子どもなりの見方を理解するといった、教師あるいは研究者にとっての目的に主な関心が寄せられてきた傾向にある（Soto-Andrade, 2014）。

本研究においては、授業における子ども同士の相互作用も視野に入れながら、集団思考の中にメタファー思考を位置付けることを構想する。比喩的に考える過程をさらに積極的に奨励することを通して、算数・数学の理解の広がりや深まりへとつなげていくことが可能かどうか、といった考察はほとんど行われてきておらず、算数・数学科においてメタファー思考を活用する意義をさらに広げて考えていくことを目指している。

## 第2節 本研究の目的と方法

本研究の目的は、以下の2点である。

### 目的1

算数・数学科におけるメタファー思考に焦点を当てた活動の展開に関して、その教育的意義、及び、授業デザインの基本的な枠組みを明らかにすること

### 目的2

子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動について、数学的概念における多面的な意味の明確化に焦点を当てる立場から具現化し、その有効性と課題について事例的に検証すること

これらの目的を達成するために、それぞれ次の方法によって研究を進める。

まず、目的1に対しては、関連する文献解釈を中心とした理論的考察、及び、内省的考察を中心とした調査研究を行う。

目的2に対しては、目的1に対する知見を踏まえて、理論的な位置付けを明確にしなから、小学校算数科において実践することによる実証的考察を研究方法として展開する。

### 第3節 本論文の全体構成

本論文は、全3章構成である。

第1章では、まず、修辞学及び文学におけるメタファー研究、認知的な視点に立ったメタファー論などの先行研究を参考にしながら、メタファー及びメタファー思考をどのように捉えるかを中心に議論を行った上で、数学教育における先行研究を概観しながら本研究の立場を明確し、本研究の課題を同定する。

第2章は、目的1に対応しており、算数・数学科におけるメタファー思考に焦点を当てた活動の展開に関して、その教育的意義、及び、授業デザインの基本的な枠組みを明らかにする。

第3章は、目的2に対応しており、算数・数学科におけるメタファー思考に焦点を当てた活動の展開に関する実践的研究を行う。数学教育においてメタファー思考に焦点を当てた活動を取り入れる意義とその可能性について、事例的に検証することを意図している。

本論文の構成を図でまとめると、図0-3-1のようになる。

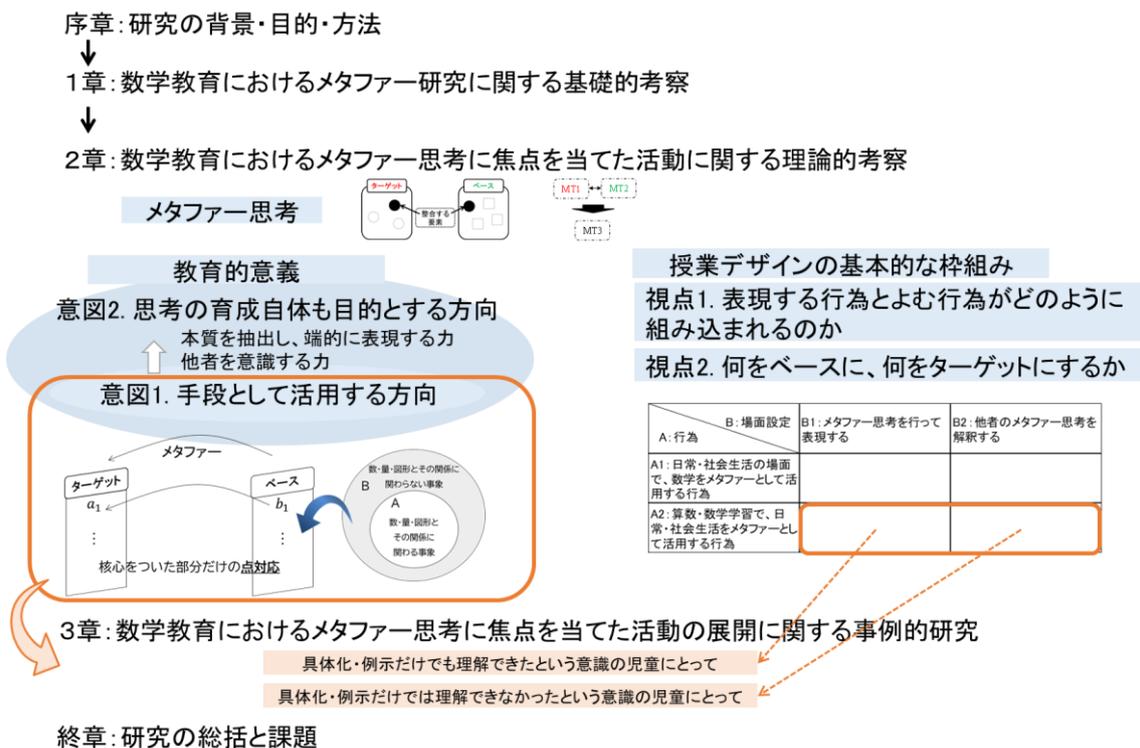


図0-3-1 本論文の全体構成

## 第1章 数学教育におけるメタファー研究に関する基礎的考察

今日におけるメタファー研究は、修辞学、文学、言語学、哲学、心理学、脳科学、教育学等、実に幅広いアプローチによって行われている（楠見編，2007）。本研究とも特に関係の深い内容に焦点を当てる意図から、まずは、メタファーに対する伝統的な解釈として修辞学および文学におけるメタファーとその役割について整理する。そして、それを踏まえた上で、認知的な視点に立ったメタファー論の展開によって、メタファー研究が広がりを見せてきたことについて概観する。それらを受けて、本研究においてどのような着想のもとにメタファーに可能性を見出したのかについて言及していく。

### 第1節 修辞学および文学におけるメタファー

#### 1. 修辞学および文学におけるメタファーの伝統的な解釈

メタファー (metaphor) という語は、もともとはギリシア語の「メタフォラ」(μεταφορά, metaphora) に由来する。「メタ」(μετά) とは「と共に」という意味と空間的位置関係 (among, along with, over, above) や時間的順序関係 (after, next to) を示す前置詞、「フォラ」(φορά) は「運ぶ、移動する」などを意味する「φέρειν, pherein」の変化した語形である（香，2017）。語源としては、メタファーは「ある場所から他の場所への移動、運搬」を意味していることになる。

メタファーは、遙か遠くアリストテレスの時代に起源を持つレトリックの伝統である（瀬田，2009）。言語学の分野においては伝統的に、標準的な意味からの逸脱により「印象の強さ」を得るといった、レトリックを用いた表現とその効果に着目されてきた（滝浦・大橋，2015）。

レトリックの基本的な着想は、聞き手や読み手に何らかの関心を呼び起こそうとする技術の問題として位置づけることができ、古代ギリシアにおけるいわゆる「弁論術」の中に、メタファーの萌芽がある（中村他，1986）。古代ギリシアの社会生活においては、話し言葉による弁論がきわめて重要であったとされている。当時の政治＝社会の制度、いわゆる古代ギリシア的「民主制」では、アゴーン（集会の場における競技、勝負）が重要であり、「口」で相手に勝つことが、生きていく上で切実な問題であったという（佐藤，1992）。

この「弁論術」といわれる技術は、紀元前5世紀のシチリア島において、政変にともなう土地の所有権をめぐる訴訟に勝つ為に、コラクスとその弟子テイシアスが人々に法廷弁論を教えたことから始まったとされている。古代ギリシアにおいては、「ソフィスト」と呼ばれる人々が「弁論術」についての指導的な立場にあった。「ソフィスト」の一人であるゴルギアスは、「弁論術」の能力について、「言論によって人びとを説得する能力」（プラトン、2007、p.31）と規定している。

「イデア論」で知られるプラトンは、「弁論術」に対して批判的な立場をとっていた。プラトンの考えは、対話形式で描かれた著書である『パイドロス』において、ソクラテスに次の「ソフィスト」評を語らせている内容からも示唆される。

彼らは、真実らしきものが真実そのものよりも尊重されるべきであることを見ぬいた人たちだが、一方ではまた、言葉の力によって、小さい事柄が大きく、大きな事柄が小さく見えるようにするし、さらには目新しい事柄をむかしふう  
に、古くさい事柄を目新しく語るし、またあらゆる主題について、言葉を簡単に切ったり、いくらでも長くしたりすることを発明したのだ。

（プラトン、2010、p.138）

このように、「弁論術」はプラトンには一切評価されていなかった。一方で、プラトンの弟子であるアリストテレスは、レトリックの価値に光を当てた第一人者として知られており、レトリックはアリストテレスによって初めて本格的な研究がなされたとされている（佐藤、1992）。

アリストテレスは、著名な『詩学』の中で以下のように述べている。

巧妙な比喩を案出するのは、特にもっとも偉大な業である。他人から学んで比喩の達人になれるわけではなく、比喩の業は天才たることの証なのである。  
なぜなら絶妙な比喩を案出することは、事物に共通の類似した特性を把握することだからである。

（アリストテレス、2019、p.22、下線は筆者による）

このように、アリストテレスは、比喩を「特別な人にしかできないもの」として論じている。また、「事物に共通の類似した特性を把握すること」との表現にもあるように、アリストテレスは当時既に、比喩には物事を理解・説明する上でも重要な役割があること、及び、比喩が成立する構造についても言及していたことになる。

以上のように、アリストテレス以来の古くから、メタファーはレトリックの問題として扱われてきた歴史がある。古代ギリシアにおいて「弁論術」としてレトリックが着目された段階では、それは話し言葉が中心で、説得が目的であった。それに対してプラトンは、あらゆるレトリックを駆使しながら説得することを目指した「ソフィスト」を、「言い回しを変えて煙に巻いているだけ」と批判したのである。

レトリックの問題である以上、「印象の強さ」に焦点が当てられることになる。文学作品や詩などでは、「独特な、ちょっと変わったことばづかいによって、興味をそそられたり、一種の挑発を受ける」（佐藤，1992，p.9）ような効果を期待して、特殊で装飾的な表現技法としてメタファーが用いられる。ただ、アリストテレスは、レトリックは単に実用的な機能としてのみ存在するわけではないことも強調していたことにも着目すべきである。アリストテレスは、レトリックは論理＝実証の補助の技術でもあり、文学的に人に訴える表現を目指すものでもあり、科学と詩学の中間に位置付けるべきことを主張した（アリストテレス，2019）。つまり、アリストテレスによって、レトリックの役割には、印象的な説得力と芸術的な挑発力、それに加えて、発見的認識の造形があるという意味付けが行われたのである（佐藤，1992）。

## 2. 言語形式上の区別

次に、言語形式の面からメタファーの捉えを整理する。

比喩（metaphor）という語には、言語形式の面から、大きく分けて2通りの解釈があるとされている（国立国語研究所，1977；中村他，1986；瀬田，2009）。

一つ目は、言語形式として、直喩、隠喩、換喩、提喩といった、いわゆる比喩的な表現全体を指す場合で、広義のメタファーとも言われる。二つ目は、比喩の一種としての隠喩を意味する場合で、狭義のメタファーとも言われる。実際に、英語圏において

“metaphor” という語は、目的や文脈に応じて比喩表現全体を指して用いられたり、隠喩の意味だけを指して用いられたりする。以下ではまず、先行研究に基づいて、各々の立場で捉えた場合の「メタファー」の意味を整理する。

## (1) 広義のメタファー

以下では、主要な表現として直喩、隠喩、換喩、提喩を取り上げ、各々の意味について、佐藤（1992）、瀬戸（1995）、山梨（1988）に基づいて整理する。

### a) 類似性に基づく比喩 — 直喩、隠喩

#### ・直喩 (simile)

直喩は、あるもの (A) を表すのに、それと似ている別のもの (B) で表現する言語手段の一種である。この場合、直喩は「～のような」「～みたいな」(like, similar to) といった表現を用いることにより、ある対象を他の物にたとえて叙述する。つまり「A は B のようだ (A is like B)」の形式に基づく表現法である。

類似性に基づく比較表現は平常文であり、意外な類似性を提案する比較表現が直喩である。

#### ・隠喩 (metaphor)

隠喩は、たとえるもの (A) とたとえられるもの (B) との間に類似性が保証されつつも、その表現は基本的に「A は B だ (A is B)」の形式となる。より抽象的で分かりにくい対象を、より具体的で分かりやすい対象に見立てることである。

相手に対してあらかじめ共有化した直感を求める。かくれている類似性、埋もれている類似性を発掘し、それに新しい照明を当てる。

このように、直喩と隠喩は、ともに類似性に基づく比喩表現である。ここで、それらの意味を明確にするために、直喩の説明の中にある「類似性に基づく比較表現は平常文であり」という点と、直喩の説明及び隠喩の説明の中にある「意外な類似性／埋もれている類似性を提案する比較表現」という点について、少し付言する。

まず、「類似性に基づく比較表現は平常文であり」という点についてである。佐藤（1992）は、「A は B のようだ」と表現される文章については全て直喩ととってよいかという、答えは否である、と述べている。以下に、佐藤（1992）が事例を挙げて指摘している箇所を引用する。

ここでは、あとひとつだけ問題点をとりあげてみよう。

それは、「XはYに似ている」、「Yと同じようなX」という形式の比較表現がすべて直喩だというわけではない、という問題である。たとえば、キャビアを説明するのに、「チョウザメの卵の加工したようなもので、ふつうの鮭のイクラより小粒で、意図はだいたい黒っぽい灰色で、いっそう高価だという点のほかは、よく似ている……」などと述べるとしたら、これは直喩ではあるまい。単なる比較検討であり、言語の工夫ではない。形式は直喩と同じだが、これは、およそレトリックではない。

(佐藤, 1992, p.96, 下線は筆者による)

つまり、「AはBのようだ (A is like B)」という表現が一部に含まれていたとしても、それだけで比喩表現が成り立つわけではないということを意味している。この点は、「AはBだ (A is B)」という形式の隠喩に置き換えて考えたならば、より明らかである。「AはBのようだ (A is like B)」あるいは「AはBだ (A is B)」という一文だけで、ある対象を他の物にたとえて表現するという点が、類似性に基づく比喩表現を捉える上で重要となる。

次に、「意外な類似性／埋もれている類似性を提案する比較表現」という点についてである。人々にとってある表現が「意外であるか」どうかは、時代によって、また文化によっても異なるものである。佐藤 (1992) は、以下のように述べている。

辞書に正規に登録されていることばの数とそれにあてがわれた意味の数量は有限であり、それらが、いわば私たちの常識の認識体制をかたちづけている。

(中略)

従来の常識の体制からはみだしたものとを言いあらわすには、ふつう、ふたとおりの方法がある。まったくの新語をこしらえるか、それとも、従来からあるものごとの名称を比喩的に流用するか、である。新語作製は容易だが、つくった新語が世間に通用するかどうかは疑問であり、また、無限の事態をまかなえるほどの無限のことばをこしらえつづけるというのは、記号論的に、ナンセンスでしかない。そこで、人類が古来たいていの場合に採用しつづけてきたのは、ことばの比喩的借用法である。その代表的なかたが、隠喩であった。

きわめて卑近な物件を例にとりて見るなら、たとえば、新しい物体や概念が出現するたびに私たちのうちの誰かが、人工「衛星」、「衛星」国、「衛星」都市などという隠喩を思いついた。文化「遺産」とか、人間「国宝」とか、「黒い霧」、「灰色の」政府高官、「ピンク」映画、などという隠喩を考えついていた。

それらは、私たちの心のなかの類似感覚にもとづいていたから、たちまち理解された。それから、たちまちステレオタイプ化された。便利だからであった。

(佐藤, 1992, pp.125-126)

このように、類似性に基づく比喩の働きというのは、字義通りの意味から逸脱した表現を行うことに出発点がある。ある語の適用範囲を広げ、新たな対象に対しても同じ言葉を使っていくわけである。ただし、人工「衛星」や文化「遺産」といった表現が繰り返し使われ、人々の中に馴染んでいくと、それらは最早比喩表現ではなくなっていく。我々の中にある類似感覚に訴える「よい」比喩であるほど、ステレオタイプ化されやすい、という特徴があるわけである。現に、例えば「机の脚」（脚は本来生物の身体の一部を指すもの）という表現を聞いて、そこに実は比喩性が隠れていることに、多くの人は最早気が付かない可能性がある。このように、当初は字義通りの意味から逸脱した表現であり、時間の経過とともに最早比喩性が失われた表現のことは死喩（dead metaphor）と呼ばれている（瀬戸, 1995）。

以上のように、類似性に基づく比喩表現において、ある表現が比喩表現であるか否かを語ろうとすると、人々の動的な認識が関わってくる。したがって、何が比喩表現で何が比喩表現でないのかについては、なかなか悩ましい問題があると言える。

## b) 近接性に基づく比喩 — 換喩, 提喩

### ・換喩 (metonymy)

ある一つの現実 X をあらわす語のかわりに、別の現実 Y をあらわす語で代用する表現法である。現実世界（民話のような想像世界も含める）の中での隣接関係に基づく意味変化である。

・提喩 (synecdoche)

常識的に適当と期待されているよりも大きな（必要以上に一般的な）意味を持つ言葉を用い、あるいは逆に、期待よりも小さな（必要以上に特殊な）意味を持つ言葉を用いる表現法である。意味世界（私たちの頭のなかにある）における包摂関係に基づく意味変化である。

瀬戸（1995）は、換喩の例として「赤ずきん」「たこ焼」、提喩の例として「焼鳥」「花見」を挙げている。

換喩である「赤ずきん」は「赤ずきん」そのものを指すのではなく、赤ずきんをかぶった女の子を指す。同様に、「たこ」は「たこ焼」の一部として「たこ焼」の全体を指すという構造にある。

提喩である「焼鳥」の「鳥」は、文字通りに鳥一般を意味するのではなく、「鳥」は主として「鶏」を指す。「鶏」は「鳥」の中に含まれる一部であり、両者には包摂関係がある。同様に、「花見」についても、「花」でもって「桜」を表している。「桜」は「花」の中に含まれる一部であり、両者には包摂関係がある。

以上のように、広義のメタファーとは、類似性に基づく比喩である直喩と隠喩、近接性に基づく比喩である換喩と提喩といった比喩全体を指す意味として用いられるものである。

## （2）狭義のメタファー

狭義のメタファーとは、隠喩のみを指す場合である。

なお、日本語では一般に、広義のメタファーに対して「比喩」という語が対応し、狭義のメタファーに対して「隠喩」という語が対応しているように思われる。一方で、英語圏では、広義のメタファーに対しても狭義のメタファーに対しても *metaphor* という語が用いられる。その意味は、状況や文脈によって使い分けられているようである。

## 第2節 認知的な視点に立ったメタファー論

メタファーは、レトリックの伝統として中世ヨーロッパに受け継がれ、その後一旦下火となったものの、20世紀に入ると再び関心を集めるようになった（瀬田，2009）。特に1980年代以降の認知科学の発展に伴い、認知言語学の観点から精力的な研究がなされ、認知的な視点に立ったメタファー論は著しい発展を遂げてきたとされている。修辭的技法や表現法としてだけでなく、メタファーを活用しようとするときの思考過程について様々に論じられるようになり、従来の詩的空想の世界における修辭的技法や表現法を離れ、人間の思考や概念構造といったテーマが中心となっていく（菅野，1985；ヘッセ，1986；ペッパー，1987；佐藤，1992；瀬戸，1995；大嶋，2017）。そして、ある事柄を他の事柄を通して理解し、経験することにメタファーの本質はあると捉える認知意味論の台頭とともに、メタファーに対するアプローチは多岐にわたる学問領域へと派生したのである（鍋島・楠見・内海編，2018）。

本節では、まずは、メタファーとは単なる詩的な言葉の綾、修辭的な文飾の技巧ではないことを強調する認知意味論の立場について概観する。そして、主要な先行研究としてレイコフ・ジョンソン及びブラックによる研究を取り上げて比較検討し、本研究の着眼点や立場を明確にする。

### 1. レイコフ・ジョンソンによる「概念メタファー説」

メタファーを認知という観点から捉えようとした先駆的な研究が、ジョージ・レイコフ（George Lakoff）とマーク・ジョンソン（Mark Johnson）による研究である（Lakoff and Johnson, 1980; レイコフ・ジョンソン，1986）。レイコフ・ジョンソンによる発想は、後に「概念メタファー（conceptual metaphor）説」と呼ばれるようになる。

レイコフ・ジョンソンは、日常生活における多くの例を分析することを通して、メタファーとは単なる詩的な言葉の綾、修辭的な文飾の技巧ではないこと、メタファーは言葉遣いだけに限られているのではなく、思考や行動にいたる日常生活のあらゆる部分に浸透していることを論じた。以下では、レイコフ・ジョンソンによる主張を整理し、「概念メタファー」の考え方について明確にする。

なお、レイコフ・ジョンソンは、喩えられる側をターゲット、喩える側をベースと呼んでおり、今日におけるメタファー研究でも、多くの場合でこの呼称が用いられている。

本研究においても、これ以降、喩えられる側をターゲット、喩える側をベースと呼ぶ表現を採用していくこととする。

レイコフ・ジョンソンは、メタファー（隠喩）と言え、たいいていの人にとっては、詩的空想力が生み出す言葉の綾のこと、修辭的な文飾の技巧のことであり、言語だけに特有のものであって、思考や行動の問題であるよりは言葉遣いの問題であると考えられているが、そうではない、ということを出発点として議論を展開している。「それどころか、言語活動のみならず思考や行動にいたるまで、日常の営みのあらゆるところにメタファーは浸透している」（レイコフ・ジョンソン、1986, p.3）とし、我々が普段、ものを考えたり行動したりする際に基づいている概念体系の本質は、根本的にメタファーによって成り立っていることを主張している。レイコフとジョンソンによるメタファー観の核心は、メタファーの本質はある事柄を他の事柄を通して理解し、経験することにある、と捉えている点にある。

そして、レイコフ・ジョンソンは、我々が普段当たり前のように使っている様々な言葉を、メタファーの視点から捉え直して論じている。本稿では特に、中心的な特徴をつかむために、「それがメタファーであると決定する規準」（レイコフ・ジョンソン、1986, p.130）として言及されている、異なった種類の活動であること、及び、部分的に構造を与えていること、の二つの観点を取り上げて述べることとする。

#### a) 異なった種類の活動であること

例えば、「議論（ターゲット）は戦争（ベース）である」というように、議論という概念のもつ特徴を明らかにするために、戦争という概念をメタファーとして用いている例が取り上げられている。本来、議論と戦争とは全く異なる種類の事柄であるが、議論のもつある一側面に光を当て、その特徴を際立たせるために用いられたメタファーであることが示されている。

一方で、例えば「議論は談話である」という表現は、メタファーによって構造を与えることとは見なさず、下位範疇に分類すること、すなわち下位範疇化の一例であるとしている。議論は基本的に談話の一種であるから、というのがその理由である。

b) 部分的に構造を与えていること

b) については、「構造を与える」という点と、それが「部分的である」という点に分けて述べていくことにする。

まず「構造を与える」という点についてである。例えば「議論は戦争である」の場合、戦争という「概念がもつ概念網（ネットワーク）」の一部が、議論という概念を部分的に特徴づけている。このことは、他の例との比較を通して理解するとわかりやすい。レイコフ・ジョンソン（1986）では、「議論は戦争である」と表現した場合と「議論はダンスである」と表現した場合とを比較しながら述べられている。前者では、議論のもつ戦闘的側面が前面に出て特徴づけられるのに対して、後者では、議論のもつ協調的な側面が強調されることになる。このように、議論をするときの我々の行動やその行動の理解の仕方に影響を与えているという意味において、構造を与えていることになる。

次に、同時にそれは「部分的である」という点についてである。レイコフ・ジョンソンはこの点について、「メタファーによって成り立っている概念はある概念の一側面を他のものを通してわれわれに体系的に理解させるが、この特徴は必然的に概念の他の側面を隠してしまう。」（レイコフ・ジョンソン，1986，p.12）といった具合に表現している。上述の例で言えば、「議論は戦争である」と表現すれば議論というものが内包する協調的側面が見えなくなり、反対に「議論はダンスである」と表現すれば戦闘的側面が見えなくなることを指している。このように、どういったメタファーに基づいて物事を捉えるかが、我々の行動に構造を与えていることについて、「議論は戦争である」と「議論はダンスである」の対比を通して分析されている。

ここで着目したいのは、メタファーにおいて「部分的である」のは必然的であるという点である。レイコフ・ジョンソンは、「もし全体をあらわすものであるとしたならば、ある概念が他の概念を通して理解されるだけでなく、事実上、他の概念と同一だということ」になってしまい、「メタファーから成る概念には、完全に重なり合わない部分があり、また、それは重なりようがない」（レイコフ・ジョンソン，1986，p.12）ことを強調している。

メタファーにおける「部分的である」ことの必然性は、メタファーのさらなる特徴を引き出すことになる。それは、「メタファーには『使われる』部分と『使われない部分』がある」（レイコフ・ジョンソン，1986，p.89）といった特徴である。「使われる部分」

と「使われない部分」があることに着目することの重要性については、「理論は建造物である」の例を通して言及されている。

「理論は建造物である」において、「理論」という概念に構造を与えるために「建造物」をもってきている。その具体的な意図を解釈してみると、例えば次のようになる。すなわち、「建造物」は下から一段一段着実に積み上げていく必要があり、下がグラグラしてしまっていては上に積み上げていくことができない。そのことになぞらえて、「理論」においても、一つ一つ着実に論理を積み重ねていくことが重要であり、理論的な基盤を明確にすることが重要である、といった解釈ができる。このように解釈すると、「建造物」という概念のうち、使われているのは基礎や外郭といった部分である。本来「建造物」という概念は他の要素ももっているはずであり、屋根、部屋、階段、廊下といった部分は、「理論」という概念に構造を与える部分としては使われていないことになる。このように、「理論は建造物である」というメタファーにおいて、「建造物」というベースには「使われる部分」（基礎と外郭）と「使われない部分」（部屋や階段など）があることになる。レイコフ・ジョンソンは、メタファーを活用する際には、このことが必然的に生じることに言及しているわけである。

このように、メタファーによって知識が構成されるといったとき、一つ一つのメタファーは、それぞれ概念の一部分に構造を与えるといった特徴を理解しておくことが重要である。そして我々は、「議論は戦争である」「議論はダンスである」のように、ある概念に対して、実は異なる多くのメタファーを通して知識を構成している。メタファーによって成り立っている概念は、常に、ある一側面についての理解を促進してくれる一方で、必然的に概念の他の側面を隠してしまう、という特徴があることを認識しておく必要がある。

以上のように、レイコフ・ジョンソンは、メタファーを「ある事柄を他の事柄を通して理解し、経験すること」と定義し、「ある概念領域における知識構造の一部を他の概念領域へと写像することで新しい概念構造を創る認知メカニズム」として捉えている。日常的な表現には、言語使用者自身もメタファーであると意識していないようなメタファーが多数存在することを指摘し、メタファーが偏在していることを強調した。我々が世界を捉える際の思考や認識、さらには人間の基本的な概念構造や認知の仕方にメタファーが深く関わっていることを主張したわけである。

## 2. ブラックによる「相互作用説」

マックス・ブラック (Max Black) はアメリカの哲学者であり、論文『メタファー』において「相互作用説」を提唱したことで知られている (Black, 1962a) .

ブラックは、哲学者として、哲学（さらには全ての他の学問）において、メタファーの使用を完全に禁じることができるのだろうか、と問いかけている。メタファーであることさえ知らない、気が付かないのにも関わらず、使用の禁止などできるのだろうか、と、メタファーを軽視する風潮に対して警鐘を鳴らしたのである。例えば、次のような例が取り上げられている (Black, 1962a) .

The chairman plowed through the discussion.

これは、「議長は討議全体をかき分けて進んだ」という文章である。ブラックは、少なくとも「かき分けた (plowed)」という語はメタファー的に用いられているだろうと指摘する。なぜならば、「かき分けた」という語は、字義通りに用いれば、「“すき”で土を耕す」もしくは「草などを掘り起こす」などの意味で使われるべきだからである。「議長は討議全体をかき分けて進んだ」においては明らかに、土を耕しているわけでもない、草を掘り起こしているわけでもない。字義通りとは異なった意味で用いられているというわけである。

ブラックは、このようにメタファー的な意味で用いられる多くの表現に言及し、「焦点」と「枠組み」という視点で分析している。メタファー的な意味を帯びている語の部分を「メタファーの焦点 (the focus of the metaphor)」, 残りの部分を「枠組み (frame)」とし、メタファーである条件として、「焦点」と「枠組み」の二つが共存するという条件を設けたのである。「焦点」と「枠組み」の共存という条件の下では、「焦点」はメタファー的に用いられ、「枠組み」は非メタファー的に用いられるものと捉えられている。そして、「焦点」と「枠組み」が互いに影響し合うことがきっかけとなり、「焦点」における認識に変化が生じるのみならず、「焦点」と組み合わせられたことによって「枠組み」に対する認識も変容するのだ、というのが、ブラックによる「相互作用説」の基本的な発想である。

例えばブラックは、「人間は狼である」という例を取り上げて、「焦点」と「枠組み」の働きについて論じている (Black, 1962a) . ここでは、「人間」が「焦点」, 「狼」

が「枠組み」である。つまり、「狼」を通して、「狼」をフィルターとして「人間」というものを捉えていることになる。この「人間は狼である」という表現においては明らかに、ある「人間」について語ろうとする意図がある。つまり、まずは「焦点」を当てたい「人間」が先にあり、「狼」でもって「人間」を語ることが意図されている。その意味で、ブラックは、「焦点」（人間）を「主要な主題（principal subject）」、「枠組み」（狼）を「派生的な主題（subsidiary subject）」とも表現している。そして、何故この表現が成り立っているのかといったとき、ブラックは、「枠組み」である「狼」について、辞書に書かれているような字義通りの意味を定型的に当てはめて語っているのではなく、「狼」と聞いた途端に速やかに、かつ自然に思い出されるような一連の観念でもって連想しているのだ、という見方を提示している。例えば、「狼」といえば、肉食動物であり、他の動物を食べること、凶暴であることなどが連想される。さらには、そこから派生して、怖くて、早く逃げないと襲われる危険性があることも連想される。ブラックは、上記の「狼」の特徴のように、我々が自然に思い出すような一連の通念のことを、「標準的な信念」（standard beliefs）によって抱かれる「連想される通念の体系」（system of associated commonplace）と呼んだ。

そして、これらの基本的な考えに基づいて、ブラックは「相互作用説」について論じている。ブラックは「相互作用説」について論じるにあたり、メタファーをフィルターに喩えた上で、以下のように述べている。

ある線がくっきりと残された厚手のスモークガラスを通して夜空を見るとする。そうすると、私は、あらかじめ画面に用意された線上にある星だけを見ることになり、私が見た星は、画面の構造によって整理されて見えることになる。メタファーはこのようなスクリーンであり、焦点となる言葉の「連想される通念の体系」はスクリーン上の線のネットワークであると考えることができる。

(Black, 1962a, p.41)

このようにブラックは、星が見えていることになぞらえて説明し、我々が実際に見る星はフィルターの影響を強く受けた上で、スクリーン上に映っているのだと述べている。メタファーとはフィルターのように特別な効果をもたらす装置であり、「狼」というフィルターを通すことで、それが「枠組み」となってスクリーンに映し出される。そして、

「連想される通念の体系」はフィルター上にある線の模様であり、「焦点」に対する見え方に影響を与えているとしている。

以上のように、ブラックによる「相互作用説」の核心は、我々の思考は「焦点」と「枠組み」とが「共に活動 (active together)」し、「相互作用 (interaction)」、または相互照明 (interillumination)」して、その結果としての意味を生み出しているという点にある。そして、「焦点」によって、与えられた文脈の中で、文字通りの意味でもなく、文字通りの代用品が持つ意味でもない、新しい意味を獲得している、というのである。ブラックは、メタファーを通じた意味の拡張に関して以下のように言及している。

印象深いメタファーには、他方を見るためのレンズとして、二つの異なる領域を認知と感情の関係に持ってくる力がある。文字通りの意味と絡み合った暗示、示唆、支持により、新しい方法で、新しい素材を見ることを可能にするという価値がある。結果としての拡張された意味、創られた異なる領域間の関係性は、前もって予測することも、その後平たい表現で言い換えることもできない。我々はメタファーについてコメントすることはできるが、メタファーそのものは説明も言い換えも必要としない。比喩的な思考 (metaphorical thought) は、洞察に達するための独特な様式であり、平たい思考の装飾的な代用品として解釈されるべきものではない。

(Black, 1962b, p.237)

### 3. ブラックによるメタファーの分類

ブラックは、論文『More About Metaphor』において、「相互作用説」を精緻化し、さらなる説明を加えている (Black, 1979)。この論文において、ブラックはメタファーの分類について議論した上で、ブラック自身が主な関心を寄せるメタファーとはどのような種類のメタファーであるかに言及している。以下では、ブラックによるメタファーの分類及び関心事に焦点を当てて議論を整理し、本研究における基本的な考え方を引き出すものとする。

Black (1979) ではまず、メタファーを評価する者 (appreciators) と過小評価する者 (depreciators) とがいるとして、両者を対比した議論が行われている。前者について、

多くの支持を得ているものの、彼らとはかくインフレーションに陥りやすく、メタファーは言語に偏在する原理であることにあまりに熱心であり、より単純な例を軽視しがちであると述べられている。一方で、後者に対しても、比較的トリビアルな例（例。「人間は狼だ」）にのみ焦点を当てる傾向があるということが指摘されている。

それに対してブラックは、「この論文での私の関心は特に、科学、哲学、神学、あるいは普通の生活の中にみられるあるメタファーの『認識的側面 (cognitive aspects)』と、『どうあるのか (how things are)』に対する洞察を、独特でかけがえのない方法で提示するパワーに向けられている。」(Black, 1979, p.21) と述べ、メタファーを評価する者と過小評価する者の間の道を歩みたいとしている。そして、メタファーについて、その状態に即して実際的に分類するための観点を設定するとして「消滅 (extinct)」、「活動休止中 (dormant)」、「活動的 (active)」の三つのラベルを用意し、以下のように述べている。

もし、メタファーの「実際性」、つまり、メタファーの効力という特性で印を付けるのならば、死んだ、生きたといったメタファーの対比を、より細かな識別の集合に置き換えることを考えよう。語源が本物であろうとなかろうと蘇生不可能なメタファー表現 (“musculus”は小さなネズミの muscle からきている)、今では通常気付かれないがメタファーを有用に回復できる表現、私の現在の関心の対象である、活発なメタファーとして認識される表現との間で区別することである。それらの適切なラベルは、「消滅 (extinct)」、「活動休止中 (dormant)」、「活動的 (active)」といったものであろう。しかしながら、以後このスキーマであったり、さらに細かく調整された代用品に期待することはあまりない (私は、人工呼吸を必要としない、話し手と聞き手によって、真正銘の「必要不可欠な (vital)」又は活動的なメタファーにのみ、今後関心を持つことにする)。

(Black, 1979, p.26, 下線は筆者による)

このように、ブラックの関心が「活動的な」メタファーにのみ寄せられていることが明言されている。それは何故なのかという点に関し、「結婚はゼロサムゲームである」という比較的「活動的な」メタファーの例を用いながら、次の点を強調している。

良いメタファーは、ときに、その生産者を感動させ、打ちのめし、あるいは捕まえる。我々は、単にAとBを比較していた、あるいはAをBであるかのよ  
うに考えていたというだけでなく、「洞察の閃き (flash of insight) 」を得たと  
言いたいのである。

(Black, 1979, p.32, 下線は筆者による)

このように、ブラックは一貫して「メタファーが『世界について何かを教えてくれる』  
場合にのみ、私の興味を引く」(Black, 1979, pp.36-37) という立場を貫いている。ブラ  
ックは、「ある種の (some) メタファー」という表現を繰り返し用いており、このこ  
とから、「活動的な」メタファーには創造的な価値があるが、メタファーであれば全て  
創造的であるかというところではない、という考えのあったことが示唆される。ある特  
別な、ブラックの表現における「活動的な」メタファーには創造的な価値があり、現実  
の「物事のあり方」についての新たな洞察をもたらすことのできる点が強調されている  
のである。

#### 4. レイコフ・ジョンソンとブラックにおける関心の対比と本研究の立場

以上では、認知的な視点に立ったメタファー論の主な論者として、レイコフ・ジョン  
ソンによる研究とブラックによる研究を取り上げた。

レイコフ・ジョンソンは、日常生活における多くの例を分析することを通して、メタ  
ファーとは単なる詩的な言葉の綾、修辭的な文飾の技巧ではないことについて論じてい  
る。メタファーを「ある事柄を他の事柄を通して理解し、経験すること」と定義し、  
「ある概念領域における知識構造の一部を他の概念領域へと写像することで新しい概念  
構造を創る認知メカニズム」としてメタファーを捉えている点が特徴的である。この考  
えは「概念メタファー説」と呼ばれ、今日における様々なメタファー研究の基礎をなし  
ている。レイコフ・ジョンソンの立場の核心は、「我々が普段、考えたり行動したりす  
る際に基づいている概念体系は、本来、根本的にメタファー的である」と捉える点にあ  
り、人間の認識の基盤にメタファーがあるという立場から、メタファーの本質が論じら  
れている。一方でブラックは、認知的な側面から人間の概念構造におけるメタファーの  
重要性に着目している点はレイコフ・ジョンソンと同様でありながらも、「活動的な」

メタファーの重要性を強調している。新たな洞察をつくり出すメタファーにこそ、より価値があるという立場から、メタファーの本質が論じられているのである。このように、メタファーの重要性について論じている先行研究は、大きく二つの方向から捉えることができる。レイコフ・ジョンソンのようにメタファーの遍在性を強調する立場と、ブラックのようにメタファーが活発に働く効果を強調する立場である。

本研究では、メタファーを積極的に活用しようとする際の思考に期待し、数学教育における教育的意義を見出そうとする意図から、ブラックと同様に、「活動的な」メタファーに目を向ける立場で考えることとする。また、実際の授業展開を想定する際には、ブラックの述べる「活動的な」メタファーに加えて、「活動休止中」のメタファーについても、新たな洞察をつくり出すという意味においては、今後視野に入れていくことができる可能性もある。「活動休止中」のメタファーについては、ブラックの論において「今では通常気付かれないがメタファーを有用に回復できる表現」と説明されており、メタファーの存在に気付くことを契機として知識が成長していく可能性もあるからである。

ブラックも「消滅」, 「活動休止中」, 「活動的」という区別は「实际的」なものと言及しているように、「メタファーであるかないか」「活動的であるかないか」については、一様に線が引けるものではない。数学教育においても、おそらく、実際の学習者の反応を見ながら調整を図っていく必要は生じるであろうが、少なくとも教師の意図レベルでは「活動的な」メタファー、及び「活動休止中」のメタファーを取り上げようとする、という意味で解釈し、議論を進めていくこととする。

## 5. 本研究におけるメタファーの捉え

第1節における修辞学および文学におけるメタファーの解釈、第2節における認知的な視点に立ったメタファーの解釈を踏まえると、メタファーの解釈において、重なり合う部分と、異なっている部分とがある。本研究では、数学教育におけるメタファーを考えようとする際の思考の価値に着目するために、レイコフ・ヌーニェス(2012)、ペッパー(1987)、楠見(2011)を参考にする。

レイコフ・ヌーニェス(2012)は、メタファーという行為において「領域横断的な概念の写像が本質的であり、概念写像から導かれるメタファー的な言い回しはその派生物である」(レイコフ・ヌーニェス, 2012, p.53)と述べている。ペッパー(1987)は、

メタファーとは決して「～のような (like)」という前置詞の抜け落ちた直喩ではなく、ある対象を理解するのを助けるために別の経験の一部を利用するという点こそが重要と主張している。レイコフ・ヌーニェス (2012) , ペッパー (1987) とともに、言語形式上の差異を問うのではなく、それを活用するときの思考の特徴を捉える必要性を強調しているものと言える。また楠見 (2011) は、主な3種の比喩 (隠喩・直喩, 提喩, 換喩) は、メタファー的思考を言語で表現したものであると述べている。各々の比喩表現としての枝分かれについても言及されているものの、基本的な着想という面では一括りで論じられている点が特徴的である。

以上を踏まえて、本研究では、ベースを通してターゲットをみるという思考を重視する観点から、言語形式上の差異にはこだわらず、概念メタファーとして捉えていく立場で考えることとする。ただ、隠喩, 直喩, 提喩, 換喩といった表現上の区別を設けていった際に生じる研究課題についても、考察を深めていける余地があるものと考え。言語形式上の差異を考慮に入れた研究を展開していくことは、今後の課題として残していく立場で考えるものとする。

### 第3節 数学におけるメタファー

認知言語学の分野では、言語活動のみならず思考や行動にいたるまで、日常の営みのあらゆるところにメタファーが浸透しており、人間の思考に不可欠なものとして捉えるという考えをもとに、メタファー研究を発展させてきた。

ジョージ・レイコフ (George Lakoff) とラファエル・ヌーニェス (Rafael Núñez) は、認知意味論研究の成果を援用しながら、数学的概念を理解する行為を分析対象とし、著書『Where mathematics comes from』にまとめている (Lakoff & Núñez, 2001 ; レイコフ・ヌーニェス, 2012) . 國岡 (2020) は、レイコフ・ヌーニェスの主張を概括すれば、数学的概念の意味もまた、他の日常的概念の意味と同様に、概念メタファーによって他の領域の概念からの比喩的な写像が起きているということである、と指摘している。レイコフ・ヌーニェスによる考えは、数学的概念を理解する行為を分析的に捉えるとき、数学においても、我々はその全てを基本的に何らかのメタファーを活用しながら理解している、という点に集約されることになるだろう。それによって、数学学習における認知や理解の構造を精緻に捉えることを目指すわけである。

この試みについて、レイコフ・ヌーニェスは、認知的視点から捉えた「数学的概念の分析学」であると称している。例えば、レイコフ・ヌーニェス (2012) では、「数は数直線上の点である」という表現が取り上げられている。レイコフ・ヌーニェスは、「数は数直線上の点である」といった表現のもとをたどれば、「数」という抽象的な概念を理解するために「直線上の点」という異なる事柄を通して表現しようとしたメタファーがあると主張している。数の大きさ、あるいは相対的な位置を表現するために、長さという量に対応させて表現していることから、元来はメタファー的であったのだ、と解釈している。このように、どのようなメカニズムで数学を理解しているのかをメタファーの視点から分析し、根源的な議論をしようとしているのである。

他にも、集合論における無限概念、微積分における無限小の概念、群論における同型概念、複素数の幾何学的理解とオイラーの関係式  $e^i = \cos \theta + i \sin \theta$  など、高校から大学初年級程度の比較的高度な数学における数学的概念の分析にも、相当のページ数が割かれている (植野, 2010) . レイコフ・ヌーニェスによる論については、この後第1章第5節において、数学的知識の成長とメタファーとがどのように関わっているかについて論じる上で、より詳しく考察を行っていくこととする。

一方で、上記のレイコフ・ヌーニェスによる「数学はすべて概念メタファーで構成されている」という「数学的概念の分析学」の主張は、数学者を中心に論争を巻き起こすことになった。数学は厳密な論理と証明に基づく学問であり、メタファーが入り込む余地はない、というのが反対論者の主な見解である。例えば Goldin (2001) は、すべての思考はメタファーであるという極端な見方は役に立たないと主張している。

しかしながら、反対意見に対するさらなる反対意見も述べられてきている。Manin (2007) は、数学者の立場から、証明はあくまでも数学における一つの「ジャンル」に過ぎないにも関わらず、数学教育においてはそれをあまりに重視し過ぎている現状を批判し、「活動」「美しさ」「理解」といった高校以降の教育に不可欠な価値観のバランスが崩れ、教師が悲劇的な失敗をしてしまっていると述べている。

また、メタファーに取って代わる考えについての見解も述べられている。McGowen and Tall (2010) は、数学的思考にとってメタファーよりも重要なのは、個人が経験から構築した特定の精神構造であり、それは "met-before" であると主張している。そして、数学者や数学教育者、学習理論の開発者の "met-before" を分析することで、彼らの思考を支えている暗黙の前提と、妨げている前提を明らかにすることができるとしている。

#### 第4節 数学教育におけるメタファー研究と本研究の立場

本節では、まずは、数学教育におけるメタファー研究に焦点を当てて、国内外におけるメタファーに焦点を当てた数学教育研究を概観しながら、主に次の四つの方向から研究が展開されてきたことについて述べる。(1) 学習者による認知過程の解明、(2) メタファーの視点による学習活動の構造の解明、(3) 教師による指導技術の一つとしての位置付け、(4) 学習者によるメタファー思考、の四つである。この区別は、数学教育研究に関する国際的な動向をレビューしている冊子における「Metaphors in Mathematics Education」(Soto-Andrade, 2014)の章で設定されている見出しを参考に、研究内容の方向性の視点から筆者が再構成したものである。

ただし、これらの四つについては互いに関連し合っていたり、解釈の仕方次第で他の項目にも入ったりし、必ずしも明確に区別できるものではない。例えば、学習者による認知過程の理解の方向と学習者によるメタファー思考の理解の方向とでは、前者では学習者自身が意識しているかどうかは仮定していないのに対し、後者では主に学習者自身が比喩性をある程度自覚的に用いている場合を想定している。ただ、自覚的な思考として働くか否かという視点は、必然的に流動性がある。また、メタファーの視点による学習活動の解釈の方向と教師による指導技術の一つとしての位置付けの方向とでは、前者が主に学習活動の中に潜む比喩性を掘り起こす意図で展開される研究を想定しているのに対し、後者では授業レベルで教師が明確にメタファーを活用する場合を想定している。ただそれについても、例えば、前者のアプローチで教材研究を深めている中で比喩性に気づき、それを授業づくりに明確に反映しようとするれば後者のアプローチに接近してくる。このように、上記の四つの方向とは、研究動向を大まかにつかむための区別であることには留意されたい。

そして、本研究の立場を明確にするためには、そもそもメタファー自体をどのように解釈し展開していくか、といった論点への言及も重要となる。本節において、近接する概念との区別をどのように捉えるかに関して、特に重要となる次の2点を取り上げる。1点目は、メタファーとアナロジーの区別に関する論点である。メタファーという語は様々な用いられ方がなされ、特にメタファーとアナロジーについての区別は曖昧であることがしばしば指摘される(稲垣, 2020)。本研究においては、メタファーなりの強みに着目する立場から、両者をいかに区別して捉えるのかについて述べる。2点目は、メタファーと具体化や例示との区別に関する論点である。これは、何らかの数学的概念を

