

# 協調学習におけるインタラクション分析支援システム

稲 葉 晶 子<sup>†</sup> 大久保 亮二<sup>†,☆</sup>  
池 田 満<sup>†,☆☆</sup> 溝口 理一郎<sup>†</sup>

本研究の最終的な目的は、協調学習環境や学習者間のインタラクションを表現する概念体系を構築し、概念を明確化することにより、教育的理論の専門家、教育実践者、システムデザイナー、コンピュータ間での概念の共有を促進することである。本論文では、その一環として、学習者間のインタラクションと学習効果との関連に注目し、インタラクションを抽象化して望ましいインタラクションと比較し、学習過程の分析・評価を支援するシステムについて述べる。最初に、本研究で対象とするインタラクション分析プロセスについて概観し、各フェイズにおける問題点を検討する。その後、それらの問題点を解消あるいは軽減するために設計・構築したインタラクション分析支援システムの機能について述べる。本システムは、協調学習中の複雑なインタラクションプロセスを抽象化する方法と環境をユーザに提供する。また、インタラクションと学習効果の関連を示す学習理論に基づいて、学習者に特定の学習効果を期待できる典型的なインタラクションパターンを抽出し、明示的なモデルとしてシステム内に組み込んだ。本システムは、学習者間の対話プロトコルデータをインタラクションパターンと比較することによって分析し、意図されたインタラクションが行われたか否かを診断することを支援する。

## An Interaction Analysis Support System for CSCL

AKIKO INABA,<sup>†</sup> RYOJI OHKUBO,<sup>†,☆</sup> MITSURU IKEDA<sup>†,☆☆</sup>  
and RIICHIRO MIZOGUCHI<sup>†</sup>

We propose an Interaction Analysis Support System for Computer Supported Collaborative Learning. It is difficult for even human users to analyze interaction process among learners in order to clarify what types of interaction have occurred in the session and what educational benefits have been expected for each learner through the session. The system provides users the way to abstract complex interaction process among learners during collaborative learning session with vocabulary to represent the process. Moreover, the system has typical interaction patterns, which represent desired interaction process for learners to get specific educational benefits, based on learning theories, converts concrete protocol data into a sequence of abstract vocabulary, compares learners' interaction process with the typical interaction patterns, and shows results of the comparison to the users as clues to diagnosing educational benefits for each learners. Due to clarifying typical interaction process, it becomes possible to compare real interaction process with typical interaction process, and help users estimate educational benefits for the learners.

### 1. はじめに

近年、複数の人間が協力して問題解決や学習を行う協調学習の重要性が認識され、これらの活動をいかにしてコンピュータが支援するかが積極的に研究されている。この研究分野は CSCL (Computer Supported

Collaborative Learning) と呼ばれ、e-Learning, Virtual University, 遠隔学習などを含んだ大きな研究領域として成長している<sup>22)</sup>。協調学習が注目を浴びる背景には、近年の学習観の変化がある<sup>24)</sup>。従来の伝統的学習観に基づく知識伝達型の学習においては、正しいとされる知識を学習者が記憶することに主眼が置かれ、知識をいかに効率良く学習者の頭の中に格納するかが問題とされた。そこでは、学習効果は知識量として測定することが可能であったため、プレテスト・ポストテストのような横断的な評価手法が採用されていた。昨今、知識伝達型学習観に代わり、学習者自らが主体的構成的に知識やスキルを習得していくことが重要で

<sup>†</sup> 大阪大学産業科学研究所  
ISIR, Osaka University

<sup>☆</sup> 現在、株式会社バイオニア

Presently with Pioneer Corporation

<sup>☆☆</sup> 現在、北陸先端科学技術大学院大学

Presently with Japan Advanced Institute of Science Technology

あるとする構成主義的学習観が注目を集め、社会的文脈の中での学習が重視されている<sup>11)</sup>。そこでは、ドメイン知識の獲得に加えて、スキルや認知的能力の育成が重要視される。スキルや認知的能力の学習効果は、外的に観察することが困難であり、前述のような量的変化として測定することもできない。また、短期間の学習過程においてその変化を観測することは非常に困難である。このような背景のもと、近年注目を集めているのが協調学習における学習者間インタラクションの分析である<sup>16)</sup>。スキルや認知的能力の育成には、学習者が他者といかに関わったかというインタラクションの質が密接に関与する。したがって、有効な学習を成立させるためには、目的を達成するために適切なインタラクションが行われるよう学習過程を支援する必要がある。

しかしながら、コンピュータが学習者間のインタラクションを支援するためには2つの大きな問題がある。

#### (1) 人間同士のインタラクションの複雑性

自然言語で行われる学習者間のインタラクションをコンピュータが解析し、その意図を推定することは困難な作業である。一方、人間教師やシステムデザイナーなど、インタラクションを分析しようとするユーザにとっては、膨大な量の会話データを抽象化して学習効果を診断することは実質的に不可能である。

たとえ多大な労力をはらって人間ユーザが会話データを抽象化したとしても、次の問題が存在する。

#### (2) インタラクションモデルの曖昧さ

教育学や心理学、社会学においては、これまで人間同士の協調過程を通じた学習効果について、さまざまな研究成果が報告されている（本研究ではこれを学習理論と呼ぶ<sup>2),3),5),12),18),19),21)</sup>。学習理論には、それぞれ、特定の学習効果と、その効果を得るために必要なインタラクションとの関係が抽象的に記述されている。たとえば、認知的徒弟制においては、マスタ役の学習者が手本を示し、見習い役の学習者がマスタの援助を受けながらスキルを修得していく過程が述べられ<sup>3)</sup>、ピア・チュータリングにおいては、ある知識を知っている学習者が他者に説明することによって自己の知識を調整し、使えるものにしていく過程が述べられている<sup>5)</sup>。また、分散認知においては、それぞれに背景知識の異なる学習者が集まって協力して問題を解決することによって、知識構造の再構築が行われたり、認知的・メタ認知的スキルが育成されたりすることが記述されている<sup>19)</sup>。本論文では、これらの学習理論において良いとされるインタラクションを、望ましいインタラクションと呼ぶ。しかし、これらの望ましいインタ

