全国数学教育学会誌　数学教育学研究　第８巻　2002　pp. 201～214

数学指導における教師のメタ認知的活動に関する研究

―教師のメタ認知的活動を捉える枠組みを中心に―

兵庫教育大学　加　藤　久　恵

(2002.2.28受理)

１．はじめに

近年，IEAによる国際比較調査などの結果から日本の授業が注目され，国内でも日本の算数・数学の授業を対象として，新しい視点からの研究がなされつつある。たとえば，清水美憲（2000）は，TIMSSビデオテープスタディの分析結果を検討し，日本の数学科授業の特徴を一層明確に捉えるための分析方法を提示している。また，高澤（2000）は，授業におけるこれまでの発問研究を踏まえて，「子どもたちの数学」を観察するためのリスニングの重要性を主張している。さらに小野ら（2000）は，研究授業を通して教師が職能成長するメカニズムを解明するための，実践的授業改善システムの開発を行っている。このように，単に授業での教師や子どもの様子を記述するのではなく，我が国での数学指導における特徴を明らかにしたり，教師の認知的側面に踏み込んだ分析への示唆を求めたり，さらには教師の成長を促すカリキュラム開発まで手がけられている。

筆者は，教員養成系大学において，教師教育の一環である教育実習の事前指導や事後指導にかかわっている。その際，学生が現職教員の授業を観察して自分の授業との相違に驚き，現職教員の授業計画や授業実践を模倣している場面に出くわすことが多い。このような模倣によって，学生の授業計画や授業実践にかかわる知識は増加する。しかしその模倣が，表面的な課題設定や活動を対象としたものにとどまっている場合もある。

Artzt & Armour-Thomas (2001) は，現在の授業研究者たちは，教師の行為を測ることを超えて，教師の認知を研究することへ向かっていると述べている。つまり，授業研究において注目されることは，教師の行為ではなくその行為の背後にある教師の認知であり，加えて，授業を行う自分を教師自身がモニターする，授業における教師のメタ認知的活動であるといえる。Artzt & Armour-Thomas (2001) は，「指導を問題解決として捉える」ことによって，教師のメタ認知の枠組みを提唱し，授業実践における教師の心的活動を探求しようという取り組みをはじめている。一方我が国での数学教育学研究においても，数学的問題解決でのメタ認知を対象とした研究が多くなされており（岩合，石田ら，1990；重松，1994；清水美憲，1988；山口，1990；加藤，1999など），その成果も，授業実践における教師のメタ認知的活動の分析に活用すべきである。また，教師は授業において多くの意思決定を迫られているという指摘がなされ，教師の意思決定モデルも研究されている（吉崎，1991)。そのような意思決定場面では，教師のメタ認知的活動が必要とされる可能性がある。したがって，授業における教師のメタ認知的活動を分析することによって，授業における教師の意思決定場面を詳細に解釈することが可能となる。さらには，ある意思決定場面での教師の適切なメタ認知的活動の特徴が明らかになるであろう。

よって本研究の目的は，数学指導において教師の行う活動をメタ認知的側面から分析し，授業における教師のメタ認知的活動の特徴を明らかにすることである。その結果，教師の認知的・メタ認知的活動が解明され，それを踏まえて，教師のメタ認知能力の育成を目指した教師教育プログラムの開発が可能となろう。

特に本稿の目的は，Artzt & Armour-Thomas (2001) を基礎にして，数学指導における教師のメタ認知的活動を捉えるための枠組みを提案することである。さらに，それを用いて，教職経験年数の異なる２人の教員による，中学２年生の数学授業を分析する。

２．教師のメタ認知的活動の捉え方

(1)　数学的問題解決におけるメタ認知と教師のメタ認知的活動

岩合ら（1990）は，Flavell や Garofalo & Lester，重松，高澤らによるメタ認知研究を概観し，表１のように数学的問題解決におけるメタ認知をメタ認知的知識とメタ認知的技能の２つの側面から捉えている。

上記の先行研究によると，子どものメタ認知的活動は，問題解決過程で自分が行っている認知的活動（問題文を読む，計算する，作図する，グラフをかくなど）

を対象とした，モニター・自己評価・コントロールから成る活動であると捉えられる。すると授業における教師のメタ認知的活動は，授業過程で自分が行っている教授的活動（発問する，板書する，子どもの考えをきくなど）を対象とした，モニター・自己評価・コントロールから成る活動であると捉えられる。よって本研究では，授業での教師のメタ認知的活動を，メタ認知的知識とメタ認知的技能の側面をもつものと捉え，メタ認知的技能はモニター・自己評価・コントロールの枠組みで捉える。しかし，メタ認知的知識については，教師の知識に関する研究（たとえばShulmanが提起したpedagogical content knowledgeなど）や信念に関する研究（Stipekら，2001）を踏まえて検討する必要があり，今後の課題とする。よって本稿では，授業における教師のメタ認知的活動に対して，メタ認知的技能の側面から考察することとする。

表1　問題解決におけるメタ認知の類型化

（岩合ら，1990，p.38）

a．メタ認知的知識
- （a－1）　人
- （a－2）　課題
- （a－3）　方略

b．メタ認知的技能
- （b－1）　モニター（監視）
- （b－2）　自己評価
- （b－3）　制御（コントロール）

(2)　教師の意思決定とメタ認知的活動

それでは，授業において教師がメタ認知的活動を行うのは，どのような場面であろうか。その一つに，授業において教師が意思決定を迫られた場面がある。たとえばある子どもが発言をしたとする。その発言の内容が数学的に間違っているがそれをどう扱うのか，というのも教師の意思決定場面である。吉崎（1991）は，教師の役割の一つとして教師の意思決定をあげている。教師の意思決定とは，狭義には「各代替策（対応策）の中から，それぞれの代替策が子どもにあたえる影響を予想しながら，教師自身が設定した評価基準にもとづいて，そのうちの最良のもの（または，満足できるもの）を選択すること」であり，広義には「各代替策（対応策）を創出する過程をも含む」ものであるとされている（吉崎，1991，p.4)。

