

理科におけるメタファーとアナロジーに関する基礎的研究

平田 涼^{*1}・内海 志典^{*2}

科学的概念の形成を図る際に、メタファーやアナロジーが活用されることがある。メタファーとアナロジーの先行研究には、その機能について指摘している文献や、特定の場面においてメタファーやアナロジーを導入した事例は散見される。しかしながら、理科において、メタファーとアナロジーを活用するための基盤となる研究は見られない。そこで、本研究では、これらを検討する基礎的研究として、メタファーとアナロジーの先行研究を分析し、それぞれの意味を捉え、機能について検討した。その結果、次の2点が明らかになった。(1)メタファーは、「ある事物を、既知である似ていることや具体的なことに置き換えることで、わかりやすく説明すること」と捉えることができ、「既に学んだ科学的概念を精緻化する」という機能がある。(2)アナロジーは、「既知のものの要素と未知のものの要素を、関係づけることによって生じる構造の類似から、未知のものを推論すること」と捉えることができ、「日常生活における経験と科学的概念の類似点を関係づけることで、抽象的な科学的概念の理解を促進する」という機能がある。

〈キーワード〉メタファー、アナロジー、機能、理科

1. はじめに一問題の所在と研究の目的一

科学概念の学習あるいは科学的推論において、比喩的な側面の重要性が従来からしばしば指摘されており、科学概念や科学的推論でしばしば用いられる用語として、メタファーとアナロジーが挙げられる(中山, 1998)。メタファーに関する先行研究では、理科教育におけるメタファーの機能について、概念的理解を補強し、理解を理にかなったものにする(斎藤・黒田・森本, 2007)や、思考および表現を深めるのに有効にはたらいっている(日高・中山, 1998)といったことが指摘されている。また、アナロジーに関する先行研究では、理科教育におけるアナロジーの機能について、抽象的なものの視覚化を提供する(Duit, 1991)や、概念的な理解が促進される(内ノ倉, 2010)といったことが指摘されている。そして、メタファーの機能を活用した小学校理科における実践的研究として、衣笠・松本(1999)による小学校第6学年単元「電気のはたらき」において、電流のイメージをもたせるためにメタファーを活用した実践的研究や、アナロジーの機能を活用した小学校理科における実践的研

究として、高垣・中島(2003)による小学校第4学年を対象として、力の概念形成を行うためにアナロジーを活用した実践的研究が見られる。

以上のように、メタファーとアナロジーの先行研究には、その機能について指摘している文献や、特定の場面においてメタファーやアナロジーを導入した事例は散見される。しかしながら、理科において、メタファーとアナロジーを活用するための基盤となる研究は見られない。

そこで、本研究では、理科において、メタファーとアナロジーを活用する基盤として、それぞれの意味を捉え、機能について検討することを目的とした。

2. 研究方法

先行研究から、メタファーとアナロジーについてそれらの捉え方を整理した後に、メタファーとアナロジーの機能について検討する。

3. メタファーに関する先行研究

*1 元岐阜大学教育学部 *2 岐阜大学教育学部
A Fundamental Study on Metaphor and Analogy in School Science

3.1 メタファーの捉え方

たとえられるものととえるものの関係を示すメタファーの関係図を、図1に示す。

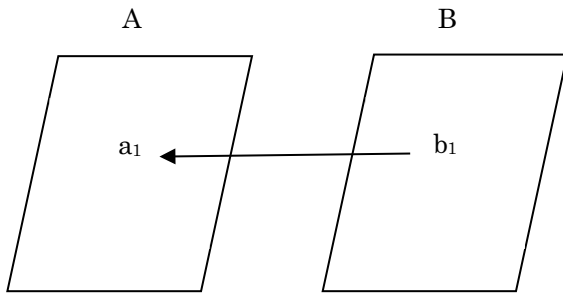


図1 メタファーの関係図 (瀬戸, 1995)

図1は、たとえられるものAの要素a1と、たとえるものBの要素b1が、1対1で対応していることを示している。

中山(1998)は、メタファーについて、次のように捉えている。

Aの特徴を比喩的に述べる際に、Aと異なった別のものを引き合いに出して、「AはBだ」という形式で表現したものを「隠喩」(メタファー)と呼ぶ。

さらに、大西(2012a)は、メタファーについて、次のように指摘している。

1つの事物を表す言語を別の事物を表すために用いて、一方の性質で他方を特徴づけること。

これらのことより、メタファーは、ある事物を別の事物に置き換えて表現することから、「たとえること」といえる。

メタファーを活用しているものとして、瀬戸(1995)は、次のような事例で説明している。

「あんパン」は「あん」と「パン」, 「ジャムパン」は「ジャム」と「パン」との合成にすぎない。ところが、同じように素朴な風味の「メロンパン」は、ことばにひねりを利かせている。「メロン」はメタファーである。

