

## 協調学習支援システムにおける相互作用支援と知識統合支援

Collaboration and Knowledge Integration Supports on Collaborative Learning Support Systems

益 川 弘 如

Hiroyuki MASUKAWA

（平成 17 年 9 月 27 日受理）

### 1. 背景と目的

学習科学の研究分野では、テクノロジーを用いることで従来の授業では実現できなかったレベルの学習を達成させることが主要なテーマのひとつになっている。これまで筆者は、学習科学研究チーム<sup>1</sup>に所属し、大学学部授業を対象に、主に認知科学に関する領域の授業での実践評価を行ってきた。学習科学研究チームでは 1998 年度より、協調的な知識統合型授業を実現するため、複数の協調学習支援システムを開発・導入しながら、授業実践と評価を繰り返してきた。そして 2004 年度以降は、学習科学研究チームでの積み重ねを生かし、静岡大学教育学部にて筆者自身が独自に授業実践評価を続けている。

授業は学習者の活動主体で進めていく。まず資料を分担して各自がまとめ、異なった資料の相手と説明しあい、互いの資料の間の関連性を考え、自らその領域に関する重要な部分を見つけて知識を統合していく、協調的な知識統合型授業になっている。ここでの「関連付け活動」では、多視点での比較参照吟味活動が期待されており、複数の資料を客観的に見直して重要な要素を抜き出して繋げる活動や、特定の資料の視点からその資料内容と似ている部分を探して関連付ける活動などが考えられる。今回は、「互いの資料の間の関連性を考えて全体を統合していく」学習過程のパターンに、協調学習支援システムの機能が関わっていることを明らかにし、支援環境と授業デザインのより効果的な組み合わせ方について考察していく。

本報告では、異なった協調学習支援システムを導入した 3 つの授業実践を取り上げ、支援の違いによる関連付け活動の差をまとめ、今後発展的な授業デザインを展開する上での指針をまとめていく。協調学習支援システムには「相互作用支援」と「知識統合支援」の大きく 2 側面の支援要素があることを示す。そして、相互作用支援を重視した支援システムを導入することで、様々な資料を客観的に捉えて関連性を見出そうとする「俯瞰的関連付け活動」が、知識統合支援を重視した支援システムを導入することで、学習者が担当した資料を中心に関連性を広げていく「自己中心型関連付け活動」が、促進されることが分かつ

<sup>1</sup> 学習科学研究チーム：中京大学情報科学部認知科学科において三宅なほみ教授を研究代表者としたチーム。三宅なほみ教授、白水始講師をはじめとして、認知科学科の教員、三宅なほみ研究室所属の多数の院生・学部生メンバー、技術サポーターによって構成されている。著者は 2003 年度まで学習科学研究チームに所属し、ノート共有吟味支援システム ReCoNote の初期開発と運用、ティーティングアシスト、並びに同学科助手として授業実践に携わった。

た。以上の結果を元に、2タイプの関連付け活動を組み合わせた効果的な授業デザインと支援システムについて考察する。

### 1-1. 協調的な知識統合型授業の重要性

これまでの認知科学研究の進展により「人はいかに学ぶか」という学習・発達に関する人の特徴が明らかになってきている。特に、協調的な学習場面では、他人への説明、議論、他人の意見との比較対照活動が起き、結果自分自身の知識の吟味、再構成活動が促進されることが分かっている。このような協調的な知識統合活動を全面的に授業カリキュラムに導入し、学習者の学習プロセスを分析評価していくことで、これまで明らかになってきた学習理論の知見が、実場面において役立つものとして、さらには理論を洗練させていくことに繋がると考えられる（稲垣&波多野,1989, Bransford *et al.*, 1999, 三宅&白水,2003）。

人は、何かについて学習する、あるいは得意になるとときには、時間を掛けて様々な経験を重ねている。特に興味を持っていることであれば、自ら情報を収集し、他人、道具も上手く利用しながらその人の生活している社会、文化の相互作用の中で知識を獲得している。そのような日常的な学習場面を考えると、従来の学校の授業環境は逆に特殊であるとも言える。そうなのであれば、学校の授業でも、学習者が協調的な学習場面で自ら調べてまとめ、知識を深めていくことを支援する道具を利用しながら、使える知識として学んでいく活動を考えていくことが大事となってくる。このように協調的な知識構成の過程を経ることが理解深化を促し、将来実社会において「使える知識」として役に立つと考えられている。

従来の授業カリキュラムは旧来の心理学の学習理論を基礎としている為、短期の記憶には有利であるが、将来社会において実践的に使うことができる知識として獲得可能な形になるかどうかは学習者自身に任されており、授業カリキュラムに組み込まれてない形がほとんどである。そのため、本報告の実践授業では「熟達化による知識統合過程」と、「協調学習を通した理解深化」の2点を主に考慮に入れた授業デザインとなっている。また、その2点を強力にサポートするために、協調学習支援システムを設計、導入している。

### 熟達化による知識統合

特定領域における熟達者は、領域について構造化された使いやすい知識を持っていることが明らかにされている（波多野ら, 2002）。Chiの研究では、恐竜について詳しい小学生の方が一般の大学生よりも、恐竜の特徴を挙げるときに関連した知識を多く引き出すことが示されている。これにより、ある領域に関しての熟達者は年齢には関係なく、領域知識に関して相互に関連付けられ、統合化された知識を持っていることがわかる。また人は、いくつもの経験から自ら統合して理論化することによって知識を構成することがカミロフスミスのバランス棒の研究で示されている。このように、はじめは様々な経験を通して徐々にその人なりの「理論」を形成し、さらなる経験を関連付けてその理論を精緻化していく過程が学習、発達の本質にあることが分かる。

人が構造的な知識を構成していくには、このような複数の経験を関連付けて理論化していく過程が重要であるが、その過程を実現するには、自分の学習状態を管理できる「メタ認知能力」が重要である。波多野らは、熟達者には適応的熟達者とルーチン熟達者の2種類があると言っている。ルーチン熟達者は単に一定の手順をスムーズにこなすことができる熟達者であるが、適応的な熟達者であれば、新規の状況に遭遇したときに持っている知識を応用して適応的に対応することができる。そのために、常に自分の知識を再構成、精緻化して磨き上げている活動が起きている。このように、常に自分の学習状態を把握して管理するいわゆる自己学習管理能力を持っているのが適応的熟達者の特徴である。そのような能力の獲得

を目標とした授業実践も行われている。文章の読解能力を獲得するための Reciprocal Teaching 手法や (Palincsar and Brown, 1984)、文章作成能力を獲得するための Procedural Facilitation プログラム (Scardamalia et al., 1984) がその代表例で、はじめはグループで手法を学びながら、徐々に自らがその手法を行っていくことで、次第にメタ認知的な活動ができるようになるなど、一定の成果が得られている。

以上のように、複数の経験から自分なりの理論を作り上げ、またその理論を必要に応じて再構成する活動は非常に重要であり、授業内においてもこのようなプロセスを踏まえたデザインや、そのような活動を実証させるための支援システムによる足場掛けは重要である。

### 協調的活動を通じた理解深化

人は、状況を上手く利用しながら知識を構成しているが、その過程における重要な要素として道具や他人とのインタラクションを通じた理解深化が挙げられる。集団での学習活動のプロセスの中では、他人とのやり方を比較参照吟味する機会が生まれる。知識獲得や理解深化についての認知研究の成果から、ある特定内容についての深い理解は、建設的な共同問題解決場面や自分が理解したことを他人に説明する中で起きることが分かっている (三宅, 1985)。他人との議論のために自分の考えを言葉等で自分の外に出すことや、他人の意見を比較することなど、協調的な認知活動場面ではごく自然に起きている様々な活動自体がメタ認知的な働きをすることも知られている (Shirouzu, Miyake & Masukawa, 2002)。

このような協調場面を上手く利用した実践も行われている。1978 年に社会心理学者 Aronson がアイデアを出した Jigsaw 形式の授業では、学生一人一人が読んだ内容をグループ内の成員に責任を持って説明し質問に答えなければならない状況を作り出し、学びを動機付けている (Aronson, 1978)。この形態は必然的に自分の担当部分と他人の担当部分を統合する活動を生み、互いの内容を関連付ける機会を提供している。Brown らはこの Jigsaw 形式を再評価し、積極的に学習活動の一部に取り入れた。FCL (Fostering a Community of Learners) プロジェクトで行われた環境問題をテーマにした授業実践では (Brown & Campione, 1994)、中心テーマを元にグループごとに 5 つから 6 つのサブテーマを決めて、あるサブテーマを担当して調べたあとに各サブテーマから 1 人ずつ集まって新しいグループを作って説明し合い、プロジェクトに取り組んだ。この活動は、自分自身の担当した内容と他グループの担当した内容を比較吟味し、それらの関連を考えて特徴を抽出する機会に繋がっていたと考えられる。

### 1-2. 学習支援システムによる促進

学習科学の研究領域では、認知科学の研究者、教育研究者、テクノロジー開発者、授業カリキュラム作成の専門家、そして現場の教師といった複数の領域の人が関わっている。その中では、これまでの認知科学の知見、利用可能なテクノロジーを最大限生かして、実際の現場で教師と共に授業カリキュラムをデザインして実践し、そして評価するという大きなプロジェクトが実際にいくつか行われている。

### 知識統合を中心とした支援システム

WISE (Web-based Inquiry Science Environment) プロジェクトでは、テクノロジーを最大限活用して、実例を比較しながら統合的な理論を考えていく知識統合型カリキュラムの実践が行われている (Linn & Hsi, 2000)。このプロジェクトでは日常疑問に思っている問題をテーマに取り入れ、学生同士の議論、プロの研究者の意見を交えながら、科学的思考を身につけていく。

例えば「光はどのくらい遠くまで届くか」という問題について、学生自身が証拠となる具体事例をネット上などで集めながら互いに集めた事例について比較議論し、光の性質について統合的な理解を促す授業

カリキュラムになっている。証拠として集めた事例は、Sense-maker と呼ばれるノートシステムを使って「支持」「非支持」に分けて整理して説得的な議論、理由付けを構成する。授業を通じて学生は自分自身で具体例を示しながら説得的に説明できるようになったと報告されており、カリキュラムやシステムに統合的な知識構成活動が埋め込まれていることが重要であることが分かる。このプロジェクトを通して学生達は日常的に科学的な考え方で物事を捉えることができるようになっている。

### 議論を中心にした支援システム

トロント大学教育研究所の CSILE (Computer-Supported Intentional Learning Environments) プロジェクト (Scardamaria & Bereiter, 1996) では、自分の考えを他人に説明することによって自分の理解も深まるという考えをベースに支援している。CSILE では発言の雛型として「問題」「私の考える答え」「分きたいこと、知らなくてはならないこと」「新しく分かったこと」といった項目別にフォームが用意されており、その構造にしたがって書き込むことができる。書き込まれたデータベース上でお互いの考えに対してコメントしたり、関連付けたりしながら理解を深めていくシステムになっている。すでに 10 年以上の歳月をかけて研究、開発されたプロジェクトで、6 歳から大学生にわたって複数の国で使用され、最近では Knowledge Forum という商品名で世界各地で使われている。CSILE が実験室を離れ国際的にさまざまな場所で使われるようになって分かってきたことの一つは、テクノロジーを活かすには、教科や学生の文化、教師の文化に合わせたカリキュラム運用、学習活動プランが必要だということである。テーマが不適切であったり、教師が話し合いによる学習の運営に不馴れであったりすれば CSILE が十分その力を発揮できないのはもちろんだが (Hakarainen & Lipponen, 2002)、テーマが適切で教師が CSILE を良く理解していても、学生自身が議論から学ぶという考え方に不馴れであったり話し合うという活動そのものがカリキュラムの中でうまくサポートされていなければ学生が CSILE の持つ力を十分引き出すことができないことがわかっている (Oshima & Oshima, 2002)。

### 1-3. 目的

本報告では、これらの知見を踏まえた大学授業での 3 つの授業実践データを対象とする。どの授業も協調的な知識統合型で、学習者自身が資料を分担してまとめ、互いに説明し合い、互いの資料を関連付けて、自分なりに理論を抽出していく形式だった。対象授業は、1998 年度中京大学情報科学部認知科学科 3 年生対象の「問題解決論」(Miyake & Masukawa, 2000, 益川, 2004)、同 2002 年度 2 年生対象の「認知科学 2」、2004 年度静岡大学教育学部学校教育教員養成課程情報教育専攻 3 年生対象「学習科学」である。前者 2 授業は、筆者自身も参加していた学習科学研究チームの実践授業であり、「学習科学」は、筆者自身が授業を担当した。

各授業で使用した支援システムは大きく 2 タイプに分けることができる。

#### 1. 相互作用支援を重視する支援システム

主な機能：他人のノートとの関連付けを容易に作成する「リンク機能」

#### 2. 個人の知識統合支援を重視する支援システム

主な機能：概念地図の作成を容易にする「ノート空間配置機能」

1998 年度の問題解決論と 2004 年度の学習科学の授業では、資料を 1 対 1 で比較して関連を考えてリンクを作成するタイプの支援システムを導入した。一方、2002 年度の認知科学 2 の授業では、ノートを空間

配置し、各資料の関連を個々人が概念地図として作成することができた。機能としては、3システムとも、他人のノートを自由に参照し、お互いのノート(全てのノート)をリンク可能なシステムであった。しかし、この主要な「リンク機能」と「ノート空間配置機能」により、それぞれ知識統合過程において、異なる活動が支援されると考えられる。

相互作用支援を重視する支援システムでは、「リンク機能」によって、他人がまとめたノートに関連付ける活動が、自分のノート同士に関連付ける活動と同様の容易さで可能である。このことから、自分、他人のノートに関わらず、様々なノートを比較参照し、多様なリンクを作成するのではないかとと思われる。よって、このタイプのシステムでは、各資料を俯瞰的に吟味する活動を促進するのではないかと考えられる。

一方、個人の知識統合を重視する支援システムでは、1つの画面に複数のノートを空間配置して、概念地図が作成できる。この機能により、随時1画面の中でノートを追加、再配置等行いながらマッピングすることが可能である。このことから、はじめに作成する自分が担当する資料を中心としながら、徐々に全体像を構成していくことが予想される。よって、このタイプのシステムでは、特定資料中心的な知識統合を促進するのではないかと考えられる。

以上の点を検証するため、3授業のリンク作成過程のログデータ及び、特定の学習者の活動を分析して検証する。

2. 対象授業

分析対象とする授業は、表 2-1 の 3 授業である。各授業とも、授業中に学習者自身が資料を担当してまとめ、別資料のメンバーに説明しあう Jigsaw 形式を応用して、授業をデザインし実践した。(表 2-2) なお、1998 年度の「問題解決論」では筆者は、ReCoNote の初期開発とサポート、及び授業担当者（三宅なほみ教授）と授業のデザインに関わった。2002 年度の「認知科学 2」では、ティーティングアシスタントとして授業に参加した。

表 2-1 分析対象とした 3 つの授業実践

	問題解決論	学習科学	認知科学 2
授 業 目 標	問題解決者モデルの構築 「人という問題解決システムの特徴をまとめよ」	適用可能な学習モデルの抽出 「人が上手く学ぶための条件をまとめよ」	認知科学像の構成 「私が語る認知科学をまとめよ」
シ ス テ ム	ReCoNote	ReCoWeb	ReCoNoteII
扱っている資料	各グループ 1 文献 (計 12 文献) 資料サイズ—中	3 タイプの資料を使用 (グループを組み換えながらカバー) 「基礎研究、実践研究例、教育実習経験」 資料サイズ—大	3 つの領域からなる 33 資料 (一人 1 文献をコア文献とする) 資料サイズ—小
学 生 数	57 人	10 人	70 人

表 2-2 各授業の流れ

	問題解決論	学習科学	認知科学2
授業の流れ	<p>調査期間：グループ1文献を担当し、調べて ReCoNote にまとめる。まとめた内容をクラスで順番に発表する。聞く側は、発表を聞きながら自分の文献との関連を考える。</p> <p>関連付け期間：資料同士の関連を考え、ReCoNote 上にリンクを作成する。作成したリンクをクラスで順番に発表する。</p> <p>まとめ期間：「人という問題解決システムの特徴をまとめよ」という最終レポートを ReCoNote 上にまとめる。</p>	<p>基礎研究：学習科学を支える基礎研究・協調学習の特徴をまとめる。放送大学教材「学習科学とテクノロジー」、第1章、第2章を利用。第1章はメンバー全体で、第2章は Jigsaw 形式でビデオを3分割して分担してまとめ、説明しあう。</p> <p>教育実習と振り返り：教育実習後、基礎研究を振り返る。教育実習で実践した内容、自己評価をシステム上にまとめる。</p> <p>実践研究：2つの有名な海外での実践例（WISE/LBD）を Jigsaw 形式で説明しあう。（まず2人組で担当実践例をまとめ、その後各実践担当者1人ずつ、2人でグループを組みなおし、互いにまとめた実践例を説明する）</p> <p>関連付け・特徴抽出：授業で学んだ基礎研究・実践研究・教育実習経験を関連付け、その共通点から「人がうまく学ぶための条件」を抽出する。</p>	<p>コア資料選択と近領域との相互説明：興味のある資料をコア資料として選びまとめ、内容的に近い資料の担当者と説明しあう。</p> <p>担当領域内での相互説明：担当領域内で他資料をまとめた人と4度ほどグループを組み直しながら、互いに資料を説明しあい担当領域全体をまとめる。</p> <p>領域を超えた相互説明：他領域の人とグループを組み、各領域の内容を説明しあい、概念地図を拡大して自分なりの認知科学像を構成する。この段階ではグループは3度組み変わる。グループの構成メンバーは自由で、領域内のメンバーと再び組み、コア資料を中心に領域内をまとめる活動でもよい。</p>

3. 協調学習支援システム

学習者自身がまとめた内容を互いに共有、比較吟味、関連付けができるよう、テキストベースのノート共有吟味支援システムをそれぞれ考案、導入した。

作成導入した支援システムは、協調的な知識構成活動を強力に支援するため、以下の共通した機能を搭載している。

- 1. 各自（各グループ）が調べた内容を自分なりにまとめて記入する「ノート」がある
- 2. 「ノート」は互いに自由に比較参照可能である
- 3. 関連するノート同士を何らかの形で関連付けて繋げることができる
- 4. どのような繋がりがあるのか記入することができる
- 5. ネットワーク上に記録されていて、いつでも参照することができる

システムは各授業のデザイン、学生数、プロジェクトの規模、に応じて設計、作成された。

1998 年度の問題解決論に導入した ReCoNote は、Web ベースのシステムで、筆者をはじめとした3人で開発した（益川，1999）。ReCoNote の正式名称は、Reflective Collaboration Note で、吟味活動を促進するための協調活動用ノートシステムであることから命名した。フレームを利用して上下にウィンドウを分割、2つのノートと比較参照しやすいデザインにした。それら比較参照した内容を相互リンク機能によって関連付けることが可能で、関連付けの理由をコメントとして残すことができる。2002 年度は学習科学研究チーム内で開発された ReCoNoteII が導入された。ReCoNoteII は、カード型のノートを空間上に自由に

配置することができ、大きさも自由に変えることが出来る。またそのノートをクリックして開くと、ノート内にもまた新たなノートを作成して配置することが可能で、入れ子状にノートを入れていくことができる。2004年度は、web上から直接webページを作成できるPukiWikiに特定のフォーマットを筆者が準備した。名前はReCoWebとした。改良した部分は見た目のインターフェイス部分のみで、通常の資料をまとめるノート部分の下部に、明示的に関連付けをするリンク部分を追加、ノートを行き来して見ながら関連する部分についてリンクを作成できるようにした。以下、各システムの詳細を紹介する。

### 3-1. ReCoNote

ReCoNoteはWebブラウザ上で動作するシステムで、CGIを利用しており、内部処理はPerlによって記述されている。また、書き込まれた情報はすべて同一サーバ上に保存される。ReCoNoteは、互いの意見や調べた内容を共有可能だけでなく、それら内容間を「相互リンク機能」によって関連付けて結ぶことができることが大きな特徴である。この機能によって、他人がどの文献間を関連付けているのかといった関連付け情報も外化されるため、比較吟味の対象とすることができる。

