

学びの場のデザイン

- サイバースペースを利用した協調学習 -

大隅 規由
新谷 幹夫
NTT ヒューマンインタフェ
ース研究所
+1 415 903-0660
osumi@ntthi.com

須永 剛司
デザイン学科
多摩美術大学
+81 3 3702-1141
nag02122@niftyserve.or.jp

Chandrajit L. Bajaj
Department of Computer Science
Purdue University
+1 317 494-6531
bajaj@cs.purdue.edu

抄録

サイバースペースを利用した協調的な学びのモデルの例について述べるとともに、これを実現するサイバースペースのデザインについて考察する。また、参加者やそのソーシャルな情報を可視化し、送信する機能を持つサイバースペース (NLS: Networked Learning Spaces) を提案する。実際の物理空間で得られる認知的・社会的な情報を交換することによって遠隔での協調作業が、より円滑に進むというのが仮説である。実際に SHASTRA というツールを使用して構築した実験プロトタイプを提案する。また、このプロトタイプを用いて小中学生に対して遠隔の協調ドローイング作業を行った実験結果について報告する。本実験により、色、形、近傍関係等抽象的な表現ではあったとしても、本サイバースペースはバーチャルな存在感や関係性を理解するのに、十分に直感的であるということが分かった。

Learning Field Design

- Collaborative Learning in the Cyberspace -

Noriyoshi Osumi
Mikio Shinya
Human Interface Laboratories
NTT, USA
+1 415 903-0660
osumi@ntthi.com

Takeshi Sunaga
Design Department
Tama Art University
+81 3 3702-1141
nag02122@niftyserve.or.jp

Chandrajit L. Bajaj
Department of Computer Science
Purdue University
+1 317 494-6531
bajaj@cs.purdue.edu

ABSTRACT

A model of collaborative learning environment based on cyberspace and its design are presented. A collaborative virtual environment called the NLS (Networked Learning Spaces) is proposed which promotes collaborative-space awareness by symbolically visualizing and sending participant embodiments and social information. Our assumption is that by sending cognitive and social information, distance collaboration can be greatly facilitated. We present details of an experimental prototype of NLS built using the SHASTRA collaborative substrate. We also explain a preliminary experiment involving elementary and middle school students engaged in collaborative drawing tasks. The paper concludes through the experiment that the NLS virtual environment is intuitive enough for students to understand the virtual physical presence and relationships, even though they are depicted by color, shape and proximity abstractions in the virtual world.

1 まえがき

100校プロジェクトや米国の Challenge 2000 等の先進的なネットワーク利用教育において、協調学習の重要性、21世紀に向けての知的ワーカーの需要増と職場におけるパラダイムシフト等の認識のもとに、サイバースペースを使った学校間の遠隔協調学習が新しい学びの形態として取り入れられようとしている。しかし、初等教育(K-12)での使用を目的として、遠隔でのインタラクティブな参加を促進するリアルタイムのツールが少ない。

協調の基本的要素は、共有された認識と経験をサポートする共通環境であり(Schrage, 1990 and Fjuk, 1995)、これは、単なる情報の伝送で作られるものでなく(Lave and Wenger, 1993)、学習者が様々なコミットメントや参加意識を得るプロセスにおいて形成される。しかし、従来のビデオ会議等のシステムは、情報の離散的な転送に焦点を当てており、認知的・社会的な Cue の可視化及び送信は考慮されていない。

協調的バーチャル環境(CVE: Collaborative Virtual Environment)は、ソーシャルなインタラクションをいかにアフォードするかが重要である(Bowers, et al., 1996)。特に、CVEは従来のバーチャル会議室や遠隔会議室よりもより良く協調をサポートする、また、低価格のオプションであるとしてポテンシャルが大きい(Benford, et al., 1994)。ここで述べるような社会的アウェアネスについては(Gutwin, et al., 1996)の論文に整理されている。

筆者らの立場も、これらと軌を一にしており、顔のビデオや音声の情報を送る以外にも、他のソーシャルな情報を送ることによって、遠隔協調が促進されるというものである。特に、リモートサイトに対する現実感や協調作業状況のメンタルモデルが構築することが容易でない学年に対してはより効果を発揮すると思われる。

小文で扱われる情報は、参加のプロセス、参加者の関係、コミットメントの程度、及び、参加者間での情報の流れである。これを、3次元のバーチャルな空間をユーザインタフェースとして可視化し、交換する。参加者の情報は、幾何学的な形(小文ではキューブ)、参加者のコミュニケーション関係は、キューブの接合関係(点と点、

