

貢献への気づきを反映した議論支援インタフェース

林 佑樹^{1,a)} 小尻 智子² 渡邊 豊英¹

受付日 2011年6月21日, 採録日 2012年1月13日

概要: 協調学習では, 自身の発言内容が参照される状況を観察することで他者への影響を感じることができ, 発言が他人に注目され, 貢献していることに適時気づくことで, 他者や各話題を意識した発言への動機づけを期待できる. 本研究では, 分散環境下の議論における貢献への気づきを表出できる協調学習対話インタフェースを提案する. 有益な議論を達成するためには, 個々の話題に役立つ発言だけでなく, 他者や議論全体を意識した発言がでることが望ましい. 有益な発言への動機づけを支援するために, 議論における即時的・包括的な貢献への気づきを表出する手法を提案する. 評価実験より, 発言の参照動作を即時的な貢献として対話面に表現することで, 参照時点の話題に関する発言への動機づけに役立つことが示された. また, 包括的な貢献への気づきとして議論に役立つ発言を話題に沿った形で可視化することで, 議論における参加者や話題を考慮した発言を誘発できたことを確認した.

キーワード: 円卓場インタフェース, CSCL, アウェアネス支援, 貢献への気づき

Discussion Support Interface Based on Contribution Awareness

YUKI HAYASHI^{1,a)} TOMOKO KOJIRI² TOYOHIDE WATANABE¹

Received: June 21, 2011, Accepted: January 13, 2012

Abstract: In the collaborative learning, participants progress the discussion by recognizing their effects on other participants. By grasping these contributive awareness, participants will be promoted to discuss more actively. In this paper, we propose an interactive interface where participants can be aware of their contribution. In order to attain the fruitful discussion, it is required that participants actively makes utterances not only for the current topic but also for whole discussion. To make participants enhance the motivation for deriving useful utterances, we propose a method for representing the awareness of immediate/comprehensive contribution. Experimental result showed that our method for the immediate contribution could strengthen the motivation for making utterances for the current topic. In addition, they could make utterances in consideration of whole discussion based on the awareness of comprehensive contribution.

Keywords: round-table interface, CSCL, awareness support, contribution awareness

1. はじめに

近年の情報技術の発展とネットワーク環境の普及にともない, 遠隔地にいながら他者と自由に協調的な学習ができるようになった [1], [2]. 協調学習はグループ学習の一種であり, 他者とのコミュニケーションを介して知識獲得を目

指す参加者主体の学習である [3]. 議論を介して互いに自分の考えを出し合い, その内容を吟味しあうことによる学習効果は古くから認識されており, 情報処理技術を用いた協調学習支援に関する研究 (Computer-supported Collaborative Learning: CSCL) がさかんに行われている [4]. グループウェアの観点から協調学習支援システムをとらえた場合, その支援対象に応じて同期型/非同期型, 対面型/遠隔分散型に分類できる. 遠隔分散環境下で同期的な協調学習を支援するためには, 効果的に相互作用できる議論環境が求められる. しかし, ネットワークを介した環境ではあらかじめ決められた情報しか伝わらないため, 現実の対面的なコ

¹ 名古屋大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nagoya University,
Nagoya, Aichi 464-8603, Japan

² 関西大学システム理工学部
Faculty of Engineering Science, Kansai University, Suita,
Osaka 564-8680, Japan

a) yhayashi@watanabe.ss.is.nagoya-u.ac.jp

コミュニケーションのように他者や議論内容を意識しながら議論することが難しい。

ネットワークを介した環境でコミュニケーションを実現するためにアウェアネス支援に関する研究がある。國藤は、協調的な活動におけるアウェアネスを「グループで共同作業を行う際の状況情報への気づき」と定義し、コミュニケーションの開始やプロセスの保持を達成するための重要な概念としている [5]。対面環境におけるコミュニケーションでは、言語情報に加えて視覚や聴覚から得られる非言語情報に重要な情報が含まれており [6]、対話場に誰がいて、どのような活動があり、誰と誰が話しているかといった非言語的なアウェアネス情報に気づくことが求められる。協調学習時のリアルタイムな状況情報への気づきを提供できる対話基盤として、我々は円卓場インタフェースを提案している [7], [8]。インタフェースでは、発言などの動作に基づき推定された興味ある他者を中心とした視線・視野が表示される。また、議論時にやりとりされる発言への気づきとして、発言者・対象者を意識でき、重要な発言に適時気づける機能を持つ。状況に応じて変化する参加者の意識をアウェアネス情報として対話面に表現することで、協調学習に集う仲間を実世界のように意識できるコミュニケーション支援を目指している。しかし、議論における自身が他者へ与えた影響は十分に表現できていない。

実世界の協調学習では、自身の発言に対する領きや各自の発言内容が他者に参照されるといった状況に気づくことで議論に参加しているという実感が得られる。自身の発言が他人から注目・評価されたという事実が、集団の一員としての自覚を促し、議論への内発的な動機づけ [9] につながる事が期待できる。本稿では、協調学習における他者への影響を感じる状況として、他者による発言のノート参照動作（以後、発言参照動作）に着目する。協調学習では他者の役立つ発言を適時ノートに記述することで内容をまとめることができる。ノート記録の機能には、教授された知識の要約・理解という符号化機能と効果的な復習を可能とする貯蔵機能があり [10]、既存研究では、記録された内容と成績の間の相関を調べるといった学習成果に及ぼす影響に焦点が当てられてきた [11]。我々は協調学習時の議論において、発言を参照された参加者から見たノート記録の利他的な側面を他者への影響ととらえる。他者の理解に自身の発言が役立っている、すなわち他者に貢献していることに参加者が適時気づくことで、効果的な議論につながる発言を誘発できると考える。

分散環境下における同期的な協調学習時の議論支援を目的に、これまでに数多くの研究がされている [12]。協調学習における発言内容を制御する研究として、Baker らの提案した C-CHENE システムがある [13]。「I propose to...」, 「Because...」などのカテゴリ分けされた伝達行為を表す文頭語句を付加した発言をすることで、議論内容に関連した

