

学習知識フィルタリングを用いた協調ノートシステム

羽山 徹彩[†] 楊 向東^{††} 國藤 進[†]

協調ノートシステムでは遠隔協調学習として仮想空間上に学習者同士のノートへの書き込み（学習知識）を共有することで、自らの学習方法の改善と学習内容の理解を深めるといった学習効果の向上を目指している。従来研究の多くは、自らの学習知識と他の学習者の学習知識との関連付け手法やそれが及ぼす学習効果に関して取り組まれてきた。しかしながら、複数人の学習者が学習知識をノートシステム上に持ち寄ると、共有学習知識が大量となるため、学習者が個々の学習知識を把握し理解することが困難となる。そこで本研究は復習過程における効果的な学習を促すために、共有学習知識から有効な学習知識を選出し提示する学習知識フィルタリングを用いた協調ノートシステムを提案する。本システムでは学習知識フィルタリングにより、提示される学習知識の量が削減されることから、学習者の学習時間を短縮することができる。さらに、有効な学習知識が選出されることから、学習者は学習内容をより深く理解することができる。学習時間と理解度をもとにした従来システムとの比較実験により、本システムの有効性を明らかにした。

A Collaborative Notebook System that Provides Learning-knowledge Filtering

TESSAI HAYAMA,[†] XIANGDONG YANG^{††} and SUSUMU KUNIFUJI[†]

A collaborative notebook system (CNS) is a tool, by which learners can share learning-knowledge in a distributed e-learning environment. The aim of the CNS is to improve the learners' learning style and the learners' understanding of the learning contents. Previous studies on the CNS have focused to develop techniques for representing relationships between a learner's learning-knowledge and other learners'. However, it is difficult for learners using the CNS to understand each learning-knowledge, as there are large amounts of shared learning-knowledge. This paper describes a novel collaborative notebook system which provides a filtering function that selects a certain amount of effective information from the shareable learning-knowledge. The system has two advantages: 1) reducing the learning time by reducing the large amounts of learning-knowledge and 2) deepening the understanding of the learning contents by offering only the more useful learning-knowledge. We performed experiments to compare our system with a traditional CNS and showed that the system with the filtering function is effective for improving learning-efficiency.

1. はじめに

近年の学校教育では学習者の学習能力を高めるために、学習者主体の学習方式が重視されるようになってきた。そのなかで学習者が数人程度のグループを組み、自ら課題を発見し互いに助け合って問題解決していく協調的な学習方法が有効とされている。その効果としては自らの知識や学習方法を改善していき、学習内容の理解をより深めるといった、能動的かつ効率的な学習効果が報告されている^{10),16)}。

情報ネットワーク技術の発展にともない、分散環境での協調的な学習が可能となったことから、協調学習支援システム（CSCL: Computer Supported Collaborative Learning）分野において遠隔協調学習支援を目的とした研究が数多く行われている^{8),9)}。本研究で取り組んでいる協調ノートシステムはこの遠隔協調学習支援の一分野であり、学習者どうしが共有ノートシステム上で議論・質問などをともに学習知識を出し合うことで、互いの学習効果を高めることを目指した研究分野である。その主なシステムとしては、CoVis⁵⁾、ReCoNote¹¹⁾、SenseMaker¹⁾、およびCSILE¹³⁾などがあげられる。CoVisは学習者と教育者との議論を円滑にするために、共有ノート内のページ間リンク機能とその視覚化機能が実現されている。ReCoNoteは他の学習者の学習知識と自己の学習知識との関連性を

[†] 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究所
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

^{††} 株式会社管理工学研究所
Kanrikogaku Kenkyusho, Co., LTD.

見出しやすくするために、ノート内容どうしをリンク付けする機能が実現されている。SenseMaker は議論の全体構造を把握しやすくするために、同類の議論を内包する階層的入れ子構造を用いた表示方法が実現されている。CSILE は学習方法を内省しやすくするために、他の学習者の質問・疑問とその解決方法を組み合わせた知識ベースを利用し自己の学習知識と関連付ける機能が実現されている。従来研究では、学習知識を関連付ける相互リンク機能によって共有学習知識の体系化を目指している。しかしながら、複数人の学習者が学習知識をノートシステム上に持ち寄ると、共有学習知識が大量となるため、学習者が個々の学習知識を把握し理解することが困難となる。

