

## 構成主義的授業で獲得された学習成果の10年以上後のPDS

## — 仮説実験授業『空気と水』の事例 —

## Analyzing Long-Term Learning Outcomes of Collaborative Learning

齊藤 萌木<sup>†</sup>

Moegi Saito,

<sup>†</sup> 共立女子大学

Kyoritsu Women's University

saitomoegi@ni-coref.or.jp

## 概要

本稿では、仮説実験授業『空気と水』の授業を受けた学習者に対し、授業から10年もしくは11年後に実施したアンケートの結果を、授業当時の回答や発言内容と比較照合して分析することにより、構成主義的授業における知識の可搬性・活用性・修正可能性(PDS)に関する示唆を導く。

キーワード: 構成主義的授業, 学習評価, 超長期保持, 仮説実験授業

## 1. はじめに

本稿では、構成主義的な授業が学習成果の可搬性(Portability: 学んだ場から持ち出せる)、活用性(Dependability: 必要なときに使える)、修正可能性(Sustainability: 自ら修正発展できる)を獲得するのに有効である[1]との主張に基づき、小学校3年生で仮説実験授業『空気と水』[2]の授業を受けた2クラスの学習者に対し、授業から10年後もしくは11年後に実施したアンケートの結果を分析する。分析は、授業のねらいとなった「現象を科学的なモデルに即して説明できる知識」[3]の可搬性・活用性・修正可能性(以下「PDS」)に焦点を当て、当時授業で解いたものと全く同じ2つの問題の解と理由の説明を求めた設問の回答内容を、授業当時の学習者自身の解や発言内容と比較する。

## 1.1. 構成主義的な授業: 仮説実験授業

構成主義的な授業とは、構成主義の学習理論に基づく授業であり、授業の形態としては複数人の学習者が対話しながら共に問題の解決を目指す「協調問題解決型」を取る。構成主義の学習理論とは、学びを知識・理解の社会的構成の過程とみなす理論である(本稿では社会的構成主義も構成主義に含むこととする)。

三宅&齊藤[4]は、この理論を人が問題解決に活用する知識の抽象度に注目して3つのレベルで構造化している。協調問題解決の場では、経験則や素朴理論として保持されている抽象度の低い知識(レベル1)を学習者

自身が言葉にし、教師や教科書の提示するレベル3の抽象度の高い知識と結びつけて、レベル2の知識をつくる学びである。レベル2の知識は、概念変化研究の分野で「説明モデル」[3]とも呼ばれ、このレベルの知識を活用できると、学習主題について、知覚経験と科学の概念の両方と整合する説明ができるとされている。構成主義的な授業は、この学習者一人ひとりなりのレベル2の知識構成をねらう授業と言い換え得る。

仮説実験授業[5]はこうした授業の代表的先駆事例の1つである。ある科学的な主題に関して実験で解を確認できる複数の問題を系統的に提示し、①問題の説明、②解の予想(選択式)、③討論、④実験(解の確認)、⑤実験結果の記述という5つの学習活動を繰り返すことで、主題を学ぶ。

本稿で取り上げる『空気と水』は、目に見えない空気の存在とはたらきを主題とし、図1の11の問題から構成される。空気は水と同じように体積と圧力を持つ物質であり、自然界に真空はできにくいという原理原則(レベル3)を、児童一人ひとりの経験則(レベル1: ストローでジュースを飲む)と結び付けることで、児童なりの空気と水の説明モデル(レベル2の知識: 空気があれば水は来ない)を構成することをねらう。所要時間は45分×10数コマであり、アンケート回答者の在籍したクラスでは、どちらも12コマで授業が行われた。

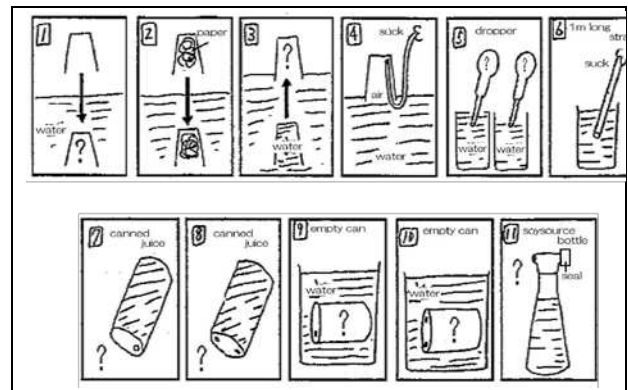


図1 仮説実験授業『空気と水』の問題構成

仮説実験授業の「レベル2の知識」獲得に対する高い成果は、認知科学の分野でも注目されてきた[6]。アンケートを実施したクラスでも、授業当時、最終問題では両クラスの全員が実験結果を正しく予想でき、多くの学習者が「レベル2の知識」を活用して理由を説明できていた[7]。

