

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

庄司 祐希^{*1}, 林 佑樹^{*1}, 瀬田 和久^{*1}

^{*1} 大阪府立大学大学院 人間社会システム科学研究科

Information Processing Mechanism for Multiparty Multimodal Online Discussion

Yuki SHOJI^{*1}, Yuki HAYASHI^{*1}, Kazuhisa SETA^{*1}

^{*1} Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University

議論の創造性を高める上で、参加者同士で気を配りながら考えや疑問点を引き出し合うことが重要である。一方で、議論中に自他の意見を整理しながら、他者の思考や情動状態を推察して適宜働きかけることは必ずしも容易ではない。そこで本研究では、オンライン議論時に交わされる参加者の視線・発話情報を手掛かりに議論状況を解釈し、適応的な知的介入を実現するための基盤となる議論支援フレームワークを提案する。本フレームワークは、リアルタイムに計測される多人数マルチモーダルデータ系列を同時並行的に処理し、議論状況に立ち入った助言を提示するマルチモーダル情報処理機構を備えている。

キーワード: オンライン議論支援, フレームワーク, マルチモーダル情報, 多人数インタラクション

1. はじめに

学術研究ミーティング（以下、研究 MT）のような他者と協調しながら問題解決を図る知識共創的な議論では、参加者間で互いの状態に気を配り、考えや疑問を共有し議論に対するコミットメントを引き出し合うことが、創造性を高める上で重要である。参加者は議論中に互いの振舞いや反応を感じ取りながら、例えば議論中に資料を見つめながら深慮している参加者や、発言に臆している参加者といった各々の思考や心情の状態を推察し、参加者のコミットメント向上を促す働きかけがなされる。こうしたことは、議論内容の理解や相互理解の深化、アイデア共創に寄与する。

一方で、参加者各々の認知状態や情動状態は必ずしも場に表明されるわけではなく、またリアルタイムに進行する議論と並行して自他の状況や意見を整理しながら他者に配慮することは難しい。さらにネットワークを介した分散環境下の議論（例: ビデオ会議の議論）では、送受信される情報が限定されてしまうため、こうしたことはなおさら困難である。

そこで本研究では、「創造的議論における参加者の多様なインタラクション状況を捉え、コミットメントの向上に資する適応的助言を提示可能な情報システムの仕組みを実現できないか？」を学術的な問いに掲げる。この問いにアプローチするため、先行研究⁽¹⁾で提案されている仕組みを採用した議論状況検出および助言提示のためのルール仕様にに基づき、議論状況の解釈や助言生成する議論支援フレームワークの開発を進めている⁽²⁾。本稿では、このフレームワークの構成要素として開発した議論状況検出及び助言提示のためのルール設定支援システムと、これらのルールをオンライン議論に適用し、参加者のマルチモーダル情報から任意の議論状況の検出と助言提示を可能とするマルチモーダル情報処理機構の枠組みを論じる。

2. 議論支援フレームワークの設計要件

本研究では、ネットワークを介して展開される議論時の言語・非言語情報を計測可能な CSCL システム開発プラットフォーム⁽³⁾をオンライン議論環境として活

用する。任意の学習支援ツール（例：議論資料共有ツール、ビデオチャットツール）を組み込んだ議論セッションを設定できるようになっており、各参加者の発言タイミングや、参加者の映像・議論資料の各領域に付与された注視対象領域（Area of Interest：AOI）への視線情報を、ヘッドセットマイク及びアイトラッカを用いて計測できる構成となっている。

本章では、このプラットフォームの利用を前提として、タイムリーに計測・蓄積される参加者個々のマルチモーダル情報に基づきオンライン議論状況を捉え、適応的な助言を提示する議論支援フレームワークの構築に向けて、情報システムが備えるべき設計要件を述べる。

【要件1】議論資料の意味内容を捉える仕組み：研究MTのような創造的な議論では、一般に提案者が用意した議論で用いる資料（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き議論が展開される。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内容を具に捉え、この意味内容に立ち入った知的介入を実現するためには、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（セマンティクス）を処理可能な仕組みが求められる。

