

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 —

(数学教育講座) 吉村 直道

A Comparative Study of Retaining of Understanding by Constructive Learning and Teaching Learning in Mathematics Learning (2)

— Focusing on the transformation after two months, six months and one year —

Naomichi YOSHIMURA

(平成30年6月21日受理)

1. はじめに—研究の背景と目的

数学の学習において、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形成するような問題解決的な学習は、子どもたち同士が話し合い社会的相互作用しながら問題解決していく学習よりもその価値は低いであろうか？

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(市川、2008)。その際、「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」は創造性を欠く学習や教え込みに通じるなど、理論的・理念的に比較されるものの、量的な教育成果の面での議論は少ない(市川、2008；清水、2011a、2011b)。理解の定着の面から、構成的な学習と教授的な学習とを比較検討し、それぞれの優位性を明確にする必要がある。

そこで、学習者同士の話し合いを重視した構成的な学習と、授業者による解説を中心とした教授的な学習によ

る問題解決を大学生に取り組みせ、学習のしかたによって、その解決の結果や解決過程の理解が時間経過とともにどの程度記憶に留まり、それらの理解がどのように変容するかを、2ヶ月後、半年後、1年後、2年後、3年後のスパンでインタビューとアンケート調査を行い明らかにすることが、本研究の目的である。

そして、本稿はその1年後までの変容について考察するものである。1年後までの変容の特徴を明らかにするために、この研究に取り組む前にパイロット研究として以前取り組んだ、調査期間を約12分の1に縮めた3日後、5日後、2週間後、1ヶ月後、3ヶ月後の変容に注目した調査(吉村、2017)から得た仮説の検証を試みながら、その考察を行う。

2. 研究の方法

パネル調査にて、6人の大学生に調査を行った。パネル調査とは、調査対象者を固定して継続的に複数回調査するものである。今回は男子1名、女子2名の3名ずつ

A、B の2つのグループに分け、そのグループごと2つのタイプの学習を通して問題解決をしてもらい、2ヶ月後、半年後、1年後のスパンの中で、自分たちが取り組んだ問題解決の過程について、どのように理解しているかとそのときの問題解決を再現できるかについて、アンケート調査とインタビュー調査を行った。

問題の構造ごと反応が異なるかもしれないと考え、同じ分野の問題でも「数学的」なもの「現実的」なものを用意し、その反応がどう変わるかを調べることにした。

Q1: 「分数のわり算」(数学的・数と計算)

分数のわり算はなぜひっくり返してかけるのか? (抜粋)

Q2: 「馬の移送問題」(現実的・数量関係)

足の速さが異なる4頭の馬。牧場から馬小屋にすべてを移動させる最小の所要時間はいくらか。ただし、一度に移動させることができるのは2頭まで。(抜粋)

Q3: 「3D三平方の定理」(数学的・図形)

図1のような3つの直角をもつ三角錐においては、三平方の定理に似た3次元版の

$$a^2 + b^2 + c^2 = d^2$$

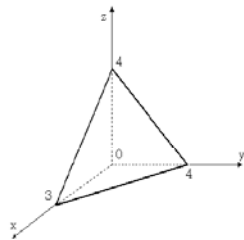


図1: Q3の説明図

が成り立ちます。a、b、c、dはそれぞれ三角錐のどんな数量を表すか、教えてください。(抜粋)

Q4: 「ハチの巣の形」(現実的・図形)

なぜハチは、正多角形のなかでも正六角形を選んで正六角形の形の巣をつくるのか? 数学的に説明せよ。(抜粋)

Q5: 「立方体の切断面」(数学的・図形)

図2の点L、M、Nの3点を通る平面でこの立方体を切断したとき、その切断面の図形はどんな形か? (抜粋)

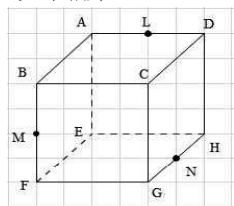


図2: Q5の説明図

Q6: 「面接問題」(現実的・数量関係)

能力の異なる4人を別々に一人ずつ面接をして

採用者を一人だけ決定する。しかしその4人がどの順番に面接に現れるかは不明で、かつ、この面接では必ず採用か不採用か、その面接の最中に決めて本人に伝え、採用を伝えるとそれ以後の面接は行わない。出来るだけ良い人を採用するための戦略を、数学的に説明せよ。(抜粋)