対話を進めることができる。議論戦略をデザインする研究として、会議の進行を円滑にするための6色ハット発想法 [14] を協調学習に適応したシステムがある [15], [16]。6色ハット発想法は、参加者が現在被っている帽子の色に思考を合わせた発言内容を強制させることで発想の隔たりをなくす手法である。これらの研究は、発言内容を個々の参加者が意識することで効率的な議論達成を狙いとしているが、発言そのものへの動機づけを高める支援はしていない。

一方、参加者の議論状況を可視化することで発言への動機づけを高めることを目指した研究がある。小谷らは、参加者の議論における影響度を定量化してチャット画面に表示する議論支援システムを提案した [17]。影響度を計算するために、発言回数や発言者に付加された「提案」、「賛成」などの発言意図、発言の対象者、あらかじめ定められた議論内容のキーワード情報などを利用している。望月らは、協調学習におけるコミュニケーション活動の内省やモニタリングを支援するために、議論内容を可視化する手法を提案している [18]。同手法では、学習内容を表すキーワード集合をあらかじめ設定し、個々の参加者が各キーワードを含む発言を何回したかという集計データをコレスポンデンス分析することで、参加者とキーワードに対する関係が2次元平面に可視化される。また、議論時の参加者間のインタラクションを支援するために、Ogata らは協調学習環境 Sharlok を提案した [19]。学習者が現在見ている知識を見ている他者や、興味ある知識が変更されたことへの気づきを適時与えることで、参加者間の議論の誘発を支援している。これらのシステムでは、参加者が他者にどのような影響を与えて議論を進めているかは表現できておらず、他者や議論全体を意識した発言を誘発させる支援はできていない。

本稿では、議論における貢献への気づきを表出できる協調学習対話インタフェースを提案する。ここで、ノート記録による他者に与えた発言の影響を「議論に対する貢献」と定義する。貢献への気づきとして、議論時の各話題において、どれほど貢献する発言ができたか、その発言がどれほど理解に役立ったか、という参照発言の量的な側面と質的な側面を考える。有益な議論を達成するためには、個々の話題に役立つ発言が多くなされる必要がある。また、他者や議論全体を意識した発言がでることが望ましい。他者に何らかの知識を与えたという影響を即時的な貢献として表示することで、その場の話題を意識した発言への動機づけを狙う。一方、参照された発言が他者に与えた影響は参照内容に応じて異なると考えられる。議論を通してなされた話題において、誰がどれほど有益な発言をしてきたかを包括的な貢献として可視化することで、議論全体を意識した発言への動機づけを支援する。

本稿の構成は以下のとおりである。まず2章で対象とする協調学習活動と我々が構築してきた協調学習支援シス

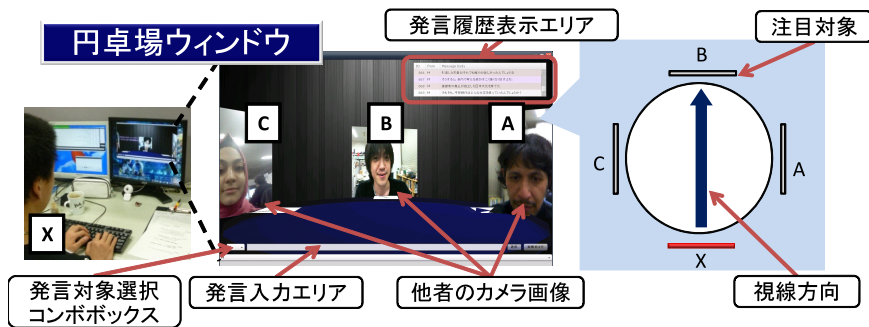


図 1 協調学習支援システムのインターフェース

Fig. 1 Interface of our collaborative learning support system.

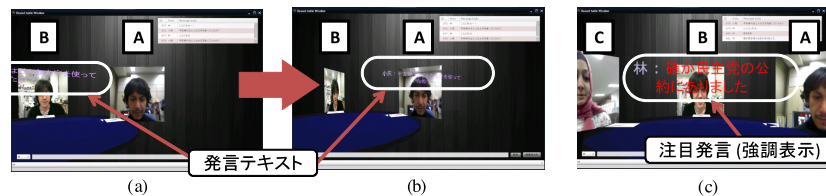


図 2 参加者間の発言の移動と注目発言の移動例

Fig. 2 Example of moving utterance among participants and displaying focusing utterance.

テムについて説明する。3 章では、議論における貢献への気づきを検討し、インターフェースに反映させるためのアプローチを示す。4 章、5 章において即時的・包括的な貢献への気づきを反映させるための提案手法を述べ、6 章で構築したシステムの動作例を説明する。7 章において提案手法の有効性を確認するための評価実験の結果を考察し、最後に 8 章で本稿の結論と今後の課題を述べる。

2. 先行研究

2.1 対象とする協調学習活動

本稿では、テスト前に他者と学習単元の理解を深める議論や、興味ある事柄について大学の友達同士で議論しようといった、少人数による参加者から構成される協調学習を支援対象とする。ここでは、教育現場における協調学習のように教師や進行役など特定の役割を担う参加者や明確な終了条件の設置を行わず、共通の学習内容に関する知識を深めることを目的とした参加者を想定している。特に、歴史や公民といった学ぶべき内容を体系化して覚える学習単元に焦点を当て、理解を深める他者の発言をノートに記録しながら議論する状況を考える。ここで、ノートに記録された内容の真偽までは対象とはしない。このような議論では、単純に単元の語句の意味を知るだけでなく、語句間の関係を理解することが重要である。定められた単位について議論することで、個々の参加者が持つ知識を互いに補完しあい、関連する新たな知識を得ることができる。

2.2 円卓場インターフェース

ネットワークを介した協調学習における興味ある他者

の存在、表情や作業状況をシームレスに取得できる対話基盤として、我々は円卓場インターフェースを提案している [7], [8]。図 1 に我々の協調学習支援システムのインターフェースを示す。インターフェースは、個々の参加者の視野が表現される円卓場ウィンドウおよび、参加者の理解内容を記述するためのノート・ウィンドウから構成される^{*1}。円卓場ウィンドウでは、ネットワークで接続された参加者のウェブカメラ映像が 3 次元空間上の円卓を囲むようにして配置される。ここでは 4 人の参加者 (X, A, B, C) が議論に参加しており、円卓場ウィンドウは X 自身の視野を表している^{*2}。参加者はテキスト・チャットにより議論し、円卓場ウィンドウの発言対象選択コンボボックスから発言の対象者 (全体/特定の他者) を選択したうえで発言テキストを送信できる。本システムは参加者からみた興味ある他者、発言に対して気づきを表出する機能を持つ。