さらに吉崎（1991）は，教師の意思決定をモデル化した先行研究を検討した結果，図1を「授業過程における教師の意思決定モデル」として提案している。特に教科教育学研究に求められるのは，「授業内容によるズレ」として記述された，「4．教材内容と授業構造についての知識からの代替策の呼び出し　5．満足できる代替策の選択」を中心とした研究である。さらに，「生徒についての知識」や「教材内容についての知識」「授業構造（教授方法）についての知識」「モニタリングスキーマ」は，本稿で対象としている教師のメタ認知的活動に関連するものである。「生徒についての知識」や「教材内容についての知識」「授業構造（教授方法）についての知識」は，教師のメタ認知的活動において参照される，メタ認知的知識に関連し，「モニタリングスキーマ」はメタ認知的技能に関連するといえる。このようにこの図には，本稿で対象としている教師のメタ認知的活動に関連する活動が埋めこまれているが，メタ認知という視点で解釈はなされていないといえる。

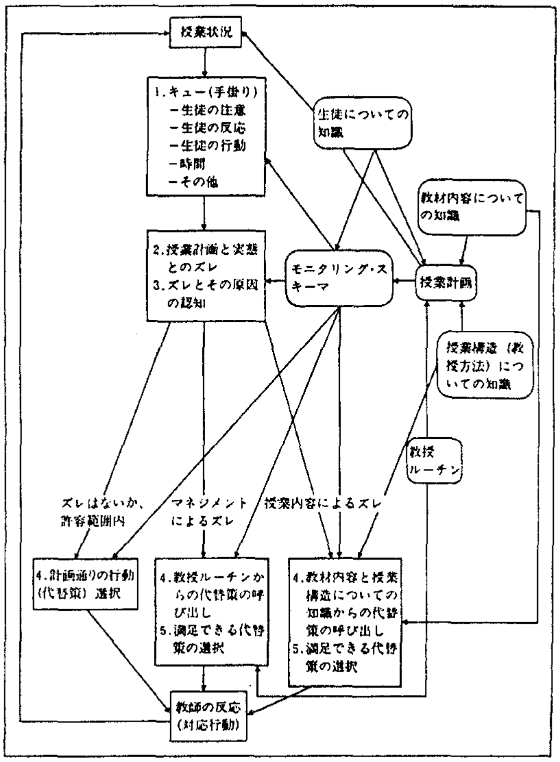


図1　授業過程における教師の意思決定モデル

（吉崎，1988，p.55）

したがって，授業における教師のメタ認知的活動は，教師の意思決定場面で現れる活動であり，教師のメタ認知的活動を詳細に分析することは，教師の意思決定における思考プロセスを解明することへつながるといえよう。

(3) Artzt & Armour-Thomas による教師のメタ認知的活動の捉え方

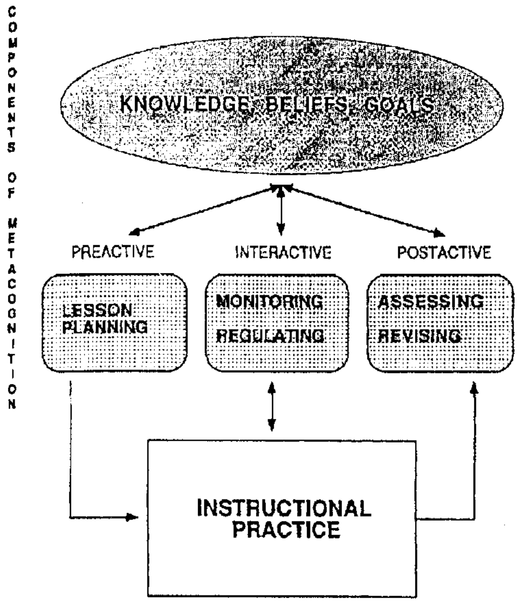


図２　数学における指導実践に関連する教師のメタ認知を調査するための枠組み
(Artzt & Armour-Thomas (2001)

Artzt & Armour-Thomas (2001) は，教師の思考に直接影響するメタ認知的思考の要素の中心として，知識，信念，目標をあげている。そして，授業前（計画)，授業中（モニタリングと調整)，授業後（評価と修正）の各段階で，それらのメタ認知的活動が起こると捉え，図２のように図示している。

本稿で捉えている，授業での教師のメタ認知的活動をこの図を用いて述べると，メタ認知的技能の側面は図２の monitoring, regulating と関連し，メタ認知的知識の側面は knowledge, beliefs, goals に関連するといえる。

この図においても，教師のメタ認知的活動が，メタ認知的知識とメタ認知的技能の側面を有しており，それが授業実践にかかわっていると捉えられる。

(4) 教師の適切なメタ認知的活動

以上のような枠組みにもとづいて，授業での教師のメタ認知的活動を記述する際，授業でのある意思決定場面において，適切なメタ認知的活動を指摘することが，授業の改善には必要である。では，適切なメタ認知的活動とそうでないメタ認知的活動とのの違いは，どこにあるのであろうか？

筆者は，子どもの数学的問題解決過程におけるメタ認知的活動を捉えるために，重松の研究（重松，1987）を基礎として，数学的問題解決における認知とメタ認知との関係を図３のように捉えている。(加藤，1999)。この図では，認知的活動を二重線の矢印で表し，メタ認知的活動を楕円とそれにかかわる実線の矢印とで表している。そしてこの図では，認知的活動の過程では知識・技能やストラテジーを参照し，メタ認知的活動の過程では知識・技能やストラテジーとともにメタ認知的知識も参照するようすを図化している。

この図でメタ認知的技能は楕円の部分で表されているが，これが授業の意思決定場面で適切に行われるということは，適切な対象をモニターし，適切に自己評価し，適切なコントロールを行うということであるといえる。つまり，教師の適切なメタ認知的技能を，「適切なモニター・適切な自己評価・適切なコントロール」と捉えると，「何をどうモニターするのか」，「何をどう自己評価するのか」，「何をどうコントロールするのか」ということがメタ認知的技能の適切さにかかわっているといえる。したがって本稿では，教師のメタ認知的技能の発達を，「適切な対象をモニターすること」，「適切な知識やメタ認知的知識などを参照して自己評価を行うこと」，「適切なコントロールを行うこと」と捉えることとする。また，Artzt & Armour-Thomas (2001) の図2において指摘されているように，教師のメタ認知的活動において参照する内容には，「知識・信念・目標」が挙げられている。したがって本稿では，授業実践を分析することによって，