これら6問をそれぞれ2つのグループが、学習者たちだけで協力して解決を図る構成的な解決と教師による解説を聞きながら解決過程を学習する教授的な解決の2つの方法で、3問ずつ交替して取り組んだ(表1)。

表1: 問題・解決型・グループの対応と調査の実施時期

番号	分野	カテゴリ	問題	学習型	被験グループ	H28年度				H29年度	
						問題解決	1ヶ月後	2ヶ月後	半年後	1年後	調査
1	数と計算	数学的	分数のわり算	構成的	A	実施	調査	調査	調査	調査	調査
					B	実施	調査	調査	調査	調査	
2	数と計算	現実的	馬の移送問題	構成的	A	実施	調査	調査	調査	調査	
					B	実施	調査	調査	調査	調査	
3	図形	数学的	00二平方の定理	構成的	A	実施	調査	調査	調査	調査	
					B	実施	調査	調査	調査	調査	
4	図形	現実的	ハチの巣の形	構成的	A	実施	調査	調査	調査	調査	
					B	実施	調査	調査	調査	調査	
5	図形	数学的	立方体の切断面	構成的	A	実施	調査	調査	調査	調査	
					B	実施	調査	調査	調査	調査	
6	数量関係	現実的	面接問題	構成的	A	実施	調査	調査	調査	調査	
					B	実施	調査	調査	調査	調査	

1: 実習のための取り止め

その後、2ヶ月後、半年後、1年後のインターバルにおいてアンケート調査ならびにインタビュー調査を実施した(表1)。

アンケート調査では、解決したときの問題文を再提示し、まず「この問題の解決を覚えていますか?」という質問に対して4件法(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)で再現の自信度を尋ねた。つぎに、解決の結論を聞いたり、「どのようにして、そのような結論に至りましたか。解決の概略を教えてください。」として解決の過程を問うたりして、解決の過程が再現できるか、解決過程が定着しているかを記述で確認し、その再現のしかたを、次の表2の5つに分けて評価した。

表2: 解決の再現の質

記号	意味
◎	そのときの問題をきちんと再現できている。
○	そのときの問題通りではないが、修正・変形された形で正解に至っている。
△	方針はおおまかに覚えているが、実際にそれを展開できない。
□	答えは合っているが、説明が不十分。
×	再現できていない、かつ、不正解。

インタビュー調査は、そのアンケート調査の後実施し、アンケート調査の内容を再度問うたり、そう考えたわけ等を聞いたりして、アンケートの回答を補完する形で利用した。なお、当初は問題解決から1ヶ月後の調査をする予定であったが、被験者の学生たちがその期間、教育実習に取り組んでいたため急遽取り止めとし、調査を1つつ右にずらし実施した(表1中の斜線)。

3. パイロット調査から導出された仮説

パイロット調査として、3ヶ年調査のものを3ヶ月調査にして、調査対象者を固定して継続的に複数回調査するパネル調査を行った(吉村、2017)。

対象は5名の大学生であり、男子3名と女子2名のA、Bの2つのグループに分け、数学的な問題3問と現実的な問題3問の計6問を、2つのタイプの問題解決すなわち学習者たちだけによる協力的な問題解決と授業者による解説を中心とした問題解決で3問ずつ入れ替えて、それらの問題解決に取り組んでもらった(2016年11月)。ただし、男子学生1名の反応だけ明らかに他の4名の反応と大きく異なっていたため、考察の対象を男子2名、女子2名の4名に変更した。その3日後、5日後、2週間後、1ヶ月後、3ヶ月後に、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のか、そしてどのように再現されるのかをアンケートやインタビューによって明らかにした(吉村、2017)。

この調査結果より導出した仮説が次の5つである。

- H1:【再現の差】答えのみの定着の観点で見たとき、2つの学習法による違いはないのではないか。
- H2:【早い時期における教授的な学習の再現自信度の優位性】教授的な学習による解決の方がわかりがよいと思われることから、解決後間もない時期での再現の自信ポイントは高く、当初「覚えている」という感覚が強いのではないか。
- H3:【再現自信度の減少率】再現の自信の減少は、構成的な学習による解決の方が遅いのではないかと。
- H4:【再現自信度の増大可能性】構成的な学習による問題解決では、それまでの自信よりも強い自信をもってその解決を再現できることがあるの

ではないか。

- H5:【解決の修正・改造の可能性】構成的な学習による問題解決であれば、時間が経過した後でも、自分でその解決過程を再構成することができ、その結果、自分にとってわかりやすい解決過程で再構成することがあるのではないかと。しかも、その状況は、現実的な問題に多く見られるのではないかと。