そこで本研究では遠隔協調学習における学習効果を高めるために、共有学習知識から有効な学習知識を選出し提供する学習知識フィルタリングを用いた協調ノートシステムを開発するとともに、その効果を検証する。本システムは、学習者が学習知識を共有したのちの個人で行う復習過程の支援を対象としており、共有学習知識量の軽減と有効な学習知識の選出により、学習時間の短縮と学習内容のより深い理解といった学習効果を高めることを目指している。

本論文の構成を以下に示す。次章で学習知識フィルタリング機能を実現するためのアプローチについて述べたのち、3章で学習知識フィルタリングを用いた協調ノートシステムを提案する。4章で提案システムの構成について述べ、5章で提案システムの評価実験について述べる。6章で本論文のまとめと今後の課題について述べる。

2. 学習知識フィルタリングの実現に向けて

学習知識フィルタリングを実現するためには、すべての共有学習知識から有効な学習知識を選出する方法が必要となる。本章では、まず協調ノートシステムにおける有効な共有学習知識について述べ、それをもとに本協調ノートシステムの設計指針について検討する。

2.1 有効な共有学習知識

本研究ではいくつかの先行研究をもとに、有効な共有学習知識の形態とその内容について分析した。

有効な共有学習知識の形態では他の学習者に対して、学習知識と教材との関連性を明示することが望まれている。教材に付与される学習知識は、テキスト形式で書かれた注釈と、ハイライト、下線、および囲いといった教材への印付けがある。個人でノートを取る場合では、各学習知識の使用方法が学習者によって様々であるが、学習知識を共有した場合には、注釈およびその

注釈に対応する教材位置への印付けがともなった学習知識が多く含まれるようになる。このような注釈と印付けを組み合わせた学習知識の形態は個々の学習知識に比べ、議論の発端になりやすく、学習効果を高めることが分かっている^{3),12),15)}。

次に、有効な共有学習知識の内容について述べる。上記のように有効な学習知識は注釈と印付けを組み合わせた形態を持つが、その内容は議論の表現手段である注釈に依存すると考えられる。共有学習知識の注釈には、グループ学習に貢献するような他の学習者を意識した内容がともなうようになる。Correia ら³⁾ は協調ノートシステムに付加された注釈を「内容に関する解釈、他の注釈へのコメント、疑問へのアドバイス、無関係なもの」に分類し統計的に分析している。その結果、最も多く利用された注釈は「他の注釈へのコメント」と「疑問へのアドバイス」であり、議論の発端になりやすい傾向が確認された。さらにそれらの注釈内容を調査したところ、学習者にとって有効な注釈とは、明確に記述されており、それが付加された教材や議論に対して首尾一貫性を持ち、かつ、多くの読み手から共感が得られる、内容を含んでいた。

以上から有効な共有学習知識は、以下の性質を持つ。

- 1) 注釈と印付けとを組み合わせた形態
- 2) 明確に記述されており、付加された教材や議論の内容と首尾一貫性を持つ注釈
- 3) 多くの読み手から共感が得られるような注釈

2.2 設計指針

本節では学習知識フィルタリング技術を実現するために、共有学習知識から有効な学習知識を選出する協調ノートシステムの設計指針について述べる。

本学習知識フィルタリングでは有効な学習知識として、2.1 節の 1)~3) の性質を持つ学習知識の選出を試みるが、2) と 3) に関する学習知識の選出を自動化することは現在の計算機技術において困難である。たとえば、注釈はテキスト情報であることから、首尾一貫性を判断するために文脈解析といった自然言語処理技術の意味解析手法を利用することが考えられるが、現状において意味解析手法は実用的な精度に至っていない、特に不正確な文法構造が多い注釈に対してより難しいタスクとなる。実際に学習知識に関して分析を試みた研究があるものの、有効な注釈を自動分類できるほどの知見は得られていない³⁾。そのため、学習知識フィルタリングの実現には個々の学習知識に対して、学習者の判断を介入させることで共有学習知識を評価し、その結果をもとに有効な学習知識を選出する仕組みが必要となる。学習者が各学習知識を評価すること

