

アナロジーを用いた創造性を養う理科授業の開発

林 秀 雄

Research on the Efficiency of Creative Function of Analogies in Learning Science

Hideo Hayashi

Summary

The first purpose of this study was to examine five junior high school textbooks for examples of elaborate analogies. Forty-three of these analogies were detected. The “Physical” category appeared to contain the greatest number of these type of analogies. They were then objectively evaluated using the TWA Model, i.e., for using an analogy to explain science concept containing six operations. The results of this evaluation demonstrated that many of the analogies contained only four or five operations, and all of the analogies did not contain an, “indicate where analogy breaks down” operation. Therefore, these findings indicated that none of the textbooks warned against having analogies with a double-edged sword regarding their meaning, so when students intentionally or inadvertently compared features that did not correspond to one another, misunderstanding and misdirection could result.

The second purpose was to investigate where a bridging analogies strategy could be effective in science teaching, thereby facilitating creativity. By applying this particular strategy, improvements on former strategies could be made. This type of strategy can lead to a conceptual change starting from existing conceptions so that the student can make intuitive sense of various aspects of scientific theory. By establishing analogical connections between situations students initially view as not being analogous, they may be able to extend their valid intuitions to initially troublesome target situations. This improved strategy adds two new parts for creating analogies and discussion to the former one. The results of this study indicate that this new strategy can be effective in science teaching, aiding in facilitating creativity.

Received Oct. 31, 2001

Key words : Bridging Analogies ; Analogical Reasoning ; Creativity ;
Science Education

はじめに

アナロジー（類比推理）は、科学的概念の獲得にとって有効であることは従来から指摘されてきている。すでに学習した事象あるいは概念、または子どもたちがすでに持っている既有知識から類推し、科学概念を獲得する方略である。

また、アナロジーは科学の歴史の中で、科学的な発見の原動力の一つでもあった。すなわち、アナロジーは創造的な思考を進める上での重要な役割を果たすものでもある。

このように科学的概念の獲得と、創造的な思考を養ううえでも有効なアナロジーを活用した理科授業教材の開発を行うことの意義は大きいと考える。

そこで、まず、(1) アナロジーを理科の授業・学習に取り入れようとするとき、直面する問題点について整理してみることにする。次に、(2) 教授・学習にアナロジーを取り入れた方略として、ブリッジングアナロジー方略について検討する。そして、(3) 日本の中学校理科授業で使用されている教科書の中に活用されているアナロジーについて調べ、その適正について吟味する。最後に、(4) アナロジーを活用し、創造性を育てることができる理科教材の開発を行うことにする。

アナロジーが創造性を養ううえで、有効な役割を果たすであろうことは考えられるが、そのことを具体的に教材として開発することは困難な問題である。本研究では、その端緒を踏み出したにすぎない。創造性を養うことはこれからの教育にとって重要な課題である。

Ⅰ 理科授業へのアナロジー活用の問題点

1 アナロジーとは

アナロジーという概念を規定することは、現実的にはかなり難しさがある。それは、「アナロジーという語が多義的に使われており、様々なイメージが人々の間で混乱している」¹⁾からである。高田（1986）²⁾によれば、まず第1に、アナロジーという語は、2つのものの類似という＜関係＞を指して用いられる場合と、類似している一方の＜もの＞を指して用いられる場合とがある。後者はアナログ＝類似物という語で表現することができる。第2に、アナロジーの＜関係＞については、2つのものの何が類似しているかによって、さらに2種類に分けられる。一方のもつ諸性質の間にある＜関係＞と他方のもつ諸性質の間にある＜関係＞が類似（同型）である場合と、一方のもつ＜性質＞と他方のもつ＜性質＞とが類似している場合である。第3に、アナロジーの関係は類似の関係であって同一の関係ではない。また、アナロジーの関係は、これまで見てきたようなアナロジーの関係が知られている場合だけではない。問題なのはそれを見つけることである。つまり、以前には無関係だと見えていた2つの対象がアナロジーの関係にあると設定することで、個々の性質や形式的関係が、それぞれに初めて見いだされてくる場合もある。それゆえ、一方になじみのものがあり、それとのアナロジーでもう一方が説明されるという一方通行の関係である必要は必ずしもないのであ

り、アナロジーの関係によって両者がそれぞれに明らかになっていくという場合を考えることができる。

図1-1は、光と音の諸性質間のアナロジーを示したものである³⁾。すべてのアナロジーに共通する特徴は、そこに2種類の2項関係があることである。この例で言えば、水平関係は同一か差異に関する関係であり、一般的に言えば、＜類似性＞に関する関係である。また、垂直関係は＜因果＞に関する関係といえる。

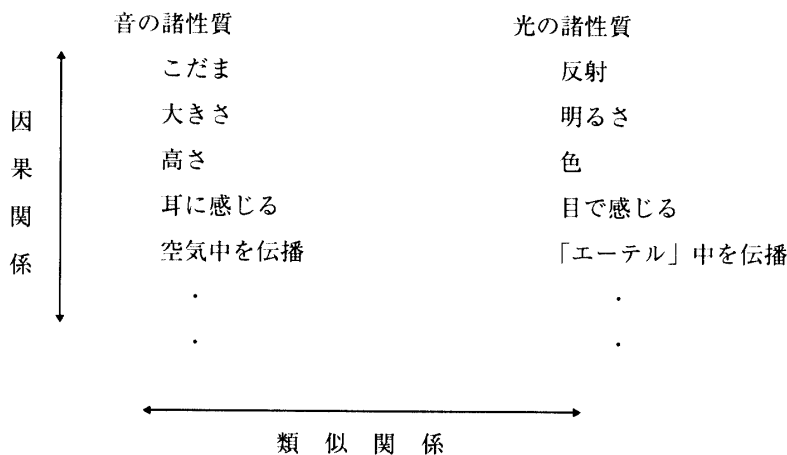


図1-1 アナロジー関係の例

2 アナロジー活用の問題点

理科の授業・学習において、アナロジーが重要な役割を果たしていることは、従来から指摘されてきている。しかし、アナロジーを理科の授業・学習に取り入れようとするとき、いくつかの問題に直面することになる⁴⁾。それは、①ターゲット（獲得すべき科学概念）に対するアナログ（類似するもの）となる概念を見いだすのが難しいという問題、②アナロジーによる学習がどこまで科学的概念の獲得に有効となり得るのか、その境界がはっきりしていないという問題、③ターゲットの理解のためのアナログが誤った概念の獲得にもなり得る危険性を持っている問題、④生徒は、教師が期待するほどにはアナロジーを積極的に学習に取り入れていない問題であり、最後に⑤アナロジーを活用できる学習課題（学習領域）の選別が困難であるという問題などが存在している。

①の問題については、具体的なアナロジー関係にある科学的概念を見いだす作業をいままで組織的に行われてきているとは言えない。Holyoak, K. J., Thagard, P. (1995)⁵⁾が科学におけるアナロジーの例をいくつか整理しているが、理科の学習におけるそれに類する体系的なものはないと言える。②の問題については、Holyoak, K. J., Thagard, P. (1995)⁶⁾は「学生に複数のアナロジーを教え、どれがいつ適切であるかを説明することによって、アナロジーを

用いてうまく推論できるようにするのがよいであろう。ここで忘れてはならないのは、アナロジーの価値は初心者がターゲット領域を理解しはじめるのを助けることであって、直ちに熟達させることではないということである。アナロジーは学習にとって有効な道具になるが、批判的思考の代わりにはならないということを、学生も承知しておく必要がある。」と指摘している。アナロジーの使用とその限界性について示唆的な指摘といえる。③については、Glynn, S. M. (1989)⁷⁾が教科書に使用されているアナロジーの分析に基づくアナロジーモデル（TWAモデル）を提示し、そのモデルにおける操作のひとつとして「アナロジーの破綻する箇所の指摘」を含めるべきだと指摘している。アナロジーは同一ではなく類似するものである以上、その同じものところがうものがあるのであり、そのことに気づかないときにはアナロジーの活用が正しい科学概念の獲得になるだけでなく、誤った概念の形成に関わることも十分にある。④の問題は、アナロジーが推論を行う場合の有効な道具であることを教師が積極的に生徒に知らせる努力をしていくことが大切であり、また、教師が提示したアナログが生徒にとって親しみのあるものであることが重要であると考え。教師は、科学的概念により類似したものを選択しアナログとして用いるように思われる。生徒の既有知識、学習した内容からアナログを探す努力を教師がすれば、生徒もアナロジーをより活用するようになるのではないか。⑤の問題は、①の問題と重なることになるが、これまでにこのような観点から学習内容の検討、分析は行われてこなかったと言える。

上記のような問題があるが、アナロジーを科学教育に活用していくために、Holyoak, K. J., Thagard, P. (1995)⁸⁾は、科学教育において「アナロジーが役に立つためには、学生がベース（アナログ）とターゲット（学習課題）を適切に対応づけられることを教師は確認し」、「学生は初心者であり、アナロジーにおいてベースとターゲットのどの側面が重要であるのか、しばしばよく理解できないのだから、教師は両者のどの構成要素が重要なのかを明確にして、学生が間違った対応づけを行わないように助けなければならない。」とし、また、「学生が対応を見つけることができるためには、彼らに提示される材料は大まかすぎてもいけないし、詳しすぎてもいけない。」「大切なのは学生を重要な構成要素に注目するようにしむけることであり、教師の意図する対応づけが無関係な細部に埋もれてしまわないようにすることである。」と指摘している。

