

招待講演

教育とグループウェア

岡本 敏雄

電気通信大学大学院 情報システム学研究科

〒182 東京都調布市調布が丘1-5-1

tel: 0424-83-2161 [ex.5261]

okamoto@ai.is.uec.ac.jp

あらまし: 昨今, CSCW (Computer Supported Cooperative Work) という言葉と同時に, 教育分野では CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) という言葉が多く使われるようになってきた。これは複数のユーザが, 協調的に問題解決を行ったり, 議論を通して学習課題を遂行していく時のグループ型学習支援システムである。このような研究の中で, マルチメディアの利用とともに様々なエージェント・モデルが提案され, 興味深い研究が展開されてきている。さらに従来の CAI や ITS をインターネット上でアリバリーしようという動きも見られる。ここではグループ学習型の形態も工夫されつつあり, 今後の進展が期待される。本稿では CSCL を中心に, 認知科学およびエージェント指向的観点から, 研究の動向および課題を掘り下げ, 議論を展開していく。

Education and Groupware

Toshio OKAMOTO

*Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications
1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182 JAPAN*

Abstract: Accompanying with development of INTERNET technology, the importance of human communication is increasing more and more and the expectation of group-work/learning becomes higher in the world wide scale.

This paper describes groupware and its educational application from viewpoints of cognitive science and agent oriented technology. Recently, the word of CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) instead of CSCW (Computer Supported Cooperative Working) is used in the educational field so often. The implicit meaning of the word "learning" reflects to facilitate learner's competency for meta-cognition. From the aspects like this, we try to review the studies of CSCL and explore the tasks for the design and development of the distributed collaborative learning environments in consideration of agent model technology and social cognitive psychology.

1 はじめに

インターネットの発展にともない、グループウェアの研究が再認識されてきている。同期型のグループウェアの研究のみならず、非同期型のグループウェアの研究が多く見られるようになってきた。従来、映像や音声情報の通信機能を拡充させることによって、ネットワーク上での face-to-face 的な場の実現、リアルタイム型のグループウェアの形態と技術的課題、利用方法・形態、そしてコミュニケーション過程での人間の心理的側面の研究が盛んに行われてきたわけである。そこでは“Transparency and Seamless”なメディア通信技術がキーであった。ところで昨今、CSCW (Computer Supported Cooperative Work) という言葉と同時に、教育分野では CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) という言葉が多く使われるようになってきた。これは複数のユーザが、協調的に問題解決を行ったり、議論を通して学習課題を遂行していく時のグループ型学習支援システムである。このような研究の中で、マルチメディアの利用とともに様々なエージェント・モデルが提案され、興味深い研究が展開されてきている。さらに従来の CAI や ITS をインターネット上でデリバリーしようという動きも見られる。ここではグループ学習型の形態も工夫されつつあり、今後の進展が期待される。本稿では教育とグループウェアということで、特に CSCL を中心にしながら認知科学およびエージェント指向的観点から、研究の動向および課題を掘り下げ、議論を展開していくことにする。

2 CSCL 研究の動向

認知科学的研究成果から、仲間同士の相互作用はある状況において参加者の認知的変容を促進することが認められている [4, 10]。これは協調学習を支援するコンピュータシステム設計に多くの興味が集まる理由の一つと言えよう。社会認知的競合の理論によれば、学習者の認知的変容を促すのは仲間同士の競合解消である。個人間の競合は個人内での競合よりも無視されにくいいため、認知的変容の中心的な部分となる。Joiner (1994) は、この個人間の競合に着目し、その生起過程のモデル化及び競合のタイプによる解消戦略を検討している。そこでは、個人間の競合は各学習者の **課題焦点** の差異、もしくは **課題表現** の差異によって生じると仮定される。す

なわち、各学習者が課題のどの部分に着目しているか (i.e., 課題焦点)、あるいは彼らが対象世界に対してどのように認識しているか (i.e., 課題表現) である。彼はコンピュータ上での協調学習過程の対話を分析することにより、彼の提唱するモデルの妥当性を検討している。その結果、ほとんどの個人間競合は、課題焦点、課題表現、対話焦点の差異によって説明されることが報告されている。

