

領域知識に基づく議論支援システムの提案

小谷 哲郎[†] 関 一也[†] 岡本 敏雄[†]

[†] 電気通信大学 大学院情報システム学研究科

近年、協調学習環境において、複数の学習者が議論をリアルタイムに行うツールとして、WEB チャットが広く利用されている。本研究では、発言テンプレート(システムがあらかじめ用意する発言の型)をWEB チャットに取り入れ、議論の状態、学習者の領域知識を把握し、学習者個々の役割や誰がどの情報に詳しいのかを分析・明示する議論支援システムを提案する。本稿では、発言テンプレートを用いて円滑な議論を行えるか、議論状態、領域知識の把握ができるかを調査した予備実験について報告する。

Proposal of Discussion Supporting System Based on Domain Knowledge

Tetsuro KOTANI[†] Kazuya SEKI[†] Toshio OKAMOTO[†]

[†]Graduate School of Information Systems, the University of Electro-Communications

The importance of the WEB chat in discussion has been well known and used in collaborative learning environment. This research proposes the discussion assisting system based on the domain knowledge. The system has two functions, (1) to calculate the value of favorable word's influence; and (2) to understand the domain knowledge. This paper describes the architecture of the discussion assisting system, and reports the result of pilot experiment about extraction of the domain knowledge from WEB chat.

1 はじめに

協調学習の基本は学習者間のインタラクション(相互作用)である。そして効果的な協調学習を行うためには、有効なインタラクションを発生させる場が必要である。

近年、コンピュータを用いて協調学習を支援するCSCL(Computer Supported Collaborative Learning)研究が活発に行われている [1] [2] [3]。特にe-Learningなどの協調学習環境において、複数の学習者が議論をリアルタイムに行うツールとして、WEBチャットが広く利用されている。WEBチャットでの議論が有効なインタラクションを発生させる場となるためには、議論を活性化するための仕組みが必要である。

議論を活性化するためには、議論の状態を把握して、議論の滞りを解消したり、学習者の発言を誘発する仕組み、学習者の役割を同定する仕組みなどが

必要になる。

本研究では、協調学習における議論の場をより活性化させ、学習意欲や学習効果の高いものとするための支援機能を備えた議論支援システムの開発を目標としている。

そこで学習者同士のコミュニケーションに着目して、議論進行をモニタリングし、リアルタイムに変化する学習者の役割を“好意的発言影響度”(学習者が議論を好意的に方向付ける影響力)として明示する議論支援システムを開発・評価した。

“好意的発言影響度”は、発言意図や発言回数を主に用いて算出される。発言の意味内容を積極的に扱っていないために、与えられた課題に関する領域知識を有する学習者が議論を活性化させているかをモニタリングすることが困難である。議論を活性化するためには、学習者個々の役割を把握するだけでな

く、領域知識を把握することが重要になる。領域知識の把握によって、誰がどの知識について詳しいのか、課題解決のために必要となる知識がグループに不足しているかなどの情報を利用した議論支援が可能になる。

本稿では、2で本研究の目的を述べ、3で好意的発言影響度を用いた議論支援システムについて詳述し、4で領域知識把握のための手法を提案・検証し、5でまとめと今後の課題を述べる。

2 本研究の目的

本研究の目的は、学習者の役割や領域知識を明示する議論支援システムの設計・開発である。

学習者の役割を示すことで、学習者は自己および他者の議論に対する影響力を把握することができ、各学習者の発言意欲を高めることが可能となる。また、学習者の領域知識を示すことで、学習者は自己および他者の議論内容に対する領域知識を把握することができ、各学習者の知識獲得意欲を高めることが可能となる。

本研究では、次のような段階でシステムの開発を進める。

- (1) 好意的発言影響度を取り入れた議論支援システムの構築
- (2) 領域知識に基づく議論支援システムへの拡張

3 好意的発言影響度を取り入れた議論支援システム

本研究の前段階として、リアルタイムに変化する議論における学習者の役割を“好意的発言影響度”(学習者が議論を好意的に方向付ける発言の影響度)として定量化し、リアルタイムに明示する議論支援システムを開発・評価した。

