

数学的問題解決の「ひらめく」状態に推移する過程における メタ認知の働きを捉えるための素地的研究

笹金 龍也

上越教育大学大学院修士課程2年

数学の問題解決過程において、ほとんどの人が「ひらめく」瞬間を経験したことがあるだろう。問題解決者は、この瞬間に頭脳的な負担がとても軽くなったように感じる。これは単なる解放感のみからくるものではなく、成功感、充実感、爽快感、満足感等も伴うものであり、問題解決を進めていく上で大きな活力となる。それだけではなく、「ひらめく」ことは、解決に至ることができない間違っただけの解法を延々と続けてしまうことを防ぐことにもつながる。筆者も「ひらめく」ことで難解な問題を解決できた経験があれば、逆にその問題解決に必要な知識・技能を持っているにも関わらず、「ひらめく」ことができずに比較的易しい問題を解決できなかった経験もある。では、「ひらめき」とはどのような状態を指すのだろうか。単に「ひらめく」といっても、ふとした瞬間に解法を思いついたり、段階的に問題解決を進めていく中で解法を思いついたりするなど、あらゆる瞬間に「ひらめき」は起きる。その中でも、本研究では「ひらめく」瞬間を、勘や憶測で解法を思いついた瞬間の状態ではなく、より限定した“問題の解決に向けた見通しが立った瞬間の状態”と定義することとする。

“問題の解決に向けた見通しが立った瞬間の状態”とは、解決行動の決定や統制を行う瞬間でもある。解決行動の決定や統制を行うものとして、メタ認知の重要性が挙

げられる。「ひらめく」瞬間が解決行動の決定を行った状態であるとする、その瞬間における解決行動の決定はそれ以前にメタ認知による働きを受けたものであると推測できる。つまり、自分自身でもなぜ解決できたのかわからないような「ひらめき」を伴った問題解決も、「ひらめく」前にその認知活動を統制しているメタ認知が働き、「ひらめき」を促進させているのではないかと、ということである。そのため、本研究ではメタ認知に関する先行研究を基に理論枠組みを構成していく。

最近のメタ認知研究はメタ認知能力の育成に焦点を当てた研究が主流である。重松他(2002)は、長年メタ認知の育成に関する研究を行なっている。メタ認知の育成に関する研究は、数学教育における子どもや教師のいわば自立学習への体質改善の研究および実践であるともされているため、重要視されている研究の一つである。これまでに「ひらめく」瞬間に焦点を当ててメタ認知研究を行なってきた研究は少ないため、もし「ひらめく」瞬間にメタ認知の働きが影響しているとするならば、より一層メタ認知研究の重要性を述べるができる。よって本研究では、問題解決者が「ひらめく」状態に推移する過程に着目し、より思考過程を表出させることができる質的研究により今一度メタ認知の生起を捉え分析していく。

そこで本稿の目的は、数学的問題解決過程を質的方法により分析し、問題解決者が「ひらめく」状態に推移したときに、メタ認知がどのような影響を及ぼしているかを明らかにするための枠組みを構築することである。

1. 数学的問題解決に関する先行研究

1.1 Schoenfeld(1985)の研究から

数学的問題解決過程を分析するにあたって、数学的問題解決がどのような過程で行われているのかを明らかにしておく必要がある。Schoenfeld(1985)は型に沿った数学的問題解決のモデルを図1のように示した。