【要件2】議論状況検出と助言提示のための仕様策定：多人数による極めて複雑な議論インタラクションを対象とし、どのような議論状況で、どのように働きかけるか情報システムが適切に管理できるようにするために、以下の2点を検討する必要がある。

【2-1】議論状況検出のためのルール仕様：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る情報処理フレームワークを実現するために、本研究では検出対象とする議論状況をセッション非依存な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。

【2-2】助言提示のためのルール仕様：議論状況の活性化を狙いとして、システムが提示する助言内容や

その対象に唯一な方略は存在せず、様々な側面からの働きかけが考えられる。そこで本研究では要件2-1とは区別した形式で、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（認知、情動、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する。

【要件3】マルチモーダル情報処理の仕組み：議論時の多人数インタラクション情報を構造的に管理し（4.1節で後述）、適応的に助言を提示するマルチモーダル情報処理機構に求められる機能を3つ掲げる。

【3-1】インタラクション要素のリアルタイム検出機能：リアルタイムな議論において、逐次変化する視線行為や発言行為などの参加者毎のマルチモーダルデータ系列を検出し、それらに基づいて参加者が“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な要素を検出する仕組みが必要である。

【3-2】議論状況の構造的解釈機能：要件3-1を満たす仕組みによって検出された議論状況データを組み合わせることにより、様々な粒度の議論状況を情報システムが同時並行的に解釈し、その粒度を区分して階層的に管理できるとともに、検出した議論状況データの構造的関係性を処理可能な仕組みが求められる。

【3-3】議論状況に即した助言提示機能：要件3-1、3-2を充足する仕組みによって検出される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、対象となる議論参加者に対して適応的に助言を提示する仕組みを備える必要がある。

3. ドキュメントセマンティクス

2章で掲げた【要件1】を充足する仕組みとして、ドキュメントセマンティクスを活用する。ドキュメントセマンティクスとは、資料のどこにどのような情報が掲載されているかを意味する計算機可読なデータの集合である。本研究では、正野らが提案する2種類のドキュメントセマンティクス⁽¹⁾（図1）を議論資料に付与できる仕組みを考える。

3.1 研究内容セマンティクス

森らが提案している研究活動オントロジー⁽⁴⁾と紐づいた形式で、議論資料のどこにどのような内容が記載



図1 ドキュメントセマンティクス

されているかを表すものである。教育システム情報学の研究を遂行するにあたって、遂行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構造化されている（図1左）。例えば、“実践デザインを考える”という思考活動概念は、“実践の目的を考える”、“実践の仮説を考える”、“実践の手順を考える”等がその達成に必要なサブ認知活動として規定されており、これらも一つの思考活動概念としてその成立要件が規定されている。

3.2 論理構成意図セマンティクス

資料作成者がどのような意図を持って資料内容を説明するかを表すものであり、“仮定”や“提案”、“主張”や“根拠”等の論理構成を表す概念とそれらの論理的関係を定義している（図1右）。資料に掲載している研究内容（3.1節）に対して、議論目的に応じたその論理的役割として、例えば、「仮定と提案の合理性を考える」や「主張を支える根拠を考える」といった概念が規定されている。

これらのドキュメントセマンティクスをAOIに付与した議論資料を用いることで、例えば、“実践デザインを考える”際には、“実践仮説を考える”、“実践手順を考える”といった認知活動の関係性や、“仮定と提案の合理性を考える”といった論理的役割の関係性を計算機システムが把握し、議論資料を注視する参加者の視線情報から、どのような意味内容に着目しているか、どのような思考活動を行なっているかという議論内容に立ち入った情報を捉えられるようになる（[要件1]の充足）。

(注1) 誌面の都合上、本稿では割愛しているが、ドキュメントセマンティクスを議論資料に付与するためのオーサリングシステムの開発も進めている。

なお、ドキュメントセマンティクスは資料作成者（提案者）が議論に先立って付与することを想定している（注1）。予め提案内容の構成やその意図を吟味するような活動は、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有意義な取り組みとして位置付けられる。