これらの5つの仮説を踏まえながら、2ヶ月後、半年後、1年後の3つの調査結果を見ることで、学習のしかたによって、その解決の結果や解決過程の理解が時間経過とともにどの程度記憶に留まり、それらの理解がどのように変容するかについて考察をしていく。

4. 調査結果と考察

2016年8月に2つのグループが6題の問題解決に取り組んだ。教授的な解決においては教師による解説を通しての解決と理解であるため、事前に想定された問題解決がなされるものの、構成的な学習で取り組んだ解決は事前に想定していた解決に至るとは限らない。事前に想定していた解決に至った問題は、「馬の移送問題」「3D三平方の問題」「立方体の切断面」の3つであった。「分数のわり算」においてはこちらが想定していた解決ではないものの数学的には妥当と判断される解決にいたったため、項目「解決の正/否」は「○(正答)」と判断している。「ハチの巣の形」と「面接問題」については、構成的グループは事前に想定していた正解の考えには至らず、しかも数学的な妥当と判断できない解決に終わっていた(表3)。

2か月後、半年後、1年後の3回にわたって、それらのどれくらいの自信をもって覚えているか、そして実際にそれらを再現できるか、調査した。その結果をまとめたものが、表3である。

表3のQ1、Q2の教授的な学習による解決に注目すると、意外に解決時に近い2ヶ月後の時点でも再現の内容に「×(再現できていない、かつ、不正解)」が多い。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ているものの、表面的な理解、そして教師と生徒という社会的な関係か

表3：アンケート調査の結果

分野	状況	問題	被験者	学習法	解決の正/否	2ヶ月後 10月			半年後 2月			1年後 8月				
						再現内容 1	自信度	自信度平均	再現内容 2	自信度	自信度平均	再現内容 3	自信度	自信度平均		
数と計算	数学的	分数のわり算	Aさん	構成的	○	◎	4	4.00	◎	4	3.00	◎	4	3.67		
			Bさん			◎	4		◎	2↓		◎	4↑			
			Cさん			◎	4		◎	3↓		◎	3			
			Dさん	教授的		×	2	2.33	×	2	2.33	△↑	2	2.33	△↑	2
			Eさん			×	2		◎↑	2		◎	2			
			Fさん			○	3		×↓	3		△↑	3			
数量関係	現実的	馬の移送問題	Aさん	構成的	○	×	2	2.67	◎↑	2	2.33	×↓	2	2.67		
			Bさん			◎	2		◎	1↓		◎	2↑			
			Cさん			◎	4		◎	4		◎	4			
			Dさん	教授的		×	3	3.00	×	3	2.33	×	3	3.33	×	3
			Eさん			×	2		×	2		×	3↑			
			Fさん			◎	4		◎	2↓		◎	4↑			
図形	数学的	3D三平方の問題	Aさん	構成的	○			1.33	×	1	1.33	×	1	1.00		
			Bさん						×	1		×	1			
			Cさん						◎	2		◎	1↓			
			Dさん	教授的				1.33	◎	1	1.33	×	2↑	1.67	×	2↑
			Eさん						×	2		◎↑	1↓			
			Fさん						◎	1		◎	2↑			
図形	現実的	ハチの巣の形	Aさん	教授的	○			2.33	◎	3	2.33	◎	4↑	4.00		
			Bさん						◎	3		◎	4↑			
			Cさん						◎	1		◎	4↑			
			Dさん	構成的				1.67	△	1	1.67	△	1	1.67	△	3↑
			Eさん						△	2		△	3↑			
			Fさん						△	2		◎↑	4↑			
図形	数学的	立方体の切断面	Aさん	教授的	○			1.67			1.67	△	2	1.67		
			Bさん									□	2			
			Cさん									□	1			
			Dさん	構成的				2.33			2.33			2.33	□	2
			Eさん									△	2			
			Fさん									◎	3			
数量関係	現実的	面積問題	Aさん	教授的	○			2.00			2.00	□	2	2.00		
			Bさん									○	2			
			Cさん									□	2			
			Dさん	構成的				1.00			1.00			1.00	×	1
			Eさん									×	1			
			Fさん									×	1			

らの対応によってそのときの理解や共有がなされていたのかもしれない。「再現して」という要請において、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、再現しにくいという面もあるかもしれない。一方、構成的な解決で正解に至っていたものについて、早い段階で再現できたものはその後も変わりなく再現できていることが確認できる。