Ⅱブリッジングアナロジーによる教授方略

1 理科の教授・学習にアナロジーを活用する取り組み

理科の教授・学習にアナロジーを積極的に取り入れようとした試みの代表的な研究としては、Gentner, D. (1983)⁹⁾の“The Structure Mapping Theory”, Zeitoun, H. H. (1984)¹⁰⁾の“The General Model of Analogy Teaching (GMAT)”, Glynn, S. M. et al. (1989)¹¹⁾の“The Teaching-With Analogies Model”, Clement, J., Brown, D. E. (1989)¹²⁾の“The Bridging

Analogies Strategy”などがあげられる。

Gentner, D. (1989) の “The Structure Mapping Theory” は、心理学的視点からデザインされたものであり、Runmelhart, D. E., Ortony, A. (1977)¹³⁾ の命題ネットワーク理論に基づいており、「1つの領域に形式的に適用された関係構造は他の領域にも適用されるにちがいない」という考え方から出発している。Zeitoun, H. H. (1984) の GMAT は、アナロジー利用の1つのモデルを提示したものである。このモデルは、Runmelhart, D. E., Norman, D. A. (1981)¹⁴⁾ のスキーマ理論をベースにし、アナロジーによる教授の全体的道具立てを示したものである。Glynn, S. M. 等 (1989) の TWA モデルは、授業におけるアナロジー利用の有効な枠組みを提案している。

これら3つの理論は、理科教授・学習にとってアナロジーが重要であることを指摘しているが、しかし、教授・学習過程において具体的に適切なアナログをどのように決め、導入していくのかについて必ずしも明らかにしていない。

より具体的・実証的なものとして Clement, J., Brown, D. E. (1989) のブリッジングアナロジー方略 (“The Bridging Analogies Strategy”) がある。この方略は子どもの持っている概念の研究から出発している。その研究の成果をふまえて、子どものミスコンセプションの治療 (remedying) を可能とするものとしてアナロジーに注目した。そして、従来のアナロジーを利用した場合の問題点として、①教師が提示したアナログを生徒が必ずしも正しく理解できない、②生徒自身では、利用しようとするアナロジーをうまく引き出すことが困難であることを指摘し、この2つの問題点を解決できる方途としてブリッジングアナロジーと呼ばれる方略を開発した。これまでに、力概念の学習領域においてこの方略の有効性が報告されている¹⁵⁾。

2 ブリッジングアナロジー方略

ここでは、学習領域に適用されたブリッジングアナロジー方略の実際について概観する。この方略の特徴は、(i) アナログとなるものを生徒にとって親しみのあるもの(生徒の既有知識)の中から選ぶ点にある。従来、生徒の持つ既有知識は学習にとって否定的な役割をするものと考えられてきた。しかし、Clement, J., Brown, D. E. 等 (1989) は既有知識(とりわけ直観的な知識)が肯定的な役割を果たす点に着目した。すなわち、科学的な概念としては必ずしも正しいとはいえないものであっても、生徒にとって親しみのある概念あるいは考え方であるなら、これらを学習の出発点として概念の変容を促していくことができるのではないかと考えた。このような学習の出発点となるアナログをアンカーアナロジーと呼ぶ。このアンカーアナロジーは、生徒のプリコンセプションの研究から得ることができる。

アナロジーを用いる場合、ターゲットと類似するものを選び出すことに難しさがある。類似するからというだけで、生徒のプリコンセプションを考慮しないで、教師が一方的に選択

したアナログは往々にして生徒にとって理解困難なことがある。その点、生徒の持っている既有知識からアナログを取り出せば、生徒にとって理解できないという問題は解消される。

しかし、アナログについては理解できてもターゲットとの類似性を容易に見いだせない場合もおおいにあり得ることである。そこで、(ii) アンカーとターゲットとの類似性が見いだせないほど両者に大きな“jump”があるとき、越えることができるほどに小さい“jump”に細分化させればよい。すなわち、アンカーとターゲットの間に、中間的なアナロジーを導入し、類似性が見いだせやすくするのである。この橋渡しのアナロジーをブリッジングアナロジーという。

このような考え方による方略の具体的な例を以下に示す。

この例での学習目的は、「机の上に置かれた本には上向きの力が働いている」ことを理解させることである。この課題は、多くの生徒にとって「机が本に上向きの力を働かせている」と考えることに困難さがある。生徒にとっては、力は動いている物に働いているのであって、静止している物体に力が働くはずがないのである。この方略では、このような生徒に机から本に上向きの力が働いている」ことを理解させるために、2つのアンカーアナロジーと3つのブリッジングアナロジーを用意し、さらに微視的なモデルによる説明を加えた構成になっている。これらの一連の過程を図2-1に示す。

図に示した例では、アンカーアナロジーは、①バネを手で押し下げている場面(“hand on spring”)と、②バネの上に本がのっている場面(“book on spring”)である。ブリッジングアナロジーは、③本を手のひらに置き支えている場面(“book on hand”)と、④やわらかい(しなやかな)板の上に置かれた本の場面(“book on board”)と、⑤少し硬いゴム板の上に置かれた本の場面(“book on foam”)である。微視的説明モデル(物質を微視的に見ることによって、物質の持つバネ的性質から説明しようとしたモデル)は、⑥微視的に物質のバネ的性質を示したモデル(“microscopic”)である。最後は、ターゲット場面である。

このような①～⑥までの一連のアナロジーによる説明を読み進むことで、ターゲットの理解を進めることができる。

林等(1997)¹⁶⁾の研究では、力の基礎的概念の学習を終えた中学校3年生の場合、プレテストで正答を出せなかった生徒が一連のブリッジングアナロジーによる学習を経験することによって、8割以上が「机から本に上向きの力が働いている」ことを理解できるようになった。

Ⅲ 中学校理科教科書におけるアナロジーの活用

理科の教授・学習において、アナロジーが重要な役割を果たしていることは、従来から指摘されていることである。それらは、教科書に準拠したアナロジー(Text-Based Analogies)であったり、教師に準拠したアナロジー(Teacher-Based Analogies)であったり、また子どもに準拠したアナロジー(Child-Based Analogies)であったりする。松森(1996)¹⁷⁾によれ

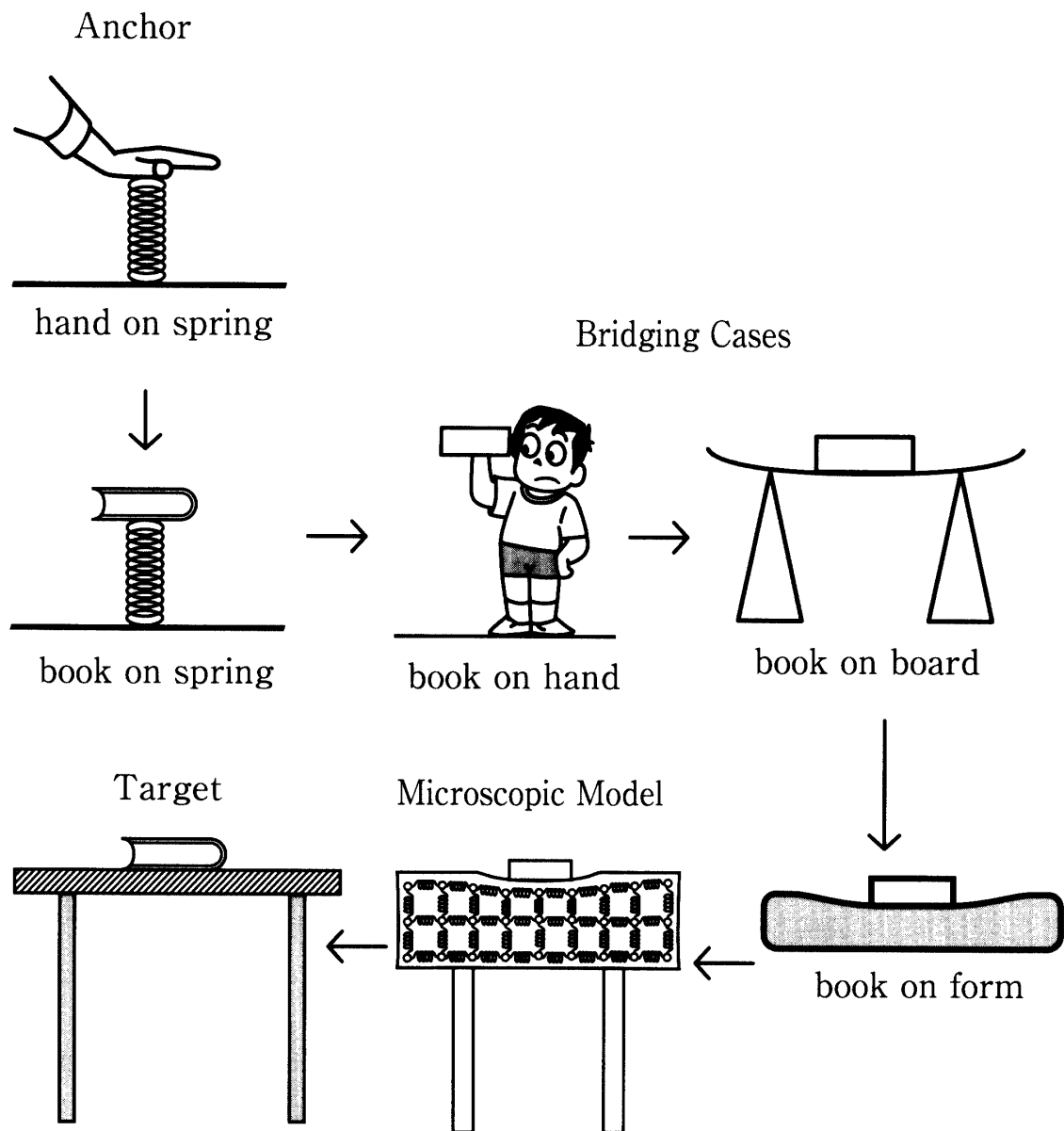


図 2 - 1 アンカーとブリッジングアナロジーの例

ば、「教科書に準拠したアナロジーは教科書の使用が前提となり、その教科書中に明記されているアナロジーを用いる授業、あるいはその教科書中の文脈に関わる何らかのアナロジーを何らかの様式で教師側から子どもへ新たに付加提示するもの」である。「教師に準拠したアナロジーは、ある特定の科学概念の獲得を志向するために、教科書を使用せずに、教師側からその科学概念に関わる何らかのアナロジーを何らかの様式で子どもに与えたり説明したりするもの」である。さらに、「子どもに準拠したアナロジーは、教科書、もしくは教師側からア

