

WWW上での協調学習におけるナビゲーションインタフェースの提案

佐藤 宏之, 堀川 桂太郎, 及川 利直, 水野 浩二

{hiroyuki, horikawa, oika, mizuno} @ slab.ntt.co.jp

NTTソフトウェア研究所

現在, 我々は協調学習ナビゲーションの研究を進めている. これは, WWWを利用して学習した際の履歴を学習グループで協調利用することを可能にする. 本稿では, 協調学習ナビゲーションについて, 学習者に提供するインタフェースの観点から述べる. WWWを用いた学習実験を行ない, 学習パターンを分析して, 先に学習した者の活動履歴を教材として利用するために必要な学習履歴マップの作成方法を提案する. さらに, 協調学習ナビゲーションのコンセプトを実装したWWW上で動作するシステム, CoNAVI を説明する. CoNAVI は Java 言語で記述され, 標準的なWWWブラウザ上で動作するナビゲーションインタフェースを学習者に提供する. これにより, インターネット上のグループが教材を共有・拡張する作業を通して, インタラクティブに学習することができるようになる.

A Navigation Interface Method for Collaborative Learning on WWW

Hiroyuki SATO, Keitaro HORIKAWA, Toshinao OIKAWA, Koji MIZUNO

{hiroyuki, horikawa, oika, mizuno} @ slab.ntt.co.jp

NTT Software Laboratories

We are studying collaborative learning navigation. It enables members of learning group to share and use history of learning on WWW cooperatively. In this paper, We describe collaborative learning navigation method from the viewpoint of user interface. We experiment on learning using WWW, and analyze pattern of it. Then, we propose how to make a learning map used as tutorial materials from the history of leaning. Furthermore, we realize collaborative learning navigation concept as CoNAVI system. CoNAVI is implemented by Java language. It allows members of learning group to use navigation interface which works upon standard WWW browser. As a result, each member on the Internet is able to study interactively, sharing and enlarging tutorial materials.

1.はじめに

近年のマルチメディアやコンピュータネットワーク技術の急速な発達に伴い, それらの教育への適用が進んでいる. WWW と知的 CAI 技術を組み合わせ, 学習者個々人の理解状況に応じて, インターネット上のマルチメディア教材による教示を行なうシステムが登場している[1]. また, 個人学習だけでなくグループ学習を対象とした協調学習支援(CSCL: Computer Supported Collaborative Learning)の技術が研究されている[2].

このような背景のもと, 我々は WWW を利用した「協調学習ナビゲーション」という構想を考案した[3]. 協調学習における学習者の振舞いを, 彼らが教材を作成する段階から, 作成した教材を活用しながら継続的に拡充・改訂してゆく段階まで支援する手法である. 本手法によって, グループ学習に用いる教材が簡単に作成でき, 使いながら学習仲間のコミュニケーションを行うことで, 独学では得られないメリットを得ることが可能となる.

本稿では, 協調学習において学習者へ提供するインタフェース(ナビゲーションインタフェース)のデザインを中心に, インタフェースの観点から協調学習ナビゲーションの仕組みを具体的に説明する.

2. 協調学習ナビゲーション

現在、我々が研究を進めている協調学習ナビゲーションについて説明する。これは、複数の学習者からなる学習グループが、主に WWW 上に断片的に散在する関連情報(ハイパーメディア)を教材として学習することを支援するものである。学習者それぞれの活動(具体的にはハイパーメディアのブラウジング)履歴を学習のナビゲーション情報としてグループで共有し、効果的な学習を狙うという新しい協調学習の支援手法を提案している。

特にゼミや輪講などの学習者間のインタラクションを重視した協調学習に着目して、講義や独学では得られない以下のような学習効果を狙っている。

1. 教える・教わるのロールチェンジや役割分担による学習の動機および理解の向上
 - 必ずしも最初から優秀な教師の存在を仮定しない=全員が生徒で全員が教師
2. 知識を共有し相互補完
 - 必ずしも最初から優れた教材の存在を仮定しない=より優れた教材が協調学習の過程で作成・改訂されてゆく
3. 他の学習者との競争や他の学習者からの刺激による理解速度の向上

