

# 問題解決停滞におけるメタ認知的支援に関する研究

(2019年2月28日 受理)

秋田県総合教育センター 椎名 美穂子

## 要約

本研究の目的は、数学問題解決者の問題解決停滞の局面において、より自律的な問題解決を促すために必要な教師のメタ認知的支援の在り方について提案をすることである。

重松・椎名(2019)の先行研究から、解決者が問題解決停滞の状態では「無反応であるため、待つよりも分かり易い説明をしたほうがよい」と教師が判断してしまい、教師主導になること、安易に認知の支援が行われること、自律的な解決を促すメタ認知的支援は行われにくいことが見えた。そこで、認知とメタ認知の支援が行われやすい問題解決停滞の局面を取り上げて観察し、分析を行った。

その結果、認知的支援(積極的支援)とメタ認知的支援(消極的支援)を対立的で二者択一的に捉えるのではなく、その2つの架け橋となる「解決者の思考文脈にある数学的な認知的内容を取り上げて行う支援(半消極的支援)」の必要性が見えた。そこで、問題解決停滞の局面からの考察から、メタ認知的支援への移行を図るための「積極的支援」「半消極的支援」「消極的支援」の3つの段階モデルを提案する。

キーワード：メタ認知的支援、問題解決停滞、積極的支援、半消極的支援、消極的支援

## 1. はじめに

認知的活動への指導だけでは、自律的な問題解決能力を高められないため、メタ認知的支援の必要が指摘されている(重松他, 2013)。

実際の授業では、解決者の鉛筆がとまるなどの問題解決停滞と見られる局面については、「発問しても反応がないことに不安がある」「沈黙したときは分かりやすく説明してあげた方がよい」等と教師が判断し、解決者の思考過程よりも表面的な反応に左右されて認知の支援を優先してしまう場面が見られる。また、解決者はそのような教師の支援を受けて容易に解決できた経験から、知識・技能が十分にあるにも関わらず、認知の支援を求めがちであったりするといった実態が見られる場合もある。

そこで、本研究では、数学的問題解決の中で、鉛筆がとまるなどといった解決者の問題解決停滞の局面に注目し、自律的な問題解決を促すメタ認知的支援の在り方を明らかにすることを目的とし、問題解決停滞の状態から思考促進の状態につながる具体的なメタ認知的支援の特徴を捉えて提案する。

## 2. 研究の内容

### (1) 認知的支援とメタ認知的支援の対立的で二者択一的な構図

問題解決停滞の局面において一般的に行われる指導とは、重松・椎名(2019)が取り上げているように、メタ認知的支援が視野にない「認知への直接的な支援」である。例えば、教師が「この式は因数分解ができないから、解の公式を使って計算しましょう」「 $\sqrt{\quad}$ の中がプラスであれば、2点で交わります」といったように説明してしまい、解決者が自己判断する場面を設定せずに理解させ、実行させるといった指導である。

自律的な問題解決能力を高めるためには、認知的活動への指導だけではなく、メタ認知的支援が必要であるとの指摘がある。(重松他, 2013)。

しかし例えば、「前にやったことはあるか」といったメタ認知的支援をしても、既習内容の選択、既習内容の活用といった認知的活動につながらない場合もあり、そのようなアクセスできない経験の積み重ねによって、教師も解決者もメタ認知的支援は有効でないと判断し、実際の授業では用いられにくい実態もある。

このような場合は、認知的支援とメタ認知的支援が対立的で二者択一的な構図にあると言える。

## (2) 一体的、移行的な構図

認知的支援とメタ認知的支援は、対立的で二者択一的な構図であると捉えるということに対して、重松他はメタ認知的支援を継続的な指導から、メタ認知的知識が増大することを明らかにしている。例えば、小学校中学年の算数作文について、メタ認知的支援を継続的に行い、「環境を整える」「段階に応じた適切な支援をする」「よさを実感させる」「習慣化を図る」の指導段階を設定し、「特定の問題の解決に関する記述の段階」がほとんどであった状態から、「特定の問題からの疑問や類推・一般化をはかる段階」が増え、一部には「より一般的なメタ認知的知識が記述される段階」も見られる状態に変容したと述べている（重松他，2002）。つまり、メタ認知的支援が有効かどうかは、適切な教師の指導によると言える。重松・椎名（2019）も、「前にやったことはあるか」といったメタ認知的支援だけではなく、「因数分解ができない時はどうしたか」といった数学的な内容と関連したメタ認知的支援の必要性があると指摘している。