ナロジーを提示するのではなく、授業前の子どもが抱く幾つかの素朴概念をアナロジーとして使用すること」をいう。

アナロジーを活用した理科授業の研究については、どのタイプのアナロジーを活用する場合でも、国内での授業研究、開発に関する先行研究は少ないと言える。科学概念の理解にとってアナロジーが有効であると言われながら、アナロジー活用の実態についての研究は少なく、理科教科書におけるアナロジーの活用実態についての研究はほとんど見かけられない。

そこで、本章では理科授業のベースとなる教科書に記述されているアナロジーの実態を明らかにしたい。また、これらのアナロジーが適切なものであるのかを Glynn 等 (1991)¹⁸⁾ が提案したアナロジーによる教授モデルである TWA モデル (The Teaching-with-Analogies Model) に基づいて、その適正を分析することにした。

1 方法

1) 平成10年度に中学校理科用として使用された5社の教科書について、アナロジーの記述の有無を調べることにした。

5社の教科書は、次のようである。教育出版「中学理科」1分野上、下、2分野上、下4分冊、啓林館「理科」1分野上、下、2分野上、下4分冊、大日本図書「中学校理科」1分野上、下、2分野上、下4分冊、東京図書「新しい科学」1分野上、下、2分野上、下4分冊、学校図書1分野上、下、2分野上、下4分冊である。

各教科書中の本文、資料等の中から、アナロジーを想起させる記述部分について取り出すことにした。文のみの記述の場合、文の記述と併せて図、写真等が組合わさっている場合、図または写真などに説明書きが付記されているような場合などがあるが、それらを区別せず取り上げることとした。

2) TWAモデルでは、教科書に記述される適切なアナロジーとして以下のような6つの操作が含まれていることが望ましいとしている。そこで、1)で取り出した各教科書に記述されているアナロジーの適正についてこの6項目が含まれているかどうかを調べ、アナロジーの適正について分析することにした。

6つの操作項目は、

- ①ターゲットの導入
 - ②アナログについての想起の手がかり
 - ③ターゲットとアナログにおける適切な特徴の同定
 - ④類似性の対応づけ
 - ⑤ターゲットについての結論の導出
 - ⑥アナロジーの破綻する箇所の指摘
- となっている。

2 結果及び考察

1) 教科書に記述されたアナロジーの領域別頻度

表3-1に示したように、5社の教科書を合わせたアナロジー記述の数は43項目であり、各社ごと、各学習領域ごとに分けてみていくと最も多くアナロジー記述が見られたのはT社の12項目、次がG社の11項目、2社が7項目、残り1社が6項目であった。T社の学習項目を節ごとに区分した場合、99節ありアナロジー記述の割合を見ると、99節中12節（12.1%）、最も少ない教科書で99節中6節（6.1%）にとどまっている。

表3-1 領域別アナロジー記述数

	T社	Ky社	D社	Ke社	G社	合計
物理領域	7	6	7	5	6	31
化学領域	0	0	0	0	1	1
生物領域	3	1	0	0	3	7
地学領域	2	0	0	1	1	4

学習領域別に見た場合、物理領域が圧倒的に多く、全体で31項目合った。これは、全体の72.1%に相当する。また、表3-1からも分かるように、どの社の教科書も物理領域にアナロジー記述が集中している。D社の教科書では、物理領域のみにアナロジーが利用されていた。生物領域では7項目、地学領域では4項目、化学領域では1項目のみとなっていた。このようにアナロジー利用には、学習領域での偏りがあることが明らかとなった。

次に、各学習領域別にアナロジーが活用されている学習項目を見てみることにする。まず、一番多くのアナロジーが使われていた物理領域から見ることにする。

表3-2 物理領域のアナロジー利用項目数

学習項目（章）	T社	Ky社	D社	Ke社	G社	合計
水溶液と気体	0	0	0	0	1	1
光と音の世界	1	0	0	1	1	3
いろいろな力の世界	1	2	1	1	1	6
電流の流れ	2	1	5	1	1	10
運動と力	3	3	1	2	2	11

「いろいろな力の世界」の章では、“圧力とはどのようなものか”の節ですべての教科書ともアナロジーが活用されていた。また、「電流の流れ」では、D社の教科書では4つの節（“電流はどのように流れるか”、“電圧と電流との関係”“回路と電圧・電流”“電流の正体”）すべ

てでアナロジーを用いていた。G社を除く4社の教科書で“回路と電圧・電流”の節でアナロジーを用いていた。「運動と力」では、節“物体が動かないとき”で4社の教科書がアナロジーを利用、“物体が動き出すとき”でも4社の教科書でアナロジーを利用し、“物体が動いているとき”では3社の教科書にアナロジーの記述が見られた。

Glynn (1991)¹⁹⁾によれば、物理領域に多くのアナロジーが活用される要因として、「物理学の概念が、装置を使用しない物理的観測では取り扱えない現象、もし直接に観測できたとしても、誤って認識してしまう現象、概念の日常的使用によって混乱している現象を扱っている」ためである。確かに、電流については「装置を使用しない観測では取り扱えない」現象であり、圧力とか運動などは「概念の日常的使用によって混乱している」現象である。したがってこれらの現象の理解には、アナロジーが有効であるといえる。

次に生物領域でのアナロジー活用の様子を見ることにする。

表 3 - 3 生物領域のアナロジー利用項目数

学習項目 (章)	T 社	Ky 社	D 社	Ke 社	G 社	合計
動物の行動とからだ	0	0	0	0	1	1
生命を支える仕組み	2	1	0	0	2	5
動物の仲間	1	0	0	0	0	1

「動物の行動とからだ」の章では、“脳と神経の働き”の節でアナロジー記述が見られた。「生命を支える仕組み」では、“食物を取り入れる仕組み”の節で2つのアナロジー（2社）があり、“酸素を取り入れる”の節でも2つのアナロジー（2社）の記述が見られた。“血液と生命”で1つのアナロジーが記述されていた。これらは、いずれも直接見ることができない現象であり、物理領域でも指摘されているように、子どもにとって直接目で見ることのできない現象を理解するときアナロジーが有効であることを示している。

次に、地学領域についても見ることにする。

表 3 - 4 地学領域のアナロジー利用項目数

学習項目 (章)	T 社	Ky 社	D 社	Ke 社	G 社	合計
星・太陽の動きと地球の運動	1	0	0	0	0	1
活動する太陽	1	0	0	1	1	3

地学領域では、2項目についてアナロジーが活用されているが、それぞれの事象は「概念の日常的使用によって混乱している現象」であり、また、「装置を使用しない観測では取り扱

えない現象」である。

2) TWAモデルによるアナロジーの分析

TWAモデルは、Glynn 等 (1989)²⁰⁾ が43冊の教科書に使用されたアナロジーの分析に基づいて構想したものである。教授デザインの観点から最も効果的なアナロジーが同定され、その記述において鍵となる操作が6項目あるという。この6つの操作が中学校理科教科書に記述されているアナロジーに含まれているかどうかについて調べた。その結果が表3-5である。

表3-5 TWAモデルに基づくアナロジーの評価

アナロジーの記述		TWAモデルの6つの操作						評価項目数
学習項目	学習領域	ターゲットの導入	アナログ想起	特徴の同定	類似性の対応	結論の導出	破綻箇所の指摘	
血液と生命	生物	○	○					2
動物分類	生物	○	○					2
太陽	地学	○	○					2
地震	地学	○	○					2
地震	地学	○	○					2
物体の動き	物理		○			○		2
物体の運動	物理		○			○		2
物体の運動	物理		○			○		2
脳と神経	生物	○	○			○		3
食物摂取	生物		○		○	○		3
地震	地学	○	○			○		3
気体の性質	物理	○	○			○		3
物体の静止	物理	○	○			○		3
物体の静止	物理	○	○			○		3
物体の動き	物理	○	○			○		3
物体の動き	物理	○	○			○		3
物体の運動	物理		○		○	○		3
食物摂取	生物	○	○		○	○		4
酸素摂取	生物	○	○		○	○		4
音の世界	物理	○	○		○	○		4
圧力	物理	○	○		○	○		4
圧力	物理	○	○		○	○		4
圧力	物理	○	○		○	○		4
圧力	物理	○	○		○	○		4
電圧、電流	物理	○	○		○	○		4
回路	物理	○	○		○	○		4
回路	物理	○	○		○	○		4
オームの法則	物理	○	○	○	○			4
物体の動き	物理	○	○		○	○		4
物質の変化	化学	○	○	○	○	○		5
酸素摂取	生物	○	○	○	○	○		5
凸レンズの像	物理	○	○	○	○	○		5
音の世界	物理	○	○	○	○	○		5
圧力	物理	○	○	○	○	○		5
電流の流れ	物理	○	○	○	○	○		5
電流の流れ	物理	○	○	○	○	○		5
電圧、電流	物理	○	○	○	○	○		5
回路	物理	○	○	○	○	○		5
回路	物理	○	○	○	○	○		5
回路	物理	○	○	○	○	○		5
オームの法則	物理	○	○	○	○	○		5
物体の静止	物理	○	○	○	○	○		5

