

【原著論文】

理科授業を通じた小学生の類推する力の変容について
—仮説形成に着目して—高木 正之^{*1}・稲田 結美^{*2}・雲財 寛^{*2}・角屋 重樹^{*2}^{*1} 岐阜聖徳学園大学^{*2} 日本体育大学

小学校理科において、児童が仮説を設定するための類推する力を育成する指導法として、児童が既習事項をもとに類推して仮説が設定できる教材を教師が提示すること、児童に話型を提示して類推を促すこと、児童へ類推の有効性を教示することの3つの手立てで構成した授業を行い、類推の過程の一つである「類似事項の想起」でどのような変容がみられるかを調査した。

その結果、類似事項をあげることができない児童が減少したこと、類似事項と妥当な理由をあげられるようになった児童は、授業前と類似事項を変更していることが明らかになった。このことから、前述の3つの手立てに加え、類似事項を的確に検索する方法の指導と得られた類似事項の中の要素を的確に選び出す指導の必要性が示唆された。

キーワード：仮説形成，類推，小学校理科，授業

**Transformation of the ability of elementary school students
through analogy
—Focusing on hypothesis formation—**

Masayuki TAKAGI*1 · Yumi INADA*2 · Hiroshi UNZAI*2 · Shigeki KADOYA*2

*1 Gifu Shotoku Gakuen University

*2Nippon Sport Science University

In elementary school science, as a teaching method for nurturing the ability of students to make hypotheses, teachers present teaching materials that enable students to set hypotheses by analogy based on already learned items. The class consisted of three methods of presenting and promoting analogy and teaching the effectiveness of analogy to children. What kind of transformation is seen in “Recollection of Similar Items” which is one of the processes of analogy? We investigated whether it was possible.

As a result, it was clarified that the number of children who could not give similar items decreased, and that similar items and valid reasons were changed, and that similar items were changed before class. From this, in addition to the three methods described above, it was suggested that there was a need for guidance on how to accurately search for similar items and guidance for accurately selecting elements in the obtained similar items.

Key Words: hypothesis formation, analogy, elementary science, class

1. 研究の背景

角屋 (2019) は、小学校理科で育成する科学的な思考力について「子どもが現象と既存の知識を関係付け、現象が生じる原因 (要因) を発想できるようにすることが必要」(p.60)としており、仮説形成の力の必要性を示している。文部科学省 (2017) も 2020 年実施の小学校学習指導要領で小学校理科において身につけるべき問題解決の能力として仮説形成の力をあげている。仮説形成について、楠見 (1996) は「仮説の形成に類推が重要な働きをする」(p.116)ことを示している。また、小学校学習指導要領解説理科編(文部科学省 2018)では、「既習の内容や生活経験をもとに根拠のある予想や仮説を設定する。」(p.14)ことと類推によって仮説設定を行うことが示唆されている。

類推については、邑本 (2011) や鈴木 (2010)、楠見 (1996) らがそのプロセスとともに、定義している。鈴木(1996)は図1を示して「類推はベースドメインからターゲットドメインへの写像」(p.14)であるとしている。

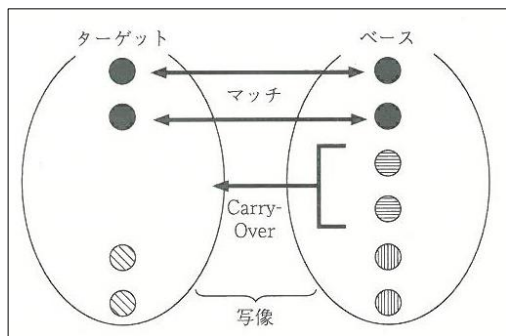


図1 類推の図式

ベースとターゲットはいくつかの要素からなっている。ベースとターゲットの類似性に着目して、両者をつなぐのがマッチであり、ターゲットの未知の部分にベースの知識等を当てはめて推論するのが Carry-Over である。鈴木(1996)は類推のプロセスについて、5つをあげている(p.32)。このプロセスを表にまとめると、表1のようになる。

小学校理科においては、ターゲットに該当するものが問題解決学習の対象となる自然事象、ベースに該当するのが、既習事項や生活経験と考えら

表1 類推のプロセス

①ターゲットの表現	問題を理解する
②ベースの検索	関連するベースを長期記憶から検索する
③写像	ベースとターゲットの要素の対応づけ
④正当化	写像の妥当性の検討
⑤学習	結果として保存