ラクションは、抽象的、概念的であり、コンピュータあるいは非専門家にも理解可能のように明確に表現されてはいない。研究が多分野において発展してきたという性格上、インタラクションを記述する共通の語彙やフレームワークも存在しないのが現状である。これが、学習支援における理論と実践の乖離を招いている。

本研究の最終的な目的は、協調学習環境や学習者間のインタラクションを表現する概念体系（協調学習オントロジー）を構築し、概念を明確化することにより、学習理論の専門家、教育実践者、システムデザイナー、コンピュータ間での概念の共有を促進することである。本論文では、その一環として、望ましいインタラクションに関して表現語彙としての対話ラベルとモデルとしてのインタラクションパターンを抽出することにより、インタラクション分析を行うために必要な概念化を行い、(2)の問題に対処する。また、それらに基づくインタラクション分析支援システムを構築して(1)の問題に対処し、複雑なインタラクションをユーザが抽象化するプロセスを支援する。

以下、2章では、本研究で想定するインタラクション分析について述べ、その難しさを概観する。3章においては、学習理論に基づくインタラクション分析支援システムと、その基盤をなす対話ラベル、インタラクションパターンについて述べる。4章では、まとめと今後の課題を述べる。

## 2. インタラクション分析とその難しさ

CSCLにおける学習効果を理解するためのキーは、学習者間の豊富なインタラクションにあるとされる<sup>4)</sup>。ここでは、まず本研究で想定するインタラクション分析プロセスについて述べ、各フェイズにおける困難さを概観する。

### 2.1 インタラクション分析

CSCLシステムデザイナーや教育実践者は、各学習者に学習目的を設定し、目的達成のための学習シナリオを計画し、学習セッションを開始する。しかしながら、協調学習過程は必ずしもシナリオに従って行われるとは限らず、学習者が目的を達成できたか否かを判断することは難しい。学習セッション終了後、セッション設計者（教育実践者、システム設計者など）は、そのセッションが効果的であったか否か、学習者がどのような学習効果を得たかを評価するために学習過程を分析する。さらに、それが効果的ではなかったならば、その原因を検討するであろう。協調学習セッションの評価において、学習者間のインタラクションプロセスの分析は非常に重要である。なぜなら、学習者がどの

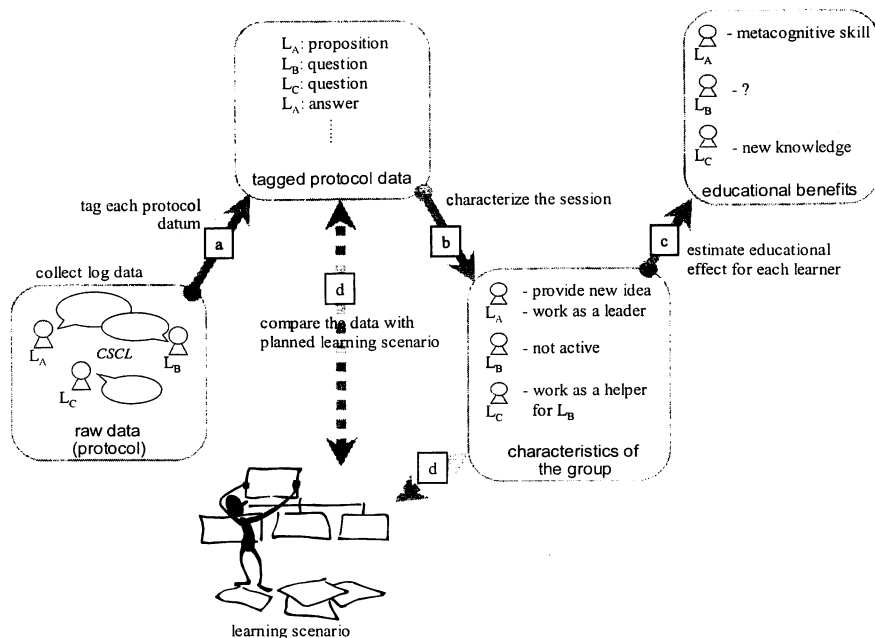


図1 インタラクション分析過程のモデル

Fig.1 Model of interaction analysis process.

ような効果を得られるかは、当該学習者と他者とのインタラクションの質に依存するからである。インタラクションには、言語的インタラクションのほかに、ジェスチャや視線などの非言語的インタラクションが存在し、それらの影響も無視できない。しかし、昨今のネットワーク上での協調学習環境でのインタラクションの大半を占めるのがチャットなどを用いた言語的インタラクションであるため、ここでは学習者間の対話プロトコルデータの分析を対象とする。

本研究では、プロトコルデータの分析プロセスを図1のように考える。最初に、ユーザは、協調学習セッション中に集めた学習者のプロトコルデータを抽象化する(図1a: タグ付けフェイズ)。プロトコルデータは、学習者間で交換されるすべてのメッセージを示す。それらは、具体的で十分な情報を持つと同時に、インタラクションのタイプを把握し学習効果を推定するためには過度に複雑である。各プロトコルデータに対し、「質問」、「提案」などの抽象的なタグをつけることは、抽象化のために最も利用されている方法のうちの1つである。次に、タグ付けされたプロトコルデータから、セッションを特徴づけ、各学習者の行った役割を同定する(図1b: 特徴づけフェイズ)。最後に、各学習者がセッションを通じて獲得するであろう教育的効果を診断する(図1c: 診断フェイズ)。また、セッション開始時にユーザが学習シナリオを設計していた場合には、そのセッションがユーザの意図に従って行われた