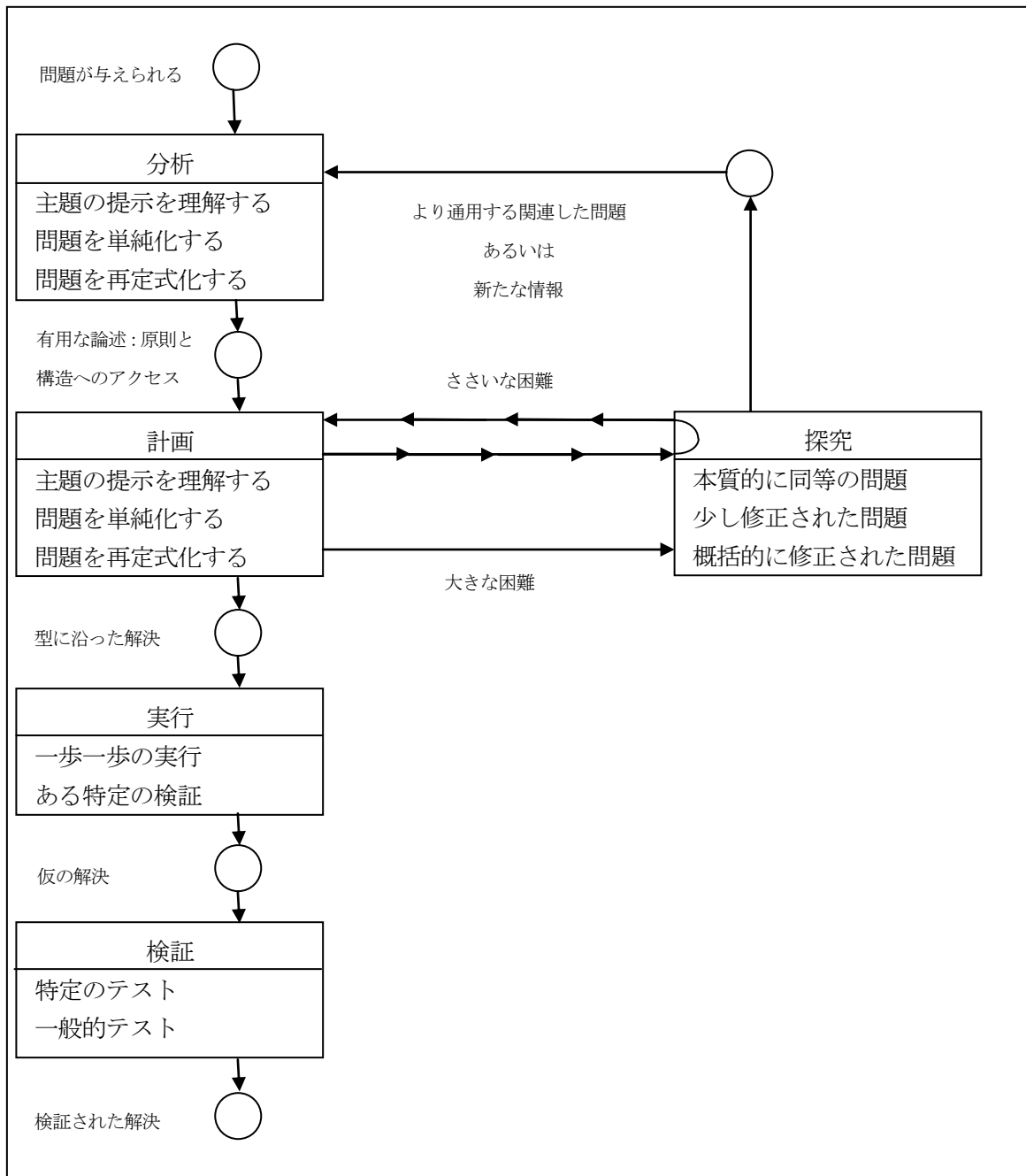


図1 型に沿った問題解決ストラテジーの過程の概観(Schoenfeld,1985,p.110)

Schoenfeld(1985)は問題解決ストラテジーの概観としてこのモデルを示しているが、本研究ではストラテジーとして図1のモデルを用いるのではなく、一般的な数学的問題解決に精通する思考過程のモデルとして用いる。本研究では問題解決に向けた見通しが立つ状態までを対象とするため、すでに解決に向けた見通しが立っている状態である「型に沿った問題解決」に至るまでの問題解決過程に着目する。Schoenfeld(1985)は「型に沿った問題解決」に至る前の「計画」、「探究」について以下のように述べている：

「計画」は、ある意味で、「主要な制御」である。それは解決過程の一つを意味するのではなく解決過程全体に広がるものである；その機能はあなたが（可能なかぎり、その時点で分かる）利益がある可能性が最も高い活動に従事していることを保証することである。一般には、あなたが何をしているかについて、計画は包括的な見地を保持して、そして階層的に進むことを意味する。