れる。ターゲットである自然事象の未知の要素に既知の要素を Carry-Over することで、仮説設定につながるを考える。

次に、理科教育における類推に関する研究について概観する。

海外においては、Paazt et. al (2004) の研究や Origill & Bodener (2006) の研究がある。これらはいずれも高校生が科学概念を理解するために日常生活の事象をベースとした類推の利用の効果を調べたものである。国内では、過去 20 年の「理科教育学研究」、「日本教科教育学会誌」、「科学教育研究」においては、益田 (2006) や内ノ倉 (2011) が類推によって科学概念の理解が促進されることを示している。このように、国内外では、理科教育における概念獲得と類推の関係に注目した研究がされている。一方、小学校理科教育における仮説形成に関する研究は今回の文献調査では極めて少なかった。そのなかでも安倍ら (2018) がアクティブな示唆を形成することを促すために複数の仮説フレームの視点に気づかせる指導方略を示し、山田ら (2014) は小学校理科授業における仮説設定能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデルを明らかにしている。しかし、これらの研究では、類推の働きと仮説設定の関係については言及されていない。そこで、学校現場で仮説形成の力の育成がなされるに当たって、仮説形成と類推の関係に着目した研究が必要であると考えられる。このような状況の中で、小学校理科授業における仮説形成と類推の関係に着目した有田 (2009) の研究がある。

有田 (2009) は仮説設定のための類推のプロセスを①視点の導出、②類似事項の想起、③対応づけとし、①～③の各プロセスの通過率を調べる問

題を作成し、類似事項の想起の通過率が他のプロセスよりも有意に低いことを明らかにした。

しかし、有田（2009）の質問紙では、児童がどのような類似事項を想起し、それがどの程度、問題文に対して妥当性のある根拠に基づいているのか実態が明らかでなかった。そこで、高木ら（2018）は仮説設定に関する類推の力を測定するテストを開発し、児童の「類似事項の想起」の過程について、その実態を明らかにした(pp.206-207)。

2. 問題の所在

高木ら（2018）の調査では、類推のプロセスのうち、「類似事項の想起」で40%程度の児童が想起をするものの、想起したものと対象との関係を明確にできなかつたり、適切でないものを想起してそこで止まっていたりしていた。これは小学校学習指導要領に記述されている、児童が「既習の内容や生活経験を基に根拠のある予想や仮説を発想する」（文部科学省 2018, p.17）という授業の成立が困難であることを示唆しており、指導法の改善が必要である。そこで、小学校理科において、児童が類推を用いて仮説を設定できるようにするための指導法を開発することが必要であると考えた。

3. 目的

仮説を設定するための類推する力を発揮する手立てを講じた指導を行い、類推の過程の一つである「類似事項の想起」で、類推ができるように変容した児童にどのような傾向があるかを明らかにすることを目的とする。

4. 方法

小学校第6学年理科で発展的な学習の時間を設定し、本研究で開発した授業実践を行う。授業実践の前後で類推の力を測るテストを用いて仮説設定に関わる類推する力を比較し、効果を検証する。

（1）調査の概要

岐阜県内の公立小学校第6学年3クラス（113名）を対象に2019年2月から3月にかけて授業

を行った。授業の前後に仮説設定に関わる推論する力を比較した。調査の流れを以下に記す。

表2 調査の流れ

4月	6年「ものの燃え方」の学習
12月	6年「水溶液の性質」の学習
2月	類推の力を測る事前調査
2～3月	3クラスで授業実践1（2時間）を実施
2～3月	3クラスで授業実践2（2時間）を実施
3月	類推の力を測る事後調査

回収したテストの回答を類型化し、事前・事後の変容を分析した。

（2）授業の手立て

問題解決の授業を行おうと企図しても、そこで扱う教材が、児童にとって既知の内容であれば類推を使った仮説設定にはならず、単なる記憶の再生となってしまふ。また、教材が児童にとって日常生活からかけ離れた存在では、追究への興味・関心の喚起が難しい。そこで、児童にとって身近で、既習内容から類推によって仮説設定ができることが期待できる事象を教材とした。既習事項の因果関係が追究の対象となる事象の因果関係と構造が似ているものは類推によって仮説設定ができると考えた。例えば、植物の受粉と結実の関係からヒトや動物の受精と妊娠の関係を類推することなどが考えられる。

また、類推による仮説設定を促すために話型を導入した。「～の原因は、○○をもとに考えると△△だと考えられる。」という話型を児童に示し、類推を促すことを考えた。何をどう考えたらよいのかということでは止まっている児童は、○○に当てはまる事象と△△に当てはまる原因を考えればよいので、類推が促進されると考えた。話型に当てはめることで類似事項の想起と妥当性のある理由が導出できることを教師が既習事項を児童に例を示しながら教示した。

さらに、この推論形式を類推と呼ぶこと、仮説設定に有効であることを前述の話型の既習の例を示しながら教示した。仮説設定時に使うべき推論形式を示すことにより、児童の意識の中に、仮説設定の時は類推、類推の時は話型という一つのパターンができ、類推が促され、仮説設定につながるのではないかと考えた。

