

遠隔教育システムVIEW Classroomにおける 抽象状態表示に基づく一対多の対話支援機構

香川 修見 上林 彌彦
京都大学工学部

コンピュータネットワークで教師と学生を結び遠隔教育を支援するシステムの多くは、ビデオ技術を基本にしたウィンドウ共有型のシステムである。これは教師と学生が同じウィンドウを参照し、表情を表示する画像を使って理解を確認するものであり、会議システムで広く用いられている方法である。しかしネットワークとコンピュータがあれば参加できる遠隔教育では物理的な制限が緩やかであるため学生数が多くなる可能性があり、全学生の顔を一度に画面に表示して教師が確認する方法は不可能である。学生の状態を分布図で表示するように、収集した反応を抽象化して表現することで全体の傾向や個々の学生の理解度を把握する手段が必要である。

本稿ではビデオ技術によらない抽象的な表示機構を説明する。本機構は、多数の学生の特性や学習履歴を基に学生を分類して講義の内容に最もふさわしい学生を対話する相手として選択する。抽象的な表示によって全ての学生の反応を把握しながらリアルタイムで直接対面している状態に近い対話を支援するものである。遠隔教育システムVIEW Classroomは効果的な1対多の対話を実現する。

Use of Symbolic Representations for Student Status in Distance Education System : VIEW Classroom

Osami Kagawa Yahiko Kambayashi

Department of Information Science, Faculty of Engineering, Kyoto University

Many distance education systems utilizing computer networks are based on window-share applications and video technology like conference systems. In these systems a teacher can see and confirm the response of each student and status of the whole class. In a computerized distance education system, however, because of the possibility of large number of attendance, it is usually impossible for the teacher to present all students' faces on a display at the same time. Thus the teacher needs some non-video-based tools for picking up a student as a proper partner for conversation, collecting the responses of all students in real time.

In this paper we propose the symbolic representation facilities suitable for these requirements in place of video technology. They provide tools for a teacher to classify the students by their activities and learning histories for her/his purpose, to select a student on her/his criterion, to collect the responses of all students and show those status in symbolic representation. The VIEW Classroom realizes the effective one-to-many interaction in a class through these mechanisms.

1. はじめに

科学技術社会の高度化に伴い専門教育の拡大が求められている。職場や家庭など、どこにいても広範囲な文献にアクセスでき、専門家と対話したり講義が受けられる環境があれば技術者の水準は大きく向上する。

遠隔教育は近年様々な形態で実施されてきた。運用中のものにはテレビ技術によるものが多いが、学生から教師へのコミュニケーション手段が十分でなく現実の教室で行われる講義とは大きな隔りがある。

仮想教室 (Virtual Classroom[7]) やインターネットを使った遠隔教育システムであるGNA (Globalwide Network Academy)は協調作業環境による学習を支援している。これらのシステムやサービスは電子メールやBBS (電子掲示板) システムのような非同期型CMC (Computer-Mediated Communication) が基本である。

他方、同期型の対話はマルチキャスト応用ソフトウェアによって実現できる。また1対多の対話を支援する有効なツールにはハイパーメディアシステム[14]、ハイパーテキスト協調システム[16]、知識協調構築システム[11]がある。同期型ツールの代表は画面共有による会議システムであり、テレビ放送に比べて学生からのフィードバックが可能になるなどの利点がある。

しかしながら講義では会議よりはるかに多数の学生が少しずつ異なった速度と水準で作業し理解を進めている。すべての学生は教師が提示する教材を共有すると同時に関連したノートを各自が個別に作成する。我々が調査した範囲では全員が同一画面を共有する方法が同期型のシステムの基本であり、各々の学生に対する個別化が十分であるとは言いがたい。また、全ての学生の表情を一度に画面に表示して確認しながら進める方法は、人数や速度の点から不可能である。

遠隔教育には同期・非同期のコミュニケーションツールを統合し教師と学生の役割の違いや1対多の関係を配慮した、協調的な学習過程を支援するシステムが必要である。

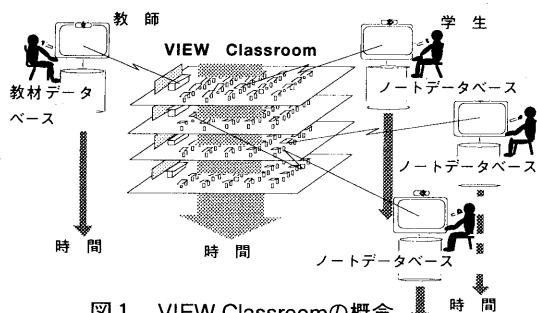


図1 VIEW Classroomの概念

遠隔教育システムVIEW Classroomは、遠隔講義を、空間的・時間的に分散している人々の協調作業を支援する仮想対話型協調作業環境VIEW (Virtual Interactive Environment for Workgroups)としてとらえている。データベース技術をコミュニケーションの基盤とし、ビデオ技術と複合して遠隔教育を支援する (図1参照)。