(○印を付けた項目は、該当する操作が含まれている。)

6つの操作項目すべてが含まれているアナロジー記述はなく、「アナロジーの破綻する箇所の指摘」の操作はどのアナロジー記述の中にも見られなかった。この操作を除く5項目の操作が含まれていたアナロジー記述は13箇所あった。4つの操作が含まれていたアナロジー記述も13箇所あり、そのうちの12箇所は「破綻箇所の指摘」と「ターゲットとアナログにおける適切な特徴の同定」を含まないものであった。3項目の操作を含むアナロジー記述は、9箇所あり内7箇所は「ターゲットの導入」「アナログについての想起の手がかり」「ターゲットについての結論の導出」の操作を含んでいた。2つの操作だけを含むアナロジー記述は、8箇所あり、そのうちの5箇所は「ターゲットの導入」「アナログについての想起の手がかり」の操作を含むものであり、残りの3箇所は「アナログについての想起の手がかり」「ターゲットについての結論の導出」の操作のみが含まれているものであった。

「アナロジーの破綻する箇所の指摘」が、すべてのアナロジー記述に含まれていないということはアナロジーの有効性のみに目が向けられており、アナロジーの持っている負の要素が無視されていると言える。Glynn (1991)²¹⁾が指摘しているように、「アナログはターゲットとなる概念のある側面を正しく説明したり、予測したりするために使用される。しかしながら、別のある側面においてはどのようなアナロジーも破綻している。したがって、そこに誤解と見当違いが生じ始める。」のである。このアナロジーの潜在的なマイナス要因についてもアナロジー記述の中に入れておくことが必要と考える。

Ⅳ 理科授業における創造性を養うアナロジーの活用

1 目的

本章での目的は、科学的概念の獲得とともに、その過程で創造性を養うことができる理科学習教材の開発である。

教材の開発にあたっては、科学的概念の獲得にとって有効であるブリッジングアナロジー方略をベースにした。

従来のブリッジングアナロジー方略のようにあらかじめ設定されたアナロジーによる学習だけではなく、子どもたち自身がアナロジーを想起することを促す場面を設定した方略を開発した。さらに、この方略では子ども自身の想起した「類似するもの」をグループで提案し、「よりふさわしい類似するもの」を選択することを求めた。この「類似するもの」を想起し、討論する中で科学的な概念の獲得を有効にし、さらに子どもたちの創造性を養うことができると考えた。

今回の開発では、ブリッジングアナロジー方略の有効性が指摘されている力のつりあい問題「机の上に置かれた本に机から上向きの力が働いている」を学習課題として取り上げた。

その開発した方略による教材の有効性の検証を行った。

2 調査

1) 対象および調査時期

力概念の基礎的な学習をまだ行っていない中学校2年生を対象とした。対象生徒は、岐阜県内のM中学校2年生の2クラス（以後クラスA、クラスBとする）合計68名、クラスA 35名（男子15名、女子20名）、クラスB 33名（男子15名、女子18名）である。

調査は、2001年2月に行った。

2) 調査の方法

開発した教材は、2種類（以後「教材A」、「教材B」とする）ありクラスごとに1種類の教材による学習を行うこととした。2種類の教材とも、ワークシート方式（以後教材Aによるワークシートを「ワークシートA」、教材Bによるものを「ワークシートB」とする）のものである。クラスAがワークシートAで学習を行い、クラスBがワークシートBで行った。

クラスA、Bともに、あらかじめ4人から5人のグループに分かれる。生徒一人ひとりにワークシートを配布し、教師から学習の進め方について簡単に説明を行う。ワークシートは各自が個々に行う部分と共同して行う部分があること、各自が行う部分については他の生徒との相談はしない、協力して進める部分についてはグループ全員がその段階まで来たことを確認してから行うようにした。

ワークシートは下記の順にセットされており、この順に学習を進めること、さらに前後のワークシートに目をやったり回答を変更しないように事前に注意を行った。

授業時間は1時間とした。すべての生徒が、時間内に学習を終了させることができた。

ワークシートA、Bの詳細については、資料1に記した。ここでは、それぞれのワークシートの順番と内容を簡単に記しておく。

①ワークシートA

（シート1）

ターゲット問題の図を提示し、「机の上に置かれた本に机から上向きの力が働くのか」をたずねた。その際、回答についての理由と回答についての自信の程度もあわせきいた。

（シート2）

アンカーアナロジーとして、“hand on spring”を提示し、バネから手に上向きの力が働いているかをたずね、さらに、アンカーアナロジー“hand on spring”とターゲットとの間で類似点があるかをきき、説明を求めた。

その後、ターゲット問題を再度回答させた。

（シート3）

もう一つのアンカーアナロジーとして“book on spring”を示し、バネから本に上向きの力が働いているかをたずねた。また、このアンカーアナロジーとターゲット問題との間での

類似点があるかをきき、その説明を求めた。

その後、ターゲット問題への回答を求めた。

(シート 4)

ブリッジングアナロジーとして“book on hand”を示し、本に手から上向きの力が働いていることを説明し、シート 3 での“book on spring”問題への回答を再度求めた。その後、“book on spring”とターゲット問題との類似点をたずねた。

そして、ターゲット問題について、回答を求めた。

(シート 5)

ブリッジングアナロジーとして“book on board”を提示し、板から本に上向きの力が働いていることの説明を行った。そして、ターゲット問題との類似点があるかをたずねた。

その後、ターゲット問題への回答を求めた。

(シート 6)

シート 2 から 5 で提示した、“hand on spring” “book on spring” “book on hand” “book on board”とよく似ているものを探すことを求めた。ここでは、図示させ似ている点の説明を求めた。

その後、グループで各自の似ているものを発表し、他者の類似物について疑問点を出し合い、もっとも類似していると思われるものを各自の判断で決めることを求めた。

(シート 7)

最後に、ターゲット問題への回答を求めた。ここでは、「本が机から上向きの力を受けているかどうか」と、その説明を記入するように求めた。

②ワークシート B

(シート 1) から (シート 3) までは、ワークシート A と同じである。

(シート 4)

ワークシート A の (シート 6) と同じである。

(シート 5)

ワークシート A の (シート 7) と同じである。

3 結果及び考察

1) プレテスト

一連のワークシートによる学習のはじめに、プレテストを実施した。内容は、ターゲット問題「机の上に置かれた本に机から上向きの力が働きくか」である。A クラス、B クラスともに実施した。68 名の被験者の中で、正答者（「上向きの力が働く」）は 13 名（19.1%）、誤答者（「上向きには働かない」）が 37 名（54.4%）、分からないと回答した者が 18 名（26.5%）であった。

表 4 - 1 プレテストでの回答

選択項目	選択者数 (人)		
	クラス A	クラス B	合計
本には上向きの力が働く	8	5	13
本には上向きの力は働かない	16	21	37
分からない	11	7	18

正答者の回答理由を見ていくと、Brown, D. E.²²⁾ や林等²³⁾ の結果のように理由付けに何らかの傾向が見られることはなく、さまざまな理由が記されていた。林等の結果では、「下向きの力に抗して上向きの力が働いている」という理由付けをした生徒が正答者のなかで多くみられたが、本研究では 1 名のみであった。上向きの力が何に起因しているのかの判断がされているようには見られない。

誤答者の理由付けを見ていくと、Brown²⁴⁾ や林等²⁵⁾ の結果と同じようにいくつかのカテゴリーに分けることができる。最も多かった理由付けは、「重力だけで上向きの力はない」であり、19 名（誤答者の 34.5%）であった。次に多く見られたのが「机は力を働かす何らの力もない」という理由付けであり、13 名（誤答者の 23.6%）であった。多くの生徒は、重力の存在にのみ目が向けられていると見ることができる。Brown²⁶⁾ や林等²⁷⁾ の先行研究を追認するものである。

表 4 - 2 プレテストでの誤答者の回答理由

「上向きの力無し」とした理由	人 数		
	クラス A	クラス B	合 計
重力だけで上向きの力はない	8	11	19
机は力を働かすための何らの力もない	6	7	13
もし机が上向きの力を働かすなら、本は上に浮く	2	2	4
分からない	11	6	17
不明	0	2	2
無回答	0	0	0

2) ワークシート A による学習

①ブリッジアナロジーの理解

プレテストの後、アンカーアナロジーとして問題 1、問題 2 を提示した。

問題 1 は「ばねを手のひらで上から下向きに押した場面」(hand on spring) であり、問題 2 は「バネの上に本をのせた場面 (book on spring)」である。