- 適切な対象をモニターする
- 適切な知識，メタ認知的知識，信念，目標などを参照して自己評価を行う
- 適切なコントロールを行う

という視点から，教師のメタ認知的活動を分析する。これはつまり，教師のメタ認知的活動において，

- モニターの対象は何か
- 自己評価において何を参照するか
- どうコントロールするか

を比較検討することによって，教師の適切なメタ認知的活動を記述しようとするものである。

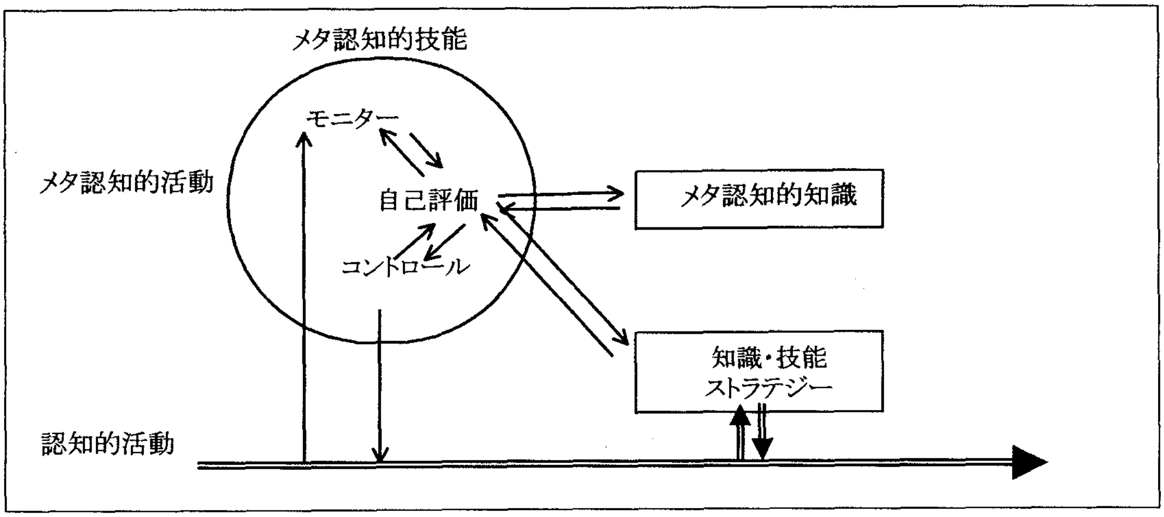


図3　数学的問題解決における認知とメタ認知との関係（加藤，1999）

3．教師のメタ認知的活動の調査方法

(1) 刺激再生法の活用

授業中に行われる教師のメタ認知的活動を捉える方法として Artzt & Armour-Thomas (2001) は，刺激再生法 (stimulated-recall technique) を用いている。これは，子どもの問題解決過程におけるメタ認知的活動を捉える方法としても用いられているものである（岡本，1998；重松，1994；加藤，1999)。Artzt & Armour-Thomas (2001) では，授業終了後に自分が授業を行っているビデオテープを刺激として再生しながら，授業中に考えていた内容を尋ねる方法である。このような，刺激再生法を用いたインタビューを，本研究では刺激再生インタビューとよぶこととする。

具体的に刺激再生インタビューでは，被験者である教師は，ビデオテープをみながら，次に何をするかを意思決定した場面でテープを止め，そのときに何を考えていたかを述べるように指示される。この「次に何をするかを意思決定した場面」について，本稿では，教師の発問の前後や子どもの発言の前後をてがかりにしながら，被験者である教師と調査者の両方が自由にビデオテープを止めて，インタビューを行うこととした。

(2) 調査手順

(1)で述べたように，刺激再生法を用いた教師のメタ認知的活動の調査手順は，以下の表のとおりであり，質問項目は Artzt & Armour-Thomas (2001) の質問項目をもとに以下のように行う。なお授業の様子は，2台のビデオテープに記録する。1台は教室後方から教師の活動を主に記録し，もう1台は教室前方から子どもの活動を主に記録する。

授業前：事前インタビュー
授業中：ビデオテープに記録
授業後：刺激再生インタビューと事後インタビュー

インタビュー項目

事前インタビュー

(a) 作成した指導案の内容を説明してください。
(b) 対象となるクラスの様子はどうでしょう？説明してください。
(c) 計画している授業に関連する領域は何ですか？
(d) その授業の主要な目標は何ですか？
(e) それらの目標に到達するために用いようとしている計画や手続きは何ですか？

刺激再生インタビュー

対象教師は，自分の授業を記録したビデオテープを観ながら，その授業において次に何をするかを意志決定した場面でビデオを止め，筆者からのインタビューにこたえた。その際の質問項目は，「これは何をしているのですか？」，「そのとき何を考えていましたか？」などである。

事後インタビュー

刺激再生インタビューに続いて，以下の項目をインタビューする。

(a) 授業は予想どおりにはこびましたか？
(b) もしも，その授業を再び行うとしたら，何か異なることをしますか？

4．調査の概要

(1) 調査時期および対象

調査時期：2002年１月15日から18日

調査対象：国立大学附属中学校　教師２名（T1，T2と記述）と，中学校第2学年　2クラス（A組，B組と記述）

(2) 被験者

T1は，教職に10年間就いている34歳の男性教官であり，A組の担任である。一方T2は，2001年３月に国立大学学校教育学部を卒業し，2001年４月から教職に就いている23歳の男性教官である。また，調査対象となった生徒は，A組35名，B組34名であった。

調査対象クラスである中学校第２学年の２クラスは，平面図形の合同に関する論証を学習し，平行線と面積の関係についても学習を終えている。

分析対象となった授業は，課題学習として行われた授業１単位時間（50分）であり，「平行四辺形の面積を一本の直線で二等分しよう」という課題の解決を核とするものである。この課題以外の授業計画は，各教師（T1とT2）に任せた。それぞれの教師が作成した指導案は，資料１～資料３のとおりである。

5．調査結果および考察

ここでは，２人の教師それぞれが行った授業を対象に，教師のメタ認知的活動を同定し，その特徴を比較検討する。それぞれの授業の概略は，表２に示すとおりであった。特に，それぞれの授業で教師のメタ認知的活動が特徴的な，課題１の場面①と②（表２の①②の箇所）を抜粋した。そして，教師のメタ認知的活動における，モニターの対象は何か，自己評価において何を参照するか，どうコントロールするか，を比較検討した。なお，課題１とは，２つの授業で共通に扱われた課題であり，「平行四辺形の面積を一本の直線で二等分しよう」というものであった。

