第４章

数学学習における

初源的なコミュニケーションの連鎖

－活動の連続性－

第４章では、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。第１節では、フィードバックがもたらす認知変容のメカニズムを調べる調査の方法について述べ、第２節では、調査の結果を分析する。第３節では、フィードバックの連鎖を認知的不協和の低減という視点から考察する。

第1節　初源的なコミュニケーション連鎖を捉える調査

第4章では、「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」という第1の課題に取り組むことにする。第1節では、この課題を解明するために実施した調査の概要について述べる。

第1項　調査の方法

第4章で行う調査には、同一基準による同一選択の視点から、学習者間の情報の共有を判定するという点に、方法論上の工夫がある。第3章では、「情報の共有とは、メッセージの交換により、2人以上の人間が、ある出来事の発生に対して、同一の基準によって、同一の選択を行うことができる状態になること」と定義した[1)]。そこで第4章では、この方法論に基づいて、学習者たちが複数の可能性を選択しなければならない状況を調査場面として設定し、コミュニケーションを通して、学習者たちがいかに情報を共有していくのかを調べていくことにする。

今回の調査では、調査者がいくつかの数学用語をもとに作った、「計算の方法を示す記号」という造語を学習者に与え、この造語の解釈を具体的な数学記号の分類によって討論させるという方法を用いる。調査者は、具体的な記号を提示し、それぞれの記号が計算の方法を示す記号か否かを問い、個々の学習者による具体的な記号の分類を通して、それぞれの学習者が与えられた造語の意味をどのように解釈しているのかを判断する[2)]。本研究にて、「計算の方法を示す記号」という造語を選定するにあたり用いた基準は、「①言葉の意味が未定義であること（視点の置き方によって異なる解釈が可能なこと）、②言葉に含まれている単語が基本的な用語であること（単語の意味が具体例との結び付きで容易に理解可能であること）」の2点である。第1の基準は、学習者が個別に造語の意味を構成しなければならない状況を作り出すために設定された条件である[3)]。また、第2の基準は、具体例の分類という文脈の下で、造語の意味の構成が行われる状況を作り出すために設定された条件である。

[1)] この定義は、「概念とは分類の基準を与えるものである」という Skemp(1987,pp.9-21) の定義にも符合している。

[2)] 例えば、「％は計算の方法を示す記号か」と問い、「はい」または「いいえ」かの選択を行わせることによって、同一の選択をした者の間では、なんらかの情報が共有されていると判断する。

[3)] オープンな問題の取り扱いについては、能田（1983a,1983b）を参照。

第２項　調査の実施

今回の調査では、コミュニケーションの観察と記録を目的とする調査4-1と、個人的な解釈の変容に関する統計資料の収集を目的とする調査4-2を、東京都内にある中学２年生の２つのクラスで別々に実施した。

【調査4-1】

・被験者：東京都内の中学校２年Ａ組（40名）

・実施日：討論観察　1992年４月16日

質問紙・面接調査　1992年４月23日,30日,5月７日

・調査の目的：コミュニケーションの観察と記録

・調査の概要：調査4-1では、事前調査の影響を排除するため、事前の調査を行わずに、「計算の方法を示す記号」とはどんな記号かと尋ね、クラス討論の場を設定した。

Ａ組では、四則演算記号は計算の方法を示す記号であることが、クラス全体で承認された後、％記号の分類について、３人の生徒から意見が述べられた（4月16日）。

その後、３週にわたり、質問紙調査（+、－、％、a^3など10種類の記号の分類）と、一部の生徒に対する面接調査を行い、プロトコール分析のための補助資料を収集した（4月23日,30日,5月７日）。

【調査4-2】

・被験者：Ａ組と同じ中学校の２年Ｂ組（40名）

・実施日：討論観察　1992年４月23日

質問紙・面接調査　1992年４月23日,30日,5月７日

・調査の目的：統計資料の収集

・調査の概要：討論による個々の生徒の解釈変容を調べるために、討論直前の質問紙調査（質問「四則演算記号は、計算の方法を示す記号である。％は計算の方法を示す記号か？その理由を述べよ」）と、討論直後の質問紙調査（事前調査と同じ）を行った（4月23日）。

その他の調査は、調査4-1に準じ行った（4月30日,5月７日）。

第２節　初源的なコミュニケーション連鎖としてのフィードバック

第１項　個人的な解釈の形成

Polya(1953/1959,p.3)は、推論には論証的推論と蓋然的推論の２つがあり、論証的推論は完全で、争う余地のない最終的なものであり、本質的に新しい知識を生み出すことはできず、蓋然的推論は危険で、争う余地がある暫定的なものであるが、それは、創造的な仕事の土台になる推論の方法であると述べている。Polyaは、私たちが世界について学ぶ新しい事柄は、どんなものにも蓋然的推論を含んでいると言う。この考え方に従えば、「新しい事柄に対する個人的な解釈は、論証的推論によってではなく、個人の知識や経験をもとにした蓋然的推論によって形成される」という仮説を導き出すことができる。他者とのコミュニケーションを行う前に、私たちは、まず、伝達しようとする何かを持たなければならないし、他者とのコミュニケーションの必要性を感じなければならない。そこで第１項では、上述の仮説をもとに、個人的な解釈の形成に関する調査4-2の結果を分析する。

調査4-2で行われた事前の質問紙調査では、四則演算記号を計算の方法を示す記号であると規定したうえで、「%は計算の方法を示す記号であるか否か」が、「①はい、②いいえ、③どちらでもない、④わからない」の４項目から１つを選択する方法で問われ、同時にその選択理由が求められた。その結果、表4-1に示されている「①１３人、②２１人、③３人、④３人」という統計資料を得ることができた。さらに、その選択理由を分析すると、日常の生活や他教科での学習を通して得た知識や経験をその根拠にしているものと、最初に与えられた四則演算記号は計算の方法を示す記号であるという条件を分析したものとの、２つのタイプがあることがわかった。例えば、前者のタイプでは、日常の経験ならびに他教科での学習による知識や経験をもとにした理由として、「石油の値段が□%上がりとか新聞にかいてある」とか、「理科などで濃度を表すとき、□%と表す」という回答が見られた。そして、後者のタイプでは、四則演算記号は「５＋３」のように計算される数字と数字の間に書き込むことができる記号であると、類比と帰納によって一般化し、その基準に従うと「５%３」とは書けないので、%の記号は計算の方法を示す記号ではないという判断がなされていた。

また、与えられた言葉を「計算」、「方法」、「示す」、「記号」という単語に分解して、新しい言葉の意味を解釈しようとする方略が採られていることもわかった。その中で、今回の調査では、特に「示す」という単語の解釈の違いが２つの異なる解釈をもたらしていた

こともわかった。例えば、ａのｂ％はａ×ｂ/100で求められるという知識を共有していながら、ａのｂ％を求めよという指示文は、ｂ％をｂ/100に直し、それをかけることを想起させるとして、％は計算の方法を示す記号であると判断した生徒と、％の記号は分数のかけ算を想起させるものの、分数のかけ算そのものを示しているわけではないことを理由に、％は計算の方法を示す記号ではないと考える生徒に分かれていた。こうした傾向は、個々の学習者による言葉の個人的な解釈が、それぞれの学習者が所有している知識や経験に依存しているというほかに、その言葉によって想起されるものをどこまで意味として認めるのかという判断にも依存していることを示している[4]。

そして、質問紙調査に答えるという意思決定を行った後も、生徒たちは自らの推論の蓋然性を認め、なんらかの自己矛盾に陥っていたことも確認することができた。生徒たちは、質問紙調査やインタビューに対して、自分たちの選択に自信を持てずに、「・・・かと思うけど、だけど、・・・だとも思うし、どちらともきめられない」などと回答したり、「ほかの人の意見も聞いてみたいと思った」などと、選択に関する葛藤状態の解決法として、他者とのコミュニケーションを望んでいた。これらの発言は、個人の中に生じた葛藤状態が、他者とのコミュニケーションを発生させる原動力となることを示している。

表4-1：％記号の分類

質問紙調査「％は計算の方法を示す記号か？」

選　択　項　目	生徒数（人）
①　はい	１３
②　いいえ	２１
③　どちらでもない	３
④　わからない	３
計	４０

[4] 数学記号がコミュニケーション手段として、受け手にどこまでその意味を想起させるのかという問題は、Skemp(1982a)により、「数学的表現の表層構造と深層構造」として考察されている。しかし、本研究での議論は、Skempの言う表層・深層構造という記号の構造に限定した議論ではなく、むしろ記号と知識の結束性という考え方に近い。

第2項　フィードバックの発生

第1項で述べたように、自己の意思決定に対する不安感によって生じる葛藤状態は、自ら下した意思決定を他者に評価してもらいたいという感情をもたらす。この他者からの評価を受けるというコミュニケーション行為が「フィードバック」である。Hoyles(1985, p.206) は、思考の言語化は発言者自身の思考を明確なものにするという立場から、学習者の発言を奨励している。しかし、個人の思考が、発言という意思表示行動によって、社会的な情報へと変化することを考えるならば、発言者が自らの思考の言語化によって得られる利点は、他者からのフィードバックを受ける機会が与えられることであることを強調する必要がある。そこで第2項では、「フィードバックとは、メッセージの送り手が、送り手の意図した受け手がメッセージを実際に受けとったのか、また、いかにして受けとったのかについての情報を得る過程のことである (cf. McQuail & Windahl,1981/1986,p.8)」と定義し、フィードバックの発生という観点から事例の分析を行うことにする。

(1) 事例 4-1 の概要

「計算の方法を示す記号」という用語に対して形成された個人的な解釈を、質問紙調査のように個別に言語化するだけでは、他者からのフィードバックを得る双方向のコミュニケーションは成立しない。双方向コミュニケーションが成立するためには、送信したメッセージに反応する受け手の存在が必要である。そこで調査 4-1 では、事前調査が与える影響を避けるために、調査 4-2 で実施した事前調査を行わずに、クラス全体でのコミュニケーション場面を設定し、中学2年生のコミュニケーションを観察することにした。表 4-2 に示した事例 4-1 は、調査 4-1 で収集された発話記録の中から、教師による発言 22 から生徒Fによる発言 39 までの場面を抜き出したものである。ここでは、事例の概要を述べるにあたり、事例 4-1 を4つの局面に分けて考える。

事例 4-1 の局面1では、「それでは、この記号の中で計算の方法を示しているものはどれ？ (発言 22)」という教師の問いかけに対し、複数の生徒から「＋ (発言 23)」という応答があり、その応答に教師は、「＋は確かに計算の方法を示す記号だね (発言 24)」と肯定的な評価を与えている。そして、教師から＋記号は計算の方法を示す記号だという肯定的な評価が下されたことを受けて、複数の生徒から「－。それから×と÷もそうだ (発言 25)」という声があがる。＋記号を認めることは、－×÷という他の四則演算記号も計算の方法を示す記号であることを認めることになるという類推が、複数の生徒の反応として

表れている。局面1では、「計算の方法を示す記号」という初出の用語に対して、該当する記号の抽出という作業によって、四則演算記号は計算の方法を示す記号と考えてもよいということが、反対意見が出されないというレベルにおいて認められている。

このような多数意見への収束という状況に対して、局面2では、生徒Eから「%もそうかな？（発言26)」という疑問が提示される。授業後のインタビューに対して、生徒Eが、「みんながどんどん、＋も、－も、×も、そして、÷も、計算の方法を示す記号だと言ったけど、計算の方法を示す記号って何かなと分からなくなったので、%の記号をみんなはどちらに分類するのかなと思った」と答えているように、多数意見の形成という状況において、他者の意見に同意できずに何らかの疑問を感じている生徒も教室の中にいたと言える。生徒Eの疑問は、四則演算記号を計算の方法を示す記号と見なした理由によると、他の記号はいかに分類されるのかを知りたいという意思表明であった。第3章でも考察したように、4つの記号の選択が同じようになされたことは、同一の選択をもたらす何か共有された情報を所持しつつあることの表れであるが、こうした情報の共有という状態は、生徒Eによる「%もそうかな？（発言26)」という発言によって、互いの認識のずれを表出させることになる。こうした生徒たちの不安を代弁するように、教師は、「%ね？どう、%も計算の方法を示しているの？（発言27)」と生徒Eの疑問を繰り返している。

続く局面3では、生徒Eにより提示され、教師によって復唱された%記号の分類という問題に対して、まず始めに生徒Fが、「%も計算の方法を示していると思う。例えば、何かの80%ということは、×4/5ということだから（発言30)」と答え、%は計算の方法を示す記号であるという考え方を表明する。この生徒Fの意見に対し、生徒Gから、「確かに、何かの80%は、×4/5で求められるけど、でも5＋3のように100の80%のことを100%80とは書かないよ。だから、%は、ただの記号じゃない」という反対意見が出され、%は計算の方法を示す記号ではないという考え方が出される。

そして、局面4では、生徒Hから、「りんごが2個ずつのっている皿が5つあります。全部でりんごは何個あるでしょうという問題のとき、2×5＝10（個)、括弧をつけて（個)と表すみたいに、%も括弧を付けて書く、単位のようなものだと思います（発言37)」という意見が出される。

表4-2：中学2年生による事例4-1の発話記録

（局面1）……………………………………

22 教師　：それでは、この記号の中で計算の方法を示しているものはどれ？

23 複数の生徒：＋。

24 教師　：＋は確かに計算の方法を示す記号だね。

25 複数の生徒：－。それから×と÷もそうだ。

（局面2）……………………………………

26 生徒E：％もそうかな？

27 教師　：％ね？

どう、％も計算の方法を示しているの？

（局面3）……………………………………

28 生徒F：はい。

29 教師　：はい。F君。

30 生徒F：％も計算の方法を示していると思う。

例えば、何かの80％ということは、×4/5ということだから。

31 生徒G：はい。

32 教師　：はい、G君。

33 生徒G：確かに、何かの80％は、×4/5で求められるけど、

でも5＋3のように100の80％のことを100％80とは書かないよ。

だから、％は、ただの記号じゃない。

（局面4）……………………………………

34 教師　：％は計算の方法を示す記号ではなくて、ただの記号だという意見が出ました。

他の人はどうですか？F君とG君で、意見が分かれましたが。

35 生徒H：（黙ったまま、手をあげる。）

36 教師　：H君。君はどちらですか。

37 生徒H：りんごが2個ずつのっている皿が5つあります。

全部でりんごは何個あるでしょうという問題のとき、

2×5＝10（個）、括弧をつけて（個）と表すみたいに、

％も括弧を付けて書く、単位のようなものだと思います。

38 教師　：F君、どうかな。

39 生徒F：はい。（うなずき、同意する。）

(2) 局面３の分析

事例 4-1 の概要で述べたように、生徒Ｆの「％も計算の方法を示していると思う。例えば、何かの 80％ということは、×4/5 ということだから（発言 30)」という発言は、第一の目的としては、生徒Ｅの発言「％もそうかな？（発言 26)」に対するフィードバックとして発信されたものであった。しかし、生徒Ｆの発言に対して、生徒Ｇから「100 の 80％のことを 100％80 とは書かないよ。だから、％は、ただの記号じゃない（発言 33)」という発言が送信されることによって、生徒Ｆの発言と生徒Ｇの発言の連鎖は、図 4-1 に示したように、第１メッセージの送信とフィードバックとして捉え直すことが可能となる。

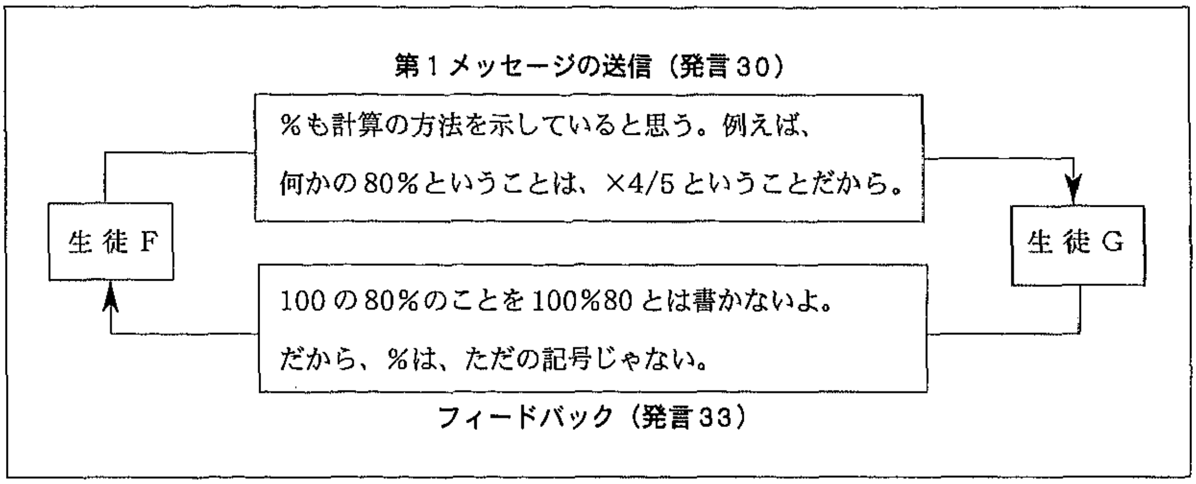

図 4-1：生徒Ｆと生徒Ｇとの双方向コミュニケーション

そこでまず、生徒Ｆと生徒Ｇの発言に注目すると、２人の発言には、それぞれの主張の正しさを論じる論証の方法に違いがあることがわかる。生徒Ｆの発言「％は計算の方法を示す記号である。なぜならば、何かの 80％とは、×4/5 ということだから（発言 30)」を分析すると、生徒Ｆは、「80％」と「×4/5」を同一視すること、ならびに、局面１で共有された「×は計算の方法を示す記号である」という前提を使って、「％は計算の方法を示す記号である」という主張の妥当性を直接証明法を用いて論じていることがわかる。

その一方で、生徒Ｇは、「確かに、何かの 80％は、×4/5 で求められるけど（発言 33 前半部)」と述べ、生徒Ｆの直接証明による主張の妥当性に一応の同意を示すものの、発言 33 の後半部において、「100％80 と書かない。だから、％の記号は、計算の方法を示す記号ではない（発言 33 後半部)」と否定的な意見を述べている。生徒Ｇは、％記号は計算の

方法を示す記号ではないという自分の解釈の妥当性を主張するために、生徒Ｆとは異なる間接証明による主張の妥当化を試みている。ここで生徒Ｇの主張が間接証明を用いて論証されていることは、数理論理学の言葉を使って、以下のように説明することができる。