## 1.2. 構成主義的な授業の記憶

それでは、こうした知識はどれほど保持され、活用され、後続の学習と関連づけられて修正発展するのか。

仮説実験授業に関して、学習成果のPDSに関する調査事例で公表されているものは、管見の限り、次の2例である。庄司[8]は小学校4年生で仮説実験授業を受けた学習者に確認テストを高校2年生まで継続して実施し、その正答率の経年変化を追った。その結果、正答率は小学校4年から学年が離れて、関連のより高度な内容を学ぶにつれてむしろ上がっていくこと、つまり、学習後の知識の修正発展が示唆された。

また、仮説実験授業の5つの学習活動に対して、37年後に回顧アンケートを行った上廻[9]では、回答者の96%が問題解決のステップを正しく記憶し、80%程度の回答者が各ステップの意義を言葉で説明できることがわかった。例えば、討論について「自分の考えを明確化でき、他の考えを知ることができてたのしかった」などの回答が得られており、学び方についての知識も保持されていることが示唆された。

これらの先行研究は、学習成果のPDSに対する仮説実験授業の有効性を伺わせる。ただし、授業で直接獲得・構成をねらった「レベル2の知識」のPDSに踏み込んだ分析はまだない。

## 1.3. 本研究の目的

社会的ニーズに目を向けると、超長期のPDSに関する研究に期待される役割は、学齢期の学習の事実と将来のパフォーマンスとの関係を明らかにし、各自の将来性のより確かな予測を可能にすることだろう。そこで本稿では、既に授業時の学習の成果やプロセスが実証されている授業を受けた学習者の10・11年後のアンケート結果という対象データの強みを生かし、授業当時の個々の学習の事実とアンケート結果を対応づけてPDSについて知見を得ることを目指す。他方、得られた回答数と、経年変化に関するデータがないという制約をふまえ、一般性の高い知見の提示や、授業とアンケ

表1 分析対象とするアンケート回答者の基本データ

2001年度	
B	国公立4年制大学 理系 3年
J	専門学校 理系 2年
X	地方私立大学 理系 3年
2002年度	
A	国公立4年制大学 文系 1年
F	首都圏私立大学 理系 2年
U	専門学校 理系 2年

※回答者の識別アルファベットは、授業時の総発話数順を示す。授業の学習プロセスの既研究[7,10]と同一。

表2 アンケートの設問(カッコは注釈)

1	次の2つの問題を読んで、あなたが正しいと思う選択肢にマルをつけて下さい。また、なぜその選択肢を選んだか、四角の中に考えを書いてみてください。 〔問1〕(=教材では問題7. 図は省略) ジュースの缶に、1つだけ小さな穴をあけます(飲み口のプルタブはふさいだまま)。そして、図のように逆さまにしたら、ジュースは出てくるでしょうか。 予想 ア. ジュースは、勢いよく出てくる。 イ. ジュースは、出てこない(正答) ウ. ジュースは、ぼとぼと続いて出てくる。 〔問2〕(=教材では問題10. 図は省略) ジュースの空き缶の飲み口をきちんとふさぎ、反対側に小さな穴を2つあけます。この缶を水の中に入れたら、水は缶の中に入るでしょうか。 予想 ア. 水は、たくさん入る(正答) イ. 水は、半分くらい入る。 ウ. 水は、ほとんど入らない。
2	授業の進め方の記憶(詳細略)
3	当該教師の理科授業の記憶(詳細略)

ート結果の直接的因果関係の実証は射程外とする。

## 2. アンケート調査概要

アンケート調査の対象は、2001年度と2002年度1学期に、愛知県中規模市の同じ公立小学校3年生として、同一の教師(クラス担任)から『空気と水』の授業を受けた学習者である。2001年度生が25名、2002年度生が21名、計46名である。教師は仮説実験授業の豊富な実践経験を持つ当時40代後半の女性である。

この2クラスについては、各問題での予想分布、発言記録、授業后感想文がある程度残っており、授業当時のクラス全体及び個々の学習者の学習プロセスが詳細に分析されている[7]。そこで、授業当時の個人単位の

