

協調問題解決型授業におけるヒント資料の提示が生徒の理解に及ぼす影響—機能機構階層図による理解深化過程の可視化に基づいて—

Effect of using assigned pieces of knowledge as hints on processes of students' collaborative learning

齊藤 萌木[†], 飯窪 真也[†], 白水 始[†]

Moegi Saito, Shinya Iikubo, Hajime Shirouzu

[†] 東京大学CoREF

CoREF, The University of Tokyo

contact@coref. u-tokyo. ac. jp

Abstract

In order to clarify effect of using assigned pieces of knowledge as a hint on process of collaborative problem solving, we examined seven graders' learning processes in one science lesson using "Knowledge-Constructive-Jigsaw (KCJ)". We analyzed writings and dialogues of three members of one jigsaw group and visualized their trajectories of knowledge construction using "Function-Mechanism-Hierarchy". Our analysis revealed that using assigned pieces of knowledge as a hint in a KCJ lesson, three students shared and adopted those pieces almost equally, but on the other hand each of them connected those pieces in their own way both in jigsaw activity (collaborative problem solving) and post writing. This result suggests that even if using learning material as a hint, the process of constructive interaction in which each students construct and elaborate their own understanding occurred as well as the convergence of understanding.

Keywords — Collaborative problem solving, constructive interaction, Convergent Conceptual change, Function-Mechanism-Hierarchy, Knowledge Constructive Jigsaw

1. 主題の設定

本稿の目的は、協調問題解決型授業において問題解決のヒントとなる知識を事前に渡しておくことが、生徒の理解にどのような影響を及ぼすかについて知見を得ることである。目的の達成のため、中学理科の「知識構成型ジグソー法」授業 (Knowledge Constructive Jigsaw 以下 KCJ) [1]において1つのグループで協調問題解決に取り組んだ3名の生徒のプレポストテストの解答および発話記録を、「機能機構階層図 (Function Mechanism Hierarchy 以下 FMH)」[1]を用いて分析し、個々の生徒の理解深化過程を、学習者に資料として提示されたヒント知識との関係に即して描出する。

認知科学の先行研究は、協調問題解決活動が従事者の理解深化をもたらす仕組みを、考えの表現と内省をとおして各自が自身の視点で理解を構築、精緻化していく「建設的相互作用」[2]と、集団内の知識の共有

と統合により集団の考えがよりレベルの高い1つの説明に収束していく「収斂」[3][1]の2つの枠組みを用いて説明してきた。近年では2つの枠組みの「相補性」[4]が指摘され、協調問題解決の場では、各自の説明の外化と内省が互いの考え方の差異の自覚を促し、自覚をきっかけとして差異の解消を思考した知識の共有や統合が進むと共に、各自の理解も精緻化していくことが明らかにされつつある[5]。

こうした先行研究は、実験者や教授者による介入ができる限り排除した環境でなされた発話や行動の分析に基づいて、協調問題解決活動が従事者の理解深化をたらす仕組みを説明しようとしたものである。他方、授業において協調問題解決活動を取り入れる際には、教育目標の達成を目指す意図で、授業者がヒントとなる知識を渡すといった介入を行う場合も少なくない。

こうした授業者による意図的な介入については、「学習者が一本道の学習経路をたどらざれてしまう可能性は否定できない」[6][1]という懸念もあり、授業者による介入の影響については継続的に検討が重ねられている状況である[7][1]。また、現場での実践では「学習者の自力構成をヒントがどう促すか」という研究としての視点より、正解への段階的誘導としての資料提示や板書、声掛けが多い。

先行研究を広く見渡しても、問題解決や洞察におけるヒント研究[8,9]や、資料（テキスト）そのものの理解・読解研究[10]、テキストを巡る国語授業などの談話研究[11]はあれど、授業における学びを学習者の主体的な協調問題解決と見て、そこに資料がヒントとしてどう役立つかを検討する研究は見当たらない。

そこで本稿では、子どもに課題解決の手がかりとなる知識を与えたうえで協調問題解決活動に取り組ませるという特徴を持つ KCJ を題材に、個々の生徒の理解深化過程の描出を試みることにより、授業者のねらう理解深化過程とそのために提示されたヒントという

介入が理解深化の過程に与える影響について知見を得たい。理解深化の過程とは、様々な知識を関係づけたり関係を見直したりしながら、知識構造を構成・精緻化していく「概念変化」[12][1]の過程である。こうした知識の構造的な変化の過程において、提示した知識がどの程度使われ、結果として生徒間で理解の共通性がどの程度生まれるのかを描出すため、授業者のねらう理解深化過程を FMH を用いて書き出し、分析指標として活用する方法を用いる。