まず始めに、生徒Ｇは、クラスで確認された「＋の記号は計算の方法を示す記号である」ことと、「＋の記号は５＋３のように演算記号として使われる」という経験的事実から、「計算の方法を示す記号」と「演算記号」との関連性に着目している。そして、生徒Ｇは、＋の記号に関する推測を一般の記号の場合に拡張し、「『Ｐ：記号Ａが計算の方法を示す記号』ならば『Ｑ：記号Ａは演算記号として使われる』」という「命題Ｐ→Ｑ」の形に一般化して、この命題が真であると考えた。次に、生徒Ｇは、この命題を「『$\overline{Q}$：記号Ａが演算記号として使われない』ならば、『$\overline{P}$：記号Ａは計算の方法を示す記号ではない』」という「対偶$\overline{Q}\rightarrow\overline{P}$」に読み替え、「100％80 と書かないならば、％は計算の方法を示す記号ではない」という命題が真であると考えた。ここで生徒Ｇが用いている考え方は、「もとの命題が真であるならば、その対偶も真である」という間接証明の考え方である[5]。

そして、今回の調査では、この場面が観察された１週間後に、「％は計算の方法を示す記号か、その理由を述べよ」という質問紙調査に対し、生徒Ｆが、「％は、『＋や÷』のように、２□２＝の□の部分に入れられないので、『計算の方法を示す記号』ではない（表4-3：下線部分）」と答え、間接証明法を用いた生徒Ｇの論説を受け入れていたことも観察されている。この事は、Szabó(1969/1978,p.307) が「間接証明の方法が対話的弁証法に起こり、それが数学に移された」と述べた経緯と同じ道を、対偶という間接証明法を学習していない２人の中学２年生がたどっていたことを示している。

---

[5] 今回の調査では、「対偶」という概念を用いて、生徒Ｇが実際に、「100％80 と書かないならば、％は計算の方法を示す記号ではない」という命題が真であると考えたか否かを確認するために、事後のインタビューにおいて、「命題や対偶という数学の言葉を聞いたことがあるか」と尋ねてみた。この問いかけに対して、生徒Ｇは、「命題や対偶という言葉は聞いたことがない」と答えた。つまり、このインタビューによって、生徒Ｇが対偶という考え方を意識して思考していたわけではないことが明らかにされたことになるが、本研究で主張したい事は、この場面において、生徒Ｇは、与えられた前提だけでなく、結論の否定を前提として追加することによって、より多くの前提から出発できる間接証明の良さを認識していたということである。また、生徒Ｇの思考の分析は、背理法「％が計算の方法を示す記号だとすると、100％80 と書けることになり矛盾する。よって、％は計算の方法を示す記号ではない」という間接証明法を使って説明することもできる。

表 4-3：１週間後に行われた質問紙調査に対する生徒Ｆの回答

質問紙調査「％は計算の方法を示す記号か。その理由も述べよ。」

生徒Ｆ：％は、～個、～ｇと同じように、答えを書く時、数字の後に付けて解するので、単位である。％は、「＋や÷」のように、２□２＝の□の部分に入れられないので、「計算の方法を示す記号」ではない。（注：下線は引用者による。）

局面３の分析では、「四則演算記号は計算の方法を示す記号である」という直観的かつ経験的な推論によってもたらされた解釈が、間接証明法を用いた解釈の妥当性の提示という論理的な推論に基づく解釈へと深化したことが示された。生徒Ｆに対する生徒Ｇのフィードバックは、「＋記号は計算の方法を示す記号であると思う」という蓋然的推論から始められた対話を、互いの解釈の妥当性を数学的論証によって主張するという形式化された対話へと変容させている。生徒Ｇの発言が生徒Ｆの解釈を変容させたように、フィードバックの効果は受け手の認知変容という視点から考察することができる。本研究では、図 4-2 に示した１つの循環を数学学習における社会的相互作用の基本サイクルと捉え、以後、フィードバックと認知変容の問題を考察していく際の基本モデルとする。

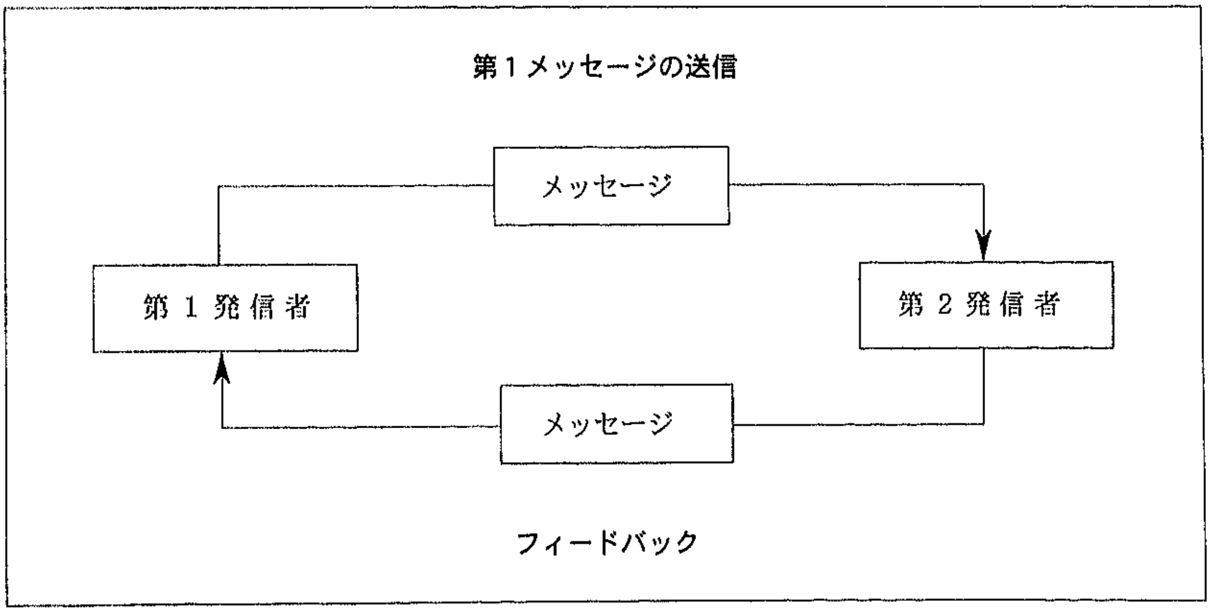

図 4-2：社会的相互作用の基本サイクル

(3) 局面4の分析

局面4において、生徒Hは、「りんごが2個ずつのっている皿が5つあります。全部でりんごは何個あるでしょうという問題のとき、2×5＝10（個）、括弧をつけて（個）と表すみたいに、％も括弧を付けて書く、単位のようなものだと思います（発言37)」と述べ、「％は、ただの記号じゃない（発言33)」という生徒Gの意見を擁護している（図4-3)。この生徒Hの発言で注目される所は、計算の方法を示す記号であるという生徒Fと、計算の方法を示す記号ではないとする生徒Gの対立に対して、「単位」という新たな視点を導入することによって、「％の記号は計算の方法を示す記号ではない」という否定表現を「％の記号は単位を表す記号である」という肯定表現に置き換えた点である。

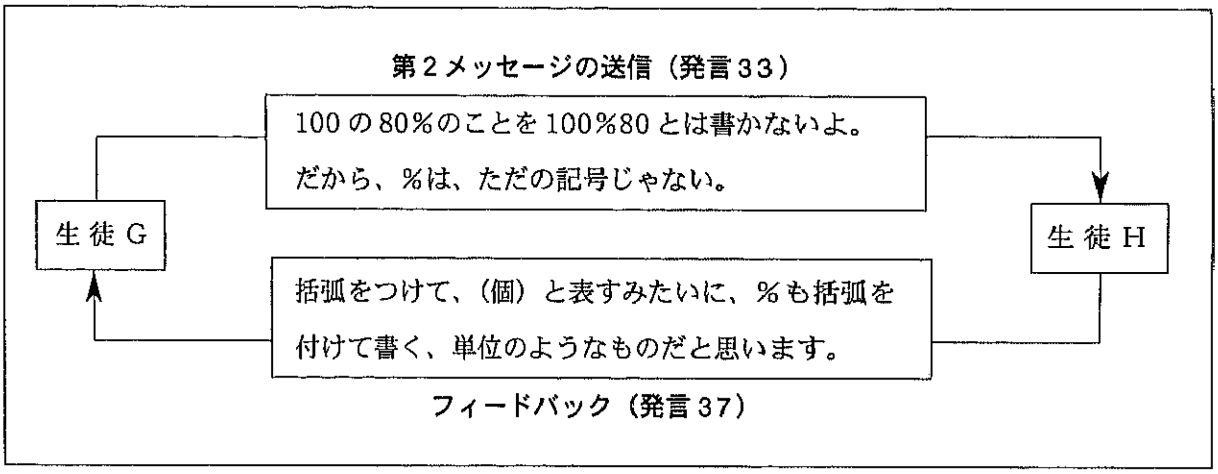

図4-3：生徒Hによる生徒Gへのフィードバック

ここで生徒Hの発言は、生徒Gに対して、生徒Gの解釈を支持する正のフィードバックとして作用している。そして、生徒Fに対しては、生徒Fの解釈を否定する負のフィードバックとして作用している。この場面では、生徒Hの発言が、ただ単に、前言者の生徒Gへ作用しているだけではなく、第1発言者である生徒Fに対しても作用している点に注目する必要がある。生徒Hの発言は、生徒Gの解釈と自分自身の解釈との対立によって生じた認知的不協和状態[6]を解消するための情報として、生徒Fにも作用している。