教育の専門性が高まると説明だけでなく個別の学生との対話の比率は高くなる。講義中にも学生の意見を求めたりグループでディスカッションをした内容を発表させたりする方法があれば遠隔教育にありがちな教師からの一方通行の弊害を軽減できる。

教室における対話は基本的に1対多の対話である。講義中の対話は教師と1学生の間のものであっても、それを聞いて理解を進めている多数の学生を前提にしている。VIEW Classroomの対話支援機構は分散環境で効果的な1対多の対話を実現するために次のような特徴を備えている。

- (1) 成績・質問など学生が持っている学習実績を抽出し座席分布の形で抽象的に表示する。
- (2) 対話の対象となる学生の選択を支援するため条件に適合した学生を抽象的に表示する。
- (3) ウィンドウの共有化と個別化及び顔の表示で直接対面している状態に近い対話を実現する。
- (4) 対話の経過をブロードキャストし仮想座席による抽象化表現で全体の反応を把握する。
- (5) グループ学習を支援する。

2. VIEW Classroomの概要

教師による講義・課題・評価、学生によるノート・質問・レポート・予習・復習など、遠隔地にある教師と学生の一連の活動を支援する。

VIEW Classroomは現実の教室の教育を遠隔地で実現するだけでなくコンピュータネットワークの特質を生かし学生数が多くても個人教授に近い新たな教育環境を提供する目的で設計されている。

本章ではVIEW Classroomの内、1対多対話支援以外の機構を説明する。

2.1 講義とノート

VIEW Classroomでは、教師は文字・図形・動画・音声データを含み、リンク構造を持つハイパーメディア教材を学生画面へ提示して講義をする (図2参照)。

(1) 教材の表示

教材を表示する画面は学生毎に個別化される。文字の大きさ・色・図の大きさなどを教師の画面とは違った形で表示でき、指定した語句や図を強調するなどして学習効果を高める。

(2) 透明なシート

学生は教材上に置いた透明なシートにアンダーラインを入れたり自分のメモを書いたりしてノートデータベースを作成する。アンダーラインやメモは教材データを更新しないが、あたかも更新したかのように表示される。各ノートデータベースへは個別な情報のみを記録する。

(3) 教材とノートのリンク

教材は教師と学生の間で共有されると共に各学生に固有のノートとリンクされる。教師が教材を更新すると学生のノートも更新される。

(4) 講義記録

教材の説明・ポインタの動き・表情・音声などの講義の経過は記録され、復習する場合や遅れて受講する場合に要求に応じて再生される。

このようにVIEW Classroomにおける教材提示とノート作成機構は、教師が提示する画面そのものを学生が共有するのではなく、共有する教材データと学生個別のデータとがリンクする構造を持つものである。

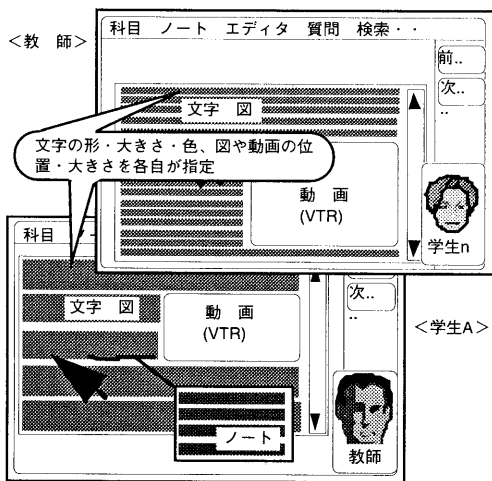


図2 教材提示とノート作成

2. 2 反応の収集

現実の教室では、教師は学生の表情・視線・動作から経験的に状況を把握し、次の説明内容や順序を変化させるなどに反映させている。しかし遠隔教育の場合はネットワークやコンピュータの速度や画面の大きさ・容量など性能の問題が解決された場合でも、学生数が多くなるとビデオ映像による反応の認識には限界がある。このためVIEW Classroomではビデオ映像によらない方法で反応を収集している。

