

# 数学教育におけるメタファー研究に関する論点整理

小泉 健輔

群馬大学教育学部数学教育講座

(2019年9月25日受理)

## Summarizing of Points about Studies on Mathematics Education Focused on Metaphor

Kensuke KOIZUMI

Department of Mathematics, Faculty of Education, Gunma University

Maebashi, Gunma 371-8510, Japan

(Accepted on September 25th, 2019)

### 1. 研究の背景

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、経験することである(レイコフ・ジョンソン, 1986)。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られている。そして、数学的概念を理解する行為を分析的に捉えると、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考えがある(Lakoff & Nuñez, 2001; レイコフ・ヌーニェス著 植野・重光訳, 2012)。

メタファーに焦点を当てた考察は、何故我々は数学を理解できるのか、あるいは子どもが数学をつくるという理念が何故どのように実現され得るのかといった、数学教育の根本的な研究課題に迫るための重要な一観点である。また、比喩的に物事を考えるという思考スキルをより促進するといった、資質・能力育成の観点からも考察を深めていくことが期待される。

しかしながら、少なくとも我が国の数学教育研究において、メタファーを中心的に位置付け、メタファーを軸として数学教育を論じている研究は必ずしも多くなく、活発に研究が展開されているとは言えない状況にある。それは何故だろうか。

その理由の一つとして、研究課題の設定のしにくさがあると考えられる。数学教育におけるメタファー研究は、例えばレイコフ・ヌーニェスのようにメタファーを広義で捉え、認知機能の根幹として位置付けて論じている立場もあれば、例えば「等式は天秤である」といった比喩性の高い言語表現のみを限定的にメタファーと捉えている立場もあるなど様々である。すなわち、一口に数学教育におけるメタファー研究と言っても、その意味には相当の幅があり、こういった視座で取り組んでいけそうかが必ずしもはっきりしていないものと考えられる。

### 2. 研究の目的

本稿の目的は、数学教育におけるメタファー研究の方向性を探るために、メタファー研究において今

後検討すべき課題を導出することである。

### 3. メタファーについての概括的な捉え

以下に、本稿におけるメタファーについての概括的な捉えを示していく。ただし、後述するように、メタファーの捉え自体も議論すべき対象であると考えことから、極力一般的な捉えを示すことに留めることにする。

#### (1) 言語形式としてのメタファー

メタファーは比喩の一種であり、一般的に隠喩を意味する。修辞学分野を中心として伝統的に様々な議論がなされてきており、「AはBのようだ」と表現される直喩に対して、「AはBだ」という形式で表現されたものが隠喩として区別される。すなわち、ここでのメタファーとは、「AはBだ」という形式を保って実際に比喩的に表現された用語を指していることになる。

ただ、英語圏で *metaphor* といったときには、直喩、換喩、提喩も含む、いわゆる比喩的な表現全体を指す語として伝わるようである（国立国語研究所、1977；中村他、1986；瀬田、2009）。

#### (2) 認知言語学におけるメタファー

認知言語学（認知メタファー理論）の分野では、メタファーと人間の思考活動との関係に着目する立場から、ある事柄を他の事柄を通して理解し、経験することがメタファーの本質であると捉えられている（レイコフ・ジョンソン、1986）。すなわち、メタファーを生みだすことの根底にある思考を重視する捉えである。

以下に、レイコフ・ジョンソンが挙げている「議論は戦争である」のメタファーを例として説明したい。この例の場合、「議論」という概念の意味や特徴を明らかにするために、全く異なった種類の「戦争」という概念をメタファーとして用いることで、「議論」のもつある一側面に光を当て、その特徴を際立たせていることになる。「戦争」という概念がもつ概念網の一部が、「議論」という概念を部分的

に特徴づけているのである。

岩田（1988）は、何をもって比喩というかは研究者によって意見の別れるところであるものの、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、意図性と類似性の二つの要件を満たすという点では一致していると述べている。ここでの意図性とは、異なる範疇に属しているものを敢えて用いるという意味であり、類似性とは、何らかの面で認識し得る類似性がある、ということの意味する。

#### (3) 本稿におけるメタファーの捉え

本稿では、数学教育におけるメタファー研究を推進していく視座から、言語形式としてよりもメタファーと思考との関係に着目し、メタファーはある事柄を他の事柄を通して理解し、経験することであり、意図性と類似性により特徴づけられるものと捉える。

## 4. 数学教育におけるメタファー研究に関する論点整理

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、その上で、それらの研究の関心や立場の異同を考察することによって論点を整理し、今後検討すべき課題の導出を試みた。また、一部数学教育にも参考になる理科教育の先行研究も考察の対象とした。