表２　授業の概略

T1による授業の概略（A組）	T2による授業の概略（B組）
導入 **１．いろいろな図形の面積を２等分することを知らせる。** T1: 色画用紙で作成した円を提示し，「円の面積をちょうど半分するような線をひきたい。どうしたらいい？」と発問する。続けて，色画用紙で作成した二等辺三角形を提示し，「二等辺三角形の面積をちょうど半分するような線をひきたい。どうしたらいい？」と発問する。 S：主な発言は，「直径をかく」，「頂角の二等分線をひく。」であった。 T1: 図形が重なるならば，それらの図形は合同であり，それらの図形の面積が等しいことを理解させる。 T1:「面積を二等分する」という言葉の意味を説明する。 **展開** **２．課題１「平行四辺形の面積を二等分しよう」を提示する。** S：個人的な問題解決場面。 ３．生徒の意見を発表させる S：「平行四辺形の対角線」という意見をだす。 S：「縦向きの２つの台形に分ける」という意見をだし，その説明として，「４つの辺の長さが等しいので合同である」という意見をだす。 T1: ２つの平行四角形が合同になる場合について，生徒たちに考えさせる。 S：「最初の答えとは方向が違う，平行四辺形の対角線」という意見をだす。 S：「横向きの２つの合同な平行四辺形に分ける」という意見をだす。 T1:「これまででた直線の交点を通る線分をひくと，面積が等しくなるのではないか？ 説明して欲しい」と提示する。 S：議論の結果三角形の合同を使って説明する。 ……………………① **４．課題２「三角形の面積を二等分しよう」を提示する。** S：「１つの頂点と対辺の中点を結ぶ」という意見をだす。 T1: 時間が不足したため，OHP上で簡単に説明する。 T1: 宿題「三角形の１つの辺上に点をとり，それを通る直線で三角形の面積を二等分する」を伝える。	**導入** **１．四角形の種類を思い出させる。** **展開** **２．課題１「平行四辺形の面積を二等分しよう」を提示する。** S：個人的な問題解決場面。 **３．生徒の意見を発表させる。** S：「平行四辺形の対角線（２通り）」という意見をだす………………………② S：「縦向きの２つの合同な平行四辺形に分ける」という意見をだす。 T1: 重心という言葉を分かりやすい言葉で説明する。 T1:「これまででた直線の交点を通る線分をひくと，なぜ面積が等しくなるのかを説明して欲しい」と提示する。 S：議論の結果，三角形の合同を使って説明していく。 **４．課題２「この図形（L字型）の面積を二等分しよう」を提示する。** S：議論の結果，L字型を囲む最小の長方形の対角線の交点と，その長方形からL字型を除いた長方形の対角線の交点を結ぶ直線で分ける，という意見を出す。 S：L字型を２つの長方形に分けて，それぞれの長方形の対角線の交点同士を結ぶ直線で分ける，という意見を出す。（２通り）

（注　①②は，それぞれの場面について以下で詳細に分析したことを示す。）

(1) (表2 場面①での) T1のメタ認知的活動

以下は，表2場面①についての，授業のプロトコールデータに，刺激再生インタビューのデータを加えたものである。この結果から，教師（T1）が行ったメタ認知的活動の特徴を分析する。なお，図4は説明のために筆者が作成したものである。

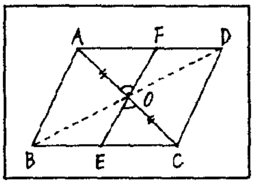


図4

（S2が，直線EFが平行四辺形ABCDの面積を2等分することを説明する）
120. T1：「S1君。」
121. S1：「黄色い線（線分OEとOF）が等しいとは言えません。」
122. T1：「黄色なんか等しいって言ってへんよな」
123. T1：「S2。ならあと，どこや？ これ（∠AOD）と これ（∠COE）いうて，これ（線分AO）とこれ（線分CO)。これで説明できるよな」

（インタビュー41）
T1：「これ，やったあと本人が気がついてるから，ふってやるんです。あれ本人が気がついてなかったら違う子にふってやるんですけど。本人が気がついてつぶやきよったから，ふったんです。」
I ：「子どもはここも，「黄色い線が等しくない」って気がついてますよね。この発問に答えられる発問かどうか。っていうのは難しいですよね」
T1：「結局，今までの学習の中で，仮定と結論って言ってましたから，仮定は使うんやでって，それと定義は使える内容やでって言ってましたので。まあ，今まであれが等しいっていう定義なんかでてきてないし。今まで何を教えているか。それによって，子どもができるかできないかを判断していきたい内容だし。苦しいと思っていても，以前に何かのかたちで触れとったら，極力こっちから説明するんじゃなくて，子どもから引き出してやりたいなっていう意図でしょう。」

124. S2：「錯角が等しい。」
125. T1：「これで，説明できるよな。あとS2君の説明の仕方でええやんな。S2君，長さを求めたやろ。合同が言えたら，そこから面積が等しい言えへんやろか。S2君は，合同ということを言って長さを決めて面積を求めたんよな。他にないやろか。」

（インタビュー42）
T1：「これは，面積という発想でいってたから，それはそれでいいなって押さえて。でもこちらとしては面積よりも，こっちの合同で同じものなんだって。」
I ：「それはやっぱり，次の三角形に…」
T1：「はい，それは三角形につなげるという。」

126. T1：「はい，S3くん。」
127. S3 ：「この三角形（△ABC）の中にこれ（△OEC）があって，これとこれ（△OFAと△OEC）が合同になっているので線をひいたときにこれ（四角形ABEO）とこれ(△OEC）をたしたのは，これ（四角形ABEO）とこれ（△OFA）をたしたものと同じだから，面積をたしたものは等しい。」

（インタビュー43）
T1：「私も正直ね，彼の意見が何をいっているのか，ようつかんでなかったんです。何を意図としとるんかなっていうのが。で，困ったなって正直なところ思いました。で，でもよう分かってないんやけれども，結果的に，この面積とこの面積（対角線で切った2つの三角形の面積）が等しいことを言わなあかんやろなと。賭けですわ。ようないんやけれども。彼が何言っとるのか分からなかったんです。だからこの後の質問なんです。」

128. T1：「S3君わかっとるねん。でも，1つだけ抜けとるねん。それは説明したら簡単ねん。なんか1ついれて欲しいねん。」
129. T1：「なんかないかな？」
130. S4：「この三角形（△ABC）とこの三角形（△CDA）の面積が等しい。」
131. T1：「これを入れたことで残りの面積が等しくなるやろな。オッケー！この考え方できますね。」
132. S5：「その三角形とその三角形も等しいってことが言えるんですか？」

（インタビュー44）
T1：「これ何いっとるんか，びっくりしました。こんな（その後の発言）うまく言えたなって。S5さんのあの意見なんて出るとは思ってなかったから。あの丸とペケがかいてあったから。見やすかったから」