「探究」はストラテジーの発見的方法が中心である、なぜなら大多数の問題解決の発見的方法が活動し始めるのは探究の段階であるから。図1に見られるように、「探究」は三つの段階に分けられる。一般に、ステージ1（本質的に同等の問題）で元の問題への直接手続きを用いることを提案する可能性は、ステージ2（少し修正された、問題）のそれよりも高く簡単である：ステージ2とステージ3（概括的に修正された問題）の関係も同様である。（pp.108-110）

Schoenfeld(1985)は「計画」を“解決過程全体に広がるもの”と述べている。このことから、「計画」は問題解決過程において

主要な役割を担っていることがわかる。「計画」で問題なく議論を組み立てることができれば、そのまま「型に沿った問題解決」へと進むことができる。しかし、「計画」の段階で困難な場面に遭遇したとき、問題解決者は「探究」に移行する。さらに、その困難が小さな困難であれば、簡単なストラテジーや知識・技能を用いて再び「計画」に戻る。しかし、大きな困難に遭遇し、問題解決者が持っているストラテジーや知識・技能ではそのまま「計画」に戻ることができなかった場合、ステージ2「少し修正された問題」、ステージ3「概括的に修正された問題」と元の問題をそれまでとは違う視点から見るものが求められる。このときの「少し修正された問題」とは、仮の解答を設定してみるなどの部分的な解決を行うことなどであり、「概括的に修正された問題」とは、代数の問題であれば、次数を下げて考えることや、一つの変数を固定して考えることである。すなわち、ここでは問題解決者が元の問題を解決するために、異なる問題を作って解決を行っている。Schoenfeld(1985)は、問題解決者はまず「本質的に同等な問題」から考え、それでも「計画」を立てることができなかった場合に「少し修正された問題」、同様に「概括的に異なる問題」と問題を変容させていくと述べている。

そして、「探究」における解決行動から得られた新たな情報をもとに問題解決に向けた議論を組み立てることができたとき、“解決へ向けた見通しが立った状態”へ推移したといえる。

以上のことを踏まえ、図1のモデルに基づいて考えると、問題解決者は「型に沿った問題解決」に移行する直前の「計画」の段階ではすでに解決への見通しが立っている状態であり、その見通しを問題解決に向けて確かなものに構築していく段階が「計

画」であるといえる。ことがわかる。つまり、「ひらめき」が起きる以前の行動において、問題解決者は「分析」、「探究」を行っていると考えることができる。また、たとえ問題の解決に至らない場合でも、「この方法ならできるかもしれない。」と根拠を持って問題解決に取り組み、「やっぱり解けなかった。」という結果になったとき、問題解決者は問題解決への見通しを持って問題に取り組んだ結果、解決までは至らなかったといえることができる。つまり、問題の解決に至らなくても「ひらめき」は起こっているのである。ではその場合の「ひらめき」は図1のモデルにおいてどの段階で生じているのだろうか。例にあげた、「この方法ならできるかもしれない。」という発言をもとに考えると、「ひらめき」瞬間は、それまで行なっていた行動から異なる行動へと進んでいる段階でもあるといえる。このことから、筆者は以下に示す二つの「ひらめき」が生じるポイントを提案する。

i. 「探究」→「計画」におけるひらめき

ii. 「分析」→「計画」におけるひらめき

例えば、問題解決者が積分学の問題に取り組む場面を考える。問題解決者が分数で表されている被積分関数を見て、「部分分数分解をすれば解ける。」と、明らかにその時点で問題解決の見通しが立った解法を思いついたとき、iの「ひらめき」と考えることができる。図1に当てはめれば、計画の段階で「小さな困難」に遭遇し、本質的に同等の問題のまま「計画」に戻ることができるような場合である。それに対して、問題解決者が「とりあえず部分分数分解を試みよう。」という発言をして部分分数分解をしたとき、この時点では問題解決に向けた見通しは立っていない。しかし、部分分数分解をして得られた式を見た瞬間に、問題解決者が「あっ、これはlogの公式が使えるそうじゃん。」と言ったとき、この瞬間に

初めて問題解決者は解決に向けた見通しが立つ。これは、部分分数分解をして得られた新たな情報を「分析」することで起こった、ii「分析」→「探究」におけるひらめきであり、図1では「分析」→「計画」に相当する。

