

数学教育における教材研究と授業改善の研究VI

— モデルプレートを活用した授業改善の試み —

佐藤 学・重松 敬一・赤井 利行・杜 威・新木 伸次・椎名美穂子

Development of teaching materials and improvement of the lesson in the study of Mathematics VI

— Improvement of the lesson by using "Model Plate" —

SATO, Manabu; SHIGEMATSU, Keiichi; AKAI, Toshiyuki; Du, Wei; ARAKI Shinji; SHIINA, Mihoko

In the last paper, we considered the lesson of the school mathematics about the improvement of the lesson by using "Model Plate".

Until now, We were considering the teaching learning processes to validate the "Model Plate". On this paper, we present a case study that the "Model Plate" has the function of improving of the lesson.

In this case study, the experienced teacher revised lesson plan referring to the "Model Plate", After all, in the revised lesson of a case study, students think in a Developmental Way and present many developmental ideas.

Key Word : Model Plate, improvement of the lesson

I 研究の経緯と本稿の目的

筆者らは、全ての学習者が発展的に考える算数・数学の授業の構築に向けて、発展的に考えることを、「発見的発展」^{註1}と「構造的発展」^{註2}、「新たな発展」^{註3}の3つの状況から捉え、学習者自らが発展させようとする主体性の発揮に向けて、発展的に考える姿の範となる行為に働きかけるモデルプレートを開発し、その機能を明らかにしている(佐藤他, 2017a)。

これまで研究を進める過程において、「モデルプレートを使って、授業をしてみたい」という要望を耳にしてきた。しかしながら、これまでのモデルプレートの使用は、発展的に考えることの内面化を検証するために用いてきたことから、その使用を前提にした授業の構想や設計に留まっていた。発展的に考えることを意図していない授業の展開において、モデルプレートを使用することの検討はしてこなかった。

そこで、本稿では、モデルプレートの活用によって発展的に考えることを意図していない授業であっても、授業計画や実践が改善されることを熟練教師の実践に注目して検討する。

II モデルプレートとこれまでの研究における使用

1 モデルプレート

筆者らは、学習者が発展的に考えることの支援を目的

として、学習者にとって発展的に考える姿の範となる行為(教師の口癖や態度癖等)を、学習者にモデルとして提示し、学習者が発展的に考えることの営みを実行できるよう支援することを意図して、モデルプレートを開発している。モデルプレートは、「発見的発展」→「構造的発展」→「新たな発展」という発展の3つの状況と、それぞれの状況における具体的な数学的活動の局面や学習者の心理を検討し、開発したものである。さらに、「新たな発展」の状況が目的的活動となるよう、3つの幹となるモデルプレートと、18の枝葉のモデルプレートに分けて提示する工夫もなされている(前掲。次頁、表1)。

2 これまでの研究におけるモデルプレートの使用

筆者らは、発展的に考えることがどのように内面化するのかを明らかにするため、モデルプレートを使用し、その機能を検討してきている。具体的には、次の過程で進めてきた(前掲)。

① 検証授業を担当する教師に、授業構想とモデルプレートの使用方法を説明。

* モデルプレートは、「算数名人になろう」の標題を付け、教室前方に常掲した。授業では、「問題提示」→「発見的発展」→「構造的発展」→「新たな発展」というように、発展の状況が変わる局面(後述の表3参照、局面1～4)で、学習者が意識したものを記録

表1：モデルプレート

発展の状況	具体的な数学的活動の局面	学習者の心理	モデルプレート(学習者の範)	
			必ず言う	できたら言う 時間があつたら言う
発見的発展	a. 数量や図形及びそれらの関係に着目する(問題解決の対象化)	気付き	知	a1. 何に目をつける?(幹) a2. 何(何と何)を調べる?
	b. 着目した数量や図形及びそれらの関係について分析する	気付き	的	b1. 何か気付いた?(幹) b2. 調べてみたいことがある? b3. 考えてみたいことがある? b4. 今までとどこが違う?
	h. 数量や図形及びそれらの関係について無意図的に着目・分析する。	気付き	興	h1. 面白い考えだね。 h2. やってみようか。 c1. 何か分かった? c2. 何から分かった?
構造的発展	c. 発見的発展の過程を振り返って数学的構造を明らかにする。	困難 確信	奮	c3. 前の学習と似ているところはある? d1. 同じところはある? d2. 他にあるか? e1. 簡単に分かりやすく表すと? e2. 算数(または数学)らしく表すと? f1. いつでもいえる?
	d. 既知を振り返って統合する。			
	e. 簡潔・明瞭・的確に表す。			
	f. 一般化する。			
新たな発展	g. 明らかにした数学的構造と既知や身の回りの問題を振り返って、さらに発展的に考える。	気付き		g1. この後どんなことができるのか。(幹) g2. 数量を変えてみると? g3. 条件を変えてみると? g4. 場面を変えてみると? g5. 視点を変えてみると?

