

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K04697

研究課題名(和文) 数学学習における構成的な学習と教授的な学習による理解の定着についての比較研究

研究課題名(英文) A Comparative Study on the Level of Understanding of Mathematics through Constructive and Instructional Learning Methods

研究代表者

吉村 直道 (YOSHIMURA, Naomichi)

愛媛大学・教育学部・教授

研究者番号：90452698

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：2016年8月に実施した問題解決の解決過程の再現調査を、2ヶ月後、半年後、1年後、2年後、3年後と計5回、6名の被験者に対してパネル調査を行った。  
その結果、(1)構成的な学習による解決の方が、理解の定着がよいこと、(2)再現できた人の割合や再現の自信度の推移においては、二つの解決とも同じような推移のしかたでそれらは推移したこと、(3)早い段階で再現できた人は、二つの解決のしかたによらず、高い割合で3年後も再現もしくは妥当な解決を展開できていたこと、(4)構成的な解決は、一旦共有された解決であってもさらに修正、改造される余地があり、さらに妥当な解決へと変化する、などが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学習者たちだけの構成的な学習による解決は、教師によるスムーズで理解しやすいと想定される教授的な学習による解決と比べて、必ずしも劣るものではなく、理解の定着の点においては、自らが解決を図っているため、再現の可能性も再現の自信度も高いことがわかった。しかしながら、その解決は、必ずしも事前に想定される妥当な解決に至る保証はなく、その点が問題である。実際には、上手く教師が介入し、学習者たちの主体的な学習が保障された中で、教師を含めた授業参加者全員で妥当と判断する解決を図っていく必要がある。また、教授的な学習は学習の終着完了を生み出しやすく、構成的な解決は更なる学習の継続を生む可能性があるとして整理できた。

研究成果の概要(英文)：The following statements are the results of student transformations over two months, six months, one year, two years, and three years. 1. Problem-solving through constructive study was deemed to lead to better retaining of concepts. Furthermore, students who reached the right answers through constructive study displayed high retention levels and relatively low rates of inability to reproduce results. 2. With regard to shifts in the rates of students who could reproduce results and had confidence in reproducibility, similar shifts and transformations were noted for both problem-solving formats. 3. Students who were able to reproduce the results at an early stage were able to do so and/or to develop suitable solutions at high rates even after three years, regardless of the problem-solving format. 4. Although constructive solutions were initially shared, further amendments and improvements can be made, and more changes toward suitable solutions are possible.

研究分野：数学教育学

キーワード：構成的な学習 教授的な学習 理解の定着

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

数学教育においては、近年、構成的な学習「教えず考えさせる授業」と教師による基礎・基本の習得に支えられた学習「教えて考えさせる授業」の2つの指導法が話題にあがる[ ]。ゆとりや学力低下といった反動からか、基礎的・基本的な知識・理解の定着が強く主張されるとともに、活用するためにはそのもととなる基礎的・基本的な知識・理解の習得が必要とすることから、習得の学習に力点を置いた「教えて考えさせる授業」が主張される一方で、これまで同様、思考力・判断力・表現力の育成や真の活用のためには既成の完成された知識の伝達・習得ではなく、学習者自らが構成し修正してつくりあげた知識や概念である必要があるとして構成的な学習が主張される。それらの功罪は、「教えず考えさせる授業」は理想論であるや、「教えて考えさせる授業」は教え込みや創造性の欠いた学習に通じるなど、理論的・理念的な検討がなされる[ ]ものの、実際の面でどちらにどのような利点があるか、特に数量的な比較では議論されていない。理解の定着という側面からの評価だけではあるが、それぞれの学習によって得られた解決が時間を経てどのように変化するか記述・分析することで、構成的な学習と教授的な学習による理解の差について具体的な比較が可能となり、長期的な時間経過の中で二つの学習法の効果を検討する。