他者に対する気づきとして、発言やノート記述といった参加者の動作が生じるたびに各参加者に対する注目度を計算し、注目度が最も高い他者を注目対象としたときの視線方向および、その度合いに応じた視野がインターフェースに表示される。他者の注目対象の変化は他者のカメラ画像をその注目対象に向けることで表現される。また、議論時の発言に対する気づきとして、発言者から発言対象選択コンボボックスから選択された対象者に向かって発言テキスト

^{*1} これまでのシステム [8] ではチャット・ウィンドウが存在したが、議論が白熱するにつれて円卓場ウィンドウを参照しなくなるという問題点を解消するために、現在は円卓場ウィンドウ上にテキスト・チャット機能を統合している。

^{*2} 本稿では、参加者自身・他者を区別するために自身を X、他者をその他のアルファベットで表記する。

が移動する．図 2 (a), (b) に参加者 C が A に対して発言した状況を示す．ここで X の注目対象は A であり， A を中心とした視野の中で発言テキストが C から A の位置に移動している．対象者が全体の場合，発言者の位置からその時点の X の視野の中心に向かって発言テキストが移動する．また，システムでは発言履歴と他者の発言テキスト内容から参加者の注目する発言を自動的に特定する機能を持つ．注目発言となる場合，その発言テキストがインタフェース上で強調表示される（図 2 (c)）．

本稿では，議論時に参加者がもたらす貢献への気づきを表現するための手法を提案し，これまで構築した協調学習支援システムに実装する．

3. 議論における貢献への気づき

議論を通して話題は様々に変化する．有益な議論を達成するためには，個々の話題に役立つ発言が多くなされる必要がある．また，他者や議論内容を意識したうえで議論全体に役立つ発言ができることが望ましい．実世界では，自身の発言が他者に参照されたことを知ることで，他者への影響を感じることができる．理解の深化を目指した議論では，新たな内容を多く含む発言をノートに記入することが想定される．発言が参照されたことに参加者自身が気づくことで，他者や議論全体に貢献していることを実感し，有益な議論につながる発言への動機づけが期待できる．

我々は，参加者が議論に役立つ発言を出すための過程を，(i) 議論に対する貢献に気づく，(ii) 役立つ発言とは何かを考える，(iii) 役立つ発言を試みる，という 3 段階ととらえる．(i) の段階は，(ii)，(iii) の段階における有益な発言の洞察および，動機づけのための足がかりとなる．本稿では議論に貢献している発言（以後，貢献発言）への気づきを段階 (i) として対話インタフェースに表出することで，貢献発言への洞察を個々の参加者に促し，議論に役立つ発言を誘発させる．このような発言を誘発させるために，**即時的な貢献**，**包括的な貢献**への気づきを考える．即時的な貢献は，自身の発言が他者のノートに記述される動作がもたらす，他者に即時的に貢献しているという実感を表す．即時的な貢献に気づくことで，その時点でなされている話題に関する発言の動機づけができる．一方，包括的な貢献は，個々の参加者が議論全体を通してどのように影響しているかという実感を表す．各話題において誰がどれほど有益な発言をしてきたかに気づけることで，議論全体における参加者や話題を意識した発言を誘発させる．

即時的な貢献を反映させるために，円卓場インタフェース上で発言参照動作を表示する．発言参照動作は議論時に頻繁に発生することが予想されるため，議論の弊害とならないインタフェース表示であることが望ましい．本手法では，発言が参照された参加者（以後，被参照者）の位置から参照した参加者（以後，参照者）に向けて光球を移動さ

表 1 貢献アウェアネスの種類におけるアプローチ

Table 1 Contribution awareness types and approach of this research.

貢献の種類	アプローチ	期待される効果
即時的な貢献への気づき	直感的な発言参照動作の表示	現在の話題を意識した発言への動機づけ
包括的な貢献への気づき	各話題における貢献発言の可視化	議論全体の参加者/話題を意識した発言への動機づけ

せることで，誰が誰の発言を参照したかを直感的に表示する．また，参照された発言を議論における貢献発言として話題に沿った形で可視化することで，包括的な貢献への気づきを与える．貢献発言は参加者ごとに決まった色を持つ円（ノード）で表現される．多くの参加者に理解を与えた発言ほどノードの半径が大きくなり，同じ話題に関するノードをエッジで結ぶことで話題のまとまりを表現する．参加者は可視化された貢献発言情報によって，各話題において，誰のどのような発言が貢献しているかを把握できる．表 1 に本稿で対象とする貢献の種類および，貢献への気づきを与えることで期待される効果をまとめる．

4. 発言参照動作の反映手法

誰が誰の発言を参照したかを即時的な貢献として表現するために，円卓場ウィンドウ内に表現される議論空間で発言参照動作に基づき光球を移動させる．図 3 に光球の移動例を示す． X は参加者自身を， A ， B ， C は他の参加者を表し，図に示す矢印は光球の移動方向である．光球オブジェクトの軌跡は，参照者と被参照者の位置を円卓の中心座標で補間したパラメトリック曲線の 1 つである Bezier 曲線によって決定される．図 3 (a) は A が X の発言を有益な発言として参照した状況である． X の位置から A のノート・オブジェクトの位置まで光球オブジェクトが移動する． X は円卓場ウィンドウ上に表現される視野から発言参照動作を観察できる．図 3 (b) は X が C の発言を参照した状況である．図 3 (a) とは逆に， C の位置から X の方向に光球オブジェクトが移動する．一方， X に関わる発言参照動作だけでなく，他者間に生じる参照動作も円卓場ウィンドウに表現する．図 3 (c) に B が C の発言を参照した状況を示す．このように，誰が現在の話題に貢献しているか，議論時に生じる発言参照動作に基づき直感的に表現する．

参加者の発言参照動作をシステムが検知するために，理解に役立つ発言を発言履歴から選択できる機能を提供する．円卓場ウィンドウに表示されている発言履歴の中から役立つ発言をダブルクリックすることで，その発言内容が参照者のノート・ウィンドウに複写される．システムでは参照者のダブルクリックをトリガとして，発言参照動作を検知する．また，現在の話題における発言参照動作を表現するために，円卓場ウィンドウ上の最新発言履歴をクリッ

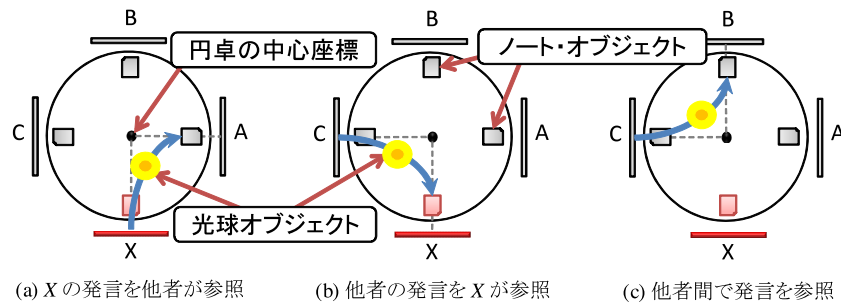


図 3 発言参照動作における光球移動の軌跡

Fig. 3 Trajectories of lightning balls according to utterance reference actions.

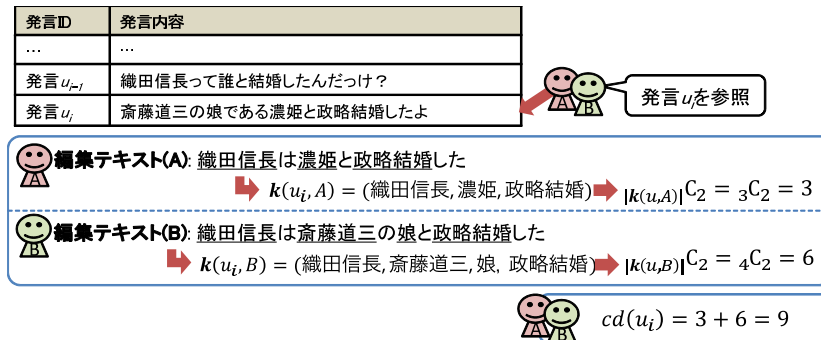


図 4 貢献度の算出例

Fig. 4 Calculation example of contribution degree.

クした場合のみ光球が表示される。

5. 貢献発言の可視化手法

包括的な貢献への気づきを表現するために、発言参照動作で参照された発言を貢献発言として貢献発言可視化ウィンドウに表示する。参加者は参照した発言を理解に応じてノート・ウィンドウにまとめる。参照発言が他者の知識理解にどの程度役に立ったかという質的な側面を反映するために、貢献発言の貢献度を参照された発言の編集内容情報に基づき算出する。

本研究で対象としている歴史や公民などの学習単位では、単位に関わる登場人物や年号、出来事といった語句そのものを覚えるのではなく、語句と関連する語句の関係がどのようなものであるか理解することが重要である。すなわち、多くの語句間の関係が編集内容に記述された参照発言ほど他者に貢献した発言といえる。本研究では、語句と語句の組を獲得知識の最小単位とし、参照者の編集内容に記述された語句（以後、キーワード）の組合せ数を獲得知識数ととらえる。また、発言は複数人に参照される可能性があり、個々の参照者が得た獲得知識数は異なると考えられる。そこで、ある発言の参照者の編集内容から得られる獲得知識数の和を貢献度として算出する。

編集テキストに含まれるキーワードを特定するために、日本語形態素解析エンジン Sen^{*3}を用いた。ここで、名詞

と未知語の連続する言葉がキーワードとして抽出される。参加者 p が発言 u_i を編集した場合、テキストに含まれるキーワードの集合 $k(u_i, p)$ を $(k_a, k_b, \dots, k_n)$ として表す。発言 u_i の貢献度 $cd(u_i)$ を式 (1) により計算する。

$$cd(u_i) = \sum_{\forall p \in P} |k(u_i, p)|C_2 \quad (1)$$

ここで、 P は発言 u_i の発言者以外の参加者集合を表し、 $|k(u_i, p)|C_2$ は発言 u_i を p が編集したテキストのキーワードの組合せ集合となる。多くの参加者が多くのキーワードを用いて発言 u_i を編集することで、 $cd(u_i)$ の値が大きくなる。図 4 に貢献発言 u_i の貢献度の算出例を示す。発言 u_i を参加者 A, B が参照した状況であり、編集テキストのキーワードは $k(u_i, A) = (\text{織田信長, 濃姫, 政略結婚})$, $k(u_i, B) = (\text{織田信長, 斎藤道三, 娘, 政略結婚})$ として形態素解析により抽出される。キーワードの組合せの総数は、それぞれ $|k(u_i, A)|C_2 = 3C_2 = 3$, $|k(u_i, B)|C_2 = 4C_2 = 6$ となり、総和となる 9 が u_i の貢献度として算出される。

貢献発言可視化ウィンドウでは、貢献度に応じた個々の貢献発言がノードとして表示される。ノードの色は参加者ごとに決まっており、ノード数を見ることで参加者の貢献発言の総数を把握できる。貢献発言がどれほど他者に貢献していたかを直感的に表現するために、 u_i のノード半径 $r(u_i)$ の大きさを貢献度 $cd(u_i)$ によって変化させる。貢献度は編集内容に含まれるキーワードの組合せから算出されるため、キーワード数に対して二次関数的に値が増加する。

*3 <https://sen.dev.java.net/>

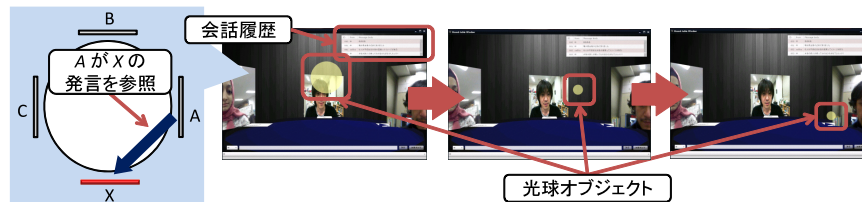


図 6 円卓場ウィンドウの発言参照動作の例

Fig. 6 Example of utterance reference action in round-table window.

