

機関番号：33908

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21730529

研究課題名（和文） 算数・数学教育における多様解からの学びを促進するジグソー学習法

研究課題名（英文） Jigsaw as an enhancer for learning from diversity in math education

研究代表者

白水 始（SHIROUZU HAJIME）

中京大学・情報理工学部・准教授

研究者番号：60333168

研究成果の概要（和文）：本研究では、ジグソー法という学習者ごとに異なる資料・課題を分担して内容を交換・統合する学習法が、分担しない協調学習法に比べて学習を促すかを検討した。数学、算数および認知科学を対象に比較実験を行った結果、促進効果が認められ、そのメカニズムとして、各自が自らの資料を理解し説明する課題遂行に従事する一方で、他者の資料に客観的にコメントするモニター役を行う役割分担・交替により、意見の違いが生じ、深い理解が促されることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：This study compared two collaborative activities for students' solving of challenging math problems or integration of research pieces of cognitive science. One is the jigsaw method that assigns different pieces to different students and makes them exchange what they learn. The other is a simpler type of collaboration that gives all pieces to all students in a serial order. Comparing the results, we found that the jigsaw promoted problem solving or research piece integration more than the other. Detailed analyses of the students' discussion revealed that distributed expertise promoted each one's solid understanding of the assigned piece, which also served as a standpoint for integration.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：協調学習

科研費の分科・細目：心理学・教育心理学

キーワード：協調学習，ジグソー，算数・数学教育，学習科学

1. 研究開始当初の背景

(1) 国内外の関連研究および位置づけ

日本の算数・数学授業には、一つの課題に対する複数の解法をクラスで共有しより高次の解法へと精緻化する「練り上げ授業」と呼ばれる形態がある。これは、国際比較上は解法の概念的理解に有効であるとされてき

た(Stigler & Hiebert, 1999)。

しかし、国内研究者による詳細な授業観察からは、授業終盤の複数解法の吟味活動が難しく、行われた場合も一部の学習者と教師のみで行われがちで、その成果も全員には共有されることが報告されている(佐藤, 2006; 白水, 2004, 2008)。こうした結果を踏まえ、

吟味段階でクラス議論から小グループ活動に「もどす」方法(佐藤, 2006)や、互いに相手の説明を聴き合う態度を形成する方法(丸野, 2007)、基礎知識を教えて挑戦的な課題に多様解が出るようにした上で効率的な解を選別させる「教えて考えさせる授業」(市川, 2007)などの教授法が提案されてきた。

しかし、いずれの研究でも指摘されていないのは、そもそも「同じ」課題に取り組ませた上で互いに「違う」解法を出させたり、出された解法を違うものと認め、その違いについて議論させたりする授業形式自体の難しさである。もし学習者がそもそも同じ課題に違う解法が出るとは考えていないとすれば、互いの解法を「新しく違ったもの」として聞く動機づけや解・解法の差異を認識できる認知的な理解を保障する必要があるだろう。

その点、異なる課題や同じ課題に対する異なる解法を分担させ、理解結果を交換させるジグソー方式は、多様解の存在を明示する点で、それらの比較対照や統合自体を容易にする可能性がある。また、全員が課題を分担するため、どの学習者にも吟味に関わる説明が自然に要請される利点がある。このように、クラス内の融和を図るために導入されたジグソー(Aronson, 1978)が知識統合の促進手段としても利用できることは既に確認されているが(Brown, 1997; Miyake & Shirouzu, 2006)、算数・数学の協調的な知識統合に応用した前例は少ない。

(2) これまでの研究成果

研究代表者を含むグループは、共同問題解決などの実験研究を基に、協調過程の基本原則として「建設的相互作用」を提唱し、これを促進する「課題遂行者」と「モニター」間の役割分担および役割交替を重視してきた(Miyake, 1986; Shirouzu et al., 2002)。実験では、同じ課題を解く場合でも、参加者は各自の問題理解に基づいて独自の解や解法を提案し、その再解釈結果を他者から得ることで、それを自分の仮説に統合し理解を独自に深化させる。こうした協調過程の強みを活かすため、代表者らは大学生対象の認知科学教育にジグソー法を導入し、各自が資料を分担して初期仮説を構成し、説明を交換しながら全資料を統合する支援実践を行ってきた。そこから、資料を下位要素へと解体・再構成し、説明を繰り返すことで、後の資料間の要素同士の関連づけや共通点・相違点の把握が促されることなどが示唆されてきた。

