

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21700809

研究課題名(和文) Web学習環境における問題解決のための集合知の構築と活用基盤の開発

研究課題名(英文) Web-based Learning Environment for Generating and Utilizing Collective Intelligence for Problem Solving

研究代表者：小尻 智子 (Tomoko KOJIRI)

名古屋大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：40362298

研究成果の概要(和文)：同様の問題に対処する複数の学習者による協調学習空間において、問題に関して導出された様々な知識を集合知として活用するための基礎技術を構築した。チャット上での議論から問題解決に有用な発言群を抽出し、その発言の内容と有用性に基づいて構造化する機構を構築した。さらに、同様の問題を一人で解いている個別学習者を想定し、解導出知識グラフを用いた学習環境の構築と、個別学習者の学習履歴を用いた解導出知識グラフの構造の洗練機能を構築した。また、議論状況を自動的に抽出して可視化することで、集合知の導出を促進するインタフェースも構築した。

研究成果の概要(英文)：In this research, basic framework of extracting knowledge from the discussion in collaborative learning and utilizing the knowledge as collective knowledge for problem solving is developed. The set of utterances that are useful for deriving answer are extracted automatically based on annotations attached by participants. Utterances are structured from viewpoints of answering methods and their usefulness

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：学習環境, 協調学習履歴

## 1. 研究開始当初の背景

利用者自身が情報発信者になるというユーザ参加型の Web2.0 という概念が普及しつつある。Web2.0 では、多くのユーザよって発信された膨大な情報である集合知の利用・活用が注目されている[1]。例えば、Amazon や Google は、多数のユーザの利用履歴を用いて特定のユーザに適した商品・Web ページを検出している。

一方、ネットワーク技術の発展に伴って、Web 上に配信されているコンテンツを利用したり分散環境に存在する他者と会話した

りして学習することが可能となった[2]。これまでの学習支援システムは、個々の学習者・グループに適した支援を実現するために、対象となる学習者・グループの学習履歴を活用しているものが多い。しかし、様々な学習者・グループの学習履歴から有効な知識を抽出し、それをを用いて他の学習者・グループを支援する研究はほとんどなされていない。

同じ問題を学習した学習者・グループの学習履歴の集合は、その問題を解くための集合知とみなすことができる。この知識は同じ問題を解く他の学習者・グループの問題解決に有効な知識となり得る。学習履歴が集合知と

して活用されるためには、個別に実施された学習履歴から問題解決のための知識が抽出され、かつ解の導出過程に沿って関連付けられている必要がある。また、集合知を利用する学習者・グループが活用しやすい形式で管理・提示されることがのぞましい。

我々はこれまで、複数の学習者による協調学習の履歴から知識を抽出し、構造化する研究を行ってきた[3]。この研究では、協調学習時の会話と学習者の解から、問題の解の導出に役立つ発言群と、その発言群から導出される解を抽出している。本研究課題では、この先行研究で得られた知見を生かし、複数のグループによる複数の協調学習の履歴を同様の問題に対処する個別学習者が活用する状況に焦点をあて、集合知の形成・活用のできる学習基盤の構築を目的とする。なお、学習の対象は、プログラミングなどのように解と複数の解法を保持する問題とする。

[1] 大向一輝:「Web2.0と集合知」, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.11, pp.1214-1221 (2006).

[2] H. H. Adelsberger, et al.(eds.):“Handbook on Information Technologies for Education and Training”, Springer-Verlag (2002).

[3] M. Kakehi, et al.:“Organization of Discussion Knowledge Graph from Collaborative Learning Record”, Proc. of KES 2007, Part III, LNAI 4694, pp. 600-607 (2007).

## 2. 研究の目的

本研究課題では、集合知を収集・整理するための学習基盤を構築すると共に、集合知を活用するための機能を探求する。集合知を収集・整理するために、集合知の構築と集合知の洗練の枠組みを提案する。また、集合知を活用するための機能として、学習者に応じた集合知の推薦を実現する。

【集合知の構築】我々はこれまで、協調学習参加者が付与したアノテーションに基づいて協調学習履歴から解の導出に役立つ知識を抽出し、時系列に整理した議論知識グラフを考案してきた[3]。しかし、実際の協調学習では、必ずしも導出順序に沿って導出段階が議論されるとは限らない。そこで、発言群に付与されたアノテーション情報に加えて問題の解答を利用し、抽出された知識間の関係を特定して導出順序に沿って構造化する。具体的には、順序関係、包含関係、同値関係を考えている。また、議論知識グラフは一回の協調学習に対して生成されるため、同じ問題