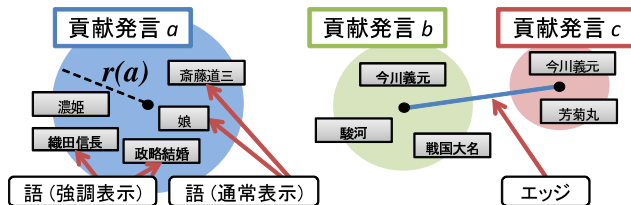


図 5 貢献発言の可視化例

Fig. 5 Visualization example of contribution utterances.

ノードの半径を貢献度に正比例するように表現した場合、極端に半径が大きくなる恐れがある。そこで、 u_i のノード半径 $r(u_i)$ を貢献度 $cd(u_i)$ の対数関数として式 (2) により計算する。

$$r(u_i) = (1 + \log(cd(u_i) + 1)) \times \alpha \quad (2)$$

ここで、 α は可視化ウィンドウ上のノードの最小半径を表す。 $cd(u_i)$ の値に対数比例して、ノード半径 $r(u_i)$ の値が大きくなる。

貢献発言がどのような内容で参加者に役立ったかを表現するために、編集テキストに含まれるキーワードをノード上に表示する。ある発言について複数の参加者が同じキーワードを用いて編集した場合、そのキーワードが太字で強調表示される。また、話題のまとまりを表現するために、異なる貢献発言間で同じキーワードを含む場合はそれらのノードがエッジで結ばれる。図 5 に貢献発言の可視化例を示す。貢献発言ノード a では 2 つのキーワード「織田信長」、「政略結婚」が強調表示されており、複数の参加者がこれらのキーワードを編集時に利用していることが分かる。貢献発言ノード b , c はそれぞれキーワード「今川義元」を含むため、エッジで接続されている。貢献発言可視化ウィンドウでは、新たに出現した貢献発言ノードが中心部に表示され、エッジで接続された各ノードはバネモデルにより自動的に再配置される。

6. プロトタイプ・システム

6.1 システムの構成

本稿で提案した発言参照動作の反映機能と、貢献発言の可視化機能を我々の協調学習支援システムに実装した。システムは Tomcat 上で動作しているサーバ側と、Adobe AIR アプリケーションとして実装されたクライアント側

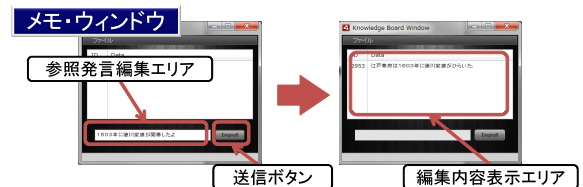


図 7 ノート・ウィンドウにおける参照発言の編集例

Fig. 7 Example of edited reference texts in note window.

に分かれている。サーバは、オープンソースの RTMP プロトコルを実装した Red5 サーバと、AIR アプリケーションへのメッセージングが可能な BlazeDS サーバ、参加者の認証のための OpenID consumer サーバからなる。Red5 サーバでは、編集テキストに含まれるキーワードを取得するために形態素解析エンジンが動作している。また、Web カメラのストリーム画像を配信するために、Adobe 社の Flash Media Server を利用している。参加者の発言といった議論履歴は、リレーショナル・データベースに保存される。クライアント・アプリケーションは、円卓場ウィンドウ、ノート・ウィンドウ、貢献発言可視化ウィンドウから構成され、Mixi^{*4}, Google^{*5}, Yahoo!^{*6}などの OpenID を利用してシステムにログインできる。

6.2 システムの動作

発言参照動作が起きた場合、参照した発言の ID、参照者、被参照者情報がサーバから各クライアントに送信される。発言参照動作の反映機能では、参照者・被参照者情報に基づき円卓場ウィンドウ上で光球を移動させる。図 6 に、発言参照動作の表示例を示す。A が X の発言を発言履歴中からダブルクリックした場合、X の位置から A の位置まで光球が移動する様子を円卓場ウィンドウから観察できる。参照した発言内容は、参照者が持つノート・ウィンドウの参照発言編集エリアに複写される (図 7 左)。発言内容は自由に編集することができる。送信ボタンが押されることで、編集内容表示エリアに編集した内容がリスト形式で表示される (図 7 右)。編集内容を再編集したい場合は、コンテキスト・メニューから修正または削除できる。

ノート・ウィンドウの送信ボタンが押されることをトリ

^{*4} <http://mixi.jp/>

^{*5} <http://www.google.com/>

^{*6} <http://www.yahoo.com/>

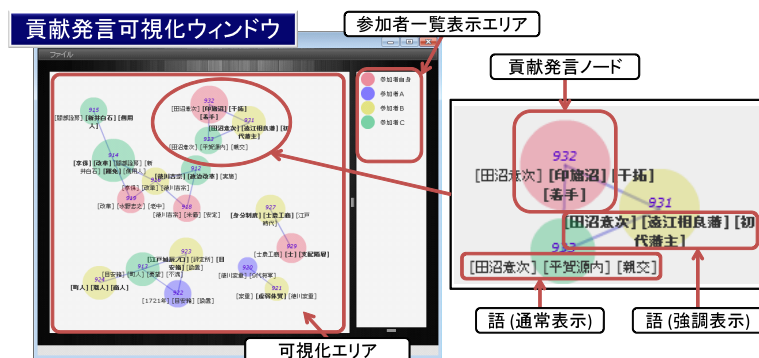


図 8 貢献発言可視化ウィンドウの発言可視化例

Fig. 8 Example of displaying contribution utterances in utterance visualization window.

表 2 発言参照動作に関するアンケート項目

Table 2 Questionnaire about display method of utterance reference actions.