から、有効な学習知識には、他の学習者が明確に分かるような記述がなされ、付加された教材箇所や他の注釈との首尾一貫性を持つ注釈が選ばれやすいといえる。その際、多くの学習知識の有効性を判断することは学習者にとって負担となるため、注釈内容を理解しやすくする提示方法も考慮する必要がある。

また有効な学習知識が選出されたのちでも、学習者が個々の学習知識に対して取捨選択できるような工夫が必要である。学習知識フィルタリング後に有効と判断された学習知識が多く存在した場合には、学習者が個々の学習知識すべてを理解することが依然困難な状況となる。その解決策としては個々の学習知識に対して重要度を付加させることで、優先的に理解すべき学習知識を判断させやすくする方法があげられる。

以上から、学習知識フィルタリングを用いた協調ノートシステムを実現するためには、注釈とそれを付加する教材箇所や注釈との関係を分かりやすくする表示方法を備えるとともに、以下の機能が必要である。

A) 各学習者が個々の学習知識を評価でき、その結果をもとに有効な学習知識を選出する機能

有効な学習知識を優先的に選出することにより、共有学習知識の量が削減されることから、学習時間を短縮することができる。さらに、有効な学習知識が選出されることから、個々の学習知識の理解に時間を割くことができ、教材内容のより深い理解も期待される。

B) 注釈内容を理解しやすくする提示方法

他の学習者の学習知識を評価する際に、注釈の内容をより正確に理解することができるため、適切な判断を促すことができる。

C) 有効な学習知識に対して重要度を付加する機能

学習者はより優先的に理解すべき学習知識を判断しやすくなることから、要領を得た効率的な学習ができる。

3. システム実装

実装した協調ノートシステムは、個人モード(3.1節参照)、共有モード(3.2節参照)、および協調モード(3.3節参照)の3つのモードから構成される。本システムの3つのモードと本研究が想定する学習プロセスとの関係を以下に示す。

個人モード 個別学習として、教材学習を行うプロセスである。その際、各学習者は学習知識を教材に付加する。またグループ内の他の学習者が付加させた学習知識を閲覧しながら、それに対する意見や質問などの学習知識も教材に付加する。

共有モード 各学習者が個々の学習知識を評価するプロセスである。

協調モード 学習知識フィルタリングにより選出された学習知識と教材をもとに、復習を行うプロセスである。

また本システムの教材への印付けでは、印付けされていない箇所との違いを分かりやすくする強調表示⁶⁾として、文字の色と濃さを用いた方法を採用する。現状の実装システムは、注釈を付けられた教材位置に対して、その強調表示を適用する。

3.1 個人モードでの協調ノートシステム

個人モードでの協調ノートシステムのインタフェースを図1に示す。

学習者はシステム上に表示された教材を読み進めていく過程で、学習知識を付加させていく。学習知識の付加では対象とする教材位置や他の学習者の注釈をマウスで選択し、注釈入力エリアにおいてテキスト入力する。そして学習者が意図する注釈の内容を、「コメント、説明、アドバイス、その他」の4つの内容分類項目をラジオボタンから選択し、更新ボタンを選択することで、注釈とそれが付加された教材位置が学習知識として登録される。登録された注釈は、対象とする教材内容と並列な位置において、内容分類項目ごとに表示される。また他の学習者の注釈を選択した場合には、その注釈の横に表示される。注釈付けた学習者が内容分類項目を決めるため、他の学習者にとってその学習知識がどのような意図で付加されたかが分かりやすくなる。

3.2 共有モードでの協調ノートシステム

共有モードでの協調ノートシステムのインタフェース画面を図2に示す。

学習者は、グループ内の学習者が付加した共有学習知識を評価する。共有学習知識の評価では、評価する注釈をマウスで選択し、「有用、判断不可、無用」のラジオボタンを使って3段階評価を行う。また評価されていない学習知識に対しては、自動的に「無用」の評価が与えられる。

3.3 協調モードでの協調ノートシステム

協調モードでの協調ノートシステムのインタフェース画面を図3に示す。

学習者は、学習知識フィルタリングによって選出された学習知識と教材をもとに復習する。学習知識フィルタリングは共有モードで付与された学習知識の評価結果を用いて、以下の手順で実行される。

1. 同じ教材位置に付加与されている学習知識ごとに、評価結果を収集する。



図 1 個人モードでの本協調ノートシステムのインターフェイス

Fig. 1 Interface of personal mode in proposed collaborative notebook system.