続いて、ブリッジングアナロジーとして説明1では「手で本を支えている場面」(book on hand)での本への手からの上向きの力が働いていること、説明2では「しなやかな板の上に置かれた本がある場面」(book on board)での板から本に対する上向きの力が働いていることを説明した。

各問題、説明の後に各場面で「上向きの力が働いているか」をたずねた。生徒の各場面での思いを5段階の尺度(「大変そう思う」「ややそう思う」「どちらともいえない」「あまりそう思わない」「全然思わない」)で選択させた。同時に、これらがターゲット課題と類似しているかをたずねた。

(i) 上向きの力の有無

「上向きの力が働いている」と強く思う割合は、どのアナロジーでも最も高い。“book on spring”では、62.9%であり、他の3つのアナロジーでも5割強の割合であった。「ややそう思う」の割合は、“hand on spring”で最も高く40.0%、“book on hand”で37.1%、“book on spring”では25.7%、“book on board”で20.0%となっている。この「大変そう思う」と「ややそう思う」とあわせた割合は、“hand on spring”で91.4%、“book on spring”で88.6%、“book on hand”で88.5%、“book on board”で74.3%となっており、どのアナロジーも7割以上が上向きの力があると考えた。しかし、ブリッジングが進むに従って、“そう思う”割合が減少している。と同時に、「どちらともいえない」の割合が増加し、“book on board”では17.1%にも増加していることと合わせると、2つのアンカーアナロジーに比べ“book on board”は生徒にとってやや理解の難しいアナロジーと思われる。

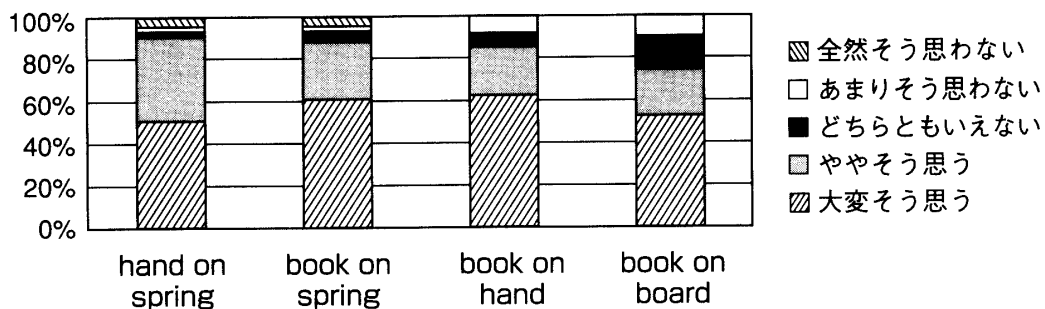


図4-1 4つのアナロジーでの「上向きの力」の有無

(ii) ターゲット課題との類似

アンカーアナロジー、ブリッジングアナロジーとターゲット課題との類似の程度を3段階尺度(「大変そう思う」「少しそう思う」「全然思わない」)によりたずねた。

学習が進むに従って、「大変類似していると思う」の割合が着実に増加している。アンカー

アナロジーの“hand on spring”、“book on spring”では、0.0%、17.1%であったが、ブリッジアナロジー“book on hand”、“book on board”では、22.9%、35.3%と増加している。生徒が類似性を見いだせるようになってきていることを示している。

「すこし類似していると思う」と合わせてみると、どれも半数以上の生徒がターゲット課題との類似性を見いだしてきていると考えられる。林等の先行研究とほぼ同じ結果を得られている。

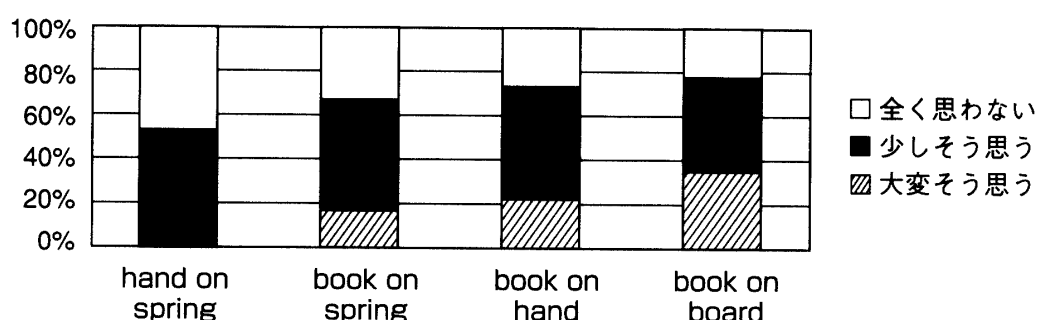


図4-2 4つのアナロジーとターゲットとの類似の程度

これらの結果から、本研究で採用したアンカーアナロジーはターゲット課題を理解するためのアナログを想起させることができるものであり、また、ブリッジアナロジーは、ターゲット課題解決のために有効に機能するものと考えられる。

②アナロジーの創造と討論

本研究では、従来のブリッジアナロジー方略に加えてあらかじめ設定されたブリッジアナロジーにより学習を進めるだけでなく、生徒自身がターゲット課題に類似するアナロジーを創造し、さらに、グループ討議の中でより類似性のよいものを探し出す過程を組み入れた。

35名中34名の生徒が、類似物(アナロジー)を考え出してきている。創造されたアナロジーは10種類あり、「はかり」が9名、「トランポリン」が8名、「シャーペン」が7名などとなっている。中には、「ボール」2名、「人がいすに座る」2名といったものもあった。「はかり」「トランポリン」「人がいすに座る」などは、一つのものの上に他のものが置かれた状態を表しており、ターゲット課題との類似性を読みとることができる。ブリッジアナロジーとしてトランポリンはよく候補になるものであり、生徒が類似するものとして選ぶことは適切といえる。「ボール」「シャーペン」は力を加えると元に戻ろうとする現象をとらえて類似性を感じたと思われる。

また、討論後に適切だと見なしたアナロジーは、「トランポリン」が12名、「はかり」が7

名、「シャーペン」が5名となった。討論後、自分の提示したアナロジーから変更した者は17名、変更しなかった者は12名、残りの6名（内1名は自分自身のアナロジーを提示せず）は討論後アナロジーを記入しなかった。討論後、適切と見なしたアナロジーの種類は5種類に減り、「トランポリン」をより適切なアナロジーと見なす者が増えたことは、討論の一定の成果と見なすことができる。

表 4 - 3 アナロジーの創造と選択

アナロジーの種類	アナロジーの創造（人）	アナロジーの選択（人）
トランポリン	8	12
はかり	9	7
シャーペン	7	5
ボール	2	1
人が椅子に座る	1	0
ロイター板	2	0
輪ゴム	1	2
おもり	1	0
つり橋	1	0

③ターゲット課題の理解

各シートごとに、アンカーアナロジー、ブリッジングアナロジーの提示後に、ターゲット課題に対する回答を求めた。結果は、学習が進むに従って「本に机から上向きの力が働く」と考える生徒が増加してきた。正答者の割合の推移を図 4 - 3 に示す。プレテストでは、正答者の割合が22.9%であったが着実に正答者が増加し、最終的には54.3%の生徒が「本に上向きの力が働く」と考えることができるようになった。この割合は、先行研究と比べると高いものとは言えない。Brown²⁸⁾の研究では高校生を対象にしており、林等²⁹⁾の場合には力の基礎的な概念を学習し終わった3年生を対象にしており、さらに、今回の研究では微視的モデルを使わず、ブリッジングアナロジーの数も少なくなっている。

ただし、本研究ではブリッジングアナロジー後にアナロジーの創造を促し、より適切なアナロジーを選択する過程でターゲット課題への理解を深めることを期待したが、アナロジーの創造については一定の成果を得ることはできたものの、ターゲット課題の理解に対しては必ずしも有効であったとはいえない結果となった。すなわち、図 4 - 3 で「説明 2 後」のターゲット課題に対する正答率と最終のターゲット課題に対する正答率に変化はなく、この間に行ったアナロジーの創造と適切なアナロジーを選択するための討論がターゲット課題の理解に直接的に反映していない。

