

数学学習における関係的理解と CSCL

永 井 正 洋

Relational Understanding and CSCL in Mathematics Learning

Masahiro NAGAI

「理解」の意味やその構成過程を理論的に言及し、数学学習における「関係的理解」の重要性を明らかにする。このことを、近年の社会的構成主義や状況論などに基づく理論では、学習者相互のコミュニケーション活動が重視されるようになったが、これを検討し関係的理解のパラダイムを一層、明確にするとともに拡張する中で行う。また、関係的理解を構成する授業を創造していく方法をCSCLに求め、その理論について議論する。

1. はじめに

筆者は十数年に渡り、公立中学校に勤務し数学の教師として教鞭をとっていたが、振り返って見ると、筆者を含め現場での授業では、限られた時間内にカリキュラムを消化したり、受験等の目先の課題を克服することに主眼が向きがちで、学習者にじっくり課題に取り組ませたり、納得いくまで議論をさせるようなことが十分ではなく、「できる」ことに焦点化し形式的な評価で次々と授業を進めることが多かったのではないかと考える。その結果、真正の学びや、生涯に渡って数学を学ぼう、生かそうとする姿勢の促進とは距離があったと考える。本稿では「関係的理解」に焦点をあてるが、それは、以上へのアンチテーゼである。つまり、学習者が数学的な知識や概念を関係付ける中で、深い理解や知識の構成が生成され、その結果、得られた成就感や知的好奇心から、数学に対する関心・意欲・態度にも良い意味での変容が見られるのではないかと考えている。また、この視座は筆者の経験に依拠しているものの、学習指導要領にも強調されている「自ら学び自ら考える力の育成」と方向を一にするものであり、今後の数学教育を考える際に重要な観点であると考ええる。

一方、IT技術の発展はめざましく、初等、中等教育への導入も国を挙げて進められている。中でも、インターネットに関連した指導技術の研究と実践は多々行われているが、その一つにインターネットをコミュニケーション媒体として扱うものがある。それにより学習者間の相互作用を高め学習の促進を目指すのである。この学習活動では、学習者同士の意見や考えが議論により関係付けられたり、修正されるなかで協定され新しい知識として公表されていくが、まさしく、この学習活動は前述した関係的理解の構成過程ではないかと考える。

2. 数学学習における関係的理解

2.1 関係的理解

学習指導要領などで、これからの教育で期待される能力としてあげられているものは、「変化に主体的に対応できる能力（思考力、判断力、表現力）」であり、「自ら学ぶ意欲」だと考える。その意味で課せられた数学科の役割は多くあるが、1つには創造力の源になるものとして「論理的な思考力」や「直観力」の育成があげられている。また、この育成のために「数学的な見方・考え方」や「思考過程」の重視が求められている。

しかし、これらを考える際に、さけて通れないのが人間の「理解」という心的活動であろう、これを議論することなくしては前述した能力などを解明することは到底できないと考える。また、子どもが学習内容を「理解」するというのが、授業の原点であるという思いが、これまでの教育実践を踏まえ、筆者の根底にある。しかしながら、教育現場に目を転じると現在、理解面は余り中心的な話題とはなっていないし、「理解」の意味を余り考えずに用いていることも多いのではないか。教師までも、「理解」することを単に「できる」と解釈しているのではないかと思えるような授業に遭遇することが間々ある。

現在、学習指導要録は以前のものと観点別評価の欄で項目の順序が変わり「知識・理解」が4番目、「関心・意欲・態度」が1番目となっている。これが「理解」の軽視につながるものでないことを切望するばかりである。つまり、意欲面の重視は大切なことであるが、それは深い理解に支えられた、知的興味からの情意面の伸長でなければならないと筆者は認識するからである。

また、指導法に目を移すと、前述したように授業時数に追われたり「できた」という達成感が直接的でわかりやすいことから、ともすれば、問題解決のアルゴリズムや計算規則を覚えさせ答えを出すこと、つまり形式的技能を求めてしまう傾向となりやすい。

したがって、どんな方法を使うかということだけでなく、なぜそうなるかも知らせることが肝要であると考える。そこで、研究していく「理解」の意味を、取り入れた学習内容を種々の知識構造や経験に関係付けることによって、意味を捉え同化していくとする「関係的理解」に位置づけ考究し、それを構築することを目指す授業の創造を行う。

ここで、Skempの言うところの「関係的理解」をまとめておこう。Skempは関係的理解の定義を明確な文言で表してはいないが、強調しているのは、

- ・理由付け
- ・既存のシエマとの同化
- ・知識構造（シエマ）の構築

の3つである。また、Daivis（1984）は知識構造の構築を理解とするならば、それは既習の知識を関係付け、拡張、修正すること、つまり比喩的である思考活動の結果であると唱えて

いる。したがって、これらを参考に関係的理解の定義を考えると以下のようなだろう。

関係的理解 (Relational Understanding) の定義 I

取り入れる知識が、経験的な活動や既存の知識構造と関係付けを行うことにより、内的に同化され論理的整合性を保っている状態。

このように、筆者は「理解」について、既習の知識が組み替えられたり、修正されたりして新しい知識が生まれるときに構築されるとし、その構成的な側面を強調する。また、知識や理解は個人の内面だけで構築されるのではなく、状況に左右されると考えている。このことは、近年の「社会的構成主義」や「状況論」の視座に関連のあるところである。2つの理論では他の学習者とコミュニケーションをはかる中で理解は進行すると考えられている。本稿では、このような数学認識論にたち、関係的理解の定義を更に拡張深化することを目的の一つとする。まず、それら新しい数学認識に基づく理解論から概観したい。

2.2 構成主義から見た関係的理解

筆者は、「理解」生成について構成的な視座に立つが、ここではそれに深く関わる構成主義を概観したい。構成主義といっても現在は様々な見解から枝分かれしている。知識は受け入れられるものではなくて、学習者によって作られていくものであるという基本理念は各々の構成主義とも概して変わりはない。違いが顕著となるのは、知識の構成が学習者の内的な心的活動のみによるものなのか、他との関わり合い、つまり状況への依存性、関連性があるのかという点である。近年の社会的構成主義では、かつては余り言明されなかった知識と状況との関係が明確にされることになる。

2.2.1 いろいろな構成主義の視座

現在までに種々の構成主義の理論が生まれ議論がなされている。佐々木 (1994) はその範疇を以下のように示している。

表2.1 種々の構成主義

構成主義のタイプ	精神の比喻	世界のモデル
①情報处理的 構成主義	コンピュータ、 無感覚の思考マシーン	物理的対象について ニュートンの絶対空間 (科学的实在論)
②自明な構成主義	「柔らかい」コンピュータ (機械としての脳)	物理的対象について ニュートンの絶対空間 (科学的实在論)
③急進的構成主義	進化し、適応する 孤立した生物	主体個人の経験領域
④社会的構成主義	対話する人間	社会的に構成された共有世界

①の情報处理的構成主義については、人間の知識の獲得をコンピュータの情報処理に例えて捉えようとする理論である。これは人間の記憶システムが長期記憶貯蔵庫、短期記憶貯蔵庫などと仮定するなどして、コンピュータと同じように構成されるとしている。この理論から人間の「理解」の一部が解明されてきたことも事実であるが、概念や意味、メタ認知といった高度の認知については不完全なものであったと佐々木（1994）は述べている。

②の自明な構成主義について中原（1995）は「数学的知識は、認識主体によって能動的に構成されるものである。それは伝達や発見によって獲得されるものではない。他者による強要・強制は構成活動の弊害となる。」と述べている。そして、この主張が各々の構成主義の基底原理となっているものであると言及している。

③の急進的構成主義であるが、この視座の際だった論点は、数学認識に関し客観性を認めないことである。つまり、知識や概念は個人の主観によって構成されるもので、個々人によって異なるものであるから、個体から離れ独立した客観性のある存在論的な実体は認めないということなのである。例えば、構成される概念として例えば「数」を考える。小学生であれば、「数」といえば自然数、小数、分数ということになるが、中学生になると「負の数」が加わる、高校生では更に「複素数」が加わり数の概念が次第に深まっていく。すなわち、それぞれの学習者にとっては同じ「数」という文言でも、その概念には違いがあるのである。更に考えると同じ小学生同士でも「数」という文言に対する概念には違いがあるのではないかとするのが急進的構成主義の特徴である。したがって、伝統的な理念である数学や科学の真理や客観性と真っ向から対立する立場となるわけである。これまで、数学的な知識や概念は実世界において真理として存在するという立場が主流を占めており、必然的にその下ではそのような知識や概念を学習者が取り入れていくことを考えてきた。つまり、学習者は受け身

的な存在として扱われがちであったわけであるが、これに関し数学認識から変換を迫ろうとしている姿勢は評価できよう。したがって、これまでの数学認識とは大きく違うため、急進的構成主義への批判は多いのであるが、数学教育に根底からのパラダイム変革をもたらす気配は十分に感じられるのである。

その中で登場してきたのが④の社会的構成主義である。この視座では、何世代にも渡ってどの国のどんな人にも共通な真理はないとし、その意味では普遍的な客観性の存在を否定している。しかしながら、個人に構成された知識や概念はその後の周囲との相互作用によって合意が得られれば生存可能となり個体から離れうるとしている。そして、その際の合意は皆が認めるという意味をもち当該の知識や概念に客観性を与えるという立場をとる。したがって、社会的構成主義では、知識や概念は主観的なものであるが、主観相互の働きかけにより合意が得られ、「間主観性」といえるものが作られるとしている。また、この間主観性について中原（1995）は普遍的ではないが独立性があるとし、「準客観性」と呼んでいる。前述した「数」の話題で具体的な議論をしてみよう。授業中、個々人が学習活動を行うことによって内的に「数」の概念を構成する。次にこれを発表しその中で、他者の考えとの交流が生まれる。その際、合意が得られれば生存可能な考えとして生き残るし、合意が得られなければ棄却される。また、他者との相互作用から修正がなされ生存する場合もあろう。いずれにしても、このように皆の合意が得られた考えは間主観的な客観性として存在することとなる。このように、社会的構成主義では知識や概念の構成を個人だけの内的なものとしてせず、他者との関わり合いを強調することから社会的な構成と呼ばれるわけである。Ernest（1991）は、合意を得られた客観性のある知識や概念は再び個人と関わり、新たな内的な知識構成をもたらし、それがまた、状況への実践として適用され合意されれば再び新たな客観性となるとし、右図のようなサイクルするモデルを提起している [図 2.1]。

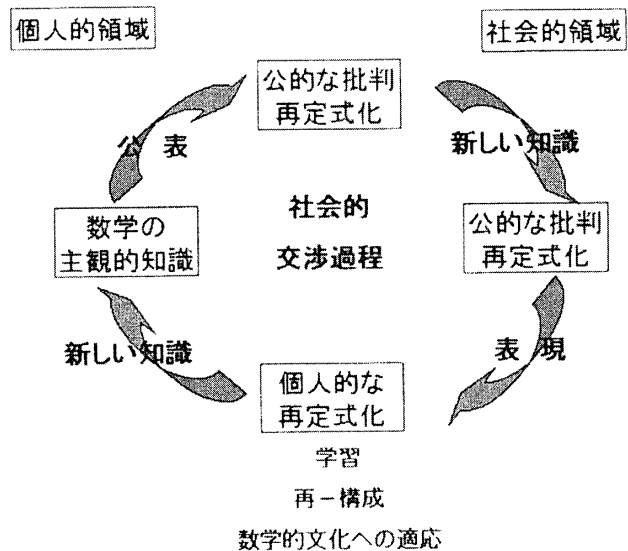


図 2.1 社会的交渉の過程

2.2.2 社会的構成主義と状況論

前述した社会的構成主義と近い視座にある理論が「状況論」である。これに関し伊東(1994)は、「・・・近年、学習あるいは認知活動全般を、個人と環境との間で生起するものとしてとらえる状況論的な立場が、認知研究者の間で注目されるようになってきた。このような立場の中でもっとも極端なものは、個人個人の頭の中の知識や知識の変化を考えることには意味がないと主張している。一方、個人と環境との相互作用を重視しつつも、やはり個人の知識構造という切り口から認知的なモデルを構築する、という立場も可能であろう。」と述べている。この中では状況論の2種のタイプが登場するが、前者は前述の急進的な構成主義と、古典的なパラダイムに対してラディカルであるという面では同一である。後者は知識や概念が個体の内外で構築されるという点で社会的な構成主義に相当すると考えられる。筆者の立場では、関係的理解は既習概念や操作活動、日常実践との関係付けで生起するとするから、それは、個体の内的な構成も関わりがあるし、無論、周囲の状況にも依存するという立場をとるから後者の考えに共鳴するものといえる。

また、状況論においてここで取り上げて紹介しておきたいのは、伊東(1994)が以下のことを言及していることである。「Schoenfeld(1992)は、数学を学習することは、本来、数学者の文化の中に入っていくことである、と主張している。すなわち数学を学習することは、数学的概念や公式、問題の解き方などを学習するだけでなく、どのように数学的な問題を発見し、その解決に際してどのように他者と数学的な議論をおこなうのか、問題の発見や解決方法などをどのように評価するするのか、といったことを身につけることも含むのである。」現在、「自ら学ぶ意欲の育成」が叫ばれ、自己実現を指向した指導が模索されている。これを実りあるものにするには、「学び方」の学習が必須のものであるが、まさに、この Schoenfeld と伊東の主張は主体的に数学を学んでいく手だてを提起しているものでもあり、その意味で参考になる。

2.2.3 社会的構成主義の視座に立つ関係的理解

さて、2.1で述べたように関係的理解が構築される際には、他の数学的概念や操作的活動と関係付けが行われ論理的な整合性が図られる。このことは、新たな知識が構成される時だといってもよい。また、筆者は、関係的理解の構築には小グループでの討論学習が有効な1つの手段であることを主張した(永井 1996)。この学習では、話し合いが中心となるが、そこでは自己の考えを発言することにより、その考えが他者の考えの中で揉まれ、認められれば生き残るであろうし、そうでなければ棄却される。そのような活動を通して、知識や概念は練り上げられることになる。この考えは前節で概観した、社会的構成主義における学習者同士の相互作用と関連が深い。

また、前述した中原（1995）は、Skemp の理解論をとりあげ、その中でSkempの主張を箇条書きにしている。その内の3番目は、「関係的理解の達成に力を入れるべきこと。」であるが、このことについて中原は「・・・構成的アプローチはこうした諸点、とりわけ上記の③を重要視するものである。」と言及し、構成主義の立場から関係的理解の必要性を言明している。また、同書において「意味的理解」を中心に据えた授業の創造を唱っているが、このことは関係的理解が「今やっていることの意味や訳が分かること」を概念の基底としているだけに、まさしく関係的理解の構築を指向しているといえるであろう。このように、社会的な構成主義の視座からも関係的理解は評価されている。

ここで、整理しておくとして筆者の考えている「関係的理解」では、構成的な理解生成を論じているが、それは決して内的な心的活動だけではなくて、周囲の状況との相互作用があってはじめてより洗練された整合性、合理性のある知識や概念を創造することができ、関係的理解が構築され则认为していることを言明しておきたい。

2.3 関係的理解の再提起

2.2で近年における、数学認識論を概観してきた。筆者は2.1で関係的理解の定義を提起したが、この節では前述した最近の数学教育における「理解」論の動向を踏まえそれらを見直していきたい。

2.3.1 関係的理解生成のモデル

前述した関係的理解の定義と、その構成方法の一つである小グループによる協同学習（永井 1996）は以下の2点としてまとめることができる。

- ・新しい知識は既存の知識や概念、そして、操作活動などが取り入れられた情報と関係付けられることによって構成される。
- ・個体内の心的活動によって構成された知識や概念は、周囲の状況において実践されることによって、客観化される。

これらを模式化すると次の図2.2のようになろう。

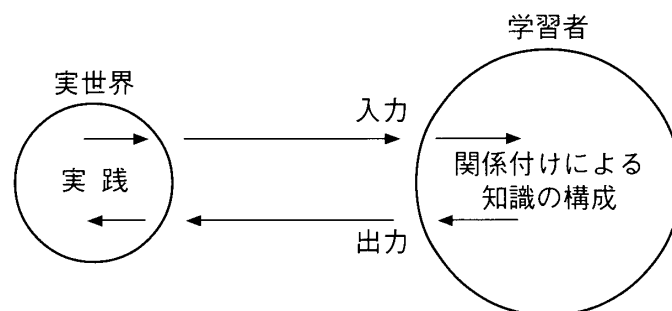


図2.2 関係的理解の構成

この図では、数学的な知識や概念が内面だけの自己完結的なものではなくて環境との相互作用によって構築される様子が示されている。

ここで、実践という言葉については以下のような知識や概念の構成過程としての意味合いが大きいと考える。

実世界での実践：

関係付けにより、構成された新しい知識や概念を発表する。そして、協議により、その整合性や適合性などを検討する。修正が加えられることもある。合意が得られたものについては用語や記号を与え総称とする。また、その知識や概念を発展させたり、応用することを考える。

さて、図2.2全体としては、学習者の中で既習の知識や概念が関係付けられることにより新しい知識や概念が形成されると、その後、環境への実践が図られ合意の得られたものは生存可能となることを表している。そして、そこで認められた知識や概念が再び学習者の構成の基になることも示しており、その意味でアーネストのサイクル図〔図2.1〕と同様と考えてよい。このサイクルの過程により、学習者の知識や概念はより整合性、合理性、機能性が高まり、一層、確かな関係的理解を育むことになる。

2.3.2 関係的理解の再定義

2.1において、関係的理解を定義することを試みたが、これまで述べてきたことを鑑みこれについても再度考えてみたい。2.1における、定義では、個体内の心的活動は表されているものの環境との関係付けが明確ではない。したがって、これに配慮した再定義は次のようになる。

関係的理解 (Relational Understanding) の定義Ⅱ：

取り入れた知識が、経験的な活動や既存の知識構造と関係付けを行うことにより、内的に同化され論理的整合性を保つと共に、その後の環境への実践を通して、社会的に認められ客観性をもった状態。

上記の定義を基にした関係的理解の構築過程の具体例をあげてみよう。例えば、生徒が「無理数」の概念について学ぶとする。

源問題の意識化： $\sqrt{2}$ とはどんな数だろうか

↓ ↑

操作活動：まず、図2.3のような面積が 2 cm^2 の正方形を作図する。そして、正方形の一辺の

長さを測ることを通して $\sqrt{2}$ のおよその大きさを知り、 $\sqrt{2}$ が実在することを感得する。

↓ ↑

イメージ化： $1.42^2=1.96$ で、 $1.5^2=2.25$ となることから、 $1.4<\sqrt{2}<1.5$ 。次に、 $1.41^2=1.9881$ で、 $1.42^2=2.0164$ であるから、 $1.41<\sqrt{2}<1.42$ 。以下これを繰り返すことによって $\sqrt{2}$ が $1.41\cdots$ と続く数であることを知り、きれいな、はっきりとした数でないことをイメージとして捉える。この際に小数などの既習概念との関係付けが行われる。

↓ ↑

抽象化：前段階を振り返り、小数で調べるのは大変だから、分数で表現できないか考える。 $\sqrt{2}$ のような数は a/b で表される既約分数の形でかけないことに気づく（一般化を行う）。この際に、小数や分数などの既習概念との関係付けがおこなわれる。

↓ ↑

実践への参加：教室やグループ内で、前段階で抽象化した内容を発表する。皆で話し合い修正などを行う。場合によっては、以前のどれかの段階に戻る。その後、証明を通して合意を得る。分数の形でかけない数を「無理数」と呼ぶことを約束する。無理数かどうかをいろいろな数で確かめる。

注) 上記の過程ではどの段階においてもそれ以外のどの段階へもアクセスする。

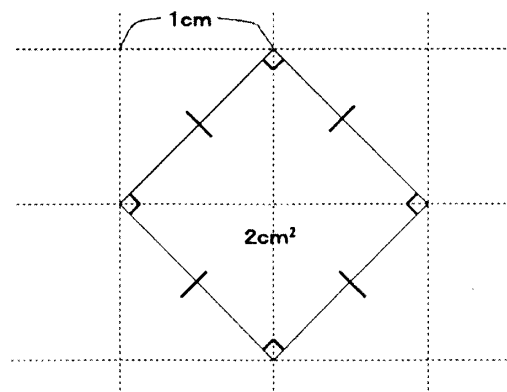


図 2.3 $\sqrt{2}$ とはどんな数だろうか

2.4 協同学習の意義

以上のような現在の数学観と考えを一とする授業では、子供たちが関係的理解を構築していくことが容易であると考ええる。つまり、数学を規則や公式のかたまりとしてではなく、有機的で意味をもったものとして認識させることができるのである。また、できあがった知識は論理的整合性がとれているから深い理解につながっていく。

ここで、要点を述べるとすると、関係的理解の構成を指向する数学学習においては、内的な思考活動に終始するのではなく、実践への参加、すなわち、他者との相互作用が欠かせな

いということになる。以下では、主にコミュニケーションという観点から論ずる。

まず、数学学習における関係付けやコミュニケーションについては、NCTMが2000年に発表した“Principles and Standards for School Mathematics”の“Chapter 3 Standards for School Mathematics Prekindergarten through Grade 12”で“Connections”、“Communication”という箇所を設け、強調しているところである。具体的には、“Connections”では、「数学の考えの間の関係に気づき、使うことができるようにする。」ことや“Communication”では、「コミュニケーションを通して、数学的思考を組織し統合できるようにする。」ことなどが述べられている。同書では、この他にも数学学習における関係付けやコミュニケーションの重要性を訴えている。

次に佐伯がその著書（1997）の中で「学びの共同体」について論じているが、これについてふれてみよう。同氏は子供と子供同士、あるいは大人とがお互いのおかれた状況や背景を理解しようとしながら、意見や考えを戦わせていく中で知識を創りあげていくのが「学びの共同体」の基本であるとしている。したがって、よく見られるような一問一答形式で議論が深まらなかったり、相手への配慮が欠けて意志の疎通が不十分な状況では共に学んでいくことはできないと述べている。この著の中で同氏は繰り返し、学習は子供たちが主体的に議論を交わしながら、教師の支援のもと創りあげていくものであることを説いており、コミュニケーションの重要性が言明されている。

以上、内外の2つの知見をとりあげたが、いずれにしても知識の構成過程では子供たちが一人だけで学習していくのではなく、実践への参加が必要であるという姿勢がみてとれる。そしてこの中で協同学習は重要な位置を占めることとなる。したがって、我々はその実践共同体のあり方を模索し構築していかなねばならないが、本研究ではインターネット上の掲示板でこれを実現しようと考えた。

なぜなら、それは以下のような良さが仮説として考えられるからであり、多くはインターネットやコンピュータの利用に依存していると考ええるからである。

- ・学習者の主体的な知識構築の場となる
- ・多数の生徒が学習に参加でき、いろいろな数学的見方・考え方に接することができる
- ・学習の過程や成果が記録として残り、反省的思考ができる
- ・数学的な表現の仕方を学ぶことができる
- ・人前での口頭発表が苦手な学習者の救済になる

3. 数学学習におけるCSCL

このように数学学習におけるコミュニケーション活動の促進のためにインターネット上での協同学習に着目するが、この視点は、数学学習から目を転じれば、著者に限ったことでは

なく CSCL (Computer Support for Collaborative Learning) という研究領域の中に多く見ることができる。しかしながら、数学教育ではまだあまり一般的ではないから、多くの数学教師にとっては疑心暗鬼な状況かもしれない。したがって、ここではインターネットを用いた数学学習の現状とその有効性や課題を検討する中で、Web 上での協同学習の意義や価値を明らかにしたい。

3.1 Webと数学学習

分散型ネットワークのインフラ整備に伴い、それを教育的に利用した多くの実践的取り組みが報告されるようになった。代表的なものとしては、例えば Web 上にある教育的資源を活用した「調べ学習」があげられる。これは子ども達が課題についてインターネット上から情報を検索し、それらを取捨選択し必要な部分を生かしながらレポート等を作成していく学習である。こういった形での利用は、比較的、技術的に平易であることから普及もはやかったし、コンピュータリテラシーの育成の必要性とも相まって教育現場では歓迎された。しかしながら、調べた学習内容を学級等で発表するとそれで終わりにになってしまうことも多く、学習に発展性や継続性を欠くことも指摘されているところである。

さて、数学学習に関して考えてみよう。数学を学習する上では問題解決的な場面が多く、数学的な思考力や判断力、表現力の育成がそのねらいとなるから、前述の「調べ学習」だけを考えていたのでは、インターネットは教科的に利用価値の低いものになってしまうし、本研究の本質である関係的理解の構成への直接的な方法にはならない。では、学習者の相互作用を高め関係的理解を促進する利用とはどのようなものだろうか、いくつかの利用形態を考える中で明らかにしたい。

現在、Web 上に存在する数学教育関係のページには次のようなものがある。

- ・ 数学史等、数学的なトピックスを掲載しているページ
- ・ 数学学習に関わる問題を提供しているページ
- ・ 教材ソフトを掲載しているページ

まず、数学的なトピックスのページについてだが、授業で扱った学習内容を実生活に適用することについて調べたり、より詳しく系統的に調べたいときなどに用いると重宝するし効率も良い。しかしながら、前述した「調べ学習」のようなネガティブな側面もあるから配慮が必要とされる。

次に課題を提供しているページであるが、近年ではその量・質的にも前進が見られ、例えば「課題学習」の問題としても適当なものが増えてきている。難点の1つを言えばインターネット上のどの Web サーバにどのような問題を蓄積してあるかが分かりづらく、検索に戸惑うことが多いことだろう。これに関しては、適当なリンク集や数学学習に特化した検索エン

ジンが一層整備されることを期待したい。また、問題の解答を出題者に e-mail で提出すると添削やコメントを返したり、Web 上に表示をしてくれるサイトもあるが、これを発展させインターネットのインタラクティブ性を生かし、内的な思考にとどまらない議論を導く思考の外化は今後、より進められるべきである。

最後に教材ソフトのページについてであるが、これは主に Java や JavaScript、そして VRML 等でかかれた数学的な事象をシミュレーションするソフトや計算問題などのドリル的なソフトをアップロードしてあるものを指している。これらがインターネット上に整備されると時間や場所にとらわれず教材の確保ができ、利用価値が高い。現在では種々のソフトが提供されるようになってきていて、これを授業で利用する機会も増えた。難点を言えば前述と同様、系統性あるいは領域などの観点からリソースを配列したリンク集の不足と、ソフトの機能面でのばらつきが指摘できる。

3.2 インターネット上でのCSCLの導入

数学学習におけるインターネットの用途について、ここまで、3つ取り上げてきたが、インターネットにはこれら3つにはあまり表出しない大きな側面が残されている。それは、インタラクティブ性である。つまり、インターネット上では様々なデータを共有し活用することができるだけでなく、今までのメディアと異なる特徴として、情報の流れに双方向性があることが指摘できる。つまり、テレビやラジオ、新聞といったメディアではユーザ側から情報を伝えることが困難だったが、インターネット上では双方向の通信が容易にできるのである。このことは、前述した近年の数学認識論で強調される「学習とは知識を一方的に注入するものでなく、共に創り上げるものだ」という視座とも近接しており、この観点で他のメディアより優れた学習環境であることを示している。したがって、子供たちがインターネットをコミュニケーションの道具として用い、インタラクションする中で知識を構成していく学びの姿が考えられ、それは前述した3つの数学学習では見られないインターネット活用の真骨頂であるといっていよい。現在、このような学習は、CSCL (Computer Support for Collaborative Learning) と呼ばれている。具体的には、「掲示板」システムやテレビ会議システム、そして、E-mail などを媒体として使用できるが、筆者らは「Web 掲示板」システムを用いることにした。

3.3 CSCLの理論的背景

前述したように、現在、様々な形態の数学学習のためのコンテンツが Web 上に配備されるようになってきた。それらはどちらかというと教育的資源や教具としての側面が強いが、近年ではインフラ整備に伴う、回線の高速化や教育的必要性から様々なフォーラムの場の構築

が進められている。このことはインターネットの道具的な使用から、コミュニケーションの場としての利用あるいはネットワーク上での共生を指向しての転換ともいえよう。これらは技術的側面にも後押しされていることはもちろんであるが、最近の認知科学の知見にも裏付けされている。以下ではこの理論的な背景について論じる。

アメリカの認知科学や CSCL 関連の論文に頻出する単語に **Scaffolding**（足場作り）や **Reflection**（内省）がある。前者は日本で言うところの「支援」に関連している。つまり、協同学習の中で学びの先達者が初学者に対し援助してあげることで初学者の学習を促進することを言っている。この視座はヴィゴツキーの最近接発達領域（**Zone of Proximal Development**）によるものであり、やがてこの支援が学習者の一人立ちを促すこととなる。カナダの **CSILE**（**Computer-Supported Intentional Learning Environment**）では **Scaffolding** 専用のボタンが配置されており、これに対応している。後者の **Reflection** は学習者の問い直しを指しているが、**CSCL** では学習者の学習過程が正確に保存されるから、振り返って修正・拡張することも容易である。

次に古くからある徒弟制度が、現在あらためて見直されている（大島 1999）ことについて述べたい。徒弟制度では学習内容が適用される環境において師匠の仕事を弟子が観察し実際に自分もやってみながら学習を進めていく。したがって徒弟制度では実際の文脈とかけ離れずに師匠の支援のもと学習が進められていくのである。また、この学習スタイルで重要なことは教授する者は学習者に知識を教え込むのではなく、知識を構築する術を伝授するということである。これはメタ認知的な学習内容となるが、学習者が学ぶことは、学習の仕方であり知識だけではない。つまり自己学習能力や自ら学ぶ意欲を身に付けるわけである。これら徒弟制度をそのまま全て現在の学校教育に持ち込むことは難しいであろうが、**CSCL** の環境では比較的、容易にその内のある部分は実現できるだろう。学校という空間や時間に今までの教育実践はしばられることが多かったし、学習を共におこなう相手も同年齢の集団に限られていたが、**Web** 上の協同学習ではこれらの制約が無くなるから、その道の先達者から助言をもらったり、よりその領域について詳しく学んでいる者から学ぶことができると考えられる。

4. 結 語

本稿では、始めに数学学習における関係的理解の意味と価値に付いて論じた。そして、近年の数学認識論からその定義を拡張させ、学習の社会性について取り入れ再検討を行った。ここで、この社会性を重視した学習は現在の **CSCL** の中でも強調されており、基本的な認識や理論が共通するから、インターネット上での **CSCL** を関係的理解の構成の方法と位置づけ論究した。このように、本稿では形式的な数学学習にとどまらない、真正の学習を指向した

理念と方法論をある程度、論ずることができたと考える。しかしながら、実証的な側面に関しては言及できておらず本稿の課題と考えている。そこで、この理論的考察の評価に関しては、他の拙稿を参考にしていただければ幸いである。

参考文献

- R.B. デーヴィス, 数学理解の認知科学. 1984 (佐伯胖監訳, 国土社, 1987).
- Ernest. P., *The Philosophy of Mathematics Education*, The Falmer Press, p.42, 1991.
- 伊東裕司, 記憶と学習. 市川伸一(編著), 岩波講座 認知科学. 岩波書店, 1994.
- 永井正洋, 関係的理解とその構成過程の研究. 千葉大学大学院教育学研究科修士論文, 1996.
- 中原忠男, 数学教育における構成主義の展開: 急進的構成主義から社会的構成主義へ. 日本数学教育学会誌 数学教育, pp.302-311, 1994.
- 中原忠男, 算数・数学教育における構成的アプローチの研究. 聖文社, p.389, 1995.
- NCTM, *Principles and Standards for School Mathematics*. NCTM (National Council of Teachers of Mathematics), 2000.
- 大島純, 学びのエキスパートを育てる学習環境. 日本科学教育学会 第23回年会論文集, pp.99-102, 1999.
- 佐伯胖, 新・コンピュータと教育. 岩波新書, 1997.
- 佐々木徹郎, 数学教育における社会的構成主義の可能性. 日本数学教育学会 第27回数学教育論文発表会論文集, pp.7-12, 1994.
- R.R.Skemp, 新しい学習理論にもとづく算数教育. (平林一榮監訳, 東洋館出版, 1992).
- L. S. Vygotsky. 思考と言語(下). 1934. (柴田義松(訳)(1962)思考と言語(下). 明治図書, p.304).