以上のことを踏まえ、仮説設定のための類推の力を発揮させるための授業の手立てを a,b,c,の3つとした。

手立て a

児童にとって身近で、かつ、その仕組みが未知であること、提示事象から導出される問題に対して既習事項をもとに類推して仮説が設定できる教材であること。

手立て b

児童が話型に当てはめて考えること。

手立て c

類推という推論形式があり、仮説設定に有効なことを教示すること。

(3) 授業実践の概要

授業実践 1 「使い捨てカイロの発熱の秘密」

手立て a

使い捨てカイロ（以下「カイロ」と略す）は多くの児童が使用した経験があり、その発熱の仕組みは中学校の学習内容である。カイロは、主成分が鉄粉で、空気中の酸素との酸化作用で発熱する。発熱したカイロをチャック付きビニル袋に入れ、口を閉じると袋の中の酸素を使い切って酸化反応が止まり、常温に戻る。

小学校第6学年「ものの燃え方」の単元では、蓋をした集気瓶などの閉じた空間の中でろうそくを燃焼させて、しばらくすると燃焼が止まることから、物が燃えるときに酸素が必要なこと、物が燃えると酸素が減り、二酸化炭素が増えることなどを学習する。

ここでは、蓋をした集気瓶中では酸素が減少して燃焼が止まることをベースに、口を閉じたビニル袋でカイロの発熱が止まる現象をターゲットと

して写像する。燃焼における酸素の減少を Carry-Over することによって、カイロの発熱が止まる原因を類推する（図2）。

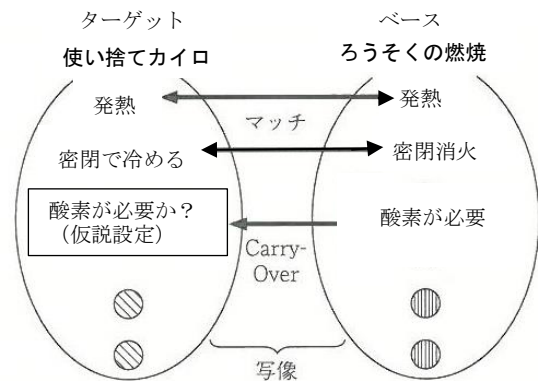


図2 燃焼をベースとしたカイロの発熱の仕組みの類推

手立て b

児童は「ものが燃える時に酸素が必要だということをもとに考えると、カイロが発熱するのに必要なものは酸素だと考えられる」という話型で根拠が導出できる。

手立て c

仮説設定する際に、類推が有効であることを教示した。

単元終了後に2時間の発展的な学習の時間を設定した。学習の流れは以下の通りである。

- ①カイロが発熱の様子を体感する。
- ②カイロをビニル袋に入れる。
- ③カイロの発熱が止まることを確認する。
- ④話型を導入し、カイロの発熱の原因を既習内容から類推し、仮説を設定する。
- ⑤仮説を検証する実験方法を考える
 - 実験1 カイロを入れたビニル袋に酸素を入れて、発熱するかを確かめる。
 - 実験2 実験1と同様にして窒素を入れる。
 - 実験3 実験1と同様にして二酸化炭素を入れる。
- ⑥実験を行う。
- ⑦実験1では激しく発熱し、実験2、実験3では発熱しないことから、カイロの発熱に酸素が必要であると結論づける。

授業実践2「色が消えるのりの秘密」

手立て a

授業で使用するスティックのり（商品名「消え色 PiT」, 株式会社トンボ鉛筆製）は、紙等に塗布する前、塗布した直後は青色を呈し、乾燥すると無色となる。逆に、乾燥して無色となったのりに水滴を垂らすと、再び青色を呈す。ところが、呼気など二酸化炭素を多く含む気体中では、乾燥しなくともすぐに無色となる。これは、水と二酸化炭素で炭酸ができたためと考えられる。塩酸、酢酸、クエン酸などの酸性水溶液でも、のりは乾燥せずに無色となる。

小学校第6学年「水溶液の性質」の単元では、水溶液は酸性、アルカリ性、中性に分けることができ、リトマス紙の色の変化で判断できること、気体が溶けている水溶液があること、金属を変化させる水溶液があることなどを学習する。リトマス紙が酸性の水溶液に対して赤色を呈することをベースに、スティックのりの色の変化をターゲットとして写像する。リトマス紙における酸性の水溶液への反応を Carry-Over することによって、スティックのりの色の変化の原因を類推する。(図3)

