

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12275

研究課題名(和文) 情動的交流への知的介入を実現する協調学習支援エージェントの研究開発

研究課題名(英文) Research and Development of Collaborative Learning Support Agents for Intellectual Support of Emotional Interaction

研究代表者

林 佑樹 (Hayashi, Yuki)

大阪府立大学・人間社会システム科学研究科・准教授

研究者番号：40633524

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、オンライン議論で交わされる参加者相互の交流を促す知的エージェントを開発することを目的として次の成果を上げた。議論で用いられる資料の意味内容及び、様々な粒度、時間スケール、抽象度の異なる多人数インタラクション状況を捉え、情動的な側面への働きかけを含む助言内容を宣言的に規定するためのルール設定支援システムを開発した。インタラクション情報をリアルタイムかつ同時並行的に処理するためのマルチモーダル情報処理機構を備える議論支援フレームワークを開発した。議論支援フレームワークに基づくオンライン議論支援システムのプロトタイプを開発し、議論支援エージェントの実行可能性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
ネットワークを介した協調学習や創造的議論における参加者相互のインタラクション状況を捉え、多様な知的介入を実現する議論支援システム(エージェント)開発を可能とするフレームワークを実現している点に学術的・社会的な意義がある。議論状況検出および助言生成のルールを宣言的形式で規定できるように設計したことで、対象とする議論状況や介入方法にルール設定者が込めた意図を比較・共有・再利用することができるようになり、第三者による追試・評価での利用や対象とする議論状況での異なる介入手法の比較分析といった知見の積み上げに資する枠組みを提案している。

研究成果の概要(英文)：The study aims to develop an intelligent agent that facilitates interaction among participants in online discussions. We achieved the following results: we developed a rule setting support system that allows for declaratively defining rules to capture various discussion situations with different abstractions and time scales as well as to present advice including stimulation for emotional aspects according to the situation; we developed a discussion support framework equipped with a multimodal information processing mechanism to process interaction information in real-time; we developed a prototype system based on the discussion support framework and validated the feasibility of the discussion support agent.

研究分野：教育システム情報学

キーワード：多人数マルチモーダルインタラクション ドキュメントセマンティクス CSCL 議論支援エージェント
マルチモーダル情報処理機構 議論支援フレームワーク

1. 研究開始当初の背景

ICTの普及は仕事の取り組みの本質的な部分と社会関係の持つ意味を変えており、新しい要求や変化する環境に即して他者と共に柔軟に対応し新たな知識を創成していくことのできる素養を育むことが社会的課題となっている。このようなスキルを育む学習形態として、複数名のインタラク션을介して問題解決に取り組む協調学習が注目されている。

協調学習では課題解決に向けた相互作用のプロセスを通じて、コミュニケーション態度の涵養、共同での問題解決力、自他思考の分析力、他者への説明を通じた理解の深化など多岐に渡る学習理論・効果が知られている。この協調学習をICT技術により支援を試みるCSCL (Computer Supported Collaborative Learning) の研究分野では、学びのプロセスを支援することを目的とした協調学習支援システム (CSCL システム) が数多く開発されている。オンライン上で動作するCSCL システムを通じて場所や時間に制約されることなく仲間との学び合いを達成できる一方で、多くのシステムは学習場 (学習環境) の提供に留まっており、対話により刻々と進行する学習プロセスをつぶさに診断し、方向付けを与える試みは少ない。さらに、分散環境下のコミュニケーションで希薄となりがちな学習者相互の情動的な側面を含む交流を捉え、健全な学び合いへの知的介入を達成するマルチモーダルインタラクション・ウェアな情報システムは十分に検討されていない。

2. 研究の目的

本研究では、これまで開発を進めてきたマルチモーダルインタラクション情報を活用できる協調学習支援システム開発プラットフォーム[1]を基礎とし、一意な解を定めることの難しい協調学習や創造的議論における参加者相互の交流を促す知的エージェントを開発することを目的とする。具体的には、オンライン議論で交わされる極めて複雑な多人数マルチモーダルインタラクションを対象として、議論で用いられる資料 (議論資料) について展開される議論の意味内容及び、様々な粒度、時間スケール、抽象度の異なるインタラクション状況をリアルタイムかつ同時並行的に処理するためのマルチモーダル情報処理機構を整え、任意の議論状況において適応的な助言提示を動的生成・提示する議論支援エージェントを開発する。