(3) 研究成果の発展

算数・数学教育における多様解の吟味は、単に効率的な解法の一つを選び出すよりも、各解法の長所短所の比較や解法間の共通点・相違点の抽出を行った方が豊かな概念学習に

繋がるということが知られている。上記成果を踏まえると、ジグソーはその促進手段の有力な候補の一つと考えてよいだろう。

研究代表者は既に大学生対象の数学授業において、従来の授業では学生による自主的な解決が困難だった証明課題にジグソー法を導入し、解決率の向上を示した(白水, 2008; Shirouzu, 2009)。このジグソーでは証明を構成する二つの式を分担させたが、交換の際に式だけでなく図や言葉も含めた説明が自然になされ、ジグソーによる解決結果のメタ認知的言語化が後続試行の問題解決を支えることも観察された。ただし、これは一つの課題の解決要素のジグソーであり、異なる解法や課題間のジグソーにも同様の効果が得られるかを検討する必要がある。

2. 研究の目的

協調学習がより多くの教育現場に採用されるにつれ、協調的な学習活動で集められた多様な解や解法を用いて個々の学習者の学習をいかに深化させるかについての理論がこれまで以上に求められるようになってきた。特に現場では、学習者に多様解の存在や価値をどう認識させ、統合させるかが問題にされることが多い。そこで本研究では、算数・数学教育を対象として、異なる解を明示的に分担し交換する「ジグソー法」という学習法を導入することで、多様解の比較対照の動機づけと統合の機会を保証し、より多くの学習者の知識統合を引き起こすことができることを実証する。

3. 研究の方法

(1) 研究の概要

本研究では、従来型の協調的な学習形態よりもジグソー型の協調学習において、多様解の吟味・統合が促され、将来の多様解からの学習も準備されることを実証し、その成果をもって協調学習理論の詳細化を図る。研究の展開としては、次の3段階で行う。

1. 学部1年生授業「情報数学Ⅱ」、3年生授業「情報知能学演習ⅡB」を対象に上記比較実験を行い、ジグソー活用法の効果を実証した上で、活用のためのデザイン原則を抽出し、
2. その成果を小学校授業に展開した上で、
3. 学習過程の詳細な分析を基に多様解からの協調学習理論を構築する。

平成21年度には上記1の段階、平成22年度には上記2,3の段階を重点的に実施する。

(2) 平成21年度の取り組み

平成21年度は、研究代表者が教員を務める大学学部生対象の数学授業を題材として、同課題異解法や同領域異課題のジグソーを行う条件とこれと同じ対象を協調で順次解

く条件を比較し、ジグソーの認知的・社会的利点を解明する。対象とする「情報数学Ⅱ」は、情報知能学科1年生80名前後を対象とした週1コマの Semester 授業である。内容としては、幾何学の証明課題や魔方陣課題などで数学の基礎的な考え方やヒューリスティクスを導入し、グラフ理論や状態遷移理論へ展開する。これまでもハンズオン課題や協調活動を用いて、数学の体験的な学習を重視してきたが、ここにジグソーを導入し、学習が一層促進できるかを検討する。結果を年度間でデザイン実験的に比較し、導入の効果を見ることに加え、クラス内でも比較実験を行い、効果を検証する。クラス内での比較は、統制条件と実験条件を実験ごとに入れ替え、学生の著しい不利益にならないよう倫理的に配慮する。

具体的には、大学生でも解決が困難な証明課題を構成要素に分割し、ジグソーで分担させ、それを統合することで証明を完成する体験を経験させた後、新たな証明課題を独力で解けるようになるか、多様な解き方を生成し吟味できるようになるかを検討する。証明課題は、「左辺の計算結果を『=』で繋いだ右辺に出力する」という学生が親しんできた等式の使い方ではなく、左辺と右辺に等価な式を構成し、変換することで目的の式を導出するといったやり方をやる点が難しいと考えられる。ジグソーによって証明に必要な部品への解体と再統合を体験することで、後続の課題において解決の中途段階で協調的に「多様な部品」を集め、それらを統合して解決を試みようとする態度が育成されるかを検討する (Shirouzu, 2009)。

また、認知科学の基礎資料を12点用意し、すべてペアで順に取り組んだ後で統合を行う条件と、3領域×4資料の構造に従って、まず4資料をジグソーした後、3領域を統合する条件とを比較して、その結果から順列的な協調活動と並列的な(ジグソー)協調活動の特徴を捉えて、本研究の参考とした (Shirouzu, 2010)。