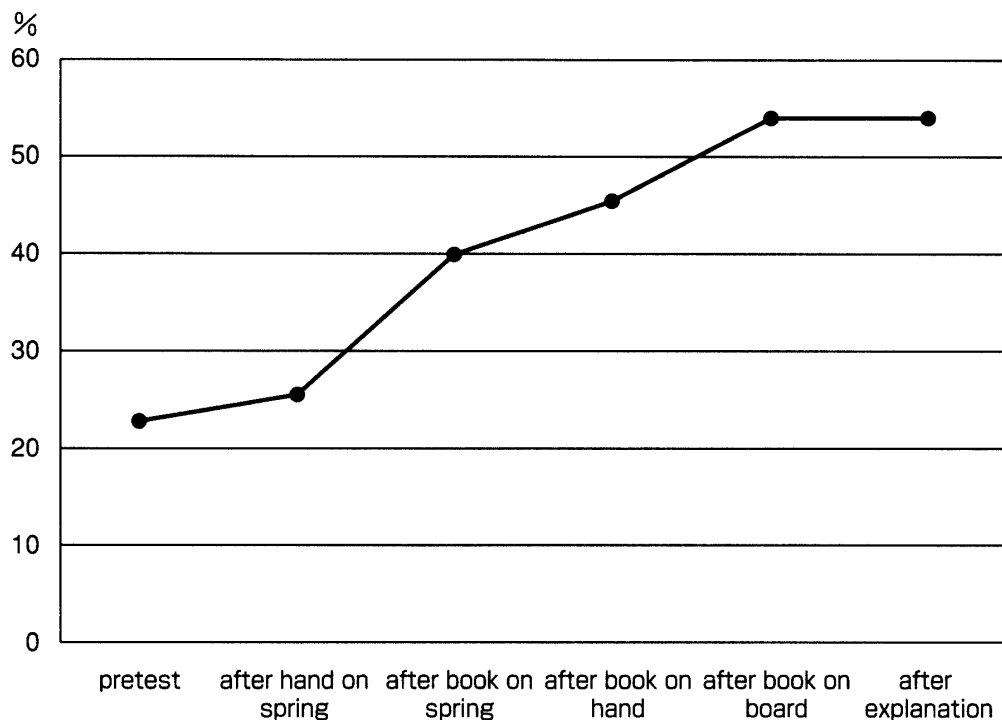


図 4 - 3 ターゲット課題での正答者の推移

3) ワークシートBによる学習

①アンカーアナロジーの適格性

ワークシートBでは、プレテストの後アンカーアナロジーを2つ（hand on spring、book on spring）提示し、ターゲット問題の理解を促すようにした。また、アンカーアナロジーの提示後に生徒自身によるアナロジーの創造を促し、それぞれのアナロジーを持ち寄りより適切なアナロジーを選択するための討論を行うように求めた。

そこでまず、アンカーアナロジーが適切であるかどうかを見ることにする。表4-4に示したように、アンカーアナロジー“hand on spring”“book on spring”ではともに上向きの力が働いていることについて「大変そう思う」が、48.5%、54.5%であり、「ややそう思う」を合わせた場合には、94.0%、90.9%と9割以上の生徒が「上向きの力がありそうだ」と考えている。すなわち、生徒の中でアンカーアナロジーは既有知識としてあると考えられる。したがって、アンカーアナロジーとしての役割を十分果たしていると考えられる。

また、類似性についての生徒の判断も、「類似していると思われる」がそれぞれ8割弱ありターゲットとの類似性を感じている生徒が多いことを示している。

表4-5に結果を示した。

正答率、類似性の認識共にワークシートAでの結果に比べて高い割合を示していた。

表 4 - 4 上向きの力の有無

	アンカーアナロジー hand on spring		アンカーアナロジー book on spring	
大変そう思う	16人	48.5%	18人	54.5%
ややそう思う	12人	45.5%	12人	36.4%
どちらともいえない	1人	3.0%	1人	3.0%
あまりそう思わない	1人	3.0%	2人	6.1%
全然思わない	0人	0.0%	0人	0.0%

表 4 - 5 ターゲット課題との類似性

	アンカーアナロジー hand on spring		アンカーアナロジー book on spring	
大変そう思う	5人	15.2%	6人	18.2%
少しそう思う	20人	60.6%	20人	60.6%
全然そう思わない	8人	24.2%	7人	21.2%

②アナロジーの創造と選択

アナロジーの創造は、33名中30名であった。アナロジーは16種類あり、「トランポリン」が5名、「ロイター板」が4名、「椅子に座る」が3名、「ホッピング」が3名、「ボールペン」が3名などとなっている。ワークシートAの結果と比較すると、創造されたアナロジーの種類は多くなっているが、創造されたアナロジーは同様のものが見られた。

また、討論を経た後でのより適切と見なせるアナロジーの選択では、26名が選択したものを記述しており、創造の時に比べ減少している。また選択されたアナロジーは10種類に減少している。ワークシートAでは、創造されたアナロジーの種類に比べ、選択されたアナロジーが半減しているのに比べ、選択のばらつきが見られた。また、討論後、自分の提示したアナロジーを変更した者は、26名中23名でほとんどの生徒が変更してしまっている。

③ターゲット課題の理解

学習を進めていくに従って、「机の上に置かれた本に机から上向きの力が働く」と考える生徒が増加してきている。正答率は、全般に高いとは言えないが着実に上がってきている。特に、アナロジーの想起と選択を促した後では正答率が約2倍に増加している。

ワークシートAでは、アンカーアナロジー2種類、ブリッジングアナロジー2種類を提示された後にアナロジーの想起と選択を行ったが、ワークシートBではアンカーアナロジー2種類の提示後すぐにアナロジーの想起と選択を行った。ワークシートAでは、アナロジーの想起と選択を行った前後で正答率は全く変化が見られなかった。しかし、ワークシートBでは、アナロジーの想起と選択の後には正答率が約2倍に増加したことは、少ないアナロジー

表 4 - 6 アナロジーの創造と選択

アナロジーの種類	アナロジーの創造 (人)	アナロジーの選択 (人)
トランポリン	5	1
ロイター板	4	4
イスに座る	3	4
ホッピング	3	6
ボールペン	3	2
空気入れ	2	1
風船	1	0
はかり	1	0
クッション	1	2
ベットに寝る	1	2
跳び箱	1	0
鉄棒	1	0
びっくり箱	1	0
足と靴	1	0
囁むこと	1	0

の提示では、アナロジーの想起と選択を行うことによって、正答率が増加することを示しており、多くのアナロジーの提示の場合には、アナロジーの想起と選択は正答率に影響を与えないことを示している。

ワークシート A と B では、最終的な正答率に差（ワークシート A 54.3%、ワークシート B 45.5%）があるが、プレテストの段階でワークシート A と B とで正答率に差（ワークシート A 22.9%、ワークシート B 15.2%）があったわけで、プレテストでの正答率と最終的な正答率の増加の割合はどちらもほぼ 3 割増であり、ブリッジングアナロジーを多く提示し、アナロジーの想起と選択を行う場合と、少ないアナロジーの提示でアナロジーの想起と選択を行う場合では、学習の効果としてほとんど変わらないと見ることができる。

アナロジーの想起と選択では、ワークシート A とワークシート B とで種類の数、選択の仕方に若干のちがいはあったが、どちらの場合も類似性のあるものを想起し選択している。このことから、多くのアナロジーを提示しなくても少ない提示で想起は可能であり、また、アナロジーの提示が少ない場合にはアナロジーの想起と選択が学習効果を高めることが考えられる。

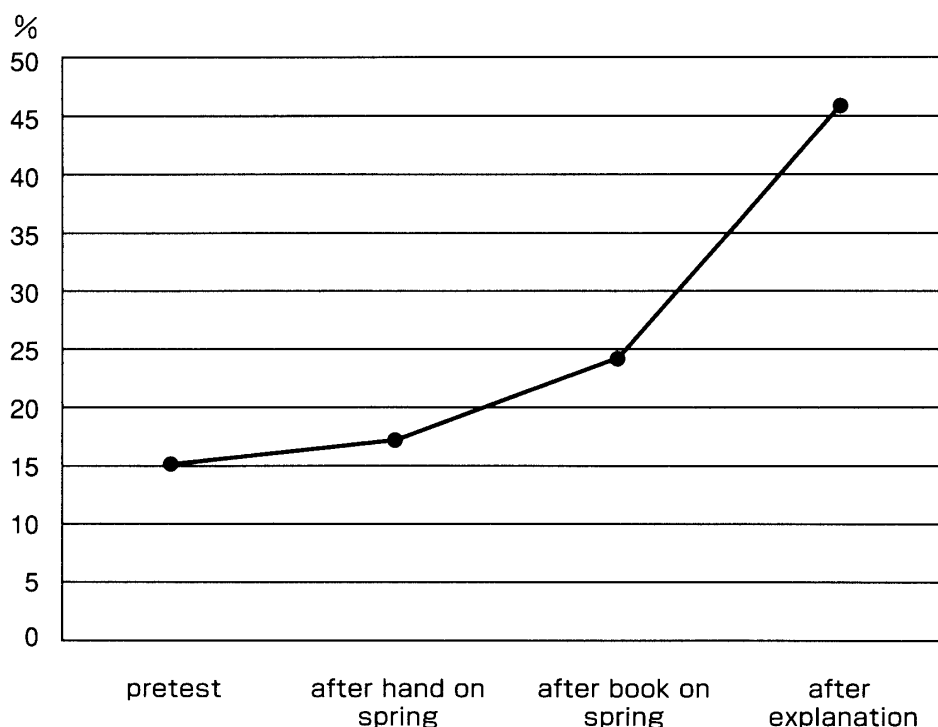


図4-4 ターゲット課題の正答率の推移

おわりに

本研究では、(1) 中学校理科教科書で活用されているアナロジーの実際について調べ、その適正について吟味した。さらに(2) アナロジーを活用し、創造性を養うことができる理科教材の開発を行った。

まず、中学校理科教科書に含まれるアナロジー記述を取り出し、その適正さについての分析を行った。教科書に記述されているアナロジーの数が5社あわせて43箇所であるが、その多くが物理領域であり、さらにその中でも限られた学習領域にアナロジー記述が集中していた。教科書の記述としてアナロジーが活用しやすい、あるいは活用できる学習領域は限定されるようである。

アナロジー記述の適正さをはかる指標として、今回はTWAモデルを用いた。中学校理科の教科書で記述されているアナロジーの多くが、TWAモデルが指摘する6つの操作項目のうち5項目ないし4項目を含むものであった。このことは、教科書で記述されているアナロジーがある程度適正なものであることを意味していると言える。しかしながら、すべてのアナロジーについて「アナログの破綻する箇所の指摘」が含まれていなかったことが明らかとなり、今後の教科書におけるアナロジーの活用への重要な示唆を与えることができた。