これらの「ひらめき」が起きる前段階でメタ認知の生起を捉えることができれば、メタ認知が「ひらめき」に及ぼす働きを明らかにすることができる。

2. メタ認知に関する先行研究

2.1 Schoenfeld(1987)の研究から

メタ認知は、一般的には「自分の認知過程を認知する行為」と言われているが、Schoenfeld(1987)は「メタ認知」という語が伝わりにくいとし、以下のように述べている：

用語「メタ認知」を日常語に翻訳すると、一つは「認知に関する考え」あるいは「あなた自身の考えについて考える」に似たようなものとなる。それらの定義はほぼ正確であるけれども、それらは有用であるのに十分正確ではない。より正確には、メタ認知の研究は知的な行動の明確なカテゴリーでない、関連する三点に焦点が当てられた。

- ① 自身の思考過程に関する知識（自身の考えを記述することにおいて、どれほど正確であるか）
- ② コントロール、あるいは自己制御。（問題を解く際に何を行っているかをどれほど記述しているか。また、問題解決の行動を方向づけるための観察からくる情報をどれほどよく使っているか）
- ③ 信念と直観（数学についての何の考えが数学における仕事にもたらすかと、それがどのようにあなたが数学をする

方法を具体化するか?) (pp.190-191)

Schoenfeld(1985)はこのように、自身の思考過程に関する知識や、コントロールあるいは自己制御がメタ認知研究の焦点であると述べている。例えば、筆者がスーパーに買い物に行く際に、事前に買い物リストを作ってから買い物に行くというごくありふれた場面を考えてみる。このとき、筆者は「大事な情報をなかなか思い出せないだろう」と自覚して、当然のことに確実に忘れることのないように外的な記憶補助を頼りにしている。この「大事な情報をなかなか思い出せないだろう」という自分の記憶の限界に関する知識のようなものが自身の思考過程に関する知識であり、その知識をもとに買い物リストを作るという方策を決めることが自己制御やコントロールである。

Schoenfeld(1987)は信念や直観もメタ認知の議論をする上で重要であると述べている。問題解決者が図形問題を解決する場面を考えてみる。例えば、「図形問題は得意だ。」という信念を持っている問題解決者と「図形問題は どうせ解けないだろう。」という信念を持っている問題解決者がいたとき、問題解決に取り組む姿勢は異なり、それぞれの信念が肯定的、否定的な影響を及ぼすことはおおよそ想定できる。問題解決者は、それぞれ数学的問題解決に関する多種多様な信念を持っている。そのため、信念に着目してしまうと、一般的な数学的問題解決に関する議論ができなくなってしまうおそれがある。

本研究では、信念が問題解決に及ぼす影響に関する議論はできるだけ避け、主に自身の思考過程に関する知識と自己制御に焦点を当てて分析を行っていく。

2.2 清水(1988)、重松(1986)の研究より

メタ認知に関する議論をする上で、「認知」

と「メタ認知」を区別する必要がある。清水(1988)は「認知」と「メタ認知」を以下のように定義づけている：

「認知」という語には、「ある主体が知ろうとする作用」と「ある主体が知りえた成果」の両方の意味が込められていることが多い。従って、「メタ認知」という用語にも「作用」と「成果」の二つの側面が想定できる。(中略) 上述の二つの側面を区分し、「作用」の側面を、「自己の認知的行為を監視し、調整していく行為」の意味で「自己制御」と呼び、一方、「成果」の側面を、「自己の認知的行為に関する知識」の意味で「メタ認知的知識」と呼ぶ。(p.218)

また、清水(1988)は自己制御の中で、「自己の認知的行為を監視する」行為を「モニタリング」と呼んでいる。「自己の認知的行為を監視する」行為とは、ある特定の認知活動の継続的な進捗状況や現在の状態を査定あるいは評価すること行為を指す。例えば、問題解決者が「この解法は正しいのか」、「そろそろ違う解法を行うべきだろうか」など問題解決過程の中で自己の認知活動を評価するような行為のことである。清水(1988)は、自己の問題解決行為のモニタリングは、解決の現状と到達すべき目標との差異を明確化し、解決行為の一貫性の役割を果たすとしている。また、モニタリングを有効に用いることで不必要な解法を延々と続けてしまうことを避けたり、最もその時点で問題解決に至る可能性が高い活動に従事することができる。

重松(1986)は、「計算する、測定する、作図する、グラフを書く」などの数学的な技能や用語・記号、数量・図形的事実に関する数学的知識に対する認知作用を「認知」とした上で、うまく技能や知識が活用され