No.	質問内容		平均
1-1(a)	誰が誰の発言を参照したか把握できたか		4.125
1-1(b)	どの発言が参照されたか把握できたか		3.750
1-2(a)	自身への発言 参照動作	他者の役に立つという実感が得られたか	4.375
1-2(b)		役立つ発言とは何か考えたか	4.000
1-2(c)		他者に役立つ発言をしようと思ったか	4.250
1-3(a)	他者間の発言 参照動作	他者の役立つ発言に気づくことができたか	4.375
1-3(b)		役立つ発言とは何か考えたか	3.125
1-3(c)		他者に役立つ発言をしようと思ったか	3.500

ガとし、編集テキストに含まれるキーワードがサーバに送信される。これらの情報は各クライアントの貢献発言の可視化機能に送られ、貢献発言の貢献度を計算・更新することで貢献発言可視化ウィンドウに表示される。図 8 に貢献発言可視化ウィンドウの表示例を示す。参加者が参照発言を編集した場合、その発言が貢献発言ノードとして可視化ウィンドウに現れる。ノード上には、形態素解析により抽出された編集テキストに含まれるキーワードが表示される。ノードの初期位置は可視化エリアの中心座標であるが、ドラッグすることでノード位置を自由に変更できる。すでに可視化ウィンドウに存在する発言を他の参加者が編集した場合は、新たに抽出されたキーワードがノード上のキーワードに加えて表示される。複数の参加者が同じ発言を同じキーワードを用いて編集した場合、そのテキストは太字で強調表示され、異なるノードに同じキーワードが含まれる場合はノード間がエッジで結ばれる。編集元となった発言内容は各ノードを右クリックすることで閲覧できる。

7. 評価実験

7.1 実験内容

発言参照動作の反映、貢献発言の可視化手法の妥当性および、有効性を検証するために評価実験を実施した。本実験では、4 人の大学生から構成されるグループ 1, 2 にそれぞれ 2 つの日本史の単元（議題 1：平安時代、議題 2：鎌倉時代）について協調学習させた。実験前に各被験者に

Wikipedia の該当箇所を印刷したものを配布し、事前に復習させた。また、システムの操作方法を被験者に説明し、実際に操作させた。その後、構築したシステムを用いて議論させた。議論時には話題を提案するためにウェブ・ブラウザを検索・閲覧することを許可し、発言の対象者を選択してから発言をするように指示した。

1 回目の議論では可視化ウィンドウを非表示にして発言参照動作のみの効果を調べた。ここで、グループ 1 は議題 2 について、グループ 2 は議題 1 について議論させた。議論後に発言参照動作に関するアンケートに回答させた。回答は 1 が最も悪く、5 が最も良いという 5 段階尺度による評価形式を採用した。その後、貢献発言可視化ウィンドウを用いて 2 回目の議論を実施し、貢献発言可視化ウィンドウに関するアンケートに回答させた。ここでは、グループ 1 は議題 1 について、グループ 2 は議題 2 について議論させた。回答時には議論後の可視化ウィンドウを操作させることを許可した。また、発言参照動作のみが反映された状況と比べて、可視化ウィンドウ情報のなかで自身の発言に影響を与えたものがあれば、利用した情報とどのような発言をするかを意識したか記述させた。

7.2 実験結果

7.2.1 発言参照動作反映手法の結果

表 2 に発言参照動作に関するアンケート項目と平均結果を示す。1-1(a), (b) は発言参照動作表示の妥当性に関

表 3 貢献発言可視化ウィンドウに関するアンケート項目

Table 3 Results of questionnaire about display method of contribution utterances.

No.	質問内容	平均
2(a)	ノードの色から参加者の貢献度合いが把握できたか	4.250
2(b)	ノードの大きさから役に立った発言の度合いが把握できたか	4.250
2(c)	キーワードとエッジから発言間の話題の違いが把握できたか	3.750

表 4 可視化ウィンドウの利用情報に基づく発言の種類

Table 4 Utterance types based on referred information in visualization window.

利用した情報	人数の割合	発言の種類
ノードの色	75.0% (6/8)	・ ノードが多い参加者に負けないような発言
ノードの大小	62.5% (5/8)	・ 貢献発言が少ない人に問いかけるような発言 ・ ノードの半径が大きくなることを狙った発言
ノードの集合 キーワード	50.0% (4/8) 37.5% (3/8)	・ これまでの話題に沿った発言 ・ 新たな話題を出すきっかけとなる発言 ・ 今まで出ていないキーワードに関する発言

する項目である。光球を移動させることで、誰が誰の発言を参照したかを直感的に観察できていたことが示された。1-2(a)–(c) は自身の発言参照動作の有効性に関する項目である。多くの被験者が各項目に高い評点を付けていた。被験者からは、発言参照動作に気づくことで即時的に他者に役立っているという印象を強く受け、関連する発言や質問に対する返答などその場の話題に積極的に参加する気持ちになったという好意的な意見が得られた。したがって、自身の発言参照動作への気づきは、参照時点の話題に関する発言への内発的な動機づけに役立つことが明らかとなった。

1-3(a)–(c) は他者間の発言参照動作に関する項目である。被験者からは、他者間の光球移動から自分にも役立つ発言かもしれないということに気づいた、よく参照される他者に負けずに役立つ発言をしようという気持ちになった、という意見があげられた。一方、役立つ発言をしようという刺激をそれほど受けなかったという理由から 1-2(b), (c) の項目に低い評点を付けた被験者が数人いた。他者間の発言参照動作への気づきは、自身への発言参照動作ほど役立つ発言への動機づけにならないことが示された。

7.2.2 貢献発言可視化手法の結果

表 3 に貢献発言の可視化手法の妥当性に関するアンケート項目と平均結果を示す。2(a) の結果より、誰が貢献しているかという被験者の印象を、貢献発言ノードの色情報で反映できたことが分かる。また、2(b) の結果より、被験者はノードの大きさを観察することで貢献発言の貢献の度合いを把握できたことが分かる。したがって、5 章の式 (1), (2) から導かれるノード半径の算出手法は、ある程度妥当であることが示された。一方、2(c) の項目について数人の被験者が低い評点を付けていた。被験者からは、同じ内容はある程度まとまっていて分かりやすいが、多くのノードが存在する状況ではノード上のキーワードが把握しにくくなるという問題点が指摘された。複数のノードが接続され