そして、再現できた人数の割合に注目してその変容を表とグラフに整理したものが、表4と図3である。

表4：再現できた人の割合

経過	2ヶ月後	半年後	1年後
問題数	2問	4問	6問
構成的	83.3%	58.3%	44.4%
教授的	16.7%	58.3%	38.9%
構成的(正のみ)		77.8%	58.3%

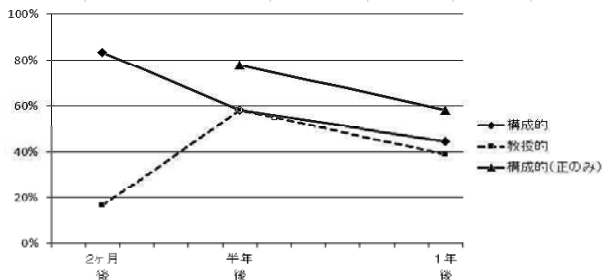


図3：再現できた人の割合の推移

パイロット調査から得た仮説 H1 で主張するように、半年後、1年後と日数が経過するにつれ、当初解決した内容を再現できる人の割合の推移のしかたは学習法の違いで大きな違いがないことがわかるが、構成的な学習による解決の方がわずかではあるが教授的な学習よりも再現できる人の割合が多い。自分たち自身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であろうと思われる。教授的な学習では、解決を上手に説明するために筋道を立てて考えた部分は教師によるものであり、そこで働いた論理的な思考は必ずしも解決過程の中で表面化されていないことがある。欠落した途中部分を、自分で想起する可能性はそうした箇所も自分で考える必要があり、その点で構成的な学習と比べて再現しにくいのではないかと考えられる。

2ヶ月後の調査において教授的な学習による解決の再現の割合が16.7%と低いことについては、問題数の少なさと被験者の少なさが大きく起因していると考えられる。Q1とQ2の問題が、偶然、教授的な学習による解決では再現しにくいものであったかもしれないし、今回の被験者がこれらの問題に対応しづらい面を有していたかもしれ

ない。問題数と人数が少ないために、その影響が大変強く出ていることが考えられる。

次に、再現の自信に注目したい。再現の自信について整理したものが、表5と図4である。問題解決時に近い、2ヶ月後では、問題解決時に近いこともあるのか、構成的の方が印象が強く自信は高い。パイロット調査では教授的な学習の方が問題解決に近い時点での再現の自信は高いポイントを示しており、学習によるものでなく、それぞれの解決の印象の強さでその自信は影響を受けるものと思われ、仮説 H2 は棄却するのが妥当であろう。

表5：再現の自信度（平均）

	2ヶ月後		半年後		1年後	
	2問	3.33	4問	2.08	6問	2.33
構成的	2問	2.67	4問	2.08	6問	2.5
構成的(正のみ)	2問	3.33	3問	2.22	4問	2.42

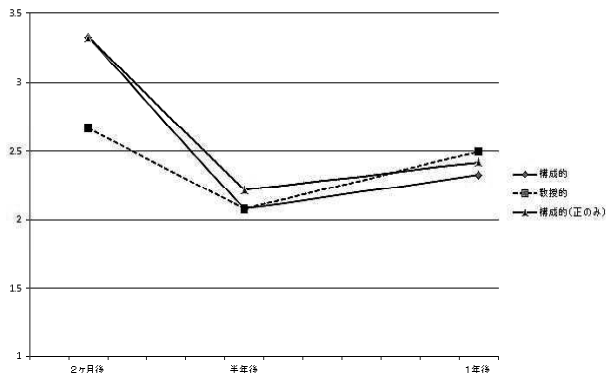


図4：再現の自信度（平均）の変容

再現の自信についての半年後、1年後の変容は構成的も教授的も余り変わらず同じような程度で推移しており、「再現の自信の減少は構成的な学習による解決の方が遅いのではないか。」という仮説 H3 はその後の2年後、3年後の変容を見なければ判断できないと考える。

仮説 H4 の「構成的な学習による問題解決では、それまでの自信よりも強い自信をもってその解決を再現できることがあるのではないか。」についても、図4を見る限り構成的な学習も教授的な学習もどちらも余り変わらずそれまでの自信よりも強い自信を示す傾向にあり、その後の変容を見て判断したい。

最後に、仮説 H5 についてである。H5 は「構成的な学習による問題解決の方が、解決過程を再改造する可能性があるのではないか。」というものであった。直前の反応結果と変わったところに注目し該当箇所を抽出したものが、表3中の記号「↑(肯定的な反応への変化)」 「↓(否定的な反応への変化)」を付与したものである。そ