これらのことから、認知的支援とメタ認知的支援を対立的で二者択一的に捉えるのではなく、一体的に捉える必要があると考える。また、メタ認知的支援が容易に成立しないとする場合は、適切な指導により、認知的支援からメタ認知的支援へと段階的に移行していく支援が必要であると考えられる。

そこで、認知的支援を積極的に行う「積極的支援」と、認知的支援を控えてメタ認知的支援を行う「消極的支援」とし、「積極的支援」から「消極的支援」へと移行する支援のイメージを考えた（図1）。

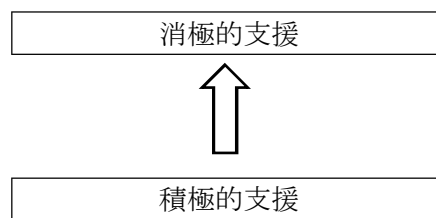


図1 積極的支援から消極的支援への移行

## (3) 消極的支援の発問について

問題を解くことができずに問題解決停滞になってしまうのは、G. Polya (1954) にあるように、解法を発見する前段階としての「手がかり」が掴めないためである。その手がかりを与える方法が問題解決ストラテジーであり、解決者が主体的に問題解決に向かうことにもつながる。

認知的支援を控えたメタ認知的支援について、重松他（2013）の研究では、表1のように、メタ認知を育成する教師の役割として「全体の代行（モデルとしての役割）」「部分的な代行（モニターとしての役割）」「部分的な代行（評価としての役割）」を挙げている。モニターや評価といった部分的な代行とは、解決者の気付きや発見といった反応を捉えて行う支援のことである。

また、佐藤他（2017）の「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」の研究では、問題解決を主体的に促す手立てとしての発問を整理し、教師の意識と状況に有効となる発問をまとめている（表2）。

これらは、解決者自身も持っている問い等を教師が自覚化させたり、自律的な問題解決に促したりするために有効な支援である。

## (4) 問題解決プロセスと問題解決停滞

G. Polya (1954) は数学の問題解決のプロセスを「①問題を理解すること」「②計画を立てること」「③計画を実行すること」「④振り返ってみるこ

表1 メタ認知を育成する教師の役割（重松他，2013）

全体の代行（モデルとしての役割）	部分的な代行（モニターとしての役割）	部分的な代行（評価としての役割）
<ul style="list-style-type: none"> <li>・わからないことは何かを考える</li> <li>・ことが大切だね</li> <li>・わかるところまでやってみよう</li> <li>・頭の中でかいてみよう 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前にやったことがないかな</li> <li>・少し整理ができないかな</li> <li>・他の考え方はないかな</li> <li>・これでいいかな 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・これで、いいね</li> <li>・おもしろい方法だね</li> <li>・数値が合わないよ</li> <li>・この方法でできるね 等</li> </ul>

表 2 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 (佐藤他, 2017)

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)
	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	a2. 何(何と何)を調べる? 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? h1. 面白い考えだね。 h2. やってみようか。
	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周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?

と」の4つに分けている。そのうち、問題解決停滞が起こりやすいのは①②であり、手がかりを模索するための力が必要である。G. Polya (前記)の「もしも与えられた問題が解けなかったならば、何かこれと関連した問題を解こうとせよ」「これに似た問題は考えられないか」等の手立てを参考にすると、その力とは、再度、新たな関連を探し直したり(既習内容と関連付ける力)、新たに似た問題を考え直したり(似た問題や同じ問題を検索する力)、視点を変えたり(視点を変える力(再関連付け, 再検索))することであり、解決者の状況によって、教師がこれらの力を代行する支援

が必要と考えた(図2)。

### 3. 調査について

#### (1) 調査の目的と方法

解決者側からメタ認知的支援の在り方を検討するために、調査問題(図3)において、教師による認知の支援が行われやすい問題解決停滞の局面を取り上げて観察し、分析を行った。停滞の局面は図2の①②と想定する。

問題解決停滞(以下、停滞とする)とは、積極的支援を必要とする状況であるとし、その要素について考えた(表3)。なお、解決者が自力で解決に向かうことの妨げにならないよう、誤った認知で考えている場合でも、試行錯誤の時間を保障することとする。