今回の調査では、我が国の中学校理科の教科書のみを取り上げ、アナロジー記述の実際とその適正についての分析を行った。量的な比較という面では、高等学校、小学校、大学の教

科書の分析が必要であろうし、諸外国の理科教科書の分析をも今後の課題と考えている。また、アナロジー記述の適正さについての分析では、TWAモデルを指標に用いたが、他の指標を用いた分析が必要であると考え。これらの点が今後の課題であり、是非今後取り組んでいきたい。

次に、科学的概念を獲得する過程で、創造的な思考を養う理科教材の開発を行ってきた。開発にあたってアナロジーによる学習の有効性を活用する観点からブリッジングアナロジー方略を採用した。

2種類の教材についてその有効性を検証したが、概念獲得にとってこの教材は一定程度の有効性を確認することができた。一方、創造性の育成については生徒自身のアナロジーを創造させることができたが、アナロジーを多用した教材（ワークシートA）では概念獲得とアナロジーの創造との関連があまり見られなかった。アナロジーを極力抑えた教材（ワークシートB）では、アナロジーの創造が概念獲得に有効に作用したと考えられる。

しかし、今回の調査では限られた概念のみであり、また、被験者の数も少なく、獲得された概念が保存されるのかについても調査ができていない。今後これらの点についてさらに研究を深めていきたい。

註

- 1) Hesse, M. B., “*Models and analogies in science*”, Notre Dame, Indiana: University of Notre Dame Press. 1966.
訳書：高田紀代志訳『科学モデルアナロジー』培風館 p188, 1986.
- 2) 高田紀代志 上掲書 pp.190-192.
- 3) 高田紀代志 上掲書 p60.
- 4) Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E. & Thagard, P. R., “*INDUCTION processes of Inference, Learning and Discovery*.” MIT Press. 1986.
訳書：市川伸一他訳：『インダクション』、新曜社 pp.337-373, 1991.
- 5) Holyoak, K. J. and Thagard, P., “*Mental Leaps*”, MIT: MIT Press. 1995.
訳書：鈴木宏昭、河原哲雄監訳『アナロジーの力』新曜社 pp.307-314, 1998.
- 6) 鈴木宏昭、河原哲雄監訳 上掲書 pp.338-339.
- 7) Glynn, S. M., “Explaining science concepts: a teaching-with analogies model”, In Glynn, S. M., Yeany, R. H. & Britton, B. K. (Eds.) “*The psychology of learning science*”, NJ: Lawrence Erlbaum, pp.219-240, 1991.
訳書：竹村重和監訳『理科学習の心理学』東洋館出版社 p253, 1991.
- 8) 鈴木宏昭、河原哲雄監訳 上掲書 pp.341-342.
- 9) Gentner, D., “Structure-Mapping: A theoretical frame work for analogy”, *Cognitive*

- Science*, Vol.7, pp.155-170, 1983.
- 10) Zeitoun, H. H., "Teaching scientific analogies: A proposed model", *Research in Science and Technology Education*, Vol.2, pp.107-125, 1984.
 - 11) Glynn, S. M. *et al.* "Analogical Reasoning and Problem Solving in Science Textbooks", In Glover, J. A. *et al.* (Eds.) "*Handbook of Creativity : Assessment, research, and theory.*" New York : Plenum Press, pp.383-398, 1989.
 - 12) Brown, D. E. & Clement, J., "Overcoming misconceptions via analogical reasoning : Abstract transfer versus explanatory model construction", *Instructional Science*, Vol.18, pp.237-261, 1989.
 - 13) Rumelhart, D. E. & Ortony, A., "Representation of knowledge", In Anderson, J. R. *et al.* (Eds.), *Schooling and acquisition of knowledge*, Erlbaum, 1977.
 - 14) Rumelhart, D. E. & Norman, D. A., "Analogical processes in learning", In Anderson, J. R., (Eds.) *Cognitive skills and their acquisition*, Erlbaum, pp.335-359, 1981.
 - 15) Brown, D. E., "Facilitating conceptual change using analogies and explanatory models", *International Research of science Education*, Vol.16, No.2, pp.201-214, 1994.
林秀雄、安藤雅夫、石原敏秀、尾崎浩巳、「理科学習におけるブリッジングアナロジー方略の有効性についての実証的研究」日本理科教育学会編集『日本理科教育学会研究紀要』Vol.38, No.2, pp.121-134, 1997.
 - 16) 林秀雄等、上掲書 pp.121-134.
 - 17) 松森靖夫「理科授業研究の動向に関する一考察 ―アナロジーを導入した授業の効果に関する既存研究を中心に―」日本科学教育学会編集『科学教育研究』Vol.19, No.4, p191, 1996.
 - 18) Glynn, S. M., "Explaining science concepts: a teaching-with analogies model", In Glynn, S. M., Yeany, R. H. & Britton, B. K. (Eds.) "*The psychology of learning science*", NJ : Lawrence Erlbaum, pp.219-240, 1991.
訳書：竹村重和監訳『理科学習の心理学』東洋館出版社 pp.240-264, 1993.
 - 19) Glynn, S. M. *op. cit.*, pp.219-240.
 - 20) Glynn, S. M., Britton, B. K., Semrud-Clikeman, M. and Muth, K. D., "Analogical Reasoning and Problem Solving in Science Textbooks", In Glover, J., Ronning, R., & Reynolds, C. (Eds.) "*Handbook of creativity : Assessment, research. and theory.*" New York : Plenum Press, pp.383-397, 1989.
 - 21) Glynn, S. M. *op. cit.*, pp.219-240.
 - 22) Brown, D. E. : " Facilitating conceptual change using analogies and explanatory models", *International Research of Science Education*. Vol.16, No.2, pp.201-214, 1994.

- 23) 林秀雄・安藤雅夫・石原敏秀・尾崎浩巳、「理科学習におけるブリッジングアナロジー方略の有効性についての実証的研究」日本理科教育学会編集『日本理科教育学会研究紀要』Vol.38, No.2, pp.121-134, 1997.
- 24) Brown, D. E. *op. cit.* pp.201-214.
- 25) 林秀雄・安藤雅夫・石原敏秀・尾崎浩巳、上掲書 pp.121-134.
- 26) Brown, D. E. *op. cit.* pp.201-214, 1994.
- 27) 林秀雄・安藤雅夫・石原敏秀・尾崎浩巳、上掲書 pp.121-134.
- 28) Brown, D. E. *op. cit.* pp.201-214, 1994.
- 29) 林秀雄・安藤雅夫・石原敏秀・尾崎浩巳、上掲書 pp.121-134.

資料

考えよう！

机の上に本が置いてあります。この本には机からの
上向きの力が動いているのでしょうか。
次の質問を答えながら考えていきましょう。

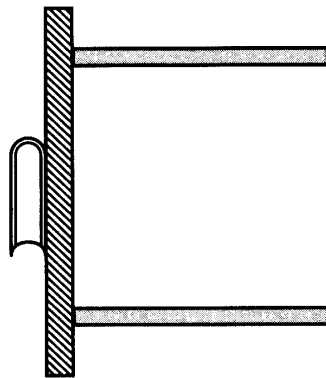


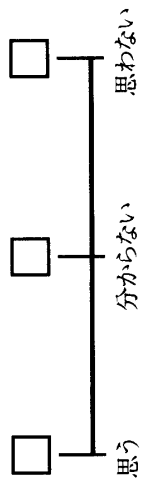
図1・机の上の本

中学校

年 組 番 氏名 _____

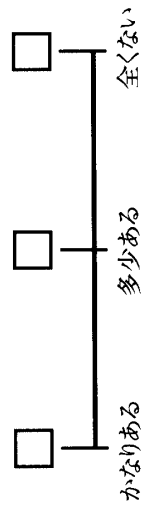
質問1 左図のように机の上に本が置いてあります。このことについて、次の問1から問3に答えなさい。

問1 本は机から上向きの力を受けていると思いますか。(該当する□の中に○をつけなさい。)

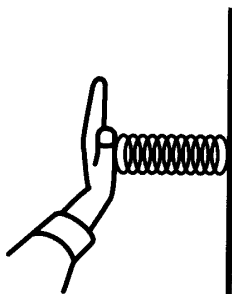


問2 なぜそう考えるか、説明して下さい。

問3 自分の答えに自信がありますか。(該当する□の中に○をつけなさい。)



問題 1 手がバネを下向きに押しています。このことについて、
次の問 1 から問 3 に答えなさい。



問1 このとき、バネも手を上向きに押していると思いますか。(該当する
□の中に○をつけなさい。)

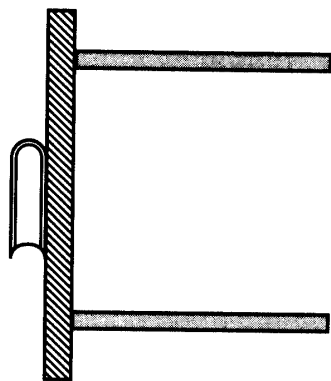
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
大変 そう思う	やや そう思う	やや どちらとも いえない	あまりそう 思わない	全然 思わない		

問2 上向きの力が働いているかいないかについて考えるとき、このバネの
問題と先の机の問題との間には、類似点があると思いますか。(該当する
番号に○をつけなさい。)