に関する複数の議論知識グラフを統合して一つの議論知識グラフを構築する必要がある。大まかな解の導出の流れは異なる協調学習でもある程度等しいと想定できる。そこで、構造化された議論知識グラフ中の語句の分布に従って等しい知識を特定し、対応する知識間を同値関係で結合させることで、一つの議論知識グラフを構築する。

【集合知の洗練】集合知の構築で抽出された知識間の関係は必ずしも正しいとは限らない。知識の関係・役割は利用した学習者の反応から判断することが可能である。そこで、まず、学習者が議論知識グラフを容易に利用できるインタフェースを構築する。そして、議論知識グラフ上での個別学習者の振舞いとその振舞いが示す理解状態を分析する。個別学習者の学習履歴に基づいて知識間の関係を動的に変更する機構を考案する。

【集合知の導出支援】有用な集合知を構築するためには、協調学習において問題解決に有用な知識が導出されることが望ましい。しかし、協調学習中は、学習者は自身の議論状態を客観的に把握することが困難であるため、知識があまり導出されないまま学習が終了する可能性がある。そのような状況に対し、グループに対して現時点で導出されている知識を可視化して提示する。また、多様な知識を導出するための議論ナビゲーション機能も考案する。

## 3. 研究の方法

本研究は2年にわたって遂行する。平成21年度は協調学習環境の整備と協調学習履歴の収集を行う。さらに、集合知を表現するためのモデルを考案し、協調学習履歴から知識を抽出して集合知を構築するプロトタイプ・システムを実現する。平成22年度は、集合知の導出を支援するための支援機構を考案し、プロトタイプ・システムを構築する。また、集合知を利用して学習した学習者の学習履歴に基づいた集合知の更新方法を考案し、実装する。構築した個々のプロトタイプ・システムを統合し、学習基盤全体、および個々の提案手法の評価実験を行う。

1. 協調学習環境を整備する。我々は、これまで学習者の付与したアノテーションを基に、協調学習履歴から問題解決知識を抽出する研究を行ってきた[4]。本システムでは、会話画面とは別の画面でアノテーションの種類と対象発言の番号を指定させることで、アノテーションを付与させてきた。しかし、会話中に他の画面を操作することはわずらわしい作業であったため、アノテーションがあまり付与されない原因となっていた。会

話画面で議論しながら最低限の操作でアノテーションを付与できるよう、インタフェースの改良を行う。また、本研究課題では、長期間に渡り、複数のグループに協調学習を実施してもらう必要がある。そこで、いつでも協調学習が行える環境を物理的に設置するため、ノートPC等必要な機材を購入する。

2. 協調学習履歴を収集し、協調学習履歴の特徴を分析する。多数の被験者を募り、特定の問題に関する協調学習を複数のグループで実施してもらう。

3. 集合知の表現方法を考案する。2で収集された協調学習履歴を分析し、存在する知識間の関係を整理する。また、分析した知識間の関係を自動的に生成する手法を考案する。[5]ではウェブページ中のキーワードから、学習者が選択したウェブページ間の関連を動的に抽出する手法を提案している。本研究課題が対象としている協調学習履歴は発言数が限られているため、キーワードのみの利用では知識間の関連を正確に把握することは困難である。そこで、キーワード情報に加え、問題の解答、知識に付与されたアノテーションの数・種類・順番、アノテーション付与者などの情報を考慮することで、解の導出手順に沿った知識の整理、および知識間の関係を特定する。

4. 集合知を利用した学習者の学習履歴に基づいた集合知の更新モデルを考案し、プロトタイプ・システムを実装する。[6]は協調学習履歴を任意の箇所から再生可能とし、さらに履歴を用いて学習した学習者の履歴を協調学習履歴の再生箇所に追加できるシステムを構築している。本研究課題では、知識を付加するだけでなく、集合知の構造自体を変化させる必要がある。そこで、被験者に議論知識グラフを用いて学習してもらい、学習時の議論知識グラフ上の操作に対する被験者の意図を調査する。そして、議論知識グラフ上の操作が示す被験者の意図を定義し、議論知識グラフの構造が被験者の意図に沿っていない場合に、対応する構造を更新する手法を考案する。

6. 協調学習で議論を誘発するインタフェースを考案し、プロトタイプ・システムを実装する。協調学習履歴を分析し、効果的な議論の尺度になる基準と、その基準を特定するためのキーとなる語句を抽出する。被験者に協調学習履歴から役に立った問題解決知識を抽出してもらい、その理由となった語句の関係を分析する。そして、それらの語句の導出を誘発するような軸を考案する。特定された軸にしたがって学習者の入力を可視化するインタフェースを構築する。

7. 個々の機能の評価実験を行い、本研究課題の有効性を評価する。

[4] M. Kakehi, et al.: “Organization of Discussion Knowledge Graph from Collaborative LearningRecord”, Proc. of KES 2007, Part III, LNAI 4694, pp.600-607 (2007).