2. 研究の目的

筆者はこれまで、基本的に、学習はコミュニケーションを通して展開されると考え、コミュニケーションをキーワードに算数・数学の学習過程を記述・分析してきた。その研究の中で小集団に焦点化し、3名の学習者に集団で問題解決に取り組ませ、その解決過程の分析に取り組んだものがある[ ]。実際の数学学習や問題解決の場面を扱った事例研究においては、その学習の様子や問題解決のプロセスを扱った研究が多く、そこで得られた理解の強度、特に定着という観点での理解の強さについての研究はないのが実態である。

一般的に、他者の模倣による学習や他者の理解を解釈しそれをもとに概念を個性したり問題解決を図ったりする受動的な学習は価値が低く、主体的な活動から学習者自身がつくりあげる能動的な学習にこそ意義があると主張されたりする。しかし、それは本当であろうか？ 例え、他者の考えをそのまま受け取り理解したとしても、時間が経っても他の学習者と遜色のない理解であれば、それは一定の意義ある学習であると言えるのではないだろうか？

筆者は構成的な学習が本来の学習のあり方であると考えてはいるが、その意義を実際的に検証するため、敢えてその批判的立場に立って、授業者のある解決方法の教授による授業者の理解に対する学習者の解釈的な理解と、学習者自身が協力して問題解決したその解決の理解とを比較して、果たして学習者自身がつくりあげた解決が模範的な解釈による解決より利点があるのかを調査したいと考えた。それらの結果を踏まえて、理解の定着の観点から構成的な学習と教授的な学習との比較を行い、それぞれの優位性を明確にすることが、本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究は、調査対象者を固定して何度か調査するパネル調査によって展開をする。

異なる学習法での理解の定着度を調査するため、まず、複数の被験者6名をA、Bの2つのグループ(各3名)に分け、解決にある程度知恵と工夫が必要な比較的込み入った問題6問を課し、3問ずつ、学習者たちだけで協力的な問題解決に取り組む“構成的な学習による問題解決”と、授業者による解決方法の提示を受けてその解決を理解する“教授的な学習による問題解決”に取り組んでもらう。それらの解決の様子をプロトコル分析で検討し、それぞれの解決の特徴を明らかにする。その後、基本的に2ヶ月後、半年後、1年後、2年後、3年後、それらの解決過程がどのように学習者の記憶に留まっているか、もしくはどのように再現されるかをインタビューならびにアンケートで調査する。インタビューの応答はプロトコル分析で、アンケートの記述応答はキーワード・アソシエート分析で被験者の思考やその変容を可視化することを計画している。

表1：被験グループと調査で扱う問題ならびに学習法との組み合わせ

問題番号	1	2	3	4	5	6
領域	数学的	現実的	数学的	現実的	数学的	現実的
分野	数と計算	数量関係	図形	図形	図形	数量関係
トピック	分数のわり算	馬の移送問題	3D三平方の定理	ハチの巣の形	立方体の切断面	面接問題
Aグループ		構成的			教授的	
Bグループ		教授的			構成的	

その際、被験者や問題の質によって理解度の定着に影響があることが予想されるので、表1に示すように、問題の領域(数学的な問題か、現実的な問題か)分野(数と計算、図形、数量関係)そして問題解決のさせ方(構成的な学習か、教授的な学習か)とを様々に組み合わせ、その関連を考察する。数学的な問題では解決のしかたがある程度制限されるのに対し、現実的な問題ではその解決や解決自体においても多様さを有することが特徴である。筆者のこれまでの研究[ ]で、数学の問題に対する問題解決と現実問題における数学的な問題に対する問題解決とを扱っており、本研究においても2つの問題解決における理解の定着の違いを調べるため、次の6つの調査問題を準備した。