4. 議論状況検出ルールと助言提示ルールの仕様

4.1 インタラクションの階層的解釈モデル

様々なインタラクション状況を、その粒度に応じて階層的に管理できる仕組みを実現するために、角らのインタラクションの階層的解釈モデル⁽⁶⁾を参照モデルとする。このモデルでは、音声波形や視線座標といった生データに該当するRaw Data(RD)層、RD層のデータに基づいて、“誰が発話している”、“誰が何を注視している”といった参加者個々の原始的な振舞いを捉えるInteraction Primitive(IP)層、IP層で抽出されたインタラクション要素を統合することで、例えば“同じ部分に着目している（共同注視）”や“お互いを見合っている（相互注視）”といった参加者間のイベントを捉えるInteraction Event(IE)層、IP層やIE層で抽出されるインタラクション状況から、会話場の発生や会話主導権の遷移といった議論文脈に解釈を与えるInteraction Context(IC)層の4層で構成されている。

本研究では、議論状況を捉えるルールを階層的に管理する仕組みや情報システムが議論状況を構造的に解釈する仕組みにこのモデルを応用する。

4.2 議論状況検出ルール

[要件2-1]で掲げた多様な議論状況を捉えるための枠組みとして、正野らが提案する議論状況検出のためのルール記法⁽¹⁾を援用する。議論状況を捉えるルールを「初期設定ルール（Initialization Rule）」と、「統合ルール（Integration Rule）」に大別し、4.1節の階層的解釈モデルに対応付けて宣言的に定義できる仕様となっている。

4.2.1 初期設定ルール（Initialization Rule）

各参加者のRD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。抽出されたデータ区間はIP層に対応づけられる。

表 1 議論状況検出ルールの設定例

Situation	Rule Examples
Participant が話している…①	{ <i>detection_layer</i> ='Interaction Primitive', <i>situation</i> ='①', <i>signal_type</i> ='Speaking', <i>subject</i> ='Participant', <i>duration</i> =40(s), <i>rate</i> =30(%), <i>inequality</i> ='more'}
Participant が議論資料を見ている…②	{ <i>detection_layer</i> ='Interaction Primitive', <i>situation</i> ='②', <i>signal_type</i> ='Gazing at Object', <i>subject</i> ='Participant', <i>target</i> ='Document Area', <i>duration</i> =40(s), <i>rate</i> =40(%), <i>inequality</i> ='more'}
Participant が議論資料を見ながら話している…③	{ <i>detection_layer</i> ='Interaction Event', <i>situation</i> ='③', <i>function</i> ='Overlap', <i>arguments</i> =['①', '②'], <i>constraints</i> =[<i>arg</i> [0]. <i>layer</i> =='Interaction Primitive', <i>arg</i> [1]. <i>layer</i> =='Interaction Primitive', <i>arg</i> [0]. <i>subject</i> =='Participant(X)', <i>arg</i> [1]. <i>subject</i> =='Participant(X)']}
二人の参加者が同じ資料内容を見て議論している…④	{ <i>detection_layer</i> ='Interaction Event', <i>situation</i> ='④', <i>function</i> ='Overlap', <i>arguments</i> =['③', '③'], <i>constraints</i> =[<i>arg</i> [0]. <i>layer</i> =='Interaction Event', <i>arg</i> [1]. <i>layer</i> =='Interaction Event', <i>arg</i> [0]. <i>subject</i> =='Participant(X)', <i>arg</i> [1]. <i>subject</i> =='Participant(Y)', <i>arg</i> [0]. <i>target</i> =='Document Area (X)', <i>arg</i> [1]. <i>target</i> =='Document Area (X)']}
二人の参加者が同じ資料内容を見て議論している時に、一人はそれと関係のある資料内容に着目している…⑤	{ <i>detection_layer</i> ='Interaction Event', <i>situation</i> ='⑤', <i>function</i> ='Overlap', <i>arguments</i> =['④', '②'], <i>constraints</i> =[<i>arg</i> [0]. <i>layer</i> =='Interaction Event', <i>arg</i> [1]. <i>layer</i> =='Interaction Primitive', <i>arg</i> [1]. <i>subject</i> =='Participant(Z)']}

