

放送大学審査学位論文(博士)

小学校理科教育における指導方略の研究

—意味ネットワーク・モデルとその発展型を用いた知識構成—

放送大学大学院文化科学研究科文化科学専攻

博士後期課程人間科学プログラム

2015 年度入学

古川 美樹

2018 年 3 月 授与

目次

序章 小学校理科教育の目的と学力の意味

	頁
1. 学校教育の目的	
1-1 答申に見る小学校教育の目的	1
1-2 小学校理科教育における目的	3
1-3 知識の獲得と概念化	5
1-4 概念再構成の重要性	13
2. 授業の概念形成における一般的な現行授業の問題点	
2-1 教師や児童の持つ言葉の概念の問題	14
2-2 学習指導過程における児童の概念形成の問題	15
2-3 授業により構成された児童の概念	16
2-4 問題点のまとめ	16
3. 研究の意義と目的	
3-1 研究の意義	17
3-2 研究の目的	19
(1) 教師の発話による児童の誤概念の形成とその修正	
(2) 学習により記憶された知識や経験の表象	
(3) 知識モデルによる児童の学習評価	
(4) 概念形成におけるエピソード記憶の利用	
(5) 学習のまとめとして知識モデルを作成することの優位性	
4. 仮説と方法	
4-1 仮説	22
(1) 仮説①	
(2) 仮説②	
4-2 検証の方法	24
(1) 仮説①の検証の方法	
(2) 仮説②の検証の方法	
5. 本論の構成	28
6. 概念の整理	30

第1章 知識の獲得における言語の問題と概念化の実際

1. 児童が言語を理解できない具体的な場面

1-1 児童が教師の発話する言語の概念を、持ち合わせていないために理解できない場合	32
1-2 児童が教師の発話する言語の概念を、持ち合わせているが理解できない場合	33
2. 教師の発話だけでは、児童が言語を理解できない場合の対応について	33
3. 授業における児童の概念形成を実感する場面の例	34
4. 理解することと能力を身につけること	35
5. ヴィゴツキーに見る概念形成	37

第2章 教師の発話に起因した児童の誤概念の修正

1. 実践研究の授業形態について	
1-1 はじめに	39
1-2 先行研究と学校での授業	40
2. 調査の方法について	
2-1 調査対象及び時期	42
2-2 調査の概要	42
3. 調査結果	
3-1 教師の発話①～④	45
3-2 教師の発話⑤-1～⑥	45
3-3 教師の発話⑦	46
3-4 教師の発話⑧～⑨	46
3-5 教師の発話⑩～⑪	47
3-6 教師の発話⑫	48
4. 誤概念を形成した文脈と誤概念の修正に関する考察	48
4-1「盾状火山」の課題について	49
4-2「成層火山」の課題について	49
4-3「鐘状火山」について	51
4-4 まとめ	54
5. 結論と課題	54

第3章 意味ネットワークで表された児童の構成概念と記憶の関係

1. 児童側の視点に立った実践研究	
1-1 理解することと能力を身に付けること	56

1-2 概念の形成と記憶の関係	57
2. 調査の方法について	
2-1 意味ネットワーク・モデルについて	59
2-2 調査で用いる意味ネットワーク・モデルの発展型	61
2-2 調査対象及び時期及びデータの取り出し方について	62
3. 調査結果の詳細	
3-1 データの見方について	63
3-2「重さ」から派生した語群	63
3-3「溶ける量」から派生した語群	64
3-4「取り出し方」から派生した語群	64
4. 学習終了後の児童の記憶の再生関係図について	
4-1 第2ノード以降の語群を想起させた児童の記憶	64
4-2 第1トピック「重さ」について	65
4-3 第1トピック「溶ける量」について	66
4-4 第1トピック「取り出し方」について	67
4-5 記憶の再生関係図について	67
5. 結論と課題	
(付表 3-1～3-3)	70

第4章 意味ネットワーク・モデルによる概念の外化と自己修正

1. 記憶の再生マップに視点をあてた実践研究	
1-1 これまでの学習指導における問題点の確認と本章の目的	73
1-2 実践研究で使用した記憶の再生マップの特徴	73
1-3 ノードの広がり	74
2. 実践授業の詳細	
2-1 指導計画と提示した記憶の再生マップについて	75
2-2 授業の詳細と授業での板書の内容	76
3. 記憶の再生マップから得られる児童の概念形成の成否	
3-1 記憶の再生マップの実際	80
3-2 第2トピックと授業内容	81
3-3 記憶の再生マップの文章化	83
3-4 スキーマの構造	85
3-5 児童のスキーマの比較	88
3-6 ノード数と文章化の関係	89
3-7 記憶の再生マップによる誤概念の修正	91

4. 結論と課題	94
5. その他の実践から(追記)	
5-1 記憶の再生マップを利用した説明活動	96
5-2 概念の文章による整理について	98
(付表 4-1～4-3)	103

第5章 意味ネットワーク・モデルをもとに作成した

児童の知識モデルによる学習の将来的な展望	106
----------------------------	-----

謝辞	114
参考文献	115

序章 小学校理科教育の目的と学力の意味

1. 学校教育の目的

1-1 答申に見る小学校教育の目的

高度成長末期の昭和 46 (1971)年、中央教育審議会(以下、中教審)は、その答申(46 答申)の中で、「初等・中等教育は、人間の一生を通じての成長と発達的基础づくりとして、国民の教育として不可欠なものを共通に修得させる」¹ために、国民として身に付けるべきものを、どの児童も共通に学ばせて身に付けさせることを求めた。一方、10年後の昭和 56 (1981)年の中教審答申では、「これからの義務教育では、基礎的・基本的な知識・技能を確実に修得させることとともに、一人一人の能力・適性、興味・関心等に応じた教育を行い、自ら学ぶ力や創造的な能力などを育成することが必要である。」²との提言がなされ、児童の個性に応じた教育を行い、児童自らの学び方の育成にも言及されたものの、基礎・基本の知識・技能を学ばせて身に付けさせることは変わらず主唱されていた。さらに 3 年後の臨時教育審議会第二次答申でも、「とくに小学校段階においては、その後の学校生活、社会生活において必要とされる読・書・算の基礎を確実に修得させる」³という言及があった。

これらの提言からは、児童が基礎的・基本的な知識を学んで身に付けることが最も重要であるという考えが読み取れる。このように昭和末期には、学習内容を正しく修得させ、それを正しく使える能力を身に付けさせることが義務教育の最も重要な目的と考えられたのである。つまり、教師主導の instructional な意味合いが強く示されていたといってもよいだろう。このようなことから学校においては、次から次へと知識を伝えることが重要視され、短期間に多くの内容を消化する授業が実施されることになった。その結果、授業の進度についていけない児童が頻出し、そのような児童は「落ちこぼれ」と揶揄され、教師に対しては、「落ちこぼし」の授業をしたと批判が噴出した。さらに、このような教師主導型で多くの内容を短期間に消化する教育に対しては、「つめこみ教育」や「新幹線授業」などのレッテルが貼られ、問題点を解決するために新たな教育の転換が叫ばれることとなった。

この反省に立ち平成 8 (1996) 年には、中教審が、「学校の目指す教育としては、(a)[生きる力]の育成を基本とし、知識を一方的に教え込むことになりがちであった教育から、子供たちが、自ら学び、自ら考える教育への転換を目指す。そして、知・徳・体のバランスのとれた教育を展開し、豊かな人間性とたくましい体を育てていく。(b)生涯学習社会を見据えつつ、学校で全ての教育を完結するという考え方を採らずに、

1 中央教育審議会答申「今後における学校教育の総合的な拡充整備のための基本的施策について」S46.6

2 中央教育審議会経過報告「教育内容等小委員会審議経過報告」S58.11

3 臨時教育審議会「教育改革に関する第二次答申」S61.4

自ら学び、自ら考える力などの「生きる力」という生涯学習の基礎的な質の育成を重視⁴するといった提言を行い、つめこみ教育との決別を主張した。この提言を機に、「生きる力」の理念が学校教育の目的に盛り込まれることになったのである。ここで新たに定義された「生きる力」には、知・徳・体に象徴される3つの側面がある。即ち、①自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力、②自らを律しつつ、他人とともに協調し、他人を思いやる心や感動する心など、豊かな人間性、③たくましく生きるための健康や体力である。このなかでも①は、教科の授業を通じて育成される力であり、従前の教示型の教育に対して、「単に過去の知識を記憶しているということではなく、初めて遭遇するような場面でも、自分で課題を見つけ、自ら考え、自ら問題を解決していく資質や能力」を示したものである。これは言わば児童の学び方に対する提言であり、教示型教育から学び方の教育への明らかな転換であったと言える。

この提言以降、「生きる力」は、学校教育の目的の中核となったが、平成17(2005)年の中教審答申⁵で知識基盤社会に対する高等教育の指針が示され、それに伴い、義務教育においては「生きる力」に対する考え方に変化が表れてきた。同年10月に出された答申⁶では、「ゆとり」の中で「生きる力」をはぐくむことを理念とした現行の学習指導要領については、実施されて3年以上が経過しており、そのねらいは十分達成されたのかを、しっかりと検証していく必要がある。」という文言で、平成15年のPISA調査⁷において、成績中位層が減り、低位層が増加していることや、読解力、記述式問題に課題があることなどの低下傾向が見られたという結果を受けた指摘がなされている。このことを受けて、「生きる力」を育むという基本的な考え方は引き続き重要としたものの、基礎的な知識・技能を徹底して身に付けさせ、それを活用しながら自ら学び自ら考える力などの「確かな学力」を育成する⁸という学力重視の考え方も明示されることとなったのである。これ以降、学校教育の目的である「生きる力」を育成する上での重要な項目として、児童にしっかりと「学力」を身に付けさせることが学校現場に求められることになった。

このような考え方に立ち、平成20(2008)年の中教審答申では、学校教育の目的を「確かな学力」・「豊かな人間性」・「健康と体力」により構成される「生きる力」を育むこととした⁹。そのなかの(3)基礎的・基本的な知識・技能の習得に関する記述においては、「自ら学び自ら考える力の育成」といった「生きる力」の理念は、基礎的・基本的な知識や技能を習って覚えることを前提とし、それを以て思考力・判断力・表現力等を

4 中央教育審議会答申「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について(第一次答申)」H8.7

5 中央教育審議会答申「我が国の高等教育の将来像」H17.1

6 中央教育審議会答申「新しい時代の義務教育を創造する(答申)」H17.10

7 PISA2003: Programme for International Student Assessment 2003

8 中央教育審議会答申「新しい時代の義務教育を創造する(答申)」H17.10の第1章 教育の目標を明確にして結果を検証し質を保証する—義務教育の使命の明確化及び教育内容の改善における、教育内容の改善の項目

9 中央教育審議会答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」H20.1

育成することを目標とすることが示された¹⁰。この記述だけをみれば、知識や技能の習得、即ち、習い覚えるという記憶によって、思考力・判断力・表現力等が育成されると読み取れるが、必ずしも覚えるだけでは十分ではないことは明らかである。そこで提言では、「(略)、小学校低学年から中学年までは、体験的な理解や具体物を活用した思考や理解、反復学習などの繰り返し学習といった工夫による「読み・書き・計算」の能力の育成を重視し、中学年から高学年にかけて以降は、体験と理論の往復による概念や方法の獲得や討論・観察・実験による思考や理解を重視するといった指導上の工夫が有効である。」¹¹と提言している。

ここで述べられている指導上の工夫を記憶の形成という視点でみると、低学年から中学年では、児童が自身の学習活動でどのようなことを行ったかというエピソードを記憶することと、掛け算の九九を何度も唱えながら記憶するようにリハーサル¹²を行うことを重視している。一方、中学年から高学年にかけては、学習活動におけるエピソードを記憶する重要性やエピソードの記憶と意味の記憶を、相互に学習内容の思考活動に用いることで、概念の形成を図ったり、形成した概念を伝えたりする活動を重視するというものと見ることができよう。

このように、中教審答申に示された初等教育の目的あるいは営為を見てくると、学力観や望ましい指導の在り方が、社会状況とともに変遷していくことが分かる。しかし、「国民として身に付けるべきもの」と言ったとしても、「学力の基礎」と言ったとしても、また「生きる力」と言ったとしても、それら全てに共通する主要概念は、「学力の獲得」である。その学力に対する考え方や姿勢、つまり学力観が大きく「知識・技能」そのものから「学ぶ力」あるいは「学ぶことのできる力」へと変わってきたことは、とりわけ重要である。

1-2 小学校理科教育における目的

ここまで見てきたような義務教育全般の目的とその変化を踏まえ、ここからは小学校理科教育の目的について見ていくことにしよう。

平成20(2008)年8月に示された小学校学習指導要領解説理科編によれば、理科の教育の目的は、次のように規定されている。

「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」¹³(下線は筆者)

この理科の目的は、下線の部分が言わば条件となっており、そのことを行うことにより、それ以降の部分の実現を目指すように謳われている。これを児童の記憶想起とい

10 同 p23

11 同 p24

12 心理学において、短期記憶から長期記憶に記憶内容を転送するために、記憶する内容を唱えること。維持リハーサルともいう。

13 文部科学省、「学校学習指導要領解説理科編」、H20.8.p7.

う視点で読み解くと、学習過程において児童が自身の記憶を探る箇所があることが分かる。

(1)記憶想起 1

最初に、目標を達成するための前提としての、自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行うことについては、児童が身の周りで展開される自然の事物・現象に親しく向き合うことが、最も基本的な条件であると捉えられる。それは、教師によって提示された課題から得た知識と、児童が平素から持ち併せている過去の記憶や素朴的な概念から得た知識を対比的に見ることにより、興味や関心、または疑問という心的変化を伴った自然の事物・現象の理解へと向かう学びの姿である。

(2)記憶想起 2

さらに、解決せねばならないと考えた課題は、これまでの経験の記憶から、解決できるであろうと考えた方法によって、観察や実験を行うことを条件としている。これらの記憶想起を伴った経験を積み重ねることにより、提示された課題や児童自身が持った問題点を解決する力と自然を愛する心情を育てることを目的としている。

(3)記憶想起 3

このような学習の結果を通して、学校教育においては、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図ることが目的とされている。実感を伴った理解とは、観察や実験を通して得られた結果と自身の素朴概念や経験とを関係付けたり、意味付けを行ったりして、「本当に理解した」と内なる納得に至ることを意味している。この過程においても、記憶想起がなされ、その記憶が実験結果の解釈に利用されると言える。このことを、学習指導要領解説理科編では、「学習後、児童は自然の事物・現象についての新しいイメージや概念などを、より妥当性の高いものに更新していく。」¹⁴と解説している。このことによって、科学的な見方や考え方を養う能力を児童が身に付けることを目的とした。

このように児童が学習過程において、経験する事柄に関する記憶を想起し、自身の素朴概念や経験を関係付けたり、意味付けしたりすることは、新たな概念の形成や既存の概念の再構築に重要である。

一方、平成 29 年 8 月に示された、新しい小学校学習指導要領解説理科編によれば、理科教育の目的は、次のように示されている。

「自然に親しみ、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。(1) 自然の事物・現象についての理解を図り、観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。(2) 観察、実験などを行い、問題解決の力を養う。(3) 自然を愛する心情や主体的に問題

14 文部科学省、「学校学習指導要領解説理科編」, H20.8.p9.

解決しようとする態度を養う。」¹⁵(下線は筆者)

この下線部が、目的を達成するための前提条件と言える部分である。このなかの「理科の見方・考え方を働かせ」という箇所は、前回の学習指導要領にはなく、新たに追加された記憶想起を示唆した表現である。即ち、観察・実験を行う前には記憶想起によって、それまでの理科の学習において児童自身が捉えた科学的概念を働かせ、課題解決への見通しを持たせる狙いがある。

このように理科教育においては、児童が身の周りの事物・現象に対する科学的な概念を獲得するために観察・実験というプロセスを前提とした学習が位置付けられている。その際、児童が観察・実験の見通しや結果の考察において行う記憶想起は、それぞれ性格が異なっている。即ち、観察・実験の見通しとしての想起は、過去に経験したどのような観察・実験が適切かという判断を行うのに対して、結果の考察では、得られた事象の心象や意味と自身の概念とを関係づけたり、意味付けたりして、新たな概念を形成したり、修正したりするのである。

これらのことから考えられる小学校理科における学力とは、身の周りの事物・現象が科学的にどのような知識で説明できるかという視点で捉えることができる力の他に、さらに新たな問題や課題を発見・創出し、その解明のために自身の理科的な概念を活用する力と言える。このように考えると、児童の記憶痕跡の中において、概念同士が意味的に連関していなくてはならない。学力とは、そのような概念間の連関であると考えることができる。

1-3 知識の獲得と概念化

前段で見てきたように、小学校における理科教育という営為における「学力」の意味は、非常に重要であり、その具体的内容についての考察も必要である。

一般的に「知識」は、「～こと。」や「～もの。」、「～である。」など、ある事柄や事物を言語で説明する場合に用いられる命題の形を成しているものと捉えられている。前段で見てきたような「自然の事物・現象についてのイメージや概念」は、心理学的には一般に「知識」として定義づけられている。稲垣(稲垣佳世子, 2007)は、心理学で用いられるときの「知識」は、「過去の集積された経験が整理されたもので、外界を、事物や事象及びその関係として多少とも永続的に表象したもの、かつそれに対する働きかけといった手続きをも含むものである。」¹⁶と定義した。従って、心理学で用いられる知識は、「断片的知識のような静的なものではなく、必要に応じて修正され、作り替えられていく可動的な性質をもつと考えられている。特に重要なのは、心理学で扱う知識には、所謂、暗黙の知識が含まれていることである。また、この暗黙の知識は、必ずしも命題的な形をとらないことにも注意する必要がある。実際、私たちが持っている知識

15 文部科学省, 「学校学習指導要領解説理科編」, H29.6.p12.

16 稲垣佳世子, 鈴木宏昭, 大浦容子, 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, 2007, p10

の多くは、必ずしも意識化されたり言語化されたりしないことが多い。」とも述べている。つまり、知識は、児童に記憶され、必要に応じて利用され、さらに修正されて作り替えられる可能性を持つ可動的なものである。従って、知識がどのように児童のなかに取り入れられ、概念化されるかを考える場合には、児童の記憶の過程をもとにして議論する必要がある。

ガニエ(Allen D. Gagne,1985)は、知識が宣言的知識と手続き的知識に分けられることを示している。ガニエによれば、「宣言的知識は、あるケース(場合)が何であるかを述べたものであり、命題で表象されている。一方、手続き的知識はどのようにするのかに関するものである。手続き的知識は、宣言的知識よりも、活性化が速く、しかも環境に対してより強く反応する。」¹⁷とされる。

このことから学校教育で児童が授業を通して獲得する知識のなかで、授業者が板書したり発話したりする言語によって伝えられる「A は、B である。」や「A は、B を C して D する。」などの知識は、宣言的知識と考えられる。児童は学習のなかで、これらの宣言的知識をノートやワークシートに記録し記憶しようと努める。これらの知識は、評価テストにおいては主に、知識・理解(例えば、算数科・理科・社会科など)の観点で評価される場合が多い。事柄の名称や概念などは、宣言的知識である。

手続き的知識も授業を通じて児童が獲得する知識である。アンダーソン(Anderson,J.R.,1995)は、「手続き的知識は、さまざまな認知的活動を遂行する際のやり方に関する知識のことである」¹⁸とし、これを受けて井上(井上毅, 1995)は、手続き的知識の理念を「手続きや技能に関連したもの」¹⁹とした。太田(太田信夫, 1988)は、手続き的知識を「感覚・知覚過程における情報処理に関するもの」(認知レベルⅠ)、「記憶・思考過程における情報処理に関するもの」(認知レベルⅡ)、「動作・運動過程における情報処理に関するもの」(行動レベルⅠ)、「日常生活行動過程における情報処理に関するもの」(行動レベルⅡ)の2種類2段階に分類した²⁰。学校教育において一例を示すと、音読の仕方に関する指導は認知レベルⅠ、算数問題の解法指導は認知レベルⅡ、跳び箱の跳び方は行動レベルⅠ、学級会の進め方については行動レベルⅡということになる。このような手続き的知識は、記憶の情報処理モデルとしては、プロダクション・システム(production system)を用いて表象する場合がある²¹。プロダクション・システムとは、特定の条件下において、特定の行動を行う「条件—行為規則」によって構成される人間の認知モデルである²²。認知レベルⅡの例で示すと、分数の割り算の解法指導においての手続き的知識は、「もし分数÷分数の計算であるなら、割る数を逆数にして掛け算に直し計算する。」というプロダクション・システムに

17 E・D・ガニエ著、赤堀侃司・岸学監修、「学習指導と認知心理学」、パーソナルメディア、1989、p48。

18 Anderson,J.R.,*Cognitive psychology and its implications*, 4th ed.New York:FreeMan.1995.

19 森敏昭、井上毅、松井孝雄、「グラフィック認知心理学」、サイエンス社、1995、第4章、p94。

20 太田信夫、「長期記憶におけるプライミング-驚くべき潜在記憶(implicit memory)」、心理学評論、31、1988、pp305-322。

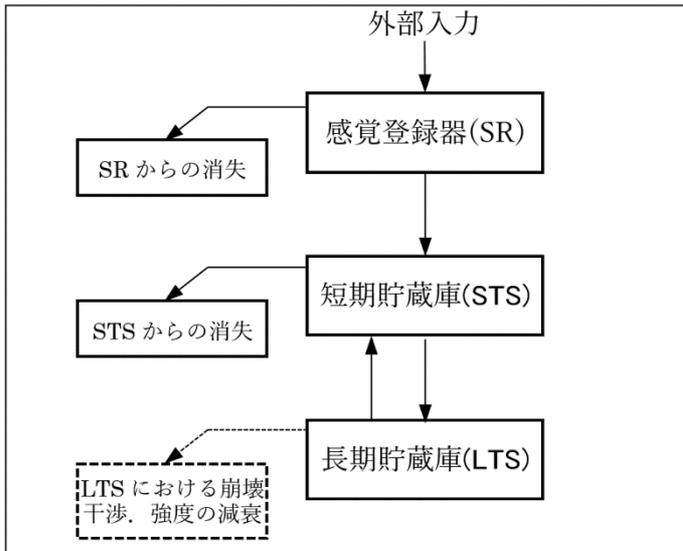
21 森敏昭、井上毅、松井孝雄、「グラフィック認知心理学」、サイエンス社、1995、第4章、p96。

22 E・D・ガニエ著、赤堀侃司・岸学監修、「学習指導と認知心理学」、パーソナルメディア、1989、p48。

より表象される。

このことから基礎的・基本的な知識・技能において、知識は主に宣言的知識、技能は主に手続き的知識と捉えられやすいが、様々な知識が用いられる授業においては、これらを明確に区別することは困難である。

一方、記憶は、「学習者が外界の情報を記録し、必要に応じて再現する過程である。」²³という機能面を指す場合と、保存された内容自体を指す場合がある。



図序-1 記憶の多重貯蔵モデル
(Atkinson and Shiffrin,1968 を修正)

記憶の機能は、感覚登録器 (sensory registers, SR)に貯蔵される感覚記憶,短期貯蔵庫 (short-term store, STS)に貯蔵される短期記憶,そして長期貯蔵庫 (long-term store, LTS)に貯蔵される長期記憶に分類される²⁴. 佐伯は、機能としての記憶を、感覚登録器、短期記憶、長期記憶と呼んでいる²⁵. 図序-1 は、アトキンソンとシフリン(Atkinson and Shiffrin, 1968,1971)によって提案された記憶の多重貯蔵モデル

(multi-store model)²⁶であり、特に、短期記憶と長期記憶の2つの記憶の働きを重視する意味²⁷において、二重貯蔵モデル(dual storage model)とも呼ばれている。これ以後の議論においては、二重貯蔵モデルと呼ぶことにする。

感覚記憶とは、感覚器から入力された意識にのぼらない情報を1秒程度のごく僅かな時間に保持する記憶である。また、短期記憶とは、感覚記憶に入力された情報のなかで注意が向けられた情報を数10秒程度の短い時間保持する記憶である。さらにまた、長期記憶は、短期記憶で注意が向けられた情報のなかで、後に詳論する意識的な思考過程を経て長期にわたり保持されている記憶である²⁸。

23 太田信夫, 多鹿秀継, 認知心理学:理論とデータ, 誠信書房, 1991,p9.

24 Gillian Cohen , Michael W.Eysenck , Martin E.LeVoi ,*MEMORY :A Cognitive Approach ,Open Guides to Psychology* , Open University Press, 1986, 長町三生 監修,認知科学研究会訳:『認知心理学講座 1 記憶』,1986,pp63-64 および, 森敏昭, 井上毅, 松井孝雄, 「グラフィック認知心理学」, サイエンス社, 1995, 第1章, pp.14-19.

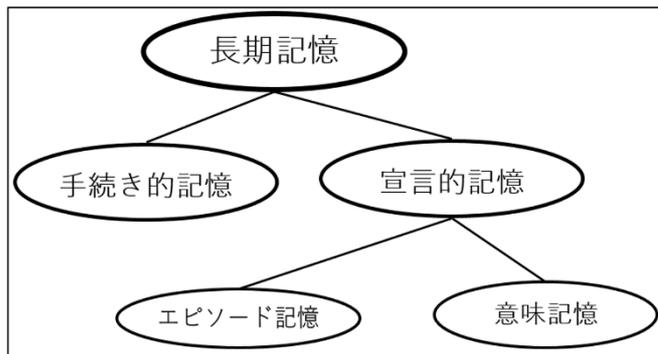
25 佐伯勝, 「理解とは何か」, 東京大学出版会, 1985, p143.

26 Atkinson,R.C. and Shiffrin,R.M.,*Human memory:a proposed system and its control processes*, in K.W.Spence and J.T.Spence(eds) *The Psychology of Learning and Motivation*,Vol.2,Academic Press,1968

Atkinson,R.C. and Shiffrin,R.M.,*The control of short-term memory*,Scientific American,225,1971,pp.82-90.

27 例えば, Murdock,B.B.Jr.,*The serial position effect in free recall*,Journal of Experimental Psychology, 64(5),1962,pp.482-488. の系列位置曲線における初頭効果や新近性効果に見られる2つの記憶システムの働きを参照.

28 例えば, Gillian Cohen , Michael W.Eysenck , Martin E.LeVoi ,*MEMORY :A Cognitive Approach ,Open Guides to Psychology* , Open University Press, 1986, 長町三生 監修,認知科学研究会訳:『認知心理学講座 1 記憶』,1986,p64 や, 森敏昭, 井上毅, 松井孝雄, 「グラフィック認知心理学」, サイエンス社, 1995, 第1章, p15.など.



図序-2 長期記憶の区分(Wilhite & Payne,1992)

記憶の分類について、ウィル
 ハイトとペイン (Wilhite & Payne,1992) ²⁹は、図序-2 に
 示すように長期記憶を手続き的
 記憶と宣言的記憶に分類し、
 宣言的記憶についてはエピソ
 ード記憶と意味記憶に分類す
 るというというタルビング
 (Tulving,1972) ³⁰の区別を援
 用した。手続き的記憶とは、自

転車の乗り方や店での買い物の仕方など言語による思考を介さずに再現される記憶
 であり、宣言的記憶とは、言語によって記述できる事実についての記憶を指す。宣言
 的記憶は、個人的な関わりのなかで形成されるエピソード記憶と一般的な知識として
 形成される意味記憶に分けることができる³¹。

これまでの議論をもとに、宣言的知識と手続き的知識を記憶の区分にあてはめて
 みる。まず、教育によって児童が獲得する言語によって伝えられる宣言的知識は、そ
 のほとんどが一般的な知識であるので意味記憶の区分に該当する。即ち、学校教育
 によって児童が獲得した知識は、言語により表象され意味記憶として保管されている
 と考えてよい。しかしこれは、児童・生徒が学習によって獲得した知識を、自分なりに
 一般化して初めて言えることであり、学習の経験を記憶しているだけでは、エピソード
 記憶の区分に該当することになる。一方、手続き的知識は、どのようにするかに関す
 る知識である。このことを児童がコンピュータの操作を学習する場合を例に挙げて見
 てみよう。児童が、コンピュータを初めて使うときは、「①電源ボタンを押す。②ID を入
 力する。③パスワードを入力する。」などのように、教師の指示や板書内容など明文化
 されたマニュアルを見ながら操作を行う。ところが、何回か学習を積み重ねるにつれて、
 次第に操作に慣れてくると、もはやそれらは必要とせず、パソコンの前に座ったと同
 時に電源ボタンに手が伸びて押したり、画面を見ながら器用にキーボードから ID や
 パスワードを入力したりするようになる。即ち、学習の初期は、教師の指示や板書内容
 などの宣言的知識を用いて操作を行うことになるが、どのようにすればよいかという手
 続きが知識として記憶に保存されると、マニュアルや記憶した知識を意識することなく
 素早く操作できるようになる。このようなとき、プロダクション・システムによる手続き的
 知識が使われている³²。例えば、「もし、学習のためにパソコンを使わなければならない
 状況になったならば、最初に電源ボタンを押して電源をいれる。」のようなプロダクシ

29 Wilhite, S.C., & Payne, D.E. 'Learning and memory' *The basis of behavior*. Boston: Allyn and Bacon, 1992

30 Tulving, E., 'Episodic and semantic memory' in E. Tulving and W. Donaldson (eds), *Organization of memory*, Academic Press, 1972, pp.381-403.

31 森敏昭, 井上毅, 松井孝雄, 「グラフィック認知心理学」, サイエンス社, 1995, p14.

32 E・D・ガニエ著, 赤堀侃司・岸学監修, 「学習指導と認知心理学」, パーソナルメディア, 1989, pp.66-71.に例を挙げて説明がなされている。

ンが記憶として保存され、必要に応じて素早く取り出されるのである。このことから手続きの知識は、記憶の区分としては、手続きの記憶に含まれることになる³³。つまり、学校教育において、児童が知識を獲得するということは、様々な学習経験を経て、学習の目的に合う知識を記憶することに外ならないのである。このようにして記憶された知識は、将来の必要な時に無意図的に素早く利用できるように、概念化して記憶に保管する必要がある。次からは、知識の概念化とはどのようなことなのかということについて考えていく。

授業において、児童が得る様々な情報がどのように処理されていくかを見ていくと、まず、図序-1 の記憶の二重貯蔵モデルにおける感覚登録器には、児童が学習のなかで得た、解釈されない情報が 1 秒程度の短時間に保存される。例えば、教師の発話による言語音であったり、板書された文字であったり、あるいは、隣の友達の話し声であったり、主に視覚や聴覚から様々な情報が一度に入力される。そのなかのわずかな部分に注意が向けられた情報だけが、短期貯蔵庫(短期記憶)に送られる。もし、教師が児童に対して「これから話す内容は、君たちが学習するうえでとても大切なことです。」と、活動に関する指示を行ったとき、「先生の指示は大切である。」と判断した児童の記憶システムは、教師の言語音を感覚貯蔵庫から短期貯蔵庫に送り、さらにリハーサルを行うことにより長期貯蔵庫(長期記憶)に転送することになる。短期貯蔵庫においては、数 10 秒という時間内に、このような能動的に処理された情報のみが、消失することなしに記憶されるのである³⁴。

ところで、記憶の過程には、記銘・保持・想起があり、想起の内容としては、再生・再認・再構成、それに記憶した内容が消失する忘却がある。これらの記憶過程を、記憶の二重貯蔵モデルにあてはめることにより、一般的な知識から概念的知識が形成される仕組みを考察することができる。先に述べた、授業における児童が得た情報の処理過程の例は、学習において教師が注意喚起する場面でよく行う発話である。この教師の発話は、それが終わるまでに 1 秒以上の時間を要する。従って、全ての言語音を感覚貯蔵庫へ保持することはできず、児童が注意を向けない場合は消失してしまう。しかしながら、教師が発話する場合を考えると、まず教師は児童に正対し、顔の表情や声の質感によって児童の注意を引き付けることを行う。この付随的な映像・音声等の情報が発話に対して注意を向けさせ、感覚貯蔵庫から消失させることなく短期貯蔵庫に教師の言語音を送ることになる。短期貯蔵庫では、リハーサルにより繰り返され、例えば「大切」という言語が保持され、長期貯蔵庫に転送されることになり、これ以降、児童は教師の発話に対して注意深く耳を傾けるという学習の構えが作られていく。このように考えると、短期貯蔵庫における機能が、学習態度を形成するための

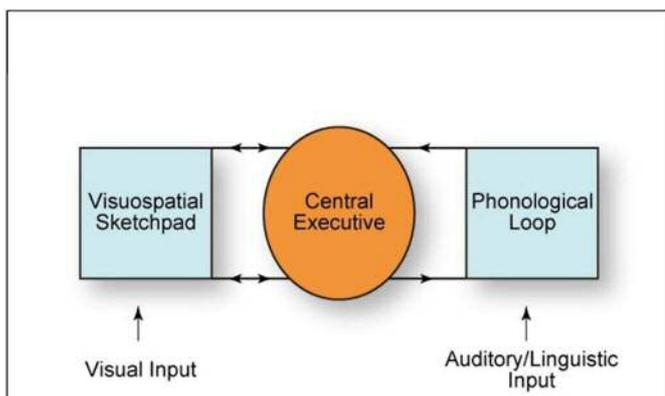
33 森敏昭, 井上毅, 松井孝雄, 「グラフィック認知心理学」, サイエンス社, 1995, 第 1 章, p94 に別の例を挙げて詳論されている。

34 Gillian Cohen, Michael W.Eysenck, Martin E.LeVoi, *MEMORY: A Cognitive Approach, Open Guides to Psychology*, Open University Press, 1986, 長町三生 監修, 認知科学研究会訳: 『認知心理学講座 1 記憶』, 1986, p64. の内容を小学校の学習過程に置きなおして記述した。

重要な要素になっていることが分かる。このように、短期貯蔵庫は情報を単に保持し、長期貯蔵庫に転送するだけという機能以外に、入力された情報に対する積極的な働きかけを行う機能を有するという考えから、短期貯蔵庫にワーキングメモリの概念が導入された。

ワーキングメモリは、作業記憶または作動記憶とも呼ばれる。記憶システムに対する研究過程上の新たな考えとしては、例えばワリントンとシャリス(Warrington and Shallice,1969)による脳を損傷した患者の症例³⁵や、バッドリーとヒッチ(Baddeley and Hitch,1974)による人間の持つ多様性の問題³⁶などがあり、これらの問題を解決するためには、ワーキングメモリの概念の導入が指摘されていた。

バッドリー(Baddeley,1974)³⁷とその共同研究者たちは、このような二重貯蔵モデルへの疑問から、「二重貯蔵モデルにおける短期記憶の概念をさらに拡充することが必要である。」³⁸と考へ、図序-3³⁹で示すようなワーキングメモリの初期型のモデルを提案した。



図序-3 Baddeley のワーキング・メモリ(第 1 世代モデル)

彼らが、このモデルを提案するきっかけとなったのは、文章の理解と数字の保持という 2 つの課題を同時に行わせる二重課題法と呼ばれる実験である。これは、文章の真偽判断を行いながら、最初に提示された数字の系列を最後に再生するというものである。

即ち、①数字の系列が提示され、記憶することを指示される、②真偽判断を行う文章が提示され、その結果を書く、③①で提示された数字の系列を再生する、という課題であったが、数字の桁数が少ないときは、2 つの課題は互いに影響を及ぼさなかった。しかし、6 桁になると②の真偽判断の成績が急激に落ちていった⁴⁰。

このことは、短期貯蔵庫の容量が限定的であることを示しており、ジョージ・ミラー

35 荻阪真理子、「脳のメモ帳 ワーキングメモリ」、新曜社、2002、pp.17-19.事例として、Warrington,E.K. & Shallice,T, *The selective impairment of auditory verbal short-term memory*, Brain, 92, 1969, pp. 885-896 による。数字の記憶課題に大きな問題を抱えた、短期貯蔵庫に重い障害がある患者が、過去の出来事を正確に思い出したり、一般的な知能テストでも標準的な成績を得たりしたことで、長期貯蔵庫への情報の経路に位置する短期貯蔵庫という考え方に疑問が出てきた。

36 Gillian Cohen , Michael W.Eysenck , Martin E.LeVoi , *MEMORY :A Cognitive Approach ,Open Guides to Psychology* , Open University Press , 1986 , 長町三生 監修,認知科学研究会訳:『認知心理学講座 1 記憶』, 1986,p69.事例として、Baddeley,A.D. and Hitch,G., 'Working memory' in G.H.Bower(ed), *The psychology of Learning and Motivation*, Vol.8, Academic Press, 1974 を挙げて、人間が人の顔や珍しい香りや、本の文章に注意を向けることができたり、掛け算の九九の間違いを指摘したりできるなどの柔軟性を指摘し、静的な短期貯蔵庫という概念の代わりに、動的な作業記憶システム(Working memory system)の概念を導入すべきであると主張した。

37 A D Baddeley, G J Hitch, *Working memory*, G A Bower (Eds) " *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*" Academic Press (New York), 1974

38 荻阪真理子、「脳のメモ帳 ワーキングメモリ」、新曜社、2002、p18

39 理化学研究所脳科学総合研究センター、https://bsd.neuroinf.jp/wiki/中央実行系#cite_ref-1、「脳科学辞典」

40 荻阪真理子、「脳のメモ帳 ワーキングメモリ」、新曜社、2002、pp.19-21 に提示文章の例を挙げて紹介がなされている。

(George Miller,1956)が、短期貯蔵庫には、一度におよそ 7 ± 2 チャンク程度の情報が貯蔵できる⁴¹としたことと合致する。さらに、この実験結果のもう一つの意味は、①の課題において桁数が増えるに従い、短期貯蔵庫の容量がほぼ満杯になっているにも関わらず、②の真偽判断の成績はある程度のレベルで確保されたという事実である⁴²。このことにより短期貯蔵庫には、情報を保持するという機能とは別に、課題を遂行するという能動的に働く部位があると考えられ、このことが、短期貯蔵庫の概念を拡充したワーキングメモリの提案につながっていった。図序-3 において、Visuospatial Sketchpad は、視空間スケッチパッドと訳され、視空間の情報を保持するものであり、Phonological Loop は、音韻ループと訳され、言語的リハーサルを行うときに使われる機能である。また、音韻ループは、言葉を話すために準備している単語を保持しておくときにも使われる⁴³。また、Central Executive は、中央実行系と訳され、視空間スケッチパッドと音韻ループと相互作用して、それらの制御と情報処理を行う認知システムである⁴⁴。

中央実行系に関しては、Norman & Shallice (1980)⁴⁵が、SAS(supervisory attentional system:注意の制御システム)の概念を提案した。以前は、短期貯蔵庫の容量に関しては、情報のチャンクを格納する場所(slot)の限界が少ないという構造上の制約によるものであるとする考え方が主流を占めていた。しかし、最近では、短期貯蔵庫の限界を処理の限界と関連付けて考えるのが一般的となった⁴⁶。学校での授業でも、低学年の児童が一斉に問いかけてきても、せいぜい2~3名分の問いかけにしか対応できないことはよくあることである。そのようなときには、順に対応することしかできない。SAS は、このような思考においての注意を制御するシステムとして提案された。その状況に注意を集中させて、どの児童の対応から先にするかを決定するときも、SAS が利用されているものと考えられる。

バッドリー(Baddeley,1996)⁴⁷は、SAS の概念を組み入れ、中央実行系の機能を細分化し、注意の焦点化、注意の分割、課題のスイッチング、長期記憶とのインタフェースの4点を挙げた。Baddeley & Logie (1999)⁴⁸ は、二つの隷属システムの調整、注意の焦点化とスイッチング、長期記憶内表象の活性化が中央実行系の基本的な機能であり、読解・推論・計算などの高次認知機能に関与し、新しい知識の獲得や問題解決に貢献して目標志向的な行動を支えているとした。中央実行系の基本的な概

41 Miller,G.A,The magical number seven plus or minus two,Psychological Review,63,1956,pp.81-97.

42 理化学研究所脳科学総合研究センター、https://bsd.neuroinf.jp/wiki/中央実行系#cite_ref-1、「脳科学辞典」

43 Gillian Cohen , Michael W.Eysenck , Martin E.LeVoi ,*MEMORY :A Cognitive Approach , Open Guides to Psychology* , Open University Press, 1986, 長町三生 監修,認知科学研究会訳:『認知心理学講座 1 記憶』,1986,p72

44 理化学研究所脳科学総合研究センター、https://bsd.neuroinf.jp/wiki/中央実行系#cite_ref-1、「脳科学辞典」

45 D A Norman, T Shallice,*Attention to action: Willed and automatic control of behavior*,University of California San Diego CHIP Report 99:1980

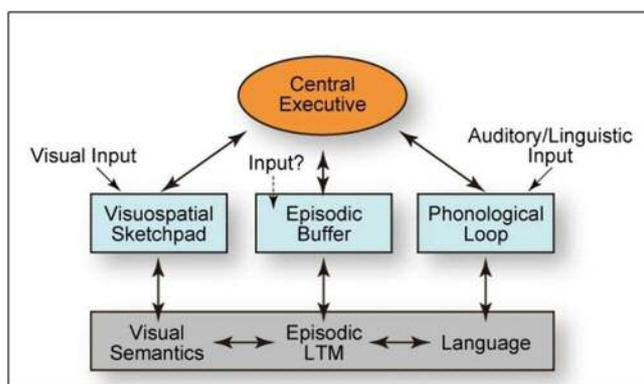
46 Gillian Cohen , Michael W.Eysenck , Martin E.LeVoi ,*MEMORY :A Cognitive Approach , Open Guides to Psychology* , Open University Press, 1986, 長町三生 監修,認知科学研究会訳:『認知心理学講座 1 記憶』,1986,p69を参照。

47 A D Baddeley,*Exploring the central executive*,Quarterly Journal of Experimental Psychology A, 49(1), 5-28:1996

48 A D Baddeley, R H Logie, *Working memory: The multi-component model*,A Miyake, P Shah (Eds) "Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control" Cambridge University Press:1999

念は、1990年代後半のこれらの研究によって形成されたと考えられる。」⁴⁹と論じている。これらの概念は、具体的には次のように捉えることができる。「注意の焦点化」とは、記憶すべき対象に注意を移行することである。「注意の分割」とは、記憶すべき対象を幾つかに分割することである。「課題のスイッチング」とは、注意すべき対象を別の対象に替えることである。そして、「長期記憶とのインタフェース」とは、ワーキングメモリの内容を長期記憶に関係付けることである。

これらのことを受けて、バッドリー(Baddeley,2000)⁵⁰は、中央実行系が長期貯蔵庫と相互作用を行うときに利用されると考えたエピソード・バッファ(episodic buffer)の概念を、第1世代のワーキングメモリに導入し、視空間スケッチパッド、音韻ループ、中央実行系、エピソード・バッファの4要素を持つワーキングメモリの第2世代モデルを提案した。(図序-4)



図序-4 Baddeley のワーキング・メモリ(第2世代モデル)

これには、次のような働きが示されている。

- **Visuospatial Sketchpad** (視空間スケッチパッド)に視覚情報が入力されると、その情報が何かを長期記憶に検索をかけ、**Visual Semantics**(視覚的意味)から回答を得る。

- **Phonological loop**(音韻ループ)に、聴覚や言葉の情報がはい

ると、長期記憶の **Language**(言語)の情報により再認する。

- **Episodic Buffer**(エピソードバッファ)への入力是不明で、長期貯蔵庫にあるエピソードが呼び出される。

バッドリーは、**Episodic Buffer** の外部からの入力是不明としているが、次のような場合はどのように考えられるだろうか。過去の失敗を思い出し、回避行動を取る場合は日常でもよく見かける。目の前の情景を見て、同じ過ちをしないように、行動を修正することが大切である。このとき、視空間スケッチパッドには、目の前に広がる情景が入力されているにも拘らず、過去の失敗のエピソードが蘇ってくる。このようなときは、目の前の情景がアンカー(anchor)となっていると考えられる。その情景をよりどころとして、失敗をしないような次の行動が決定される。

これまで、記憶の機能について、過去の理論から短期貯蔵庫の最も新しい理論であるワーキングメモリの仕組みまでを概観してきた。これまでの議論から明らかなように、知識の獲得はもちろん、認知過程の全てが、短期貯蔵庫のワーキングメモリ内で行わ

49 理化学研究所脳科学総合研究センター, https://bsd.neuroinf.jp/wiki/中央実行系#cite_ref-1, 「脳科学辞典」

50 Baddeley, *The episodic buffer: a new component of working memory?*, Trends Cogn. Sci. (Regul. Ed.): 2000, 4(11);pp.417-423

れるという結論が得られた。このことにより知識の獲得は、外界からの様々な入力に対して中央実行系が、注意を向けられた部分のリハーサルを行うことにより、納得した意味を長期貯蔵庫(長期記憶)に送ったり、状況に合わせて注意を適切に振り分けたりして、関係する情報を長期貯蔵庫(長期記憶)から引き出し、情報の性質により視空間スケッチパッドや音韻ループ、エピソードバッファに入力して処理し、再び長期貯蔵庫に転送することになる。このような短期貯蔵庫の働きにより、納得する(分かる)ことが知識の獲得と考えられる。このようなことから、中央実行系は思考を司る本質と考えられる。このような仕組みが備わって、知識が獲得される。

1-4 概念再構成の重要性

これまで見てきたように、児童の記憶には授業を通じて様々な情報が入力され、短期貯蔵庫におけるワーキングメモリの働きによって概念が形成されることになる。ただし、このような概念の形成には問題もある。なぜなら、ある課題に対して児童が、正しいと確信を持った考えは、結論に至るプロセスの中で使われた経験的知識や既存の概念も極めて個人的であり、他の児童も納得できるような客観性に欠ける部分が含まれる可能性が否定できないからである。例えば、分数の割り算の学習で、理解したことを説明する活動において、「分数の割り算は、割る数を逆数にして掛け算に直し計算する。」という説明は、分数の割り算の仕方に関する正しい意味記憶であり、正しい概念が形成されている。しかし、「分数の割り算は、割る数を逆数にする。」や「分数の割り算は、掛け算にして計算する。」などの説明は不十分であると捉えられる。しかしながら、このように説明した児童は、正しいと納得しているのである。自分の考えに納得したからと言って、他者が納得するかは別問題であり、学習過程のどこかでは必ず解決しなければならない課題である。

知識は教えられて暗記するものではなく、児童が自身の持つ概念を概観し、不足していると自認したり、十分であると納得したりして、能動的に短期貯蔵庫やワーキングメモリでの思考によって獲得する(意味記憶を形成する=概念化する)ものでなくてはならない。かつて、ヴィゴツキー(Vygotsky)はその著書「思考と言語」において、「科学的概念は、子どもの個人的経験の過程というよりは、学校教育の過程によって、まったく違った仕方で発生し、形成される。」⁵¹と述べた。教育を行う者にとって、児童の持つ素朴概念が、学校教育の過程において科学的に再構成されることを示す力強い言葉である。また、三宅(三宅なほみ, 2008)は、大学生を被験者として、獲得した知識をもとに学生自身が造り上げた概念の説明の変化を概念変化の指標として分析し、「2年にわたる説明の変化を分析すると、中間的に自ら納得のゆく説明が一旦現れ、その後さらに多様な他者に対して説明を繰り返す中で一旦納得した説明を吟味し直し再構成する現象が観察される。このような構成—吟味—再構成の過程を経た

51 ヴィゴツキー著 柴田義松訳、「思考と言語」、新読書者, 2001, p243.