これらの関係は図2で示すことができる。

この事例では、「メロンパンの皮の網目」を、「メロンの皮の網目」に置き換えることで、メロンパンの外見をわかりやすく説明するというメタファーが活用されている。

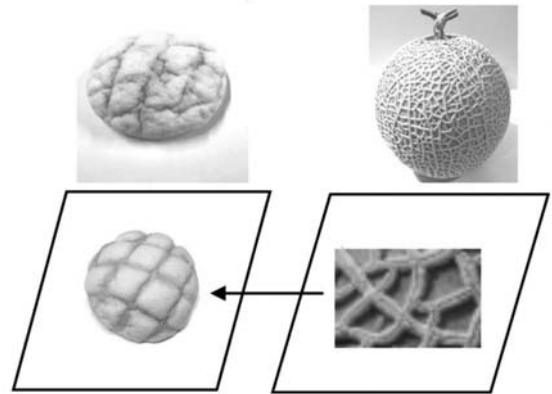


図2 メタファーの関係図

大西(2012a)は、メタファーが活用されている事例として、次のようなものを挙げている。

- ・彼の自転車は矢であった。
- ・彼は自転車に飛び乗ると飛んで帰った。

大西(2012a)は、「矢」は速いものカテゴリーの典型的な成員であり、「飛ぶ」は速い移動カテゴリーの典型的な成員であると指摘している。この事例では、「矢」のもっている「速いもの」という性質や、「飛ぶ」という用語のもっている「速い移動」という性質で、彼の自転車の速度をたとえているといえる。

また、小学校の理科教育におけるメタファーの事例について、衣笠・松本(1999)の研究がある。この研究では、児童の理解があいまいである電流概念のイメージをもたせるために、雷のようなもの、粒のようなもの、水のようなものなどで、電流を表現するというメタファーを活用している。そのメタファーを活用した電流概念の事例の一つを、図3に示す。

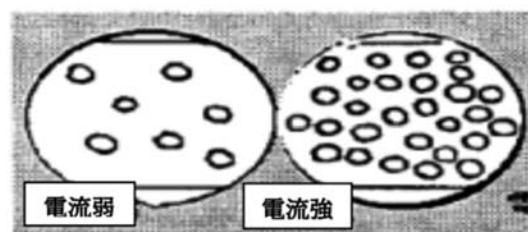


図3 メタファーを活用した電流概念
(衣笠・松本, 1999から一部抜粋し, 改変。)

これは電流を粒のようなものに置き換えて表現することで、電流のような目に見えないものをわかりやすく説明するというメタファーが活用されている。

ここで、瀬戸（1995）のメロンパンの事例と衣笠・松本（1999）の事例を比較してみると、どちらもある事物をわかりやすく説明する目的で、メタファーを活用しているといえる。

以上のことから、メタファーは、「ある事物を、既知である似ていることや具体的なことに置き換えることで、わかりやすく説明すること」と捉えることができる。

3.2 メタファーの機能

斎藤ら（2007）は、Petrie（1986）の言説より、イメージ表現の1つであるメタファーについて、2つの機能を指摘している。これを表1に示す。

表1 メタファーの機能（斎藤ら，2007）

<p>(1) 既存の概念またはモデル同士間における特徴の比較を通して類似性などを見出し、それにより各特徴を関連付け、概念的理解を補強し理解を理にかなったものにするという機能。</p> <p>(2) 既存の概念と新たに構築を目指す概念との間に、新たな関係性を見出すことによって概念構築を図る。つまり、学習活動の中で、メタファー表現に相互作用的な修正や更新を繰り返すことによって、新しい概念の構築や再構成を目指す機能。</p>