相互リンクを作成するときには、双方向コメントを記入することができる。具体的に言えば、ノートAとBを繋げるとき「ノートAからノートBへはどのような関連があるか」と「ノートBからノートAへはどのような関連があるか」をそれぞれ独立したコメントとして残しておくことができる。そして、その作成されたリンクを後から他人も活用して、関連付けられたノート同士を比較参照できる。また、関連リンクのリンクリストのコメントを参照することによって、ノートの複数の繋がりを吟味する機会を提供する。

ReCoNoteを利用するには、該当の授業のReCoNoteにIDとパスワードを入力してログインする。ReCoNoteの基本画面は、上下2つに別れていて、異なったノートを表示して内容を比較できるようになっている(図3-1)。ログイン時には、下のウィンドウに自分のノート、上のウィンドウには総合メニューが表示される。ReCoNoteの中は階層構造になっている。ノートのカテゴリには、「個人のノート」と「グループのノート」がある。

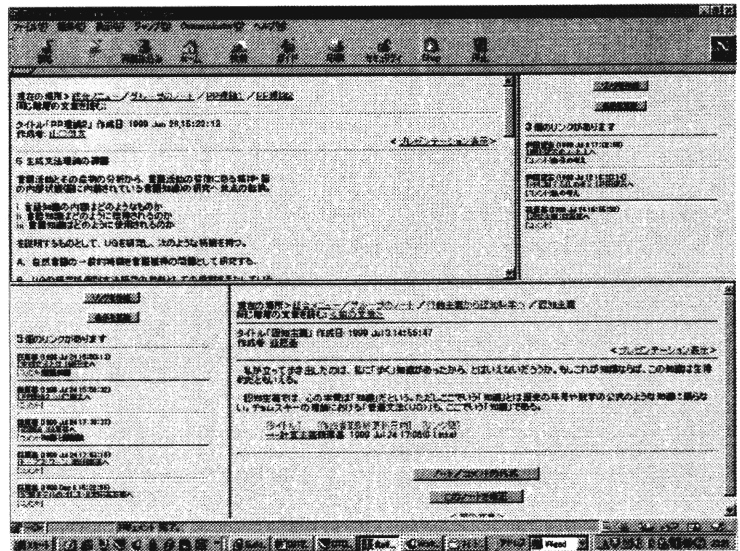


図 3-1 ReCoNote の参照画面

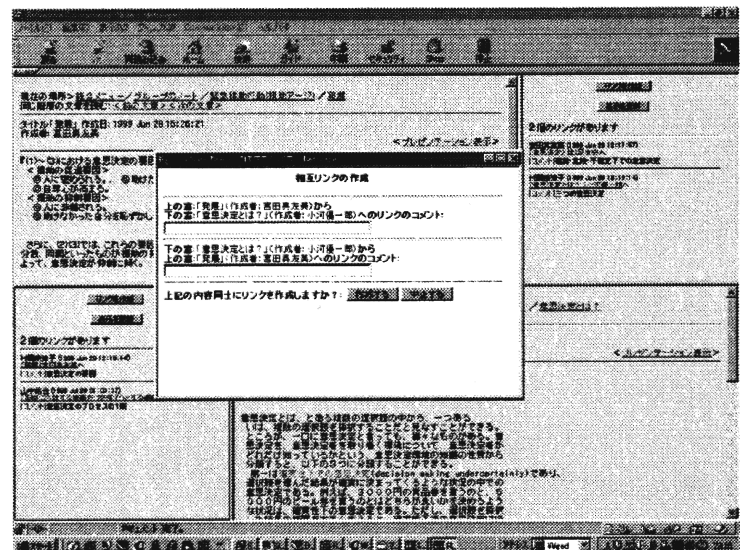


図 3-2 相互リンク作成画面

個人のノートの中には一人一人のノートが入っていて、自分のノートの中に考えた内容を記録し、後から振り返ることができる。また、自由に他人のノートを参照することができる。グループのノートは、グループ活動を通してまとめた内容を書き込む場所であり、そこには各グループ別にノートがある。授業に関連する資料を ReCoNote に入れて利用したい場合には「講義資料」というカテゴリが準備される。自分のノートにノートを作成するには、作成したい階層で「ノート作成」ボタンを押すと、別ウインドウにノート作成画面が現れ、直接その上でノートを作成することができる。作成されたノートは全ての利用者が参照可能である。

関連する内容同士をリンクで繋げたいときには、その2つのノートを表示して、リンクウインドウ上にある「相互リンク作成」ボタンを押すと、相互リンク作成画面が表示される。そこで、上の内容から下の内容へのリンク、及び下から上へのリンクと双方向のリンクに対するコメントを記入して相互リンクを完成させる（図3-2）。作成した相互リンクは、ノートを表示したときに隣のリンクウインドウにリンクのコメントとノート名、作成者名が一覧リストとなって表示される。そのリンクのリストを見ることによって、その内容自体がどこにどれだけ関連付けられているのかを容易に把握することができる。

### 3-2. ReCoNotell

ReCoNoteII は、学習科学研究チームによって新規に作成されたシステムである。Java で実現されていて、データはクライアントサーバ形式で常にサーバへ蓄積共有されている。

ID とパスワードを入力すると、以下のメニュー画面が出てきて、自分のシート一覧、過去7日分作成されたノート、または各種キーワードを元にノートを探して、クリックすると表示することができる。自分のノートだけでなく、他人が作成したノートも自由に参照できる。またこのシステムで特徴的なのは、保存ごとに変更前の状態をリビジョンとして保存していることである。これを活用することでどのようにしてノートを発展させてきたのかも知ることができる。ノートを開いた画面が図3-3である。ノートには自由にテキストを記入することができる。また、ノートの中に別のノートをカード型のノートとして埋め込むことができる。この概念地図には、多くのカードが埋め込まれている形になっている。図3-4のようにノート内にノートを埋め込み

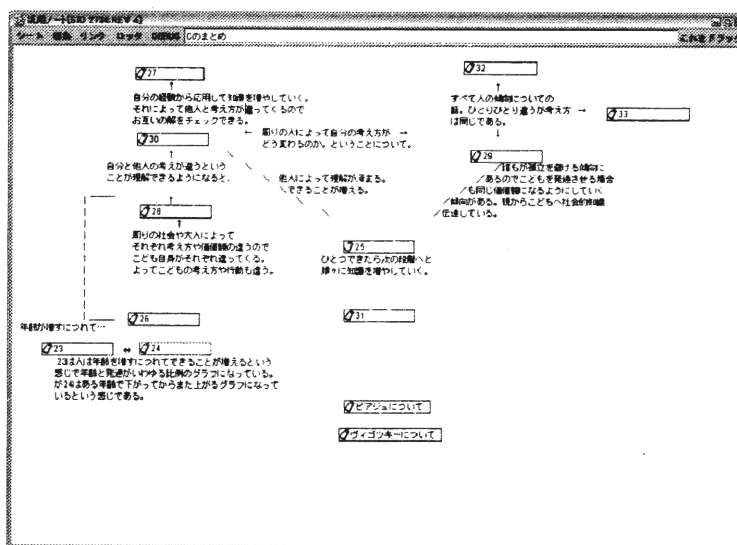


図 3-3 ReCoNotell のノート画面

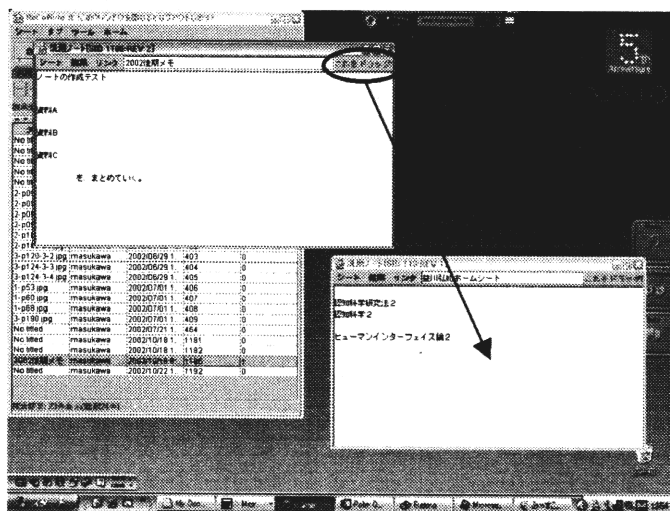


図 3-4 ノートを埋め込む方法



たいときには、ウインドウ右上にある「これをドラッグ」という部分を埋め込みたいノートにドラッグすることで実現される。

### 3-3. ReCoWeb

ReCoWeb は、高性能な端末でなくても Web ブラウザが利用できれば活用できる支援システムとして、Web 上で文章を作成していくことができる Pukiwiki というフリーソフトに、リンク作成部分などの基本フォーマットを授業者側が準備して提供した。

トップページは、ReCoNote のように個人のノートとグループでまとめるノート部分に分かれている。それぞれクリックするとその中身のノートにアクセス可能である。

ノート部分は各自が自由に記述できる (図 3-5)。Pukiwiki の作成フォーマットに従うことで、文字を太くしたりビュレットを挿入するなど、各自が工夫してまとめることができる。

ReCoWeb で関連付けのリンク作成に相当する部分はノート下部に設けられた欄である (図 3-6)。そこには名前とリンクの理由を記入する部分があり、リンクを作成するときにはどのような繋がりがあるかの理由を記入することができる。作成したリンクはノート下部に追加され、ノートと同様に誰からでも見ることが出来るようになっている。

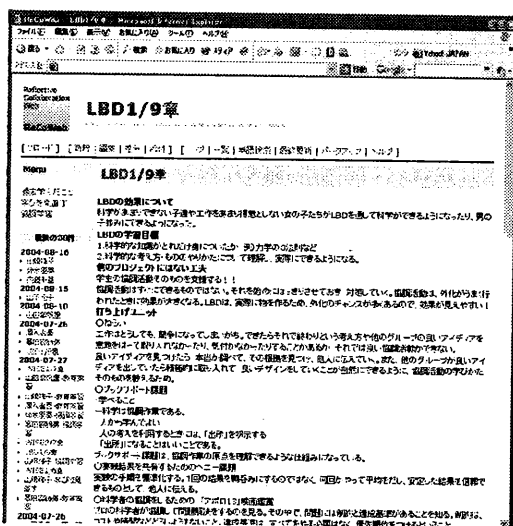


図 3-5 ノート部分の画面

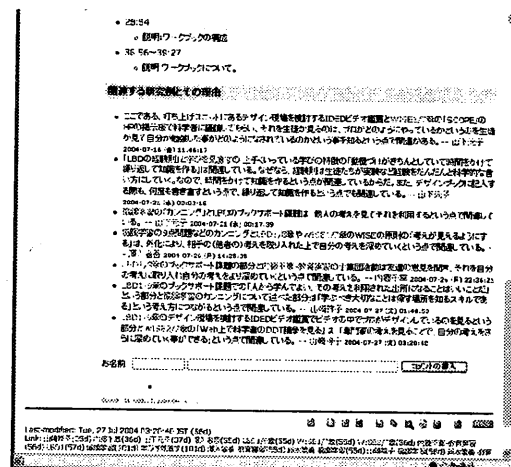


図 3-6 ノート下のリンク部分の画面

### 3-4. 機能比較

次に、各授業で導入されたシステムの特徴を以下の表 3-1 にまとめる。どの支援システムでも書き込まれたデータはネットワーク上のサーバに記録され、各自が全てのノートを自由に比較参照できるようになっていたが、情報を提示するインターフェイスがそれぞれ異なっていた。ReCoNote と ReCoWeb は文字情報ベースであったが、ReCoNoteII はテキストや他のノートを空間配置をして自分なりに概念地図を作成することができた。一方、リンクは他人が作成したノートに対して作成する ReCoNote や ReCoWeb の方が共有しやすい状態だったが、作成したリンクは ReCoNote II と異なりシステム内全体に分散して埋め込まれた。

表 3-1 システムの特徴

	ReCoNote	ReCoWeb	ReCoNoteII
ノート共有	◎	◎	○（検索で）
リンク共有	○（明示的）	○（明示的）	△（ノートに埋め込み）
閲 覧 性	2つのノートの1対1比較	1つのノート	1つのノート
表示自由度	△（文章）	△（文章）	○（空間配置が可能）
支援の特徴	自分・他人が作成したノートの区別なく、資料を1対1で比較して、それらの間の特徴を見つけ出す。また、その資料間のリンクを自分・他人が作成したリンク関係なくリストアップさせるため、それらの間を比較することができる。	Pukiwikiをベースにしている。授業中にまとめた内容、または各自の教育自習経験を、階層を辿って見に行くことができる。そのノートの下欄に、リンクを作成することができる。リンクは文章で書き込むため、3つの内容を関連付けて1リンクとして作成も可能。	ノートの中にノートを「入れ子」状に作成可能で、この機能を応用することで、ノート上に複数のノートを配置して概念地図を描くことができる。概念地図上で関係性の上にコメントを記入することでリンクを明示可能である。他人のノートは検索によって共有、参照可能。

4. 分析結果

各授業における、協調学習支援システムの利用結果は、表 4-1 の通りであった。システムによって各機能のデザインが異なるので一概には言えないが、どの授業でも活発に利用されていた。ReCoNote II を利用した認知科学 2 では、授業中の協調活動を通したプリントへの書き込み活動と併用だったため、システムを積極的に利用した人とそうでない人に分かれていた。また、1 ノート内に書き込む量が少なかったため、ノート数が多くなっている。(ReCoNote II のリンクに関しては、概念地図上に線を引く形だったため含めていない。)

表 4-1 各授業でのシステム利用結果

	ReCoNote 問題解決論	ReCoWeb 学習科学	ReCoNoteII 認知科学 2
ノート作成数	306	23	960
リンク作成数	186	113	—
利 用 者 数	40 人	10 人	70 人

4－1. システム上での相互作用活動

問題解決論と学習科学に導入した支援システムでは、相互にノートを参照しないと関連付けを行うことができず、相互作用が盛んに起きることを想定したデザインになっていた。システム内のリンク作成活動を分析して、相互作用支援機能が重視されたシステムとそうでないシステムとの関連付け方の違いを評価する。そこでシステム内のノートを相互に参照して比較参照吟味を行っていたかどうかを評価するために、リンクで繋げたノートの作成者が本人か他人かを数えた。学習科学に関しては、最終的に概念地図を作成した 14 人を対象とし、その概念地図内に配置したノートと線を引いて関連付けたリンクを分析した。結果は図 4-1 の通りとなった。

問題解決論の ReCoNote では、自分たちがまとめた研究例と他グループがまとめた研究例を 1 対 1 で比較し、関連付けを行っていて、43 件と全体の 7 割以上を占めている。さらには、他グループがまとめた研究例同士を 1 対 1 で比較した関連付けが 17 件あった。学習科学の ReCoWeb では、自分のまとめた研究を中心として、他人がまとめた研究等と知識統合していく活動が 77 件で 68% と活発に起きていた。一方、授業で扱った研究例と自己の教育実習経験を結び付けていくような自分のノート同士での関連付けが 28 件と 25% だった。このように、この 2 授業では、他人の資料との比較参照活動を活発に行って様々な関連付けを見つけていく、「多数関連付け抽出活動」が起きていた。一方、認知科学の ReCoNote II では、他人の資料についても自分が作成してまとめ、自分の概念地図内に自分の担当資料を中心として作成するタイプが多かった。4 割の学生は担当資料に関連する資料をすべて自分なりの視点でまとめて配置する活動がみられ、残りの学生も、授業中説明しあった学生のノートしか引用しなかった。そのため、全体としては関連付けたノートの 65%、79 件は自分がまとめたノートで構成された。このように、この授業では、他人の資料に関しても自分の資料内容と合致する部分のみ引用して構成するという、「自分担当中心関連付け活動」が起きていた。

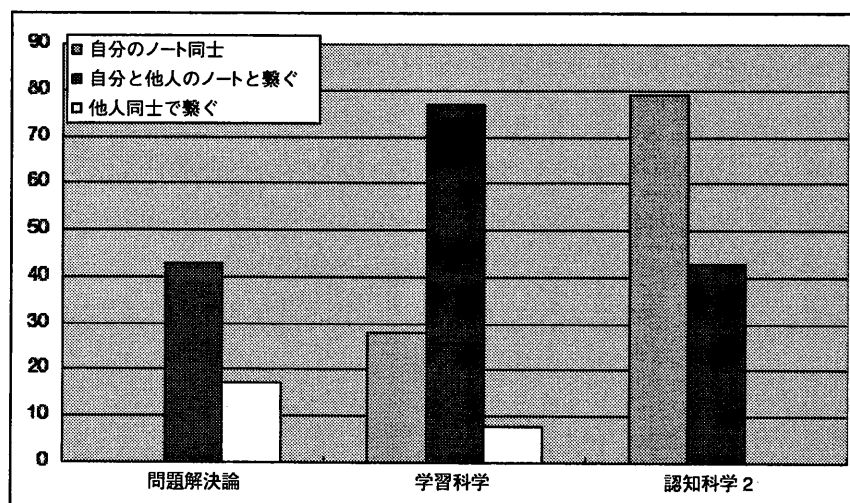


図 4-1 関連付け元の資料の作成者の違い

表 4-2 抜き出された特徴の内容

	問題解決論	学習科学	認知科学 2
研究成果から得られた共通の認知的特徴	37	19	59
具体的な活動、実験内容での繋がり	5	36	13
その他「同じである」「形式が同じ」など	2	0	4

次に、関連付けのコメント内容を分析したのが以下の表 4-2 である。問題解決論の ReCoNote と学習科学の ReCoWeb のリンクデータは、コメントの内容が研究例間で重複したものであった場合は除外して数えた。また学習科学の ReCoNote II のデータは 14 人分の概念地図データから、コメントが付いていたリンクのみを数えた。結果、俯瞰的に様々な関連付けを考えていた 2 授業と、担当資料中心に関連付けた授業との差は見られず、むしろ授業目的がリンク内容の差に繋がっていた。問題解決論と認知科学 2 では、複数の資料を基に、その領域で言われている重要な理論を抽出することを求めている。そのため、関連付け活動に差は見られたが、両授業とも多くの「研究成果から得られた共通の認知的特徴」を抜き出すことがで

きていた。また、学習科学では、教育実習経験と理論をつなげることを求めているため、みんなの経験を理論と結んでいく活発な活動が起きていた。このことから、関連付け活動のタイプによって、授業目標の達成度に差が出てくることはないことが示唆される。しかし、認知科学2では、自己中心的なまとめ方で偏りが見られ、他2授業では、リストアップされているものの、統合的にまとめられている訳ではなかった。そのため、この2タイプの関連付け活動を効果的に組み合わせる必要があると考えられる。

以上より、問題解決論での ReCoNote と、学習科学での ReCoWeb では、盛んにシステム上で相互参照吟味を行う協調的な活動が起きていた。さらに裏付けるデータとしては、問題解決論のノート参照ログデータを見ると、自分の担当資料ノート以外の、他グループのノートを参照していた数が、全体の9割に上っていたことも明らかになっている。一方認知科学2の ReCoNote II では、他人が担当していた資料に関しても自分の概念地図内に、自ら作成する活動が多く見られた。そこでは他人のノートとリンクを繋げていた場合でも、授業中に説明し合ったメンバーのノートを引用している場合がほとんどだった。このことから、ReCoNote II での利用は、相互参照よりも、授業中に互いに説明し合った協調活動の成果を、自分なりにまとめていく、知識統合支援の場として働いていた可能性が高い。

4-2. 知識統合活動の事例比較

次に、各授業から具体的な学習者の活動事例をあげ、協調的な知識統合型授業での関連付け活動が、後の最終レポート（又はインタビュー内容）にどれだけ影響を与えていたのかを分析した。

ReCoNote（グループA）

最終レポートはグループ単位での提出としたため、その中から評価の高かったグループのレポート内容と作成した相互リンク内容を分析した。グループAは、17個のリンクを作成し、関連付けた資料は11資料で、授業で扱った各グループの殆どの資料との間にリンクを作成していた。その内、最終レポートでは9つの資料を明示的に言及しながらレポートを作成していた。レポートは、まず相互リンクで作成した内容を中心として、表4-3で示した繋がりについてリストアップ的に記述し、最後に人の問題解決システムについてまとめて論述する形であった。しかし、最後に統合して論述する場面では、具体的な資料の引用は見られなかった。ReCoNote 自身は特に最終レポートをまとめるための機能を提供はしていなかったが、作成した相互リンクを元に、ノート部分に内容を書き直す活動が起きていた。このように、俯瞰的な関連付け活動によって見つけた「繋がり」を列挙した上で全体をまとめるという知識統合活動が起きていた。より統合的なまとめに向けて、個々のリンク内容をより統合していくために、ReCoNote II のような概念地図作成などの支援が必要であることが示唆される。

表 4-3 最終レポートでリストアップしたリンク繋がりの内容

猿とバナナ問題（担当資料）とハノイの塔のつながり
猿とバナナ問題（担当資料）と9点問題のつながり
猿とバナナ問題（担当資料）と覆面計算のつながり
4枚カード問題とハノイの塔のつながり
胃癌問題と川渡り問題のつながり
チェッカーボード問題と9点問題のつながり
チェッカーボード問題、9点問題、ルーチンスの水がめ問題のつながり

## ReCoWeb（学習者S）

システム内に多くのリンクを作成していた学習者Sのリンク内容と最終レポートを分析して評価する（益川,2005）。最終レポートは、自分の教育実習経験を中心として、授業で扱った実践研究（WISE,LBDの2プロジェクト）を明示的に示し、そのプロジェクト内の具体的な事例も引用しながら論述していた。レポート内容は「学習者中心」をキー概念とし、そのサブ概念として、授業テーマを日常生活に置き換えて考える点と、協調的な活動の重要性の2つを取り上げてまとめていた。

表 4-4 学習者Sのリンクから得られた条件と反映具合

	リンク作成によってSが抽出した条件
○	協調活動を積極的に行う
○	他人の意見との交換で深める
○	問題を日常的なものにしていく
○	経験則に自分達で工夫して作っていく
○	教師は子供に考えさせあまり出て行かない
×	外化をうまく利用しお互いに理解を深める
×	考えを持って、グループにぶつける
×	子供が取り掛かりやすいものが授業の導入がすんなりいく
×	外化は他に個人の頭の中の吟味にも発揮する

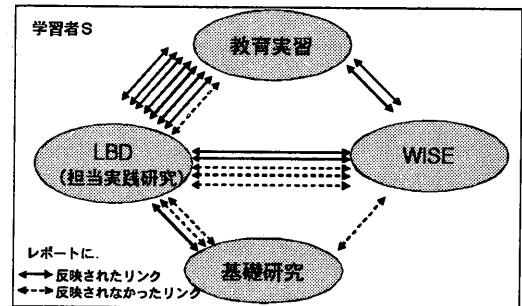


図 4-2 学習者SのReCoWebリンク繋がり  
と反映具合

学習者SはReCoWeb上では20個のリンクを作成し、そのリンクコメント分析から9つの条件を抽出したことが分かった。しかし、その条件をレポートに反映したのは内5つで56%だった（表4-4, ○印が反映されたもの）。図4-2は、SがReCoWeb内に作成したリンクの繋がりを示したものである（内、点線リンクはレポートに反映されなかった繋がり）。リンク作成活動は担当実践研究を中心に行われていたことがわかる。しかし、レポートへの反映を見ると、主に教育実習と担当実践研究の間のリンクから抽出した条件が多く、偏りが見られた。例えばレポートに反映されなかった条件の「外化」は教育実習と関連付けられていなかった。また、基礎研究を明示的に引用して論述することはなかった。このように、俯瞰的な関連付け活動により、多くのリンクが作成された一方、最終レポートまでは全て反映されなかった。相互作用支援で抽出した活動成果を、レポートレベルまで知識統合支援する必要性が見え、その点ではReCoNote同様にそこまで強力ではなかった。

## ReCoNote II（学習者K）

ReCoNoteIIを活発に活用しながら自力構成を行った学生Kについて、詳細な知識統合プロセスを追った。また、学習科学研究チームのプロジェクトの一環として、授業終了後半年後に、どのようなことを2年生までに学んできたのかを問うインタビューが10人程度を対象として行われた。学生Kについてそのインタビューデータを合わせて分析することでシステム内に作成した内容との対応を見る（益川&三宅,2004）。

学生KはReCoNoteIIに28個ノートを作成した。また、それらのノートを計71回書き直していた。最終的には4つの他人のノート引用を含めた14個のノートを使い概念地図のまとめを完成させた。概念地図には担当領域11資料が全て含まれていた（図3-3）。

授業終了7ヵ月後、授業履修者7名を対象として事後インタビューを実施した。インタビューは授業実

践者と1対1で行なわれ、入学してから現時点までに認知科学について学んだ内容を最初は自発的に、そして徐々に段階的にヒントを与えながら聞き出した。学生Kのインタビュー時間は70分で、対象授業に関する発話部分は40分だった。事後インタビューの発話内容を書き起こして495行の言語記録簿を作成し、授業7ヵ月後の保持内容を分析した。また、ReCoNoteIIのシステムログ記録とインタビューの内容を対応させて分析し、学生Kの協調活動による知識統合の変化から学習成果を追った。

個々の資料についての発話、統合的にまとめた内容の発話をプロトコルから抜き出して評価した。結果、11資料中8資料がインタビューで自発的に出てきており、特に知識発達の領域に関しては全ての資料について言及していた。統合的な発話に関しては「人はどういう風に賢くなっていくの?」の問いかけに対し、資料を読む以前の自分の考え方と対比させながら、子供の成長について学生自身なりの統合的な説明ができていた。これらより、授業7ヵ月後においても授業内容についてかなりの部分を保持しており、さらには統合的にも説明することができていたと言える。

次に、ReCoNoteII上にまとめた概念地図と事後インタビューの内容の対応を分析した。システム上には11資料の各まとめと、各資料同士を関連付けた10個のコメント付きリンクを作成していた。この10個のコメントとインタビューでの言及の対応を分析した結果、全てのコメントに対応した発話が見られ、システムにまとめた内容の保持の強さが示された。このインタビュー時にはReCoNoteIIを参照してないにも関わらず、概念地図をベースとした話が展開されたのは興味深い。この分析から、協調活動とシステムへのまとめ活動を繰り返しながら構成した内容が7ヵ月後にも保持されており、さらにはシステム上にまとめた時点より統合を進めた形で語ることができるようになっていたことが分かった。さらには、学生Kはインタビューの中で、授業中他人に説明する機会や他人から説明を受ける中で吟味活動が起き、理解深化を進めていた過程を自ら詳細に言及するなど、協調活動による知識統合の有効性を示唆する発言が多く見られた。