表 2 : 調査問題

領域	分野	トピック	問題の具体(概略)
1 数学的	数と計算	分数のわり算	分数のわり算は、なぜひっくり返してかけるのか？
2 現実的	数量関係	馬の移送問題	走る速さの異なる複数の馬を効率よく移動させる方法は？
3 数学的	図形	3D三平方の定理	xyz空間において、例えば、(0, 0, 0)、(1, 0, 0)、(0, 1, 0)、(0, 0, 1)を頂点にもつ三角錐の各面の面積はどのような関係にあるか？
4 現実的	図形	ハチの巣の形	ハチの巣の形は、なぜ正六角形の形をしているのか？
5 数学的	図形	立方体の切断面	ある条件で立方体を平面で切り取ったとき、その切断面の形は？
6 現実的	数量関係	面接問題	一人ずつ面接をし、その都度可否を伝える面接方式のとき、優秀な人材を獲得する戦力は？

これら 6 つの問題に対して、6 名の大学生を A、B の 2 つのグループに分け、3 問ずつ、2 タイプの学習法で問題解決に取り組ませた。

○ 2 タイプの学習の型

構成的な学習による問題解決...問題を提示した後からは、すべて自分たちで話し合いながら問題解決に取り組んでもらい、チームとして納得できる解決をつくるまで取り組む。

教授的な学習による問題解決...教師がわかりやすさを優先して事前に学習展開を計画し、解説しながら手際よく学習を進め問題解決する。

いずれの問題解決も、全員が「わかった」と確認したところで終了とした。

その後、2 ヶ月後、半年後、1 年後、2 年後、3 年後の時間経過のなかで、インタビューを交えた次のようなアンケート調査に取り組んだ。

○ アンケート調査

問題文の提示

「この問題の解決を覚えていますか？」  
(解決結果の再現の自信度)

- 4 : 覚えている
- 3 : まあまあ覚えている
- 2 : 少し覚えている
- 1 : 覚えていない

解決過程の記述(解決過程の再現可能性)

例)「どのようにして、そのような結論に至りましたか？ 当時の解決の概略を教えてください。」

アンケート回答の前後や最中に適宜インタビューをし、記載内容を補完する質問をした。

表 3 : アンケート調査における解決過程再現の分類表

記号	意味
◎	そのときの解決をきちんと再現できている。
○	そのときの解決通りではないが、修正・変形された形で正解に至っている。
□	答えは合っているが、説明が不十分である。
△	方針はおおまかには覚えているが、実際にそれを展開することができない。
×	再現できていない、かつ、不正解である。

質問項目 の回答に対しては、再現のしかたを表 3 の基準で分類整理した。

4 . 研究成果

2016 年度 8 月に実施した実際の問題解決において、教授的な学習による解決では、当然事前に想定された数学的に妥当な解決が共有されたのに対して、構成的な学習においては、問 4 の「ハチの巣の形」と問 6 の「面接問題」の 2 つは数学的には妥当とは言えない解を共有しその解決を終えてしまっている状態である。構成的な学習による問題解決における問 4、問 6 の結果については、他の問の解決と比べて必然的に変わらざるを得ない状況であり、他と質が異なるため、分析としては構成的な学習と教授的な学習の 2 つのグループの比較に加え、正解の解決のみに限定した問 1, 2, 3, 5 の構成的な学習(正解のみ)のグループも加え、3 つの群で比較を行った。

そして、2 ヶ月後、半年後、1 年後、2 年後、3 年後の変容から、次の 4 つの主要な結果を得ることができた。

- A 構成的な学習による解決の方が、理解の定着がよいと考えられる。しかも、構成的な学習で正解に至っていたものについては、理解の定着と強く、再現できない割合も相対的に低い。
- B 再現できた人の割合の推移や再現の自信度の推移においては、二つの解決ともに同じような推移のしかたでそれらは変容している。
- C 構成的な解決は、一旦共有された解決であってもさらに修正、改善される余地があり、(さらに)妥当な解決へと変化することがある。
- D 早い段階で再現できていた人は、二つの解決によらず、高い割合で 3 年後も再現もしくは妥当な解決を展開することができていた。