図 2 共有モードでの本協調ノートシステムのインターフェイス

Fig. 2 Interface of share mode in proposed collaborative notebook system.

2. 収集された評価結果において、評価結果「有用」が過半数以上、かつ、最多数の評価が得られた学習知識を有効と判断して選出する。
3. 2. において同程度の評価結果が得られた学習知識が複数あるならば、同じ教材において有効な学習知識として多く選ばれている学習者の学習知識を有効と判断して選出する。

さらに選出された学習知識には、学習知識フィルタリングの評価結果が棒グラフとして付与される。各学習知識の有効と判断された度合いを示すことで、学習者は学習知識ごとの重要度が分かる。

また上記以外の本システムの機能としては、学習知

識を付加した学習者の個人モードへのリンク機能がある。他の学習者に付加された学習知識を理解しにくい場合には、その学習知識を付加させた学習者の個人モードを表示させることにより、その学習知識が付加された状況を知ることができる。

4. システム構成

本協調ノートシステムの構成を図 4 に示す。本システムは家庭学習を想定し、一般的に利用可能な Web アプリケーションとして、Java Servlet と Java Script によって実装されている。

ユーザは Web ブラウザからシステムへログインする

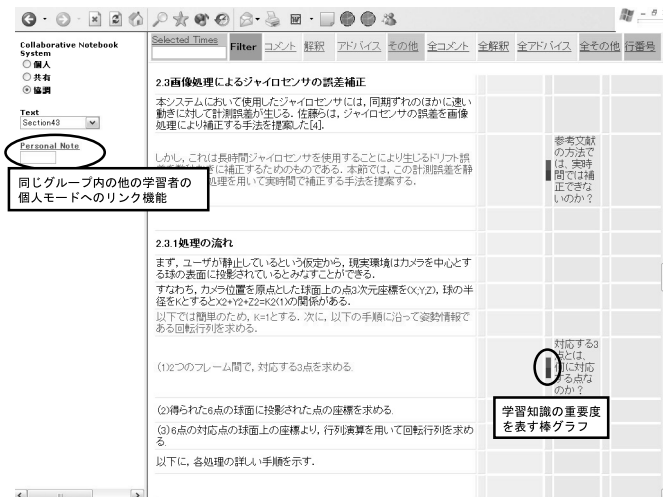


図 3 協調モードでの本協調ノートシステムのインターフェイス

Fig. 3 Interface of collaborative mode in proposed collaborative notebook system.

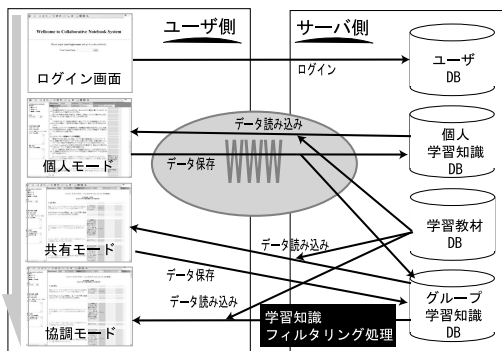


図 4 本協調ノートシステムの構成

Fig. 4 Composition of proposed collaborative notebook system.

ことで、協調ノートシステムの個人モードを使用することができる。その際、選択された学習教材のデータとその教材に対するユーザの学習知識データが、サーバ側から呼び出され、クライアント側の Web ブラウザ上に表示される。個人モードのデータ保存ではデータ更新を行うごとに、更新されたユーザの学習知識とその内容分類項目情報を、個人学習知識データベースおよびユーザが所属しているグループのグループ学習知識データベースへ登録される。その際、サーバ側ではグループ学習知識データベースを参照する。もし他のユーザによって更新された学習知識が検知されたなら、クライアント側の共有モードで提示されている学習知識が更新される。それにより、本システム上でグループ内のユーザ同士が、学習知識を用いて議論することができる。

次に共有モードでは、学習教材を選択すると学習教材データベースとグループ学習知識データベースから

データを呼び出され、クライアント側のインターフェイスに表示される。共有モードのデータ保存では、ユーザごとの学習知識の評価結果と更新された学習知識がグループ学習知識データベースに登録される。