また我々は、実際に協調学習ナビゲーションを支援するシステム、CoNAVI を構築している。CoNAVI は上記のコンセプトを実現するため以下の2つの観点からデザインを行った。

1. 学習者達が協調的に活用するためのナビゲーション機構つきの学習メディア：教材利用者の視点
2. 断片的に散在する関連情報を前提として、それらに対する学習者たちの協調的な振舞いから、協調学習に適した体系的な学習教材を自動的に編成していく機構：教材提供者の視点

2.1 メタファによる手法の説明

図1に、我々が提案する協調学習ナビゲーションをわかりやすく説明するモデルとして「スキー場のゲレンデメタファ」を示す。学習グループのメンバは、学習対象に関連する情報を検索し教材の素材として収集する作業(具体的には WWW 上のハイパーメディアの閲覧)を行うが、この活動の記録が自動的に記録されることをゲレンデ上のシュプールに喩えている。複数のメンバによる複数の軌跡が、現在の学習状態からさまざまな目標(学習状態)に至るルートマップを形成する。

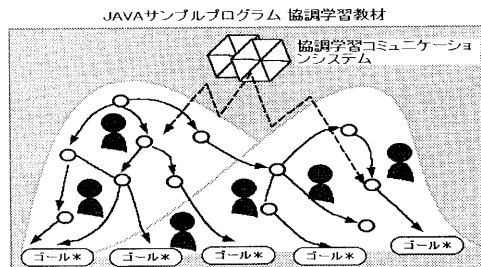


図1: スキー場のゲレンデメタファ

従来のハイパーメディアが次の画面へ遷移して初めてその先の分岐を表示することと比べて、このモデルによる表現は現在自分が進んでいる近傍から目標までのルートを一望して把握することができる。以下、簡単に特徴を示す：

- 0 ハイパーメディアのリンク構造を辿って出来たルートのマップ情報を一望できる。
- 1 目的地までのおおまかなコース取りや時間配分を直観的に見積もれる。
- 2 他の学習仲間が現在どこにいてどのルートを進んでいるかを見渡せる。
- 3 他の学習者とそのルートを辿って目的を達成した事実を頼りに、自分の学習プランに応用できる。
- 4 ショートカットや新しいコースを容易に開拓できる。
- 5 本数、太さ(参照頻度)、難易度などの属性情報によって、そのルートの評価を表現できる。

本手法では、先行する学習者とこれから学び始める学習者の2つの役割に基づく協調的な学習モデルを「先人—後進モデル(Pioneer-Follower Model)」と呼んでいる。このモデルに従い先人と後進の役割を明示的に扱うことは、学習者間インタラクションの重要な要素である「教える」「教わる」の役割交換を活性化することに貢献する。

2.2 構成フェーズ

協調学習ナビゲーションのコンセプトを実際の学習に適応した場合、学習のフェーズは大きく分けて次の4フェーズ(A,B,C,D)から構成される。

- A. 教材生成：学習者たちが断片的な関連情報を探し集め参照する過程から、体系的な学習教材を自動的に編成する。
- B. 学習ナビゲーション：学習者たちがそれぞれの目標を達成するまでの情報参照プロセスをナビゲートする。
- C. 学習者コミュニケーション：教材を仲介して、学習者たちが質問・回答・意見交換・議論などの協調的な対話活動を行うことを支援する。

D. 教材拡張：Cで記録された学習者間の情報交換を自動的に教材に付加し、教材を拡張・改訂する。

本手法におけるグループのメンバの学習行為は、上記のAとDで教材を編成し、BとCで教材を活用し、それらを繰り返すことに帰着する。

本稿では主に、Aの教材生成およびBの学習ナビゲーションを行うときに学習者が利用するナビゲーションインタフェースの説明と、そのインタフェースの活用によるDの教材拡張手法を説明する。(Cの学習者コミュニケーション手法に関しては[4]参照。)

3. ナビゲーションインタフェース

本研究では、先に学習した者(先人)の知識やノウハウを共有・利用して、後から学習する者(後進)が効果的に学習を進めるのに役立つビジュアルインタフェースの構築を目的としている。各学習者の履歴をベースにして、目標とする学習状態までに必要なルートマップを一望させることのできるナビゲーションインタフェースを考察した。