2. 題材

本稿では、アンモニアと試薬によって作られる噴水の実験の仕組みの解明を主題とした中学校1年生理科のKCJ授業「赤い噴水の仕組み」を分析の題材とした。

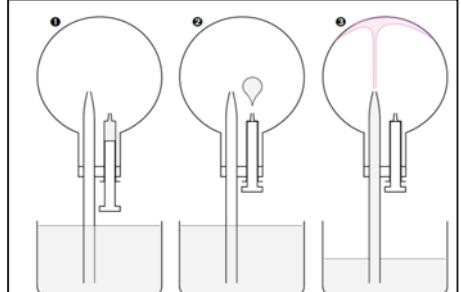
KCJによる授業は、以下の5つのステップにより構成される。KCJはこうした一連のステップにより、協調問題解決活動を教科内容の理解深化につなげることを意図する授業の型である。KCJの授業では、本時の目標、目標へ向かうための課題、課題解決のヒントとしてどんな知識を提示するかは授業者によって計画される。そこで生徒は、事前に課題の教師が準備したヒントを分担して確認したうえで（エキスパート活動）、異なるヒントを持ち寄って課題解決を目指すことになる（ジグソー活動）。ただし、グループ単位で課題の解を発表できることがゴールではなく、続くクロストークではグループ間で見えてくる解を比較吟味し、最終的には各自の判断で解をポストテストで表現するところまでがゴールとなっている。協調問題解決活動をとおして一人ひとりの理解深化を目指す授業法である。

KCJによる「赤い噴水の仕組み」授業デザインを表2に示す。授業は「気体の性質」の单元の導入として、中学校1年生の1クラス（18名）を対象に実践された。授業は表2に示したKCJの流れに沿って行われた。前時の最後に「アンモニア噴水」の演示実験を一通り観察し、実験手順を確認するとともに赤い噴水が発生する様子を確認させたうえで、1)の個人思考に取り組ませた。その後、本時の最初に改めて演示実験を観察した後、45分で2)～4)のステップが実践された。5)は個人レポートの形で授業後に各自で取り組ませ、後に提出させた。2)のエキスパート活動では、文章と補足設問から構成されるA41枚程度の資料に取りませた。3)のジグソー活動では、表2

表1 「知識構成型ジグソー法」(KCJ) の流れ

- 1) 教師から提示された課題について個人で考えを書く(プレテスト)
- 2) グループに分かれて、課題により良い答えを出すためのヒントになる知識を分担して確認(エキスパート活動)
- 3) それぞれ異なる知識を確認したメンバーが集まって新しいグループを作り、課題解決に取り組む(ジグソー活動)
- 4) 各グループの課題の解を全体で吟味(クロストーク)
- 5) 改めて個人で、本時の問い合わせに対する答えを書く(ポストテスト)

表2 「赤い噴水の仕組み」の授業デザイン

課題	
	赤い噴水の仕組みを解明しよう（上図を使用）
Exp. A	指示薬と気体の特定
Exp. B	気体が溶解について粒子でイメージする
Exp. C	気圧の差とその利用
目標	<p>アンモニアの噴水実験の仕組みを、粒子や気圧の概念を使って説明できるようなる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ビーカーの水に「フェノールフタレン溶液」丸底フラスコ内に、「アンモニア気体」が入っていた。 ●注射器で少量の「水」を丸底フラスコの中に入れる、「アンモニア」が水に溶けるため、フラスコ内の気体分子が減り、フラスコ内が真空中に近づく。 ●フラスコの中の気圧が低下すると、外の大気圧に押されたビーカーの水がガラス管を上昇し、噴水が起こる。 ●ビーカーからフラスコ内に入った水には「フェノールフタレン溶液」が含まれているため、アンモニア水の「アルカリ性」と反応して赤色の噴水となる。

中に示したクロストーク発表用のボードが配布され、図や言葉を書き込みながら課題を探究した。

3. 構成

(1) 分析の課題

本稿では、協調問題解決型授業において問題解決のヒントとなる知識を事前に渡しておくことが、生徒の理解にどのような影響を及ぼすかについて知見を得るために、以下の2点を分析の課題とする。課題1：「赤い噴水の仕組み」の授業においてエキスパート活動の資料として与えられたヒント知識はジグソー活動をおして各生徒にどの程度共有されるか。

課題2：ポストテストにおいて生徒が解答として表現する理解はどの程度共通したものになるのか。

先行研究で示されているように、協調問題解決活動をとおした理解深化が「建設的相互作用」と「収斂」の相補的な機能によってもたらされるとすると、ジグソー活動では、生徒たちが1つの共通理解へ向けて自分たちの理解を収斂させていくプロセスと、各人がそれぞれに理解を深化させていくプロセスが同時並行で進行していると考えられる。このとき、ヒント知識がエキスパート資料によって提示されたうえで協調問題解決に取り組むというKCJのデザインは、収斂を促進させる方向に機能するだろう。

ただし、「建設的相互作用」も同時に進行していると考えると、問題解決中にそれぞれの生徒は自身の視点で説明を構築、精緻化しようともしているはずである。そのため、ヒント知識が提示されていても、提示された知識のすべてが3名の生徒に同じように共有され、ポストテストで同じ解が表現されるわけではないと考えられる。エキスパート資料で提示されたヒント知識は、学習者の理解の共通化を促進しつつも、理解深化の過程でどの知識がどのように取り込まれ、授業終了時にどういった理解に至るかは生徒によって異なるという仮説をたてられる。