3.1 好意的発言影響度

好意的発言影響度は、“学習者が議論を好意的に方向付ける発言の影響度”と定義する。これは、協調学習/作業におけるグループのリーダーシップと類似する。しかしながらリーダーシップは、グループ内で価値があると思われる知識・能力を有する学習者が一方的に行使する影響力である[4]。したがって、リーダーシップが協調学習/作業全般でのグループに与える影響であるのに対し、好意的発言影響度は協調学習/作業での議論に与える影響である点で異なっている。

表 1: 発言意図

発言意図	定義
提案	アイデアや手順など新しい話題の提案
説明	付加情報、詳細情報の提示
賛成意見	同意を含んだ意見の提示
反対意見	非同意を含んだ意見の提示
質問	疑問の存在を表明
回答	質問に対する答え
同意	明確な賛成の立場の表明
非同意	明確な反対の立場の表明
確認	知識、意識の統一を図る (Yes/No で答えられる質問)
納得	疑問解消の表明
報告	結果などの提示
その他	上記のいずれにも分類不可能な発言

本研究では、0を基準とする[-15,15]の値によって“好意的発言影響度”を表現する。さらに、好意的発言影響度変化値(学習者の発言ごとに変化する“好意的発言影響度”の差分)は、議論の進行状態や学習者の発言に応じて重み付け(3.1.5)された以下4つの観点(3.1.1~3.1.4)からなるルール((1)~(5))で算出される。

また発言対象、発言意図、発言内容からなる発言を、学習者からの入力情報とする。発言対象は、“誰が誰に”送信した発言であることを示す情報である。発言意図は、“提案”、“賛成”、“同意”のような発言内容の形態を示す情報で、表1の発言意図を用いて、発言を分類する。発言内容は、自由記述で入力される学習者の具体的な発言である。これら学習者からの入力情報をもとに、好意的発言影響度変化値を算出する。

3.1.1 議論を収束/停滞させる発言

本研究では議論状態モデル(図1)を好意的発言影響の観点から整理する。

学習者がある提案(発言)をし(S_0 S_1)、反対意見・非同意による議論状態変化(S_1 S_2, S_2 S_1)や賛成意見・同意・説明・確認・回答による状態維持(S_1 S_1, S_2 S_2)を繰り返す。ここである提案(発言)に対して肯定的な状態(S_1)において全員の同意が得られた場合は、採用状態(S_3)である。またある提案に対して否定的な状態(S_2)において全員の同意が得られた場合は、棄却状態(S_4)である。

これより、他者を“同意”させる発言は議論を採用/棄却状態に収束させる発言であり、議論を好意的に方向付ける発言である。逆に他者を“非同意”

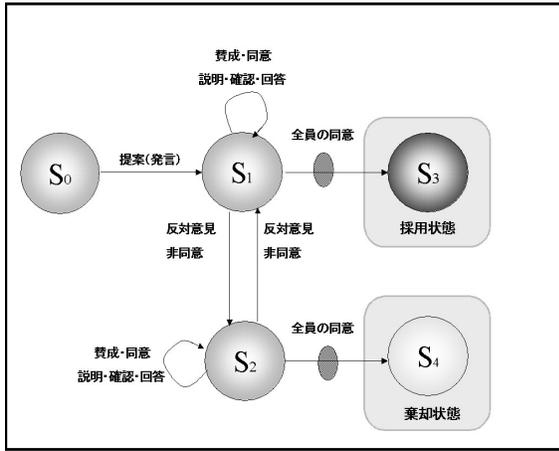


図 1: 議論状態モデル

させる発言は、議論状態を変化させ議論を停滞させる発言であり、議論を好意的に方向付けることを抑制させる発言である。尚、“反対意見”は、3.1.2で詳述するように意見を誘発させる発言として議論を活性化させるため、“非同意”とは性質が異なる。