3.1 考察 — ナビゲーション情報の表現方法

後進の学習者に先人の学習履歴をナビゲーション情報として提示する手法を考察した。

先人は WWW 上でページ間に張られた非線型性のリンク構造をたどり、関連情報を探して学習を進める。WWW 上の学習履歴をビジュアル化することを考えると、各メディアをノードとしたグラフ構造の中に先人が辿ったリンクを示して表現することが考えられる。しかし、このグラフ構造をコンピュータのディスプレイ上に表現した場合、次のような問題がある。

- ノード数が多い場合、最適なノード配置が困難
- リンク数が多い場合、ノード間のリンクが交差したり表示が重なったりして視認性が著しく低下

この問題に対して既にさまざまな解決法(グラフ構造の3D化、ノードやリンクの半透明化、魚眼レンズモデルなど)が考えられている[5]。しかし、本研究では後進の学習者にとって直接関係のないリンク情報で画面が埋め尽くされてしまうことを避けるため、先人が辿っていないリンクは表示しないことにした。さ

らに、ツリー構造に学習履歴を再構成して表示するアプローチをナビゲーションインタフェースに適用した。これは、以下に説明する実験の結果をもとに考察したものである。

3.1.1 WWWを用いた学習実験

我々は、先人の WWW 上での学習履歴を後進へ提示する方法(ナビゲーションの方法)を検討するために実験を行った。実験は先人の学習と後進の学習の2つのフェーズから行った。手順は次の通りである。

1. 初めに、先人となる被験者(5人)が目標をもって、WWW ブラウザを使用して学習を行った。学習目標は「Java 言語で記述されたあるサンプルプログラムを理解すること」とした。先人の被験者は学習の際、簡易なツールを用いて訪れたページの URL を記録するとともに、ページを閲覧した目的、学習者自身によるページの評価(内容およびレベル)を記録した。
2. 次に別の後進の被験者(5人)が先人によって記録された学習履歴(図4参照)を順になぞって、先人と同じ目標をもって学習を進めた。

実験後に残された学習履歴の分析と後進の学習者からのコメントの聴取を行った。

3.1.2 実験結果

先人の学習履歴

学習履歴を分析すると、1つの典型的なパターンが浮かびあがってきた。それは、大きな目的(今回の実験ではある Java サンプルプログラムの理解)を達成する場合には、漠然とネットサーフィンを行うのではなく、大きな目的(親目的)に対していくつかの子目的をたててそれを順番に解決する方法をとることが多いということである。例えば、サンプルプログラムを理解する場合も、プログラム中にクラスAとクラスBという2つのクラスが存在していれば、まず「クラスAを理解する」という子目的をたててネットサーフィンを行い、その理解ができたところで「クラスBを理解する」という子目的をたてる。このように学習履歴の中に、1つの子目的を追求する毎に一塊のブロックが生じる傾向があることがわかった。また、子目的の中にさらに子目的(孫目的)が生じる場合も多い。例えば、「クラスAを理解する」ためにその中に存在する「メソッド A.a()を理解する」目的と、クラスAの中で使われている「スレッドの動きを理解する」目的の



図2:親目的達成までのページ(ノード)数と子目的生成の様子

2つが生じる。図2に3人の学習者の履歴を示す。図中の□がWWW上で辿ったページ(ノード)を表し、□の中の数字が子目的のIDを表している。IDはページを辿った際の子目的が同一であれば変化していないが、新たな子目的が生成された際には値が増えている。

後進の学習者のコメント

後進の学習者のコメントとして多かったのは、先人の目的を達成する過程が一本の道筋だけで表されていて見づらいということであった。プログラムを理解する過程において生じる複数の疑問について、解決の優先順位は学習者によって異なると考えられる。ある学習者は、あるオブジェクトがどのように動作するかをまず見てみたいと考えるかもしれないし、メインとなるクラスについての解説を先に見たいと考える学習者もいる。後進の学習者は、先人の子目的を理解するための学習履歴は参考にしているが、自分が学習を進めたい順番で学習を進められないという点で不満をもつ場合がある。