ているかなど認知活動を見つめる作用をメタ認知と呼んでいる。また、重松(1986)は清水(1988)の自己制御に相当するものを、モニタリング、自己評価、コントロールの一連の技能としてメタ認知的技能と定義している。

これらの先行研究に基づき、「ひらめく」状態に推移する過程におけるメタ認知の働きについて分析する。例えば、複雑な図形問題を解決するとき、問題解決者から「とりあえず、わかる角度から求めていこう。」という発言があったとする。このとき、メタ認知が生起していることは明らかである。問題解決者は、自身の経験から、問題を見てモニタリングをし、「図形問題はわかる角度を図に記入していけば、新しい情報が得られる」というメタ認知が働いている。しかし、「とりあえず」という言葉からもわかるように、この時点では問題解決者は解決に向けた見通しが立っているわけではない。次に、問題解決者が角度を記入していく中で、二つの等しい角度を見つけ、「あっ、これ円周角の定理が使える。これで解けるかもしれない。」という発言があり、円周角の定理を利用できることに気付くとする。「これで解けるかもしれない。」という発言から、問題解決者は解決に向けた見通しをわずかながらも感じている。問題解決者は円周角の定理を用いることで問題解決に必要な条件を得ることができると考えているのである。メタ認知の視座から発言を分析すると、「分かる角度を記入する」という認知的活動に対して「円周角の定理を利用する」という知識・技能が用いられたように解釈され、一見メタ認知は働いていないようにみえる。しかし、このときの「円周角の定理を用いる」という知識・技能を用いるという解決行動を選択した背景には、メタ認知が働いていた可能性も考えられるだろう。それは言動として表出されないため、問題

解決者自身しかわからないことである。

本研究における「ひらめき」が“問題解決に向けた見通しが立った状態”を指すのは先にも述べた通りである。問題解決者が、“問題解決に向けた見通しが立った状態”になったとき、上にあげた例のように、必ずしもそれが言語や行動に現れるとは限らない。また、問題解決過程を観察するだけでは手続き的知識を用いただけに見えることもある。そのときに本当に手続き的知識を用いただけなのか、直前にメタ認知が働いていたのかは、問題解決時の言語や行動の観察のみで捉えることは不可能である。そこで、問題解決時の行動や言語には表れないメタ認知の生起を捉える視点が必要となる。

3. メタ認知の分析方法

メタ認知の生起を捉える代表的な方法として、(1)質問紙調査(2)協同による問題解決(3)刺激再生インタビュー法(4)記述活動を活用する、の四つの方法がこれまでに行われてきた。しかし、実際にメタ認知的活動を捉えるにはどれも問題点があり、メタ認知の生起を捉えるには限界がある。実際の問題解決の場面においてはメタ認知的活動が言語化され、記述される場面が少ない。(数学教育学研究ハンドブック, pp.312-314)

本研究では、「ひらめく」瞬間を捉えることが重要になるため、問題解決進行時の発言と記述が最も分析の手がかりとなる。そのため(2)協同による問題解決、(3)刺激再生インタビュー法の2つを組み合わせる方法を用いることとする。以下にそれらの先行研究例を示す。

3.1 協同による問題解決の先行研究

清水(1988)の研究から

清水(1988)は、二人の協同による問題解

決を試みた。清水(1988)は中学生の作図問題解決過程の分析を行い、メタ認知が解決の進展に対して果たす役割を、実証的に究明している。そして、その過程における「問題の変容」を視点として分析し、主たるターニングポイントを以下の二つの場面から同定しメタ認知の生起を捉えようとした：

- ① もとの問題を同値な問題に言い換える、あるいは補助問題を考える。
- ② もとの問題の解決過程を振り返り、問題を捉える観点が変わる。(p219)

この分析の視点を用いることにより、清水(1988)は中学生が協同で取り組んだ作図問題の解決過程において、メタ認知が生じた箇所を特定し、メタ認知の役割を考察している。

協同して問題解決をさせることの利点としては、自己の思考を対象化する機会が増し、モニタリングが一層促進すると考えられることである。さらにメタ認知的技能が発話によって表現されるため、それをプロトコルとして記述することを自然に行うことができることも利点の一つである。