以上から、議論を収束/停滞させる発言における好意的発言影響度の算出ルールは、下記のように定式化される。 $f_{state}(p, q)$ は、学習者の好意的発言影響度変化値、 p は、学習者の発言が同意されたかどうかの判定値、 q は、学習者の発言が非同意されたかどうかの判定値を $1/0(\text{真/偽})$ で示している。尚、ルールの構成上 $p = q = 1$ という事はない。

$$f_{state}(p, q) = \begin{cases} +2, & (p = 1 \wedge q = 0) \\ -2, & (p = 0 \wedge q = 1) \end{cases} \quad (1)$$

3.1.2 意見を誘発する発言

本研究においては、発言意図の“賛成意見”、“反対意見”の意思表示も1つの意見と捉えている。一方、発言意図の“同意”、“非同意”は、単に賛否の立場を示す意思であり、意見と区別している。

またある発言に対しての意見は、学習者間の意見交換や話題の発展につながり、議論を活性化させる。したがって、意見を誘発する発言は議論を好意的に方向付ける発言である。

以上から、意見を誘発する発言における好意的発言影響度の算出ルールは、下記のように定式化される。ここで $f_{advice}(r)$ は、学習者の好意的発言影響度変化値、 r は、学習者が意見を誘発する発言をしたかどうかの判定値を $1/0(\text{真/偽})$ で示している。

$$f_{advice}(r) = +1, \quad (r = 1) \quad (2)$$

表 2: 議論における役割

役割	判断要素
リーダーシップを取る学習者	提案を多くする学習者
教師的な学習者	話題に有効なキーワードを最初に出す学習者
議論参加に消極的な学習者	同意・非同意以外の発言が少ない学習者
	発言を聞いているだけである学習者

3.1.3 議論における役割

本研究では、主に学習者の議論における役割は、「リーダーシップを取る学習者」、「教師的な学習者」、「議論参加に消極的な学習者」の3つであると考えられる。ここで学習者の議論における役割の判断要素を表2にまとめる。

まずリーダーシップを取る学習者は、議論において新たな話題を多く提案し、議論を進行させる役割を持つ。この役割は、議論を好意的に方向付けるために必要な役割(好意的な役割)である。本研究においては、提案を多くする学習者がこれに該当する。

次に教師的な学習者は、議論において学習に有効な話題を提供し、知識を教授したり、議論を有意義な学習の場にする役割を持つ。この役割は、議論を好意的に方向付けるために必要な役割(好意的な役割)である。本研究においては、議論する話題に有効なキーワードを最初に出す学習者がこれに該当する。

以上から、好意的な役割における好意的発言影響度算出ルールは、下記のように定式化される。ここで $f_{positive}(s, t)$ は学習者の好意的発言影響度変化値、 s は、学習者が提案をどれくらいしているかを測るカウンタであり、 t は、学習者が議論する話題に有効なキーワードを最初に出したかどうかの判定値を $1/0(\text{真/偽})$ で示している。

$$f_{positive}(s, t) = \begin{cases} +4, & (s \geq 3 \wedge t = 1) \\ +2, & (s \geq 3 \wedge t = 0) \\ +2, & (s < 3 \wedge t = 1) \end{cases} \quad (3)$$

一方で議論参加に消極的な学習者は、議論において他者の発言には賛否を示すが、自己の意見を述べることが少なかったり、発言をせずに議論を聞いているだけであったり、議論の活性化を抑制する役割を持つ。この役割は、議論を好意的に方向付けることを抑制する役割(好意的でない役割)である。本研究においては、同意・非同意以外の発言が少ない学

習者や発言を聞いているだけである学習者がこれに該当する。

以上から、好意的でない役割における好意的発言影響度算出ルールは、下記のように定式化される。ここで $f_{negative}(u, v)$ は学習者の好意的発言影響度変化値、 u は、学習者の同意・非同意をどれくらいしているかを測るカウンタ、 v は、学習者がどれだけ発言を聞いているだけかを測るカウンタである。尚、ルールの構成上 $u \geq 3 \wedge v \geq 8$ となることはない。

$$f_{negative}(u, v) = \begin{cases} -2, & (u \geq 3 \wedge v < 8) \\ -2, & (u < 3 \wedge v \geq 8) \end{cases} \quad (4)$$

3.1.4 相対性(強調)

