

空間共有と場共有の概念に基づいた協調学習支援のプラットフォーム

代表研究者	渡 邊 豊 英	名古屋大学情報科学研究科教授
共同研究者	小 尻 智 子	名古屋大学情報科学研究科助教
	朝 倉 宏 一	大同大学情報学部准教授
	林 佑 樹	名古屋大学情報科学研究科博士後期課程 1 年

1 はじめに

近年の情報通信技術の飛躍的な発展に伴い、情報ネットワーク環境における協調学習を支援する試み(CSCL: Computer-Supported Collaborative Learning)が盛んに行われている[1]. 協調学習はグループ学習の一種であり、学習活動の中で互いに助け合いながら学習グループとしての目標達成を目指す協調的な相互依存の学習である[2]. しかし、情報ネットワークを介した協調学習は、コミュニケーション手段が制約され、学習環境の雰囲気や他学習者の学習状況を上手く把握することができない。学習環境において有益な情報を提供する考え方の一つに、アウェアネス支援がある[3, 4]. これは、他学習者の状況や行動、所有物などへの気づきを促進することで、効率的な作業を支援することであり、今日に至るまで多くの研究者が取り組んできた。実世界のグループ学習では、他学習者の表情や動作、そして所有物に対する操作などの非言語的な情報を視線・視野から取得している。学習者は全ての情報を一度に見るのではなく、注目意識に応じて取得したい対象(注目対象)に注視することで効果的に学習している。仮想世界で他学習者と協力して学習を進めるには、他学習者との相互作用に応じて変化する学習者の注目意識に基づくアウェアネス情報を直接操作できることが望ましい。

我々は、学習者の注目意識に基づいた情報を表出するために、円卓場インタフェースを提案してきた[5]. 円卓場インタフェースは、他学習者のカメラ画像が円卓を囲うように配置された三次元対話空間である。発言や所有物に対する動作に応じて、注目意識の変化から推定された注目対象に基づいた空間内の学習者の視線・視野が動的に変更される。しかし、発言のやり取りに対する注目意識は反映されていない。

協調学習では他学習者と言葉を交わし、互いに助け合うことで解を導出させる。会話の文脈理解を支援するために、Smith らは対象となる発言情報を付加し、テキスト・チャットで会話構造を話題ごとにスレッド化するシステムを提案した[6]. 構造化された発言系列を見ることで、新たな話題や質問、コメントといった会話の流れを理解することができる。しかし、スレッド表現では表示される発言間の時間的な情報が失われる。また、興味のある複数の話題が同時に進行するため、学習者に認知的負荷がかかる問題がある[7]. 実世界では、「全員への発言」、「特定の他学習者への発言」などの発言の文脈を、発言者の向きや声の大きさと表現される非言語的な情報から即時的に判断できる。また、「学習者の発言に対する他学習者の発言」など、学習者に関わる発言(注目発言)を他の発言と比べて注意して聞くことで学習を円滑に進めている。発言者とその対象者の発言のやり取りを仮想世界の中で効果的に表現し、注目すべき発言を他の発言と区別して積極的に表出することは、議論の促進や意志疎通の向上に繋がる。

2 枠組み

本研究では、仮想世界における活動基盤プラットフォームを実現し、協調的な学習活動を支援できる枠組みを開発する。従来の face-to-face の概念を越えて、hand-in-hand のように触れ合う親近感を表す関係を達成目的として、人の意識、人の活動を反映できる仮想世界を構築し、個人の存在感、他人との共存感を扱う。このために、高精度なコンピュータ・グラフィックス技術や、高次元なマルチメディア技術を適用するのではなく、また膨大なコーパスを利用した対話処理技術、大量の個人知識を用いた知識処理技術などを用いるのではなく、簡単な方法で、容易なアプローチで解決することが重要である。仮想世界で展開される多くの仕組みや応用にも容易に、かつ効率的に適用できるプラットフォームが必要である。多くの場合、個々の応用が対話インタフェースと関わり、add-in 的に様々な機能が連携・統合できる構造とはなっていない。連携できるための相互接続規約、連携機構が必要である。協調活動の基盤アーキテクチャの共有概念として、空間共有(space sharing)、場共有(field sharing)を導入する。これらの概念は従来グループウェアで重要視された共通