[5] 小松聡ら:「Web2.0 時代における課題作成型 e-Learning システム QuizBank の開発について : Web 集合知の利用/形成を支援する課題作成/実施システム」, 電子情報通信学会信学技報, Vol.107, No.323, pp.1-6 (2007).

[6] B. Goodman, et al.: “A Framework for Asynchronous Collaborative Learning and Problem”, Proc. of AIED, pp.188-199 (2001).

#### 4. 研究成果

構築した集合知の構築と活用基盤を図1に示す。集合知の構築では、協調学習履歴から知識を抽出し、議論知識グラフとして構造化する知識抽出機構を実現した。集合知の洗練では、一人の学習者による議論知識グラフの利用を対象とし、学習者の議論知識グラフを用いた学習履歴から議論知識グラフの構造を更新する学習履歴解釈機構を構築した。知識の導出支援では、論文読解に関する協調学習を対象とし、チャット上に入力された学習者の入力から議論状況を可視化する対話解釈機構を実現した。

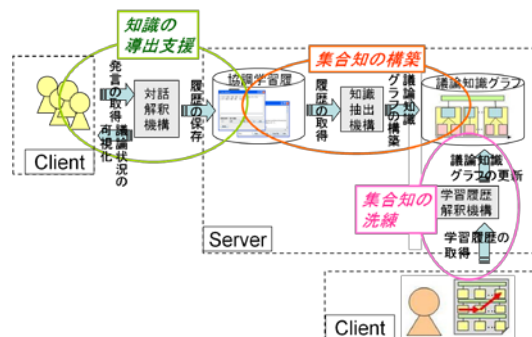


図1: 集合知の構築と活用基盤

##### 【集合知の構築】

チャット上での議論から問題解決に有用な発言群を抽出し、その有用性に基づいて解導出知識グラフとして構造化する機構を構築した。発言間の関係と、協調学習中に学習者が解の導出に役立ったと感じた発言に対して付与するアノテーションを用いて、問題解決に役立つ一連の発言群を抽出する。また、アノテーションを付加した学習者の人数と包含関係をもとに、抽出された発言群の解法の相違とその有用性を特定し、同一の解法でより一般的な知識を含んでいる発言群ほど上位に配置されるように木構造を構築する。

議論を話題ごとに区切るだけでなく、その解法と有用性に基づいて構造化することで、多くの知識から有用な発言群を探しやすい構造を提供することができた。

#### 【集合知の洗練】

同様の問題を一人で解いている個別学習者を想定し、解導出知識グラフを用いた学習環境の構築と、個別学習者の学習履歴を用いた解導出知識グラフの構造の洗練機能を構築した。個別学習者が解の導出に利用した解導出知識グラフ中の発言群に基づいて、解導出知識グラフを構成する発言群の有用性と他の発言群との包含計算を再計算し、解導出知識グラフの構造を変更する。解導出知識グラフを活用した学習者の履歴も考慮することで、解導出知識グラフをより知識の一般性を反映した構造に修正していく枠組みを生成できた。

集合知を観察しながら学習できる個別学習インタフェースを図2に示す。本インタフェースを用いた学習の終了後、学習者の学習履歴に基づいて議論知識グラフの構造が更新される。画面中央に議論知識グラフの構造が描写されている。四角が集合知であり、リンクが同様の解法であることを示している。四角の中には集合知の内容を表すキーワードが表示されており、ノードをクリックすることと具体的な発言の内容はインタフェース右側に表示される。