のち、学習者の行う説明はさらに自発的な協調的吟味によって、より柔軟で多様な視点を含んだ説明に変化することがある。こういった柔軟で多様な視点の獲得は、新しい資料に対して疑問を持つことや資料を批判的に見る視点の獲得などと共起する傾向が観察されている。⁵²と結論付けている。三宅は、大学生に対して行った、自己の概念を説明させるという意図的な概念変化の実験により、柔軟で多様な視点の獲得だけに限らず、クリティカルな思考態度までもが共起するという概念再構成の効果を指摘した。

小学校の児童が獲得した概念は、未成熟な素朴概念であるが、児童によっては科学的概念に近いものを持つようになる者もいる。そのような児童は、他の児童に説明する能力においても優れている。古川(古川美樹, 2013)は、小学校5年理科の「ものとのけ方」の単元で、水や水に溶かした食塩など児童に見えない物質を、○や●などの絵図で表し外化する授業を行った。この授業においては、児童は全員、小型のホワイトボードを思考のためのツールとして利用し、心象をボードに描いて外化することにより、自己の考えを概観した。その結果、児童の素朴概念が再構成され、粒子性を用いて「とける」ことの説明をする児童が現れたことを報告した。また、これらの児童の説明能力は、授業後に向上したことも報告している⁵³。小学校においては、授業のなかで、このように児童が一度獲得した自己の概念を概観し再構成することを通して、素朴概念を科学的概念に近づけることが重要である。

2. 児童の概念形成における一般的な現行授業の問題点

2-1 教師や児童の持つ言葉の概念の問題

授業での教師とのコミュニケーションにより、児童は事柄や言語の概念を形成する。しかし児童が、話者の話を聞く力を持っていても、教師の発話した言語についての概念を持ち合わせていない場合は、学習内容や言語についての概念形成ができないことがある。教師は自身が発話する言語が児童に伝わるものと考えて発話を行う。しかし、教師が発話した言語の概念を、児童が持ち合わせてないことは、授業のなかで時々起こる児童の概念形成を阻む要因である。教師は、発話に際して児童のスキーマを予測する。しかし、このような事例は、教師と児童とのスキーマの違いに起因することが多く、その場合教師は、児童の表情や反応により発話の内容を変えたり、ジェスチャーを用いたりしながらコミュニケーションを図ろうとする。

また、同じ言語であっても、教師と児童の概念が異なる場合も教師の発話内容で伝えられる概念が児童に伝わらず、別の概念と捉え再認してしまうことがある。例えば、5年生の理科で扱う「とける」という言語の概念は、教師は「溶解」と解釈し授業を行お

52 三宅なほみ、「協調過程による概念変化」、日本認知科学会第25回大会ワークショップ, 2008

53 古川美樹、「小学校における学習要素のイメージ化と学習効果に関する研究 ～小学5年「ものとのけかた」における児童の説明態様の変化について～」, OpenForum 放送大学大学院教育研究成果報告, OpenForum 編集委員会, 2013, pp.40-46.

うとするが、児童の殆どは「融解」を想起することが分かっている⁵⁴。従って、第1時目には、「とける」という言語の持つ2つの概念について指導する必要がある。現代において、食塩や砂糖などの溶質を水に溶かすという経験が、以前に比べて極端に少なくなつたという児童の生育環境による問題と言えよう。

言語により行われる小学校の授業において、これらは、児童の概念形成のなかでも教師側の問題として捉えられる。

2-2 学習指導過程における児童の概念形成の問題

知識の獲得と概念形成は、僅か数10秒間しか情報を保持することができない短期貯蔵庫(短期記憶)のワーキングメモリ内でなされている。その中においては、外界からの情報が、視空間スケッチパッドや音韻ループ、またエピソード・バッファに入力され、リハーサルを繰り返しながら、最終的に長期貯蔵庫に保存され知識として獲得される。それをもとに概念化がなされることになる。長期貯蔵庫に保存されるのは、意味記憶とエピソード記憶であり、保存される前には、おそらくは「納得」という心的過程があったものと考えられる。先にも述べたが、教師から与えられる知識は、一般化された知識であるが、それでも「腑に落ちる」や「腑に落ちない」という言葉があるように、学習で経験した事象を思い出しながら、因果関係を確認したり、意味を推測したりするなどにより、児童が自分なりの解釈を行って初めて納得できるものである。このような活動は極めて個人的な活動であり、概念獲得のために必ず行う必要がある。従って授業では、児童がじっくりと考える時間を確保することは、児童の概念形成のためには最も重要である。

しかしながら、45分の時間のなかで、そのような時間を確保することは容易なことではない。実験・観察を伴う理科の学習の流れを見れば、①提示されためあてにより、本時で学ぶべき内容を理解する、②記憶想起し、観察・実験の見通しを立てる、③考えた観察・実験の方法について、実験を共に行う児童と一緒に考える、④観察・実験を行い、結果をノートにまとめる、⑤観察・実験の結果を班ごとに発表し学級全体で共有する、⑥学習のめあてと観察・実験の結果から分かったことを発表し学習を振り返る、などが一般的に行われている手続きである。このなかで、児童がじっくりと考えるのは②のみである。ふつう②の時間は、多くて数分程度である。単元の指導計画においても問題がある。教師が指導計画を作成する場合、教科書の内容を吟味し、45分で指導可能な区切りを設定する。ところが、それぞれの指導時間でまとめた内容は、その時間で完結しており、次の指導時間やその次の指導時間に復習することは時間的にも厳しく、その内容にほとんど触れることができないことが多い。概念形成のためには、何度もリハーサルを行い、獲得した概念を思考のプロセスに取り上げて再度吟味

54 古川美樹、「小学校における学習要素のイメージ化と学習効果に関する研究 ～小学5年「ものどけかた」における児童の説明態様の変化について～」, OpenForum 放送大学大学院教育研究成果報告, OpenForum 編集委員会, 2013, pp.40-46.

する必要があるが、学校教育では教えるべき内容と指導時間の関係からほとんどなされていないのが現状である。従って、概念化された知識は、評価テストまで長期貯蔵庫に保持されたままとなっている。このように、児童がある知識を獲得しても、現在の学校教育の指導システムでは、自己の概念を確認し再構築することは、ほとんどないと言っても過言ではない。

2-3 授業により構成された児童の概念

児童は授業を通して教科・単元の概念を構成する。例えば、国語科の物語文の学習では、登場人物の行動や発話、心情など学習によって体験した事柄が一つのその物語の題名とともに長期記憶に保存される。だからこそ、登場人物がどのように振舞って何を言い、考えたかを問われたときに、的確に発話することができる。また、算数科の図形の学習では、与えられた問題に合う図形を定規やコンパスなどを利用し描くことができるようになる。これも、図形の作図の手順が長期記憶に保存されているからである。児童が学習において経験した内容は、その児童の長期記憶に保存されている。しかし、その保存されている内容は一人一人異なっており、同じ問題を同じように回答した児童がいたとしても、長期記憶に同じように保存されてはいない。児童の知識モデルは、独特である。

ところが、児童の知識がどのように保存されているかを確認する手段がこれまではなく、教師は評価テストの結果として、知識が概念として存在することしか知り得なかった。しかしながら、個々の概念を一つのノードとして捉える意味ネットワーク・モデル⁵⁵として児童の概念を表象できるとすれば、教師は児童が持つ構成概念を、これまでよりもより確実に把握することができるはずである。問題は、児童が自身の構成概念をノード・リンク構造として表現できるかである。もし概念と概念が関連していることを意識できれば、かなり正確に児童がそれを表現することは可能となる。また、関連していると意識するということは、概念と概念のつながりが説明できるということであり、極めて個人的な活動の姿となり、授業の中でも確認できるはずである。

2-4 問題点のまとめ

これまで見てきたような問題点をまとめると、まず、児童の持つ言語に関する概念の有無や一人一人の児童が持つ言語の概念の違いが新たな知識の獲得と概念化に影響することが示された。児童の持つ概念は様々であり、教師は授業のなかで児童の誤概念を修正しながら授業を進める必要がある。従って、教師のどのような発話が児童の言語に関する概念を修正することができるかを解明することは、授業を行う教師にとって重要である。

55 Collis,A.M., & Quillian,M.R.,*Retrieval time from semantic memory*,Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior,8,1969,pp.240-247.ここで用いるノード(Node)とは、概念と概念を繋ぐ結節点という意味であり、以下、同様な意味で用いる。

さらに、授業の構成にも学習内容を想起する過程がないという問題点があることも確認され、児童が概念を再構成することが難しいという指摘がなされた。これについては、授業構成を変え、児童が一度獲得した概念を再構成する方法と仕組みについて議論する必要がある。

また、その方法により児童が知識を表すことができれば、自身の概念を俯瞰することにより自己の構成概念を児童自身が修正できる可能性もある。さらに、自身の考えを他の児童に説明するときに、表象した考えを提示しながら説明を行うことも可能になると考えられる。

3. 研究の意義と目的

3-1 研究の意義

「生きる力」のなかでも本論と関係する「確かな学力」は、児童が将来様々な困難な状況に直面した時、それらの問題を解決するためにも必ず身に付けさせなければならない。この学力は、獲得し、そこにある知識ではなく、新たに獲得した知識を既存の知識と関係づけ概念化するプロセスを経て培われるものである。なぜならば、知識・技能を活用して課題を解決するためには、関連するスキーマを検索し、既存の概念等を想起する必要があるからであり、この検索が成功するためには、経験として獲得した知識を既存の概念と関係づける必要があるからである。

従って、課題に応じてスキーマを検索し、既存の概念やエピソードを想起する力を身に付けさせるためには、児童自らが獲得した知識を概念化するプロセスを学校教育の教授過程に位置づける必要がある。しかし、1の1-3で指摘したように、児童が知識を概念化したプロセスは極めて個人的であり、客観性に欠ける部分が含まれることから、さらに再構成する必要がある。他者の納得を得るための学習過程も同時に位置付ける必要がある。

知識の概念化とは、長期貯蔵庫に保持されているエピソード記憶から意味記憶を形成したり、それを何度もリハーサルすることにより手続き的記憶に昇華させたりすることである。そのためには、学習過程に記憶を想起(再生・再認・再構成)する活動を位置付ける必要がある。さらに、概念化した知識に客観性を持たせるために、他者に提示する場面も必要となる。このような記憶想起については近年研究が進み、そのメカニズムが徐々に明らかになってきた。理化学研究所脳科学総合研究センターが、学生や研究者を対象としてインターネットで公開している脳科学辞典によれば、「想起は状況に応じて想起した記憶の不安定化、再固定化、消去学習、記憶連合などのプロセスを誘導することが知られており、元の記憶を修飾する機能を持つと考えられている。」⁵⁶と記されている。このようなことから、学習過程に記憶想起を位置付けるこ

56 理化学研究所脳科学総合研究センター、「脳科学辞典」, <https://bsd.neuroinf.jp/wiki/記憶想起>, アクセス 2017/9/18

とにより、児童の記憶が一旦不安定になったり、更なる納得により再固定化されたりする現象が確認されるものと思われる。

実際の授業での記憶想起は、手がかり再生によって、単元の学習中に児童が経験したエピソードや既に持ち合わせている概念を表出し確認することになる。このように、児童が自己の記憶から経験したエピソードや概念化した知識(意味記憶)を取り出し、それについて思考するときは、一切他者と接することなく、全てが個人的な枠組みのなかでなされなければならない。このような学習は、これまでほとんどなされなかった学習過程である。

本研究を行うとき、ヴィゴツキーの内言観と佐伯の「わかる」の解釈が、おそらくは児童の学習過程のなかで観察されるものと推測する。

即ち、ヴィゴツキーが児童の科学的概念は、学校教育において、児童の個人的な経験と全く違う方法で形成される⁵⁷と主張した意味を、学校教育に携わる者は現に受け止めなければならない。授業で児童が獲得する知識から概念を形成するとしても、そのほとんどは素朴概念に過ぎない。なぜなら、児童が知識の獲得に思考した時間は、ほんの僅かな時間でしかないからであり、自身の持つ多くの素朴概念やいくつかの科学的概念との関連についても、児童は、ほとんど検討していないと考えられるからである。即ち、新たな知識を得た児童が、その解釈に十分に納得したとは思われない。学齢期の児童の思考的な発達について、ヴィゴツキーは、ピアジェの言う自己中心的事業の考えに反論する形で次のように述べている。即ち、「われわれの研究は、子どもの自己中心的事業はきわめて早くからかれの活動においてきわめて特有の役割をはたしはじめるという結論に、われわれを導いた。」⁵⁸と、自己中心的事業の意義を強調している。とするならば、児童が知識の獲得を受けて科学的概念に向けて思考するためには、自己中心的事業を以て思考することが重要であると結論付けられる。ヴィゴツキーは、自身が行った児童を被験者としての児童の活動に妨害や攪乱を与えた実験において、児童が発した自己中心的事業が、児童自身との議論であることを確認している。さらに、同様の実験をもっと年長の児童に対して行ったが、もはや自己中心的事業は発せられず、内言で行うことを確認している。そして、自己中心的事業に対する結論として、「自己中心的事業は、どうやら純粋な表現機能・放電機能(註:おそらくは激しい感情の表出)のほかに、子どもの活動にたんに随行するということのほかに、きわめて容易に本来の意味における思考の手段となる、すなわち行動のなかで生じた問題解決のプランを形成するという機能を遂行しはじめるのだ。」⁵⁹とも述べている。一方、「わかる」ということについて佐伯(佐伯胖, 1975)は、4つの提言を行っている。即ち、①「わかる」とは「わからないところがわかる」ことである。②「わかる」とは、「絶えざる問いかけを行う」ことでもある。③「わかる」とは、「無関係であ

57 ヴィゴツキー著 柴田義松訳、「思考と言語」、新読書者、2001、p243

58 同上 p58

59 同上 p59

ったもの同士が関係づいてくる」ことであろう。④「わかる」とは、死にいたるまでわかりつづけていくこと⁶⁰、である。

ヴィゴツキーや佐伯のことばから浮かび上がる本研究により観察される児童の姿は、内言を以て思考する姿であり、事柄の関係性に気づく姿であると推測される。

本研究で重要なことは、児童が自身の記憶に保持されている記憶を呼び起こし、「今、自分は何を分かっているか。」と概観できることである。

3-2 研究の目的

これまで述べてきたように、確かな学力は、児童が新たに獲得した知識を既存の知識と網目状的に関係づけ、概念化するプロセスを通して初めて身に付けられるものである。網目状的な関係とは、学んだ知識の一つ一つが、児童自身が納得する理由によって、別の知識と意味を持って結びつくことを、児童自身が自認できる関係のことである。このような知識の結びつきは、記憶過程の処理水準理論における精緻な処理と考えられることから、長期にわたり保持され、「確かな学力」として児童の課題解決に利用される。

(1) 教師の発話による児童の誤概念の形成とその修正

本研究はこのように確かな学力を培うため、初めに、児童への情報伝達過程に着目し、小学校の授業における基本的な手段である教師の発話による情報の伝達について考察する。なぜならば、児童が獲得する知識の多くは、教師の発話によってもたらされるからである。しかしそれらの理解について児童の反応を見ても、明らかに教師の発話した内容を理解できていないと思われる児童が授業中には見受けられる。

そこで、まず、教師の発話においてどのような場合に正しい情報伝達がなされないのかを、実際の授業を行うことにより示し、それにより生じる誤概念の形成過程を明らかにする。次に、教師のさらなる発話等によって誤概念が修正される過程を示し、その場合の要件について実践的に解明する。

(2) 学習により記憶された知識や経験の表象

次に、どのような手法を用いれば児童が自身の獲得した知識を概念化し、既存の概念と関係づけられるかについて明らかにする。

一般的に、様々な教科において児童が獲得した知識は、単元ごとの授業において違いはあるが、ノートやワークシートに形式知として記述することによりまとめられている。しかしながら、児童が身に付けるべきものは、記述した知識だけではなく、授業の中で行われた体験等の記憶も重要である。このように考えれば、一つの単元において児童が獲得しなければならない学習内容は、多岐に渡っていると言えよう。これらの内容が網目状に連関し、児童がそれらを意識することが確かな学力を培うのである。なぜならば、算数科の公式や理科における自然の事物・現象は、それだけを暗記し

60 佐伯勝、「学びの構造」、東洋館出版社 1975、pp61-63

ただけでは、公式が導かれた過程や意味、自然の事物・現象の因果関係を説明することができないからである。児童の学習にとって重要なことは、学習の結果や経験がどのように結びついているかを、児童自身が明らかにできるようにすることである。

そのためには、まず、学習が終了した時点で、児童一人一人がそれまでの内容を想起することにより、獲得した知識が長期記憶に保持されている既存の概念等と、どのような関係をなしているかを確認する必要がある。従って、これまでにない新たな学習過程として、記憶を想起させる学習活動を設定し、それは想起した記憶を表象するものでなければならないという結論に至るのである。実際には、想起した内容を書き表すという学習行動が新たに必要となる。

想起した内容の表象形態としては、学習した単元名から連想される言語を、次々に時系列で書き出させたり、学習した内容を表す文章を書かせたりなど色々考えられる。認知神経科学の知見を教育に応用した J・T・ブルーアー(John T. Bruer, 1993)は、その著書において、知識の貯蔵状態を表すスキーマの例として意味ネットワーク・モデル⁶¹を採用している。また、その著書を監訳をした森敏昭は、「人間の知識モデルの一つである意味ネットワーク・モデルでは、個々の概念は一つのノードで表され、意味的に関連のある概念どうしがリンクで結びつけられて、意味的関連性に基づくノード・リンク構造を成していると仮定されている。」⁶²と述べている。このようなことから、本研究において単元の学習が終了した時点で行う学習内容の想起活動でも、ノード・リンク構造によって概念のつながりが俯瞰できる意味ネットワーク・モデルを知識モデルとして採用することにした。

本研究においては、小学生が記憶を想起し自身の既存概念を、意味ネットワーク・モデルの形で書き出すことになる。この意味ネットワーク・モデルでは、児童が更なる概念形成を行うために、想起した知識や既に形成した概念を書き出し納得しながらつなぎ、網目状的に関係づけることが重要である。従って、ノードには言語や心象を表す絵図が描かれることが予想される。

そこで、書き方を含め、初めの提示の仕方などの検討を行い、児童ができるだけ詳しく表象できるための方策を実践的に研究する。さらに描いた後、児童が描いた知識モデルを学習にどのように活用していけばよいかについても検討を行うことにする。

(3)知識モデルによる児童の学習評価

学習指導の評価に関しては、児童の理解の程度を知るために評価テストを実施することが一般的であり、実際にはテスト作成業者の評価テストを購入して利用している。従って、小学校の教師は、中学校の教師と異なり評価テストを作成しない。この評価テストは、各作成業者が教科書ごとに内容を調査し作成しているので、教科書準拠となっている。例えば理科の場合、「関心・意欲・態度」を除いた、「知識・理解」、「観

61 箱田裕司, 都築誉史, 川畑秀明, 荻原滋, 「認知心理学」, 有斐閣, 2010, pp.193-194

62 J・T・ブルーアー 著, 松田文子, 森敏昭(訳), 授業が変わる, 北大路書房, 1997, pp.23-24

察・実験の技能」,「科学的な思考・表現」の3観点で,テスト業者が教科書の指導展開に合う内容にまとめて評価テストが作成されている。そこで使用されている絵図も,ほぼ教科書で使用されている絵図に近いものとなっている。このような評価テストは,現場の教師からのフィードバックを受けて毎年その内容をより良いものに更新しているが,学習内容の全てを網羅したものにはなっていない。それは小学生の能力を考慮し,最も多い設問数で25問程度を45分で解答できる分量にまとめられているからである。従って,これらに含まれない内容については,評価を受けずに単元の学習が終了する。このようなことから,一部教師が,単元指導を行う前に購入した評価テストの中身を調べ,その内容に合う指導を行っていることも事実であるが,これは本末転倒である。

意味ネットワーク・モデルで表される知識モデルは,学習によって児童が獲得した知識が,既存の概念や獲得した新たな知識とどのようなつながりを持っているかが表されていたり,児童が獲得した知識をどのように解釈したかが表現されていたりすることから,学習の成果として児童の理解がどのようになされたかを知るのに都合がよい。本研究では,児童の知識モデルと学習の評価の関係について検討を行う。

(4)概念形成におけるエピソード記憶の利用

児童の新たな概念は,学習が進行するなかで形成される。概念化した一般的な知識である意味記憶や,ある事柄の個人的なイベントであるエピソード記憶は,記憶想起において言語により表象される。これらは,その内容と表現によって意味記憶とエピソード記憶に区別される。意味記憶は,事柄の一般的な機能やメカニズム,特徴などを表す記憶であることから,文末表現が「～である。」や「～となる。」など事柄が,どのような状態であるかという表現がなされることが多い。一方,エピソード記憶は,個人的経験に基づく記憶であり,時間的・空間的文脈の中に位置づけられる記憶であることから,「～をした。」や「～見た。」など自分が過去に経験した行動の表現であることが多い。しかしながら例えば,理科の実験の経験において,「ホウ酸は,あまり溶けない。」や「食塩は15g～20gまで,水50mLに溶ける。」などの表現は,児童が経験したある日の授業の心象を表現していることから,エピソード記憶と判断できる場合もある。ただしこの判断には,どのような授業を行ったかという,授業者である教師が持っているエピソード記憶と照合する必要がある,第三者には判別しにくい面もある。

このように考えると,作成された知識モデルを見れば,意味記憶やエピソード記憶が表出された姿を確認できる可能性がある。知識は,意味記憶と関係が深いと考えられるが,エピソード記憶はどのように利用されているかという,記憶想起時における意味記憶とエピソード記憶の関わり方についても,表象された児童の知識モデルを詳しく調査する必要がある。

(5)学習のまとめとして知識モデルを作成することの優位性

学習により獲得した知識を文章により表現する手法は,一般的に行われている。し

かしながら、学んだ内容を記憶痕跡から直接抽出し文章化することに抵抗のある児童が多く、このような学習はあまり好まれていない。これに対して知識モデルは、関連する内容を次々に想起させてつなげていくことにより、自身の知識を絵的な広がりとして確認することができる。学習が終了した時点で児童が描いた知識モデルには、記憶想起により長期記憶に保管されていた知識やエピソードが、文字や絵図となって表象されることになる。これまで、リハーサルすることなく評価テストを受けていた児童は、知識モデルを概観することにより自己の概念がどのように関連しているかを実感することになる。概念化した知識のモデルを作成することが、文章を羅列的に書き表すことよりも有効な学習法であると言えるかどうか検証することにした。

以上のことをしながら、獲得した知識同士や既存の概念、記憶などとの関連性に気づくことの重要性についてまとめていくことを、本研究では目指していくことにする。

4. 仮説と方法

4-1 仮説

以上の意義と目的を踏まえ、本論文では次のような仮説を設定することとした。

(1)仮説①「教師の発話に起因する児童の誤概念は、教師の別の発話やジェスチャーにより修正される。」

児童の学力は、論理的な根拠に基づく科学的な概念によって支えられる。その概念は言語によって表象される。従って、児童が正しい概念を形成するためには、児童が授業で交わされる言語を正しく再認する必要がある。しかしながら、実際の授業においては、児童がそれらを理解できずに、誤概念を形成する場合が少なからずあることも事実である。そのような誤概念の形成は、主に授業を行う教師の発話によってもたらされる。もしこのようなことがなければ、児童に初歩的な学問を指導するのは、極めて簡単な作業である。従って、小学校の教師は、発話内容を正しく伝えることに常に留意しながら授業を行っている。一方で児童どうしの会話は、教師の発話以上に効果的な場合が見受けられる。小学校の授業において、時々みられる「小さな先生」である。これは教科指導の特に作業的学習において、一人で指導する教師が多くの児童に対して同時に対応できない場合、まず一斉授業において教師の説明を比較的早く理解し作業が進んだ児童を抽出する。次に、それらの児童を「小さな先生」として、作業が遅れている児童にマンツーマンで対応させ、教師は、その過程をマネジメントする。このとき、「小さな先生」とされた児童は、自身の発話により、作業が遅れている児童に対して支援を行うのである。このような指導法が有効な理由は、児童同士が共通に持っているスキーマを上手く利用し、発話しているからである。児童の説明能力は、学習が進むにつれて、具体的な説明態様から、一旦抽象的な説明ができるように

なり、次の段階には相手に合わせて具体的に説明ができるようになる⁶³。「小さな先生」は、相手が理解する言語や共通に記憶している事例を出しながら、相手に合わせた言語を遣って説明を行うのである。同じ学校に通う児童は、同じ経験をし、地域では共に生活をしていることから、様々な事柄に関するスキーマを共通に持っている可能性がある。

従って教師が、「小さな先生」が行う支援のように発話するためには、児童のスキーマを推測し、児童が経験して知っていると考えられる内容を推測して発話したり、言語の意味を表すジェスチャーを行ったりする必要がある。このようにすることにより、教師の発話により形成された児童の誤概念は修正されるものと考えられる。

(2)仮説②「児童の知識モデルとして、意味ネットワーク・モデルの手法により、児童が自己の概念を概観できる形で表象し、それらの関係性を考える機会や他の児童に説明する機会を設けることにより、概念の再構成が可能となる。」

教師の発話による誤概念の形成の問題が解決された後、児童は学習を通じて記憶した授業のエピソードや知識を記憶に留め保持する。しかし、記憶は、必要に迫られて初めて利用できるようになるが、想起する必要のない記憶やリハーサルをしない記憶は徐々に消失する。即ち、これまでのような一過性の学習過程では、多くの記憶が学習終了後にほとんど利用されず消え去り、概念形成ができなかった児童が多かったと考えられる。それでも、小学校では、国語科や算数科に限っては、家庭学習という課題が記憶の消失を阻んでいたが、学習した内容の全てをカバーしたとは考えていない。

このような消極的な概念形成に対して、本研究で計画する記憶想起を主要な手段として活用する概念形成過程は、学習によって獲得した知識を、納得を伴う児童の精緻な思考過程により、既存の概念や獲得した他の知識とを一連の関係としてつなぎ合わせる、言わば積極的な概念形成と言える。このような学習活動は、リハーサルとしての機能も有し、記憶の再固定化にも有効であろうと考えられる。本研究では、このような学習過程を、単元の学習が終了した段階で計画することから、学習計画上は1時間程度の追加となる。

本研究で児童に描かせる知識モデルは、意味ネットワーク・モデルを基本としているが、児童が描くことに抵抗を感じず、能動的に作業が行える形に修正を施し実践する必要がある。これまでに行った研究により、学習要素をイメージ化することで、ある程度の学習効果を期待できることから、ノードには思考した心象も描かせることが重要であると考えており、また児童が、ノードには単語だけでなく文章も書きこむことは容易に想像できる。即ち、自身が思考した結果を次々と書き広げていく学習の喜びや楽し

63 古川美樹、「小学校における学習要素のイメージ化と学習効果に関する研究 ～小学5年「ものものかた」における児童の説明態様の変化について～」, OpenForum 放送大学大学院教育研究成果報告, OpenForum 編集委員会, 2013, pp.40-46.

さが、小学校という学習過程には重要な要素であることに共感する教師は多いものと考えている。

本研究では、児童が自身の知識を対象とした記憶想起の学習活動により、概念の再構成が可能となると仮定した。概念の再構成とは、ノードに書いた概念の間違いに気づき修正を行ったり、ノード同士の繋がりに変更を加えたりすることの他に、知識モデルを描きながら新たにノードを付け加えたりすることをいう。前者は、自分の理解として、ある事柄の概念が分かっていた場合に、その概念の文字や絵図での表象を客観的視点で見たことによる誤概念の気づきである。後者は、ノードを描き連ねていく際の、新たな概念の気づきである。何れにおいても、意味ネットワーク・モデルで表象したことにより可能となるもので、このような学習活動を行わなければ、修正もされず、新たな概念の形成も起こらない。このような積極的な概念形成では、児童が自己の概念を俯瞰し、客観的に判断できることから、概念の再構成が可能となるのである。客観的判断の契機としては、

- ①作成した知識モデルと教科書等を見比べて自身の誤概念に気づく。(内的気づき)
 - ②友達に対する説明活動により気づく、または気づかされる。(外的気づき)
- の2つが考えられる。

4-2 検証の方法

(1) 仮説①の検証の方法

小学校の教師の専門性の一つは、児童が理解できる言語を用いて、全ての指導ができることである。しかしながら、児童の語彙力の見極めを間違え、難解な言語を発話してしまい、児童が再認できなかつたり、誤概念を形成したりしてしまう場合がある。

仮説検証では、このように教師の発話により、児童が誤概念を形成する場合の再現を行うこととする。この授業は、理科の発展学習として位置づけられ、児童にとってほとんど理解が困難と考えられる理科的な難解語句を教師が発話し、児童が誤概念を形成した後に、別の追加発話(言語)やジェスチャー(心象)でそれらの修正を試みるものである。この発話やジェスチャーによって児童に伝わる言語や心象の情報は、児童一人一人のスキーマにかなりの確率で存在すると推測され、児童の意味ネットワークにおいて、難解語句の概念化として意味の解釈に機能すると考えられる。また、追加発話する言語は、品詞としては児童が心象を抱きやすい名詞を用いることにする。このようにすることにより児童の概念は、外化させ確認することができるようになる。従って、教師の発話ごとにその概念を絵図で描かせ、正しい概念か否かは調査を行う教師が判断することにした。このような作業を幾つか行い、教師の発話内容と児童の描いた絵図を比較検討し、児童の誤概念がなぜ生じたのか、或いはなぜ修正できたのかについて考察する。また、この検証は、いくつかの学級において実施する予定で

あることから、シナリオを作成して発話することとする。

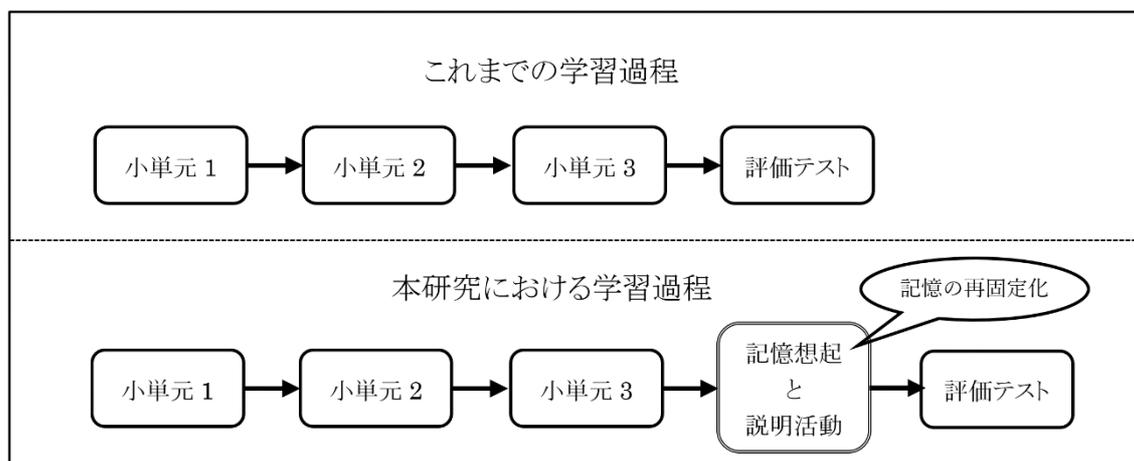
このような検証授業を通して、教師がどのようなことに留意すれば誤概念を形成させないか、また、誤概念を形成させたとしても、どのような再発話により誤概念が修正されるかについて考察を行う。

(2) 仮説②の検証の方法

学校教育における知識の獲得と概念化については、記憶想起による積極的な概念形成によってなされると仮定した。

仮説検証は、他の教科に比べて体験活動が多い理科の学習において実施する。理科の学習での実験や観察は、エピソード記憶として保持され、その結果に至る過程の記憶を想起することは、因果関係に対する精緻な思考となりうる。一般的に理科の授業は、課題を捉え実験を行った後に結果を確認し、児童からの発言を受けて全体で結果について考察を行い、事物・現象の因果関係を中心にまとめて終了する。このような小単元の学習がいくつか組み合わせられて、単元の学習が構成されている。しかし、これまでの学習過程では、学習が終了したとしても、記憶想起を行うことはなく、理解しているかどうかの判断は評価テストにより行われていた。

本研究においては、単元の学習が終了した時点で学習した内容を児童に想起させ、その内容をノード・リンク構造で表すという学習課題を与える。さらに、作成した意味ネットワーク・モデルを使って他の児童に説明をするという学習活動を行う。



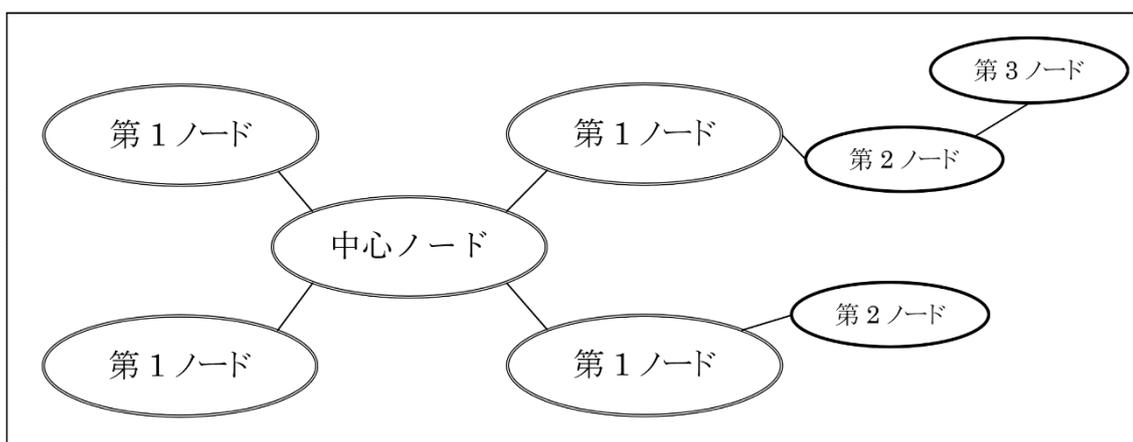
図序-5 これまでの学習過程と本研究における学習過程

図序-5の例で考えると、これまでの学習過程は、評価テストの直前に小単元3が実施されており、その内容については、児童の記憶はまだ忘却することなく残っている可能性が大きいと考えられる。しかしながら、小単元1の学習からは、かなりの時間が経過しており、学習の内容によっては、多くの児童の記憶からその内容が消失している可能性があり、そのような状況のもとで評価テストを受けることになる。ところが、本

研究で行う学習過程は、小単元 3 の終了後に記憶想起と説明活動を行うので、小単元 1 や 2 など、消失しかけた記憶の再固定化が起こる可能性がある。

この学習過程で児童が描く知識モデルは、学習によって獲得した知識が、記憶想起によって、既存の知識や獲得した別の知識などと網目状に繋がりを持つノード・リンク構造で表される。このような意味ネットワーク・モデルに関しては、その発展型として活性化拡散モデル⁶⁴も示されており、ともに概念としてのノードと結合関係としてのリンクにより表象され、知識がどのように連関しているかを見ることができる。しかしながら、このような知識モデルをそのまま小学校の現場に適用するには難しさがある。その最も大きな原因は、児童が知識モデルについて十分に理解することが、不可能であるからである。即ち、意味ネットワーク・モデルの説明で用いられる「isa」⁶⁵というラベルを持つ下位概念から上位概念へと向かうリンクや、ある概念からその概念に向かう特性を表したリンクについて、児童が理解することは困難である。これが、大学生を被験者として行う場合は、完全な理解のもと検証を行うことができるが、「全ての児童が」という条件では、児童が意味ネットワーク・モデルについて理解できない以上は、これらのモデルの概念全てを適用して検証することはできない。

従って、本研究で児童に描かせる知識モデルは、ノードには、児童が学習したことによって理解した事柄の概念を書(描)かせ、リンクによって関係する事柄を結ばせることにする。このようにして描かれたノード・リンク構造は、意味ネットワーク・モデルの性格を持ってはいるが、言わば児童の表象に合うモデルとして提案すべきものであると考える。このような考えに基づき、学習終了時の記憶想起によって児童に書かせる知識モデルの構造は、次のようになる。



