

アウェアネスを指向した開放型グループ学習支援システム Sharlok の評価

緒方広明, 三宮毅, 矢野米雄
徳島大学 工学部
〒770 徳島市南常三島2丁目1番地
TEL : (0886)56-7495
E-mail: {ogata,san,yano}@is.tokushima-u.ac.jp
URL: <http://www-yano.is.tokushima-u.ac.jp/>

あらまし 本稿では、複数の学習者が知識を蓄積・探索する開放型グループ学習支援システム Sharlok (SHARing, Linking and lOoking-up Knowledge) の評価について述べる。Sharlok は、学習者が提供した知識について討論することによって、学習を行う“learner-centered”な学習環境である。我々は、このような環境において討論を誘発する Awareness という概念に着目し、Knowledge Awareness (KA) を提案した。KA は、共有データベースにおける学習者の行動履歴を利用して、学習者と同じ知識に興味をもつ他の学習者の情報を与える。KA により、討論の機会を与えることで、学習者は、個人学習環境の枠を越えて、協調学習へ移ることができる。本稿では、特に Sharlok における KA の評価と問題点について述べ、その解決策について議論する。

Sharlok: An Open-ended Group Learning System Focusing on Awareness

Hiroaki Ogata, Takeshi Sannomiya, Yoneo Yano
Faculty of Engineering, Tokushima University
2-1, Minamijyosanjima, Tokushima 770, JAPAN
E-mail : {ogata,san,yano}@is.tokushima-u.ac.jp
URL: <http://www-yano.is.tokushima-u.ac.jp/>

Abstract This paper describes *Sharlok* (SHARing, Linking and lOoking-up Knowledge) which provides a knowledge building and collaborative learning environment. It is open-ended, problem based, learner-centered. In this situation, we propose *Knowledge Awareness* (KA) that plays the important role of increasing the collaborative opportunities. The KA provides messages, e.g., "someone is looking at the same knowledge that you are looking at." and "someone discussed the knowledge that you had inputed." These awareness support to create effective collaboration in various cases. In this paper, we describe the evaluation of *Sharlok* and its experimental results, and we take up some issues and discuss how to solve them.

1. はじめに

近年の CSCW (Computer Supported Cooperative Work) 技術を教育の分野に応用した CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) の研究が盛んである [1]. 我々は、ネットワークを利用して多数の利用者が, “learner-centered” な学習が行えるオープンな学習環境の構築を目指している. このようなシステムとして, CoVis[3, 4], KIE[5], CSILE[6], CoNote[2] などが既に提案されている. これらは, 複数の学習者の知識を統合する共有データベースと学習者同志のコラボレーションが可能な協調作業環境をもつ.

教育学的な立場から, 我々はこのような環境で討論を行うこと自体が学習につながると考える. 三宅らは, 他者からの質問を通じて, 自分が理解していると思っていたことが, 実際には, うまく説明できないという経験をすることで, さらに深く理解できるとしている [7]. 討論を行うことは, グループ学習の利点を生かす意味で重要であり, 他者とのコラボレーションを誘発するような機能が望まれる.

一方, CSCW の研究では, コミュニケーションの機会を増やすための支援方法として, Awareness が提案されている. CSCL の分野では, Goldman[8] の social, task, concept, そして, Gutwin ら [9] の workspace Awareness がある. いずれも, 協調学習を行うタスクや参加者が決定した後, それを効率的に行うために必要とされるものである. しかし, 討論そのものを誘発する概念は提案されていない.

そこで, 我々は, 討論を誘発するための Awareness を指向した開放型グループ学習支援システム Sharlok (SHARing, Linking, and lOoking-up Knowledge) を構築した [10]. 本システムは, ネットワークを利用して, 距離・時間的に隔たりのある不特定多数の学習者が学習できるオープンな環境を持つ. 複数の学習者がまず共有知識空間に知識を蓄積し, その知識の中を自由に探索しながら学習する. 各学習者は共有知識の探索時に疑問を抱いた際に, 他の学習者との討論によりそれを解消する. この過程は, “Problem-based Learning”(PBL) に基づくもので, “learner-centered” でかつ, 能動的な学習を可能とする [11].