[6] 2つの情報が整合しない状況では、その不整合性による緊張を解消させようとする解釈が生じる。このような状態を「認知的不協和状態」と呼ぶ（cf. Festinger,1957,pp.245-250)。

このように2人のコミュニケーションと3人のコミュニケーションでは、その様相が異なっている。2人のコミュニケーションでは、送り手と受け手という線形関係[7]が基本となり、生徒Gから生徒Fへ向かう矢印（図4-4の左図）で示されているように、二者間におけるフィードバックは前言者へ作用するのみである。本研究では、2人の参画者間で行われるフィードバックを「二者関係におけるフィードバック（dyad feedback）」と呼ぶ。この2つの二者関係におけるフィードバック（図4-4）を結び合わせて、第3発言者の生徒Hの発言が第1発言者の生徒Fへもフィードバックとして作用していると考えると、図4-5に示される「連鎖的フィードバック」のモデルが作られる。

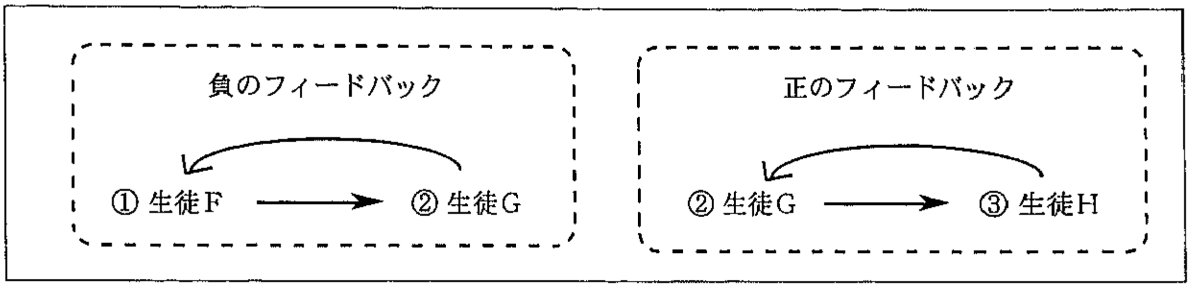

図4-4：二者関係におけるフィードバック

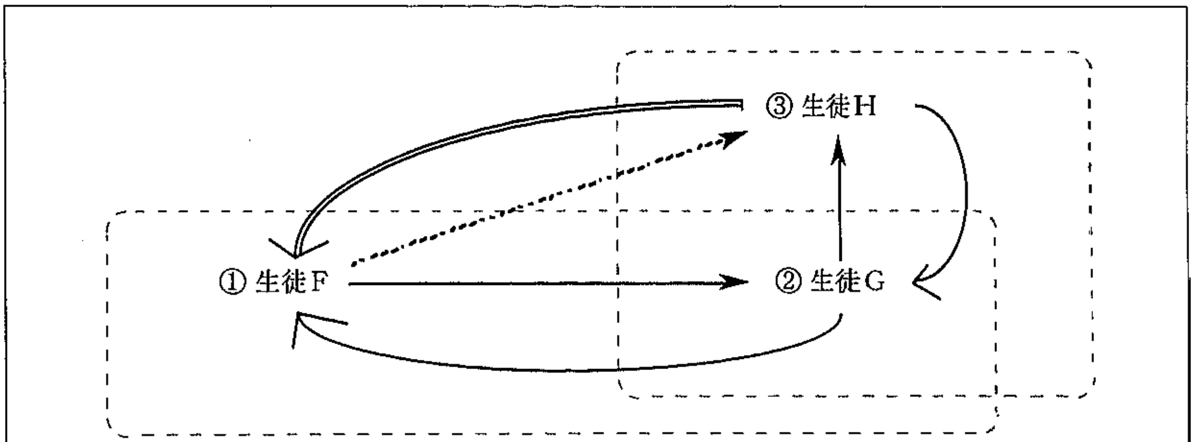

図4-5：連鎖的フィードバック

図4-5では、連続する2つのフィードバックが連鎖して、3番目に発言した生徒Hから1番目に発言した生徒Fへのフィードバック（図4-5：①生徒F⇐③生徒H）という構図

[7] 送り手と受け手という線形関係は、Shannon & Weaver(1949)が示したコードモデルの中心的な概念である。このモデルでは、コミュニケーションは送り手と受け手という二者関係で説明される。

が示されている。また、このモデルでは、フィードバックの定義から、１番目に発言した生徒Ｆの発言が３番目に発言した生徒Ｈへ作用していることも含んでいる（図4-5：①生徒Ｆ…➤③生徒H）。連鎖的フィードバックもフィードバックである以上、送り手と受け手との間には、必ず社会的相互作用の基本サイクルが存在する。本研究では、２つ以上の二者関係におけるフィードバックの連鎖として、第N発言者の発言（N≧３）が第１発言者へフィードバックとして作用しているとき、このフィードバックを「連鎖的フィードバック」と呼ぶことにする。

図4-5で示したように、３人のコミュニケーションは、２人のコミュニケーションに比べ、その対応関係は複雑である。同一のメッセージが、一方には正のフィードバックとして、そして、他方には負のフィードバックとして作用するように、それぞれの送り手と受け手との関係によって、同一のメッセージもその作用が異なる。こうしたコミュニケーションの特性は、メッセージ送信における単一の指向性と複数の指向性という問題を提起している。「フィードバックとは、メッセージの送り手が、送り手の意図した受け手がメッセージを実際に受けとったのか、また、いかにして受けとったのかについての情報を得る過程のことである」と定義したように、フィードバックは基本的には前言者の発言に誘発されたものである。２番目に行われた生徒Ｇの発言が、１番目に発言した生徒Ｆへのフィードバックを意図して発信されたように、通常のフィードバックの送り先は前言者であり、この場合には、メッセージ送信は単一の指向性を持っている（図4-5：①生徒Ｆ←②生徒G）。

しかし、連鎖的フィードバックという考え方を導入すると、フィードバック発生の原因は必ずしも前言者の発言だけではないことを認めることになり、１番目に発言した生徒Ｆの発言が３番目に発言した生徒Ｈの発言を誘発していたと考えることもできるし、また、生徒Ｆに対して行われた第２発言者の生徒Ｇの発言が生徒Ｈの発言を誘発したと考えることもできる（図4-5：①生徒Ｆ…➤③生徒Ｈ、②生徒Ｇ→③生徒H）。そして、２人の発言により誘発された生徒Ｈのフィードバックは、生徒Ｆと生徒Ｇに対するフィードバックという複数の指向性を持つことになる（図4-5：①生徒Ｆ⇐③生徒Ｈ、②生徒Ｇ←③生徒H）。

こうした複数の指向性を持ったメッセージ送信が派生する背景には、前言者へのフィードバックを意図した発言が新たにフィードバックを受ける対象となること、そして、新たなフィードバックの発生源がその時点では特定できないという状況がある。生徒Ｆや生徒Ｇの発言が特定の受け手として生徒Ｈを意図していたわけではないという非指向的なコミュニケーションの連鎖が、複数の指向性を持った生徒Ｈの発言を引き出したのである。

このようにメッセージの送信が複数の指向性を持つということは、１つのメッセージが同時に多様な効果をもたらすコミュニケーションの特性を示している（図4-6)。私たちが３人以上の集団の中でコミュニケーションできるのは、複数の異なる効果をもたらすメッセージの同時送信が可能だからである（cf.江森,1991d)。

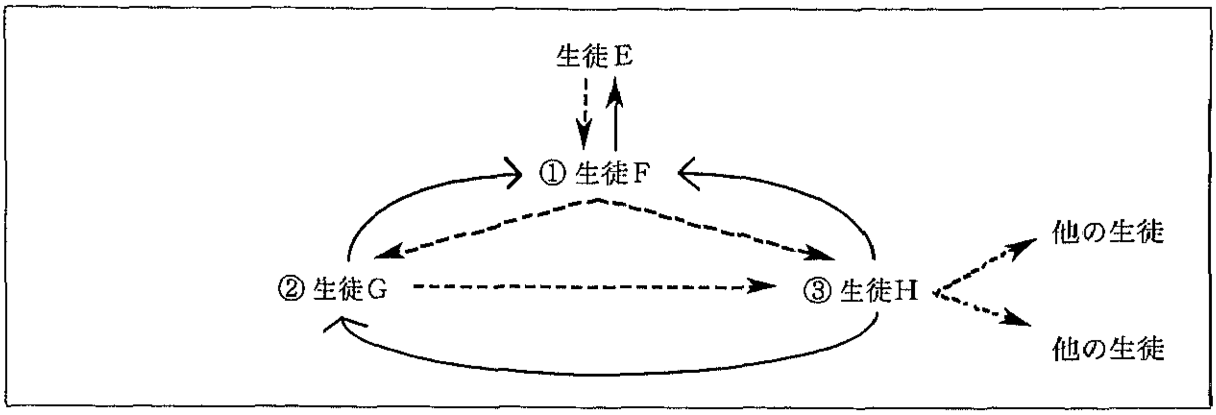

図4-6：数学学習におけるコミュニケーションの指向性と非指向性

（注：実線は受け手を意図したコミュニケーション、破線は非意図的なコミュニケーションである。）

第３項　個人的な解釈の変容

第２項の考察では、３人の生徒によるコミュニケーションを連鎖的フィードバックという視点から分析してきた。そこで第３項では、フィードバックが及ぼす効果について、生徒Ｆ（第１発言者）と生徒Ｇ（第２発言者）の解釈変容の分析をもとに考察する。

