

科学教育推進のための協調学習支援システムの開発

Development of a CSCL system in science education

○大島純¹, 美馬のゆり², 鈴木真理子³, 加藤浩⁴, 山内祐平⁵

Jun OSHIMA, Noyuri MIMA, Mariko SUZUKI, Hiroshi KATO, & Yuhei Yamauchi

¹ 静岡大学教育学部, ² 公立はこだて未来大学, ³ 滋賀大学教育学部,

⁴ メディア教育開発センター, ⁵ 東京大学

¹ Shizuoka Univ., ² Future University at Hakodate, ³ Shiga Univ., ⁴ NIME, ⁵ Tokyo Univ.

This study reports design experiments in two consecutive years to detect general design principles for constructing appropriate CSCL system configuration and curriculum design. The target curricula were from the information science and the learning science at the university level. In the first year, we took the general approach to the designs for figuring out what aspects of curriculum designs were actually crucial. In the second year, then, we took the specific approach to the curriculum designs depending on the course contents. Results generally suggest that our designs in the second year were more successful than those in the first year. Comparisons between designs in two different courses led us to draw some conclusions on the general principles of curriculum designs with CSCL technologies being as reflection tools.

1. 研究目的

本研究の目的は、近年盛んにその開発が注目されている協調学習支援システムを科学教育の促進のためにいかに利用可能かを検討し、そのプロトタイプを提案することであった。システムの構築を考えるうえで、これまでのいくつかの流れを概観し、その問題点を洗い出した。

科学教育というキーワードからは、主に自然科学における学習者の知識獲得をどのように促進することができるかを考える研究が多く見受けられた。取り扱われる領域は、化学、物理学、生物学、地学と様々ではあるが、そこでの最終的な理解の目標は科学的な法則や理解の獲得であった。しかし、真の意味での科学とは科学的知識を獲得することではなく、「科学する (doing science)」と考えるべきであろう。科学的な知識や理解を獲得するだけでなく、それらを見ずからの探求心にもとづいて解明していく、あるいは作り上げていくことが重要となるのである。こうした動きは、最近の学習科学において顕著である (Bransford, Brown, & Cocking, 2000)。

学習支援システムというキーワードからは、仮想大学の構想が顕著である。仮想大学 (virtual university) 構想は、大学という高等教育機関がそれぞれ独自の色合いを出し、生き残っていくための武器の一つであることは間違いない。それぞれの大学が何らかの形で大学の持つ知的リソースをネット上で配信することにより、これまで以上に幅広い教育のマーケットへ拡張しようとしている。しかし、その一般的な姿は e-learning あるいは Web-Based Training System と呼ばれるものに代表されるように、そのほとんどが技能習得ベースのものであり、さらに個人学習中心に進められることを前提にデザインされている (ALIC, 2001)。

本研究では、これまでのこうした研究の流れを受けたいうえで、「科学 (science)」についての新たな視点と、「協調学習 (collaborative learning)」という学習形態を強調したカリキュラム作りを CSCL (協調学習のコンピュータ支援) システム (Koschmann (ed.), 1996; Koschmann, Hall, & Miyake (eds.), 2002) をベースに提案することとした。前述したように本研究における「科学 (science)」は natural science に留まらない。その領域はさらに社会科学へとその野を広げ、しかし、これまでとは異なる視点をそこに注入する。それは、プロセスとしての科学 (science as process) という考え方である。すなわち、最終的に獲得する知識がこれまでの

科学において正しいといわれている概念的な知識であるだけでなく、さらにその知識を用いてより深いレベルの問題を解決するときに獲得した知識を利用しながら、さらに学習を展開していくために必要な方略的知識の獲得をねらった。

次に学習活動の中心に協調学習を考え、デザインした。問題解決型の学習、さらにはプロジェクト学習を小集団で行わせることにより、概念的知識を理解していくことが、他者との考えの交渉を必要とし、さらにそこからより高次の理解を導き出していくこと自体がより自然であり得る学習環境の構築を心がけた。

2. 研究方法としてのデザイン実験アプローチ

本研究の目的は、単に理想的だと思われるシステムをデザインするだけではない。本当にそのシステムが学習環境として有効に機能しているかどうかを実証的な研究で検証し、継続的にその機能を修正していくというものである (e.g., Brown, 1992)。本研究では、このような継続的なシステムのデザインの向上が次のような観点から行われた。