図序-6 学習終了後に児童に書かせる知識モデル

これまでの指導の経験上、児童に考えを書かせる場合、閉ざされた領域に書くように指示すると比較的スムーズに児童は考えを書くことができる。このような児童の特性

64 箱田裕司, 都築誉史, 川畑秀明, 荻原滋, 認知心理学, 有斐閣, 2010, pp.193-197

65 高野陽太郎, 「認知心理学」, 放送大学教育振興会, 2013, pp.135-136

に注目すれば、ノード・リンク構造において、ノードは閉ざされた領域であることから、児童が考えを書きやすい環境であると言える。図序-6において、児童は、第1ノード以降に自身の概念を記述していくものと考えられる。学習した内容の記憶想起においては、顕在記憶の手がかり再生法⁶⁶に習い、想起する際に何らかの概念を手がかりとして与えた方が想起しやすい。従って、第1ノードには、小単元名のような学習内容の項目を記入し、そのことに関連した概念をリンクしていくことを理解させる必要がある。なお中心ノードには、何についての知識モデルであるかが分かる単元名を書くことにする。

実際の授業において、書き始めは児童自身の記憶を想起させて作業を進めていくこととし、全体的な進捗状況を見極め、想起する内容がこれ以上ないと思われる児童が増えた段階において、教科書やノートを参照しながら作業を続けさせることにする。ただし、記憶からの想起との混乱を避けるために、この段階で使用する筆記用具は、赤のボールペン等の鉛筆と異なる筆記用具で追加・修正を行うように指示を行う。

このようにして児童が作成した知識モデルは、学習した内容を文章で表現する場合と比較して、他の児童には分かりにくいと予想される。そこで、児童一人一人の理解の程度を教師が俯瞰するために、1つのノードの内容を1つのセルに転記し表に書き起こすことにする。このようにすることで、児童がどのようなことを考えながら記述したかを読み解くことが可能となるものと考えられる。また、児童が作成した知識モデルの各ノードには、児童の思考の痕跡が言語や絵図として表象されている。従って、ノード数が多い知識モデルほど、継続して思考した時間も長く、思考の深さや広がりのある知識や概念、また、経験等が描かれていることになる。そこで一人一人の児童の知識モデルのノード数を調査し、さらに、ノードをたどりながら読み解いた内容を授業者の持つ正しい概念や記憶と照合し、それに合致するか否かの2群に分けることによって、「ノード数」と「合致するか否か」の名義尺度間の相関を調査することができるようになる。この調査により、もしノード数が児童の理解の尺度となりうるとすれば、授業をするなかで教師は、作成された知識モデルを詳細に調査することなしに自己の指導の評価に生かすことができるようになる。もちろん、それぞれの知識モデルを詳細に調べれば、児童が学習の内容を、どのように概念化しているかを知ることができ、業者テストのみの評価を補完することができる。本研究では、ノード数に着目した分析手法について、授業を通しながら実践的に検討する。

児童が何を考えながら知識モデルを作成したのかを、知識モデルのノードをたどりながら読み解くと、概念化した一般的な知識である意味記憶の他に、学習の経験をエピソードの形で表象したと読み取れる箇所があると考えられる。本研究では、表に転記したノードの内容を文章化することにより、エピソード記憶が知識の概念化に果たす役割についても調査を行うことにしている。小学校の学習指導においては、児童

66 箱田裕司, 都築誉史, 川畑秀明, 荻原滋, 「認知心理学」, 有斐閣, 2010, p122

が経験した内容を想起させ、そこから分かったことを発表させるという手法により、概念の形成を図ることは一般的である。従って知識モデルにおいても、エピソード記憶を想起することで、意味記憶が形成されているのではないかということの検証を行うことにする。

さらに学習内容の理解について、本研究では知識モデルによるまとめと、従前の文章によるまとめを比較することで、知識モデルによるまとめの重要性を明らかにする。まず、学習が終了した時点で、児童に学んだ内容を箇条書きでまとめさせる。さらに別の授業日に、今度は知識モデルによりまとめさせてこれら2つの内容について比較検討を行う。

5. 本論の構成

本論は次のように構成される。

まず第1章では、児童が知識を獲得しようとするときに生じる言語の問題と知識の概念化について論じる。言語の意味が分からない児童は、教師の発話内容を理解することはできない。そこで、児童が言語を理解できない具体的な場面について、言語の概念を持ち合わせていないために理解できない場合と、言語の概念を持ち合わせているが理解できない場合とに分け、具体的な事例を交えながらその原因について論じる。さらに、教師の発話だけでは、児童が言語を理解できない場合の対応について検討し、必要な要件について論じる。さらにまた、今後の議論につながる記憶想起の例について紹介する。

最後に、知識の獲得から概念の形成へと向かう思考活動について、ヴィゴツキーの主張を紐解き、第2章以降の議論へとつなげていく。

続いて第2章では、教える側の問題として、教師の発話により形成された児童の誤概念が、教師のさらなる発話等によって、どのように修正されるかについて論じる。小学校の教師は、第1章で論じる内容を根拠に、中学校や高等学校等の教師に比べて発話に対して慎重にならざるを得ない。また、担当する学年によってもその度合いは異なる。さらに、自身が担当する学級の児童のなかでも、特に慎重に発話する必要がある児童が存在する。小学校の児童どうしの言語理解能力の違いは、異学年が共に集う場においては、さらに大きくなり、全体を指導する教師のことば遣いは、低学年の児童に合わせた表現でなくてはならない。

このように小学校は、児童が知識を獲得する以前に言語の意味において、教師が自身の発話に対して留意する必要がある。ただ、どのような点に留意すればよいかについては、教師それぞれが児童の反応や場面などの状況に応じて発話を行っており、明らかにはなっていない。本章では、児童の誤概念を意図的に誘発させ、そのような状況において教師が、何を根拠に発話する言語を選択すればよいかを、実践授業を

行い明らかにするものである。

第3章は学ぶ側の問題として、学習内容を概念化するため、知識をどのように整理すればよいかについて論じる。そのためにはまず、学校教育における具体的な事例を通して、理解することと能力を身に付けることについて論じ、記憶との関連について説明する。児童にとって学びとは、授業において知識を獲得し概念を形成することである。このような学習行動は極めて個人的であり、児童は、獲得した知識を自己の経験や既存の概念を使って解釈し、意味付けを行う。このようにして形成された素朴な概念をできるだけ科学的な概念に近づけるためには、児童自らがどのような理解をしているかについて概観し、その上で教科書や記録したノートなどの記述と比較する必要がある。そのための概念を外化する知識モデルについて、どのような姿が合理的理解につながるかを、その詳細にわたり検討を行うものである。

さらに、その検討の後、次のような実践研究を行う。

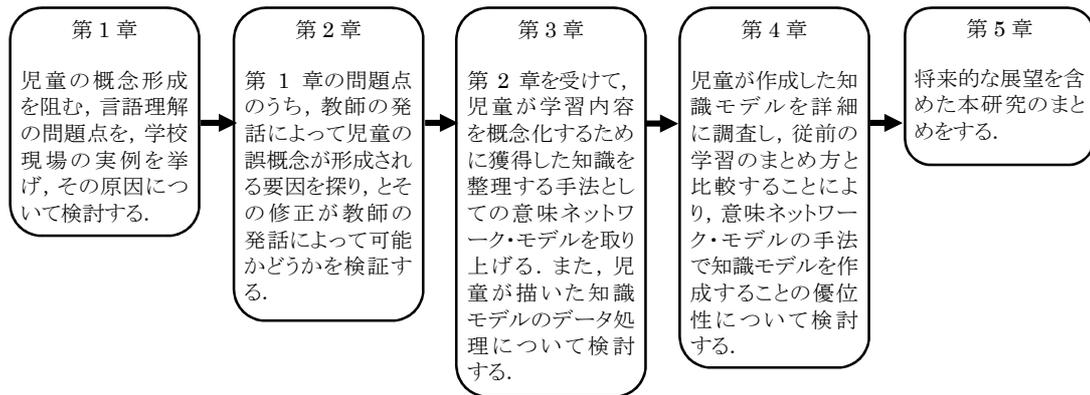
- ①児童が表現した知識モデルのデータ処理について検討する。
- ②記憶想起の特性について検討する。
- ③記憶想起によって表象された、意味記憶とエピソード記憶についての関連について検討する。

第4章は、さらなる具体的展開としての実践研究について論じる。これまでの議論によって明らかになった知識モデルによる記憶想起は、児童の学力面でどのように機能するのかについて検討する。具体的には、次のような実践研究を行う。

- ①児童の概念は、知識モデルを利用したことにより、児童自身が修正を行うことができるかについて検討する。
- ②小学校で行われている評価テストにおいて、知識モデルにより想起したことでのような効果があったかについて検討する。
- ③分かったことを文章で羅列するこれまでの学習のまとめ方と比較して、知識モデルを利用したまとめの優位性について検討する。
- ④概念形成が児童の説明能力にどのように影響を与えたかについて検討する。

第5章(終章)は、意味ネットワーク・モデルをもとに作成した児童の知識モデルによる学習の将来的な展望について論じる。

以上、議論の進め方を簡潔にまとめて図示したのが、次の図序-7である。



図序-7 本論文の構成

6. 概念の整理

本論文では、一般的にはあまり用いられない用語・術語を用いて、小学校理科教育における児童の学力の本質を議論する。そのため、ここでそれらの基本的な意味についてまとめ、示しておくことにする。

- (1) 宣言的知識(declarative knowledge)
あるケース(場合)が何であるかを述べたものであり、命題で表象されている。
- (2) 宣言的記憶(declarative memory)
言語によって記述できる、事実についての記憶を指す。
- (3) 手続き的知識(procedural knowledge)
手続き的知識はどのようにするのかに関するものであり、宣言的知識よりも、活性化が速く、しかも環境に対してより強く反応する。
- (4) 手続き的記憶(procedural memory)
手続き的記憶とは、自転車の乗り方や店での買い物の仕方などのように、言語による思考を介さずに再現される記憶を指す。
- (5) 意味記憶(semantic memory)
一般的な知識として形成される記憶。
- (6) エピソード記憶(episodic memory)
個人的経験に基づく記憶であり、時間的・空間的文脈の中に位置づけられる記憶。個人的な関わりのなかで形成される。
- (7) 感覚記憶(sensory memory)
感覚器から入力された意識にのぼらない情報を、1秒程度のごく僅かな時間に保持する記憶。
- (8) 短期記憶(short-term memory)

感覚記憶にされた情報のなかで注意が向けられた情報を、数 10 秒程度の短い時間保持する記憶.

(9) 長期記憶(long-term memory)

短期記憶で注意が向けられた情報のなかで、意識的な思考過程を経て長期にわたり保持されている記憶.

(9) ワーキングメモリ(working memory)

短期貯蔵庫(短期記憶)は、情報を単に保持し、長期貯蔵庫に転送するだけという機能以外に、された情報に対する積極的な働きかけを行う機能を有するという問題から、導入された概念. 作業記憶、作動記憶とも言う.

(10) チャンク(chunk)

人間は、関連する情報を一つのまとまりとして記憶することができるが、その「情報のまとまり」を指す. また、その基本単位のこと.

(11) 音韻ループ(phonological loop)

音声情報を忘れないように、繰り返し唱えることで、情報をリフレッシュすること.

(12) リハーサル(rehearsal)

情報を反復すること.

(13) プロダクション・システム(production system)

特定の条件下において、特定の行動を行う「条件—行為規則」によって構成される人間の認知モデル

(14) 意味ネットワーク・モデル(semantic network model)

人間の知識モデルの一つで、個々の概念が一つのノード(node)で表され、意味的に関連のある概念どうしがリンクで結びつけられ、意味的関連性に基づくノード・リンク構造を成しているもの.

(15) ノード・リンク構造

ノードとは、結節点の意味であり、リンク(連結)によりつながりを持った構造. 知識モデルにおいては、ノードには概念が含まれている.

(16) スキーマ(schema)

心象や概念を包括する心的な枠組のこと. 知識の集合体.

(17) 自己中心的事物

言葉で状況を意味付け、やり方を決め、すぐ次の行動を計画する試みるために、思考の中で自身に向けられ発せられた吐き.

第1章 知識の獲得における言語の問題と概念化の実際

1. 児童が言語を理解できない具体的な場面

1-1 児童が教師の発話する言語の概念を、持ち合わせていないために理解できない場合

5年国語の説明文「森林のおくりもの」に「垂木」という言語が掲載され、垂木がむき出しになっている古い家の写真や、垂木の構造がよく分かる五重塔などの歴史的建築物の写真が、補助資料として本文に挿入されていた。木の性質を児童に理解させる重要な素材として、授業の中で教師が、「垂木」と発話したが児童の誰一人として、この言語を理解できなかった。つまり、「たるき」という言語音の情報と、挿絵とが結びついていなかったことになる。このことから、言語を理解し概念として記憶に留めるためには、言語とその言語が指し示している実体の心象が、少なくとも記憶の中に痕跡として残っていることが重要であることが分かる。

児童が経験した事柄の視覚情報は、そのほとんどが特別なエピソードがない限りは長期にわたって保存されることはない。垂木の例でも、仮に児童らの家が日本家屋であり、庇を垂木が支えている状況であつたとしても、教科書の表現を読んで、記憶の中で垂木を見ることが出来る児童は多くないと考えられる。なぜならば、一般的に垂木に関するエピソードを経験することはあまりないからである。例えば、誰かが児童に庇を支える材木を垂木であると教えるというエピソードであつたり、垂木やその近くに蜂の巣があり、児童がそのことに興味を持ったというエピソードであつたりすれば、その映像は記憶されやすくなる。前者は、エピソードが意味記憶の形成に効果的に働く例と言える。後者は、垂木を学習するときの文脈となる可能性がある。ただし、垂木を教える者が同じエピソードを共有していることが大切であり、そうでない者が垂木の指導をする場合では、このエピソードを使うことはできない。つまり、経験した事柄の中で、児童が情意面で強い刺激を受けたものは、その心象が比較的残りやすいのである。スキーマ理論では、先行した知識が新たに入力された出来事に対して、トップ・ダウン的に影響を与えることから、情意を伴った経験の積み上げが重要となる⁶⁷。

このように児童が、教師の発話する言語の概念を持たない場合は、発話内容を正しく受け止めることができずに知識を獲得することが困難になる。日常の授業において、このような問題が起こることは珍しいことではない。従って、特に小学校の教師は、発話する前に児童が言語を知っているかどうかを考えながら発話しようとする。また、児童にとって理解が難しいと考えられる言語を発話するときは、予めジェスチャーを交

67 Gillian Cohen, Michael W. Eysenck, Martin E. LeVoi, *MEMORY: A Cognitive Approach, Open Guides to Psychology*, Open University Press, 1986, 長町三生 監修, 認知科学研究会訳: 『認知心理学講座 1 記憶』, 1986, pp17-24

えて別の平易な言語に言い換えたり、どうしても発話しなければならないときには、いったん発話した後に、同じ意味の別の言語で説明したりして児童が言語の理解に困らないように心掛けている。特に全校朝会など全学年が一堂に会する場面では、低学年の理解度に合わせた発話が求められる。

児童が、教師の発話する言語の概念を持たない場合は、教師の発話によって児童側に誤概念が形成されることがあり、教師はそれを修正する必要がある。

1-2 児童が教師の発話する言語の概念を、持ち合わせているが理解できない場合

ある事柄について会話する場合、ともに言語の概念を持ち合わせているが、教師の持つ概念と児童が持つ概念とが違っていけば、発話によって得られる心象が異なり会話が成立しない場合がある。前出した「とける」の例は、教師と児童で同じ言語の概念を持っていながら、その意味が異なっていた。5年生理科「もののとけ方」の単元における「とける」という言語は、「溶解」の意味で指導がなされるが、約8割の児童が「融解」の概念を持っていた⁶⁸。従って、児童に対して直接聞き取り調査を行っても、「とける」という言語は、アイスクリームや氷が融解する場面で使用しており、コーヒーに砂糖を入れて溶かすなど、溶解の経験をしたことがない児童がほとんどであった。

経験による心象の残り易さの問題以外で、正しく概念が形成できない場合がある。例えば、理科の授業で用いられる「透明」という抽象概念である。水溶液が透明であることの指導において、透明の意味を児童に尋ねたところ、「見えないこと」や「色がなくこと」などの誤概念が確認された。透明の概念は、日常生活において極めて早い段階で素朴概念が形成されると考えられる。従って、学校教育において理科の学習などで透明の概念を扱う場合には、素朴概念が言語となって発話される。これらの児童がどのようにして誤概念を形成したかは不明であるが、初めて「どうめい」という言語を教えられた時に、他者がどのような説明をしたかでも心象は異なってくる。つまり、現象との出会いとその時の周りの対応関係がその後の理解に大きく関わってくると考えられる。きれいに澄んだ水を見て、他者が「透き通っているね。こんなのをどうめいと言うんだよ。」という場合と、「色がなくてしょ。こんなことをどうめいと言うんですよ。」とでは、理解の内容が異なる。この例のように本来、映像化が困難な事物の性質や状態などを表す言語は、正しい概念を形成することが難しい。

このように同じ言語でも、教師と児童で言語を表す概念に違いがある場合は、教師の発話による知識の獲得に児童が戸惑い、誤概念が形成される可能性がある。

2. 教師の発話だけでは、児童が言語を理解できない場合の対応について

68 古川美樹、「小学校における学習要素のイメージ化と学習効果に関する研究 ～小学5年「もののとけかた」における児童の説明態様の変化について～」, OpenForum 放送大学大学院教育研究成果報告, OpenForum 編集委員会, 2013, pp.40-46.

授業をするうえで新たに指導する言語など、児童にとってその概念を推し量ることが困難な場合がある。例えば、6年生理科における「地層」という言語の指導では、地層の写真を電子黒板に提示したり、黒板に絵を描いたりして概念化を図り言語についての定義を行う。さらに、もっと簡便な方法としては、ジェスチャーによって地層の層が幾重にも重なりあっている様子を手の動きによって表現したり、身近にある教科書などを何冊も重ねて提示したりすることによって、重なりを表現し概念化を図ってきた。このような指導では、児童が自身の記憶痕跡にある地域の崖の心象との関連性に気づくことで、より深く身近なものとして地層を概念化できる。ただ、このようなプロセスは極めて個人的であり、地域の環境によっては概念化に困難を伴うこともある。しかしながら、宣言的知識として、「地層は何であるか」という意味を形成することは、このような指導によって可能となる。ところが、垂木の例で見てきたように、対象となる事柄に関するエピソードが、記憶に留められているかどうかの問題であることもある。なぜならば、少なくとも地層の概念形成で用いる崖の概念は、誰しも持っているものであるが、垂木の概念形成で用いる底の概念はそれに比べて一般的ではない。現代家屋では垂木は見えなように塞がれており、どちらかと言えば、見たことがない児童が多いと思われる。

このように考えると、教師の発話だけでは、児童が言語を理解できない場合の概念形成においては、少なくとも児童の記憶にその言語に関する何らかの心象が残っていることが、概念形成のための条件となることが分かる。多くの場合、人が実際に見た景色の心象は、何らかのエピソードがある場合は、ある程度鮮明に記憶されている場合が多い。しかし、そうでない場合も、記憶痕跡に残っていることも多いので、その心象を思い出させる発話やジェスチャーを行うことで、聞き手の記憶想起は促進されるものと考えられる。例えば、5年理科で学習する「電磁石」という言語を始めて聞いた児童は、磁石という言語から鉄を引き付けるという特性を想像することは容易である。さらに、「電」という言語から電気を使う磁石であるという推測も可能である。即ち、経験の中から、新たに学習する言語の理解に利用できるものを取り出し推測に利用することができれば、見たこともない事物の特徴の一部は理解することが可能となる。これは、言語と自身の記憶痕跡に存在する概念との関係性に気づくことである。

昔から理科の学習において、事物・現象に対して「なぜ」と考えることは重要であると言われてきた。これは、様々な事象に対して概念形成を図るためには、できるだけ情意面で刺激を伴った体験をすることで、事柄の心象を記憶として残すことが重要であるということを示したものであると考えられる。

3. 授業における児童の概念形成を実感する場面の例

授業でよく耳にする児童の概念形成を確認する言語がある。例えば、「ああ」である。

それまで、浮かぬ顔をしていた児童が突然、嬉しそうな表情に変わり、うなずきながら「ああね」などと呟くことが多い。その瞬間は児童一人一人違っているが、電子黒板など映像を提示したときなどは、比較的同時に多くの児童が、「分かった」などと言語を発することが多い。映像を提示するときばかりではなく、発話やジェスチャーでもこのような感嘆の言語を聞くことがある。

また、授業の心象が言語の概念化に寄与する場合がある。例えば、3年生の理科の時間に、チョウの育ち方の学習で図2のような板書を行った。

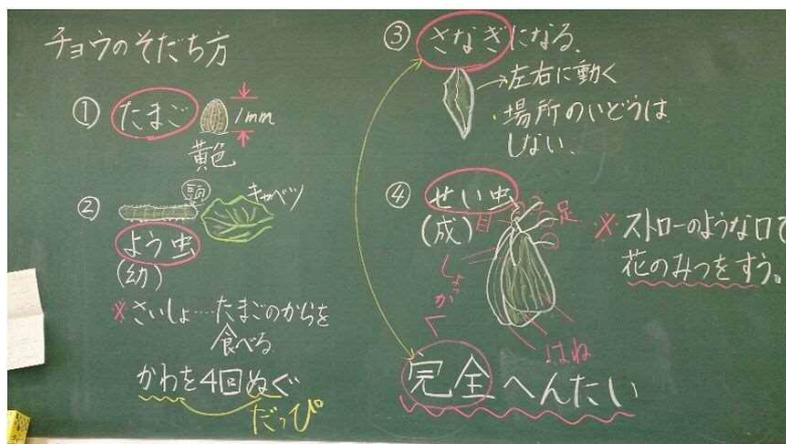


図2 授業の実際の板書

その翌日の理科の授業で、何も描いていない黒板を使い、前日に絵を描いた位置付近を示して、「昨日の勉強で、ここに何か描いたよね。」と児童に問いかけると、「チョウのたまご」や「幼虫」などの声が聞かれる。続けて、「卵の色は何だったかな」と問いかけると、「黄色！」と言う声もあった。即ち、昨日の授業によって映像とともに、チョウのたまごや幼虫の概念が心象とともに形成されていたことになる。このことから、児童は学習内容を記録した黒板の心象を記憶していることが示され、何も書かれていない黒板を使った教師のこのような行動が、再び学習内容を概念化するエピソードの心象として記憶されることになった。児童が経験した中から、記憶に留められた物や事柄は、そのエピソードとともに主に心象として記憶されている。例えば、見たものは色や形や大きさなどの属性が、そのイメージとともに記憶される。

4. 理解することと能力を身につけること

教科教育において学習内容は、文章や図表、数式など形式知として板書や教師の発話によって児童に提示される。授業の目的は、児童がそれらを思考や発言の素材として自由に使うことができるようになることである。ところが、全ての児童が自由に使うようになるかと言えばそうではなく、部分的に利用できたり、全く利用できなかつたりする児童も見受けられる。

このことに関連して教師どうしの会話では、「理解」という言語がよく使われる。あの児童は学習内容をよく理解するとか、理解できないなどは、授業の成果を議論する場合によく聞かれる会話である。教師が提示した課題に対して、教師の意図する内容を、的確な発話や表現で示す行為を見て、教師はその児童が理解する・理解できると判断する。しかし、その分かった状態が永久に続くとは限らない。むしろ、学校教育においては、児童が、一旦分かったことを忘れてしまうことはよくあることである。

一方、「能力」という言語については、例えば算数科において、計算が素早くできる児童に対して、「あの子は、計算の能力があるとか、計算力がある。」などの表現が使われる。また国語科では、物語の登場人物の心情を豊かに読み取ったり、説明文での筆者の主張が述べられている箇所を的確に指摘したりできる児童に対しては、「読み取りの能力がある。」など、「能力」という言語を用いて会話がなされることが多い。児童が、このような計算力や文章の内容を読み解く力を忘れることは、経験上あまりない。このような能力について教師が議論するときは、それらの能力を児童が過去のある時点に身に付けた特性として考えている場合である。

このようなことから、学習内容を理解することと、能力を身につけることは同じではないことが分かる。学習内容を理解するとは、児童が学習内容やその過程を正しく記憶に残すことである。すなわち、学習が終了した時点で、児童の長期記憶には正しい学習の痕跡が残ってはいなくてはならない。この記憶はエピソード記憶である。そして、その記憶を振り返るときが来たとき、その振り返る記憶のなかで教師が何を話し、自分や友達がどのような発言や行動をしたかを想起しながら、学習の結論と原因の因果関係に納得を繰り返して体制化(スキーマの形成)することで能力に変わるのである。この能力の本質こそが意味記憶である。

Tulving(1972)は、意味記憶の定義を、「言語の使用に必要な記憶であり、単語やその他の言語的シンボルやその意味やその指示対象について、そしてそれらの関係について、あるいはそれらの操作に関する規則や公式やアルゴリズムについて、人が保管する知識を体制化した心的辞書である。⁶⁹⁾」としている。授業においては、能力が身についた児童とそうでない児童の違いは、口頭での説明ができるか否かで明確に区別できる。能力が身についたと判断できる児童は、教師の新たな問いかけに対して、瞬時に返答することができ、それは説明を伴っている。即ち、原因と結果の因果関係を論理的に示すことができる。しかし、そうでない児童は、返答できず答えに窮する。この違いを考えると、例えば算数科の学習で、直方体の体積の公式「縦×横×高さ」を「理解した」とは、その公式が導かれる過程に納得し、公式やその過程を記憶痕跡に留めた状態を指す。そして、何度か練習を繰り返して、意識することなしに暗黙のうちに、自然に計算を行うなど公式を適用して問題を解けるようになった状態を「能力が身についた」という。

69 齊藤勇監修、「認知心理学重要研究集 2 記憶認知」, 誠信書房, 1996, p46

記憶痕跡については、実体として捉えることができず、児童が学習内容をどのように関連付けて記憶に留めているかについては、これまでは調べることができなかった。単元の学習終了後に行われている評価テストでは、記憶痕跡に残る言語を問う問題もあるが、それらの言語がどのように関連しあっているかまでは調べることはできない。

5. ヴィゴツキーに見る概念形成

人間の思考については多くの先達の示唆を読み解く必要があるが、その中でも心理学者ヴィゴツキーは著書「思考と言語⁷⁰」において多くの示唆を残した。この中で注目すべきは、「内言」である。内言とは、言語音として外に出ない自己に向けられた言語であり、思考のための手段である。これまで多くの心理学者は内言と思考を同一視していたが、ヴィゴツキーはそのように捉えてはいない。彼は、外言(言語音)から内言への移行の中間にピアジェの言う自己中心的言語を置く。そして、それはきわめて容易に『真の意味の思考となる』と述べている。つまり、外言—自己中心的言語—内言という発話機能(内言においては、それが発せられることはないが)において思考と直接結びつくのは、自己中心的言語と内言であるとし、内言に媒介された思考を言語的思考と呼び、知能に媒介された道具的技術的思考と区別している。つまり、体系化された科学的概念を教授する学校における学習での、本当の思考のためには言語音として外に出ない自己に向けられた言語である「内言」を手段としたり、「自己中心的言語」を手段としたりする活動を仕組む必要があると言うのである。さらに重要なことは、心象(イメージ)である。ヴィゴツキーは、内言の意味は心象であると述べているが、これは思考に心象が深く関わっている証拠である。

これまでの学校教育では、児童・生徒の思考については、彼らが表出したものを概観することにより、例えば、児童の表情が生き生きとしており、発言の内容が素晴らしかったので良い授業であった等、観念的に評価を行う場合が多々見受けられた。さらに、外言(言語音)や書き言語をあたかも思考そのものであるかのように評価していた。しかし、外言は他者とのコミュニケーションがその目的であることから、思考の結果ではあっても思考そのものではなく、真の意味での思考を映し出したものではない。また、誰を対象としてのコミュニケーションかで発話者内には心的な状況の変化が生じてくる。例えば教師から指名されて学習者全体の代表として発話行為を行う場合と、同じく教師から指名されて他の学習者に対して発話行為を行う場合とではその目的が全く異なってくる。特に前者の場合は、学習者はコミュニケーションの相手が誰なのかに迷うことが多い。迷いが生じれば発話行為の具体的な内容やそのイントネーションにも変化が生じる。嘘は思考と発話内容が異なる典型である。また書き言葉は、ヴィゴツキーによれば通常の言語活動から切り離されたイントネーションを持たない言語であ

70 ヴィゴツキー著 柴田義松訳、「思考と言語」、新読書者、2001

り、具体的な会話場面なしに行われる言語として、例えば、話し言葉を算数に例えるならば、書き言葉は代数と同じ関係にあると指摘する。つまり、書き言葉を学び始めた児童は、複雑な内容や微妙な内容は書き言葉にするのが難しく、しばらくは単純な事柄しか書くことができないと述べている。ところが、これまでの多くの授業では、教師から見て一見簡便と思われる思考の表現としての書き言葉を、児童に安易に要求していたと言わざるを得ない。一方、同じ書き言葉でもワープロを利用しての書き言葉は、思考の一時表出とその確認・納得の後に確定というプロセスを踏むが確定するまでは思考が継続する。しかし、ワークシートなどの紙への鉛筆での表出は、与えられた課題解決のプロセスを全て脳内で行わなければならない、確定した内容(内言)を表出する場合でも文字へ記号化する段階で、誤変換が起こることがある。「わたしは…」を「わたしわ…」と書き間違えたり、誤った漢字を書いたりするのはその例である。このようなことから、文字(記号)を使つての表出は、やはり児童にとっては難しい学習活動と言える。

学習における思考活動において、ヴィゴツキーが『真の意味の思考となる』と述べた自己中心的言語は、生理学的には外言であるが発話の対象を自己の外に置かないことから内言であるという。つまり、このとき児童は、自分のために発話しているのであり思考しているのである。また、学齢期の児童は内言を思考の手段として利用することが可能となる時期でもある。従つて、学習の過程においてこの思考過程を仕組むことが大切であろう。また、われわれは心象によって思考する。真の意味での思考の転写は、自己中心的言語によって発話され、それをもとに描かれる心象のみであると考えられる。従つて、記号ではなく絵図による表出を児童の活動に仕組まなければならない。そのことを経て児童は、思考の結果を記号化する。さらに、ヴィゴツキーが、児童期の発達過程について述べている発達の最近接領域の問題⁸⁾がある。これは、大人の指導の下や自分よりも能力のある仲間との共同でならば解決できる知能の発達水準と独力で解決できる能力を持つ知能の発達水準の間には、次に続く発達の可能性の領域が存在すると述べているのである。このことは能力の低い児童は、最初に共同学習を行い課題解決の経験を経ることにより、新たに課題解決の能力が発達し、ついには独力で課題解決をできるようになる可能性があることを示している。

一般的な授業の展開としては、最初に一人で課題解決を試み、次に二人、グループ、全体と共同思考の範囲を広げながら解決・一般化を図っていくことが多い。しかしながら、これまでも一人での課題解決場面で、前に進めない多くの児童を見てきた。このような児童に対しては、最初に共同思考の場を設け、友達に学びながら課題解決を図る場面を設定し、その経験が生きるように、学習の最後に自力解決の場を仕組むようにしなければならない。ただ、発達の最近接領域は可能性の領域であることも忘れてはならない。

第2章 教師の発話に起因した児童の誤概念の修正

1. 実践研究の授業形態について

1-1 はじめに

情報の伝達という観点で授業をみれば小学校では、言語音⁷¹、文字または絵図による情報のやり取りが中心となる。なかでも教師の発話は、授業において主要な情報伝達手段でもある。しかし、小学校の教師が授業設計をする場合、中心的な発話を除いては、発話内容の細部までを十分に吟味しているわけではない。つまり、演劇のシナリオのように、教師の動きや発話内容を逐一詳細に記述することはない。

授業において教師は、児童の発達段階に応じて、言語を選びながら発話する。しかし、その内容が正しく児童に伝わっているかを、一人ひとりに確認しようとしても現実的にできることではない。授業中の教師は、児童のつぶやきや表情、発言や行動などの反応により、自分が発話した言語が正しく伝わっているかを判断しこながら授業を進めている。

一方、教師の言葉が正しく伝わらないとき、児童は戸惑ったり、教師の指示する作業ができなかつたりして学習が停滞する。つまり、教師の言語音が十分に理解できない状態では、このようなことが起こりうる。これは、認知後にスキーマ⁷²を手掛かりに長期記憶の検索を行っても、適切な解が見つけれられない場合であると考えられる。また、自己の持つスキーマの中に認知した言語に関連した項目がない場合は、誤概念が形成される可能性がある。

これは、教師が推測する児童の語彙力と実際に児童が持っている語彙力との間に相当の差がある場合であると考えられる。ただし、このような差は、教師が話す内容の全てで起こるわけではなくその多くが名詞・動詞・代名詞など自立語の一部で起こる。

さらに、言語音だけでなく教科書に記載されている書き言葉を十分に理解できない児童もいる。教科書に掲載されている語句や表現は、教師の言語音によって児童に伝えられる頻度が高い。ところが、児童が自己のスキーマを検索しても解決できない語句や表現が数多く見受けられる。(古川美樹ら, 2009)⁷³ 例えば、前出のように5年生の8割が「とける」という言語の概念を「融解」と捉えていたことに対して、5年生の学習では、砂糖や食塩などを水に溶かす「溶解」について学ぶことになっている。⁷⁴ つまり、教員の発する「とける」という言葉だけでも、このような概念間の相違があることが明確

71 杉浦克己,大橋理枝,「ことばと情報」,放送大学教育振興会,2009, pp.96-97.

72 Gillian Cohen , Michael W.Eysenck , Martin E.LeVoi , *MEMORY :A Cognitive Approach , Open Guides to Psychology* , Open University Press , 1986 , 長町三生 監修,認知科学研究会訳:『認知心理学講座 1 記憶』, 1986, pp.18-24.

73 古川美樹,松野久予,角和博,教師の発想力を生かせる学習環境システムに関する研究,佐賀大学教育実践研究第 25 号,2009, pp.137-145.

74 戸田盛和他,「新版 たのしい理科 5下」,大日本図書,2005

になった。(古川美樹, 2013)⁷⁵

また、小学校における教師と児童の言語音によるコミュニケーションは、それぞれの児童が持つスキーマの違いが大きく、教師の考えとはかけ離れた理解をする場合があることも示唆された。(古川美樹, 角和博, 2014)⁷⁶

1-2 先行研究と学校での授業

言語の理解に関しては、マードック(Murdock, 1962)の行った記銘単語の直後再生に関する系列位置曲線から、短期記憶過程と長期記憶過程の分離や新近性効果及び初頭効果が広く認められている⁷⁷。さらに、呈示モダリティ効果⁷⁸として、記銘後の直後再生に関する聴覚呈示と視覚呈示の比較では、聴覚呈示されたものについての親近性効果が大きいことが立証されている⁷⁹。これらは、絵や文字・絵図などに意味が付加し、その情報が短期記憶で保持されたことを表していると思われるが、これらの実験においては言葉の理解というよりも、記銘された文字の再生に主眼が置かれている。

ところが小学校での授業活動は、児童が教師の言語音の意味を理解し、教師の計画に従って行動することで成り立つ。教師の言語音は、次々に児童の聴覚に入力されるが、その再生を求められることはほとんどない。つまり、小学校での学習では、次々と発話される教師の言語音の理解と、スキーマを手掛かりにした長期記憶にある記憶痕跡の検索が重視されるのである。ここで言う言語音の理解とは、教師の発する言語音を作動記憶内において文字に変換し、その文字の意味に従って記憶を検索し、その言語音に意味を付加することと考えることができる。

クレイクとロックハート(Craik and Lockhart, 1972)の提唱した処理水準理論によれば、感覚器官から入力された刺激に対する処理の深さは、その刺激から抽出される有意味性により定義される。また分析の結果、記憶として保持される記憶痕跡について、「痕跡持続性は分析の深さの関数であり、深い水準の分析は、精緻で、持続性のある強い痕跡につながる⁸⁰」とも述べている。これを受けて、アイゼンク(Michael W. Eysenck, 1986)は、『MEMORY : A Cognitive Approach』のなかで「意味の分析は長期の保存に重要⁸¹」とも述べている。

言葉の理解に関して三宮(三宮真知子, 1979)は、有意味文章の記憶においても

75 古川美樹,「小学校における学習要素のイメージ化と学習効果に関する研究 ～小学5年「もののけかた」における児童の説明態様の変化について～」, OpenForum 放送大学大学院教育研究成果報告, OpenForum 編集委員会, 2013, pp.40-46.

76 古川美樹, 角和博, 教師との言語コミュニケーションによる児童の概念形成とイメージ化, 科教研報 Vol.28 No.7, 2014, p.27.

77 西川泰夫,「認知行動科学～心身の統合科学をめざして～」, 放送大学教育振興会, 2006, pp.222-236.

78 佐藤浩一, 中島義明他(編),「心理学辞典」有斐閣, 1999, p.841.

79 藤原 梓, 理解に及ぼす情報呈示モダリティと情報の種類の効果 - 回答内容の分析からの検討 -, 関西大学文学部心理学論集 (3), 2009, pp.15-21.

80 Craik, F.I.M., & Lockhart, R.S., *Levels of processing : A framework for memory research*. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 11, 1972, pp.671-684.

81 Gillian Cohen, Michael W.Eysenck, Martin E.LeVoi, *MEMORY : A Cognitive Approach*, Open Guides to Psychology, Open University Press, 1986, 長町三生 監修, 認知科学研究会訳『認知心理学講座 1 記憶』, 1986, p.97.

モダリティ効果が存在し、さらに聴覚呈示が、視覚呈示や視聴覚呈示よりも高い正再生率を生むことを示した。また、三宮は、大学生を被験者として、難易度の異なる文章の呈示モダリティ効果を調査し、難易度の高い文章は聴覚呈示が視覚呈示や視聴覚呈示よりも高い正再生率を生むことを示し、難易度の低い文章では、聴覚呈示の優位性は全く見られないというモダリティ効果の消失を報告している。このことに関して三宮は、難易度の高い文章では、文章中に含まれる意味を深く理解し、ある概念を把握した結果と捉えている。また、難易度の低い文章では、平易な情景描写によりイメージ化されやすく、それを思い浮かべることで記銘・再生が容易になると結論付けている⁸²。三宮の結論は、前半は小学校国語科などの読解指導に、後半は算数科や理科における絵図を利用した指導に非常に関係が深い。

このように、これまでの研究の主なものは、記憶した言葉や文字の再生に関するものが多く見受けられた。しかし、再生や再認を司る情報処理の過程の中には、イメージ即ち心象が付随するか、あるいは、それをもとに検索していると思われることが多々ある。このようなイメージに関して、中村(中村和夫, 2004)は、イメージを「意味」の「体現」と述べ、ヴィゴツキーもまた、内言の「意味」の存在形態について、それがイメージであるとする仮説を提起したと論じている⁸³。

これら先行研究で示された、言葉の意味理解や言葉の意味のイメージ化と思考の関係について、実際の授業でも教師の発話により児童の誤概念が形成されることを、「とける」や「どうめい」など幾つかの言葉で確認している。それゆえに、学校現場では、

「いかにして言葉は概念を形成し、誤概念の修正を行うか」という授業に直結した研究成果を求めている。

このようなことから本研究では、教師の発話に起因する児童の誤概念が、ジェスチャーも含めた教師のどのような発話により修正されるかを明らかにすることとした。そのために本研究においては、図 2-1 のように教師の発話から児童が再認した心象(イメージ)を絵図として表出させることで、児童の概念形成を確

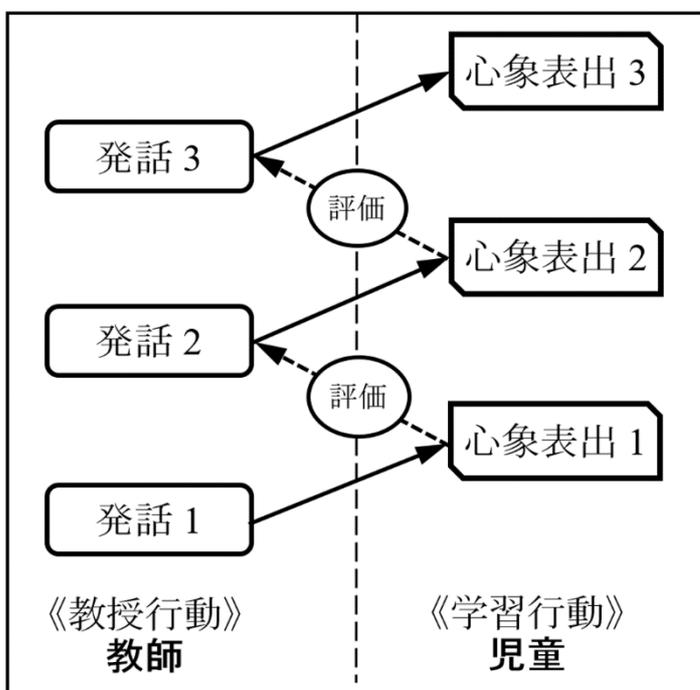


図 2-1 本研究の授業形態

82 三宮真知子,文章記憶におけるモダリティ効果, 1979,pp.806-807.

83 中村和夫,ヴィゴツキー心理学,新読書社,2004,p.76, p.59.

認する授業形態をとった。

2. 調査の方法について

2-1 調査対象及び時期

A 校(佐賀県西部の公立小学校, 農村部)

A-1 群(6 年, 26 名, 2010 年 10 月実施)

A-2 群(6 年, 28 名, 2011 年 10 月実施)

B 校(佐賀県西部の公立小学校, 市街地)

B-1 群(4 年, 31 名, 2012 年 2 月実施)

B-2 群(4 年, 23 名, 2015 年 1 月実施)

2-2 調査の概要

調査は, 5 年間にわたって, A 校と B 校のそれぞれ 6 年と 4 年の児童に対して筆者自身が行った. また, 児童には心理的な影響を与えないように, テストではないことを説明し, 理科の授業の質問調査として実施した. 調査は, 児童にとって未履修となる火山の種類に関する説明を言語音のみで行い, 課題として火山の名称から形状を推測させた. その結果を, 児童自身が思い描く絵を調査紙に自由に記述させ, 教師の発話による児童の認知の程度を判別した. また, 概念の修正は, コンピュータなどの映像資料は用いずに発話内容を変更し, それでもなお教師による言葉の認知が困難な場合は, ジェスチャーや板書で補うこととした.