か否かを分析する(図1d: 比較フェイズ)。

## 2.2 インタラクション分析の難しさ

前節で示したフェイズごとにインタラクション分析の困難さを考察する。

### (1) タグ付けフェイズ

ユーザは、対話ラベルを用いて各プロトコルデータをタグ付けする。自然言語の発話系列であるプロトコルデータを対話ラベルの系列で表現しなおすことによって、インタラクションの流れをつかむことは相対的に容易になる。しかし、対話ラベルの使用に関してはいくつかの問題がある。まず、ラベルセットの種類が多く、目的に応じて使用するラベルセットを変えなければいけない点である。これまで、対話ラベル(あるいはセンテンス・オープナ)を用いたいくつかの研究が行われている<sup>1), 10), 15), 17), 20)</sup>。それらは各々独自のラベルセットを用いており、分析対象が異なるごとに異なるラベルセットを使用しなければならないというユーザビリティの低さがある。また、各ラベルセットの適用範囲、分析可能範囲は明確にされていないため、分析の目的に応じた選択も困難である。さらに、対話ラベルの抽象度に依存してタグ付けの難しさの問題も生じる。ラベルが非常に抽象的な概念を表現していた場合、プロトコルデータのタグ付けはユーザにとって容易ではなく、ほとんどの発話は、同じラベルによって表現されてしまい、インタラクションのタイプを区別することも困難であろう。逆に、各ラベルが非常に

具体的な概念を表現するならば、タグ付けは容易になるが、学習セッションの特徴づけは困難になる。したがって、適切なラベルセットは、次の条件を満たすべきである。

- (1.1) 共通のラベルセットを用意し、分析対象によって使用するラベルセットを変更する必要がある。
  - (1.2) 各ラベルは、学習セッションの特徴づけのためにある程度抽象的概念を表現し、同時に、ユーザのタグ付けを容易にするためにある程度具体的で互いに識別可能な概念を示す。
- (2) 特徴づけフェイズ・診断フェイズ

対話ラベルの系列へと抽象化したことにより抽象度が上がり、特徴づけは相対的に容易になったと考えられるが、システム設計者や初心者の教師にとっては依然複雑であり困難である。たとえユーザが特徴づけを行うことができたとしても、セッションの特徴、各学習者の発言傾向に基づいて学習効果を推定することは困難な作業となる。これは、学習効果と学習活動やインタラクションとの関連が明確にされていないことに起因する。熟練教師は、経験に基づいてインタラクションの本質を抽出し、学習セッションにおいて何が生じたのかを判断し、効果を推定することができるであろう。しかし、特徴づけや診断の理由を明確に示し、他者に説明することは、熟練教師であっても困難である。

(3) 比較フェイズ

通常、学習プロセスを設計する際には、学習者の役割、教材、学習課題、ツール、学習目的などは明示的に表現するが、期待されるインタラクションが、対話ラベルの系列と比較しうるほど具体的に設計されることはない。したがって、インタラクションプロセスと比較し、意図どおりに行われたか否かを評価するためには、学習シナリオは過度に抽象的である。

これらの困難さを軽減し、コンピュータによるインタラクション分析支援を実現するために、本研究では分析のための理論的根拠として学習理論を採用し、オントロジー工学の手法を適用する。調査を通じて対話ラベルセットを収集し、ラベルを階層的に構造化し、ユーザに対しては階層構造の下位に位置する具体的なラベルを提供し、学習セッションの特徴づけのためには階層構造上位の抽象度の高いラベルを利用することにより、(1.2)の相反する要求をクリアする。

協調学習におけるインタラクションの質は多様であり、ラベルは、それらを表現できる必要がある。本研究では、第1段階の適用範囲として、7種類の学習理論を対象とした。すなわち、認知的徒弟制<sup>3)</sup>、ピア・チュータリング<sup>5)</sup>、アンカードインストラクション<sup>2)</sup>、

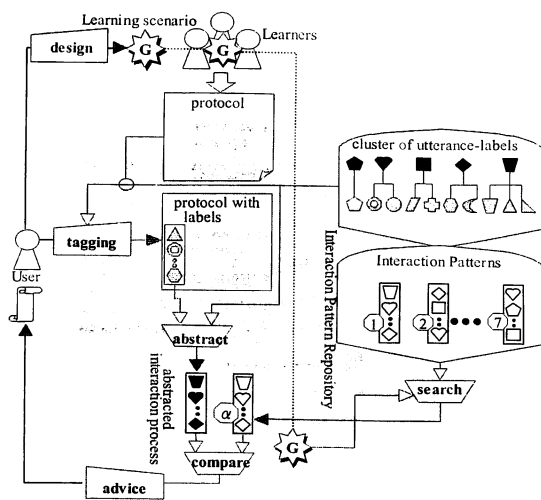


図2 インタラクション分析支援システムの概要  
Fig. 2 Interaction analysis support system.

正統的周辺参加<sup>12)</sup>、認知的構成主義<sup>18)</sup>、分散認知<sup>19)</sup>、認知的柔軟性理論<sup>21)</sup>である。協調学習過程がこれらの学習理論において望ましいとされるインタラクションにどの程度適合したかを分析するために、共通のラベルセットを適用する。これによって(1.1)の問題に対処する。さらに、学習理論に記述される抽象的、概念的なインタラクションを、工学の立場からモデル化し、特定の学習効果を得ることが期待されるインタラクションのモデルとして明示する。これによって、学習効果とインタラクションとの関連の曖昧さに起因する(2)、(3)の問題に対処する。

### 3. 学習理論に基づくインタラクション分析支援

本章では、ユーザのインタラクション分析を支援するシステムを提案する。システムは、協調学習プロセスがどの程度学習シナリオに従って行われているかを同定し、学習者が目的を達成できたか否かをユーザが判断するための手がかりとして、診断結果を提示する。以下、まずシステムの概要を述べ、続いて対話ラベルセットと階層構造、インタラクションパターンの例を示す。

#### 3.1 インタラクション分析支援システム

図2に、インタラクション分析支援システムの概要を示す。ある学習過程を分析する前に、ユーザは、どのような協調学習を意図したのか(協調学習設計目的)、それを達成するために各学習者にどのような役割を想定したのかを、システムに入力する。これらの協調学習設計目的や学習者の行う役割は、システムから