生徒Ｆが、生徒Ｇと生徒Ｈの発言によって、自己の解釈を変容させたことは、局面４の発言38から発言39までのやり取り、「38 教師：Ｆ君、どうかな。39 生徒Ｆ：はい（うなずき、同意する)」、ならびに、１週間後に行われた質問紙調査によって確認することができる。生徒Ｆは、１週間後に行われた質問紙調査「%は計算の方法を示す記号か否か。その理由も述べよ」に対して、表4-3に示したように「%は、～個、～ｇと同じように、答えを書く時、数字の後に付けて解するので、単位である。%は、『＋や÷』のように、２□２＝の□の部分に入れられないので、『計算の方法を示す記号』ではない」と答えている。ここで生徒Ｆの示した理由には、生徒Ｈと生徒Ｇの発言の模写が確認できる。本研究では、この記述によって、生徒Ｆは２人の生徒の解釈を受け入れ、自分の解釈を変容していたと判断する。そして、この記述は、生徒Ｇと生徒Ｈの発言が生徒Ｆの認知変容をもたらしたという意味において、フィードバックとして機能していたことを示している。

表 4-3：１週間後に行われた質問紙調査に対する生徒Ｆの回答（再掲）

質問紙調査「％は計算の方法を示す記号か。その理由も述べよ。」（注：下線部は引用者による。）

生徒Ｆ：％は、～個、～ｇと同じように、答えを書く時、数字の後に付けて解するので、単位である。（生徒Ｈの発言に類似している部分）
％は、「＋や÷」のように、２□２＝の□の部分に入れられないので、「計算の方法を示す記号」ではない。（生徒Ｇの発言に類似している部分）

一方、生徒Gは、表 4-4 に示したように質問紙調査に対して、「％とは量を表す記号だと思う。なにかに対して、どのくらい含まれているかや、どれほどの割合かを示す記号で、計算の方法を示す記号ではない」と答えている。生徒Ｇの回答には、生徒Ｇ自身が授業で述べた理由ではなく、生徒Hが述べた「単位である」という理由が採用されている。そして、生徒Gは、面接調査において、生徒Hの解釈を取り上げた理由として、「％は計算の方法を示す記号ではないと答えるだけではなく、生徒Hのように、％とはどんな記号なのかについて答えた方が良い」と述べ、生徒Hの影響を受けていることを認めている。

表 4-4：１週間後に行われた質問紙調査に対する生徒Ｇの回答

質問紙調査「％は計算の方法を示す記号か。その理由も述べよ。」（注：下線は引用者による。）

生徒Ｇ：％とは量を表す記号だと思う。なにかに対して、どのくらい含まれているかや、どれほどの割合かを示す記号で、計算の方法を示す記号ではない。

これまでの考察では、個々の学習者の発言や質問紙調査、ならびに、インタビューへの回答で使われている語句の変化に着目して、解釈変容の有無を判断してきた。それゆえ、本研究では、フィードバックとして受信したメッセージに含まれていた語句を模写することによって、受け手の解釈変容が行われることを暗黙のうちに認め、事例の分析を行ってきたことになる。しかし、解釈変容は、ただ単に他者のフィードバックを模写するだけのものではないはずである。もし、解釈変容が単に他者のフィードバックを反復するだけだ

としたら、そのようなフィードバックの模写によって何がなされるのか、また、真に厳密な模写はいかにして得られるのかが理解し得ぬ問題となる。なぜなら、メッセージそのものは意味を持ち得ず、メッセージの模写は決して送り手の思考の模写になりえないからである（cf. Cassirer,1923/1989,p.83)。だが、こうした疑問は、表4-3と表4-4に示した、生徒Ｆと生徒Ｇの回答を分析することにより払拭することができる。

例えば、生徒Ｆの回答には生徒Hと生徒Ｇの発言の模写が見られるが、生徒Ｆはただ単に２人の発言を発言順に並べたのではなく、生徒Hの「％は単位である」という結論を先に述べ、次に、生徒Ｇの発言を模写して、「％は、『＋や÷』のように、２□２＝の□の部分に入れられないので、『計算の方法を示す記号』ではない」と述べている。生徒Ｇの「100の80％のことを100％80とは書かないよ。だから、％は、ただの記号じゃない（発言33)」という発言や、生徒Hの「りんごが２個ずつのっている皿が５つあります。全部でりんごは何個あるでしょうという問題のとき、２×５＝１０（個)、括弧をつけて（個）と表すみたいに、％も括弧を付けて書く、単位のようなものだと思います（発言37)」という発言と比較してみればわかるように、生徒Ｆの回答には、２人の発言をただ単に模写するだけではなく、例えば、「％は、～ｇと同じように、答えを書く時、数字の後に付けて解する」という生徒Ｆ自身の解釈が加えられている点に特徴が見られる。また、私たちは、生徒Ｇの「100％80とは書かない」という発言が、「％は、『＋や÷』のように、２□２＝の□の部分に入れられない」という表現に書き改められ、そして、生徒Ｇの「％は、ただの記号じゃない」という発言が、生徒Hの「単位である」と組み合わせることで１つの回答として再構成されている点にも、注意する必要がある。

生徒Ｆは、生徒Ｇと生徒Hから送信された負のフィードバックを受け入れ、「％は計算の方法を示す記号である」という立場から、「％は計算の方法を示す記号ではない」という立場へ認知変容を遂げた。この認知変容に際し、生徒Ｆは、ただ単に他者の発言をそのまま模写するように受け入れたのではなく、「数字の後ろに付ける単位である」という要素や「２□２＝の□の部分に入れられない」という要素を付け加え、２人の生徒の発言を再構成したうえで、自分の認知変容を受け入れる理由を生み出していたと言える。

また、質問紙調査に対する生徒Ｇの回答「％とは量を表す記号だと思う。なにかに対して、どのくらい含まれているかや、どれほどの割合かを示す記号で、計算の方法を示す記号ではない」が示しているように、生徒Ｇは、「％は計算の方法を示す記号ではない」という自分と同一の立場で語られた、生徒Hの「％は単位である」という発言を受け入れ、「た

だの記号である」という自分の発言を「%とは量を表す記号である」と言い換えている。「計算の方法を示す記号」という分類に対し、生徒Gは、「量を表す記号」という新しいカテゴリーを創造していたことになる。

このように私たちは、他者からのフィードバックを受け入れる際に、自分自身の考え方を少しずつ変容させながら他者の考え方を受け入れている。他者の解釈を単純に模倣するだけではないということは、フィードバックを受けた生徒たちの回答が、他者のフィードバックの一部を模写しながらも、その他のフィードバックと再構成し、自ら新しく考え出した解釈も付け加えている点に表れている（cf. 尾関,1989,pp.219-248）[8]。

以上の考察をまとめると、本研究では、「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、新旧の情報が互いに協和するために必要とされる新たな解釈を創造する活動によって達成される」と捉えることができる。同一のフィードバックを受けた学習者が、それぞれに異なる認知変容を遂げるのは、受け入れた情報の再構成が個々の学習者ごとに異なるためである。そしてさらには、個々の学習者が独自の要素をそこに加えるからである。第３項の考察は、教師が学習者同士のコミュニケーション活動を支援する場合には、フィードバックを受けた学習者が、どのように自己の初期認知を変容させていくのかに注意する必要があることを示唆している。本研究では、教師が学習者の認知変容を捉える視点として、①認知変容の模写性、②認知変容の構成性、③認知変容の創造性の３点をあげておくことにする。

第４項　情報の共有とずれ

調査 4-1 では、メッセージ解釈の主観性という観点から、学習者間の相互作用の中で、初出の数学的概念がいかに形成されていくのかを分析してきた。そこで調査 4-2 では、直接討論に参加していない間接参画者の認知変容を捉えるために、討論の直前と直後に、「%は計算の方法を示す記号か」の質問に対して、「①はい、②いいえ、③どちらでもない、④わからない」の４項目から１つを選択する質問紙調査を実施し、討論前後における個々の学習者の解釈変容を選択項目の変更によって同定することにした。調査 4-2 では、事前調

[8] 尾関（1989,pp.219-248）は、言語の模写性、構成性、創造性の３つの視点からコミュニケーション論を展開している。

査終了後に、①から④までを選択したそれぞれの生徒から、約２５分間にわたりその選択理由が説明され討論が行われた。

表4-5は、討論終了直後に、４０人中１１人の生徒が選択項目を変更していることを示している。この表4-5では、調査4-1において生徒Ｆが①から②へ自己の解釈を変更したように、討論の前後で①を選択した生徒が１３人から６人に減っているところにその特徴が見られる。また、①から他の項目に変えた７人の生徒のうち６人が、「③どちらでもない、④わからない」という項目を選択したことは、他者の解釈と自己の解釈との間に矛盾が生じ、彼らがなんらかの認知的不協和状態に陥っていることを示している。①を選択する生徒が減り、②を選択した生徒が増えたことは、クラスの中で、②を選択するという同一の判断が共有されつつあることを示している。

表4-5：討論前後の選択項目変更の推移

（質問：％は計算の方法を示す記号か。応答：①はい　②いいえ　③どちらでもない　④わからない）

討論前の選択項目		項目変更のない生徒		項目変更のある生徒	
項　目	生徒数（人）	前→後	生徒数（人）	前→後	生徒数（人）
①	１３	①→①	6	①→②	1
				①→③	4
				①→④	2
②	２１	②→②	２０	②→③	1
③	3	③→③	1	③→②	2
④	3	④→④	2	④→②	1
計	４０	小　計	２９	小　計	１１