火山の種類名は, それぞれの言葉の再認が可能ならば, その形状を推測することが可能である. 本調査は, 児童が自己のスキーマを使い, 「TATEJYOU(盾状)・SEISOU(成層)・SYOUJYOU(鐘状)」の意味を特定し, 火山の形状を描くことを学習の目的として実施した. なお, 描画の確認は挙手と机間指導により行うこととする. また, 調査にあたり, 教師の発話の一貫性を保つために, 授業のシナリオを次のように作成した.

表 2-1 授業のシナリオ

教師の発話	発話内容
①	『火山には, 色々なタイプがあります. 1 つは盾状火山です. このタイプの火山の溶岩は, さらにさらしています. 2 つめは成層火山です. この火山の溶岩は, 少しねばねばしているのが特徴です. 3 つめは鐘状火山です. この火山の溶岩はさらにねばねばしています. 』
②	『盾状火山の形を描きなさい. 』 (2 分間)

③	『成層火山の形を描きなさい。』 (2分間)
④	『鐘状火山の形を描きなさい。』 (2分間)
⑤-1	『盾状の盾は、ギリシャの兵士が持っていた盾を伏せた形です。盾を描きなさい。』 (2分間)
⑤-2	※児童の反応を見て、ジェスチャーにより盾で敵の攻撃を防ぐ仕草をする。
⑥	『盾状火山の形を描きなさい。』 (2分間)
⑦	『せいそうは成層と書きます。』
	※板書する。どんな意味かを口頭で聞く。
	※挙手により児童の反応を見て、次の発話を行う。
⑧	『成層火山の形は富士山の形です。』
⑨	『成層火山の形を描きなさい。』(2分間)
⑩	『鐘状火山の形は釣鐘の形です。』
⑪	『釣鐘を描きなさい。』 (2分間)
⑫	『お寺の釣鐘を描きなさい。』 (2分間)
	※鐘状火山の形は、ほぼ釣鐘と同じであるのでここで終了。

授業のシナリオについて説明する。

(1) 教師の発話①

授業での教師の説明を再現した。これらの発話のうち、児童が解決できない言葉は、「盾状」「成層」「鐘状」の3つである。

(2) 教師の発話②～④

この段階では、児童は「盾状」「成層」「鐘状」を認知していないために、教師の指示に対してはヒューリスティック⁸⁴を使い適当な絵を描く。ただし、盾状火山については、縦に長い山のイメージを描く可能性がある。「盾状」と「鐘状」は、未履修の漢字を含むために板書を行わずに口頭のみで行う。

(3) 教師の発話⑤-1～⑤-2

盾状火山の誤った概念を、正しい概念に導くために、児童に「盾」をイメージさせることを目的とする。「ギリシャの兵士」という言葉は、授業者である筆者のスキーマにあり、映画やゲームなどの記憶から得られた言葉である。しかし、児童のスキーマ

84 稲垣佳世子,鈴木宏昭,大浦容子,「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,2007,pp.140-147.

にこの言葉が存在しないことは容易に想像できる。ただし、ゲームなどの映像記憶を保持している場合も考えられるので、兵士が剣を持ち、もう一方の手に盾を持って攻撃を防ぐジェスチャーにより正しい概念形成を試みる。

(4) 教師の発話⑥

教師の発話⑤を受けて、盾を「伏せた」という言葉が正しく認知され、正しい概念形成につながったかを調べる。

(5) 教師の発話⑦

成層と板書したことで、「層に成る」と正しく認知できた児童が概念化できるかを調べる。「成」は4年で、「層」は6年で履修する漢字である。なお、成層火山は、他の2つと異なり内部構造を表しているため、その形状の概念化は漢字の認知の程度に依存すると考えられる。

(6) 教師の発話⑧～⑨

教師の発話⑦で描けなかった課題を、代表的な成層火山の富士山を描くことで正しい概念形成を試みる。富士山は、テレビや書籍・インターネットなどで多くの写真が掲載され、何度となく目にした経験があり、調査を行った学齢期の日本人であれば、富士山に関するスキーマを持ち合わせている可能性が極めて高いと考えられる。

(7) 教師の発話⑩

鐘状火山の誤った概念を正しい概念形成に導くために、児童に「釣鐘」をイメージさせる。様々な機会に釣鐘を目にした経験のある児童は、描くことができると思われる。

(8) 教師の発話⑫

教師の発話⑪で描けない児童のうち、経験的に「釣鐘」の存在は認識していながら、名称を知らないと思われる児童がいるものと考えられる。そこで、「お寺の」という場所を示すキーワードを与え、お寺に関するスキーマを手掛かりに検索を行わせる。釣鐘の形状から、吊るされている物体が「つりがね」と呼ばれるものであると推論できた児童は、自分の見た釣鐘の絵を描くと考えられる。また、妥当な表現の例を図2-2に示す。



図 2-2 妥当な表現の例

3. 調査結果

3-1 教師の発話①～④

教師の発話①により児童が描いた絵は、図 2-3 のようなヒューリスティックを使った場当たり的な記述ばかりであった。即ち、A 校と B 校の全員が火山の形状の区別は勿論、正しく描くことができず誤った概念形成が起きた。ただ、その中でも盾状火山だけは、全ての群で、縦に長い山の絵を描いた児童が見られた。図 2-3 の左端の絵がその代表である。



図 2-3 情報提示直後に児童が描いた絵の例

3-2 教師の発話⑤-1～⑥

教師の発話⑤-1 は、最初に言語音でのみ盾の形状を描くように指示した。しかし、どの群でも描けない児童が多く見受けられたために、ジェスチャーにより盾で敵の攻撃を防ぐ仕草を行った。盾か、または、それを伏せた低くて底面積の広い山のイメージで描かれたものは妥当な表現と判断して、その結果を表 2-2 に示す。

なお、以下に示す調査の結果は、児童が正しい概念を形成できたかに焦点を当てるために、描いた結果を筆者の持つ概念と比較し、明らかに「盾・富士山・釣鐘」と判断できるものを「妥当な表現」とし、白紙も含めたそれ以外を「妥当でない表現」とする 2 つの名義尺度で表すことにする。

表 2-2 教師の発話⑤-2 後のジェスチャーによる児童の概念形成

群とその数	A-1 26名	A-2 28名	B-1 31名	B-2 23名
表現の妥当性				
妥当な表現(名)	17	17	16	6
妥当でない表現(名)	9	11	15	17

教師の発話⑤-1 に、⑤-2 のジェスチャーを加えた反応を図 2-4 に示す。

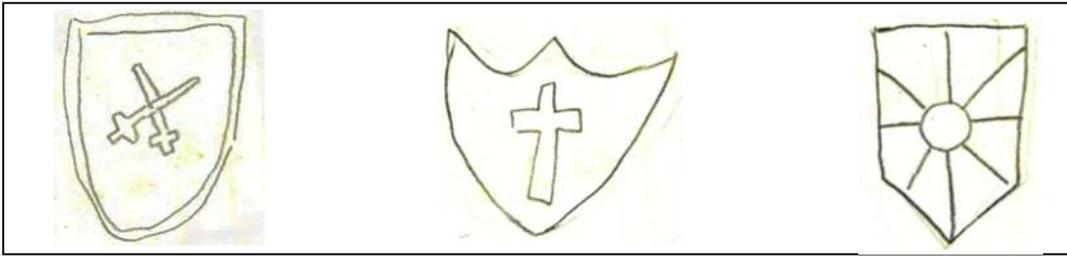


図 2-4 教師の発話⑤-2 後に児童の描いた絵の例

教師の発話⑥後に児童の描いた絵は、図 2-5 のように平たい山のイメージ図が見られた。

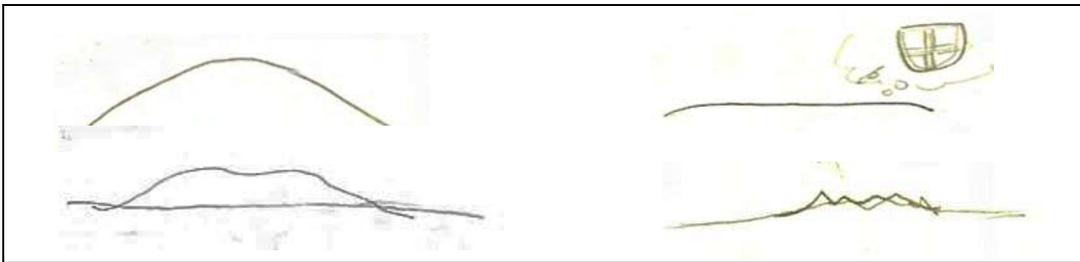


図 2-5 教師の発話⑥後に児童の描いた絵の例

3-3 教師の発話⑦

「成層」については、6年生は漢字の学習において「成」も「層」も習得済みであるが、4年生については、「層」は未履修である。「成層」と板書したが、全ての群で正しく描けた児童はいなかった。ただ、「層に成る」と読めた児童が数名見られた。

3-4 教師の発話⑧～⑨

成層火山の形が、富士山の形であることを告げた。教師の発話⑧～⑨に対しては、児童の反応は早かった。「ああっ」や「分かった」などの声が自然に漏れて絵を描き始めた。富士山の代表的な頂上に雪を冠している絵がほとんどであるが、円錐形状の形も妥当な表現として判断した。この結果が表 2-3 である。

表 2-3 教師の発話⑧～⑨後の児童の概念形成

群とその数	A-1	A-2	B-1	B-2
表現の妥当性	26名	28名	31名	23名
妥当な表現(名)	24	25	25	17
妥当でない表現(名)	2	3	6	6

教師の発話⑧～⑨に対して児童が見せた反応の一部を図 2-6 に示す。

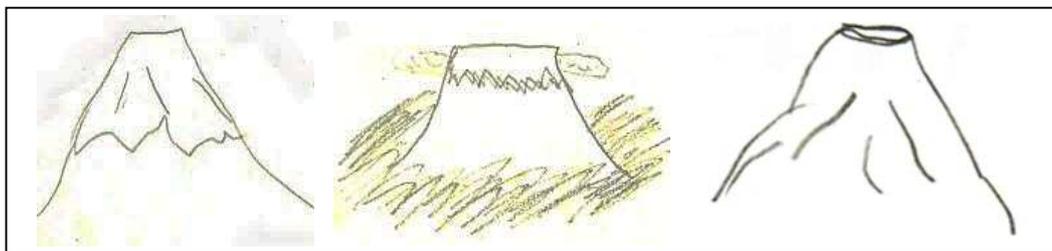


図 2-6 教師の発話⑧～⑨の後に児童の描いた絵の例

3-5 教師の発話⑩～⑪

鐘状火山が釣鐘の形であることを述べた。児童の反応は、富士山に比べ早くなかった。釣鐘の絵としては、頭頂部が丸く下開きの輪郭のみも妥当と判断した。また、妥当でない表現のなかに「釣り針」を描いたとみられる表現や、何も描けなかった児童が多数いた。その結果を表 2-4 に示す。

表 2-4 教師の発話⑩～⑪後の児童の概念形成

群とその数 表現の妥当性	A-1 26名	A-2 28名	B-1 31名	B-2 23名
妥当な表現(名)	0	3	3	3
妥当でない表現(名) (釣り針の絵:内数)	26 (9)	25 (9)	28 (0)	20 (3)

教師の発話⑩～⑪後に児童が描いた絵のうち、釣り針を描いたと思われる絵図を図 2-7 に示す。

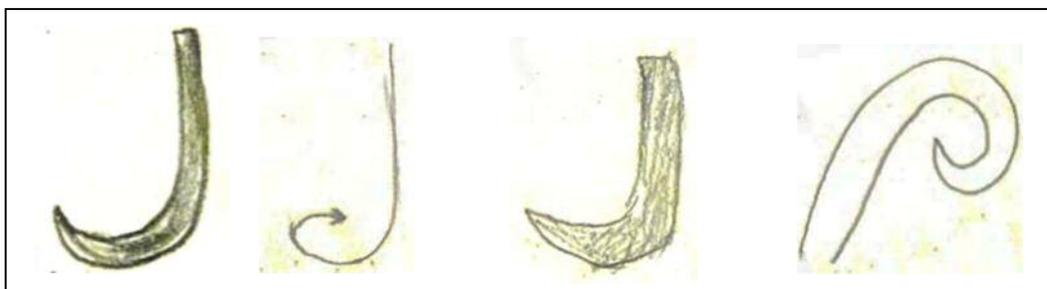


図 2-7 教師の発話⑩～⑪の後に児童の描いた絵の例

3-6 教師の発話⑫

ほとんどの児童が「釣鐘」という言葉を認知できなかったため、「お寺の」という場所を表す言葉を付加した。この結果を表 2-5 に示す。

表 2-5 教師の発話⑫後の児童の概念形成

群とその数 表現の妥当性	A-1 26名	A-2 28名	B-1 31名	B-2 23名
妥当な表現(名)	24	25	6	9
妥当でない表現(名)	2	3	25	14

次に、教師の発話⑫後に児童が描いた絵を図 2-8 に示す。

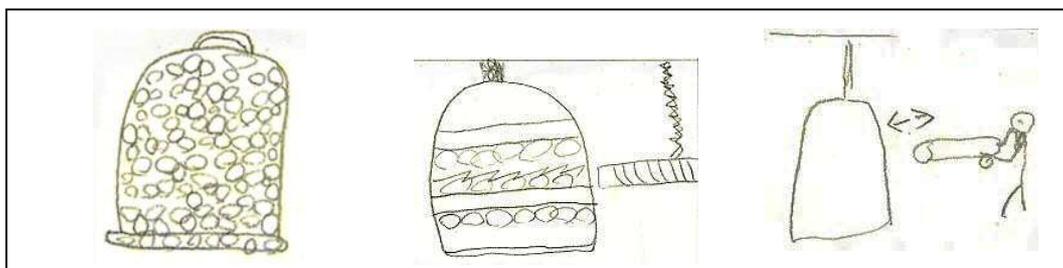


図 2-8 児童の描いたお寺の釣鐘の絵

4. 誤概念を形成した文脈と誤概念の修正に関する考察

それぞれの火山の形状について、児童がどの様にして正しい概念を形成できたかについて考察する。

課題ごとに妥当な描画表現をした児童の割合を、A 校と B 校で比較したものが図 2-9 である。

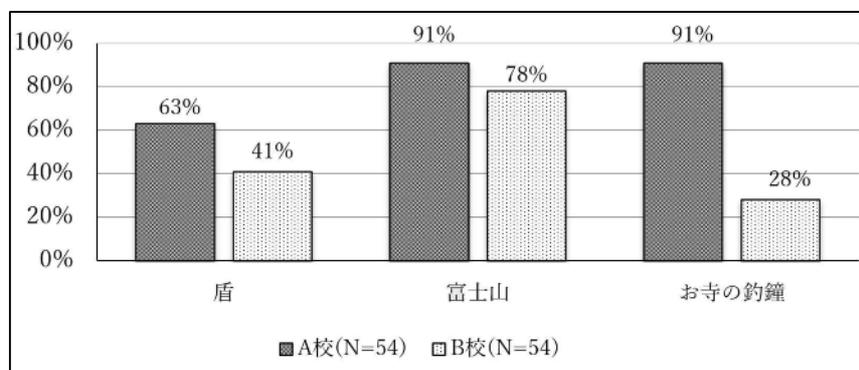


図 2-9 課題ごとの妥当な表現の割合

4-1 「盾状火山」の課題について

教師の「TATEJYOU」という言葉を一人も再認できなかったことから、非言語コミュニケーションであるジェスチャーによる説明を付け加えることで、表 2-2 から分かるように 6 年生で 6 割程度、4 年生のひと組で 5 割程度が正しく盾の図や、もしくは図 2-5 のように正しく盾状火山を描くことができた。

一般的に、記憶痕跡の少ない小学生は、国名の「GIRISYA(ギリシャ)」や戦争で用いられる「HEISHI(兵士)」, それに武器の「TATE(盾)」という言葉の再認ができない場合が多いと考えられる。また、この課題においては、教師が発話する 7 秒ほどの間に、盾がギリシャの兵士の所有物であるという文脈を、正しく認知する必要がある。児童によっては、4 秒ほどで発話される「GIRISYA(ギリシャ)」や「HEISHI(兵士)」の再認に手間取り、順向抑制のために「TATE(盾)」の認知ができなかった可能性も否定できない。

ジェスチャー理論によれば、ジェスチャーによる非言語と音声による言語は同じ神経システムに依存している⁸⁵。今回の実験では、ジェスチャーを行う前に、音声による言語を使い教師の発話⑤-1 を行った。その上で、その文脈と関係の深いジェスチャーによる非言語コミュニケーションにより概念形成を試み、表 2-2 で示したように、A 校の 2 つの群と B 校の B-1 群において、5 割以上の誤概念の修正という一定の成果を得た。即ち、言語音による指導に付随して、ジェスチャーを指導過程に用いることは、児童の概念形成に一定の効果があるということになる。

一方、B-2 群においては、誤概念の修正が 1/4 程度に留まった。その原因としては、児童が自身の記憶痕跡に、3 つの言葉(ギリシャ、兵士、盾)の全てか、又はその一部を持っていなかったことが推測される。その記憶痕跡の生成に関しては、学年の違いが原因なのか、児童が育った社会環境の違いが原因なのかは、今回は明らかになっていない。さらに、教師の発話⑥による課題は、言語音のみの提示であったために、「伏せた」という言葉の解決ができなかったためか、形を正確に描くことができた児童は図 2-5 で示した程のごくわずかであった。

4-2 「成層火山」の課題について

成層火山の課題は、「SEISOU(成層)」が火山の稜線の形状を表しておらず、児童も手掛かりとするスキーマを持っていないために、教師の言語音の認知に手間取る結果となった。

85 Doreen Kimura, *Neuromotor mechanisms in human communication*, Oxford Psychology Series 20, 1993, p.126.

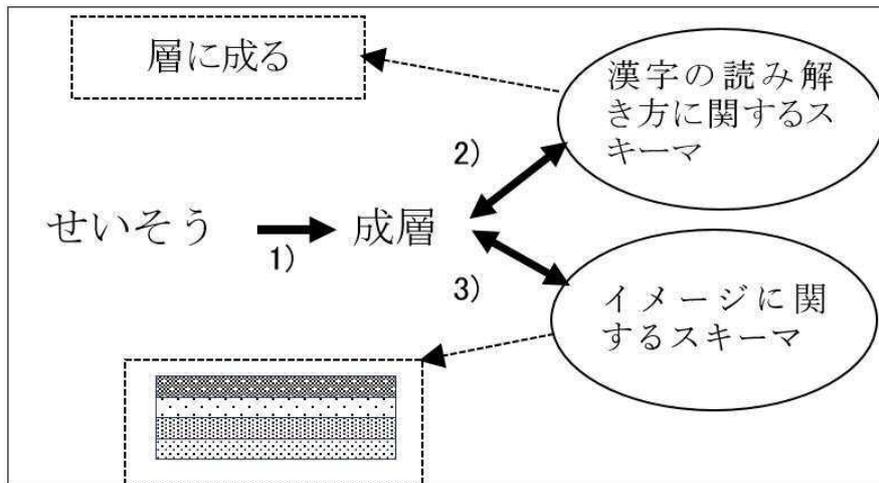


図 2-10 言語音の意味づけ過程

図 2-10 は、「せいそう」という言語音に意味づけをする過程を表したものである。今回の調査で、1)は板書により認知を試みた。しかし、児童にとって初めて知る言葉であり、漢字の意味を理解したとしても盾状火山と異なり、形状(稜線)を示す言葉ではないため、うなずいたり、自己中心的言語である「ああ」などを発したりして認知できた児童は、皆無と言ってよい程であった。結果として、これだけの情報では、どの児童も成層火山の形状は描けなかった。

一方、「せいそう(成層)」の認知が成功したか否かについては、教師の発話⑧～⑨により描いた富士山の絵のなかに、2)と 3)の検索の跡が表現されたかで調査した。その結果、今回調査した B-2 群の児童の 3 名(4 年生)が、図 2-11 のような表現をした。

この 3 名は、理解度が高く、6 年生で履修する「層」を認知したと考えられる。しかし、稜線に沿った層の重なり内部構造としてはまだ正確ではない。調査をした 4 つの群のその他の児童のなかで、2)や 3)の検索をしたと思われる表現は、今回は見られなかった。

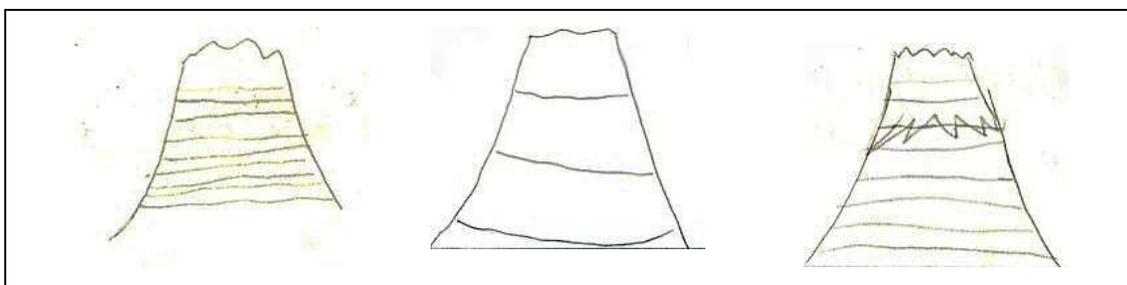


図 2-11 「成層」の意味付けに成功した例

「SEISOU(成層)」の認知が皆無であったことに対して、「FUJISAN(富士山)」の認知率は非常に高かった。一般的に日本人は、富士山の概念として「日本を代表する山」、「成層火山」、「世界文化遺産」、「霊峰」、「日本一高い山」、「高さ 3776m」など多くの記述的情報を記憶痕跡に持っている。ただ、このような記述的情報は、読書や学習、実際の登山やテレビ視聴など、ある状況下での経験や理解により長期記憶に保持されるので、その内容については一人ひとり異なる。一方、空間的情報である富士山の形状については、日本人が様々なメディアで目にする頻度が高く、山の形としてはどのような映像もほぼ同様である。そのため、富士山の形状には統一性があり、また、再認回数も多いと考えられることから、その保持率も高いと考えられる。

今回の調査で、教師が発する言語音の認知が困難な場合、児童は、スキーマを手掛かりにした長期記憶の検索も困難となり、概念の形成ができない場合や、誤概念を形成してしまう場合があることを認識した。通常、そのような場合、正しい概念形成のために教師は、発話内容の言い換えを行う。今回は、予め教師自身の成層火山のスキーマを検索し、大半の児童の記憶痕跡にあると判断した「富士山」の心象を、教師の発話⑦の補足(教師の発話⑧)として使用し、成層火山の形状を正しく描かせることに成功した。このことにより一時的には、児童の記憶痕跡に、成層火山のスキーマが形成され、その中に富士山の心象が定着したと考えられる。なお、表 2-3 の結果をもとに、A 校・B 校の両群間で χ^2 検定を行ったところ、有意差はみられなかった。($\chi^2=3.42$ $p>.05$)

このように、「富士山」のような、誰もが同様の心象を持っていると考えられる言葉の再認率は高いと考えられる。従って、できるだけ児童が同様の心象を持っていると推測される言葉を選びながら、授業設計を行うことが必要である。

4-3 「鐘状火山」について

鐘状火山の課題では、「SYOUJYOU」という言語音から、釣鐘の形を想起させることを試みた。しかし、日常生活や学校での学習において、児童が使う言葉のうち、「SYOUJYOU」と発音するのは、「症状」と「賞状」の 2 つほどしか見当たらない。そのため、教師の発話④の結果でも適切な絵を描く児童はいなかった。そこで、教師の発話⑩～⑪により、「SYOUJYOU」という言葉と、釣鐘の形を結び付けるという概念形成を試みたが、表 2-4 で示したように、ほとんどの児童がそのイメージを描くことができなかった。つまり、今度は彼らのほとんどが、「TURIGANE(釣鐘)」の概念を持っていなかったと考えられる。この結果を示した表 2-4 をもとに A 校・B 校の両群間で χ^2 検定を行った結果、有意差はみられなかった。($\chi^2=1.09$ $p>.05$)

また、今回の調査では、利用可能性ヒューリスティックによる意思決定で描いたと思われる「釣り針」の絵が、複数の児童に見受けられた。これらは、「つりがね」の「つり」という言葉に反応したものであるか、または「がね」の聞き取りに失敗したためであろうと

考えられる。

そこで、教師の発話⑫により、「お寺の」という場所を表す修飾語を付け加えた。このことにより、表 2-5 で示したように、釣鐘の表現に関しては A 校では、約 9 割の児童が妥当な表現をした。一方、B 校では約 3 割程度しか妥当な表現ができなかった。表 2-6 は、両校ごとの観測数を示している。

表 2-6 「お寺の」による児童の概念形成

	A校	B校	合計
妥当な表現(名)	49	15	64
妥当でない表現(名)	5	39	44
合計(名)	54	54	108

表 2-6 において A 校・B 校の両群間で χ^2 検定を行った。その結果、確率密度 $p=2.77 \times 10^{-11}$ という非常に小さい値となり、1%水準で有意差がみられた。 $(\chi^2=44.3, p<.01)$

調査は、A 校は 6 年生、B 校は 4 年生というように、調査の学年に違いがあったが、漢字の習得に関して、「寺」は 2 年生で学ぶ漢字であることを考慮すれば、「OTERANO(お寺の)」という言葉音が、4 年生の単語再認⁸⁶に影響を与えたとは考えにくい。従って、「お寺の」という修飾語の追加だけで、両校の児童の認知に差が見

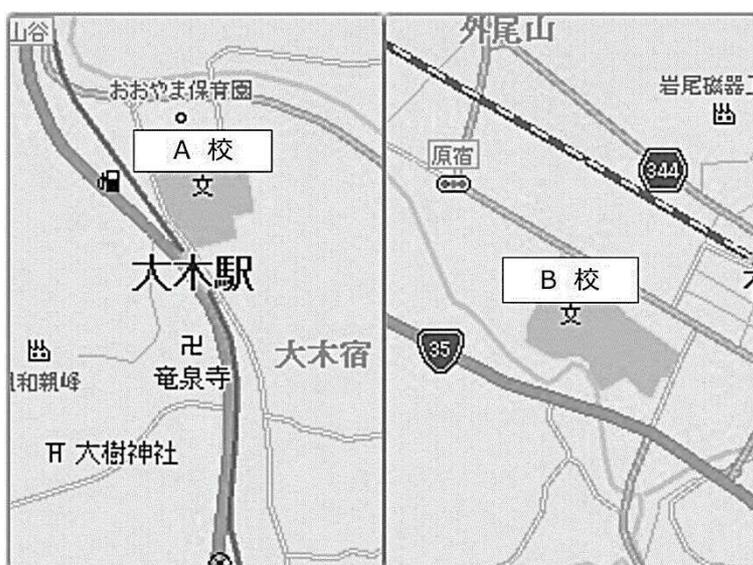


図 2-12 A 校(左図)と B 校(右図)周辺の地図

られたのは、もともと A 校の児童にとって、「お寺の」という言葉が、何らかの意味を持っていたのではないかと考えられる。そこで、A 校の児童の概念形成が急速に進んだ原因を探るため、両校の近傍を同一縮尺により図 2-12 に表した。

これをみると、A 校は、直線距離にして 200m の位置に、通学路に面して寺院があるが、B 校は、校

86 J・T・ブルーアー 著,松田文子,森敏昭(訳),授業が変わる,北大路書房,1997

区内に寺院はないという地理的環境である。この地理的環境が、A校の児童に釣鐘の絵を描かせた要因ではないかと考えられた。

このような生活環境の違いが、児童の概念形成に影響したのかを、追加の質問調査を実施して確かめた。質問調査は、2015年1月にB校の4年生B-2群(23名)の調査と並行して、A校の4年生(36名)とで行った。A校の4年生には、「お寺...この言葉を聞いてあなたがパッと最初に思い出したお寺はどこですか。お寺の名前や場所と理由を書きなさい」という内容で質問調査を担当が行った。B-2群は、質問調査を回収後に釣鐘のイメージが描けた9名の児童に、どこの釣鐘を思い出したかを追加記入させた。その結果が表2-7である。

この結果を見れば、A校の児童の78%が、「お寺」という言葉で、A校のそばにある寺院を最初に想起していることが分かる。

表 2-7 「お寺」で想起する寺院

群とその数 釣鐘を想起した寺院	A校4年 (36名)	B-2群 (9名)
A校そばの寺院(名)	28(78%)	0(0%)
その他の寺院(名)	8(22%)	9(100%)

その理由としては、「学校の近くにあるから」、「2年生のときに行ったことがあるから」、「浮立を舞うときに行くから」、「家が近くだから」、「友達の家近くだから」など、生活の中で密接につながっている理由を書いていた。また、その他の寺院に書かれ理由には、「幼稚園の隣にあったから」が最も多い結果であった。実際、A校の校区内にある寺院は、図画工作科でのスケッチ会の会場になることも多く、また、地域の夏祭りや花火大会の会場として親しまれている場所でもある。さらに、通学路にも面していることから、A校の児童は日頃からそばを通ったり、何度となく足を運んだりして時間を過ごした場所でもある。

一方、B校の9名が書いた理由の中にも「幼稚園のそばにあるから」や「〇〇市にあったから」などの家族旅行などで訪れたと推測できる理由を書いた児童がいたほかに、「大晦日にテレビで見たから」などメディアによって知ったというものもあった。

今回の調査によって、図2-9において最も異なった結果となった釣鐘のイメージは、A校の場合「お寺の」という補助的発話により、ほとんどの児童が校区内の寺院に行ったり、通ったりした経験を思い出したものと考えられる。しかし、B校の児童は「お寺の」という補助的発話を聞いても、生活空間内の身近な経験の記憶に寺院がなかったために、呼び起こすことができなかったと思われる。このように、A校の児童におけ

る釣鐘のイメージ化は、児童のスキーマにある生活空間内の経験に基づく境内のイメージが、教師の発話によって呼び起こされた結果と考えられる。

4-4 まとめ

本研究では2010年からの5年間で、2つの小学校の4つの学級において、教師の発話により形成された誤概念が、さらなる教師の発話やジェスチャーにより正しい概念へと修正される過程を、実践授業を通して確認することができた。このなかでは、教師のスキーマと児童のスキーマの違いにより、児童が教師の考えとはかけ離れた理解をする場合があることが明らかになった。このことは、小学校の様々な授業においても、教師の発話行動に対して児童の誤概念が生じる可能性があることを示している。

本研究から、教師の発話による児童の誤概念の修正に関して、以下のような知見を得た。

- ① 教師は、児童が持ち合わせていると考えられるスキーマを考慮した発話を行い、その発話内容に関連するジェスチャーを言語音の指導に付加・補足して用いることで、児童の概念形成や誤概念の修正に一定の効果を得た。
- ② 大半の児童の記憶痕跡にある、指導内容に関連した心象を表す言葉は、児童の誤概念を修正できることが明らかになった。
- ③ 児童が概念形成できない言葉の心象が、その言葉と関連したスキーマに含まれる別の言葉の追加発話で、呼び起こされることを確認した。

この実践研究は、最も基本的な授業形態を再現して、教師の発話により児童の誤概念が起きることを示した。通常の授業においても、児童が持っていない概念を表す言語を発話することがあり、この実践研究と同じような誤概念が児童のなかに形成される。

5. 結論と課題

4-4まとめの①～③は、教師が児童の記憶の内容について知ることができなければ、誤概念の修正は困難となることも示唆している。本研究では、盾状火山の概念を形成するために、児童が知っていると推測した西洋の騎士の心象を利用した。これは、対戦型ゲーム等に出てくるキャラクターの姿と共通性を持っている。敵の攻撃を防ぐ防御の武器の名前が盾であることを知らなくても、心象に残っている可能性があるかと判断したためにジェスチャーを用いた。成層火山では、言語理解の可能性はほとんどないと判断したが、児童の記憶に富士山の心象は100%存在すると確信したことから、言語の言い換えだけで概念の修正が可能となった。鐘状火山については、児童が鐘状という言葉を理解することはないので、児童の記憶痕跡に残っていると考えられた

釣鐘という言葉で提示した。ところが、児童のほとんどは釣鐘のスキーマを持っておらず、その解決策として、お寺のスキーマを検索させようと考え「お寺の」という言葉を発話したところ、お寺のスキーマを持っている A 校の児童が釣鐘の心象を推測することができた。

このことから教師は、自身が授業において提示する言語を児童に理解させるためには、児童の記憶痕跡にどのような内容が概念として形成されているかを確認することが必要であるという結論を得た。実際的には、教師は児童の実態を考慮し、住む環境やこれまでの学習の経験等を考慮して発話を行うと考えられる。しかし、学習の内容によっては、より詳しく児童の実態調査を行い、児童の記憶痕跡にどのようなスキーマが存在するかを確かめることも必要である。

これまでの議論において、児童による知識の獲得と概念形成において、教師の発話に起因した教える側の問題があり、それは教師の指導方略の見直しで解決することが可能であることを確認することができた。

一方、学習者側では、獲得した知識を経験の心象とともにエピソード記憶として、一旦、長期貯蔵庫(長期記憶)に保持するが、そこから意味記憶に昇華させることが最も重要な課題となる。しかしながら、ここまでの学習過程において児童が、獲得した知識の価値に気づいているとは言い難く、ましてや知識の意味や心象などを以て精緻な思考を行い、自分自身の解釈に対する内なる納得には至っていないと考えられる。なぜならば、それまでの学習過程では、知識を整理するという処理を行っておらず、獲得した知識同士や自身の持つ既存の概念との関係性についても吟味していないと考えられるからである。従って、児童の概念形成にとって必要なことは、学習が終了した時点で獲得した知識の整理を行い、自身のスキーマを概観し、その意味に気づくことである。

そこで次の章では、学習が終了した児童の記憶痕跡にあるスキーマを表出させるために、意味ネットワーク・モデルを用いて児童の構成概念の外化を試みることにする。

第3章 意味ネットワークで表された児童の構成概念と記憶の関係

1. 児童側の視点に立った実践研究

1-1 理解することと能力を身に付けること

学校教育において、児童が学習内容をどの程度理解したかは、全ての教員にとって最も重要であると言われている。そのため学習後には、次の授業設計のために評価テストが必要となる。評価テストの結果次第では、理解の程度が低いと判断された指導内容の修正や補充がなされ、それが完了した時点で次の学習へと移行することになる。

一方、文部科学省の学校教育(特に義務教育)に関する主な提言事項⁸⁷には、その前半部において能力の習得に関する表現が多くみられ、後半部においては、教育成果の入口管理から出口管理への移行としての評価について論じられている。このことから、学校教育の目的を一言でいえば、児童・生徒に能力を身につけさせ、それを適切に評価することであると言えよう。ここで言う能力とよばれる概念は、「～ができること・～力」と解釈でき、評価とはそのような力を児童・生徒が確かに持っているかどうかを測定(書く、選択する、描く等)することと理解することができる。例えば、算数科では、問題を解き、答えを導き出す力、社会科では、社会的事象の関係を事実のつながりとして説明できる力、国語科では、文章の表現から意味を探り出す力などが評価に係る力と言える。そして理科においては、自然の事物・現象の因果関係を説明できる力が児童に身に付けさせる能力と捉えることができる。従って学習後には、「なぜ川の下流域には、角がとれた円い小さな石が堆積しているのか」や、「水に食塩を溶かすと粒が見えなくなったのに、なぜ塩辛いのか」などの説明を児童ができなければならない。そして、そのことを評価することで学校教育の目的が達成されることになる。

ところで、ここに示した学習内容を理解することと、能力を身に付けることは同じではない。学習内容を理解するとは、児童が学習内容を記憶に残すことである。すなわち、学習が終了した時点で、児童の長期記憶には学習の痕跡が残っていないとではない。そして、学習内容を理解し、その理解した内容に自身の解釈を加えながら、納得を繰り返して体制化(スキーマの形成)することで能力が変わるのである。例えば算数科の学習で、直方体の体積の公式「縦×横×高さ」を「理解した」とは、その公式が導かれる過程に納得し、公式やその過程を記憶痕跡に留めた状態を指す。そして、何度か練習を繰り返して、意識することなしに暗黙のうちに、自然に計算を行うなど公式を適用して問題を解けるようになった状態を「能力が身に付いた」という。理科の学

87 文部科学省、義務教育(学校教育)の意義・目的に関する提言、http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/gijiroku/04052101/009/001.htm, アクセス(2017/9/18)

習では、例えば水に食塩を溶かし続けても、それ以上は溶けなくなると実験の記憶から言えるのは「理解した」状態であり、なぜそれ以上溶けなくなるのかを、物質の粒子性に目を向けて説明できることが「能力が身に付いた」状態と考えることができる。中学校や高等学校での指導で用いられる物質の粒子性についての概念が、小学校において導入されたのは、平成 20(2008)年の学習指導要領改訂からであった。即ち、能力の獲得には、観察・実験の内容を記憶するだけでなく、物質の粒子性を用いて原因と結果の因果関係に目を向けさせようとしたものと考えられる。ここで取り上げた、「学習内容の理解から能力を身に付ける」までのプロセスには、粒子性の概念のように、児童にとっては高度な科学的概念が心象(イメージ)の形で導入されている。このように心象を以て自然の事物・現象を考えることは、因果関係の説明には重要である。この他にも、電流についての学習では、電気を川の流に例えて指導することがあり、メタファー(metaphor) 的に物事を解釈することも、児童が能力を身に付けるためには必要な学習活動であると言えよう。

従って理科の指導においては、自然の事物・現象の因果関係を、心象を用いて説明できることを能力と捉え、冒頭に述べた「児童が学習内容をどの程度理解したか」は、「児童が学習内容をどう説明するか」という能力に目を向けた議論に置き換え、単元の学習が終了した時点で評価を行う必要がある。即ち、児童が身に付ける学力とは、記憶された獲得した知識をこれまでの評価テストによって測るだけではなく、児童が自然の事物・現象をどう説明するかについても、別の方法によって測られるべきものと結論付けられる。

ところで因果関係については、原因の事象と結果の事象との間に、科学的な意味を持たせることで説明することができる。このような概念または、エピソードが他の概念やエピソードとどのような関係性を持っているかについては、これまでの学習評価においては調べることができなかった。本研究では、知識モデルとしてノード・リンク構造で記述される意味ネットワーク・モデルを採用し、それぞれのノードに概念やエピソードを記述させ、それらがどのような関係を為しているかを、授業を通して実践的に解明しようとするものである。

1-2 概念の形成と記憶の関係

序章では、記憶の分類に関して Tulving が、宣言的記憶を意味記憶とエピソード記憶に区分することを提唱し、WilhiteとPayneは、図序・2に示すように長期記憶を手続き的記憶と宣言的記憶に分類し、宣言的記憶にタルビングの区分を適用したことを述べてきた。即ち、手続き的記憶は、人間の日常生活における行動を司る記憶であり、例えば、車の運転や家の鍵の開け方など、意識することなく行動するために使われる記憶であった。これに対して宣言的記憶は、言葉によって記述できる事実についての記憶であり、山に登ったとか映画を見たなどの経験を話すときに用いられる記

憶であった。宣言的記憶のなかでも意味記憶は、事柄の一般的な機能やメカニズム、特徴などを表す記憶であり、例えば、山は高いとか木が茂っている、映画のスクリーンは大きいとか映画館は暗いなどである。これに対して、エピソード記憶は、個人的経験に基づく記憶であり、時間的・空間的文脈の中に位置づけられる記憶である。例えば、今年の元日に友人と富士山に登り、初日の出を見たなどである。

このことを踏まえれば、理科教育において児童が経験する観察・実験の記憶は、エピソード記憶である。また、概念は言語や事柄の意味であり、記憶と密接な関係にあることから、自然の事物・現象の因果関係は、意味記憶であると結論付けられる。さらに、温度計の使い方や蒸発乾固の仕方など観察・実験の方法については、手続き的知識と考えられることから、手続き的記憶に保持されていると考えられる。

学習において児童は、教師の発話内容から思考をめぐらし、ノートに記録したり、自分の意見を発表したりしながら、学習した内容を絶えず記憶しようとする。実際の授業において、児童が概念を形成するときには、断定的な言い回しを用いて、学習した内容を説明する。例えば、5年理科「もののとけ方」の学習において、「とける」という言語を「とけるには、溶解と融解がある。」と断定的に表現できたとしたら、その児童は「とける」の概念を獲得したと考えられる。また、6年算数科の「分数÷分数」の学習で「割る数を逆数にして掛け算に変更すると計算ができる。」と答えた児童は、式の変形に関して既に概念化した知識を記憶していると判断できる。即ち、「とける」の例で言えば、「とける」という言語と溶解や融解の心象が結びついて意味記憶が形成されたと

考えられる。従って、このような児童は、「とける」という言語を説明するとき、食塩が水に溶ける様子やアイスクリームが暑さのために形を崩す様子を具体的な絵を描きながら、溶解や融解の説明ができるのである。この記憶は、Wilhite & Payne の長期記憶の区分では、意味記憶に該当し、表3-1で示すように、Tulving(1983)によれば、無意図的(Tulving の表現では自動的に)利用される⁸⁸。無意図的に利用されるとは、記憶痕跡に対する意識的な検索を行うことなしに、意味記憶が呼び出されることであり、教師の発問に対

表 3-1 エピソード記憶と意味記憶の区分(Tulving,1983)

区分特性	エピソード記憶	意味記憶
情報における相違点		
源	感覚	理解
単位	事象・エピソード	事実・観念・概念
体制化	時間的	概念的
指示	自己	万物(世界)
真実性	個人的信念	社会的一致
操作における相違点		
登録	経験的	象徴的
時間的符号化	有・直接的	無・間接的
感情	より重要	重要でない
推論能力	制限あり	豊富
文脈依存性	より顕著	顕著でない
被干渉性	大	小
アクセス	意図的	自動的
検索の質問	時間? 場所?	何?
検索の影響	システムの変化	システムは不変
検索のメカニズム	協働的	開示的
再現意識	記憶された過去	表出された知識
検索の報告	・・・を覚えている	・・・を知っている
発達の順序	遅い	早い
小児健忘症	影響あり	影響なし
応用における相違点		
教育	関連なし	関連あり
汎用性	小	大
人工知能	不明	優秀
人間の知能	関係なし	関係あり
実証的証拠	忘却	言語の分析
実験室的課題	特定のエピソード	一般的知識
法的証言	容認可・目撃者	容認不可・鑑定人
健忘症	影響有り	影響なし

88 Tulving, E., *Elements of episodic memory*. New York: Oxford University Press, 1983

して、素早く返答し、その意味を尋ねても言語を用いて説明することができるのである。

序章で述べた消極的な概念形成とは、授業で行われている学習活動を消極的だと評しているのではなく、児童が単元全体の学習過程において、学習により獲得した自身の知識を、記憶想起によって積極的に探る機会が不足していたと考えているのである。そこで、単元の終末段階の学習過程に記憶想起過程を設定し、児童がリハーサルを行い、記憶を再固定化することによって、自然の事物・現象の因果関係に気づく積極的な概念形成への転換を図らなければならない。

記憶に関するこれまでの先行研究では、大学生を被験者とした言語の記銘と再生に関するものが多かった。しかし本論は、研究のフィールドを小学校に限定し、学童期の児童が記憶痕跡にどのようなスキーマを保持しているかを明らかにすることを目的とした。また、小学校は研究施設ではないために、実際の授業を通じた研究でなければならない。児童の描いた内容は全て授業のために用いられたワークシート上に描かれたものである。このように、小学校で実際に計画し行われる実践研究は、データを収集する目的ではなく、児童の学習効果を高めるという視点で行う必要がある。

2. 調査の方法について

2-1 意味ネットワーク・モデルについて

これまで述べてきたように本研究においては、児童の知識モデルとして意味ネットワーク・モデルを利用し、児童の概念の可視化を試みることにした。一般的な認識においては、意味ネットワーク・モデルは次のような図を以て議論されることが多い⁸⁹。

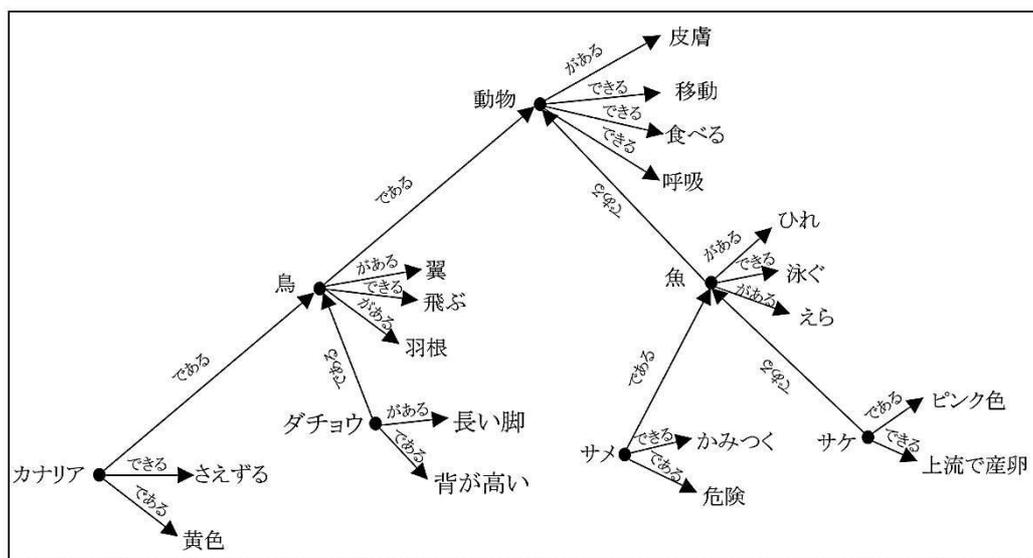


図 3-1 意味ネットワークによる知識構造の例 (出典) Collins & Quillian, 1969

89 箱田裕司, 都築誉史, 川畑秀明, 荻原滋, 「認知心理学」, 有斐閣, 2010, p193.