133. T1：「これ（△ACO）とこれ（四角形FECD）？」
134. T1：「どう？言えるな。理論的に説明することによって，面積が等しいことがたくさん言えるよな。S2くんがしたような面積の公式を使って等しいというような説明の仕方もあったり，合同だから面積が等しいということを使ってやったりいろんな方法ができるよな。面積等しいっていうのをな。ごめん。時間なくなった。次！2番！この三角形の面積を二等分してください。どないしたらええやろ。」

(T1-1) モニターの対象は何か

（インタビュー41）は，ある生徒が発言した意見が数学的に間違っており，次に指名する生徒を決めるという場面である。その際に教師は，以下のように考えて，間違った意見を発表した生徒を再び指名したと述べている。

「やった（間違いを発表した）あと本人が気がついてるから，ふってやる（指名する）んです。あれ本人が気がついてなかったら違う子にふってやるんですけど。本人が気がついてつぶやきよったから，ふったんです。」

つまりここでは，生徒を指名する際にモニターするのは，クラスの子どもの様子であり，特にその直前の発言や活動と併せてモニターの対象とすることを述べている。

実際，この場面で間違った意見を発表した生徒は自分の間違いに気づき，教師はそのことに気づいた。そのため生徒は自分の間違いを自分で正す機会を得ることができた。これは生徒の自信にもつながると考えられる。

(T1-2)　自己評価において何を参照するか

（インタビュー41）では，生徒へ発問する内容を決定する際に，以下のように考えると述べている。

「今まで何を教えているか。それによって，子どもができるかできないかを判断していきたい内容だし。(発問に答えるのが）苦しいと思っていても，以前に何かのかたちで触れとったら，極力こっちから説明するんじゃなくて，子どもから引き出してやりたいなっていう意図でしょう。」

この発言には，「教師が一方的に説明するのではなく，子どもの発言を中心に授業を進めていきたい」という，教師の考えがうかがえる。そのために，「このクラスの生徒たちは，その発問が答えられるかどうか」をできるだけ正確に自己評価する必要がある。したがってT1は，「生徒のこれまでの学習内容」や「授業で学習した内容」を参照すると述べている。実際，この場面での教師の発問に生徒は正しく答え，答えた生徒の発言をもとにして，さらに授業が進展している様子がうかがえる。

(T1-3)　どうコントロールするか

（インタビュー43）では，生徒の発表した意見が理解できていない場面での，教師の発言を決定する際に，以下のように考えると述べている。

「私も正直ね，彼の意見が何をいっているのか，ようつかんでなかったんです。何を意図としとるんかなっていうのが。で，困ったなって正直なところ思いました。で，でもよう分かってないんやけれども，結果的に，この面積とこの面積（対角線で切った２つの三角形の面積）が等しいことを言わなあかんやろなと。賭けですわ。ようないんやけれども。彼が何言っとるのか分からなかったんです。だからこの後の質問なんです。」

つまりここでは，「生徒の発表した意見が理解できないけれど，クラスでの議論を進める」ためのコントロールとして，「生徒の意見の不充分な箇所を，まず指摘する」と述べている。実際，この次の教師の発問「S君わかっとるねん。でも，１つだけ抜けとるねん。それは説明したら簡単ねん。なんか１ついれて欲しいねん。」と続き，議論が進展している。

T1のメタ認知的活動の特徴

以上のことから，T1のメタ認知的活動には，以下のような特徴があったといえる。

第１にT1は，生徒を指名する際に，クラスの生徒たちの発言や活動をモニターしていた。その結果，数学的に誤った意見を述べた生徒は，自分の誤りを自分で訂正する機会を得た。

第２にT1は，生徒たちへ発問する内容を決定する際に，「生徒のこれまでの学習内容」や「授業で学習した内容」を参照していた。その結果，教師の発問に対する生徒の発言を取り入れながら，授業が進行していた。

第３にT1は，生徒が発表した意見を十分に理解できない際に，「生徒の意見の不充分な箇所をまず指摘する」というコントロールを行った。

(2)　（表２ 場面②での）T2のメタ認知的活動

次ページ枠内のデータは，表２場面②についての，授業のプロトコールデータに刺激再生インタビューのデータを加えたものである。この結果から，教師（T2）が行ったメタ認知的活動の特徴を分析する。なお，図５は説明のために筆者が作成したものである。

(T2-1)　モニターの対象は何か

（インタビュー13）は，図形の合同を証明する場面において，議論が言葉だけで進んでいることについてのインタビューである。その際に教師は，以下のように考えていたと述べている。

「証明が言葉だけなんで，書いたほうがいいかなあと思いつつ。まあ，しゃべって分かるだろうと。」

つまり，証明についての議論が言葉だけで進められていることについて，生徒たちの理解が十分かどうか理解しようとし，理解が十分でなければ議論の内容を板書しようと考えたと解釈できる。しかしT2は，生徒たちの理解状態を把握するための，教師のメタ認知的活動に関して述べていない。したがって，生徒たちの理解状況を把握しようとする際のメタ認知的活動を十分に行っていない可能性がある。「生徒たちが分かっているか？」というモニターの具体例としては，T1の発言にあるように，「クラスの子どもの様子や，その直前の発言や活動」を対象とする活動が考えられる。

(T2-2)　自己評価において何を参照するか

（インタビュー18）は，課題１から次の課題２へ移るかどうかを意思決定する場面である。その際に教師は，以下のことを考えたと述べている。

「作図しているときの時間をとりすぎたんと，時計を見たらもう11時ぐらいで。次，行かへんかったら，最後まで行かへんかなって。重心も出たし。本当は２，３個やりたかったんやけど。同じことがいえるんかなって。」「横向きとか細いやつとか，同じ方法で証明できるって。」

つまり，ここで参照されているのは事前に計画した指導案の内容である。しかし，指導案の学習内容の背後には，その授業の目標がある。T2 が作成した指導案にかかれている本授業の目標は，「図形の面積を 2 等分するという活動をしていく中で数学の無限の広がりを知り，1つの到達点にたどりつくにもいろいろな方法，多様な考え方があることに気づかせたい。(以下省略)」となっている。つまり，図形の面積を二等分する多様な活動を行うことによって，その授業の目標へ近づくことができるのである。したがって，指導案における授業の展開の計画と実際とのずれを参照するだけでなく，授業の目標をも参照しながら，その場面を自己評価することも必要であろう。