表 1 ①, ②に初期設定ルールの具体例を掲載する。ルール前件部は下記の要素から構成されている。

detection_layer では、検出されたデータ区間のインタラクション階層を指定する（初期設定ルールは“Interaction Primitive”が該当）。*situation* には、本ルールが議論中のどのようなインタラクション要素を検出するかので作成者の解釈が記される。*signal_type* は、発話情報 (Speaking), 参加者への注視情報 (Gazing at User), 資料への注視情報 (Gazing at Object) から 1 つを選択する。*subject* は行為の主体者のロールを指定し, *target* は *signal_type* が“Gazing at User” / “Gazing at Object”の状況での客体を指定する。指定の時間間隔 (*duration*) において, 注視/発話の割合 (*rate*) が一定以上/以下 (*inequality*: “more” / “less”) 発現している区間が検出対象となることを表している。

表 1①は、「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」と解釈して捉えることを意図した初期設定ルールである。RD 層のデータに該当する区間が存在する場合には, IP 層に当該区間のデータを持ち上げて捉えることを規定している。注視情報を扱うルール(表 1②) も同様に規定できるようになっている。

4.2.2 統合ルール (Integration Rule)

インタラクションイベント (IE 層) やインタラクションの文脈 (IC 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ことを規定するためのルールである (例: 表 1③, ④, ⑤)。*detection_layer* と *situation*

の仕様は初期設定ルールと同様であり, 統合ルールにおいては *detection_layer* として, “Interaction Event” または“Interaction Context”の何れかを設定することになる。*function* は, 任意の 2 つ以上のインタラクションデータの重複区間を捉える“Overlap”, 結合区間を捉える“Union”, 前後関係区間を検出する“Before” / “After” / “Switch”から 1 つを指定できる。*arguments* には *function* が対象とするインタラクション状況を指定する。例えば表 1③のように, 「Participant が議論資料を見ながら話している」と解釈を与える IE を検出したい場合, Overlap 関数の引数として “Participant が話している…①” と “Participant が議論資料を見ている…②” という 2 つの *situation* を指定し, その制約 (*constraints*) として, 各引数で指定したインタラクション状況に該当する階層を指定する (例: 第一引数の階層 ⇒ *arg*[0].*layer*)。また, 統合ルールが検出対象とするインタラクション状況の主体 (*subject*) や客体 (*target*) を区別して扱うための制約も指定できる。例えば, “二人の参加者が資料の同じ資料内容を見て議論している…④” という IE は, Overlap 関数の引数となる 2 つの “Participant が議論資料を見ながら話している…③” 状況に対する制約として, 二人の参加者が異なる人物であり (*arg*[0].*subject*=='Participant (X)', *arg*[1].*subject*=='Participant(Y)'), 同じ部分に着目している (*arg*[0].*target*=='Document Area(X)', *arg*[1].*target*=='Document Area (X)') を指定できる。

表 2 助言提示ルールの設定例

Advice	Rule Examples
発言に臆している参加者の動機づけを高める…⑥	<pre>{advice='⑥', target_situation='⑤', reference_layer='Interaction Event', target='Participant(X)', timing='Immediate', advice_category='Emotion', advice_text=[arg[0].text="着目している", arg[1].semantics="Research Category", arg[2].text="は", arg[3].semantics="Research Category", arg[4].text="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義です"], constraints=[arg[1].relation==arg[3].relation]}</pre>
考えを場に表明するよう促す…⑦	<pre>{advice='⑦', target_situation='⑤', reference_layer='Interaction Event', target='Participant(X)', timing='Immediate', advice_category='Action', advice_text=[arg[0].semantics="Research Category", arg[1].text="と", arg[2].semantics="Research Category", arg[3].text="の", arg[4].relation="Intention Relation", arg[5].text="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"], constraints=[arg[0].relation==arg[2].relation]}</pre>