本システムで収集する反応には2種類ある。

一つは直接的な反応である。講義中に「難しい」「速い」などのアイコンをクリックしたり、教師からの問いかけにメニューの選択で応える。

他の一つは間接的な反応である。学生は教師の表示に対して教材のページを変更したりノートの作成をしたりする。システムはこれらの操作データを収集し抽象化して教師の画面へ表示する。

2. 3 質問と回答

講義中に学生は教材の中の対象となる字句(キーフレーズ)・図・動画を指定し、メニューから質問文を選択して質問する。既に他のクラスで回答された質問であった場合はシステムが自動的に回答する。新たな質問は教材の位置・キーフレーズ・質問文で分類され、質問者数かキーワードの優先度順に教師の画面へ表示される。

教師は画面から質問と対象学生を選択する。教師は対話によって質問の意図や詳細を確認した後、関係する教材や資料を使って回答する。経過はその場で全ての学生へブロードキャストされると同時に講義と同様に自動的に記録され、復習時の再生や自動回答などで利用される。

2. 4 オブジェクトの構成

本システムは機能オブジェクト群とカーネルオブジェクト群から成っている(図3参照)。

各ウインドウを表示し操作に対応する機能オブジェクトは相互にカーネルオブジェクトを介してメッセージを交換する。機能オブジェクトは論理的な相手先名やデータ名を使って要求メッセージを送る。カーネルオブジェクトはデータベースと通信機能により論理的な要求を解釈し対象オブジェクトへメッセージを送信する。

カーネルオブジェクトは論理的な伝送路を提供し、機能オブジェクトのモジュラリティを高めシステムの分散構造を実現している。

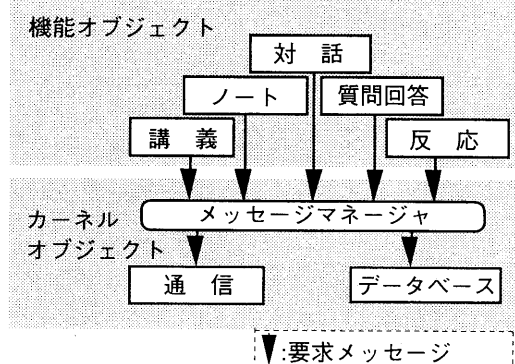


図3 機能オブジェクトとカーネルオブジェクト

3. 対話支援機構

図4に示すように、本システムでは教師と学生は互いの表情・声・共有ウィンドウを使って対話をする。対話スタイルによる講義は1対1の指導に近く理解を深めるのに効果がある。対話を聞いている他の学生にも同様の興味や注意を喚起する。

本システムでの対話には(a)学生を選び問いかけや確認をしながら講義を進める、(b)質問に回答する、(c)学生を数グループに分け共同で作業させる、の3つのスタイルがある。ここでは(a)(c)について論じ、(b)については別の機会に取り上げる。

3. 1 対話する学生の選択

対話する学生を適切に選ぶことは重要なことである。興味があり理解も優れた学生を対象にして説明を進めると水準の高い講義が実現できる。しかしながら同時に多数の学生を未消化のままに放置する恐れもある。逆に水準が低い学生を選んだ場合は、多数の学生が興味を失うこともあり得る。講義における対話は常にクラス全体を意識した1対多の対話である。

教師は成績や出席のような一般的なデータだけでなく、興味・演習の実績・アクティブでない学生・均等に選ぶなど理解度や項目に適した学生を対象にするよう、いくつかの戦略をもっている。

教師が「今まで相手になっていない」「関連する項目にアンダラインが多い」「ランダム」のボタンをクリックすると教師の画面の仮想座席で表される席の色が変わる。複合条件の設定については、得られた学生の部分集合に対して追加的に条件を設定する形で実現される。特定の席やいくつかの席をクリックすると詳細情報が表示され、対象として選択されると対話がはじまる。