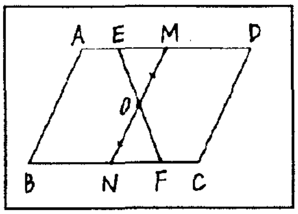


図 5

70. T2 ：「AC と，BD ひいて，対角線ひっぱってもうて，三角形が半分半分になる。なんでこれ半分半分になるんやろ？」
71. S6 ：「どれが？」
72. T2 ：「んっとな，△ ABD と，BCD やけど，なんで面積等しいって言えるん？」
73. S7 ：「合同だから。」
74. T2 ：「合同だから。合同だから…。この場合，三角形の合同ってどうやって言える？」
75. S8 ：「3辺がそれぞれ等しい。」
76. T2 ：「ああ，そうかそうか。対角線一本共通で，長さ等しいから，三辺が相等か。あ，相等言うたあかんわ，三辺が等しいから合同言えるわな。」
77. T2 ：「（△ ABD と，△ DBC をなぞりながら）これ合同やな。こっちでもおんなじ理由が言えると。」
78. T2 ：「S8 君，(AD の中点 BC の中点を結んだ線を差しながら）この線どうやってひっぱった？」
79. S8 ：「えっと。平行四辺形の性質で，二組の対辺が等しいから，AD = BC で，この二辺の長さが等しいから，共に，その二辺の中点を見っけて，それで，その中点を結ぶ。」
80. T2 ：「うん。で，ひっぱって，この平行四辺形とこの平行四辺形は？」
81. S8 ：「等しい。」
82. T2 ：「そやな。全く同じやな，これ，重なってまうな。合同やから面積等しい。うん。他にも線いっぱいひっぱっとったやんな？」

(インタビュー13)

I ：「この辺は，気持ちとしては，どう思って。」

T2 ：「うーんそうですねえ。証明が言葉だけなんで，書いたほうがいいかなあと思いつつ。まあ，しゃべって分かるだろうと。」

83. T2 ：「（一人のプリントをみんなに見せながら）あー。これこれこれ。こんな感じ。ほんならなんでな，中途半端な線ひいたん？」

(インタビュー14)

I ：「これはどういう意図なんですか？」

T2 ：「あぁ，前で3本ひいてもらって，で，自分のにも他にひいてあって。で，これだけひいてあるの見たら，他にもあるやんって思ってもらえると思って。」

84. T2 ：「今，3本引いて，4本目は，こんなんとかも，ひけるんちゃうかーってな。」
85. T2 ：対角線の交点を通る線を一本引き，すぐに消す。

(インタビュー15)

I ：「これは何で消したんでしょう？」

T2 ：「子どもらから出て欲しかったんだけど，出なかったんで自分がひいてしまった。けど消して，でやっぱりひいてもらおうと。で，ばれたんやけども，また消して，きいてみようと。」

86. T2 ：「2，3本引いたらわかると思うんやけど，必ず通るとこあったやろ？うん，どこ通ってる？」
87. S9 ：「真ん中。」
88. T2 ：「真ん中やな。これ中点，中点で…。理科でやったかいな？あの重心っていうやつ。まだやってへんか。」
89. S10：「やったんちゃうん？重力？」
90. T2 ：「うん，言うたらバランスのええとこやな。ほら，あの，鉛筆とかでも，こうのせたときにたおれんようにする点あるやん？真ん中の点な。中心とおりゃ，半分なる，はず。なんやけど…」
91. T2 ：さっき消した線を引く。さらに対角線ＡＣ，ＢＤを消す。

(インタビュー16)

I ：「これは？」

T2 ：「これは，重心を打ってから，これも半分になるんかいなっていう質問をしたかったんです。」

I ：「これは最初っから消そうと思っていたんですか？」

T2 ：「はい。」

92. T2 ：「この台形と，この台形，なんで面積等しいって言えると思う？言える？」
93. S11：「えっと。EM中点…」
94. T2 ：「ああ。中点な。」
95. T2 ：EF，MN の交点をＯとおく。
96. S11：「Oと，その NFO とが合同だから。」
97. T2 ：「ああ，これか。なんで合同って言える？」
98. S11 ：「えぇと。まず，えーと，平行四辺形 ABNM と，MNCD が合同やから…」
99. T2 ：「あ，これな，ふんふん。」
100. S11：「合同やから，MNの中点がＯって分かるから，えーっと，NO = MO で，対頂角が等しいから，∠NOF = ∠MOE になって，錯角が等しいから，錯角が等しいから，∠EMO = ∠FNO，で一辺と両端の角…」
101. T2：「ああ，ああ，なるほどな。今の話流れた？自分の頭の中で。聞いとったか？ええっと，これ中点とってるわけやから，ここが長さ等しいよ，で，対頂角も等しいよ，平行四辺形やねんから，錯角も等しいよ，じゃあ，これとこれ合同。合同やったら面積等しいんやったな？そやから。ここもここも一緒やから，移したと考えたらええわな。うん。よし，じゃあ，まぁこれ言うたら，簡単なほうやねん。みんなに考えてほしいのは，こっちやねん。」

(インタビュー17)

I ：「この流れたっていうのは，どういう意味なんでしょう？」

T2 ：「ああ，そうやそうやって疑問はないっていう。」

(インタビュー18)

I ：「次に移るタイミングっていうのは，何か考えていますか？」

T2 ：「作図しているときの時間をとりすぎたんと，

時計を見たらもう11時ぐらいで。次，行かへんかったら，最後まで行かへんかなって。重心も出たし。本当は２，３個やりたかったんやけど。同じことがいえるんかなって。」
Ｉ：「２，３個やりたかったっていうのは？ 重心出して，1個だけ，そのあと。」
T2：「横向きとか細いやつとか，同じ方法で証明できるって。」

(T2-3)　どうコントロールするか

（インタビュー15）は，平行四辺形の面積を二等分する直線を何本かひいた後，それらの交点へ着目させる場面である。「対角線の交点を通る直線は，その平行四辺形の面積を二等分する」ことを考える場面で，教師が何を板書し，何を発問するかに迷った様子がみられた。その際教師は，以下のように考えたと述べている。

「子どもらから出て欲しかったんだけど，出なかったんで自分がひいてしまった。けど消して，でやっぱりひいてもらおうと。」

この発言から，生徒の発言をもとに授業を進めていきたいという教師の考えがうかがえる。しかし，そのための教師のメタ認知的活動が，刺激再生インタビューにみられない。したがって，この場面に適切な教師のメタ認知的活動をさらに豊かにすることによって，教師の意図を授業実践に具体化する方法も見出せるといえる。