その結果、数学教育におけるメタファー研究を推進していく上で、今後取り上げて重点的に議論していくべき以下の三つの論点を抽出した。

- 論点1：メタファーを数学教育の中でどのように解釈し展開していくか
- 論点2：メタファー思考と数学教育で育成を目指す資質・能力とをどのように関連づけて解釈し展開していくか
- 論点3：メタファー研究は授業レベルでどのように生かされ得るか

以下では、論点1～3について、各々の下位に位置づく論点を整理しながら具体的に述べていくことにする。

## (1) メタファーを数学教育の中でどのように解釈し展開していくか

論点1については、①どこまでをメタファーの範疇とするか、といったメタファーの基本的な捉えに関する論点と、②近接する概念との区別をどのように捉えるか、といった他の研究課題との異同に関する論点とが見出された。①及び②について、順々に述べていく。

### ① どこまでをメタファーの範疇とするか

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、メタファーを人間の思考活動に不可欠なものと考え、あらゆる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ある。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、我々は「数は数直線上の点である」といった表現をどのように受け取るだろうか。ここでは、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わけである。このことについてレイコフ・ヌーニェスは、「数は数直線上の点である」といった表現の元をたどれば、「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、と解釈し、元来はメタファー的であったと考えている。すなわち、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。

一方で、算数・数学科の授業においては、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ことがある。こうした比喩性の高い特定のもののみをメタファーとして捉えていることもある。

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かが課題である。

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、メタファーを直喩、隠喩、換喩、提喩等全てを含めて論じていくのか、隠喩のみをメタファーと捉えるのか、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。

### ② 近接する概念との区別をどのように捉えるか

概念や推論の比喩的側面にかかわる議論でしばしば用いられる用語には、メタファーの他に、例えばアナロジー、モデル、などがある(中山, 1998)。

先行研究において、この点に対する立場は様々である。例えば、理科教育の先行研究において、内ノ倉(2007)はアナロジーとメタファーをアナロジー・メタファーなどと表して区別せずに論じている。それに対して、相対的な関係として暫定的に何らかの区別を示している先行研究もある。

前者であれば、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。

それに対して後者であれば、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、それらの区別自体が容易ではないと言える。

## (2) メタファー思考と数学教育で育成を目指す資質・能力とをどのように関連づけて解釈し展開していくか

論点2は、メタファーを活用しようとするときの思考をメタファー思考とし、その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に関する点である。なお、数学教育におけるメタファー思考の捉えについては、本稿では詳細な言及は避けることとし、暫定的に、抽象的であるAの本質を抉り出しそれを端的に理解・表現することを目的として、Aとは異なる世界の中から類似するBを探り出し、BによってAを説明しようとする思考（小泉，2018）、と捉えていくこととする。

心理学の分野では伝統的に、メタファーに関する発達の研究、すなわち、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、といったことが、研究課題に掲げられてきた（例えば、楠見（1995））。数学教育研究においても、“Metaphorical Thinking”に関する先行研究の世界的な傾向を概観すると、心理学の流れを汲んだ発達の研究、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）。

一方で、上記の先行研究においては、メタファー思考を思考スキルの一つとして捉え、数学教育の中で、あるいは教科等横断的な学習の中で積極的に育成すべき対象として捉えた研究はほとんどみられない。

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。

そのように考えたときに、算数・数学の学習の中で象徴的に働くメタファー思考とはどういったものかを検討していくことが求められる。すなわち、算数・数学ならではの側面を探っていく研究が必要で

ある。

今後は、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。

### (3) メタファー研究は授業レベルでどのように生かされ得るか

論点3については、メタファーに焦点を当てた数学的活動の目標の観点（①）、メタファーに焦点を当てた数学的活動の場面設定の観点（②）、メタファー思考に対する児童生徒の認識の観点（③）の三つの観点から、以下に示す問いが見出された。

#### ① メタファーに焦点を当てた数学的活動の目標：数学者がメタファーを活用する行為をどの程度児童生徒の経験し得る数学的活動として具体化できるか

レイコフ・ヌーニェス（2012）が提唱したいわゆる「数学的概念の分析学」では、数学者が数学をつくってきた過程を分析しており、その中でいかにメタファーが活用されているかが論じられている。このことは、「数学的」な営みにおいてはメタファーを活用して考える行為が豊富に内在していることを指し示している。この知見を、数学教育にどのように生かしていけるか、教材研究レベルから実践レベルに具体化できるかが課題である。

Sfard（1994）は、数学者の営みの中には具象化（reification）があり、ここに抽象的な対象への比喩的な創造が含まれるとしている。具象化とは、例えば数を数直線上の点として表現することで我々が認識可能な存在にするような場合を指しており、Sfardは、著名な数学者へのインタビュー調査を通して、数学者が常にこうした思考を働かせていることを確認している。