た場合、リンク構造を解析する手法 [20] などを用いてノード間の代表的なキーワードを推定・表示する必要がある。

議論時に自身の発言に影響を受けた可視化ウィンドウ上の情報について被験者に回答させたところ、ノードの色と大きさ、または、ノードの集合とノード上のキーワードを複合的に参照したというコメントが得られた。表 4 に各情報の組合せにおける参照した被験者の割合および、発言の種類を示す。ノードの色と大きさの情報を参照することで、貢献発言が少ない参加者に問いかけるような発言や、ノード数や半径が大きい他者に負けないような発言など、他者を意識した発言への動機づけができた。また、ノード集合とキーワードの情報から、これまでになされた話題を意識した発言や他者の興味を考慮した発言が一部の参加者によりなされていたことが分かる。

図 9, 図 10 にグループ 1, 2 の可視化ウィンドウ情報を用いた発言例を示す。グループ 1 では、議論全体を通して被験者 A の多くの発言が貢献発言ノードとして可視化ウィンドウに表示されていた。被験者 B によると、A に負けないようなノードが大きくなる発言とは何か考え、多くの他者に役立つと考えられる詳細な説明を加えた発言 (91: 「国司に関する説明」, 104: 「土地争いに関する説明」) がなされていた (図 9)。グループ 2 の被験者 F によると、貢献発言ノードのキーワード情報を見ることで、それまでに現れていない「キリスト教」が新たに盛り上がると考えて発言 (79) がなされていた (図 10)。この発言を受けた発言 (80) は他の被験者全員に参照されており、これまでに現れていないキーワードに関する発言 (79) がその後の議論に役立っていることが分かる。一方、被験者 E はその時点の可視化ウィンドウ情報から被験者 H の貢献発言数が非常に少ないことに気づき、発言 (86) に問いかける発言 (89) をすることで H からの発言を求めていた。このように、議論全体を通じた包括的な貢献に参加者が気づくこと

番号	発言者→対象者：発言内容
90	A → 全体：ちがった。それは地頭かぁ。
91	B → A：賊による税の強奪とかを鎮圧するために、軍事を得意とする貴族を各地へ派遣したやつようです。
...	...
103	C → A：寺とかも荘園を持っていたらしいですね
104	B → A：国司の前に、百姓の富豪層が既に出て、納税を取り締まる人たちがいたようですね。

図 9 貢献発言可視化ウィンドウ情報に基づく発言例 (グループ 1)

Fig. 9 Example of utterances based on visualization window information (Group 1).

番号	発言者→対象者：発言内容
78	E → G：宗教が暴動の原因になることは確かにありましたね。
79	F → 全体：宗教といえばキリスト教が伝わってきたのは室町時代なの？
80	E → F：1549 いよいよひろまるキリスト教
...	...
86	H → 全体：フランシスコ・ザビエルとかいましたね
...	...
89	E → H：ザビエルが日本に来た目的って、キリスト教を伝えるためだけでしたっけ？

図 10 貢献発言可視化ウィンドウ情報に基づく発言例 (グループ 2)

Fig. 10 Example of utterances based on visualization window information (Group 2).

表 5 2 グループの実験結果

Table 5 Experimental results of two groups.

No.	グループ 1		グループ 2	
議論環境	URA	URA+CUV	URA	URA+CUV
議論内容	室町時代	平安時代	平安時代	室町時代
発言総数	112	107	90	92
ノード総数	33	34	31	27
ノード半径の平均	25.1	23.9	26.8	26.7
エッジ総数	53	33	55	33

URA：発言参照動作の反映機能，CUV：貢献発言の可視化機能

で、議論における参加者や話題を考慮した発言への動機づけができたことが被験者の意見により示された。

一方、議論時に可視化ウィンドウの情報を参照している被験者の割合はそれほど多くない。参加者からは議論が盛り上がるにつれて円卓場ウィンドウに集中してしまい、話題が一段落した状況しか可視化ウィンドウを観察できなかったという問題点があげられた。項目 2(c) で指摘された内容もふまえて、参加者の認知的な負荷とならない貢献発言表示に改良していく必要がある。また、本実験では、他の参加者と比べて極端に貢献発言数が少ない被験者が存在した。本研究では貢献への気づきを可視化することに焦点を当てており、その情報をいかに参照するかは個々の参加者に任せている。協調的な議論を達成するためには、どの参加者からも有益な発言がなされることが望ましい。今後の課題として、貢献発言情報からシステムが同定した議論時の参加者構成や状況をアウェアネス情報として表出することで、参加者を意識した対話を積極的に支援できると考えられる。

7.2.3 議論全体の結果

表 5 に各グループの議論構成における発言数、生成されたノード数、エッジ数および、ノード半径の平均を示す。議論環境の違いでは、発言総数、ノード総数、ノード半径の平均に明確な差は見られなかった。一方、エッジ総数は発言参照動作の反映機能のみと比べて貢献発言の可視化機能を加えた方が少ないという結果が得られた。議論内容に関して持つ知識は個々の被験者により異なり、参加者構成により対話状況も変化すると考えられるため、現段階でこのような結果が導かれた原因を特定することは難しいと考えられる。また、貢献発言可視化ウィンドウを加えることで表 4 に示されるような議論全体を意識した発言の増加数は評価していない。今後、引続き評価実験を行い、貢献発言の可視化手法の有効性を明らかにしていく必要がある。

本研究は共通の学習内容に関する理解を深める参加者を想定しており、支援対象とする学年や年齢の違いは考慮していない。今回の実験では、大学生から構成される 2 グループによる評価から発言参照動作の反映、貢献発言の可視化の各機能が狙いとする発言への動機づけを確認した。

一方、小中学校の児童や生徒が本システムを用いた状況では、対象とする問題や議論内容の質は異なると考えられる。学年や年齢の違いを考慮した評価を実施し、本インタフェースの適応可能性を明らかにすることが今後の課題である。