4.2.3 助言提示ルール (Advice Presentation Rule)

[要件 2 - 2] で挙げた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に、どのような助言を提示するかをルール前件部に規定できる。

表 2 に助言提示ルールの設定例を掲載する。*target_situation* は、助言を提示するトリガーとなる議論状況を指定する要素であり、*reference_layer* はそのデータのインタラクション階層を指定するものである。そして指定された状況を捉えた際に、誰に対して (*target*)、どのタイミング (*timing*) で助言を提示するか設定できる。*timing* には、即時に提示するのか (“Immediate”), あるいは、議論の場が沈黙したタイミングに提示するのか (“Silent”) を指定できる。また、議論参加者のコミットメントを高める働きかけの側面として、“Cognition (認知)”, “Emotion (情動)”, “Action (行動)” の何れかを *advice_category* に設定できるようにする。“Cognition” は参加者の考えや理解を確認する助言に、“Emotion” は行動への動機づけを高めることを狙いとした助言に、そして “Action” は具体的な行動を促す助言に該当する。ここで選択された側面を意識しながら、具体的な助言 (*advice_text*) を自由記述テキストや対応する資料の意味内容等を組み合わせた助言内容の構成順 (*arg[0]*, *arg[1]*, *arg[2]*, ...) に規定できるとともに、意味内容間の関係性等の制約 (*constraints*) も指定できる仕様となっている。

表 2⑥の助言提示ルールの例では、“二人の参加者が同じ資料内容を見て議論している時に、一人はそれと関係のある資料内容に着目している…⑤” というインタラクション状況を検出した際に、他の部分を見てい

る参加者の注視対象情報とその制約 (この例では **Research Category** の意味内容とその制約) を統合し、その参加者に即時的に、一例として「着目している“**実践目的** (*arg[1].semantics*) ”は、“**実践手法** (*arg[3].semantics*) ”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義です」といった情動面に働きかける助言が、*advice_text* に設定された内容に即して生成される。

5. マルチモーダル情報処理機構

図 2 に本研究で提案する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 2(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 2(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 2(c))、検出したインタラクション状況に即した助言を提示する機能 (図 2(d)) から構成されている。

5.1 マルチモーダル情報処理機構

議論中に生じる様々な粒度のインタラクション解釈の積み上げを同時並行的に処理するために Hearsay-II の黒板モデル⁶⁾で採用されている問題解決方式を採用する。音声認識システムである Hearsay-II では、話者の連続音声入力波形から文章レベルまでの解釈を、7 階層に切り分けた黒板階層と解釈 (仮説) を積み上げる知識源、知識源を制御するスケジューラによって実行している。黒板を仮説管理機構として扱うことで、独立した複数の知識源の同時並行処理や抽象化による計算量の削減、漸次的に解釈を積み上げるデータ駆動