表3 積極的支援を行う際の要素(問題解決停滞の要素)

ア 発想が生まれなかったり、同じ発想にこだわったりして、計算する、図をかく、表で調べるといった数学的行動がとまる。
イ 発想を変えようとしているが、うまくいかないため、「だめだ」「できない」「分からない」といった否定的な言葉を発する。
ウ 新たな発想で取り組もうとしているが、打開できないため、数学的行動がとまる。

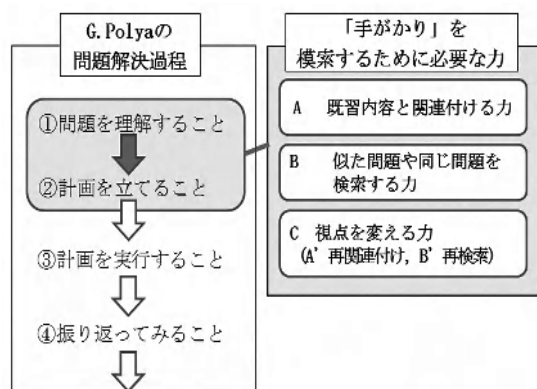


図2 問題解決停滞が起こりやすい局面と「手がかり」を模索するために必要な力

## 問題解決停滞におけるメタ認知的支援に関する研究

図1の角に二等分線を引こうと思っていましたが、図2のように紙が破れてしまい、角の一部がなくなってしまいました。

コンパスと定規を用いて、図2の角に二等分線を引いてください。

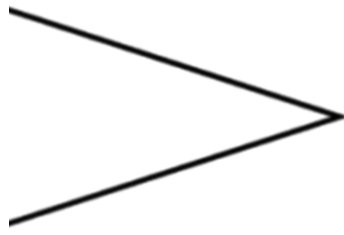


図1

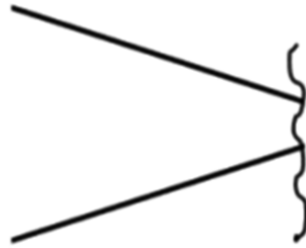


図2

図3 調査問題

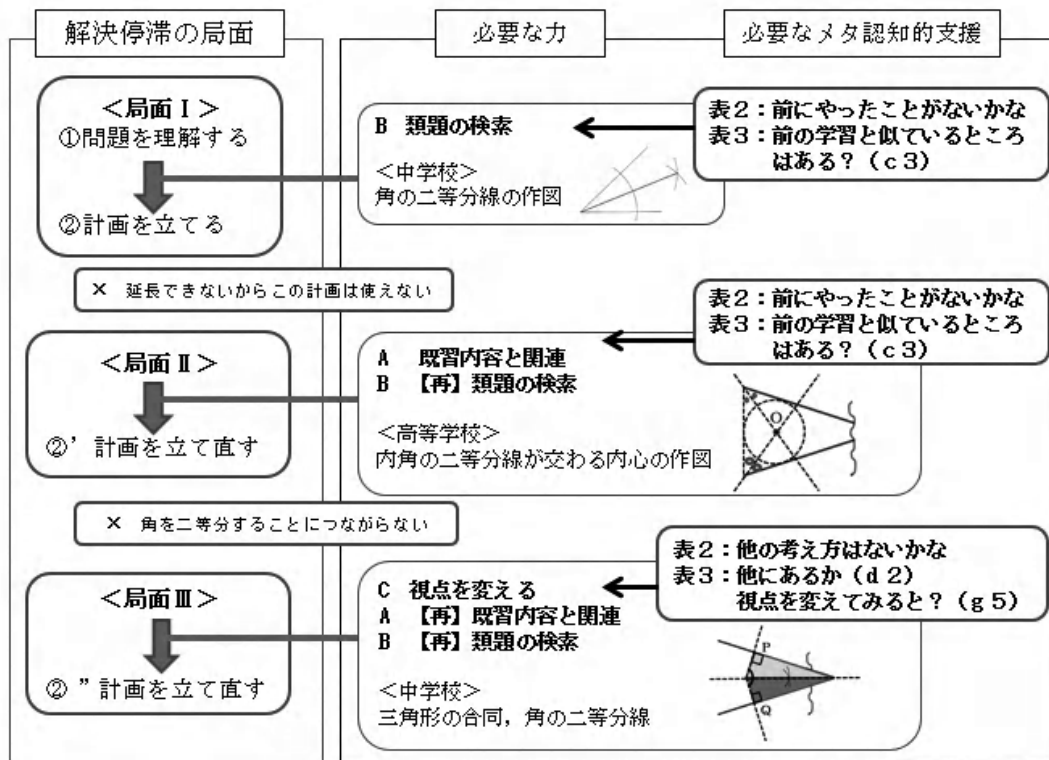


図4 問題解決停滞の局面における想定

筆者は次の3つの停滞を想定した。

## &lt;局面 I &gt;

「この問題はどこかで見たことがある問題だ」と類題の検索をされると考えられる。そこで、中学校で学習する角の二等分線の作図の問題を思い出すが、一部が切れているために、この方法は使えないことに気付くと考える。類題として見つけた角の二等分線の作図の仕方を用いることしか浮

かばない局面と考える。

## &lt;局面 II &gt;

再度、類題を検索し、高等学校で学習する三角形の中にある円の問題と関連付けるのではないかと考える。しかし、角の二等分線の交点である内心を見付けられない局面であると考えられる。

## &lt;局面 III &gt;

円の内心だけでは解決できないため、二等分す

る直線を作るもう 1 点を探すが、見付けられない局面であると考え。

このように停滞の局面を想定し、解決者が誤った計画であることに気付いたり、新たな計画に立て直したりして解決に向かう必要な力を、図 2 を基にして順序立てて考えた。

まず、「B 類題の検索」を行い、中学校で学習したような角の二等分線ではできないことを認識し、「A 既習との関連」「B【再】類題」の検索を行うことによって内心を見付け、「C 視点を変える」ことにより、内心から 2 つの直線に垂線をおろして合同な 2 つの三角形を考えることになると考える。それらの必要な力を引き出すために、表 1 と表 2 を基にしてメタ認知的支援を考え、問題解決停滞の局面における想定をした (図 4)。

問題解決過程の記録については、ビデオ、事後アンケート、インタビューを行い、プロトコールに起こす。調査後は、インタビューやアンケートからの補完を行った上で、停滞の局面を確定し、支援についての分析と考察を行う。

## (2) 対象者と調査問題

数学的問題解決の際に、認知にアクセスする可能性が高くなり、解決が十分可能な大学生を対象として個別に調査を行う。

調査時期：2019 年 1 月 1 日

調査対象：国立大学理系 1 年生 1 名

調査者：筆者

調査問題：コンパス・定規を用いる作図

作図の問題は、停滞の局面が分かり易く、支援のタイミングが図りやすいと考えたからである。また、過去に獲得している「角の二等分線」や「内心」を考える経験は大学ではないため、メタ認知的支援をする必要性が生まれると考えた。

停滞については表 3 を基に判断する。調査を始める際には、「切れている部分の紙面には作図ができないこと」「示されている二辺の長さは等しいとは限らないこと」の 2 つを伝えることとする。

## (3) 実際の調査について

学生は、調査後に行ったアンケート (表 4) では、問題が「難しい」と答えているが、解決するための知識等については、全てあったことをインタビューで確認した。また、調査の前後は「挑戦」「自信」を選択しており、前向きに取り組もうと

していたことが分かり、声かけについては「役に立つ」を選択していた。

表 4 調査のアンケート

問題はどうか	大変難しい	難しい	易しい	大変易しい
解く前の気持ちはどうか	自信	挑戦	不安	その他
声かけは役に立ちましたか	とても役に立つ	役に立つ	ほとんど役に立たない	なくても大丈夫
解いた後の気持ちはどうか	自信	挑戦	不安	その他

※自分の気持ちに当てはまるものを選択するよう指示した。

調査の観察からは、想定とほぼ同じように停滞の局面は 3 つ見られた。しかし、調査後のインタビューから、想定局面 II については試行錯誤を繰り返していたということが分かり、停滞の局面は想定した局面 I と局面 III にあたる 2 つであることが分かった。また、学生は最後の局面での具体的な支援が役に立ったと答えた。

<実際の停滞 1 つ目の局面：図 5 >

学生はインタビューで「最初、なかなか方針が浮かばなかった」と答えている。プロトコールの「これはどうしよう」「これは分からんな」「延長したい (けどできない)」という発言からも分かるように、学生は切れた部分の直線を延長させる計画を立てたものの、その解決不可能な計画からなかなか抜けられないで困っていた。そこで、筆者は、角の二等分線との関連ではなく、別の認知にアクセスできるようにする必要があると考えた。「積極的支援を行う際の要素」としたア、イ、ウが重なった局面では、「視点を変えてみたらどうか」「他の図形に視点を変えて見たらどうか」の 2 つ支援を行った。2 つのうちの前者の支援によって平行線 (線) から四角形等 (面) へ視点が変わった。その後、「こうやってはだめだしな」とあきらめようとして停滞したことから、筆者は「(四角形とは) 別の図形に視点を変えてみたらどうか」という支援を行った。この局面について、学生はインタビューで「なかなか方針が浮かばなかったが、方針が見えてくるきっかけとなったのは、二本の直線 (延長線や平行線) として扱っていた際、発想を変えるように言われた時だった」「四角形が思いついて、別の図形に発想を変えるように言われた時に、三角形を考えたことが見つかった」と答えている。このように、思考の文脈に沿った支援によって解決に向かったことから、「三角形について考えてごらん」といった積極的支援を行わなくてもよいことが分かった。また、学生は「前に似たようなことがあるか