学習内容とアンケート結果の比較が可能となった。

アンケートは授業から10年以上経過後の2013年8月に、両クラスの在籍者全員の当時の住所に郵送し、各クラス3名ずつの計6名から回答を得た。6名の基本データを表1に示す。回収率は13%と高くないものの、発話数の順序からうかがえるように多様な学習者から回答が得られている。アンケートの設問は表2のとおりであり、本稿では主に設問1に関する分析結果を報告する。設問1での問題選定の理由は後述する。

### 3. 分析の仮説と方法

次に分析の仮説を記す。『空気と水』の授業でねらいとした「レベル2の知識」は「目に見えない空気」の存在やはたらきによって水の動きをとらえる『説明モデル』[7]である。その知識の可搬性(P)と活用性(D)が認められるとすれば、アンケートの設問1では、どちらの問題においても学んだ「説明モデル」を活用し、目に見えない空気や存在のはたらきと関連づけて選択肢を選んだ理由を説明できる調査参加者が多いと考えられる。また、分析対象者6名は、中学校・高校で理科の授業を受けている。そこで、修正可能性(S)については、大気圧や液体の表面張力といった中学以降の学習事項であり、かつ『空気と水』の学習内容のより深い理解に使えるレベル3の知識を統合した「説明モデル」を使って理由を説明できる可能性も指摘できる。

他方、「説明モデル」の活用有無と問題の正誤は必ずしも一致しない。そこで、「説明モデル」のPDSがあっても、正答率は必ずしも高いとは限らないだろう。

ただし、問1(問題7)は、小学生に授業した場合に正答率が急落する共通の傾向がある。また、それ以後討論での発言や授業後の記述において、「説明モデル」を活用する割合が急増するところから、「説明モデル」の構成と精緻化へ向かう学習の起点として重要な機能を持つことが示唆される[7,10]。そのため、問1については正解そのものが強く記憶に残っている可能性もある。

正答率の比較のため、この授業を受けた経験のない首都圏私立4年生大学2-3年生教職履修者27名に『空気と水』の授業を2022年度に実施した。結果、正答率は問1が11%、問2が88%と、授業を受けていない場合大学生でも問1の正答率が低いことが示唆された。

こうした仮説をふまえ、本稿では、6人の回答者の設問1の回答と理由を、回答の正誤、「説明モデル」活用有無、「説明モデル」の種類という3つの視点で分析し、

授業を受けた当時と比較する。

「説明モデル」の種類は、次の3つのカテゴリで分析する。「空気」は授業でねらうモデル、「圧力等」は高校の理科の学習事項で『空気と水』の主題をより深く理解するために活用が期待される知識を用いたモデルであるため、PDSの指標としてこれらを設定した。

- 空気：目に見えない空気存在やはたらきによって水の動きを説明するモデル(例「空気が入って来なければ、ジュースも出ない」)
- 圧力等：大気圧や表面張力のはたらきによって水の動きを説明するモデル(例「表面張力や空気の圧力によりジュースは出ない」)
- その他：『空気と水』の授業では扱わなかった何等かの要素のはたらきによって水の動きを説明するモデル(例「対流により水が入る」)

なお、説明モデルの出現頻度を比較するため、前述の教職履修者を対象とした授業で最終問題の文章による理由の記述を求めたところ、「穴が2つなら醤油が出る」など、「説明モデル」を使わずに経験則(レベル1)を活用して記述する学生が10%程度存在した。

### 4. 分析結果および考察

分析結果を表3に示す。まず、各問題の正答率は問1(問題7)が83%、問2(問題10)が67%であった。特に上述の教職履修者に比べ、問1の正答率が高く、6名の調査参加者は、授業を受けた影響として、「説明モデル」の構成と精緻化へ向かう学習起点となった問題の実験結果が強く記憶に残っていたと解釈できる。

次に「説明モデル」活用に注目すると、6名は全員、両方の問題において、回答の理由を説明する際に「説明モデル」を活用していた。上述の教職履修者(私立大学生)に比べても、問題に出会ったときに、「説明モデル」を構成し、活用して解を根拠づけようとする共通の傾向があったと言える。6名には大学に進学していない回答者が含まれることもふまえると、全員が「説明モデル」を活用したという事実には、注目の価値がある。