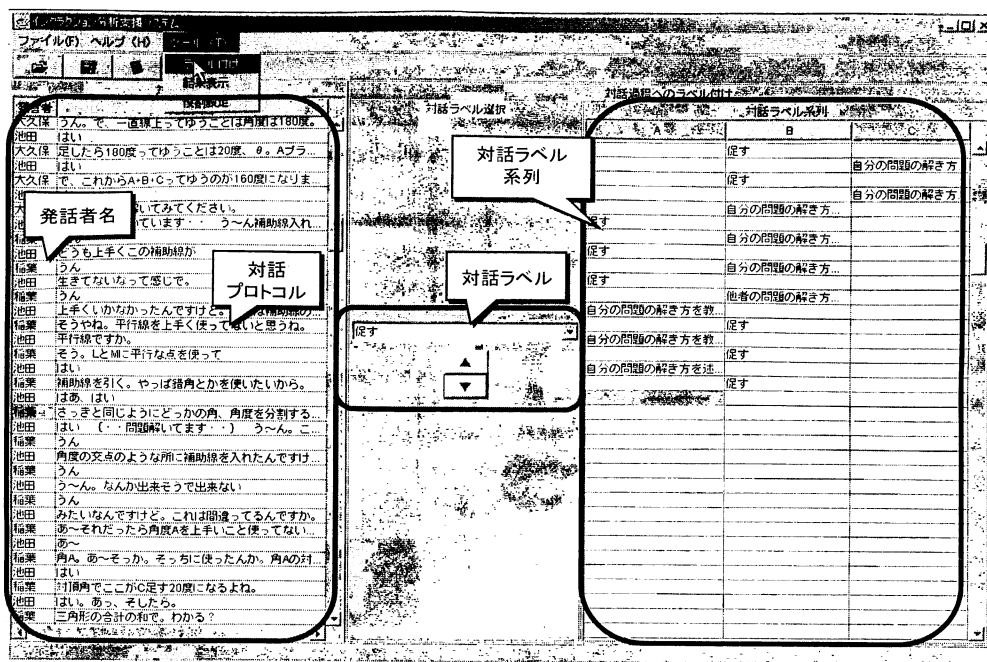


図3 画面例：タグ付けフェイズ

Fig. 3 Tagging protocol data.

提示されるメニューから選択する。次に、学習者間のプロトコルデータをシステムに読み込む。図3は、タグ付けフェイズの画面例である。ウィンドウの左部分には、プロトコルデータが発話者名とともに時系列にそって提示される。ユーザは、この一覧からプロトコルを選択し、対話ラベルを用いてタグを付ける。ウィンドウの中央部分は、対話ラベルを示す。対話ラベルセットは、コンボ・ボックスにおけるドロップダウンメニューとして提供される。ユーザは、メニューの中から適切な対話ラベルを選択することによって、プロトコルデータを一連の対話ラベル系列に変換する。ウィンドウの右部分は、対話ラベルの系列を表す。横軸は学習者であり、縦軸は時間軸である。

ユーザがタグ付けを終えると、システムは分析を開始することができる。図4に示すウィンドウの右部分は、分析の結果を示す（ウィンドウの左部分は、図3同様にプロトコルデータを示す）。ユーザがシステム利用開始時に入力した各協調学習設計目的は、「教えあいによる学習」、「見習いとガイドによる学習」などそれぞれ学習理論において想定される協調学習形態を指す。学習理論上には、望ましいインタラクションとそれによる学習効果が記述されており、抽象度を上げると、各協調学習設計目的に対して必要なパターン（各学習理論が想定するインタラクションモデル）は高い精度で一意に決まる。もっとも、これは理想的なイン

タラクションパターンであり、完全にインタラクションパターンに一致しなければ学習効果が得られないわけではない。どの程度の一致度でインタラクションの良否を判定するかは別の問題である。学習者間のインタラクションは、(1) 協調学習設計目的達成のために必要なインタラクション、(2) 必ずしも必要ではないがあればより広い効果が望めるインタラクション、(3) 必要ではないがあってもよいインタラクション、(4) 望ましくない（効果を阻害する）インタラクションの4種が存在する。ここでは、(1) および (2) をインタラクションパターンとしてモデル化し、それらとの一致度を算出してユーザに提示することにより、ユーザのインタラクション分析を支援する。

7種のインタラクションパターンは、それぞれ学習理論に基づいた学習状況で典型的に観察されたインタラクションをモデル化したものである。したがって、学習理論Aに基づいた学習状況で行われたインタラクションから抽出したインタラクションパターンAに適合するインタラクションが学習者間に観察されれば、学習理論Aにおいて述べられる望ましいインタラクションが生じたものと見なすことができ、学習理論Aにおいて記述されている学習効果を学習者が得ることが期待される。

システムは、入力された協調学習設計目的に対し、適切なインタラクションパターンを、リポジトリから

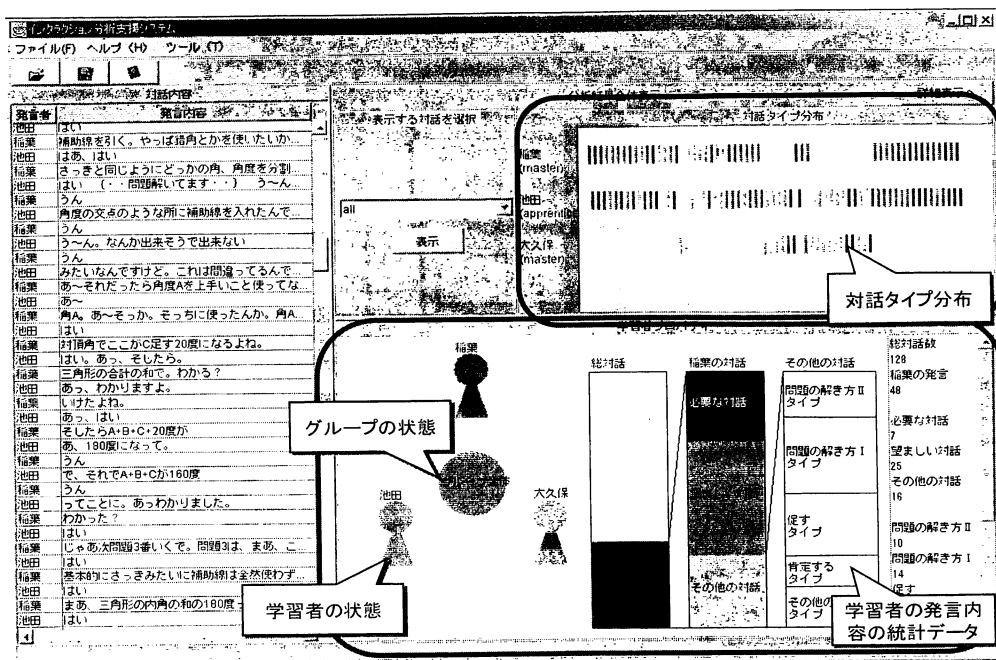


図 4 画面例：インタラクション分析の結果

Fig. 4 Results of interaction analysis.