逆に協同での問題解決の場合、相手の言動が個人の解決過程やメタ認知にどのような影響を与えるかを検討する枠組みが必要であることや、二人のコミュニケーションがどのような形態で進行するかによって、二人の解決過程やメタ認知に与える影響が異なってくることなどといった問題点も指摘されている。

3.2 刺激再生インタビュー法の先行研究

刺激再生インタビュー法とは、問題解決者の解決過程をビデオに撮影しておき、事後にビデオを再生して刺激として与え、内省報告を求めるものである。岡本(1992)は、この方法の利点として、問題解決者が自身

の解決活動を刺激として提示されることにより課題遂行時における心的過程に即した報告が得られること、および報告の手がかりが非言語的なものであり、実験者のバイアスを除くことができることであると述べている。岡本(1991)は自身の研究結果から、刺激再生インタビュー法の有効性を実証しているが、言語能力に大きく依存することが問題としてあげられると述べている。

本研究におけるメタ認知の生起を捉える視点としては、発話思考法を用いて協同による問題解決を行い、清水(1988)の「問題の変容」を視点としてプロトコル分析を行う。「ひらめく」状態は解決行動を決定している場面であるため、それ以前に行っていた解決行動とは異なる行動を決定している。すなわち「問題の変容」を行っていることを捉えることができる。また、本研究における刺激再生インタビュー法は、岡本(1991)が行ったように質問紙を用いてインタビューを行うような手法ではなく、より問題解決時の思考を詳細に言語化するために、型にはめたインタビューではなく、自由に話を行う形態を取る。この手法による利点としては、問題解決時の発言や行動には現れなかった問題解決時の心的過程を捉えることで、「ひらめく」状態に推移する前にメタ認知が働いていることを明らかにしていくことができることである。

4 事例に見る「ひらめき」とメタ認知

以下に示すプロトコルは、プレ調査を行なったものの一部である。プレ調査では、図2に示す課題を使用し、図形問題を考える際に「ひらめき」がどのように現れ、メタ認知がどのように「ひらめき」に影響しているかを調査した。被験者は、数学コースの大学院生二名であり、FとMと呼ぶ。FとMには解法を考える際に思考を逐一言語として表すことを要求した。Tは聞き手

で、筆者である。

【問題】

下図のように、格子状に並んだ正方形のうち、隣り合う三つの正方形を合わせた長方形 ABCD がある。点 B から点 D へ直線を引き、BC 上に点 E をとり、点 A から点 E へ直線を引く。BD と AE の交点を F とするとき、 $\angle AFD$ の大きさを求めなさい。

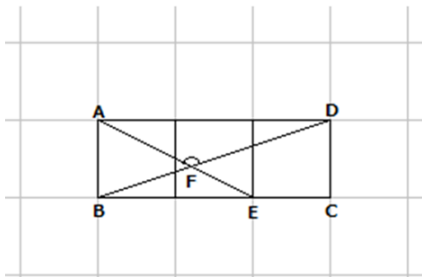


図 2 プレ調査問題の概観

F と M は問題解決に約 45 分間費やした。最終的に F が問題解決に至る解法を導き出したが、それは解決終了 2 分前くらいからである。以下にそのときの解決過程時のプロトコルと F の刺激再生インタビューのプロトコルを示す。図 3 は F が問題解決に必要な補助線を引いた瞬間の記述である。

<F と M の問題解決時のプロトコル>

F が問題解決に必要な補助線(BI と DI)を引く。(I は筆者が任意に名づけた)

M それ何(BI と DI)？

F ここ 90° ($\angle BIC$)？ん？違うか？

M わかんない。でもここの角度 ($\angle IDC$) と…。

F ちよっ…。

M でも 90° だよ。

F 90° だよ。ね。 90° だったらここ 45° ($\angle IBC$)でしょ？この三角形とこの三角形 ($\triangle AEB$ と $\triangle IBE$)って一緒でしょ？

F そしたらここここ ($\angle DBE$ と $\angle IBE$) が足して 45° だから、ここここ ($\angle AEB$ と $\angle DBE$) 足したら 45° じゃない？だから 135° じゃない？