ターゲットとした際に、ターゲットを喩えるためのベースをどこからもってくるかに関わってくるものとして論じていく。そして、具体化や例示と捉えた場合と対比しながら、メタファーなりの特徴がどのように記述されるかに言及する。

## 1. メタファーに焦点を当てた数学教育研究の動向

### (1) 学習者による認知過程の解明に焦点を当てた先行研究

数学教育研究においては、数学学習の複雑なプロセスを記号論的視座から捉えようとする研究が数多く推進されてきた。記号論的視座から、学習者による認知過程を理解・説明しようとする枠組みの一部にメタファーが関わっている。

アンナ・スファード (Anna Sfard) による具象化理論 (theory of reification) は、数学的概念形成に関する基礎理論である (Sfard, 1991, 1994, 1997, 2000)。同一概念が、対象として構造的・静的に、また過程として操作的・動的に捉えられることが指摘されているものである (真野, 2013)。具象化理論では、数学的概念形成を操作的コンセプションから構造的コンセプションへの移行として捉え、その移行には、内面化

(interiorization)、凝縮化 (condensation)、具象化 (reification) という三つの階層性が関係するプロセスとして特徴付けられている (Sfard, 1991)。そして、とりわけ具象化のプロセスにおいてメタファーが深く関わっているとされている (Sfard, 1994)。スファードは、抽象的な実体を比喩的に創り出すことを具象化と名付け、操作的思考から構造的思考への移行において見られるものとして説明している。スファードは特に概念化の過程におけるメタファーの役割に着目しており、新しい数学的概念が創り出される過程で本質的な役割を果たすメタファーを比喩的投射 (metaphorical projection) と呼んでいる (Sfard, 1994)。例えば、複素数の構成は、「数は量である」というメタファーの過度な比喩的投射 (overprojection) によって長い間妨げられるが、「虚数は別の次元に住んでいる」という新たなメタファーによって「複素平面」にインストールされる、といった具合である。

また、Presmeg (1997) は、記号論的連鎖の各段階に対する考察の中で、記号論的連鎖に不可欠な特徴として換喩と具象化とがあると捉え、記号論的連鎖と (広義の) メタファーとの関連性について述べている。岩崎・橋本 (1986) は、類似性に基づく隠喩と隣接性に基づく換喩の区別に視点を置いて、加法概念には換喩的説明が、乗法概念には隠喩的説明が本質的に内包されるとして、演算の指導についての考察を展開している。

二宮他（2005）は、記号論的連鎖の枠組みについて、Treffers（1986）による「水平的な数学化（Horizontal Mathematization）」と「垂直的な数学化（Vertical Mathematization）」の区分を参照しながら、数学化と比喩の観点から精緻化を試みている。そして、水平的な数学化は、カテゴリーを組み替える（異なる文脈を結びつける）ことによって成立することから、対象（文脈）間の類似性が結びつきの拠り所となり隠喩（metaphor）的なつながりを持つものと捉えることができること、垂直的な数学化はカテゴリーを組み替えずに、カテゴリー内の上位一下位関係に依拠する点において、対象間の隣接性に基づく転義がなされるものである点から換喩（metonymy）的なつながりを持つものと捉えることができるとしている（図 1-4-1）。

水平的な数学化 問題場面を数学の文脈へと 転換すること	対象間の類似性に基づく転義	隠喩的 (metaphor)
	対象どうしの本質は同じ	
	内包する数学の質は同じ	
垂直的な数学化 数学的体系内での 手続き	対象間の隣接性に基づく転義	換喩的 (metonymy)
	対象どうしが質的に異なる	
	内包する数学の質が変容	

図 1-4-1 二宮他（2005）における隠喩的と換喩的の区分

## （2）メタファーの視点による学習活動の構造の解明に焦点を当てた先行研究

メタファーを活用する行為の根底に流れる考えである、ある事柄を別の事柄を通して理解する、といった考えは、数学を理解するためには本来的に不可欠である。数学史及び科学史には理論を構成するメタファーが見出されることから、メタファーは強力な認知ツールであり、新しい数学的概念を把握したり構築したり、また問題を効率的かつ親しみやすい方法で解決したりするのに役立つと考えられている（Boyd, 1993; Lakoff and Núñez, 1997）。Bruner（1986）は、メタファーは抽象的な山を登るための松葉杖であり、一旦登ると捨ててしまうと述べている。それに対して Chiu（2000）は、死喩（dead metaphor）の存在に目を向ければ、メタファーは一時的な足場ではなく永続的な資源であることを指摘している。橋本（1992）も同様に、メタファーの使用は数学の授業、特に生徒の理解を中心とした構造的な授業展開においては不可避であると指摘している。

「授業」や「学習指導」というものの自体をいかに考えるか、といった授業観に関わる面にも、実はメタファーが関係していることが指摘されてきている。Sfard（1998）は、「獲得のメタファー」で学習を捉えた場合には学習を蓄積された商品の獲得と見なす見方

があり、「参加のメタファー」で学習を捉えた場合には「参加としての学習」と見る見方があると述べている。スファード自身は、心は燃やされるべき火であり、満たされるべき容器ではないという見方を表明し、「参加のメタファー」によって学習を捉えていくべきことを示唆している (Sfard, 2009)。「参加のメタファー」によって学習過程を捉えた場合、児童生徒が数学をつくる過程が奨励されることとなり、かつて数学者が具象化したものを具体としながら抽象化していく過程の充実が期待される。教師にとっては、どのように数学者の営みに接近する数学的活動を織り込んでいけるかが検討すべき課題となる。メタファー研究の知見が実際の学習指導にどのように生かせるかを検討していくことも、重要な研究課題となる。

### (3) 教師による指導技術の一つとしての位置付けに焦点を当てた先行研究

教育方法の分野では伝統的に、「比喩・レトリックを教師が理解し、それを修得して使用することによって、効果的に子どもに教科内容を理解させたり、討議のしかたを指導したりすることが可能であるという主張がなされてきた」(田代, 1987, p.92) ことが指摘されている。

算数・数学科の授業においても、例えば、特定の数学的概念に対する理解が難しい場合などに、適切なメタファーを紹介することで理解を助ける、といった手立てが組み込まれることがある。つまり、解説をよりわかりやすくするために、教師にとっての修辭的な技法として、メタファーの活用に焦点が当たるわけである(橋本, 1992 ; 國岡, 1995 ; 福井, 2011)。例えばよく知られたものとしては、「方程式は天秤である」「集合は容器である」といった例が挙げられる(國岡, 2008)。また、関口(2001)は、ある中学校教師の発話から、数学的概念の説明においてどのような認知モデルが用いられているかを明らかにしており、例えば、マイナスは反対である、数は移動である、証明は犯罪推理である、といったメタファーに基づいた説明が含まれていたことを報告している。

こういった視点は、算数・数学科における特定の学習内容に対応付けた「よい」メタファーを教師が考察した上で児童生徒に提示しているという意味で、どの概念に対してどのメタファーが有効か、といった研究課題を立てて推し進めていくことが考えられる。その際に大切になるのは、単に小手先のたとえ話を聞かせて納得させるという意味でメタファーを捉えるのではなく、メタファーの意味の解釈を学習活動として取り上げると

ということであろう。教師から提示されたメタファーを解釈する活動を通して、思考を深めていくプロセスに焦点が当てられる必要がある。あくまでも、算数・数学の学習内容の本質に迫る学びを引き出すきっかけをつくるためのメタファーであると考えたいものである。

ただ、効果的に働き得る「よい」メタファーがある一方で、中には自然さを欠いた、その場しのぎ的なメタファーも散見されることが指摘されている。Lakoff and Núñez (1997) は、負の数の指導における「ヘリウム風船」や「反物質の物体」の例を挙げた上で、「移動のメタファー」であれば、負の数にもよりよく拡張できることを述べている。

また、教師がメタファーを用いた説明を行う場合、常に懸念もあることを意識することが肝要である。稲垣 (2022) は、大学の授業における活用を念頭に、メタファーを用いた説明のマイナス面として次の5点を提示している。

- ・メタファーによって誤解が生じる
- ・メタファーそのものの方を理解しているだけである
- ・メタファーが独り歩きする危険性がある
- ・メタファーによって理解したことを応用できるかどうかは別問題である
- ・「理解した」「わかりやすかった」と言明していても、本当はわかっていない、という根本的な問題も存在する

教師による指導技術の一つとして位置付ける場合のメタファー研究では、こうした懸念を乗り越えるための方策についても、検討が進められてきている。例えば、新しい概念は、単一のメタファーからというよりは、いくつかのメタファーのブレンド

(crossbreeding) から生まれることに着目した先行研究がある。学習者が新しい概念を理解するためには、複数のメタファーと、それらの間を行き来する能力が必要とされる (Sfard, 2009) 。そのため、複数のメタファーを用いて教えることが、単一のメタファーの不要な内包に対する「解毒剤」として推奨されている (例えば, Low, 2008; Sfard, 2009; Chiu, 2000, 2001) 。

#### (4) 学習者によるメタファー思考に焦点を当てた先行研究

数学教育において、児童生徒が比喩的に考える過程に着目する重要性は、繰り返し指摘されてきている (Presmeg, 1992; English, 1997; Sfard, 1997; Presmeg, 1992; Chiu, 2000,

2001; Carreira, 2001; Font et al, 2010; レイコフ・ヌーニェス, 2012; Olsen et al, 2020; 國岡, 2020) .

Chiu (2000, 2001) は, 生徒が数学的概念を比喩的に理解する様子について, 「多角形は道である」というメタファーに基づいて外角の和がぐるっと一周する回転であることを理解したり, それが「多角形は棒が交わった囲いである」というメタファーに基づけば異なるアプローチが得られたりすることを観察している. 添田 (1998) は, こういったメタファーの原点にある「見立てる」「見なす」という行為に着目し, それが創造性を育むことに寄与するという立場から, 「見立てる」「見なす」という行為を数学教育の中でも明示的に取り上げていく必要性を指摘している. 金本他 (1994) は, 数学的な表現力の育成との関連のもとで子どもによって発せられるメタファーに着目・議論しており, 子どもたちが自ら考えたことを表現していく際に, 比喩的な表現をどのように活用しているかに焦点を当てて考察を行っている. そして, 子どもたちの記述には比喩 (アナロジー) 的表現が認められ, 写像される要素の違いが表現されていることや, ソースとターゲットの一方が欠如していたり不十分であったりすることを, 数学的な表現力を育成していくための手掛かりとしていくことができると述べている.

また, 心理学の分野では伝統的に, 子どもはどの程度の発達段階においてどのような思考を働かせることができるのか, といったメタファーに関する発達的研究が, 重要な研究課題として位置づけられてきた (楠見, 1995) . 数学教育研究においても, 心理学の流れを汲んだ発達的研究, すなわち児童生徒の発達段階において備わっていることが十分に期待できる能力を生かした指導のあり方に関心のある研究が数多くなされている (Soto-Andrade, 2014) .

## 2. メタファーをどのように解釈し展開していくか

続いて, 本研究の立場を明確にするために, メタファー自体をどのように解釈し展開していくかに言及する. 数学教育におけるメタファー研究を概観すると, メタファーの意味, 使われ方は様々である. まずは, 研究上の関心によって, どこまでをメタファーの範疇とするかを考える必要があることについて述べる. そして, 近接する概念との区別をどのように捉えるかに関して, メタファーとアナロジーの区別に関する論点, メタファーと具体化・例示との区別に関する論点に着目し, 考察していくこととする.

### (1) どこまでをメタファーの範疇とするか

以下では、数学教育においてメタファーというテーマに着目しようとする際に、メタファーの範疇とする範囲の設定によって、テーマ設定がどのように異なってくるかについて述べる。

まずは、レイコフ・ジョンソンがそうであったように、メタファーを人間の思考活動に不可欠なものと考え、様々な思考に内在しているものとして広く捉えようとする立場が想定される。それによって、数学学習における認知や理解の構造を精緻に捉えることを目指すわけである。例えば、「数は数直線上の点である」といった表現は、数の大きさ、あるいは、相対的な位置を表現するために長さという量に対応させて表現していることから、「数」という抽象的な概念を理解するために「直線上の点」という異なる事柄を通して表現しようとした、と解釈して、元来はメタファー的であったと捉えるような見方である (Lakoff & Núñez, 2001)。つまり、どのようなメカニズムで数学を理解しているのかをメタファーの視点から分析し、数学理解という営みをより根源的な観点から検討しようとしている立場であると言える。

一方で、比喩性の高い特定のもののみに焦点を当てて、メタファーを議論する場合もある。算数・数学科の授業において、教師が解説をよりわかりやすくするために、例えば「等式は天秤のようなものだ」といった具合にメタファーを用いる場合に焦点を当てて考察していくような場合がそれにあたる。こちらは、ブラックによる研究関心と同じ方向を向いていると言えるだろう。

前者のようにメタファーを捉えると、数学学習と人間の認知活動との関係を記述しやすくなる一方で、敢えてメタファーという視点で捉えることの意義を数学教育実践にどのように生かし得るのが課題である。後者のようにメタファーを捉えると、メタファーに着目する意図は示しやすくなる一方で、メタファー研究の範疇が限定的になってしまう面がある。

また、言語学的観点からも、広義のメタファーを対象として論じていくのか、狭義のメタファーを対象として論じていくのか、あるいは何らかの観点で絞って考えていくのか、そしてそれらの判断によってどういった影響があるかなども問われてくる。

以上のことから、数学教育におけるメタファー研究を推し進めていく際、どこまでをメタファーの範疇とするのかを明確にすると同時に、研究の関心に即した捉えで進めていくことが求められると言える。

## (2) 近接する概念との区別をどのように捉えるか

### ①メタファーとアナロジー

#### a) 本研究における基本的な考え方

メタファーについて理論的に論じようとするとき、類似した他の用語との対比において、メタファーの意味をどのように規定するかがしばしば問題となる。中山（1998）は理科教育の立場から、科学概念の学習あるいは科学的推論における比喩的な側面を論じようとするとき、そこで用いられる用語にはアナロジー（analogy）、メタファー（metaphor）、モデル（model）、メンタルモデル（mental model）などがあり、その定義自体が研究者によってまちまちであることを指摘し、「それらの用語が示す意味内容の違いは結局のところ曖昧であり、普遍的な定義はない」（中山，1998，p.15）と述べている。

メタファーについて考えるとき、アナロジーとの類似性に着目して捉えられることが多く、とりわけ、特にアナロジーとメタファーについての区別は曖昧である（Pimm, 1981; 稲垣, 2022）。アナロジーの定義の一例を参照すると、「二つの対象の類似性に着目し、ベースと呼ばれる既知の対象で成り立つ事柄がターゲットと呼ばれる未知の対象でも成り立つであろうと推論すること（日本数学教育学会編，2013；中川，2017）」とある。ただ、これをメタファーの捉えとして置き換えても成立するほど、両者は似通っている。実際には、先行研究においても、アナロジーの部分を引用してメタファーのことに言及したり、逆に、メタファーの部分を引用してアナロジーのことに言及したりする場合も見受けられるなど、特に区別なく論じられている場合も多い。歴史的には異なる学問領域から生まれた用語に対して、それらの類似性に基づいて関連づけられた結果として、考察が深まるほど互いの差異が明確になりづらくなっている点は否めない。

数学教育研究、並びに、関連する研究領域における先行研究において、メタファーとアナロジーをいかに区別して論じていくかに対する立場は様々である。大別すると、メタファーとアナロジーとを特段の区別なく論じる場合（例えば内ノ倉，2007；鈴木，2020）と、メタファーとアナロジーとを相対的な関係として何らかの区別を示しながら論じる場合（例えば Sfard,1997; 楠見・松原，1993）とがあることがわかる。また、特に言及をしていない場合も多くみられる。

メタファーとアナロジーとを特段の区別なく論じる場合でメタファー研究を推進する場合であれば、ある事柄を別の事柄を通して理解する行為全般を考察の対象に入れるこ

とができる反面、数学教育研究で伝統的に取り組まれてきたアナロジーに関する研究と比してどういった面が新たに見えてくるかが課題となる。それに対して、メタファーとアナロジーとを相対的な関係として何らかの区別を示しながら論じる場合であれば、メタファーならではの比喩的な側面を強調した研究の可能性が開ける反面、それらの区別自体をどのように考え、いかに線を引くのかが問われることになる。

以下では、メタファーとアナロジーとの異同についての考察を行い、相対的な位置付けを明らかにする。そして、本研究では、メタファーという発想で数学教育を考えるからこそ引き出し得る可能性に着目する立場から、メタファーとアナロジーとを区別して論じていく立場にあることを明確にする。

#### b) メタファーとアナロジーの相対的な関係に関する考察

瀬戸（1995）は、「メタファーとは《見立て》と考えると分かりやすい（p.4）」とし、《見立て》をさらに言い換えれば、「『を見る』（see）に対する『と見る』（see as）もの見方のこと」（瀬戸，1995，p.4）であると述べている。すなわち、AをBと見るといったとき、ある人にとって抽象的な思考対象Aについて、その人にとって馴染みのあるBによって表現することにより、Bを通してAを理解する行為を指していると考えられる。

Billow（1975）は、何に類似性を見出しているか、といった視点から、メタファーを類似的メタファー（similarity metaphor）と比例関係的メタファー（proportional metaphor）とに区別する見方を示している。類似的メタファーが（事象A）と（事象B）に類似性があることを示すものに対して、比例関係的メタファーは、（関係A）と（関係B）に類似性があることを示すものである。（事象A）と（事象B）に類似性があるとは、例えば「太陽（事象A）は、ボール（事象B）のようだ」のように、基本的に喩える語と喩えられる語が、色や形といった知覚的特徴に基づいている（宮里・丸野，2007）。

（関係A）と（関係B）に類似性があることについて、「子どものいない学校は、電気の来ていない冷蔵庫のようだ」の例（井上，1983）を通して考えてみる。この表現はもちろん、決して「子どもは電気に似ている」といった知覚的特徴の類似性を問題にしているわけではない。学校にとっての子どものもつ意味が、冷蔵庫にとって電気のもつ意味に類似していることを表しているものであり、（子ども：学校）＝（電気：冷蔵庫）という関係が示されているのである。つまり、比例関係的メタファーとは、「メタファ

一の理解とは、無限の比例中項が必要になる場合があるにもせよ、ついには A 対 B=C 対 D という関係の把握に行きつくこと」（中村他, 1986, pp.186-187）であり、「A : B = C : D」の関係、すなわち「A に対する B の関係は C に対する D の関係のようである」と対応関係を見出してたとえる思考であることが指摘されている。類比的メタファーと比例関係的メタファーとを比べたとき、後者の方が理解されにくいことが、子どもを対象とした複数の先行研究において示唆されている。例えば「太陽は、ボールのようだ」のように、喩える語と喩えられる語が、色や形といった知覚的特徴に基づく比喩は就学前の幼児にも理解されるが、「お母さんは、太陽のようだ」のように抽象的・観念的な関係に基づく比喩は 10 歳ごろまで理解されない、といった具合である (Winner, Rosentil & Gardner, 1976; Vosniadou, 1987)。色や形など知覚的な類似性に基づく比喩の方が、観念的な類似性に基づく比喩よりも理解が容易であることが、その要因であると考えられている。

ここで、特に比例関係的メタファーに焦点を当ててみると、「二つの対象の類似性に着目し、ベースと呼ばれる既知の対象で成り立つ事柄がターゲットと呼ばれる未知の対象でも成り立つであろうと推論すること」（日本数学教育学会編, 2013 ; 中川, 2017）というアナロジーとの区別を見出すことがどんどん難しくなってくる。

瀬戸 (1995) は、「割り切っていえば、メタファーが点对応であるのに対して、アナロジーは面对応である」（瀬戸, 1995, p.186）との見方を示している (図 1-4-2)。A (未知) が B (既知) との点对応によって理解されるのがメタファー、A (未知) の諸特質 ( $a_1 a_2 a_3 \dots$ ) が B (既知) の諸特質 ( $b_1 b_2 b_3 \dots$ ) との面对応によって理解されるのがアナロジーであるとし、以下のように述べている。

当然予想されるように、両者の間には、明確な線は引けない。なぜなら、優れたメタファー (優れた着想) は、すぐにアナロジーの方へ展開しようとする潜在力を秘めているからである。この意味で、有力なメタファーは潜在的アナロジーと理解してよい。また、逆に、アナロジーは構造的メタファーと理解してよい。なぜなら、アナロジーとして展開するメタファーは、ふつうデタラメにあちらこちらに飛ぶのではなく、一貫した構造 (システム) を形成するからである。

(瀬戸, 1995, p.187, 下線は筆者による)

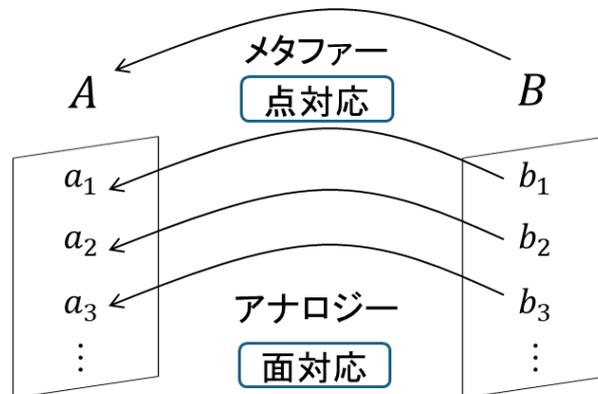


図 1-4-2 メタファーとアナロジーの区別  
(瀬戸による図式をもとに筆者が作成)

瀬戸によるこの捉えは、よりよいアナロジーを引き出すために、という視点からメタファーの役割を論じているものと言えるだろう。

トールネケ (2013) は、ベースとターゲットとの関係に着目した区別について言及している。例えば、「原子は太陽系のようなものである」という表現は、太陽系について予めよく知っている人に対して原子について説明する場合に用いる表現である。ただ仮に、原子についてはよく知っているが、太陽系のことはあまり知らない人に対しては、ベースとターゲットを入れ替えて「太陽系は原子のようなものである」という表現を用いて伝えたとしても、この表現は成立する。このように、ベースとターゲットを入れ替えることが可能である状態がアナロジーである、としている。一方で、「彼と議論することは、ロードローラーに轢かれるようなことである」という表現は、「抗しがたい力の前に立ちあがること」という類似性によって成立している表現であるが、ベースとターゲットを入れ替えることはできず、対称的な関係ではないとする。そのように、ベースとターゲットを入れ替えることができないものがメタファーであると考察している。

楠見・松原 (1993) は、メタファーに対してより細かな分類を設けながら、相対的な位置付けについての考察を行っている。見かけが似ている、物理的特性が似ているなど、特徴の類似性に基づいて共通性を見出している属性メタファー (例. 眼は湖のようだ)、さらに、要素間および属性間の関係・構造が似ているものを構造メタファー (例. 眼は心の窓だ) と呼んでいる。レイコフ・ジョンソンによる概念メタファーは構造メタファーであるとしている。そして、属性メタファー、構造メタファー、アナロジー、字義通

りの（メタファーではない）類似，ナンセンス（アノマリー）などに分類し，属性の類似度を横軸に，構造の類似度を縦軸にとり，それらの相対的な関係を位置付けている．楠見・松原（1993）では，アナロジーと構造メタファーは重なっている部分もあるが，重なっていない部分もあるように描かれている．つまり，メタファーであってアナロジーではないものや，アナロジーであってメタファーではないものが存在するという捉えである．ただ，これは非常に意欲的な取り組みであるものの，具体的な例に即して考えると，そう単純に峻別しきれないのではないかと，という考えも示されてきている．内海・鍋島（2011）は，科学史における太陽系と原子構造のアナロジー（Gentner, 1983）を引き合いに出し，属性の共有と関係の共有という観点から，太陽系と原子核の用例は，アナロジーであってメタファーでない例であるのか，アナロジーでも構造メタファーでもあるのかどうかは判断に迷うことを指摘している．

### c) メタファーとアナロジーの区別に関するスファードの考え

以上のように，メタファーとアナロジーの相対的な位置付けを明らかにしようとする試みは盛んに行われてきている．ただ，ある表現一つをもってきて，それがアナロジーであるのか，メタファーであるのか，アナロジーでもメタファーでもあるのか，といった特定を行うことは，とりわけメタファーがアナロジーに接近してきた際には難しくなってくるのがわかる．

それに対して，ある視点からメタファーとアナロジーを明確に区別し，メタファーには固有の意義があることを主張したのがアンナ・スファード（Anna Sfard）である．

Sfard（1997）は，ブラックの論を引用しながら，類似性は，メタファーを考えた人に与えられる（given）のではなく，メタファーを考えた人の頭の中でつくられる（created）ものだという点を強調している．ブラックの相互作用説の中では，類似性の認識はメタファー生成の前提条件ではなく，むしろメタファーの構成要素間の相互作用の結果であると主張されており，スファードも同様の考えから，メタファーは単に特別な方法で意味を登録するのではなく，意味を創造するものであるとの主張を展開している．数学教育における構成主義的なパラダイムにおいて，ブラックらのメタファー研究は「マイルストーン」であったと価値付けている．

メタファーとアナロジーの区別をいかに考えるかという点に関し，スファードは，それを行う目的に着目して論じている．メタファーが概念化のプロセス，すなわち新しい

概念構造の創造（概念化, conceptualization）に関係しているのに対し、アナロジーという言葉は推論（reasoning）の文脈、すなわち既存の概念を調査する際に適用される思考プロセスに限定するのが有用である、という立場を表明している（Sfard, 1997）。アナロジーにも構成的な力はあるものの、アナロジーの使用はある程度対象を理解していることを前提とした場合にのみ行われる行為であるとしている。新しい概念体系の創造という行為に関わって、負の数の概念を例として、メタファーとアナロジーの区別に関する言及がなされている。始めは3-8といった式は「不可能」な表現であるのに対し、「通常の」場合と似たような方法で操作される可能性があることに気が付くと、初めてアナロジーが登場すると述べられている。つまり、「新しいものを存在させる」という行為はメタファーの役割であり、それを経て初めて、アナロジーへと展開していくという捉えが示されている。

つまり、スファードの立場は、推論に役立てようとする目的で類似した何かを調査する行為をアナロジー、概念化に役立てようとする目的で、馴染みのある事柄と関連付け、馴染みのある事柄を通して理解を深めようとする行為をメタファーであると捉えるものである。このスファードの捉えは、メタファーが点对応であるのに対し、優れたメタファーは面対応のアナロジーへと展開する、という瀬戸の捉えとも整合している。Sfard（1997）では、メタファーとアナロジーとを異なる種類の認知過程として分離することは、あくまでも方法論的な提案であり、教育的な考察の文脈において有用であることが強調されている。

以上のスファードの考えは、Soto-Andrade（2007）によって、図 1-4-3 のように整理されている。メタファーは、既存の概念に新たな光を当てるだけ、というよりはむしろ対象となる概念をもたらすものであり、アナロジーは、すでに構築された二つの概念の間の類似性を示すものであることが強調されている（Sfard, 1997）。

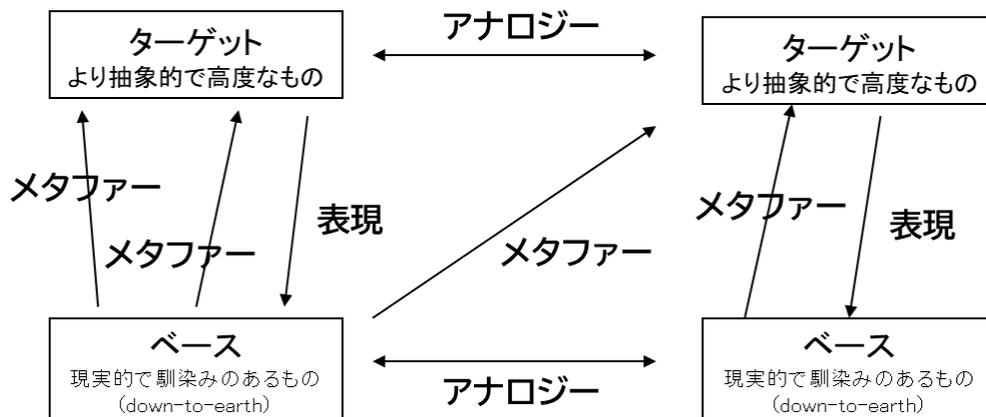


図 1-4-3 数学教育におけるメタファーとアナロジーの関係

(Soto-Andrade (2007) において表現されたスファードの考えをもとに筆者が作成)

#### d) メタファーとアナロジーとの区別に関する本研究の立場

アナロジーに焦点を当てた数学教育研究は、我が国においてもかなり活発に展開されてきた（和田，2001；國岡，2009；中川，2006；中川，2017；中川，2019）。アナロジーに焦点を当てる意義として、「問題を解決する際や未知の対象の性質を見出す際に『似ている問題の解法が使えないか』や『似ている対象と同じ性質があるのでは』と考えることで新たな発想を得られることがある」（中川，2019，p.1）ことが挙げられていることからわかる通り、推論に役立てようとする目的で類似した何かを調査する行為をアナロジーと捉えるスファードの立場は、我が国の数学教育におけるアナロジー研究の方向性にも概ね整合的である。

以上を踏まえ、メタファーとアナロジーとの区別に関する本研究の立場を明確にしておきたい。

まず、メタファーという発想で数学教育を考えるからこそ引き出し得る可能性に着目する立場から、メタファーとアナロジーとを区別して論じていく立場をとる。

そして、メタファーとアナロジーの区別に関しては、スファードによる考えに依拠して次のように捉える。すなわち、メタファーとアナロジーに関しては、何のために行うかという目的の視点で相対的に線を引くこととする。推論に役立てようとする目的で類似した何かを調査する行為をアナロジー、概念化に役立てようとする目的で、馴染みのある事柄と関連付け、馴染みのある事柄を通して理解を深めようとする行為をメタファーであると捉えることとする。

## ②メタファーと具体化・例示

### a) メタファーと具体化・例示との関係に着目する必要性

何をもってメタファーと捉えるかといったとき、「意図性」と「類似性」という二つの視点で捉えていくという考えがある。

岩田（1988）は、比喩を生み出すことを「比喩ル」と呼称してその価値を強調し、比喩的に考える際の思考に対する基本的な考え方について以下のように言及している。

何をもって比喩というのであろうか。研究者によって、意見の別れるところである。しかし、大筋において、次の二つの要件を満たすものであるという点では一致するのではなかろうか。

(1) たとえられるモノとたとえるモノが、異なる範疇に属しており、かつそのことに話者が気づいて使っている（意図性）ということ。

(2) たとえられるモノとたとえるモノの間に何らかの認識しうる（perceptible）類似性があるということ。

比喩とは、異なる範疇からの対象を写像的に重ね合わせることであり、その際に、類似性と意図性が比喩表現かどうかの認定にとって重要な要因となるのである。しかし、何をもって意図性があり、何をもって類似性を同定するのかというあいまいさがいつもつきまとう。

（中略）

類似性というものがそこにあるのではなく、むしろ作りだされるものではなかろうか。類似性を見ようとするから見えてくるというのが類似性の本質ではなかろうか。暴言を覚悟で言うと、何かの比喩だと言われると、どんなデタラメに作った文でも何らかの類似性を知覚し、それなりの意味を与えようとするものである。

（中略）

比喩を生み出すことの根底にあるのは、異質なモノ・コト同士を写像的に重ね合わせてみる能力であるように思われる。この重ね合わせ的な認識（比喩的思考）のあり方を「比喩ル」と名づけよう。

（岩田，1988，pp.161-164，下線は筆者による）

このように岩田（1988）は、何をもってメタファーとするかは研究者によって意見の分かれるところであるものの、異なる範疇に属しているものを敢えて用いるという意図性と何らかの面で認識しうる類似性があるという、意図性と類似性の二つの要件を満たす点では一致していると指摘し、「異質なモノ・コト同士を写像的に重ね合わせてみる」という、とりわけ意図性の方を強調している。

メタファーの特徴を「異質なモノ・コト同士」を「敢えて関連付ける」ことにあると考えたとき、数学教育においてそれを如何に解釈するかが問題となる。

例えば、 $3 + 2 = 5$  という式の意味がわからないときに具体的な場面を考える、という例で考えてみよう。 $3 + 2 = 5$  の式に対して、みかん 3 個とみかん 2 個を合わせる場面をもってきて理解しようとする行為も、 $3 + 2 = 5$  の式をターゲット、みかんの場面をベースと捉えれば、「異質なモノ・コト同士」を「関連付ける」メタファーであると解釈できる。また、同じ  $3 + 2 = 5$  であっても、みかん 3 個とみかん 2 個を合わせる場面と、りんご 3 個とりんご 2 個を合わせる場面とでは、問題としている状況が異なる以上「異質なモノ・コト同士」である。さらには、既に机の上にみかん 3 個とみかん 2 個が別々に置かれていて、それらの和を求めるという「合併」の場面と、みかん 3 個もっている状態で、後からみかん 2 個をもらってきて和を求めるという「増加」の場面とでは、これも場面が異なるために「異質なモノ・コト同士」である。このように、具体と抽象を互いに関連付けながら学ぶ過程は、実は何らかの意味において「異質なモノ・コト同士」を「関連付ける」行為の連続なのである。

したがって、数学教育においてメタファーの発想を持ち込もうとする際には、具体化や例示といった行為・働きとの間でどのような線引きを行うかが問題となる。なお、

「具体化」及び「例示」について、本来は、何のために行うか、誰が行うか、などの観点から、両者を区別しながら論じていくことも想定される。ただ本研究において、メタファーとの対比という見方に立って言及していく上では、後述するように、数・量・図形とその関係に関わる事象との関連付けとして、統合的に言及した方が簡潔であると判断した。そこでこれ以降、「具体化・例示」と表記することとする。

## b) メタファーと具体化・例示との相対的な関係に関する考察

瀬戸（1995）が指摘するように、メタファーとはある種の見立てであり、その見立てを何故意識的に行うのかといえ、ターゲット  $\alpha$  が  $\alpha$  のままでは抽象的であるが故に、

その人にとって馴染みのある具体的なベース  $\beta$  をもってきて、 $\beta$  を通して  $\alpha$  を理解したいという欲求があるために行われる行為、というのが基本的な構図である。そして、この基本的な構図に帰着させたとき、具体化・例示といった行為は、メタファーともかなり似通った行為であることがわかる。したがって、「メタファーを活用する際の象徴的な特徴は『異質なモノ・コト同士』を『敢えて関連付ける』点にある」、と強調したところで、それだけでは、メタファーなりの特徴を生かした学習指導への示唆を十分に得ることのできる指針には至っていないことがわかる。

またこの点は、言語表現に頼っても、十分な払拭はできないことがわかる。我々が言語表現を扱う際には、「たとえて考える」と表現すれば、「メタファー」の意図で表現していることは伝わる。ただ、結果として「具体化・例示」にあたる例が返ってきたとしても、おそらく何ら違和感はもたないはずである。反対に、「たとえば」という表現は「例示」の意図が伝わってくる表現であるが、結果として「メタファー」の雰囲気をもつ表現が返ってくるかもしれない。このように、我々は日常普段、メタファーと具体化・例示を特段区別なく用いている面もあるだろう。それでは、メタファーと具体化や例示との間にどのような区別を設けて捉えていけばよいのであろうか。

本研究では、メタファーならではの可能性を探っている立場や、子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動の具現化を目指すこととの関連から、ある程度巨視的に捉えていくこととする。「たとえられるモノとたとえるモノが、異なる範疇に属している」という点に関し、数・量・図形とその関係に関わる事象の中からベースを探す場合と、数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点からベースを探す場合とに大別し、次に示すような考えのもと、前者を前提として考える場合（図 1-4-4 における A が対象）と、後者を前提として考える場合（図 1-4-4 における B が対象：「ドーナツ型」の部分）とで区別することとした。

数・量・図形とその関係に関わる事象の中からベースを探す場合とは、ターゲットとベースとの間で関連付けられる要素が、共に数・量・図形とその関係にある要素である、という条件が求められるという見方ができる。一方で、数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点からベースを探す場合とは、ターゲット内における数・量・図形とその関係に関わる要素を特徴づけるために、数・量・図形とその関係に関わらない事象にも視野を広げて考えているため、共に数・量・図形とその関係にある要素という条件に比べると、条件的に緩いという見方ができる。

以上の考えを受けて、本研究では、たとえて考えるという思考のもとで、図 1-4-4 における全体をメタファーと捉えておき、ターゲットとベースの間で関連付けられる要素が共に数・量・図形とその関係にある要素である場合という条件を設けて、内側に具体化・例示を位置付けた。そして、本研究においては、主に図 1-4-4 における B を対象とした場合に焦点を当てて、メタファーなりの特徴を見出していくことを意図している。

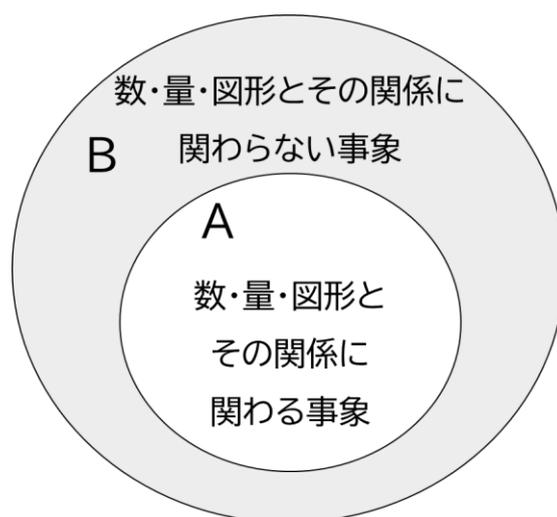


図 1-4-4 ターゲットを喩えるためのベースをどこからもってくるか

当然のことながら、算数・数学科は、数・量・図形とその関係に関わる事象に焦点を当てて学んでいく教科という特徴がある。それ故に、具体化・例示といった際には、通常我々は、数・量・図形とその関係に関わる事象の枠を設定した中で、目的に合うような具体を探している。例えば、円という概念の外延を明確にするために、大きな円形をしたものや、円周だけのもの（輪）も円であることを認めさせたり、卵の形やボールや一箇所が空いているリングなどは円ではないことを認めさせたりしながら、円に入るものと、似ているが円とはいえないものを明らかにしていくように、具体例を多く集めたりする（片桐，2004）。また、「2 数の加法では、2 数を入れ換えても和は変わらない」という文の意味が明らかでないときには、この 2 数を具体的に、例えば 3 と 5 にしてみると、と考へ「3 と 5 のたし算では、この 3 と 5 を入れ換えても答えは変わらない」ことの意味が納得できるようにしたりする（片桐，2004）。このように、数・量・図形とその関係に関わる事象の中で考える場合においては、ターゲットとベースは、抽象と具体の関係にあり、両者において数・量・図形とその関係は同型となる。

一方、ターゲットを喩えるためのベースを数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点から考えてもってこようとすると、ターゲットとベースとは、さらに緩やかな関係になる。図 1-4-4 における B (数・量・図形とその関係に関わらない事象) に着目して、B の中からベースをもってこようとす行為とは、敢えて、点对応を志向していることにあたる。敢えて点对応を志向することは、数学的な構造が保持されていないという危険性があるが、緩やかであるがゆえに、子どもにとっては馴染みのある、核心をついた部分だけに光を当てて理解を促すことができるという長所がある。ここに、必ずしも数・量・図形とその関係に縛られずに関係を考えるというメタファーのよさに光が当てられる。数・量・図形とその関係に関わる事象の中で考える場合に対応する具体化・例示だけでは理解しきれない子にとっても、有効なアプローチとなり得ることが期待できるのである。

また、点对応から面对応への展開を考慮に入れれば、点がきっかけとして機能するという役割に着目することも重要である。点对応によってイメージを得てそこで終わりの場合もあれば、点对応から洞察を得ることで面へと展開していく場合もあるわけである。例えば、池村・小泉 (2023) で用いられている「証明はラブレターである」の例を通して考えてみる。池村・小泉 (2023) は、中学校第 2 学年の生徒に証明の意義を実感させるためのアプローチとして、「証明はラブレターである」といったメタファーを教師が活用し、その後生徒にもメタファーを考えてもらいながら深めていくことを意図した授業を行ったことを報告している。「ラブレター」というベースをもってくる際には、

「相手によりよく伝わるようにかく」という要素のみを強調するために、数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点からベースを探っている。「証明はラブレターである」というメタファーがきっかけとなり、「明確・正確に伝える必要がある」といった観点から「証明はニュースである」、「結論を複数の根拠で支える」といった観点から「証明は家である」といった考えが出されている。これらの思考において、ベースとしてもってきた「ニュース」や「家」を考える際には、子どもにとっての教科観を一旦取っ払って、数学的な構造に縛られず、より広い世界で部分的に似ているものを探している。この事例では、異なる要素に言及したメタファーも出始め、それらが対比されているという意味で、点をきっかけとした面への展開の可能性を見て取ることができる。

点をきっかけとした面への展開、という見方で捉えていく上では、Billow による類似的メタファーと比例関係的メタファーの区別も示唆的である。何に類似性を見出してい

るかといったとき、類比的メタファーのように、表層的な姿かたちで「似ている」と言っている限りは、なかなか点から面への展開は望みにくい。一方で、ベースとターゲットとの間に何らかの比例関係を見出しているような場合には、比例的推論が働くことで、ベースとターゲットの関係をどのように考えるか、どの要素は移してよく、どの要素は移してはいけないかが議論の対象となることが期待される。つまり、点をきっかけとした面への展開を望むことができるからである。

### c) メタファーと具体化・例示との区別に関する本研究の立場

以上のように、数学教育においてメタファーの発想を持ち込もうとする際には、具体化・例示といった行為・働きとの間でどのような線引きを行うかが問題となる。本研究では、ベースを、数・量・図形とその関係に関わる事象の中で考える場合と、数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点から考える場合があることに着目する。

前者においては、ターゲットとベースは抽象と具体の関係にあり、両者において数・量・図形とその関係は同型となる（図 1-4-5）。一方、後者においては、ターゲットとベースはさらに緩やかな関係になる。数学的な構造が保持されていないという危険性があるが、緩やかであるがゆえに、子どもにとっては馴染みのある、核心をついた部分だけに光を当てて理解を促すことができるという長所がある（図 1-4-6）。ここに、必ずしも数・量・図形とその関係に縛られずに関係を考えるというメタファーのよさに光が当てられる。前者に対応する具体化・例示だけでは理解しきれない子にとっても、有効なアプローチとなり得ることが期待できる。

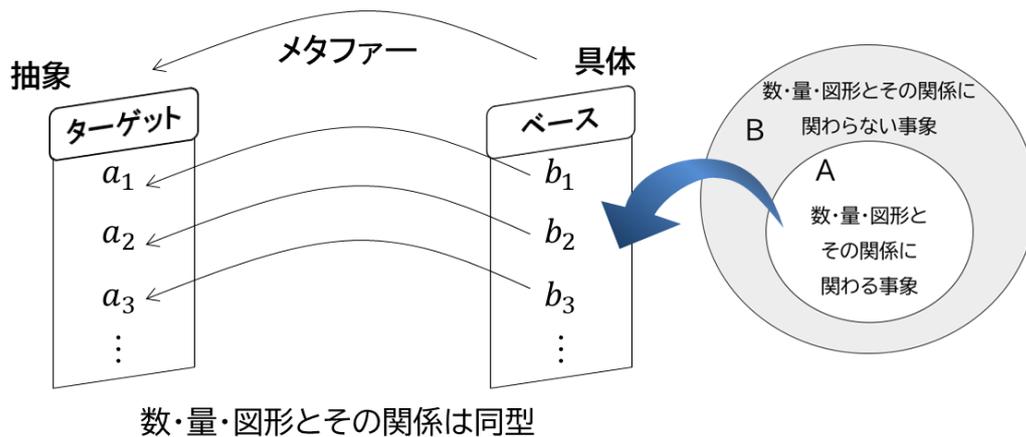


図 1-4-5 数・量・図形とその関係に関わる事象の中から  
ベースをもってくる場合（具体化・例示に対応）のイメージ

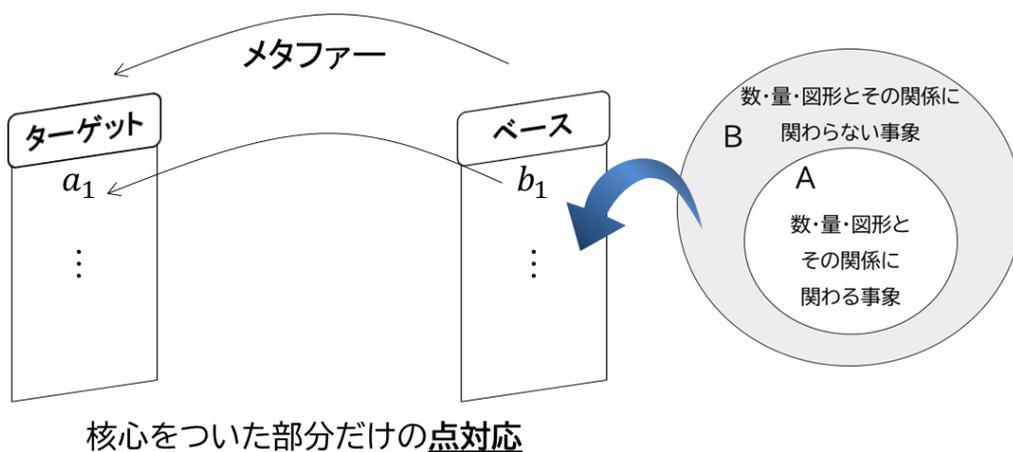


図 1-4-6 数・量・図形とその関係に関わらない事象の中から  
ベースをもってくる場合のイメージ

以上の理由から、本研究では、ベースを、数・量・図形とその関係に関わる事象の中で考える場合に加えて、数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点から考える場合も含めていこうとする立場をとっていく。

ただし、数・量・図形に関わる事象と関わらない事象の間の線引きはあくまでも動的で相対的なものである。言い換えれば、両者の間の境界は、科学の進展に伴って変化するものであり、かつ、個人によっても境界は異なる。授業の文脈においても同様に、発達段階や、また、個人の状態によっても異なってくるものである。