(1) 学習コンテンツのデザイン。科学の世界で取り扱われる知識内容は、単なる技能ではなく概念的な理解である。教授者が期待するレベルでの概念的理解を習得させるためには、期待されるレベルが学習者に明示されていないなければならない。本研究では、活動の目標設定 (goal あるいは task) として学習者にこれを明示し、個々の goal あるいは task 間の関連性が理解できるように課題構造をデザインした。

本研究でターゲットとしている学習環境は高等教育機関における専門教育であり、そこで一つのコースのカリキュラムをデザインする際に、そのコースが受講生が履修する全体のプログラムの中でどのように位置づいているかを検討せずに独立したものととらえることはできない。よりグローバルなカリキュラムの中で、特化したコースが適切に遂行されるためのデザインを考えた。

(2) 学習活動のデザイン。期待される概念的理解を習得してもらうために、学習者にどういった活動に従事してもらうのが適切かを考慮した。行動レベルでの活動だけではなく、その背後にどのような認知的なプロセスが関与すべきかを検討した。

(3) CSCZ システムのデザイン。テクノロジー支援として、おもに非同期的 (asynchronous) なコミュニケーション・ツールを導入した。今回ターゲットとしたコースの受講生、また教授者のコンピュータ・リテラシー、またネットワーク環境に応じてもっとも適切だと考えられるツールのバッテリーを考案し、実証的に検討した。

3. デザイン実験の総合計画の概略

ターゲットとしたフィールド。本研究でターゲットとしたフィールドは、二つの異なる専門性を持つ高等教育機関であった。フィールド A は、情報科学を専門とするプログラムにおける「情報表現基礎 I」のコースカリキュラム (1 年生) をテクノロジーを導入してデザインすることを目的とした。また、フィールド B は、総合大学の人文学部の学生 (3~4 年生) を対象とした「学習科学」におけるコースカリキュラムのデザインを目的とした。それぞれの詳細については後述する。

デザイン実験の流れ。各フィールドにおけるデザイン実験は、二年間にわたり二度のフィールド実験を計画した。第一年度は現状カリキュラムの診断と一般的な導入手続をとり、そこから得られた知見をもとに第二年度ではコースに特化したデザインを検討、さらに実証的な検証を行った。ここでは、紙面の都合上二年度目のデザインについてのみ述べることにする。

3.1. デザイン実験 1 (フィールド A)

フィールド A 「情報表現基礎 I」のコース・カリキュラムは、次のような観点からデザインされた。

(1) 学習コンテンツ。今回対象としたコースの目標は、「多様な情報の中から構造を抜きだし、編集し、再構築し、表現する、あるいはその仕組みを設計する」能力を身に付けることであった。こうした考え方の変化を主眼としたコースのために、その教育方法として美術大学におけるアトリエの学習空間における

制作活動を取り入れた。具体的な作品を絶え間ない協調活動の中で批評しあうことにより、上述したような能力を身に付けていくことができるような環境の設計を試みた。

(2) 学習活動。アトリエ的空間における学習活動は、それぞれの制作活動が自然と目に入り、また、誰かが他の誰かとはなしている内容が自然と耳に入るようなナチュラルでかつインタラクティブな空間である。主な活動はそれぞれのアイデアをできるかぎり自然に他者と共有できるように、通常のコミュニケーションやテクノロジーを利用して自らのアイデアのポートフォリオを作成、共有していく活動をデザインした。

(3) CSCZ システムのデザイン。コース内でデザインされるべき学習活動が、長期的な制作活動とその内省的思考を要求するのに反して、一週間の学生の活動は、異なるコースの学習内容において多くが分断されてしまっていた (図 1)。そこで、彼らの活動がコースの時間割に合わせて分断されないように、仮想的なアトリエ空間をネットワーク上に設計し、そこでの内省的な思考をさらに現場での制作過程と融合させることによって、より継続的で生産的な学習環境の構築を目指した。その際利用したシステムは一般的な掲示板とメーリングリスト、さらには教授者の管理する Web サイトのバッテリーとして実現した (図 2)。