T2 のメタ認知的活動の特徴

以上のことから，T2 のメタ認知的活動には，以下のような特徴があったといえる。

第１に T2 は，生徒たちが議論の内容を理解しているかどうかを把握しようとする際に，モニターを十分に行っていないようであった。第２に T2 は，授業の進行状態を考える際に，実際の授業の様子と指導案における授業の展開とのずれを参照していた。けれどもそれに加えて，授業の目標とのずれを参照する必要性が認められた。第３に T2 は，生徒たちの発言をもとに授業を進めたいと考えているにもかかわらず，そのための教師のメタ認知的活動がみられなかった。

このことから，T2 は，自らの目指す授業を実現するためのメタ認知的活動を行う必要があるといえる。

(3)　教師のメタ認知的活動の特徴

２人の教師のメタ認知的活動のうち，類似した活動を行った場面を比較・検討することによって，両教師のメタ認知的活動の特徴を考察する。

本節の（T1-2）と（T2-3）で記述した各場面は，2人の教師が，「自分が説明するのではなく，できるだけ生徒の発言を取り入れて授業を進めていきたい」と考え，生徒への発問や板書について述べている箇所である。

その際 T1 は，「生徒のこれまでの学習内容」を参照し，生徒へ発問し，生徒がそれに答える，というメタ認知的活動を含んだ活動によって，生徒の発言を中心に授業を進めている。一方 T2 においては，生徒の発言をもとに授業を進めるための教師のメタ認知的活動が，刺激再生インタビューにみられない。その後 T2 は，授業のプロトコール82番から86番にかけていくつかの発問を行っているが，生徒からの発言を十分に引き出すことができていない。T1 のメタ認知的活動を踏まえて，T2 のメタ認知的活動を検討すると，生徒のこれまでの学習内容等を自己評価の際の参照される知識として保持することによって，T2 のコントロール活動への迷いを改善することが可能となると考えられる。

一方，両教師のメタ認知的活動の対象になっている活動は，ほとんど子どもたちであった。授業は子どもと教師と数学によって構成されるものである（中原，1995，p.9）ことを考慮すると，数学に対する教師のメタ認知的活動についてさらに分析する必要がある。そのためには，教師のメタ認知的知識を捉える枠組みの整理が必要である。この点は，本研究の今後の課題である。

６．おわりに

本研究の目的は，数学指導において教師の行う活動をメタ認知的側面から分析し，授業における教師のメタ認知的活動の特徴を明らかにすることである。それに向けて本稿では，教師のメタ認知的活動を捉える枠組みの提案を行った。具体的には，数学指導における教師のメタ認知的活動を，数学的問題解決におけるメタ認知的活動と対比することで捉えた。さらに，教師のメタ認知的活動による授業過程の分析によって，教師の意思決定場面をより詳細に捉えられる可能性を示唆した。加えて，授業での教師のメタ認知的活動における

- モニターの対象は何か
- 自己評価において何を参照するか
- どうコントロールするか

を比較検討することによって，教師の適切なメタ認知的活動を同定する枠組みを提案した。調査・分析の方法は，Artzt & Armour-Thomas（2001）を基礎にした刺激再生インタビューを用いた。以上の枠組みを用いて，教職経験年数の異なる2名の教師の数学授業を分析し，教師のメタ認知的活動の具体例をあげた。

今後は，教師のメタ認知的活動を捉える枠組みをさらに検討し，教師の適切なメタ認知的活動の特徴を同定する必要がある。また，教師のメタ認知的知識に関連する枠組みの構築も課題である。

【謝　辞】

兵庫教育大学附属中学校　中根良介先生，寺田敦先生，丸山公輔先生には，多くのご指導やご協力を頂きました。ここにお礼申し上げます。また，調査に協力して頂いた先生方や生徒の皆さんに深く感謝いたします。

引用・参考文献

岩合一男，石田忠男他（1990），『数学教育におけるメタ認知にかかわる認識過程の総合的研究』，平成元年度科学研究費補助金（一般研究C，課題番号 63580233）研究成果報告書.

岡本真彦（1998），『算数文章題の解決におけるメタ認知の影響と機能』，広島大学学位論文.

小野擴男，重松敬一，日野圭子，佐々木徹郎，銀島文，國本景亀（2000），『子どもの学習プロセスを視座とする算数科改善システムの開発』平成10・11・12年度科学研究費補助金（基盤研究C（一般），課題番号 10680270）研究成果報告書.

加藤久恵，（1999），『数学的問題解決におけるメタ認知の機能とその育成に関する研究』，広島大学学位論文.

重松敬一，日野圭子，國本景亀，佐々木徹郎，銀島文（2000），「研究授業を通した授業改善システムの開発」，日本数学教育学会，『第33回 数学教育論文発表会論文集』，pp.469-470.

重松敬一（1994），『児童・生徒の数学的問題解決に影響する「メタ認知」を測定するアンケートの開発研究』，平成4，5年度科学研究費補助金（一般研究(C)，課題番号 04680311）研究成果報告書.

清水美憲（2000），「数学科授業の国際比較研究における課題－TIMSS ビデオテープスタディの研究成果の検討－」，日本数学教育学会，『第33回 数学教育論文発表会論文集』，pp.391-396.

清水美憲（1988），『数学的問題解決におけるメタ認知に関する研究』，筑波大学大学院教育学研究科修士論文.

高澤茂樹（2000），「リスニングによる数学指導－発問研究の再検討を通して」，第28回近畿数学教育学会発表資料.

中原忠男（1995），『算数・数学教育における構成的アプローチの研究』，聖文社.

山口武志（1990），『算数・数学教育におけるメタ認知に関する基礎的研究』，広島大学大学院教育学研究科修士論文.

吉崎静夫（1991），『教師の意思決定と授業研究』，ぎょうせい.

吉崎静夫（1988），「授業における教師の意思決定モデルの開発」，日本教育工学雑誌刊行会，『日本教育工学雑誌』，vol.12, no.2, pp.51-59.

Artzt, A. F. & Armour-Thomas,E. (2001) , Mathematics Teaching as Problem Solving : a Framework for Studying Teacher Metacognition Underlying Instructional Practice in Mathematics. In Hartman, H.J. (Ed.), *Metacognition in Learning and Instruction,* pp.127-148, Kluwer Academic Press.

Artzt, A. F. & Armour-Thomas,E. (1999) , A Cognitive Model for Examining Teachers' Instructional Practice in Mathematics : A Guide for Facilitating Teacher Reflaction. *Educational Studies in Mathematics, vol.40, no.3,* pp.211-235.

Artzt, A. F. (1999) , A Structure to Enable Preservice Teachers of Mathematics to Reflect on their Teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education, vol.2, no.2,* pp.143-166.

Stipek, D. J., Givvin, K. B., Salmon, J. M., and MacGyvers. V. L. (2001) , Teachers' Beliefs and Practices Related to Mathematics Instruction, *Journal of Teaching and Teacher Education, vol17,* pp.213-226.

Study on Teacher's Metacognitive Activities Underlying Mathematics Teaching : the Framework to Investigate Teacher's Metacognitive Activities

Hisae KATO
Hyogo University of Teacher Education

Abstract

One of the perspectives to analysis mathematics classroom is to investigate teacher's metacognitive activities. The purpose of this study is to construct the framework of teacher's metacognitive activities underlying mathematics teaching and to analyze the characteristics of teacher's metacognitive activities. Then it is able to create the program of teacher education on the basis of teacher's metacognitive activities.

For the purpose of this study, this article proposed the framework to investigate teacher's metacognitive activities, on the basis of Artzt & Armour-Thomas(2001). To put it concretely, firstly teacher's metacognitive activities were compared with metacognitive activities on mathematical problem solving. So teacher's metacognition has two aspects, metacognitive knowledge and metacognitive skill. Especially this article focused on teacher's metacognitive skill that is consisted of monitoring, self-evaluation and regulation. Secondly, it makes clearer understanding about teacher decision making to investigate teacher's metacognitive activities underlying mathematics teaching.

Using the framework to investigate teacher's metacognitive activities, two mathematics instructional practices were analyzed. As the results of these practices, the following metacognitive activities were founded. The teacher monitored students' comments and activities, reflected some contents that students' had already learned.

資料１　T1の作成した指導案

数学科学習指導案(略案)

1. 課　題　「面積を2等分しよう」

2. ねらい
既習事項を利用し，操作活動を通して多様な考え方を導き，思考することのよさを体験する。

3. 準備物　ワークシート，OHP

4. 学習展開

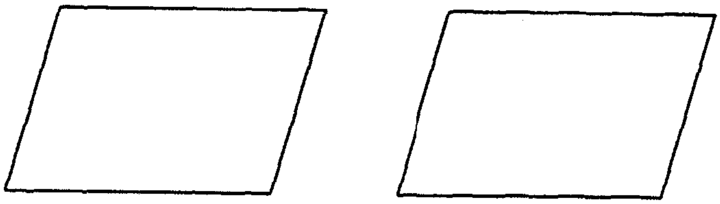
	学習活動	教師の支援活動
導入	1 いろいろな図形の面積を2等分することを知る。	・円，二等辺三角形を用いて，面積を 2 等分することを確認し，生徒の意欲を喚起する。
	平行四辺形の面積を2等分しよう。	
展開	2 操作活動を通して，多様な考え方をする。 ・面積の公式を利用して ・合同な図形を利用して	・直感的思考を大切にし，論理的思考の必要性を促す。 ・机間巡視をして，つまずいている生徒を支援する。
	3 発表する。	・多様な考え方を大切にする。
	三角形の面積を2等分しよう。	
	4 操作活動を通して，多様な考え方をする。 ・頂点を利用して ・辺上の1点を利用して	・直感的思考を大切にし，論理的思考の必要性を促す。 ・鈍角三角形の高さについて確認する。 ・既習事項を利用することを確認する。
	5 グループ学習をすることにより，考えを深める。	・机間巡視をして，各グループの様子を確認し，つまずいているグループを支援する。
まとめ	6 本時のまとめを聞く。	・いろいろな図形において，面積を2等分することができることを気づかせ,他の図形についてもできることを指示し，オープンエンドで本時のまとめをする。

資料2　T1の作成したワークシート

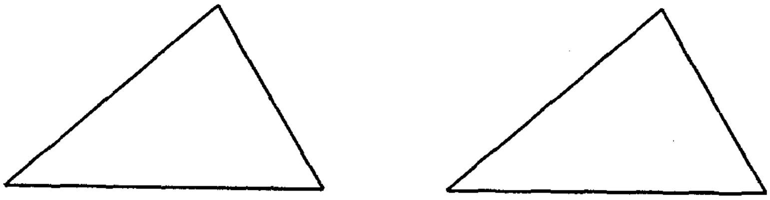
ワークシート　「面積を2等分しよう」

番　氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

1



2



資料３　T2 の作成した指導案

1.　課題　　　面積を2等分しよう

2.　ねらい

図形の面積を2等分するという活動をしていく中で数学の無限の広がりを知り、1つの到達点にたどりつくにもいろいろな方法、多様な考え方があることに気づかせたい。また1つの解法に満足することなく他の方法も追求しようという貪欲さや集中力を身に付けるきっかけにしたい。ただ納得するのではなく2等分になる理屈もしっかり押さえる。

3.　準備物　　画用紙(平行四辺形、L字型、直線)

4.　学習活動の展開

	生徒の活動	教師の支援活動
導入	・　四角形の種類を思い出す ・　本時の課題を知る	・　名前だけでなくその図形がどのような定義に基づいているのかもおさえる ・　課題を与える
	与えられた土地(面積)を２等分しよう！	
発展	・　課題について考える ・　物件A(平行四辺形)について考える ・　重心の存在を知る ・　いくらでも直線が引けることを実際に書いて確認する ・　物件B(L字型の図形)について考える ・それぞれの考え方を発表する	・　実際に黒板にある図形に2等分する直線を2,3本ひかせ、何か共通することはないか質問する ・　このとき中点や対角線などに注目させる。 ・　重心という言葉をわかりやすい言葉で説明する ・　なぜ重心をとおれば2等分できるのかを三角形の合同などを用いて導く。 ・　物件Aをふまえ、じっくり考えさせる時間をとる。またこの間に机間巡視をして生徒の様子を把握する ・　つまるようであれば平行四辺形のときにどのようにしたのかを尋ねていく ・　1パターンだけでなくほかにもないかどうか考えさせる。“あるものを半分にする”という発想から“ないものをひいた”という考え方にもっていってやりたい。 ・　これらの図形だけでなくほかの図形においても2等分できるかに目を向けさせる。
まとめ	・話を聞く	