(3) 平成22年度の取り組み

平成22年度は、小学校算数授業を対象を広げ、教員コミュニティの授業研究や協議会に協力しながら、授業デザインに参画し、多様な解の吟味にジグソーを活用することで、児童の理解度や学習モデルに変化が見られるかを検討する。対象とした小学校は京都府内の小学校である。研究は次の通り行った。

まず、これまでに連携実績のある小学校の授業の観察と概括的な分析を行った。これにより、当該学校および教員の授業展開の傾向を把握し、ジグソーの活用可能性や具体的な活用法について教員と協調的に検討した。その後、実際にジグソーを用いた授業を行い、

その結果を教員とともに分析した (河崎・白水, 2011)。

年度後半には、平成21年度分も含めて全てのデータを基に多様な解からの協調的な学習の理論作りを図る。また、さまざまな学年や内容を対象として幅広く収集したデータを基に、どのような課題がいかなる多様な解を生みやすく、どのような支援で統合され得るかの理論化も行う。

4. 研究成果

本研究は、ジグソー法という学習者ごとに異なる資料・課題を分担して理解内容を交換・統合する協調的な学習法が、その他の協調学習法に比べ、学習を促進するかの検討、およびその過程の解明を行うものである。

(1) 平成21年度の成果

平成21年度は、大学における数学教育及び認知科学教育を対象に検討を行った。その結果、次の3点が明らかにされた。

- ・ ジグソー法は、全体としては解決困難な課題でも、解決可能な下位課題に分割して結果を交換・統合するため、課題の達成を保障すること
- ・ 目前の課題達成が保障されるだけでなく、下位課題についてわかったことを交換する中で、課題内容に関する概念的理解が進み、転移課題の解決も促進されること
- ・ 自分の担当部分を核として、理解内容が長期間にわたって保存されること

ジグソー法は、すべての学習者が同じ教材を順に学習する方法に比べ、各自が異なる教材を分担し、自分たちで内容を交換して再構成する点が特徴的である。

そこで、前者と対比しながら、ジグソーで学ぶ学生の学習過程を詳細に分析したところ、次の2点が示唆された。

- ・ 一人ひとりが自分の担当内容を理解しその結果を説明するという「課題遂行」に従事する一方で、他者の説明に対してやや広い視点からコメントする「モニター」役を取るという役割分担が見られ、分担する資料ごとにその役割の交替が生ずること
- ・ それによって、各自が自分の意見を持った上で議論することが起きやすく、簡単には一つの意見へと収束しないため、かえって深い理解が促進されやすいこと

一方で、ジグソーを用いないで全員が同じ教材を学習する条件では、教材理解を暗黙の前提としてしまうため、教材の詳細な検討が生じにくく、浅い理解にとどまることもうか

がえた。

(2) 平成 22 年度の成果

小学校算数でのジグソー学習の結果は、協調学習を全く行わない(単独で行った)時よりも成果が認められたが、順列的な協調学習活動との大きな違いは認められなかった。これは、一つに、ジグソー学習では各自の解法の説明や議論が活発化しすぎ、時間不足になるためだと推測された。そこで、今後に向け、柔軟な授業デザインの必要性が示唆された。

そこで、平成 22 年度は、ジグソー法による学習過程の解明に重点を置いた。ジグソー法は、資料を分担してペアや小グループで理解を深める「エキスパート活動」、異なる資料の担当者が集まってわかったことを交換し全体をカバーする「ジグソー活動」、各資料内容を関連づけ統合し、予め提示された問いへの答えを出す「プロジェクト活動」の 3 段階に分かれる。詳細な分析の結果、次の 2 点が明らかになった。

- ・ 通常のグループ活動では、よく発言する者とそうでない者との間に極端な発話量の偏りやその固定化が起きるが、ジグソー学習法では、特にジグソー活動やプロジェクト活動において、発話量が偏らず、主導的な役割と聴き手の役割が頻繁に交替すること
- ・ ジグソー法では、資料を関連づけた自分たちの統合的理解を、何度も吟味し再考する過程が通常のグループ活動より頻繁に見られること(これは特にプロジェクト活動時に観察される)

一つ目の結果は、メンバーの既有知識や言語化能力が発言量に直結するグループ活動と違い、ジグソー法では資料や課題の分担により、各自に専門性が人工的に割り振られるという社会的相互作用の組織化の直接的効果と考えられる。それは各自が自らの資料・課題理解に基づいて、他者の説明にコメントすることも保証する。それによって、二つ目の結果、すなわち、一度構築された統合的な説明を互いに再吟味し再考する過程に繋がったと推察できる。今後は、この社会的相互作用が認知的に建設的な相互作用を引き起こす仕組みを一層詳細に解明する予定である(白水・三宅, 2009, 2010)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① 河崎美保・白水 始 算数文章題の解法学

習に対する複数解法説明活動の効果: 混み具合比較課題を用いて. 査読有, 教育心理学研究, 59(1), 2011, pp.13-26.

