

数学学習における構成的な学習と教授的な学習による 学習経験の定着に関する比較研究（I）

— 小学校第6学年「比例のグラフ」に関する1年後調査結果について —

（数学教育講座） 吉村 直道

A Comparative Study on Fixation of Learning Experience through Constructive Learning and Instructional Learning in Mathematics Class (I)

— About the survey results after one year on the 6th grade "proportional graph" —

YOSHIMURA Naomichi

（2023年9月1日受付、2023年11月28日受理）

1. 研究の背景と目的

平成29・30年に告示された小・中・高等学校における学習指導要領においては、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善（アクティブ・ラーニングの視点に立った授業改善）の推進が求められている（文部科学省、2018a、pp.1-5；2018b；2019）。これは、これまでの実践にあった一方向的な知識伝達型の学習から、相互作用的な知識構築型の学習へと学習のあり方を問い直していこうとする取り組みである。

筆者は、学習は基本的にコミュニケーションを通して展開されると考えており、こうした学習観、授業観の転換は賛同するものである。しかし、学習者主体のアクティブ・ラーニングにあっては、想定されている学習目標を達成できるとは限らず「学習の質が保証されない」、「評価が難しい」などその難しさが想像される。逆に、転換が求められている知識伝達型の学習においては、学習者たちに対して想定された学習内容の履修が保証されやすく、その学習成果も具体的に評価しやすいなどの利点があることも否めない。

数学学習において、教師の理解を解釈しそれをもとに概念を構成する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自分たちで概念を構成する問題解決的な学習よりも、その価値は低いのであろうか？

本研究では、学習者同士の話し合いを重視した「構成的な学習」と、教師による解説を中心とした「教授的な学習」を通常の学習単元の教育活動に取り入れ、そのときの学習内容が数年を経て、どの程度記憶に留まり、そのときの理解がどのように変容しているかを、小・中学生に対して調査する。そうした学習経験の定着の観点から、義務教育段階での構成的な学習と教授的な学習の効果を比較し、それぞれの優位性を整理することが、本研究全体の目的である。

本研究は当初5年間研究として計画していたが、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、実際の学校現場をフィールドとする本研究は、令和2年度の研究を実質自粛しており、令和3年度～令和6年度までの4年間研究となった。本稿では、令和3年度に小学6年生に行った「比例のグラフ」に関する2つのタイプの授業、構成的な学習と教授的な学習に取り組んだ学習者たちに、1年後、それら授業がどのように捉えられているかを明らかにする。

2. 本研究の概要と本稿の位置づけ

(1) 本研究の全体計画

本研究は、ある国立大学の附属小・中学校に協力を依頼した。多くの児童が同じキャンパスの附属中学校に進学することを活かし、小5～中1の児童生徒を対象に「数と計算」「数と式」「図形」「変化と関係」「データの活用」といった多様な領域の学習内容について、異なる方法で学習した学習者が1年から3年のスパンの時間経過の中で、どのようにその学習経験が印象に残り定着しているかを調査するものである。その研究計画は、次の表1の通りである。

表1：本研究の全体計画

No.	学年	単元名	時期	特設授業(クラス数)			パネル調査		
				R3	R4	R5	R4	R5	R6
1	小6	分数の除法	6月頃			3			1年後(中1)
					3				2年後(中2)
				3					3年後(中3)
2	小5	部分平均から 全体平均	11月頃			3			1年後(小6)
					3				2年後(中1)
				3					3年後(中2)
3	小6	比例のグラフ	11月頃			3			1年後(中1)
					3		1年後(中1)		
				3			1年後(中1)		
4	中1	最短経路の 作図	12月頃			4			1年後(中2)
					4			1年後(中2)	
				4			1年後(中2)		
5	中1	柱体の体積	1月末		4中止				1年後(中2)
									2年後(中3)-中止
				4				2年後(中3)	
6	小5	速さ	2月頃			3			1年後(小6)
					3			1年後(小6)	
				3			1年後(小6)		

本稿ではとくに、表1中のNo.3に記述している令和3年に特設授業を実施し、令和4年にアンケート調査をした研究結果について報告をする。

なお、表1中のNo.5に灰色に網掛けしている部分は、特設授業をお願いしている学校の諸事情により実施することができず中止としたことを表す。

(2) 本研究における2つの特設授業の要件

特設授業において、二つの方法、構成的な学習と教授的な学習に取り組む。その二つの方法の違いは主として、教師から疑問詞を用いた発問の後、考える間(ま)をとり学習者に考えさせるまでは

同じであるが、その後、構成的な学習では、学習者からの回答を基本として授業を展開させるのに対し、教授的な学習では、学習者からの回答の機会を特に設けず教師がそれについての考えを説明し授業を展開させるところにある。

ただし、構成的な学習において、すべて学習者からの回答で授業を展開すると、授業時間内におさまりきらなかったり、当初予定していた授業目標、学習内容に迫ることができなかったりするため、適宜、授業者は介入し、クラス全体での了解、確認をとりながら授業を展開していくことを基本とした。

<本研究での構成的な学習の要件>

- ・疑問詞→問→学習者からの回答
- ・教師による介入は有り

<本研究での教授的な学習の要件>

- ・疑問詞→問→教師からの説明

特設授業の授業者は、中高の数学教諭として12年の経験をもつ、本研究の実施者である筆者が行った。日常の学習内容を利用しての特設授業であるので、学習内容に大きく差が出ても協力校の日常の教育活動に悪影響が及ぶ一方で、異なる学習方法でなければ比較研究できないことから、研究協力校側からの視点と研究側からの視点とを総合的に判断しながら常に特設授業の展開を柔軟に変化させていなければならないため、研究の実施者が特設授業を行った。

実際にどのような授業であったのか、特徴的な様子を抜粋しながら説明していくのではなく、量的データを紹介しながら少しでも客観的に授業の様子を特徴づけながら考察することに努める。

3. 研究の方法

(1) 特設授業の実際

前述の通り、本稿では表1のNo.3の研究報告を行う。特設授業の基礎情報は次の通りである。

表2：特設授業の基礎情報

実施日 2021年11月8日			
時限	クラス	人数	学習の別
2限	6年X組	30名	教授的な学習
3限	6年Y組	29名	構成的な学習
4限	6年Z組	29名	

授業展開の概略は、次の通りである。

(ねらい)

比例の関係を表すグラフのかき方とその特徴を理解する。

(展開)

1. 場面状況を理解し、問題状況が比例関係にあることを確認した上で、「時間を x 分と、水の深さを y cm の関係を表す式 $y=2x$ のグラフを、方眼紙にかいてみましょう。」という課題を共有する。
2. グラフのかき方についての手順を示し、方眼紙上に、表に表されている x 、 y の組をすべて点で表す。まだ、直線で結ばない。
3. 点と点の間について検討する。(1, 2) や (2, 4) の間である $x=1.5$ など、具体的に間の x の値を考え、それに対応する y の値を算出し、方眼紙上に新たに点を加えていくことで、間がどんどん埋まっていく、しかも直線とみなすことができそうだとことを実感し、点を順につなぎ、グラフを完成させる。
4. できあがったグラフを見て、その特徴を述べる。
 - ・直線である。まっすぐである。
 - ・ x の値が 1 増えると、 y の値がつねに 2 増える。
 - ・右上がりである。傾き方が一定である。
 - ・たて軸とよこ軸の交わる点 (0, 0) を通る。
5. 比例のグラフの特徴をまとめる。(0, 0) を通る直線であることを確認する。
6. 授業者が ICT を利用し、グラフの点と点の間を拡大しすき間があることを見せ、「穴を埋めて、比例のグラフは直線で表されるとしたけれども、実際にはまだ穴は完全には埋まっていない」ことを確認して、改めて「なぜ点と点の間も直線で結ぶことができるか。あるいは、点と点の間に穴がなく、なぜつながっていると考えられるのか」について考える。
7. まとめと授業感想を述べる。

上記の活動 1~7 でこの単元の特設授業を展開したが、活動 1~5 については 3 クラスともほぼ同じ展開とし、活動 6・7 において前述の要件に留意しながら、異なる学習方法で特設授業を展開運営した。

その結果、活動 6 で共有した各クラスの考えは次の通りである。

表 3：連続についての特設授業内での理由

X組	教授的な学習	x が時間で連続だから、 y も連続であり、点 (x , y) も連続である。
Y組	構成的な学習	すき間にも点があって、穴がさらにふさがっていくから連続(つながる)である。
Z組		だいたい(ほぼ)直線だから、見た目直線だから、つながっていて直線をひく。

x 組の教授的な学習において事前に用意していた理由は、「 y は、 x を 2 倍したものであり、 x がそもそも時間で、穴のない連続した量である。それが 2 倍に伸びたものが y だから、 y も穴がなく連続であり、 x と y の組からなる点も穴がなく、ズリズリスライドしながら動くから、つながっている。しかも、水は一定の割合で水そうに入っており、一定の割合で増えていっているのだから、折れ曲がることなく、同じペースで増えていくから、直線となる。」というものであり、それを説明し理解を得るように努力した。

構成的な学習の 2 クラスでは、自分たちでその理由について考えた。Y 組においては、間の数を考えそのすき間を埋めていくという活動 3 で考えたものを繰り返したものであるが、具対数を登場させながらの考察ではなかった。ある 2 つの値の半分の x であれば、 y もそれに対応する値の半分となり、ある点とその隣の点に注目すると、その間の点はその 2 つの点の真ん中に現れ、間をどんどん埋めていくようになり埋め尽くされるといったものであった。「それでも穴は空いているのでは？」とゆさぶりをかけても、強固に「それでも埋まっていくから大丈夫」ということであり、その考えをクラスの考えとした。

構成的な学習の Z 組は、「見た目、直線だから、直線をひく」といったトートロジー的な返答であった。問いに対しては十分に数学的とは言えない内容であり、どちらかというと「ほぼ直線、直線になるから、それ以上の考察をする必要がない」といったものであった。

次に、展開された授業の特徴を明らかにするために、「授業を始めます」から「授業を終わります」までの間の発話の書き起こしをして、実際の授業で繰り返された発話量について調べた。ただし、構成的な学習と教授的な学習の比較をするため

に、構成的な学習に取り組んだ2クラスの情報は平均値で要約する。

表4は、授業内の発話量を整理したものである。

表4：特設授業内の発話量

	教授型		構成型 (平均値)	
	全文字数	7260	7013	8888
発話全ターン数	授業者	247	授業者	567
	学習者	72	学習者	129.5
疑問文数	発問	39	発問	61
	確認	17	確認	42
	その他	13	その他	22.5

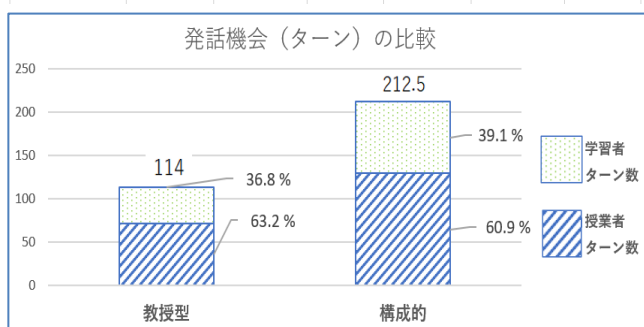


図1：2つの学習における特設授業内の発話ターン

表4の通り、構成的な学習の方が、20%程度文字数が多く構成的な学習の方が発話量の多い授業展開であったことがわかる。当然ながら、児童の文字数が2倍以上、そして児童の発話ターン数（一区切りの発言を1とした発言の回数）も2倍以上となっており、学習者の言葉が授業内で実際に増えていたことが確認できる（表4、図1）。

加えて、クラス全体、学習者たちでものごとを考え結論づけていくために、授業者の疑問詞の利用（疑問文）も構成的な学習の方が多くなっていることが確認できる（表4）。その際、授業者が使用する疑問詞として、例えば「点と点の間はどうなりますか？」などと数学的な検討を促す発問としての疑問文であるときと、「直線とみなしていいですね？」とクローズドな回答を暗示する疑問文の大きく2種類の疑問文を多用していた。前者の疑問文を「発問」、後者の疑問文を「確認」、それ以外の疑問文を「その他」とラベル化し、その情報も表4と図2に表した。

授業者が一方向的に結論づけて展開しない構成的な学習では、授業者による疑問文の使用が実際に増える中で、授業を収束させある一定のレベルの学習内容を保障するために、疑問文を利用して

学習者に学習内容を確認しながら展開しなければならないため、「確認」の疑問文が多くなっていたことがわかる（図2）。

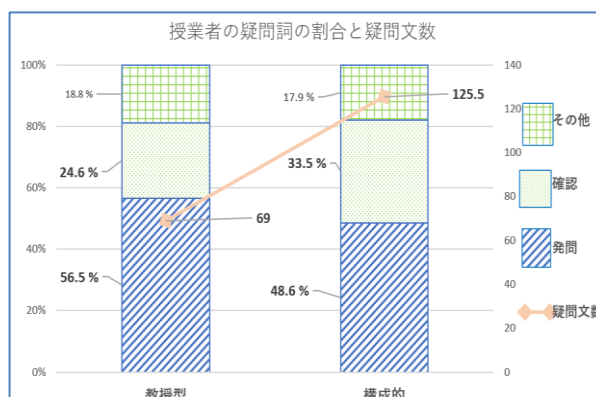


図2：授業者が使用した疑問文についての情報

このような特徴の特設授業を行ったことを踏まえ、アンケート調査の比較検討を行う。

(2) 調査とその考察

2021年に行った特設授業を受けて、1年後、アンケート調査を行い、その授業の捉えについて、下記の3つの項目①、②、③でその把握を試みた（表5）。

表5：アンケート調査の基本情報

実施年月：2022年11月
実施対象：中学1年生（123人）
旧6年X組所属：22人（教授的）
旧6年Y組所属：20人（構成的）
旧6年Z組所属：20人（構成的）

アンケートでは、①1年前の授業を覚えているかと、②正しく比例のグラフを選択できるかと、③「比例の関係を表すグラフが直線で表される」理由について質問し確かめた。下記に、それぞれその具体を述べる。

まず、①の1年前の授業の印象の深さ、記憶の自信度についてである。

下記質問アのように問い、「ア：よく覚えている、イ：まあまあ覚えている、ウ：少し覚えている、エ：覚えていない」の4択で回答を求めた。

質問ア：小学6年生のときに、「比例の関係を表すグラフは、直線で、たて軸とよこ軸の交わる点を通る。」ことを学習しました。そのときの学習、授業を覚えていますか？

その結果は表6、図3の通りである。

表6、図3より、教授的な学習、構成的な学習いずれもほぼ変わりがない傾向で回答が得られ

ていることがわかる。ただし、構成的な学習の方が、肯定的な反応（ア・イ）の中でも「ア：よく覚えている」が教授型より多い結果であった。また、教授的な学習の方が、否定的な反応（ウ・エ）の中でも「エ：覚えていない」が構成型より少ない結果であった。

構成的な学習は、自分たちで展開した感が強く、「よく覚えている」という印象が残りやすい反面、事前に用意された理路整然とした論理展開ではなく、その場で行ったり来たりしながらつくられたものである。「覚えだしにくい」「覚えていない」という感覚に陥りやすくなるのかもしれない。

表 6：1年後の授業記憶についての自信度

自信度	教授型		構成型		Y	Z
	実数	割合	実数	割合		
全回答数	22人		40人		20	20
ア	3	13.6 %	9	22.5 %	3	6
イ	14	63.6 %	20	50.0 %	8	12
ウ	4	18.2 %	6	15.0 %	5	1
エ	1	4.5 %	5	12.5 %	4	1
計	22		40		20	20

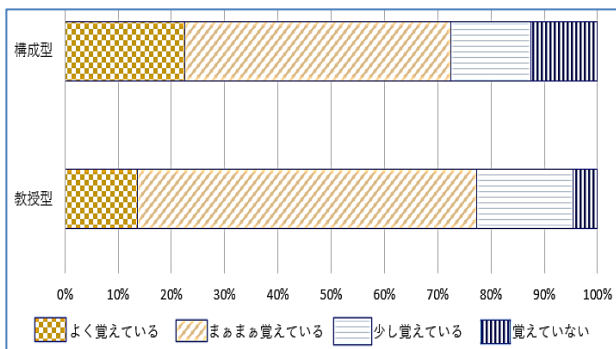


図 3：1年後の授業記憶についての自信度

次に、②の正しく比例のグラフが選択できるかについて、次の質問イで問うた（図 4）。

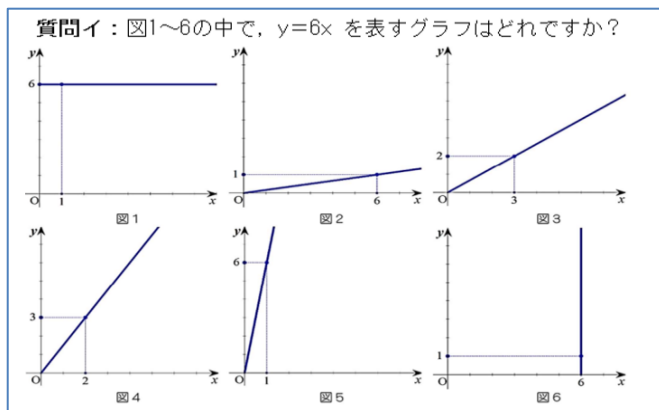


図 4：質問イ

図 4 中の図 5 が正答である。回答の傾向については、二つ学習方法の別でそれほど大きな違いはないが、正答率では教授的な学習の学習者の方が比例の関係を表す式からそのグラフを正しく選択できている（表 7）。