自己と他者の関係を見たときに自己が置かれた絶対的な位置よりも、相対的な位置を知ることは重要であり、それが他者との差別化(強調)をする意味でも重要である。

これをもとに、ある発言者の好意的発言影響度の変化が正のとき、他者の好意的発言影響度を下げ、反対にある発言者の好意的発言影響度の変化が負のとき、他者の好意的発言影響度を上げるルールとして、下記が定式化される。ここで $f_{relativity}(w)$ は発言者以外の学習者の好意的発言影響度変化値とする。また w は発言者の好意的発言影響度変化値である。

$$f_{relativity}(w) = \begin{cases} +1, & (w < 0) \\ -1, & (w \geq 0) \end{cases} \quad (5)$$

3.1.5 好意的発言影響度の重み付け

3.1.1~3.1.4 までのルールに好意的発言影響度変化、つまり好意的発言影響度の重み付けを行った。重み付けを行う基準は議論を収束/停滞させる発言、意見を誘発する発言、議論における役割の3つの観点の議論における重要性から、以下の順序で重み付けを行った。

- 議論における役割 $< \pm 3 >$
- 議論を収束/停滞させる発言 $< \pm 2 >$
- 意見を誘発する発言 $< + 1 >$

上記3つの内で好意的なものを正の変化値、好意的でないものを負の変化値とした。また上位のものからポイントを高く重み付けを行った。

3.2 評価

3.2.1 妥当性評価実験

本実験では本研究の妥当性を検証するために、学

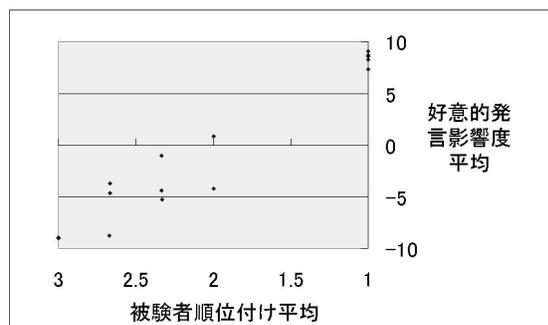


図 2: 順位付けと好意的発言影響度の分布図

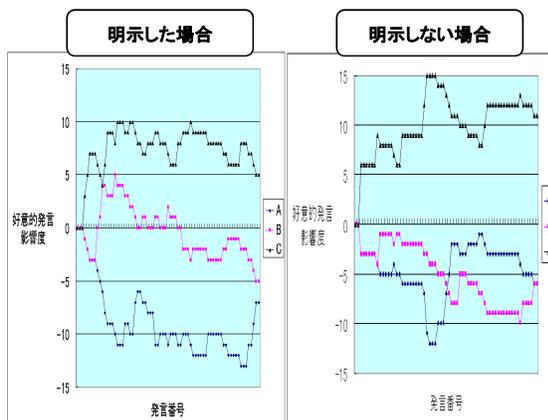


図 3: 好意的発言影響度推移グラフの比較

習者に異なった話題、グループで本システムでの議論を5回行ってもらった。その結果、学習者による順位付けの平均と好意的発言影響度の平均の分布(図2)や発言データと好意的発言影響度推移グラフの比較から妥当性が示された。

3.2.2 有用性評価実験

本実験では本研究の有用性を検証するために、学習者が同一の話題で2度議論を行った。1つは好意的発言影響度を明示しない通常のWEBチャットで議論を行い、一方は好意的発言影響度を明示した本システムで議論を行った。その結果、好意的発言影響度を明示しない場合と明示した場合では、個々の学習者のグラフ(図3)の上下動する頻度などから明示した場合の有用性が示された。