< 結果 A について >

3年経過後の解決過程の再現結果を表したものが図1である。構成的な学習による解決の方が、教授的な学習による解決よりも再現の可能性が10%程度高い。3年経過して再現できない割合は、構成的な学習も教授的な学習も同じであった。ただし、構成的な解決で正解に至っていたものについては、3年経過した再現の割合は他のものと比べて最も高く、再現できない割合も最も低い結果が得られた。

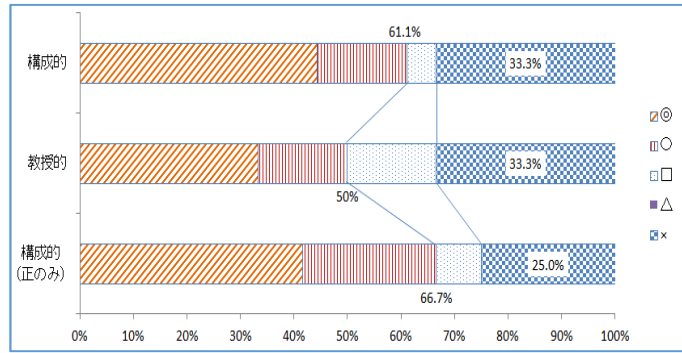


図1：3年経過後の解決過程の再現結果（割合）

構成的な解決の方が解決過程の再現においてその割合が多い理由は、構成的な学習では自分たちで考えた解決過程であるので、そのとっかかりもその途中の展開も再現しやすいのではないかと。教授的な解決は、基本、教師による解決の理解であり、そこで働いた隅々の思考まで解決過程の中で顕在化され共有できていたわけではないと考えられる。そうした部分も自分で考える必要があり、その点で構成的な解決と比べて、教授的な解決は再現しにくいのではないだろうか。

< 結果 B について >

次に、3年間ににおける再現できた人の（ ）の割合の推移に注目する。

表4：再現できた人（ ）の割合の推移

経過	2ヶ月後			半年後			1年後			2年後			3年後		
	問題数	人数	割合	問題数	人数	割合	問題数	人数	割合	問題数	人数	割合	問題数	人数	割合
構成的	2	5	83.3%	4	7	58.3%	6	8	44.4%	6	10	55.6%	6	8	44.4%
教授的	2	1	16.7%	4	7	58.3%	6	7	38.9%	6	7	38.9%	6	6	33.3%
構成的(正のみ)	2	5	83.3%	3	7	77.8%	4	7	58.3%	4	7	58.3%	4	5	41.7%

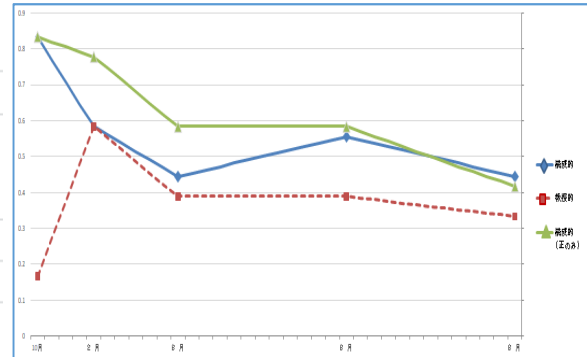


図2：再現できた人（ ）の割合の推移グラフ

図2を見る限り、構成的な解決も教授的な解決も、再現率の減少のしかたはほぼ同様である。ただし、教授的な解決の2ヶ月後の反応だけ特異である。

これは、解決時の教師による解説においては、納得をし「よくわかった」という感想を得て問題解決を終了したものの、表面的な理解そして教師と生徒という社会的な関係からの対応によってそのとき「よくわかった」という理解や共有がなされていたかもしれない。また、教師による解説通りに再現しようとするプレッシャーもあり、再現しにくかったという可能性も否めない。