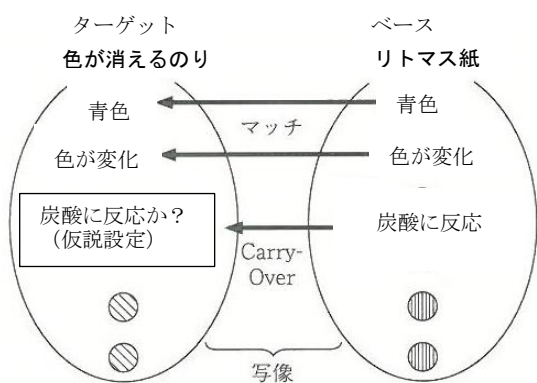


図3 リトマス紙をベースとしたのりの色の変化の原因の類推

手立て b

児童は「酸性の水溶液に対するリトマス紙の色の変化をもとに考えると、スティックのりの色の変化は酸性の水溶液によるものだと考えられる。」

という話型で根拠が導出できる。

手立て c

仮説設定する際に、類推が有効であることを教示した。

2時間の発展的な学習の時間を設定した。学習の流れは以下の通りである。

- ①乾くと色が消えるスティックのりを紙片に塗布し、乾燥させて無色となることを確認する。
- ②乾燥して無色となった部分に水道水を滴下し青色が戻ることを確認する。
- ③呼気を入れたビニル袋にスティックのりを塗布した紙片を入れる。
- ④紙片に塗布したスティックのりの色が乾かないうちに無色になることを確認する。
- ⑤呼気中では乾いていないのにスティックのりの色が消える理由を考える。
- ⑥話型を導入し、リトマス紙の色の変化をもとにスティックのりの色の変化を類推する。ここでは、二酸化炭素と水で炭酸ができ、炭酸にスティックのりが反応したことを類推する。
- ⑦スティックのりを塗布した紙片に炭酸水を滴下し、色が消えることを検証する。
- ⑧話型を導入し、他の酸性の水溶液でも色が消えるのではないかと類推する。
- ⑨レモン果汁やお酢を使って検証し、スティックのりが酸性の水溶液に反応して色が消えたことを結論づける。

手立て c

⑥と⑧の仮説を考える際に類推を使うことと、類推の方法を児童の発言を取り上げながら示した。

(4) 仮説形成に関する類推する力を測定するテストと分析

類推する力を測るテストを単元前後に実施した。テストの実施は十分な間隔をあげ、問題への慣れや、くり返しによる弊害などが起こらないよう配慮した。テストは3問で構成されている。そのうちの1問を以下に示し、残りの2問については、論文末の資料に載せる。

図4 設問1：カビの問題



設問1では箱の中のみかんのうち2つだけにカビが生えている原因を考えるために類似事項を想起させ、その理由を問うた。

どの設問にも共通して回答欄に「似たようなこと」、「そう考えた理由」があり、そこに記述された内容を以下のように回答類型した。

表3 回答類型

	類似事項	理由
コード1	記述している	妥当である
コード2	記述している	妥当でないが、設問の条件に着目し、要素を考慮すれば妥当になる
コード3	記述している	妥当でない
コード4	記述していない	-

まずは、類似事項を想起してかつ、妥当な理由を記述できている回答（コード1）である。例えば、「おばなの花粉がめばなのめしべについて受粉すること」を類似事項として想起し、「花粉はめしべに着くので、みかんも同じように果汁には孢子がついたから」と理由を記述した児童である。

コード2とコード3は類似事項を記述できているがその理由が妥当でない回答である。そのうち、コード2は着目する要素を変更すれば妥当な理由となるものである。前述の色が消えるのりをターゲットにした場合、リトマス紙をベースとして検

索し、水溶液がリトマス紙の色を変化させることを Carry-Over する。この時点では仮説設定には至っていない。ここから、「のりは二酸化炭素がある中で色が消える」という条件を考慮して、炭酸ができるのではないかとという仮説を立てる。このように、仮説形成につながる類似事項の想起ができていないと判断できるものをコード2とし、それ以外をコード3とした。

次にコード2の例を示す。A児は類似事項に「植物を育てる時」とし、その理由を「水をあげても日光に当たらないと育っていかなくそれだけが育たなくなり他のはしっかり育って無事だということが同じだと思ったから」とした。この記述は第5学年「植物の成長」の学習をベースとしていると考えられる。植物の成長の条件として「水、日光、肥料」が必要なことを学ぶ。この要素のうち、日光をみかんのかびに Carry-Over して類推していることが妥当性の欠如となっている。ここで、Carry-Over する要素を水に変更すれば妥当な理由となり、仮説設定につながると考えた。

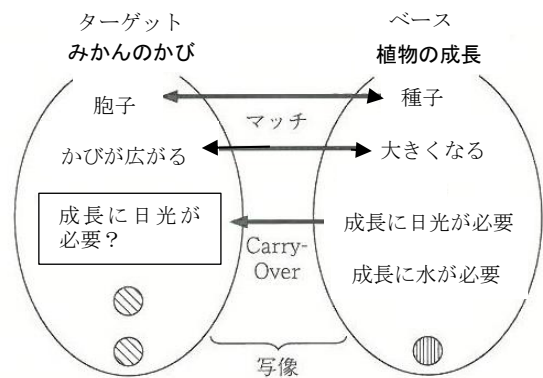


図5 植物の成長をベースにしたみかんのカビの原因の類推 (A児)