8. おわりに

本稿では、協調学習時の議論における即時的・包括的な貢献への気づきを対話インタフェースに表出する手法を提案した。他者への影響を感じる動作としてノートによる発言の参照動作に着目し、即時的な貢献への気づきとして発言の参照動作に基づき被参照者から参照者の位置まで光球を移動させる機能をインタフェースに実装した。また、包括的な貢献として、参照された発言の編集内容に応じて貢献発言を貢献発言可視化ウィンドウ上に表示した。編集テキストに含まれるキーワードの組合せからノードの半径を計算し、関連するノードをエッジで結ぶことで、各話題について誰がどれほど有益な発言をしてきたかを把握できる。評価実験より、自身の発言参照動作に気づくことで、参照時点の話題に関する発言への動機づけに役立つことが示された。また、貢献発言の可視化ウィンドウから議論全体を通した参加者の貢献に気づくことで、議論における参加者や話題を考慮した発言を誘発できたことを確認した。

本実験では、議論目的の理解を深める活動として歴史の単元に関する協調学習を大学生の被験者により実施した。しかし、学習内容や参加者の年齢層の違いによる本手法の有効性について十分に検討できていない。また、気づきとして表出された情報が参加者の役割に応じてどのように影響したかが明らかでない。学習内容や参加者の年齢層などの違いを考慮したうえで、本提案手法の適用可能性を評価していくことが今後の課題である。

謝辞 本研究は日本学術振興会（特別研究員奨励費 21・1764）の助成による。

参考文献

- [1] Andriessen, J.H.E.: *Working with Groupware*, Springer-Verlag (2003).
- [2] Adelsberger, H.H., Collis, B. and Pawlowski, J.M.: *Handbook on Information Technologies for Education and Training*, Springer-Verlag (2002).
- [3] 岡本敏雄, 香山瑞恵 (編): 人工知能と教育工学—知識創造指向の新しい教育システム, オーム社 (2008).
- [4] 三宅なほみ: 協調的な学習と AI, 人工知能学会誌, Vol.23, No.2, pp.174-183 (2008).
- [5] 國藤 進: 知的グループウェアによるナレッジマネジメント, 日科技連出版社 (2001).
- [6] 喜多壮太郎: ひとはなぜジェスチャーをするのか, *Cognitive Studies*, Vol.7, No.1, pp.9-21 (2000).
- [7] Hayashi, Y., Kojiri, T. and Watanabe, T.: Focus Support Interface Based on Actions for Collaborative Learning, *International Journal of Neurocomputing*, Vol.73, pp.669-675 (2010).

- [8] Hayashi, Y., Kojiri, T. and Watanabe, T.: A Method for Detecting Focusing Utterance through Discussion in Collaborative Learning, *Proc. ICCE 2010*, pp.186-190 (2010).
- [9] 溝上慎一: 大学生の学習意欲, 京都大学高等教育研究, Vol.2, pp.184-197 (1996).
- [10] 小林敬一: 共同作成の場におけるノートテイキング・ノート見直し, 教育心理学研究, Vol.48, No.2, pp.154-164 (2000).
- [11] 中山 実: オンライン学習における学習者ノートの内容評価と学習成績との関連, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.110, No.405, pp.45-50 (2011).
- [12] Scheuer, O., Loll, F., Pinkwart, N. and McLaren, B.M.: Computer-supported argumentation: A review of the state of the art, *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, Vol.5, No.1, pp.43-102 (2010).
- [13] Baker, M.J. and Lund, K.: Flexibly structuring the interaction in a CSCL environment, *Proc. European Conference on Artificial Intelligence in Education*, pp.401-407 (1996).
- [14] de Bono, E.: *Six Thinking Hats*, Back Bay Books (1999).
- [15] Looi, C.K.: Exploring the Affordances of Online Chat for Learning, *International Journal of Learning Technology*, Vol.1, No.3, pp.322-338 (2005).
- [16] Tamura, Y. and Furukawa, S.: CSCL Environment for "Six Thinking Hats" Discussion, *Proc. KES 2007/WIRN 2007*, LNAI 4694, Part III, pp.583-589 (2007).
- [17] 小谷哲郎, 関 一也, 松居辰則, 岡本敏雄: 好意的発言影響度を取り入れた議論支援システムの開発, 人工知能学会論文誌, Vol.19, No.2, pp.95-104 (2004).
- [18] 望月俊男, 藤谷 哲, 一色裕里, 中原 淳, 山内祐平, 久松慎一, 加藤 浩: 電子会議室の発言内容分析による協調学習の評価方法の提案, 日本教育工学会論文誌, Vol.28, No.1, pp.15-27 (2004).
- [19] Ogata, H. and Yano, Y.: Combining Knowledge Awareness and Information Filtering in an Open-ended Collaborative Learning Environment, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol.11, pp.33-46 (2000).
- [20] Maimon, O. and Rokach, L.: *The Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, pp.417-432, Springer (2005).



林 佑樹 (学生会員)

2007 年名古屋大学工学部電気電子情報工学科卒業。2009 年同大学大学院情報科学研究科博士課程前期課程修了。現在、同大学院情報科学研究科博士課程後期課程在学中。2009 年日本学術振興会特別研究員 (DC1)。主として協調学習支援インタフェースに関する研究に従事。ヒューマンインタフェース学会, 人工知能学会各学生会員。



小尻 智子 (正会員)

1998 年名古屋大学工学部情報工学科卒業。2003 年同大学大学院工学研究科博士課程後期課程修了。2011 年より関西大学システム理工学部准教授。博士 (工学)。主として協調学習支援システム, 教師エージェント, ヒュー

マンインタフェースに関する研究に従事。電子情報通信学会, 教育システム情報学会, 人工知能学会, 教育工学会, APSCE, KES International 各会員。



渡邊 豊英 (正会員)

1974 年京都大学大学院工学研究科修士課程修了。1975 年同大学院工学研究科博士課程中退。現在, 名古屋大学大学院情報科学研究科教授。博士 (工学)。知識管理と知的支援, 社会情報システムのデザイン, 地域情報コミュニ

ニティ・アーキテクチャ等に興味を持つ。電子情報通信学会, 電気学会, 人工知能学会, 教育システム情報学会, 日本データベース学会員, ACM, IEEE-CS, AAAI, AACE, KES International 各会員。