次に、再現の自信度についてである。

表5：再現の自信度の推移（3年間）

経過	2ヶ月後	半年後	1年後	2年後	3年後
構成的	2問 3.33	4問 2.08	6問 2.33	6問 2.22	6問 2.50
教授的	2問 2.67	4問 2.08	6問 2.50	6問 2.39	6問 2.44
構成的(正のみ)	2問 3.33	3問 2.22	4問 2.42	4問 2.42	4問 2.58

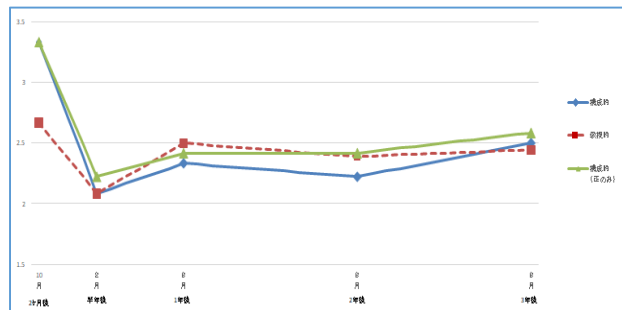


図3：再現の自信度の推移グラフ

解決再現の自信度についても、再現できた人の割合の推移の特徴と同じく、構成的な解決と教授的な解決の再現の自信度の推移のしかたは共によく似た傾向で推移している。解決直後にあたる2ヶ月後経過の構成的な解決による再現の自信度は、教授的な解決再現の自信度と比べて0.7ポイント高い。それは、構成的な解決による再現の自信度は、自分たちの解決プロセスについての自信度であるため、当然教授的な解決による自信度より高いことが要因であると予想される。

< 結果Cについて >

再現の内容の質的な変容の変化に注目する。2つのグループともに3名で編成されているので、2ヶ月後調査(2問)から半年後調査(4問)にかけて直前の回答から変化可能な箇所は構成的な解決で6カ所(3名×2問)、教授的な解決で6カ所、半年後から1年後の調査で変化可能な箇所は、構成的・教授的な解決ともに12カ所(3名×4問)、1年後から2年後および2年後から3年後の調査で変化可能な箇所はそれぞれ構成的・教授的な解決ともに18カ所(3名×6問)であり、5回の調査全体を通して、構成的・教授的な解決ともにそれぞれ54カ所存在する。この54カ所中、教授的な解決では7カ所(13.0%)で質的に向上、8カ所(14.8%)で質的に下降しているのに対して、構成的な解決では11カ所(20.4%)で質的に向上、5カ所(9.3%)で質的に下降しており、構成的な解決の方が妥当な解決へと変化している箇所が多い。

これは、教授的な解決は、数学熟達者からの解説であり、事前に用意された解決の伝達であって、完成・完結された解決であるため、基本、それ以上の数学的な検討や変更は必要ない。それに対して、構成的な解決は、その解決メンバー内での納得であり、限定的なものである。また、不十分な理解のままその解決を共有していたり、不十分な解決のまま共有していたりする可能性もある。その意味で、構成的な解決はまだまだ改善され修正される余地があり、学習が継続され解決の質が向上する可能性があると考えられる。

< 結果Dについて >

最初の調査で再現できていた人( )に注目した結果が、表7である。表6より、早い段階で再現できていた人は、2つの解決によらず、高い割合で3年後も再現もしくは妥当な解決を展開することができていたことがわかる。

理解の定着のためには、解決後、早い段階でそれらの解決を想起する機会をつくと効果的であると考えることができる。構成的な解決

は、解決後もその学習が継続され解決が変容する機会を有するので、このような機会は自然とつくられやすく、理解の定着の面からも有意義であると考えられる。

表6：最初の調査で再現できていた人の3年後の結果

最初の調査で◎だったもの		3年後							
			◎, ○	×	◎, ○	×			
構成的	Q1	A	○	6	1	11	2		
		B	○						
		C	○						
	Q2	B	×						
		C	◎						
Q3	C	◎	85.7%	14.3%					
Q5	F	◎							
教授的	Q2	F	◎	5	1	84.6%	15.4%		
		D	×						
		F	◎						
	Q3	A	◎					83.3%	16.7%
		B	○						
		C	◎						

