上越数学教育研究，第17号，上越教育大学数学教室，2002年，pp.137-146

数学学習における学習者の理解過程に関する研究
－数学の授業における相互作用のパターンの影響－

池　田　由　佳
上越教育大学大学院修士課程１年

１　はじめに

１つの教室には，様々な生徒が混在している。よく発言する生徒，あまり発言しない生徒などである。筆者はこれまで，そのような教室の中で生徒として授業を受けてきた。それらの教室を見回したとき，その全ての場に共通したことが，そこに「学力差」が存在したということである。今日，この「学力差」への対応の１つとして，能力別クラス編成が挙げられているが，実際にはこの能力別クラス編成を導入している学校は少ないように思われる。

では，能力混合クラス，すなわち「学力差」の存在する教室の生徒一人一人に対して適切な指導や支援を行なうために，教師はどうあるべきか。

まず，教師は，数十人の生徒を相手に授業を進行しているということを自覚しなければならない。教室内にはよく発言をする生徒，あまり発言をしない生徒が存在することは先にも述べた。前者の場合，その生徒が誤った考え方をしていたならば，教師はその場で対応することが可能である。しかし，後者の場合，教師はその生徒の理解の程度を把握することができない。その生徒は，疑問に思うことがあっても解決せずに授業を終えていくのである。授業後に解決するという可能性も少ない。教師はこのような状況において授業をしているのである。

したがって，教師は，生徒一人一人がどのような取り組みをしているかを知らなければならない。つまり，一人一人の生徒が教師の発言や支援をどのように受け止め，それをどのように自分の知識へと移行させていくかを知らなければならない。でなければ，教師は生徒に対して適切な支援をすることはできないであろう。教師が適切な支援をしたつもりでいても，果たしてそれが生徒に有効なものであったか，重要だとして伝えた内容が生徒に重要なものとして伝わっているかどうか，という不安が教師に残るだろう。不安を感じるのは教師ばかりではない。生徒も，不明な点をそのままにして次の学習へと進んでいくことへの不安や，他の友人との学力差への不安を感じる可能性は大きい。

ここで筆者が用いている「適切な支援」とは，生徒全員が積極的に発言できるようになることを目指して行なわれる支援ではなく，生徒自身の中で学びが成立するという状態を目指して行なわれる支援を指すものである。生徒一人一人に個性があるように，その学習のスタイルも様々であり，必ずしも生徒全員が同じスタイルで学習する必要はないと筆者は考えている。

本稿では，授業中にあまり発言をしない生徒に対して教師が行なう支援が，その生徒にどのように受け止められているのか，また教師の指導や支援のうち，何が生徒に理解され何が理解されていないのか，を明らかにすることを目的とする。

2　研究の背景

教師から生徒へと指導や支援が行なわれるとき，そこには相互作用が存在している。ここでは，支援や相互作用に関する先行研究を概観する。

2.1　相互作用主義の立場

Voigt（1998）によれば，「生徒たちを相互作用のパターンに参加させることは彼らの認知発達にとって有用である(p.215)」。このVoigtの言葉は「相互作用のパターンと生徒の学習には関係がある」と読み替えることができる。これは，筆者にとって，生徒の学習に目を向け，それに影響を及ぼす要因を，彼らが受けてきた授業に求める際の１つの視点となる。

また，Bauersfeld（1993）は，授業への参加を通した学習について次のように述べている。

> （狭い意味での）知識は，使用者が，ある状況に直面したときに，その知識を用いるのが適切であるかどうかを確認できなければ，無駄になるだろう。知識はまた，もし学習者が，その必要な要素を，当面している状況に，柔軟に関連づけたり変形することができなければ，ほとんど助けにならないだろう。（Yackel&Cobb 1996, p.459）

単に授業の内容を暗記しただけでは「知識を得た」とはいえない。しかし，暗記をすることを否定しているわけではない。暗記をした場合，その暗記した内容を使用する場を見極められること，そしてそれを柔軟に使用することができれば，その学習内容は「知識」へと変化し得る。それができないのであればその暗記した内容は単なる「暗記したもの」で終わってしまうだろう。

では，生徒たちは，学習した（とする）内容を使用する場を見極めたり，それを柔軟に使用することはどれくらい可能なのであろうか。生徒のその可能性を確認するためにも，生徒に目を向けることが必要である。

2.2　関口（1994）の研究

生徒たちへの支援としてはどのようなものが考えられるだろうか。関口は，数学的証明の考え方およびその方法の学習には，子どもの数学に対する認知の構造的変容が要求されそのためには教師の援助が必要であるとし，数学教育の場での，証明指導における支援の代表的な例として「穴埋め証明」を用いた指導を示している。

また同氏は，証明の導入段階からその展開を追うことにより，その授業で見られた「穴埋め証明」が，生徒たちの証明記述の補助となる道具として用いられていたことを述べている。そして，その使用の仕方はブルーナーらのいうscaffolding（足場設定）に相当する働きを持つとしている。

この穴埋め形式の証明には，生徒が独力で解決できないような問題に対して，その独力での解決を支援するというメリットがある。しかし，その一方でその援助に頼ってしまい独力で解決する能力が伸びないというデメリットもある。筆者は，このメリット・デメリットは一概に決まるものではなく，個々の生徒の学習（授業の取り組み方，「穴埋め」をどう利用しているか）によると考えている。

同氏の研究では，活発な生徒が比較的多く集まっている教室全体に焦点があてられている。また，教室でのscaffoldingのあり方の問題点について「様々な能力と進度をもつ36名の授業の中で同時に、しかも限られた時間内で、一人一人の状態に応じた援助を教師が提供することは容易なことではない。」と，能力混合クラスにおける教授の難しさについて指摘している。しかし，そこでは一人の生徒に焦点をあて，その生徒の思考過程がどのようなものであり，どのように学習内容を内面化していくのかについては明らかにされていない。

一人一人の理解の程度に応じた援助を提供しようと思うのならば，この点を明らかにす

ることが必要であろう。

2.3　岩崎（2001）の研究

岩崎の研究では，相互作用とそこに参加している一人一人の学習との実際の関係が問題とされている。焦点があてられていた生徒は授業において一際目立つ能動的な参加者であった。そして同氏の研究では，この生徒の存在が授業に大きく影響していること，また，その生徒自身の学習の仕方（発言しながら考える）が明らかにされている。しかし，ここで同氏も述べているように，授業で聞き役の生徒（あまり発言をしない生徒）にとって，授業での相互作用がどのような意味をもっていたのか，彼らがどのような学習をしていたのかについては明らかにされていない。

3　研究方法

3.1　研究の立場と目的

本研究では，相互作用主義の立場をとり，授業における相互作用と生徒の学習との間には整合的な関係があると考える。つまり，生徒がある問題に対してどのように関わるか，そしてその関わり方が授業における相互作用の結果であると仮定し，その関わり方を特定することを試みる。

この考え方について，Sierpinska（1998）は次のように表現している。

> もしも生徒が数学として学んでいることがあるディスコースであるならば，その生徒の数学の知り方は，その生徒が学習過程に参加しているところのコミュニケーションと相互作用の特徴の関数である。（p.54）

また，本稿では，相互作用への参加に関して，その参加形態を「直接的参加」と「間接的参加」の２通りに区別する。「直接的参加」とは，岩崎の研究の対象にもなっているような目立つ生徒，よく発言をする生徒の参加形態を指したものである。「間接的参加」とは，あまり発言をしない生徒の参加形態を指している。それは，他の生徒たちの相互作用を聞きながら自己の学習を進めている，つまり，「間接的に」相互作用に参加している生徒の参加形態を表現したものである。

本研究では，「間接的参加」という形態をとる生徒の授業への参加の仕方，授業がその生徒に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

3.2　調査方法

長期的なデータの収集が必要とされるために，筆者が頻繁に通うことのできる地域の中学校にあって，本研究に協力していただける数学教師（21年の教職経験を有し，学習に遅れがちな生徒に配慮した授業を行なっている）に依頼し，担当しているクラスの生徒の中から，調査の対象となる生徒を探した。筆者が対象としていた生徒は，学習に遅れがちな生徒であり，教師との話し合いの結果，１人の２年生の女子生徒，野田（仮名）が見出された。

3.2.1　野田について

教師の話から，野田は次のような生徒であることがわかった。

・努力をしていてもその努力がうまく成果に結びついていない（テストで点数を取ることができない）
・通常の学級編成を解体し，数学授業での編成に組み替えられている教室（男子17名，女子13名）で授業を受けている。

また，筆者が調査で関わっていく中で，野田は次のような生徒であることがわかった。

・授業中に記録したノートを頼りにして学習を進めている
・授業中の自発的な発言はほとんどみられない
・授業以外で教師に質問することはない
・家庭学習の習慣がほとんどない
・テスト対策として「暗記」をする

3.2.2　データの収集

データの収集は２種類の方法で行なった。それは授業観察とインタビューによるものである。

授業観察は，図形の学習に入る平成13年９月14日から図形の学習が終わる平成13年11月20日まで週３回，全22時間行なった（実際は週４時間授業がある）。その授業はＶＴＲ，ＡＴＲによって記録した。ＶＴＲは教室後方に固定し，教師の教授行為を中心に，授業の雰囲気，板書の状態などを記録した。それらの記録をもとに授業記録を作成し，授業中の教師や生徒の発話を分析に利用できるようにした。

インタビューは，平成13年９月14日から平成13年11月20日，平成13年12月20日からの２期に渡って行なった（現在も調査中である）。インタビューは放課後，筆者と対象生徒の１対１の形式で行なった。その様子は対象生徒への心理的影響を考慮してＡＴＲのみで記録し，この記録からインタビュー記録を作成した。また，インタビューは主に野田の考えをよりよく理解しようとする臨床的なものであったが，必要に応じて授業との関連をつけながら指導も行なった。

3.2.3 インタビューの流れ

次に示す表は，第１回から第９回までの各インタビューにおける主な内容と主な出来事をまとめたものである。

日程と内容／授業観察		
13/9/7 **事前打ち合わせ** 教科担当教師との話し合いの結果 対象生徒（野田）が見出された。		
13/9/14 **計算力テスト（再）**		9/14
13/9/14 **第１回インタビュー** ・計算力再テストについて ・多角形の内角の和	A	授業観察
授業観察：３回		
13/9/21 **第２回インタビュー** ・授業について ・対応順/錯角/同位角/対頂角の確認	A	9/28
授業観察：４回 ・パターン（４回） ・穴埋め形式証明（１問）		
13/10/12 **中間テスト**		「証明のしくみ」学習
13/10/12 **第３回インタビュー** ・授業について ・等式の変形	A	
授業観察：３回 ・パターン（３回） ・穴埋め形式証明（５問）		
13/10/19 **第４回インタビュー** ・等式の変形	A	
授業観察：９回 ・パターン（１２回） ・穴埋め形式証明（６問）		
13/11/16 **第５回インタビュー** ・平行四辺形の性質の証明	B	
授業観察：２回 ・パターン（１回） ・穴埋め形式証明（１問）		11/20
13/11/20 **第６回インタビュー** ・平行四辺形になるための条件の証明	B	「一次関数」学習
13/11/27 **期末テスト**		
13/12/20 **第７回インタビュー** ・平行四辺形の性質を用いた証明	C	
14/1/18 **第８回インタビュー** ・直角三角形の合同条件を用いた証明	C	
14/2/1 **第９回インタビュー** ・直角三角形の合同条件を用いた証明	C	

【表１：各インタビューの日程と内容】

A：第１回〜第４回インタビューは，野田の学習の仕方を知るために，授業での活動の様子を尋ねること，また野田がわからないと言っていた「等式の変形」の範囲を中心に実施した。

B：第５回，第６回インタビューは，授業で「平行四辺形」についての学習が行なわれていたことから，野田の証明の仕方と授業との

関連づけを図ることを目的として実施した。
C：第７回～第９回インタビューは，実際に期末テストで出題された証明問題の中で，野田が答案用紙に解答を記述していたものを用いて，野田の証明の仕方をより詳しく知ることを目的として実施した。
授業観察：各インタビューの間に実施した授業観察の回数をカウントした。「**パターン**」とは，授業のデータから特定できた「証明のパターン」，すなわち，授業で展開される相互作用の中で繰り返し確認された「証明の仕方」を表したものである。これは授業で証明問題を扱うたびにみられた（計２１回)。「**穴埋め形式証明**」とは，教師が穴埋め形式の証明を板書した問題数である（計１３問)。穴埋め形式ではない場合は，全て教師が証明を板書した。(5.1参照)

インタビューの初期の段階では，野田はインタビュアー（筆者）の質問に答えるだけであったが，回数を重ねていくうちに，わからないところや疑問に思うことを自分からインタビュアーに質問するようになる，という変化が見られた。

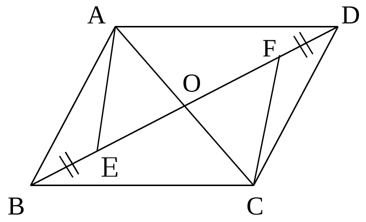
4　野田の思考過程

これまでに得たデータをもとに，野田の活動を分析し，その考え方に影響を及ぼしていると思われる「授業における相互作用のパターン」を特定し，考察することにする。調査期間，野田が受けていた授業内容は図形の領域のものであったために，ここでは図形に関わった第７回インタビューを中心に分析を行なう。なお，以下に示す発話記録の番号に下線のあるものは，授業場面のものである。(Ｉ:筆者，Ｎ・野:野田，Ｔ:教師，その他の生徒（全て仮名）の発言には名前の頭文字を用いている）

4.1　調査問題

以下は調査協力校の期末テストで実際に出題されたものであり，野田もこの問題に解答していた。その解答欄は生徒による完全証明を求める形式のものであった。

右の図で、▱ＡＢＣＤの対角線ＡＣ、ＢＤの交点をＯとし、ＢＤ上にＢＥ＝ＤＦとなるように２点Ｅ、Ｆをとる。
このとき△ＡＢＥ≡△ＣＤＦであることを証明しなさい。

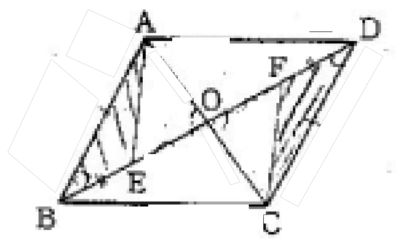


4.2　野田の方法

4.2.1　分析Ⅰ

野田の答案用紙に書かれていた証明は以下のようなものであった。この解答で，野田は１点も点数を取ることはできなかった。

△ＡＢＯと△ＣＤＯにおいて
共通な辺だから　ＢＤ＝ＤＢ－①
平行四辺形の性質より　ＡＢ＝ＤＣ－②
ＡＢ//ＤＣより∠ＡＢＯ＝∠ＣＤＯ－③
①②③より、２組の辺とそのはさむ角がそれぞれ等しいので
△ＡＢＯ≡△ＣＤＯ
∴△ＡＢＥ≡△ＣＤＦ



※上図は実際に野田の答案用紙にあったものである。

この野田の解答では，まず初めに２つの三角形（△ＡＢＯ，△ＣＤＯ）に注目し，次に①②③の条件が述べられている。①では共通な辺であるとしてＢＤ＝ＤＢとし，②では平行四辺形の性質から向かい合う辺（ＡＢ，ＤＣ）の長さが等しいことが示されている。③では平行四辺形の定義，平行線の性質から錯角が等しくなることが示されている。その後

合同条件により初めに注目した２つの三角形の合同を示し，記号「∴」の後，結論である「△ＡＢＥ≡△ＣＤＦ」が記述され証明が終えられている。

この問題で，（教師によって）正答とされる証明には②③の条件が使用されるが，①がどのような根拠からここで用いられることになったのかは明らかではない。

また，第５回インタビューの中で，同日の授業で扱われた証明について，野田に尋ねたとき，野田は次のように答えた。

05111N　（略：証明の仮定の部分や条件の部分を述べている）で、いち、に、さん（①②③）でーで、１辺とその両端の角が等しい、でやっ、表してー、でー、合同と結論。

このとき，野田のもとには図のみがあり，記述した証明はなかった。それにもかかわらず「いち、に、さん」という発言をしているのである。

期末テストの解答，05111の発言，野田が暗記を用いて学習することなどから，次のような証明のフォーマット（本稿では，このような証明をする際の取り組み方（枠組み）を「証明のフォーマット」と呼ぶことにする）を確認することができる。

(1)合同にみえる２つの三角形に注目する
(2)①②③の条件を記述する
(3)合同条件を記述する
(4)「≡」を用いて(1)で注目した三角形の合同を記述する
(5)「∴」の後に結論を記述する

野田はこの証明のフォーマットを手がかりに，単に形式的に証明をしているだけのようにみえるであろう。実際，筆者もこの解答を見たときは，そこに証明を組み立てるための要素を並べているだけのように思っていた。しかし，インタビューで野田の話（その問題の証明の考え方）を聞いていくうちに，単にフォーマットにあてはめ，要素を並べているわけではなさそうだと感じるようになった。

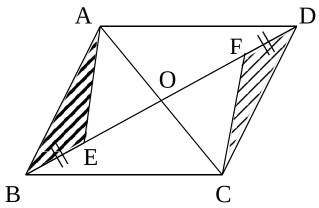
4.2.2　分析Ⅱ

この問題を，期末テスト後の第７回インタビューで再び野田に取り組ませることにした。しかし，第７回インタビューは，幾何の授業が終了した約１ヶ月後に実施され，その間，幾何の学習は行なわれていない。そのため，野田はそれまで学習してきた図形の証明についての知識を忘れてしまっている可能性があった。

次の発話記録は，野田がまず最初に△ＡＢＯと△ＣＤＯに注目した，その理由を述べている場面のものである。

07016N　えっとー、まず、ここを出さなきゃいけないんだからー〔△ＡＢＥと△ＣＤＦに斜線(記述１参照)〕で、なんかー、ここ〔△ＡＢＯと△ＣＤＯを指す〕を出してー、で、ここ〔△ＡＥＯと△ＣＦＯを指す〕を引こうと思ってー。

記述１



※△ＡＢＥは野田の思考中に斜線が引かれていたため、二重に斜線が引かれたことになる

ここでの野田の考え方は，「大きな三角形（△ＡＢＯ，△ＣＤＯ）の合同を示し，そこから小さな三角形（△ＡＥＯ，△ＣＦＯ）を引けば残りの三角形（△ＡＢＥ，△ＣＤＦ）は合同になる」というものであった。証明そのものは間違っている。しかし，野田はこの証明問題に対して，方針を立てて取り組んでいたのである。このことは，野田が形式的に証明をしていると考えていた筆者にとって，意外な結果であった。

4.2.3　分析Ⅲ

野田が方針を立てて証明を記述しているということは，上述の証明問題のみから考えられたことではない。そのことは，第９回イン

タビューでの野田の発言によって，より確実なものとなった。

09180 I 証明するときって、まずどうすればよかったっけ。
09181N 合同条件、３つあるじゃないですか。
09182 I うんうんうん。
09183N それに当てはめる。
09184 I 当てはめる。どういうふうに当てはめる？
09185N えっと、３組の辺がそれぞれ等しい、かー、２組の辺とそのはさむ角が等しいのかー、１組の辺とその両端の角が等しいのかー、を見つける。で、合同なところを見つけてー，それに合うやつを探して証明する。で、どこの三角形に注目するかとか。

野田は，証明を「合同条件」から考えるといった，彼女なりの方針を立てて記述している。したがって，4.2.1（分析Ｉ）で述べたこと，すなわち野田が形式的に証明をしている，ということを安易に述べることはできない。野田は，方針を立てて証明をしている。方針を立てることができる，ということは，「証明とは何か」「どのようなことをすることか」を知っているといえる。Mellin-Olsen（1987）はメタ知識を３つのタイプ（数学が①自分にできることか②どのような状況で学んでいるか③自分にとってどのように重要か）に分類している（p.182)。したがって，Mellin-Olsenの言葉を借りれば，野田にはメタ知識（証明とどのように関わっているか）が形成されているといえるだろう。

また，Bauersfeld（1993）は「数学の授業という文化に参加することから生じる主要な効果は，主にメタレベルにおいて現れ，間接的に学習されるだろう（p.4)」と述べている。野田はメタレベルの学習をしていたといえる。では，野田がメタレベルの学習をしたその背景には何があるのだろうか。そこで，野田が授業から何らかの影響を受けた可能性があると考え，これまで彼女が参加してきた授業の中にメタ知識形成の要因を探す。

5　授業における相互作用と内面化

野田は，第７回インタビューの最後に，独力で証明を完成させることができた(記述２参照)。

記述２　△ＡＢＥと△ＣＤＦにおいて
仮定よりＢＥ＝ＤＦ－①
平行四辺形の性質よりＡＢ＝ＤＣ－②
ＡＢ//ＣＤより∠ＡＢＥ＝∠ＣＤＦ－③
①②③より、２組の辺とそのはさむ角がそれぞれ等しいので
△ＡＢＥ≡△ＣＤＦ
※＿＿部は筆者による

この証明を書き上げた直後，野田は「でもここ（＿＿部）の表し方がよくわからない。（07111N)」と述べている。この発言によって，野田がこの部分に何か書かれていなければならないと考えていることがわかる。野田の受けてきた授業では，＿＿部が穴になったことはなかったが，授業で繰り返される証明のパターンが何らかの形で野田に影響を及ぼした可能性がある。もし本当に「わからない」という状態にあれば，＿＿部には何も書かれていないはずである。

5.1　証明の方法

野田に影響を及ぼした要因を明らかにするために，計22時間の授業記録から，各授業でみられた教師からの支援とされる発言を抜き出した。その結果，授業中の相互作用や教師の発言から次のような証明のパターンを特定することができた。

①教師が問題・図を板書し，意味を説明する
②教師と生徒で仮定結論の確認をする
③教師と生徒で証明の方針（どの性質を条件とするか）を議論する
④教師と生徒でどの合同条件を使うかを確認する
⑤教師は生徒たちに証明を各自で書くように促し，穴埋め形式の証明を板書する

⑥教師が黒板で証明をまとめ，再度②～④で議論したことを振り返り説明する

①から⑥までは，証明の学習が進むに従いそれぞれに費やす時間が短縮されてはいるが，①から⑥までの流れは証明の学習が終わるまで変わることはなかった。

授業では，「前進後退法（Solow 1982)」が確認できた。前進後退法には「前進過程」と「後退過程」がある。「前進過程」とは，仮定から議論を進め，その仮定のもとで真になる別の主張（結論）を導く証明法であり，「後退過程」とは，“結論が真であることを示すには何を言えばよいか”という問いかけから始まる証明法である。

①では，教師は「ちょっと問題、図、かいてみてください。」といい，取り組もうとしている問題へと生徒を引きつけている。

②では，教師は「仮定、結論、はっきりさせましょう。」といい，一人の生徒を指名して仮定と結論の確認を行なう。初期の段階では生徒は仮定には下線，結論には波線を引くという作業を行ない，仮定と結論に対する意識を強めている。(前進過程)

③では，教師は結論を示し，「これを証明したいのです。」「どの三角形に注目すればいいですか？」という解析的方法への助言からスタートする。そして，生徒を指名し，注目する三角形を確認する（後退過程)。その後「この三角形が合同であることを証明すればいい。」「この２つの三角形の合同がいえれば対応する辺（角）が等しいことが示せます。」という助言によって次の段階へと進んでいく（前進過程)。

④では，③で見出した図形の性質などを確認した後，「合同条件は何？」と生徒を指名してそこで使用する合同条件についての確認をする。

⑤では，「じゃあ証明してみましょう。」という教師の発言により，生徒たちは証明に取りかかる。黒板には穴埋め形式の証明（授業が進行してもその穴の数や形式は変化しない）が板書される。このことは5.1.2で詳述する。

⑥では，教師が証明の空欄を埋め，再度仮定の部分から振り返る活動が行なわれた。

5.1.1 教師と生徒の対話

②③④では，証明の方針について教師と生徒の対話場面が見られた。この対話場面は野田の証明の仕方に影響を及ぼしている。それは，授業で実際に行なわれた議論（対話）と野田の活動とを比較することで示すことができる。

そこで，次に授業で実際に行なわれた議論（対話）の代表的な例を示す。授業は，「平行四辺形」の学習の２時間目（証明を扱い始めてから14時間目）のものであり『平行四辺形ＡＢＣＤで対角線の交点をＯとするならば、ＡＯ＝ＣＯ，ＢＯ＝ＤＯ』を証明する場面である。

16005T	(略)もう仮定結論慣れてきたら省略してもいいということになっていますが、ま、一応書いておきましょうね。
16008T	(略)そうすると、仮定は前島君、何になりますかね？
16009前	ＡＤ//ＢＣ、ＡＢ//ＤＣ。
16010T	はい、いい？何度も出てきています。平行四辺形です。(略)このように記号で表せます。結論はもちろん、書いてあるから？野田さん。
16011野	ＡＯ＝ＣＯ、ＢＯ＝ＤＯ。
16012T	はい、そうだね。色変えようかな。ＡＯ＝ＣＯ、ＢＯ＝ＤＯですよ。**これを証明したいんです。**

16012の教師の発言「これを証明したいんです。」は他の授業でも繰り返されている。野田はインタビューで扱った問題で，結論の部分を指して「ここを出さなきゃいけない」という表現をよく用いていた。思考の途中で「ここを出さなきゃいけないんだから･･･」と結論を振り返ることさえしていた。このことからも，繰り返された教師の発言が，野田

の証明の仕方に影響を及ぼしたと考えられる。

5.1.2　穴埋めのフォーマット

⑤では，教師は穴埋め形式の証明を板書した。次に示す例は5.1.1に挙げた場面で板書されたものである。

△ＡＯＢと△ＣＯＤにおいて 平行四辺形の性質より ＿＿＿＝＿＿＿ −① ＡＢ//ＤＣだから ＿＿＿＝＿＿＿ −② ＡＢ//ＤＣだから ＿＿＿＝＿＿＿ −③ ①②③より ＿＿＿＿ がそれぞれ等しいので △ＡＯＢ≡△ＣＯＤ ∴ＡＯ＝ＣＯ，ＢＯ＝ＤＯ ※ ＿＿＿部は筆者による

この形式の証明が継続して繰り返されることによってこの形式は野田に内面化されたと考えられる。野田の「でもここ（＿＿部）の表し方がよくわからない。(07111N)」という発言と，授業で提示された穴埋め形式の証明を比較すると，この穴埋めの形と野田の思考過程は整合しているようにみえる。そのために，野田は07111のような発言をしたと考えられる。

5.1.3　記憶と忘却

繰り返される頻度の影響が，授業が終わり１ヶ月以上経過したときの野田に現れていた。

長く繰り返されていた穴埋め形式の証明のパターンは，野田にメタレベルでの学習を生起させたと考えられる。では，繰り返される期間が短かったものはどうだろうか。「合同な図形の性質」に関して言えば，実際，授業で扱った証明には最初「対応する辺（角）が等しいので」という板書があったが，証明が扱われて５時間目の授業で,教師から記号「∴（授業では“したがって”と呼ばれていた)」が紹介されると，それ以降の授業では記号「∴」が板書され，「対応する辺（角）が等しいので」ということは教師から述べられるのみとなった。第５回インタビューで，野田に記号「∴」の意味を尋ねたところ，野田は「したがって」と答えた。その後，ノートを見て合同な図形の性質を答えた。第６回インタビューでも同じ質問をしたが，野田の反応は第５回と同様であった。合同な図形の性質について，野田に内面化されているとは言い難い。

野田の学習のほとんどが授業内に行なわれていることを考慮すれば，パターンを「繰り返す」ことは野田にとって非常に有効な支援であったといえる。結果として野田に内面化されなかった部分は，もう少し長く扱われていたならば内面化されていたのかもしれない。しかし，教師にとっては，授業時間が限られているという制約や，他の単元の学習も行なわなければならないという制約などがあり，生徒の理解の程度に応じて授業を進めることが困難であることも事実である。

5.2　相互作用への参加形態と学習

次の発話記録は，授業中の活動について尋ねている場面である。

04025 I	穴埋めの問題、よくあるよね。どういうふうにノート書いていく？
04026N	埋めながら書いていく。
04027 I	考えている途中で、時間切れになったりしない？
04028N	あ、する。
04029 I	そんなとき、どうする？
04030N	答えとか説明を聞いて、聞き終わったら書く。

野田は，教師の説明や，教師と他の生徒との対話を「聞く」ことによって，その相互作用に間接的に参加しているといえる。また，先にも述べたように，野田の中に証明に関するメタ知識が形成されているようであった。野田のように相互作用に間接的に参加する生徒であっても，教師の支援があることによって，学習をすることができるのである。しかし，教師の適切な支援がなければ学習を成立させることは困難であるかもしれない。

6 結語

野田は授業中，自ら発言することはないが授業には参加している生徒であった。また，教師にほとんど質問しない生徒であった。したがって，教師は，この生徒の理解の状態や学習に遅れがちな生徒たちへの配慮がどれほど効果があったのか，を定期考査などのテストの結果で把握することしかできなかった。

今回，インタビューによって，教師が意図的に繰り返してきた発言（これを証明したいんです，どの三角形に注目すればいいですか等）が生徒の中に内面化し，残っていることがわかった。このことは，通常の筆記テストでは明らかにされなかったことである。

野田は教師の支援を手がかりとして証明問題に取り組んでいた。証明のフォーマットなどのパターンの「繰り返し」によって，それが野田の中に内面化し，野田の思考過程に影響を及ぼしたと考えられ得る。

以上から，授業でなされた教師からの支援や配慮は，生徒が間接的に相互作用に参加していた場合でも，その生徒に有効に働き得ることが明らかになった。今回，野田にはパターンの繰り返しが効果的な支援となっていたのである。

しかし，その支援によって学習をしていた野田は，学習の成果を評価されなかった。教師には適切な支援を見極め，それを生徒にフィードバックするとともに，生徒の学習成果を適切に評価することが求められる。

本稿では，生徒が授業をどのように捉えているのか，また，授業から得た知識を用いて新たな知識を生み出すまでの過程はどのようなものかは明らかにされていない。このことは今後の課題である。

【引用・参考文献】

岩崎浩．(1998)．「メタ知識」を視点とした授業改善へのアプローチ：「指示の文脈」と「記号体系」との間の相互作用．数学教育学研究，*4*，全国数学教育学会，83-103．

岩崎浩．(2001)．数学の授業における相互作用と学習との間の関係に関する考察ー一人の生徒からみた授業がもつ社会的側面の意味ー．数学教育学研究，*7*，全国数学教育学会，51-67

Mellin-Olsen, S. (1987). *The Politics of Mathematics Education*, D.Reidel Publishing Company, Dordrecht.

文部省．(1998)．小学校学習指導要領（平成１０年１２月)．

文部省．(1998)．中学校学習指導要領（平成１０年１２月)．

関口靖広．(1994)．論証指導で何が起こっているか：ある授業実践の民族誌的研究．筑波数学教育研究*13*，1-10．

関口靖広．(1995)．数学の教授・学習過程におけるScaffolding（足場設定)．古藤怜先生古希記念論文編集委員会（編)，学校数学の改善：Do Mathの指導と学習（pp.166-182)．東洋館．

Sierpinska, A. (1998). Three Epistemologies, Three Views of Classroom Communication : Constructivism, Sociocultural Approaches, Interactionism, In H. Steinbring, M.G.B. Bussi, A.Sierpinska (Eds.), *Language and Communication in the Mathematics Classroom*, NCTM, Reston, Virginia, pp.30-62.

Solow, D. (1985)．前進後退法．証明の読み方・考え方ー数学的思考過程への手引ー（安藤四郎他訳）(pp.8-22)．共立出版．（原書は1982年)．

Voigt, J. (1998). The Culture of the Mathematics Classroom : Negotiation the Mathematical Meaning of Empirical Phenomena, In F.Seeger, J.Voigt, U.Waschescio (Eds.), *The Culture of the Mathematics Classroom*, Cambridge University Press, pp.191-220.

Yackel, E., Cobb, P. (1996). Sociomathematical Norms, Argumentation, and Autonomy in Mathematics, *Journal for Research in Mathematics Education 27*(4), 458-477.