最後に協調モードでは、学習教材を選択すると学習教材データベースとグループ学習知識データベースからデータが呼び出され、学習知識フィルタリング処理が実行される。その結果、有効と判断された学習知識が、クライアント側のインターフェイスに表示される。

5. 評価実験

5.1 実験概要

学習知識フィルタリングを用いた協調ノートシステムの有効性を検証するために、学習教材の理解に要する時間と理解度によって、本システムと従来の協調ノートシステムのインターフェイス^{2),4),14)}との比較実験を行った。比較システムは、マウスで教材の文を選択することで、その箇所が付与されているグループ内のすべての共有学習知識が表示される、図 5 に示すようなインターフェイスを持つ。また評価に用いる理解度は、教材内容に関する問題を用いたテストの正解数とした。

実験では、被験者として大学院生 8 人に対し、事前実験を通して理解に要する時間と理解度を考慮した、成績が均等になるような 2 つの学習グループ (a, b) に分割し、制限時間が設定された以下の 4 つのステップに従って実施された。

ステップ 1 本システムの個人モードを使用して、2 つの教材 (A, B) に対し学習知識を付加させながら個人学習を行う。その際、他の学習者の学習知

識を閲覧できるように、協調モードへの切替えも許容する。

ステップ 2 本システムの共有モードを使用して、2つの教材 (A, B) に対しグループごとに学習知識を評価する。

ステップ 3 本システムの協調モードあるいは比較システムを使用して教材の復習を行う。その際、グループ a は、教材 A に対し本システム、教材 B に対し比較システムをそれぞれ使用し、グループ b は、グループ a と教材とシステムの異なる組合せを使用する。

ステップ 4 各教材内容に関するテストを実施する。

事前実験のグループ分けに用いた理解に要する時間と理解度には、教材読解に要した時間に対してその内容に関する正解数で割った評価値である効率的読解度⁷⁾を利用した。また本実験で用いられた教材は、被

験者を大学院生と設定したため、2本の科学技術論文である。その論文内容は本システムが初期学習を対象としているため、すべての被験者の事前知識のない4ページのグループウェアに関する論文が用いられた。各ステップの制限時間は、事前実験に基づきステップ1を60分、ステップ2を30分、ステップ3を15分と設定された。本システムは非同期学習を想定しているが、ステップ1ではシステム上で協調的な討論を可能にするため同じ時間帯で行うように設定された。理解度を測定するためのテストは教材ごとに作成され、論文のポイントである「背景、目的、アプローチ、システム実装、評価結果、結果の考察」の内容に基づく15問の正誤問題から出題された。また、実験終了後に本システムに関するアンケートも実施された。

5.2 実験結果

本実験結果として、学習知識フィルタリングの適用における共有学習知識の減少数、および各システムを利用して得られた学習効果を、それぞれ表1と表2に示す。

学習知識フィルタリング適用による共有学習知識の減少数では表1より、すべての学習者グループと教材の組合せ結果から37.5-72.41%の減少率が確認された。また本システム上の共有学習知識数は、教材Aにおいて比較システム116個に対し76個、教材Bにおいて比較システム64個に対し24個と、各教材において比較システムよりも少数であった。そのため本実験において本システムを利用した復習過程は、比較システムよりも学習知識数が少ない状態で実現されていた。

本システムを使用して得られた学習効果では表2が

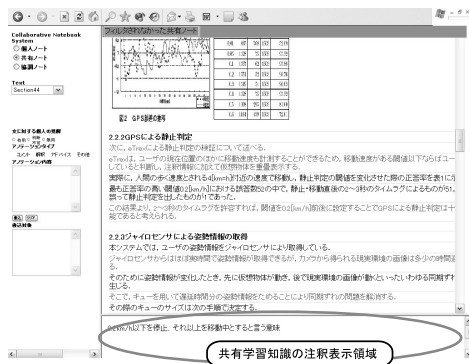


図5 従来の協調ノートシステムのインターフェース

Fig. 5 Interface of an existing collaborative notebook system.

表1 学習知識フィルタリングの適用における共有学習知識の減少数

Table 1 Reduction-number of collaborative learning-knowledge by using the learning-knowledge filtering.