本稿では、ジグソー活動中およびポストテストにおけるヒント知識の共有に焦点化して分析を行うことで、この仮説を検証するための1つの手がかりを得たい。そこで、ヒント知識がジグソー活動において各生徒にどの程度共有され（課題1）、ポストテストにおいて生徒が表現する理解はどの程度共通したものになるのか（課題2）の2点を分析課題とする。

(2) 分析指標の設定

分析に際し、FMHを用いて分析指標を設定した。FMHとは、理解深化過程を階層的に可視化するための図式の1つである。FMHを用いると、「機能

（Function）」（○で示す）と「機構（Mechanism）」（□で示す）という粒度の異なる2種類の知識を指標とし、階層や粒度の違う知識間の関係づけや構造を可視化することができる。本稿で題材とする理解深化のプロセスは、個別具体的な知識の獲得と区別される知識の構造的な変化を伴う「概念変化」と呼ばれるような認知過程である。そこで、それぞれの生徒がどのような階層・粒度の知識をどのように関係づけ、構造化しているかを可視化し、その変化を把握できるFMHは分析ツールとして大きな強みを持つと考えられる。

「機能」とはあるレベルの理解を構成する知識の要素、「なぜ」や「どのように」を含まない、事実の表象である。それに対し、同一レベルの複数の「機能」を関係づけて統合したより粒度の大きな知識が「機構」である。「機構」は、1つ上のレベルの「機能」が「なぜ、どのようにして成り立つか」を裏付ける説明になっている。FMHは知識の量的増大や知識の正誤だけでなく、知識の関係づけや意味の変化を伴う構造的な変化の過程として理解深化を可視化できる点が強みである。知識間の関係づけの有無は「—」で示される。

FMHを考案したMiyake（1986）は、「ミシンが布を縫う仕組み」についてFMHを作成し、2人組での協調問題解決活動をとおした個々の理解深化過程を分析している[2]。Miyakeは分析に用いたFMHをミシンが布を縫う仕組みの完全の理解を網羅した図ではなく、「1つの可能な理解のあり方を示すもの」として作成し、FMHと発話内容の対照による実験参加者の理解深化過程の可視化を試みている。これを参考にすれば、授業における理解深化過程をFMHを用いて可視化しようとする際には、授業者の設定した本時の目標が達成された場合に想定される理解をFMHであらわしたうえで、それとの学習者の記述や発話を比較分析し、理解深化の可視化を試みることが妥当であると考えられる。

そこでまず本稿では、題材とする授業の「目標に即して、授業者がねらった理解を表すFMHを作成した（図1）。目標とする理解を構成する「機能」は、レベル分けし、「F0-1～F4-2」まで記号を付した。左側の数字はどのレベルに位置する「機能」かを示しているが、右側の数字に序列ではなく、同じレベルの「機構」となる異なる複数の知識を区別するために付したものである。