の作業場とその対面環境を要求する face-to-face の概念だけに基づくのではなく、学習者の意識に基づいた face-to-face の対話環境、学習者と学習者が触れ合う関係による hand-in-hand の概念を確立する。

空間共有は物理的に異なった場所にいる学習者が論理的に一つの空間にいるかのように仮想的な構成を実現することであり、従来の face-to-face の下に探究されてきた概念でもある。しかし、今まで開発され、使用されているビデオ会議システムではこの目標が実現されていない。単に相手の映像を投影することにより face-to-face が実現されるのではなく、学習者の意識をどのように捉え、実現するかが探究すべき課題である。そのために、視線(glance)、視野(view)に基づいて、「学習者の意識の反映」を実現するアプローチをとり、図1はこれらの行為を概念的に表している。視線は視覚方向の移動、視野は視覚範囲の変化である。これらは従来のグループウェアで強く言及されてきた face-to-face の対面感だけでなく、同一空間における自己存在感、共存感を意識できることである。人工現実感技術と対話インタフェース技術に関する。単に同じ場所にいること、学習者総ての顔を一時に、同時に見ることではなく、個人の意識を仮想世界に共存する学習者に直接反映できる機構である。空間が共有されることは、空間の雰囲気、空間での話題の流れ、空間における個人の存在が共有されることを表す。

また、場共有は同一場所で活動している学習者と学習者の間で、他学習者の存在を感じ、自身の存在性を他の学習者に知らしめる環境、または共存している学習者が相互の協調、相互の競合を持ち得る環境を実現する。すなわち、自身の行動・振舞いによって、一つの空間に集まっている学習者との視覚的、認知的空間構成を動的に変動できる機構が必要である。場の共有とは対話の文脈(コンテキスト)を理解し、議論の流れを知ることでもある。そのために、焦点(vision)、伝達(propagation)に基づいて学習者間で話の内容を明示的に把握できる機能として実現される。図2はこれらの行為を概念的に表している。それは、他学習者を自身にとって認知できるだけではなく、自身の意志を他学習者に伝え、また反対に他学習者の意志を自覚できる仕組みが重要となる。hand-in-hand の概念は手と手とが触れ合うという相互存在感の直観的な認識である。マルチエージェント技術、人工現実感技術、対話インタフェース技術に関する。

空間共有、場共有の概念は協調学習を効果的に実現するための支援環境として重要な働きをする。これらの概念を学習者の行動として捉えたとき、それらを実現する手順として、

- 1) 学習者の発言に対する注目
- 2) 注目した発言の反映

があり、学習基盤プラットフォームではこれらを円卓場インタフェースの下で処理できる機能として提供される。

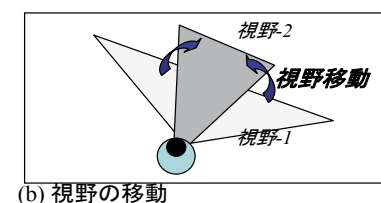
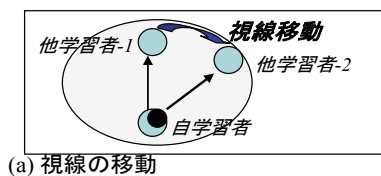


図1: 視線と視野

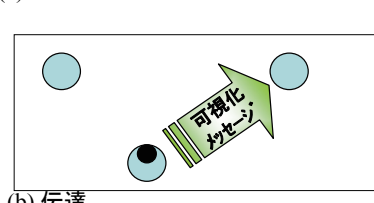
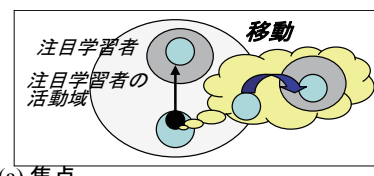


