

## 学習者の視点に基づく協調学習履歴の構造化

## Construction of Discussion Knowledge Graph Based on Learners' Viewpoint

笥 将英<sup>1</sup> 小尻 智子<sup>1</sup> 渡邊 豊英<sup>1</sup> 山田 武士<sup>2</sup> 岩田 具治<sup>2</sup>  
 Masahide Kakehi Tomoko Kojiri Toyohide Watanabe  
 Takeshi Yamada Tomoharu Iwata

## 1. はじめに

近年、学習者がネットワークを介して他者と協力して問題を解く協調学習を支援する研究が注目されている[1, 2]. 協調学習では、学習者は思いついたこと、理解したことを発言し、また他者の発言から知識を得る. そのような協調学習では、学習者間で意見を交換するための会話履歴や、学習者が独自の解を整理するための個人のノート上の記述は、問題を解くための知識を多く含んでいる.

我々は、協調学習に参加していた既学習者が協調学習会話履歴を利用して、協調学習後に学習を振り返ることを支援するシステムを開発してきた[3, 4]. 学習者の発言に対する意識を取得するために、協調学習中に学習者に解の導出に役立つ発言に対してアノテーションを付加させた. システムは付加されたアノテーションに基づいて、既学習者に有益な発言を解の視点ごとに抽出し、提示した. しかし、このシステムではアノテーションを付加していない学習者の有益発言は特定できないため、協調学習に参加していなかった学習者(未学習者)を支援することができない.

未学習者にとって、解を導出するための知識とその導出順序を理解することは必要である. そこで我々は、協調学習履歴から解の導出に有益な知識を抽出し、導出順序に従って構造化した議論知識グラフを構築する. 既学習者が付加したアノテーションに基づいて、会話履歴から有益な知識を抽出する. また会話はそのときに個人ノートに記述された解を説明していると考えられる. よって、アノテーションの時間的關係に基づいて、会話履歴から抽出された知識と個人ノートに導出された解を関連付け、議論知識グラフを生成する. 議論知識グラフを用いることで、未学習者は問題解決のヒントとなる発言や記述を容易に見つけることができる.

## 2. 協調学習履歴を用いた未学習者支援

未学習者が1人で学習するとき、解を導出できずに学習が膠着する可能性がある. 特にプログラミングのように多様な解が存在する問題では、教科書を見ただけでは適切なヒントを見つけることができない場合がある. 本研究では、未学習者の解の導出を支援するために、他者の協調学習履歴を利用する. 未学習者は協調学習の過程を知らないため、履歴から自身に適した知識を見つけることは困難である. したがって本研究では協調学習履歴から有益な知識を抽出し、導出過程に沿って構造化することを目的とする.

本研究で対象としている協調学習は会話と個人のノ

トを利用する. 協調学習会話履歴には、学習参加者によって「同じ視点を示すアノテーション」、「異なる視点を示すアノテーション」の2種類が付加されている. これらのアノテーションに基づいて、既学習者が有益と感じた知識と、個々の発言時の解法の数を特定できる.

本研究では、会話履歴と個人のノートの記述から解の導出時の知識を抽出し、導出の順序に従って議論知識グラフとして構築する. 図1は議論知識グラフの概念図を表している. 第1層のノードは会話履歴における知識を表しており、第2層のノードは個人のノートに記述された知識を意味する. 会話履歴は解を導出するためのヒントを含み、発言に対して付加されたアノテーションに基づいて有益な発言群に分割される. 個人のノートにおける記述は、発言に基づいて導出された学習者の解答である. ヒントとなる発言と個人のノートは、解法が記述された時間とアノテーションによって関連付けることができる. また、アノテーションの種類によって、発言から導出される解法の種類を識別する.

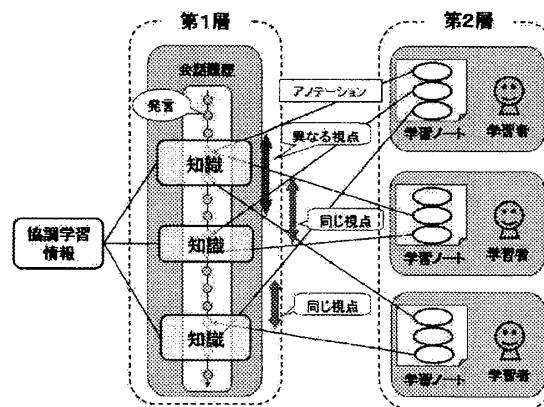


図1 議論知識グラフの概念図

## 3. 議論知識グラフ

## 3.1 会話ノードの生成

協調学習中に発言に対して付加されたアノテーションは、学習者の発言に対する意図と視点を表している. 多くのアノテーションが付加された発言は、多くの学習者に役立ち、重要な知識を含んでいる可能性が高い. もし同じ知識に対する発言が複数なされたならば、それらは短い時間の中で発言され、アノテーションが付加される可能性が高い. そこで、発言間の時間に基づいて同じ知識に対する発言群をパラグラフとして特定し、重要な知識に関するパラグラフを抽出し、第1層のノードとする. また、学習者がパラグラフで議論されている知識を容易に理解するために、パラグラフ内に2度以上表れる単語をパラグラフのキーワードとして特定し、ノードの属性とする.

