

## 終章

### 研究の結論

終章では、研究の結論、研究の成果、ならびに、今後の課題について述べる。

## 第1節 研究の結論

本研究の目的は、活動の連続性、学習者間の思考の連続性、学習者個人の思考の連続性という3つの視点から、数学学習におけるコミュニケーション連鎖を把握する理論的枠組みを構築することであった。これらの視点に基づき、本研究では、フィードバックがもたらす認知変容の基本的なメカニズムの解明、コミュニケーション連鎖の類型論の構築、コミュニケーション連鎖を内化する学習者の認知過程の同定と特性の解明、という3つの課題を掲げ、その解決に取り組んできた。第1節では、これら3つの下位課題に対する考察の結論を整理し、「数学教師は数学学習におけるコミュニケーション連鎖をいかに把握すればよいのか」という研究課題に対する、本研究の結論を述べる。

### 第1項 第1の課題に対する結論

第4章の考察を要約すれば、第1の課題「活動の連続性という視点から、数学学習におけるフィードバックがもたらす認知変容の基本的なメカニズムを解明する」に対する結論は、以下のように述べることができる。

数学学習におけるコミュニケーションは、2人の学習者間（または、教師と学習者間）のメッセージの送信およびフィードバックを基本とするサイクルの連鎖として、また、3人以上の場合には連鎖的フィードバックとして展開される。このサイクルの中で、個々の学習者は、各自の知識と経験をもとにメッセージを解釈し、メッセージの送信や受信を通して、自己の解釈を調整ならびに変容させるという思考プロセスをたどっている。学習者の認知変容は、他者からのフィードバックを模写するという活動をもとにして、学習者自身が所有している情報と他者からのフィードバックによって得られた情報を取捨選択し、それぞれの情報間の関係づけを行い、まとまった1つの情報に構成し直す活動と、新しい秩序を創造する活動によって達成される。

### 第2項 第2の課題に対する結論

第5章の考察を要約すれば、第2の課題「学習者間の思考の連続性という視点から、数学学習におけるコミュニケーション連鎖の類型を整理する」に対する結論は、以下のように述べることができる。

数学学習におけるコミュニケーションの連鎖は、学習者間の思考の連続性という視点か

ら、協応連鎖、共鳴連鎖、超越連鎖、創発連鎖という4つの類型に区分される。協応連鎖は、コード操作の共有による予測可能性に基づいた協応的なメッセージの連鎖によって構成される。前言者の思考を考慮しながら自らの発言を連鎖させていく協応連鎖は、学習者間の思考の連続性という視点で捉えられる連鎖の中で最も基本的な形態である。共鳴連鎖は、省略された情報が受け手の推論に基づいて補完されることによって成立するコミュニケーションの連鎖である。共鳴連鎖では、メッセージ解釈に必要な知識は、関連性という学習者の認知により想起され、想起された知識は、互いに関連づけられることにより1つの認知的構造体へと構成される。超越連鎖は、受け手によって補完された情報が送り手の意図を超えてしまう場合に起こる。超越されたという認識は、第1発言者に新たな数学的知識の再構成をもたらすフィードバックとして機能する。創発連鎖は、コミュニケーションに参画している学習者のいずれもが所持していなかったアイデアが、学習者の協同的行為として創発されるコミュニケーションの連鎖である。送り手の送信したメッセージが受け手の所有知識を刺激し、送り手の意図を超越したレベルで、受け手自身にも認識されていなかった数学的知識の新たな結束性が発見されるとき、送り手と受け手の両者にとって新しいアイデアがもたらされる。

### 第3項 第3の課題に対する結論

第6章の考察を要約すれば、第3の課題「学習者個人の思考の連続性という視点から、数学学習におけるコミュニケーション連鎖を内化する学習者の認知過程を同定し、その特性を解明する」に対する結論は、以下のように述べることができる。

数学学習におけるコミュニケーション連鎖を内化する学習者の認知過程は、認識・同化・拡張・分化・再構成という5つの相からなる認知変容を示す。これらの相は分断された個別の段階ではなく、認識という認知活動を基底とする再帰的な理解の深化過程である。

そして、この認知過程について、以下の4つの特性が明らかになった。①記憶の想起という認知活動によって、私たちは、メッセージをコミュニケーションの対象と反省的思考の対象という2つの方法で利用することができる。②選択的知覚は、メッセージを知覚する学習者の経験や知識に依存し、メッセージの解釈やその後の反省的思考に影響を及ぼす。③数学学習におけるコミュニケーションは、知覚と認識の差異により、一度築かれた関係が次の情報提供により変わりゆく関係である。複層二分法という複雑な関係の顕在化による概念形成は、関係が変わると新しい情報が発生し、新しい情報の出現が関係を変え、そ

れがまた新たな情報を生むというように、互いが互いを誘発する形で思考枠組みが再構成されながら進んでいく過程である。④2つの記憶群を構造化させなければならないとき、その間隙を埋めるために第3次検索が行われる。この第3次検索は、メッセージという物理的な刺激が原因ではなく、分離した複数のメンタル・スペースによってもたらされた認知的不協和状態という、受け手自身の中で発生した不安定性が直接の原動力として働くことにより達成される。第3次検索によって想起された知識は、メッセージの受け手が分離していたメンタル・スペースを結束させるために必要とした知識であり、数学学習におけるコミュニケーションを数学的概念の構造化の観点から連鎖させるものである。

#### 第4項 研究の結論

上述してきた3つの下位課題に対する結論を再構成すれば、「数学教師は数学学習におけるコミュニケーション連鎖をいかに把握すればよいのか」という研究課題に対する結論は、以下のように述べることができる。

数学学習におけるコミュニケーションは、メッセージという物理的な刺激に反応するだけではなく、分離した複数のメンタル・スペースを意味のある構造体として結束させるために営まれる他者との協同的活動であり（この活動の類型として、協応連鎖、共鳴連鎖、超越連鎖、創発連鎖という4つのコミュニケーション連鎖を示した）、かつ、学習者個人の思考の連続性を維持するために行われる認知的な活動である（この認知活動の類型として、認識・同化・拡張・分化・再構成という5つの相を示した）。それゆえ、さまざまな発話と具体的な操作の提示によって構成される数学の授業に参画し、その授業でどのような数学的概念が学習されたのかを理解するためには、数学学習において展開される教師や学友の発話行為の一つひとつを理解するだけではなく、複数の発話行為をコミュニケーションの連鎖として意味づけ内化することが必要となる。閉ざされた個人の思考だけでは超えることのできない限界を切り開くという意味で、コミュニケーション連鎖の内化過程は、学習者の認知過程を数学的意味の社会的構成過程に対して開いていくことになる。コミュニケーションという事象は、さまざまなコミュニケーション連鎖という解釈を許容する。そして、自分自身が創発したコミュニケーション連鎖という現象を内化することは、個人の思考世界をさらに押し広げることになる。数学学習におけるコミュニケーション連鎖の内化過程は、一人ひとりの学習者に多様な学習の起源をもたらし、個々の学習者の数学学習をそれぞれのレベルで深化させることになる。

## 第2節 研究の成果と課題

### 第1項 研究の成果

本研究では、数学教師は数学学習におけるコミュニケーション連鎖をいかに把握すればよいのかという研究課題に対して、連鎖的フィードバックモデル、コミュニケーション連鎖の類型論、コミュニケーション連鎖を内化する学習者の認知過程モデル、という方法論を提示してきた。これらの方法論は、活動として途切れることのない発話の連鎖を直観的に評価してきた数学教師の目を、学習者間の思考の連続性と個々の学習者の思考の連続性へと向けさせるものである。その意味で、本研究の第1の成果は、活動としての連続性という視点よりも、学習者間の思考の連続性や学習者個人の思考の連続性という視点の方が、数学学習におけるコミュニケーション連鎖を捉える重要な視点になることを示し、これら2つの視点から事例を捉える方法論を新たに構築してきたことであると言える。

また、第2の研究成果は、内化という個々の学習者によって遂行される認知的な活動によって、他者との協同的活動としてのコミュニケーションが、一連の社会的な活動として連鎖することを示したことである。学習者に何かを語らせることは、発言する環境を整え、発言する方法を身につけさせるだけでは達成することはできない。発言するためには、他者の考え方を理解し、自分の思考を他者の思考に合わせて調節することが必要になる。一人ひとりの発話が関連性のない独語に陥らないために、個々の学習者は、他者との思考の連続性と自分自身の思考の連続性を考慮する必要がある。数学の授業が教師と学習者たちとのコミュニケーションによって構成されるということは、教師が意図する数学的概念の形成がコミュニケーション連鎖の内化によって達成されることを意味している。それゆえ、数学学習におけるコミュニケーション活動を数学教師が捉えるうえで最も大切なことは、個々の学習者が一つひとつの発話行為を結束させ、一連の活動をコミュニケーションの連鎖と位置づけることができているのかを見極めることである。

コミュニケーションは単なる情報の伝達ではないと述べてきたように、数学学習におけるコミュニケーションに参画するということは、単に発言の機会を得るということだけではない。それゆえ、発言の量・内容・方法という視点から評価されてきたコミュニケーション活動は、本研究の考察で述べてきたように、活動の連続性、学習者間の思考の連続性、学習者個人の思考の連続性という3つの視点に基づき評価される必要がある。なぜならば、数学教師がこれら3つの視点でコミュニケーション活動を把握することにより、互いに閉

じたシステムとなっていた数学的意味の社会的構成過程と個人の認知過程とが、互いに開かれたシステムとして連結することになるからである。上述してきた2つの研究成果を整理して述べれば、本研究の成果は、数学学習におけるコミュニケーション活動の社会的過程と個人の認知過程とを結び合わせることで、数学学習におけるコミュニケーション連鎖の豊かさを学習の起源の多様性として顕在化させたことにあると言える。

本論文の冒頭で、私たちは学級という集団の中でともに数学を学ぶよさを見直す必要があると述べたが、本研究の成果として述べた学習の起源の多様性は、ともに学ぶということから派生する集団学習の意義の1つである。情意と認知という視点から考察すれば、ともに学ぶということは、楽しさや意欲の問題として議論される必要もある。それゆえ、ともに学ぶことの意義を本論考だけで解明できたとは言えないが、コミュニケーション連鎖のメカニズムという視点から解明してきたことは、数学的な表現を用いない平易なメッセージの交換においても、高度な数学的思考の交流があるということであり、また、援助する者と援助を受ける者との間でも、援助者の意図を超えた数学的思考が被援助者の中で展開されることがあるということであった。本研究の成果が私たちに語りかけているものは、循環的な思考に陥りやすい個人の思考を超越させる存在として他者を捉え、そうした他者との関係性の中に、ともに学ぶことのよさを考えていく必要があるということである。

ともに学ぶということは、単なる共同学習という意味ばかりではなく、友に学ぶということ、それも自分より優れた友からだけでなく、自分より劣っていると思われる友からも学ぶべきことがあるということを含意している。そして、この友から学ぶということが、メッセージ解釈の主観性にゆだねられていることを、私たちはこの研究を通して学ぶことができたと思う。新しいアイデアの創発は、特別な情報や思考によってもたらされるのではなく、実は、日常生活の中で日々体験している事柄をこれまでとは異なる視点から解釈することによって起こるといふ点から、私たちは、ともに学ぶということを理解する必要がある。情報化社会と呼ばれる今日、私たちは、情報を伝達し、そして、収集することに多くの労力を費やしている。その結果、私たちは、情報過多の状況に陥り、身動きがとれない状態を自ら作り出している。こうした時代では、私たちは、情報収集能力ではなく、メッセージを新しい視点から解釈し、古い知識と再構成する能力を磨くことが大切だということに気づく必要がある。数学教育では、従来より数学的な考え方や見方の重要性が強調されているが、本研究の成果は、メッセージの解釈と知識の再構成という視点から、数学的な考え方や見方の重要性を再認識させたことにあるとも言える。

## 第2項 今後の課題

本研究の枠組みの中で残された課題を整理するならば、第1の課題は、メッセージ解釈の主観性に基づく事例解釈の妥当性という問題である。本研究では、メッセージには意味はなく、メッセージは物理的な刺激物であると定義してきた。こうしたメッセージ観に基づき、学習者は、それぞれが所有する知識や経験をもとにメッセージを選択的に知覚し、個別の解釈を生み出すと考えてきた。しかし、研究者の主観的な解釈については、解釈の妥当性の検証など、本研究で得られた結論を他の研究者と議論するときに必要な共有された研究基盤としての事例解釈をどのように構築するのかという問題が残されている。質的研究では研究者の事例解釈の豊かさが問われることになるが、個別の解釈に基づく研究は互いの研究成果の再構築を難しくしている。

第2の課題は、コミュニケーション連鎖の内化という課題の定式化に関わるものである。本研究では、複数の人々によって展開される発話行為をコミュニケーション連鎖として認識し、数学的な概念を受け手が再構成するまでの認知過程をコミュニケーション連鎖の内化として捉え、4つの指標に基づく考察を試みてきた。前項でも述べたように、文化的道具の内化や数学的意味の内化という先行研究における枠組みに対して、コミュニケーション連鎖の内化という新たな枠組みに基づく考察を行ってきたことは本研究の成果である。しかし、コミュニケーション連鎖の内化過程が、本研究の中で完全に解明されたわけではなく、内化という認知的な現象が数学の学習や理解とどのように関わり合っているのかという問題が、今後の課題として残されている。

第3の課題は、コミュニケーション連鎖を捉える方法論の提供により、数学教師のコミュニケーション指導がどのように改善されるのかという問題を、ともに学ぶよさを活かすという視点から実証的に検証することである。コミュニケーション連鎖の内化という学習者の認知活動をより豊かなものにするために、数学教師はどのような指導や支援ができるのかという問題が、今後の課題として残されている。例えば、本研究では、抽象的な概念は具体的な操作によって伝達されると述べてきたが、送り手が伝えようとする抽象的な概念を操作に置き換えるときに直面する困難性と、受け手がメッセージを解釈するとき直面する困難性に対して、数学教師はこの二重の困難性の克服をいかに支援すればよいのかという課題が残されている (cf. 森本・江森, 1999)。また、3人よれば文殊の知恵という格言で知られる、コミュニケーションの創発性のメカニズムの解明という問題についても、教師の支援という枠組みの中で考察する必要があると筆者は考えている。

## 終章のまとめ

終章では、研究の結論、研究の成果、ならびに、今後の課題を整理した。

### (1) 研究の結論

数学学習におけるコミュニケーションは、メッセージという物理的な刺激に反応するだけでなく、分離した複数のメンタル・スペースを意味のある構造体として結束させるために営まれる他者との協同的活動であり、かつ、学習者個人の思考の連続性を維持するために行われる認知的な活動である。それゆえ、数学学習において展開される発話行為をコミュニケーション連鎖として内化することが、数学の授業を理解することであると言える。数学学習におけるコミュニケーション連鎖の内化とは、教師や学友から具体的な操作を介して提示される断片的な数学的知識や経験を、新しいアイデアを創発するための基盤となる知識体系に構造化する学習者の認知的な活動である。

### (2) 研究の成果

本研究の成果は、数学学習におけるコミュニケーション活動の社会的過程と個人の認知過程とを結び合わせることにより、数学学習におけるコミュニケーション連鎖の豊かさを学習の起源の多様性として顕在化させたことである。

### (3) 今後の課題

今後の課題は、研究者による事例の主観的な解釈と事例解釈の共有化の問題、コミュニケーション連鎖の内化と数学の学習や理解との関連性の問題、ならびに、本研究の成果が教師の学習支援にもたらす効果の検証という問題について考察を深めていくことである。



終章引用文献

森本明・江森英世 (1999). 数学的概念の構造的意味の伝達に伴う二重の困難性. 科学教育研究, 23(5), 357-364. 日本科学教育学会.