図2: 焦点と伝達

3 アプローチ

空間共有、場共有の概念に基づいた学習基盤プラットフォームは学習者間のインタラクション、及びそのインタラクションのためのインタフェースによって実現される。ここでは、我々が導入した円卓場インタフェースの下で、学習者の意図反映をどのように捉えて実現することができるかについて述べる。

3.1 円卓場インタフェース

円卓場インタフェースでは、学習者の考えや解答を記述したメモを利用しながらテキスト・チャットを通

じて他学習者と会話する仮想学習環境を対象としている。実世界では、協調学習中に「他学習者を観察する」、「メモを記述する」などの様々な動作が発生する。これらの動作は学習者の理解状態や思考を反映し、学習者は動作に応じて表情やメモなどの情報を注目対象から取得することで新たに動作して他学習者とコミュニケーションしている。従って、仮想学習空間で学習者の表情や作業状況を効果的に取得できるようにするためには、他学習者のカメラ映像やメモの内容を一様に表示するのではなく、他学習者への注目を考慮した情報提示が望ましい。

我々は文献[5]において、協調学習における学習者の動作に応じた注目対象の変化を分析し、学習者の注目対象を特定する機構を提案した。同手法では、動作が生じるたびに各学習者の注目度を計算し、注目度が最も高い他学習者を注目対象として特定する。算出された注目対象の注目度に応じて学習者と円卓場の中心と

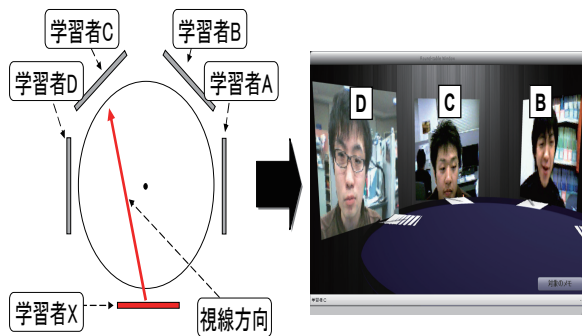


図 3: 円卓場ウィンドウの学習者配置

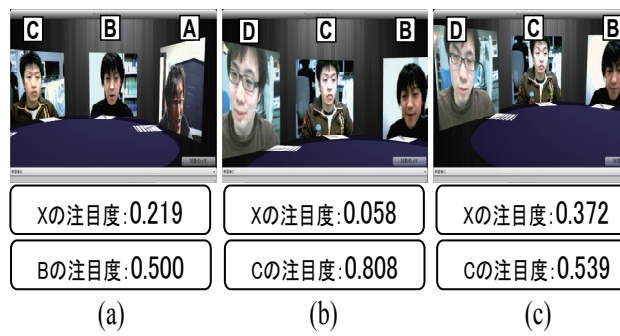


図 4: 注目対象に応じた学習者 X の視線・視野の移動例

の距離を変化させる。注目度に応じて設定された学習者の位置から注目対象を視線方向としたときの視野を円卓場インタフェースに表示する。自身の動作に対する注目度は、上下の視線方向で表される。また、他学習者の注目意識は、他学習者のカメラ画像を他学習者の注目対象に向けることで表現される。

注目対象に応じた学習者の視線・視野の移動例を示す。図 3 左は各学習者の配置と学習者 X の視線方向を、右はその時点の円卓場インタフェースを表示している。5名の学習者(X, A, B, C, D)による協調学習において学習者 X の注目対象と注目度に応じた視線・視野の移動例を図 4 に示す。図 4(a)で、学習者 X の注目対象は最も高い注目度 0.500 をもつ B であり、B を中心とした視野が表示されている。図 4(b)では、学習者の動作により注目対象が B から C へ変わった状況を表す。中心には最も高い注目度を持つ C が表示されている。図 4(c)は、学習者自身のメモに対する動作により、学習者 X の注目度が上昇した場合である。円卓場インタフェースには、学習者 X が下方方向に視線を向けている状況が表示されている。