問題解決停滞におけるメタ認知的支援に関する研究

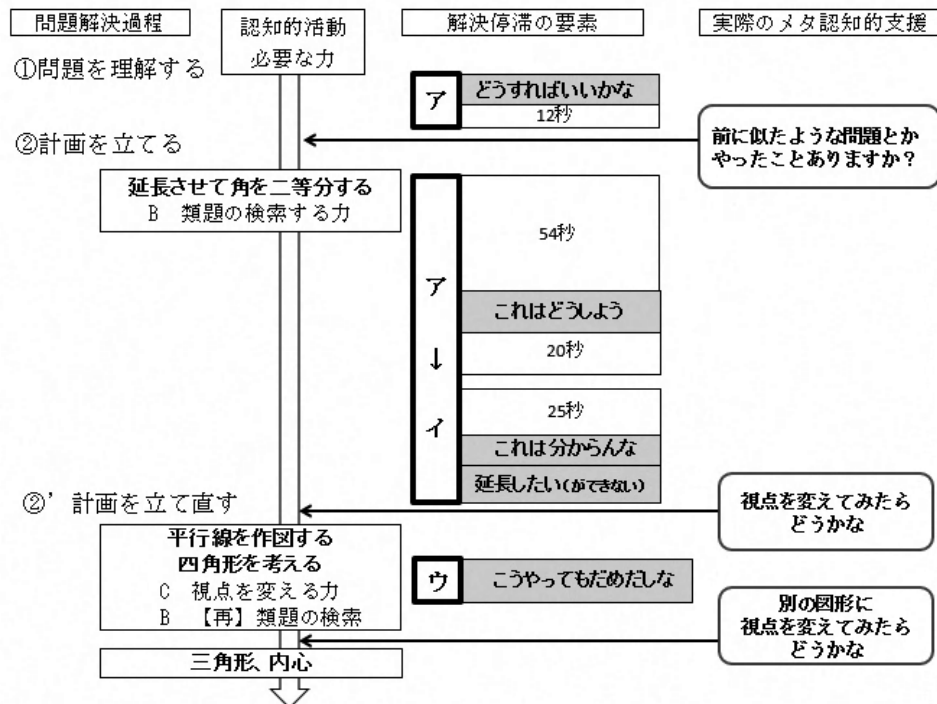


図5 実際の問題解決停滞の1つ目の局面

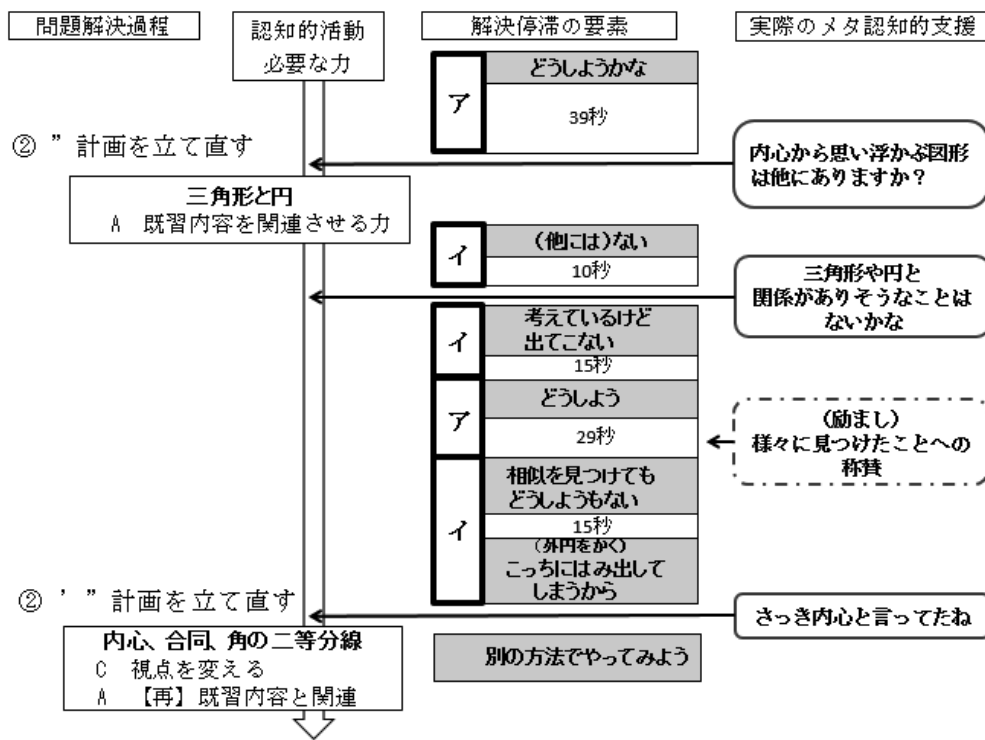


図6 実際の問題解決停滞の2つ目の局面

と聞かれても、どことの関係を考えることを言っているのか、分からないことがあった」とも答えている。これらからは、学生は関連付けて考えたくても関連付けられない状況にあり、このような局面では消極的支援は機能しないことが言える。これらのことから、積極的支援でもなく消極的支援でもなく、解決者の文脈にある数学的な認知的内容を用いて行う「半消極的支援」の存在があり、それが適切であったことが言える。

そこで、3つのメタ認知的支援を表5のモデルに整理した。

表5 3つのメタ認知的支援

消極的支援	モデルプレート、部分的代行による支援
半消極的支援	消極的支援に解決者の文脈にある数学的な認知的内容を加える支援
積極的支援	解決者の文脈にない認知的内容を用いる支援

＜実際の停滞 2つ目の局面：図6＞

学生は解決後のインタビューで「内心を作図した時に、内接円の性質を使うように言われていたらもっと速く解けた」と答えており、内心の活用について見通せない状況では、積極的支援を行ってほしいと考えている。しかし、筆者が行った支援は、「内心から思い浮かぶ図形は他にありますか」「三角形や円と関係がありそうなことはないかな」といった学生の発した言葉を用いた半積極的支援である。学生は認知を求めているが、実際は主体的に解決に向かうことができている、この

表6 行った支援について

部分的な代行	モデルプレート	実際の支援	有効性
前にやったことがないかな (モニター)	前の学習と似ているところはあるか？(c3)	前に似たような問題とかやったことありますか。 三角形や円と関係のありそうなことはないかな	1つ目の局面 × 2つ目の局面 △
他の考え方はないかな (モニター)	視点を変わると？(g5)	視点を改めて見るとどうかな  別の図形に視点を改めて見るとどうかな。	1つ目の局面 ○ 1つ目の局面 ○
前にやったことがないかな (モニター)	他にあるか？(d2)	内心から思い浮かぶ図形は他にありますか。	2つ目の局面 ○

局面においても半消極的支援が適切であったと言える。また、三角形の外接円をかこうとして停滞した局面で、学生は自ら「別の方法でやってみよう」とつぶやき、内心から、接点や図形の合同へと思考を働かせ、角の二等分線を引くためのもう一つの点を見出すことができていた。このつぶやきの理由について学生は「最初、方針が見えなかった時のように、なんとなくやってみようと思った」と答えている。