活用した「説明モデル」の種類について見ると、「空気」が5名、「圧力等」が5名、「空気」と「圧力等」を統合したものが1名、「その他」が2名であった。表3を見ると、授業とアンケート時の説明モデルの種類が完全に一致することはなく、授業で獲得された「説明モデル」の超長期的な可搬性(P)・活用性(D)は確認できなかった。また、授業当時の「空気」のモデルに中学

表3 問題の回答と「説明モデル」の比較

問	授業当時 (2001/2002)					アンケート時 (2013)				
	回答	モデル	空気	圧力等	その他	回答	モデル	空気	圧力等	その他
B	×	○	✓			○	○		✓	
J	○	×				○	○	✓		
X	○	×				×	○		✓	
A	○	○	✓			○	○	✓		
F	○	○	✓			○	○	✓	✓	
U	×	×				○	○	✓		
問2	回答	モデル	空気	圧力等	その他	回答	モデル	空気	圧力等	その他
B	○	○	✓			×	○		✓	
J	欠席					○	○	✓		
X	○	×				○	○	✓		
A	○	○	✓			○	○		✓	
F	×	○	✓			○	○			✓ (対流)
U	×	×				×	○			✓ (空気と水の均衡)

高校の学習事項を統合したモデルを活用するという修正可能性 (S) を示したのはFのみであった。

その他の回答者は、授業当時には活用しなかった「空気」のモデルをアンケート時には活用した (J, U, X), 授業当時には「空気」のモデルを活用していたが、アンケートでは「圧力等」のモデルを活用した (B) のように、種類が変わった例もあれば、同じモデルを活用しても説明に変化がある例もあった (A)。Aは、授業とアンケートの両方で「空気」のモデルを活用した。授業当時は運動の方向 (空気は上, 水は下へ向かう) に拘っていたが[7]), アンケートでは同じ傾向はみられなかった。以上のような多様性を確認できたことから、「説明モデル」のPDSの実態把握には、経年変化を追跡するより丁寧な調査及び分析が必要と考えられる。

## 5. 今後の実践・研究への示唆

以上を踏まえ、二点示唆を述べる。まず、教育実践研究の出発点として、10年後に学習成果がどのように残ることを期待するのかという視点をふまえて、各学校段階の学習目標を検討し直すことが重要である。例えば、今回の分析では、6名に共通の傾向として「問題に出会ったときに『説明モデル』を構成し、活用して解を根拠づけようとする活動」がみられたが、これを重要視するか否かによって、超長期の学習成果評価の実践・研究の方向性は大きく変わる。

次に、知識の観点だけに絞っても、授業中に観察・記

録できる学習の事実から、10年後のパフォーマンスを予測するのは相当難しいことも示唆されている。例えば、今回の分析でも、「ある『説明モデル』を言語化できていれば10年後も活用できる」などの単純な事実は確認できなかった。だとすると、多種多様なデータを収集・蓄積できる環境が整いつつあるからこそ、学齢期の評価を、将来性のより確かな予測に資するものとするには、こういったデータが学習成果の実態把握にどのように寄与できそうかの仮説を改めて吟味してみるような、優れて認知科学的な基礎研究が求められる。

## 文献

- [1] 三宅なほみ,(2012) "評価",三宅芳雄編,教育心理学特論, pp. 205-224.
- [2] 仮説実験授業研究会,(1970) 授業書《空気と水》
- [3] Clement, J. , (2008) "The Role of Explanatory Models in Teaching for Conceptual Change." Vosniadou, S. (Ed.), International Handbook of research on conceptual change. London: Taylor & Francis Group.
- [4] 三宅芳雄, 齊藤萌木(2018), "経験から作る素朴概念", 三宅芳雄, 白水始編, 教育心理学特論』, pp. 67 -86.
- [5] 板倉聖宣,(1963), "仮説実験授業の提唱",理科教室, 11.
- [6] Hatano, G , Inagaki, K. ,(2003) "When is Conceptual Change Intended? A Cognitive-Sociocultural View." In Sinatra, G. M. , , Pintrich, P. R. (Eds.), Intentional conceptual change. Mahwah, NJ: Laurence Erlbaum Associates.
- [7] 齊藤萌木,(2016)"説明モデルの精緻化を支える社会的建設的相互作用", 認知科学, 23(3),pp. 201-220.
- [8] 庄司和晃(1988). 仮説実験授業の論理, 明治図書.
- [9] 上廻昭,(2001) "仮説実験授業37年目の評価", たのしい授業, No.237, pp.118-139.