(前掲を加筆)

することにした。

② 検証授業を担当する教師が指導案を作成。

このように、これまでのモデルプレートの使用は、その使用を前提にした授業の構想や設計であった。

学校現場で交わされる「教材研究に始まって、教材研究に終わる」の言葉がある。授業の中核は、指導する教材研究にあって、指導法の工夫がそれに取って代わることはない。これまでの検証授業についても、教材分析を行った上で、モデルプレートの使用を検討したところである。しかしながら、第1章で取り上げた要望に応え、モデルプレートによる授業改善を展望するならば、発展的に考えることの支援を意図していない日々の授業をモデルプレートの活用によって、発展的に考えることを意図する授業へと変容することが可能か、検討する価値がある。

III モデルプレートの活用による授業改善の実際と考察

1 モデルプレートの活用による授業改善モデル

モデルプレートの活用による授業改善の過程について、「メタ認知の内面化の過程のモデル」を参考に、次の7段階を設定した(重松他, 1993)。

① 授業者が、モデルプレートを受け止める気持ちになっている。

- ② 授業者が、自ら作成した指導案等について、発展の状況や具体的な数学的活動の局面、モデルプレートの内容と照らし合わせ、検討する。
- ③ 授業者が、モデルプレートから発展的に考えることの営みに気付き、一時的に記憶する。
- ④ 学習指導の準備段階や、実際の学習指導のプロセスにおいて、一時的に記憶された発展的に考えることの営みやモデルプレートを意識する。
- ⑤ 実際の学習指導のプロセスにおいて、意識している発展的に考えることの営みに関わる場面を捉え、モデルプレートによる支援を実行する。
- ⑥ ⑤によって発展的に考えることができ、認知的にもうまくいったことを確認する。

2 調査の方法について

(1) 調査の進め方

調査は、次の過程で進めた。

- ① 教員Mに、指導案の作成(第1次指導案)を依頼。
* 教員Mがこれまで指導案を作成してきた手続きで進めてもらうことにした。
- ② 教員Mに、モデルプレートの内容とこれまでの使用方法を説明。
- ③ ②の説明を受けて、教員Mが指導案にモデルプレ

トを位置付ける。

- * 教員Mが指導案の内容変更することを許容した。
 - * 最終の指導案（第2次指導案）が完成した後、教員Mに、モデルプレートの位置付けと変更の意図をインタビューした。
- ④ 完成した指導案による授業実践を行う。
- * 授業実践は、教室後方よりビデオ撮影を行い、発展の状況を確認した。
 - * 授業実践の対象となった児童を対して「新たな発展」として取り組みたいことやその理由について、アンケートを実施した。

(2) 教員Mについて

授業実践を依頼した教員Mは、算数・数学を専門とし、教職25年を有する。公立小学校教諭、国立大学附属小学校教諭、算数・数学教育専門監^{註4}、県教育庁指導主事を経て、現在は県総合教育センターの指導主事である。また、算数・数学教育に関する授業実践や実践研究に数多く取り組み、全国的にも高く評価されている。

(3) 授業実践「変わり方」について

授業実践で扱う第4学年「変わり方」は、関数の考えの基礎であり、伴って変わる2つの数量の存在に気付き、変化の様子を表に表して調べることができることを目標とする。

伴って変わる2つの数量の関係は、具体的な場面からの数量の取り出しから始めるが、値の組だけでは捉えにくく、対応する値の組を順序よく並べて整理する必要がある。そこで、教員Mは、全6時間の指導計画を立て、その第1時「伴って変わる二つの数量の関係に着目し、表の見方を知り、表や式を用いた考察（和一定）」の指導案（本時案）を作成した。