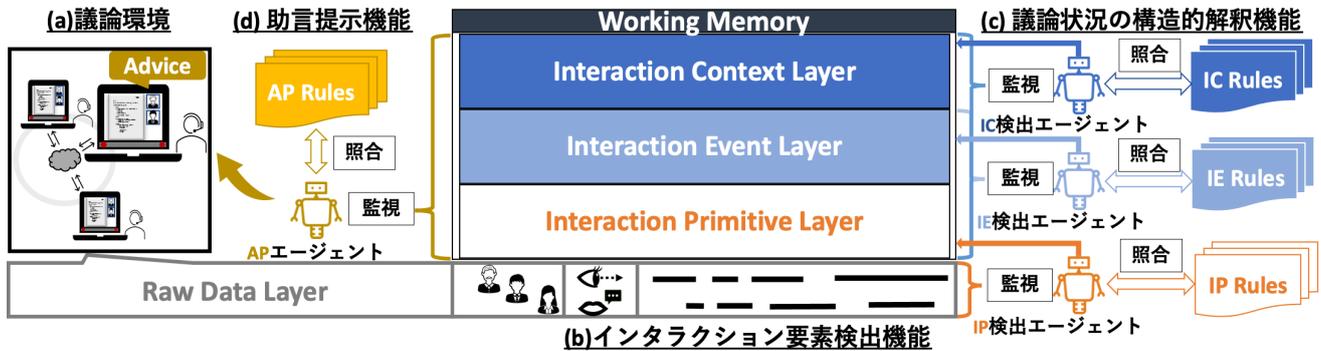


図2 マルチモーダル情報処理機構の概要

型の問題解決アーキテクチャを採っている。

本研究においては、RD層に該当する複数人のマルチモーダル情報から、抽象度や時間スケールの異なる様々なインタラクション状況解釈の積み上げを実時間処理できるようにする。より具体的には、インタラクションの粒度に対応する3階層(IP層, IE層, IC層)に切り分けた共有メモリ(Working Memory: 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)を各層に配置する。各エージェントが独立して駆動する仕組みを整えることで、議論セッションで適用される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・照合して、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を採用している。

5.2 インタラクション要素検出機能 (図2(b))

議論資料に付与されているドキュメントセマンティクスとRD層に蓄積されるマルチモーダルデータから、参加者個々の原始的な振舞い(IP)を初期設定ルール(4.2.1項)に基づき検出する機能である([要件3-1])。IP検出エージェントは、タイムリーに蓄積されるRD層データを議論開始から監視し、設定時間(例: 1秒)毎にセッションに適用されている全初期設定ルールの前件部と、これらのルールが対象とする発話/注視割合を対象時間分遡って算出したデータを照合する。合致する場合には、検出したインタラクション状況とそのデータをWMのIP層に書き込む役割を担う。こうした仕組みにより、参加者のマルチモーダル情報を異なる時間スケールでリアルタイムに処理している。

5.3 議論状況の構造的解釈機能 (図2(c))

WMの各層に書き込まれたインタラクションデータ

を対象として、統合ルール(4.2.2項)に設定された議論状況を検出する機能である([要件3-2])。IE検出エージェントはWMのIP層とIE層を、IC検出エージェントはWMの全層のインタラクションデータを監視対象とし、新規データが各層に書き込まれるイベントをトリガとして、各エージェントが監視する統合ルールを自律並列的に照合処理する仕組みを備えている。各エージェントの照合処理では、新規データに該当する議論状況が統合ルールで指定された関数(function)の引数(arguments)となっている場合に、異なる引数との時間関係(functionが対象とするインタラクション区間)や制約をチェックする。ルール前件部を充足する場合、対象とするWM上の階層にここで検出されたインタラクションデータが書き込まれる。一定時間毎に駆動するインタラクション要素検出機能(5.2節)と異なり、WM上にインタラクションデータが書き込まれるイベント駆動処理を採用することで、議論中に検出される膨大なデータから状況を検出するための計算量を削減し、ボトムアップな議論状況解釈の同時並列処理を実現している。

5.4 助言提示機能 (図2(d))

助言提示ルール(4.2.3項)に従い、初期設定ルールや統合ルールで検出されたインタラクション状況に即した助言を生成し、対象となる参加者に助言を提示する機能である([要件3-3])。APエージェントは、IE/IC検出エージェントにより新規インタラクションデータがWMに書き込まれたタイミングで駆動し、このデータが指し示す議論状況と助言提示ルールで規定されているtarget_situationが合致した場合に助言生成処理を試みる。ここで、助言提示ルールに設定されているtargetやadvice_text内で指定されたセマンティクス(やその関係)がインタラクションデータと