これを見ると、それぞれのノードが方向性を持ったリンクにより結び付けられ、ノード間の結合の関係を表すラベルが付けられていることが分かる。例えば、「カナリヤは、鳥である。鳥は、動物である。動物は、移動できる。」と、リンクを辿れば記憶された概念を読み解くことができる。ところが、コリンズとキリアン(Collins & Quillian,1969)⁹⁰の原著では、次のように示されている。(図 3-2)

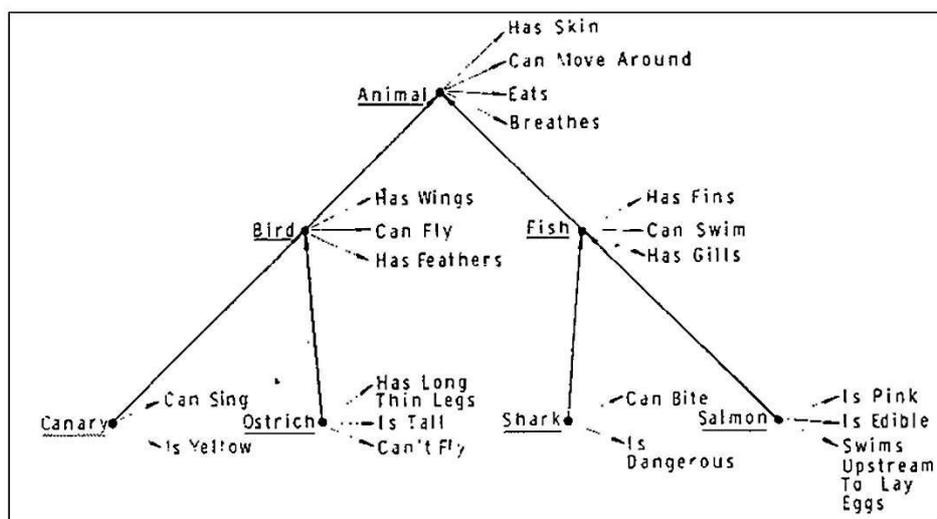


図 3-2 Collins & Quillian(1969)の原著に提示された図

これによると、リンクにはラベルが付いておらず、「Canary」から「Bird」へのリンクは、「Isa」という下位概念から上位概念へと向かうラベルであることを、読者が容易に想像できるようになっている。しかし、「Animal」から「Can Move Around」へのリンクでは、図 3-1 と明らかに異なっている。即ち、原著に提示された図を見る限りでは、日本語に訳した場合、「動物」からつながっているノードのトピックは、「移動できる」という状態を表していることになり、リンクのラベルは、係助詞「は」であることが分かる。

本研究で意味ネットワーク・モデルを実際の授業で利用する場合、児童にとって書きやすいのは図 3-2 のように、ノード内で概念が完結する方がいちいちリンクラベルに説明を付すよりも簡単であると考えられる。さらに、これまでの経験によって、罫線を引いたワークシートを配布したり、ワークシートに方形や楕円形など、書く領域を示したりすることで、児童の書こうとする意欲が増すことを知っている。そこで、ノードは楕円形を基本とする閉曲線で囲まれた領域全体とし、その中に児童が言語や絵図なども含めて自由に書き込むようにした。また、リンクについては、下位概念から上位概念へとというような矢印ではなく、単に線で関係性を表すことにするなど、児童にとって作業のし易い形に発展させて実践することにした。

⁹⁰ Collis,A.M., & Quillian,M.R.,*Retrieval time from semantic memory*,Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior,8,1969,p241.

2-2 調査で用いる意味ネットワーク・モデルの発展型

本調査で用いる意味ネットワーク・モデルは、手がかり再生によって記憶想起を行うことから、図 3-3 に示すように中心ノードに加え、第 1 ノード 1, 第 1 ノード 2, …, 第 1 ノード n(n は任意)に対して、予め教師が言葉を提示することにした。

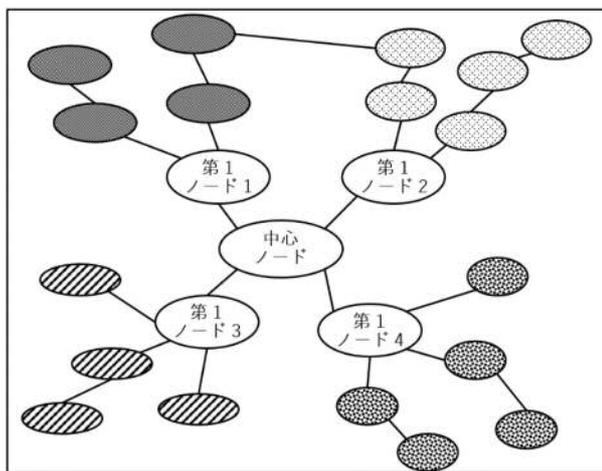


図 3-3 調査で用いた意味ネットワークの概念図

従って児童は、第 1 ノードに提示されたトピックから想起される言語や心象を思い出しながら、次々と書き込んでいくことになる。この思考の鍵となる第 1 ノードに書かれた言語や文章などを、第 1 トピックと呼ぶことにする。

記憶想起の繰り返しによって知識が再固定化されるという考えに立つならば、この実践によって児童が書き出す言語や心象は、既に概念化された記憶痕跡ばかり

が表出されるわけではない。まだ概念化されていないであろうと思われるエピソード記憶を検索し、そこから得られた心象を符号化して言語や心象を表出することも考えられる。そして、意味ネットワーク・モデルとして形成されていく自身の記憶を確認し、概念化することも十分考えられる。

このようなことから、今回の実践で用いた意味ネットワーク・モデルの発展型を、児童に馴染みやすい名称として「記憶の再生マップ」と名付け、表 3-2 で示すような手順に従って作成させた。

表 3-2 記憶の再生マップの作成の手順

<p>【利用目的】 学習記憶の想起と表出</p> <p>【描き方】</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 中心ノードには、単元名を書く。 ② 第 1 ノードに書く言語(以後、第 1 トピック)は、小単元名や小単元の指導で頻繁に使った言語や短文とし教師が指定する。 ③ 第 1 ノードの数に制限はないが、小単元の数基本にする。 ④ 第 1 ノードから派生した第 2 ノード以降のノードは、児童が自由に描き、その中に想起した言語や絵を鉛筆で書き込む。 ⑤ 教科書やノートを見て追記・修正したい場合は、赤ペンを用いる。 ⑥ 作業の時間は、概ね 30 分程度とする。

2-3 調査対象及び時期及びデータの取り出し方について

調査は、2016年1月に勤務する小学校の5年生の1クラス(30名)で、理科の「もののとけ方」において実施した。この単元は、全14時間の授業で構成され、その13時間目にテスト勉強として記憶の再生マップを描く授業を実施した。実施時間は30分で、中心ノードは単元名「もののとけ方」とし、第1ノードは4つの小単元に関係の深い「とける」、「重さ」、「とける量」、「取り出し方」のキーワードを配置した。

児童にとっては、テスト前に自分の理解した内容を整理するという目的で実施した。この児童らは、日頃から理科の時間において記憶の再生マップを利用していたために、マッピングを行うことにはある程度慣れており、第1トピックに提示されたトピックから、思いついた心象を言語や文章、または絵で表現していった。このうち、本章では、「重さ」、「とける量」、「取り出し方」の3つの第1トピックにつなげて児童が書いた内容について調査を行う。

図3-4は、ある児童が描いた記憶の再生マップである。これを見ても分かるように、各ノードの位置や文字の大きさ、字の丁寧さなど児童の描いた記憶の再生マップは自由に描いており、本人以外が見ると非常に分かりにくいものとなっている。そこで、それぞれのノードに書かれた言語を正確に表に転記し、児童が書いた順にリンクをたどり、児童がどのような記憶を再生し言葉にしたかを確認することにした。(付表3-1～3-3)

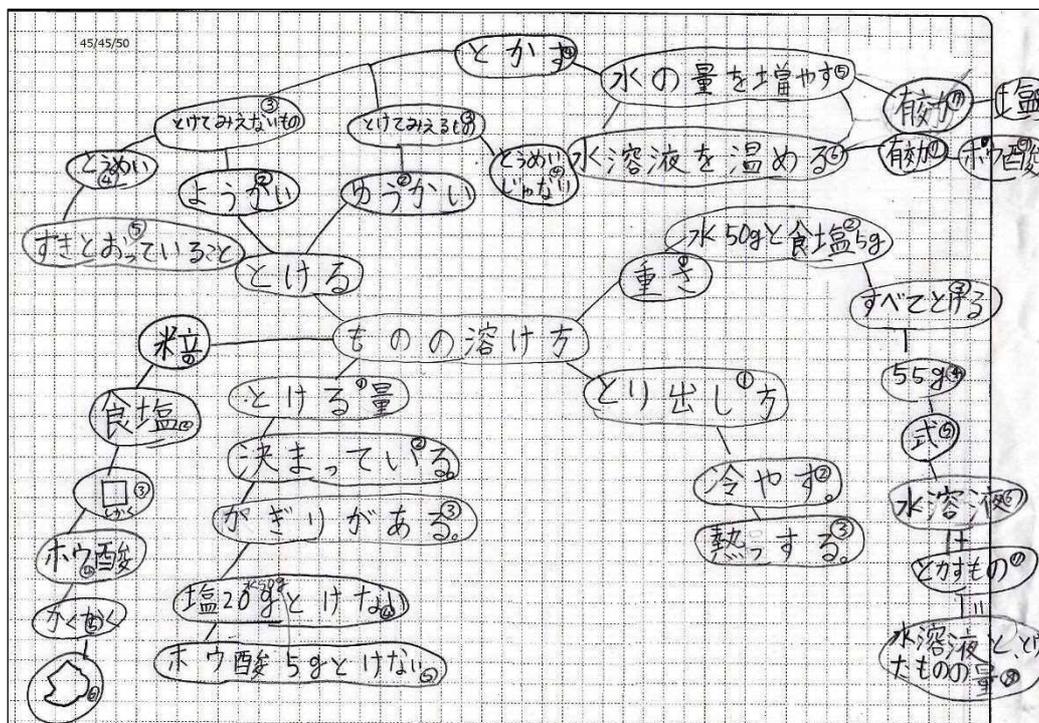


図3-4 児童が描いた記憶の再生マップ

3. 調査結果の詳細

3-1 データの見方について

本研究では、児童が記述した言葉や文章のつながりが、科学的に正しいかどうかの判別を行ったのではない。各ノードに書かれた言葉や文章が、授業記憶の心象から得られたものであるかどうかを判別している。例えば付表 3-1 において、8 番の児童の第 2 ノードに書かれた「電子てんびんで測る」という言葉は、授業で行なった活動そのものであるため、授業の記憶からの言葉と考えられる。ところが、3 番の児童の第 2 ノードに書かれた「重くなる」は、具体性に欠けており授業で行なった活動の記憶からの言葉かどうかは不明である。

このようにして授業記憶からの想起と判別された言葉については、表 3-1 で示した Tulving の区分により意味記憶かエピソード記憶かの判別を行った。例えば、付表 2 において、9 番の児童の第 2 ノード以降に書かれた「食塩」-「温める」-「あまり溶けない」という語群は、実験結果である。また、あまり溶けないと断定的に結論付けていることから意味記憶と結論づけられる。また、13 番の児童は「ホウ酸」、「食塩」とだけ記述している。第 1 ノード「溶ける量」からの派生として、これらの言葉は、具体的な言葉であり授業の記憶から派生したと考えるのが妥当である。また、実験でホウ酸や食塩を扱ったという個人的経験に基づく言葉と考えられ、実験の様子を想起した結果と考えられることからエピソード記憶と結論づけられる。ところが、12 番の児童が書いた「水の量によって溶ける量が変わる」の記述は、溶け方についての一般的な特徴であり、体制化された概念を記述していることから意味記憶と考えられる。

このようにして児童の全ての記述について調査した結果を、付表 3-1~3-3 の記憶の種類に項目に記した。なお、付表 3-1~3-3 は、「とける」を除く第 1 トピックごとに児童が書き綴った言葉を記憶の再生マップから転記したものである。

3-2 「重さ」から派生した語群

中心ノードが「もののとけ方」という単元名であり、それにリンクした「重さ」の言葉から想起した心象を言葉に変えて表現したものである。

水溶液の重さについての小単元では、水と食塩の重さを測り、溶かした後に水溶液全体の重さを測る実験を行った。さらに、溶質の質量と溶媒の質量の和が、水溶液の質量となることを言葉の式で表した、

全ての児童の記憶の再生マップを調査した結果、エピソード記憶からの想起と考えられる児童は 7 人、意味記憶からの想起と考えられる児童は 8 人、無記入や根拠が不明は 15 人となった。なお、5 番や 16 番の児童のように、第 2 ノード以降の各ノードに記された言葉に、意味記憶やエピソード記憶からの想起と判断された言葉を混在させている児童については、既に意味記憶を形成していることから意味記憶からの想

起と結論付けた。

3-3 「溶ける量」から派生した語群

中心ノードが「もののとけ方」という単元名であり、それにリンクした「溶ける量」の言葉から思いつく心象を言葉に変えて表現したものである。

溶ける量に関する小単元の授業では、溶媒として 50mL の水を用意し、溶質として食塩とホウ酸を 5g ずつ溶かしていき何 g まで溶けるかの実験を行った。さらに、溶け残った食塩やホウ酸をもっと溶かすために、水の量を増やしたり温度を上げたりして、できるだけ多くの量を溶かす実験を行っている。

全ての児童の記憶の再生マップを調査した結果、エピソード記憶を記述したと考えられる児童は 15 人、意味記憶を記述したと考えられる児童は 10 人、無記入や根拠が不明 5 人となった。

3-4 「取り出し方」から派生した語群

中心ノードが「もののとけ方」という単元名であり、それにリンクした「取り出し方」の言葉から思いつく心象を言葉に変えて表現したものである。

取り出し方に関する小単元の授業では、溶ける量の小単元の実験から得られた食塩とホウ酸の飽和水溶液を冷やして析出させたり、蒸発乾固によって溶質を取り出したりした。

全ての児童の記憶の再生マップを調査した結果、エピソード記憶からの記述が 6 人、意味記憶からの記述は 14 人、無記入は 10 人となった。

4. 学習終了後の児童の記憶の再生関係図について

4-1 第 2 ノード以降の語群を想起させた児童の記憶

付表 4-1～4-3 から得られた調査結果を第 1 トピックごとに表 3-3 にまとめた。これは学習後にそれぞれの第 1 トピックから派生した語群を、Tulving の区分に照らして判別し、児童がどのような記憶の種類をもとに第 2 ノード以降の語群を想起したか、または書けなかったり何を根拠として書いたか判別できなかったりしたかを表している。

表 3-3 学習後に第 2 ノード以降の語群を想起させた児童の記憶の種類

第1トピック 記憶の種類	重さ	溶ける量	取り出し方
① エピソード記憶	7 人(23%)	15 人(50%)	6 人(20%)
② 意味記憶	8 人(27%)	10 人(33%)	14 人(47%)
③ 無記入・不明	15 人(50%)	5 人(17%)	10 人(33%)

この表を概観すると、児童が再認した第 1 トピックの違いによって、第 2 ノード以降の言葉の記述に利用した記憶の種類が異なることが読み取れる。そこで、表 3 において重さ、溶ける量、取り出し方の 3 群間で χ^2 検定を行った結果、確率密度 $p = 1.76 \times 10^{-2}$ となり、5%水準で有意差がみられた。 ($\chi^2 = 11.964$, $p < .05$)

さらに行った下位検定では、無記入・不明(③)が、重さからのリンク群では有意に多く出現し、溶ける量からのリンク群では有意に少ないという結果になった。また、エピソード記憶(①)による第 2 ノード以降の記述が、溶ける量からのリンク群では優位に多いという結果も得られた。

表 3-4 は、第 1 トピックと関連した小单元において、学習により児童に形成させたい意味記憶を表したものである。即ち、記憶の再生マップに書かせたい内容である。学習においては、これらを目標として授業が行われた。

表 3-4 第 1 トピックに対応した形成させたい意味記憶の内容

	形成させたい意味記憶
重さ	物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらないこと 水の重さ + とかしたものの重さ = 水よう液の重さ
溶ける量	物が一定量の水に溶ける量には、限りがあること
取り出し方	水の量をへらす、ろ液の温度を下げる

4-2 第 1 トピック「重さ」について

今回の調査対象者に、重さという言葉を知らない児童はいない。しかし、表 3-3 の(重さ, ③無記入・不明)にあるように第 2 ノード以降に言葉を書けなかった児童が 12 名、言葉を書いても根拠が不明な児童が 3 名いた。無記入の多さは、次のように説明できる。表 2 から、意味記憶へのアクセスが無意図的(自動的)になされるとすれば、ものとのけ方という文脈の中での重さに関連する記憶をターゲットに意味記憶が最初に検索されたことになる。その結果、8 名の児童は文脈に沿った意味記憶を保持していたが、他の多くの児童はこの時点で意味記憶が形成されていなかったと考えられる。もしそうでなければ、重さにつながる何らかの言葉を書けたはずである。例えば、算数科の授業という文脈では、重さに対する想起は算数の授業の記憶を検索し、「g(グラム)」などの言葉が多く表出されると考えられる。実際、26 番の児童がこの考えに合致する表現を行っている。この児童は、この課題における文脈を理解していなかった可能性がある。17 番の児童も文脈が理解できなかったと見られ、軽さという対義語を書いている。このように考えると何も書けなかった 12 名は、文脈を理解していたからこそ書けなかったとも考えられる。文脈に合う意味記憶が見つからなかった原因は、忘却

による記憶の消失や学習時に意味記憶を形成できていなかった可能性も考えられるが、今回の調査では明らかにできていない。

今回の検索は、理科の授業における検索であり、極めて抽象的な重さという言葉をもとに学習内容を記述するという課題であった。もし、第1トピックが重さではなく「水溶液の重さ」であったならば、無記入や不明の数は減少したであろうと思われる。なぜならば児童が、水溶液という言葉によって、水溶液に関する重さであるという文脈を容易に得ることができるからである。

一方5番と16番の児童は、エピソード記憶を検索した後、意味記憶である重さの保存式を想起している。これは、ものの溶け方に関する重さという文脈を理解した上で、無意図的に意味記憶を検索し何も想起できなかった後に、意図的にエピソード記憶を検索し、関連するエピソードを記述したと考えられる。さらに、その記述を確認することで再度、無意図的に意味記憶の検索がなされ、重さに関する記憶を想起したと考えられる。

4-3 第1トピック「溶ける量」について

最初に、溶ける量という言葉から、無意図的に意味記憶が検索され、10名の児童が溶ける量に関するきまりという文脈で記述を行った。もし、第1トピックが「溶ける量のきまり」であったならば、これらの児童の数は、もっと増えたと考えられる。

一方、表3-3の(溶ける量, ①エピソード記憶)においてエピソード記憶をもとに記憶の再生マップに書き込んだと判断できる児童が、有意に多いという結果が出た。溶ける量という言葉は、具体的である。即ち、実験に用いた食塩とホウ酸が、実際にどれだけ溶けたかという文脈でエピソード記憶を検索したものと考えられる。従って、附表3-2の18番の児童の「50mL—15gしか溶けない—水の量を増やす—食塩が20g以上溶ける—もっと増やす—もっと食塩が溶ける」や27番の児童の「食塩—4回、ホウ酸—1回」など、実験で児童が経験した事実が記述される結果となった。これらエピソード記憶からの想起と判断された児童は、溶ける量がどの位であったかという数値をターゲットとしていたと考えられる。このように思考の鍵となる第1トピックが、児童の経験にある具体的な内容をターゲットとする場合は、第2ノード以降の言葉の記述にエピソード記憶が利用されやすいと考えられる。先の例では、50mLや食塩やホウ酸が文脈となり、溶けた量や回数 of 記述を想起させたものと考えられる。これらのことは、エピソード記憶の検索時における文脈依存性について、タルビングとトムソン(Tulving & Thomson, 1973)が提唱した符号化特殊性原理⁹¹と関連する事例と言える。特殊性原理とは、学習したときの経験などが、ターゲットを検索するための文脈となりうることを示したものである。符号化特殊性原理による文脈依存記憶の表出の例と言える。

91 Tulving, E., & Thomson, D.M. .*Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory*, Psychological Review, 80, 352-373, 1973

また、表 3-3 の(溶ける量, ③無記入・不明)の内訳は、無記入が 3 名、根拠不明が 2 名と有意に少ない結果になった。このことは、溶ける量という言葉が、具体的な意味を持っているからであると考えられる。

4-4 第 1 トピック「取り出し方」について

「取り出し方」という言葉もまた、具体的な言葉である。しかし、溶ける量という言葉に比べたら、解釈に戸惑う言葉でもある。取り出すのは何かが分からない児童は、記憶の検索に戸惑ったと考えられる。ただ、表 3-3 の(取り出し方, ②意味記憶)を見ると約半数の 14 名が、表 3-4 に挙げた形成させたい意味記憶の言葉を記述することができた。しかし、10 名は最後まで文脈を理解できなかったか、意味記憶が形成されていないものと考えられる。

これらのことから、学習終了後の児童の記憶再生についてまとめたものが図 3-5 である。

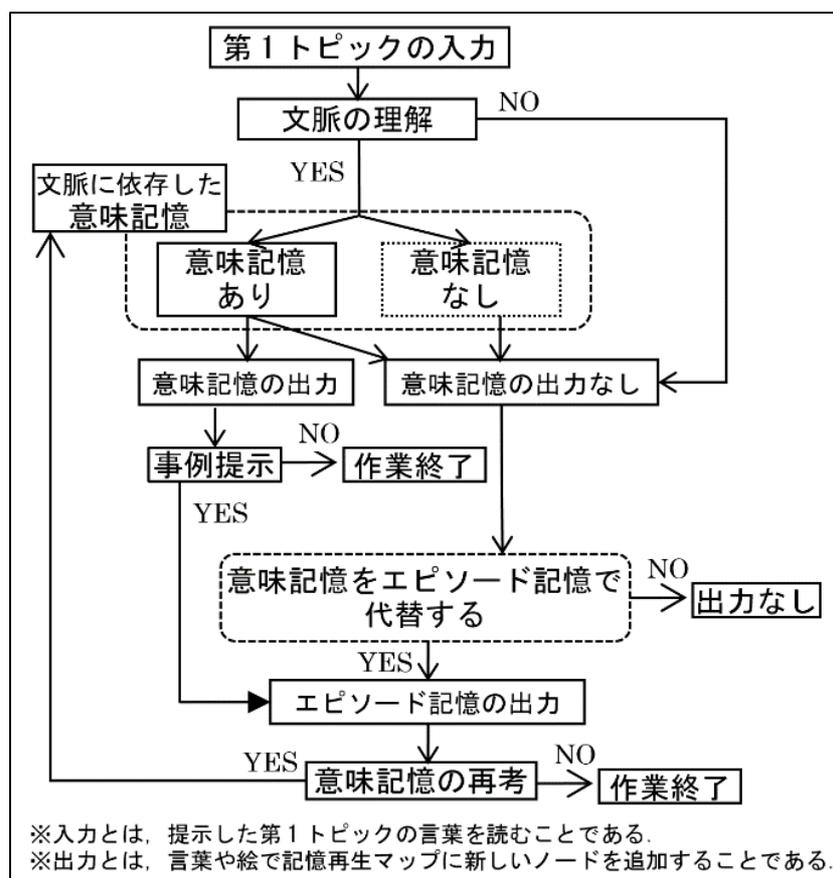


図 3-5 学習終了後の記憶の再生関係図

4-5 記憶の再生関係図について

この図は、学習が終了した時点で、児童が「もののとけ方」に関する記憶を想起し、

どのようにして記憶の再生マップを描いたかを詳しくまとめたものである。

教師が、中心ノードにもものとのけ方という単元名を記入し、次に第1トピック(重さ, 溶ける量, 取り出し方)を提示したとき、児童は、a.「ものとのけ方—重さ」、b.「ものとのけ方—溶ける量」、c.「ものとのけ方—取り出し方」の関係性を探り、これらの文脈を理解しようとしたものと考えられる。一般的な捉え方では、bは文脈が分かり易いが、aやcは分かりにくい。即ち、最初にこれらの文脈をどのように理解するかということがあり、理解できない場合は、記憶痕跡を検索しても何も書くことはできない。仮に意味記憶を保持していたとしても書くことはできないということになる。これは、教師の発話において、その内容が児童に理解されない場合は、児童は意味記憶を出力することができないことと同じである。このような場合、児童のマップからは意味記憶に代えてエピソード記憶を出力したとみられる表現が確認されたものもあった。

また、理解した場合は、aでは、ものとのけ方と重さの関係の心象が想起される。そこで、もしaの関係において概念が形成されていたとすれば、それは意味記憶であることから、想起するという意図を経ずに、無意図的にもものとのけ方に関する重さの学習で得られた、溶質の質量と溶媒の質量の和が、水溶液の質量となることとの関係を記述できることになる。実際、「水の重さ+塩の重さ=水溶液の重さ」と記述した児童が確認された。さらに、そのような意味記憶の内容を記述した児童のなかには、具体的に例示を行った児童もあり、それは、エピソード記憶であった。記憶の再生マップは、個人的なものであり、教師に提出する義務を伝えていないことから、この意味記憶からエピソード記憶への繋がり、思考の過程での自己の確認作業の一環ではないかと考えられる。

5. 結論と課題

学習後に記憶の再生マップを利用し、学習内容を振り返らせることにより、次のようなことが明らかになった。

①児童の記憶の再生は、第1トピックに依存する。

第1トピックは、教師が児童に対して提示する。中心ノードのトピックは単元名であり、「単元名—第1トピック」の関連で、再生される記憶が異なってくる。第1ノード「溶ける量」では、「ものとのけ方—溶ける量」をどのように捉えるかによって、第2ノード以降に再生される記憶の種類が異なった。即ち、「ものとのけ方で、溶ける量のきまりは」と捉えた場合は、意味記憶が検索され、「ものとのけ方で、溶ける量はどの位か」と捉えた場合は、エピソード記憶が検索されたと考えられる。符号化特殊性原理は、「手がかりに含まれる情報が記憶痕跡上に符号化されている場合に限って、その手がかりは記憶痕跡の検索に成功するだろう」というものである。これは、再生させたい言語(ターゲット)についての情報と手がかりについての情報とが、一つに結びついた記憶痕跡とし

て形成されていることを示唆している。符号化特殊性原理では、手がかりに含まれる情報の捉え方には言及していないが、この実践研究によって、捉え方の違いで手がかりとなる言語(情報)と検索対象となる記憶の種類が変わってくることを示された。また、「もののとけ方で、とける量はどの位か」と捉えたと思われる児童が、エピソード記憶を検索した後に、意味記憶として溶媒と溶質の質量の関係式を書き出していることから、第 1 トピックとこのエピソード記憶がさらなる手がかりとなった可能性も考えられる。

②第 1 トピックが、児童の経験にある具体的な内容をターゲットとする場合は、第 2 ノード以降の言葉の記述にエピソード記憶が利用されやすい。

Tulving(1983)のエピソード記憶と意味記憶の区分によれば、意味記憶は無意図的に検索される。また、同じく Tulving(1970)の符号化特殊性原理は、記銘語の検索は、記銘時に記銘語と同時に手がかりとなる語も提示されていた場合の再生率が高くなることを示している。記憶の再生の手がかりとなる「単元名—第 1 トピック」の関連で、最も具体的なものは、「もののとけ方—溶ける量」であった。なぜなら、「重さ」という言語は抽象的であり、「取り出し方」という言語も、接尾語「方」により抽象的に捉えられる。しかし「溶ける量」は、具体的な内容で、表 3-3 で示すように児童の半数がエピソード記憶からの記述を行った。一方、第 2 ノードに 10 名もが意味記憶を記述していることは、手がかりとなる第 1 トピックの解釈で、「溶ける量とは何か」と思考したことも考えられ、このように考えれば意味記憶への検索となる。これは、人間が本来、手がかりを与えられた場合、事柄の意味を自然に考えようとする解釈すれば説明がつく。

今回の実践研究では、学習が終了した時点で、記憶の再生マップを描かせ、児童の構成概念と記憶の関係を探ってきた。しかし、教師が児童の構成概念や事柄のスキーマを確認する手段として、記憶を再生したマップをどのように読み解くかについては、明らかにすることはできなかった。

本研究で児童一人一人が自己の記憶を再生して描いた記憶の再生マップは、ユニークなものであり、その描いた量も異なる。ところが、与えられた紙全体にノードを描き、それらを複雑につなぎ合わせた精緻なマップを描いた児童は、学習内容をよく理解しているようにも思われた。このようなマップの構造は、児童が黙々と作成する姿を見れば見る程、児童の思考の転写であると考えられる。

そこで次の章では、記憶の再生マップに描かれたノード数とその繋がりに着目し、ユニークな児童のマップをどのように読み解くかについて調査を行うこととする。

児童 コード	記憶の種類	ノート 番号	第1ノード	第2ノード	第3ノード	第4ノード	第5ノード	第6ノード	第7ノード	第8ノード
1	0 無記入	0								
2	0 無記入	0								
3	1 不明	1								
4	0 無記入	0								
5	2 意味	2								
6	2 意味	2								
7	0 無記入	0								
8	1 エピソード	1								
9	1 エピソード	6								
10	1 *エピソード	2								
11	1 意味	1								
12	1 意味	1								
13	0 無記入	0								
14	3 エピソード	5								
15	1 意味	1								
16	7 意味	7								
17	1 不明	1								
18	0 無記入	0								
19	0 無記入	0								
20	0 無記入	0								
21	2 意味	2								
22	0 無記入	0								
23	0 無記入	0								
24	4 エピソード	4								
25	1 意味	1								
26	2 不明	2								
27	1 エピソード	1								
28	0 無記入	0								
29	3 エピソード	3								
30	0 無記入	0								

付表 3-1 第1ノード「重さ」から派生した語群

児童 No.	言語の時期 No.	第1ノード	第2ノード	第3ノード	第4ノード	第5ノード	第6ノード	第7ノード	第8ノード	第9ノード
1	3	意味	限りがある	ホウ酸は60mLに5gしか溶けぬ 90mLに対して5gしか溶けぬ	食塩は60mLに5gしか溶けぬ 水の量を増やす	溶ける	3日後	食塩が全粒に変わる	プラウソ運動	
2	7	エピソード	ホウ酸	90mLに対して溶ける	水の量を増やす 水の温度を上げる	溶ける				
3	4	エピソード	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
4	2	エピソード	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
5	0	無記入	×	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
6	4	意味	限りがある	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
7	3	意味	食塩は水で溶ける	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
8	2	意味	食塩は水で溶ける	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
9	2	エピソード	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
10	1	不明	少ない	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
11	3	エピソード	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
12	1	意味	水の量によって溶ける量が変化する	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
13	1	エピソード	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
14	6	エピソード	5mL	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
15	3	意味	ホウ酸	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
16	4	意味	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
17	2	不明	少く	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
18	7	エピソード	50mL	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
19	2	エピソード	塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
20	2	エピソード	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
21	1	エピソード	食塩もホウ酸も溶ける量に限りがある	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
22	1	意味	食塩もホウ酸も溶ける量に限りがある	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
23	1	エピソード	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
24	3	エピソード	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
25	2	意味	塩は4回まで	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
26	0	無記入	×	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
27	2	エピソード	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
28	1	エピソード	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
29	2	エピソード	食塩	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				
30	0	無記入	×	食塩は水で溶ける	ホウ酸は水で溶けぬ	溶ける				

付表 3-2 第1ノード「溶ける量」から派生した語群

児童 ワカ	記憶の種類	第1ノード	第2ノード	第3ノード	第4ノード	第5ノード	第6ノード	第7ノード	第8ノード
1	1 意味		温める						
	1 意味		ホウ酸は冷やせば溶けきれなくなったホウ酸が出てくる						
2	5 エピソード		ホウ酸	ろ液	絵(ろ過の仕組み)	またホウ酸が溶けているかもしれない 絵(漏斗にホウ酸が溶ける仕組み)	伏まない!		
	4 エピソード		冷やす						
3	1 意味		蒸発させる						
	0 無記入		×						
4	0 無記入		×						
5	3 エピソード		水の量をふやす(※誤植念)	水を温める	ろ過する				
	0 無記入		×						
	0 無記入		×						
8	1 意味		ホウ酸は水で冷やす						
	2 意味		ろ過	ろみと台					
	2 意味		ろ過	ろ紙					
	2 意味		ろ過	漏斗					
	1 意味		蒸発させる						
10	0 無記入		×						
11	2 エピソード		薬包紙	水溶液を入れる					
12	1 意味		ろ過						
13	0 無記入		×						
14	2 意味		あたためる	?					
	3 意味		冷やす	取り出した					
	3 意味		ろ過	ホウ酸	ホウ酸を下げると溶けきれなくなったホウ酸が出てくる				
16	2 意味		冷やす	熱する					
17	0 無記入		×						
18	1 意味		ろ過する						
19	0 無記入		×						
20	0 無記入		×						
21	2 意味		水の温度を下げる、水の量を減らす、	ホウ酸だけ残る					
22	5 エピソード		ホウ酸	絵(ろ過の仕組み)	漏斗	漏斗台	ろ紙		
23	0 無記入		×						
24	6 エピソード		ホウ酸溶液	温	ホウ酸に溶らない	冷	ホウ酸に溶る	固まりになって戻る	
25	2 意味		溶けたホウ酸はそのまま冷やすと製氷のようにならなくて出てくる	絵(ホウ酸を氷で冷やす)					
26	0 無記入		×						
	3 意味		冷やす	絵(ホウ酸を氷で冷やす)					
	2 意味		熱	水で	取り出した				
	2 意味		冷やす	絵(蒸発乾固)					
29	2 意味		冷やす	ホウ酸					
	2 意味		冷やす	絵(ホウ酸を氷で冷やす)					
30	2 エピソード		ろ紙、漏斗、漏斗台、ぼう	絵(ろ過の仕組み)					

付表 3-3 第1ノード「取り出し方」から派生した語群

第4章 意味ネットワーク・モデルによる概念の外化と自己修正

1. 記憶の再生マップに視点をあてた実践研究

1-1 これまでの学習指導における問題点の確認と本章の目的

小学校の学習指導では、学年によって、児童の持つ概念に大きな違いがあり、教師の発話行動は、指導する学年の児童が持つ構成概念を踏まえたものになっている。さらに教師は、発話行動の直前に児童の表情やつぶやきなどから児童のスキーマを推測し、適切な発話内容を決定している。また、新たな学習前には、プレテストやアンケートを行い、その結果によって学習内容に関連する児童のスキーマの推測を行っている。しかし、これらは児童の既存概念のほんの一部しか推測できず、それぞれの概念がどのようにつながっているかまでは見通すことはできていない。即ち、これまでの学校教育においては、児童が知識を記憶し、その中から概念化し保持している内容については、ほとんど教師は分からないままに授業や発話を行っていたと言っても過言ではない。

教師が学習指導を行うにあたって重要なことは、個々の児童の持つ構成概念をできるだけ正確に知ることである。この考え方は、デイヴィッド・オーズベル(David Ausubel, 1968)の「学習の最も重要な要因は、学習者が何を既に知っているかである。これを確かめた上で、それに応じて教えなさい。」⁹²という教示と同じである。しかし、児童の構成概念は記憶として保持されており、児童ですら自己の概念を確認する手段を知らないばかりか、児童自身が知っていることを確認するような授業はこれまではなされていなかった。もし、児童一人一人の構成概念が絵図のように表現することができれば、教師は自己の発話の留意点が明確になり、児童の誤概念をできるだけ減らすことも可能となる。本章では、このことを踏まえ、教師が児童の構成概念を確かめるために、第3章で見てきた「記憶の再生マップ」をさらに詳細に調査し、どのように読み解けばよいかについて考察を行った。

1-2 実践研究で使用した記憶の再生マップの特徴

記憶の再生マップは、児童側にとっては学習の終了時点で、自身が学習内容をどれ位理解しているかを客観的に確認することが目的となる。児童は、ひと通り描き終えた後には、教科書やノートを参照して間違った理解をしていないかなどのチェックを行い、次の時間には評価テストを受験する。従って、記憶の再生マップの作成は、評価テストを見据えた復習として位置付けられている。これまでは、評価テスト後に、出題された問いに対する正答や誤答の結果によって、個々の概念が正しかったかどうか

92 Ausubel, D., *Educational Psychology, A Cognitive View*. Holt, Rinehart & Winston, New York, 1968.

かを確認するだけであった。しかし学習内容は、体制化されたものであることから、数時間にも及ぶそれぞれの学習時間に児童が学んだ内容が、意味を持って結びついていなくてはならない。これまでは、それぞれの時間に学んだ内容が概念化されていたとしても、それらのつながりを児童が意識する手立てがなかった。

本研究で実践する、学習の終了時に記憶の再生マップを作成する学習行動は、児童が記憶を想起しながら、関連するノードから新たなノードをつなぎ足し、単元全体の構成概念を俯瞰することが可能となる。

一方、教師側としては、児童の描いたマップを概観することで、児童がどのように学習内容を理解しているかのあらましを確認することができる。第3章でも第1ノードに提示したトピックに反応し、児童がどのような言語や文章をつないだかにより、何を概念化しているかを確認することができた。そこでも述べたように、意味記憶として概念化している場合は、ノードのトピックが断定的に書かれている場合が多い。それが学習内容と整合すれば、指導が適切になされたものと判断できる。学校教育では、学習する内容と記憶との関連で述べれば、その内容を意味記憶としていかに児童が概念化するかが最も重要であり、そのように概念化できた児童は、新たな課題に直面したとき、概念化した学習内容を無意図的に利用できる能力が身につくと考えられる。そこで、記憶の再生マップをどのように読み解くかという課題に対して、第3章の結論でも述べたように、記憶の再生マップに描かれたノード数とそのつながりに着目することは、児童の理解がどのようになされたかを知る鍵であると考えられ、もし、ノード数とそのつながりにおいて何らかの読み取る手段を得ることができれば、教師側としては、一枚一枚ユニークな記憶の再生マップを概観するだけで、児童らの理解に対して何らかの評価を与えることが可能となる。

1-3 ノードの広がり

これまで、勤務する小学校の5年生と6年生の4つの学級の理科の学習において、記憶を想起させるために「記憶の再生マップ」を利用してきた。その様子は、どの児童も作業に対しては、全く抵抗がなく、むしろ意欲的で、呟くことはあるが、他の児童に話しかけることもなく静かに作業を行っている。ただ、その描き方にはいくつかの特徴が見受けられた。児童の性格的な面から、ノードを定規で方形に描かなければ気が済まない児童や、ノードのつながりが網目状ではなく、リニアに繋がるマップしか描けない児童も少数であるが存在する。また、ノードのトピックを長い文章で書く児童もいる。しかし、図4-1で示すように、教師が提示した第1トピックが書かれた第1ノードから順にノードを広げていく描き方は、共通する書き方である。ただ、ある概念をノードのトピックとして書いてそれがどのノードとつながりを持つのかに迷う児童もいたが、そのようなときは、つなぐべきノードについての助言を行った。

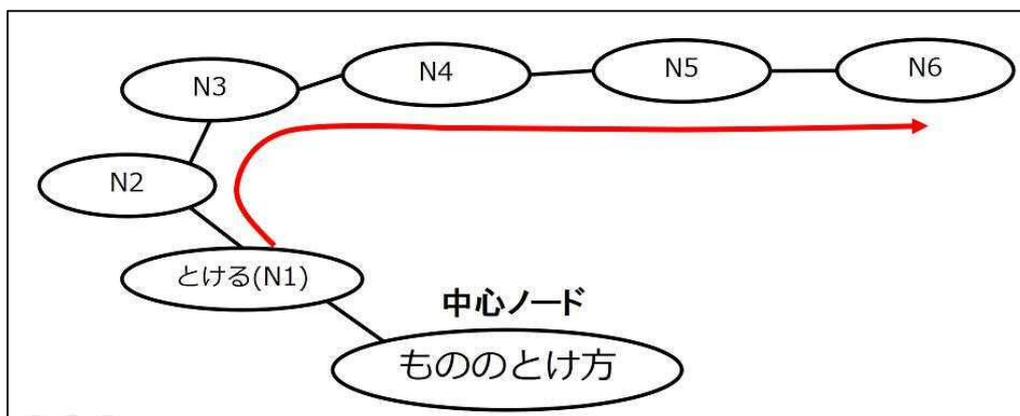


図 4-1 児童がノードを広げる方向(N は Node を表す.)