以上、本研究を通して、主要には4つの結果を得ることができた。これらの結果は、このグループ・この問題・この期間において言えたものであり、限定的なものである。より調査の規模を拡大し、今回導出された考察をさらに検証し、より一般性のある主張に高めていく必要があるものの、次のようにまとめることができると考えている。

学習者たちだけの構成的な学習による解決は、教師によるスムーズで理解しやすいと想定される展開での教授的な学習による解決と比べて、必ずしも劣るものではなく、理解の定着の点においては、自らが解決を図っているため、再現の可能性も再現の自信度も高い。ただし、その解決は、必ずしも事前に想定される妥当な解決に至る保証はなく、その点が問題である。

よって実際には、学習者たちの主体的な学習を保証した上で、上手く教師が介入し、教師を含めた参加者全員で妥当と判断する解決を図っていく必要がある。

教授的な学習による解決であれば、「よくわかった」「こうやればできるんだ」という感覚に陥りやすく、その学習がそこで終了、完結してしまう可能性がある。その後、その解決がある場面に適用されることはあっても、その解決自体が再検討される機会は少ない。それに対して、構成的な学習による解決は、その集団内での解決であり、場合によっては間違いも含み得るものである。解決が必ずしも十分なものでないからこそ、さらな修正・改善の余地があり、その解決を利用するといったレベルだけでなく、その解決自体の再検討がなされる可能性がある。つまり、学習が継続する可能性がある。個性的な学習による解決は、学習を完成・完結したいときのものとしてではなく、生活やこれから先ずっと続く時間経過の中で、学習を捉えていく契機となり得るものである。ここに、構成的な学習の一つの意義があると考えられる。

< 引用文献 >

- 市川伸一、「教えて考えさせる授業」を創る、図書文化社、2008
- 清水紀宏、算教科指導法としての「教えて考えさせる」アプローチの功罪、第34回全国数学教育学会研究発表会、研究発表会、2011
- 吉村直道、数学問題の協力的解決過程におけるプロトコル分析( )、愛媛大学教育実践総合センター紀要、第27号、2009、pp.29-41
- 吉村直道、数学問題の協力的解決過程におけるプロトコル分析( )、愛媛大学教育学部紀要、第56巻、2009、pp.171-176

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 吉村直道	4. 巻 65
2. 論文標題 数学学習における構成的な学習と教授的な学習による理解の定着についての比較研究(2) - 2ヶ月後, 半年後, 1年後の変容に注目して -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 愛媛大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 35,40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉村直道	4. 巻 65
2. 論文標題 「速さ」の学習指導の提案 - 等速を仮定した速さへの焦点化による授業実践 -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 愛媛大学教育学部紀要	6. 最初と最後の頁 45,52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉村 直道
2. 発表標題 数学学習における構成的な学習と教授的な学習による理解の定着についての比較研究(4) - 2ヶ月後, 半年後, 1年後, 2年後, 3年後の変容に注目して -
3. 学会等名 全国数学教育学会 第51回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉村 直道
2. 発表標題 数学学習における構成的な学習と教授的な学習による理解の定着についての比較研究(3) - 2ヶ月後, 半年後, 1年後, 2年後の変容に注目して -
3. 学会等名 全国数学教育学会第49回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉村 直道
2. 発表標題 数学学習における構成的な学習と教授的な学習による理解の定着についての比較研究(1) - 3日後、5日後、2週間後、1か月後、3か月後の変容に注目して -
3. 学会等名 全国数学教育学会 第45回研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----