学生の分類結果は仮想座席の中の学生を示すマーク  の色・形・模様で表示される。

(i) 状態

模様は学生の特定の状態や条件を示す。テストの平均点が90点以上の者を特定の色で表すなどがその例である。

(ii) 優先度

教師が指定した規準による優先度は色と形で表現する。輝度、長方形の大きさ、色彩(赤・橙・黄・緑・青・藍・紫)で表す。指定条件の荷重平均で優先度が決められる。

(iii) 詳細情報

座席をクリックするとその学生の詳細情報が現れる。氏名・所属・表情・アンダラインを付した教材上の位置・質問・対話で対象とした項目・成績・出席状況などを表示する。

対象となる学生には表情や「OK」アイコンをクリックして理解を確認する程度の反応をさせ、説明の進行と共に対象を順次移動するスタイルもある。このようなスタイルは現実の教室での会話型講義に近い効果がある。

3. 2 ウィンドウの共通化と個別化

対話中の教師と学生には双方がポインタやアンダラインを入れるウィンドウが必要である。図4の共有ウィンドウでこの場を提供している。

教師は教材を共有ウィンドウへ表示する。教師の質問に対して学生は自分のポインタを動かしたりアンダラインを入れたりして対話する。新たな図や文章を書いて説明するときは共有ボードを使用する。ノートや自分で調べた文献など説明の資料を共有ウィンドウへ表示することもできる。

教師や学生にとって互いに見せる必要はないが個別に参照したり作成したりする資料は対話を効果的なものにする。対話する学生を選択する仮想座席は教師にとって学生の傾向の把握や次の対象の策定など、対話の進行に大きな役割を果たす。

ノートや参考資料は学生が個別に利用するウィンドウであり、共有ウィンドウとのリンクは可能であるが互いに相手には見せないで利用する。

3. 3 対話の内容をブロードキャスト

対話内容はクラス全員へブロードキャストされる。共有ウィンドウ・表情・音声・ポインタの動きなどがそのまま全学生へ表示され共有される。対話

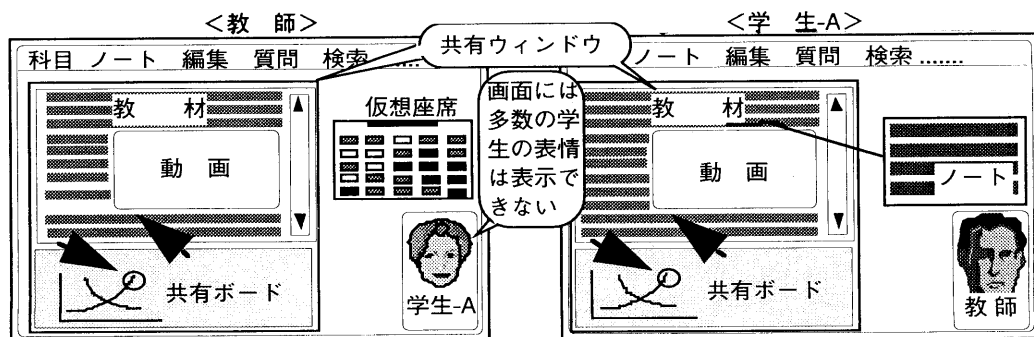


図4 共有ウィンドウの例

中でない学生は共有ウィンドウへ書き込みは出来ないが個別に作成する自分のノートとのリンクは自由に張られる。ブロードキャストされる対話内容は黒板と同様な位置付けであり、記録されて再生に利用される。

3. 4 反応表示

対話内容を聞きながら学生はさまざまな反応を示す。賛成・反対・分かった・分からない・別の意見、などのアイコンをマウスでクリックする。意識的に他の学生の意見を聞く方法も有効である。

アンダラインやメモのような操作によって間接的に示される反応は、仮想座席の形でリアルタイムに表示され対話中の教師と学生へ示される。

教師は、難しい、という比率が大きくなると説明を丁寧にするであろうし、マウスやノートの動きが極めて少なくなると講義の仕方を考え直す必要があることに気付く。これらは「2. 2 反応の収集」で説明した機構を使って実現される。

反応で示されたデータを基にして条件を指定し別の学生を選択すると言うように、反応の収集と対話する学生の選択機構は組み合わせて利用できる。このように聴衆である学生の反応を抽象化して表示することで多数の学生と共通の環境を共有する仮想教室を実現する。

3. 5 グループ対話

創造性や協調作業能力の育成のため、数人でグループを編成し課題を共同で完成するスタイルはよく行われる教育の手法である。専門性が高くなるとこの比率は一般的に高くなると言える。