3.2 注目発言

協調学習では、他学習者に発言することで意見やアイデア、質問に対する回答を得る。実世界では、他学習者の発言を即時的に判断し、質問に対する回答や意見など、自身に関係のある注目発言を取捨選択することで円滑に対話が構成されている。従って、仮想学習環境でやり取りされる発言を学習者自身に関する発言と他の発言を区別して扱うことは、議論の促進に繋がる。学習者が注目したい発言は、過去の学習者の発言に対する発言、過去に学習者が対象となった発言に対する発言など、学習者が対象となる他学習者の発言であると推定される。他学習者を対象とした発言には注目していない。発言には前の発言を受けてなされる場合とそうでない場合があり、発言系列から対象発言と発言者、発言の対象者をみることで学習者に関わる注目発言を推定できる。

図 5 に学習者 X の注目発言となる発言系列のパターンを示す。注目発言パターンは 5 種類存在し、矢印の元ノードは発言した学習者、先ノードは発言の対象者を表す。発言 1, 2 は発言された順番を表し、1 の発言を対象とした発言が 2 の発言である。図 5(a), (b), (c) は学習者 X から特定の他学習者 A, B または全員に対する発言がなされた状況を、図 5(d), (e) は特定の他学習者 B から X または全員に対する発言がなされた状況を示している。注目発言は、これらの発言に対する他学習者から X への発言となる。

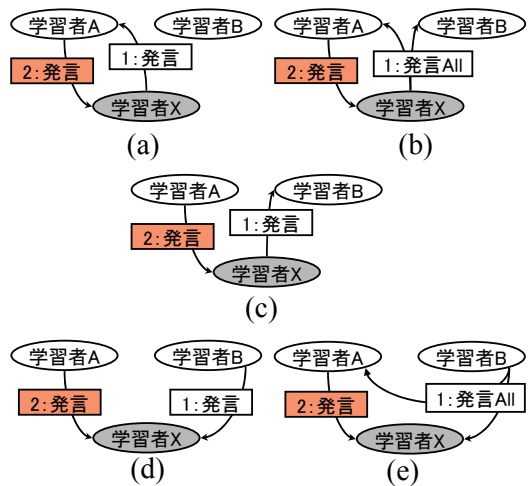
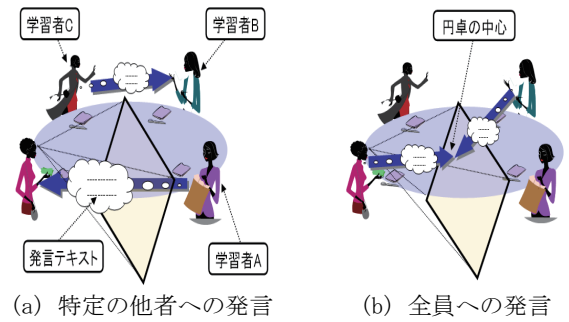


図 5: 発言の系列に基づく注目発言パターン

3.3 発言における注目意識の投影

実世界では他学習者の位置情報、発言がなされた方向や声の大きさで表現される情報に基づき、誰が誰に対して発言したかを知覚する。全員に対する発言は誰もが把握し、学習者自身に関係のない他学習者同士の発言は注目しない。また、多くの発言の中でも学習者に関する注目発言は、他の発言と比べて大きく鮮明に聞こえて記憶に残る。対話における効率的な情報の取捨選択を仮想空間で実現するためには、学習者・他学習者の発言を区別し、学習者の視野に効果的に投影する必要がある。

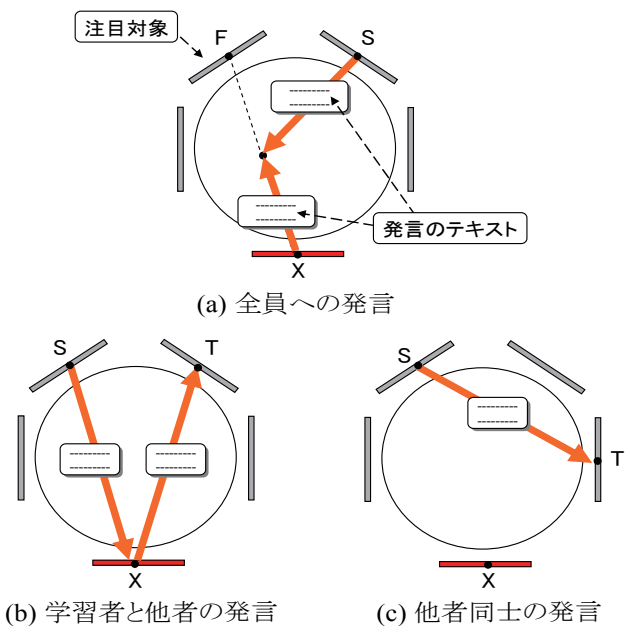
発言のやり取りを学習空間内で視覚的に表現するために、発言内容を表すテキストを発言の遷移情報に応じて発言者の位置から移動させる。図 6 に発生元と対象先に応じた発言の移動例を示す。特定の他学習者への発言は、図 6(a)のように発言者の位置から対象者の方向へ移動する。図 6(b)は学習者自身と学習者 B から全体への発言を示す。全体への発言は、全ての学習者から把握できるように円卓の中心方向へ移動する。学習者の視野では他学習者から学習者への発言は、発言を表すテキストが徐々に大きくなりながら学習者へ向かってくる。学習者から他学習者/全体への発言は、テキストが小さくなりながら対象先へ移動する。発言が注目発言である場合は、他の発言と比べて学習者の記憶に残るように表現する必要がある。図 7 に学習者への注目発言の移動例を示す。学習者とその発言の内容を十分に読み取れるようにするために、学習者の視野の中心に強調して表示する。3次元空間の中で注目発言と他の発言を区別して表示することで、学習者の学習を妨げることなく対話を促進できる



(a) 特定の他者への発言 (b) 全員への発言
図 6: 発生元と対象先に応じた発言の移動例



図 7: 学習者への注目発言の移動例



(a) 全員への発言 (b) 学習者と他者の発言 (c) 他者同士の発言
図 8: 発言の表示手法

4 学習空間における発言の反映手法

発言は発言者と対象者が反映されるように表示される。図 8 に、学習空間での発言の表示方法を示す。発言の下にある矢印は、発言のテキストが矢印の発生元から対象先へ移動することを表す。図 8(a)に示される全員への発言では、発言を表すテキストを学習者の視野から見やすい位置に移動させるために、発言の発生元座標 S から、学習者の視線方向である注目対象 F の座標と学習者自身の位置の midpoint 座標へ発言のテキストを移動させる。学習者から他学習者への発言は、 X の座標から発言の対象先 T の座標へ発言テキストを移動させる。注目対象が発言対象となる場合は T の座標と F の座標は等しくなる。一方、他学習者から学習者への発言は、 S から X に発言テキストが移動する。この場合、 T の座標と X の座標が等しくなる。学習者から他学習者/他学習者から学習者の発言の移動を図 8(b)にまとめる。図 8(c)は、他学習者から他学習者への発言である。発言のテキストは S から T へ移動する。学習者の注目対象が T でない場合は、移動の軌跡が視野内を通るときのみ表示される。

移動先へ到着した発言テキストは、一定時間経過した後にフェード・アウトされる。発言テキストの移動時間とフェード・アウトするまでの時間は、ヒューリスティックに決定している。学習者の発言と他学習者の発言は異なる色を用いることで区別する。