また、内ノ倉（2010）は、メタファーに関して、次のように指摘している。

日常的に生成され、しかも柔軟で機能的に活用できれば、科学的な事物・事象の理解を促進する上で、効果的な学習ストラテジーである。

斎藤ら（2007）は、表1の(1)において、概念的理解を補強すると指摘し、表1の(2)において、既存の概念と新しい概念との間に関係性を見出すことによって、概念構築を図ると指摘している。また、内ノ倉（2010）は、科学的な事物・事象の理解を促進すると指摘している。このことから、理科教育におけるメタファーには、既に学んだ科学的概念を精緻化する機能と、新しい科学的概念の構築や再構成により、理解を促進する機能があると考えられる。

衣笠・松本（1999）は、中学校の電気に関する学習に困難を感じないようにするため、小学校において概念的に電気を取り扱う必要があると考え、小学校第6学年「電

流のはたらき」の指導において、電流による導線の発熱現象を観察させた後、電流の振る舞いに対して児童のメタファー（雷のようなもの・粒のようなもの・水のようなもの等）を用紙に描画させた結果として、2つの事例を提示している。これと児童が描いた「抵抗的な見方」を図4に示す。

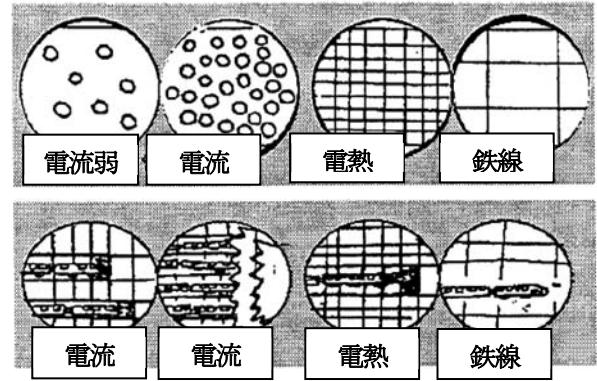


図4 児童が描いた「抵抗的な見方」（衣笠・松本，1999を改変。）

また、衣笠・松本（1999）は、「抵抗的な見方」について、次のように説明している。

発熱の原因として、電流の通り道に網のようなものを想定し、その網目の細かさが電流の通りにくさを生むという見方ができていることにより、中学校で習得することが求められる「抵抗」に関して、より科学的に概念の発展がみられた。

図4の児童が描いた「抵抗的な見方」を、図1と対応させると、たとえられるものa1が「抵抗」で、たとえられるものb1が「網目」である。このように、抵抗を網目に置き換えることで、網目が抵抗の「電流の流れにくくする」ということをわかりやすく説明している。

また、衣笠・松本（1999）は、メタファーの機能について、次のように指摘している。

通常の小学校における授業では、現象は捉えるものの、その背後にある電流の振る舞いに関しては、ほとんど注目しないことが普通であり、子どものメタファー表現を生かすことで、その点が克服される可能性がある。

つまり、目に見えない電流や抵抗を、雷のようなものや粒のようなものに置き換えることで、抽象的なものをイ

メージさせやすくすることから、メタファーには、抽象的な科学的事象をイメージしやすくする機能があると考えられる。

以上のことから、メタファーの機能について、表2に整理したものを示す。

表2 メタファーの機能

<ul style="list-style-type: none"> ・既に学んだ科学的概念を精緻化する機能. ・新しい科学的概念の構築や再構成により、理解を促進する機能. ・抽象的な科学的事象をイメージしやすくする機能.
--

4. アナロジーに関する先行研究

4.1 アナロジーの捉え方

未知のものとの既知のものの関係を示すアナロジーの関係図を、図5に示す。

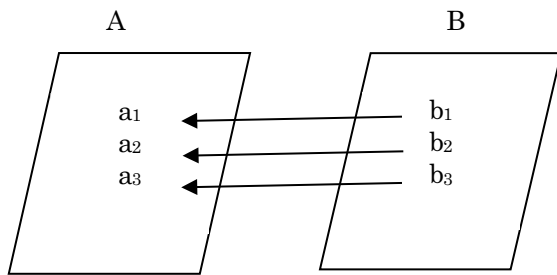


図5 アナロジーの関係図 (瀬戸, 1995)

図5は、未知のものAの要素(a1, a2, a3)と、既知のものBの要素(b1, b2, b3)が、a1-b1, a2-b2, a3-b3のように、1対1が連続して複数対応していることを示している。

また、大西(2012b)は、アナロジーを、次の2つの意味で捉えている。

- ・異なる領域やシステム²⁾間で同一の関係が保持されていることにより生じる類似。
- ・2つの事物がある観点で一致する場合、別の観点でも一致するという推論。

大西(2012b)は、これら2つの意味は、互いに関連していると指摘している。これは、異なる領域やシステム間で同一の関係が保持されていることにより生じる類似をもとに、一方のものから、もう一方のものを推論すること