同様に個人間競合の効果に着目した研究として、Dillenbourg & Self (1994) があげられる。協調学習過程での競合する主張の Negotiation Process においては、学習者が選択した問題解決戦略のみならず、ある戦略を選択するに至った過程及び根拠等も言語化することが求められる。これは個人内での意思決定プロセスの外在化であり、学習者の内省を促すことが期待される。彼らはこの有益な個人間競合を生じさせるようなエージェントを組み込んだ協調的学習環境を提案している [3]。Co-Learner と呼ばれるこの人工の協調学習者は、伝統的 ITS とは根本的に異なるアーキテクチャを採用している。すなわち、教授戦略に関する知識を持たず、対象世界に関する知識も学習者との相互作用を通じて獲得していくのである。ここで機械学習技術の問題が生じる。学習のプロダクトよりも学習のプロセスが重視されるため、Co-Learner の学習方法が、非常に人工的であるなど人間学習者にとって理解しがたいものであるならば、人間学習者は彼の学習方法を共有することは困難であろう。さらには学習方法に関して Co-Learner と議論することも不可能である。これらの制約を満たすような機械学習技術は未だ開発されておらず、Co-Learner を設計する上で非常に重要な課題となる。

Davies (1994) は、従来の face-to-face での学習環境とコンピュータ上に構築される学習環境 (e.g., Computer Mediated Communication system) との相違を検討し、そこから望まれる CSCL 環境について考察している。face-to-face の学習環境の場合、社会的文脈を有する物理的設定 (e.g., 学校、スタジアム) や、学習者間の相互作用をコーディネートする教師が存在する。物理的設定は学習者の行動をある程度予測可能にし、教師は各学習者についてのモデルに基づいて相互作用をコーディネートするであろう。一方、コンピュータ上の協調的学習環境においては、上述のような物理的設定を持たないため、社会的文脈との関連が希薄になる。そこでの活動の制約や相互作用のコーディネーションル

ルは非常に flexible である。これは利点にも問題点にもなりうる。

Davies は、協調学習においては学習課題に関わるコンテンツの伝達よりも、相互作用のコーディネーションが重要であると主張する。それゆえ CSCL の設計においては、人間の代りとなるようなエージェント (e.g., コーディネータエージェント) を組み込むことが求められる。コンピュータに人間の代りをさせる試みとして、ITS, co-learner 等の研究が盛んに行われているが、コンテンツの伝達を重視したものが多く見受けられる。今後は、相互作用のコーディネーションを重視したエージェントの構築が求められよう。

コンピュータは、学習者間の協調を支援するためにどのような役割を果たすのか。一つのアプローチとして、学習者らの議論に刺激を与えたり、触媒となるようなツールをコンピュータ上に構築することができよう。例えば仮説検証のためのシミュレーション環境等がそれにあたる。しかしながら、Howe *et al.* (1990) も指摘するように、そういったシミュレーション環境やマイクロワールドは協調学習のための重要な資源となりうるが、それだけでは不十分である [6]。重要なことは、学習者に自らの仮説を表現させ、それに関する説明や根拠の提示を経て、学習者間での合意へと到達させることである。Vygotsky (1978) によれば、学習者間を仲介する最も重要な記号は、言語である [13]。コンピュータは明確な言語表現のための手段の提供、会話の遷移表現、行き詰まりの解消支援などにより、アクティブに協調を仲介することができよう。コンピュータ環境は、単なる相互作用のための刺激提供のみならず、ユーザ間での相互作用の仲介ツールとして設計される必要がある。さらに、その機能を一つのエージェントとして実現し、協調学習の一人の参加者として捉えることもできよう。

筆者は、分散環境下における協調学習を知的に支援するシステム (Intelligent Distributed Collaborative Learning Environment, iDCLE) を研究・開発している。そこでは協調学習場面におけるシステムの役割を“内容的側面からの支援”と“形態的両側面からの支援”とに分けて実現している [15]。“内容的側面からの支援”とは、コンテンツの伝達を目指す側面であり、“形態的側面からの支援”は、相互作用のコーディネーションを実現する側面である。iDCLE において学習者は、課題について自由に議論し、対象領域の ITS 等に問い合わせながら解を導

く。その過程において議論進行が滞った場合には、形態的側面からの議論支援を行うコーディネータエージェントが助言を提示し、議論の進行を援助する。また、国内の CSCL 研究としては、発達最近接領域の理論に基づき、同程度の知識レベルの学習者間での協調学習を促進することを試みる日本語協調学習環境 GRACILE [1], Knowledge awareness という概念に基づき、知識を蓄積・探索する過程において同じ知識に興味を持つ学習者間での討論を促進する Sharlok [21], グループ内の全ての学習者に欠落する知識を補うような疑似学習者 (コンピュータエージェント) を組み込んだ協調学習環境を提供する GroupPhysics [18], 個別学習中の学習者の行き詰まりをトリガにして peer tutoring を開始することによって Learning by teaching の効果を期待する FITS/CL [14] 等があげられる。また、池田ら (1996) は CSCL 研究におけるオントロジー構築の必要性を主張している。