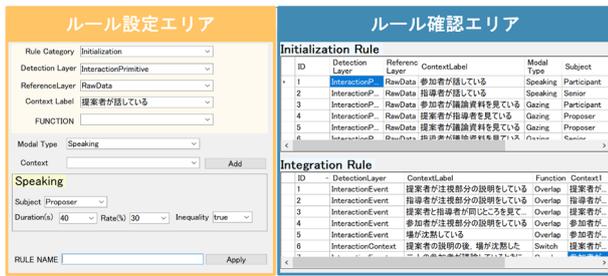


図3 議論状況検出ルールの設定画面

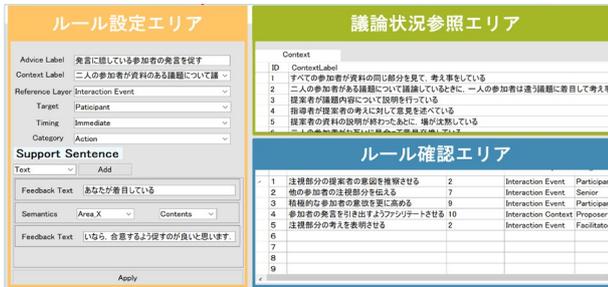


図4 助言提示ルールの設定画面

合致しない時点で処理が終了する（助言生成は失敗する）。全ての条件が合致する場合には、エージェントは生成した助言を *target* に該当する参加者に規定された *timing* で提示する仕組みを採用している。

6. 議論支援フレームワーク

4章で述べた仕様に即したルールを設定するためのシステムと、ここで設定されたルールとドキュメントセマンティクス、マルチモーダル情報に基づいて議論状況検出と助言提示可能な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。

6.1 ルール設定支援システム

議論状況検出ルールの設定機能（図3）：4.1.1項、4.1.2項のルール仕様に沿った形式で、リアルタイムな議論時のインタラクション状況を検出するルールを規定する入力フォームを備えている。ルール設定エリアでは、初期設定ルールと統合ルールを設定できるようになっており、これらはルール確認エリアに一覧表示されるようになっている。

助言提示ルールの設定機能（図4）：4.1.3項のルール仕様に従う形式で、対象とする議論状況での助言情報を規定できる。ルール設定者は、議論状況参照エリアを参照しながら、作成する助言をどのような状況を捉えた際に生成・提示するかを設定する。ルール設定エリアでは、仕様に沿って助言対象 (*target*) や助言のタイミング (*timing*)、働きかける側面 (*advice_category*)

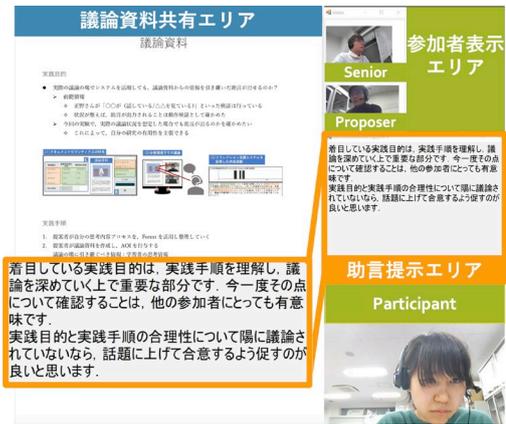


図5 オンライン議論支援システムのインタフェースと助言提示例

を設定する。Support Sentence 設定部（図4左下）では、例えば、“発言に臆している参加者の発言を促す”といった行動側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記述、指定できるようにしており、作成されたルールはルール確認エリアに一覧表示される。

各設定画面のルール確認エリアに示されたルールは再編集することができる。そのため、ルール設定者は既存のルールを確認・比較・検討しながら、新たなルールを作成・洗練できるようになっている。

6.2 議論支援フレームワークに基づく議論支援システムの実装例

図5に、本研究で開発した議論支援フレームワーク上に実装されたオンライン議論支援システムの実行画面を示す。この状況は、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ための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いる。

議論資料共有エリア：資料作成者が議論したい内容やその繋がりを意識しながらドキュメントセマンティクスを付与した議論資料が表示されるエリアである。ドキュメントセマンティクスが対応付けられた AOI に基づき、各参加者が見ている資料の意味内容を議論支援フレームワーク上で処理できる。