ができる。

また、中山(1998)は、科学教育におけるアナロジーについて、次のように指摘している。

既知の知識領域から選択された要素がその内部で関係づけられるのと同時に、未知の知識領域と関係づけられて、構造化されることに特徴がある。そして、その構造を利用して、既知の知識領域での現象を参考にして、未知の知識領域での現象を解釈したり予測したりする。

ここで、大西(2012b)と中山(1998)のアナロジーの捉え方から、中山(1998)の「構造化」は、大西(2012b)の「異なる領域やシステム間で、同一の関係が保持されていることにより生じる類似」であり、「未知の知識領域での現象を解釈したり予測したりする」ことは、「推論」することであると考えることができる。

また、瀬戸(1995)は、科学においてアナロジーを活用する際の重要な点について、次のように指摘している。

電気の流れを水の流れに見立てたところで、そこから、コップ1杯の水をくみ出すように、電気をくみ出すことはできない。(中略) 類似しているのは、関係だけである。池から水が流れ出るという関係と、電池から電気が流れ出るという関係が似ているのである。

このように、アナロジーは、水がコップでくみ出せる、あるいは、電気がコップでくみ出せないというような、事物の性質に着目するのではなく、池から水が流れ出る、電池から電気が流れ出る、というような関係の類似に着目することが重要視されている。つまり、アナロジーは、たとえられるものAとたとえるものBの関係の類似に着目した推論であるといえる。

以上のことから、アナロジーを「既知のもの要素と未知のもの要素を、関係づけることによって生じる構造の類似から、未知のものを推論すること」と捉えることができる。

4.2 アナロジーの機能

Duit(1991)は、理科教育におけるアナロジーの利点について、4点指摘している。これを表3に示す。

表3 アナロジーの利点 (Duit, 1991)

- ・現実世界の類似点を指摘することによって、抽象的理解を促進するかもしれない。
- ・抽象的なものの視覚化を提供するかもしれない。
- ・新しい視点が得られる概念変化の学習の貴重なツールである。
- ・アナロジーを使用すると、既習事項での誤った考えが明らかになることもある。

これらの指摘は、次のように考えることができるだろう。「現実世界の類似点」とは、日常生活の経験の構造と科学的概念の構造の類似点である。科学的概念を日常生活の経験に置き換えることで、抽象的な科学的概念に対する理解が促進されると考えられる。また、「抽象的なものの視覚化」は、絵や図などに表現させることを通して、置き換えて推論させることで、児童の抽象的な科学的概念を外化させ、視覚化できると考えられる。加えて、アナロジーを活用すると新しい視点が得られたり、既習事項での誤った考えが修正されたりする可能性も考えられる。

また、内ノ倉 (2010) は、理科学習におけるアナロジーの機能について、次のように指摘している。

アナロジーの生成・評価・修正という動的なサイクルを繰り返すことで、新しい説明の構築、自分なりの疑問の発見など、概念的な理解が促進される。

これは、一度生成したアナロジーを、より妥当なアナロジーに修正し、学習目標とする概念をより正確に推論することによって、概念的な理解が促進されることであると考えられる。

以上のことから、アナロジーの機能について、表4に整理したものを示す。

5. メタファーとアナロジーの類似点と相違点

5.1 メタファーとアナロジーの類似点

瀬戸 (1995) は、メタファーとアナロジーの関係性について、次のように指摘している。

優れたメタファーは、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という意味で、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

表4 アナロジーの機能

- ・日常生活における経験と科学的概念の類似点を関係づけることで、抽象的な科学的概念の理解を促進する機能。
- ・絵などを用いることで児童の考えていることを視覚化できる機能。
- ・児童が誤った考えを保持していたとしても、児童に抽象的なものを視覚化させることで、新しい視点が得られ、児童の概念変化を促す機能。
- ・一度生成したアナロジーを、より妥当なアナロジーに修正することで、概念的な理解が促進される機能。

た、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)を形成していることから、アナロジーは構造的メタファーと理解してよい。