図中の「機能」のうち、エキスパート資料中で教

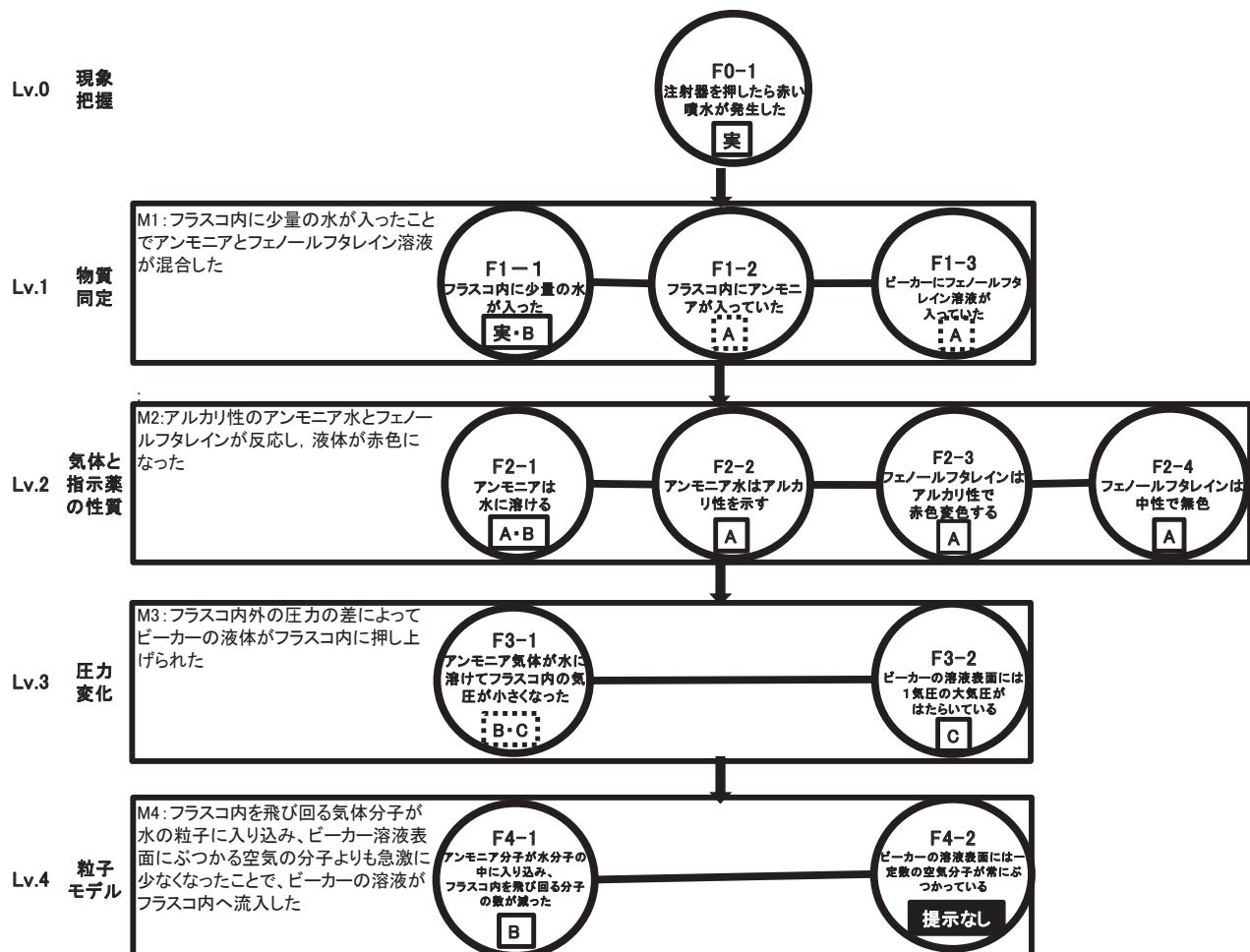


図1 「赤い噴水の仕組み」の授業における理解深化分析のための FMH

師により提示された知識については資料記号を付した。また、演示実験で視認しうる知識については「実」を付した。資料記号を実線で囲んだものその知識自体が情報として示されていたこと、対して点線で囲んだものは、その「機能」が答えとなる設問が資料中に提示されていたことを意味する。例えば「F1-2」の場合、資料 A には「丸底フラスコの中の気体が何かを予想しましょう」という設問と、水素・二酸化炭素・アンモニアなど学習者にとって身近な気体の諸性質をまとめた表が資料に示されていた。また、「提示なし」としたものは、教師側から知識が提供されなかつたことを意味する。

以上のように整理すると、「赤い噴水の仕組み」のKCJ授業で目標とする理解は4つのレベルからなるFMHで表現することができる。また、目標とする理解に含まれる知識は、ほぼすべて教師から何らかの形のヒントとして提示されていたことがわかる。

図の各レベルは、「アンモニア噴水」の生じた仕組みについて異なる視点からそれぞれ妥当な説明を提供している。レベル1は物質同定に主眼をおいて実験の仕組みを説明しようとする段階である。次にレベル2は、気体と指示薬の性質に着目して実験の仕組みを説明しようとする段階である。レベル2の「機能」を統合すると、「アルカリ性のアンモニア水とフェノールフタレンが反応し、液体が赤色になった」といった「機構」を認識できる。この「機構」は、レベル1の「機能」として認識した物質がなぜそれであると言えるのかについて根拠を提供している。

さらに圧力変化に着目するレベル3では、液体の色の変化から、液体が噴水のように吹き上げた理由へと視点が移っている。レベル3の「機能」を結びつけると、「フラスコ内外の圧力の差によってピーカーの液体がフラスコ内に押し上げられた」といった「機構」を認識できる。この「機構」は、レ

ベル2で認識したアンモニアの溶解などの「機能」がどのようにして実現したのかについて説明を提供している。最後にレベル4は、粒子モデルを使って実験の仕組みを説明しようとする段階であり、このレベルで「フラスコ内を飛び回る気体分子が水の粒子に入り込み、ビーカー溶液表面にぶつかる空気の分子よりも急激に少なくなったことで、ビーカーの溶液がフラスコ内へ流入した」といった「機構」を把握できれば、レベル3で認識した「機能」を原理的に裏付けることができる。

生徒が以上の4レベルの「機能」「機構」を認識し統合することができれば、表2の目標に示された知識を網羅した解答をつくることが可能になる。勿論、目標が達成されたとしても、この実験の仕組みについて自然科学の専門的観点から見て完璧な理解が構成されるわけではないが、目標設定の妥当性を議論することは本稿の主題とは異なる。以下ではあくまで、「赤い噴水の仕組み」の授業において授業者が設定した授業の目標との対比において生徒の理解深化のプロセスを把握するための分析指標として、図1を活用する。

(3) 分析の方法

①分析対象データ

本稿で分析対象とするのは、「赤い噴水の仕組み」の授業においてジグソー6班で活動した3名の生徒のジグソー活動中の発話とプレポストテストの解答である。生徒はジグソー活動中の発話を記録したICレコーダの番号に即して「21/20/19」の番号を付して区別する。生徒21はエキスパートA、生徒20はエキスパートB、生徒19はエキスパートCをそれぞれ担当した。