表4-5に示された解釈変容の推移を分析するために、調査4-2では、さらに１週間後に、「a^3（指数）は計算の方法を示す記号か」という質問紙調査を行った。その結果、表4-6に示されているように、討論前後で②を選択するという行為に変化がなかった２０人の生徒（表4-6上段）、ならびに、討論後に②へ選択を変更した４人の生徒（表4-6下段）のどちらのグループにも、a^3（指数）の分類に関する選択が、「はい」と「いいえ」の２つに分かれていることがわかった。この結果は、他者とのコミュニケーションによって一度収束しかけた学習者の解釈の差異が、他の選択場面では、また新たな選択のずれとして顕

在化されることを示している。

表 4-6：討論直後に②を選択した２４人の認知変容

<table>
<tr><td>%は計算の方法を示す記号か？</td><td colspan="2">a^{3}（指数）は計算の方法を示す記号か？</td></tr>
<tr><td>討論直前　→　討論直後</td><td colspan="2">討論から１週間後　：　生徒数（人）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">②　いいえ　→　②　いいえ</td><td>①　はい*</td><td>9</td></tr>
<tr><td>②　いいえ</td><td>１１</td></tr>
<tr><td rowspan="2">①　はい
③　どちらでもない　→　②　いいえ
④　わからない</td><td>①　はい</td><td>3</td></tr>
<tr><td>②　いいえ**</td><td>1</td></tr>
</table>

そこで本研究では、表 4-6 で示された現象をさらに分析するために、調査 4-1 に参加している３人の生徒Ｆ・Ｇ・Ｈに対して質問紙ならびに面接調査を行い、「a^{3}（指数）」に対する解釈のずれを分析した。その結果、生徒Ｇと生徒Ｈは表 4-6 の最上段「②→②→①*」のタイプに分類され、生徒Ｆは最下段「①→②→②**」のタイプであることがわかった。第３項における分析では、私たちは、討論の後、生徒Ｆが①から②へ選択項目を変更し、生徒Ｇと生徒Ｈの解釈に同意したと考えてきた。しかし、a^{3}という新たな記号の分類に際して、「a^{3}は計算の方法を示す記号ではない」と答えた生徒Ｆと、「a^{3}は計算の方法を示す記号である」と答えた生徒Ｇと生徒Ｈとの間で、「計算の方法を示す記号」という用語に対する解釈のずれが、%記号の時と同様に再度確認されることになった。この両者のずれは、３人の生徒に対する面接調査の結果を要約すると、a^{3}を演算の結果と考えるか、あるいは、演算そのものであると考えるか、という解釈のずれとして表面化されたと言える。生徒Ｆが「a^{3}は$a \times a \times a$という計算の結果を示す記号である」と考えたのに対して、生徒Ｇと生徒Ｈは、$a = 2$の場合には$2^{3} = 8$という計算が可能だという経験をもとに、「a^{3}は$a \times a \times a$という計算を示している」と考えたのである。

この３人の生徒の分析によって明らかにされたことは、「コミュニケーション・プロセスは情報の共有とずれという振幅の中で展開されていく過程である」ということである。調査 4-1 では、四則演算記号の分類について合意が成立した後、%の記号の分類についてその判断が分かれていた。この%記号に関する分類の差異は、学習者間で行われた他者説得の結果、複数の他者から説得された学習者が討論前の判断を変更し、他の学習者と同一の

判断を下す状態へと推移することで解消されていた。しかし、次の段階では、％記号の分類について同様の判断を下した学習者の間でも、討論がなされなかった「a^3（指数記号）」の分類については、再度、判断の多様化が表出されるという事態を迎えることになる。このような解釈の多様化は、「計算の方法を示す記号」という造語に対して、学習者一人ひとりが、彼らが所有していた数学的知識と数学の学習を通して得られてきた個別の経験をもとに、この造語に結束する概念の形成を独自に行っていたことを物語っている。

概念は対象を分類する基準として活用されるということを前提にするならば、ある記号に対し同一の分類を行うということは、類似の概念形成を達成させつつあることの証拠となる。しかし、同一の分類を行った学習者たちが、他の記号に関しては再度異なる分類を行うことになるということは、同一の概念形成を達成しつつあると見られた学習者たちの概念形成が、個別な形で行われていることを示している。この事例分析に示されたように、私たちは互いの思考や論理を完全に共有することはできない。私たちがコミュニケーションの観察と分析によって確認できることは、個々の問題場面に対して、個々の学習者が行う選択行為により、同一の選択行動を導く情報を共有しているのか、共有していないのかを知るのみである。

今回の調査で明らかにされたように、コミュニケーションが個人的な解釈を変容し、集団内の判断基準の設定に貢献するということは、コミュニケーションが協同化という作用をもたらすことを意味している。その一方で、他の問題場面において、個人的な解釈のずれが再度表面化するという事実は、コミュニケーションに個性化の側面があることも示している。ここで、協同化と個性化は学習者の活動傾向を示す対概念であるが、協同化とは集団が同一の目的に向かって同一行動を採ろうとすることであり、個性化とは集団内の個々人が自己の個性を追求することである。

本研究では、上述の議論をもとにして、コミュニケーション・プロセスは自律的適応過程であると考える。ここで、自律的とは、メッセージ解釈の主観性に基づく個性化の側面を述べたものであり、適応とは、社会的相互作用による他者の影響に自ら適応していこうとする協同化の側面を表したものである。Mead(1934,p.255)も「自己批判によってコントロールされた行動が、本質的に社会的にコントロールされた行動である」と述べているように、自律的適応という表現は、自己コントロールによって社会に適応していこうとする学習者の積極的な意志を表現したものである。

第3節　認知的不協和の低減と連鎖的フィードバック

第1項　認知的不協和の低減

第2節で示した「コミュニケーション・プロセスは学習者一人ひとりの自律的適応過程である」という命題は、コミュニケーションが認知的不協和の発生ならびに低減の過程と深く結び付いていることを示している。つまり、この命題は、「社会集団は個人に認知的不協和を起こさせる主要な源泉であるが、それは同時に個人の中に存在する不協和を除去し低減するという機能の主要な担い手でもある（Festinger,1957/1965,p.168）」と言い換えることもできる。

第2節で取り上げた事例では、「計算の方法を示す記号」という言葉に対する個人的な解釈をもとに、具体的な記号の分類が試みられていた。例えば、％記号が属するカテゴリーの選択を求める場面は、調査4-2の事前調査のように、個別学習としてもその設定が可能ではあるが、個別学習の場面では、学習者たちが直面するのは、どのカテゴリーを選択すればよいのかという葛藤の状態である。それゆえ、ひとたび決定を下してしまえば、学習者たちは葛藤の状態を抜け出してしまう。個別に学習を行っている限り、学習者たちは、自らの選択について、もはや惑わされることはない。しかし、調査4-1のように、選択の決定が集団による討論という形で検討されるとき、他者からもたらされる情報は、既存の知識との不整合によって発生する認知的不協和をもたらす。そして、この認知的不協和がフィードバックという行為を生み出し、それが連鎖的に発生していくことになる。個別学習と協同学習の違いは、認知的不協和の発生と低減という鍵概念によって、次のように説明することができる。

まず、個別学習では、問題の提示によって引き起こされた葛藤は、学習者が所持している知識と経験の構造化（以下、知識と経験は「知識」と約す）を促すものの、既存知識の関連づけによって導き出された決定は、それがたとえ誤ったものであったとしても、学習者個人の中で整合性が保たれる限り、解消されてしまうことになる。

一方、協同学習では、他者によってもたらされた情報（選択Ｂに関する情報）が自分の意思決定（選択Ａ）に反するものである場合、自分がＡを選択する根拠として使用した知識集合Ａと、他者がＢを選択するために使用した知識集合Ｂとの間に不協和が生じることになる。ここで不協和とは、Festinger(1957/1965,p.13)の定義を引用すれば、「考察の対象となっている２つの要素だけを考えて、１つの要素の逆の面が他の要素から帰結される

とき、これら２つの要素の関係は不協和である」と言うことができる。また、「いずれか一方が他方から帰結されるとき、２つの要素の関係を協和であると言い、この２つのいずれの場合にも当てはまらない場合、２つの要素は無関連である」と述べることができる。

知識集合Ａと知識集合Ｂとの間に生じるこの不協和は、どちらを選択すればよいのかという二者択一の判断を迫られた状態を解消するだけでは低減されず、新たな知識の再構成[9]（既存の知識を並べ変え、関連づけるだけではなく、既存の知識の一部をも書き換え、新規の知識構造を確立すること）によってしか低減され得ない。それゆえ、フィードバックは、認知的不協和を引き起こした問題の重要性に対する個々の学習者の認識の度合に応じて、連鎖の頻度を増していくと考えることができる。なぜならば、その問題や関連知識の重要性に対する認識が低い学習者にとって、認知的不協和をもたらす知識の棄却や自己変容、ならびに、情報の意識的な回避は、比較的容易であるため、発言をするというリスクを負う必要性が少なく、フィードバックの発生も比較的少なくて済んでしまうのに対し、自分の選択に自信があり、自分の所持している知識を容易に棄却できない場合には、学習者はなんとか他者の意思決定を変更させることで、自己の認知的不協和を低減しようと試みるからである。