図 4-1 は、児童が、とける(N1)から順次周辺部へとノードを書き足していくようすを表している。即ち、N5から書き始めたり、N4からN3に戻ったりはしない。児童は、中心部から周辺部に向かってノードを広げていく。描き方については、第1ノードから描くということだけを指導した。この描き方に着目する必要がある。

2. 実践授業の詳細

2-1 指導計画と提示した記憶の再生マップについて

表 4-1 指導計画

小単元	(時数)	学習活動(全 14 時間)
1	(1)	【水溶液】 ①溶けることの意味を知る。 ② 飴と食塩が溶ける様子の観察。
2	(3)	【水溶液の重さ】 ③食塩を溶かす前と溶かした後の、全体の重さを比べる。
3	(5)	【水にとけるものの量】 ④ 水に食塩を加えていき、どれくらい溶けるか調べる。 ⑤ 水にホウ酸を加えていき、どれくらい溶けるか調べる。 ⑥ 水溶液の水の量を増やしたり、水溶液の温度を上げたりして、溶け残りが溶けるか調べる。
4	(3)	【溶かしたものの取り出し方】 ⑦ ろ液にホウ酸が溶けているか調べる。
5	(2)	【学習のまとめ】 ⑧ 学んだことを記憶の再生マップに書き表す。 ⑨ 評価テストをする。

この単元の指導計画については、表 4-1 で示すように、5 つの小単元で構成されている。小単元 1 は、導入として簡単な溶解の体験を行い、溶解と融解の言語を学ぶ。小単元 2 から 4 までは、各班で課題に沿った実験を行い、それぞれの実験終了後には全体で結果についての考察を行う。小単元 5 は、学習のまとめを行うもので、この中の第 1 時目に記憶の再生マップを作成させ、評価テスト後に全体的な反省を行う。

本章では、意味ネットワーク・モデルの発展型として、第 3 章の実践授業において

児童が作成した「記憶の再生マップ」(図 3-4 参照)を用い, 第 1 トピックの「とける」につなげて書かれたトピックに限定して調査を行った.

また, 図 4-2 で示すように記憶の再生マップの最初の呈示形態は, 図序-6 で説明し, 第 3 章において実践したように, 第 1 ノードに書かれた言語(トピック)からの手がかかり再生によって, 児童が次々と概念をつないでいけるように, 中心ノードに単元名を記し, その周りの第 1 ノードに小単元の内容を表す言語を配置した. さらに, 児童による記憶の再生マップの作成は, 表 3-2 で示した手順に従って実践した.

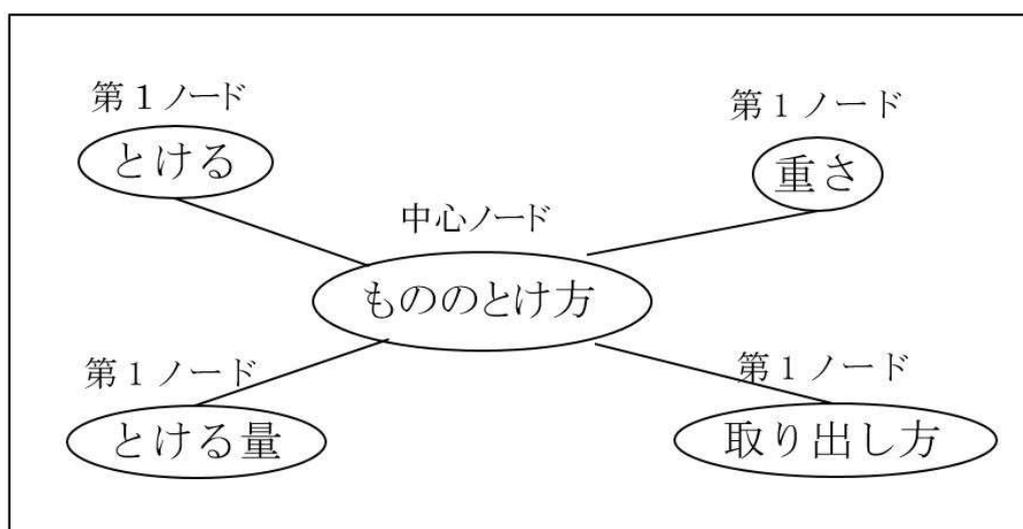


図 4-2 記憶の再生マップ(最初の呈示形態)

2-2 授業の詳細と授業での板書の内容

本章では, 第 1 ノードのトピック「とける」から, 児童が記憶想起した内容について調査を行う. 従って, 「とける」の概念や実験から得られた溶解の経験などが, 書かれるものと考えられる. このようにして得られた記憶の再生マップから, 児童一人一人の知識モデルを推測するには, 実験の内容や重要な板書など, どのような授業がなされたのかについて, 明らかにする必要がある. 従って, 以下に本章の研究と関係する小単元 1, 3, 4 の授業内容について説明する.

①小単元 1 「とける」ことの意味の学習指導

ア. 「とける」という言葉には, 融解と溶解があることを説明した.

イ. 飴をガーゼに包み, 水の入ったビーカーに入れてシュリーレン現象を観察させた. (図 4-3)

ウ. 溶解に興味を持たせるために, 水の入ったビーカーに食塩を入れて溶かす実験を行った.

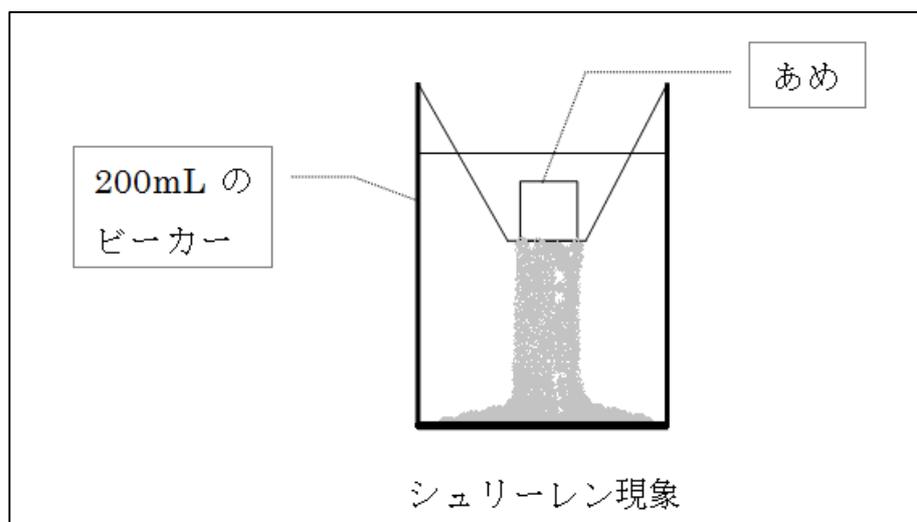


図 4-3 小单元 1 の板書の一部

②小单元 3 「水に溶けるものの量」の学習指導

- ア. 水 50mL(50g)に食塩を 5g 投入し、溶けきったらさらに 5g ずつ加え溶かす実験を行った.
- イ. 食塩の水への溶解度は、約 35.9g /100 g(25℃)であり、児童の実験では 20g を投入した 4 回目で溶けなくなった.
- ウ. ホウ酸の水への溶解度は約 5.7g/100g(25℃)であり、5g の投入(1 回目)でも溶かすことはできなかった。(図 4-4)

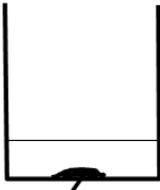
<p>結果</p>  <p>溶け残った ホウ酸</p>	<p>食塩の方がホウ酸よりも、よく溶ける。</p> <p>食塩・・・15～20g ホウ酸・・・5g → <u>水 100mL には</u> ↓ 少し溶けた</p>
---	---

図 4-4 小单元 3 の板書 1

- エ. 溶け残った食塩やホウ酸の溶かし方の議論で児童からは水の量を増やす、水溶液の温度を上げると 2 つの方法が出された.
- オ. 水 50mL を加えたら、溶け残っていた食塩が全て溶けたが、ホウ酸は溶け残った.

カ. 水を増やしただけでは, 食塩の方がよく溶けるという結果を得た. (図 4-5)

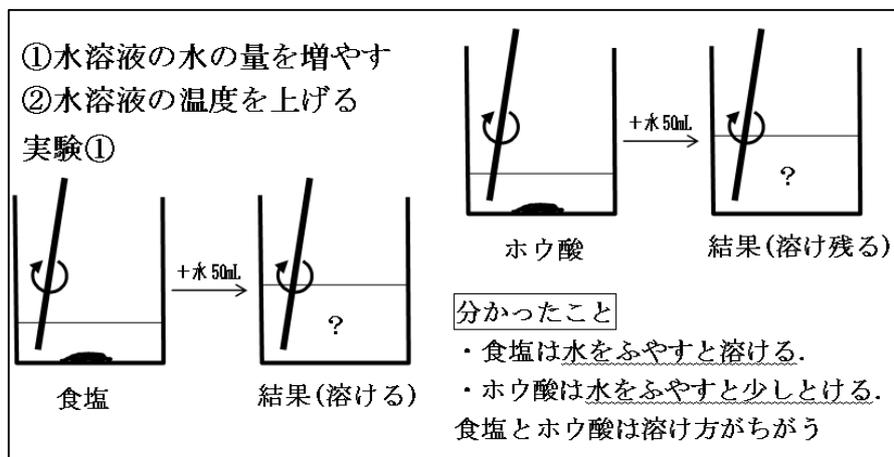


図 4-5 小単元 3 の板書 2

キ. 水は足さずに, 溶け残りのある水溶液の温度を熱湯で間接的に温めた.

ク. 食塩は, 水溶液を温めても少ししか溶け残りが減らなかった.

ケ. ホウ酸は, 水溶液を温めたら溶け残りが全て溶けた.

コ. 食塩は, 水を増やすと溶けると結論付けた.

サ. ホウ酸は, 水溶液の温度を上げるとよく溶けると結論付けた. (図 4-6)

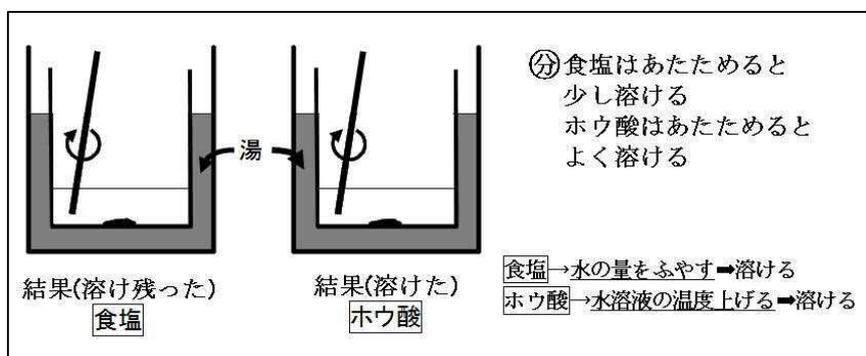


図 4-6 小単元 3 の板書 3

シ. ここまでの学習を踏まえて, 「溶ける」の概念を食塩やホウ酸の粒子がどのように変化していくかについて, 児童と意見を交換し合いながら板書した. (図 4-7)

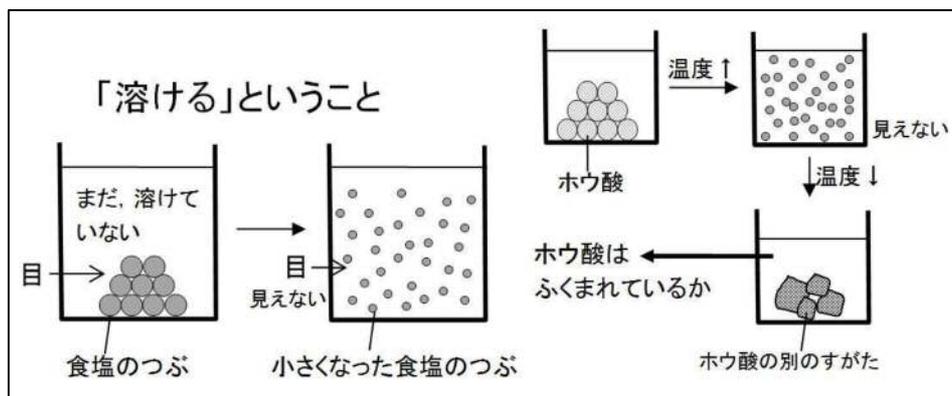


図 4-7 小単元 3 の板書 4

③小単元 4 の学習指導

ア. 温度が下がったホウ酸の飽和水溶液(図 4-7 の右下の絵)をろ過し、ろ液を氷によってさらに冷やしたら、ホウ酸の析出が見られた。(図 4-8).

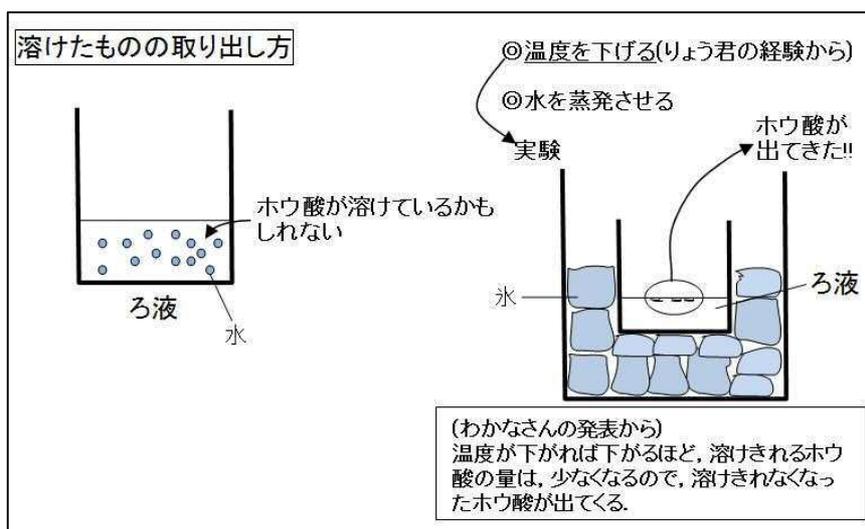


図 4-8 小単元 4 の板書

④小単元 5 の学習指導

- ア. テスト前に自分がどの程度理解しているかを確認するために、記憶の再生マップを描くことを伝えた。
- イ. 数名の児童が記憶の再生マップを描くことに困惑していたが、思い浮かぶ言葉を書き自由に書くようにとだけ指導した。
- ウ. 途中から教科書を取り出して、赤ペンで書いている児童が多数みられ、自己のマップに修正を加えていることを確認した。
- エ. 30 分程度で調査を終え、一旦全員分の作業紙を回収後、コピーをして児童

に返却した。

3. 記憶の再生マップから得られる児童の概念形成の成否

3-1 記憶の再生マップの実際

小単元5の学習指導で、児童の一人が描いた記憶の再生マップを図4-9に示す。これを見ると、提示した4つの第1トピックから、言葉や絵が連続的に表現されていることが読み取れる。さらに児童は、赤ペンで5箇所修正を施している。このように児童が、自己の記憶をもとに描いた記憶の再生マップは、児童一人一人が持つ構成概念の一部を転写したものと考えられる。

このような記憶の再生マップは、描画域に自由に記述できるという利点を持つが、一方で本人以外には分かりにくいという欠点がある。

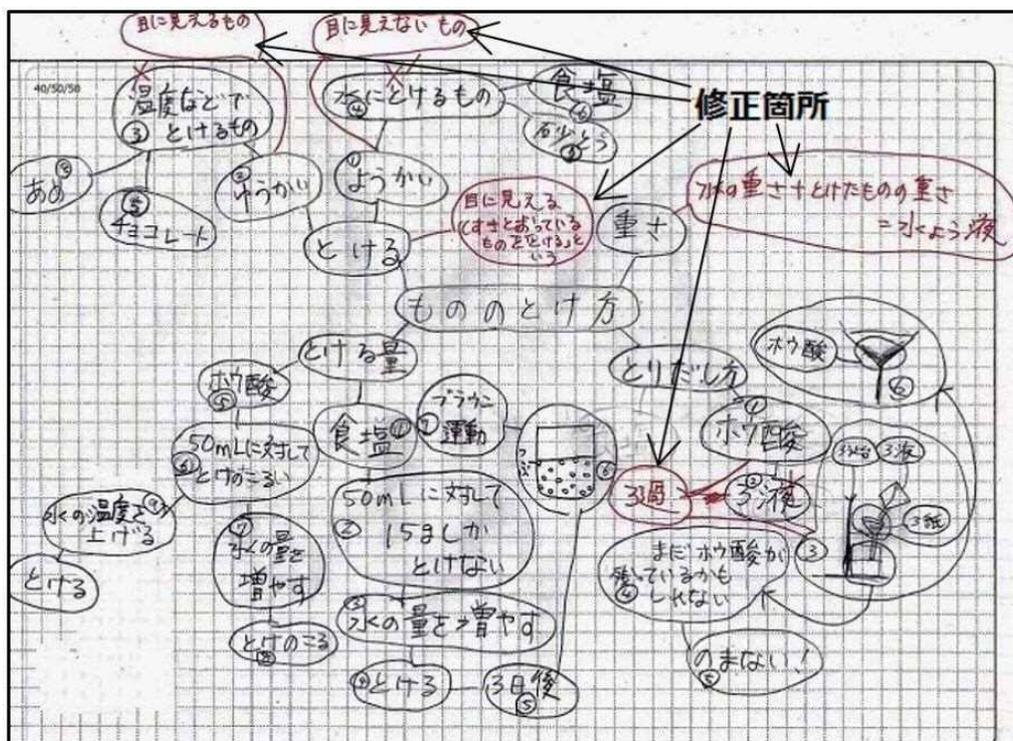


図 4-9 児童の描いた記憶の再生マップ

初めに、全ての児童の記憶の再生マップを概観するために、描かれた記憶の再生マップの各トピックを表に転記した。その際、児童が描いた絵については、「粒が小さくなる絵」などのように言葉で表現し、必要に応じてコピーで直接確認を行った。付表4-1～4-3は、このようにして作成したものであり、図4-10は、付表4-2の一部である。付表においてリンク数とは、2つのノードのつながりを1と計数する数のことであり、ノード数とは、第2ノード以降のノードの総数を表す。

児童	リンク	ノード	第1ノード	第2ノード	第3ノード	第4ノード	第5ノード
12	3	5	とける	ホウ酸	あまり溶けない	温度が↑と全て溶ける	
	2			食塩	15～20gまで、水50mLに溶ける		
13	1	1	とける	あたためる			
14	4	16	とける	ホウ酸	水を増やす	溶ける	少し多い
	4				温める	溶ける	多い
	4			食塩	水を増やす	溶ける	多い
	4				温度を上げる	溶ける	変わらない
	1			融解			
15	1	5	とける	融解			
	2			目に見えなくなること	でも小さな粒はある		
	1			粒が全体に広がること			
	1			面に溶かす量が少なけりば少ないほど長時間で溶ける			
16	4	14	とける	融解			
	6			溶解	溶けて見えないもの	透明	透きとおっていること
	6					溶かす	水の量を増やす
	3			融解	融けて見えるもの	透明じゃない	水溶液を温める

図 4-10 ノードの言葉を転記した Excel の一部

これらの表において赤字は、教科書やノートを見て追記・修正を行ったものである。

3-2 第2トピックと授業内容

表 2 は、第2トピックをまとめたものである。これらの言葉は、教師が呈示した第1トピックの「とける」に強く結びつき、深い痕跡として記憶に残っていると考えられる言葉である。

表 4-2「とける」に最も強く結びついた言葉とその根拠

	主な第2トピック	リンク数	根拠
a	「食塩」「塩」「食塩の粒」	11	表 1④
b	「ホウ酸」	7	表 1⑤
c	「温める」「熱する」「水の量を増やす」	8	表 1⑥
d	「見えなくなる」「消える」「シュリーレン現象」	6	表 1②
e	「融解」「溶解」「水に溶ける」「液体になる」「目に見えなくなる」「溶け残ったものを溶解」「塩の場合姿は見えないけど無くなることはない」	9	表 1①
f	「溶けない」と「無記入」	2	不明

第1ノードから複数のリンクを張った児童が数名いたために、リンクの総数は43となった。この中で、「とける」と最も多くつながった言葉は食塩である。授業では、表 4-1③の実験も含め食塩を水に溶かす実験を最も多く行っている。また、第2トピック

の多くが、実験を根拠として選ばれたことも分かる。表 4-2 の項目 a,b,c は、小単元 3 で行った食塩とホウ酸を溶かした実験の記憶をもとに書いたものである。また項目 d と e については、小単元 1 の記憶のうち、d はその映像記憶をもとに書き、e は教師の発話内容である溶ける意味に言及している。「溶ける」の意味の指導については、5 年生の約 8 割の児童が、「とける」を融解と理解していたことから、小単元 1 において、融解と溶解の違いを指導していた。なお項目 f については根拠が不明であった。このように記憶の再生マップは、児童が各ノードに思いついた言葉を記すという学習行動によるものであることから、記憶痕跡に残る言語(単語)を検索していることは明らかである。

単語の記銘を目的とした記憶の痕跡に関する理論としては、いくつか挙げることができる。クレイクとロックハート(Craik & Lockhart,1972)は、処理水準理論を提唱し、「痕跡持続性は、分析の深さの関数であり、深い水準の分析は、精緻で、持続性のある強い痕跡につながる。」⁹³という主張を行った。また、ハイドとジェンキンス(Hyde & Jenkins,1973)⁹⁴は、「処理水準理論に従えば、長期記憶の確定で重要なのは、学習意図そのものでなく、処理活動の性質であると思われる。」⁹⁴と述べ、これらの主張を受けてアイゼンク(Eysenck,1984)⁹⁵は、「精緻化リハーサル、即ち刺激のより深い分析を含む処理が、長期記憶を改善することには、異論は少ない」と述べている。

豊田(豊田弘司,2002)は「精緻化」を、対象となる情報に対して何らかの情報が付け加えられることとし、さらに、「方向づけ課題を通して記銘語に情報が付加される精微化を外的精微化、認知構造内で自動的に記銘語に情報が付加される精微化を内的精微化」と区別して定義した⁹⁶。具体的には、前者は、記銘時の方向づけ課題において、ターゲットとなる言葉に記号を付加したり、維持リハーサルの対象として抽出したりすることと推測できる。また後者は、課題解決に係る思考の文脈で、ターゲットとなる言葉(記号)や心象に関係する事象を再認することと考えられる。この場合、情報が付加されるというよりも、言葉や心象と事象間に関係性が構築されることと解釈され、ターゲットとなる言葉に代えて、関係づけた事象(記号や心象)を用いて言い換える場合に利用される。このような言い換えは、教育現場での教師の発話行動やジェスチャーによく見られる。このようなことから内的精緻化とは、意味的な処理であると言える。意味的な処理とは、言葉の解釈を行ったり事象間の因果関係を明らかにしたりすることの他に、それらの共通性や差異性を見出すことである。

今回の調査では、児童が記憶の再生マップを利用し、自己の記憶から言葉を生成

93 Craik,F.I.M. & Lockhart,R.S.,*Levels of processing:A framework for memory research*,journal of Verbal Learning & Verbal Behavior,11,1972,pp.671-684.

93 Hyde,T.S. and Jenkins,J.J.,*Recall for word as a function of semantic,graphic and syntactic orienting task*,Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior,12,1973,pp.471-80.

94 Gillian,Cohen,Michael W.Eysenck,Martin E.LeVoi,*MEMORY:A Cognitive Approach ,Open Guides to Psychology* , Open University Press, 1986, 長町三生 監修,「認知科学研究会訳:認知心理学講座 1 記憶」, pp.18-24,pp.43-45, 1986,pp.101-102.

95 豊田弘司(2002), 記憶に及ぼす自己選択精緻化の効果に関する研究, 平成 10 年度~平成 13 年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書

してきた。児童が各ノードに書いたトピックは、直前のノードに書いたトピックと等価であったり、類似であったり、または相違する内容のトピックが書かれることから、これら一連の学習行動は、内的精緻化によるものと考えられる。

クレイクとタルビング(Craik & Tulving,1975)は、意味的な処理の効果について、単語の記銘を目的としたエピソード記憶における処理の深さと単語の保持に関する実験を行い、「意味的な処理をして記銘した単語の記憶成績が最もよかった。」⁹⁷という結果を導き出している。また、学習したときの経験などが、ターゲットを検索するための文脈となりうることを示したタルビングとトムソン(Tulving & Thomson,1973)の符号化特殊性原理は、意味的な処理においてターゲットとなる言葉と、記憶痕跡に残る事象の有機的な関係を示している⁹⁸。

このようなことから、第 2 トピックに選ばれた言葉(項目)は、第 1 トピックから言葉や絵を想起する学習行動において、意味的な処理を経て記憶されたものと考えられる。今回の調査における意味的な処理とは、児童が実験や観察という学習経験で納得したり、感動したり驚いたりといった情動を経て記憶痕跡に留められたものであった。

3-3 記憶の再生マップの文章化

第 2 トピックが第 1 トピックと強く結びついたのは、ノードに言葉を書き綴るとき児童はノードとノードの関係を意識しながら書いたからである。また、第 3 章からは、提示されたトピックと記憶の再生には、次のような関係があることが示された。

- ①児童の記憶再生は、第 1 トピックに依存する。
- ②第 1 トピックが、児童の経験にある具体的な内容をターゲットとする場合は、第 2 ノード以降の言葉の記述にエピソード記憶が利用されやすい。

これらの意味するところは、第 1 トピックのとけるという言葉で、「とける」+「とは」と概念として捉えた場合と、「とける」+「こと」と経験として捉えた場合では、記憶の検索に違いがあるということである。即ち、概念としては意味記憶を検索し、経験としてはエピソード記憶を検索するのである。

児童は、第 2 ノードから順次ノードを書き足し、それぞれのノードにトピックを書き込んだ。図 4-11 は、代表的な 3 名の児童が描いた記憶の再生マップのそれぞれのノードに書かれたトピックを、リンクごとに抜き出し表にしたものである。また、図 4-11 で下線を付した言葉は、児童が赤ペンで追記や修正を施した言葉である。

97 Craik,F.I.M. & Tulving,E. ,*Depth of processing and retention of words in episodic memory*,Journal of Experimental Psychology:General, 104, 1975,pp.268-94.

98 Tulving,E. & Thomson,D.M.,*Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory*, Psychological Review,80,1973,pp.352-373.

児童	リンク数	ノード	第1ノード	第2ノード	第3ノード	第4ノード	第5ノード	第6ノード	第7ノード	第8ノード
16	4	14	とける	溶解	溶けて見えないもの	溶かす	透明	透きとおっていること		
	水の量を増やす						有効	塩		
	6			水溶液を温める	有効	ホウ酸				
	3			融解	融けて見えるもの	透明じゃない				
17	5	5	とける	溶けない	5mL	15mL	水を増やす	水を減らす		
18	7	9	とける	温める	ホウ酸が溶ける	冷やす	ホウ酸が出てくる	ろ液	冷やす	結晶みたいになった
	2			食塩	よくかき混ぜる					

児童 16:(とける)―(溶解)―(溶けて見えないもの)―(透明)―
(透きとおっていること)
(とける)―(溶解)―(溶けて見えないもの)―(溶かす)―
(水の量を増やす)―(有効)―(食塩) ※一部省略

児童 17:(とける)―(溶けない)―(5mL)―(15mL)―(水を増やす)―
(水を減らす)

児童 18:(とける)―(温める)―(ホウ酸が溶ける)―(冷やす)―(ホウ酸が
出てくる)―(ろ液)―(冷やす)―(結晶みたいになった)
(とける)―(食塩)―(よくかき混ぜる)

図 4-11 児童が書いた第 2 ノード以降のトピック

この図において児童 16 は、第 2 トピックに「溶解と融解」を書いていることから、第 1 トピック「とける」を概念として捉えたと考えられる。Tulving(1983)のエピソード記憶と意味記憶の違いを概説した区分表によれば、意味記憶の検索は無意図的になされることから、この児童は無意図的な意味記憶の検索により溶解と融解を認知したものと考えられる。

その後、溶解と融解の意味もまた無意図的に検索し、「溶けて見えないもの」と「溶けて見えるもの」を認知し書いている。この 2 つのまとめの言葉は、児童に分かりやすく溶解と融解の意味を伝えるために、「とかす」行為が終了した時点で、とかした物が見えるか見えないかという視点だけで板書した内容と一致する。その後も、「溶けて見えないもの」から派生したリンクの一つは「透明―透き通っていること」と続き、宣言的知識を表す宣言的文章となっていることが分かる。即ち 16 番の児童は、

- ①とける(は、)溶解(である。)
- ②溶解(は、)溶けて見えないもの(である。)
- ③溶けて見えないもの(は、)透明(である。)
- ④透明(は、)透き通っていること(である。)

と宣言的文章で記述している。なお、()内の言葉は、トピックとトピックをつないで文章化するために筆者が書き加えたものである。

さらに、この児童は「溶けて見えないもの」に続けて、「溶かす―水の量を増やす―有効―食塩」と書き連ねている。これは、第 1 トピックを説明するために、溶解によって溶質が見えなくなった実験の経験を記述したものと考えられ、

⑤溶かす(には,)水の量を増やす(ことは)有効(である.)食塩(の場合.)
と解釈することができる。これは、Tulving の区分によれば、意図的にエピソード記憶を検索し記述したものと考えられる。

一方、児童 17 と 18 は、それぞれ第 2 ノードに「溶けない」、「温める」と書いていることから、第 1 ノードの「とける」を経験の言葉として捉えているものと考えられる。即ち Tulving の考えによれば、「とける」とはどのような意味かという内的な問いかけに対して、無意図的に意味を探り何もなかったことから、次に意図的にエピソード記憶を探った結果であるとも考えられる。

17 番の児童は、第 2 トピックからは「溶けない—5mL—15mL—水を増やす—水を減らす」と記述した。しかしながら、この児童の記述は、16 番の児童に比べてノード間のつながりが不明確である。また、5mL や 15mL は実験の正確な記憶からすれば、5g や 15g でなければならない。つまり、この児童は、記憶を正しく形成できていないことになる。この児童の知能はあまり高くないことも事実である。

18 番の児童は、第 2 トピックからは「温める—ホウ酸が溶ける—冷やす—ホウ酸が出てくる—ろ液—冷やす—結晶みたいになった」と記述している。即ち、とけるという第 1 トピックから、ホウ酸を溶かした実験やろ液を冷やした実験を想起し、そのなかで必要と考えた言葉を各ノードのトピックとしている。この記述を 16 番の児童で示したように、トピックとトピックを適切な言葉でつなぐと、

⑥温める(と)ホウ酸がとける。冷やす(と)ホウ酸が出てくる(。)ろ液(を)冷やす(と)結晶みたいになった(。)

という実験のようすが分かる文章となる。

このように、各ノードに書かれたトピックを適切な助詞や接続詞などでつなぐと、児童が何を考えながら記憶の再生マップを描いたかが、読み取れる文章が見えてくる。そしてこれらの内容は、16 番や 18 番の児童のように、授業で児童が経験した内容と合致する。しかし、17 番の児童のように、正確に記憶を再生できない児童のトピックは、それらをつなげても正しい文章にならない。

3-4 スキーマの構造

今回の調査で児童が描いた記憶の再生マップは、「もののとけ方」に関する児童のスキーマにある記憶痕跡のつながりを表しているものと考えられる。これは、授業がなされている 3~4 週間の中に、何度も参照され授業の度に能動的に構成されたスキーマである。

児童は実験により、そのエピソードを記憶として保管する。即ち、いつ、どこで、何が行われたかというエピソード記憶が形成される。例えば授業では、「水曜日の 3 時間目に理科の授業があり、水 50g に食塩を 5g ずつ溶かしていく実験を行った。その結果、合計 20g になった時点で溶け残りが出た。」などが心象とともに記憶されるので

ある。同時に、「水 50g には、食塩 15g は溶けるけれど、20g は溶けきれない。」という食塩を水に溶かす場合のきまりを、エピソードの中から概念として獲得し意味記憶を形成する。

スキーマの構造に関しては、ルメールハートとノーマン (Rumelhart & Norman, 1983) が、次のような特徴を挙げている⁹⁹。

- ①スキーマは、簡単なものから複雑な全ての種類の知識を表象する。
- ②スキーマは、関係する体系に関連付けられる。
- ③スキーマは、強制的な値か、または変えられる自由な値で満たされたスロットを持っている。
- ④スキーマは、今まで積み上げてきた我々の個人的な体験から得られた概念と、我々が教えられた事実の両方を含んだ様々な種類の知識を包含している。
- ⑤異なるレベルに対する様々なスキーマは、知識の再編成や新たな入力 of 解釈に能動的に関わるかもしれない。

これらのことを踏まえ、記憶の再生マップの内容から、修正前における児童のスキーマの構造をモデル化した。図 4-12 は、16 番の児童のスキーマの構造である。なお枠外には、記述の根拠を付加した。

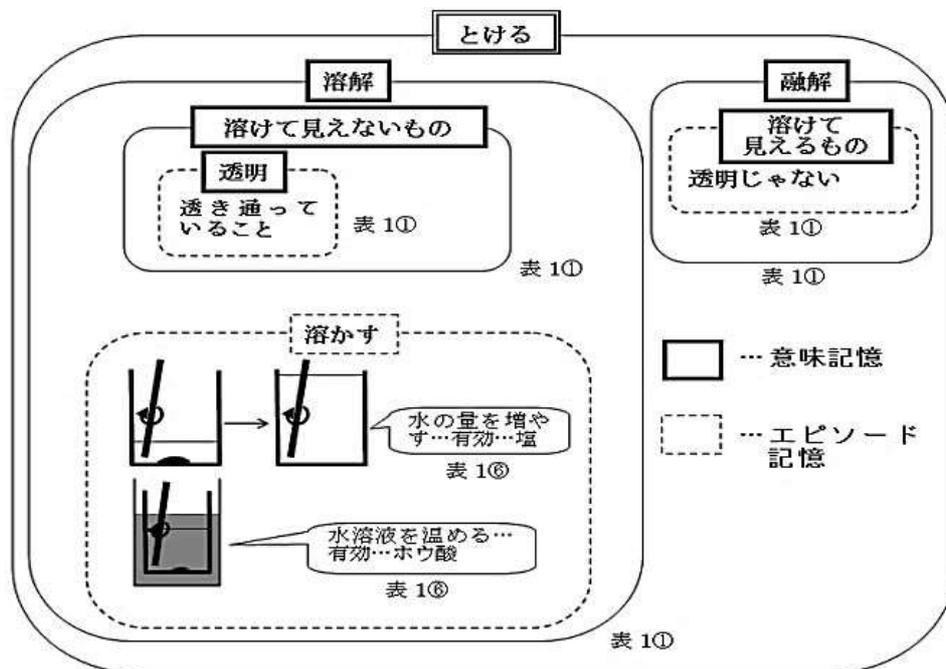


図 4-12 16 番児のスキーマの構造と記憶の根拠 1

これは 16 番の児童が、「とける」のスキーマに関して、表 4-1①の学習で学んだ溶解や融解という概念を意味記憶の形で保持していることを示している。また溶解に関

99 Rumelhart, D.E. and Norman, D.A., *Representation in memory*, in R.C. Atkinson, R.J. Herrnstein, G. Lindzey and R.D. Luce (edu) *Handbook of Experimental Psychology*, Wiley and Sons., 1983

しては、エピソード記憶の形で、表 4-1⑥で行った実験の心象が保持されていると考えられる。このエピソード記憶に保持されている心象は、意味記憶の補足的な説明であると同時に、溶解の意味を考える時の内的な納得にも用いられたものと考えられる。

図 4-13 は、18 番の児童の記憶の再生マップから見えるスキーマの構造である。

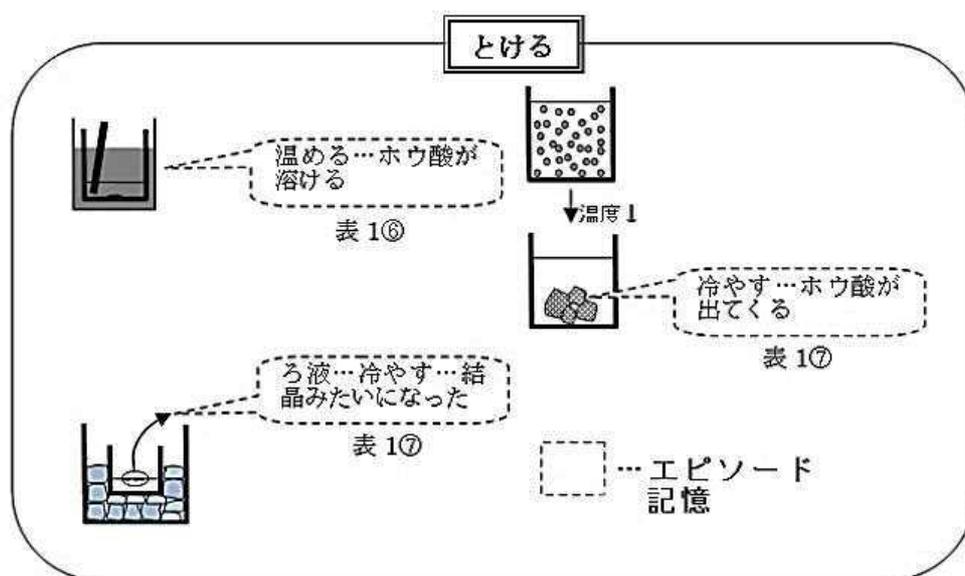


図 4-13 18 番児のスキーマの構造と記憶の根拠 2

18 番の児童が記憶の再生マップで書いた内容は、その全てがエピソード記憶であった。この児童は、「とける」の概念を持っていないと考えられ、そのスキーマには、表 1⑥～⑦で行った実験の心象があった。そのため第 1 トピックから、「温める—ホウ酸が溶ける」と表 1⑥のエピソード記憶を検索したことが読み取れる。ただ次のノードには、「温める」の対義語である「冷やす」を記述し、表 1⑦のエピソード記憶の検索から、そのことの結果としての「ホウ酸が出てくる」とつないでいる。さらに次には「冷やす」に関連して、「ろ液—冷やす—結晶みたいになった」と、表 1⑦のエピソード記憶を検索したことが明らかになった。また、今回の実践では、教科書やノートを見て追記・修正したい場合は、赤ペンを用いることを認めていたが、この児童は赤ペンで、「食塩—よくかき混ぜる」と食塩を溶かすための方法を追記している。このことから、この児童は第 1 トピックを「とける」+「こと」と経験として捉えたと考えられる。もし、第 1 トピックを「とけるとは」と捉えたならば、教科書やノートを調べることにより、表 1①の記述を探して「とける」の概念を記述できたと考えられる。