例えば、黒板というもののもつ何らかの属性に目を向けて、量を測定しようとする場面を想定しよう（図 1-4-7）。黒板というものからは、例えば、長さ、広さ、重さといった属性を取り出すことができ、その測定が可能であることが、算数科では学習対象となる。一方で、算数科においては、色などは量と測定の学習には組み込まれておらず、数・量・図形に関わらない対象として捉えられるのが一般的である。しかしながら、色についても、専門家の視点からは、色の三原色とそれらの関係に基づく数量化の対象として捉えられる。数量化の対象として見えてくることで、例えば、黒板をオーダーメイドで作ることができるような状況を想定したときに、「もう少し濃い色の方がよいのだけれど」といった際に、どのくらいかを数値化して表現することができ、数量化が有効に働いてくる。このように、数量化可能であるか否かについては、個人における見方や問題意識に依存することを考慮に入れておく必要がある。



図 1-4-7 黒板のもつ数量化され得る属性の例

また同時に、意識としては数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点から考えていたつもりでも、生み出した例には結果的に数量関係が含まれていたり、反対に、当初は数・量・図形としての意識はなかったものの、考察を進めるうちに数量化がなされたり、といったことは当然起こり得る。ただ、メタファー思考を行うといった際に、結果で捉えるのではなく、ターゲットよりも馴染みのあるベースの中にターゲットの本質に関わる要素を見出し、両者を領域横断的に関連付けることによって、具体的で納得のいく理解を志向するものとして解釈していこうというのが、本研究の基本姿勢である。

### 3. 本研究の立場

第 4 節における以上の議論を踏まえて、本研究の立場についてまとめる。

まず、数学教育における先行研究においては、子どもの行うメタファー思考に焦点を当てた場合に、子どもなりの見方を理解するといった、教師あるいは研究者にとっての目的に主な関心が寄せられてきた傾向にある。また、メタファー思考は基本的にある個人が行った特徴的な思考としてのみ取り扱われる傾向があり、そのメタファー思考が算数・数学の授業、とりわけ集団思考の中でどのように生かされるか、といった点は検討されてきていない。数学教育においてメタファー思考をいかに解釈・議論していけばよいかについては次章で詳しく取り上げるが、メタファー思考は、数学的な知識・概念の獲得のために有効であるのみならず、その思考過程が「物事の本質を抽出し、それを端的に表現する」といった汎用性のある資質・能力の一つ（日本学術会議数理科学委員会数理科学分野の参照基準検討分科会，2013）として解釈できる。また、メタファーを活用する行為を解釈すると、その根底には異なる二つの世界を対比的に捉え互いに影響を与え合うという特徴が含まれることから、学校教育全体で育成すべき対象として捉えることができる。メタファー思考自体を積極的に育成すべき対象として捉えたときに、今日の数学教育で育成が目指されている資質・能力との間にどういった関係があるのか、それらをどのように関連づけて解釈し展開していくかなど、より積極的な意味でメタファー思考の育成に焦点を当てた研究の可能性についても模索していくことが期待される。

特徴を生かした算数・数学科におけるメタファー思考の活用、及び、メタファー思考自体の育成といったとき、メタファーをどのように解釈し展開していくかが問題となる。本研究では、とりわけ議論の必要な対象としてアナロジーとの比較、具体化・例示との比較を取り上げて検討を行った。

まず、メタファーとアナロジーとの区別については、メタファーという発想で数学教育を考えるからこそ引き出し得る可能性に着目する立場から、両者を区別して論じていく立場をとることに言及した。スファードによる考えに依拠して、目的の視点で相対的に線を引くこととし、推論に役立てようとする目的で類似した何かを調査する行為をアナロジー、概念化に役立てようとする目的で、馴染みのある事柄と関連付け、馴染みのある事柄を通して理解を深めようとする行為をメタファーであると捉えることとした。

次に、メタファーと具体化・例示との区別については、ベースを、数・量・図形とその関係に関わる事象の中で考える場合と、数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点から考える場合があることに着目して、たとえて考えるという思考のもとで、全体をメタファーと捉えておき、ターゲットとベースの間で関連付けられる要素が共に

数・量・図形とその関係にある要素である場合という条件を設けて、内側に具体化・例示を位置付けるという見方をすることとした。具体化・例示においては、ターゲットとベースは抽象と具体の関係にあり、両者において数・量・図形とその関係は同型になる。一方、具体化・例示よりも緩い条件としてのメタファーにおいては、数学的な構造が保持されていないという危険性があるが、緩やかであるがゆえに、子どもにとっては馴染みのある、核心をついた部分だけに光を当てて理解を促すことができるという長所がある。この、必ずしも数・量・図形とその関係に縛られずに関係を考えるというメタファーのよさに着目し、可能性を見出していこうとするのが本研究の立場である。

## 第5節 数学的知識の成長とメタファー

本節では、数学的知識の成長とメタファーとの関わりについて、次に示す段階をもって言及する。まずは、そもそも知識の成長とはどのように捉えればよいのかについて、科学哲学におけるポパーとクーンの論争を取り上げながら述べる。次に、メタファーによる知識の成長とはどのように捉えればよいのかについて、まずは数学によらず広く一般的な現象を念頭に述べる。それらを踏まえて、メタファーによる数学的知識の成長をどのように捉えればよいのかについて、レイコフ・ヌーニェスによる「数学的概念の分析学」を取り上げながら考察する。

### 1. 知識の成長をどのように捉えるか

知識が成長するとは何を指すのか。この問いについて考えるためには、そもそも、知識の成長とは直線的ではなく、また、構成される知識は常に暫定的であることを考慮に入れておく必要がある。このことについて、科学哲学におけるポパーとクーンの考えに焦点を当てながら言及する。

ポパー（1974）は、科学的探究における事態の基本的な進化系列として、次のような図式を示している。

$$P_1 \rightarrow TS \rightarrow EE \rightarrow P_2$$

Pは問題（Problem）を、TSは暫定的解決（Tentative Solution）を、EEは誤り排除（Error Elimination）を意味している。ある問題が生じたとき、それに対する解決とは常に暫定的なものであり、解決とは誤りが排除される過程を経てなされることが強調されている。そして、問題解決過程を経て、新たにさらなる問題がみえてくることも表現されている。

そしてポパー（1974）は、上記の考えをもとに、暫定的解決の多様性と思考の多様性を考慮に入れて、図 1-5-1 の図式へと修正を加えている。

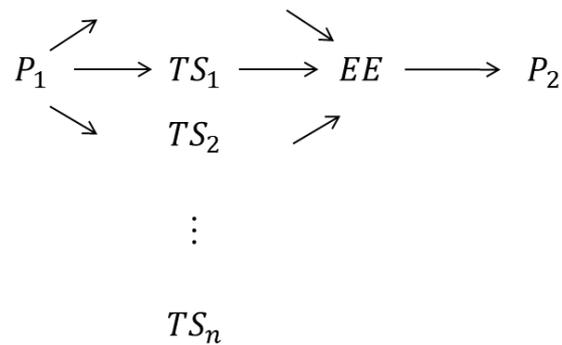


図 1-5-1 ポパーの基本的な図式

池田（2017）は、ポパーの図式における、「暫定的解決において多様性があるが、誤り排除の方法には一つしかない」という特徴が、児童生徒が算数・数学を学習していく中で構築する数学的知識の性格を規定する上で参考になるとして、以下のように述べている。

児童・生徒が構築する数学的知識は常に暫定的なもので、「今のところ問題がなさそうだから、受け入れている」といった性格のものだからである。ここには、先生から授かった知識や自分たちで構築した知識は永久不変のものではなく、問題状況や問題意識が変わると、その知識も変化していくものであるという考えが背景にあるわけである。

（中略）

正しいとされている知識を暫定的なもの、特殊なものとして検討・修正していく行為は、児童・生徒が学校を卒業して社会人になったとき、当たり前を当たり前としてそのまま見過ごすのではなく、常に改善の余地はないかを考え、よりよいものへと修正・発展させていく姿勢につながるものである。

（池田，2017，p.112，下線は筆者による）

この考えは、広く算数・数学の学習指導全体を捉える上でも示唆的であるとともに、メタファーを学習指導に活用しようとする立場からも重要な考えである。メタファーは、部分的な類似性に着目して知識を結び付けていくことに特徴がある。それ故に、知識と知識とを次々につなげていける反面、それが誤った理解を導く危険性があるという懸念についても、しばしば議論の的となる。しかしながら、ポパーや池田の考えを参考に、

知識の成長を捉える上では、いかなる知識も問題状況や問題意識が変われば常に変化し得るものであり、どこまで行っても暫定的なものである、という見方で知識を捉えたとき、「誤解」や「危険性」とは、次に考えるべき「問い」や「可能性」とも捉えていけることを示唆してくれる。メタファーによって発見されたつながりを早々につぶしてしまうのではなく、あくまでも絶えざる成長における暫定的解決の一部として捉えていくことが肝要である。

一方で、上記のポパーの考えに対して、クーンは批判を展開した。ポパーの考える知識の成長とは、科学者による探究の全てを映し出したものになっておらず、コペルニクスやアインシュタインに代表されるような、パラダイムシフトを伴う革命的業績にのみ着目して記述しているのではないかと反論したのである。以下に、クーンによる主張の一部を、著書『科学革命の構造』（クーン、1971）より抜粋する。

危機にあるパラダイムから新しいものへ移る移り行きは、新しい通常科学の伝統をもたらすものであるが、それは古いパラダイムの整備と拡張で得られる累積的な過程とは、はるかにへだたっている。

(中略)

ある敏感な歴史家は、パラダイムの変更によって科学の方向を変えた古典的な例を見て、それを「ステッキの他の端に持ち代える」と表現した。これは「前と同じデータの束をつかまえて、それを違った枠組のなかに入れ新しい関係の中に置く」というやり方である。科学の進歩のこの位相は、視覚ゲシュタルトの変化に似ているという点を強調した人もいる。初め鳥に見えた紙上の点が見えたり、今やかもしかに見えたり、またその逆にうつる、というのである。しかし、そのアナロジーは適切ではない。科学者は、ある物を何か他の物のように見るのではない。彼らはむしろそれを直視する。すでにプリーストリーが、酸素を燃素を取り去る空気と考えたときに生じた問題を調べてきた。さらにその上に、科学者にはゲシュタルトの見方をあれこれ変えて見る自由はない。しかし、ともあれゲシュタルトの切り替えは、今日ではおなじみのものになっているから、全面的なパラダイムの変更の際に起こることの基本的な原形と考えることは役に立つ。

(クーン、1971、pp.96-97、下線は筆者による)

『科学革命の構造』の日本語訳を行った中山（1971）は、「訳者あとがき」の中で、クーンの想いを解釈・指摘している。クーンは、ポパー派の反証主義の考えに対し、それはダイナミックな科学の発展の内部に身を置いた見方ではなく、とかく科学を出来上がった建造物として外から眺めて批判する見方に終始していることに不満があったとし、次のように述べている。

現実の研究はそんなに型通りにはこぶものではない、科学者は科学哲学の法則に照らして「科学」しているのではない、というのが現場の科学者の実感であろう。また科学史家の立場から見ても、これらの科学哲学は自らの所説を補強するために歴史から都合のよいデータだけを非歴史的に取り出して歴史を歪めている、歴史はそのように動くものではない、という不満があった。

クーンはその不満から出発した。彼は元来物理学で学位を取った「現場の研究者」あがりである。その現場の研究に密着した感覚と、科学史の上に拡大した広い視野とを持ち、科学史家としての資料を駆使して、科学研究を動的に捉えるのが、彼の仕事の狙いである。

（中山，1971，pp.270-271）

クーンは、「全面的なパラダイムの変更の際に起こることの基本的な原形と考えることは役に立つ」として、一方では、受容されている理論を革命的に転覆し、よりよい理論へと取り替える知識の成長についても認めつつ、科学者による日進月歩の営みも大切にする立場から、受容されている理論を前提に、その理論を部分的に修正していくといった累積的な知識の成長がもう一方で考えられることを主張したのである。

池田（2017）は、こうしたポパーとクーンによる論争は、算数・数学学習における数学的知識の成長を解釈する上でも示唆が得られるとして、次のように述べている。

この2人の論争により、算数・数学学習では、革命的な知識の成長が節目となって要所要所に位置付けられ、その節目と節目の間では、累積的な知識の成長がなされていると解釈することができる。数学的知識は、直線的に一定の割合で成長していくものではないこと、また、数学教育において、革命的な数学的知識の成長に焦点を当てていく必要性を示唆してくれる。革命的な知識の成長

は、児童・生徒にとっては大きなギャップになるが、このギャップは算数・数学の本質を理解する上でなくてはならないものといえる。

(池田, 2017, p.113, 下線は筆者による)

このように、算数・数学学習における知識の成長を「革命的な知識の成長が節目となつて要所要所に位置付けられ、その節目と節目の間では、累積的な知識の成長がなされている」と捉えられている。以下では、このように考えたときに、両者ともにメタファーが関わっていることに言及する。まずは、数学によらず一般にメタファーによる知識の成長をどのように捉えればよいのかに言及した上で、メタファーによる数学的知識の成長について考察を行っていく。

## 2. メタファーによる知識の成長をどのように捉えるか

楠見 (2011) は、人の認知は、類似性を迅速に、柔軟に発見するメカニズムがあることに言及し、「直喩や隠喩を支える思考は、二つの異なる対象を比較しながら、既知の対象を別の既知の対象との類似性を発見したり、未知の対象を既知の対象に基づいて理解・伝達したりする知識獲得を支える働きをもつ」(楠見, 2011, p.552) と述べている。そして、「メタファー的思考は、類似性を利用して、知識を拡張したり、変容させたりする思考であり、理論構築や、発明や発見を支える思考である」(楠見, 2011, p.557) と指摘している。ただ、それとともに、発見を導く推論としては有用である一方で過剰な一般化や実体化の危険性があるため、学校教育においては、メタファー的思考を上手に使うための批判的思考も育成していくが重要であるとも指摘している。

以下では、革命的な知識の成長として解釈できる場合、累積的な知識の成長として解釈できる場合とに大別しながら、その両者ともに、知識の成長とメタファーとの関係が指摘されてきていることに言及する。

### (1) 革命的な知識の成長として解釈できる場合

有川他 (2000) は、新しい知識の発見が学問の成長や発展の原動力となること、科学的発見においてはメタファーの機能が重要であることについて、次のように言及している。

学問は成長する。これまでの科学の歴史を振り返るまでもなく、一旦新しい学問分野が形成されると、その分野は次第に発展し、やがてはその成長も鈍り成熟した学問領域として定着することが繰り返されてきた。あたかも、その学問に特有の知的枠組みが形成され、個々の研究成果はその枠組みをさらに豊かなものとし、次の発展を加速するという現象が、自動的必然的に起こるという印象すらある。いうまでもなく、新しい知識の発見がこうした成長や発展の原動力である。

(中略)

発見 (discover, Entdeckung, decouverte) という言葉は、いずれも「覆いを取り除く」という意味の言葉に語源を有している。つまり、何かに覆われて見えなかったものが、あるきっかけで覆いがはずされて明示的に見えるようになるという事態である。

(中略)

科学的発見の場面においてもこのような視点の転換が重要な契機となることは、相対論や量子論の形成過程を振り返るまでもなく、科学史上の数多くの発見が具体的事例を与えている。それらはいずれも、既成の秩序や構造の中に、視点の転換を通じて新たな秩序や構造を見出すことに基づいている。問題は、その転換のメカニズムを解明することである。この研究では、まず、科学理論に見られる概念や用語のメタファーによる転用こそは、科学革命期における新理論の発見の顕著なメルクマールであることを指摘した。

(有川他, 2000, pp.595-598)

瀬戸 (1995) は、後に革命と呼ばれるようなパラダイムの転換は、メタファーの立場からみれば、メタファー体系の総転換として解釈されると指摘している。メタファーが理論の中心にあり、その精密化が科学的探究の対象となっているという見方について、認知心理学における例を取り上げながら以下のように述べている。

たとえば、進展がめざましい認知心理学について考えてみよう。認知心理学は、コンピューター・サイエンス、情報理論などの分野から大いに用語を借入している。つまり、人間の思考プロセスを探るのに、これらの分野の用語をメ

タファーとして取り入れている。考えてみれば奇妙なことであるが、コンピューター（人工知能）は、人間の知能（の一部）に似せた機能を担うものとして開発されたのであるが（つまり、人間の脳は、コンピューターのメタファー）、いまは、逆に、人間の脳をコンピューターの仕組みになぞらえて理解しようとしている（つまり、コンピューターが人間の脳のメタファー）。

具体的には、脳を一種の「コンピューター」（computer）と見立てる。私たちの思考は「情報処理」（information processing）をおこない、ある種の運動および認知プロセスは「あらかじめプログラムされている」（preprogrammed）。私たちの脳は「演算」（computation）をおこない、記憶は「蓄えられている」（stored）。また、「記憶容量」（memory storage capacity）、「情報検索手続き」（information retrieval procedure）が問題となる。私たちの意識は、「フィードバック」（feedback）になぞらえられる。

しかし、これらの用語の意味がすべて正確に定義されているかと問えば、そうではない。むしろ、右に述べたように、その意味を確定しようとすることが研究の目的（のひとつ）となっている。まず、AI（人工知能）のメタファーがあり、このメタファーが認知心理学の特定の分野の理論を構成する。メタファーが理論の中心にあり、その精密化が科学的探究の日常となるのである。

（瀬戸，1995，pp.196-197，下線は筆者による）

「何かに覆われて見えなかったものが、あるきっかけで覆いがはずされて明示的に見えるようになる」といったイメージで発見を捉えること、及び、何を契機としてその覆いが取り除かれるのかに着目していくことは、算数・数学学習における数学的知識の成長過程を解釈する上でも示唆的である。数学は拡張を繰り返しながら発展し、その拡張の過程を算数・数学の授業でどのように取り扱うかは重要な論点になる（中島，2015）。例えば、それまでは正の整数のみを「整数」として捉えていたものを、負の整数の存在にも気が付き負の整数も含めて「整数」として捉え直す場合や、かけ算の意味を同数累加からより広い場合にも適用できるように拡張していく場合など、革命的な知識の成長として解釈できる場合が要所要所に位置付けられる。その過程は「児童・生徒にとっては大きなギャップになるが、このギャップは算数・数学の本質を理解する上でなくてはならないもの」（池田，2017，p.113）であり、どのように意味付ければ「覆いがはず

される前」の場合も含めて統合できるのかは、児童生徒にとって重要な学習場面となる。また、瀬戸（1995）が人間とコンピューターの例を用いて指摘している点も、算数・数学学習におけるメタファー研究を今後推進していく上での重要な論点を示唆してくれている。問題意識の推移とともに、メタファーにおけるベースとターゲットの関係が入れ替わることが起こるとするのは、ブラックの「相互作用説」が例証されており、数学的知識の成長が起こる原動力になり得るとする視点から、今後考察を深めていける可能性がある。また、馴染みのある事柄の仕組みになぞらえて「～のようなもの」と暫定的に捉えておき、「その意味を確定しようとするのが研究の目的（のひとつ）」となるという点も、メタファーを算数・数学学習に如何に生かしていけるかを検討する上で示唆的である。もってきた用語の意味の曖昧さに気が付くことを契機として、さらなる知識の成長へとつながり得ることがわかる。この点も、数学教育にどのように活用できるのかを今後検討していく余地がある。

## （2）累積的な知識の成長として解釈できる場合

次に、累積的な知識の成長として解釈できる場合として、知識がじわじわと、ただ着実に変化していくような例に着目する。例えば、次の文の意味を取り上げてみよう。

I see what you mean.

直訳すれば、「私はあなた（の述べた内容）が何を意味しているかをみることができます」である。ただ、自然に意味をとるならば、「おっしゃっていることがわかります」といったところであろう。Dancygier & Sweetser（2021）は、ここでの”see”は、「知ることは見ることである」（KNOWING IS SEEING）というメタファーによって、字義通りに＜視覚＞を表す用法と、＜認知＞領域を表す「わかる」といった用法とが共存していることを指摘している。また、「知ることは見ることである」というメタファーはきわめて生産的なメタファーであり、世界中で、「見る」を意味する語が「知る」や「分かる」を意味するように変化していることにも言及している。

このように、我々が常日頃必ずしも意識しないレベルにおいても、メタファーの機能が発揮されることによって、知識の適用範囲に影響を与え続けている場合がある。ここに、何らかの意味のつながりを自由闊達に見出してどんどんと取り込んでいくというメ

タフアーの性格が表れており、その変化は日常的に、絶え間なく生じている。それ故に、メタファー研究においては、ある表現が「字義的」なのか、「比喩的」なのか、という極めてシンプルな問いに対して、両者の境界が非常に曖昧であり、なかなか明快な答えを持つことが難しいという難題を抱えることにもなる。

Dancygier & Sweetser (2021) は、字義的／比喩的を区別する上で、「慣習的」で「日常的」な字義通りの表現であるのか、新奇な用いられ方をした表現であるのか、という見方で考えてしまうと、意味の歴史的変化という視点が関係してきて難しくなるため、「慣習的」かどうか、「日常的」かどうか、という見方でみること自体に疑問を呈し、以下のように述べている。

おおまかな目安として、比喩的 (figurative) とは、ある用法が「字義的」(literal) と呼べるような他の用法に対してメタファーないしメトニミーの関係をもつことによって動機づけられることを意味すると言えるかもしれない。一方、「字義的」とは、「日常的、通常の用法」ではなく、「他の意味からの比喩的拡張に依拠しない意味」を意味する。

(Dancygier & Sweetser, 2021, pp.5-6, 下線は筆者による)

このように、ある意味を比喩的だとみなす際の基本的な考え方として、何らかの字義の意味が存在し、そこから何らかの比喩的關係によって拡張すると考える必要があることに言及している。メタファーによる累積的な知識の成長については、時々刻々とした変化は見えにくい。ここでの字義の意味というのも、あくまでも暫定的なものである。意味の歴史的変化に留意しつつ、あくまでも相対的な区別によって線を引いていくことが肝要である。

### 3. メタファーによる数学的知識の成長をどのように捉えるか

#### (1) 数学的概念における2種類のメタファーとその役割

レイコフ・ヌーニェスは、概念メタファーは、基本算術から数の高度な応用にいたる拡張において中心的な役割を果たす認知メカニズムであり、詳細なメタファー分析を通して明らかにしない限り、積み重なる層の中に埋もれてわからなくなってしまう系統的

な構造があることを指摘している。そして、「より高度な数学における『抽象化』の多くは、幾世紀にもわたってメタファーにメタファーを系統的に積み重ねてきた結果である」（レイコフ・ヌーニェス，2011，p.61）ことを主張している。

以下では、数学における重要な概念の多くはメタファーによる概念ブレンド（メタファー・ブレンド）であるというレイコフ・ヌーニェスの主張の中から、数の概念とその演算、「数は直線上の点である」のメタファーを取り上げ、メタファーによる数学的知識の成長とその特徴についての考察を行っていく。

レイコフ・ヌーニェスが数学的概念の理解を考察対象とする中で、基礎付けメタファー（grounding metaphor）と関連付けメタファー（linking metaphor）という二つのメタファーの区別を設けている。これらの意味の区別はベース領域の違いから生じており、次のように説明されている。まず、生得的な算術の能力や経験から生ずる「自然な」メタファーの考えを設定し、これを第1の概念メタファーとして、基礎付けメタファーと呼んでいる。基礎付けメタファーとは、例えば、「ものを山積みする」というような日常の経験を、加法のような抽象概念へと投影することを可能にしているメタファーを指している。第2のメタファーとして、例えば、四則演算を数学の他の分野に関連付け、

「数を直線上の点として捉える」、「幾何学を四則演算に関連付ける」といったように、ある数学を他の手段を通して概念化することを可能にしているメタファーを関連付けメタファーと呼んでいる。

第1のメタファーと第2のメタファーの区別については、次のように説明されている。まず、基礎付けメタファーについては、例えば「集まりにものを加えること」としての加法、「容器としての集合」といったように直接的に基礎付けられた形で基本的な概念を生み出し、通常ほとんど説明を要しない。それに対し、関連付けメタファーは、「直線上の点としての数」、「代数方程式としての幾何学的図形」、「代数的演算としてのクラスの上の演算」など、より高度な概念を生み出すものであり、かなり明確な説明が必要であるとしている。

また、レイコフ・ヌーニェス（2011）では、考察の対象から外すタイプのメタファーとして、無縁メタファー（extraneous metaphor）があることにも言及している。無縁メタファーのわかりやすい例として「階段関数」が挙げられており、「階段関数は階段のような図で示すことができ、この階段のイメージは概念を視覚化するには役立つが、数学に固有の内容とも数学の基礎付けとも全く関係がない。無縁メタファーがなくても

数学の概念構造において実質的な変更は全く起こらないが、基礎付けメタファーや関連付けメタファーがなければ、数学の概念的 content のうち多くが消えてしまうだろう」（レイコフ・ヌーニェス，2011，p.69）として、数学の基礎付けとも数学それ自体の構造とも全く関係のないメタファーであるとして、基礎付けメタファーや関連付けメタファーにのみ焦点を当てることに言及している。

この点に関し、算数・数学学習に焦点を当てたとき、少なくとも2通りの考えがあると言えるだろう。一つは、レイコフ・ヌーニェスと同様に、無縁メタファーは考察の対象から除いて考えようとする立場である。もう一つは、授業という文脈において、無縁メタファーにも可能性を見出し、活用し得る方向性を探っていこうとする立場である。レイコフ・ヌーニェスの無縁メタファーの考えは、先述した Billow (1975) による類似的メタファーの考えに近いように思われ、基本的には見た目の類似性に目を向けたものと言える。「階段関数」のように、例えばやじり形のことを「ブーメラン」と表現したり、主に小学校段階で扱われる長方形が合わさった複合図形のことを「靴下」と表現したりするなどは、しばしば授業で見かける光景である。確かに、数学自体の発展には「無縁」であったとしても、児童生徒が「自然に」行っている思考であるだけに、数学教育的な観点から何らかの活用方法が探っていけないかどうか、今後さらなる検討の余地があるだろう。

## （2）メタファーによる数学的知識の成長の例

以下では、レイコフ・ヌーニェスの考察に基づいて、正の整数とその加減乗除、並びに、その後の数の拡張における意味の変化にメタファーがどのように関わっているかについて考察していく。

例えば、「5個のりんごに4個のりんごを加えると、全部で何個になりますか。」

「5個のりんごから2個のりんごを取ると、残りは何個になりますか。」といった問題場面を取り上げたとして。レイコフ・ヌーニェスによれば、《四則演算はものの集まりである》というメタファーが、加法と減法の算術演算に対して使われていると説明されており、以下のような指摘がなされている。

このメタファー（注：《四則演算はものの集まりである》）から、足し算によってより**大きなもの**（より多いという状態）が、また、引き算によってより**小さなもの**（より少ないという状態）が生じることがわかる。

（中略）

このメタファーは無意識の心の奥底に深く染み入っているため、よく考えてかからないと、数は実際の「もの」ではなく、数が表すとおりの大きさをもっているわけでもないことに気付かない。

（レイコフ・ヌーニェス， p.73， 注は筆者が加筆）

《四則演算はものの集まりである》メタファーによって、ものの集まりに着目して数の加法と減法を表すことができる。ただ、《四則演算はものの集まりである》メタファーに基づいて加法と減法が概念化される場面は限定的であり、暫定的なものである。レイコフ・ヌーニェスは、《四則演算はものの集まりである》メタファーを乗法や除法の場合、「零」の場合にどのように拡張し、解釈するか、という論点について、緻密な分析が行われている。

そして、《数は物理線分である》という別の発想から成る《物差し》メタファーに基づくことで、《四則演算は経路に沿った移動である》というメタファーが自然な形で導かれることに言及されている。また、《物差し》メタファーについても、建物を設計したり、地図の上に実際に境界線を引くために、古くからよく使用されている方法である、棒切れや紐を単位として使うような「自然な」発想から来るものとして言及されている。

ここで、《数は物理線分である》という発想の核心はメタファー・ブレンドにあり、線分（物理線分）と、その長さを指定する数とが重なり合うことで、《数は物理線分である》という発想が生まれていることが強調されている。そして、メタファー・ブレンドによって新たな考えが導かれると、当初の想定を超えた新しい帰結を生むこともある、という点が指摘されている。つまり、メタファー・ブレンドによって関係付けられてできた対象は当初の問題意識を超えた要素をもっており、その要素への着目が、次なる数学への芽になり得るといふ示唆を引き出してくれる。

物理線分と数との間に、物差しメタファーに限定されたブレンドを形成すると、そのブレンドの中で物理線分と数との間に一対一の対応ができる。これからの

重要な帰結は、ある一定の単位の長さが与えられると、すべての物理線分に対し、一つの数の存在が導かれることである。

(レイコフ・ヌーニェス, 2011, pp.90-91)

ものの集まりとして数を扱っていた際には、ものの個数の増減に関心がある。そのため、それが離散量であるかどうかや、数と数の間にさらに数が存在するかどうかについては、必ずしも問いにならないと言える。それが、《物差し》メタファーに基づき、数直線のような表現としてひとたび具象化されると、たちまち「数」と「数」の間に着目できる状況がつくられ、数と数の間について問うても「自然な」状態が徐々にできてくるわけである。例えば Gravemeijer (2004) では、「ビーズのひもを使った表現」の抽象化を経て数直線が導入されるアプローチに関する考察が行われており、抽象化の過程が児童の問いの変遷とともに流れている展開をみることができる (小泉, 2021)。

レイコフ・ヌーニェスは、歴史的な視点として、無理数の存在に着目し始めた過程について、メタファーの観点で以下の分析を加えている。

エウドクソス (Eudoxus, 紀元前 370 年頃) は、《数/物理線分》ブレンドを暗黙のうちに使用しながら、この三角形の斜辺に対応して一つの数  $C = \sqrt{2}$  がなければならないと主張した。この結論は、数それ自身を字義通りに解釈して使用することでは到達できなかったらう。有理数だけが存在すると考え、 $\sqrt{2}$  は有理数ではあり得ないことが証明されるならば、(最初に、ピタゴラス学派が導いたように)  $\sqrt{2}$  は存在しないこと、すなわち、 $2$  は平方根をもたないことも導かれる。しかし、《数/物理線分》ブレンドによって、すべての物理線分の長さに対応して、数が存在しなければならない場合、そして、その場合に限って、 $\sqrt{2}$  は数として存在しなければならない。

このように、無理数を生み出したのは、物差しメタファーと《数/物理線分》ブレンドである。

(レイコフ・ヌーニェス, p.91, 下線は筆者による)

そして、《四則演算は経路に沿った移動である》というメタファーに基づくことで負の数への拡張も自然に示されること、《数は現実世界の「もの」である》というメタフ

ァーについても、ある集合がある演算の下で「閉じている」かどうかを問う上では重要なメタファーになってくることが考察されている。

数学は抽象化を繰り返す学問である。このように、メタファーの視点から捉えれば、必要に応じてその都度メタファーを更新していく過程として解釈されることになる。

もちろん、《四則演算は経路に沿った移動である》メタファーについても、当面は万能なように見えるものの、数学的知識が成長し続ける中で、いつまでも通用するわけではない。あくまでも暫定的なものである。例えば、負の数による乗法を意味づけるためには、異なるメタファーが必要になるのであり、心的な回転という「自然な」認知操作に着目しながら、《 $180^\circ$ の回転は $-1$ 倍の乗法である》と解釈していくことになる。

この《 $180^\circ$ の回転は $-1$ 倍の乗法である》のメタファーは、少し先を見通せば、後の複素数平面の発想を引き出す基礎付けの役割にもなっている。《 $180^\circ$ の回転は $-1$ 倍の乗法である》の発想に十分に馴染んでおり、「自然な」と捉えているならば、《 $90^\circ$ 回転》メタファーは《 $-1$ 倍のかけ算は直線上の対称点への回転である》メタファーによって定められる構造を少し修正したものに過ぎないことが考察されている。

$180^\circ$ の回転は2回の $90^\circ$ の回転の結果であり、 $i \times i = -1$ であるので、 $i$ 倍のかけ算は $90^\circ$ の回転でなければならない、というのは理にかなっていると述べられている。

#### 4. メタファーによる数学的知識の成長を捉える基本的な枠組み

以上、メタファーによる数学的知識の成長をどのように捉えたらよいかを検討するために、レイコフ・ヌーニェスによる考察の例を通して言及してきた。メタファーによる数学的知識の成長を捉えるために、そもそも何をもって数学的知識の成長とするかについては、池田（2017）を参考とする。

池田（2017）は、数学的知識をシステムとして捉え、「要素」と「要素どうしを結ぶ関係」によって捉える見方を示している。そこでは、数学的知識が成長するとは、「要素」が増えていくことと、「要素どうしを結ぶ関係」が増えていくことによって規定されている。メタファーに着目する立場の場合も、「要素」と「要素どうしを結ぶ関係」によって捉える見方が参考になる。本研究では、池田（2017）による捉えを参考に、メタファーによる数学的知識の成長を目指す立場から、若干の修正を加えながら解釈して

いくこととする。以下では、「要素」が増えることと、「要素どうしを結ぶ関係」が増えることに分けて、どのように解釈するかに言及していく。

まず、メタファーによる数学的知識の成長を捉える上で、「要素」が増えることをいかに解釈するかが重要となる。メタファーにおいて、まずはターゲットありきであり、ベースを通した影響を受けながら、ターゲットにおける「要素」が増えることが重要となる。つまり、ターゲットにおける「要素」が増えるための契機としてベースが活用されるという図式がある。例えば「関数は自動販売機である」を与えられた場合であれば、関数というターゲットが自動販売機というベースと関係が結ばれ、両者の類似点を探ることで、「入力と出力の関係」という要素の特定に至る（図 1-5-2）。学習者側の知識の状態として、ターゲットのシステム内にその要素が無かった状態であれば、自動販売機というベースに影響を与えられる形で新たにこの「要素」が増やされるという結果がもたらされる。また、ターゲットのシステム内に既にこの「要素」があった状態であったとしても、ベースとの関係が結ばれる中で、改めて照らされることにも意味がある。

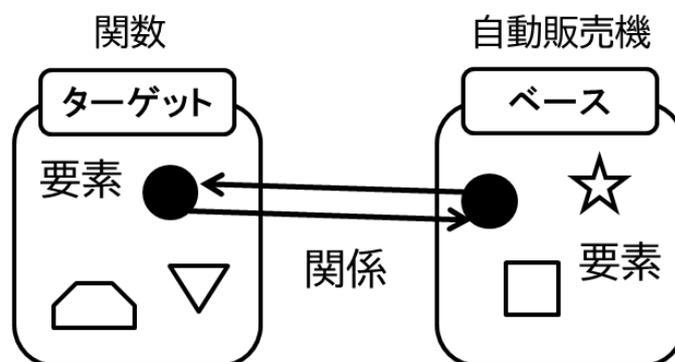


図 1-5-2 「関数は自動販売機である」におけるターゲットとベースの関係

ところで、「関数は自動販売機である」のような例というのは、あくまでも洗練された成功例であって、数学的知識の成長を考える上でメタファーが有効なのは、ごく稀な例のみに限られるのではないかと、という考えもあるだろう。メタファーは、類似性を利用して、知識を拡張したり、変容させたりする思考であり、よい例ばかりが見つかるわけではない。学習者には正しい理解につながる「望ましい」メタファーのみを与えるべきであり、「望ましくない」メタファーは誤った理解の原因になるため避けるべきだという見方のあることも考えられる。ただ、本研究はそうした考えには立っていない。確

かに、大人の眼からみて「望ましくない」ベースをもってきて、ターゲットとベースの「要素どうしを結ぶ関係」がつくられた場合、本人が「わかったつもり」になっているだけで、結果として誤った理解を導く原因になるのではないかという懸念があるかもしれない。しかしながら、構成される知識とは常に暫定的なものである以上、そこでの「わかったつもり」の状態についても、さらなる数学的知識の成長に向けた重要な過程の一部と捉える立場に立っている。少なくとも、本人が納得感を得ているのであれば、それはよりよくわかろうとして前向きに歩み出している証であるからである。大人が上から目線で「誤り」と断定するのではなく、子どもが伸びようとしている「将来に向けた芽や蕾」と捉えていくことが肝要である。ただ、「将来に向けた芽や蕾」と捉えて学びの原動力として生かしていくためには、本人が「わかったつもり」であったことにどこかで気づき、それが修正されていくといった、子どもなりのメタファーを長期的な流れの中で活用していくための構想も重要になってくる。段階性を考慮に入れた成長プロセスの構想については、第2章において、改めて考察を行っていくこととする。

次に、「要素どうしを結ぶ関係」が増えることをいかに解釈するかを述べる。メタファーにおいて、ターゲットとベースの間での要素どうしの関係が主たる考察対象になってくる。また、ターゲットとベースの間での関連付けの結果、「要素」は増えずに「要素どうしを結ぶ関係」のみが増える場合もある。「関数は自動販売機である」の例で述べれば、ある学習者にとって、「入力と出力の関係」という要素自体はすでにシステム内に存在していたとするならば、「要素」が増えたことにはならず、「要素どうしを結ぶ関係」のみが増えていることになる。この状態を成長と捉えるのか否かが問題となる。

本研究では、Usiskin (1991) を参考に、ある要素が馴染みのある外の世界と関係が結ばれること自体も成長と捉える立場をとる。Usiskin (1991) は、算数・数学学習において何を理解するかといったとき、技能・アルゴリズム、根拠となっている数学的性質、応用可能な範囲（数学的原理の直接的な使用からモデリングでの使用まで）、表現様式・メタファーの四つの次元を示しており、メタファーを理解すること自体が、一つの理解の側面であることを指摘している。本研究でも、Usiskin (1991) に依拠して、数学的な概念や技能をどのように表現するか、どのような比喻やイメージで理解するかについても、必要な理解の一つの側面であると捉えて議論を進めていくという立場から考える。すなわち、本研究では、ターゲットの「要素」が増えることに加えて、ターゲットとベースの間で「要素どうしを結ぶ関係」のみが増えるという意味での成長も視野に入

れていくこととする。「要素どうしを結ぶ関係」のみが増える場合についても、メタファーを理解すること自体が一つの理解の側面であるという意味と、システム内に何らかの変化が生じているという意味において、数学的知識の成長と捉えていけるためである。

なお、数学的知識の成長という目標に対し、ここまでは、基本的にターゲットの側に数学が置かれるという図式によって述べてきた。ただ本研究では、第2章以降において、もう少し幅広い関係性を視野に入れてメタファーを捉えていくことに言及しておきたい。

例えば、「二人の議論は平行線だ」（ターゲット：議論，ベース：平行線）のように、ベースの側に何らかの数学的概念が置かれるという関係についても考察の対象としている。メタファーの関係においては、「要素」が増えるとすれば、それはターゲットの側である。ただ、ベースの側についても、ターゲットの要素との「要素どうしを結ぶ関係」が増えるという意味において成長しているという捉えになる。また、さらなる発展的な展開として、瀬戸（1995）による人間とコンピューターの例のように、問題意識の深まりによってターゲットとベースの関係が入れ替わるという動きや、入れ替わるまではいかなくとも、メタファーを契機としてベースの側が考察の対象となってくる動きについても視野に入れている。例えば、「二人の議論は平行線だ」というメタファー表現が引き金となって、議論と平行線とがどのような要素どうしで結ばれているのかが問いとなり、「そもそも平行線って何だっけ？」ということを考え始めれば、ベースの側も考察の対象となってくるわけである。そうすると、当初のベースの側についても、要素が増える可能性が出てくることになる。

## 第6節 第1章のまとめ

本節では、第1節から第5節までの議論を踏まえて、こういった立場で研究を進めていくのかについてまとめる。

第1節では、修辞学および文学におけるメタファーの伝統的な解釈について概観した上で、言語形式上の区別として、直喩と隠喩、換喩と提喩といった比喩全体を指す場合の広義のメタファーと、隠喩のみを指す場合の狭義のメタファーとがあることについて述べた。

第2節では、認知的な視点に立ったメタファー論の主な論者として、レイコフ・ジョンソンによる研究とブラックによる研究を取り上げ、レイコフ・ジョンソンとブラックにおける関心の対比を行うとともに、本研究の立場について言及した。本研究では、メタファーを活用しようとする際の思考に期待し、その意義を見出そうとする意図から、ブラックと同様に、「活動的な」メタファーに目を向ける立場で考えることについて述べた。また、実際の授業展開を想定すると、ブラックの述べる「活動的な」メタファーに加えて、「活動休止中」のメタファーについても、新たな洞察をつくり出すという意味において活用でき得るものであることにも言及した。

第1節及び第2節における考察を踏まえて、本研究では、ベースを通してターゲットをみるという思考を重視する観点から、言語形式上の差異にはこだわらず、概念メタファーとして捉えていく立場で考えていくことについて言及した。隠喩、直喩、提喩、換喩といった表現上の区別を設けていった際に生じる研究課題についても、考察を深めていける余地があり、言語形式上の差異を考慮に入れた研究を展開していくことについては、今後の課題として残していく立場である。

第3節では、数学におけるメタファーとして、レイコフとヌーニェスによる考えを概観した。本研究でも、数学的概念の理解を考察対象とした基礎付けメタファーと関連づけメタファーという二つのメタファーの区別を参考にしながら、算数・数学科における活用を視野に、さらなる拡張を試みる。

第4節では、数学教育におけるメタファー研究について、(1) 学習者による認知過程の解明に焦点を当てた先行研究、(2) メタファーの視点による学習活動の構造の解明に焦点を当てた先行研究、(3) 教師による指導技術の一つとしての位置付けに焦点を当てた先行研究、(4) 学習者によるメタファー思考に焦点を当てた先行研究の四つの方向から整理できることについて示した。本研究は、(3) や (4) に関心を寄せて

いる立場にあたる。授業でメタファーを活用するといったとき、教師にとっての教材研究や解説的な活用を念頭に考察が進められてきた傾向にあるとともに、子どもの行うメタファー思考に焦点を当てた場合にも、子どもなりの見方を理解するといった個人内の思考であり、かつ教師あるいは研究者にとっての目的に主な関心が寄せられてきた傾向にあった。一方で、授業における子ども同士の相互作用も視野に入れながら、教室における集団思考を活性化するという視座から、比喩的に考える過程をさらに積極的に奨励することを通して、算数・数学の理解の広がりや深まりへとつなげていくことが可能かどうか、といった考察はほとんど行われてきていないことを指摘した。

また、メタファー自体をどのように解釈し展開していくかに関わり、メタファーとアナロジーとの区別、メタファーと具体化・例示との区別に言及した。メタファーとアナロジーの区別に関しては、スファードによる考えに依拠して、推論に役立てようとする目的で類似した何かを調査する行為をアナロジー、概念化に役立てようとする目的で、馴染みのある事柄と関連付け、馴染みのある事柄を通して理解を深めようとする行為をメタファーであると捉えることについて述べた。メタファーと具体化・例示の区別に関しては、ベースを、数・量・図形とその関係に関わる事象の中で考える場合と、数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点から考える場合があることに着目して、たとえば考えるという思考のもとで、全体をメタファーと捉えておき、ターゲットとベースの間で関連付けられる要素が共に数・量・図形とその関係にある要素である場合という条件を設けて、内側に具体化・例示を位置付けるという見方をすることとした。具体化・例示においては、ターゲットとベースは抽象と具体の関係にあり、両者において数・量・図形とその関係は同型になる。一方、具体化・例示よりも緩い条件としてのメタファーにおいては、数学的な構造が保持されていないという危険性があるが、緩やかであるがゆえに、子どもにとっては馴染みのある、核心をついた部分だけに光を当てて理解を促すことができるという長所がある。この、必ずしも数・量・図形とその関係に縛られずに関係を考えるというメタファーのよさに着目し、可能性を見出していこうとする点に着想があることに言及した。

第5節では、数学的知識の成長とメタファーとの関わりについての考察を行った。そもそも、知識の成長とは直線的ではなく、また、構成される知識は常に暫定的であることを考慮に入れておく必要があることについて、ポパーとクーンの論争を中心に言及した。その上で、数学的知識をシステムとして捉え、「要素」と「要素どうしを結ぶ関係」

によって捉える見方から数学的知識の成長を捉えていくことについて述べた。その際、構成される知識とは常に暫定的なものである以上、必ずしも「望ましくない」メタファーを通して「わかったつもり」になっている状態についても、さらなる数学的知識の成長に向けた重要な過程の一部と捉える考えに立ち、「将来に向けた芽や蕾」と捉えていく立場について構想した。

なお、本研究では、概念メタファーを前提として考えていく関係上、これ以降、基本的には「比喩」ではなく「メタファー」の表現で統一し、「メタファー思考」と呼称することにしている。

## 第2章 数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動に関する理論的考察

### 第1節 メタファー思考について

#### 1. メタファー思考に関する先行研究

以下では、メタファーを活用する際の思考に言及している先行研究を概観しながら、メタファー思考をどのように捉えればよいかを検討していく。

フランスの文化人類学者レヴィ＝ストロースは、構造主義の考えに基づいて未開社会における人々の思考を分析する中で、人類の基本的な思考にはメタファーが深く根付いていることに言及している。『野生の思考』においては、社会秩序や規範、何らかの言説が作り出される際には、すでにある何らかの事柄と関連付け、メタファーの関係によって結合されるという例が数多く挙げられている（レヴィ＝ストロース、1976）。ノーベル生理学・医学賞の受賞者としても知られるエーデルマンは、思考は身体と脳に決定的に依存しており、言語習得以前の思考におけるメタファーの役割に着目している。

「概念の身体化は言語に先だって身体活動を通して生じるということが重要である」（エーデルマン、1995、p.607）と述べ、概念の身体化によってなされるカテゴリー化に、メタファーが重要な役割を果たしていることを指摘している。このように、メタファーを通して考えるということはそもそも、人間がさまざまに思考し、日常・社会生活を送る上で重要な位置付けにあるという指摘がなされてきている。

大嶋（2017）は、幼児期によくみられる様子の例を挙げながら、以下のように述べている。

メタファー思考について、もう少し話を続けます。この思考は、私たちの周囲では、小さい子供によく見られます。たとえば四歳の子がトーストに塗ったジャムの形を見て、「あ、人がいる」というのがそれです。この場合、その子は本気でそこに「人」がいるとは思っていませんが、そこに「人」をみることで、食べるべき対象である「パンとジャム」を、人の世界と関連づけるのです。

メタファー思考とは、まさにこのような思考で、さまざまな事物を一定のカテゴリーの中に入れるだけでなく、事物と事物のあいだに、カテゴリーとカテ

ゴリーのあいだに、つねに関係を見出そうとするものです。これによって、世界のすべてに「意味」、あるいは「価値」が与えられるのです。

(大嶋, 2017, pp.80-81, 下線は筆者による)