検索する。インタラクションパターンは、協調学習設計目的を達成するために典型的なインタラクションプロセスを抽象的な対話ラベルにより表現したものである。プロトコルデータに付けられた対話ラベルは、インタラクションプロセスを特徴づけするために、抽象的な対話ラベル（対話タイプと呼ぶ）に変換され、インタラクションパターンと比較される。対話ラベルを階層的に構造化し、上位階層のある抽象度でグループ分けし、各グループにおいて表現される内容を包含するように概念化したものが対話タイプである。対話タイプは、対話ラベルよりも抽象的な概念を表し、対話タイプと対話ラベルは 1 対多の関係になる。

システムは、割り当てられた役割を個々の学習者がどの程度果たしたか、デザインされたインタラクションがどの程度行われたかを推定し、ユーザに提示する。具体的には、各発言に付けられた対話ラベルを対話タイプに変換し、インタラクションパターンと適合するかどうかを比較し、 $(\text{適合した発言数}) \div (\text{全発言数}) = (\text{適合率})$ として算出する。システムの推定結果は、2 色（水色、灰色）あるいは 3 色（水色、濃紺、灰色）に色分けしてユーザに提示される。

図 4 におけるウィンドウの右上部は、インタラクション全体における対話タイプの分布を示す。縦軸は学習者であり、横軸は時間軸を示す。各ボックスは発言を意味し、濃紺は、目的とされる学習目的を達成す

るために、必要とされる発言であることを示し、水色は、必ずしも必要ではないが、もし行われればさらに効果的な学習が期待されることを意味する。そして、灰色は、それらの発言がインタラクションパターンに適合しないことを意味する。ウィンドウ右下部は、インタラクションの統計的データを示す。

もし、発言の多くがインタラクションパターンに適合していれば、システムは、期待されたインタラクションが行われたものと判断し、グループの状態を表す円を水色で表現する。逆に、対話の多くがインタラクションパターンに適合しなかった場合、デザインされた学習が行われなかったと判断し、灰色の円を表示する。同様に、個々の学習者を表すキャラクターが表示され、インタラクションパターンに適合する発言が多かった場合は、割り当てられた役割を適切に果たしたものととして水色で表示され、インタラクションパターンにあてはまらない発言が多かった場合には、灰色で表示される。また、これらの学習者キャラクターの 1 つをユーザがマウスクリックによって選択すると、右側に、選択された学習者に関する詳細な統計データが棒グラフによって表示される。まず、グループ内の全発言に対する学習者の発言の割合が示され、それを選択すると、発言の内訳が「望ましい発言」、「必要な発言」、「その他の発言」に分けて表示される。さらに、そのうちの 1 つを選択すると、対話タイプの内訳が表示さ

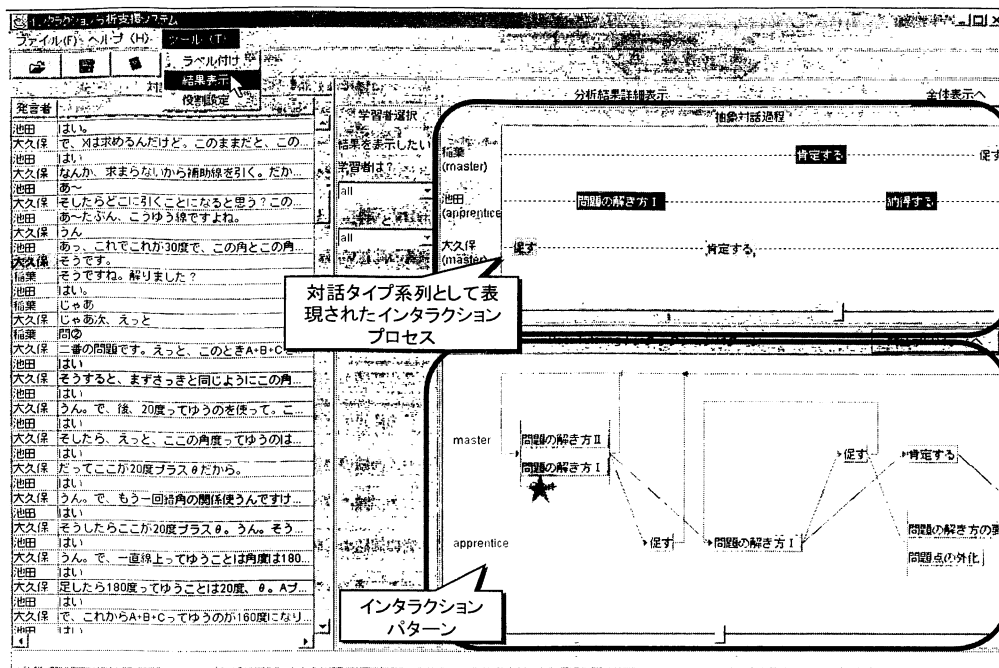


図 5 画面例：詳細情報表示  
Fig. 5 Detailed information of results of analysis.