我々は, このような開放型グループ学習環境で, 共有知識空間内の学習者の行動履歴を利用して, 学習者に討論の機会を与える Knowledge Awareness(以下 KA) を提案する. KA は, 学習者が興味をもっている知識(オ

ブジェクト)と同じ知識にアクセスしたり, 問題点をもつ他の学習者の存在を伝える. 例えば, “Learner X is looking at the same knowledge that you are looking at.” や “Learner Y changed the knowledge that you had inputed.” の情報を提供する. このような情報により, 学習者は, Learner X や Learner Y と討論を開始することができる. 我々は, “learner-centered” なアプローチをとるため, このような情報を提供するだけであり, 討論の開始は, 学習者の判断に委ねている.

以下, 本稿では, 2. で, CSCW と CSCL で既に提案されている Awareness について述べ, 3. では, 我々が新しく提案する KA について説明する. 4. では, この概念を導入して, 我々が試作した Sharlok の概要を述べ, 5. では, Sharlok における KA の実現方法について説明する. 最後に, Sharlok の問題点とその解決策について, 6. で議論する.

2. Awareness

2.1 CSCW

CSCW では, 協調作業の成立過程をモデル化した Coordination Process Model [12] が提案されている. このモデルを基に, 桑名らは階層型機能モデルとして (1)Co-presence, (2)Awareness, (3)Communication, (4) Collaboration, (5)Coordination を提案している [13]. Co-presence は, 物理的に離れた学習者が同じ空間または, 知識を共有している状態である. Awareness は, 他の学習者の存在, その行動, 及び, 知識の存在を認識して, Communication を始めるきかっけをつかむ過程である. Communication は, CMC (Computer Mediated Communication) システム等を用いてメッセージ交換を行う過程である. Collaboration は, Communication が行え, かつ, 一つのタスクを複数の学習者で遂行する過程である. Coordination は, Collaboration が効率的に行えるように学習者の行動を調整する状態である. このように, Awareness は, コミュニケーションを成立させるための重要な要素である.

Awareness を支援するためのシステムには, 以下のようなものがある [14].

- (1) 会議室のような人が集まる場所を提供する.
- (2) “現在, コンピュータに向かっている” といった, ユーザの状況を伝える.
- (3) “廊下でばったり会う” などの, 現実世界の偶発的な出会いをシミュレートする.

このようなシステムは、時間や空間を越えて、他のユーザと出会い、コミュニケーションを円滑にすることを目的としている。

2.2 CSCL

CSCL の分野では、効率的な協調学習が成立するための表 1 のような Awareness が、既に提案されている。Social Awareness は、タスクを遂行するための参加者の役割の認識である。Task Awareness は、与えられたタスクについて必要となる、道具や時間や知識の認識である。Concept Awareness は、タスク遂行に必要な知識と自分の知識との関係を理解するものである。Workspace Awareness は、協調作業空間における他の学習者の行動やインタラクションを伝えるものである。Gutwin らは、GroupKit[15] を用いて、この Awareness を実現した。Goldman の提案する Awareness は、協調作業を始める段階で必要な概念であり、Gutwin らの提案は、刻々変化していく協調作業過程の共有を支援する Awareness である。これら 4 つの Awareness は、いずれも、協調学習を行うタスクや参加者の決定後、それを効率的に行うために必要なものである。

表 1: Goldman, Gutwin らの提案する Awareness (文献 [9] から引用)。

Type	Examples
Social	What should I expect from other members of this group?
	How will I interact with this group?
	What role will I take in this group?
Task	What roles will the other members of the group assume?
	What do I know about this topic and the structure of the task?
	What do others know about this topic and task?
	What tools are needed to complete task?
	How much time is required? How much time is available?
Concept	How does this task fit into what I already know about concept?
	What else do I need to find out about this topic?
	Do I need to revise any of my current ideas in light of this new information?
	Can I create a hypothesis from my current knowledge to predict the task outcome?
Work space	What are the other members of the group doing to complete the task?
	Where are they?
	What are they doing?
	What have they already done?