3 エージェントによる実現

3.1 エージェントとは何か

近年、エージェントという用語が多用されるようになった。一般的にエージェントとは、自律的なシステムの総称である。しかし、現状を見るに、この用語はさまざまな状況で微妙に異なる意味を込めて用いられているようである。石田 (1995) の分類によれば、以下の3つの用法に大別される。

概念レベルの用法：

1. 自律機能を目指す用法
2. 分散知能を目指す用法

応用レベルの用法：

1. Software agent
2. Interface agent
3. Believable agent

実装レベルの用法：

1. Agent oriented programming
2. Mobile agent
3. Telescript agent

Shoham (1993) は、エージェントの状態や機能 (仕様) を表現する論理体系を、心的状態及び時間概念を含む様相論理の体系として提案している [12]。そこでは、エージェントの振舞いを規定する要素と

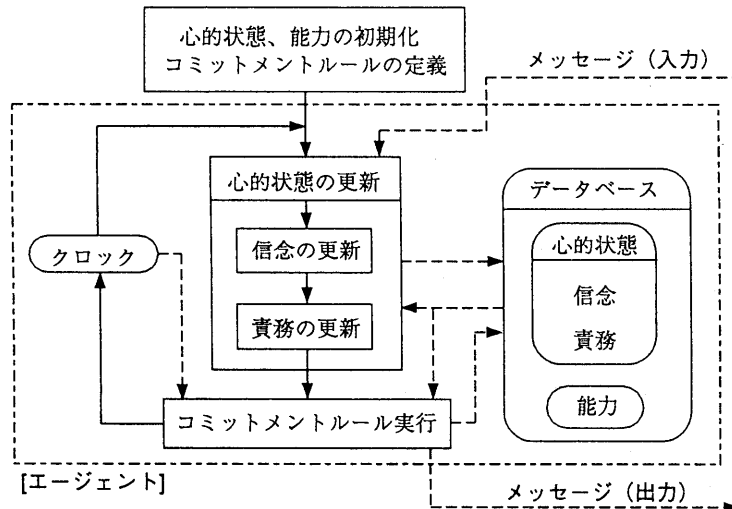


図 1: エージェントの内部構造

して、処理目標、実行可能な動作、認識している事柄等があげられ、これらをエージェントの心的状態として表現している。具体的には、動作、信念、責務、判断、能力、時刻等が心的状態として記述される必要がある。心的状態の推移を制御するプログラムを記述するために開発された言語として Agent-0 がある。Agent-0 で構築されたエージェントの内部処理は、以下の2つの処理の繰り返しとして捉えることができる。すなわち、1) 他エージェントからのメッセージを受け取り、自分自身の心的状態を更新する、2) コミットメントルールを起動し、他エージェントへのメッセージ送出や心的状態の更新などの処理を実行する。エージェントの内部構造を図1に示す。ある時点でエージェントがメッセージを受け取ると、エージェントは自身の心的状態を更新する。次にその状態で適用可能なコミットメントルールを選択し、そこで指定された動作を実行する。その後クロックが1単位だけ進められ、次の時点の処理フェーズに移行する [17]。

3.2 エージェント間のコミュニケーション

エージェントの特徴の一つとして、その社会性をあげることができる。すなわち、他エージェントとの相互作用を通して他者の状態を把握し、他者に対する信念を構築する。そして協調的に問題を解決する。この相互作用による協調を実現するためには、エージェント間に共通の言語 (Agent Communication

Language; ACL) を用いてコミュニケーション手段を確立する必要がある。ACL は Speech-Act 理論に基づいて設計される。Genesereth ら (1994) によれば、ACL 設計のアプローチとしては、手続き型と宣言型の2種類が考えられる。前出の GRACILE においては、宣言的アプローチによって ACL を設計している [22]。具体的には、request, answer, commit 等が用意される。

4 協調分散の意味

複数のエージェントによって行なわれる協調活動は、非常に複雑な要素から構成される。実際に協調活動が行なわれるまでには、様々な段階が存在すると考えられる [8, 9, 19]。図2は、協調という複雑なプロセスを、より単純なプロセスの積み上げによる階層構造と捉えたものである。