ジグソー活動中の発話は、ICレコーダで録音し、話者を特定したうえで手動で書き起こし、エクセルシートに話者ごとに整理したものを分析に使用する。発話は、一息ごとに1つのセルに入力し、1セルを「1発話」として発話順に番号を付した。ジグソー活動の所要時間は約18分で、総発話数は604発話であった。604発話のうち、発話1-8は、席を交代するなどの学習内容と関係ない発話であったため、分析から除外した。結果、分析対象とした発話は9-604までの596発話である。

プレポストテストは課題の図（表2に示したもの）を記載したワークシートに、文章と図への書き込みによって答えを書かせたものである。プレテス

トは前時に行い、ワークシートを一旦回収した後、本時終了後にポストテストに各自で解答した。

②分析手続き

ジグソー活動中の発話は活動内容によって5つのフェーズに分割し、それぞれについて発話分析を行った。5つのフェーズを発話番号と共に記すと、「1. エキスパートAの確認（9-140）」「2. エキスパートBの確認（141-198）」「3. エキスパートCの確認（199-303）」「4. 解探究（304-356）」「5. ボード作成（357-604）」となる。

「エキスパートA/B/Cの確認」の局面は、それぞれのエキスパートを分担した生徒がエキスパートで自分の得た知識や考えたことを報告し、他の生徒が適宜言い換えや質問等をしながら内容を確認している局面である。次の「解探究」は、「赤い噴水の謎を説明する」という課題の解を3人で探究している局面である。最後の「ボード作成」は、発表用のボードに答えを表現しようとしている局面であり、「矢印くらい書けばいいのに」「口で説明すればいいんじゃない」など、学習内容よりはまとめ方や整理の仕方に関する発言が増えているところから、「解探究」と区別した。

個々の発話については、下記の2つの手続きによって分析した。

手続き1：発話内容に着目し、発話中で分析用FMHで示した「機能」に言及しているかを確認する（知識の認識）

手続き2：接続詞や指示語に着目し、どの「機能」とどの「機能」を結びつけているかを確認する（知識の関係づけ）

分析の例を表3に示す 表中では、「知識の認識」の分析結果を分析用FMHの知識記号で、「知識の関係づけ」の分析結果を加算記号によって示している。

発話51では、生徒21が資料中のフェノールフタレンの文字を示して「ビーカーの水にこれが入ってて」と言っていることから、「F1-3 ビーカーにフェノールフタレン溶液が入っていた」の知識を認識していると分析できる。

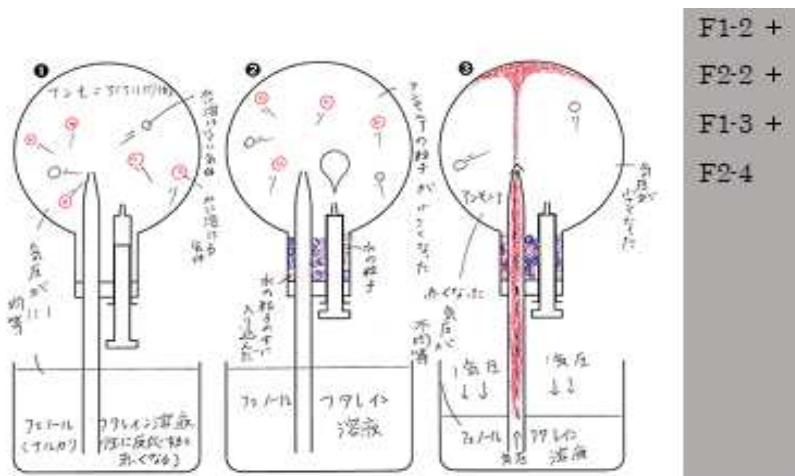
発話52では、生徒20が生徒21の発話を聞いた直後に「フェノールフタレン液」と発話しているため、モニタリングをとおして生徒21もF1-3を認識したと分析できる。続いて発話53では生徒19が資料を見て「これが入って」と発話を引き継いで

表3 発話分析の例（抜粋）

	No.21 (A)	No.19 (B)	No.20 (C)	
51	うん、ビーカーの水にこ れ(資料中のフェノール フタレインの文字を示し て)が入ってて	F1-3		
52			フェノールフタ レイン溶液。 F1-3	
53		(資料を見て)これが 入って。	F1-3	
54	で、最初は無色だったん や。	+F2-4		
55		で、それがアルカリ 性? あっ、アンモニ アに反応して赤にな った。	+ F2-3 + F2-2	
56	んで、に反応して赤にな った。	+F2-3		

表4 プレ/ポストテスト分析の例（抜粋）

①には、丸底プラスコの中にアンモニア（アルカリ性）が入っており、ビーカーの中にはフェノールフタレイン溶液がはいっています。リトマス液・BTB溶液は色がついているのでちがいます。



いるところから、ここで生徒 19 も F1-3 を認識したと分析できる。以下発話 54 以降も同様に、発話の内容と接続詞や感嘆詞を指標として、全発話について「知識の認識」と「知識の関係づけ」の様子を分析した。