- ② 土屋 衛治郎・白水 始・三宅 なほみ 講義のフレームを可視化することによる理解支援. 査読無, 認知科学, 18(2), 2011, pp.366-369.
- ③ 白水 始 「つながり」を作る 21 世紀のスキル育成に向けて. 査読有, 児童心理学の進歩, 50, 2011, pp.327-334.
- ④ Shirouzu, H., Collaboration as constructive interaction and the jigsaw method as its enhancer. 査読有, *International reports on socio-informatics*, Vol.7, 2010, pp.65-69.
- ⑤ 白水 始, 三宅 なほみ 学習研究の新たな可能性. 査読無, 認知科学, 17(4), 2010, pp.689-690.
- ⑥ 白水 始・三宅 なほみ 認知科学的視点に基づく認知科学教育カリキュラムー『スキーマ』の学習を例に一. 査読有, 認知科学, 16(3), 2009, pp.348-376.

[学会発表] (計 10 件)

- ① Shirouzu, H. Benefits of taking individuals as unit of analysis for revealing diverse processes and outcomes of learning. American Educational Research Association, 2011. 4. 12, New Orleans, U. S. A.
- ② Shirouzu, H. Focus-based constructive interaction. ARV2011, 2011. 3. 30, Alpen Roc Hotel, La Clusaz, France.
- ③ 白水 始・土屋 衛治郎 協同/協働/協調研究をレベルアップする. 第 17 回 大学教育研究フォーラム, 2011. 3. 18, 京都大学, 京都府
- ④ 白水 始 21 世紀スキル獲得を支援するロングテール学習環境. 日本教育心理学会第 52 回総会, 2010. 8. 28, 早稲田大学, 東京都
- ⑤ 白水 始 協調場面を通して学習過程に迫る. 日本教育心理学会第 52 回総会,

2010. 8. 27, 早稲田大学, 東京都

- ⑥ 白水 始 協調的に説明し作文する繰り返し
返しが一人ひとりの理解を深める過程.
学習と対話研究分科会, 2010. 8. 26, 東京
大学, 東京都
- ⑦ Tsuchiya, E., Shirouzu, H., & Miyake,
N. Visual scaffolds for understanding
spoken lectures. Twentieth Annual
Meeting of the Society for Text &
Discourse, 2010. 8. 17, Palmer House
Hilton Hotel, Chicago, U. S. A.
- ⑧ Shirouzu, H. Collaboration as
constructive interaction and the
jigsaw method as its enhancer, COOP
2010, 2010. 5. 18, IEP, Aix-en-Provence,
France.
- ⑨ Shirouzu, H. Divergence theory of
collaboration and its analysis.
ARV2009, 2009. 11. 30. Garmisch -
Partenkirchen, Germany.
- ⑩ Shirouzu, H. The jigsaw as an enhancer
for solving challenging math problems.
American Educational Research
Association, 2009. 4. 15. San Diego,
U. S. A.

[図書] (計4件)

- ① Shirouzu, H. Conceptual change through
collaborative approach. In C. B. Lee
and D. Jonassen (eds.) *Fostering
conceptual change with technology:
Asian perspectives*, Cengage Learning
Asia. (in print)
- ② 白水 始 ミネルヴァ書房 「わかる」
とはどういうことか? 藤江康彦(編)
『教育心理学—「学ぶ」と「教える」の
いとなみを探る—』2011 印刷中
- ③ 白水 始 新曜社 デザイン・メソッド 茂
呂雄二・有元典文・青山征彦・伊藤崇・
香川秀太・岡部大介(編)『ワードマップ
社会・文化・活動の心理学』2011 印刷中
- ④ 白水 始 北大路書房 協調学習と授業
高垣マユミ(編)『授業デザインの最前線
Ⅱ—理論と実践を創造する知のプロセス
—』2010, pp. 136-151

6. 研究組織

(1) 研究代表者

白水 始 (SHIROUZU HAJIME)
中京大学・情報理工学部・准教授
研究者番号: 60333168

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: