

「高度メディア社会の生活情報技術」
平成11年度採択研究代表者

三宅 なほみ

(中京大学情報科学部 教授)

「高度メディア社会のための協調的学習支援システム」

1. 研究実施の概要

本研究では、学ぶに値する高度な知識データベースの上に協調的で適応的な知力を育成するための学習支援環境を開発することを目指している。

これまでに「マルチメディア素材を扱えるノート共有吟味環境」、「知的創造活動に必要なすべての素材が互いにリンク可能、且つコメント可能であるノートスペース」、「ビデオ教材へのコメントや要約を共有吟味可能にするビデオ・コメント・ツール」を開発してきた。同時にそれらを使って学部学生を対象に認知科学を協調的に教えるための総合的なカリキュラムを構成し、具体的な教材と授業案をセットにしたティーチング・ポートフォリオを作成、それを実践的に評価、改良しつつ研究を進めている。

2. 研究実施内容

本研究は大きく分けて三つの目的を持っている。

学びの認知科学的、情報科学的捉え直し

人の日常的な学びの観察と分析に立ち戻って、学びの理論を作り、その支援方法を検討する。15年度の主な成果は以下の通りである。

○ 適応的エキスパートについての理論化

これまで、(1) 適応的熟達化の理論の精緻化をはかること、(2) この理論に基づき、音楽演奏、織り物および料理に関する我々の実証的研究の知見を整理すること、の2点をめざして討論と考察を行ってきたが、本年度はそれに加えて、適応的熟達化の理論を教科学習へと適用すること、およびそこでの有効な評価方法を見出すことに焦点を合わせて研究を進めた。適応的熟達者がいかにして知識を広く柔軟に適用することができるかに関しては、次の3つの説明が提出されている。すなわち、(a) 手続きとその対象の理解を可能にする概念的知識の役割を強調する(より具体的には、手続きの各ステップに意味を付与し、可能な選択肢から適切なものを選ぶ基準を提供する、詳細で正確な対象のメンタルモデルないしその構築を可能

にする知識による) 説明、(b) 知識の結束性、とくに手続き的知識と概念的知識の間の緊密な結合を重視する説明、そして(c) 現状に満足するのではなくたえず向上をめざすための基礎になる、メタ水準の知識とくにメタ理解の働きにより特徴づける説明である。本年度はこうした説明を教科学習全般(文献3)および数学学習(文献2)にいかに関適用しうるかを検討した。また、適応的熟達化の文脈的・動機づけ的な基盤に関しては、適応的熟達の重要なステップと考えられる理解活動およびその所産としての概念変化に関する理論化を前進させた(文献1)。

こうした定式化からの実証的研究の解釈に関しては、とくに音楽演奏についての研究が前進した。その一つでは、ピアノ演奏の熟達者により構築された演奏プランが、異なる聴衆に対していかに調整されるかが検討され、近く論文としてまとめられる予定である。それによると、演奏プランが実行される際に、演奏の文脈へと状況依存的にかつ自動的に調整されることが見い出されている。こうした知見を道具使用での熟達化一般に拡張することは興味深い課題だと信じる(文献4)。

1. Hatano, G. and Inagaki, K. When is conceptual change intended?: A cognitive-sociocultural view. In G.M Sinatra & P.R. Pintrich (Eds.), Intentional conceptual change (pp. 407-427). Mahwah, NJ: Erlbaum, 2002.
2. Hatano, G. Foreword. In A.J. Baroody & A. Dowker (Eds.), The development of arithmetic concepts and skills: Constructing adaptive expertise (pp.xi-xiii). Mahwah, NJ: Erlbaum, 2003.
3. Hatano, G. & Oura, Y. Commentary: Reconceptualizing school learning using insight from expertise research. Educational Researcher, 2003, 32-8, 26-29.
4. Lin, X. and Hatano, G. Technology, culture, and adaptive minds: An introduction. MInd, Culture and Activity, 2003, 10, 3-8.

○ 協調的認知過程が理解深化を引き起こす具体的なメカニズムの提案

協調活動がどのようにして抽象的で柔軟な問題解決につながるかを教室場面に即して分析した結果が、論文としてまとめられた(白水, 2004)。折り紙の $\frac{2}{3}$ の $\frac{3}{4}$ の部分を取り、形を比較することによって $\frac{2}{3} \times \frac{3}{4}$ と $\frac{3}{4} \times \frac{2}{3}$ との交換法則が成り立つことの納得を求める課題を利用し、6人の小学校6年生を相手に実施した授業の全発話を分析し、このような学習活動を通じた理解が、個人に内在する学習目的意識(問題表象)と外的に提供される教員の言語化や他の生徒によって提供されるさまざまな折り紙の形状などの外的リソースとの複雑な相互作用の結果生み出されるものであることを確認している。このような研究は現実の教室場面から記録可能なデータを分析することによって個人個人の理解深化過程を明らかにする新しいタイプの認知的学習研究が可能であることを示したという意味で、実践的な研究への応用価値が高い。

協調的学習支援方法の考案と情報利用技術の開発

外化、内省、構造化など、理解深化を支援する具体的な仕組みを作り、その有効性を実証する。実験データの考察としては、12年度、13年度、14年度に引き続き、以下のものを取り上げ継続的に研究した。

- **話し合い、質疑などの活性化による相互作用**
- **外化された知識や認知活動の共有、比較、相互吟味**
- **学んだ結果の適応的な（応用が効く）形での内化**

上記それぞれで具体的な分析が進み、Miyake, Shirouzu, Miyake(2003), Shirouzu & Miyake(2003), 三宅(2003)などの形で公表されている。また、これらを実践的な研究に結びつけるためにどのような工夫が可能かを解説した（三宅(2004)、波多野(2004)他）。

以下具体的に開発、試用、評価しているシステムについて解説する。

マルチメディアドキュメント共有吟味システム (MMD)

協調学習支援システム開発の一環として、マルチメディアを扱える協調学習支援システムを開発した。その実行画面を図1に示す。ムービー、音声、画像、テキストといったマルチメディアデータ、さらには MS Word ファイルや PDF といったアプリケーション固有のデータファイルを、作業領域であるノートグラフスペース内に自由にカード状に配置することができる。すべてのエレメント（ノートグラフスペース上に配置された各種データの総称）間にはリンクを張ることができ、またすべてのエレメント、ノートグラフスペース、リンクに対してコメントを付けることができる。さらに右上のビュー（ビューファインダ）が表示するように、ノートグラフスペースは3次元的な奥行きを持っており、エレメントを任意の Z 座標に配置することができる。ビューファインダ上で可視領域の Z 座標を調節（near プレーン、far プレーン個別に調節可能）することで、ノートグラフスペース上に同時に表示されるエレメントを制限することができる。

本システムは、学習者がいくつもの角度から検討できるような教材を試作するプラットフォームとして、また学部3、4年生から院生がさまざまな研究資料を統合的に要約する活動の支援環境として、実際の授業に近い形態で試用し、評価を繰り返している。

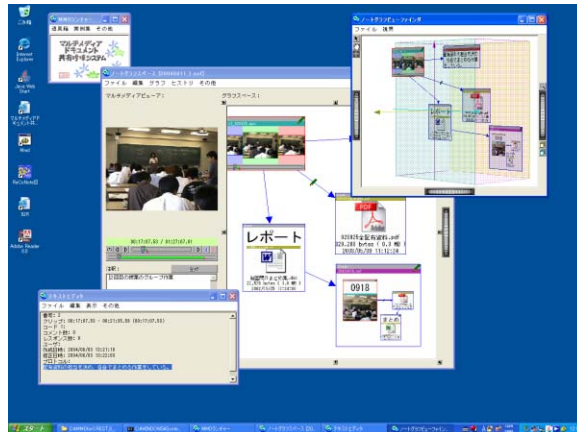


図1：マルチメディアドキュメント共有吟味システム

また、ムービーにコメントを付けることができる「コメントブルムービーシート (CMS)」を開発した。その実行画面を図2に示す。ムービーを複数のクリップに分割することができ、クリップ毎にコメントを付けることができる。各コメントにはレスポンスという形で再度コメントを付けることもできる。また、データを MMD のエレメントに変換することで、ノートグラフスペース上でもムービー、コメント・レスポンスを扱うことができる。



図2：コメントブルムービーシート

後述のリポジトリを介することで、Web ブラウザ上で掲示板的なインターフェイス (CMS) が使用可能となり、Web ブラウザ経由で簡単にコメント・レスポンスを付加することができる。その実行画面を図3に示す。

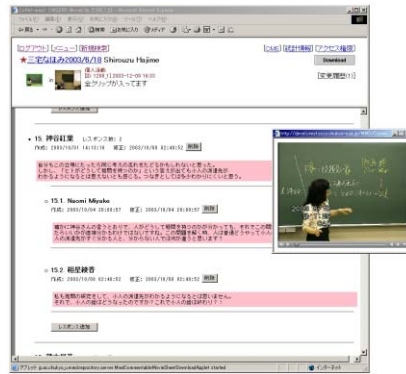


図 3 : CMSonBBS

学生に対して、CMSonBBS を利用して通常の授業をこのような形で分解し、部分部分にコメントして内容を協調的に確認した後統合するという活動を行わせたところ、授業を積極的に自分自身の観点から再構成しながら聴くことの大切さが認識されるようになった。このような介入の前後で異なる教員によるレクチャを要約するというタスクの結果を比較したところ、CMSonBBS によって積極的な聞き方を体験した後の方がより高度なレベルの要約が作成される傾向があることが判った (図 4)。

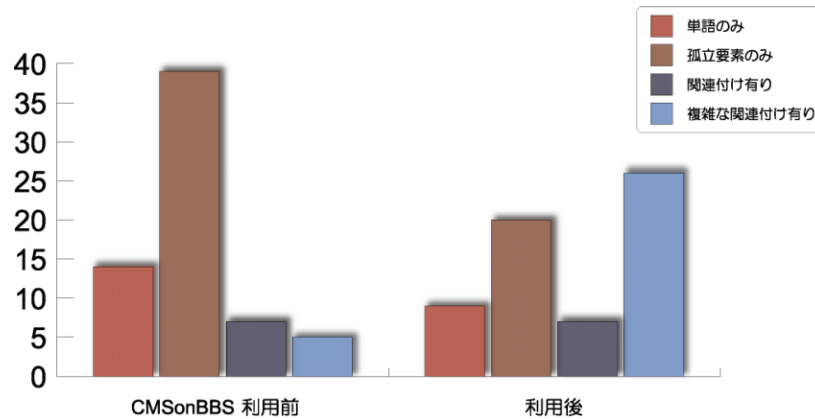


図 4 : レクチャの要約のレベル

MMD、CMS で作成したデータはリポジトリと呼ばれるデータ貯蔵システムで一元的に管理することができる。図 5 にその概念図を示す。リポジトリを用いることで、個々のユーザが作成したコンテンツを他のユーザに公開するといったことが簡単に行える。

リポジトリ上ではコンテンツに対して通常の全文検索に加え、コンテンツの登録日時や登録ユーザといったメタデータを用いた検索ができる。さらに画像に関しては、色合いや大まかな形状といった画像特有のメタデータを用いた検索を行うことができる。

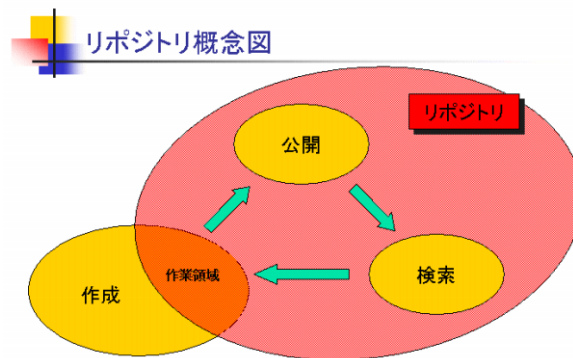


図5：リポジトリ概念図

ノート共有型協調学習支援システム (ReCoNote)

学生のグループ活動に柔軟に対応できる、テキスト・静止画像に重点を置いたノート共有型の協調学習支援システム「ReCoNote」を開発した。その実行画面を図6に示す。シート上に配置されたノート間に相互にリンクを張ることができ、また全てのノートに対してコメントを付けることができる。また簡単な図形描画機能も備える。

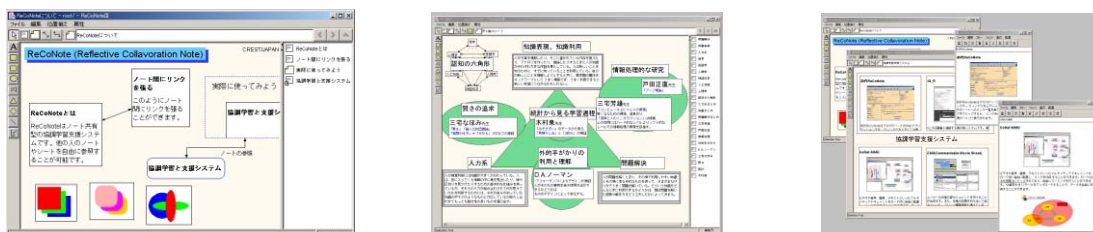


図6：ReCoNote

15年度には14年度に引き続き本システムを利用した入門期の授業が通年で実施された。学生たちは自分たちの興味関心に従って調べた資料の内容やコメントをノートにまとめて公開し、互いに吟味する活動に従事した。受講生80人のクラスで半期に1500程度のノートが作成され、ノート間の関連付けが活発に行われた。ノートやリンクの作成数を本研究開始年度から比較すると図7の左図のようになり、システムの改良につれてノートの作成数もそれらに関連付ける回数も増加する傾向にあることが判る。また2年後期の入門終了時期に提出されたレポートの質を分析した結果、一つのレポート内に言及される資料の数と、資料間を関連付けて解説する統合度が増加することが判った(図7の右図)。

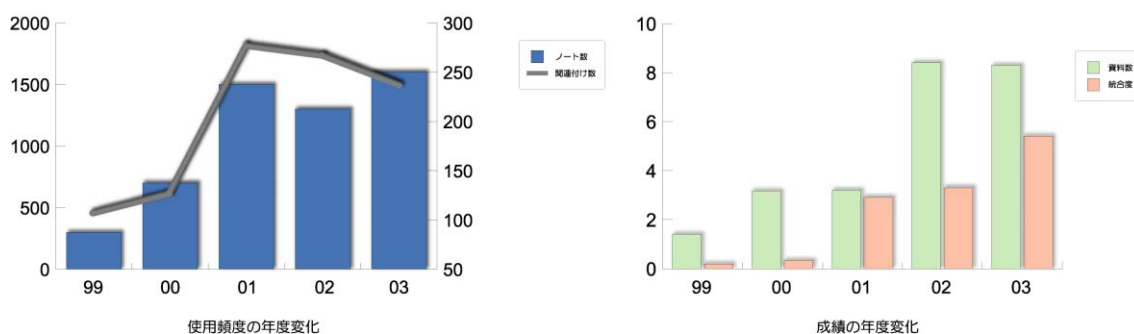


図7：ReCoNoteの使用状況・成績の年度変化

「教材+学習支援環境+カリキュラム」セットの構築

上記のような技術的支援を実際の学習活動に活かすために、12年度、13年度、14年度に引き続きそれらを効果的に運用するカリキュラムとそのための教材を開発している。Bransfordらの編集によるHow People Learn (National Research Council, 1999)、J. R. Andersonによる「認知心理学概論」などを教材に、テキスト型のコンテンツを作成すると同時に、授業や講演のビデオなど映像教材にコメントしたものを新たに教材として開発するための手法を構築しつつある。14年度終了までに、大学学部1、2年生通して前期、後期計4半期に亘って、認知科学に初めて触れるところから、30余の基礎文献を理解し、相互の関連性を自ら見つけて基礎知識を構築するための授業が実践され、15年度以降はそれらの実践に関する多様なドキュメントを統合的に整理して、カリキュラム全体をティーチング・ポートフォリオとして形成する作業に着手した。ティーチング・ポートフォリオの概要を図8に示す。

また、認知科学以外の領域で、協調的な方法による新しい学習方法とそれを実現するシステム群の有効性を実証するために、高等学校の数学を題材に共有・再吟味可能な教材をWeb上に構築する作業を進めてきた。本研究の成果として将来的に利用価値が非常に高いと考えられるデータベースが出来上がっており、今後実践的な研究に移行する準備が整いつつある(図9)。

年度	学年	科目名		学習活動	教養・配布物・継続記録	回収プリント	学習活動データ		
		春期	秋期				クラスビデオ	グループ活動記録	システムログ
2000	1年	認知科学入門	認知科学研究法1	(詳細は以下)	教養全セット 5年全て保存	学生の報告プリント 5年全てPDF化 一部は打ち込み電子化	クラスの授業風景 5年全てビデオ収録 CMSで動画保管	グループ単位の ビデオや音声記録 2000年度秋期より シグラー活動録	システムログ 5年全て保存
	2年	認知科学研究法2	認知科学2 応用統計学						
2001	1年	認知科学入門	認知科学研究法1						
	2年	認知科学研究法2	認知科学2 応用統計学						
2002	1年	認知科学入門	認知科学研究法1						
	2年	認知科学研究法2	認知科学2 応用統計学						
2003	1年	認知科学入門A・B	認知科学初級A・B						
		認知科学中級	認知科学上級						
	2年	認知科学研究法Ⅰ	認知科学研究法Ⅱ						
2004	1年	認知科学入門A・B	認知科学初級A・B						
	2年	認知科学中級	認知科学上級						
	2年	認知科学研究法Ⅰ	認知科学研究法Ⅱ						
	2年	認知科学研究法Ⅰ	認知科学研究法Ⅱ						