れる。

図 5 は、インタラクションの詳細情報を示す。ユーザは、メニューから「詳細情報」を選択することによって、この情報を得ることができる。ウィンドウの右下部には、インタラクションパターンが、状態遷移グラフとして表示され、右上部には、対話タイプの系列で表現されたインタラクションプロセスが表示される。対話タイプ系列は、インタラクションパターンとの照合の結果に従って、図 4 と同様に色分けされる。ユーザがある対話を選択すると、選択されたノードは黄色でハイライト表示され、対応するプロトコル（ウィンドウ左部）、インタラクションパターン中の対応するノードが同時に黄色にハイライト表示される。

### 3.2 対話ラベル、対話タイプ、インタラクションパターン

本研究では、協調学習中のインタラクションプロセスを表現するために、対話ラベルと対話タイプの 2 種類の語彙を用意した。対話ラベルは、ユーザがプロトコルにタグ付けするために使用され、対話タイプは、システムがインタラクションプロセスを分析するために使用される。対話ラベルの収集や対話タイプの設定に関する詳細は、紙面の都合で割愛し、別稿において論じる<sup>9)</sup> こととし、ここでは概要のみを示す。

2 種類の語彙を用意するために、まず、前述の 7 種

の学習理論に基づき、典型的な協調学習のプロトコルデータを収集した。我々は、これまでに、協調学習セッションを表すための概念体系である協調学習オントロジーを構築してきた。特に、協調学習オントロジーの一部である学習目的オントロジーにおいて、学習理論に基づいて、学習者が得る学習効果と役割、インタラクションプロセスとの関連を整理してきた<sup>6)~9)</sup>。オントロジーに基づいて学習グループを設定し、学習セッション中の対話をビデオテープで記録し、発話をテキストデータとして書き起こした。発話数は約 1,300 であり、協調学習への参加者は大学生であった。

次に、協調学習を表現するために必要なラベルセットを収集するために、WWW を通じて調査を行った。調査対象者は、CSCL デザイナーや教育実践者など、本システムのユーザとして想定される者 11 名であった。収集したプロトコルデータを WWW 上に提示し、被調査者には、各発言に対して適切な対話ラベルを付与するという課題を与えた。まず、学習者の役割から推定される対話ラベルをプロトタイプとして用意し、その中から適切なものを選択させた。役割から推定される対話ラベルとは、たとえばチュータ役の学習者であれば、「自己の知識を教える」などの発言、問題点をかかえる学習者であれば、「自己の直面する問題点を述べる」などの発言のように、協調学習において果た

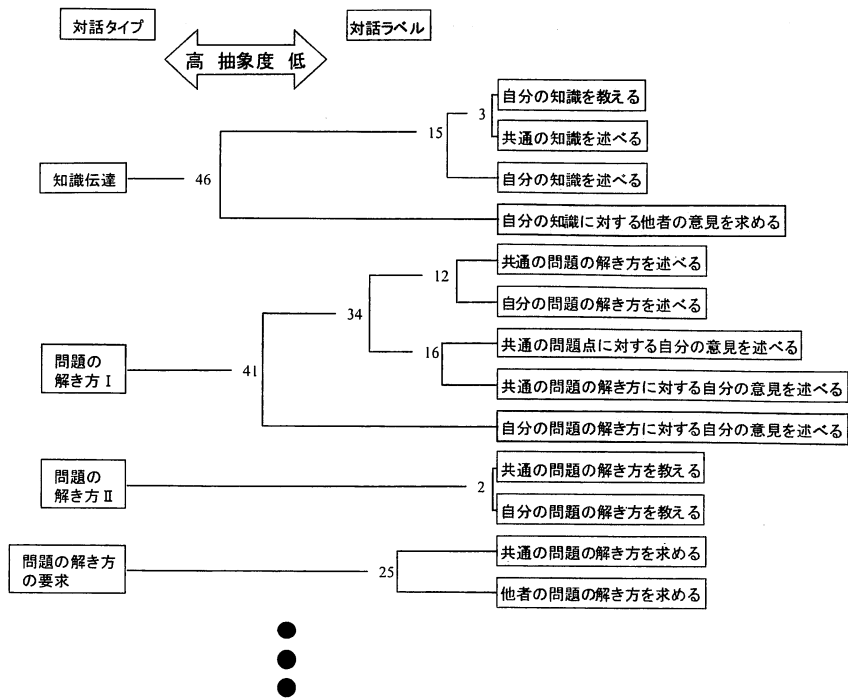


図 6 対話ラベル階層と対話タイプの例

Fig. 6 Examples of utterance-types and utterance-labels.

表 1 対話ラベル  
Table 1 Utterance-labels.

役割志向対話ラベル			一般的対話ラベル	
誰の	何を	どうする		
自分の	知識を	述べる	納得する	促す
他者の	直面している問題点を	教える	納得しない	肯定する
共通の	認知過程を	求める	否定する	お願いする
	問題の解き方を	発表する	提案する	承諾する
	意見を	示唆する	断る	聞き直す
	課題を	主張する	繰り返す	真似する
	発言の理由を		悩む	導入する
	発言の詳細を			

す役割を遂行するために必要な発話を表現したラベルである。もし、プロトタイプセット内に適切なラベルが存在しない場合には、自然言語入力ボックス内へ適切なラベルを入力するように求めた。調査の結果、自然言語入力ボックスへの新しいラベルの入力はなく、用意したプロトタイプで表現可能であったことが示された。次に、クラスタ分析によって対話ラベルを階層化し、対話タイプとして使用する抽象度を設定した。まず、各発話と対話ラベルとのマトリックスを作成し、各発話に対して被調査者が対話ラベルを選択した度数を整理し、各発話に対するベクトル値として表現した。次に、使用頻度による影響を少なくするためにベクトルの絶対値を正規化し、最長距離法を用いてクラスタ分析を行い、各対話ラベルを葉に持つ階層