コード3は類似事項を想起しているが妥当な理由を記述できていない回答でコード2以外のものである。

B児は、類似事項を「サニーレタスを使った時、外側がきれいだったのに中の方が腐っていた。」とし、その理由として「根からちぎると多分水が行

き渡らなくなり外側の方が先に水が渡るから。」という理由をあげていた。全体の一部が腐っていたということをベースにみかんの一部にカビが生えたことをターゲットとして、写像を試みているが、この事象の要素、ここでは、「根からちぎると多分水分が行き渡らなくなり外側が先に水が渡るから」はこれ自体が推論であり、Carry-Overすることは困難で、仮説形成につなぐことは困難だと考えられる。

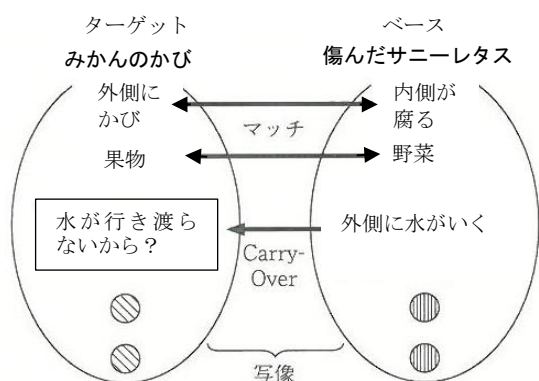


図6 傷んだサニーレタスをベースにしたみかんのカビの原因の類推 (B児)

最後に類似事項の想起ができていない回答 (コード4) である。「似ていること」が空欄の児童である。

回答の中には、児童がベースを検索したのか判断が難しいものがあった。例えば、設問1の回答では「甘すぎたから」を類似事項にあげ、「人間が甘いものを取りすぎたら糖尿病になるのと同じだから」を理由としているものがあった。この回答例では、類似事項がターゲットで、理由の方がベースを検索していると思われる。このように2つの回答欄を取り違えて記入したと思われるものは、理由の欄にある文章を類似事項について書いたものと判断し、コード1とした。また、一方の欄に類似事項と理由の両方を書いたと思われるものについても、それぞれの欄に書いたものとした上で判断した。

以上のようにして、4つの回答類型を行なった。

5. 結果と分析

調査対象の113名の児童のうち、一方あるいは

両方の調査を欠席した児童13名を除いた100名について分析した。

また、類推ではなく、知識の再生と判断できる回答を除き、集計した。知識の再生とは、例えば、設問2「やまびこ」の問題で、類似事項として「声が山に当たって戻る」理由として「前にテレビで見たから」などのように、やまびこの原理を既に知っている児童のことである。このような児童は類推をしているとは言い難いため、コード1～4からは除き、「知識再生」の欄に集計した(表4)。

コード分類は筆者と理科教育研究者(3名)が行なった。

授業前の設問1～3について、児童の回答を集計した結果を表4に示す。

表4 授業前の設問1～3の結果 n=100

	コード1	コード2	コード3	コード4	知識再生
設問1	53	20	14	13	0
設問2	51	4	14	17	14
設問3	61	13	8	17	1

単位：人

次に授業後の設問1～3について、児童の回答の集計した結果を表5に示す。

表5 授業後の設問1～3の結果 n=100

	コード1	コード2	コード3	コード4	知識再生
設問1	47	25	16	12	0
設問2	57	10	9	9	15
設問3	61	3	20	5	11

単位：人

設問2・設問3においてコード4の児童は減少している。授業の効果として、多くの児童がコード1へ変容することを想定していたが、実際には、コード1に大きな人数の変動はない。

本研究では、コード2・3・4の児童がコード1へ変容することをから類推する力の変容を見ようとしている。そこで、コード2・3・4からコ

ード1へ変容した児童に着目して分析を進める。

①設問1

授業後に9名がコード1になった。コード4がコード1になった児童は3名、コード2・3から1になっている児童が6名いた。コード2・3から変容した児童は、例えば、授業前には、「お花に花粉をつける。」という類似事項をあげ、「花粉はどこにでもあると思うし、孢子と似ているところがあるから。」と理由をあげている児童が、授業後には、「お風呂とかにあるカビ」を類似事項としてあげ、「お風呂など湿っていたり湿気が多いところにカビはできると思う。」という理由をあげている。このように、コード1に変容した児童は全員が類似事項を変更している。類似事項を変更せずに理由に妥当性が付加され、コード1になった児童はいなかった。

②設問2

10名がコード1になった。コード4からコード1になった児童は4名、コード2・3から1になった児童が6名いた。コード2・3から変容した児童は、例えば、授業前には、「空気でっぼう」という類似事項をあげ、「空気でっぼうで玉をうった時にポンと飛び出したから山も同じでそのひび