3. Knowledge Awareness

3.1 定義

本稿では、KA を“同じ知識や問題に対して、興味をもつ他の学習者の存在を知らせる情報”と定義する。具体的には、共有知識空間内の全ての学習者の行動履歴を利用して、学習者が着目している知識や問題に対して、他の学習者が何らかの行動をとった場合に、その学習者の存在を知らせる。KA の目的は、個人学習を行っている学習者に、他者の存在を知らせ、協調学習のきっかけ

を与えることであり、Goldman, Gutwin らの提案する Awareness とは、異なる。つまり、KA は、どのようなタスクについて、どのような参加者で討論されるかは決まっていない状態で、討論を誘発する要因となり得る情報である。

3.2 対象とする学習者の行動履歴

KA 情報を通じて、自分と同じ知識に興味をもつ人物や、自分と同じ問題点をもつ人物に気付くためには、学習者達のどのような行動をモニタリングするかが問題となる。KA が対象とする行動履歴は、以下の 3 つである。

(1) Discuss

学習者は、討論の履歴から、同じ問題に興味を持っている、または、持っていた他の学習者の存在が分かる。これにより、現在の討論へ参加したり、過去の討論を続けたりできる。

(2) Look

知識を見ている、または、見たという履歴により、自分が興味を持つ知識に対して、何らかの行動をとっている他者が分かれば、コミュニケーションのきっかけとなる。また、他者の履歴は、他の学習者が、現在、何に興味を持っているかを知ることができる。

(3) Change

知識の作成、追加、削除、更新と知識間のリンクの追加、削除の行動に関する情報である。学習者が入力したり、討論した知識が、他の学習者によって、変更されたことを知らせることにより、学習者の誤った知識を訂正する効果もある。

3.3 時間と知識の軸による分類

KA は、学習者が興味を持っている知識と学習を行っている時間の 2 つの軸によって、表 2 のように分類できる。Same time 型の KA は、学習者が学習している時間に同時に行動している学習者の存在を知らせる情報である。一方、Different time 型の KA は、学習者の過去の履歴を利用して、時間を越えた出会いを可能にする。また、Same knowledge 型の KA は、学習者が、現在、着目している知識に対して、他の学習者の行動を知らせる。Different knowledge 型の KA は、学習者が、現在、着目している知識以外の知識ではあるが、何らかの関連をもつ知識に関する情報を与える。