注目発言パターンを検出するため、発言入力時に発言の対象者及び対象となる発言を選択させる。発言の対象者がいない場合は全体への発言となる。対象発言がある場合はその発言が親発言となり、対象となる発言がない場合は親発言はなしとなる。注目発言は、発言の対象発言と親発言を基に、図 5 で示したパターンと比較することで判断される。図 9 に注目発言判定のためのフローチャートを示す。発言の発生時に親発言が選択されていない場合は、注目発言でないと判断される。親発言が選択されているが発言の対象先が全員または他学習者の場合は学習者自身に対する発言でないため、注目発言ではないとする。発言の対象先が学習者自身の場合、親発言の対象先を調べる。親発言の対象先が学習者自身または全員の場合、発言を注目発言として検出する。親発言の対象先が他学習者の場合は、親発言の発生元が学習者自身であるときに注目発言となる。注目発言は通常の発言と区別して表現される。注目発言の場合は発言の色を強調色で表現し、フォント・サイズを他の発言と比べて大きくする。また、発言がフェード・アウトするまでの時間を通常の発言のフェード・アウト時間の 3 倍としている。

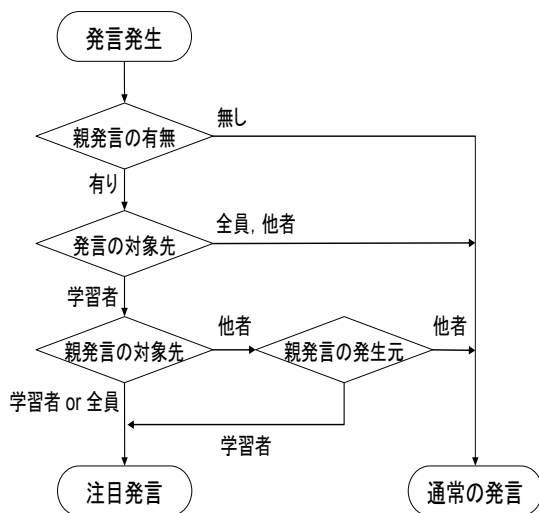


図 9: 注目発言の検出フローチャート



図 10: 協調学習支援システム

5 協調学習支援システム

構築した協調学習支援システムを図 10 に示す。学習者はチャット・ウィンドウで他学習者と対話し、円卓場ウィンドウを通して学習環境を観察できる。また、メモ・ウィンドウに学習者自身のメッセージを記述できる。学習者は発言内容入力欄へ発言を入力する際、学習者の名前リストから発言の対象者を選択できる。対象となる発言がある場合は会話内容一覧から発言をクリックし、対象発言として選択する。システムはこ

これらの情報を基に各学習者の注目度と注目発言を算出する。

円卓場インタフェースの中心に表示されている画像は注目対象を表し、円卓の周囲には学習者の視野に存在する他学習者のカメラ画像が均等に配置されている。他学習者のカメラ画像は、Webカメラを通して取得される。学習者が注目対象を能動的に変更したい場合、注目対象変更コンボボックスから対象の学習者名を選択することで視線方向が変更される。また、他学習者の注目対象は他学習者のカメラ画像の向きで表現される。注目対象のメモの内容を閲覧したい場合は、円卓場インタフェースにある注目対象のメモ閲覧ボタンをクリックすることで、その時点の注目対象のメモ内容を見ることができる。注目対象のメモ・ウィンドウは閲覧のみ可能であり、注目対象が変化したときに自動的に消滅する。

発言発生時の発言テキストの移動経路と対応するインタフェース表示例を図11と図12に示す。図11では、CがAを発言対象とした発言を表している。発言時点のXの注目対象はAである。発言がCの位置からAの座標まで移動するため、円卓場インタフェース内で左側から右側に発言のテキストが移動する。発言の結果、Aの注目対象がCとなるため、Aのカメラ画像の向きがCを向くように変化する。図12は、Xの発言を対象発言としてCがXに発言した様子である。発言のテキストはCの座標から、Xの座標まで移動している。この発言はXの注目発言であるため、フォント・サイズが通常の発言よりも大きくなり、発言テキストの文字色が赤色で強調して表示される。