3 指導案と授業実践の考察

(1) 第1次指導案と第2次指導案について

教員Mは、第1次指導案を2017年8月28日に作成し、第2次指導案（新算数教育研究会、2017）を9月8日に完成した。

① 第1次指導案

まず、第1次指導案について考察する。

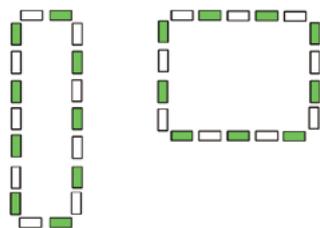


図1：籤18本でつくる長方形の例

教員Mが作成した第1次指導案は、教科書（清水、2014）の問題場面「籤を18本使って、いろいろな長方形をつくりましょう（図1）」で始まるが、次の3点で工夫がなされていた。

ア. 取り出した値の組（不完全な表、図2）から、変化や対応についての気付きを取り上げることになっていた。

縦の本数(本)	4	5	6
横の本数(本)	5	6	3

図2：不完全な表（籤18本の場合）

イ. 表から関係を捉えた言葉の式「(縦の本数) + (横の本数) = 9」から、和の9についてその意味を考えることにしていた。

ウ. 表で調べたことを基にして、さらに考えてみたいことがないかと問うことにしていた。

アの工夫については、値の組から直感的に捉えた変化や対応が、その後に取り出す値の組にもいえるか、主体的に調べることを意図したものと解釈できる。縦の本数を予め「1, 2, 3, 4, 5」と決めて、横の本数を調べさせるという表の枠組みを前提にした指導が多いが、それとは異なる。また、イの工夫についても、関係式に表して終わりではなく、問題場面に戻ってその関係を解釈しようとするものである。関係式への表現は往々にして形式的手続きとなっていることが多い。概念的知識となるよう、児童の心理を揺さぶる工夫だと解釈できる。このように、教員Mの教材研究や授業構想が高次なものであることを示している。

また、ウの工夫からは、第1次指導案の状況から教員Mが発展的に考える授業を展開しようとしていることが読み取れる。

② 第2次指導案について

第2次指導案は、第1次指導案から次の点に変更されていた。

エ. 問題場面で扱う籤の数が18本から14本へと変更していた。

* 教員Mは「14本にしても、変化や対応の考察は十分可能である」との考えで、少なくしたという。籤の操作は難しく、1つの長方形を作成するにもかなりの時間を要す。実際の授業実践（後述）では、14本と少なくしたにも関わらず、6分の時間を要していた。

オ. 長方形の作成にあたって、児童が意識した長方形の性質について問うことに変更していた。

* 長方形の性質について、第1次指導案では確認するという扱いに留まっていた。教員Mは「長方形の性質

が使えることへの気付きを顕在化することにより、効率のよい作成や、長方形の変化や対応を図形的考察につながる」との考えで、変更したという。実際の授業実践では、「向かい合う2組の辺の長さは等しい」という性質を挙げる発話が見られた。

カ. 発見的発展を意図するモデルプレート「a2. 何を調べる」を、「縦が3、横が4の長方形を1つ作ってみて何か調べたいことはありますか?」に変更していた。

* 教員Mは「変わり方について初学の児童は「a2. 何を調べる」と問うても、いろいろな長方形をつくることのできるということに意識できていない」の考えで、モデルプレートの提示を工夫したという。

キ. アの場面において、「c1. 何か分かった?」と「c2. 何から分かった?」のモデルプレートが加えられていた。

* 教員Mは「児童は、値の組が散在している表への違和感を持っている」との考えで、モデルプレートを位置付けたという。

ク. 言葉の式を視点変更による発展として位置付けていた。また、言葉の式でも、変化や対応の考察を行い、変化や対応を視点にして表と言葉の式を統合することに変更していた。

* 教員Mは「表から関係を捉え式に表すことは初学であることから、式に表すことには教師から導くものの、その後の振り返りによって、表から式へと発展していると気付けるようにしたい」との考えで変更したという。

ケ. さらに、図についても、視点変更による発展として位置づけ、表や言葉の式と同様に、変化や対応の考察を行い、変化や対応を視点にして表と言葉の式と統合することに変更していた。

* 教員Mは「図についても、図への視点変更は教師から導くものの、その後の振り返りによって、表→式→図と関係付けて、発展していると気付けるようにしたい」との考えで変更したという。