れらの個数を表にまとめたものが、表6である。

表6より、再現内容の質的变化としては、教授的な学習による解決の方が構成的な学習と比べてわずかではあるが、妥当な解決へと変化している件数が多い。再現の自信度については、いずれも2ヶ月後から半年後にかけて減少している件数があり、半年後から1年後にかけて自信度が増加する件数が増えている傾向にある。パネル調査により、同一被験者に複数回、当時の問題解決を早期させ回答をさせていることが、再現に影響を及ぼしている可能性もあり、今後の調査結果も踏まえた慎重な検討をしなければならないと考える。

表6：直前の反応結果と変化した内容

直前との変化		2ヶ月後から半年後		半年後から1年後		
		6箇所中		12箇所中		
構成的	内容再現	×→◎	1	△→◎	1	
				◎→×	1	
	自信度		-2	1	2	3
			-1	2	1	1
				-1	1	
		平均	-0.67	平均	0.50	
教授的	内容再現	×→◎	1	×→◎	1	
		○→×	1	×→△	2	
	自信度		-2	1	3	1
					2	1
				1	5	
				-1	1	
		平均	-0.33	平均	0.75	

5. まとめと課題

本研究は、学習者同士の話し合いを重視した構成的な学習と、授業者による解説を中心とした教授的な学習による問題解決を大学生に取り組みせ、学習のしかたによって、その解決の結果や解決過程の理解が時間経過とともにどの程度記憶に留まり、それらの理解がどのように変容するか3カ年の変容を調査するものである。本稿はその途中経過にあたる2ヶ月後、半年後、1年後の状況を報告した。その際、この3カ年研究に取り組む前に着手したパイロット調査から得た5つの仮説についてその検討を進め考察した。

パイロット調査が3ヶ月、本稿の調査が1年と調査期間が異なることや、調査人数が極めて少ないことから個々の被験者の影響が強くてしまっていると考えられることから、なかなか一般性のある主張ができていく結果となってしまっているところが課題であるが、5つの仮

説に対する検証・解釈としては次のようにまとめることができる。

H1 の【再現の差】については、いずれの学習でも余り差はないのではないかと予想していたが、1年後の再現できた人数の割合で注目すると、構成的な学習による解決のグループの方がよいことがわかった。

H2 の【早い時期における教授的な学習の再現自信度の優位性】については、今回の調査においては逆の結果となっていたことがわかった。必ずしも教授的な方がよいとは言えないようである。解決のときの達成感やそのときの取り組み度合いによって変わるのであろう。H2 については取り下げるのが妥当と判断される。

H3 の【再現自信度の減少率】は、パイロット調査では構成的な学習の方が緩やかであろうと予想していたが、いずれもほぼ変わらないことがわかった。引き続き注視する必要がある。

H4 の【再現自信度の増大可能性】は、構成的な学習の方が大きいと予想していたが、今回の調査では逆の結果であった。調査自体の回答が再現に影響を及ぼしている可能性もあり、今後の調査結果を見て慎重に検討していきたい。

最後に、H5 の【解決の修正・改造の可能性】についてである。これもパイロット調査では構成的な学習の方がその可能性は大きいと予想していたが、1年後までの調査では逆の結果であった。今後の調査結果も見て、慎重に検討していきたい。

以上が、5つの仮説を参考にしながら、2ヶ月後、半年後、1年後の変容に注目した考察である。今後、2年後、3年後、同様の調査を行い、その内容を報告する。

6. 付記

本研究は JSPS 科研 JP16K04697 の助成を受けたものです。

7. 参考・引用文献

- 市川伸一 (2008)、『「教えて考えさせる授業」を創る』、図書文化社
- 清水紀宏 (2011a)、算数科指導法としての「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、研究発表資料
- 清水紀宏 (2011b)、「考えさせること」と「教えること」の調和のとれた算数科授業構成に関する研究—不調和をもたらす要因の具体的検討—、第 44 回数学教育論文発表会論文集、pp.201 - 206
- 吉村直道 (2014)、協調的な学力の育成を目指した数学学習の実践研究—「見つめ考え議論する」学習による数学や数学学習に対するイメージの変容について—、日本教科教育学会誌、第 37 巻、第 1 号、pp.1 - 10
- 吉村直道 (2017)、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 ヶ月後、3 ヶ月後の変容に注目して—、全国数学教育学会第 45 回研究発表会、研究発表資料