一方、図 4-14 は 17 番の児童の記憶の再生マップから見えるスキーマの構造である。

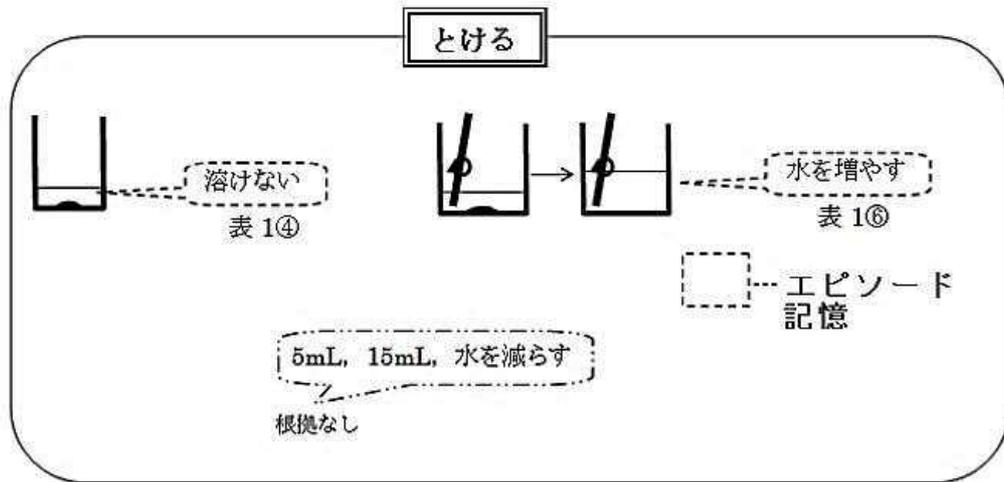


図 4-14 17 番児のスキーマの構造と記憶の根拠 3

17 番の児童は、第 2 トピックで第 1 トピックの「とける」を打ち消して「溶けない」としている。「溶けない」という言葉は、表 1④のエピソード記憶と考えられるが、このようにある言葉の関連性を思考する場合に、安易に打ち消して言葉を決定することは、熟慮を必要としないことから、ヒューリスティックにより決定したとも考えられる。さらに児童は、第 3 トピックに 5mL という言葉をつなげているが、先に述べたように、授業では 5mL の量を測ったり使用したりしたことはなく、むしろ食塩やホウ酸を 5g ずつ測り取った記憶のなかで、数字の 5 と mL をつなげて表記したと考えることが合理的な解釈である。なぜならば、続けて書いた 15mL も同様に、15mL を測り取ったことはないが、食塩を 5g ずつ測り取り、それを 3 回水に溶かす途中で、合計投入量が 15g になった経験はあるからである。これに続けて児童は、「水を増やす」と書いているが、「5mL—15mL」と量が増えていることと関連したかのような第 5 トピックの書きぶりである。さらに、第 6 トピックもその打ち消しで「水を減らす」と書いているが、ヒューリスティックによる言葉であろうと考えられる。この児童のように、言葉の関連性に留意できない場合は、各ノードに書かれるトピックにその根拠を見出すことはできない。

3-5 児童のスキーマの比較

図 4-11～4-13 までを比較すると、「とける」という言葉のスキーマが一人一人違っていることが確かめられた。つまり、これらスキーマの構造を見ることにより、学習内容の習得状況も確かめることができた。

例えば、16 番から 18 番の児童では、16 番の児童が学習内容をよく記憶していることが分かる。この児童は、「とける」という言葉を溶解と融解という 2 つの概念に整理し、さらに、実験から得られた溶解の正しいエピソード記憶も保持していた。

18 番の児童は、表 4-1⑥～⑦を根拠として「とける」に関するエピソードのみを正し

く記憶していたが、とけるという言葉の意味には言及していない。

一方、17番の児童は、「とける」がどのような意味であるか、または、どのようなことであるかにこだわっておらず、言葉遊びのように連想語を想起している。しかし、実験のある部分は記憶していたものと考えられ、そのエピソードから言葉を得たものと考えられる。この16番、18番の児童と17番の児童の違いは、「とける」という言葉に自らが納得して得た正しい概念や別の言葉、経験を関係づけることができたかどうかである。

Rumelhart と Norman が挙げたスキーマの特徴からは、言わば16番と18番の児童の持つスキーマの構造は説明できるが、17番の児童のスキーマの構造は説明することができない。今回の実践により、児童の持つスキーマには、正しく構成されなかったものもあることが確認された。

3-6 ノード数と文章化の関係

正しい概念形成と誤概念の形成が、記憶の再生マップにどのように表出されるかを調査した。児童が作成した記憶の再生マップのノードに書かれたトピックを時系列でつなぎ文章化したものを、教師の持つ正しい概念によって学習内容に合う内容であるかどうかを判断した。その結果、20名の児童が作成した記憶の再生マップから得られる文章は学習内容に合致した(以後、合致群)が10名のそれは合致しなかった(以後、非合致群)。合致するかしないかの2つの名義尺度と、各児童のノード数とで相関関係を調査したところ、相関比が0.73となり、ノード数の多い記憶の再生マップを作成することができた児童程、正しい概念形成ができることを確認することができた。実際に、ノード数の多い記憶の再生マップは精緻な内容が多く、ノード数の少ないそれは精緻ではないものがほとんどであった。

表4-3は、合致群と非合致群の評価テストの観点別平均(50点満点)を比較したものである。

表 4-3 評価テストの観点別平均点

	合致群 点(SD) N=20	非合致群 点(SD) N=10
知識・理解	41.5(7.6)	33.5(12.3)
技能	45.8(5.8)	35.3(9.8)
思考・表現	44.3(6.2)	28.0(17.8)

この表によると合致群の成績が優れ、特に思考・表現の観点の開きが大きいことが

明らかになった。これは、記憶処理における内的精緻化の程度に差があることを示したものであると考えられる。

そこで、表 4-3 の結果を受けて、さらに詳しく調査するために表 4-4 に示すように、両群の素点をもとに 3 つの観点ごとに Wilcoxon の順位和検定を行った。危険率は有意水準であるので、「観察・実験の技能」は 1%水準で、また「科学的な思考・表現」においては 5%水準で有意差が見られた。一方、「自然事象についての知識・理解」を調査する評価テストにおいては、有意な差は確認できなかった。

表 4-4 評価テストの観点別検定結果

児童	知識				技能				思考			
	合致群		非合致群		合致群		非合致群		合致群		非合致群	
	得点	順位	得点	順位	得点	順位	得点	順位	得点	順位	得点	順位
1	40	13.5	40	13.5	45	14.5	45	14.5	35	8	50	24
2	35	9	30	6.5	50	25	35	7.5	40	13	30	6.5
3	50	27.5	45	20.5	50	25	35	7.5	30	6.5	50	24
4	30	6.5	20	3	30	4.5	20	1	50	24	10	2.5
5	40	13.5	15	1	35	7.5	25	2.5	40	13	20	4.5
6	40	13.5	25	5	50	25	25	2.5	50	24	10	2.5
7	50	27.5	20	3	50	25	30	4.5	50	24	0	1
8	40	13.5	45	20.5	50	25	40	10	50	24	40	13
9	45	20.5	50	27.5	50	25	50	25	40	13	50	24
10	50	27.5	45	20.5	35	7.5	48	19	50	24	20	4.5
11	35	9			45	14.5			40	13		
12	50	27.5			50	25			50	24		
13	45	20.5			50	25			50	24		
14	45	20.5			45	14.5			50	24		
15	45	20.5			45	14.5			40	13		
16	20	3			50	25			40	13		
17	45	20.5			50	25			50	24		
18	40	13.5			45	14.5			40	13		
19	50	27.5			45	14.5			40	13		
20	35	9			45	14.5			50	24		
	危険率: 0.1275882				危険率: 0.0053816				危険率: 0.0238442			
	P > 0.05				P < 0.01				0.01 < P < 0.05			

「観察・実験の技能」に関しては、ろ紙の折り方やろ過の仕方など実験の記憶を問う問題であった。検定結果の 1%水準での有意差は、合致群が実験のエピソードをよく記憶していたことを表している。

「科学的な思考・表現」では、授業で行った実験の一つを取り上げ、どのような結果が得られたかを時系列で答える問題や、結果について自分の言葉で短くまとめる問題が出された。検定結果は 5%水準で有意差があることを示している。これも合致群が、実験の詳細をエピソードとして時系列で記憶していたことを示している。

一方、「自然事象についての知識・理解」は、有意差を確認できなかった。このテスト

図 4-15 を描いた児童は「重さ」に関して、初めの重さ(ものを溶かす前の重さ=溶媒の重さ)とものを溶かした後の重さが変わらないと記述していたが、ノートの授業記録や教科書を参照しながらこのノードを読み、自身の誤概念に気づいたと考えられる。そして、「初めの重さより、ものをとがした後の重さのほうが重い」と自身の言葉で訂正を行っている。さらに、この修正に関連して、「水溶液の重さの保存」概念を式として追記している。

ものものけ方以外の学習でも、概念の修正と追加が行われた。以下は、別の学年の児童の記憶の再生マップである。

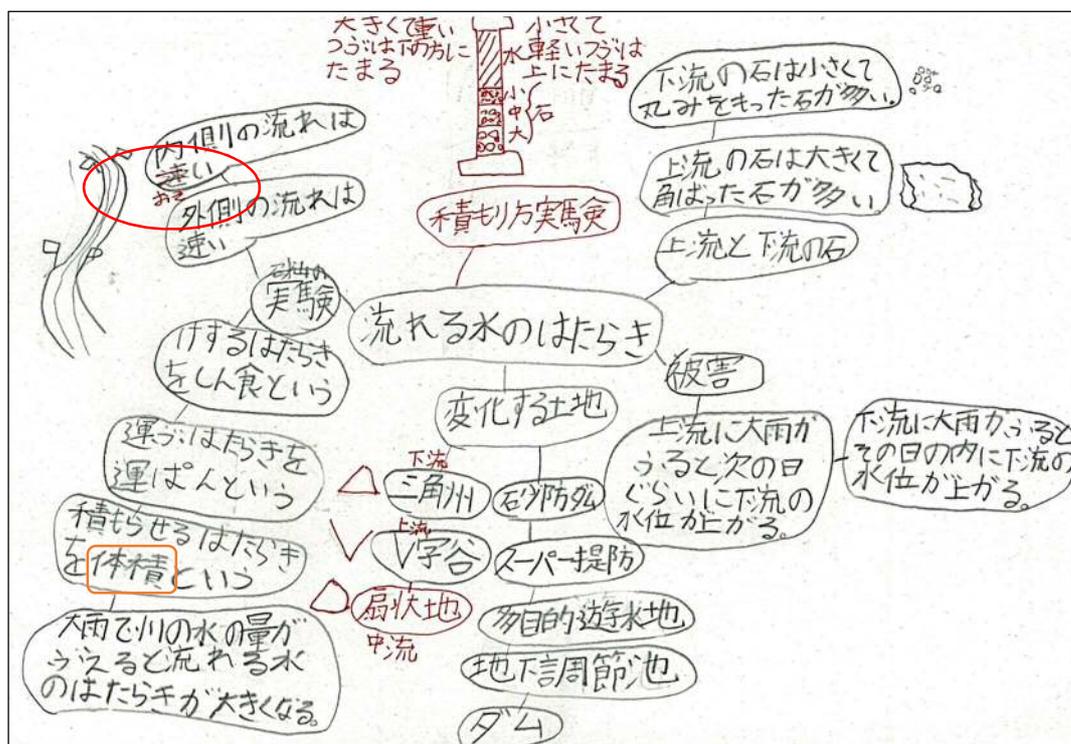


図 4-16 流れる水のはたらきにおける概念の修正(赤楕円)と追記

図 4-16 は、5 年「流れる水のはたらき」で作成されたある児童の知識モデルである。この授業では、第 1 ノードのトピックとして、砂場で行った「砂の実験」、この学習での重要な指導内である「上流と下流の石」、「変化する土地」、「被害」の 4 つを予め提示した。この児童は、最初に記憶の再生マップを描いたとき、曲がった川の内側と外側の流れる速さについて、「内側の流れは速い」と誤概念を記述していた。しかし、教科書やノートを参照する内に誤概念に気づき、修正を行っている。さらに、三角州や V 字谷などは、自身が納得する心象を追記したり、下流と上流の石の特徴を心象で描いたりして概念化を図っている。一方、「堆積」については、未履修の「堆」という漢字は使わずにひらがなで「たい積」と指導した。しかし、この児童は「体積」の字を使用している。「体積」の概念と「堆積」の概念の明確な区別がついていない部分であろうと

考えられる。さらに、この児童の特徴としては、第 1 ノードに「積み方実験」というノードを描き加え、各班で実施した「堆積実験装置」の絵とまとめの内容を詳細に記述している。

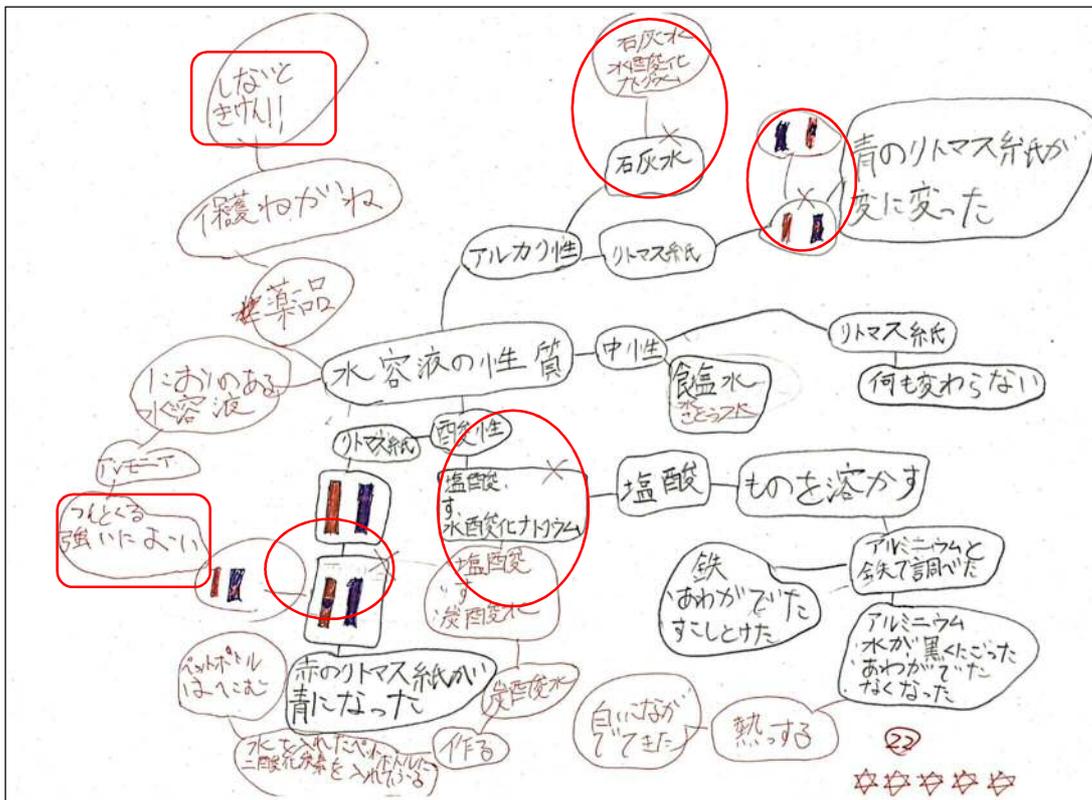


図 4-17 水溶液の性質 記憶の再生マップ(知識モデル)の修正(赤楕円)と追加

図 4-17 は、6 年「水溶液の性質」で作成された、ある児童の知識モデルである。この学習では、「液性によるリトマス紙の色の変化」が重要な学習内容となっている。しかし、この児童は、酸性とアルカリ性の色の変化について、間違った理解をしていたことがこの図から読み取れる。しかし、ノートや教科書を参照しながら自身の記述を見て、誤概念に気づき修正を行っている。さらに、記述していなかったエピソード記憶についても追記し、そのリンクの最後は自身の言葉で概念化を図っている様子が伺える。(赤四角)

これまでの指導法では、教師が個別指導や机間指導時に間違いを指摘しなければ、児童の誤概念は修正できなかった。ただし、これは学習時間内で練習問題を課す算数科や国語科の漢字の学習のように、教師が理解の程度を直接に判断できる教科や領域に限られてくる。一方、理科の学習では、児童が学習内容をどのように理解したかは、評価テストを行うことにより初めて判断できていた。しかし、記憶の再生マップを利用した学習行動では、児童が自身の構成概念を客観的に評価し、教科書やノー

トの記述と比較することで、児童自らが誤概念を修正できることが確認された。

4. 結論と課題

小学校の授業において児童自らが、ある単元の学習において、何をどのように理解しているかを客観的に把握する手段が、これまでは皆無であった。つまり、内容どうしのつながりなどはもとより、自分が学んだ内容についても、因果関係も含めて絵的な表現で確認する手段を持ち得なかった。このことは、教師も同様で、指導する児童が教授の内容を既習事項とどうつなげて理解したかについても確認する手段がなかった。しかし、意味ネットワーク・モデルに改変を加え、その利用目的を記憶想起に限定したところ、児童は自分が何をどのように記憶しているかを、自立語や文章、心象などで表現し客観視することが可能となった。一方教師は、この記憶の再生マップにより、児童のスキーマを詳細に確認することができ、児童の理解の程度によっては、補足的な説明を行つために指導内容の変更や修正ができるようになった。

さらに児童にとっても記憶の再生マップは、自己の概念がどのようにつながっているかを確認することが容易になり、教科書等の記述と比較し誤概念を修正したり、追加したりすることが可能となった。

記憶の再生マップのノード数については、多く書く(描く)ことができる児童が、正しい概念を形成できることが確認されたことから、指導する教員は、記憶の再生マップの詳細を確認する前に、ノード数の多さという俯瞰的なチェックで児童の理解の程度を推測できるようになった。

今回の調査で利用した記憶の再生マップは、児童にとっては自由度が高く、描き方についてほとんど指導の時間を必要としない。また、児童が自由に描くことを保証しているため、精緻な思考の処理においても、順向抑制で思考が中断することもない。それゆえに、記憶の再生マップの利用は、児童が自身の構成概念を最も分かりやすく確認することができ、学習効果に有効な手段であると言える。

また調査では、児童が作成した知識モデルの各トピックを、表に転記するという調査のための作業が必要であったが、実際の授業では、そのような時間的余裕はない。必要に応じて、机間指導を通して、児童が赤ペンで加筆・修正した箇所を把握し、ノードを辿りながらトピックの言語をつないでいけば、児童がどのように思考したかは確認することができる。

デイヴィッド・オーズベルは、「学習の最も重要な要因は、学習者が何を既に知っているかである。これを確かめた上で、それに応じて教えなさい。」と述べた。このことは、我々教師にとってよく理解できたが、これまではプレテストや事前のアンケートに頼るほかに、学習者の構成概念を知る手段を持ち合わせていなかった。しかし、本研究において、学習が終了した時点で、記憶想起を行わせる学習過程を設定し、記憶の再生マップを作成させることにより、児童の構成概念を可視化することに一定の成果

を得た。

今後の課題としては、「このような記憶想起の学習過程を単元の指導前にも実施すれば、オーズベルの教示を実践することが可能となるのか」ということである。図 4-18 は、その概念図である。このような学習過程を実践するにあたり、最も考慮すべき内容は、第 1 トピックである。本研究において児童の記憶想起の重要な要因となったのは、第 1 トピックであった。この設定を間違えれば、児童の記憶想起の方向性が変わってくる。単元の学習終了後に作成させる記憶の再生マップは、児童が学習内容をどのように概念化したのかを確かめるために、小単元の内容から第 1 トピックを決定していた。

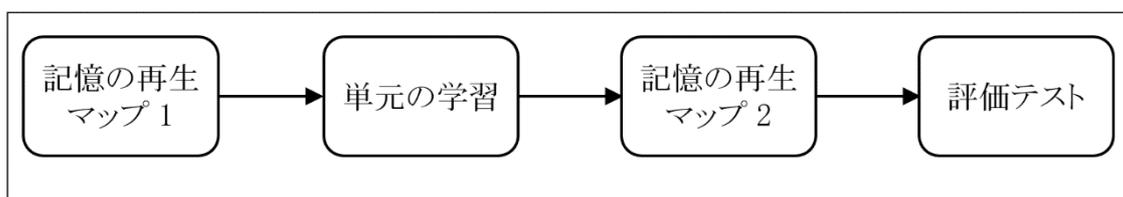


図 4-18 記憶の想起マップを学習前に活用する学習過程

しかしながら、記憶の再生マップ 1 での第 1 トピックは、指導方略によって内容が異なってくる。例えば、単元全体を見通して、児童が持っている素朴概念がどのようなものかについて調べる場合は、本研究と同様に小単元の重要項目からトピックを設定し探ることも可能であると考えられる。しかし、単元の特定の内容に関してのみ児童の概念を調査することが重要であるならば、第 1 トピックの内容は小単元の内容に依存しない場合も予想される。また、指導内容の系統性を重視するならば、過年度の学習内容から設定することも考えられよう。いずれの場合も、児童は素朴概念とエピソードを書くものと考えられる。そして教師は、記憶の再生マップ 1 を俯瞰し、これまで以上に詳細に指導計画を立てることが可能となる。さらに、学習が終了した時点で再度、記憶の再生マップ 2 を作成させて児童の知識モデルを確認することにより、指導の補強点を見出すことが可能となる。

このようなことから考えられる今後の研究課題は、異なる状況における記憶の再生マップの効果について、その要求課題を踏まえた実践的な研究となる。

さらに、発達著しいタブレット等 ICT 機器に、記憶の再生マップの機能が搭載されれば、システムの機能として他者への呈示を目的とした、誰でも分かり易い表示に変換することも可能であると考えられる。例えば、スタイラスペンで児童が書いた手書きの文字をフォントに変換したり、複雑に表現されたリンク構造を単純化したりすることにより、誰でもが児童の構成概念を共有できるようになる。また、リンク構造の解析により、指導する児童の構成概念の共通点を指摘することも可能となる。即ち、極めて個人的な児童一人一人の構成概念が、機器の利用によって共有される可能性もある。

このようなことから、記憶の再生マップと機器との関連性についても研究を進める必

要がある。

5. その他の実践から(追記)

5-1 記憶の再生マップを利用した説明活動

記憶の再生マップの利用については、児童が描いた直後に、隣同士での説明活動を実践している。その結果、ほとんど全ての児童が、ノードとノードをつなぐ言葉を発話し、ノードを指で辿りながら説明を行うことを確認することができた。

図 4-19 は、2 人の児童が互いに説明を行っている様子の写真である。説明活動では、一方の児童が記憶の再生マップを相手の児童に示しながら、自身の理解したことを言語音によって説明することになっている。その場合、できるだけ説明している箇所を指差しながら、説明を行うように指導を行った。



以下にそれぞれ児童が描いた記憶の再生マップと説明の内容を示す。

図 4-19 記憶の再生マップを辿りながら説明する児童

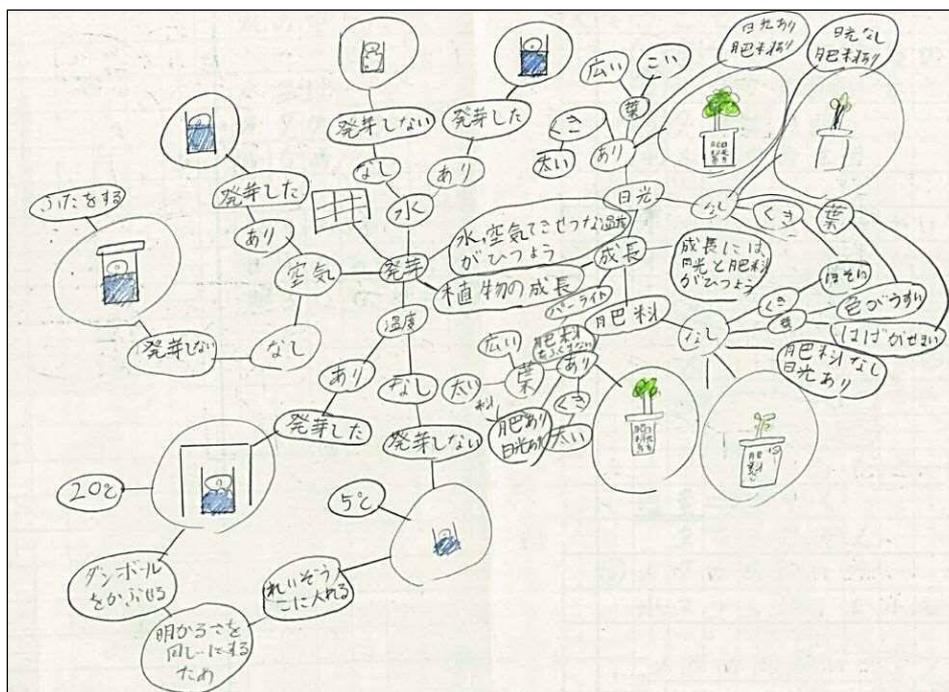


図 4-20 図 4-19 における左の児童の知識モデル

図 4-19 における左の児童の発話記録の一部(児童の発話をそのまま記録した)

「空気は、水ありは、発芽します。」「空気無しは、発芽しなくて、空気無しでは蓋をして…(聞き取れない)」次に、温度では、無しは、発芽しませんでした。5℃にするために冷蔵庫に入れました。」「温度ありでは、発芽しました。20℃の温度で段ボールを被せて、明るさを同じにしました。」「この 3 つの、水、空気、適切な温度は必要だということが分かりました。」(以下略)

この発話において、「空気無しでは蓋をして…」に対応する記憶の再生マップを見ると、空気を遮断する実験において、蓋をしたことにより空気が遮断したと理解している部分が見受けられる。これは誤概念であり、後で教師によって指摘を受けた。ただし、実際の実験では、フィルムケースを利用し、種子を水に水没させて空気を遮断し、フィルムケースの蓋をしたという事実は間違いではない。

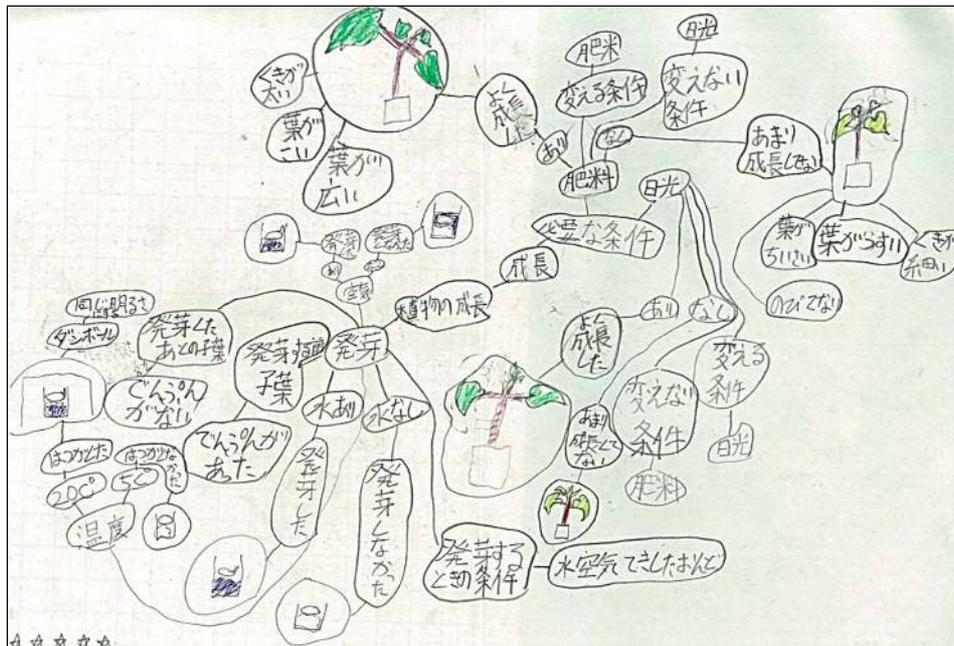


図 4-21 図 4-19 における右の児童の知識モデル

図 4-19 における右の児童の発話記録の一部(児童の発話をそのまま記録した)

「水ありは発芽した、水無しは発芽しなかった。ここから書いてないっちゃん。…」「発芽する前、子葉にはでんぷんがあったけど、発芽した後の子葉は、でんぷんがなかった。で…えっと…あの…」「発芽する時にでんぷんが使われていることが分かった。この実験で」「で…、発芽する時の条件、水、空気、適した温度が必要。」

この発話において児童は、時々言葉に詰まりながらも、説明しようとしていることが読み取れる。この発話において、「ここから書いてないっちゃん(書いてないんだ)」と自身の知識モデルを見て、「空気」と「温度」の実験結果が書かれていないことに気づいている。このように他の児童の発話や知識モデルと比較して、自身に足りなかった部

分に目を向けたところが評価できる。

記憶の再生マップを作成すると、自身の知識モデルを俯瞰し、ノードのトピックとトピックを適切な言語でつなぎ合わせながら、ノードを辿り説明を行うことが容易にできるようになる。また、自らの誤概念に気づいたり、他者から誤概念を指摘してもらうことによりすぐに修正を行ったりすることも可能となる。

今後は、記憶の再生マップを用いた説明活動は、なぜ比較的容易に児童の説明能力を高めることができるのかについても研究を行う必要がある。

5-2 概念の文章による整理について

記憶の再生マップを利用した学習は、利用しなかった学習に比べて、概念の文章化に効果があるのかを次のような実践を行い確かめた。

5年「台風と天気の変化」の学習において、何が分かったかを図4-22で示した学習計画を立て、箇条書きの形で整理させた。図4-23～24はその結果の一部である。

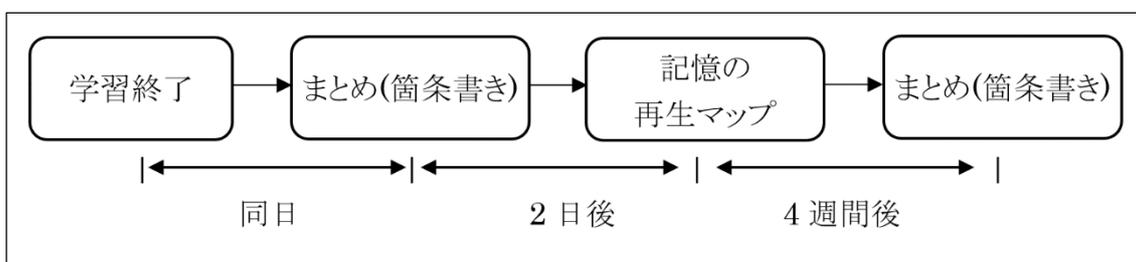


図4-22 概念の文章による整理のスケジュール

箇条書きによる概念の整理		
	学習終了後に記述	記憶の再生マップ作成後に記述
児童1	<ul style="list-style-type: none"> 台風が来ると大雨や風が吹く。 台風の前日は、必ず雨が曇り。 台風は南から北へ移動する。 2つ以上の台風が来ると複雑な動きをする。 通り過ぎるとふつうの曇りになる。 木などが倒れる。 物が吹き飛ばされる。 大けがを負う人々がいる。 ものすごく大きい場合、家が壊れるかも。 津波の原因にもなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 2つ以上の台風がはっせいするとふくざつな動きをする。 たいさくに土のうなどをおく。 台風はつなみの原因にもなる。＜高潮の間違い＞ 物が吹き飛ばされ、大けがをする人もいる。 台風は沖縄の上をとおる(かならず)＜誤概念＞ 南から北へ動く。 台風が来る前日は、かならず雨がくもり。 台風の日には、だいたい雨。 木がとばされないように、支柱を立てる。 動きが遅い場合は、西から東に移動する。
児童2	<ul style="list-style-type: none"> 北から東に動く。＜誤概念＞ 	<ul style="list-style-type: none"> 台風で木が根っこからひっこぬけたり、人が立っていらなくなったり、雨がふって洪水になったりする。 だから、次の日などは、川の流れがはげしいので、かさを川に入れたりすると流される場合もある。
児童3	<ul style="list-style-type: none"> 台風が近づくと、大雨がふり、強風がふく。 台風が通り過ぎると天気はよくなる。 台風は、南の海上で発生し、北の方へ移動していく。 台風は、夏から秋にかけて日本に来る。 台風は、右側が巻き込む風と進むための風が同じ方向に吹くため、右側が強い。 台風が来ると川が氾濫しあふれる。 	<ul style="list-style-type: none"> 台風がくると大雨がふり、強風がふく。 台風が通り過ぎると青空になる。 台風は、台風の目が大きくはっきりしていると危険。 台風がくると、洪水や土砂くずれなどがおこる。 風では、屋根がわらがとばされたり、木がたおれたりする。 台風は、右側が強い。右側はまきこむ風と台風を動かす風が同じ方向だから。 台風は、北にいくほど強くなる。
児童4	<ul style="list-style-type: none"> 台風が去ったら天気は、晴れになる。 台風が来たら、強風もふいて天気は雨になる。 台風は、左右にも回るが、地方によって違う。(日本は左回り) 	<ul style="list-style-type: none"> 台風が近づいてくると、風が強くなり雨がふる。 ひどい時は、建物や道路がこわれたりする。 しかも川の波が強くなり、死者がたくさんでます。 台風の被害はいっぱい出る。 例えば、行方不明者や、さっきもの行った時も死者がたくさん出ます。 このように、物がこわれたり、被害がたくさん出ます。 後、台風の目に当たると近づいた時とけたがとてもちがいます(誤概念)。

図4-23 箇条書きによる概念の整理(一部その1)

児童5	<ul style="list-style-type: none"> ・台風は、雨がたくさんふり、海があふれる。 ・台風は、南から北に移動する。 ・台風は、風速30mlになると、かさはさせずにコーンも飛ばされていくほどの強さ。 	<ul style="list-style-type: none"> ・台風が発生すると、雲の上がうずまきになる。 ・台風が来ると、雨がたくさんふり、こうずいになりやすくなる。 ・どしゃくずれがおこる ・台風が過ぎ晴れることを「台風一過の青空」。 ・ひらいしんは、家の上においてあることをひらいしんという。 <文章がおかしい> ・台風は、南の海上で発生し、南から北へ移動する。 ・台風は、1秒で17m/s進み<17mの間違い>、台風は反時計(回り)で移動する。 ・台風は、雲の真ん中、うずまきの所。
児童6	<ul style="list-style-type: none"> ・台風と天気は同じです。 ・台風は南から北に動きます。 ・強い雨や風が吹き、木がたおれたり、人が飛んだりします。 	<ul style="list-style-type: none"> ・台風の動きは南から北へ動きます。 ・台風は反時計回りに回ります。 ・台風と天気は同じです。(雲の動きにより天気が決まることを言っている) ・台風の目は晴れです。 ・台風は南の海上(赤道の海上)でできます。 ・台風がすぎると晴れになることが多いです。 ・これを台風一過の青空といいます。 ・台風は強い風や大雨をもたらします。 ・強い風で木がたおれたり、人が飛んだりします。 ・まどガラスがわれることもあります。 ・洪水などで人や家が流されることがあります。 ・自分の住む所の西側を通るときは被害が大きいです。
児童7	<ul style="list-style-type: none"> ・台風が近づくとつれて、大雨が降り強風がふく。 ・台風が目があるときは、空は晴れる。 ・台風が通り過ぎた日の天気を「台風一過の青空」という。 ・台風は南から北に動く。 ・南の海上で発生する。 ・台風の風で木が倒れたりする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・台風は南の海上で発生し、北へ移動する。 ・台風が過ぎた後、晴れることを「台風一過の青空」と言う。 ・17m/s以上が台風。 ・1mlに17m進む<1sの間違い> ・台風が目がある時は、晴れる。 ・台風がくると土砂くずれやこう水がおきる。 ・台風がくると大雨がふったり、強い風がふく。 ・木がたおれたり被害がおきる。
児童8	<ul style="list-style-type: none"> ・台風が日本付近に来ると大雨など雨雲がやってきます。 ・台風は、巨大なうずになって移動。 	<ul style="list-style-type: none"> ・台風と天気は、台風が近くに来ると雨がふって、台風が過ぎ去って雨や風がおさまったら、おだやかに晴れます。 ・台風の動きは、北の方へ動いて、左に回ります。 ・巨大なうずがあって、真ん中に台風の目があります。 ・台風の被害は、風が強すぎると人や木が飛びます。 ・台風の下にある都道府県はあぶないです。

図 4-24 箇条書きによる概念の整理(一部その 2)

この学習では、まず、コンピュータや本などにより調べ活動を行い、児童一人一人がノートに台風の動きをまとめ、次に全体の話し合いで調べたことを発表しながら、知識を共有していった。学習の終了後に、概念の文章化による整理として、箇条書きで2回に渡って概念を書き出させた。なお、学習の都合により図 4-22 で示したように、記憶の再生マップを作成してからおよそ4週間後に再度、概念の文章による整理を行った。図 4-23~24 とともに左側の記述は、学習終了直後に白紙を配布して、「学習によって分かったことを箇条書きで書きなさい。」と指示を与えた結果である。ただし、2回目の整理は、教師が回収していた記憶の再生マップを児童に配布した後、児童がそれを見ながら文章化したものである。なお、都合により児童番号8番の児童までの結果を掲載しているが、それ以降の児童の結果も同様な傾向であった。図 4-23~24 中の赤文字は、左右の比較において同様の概念を記述したと考えられる部分である。

この結果から学習終了直後の記述は、児童は何も参照しなかったが記憶だけを頼りにいくつかの概念を記述していることが読み取れる。しかし、児童2のようにほとんど何も書けなかった児童が数名確認された。この日から2日後の授業日に、記憶の再生マップを作成させ教師が回収した。学校行事や学習内容の進捗等の様々な事情により、学習が終了してからおよそ一か月が経過した授業日に、回収していた記憶の再生マップを児童に配布し、それを見ながら概念を箇条書きで書かせた。その結果が、図 4-23~24 の右側の記述である。ここで赤文字は、左右において同様の概念を

表している記述である。

図 4-25 は、児童 6 の記憶の再生マップである。記憶の再生マップを作成したのは学習が終了してから 2 日後であったにも関わらず、言語や心象を用いて学習した内容を小单元ごとに整理していることが読み取れる。また、ノートや教科書を参照しながら、概念を追加していることも分かる。この児童は、前日の箇条書きによるまとめでは、「台風と天気の違いは同じです。」「台風は南から北に動きます。」「強い雨や風が吹き、木がたおれたり、人が飛んだりします。」の 3 つの項目を書いていた。

ところが、約一か月後には、それよりもはるかに多い概念を記述している。そのことから、2 つの疑問が生じてくる。1 つは、学習直後に箇条書きだけでは、3 つの項目しか書き出せなかった児童が、2 日後にはなぜ図 4-25 のように多くの項目をノードのトピックとして記述できたかである。2 つ目は、約一か月後に記憶の再生マップを参照しながら、なぜ多くの概念を書き出すことができたかということである。



図 4-25 児童 6 が作成した記憶の再生マップ

さらに図 4-26 は、ある児童の作成した記憶の再生マップである。この児童は、学習が終了した直後の概念の書き出しで、「台風(空欄)には、大きい積乱雲が広がっており、その周りには、雨や風が強く」とだけしか書くことができなかった。しかし、これまでの指導では、理解力も十分持ち合わせており、授業の中でも挙手をして発表を行うことができる児童である。児童の中には、このように概念を文書によって直接書き出す

ことに抵抗を示す者もいる。この児童は、記憶の再生マップを作成した後に、約一か月後にそれを参照しながら次のような表現で概念を書き出すことができた。

- ア) 台風は赤道が通っている海の上でできる。
- イ) 水が蒸発し、水蒸気がたまり、大きな積乱雲ができ、台風ができる。
- ウ) 台風は、最初、西へと行動(移動のこと)するが、だんだん東や北へ動く。
- エ) 台風の被害は、大きく、木が根こそぎたおれたり、人が立ってられない程の風量で飛ばされたり、自動車なども吹き飛ばされる。雨が降り続くと、どしゃくずれもおこる。
- オ) 台風が近づくとつれ、風や雨などが強くなる。
- カ) 台風の日には、雲がなく青空も見える。

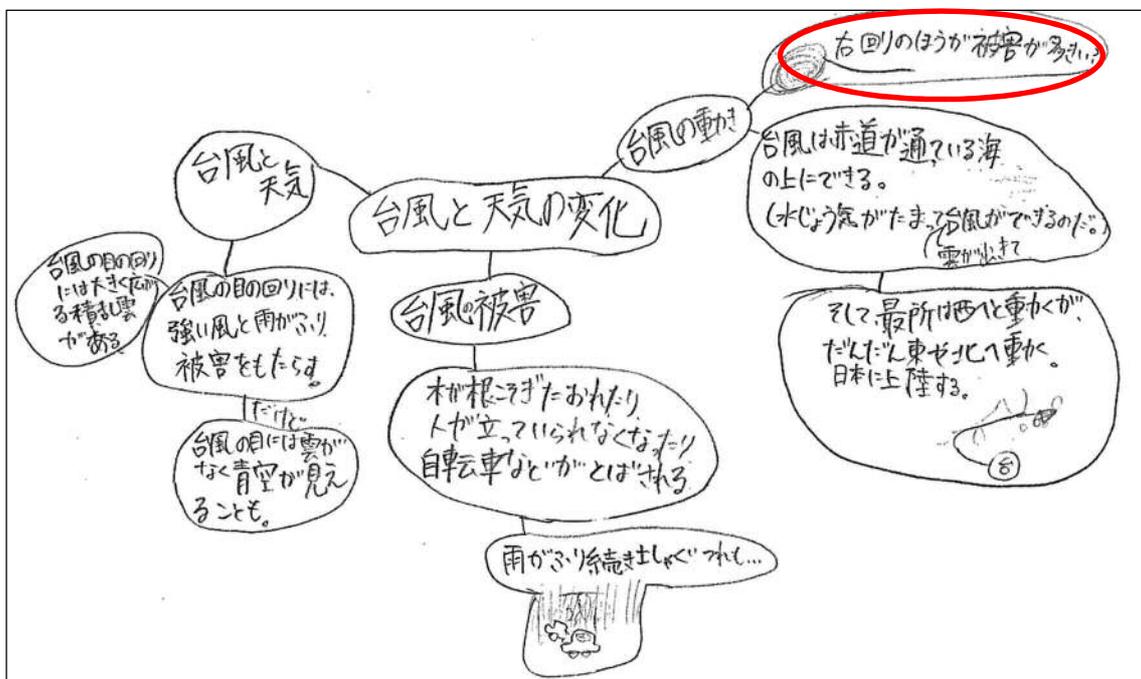


図 4-26 学習直後に概念を書けなかった児童が 2 日後に作成した記憶の再生マップ

このなかで、ア)からエ)までとカ)の表現は、図 4-26 に示した記憶の再生マップの表現を抜き出して書かれたものと読み取れる。その中でも、イ)の表現は、2 つのノードの表現を組み合わせた上で、「水が蒸発し」という新たな表現を付け加えている。ところが、オ)については、記憶の再生マップからではなく自身の持つ概念を書き出している。その一方で、図 4-26 の赤楕円で示したノードの「右回りのほうが被害が大きい?」という表現については、採用されていない。即ち、この児童は記憶の再生マップを描いてからの一か月の間に、この概念が誤概念であることに気づいたものと考えられる。

このように、児童が概念を直接箇条書きで書き出す場合と、意味ネットワーク・モデルとして記憶の再生マップで概念を書き出す場合を比較すると、後者の優位性が読

み取れる. 今後は, 概念の文章による直接的な整理と, 意味ネットワーク・モデルの作成を経た概念の整理についても研究を行う必要性を再認識した.