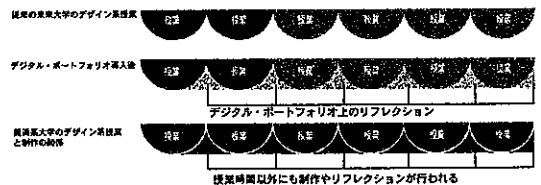


図 1. テクノロジーの導入によるカリキュラムの変化。

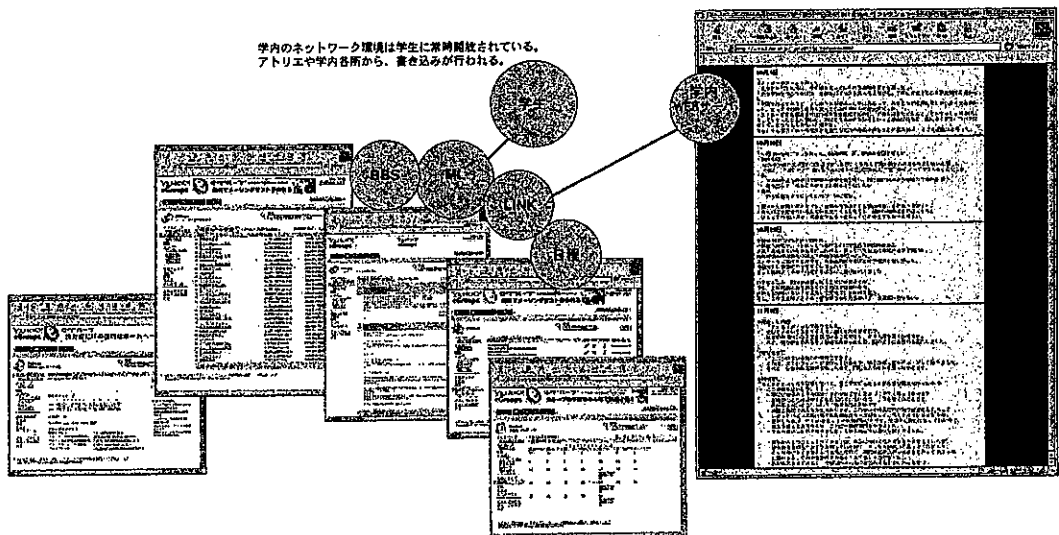


図 2. フィールド A で利用された CSCZ システム。

評価方法として、フィールド A では、受講生の中に参与観察者として研究者自身が入り込み、彼らの意識の変化を記述をもとに分析していくというエスノグラフィックなアプローチをとった。そこから、制作過程をとらえて受講生の内省的な活動は次のような段階を経て発達していくことがわかった。第一段階は「素材（情報）と自分の関係を築く」活動であり、そこでは自分なりの活動の位置づけが行われていた。第二段階は「授業者が一人ひとりの受講生と対話する」段階であり、個々人の価値付けを、授業者が専門的な立場から解釈する活動が重要となっていた。第三段階では「共同体としての意識と他者への表現」を意識するようになる。個々人の制作過程を共有することによりそこに一種の共同体が成立し、さらには作品の価値付けのための共有の基準が構築されていくのである。

このように受講生の学習活動の変化を見ていくと、第三段階にいたって初めて教授者の目標としていた「情報を選択し構造化する」活動が学生の中に見いだされるようになっていく。そこに至るまでの学習活動において、テクノロジーはじつに様々な支援として働いているが、もっとも重要な知見は新しく導入されたシステム自体がそれまでの成立している有効な学習活動を根本から否定するようなものではなかったことであろう。メディアミックスという表現が適切であると考え、様々な通常の表現の道具とそれをさらに共有しやすくするためのネットワークテクノロジーが適切な学習の目的にそってデザインされる時のみ、今回のような期待される既決が生じるものと考えられる。

3.2. デザイン実験 2 (フィールド B)

(1) 学習コンテンツ。本研究で対象とした講義は、国立大学人文学部における教職免許取得希望者を対象とした必修科目「教育方法論」であった。教授目標として(1)最近の学習研究における新しい知識観（分散知）、学習観（状況的学習）についての基礎的な理解を獲得する、(2)そうした知識観、学習観に基づいて開発されている CSCL システムの機能とその利用の仕方について理解する、という 2 点を設定した。

講義内容を単に伝えるだけでは、概念的な理解は利用可能な形に深まらない。よって、学習すべき知識観、学習観の定着を図るために下位課題を設け、それを解決していく中で自らの理解の不十分さに気づき、さらには教授者が明確な介入を試みることができるよう設計した。