参加者表示エリア：参加者各々の環境に設置されたカメラ映像が表示されるエリアである（自身のカメラ映像は非表示としている）。他者のカメラ映像それぞれに AOI が付与されることで、参加者が誰を見ているかを

処理できるようになっている。

助言提示エリア：マルチモーダル情報処理機構に基づき自動生成された助言を提示するエリアである。助言対象者 (*target*) が参加者全員 (“Everyone”) であれば全参加者に、特定の参加者ロールであれば該当する参加者に生成された助言内容が提示される^(注2)。

6.3 動作確認

マルチモーダル情報処理機構に基づく議論状況のリアルタイム検出、および助言提示の動作を確認するために、議論状況検出ルール (表 1) と助言提示ルール (表 2) を適用したオンライン議論を実施した。

図 5 にシステムが提示した助言の一例を示している。この状況は、二人の参加者 (Senior と Proposer) が共有資料の同じ箇所に着目して議論している時に、もう一人の参加者 (Participant) がこれと関連する資料内容に着目している場面である。IE 検出エージェントが表 1⑤のルールに基づきこのインタラクション状況を捉え、AP エージェントがこの状況を対象とする表 2⑥、⑦の助言提示ルールと資料に付与されたドキュメントセマンティクス情報を統合した助言生成に成功できたことにより、対象者 (Participant) に即時的に、「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を高める情動側面への助言 (表 2⑥) と、「実践目的」と“実践手順”の合理性に潰えよう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。」という発言を促す行動側面への助言 (表 2⑦) を正しく提示できていたことを確認した。

7. おわりに

本研究では、オンライン議論におけるインタラクション状況を捉え、議論内容に立ち入った適応的な助言提示が可能な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、この枠組みに基づく議論支援システムの実装例を示した。

極めて複雑な多人数インタラクションの一端を情報

システムが捉える手立てとして、先行研究で提案されているドキュメントセマンティクスが付与された議論資料を活用することを検討した [要件 1]。そして、どのような議論状況を対象に、どのような助言を提示するかの設定意図を規定できる仕組みを検討し、特定のセッションに依存せず様々な状況に適用可能なルール設定の仕様を策定した [要件 2]。宣言的なルール設定により計算機の可読性が高まるとともに、ルール設定者間でその設定意図を比較・共有し、持続的に洗練できるようにもなる。さらに、適用されたルールに基づいて、リアルタイムに進行する議論インタラクションを監視し、議論状況の検出と議論内容に立ち入った助言を自動的に生成・提示するマルチモーダル情報処理を実現する議論支援フレームワークを整えた [要件 3]。今後の課題として、議論支援フレームワークに基づく議論支援システムの開発・洗練を進め、創造的な議論に資する助言提示の有用性を検証していく予定である。

参考文献

- (1) Shono, A., Hayashi, Y., and Seta, K.: “Reflection Support Environment for Creative Discussion Based on Document Semantics and Multimodal Information”, *Proc. of ICCE2021*, pp. 93–98 (2021)
- (2) 庄司祐希, 林佑樹, 瀬田和久: 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, 第 46 回教育システム情報学会全国大会, D3-4, pp. 155–156 (2021)
- (3) 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, Vol. J101-D, No. 4, pp. 713–724 (2018)
- (4) Mori, N., Hayashi, Y., Seta, K.: “Ontology-based thought organization support system to prompt readiness of intention sharing and its long-term practice”, *The Journal of Information and Systems in Education*, Vol. 18, No. 1, pp. 27–39 (2019)
- (5) 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”, 社会言語科学会誌, Vol. 14, No. 1, pp. 82–96 (2011)
- (6) Erman, L. D., Hayes-Roth, F., Lesser, V. R., Reddy, D. R.: “The Hearsay-II Speech-Understanding System: Integrating Knowledge to Resolve Uncertainty”, *ACM Computing Surveys*, Vol. 12, pp.213–253 (1980)

(注2) 本プロトタイプシステムでは助言の提示方法をテキストで表現しているが、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、原理的には可能である。