構造を構築した。対話タイプのための抽象度の設定については、過度に具体的であれば類似したインタラクションを同定困難であり、逆に抽象度が高すぎればインタラクションの特徴づけが困難になる。最適な抽象度を決定することは一般に困難であるが、ここでは、7種のインタラクションを識別可能なレベルに設定すればよいので可能である。対話ラベルを表1に、対話ラベルと対話タイプの階層構造の一部を図6に示す。対話ラベルとしては、学習理論において想定される学習者の役割から想定される対話ラベル（役割志向対話ラベル）と、一般的な対話ラベルとを用意した。役割志向対話ラベルは、学習者の役割遂行過程を同定するために必要な情報を得るために「誰の」「何を」「どうする」の組合せで1つのラベルを表し、一般的対話ラベルは、役割の特徴づけに対する貢献は低いが、協調学習対話において頻繁に観察される単一の動詞で表現される。図6中、クラスタの葉の部分（右側）に位置するのが対話ラベルであり、左側が対話タイプである。図中の数字は結合の順番を表し、左側に行くほど抽象度が高くなる。

図7に、インタラクションパターンの例を示す。インタラクションパターンの抽出方法や詳細は紙面の都合で割愛し、別稿において論じる<sup>9)</sup> こととし、ここでは概要のみを示す。これは、認知的徒弟制型の協調学



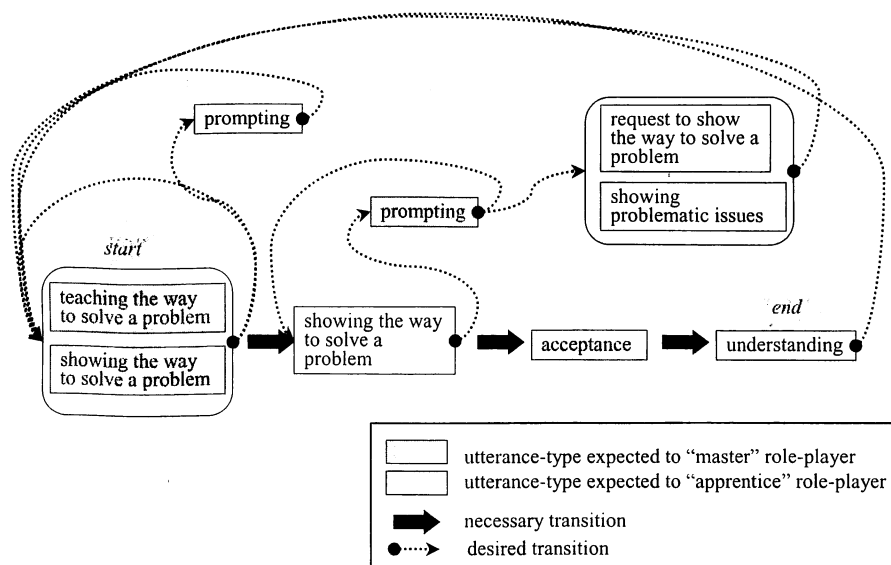


図7 インタラクションパターンの例：認知的徒弟制

Fig. 7 An example of interaction pattern: cognitive apprenticeship.

習セッションにおいて頻繁に観察される典型的なインタラクションプロセスを、対話タイプとその間の可能な遷移によって状態遷移グラフで表現したものである。実線のリンクは、学習セッションが成立し、学習目的が達成されるために必要な遷移を示し、点線のリンクは、必ずしも必要ではないが、望ましい遷移を示す。認知的徒弟制型の協調学習では、マスタ役の学習者と見習い役の学習者が存在する。図では、前者の発言は灰色のノードとして、後者の発言は白のノードとして表現した。

これまでに、認知的徒弟制、正統的周辺参加など7種の学習理論に基づく協調学習に関して、このようなインタラクションパターンを抽出した。パターン抽出の基準は、「頻繁に観察されたプロセス」や「ほとんどの被調査者が同様の対話ラベルを付けたプロセス」、(「学習理論の専門家からみて」セッションの特徴をよく表しているプロセス」などである。典型的なインタラクションをこのように表現することによって、プロトコルデータとインタラクションパターンとを比較することが可能になり、ユーザが学習者の学習効果を推定することを支援することが可能になると考える。

#### 4. おわりに

本論文では、学習理論に基づくインタラクション分析支援システムについて述べた。本システムは、協調学習中の複雑なインタラクションプロセスを抽象化する方法をユーザに提供する。また、学習理論に基づい

て学習者に特定の学習効果を期待できる典型的なインタラクションパターンを持ち、学習者間の対話プロトコルデータを典型的なインタラクションパターンと比較することができる。現在の対話タイプは、7種の協調学習タイプを識別可能なレベルに設定されている。今後、より詳細な分析が必要になった場合や、より大局的な分析が必要になった場合には、ユーザに提示する対話ラベルは変更することなく、システム内での対話タイプの抽象度を変更するのみで、ある程度対処可能であることが予想される。これは、これまで分析の抽象度や対象が変わるたびにタグ付けし直さなければならなかったユーザにとっては有益であると考えられる。

現在は、インタラクションパターン構成や、対話ラベル収集のために学習理論に依拠している。将来的な課題としては、ユーザが新しいインタラクションパターンをシステムに追加登録可能なようにシステムを拡張することがあげられる。この拡張により、ユーザは、彼らの実践事例の成功例を典型的なパターンとして登録し、分析の基準として利用することが可能になる。さらに、学習者が発言する際に自己の発言にラベル付けを行うことによって、リアルタイムに協調学習過程を分析・評価し、支援するシステムを構築したい。

#### 参考文献

- 1) Barros, B. and Verdejo, M.F.: Analysing student interaction processes in order to improve collaboration, The DEGREE approach,