3. 研究の方法

課題① 議論時の意味内容を捉える仕組みの検討: 研究ミーティングのような創造的な議論では、提案者が用意した議論資料を参加者間で共有し、ここに記された内容に基づいて議論が展開されることが一般的である。資料には、議論に先立ち提案者が整理した思考のプロセスやその結果が記され、議論すべきと提案者が考える内容の論理的な繋がりがその構造に表明されることになる。情報システムが議論参加者の着目する資料の意味内容に立ち入った知的介入を実現するために、議論資料に記載された情報や、提案者がどのような意図で説明を試みるかという意味情報 (ドキュメントセマンティクス) を処理可能な手立てを検討し、議論資料に意味情報を付与するためのシステムを開発する。

課題② 議論状況検出と助言提示のための仕様策定: 時々刻々と変化する参加者間の議論状況には様々な粒度があり、議論参加者の人数や構成 (役割) もセッション毎に異なる。こうした多様な議論状況を捉え、再利用可能な形式で働きかけてゆくために、検出対象とする議論状況を宣言的形式で設定できるようにするとともに、これらを統合して議論状況の解釈を積み上げるためのルール記法を検討する。また、システムが提示する助言内容や、働きかけの対象に唯一な解 (支援方略) は想定できず、様々な側面からの働きかけが想定される。そこで、どのような議論状況に対して、働きかけを意図するヒトの側面 (情動、認知、行動) を対象に、いつ、誰に、どのような具体的な助言を提示するかを宣言的に規定できるルール記法を検討し、これらを情報システムが適切に管理するためのルール設定支援システムを開発する。

課題③ マルチモーダル情報処理機構を備える議論支援フレームワーク開発: リアルタイムに進行する議論において、参加者毎の役割情報が付与されたマルチモーダルデータ系列 (視線・発話情報) を検出し、課題②で検討する仕組みに基づき参加者が“いつどの程度話しているか”、“何を見ているか”といったインタラクションの原始的データを検出する仕組みを整え、様々な粒度の議論インタラクション状況を同時並行的に解釈・管理できる情報処理機構を検討する。そして、検出された議論状況をトリガとして、ここでの働きかけの意図に沿った助言を自動生成し、議論参加者に提示する議論支援エージェントが組み込まれた議論支援フレームワークを実装する。

4. 研究成果

① 議論資料作成支援システム

議論資料の意味内容に立ち入った情報を情報システムが扱うために、本研究では対象とする議論を研究ミーティングに焦点化した。

議論資料の作成者に求められる思考活動とその活動の成立要件が、研究領域の一般性あるいは固有性を踏まえた形で規定された「研究内容セマンティクス」及び、資料作成者がどのような論理的な意図（“仮定”や“提案”，“主張”や“根拠”等）で資料内容を説明するかを表す概念とそれらの論理的関係が規定された「論理構成意図セマンティクス」を議論資料上の各エリアに付与することにより、議論資料を注視する参加者の視線情報（アイトラッカを利用）に基づき、どのような意味内容に着目しているか、どのような思考を働かせているかを捉える手立てとした。

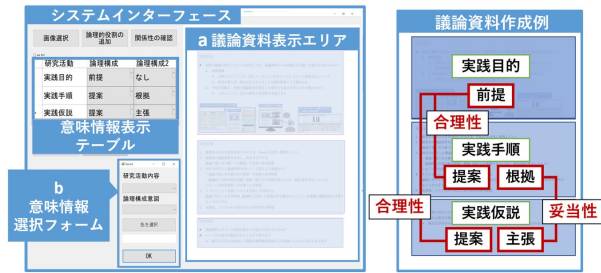


図1 議論資料作成支援システム

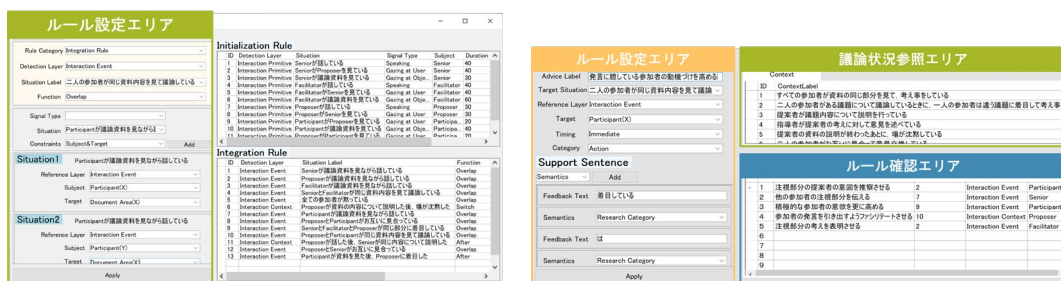
図1に議論資料作成のために開発したオーサリングシステムを示す。ドキュメントセマンティクスは資料作成者（提案者）が研究MTに先立って付与することを想定している。提案者は議論資料上の領域を選択し（図1(a)）、選択した領域が表す研究活動内容と論理構成意図を選択することで意味情報を付与できる（図1(b)）。提案者が選択する項目は各セマンティクスに基づいており、学習者は選択した内容を表形式で確認できるようになっている。提案内容の構成やその意図を予め吟味するこうした活動は、内容間の論理的な繋がりや資料に込めた意図の顕在化を促進し、議論時の明快な説明に向けた準備性を高め、信頼性の高い議論の組み立てに寄与する取り組みとして位置付けられる。

② 議論状況検出と助言提示ルール設定支援システム

様々なインタラクション状況を階層的に管理できる仕組みを実現するために、Raw Data 層、Interaction Primitive 層、Interaction Event 層、Interaction Context 層の4層構成でインタラクションを表現した階層的解釈モデル[2]を参照モデルとして、以下の「初期設定ルール」、「統合ルール」及び、助言生成・提示のための「助言提示ルール」の仕様を策定した。

- ・**初期設定ルール**：各参加者のRaw Data層のマルチモーダルデータ系列から、原始的なインタラクション要素を検出するルールである。「Participant（参加者）が40秒間のうち30%以上発話している」データ区間を「Participantが話している」などとして、Interaction Primitive層に持ち上げて解釈することを規定できるようになっている。
- ・**統合ルール**：インタラクションイベント（Interaction Event層）やインタラクションの文脈（Interaction Context層）といった、より高次のインタラクション状況を検出するためのルールである。任意の2つ以上のインタラクションデータの時間関係区間を指定できるとともに、検出対象とするインタラクション状況の主体や客体を区別して扱うための制約などを規定できるようになっている。
- ・**助言提示ルール**：議論目的や参加者の役割に応じた助言を生成・提示するためのルールである。どのような議論状況において、誰に、どのようなタイミングで、どのようなヒトの側面（情動面・認知面・行動面）に、どのような助言を提示するかを、①の議論資料作成支援システムが扱うドキュメントセマンティクスを対応付けながら規定できるフォーマットを備える。

ここで検討したルールを記述するために開発したルール設定支援システムを図2に示す。図2(a)の画面で、議論時のインタラクション状況を初期設定ルール／統合ルールとして規定することができる。図2(b)の画面では、どのような状況に対して助言を生成・提示するか設定する入力フォームを備えており、例えば“発言に臆している参加者を励ます”といった情動面に働きかける具体的な助言内容を、テキストや意味内容等を列挙する形式で指定することができる。



(a)議論状況検出ルール設定画面

(b)助言提示ルール設定画面

図2 議論状況検出ルールおよび助言提示ルール設定支援システム

③ 議論支援フレームワーク

議論資料作成支援システムで付与されたドキュメントセマンティクス、ルール設定支援システムで規定されたルール群、及び議論時の多人数マルチモーダル情報に基づき、議論状況検出と助言提示を可能とする情報処理機構を備える議論支援フレームワークを開発した。