プレ/ポストテストについても、発話分析と共通する 2 段階の手続きによって分析した。分析の例を表 4 に示す。

手続き 1：記述内容（文及び図）に着目し、発話中で分析用 FMH に示した「機能」に言及して

いるかを確認する（知識の認識）
手続き 2：接続詞や指示語に着目し、どの「機能」とどの「機能」を結びつけているかを確認する（知識の関係づけ）

この解答では、はじめの説明文にプラスコの中にアンモニアが入っていること、ビーカーの中にフェノールフタレイン溶液が入っていることが記載されているところから、F1-2、F1-3 が認識されていると分析できる。また、同文中でアンモニアがアルカリ性を示すことに言及があり、図のプラスコ内のア

ンモニア（赤い○）には「水に溶ける気体」と記されているところから、F2-2についても認識できていると分析できる。また、3つの知識は一つの文に含まれていることから、3つの知識が関係づけられていると分析できる。2つ目の文にも同様に分析すると、説明文と図が、「F1-2+F2-2+F1-3+F2-4」という理解の表現であるとみなすことができる。

発話とプレ/ポストテストの分析は、本稿執筆者のうち2名が行い、一致率は96.2%であった。不一致については合議によった。

4. 分析結果

発話とプレ/ポストテストの分析結果は、プレテスト、ジグソー活動の5つのフェーズ、ポストテストのそれぞれの段階で、その生徒がどの知識を認識し、どの知識をどの知識と結びつけていたかを、分析用FMHを指標に図式化することによって示した。3人の生徒の図式は一覧表にまとめ（図2）、個人内で時系列的な比較を行うことで理解深化のプロセスを認識すると共に、個人間での比較も可能とした。

図において、「機能」の認識は、「○」の囲みによって示した。実線で囲んだ「機能」はその生徒がそのフェーズにおいて当該の「機能」を認識していること、二重丸で囲んだ「機能」は当該の「機能」をそのフェーズにおいて2回以上認識していること、点線で囲んだ「機能」は、当該の「機能」をそれ以前のフェーズで認識していたもののそのフェーズでは認識していないことを示す。グレーに色づけされている「機能」は、それまでに一度も認識されていないことを示す。

「機構」の認識は「□」の囲みによって示した。実線で囲んだ「機構」は、その生徒がそのフェーズにおいてそのレベルの「機構」を構成するすべての「機能」を認識し、関係づけて統合したことを示す。点線で囲んだ「機構」は、当該の「機構」をそれ以前のフェーズで認識していたもののそのフェーズでは認識していないことを示す。

「機能」間の関係づけは直線によって示した。2つの「機能」が実線で結ばれているものは、その2つの「機能」をそのフェーズにおいてその生徒が関係づけていること、二重線はそのフェーズにおいて2回以上関係づけていることを示す。点線は、2つの

「機能」をそれ以前のフェーズで関係づけていたもののそのフェーズでは関係づけいないことを示す。

以下、分析の結果を課題と対応づけて述べる。課題1は、「赤い噴水の仕組み」の授業においてエキスパート活動の資料として与えられたヒント知識はジグソー活動をとおして各生徒にどの程度共有されるかであった。分析からは、ヒント知識はジグソー活動をとおして3人の生徒に大半が共有されたものの、知識の関係づけの仕方は生徒によって異なっているという結果が得られた。なお、「関係づけの仕方」には、関係づけの数と特徴を含む。

図1に示したように、本授業では、12の「機能」で構成される「赤い噴水の仕組み」の理解を目標とし、そのうち11の「機能」を何らかの形でヒント知識として提示していた。分析対象班では、ジグソー活動の5フェーズをとおして、11の提示されたヒント知識のうち8が共通に認識された（F1-1～3, F2-1～3, F3-1～2）。そこで、あらかじめ提示されたヒント知識はジグソー活動をとおして3人の生徒に大半が共有されたと言える。残り3つの知識うち、F4-1は2名が認識し、F2-4は1名が認識し、F0-1はジグソー活動中には誰にも認識されなかった。したがって、授業者が提示したヒント知識はジグソー活動をとおして3人の生徒に大半が共有されたと言える。

他方、知識の関係づけの仕方は生徒によって異なっていた。生徒21の場合、ジグソー活動中に見出した知識間の関係の数はそれほど多くなく（12）、同じ2つの知識を2回以上関係づけてその関係性を確認することも少なかった。また関係づけの特徴としては、実験に使われた気体および指示薬の認識とその性質にかかるレベル1・2の知識と、実験装置の圧力変化にかかるレベル3の知識を関係づけず別個に認識していることを指摘できる。

次に生徒19については、ジグソー活動中に見出した知識間の関係の数が際立って多く（31）、同じ知識間を2回以上関係づけてその関係性を確認することも多かった（6）。また、関係づけの特徴としては、フラスコ内に少量の水が入ったことと（F1-1）、アンモニアの溶解の粒子モデルによる説明（F4-1）という知識を、早い段階（フェーズ2）で結びつけ、2つの知識の関係を柱として他の知識を関係づけ、レベル1-4を跨いだ関係づけを構築していくことを指摘できる。