M できたー！

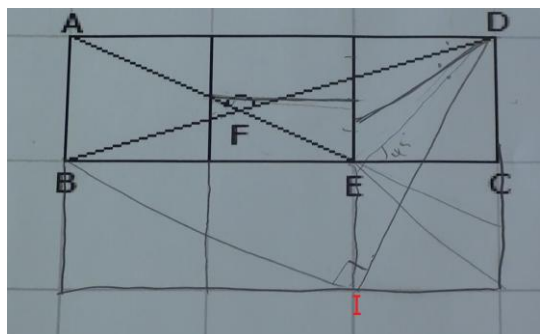


図 3 F と M の問題解決過程

プロトコルで示した二名の問題解決過程を図 1 のモデルに当てはめる。F はまず補助線を引いた。この行動はそれ以前に行なっていた解決行動とは質的に異なるものであった。つまり、ここで補助線を引いた行動は、それ以前に行なっていた行動では問題の解決までたどり着けないと判断し、新たな解決行動を決定した「探究」を行なっている段階であるといえる。“補助線を引く”という行動は、「この角度を求めることができれば問題解決につながる。」というように問題解決のために必要な部分的な解答を得るときによく用いられる行動である。つまり、この行動は「探究」における「少し修正された問題」に問題を変容している瞬間であるといえる。

その後、F と M は $\angle BID$ が 90° であることを導き、 $\angle IBD$ 、 $\angle IDB$ がそれぞれ 45° であることを得る。そして、その $\angle IBD=45^\circ$ を手がかりに $\triangle AEB$ と $\triangle IBE$ の合同を用いて $\angle FBE + \angle FEB = 45^\circ$ を示し、解答を得る。ここでは「探究」により新たに得た $\angle IBD=45^\circ$ 情報をもとにして再度問題を捉え直すという「分析」における「問題の再定式化」を行なっている。

これらのことが問題解決過程の言動から読み取ることができた。しかし、補助線を引くという行動はどのような思考過程を経て生じたものなのか、「ひらめく」瞬間はどこであったのか、メタ認知がどのように働

いているのかなど、問題解決時の認知活動を詳細に捉えることは問題解決時の言動だけでは難しかった。そのため、刺激再生インタビューにより、それらの詳細を明らかにしていく。

<F の刺激再生インタビューのプロトコル>

T これはなんで引いた？(解決に必要な補助線)

F ちょっと待って。これなんで引いたんだろうな。引いたときは自分でも不思議だったんだよな。

T なるほどね。でもこれ一本だけじゃなくてしっかり二本引いてるもんね。これひいたときは一応この二つの長さが等しいということはわかって引いた？

F ちょっと待って。ちょっと待って。これね、この前までずっと 60° と 30° の直角三角形にこだわってきてたんだけど、M が 45° を作って行くって言ったあたりから 45° を作ろうとはしてた。

F それで、 45° の直角二等辺三角形って正方形の対角線を引く以外でも作れるんじゃないかって思って補助線は引いたんだと思う。このときは二等辺ってことだけ考えてたかな。引いた瞬間は何も気づいてないと思う。

T 引いた瞬間はこれが直角になる、 45° になるって見通しはなかったってこと？

F なかった。引いてから 90° になるって気づいた。

T 二等辺三角形になるって見通しはない？

F いや、それはあったよ。

T なるほどね、どの瞬間に「ハッ」って思った？

F 45° の角度がわかってその角度が三角形の合同で分けられるとわかった瞬間

に「きた！」って思った。 45° を出した後に $\triangle BED$ に着目した瞬間かな。「あっ、きた！」って。

この場面における F への刺激再生インタビューは、問題解決時の補助線を引いた瞬間、または補助線を引くという行動に至った思考過程についてのインタビューである。

まず、筆者が F に補助線を引いたときの認知活動について尋ねると、F は補助線を引いた瞬間に何を考えていたかは覚えておらず、「自分でも不思議」と述べた。これは、F がこの補助線を引くことによってどのような情報が得られるかはここで考えていないということを示している。