一方で、児童生徒の算数・数学学習のプロセスを考えると、児童生徒にとっては、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、といったプロセスが前提となることから、その中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今後の課題である。

② **メタファーに焦点を当てた数学的活動の場面設定：教師のメタファー思考と児童生徒のメタファー思考は算数・数学の授業でどのように生かされるか**

算数・数学科の授業においては、意識／無意識を問わず、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はしばしば活用される。例えば「方程式は天秤である」「集合は容器である」といった具合に表現し、理解を促すことがあるように、教師にとっての活用に着目した方向（橋本，1992；國岡，1995）や、メタファーの視点から分析したときにどういった思考が要求されていることになるかを示すことを意図した教材研究（添田，1998；國岡，2008；國岡，2009）が行われてきた。

こういった視点は、算数・数学の学習内容に対応するよりよいたとえ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、教師のメタファー思考を授業づくりに生かしていこうとする方向であると解釈できる。この方向性からは、例えば理科教育の分野で活発な議論が行われているように（中山，1998）、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。その際に重要になるのは、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捉えるのではなく、比喩の解釈を学習活動として取り上げ、教師から提示された比喩表現を解釈する活動を通して思考を深めていくプロセスをねらいとして場面設定がなされ、児童生徒がどのような思考をたどったのかを精緻に捉えていくことである。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ためのメタファーであると考えたい。

もう一つの視点として、児童生徒のメタファー思考は算数・数学の授業でどのように生かされるか、といった点も検討課題にしていきたい。すなわち、児童生徒が何らかの数学的知識・概念を獲得する際、どういったメタファーを働かせているのか、あるいは働かせていないのか、メタファー思考の促進を意図したときに数学的知識・概念の獲得プロセスはどのように変化するのか、といった点も考察の対象と

していくということである。先行研究においては、この点についてまだ十分に考察されてきていないのが現状であり、今後研究を深めていくことが期待される。

③ **メタファー思考に対する児童生徒の認識：メタファーの根底にある考えを児童生徒はどの程度意識しているか**

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。これをメタファーの基本精神としたときに、算数・数学学習の中で、そのことを児童生徒がどの程度意識できているかを考えていく必要がある。すなわち、ある事柄を一旦他の事柄に置き換えて考えようとすることのよさが実感できているか、といった点を論点としていく必要がある。

例えば、一次関数  $y = 2x + 3$  について理解する場面では、表、式、グラフといった数学的な表現を互いに関連づけながら学習が進んでいくことになるが、生徒にとって、複数の異なる表現を通して理解するという行為はどのように意味づけられているだろうか。メタファーの根底にある考えを児童生徒はどの程度意識しているか、といった視点で捉えたとき、ここでの指導のねらいは何か、といった点も問い直されてくると考える。

5. **まとめと今後の課題**

本稿の目的は、数学教育におけるメタファー研究の方向性を探るために、メタファー研究において今後検討すべき課題を導出することであった。本稿の知見をまとめると、以下の通りである。

まず、数学教育におけるメタファー研究を推進していく上で、今後取り上げて重点的に議論していくべき論点として、論点1：メタファーを数学教育の中でどのように解釈し展開していくか、論点2：メタファー思考と数学教育で育成を目指す資質・能力とをどのように関連づけて解釈し展開していくか、論点3：メタファー研究は授業レベルでどのように

生かされ得るか,の三つの論点を抽出した.そして,各々の論点について,どういった観点から今後数学教育におけるメタファー研究を展開していく必要があるのかについて具体的に論じた.

今後の課題としては,各々の研究課題に対して,具体的に成果と課題を明確にしていくことである.

#### 引用・参考文献

- 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.
- 岩田純一 (1988). 比喩と理解 (補稿). 東京大学出版会.
- 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.
- 国立国語研究所 (1977). 比喩表現の理論と分類. 秀英出版.
- 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.
- 楠見 孝 (1995). 比喩の処理過程と意味構造. 風間書房.
- 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.
- Lakoff, G & Nuñez, R (2001). Where Mathematics Comes From: How the Embodied Mind Brings Mathematics into Being. Basic Books.
- 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.
- 中村雄二郎他 (1986). 記号論理メタファー. 岩波書店.
- 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.
- 日本学術会議数理学委員会数理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 数理学分野.
- Sfard, A (1994). Reification as the birth of metaphor. Learn Math, **14**(1), 44-55.
- 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.
- 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.
- Soto-Andrage, J (2014). Metaphors in Mathematics Education. Encyclopedia of Mathematics Education, Springer, 447-453.
- 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.