最後に生徒20については、ジグソー活動中に見出した知識間の関係の数は最も少ない一方（10）、

		No.21(A)	No.19(B)	No.20(C)
pre test		Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1
		Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3
		Lv.2 気体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3 F2-4	Lv.2 気体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3 F2-4	Lv.2 気体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3 F2-4
		Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2
		Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2
Jigsaw Activity				
Number	Phase	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1
9-140	Phase1 A確認	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3
		Lv.2 気体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3 F2-4	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3
		Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2
		Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2
	Phase2 B確認	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1
141-198		Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3
		Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3 F2-4	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3
		Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2
		Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2
	Phase3 C確認	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1
199-303		Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3
		Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3 F2-4	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3
		Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2
		Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2
	Phase4 解探究	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1
304-356		Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3
		Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3 F2-4	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3
		Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2
		Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2
	Phase5 ポート作成	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1
357-604		Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3
		Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3 F2-4	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3
		Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2
		Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2
	post test	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1	Lv.0 現象把握 F0-1
		Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3	Lv.1 物質同定 F1-1 F1-2 F1-3
		Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3 F2-4	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3	Lv.2 气体と指示器の性質 F2-1 F2-2 F2-3
		Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2	Lv.3 圧力変化 F3-1 F3-2
		Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2	Lv.4 粒子モデル F4-1 F4-2

同じ知識間を2回以上関係づけてその関係性を確認することは比較的多く行っていた(4).特に,F3-1とF3-2についてはフェーズ3・4の2局面にわたって複数回以上関係づけを行い、フラスコ内外の圧力の差によりビーカーの液体が押し上げられたという「機構」を繰返し認識している。また、関係づけの特徴として、アンモニア気体の溶解によってフラスコ内の気圧が下がったこと(F3-1)を起点にレベルを遡るような形でレベル1-3に関係づけを広げていったことを指摘できる。

つづいて課題2は、ポストテストにおいて生徒が解答として表現する理解はどの程度共通したものになるのかであった。これについては、ポストテストにおいて生徒の解答に含まれる知識はほぼ共通していたものの、知識の関係づけの仕方は生徒によって異なっていたという結果が得られた。

ポストテストにおいては、授業で目標とした理解を構成する12の知識のうち、8つの知識は3人の解答に含まれており(F1-1~3, F2-1~3, F3-1~2), 2つの知識は誰の解答にも含まれておらず(F1-0, F4-2), 残り2つの知識は3人中2人が認識していた(F2-1, F4-1)。そこで、ポストテストにおいて生徒の解答に含まれる知識はほぼ共通していたと言える。

その一方、知識の関係づけの仕方は生徒によって異なっていた。それぞれの生徒がポストテストの際に行った知識間の関係づけの数は、どの生徒もジグソー活動中より減っていたものの、特徴については、ジグソー活動中の発話分析結果との類似性と変化の両方を確認できた。

生徒21は、レベル1・2の知識とレベル3の知識の関係づけが弱い点にジグソー活動中との類似性を見出せる。ポストテストではアンモニアの溶解(F2-1)とフラスコ内の圧力の低下(F3-1)が関係づけられているものの、F2-1は、レベル1・2のその他の知識(F1-2, F1-3, F2-2, F2-3, F2-4)とは関係づけられていないところから、実験に使われた気体および指示薬及びその性質と、実験中に起こった圧力変化に関する知識は、この段階でも別個に認識されている可能性が高い。

次に生徒19は、F1-1とF4-1の関係を柱としてレベル1-4を跨いだ関係づけを構築している点にジグソー活動中との類似性を見出せる。ただし、ポストテストでは、アンモニア気体の溶解によってフラ

スコ内の気圧が下がったこと(F3-1)を複数回認識したうえでレベルを超えた3つの知識と関係づけているところから、F1-1とF4-1に加えてF3-1の重要度も高まっていることが窺われる。また、ジグソー活動中に見出した知識間の関係と、ポストテストに表現された関係の差が大きいのも生徒19の特徴と言える。

最後に生徒20は、F3-1を起点としてレベルを超えた知識の関係づけが行われている点にジグソー活動中の類似性を見出せる。ポストテストではジグソー活動中に明示的に関係づけられていなかったF4-1にも関係づけが広がっている点はポジティブな変化であると言える。

5. 結論および考察

(1) 結論

本稿では、KCJ「赤い噴水の仕組み」の授業において1つのグループで協調問題解決に取り組んだ3名の生徒のプレポストテストの解答および発話記録を、FMHを用いて分析することにより、協調問題解決型授業において問題解決のヒントとなる知識を事前に渡しておくことが、生徒の理解にどんな影響を及ぼすかについて検討した。一連の検討からは、問題解決のヒントとなる知識を事前に渡しておくことは、授業の目標となる理解を構成する知識が3人の生徒に共有されたという点で「収斂」を促進しているものの、知識の関係づけの仕方を1つに収束させるような強い「収斂」の機能を果たしているとは言えないという結論が見いだせる。

分析結果から明らかなように、各エキスパートで提示された知識は、その多くがエキスパートを確認した前半の3フェーズにおいて生徒たちに共有されていた。そこで、エキスパート資料を介して授業者からヒントとなる知識を事前に渡しておくことが、理解の「収斂」に寄与していると解釈できる。