エッジとエッジ、面と面)で表現される。また、参加のプロセスは3次元中のナビゲーションとコミュニケーションを始めるための接合動作等で可視化され、サイバースペースでの相互的アウェアネスを喚起する。

本仮説に関して実験をするために、Purdue Universityで開発された SHASTRA を使用して、プロトタイプを作った(Anupam and Bajaj, 1994)。小文では、これを NLS: Networked Learning Spaces)と呼ぶ。以下では、NLSのコンセプトに関して提案するとともに、現在のプロトタイプシステムに関して説明する。また、実際に小中学生を集めて、本プロトタイプを使って、実験した結果について言及する。

2 サイバースペースにおける学び

まず、筆者らがサイバースペースでの学びにどのようなイメージを持っているか述べておく。新学力観の実現をサポートするために、人間と計算機とネットワークの有機的結合によって、生徒達がリアルワールドでの学びのスキルを手に入れることができる場を実現することが、長期的ゴールである。

ここでは図1に示されるように、従来型の行動主義的な学びを補完する構成主義的な学びの場を提供する。そこでは、スキル、プロセス、表現、社会性が重要視される。

2-1 学びの空間モデル

NLS中には、フィールドがあり、それぞれ一人のMentorによって代表、管理されている。フィールド内には、一人または複数のFacilitatorがあり、SAP modelによって構成されるグループの学びを方向付け、促進する。SAP modelは、経験及び理論(L.P.P, S.A.T)によって予測される学びの社会を明示的に構造化、及び可視化するためのモデルである。グループは、Commitmentまたは参加のレベルによって高い順から(S)eminar, (A)uditor, (P)eripheralで構成されており、グループ外には、Pedestrianがいる。また、レベルによって、PrivilegeとResponsibilityが異なる。

2-2 学びの時間モデル

リアルワールドでの学びでは、問いを持ち、発信・共有し、吟味するスキルが重要。従って、

問いをグループで形にするプロセスが重要である。このプロセスでは、Commitment 及び Mutual Orientation を生み、上記の空間構造が構築される。問題解決の結果よりプロセス(問いとアプローチと行動)を表現し、共有することを重要視する。プロセスの Critique 及び Reflection により、概念化および新たな問いの発生に繋がるスパイラル構造である。(図2参照)

2-3 ネットワークの重要性

教育の場を社会に開かれた Open System と捉える。ネットワークによって時空間的、社会的なボーダーを克服できる。物理的制約条件で、流通しにくかった時事刻々変化する教育の質的情報が、量的情報(得点、偏差値等)と同様に、流通できる。学びの場そのものの情報がネットワーク中にキャプチャされ、可視化できる。

2-4 NLS の基本デザイン

空間の表現力、直感性のために3次元の Navigation 空間を NLS World とする。学びの空間構造を可視化するために、フィールドやエンティティ(人、リソース)を Cube または Sphere で表現し、その位置、接合関係、色で、存在、SAP、状態、属性を表す。学びの時間構造は、エンティティが空間中を移動し、接合関係等が変化するとともに表現される。また、エンティティの属性が変化することでプロセスの変化を表す。

3 NLS のコンセプト

NLS は、多数の学習者がネットワークを通じてコミュニケーションし、学びあうバーチャルな協調空間である。NLS は、各学習者の計算機デスクトップ上に、バーチャルの3次元空間のビューを持つウィンドウを構築し、学習者を幾何学図形でオブジェクト化して、バーチャル3次元空間に配置、可視化し、あたかも同じ場所で会議や強調作業を行うような環境を提供するバーチャル協調作業空間可視化技術である。学習者は、NLS でのグラフィックユーザインタフェースを通じて、グループを形成、道具の共有、学習プロダクトの保存や共有化ができる。

筆者らの立場は、顔のビデオや音声の情報を送る以外にも、他のソーシャルな情報を送ることによって、遠隔協調が促進されるというものである。小文で扱うソーシャルな情報とは、参加のプ

ロセス、参加者の関係、コミットメントの程度、及び、参加者間での情報の流れであり、通常の物理空間では明らかな情報である。これを、3次元のバーチャルな空間をユーザインタフェースとして可視化し、交換する。