また、今回の実験では、先人の学習者は学習履歴として、訪れたページのURL、ページを参照した目的、学習者自身によるページの評価(内容およびレベル)を記録した。ページの内容およびレベルの評価は以下の選択肢から選んで記入した。

- ページ内容に対する評価：良い, 普通, 悪い
- ページのレベルに対する評価：初心者向き, 中級者向き, 上級者向き

これを見た後進の学習者から、「実際にアクセスしなくてもページに対する簡単な評価を知ることができるので学習の目安になる」というコメントを得た。

3.1.3 学習履歴の洗練化およびビジュアル表示

以上の実験結果により、先人は学習の過程において部分毎に目的をもって学習を進めていることがわかった。そこで、学習履歴を子目的毎に整理して表現できないだろうかと考え、学習履歴を洗練化してビジュアル表示する方法を考案した。図3~5に示すとともに、以下に説明する。

学習履歴の洗練化

まず初めに先人の学習者がWWWブラウザを用いて、WWW上を自由にネットサーフィンして学習を行なう。その際の経路が学習履歴として残る。図3はWWW空間内の○で表された無数のノード(ページ)の中を先人がノードAからNまでを辿った様子である。このノードを先人が学習の際に記録した属性情報と共に一直線に表したものが図4である。前述のようにこの一本の履歴の中には子目的が同一のノードの集まり(ブロック)ができていいる。このブロックを切り

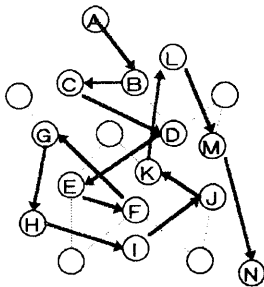


図3: ①WWW上で先人が自由に学習

URL	上位目的	閲覧目的	内容評価	レベル評価	閲覧時刻
http://www.ntt	あるJAVAプログラムの理解	クラスAの理解	普通	中級者	97/1/8 10:07
http://www.sl	あるJAVAプログラムの理解	プログラムの動作の観察	良い	初心者	97/1/8 10:11
http://www.sl	あるJAVAプログラムの理解	クラスAの理解	悪い	中級者	97/1/8 10:20
http://www.ntt	あるJAVAプログラムの理解	プログラムの動作の観察	良い	初心者	97/1/8 10:30
http://soogull	あるJAVAプログラムの理解	プログラムの動作の観察	普通	初心者	97/1/8 11:00
http://www.sl	あるJAVAプログラムの理解	プログラムの動作の観察	悪い	?	97/1/8 11:08 削除
http://beat.sl	クラスBの理解	観クラスCの調査	普通	上級者	97/1/7 18:42
http://goose.s	クラスBの理解	例外処理の習得	良い	中級者	97/1/7 18:53
http://www.poh	クラスBの理解	例外処理の習得	普通	中級者	97/1/7 19:01

図4: ②図2の学習履歴を時刻順に並べ、属性を表形式で表示

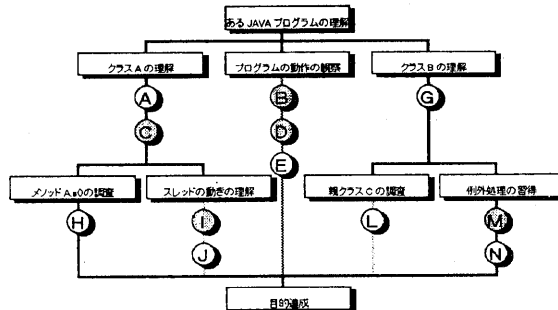


図5: ③ノードの属性情報に基づき学習履歴をビジュアル表示

出すことで、学習コースを目的毎に自動で作成することができる。また、この段階で先人が不要と考えたノードや内容評価の悪いノードの削除ができる。

ビジュアル表示

次に、図5に示すように子目的のブロックはそれぞれを生んだ親目的の下に自動的に配置され、履歴は全体としてツリー構造で表現されるようになる。子目的それぞれのブロックはツリー構造の中で子目的を理解するための学習コースとなる。