グループ作業では、ウィンドウの共有化と個別化・ブロードキャスト・反応の収集をグループ内で利用して進められる。このためには次の機能が必要となる。

(1) グループ編成

対話する学生の選択を編成に使用する。編成後は会議テーブルなどグループ毎の仮想座席を作成しコミュニケーションに利用する。

(2) 共有のレベル分け

クラス内共有・グループ内共有・個別のようにウィンドウの共有レベルを分ける。ディスカッションや共同作業はグループ内で共有する資料を基に作成する。作成した資料はクラス内で共有し、お互いにグループ間で参照し合う。ノートなど、個別の資料も作業中は一時的に共有化するなど、共有化のレベルを変化させてグループ作業を進める。

(3) 教師の巡回指導

教師は各グループを順次訪れ対話のヒアリングや介入をして評価と指導をする。

4. 対話支援機構のアーキテクチャ

4. 1 分散構造

対話を実現するとき問題になるのは応答性である。教室ではかなりのトラフィックが教師へ集中する傾向がある。これは教師用コンピュータや特定のサーバへトラフィックが集中しレスポンスが低下して対話の成立が危うくなる危険性を示している。いかに過度の集中を防止し負荷の分散を実現するかが本機構実現の大きな課題である。

ビデオデータに代わって抽象的なデータ表現により実現する対話のアーキテクチャは解決策の一つである。伝送路と各コンピュータに伝送される多量のビデオ画像データを低減できる。

もう一つの解決策はシステムの分散構造である。図5は機能オブジェクトとメッセージマネージャの関係を示したものである。VIEW Classroomはウィンドウ毎に機能オブジェクトを形成している。機能オブジェクトからは論理的な要求メッセージがメッセージマネージャへ送られる。メッセージマネージャは構成表に従って論理的な要求メッセージを物理的な要求メッセージに置き換えてデータベースや相手の機能モジュールへ送信する。このように各ウィンドウを表示する機能オブジェクトはメッセージマネージャを経由して同期を取る。教師と学生の間で多数のメッセージはサーバを経由することなくコンピュータ間で直接交換される。

学生数が少ない場合、教師用コンピュータは教材提示や反応収集など様々な処理を担当できる。しかし学生数が多くなると仮想の座席や表情の表示などウィンドウの領域が大きくなるばかりでなく処理の負担も大きくなる。このような場合、本システムの分散構造はサーバ機能を独立コンピュータへ分散させ一台への集中を低減させることを可能にしている。同様な再構成は学生コン

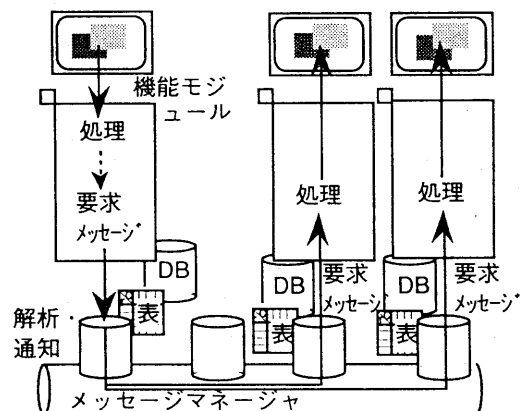


図5 メッセージマネージャと機能モジュール

ピュータにも適応できる。

分散構造は応答性だけでなくサーバへ集中しがちなデータの分散効果もあり、システムの信頼性を高める効果がある。

4. 2 対話支援オブジェクトの関連

図6は対話を支援するオブジェクト間のデータの流れと関係を示したものである。教師と学生は黒板オブジェクトで教材を共有し個々にノートを作成する。共有オブジェクトは双方が参照したり書き込むウィンドウを提供する。対話の経過はサーバの講義記録オブジェクトが記録し学生の再生へ使われる。

これらのトラフィックはデータベース機構と通信を使ったカーネルオブジェクトで応答性を評価され制御される。過度の集中を低減させ実時間性を確保する効果をもたらす。

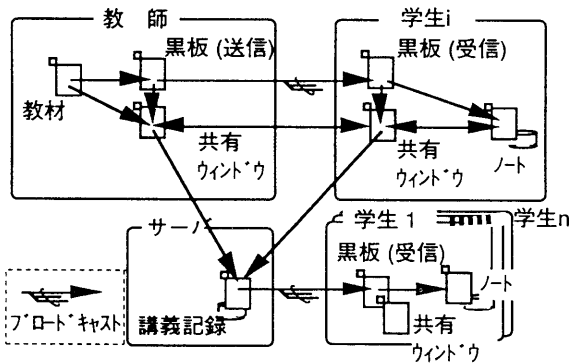


図6 対話支援機構オブジェクトの関連

5. おわりに

本稿では遠隔教育における1対多の対話を考え、具体的に実現すべき機能を考察した上でそれらを実現できるような機構を提示した。学生の状態や属性を抽象的に表示する機構と分散オブジェクト構造は、多数の学生と分散環境での対話を実現するアーキテクチャである。