参加者は、幾何学的な形(小文ではキューブ)で表現される。参加者のコミュニケーション関係は、キューブの接合関係(点と点、エッジとエッジ、面と面)で表現される。また、参加のプロセスは3次元中のナビゲーションとコミュニケーションを始めるための接合動作等で可視化され、サイバースペースでの相互的アウェアネスを喚起する。さらに、参加者の作業やコミュニケーション等情報の流れの様子を当該幾何学図形及び通信される情報の色の変化や、シンボルの発生、動き、消滅等で表現することによって、どの参加者がどのような行為を行っているか明らかとなる。これらの情報は、抽象度の高い情報であり、通信するのに多くの情報量を必要とせず、ネットワークの通信帯域の制限が妨げになるようなことはない。また、抽象的な図形を扱っているため、情報量を失うことなくデスクトップ上の領域もフレキシブルに小さくすることも可能である。従って、ネットワークの帯域や計算機のデスクトップ上の領域が制限された下でも、協調作業のし易い遠隔協調作業の空間を可視化する方式を提供することができる。

図3に示される3次元のビューウィンドウを 'They-World' と呼ぶ。図中では4つのキューブと一つを可視化している。結合性は、学校のグループプロジェクトのように、継続的にコミュニケーションと協調がなされている関係を示している。この関係はフィールド中のツールボックスを得ることにより確立される。ツールボックスを可視化したのは、白板等の共有ツールは物理世界では明白であり、協調作業は共有ツールをピボットして行われるためである。

接合はターゲットのキューブをハイライトし、Connect ボタンをクリックすることによってなされる。Connect 操作によって、NLS は自動的にセルフキューブをターゲットにナビゲートし、結合する。これによって、参加やグループ形成プロセスを経験できると同時に、面倒なナビゲーションを省くことができる。サイバースペースであ

っても、協調関係を確立し、認識する一連の行動が社会的に遠隔地の参加者に対する現実感を促進する意味を持つと考えられる。

周辺参加のケース等、教育において、参加の度合いを明示的にすることが必要な場合がある。このような場合には、点と点、エッジとエッジ、面と面というようにキューブの結合関係を変化させることも可能である。

NLSは「I-World」も持っている。They-Worldが、空間的な情報を保有するとすれば、I-Worldは、時間的な情報を有する。白板やチャットのようなコミュニケーションや協調ツールはツールボックスを介して参加者が結合することによってデスクトップ上で起動される。デスクトップ上のこの部分をI-Worldと呼ぶ(図3)。協調作業デスクトップ上で表示されてくる行為や作業の主体:「誰が何を行っているか」を明示化するために、They-Worldに可視化されている参加者の中で、現在、協調作業的行為を行っている参加者のキューブの属性(色、模様等)に合わせて、協調作業ツールを使って行われている行為や作業の属性を表示することによって、参加者のキューブと、協調作業デスクトップ上で表示されてくる行為や作業を、認知的に関連つける。

4 プロトタイプのアーキテクチャー

図4は、NLSの実験プロトタイプを示すブロック図であって、1は教師の計算機、2は生徒の計算機、3はセッションマネージャー、4はユーザインタフェース、5はカーネル、6はネットワークである。

4-1 ユーザインタフェース

参加者が互いにインタラクトする3次元バーチャル空間へのグラフィカルインタフェースと協調作業環境が有する様々なサービス(電子黒板等の共有ツール、チャット等のコミュニケーションツール)へのアクセス機能を提供する。参加者のオブジェクト化、可視化はここでなされるとともに、3次元空間中の位置、協調作業で伝達されるべき情報はこの部分でネットワークメッセージ化され、ネットワークを介してセッションマネージャに送られる。

3次元バーチャル空間中の参加者のオブジェクトはグラフィックライブラリーのツールに

よって描かれ、色、模様、名前等の属性が与えられて他の参加者と区別される。

電子白板やチャット等の協調作業に用いられるツールも、ユーザインタフェースの中に含まれる。ユーザインタフェースは、協調作業デスクトップ上で表示されてくる行為や作業の主体を明示化するために、その参加者のオブジェクトの属性情報に合わせて、各ツールの作業領域(電子黒板等)に、同様の属性を持った作業情報(ドローイング等)を表示するとともに、参加者が使用する各ツールからのメッセージ、この参加者の属性情報、及びメッセージを指定されたグループに送るためのリクエストを発生し、セッションマネージャに送る。また、セッションマネージャから経由されて送られてくる他の参加者のユーザインタフェース上のツールからのメッセージも同様の過程で表示される。

4-2 セッションマネージャー

セッションマネージャーは、教師の計算機が実行するプログラムで、サーバーとしての役割を果たし、生徒の計算機をクライアントとして協調作業に関わるリクエストを処理するとともに、各種のネットワーク共有のツール(電子黒板、電子メール、チャット等)のハンドリングを行う。ここで、セッションとは、参加者が、ツールを共有して協調作業ができる状態のことを言う。