3.3 好意的発言影響度の課題

評価結果から好意的発言影響度は議論において重要な役割を果たし、明示することによって議論を活性化させることと、そのパラメータの妥当性を実証

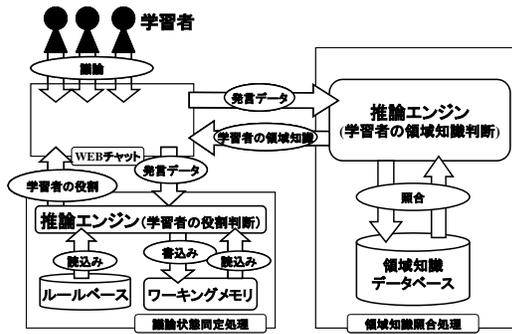


図 4: システム構成図



図 5: システムインターフェイス

することができた。

しかしながら、「発言内容」は様々な情報を含意しており、実験によって得られた「発言意図」と「発言内容」の比較からも、「発言意図」を一意に決めることは難しい。これは学習者が選択する「発言意図」ではなく、発言の意味・内容から学習者の役割を同定する仕組みが必要である。

また一部の議論では、ただキーワードを表層的に知っている学習者が教師的な学習者として評価され、その学習者がキーワードの正しい理解や知識を持っているかまで評価されていない場合が見受けられた。これを改善するには、発言の意味・内容まで積極的に解析するアプローチで学習者の領域知識まで把握する必要があると考えられる。

さらに学習者は議論において、「質問」や「疑問」を投げかけ、その「回答」や「説明」から必要な知識を獲得したり、互いに持てる知識を競い合わせたりする行為が多く見られる。この行為は、知識獲得意欲や学習効果を高め、議論を活性化させる行為である。この行為を把握し、学習者同士の領域知識まで明示することが可能となれば、本システムの有用

ではOOLでしょう	OOだと思えます
なぜOOですか？	OOだからです
その用語OOは何ですか？	その用語OOはOOです
どちらですか？	どこからどこまで？
資料を見てください	実験を見てください
いいですよ	よくないです
何ですか？	はい、でもOO
いいですか？	わかりません
わかりました	そうですね
待ってください	参加してますか？
あなたがどうぞ	私がやります
間違いました	もうやりましたか？
どこから始めましょう	何を今しなきゃいけませんか？

図 6: 発言テンプレート

性をさらに高めることが期待される。

4 領域知識に基づく議論支援システム

好意的発言影響度を取り入れた議論支援システムでは、「発言意図を一意に決定することが難しい」、「発言の意味・内容まで積極的に解析が行われていない」点に課題が見られた。

そこで本研究では、「発言テンプレート」(システムがあらかじめ用意する発言の型)を用いて、発言意図を明確にし、発言の意味・内容まで積極的に解析を行う議論支援システムを提案する。

4.1 システム構成

本システムは、学習者の自己及び他者の議論における影響力/学習状態を把握する支援機能で構成される。図 4 にシステムの構成図を示す。

本研究の WEB チャット (図 5) は、発言対象、発言内容からなる発言を、学習者からの入力情報とする (図 5-(A))。発言対象は、「誰が誰に」送信した発言であるかを示す情報である。発言内容は、本システムがあらかじめ用意した「発言テンプレート」(図 6) から 1 つを必ず選択し、学習者が必要箇所を自由記述することで入力される具体的な意見である。システムがあらかじめ用意した「発言テンプレート」を用いることは、学習者の発言を固定化し、学習者の発言意図を明確なものとする。また領域知識の表出する発言が絞り込まれることで、システムが学習者の領域知識を把握し易くすることが期待される。本研究の発言テンプレートは議論を円滑に進めるコミュニケーションインタフェース [5] を参考に、日本語の議論において、頻繁に使われる表現を整理し、作成したものである。

4.2 予備実験

本研究では、提案する議論支援システムを検証するために以下の予備実験を行った。

4.2.1 実験の目的と方法

表 3: 発言テンプレートに対するインタビュー結果

慣れれば負荷にならない。 議論が関係ない方向に行きにくくなる。 あいまいな発言が少なくなった。 etc..
×慣れるまでが苦勞する。 ×思いついた発言の当てはめ方を考えてしまう。 ×発言テンプレートをもっと充実させるべきだ。 etc...