3.4 情報の提示方法による分類

KA の提供方法は、Passive KA と Active KA の 2 つに分類できる。Passive KA は、学習者が自分から動き

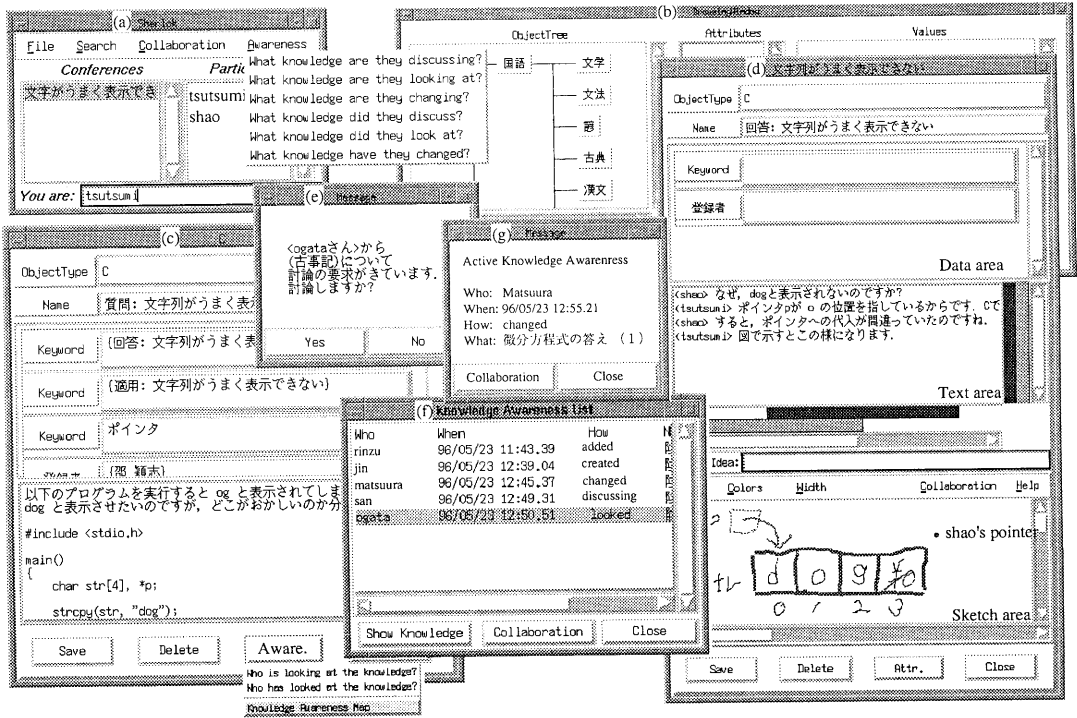


図 1: Sharlok の学習環境.

表 2: 時間と知識の差異による分類

	Same knowledge	Different knowledge
Same (current) time	Who is discussing the knowledge?	What knowledge are they discussing?
	Who is looking at the knowledge?	What knowledge are they looking at?
	Who is changing the knowledge?	What knowledge are they changing?
Different (past) time	Who discussed the knowledge?	What knowledge did they discuss?
	Who looked at the knowledge?	What knowledge did they look at?
	What has been changed since I last looked at the knowledge?	What knowledge did they change?

かけないとシステムが情報を提供しない方法である。一方、Active KA は、学習者その他の学習者のアクションに応じて、動的に情報を提示する。つまり、システム側が積極的に学習者の学習に介入し、コラボレーションの誘発を促進する。

4. Sharlok

我々は、図 1 に示すように、ワークステーション上に本システムを構築した。開発言語は、Tcl7.4, Tk4.0, Tcl-DP3.2 を用いた。Sharlok は、サーバクライアント

型のシステムであり、(1) 学習者の知識を蓄積する共有データベース Holmes (Hypertextual and semi-Object oriented Learner's MEory System) (2) リアルタイムのコラボレーション環境、(3) Knowledge Awareness, の 3 つのサブシステムからなる。

4.1 共有知識環境 (Holmes)

Holmes は、ハイパーテキストとオブジェクト指向 DB を統合したシステムである。Holmes の機能を以下に述べる。

- (1) クラス定義機能
- (2) インスタンスオブジェクト生成機能
- (3) ブラウジング検索機能
- (4) ナビゲーション機能
- (5) リンクオーサリング機能

Holmes は、コアデータベースとして、TRIAS[16] を用いてデータを管理する。TRIAS は、データを 3 重組で表現し、その追加・削除・更新が容易に行えるデータベースである。3 重組は、物 (object), 属性 (attribute), 値 (value) の 3 要素からなり、(o, a, v) と記述する。3 重組

は、各要素をキーとして、それらを結合した中間コードで管理される。よって、同じ要素をもつ3重組は、中間コードが部分的に一致する。このような中間コードを探索することにより、3重組の任意の要素に“*”を用いた (O, A, V) , $(O, A, *)$, $(O, *, V)$, $(*, A, V)$, $(O, *, *)$, $(*, A, *)$, $(*, *, V)$, $(*, *, *)$ の8種類の検索が可能となる。ここで、 O, A, V は各要素のデータである。

Sharlok の起動画面は、図1の画面 (a) である。この画面は、現在、討論されているトピックとその参加者を表示する。この画面の“Search” ボタンを押すと、画面 (b) が表示される。画面 (b) の ObjectTree は、学習者が階層構造を作成して、クラス定義できる機能を提供する。また、学習者は、任意にオブジェクトを生成し、そこに知識を登録できる。実際のオブジェクトは、図の画面 (c) または、画面 (d) に示すように、データ (属性と値の組)、テキスト、図で表現する。データは、 $(\langle \text{ObjectID} \rangle, \langle \text{Attribute} \rangle, \langle \text{Value} \rangle)$ の3重組で表現する。データやテキストは、任意のオブジェクトとリンクづけることができる。