	グループ a			グループ b		
	共有学習知識数	LKFiltering* 後の学習知識数	LKFiltering 適用による共有学習知識数の減少率 (%)	共有学習知識数	LKFiltering 後の学習知識数	LKFiltering 適用による共有学習知識数の減少率 (%)
教材 A	74	30	59.46	116	(52)	(55.17)
教材 B	64	(40)	(37.50)	87	24	72.41

() で囲まれた数字は、比較システムを使用しているため、本実験で適用されなかった値を示す。

*:学習知識フィルタリング

表2 本システムあるいは従来(比較)システムを使用して得られた学習効果

Table 2 Learning effects using proposed system and the existing system.

	本協調ノートシステム					従来システム				
	グループ	平均正解率 (%)	平均学習時間 (分)	学習知識の平均評価時間 (分)	正解率の標準偏差	グループ	平均正解率 (%)	平均学習時間 (分)	学習知識の平均評価時間 (分)	正解率の標準偏差
教材 A	a	57.50	80.50	6.00-9.00	6.38	b	50.00	85.00	4.00-10.00	9.43
教材 B	b	65.00	69.50	4.00-9.00	12.58	a	53.34	76.75	6.00-10.00	14.14

	教材文章	注釈
[例 1]	すなわち、カメラ位置を原点とした球面上の点3次元座標を(X,Y,Z)、球の半径をkとすると $X^2+Y^2+Z^2=k^2(1)$ の関係がある。	$X^2+Y^2+Z^2=k^2?$ 分からない レンズを球としているのかな? ◎式は全く解らないが、要するに画像に対応する球面の座標を求めろのね
[例 2]	この結果より、2~3秒のタイムラグを許容すれば、閾値を0.2[km/h]前後に設定することでGPSIによる静止判定は十分利用可能であると考えられる。	◎0.2km/h以下を停止、それ以上を移動中とすると言う意味
[例 3]	本節では、屋外において現実環境へ仮想物体を重畳表示するビデオシースルー式のウェアラブル型ARシステムの詳細について述べる。	◎ビデオシースルー式?
[例 4]	各ノードは自分のNodeIDの下の桁から順に桁一致するノードを、1il+のノードとして認識し、ルーティングテーブルを構築する。	理解不能。解説が必要。 1290→239E→ABFE→73FE→43FE ◎(?)図が不鮮明なので良くわかりません。
[例 5]	そこで、現実環境に仮想物体を合成する技術である拡張現実感(AugmentedReality,AR)を利用すれば、建物への注釈などを重畳表示することで直感的な情報提示が可能となると考えられる[1]. まず、GPSの計測誤差を調べるために、実際にGARMIN社製のハンドヘルド式GPSであるeTrexを用い、緯度及び経度が既知の場所でGPS衛星を7~9個捕捉している状態で40分程度現在位置を計測した。	◎なるほど。 なるほど。

◎ 学習知識フィルタリング適用により、有効と判断された注釈

図 6 協調ノートシステムにおいて付与されたの共有学習知識の実例

Fig. 6 Samples of shared learning-knowledge on collaborative notebook system.

示すように、教材 A, B とともに比較システムと比べ、問題解答の平均正解率が高く、学習時間にかかる平均時間が少ないという結果が得られた。さらに問題解答の正解率に対して分散分析を行った結果では、教材 A において $4.00 (> F_{10}(1, 6))$ 、教材 B において $4.20 (> F_{10}(1, 6))$ と 10% 有意水準で有意差が確認された。そのため本システムは比較システムよりも、教材学習の理解に有効といえる。さらに正解率の標準偏差では本システムを使った方が従来システムと比べ、教材 A, B とともに小さい値が得られている。これは、本システムを使用した学習グループが成績上位者と下位者の差を縮める効果があると考えられる。

次に実験終了後に行った、値が大きいほど良いとした 5 段階評価のアンケート項目とその平均結果を以下に示す。

- 学習知識の内容分類表示は他人の注釈を理解するのに有効であるか (4.00/5.00)
- 共有学習知識の減少後に、注釈内容を把握する時間が十分であるか (4.00/5.00)
- 協調モード (共有学習知識減少後) において、すべての注釈内容を把握できたか (3.50/5.00)
- 従来システムを使用した場合、すべての注釈内容を把握できたか (4.38/5.00)