セッションマネージャーは協調作業グループを制御し、また、ユーザインタフェースの3次元バーチャル空間における協調動作のトラッキングを行う。すなわち、各ユーザインタフェースから送られてくる情報を処理し、セッションに関わっているグループの参加者の情報(グループセッションの参加者、参加者のオブジェクト位置、属性情報)をデータベースに格納し、これを保持、更新するとともに、この情報をセッションに関わる各参加者間で共有するために、各計算機のユーザインタフェースに送る。

セッションマネージャーは、ネットワークのサービスリクエストに対するサーバーとしての役割も果たし、電子黒板等に関して、参加者のユーザインタフェースからのメッセージやリクエストとその主体である参加者の情報をネットワークを通じて他の参加者に配信するためのルーティングを行う。

4-3 カーネル

カーネルは、協調作業空間に関わっているすべての計算機において利用できるサービスリストを保持、更新する。また、ネットワークサービスに対する分散ネームサーバーとしての役割を果たす。一つの計算機に対して一つのカーネルが実行される。

5 評価実験

米国の5年生から8年生の11人に参加してもらいNLSプロトタイプを使って評価実験を行った。実験の目的は：(1)学生が、彼ら自身に対する単純で抽象的な図形表現に関して、理解し、自己投影をすることができるかどうか、(2)キューブの接合関係の意味が理解できるかどうか、(3)遠隔の参加者に対する現実感が促進できるかどうか、(4)They-WorldとI-Worldを設計する際のGUIに関する課題を抽出することである。彼らが行った課題は：(1)3カ所の実験室内の遠隔サイトで2～3人のグループで、事前のインストラクションなしにNLSを使って遊ぶこと、(2)3つのグループの間で協調ドロッキングをすること、である。

第1のタスクでは、すべてのグループがThey-Worldから始めた。明らかに、バーチャルワールドがアテンションを最も引きつけ、彼ら自身のキューブを使ってナビゲートを開始するまでに時間は要しなかった。また、3次元ビューウィンドウの下のConnectボタンが、キューブを接合する機能を持つことを発見した。接合するためにキューブをクリックしてハイライトすることも理解した。Connect操作は、動詞であり目的語が必要であり、また、ターゲットを選ぶ動作は、通常クリックであることを考えると、一連の発見的理解のプロセスが理解できる。Connect操作の後、セルフキューブが自動的にナビゲートされ、接合することにエキサイトしていた。フィールド内に初めからあったため、道具箱の存在にも気づいており、道具箱にも結合しようとした。11年生はチャットによってコミュニケーションを試みるものがいた。これらの観察とインタビューから、They-Worldは、単純で抽象的な図形表現であったとしても、物理的存在と関係性のバーチャルなシミュレーションであるというコンセプトを理解

するのに、十分に直感的であったと言える。

第2のタスクでは、3つのグループの間で協調ドロッキングを行った。協調作業は、Connect操作の後で初めて可能となったため、リモートサイトの存在に対する現実感が向上し、スムーズな協調関係を作り出しているようであった。但し、この現実感に関しては、より、注意深く設計した実験による観察が必要である。

実験により、多くの課題が明らかになった。一つは、They-Worldの全体把握、詳細把握等を心地よくできるために、They-Worldを表示する際のビューイングのパラメーターのレンジがあることである。また、ナビゲーションの途中で、迷わないようなナビゲーション方法も課題の一つである。また、協調作業デスクトップ上で表示されてくる行為や作業の主体を明示化するために、They-WorldとI-Worldの認知的なリンクに関する工夫もさらなる課題である。

6 あとがき

サイバースペースを利用した協調的な学びのモデルの例について述べるとともに、これを実現するサイバースペースのデザインについて考察した。参加者やそのソーシャルな情報を可視化し、送信する機能を持つサイバースペース(NLS: Networked Learning Spaces)を提案した。実際に、サイバースペースでの協調学習のコンセプトに関して実験するためSHASTRAというツールを使用して実験プロトタイプを構築した。このプロトタイプを用いて小中学生に対して遠隔の協調ドロッキング作業を行った実験結果については、本サイバースペースはバーチャルな存在感や関係性を理解するのに、十分に直感的であるということが分かった。また、今後の課題に関して考察した。

謝辞

GUIプログラムに関してPurdue大学のPajor氏に感謝する。また、NLSのコンセプト作りに貢献された多摩美の永井、飯山、武田の各氏に感謝する。日頃、ご指導ご討論いただいているNITの高橋、斎藤両氏に感謝する。

参考文献

Lave, J. and Wenger, E. Situated Learning. Legitimate peripheral participation, Cambridge University Press, Cambridge, 1993

Schrage, M. Shared Minds. The new technologies of collaboration. Random House, New York, 1990

Fjuk, A. Towards an analytical framework for CSCdistanceL, in Proc. CSCL '95, LEA, 1995

Gutwin, C. and Greenberg, S. Workspace awareness for groupware. In Proc. CHI'96 (Vancouver, 1996), 208-209.

Gutwin, C. and Greenberg, S. Workspace awareness support with radar view. In Proc. CHI'96 (Vancouver, 1996), 210-211.

Bowers, J., Pycock, J. and O'Brien, J. Talk and embodiment in collaborative virtual environments. In Proc. CHI'96 (Vancouver, 1996), 58-65.

Benford, S., Bowers, J., Fahlen, L., Mariani, J. & Rodden, T. Supporting cooperative work in virtual environment. The Computer Journal, 37, 8 (1994), 653-668

Anupam, V. and Bajaj, C. L. Shasta: An architecture for development of collaborative applications, International Journal of Intelligent and Cooperative Information Systems, 3,2 (1994), 155-166

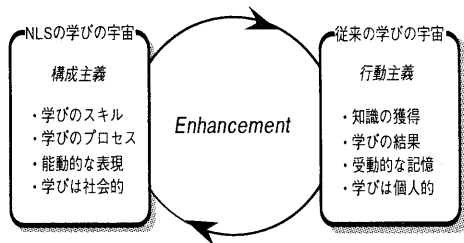


図1 学びのモデル

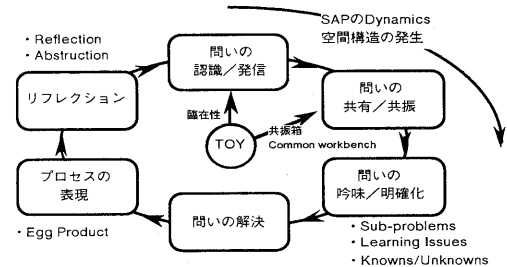


図2 学びの時間構造

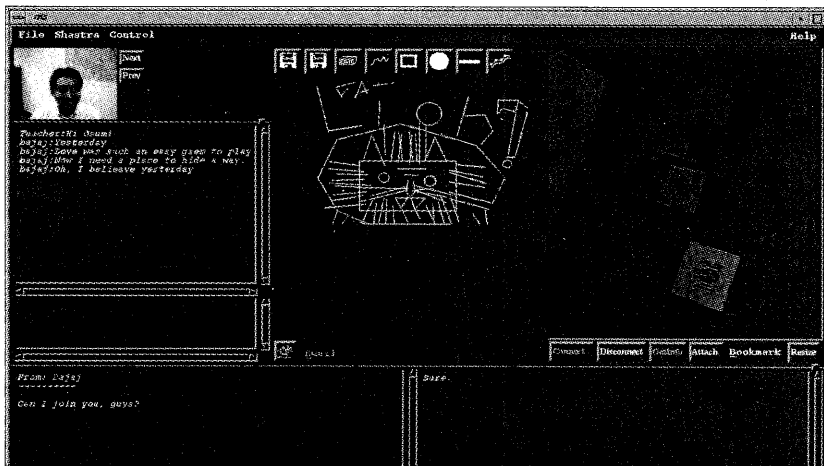


図3 NLSユーザインタフェース

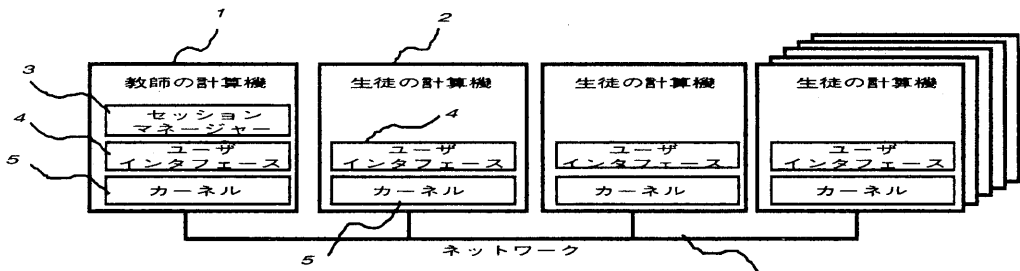


図4 実験用プロトタイプ