きが大きかったから声が聞こえたんだと思います。」と理由をあげている児童が、授業後には、「かべにボールを当てると返ってくる。」を類似事項としてあげ、「かべにボールを当てると反発して返ってくるから、これも山と言うかべがあるから聞こえたんだと思います。」と理由をあげている。コード2・3からコード1になった児童は全員が類似事項を変更している。類似事項を変更せずに理由に妥当性が付加され、コード1になった児童はいなかった。

③設問3

11名がコード1になった。コード4からコード1になった児童が0名、コード2・3からコード1になった児童が11名いた。コード2・3から変容した児童は、例えば、授業前には、「春は田んぼにタニシがいるのに冬になると貝がらだけ残っている。」を類似事項としてあげ、「土の中にいるミジンコより小さな虫を食べて春に向けてたくわえている。」と理由をあげている児童が授業後には「動物が冬に冬眠する」を類似事項としてあげ、「土の中でミジンコが卵を産んで冬の間成長して、春になると大きくなる」と理由をあげている。コ

表6 授業後にコード1になった児童の回答（設問1）

授業前カビの回答			授業後カビの回答			
No.	項目	理由	コード	項目	理由	コード
1	無回答	2つのみかんを落としてしまったから	4	落としてしまった	フルーツを落としてしまって傷がついて傷がついたまま食べずに置いておくと次の日かびているからみかんもそれと同じで落としてそのままにしまった	1
2	お花に花粉をつける	花粉はどこにでもあると思うし、孢子と似ているところがあると思うから	2	お風呂場とかにあるカビ	お風呂場など湿っていたり湿気が多いところにカビはできると思う	1
3	上の方に置いてあった果物が腐った	無回答	3	お風呂で壁にカビが生えた	水がついていた方がカビが生えやすい感じがする	1
4	サニータスを使った時外側きれいだったのに中の方が腐っていた	根からちぎると多分水が行き渡らなくなり外側の方が先に水が渡るから	3	お風呂の壁全体ではなく1部分だけカビが生えている	カビがあったところが湿っていてそこに孢子がくっつくとかビができる	1
5	無回答	無回答	4	家の中にお風呂にカビが生えている	家の中でもお風呂にカビが多く入ることがあってお風呂は他と比べて湿度が高いことからみかんが果汁が出ていることでカビが生えたと思ったから	1
6	無回答	カビを取ったりすると皮が柔らかくなるから	4	水分が多いから	水分が多いとカビが生えやすくなるから	1
7	広い面積の中で1カ所だけカビが生えた	よく光が当たるところとそうでないところの違いが似てるから	2	お風呂にカビが生える	お風呂も例にある汁が出たみかんも水気があるから	1
8	空気	空気が入りすぎて暗れついで空気がカビる	3	甘すぎたから	人間が甘いものを取りすぎたら糖尿病になるのと同じだから	1

表7 授業後にコード1になった児童の回答（設問2）

授業前山びこの回答				授業後山びこの回答	
No.	項目	理由	コード	項目	理由
1	無回答	無回答	4	トンネルで声が壁に当たって聞こえている	山のときには向かい側に山しかないから山から跳ね返ってきた
2	ふりこ	ゆらすとかえってくるから	3	光の反射	鏡を置くと「跳ね返る」ことと似ていると思ったから
3	糸電話	山に声が届いてそれがはね返るから	3	お風呂の中	声が山に当たってその声が跳ね返って山びこのように聞こえる
4	無回答	無回答	4	広くてなんにもないところやトンネルで大声を出すとき	飛んでるよひどくで何もなくてどこで叫ぶと音が跳ね返ってくるから
5	無回答	無回答	4	トンネルでもアート言うと声が通りやすい感じがする	声をはね返ってくるやつでトンネルも山も同じ現象なのかなと思った
6	無回答	無回答	4	トンネルで声を出すとき	トンネルの中で声を出すときひびいてはね返ってくる感じがするから
7	山から声が跳ね返ってきた	山しかないから。山登りと言えば山だから。草木は生えているけど結局は山だから。	3	トンネルの中で響くやつ	ある日トンネルでぼくが「こんにちは」って意味もなくさげんだら、何秒後にこんにちはって返ってきました。地下道でも同じでした。だから閉じこもっているところとかかべがある所だと跳ね返ってくると思います
8	池(水)があるから	向こうの山に池(水)があると音が水に響いて跳ね返ってくると聞いたから	3	トンネルで声が響いた	声がトンネルのかべにはね返るように山にはね返されたから
9	山とかぜ	山に囲まれていて大きい声で言うと風が吹いて声ははきょうしてくるんだと思う。	2	太陽の反射	太陽の光が鏡に反射するように山に反射したと思う
10	空気でっぼう	空気でっぼうで球を打った時にボンと飛び出したから山も同じでその響きが大きかったから声が聞こえたんだと思います	3	壁にボールを当てると返ってくる	かべにボールを当てると反発して帰ってくるから、これも山とかべがあるから聞こえたんだと思います。