また、実験の結果から先人の残したページに対する評価も後進のために表現することが重要であると考えられる。そこで、評価に合わせて以下のビジュアル表現を行なう。

1. 初心者向き、中級者向き、上級者向きで学習コースを色分けする
2. 学習コースの色の濃さは学習コース内のページ内容の評価が高いほど濃くなる
3. 評価が高いページはそれに対応してそのページを表すノードの色が変わる

このように、今回考案した方法では実際のページ間のリンク関係ではなく学習履歴(ルート)を基に表現している。この表示方法をナビゲーションインタフェースに適用することにより、WWWの網の目のようなリンク構造を縦横無尽に辿った先人の学習履歴を、他の学習者と洗練化された学習履歴マップの形で共有することができると思われる。

3.2 ナビゲーションインタフェースによる協調学習支援

上述のビジュアル表示方法を適用したナビゲーションインタフェースは複数の後進から利用され、協調学習ナビゲーションにおけるプラットフォームになる。各学習者はナビゲーションインタフェースの学習マップを見ながらWWW上で学習に必要なページをたどっていく。ここではさらに、ナビゲーションインタフェースによる複数人の協調学習を支援する仕組みについて以下に述べる。

1. 後進の学習者にもコース内の教材に評価をつけるようにする。それによりコースやノードの色分けはホームページを訪れた学習者の評価の平均にあわせて自動的に行なう。また、学習コースを表す線の太さをコースの利用状況を反映させて、辿った学習者が多いほど太く表現する。これらにより、後進の学習者に学習の目安(有益なコースや必須のコース)を示すことができる。
2. 学習者がコースに従ってページをたどっているときに、質問が生じることがあると考えられる。

その際には学習グループの中から既にそのコースをだどった人を自動的に選び出して、メールなどの非同期メッセージ通信を用いて質問を投げかけたりすることのできるコミュニティを形成することができる。また、そのコミュニティ内で出された質問に対する答えなどをコースのノードの1つとして加え、後進の学習者が参照できるようにする。(この機能に関しては[4]参照。)

3. 後進の学習者が先人とは別の関連情報を学習マップに加えたいと考える場合もあると考えられる。それは自作の情報であるかもしれないし、WWW上で見つけた先人がたどっていないページであるかもしれない。学習マップを拡張して新たなコースやノードを形成し、こうした情報を追加することができる機能を提供する。

こうして、先人の教材作成が完全なものでなくても学習者同士の協調によって補われ、より良い使い易い教材が作成されていく。

3.3 CoNAVI

上記の考案に基づいた機能をCoNAVIに実装した。CoNAVIの機能はすべてJava言語で記述されており、協調学習クライアント-協調学習サーバから構成されている(図6参照)。

学習者に提供するクライアント部ではナビゲーションインタフェースの表示を行う。プロトタイプ画面例を図7に示す。このナビゲーションインタフェースはJavaのアプレットになっている。このため学習者はJava対応のブラウザとインターネットに接続できる環境さえあれば、プラットフォームを気にすることなくCoNAVIを利用することができる。ナビゲーションインタフェースは、サーバからの情報に基づいて図7に示すような学習マップを表示し学習者をナビゲートする。学習マップ上には他の学習者が現在どの位置まで学習を進めているかがリアルタイムに表示