コ. 「新たな発展」として問題発見することを、見方・考え方の成長として位置付けていた。

(2) 授業実践について

授業実践は、10月28日に、神奈川県A市公立B小学校第4学年児童25名を対象に実施された。授業実践は、次に示す4点において異なっていたものの、第2次指導案どおり展開された。

サ. 授業が始まる前に、既習の図形を想起する活動があった。教員M、児童が挙げた図形^{註5}の中から長方形を取り上げ、問題場面になっていた。

シ. 第2次指導案では、長方形をつくる活動によって取り出す値の組は、図2の3組であったが、実際には5

組が取り出された(図3)。

ス. 第2次指導案では、表を横に見て生まれたこと(表の数値が順序よく並んでいないこと、縦が1増えると横が1減るという変化)から気付くという想定であったが、実際には表を縦に見ることからの気付き(和一定)から示されていた。

縦の本数(本)	3	2	6	5	1
横の本数(本)	4	5	1	2	6

図3：不完全な表(籤14本)

セ. 表から関係を捉え式に表す場面では、「c2. 算数らしく表すと?」のモデルプレートが教員Mから示されたが、言葉の式に表すことの意味が伝わらず時間を要した。

これまでの検証授業は「新たな発展」に進むことが難しかった。しかしながら、授業実践は、「他の図形についても調べたい(g3. 条件を変えてみると?)」、「本数を変えて調べたい(g2. 数量を変えてみると?)」、「籤を敷き詰めて調べたい(g3. 条件を変えてみると?)」の発話が示されており、「新たな発展」に進むことができていた。

表2：児童による「新たな発展」を考えた理由ときっかけとなる場面

発話内容	考えた理由	場面
図形変更	いろいろな形で調べてみて、縦の何本、横の何本かを調べてみたいから。	図から変化や対応を調べた場面
本数変更	もっといっぱい数を増やすと、ほかの形もできそうだし、長方形も巨大にできそうだから。	図から変化や対応を調べた場面
敷き詰め	くっつけても法則があっっておもしろそうだったから。	表から変化や対応を調べた場面

(3) 事後調査(「新たな発展」への展開)について

まず、「新たな発展」として発話した3名に対し、「新たな発展」を考えた理由とそのきっかけとなる場面について尋ねた(表2)。

また、「新たな発展」として示された発話を受けて、他の児童も「新たな発展」に取り組みたいと考えたのか、取り組みたいと思った発話(表3)とそのように思ったきっかけとなる場面(表4)についても尋ねてみた。

表3：「新たな発展」として取り組みたいもの

図形変更	本数変更	敷き詰め	全て反応
19	16	16	3

*表2の3名を除く22名。

表4：「新たな発展」のきっかけ

表	言葉の式	図	その他
6	6	9	0

*表2の3名を除く22名。

*ただし、表、言葉の式、図のいずれにも反応がなかった児童が1名。

教員Mがモデルプレートによって指導案の見直しを図ったことは、「新たな発展」へと展開することにつながっただけでなく、表2、表3、表4の結果から明らかのように、児童の多くが発展的に考えることを意識することにもつながっていた。特に、表4からは、表の考案の段階から学級児童の $\frac{1}{4}$ が「新たな発展」へのきっかけとしており、「発見的発展」のモデルプレートが機能しているといえる。「新たな発展」へと展開したこの状況は、佐藤他（前掲）の「発展的に考えることの内面化モデル」でいう4の段階であったといえる。

(4) 議論

これまでの考察より、授業実践は、次の2点から本研究が構想する授業を具現するものであった。

○発展的に考える姿の範となる行為に働きかけるモデルプレートの機能が確認できること。特に、「新たな発展」へと展開するにあたって、発見的発展のモデルプレートが機能すること。

○翻って、発見的発展のモデルプレートを働きかけることによって、「新たな発展」へと展開すること。

教員Mの力量から推察すると、第1次指導案の状態であっても、同様の展開を確認することができたのではないかと、考える。しかしながら、授業実践後に実施した教員Mへのインタビューで得た次の言葉に注目すると、第1次指導案からのモデルプレートによる練り直しがあつてこの授業が実現したと考え直すことができる。

このモデルプレートを意図的に入れるところはないかと本時案を考え直したとき、先生が答えを半分言っているような発問が見つかり、子どもが自ら見つけていけるような発問を増やすことができました。