表8 授業後にコード1になった児童の回答（設問3）

授業前ミジンコの回答				授業後ミジンコの回答	
No.	項目	理由	コード	項目	理由
1	トウモロコシを育てたとき	地面に水やりすぎて育たなくなったことがあるから	3	冬眠していた	動物も大体そうだから
2	土の割れ目に水と物がしみ込んで行ったこと	ミジンコも田んぼの土の間の割れ目に入って水が入って、みずがはいるといっしょにうきでくると思うから	2	冬眠する動物がいると言う事	冬眠する動物と同じでミジンコの冬は何かにもってけると考えた
3	鳥や虫は冬になくなり春に出てくる	ミジンコも鳥も虫も冬はなくなり春に出てくるから	2	動物が冬眠する	どちらも秋から冬にかけていなくなる
4	ミジンコ見るときにミジンコは土の表面に少しだけ体を出して動いていたから冬は土の中に入ると思う	春になってもあたたかいから土の中から出てきて過ごしているけど冬は寒いので他の土の中過ごしていると思っていたからです	3	動物の冬眠	ミジンコは多分土の中ですみ春になって気温が上がってくるとまた出てくると思ったから
5	春は田んぼにタニシがいるのに冬になると貝がただに残っている	土の中にいるミジンコより小さな虫を食べて春に向けて蓄えている	2	動物が冬に冬眠する	土の中でミジンコが卵を産んで冬の間に成長して春になると大きくなる
6	てんとう虫がかれた落ち葉の下で集団で集まっていた	陸は冬の間は餌が少なく気温が低いので、木や草やには隠れて冬こして、水の中でも気温の変化は少ないけれど植物プランクトンが少ないので草などに集まっているから	2	ヤゴが池で幼虫の姿で集団で風を起こす	集団で一緒になって冬眠することで、敵におそわれにくくなるから
7	ぼくはかめを飼っていて水を新しく変えたらまたミジンコが出てきました	ミジンコは水がない時はどこかに自分の姿をなくしていると考えました	2	動物と同じように冬眠と似ていると	動物も冬の間は冬眠しているから。ミジンコは自分のからの中で卵となって冬眠をして、また春になると冬眠から起きると思います
8	じょうろとかのやつ	寒さで水が乾燥して水がもっと冷たくなるから土の中で寝る春でまたあたたかくなると出てくる	2	冬眠	冬は寒いから冬眠している。暖かくなって水が出てきたらミジンコが出てくる。
9	はしっこに固まる	少しだけ湿っているし水がたまっているから	2	生き物など冬眠をする	ミジンコは冬眠をしていて土の中にいると思う。なので水がなくても大丈夫だと思う
10	卵みたいな何かにもこる	なんとなく	3	カエル	冬眠
11	水の中の生き物	無回答	3	テレビで聞いたこと	熊も冬の間寒いから餌をためておいて春まで待つ。春になると自分の体温にたえられる温度まで来たまたえさを取りに行く

ード2・3 からコード1に変容した児童は全員が類似事項を変更している。類似事項を変更せずに理由に妥当性が付加され、コード1になった児童

はいなかった。コード1からコード2へ、あるいはコード2からコード3へ変容するなど、1・2・3の中で変容する児童がおり、流動性が見られた。

そこで、コード1へ変容した児童に着目したところ、どの児童も類似事項を変更することにより、コード1へ変容していた。類似事項を変更せずにコード1へ変容した児童はいなかった。類似事項を変更し、適切な類似事項を想起できれば、そこに問題と論理的に整合性のとれた理由を記述することができると考えられる。

6. 本研究のまとめと今後の課題

本研究では、仮説形成に関する類推する力を育成するため3つの手立てを取り入れた授業を構想し、実践した。授業の前後には、テストを行い、児童の回答を4つの類型に分類した。コード1は類似事項を想起してかつ、妥当な理由を記述できている回答、コード2は類似事項を想起しているが妥当な理由を記述できていない回答のうち、**Carry-Over**する要素を変えれば類推が可能なもの。コード3は**Carry-Over**する要素を変えても類推が困難なもの、コード4は類似事項の想起ができていないものとした。

コード4の児童が減少したことは、話型の導入による類推の促し（手立て b）の効果があったことが考えられる。

また、コード2の児童のうち、授業後にコード1に変容した児童は、表9のように設問によって大きく異なっている。このことから、類推について教示し、仮説設定に有効であることを指導した（手立て c）ことの効果は、仮説設定する内容によって効果が異なることが示唆される。