本実験では発言テンプレートを用いて円滑な議論を行えるか、学習者の役割を判断することができるか、学習者の領域知識はどのように表出するかを評価・検討することを目的とする。

実験方法として本システムを用いて問題解決を目的とした議論を異なる話題で被験者に行ってもらい、そのインタビュー結果や選択された発言テンプレートに領域知識が表出しているのかをモニタリングする。

実験環境として、被験者を予備知識のある大学院生3名、議論時間約1時間、物理(力学)問題を話題とした議論と、被験者を予備知識のある大学院生2名と数学から遠ざかっている社会人1名、議論時間約1時間、数学問題を話題とした議論の2回の異なる議論を行った。また、それぞれの被験者がオンラインで協調して議論を行う環境を用意した。

4.2.2 実験結果

実験結果として、表3の発言テンプレートに対するインタビュー結果を得た。これは改善すべき点が残るものの学習者が発言テンプレートを用いて円滑な議論を行えることを示している。

また学習者の選択した発言のテンプレートから発言意図を決定し、好意的発言影響度を算出した。その結果、先行研究の評価実験と同等の結果が得られたことから、発言のテンプレートを用いても、学習者個々の役割判断が可能であることが示された。

さらに実際にやりとりされていた例を表4、表5に示す。表4、表5ともに下線部で示した領域知識の表出と考えられる発言は、発言テンプレートの“だからです”、“その用語は です”のような質問に対する説明を行う特定の発言のテンプレートに表出する傾向が強く見られた。例えば、表4-発言番号4では、“力のつりあいに関する立式”の回答として妥当な発言がなされており、被験者Bは領域知識を得ているものと考えられる。表5-発言番号3では、“因数分解”の説明として妥当な発言がなされており、被験者Aは領域知識を得ているものと考えられる。このことから、発言テンプレートを用いて、領域知識を把握することが可能である。

表 4: 実際にやりとりされていた例 (物理問題)

発言番号	発言者 (発言対象)	発言内容
1	A()	では力のつりあいを出しましょう
2	B(1)	R=W-F だと思います
3	C(2)	なぜ R=W-F ですか?
4	B(3)	力のつりあいは上向きの力と下向きの力を考えるべきだからです
5	B(4)	いいですか?
6	A(5)	いいですよ
7	C(5)	いいですよ
8	C(2)	その用語 R は何ですか?
9	B(8)	その用語 R は垂直抗力です
10	A(9)	その用語垂直抗力とは何ですか?
11	B(10)	その用語 垂直抗力 は 重力に対して地面が物体を押し力です

表 5: 実際にやりとりされていた例 (数学問題)

発言番号	発言者 (発言対象)	発言内容
1	A()	では因数分解しましょう
2	B(1)	その用語因数分解は何ですか?
3	A(2)	その用語 因数分解 は 1 つの整式を因数に分けることです
4	B(3)	なぜ因数分解するのですか?
5	A(4)	方程式を解きやすくするためだからです
6	C(5)	なぜ解の公式は使わないですか?
7	A(6)	解の公式は計算が大変だからです

5 まとめと今後の課題

予備実験から、発言テンプレートを用いて、ある程度円滑な議論を行い、学習者の役割や学習者の領域知識を把握できることが実証されたと考えられる。今後はシステムとしての知識構造の表現方法、学習者の領域知識把握方法をさらに検討し、応用していく必要がある。

参考文献

- [1] 稲葉晶子・岡本敏雄：“協調学習における議論支援のための Negotiation Process Model”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J80-D-，No.4,pp.844-854 (1997)。
- [2] 中原淳，久松慎一，八重樫文，山内祐平：“ポケットの中の学習コミュニティ:携帯電話を活用した学習コミュニティ活性化ソフトウェアの開発”，日本教育工学会第18回全国大会講演論文集，4-106-1，pp779-780 (2002)。
- [3] 松村真宏：“影響の普及モデルに基づくオンラインコミュニティ参加者のプロファイリング”，人工知能学会論文誌，Vol.18，No.4，pp.165-172 (2002)。
- [4] 古川久敬：集団とリーダーシップ，大日本図書 (1988)。
- [5] Baker,M.，Lund,K.：“Promoting reflective interactions in a CSCL environment”，Journal of Computer Assisted Learning，Vol.13，No.3，pp.175-193 (1997)。