年度	科目名		学習内容		学習方法	支援システム	評価方法
	春期	秋期	テーマと題材	最終レポート課題			
2000	認知科学入門	認知科学研究法1	認知科学の古典的バズン問題を解いて「知識」について学ぶ 認知科学者のレクチャーから認知科学研究法を知る	-	バズン問題 単純シグラー法 構造的解法 構造的シグラー法を導入 動的シグラー法を導入 構造的構造化法を導入	IQ-R ReCoNote IQ-R CAVD ReCoNote - ReCoNote - - ReCoNote - - ReCoNote IQ-R CM/SonBBS IQ-R - - ReCoNote IQ-R CM/SonBBS	最終レポートの 電子化データ 毎週5年毎の 振り返りインタビュー 開始 毎週の授業進行 インタビュー開始 毎日の授業管理画面 自己評価開始
	認知科学研究法2	認知科学2 応用統計学	文章と実験データの分析を通して「知識画像」を学ぶ 「知識画像」に関する多様な文献をまとめる	「知についての認知科学」			
2001	認知科学入門	認知科学研究法1	バズン問題を解いて「知識」や「相互作用」を学ぶ 認知科学者のレクチャーから認知科学研究法を知る	「認知科学とは？」			
	認知科学研究法2	認知科学2 応用統計学	代表的教科書から「知識」の概念を関連付け、データ分析と結びつける 「知識画像・獲得・利用・支援」に関する12文献をまとめる	「知についての認知科学」			
2002	認知科学入門	認知科学研究法1	バズン問題を「構造的解法」を解き、関連する専門文献を分けて 書く作業をこなすことで「問題解決」について学ぶ	「問題解決の 文章をまとめる			
	認知科学研究法2	認知科学2 応用統計学	教科書から「知識」の概念を多面的に「知識画像」について学ぶ 「知識」「問題解決」「発見と社会」に関する33文献をまとめる	「知についての認知科学」			
2003	認知科学入門A・B	認知科学初級A・B	バズン問題を「動的計画法」を解き、経路を専門書と 結びつけて「知識画像」を学ぶ	「これからの学習に認知科学は どう役立つのか？」			
	認知科学中級	認知科学上級	「知識」「知識利用」「問題解決」についての実験を体験し内容を関連付ける 「知識」「問題解決」「発見と社会」に関する34文献をまとめる	「知についての認知科学」			
	認知科学研究法Ⅰ	認知科学研究法Ⅱ	認知科学者のレクチャーから研究法を知り、幅広い研究分野に位置づける レクチャーを聞くスタイルを身につける	「認知科学者の道具」			
2004		応用統計学	文章中の統計資料を解釈しつつ「知識利用」を学ぶ	-			
	認知科学入門A・B	認知科学初級A・B	時間をかけてバズン問題を「動的計画法」を多回解き、経路を抽出する	-			
	認知科学中級	認知科学上級	「無進化」の文章を多回関連付け、自分なりにまとめる	-			
	認知科学研究法Ⅰ	認知科学研究法Ⅱ	認知科学者のレクチャーから研究法を知り、相互に関連付ける	-			
		応用統計学	-	-			

図8：ティーチング・ポートフォリオの概要

1-2-1 ベクトルの加減

2つの変位をひきいて行ってみよう。

まず $\vec{a} = \begin{pmatrix} 4 \\ 1 \end{pmatrix}$ だけ移動し、そこから引き続き $\vec{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$ だけ進むと、図1のように結果的に $\begin{pmatrix} 6 \\ 4 \end{pmatrix}$ だけ移動したことになる。これを \vec{a} と \vec{b} の和といい、 $\vec{a} + \vec{b}$ と書く。

図1 ベクトルの和

一般に、 $\vec{a} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$ 、 $\vec{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix}$ のとき

$$\vec{a} + \vec{b} = \begin{pmatrix} a_1 + b_1 \\ a_2 + b_2 \end{pmatrix}$$

とするのである。これは

$$\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 + b_1 \\ a_2 + b_2 \end{pmatrix}$$

と書いても同じことであり、ベクトルどうしの加

図9：三省堂数学高等学校教科書

3. 研究実施体制

本研究の場合、全体を中京大学が統括しており、特にグループ長を設けていない。

<理論構築グループ>

- ・ 「適応的熟達」という考え方の精緻化
- ・ 大学4年間での熟達化のためのカリキュラムを考案

<実践開発グループ>

- ・ 授業実践
- ・ 理論構築に資するデータ分析と整備
- ・ 協調学習支援ツール群の開発。

<数学・物理拡張グループ>

- ・ 三省堂高校数学教科書電子化
- ・ 上記の実践利用評価

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

（1）論文発表

○ 著 者 名：諏訪正樹

タ イ ト ル：「創造」の研究：現象を生む実践の学

掲 載 書 籍 名：人工知能学会誌

巻 号 頁：19(2), 205-213

発 行 年：2004

○ 著 者 名：白水始

タ イ ト ル：協調学習における理解深化過程の分析：発話を対象とした分析方法の提案

掲 載 書 籍 名：中京大学博士学位論文

巻 号 頁：

発 行 年：2004

（2）特許出願

H15年度特許出願件数：0件（研究期間累積件数：0件）