しかし、筆者が補助線を引く以前に何を考えていたかを尋ねると、F は補助線を引く直前までは 60° 、 30° 、 90° の直角三角形について考えていたが、それが不可能だということに気づき、その後直角二等辺三角形の 45° について考えていたと述べた。ここでは問題を捉える観点が変わっている。つまり、問題の変容が確認でき、ここではメタ認知が働いていたと捉えることができる。F は 60° 、 30° 、 90° の直角三角形について考えている自身の認知過程をモニタリングし、F は「今行なっている自身の解決行動には限界がある」というメタ認知的知識を援用している。そこから「 45° の直角二等辺三角形について考える」というメタ認知的技能が働いたのである。

次に「ひらめく」瞬間に焦点を当てる。F は自身が補助線を引いた瞬間には 45° になることも直角になることにも気づいていなかったと述べている。つまり、この時点では問題解決に向けた見通しは立っていない。F は続けて「 45° の角度がわかって、その角度が三角形の合同で分けられるとわかった瞬間に『きた！』って思った。」と述

べた。この発言から、この瞬間が解決に向けた見通しが立ち、「ひらめく」瞬間であると考えることができる。

以上のことをまとめると、FとMの問題解決過程には、Fの「あっ、きた!と思った。」という発言のように、問題解決に向けた見通しが立った瞬間の状態が表れた。その「ひらめく」状態に至るための決定要素は、補助線を引くという行動であった。しかし、Fは補助線を引いた瞬間には問題解決に向けた見通しを立てていたわけではなく、補助線を引くことによって得られた新たな情報を「分析」することで「ひらめく」状態に推移していった。つまり、ii「分析」→「計画」における「ひらめき」が表れたといえる。そして解決に至るための「BIとDIの補助線を引く」という解決行動は、Fが「45°の直角二等辺三角形を作ろうとした」と述べているように、問題の変容を行なっていなければ起こらなかった事実である。つまり、メタ認知を行うことが「ひらめく」状態に至る過程を促進させていったといえることができる。そして刺激再生インタビュー法により、「ひらめく」状態に推移する以前のFの思考過程の中で、Fはメタ認知を行っていたことが明らかになった。

5 まとめと今後の課題

本稿のプレ調査において、協同による問題解決と刺激再生インタビュー法を用い、問題解決過程の思考過程を最大限表出させることで、問題解決時のプロトコル分析では同定することができなかつた「ひらめく」瞬間を同定することができた。さらに、その「ひらめく」状態に推移する過程において、問題解決者はメタ認知を行なっていることも示すことができた。しかし、本稿に示した一つの事例だけで「ひらめく」状態に及ぼすメタ認知の働きを考察できたとは

いえない。「比較的難解な問題の解決過程には、何度か「ひらめく」瞬間があると想定できる。そのそれぞれの「ひらめく」前のメタ認知を捉えていくことで、問題解決者が「ひらめく」状態に推移する過程ではメタ認知を行なっていることを示すことができる。

また、本稿で示すことができたのは、「ひらめく」状態に推移する過程でメタ認知を行っていた”ことだけにすぎず、「ひらめく」瞬間に及ぼす”働き”を考察するまでには至っていない。今後はメタ認知が「ひらめき」を促進するような、より詳細な関係性を考察していく必要がある。また、本稿で行なった刺激再生インタビューでFが本当に問題解決時の心的過程を述べていたかどうかはわからない。刺激再生インタビューにより、本稿で行った方法よりもより心的過程に即した情報を得ることができるよう改善していくことも課題の一つであるといえる。

6 引用・参考文献

- Schoenfeld,A.H . (1985) . Mathematical Problem Solving, 101-144.
- Schoenfeld,A.H. (1987). What's All The Fuss About Metacognition?, Cognitive science and mathematics education, 190-215.
- 清水美憲. (1988). 数学的問題解決におけるメタ認知の役割, 筑波数学教育研究第7号, 217-229
- 重松敬一. (1986). 「理解」の数学教育学的研究(2)—メタ認知と理解—, 日本数学教育学会, 数学教育論文発表会論文集, 19, 125-128
- 重松敬一. (1987). 数学教育におけるメタ認知の研究(2)—問題解決行動における「内なる教師」の役割—, 日本数学教育学会, 数学教育論文発表会論文集, 20, 99-104
- 重松敬一, 勝美芳雄. (2010). メタ認知, 日本数学教育学会, 数学教育研究ハンドブック, 310-317
- 岡本真彦. (1992). 算数文章題の解決におけるメタ認知の検討, 日本教育心理学会, 教育心理学研究, 40, 81-88