4.2 コラボレーション環境

我々は、GroupKit[15]を用いて、リアルタイムの協調学習環境を構築した。討論を開始するには、図1の画面 (e) に示すように、討論相手にメッセージを送るツールを利用する。メッセージの内容は、(1) メッセージ送信者名 (2) 質問のタイトルである。また、メッセージの送信方法としては、(1) 自分の討論したい相手を指定する場合と、(2) 現在、Sharlok を使用している全学習者に送信する場合の2つある。いずれも、“Yes” ボタンを押すことによって、討論が開始する。討論への途中参加は、画面 (a) に表示された、現在討論されているトピックを選択することによって行える。

討論は、画面 (d) のような討論オブジェクトを用いて行う。これは、データ、グループテキストエディタ、グループスケッチからなる。テキストエディタ、グループスケッチは、1対1から多対多までの複数の学習者によるリアルタイムの討論が可能である。討論の終了後に保存された内容は、他のオブジェクトとリンクしたり、討論の過程を時系列に再生して利用することが可能である。なお、GroupKit は、討論相手のスクロールバーを表示する機能と各学習者のマウスポインタを表示する機能によって、Workspace Awareness を実現している。

5. Knowledge Awareness の実現

ここでは、3章で提案したKAのSharlokにおける実現方法について述べる。図2に、KAのシステム構成を示す。Sharlokのサーバは、GroupKitサーバ、messageサーバ、Holmesデータベースサーバ、全学習者の行動履歴を蓄積する履歴データベースサーバからなる。また、Sharlokのクライアントは、以下の3つのモジュールからなる。

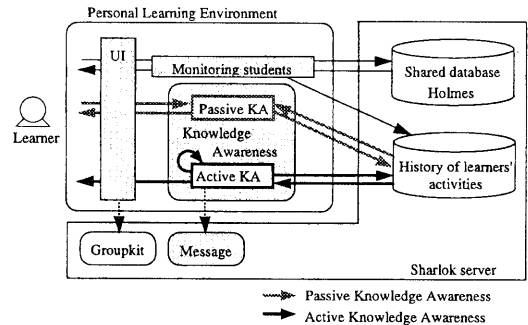


図 2: KA 機能のシステム構成

5.1 学習者の行動モニタリング機構

共有知識空間 Holmes において、学習者が行った操作をモニタリングするモジュールである。知識の探索を行った、ある知識を更新した、ある知識に関する討論を行ったなどの操作系列を、履歴データベースに保存する。

学習者の行動履歴は、Sharlok のインタフェースを通じて取得する。例えば、“looked” の履歴は、オブジェクトの“Close” ボタンを押すことによって、取得する。履歴は、3重組形式で表現する。属性は、「誰が (who)、いつ (when)、何の知識対して (what)、どんなことをした (how)」を用いる。また、変更前の値は、“preval (previous value)” として保存する。学習者の行動履歴の例を表3に示す。これは、酸と塩基の反応というオブジェクトの Keyword を“化学反応式”から“中和反応式”に変更したことを表す。

5.2 インタフェース

学習者が、Passive KA の方法で情報を取得する場合には、図1の画面上に配置された KA メニューから任意の情報 (例えば、“Who is discussing the knowledge?”) を選択する。Different knowledge 型の KA は、メイン画面 (図1の画面 (a))、Same knowledge 型の KA は、オブジェクト画面 (図1の画面 (c)) に、それぞれ配置し

表 3: 学習者の行動履歴のデータ表現例

履歴 ID	属性	属性値例
hid745	object	id95(酸と塩基の反応)
hid745	attribute	Keyword
hid745	value	中和反応式
hid745	preval	化学反応式
hid745	who	id12 (ogata)
hid745	when	1996/01/23/14:32:56
hid745	how	changed

ている。KA 情報は、“Knowledge Awareness List” 画面 (図 1 の画面 (f)) に表示する。“Collaboration” ボタンにより、討論開始の要求メッセージが選択された人物に届き、その知識について討論を始めることができる。“Show Knowledge” ボタンは、選択したオブジェクトを表示する。