- 1 ・ 大変そう思う
- 2 ・ 少しそう思う
- 3 ・ 全然思わない

問3 なぜそう考えるのか、説明して下さい。

質問 2 下図のように机の上に本が置いてあります。このことについて、
次の問 1 と問 2 に答えなさい。

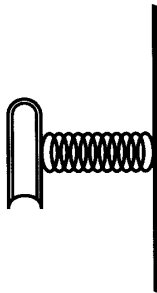


問1 本は机から上向きの力を受けていると思いますか。(該当する□
の中に○をつけなさい。)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
思う	分らない	思わない	

問2 なぜそう考えるのか、説明して下さい。

問題 2 バネの上に本を置きました。本はバネを下向きに押し
 いると考えられます。このことについて、次の問 1 ～問 3
 に答えなさい。



問1 このとき、バネも手を上向きに押ししていると思いますか。(該当する
 □の中に○をつけなさい。)

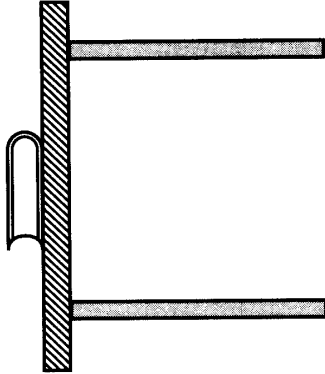
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
大変 そう思う	やや そう思う	やや どちらとも いえない	あまり そう	全然 思わない	全然 思わない	

問2 上向きの力が働いているかについて考えるとき、このバネの
 問題と先の机の問題との間には、類似点があると思いますか。(該当する
 番号に○をつけなさい。)

- 1 ・ 大変 そう思う
- 2 ・ 少し そう思う
- 3 ・ 全然 思わない

問3 なぜそう考えるのか、説明して下さい。

質問 3 下図のように机の上に本が置いてあります。このこと
 について、次の問 1 と問 2 に答えなさい。



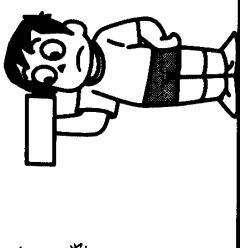
問1 本は机から上向きの力を受けていると思いますか。(該当する□
 の中に○をつけなさい。)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
思う	分らない	思わない	

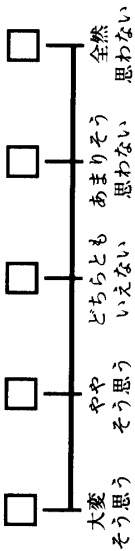
問2 なぜそう考えるのか、説明して下さい。

説明 1 次の説明を読んで問 1 から問 3 に答えなさい。

バネの上に本を置くと、バネは本の重さによって下向きに押し縮められます。このときは、バネは、本の重さと同じ大きさの力で上向きに押し返しています。つまり、本の重さによる下向きの力とバネによる上向きの力とがつり合うと、バネと本は静止します。例えば、もし本が1.5kgの重さならば、バネはそれと等しい1.5kgの上向きの力が働く所まで押し縮められ、静止している。この方法で考えれば、もし手に2.0kgの本を持っているならば、そのままでは2.0kgの上向きの力を出していないことになります。



問1 15kgの本をバネの上に置きます。このときバネは本に対して15kgの上向きの力を出していると思いますか。(該当する□の中に○をつけなさい。)

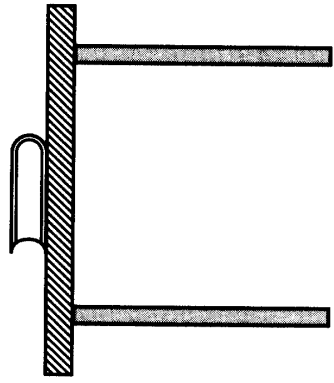


問2 上向きの力が働いているかいないかについて考えるとき、このバネの問題と先の机の問題との間には、類似点があると思いますか。(該当する番号に○をつけなさい。)

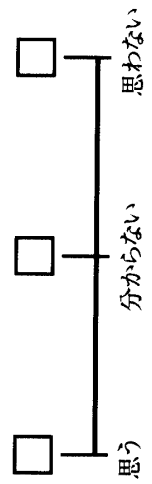
- 1 ・ 大変そう思う
- 2 ・ 少しはそう思う
- 3 ・ 全然そう思わない

問3 なぜそう考えるのか、説明して下さい。

質問 4 下図のように机の上に本が置いてあります。このことについて、次の問 1 と問 2 に答えなさい。

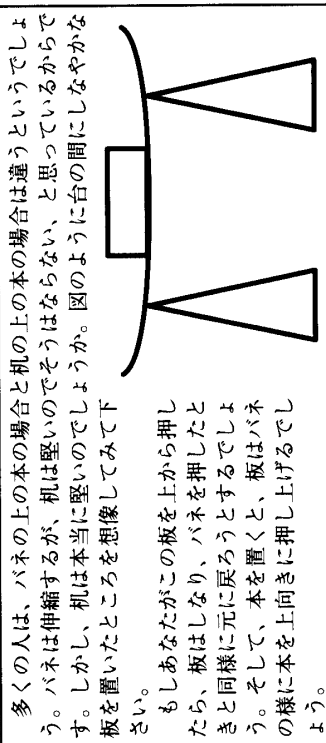


問1 本は机から上向きの力を受けていると思いますか。(該当する□の中に○をつけなさい。)

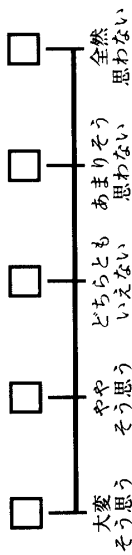


問2 なぜそう考えるのか、説明して下さい。

説明 2 次の説明を読んで問 1 から問 4 に答えなさい。



問1 しなやかな板は、本を上を押していると思いますか。(該当する□の中に○をつけなさい。)



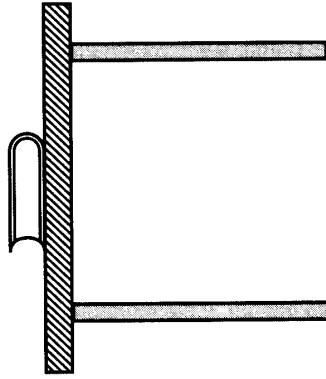
問2 もし板を徐々に厚くしていくとどうなると思いますか。

問3 上向きの力が働いているかいないかについて考えるとき、このしなやかな板の問題と先の机の問題との間には、類似点があると思いますか。(該当する番号に○をつけなさい。)

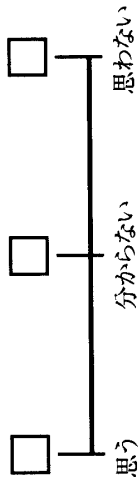
- 1 ・ 大変そう思う
- 2 ・ 少しはそう思う
- 3 ・ 全然そう思わない

問4 なぜそう考えるのか、説明して下さい。

質問 5 下図のように机の上に本が置いてあります。このことについて、次の問 1 と問 2 に答えなさい。



問1 本は机から上向きの力を受けていると思いますか。(該当する□の中に○をつけなさい。)

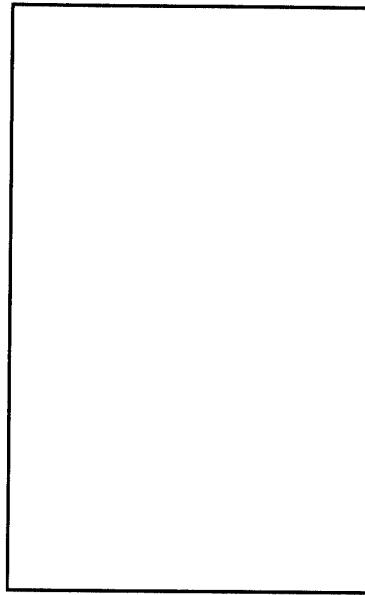


問2 なぜそう考えるのか、説明して下さい。

探してみよう！

問題 1（手でバネを下向きに押す）、問題 2（バネの上に本を置く）、説明 1 や説明 2 とよく似ているものを探してください。
似ているものの図を書いてください。また、どうして似ているかを説明してください。

似ているものの図を書いてください。



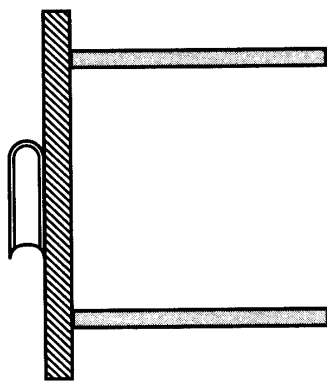
どうして似ていると思うか説明してください。

みんなと話し合ってみよう！

グループのみんなと似ているものについて話し合ってみよう。
お互いに、先ほど考えた似ているものを出し合おう。

- 1) 一人ひとり似ているものについて説明をしよう。
- 2) 自分以外の人の似ているものについて疑問に思ったことを出し合おう。
 疑問点 _____
 疑問点 _____
 疑問点 _____
- 3) 誰のが一番似ていると思いますか。どうしてそう思うか説明してください。
 一番似ているもの（具体的に） _____
 理由 _____

質問 6 下図のように机の上に本が置いてあります。このことについて、次の問 1 と問 2 に答えなさい。



林 秀 雄

問1 本は机から上向きのかを受けていると思いますか。(該当する□の中に○をつけなさい。)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
思う	分からない	思わない

問2 なぜそう考えるのか、説明して下さい。