児童 10才児 10才児	第1ノード	第2ノード	第3ノード	第4ノード	第5ノード	第6ノード	第7ノード	第8ノード
3			見えなくても中に残っている	(粒が散らばる絵)				
3	7 とける	見えなくなる	透明	後ろが透けて見えれば色が ついていても透明と見える				
3				水溶液				
1		ホウ酸は温めれば温めるほ どたくさん溶ける						
3		溶解	目に見えないもの	食塩				
3	8 とける			砂糖				
3		融解	目に見えるもの	飴				
3	1 とける	あたためる		チョコレート				
1		ホウ酸						
4	3 とける	溶解	融解					
2		溶けて見えないのを溶解	溶けて見えるのを融解	透過通っているものを水溶液				
5	3 とける		食塩早い					
2		早さ	重さによって溶ける早さが違う					
2			ホウ酸ゆっく					
6	2 とける		溶けても見えない					
2		融解	溶けて見えなくなる					
2		溶解	融けても見えないこと					
1		目に見えなくなる						
7	1 2 とける	水に食塩や砂糖が溶けた液の よごしに水にものが溶けた透明な 液のことを水溶液						
1		食塩の粒						
5	8 とける	食塩	ホウ酸	水溶液の水の量を増やす	温度を上げる	食塩とホウ酸は溶け方が違		
4				食塩 水の量を増やせば溶 けた	ホウ酸 水溶液の温度を上 げると溶けた			
2		液体になる	チョコレート					
9	2 4 とける	水に溶ける	食塩					
2		消える	物					
10	2 2 とける		溶けて見えなくなる	溶解				
3		シュリーレン現象	融けて見える	融解				
11	3 6 とける		(シュリーレン現象の絵)					
2								

付表 4-1 第 1 ノード「とける」から派生した語群 1

児童 ID/順 ノード	第1ノード	第2ノード	第3ノード	第4ノード	第5ノード	第6ノード	第7ノード	第8ノード
12	3 5 とける	ホウ酸 食塩	あまり溶けない 15-20gまで、水50mLに溶ける	温度が↑と全て溶ける				
13	1 とける	あたためる						
4	とける	ホウ酸	水を増やす 温める	溶ける 溶ける	少し多い 多い			
4	とける	食塩	水を増やす 温度を上げる	溶ける 溶ける	多い 変わらない			
14	1 とける	融解						
1	とける	融解						
2	とける	目に見えなくなること	でも小さな粒はある					
1	とける	粒が全体に広がること						
15	1 とける	一回に溶かす量が少なけれ ば少ないほど短時間で溶け る						
1	とける	溶けたものは無くなる						
4	とける	溶解	溶けて見えないもの	透明 溶かす	透きとおっていること 水の量を増やす 水溶液を温める	有効 有効	塩 ホウ酸	
6	とける	溶解						
6	とける	融解	融けて見えるもの	透明じゃない				
5	とける	溶けない	5mL	15mL	水を増やす ホウ酸が出てくる	水を減らす ろ液	冷やす	結晶みたいになった
7	とける	温める	ホウ酸が溶ける	冷やす				
2	とける	食塩	よゆきませる					
5	とける	塩	お湯	20g	溶け残る	食塩は温めると少し溶ける		
6	とける	塩	ホウ酸	お湯	5g	溶けた	ホウ酸は温めるとよく溶ける	
7	とける	塩	水	水	+50mL 溶ける	溶け残る	ホウ酸は水を増やすと少し溶ける	食塩とホウ酸の溶け方が違う
7	とける	塩	水	+50mL 溶ける			食塩は水を増やすと溶ける	食塩とホウ酸の溶け方が違う
3	とける	水を温める	ホウ酸	とんどん溶ける				
3	とける	水を温める	食塩	あまり溶けない				
3	とける	水を増やす	食塩	溶ける				
3	とける	水を増やす	ホウ酸	あまり溶けない				
1	とける	溶解						
1	とける	融解						

付表 4-2 第1ノード「とける」から派生した語群 2

児童 シラ	第1ノード	第2ノード	第3ノード	第4ノード	第5ノード	第6ノード	第7ノード	第8ノード
21	2 3 1	見えなくなる 水にものが溶けた透明な液のこと と水を溶液という	透明					
22	6 2 9 2	ホウ酸	冷やすと結晶になる ホウ酸は温度が上がったら (溶ける量が増えている)	(ホウ酸を氷で冷やす実験の絵)	る過	る液	飲めない	
23	3 3 3 3 3 3 3 1	食塩 ホウ酸 食塩 塩	食塩はとんどん温度が上がって も溶ける量が増え変わらない 温める 冷やす 温める 冷やす 温 冷	溶ける 溶け残る 溶け残る 溶ける 溶けない 溶ける				
24	3 3 3 1	見えなくなる						
25	2 2	塩の場合、姿は見えないけれど、無くなることはない	(粒が小さくなる絵)					
26	2 2	食塩	粒					
27	3 2	ホウ酸 食塩	結晶 食塩水	(結晶が出てくる絵)				
28	2 1 3	熱する 食塩	ホウ酸					
29	4 3 3 1 3 3 1	かき混ぜる ホウ酸 熱する 冷やす 水の量を増やす 目に見えなくなる物	水を加える 溶ける量 食塩 ホウ酸 ホウ酸 食塩	水溶液の温度を上げる 塩 あまり溶けなかった よく溶けた	20mlまで			
30	10 3 3 1			少し溶ける 溶けた				

付表 4-3 第1ノード「とける」から派生した語群 3

第5章 意味ネットワーク・モデルをもとに作成した

児童の知識モデルによる学習の将来的な展望

本研究を締めくくるにあたり、これまでの議論を整理する。

第1章では、児童が知識を獲得する際には、まず言語の問題を解決する必要があることを、理科教育に限定しない一般論として小学校の指導過程で見られる具体的な場面を提示して論じた。つまり、高等学校や中学校に比べて小学校では、児童が言語の概念を持っていないことが多く、その結果として教師の発話内容が伝わらないことが、児童の知識獲得の障壁となっていた。小学校の教員は、この議論に似た話題として語彙数の問題を学習効果との関連で取り上げる場合が多い。「児童の持つ語彙数が少ないために、問題文を正しく読み取れず、課題を解決できない」などの悩みは、小学校における教員同士の会話でよく耳にする。ところが、言語の概念は一義的ではなく、また、他の言語や概念と関連もしている。

語彙数の議論で教師が話題にするのは、言語の数、即ち、児童がどれ位の言語を保持しているかどうかであり、言語の意味のバリエーションとして議論を行っていることはあまりない。例として取り上げた「とける」は、言語概念の数が問題であった。従って、児童が知識を獲得するには、「保持する言語の数が多い方がよい。」というよりも、「言語概念の数が多いほどよい。」と考えた方が理解しやすい。

このような議論に関連して、文部科学省では、言語能力についての見解をホームページで公開している。その中で本研究と関係する思考力・判断力・表現力等においては、「教科等の本質に根ざしたものの見方や考え方の獲得は、各教科固有の学びのプロセスを通じて行われる。このプロセスにおいては、(a)情報を読み取って吟味したり、(b)既存の知識と関連付けながら自分の考えを構築したり、(c)目的に応じて表現したりすることになるが、いずれにおいても言語を通じて行われている。」¹⁰⁰としている。(下線は筆者。)

しかし、このような表現は、誤解を生む可能性がある。この一文の「教科等の本質に根ざしたものの見方や考え方」は、小学校理科教育においては、「自然の事物・現象の原因と結果を、できるだけ科学的に説明する能力」と考えてよい。ここで、「できるだけ」としたのは、児童の科学的概念は小学校・中学校・高等学校などの理科教育を通じて、徐々に醸成されていくと考えられるからである。学習内容によっては、小学校の理科教育において、科学的概念が身に付くものもあるが、全ての学習内容にあてはまることなく、また、全ての児童にもあてはまることでもない。そして、科学的に説明する能力が理科の学習過程を通し体得され、その際の学習行動(a), (b), (c)が言語を通じて行われているとしている。この中で(a)は、一般的な小学校の学習過程においては、問題文や課題の読み取りを表していると考えられ、理科の学習では、実験・観察の意義や目的、方法などの理解を表している。このような学習過程は、人間の情報処理過程では、情報の感覚登録器への入力からワーキングメモリへの転送、さらに言語の再認や意志の決定として捉えられる。これらワーキングメモリでの過程で

100 文部科学省, 資料5 言語能力について(整理メモ)
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/056/siryo/attach/1366049.htm

は、提示された文章を読んで言語を再認したり、提示された絵図を見て意味を探ったりすることになる。また(b)は、(a)を経た思考の対象が、既存の概念とどのように関連しているかを意図的に探ったり、無意図的に関連付けられたりといった、言わば内言としての処理が行われている。これらのことから、(a)や(b)では、必ずしも言語を通じて行われている訳ではなく、どちらかと言えば、心象による処理を経て内なる納得に至ることの方が多いと考えられる。そして、そのようにして決められたことに対して、言語を用いて意味付けを行っている。ただ(c)は、確かに言語を通じて行われることが多い。

第2章では、児童の記憶にはない火山の種類について、その概念の形成を試みた。理科の学習に限らず、児童の知り得ない言語が学習の対象となることは珍しいことではない。これまでの議論においても取り上げた、垂木(5年国語)や電磁石(5年理科)などは学習するまでは児童の記憶にはなかった言語である。また、小学校3年理科においては、完全変態や不完全変態(※教科書の表記では、変態はひらがな表記)という児童には難解な言語が指導内容となっている。学習においては、教師の発言によりこれらの言語音が児童に入力され、ワーキングメモリの音韻ループでリハーサルされながら、長期記憶に対する検索が行われる。筆者は、これらの学習を実際に行ったことがある。それぞれ授業において発話の内容は異なるが、垂木については、「垂木は、分かりますか。」、電磁石については、「今日からの学習では、電磁石について学びます。」、完全変態については、「蛹の時期がある昆虫を完全変態と呼びます。」と発話した。

この中で、明らかに児童の反応が弱かった言語は、垂木である。その理由は、「たるき」という言語音をいくらリハーサルしても、記憶痕跡には何も注意を喚起する記憶が存在しなかったということである。また、垂木という文字にも、「木」であるらしいということ以外、意味を推測する情報が見つからなかったということも考えられる。即ち、「たるき(垂木)」という言語のスキーマが、児童の記憶(長期貯蔵庫)には存在しなかったことを意味している。従って、この学習を経て初めて児童は、一人一人異なるであろうが、意味であったり心象であったりといった垂木の概念を形成したということになる。

一方、電磁石は、磁石を日常生活で扱った経験や、磁石を学習した3年時の経験などという、磁石に関するスキーマを児童が持っており、「電気を使った磁石?」という発言にもみられるように、ある程度の意味を推測した発言を行うことも可能であった。

また、完全変態・不完全変態については、「へんたい(変態)」という言語の持つ不健全性に注目した児童が多く見受けられた。しかし、その後の教師の「変態とは、姿や形が変わることです。」という説明と、完全と不完全という言語の対比によって、昆虫が蛹の時期を持つものとそうでないものという解釈を行い概念化することができたものと考えられる。その後は、教師「チョウは?」に対して、児童「完全変態!」や、教師「トンボは?」に対しては、児童「不完全変態!」と、昆虫を表す言語やその言語によって思い描いた心象と、完全変態・不完全変態の言語を適切につなげた発言を行うことができるようになった。しかし、変態という言語をひらがなで記憶していることに変わりはなく、5年生で「態」を履修した後に、「変態」という言語の持つ意味を知ることになる。

これらのことを整理すると、児童の概念形成には次のような手続きが必要であること

が分かる。(表 5-1)

表 5-1 児童が学習する言語と概念形成のための手続き

新出言語	概念形成のための手続き
垂木	垂木の映像資料の呈示と、教師の言語による説明で垂木の概念を形成した。
電磁石	児童による磁石のスキーマ(過去の実験, 磁石遊びなどの経験)の利用と「電」という文字からの推測で, 電磁石の最初の概念を獲得した。その後, 授業を通してより深い概念を形成した。
完全変態 不完全変態	教師の説明を聞き, 既習事項(チョウ:卵-幼虫-蛹-成虫, バッタ:卵-幼虫-成虫)と「完全・不完全」の言語を対比させることにより概念を形成した。
盾状火山	教師が呈示した, ジェスチャー(動作)に関連するスキーマからの推測による盾状火山の形状に関する概念を形成した。
成層火山	教師が呈示した, 「富士山」という誰もが持つ富士山のスキーマの利用により, 成層火山の形状に関する概念を形成した。
鐘状火山	教師が, 「お寺の」という場所を表す言語を発話したことで, お寺のスキーマが活性化し, 釣鐘という言語と, 過去にお寺で見て記憶には残っていたが, 名前を知らなかった釣鐘がつながり鐘状火山の形状に関する概念を形成した。

ここまでの議論から, 保持する言語の概念が少ない小学校の児童が, 新たに学習する言語の概念を形成する場合, 教師の発話によっては誤概念が形成されたり, 児童が全く概念を形成できなかつたりする。しかしながら, ここに示した 3 つの言語や, 第 2 章で取り上げた火山の種類を表す言語の実践研究から, 児童が新たな言語の概念を形成するためには, 児童が自身の持つスキーマを利用し, その結果得られた記憶痕跡と獲得したい言語との関係性に気づくことが重要であるという結論に至るのである。そのために, 学習過程においては記憶想起する場面がどうしても必要となってくる。

【研究の目的(1)に対する解】

第 3 章では, これまでの言語の問題を踏まえ, さらに理科教育に焦点を当てていった。ここでは最初に, 理解することと能力を身に付けることの違いを, 理科における粒子性についての概念の導入を例にあげて説明した。ここで述べたことは, 自然の事物・現象の因果関係について説明できるという理科的な能力を身に付けるためには, 言語に加えて児童自身が記憶している心象を以て考えさせることの重要性であった。また, 本質的には電子の移動である電流の概念を, 「電気が流れる」のようなメタファー的な視点で解釈することの必要性も同時に示した。即ち, これまでの小学校理科の指導方略に加えて, このような記憶想起によって事象の関係性に気づいたり, 事象に対する意味付けを行ったりする学習過程が, 科学的な概念形成にとっては極めて重要であることを指摘したのである。

このことを可能にするためには, 児童自身が学習の経験を想起し, 意味記憶として保持されている未成熟な概念やエピソード記憶を, 同じ思考のテーブルに載せて概観することが重要である。そこで, 単元の学習が終了した次の時間に, 記憶想起を行

う時間を新たに設定した。そして、個々の概念が 1 つのノードで表され、意味的に関連のある概念どうしが、リンクで結び付けられているコリンズとキリアンの意味ネットワーク・モデルに改変を加え、児童が自己の概念間のつながりを表現しやすい形にした。即ち、第 2 章で述べたように、児童が思考する際は、その対象となる言語をリハーサルすることの他に、関係する事象のスキーマからの心象等も利用していることが示されたことから、意味ネットワーク・モデルのノードの内容としては、言語の他に心象や絵図も含める必要があると結論付けたのである。 【研究の目的(2)に対する解】

この考え方によって児童は、自身の意味ネットワーク・モデルを作成するときは、ノードに言語や絵図を盛り込みながらそれらの関係をつないでいった。また、児童にとって重要なことは、上位概念や下位概念といった概念間の包含の関係ではなく、事象どうしがどのように関連しているかということであることから、事象や事柄を線によってつなぐことに重きを置いた知識モデルとしたのである。さらに、自然の事物・現象間の関連性などを説明する能力などの、科学的な概念を十分に有していない児童が、自身の既存の概念同士の関係性に気づくためには、記憶として保持しているエピソードや知識が、学習したどの項目に含まれるかという目安を与えることが重要であると考え、中心ノードの周りに第 1 ノードを設定し、小単元名を記すことにしたのである。

【研究の目的(2)に対する解】

このようにして行った実践研究で得られた児童の記憶の再生が、第 1 トピックの内容に依存するという結論は、理科の指導に大きな影響を与えることになる。つまり、教師が授業を行う場面で、どの程度の頻度で第 1 トピックの内容となる言語を発話するかということである。即ち、記憶想起を目的とする知識モデル(記憶の再生マップ)の作成において、第 1 トピックとなる言語を、授業のなかで教師が意識的に発話し、児童の手がかり再生が容易にできるように仕組むことが、理科の指導においては重要であるという結論に至るのである。

【研究の目的(2)に対する解】

さらに児童が、提示された記憶の再生マップの中心ノードに書かれたトピックと、それにつながる第 1 トピックへの言語の関係性から、第 1 トピックの意味をどのように捉えるかが重要であることを示した。また、「溶ける量」のように、第 1 トピックが児童の経験にある具体的な内容を記憶想起の対象とする場合は、エピソード記憶が利用されやすいという結果も得られた。このことは、これまで児童がどのように思考しているかを知り得なかった教師が、意図的に児童の思考過程をある程度操作できるということである。また、児童が記述した記憶の再生マップを見ると、意味記憶を書くことができなかった児童も、エピソード記憶から意味記憶を形成できる場合があることも確認されているが、このことに関してはさらに研究を続ける必要がある。

【研究の目的(4)に対する解と課題】

第 4 章では、意味ネットワーク・モデルに改変を加えた言えば発展型の知識モデル(記憶の再生マップ)をどのように読み解けばよいかについて、ノードのつながりとノードに書かれたトピックの内容、また、ノード数等について調査を行ってきた。

この中の結論と課題の冒頭で述べた、「児童自らが、ある単元の学習において、何をどのように理解しているかを客観的に把握する手段が、これまでは皆無であった。」に対しては、現場の教員からの批判的な意見が予想される。なぜならば、児童は学習時に教師が板書した内容や、観察・実験から導き出された結果や考察を既にか

ているからである。即ち、「…が分かった。」「…と考えた。」「…は、…になる。」など様々な表現で実験の結果がまとめられていることから、児童は何をどのように理解しているかを知っているという主張である。確かに、このような学習におけるまとめは重要であることは言うまでもない。しかしながら、本論で指摘しているのは、単元の学習においては、既習事項や素朴概念、実験の経過や結果など多くの事象や概念が複雑に絡み合い、方向性を以て幾つかの観察・実験のまとめに至っているという事実を客観的に把握できていないことを指摘しているのである。もっと簡単に言えば、「何が原因で何が結果か」、「何が事実で何を考えたか」などが、一目瞭然のごとくに表現された思考の過程を記したものが、今までの学習過程では、作成されていなかったというのである。しかし、記憶の再生マップは、児童自身が記憶想起したこれらを全て表現することが可能であり、単元を通して概念やエピソードがどのように関連しているかを確認することができるのである。児童が教科書やノートを参照しながら記憶の再生マップに表現した知識や概念、エピソードを比較し、自身の誤概念に気づき修正を行ったり、トピックを追加したりすることができたのも、ノードのつながりを客観的に捉えることができたからである。児童自らが、自身の概念を修正するなどのこのような学習行動は、これまでの学習ではなかったことである。

【研究の目的(3)に対する解】

一方、この記憶の再生マップに書かれた児童の理解した内容は、第1トピックから、または第2トピックから第3、4…トピックへと、児童が書いた言語や絵図をつないでいくことにより、児童が何をどのように考えたのかを再現することで確認することができた。このことは、これまでの指導では児童がどのように思考し、知識を概念化してきたかを教師は把握できなかつたことへの一つの解となりうるものである。また、児童が作成した知識モデルのノード数については、その数が多い程、児童が正しい概念を形成している可能性が高いことも示されたことから教師は、机間指導時にノード数を俯瞰することで、簡易的ではあるが児童の学習評価として知識モデル利用することも可能になった。

【研究の目的(3)に対する解】

このことを補完する結果として、表4-5で示した評価テストの観点別検定結果がある。記憶の再生マップから得られる文章のつながりが、学習内容に合致した児童は、技能と思考の評価テストで有意に成績がよいという結果であった。このことについては、既に示したように、ノードのトピックを書く際にエピソード記憶を検索した結果であると考えられる。即ち、観察・実験などの学習で自身が行った経験を記憶に留めることができた児童は、多くのノードにトピックを書くことができたのである。また、そのような児童は先に述べたように、正しい概念を形成していた。また、このことは、教師は、児童が観察・実験などのエピソードを記憶に長く保持できるような、丁寧な指導を行わなければならないことを示唆している。

【研究の目的(3)に対する解】

さらに、その他の実践として知識モデル(記憶の再生マップ)を使った説明活動を行った。一般的な理科の学習過程は、小單元ごとに設定された観察・実験を中心として授業が構成されている。つまり、前時や本時の課題とめあてが提示され、それに従って予想し、観察・実験を行い、結果を確認し課題がどのように解決され、新たな課題として何がでてきたかなどについて考察を行う。そして、このような学習を繰り返して単元の学習が終了する。その学習の中で児童は、理解したことをノートに記述したり、友達と会話して分かったことを確認したりすることもある。しかし、その場合の説明は、予め児童がノートにまとめた文章を読むことによってなされる。言わば、ノートに書いたま

とめの文章は、話すための原稿としての位置づけがほとんどである。

しかし、知識モデル(記憶の再生マップ)を使った説明活動は、これと異なっていた。児童は、若い番号のノードからトピックを読み上げ、順に次のトピックにつながる助詞や接続詞などを適切に使いながら、リンクの最後までを容易に説明することができた。第1ノードからつながるリンク群の説明が終わったら、関連するリンク群がある場合は、もう一度番号の若いノードのトピックから説明を行っていた。(第4章 5-1 参照)ただ、学習に難しさを覚える児童の中には、単にランダムにノードのトピックを読み上げるだけの者もいたので、ノードのつながりを意識して説明するように指導を行った。

理科の授業におけるこのような説明活動は、児童の理解した内容を定着させる意味からも、よく行われている学習行動である。しかしながら、学習した内容を文章によってまとめることに抵抗を感じている児童が多いのも事実である。そのような児童は、授業の学習目標が達成できないことになる。ところが、本研究で実践した知識モデル(記憶の再生マップ)は、短時間の説明で児童が書くことができるようになるばかりか、書き上げてすぐに説明を行うことができるといった特徴がある。本研究では、学習が終了した後に、単元全ての内容を網羅した知識モデル(記憶の再生マップ)を作成させたが、観察・実験を行う1時間の授業のまとめとしても利用することができる。このようなことから、知識モデル(記憶の再生マップ)を作成する学習行動は、これまでの学習で行われていた、直に文章を書くことに比べ優れていると結論付けられる。

【研究の目的(5)に対する解】

最後に、知識モデル(記憶の再生マップ)を利用した学習は、利用しなかった学習に比べて、概念の文章化に効果があるのかを、理解した内容を箇条書きで書かせる方法で調査を行った。その結果は、第4章の5-2で述べたように、明らかに知識モデル(記憶の再生マップ)の優位性が確認された。

この調査には、2つの論点がある。その1つは、記憶の想起の問題である。単元の学習が終了した直後に、記憶想起だけで作成された文章よりも、約1か月後に知識モデル(記憶の再生マップ)を見ながら作成された文章の方が、精緻で多様な内容であったことである。もう1つは、学習が終了した直後に作成された文章の内容よりも、2日後に作成された知識モデルの内容が精緻な内容であったことである。

本研究では詳しく調査を行ってはいないが、児童自身の知識や概念、または心象を表出する記憶想起には、知識モデル(記憶の再生マップ)の利用が有効であろうと推測される。また、理解した内容を文章として表出する場合においても、知識モデル(記憶の再生マップ)の利用が有効であると考えられる。これらについては、今後の課題である。

【研究の目的(5)に対する解】

本研究は、「小学校理科教育における指導方略の研究—意味ネットワーク・モデルとその発展型を用いた知識構成—」を研究の主題として、実際の理科の授業を通して児童の概念形成について議論を重ねてきた。それは、単に知識を記憶しているということではなく、初めて遭遇するような場面でも、自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力を、いかにして育てていくかという課題の追究でもあった。

ただ、長く学校現場で児童の教育に携わってきた筆者にとっては、「どのような指導法を以て学習内容を児童に理解させるか」という議論が、究極の学力向上論であった

ことを感じている。そこで議論されたことは、どのように発表させ、どのような話し合い活動を行わせ、何を反復練習させ、どのようなモデルを提示し、何を指南するかなどであり、これらの議論に膨大な時間を割いてきた。一方で、近年の学習状況調査の実施により、A 問題はもとより、B 問題の重要性が次第に認知され、知識をどのように活用し課題解決に役立てるか、という主体的学びに向けた学校教育の在り方についても議論され始めている。また、県に於いても、学力の育成に向けた取り組みが様々なプロセスを以てなされている。例えば、家庭教育の充実に代表される取り組みは、学校教育を支え補完する重要な要素として位置付けられ、家庭での児童の学びについても様々な提言がなされている。しかしながら、そのような提言の受け止め方には家庭間で温度差があり、未だ十分な成果を上げるには至っていないことがさらなる課題である。また、そのような考え方は、学力の外部決定論であるという批判もあり、児童の学力はもっと学校教育がその責任を担うべきであるという考え方もある。さらに、ある研究会においては、授業における児童の発言時間の確保や反復学習が学力向上に負の影響を与えているという結果も出されている反面、書く活動は 1%水準で正に有意という結果を導き出している。

本研究は理科教育に限定してはいるが、これまでの学習過程では、獲得した知識を概念化し、記憶想起によって再固定化を図る学習活動がなされていないという問題点を指摘してきた。そして、その解決策として、意味ネットワーク・モデルに改変を加えた「記憶の再生マップ」を、学習が終了した時点で作成させるという、児童が自立的に学力を形成する指導方略を提案し、実際の授業でその効果を確認してきた。

ここで再度、小学校理科における学力について確認すると、「身の周りの事物・現象が科学的にどのような知識で説明できるかという視点で捉えることができる力の他に、さらに新たな問題や課題を発見・創出し、その解明のために自身の理科的な概念を活用する力」が目指すべき学力であった。このように考えると、児童が記憶痕跡に能動的にアクセスし、自身が保持する様々な概念がどのように連関するかを、書く(描く)ことによって一つ一つ納得しながら(このような納得を筆者は内なる納得と捉えている)作成する知識モデルは、児童の学力の表象である。もっと簡潔に言えば、「概念同士の意味的な連関に気づく力」が学力であると言える。

また、本研究においては、理解することと能力を身に付けることは同じではないと主張してきた。学校現場における、学習内容の理解を目的とした実践と、中教審答申で提言された能力の体得が、学校現場においては同じような意味として捉えられていたと言っても過言ではない。課題解決のために意味記憶が無意図的に利用されること、即ち、能力を身に付けるためには、学習によって獲得した知識を概念化しなければならない。また、実験などの体験を通して得られたエピソード記憶は、第 3 章で述べたように、意味記憶を形成することがある。記憶想起によって、記憶した知識を呼び出し概念化して、無意図的に思考のテーブルに載せることができるようになって初めて能力を身に付けたと言えるのである。そのための書く(描く)学習行動として、記憶の再生マップを利用してきた。

意味ネットワーク・モデルに改変を加えた知識モデルを記憶の再生マップと名付け実践的に研究を行うことにより、次のような成果を得ることができた。

- ① 児童の記憶の再生は、第 1 トピックに依存する。
- ② 第 1 トピックが、児童の経験にある具体的な内容をターゲットとする場合は、第 2

ノード以降の言葉の記述にエピソード記憶が利用されやすい。

③児童は自分が何をどのように記憶しているかを、自立語や文章、心象などで表現し客観視することが可能となった。

④教師は、この記憶の再生マップを見ることで、担当する児童のスキーマを詳細に確認することができ、児童の理解の程度によっては指導内容の変更や修正ができるようになった。

⑤児童は、自己の知識モデル(記憶の再生マップ)を俯瞰し、概念どうしがどのようにつながっているかを確認することが容易になり、教科書等の記述と比較して間違っていたリンクを修正することも可能となった。

⑥記憶の再生マップのノード数については、多く描くことができる児童が、精緻な処理を行っていることが示されたことから、指導する教員は、記憶の再生マップの詳細を確認する前に、俯瞰的なチェックで児童の理解の程度を推測できるようになった。

小学校理科の指導において、児童が自身の知識モデルを確認することは、自身の理解の程度を確認する行為そのものであり、児童にとって意義あることと考える。また、教師にとっても、評価テストと知識モデルにより、今までよりも詳細に児童の学力を判定することができるようになった。このような意味において、本研究は今後の学校教育において、大きな示唆を与えたものと言えよう。

今後は、第4章の追記で述べた知識モデルによる説明活動、さらに、知識モデルからの文章化についても教育実践を行い、その効果についてさらに検証しなければならないと考えている。今後も指導法の研究はさらに深まりを増すものと考えられるが、学習した内容を理解させる取り組みとともに、能力を身に付けるために知識モデルを活用することは、ともに学力向上の両輪として重要であることを述べて、本研究についての報告としたい。

謝 辞

本論文は、小学校において理科を指導する教師が児童の概念をできるだけ正確に把握するための指導方略とはどのようなものかについて実践研究しまとめたものである。

放送大学の岩永雅也教授には、放送大学の修士課程、博士後期課程と5年間に渡り、構想の段階から最後のまとめに至るまで、懇切丁寧な指導を頂いた。

また、放送大学の中川一史教授には、本論の情報学分野に関する内容について、的確なご指摘と指導を、また、放送大学の進藤聡彦教授には、本論の心理学分野に関する内容について、的確なご指摘と指導を頂いた。さらに、放送大学の浅井紀久夫准教授には、知識情報処理研究法の講義において丁寧に指導して頂き、また、論文においても適切な助言を頂いた。

さらにまた、放送大学博士後期課程人間科学プログラムの小川正人教授、田中統治教授、小野けい子教授、倉光修教授、森津太子教授、葉田善章准教授には、機会あるごとにそれぞれの専門分野について丁寧に指導頂いた。

一方、日頃から様々な話題について議論させていただいている佐賀大学の角和博教授には、本研究についてもひとかたならぬご指導を頂いた。

そして、2016年9月に急逝された、佐賀大学名誉教授近藤弘樹先生には、佐賀大学工学部物理学科時代からご指導頂き、本研究の素地となった研究においても、物理学者としての鋭い視点でご指摘と助言を頂いた。

また、放送大学佐賀学習センター元所長(元佐賀大学理事・副学長)古賀和文先生には、博士後期課程当初から励ましと論文に対する適切な指導を頂いた。

そして、何よりも、学校関係者や家族、友人など私を取り巻く様々な人たちのご支援のお陰で、本論文を完成させることができた。

ここに感謝の意を表したい。

2017.12
古川美樹

参考文献(邦文)

1. 浅川達人,「ひとりで学べる 社会統計学」,放送大学教育振興会,2011
2. E・D・ガニエ著,赤堀侃司・岸学監修,「学習指導と認知心理学」,パーソナルメディア,1989
3. 稲垣佳世子,鈴木宏昭,大浦容子,「認知過程研究 ー知識の獲得とその利用ー」,放送大学教育振興会,2007
4. 市川伸一,伊東裕司,「認知心理学を知る」,ブレーン出版,1987
5. 岩永雅也,松村暢隆,「才能と教育ー個性と才能の新たな地平へー」,放送大学教育振興会,2010
6. ヴィゴツキー著 柴田義松訳,「思考と言語」,新読書者,2001
7. 内田伸子,氏家達矢,「発達心理学特論」,放送大学教育振興会,2007
8. 太田信夫,「長期記憶におけるプライミング-驚くべき潜在記憶(implicit memory)」,心理学評論,31,1988
9. 太田信夫,多鹿秀継,認知心理学:理論とデータ,誠信書房,1991
10. 大津由紀雄,波多野誼余夫,三宅なほみ,「認知科学への招待 2」,2006
11. 岡崎友典,玉井康之,「コミュニティ教育論」,放送大学教育振興会,2010
12. 苧阪真理子,「脳のメモ帳 ワーキングメモリ」,新曜社,2002
13. 川合慧,荻谷昌己,「基礎情報科学」,放送大学教育振興会,2009
14. 河合隼雄,工藤直子,佐伯胖,森毅,工藤佐千夫,「学ぶ力」,岩波書店,2004
15. 佐藤浩一,中島義明他(編),「心理学辞典」有斐閣,1999
16. 御領謙,菊池正,江草浩幸,「認知心理学への招待」,1993
17. 齊藤勇監修,「認知心理学重要研究集 1 視覚認知」,誠信書房,1995
18. 齊藤勇監修,「認知心理学重要研究集 2 記憶認知」,誠信書房,1996
19. 齋藤洋典,喜多壮太郎,「ジェスチャー・行為・意味」,共立出版,2002

20. 佐伯胖,「知識と学習」, 東洋館出版社, 1978
21. 佐伯胖,「認知科学の方法」, 東京大学出版会, 1986
22. 佐伯胖,「学びの構造」, 東洋館出版社, 1975
23. 佐伯胖,「学びを問いつづけて」, 小学館, 2003
24. 佐伯胖,「理解とは何か」, 東京大学出版会, 1985.
25. 佐伯胖, 佐々木正人,「アクティブ・マインド」, 東京大学出版会, 1990
26. 佐藤郁哉,「質的データ分析法」, 新曜社, 2008
27. 三宮真知子,文章記憶におけるモダリティ効果, 1979
28. G・キング, R・O・コヘイン, S・ヴァーバ, 真淵 勝監訳,「社会科学の研究・デザイン」定性的研究における科学的推論, 勁草書房, 2004
29. J・T・ブルーアー 著,松田文子,森敏昭(訳),授業が変わる,北大路書房,1997
30. 杉浦克己,大橋理枝,「ことばと情報」,放送大学教育振興会,2009
31. 住田正樹, 田中理絵,「人間発達論」, 放送大学教育振興会,2009
32. 高野陽太郎,「認知心理学」, 放送大学教育振興会, 2013
33. 多鹿秀継編,「認知と思考」, サイエンス社, 1994
34. 多鹿秀継編著,「授業過程の理解」, 北大路書房, 1999
35. 中央教育審議会経過報告「教育内容等小委員会審議経過報告」S58.11
36. 中央教育審議会答申「新しい時代の義務教育を創造する(答申)」H17.10
37. 中央教育審議会答申「今後における学校教育の総合的な拡充整備のための基本的施策について」S46.6
38. 中央教育審議会答申「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について(第一次答申)」H8.7
39. 中央教育審議会答申「幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校

の学習指導要領等の改善について」H20.1

40. 中央教育審議会答申「我が国の高等教育の将来像」H17.1
41. 戸田正直, 阿部純一, 桃内住雄, 往住彰文, 「認知科学入門～「知」の構造へのアプローチ～」, サイエンス社, S61
42. 戸田盛和他, 「新版 たのしい理科 5下」, 大日本図書, 2005
43. 豊田弘司(2002), 記憶に及ぼす自己選択精緻化の効果に関する研究, 平成 10 年度～平成 13 年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書
44. 永江誠司, 「脳と認知の心理学」, ブレーン出版, 1999
45. 長町三生 監修, 認知科学研究会訳: 『認知心理学講座 1 記憶』, 1986
46. 長町三生 監修, 認知科学研究会訳: 『認知心理学講座 2 知覚と表象』, 1989
47. 長町三生 監修, 認知科学研究会訳: 『認知心理学講座 3 問題解決』, 1986
48. 長町三生 監修, 認知科学研究会訳: 『認知心理学講座 4 言語理解』, 1990
49. 中村和夫, ヴィゴツキー心理学, 新読書社, 2004
50. 西川泰夫, 「認知行動科学～心身の統合科学をめざして～」, 放送大学教育振興会, 2006
51. 箱田裕司, 都築誉史, 川畑秀明, 荻原滋, 「認知心理学」, 有斐閣, 2010
52. 福田周, 卯月研次, 「心理・教育統計法特論」, 2009
53. 藤原 梓, 理解に及ぼす情報呈示モダリティと情報の種類の効果 –回答内容の分析からの検討–, 関西大学文学部心理学論集(3), 2009
54. 古川美樹, 「小学校における学習要素のイメージ化と学習効果に関する研究 ～小学 5 年「もののとけかた」における児童の説明態様の変化について～」, OpenForum 放送大学大学院教育研究成果報告, OpenForum 編集委員会, 2013
55. 古川美樹, 角和博, 教師との言語コミュニケーションによる児童の概念形成とイメージ化, 科教研報 Vol.28 No.7, 2014

56. 古川美樹,松野久予,角和博,教師の発想力を生かせる学習環境システムに関する研究,佐賀大学教育実践研究第 25 号,2009
57. 三宅なほみ,「協調過程による概念変化」,日本認知科学会第 25 回大会ワークショップ, 2008
58. 三宅芳雄, 三宅なほみ,「教育心理学概論」,放送大学教育振興会,2014
59. 三宅芳雄,「教育心理学特論」,放送大学教育振興会,2012
60. 森敏昭,井上毅,松井孝雄,「グラフィック認知心理学」,サイエンス社, 1995
茂呂雄二,有元典文,青山征彦,伊藤崇,香川秀太,岡部大介,「状況と活動の心理学」,新曜社, 2012
61. 文部科学省,「学校学習指導要領解説理科編」, H20.8
62. 文部科学省,「学校学習指導要領解説理科編」, H29.6
63. 文部科学省,義務教育(学校教育)の意義・目的に関する提言
[http:// www.mext. go.jp/ b_ menu/ shingi/ chukyo/ chukyo3/ gijiroku/ 04052101/009/001.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/gijiroku/04052101/009/001.htm),アクセス(2017/9/18)
64. 文部科学省,資料 5 言語能力について(整理メモ)
[http://www.mext.go.jp/b_ menu/ shingi/ chukyo/ chukyo3/056/ siryo/ attach/ 1366049.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/056/siryo/attach/1366049.htm)
65. 理化学研究所脳科学総合研究センター,
https://bsd.neuroinf.jp/wiki/中央実行系#cite_ref-1,「脳科学辞典」
66. 臨時教育審議会「教育改革に関する第二次答申」S61.4

参考文献(英文)

1. A D Baddeley, G J Hitch, Working memory, G A Bower (Eds) "*The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*" Academic Press (New York), 1974.
2. A D Baddeley, R H Logie, Working memory: The multi-component model, A Miyake, P Shah (Eds) "*Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control*" Cambridge University Press: 1999.

3. A D Baddeley, Exploring the central executive, *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 49(1), 5-28: 1996.
4. Anderson, J. R, "*Cognitive psychology and its implications*", 4th ed. New York: FreeMan. 1995.
5. Atkinson, R. C. and Shiffrin, R. M. , Human memory: a proposed system and its control processes, in K. W. Spence and J. T. Spence(eds) *The Psychology of Learning and Motivation, vol. 2*, Academic Press, 1968.
6. Atkinson, R. C. and Shiffrin, R. M. , *The control of short-term memory*, Scientific American, 225, 1971.
7. Ausubel, D. , *Educational Psychology, A Cognitive View*. Holt, Rinehart & Winston, New York, 1968.
8. Baddeley, A. D. and Hitch, G. , 'Working memory ' in G. H. Bower(ed), *The psychology of Learning and Motivation, Vol. 8*, Academic Press, 1974.
9. Baddeley, *The episodic buffer: a new component of working memory?*, Trends Cogn. Sci. (Regul. Ed.): 4(11), 2000.
10. Collis, A. M. , & Quillian, M. R. , Retrieval time from semantic memory, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 1969.
11. Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S. , Levels of processing: A framework for memory research, *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 11, 1972.
12. Craik, F. I. M. & Tulving, E. , Depth of processing and retention of words in episodic memory, *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 1975.
13. D A Norman, T Shallice, *Attention to action: Willed and automatic control of behavior*, University of California San Diego CHIP Report 99:

- 1980.
14. Doreen Kimura , *Neuromotor mechanisms in human communication* , Oxford Psychology Series 20, 1993.
 15. Gillian Cohen , Michael W. Eysenck , Martin E. LeVoi, “MEMORY : A Cognitive Approach” , *Open Guides to Psychology* , Open University Press, 1986.
 16. Hank Kahney , “Problem Solving: A Cognitive Approach”, *Open Guides to Psychology*, Open University Press, 1986.
 17. Hyde, T. S. and Jenkins, J. J. , Recall for word as a function of semantic, graphic and syntactic orienting task, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 1973.
 18. Ilona Roth, John P. Frisby, “Perception and Representation: A Cognitive Approach”, *Open Guides to Psychology*, Open University Press, 1986.
 19. Judith Greene, “Language Understanding: A Cognitive Approach” , *Open Guides to Psychology*, Open University Press, 1986.
 20. Miller, G. A, The magical number seven plus or minus two, *Psychological Review*, 63, 1956.
 21. Murdock, B. B. Jr., The serial position effect in free recall, *Journal of Experimental Psychology*, 64(5), 1962.
 22. PISA2003: *Programme for International Student Assessment 2003*.
 23. Rumelhart, D. E. and Norman, D. A. , Representation in memory, in R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey and R. D. Luce(edu) *Handbook of Experimental Psychology*, Wiley and Sons, . 1983.
 24. Tulving, E. & Thomson, D. M. , Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory, *Psychological Review*, 80, 1973.
 25. Tulving, E., ‘Episodic and semantic memory’ in E. Tulving and W.

- Donaldson (eds). , *Organization of memory*, Academic Press, 1972.
26. Tulving, E., *Elements of episodic memory*. New York: Oxford University Press , 1983.
27. Tulving, E. , & Thomson, D. M. , Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory, *Psychological Review*, 80, 352-373, 1973.
28. Warrington, E. K. & Shallice, T, The selective impairment of auditory verbal short-term memory, *Brain*, 92, 1969.
29. Wilhite, S. C. , & Payne, D. E. *Learning and memory The basis of behavior*. Boston: Allyn and Bacon , 1992.