現在、本システムはイーサネットとワークステーションを使い、プロトタイピング中である。今後は、性能の評価と、講義後の同期非同期の対話支援を検討する予定である。

謝 辞

本論文で述べた主要項目の検討について木實新一先生に多大な援助を戴いた。また上林研究室の皆様には全般にわたりご討論戴いた。深く感謝する次第である。

参考文献

- [1] T. Berners-Lee, R. Cailliau, A. Loutonen, H. F. Nielsen, and A. Secret, "The World-Wide Web," Communications of The ACM, Vol. 37, No. 8, pp. 76-82, August 1994.
- [2] P. Dourish, and V. Bellotti, "Awareness and Coordination in Shared Workspaces," Proc. ACM 1992 Conference Computer Supported Cooperative Work (CSCW'92), pp. 107-114, October 1992.
- [3] P. Dourish, and S. Bly, "Portholes: Supporting Awareness in a Distributed Work Group," Proc. Conf. Computer Human Interaction (CHI) '92, pp. 541-547, May 1992.
- [4] K. Grønbaek, J. A. Hem, O. L. Madsen, and L. Sloth, "Cooperative Hypermedia Systems: A Dexter-Based Architecture," Communication of the ACM, Vol. 37, No. 2, pp. 64-75, Feb. 1994.
- [5] J. M. Haake, C. Marshall, and U. K. Wiil, "Open Issues in Collaborative Hypermedia Systems," Proc. CSCW'94 Workshop Collaborative Hypermedia Systems, pp. 5-11, October 1994.
- [6] J. Haake, and B. Wilson, "Supporting Collaborative Writing of Hyperdocuments in SEPIA," Proc. ACM 1992 Conf. Computer Supported Cooperative Work (CSCW'92), pp. 138-146, November 1992.
- [7] S. R. Hilt, "Correlates of Learning in Virtual Classroom," Int. J. Man-Machine Studies, No. 39, pp. 71-98.
- [8] E. A. Isaacs, T. Morris, and T. K. Rodriguez, "A Forum for Supporting Interactive Presentations to Distribute Audiences," Proc. ACM 1994 Conf. on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'94), pp. 405-416, October 1994.
- [9] E. A. Isaacs, and J. C. Tang, "What video can and cannot do for collaboration: a case study," Multimedia Systems, Vol. 2, No. 2, pp. 63-73, 1994.
- [10] H. Ishii, M. Kobayashi, and J. Grudin, "Integration of Inter-personal Space and Shared Work Space: Clearboard Design and Experiments," ACM Trans. Office Information Systems, Vol. 11, No. 4, pp. 349-375, October 1993.
- [11] J. Fowler, D. G. Baker, R. Dargahi, Kouramajian, V. H. Gilson, K. B. Long, C. Petermann, G. A. Gorry, "Experience with the Virtual Notebook System: Abstraction in Hypertext," Proc. CSCW'94 Conf. pp. 133-143.
- [12] Y. Kambayashi, and Z. Peng, "Object Deputy Model and Its Applications," Proc. 4th International Symposium Database Systems for Advanced Applications, "KEYNOTE PAPER, April 1995.
- [13] S. Konomi, O. Kagawa, and Y. Kambayashi, "VIEW Media: A Multiuser Hypermedia System for Interactive Distance Presentation," Proc. CSCW'94 Workshop Collaborative Hypermedia Systems, pp. 30-33, October 1994.
- [14] D. K. O'Neil, L. M. Gomez, D. C. Ddolson, "Collaborative Hypermedia for Classroom and beyond: A Year's Experiences with the Collaboratory Notebook," Proc. CSCW'94 Workshop Collaborative Hypermedia Systems, pp. 43-45, October 1994.
- [15] Z. Peng, and Y. Kambayashi, "Deputy Mechanisms for Object-Oriented Databases," Proc. IEEE 11th Int. Conf. Data Engineering, March 1995.
- [16] D. Wan, P. M. Johnson, "Computer Supported Collaborative Learning Using CLARE: the Approach and Experimental Findings," Proc. CSCW'94 Conf. pp. 187-206.