(2) 学習活動。受講生の学習活動はすべてが問題解決活動をプロジェクトで行う形式をとった。前述したようにプロジェクトそのものは、それぞれ彼らが学習すべき概念的知識を駆使して問題を解決していくというもので、さらにグループの中で内省的思考を行う時間や、それをクラス全体で共有するための時間を確保した。受講生の専門性を考慮し、同じ専門性を持つ受講生からなるグループ構成でのプロジェクトと、異なる専門性を持つ受講生からなるプロジェクトを学習の進展に合わせて設計した。基本的には、基礎的な概念的知識を学習する段階では同質性の高いプロジェクト・グループの構成として、お互いが補い合えるような活動を支援し、自らの知識を発展的に利用する段階においては、異なる専門性を持つプロジェクト・グループの構成とした。

(3) CSCL システムのデザイン。フィールド B においては、特に受講生に展開してもらいたい対話の構造を明確に定義し、それを支援するような CSCL システムの設計を心がけた。受講生を小集団のプロジェクト・グループに分けて学習を展開させる場合、彼らが従事する対話の構造として次の 3 つの層を検討しなくてはならなかった：グループ内の対話、グループ間の対話、そして、クラス全体としての対話。グループ内の対話は、基本的には通常のディスカッションを主なコミュニケーションの道具として展開するべきものであると考えた。しかし、実際にプロジェクトが始動して、最終的にクラス全体としてその概念的知識を共有していくためには、お互いの活動が共有され、それがよい意味での制約条件となり、個々のグループの活動の間に協調が生じるような仕掛けが要求された。また、こうしたグループ同士のコミュニケーションや、個々のグループの学習の履歴を、さらに教授者がクラス全体の対話の材料として利用することも有効であると考えた。よって、今回こうした学習活動に特化した形で掲示板システムを利用するために、市販のソフトウェアをカスタマイズすることで次のような機能を持つシステムを構築した（図 3）。

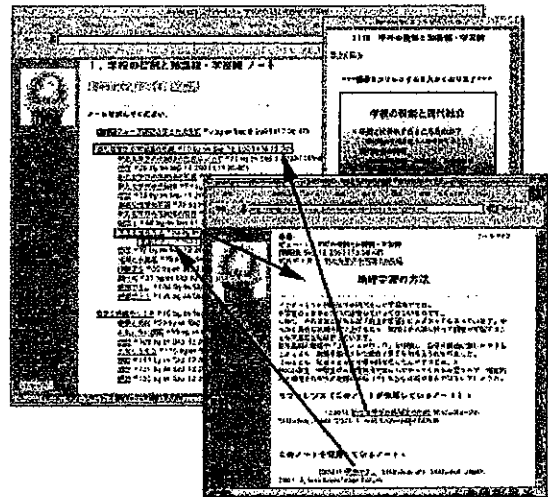


図 3. フィールド B で利用された CSCL システム。

第一に、受講生が自分たちのアイデアを多様な形態で表現することができるように、掲示板の個々の書き込みが HTML を利用可能とした。掲示板のデータベースシステムは、UNIX のサーバ上で cgi を介して情報をやり取りするが、Web のサーバとして機能する UNIX 上にファイルサーバを併設して、多様なソースを個人ディレクトリに保存することができるようにした。書き込みの際にそこから自由にテキスト領域に JAVA のスクリプトを介して、タグを挿入することができ、最終的なアウトプットがマルチメディア化できるようにした。

第二に、掲示板の書き込みは関連したもの同士がスレッドで表示されるだけでなく、それぞれの書き込みの中にその書き込みが参照している別の書き

込み、また、その書き込みを参照している別の書き込みへのハイパーリンクが自動的に挿入されるように設計した。また、意図的に書き込みと書き込みの間にリンクを付与することもでき、それによって柔軟なハイパーテキスト構造を実現することができた。

フィールド B では、評価方法として受講生の最終的な概念的理解とそれに至るまでに彼らが従事した学習活動を定性的に分析する方法をとった。その際、第一年度に得たデータと比較することによって、二年度の成果が前年度と比較してより良いものであったかどうかを検討した。

CSCL システムの掲示板上で起こった対話の質 (表 1) と最終レポートの内容理解 (表 2) の程度について評価を行った。2 名の評定者による得点の相関がそれぞれ高かったため、各ノート (20 点満点) / レポートの得点 (16 点満点) には平均値を用いた。t 検定の結果、対話の質、内容の理解共に第 2 年度の平均値の方が有意に高いことがわかった (ノート: $t(293) = 12.50, p < .01$; レポート: $t(98) = 8.11, p < .01$)。