このように、学生のインタビューから、半消極的支援によってメタ認知を働かせることになり、自律的な問題解決につながるということが分かった。

これまでの行った支援を表に整理した(表6)。

#### 4. 結論

本稿では、メタ認知的支援の在り方を検討するために、教師による認知の支援が行われやすい停滞の局面を取り上げて観察し、分析を行った。その結果、認知的支援(積極的支援)とメタ認知的支援(消極的支援)を対立的で二者択一的な構図で捉えるのではなく、一体的、移行的な構図で捉える必要があることが見えた。

その際、解決者の思考文脈にある数学的な認知的内容を用いた支援を「半消極的支援」とし、「積極的支援」「半消極的支援」「消極的支援」の3つの段階モデルで捉える必要性を明らかにした。

また、解決者が積極的支援を求めることがあっても、半消極的支援によって認知にアクセスすることが可能であり、半消極的支援を続けることで、メタ認知的支援そのものを学習し、自律的に問題解決することにつながることも見えた。

本調査では3つの段階モデルを提案するための手がかりとして大学生1名を対象としたが、今後は「校種別」「成績群別」にも広げ、適したメタ認知支援の在り方を明らかにするとともに、停滞の局面における解決者の反応を明瞭に捉える手立てを考えることを課題としたい。

#### 引用・参考文献

- 1) 重松敬一・勝美芳雄・上田喜彦・高井吾朗・高澤茂樹(2013). 『算数の授業で「メタ認知」を育てよう』, 日本文教出版.
- 2) 重松敬一・椎名美穂子(2019). 『数学的問題解決における思考過程の可視化に関する研究』, 東北数学教育学会年報

- 3) 重松敬一・勝美芳雄・勝井ひろみ・生駒有喜子 (2002). 『算数作文の指導による中学年児童へのメタ認知的支援』, 日本数学教育学会誌, 第 84 巻, 第 4 号, pp.10-18
- 4) G. Polya (柿内賢信: 翻訳) (1954). 『いかにして問題を解くか』, 丸善出版. 第 11 版
- 5) 佐藤学・重松敬一・赤井利行・杜威・新木伸次・椎名美穂子 (2017). 『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』, 日本数学教育学会誌, 99, 数学教育学論究, 臨時増刊, pp.9-16
- 6) 清水美憲 (1987), 『数学的問題解決におけるメタ認知的側面に関する一考察』, 数学教育論文.
- 7) 重松敬一・勝美芳雄・勝井ひろみ・生駒有喜子 (2001). 『数学教育におけるメタ認知の研究(16)－教師によるメタ認知的支援の枠組み』, 第 34 回数学教育論文発表会論文集, pp.373-378
- 8) Barry J. Zimmerman Dale H. Schunk (塚野州一編訳) (2006), 『自己調整学習の理論』, 北大路書房.
- 9) 文部科学省 (2017), 『中学校学習指導要領解説数学編』. 日本文教出版
- 10) 岸本昌幸・鈴木雅之 (2018). 『数学を解くあなたの頭の中をのぞいてみよう』, リバネス出版, someone 誌 vol. 42 (2018 年春号), pp.12-13
- 11) 椎名美穂子・重松敬一・新木伸次・黒田大樹 (2018), 『数学的問題解決における思考過程の可視化に関する研究』, 東北数学教育学会第 50 回年会発表, 秋田大学 web サイト (<http://www.gipc.akita-u.ac.jp/~mathedu/index.html>) 秋田大学数学教育研究室に掲載.

## Metacognitive Support on Stuck of Thinking

SHIINA, Mihoko

### Abstract

This paper mainly focuses on the case of learner's stuck of thinking, suggesting about teacher's metacognitive support to foster student as self-motivated learners.

The preceding study of Shigematsu and Shiina (2019) have shown that it's difficult for teacher's metacognitive support to prompt self-controlled way, on the case of learner's stuck of thinking, because it's better to support by teacher when it's no reaction the state of the learner's problem solving delay.

In this research, the method was conducted observing and analyzing on the case of learners' stuck of thinking, where teachers give easy support to students.

The result was found that the support for mathematical recognition for learners exists without thinking in opposing way, without thinking like a choice between two things. Aggressive lead support, Moderate support, and Moderate mathematics support, those 3 stages were proposed to plan for a gradual shift in problem solving.

Key Words : Metacognitive Support, Stuck of thinking, Aggressive support, Moderate mathematics support, Moderate support