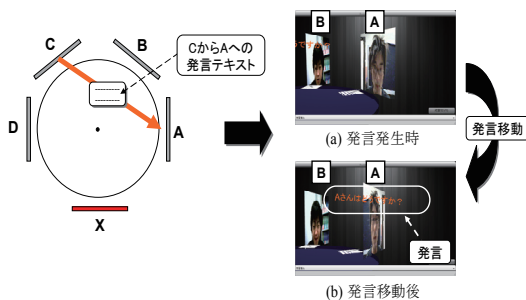


図 11: 他者から他者への発言の表示例

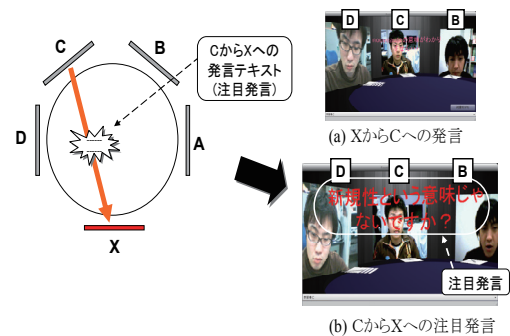


図 12: 注目発言の表示例

6 おわりに

本研究では、空間共有、場共有の尊概念に基づいて学習基盤プラットフォームを開発することを目的に、これらの空間共有、場共有の概念を円卓場インタフェースの下で学習者の意志反映、行動として実現する方法について述べた。特に、協調学習における学習者の注目意識を反映できる学習空間を構築した。注目対象推定機構から特定された学習者の注目対象と注目度に応じた視線・視野の中で、発言の発生元と対象先に基づいて発言を移動させた。また、注目発言推定機構で発言系列から特定された注目発言を通常の発言と区別して表示した。注目発言の誤検出を防ぐために、話題における発言の意図を特定し、返答や相づちなどの発言を検出できる機構とする必要がある。

【参考文献】

- [1] Andriessen, J. H. E.: Working with Groupware, Springer-Verlag (2003).
- [2] 岡本敏雄, 香山瑞恵: 人工知能と教育工学-知識創産指向の新しい教育システム-, オーム社 (2008).
- [3] Gutwin, C., Stark, G. and Greenberg, S.: Support for Workspace Awareness in Educational Groupware, Proc. of CSCL 1995, pp. 147-156 (1995).
- [4] Prasolova-Forland, E. and Divitini, M.: Supporting Social Awareness: Requirements for Educational CVE, Proc. of ICALT 2003, pp. 366-367 (2003).
- [5] Hayashi, Y., Kojiri, T. and Watanabe, T.: Focus Support Interface Based on Collaborative Learning Activity, Proc. of KES 2008, Part I, LNAI 5177, pp. 322-329 (2008).
- [6] Smith, M., Cadiz, J. and Burkhalter, B.: Conversation Trees and Threaded Chats, Proc. Of CSCW 2000, pp. 97-105 (2000).
- [7] Looi, C. K.: Exploring the Affordances of Online Chat for Learning, International Journal of Learning Technology, Vol. 1, No. 3, pp. 322-338 (2005).

〈 発 表 資 料 〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
Detection of Focusing Target in Collaborative Learning Based on Activity	Proc. of ED-MEDIA2008, AACE	2008 年 6 月
CSCL Platform Based on Service-Oriented Architecture	Proc. of ED-MEDIA2008, AACE	2008 年 6 月
The Next Advanced Framework of Collaborative Interaction Environment	Proc. of ED-MEDIA2008, AACE	2008 年 6 月
Focus Support Interface Based on Collaborative Learning Activity	Proc. of KES2008, KES International	2008 年 9 月
Design of Advanced Learning-Support Functionality in Cyber Society	Proc. of CATE2008, IASTED	2008 年 10 月
協調学習活動のための注目インタフェース	電子情報通信学会技術研究報告(ET)	2008 年 6 月
サイバー社会における学習支援の枠組み	日本社会情報学会合同研究大会論文集	2008 年 9 月
学習目的達成のための他者との友好度の特定	電気関係学会東海支部連合大会講演論文集	2008 年 9 月