1 名古屋大学大学院情報科学研究科

2 NTTコミュニケーション科学基礎研究所

会話履歴をパラグラフに分割するために、1つの知識を構成する平均発言数を定義する。一つの知識を構成する平均発言数  $b$  は、総発言数  $n$ 、アノテーションが付加された発言数  $a$  を用いて式(1)のように表すことができる。

$$b = n/a \quad \dots(1)$$

アノテーションが付加された発言の前後  $b$  に存在する発言は、同一の問題解決知識に関する発言の可能性がある。これらの発言中にアノテーションが付加された発言が存在すれば、アノテーションが付加された2つの発言と、その間に存在する発言は同じ知識に関する一連の発言と推定できる。よって、2つの発言とそれらの間にある発言を、一つの知識に関する有効なパラグラフとして抽出する。図2にパラグラフ分割の例を示す。この例の場合、総発言数15ノテーションが付加された数が7あるため、平均発言数は2となり、有効なパラグラフは3となる。

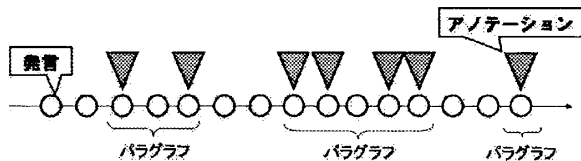


図2 パラグラフ分割

### 3.2 ノートノードの生成

個人のノートにおける記述は発言がきっかけとなって生成された問題の解であり、最も最近に発言された発言と関係のある可能性が高い。よって、アノテーションが付加された時点でのノートと比較することによって、それぞれのパラグラフで記述されたノート片を抽出する。

### 3.3 会話ノードとノートノードの関連付け

協調学習中において、学習者は発言からヒントを得て、個人のノートに解を記述する。ノートにおける記述は、アノテーションが付加された発言がきっかけで導出されたと認識することができる。よって、ノートノードは、アノテーションを付加した発言を含む会話ノードに対応付けることができるため、これらのノード間にリンクを生成する。また、リンクは会話ノードの視点の相違を保持する。

表1はアノテーションに基づく学習者の解法の相違を表している。2人の学習者が同じ視点を示すアノテーションを同一の発言に対して付加した場合、両者の解法は同じとなる。一方の学習者が同じ視点を示すアノテーションを付加し、もう一方の学習者が異なる視点を示すアノテーションを付加した場合、両者は異なる解法で導出をおこなっていると特定される。ノートノードを生成するためのアノテーションの種類に基づいて、ノートノードの解法の相違を識別し、解法のIDとしてリンクに付加する。

表1 解法の相違

アノテーションの種類	同じ	異なる
同じ	同じ解法	異なる解法
異なる	異なる解法	—

### 3.4 議論知識グラフの例

図3は6人の学習者による文字列の暗号化に関するプログラミングの協調学習の履歴に基づいて構築した議論知識グラフである。リンクに付加された数字は解法の識別子を示す。スペースの都合上、会話ノードにはキーワ

ードのみ表示する。

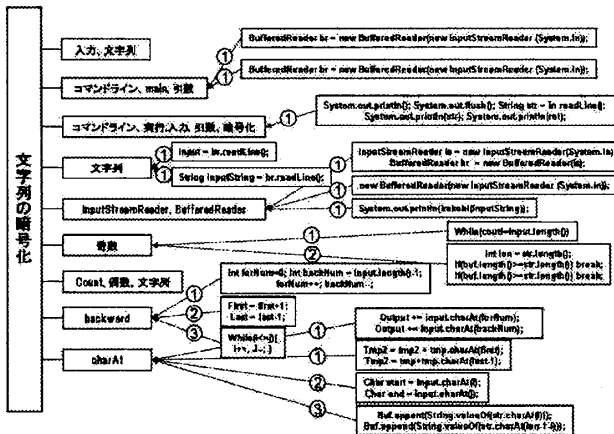


図3 議論知識グラフの例

研究室の2名の大学院生に図3の議論知識グラフを用いて同じ問題を解かせ、意見を聞いた。その結果、「わからない箇所を検索するには便利」、「一つの知識に関する様々なノート片を見比べられてよかった」といった意見が得られた。2名の大学院生は共に問題の解をある程度自力で導出することができ、議論知識グラフを辞書代わりに利用していた。すなわち、理解があいまいな知識に対応する会話のノードをキーワードから特定し、そのノートノードのみ観察していた。したがって、問題に関する知識がある程度あり、取得したい知識が明白な学習者にとっては、議論知識グラフは有効だと推定できる。

### 4. 結論

本論文では、議論知識グラフを構築するための方法を提案した。議論知識グラフは会話履歴と個人のノートの記述を既学習者の付加したアノテーションに基づいて構造化したものであり、協調学習に参加していない未学習者を支援するために用いる。

現在は未学習者は議論知識グラフから自ら適した知識を探す必要がある。今後は、議論知識グラフから個々の学習者に適した情報を提示する機構を考案する必要がある。

1. J. Zhao and H. U. Hoppe: Supporting Flexible Communication in Heterogeneous Multi-user Environments, Proc. of 14<sup>th</sup> IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, (1994), 422-429.
2. B. Goodman, M. Geier, L. Haverty, F. Linton, and R. McCready: A Framework for Asynchronous Collaborative Learning and Problem, Proc. of Artificial Intelligence in Education, J. D. Moore et al. (Eds.), IOS Press, (2001).
3. M. Kakehi, T. Kojiri, and T. Watanabe: Annotation Interpretation of Collaborative Learning History for Self-Learning, Proc. of KES2006, Part2, (2006) 1062-1070.
4. M. Kakehi, T. Kojiri, and T. Watanabe: Time-Based Self-Learning Support Using Collaborative Learning Process, Proc. of ICCE2006, (2006) 237-240.