他の学習者が何らかのアクションをした際に、メッセージ画面を通じて Active KA 情報を提示する。メッセージの内容は、学習者の行動履歴である。図 1 の画面 (g) は、学習者の学習の途中で画面に表示される Active KA の例である。学習者は、Active KA の内容を見た後、“Collaboration” ボタンを押すことによって、討論を開始することができる。

5.3 Knowledge Awareness 検索機構

この機構は、Passive KA の方法で、学習者が要求した KA を検索する機構と Active KA の方法で KA を提示する機構からなる。Active KA は、Sharlok 本体とは、別プロセスで学習者の行動を観察する。履歴データベースをある一定間隔ごとに検索し、更新された場合は、履歴 DB と共有知識 DB の内容が学習者の行動と合致すればメッセージを提示する。デフォルトは、Same time & Same knowledge 型の全ての KA である。つまり、学習者が着目している知識と同じ知識に関して、同時に、他の学習者が何らかの行動を取った場合に、KA を伝える。

6. システムの問題点と解決案

試作したシステムの試用を通じて、以下に示す機能が必要であることが分かった。

6.1 問題点

(1) KA 情報のフィルタリング

Sharlok を長時間使用すると、学習者の行動履歴は、膨大になる。従って、Different Time や Different Knowl-

edge 型の KA で提供される情報も、非常に多くなり、学習者が欲しい情報が得にくくなる。よって、どれくらい時間を遡って、また、どのような知識に関する情報が欲しいか、という設定基準を検討する必要がある。

(2) 分かりやすい KA の表示

KA は、図 1 の画面 (f) に示すようなリスト表示では、学習者は理解しにくいという意見が多かった。よって、KA で提示される各行動履歴が、(1) システムを使用している現在から、どのくらい前に、学習者がした行動か、(2) 現在、学習者が着目している知識と、どのような関係があるのか、をもっと分かりやすく視覚的に表示する必要がある。

6.2 問題点の解決策

6.2.1 KA の設定

KA 情報の受け手となる学習者は、全ての情報が必要なわけではなく、「欲しい情報」はその内のいくつかに限られている。さらに、それらは学習者のシステム利用状況に応じて、あるいは時間の推移と共に変化していくものである。そこで、その「欲しい情報」として、(1) 知識、(2) 時間、(3) アクションの 3 つのレベルで設定できるようにした。これらの設定は、Passive KA と Active KA の双方に有効であり、AND で結合される。図 3 に、その設定画面を示す。この画面は、図 1 の画面 (a) から、呼び出す。

(1) 知識の設定

学習者が興味を持つ知識に関する KA のみを表示するために、以下の 2 つの設定方法を用意した。

(a) トピックの設定

学習者が興味のあるトピック (クラス) を予め設定しておくことで、他の学習者がそのトピック (例えば国語) を含めた下位のクラスについてアクションした時の情報だけを提示する。この設定は、図 3 の Topics 画面を用いて行う。ここでいうアクションとは、Discuss, Look, Change を指す。

(b) リンク距離の設定

学習者が、現在、見ている (開いている) オブジェクトは、学習者が興味を持っているオブジェクトであるとみなす。そこで、そのオブジェクトとリンクされているオブジェクトに関する情報だけを提示する。関係の強さはリンクの距離で判断する。図 3 の Time & Links 画面でリンクの距離を任意に設定できるようにしている。この例では、3 段階以内のリンクで結ばれた、オブジェクトを KA の対象に設定している。

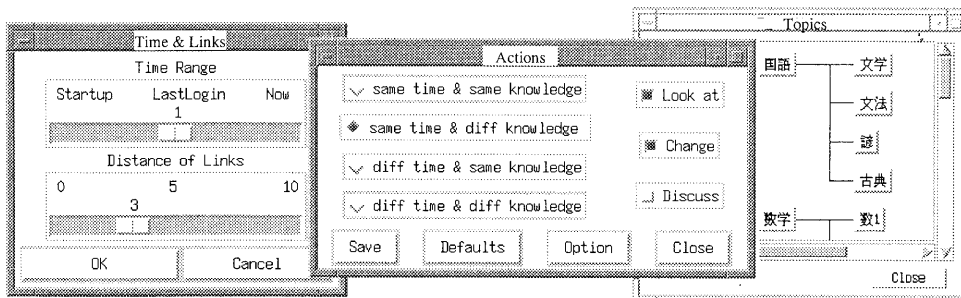


図 3: KA のクラスに関する設定画面

(2) 時間の設定

これは、過去のどの時間まで遡って KA を提示するかの設定である。図 3 の Time & Links 画面で、この上限の時間を設定する。時間の設定基準として、以下の 4 つを用意した。