表 7：比例のグラフの理解（知識・技能）

理解	教授型		構成型		Y	Z
	全回答数	割合(%)	全回答数	割合(%)		
図1	1	4.5	1	2.5	1	0
図2	3	13.6	8	20.0	6	2
図3	0	0.0	0	0.0	0	0
図4	0	0.0	1	2.5	0	1
図5（正答）	17	77.3	27	67.5	11	16
図6	0	0.0	0	0.0	0	0
無回答	1	4.5	3	7.5	2	1
計	22		40		20	20

次に質問ウを通して、③の比例のグラフを直線と捉えてよいと考えた理由について問うた。

質問ウ：例えば $y=2x$ のグラフをかくとき、 x と y の対応する値の組を表に整理し、表にしたがって x , y の値の組を表す点を図にかきこみ、そのグラフが直線になることを勉強したと思います。そのとき、なぜ点と点の間も直線で結ぶことができるか。あるいは、点と点の間に穴がなく、なぜつながっていると考えたか、説明してください。

得られた回答を 2 つの相で分類し集計した。1 年前の特設授業で共有した考えであるか否か（A：特設授業での共有した考え、B：それ以外の考え）と、説明が数学的に妥当であるか否か（a：数学的に正しいと言える考え、b：十分に数学的に正しいとは言えない考え、c：数学的に正しいとは言えない考え）の 2 つである。

1 年前に所属したクラスごとの結果をそれぞれ確認する。

まず、クラス Y（構成的な学習）についてである。

クラス Y（構成）では、質問ウに対して、1 年前の授業では「Y：だいたい連続だから／見た目連続だから、つないで直線をひけばよい。」と、その共有を図っていた。1 年前にクラス全員で共有したこの理由がそもそもトートロジー的な論理であり、与えられた問いに対する妥当な解答としては不十分（b）なものであった。つまり、元々は Ab に属し、1 年経って多くの児童が Ba に移っていったと考えられる。Ba の回答として主な考えは、「その間にも無数の数があり、点があつて穴がふさがるから」である。1 年という学習を経て新たにその解答を自分なりに考え、より妥当な解答（a）に移っていったのではないかと推察される。

表 8 : 質問ウに対するクラス Y(構成型)の結果

構成 Y	a	b	c	計
A		2		2 10.0 %
B	17		1	18 90.0 %
計	17 85.0 %	2 10.0 %	1 5.0 %	20

次に、クラス Z (構成型) についてである。このクラスは 1 年前、「点と点のすき間にも点があって、新たにできるすき間にも点ができどんどんふさがっていくから連続 (つながる)。」と共有したクラスである。

表 9 : 質問ウに対するクラス Z(構成型)の結果

構成 Z	a	b	c	計
A	14			14 73.7 %
B	4		1	5 26.3 %
計	18 94.7 %	0 0.0 %	1 5.3 %	19

クラス Z (構成) については、4 人の生徒たちが授業で共有したものは異なる理由を説明しているものの 73.7 %という多くの生徒たちが、1 年前の授業で自分たちが共有した理由を保持することができていた。

最後に、クラス X (教授型) についてである。このクラスは 1 年前、「x (時間) が連続だから、y の値も、点も連続でつながっている。」と教師から解説を受け授業を終えた子どもたちである。

表 10 : 質問ウに対するクラス X(教授型)の結果

教授 X	a	b	c	計
A	6			6 30.0 %
B	13		1	14 70.0 %
計	19 95.0 %	0 0.0 %	1 5.0 %	20

クラス X (教授型) は、授業で教師が説明した理由を 1 年後も保持していた生徒は 30 %と意外に少なかったが、「点と点の間にも点があり埋まっていく」という数の稠密性に言及する理由へと変わっていることが特徴であった。「そもそも x、時間が連続であるから」という教師が説明した理

由が、そのときは理解できていたけれども、実はそれほど腑に落ちているものではなく、時間の経過とともに薄れていき、このような結果となっているのではないかと推察される。

今回のグループに限定される考察ではあるが、総じて、構成的なグループにおいては、自分たちで考えたことであるので、定着もしやすいとともに変更もしやすいのではないかと予想される。授業で共有したままの考えであるのは、教授的な学習グループが 30 %であるのに対し、構成的な学習グループは平均で 41 %、元々妥当な考えであれば 73.7 %であった (表 10、11)。