図3にマルチモーダル情報処理機構の概要図を示す。CSCLシステム開発プラットフォーム上のオンライン議論環境(図3(a))で収集される議論参加者のマルチモーダルデータ系列からインタラクション要素を検出する機能(図3(b))と、これらに基づいて議論状況を構造的に解釈する機能(図3(c))、検出したインタラクション状況に即した助言を生成・提示する機能(図3(d))から構成されている。インタラクションの粒度に対応する3階層(Interaction Primitive層, Interaction Event層, Interaction Context層)に切り分けた共有メモリ(WM)と、検出したデータをWMに書き込むためのエージェント(IP検出エージェント, IE検出エージェント, IC検出エージェント)が独立して駆動する仕組みとすることで、議論状況検出ルールとWM上のインタラクションデータを監視・照合し、抽象度の異なる様々なインタラクション状況をリアルタイムに検出可能な構成となっている。助言生成・提示を実行するAPエージェントはWM上で更新される議論状況を監視しており、助言提示ルールが対象とする議論状況が検出された場合に助言生成処理を試みる。助言提示ルールに設定されている全ての条件(助言提示者や具体的な助言内容で埋め込まれるドキュメントセマンティクス情報など)がインタラクションデータと合致する場合には、生成した助言を出力する機能を備えている。

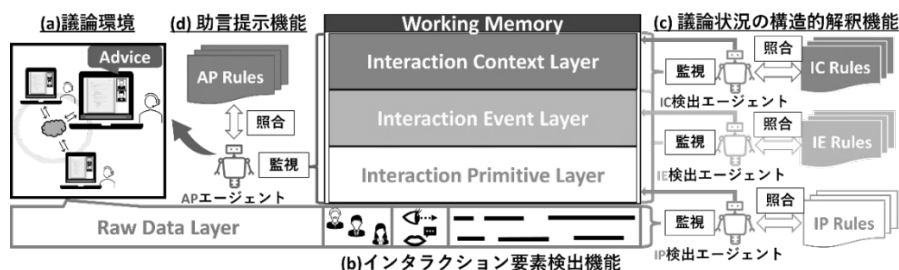


図3 マルチモーダル情報処理機構

議論支援フレームワークに基づく議論支援(助言提示)エージェントの実装例として開発したプロトタイプを図4に示す。3名の参加者(Senior, Proposer, Participant)が議論資料について議論(音声対話)している様子を表している。議論開始前に、議論セッションで適用する議論状況検出ルールと助言提示ルールを指定できるようになっており、助言提示エリアに自動生成された助言が提示される。

動作検証の結果、例えば参加者2名(Senior, Proposer)が共有資料の同じ箇所に着目しながら議論している時に、もう1名の参加者(Participant)がこれと関連する資料内容に着目している状況を議論状況検出ルールに基づき捉え、この状況を対象とする助言提示ルール(①, ②)により、「①着目している“実践目的”は、“実践手順”を理解し、議論を深めていく上で重要な部分です。今一度その点について確認することは、他の参加者にとっても有意味です。」という発言への動機付け(情動)を高める助言、「②“実践目的”と“実践手順”の合理性について陽に議論されていないなら、話題にあげて合意するよう促すのが良いと思います。」という発言(行動)を促す助言を生成し、助言の対象者(Participant)に提示できることを確認した。

なお、本プロトタイプシステムでは助言をテキスト形式で提示しているが、音声合成やアニメーションエージェントによる出力に変更することも、原理的には可能な構成となっている。このように、宣言的ルールとして規定された議論状況の検出・助言提示に基づき、オンライン議論での多様な知的介入を実現する議論支援エージェントを開発可能なマルチモーダル情報処理機構を備えるフレームワークを実現している点に本研究の意義がある。