他方、聞き手の生徒は、担当者が伝達した知識について、担当者の関係づけの仕方をそのまま受け入れるわけではなく、伝達された知識の間に、あるいはその他の知識の間にも自分なりに関係を作りながら、理解を変化させていた。対話を継続しても生徒間の関係づけの仕方の違いは解消されることはなく、ポストテストにおいても各自の表現した知識の関係づけの仕方には違いがあった。このことから、ヒント提示を行った場合でも、理解深化の過程では

各自が自分の視点で理解を構築、精緻化する「建設的相互作用」が同時進行していると解釈できる。

更に、プレ/ポストテストを比較したときに、3人の生徒の理解はどの生徒の場合も大きく授業者の設定した目標に向けて深化していた。

以上より、本授業では、授業の目標へ向かう「収斂」と「建設的相互作用」の相補的な機能による理解深化の過程が進行しており、問解解決のヒントとなる知識を事前に渡しておくことは、授業の目標となる理解を構成する知識が生徒に共有されたという点で理解の「収斂」を促進する機能を担っていると結論づけることができる。

(2) 考察

ヒント資料の提示が知識の共有を促進しているとすると、各生徒における知識の関係づけの仕方の固有性には授業デザインのどういった要素が影響しているのだろうか。この点の検討は次の課題であるが、最後に考察を示す。

分析結果を見直すと、各生徒の知識の関係づけの仕方の違いには、その生徒がどのエキスパートを分担したかということがある程度影響している可能性を指摘できる。例えば、エキスパートAを担当した生徒21が実験に使われた気体および指示薬の認識とその性質にかかるレベル1・2の知識と、実験装置の圧力変化にかかるレベル3の知識を関係づけず別個に認識していたのは、エキスパート活動時にエキスパートAで提示されたレベル1・2の知識(F1-2,F1-3,F2-2,F2-3,F2-4)の間で関係づけを繰り返していたためとも解釈できそうである。

ただし、エキスパートを分担することは、必ずしも知識の関係づけの仕方を分担した資料中の知識の範囲に留めるものでないとも言える。エキスパートBを担当した生徒19は、自身の担当資料中に提示されていた知識は4つ(F1-1,F2-1,F3-1,F4-1)に過ぎないにもかかわらず、ジグソー活動中に様々な知識の間にレベルを跨ぐものも含む31もの関係づけを見出している。これは、Bの資料に提示されていた知識がレベル1-4までを広くカバーしていたことで、他のエキスパートから伝達された知識との関係づけを見出しそうかったためとも解釈できる。

また、知識の関係づけの仕方は担当した資料の性質だけでなく、個々の考え方の表現と内省の行き来の仕方にも影響されると考えられる。生徒20はエキスパートBを確認するフェーズ2において、Bを

担当していた生徒19が行っていなかったF2-1とF3-1の関係づけを行っている。これは、生徒20がF3-1を含むエキスパートCを担当していたために、F3-1を事前に認識した状態で他者の表現したF2-1の知識について内省したためと解釈できる。

以上の考察は、協調問題解決型授業においてヒントとなる知識を含む資料を提示することが生徒の理解に及ぼす影響を解明するためには、ヒント提示そのものが是か非かという論点を超えて、どのようなタイプの資料を提示し、どのような相互作用が起こると、個々の理解にどういった影響が及ぶのかといった具体的な観点で検討を重ねる必要があることを示唆している。今後も研究を継続したい。

参考文献

- [1] 三宅なほみ, (2011), "概念変化のための協調過程—教室で学習者同士が話し合うことの意味ー", 心理学評論, Vol.54, No.3, pp.328-341.
- [2] Miyake, N., (1986). "Constructive interaction and the iterative process of understanding.", Cognitive Science, Vol.10, No.2, pp.151-177.
- [3] Roschelle, J.(1992). "Learning by collaborating: Convergent conceptual change.", The Journal of the Learning Sciences, Vol.2, pp.235-276.
- [4] Miyake, N., (2009)."Conceptual change through collaboration.", Paper presented at AERA 2009, San Diego.
- [5] 著者,(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』,Vol. 23, No.3, pp.201-220.
- [6] 鈴木栄幸, (2012)"誰の誰による誰のためのデザイン原則?", 日本教育工学会 第28回全国大会発表論文(課題研究)
- [7] Hmelo-Silver, C. E., Chinn, C. A., Chan, C. K. K. & O'donnell, A.(Eds.), (2013), The International Handbook of Collaborative Learning. New York: Routledge
- [8] Maiyer, N.R.F., (1931), "Reasoning in humans: II The solution of a problem and its appearance in consciousness.", Journal of Comparative Psychology, Vol.12, pp.181-194
- [9] Suzuki, H., Miyazaki, M., and Hiraki, K. (1999). "Goal constraint in insight problem-solving." Proceedings of the Second International Conference of Cognitive Science.
- [10] Kintsch, W., (1994)., "Text comprehension, memory, and learning". American Psychologist. Vol.49, No.4, pp.294-303.
- [11] 秋田喜代美(編), (2006) "授業研究と談話分析", 放送大学教育振興会.
- [12] Vosniadou, S. (Ed.), International handbook of research on conceptual change 2nd edition. London, Taylor & Francis Group.