この言葉から、第1次指導案よりも第2次指導案で授業実践に取り組んだことが、成果につながったと考えられる。さらに、授業改善を図る機能がモデルプレートにあることも示唆している。

例えば、前述したカの場合は第2次指導案に示すとおり、次のやりとりが見られた。

T：先生もつなげてみます（黒板には縦に籤が3本並んだ図があり、その続きも並べて長方形を完成させることを意図している）。

T：（籤を並べながら）あつてる？

C：あつています。

T：あつてる？

C：あつています。

T：（縦3、横4の長方形が完成しかかったところで）

縦3のときは、みんなどうなった？

C：横4になった。

T：他に調べたいことはありますか？

（下線は筆者らによる。）

多くの教師は、同様の場面において「次は、縦3なら、横いくつ？」と発している。「横いくつ？」と発することは、「横の本数を数えてほしい」という教師の意図が明確になることから、児童は迷いなく横の本数を数えるという作業が行える。また、教師の側も意図どおり児童が横の本数を数えるという作業を行うので、学習が円滑に進んでいると安心できる。授業展開の円滑さを評価する授業観（「ていねいな指導、ていねいな授業」と称されるもの）では、このように発することを的確な発問とするが、縦の本数に伴って変化する横の本数への着眼を教師に奪われているのであるから、これは単なる作業の指示といわざるを得ない。第2次指導案からも、さらに改善を試みてこの発問に至ったのは、先述の「先生が答えを半分言っているような発問が見つかり、子どもが自ら見つけていけるような発問を増やすことができました」の言葉にあるように、モデルプレートが授業改善を図る機能を有しているといえる。「ていねいな指導、ていねいな授業」が再考されるきっかけをモデルプレートは有していると期待したい。

IV 今後の課題

本稿において、モデルプレートが授業改善を図る機能があることを明らかにすることができた。

今後は、中堅教師や若手教師にも同様に授業改善を図ることが可能かを明らかにするとともに、授業改善モデルについても検討する。



本稿は、6名による共同研究である。佐藤が全章を執筆し、授業実践の考察については重松、赤井、杜、新木、椎名が担当した。

謝辞

本研究の授業実践にご理解とご協力をいただきました横浜市立山下みどり台小学校教諭の渡辺将道先生と第4学年2組児童の皆さんに感謝申し上げます。



本研究は、JSPS 科研費 15K04390 の助成を受けたものです。

註

- 1 発見的発展について、「構造的な発展のきっかけを生み出す、当面の問題（狭義の意味）から次の問題（狭義の意味）へと発見的な気づきの過程」と捉えている（佐藤他, 2017b）。
- 2 構造的発展について、「構造化に向けて新しく見出した概念や性質をより広い立場にも適用しようとすることの「統合」の働きと、その構造化に向けた「簡潔・明瞭・的確」と「一般化」の働きと、その過程」と捉えている（前掲 2017b）。
- 3 新たな発展について、「発見的発展の過程で得た知的欲求

により、構造化した概念や性質を、「数値を変える」「場面を変える」「数値と場面を変える」「考察の視点を変える」を行い、新たに発展させる過程」と捉えている（前掲 2017b）。

- 4 教科指導に卓越した教諭を県教育委員会が認定し、地区の教科の中核として実践的に指導改善の支援を行う。
- 5 円、正三角形、二等辺三角形、直角三角形、正方形、平行四辺形、台形、菱形、長方形が想起された。

文献

- 佐藤学・重松敬一・赤井利行・杜威・新木伸次・椎名美穂子 (2017a)：学習者が発展的に考えることを支援するモデルプレートの開発とその検証，数学教育学論究，99 巻，臨時増刊号，pp.9～16
- 佐藤学・重松敬一・赤井利行・杜威・新木伸次・椎名美穂子 (2017b)：学習者が発展的に考えることを支援するモデルプレートの開発とその検証，日本数学教育学会第 50 回秋期研究大会発表資料
- 重松敬一・勝美芳雄・上田喜彦 (1993)：数学教育におけるメタ認知の研究 (8)―子どもへのメタ認知の内面化に関する調査研究―，第 26 回数学教育論文発表会論文集，pp.97～102
- 新算数教育研究会 (2017)：「変わり方」学習指導案，第 33 回小学校算数教育全国（横浜）大会学習指導案集，pp.48～50
- 清水静海・他 59 名 (2014)：わくわく算数 4 下，新興出版社啓林館，pp.80～82