図4 オンライン議論支援システムと助言提示例

<引用文献>

- [1] 杉本葵, 林佑樹, 瀬田和久: 言語・非言語アウェアなCSCLシステム開発プラットフォーム, 電子情報通信学会論文誌, J101-D(4), 713-724, (2018).
- [2] 角康之, 矢野正治, 西田豊明: マルチモーダルデータに基づいた多人数会話の構造理解, 社会言語科学, Vol.14, No.1, pp.82-96, (2011).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 林 佑樹、杉本 葵、瀬田 和久	4. 巻 39
2. 論文標題 マルチモーダルインタラクションウェアなCSCLシステムの開発・運用・分析を支援する統合プラットフォーム	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 235 ~ 251
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14926/jsise.39.235	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Emmanuel Ayedoun, Yuki Hayashi, Kazuhisa Seta	4. 巻 13
2. 論文標題 Toward Personalized Scaffolding and Fading of Motivational Support in L2 Learner? Dialogue Agent Interactions: An Exploratory Study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Learning Technologies	6. 最初と最後の頁 604 ~ 616
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TLT.2020.2989776	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Emmanuel Ayedoun, Yuki Hayashi, Kazuhisa Seta	4. 巻 12185
2. 論文標題 Services Task Model Based Dialogue Scenarios Design Towards L2 WTC Support Oriented Dialogues Authoring Tool	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Human Interface and the Management of Information. Interacting with Information	6. 最初と最後の頁 145 ~ 163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-50017-7_10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Aoi Sugimoto, Yuki Hayashi, Kazuhisa Seta	4. 巻 12185
2. 論文標題 Multimodal Interaction-Aware Integrated Platform for CSCL	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Human Interface and the Management of Information. Interacting with Information	6. 最初と最後の頁 264 ~ 277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-50017-7_19	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 アイエドゥン エマヌエル, 林 佑樹, 瀬田 和久	4. 巻 36
2. 論文標題 会話エージェントと学習支援	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 221 ~ 232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14926/jsise.36.221	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hashimoto Tatsuya, Hayashi Yuki, Seta Kazuhisa	4. 巻 159
2. 論文標題 Metacognitive Inference Activity Support by Visualizing Eye-Movement Graph During Critical Reading	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 1995 ~ 2004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2019.09.372	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 庄司祐希, 林佑樹, 瀬田和久
2. 発表標題 オンライン議論状況を捉えた助言提示のためのマルチモーダル情報処理機構
3. 学会等名 教育システム情報学会 2021年度特集論文研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 庄司祐希, 林佑樹, 瀬田和久
2. 発表標題 議論支援のためのマルチモーダル情報処理機構
3. 学会等名 情報処理学会 第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsuya Shono, Yuki Hayashi, and Kazuhisa Seta
2. 発表標題 Reflection Support Environment for Creative Discussion Based on Document Semantics and Multimodal Information
3. 学会等名 29th International Conference on Computers in Education (ICCE2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 庄司祐希, 林佑樹, 瀬田和久
2. 発表標題 ドキュメントセマンティクスとマルチモーダル情報に基づいた議論支援フレームワークの検討
3. 学会等名 第46回教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 正野敦也, 林佑樹, 瀬田和久
2. 発表標題 議論の内省を促すリフレクション支援環境 ドキュメントセマンティクスとマルチモーダル情報を活用して
3. 学会等名 教育システム情報学会 2020年度特集論文研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Emmanuel Ayedoun, Yuki Hayashi, Kazuhisa Seta
2. 発表標題 Semi-Automatic Authoring of Task-Oriented English Dialogue Scenarios
3. 学会等名 人工知能学会 第91回 先進的学習科学と工学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Emmanuel Ayedoun, Yuki Hayashi, Kazuhisa Seta
2. 発表標題 Semi-automatic Generation of Spoken English Dialogue Scenarios Based on Service Process Model
3. 学会等名 第34回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 正野敦也, 林佑樹, 瀬田和久
2. 発表標題 創造的議論からの学びを促すリフレクション支援手法の検討 ドキュメントセマンティクスとマルチモーダル情報の活用
3. 学会等名 第34回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Emmanuel Ayedoun, Yuki Hayashi, Kazuhisa Seta
2. 発表標題 Services Task Model Based Dialogue Scenarios Design Towards L2 WTC Support Oriented Dialogues Authoring Tool
3. 学会等名 22nd International Conference on Human-Computer Interaction (HCI2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Aoi Sugimoto, Yuki Hayashi, Kazuhisa Seta
2. 発表標題 Multimodal Interaction-Aware Integrated Platform for CSCL
3. 学会等名 22nd International Conference on Human-Computer Interaction (HCI2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 正野敦也, 林佑樹, 瀬田和久
2. 発表標題 議論振り返り支援に資するマルチモーダル情報の活用法
3. 学会等名 人工知能学会 第87回 先進的学習科学と工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 正野敦也, 林佑樹, 瀬田和久
2. 発表標題 CSCLシステムの言語・非言語情報を活用した振り返り支援の検討
3. 学会等名 第44回教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hashimoto Tatsuya, Hayashi Yuki, Seta Kazuhisa
2. 発表標題 Metacognitive Inference Activity Support by Visualizing Eye-Movement Graph During Critical Reading
3. 学会等名 23rd International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------