大嶋 (2017) が、「事物と事物のあいだに、カテゴリーとカテゴリーのあいだに、つねに関係を見出そうとする」ことと言及しているように、メタファーを活用しようとする際の思考とは、人間が何らかの物事を捉えていく際、馴染みのあることと結び付けながら意味付けを行っていくことと深い関係がある。大嶋 (2017) は、「メタファー思考」という表現を繰り返し用い、さまざまな局面・文脈における重要性を強調しているが、「メタファー思考」自体をいかに捉えるかについて、定まった定義については言明していない。

楠見 (2011) は、「メタファー的思考」について、批判的思考と相補的に働く関係として議論し、どのように捉えるかにも言及している。「メタファー的思考は、類似性を利用して、知識を拡張したり、変容させたりする思考であり、理論構築や、発明や発見を支える思考である」(楠見, 2011, p.557) と示されており、メタファー的思考の言語的表現である隠喩・直喩は類似性による対象の置き換え、換喩は近接性を利用した置き換え、提喩は典型例やカテゴリを利用した置き換えがなされるとしている。メタファー的思考の働きとしては、相手の既有知識に基づくたとえを用いることで、理解しやすい記述や説明ができること、的確なメタファー的表現や慣用表現は、字義通りの表現に比べると簡潔な表現や、認知的な節約を可能にすること、体系的な説明や予測を生み出すパワーや、新たなものや美的なものを生み出す面白さがあることが挙げられている(楠見, 2007, 2011)。

瀬戸 (1995) は、著書『メタファー思考』において、視覚のメタファー、空間のメタファーといったさまざまなメタファー、並びに、メタファーと心理、経済、科学といった学問との関係に言及している。考察の範囲も非常に多岐に渡り、各々におけるメタファーの機能・役割が特徴付けられており、「メタファー思考」自体をいかに捉えるかについて、明確な定義がなされているわけではない。

数学教育における先行研究において、“metaphorical thinking”に言及されている研究を概観したところ (Presmeg, 2004; Low, 2008; Chiu, 2000, 2001) , 近接する概念との対比に

関する言及はなされているものの、「メタファー思考」自体をいかに捉えるかについては、必ずしも明確な定義が示されているわけではなかった。

## 2. 本研究におけるメタファー思考の捉え

本研究では、比喩的に考える過程をさらに積極的に奨励することを通して、算数・数学の理解の広がりや深まりへとつなげていくことが可能かどうか、といった方向性から、算数・数学科においてメタファー思考を活用する意義をさらに広げて考えていくことに着目している。つまり、能動的に喩えようとする行為、岩田（1988）の言葉を借りれば「比喩ル」行為に関心がある。「異質なモノ・コト同士」を「敢えて関連付ける」というメタファーの特徴（岩田，1988）を踏まえ、「比喩ル」際に働かせる思考を数学教育の文脈に照らして捉える意図で、本研究では、メタファー思考を次のように捉えることとする。

ターゲットの本質を端的に理解・表現することを目的として、  
ターゲットとは異なる世界の中から類似するベースを探り出し、  
ベースを通した説明を吟味しながら、ターゲットの本質を抉り出そうとする思考  
そして、次のとおり MT1～MT3 を下位項目として設ける。

メタファー思考を働かせる際には、ターゲットの特徴やベースの特徴の探索、各々の本質的な要素の抽出、ターゲットとベースの関係性の吟味、伝える相手に応じた選択といった、いくつかの要素が絡み合いながら進行していくことになる。メタファー思考の様相をより詳細に捉えることを可能とするために、下位項目として、MT1～MT3 の連動した過程を設定する。MT2 については、質的に異なる思考を順不同で①と②と区別して位置付ける。MT とは、Metaphorical Thinking (Thought) の頭文字を取っている。

### MT1

ターゲットの本質を抽出しようとする

### MT2

- ① ターゲットに類似するベースを異なる世界に見出そうとする
- ② ベースの本質を抽出しようとする

### MT3

表現を検討し、評価・改善しようとする

ただし、例えばMT2の①など、類似性の発見にあたっては、必ずしも論理の積み重ねだけでなされるわけではなく、直観の働きによることも大きく、必ずしもこのように整然と並んだ思考が展開されるとは限らない。あくまでも、解釈・説明のための大まかな枠組みとして設定する。メタファー思考を働かせて何らかの表現をつくる際の思考過程を図的に表現したものが図2-1-1である。

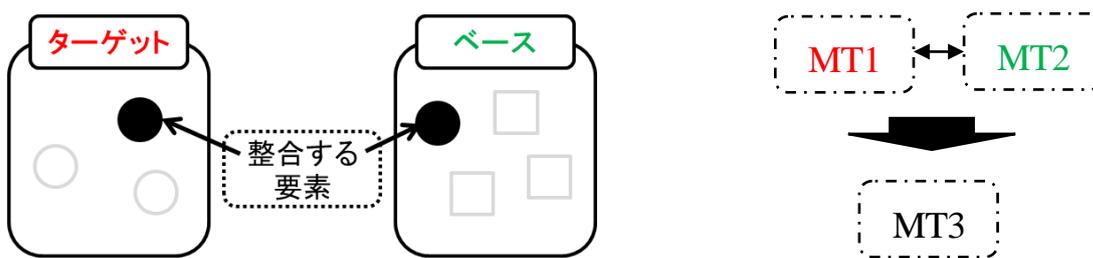


図 2-1-1 メタファー思考のイメージ図

例えば、メタファー思考を働かせて「□はカメレオンだ」を考えたと仮定し、その際の思考を分析してみると、次のように説明できる（図2-1-2）。

カメレオンは、体の色を変えることができることで知られている。□がいろいろな値をとることを、カメレオンの特徴と結び付けた表現である。□とカメレオンは、「いろいろ変わる」といった点を切り取ると、その要素が共通しており、ターゲットである□の一つの本質は「いろいろ変わる」ことにあることを見出し、その要素をあわせ持つ馴染みのあるベースを探す、といった行為を行っていることにあたる。つまり、「□はカメレオンだ」を考える際には、□がいろいろな値をとることを見出したり（MT1）、いろいろと変わるベースを見いだしたり（MT2）する。この辺りの順序性については、おそらくそう単純化はできないものと考えられるため、並列で捉えている。そして、整合する要素が見つかり矢印が結ばれたら、「□はカメレオンだ」という表現の効果を確かめたり、よりよい表現はないかを考えたり、といった思考が期待される（MT3）。

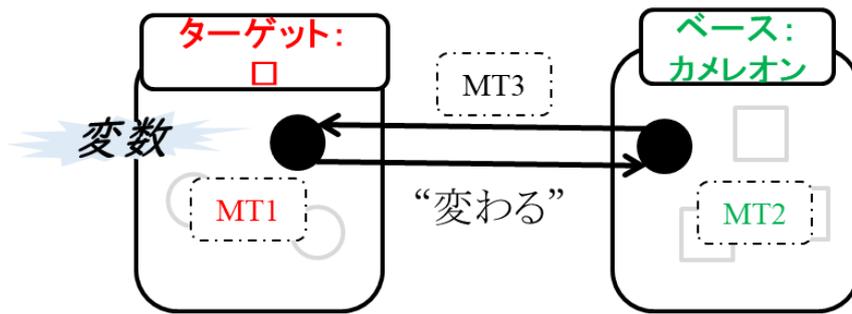


図 2-1-2 「□はカメレオンだ」を考える際のメタファー思考

メタファーは、人々が繰り返し使い、慣れ親しむうちに徐々に慣用化され、やがて「字義通り」の表現に移り変わっていくという特徴がある。つまり、何らかの表現をメタファーとして捉えるかどうかは、人によっても、時代によっても異なる。このように、「○○は△△である」と表された言語表現だけでは、それがメタファーであるのか否かを議論することは難しい。したがって、メタファーを用いて表現したり、メタファーを用いた表現を解釈したりする際の思考に着目する際には、用いられている表現と、その表現をメタファーとして使い始めた人の思考（メタファー思考）とを分けて論じていくことが肝要である（瀬戸，1995）。

そこで本研究では、メタファー思考の結果、生成された表現をメタファー表現と呼ぶこととし、これ以降、基本的にはメタファー思考及びメタファー表現という言葉を用いて区別しながら論じていくこととする。

## 第2節 子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動に関する具体的な構想

第1節では、本研究におけるメタファー思考の捉えについての検討を行った。本節では、算数・数学科において、メタファー思考を活用しながら数学的知識の構成を意図するといったとき、一体どのような授業展開が想定されるのかを、具体的なイメージとともに検討していきたい。そのために、以下の順を追って言及していく。

まず、授業においてメタファー思考を行う場を取り扱うといったとき、かなりオープンな活動となることが想定される。オープンな活動のもつ特徴を生かそうとしたときに、その可能性をどのように捉えていけるのかに関する示唆を得るために、ブレインストーミングに関する議論を参考にする。

また、新規的な構想であっても、実際にどのような題材に焦点を当てて学習指導を行っていくことができそうか、という具体的な見通しが伴わなければ、それは絵に描いた餅になってしまう。次に、広く知られた「方程式は天秤である」の例を取り上げながら、それを切り口にしてどのような活動へと発展させていける可能性があるかについて、事例的に検討を行ってみることとする。

### 1. オープンな活動としての可能性に関する考察

メタファーの強みを考えたとき、必ずしもある枠組みに囚われず、自由闊達に飛び回り、つながりを生み出す点に特徴がある。メタファー思考では、ターゲットのどの要素を切り取るかに自由度がある。そして、どのようなベースを持ってくるかにも自由度がある。つまり、「要素」への着目の仕方にも、「要素どうしを結ぶ関係」のつくり方にも多様性があることになる。そのため、活動を構想する上では、非常にオープンな活動になってくることが想定できる。メタファー思考の強みをいかに生かすかという点と、最終的に、如何に収束的に落としどころを探っていくかという面の両面を考えていく必要があり、発散的に発想を広げていくことの可能性及び留意点について、類似したアプローチに関する議論を参照しながら検討することから始めていくこととする。以下では、バーカー（2003）、大貫（1983）に基づいて、ブレインストーミングに関する議論に言及する。

## （１）発想を広げる活動の位置付け：ブレインストーミングを参考に

ブレインストーミングはアイデアを生み出す発想法として知られており、1930年代後半にアメリカで広告代理店の副社長の立場にあったアレックス・オズボーンが考案したとされている。

ブレインストーミングでは、アイデアを生み出すような観念と、アイデアを通じて変化させたり、選んだり、分類したり、却下したりする判断とを対比させ、発想するという行為を、第一段階の「アイデアをひらめく」段階と、第二段階の「アイデアを利用する」段階の二つの段階によって捉えられている。オズボーンは、第一段階よりも第二段階において発想は優れたものになるものの、第一段階の発想を完全に無視して、第二段階の発想のみが物事を考える方法だと思っていないだろうか、と指摘し、ブレインストーミングとは第一段階の発想のスキルの発展につながることに言及している。

第一段階では、まずは考えを適当に並べたり、新しい観点で物を見たり、「新しいものを見つけよう」として認知を広げることが奨励され、「発想を広げる」ことが何よりも重要視される。それに対して、第二段階では「集中発想」に重きが置かれ、発見したアイデアを集中して判断したり、論理、分類、比較や分析を行ったりして発展させていくことが奨励される。

このように、発散的に考える第一段階と、収束的に考える第二段階とを対の関係で捉え、一旦「判断を保留する」段階が大切であることが述べられている。我々は結果に焦点を当てることに慣れており、目新しさや可能性よりも、役に立つか、実現可能か、などという点で早々に評価をしてしまうと、発展する前にアイデアがつぶされてしまうとして、それ故に、第一段階では評価的発言を禁止しなければならない、などのブレインストーミングの原則についても言及されている。

ブレインストーミングの手法が生み出された背景にあったのは、企業活動における会議の質的改善の必要性であった。「発言者が少なく大半は黙ったまま」、「発言者に対する批判・反対意見が出て議論が進まない」のような非生産的な雰囲気を打破するために、「意見の質よりもまずは量を重視」、「批判は後回し」といった考えが打ち出されたのであった。しかしながら、単に方法論のうわべだけをなぞっても、失敗することの多い方法であることも指摘されている。

## (2) メタファー思考に焦点を当てた活動への示唆

それでは、算数・数学科の授業を念頭に置いたとき、ブレインストーミングの手法や考え方において、どういった点が参考になるだろうか。オープンな活動の特徴をいかに生かすかについては、本来様々な方向性が考えられるであろう。本研究では、オープンな活動を通して、さまざまな意味において、知識における「要素」及び「要素どうしを結ぶ関係」を強化できる可能性に着目する。

Star (2005) は、知識の深まりや広がり言及しており、数学教育において伝統的に行われてきた知識研究では、概念的知識と手続き的知識という知識の分類に対して、浅い手続き的知識に対して深い概念的知識が対置されてきた構図があるのではないかと指摘している。本来は、深い手続き的知識も浅い概念的知識も考えられると述べ、浅い、深いという知識の質についても考慮に入れながら概念的知識と手続き的知識を論じるべきことに言及している。Star (2005) において示唆的であるのは、概念的知識に対しても、手続き的知識に対しても、単に知っているということだけではなく、それらを知り得る方法や思考なども含めて豊かなつながりを持ち、ネットワークが形成される状態に対して相対的な関係において深まりと規定している点にある。Star (2005) による発想を参考にすると、システムとしての概念的知識の周辺に、その知識を知り得る方法や、バックボーンとなる見方・考え方などが豊かなつながりを形成している状態が望ましいことがわかる。

## 2. 算数・数学科の授業におけるメタファー思考の活用に関する事例的検討

### (1) 「方程式は天秤である」を切り口とした発展に焦点を当てた考察

以下では、概ね中学校第1学年における方程式の学習場面を想定して、広く知られた「方程式は天秤である」の例を取り上げて、それを切り口にしてどのような活動へと発展させていける可能性があるかを考えてみる。

#### ①《天秤》メタファー

まずは、「方程式は天秤である」を生み出す際の思考過程を考えてみよう。

方程式の本質の一つを抽出し(MT1)、左辺と右辺は常に等しいという要素に焦点を当てることを決める。方程式の特徴をつかむために、馴染みのある既知の世界の中から

「天秤」を持ってきて (MT2) , 「天秤」を通して「方程式」の理解を促すことで, “釣り合い” という点のみに着目させて, 共通性を見出すことができるようにしている (図 2-2-1) , といった過程が想定できる.

《天秤》メタファーにおいては, 左辺の方が大きい場合, 右辺の方が大きい場合と, 不等号の関係にある場合も含まれたメタファーである. つまり, 左辺と右辺は常に等しいという要素を捉えるために, 等しくない場合があることにも目を向けることができ, 左辺と右辺が等しくない場合もある中で, 等号が成立する場合が表現されていることになる. そして, ベースである天秤の機能を考えたときに, 等しくなる場合を知ることが重要な機能になっていること, 等しくない場合に, どちらの方が量が多いのかを判断できることが, 方程式を捉える上でも重要な役割を果たしている.

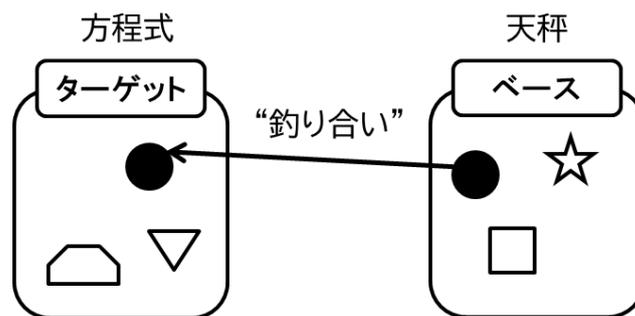


図 2-2-1 「方程式は天秤である」を考える際のメタファー思考

一方で, 「方程式は天秤である」という表現を示され, それをよむという立場を想定してみよう. よむ行為における思考過程を内省的に考えてみると, 次のような過程が想定できる.

まずは, 天秤の特徴を想起したり (過程 a) , 方程式のどの性質が切り取られているのかを考えるために, 方程式の性質について振り返ったりすることが要求される (過程 b) . この a と b は, 順不同で行われるものと考えられる. そして, 天秤の特徴と方程式の性質とを対比し, 整合する要素は何か, 両者に一致する部分を見極めることになる (過程 c) . 「方程式は天秤である」の場合には, 天秤の釣り合いを保つには左右に同じ質量の物を乗せる必要のある点と, 等式の相等性とが整合しているのではないかといった解釈が引き出される. c で関係が特定されたとき, 場合によっては, 「天秤よりも良い表現があるのではないか」や「方程式にはより本質的な他の性質があるのではない

か」といった問いが出ることもあるだろう（過程 d）．その思考を整理すれば図 2-2-2 のようになる．

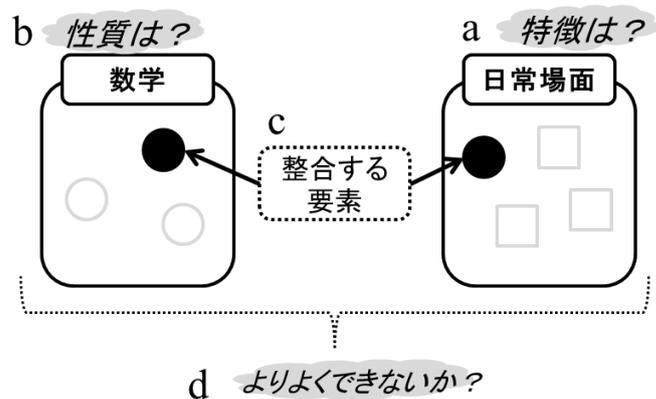


図 2-2-2 「方程式は天秤である」の意味を解釈する際の思考過程

従来、算数・数学科の授業におけるメタファーの活用とは、こうした有効な例を「教師が」示し、「児童生徒が」解釈し、その後の学習におけるイメージとして生かす、ということのみが想定されていたのではないだろうか．上述の「天秤よりも良い表現があるのではないか」や「方程式にはより本質的な他の性質があるのではないか」と考えていく余地にも着目して、少し考察を進めてみよう．なお、ここでは大きく二つの問いに分けながら論じていくものの、児童生徒にとっては多くの場合未分化であることが想定される．実際のところ、問いが整然と並んだ状態でアイデアを出していくというよりは、ブレインストーミングの第一段階のように、まずはアイデアが次々に出てくる中で、その異同に着目しながら徐々に論点が明確になってくるということであろう．

「天秤よりも良い表現があるのではないか」とは、天秤ではなく他のもので言えないか、という思考である．これは、“釣り合い”の共通性は保ったまま、ベースを言い換えようとしていることにあたる．もちろん、天秤が最適だと思っている子にとっては、天秤に代わる表現を見出すことへの動機づけは得られない．ただ、天秤を操作した経験が少ないなど、天秤というベース自体に馴染みが薄い場合には、「方程式は天秤である」のままでは、必ずしも有効な表現になり得ないわけである．

## ②《シーソー》メタファー

「だったら、シーソーみたいなものでもあるのでは」といったように，“釣り合い”という条件から想起して、他のベースが引き出されたとしよう。ターゲットの指し示す要素をすでに把握した上で、それに対応する他のベースをさらに探っている行為である。この行為は一見すると、同じことを表現を変えて繰り返し述べており、既に光を当てたいターゲットの特徴が明らかになっているのであれば、必ずしも無くてもよいやり取りのようにも思えるが、そうではないと考える。それは、個別性・多様性という視点による。たとえターゲットの指し示す要素は同じであっても、表現を変えた異なるメタファー表現を子ども同士で聴き合うことで、自分にとって最も射た理解につながる表現が出るかもしれない、ということである。理解を促したいターゲットの要素は同じであっても、それをどういったベースを通して理解するかは多様であってよいものであり、「それぞれあって、どれを通して理解してもよい」だけに、好み (preference) が尊重される。ここに、教室での授業という場でメタファー思考を取り扱う一つの意味が表れる可能性がある。表現の多様性に支えられて、個人個人の趣向や、より馴染みのある背景に対応するような、理解しやすいベースが見つかる可能性があるという意味で、学習の個性化を目指した指導の一つの形にもなり得るということである (図 2-2-3)。

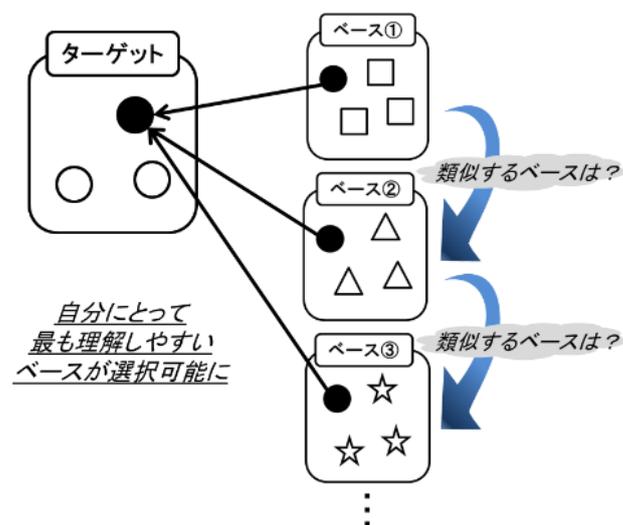


図 2-2-3 同じ要素に着目した複数のメタファー表現を対比する際のイメージ

### ③さまざまなメタファー表現

上記のようなやり取りを経て、数学的概念における異なる要素を切り取った表現が出されることも想定できる。例えば、方程式は「社会科で学んだ機械化と同じとも言えるんじゃない」といった具合の表現である。これは、関係性を等式で表現するまでは大変なもの一旦表現しさえすれば形式的処理に落とし込むことができる点と、初期投資にコストがかかるもの一旦機械を導入してしまえばあとは自動化できるといった点に共通性のあるものと解釈できる。これは、等式の相等性とは異なる要素を切り取っている。すなわち、異なる要素を切り取っている複数のメタファー表現を解釈する活動へと導かれることになる。

これは、レイコフ・ジョンソン（1986）の「議論は戦争である」、「議論はダンスである」の例のように、ターゲットにおいて明示的でない、顕著でない意味に改めて注目させるという、ターゲットの意味特徴の強調が顕在化するような場面であり、それまでは必ずしも明示的でなかった意味についても含みこみながら、数学的概念の多面的な意味を整理する契機となり得るのではないかと考える（図 2-2-4）。

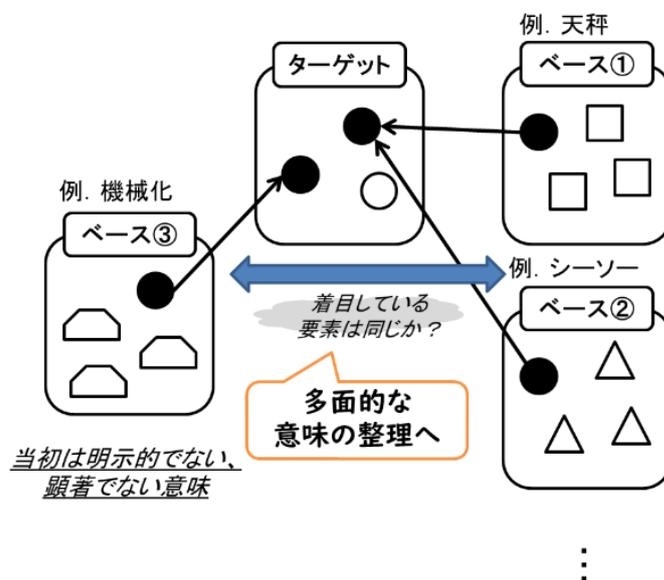


図 2-2-4 異なる要素に着目した複数のメタファー表現を対比する際のイメージ

他にも、「なぞなぞ」（答えが徐々に見えてくるという「解く」行為に着目した見方）、「料理」（始める前の準備が大事という算術的な方法との違いも視野に入れた見

方) , 《野球における「優秀なクローザー」》 (舞台が整えば (立式さえできれば) 終わりという解決における行為や意識に着目した見方) など, さまざまな発想で考えていくことができるだろう.

## (2) 「望ましくない」メタファーとその活用可能性に関する考察

メタファーは, 類似性を利用して, 知識を拡張したり, 変容させたりする思考である. 探索的な行為であり, 常によい例ばかりが見つかるわけではない. 「望ましくない」ベースをもってきて, ターゲットとベースの「要素どうしを結ぶ関係」がつくられる懸念に対して如何に考えるかも重要であろう. 第1章において, 構成される知識とは常に暫定的なものである以上, そこでの「わかったつもり」の状態についても, さらなる数学的知識の成長に向けた重要な過程の一部と捉える立場に立ち, 大人が上から目線で「誤り」と断定するのではなく, 子どもが伸びようとしている「将来に向けた芽や蕾」と捉えたいということを述べた. 「方程式は天秤である」を切り口とした発展において, 「望ましくない」メタファーとはどのような例が考えられ, どのように生かしていける可能性があるのかを考えてみよう.

例えば, 《ヒーロー》という例ではどうだろうか. 筆者は, 「方程式はヒーローである」を通して, 「方程式は, アニメ作品のヒーローのように, いつどんなときでも, 問題を解決してくれる頼もしい存在である」ことを表現しようとした. ただ, このメタファー表現にはいくつか気になる点がある. まず, 「いつどんなときでも」の部分である. 代数的な解決ということ自体をどのように捉えているのか, 例えば現実世界の問題の解決を想定しているとするならば数学化の過程をどのように捉えているのか, などが気にかかる. また, 「問題を解決してくれる」の部分も, 方程式を立てさえすれば, 必ずただ一つの解が得られると考えているのではないか, という点も気にかかる. ただ, 不定や解なしの場合なども念頭に置きながら, 「何らかの結論を返してくれる」という意味なのかもしれない.

このように, 《ヒーロー》という例には想定されるいくつかの問題点があり, 《ヒーロー》を通して「わかったつもり」になっているのであれば, 方程式の意味を理解する上では「望ましくない」メタファーのように見える. しかしながら, こうした子どもなりのメタファーを長期的な流れの中でも活用していこうとする立場に立てば, 少し見え方が変わってくる. 生徒なりの意味付けがあったからこそ, その生徒にとっての見方が

見えたとして肯定的に捉え、この「わかったつもり」である状態が、どこかで修正されていくことを期待する立場である。その際に、例えば上記のように、「いつどんなときでも」とは代数的な解決ということ自体をどのように捉えているのか、数学化の過程をどのように捉えているのかや、「問題を解決してくれる」とは必ずただ一つの解が得られるということなのか、など、メタファーの意味付けがあるからこそ、それがたたき台となって議論が進んでいく可能性があることに着目できる。つまり、「〇〇という意味での解釈ならよいけど、△△という意味での解釈ならまずいよ」といった議論を刺激する存在になり得るということである。子どもなりに見出したターゲットとベースとの間の点と点での緩いつながりや、必ずしもターゲットのシステム内にある要素とつながっていなかったとしても、ターゲットのシステムの周辺領域に位置付く要素と捉えることで、ターゲットにおける要素がよりはっきりと見えてくることに活用できたり、他の数学的知識との関係が見えてくるきっかけとして働いたりすることを期待できないか、という視点で捉えていくことも考えられる（図 2-2-5）。

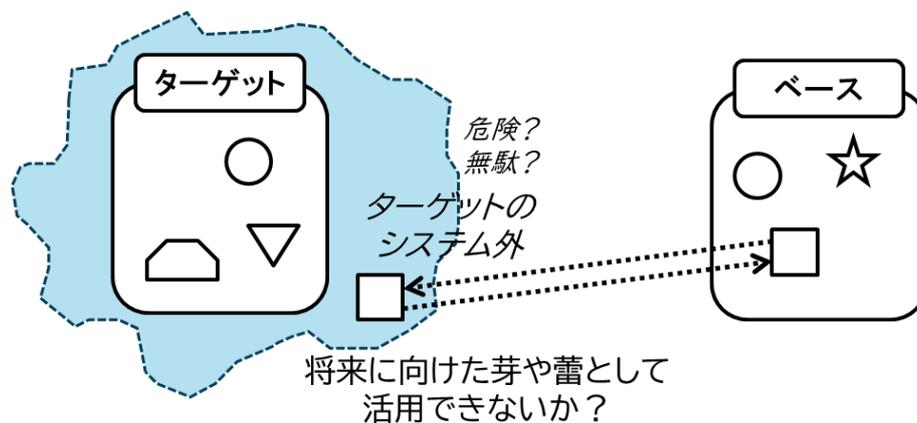


図 2-2-5 「望ましくない」メタファーに対する見方のイメージ

### 第3節 数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動の教育的意義に関する考察

第2節においては、子どもによるメタファー思考も考慮に入れた際にどのような学習活動へと展開し得るか、その具体的なイメージについての検討を行った。本節では、数学教育においてメタファー思考に焦点を当てた活動を展開することで、どのような教育的意義が期待できるかに関する考察を行っていくこととする。

算数・数学科授業においてメタファーを活用するといったとき、まずは、具体的な経験と関連付けながら理解を促進するために活用するという面は、意識的／無意識的に関わらず、授業場面において幅広く取り入れられている。これは、ある対象を理解するためにメタファーが活用される、手段としての活用に焦点が当てられているものと言える。手段としての活用においては、教師が表現し子どもがよむといった関係においても、十分に価値を持ち得るものである。

それに加えて、子どもによるメタファー思考に焦点を当てて、子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係へと広げていくなれば、メタファー思考の育成自体も目的とする面も視野に入ってくる。メタファー思考を行う立場にとっては、「物事の本質を抽出し、それを端的に表現する」（日本学術会議数理科学委員会数理科学分野の参照基準検討分科会，2013）といった資質・能力が求められる場面であるとも言えるとともに、メタファーにおいては、誰にどのような表現で伝えるのがよいかといった、他者意識をもった説明が非常に重要である。このように、少なくとも、「物事の本質を抽出し、それを端的に表現する」といった資質・能力との関連、他者を意識する力との関連といった大きく二つの方向から考えることができる。

このように、算数・数学科において何故メタファーを活用するのかに着目したとき、メタファーをある対象を理解するための方法として活用する方向と、メタファー思考の育成自体も目的とする方向とがあることがわかる。以下では、前者を意図1、後者を意図2として、各々に対する考察を行っていくこととする。

#### 1. 意図1：ある対象を理解するための手段として活用する方向

メタファーを手段として活用する方向とは、教師によるメタファーの解説的な活用並びに子どもによるメタファー思考の促進を通して、数学的に考える資質・能力の育成にどのように貢献していけるのかを検討することを指している。

数学的に考える資質・能力を知識・技能，思考力・判断力・表現力等，主体的に学習に取り組む態度の3観点で捉えたとき，メタファーは理解に主眼のある行為であることから，主な考察対象は，知識・技能の観点となる．メタファー研究の知見を受けて，期待される数学的理解の深化として，以下の2点が挙げられる．

U1 具体的な経験と関連づけられた理解へ

U2 数学的概念の多面的な意味が整理された理解へ

U1とU2の関係としては，まずは，メタファーの基本的な役割に着目した視点であるU1がある．そして，授業の場でベースを探る行為を奨励する中で，期待できるさらなる視点として，U2を設定している．

また，教室での集団思考にメタファー思考を活用し，協働的な学びの活性化に生かそうとする考えからは，他の二つの観点に対して与える影響についても期待できる面がある．以下に，3観点と対応させて目標となってくる点について示す．

<メタファー思考に焦点を当てた活動と数学的に考える資質・能力の育成との関連>

・ターゲット及びベースの本質的な要素を端的に抉り出す理解や，多面的な理解ができる．（知識・技能に関連）

U1 具体的な経験と関連づけられた理解へ

U2 数学的概念の多面的な意味が整理された理解へ

・ベースを通した説明を吟味し，多角的な見方も意識しながら，相手意識のある説明ができる．（思考力・判断力・表現力等に関連）

・自分または他者にとってより納得感のある，わかりやすい具体を探るために，複数の世界を領域横断的に関連付け，異なる世界の中から類似するベースを探り出そうとする．（主体的に学習に取り組む態度に関連）

なお，知識・技能の観点において，理解を深めることができるのはターゲットのみならずベースについても，と示してある．これは，異なる二つの世界を対比的に捉える際

には、それらが互いに影響を与え合うというブラックの相互作用説の考えを引き継いだものである。ブラックの相互作用説では、例えば、「□はカメレオンだ」と見えてくると、ターゲットである□の側は、カメレオンというフィルターを通して捉えることで理解の助けになる。それと同時に、ベースであるカメレオンの側についても、□と結び付けられることでカメレオンの概念に変化が生じ、新たな概念化に向かうものと捉えられている。そうした背景から、数学を理解するための手段として日常・社会生活の事象をメタファーとして活用する方向だけでなく、ベースとターゲットを入れ換えた関係として、日常・社会生活の事象を理解するために数学をメタファーとして活用する方向にも考察の範囲を広げて探っている。

## 2. 意図 2：メタファー思考の育成自体も目的とする方向

### (1) メタファー思考の育成により期待される基本的な意義

メタファー思考の育成自体も目的に入れるといったとき、その意義は少なくとも大きく二つの方向から考えることができるだろう。

一つ目は、「物事の本質を抽出し、それを端的に表現する」といった資質・能力（日本学術会議数理科学委員会数理科学分野の参照基準検討分科会，2013）との関連である。メタファー思考は本質を端的に理解・表現することに焦点が当たっており、この点に深く関わる行為として解釈できる。これは、MT1～MT3の全ての過程に関わっている。

二つ目は、他者を意識する力との関連である。例えば、野球に詳しくない人に伝える際に野球をメタファーとしてもってきても伝わらないように、メタファーにおいて、相手にとってという意識は決定的に重要である。本研究では特に、他教科等において強調されているテーマとの関連として、「多角的」な見方の重要性に着目した。多角的な見方があることを考慮に入れた授業展開についての算数・数学科における解釈として、学習の個性化といった論点に関係する。多角的な見方のあることを知り、互いに認め合い、わかろうとすることを通して、昨今その重要性が強調されつつあるエンパシーの育成にもつながり得ると考えられる。これは、特に MT2 や MT3 に関わっている。

次に、メタファー思考の育成とは何を指すかを考えるために、メタファー思考の各要素を遂行する力と、メタファー思考を推進する態度とに分けて考える。

メタファー思考の各要素を遂行する力については、MT1～MT3をいかに行うことができるかを検討していく必要がある。MT1（ターゲットの本質を抽出しようとする）や

MT2 (①ターゲットに類似するベースを異なる世界に見出そうとする, ②ベースの本質を抽出しようとする) をどのように行うことができるか, また MT3 (表現を検討し, 評価・改善しようとする) において, どのような評価・改善を行えるのか, などが考察対象となる.

メタファー思考を推進する態度については, まずは何らかの学習機会を通してメタファー思考を行うことのよさを感じ得るかどうかが, それがメタファー思考を自ら積極的に行おうとする態度へとつながるかどうかが, などが考察対象となる. メタファー思考の各要素を遂行する力とメタファー思考を推進する態度については, この両面が絡み合いながら, メタファー思考をよりよく遂行できる学習者へと成長していくものと捉える必要がある.

## (2) 学校教育全体を見渡したテーマとの関連性

以上, メタファー思考の育成に関する基本的な特徴として, 「物事の本質を抽出し, それを端的に表現する」といった資質・能力との関連と, 他者を意識する力との関連があることについて述べた. このうち, とりわけ後者の他者を意識する力に関わって, 学校教育全体に視野を広げて, より広い文脈における関連するテーマを見定めながら考察を行うことで, 重要な論点になり得るのではないかという着想が得られた.

以下では, まず①において, 学校教育全体において育成すべき資質・能力に関する今日的な論点に着目し, メタファー思考に着目した学習活動がどのように貢献し得るのかを探っていく. そして, ②及び③では, メタファー思考のもつ特徴を強調していくことで, 今後数学教育研究においても重要な論点になり得る着想として, 学習の個性化といった論点に関係する「エンパシー」と「多角的な見方」を取り上げる. そして, エンパシーと多角的な見方の二つについては, バラバラに論じるものというよりは, むしろ相互に関連し合いながら高まっていくことを目指すものとして捉えていく. すなわち, エンパシーを働かせる中で多角的な見方に着目し, 多角的な見方を理解しようとするからこそエンパシーが育つものとして考えていく.

エンパシーについては, 他者を理解するための想像力という意味で, 国内においても, 昨今その重要性が共有されつつある (ブレイディみかこ, 2021). 自分が他者の立場だったらどうだろうと考えるエンパシーが算数・数学科の授業展開においても重要である

ことに着目し、そのこととメタファー思考とがどのような関連性を有しているかについて論じる。

多角的な見方については、例えば社会科などでは教科特性との親和性も高く、これまでも活発な議論がなされてきているところである。現行（2024年現在）の学習指導要領においても、「多角的・多面的な考察」の重要性が強調されている（文部科学省，2017a）。「多面的」な見方と「多角的」な見方の意味合いの違いについて整理した上で、「多角的な見方」という視点は、個の多様性を大切にしたり、協働的な学びを活性化したりするための一つの視点として、算数・数学科でも今後重視していくべきであることについて述べ、そのこととメタファー思考とがどのような関連性を有しているかについて論じる。

#### ①学校教育全体において育成すべき資質・能力に関する今日的な論点との関連性

「令和の日本型学校教育」に関する中教審答申において、「急激に変化する時代の中で、我が国の学校教育には、一人一人の児童生徒が、自分のよさや可能性を認識するとともに、あらゆる他者を価値のある存在として尊重し、多様な人々と協働しながら様々な社会的変化を乗り越え、豊かな人生を切り拓き、持続可能な社会の創り手となることができるよう、その資質・能力を育成することが求められている。」（中央教育審議会，2021，p.3）と述べられているように、今日的な時代背景において、多様な人々と協働することは、ますます重要性を増してきている。シュライヒャー（2019）は、個人や国にとっての教育とウェルビーイング、「協同問題解決能力」、社会情動的スキル等について言及しながら、容易に適応する学習者である必要のあることや、異なる文化的背景を持つ人々にオープンである必要があることなどを指摘し、そのために大切なこととして、以下のように述べている。

異なる視点や世界観に従うには、一人ひとりが他者の起源や含意や前提を調べる必要がある。これは他者の現実観や視点に深い敬意と関心を持つということである。他者の立場や信条を認識するとは、必ずしもその立場や信条を受け入れることではない。しかし、複数のレンズを通して物事を見る能力は自分自身の視点を深め、より成熟した意思決定を可能とする。そうでなければ、教育

システムは砂上の楼閣である。たとえ境界を主張しても、相互依存している現実では境界を維持できないのである。

(シュライヒャー著, OECD 編, 2019, p.42, 下線は筆者による)

これらの認知的, 社会情動的スキルを育成するには, 教育的に多様なアプローチが必要であるとして, 教員の能力の向上が不可欠であることも指摘している。

本研究で焦点を当てている, 教室での集団思考にメタファー思考を活用するというアプローチは, シュライヒャー (2019) の指摘する「他者の現実観や視点に深い敬意と関心を持つ」や「複数のレンズを通して物事を見る能力」といった点に関連性がある。なぜならば, メタファー表現を考えて伝えるという行為は, 相手意識が決定的に大切である。また, メタファー表現は多様であり, かつ非階層的なものである。したがって, 「この子に対して伝えるならこの表現がよいかな。」といった考えや「私にとってはこの表現がよいけど, あの子にとってはこの表現がよく見えるんだ。伝えたいことが同じであるならば, あとは人それぞれ, 自分の好みのものが尊重されるべきだよな。」といった考えを自然と取り扱うことのできる展開が考えられるからである。

以下, より具体的に焦点化する意図で, 「エンパシー」と「多角的な見方」といったテーマを取り上げ, 本研究との関連性について考察していく。

## ②エンパシーの育成との関連性

『他者の靴を履く : アナーキック・エンパシーのすすめ』(ブレイディみかこ, 2021)が話題を呼び, 日本国内においても, エンパシーの重要性が認識されつつある。同書では冒頭, 「エンパシーの日本語訳は『共感』でいいのか」(ブレイディみかこ, 2021, p.13)という問題提起から始まる。日本語では「共感」として表現される言葉にはエンパシー (empathy) とシンパシー (sympathy) とがあり, それらの二つの言葉には全く異なった意味合いがあることについて議論され, 辞書的な意味においても次のように区別されることが述べられる。

シンパシーはかわいそうだと思う相手や共鳴する相手に対する心の動きやそれに基づく行動であり, エンパシーは別にかわいそうだとも思わない相手や必ず

しも同じ意見や考えを持っていない相手に対して、その人の立場だったら自分はどうだろうと想像してみる知的作業と言える。

(ブレイディみかこ, 2021, p.15)

そして、日本語になるとエンパシーもシンパシーも同じように感情的・情緒的で単なる「お気持ち」の問題であるような印象を与えてしまう問題があり、シンパシーについては「同情」や「思いやり」のように「内側から湧いてくるもの」であるのに対し、エンパシーについては「身につける能力 (ability)」と捉えなければならないことに言及されている。そして、エンパシーとは「無意識の『共感力』ではなく、自分で自分の靴を意識的に脱いで他者の靴を履いてみる『想像力』」(ブレイディみかこ, 2021, p.140)であり、私の世界とは違う世界があることを前提に、「自分を誰かや誰かの状況に投射して理解するのではなく、他者を他者としてそのまま知ろうとすること。自分とは違うもの、自分は受け入れられない性質のものでも、他者として存在を認め、その人のことを想像してみること。」(ブレイディみかこ, 2021, p.31)であることが強調されている。

また、ブレイディみかこ (2021) では、現在・未来の社会におけるエンパシーの重要性について述べる中で、これからの人間にとって重要なのは「穏当さ (reasonableness)」であるとも指摘し、以下のように述べられている。

グレーバーは、「合理性でなく穏当さ」が重要なのだとも言った。他者を「judge」してはじめていくことは秩序ある社会を作るために合理的ではあるだろう。しかし、それはグレーバーの言った「穏当さ」とは違う。むしろわたしたちは多様性というカオス (混沌) を恐れず、自分の靴を履いてその中を歩いていけと彼は言っているのだ。 ときに自分の靴を脱いで他者の靴を履くことで自分の無知に気づき、これまで知らなかった視点を獲得しながら、足元にブランケットを広げて他者と話し合い、そのとき、そのときで困難な状況に折り合いをつけながら進む。

(ブレイディみかこ, 2021, p.302, 下線は筆者による)

このように、自分が他者の立場だったらどうだろうと考える想像力がエンパシーであるとして、エンパシーとシンパシーとを明確に区別しながら論じられている。エンパシーは「身につける能力」と捉えるべきことが強調されていたが、それでは、エンパシーの育成とはどのように図っていけばよいのだろうか。

宮崎（2022）は、異文化コミュニケーションについて論じる文脈の中で、次の三つのステップでエンパシーを高めることが重要であることを指摘している。一つ目に、他者の話を「きちんと聞く」、他者のことを「受け止める、受け入れる」こと、二つ目に、自分には理解できない他者のことを「なぜそうなっているのか考える、調べる」こと、三つ目に、自分と他者の「共通点を探す、自分と結びつける」こと、の3ステップである。まずは他者の話を聞いたり、他者を受け止めたりする傾聴に該当する段階（一つ目）、その他者の行為がなぜ生じているかの理由、背景、役割などを知る段階（二つ目）、自分と他者の「共通点を探す、自分と結びつける」ことは、自他を結びつけることで他者に対するエンパシーを高める段階（三つ目）を経験していきながら、「違いが明らかになった相手とはわかりあえない」という感覚ではなく、自分との共通点が見つければ、共生していくことができる、という感覚を持つことは、グローバル化時代で生きていくためには必須であることが指摘されている。

このようなエンパシーは、算数・数学教育とどのように関係してくるだろうか。算数・数学学習の中では、個々の児童生徒によって経験や趣向が異なるが故に、シンパシーが働かないというケースは多々生じてくる。ただそこで、「違いが明らかになった相手とはわかりあえない」ということではなく、そうしたときでさえ、相手の立場を思いやって、理解して、行動に移すというエンパシーを働かせていくことが重要になってくる。他者の立場に立って異なる視点で考えようとし、例えば、ある子が「わからない」となったときに、「その子にとってのわかりやすい具体は何だろうか」という発想で考え、伝えようとするという姿勢は非常に重要なものである。

このように、算数・数学科の授業において、ある他者のためにメタファー思考を働かせるという行為は、算数・数学教育の中でエンパシーの力を育むこととの関連がある。また、宮崎（2022）の示す三つのステップは、メタファー思考の様相とも重なり合うものがある。互いに認め合い、わかろうとすることを通して、エンパシーの育成につなげていこうとする発想は、「多角的な見方」の重要性とも関連付けて構想し、「物事をより広い視野から多面的・多角的に考える」授業として具体化できないかを考えていくこ

とが重要であると考え。以下では、「多角的な見方」に関する学校教育全体での指針について整理する。

### ③「多角的」な見方との関連性

算数・数学科では、「多面的」という表現が頻繁に用いられている。例えば、平成29年告示の小学校学習指導要領解説算数編（文部科学省，2017b）では、「数についての多面的な見方ができるように」や「辺の長さや構成要素の数だけでなく，図形の角の大きさに着目して，図形を多面的に考察」，「解決の過程や結果を多面的に捉え」といった具合に，「多面的」な考察に関しては，数多くの言及がなされている。一方で，「多角的」といった表現は，一度も用いられていない。

単に「面」か「角」かというだけの違いであるようにも思えるのだが，「多面的」とするか「多角的」とするかによって，込められた意味合いには明確な違いがある。以下では，「多面的」な見方とともに「多角的」な見方の重要性が特に強調されている社会科及び特別の教科道徳（以下，道徳科と呼ぶ）に関する記述を参考に，「多面的」な見方と「多角的」な見方の意味合いの違いについて整理する。

#### a) 社会科における「多角的」な考察

平成29年告示の小学校学習指導要領解説社会編（文部科学省，2017a）において，「多角的に考える」とは，「児童が複数の立場や意見を踏まえて考えることを指している」と定義されている。また，教科の目標にて「社会的事象の特色や相互の関連，意味を多角的に考えたり，社会に見られる課題を把握して，その解決に向けて社会への関わり方を選択・判断したりする力，考えたことや選択・判断したことを適切に表現する力を養う」（文部科学省，2017a，p.17，下線は筆者による）ことが掲げられるなど，多角的に考えることが教科を貫く重要な見方・考え方として位置づけられていることがわかる。社会的事象の特色や相互の関連，意味を多角的に考える力を養うとは，「複数の立場や意見を踏まえて，我が国の国土の自然環境などの特色やそれらと国民生活の関連，産業が国民生活に果たす役割，産業に関わる人々の働きや公害防止の取組の働き，貿易や運輸が工業生産に果たす役割，森林資源が国土の環境に果たす役割，国土の自然災害と自然条件との関連などを多角的に考える力を養うようにすること」（文部科学省，2017a，pp.71-72）と説明されている。