表 1. ネットワーク上の対話の質。

年度	平均 (SD)
第一年度	6.90 (4.50)
第二年度	14.44 (2.92)

表 2. レポート評定の平均値。

年度	平均 (SD)
第一年度	5.83 (2.89)
第二年度	10.18 (2.47)

4. 考察と結論

本研究では、情報系の大学における専門課程と総合大学における人文学部の学習科学に関わるコースのカリキュラムを、非同期的な CSCL システムを導入してデザインし直すことで、より適切に授業内容が理解され、学習内容の考え方にそった思考のパターンが習得されるプログラムの開発を目指した。

それぞれ個々のデザイン実験からは、ターゲットにしたコース・カリキュラムに特化したデザインの工夫が見られ、それが第一年度の診断に基づいていたことで、期待した結果が得られた。ここでは、それぞれのデザイン実験から見られる共通要素を考えたい。これらが今後 CSCL システムを多様な学習の文脈で利用していく際のデザインの原則となるからである。

学習活動に診断に基づいた利用方法のデザイン。 いずれのデザインにおいても、テクノロジーの導入如何に関わらず、目指した学習活動がまず明確にされている。こうした期待している姿をまず明確化することによって、それを実現するためにどのようなシステムが必要かわかる。

それまでの学習活動との協調。 新たにシステムを導入する際、そこで予期される活動が、それまでの活動の延長線上に位置づけられないかぎり、全体的な成果は期待できない。紙面の都合上割愛したが、どちらのデザイン実験も一年度目にそうしたエラーを経験した。それを分析し、可能な活動の延長を見いだすことによって二年度目のデザインは検討された。

コミュニケーションよりも内省思考の手助けとしてのシ

ステムの存在。本研究で取り扱ったフィールドのいずれも、基本的には同じサイトで授業を受講する学生の集団を対象とした。こうした on-site で非同期的な CSCL システムを利用する利点は時間の軸を越えた対話だけでなく、共有する内容を協同でモニターするためのオブジェクト作りの道具として価値である。知識の共有性が高まることで、それをもとにより知的生産性の高い科学的な活動が可能となり、対話の対象が明確化されることで教授者の支援もより効果的となる。

今後こうしたデザインの一般原則をより多様な文脈へ適用していく研究と、これまでの対象としてきたコース・カリキュラムでのブラッシュアップを並行して行っていくことで、実用的でかつ効果の高いシステムのデザインを考えていくことができるであろう。

参考文献

- ALIC. (2001). eラーニング白書. オーム社.
 Bransford, J., Brown, A., & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn: Expanded Edition*. National Academy Press.
 Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in evaluating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
 Koshmann, T. (Ed.). (1996). *CSCL: Theory and Practice of an Emerging Paradigm*. Mahwah, NJ: LEA.
 Koshmann, T., Hall, R., & Miyake, N. (Eds.). (2002). *CSCL2: Carrying Forward the Conversation*. Mahwah, NJ: LEA.

発表論文リスト

- 大島純, 大島律子, 刑部育子, 美馬のゆり, 中原淳, 鈴木真理子, 山内祐平. (2000). ポートフォリオ作成を支援するツールとしての CSCL 環境. *日本科学教育学会第 24 回年会発表論文集*, pp. 81-82.
 鈴木真理子, 刑部育子, 美馬のゆり, 中原淳, 大島純, 大島律子, 山内祐平. (2000). 高等教育機関におけるポートフォリオ作成の意味. *日本科学教育学会第 24 回年会発表論文集*, pp. 77-78.
 美馬のゆり, 刑部育子, 中原淳, 大島純, 大島律子, 鈴木真理子, 山内祐平. (2000). ポートフォリオ作成を念頭に置いた高等科学教育カリキュラム. *日本科学教育学会第 24 回年会発表論文集*, pp. 79-80.
 大島律子, 大島純, 村山功. (2001). 高等教育機関における CSCL 環境利用のデザイン実験アプローチによる実践と検討. *日本認知科学学会第 18 回大会発表論文集*, 166-167.
 大島律子, 大島純, 田中秀樹. (2002). CSCL を利用したカリキュラムのデザイン実験: 高等教育機関の集中講義における比較と検討. *日本認知科学学会第 19 回大会発表論文集*.
 大島律子, 大島純, 田中秀樹. (印刷中). CSCL を用いた高等教育カリキュラムのデザイン実験: 知識構築活動を支援する学習環境の構築. *認知科学*.