以上より、この授業での支援システム上での関連付け活動は担当資料中心とした偏った統合活動を起こしていたが、授業中互いに説明し合ってまとめた成果を支援システム上で自分なりに概念地図を構築していくことは、約半年後の定着にも強く影響しており、他の2支援システムと比較して、強力に知識統合活動を支援していたといえる。

## 5. まとめ

本論文では、協調的な知識統合型授業の中で特に重要な「関連付け活動」において、協調学習支援システムの支援機能の特徴に深く関わっていることを明らかにした。そこでは、以下の2点に関連が見られることが分かった。

1. 相互作用支援を重視する支援システム：各資料を俯瞰的に吟味する活動を促進
2. 個人の知識統合支援を重視する支援システム：特定資料中心的な知識統合を促進

授業内で期待している関連付け活動は、様々な視点からの比較参照吟味活動である。その中で、相互作用支援を重視することで、各資料を俯瞰的に吟味して関連付ける活動を促進し、知識統合支援を重視することで、特定資料中心とした関連付け活動を促進させることができていた。この点から考察すると、より、様々な視点で資料同士のつながりを吟味した上で、さらには、自分自身なりの知識統合活動を起こしていくためには、この2点の支援を上手く組み合わせた授業デザインと、支援システムのデザインを考えていく必要があるだろう。

今回の分析結果を踏まえ、それぞれのシステム支援の重視割合と、そこで促進される関連付け活動を図式としてまとめたのが図 5-1 である。

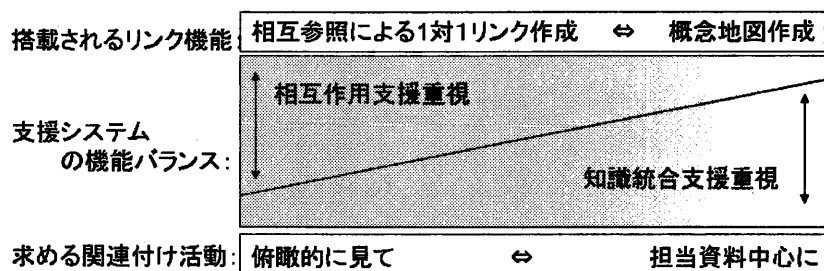


図 5-1 支援システムの支援要素と支援機能及び求める関連付け活動の関連

これらの結果を踏まえ、より深い理解を促進させるための「関連付け活動」を起こすために、1つの授業の中に相互作用支援を重視したフェイズと知識統合支援を重視したフェイズを組み合わせ導入する授業デザインが考えられるだろう。

例えば、資料を互いに説明しあった後に関連付け活動を入れるときには、最初、知識統合支援を重視して、学習者なりの担当資料中心の関連付け活動を行い、その後、様々な資料を比較参照する、相互作用支援を重視した活動を入れるデザインである。このデザインだと、一度は自分なりの視点でくみ上げた関連付けを他人と明示的に比較することで比較参照活動が起き、多視点でのリフレクションが期待できるだろう。

また逆の活動として、相互作用支援を重視した活動を入れた後に知識統合支援を重視した活動を入れることで、多視点からの吟味の後にその吟味活動の成果を踏まえたより発展的な自分なりの知識統合活動による概念地図作成が行われることが期待できる。

今回紹介した支援システムはそれぞれ独立したシステムのため、連携させて利用することができない。今後は支援システムを統合し、相互作用支援を重視したインターフェイスと知識統合支援を重視したインターフェイスが柔軟に切り替えることができるような工夫が必要である。今後、この分析の知見を生かし、より発展的な協調学習支援システムの設計と、それを導入した授業実践を繰り返していくことで発展的に拡張していきたい。

## 引用文献

- Aronson, E. (1978), *"The Jigsaw Classroom"*. Sage.
- Bransford, J., Brown, A., & Cocking, R., (1999), *"How people learn"*, National Academy Press.
- Brown, A.L., and J.C. Campione (1994) Guided discovery in a community of Learners, Pp.229-270 in *Classroom Lessons: Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice*, K. McGilly, ed.
- Hakkarainen, K., & Lipponen, L. (2002) Epistemology of inquiry and computer-supported collaborative learning, In Koschmann, J., Hall, R., & Miyake N. (Eds.) *CSCL2: Carrying on the conversation*, Erlbaum.

- 波多野誼余夫, 永野重史, 大浦容子 (2002), 『教授・学習過程論－学習の総合科学を目指して－』, 放送大学教育振興会.
- 稲垣佳世子, 波多野誼余夫 (1989), 『人はいかに学ぶか』, 中公新書.
- Linn M.C., His, S. (2000), "Computers, Teachers, Peers", LEA.
- 益川弘如 (1999), 「協調学習支援システム「ReCoNote」が持つ相互リンク機能の効果」, 教育工学会論文誌, 23(2). pp89-98.
- 益川弘如 (2004), ノート共有吟味システム ReCoNote を利用した大学生のための知識構成型協調学習活動支援, 教育心理学研究 Vol.52, No3, P.331-343.
- 益川弘如, 三宅なほみ (2004), 協調学習による知識統合過程(3)－システム利用履歴と事後インタビュー結果の関連－, 日本認知科学会第21回大会発表論文集.
- 益川弘如 (2005), 協調学習の評価を最終レポートで行うことの功罪(2), 日本教育工学会第21回全国大会発表論文集.
- 三宅なほみ (1985), 「理解におけるインターアクションとは何か」, 佐伯胖編, 『認知科学選書4 理解とは何か』, 東京大学出版会.
- Miyake, N. & Masukawa, H. (2000), Relation-making to sense-making: Supporting college students' constructive understanding with an enriched collaborative note-sharing system, *Fourth International Conference of the Learning Sciences*, pp41-47.
- 三宅なほみ, 白水始 (2003), 『学習科学とテクノロジー』, 放送大学教育振興会.
- Oshima, J., & Oshima, R. (2002) Coordination of asynchronous and synchronous communication: Differences in qualities of knowledge advancement discourse between experts and novices, In Koschmann, J., Hall, R., & Miyake N. (Eds.) *CSCL2: Carrying on the conversation*, Erlbaum.
- Palincsar, A.S. and Brown, A. L. (1984), Reciprocal Teaching of Comprehension Fostering and Comprehension Monitoring Activities, *Cognition and Instruction*, Vol.1:117-175.
- Scardamaria, M., C. Bereiter, and R. Sternbach, (1984), Teachability of reflective processes in written composition. *Cognitive Science*, Vol.8:173-190.
- Scardamaria, M. & Bereiter, C. (1996), Computer support for Knowledge-Building communities, Koschmann (ED.), *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm*, Lawrence Erlbaum Assoc.
- Shirouzu, H., Miyake, N. & Masukawa, H. (2002), Cognitively Active Externalization for Situated Reflection, *Cognitive Science*, Vol.26, No.4.