そして、中学校においては、「多面的・多角的に考察」することが重要と示されており、「『多面的・多角的に考察』するとは、学習対象としている社会的事象自体が様々な側面をもつ『多面性』と、社会的事象を様々な角度から捉える『多角性』とを踏まえて考察することを意味している。」（文部科学省，2017a，p.26，下線は筆者による）との定義がなされている。

また、実際の学習展開例として、以下のような内容が紹介されている。

東北地方を「④ 交通や通信を中核とした考察の仕方」を基に学習する場合、高速道路網や鉄道網、空港、港湾に着目すると、「東北地方では、高速道路や新幹線、空港や港湾の整備により、どのような変化が見られるのか」といった問いを立てることができる。そこで、交通・通信網の発達や陸運、海運など物流に関する特色ある事象を中核として、それを、物資や人々の移動の特色や変化、産業、人口や都市・村落などと関連付け、多面的・多角的に調べ、考察することが考えられる。

（文部科学省，2017a，pp.69-70）

この例において、社会的事象自体が様々な側面をもつ「多面性」とは、高速道路網や鉄道網、空港、港湾、といった点に対応しているだろう。社会的事象を様々な角度から捉える「多角性」とは、そこに暮らす都市部の人々、村落の人々や、陸運や海運に携わる仕事に就いている人々など、それぞれ異なる立場にある人々のそれぞれの見方を意識して捉えることに対応しているだろう。

澁谷（2018）は、多面的・多角的に考察する力を育てる社会科教育という視点から「多面的」と「多角的」の関係に言及しており、「多面的」とは社会的事象がもつ様々な側面、「多角的」とは社会的事象を様々な角度やいろいろな立場から捉えることとし、図 2-3-1 のように図示している。

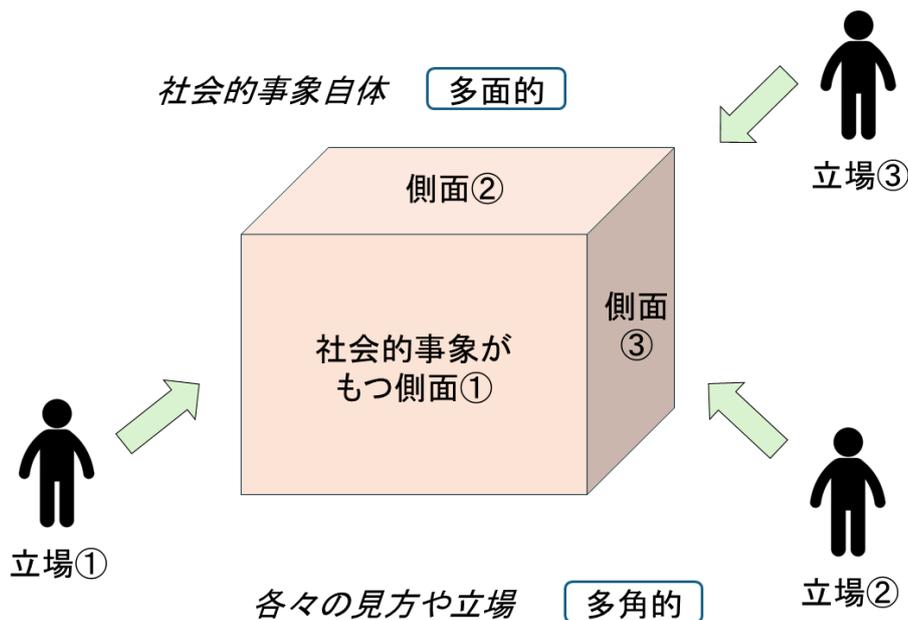


図 2-3-1 社会科における「多面的」と「多角的」の捉え  
(澁谷 (2018) をもとに筆者が作成)

このように、社会科で取り扱われる社会的事象においては、その社会的事象を深く理解しようと思えば、「多面性」も「多角性」もともに必要であり、欠かせない視点として位置づけられている。

#### b) 道徳科における「多面的・多角的に考える」

平成 29 年告示の小学校学習指導要領解説特別の教科道徳編（文部科学省，2017c）において、「道徳的諸価値についての理解を基に、自己を見つめ、物事を多面的・多角的に考え、自己の生き方についての考えを深める学習を通して、道徳性を養うこと」（文部科学省，2017c，p.16）が目標として掲げられている。

具体的な内容においても、「物事を多面的・多角的に考える」ことは、その重要性が繰り返し強調されている。「児童が多様な感じ方や考え方に接することが大切であり、児童が多様な価値観の存在を前提にして、他者と対話したり協働したりしながら、物事を多面的・多角的に考えることが求められる」（文部科学省，2017c，p.17）ことや、「どうしてそのような問題が生まれるのかを調べたり，他者の感じ方や考え方を確かめたりと物事を多面的・多角的に考えながら課題解決に向けて話し合う」（文部科学省，2017c，p.95）ことなど、感じ方や考え方は多様であることに着目できるようにするこ

とがねらいに掲げられている。また、評価にあたっては、「一面的な見方から多面的・多角的な見方へと発展しているか」といった点を重視することが重要であるとして、「児童が一面的な見方から多面的・多角的な見方へと発展させているかどうかという点については、例えば、道徳的価値に関わる問題に対する判断の根拠やそのときの心情を様々な視点から捉え考えようとしていることや、自分と違う立場や感じ方、考え方を理解しようとしていること、複数の道徳的価値の対立が生じる場面において取り得る行動を多面的・多角的に考えようとしていることを発言や感想文、質問紙の記述等から見取るという方法が考えられる。」（文部科学省，2017c，p.111）ことへの言及がなされている。

このように、道徳科においては、その目標に関連付けながら、他者の感じ方や考え方に目を向けることや、自分と違う立場や感じ方、考え方を理解しようとしていることへの重要性が強調されている。ここでの「多角的」を考える上で大切になるのは、まさにエンパシーの議論における「必ずしも同じ意見や考えを持っていない相手に対して、その人の立場だったら自分はどうかと想像してみる」ことや、「自分を誰かや誰かの状況に投射して理解するのではなく、他者を他者としてそのまま知ろうとすること」が当てはまる。

### 3. 意図1と意図2の関係性

以上、算数・数学科授業においてメタファーを活用するといったとき、ある対象を理解するための手段として活用する方向（意図1）と、メタファー思考の育成自体も目的とする方向（意図2）があることに言及し、各々についての考察を行ってきた。以下では、意図1と意図2がどのような関係性として想定されるかについて言及する。

メタファー思考の育成自体を目的としようとする際に、その構造上、思考だけを単体として育成対象とすることは想定しにくい。常に、数学的に考える資質・能力の育成を意図した授業、すなわち、何らかの方向にメタファー思考を手段として活用する授業を通して、その活動の所産としての数学的理解の深化があり、その先にメタファー思考の育成が実を結んでいくものと捉えるべきである。したがって、授業としては、基本的に意図1を目指した設定が必要である。

このように、意図2に向けては、意図1を前提としながら展開されることになり、意図2が意図1に先行して立ち現れることはない想定できる。意図1に向けた考え方と

しては、メタファー思考を手段として活用して、ベースとターゲットの関係を対象としながら、数学的理解の深化、日常・社会生活の何らかの対象に対する理解の深化へとつなげていくことである。つまり、ベースとターゲットの関係が対象であり、メタファー思考が手段である。それに対して、何故意図2へと向かい始めるかを考えると、手段として用いていたメタファー思考に目を向けて、メタファー思考を行う行為自体を対象とし始めるからであると考えられる。つまり、ここには手段を対象化するような動きがあり、その原動力は、意図1を目指した授業の過程に対する振り返りの中で、メタファー思考のよさを感じ得ることにある。以上の基本的な考え方をまとめたのが図2-3-2である。

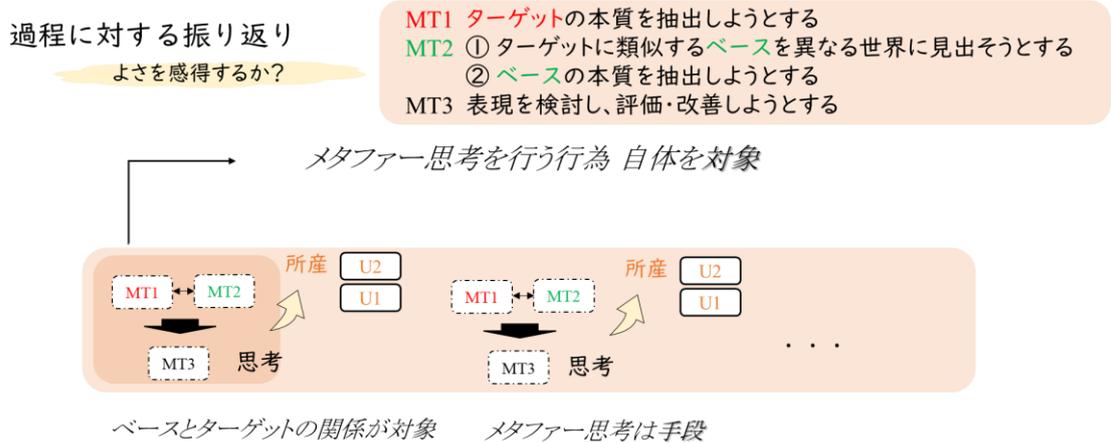


図2-3-2 意図1と意図2の関係に関するイメージ

## 第4節 数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動を展開するための方法に関する考察

第3節では、算数・数学科授業においてメタファーを活用するといったとき、ある対象を理解するための手段として活用する方向（意図1）と、メタファー思考の育成自体も目的とする方向（意図2）があることに言及し、各々に対して教育的意義が期待できることについて述べた。本節では、具体的な学習指導を構想するために、どのような観点を設定して検討すべきかに言及し、各々の観点についての考察を行う。

### 1. 学習指導を構想する上で検討すべき観点の導出

学習指導をどのように具体化するかといったとき、どのように（How）の背景をなす論点について、可能な限り幅広く検討しておくことが大切であると考えられる。根本的に考えるべき問いについて5W1Hに照らして、どのように（How）を考える上では、なぜ（Why）、何を（What）、誰が（Who）、いつ（When）、どこで（Where）の視点が関連するという見方によって考えていくこととする。このうち、なぜ（Why）に関わっては、なぜメタファー思考に焦点を当てた活動を展開するのかということ、第3節における教育的意義に関する考察が対応しているものと解釈できる。残りの四つの論点に関して、各々を以下のように解釈し、学習指導を構想する上で検討すべき観点として設定することとした。

一つ目は、何を（What）といった視点から、ターゲットとベースに何がくるのかという観点を設定する。何をベースに、何をターゲットにするかによって、どのような学習活動が展開でき得るかを検討する。

二つ目は、誰が（Who）といった視点から、誰がメタファー思考を行って表現し、誰がそれをよむかという観点を設定する。授業において表現する行為とよむ行為がどのように組み込まれるのか、その区別が学習活動にどのような影響を与えるのかについて検討する。

三つ目は、いつ（When）といった視点から、いつ、メタファー思考に焦点を当てた活動を展開すればよさそうかを検討する。なお、活動の展開における「いつ」を検討するためには、その活動をどういったねらいで行うのかという目的に言及する必要がある。以下では、一回一回において設定する場合でどう考えるかという面と、段階性も

考慮に入れた長期的な視座から、学びの連続性を踏まえて繰り返し設定することも見通した場合にどう考えるかといった面に分けて検討を行うこととする。

四つ目に、どこで (Where) といった視点から、どのような題材を対象として、どこで取り扱うことができるかを検討する。点対応のつながりが知識の成長のきっかけになり得るといったとき、どのような教材においても有効かと言えば、そうではないと思われる。どういった教材にねらいを絞って活動を設定できそうなのか、その見通しを検討する必要がある。

本節では、「何を (What)」、「誰が (Who)」、「いつ (When)」の三つの観点を取り上げて、各々について検討していくこととする。四つ目の「どこで (Where)」については、節を改めて、別途第5節において言及する。

### (1) 何をベースに、何をターゲットにするか

一つ目に、何を (What) といった視点から、何をベースに、何をターゲットにするかに関して、どのような場合が想定できるのかについて考える。

まずは基本的な図式として、何らかの数学的概念をターゲットとして、それをよりよくわかりたいという意識でメタファーを活用する場合から考える。第1章第4節において言及したように、ベースをどこからもってくるかという観点から、数・量・図形とその関係に関わる事象の中からベースを探す場合と、数・量・図形とその関係に捉われないうで幅広い視点からベースを探す場合とで区別される。前者は、ターゲットと同型の関係にあるベースを探す具体化・例示として解釈されるものであり、メタファーの立場から考えれば、ある数学 $\alpha$ から別の数学 $\beta$ へのメタファーとして解釈されるものでもある。後者は、日常・社会生活における、数・量・図形とその関係に関わらない事象の中から、点対応でターゲットと関連付けることのできるベースを探るものとなる。

また、世界の区別を日常・社会生活の世界と数学の世界に分けて考えたとき、上記の(ベース：日常・社会生活，ターゲット：数学)におけるターゲットとベースを入れ替えた関係にある(ベース：数学，ターゲット：日常・社会生活)の場合についても、今後考察を深めていくことのできる可能性がある。ターゲットである日常・社会生活の側をよりよく理解する学習にも、数学教育的には価値があるからである。これは、数学が日常・社会生活の中でメタファーとして活用される立場からの活動を構想するという立場であり、数学のフィルターで日常・社会生活を捉えるということである。この方向で

学習を構想することも、数学学習と日常・社会生活との接点を意識しながら、数学学習を通して獲得した見方が日常・社会生活の理解にどのように役立てられているのかがわかる機会として有用である。それとともに、ブラックの相互作用説の考えに立てば、ターゲットと結ばれることによって、ベースの側の理解にも変化が生じることも期待できるため、ベースである数学の側の理解の深化もねらっていけるのではないかという考えが導かれる。

以上をまとめると、何をベースに、何をターゲットにするかという視点においては、大きく以下の3通りの区別によって捉えていけることがわかる。

ベース：日常・社会生活	ターゲット：数学
ベース：数学	ターゲット：日常・社会生活
ベース：数学 $\alpha$	ターゲット：数学 $\beta$

本研究においては、数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点からベースを採る場合を主な研究対象としていることから、主には、（ベース：日常・社会生活、ターゲット：数学）及び（ベース：数学、ターゲット：日常・社会生活）の場合に着目していることになる。

なお、ターゲットまたはベースに入る表現としての「数学」の意味するところについても、暫定的な捉えを示しておく。例えば、（ベース：数学、ターゲット：日常・社会生活）の場合で考えたとき、「チーム全員の考えの“ベクトル”が揃うことが大事だ」という場合と「あの人は“計算”高い人だ」という場合とでは、「数学」の側の切り取られ方・使われ方には違いがある。前者ではベクトルという概念の意味内容が色濃く反映されているのに対し、後者では計算という数学における活動や行為が参照されている。このように、数学的概念における意味内容の一部が切り取られる場合もあれば、「数学する」際の姿や様子の一部が切り取られる場合もあることがわかる。「数学とは」という問いに対して網羅的な捉えを示すことはなかなか難しく、本研究においては、一口に「数学」といってもさまざまな意味があるものとして捉えておくこととし、メタファー思考に焦点を当てた活動において、「数学」のこういった側面が特に関係してくるのかに関する考察は、今後の課題とする。

## (2) 表現する行為とよむ行為がどのように組み込まれるのか

二つ目に、誰が (Who) といった視点から、誰がメタファー思考を行って表現し、誰がそれをよむかという観点に言及する。

例えば「方程式は天秤である」や「関数は自動販売機である」のように、教師あるいは先達のつくったメタファー表現を提示し、解説に活用する場合がある。こうした場合、メタファー思考を行って表現する行為を行っているのは教師あるいは先達であり、子どもはすでにつくられたメタファー表現をよむ行為を行っていることにあたる。

メタファー思考を行って表現する立場が教師あるいは先達であるか、子どもであるか、といった点についてであるが、ねらいに応じて適宜考えればよいものとする。例えば教師がつくったメタファー表現をよむ活動においても、どのように考えてつくったのかを想像し、その思考過程を追体験することで、ターゲットやベースの本質を探る活動は可能である。ただ、メタファー思考を行って表現する行為を教師のみが行うことによる短所や限界もある。例えば、教師の用意したメタファー表現が子どもにとってもよいかどうかはわからない。また、他者意識をもって表現するという機会は設けることができず、メタファー思考の育成自体も目的とする方向からは期待できる効果が限定的になることなどである。

## (3) いつ、どのような目的において展開すればよさそうか

三つ目に、いつ (When) といった視点から、いつ、どのような目的においてメタファー思考に焦点を当てた活動を展開すればよさそうかに言及する。

### ①一回一回において設定する場合の基本的な考え方

メタファーを活用する、といったときには、誰かにとって、ターゲットの存在がいまいち捉えどころがなく、ありきたりな説明ではなかなか理解してもらえないときに、外とのつながりを求めながら、本質的な特徴を端的に納得してもらおうというのが、基本的な考え方かと思われる。したがって、いつメタファーが効果的に働くかというのは、本来的には各人にとっての状況に依存するものであり、一概に「いつ」と時系列的に決められるものではない。

ただ、一つの指針として、大まかにどのような授業場面において展開すればよさそうかを考える上では、平林 (1987) による授業のアスペクト (相) の考えが参考になる。

平林（1987）は、算数・数学の授業を「技能の練習」，「理解」，「問題解決」，「問題設定」の四つの相に分類できることを示している。この四つの相に照らすと、アナロジーは主として「問題解決」や「問題設定」の相に有効に働くことが期待され、メタファーは主として「理解」の相に有効に働くことが期待されるものとして捉えることができるだろう。実際の授業においては、これら四つのうちの 하나가時に独立して展開されたり、時には複数の相が相互に関連し合いながら展開されたりする。そのため、そう単純化はできないものの、「問題解決」や「問題設定」の相か、「理解」の相か、という解釈は、授業のねらいの明確化との関連において有用な区別であると考えられる。

また、いつ取り入れるとよいのかという議論は、二つ目の表現する行為とよむ行為がどのように組み込まれるのかとも関連してくる。メタファーの特徴を授業に如何に生かすかを考えたとき、先を見通す際に生かすか、後ろを振り返る際に生かすか、という大きく2通りの考え方で整理することができる。言い換えると、既知から未知への足がかりとしてのメタファーの役割に期待するか、既知の事柄をさらによりよくわからせるためのメタファーの役割に期待するかによって分けることができる（岩田, 1988）。

前者については、例えば、「関数は自動販売機である」といった具合に、学習におけるイメージ、よりどころをつくる役割をメタファーが担うということになる。この場合の初発のメタファーは、子どもがつくるというよりは、まずは教師が何らかのものを出して、それをきっかけとして活動を展開していくことが想定できる。このように、未習に対する足場かけを意図してメタファーを活用する場合がある。

後者については、「既知の事柄を別の既知の事柄で喩える」活動が想定できる。「既知の事柄を別の既知の事柄で喩える」場合であれば、ターゲットについても既知である認識があるため、その本質を抉り出そうとすることは可能である。岩田（1988）は、この「既知の事柄を別の既知の事柄で喩える」行為に関して、既知の概念の再体制化、再意味化につながる概念のゆさぶりを引き出し、自分が既に知っていることを、新たな視点からよりよくわからせることになると指摘している。このように、既習事項を再度振り返りながら、さらなる理解の広がりや深まりへとつなげていくことを目的とした授業としての価値が期待できる。このように、既習に対するゆさぶりを引き出し、意味や価値の本質を洞察する活動を引き出す役割を期待してメタファーを活用する場合がある。

このように、授業として具現化するにあたり、理解したい対象は未習か既習かによってメタファーの活用のされ方が異なっており、未習の場合には未習に対する足場かけ、既習の場合には既習に対するゆさぶりを期待して活用することが肝要である。そして、未習に対する足場かけの場合には、子どもにとっては未知であるため教師が表現し子どもがよむといった関係に限定されること、既習に対するゆさぶりの場合には、教師が表現し子どもがよむといった関係に加えて、子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係へと広げていくこともできることがわかる。

数学史や科学史を振り返れば、モデルや理論の発想の時点における、既知から未知への足がかりとしてのメタファーの役割が指摘されている（ヘッセ、1986）。ただ、数学教育の文脈では、ターゲットが未知である場合にその本質を抉り出し、それに対応するベースを探ることを視野に入れるかどうかは、なかなか悩ましいところがある（Sfard, 1997）。未習に対する足場かけを意図してメタファーを活用する場合には、メタファー思考を行って表現する行為は教師あるいは先達が行い、子どもはメタファー表現をよむ立場、といった関係性を想定するのが、まずは自然であろう。

一方で、「既知の事柄を別の既知の事柄で喩える」の場合であれば、子どもに委ねることが可能である。ある子がつくったメタファー表現を共有して他の子がよむ、相互作用の中でその関係が入れ替わっていくなど、様々な場合が考えられる。個人個人にとっての見方が見えてくることで、概念化の様相に相違があることを知り、多角的な見方が顕在化されることで、概念の多面性が議論できる、といった展開が考えられる。

## ②段階性も考慮に入れた長期的な視座から、学びの連続性を踏まえて繰り返し設定することも見通した場合の基本的な考え方

数学的知識の構成は常に暫定的であることを考えたとき、メタファーによる数学的知識の成長を考える上では、ある時点でのメタファーがその後どのように変容・修正されていくかに焦点を当てていくことも重要である。第1章第5節では、「四則演算はものの集まりである」というメタファーに基づいて考えていたのに対して、メタファー・ブレンドを背景として、「数は物理線分である」という別の発想から成る「物差し」メタファーに基づくことで、「四則演算は経路に沿った移動である」というメタファーが自然な形で導かれることについて言及した。このように、ある程度長期的な視座に立って、子どもなりのメタファーの長期的な活用とその成長プロセスがどのように記述できるか

について検討しておくことも重要である。以下の考察は、決して考え得る全ての場合を網羅したものにはなっていないが、こういった考えに立って子どもなりのメタファーの長期的な活用を目指していけばよいか、という指針として言及するものである。

例えば、先述の「方程式は天秤である」を切り口とした発展に関する事例を通して、二つの場合を考えてみよう。

一つ目は、同一のメタファー表現を繰り返し活用できないかを考える場合である。

「方程式は天秤である」というメタファー表現は、概ね中学校第1学年での方程式の学習場面における活用が想定されている。つまり、ベースである天秤における「釣り合っている状態」を通して、ターゲットである方程式における等式の性質としての「釣り合っている状態」を捉えることを促そうという意図が込められている。一方で、当然ながら天秤には「釣り合っていない状態」もある。「釣り合い」という要素を取り出したときに、方程式の学習場面においては、「釣り合っている状態」を強調するのに対し、「釣り合っていない状態」については、通常あまり焦点が当てられることがない。ただ、例えばターゲットを不等式とした場合には、「釣り合っていない状態」が脚光を浴びてくる可能性がある。そして、重りの載せ方によって天秤が左右に揺れ動くさまを動的にイメージすることで、「釣り合っていない状態」の中に「釣り合っている状態」が瞬間的に含まれることに気付くことで、等式と不等式とを統合的に捉えることにもつながり得るだろう。このように、あるメタファー表現を単独の場面での活用で終わらせずに、繰り返し活用することも含めて構想することで、異なる解釈が生じながら数学的知識の成長を促すことが構想できる（図 2-4-1）。

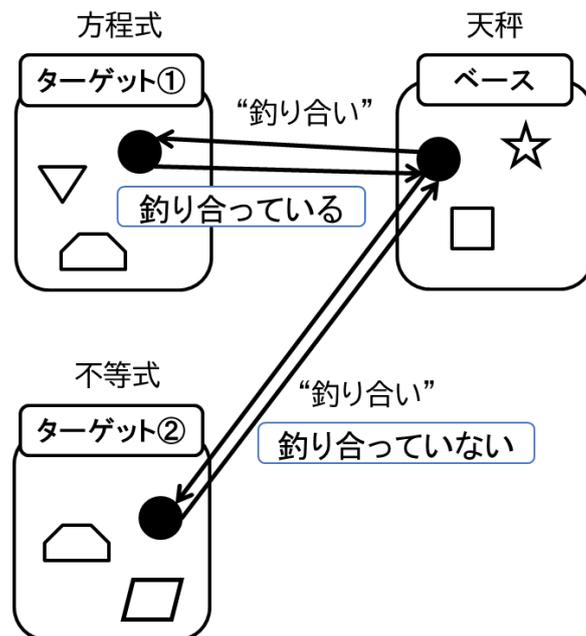


図 2-4-1 同一のメタファー表現を繰り返し活用できないか

二つ目に、ある場面では「望ましくない」メタファーであったものを、他の場面で活用できないかを考える場合である。実際の授業においても、ターゲットとベースとの間のつながりを子どもなりに見出した結果、ターゲットの要素とは必ずしも合致しないものが出てくる可能性は大いに考えられる。そうしたときに、ターゲットのシステムの周辺領域に位置付く要素と捉えていけないかという視点で捉えようとすることによって、他の学習場面であれば活用できないかを考えていきたい。例えば、第2章第2節では、「方程式はヒーローである」というメタファーを取り上げ、「望ましくない」メタファーと見なして言及を行った。《ヒーロー》というベースは、方程式の場合では適さなかったかもしれないが、その後の何らかの場面で脚光を浴びるような活用はできるだろうか。「アニメ作品のヒーローのように、いつどんなときでも、問題を解決してくれる頼もしい存在である」という意味で解釈するならば、例えば、恒等式を学習する場面まであたためておけばよいかもしれない。ある恒等式に含まれる変数がどのような値をとっても、左辺と右辺の値は等しくなるという性質を理解する上で活用され得るからである。そのように考えると、《ヒーロー》というベースが、方程式と恒等式の特徴の違いを端的に理解するための重要なメタファーとして位置付いてくることになるだろう（図 2-4-2）。

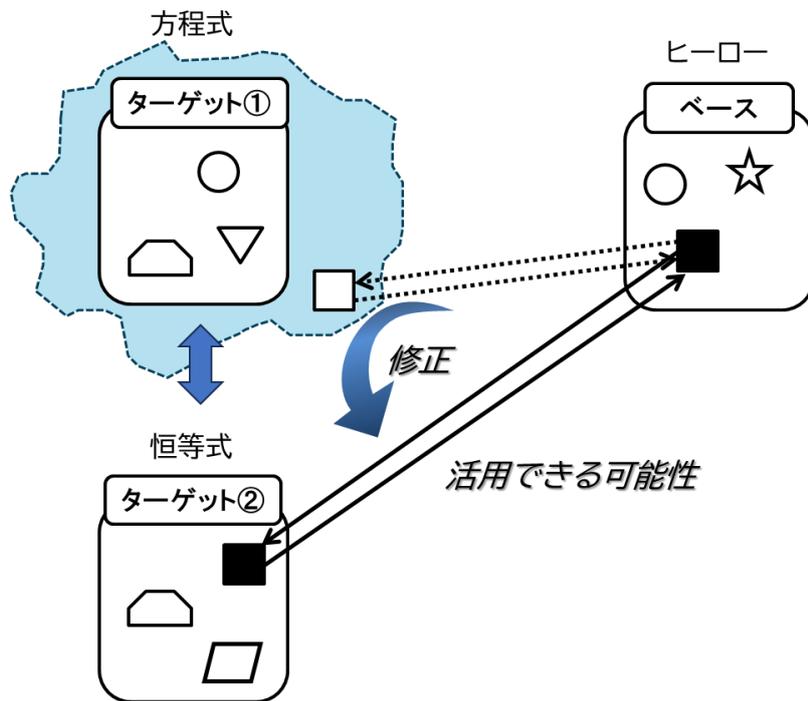


図 2-4-1 「望ましくない」メタファーであったものを，他の場面で活用できないか

上記の例はあくまでも一つの可能性として構想したものであるが，このように，段階性も考慮に入れ，学びの連続性を踏まえて繰り返し設定することも見通しておくことで，要所要所で数学的知識の構成を促していくような指導を構想することもできる．点对応による緩いつながりというメタファーの特徴を生かし，数学的知識の成長を考える上でのきっかけになることを構想する上での重要な視点であると言える。

## 第5節 数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動における題材の選定とその特徴に関する事例分析

### 1. 事例分析における基本方針と具体的な方法

#### (1) 本事例分析における基本方針

本節では、第4節において挙げた四つ目の観点を取り上げる。どこで(Where)といった視点から、数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動に適した題材にはどのようなものがあるのか、その題材探しから始めることとする。その際、メタファーが活用されている例をどのように探していくかが問題となる。なぜならば、ある表現がメタファーであるか否かを判定するという自体、多くの議論を呼ぶものであり、定まった方法が存在しないからである。

本研究では、方法論上の方針の立てやすさという観点から、数学学習に関係する何らかの用語が、日常・社会生活における何らかの場面にメタファーとして活用されている例の検索に着目することとした。例えば、「議論は平行線をたどる」といった例がそれにあたる。数学以外の場面である「議論」というターゲットの状態を表現するために、算数・数学学習において獲得した「平行線」という知識がベースとして活用されている。そのようにみていくと、実は、我々の日常・社会生活において、数学学習に関係する何らかの用語がメタファーとして活用されている例は、比較的ありふれているのではないかと推測される。例えば、次のような表現もその一例である。

個別最適な学び、協働的な学びの充実を通じて、「主体的・対話的で深い学び」を実現することは、児童生徒の学びのみならず、教師の学びにも求められる命題である。つまり、教師の学びの姿も、子供たちの学びの相似形であるといえる。

主体的に学び続ける教師の姿は、児童生徒にとっても重要なロールモデルである。「令和の日本型学校教育」を実現するためには、子供たちの学びの転換とともに、教師自身の学び(研修観)の転換を図る必要がある。

(文部科学省中央教育審議会, 2022, pp.22-23)

「教師の学びも、児童生徒の学びの相似形である」という言葉がある。ここでは、児童生徒による「主体的・対話的で深い学び」の実現を目指すのであれば、教師自身も

「主体的・対話的で深い学び」を通して力量を高めなければならないことが示唆されている。ただ、それだけを伝えたいのであれば、なぜ合同ではなく相似という表現になっているのだろうか。教師にとって、教えることも大事であるが、学ぶことも大事、ということも示唆しているかもしれない。そうすると、児童生徒よりもさらに、教師の方が多く学ぶべきであることを示唆しているのかもしれない。例えばこのように、「相似形」というたった一つの表現をきっかけとして、意味が多様につながり、発想が広がっていくことがわかる。

このように、学習された数学が、自然現象や社会現象など数学以外の世界をメタファー的に理解するためのベースとして機能する場合がある。國岡（2020）は、数学を学ばなければ、こういった文の意味は理解不能であるとともに、認識の仕方自体が生まれてこなかったであろうことに言及している。そして、数学がメタファーのベースとして使用できることで、世界の見え方が変わり、世界に向けた私たちの視野が広がるという点も、数学を学習する目的として重要であると述べている。

例えば他にも、「考えが180度変わる」や「考えているベクトルが違う」など、日常・社会生活において、学習された数学が、数学以外の世界をメタファー的に理解するためのベースとして活用されている例は数多くあるように思われる。こうした例を探すことであれば、条件設定が比較的容易に行えると考えたわけである。ただ、そうした例はどの程度あるのか、算数・数学科の授業で活用できそうなものとしてはどういった例があり、どういったねらいで取り上げるのがよいのか、など、学習活動の具現化につながり得る研究はなされてきていない。

そこで以下では、算数・数学学習で獲得される用語において、日常生活の中でメタファーとして活用されている用語の具体例を抽出し、どのような学習活動が可能であるかについて分析・考察を行う。その際に、数学が日常生活の中でメタファーとして活用される例をどのように抽出するかが問題である。今回は、少なくとも大人にとって、広く一般に使われている表現の中から探すこととし、新聞記事に着目して、日常生活において数学用語がメタファーとして活用されている事例を抽出する。そして、各々のメタファー表現から、どのようなメタファー思考を行った結果つくられた表現であるかを内省的に分析・考察し、どのような題材が授業で活用可能であるかを探る方法をとることとする。

なお、今回は「ターゲット：日常・社会生活，ベース：数学」の例の中のみから探っていくこととなるが、今回の探索によって、ターゲットとベースを入れ替えた「ターゲット：数学，ベース：日常・社会生活」の場合にもなり得る着想が得られる例が抽出されることも期待している。第1章でも言及したように、何らかの問題意識の深まりによってターゲットとベースの関係が入れ替わるという動きもあり得るからである。例えば、「二人の議論は平行線だ」というメタファー表現が引き金となって、議論と平行線とがどのような要素どうしで結ばれているのかが問いとなり、「そもそも平行線って何だっけ？」ということを考え始める中で、「平行線とは〇〇のようなものだよ」というやり取りにも展開し得るだろう。そのように、「ターゲット：日常・社会生活，ベース：数学」と、「ターゲット：数学，ベース：日常・社会生活」とは、互いが動的に入れ替わり得るものとして捉えている。

## (2) 日常生活において使用される数学用語の抽出

まず、数学用語とは何かを考えると、日常用語と数学用語を完全に区別する、という立場で考えようとする、その境界線を引くことは困難である。そこで、算数・数学学習を通して獲得される用語は基本的に教科書に掲載されているという考えのもと、教科書に含まれる全ての用語の中から、数学教育に関わる用語を選び取るという実際的な方法をとることとする。本研究では、近藤(2011)による教科特徴語のリストを基礎的な統計資料として活用した(巻末1)。その結果、例えば、平行、分数、作図といった計129語が対象となった。

以上のように、まずは、対象とする数学用語(数学教育に関わる用語)を規定・選定した上で、言語資源開発センターが提供する「現代日本語書き言葉均衡コーパス」のシステム(「少納言」)を活用して、その数学用語全てを検索にかけることにより、日常・社会生活で使用されている事例を収集していった(巻末2)。

また、「日常・社会生活における使用」をどの範囲で捉えるかについては、本研究と同様に日常生活における数学的概念を対象とし、その使用状況の分析・考察を行った先行研究(湊, 1981a; 湊, 1981b; 柏谷, 1995)の立場を参考に、新聞記事に掲載されている文章を対象とすることとした。

今回の抽出では、教科書に載っている用語が新聞上の文章に使われている場合のみを対象としており、別の手法であれば他の用語が出てくる可能性も考えられるが、それは今回の方法上の限界であり、今後の課題としたい。

### (3) 抽出された表現の分析方法

「議論は平行線をたどる」といった表現を考える際には、「日常・社会生活の場面で、数学用語をメタファーとして活用する行為」が行われている。こうした表現に出会い、意味を解釈しようとする際の思考は、どのようなプロセスを経るであろうか。内省的に考えることにより、期待する思考過程として、a~dの連動する思考過程を設定した。

#### a) 日常生活における数学用語の意味を解釈する

まず、日常場面において、平行（平行線）という数学用語がどのような意味で用いられているかについて、その日常場面の意味に基づいて解釈する必要がある。

#### b) 数学的概念の性質を振り返る

次には、平行（平行線）のどの性質が切り取られているのかを考え、平行の概念にはどういった性質があるのかを振り返ることになる。例えば、両方向に限りなく延長しても、いずれの方向においても交わらない二直線、距離が一定な二直線、方向が同じ二直線、錯角が等しい、といった意味のあることを捉えることになる。

#### c) 日常生活と数学とで整合する要素を探る

そして、aにおける日常的な解釈と、bにおける数学的概念の性質とを対比し、整合する要素は何か、両者に一致する部分を見極めることになる。「議論は平行線をたどる」の表現の場合には、「両方向に限りなく延長しても、いずれの方向においても交わらない」が対応しているのではないかといった解釈が引き出される。

#### d) 何故その数学用語が用いられたのかを考える

cで関係が特定されたとき、その日常場面において、何故その数学用語が用いられたのかが次なる問いとして気になり出す。言い換えれば、「なぜ平行（平行線）という用語なのか」と表現としての有効性を探る方向性や、「他の似たような用語ではダメなのか」と批判的に捉える方向性等に問いが広がっていく可能性がある。

a~dのプロセスを図にすると、図 2-5-1 のように表される。

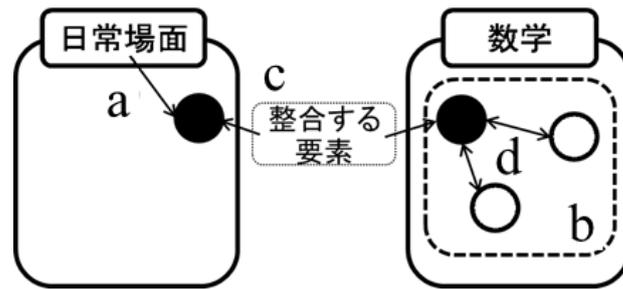


図 2-5-1 内省的な思考プロセス

## 2. 抽出結果と分析

### (1) 使用例の抽出結果

上記に示した方法に基づいて使用例を抽出した結果、表 2-5-1 のとおり、計 10 の用語が抽出された。各事例の具体的な文脈については、巻末 3 にまとめてある。新聞記事の文例が複数抽出された場合には、その中の代表例を一つのみ取り上げた。また、今回検索対象としたその他の全ての用語は巻末 4 に示してある。

表 2-5-1 抽出された数学用語の事例

抽出された数学用語および総数
鋭角, 角度, 縮図, 対称, 半径, 引き算, 比例, 平行 (平行線を含む), 方程式, 直線
以上, 計 10 語

### (2) 各事例に対する分析

表 2-5-1 に示された 10 の事例に対して、②に示した a~d のプロセスに基づいて分析することを通して、各々の事例においてどのような学習活動が考えられるかを検討する。

各々の数学用語と、a~d の各段階での解釈 (表 2-5-2) を対応させて、10 の事例全てに対して分析を行った (巻末 5)。この分析については、研究協力者にも検討をお願いし、複数の目を通すことにより、解釈に齟齬が生じないかを確認した。なお、「平行」については、場面に応じて異なる意味で用いられていたことに着目し、事例を二通り取り上げている。

表 2-5-2 分析のプロセス

- |                         |
|-------------------------|
| a) 日常生活における数学用語の意味を解釈する |
| b) 数学的概念の性質を振り返る        |
| c) 日常生活と数学とで整合する要素を探る   |
| d) 何故その数学用語が用いられたのかを考える |

### 3. 活動の構想とその意義の考察

上記の事例分析を踏まえて、意図 1（ある対象を理解するための方法として活用する方向）と意図 2（メタファー思考の育成も目的とする方向）に照らして考察する。

まず、意図 1（ある対象を理解するための方法として活用する方向）について考える。今回同定した a~d のプロセスにおいては、日常場面での数学用語を用いた表現に対して、基本的には批判的に解釈することになる。すなわち、日常と数学とを対比的に捉えることで、自分自身の中にある数学的概念を問い直したり、これまでの算数・数学学習の流れを振り返ったりする行為が促進され、学び直しに焦点が当たることで数学的概念の深まりに寄与することが期待できる。これは、日常の世界との対比により、影響を与えられたからこそのものである。そして分析の結果からは、各々の題材に応じて異なる観点から数学的概念の学び直しが引き出されることがわかる。具体的には、今回抽出された事例 1 ~ 11 については以下の三つの類型に分けることができる。

$\alpha$  : 拡張のプロセスに焦点が当たる機会となり得る場合（対応する事例：事例 7）

まず、それまでの学習における拡張のプロセスに目を向ける指導が考えられる。

事例 7 では、「増えれば増える」といった意味の象徴として比例という数学用語が用いられている。しかしながら、中学校数学での比例の学習後であれば、これはあくまでも比例定数が正の場合にのみ通用する性質であり、負の数まで拡張された世界においては、もはや比例を象徴する特徴ではなくなる。ただ、たとえ数学的に望ましくない用いられ方であっても、「誤りである」だけで終わらせずに、この表現が実際に社会で用いられているという事実をもとにして「なぜ比例が表現として使われているか」を考える場として取り扱いたい。

そして、比例の数学的性質と、日常場面の意味である「増えれば増える」とを対比することによって、この意味が果たして比例の本質的な性質であるのかが問いとなる。反例があることに目を向ければ、「増えれば増える」の意味のみによる解釈は、負の数へと数が拡張される前の捉えであることが明確となり、中学校の学習において拡張があったことが改めて明確になる。

$\beta$  : 数学的概念の意味を多面的にみる契機になり得る場合 (対応する事例 : 事例 5, 8, 9, 11)

以下の題材では、数学用語の意味が場面や目的に応じて使い分けられていることに目を向けることができ、数学的概念のもつ複数の意味や性質を比較する契機としての役割も期待できる。

事例 5 では、円は円周上のみを意味する場合と内部まで全て含んだ意味となる場合があることに焦点が当たる。事例 8 及び 9 の 2 事例の比較からは、平行には方向が同じ二直線といった意味や交わらない二直線といった意味があることが見えてくる。また事例 11 からは、直線は「ずっと続く」のように線分や半直線との区別のもとで使われる場合もあれば曲線との対比でただ「まっすぐな線」を意味する場合もあることが見えてくる。

$\gamma$  : 関連する概念との異同を明確にする契機になり得る場合 (対応する事例 : 事例 3, 4, 7, 8, 9, 10)

以下の事例では、関連する数学用語との対比が議論の対象となってくると考えられる。そしてそれぞれを比較し、他の用語に置き換えることはできるか、といった問いが引き出されることにより、それを契機として各々の異同を明確にする活動にも広がりを見せる可能性がある。

事例 3 では縮図と拡大図、ひいては相似関係について問い直すことができる。事例 4 ではどの対称かが問題となり、線対称、点对称、面对称の意味が問い直される。事例 7 では比例とその他の「増えれば増える」関数を対比し、事例 8 及び 9 では平行とそれ以外の二直線の関係との対比することから、それらの関連性が見直される。また事例 10 では、方程式を恒等式や等式に置き換えたらどうなるか、と考えることにより、各々の意味がより明確になる。

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ については、各々の数学用語とその日常生活における使われ方の特徴、および対象とする学年に応じて、多様なアプローチが可能である。

次に、意図2（メタファー思考の育成も目的とする方向）との対応について考える。a~dのプロセスにおいては、「なぜこのような表現をするのだろうか」といった問いが活動の原動力となり、他者のメタファー思考を吟味し、解釈する活動が促進される。このa~dを実行することそのものがMT1~MT3に関係しており、今後さらなる分析・考察を行いながら、意図2との関係について明確にしていくことが期待される。

#### 4. 学習で取り上げる用語の選定に関わる論点

各々の事例に対して考えられる活動を構想し、その意義についての考察を行ってきた。一方で事例1, 2, 6からは、取り扱う題材の選定には留意が必要であることも示唆される。

事例1の鋭角については、対応する数学的性質の解釈が困難であった。また事例6の引き算については、将棋に関わる専門的な知識が無ければ解釈の難しい事例であった。これらの事例からは、全てが学習活動のための題材になり得るわけではなく、適さないものも含まれるという点がわかる。

事例2の角度については、日常場面では頻繁に出会う表現である一方、抽出されたいずれの文章からも、数学的概念における意味を見いだすことができなかった。数学的には角度とは明らかに量であり、その大小を問題とする。一方で、日常場面の文脈では量の大小関係というよりは、方向のみを意味している印象が強い。これらのことから、角度については、日常場面での意味と数学的概念における意味とが整合しないことを学ぶ場面になり得ることはわかるものの、指導の対象や取り扱うねらいに慎重な吟味が必要であると言える。

#### 5. 事例分析から得られた知見と今後の課題

今回抽出された10の数学用語に関する事例に対して、a) 日常生活における数学用語の意味を解釈する、b) 数学的概念の性質を振り返る、c) 日常生活と数学とで整合する要素を探る、d) 何故その数学用語が用いられたのかを考える、といったプロセスを共通の枠組みとして分析・考察を行った。その結果、意図1（ある対象を理解するための方法として活用する方向）との対応に関して、a~dのプロセスで日常場面での数

学用語を用いた表現を批判的に解釈することにより、自分自身の中にある数学的概念を問い直したり、これまでの算数・数学学習の流れを振り返ったりする行為が促進され、学び直しに焦点が当たる契機となるような題材があることが見出された。具体的には、 $\alpha$ ：拡張のプロセスに焦点が当たる機会となり得る場合、 $\beta$ ：数学的概念の意味を多面的にみる契機になり得る場合、 $\gamma$ ：関連する概念との異同を明確にする契機になり得る場合、の三つが見出された。また同時に、学習で取り上げる題材の選定には留意が必要であることも示唆された。

今後の課題としては、対象とする範囲を広げ、さらなる数学用語についても考察を進めることが挙げられる。また今後は、ベースとターゲットとの相互作用についても考慮に入れつつ、他教科等との関連も含めて構想し、具体的にどのような学びになるかについても考察していく必要がある。

## 第6節 授業デザインの基本的な枠組みに関する考察

### 1. 授業デザインの基本的な枠組みを記述する上での考え方

第4節では、学習指導を構想する上で検討すべき観点として、どのように（How）の背景をなす論点として、なぜ（Why）、何を（What）、誰が（Who）、いつ（When）、どこで（Where）の視点を検討すべきであることに言及した。

まず、なぜ（Why）については、メタファー思考に焦点を当てた活動を取り入れるにあたっての教育的意義に対応していた。算数・数学科において何故メタファーを活用するのかに着目し、メタファーをある対象を理解するための方法として活用する方向（意図1）とメタファー思考の育成自体も目的とする方向（意図2）の二つを同定した。そして、意図1と意図2の関係としては、意図1に焦点を当てて実践していく中で、徐々に意図2にも焦点を当てていくことになるという捉えについて述べた。以下で言及する基本的な枠組みとは、まずは意図1を具現化するための方法について模索する立場から、意図1に焦点を当てて実践していく際の授業デザインを念頭にしたものである。意図1から意図2へと広げていく過程のデザインについては今後の課題として残し、後続の研究に期待したい。

次に、いつ（When）、どこで（Where）については、基本的な枠組みに組み込むことが難しい面がある。いつ（When）については、おおまかな方針は立てられるが、実際の児童生徒の状況や意識によってかなり動的な側面がある。どこで（Where）についても、点对応によるメタファーの強みがどのように生きるかについては、どのように題材を選ぶかは、どのようなねらいを立てて教材研究を行うかに関わってくるため、統一した図式によって規定することが難しい。

一方で、何を（What）と誰が（Who）については、想定される場合を類型化しやすいと判断した。以下では、何を（What）に対応する「何をベースに、何をターゲットにするか」という観点と、誰が（Who）に対応する「表現する行為とよむ行為がどのように組み込まれるのか」という観点を組み合わせることで授業デザインの基本的な枠組みを記述するという立場に立ち、メタファー思考に焦点を当てた活動を展開する上での「幅」を表現していくこととする。これらの「幅」の中から、児童生徒の実態や授業のねらいに応じて適宜組み合わせるなどして、実際の授業デザインへとつなげていくことが期待される。

## 2. 算数・数学科の授業におけるメタファー思考に焦点を当てた授業デザインの基本的な枠組み

上記の考え方に基づいて、算数・数学科の授業におけるメタファー思考に焦点を当てた授業デザインの基本的な枠組みを整理すると、以下のとおりである。

表現する行為とよむ行為がどのように組み込まれるのか（視点1）と、何をベースに、何をターゲットにするか（視点2）を観点として設定する。視点1に対して、教師が表現し子どもがよむといった関係のみならず、子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係へと広げていく点が、本研究の新規性にあたる。また、視点2に対して、日常・社会生活の世界と数学の世界による区分から、「ベース：日常・社会生活、ターゲット：数学」、「ベース：数学、ターゲット：日常・社会生活」、「ベース：数学 $\alpha$ 、ターゲット：数学 $\beta$ 」の3通りの区別ができる。数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点から考える場合に焦点を当てると、「ベース：日常・社会生活、ターゲット：数学」、「ベース：数学、ターゲット：日常・社会生活」の二つに焦点が当たっていくことになる。数学を理解するための方法として日常・社会生活の事象をメタファーとして活用する方向だけでなく、ベースとターゲットを入れ換えた関係として、日常・社会生活の事象を理解するために数学をメタファーとして活用する方向にも考察の範囲を広げて探っている点についても、今後さらなる研究の可能性が期待される。

表現する行為とよむ行為の区別、「ベース：日常・社会生活、ターゲット：数学」、「ベース：数学、ターゲット：日常・社会生活」の各々2通りの区別を横軸と縦軸にとって、2次元表の形で図示したのが図2-6-1である。

B: 場面設定 A: 行為	B1: メタファー思考を行って 表現する	B2: 他者のメタファー思考を 解釈する
A1: 日常・社会生活の場面で、 数学をメタファーとして活用する行為		
A2: 算数・数学学習で、 日常・社会生活をメタファーとして活用する行為		

図2-6-1 メタファー思考に焦点を当てた活動における基本的な枠組み

例えば、未習に対する足場かけを意図して、数学を理解するための方法として教師が「方程式は天秤である」といったメタファーを解説的に用いるような場合は、図 2-6-2 の斜線部分にあたる位置づけで解釈することができる。

B: 場面設定 A: 行為	B1: メタファー思考を行って 表現する	B2: 他者のメタファー思考を 解釈する
A1: 日常・社会生活の場面で、 数学をメタファーとして活用する行為		
A2: 算数・数学学習で、日常・ 社会生活をメタファーとして活用する行為		

図 2-6-2 「方程式は天秤である」を解説的に用いる場合の位置付け

本研究における主な研究課題である、子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係へと広げていくといった点は図 2-6-3 の斜線部分に位置付けられる。また、日常・社会生活の事象を理解するために数学をメタファーとして活用するといった方向は、図 2-6-4 の斜線部分として特徴付けられることになる。

B: 場面設定 A: 行為	B1: メタファー思考を行って 表現する	B2: 他者のメタファー思考を 解釈する
A1: 日常・社会生活の場面で、 数学をメタファーとして活用する行為		
A2: 算数・数学学習で、日常・ 社会生活をメタファーとして活用する行為		

図 2-6-3 子どもが表現する側にもよむ側にもなる関係へと広げる

A: 行為 \ B: 場面設定	B1: メタファー思考を行って表現する	B2: 他者のメタファー思考を解釈する
A1: 日常・社会生活の場面で、数学をメタファーとして活用する行為		
A2: 算数・数学学習で、日常・社会生活をメタファーとして活用する行為		

図 2-6-4 日常・社会生活の事象を理解するために数学をメタファーとして活用する

## 第7節 第2章のまとめ

本章では、数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動に関する理論的考察を行った。

第1節では、数学教育においてメタファー思考をいかに捉えるべきかについて考察し、本研究では、「ターゲットの本質を端的に理解・表現することを目的として、ターゲットとは異なる世界の中から類似するベースを探り出し、ベースを通じた説明を吟味しながら、ターゲットの本質を抉り出そうとする思考」と捉えること、その要素として、MT1（ターゲットの本質を抽出しようとする）、MT2（①ターゲットに類似するベースを異なる世界に見出そうとする、②ベースの本質を抽出しようとする）、MT3（表現を検討し、評価・改善しようとする）を設けて捉えることについて示した。

第2節では、子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動に関する具体的な構想として、広く知られた「方程式は天秤である」の例を取り上げながら、それを切り口にしてどのような活動へと発展させていける可能性があるかについて、事例的に検討を行った。

第3節では、算数・数学科授業においてメタファーを活用するといったとき、ある対象を理解するための手段として活用する方向（意図1）と、メタファー思考の育成自体も目的とする方向（意図2）があることに言及し、各々に対して教育的意義が期待できることについて述べた。意図2については、「物事の本質を抽出し、それを端的に表現する」といった資質・能力との関連、他者を意識する力との関連がある。他者を意識する力として、今後数学教育研究においても重要な論点になり得る着想として、学習の個性化といった論点に関係するエンパシーや多角的な見方との関連についても言及した。意図2については、意図1に焦点を当てて実践していく中で、徐々に焦点を当てていくことになる。

第4節及び第5節では、メタファー思考に焦点を当てた活動を展開するための方法に関する考察として、何を（What）、誰が（Who）、いつ（When）、どこで（Where）といった視点から、学習指導をどのように具体化するかについて検討した。まず、何を（What）といった視点から、何をベースに、何をターゲットにするかに関して、どのような場合が想定できるのかについては、大きく（ベース：日常・社会生活、ターゲット：数学）、（ベース：数学、ターゲット：日常・社会生活）、（ベース：数学、ターゲット：数学）の3通りの区別によって捉えていけることに言及した。本研究において

は、数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点からベースを探す場合を主な研究対象としていることから、主には、（ベース：日常・社会生活，ターゲット：数学）及び（ベース：数学，ターゲット：日常・社会生活）の場合に着目していることになる。

次に、誰が（Who）といった視点から、表現する行為とよむ行為がどのように組み込まれるのかという観点に言及した。いつ（When）といった視点からは、未習の場合には未習に対する足場かけ、既習の場合には既習に対するゆさぶりを期待して活用することが肝要であることを指摘した上で、表現する行為とよむ行為がどのように組み込まれるのかにも関わり、未習に対する足場かけの場合には、子どもにとっては未知であるため教師が表現し子どもがよむといった関係に限定されること、既習に対するゆさぶりの場合には、教師が表現し子どもがよむといった関係に加えて、子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係へと広げていくこともできることに言及した。

そして、どこで（Where）といった視点から、数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動に適した題材にはどのようなものがあるのか、新聞記事の文例に着目して題材探しを行った。例えば、比例、平行、直線といった数学的概念に対する活用事例が抽出され、少なくとも、 $\alpha$ ：拡張のプロセスに焦点が当たる機会となり得る場合、 $\beta$ ：数学的概念の意味を多面的にみる契機になり得る場合、 $\gamma$ ：関連する概念との異同を明確にする契機になり得る場合があることが示唆された。

第6節では、第4節及び第5節の考察を踏まえて、算数・数学科の授業におけるメタファー思考に焦点を当てた授業デザインの基本的な枠組みを整理し、表現する行為とよむ行為がどのように組み込まれるのか（視点1）と、何をベースに、何をターゲットにするか（視点2）を観点として設定した枠組みについて示した。視点1に対して、教師が表現し子どもがよむといった関係のみならず、子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係へと広げていく点が、本研究の新規性にあたる。

### 第3章 数学教育におけるメタファー思考に焦点を当てた活動の展開に関する事例的研究

本章における事例的研究は、目的2に対応している。目的2は、子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動について、数学的概念における多面的な意味の明確化に焦点を当てる立場から具現化し、その有効性と課題について事例的に検証することである。

これは、第2章第5節において得られた知見をもとに、数学的概念における多面的な意味の明確化に焦点を当てる立場から学習活動を具現化することを目指している立場にある。

#### 第1節 本章で取り上げる二つの事例と各々の意図

数学教育において、メタファー思考に焦点を当てた活動を取り入れる意義とその可能性を明らかにするために、本研究では、小学校算数科における二つの事例的研究を位置付ける。子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動を具現化する上での基本的な位置付けは図 3-1-1 のとおりである。子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係を想定しているため、既習に対するゆきぶりを引き出し、意味や価値の本質を洞察する活動を引き出す役割を期待してメタファーを活用するという立場で行う。

A: 行為 \ B: 場面設定	B1: メタファー思考を行って表現する	B2: 他者のメタファー思考を解釈する
A1: 日常・社会生活の場面で、数学をメタファーとして活用する行為		
A2: 算数・数学学習で、日常・社会生活をメタファーとして活用する行為		

図 3-1-1 事例 1・2 の位置付け

第2節で取り上げる事例的研究1は、第2章において行った理論的考察を受け、メタファー思考を行って表現する行為、他者のメタファー思考を解釈する行為を共に子どもに委ね、メタファーというテーマを子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係

へと広げて授業を行うことは果たして可能なのか、といった、具現化できるかどうかの可能性を探る萌芽的な実践である。

第3節で取り上げる事例的研究2は、事例的研究1を通して確認された可能性について、効果検証のために必要なデータの収集を適切に行う意図で行う実践である。確実に検証を行うために、事例的研究1と同じ題材を取り扱った学習活動で行う。事例的研究2の分析・考察を通して、児童に変容がみられたのかどうかを事例的に明らかにする。

本研究においては、第2章第5節において得られた知見をもとに、数学的概念における多面的な意味の明確化に焦点を当てる立場から学習活動を具現化することを目指している。したがって、事例的研究1及び2の評価にあたっては、数学的概念の意味を多面的にみる契機になったかどうかという視点で実践を評価することになる。ただし、実際の事例においては、その視点だけに留まらない、今後考察を深めるべき様々な示唆が得られる可能性がある。最後に、第4節において、実際の事例から示唆される今後のさらなる研究課題についても言及することとする。

## 第2節 子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動に関する事例的研究1

### 1. 事例的研究1の目的と方法

事例的研究1（以下、事例1とする）の目的は、子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動の展開可能性とその意義について、小学校第5学年の児童を対象に、「□には変数としての意味と未知数としての意味とがある」ことに焦点を当てて具体的に検証することである。

そのための方法として、授業中の発話記録、及び児童のノート記述を用いた分析を行う。発話記録を基にして実際の児童の反応を読み取るとともに、授業の流れの中で鍵となった教師の働きかけにも着目する。また、児童のノート記述については、分析の枠組みにしたがって類型化し、授業後の理解の状況についての考察を行う。

### 2. 授業デザインに関する方針

#### (1) 題材の選定に関する方針

まずは、本研究において、なぜ「□には変数としての意味と未知数としての意味とがある」ことに焦点を当てることとしたのか、その見通しについて述べる。

□の意味は、定数、未知数、変数など複数の意味を持ち、各々の意味は目的意識や文脈に依存する。小学校段階において、未知数としての意味と変数としての意味とを、学年を追って段階的に指導がなされることになっているが、必ずしもそれらを統合的にみる機会が設定されているとは言い難い状況にある。子どもにとって、特に変数としての意味の理解が難しいとされており（國宗・熊倉，1996），未知数としての意味と変数としての意味とを対比的に理解を深めていく機会を、小学校段階なりにいかに設定できるかを模索していくことが必要である。

その際に、□が未知数としての意味をもっているような具体的な場面と、□が変数としての意味をもっているような具体的な場面をそれぞれ対比して、意味の区別を明確にしていくというアプローチも考えられる。具体例を広げながら抽象化を促していくという意味では、有効な方法であると考えられる。一方で本研究では、具体化や例示によるアプローチのみで、全ての児童にとって十分であると言えるのだろうか、とも考えている。当然ながら、具体的な問題場面というのは、□が未知数としての意味や変数として

の意味をもつという要素以外にも、異なる要素を数多く含むことになる。端的に意味の区別をしようとする際には、それらがノイズとなることも考えられるためである（図 3-2-1）。

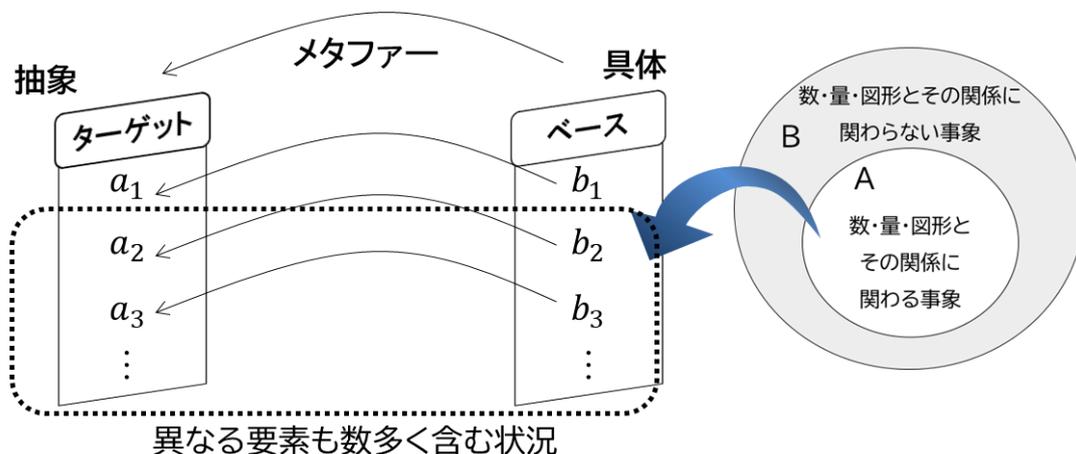


図 3-2-1 具体化・例示によるアプローチのイメージ

そこで、「見た目は同じ」で「意味は異なる」場合に、その違いだけに着目し、違いを端的に区別するためのきっかけとして、点对応という緩いつながりを生かしたメタファーの特徴が生きているのではないかと考えたわけである（図 3-2-2）。児童にとって、数・量・図形とその関係に関わらない事象においても、変数としての意味と未知数としての意味を捉える上で役に立つ経験を行ってきていると考える。例えば変数としての意味であれば、「給食当番のペア」のように、“いろいろと順繰りに変わっていく”状況が日常生活の経験の中にある。未知数としての意味であれば、「震源地ゲームのときのリーダー」のように、“わからないからとりあえず”，また“未知である”，といった状況に整合する例が想定できる。

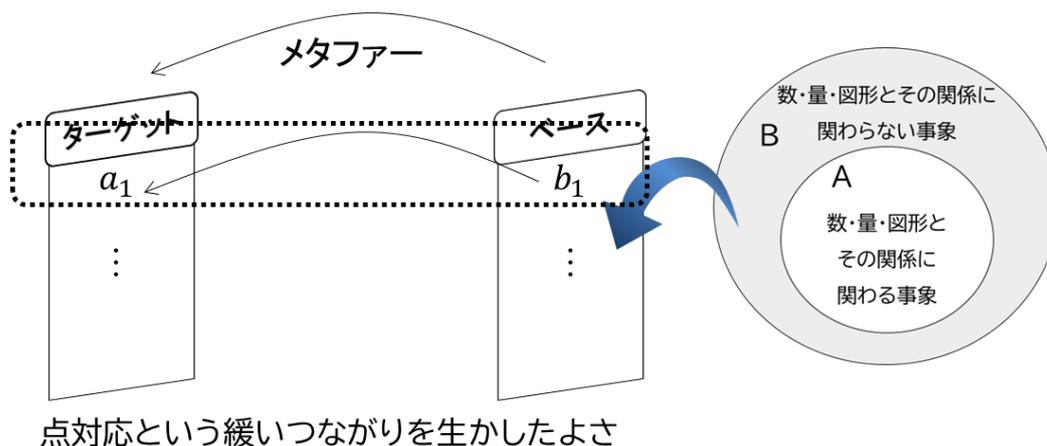


図 3-2-2 メタファーの特徴を生かしたアプローチのイメージ

これは、具体化・例示によるアプローチだけでは理解しきれなかった児童に対する次なる手立てであると解釈することができ、そのような児童にとって「要素」を増やすための指導として構想することができる。と同時に、メタファーの特徴として、ターゲットにおいて明示的でない、顕著でない意味に改めて注目させるという、ターゲットの意味特徴の強調（レイコフ・ジョンソン、1986）という点を考慮に入れれば、全ての児童にとって、ターゲットとベースの「要素どうしを結ぶ関係」が増えることにも大きな意味がある。

今回の事例的研究では、第 2 章第 5 節において得られた知見をもとに、数学的概念における多面的な意味の明確化に焦点を当てる立場から、多面的な意味を整理するという面に寄与することを期待してメタファー思考に焦点を当てた活動を設定する。上記の理由から、今回は、小学校第 5 学年「数量の関係を表す式」の单元において、「□には変数としての意味と未知数としての意味とがある」点に焦点を当てて学習活動を展開していくこととした。

## （2）学習活動の展開に関する方針

授業の展開としては、未知数、変数のいくつかの具体的な問題の例示から、それでもなお、区別が依然として難しい児童がいる場合が確認された段階でメタファーを導入する、といった方針で行う。

まず場面 1 では、□には文脈に応じた複数の意味があることについて、いくつかの具体的な問題を提示しながら確認し、変数としての意味と未知数としての意味との対比に

着目できるようにする。場面 1 において、未知数、変数のいくつかの具体的な問題の例示から、それでもなお、区別が依然として難しい児童がいるかどうかを見定める。

続いて、変数としての意味と未知数としての意味との対比について、国語科における既習経験とも関連付けながら、メタファーを用いて表現する場面を設定する。場面 2 では変数としての□の意味に着目した表現、場面 3 では未知数としての□の意味に着目した表現を聴き合う場面をそれぞれ設定する。場面 2 と場面 3 の順序については、場面 1 における児童の反応を見ながら、極力、児童の発想に委ねて流動的に取り扱うこととする。

### 3. 授業の実際

授業は、2020 年 2 月 13 日、京都府内公立小学校第 5 学年の児童 23 名を対象として、45 分間で実施された。以下、場面 1～3 に分けて、授業の実際を記述する。

(1) 場面 1：未知数、変数のいくつかの具体的な問題の例示（□には文脈に応じた複数の意味があることを確認し、それらの意味を対比する）

まず、いくつかの問題を二通りに仲間分けしよう、という話から始まった。問題 **A** と問題 **B** を見せ、□の意味が異なることへの着目を促した。

問題 **A** (変数としての意味に焦点を当てた問題)

たての長さが 5cm，横の長さが□cm，面積が△の長方形の面積の関係を式に表す問題

問題 **B** (未知数としての意味に焦点を当てた問題)

48 個のクッキーを□個ずつ 6 袋に分ける場面において、 $\square \times 6 = 48$  の関係を式に表す問題

そして、「クッキーと面積という話ではないよ。どっちも□を使っているんですけど、違うような何かないかな。」と発問し、問題 **E** (1 個 100 円のプリンを□個買い、50 円の箱に入れてもらうときの代金△の関係を式に表す問題) はどちらの仲間なのかを考えていった。すると、問題 **A** と **B** における□の意味の違いがまだよくわからない児童が多かった。そこで、「□の使い方はどうちがうのか」をめあてとして板書した。

その後、問題 **A** と **B** の式表現を考える時間を取り、**B** については  $\square \times 6 = 48$  と立

式できることを確認した後、**A**に着目した以下のやり取りが行われた。

T41：誰か言ってみて。どういうのだった？

C23：えーと、面積は縦×横の長さで出るけど、横の長さがわからない。

T42：なるほどね。これ□，えーと，これ□と△で式作りましたか？まだ作ってない人？ちょっと今書いてもらおう式書くよ。

T43：作れた人言って。C24 言って。

C24： $5 \times \square = \triangle$

T44：これで両方□と△出てきたね。使い方はどう違う？どう違った？

C25：**B**の方は答え出てるけど**A**の方は△で答えがわからない。

T45：うん。なるほど。

C26：**A**の方の□は変わる数で**B**の方はわからない数。

T46：うん，なんか区別がでてきたね。どう？今言わはったのどう？理解できた人どれだけいる？そのくらいね。今言わはったのもう一回聞いといてよ。

その後、C26の発言内容について、それがまだわからないと言う児童はいなかった。そして、変数としての意味に焦点を当てた問題 **C** (24枚のカードを兄と弟の二人で分けるとき、兄の枚数□枚と弟の枚数△枚の関係を式に表す問題)、及び未知数としての意味に焦点を当てた問題 **D** (42枚の色紙を同じ数ずつ分け、一人あたりの数が6枚であったときの人数を求める問題)、同じく問題 **F** (公園で子どもが何人か遊んでおり、そこに6人来た結果21人になったとき、初めに遊んでいた人数を求める問題)も紹介され、□の意味の視点から、**A**と**B**のどちらの仲間なのかを議論していった。考えていく中で、「ややこしい」という発言や、どちらの仲間に入るのか意見が分かれたものがあった。

それを受けて、「だいたいこんな風にイメージしたらいいんだよってどうやって伝えていこうかって話を今からしていきますよ」という教師の投げかけがあり、変数や未知数としての□の意味を下級生に伝えるなら、という相手意識のある文脈のもとで、メタファー表現をつくって聴き合う活動へと入っていった。

(2) 場面2：変数としての□の意味（問題A）に着目したメタファー表現について聴き合う

児童の発想に委ねて考える時間をとったところ、以下の発話記録にあるように、まず変数としての□の意味（問題A）に着目した表現がいくつか出された。

T95：いいアイデア出たところ？

C59：Aの方で、□はカメレオンのようだ。

T96：あーなるほどね。

C60：あー！

T97：あーできてる？これはいけそうやね。

C61：曜日でもいえる。

C62：Aで曜日。

T98：曜日ね。Aが沢山出てきますね。B?A?A.

C63：天気。

(中略)

T105：□も△もずっと変わっていきますね。□と△はまったく何でもよく変わっていいのかい？

C71：うーん。

T106：2回前のノートに書いてあるよ。

(中略)

C76：一つがわかればもう一つがわかる。

T111：うん。ちょっとここに注目してみよう。ここにはどんどん変わるって注目してくれたね。□と△が出てくるから、どっちかが決まるとどっちかが決まる。そういうものの何か考えられる？一個がわかるともう一個もわかるんだけどなー。

(中略)

T112：いける？

C80：名字がわかれば名前がわかる。

T113：あーなるほどね。今言った意味わかる人？

C81：あー。

T114：例えば今、名字と名前を挙げてくれたね。ここには何が入るでしょうか？

(名字から名前が一意に決まる例と、一意に決まらない例を、それぞれ具体例を挙げな

がら確認する)

T120 : 他, 違うものいくか.

C87 : 番地がわかれば町がわかる.

(その意味について, 具体例を挙げながら確認する)

C91 : 出席者がわかれば欠席者もわかる.

T126 : あーなるほどね. 今日学校来てるのは, (児童名を列挙) って言ってて, 呼ばれなかった人は欠席者? あーわかるね.

### (3) 場面3 : 未知数としての□の意味 (問題 B) に着目したメタファー表現について聴き合う

場面2のやり取りを経て, 未知数としての□の意味 (問題 B) に着目した議論にも展開していった.

T129 : こっち側全然出てきてないけど, Aの方はみんな喩えやすくてできているね. こっち Bは?

C93 : あこのロッカー (教室の個人ロッカー) .

C94 : またわからん.

C95 : カづくやんな.

T130 : どう? 他の人どう? Bは出にくいね. ここ班で相談してみようか.

(中略)

C97 : Bはおみくじみたいなこと.

T132 : おみくじと一緒にってこと? どういう風に考えてみたん. どの辺を?

C98 : なんか引いてもめくるまでわからないから.

T133 : なるほど. ここに注目してね.

C99 : おみくじみたいにガチャガチャ.

T134 : ガチャガチャね.

T135 : C100くんある?

C100 : 福袋.

T136 : C101さんある?

C101 : ファイル.

T137 : ファイル? どうして?

C102 : えーと, 宿題のファイルやったら, そのプリント以外入れたらだめだから.

T138 : なるほど. 今の喩えわかった人? ちょっと今, わからないっていう言い方じゃなかったね. どこが同じって言った?

C103 : ファイルはそれ以外入れたらだめ.

この後, 自分にとって一番良いたとえだと感じたメタファー表現とその理由を考え, 各自でノートに記述するなどしてから, 授業が終わった. 実際の板書記録については, 図 3-2-3 及び図 3-2-4 の通りである.

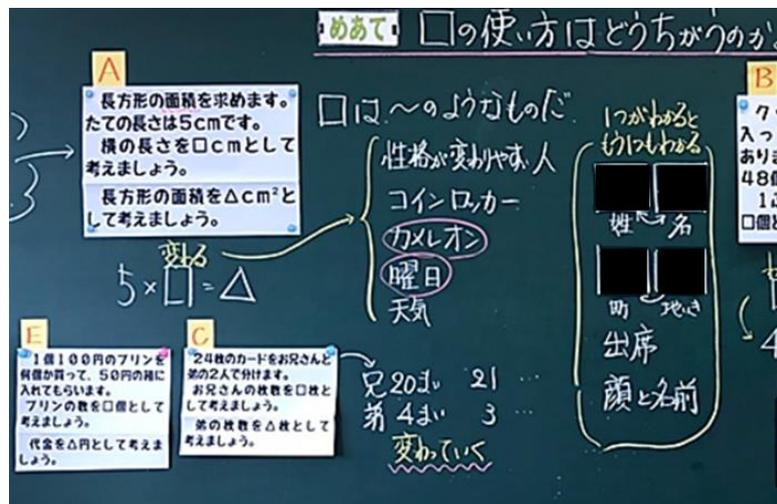


図 3-2-3 事例 2 の板書記録 (左半分, 一部修正)

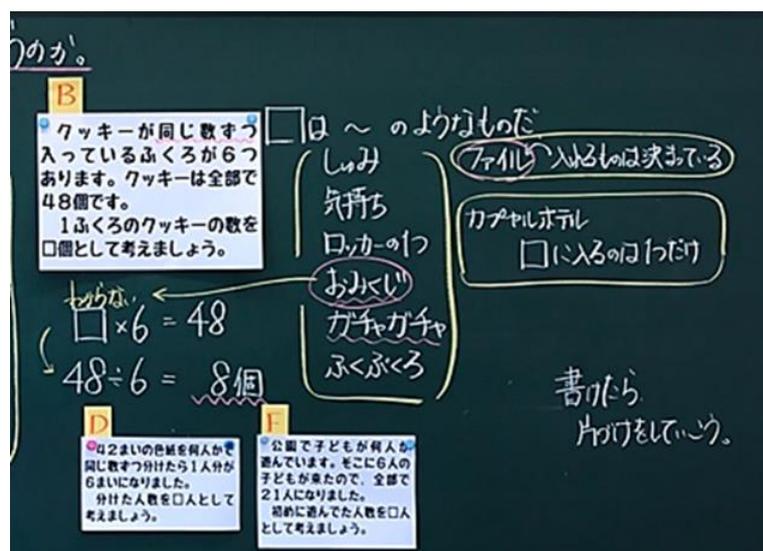


図 3-2-4 事例 2 の板書記録 (右半分)

#### 4. 事例1の分析

上記のように、授業の最後の時間において「自分にとって一番良いとえだと感じたメタファー表現とその理由」をノートに記述してもらった。

まずは、児童が選択したメタファー表現の傾向を分析する。それにより、児童がどのような日常経験と関連付けて理解したのかを知るとともに、授業展開との関係を考察するための手がかりにもしていく。

また、メタファー表現を選択する際の理由に着目し、その記述内容から把握し得る範囲で、どの程度の児童に理解の深まりがみられたかを分析する。

##### (1) 児童によるメタファー表現の選択

各児童がどのメタファー表現を選択したかについては、それぞれ表 3-3-1 及び表 3-3-2 のとおりである。中には複数挙げている児童もいたことから、人数については累計である。また、表 3-3-1 及び表 3-3-2 には「想定される共通点」を示したが、児童の記述においては必ずしも共通点が明確に書かれているわけではない。そのため、児童が挙げた各々のベースに対して、授業の文脈に照らして解釈したものである。

児童数 23 名に対して、表 3-2-1 については、3 名が複数回答（それぞれ 1・3、1・4、1・6 の二つずつ）、表 3-2-2 については、2 名が複数回答（1・2・3 の三つが 1 名、1・2 の二つが 1 名）であった。なお、表 3-2-1 及び表 3-2-2 ともに無回答の児童が 1 名ずつおり、それらは別の児童である。

表 3-2-1  $\square$  (変数としての  $\square$ ,  $\triangle$ ) についての選択

	ベース	想定される共通点	人数
1	カメレオン	いろいろ変わる	11
2	曜日	いろいろ変わる	3
3	名字と名前の関係	一方がわかれば他方もわかる	4
4	地域と町の関係	一方がわかれば他方もわかる	4
5	出席者と欠席者の関係	一方がわかれば他方もわかる	1
6	顔と名前の関係	一方がわかれば他方もわかる	1
7	ホテルの靴箱	(不明)	1
8	(無回答)		1

表 3-2-2 **B** (未知数としての□) についての選択

	ベース	想定される共通点	人数
1	おみくじ	わからない	15
2	ガチャガチャ	わからない	6
3	福袋	わからない	1
4	ファイル	決められたもののみ	3
5	(無回答)		1

## (2) 理由の記述内容の分析

### ①分析の枠組み

理解の深まりを分析するために、「□には未知数としての意味と変数としての意味があることを振り返り、その役割の違いを説明できること」という授業のねらいに照らして、以下のような段階を設定して評価を行っていくこととした。

授業後に期待したい理解の状態として、ねらいを十分に満たしている姿は、ベースとターゲットの共通点を抽出できている状態、つまり、ベースとターゲットの比較から、対応関係の考察のみならず抽象化の過程にまで至っている状態である。これを A 評価とする。次に、概ね満たしている姿として、ベースとターゲットの共通点の抽出までは至っていないものの、ベースとターゲットの対応関係を把握できている状態を設定する。これを B 評価とする。そして、ベースとターゲットの対応関係が把握できていない場合や、対応関係を明らかに誤って認識しているような場合には、C 評価とする。

なお、本時においては、未知数と変数の両方における理解の深まりをねらっている。つまり、仮に **A** と **B** とで評価に差異が生じた場合には、低い方に合わせて状態を判断する必要があると言える。例えば、**A** の記述は A 評価でも **B** の記述は C 評価の場合には、ねらいの達成としては不十分なため全体としては C 評価になる、といった具合である。

以上のことをまとめると、表 3-2-3 の通りとなる。授業のねらいに照らして、理解の深まりがあると認められるのは B 評価以上の場合と捉えることにする。

表 3-2-3 分析の枠組み

評価	基本的な考え方
A	<ねらいを十分に満たしている> 未知数と変数の両方において、ベースとターゲットの共通点を抽出できている状態
B	<ねらいを概ね満たしている> ベースとターゲットの共通点の抽出までは至っていないものの、未知数と変数の両方において、ベースとターゲットの対応関係を把握できている状態
C	<ねらいを満たしていない> 未知数と変数のいずれかまたは両方において、ベースとターゲットの対応関係が把握できていない状態や、対応関係を明らかに誤って認識しているような状態

次に、それを理由の記述内容に基づいて定める際の考え方について述べる。まず、記述内容の分析の観点として、a) ベースの特徴に対する記述があるか、b) ターゲットの特徴に対する記述があるか、c) ベースとターゲットの両者の比較から、抽象的な意味を抽出して共通点を述べているか、の三つの条件を設定した。そして、a～c)の有無に基づいてA～C評価と対応付けるとともに、実際上考え得る組み合わせのみを残すようにして、表 3-2-4 の回答類型に整理した。

表 3-2-4 回答類型の設定

評価	類型	a) ベース	b) ターゲット	c) 共通点
A	A	○	○	○
B	B+	○	○	×
	B-	○	×	×
C	C	×	○	×
		×	×	×

表 3-2-4 を設定する上での考え方は以下の通りである。

まず、表 3-2-4 は全 5 通りの分類となっている。これは、a～cの有無を単純に組み合わせた 8 通りから、今回の設定において実際上考えにくい 3 通り（c が ○ で、かつ a と b のいずれかまたは両方が × である場合）を除外したものとなっている。

次に、B 評価に対応する類型については、記述内容の解釈として、B+ と B- の区別を設ける。今回は、ベースのみに依存している場合でも、実際にはベースとターゲットの対応関係を把握できている可能性が高いと想定されるため B 評価とする。ただ、ベースとターゲットの双方から対応関係を把握できている場合とベースのみに依存してい

る場合とを区別するため、前者を **B+**、後者を **B-** とする。そして、ターゲットのみに依存しベースの特徴に対する記述がない場合や、対応関係を明らかに誤って認識している場合には、メタファー思考を通して理解が深まった姿と捉えることができないため、**C** 評価とする。無回答の場合には、今回は分析対象外とする。

## ②分析の結果

表 3-2-3 及び表 3-2-4 の分析枠組みに基づいて記述内容の分析を行った結果について述べる。まずは、**A** と **B** の各々に対して得られた各類型の人数、及び記述内容の具体例について、表 3-2-5 及び表 3-2-6 に示す。

表 3-2-5 **A** (変数としての□, △) についての分析

類型	具体的な記述例	人数
A	(該当なし)	0
B+	カメレオンがわかりやすいと思った！カメレオンは、どんな色にでもなれる。というのと、A の□△○の記号はどんな数にでもあてはまるから。	8
B-	その人の名前が分かれば、姓が分かるから、A の問題と似ていると思った	12
C	ぼくは、A の□は、カメレオンのようだ。が一番分かりやすかった。理由は、A の□が変わるということに注目して考えられていたから。	2
	(無回答, 分析対象外)	1

表 3-2-6 **B** (未知数としての□) についての分析

類型	具体的な記述例	人数
A	(該当なし)	0
B+	おみくじがわかりやすいと思った！おみくじはひくまでなにが入っているかわからない。B もとくまで□△○になにがはいっているかわからない。	9
B-	B の□の方は、おみくじのようなもの。理由は、おみくじを引くまでは何が当たるかわからないから。	13
C	(該当なし)	0
	(無回答, 分析対象外)	1

次に、**A** 及び **B** に対する結果を組み合わせ、A~C 評価との対応を示したものが表 3-2-7 である。なお、先述の通り、**A** と **B** とで評価が異なる場合には低い方に合わせて状態を判断することになる。

表 3-2-7 **A**及び**B**に対する記述内容の分析結果

評価	A	B		C	対象外	合計
類型	A	B+	B-	C		
人数	0	6	14	1	2	23

## 5. 考察

以下では、授業の実際、ノート記述の分析を踏まえて、意図 1（メタファー思考を方法として活用する方向）として挙げた、メタファー思考に焦点を当てた活動を通して期待される数学的理解の深化（U1・U2）と対応付けた考察を行う。それを受けて、最後に、学習活動の展開における教師の役割に関しても考察を行う。

### （1）U1 及び U2 に対する考察

#### ① U1 に対する考察（具体的な経験と関連づけられた理解へ）

表 3-3-7 の分析結果より、21 名中 20 名の児童（95.2%）が B 評価以上である。具体的な経験との関連付けを通して理解を深めるための授業として、一定の成果を捉えることができる。

一方、A 評価に至っている児童は 0 名であった。授業の実際を振り返ってみると、今回はよりよい表現を探ろうとする意識が強かったように思われる。それ故に、多様なベースを探りながら理解を深めた反面、ベースとターゲットの両者を比較し、抽象的な意味を抽出する過程については必ずしも十分に扱えていなかったことに一つの原因があったとも考えられる。この点の改善・検証については今後の検討課題としたい。

また、メタファー思考によって数学的理解が深まることに対する児童の実感という面からも、量的な分析には至らないものの、実感として得ている児童が確かに表れていたことが確認できた。授業の翌日に、「なぜ、『たとえて考える』ことを取り上げたと思いますか。あなたの考えを書いてください。」と記述を求め、授業に参加した 23 名中 20 名から回答を得ることができた。そこでは、20 名中 12 名の児童が理解に関すること（わかりやすい、説明しやすいなど）を記述していた。図 3-2-5 及び図 3-2-6 はその例である。

なぜ、「たとえて考える」ことを取り上げたと思いますか。あなたの考えを書いてください。

「たとえて考える」ということをする授業をすることで、  
2つのものの意味のちがいや、そのものの意味が  
分かりやすくなったり説明やすくなったりするこ  
とがあると思うから。

図 3-2-5 児童の記述例①

なぜ、「たとえて考える」ことを取り上げたと思いますか。あなたの考えを書いてください。

話していくた「けた」と「変わる数」と「変わらない数」ということしかで  
きなは、わかりにくい部分もあると思うけど、日常生活を例えにして考える  
と、「ああれと同じ感じカー」とわかりやすくなって、年生など  
にもわかりやすく説明できる。

図 3-2-6 児童の記述例②

それ以外の 8 名の児童については、6 名が他の場面での活用（国語、将来など）に言及し、2 名がこの考え方自体の大切さ（考える力）に言及していた。メタファー思考の育成を視野に入れた場合には、メタファー思考を通して理解を深めることのよさの感得についても重要な論点であり、今後さらなる考察が期待される。

また、U1 についてさらに考察するためには、ベースを探す行為がどのようになされたのかを明らかにすることも重要である。ただ本事例においては、教師と児童とのやり取りの中でメタファー表現を自由に出してもらいながら展開したこともあり、発話のあった児童についてはよりよいベースを探そうという行為がみられたものの、一人一人の児童がどのようにベースを探っていたのかについては明確にすることができなかった。その思考の過程の形成的評価についても非常に重要であり、一人一人の考えをいかに見取っていくかについても今後の課題である。

## ②U2 に対する考察（数学的概念の多面的な意味が整理された理解へ）

U2 に対しても、表 3-3-7 の分析結果より、21 名中 20 名の児童（95.2%）が B 評価以上であることから、本時のねらいである「□には未知数としての意味と変数としての意

味があることを振り返り、その役割の違いを説明できること」が概ね達成できている児童が多くいたことが確認できた。複数のベースがターゲットの異なる要素と関連付けられることを契機として、ターゲットの多面性の整理につながる授業であったと捉えることができる。それに加えて、授業の中では、未知数と変数とを対比した場合の□や△の意味の区別のみならず、問題の文脈の中でさらなる区別が見出され、異なる意味合いが顕在化されていった展開があった。

場面2における、変数としての□の意味に対する議論では、「カメレオン」などでは数が変わる、数が決まらない、という意味が強調されているのに対し、「名前と名字」については、この学級内においては□が一意に定まれば自ずと△も決まるから、という共通性に着目し、「片方がわかれば他方もわかる」という関数関係の一性質を伝えようとしているものと解釈できる。また、場面3における未知数としての□の意味に対する議論では、「おみくじ」などは、最後までわからない点に着目しているのに対し、「ファイル」については「そのプリント以外入れたらだめだから」(C102)の理由から、解の一意性に着目した表現である。

このように、「わからない数」「変わる数」といった意味の確認を行った場面1の段階では顕在化されていなかった意味合いを付加していくやり取りが存在する。例えば、授業前には□または△のどちらか一方に着目して「いろいろ変わる」と理解し、本授業を経て「一方がわかれば他方もわかる」と□と△の両方を考慮した理解もできるようになった児童がいた場合、それはまさに、「ターゲットにおいて明示的でない、顕著でない意味に改めて注目させるという、ターゲットの意味特徴の強調」の働きによる効果であると考えられる。つまり、異なる要素を切り取っている複数のメタファー表現を解釈する活動を通して、それまでは明示的でなかった意味についても含みこみながら、数学的概念の多面的な意味を整理する契機となっている可能性が示唆される。

ただ、こういった多面的な意味のさらなる整理に関しては、実際に児童の理解に効果をもたらしたことの検証までは至っていない。今回は、児童にとっての答えやすさに配慮する視点から「自分にとって一番良いとえだと感じたメタファー表現とその理由」の内容で記述を求めたが、この問われ方においては複数選択を促しておらず、例えば「おみくじ」と「ファイル」の両方を選択することをためらった可能性がある。この点に関しては、今後さらなる検討の必要がある。

## (2) 教師の役割に対する考察

学習活動をつくる上での教師の役割に関しては、大きく以下の2点が見出された。

1点目は、複数の考えに対して、ターゲットの同じ要素を切り取っているのか、異なる要素を切り取っているのかを感じ取り、異同の吟味を促す発問で切り返すことである。例えば T96, T113, T126 などは、児童の考えを傾聴し、「なるほど」などの言葉とともに受け止めている。それに対して、C101 の「ファイル」が出された際には、見出した共通点が「わからない」ことを強調した C97～C100 とは異なることを感じ取り、それらの異同の吟味を促す発問 (T138) を行い、C101 及び C102 とは別の児童に説明させている。教師が切り返すことによってこそ、当初は明示的でなかった意味を付加していくやり取りが生まれていると言える。ただし、メタファーによる関連付けはあくまでも個人の解釈によって成り立っているため、教師による解釈もあくまでも一解釈であり、児童の意図とは異なる可能性もあることには留意が必要である。

2点目は、子どもの理解の様相を把握するとともに、必要に応じてさらに論点を焦点化する発問を行うことである。例えば場面 2 において、C59～C63 の「カメレオン」「曜日」「天気」といった、「変わる」ことを強調する表現がいくつか続いている。この場面で教師は、「□と△はまったく何でもよく変わっていいのかい」(T105) と条件を問う発問を行っている。これは、いずれも□と△は「変わる」数であることには着目しているけれども、□や△の取り得る値であったり、互いの関係についての表出はない、といった解釈に基づいて生じた教師の判断によるものである。

このように、児童からの表出に応じて発問を選択し、比較検討によって深める、といった授業展開においては、教師の果たす役割が重要な鍵を握っており、今後さらに考察を深めていく価値のある論点である。

## 6. 知見と今後の課題

事例 1 の目的は、子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動の展開可能性とその意義について、小学校第 5 学年の児童を対象に、「□には変数としての意味と未知数としての意味とがある」ことに焦点を当てて具体的に検証することであった。

発話記録及びノート記述に対する分析・考察の結果、メタファーを用いて表現する場面が設定されることで、具体化や例示だけでは理解できなかった子にとっての理解の深化や、他者意識をもった説明といった点に可能性があることが見えてきた。

具体的には、21名中20名の児童（95.2%）において、U1（具体的な経験と関連づけられた理解へ）の観点において理解の深まりがみられたことが確認された。本事例における理解の深まりのイメージ図が図3-2-7である。U2（数学的概念の多面的な意味が整理された理解へ）に対しては、量的な把握には至らないものの、異なる要素を切り取っている複数のメタファー表現を解釈する活動を通して、それまでは明示的でなかった意味についても含みこみながら、数学的概念の多面的な意味を整理する契機となり得る展開が実際にあったことも確認できた。

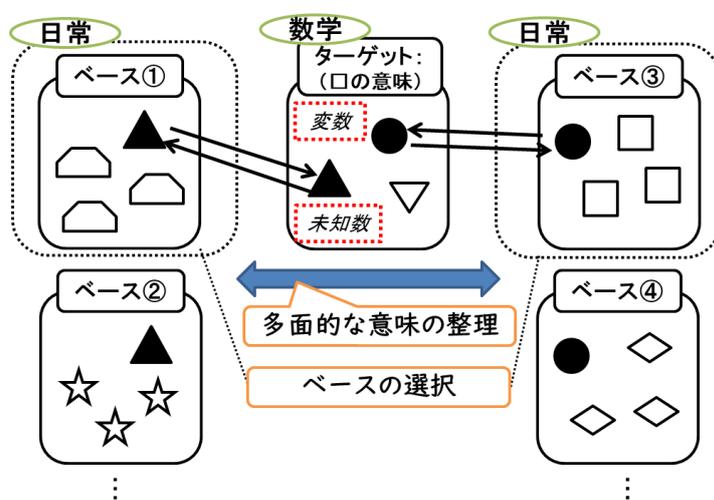


図 3-2-7 事例 1 における理解の深化のイメージ

事例 1 では十分な検証には至らなかったものの、今後着目する価値のある学習活動の展開可能性についても、いくつか明らかになった。メタファー思考を通して理解を深めることのよさを感じている児童も確かに表れていること、複数のベースが出される中での比較検討がなされ、自分だけでなく他者にとってもわかりやすいベースをさらに探っていこうとする場面を、授業の流れの中では確かに確認することができた。以上の点をまとめたイメージ図が、図 3-2-8 である。

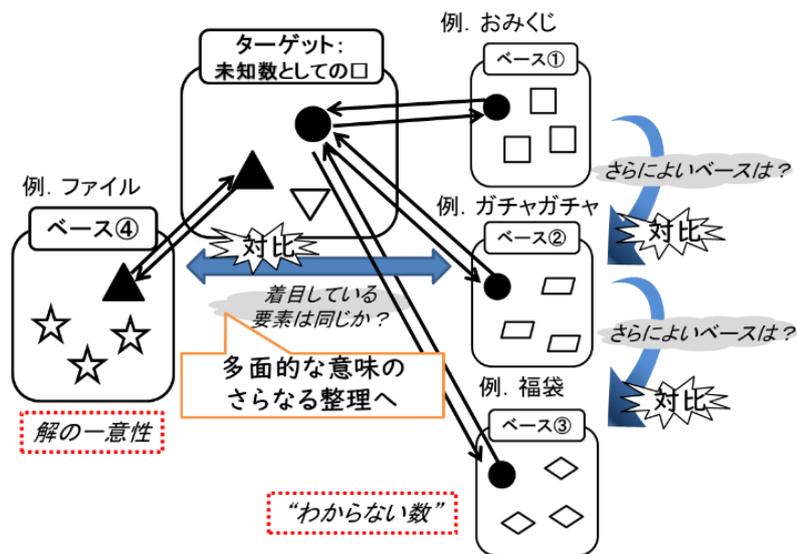


図 3-2-8 今後着目する価値のある学習活動のイメージ

また、学習活動をつくる上での教師の役割に関して、①複数の考えに対して、ターゲットの同じ要素を切り取っているのか、異なる要素を切り取っているのかを感じ取り、異同の吟味を促す発問で切り返すこと、及び、②子どもの理解の様相を把握するとともに、必要に応じてさらに論点を焦点化する発問を行うことの2点が見出された。

今後の主な課題については、以下のとおりである。意図1（メタファー思考を方法として活用する方向）との対応においては、A評価に至るような指導のあり方について検討を行うとともに、授業の流れとしての把握に加えて、例えばインタビュー調査等の方法も組み合わせるなど、理解の深まりについてより細やかに捉えていくための研究方法について検討し、その効果検証を行うことなどが挙げられる。意図2（メタファー思考の育成も目的とする方向）との対応においては、メタファー思考を通して理解を深めることのよさの感得についても考察対象としていくことなどが挙げられる。

また、今回はメタファー表現が出された後の解釈に主に焦点を当てたため、ベースをどのように見つけることができたのか、つまり、ベースを探る際の思考プロセスについては明らかにすることができておらず、さらなる検討の余地がある。教師の役割に関しても、例えば、本人が納得感を得ていたとしても、ターゲットに対する適切な理解につながる可能性があるものの扱いなど、メタファー思考を促進する際の懸念も視野に入れた検討が必要である。

また、子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係へと広げていく場合の可能性の検証といった意味では、具体化や例示だけでは理解できなかった子にとっての理解の深化や、具体化や例示だけでも理解できた子にとっての他者意識をもった説明といった点に関して、より個々の状態に目を向けた細やかな検証を行わなければならない。それが、具体化や例示だけでは理解できなかった子にとっての理解と、具体化や例示だけでも理解できた子にとっての表現といった両面がどのように行われていたかを明らかにすることが、子どもが表現する側にもよむ側にもなるという構想の根幹にかかわる部分である。

### 第3節 子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動に関する事例的研究2

#### 1. 事例的研究2の目的・方法と課題意識

事例的研究2（以下、事例2とする）では、授業のねらいなど、授業を実施する上での基本的な考え方については事例1と同じく「□には変数としての意味と未知数としての意味とがある」ことに焦点を当てた授業実践を位置づける。

事例1では、研究方法上の限界から、具体化や例示だけでは理解できなかった子にとっての理解の深化や、具体化や例示だけでも理解できた子にとっての他者意識をもった説明といった点に関して、個々の状態に目を向けた細やかな検証を行うことができなかった。子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係へと広げていく場合の可能性の検証といった意味では、具体化や例示だけでは理解できなかった子にとっての理解と、具体化や例示だけでも理解できた子にとっての表現といった両面がどのように行われていたかを探る必要がある。それが、教師が表現し子どもがよむといった関係のみならず、子どもが表現する側にもよむ側にもなる、という構想の根幹に関わるからである。事例2では、効果検証のために必要なデータの収集を適切に行う意図で、同じく小学校第5学年の児童を対象に事例的な検証を行うことを意図している。

#### 2. 授業デザインの方針

事例1と同様に、□には未知数としての意味と変数としての意味があることを振り返り、その役割の違いを説明できることを授業のねらいとした。

授業の展開としては、未知数、変数のいくつかの具体的な問題の例示から、それでもなお、区別が依然として難しい児童がいる場合が確認された段階でメタファーを導入する、といった方針は事例1と同様とし、個々の児童による状況の把握を着実に把握できるように、データの収集を工夫する。具体的な授業展開についても、事例1に対する省察を踏まえて若干の検討・修正を行った。大きく場面1～4から捉え、場面1で未知数、変数のいくつかの具体的な問題の例示を行った後に、教師からメタファー表現の例を提示してよむ場面を設定することとした。場面1で理解しきれなかった児童にとって、その後メタファー表現を自らつくる時間は何も行えない時間になってしまう懸念があることを考慮し、変更することとした。

まず場面1では、□には文脈に応じた複数の意味があることについて、変数としての意味と未知数としての意味に焦点を当てた具体的な問題を提示しながら確認し、それらの対比に着目できるようにする。それとともに、その違いを説明することができそうかを尋ね、ノートに記入させることで、この段階での児童の意識を把握する。

場面2として、教師から出されたメタファー表現をよむ場面を設定する。未知数としての□の意味に焦点を当てた「□は福袋だ」を提示するものとする。

その後、「□は福袋だ」の例を参照しながら未知数としての□の意味に着目したメタファー表現をつくり聴き合う場面3、変数としての□の意味に着目したメタファー表現をつくり聴き合う場面4と展開していくことを意図して計画する。

### 3. 授業の実際

授業は、2023年7月10日、北海道内の小学校第5学年の児童21名を対象として実施された。以下、場面1~4に分けて、授業の実際を記述する。

#### (1) 場面1：□には文脈に応じた複数の意味があることを確認し、それらの意味を対比する

まず、未知数としての意味で□が用いられている問題A（けんたさんは、カードを何まいか持っています。弟に18まいあげたら、残りは24まいになりました。初めにあったカードを□まいとして式に表しましょう。）と、変数としての意味で□や△が用いられている問題B（24まいのカードを兄と弟の2人で分けます。兄は□まい、弟は△まいを持っているとして、□と△の関係を式に表しましょう。）とを対比しながら、□の意味の違いに着目できるようにしていった。児童の反応としては、AについてもBについても「□はわからない」という言葉で表現したり、「未知数の場合は求められる、変数の場合は求められない」といった趣旨で発言したりといった姿が多数みられた。また、C（本を1日7ページ読むと、□日間で何ページ読めるかという問題）、D（子どもが□人遊んでいて、そこに6人来たら全部で21人になったという場面の問題）、E（たて5cmの長方形があり、横の長さを□cmとして面積を式で表す問題）、F（42枚の色紙を何人かで同じ数ずつ分けたら1人分が6枚になるとき、分けた人数を□として式に表す問題）の問題を追加しながら仲間分けを考えている際にも、「この問題は解ける、この問題は解けない」といった見方で捉えた考えが多く示されていた。

場面1において、教師から全体に対して、「～～さんの説明がわかりましたか」と□の意味の区別について理解できたかの確認を行う場面が全部で3回あった。ただ、3回のうち、一度も手を挙げなかった児童が4名（C3, 8, 9, 22）いたことがわかった。残りの17名については、少なくとも1回は手を挙げており、理解できているという意識をもっていることを表明していた。このように、なかなか判然としない児童が少なくとも4名はいるという状況が確認され、場面2へと移行していった。

## （2）場面2：教師から提示された「（未知数としての）□は福袋のようだ」の意味を解釈する

教師から「っていうことが、やっぱりなかなかうまく伝わらないんだよね。これね、前も言ったけど、4年生の勉強なんだよね。を、持ってきてるんだ。てことは、もしみんなが教えてあげるとしたら、4年生よりも下の人たちに対してこういうことを説明しあげなきゃいけないんだよね。なかなか、難しい説明をされてもわからないので、ちょっと発想を変えて、あの、説明をしてもらおうと思ってるんです。」という提案があり、国語科における比喩の学習を想起しながら、メタファーを活用してイメージを伝えるなら、というテーマが設定された。

そして、「いきなりそう言われても、国語でやってたことだから、算数だと難しいと思うので、先生が一つ例を出します。」として、「Aの□は、福袋のようなもんだよ、って、先生なら言ってあげようかなって思います。」と、「（Aの）□は福袋のようだ」のメタファー表現を提示した。そのときの発話記録を以下に示す。

T	これ、先生が伝えようとしてることをうまく受け取ってほしいんだよね。ちょっと班の人に言ってみよう、どういうことを言いたいんだろう、先生は。
C2	福袋ってさ、たくさん入ってるから、数字の福袋
C10	いろいろ詰め合わせてる？から、そうそうそうそう
C8	福袋って何？ なんかたくさん・・・
C1	<u>先生、福袋って何ですか？</u> たくさんいろいろなものが入ってるやつ。
T	福袋って何ですか？って、福袋買ったことある人？
C2	はい
C8	買ったことない
T	C22さんはいつ買った？
C22	えっと、新年に

T	お正月にあるよね、 何それ？
T	お正月にあって、紙袋で売られてるんだよね。この中に服が入っています、とか。
C6	最初、何が入ってるかわかんないんだよ
T	C6さんさすが、言ってみて？
C6	昔、今は、もう、ここには何々が入ってますって、福袋、
T	その前に言ったこと言ってみて？
C6	昔は、何が入ってるかわからないし、ランダムだったって、前に聞いたことがある
C17	何か、くじで決めるんじゃないの？
C15	<u>余計わからなくなった</u>
T	何入ってるかわかんないんだよね、この□の中は。
C7	はい、ガチャガチャみたいな感じ？
C15	あー。
T	考えて、式とかを立てて、袋を開けてみると、あ、ここは15が入ってたのか、
C16	なるほど
C15	<u>余計意味わかんない、余計意味わかんない</u>
T	C16？さんがなるほどーって言ってきて先生は嬉しかったけれど、C15さんは、余計わからなくなったって言ったんだよね。 <u>だから先生のこれはね、いまいちよくなかったんだ、C15さんにとっては。</u>
C1	福袋の意味を教えてください
T	え、だから言ったじゃない、お正月に、紙袋が売ってるんだけど、
C6	中に何が入ってるかがわからない
T	中身は何が入ってるかわからない
C1	<u>(のけぞりながら) それがよくわかんないんだよ</u>
T	やったことないんだよね。だから、全体の数から、で、福袋って、中を開けると、あ、こんなものが入ってたのかーって、そこでわかるの。買った後に。
C2	なるほど、あー、わかったわかった。
T	ちょっと待って、で、そういうのに近い考えじゃないかなあ、と思って言ったんだけど、C15さんは余計わからなくて言ったんだよね、今。C16さんは、あーなるほどって言ってきて、よかったんだけど、はい。先生よりもっといい喩えを見つけてください。

このように、教師が提示した「(Aの) □は福袋のようだ」のメタファー表現では、イメージがつかめた人もいれば、よりわからなくなったと話す人もいた状況で、児童が自らメタファーを活用して伝える、ということを行う場面3へと移行した。

### (3) 場面3：未知数としての□の意味に着目したメタファー表現について聴き合う

場面3では、全体の中で、つくったメタファー表現とその理由を聴き合う展開で進化した。教師は、例えば「□は科学の実験みたい」といった表現だけをまず言わせて後に解釈する時間を設け、その理由については他の人に言ってもらうようにしていた。そして、聴く側の解釈と表現した側の意図とが同じか違うかをその都度吟味していった。

### (4) 場面4：変数としての□の意味に着目したメタファー表現について聴き合う

場面4では、変数としての□については、最初から児童による発想を考える時間をとり、全体で聴き合うという展開で進化した。つくったメタファー表現とその理由を聴き合う展開が続き、授業の終盤で以下のやり取りがあった。

C20	えっと、 <u>大胆なんですけど</u> 、人生みたいな。
T	人生？
C20	はい。
T	人生？人生って、どういうことを説明しようとしてるんだろう？C10さん、言ってみて。
C10	人生って、C13さんの寿命の考え方と似てると思うんですけど、人生って、どんどん、生まれてから時間が経つごとに、残りその、自分が死ぬまで？の時間が一秒ずつ、ちょっとずつどんどん減っていくから、左側の考え方だったら、
T	C20さんどう？
C20	<u>合ってるけど、でもちょっと違います</u> C20さん言ってみて？
20	えっと、よく考えたんですけど、人生は、いろんな道があって、なんか、いろんな夢があったり、やりたいことがあったりするって意味もあるし、何かやることを変えると、いろいろな人とか、他の人とかに影響が変わってくる
T	なるほどー、深いねえ。みんながもしこの学校に入っていない、かったら、違う人生を歩むんだよね。深いなあそれはね。
C10	確かに
***	うわー人生***
T	入るって決めると、その後の人生が変わるね、確かにね。深いね。C15さん、はいどうぞ。

そして最後に教師から、「もう時間がきちゃってるので、ちょっとね、あの、多分、これが一番わかりやすいって人もいれば、これがいいっていう人もいて、やっぱりこう、人によって違うんだよね。先生はこれがいいと思って言ってたんだけど、C15さんにと

ってはよくわかんないって言ってたよね. 自分にとってどれがわかりやすかったかなって, ちょっと考えてみてほしいんだよね. 」という投げかけがあり, 「自分にとってわかりやすいたとえだと感じたメタファー表現とその理由」をノートに記述して終わりになった. その結果については, 巻末6に示してある.

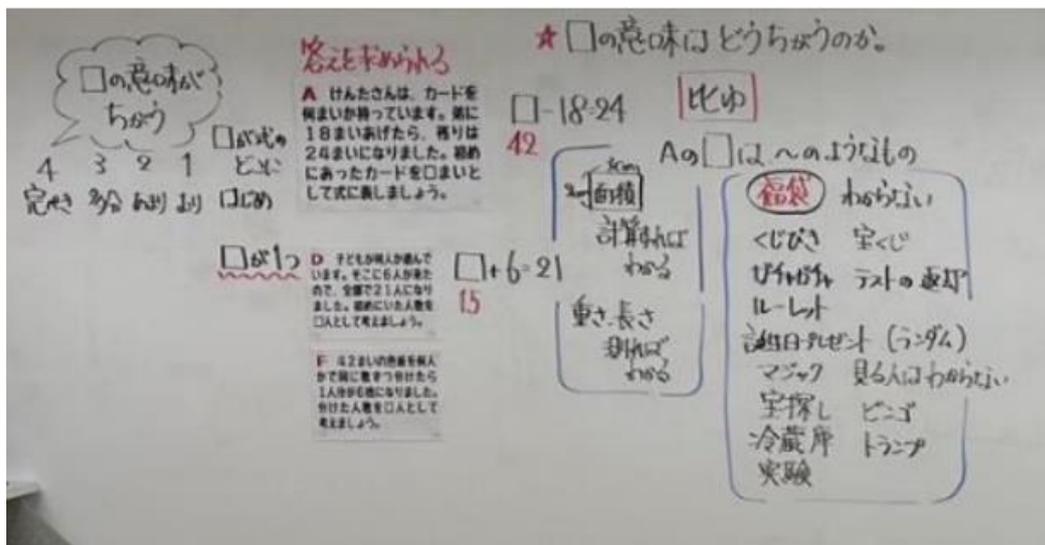


図 3-3-1 事例 2 の板書記録 (左半分)

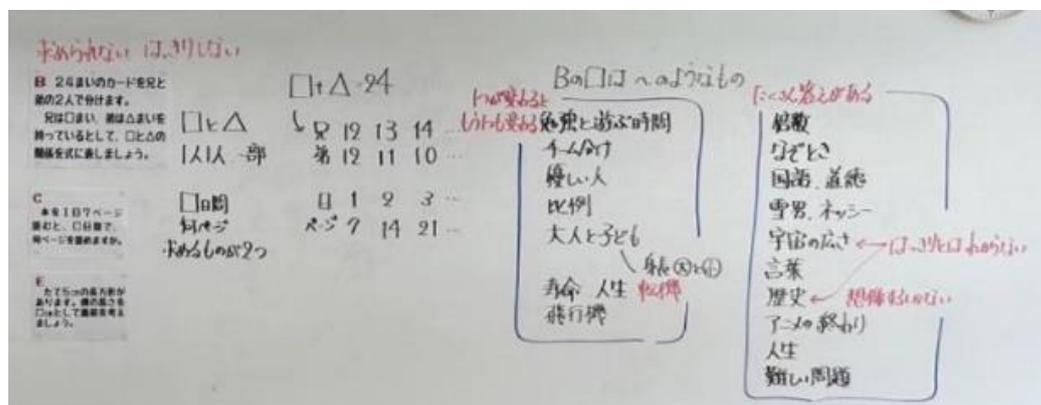


図 3-3-2 事例 2 の板書記録 (右半分)

#### 4. 事例 2 の分析

事例 2 では, 場面 1 での全児童の動きの確認から, 具体化・例示だけでは理解できなかったという意識の児童が 4 名 (C3, C8, C9, C22), 具体化・例示だけでも理解できたという意識の児童が 17 名であるということが把握できた. 具体化・例示だけでは理解できなかったという意識の児童にとっては, 他者のメタファー表現を聴き, よむ活動を通して理解へと向かっていくことが主な活動になってくる. 一方, 具体化・例示だけ

でも理解できたという意識の児童にとっては、メタファー思考を行いながら、如何にわかかってもらえるような説明を考えることができるかが問いになる。そのように、具体化・例示だけでは理解できなかったという意識の児童と、具体化・例示だけでも理解できたという意識の児童の双方にとってどのような変容がみられたのかについて分析を行う。

### (1) 具体化・例示だけでは理解できなかったという意識の児童 (21 名中 4 名) に着目した検討

分析方法は、ノート記述、事後の質問紙調査と、質問紙調査において肯定的な記述が特に顕著にみられた抽出児 1 名に対するインタビュー調査である。

#### ①ノート記述の分析

授業の最後において取り扱われた「自分にとってわかりやすいたとえだと感じたメタファー表現とその理由」についての記述に焦点を当てると、表 3-3-1 及び表 3-3-2 のとおりであった。

表 3-3-1 未知数としての□に対して選んだメタファー表現とその理由

児童	選んだ表現	理由の記述	想定される共通点
C3	くじびき	(記述なし)	わからない
C8	ガチャガチャ	(記述なし)	わからない/決まっている
C9	くじびき	Aはくじびきがよかったです。なぜなら何をひくのかわからないということがなるほど!ときたからです。	わからない
C22	ガチャガチャ	なにがでるのかわからない!	わからない/決まっている

表 3-3-2 変数としての□に対して選んだメタファー表現とその理由

児童	選んだ表現	理由の記述	想定される共通点
C3	人生	(記述なし)	決まれば決まる/伴って変わる
C8	なぞとき	(記述なし)	(不明)
C9	大人と子ども	Bは大人と子供がわかりやすかったです。なぜなら、身長にたとえたとかんたんだったからです。	大小関係がある
C22	雪男, ネッシー	たくさん考えがある 「実は・・・」のような考えかた	定まらない

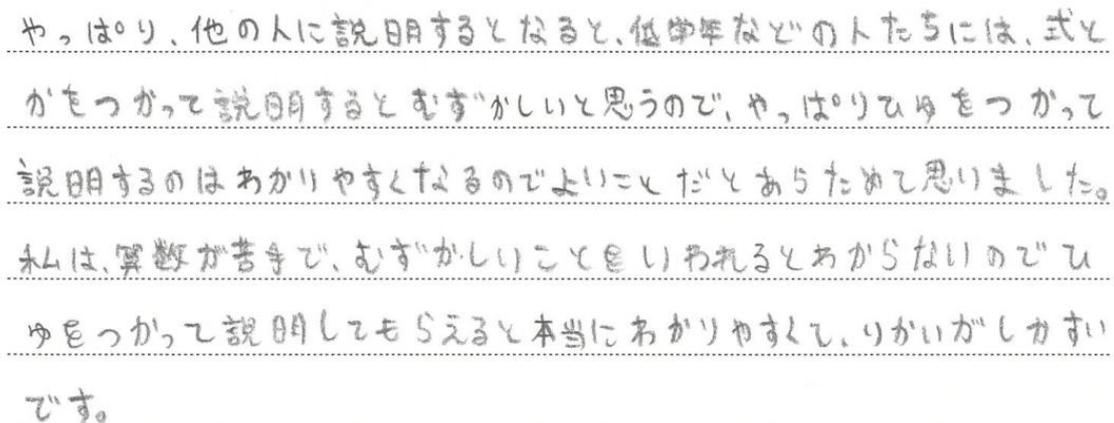
## ②事後の質問紙調査

事例2の授業を実施した翌日である2023年7月11日に、「算数の授業の中で、比喩（ひゆ）を使って説明したり、説明してもらったりすることについて、どんなことを考えましたか」について自由記述式で尋ねる質問紙調査を実施した。

その結果、他者のメタファーのおかげで理解に向かえたといった肯定的な記述が3名（C8, C9, C22）からみられた（図3-3-3, 図3-3-4, 図3-3-5）。残り1名（C3）については、メタファー思考を行う際に意識したポイントのような事柄を記述しており、自分自身の理解に役立ったかどうかについては、記述だけからは判断ができなかった（図3-3-6）。

他者のメタファーのおかげで理解に向かえたといった肯定的な記述の具体的な内容を以下に示す。

C9は「算数が苦手で、むずかしいことをいわれるとわからないのでひゆをつかって説明してもらえると本当にわかりやすくて、りかいがしやすいです。」と記述している（図3-3-3）。



や、はり、他の人に説明するとなると、低学年などの人たちには、式と  
かをつかって説明するとむずかしいと思うので、や、はりひゆをつかって  
説明するのはあかりやすくなるのでよいことだとあらためて思いました。  
私は、算数が苦手で、むずかしいことをいわれるとわからないのでひ  
ゆをつかって説明してもらえると本当にあかりやすくて、りかいがし  
やすいです。

図3-3-3 C9の記述内容

C8は「一番同じような体験をして、わかりやすいたとえを出すといいと出います（注：『思います』であると思われる）」と記述している（図3-3-4）。

ぼくはAとBのとえでいまま  
でで一番同じような体験をして、  
わかりやすさを出すといいて  
出します。

図 3-3-4 C8 の記述内容

C22は「ふだん使っている物を言うとみんな分かりやすい。」と記述している（図 3-3-5）。

くじびきなどはわからないからという理由  
でふだん使っている物を言うとみんな分か  
りやすい。

図 3-3-5 C22 の記述内容

記述からだけでは判断できなかった C3 の記述内容は図 3-3-6 のとおりである。

Aのものは、とれが一番、なのかわ  
考えたの

図 3-3-6 C3 の記述内容

### ③抽出児 1 名に対するインタビュー調査

質問紙調査において肯定的な記述が特に顕著にみられた C9 に対し、追加でインタビュー調査を位置付けた。実施日は 2023 年 7 月 26 日、休み時間を利用して短時間で行い、

インタビュアーは授業者である担任が務めた。以下、インタビュー調査でのやり取りを示す。

Int	人に説明するとなると、低学年などの人たちには、式とかをつかって説明するとむずかしいと思うので、やっぱりひゆをつかって説明するのはわかりやすくなるのでよいことだとあらためて思いました。私は、算数が苦手で、むずかしいことをいわれるとわからないのでひゆをつかって説明してもらえると本当にわかりやすくて、りかいがしやすいです。って書いてるのね。
C9	はい。
Int	で、えっと、 <u>比喩だとどういう風にわかりやすかったか</u> 、もう少し言える？
C9	えっと、何か、いろいろ難しい式とかだったら、何かたまによくわかんないやつが出てきて、何かわかんないので、
Int	うん
C9	で、 <u>喩え、身近なもので喩えると、何か、簡単に聞こえるみたいな感じで、ちょっと理解しやすくなるので、</u>
Int	うん
C9	比喩の方が伝わりやすいのかな？って
Int	簡単に聞こえるっていうのはどういうこと？
C9	えっと、ちょっと、式とか難しいから、何か、 <u>身近なものだと、何かいろいろ、うーん、なんて言うんだろうなあ、うーん、だから何かすごい、わかりやすく聞こえるっていうか、そういう感じに、聞こえます。</u>

## (2) 具体化や例示だけでも理解できたという意識の児童 (21 名中 17 名) に着目した検討

分析方法は、事後の質問紙調査、及び、質問紙調査において特徴的な記述を行っていた計 4 名 (他者に説明する上でメタファーがよい方法になり得ることについて、肯定的な記述が特に顕著にみられた C20、メタファーを使用する際の留意点に関わる記述がみられた C1、C4、C17) に対するインタビュー調査である。

### ① 事後の質問紙調査

事後の質問紙調査については、上述したものと同様、事例 2 の授業を実施した翌日である 2023 年 7 月 11 日に、「算数の授業の中で、比喩 (ひゆ) を使って説明したり、説明してもらったりすることについて、どんなことを考えましたか」について自由記述式で尋ねたものである。

17 名の児童の記述は、大きく 4 通りの内容が見出された。a) 他者に説明する上でメタファーがよい方法になり得ること (17 名中 9 名)、b) 自分とは異なるメタファーが

きっかけになり理解が深まること（17名中1名），c）メタファーはある一つの側面のみが強調されてしまうので注意する必要があること（17名中3名），d）メタファー思考を行う際に意識したポイントのような事柄，である。なお，C4についてはaとcにあたる記述が両方含まれていたため，双方にカウントしている。a～dのいずれにも該当しない記述として，「役に立ちそう」というやや漠然とした記述が1名（C2）であった。このうち，a～cについては，具体化や例示だけでも理解できたという意識の児童がメタファー思考を行ったことで得られた学びとしての可能性を示唆する部分である。aとbについてはメタファー思考すること自体に価値があるという肯定的な記述であり，cについては，メタファーを使用する際の留意点に関わる記述である。以下，具体的な記述の例を示していく。

a) 他者に説明する上でメタファーがよい方法になり得ること

C20は「みんな考えて，分かりやすくなる。新しくて，いい考えかたった。おもしろかった。」，また，「みんなが知っていて，間接的ではなく，直接的にかくのが大事。」と，説明を考える際の要点にも言及している（図 3-3-7）。

みんなが知っていて、間接的ではなく、直接的にかくのが大事。  
国語の授業で学んだことを使って、  
算数に活用する。みんな考えて、分かりやすくなる。  
新しくて、いい考えかたった。おもしろかった。

図 3-3-7 C20 の記述内容

C5は「比喩を使うと算数が苦手な人にもつたわりやすいです。」と記述している（図 3-3-8）。

自分でときかたを言葉で説明しても、算数が苦手な人からしたら、何を言っているのかわからない。と思うと思うので、比喩を使うと算数が苦手な人にもわかりやすくなる。

図 3-3-8 C5 の記述内容

C10 は「比喩を使って説明することによって、分からない所もグッと理解しやすくなりました。これからは、比喩をたくさん使っていく事によって理解もしやすいし、良い例がどんどん出てくるようになるかなと思います。」と記述している (図 3-3-9)。

比喩を使って説明することによって、分からない所もグッと理解しやすくなりました。これからは、比喩をたくさん使っていく事によって理解もしやすいし、良い例がどんどん出てくるようになるかなと思います。

図 3-3-9 C10 の記述内容

b) 自分とは異なるメタファーがきっかけになり理解が深まること

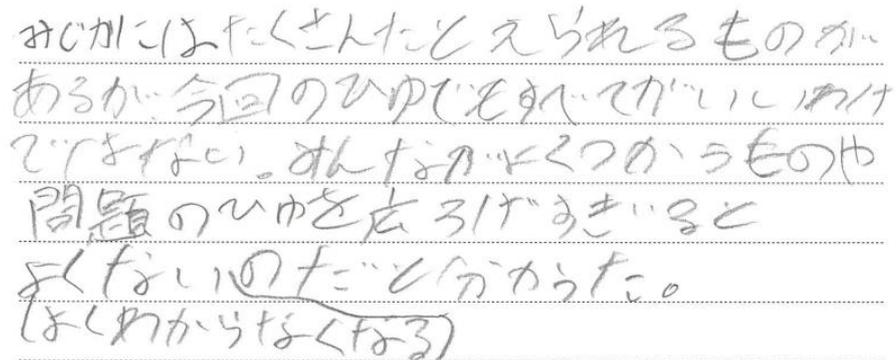
C11 は「他にもたとえるものがあったって自分の考えが広がった。」と、他者に影響を受けて自分自身の理解に変容があったことについて言及している (図 3-3-10)。

他にもたとえるものがあったって自分の考えが広がった。  
(例えば、図形など)(たこの長さはわかっててもこの長さは面積が分からないと計算できない)

図 3-3-10 C11 の記述内容

c) メタファーはある一つの側面のみが強調されてしまうので注意する必要があること

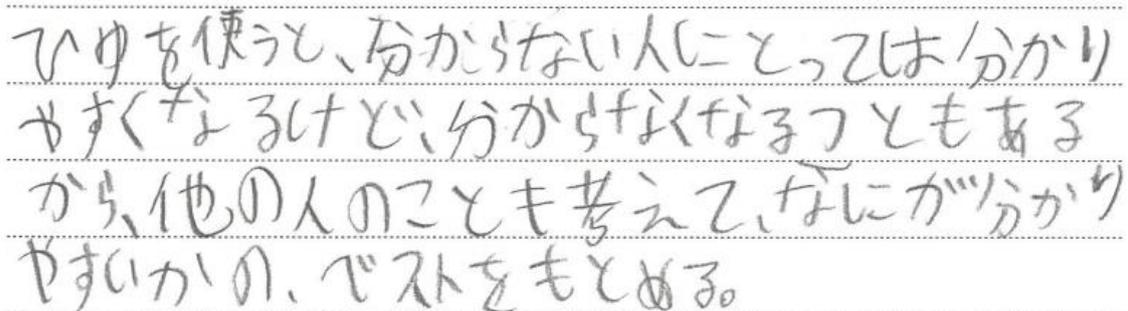
C1は「今回のひゆでもすべてがいいわけではない。みんながよくつかうものや問題のひゆを広げすぎるとよくない（よくわからなくなる）」と、メタファーを使用する際の留意点について言及している（図 3-3-11）。



おひゆにはたくさんとえられるものがあるか。今回のひゆで洗剤でかき洗ってあげてほしい。みんながよくつかうものや問題のひゆを広げすぎるとよくないのと分かった。（よくわからなくなる）

図 3-3-11 C1の記述内容

C17も「分からない人にとっては分かりやすくなるけど、分からなくなることもある」と、メタファーを使用する際の留意点について言及している（図 3-3-12）。



ひゆを使うと、分からない人にとっては分かりやすくなるけど、分からなくなることもあるから、他の人のことも考えて、なにか分かりやすいかの、ベストをもとめる。

図 3-3-12 C17の記述内容

C4は「たくさんあるが、その中で1番ぴったりくるものを探すのはむずかしい」、  
「だれでも知っている身近なものだと、多くの人に伝わりやすい」と、メタファーを使用して説明する際に留意すべき点について言及している（図 3-3-13）。

同じようなことを表しているものがたくさんあるが、その中で一番ひらたくるものを探すのはむずかしいと思いました。また、だれでも知っている身近なものだと、多くの人に伝わりやすいと思います。Bの□の中でも、ひゆが2つに分類されていて、ひゆは2つぐらい伝えたいと思いました。

図 3-3-13 C4 の記述内容

d) メタファー思考を行う際に意識したポイントのような事柄

C15は、図 3-3-14のように、メタファー思考を行う際に何を意識したかを表現してくれている。

まだとくちゅうを思いうかべて、そのとくちゅう  
とにできるものをさがそうと思いました。  
Aだと、からたうか子、Bだと、アリエと1つ3。  
もう一つか、たぐさんをさういふことを探さ  
なければ。

図 3-3-14 C15 の記述内容

②抽出児 4 名に対するインタビュー調査

まず、質問紙調査において、「a) 他者に説明する上でメタファーがよい方法になり得ること」に関する内容に言及しており、その中でも肯定的な記述が特に顕著にみられた C20 に対し、追加でインタビュー調査を位置付けた。実施日は 2023 年 7 月 26 日、休み時間を利用して短時間で行い、インタビュアーは授業者である担任が務めた。以下、インタビュー調査でのやり取りの一部を示す。なお、\*\*\*は聞き取り不可であった箇所である。

(…略…)

- Int なるほどね. 次, こっちのことで, みんなが知っていて, 間接的ではなく直接的に書くのが大事ってね, 書いてるんだけど, これってどういうことか, 説明できる?
- C20 あー, うーん, どういう\*\*\* (10秒沈黙), 間接的っていうか, 普通に単純っていうか, 何か,
- Int えっと, 直接的っていうのは単純ってこと?
- C20 単純っていうか, わかりやすいつてか, うーん,
- Int え, 今どっちの話してる? 直接?
- C20 今, 直接
- Int 直接が, 単純と, わかりやすいつていう言葉を, 意味してんの?
- C20 はい, 間接的, 何か, 結構まわった, えーっと何か, 一瞬考えないと, わかんないっていう比喻は, ちょっと何か難しいなって思ったけど,
- Int うん
- C20 ああ, 上で, (1) とかで選んだやつは, 何か, みんなが知ってて\*\*\*わかりやすいつていうのが, 直接的です.
- Int なーるほど. で, もう一つあって, えーっと, C20さんは, えーっと, 授業のノートに書いたときに, この, 人生っていうのが, 一番いいっていう風に見えるよね?
- C20 はい
- Int このBの仲間で言うと. で, 算数の勉強と人生とっていうと, どういう風に同じだって考えて, そう思ったの?
- C20 えっとー, 人生っていう, まあ, この, さっきの道徳と勉強時間と遊ぶ時間ってやつを, 合体して両方考えられるっていうのが, し, 私的にはわかりやすいつていうのが一番人生, あー, たくさんある, 何か, いろんな意味で接点が\*\*\*
- Int うん, ほら, 何か人生ってさ, すごい大きい広いテーマでしょ? それと, 今回の内容がどう, 同じだなあっていう風に感じて, これがいいと思ったの?
- C20 うーんと, 道徳と似てる点は, えーっと, さっき言ったたくさんさんの答えが書いてあるやつで,
- Int うん
- C20 たくさん答えがあるっていうのは, みんな, 聞いたら多分, たくさん選択肢があるっていうのは, えーっと, まあ, めっちゃわかりやすいし, 言葉自体は広いけど, そういう考え方自体は単純だから,
- Int なるほど
- C20 わかりやすいつていうのと, えっと, 増える減るっていうのは, 寿命みたいな, 増えたら減るっていう意味と, あとなんか, えーっと, 何だっけ, どうやって考えたんだっけ, あれ? えーっと, 何か一つが変わると, 他のことに影響してくるっていう
- Int なるほど
- C20 ことが, またそれも, みんなが体験してると思うから, あの人に合わなかったとかそういうのは, \*\*\*たり, 自分でも体験したことがある, 体験してるからわかりやすいつてかなと思って,
- Int うんうん
- C20 全部の意味を込めて人生って.
- Int なーるほど, わかった, ありがとう.

次に、質問紙調査において、「c) メタファーはある一つの側面のみが強調されてしまうので注意する必要があること」に関する内容を取り上げて、メタファーを使用する際の留意点について指摘した3名（C1, C4, C17）に対し、追加でインタビュー調査を位置付けた。実施日は2023年7月25・26日、休み時間を利用して短時間でを行い、インタビュアーは授業者である担任が務めた。以下、インタビュー調査でのやり取りを示す。

C1に対するインタビューでのやり取りは以下のとおりである。なおC1は、質問紙調査において、「ひゆを広げすぎるとよくない（よくわからなくなる）」と回答していた。また授業中の姿として、教師から「□は福袋のようだ」という例を提示した際に、福袋というベース自体がよくわからないからよくわからない、という趣旨の発言もしていたことが確認されている。

Int	C1さんは、 <u>比喻を使って説明してもらったのって、あんまりよくわからなかった？</u>
C1	いや、わかったけれど、なんか、なんかあの、 <u>わかりやすい例もあれば、ちょっとこの問題にはあんまり合っていないんじゃないかなっていうのもあったんで、</u> (…中略…)
C1	いろんな考えを出す人がいるから、 <u>いろんな考えとかバラバラだから、</u>
Int	自分が選んだものを、みんないいと思って書いたから、ズレが出るんじゃないかなってこと？
C1	(無言で3回うなづく)

C4に対するインタビューでのやり取りは以下のとおりである。なおC4は、質問紙調査において、「たくさんあるが、その中で1番ぴったりくるものを探すのはむずかしい」と記述している。

Int	えっとー、C4さんは、4番、これ、こんなように書いてるんだよね？同じようなことを表しているものはたくさんあるが、その中で一番ぴったりくるものを探すのは難しいと思いました、って書いてて、で、どういうところが難しいと思った？
C4	うーんと、なんか、 <u>同じのがいっぱいあるから、どれがぴったりくるのかって全部やってみないとわかんないから、いろいろ時間がかかって大変だなあと</u> か、
Int	これが同じかな、これが同じかなって考えていくのが、時間がかかって大変って感じ？
C4	はい

C17に対するインタビューでのやり取りは以下のとおりである。なおC1は、質問紙調査において、「分からない人にとっては分かりやすくなるけど、分からなくなることもある」と記述している。

Int	えっと、これ書いてるのね？
C17	(うなずく)
Int	ひゆを使うと、分からない人にとっては分かりやすくなるけど、分からなくなることもあるから、他の人のことも考えて、なにが分かりやすいかの、ベストをもとめる。
C17	はい
Int	で、すごくいいことを書いているんだけど、あの、わからなくなることもあるってのは、どういう意味？
C17	わからなくなることっていうのは、あの、何かもし、すんごいわかんない人がいたとしたら、何か、余計に、あの、その比喻っていうか、 <u>自分にとってはわかりやすいけど、他の人のこともわかんないなら、他の人がわかりにくくなるっていうか、あの、 比喻を使うともっとわかりにくくなる</u>
Int	うんうんうん。自分にとってわかりやすいっていうのはどういうこと？
C17	自分にとってわかりやすいのは、自分が一番いいと思う比喻とか喩えとかを、他の人にそのまま教えちゃうと、他の人は、もっとー、違う考えが、(首をひねりながら)違う考えっていうか、もっと違う、やり方？の方がわかりやすい、そういう人なのに、自分のことを伝えちゃうと、
Int	うん
C17	頭がこんがらがっちゃう
Int	なるほどね
C17	はい
Int	C17さんもそういうことあった？
C17	はい
Int	この間の授業で
C17	え、この間の授業ではないですけど、前、前に学校で、比喻を、喩えにしてやろうみたいなことがあったので、
Int	国語のときね？
C17	はい

## 5. 考察

以上を踏まえて、メタファー思考を行って表現する行為、他者のメタファー思考を解釈する行為をともに子どもに委ね、教師が表現し子どもがよむといった関係のみならず、子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係へと広げていく可能性に関し、本事例研究から得られた知見について考察する。

事例2では、具体化・例示だけでは理解できなかったという意識の児童が4名、具体化・例示だけでも理解できたという意識の児童が17名であった。もっとも、今回は手

を挙げたか否かで判断を行っているため、具体化・例示だけでは理解できなかったという意識の児童の中には、全く手がかりをつかめなかった児童もいれば、ある程度はわかっているが完全に納得がいくまでは手を挙げないといった児童もいるかもしれない。また、具体化・例示だけでも理解できたという意識の児童についても同様に、理解状況を的確に把握した上での判断ではなく、あくまでも児童個人個人の主観的な判断に基づく確認である。具体化・例示だけでは理解できなかったという意識の児童にとっては、他者のメタファー表現を聴き、よむ活動を通して理解へと向かっていくことが主な活動になり、具体化・例示だけでも理解できたという意識の児童にとっては、メタファー思考を行いながら、如何にわかってもらえるような説明を考えることができるかが問いになる。

事例2を通して得られた知見は、大きく以下の2点である。

1点目に、具体化・例示だけでは理解できなかったという意識の児童4名からは、他者のメタファーのおかげで理解に向かえたといった肯定的な記述（3名）がみられたことである。肯定的な記述が特に顕著にみられたC9は、インタビュー調査において、「簡単に聞こえる」「わかりやすく聞こえる」と「聞こえる」という表現でその様子を語っており、何らかの手がかりを得られている様子うかがえる。このように、本実践を通して、他者のメタファーのおかげで理解に向かえたといった肯定的な記述を行っている児童が確かに表れており、数・量・図形とその関係が保持されている具体化や例示だけでは理解しきれない子にとっても有効なアプローチとなり得る可能性が示唆されたと言えるだろう。

2点目に、具体化・例示だけでも理解できたという意識の児童17名からは、メタファー思考すること自体に価値があるという肯定的な記述とメタファーを使用する際の留意点に関わる記述がみられたことである。具体的には、a) 他者に説明する上でメタファーがよい方法になり得ること、b) 自分とは異なるメタファーがきっかけになり理解が深まること、c) メタファーはある一つの側面のみが強調されてしまうので注意する必要があることに関する言及がなされていた。

a) 他者に説明する上でメタファーがよい方法になり得ることに関し、インタビューにおけるC20の語りを分析すると、大きく2点、重要な示唆が含まれていると考えられる。1点目に、本質的な要素だけを抉り出して単純化して捉えようとすることによさを感じていると解釈できる点である。C20は繰り返し「単純」という言葉を使っている。

そして、「人生」というメタファー表現に対し、「言葉自体は広いけど、そういう考え  
方自体は単純だから、」とも語っている部分については、要素と要素を対応させて部分  
的な一致で理解する、というメタファーの特徴について説明しているのではないかと解  
釈できる。このように、メタファー思考では、本質的な要素だけを抉り出して、単純化  
して捉えようとする、という点にC20は気付いている上で、その点が「大事」である  
と考え、よさを感じているのではないかと解釈した。2点目は、ベースとベースとの  
間での抽象化が起こりターゲットと結び付けていると解釈できる点である。C20は自身  
が考えた「人生」のメタファーについて、「道德」（授業では、答えが多様であるとい  
う意味で説明されていた）と「勉強時間と遊ぶ時間」（授業では、一方が増えると他方  
が減る、伴って変わるという意味で説明されていた）を「合体して両方考えられる」こ  
とから考えた、と語っている。また最後にも、「全部の意味を込めて人生って」と言っ  
ている。このように、多様なベースが出され、ベースとベースの間の抽象化を通して、  
ターゲットを捉える上で重要な要素を取り出す、という点は、集団思考の中でメタファ  
ー思考を活用しようとする際の核心にもつながり得る点である。このように、本研究を  
通して可能性がみえてきた、a) 他者に説明する上でメタファーがよい方法になり得る  
ことに関し、今後さらなる研究によって、より詳細な知見を得ていくことが期待される。

c) メタファーはある一つの側面のみが強調されてしまうので注意する必要があるこ  
とに関し、インタビューにおけるC1、C4、C17の語りはどのような授業展開が望まし  
いかという点に関わって、今後重点的に検討すべき点を示唆してくれている。事例1・  
2では、教師の基本的なスタンスとしては、個々の概念化があり、多角的な見方がある  
ことを大切にしながら、最終的には子ども自身がベースを選択できるように、という方  
針で授業が展開された。その過程では、児童からは様々な見方が出され、多様なアイデ  
ィアが出されるため、C1が語ったように「わかりやすい例もあれば、ちょっとこの問  
題にはあんまり合っていないんじゃないかなっていうのもあった」ようなことも起こり得  
る。C17も同様に、比喻によってかえってわかりにくくなる懸念についても目を向けて  
いる。また、C4が語ったように、「同じのがいっぱいあるから、どれがぴったりくる  
のかって全部やってみないとわかんないから、いろいろ時間がかかって大変」といった、  
様々に出される考えを一つ一つ順々に検討していくのがよいのか、といった、学習の個  
性化といった観点を大切にしつつ、どのように各々の考えを比較検討し、練り上げてい  
くか、といった論点があることも明らかになった。

上記の二つの知見については、いずれも、数・量・図形とその関係に関わらない事象からベースをもってきた効果が反映されており、数学教育においてメタファー思考に焦点を当てた活動を取り入れる意義にあたるものである。

#### 第4節 今後のさらなる研究課題

事例1及び2の評価にあたっては、数学的概念の意味を多面的にみる契機になったかどうかという視点を中心に評価を行った。一方で、事例1及び2からは、それ以外の面においても、今後に向けて非常に示唆に富む姿が確認された。最後に本節では、今後さらに考察を深めていくべき論点として、以下の4点に分けて言及する。

1点目に、メタファー思考を促した結果、児童による多角的な理解が幅広く表れていたことについてである。これは、数・量・図形とその関係に関わらない事象からベースをもってきたからこそその利点である。事例1における表3-2-1及び表3-2-2、事例2における一覧表（巻末6）には、児童による様々な見方が表出されている。このような見方が豊富に表出されるのは、メタファーならではの効果の一つとして指摘できる。今回は主に多面的な理解に焦点を当てた実践であったが、今回表出されたような多角的な見方をどのように捉え、いかに生かしていけるかについても、今後考察を深めるべき重要な論点となる。特に、「何のために」という目的を意識した考えや、例えば事例2におけるC20の「人生」の考えのように、大局観につながるような考えも出されており、メタファーならではのアプローチに期待できる側面として、重点的に検討すべき価値がある。言い換えれば、数学的概念を正しく理解できるかどうかといった意味でメタファーを活用する方向性だけでなく、子どもなりの豊かな見方をさらに生かす形で、理解の広がりを大切に学びをつくっていくとどのようなアプローチが考えられるのかについて、さらなる方向性を模索していく必要がある。

2点目に、メタファーは誤った理解を導く危険性があるという懸念に対しても、むしろ、各々の子どもにとっての理解の内実が把握でき、よいきっかけになり得るといった見方で捉えることについてである。これは、評価の方法としてのメタファーの可能性に期待するという方向とも関連している（池村・小泉，2023）。例えば、事例2における、具体化や例示だけでは理解できなかったという意識のC22の考えを取り上げてみる。C22は、変数としての□の意味を理解する上でわかりやすかったメタファー表現として、「雪男、ネッシー」を取り上げ、「たくさん考えがある、『実は・・・』のような考えかた」と記述している（図3-4-1）。謎の未確認生物については様々な説がある点と結び付けて、「いろいろな」という意味を理解しているものと解釈できる。

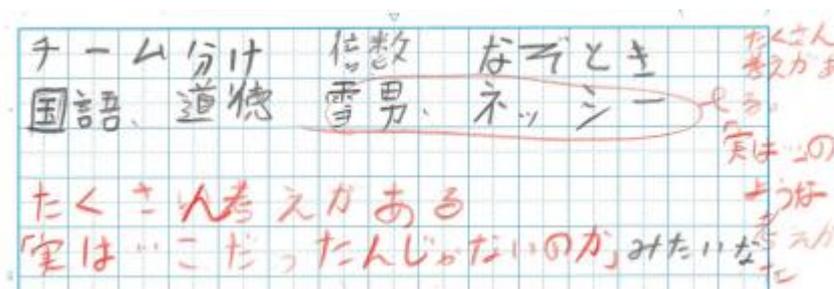


図 3-4-1 C22 のノート記述 (抜粋)