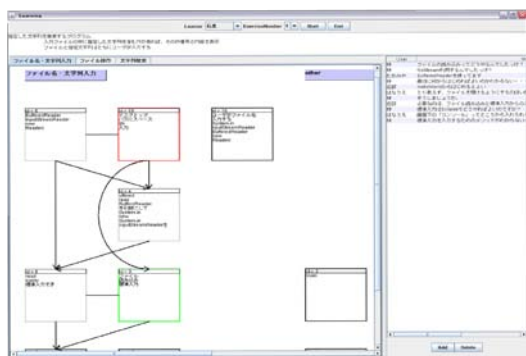


図2：議論知識グラフを用いた個別学習インタフェース

#### 【集合知の導出支援】

集合知の導出を促進するため、協調学習で抽出した話題を可視化するインタフェースを構築した。本インタフェースの構築にあたり、論文読解を複数の学習者で実施する協調学習に焦点をあてた。論文に関して深い議論を実現するためには、論文と関連している多様な知識が導出されることがのぞましい。そこで、論文との関連性と話題間の類似度を軸とし、論文を中心とした円上に抽出された話題を配置した。話題中に含まれる語句は話題

の内容をある程度表現している。また、同様に論文中の各章の語句も論文の章の内容を表現していると捉えられる。そこで、論文中の語句と話題言中の語句をもとに、話題が対象としている章と、その章との関連性を特定する。また、話題間が対象としている章の箇所の相違で、話題間の類似度を近似する。図3の上部に構築した可視化インタフェースを示す。円は各章を示し、点は話題を表す。点をクリックすれば、対応する話題の内容を見ることができる。また円の周にマウスをあてれば、話題を広げるためのキーワードが表示される。章ごとになされた話題の分布を可視化することでまだ議論されていない章を把握できると共に、話題を広げるためのキーワードを活用することで幅広い知識の導出を促進することができた。

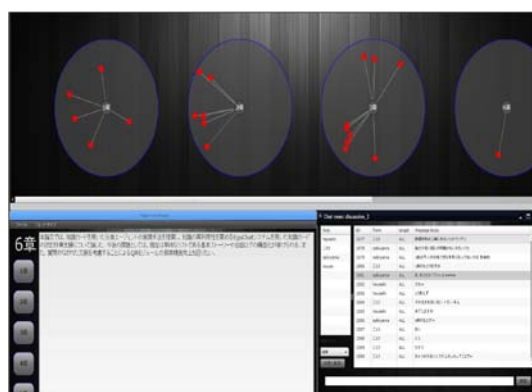


図3：議論状況可視化インタフェース

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 15 件)

- ① T. KOJIRI, Y. MURASE, and T. WATANABE, “Diagram-based Support for Collaborative Learning in Mathematical Exercise, Journal of Information and Systems in Education, Vol.8, No.1 Vol.8, No.1, pp.3-11 (2010) <査読あり>
- ② T. KOJIRI, A. KOMEDANI and Toyohide WATANABE: “Estimation of Collaborator’s Understanding Situations for Support Knowledge Acquisition”, International Journal of Computational Intelligence Studies, Vol.1, No.2, pp.124-138 (2010) <査読あり>
- ③ Y. WATANABE, T. KOJIRI and T. WATANABE: “Framework to Utilize Solution Knowledge in Collaborative Learning Records”, Journal of Information and Systems in Education, Vol.8, No.1, pp.3-11 (2010) <査読あり>
- ④ Y. WATANABE, T. KOJIRI and T. WATANABE: “Effective solution knowledge organization fro

m discussion record”, International Journal of Intelligent Decision Technologies, Vol.4, No.4, pp.241-251 (2010) <査読あり>

⑤M. AOKI, Y. HAYASHI, T. KOJIRI and T. WATANABE: “Topic Visualization for Understanding Research Paper in Collaborative Discussion”, Proceedings of 14th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES 2010), Part IV, LNAI 6279, pp.153-162 (2010) <査読あり>

⑥Y. WATANABE, T. KOJIRI and T. WATANABE: “Organization of Solution Knowledge Graph from Collaborative Learning Records”, Proceedings of 13th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES 2009), Part II, LNAI 5712, pp.564-571 (2009) <査読あり>

[学会発表] (計 2件)

①青木政人, 林佑樹, 小尻智子, 渡邊豊英: 「論文

理解を目的とした議論に基づいた論文評価支援に向けて」, 平成 22 年度 電気関係学会東海支部連合大会 (2010 年 8 月 30 日, 中部大学)

②渡辺裕樹, 小尻智子, 渡邊豊英: 「協調学習履歴を介した問題解決知識構造の洗練」, 教育システム情報学会第 34 回全国大会講演論文集, pp.500-501 (2009 年 8 月 19 日, 名古屋大学).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小尻 智子 (Tomoko KOJIRI )  
名古屋大学・情報科学研究科・助教  
研究者番号: 40362298

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし