

# 知識の構成と学習環境の開発

多鹿秀継\* 中津橋男\*\*  
Hidetsugu TAJIKA Narao NAKATSU

\*学校教育講座 (心理学)

\*\*情報教育講座

「……表象, 方略, メタ認知技能は, すべて人間の知能の重要な構成要素である。もしこれらの構成要素を首尾よく学校教育の中に組み入れることができれば, 子どもたちが教科内容を効果的に学習する助けとなる。そして, それよりもさらに重要なことは, 彼らが「知的な初心者」になる手助けをすることができるということである。……私たちが知能, 学習, そして教授過程についての表象を変えれば, 教室での生徒と教師の相互作用のあり方を変えることができるだろう。……」

(ブルーアー (松田・森 (監訳)), 1993/1997, 258-259頁)

## 1 本研究の目的

本論文の目的は, (1)知識の構成に影響を与える学習者の個人要因と環境要因を明確にすること, 並びに(2)明確にされた個人要因と環境要因の活性化を促進する学習環境を開発する可能性を展望すること, の2点にある。これらの目的を達成するために, 本論文ではそれぞれの内容に言及した文献を詳細に紹介して展望するよりも, むしろ知識の構成に影響を与える要因を概観し, 各要因の活性化を支援する学習環境を開発するための研究の枠組みを提供するものである。上述したBruer (1993/1997) の著書においても, 学習者個人の知識の構成の重要性と知識の構成に影響を与える学習環境に言及されている。

知識の構成に影響を与える学習者の個人要因と環境要因とは, 個々の学習者の学習特性に影響を与える要因, 並びに学習者を取り巻く道具や他者の要因を意味している。一般的に, 知識の構成は学習者自身の主体的な認知の営みであり, 学習者個人の特性のみに依存しているように思われる。しかしながら, 知識の構成は単に個人の認知の営みのみに影響されるだけでなく, 個人を取り巻く外的な環境 (道具や他者の存在) によっても影響を受けることが知られている (Greeno, Collins, & Resnick, 1996)。知識の構成を学習者個人の特性とともに, 個人と取り巻く環境をも考慮するとき, 学習環境の開発とは, 単に個々の学習者の学習特性に影響を与える要因のみを明確にし, その支援に関わる環境を開発するだけに限定されるものではない。知識の構成を活性化することにつながる道具の利用や他者とのやり取りを視野に入れた学習環境の開発でなければならない。

一般に, 学習環境とは, 「ひと」, 「もの」, 「空間」, の3者によって複雑に相互作用するシステムとして位置づけられる。学校教育に限定した場合, 「ひと」とは, 子ども, 教師, あるいは子どもや教師を取り巻くコミュニティの構成員 (子どもの保護者を始めとする) といえるだろう。「もの」は, 教材・教具のような物理的なものであったり, 例えばコンピュータを道具としてやり取りされる情報であったりする。また, 「空間」とは, 主に教室や学校のような空間であったり, 教室でのグループ学習に見られる学習形態を意味することもある。

それ故, 授業内容を適切に理解するための知識の構成を目標とし, 知識の構成を支援する学習環境を開発する場合, 「ひと」のもつ学習者特性を最大限に発揮するために, 物理的「もの」ないしは情報による「もの」を適切な「空間」のもとで効果的に利用することができるような学習環境を開発することが, これからの教育には求められる。

本論文では, 「ひと」としての学習者の特性と, 「もの」としてのコンピュータ利用による情報を組み合わせることにより, 「空間」としての教室場面で, 学習者にとって最適の学習環境を開発する可能性を展望する。学習者に最適の学習環境を開発するためには, 学習者の学習特性と学習環境の開発を分離して取り扱うことはできない (Vermetten, Vermunt, & Lodewijks, 2002) といえる。本論文では, 学習者の特性を教材を理解するための学習者の知識の構成としてとらえる。また, 学習環境の開発は, 学習者の特性である知識の構成を促進する目的で利用されるコンピュータを生かした学習支援システムを開発することととらえる。

知識の構成と学習環境の開発に関する上記の研究の

位置づけに従い、本論文では、まず知識の構成に影響を与える要因を明確にする。その後、知識の構成に影響を与える各要因の活性化を促進する学習環境として、コンピュータ利用の学習環境を設定したいくつかの研究を展望する。

## 2 知識の構成に影響を与える要因

知識が構成されるとは何を意味するのか。認知心理学を理論的基礎にした最近の教育心理学では、学習を子どもが知識を獲得するよりもむしろ知識を構成する過程であることを強調する。学習のこのようなとらえ方に影響を与えた構成主義の観点（例えば、Bednar, Cunningham, Duffy, & Perry, 1991）に基づけば、知識構成である学習は学習者のアクティブな過程としてみられる。即ち、そこでは学習者は学習を通して自ら意味を構成し、知識の内的・個人的な表象をうち立てようとする。同様に、Resnick (1989) は、「学習は情報を記録することによって生じるのではなく、情報を解釈することによって生じる」（2頁）ととらえる。

このような観点から、本論文における知識構成は学習と呼ばれる営みであり、授業を通して、学習者は様々な情報を脳内の情報貯蔵庫に取り込み、情報を様々に解釈して適切に意味を与え、情報を知識として利用可能な状態に構成するのである。学習は道具などを通して学習者の外部で生じ、学習者を取り巻く社会や文化への実践的参加としてとらえる考えもある（例えば、J.S. Brown, Collins, & Duguid, 1989）が、学習は学習者の内部で生じる脳内の変化である（Simon, 2001）。知識の構成も学習者の脳内で生じるアクティブな知識処理といえる。ただ、学習者の内部で生じる脳内の変化である知識の構成に影響を与える要因に関しては、上述のように、学習者個人の要因と個人を取り巻く環境の要因を認めることができるのである。以下では、知識の構成に影響を与えるいくつかの要因を展望しよう。

### 2-1 知識の体制化

知識の体制化とは、知識の符号化の操作の1つである体制化方略をもちいることによって新たに入力した情報を学習者の有する先行知識と統合し、その結果として形成された知識の構造を意味する。知識の体制化とは、それ故「知識の構造化」といってもよい。記憶研究において、新たに入力された情報は、情報の符号化操作によって短期記憶（short-term memory, STM）から長期記憶（long-term memory, LTM）へ転送され、LTM内に貯蔵されている先行知識と統合され、新たな知識の構造を生み出すとされる。知識の体制化は、このように新たに生み出された知識構造である。

知識の体制化が促進されるためには、情報の符号化

時に学習者が学習課題に関してより深い処理をする—いわゆる体制化方略による課題の処理—を必要とする。また、学習者が当該の学習課題に関する先行知識を、やはり体制化して貯蔵しておかねばならない。

体制化方略による課題の処理とは、熟達者と初学者の比較研究結果、例えば物理学に関しては Chi, Feltovich, and Glaser, (1981), コンピュータのプログラム作成に関しては McKeithen, Reitman, Reuter, and Hirtle (1981), 野球に関しては Spilich, Vesonder, Chiesi, and Voss (1979) などから明確にされたことではあるが、初学者の気づかない情報の特徴やパターンを的確に把握し、情報の有意味なパターン化ないしはまとまりを構成することである。その結果、先行知識として貯蔵されている知識に新たに入力された情報を組み込み、有意味な情報のまとまりを構成することとなる。熟達者はこの意味で新たな知識の体制化を構築しやすいといえる。新たに入力された知識が熟達者の有する当該領域に固有の知識に関係しておれば、なおさら容易に熟達領域の記憶や思考をガイドする知識を中心にして体制化されるといえる。

知識の体制化や統合化は知識の構成にとって重要な処理である。算数文章題の解決過程を吟味した研究（例えば、多鹿, 1996）では、文章題の解決において重要な処理は、文章題の内容理解と文章題で表現されている算数・数学の知識を統合することにあることが知られている。文章題を読んで理解する過程は一般に変換過程と呼ばれる。変換過程では、学習者の文章読解に影響を与える先行知識として、宣言的知識の1つである算数・数学に関する事実的な知識（例えば、1リットルは10デシリットルである）と言語的知識を必要とする。

変換過程において文章題の変換操作が実行された次のステップでは、変換過程で必要とされた知識を使って解読された文章題を、解くための方向づけをする必要がある。このステップを統合過程と呼び、ここで必要とされる知識が当該の問題を解くのに必要とされる先行知識である。この先行知識は宣言的知識や手続き的知識からなり、それぞれの知識がおそらく複雑な意味ネットワークを構成していると考えられる。我々はこのようなネットワークをメンタルモデルと呼ぶ。このメンタルモデルが体制化された知識の表現であるといえる。このメンタルモデルを活性化すれば、与えられた問題がどのようなタイプの問題であり、どのような処理をすれば解決できるかが見通せることとなる。

このように、学習者は、当該の課題に係る先行知識を体制化して有しているとき、課題のもつ有意味なパターンに気づき、課題をどのようにまとめればよいのか、あるいは解釈するかに関するすぐれた指針を準備することができる。このことは、ひいては新たな情報を記憶し、推理し、問題を解決し、新しい知識を

獲得する我々の能力に影響するといえる。我々は新しい知識を構成し、既に知っていることや信じていることに基づいて課題を理解しようとつとめる。

新しい知識は先行知識に基づいて構成されねばならないという上記の観点を教室場面における教授・学習に適用するとき、教師は子どもがもっている先行知識のなかで、課題を十分に理解せず、間違った知識や信念、あるいは課題の解釈による不適切な知識の体制化に注意を払わねばならない。子どもは自ら知識を構成するという上述した構成主義の考えを徹底させると、子どもはある課題に関する誤った知識の体制化を自分勝手に促進させることが生じる。教師はガイド役として、そのような知識の体制化を組み替えさせるために、適切な教授を与えることが必要となる。

## 2-2 メタ認知

知識の構成に影響を与える他の主要な要因の1つとして、メタ認知の創発を指摘することができる。メタ認知は認知の認知といわれるもので、対象について知ることよりも、対象を知ることによって明らかになる知識や対象を知る経験について更に知るといものである (Flavell, 1979; Paris & Winograd, 1990)。学習者がある課題を理解するには更にどのような情報が必要であるのか、あるいは課題の遂行を予測したりするなど、現在の理解レベルや評価をモニターする能力に関係している。メタ認知の能力が創発するにつれて、知識の構成が適切になされるといえる。

2002年度から導入された総合的な学習の時間の教育目標は、小学校学習指導要領の第1章総則に従えば、以下の2つにまとめられる。

1つは、「自ら課題を見付け、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育てること。」である。他の1つは、「学び方やものの考え方を身に付け、問題の解決や探究活動に主体的、創造的に取り組む態度を育て、自己の生き方を考えることができるようにすること。」となっている。

総合的な学習の時間の教育目標は、上述の内容から判断すれば、「生きる力」を身につけるために、子ども自身の認知能力や主体的・創造的に課題に取り組む態度の育成を教育目標とするだけでなく、メタ認知能力の育成を視野に入れた目標を設定していることが出来る。総合的な学習の時間は、教科の枠を超えたテーマについて教科横断的・総合的に学習する時間として設定されている。このような総合的な学習の時間において、子どものメタ認知が開発されるとよいが、なかなか難しいことである。これは各教科の理解に関わるメタ認知の育成においても同様である。

知識構成に関わるメタ認知は自然派生的に創発するものではない。教師による意図的な働きかけによって、子どものメタ認知の能力が開発されたとする報告が散

見される (例えば, Palinscar & A.L.Brown, 1984; White & Fredericksen, 1998)。

例えば, Palinscar and A.L.Brown (1984) では、読解力の低い中学生に読みの理解を増加させる相互教授 (reciprocal teaching) を導入することで、中学生の読解力の向上を得た。Palinscar and A.L.Brown (1984) は、読解力を向上させるための特性 (例えば、記述された文章の目標を理解すること、子どものもつ先行知識の活性化、他) を分析し、それらの特性をすべて含む読解力向上のための4つのメタ認知方略を開発した。それらは、要約、質問、明瞭化、予測、であった。相互教授と呼ばれるのは、4つのメタ認知方略の訓練などを最初は教師が準備し、理解の相互交渉を可能にするように教師と生徒のやりとりから、徐々に生徒が教師役を演じ、その後教授の役割を生徒が相互に演じるようになることからくる。教師と生徒の役割を生徒自身が相互に演じることから、教師と生徒集団がグループでディスカスしたり理解方略を容易に使うことができるようになるといえる。相互教授群を含め4条件群を設定して読解のテストを行ったところ、メタ認知方略を訓練して相互教授による学習を展開した場合が最も高い得点をとったことが示された。

同様に, White and Fredericksen (1998) でも、理解のとっかかりとなる子どもの調べ学習、内省的思考、あるいは課題の一般化のようなメタ認知的知識や技能を含んだカリキュラム (ThinkerTools Inquiry Curriculum と呼ばれる) を開発することによって、子どもの理科の授業における理解や問題解決などを促進した。

## 2-3 学習の文脈

学習の文脈とは、学習者の知識構成に影響を与える外的環境を意味する。知識の構成に影響を与える上述した2つの要因—知識の体制化とメタ認知—は、学習の内的な要因であり、学習者特性要因といえるものである。外的環境としての学習の文脈とは、具体的にはコンピュータに代表される道具や他者の存在を意味する。学習の文脈が学習者の知識の構成の決定因であるとする極端な考えを徹底させると、状況認知 (例えば, J.S.Brown et al., 1989) あるいは状況的学習 (例えば, Lave & Wenger, 1991) のアプローチにつながる。ここでは、状況認知のアプローチに関しては直接的には言及しない。

学習の文脈が知識の構成に影響を与えることは、日常の出来事においても明白である。例えば、我々は新たな知識を理解するとき、先行の知識を使って図を描いて理解しようとしたり、話し相手がいれば理解した内容を語るかも知れない。即ち、獲得した知識の外化を行うといえる。知識の外化とは、獲得した知識を表現することで、正誤を確認したり理解のし直しを行う

こと、即ち知識の構成を行っているといえる。英単語を声を出して読むことなども外化の一例である。

学習者の外的な環境として位置づけられる学習の文脈には様々な文脈があるが、学習者が学習者の仲間と協力して課題を遂行する協調学習 (collaborative learning) がよく知られる (Aronson, Blaney, Sikes, Stephan, & Snapp, 1975; A.L. Brown & Campione, 1996; Fischer, Bruhn, Grasel, & Mandl, 2002)。勿論、小集団による協調学習だけが知識の構成に影響を与える学習の文脈ではない。他に、学習者にとって利用可能な道具や資源を指摘することができる。また、文脈との相互交渉をする過程において、容易に先行知識を活性化させることによって知識の構成を促進する文脈と、活性化を促さない文脈の違いも見出せる (Bransford, A.L. Brown, & Cocking, 1999)。この場合には、学習者の知識の体制化と文脈の関連が、知識の構成に影響を与えるといえる。

ここでは、最近に至って、急激に研究が進展してきた協調学習による知識構成の研究から、古典的な例であるジグソー学習を取り上げよう。

ジグソー学習は、ジグソーパズルを組み立てることを基本的な学習原理として考案された小集団による協調学習であり、子ども間の人種の違いによる競争的環境を協調的環境に変えることを意図して導入されたものである (Aronson, 1978; Aronson et al., 1975)。ジグソー学習では、学級成員である子どもを5ないし6名の小集団 (グループ) に分ける。教師は、学習すべき教材を小グループを構成する学級成員の子どもの数と同じ程度に分割する。教材は、教材の内容のまとめ (パラグラフ) に従って分割されることはもちろんである。各グループから学級成員の子ども1人ずつが集まり、1つのグループ (カウンターパートと呼ばれる) を形成する。このカウンターパートにおいて、教材の1つのパラグラフを学習する。学習後、子どもはもとの小グループに戻り、そこで他の仲間の子どもの学習内容を教授し議論するのである。同様に、別の子どもは別のカウンターパートを形成し、別のパラグラフを学習した後、もとのグループに戻ってその学習内容を他の子どもに教授し議論するのである。こうして、各グループの子どもが教師役と児童・生徒役を演じることによって、断片的に学習した教材の内容が、徐々に全体を構成するようになる。また、グループを形成して協調的に学習することから、教材の理解や級友への好感度も深まるといえる。

### 3 知識の構成を支援する学習環境の開発

知識の構成を支援する学習環境の開発を考える場合、知識の構成を学習者個人の特性に基づいて開発を行う場合と、学習の文脈に見られる協調学習を導入することによって知識の構成を支援する場合とに二分で

きるであろう。前者の学習者個人の特性に基づいて知識構成をとらえ、その知識構成を支援するための学習環境を開発するとは、学習者の知識の体制化やメタ認知の育成を目指した学習環境の開発であり、学習者個人に最適の学習支援システムを構築することによって構成される学習環境の開発である。また、後者の協調学習を導入することによって知識の構成を目指した学習環境の開発とは、学習者のコミュニティとしての学級集団や仲間との相互交渉を通して、知識の構成を支援する学習環境の開発を意味する。以下では、学習者個人の特性による知識構成の支援を目指すことに視点を当てた学習環境の開発研究と、協調学習の導入による豊かな学習文脈を活性化することによって知識構成を支援しようとする学習環境の開発研究の事例を見よう。

#### 3-1 学習者個人の特性による知識構成の支援に視点を当てた学習環境の開発

学習者個人の知識構成を促進するためにデザインされた学習環境の最近の研究として、例えば数学の幾何の問題解決のステップを、学習者自らが説明することによって解いていくようなメタ認知方略を組み込んだコンピュータソフトを用いた学習環境の研究 (Alevin & Koedinger, 2002) や、ハイパーメディアを使って、高校生物の進化に関する授業内容のより深い理解への概念的変化や生物の知識の転移を促進させた研究 (Jacobson & Archodidou, 2000) をはじめ、多数の研究が報告されている。ここでは、多鹿・中津らの一連の研究 (Tajika, Nakatsu, & Ito, 1997; Tajika, Nakatsu, & Nozaki, 2001; Tajika, Nakatsu, & Takahashi, 1995) の1つを紹介し、あわせて工学手法を発展させた研究を示そう。

Tajika et al. (2001) は、小学5年生の割合文章題の解決を支援する目的で、小学5年生の割合文章題解決の知識の体制化を促進するコンピュータ利用の訓練を行い、小学6年生になった1年後の割合文章題の学習にも正の効果を示すことを報告した。Tajika et al. (2001) は小学5年生を3群に分けて、算数割合文章題を解かせた。算数の学力に関する3群の子どもの成績の等質性を確認した後、コンピュータによる知識の体制化の訓練群では、正規の算数割合授業終了後、2時間をかけてコンピュータ操作による知識の体制化の促進訓練を行い、算数割合文章題を解いた。授業群では、正規の算数割合授業終了後、さらに2時間をかけて算数割合文章題の授業を受け、算数割合文章題を解いた。統制群は、正規の算数割合授業終了後、算数割合文章題を解いた。3群は、この最初の割合文章題の解決5ヶ月後と1年後に、再び同一の割合文章題を解き、併せて転移課題として割合文章題とは異なるタイプの文章題を解いた。

訓練群の子どもが受けたコンピュータによる知識の体制化形成の訓練とは、コンピュータを利用して割合文章題の線分図を作成する訓練であった。

様々な先行研究の結果(例えば, Mayer, 1999; 多鹿, 1996; 多鹿・山本, 1999)から, 割合文章題の解決を促進する外化方略の1つとして, 線分図を作成することが指摘されている。当該の割合文章題の解決に結びつく適切な線分図を作成できることは, 学習者個人が割合文章題の文意を理解するための言語に関わる概念的知識と割合に関係する算数・数学の概念的知識を適切に統合できたことを意味する。割合文章題解決における線分図作成は, 学習者個人のもつ様々な概念的知識を統合する手段の1つであり, 算数割合文章題の問題タイプを適切に判断したり, 解決に必要な情報と不必要な情報とを区分したりするような, 他の手段も散見される。そのような中で, 線分図作成は, 学習者個人にとって最も訓練の容易な知識の体制化方略の1つであるといえる。

Tajika et al. (2001)の実験結果から分かったことは, 訓練群は授業群や統制群に比べて, 割合文章題を1年にわたって適切に解いたことであった。但し, 転移課題については3群に違いはなかった。子どもはコンピュータに提示された中央線を自在に操作しながら線分図を描く過程で, 「部分—全体関係」, 「数量の比較」, 「もとにする量と比較する量」などの様々な宣言的知識を体制化し, 文章題の理解につながる知識の表象を構成したものと考えられる。

知識の構成に直接焦点を当てていないわけではないが, 知的学習については人工知能の応用として早くから研究が行われている。さまざまな観点からの知的教育システムの分類は大槻が行っている(大槻, 2000)。

学習者の入力に対して, 適切なアドバイスを行い, 正答に導いてくれるITS(Intelligent Tutoring System)は, 1980年代に我が国でも, 盛んに開発された。ITSは学習者モデルを内部に構築しており, それを利用して学習者の行為の意図を把握して, 適切なアドバイスを行うものである。このため, 学習対象となる問題を十分に分析し, 学習者の誤った入力に応じたアドバイスを予め準備しておく必要がある。

あらゆる可能性の分析が実際には困難であるため, ITSはごく限られた範囲の問題にしか適応できないが, 従来型のCAIに比べてきめ細かな指導ができるという点で知的CAIシステムとして知られている。しかしITSは, 知識の構成を支援するというよりは, 教師の意図する(手続的)知識の習得を目的としている。

最近では, マルチメディアの利用とあいまって, 直接操作型の学習システム(ILE, Interactive Learning Environmentと呼ばれている)の開発も行われている。これは画面上に表現された環境内のオブジェクトを学習者が直接操作することで, 画面表示が変化し,

それによって自然に学習が進行することを期待するものである。主に, 幼児用教材, 語学の自習教材に利用されている。学習者の行動によって応答が変わるので, 学習者主導型の学習システムであるが, 必ずしも知識処理を必要としないドリル形式の学習教材や情報検索型の教材に有効である。最近はこうしたシステムがWWW上で展開される例が増えてきている(//www.mamamedia.com/など)。

一方, 学習者による直接操作を利用して, 発見学習を実現しようとする試みも行われている。これはやはり, 対象世界を限定し(それだけで必要なすべての情報が準備されている世界, マイクロワールドと呼ばれる), この世界で成立する規則を学習者に発見させることを目的としている。学習者はコンピュータの画面に表現される世界を観察し, 仮説を立て, その仮説に基づいて何らかの働きかけを行う計画をたて(実験計画, あるいは行動計画をたて), 結果を予測する。次に, 学習者は行動計画に基づいて, 直接操作を行い, その結果, 世界がどのように変化したかを観測し, 予想との比較をおこなう。予想通りであれば, 仮説の正しさが検証されたことになり, 予想と違えば, 操作計画の練り直しあるいは, 仮説の変更を迫られる。学習者はこのプロセスを繰り返すことにより, 規則を学習してゆく。このシステムが, シミュレーションと違うところは, 学習者の操作の妥当性を判断する機構が備わっている点で, 学習者が誤った(あるいは無意味な)操作を行おうとしたとき, それに対して, 適切な助言を与える点である。また, 学習者は行き詰ったり, 助けを求めた場合には, 同じように適切な助言を与えてくれる。こうしたことを可能にするためには, ITSと同様に, 対象世界にあるオブジェクト全てに対して, 許される操作, その波及効果をすべて予め知識として表現しておく必要がある。

### 3-2 協調学習の導入による知識構成の支援に視点を当てた学習環境の開発

協調学習に視点を当てた学習環境の開発研究は, これまで多数の研究が報告されてきた(最近では, Fischer et al., 2002)。ここでは, 協調学習を支援するテクノロジーの1つであるコンピュータの利用に主眼をおいた協調学習の研究と, コンピュータ利用は二次的な手段である協調学習の研究をそれぞれ1つずつ紹介しよう。

コンピュータ利用の学習環境のもとで協調学習を実施したScardamaliaらは, コンピュータ支援による意図的学習環境(Computer Supported Intentional Learning Environment(CSILE))のプロジェクトを立ち上げ, これまでかなりの成果を上げていることが報告されている(例えば, Scardamalia & Bereiter, 1991, 1993, 1994, 1996; Scardamalia, Bereiter, &

Lamon, 1994)。

Scardamalia らによれば、CSILE プロジェクトはネットワーク化されたコンピュータを利用して、学習者の意図学習を支援しようとするものである。彼女たちのいう意図学習とは、自立的な学習や自己調整学習 (Zimmerman, 2001) と同義であり、学習者が注意深く学習内容を吟味し評価するような、メタ認知的なモニタリングに基づく学習である。CSILE は、過去20年にわたる彼女たちの作文教育に関する認知心理学的研究成果を取り込み、状況的学習の考えを取り入れて発展させたものであるといえる。

CSILE はテキストや図表ノートからなるデータベースをもっており、どのような学習者からも共同利用できる。共同にアクセスできるデータベースを利用することによって、学習者は協調して学習活動を行うことができるのである。即ち、学習者は自分でテキストやノートを作り、他の学習者が行ったことを調べたりコメントすることができる。現在では知識フォーラム (Knowledge Forum) と呼ばれるネットワーク化されたマルチメディア環境のもとで、学習者は自らが学習するトピックについてのアイデアや情報を含むノートを作る。学習者は教科内容についての質問内容とか新しい学習内容とか、それぞれの内容を1つのカテゴリに分類することによって、これらのノートを作成する。他の生徒はデータベースを介してそれらのカテゴリを探索し、分類された内容にコメントするのである。なお、知識フォーラムとは、学習者自らが作成していく知識のデータベースであり、学習者が問題解決の様々な段階で考えた内容をネットワーク化されたマルチメディアに記録する環境である (大島 (2002) を参考のこと)。

CSILE では、上述のように、コンピュータを通して学習者の仲間が学習内容をフィードバックする場合に重要な役割を演じていることがわかる。教師からのサポートを受けて、学習者は本、観察、他者へのインタビュー、あるいは情報メディアを利用することで、様々な情報源から知識を構成しようとする。このような知識構成の過程に他の仲間が参加することとなる。

CSILE は小学校から大学まで、国語に限らず、理科、歴史、あるいは数学の授業で利用されている。CSILE の効果を吟味した研究 (Scardamalia & Bereiter, 1994) では、CSILE による授業を受けた児童・生徒は、CSILE による授業を受けていない児童・生徒に比べて、標準学力テストやポートフォリオ評価でよい結果を得、より深い説明を行ったことを報告している。更に、どの学力の児童・生徒についても、CSILE の利用効果が認められるといわれる。Scardamalia らのある研究 (Scardamalia et al., 1994) では、最も協調的な方法でコンピュータを利用したクラスでは、低学力ないしは中程度の学力の児童・生徒において、CSILE の

正の効果が得られた。

上述した CSILE にみられるように、複数の学習者がネットワークを介して協調して学習を行うことを目的とした CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) は、グループ内での情報の公開と共有を目的としたいわゆるグループウェアと呼ばれるソフトウェアを利用している場合が多い。こうしたソフトウェアを利用して何を教えるかは教師の判断によるが、通常のグループ学習と同様、学習参加者全員に目的を周知し、参加意欲の向上に努めなければならない。CSCL システムにおいては、学習者の支援として、1) 外化の支援、2) 共有の支援、3) 学習者の内省の支援、の3つの支援方法に工夫と違いを見出すことができる。さらに、協調学習が順調に進行しているかを判断したり、参加意欲を高めるための工夫も試みられている。

次に、コンピュータ利用を二次的な手段とし、認知理論を協調学習に適用した研究の例として、A.L. Brown らの研究グループ (A.L. Brown, 1994, 1997; A.L. Brown & Campione, 1994, 1996) の学習者コミュニティ育成のプロジェクト (Fostering Community of Learners Project) を簡単に紹介しよう。

A.L. Brown らの学習者コミュニティの育成プロジェクトは、メタ認知の創発の節で説明した相互教授を発展させ、同じく学習の文脈の節で説明したジグソー学習などの協調的な学習形態を取り入れ、都市に位置する学校の教師や児童・生徒と共同して、読解力だけでなく、理科の生物の問題解決や推理の力を育成するプロジェクトである。学習者コミュニティの育成プロジェクトでは、教室は多様性の場であると考え、児童・生徒が多様な方法で自由に学習できる。多様な能力をもった子どもが相互に教師役を演じることから、学習者のコミュニティにおける教室は、子どもを多様な「発達の最近接領域」に適応させることのできる場として位置づけられる。すべての子どもは、それ故、各自のもつ特定の知識を最大限に発揮することによって、そのコミュニティでの知的な資源を高めることができる。

A.L. Brown らの提唱する学習者コミュニティは、上述のように、学習者の意識的な活動と内省的な思考の相互作用に基づく学習環境システムである。学習者コミュニティは、3つの主だった要素で構成され、学習者の意識的な活動と内省的な思考の相互作用によってそれら3つの構成要素が調整されている。3つの構成要素とは、調べ活動 (学習者が個人やグループで学習内容を探求する活動)、情報の共有 (調べた内容をクラスの仲間と共有)、及び情報の共有が動機づけられるようなテスト課題や遂行活動 (伝統的なテストや創造的な活動) である。これら3つの構成要素は、学習者が教材の内容をより深いレベルで理解しようとする事実

に支えられている。調べ活動—情報の共有—結果としての遂行活動のサイクルを構成することが、学習者のコミュニティを育成する基本となるのである。

#### 4 結 論

学習者の知識構成を明確にすること並びに知識の構成を支援する学習環境の開発は、人間の学習研究の基礎と実践が交差した重要な研究領域である。学習者の知識の構成に関わる認知過程を明確にしかつ学校教育における教授・学習過程を支援する研究領域として、最近学習科学 (learning sciences) と呼ばれる領域が形成されつつある。本研究も、究極的には、心理学だけでなく、教育学、情報工学、あるいは医学・生理学などの学問領域が相互に学際的に協調することによって、学習科学の視点から学校教育に関わる授業過程の営みを支援することを目指すものである。本論文においては、その一歩として、人間の認知過程の基礎を構成する知識の構成に影響を与える要因を明確にし、教室での教授・学習過程において重要とされる学習環境の開発の可能性を展望したものである。

上述した諸研究は、主に北米の学校における授業改善に視点を当てた研究である。それ故、今後の研究方向として、先行研究を単純に模倣した研究を実施するだけでは、わが国の学校における授業の改善に寄与することは少ないであろう。認知心理学の理論 (あるいは認知科学の理論と言ひ換えてよいのかも知れないが、我々執筆者にはそれがどのようなものであるのか現在のところ明確でないため、認知心理学の理論とする) と教育実践を橋渡しする研究を志向するという方向性に関しては、我々の研究も北米の研究も同じものである。わが国の現状を適切にとらえ、かつ今後の学校教育における授業改善を視野に入れた研究を更に志向する必要がある。

#### 5 引 用 文 献

Aronson, E. (1978). *The jigsaw classroom*. Beverly Hills, CA: Sage.

Aronson, E., Blaney, N., Sikes, J., Stephan, C., & Snapp, M. (1975). Busing and racial tension: The jigsaw route to learning and liking. *Psychology Today*, February, 43-50.

Aleven, V.A.W.M.M., & Koedinger, K.R. (2002). An effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based Cognitive Tutor. *Cognitive Science*, 26, 147-179.

Bednar, A.K., Cunningham, D., Duffy, T.M., & Perry, J.D. (1991). Theory into practice: How do we link. In G.J. Anglin (Ed.), *Instructional technology: Past, present and future* (pp.88-101). Englewood, CO: Libraries Unlimited.

Bransford, J.D., Brown, A.L., & Cocking, R.R. (Eds.). (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, D.C.: National Academy Press.

Brown, A.L. (1994). The advancement of learning. *Educational Researcher*, 23(8), 4-12.

Brown, A.L. (1997). Transforming schools into communities of thinking and learning about serious matters. *American Psychologist*, 52, 399-413.

Brown, A.L., & Campione, J.C. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K.McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice*. (pp.201-228). Cambridge, MA: MIT Press.

Brown, A.L., & Campione, J.C. (1996). Psychological theory and the design of innovative learning environments: On procedures, principles, and systems. In L.Schauble & R. Glaser (Eds.), *Innovations in learning: New environments for education* (pp.289-325). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Brown, J.S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42. (杉本卓 (訳) (1992). 状況に埋め込まれた認知と、学習の文化 安西祐一郎他 (編) 認知科学ハンドブック (pp.36-51). 共立出版)

Bruer, J.T. (1993). *Schools for thought: A science of learning in the classroom*. Cambridge, MA: MIT Press. (松田文子・森敏昭 (監訳) (1997). 授業が変わる—認知心理学と教育実践が手を結ぶとき— 北大路書房)

Chi, M.T.H., Feltovich, P.J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.

Fischer, F., Bruhn, J., Grasel, C., & Mandl, H. (2002). Fostering collaborative knowledge construction with visualization tools. *Learning and Instruction*, 12, 213-232.

Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911. (波多野諄余夫 (監訳) (1981). 子どもの知的発達—メタ認知と認知的モニタリング (pp.43-59) 金子書房)

Greeno, J.S., Collins, A.M., & Resnick, L.B. (1996). Cognition and learning. In D.C.Berliner & R.C.Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp.15-46). New York: Macmillan.

Jacobson, M.J., & Archodidou, A. (2000). The design of hypermedia tools for learning: Fostering conceptual change and transfer of complex scientific knowledge. *Journal of the Learning Sciences*, 9, 145-199.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, England: Cambridge University Press. (佐伯胖 (訳) (1993). 状況に埋め込まれた学習 産業図書)

Mayer, R.E. (1999). *The promise of educational psychology: Learning in the content areas*. Upper Saddle River, NJ: Merrill.

McKeithen, K.B., Reitman, J.S., Reuter, H.H., & Hirtle, S.C. (1981). Knowledge organization and skill differences in computer programmers. *Cognitive Psychology*, 13, 307-325.

大島純 (2002). 教育における情報技術 波多野諄余夫・永野重史・大浦容子 (編) 教授・学習過程論—学習の総合科学をめざして—(pp.141-151). 放送大学教育振興会

大槻説乎 (2000). 知的学習環境の構成論 電子情報通信学会論文誌 J83-D-I(6), 515-522.

Palincsar, A., & Brown, A. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring

- activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117-175.
- Paris, S.G., & Winograd, P. (1990). How metacognition can promote academic learning and instruction. In B.F.Jones & L.Idol (Eds.), *Dimensions of thinking and cognitive instruction* (pp.15-51). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Resnick, L.B. (1989). Introduction. In L.B.Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp.1-24). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1991). Higher levels of agency for children in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media. *Journal of the Learning Sciences*, 1, 37-68.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1993). Technologies for knowledge-building discourse. *Communications of the ACM*, 36(5), 37-41.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1994). Computer support for knowledge-building communities. *Journal of the Learning Sciences*, 3, 265-283.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1996). Adaptation and understanding: A case for new cultures of schooling. In S. Vosniadou, E.De Corte, R.Glaser, & H.Mandl (Eds.), *International perspectives on the design of technology-supported learning environments* (pp.149-163). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Scardamalia, M., Bereiter, C., & Lamon, M. (1994). CSILE: Trying to bring students into world 3. In K.McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice*. (pp.201-228). Cambridge, MA: MIT Press.
- Simon, H.A. (2001). Learning to research about learning. In S.M.Carver & D.Klahr (Eds), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp.205-26). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Spilich, G.J., Vesonder, G.T., Chiesi, H.L., & Voss, J.F. (1979). Text processing of domain-related information for individuals with high and low domain knowledge. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 275-290.
- 多鹿秀継 (1996). 算数問題解決過程の認知心理学的研究 風間書房
- Tajika, H., Nakatsu, N., & Ito, T. (1997). The effect of relational pictures on solving ratio word problems. *Educational Technology Research*, 20, 17-23.
- Tajika, H., Nakatsu, N., & Nozaki, H. (2001). A longitudinal study of the effects of computer-based diagrams on solving word problems. *Educational Technology Research*, 24, 1-8.
- Tajika, H., Nakatsu, N., & Takahashi, K. (1995). Using a computer as an understanding facilitator for solving ratio word problems. *Educational Technology Research*, 18, 1-7.
- 多鹿秀継・山本克仁 (1999). 割合文章題における子どもの学習方略の吟味 愛知教育大学教育実践総合センター紀要, 2, 1-7.
- Vermetten, Y.J., Vermunt, J.D., & Lodewijks, H.G. (2002). Powerful learning environments? How university students differ in their response to instructional measures. *Learning and Instruction*, 12, 263-284.
- White, B.Y., & Fredericksen, J.R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16, 3-118.
- Zimmerman, B.J. (2001). Theories of self-regulated learning and academic achievement: An overview and analysis. In B.J.Zimmerman & D.H.Schunk (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives* (2nd ed., pp.1-37). Mahwah, NJ: Erlbaum.

(平成14年8月2日受理)