一方で、「いろいろな説はありながらも、わかっていないだけで、実は答えが定まっている」とみれば未知数の意味と結びついてくるようにも感じられ、「実は・・・」という点がやや危うく感じられる。ただ、適用題を繰り返したりするだけでは児童のこうしたイメージは表出してこないものであり、メタファーは誤った理解を導く危険性があるという懸念に対しても、むしろ、各々の子どもにとっての理解の内実が把握でき、よいきっかけになり得るといった見方で捉えていくという視座から、さらなる考察が望まれる。このように、誤った理解を導く危険性が感じられる記述は、具体化・例示だけでは理解できなかったという意識の児童のみならず、具体化・例示だけでも理解できたという意識の児童の記述の中にも散見された。この場合においても同様の見方で児童の考えを捉えることで、「わかっていたつもり」であったことが自覚され、さらに深い理解へと向かっていくためのきっかけとしていける可能性はないだろうか。そのために求められる授業構想、教師の役割等については、今後さらなる研究が求められる。

3点目に、長期的な視座に立ったメタファーの検討・修正プロセスの構想につながる「将来に向けた芽や蕾」が確認されたことについてである。今回は、まずはメタファー思考を行ってみるという段階における事例であった。その中で、「将来に向けた芽や蕾」として、長期的に活用され得る考えも確認できた。例えば、事例1における「地域と町の関係」を変数としての意味と関連付けた考えのようなものが挙げられる。「地域と町の関係」は、〇〇県の中に△△市があるといった具合に、二つの対象が集合関係にあるような見方を投影したものである。この「地域と町の関係」が今回の問題場面に合致しているのかと言えば、これもやや危うい例に入ってくる。しかしながら、児童にとっては現時点では未分化の状態にある、周辺領域の要素と関連付けられた考えと解釈し、今後いかに生かしていけるかを構想していくことが望まれる。

4点目に、ターゲットとベースの相互作用を視野に入れた分析・評価を行うことについてである。今回は、ターゲットの側の数学的概念に対する理解がどのように広がったかに焦点が当てられていた。それに対して、このようにターゲットとベースとの間で関係が結ばれたことで、ベースの側にも何らかの変化が生じているはずである。例えば、□や△を通して「人生」をみた、□や△を通して「国語」や「道徳」をみたといったときに、ベースの側にある「人生」や「国語」、「道徳」に対する見方にどのような影響があったのかを考察していくことも、今後検討すべき価値のある論点である。

## 第5節 第3章のまとめ

本章では、目的2に関わる実践的研究を行った。

まず事例1では、萌芽的な実践として、小学校第5学年の児童を対象に、「□には変数としての意味と未知数としての意味とがある」ことに焦点を当てて、子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動を具現化した。未知数、変数のいくつかの具体的な問題の例示から、それでもなお、区別が依然として難しい児童がいる場合が確認された段階でメタファーを導入する、といった方針で授業を行った。メタファーを用いて表現する場面が設定されることで、具体化や例示だけでは理解できなかった子にとっての理解の深化や、他者意識をもった説明といった点に可能性があることが見えてきた。

事例2では、効果検証のために必要なデータの収集を適切に行う意図で、同じく小学校第5学年の児童を対象に事例的な検証を行った。ノート記述、事後の質問紙調査、抽出児に対するインタビュー調査の分析・考察から、以下の2点が明らかになった。1点目は、具体化・例示だけでは理解できなかったという意識の児童(21名中4名)に関して、他者のメタファーのおかげで理解に向かえたといった肯定的な記述(3名)がみられたことである。数・量・図形とその関係が保持されている具体化や例示だけでは理解しきれない子にとっても有効なアプローチとなり得る可能性が示唆された。2点目は、具体化や例示だけでも理解できたという意識の児童(21名中17名)に関して、メタファー思考すること自体に価値があるという肯定的な記述と、メタファーを使用する際の留意点に関わる記述がみられたことである。具体的には、①他者に説明する上でメタファーがよい方法になり得ること、②自分とは異なるメタファーがきっかけになり理解が深まること、③メタファーはある一つの側面のみが強調されてしまうので注意する必要があることである。メタファー思考を試みた児童にとって、少なくともこれら二つの点で有効な学習になる可能性が示唆された。

最後に、事例1及び2から示唆された、今後さらに考察を深めていくべき論点として、以下の4点に言及した。すなわち、メタファー思考を促した結果、児童による多角的な理解が幅広く表れていたこと、メタファーは誤った理解を導く危険性があるという懸念に対しても、むしろ、各々の子どもにとっての理解の内実が把握でき、よいきっかけになり得るといった見方で捉えること、長期的な視座に立ったメタファーの検討・修正プロセスの構想につながる「将来に向けた芽や蓄」が確認されたこと、ターゲットとベースの相互作用を視野に入れた分析・評価を行うこと、の4点である。

## 終章 研究の総括と課題

### 第1節 本研究の総括

#### 1. 本研究の主題と目的

本研究は、数学教育においてメタファー思考に焦点を当てた活動を取り入れる意義とその可能性を明らかにすることを意図して展開してきた。

本研究の目的は、以下の2点にあった。

##### 目的1

算数・数学科におけるメタファー思考に焦点を当てた活動の展開に関して、その教育的意義、及び、授業デザインの基本的な枠組みを明らかにすること

##### 目的2

子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動について、数学的概念における多面的な意味の明確化に焦点を当てる立場から具現化し、その有効性と課題について事例的に検証すること

#### 2. 本研究の成果

目的1に関しては、まず、算数・数学科において何故メタファーを活用するのかに着目し、メタファーをある対象を理解するための手段として活用する方向（意図1）とメタファー思考の育成自体も目的とする方向（意図2）の二つを同定した。

意図1については、対象とするターゲットを喩えるためのベースをどこからもってくるかが一つの論点となる。ベースを、数・量・図形とその関係に関わる事象の中で考える場合と、数・量・図形とその関係に捉われないで幅広い視点から考える場合がある。前者においては、ターゲットとベースは抽象と具体の関係にあり、両者において数・量・図形とその関係は同型になる。一方、後者においては、ターゲットとベースはさらに緩やかな関係になる。数学的な構造が保持されていないという危険性があるが、緩やかであるがゆえに、子どもにとっては馴染みのある、核心をついた部分だけに光を当てて理解を促すことができるという長所がある。ここに、必ずしも数・量・図形とその関係に縛られずに関係を考えるというメタファーのよさに光が当てられ

る。前者に対応する具体化や例示だけでは理解しきれない子にとっても、有効なアプローチとなり得ることが期待できる。

次に、意図2に関わるメタファー思考を遂行する力は、次の三つからなる。①ターゲットの本質を抽出しようとする（MT1）、②ターゲットに類似するベースを異なる世界に見出そうとする、ベースの本質を抽出しようとする（MT2）、③表現を検討し、評価・改善しようとする（MT3）、の三つである。意図1に焦点を当てて実践していく中で、徐々に意図2にも焦点を当てていくことになる。

そして、授業デザインにおいては、メタファー思考を行って表現する行為、他者のメタファー思考を解釈する行為を誰が行うのかが重要な論点となる。教師が表現し子どもがよむといった関係のみならず、子どもが表現する側にもよむ側にもなるといった関係へと広がっていく点が、本研究の新規性にあたる。

次に、目的2に関わる実践的研究から得られた知見について述べる。

まず事例1では、萌芽的な実践として、小学校第5学年の児童を対象に、「□には変数としての意味と未知数としての意味とがある」ことに焦点を当てて、子どもによるメタファー思考に焦点を当てた学習活動を具現化した。未知数、変数のいくつかの具体的な問題の例示から、それでもなお、区別が依然として難しい児童がいる場合が確認された段階でメタファーを導入する、といった方針で授業を行った。メタファーを用いて表現する場面が設定されることで、具体化や例示だけでは理解できなかった子にとっての理解の深化や、他者意識をもった説明といった点に可能性があることが見えてきた。

事例2では、効果検証のために必要なデータの収集を適切に行う意図で、同じく小学校第5学年の児童を対象に事例的な検証を行った。ノート記述、事後の質問紙調査、抽出児に対するインタビュー調査の分析・考察から、以下の2点が明らかになった。1点目は、具体化・例示だけでは理解できなかったという意識の児童（21名中4名）に関して、他者のメタファーのおかげで理解に向かえたといった肯定的な記述（3名）がみられたことである。数・量・図形とその関係が保持されている具体化・例示だけでは理解しきれない子にとっても有効なアプローチとなり得る可能性が示唆された。2点目は、具体化や例示だけでも理解できたという意識の児童（21名中17名）に関して、メタファー思考すること自体に価値があるという肯定的な記述と、メタファーを使用する際の

留意点に関わる記述がみられたことである。具体的には、①他者に説明する上でメタファーがよい方法になり得ること、②自分とは異なるメタファーがきっかけになり理解が深まること、③メタファーはある一つの側面のみが強調されてしまうので注意する必要があることである。メタファー思考を試みた児童にとって、少なくともこれら二つの点で有効な学習になる可能性が示唆された。

本研究では、事例1・2において、数学的概念における多面的な意味の明確化に焦点を当てる立場からメタファー思考に焦点を当てた活動を取り入れた。上記2点については、数・量・図形とその関係に関わらない事象からベースをもってきた効果が反映されており、数学教育においてメタファー思考に焦点を当てた活動を取り入れる意義にあたるものである。

また、今後のさらなる可能性として、以下の4点が導出された。メタファー思考を促した結果、児童による多角的な理解が幅広く表れていたこと、メタファーは誤った理解を導く危険性があるという懸念に対しても、むしろ、各々の子どもにとっての理解の内実が把握でき、よいきっかけになり得るといった見方で捉えること、長期的な視座に立ったメタファーの検討・修正プロセスの構想につながる「将来に向けた芽や蕾」が確認されたこと、ターゲットとベースの相互作用を視野に入れた分析・評価を行うこと、の4点である。また、数学的概念における多面的な意味の明確化に焦点を当てる立場だけでなく、例えば、拡張のプロセスに焦点を当てる立場からの授業構想、関連する概念との異同を明確にする立場からの授業構想も考えられることがわかり、今後さらなる検討の余地がある。

## 第2節 今後の課題

本研究を経て、今後検討すべき重要な検討課題も数多く明らかになった。特に重点的に検討すべき点は、異なる題材や発達段階の児童生徒へと対象を広げた実証的な研究、長期的な視座に立った研究、教師の役割に関する検討、などが挙げられる。より具体的にまとめると、以下のとおりである。

まず、理論的には、特にメタファーをある対象を理解するための手段として活用する方向（意図1）とメタファー思考の育成自体も目的とする方向（意図2）の関係性に関して、メタファー思考を行うという方法がいかにして対象化されていくのかについて、さらなる検討が必要である。今後より精緻な枠組みを構築し、メタファー思考を通してよりよく学ぶとともに、メタファー思考の成長を促すための基盤としていきたい。また、エンパシーの育成といった、より広範なテーマとの関連についてさらに深く探っていくことなども、重要な研究課題である。

実証的な面としては、特にU2（数学的概念の多面的な意味が整理された理解へ）に関する効果検証を行うことや、MT1（ターゲットの本質を抽出しようとする）及びMT3（表現を検討し、評価・改善しようとする）をよりよく行えるようになるための授業デザインについて検討すること、などが挙げられる。また、より実践的な面として、教師の役割に関してもさらなる検討が必要である。本研究を通して、教師が①複数の考えに対して、ターゲットの同じ要素を切り取っているのか、異なる要素を切り取っているのかを感じ取り、異同の吟味を促す発問で切り返すこと、及び、②子どもの理解の様相を把握するとともに、必要に応じてさらに論点を焦点化する発問を行うこと、などが重要であることが明らかとなった。一方で、学習の個性化といった観点を大切にしつつ、どのように各々の考えを比較検討し、練り上げていくかなどが、大きな課題として残った。教師がどのような環境を設定し、いかにコーディネートしていくべきかについて、今後さらなる研究が必要である。

また、数学が日常・社会生活の中でメタファーとして活用される立場からの活動について、実践を通して成果と課題を明らかにしていくことや、日常生活が算数・数学学習の中でメタファーとして活用される立場からの活動について、長期的な視座に立った研究を行っていくことなども、今後の課題である。

## 参考・引用文献

### [和文]

- 有川節夫他（2000）．発見科学の構想と展開．人工知能学会誌，15（4），595-607.
- アリストテレス著，三浦洋訳（2019）．詩学．光文社.
- 稲垣智則（2020）．心理療法におけるメタファーの効果的な使用のために：象徴的態度  
および心の「窓」概念を中心に．東海大学課程資格教育センター論集，18，75-87.
- 池田敏和（2017）．モデルを志向した数学教育の展開：「応用指向 vs 構造志向」を超えて．東洋館出版社.
- 井上智義（1983）．比喩とアナロジー的思考．大阪教育大学障害児教育研究紀要，6，  
117-126.
- 岩崎秀樹・橋本正継（1986）．数学教育における比喩の意義とその展望：演算の指導を  
中心に．数学教育論文発表会発表要項，19，105-108.
- 岩田純一（1988）．補稿「比喩ル」の心：比喩の発達の観点から．山梨正明著，比喩と  
理解，東京大学出版会．161-180.
- 植野義明（2010）．数学のメタファー．東京工芸大学工学部紀要，33（1），94-97.
- 内ノ倉真吾（2007）．高校生のアナロジー・メタファーによる科学的現象の説明とその  
視点：物質の状態変化の説明を事例にして．日本科学教育学会研究会研究報告，21  
（5），105-110.
- 内海彰・鍋島弘治朗（2011）．メタファーの話，知能と情報，23（5），686-695.
- エーデルマン，G，M 著，金子隆芳訳（1995）．脳から心へ：心の進化の生物学．新曜  
社.
- 大嶋仁（2017）．メタファー思考は科学の母．弦書房.
- 大貫章（1983）．小集団ブレイン・ストーミング．中央経済社.
- 柏谷正人（1995）．日常生活における数学的概念について．日本数学教育学会数学教育  
論文発表会論文集，28，627-632.
- 片桐重男（2004）．新版 数学的な考え方の具体化と指導 第1巻：算数・数学科の真の  
学力向上を目指して．明治図書.

- 金本良通他（1994）．命数問題の解決時に見られる比喩的表現の活用：数学的コミュニケーション能力の育成に向けて．日本数学教育学会数学教育論文発表会論文集，27，541-546.
- 楠見孝・松原仁（1993）．アナロジー：2. 認知心理学におけるアナロジー研究．情報処理，34（5），536-546.
- 楠見孝（1995）．比喩の処理過程と意味構造．風間書房.
- 楠見孝（2007）．第12章 批判的思考とメタファ的思考．稲垣佳代子・鈴木宏昭・大浦容子編著，新訂認知過程研究：知識の獲得とその利用，放送大学教育振興会，153-168.
- 楠見孝編（2007）．メタファー研究の最前線．ひつじ書房.
- 楠見孝（2011）．メタファー的思考と批判的思考：レトリックと認知心理学の観点から．日本認知言語学会論文集，11，551-558.
- 國岡高宏（1995）．数学学習における「表象」の研究V：アナロジーの構造，概念の具象化，ソースとターゲット．日本数学教育学会数学教育論文発表会論文集，28，31-36.
- 國岡高宏（2008）．数学学習における「表象」の研究XI：数学理解のための概念メタファーについて．日本数学教育学会数学教育論文発表会論文集，41，681-686.
- 國岡高宏（2009）．数学教育におけるアナロジーの研究（2）：概念メタファーによる数学学習の分析．全国数学教育学会誌，15（2），17-27.
- 國岡高宏（2020）．2.4 数学理解の概念メタファー．岩崎秀樹編著，数学教育研究の地平，ミネルヴァ書房，133-149.
- 國宗進・熊倉啓之（1996）．文字式についての理解の水準に関する研究．日本数学教育学会誌数学教育学論究，65・66，35-55.
- クーン，トーマス・S 著，中山茂訳（1971）．科学革命の構造．みすず書房.
- 小泉健輔（2021）．海外の算数教育情報「ビーズのひもを使った表現」を用いたアプローチから何が学べるか．新しい算数研究，2021年11月号，No.610，東洋館出版社，38-39.
- 国立国語研究所（1977）．比喩表現の理論と分類．秀英出版.
- 近藤明日子（2011）．中学校・高校教科書の教科特徴語リストの作成．特定領域研究「教科書コーパス」言語政策班報告書，145-152.

- 佐藤信夫 (1992) . レトリック感覚. 講談社.
- 澁谷樹里 (2018) . 多面的・多角的に考察する力を育てる社会科教育：マンダラートと NIE を用いて. 愛知教育大学教育実践研究科 (教職大学院) 修了報告論集, 9, 151-160.
- シュライヒャー, アンドレアス著, OECD 編 (2019) . 教育の世界クラス：21 世紀の学校システムをつくる. 明石書店.
- 真野祐輔 (2013) . 平方根の加法の学習における記号論的連鎖と具象化の分析. 日本数学教育学会数学教育学論究, 95 (臨時増刊) , 193-200.
- 菅野盾樹 (1985) . メタファーの記号論. 勁草書房.
- 鈴木宏昭 (2020) . 類似と思考 改訂版, ちくま学芸文庫.
- 関口靖広 (2001) . 数学的概念の説明において用いられる認知モデルの分析：中学校教師のデータより. 日本数学教育学会数学教育論文発表会論文集, 34, 415-420.
- 瀬田幸人 (2009) . メタファーについて. 岡山大学大学院教育学研究科研究論集, 142, 49-59.
- 瀬戸賢一 (1995) . メタファー思考：意味と認識のしくみ. 講談社現代新書.
- 添田佳伸 (1998) . 数学教育におけるメタファーの役割：メタファーと創造性について. 日本数学教育学会数学教育論文発表会論文集, 31, 241-246.
- 平知宏・楠見孝 (2011) . 比喩研究の動向と展望. 心理学研究, 82 (3), 283-299.
- 滝浦真人・大橋理枝 (2015) . 日本語とコミュニケーション. 放送大学教育振興会.
- 田代裕一 (1987) . 授業における子どもの比喩的表現についての研究：教科内容の認識と日常生活の認識との相互関連の視点から. 教育方法学研究, 12, 91-99.
- Dancygier, B & Sweetser, E 著, 野村益寛他訳 (2021) . 「比喩」とは何か：認知言語学からのアプローチ. 開拓社.
- 中央教育審議会 (2021) . 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して：全ての子供たちの可能性を引き出す, 個別最適な学びと, 協働的な学びの実現 (答申) .
- 杜威 (1991) . 学校数学における文字式の学習に関する研究：数の世界から文字の世界へ. 東洋館出版社.
- トールネケ, ニコラス著, 山本淳一監修, 武藤崇・熊野宏昭監訳 (2013) , 関係フレーム理論 (RFT) をまなぶ：言語行動理論・ACT 入門, 星和書店.

- 中川裕之（2006）． 類比の関係に基づいて命題を発展させる活動について，日本数学教育学会誌，数学教育学論究，85，22-41.
- 中川裕之（2017）． 類推の振り返り方に関する研究：類似な条件におきかえて命題をみつける類推に限定して，日本数学教育学会，数学教育学論究，97，Vol.105・106，1-24.
- 中川裕之（2019）． 類推においてベースの評価を促す方法に関する一考察：ターゲットとベースの類似性の捉え方に焦点を当てて，日本科学教育学会誌科学教育研究，43（4），438-450.
- 中村雄二郎他（1986）． 記号論理メタファー． 岩波書店.
- 中山茂（1971）． 訳者あとがき． トーマス・クーン著，中山茂訳，科学革命の構造． みすず書房，269-277.
- 中山迅（1998）． 子どもの科学概念の比喩的な構成． 科学教育研究，22（1），12-21.
- 鍋島弘治朗・楠見孝・内海彰編（2018）． メタファー研究1． ひつじ書房.
- 二宮裕之他（2005）． 数学教育における記号論的連鎖に関する考察：Wittmannの教授単元の分析を通して． 愛媛大学教育学部紀要，52（1），139-152.
- 日本学術会議数理科学委員会数理科学分野の参照基準検討分科会（2013）． 大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 数理科学分野.
- 日本数学教育学会編著（2013）． 算数教育指導用語辞典，教育出版.
- バーカー，アラン著，氷上春奈訳（2003）． ブレーンストーミング：最高のアイディアを捻出するための発想法． トランスワールドジャパン.
- 橋本正継（1992）． 数学の教授・学習過程における比喩について（I）：教授活動におけるメタファーの役割． 日本数学教育学会数学教育論文発表会論文集，25，155-160.
- 香春（2017）． メタファーに関する哲学的・認知言語学的考察． 平成29年度名古屋大学大学院文学研究科学位（課程博士）申請論文.
- 平林一榮（1987）． 数学教育の活動主義的展開，東洋館出版社.
- 福井武彦（2011）． 中学数学における教育的アナロジーを用いた指導の研究：ソースとターゲットの対応を明示的に示す指導法の有効性とその教材開発． 全国数学教育学会誌『数学教育学研究』，17（2），167-177.
- プラトン著，加来彰俊訳（2007）． ゴルギアス（改版），岩波文庫.
- プラトン著，藤沢令夫訳（2010）． パイドロス（改版），岩波文庫.

- ブレイディみかこ (2021) . 他者の靴を履く : アナーキック・エンパシーのすすめ. 文藝春秋.
- ヘッセ, M 著, 高田紀代志訳 (1986). MODELS AND ANALOGIES IN SCIENCE 科学・モデル・アナロジー. 培風館.
- ペッパー, S, C (1987). 哲学におけるメタファー. フレッチャー, A 他著・高山宏他訳, アレゴリー・シンボル・メタファー, 平凡社, 151-174.
- ポパー, カール・R 著, 森博訳 (1974). 客観的知識 : 進化論的アプローチ. 木鐸社.
- 湊三郎他 (1981) . 日常生活において分数はどれだけのようによく用いられているか (その1) : ある新聞を通して見た今日の分数使用状況の調査と考察. 日本数学教育学会誌, 63 (4) , 2-7.
- 湊三郎他 (1981) . 日常生活において分数はどれだけのようによく用いられているか (その2) : ある新聞を通して見た今日の分数使用状況の調査と考察. 日本数学教育学会誌, 63 (6) , 2-9.
- 宮崎元裕 (2022) . 違いを尊重する教育 : エンパシーを高める3ステップの活用. 京都女子大学発達教育学部紀要, 8, 13-19.
- 宮里香・丸野俊一 (2007) . 子どもの比喩生成・理解過程における研究レビューと新たなモデルの提案. 九州大学心理学研究, 8, 121-131.
- 文部科学省 (2017a) . 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 社会編, 日本文教出版.
- 文部科学省 (2017b) . 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.
- 文部科学省 (2017c) . 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 特別の教科 道徳編, 日本文教出版.
- 文部科学省中央教育審議会 (2022) . 『令和の日本型学校教育』を担う教師の養成・採用・研修等の在り方について～「新たな教師の学びの姿」の実現と, 多様な専門性を有する質の高い教職員集団の形成～ (答申) .  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/079/sonota/1412985\\_00004.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/079/sonota/1412985_00004.htm)  
(2024 年 3 月 15 日最終確認)
- 山口義久 (2001) . アリストテレス入門, ちくま新書.
- 山梨正明 (1988) . 比喩と理解. 東京大学出版会.

- レイコフ, G・ジョンソン, M 著, 渡部昇一・楠瀬淳三・下谷和幸訳 (1986). レトリックと人生. 大修館書店.
- レイコフ, G・ヌーニェス, R 著, 植野義明・重光由加訳 (2012). 数学の認知科学. 丸善出版.
- レヴィ=ストロース, クロード著, 大橋保夫訳 (1976). 野生の思考. みすず書房.
- 和田信哉 (2001). 算数・数学教育における類比的推論の調査研究: 小学校 3,4,5 年生へのインタビュー調査を通して. 数学教育学研究, 7, 81-92.

[歐文]

- Billow, R. M. (1975) . A cognitive developmental study of metaphor comprehension. *Developmental Psychology*, 11 (4) , 415-423.
- Black, M (1962a) . Metaphor. In M. Black, *Models and metaphors* (pp.25-47) . Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Black, M (1962b) . Models and archetypes. In M. Black, *Models and metaphors* (pp.219-243) . Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Black, M (1979) . More about metaphor. In A Ortony (Ed.) , *Metaphor and thought* (pp.19-43) . Cambridge: Cambridge University Press.
- Boyd, R. (1993) . Metaphor and theory change: what is “metaphor” a metaphor for? In: Ortony, A (Ed.) , *Metaphor and thought* (pp.481-532) . 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Bruner, G. (1986) . Actual minds, possible worlds. *Harvard University Press*, Cambridge, MA.
- Carreira, S. (2001) . The mountain is the utility: on the metaphorical nature of mathematical models. In J. F. Matos, W. Blum, S. K. Houston and S. P. Carreira (eds.) . *Modelling and mathematics education: ICTMA9: applications in science and technology*, Chichester: Horwood Publishing, 15-29.
- Chiu, M. M. (2000) . Metaphorical reasoning: origins, uses, development and interactions in mathematics. *Education Journal*, 28 (1) , 13-46.
- Chiu, M. M. (2001) . Using metaphors to understand and solve arithmetic problems: novices and experts working with negative numbers. *Mathematical Thinking and Learning*, 3(2&3), 93-124.
- English, L (1997) . Analogies, metaphors, and images: Vehicles for mathematical reasoning in English, L. (ed.) , *Mathematical reasoning: analogies, metaphors, and images*. Lawrence Erlbaum Associates, London, 3-18.
- Font, V et al (2010) . Metaphors in mathematics classrooms: analyzing the dynamic process of teaching and learning of graph functions. *Educational Studies in Mathematics*, 75, 131-152.
- Gentner, D. (1983) . Structure mapping: A theoretical framework for analogy, *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- Goldin, G, A (2001) . Review of where mathematics comes from: how the embodied mind brings mathematics into being by Lakoff G, Nuñez, R. *Nature*, 413, 18-19.

- Lakoff, G & Johnson, M (1980) . *Metaphors we live by*. University of Chicago Press.
- Lakoff, G & Nuñez, R (2001) . Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being, Basic Books.
- Low, G, D. (2008) . Metaphor and education. In: Gibbs, R,W. (Ed.) , *The Cambridge handbook of metaphor and thought* (pp.212–231) . Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Manin, Y, I (2007) . Mathematics as metaphor. American Mathematical Society, Providence.
- McGowen, M & Tall, D (2010) . Metaphor or met-before? The effects of previous experience on practice and theory of learning mathematics. *The Journal of Mathematical Behavior*, 29, 169–179.
- Olsen, J et al (2020) . Metaphors for learning and doing mathematics in advanced mathematics lectures. *Educational Studies in Mathematics*, 105, 1-17.
- Pimm, D. (1981) . Metaphor and analogy in mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 1 (3) , 47-50.
- Presmeg, N. C. (1992) . Prototypes, metaphors, metonymies and imaginative rationality in high school mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 23, 595-610.
- Presmeg, N. C. (1997) . Reasoning with metaphors and metonymies in mathematics learning. In: English, L. (ed.) , *Mathematical reasoning: analogies, metaphors, and images* (pp.267-279) . Lawrence Erlbaum Associates, London.
- Sfard, A. (1991) . On the dual nature of mathematics conception: reflections on processes and objects as different sides of the same coin, *Educational Studies in Mathematics*, 22 (1) , 1-36.
- Sfard, A. (1994) . Reification as the birth of metaphor. *For the Learning of Mathematics*, 14 (1) , 44-55.
- Sfard, A. (1997) . Commentary: On Metaphorical Roots of Conceptual Growth. In English, L (ed.) *Mathematical reasoning: analogies, metaphors, and images*. Lawrence Erlbaum Associates, London, 339-371.
- Sfard, A. (1998) . On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27 (2) , 4-13.
- Sfard, A. (2000) . Symbolizing mathematical reality into being: or how mathematical discourse and mathematical objects create each other, In P. Cobb et al. (eds.) , *Symbolizing and communicating in mathematics classrooms: perspectives in discourse, tools, and instructional*

- design* (pp.37-98) , Mahwah, NJ: LEA.
- Sfard, A. (2009) . Metaphors in education. In: Daniels H, Lauder H, Porter, J. (Eds.) , *Educational theories, cultures and learning: a critical perspective* (pp.39-50) . Routledge, New York.
- Soto-Andrade. J (2014) . Metaphors in Mathematics Education. in S.Lerman (Ed.) , *Encyclopedia of Mathematics Education*, Springer, 447-453.
- Star, J. (2005) . Reconceptualizing Procedural Knowledge. *Journal for Research in Mathematics Education*, 36, 404-411.
- Treffers, A. (1986) . Three Dimensions: A Model of Goal and Theroy Description in Mathematics Instruction - The Wiskobas Project, Springer.
- Usiskin, Z. (1991) . Building mathematics curricula with applications and modelling. In M. Niss, W. Blum, & I. Huntley (Eds.) , *Teaching of mathematical modelling and applications* (pp. 30-45) . Chichester: Ellis Horwood.
- Vosniadou, S. (1987) . Children and metaphors. *Child Development*, 58, 870-885.
- Winner, E., Rosentil, A. K., & Gardner, H. (1976) . The development of metaphoric understanding. *Developmental Psychology*, 12, 289-297.

## 博士論文に関係する筆者の先行研究

- 小泉健輔（2022）．メタファー思考の促進を通して数学的理解を深める学習活動の展開可能性：小学校第5学年「数量の関係を表す式」における事例的研究を通して．科学教育研究，46（2），141-153．（査読付き）
- 小泉健輔（2018）．算数・数学学習におけるメタファー思考の育成に関する基礎的研究：日常生活における数学用語の活用に焦点を当てて．数学教育学会誌，59（1・2），19-29．（査読付き）
- 池村壮・小泉健輔（2023）．メタファー思考を活用した証明の意義の評価方法に関する研究．日本数学教育学会第56回秋期研究大会発表集録，473-476．
- 小泉健輔・谷竜太・植松敬太・半澤諒（2022）．メタファー思考に焦点を当てた活動における児童の意識に関する研究：小学校第5学年「割合」における事例を通して．日本科学教育学会年会論文集，46，474-477．
- 小泉健輔（2022）．数学教育におけるメタファー研究の相対的な位置：Sfard（1997）による言説を視点として．日本数学教育学会第55回秋期研究大会発表集録，p.355．
- 小泉健輔（2021）．数学教育におけるメタファー思考を解釈する学習活動に関する基礎的考察：「議論は平行線」と「方程式は天秤」を事例として．群馬大学共同教育学部紀要自然科学編，70，1-9．
- 小泉健輔（2021）．メタファー思考を促進する授業展開と算数・数学の理解の深まりとの関係に関する一考察．日本科学教育学会年会論文集，45，343-344．
- 小泉健輔・谷竜太・半澤諒・植松敬太（2021）．メタファー思考に焦点を当てた学習活動の展開とその特徴：小学校第5学年「数量の関係を表す式」の二つの授業事例から．日本数学教育学会第53回秋期研究大会発表集録，181-184．
- 小泉健輔・半澤諒・谷竜太・植松敬太（2021）．国語科との教科横断的な視点を取り入れた算数科授業に関する事例的研究：第5学年「数量の関係を表す式」における比喩表現の生成と解釈を軸とした学習活動に焦点を当てて．群馬大学共同教育学部紀要自然科学編，69，1-12．
- 小泉健輔（2020）．数学教育におけるメタファー研究に関する論点整理．群馬大学共同教育学部紀要自然科学編，68，7-12．

## 註と巻末資料

### 巻末1)

教科特徴語とは、「児童・生徒が日常生活で触れる書き言葉と比較して、当該教科の教科書で特に偏って高頻度に出現する語」と定義されており、その偏りを調べる方法上の制約から、小学校の教科書は対象から外されている。本研究では、近藤（2011）によるリストのうち、中学校数学のリストを基礎的な統計資料として活用している。日常生活における意味の特徴といった観点から、義務教育段階に焦点を当てることが妥当であるとともに、算数・数学という教科の特性上、小学校で学習される用語との重複も多いと考えられるためである。

### 巻末2)

「現代日本語書き言葉均衡コーパス」は現代日本語の書き言葉の全体像を把握するために構築されたコーパスであり、多様なジャンルにまたがって1億430万語のデータが格納された、無作為にサンプルが抽出されているデータベースである。この中で、今回は「新聞」のみにチェックを入れて検索をかけている。

<https://clrd.ninjal.ac.jp/bccwj/>（2024年3月15日最終確認）

### 巻末3)

計10の事例の具体的な文脈の代表例は以下のとおりである。

数学用語	抽出された具体的な文脈
1 鋭角	四百円)程度に抑えた。乾燥気味の中国女性の肌に合わせる一方、パッケージデザインは <b>鋭角</b> 的にして都会派ムードを演出した。「手ごろな値段なのに高級な感じ」との評判が広まっ
2 角度	興へ向けた潜在能力に着目し、“分析対象”とした。焦土から出発した日本にさまざまな <b>角度</b> から考察を加えたこの著作は、欧米でも翻訳されて話題になり、その後のさらなる日本の
3 縮図	ちりと反映しないといけない。形だけの参加でいいとはいかない。自民党は日本の社会の <b>縮図</b> のような政党だ。その中でグループができて切磋琢磨（せつさたくま）していくのは自民
4 対称	防衛 「同盟半世紀」といっても、当初は日本が基地を提供し、米国が軍隊を派遣する非 <b>対称</b> の協力だった。自衛隊と米軍が作戦協力を本格的に始めたのは20年前のことだ。その中
5	能性がある」と指摘した。韓国日報は社説で「テロとの戦いを名分に、安全

半径	保障の行動 <u>半径</u> を拡大しようとする意図が働いた可能性もある」と警戒心をにじませた。
6 引き算	編8引き算の選択 A図のような局面での合い駒の選択は、断片図の時にやったように、 <u>引き算</u> の考え方でやるのがよい。 まず▲8九玉は、△7七桂不成で簡単。 8八へ金銀の合い駒
7 比例	、一兆円を大幅に上回って最高を更新するのが確実視されている。 こうした好調ぶりに <u>比例</u> して、国内各方面ではトヨタ依存傾向の強まりが顕著。「かんぱん方式」などのトヨタ生
8 平行 ①	提出する場合、3月中には法案をまとめる必要がある。 同庁関係の予算関連法案の審議と <u>平行</u> した形で検討しなければならず、「通常の態勢では間に合わない」（幹部）と判断した。
9 平行 ②	た。 日本側としては、今年に入って平壤と北京で二回行われた政府高官レベルの協議で <u>平行</u> 線のまま終わっている拉致被害者家族の帰国問題で具体的な成果を挙げたい考え。 日朝協
10 方程式	を受け、すぐにマスター。 期待通りの働きで台頭した背番号34は「岡田阪神」の勝利の <u>方程式</u> に欠かせない歯車になった。（内川和則） J F K 力の方程式藤川、故障越え大輪の花最
11 直線	コミで、正統イスラムはテロと相容れないと主張した結果、アラブ、イスラムに対する一 <u>直線</u> の差別や拒否は、回避された。 同時に、アフガニスタンで軍事的勝利をおさめても、国

巻末4)

今回検索対象としたその他の全ての用語は以下のとおりである。

<p style="text-align: center;"><u>メタファーとしての活用ではないと判断した語</u></p> <p>円錐、確率、直線上、定数、立体、円周、各項、奇数、グラフ、五角形、個数、座標、定規、垂直、縦軸、底面、等分、表面積、分数、面積、横軸、割り算、曲線、三角形、図形、整数、正方形、長方形、平方</p> <p style="text-align: right;">以上、計 29 語</p>
<p style="text-align: center;"><u>数学的な意味ではない同音異義語など</u></p> <p>絶対値、外角、記号、組み合わせ、係数、弦、公式、合同、指数、頂点、内角、変形、右辺、回数、角柱、仮定、間隔、作図、左辺、数量、大小、底辺、平面、目盛り、両端、軸</p> <p style="text-align: right;">以上、計 26 語</p>
<p style="text-align: center;"><u>今回の検索範囲では抽出されなかった語</u></p> <p>因数分解、円周上、円柱、扇形、折り目、回転体、角錐、拡大図、掛け算、傾き、加法、関数、規則性、逆数、空間内、グラフ上、減法、交点、座標軸、四角形、軸上、次数、自然数、斜辺、小数点、乗法、除法、垂線、正三角形、正四面体、切片、線分、相似、素数、対角、対角線、体積、代入、多角形、足し算、多面体、短針、中点、長針、直方体、直角、直角三角形、定理、展開図、等号、等式、等辺三角形、半直線、反比例、菱形、符号、分母、平面上、変数、放物線、毎分、文字盤、両辺、累乗</p> <p style="text-align: right;">以上、計 64 語</p>

巻末5)

各事例に対する具体的な分析結果は以下のとおりである。

事例1：鋭角
a) 「手ごろな値段」にも関わらず「高級な感じ」を表すパッケージデザインの戦略が「鋭角的」と表現されているが、その解釈は困難である。 b) $90^\circ$ よりも小さい角度。 c) (どの要素が整合しているかが不明である。) d) $\Rightarrow$ c) が不明のため、分析不可。
事例2：角度
a) ある物事に対する見方や観点を意味している。 b) 二本の直線や平面が交わる角の大きさ。 c) a) においては一切、量的な大小関係を指しておらず、整合する要素が不明確である。 d) c) より、解釈が多様に考えられる。
事例3：縮図
a) 自民党は日本の社会全体と同じような特徴をもっている。 b) ある図形をその形を変えないで、一定の割合に縮めた図。 c) 自民党と日本の社会とで共通した特徴がある点と、相似な図形においては共通して保たれる性質がある点とが整合する。 d) 共通する特徴を有する点を端的かつ的確に表現している。拡大図では言い換えられるか、という問いも浮かんでくる。
事例4：対称（非対称）
a) 日本と米国との協力関係における互いの行動が不均衡であることを意味している。 b) (線対称の場合) 二つの図形が線対称の位置にあるとき、対応する2点を結ぶ直線は対称軸によって二等分される。 c) この場面での「対称」が線対称を意味すると捉えれば、互いの行動が同等でない点と、対称軸によって二等分されない点とが整合する。 d) 両者の均衡／不均衡を示す上で、そのイメージを想起させやすいため。また、点対称や面対称の解釈では意図と異なってくるものと考えられる。
事例5：半径
a) 安全保障の行動範囲のことを意味している。 b) (円の定義は) ある定点から等距離にある点の集まりでできた曲線とその内部、など。 c) 行動可能な範囲を考える尺度を決める点と、半径が円の広さを規定する点とが整合している。 d) 関数関係にあることを生かすことで端的に表現できるため。
事例6：引き算
a) 将棋における合い駒選択の際の考え方が「逆向きの思考」であることを意味している。 b) (求残の場合) 初めにあった数量からある数量を取り去る。 c) 考え方が「逆向きの思考」である点と引き算が足し算の逆演算である点とが整合している。 d) 通常のを足し算ととえた場合に、逆の思考であることが強調されやすいため。

事例7：比例
<p>a) 「好調ぶり」に伴って「トヨタ依存傾向」がどんどんと強まっていることを意味している。</p> <p>b) 関数<math>y = ax</math>の関係。</p> <p>c) 「一方が増えれば他方も増える」点が、比例の特徴（ただし第一象限に限定的）と整合する。</p> <p>d) 比例は「増えれば増える」関係の典型として、負の数にまで拡張される前の段階のイメージが世間に定着しているものと考えられる。</p>
事例8：平行（1）
<p>a) 法案をまとめる作業と予算関連法案の審議とがそれぞれ独立に、同時に進められていることを意味している。</p> <p>b) 方向が同じ二本の直線，両方向に限りなく延長しても，いずれの方向においても交わらない，等。</p> <p>c) 複数の作業が同時進行で進められている点と，二本の直線が同じ方向を向いている点とが整合する。</p> <p>d) 作業が同時進行している状況を想起させやすいため。</p>
事例9：平行（2）
<p>a) 日本と北朝鮮の拉致問題の協議が一向に進展しないことを意味している。</p> <p>b) 方向が同じ二本の直線，両方向に限りなく延長しても，いずれの方向においても交わらない，等。</p> <p>c) 協議が（過去・現在ともに）合意に向かわない点と，両方向に限りなく延長しても，いずれの方向においても交わらない点とが整合する。</p> <p>d) 一向に互いの主張が折り合わない状況が端的に表現されるため。</p>
事例10：方程式
<p>a) 「勝利の方程式」は勝利に向かうための決められた段取りを意味している。</p> <p>b) 未知数がある特別な値のときに成り立つ式。</p> <p>c) これ以後は段取りを踏むだけという点と，方程式が立式できればあとは式変形のみである点とが整合している。</p> <p>d) 解法に順序のある点が，状況を示す上で有効に働いていると考えられるため。</p>
事例11：直線
<p>a) 人々の言動の出発点と終着点がただ一通りしかない。</p> <p>b) （狭義）両方向に無限に延びたまっすぐな線。</p> <p>c) 結論がただ一通りに定まる点と2点間の直線が一本しかない点とが整合している。</p> <p>d) 前提と結論とが一对一に対応する状況を想起させやすいため。</p>

巻末6)

各児童がどのメタファー表現を選択したかについては以下のとおりで、人数については累計である。「想定される共通点」について、児童の記述においては必ずしも共通点が明確に書かれているわけではない。児童が挙げた各々のベースに対して、授業の文脈に照らして解釈したものである。

未知数としての□についての選択			
	ベース	想定される共通点	人数
1	ガチャガチャ	わからない／決まっている	5
2	くじびき	わからない	4
3	面積	やればわかる	3
4	科学の実験	わからない	3
5	ルーレット	わからない	2
6	福袋	決まっている	2
7	宝探し	わからない	1
8	ビンゴ	わからない	1
9	(不明)		1

変数としての□についての選択			
	ベース	想定される共通点	人数
1	人生	決まれば決まる／伴って変わる	8
2	勉強と遊ぶ時間の関係	いろいろ変わる／一方がわかれば他方もわかる	3
3	道徳	いろいろ変わる／定まらない	2
4	寿命	一方がわかれば他方もわかる	2
5	倍数	無数にある	2
6	言葉	いろいろ変わる	1
7	国語	定まらない	1
8	難しい問題	定まらない	1
9	宇宙（に関する説）	定まらない	1
10	雪男	定まらない	1
11	ネッシー	定まらない	1
12	大人と子ども	大小関係がある	1
13	なぞとき	(不明)	1
14	やさしい人	(不明)	1

## 謝 辞

研究を遂行し博士論文をまとめるにあたり、多くの方々からご指導・ご支援をいただきました。この場を借りて心より御礼申し上げます。

池田敏和先生には、学部時代から今日に至るまで、長きにわたり大変お世話になりました。ゼミを通して、数学教育の愉しさ、奥深さを知り、私が数学教育の研究者を目指すきっかけを与えていただきました。博士課程も終盤に差し掛かろうとしていた頃、夏目漱石の『草枕』における葛湯のお話をしていただきました。「葛湯を練るとき、初めのうちはさらさらして、箸に手ごたえがない。徐々に粘りが出てきて、かき混ぜる手がどんどん重くなり、ついには箸が回せなくなってくる。それに負けずに箸を回していると、最後には葛の方から争って箸にくっついてくる。詩を作るのは、まさに葛湯のようだ。」というお話でありました。それからというもの、終盤に向かうにしたがって、博士課程大学院生としての日々は険しさを増すばかりで、まさに「箸が回せなくなってくる」ことを痛感する毎日でした。要領の悪い私にとって、仕事や育児の傍ら博士論文の作成に取り組むという日々は苦難の連続で、幾度となく諦めそうになりました。こうして博士論文をまとめることができましたのは、先生が、私のゆっくりとした成長に辛抱強く付き合ってください、常に可能性を信じてくださったからに他なりません。終盤には、「葛の方からくっついてくる」ような瞬間を、僅かながら垣間見ることもあった気がしています。私にとって、先生は人生の師であります。研究者として、教師として、人として、先生からは本当に多くのことを学ばせていただきました。心より感謝申し上げます。

茨木貴徳先生、橋本創一先生には、副指導教員として携わっていただき、さまざまなご助言を賜りました。茨木貴徳先生には、数学の立場から常に本質を捉えたご助言をいただき、数学教育においてメタファーというテーマを論じるにあたって、根本的に大切にすべきことは何かを考えさせていただきました。橋本創一先生には、一人一人の子をみることの大切さに関するご助言をいただき、子どもたちの相違をどのように捉え、いかに生かしていけるかを考えるきっかけをいただきました。

二宮裕之先生、松尾七重先生には、博士論文の審査に携わっていただき、ご多用中にもかかわらず、ご丁寧なご指導を賜りました。二宮裕之先生には、特にメタファーやメタファー思考の概念規定、実践の評価など、論文の根幹に関わる部分について、貴重な

ご助言をいただきました。松尾七重先生には、特に理解に関する言及の部分や、論文全体の展開の仕方などに関して、貴重なご助言をいただきました。先生方からいただいた厳しくもあたたかいご助言は、本研究が今後進むべき道を指し示してくださいました。大切ににあたためながら、今後じっくりと向き合ってまいります。

また、石田淳一先生には、学部時代から修士課程、博士課程の授業に至るまで、長きにわたりお世話になりました。特に、数学教育における研究方法に関わり、大変学ばせていただきました。松寄昭雄先生には、博士課程の授業においてお世話になるとともに、学会の場などでお会いした際にも、常に背中を押してくださいました。前田正男先生には、学部時代のゼミにおいて代数と幾何の関連を中心にご指導いただきました。加えて、大学院においては数学教育を学びたいということを相談させていただいた際にも、様々な面であたたかく導いてくださいました。

筆者の現在の勤務先である群馬大学共同教育学部数学教育講座の先生方にも、多大なご支援をいただきました。研究時間の確保に気を配ってください、筆者の博士論文の作成を応援してくださいました。

本研究では、授業実践等を行うにあたって、多くの先生方及び小学校の児童の皆さまにもご協力いただきました。心より感謝申し上げます。とりわけ、谷竜太先生には、授業の計画や実践等において、多大なご協力をいただきました。半澤諒先生、植松敬太先生にも、授業の計画段階、事後の考察段階において、現場目線での貴重なご意見を数多くいただきました。その他、ここにお名前を挙げさせていただいた方々以外にも、学会等の場で貴重なご示唆をいただきました先生方、池田研究室の卒業生・修了生の皆さま、横浜国立大学大学院生の皆さまをはじめ、多くの方々に、さまざまな場面で支えていただきました。心から御礼申し上げます。

最後に、本研究を陰から支え、見守り、元気付けてくれた、妻、娘たち、両親に、この場を借りて感謝申し上げます。

本博士論文をまとめることができましたのは、これまでご示唆をいただきました多くの方々のおかげに他なりません。ここに重ねて厚く謝意を表し、謝辞とさせていただきます。

令和6年3月

小泉 健輔