もしも考えが変更される際、ときに事前に考察した内容より妥当性が低い考察に至ることもあるかもしれないが、それは教授的なグループにおいても起こりうるものであり、構成的な学習だけに限定されるものではない。構成的な学習の方が、より定着しやすいか、もしくは、よりよい考えへと変容する余地があるのではと考えられる。

表 11 : 質問ウに対する構成的な学習グループの結果

構成	a	b	c	計
A	14	2	0	16 41.0 %
B	21	0	2	23 59.0 %
計	35 89.7 %	2 5.1 %	2 5.1 %	39

教授的なグループにおいては、腑に落ちた生徒であれば、そのまま定着されることが期待できるが、やはり自分たちで心底生み出した考えではないので、授業で共有した内容通りでの定着は、構成的な学習よりもその定着は弱いのではないだろうか。ただし、その考えが変容としたとしても、一度は数学的に妥当性の高い考えで理解をつくっているために、それよりも妥当性の低い考えに変更される可能性は低く、Ba の割合が多くなっているのではないかと考えられる。

4. まとめと課題

以上の考察より、授業記憶の自信度、比例の知識・技能に関する理解、比例のグラフが直線となることについての理由の定着・変容についてそれぞれ 2 つ、1 つ、4 つの主張を、今回の特設授業に限定されるものであるが導出することができた。

(授業記憶の自信度)

- R1: 教授的な学習、構成的な学習いずれも肯定的な反応(よく覚えている、まあまあ覚えている)の割合は70%程度であり、ほぼ変わりが無い。
- R2: 構成的な学習は、自分たちで展開した感が強く、「よく覚えている」という印象が残りやすい反面、事前に用意された理路整然とした論理展開ではなく、その場で行ったり来たりしながらつくられた論理展開であるので「覚えだしにくい」「覚えていない」という感覚に陥りやすくなるのかもしれない。

(比例の理解)

- U1: 大きな違いはないが、正答率では、教授的な学習の学習者の方が比例の関係を表す式からそのグラフを正しく選択できていた。

(理由の継続性)

- T1: 構成的なグループにおいては、自分たちで考えたことであるので、定着もしやすいとともに変更もしやすい。
- T2: 構成的な学習の方が、より定着しやすいか、もしくは、よりよい考えへと変容する余地がある。
- T3: 教授的なグループにおいては、腑に落ちた生徒であれば、そのまま定着されることが期待できるが、やはり自分たちで心底生み出した考えではないので、授業で共有した内容通りでの定着は、構成的な学習よりもその定着は弱い。
- T4: 数学的に妥当性がより高い考えで共有がなされれば、それよりも妥当性の低い考えへの変更の可能性は低いと考えられる。

これらの結果については、必ずしも学校教育で扱う学習内容でない問題を対象にしたごく少数に対して比較研究を行った吉村(2019)の結論と、おおよそ整合するものであった。しかし吉村(2019)では、理解の定着においては構成的な学習による解決の方がよい結果であったのに対し、今回のものでは教授的な方法で学習した方が1年

後の理解の様子は好結果であった(表7)。学習の題材や実際の議論過程の違い等によってもそれらの結果は変わると予想される。二分論的に、必ずこちらの学習方法の方がよいとはならないのであろう。

同じ題材でも、類似した学習過程であっても丁寧なその臨床的な学習過程の報告を積み重ね、その中から一般的な主張を導出していく努力が必要と考える。今回の考察は、対象の集団に制限されるものであり、まだまだ仮説を導出したにすぎない。他の事例、他の集団で時間経過した理解状況を確認することを通して、これら仮説の検証をしたり、他の仮説が考えられたりすることはないか、調査を重ねて報告したい。

謝辞

○本研究において、特設授業の実施とアンケート調査に協力をいただきました小学校、中学校のみなさまに感謝申し上げます。

付記

○本研究はJSPS 科研費 JP20K02888 の助成を受けたものです。

引用および参考文献

- 文部科学省(2018a)、『小学校学習指導要領(平成29年告示) 解説 算数編』、日本文教出版。
- 文部科学省(2018b)、『中学校学習指導要領(平成29年告示) 解説 数学編』、日本文教出版。
- 文部科学省(2019)、『高等学校学習指導要領(平成30年告示) 解説 数学編 理数編』、学校図書。
- 吉村直道(2019)、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 -、全国数学教育学会第51回研究発表会、発表資料、2019年12月15日。