表9 授業前にコード2だった児童の変容

	授業前		授業後	
	コード2	コード1	コード1	コード1以外
設問1	20	2	2	18
設問2	4	1	1	3
設問3	13	7	7	6

単位：人

以上のことから、児童に類推を使った仮説設定

を行わせるために必要な2つの示唆を得ることができる。まず、ベースの的確な検索である。適切な類似事項の想起、言い換えればベースの検索を児童はどのように行えばよいのか。コード1の児童の想起事項に「お風呂のいつも水がかかっているとカビが生える」（設問1）、「壁にボールを当てる」「光が反射する」（設問2）、「動物が冬眠する」（設問3）などがあり、これらはベースとターゲットにおける構造の一致（関係レベルの類似性）を理解していると思われる。ベース検索においては、話型を導入するだけでなく、対象のもつ構造に子ども達目を向けさせ、関係性が見出せないものはベースとして却下するような操作を指導することが重要だと考えられる。児童が類推を使って仮説形成をするためには、このような操作を繰り返して、効率よく的確にベースを検索する方法を指導していくことが必要であることが示唆された。

もう一つは、ベースの要素の適切な選択である。適切な類似事項を想起していても、その要素の中から妥当な要素を選択して**Carry-Over**できないために、仮説設定が困難になっている児童が存在している。これらの児童には、類似事項の想起の後、どの要素に着目すればターゲットとの関係性に妥当性が得られるのかを検討することを指導する必要がある。

以上、的確にベースを検索することと、得られたベースの中の要素を的確に選び出す指導の必要性が示唆された。

今後の課題として、児童個々の変容を追跡し、一つの設問でコード1に変容した児童は、他の設問でも変容が見られるか、実際の授業での仮説設定と結びついたのかを明らかにしていくことがあげられる。

引用文献

安倍洋一郎・山本智一・松本伸示(2018)「小学校理科授業における仮説の形成を促す指導方略-仮説フレームを視点にアブダクティブな示唆を形成することに主眼を置いて-」『理科教育学研

究』58(3), pp.211-220.

有田千恵 (2009)「小学校理科におけるアナロジーに関する研究-思考方略獲得の視点から-」『広島大学大学院教育学研究科修士論文』.

角屋重樹 (2019)『なぜ、理科を教えるのか-理科教育がわかる教科書-』文溪堂.

楠見孝 (1996)『認知心理学 4 思考』東京大学出版会.

益田裕充 (2006)「水流モデルから電流回路を類推する理科授業に関する研究：ベースドメインの関係とターゲットドメインの関係を類推させるコミュニケーション活動を通して」『理科教育学研究』47(2), pp41-49.

文部科学省 (2018)『小学校学習指導要領解説理科編』

邑本俊亮 (2011)『認知心理学—知性のメカニズムの探究—』培風館, pp.230-232.

Orgill, M & Bodner, G. M. (2006). An analysis of the effectiveness of analogy use in college-level biochemistry textbooks, *Journal of Research in Science Teaching*,48(7), pp.771-792.

Paazt, R., Ryder, J., Schwedes, H. & Scott, P. (2004). A case study analysing the process of analogy-based learning in a teaching unit about simple electric circuits, *International Journal of Science Education*, 26(9), pp.1065-1081.

鈴木宏昭 (1996)『類似と思考』共立出版株式会社

鈴木宏昭 (2010)『現代の認知心理学 3 思考と言語』北大路書房, p.39.

高木正之・稲田結美・雲財寛・角屋重樹 (2018)「小学校第6学年の自然事象に関する類推する力の実態」『日本教科教育学会第44回全国大会論文集』pp.206-207.


内ノ倉真吾 (2011)「アナロジーを基盤にした認知的な葛藤の生起・促進とその解消--中学生の「電流が+極から-極へ流れる」の意味理解」『理科教育学研究』51(4), pp.47-58.

山田貴之・小林辰至 (2014)「小学生の理科におけ

る仮説設定能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル-第6学年の児童を対象とした質問紙調査の結果に基づいて-」『理科教育学研究』55(3), pp.351-361.

資料

(2) こうたくくんは山登りをしていたときに「やっほー」と大きい声を出して見ました。すると向こうの山から「やっほー」と自分の声が聞こえました。いっしょに登ったお父さんから、「これは「やまびこ」と言うんだよ」と教えてもらいました。



こうたくくんは、
「どうして、自分の声が聞こえるのかな。」
と疑問に思いました。

この疑問を解決するために、今までの学習や経験から似たようなことを考えてみましょう。考えたことを下の四角に書きましょう。

今までの学習や経験の中で似たようなこと

そう考えた理由

資料1 設問2：やまびこの問題

(3) ミジンコは春の田んぼの水の中でよく見かけます。でも、田んぼは秋になると水はなくなり、冬の間はカラカラにかわいてしまいます。そして次の年の田植えの頃になるとまた出てきます。



ミジンコは冬の間はどうしているのかな。春になるとどうして出てくるのかな。

この疑問を解決するために、今までの学習や経験から似たようなことを考えてみましょう。考えたことを下の四角に書きましょう。

今までの学習や経験の中で似たようなこと

そう考えた理由

資料2 設問3：ミジンコの問題