(a) Now

学習者がシステムを使用している時、同時に行われている他の学習者の行動だけを KA の対象とする。この設定では、Same time 型の KA のみが提示され、Different time 型の KA は、提示されない。

(b) LastLogin

前回、Sharlok を利用した時から現在までの学習者の行動履歴を KA の対象とする。この設定によって、Sharlok を起動していない時の KA を取得できる。

(c) StartUp

これは、サーバシステムを起動した時間である。この時から、履歴の蓄積を開始する。従って、これより、前の過去まで遡ることはできない。この設定によって、履歴データベースに蓄積している全ての履歴を対象として、KA が提示される。

(d) 任意の時間

StartUp から Now までの任意の時間を設定できる。

(3) アクションの設定

他の学習者が、どのアクションをした時の情報が欲しいかを、学習者は、図 3 の Actions 画面で設定できる。設定は、表 2 を基に、時間/知識の 2 つの軸ごとに行う。例えば、図 3 のように、same time & different knowledge で “look at” と “change” を設定すれば、トピックとリンク距離の設定を同時に満足するオブジェクトに対して、他の学習者が参照、または、変更している際に KA 情報を提示する。

6.2.2 Knowledge Awareness Map

Knowledge Awareness Map は、学習者が着目している知識を中心として、他の学習者の行動を知識と時間の違いの 2 つの軸で視覚的に表示する。つまり、ある知識を中心として、どのくらい離れた知識について、誰が何をしているのか、また、過去にこの知識に関して、誰がどのような動作を行ったのか、を視覚的に表示する。オブジェクト画面の “Knowledge Awareness Map” ボタン (図 1 の画面 (c)) の選択により、その知識を中心としたマップを表示する。

図 4 の横軸は、リンク距離、縦軸は、現在から遡る時間を表す。ボタンは、学習者が見ている知識からのリンク距離と時間をもとに配置している。ボタン上の数字は、履歴の数を表す。例えば、図 4 では、リンク距離が 1 の知識に対して、現在から 3 時間以上 4 時間以内の過去に行った全学習者の行動履歴の数は、4 であることを示している。2 つの軸が交差する点が、same time & same knowledge 型の KA である。図の例では、この型の KA は、3 つある。横軸上は、same time & different knowledge 型の KA であり、縦軸上は、different time & same knowledge 型の KA である。それ以外の領域は、different time & different knowledge 型の KA である。図下の陰の部分、リンク数が 3 以内、かつ、時間が 1 時間以内で起きたことを KA で伝えることを意味する。リンク数や時間は、設定画面で学習者が設定したものを反映する。

ボタンを押すことによって、リンク距離、時間における行動履歴の詳細情報を Knowledge Awareness List 画面に表示する。図 4 は、Who (誰が)、When (いつ)、How (どのような行動をしたか)、Name (どの知識に対して)、Class (知識のクラスは何か) を表示している。Show