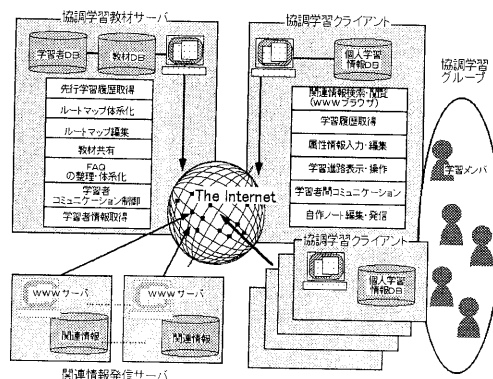


図6: 協調学習ナビゲーションシステムの構成

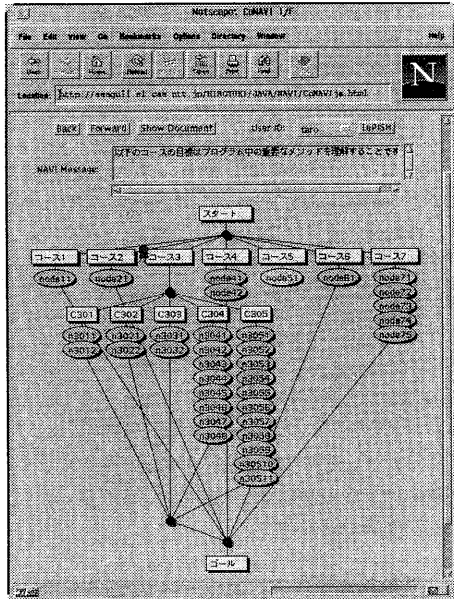


図7: ナビゲーションインタフェースの実例

される。また学習マップ上の関連情報ノードをマウスクリックすることで、そのノードに関する詳細な属性情報が表示される。したがって、後進の学習者は、先人がどのような目的でその関連情報を閲覧したか、どのような順序で学習を進めて目的を達成したか、自分があとどのくらい学習する必要があるかなどの情報を読み取ることができる。また、ノードのダブルクリックによって別のブラウザ(子ブラウザ)が立ち上がり、そのノードに対応したページを表示できる。

サーバ側では学習履歴のDBをもつ。また、後進の学習マップへのアクセス履歴やマップの変更情報などを登録・管理する。各クライアントから送られてくる要求に基づいて履歴および学習者の学習状況などを返す。

3.4 エデュテイメント性をとり入れたインタフェース

さらに、我々は以下のようなデザインを重要と考え、これらを取り入れたナビゲーションインタフェースをJava+VRML2.0を用いて構築している。

1. エデュテイメント性を取り入れた学習者を飽きさせないデザイン
2. 目標に向かって進んでいくイメージを学習者に与える方向性のあるデザイン

図7に示したような学習マップをたよりに、図8に示すような学習者の視点から実世界のメタファに對

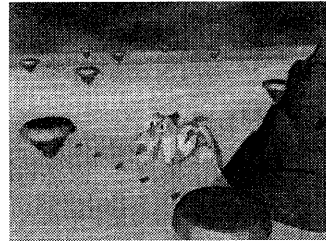


図8: エデュテイメント性のあるインタフェース

応する世界に入り込めるインタフェースを考えている。図8は学習者を鳥として表し、鳥で表された学習ページを辿っていくイメージである。

3.5 検討課題

インタフェースに関する今後の課題を以下に示す。

1. 「Java サンプルプログラムの理解」以外の学習にナビゲーションインタフェースを適用
2. 情報の粒度の調節(URL よりも細かい単位で指定する)
3. 複数の先人による学習ルートマップの合成手法

4.おわりに

協調学習ナビゲーションについて、学習者に提供するインタフェースの観点から述べた。

WWW を用いた学習実験を行なった結果を基に、先に学習した者の活動履歴を教材として利用するために必要な学習履歴マップの作成方法を提案した。さらに、協調学習ナビゲーションのコンセプトを実装した CoNAVI について述べた。これにより、インターネット上のグループが教材を共有・拡張する作業を通して、インタラクティブに学習することができるようになったと考えられる。

参考文献

- [1] 丸山他, 分散教育環境 CALAT におけるハイパーリンクアーキテクチャの提案, pp.104-111, 人工知能研究会資料 SIG-J-9501-16,1995
- [2] Liam J. Bannon, "Issues in Computer Supported Collaborative Learning", pp.268-281, Computer Supported Collaborative Learning, Springer-Verlag, 1995
- [3] 堀川他, 協調学習ナビゲーション手法の提案, 情報処理学会第 21 回 GW 研究会, pp.103-108, 1997
- [4] 及川他, 協調学習コミュニケーション支援機能の提案, 情報処理学会第 22 回 GW 研究会, 1997
- [5] 平川, 安村, ビジュアルインタフェース—ポスト GUI を目指して—, bit 別冊, 共立出版, 1996