Co-presence : 階層モデルの最下位に位置するプロセス。ここでは、複数のエージェントがお互いに時間、空間、情報等を共有する。

Awareness : 他者の存在及び状況を認識する段階。第1層の Co-presence が成り立った上で実現される。

Communication : 他者と様々な情報交換を行なう段階。協調作業のためには、豊かな Communication が必要不可欠である。

Collaboration : 複数のエージェントが、共有されたゴールを遂行する段階。複数の人々によっ

Process	Explanation	Tools or systems
Coordination	Reducing conflicts towards effective collaborations	The Coordinator, gIBIS
Collaboration	Accomplishing shared & common goals	TeamPaint, Groupkit Group KJ Editor
Communication	Exchanging message	e-mail, talk, FAX Information Lens, Active Mail PeCo-Mediator
Awareness	Recognizing people & their activities	users, rwho, finger Video Window, Portholes
Co-presence	Sharing time, space & data	Shared workspace & database

図 2: 協調の階層的プロセス

て、単独ではなしえない、あるいは実現困難な価値を創造することが可能である。

Coordination : 複数のエージェントが協同で作業を行なう場合、手段や実行手順などさまざまな場面で競合が起こり得る。その競合を解消して、効果的な協調活動を行なう段階。

協調活動とは、複数のエージェントが、単独では実現困難な同一のゴールを共有し、その達成のために情報交換を行ない、交渉を繰り返して、合意形成を行なうプロセスと捉えることができる。図 2 に示されるように、Co-presence, Awareness は、協調活動の前提であり、参加者間の Communication は必要不可欠である。そのためには、参加者が物理的に同一の空間や時間を共有する必要があった。しかし、現在、ネットワークの発展により、物理的に分散した環境にある参加者が、コンピュータネットワーク環境のもとで論理的空間を共有し、様々な情報を手軽に交換・共有し、作業や学習を協調しながら遂行し得る環境が整いつつある。このような技術の恩恵は、今までの閉じた学校・教室を開かれたものにする可能性をもち、それによるグローバルな教育が可能になることを意味している。このような環境を有効に活用し、分散協調的な学習環境を積極的に構築することによって、参加者が様々な情報を発信しあい、自分の意見・考えと他者のそれとの相違や関係を認識し得る機会を増大させ、さらには自己認識の向上、自己アイデンティティの獲得のチャンスをも与え得ると思われる。

5 分散協調型問題解決支援ネットワークシステム

図 3 に筆者の研究室で将来に向けて開発している分散環境下における対話協調型の知的問題解決支援ネットワークシステムの構成図を示す。ここでは学習者が他者やコンピュータ上に構築された外的世界に対して能動的に関わっていくことにより、自己の活動/思考過程のモニタ、他者の活動に関する評価、さらには自己と他者との相違の認識等を行ない得る能力を習得することを目指す。すなわち、知識獲得のみならず自己アイデンティティの確立、メタ認知能力の育成を支援するような環境の構築を目的とする。このような環境を開発する上でのキー概念は、まさに資源の分散/共有、利用の分散/協調となる [20]。

6 おわりに

本稿では、教育とグループウェアというテーマに基づき、CSCL を中心として最近の研究動向、CSCL 環境実現のための要素技術となりうるエージェント指向コンピューティング、協調の概念等について述べた。

これまで活発に研究・開発が行われてきたグループウェア/CSCW の教育への応用を考えた場合、そこには目的の相違が生じる。前者の目的がプロダクトの創出を重視するのに対して、後者は最終的なプロダクトよりもむしろ生み出されるプロセスを重視する。そのような意味から今後、協調学習プロセス