Knowledge ボタンは、リストで選択された知識を表示し、Collaboration ボタンは、リストで選択された人物とその知識についての討論を開始させる。

KA マップにより、ある知識に関する KA の情報を全体的に把握できる。また、Active KA の設定範囲を広げたり、縮小したりする判断に有効である。

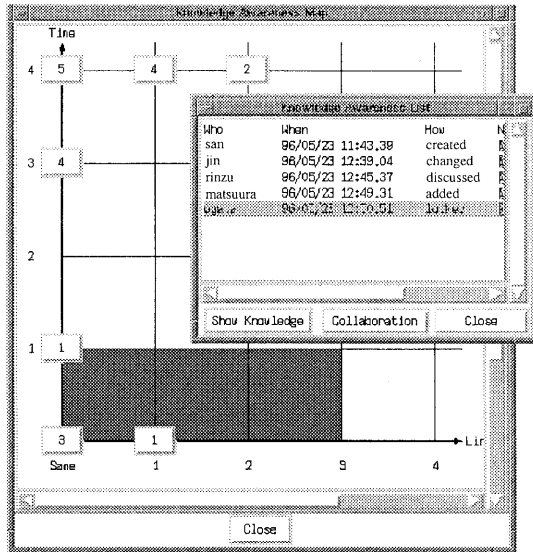


図 4: Knowledge Awareness Map

7. おわりに

本稿では、開放型グループ学習システム Sharlok において学習者間の討論を誘発する KA を提案し、そのモデル化と実現について述べた。KA は、協調学習環境において、学習者の知的好奇心 [17] を触発し、Collaboration の良きパートナーとなりうる学習者との出会いをサポートする。今後は、Sharlok の評価を続け、(1)KA なし、(2)Passive KA のみの情報、(3)Active KA の情報、の 3 つの状況で、KA の有効性を検証する予定である。

謝辞

本研究は総合研究 (A)(07308016) “大学教育におけるマルチメディア・協調分散環境の基盤研究に関する調査研究” の補助を受けている。

参考文献

- [1] O'Malley, C.: “Computer Supported Collaborative Learning”, NATO ASI Series F, Computer and Systems Sciences, Vol. 128 (1994).
- [2] Davis, J. and Huttenlocher, D.: “Shared Annotation for Cooperative Learning”, Proc. of CSCL '95 (1995).
- [3] Edelson, D., O'Neill, D, Gomez, L and D'Amico, L.: “A Design for Effective Support of Inquiry and Collaboration”, Proc. of CSCL '95 (1995).
- [4] Edelson, Pea, R, and D, Gomez: “The Collaboratory Notebook”, Comm. of ACM, Vol. 39, No. 4, pp. 32 - 33 (1996).
- [5] Linn, M.: “Key to the Information Highway”, Comm. of ACM, Vol. 39, No. 4, pp. 34 - 35 (1996).
- [6] Scardamalia, M. and Bereiter, C.: “Student Communities”, Comm. of ACM, Vol. 39, No. 4, pp. 36 - 37 (1996).
- [7] 波多野諄余夫, 稲垣佳世子, 「人はいかにして学ぶか」, 中公新書 (1989).
- [8] Goldman, S. V.: “Computer Resources for Supporting Student Conversations about Science Concepts”, SIGCUE Outlook, 21(3), pp. 4-7 (1992).
- [9] Gutwin, C., Stark, G., and Greenberg, S.: “Support for Workspace Awareness in Educational Groupware”, Proc. CSCL '95 (1995).
- [10] Ogata, H., Matsuura, K. and Yano, Y.: “Knowledge Awareness: Bridging between Shared Knowledge and Collaboration in Sharlok”, ED-MEDIA'96 and ED-Tecom'96, <http://www.yano.is.tokushima-u.ac.jp/research/sharlok/sharlok-jp.html>.
- [11] Norman, D, and Spohrer, J.: “Learner Centered Education”, Comm. of ACM, Vol. 39, No. 4, pp. 34 - 35 (1996).
- [12] Malone, T. W.: “The Interdisciplinary Study of Coordination, ACM Computing Surveys”, Vol.26, No.1, (1994).
- [13] 桑名栄二, 堀川桂太郎: “コーディネーションプロセスに基づく同期型グループウェアの設計”, 情報処理学会グループウェア研究会 13-1, pp.1-6 (1995).
- [14] 松下 温, 岡田謙一: “コラボレーションとコミュニケーション”, 共立出版, pp. 77-87 (1995).
- [15] Roseman, M. and Greenberg, S.: “GroupKit: A Groupware Toolkit for Building Real-time Conferencing Applications”, Proc. CSCW '92, pp.43-50 (1992).
- [16] 山本米雄, 柏原昭博, 川岸圭介, 塚本信宏: “個人用データベース管理システム TRIAS の開発”, 情報処理学会論文誌, Vol. 30, No.6, pp.733-742 (1989).
- [17] 波多野諄余夫, 稲垣佳世子, 「知的好奇心」中公新書 (1995).