この認知的不協和の低減のための努力がフィードバックという行為になり、このような学習者の意識が高いほど、フィードバックはさらに他のフィードバックを生み出し、連鎖していくことになる。フィードバックの連鎖というプロセスの中で、互いの同意を得るという社会的行為により、学習者の認知的不協和の低減を図るということが、これまで「数学的アイデアの共有」とか「練り上げ」という言葉で説明されてきた、数学学習におけるコミュニケーション行為の特性である。

第２項　連鎖的フィードバックの展開

これまで第４章では、コミュニケーションの意義は、他者からのフィードバックを得ることによって、知識の再構成が行われる点にあると述べてきた。この考え方に従えば、数学学習において、学習者同士のコミュニケーションが、フィードバックの連鎖として展開されていくほど、豊かな学習活動が行われていると感じてきた、私たちの認識の正しさが

---

[9] 本研究では、「知識の構造化」と「知識の再構成」という用語を用いるが、前者は、既存知識の内容を変容させることなく、それぞれの知識間の関連づけを行うことを意味し、後者は、既存知識の変容を含めた知識の構造化を意味している。

検証できると考える。なぜならば、認知的不協和の低減をめざすことによってなされる、知識の再構成という学習者個人の思考活動が、連鎖的フィードバックとして社会的に顕在化していると捉えることができるからである。

そこで第２項では、認知的不協和の低減と連鎖的フィードバックの関連について考察する。この目的を達成するために本研究では、「認知的不協和の存在は、心理的に不快であるから、この不協和を低減し、協和を獲得することを試みるように人を動機づける(Festinger,1957/1965,p.3)」という認知的不協和理論の基本仮説を受け入れ、他者から新しい情報を得ることにより生起した認知的不協和を低減させるために、人は、「①不協和をもたらす情報を意図的に回避する、②他者の解釈ならびに知識構造の変容を促す、③自己の解釈ならびに知識構造を変容する」という３つの方策のいずれかを採用するという考え方を考察の前提とする。本研究では、この前提のもと、「②他者の解釈ならびに知識構造の変容を促す」ことが、フィードバック発生のメカニズムになっていると考える。それゆえ理論的には、コミュニケーションに参画する学習者の認知的不協和が低減されない限り、フィードバックに対するフィードバックという連鎖的フィードバックの展開が予想される。この前提を採用することで、連鎖的フィードバックは、学習者の認知的不協和を低減するために行われる協同行為として捉えることができる。

それでは次に、いかなる条件の下で、認知的不協和は、それぞれの学習者に上述の方策を採らせるのかという問題について考察する。本研究では、学習者が自分自身の認知的不協和を低減させるとき、その方策の選択をもたらす主体者側の要因として、以下に示す３項目を考える。第１の要因xは、不協和を引き起こした問題の重要性に対する認識という要因である。また、第２の要因yは、自己の解釈ならびに知識構造を変容することに対する抵抗という要因である。そして、第３の要因zは、メッセージの送信に伴うリスクに対する認識という要因である。本研究では、コミュニケーションに参画する学習者が、自分自身の認知的不協和を低減させる方策を選択するときの主体者側の要因として、これら３項目を変数とする関数$f(x, y, z)$を表 4-7 のように規定する。表 4-7 は、学習者本人の要因に基づき、いかなる方策が認知的不協和の低減方法として選択されるのかということを、理論的に整理したものである。

表4-7：認知的不協和を低減する方策の選択

方　策＝f（x, y, z）	x	y	z
①：意図的回避	低	−	−
②：他者変容	高	y ＞ z	
③：自己変容	高	y ＜ z	
②と③の選択を巡る葛藤	高	共に高く比較が困難な場合	

方　策	①：不協和をもたらす情報を意図的に回避する。 ②：他者の解釈ならびに知識構造の変容を促す。 ③：自己の解釈ならびに知識構造を変容する。
変　数	x：不協和を引き起こした問題の重要性に対する認識 y：自己の解釈ならびに知識構造を変容することに対する抵抗 z：メッセージの送信に伴うリスクに対する認識

表4-7に示した関数f（x,y,z）には、大別して以下の3つの方策選択が含意されている。

第1の場合として、問題の重要性に対する認識xが低い場合には、認知的不協和を引き起こす原因となった情報を意図的に回避するという方策①が採られる[10]。

第2の場合として、問題の重要性に対する認識xが高く、かつ、自己の解釈や知識構造の変容に対する抵抗yが、メッセージの送信に伴うリスクに関する認識zより高い場合には、他者の解釈ならびに知識構造を変容させるという方策②が採られる。

第3の場合として、問題の重要性に対する認識xが高く、メッセージの送信に伴うリスクに対する認識zが高い場合には、学習者はメッセージを送信せず、沈黙を続ける。このとき、自己の解釈や知識の変容に対する抵抗yが低い場合には、自己の解釈変容を含む知識の再構成を行う方策③が採られるが、抵抗yがリスクに対する認識zと同様に高い場合には、方策②か方策③のいずれかの選択が迫られる葛藤状態に陥る。この葛藤状態は、他者を変容させようとする方策②の選択か、あるいは、自己変容を受諾するという方策③の選択を強要する。なぜならば、問題に対する認識が高いこの状態では、認知的不協和の一時的回避は問題解決にならないことを本人が自覚しているからである[11]。

---

[10] 方策①が選択された場合の情報の回避方法は、Rogers, E. M.（1982/1990,pp.268-269）によれば、1）情報の選択的接触、2）情報の選択的知覚、3）情報の選択的忘却のいずれかである。

[11] 方策②・③の選択を巡る葛藤状態は、方策②または③の選択・実施によって解消されることが望ましい。しかし、選択が困難な場合には、葛藤状態を引き起こした問題の重要性自身を低めてしまうことによって、一時的に問題を回避してしまうこともある（方策①の選択）。

この３つの方策に関して、教育学的に意義があるのは、方策③の自己変容のメカニズムの解明である。なぜならば、方策①の意図的回避は、他者との相互作用の放棄を意味しているし、方策②の他者変容は、自己変容を引き起こす働きかけとして、方策③における自己変容のメカニズムの一環として捉え直すことが可能だからである。学習者は、自己の解釈や知識構造を変容する際に、必ずしも完全に納得しきって自己変容を行うわけではない。それゆえ、他者からもたらされた情報によって発生した認知的不協和を低減するために施した自己の知識の再構成は、また新たな認知的不協和をもたらすことになる。

この知識の再構成後の不協和の大きさを規定する主要な決定要因は、選ばれなかった選択肢、あるいは、棄却した選択肢の持つ相対的魅力である。知識の再構成後に認知的不協和が存在するのは、棄却した選択肢の好ましい特性に対応する認知要素と、選択した選択肢が持つ好ましくない特性に対応する認知要素とが存在するためである。それゆえ、これらの要素のいくつかを除去するか、あるいは、採択された行為に関する知識と協和する新しい要素を付け加えることによって、実質的に認知的不協和を低減させることが可能である。このやり方の実質的効果は、採択された行為と協和する関連的な認知要素の占める割合を増大させ、そうすることによって、認知的不協和の総量を減少させることにある。

そして、この棄却した選択肢の持つ相対的魅力を排除する努力として、次の新たな活動が、方策①②③の中から選択され、実行されることになる。例えば、調査 4-1 では、生徒Ｇと生徒Hによるフィードバックによって、認知的不協和状態に陥っていた生徒Ｆは、方策③を選択し、自己の解釈を変容することで、認知的不協和を低減しようとした。生徒Ｇと生徒Hのフィードバックによって、「%は計算の方法を示す記号である」という解釈から、「%は計算の方法を示す記号ではない」という解釈に変更した生徒Ｆは、「100 の 80%は 100×4/5 で求められる」という自らの解釈を支持する理由づけを棄却し、生徒Ｇと生徒Hの解釈を支持する、「目に見える場合のみに限定する」という情報を受け入れていた。このように採択されなかった選択肢に協和する根拠の棄却と、採択された選択肢に協和する新しい要素の付加によって、生徒Ｆの認知的不協和は一時的に低減される。

調査 4-1 の事例では、学習者同士の討論がこの段階で終了しているため、自己の知識を上述のように再構成することによって、新たな認知的不協和がもたらされることを生徒Ｆ自身が認識するには至らなかった。しかし、事後の「a^3（指数）」の分類調査で明らかにされたことは、表 4-8 に示したように、上述の方法による生徒Ｆの認知的不協和の低減法が、「a^3」を「$a \times a \times a$」と見なすことを拒む、新たな認知要素を構成していることで

ある。事例分析で述べてきたように、生徒Ｆは、生徒Ｇと生徒Ｈが「％は計算の方法を示す記号ではない」とする根拠として示した経験的知識（「100％80 とは書かない」）を受け入れ、その情報を『示す』という言葉は、目に見える場合のみに限定することを意味する」という、かなり強い条件として解釈し直すことにより、「％記号は、分数のかけ算という計算を想起させるので、計算の方法を示す記号である」という解釈の棄却を自らに納得させたのである。そして、この認知的不協和の低減法が、「a^3」は累乗の結果を示すものであり、「a×a×a」という計算の過程を示すものではないという解釈を導いたと考えられる。ここで、もし討論が続いていたと仮定すれば、生徒Ｇならびに生徒Ｈの選択と、生徒Ｆの選択との間に、差異が表れることで、生徒Ｆに、新たな認知的不協和状態がもたらされることは十分に推測できる。

表 4-8：生徒Ｆの認知的不協和の低減法

「％は計算の方法を示す」という選択に	「示す」という用語に対する解釈の差異	不協和の低減方法	自己変容後の生徒Ｆの思考
協応する特性 「何かの 80％」は「×4/5」で求められる	生徒Ｆの解釈 ＝「計算を想起させる」	**自己の解釈の棄却**	「a^3」は「a×a×a」とは異なる
協応しない特性 「100 の 80％」は「100％80」とは書かない	生徒Ｇの発言に対する生徒Ｆの解釈 ＝「目に見える場合に限定する」	**他者の解釈の受諾**	「a^3」は計算の結果である

一般に、学習者が他者の意見を受け入れて、自己の知識構造を変容するためには、大きな力が必要だと考えられる。それゆえ、生徒Ｆのように、他者の意見と自己の意見の対立として表れる認知的不協和状態は、多くの場合、他者の説得という力の作用によって、説得者の意図以上に変容され過ぎてしまう傾向が見られる。図 4-7 は、説得による認知的不協和の低減が、行き過ぎた認知的不協和状態の変容となって、新たな認知的不協和状態を導き出す様子を示している。この点は、教師が学習者同士のコミュニケーションを見守る視点として重要な意味を持つ。対立する学習者同士の討論が一方の意見へ収束したとき、そこに新たな認知的不協和状態に陥る可能性のある学習者がいることを教師が認識せずに討論を終えてしまうと、潜在化した不協和が学習者たちの思考を混乱させてしまうことに成りかねないのである。

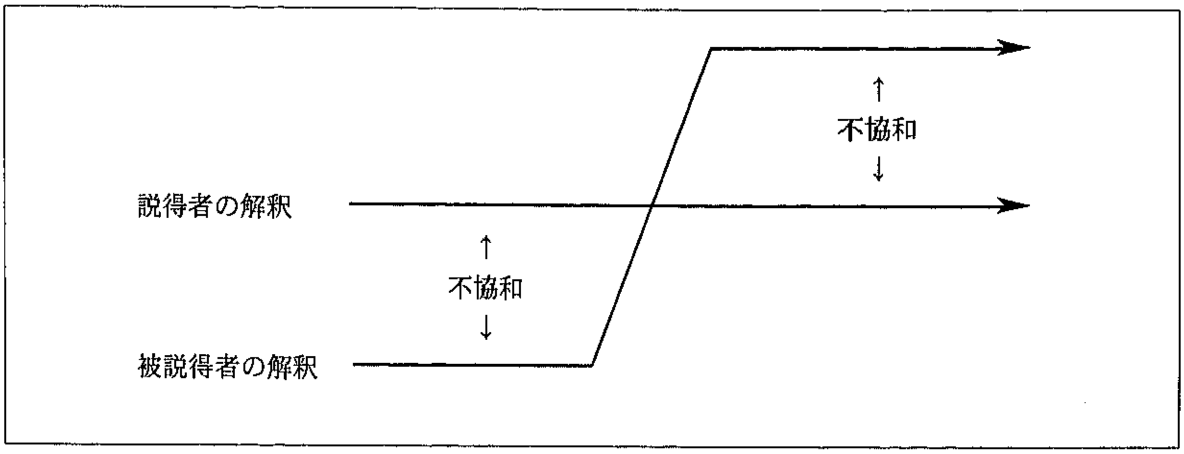

図 4-7：行き過ぎた認知的不協和状態の変容[12)]

また、図 4-7 は、社会・文化論的研究において受け入れられてきた、「コミュニケーションは数学的意味の共有過程である」というコミュニケーション観の誤り、つまり、コミュニケーションが最終的には共有状態に収束していくものであると考える収束過程モデルの誤りも指摘している。確かに、私たちのコミュニケーションは、他者と協同で何かを成し遂げるために、まず、互いの考え方を知り合い、同じ土壌に立って議論することをめざしている。しかし、第４章の事例の分析が語っているように、コミュニケーションは、数学的意味の共有をめざしながらも、学習者による自己変容と他者変容は収束することなく、新たなずれをもたらしながら進行するということに、数学教師は注意する必要がある。

図 4-7 に示された現象は、１度や２度のメッセージ交換では、完全な相互理解が達成され得ないことを示している。他者のメッセージによって生起された認知的不協和は、そのメッセージの個人的な解釈によって、新たなコミュニケーション・ギャップを生み出し、先程とは異なる認知的不協和状態をもたらすことを図 4-7 のモデルは含意している。そして、こうした認知的不協和状態の再生産は、さらなる連鎖的フィードバック発生の可能性も示唆している。それゆえ、理論的には、認知的不協和状態が存続する限り、コミュニケーションに参画する学習者間で連鎖的フィードバックが存続し続けると言うことができる。

[12)] 個人の解釈ならびに知識構造を規定する座標軸が明確ではないので、図 4-7 で示した左から右へ向かう有向線分が人の解釈・知識構造の変容を表現しているかどうかの議論はここでは行っていない。図 4-7 が示していることは、説得者の解釈と被説得者の解釈の差異によってもたらされた被説得者の認知的不協和が、被説得者の解釈変容によって、再度、別の認知的不協和をもたらすという現象のみである。実際には、説得者の解釈も不変であるわけではない。図 4-7 では、座標軸が明確でない以上、直線であることには特別な意味はないが、被説得者の解釈変容を強調するために、このような表現を用いた。

しかし、実際には、調査4-1の事例にも見られたように、教師の介入による社会的現実の確定（ある種の考え方を正しいものとして、教師の権威が議論を終結させてしまうこと）、あるいは、学習者による議論の回避などという現象によって、連鎖的フィードバックは打ち切られてしまう。そして、ここで潜在化された不協和は、学習者の心の中に不満足さや不愉快さとして残され、こうした経験の累積が、教室からコミュニケーションを遠ざけてしまう一因、つまりは、コミュニケーション病理の一因となっている。

第４章の考察により得られた数学教育への示唆は、「自己変容による認知的不協和の低減は、説得者の意図以上に変容される危険性を含んでいる。それゆえ、教師は、討論の終結時に細心の注意を払い、潜在化した不協和が、学習者たちの思考を混乱させてしまうことのないようにしなければならない。教師が学習者同士のコミュニケーション活動を支援する場合には、フィードバックを受けた学習者がどのような認知変容をたどるのかに注意する必要がある」ということである。

第４章のまとめ

第４章では、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という第１の課題について考察した[13]。

(1) 第１の課題に対する結論

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、自分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。

(2) 数学教育への示唆

自己を変容することにより達成される認知的不協和の低減は、説得者の意図以上に変容される危険性を含んでいる。それゆえ、教師は、討論の終結時に細心の注意を払い、潜在化した不協和が、学習者たちの思考を混乱させてしまうことのないようにしなければならない。教師が学習者同士のコミュニケーション活動を支援する場合には、フィードバックを受けた学習者がどのような認知変容をたどるのかに注意する必要がある。

[13] 第４章の考察は、江森(1993)ならびにEmori(1993)に基づいて行われた。

第４章引用文献

Cassirer, E. (1923/1989). 生松敬三・木田元訳. シンボル形式の哲学　第一巻言語. 東京：岩波書店.

江森英世 (1991d). 数学学習における概念の伝達に関する一考察. 教育学研究集録, 15, 121-131. 筑波大学大学院博士課程教育学研究科.

江森英世 (1993). 数学の学習場面におけるコミュニケーション・プロセスの分析. 数学教育学論究, 59, 3-24. 日本数学教育学会.

Emori, H. (1993). The mechanism of communication in learning mathematics. In I. Hirabayashi, N. Nohda, K. Shigematsu, & F. Lin (Eds.), Proceedings of the Seventeenth International Conference for the Psychology of Mathematics Education, Ⅱ, 230-237. Tsukuba.

Festinger, L. (1957). A Theory of Cognitive Dissonance. Stanford, California: Stanford University Press.

Festinger, L. (1957/1965). 末永俊郎監訳. 認知的不協和の理論. 東京：誠信書房.

Hoyles, C. (1985). What is the point of group discussion in mathematics?. Educational Studies in Mathematics, 16, 205-214.

McQuail, D. & Windahl, S. (1981). Communication Models; For the Study of Mass Communications. Essex: Longman Group Ltd..

McQuail, D. & Windahl, S. (1981/1986). 山中正剛・黒田勇訳. コミュニケーション・モデルズ. 京都：松籟社.

Mead, G. H. (1934). Mind, Self, and Society; from the standpoint of a social behaviorist. Edited and with an introduction by C. W. Morris. Chicago: University of Chicago Press.

能田伸彦 (1983a). 学校数学における"Open Approach"による指導の研究. 筑波大学博士論文.

能田伸彦 (1983b). 算数・数学科オープンアプローチによる指導の研究－授業の構成と評価－. 東京：東洋館出版社.

尾関周二 (1989). 言語的コミュニケーションと労働の弁証法－現代社会と人間の理解のために－. 東京：大月書店.

Polya, G. (1953/1959). 柴垣和三雄訳. 帰納と類比. 東京：丸善.

Rogers, E. M. (1982/1990). 青池愼一・宇野善康監訳. 普及学. 東京：産能大学出版部.

Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). The Mathematical Theory of Communication. Urbana, Chicago: University of Illinois Press.

Skemp, R. R. (1982a). Communicating mathematics: Surface structures and deep structures. Visible Language, 16(3), 281-288.

Skemp, R. R. (1987). The Psychology of Learning Mathematics, Expanded American edition. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, publishers.

Szabó, Á. (1969/1978). 中村幸四郎・中村清・村田全訳. ギリシア数学の始原. 東京：玉川大学出版部.