- IJAIED*, 11 (2000).
- 2) Cognition and Technology Group at Vanderbilt: Anchored instruction in science education, *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*, Duschl, R. and Hamilton, R. (Eds.), Albany, pp.244-273, SUNY Press, NY (1992).
  - 3) Collins, A.: Cognitive apprenticeship and instructional technology, *Educational values and cognitive instruction: Implications for reform*, Idol, L. and Jones, B.F. (Eds.), L. Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J. (1991).
  - 4) Dillenbourg, P.: What do you mean by "Collaborative Learning", *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*, Dillenbourg, P. (Ed.), pp.1-19, Elsevier Science, Amsterdam (1999).
  - 5) Endlsey, W.R.: *Peer tutorial instruction*, Educational Technology (1980).
  - 6) Inaba, A., Ikeda, M., Mizoguchi, R. and Toyoda, J.: The Learning Goal Ontology for Collaborative Learning (2000). <http://www.ai.sanken.osaka-u.ac.jp/~inaba/LGontology/>
  - 7) Inaba, A., Supnithi, T., Ikeda, M., Mizoguchi, R. and Toyoda, J.: How Can We Form Effective Collaborative Learning Groups? —Theoretical justification of "Opportunistic Group Formation" with ontological engineering, *Proc. ITS2000*, pp.282-291 (2000).
  - 8) Inaba, A., Tamura, T., Ohkubo, R., Ikeda, M., Mizoguchi, R. and Toyoda, J.: Design and Analysis of Learners' Interaction based on Collaborative Learning Ontology, *Proc. Euro-CSCL2001* (2001).
  - 9) Inaba, A., Ohkubo, R., Ikeda, M. and Mizoguchi, R.: Modeling Learner-To-Learner Interaction Process in Collaborative Learning — An Ontological Approach to Interaction Analysis, *Proc. CSCL2003* (2003).
  - 10) Katz, A., O'Donnell, G. and Kay, H.: An Approach to Analyzing the Role and Structure of Reflective Dialogue, *IJAIED*, 11 (2000).
  - 11) Koschmann, T.: *CSCL: Theory and Practice of an Emerging Paradigm*, LEA (1996).
  - 12) Lave, J. and Wenger, E.: *Situated Learning: Legitimate peripheral participation*, Cambridge University Press (1991).
  - 13) Mizoguchi, R. and Bourdeau, J.: Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems, *IJAIED*, 11 (2000).
  - 14) Mizoguchi, R., Ikeda, M. and Sinitsa, K.: Roles of Shared Ontology in AI-ED Research, *Proc. AIED97*, pp.537-544 (1997).
  - 15) Muhlenbrock, M. and Hoppe, U.: Computer Supported Interaction Analysis of Group Problem Solving, *Proc. CSCL99*, pp.398-405 (1999).
  - 16) Muhlenbrock, M. and Hoppe, U. (Eds.): *ECAI2000 Workshop on Analysis and Modelling of Collaborative Learning Interactions* (2000).
  - 17) Okamoto, T., Inaba, A. and Hasaba, Y.: Intelligent Discussion Support System in Distributed Cooperative Learning Environment, *Proc. AIED95*, p.585 (1995).
  - 18) Piaget, J. and Inhelder, B.: *The Psychology of the Child*, Basic Books (1971).
  - 19) Salomon, G.: *Distributed cognitions*, Cambridge University Press (1993).
  - 20) Soller, A.: Supporting Social Interaction in an Intelligent Collaborative Learning System, *IJAIED*, 12 (2001).
  - 21) Spiro, R.J., Coulson, R.L., Feltovich, P.J. and Anderson, D.K.: Cognitive flexibility: Advanced knowledge acquisition ill-structured domains, *Proc. 10th Annual Conference of Cognitive Science Society*, pp.375-383, LEA (1988).
  - 22) Stahl, G. (Ed.): *Proc. CSCL2002*, LEA (2002).
  - 23) Supnithi, T., Inaba, A., Ikeda, M., Toyoda, J. and Mizoguchi, R.: Learning Goal Ontology Supported by Learning Theories for Opportunistic Group Formation, *Proc. AIED99* (1999).
  - 24) 稲葉晶子, 豊田順一: CSCL の背景と研究動向, 教育システム情報学会誌, Vol.16, No.3, pp.111-120 (1999).

(平成 15 年 4 月 15 日受付)

(平成 15 年 9 月 5 日採録)

稲葉 晶子 (正会員)



平成 3 年茨城大学教育学部卒業。

平成 5 年同大学大学院修士課程修了。

平成 9 年電気通信大学大学院情報シ

ステム学研究科博士後期課程修了。

博士 (学術)。日本学術振興会特別

研究員を経て平成 10 年大阪大学助手 (産業科学研究

所)。現在に至る。CSCL 研究に従事。人工知能学会,

電子情報通信学会, 日本教育工学会, 教育システム情

報学会, Intl. AI in Education Soc. 各会員。



大久保亮二

平成 12 年大阪大学工学部電子工学科卒業。平成 14 年同大学大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了。修士（工学）。同年バイオニア株式会社勤務。現在に至る。在学中より、計算機によるインタラクション支援に関する研究に従事。



池田 満（正会員）

昭和 59 年宇都宮大学工学部卒業。昭和 61 年同大学大学院工学研究科修士課程修了。平成元年大阪大学大学院博士後期課程修了。工学博士。同年宇都宮大学助手。平成 3 年大阪大学産業科学研究所助手。平成 9 年同助教授。平成 15 年北陸先端科学技術大学院大学教授。現在に至る。形式言語の構文解析、仮説推論、帰納推論、知的教育システム、オントロジー工学の研究に従事。平成 8 年人工知能学会創立 10 周年記念優秀論文賞受賞。人工知能学会、教育システム情報学会、日本教育工学会各会員。



溝口理一郎（正会員）

昭和 47 年大阪大学基礎工学部電気工学科卒業。昭和 52 年同大学大学院基礎工学研究科博士課程修了。同年大阪電気通信大学工学部講師。昭和 53 年大阪大学産業科学研究所助手。昭和 62 年同研究所助教授。平成 2 年同教授。現在に至る。工学博士。パターン認識関数の学習、クラスタ解析、音声の認識・理解、エキスパートシステム、知的 CAI システム、オントロジー工学の研究に従事。昭和 60 年 Pattern Recognition Society 論文賞、昭和 63 年電子情報通信学会論文賞、平成 8 年人工知能学会創立 10 周年記念論文賞、平成 11 年 ICCE99 Best Paper Award 受賞。人工知能学会（編集委員会委員長）、教育システム情報学会（理事）、電子情報通信学会、日本認知科学会、Intl. AI in Education (IAIED) Soc., AAAI, IEEE, APC of AACE 各会員。現在、IAIED Soc. および APC of AACE の President。