「潜在的アナロジー」とは、アナロジーに発展する可能性のあるメタファーのことを指しており、「構造的メタファー」とは、既知の領域内のAの要素(a1, a2, a3)と、未知の領域内のBの要素(b1, b2, b3)が、a1-b1, a2-b2, a3-b3のように、点対応であるメタファーが複数存在することによって、生成されたアナロジーのことである。つまり、アナロジーはメタファーからつくられ、メタファーは、アナロジーに発展する可能性がある。このような点で、メタファーとアナロジーは類似している。

また、メタファーは、電流を粒のようなものに置き換えて表現しているのと同様に、アナロジーは、池から水が流れ出るという関係と、電池から電気が流れ出るという関係を置き換えている。このように、メタファーとアナロジーは、どちらも「ある事物を別なものに置き換えている」点で類似している。

5.2 メタファーとアナロジーの相違点

瀬戸 (1995) は、図1より、メタファーは、たとえられるものA(未知)が、たとえるものB(既知)との点対応によって理解されるものであり、図5より、アナロジーは、たとえられるものA(未知)の諸特質(a1, a2, a3)が、たとえるものB(既知)の諸特質(b1, b2, b3)との面対応によって理解されることを指摘している。つま

り、メタファーが点对応、アナロジーが面对応であるという点において、メタファーとアナロジーは異なっているといえる。

また、メタファーとアナロジーは、「ある事物を別のものに置き換えている」という点で類似しているが、メタファーの場合、置き換える目的が、「わかりやすく説明すること」であるのに対し、アナロジーの場合、置き換える目的が、「類似点を見出し、推論すること」である。このように、メタファーとアナロジーは、活用する目的において、異なっている。

6. おわりに

メタファーは、わかりやすく説明する1つの手段として、ある事物を別のことに置き換えることである。メタファーは、既知の科学的概念の精緻化や、新しい科学的概念の学習などに、幅広く活用することができるといえるだろう。他方、アナロジーは、未知のもの、既知のもの、構造の類似により、推論することである。アナロジーは、メタファーと比べると複雑な科学的概念の学習に活用することができるといえるだろう。つまり、メタファーやアナロジーを活用すると、両者とも生活経験や学習経験といった児童の既知の知識をもとに、児童の学習が展開され、科学的概念を発達させることにつながっていく可能性があるといえるだろう。今後の課題は、本研究のメタファーとアナロジーの捉え方を用いて、理科において、それらを活用した指導方法について検討することである。

註

- 1) 本研究では、成員を、ある集合、または種別に属するものと捉えた。
- 2) 本研究では、システムを、いくつかの要素が繋がって、1つのまとまりとなっているものと捉えた。

参考文献

- 日高俊一郎・中山迅：「理科授業に見られるメタファー：中学校電気単元の事例的研究」、『日本科学教育学会研究会研究報告』，第13巻，第3号，pp. 25-30，1998.
- Petrie, H. G.: *Metaphor and Thought*, Press Syndicate of the University of Cambridge, pp.442-443, 1986.
- 高垣マユミ・中島朋紀：「力学の概念形成におけるブリッジングアナロジー方略の教授効果」、『鎌倉女子大学紀要』，第10号，pp. 45-54，2003.

引用文献

- Duit, R.: *The Role of Analogies and Metaphors in Learning Science*, Article in *Science Education*, 75(6), pp. 649-672, 1991.
- 衣笠高広・松本伸示：「小学校理科における子どものメタファーを生かした概念形成に関する研究—第6学年「電流のはたらき」の授業を通して—」、『日本科学教育学会誌』，第22巻，第3号，pp. 25-34，1999.
- 中山迅：「子どもの科学概念の比喩的な構成」、『科学教育研究』，第22巻，第1号，pp. 12-21，1998.
- 大西仁：「隠喩（メタファー）」，Robert A. Wilson & Frank C. Keil 編，中島秀行監訳，『MIT 認知科学大辞典』，共立出版，pp. 69-70，2012a.
- 大西仁：「類推（アナロジー）」，Robert A. Wilson & Frank C. Keil 編，中島秀行監訳，『MIT 認知科学大辞典』，共立出版，pp. 1349-1350，2012b.
- 齋藤裕一郎・黒田篤志・森本信也：「科学概念構築における自覚性と随意性に寄与するメタファーの機能」、『日本科学教育学会研究会研究報告』，24巻，3号，pp. 35-40，2007.
- 瀬戸賢一：『メタファー思考』，講談社，1995.
- 内ノ倉真吾：「子どもの理科学習におけるアナロジーとメタファー」、『静岡大学教育学部研究報告』，第40号，pp. 90-106，2010.