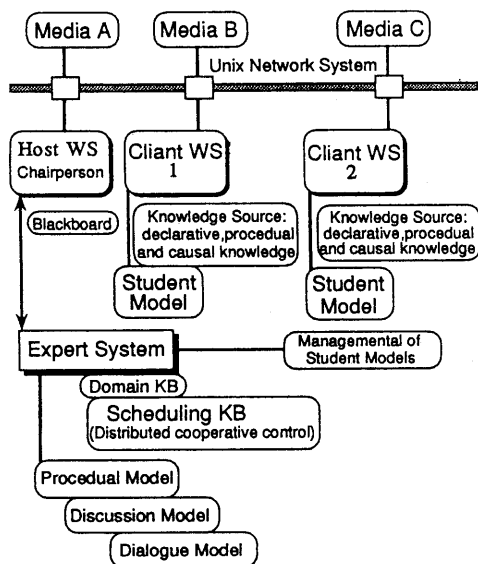


図 3: 分散環境下での対話協調型問題解決支援ネットワークシステム構成図

をシステムが積極的に支援するような機能の探究が期待される。

参考文献

- [1] Ayala, G. & Yano, Y. GRACILE: A Framework for Collaborative Intelligent Learning Environments. 人工知能学会誌, Vol.10, No.6, pp.988-1002, 1995.
- [2] Davies, D. Learning Network Design: Coordinating Group Interactions in Formal learning Environments Over Time and Distance, In: Computer Supported Collaborative Learning (O'Malley, C., ed.), NATO ASI series vol.F-128, Berlin: Springer-Verlag, pp.101-123, 1994.
- [3] Dillenbourg P. & Self J. Designing Human-Computer Collaborative Learning, In: Computer Supported Collaborative Learning (O'Malley, C., ed.), NATO ASI series vol.F-128, Berlin: Springer-Verlag, pp.245-264, 1994.
- [4] Doise, W. and Mugny, G. The Social Development of the Intellect. Oxford: Pergamon Press, 1984.
- [5] Genesereth, M.R. and Ketchpel, S.P. Software Agents, CACM, Vol.37, No.7, pp.47-53, 1994.
- [6] Howe, C., Rodgers, C. & Tolmie, A. Physics in the primary school: Peer interaction and the understanding of floating and sinking, European Journal of Psychology of Education, Vol.5, No.4, pp.459-475, 1990.
- [7] Joiner, R. The Negotiation of Dialogue Focus: An Investigation of Dialogue Process in Joint Planning in a Computer Based Task, In: Computer Supported Collaborative Learning (O'Malley, C., ed.), NATO ASI series vol.F-128, Berlin: Springer-Verlag, pp.203-222, 1994.
- [8] Kuwana E. and Horikawa K. Coordination Process Model — based Design for Synchronous Group Task Support System. Tech. Reports of IPSJ, Groupware, No.13, 13-1, pp.1-6, 1995.
- [9] Malone, T. et al. The Interdisciplinary Study of Coordination. ACM Computing Surveys, Vol.26, No.1, 1994.
- [10] Miyake, N. Constructive interaction and the iterative process of understanding. Cognitive Science, Vol.10, pp.151-177, 1986.
- [11] O'Malley, C. Designing Computer Support for Collaborative Learning, In: Computer Supported Collaborative Learning (O'Malley, C., ed.), NATO ASI series vol.F-128, Berlin: Springer-Verlag, pp.283-297, 1994.
- [12] Shoham, Y. Agent-oriented Programming. Artificial Intelligence, Vol.60, pp.51-92, 1993.
- [13] Vygotsky, L.S. Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes, Cambridge: Harvard University Press, 1978.
- [14] 池田満, 溝口理一郎. 協調学習支援システムのためのオントロジー. 電子情報通信学会, 教育システム情報学会共催ワークショップ資料, pp.81-88, 1996.
- [15] 稲葉晶子, 岡本敏雄. 協調学習支援システムのための学習者の自己関与モデルの研究. 情処研報, 96-AI-103, pp.67-72, 1996.
- [16] 石田 亨. エージェントを考える. 人工知能学会誌, Vol.10, No.5, pp.663-667, 1995.
- [17] 木下哲男, 菅原 研次. エージェント指向コンピューティング. SRC, 1995.
- [18] 中村学, 竹内章, 大槻説乎. グループ学習支援システムにおける知的エージェントに関する研究. 信学技報, ET95-11, pp.79-86, 1995.
- [19] 岡田謙一, 松下 温. 人間のかかわりをいかにモデル化するか. 情処研報, 95-GW-14, pp.25-30, 1995.
- [20] 岡本敏雄. ネットワーク下における学習環境のデザインシステム. 信学技報, ET93-60, pp.27-34, 1993.
- [21] 三宮毅, 松浦健二, 緒方広明, 矢野米雄. Sharlok: Awareness を指向した開放型グループ学習支援システム. 信学技報, ET95-126, pp.109-116, 1996.
- [22] 玉置 亮太, アヤラ ヘルバルド, 矢野 米雄. 日本語協調学習環境 GRACILE — ソフトウェアエージェントのコミュニケーション—. 信学技報, ET95-125, pp.101-108, 1996.