またアンケートの自由記述項目では、本システムを利用することで、「教材文章中の重要点や概要を把握しやすかった」といった回答が多数得られた。

次に本実験で付加された共有学習知識のいくつかの例を図 6 に示す。各例において有効と判断されている注釈内容を分析すると、他の注釈に含まれる疑問内

容へ回答している注釈 (例 1) や教材内容を分かりやすく解釈し直している注釈 (例 2) が、有効な学習知識として選出されることが確認された。また疑問を含む注釈が、有効な学習知識として選出される場合も確認された。これはグループ内の多くの学習者が、疑問と感じられた場合 (例 3) や他の注釈に回答内容が付加されていたとしても納得されなかった場合 (例 4) であると考えられる。さらに同じ語句からなる注釈であっても、学習知識として有効性が異なる場合 (例 5) も確認された。これは、学習知識の評価が付加された教材内容に対して評価されているといえる。以上の例が示すように、共有学習知識から有効と判断して選出される学習知識の注釈には、多くの学習者が共感する内容や、教材や他の注釈との整合性が成り立つ内容を含んでいるといえる。

5.3 考察

学習知識フィルタリングを用いた協調ノートシステムは、すべての共有学習知識を提示する従来システムに比べ、学習時間が短いにもかかわらず理解度を高めるといった、効率的な学習を促していることが分かった。また学習知識フィルタリングは、共有学習知識数を減少させて学習効果を高めていることから、共有学習知識から有効な学習知識を選出することが可能であることも分かった。そのため、本システムは協調ノートシステムの共有学習知識が膨大となる問題を解決し、有効な学習知識を選出し提供することで、遠隔協調学習において学習効果を高めるのに有効であるといえる。

しかしながら、本システムは従来システムと比べ、共有学習知識数が軽減されていたにもかかわらず、ア

ンケート項目「注釈内容を把握できたか」において従来システムが 4.38 に対し本システムが 3.50 と、低い結果となっている。この原因としては、本システムを利用した学習者が「注釈内容を把握できた」について高い認識を持つためと考えられる。本システムは「注釈の内容分類表示」により、学習者に注釈の意図を含む情報を与えており、アンケート結果からも注釈内容を理解するのに有効とする評価が得られている。これによって、本システムを利用した学習者は従来システムを利用した学習者よりも、注釈内容の意図を意識し、深く理解しようとしているため「注釈内容を把握できた」とする認識水準が高くなっていると思われる。

また本システムは“有効な学習知識”を把握しやすくするだけでなく、自由回答アンケートから“教材文章中の要点”に対しても把握しやすいといった回答が得られていた。本システムを利用した学習グループが全体的に理解度を高めているとともに、グループ内の成績差が小さいことから、本システムは教材に対しても要点の把握を把握しやすくしていると考えられる。このように学習知識だけでなく教材に対しても学習効果が得られる原因としては、学習知識に付与された重要度が、その学習知識が付加された位置にある教材内容にも深く関連しているためと考えられる。学習知識の重要度は学習者によって、学習知識である注釈とそれが付加されている教材位置をもとに評価され、導き出される。そのため、学習者は学習知識の重要度の導出において、学習知識だけでなく、学習知識が付加された位置にある教材内容に対しても有用性を考慮して、学習知識を評価していると思われる。

最後に、本システムの学習知識を評価するステップが学習時間を増加させる問題について検討する。今回の実験では従来システムにおいても、学習知識量が及ぼす学習効果への影響を確かめるために、個々の学習知識を評価するステップを設けて実施され、本システムを利用した学習者が従来システムを利用した学習者よりも、短い学習時間で達成されていた。しかしながら、学習知識を評価するステップは従来システムに必要とされないことから、本システムを利用することが従来システムよりも、多くの学習時間を要することが想定される。実際の実験結果では、その評価ステップにかかる時間は 4.00–10.00 分であり、本システムの学習時間は従来システムより、4.50–7.25 分短縮されているといった結果が得られていた。また、本システムが要する学習時間は、評価ステップを除いた従来システムの学習時間と比べたとしても、学習者 8 人中 3 人が短い学習時間で達成されていた。そのため、本シ

ステムの評価ステップは従来システムと比べ、必ずしも多くの学習時間を要さないといえる。

6. さいごに

本論文では、協調ノートシステムの学習者が持ち寄る共有学習知識量が膨大となる問題に対し、共有学習知識から有効な学習知識を選出する、学習知識フィルタリングを用いた協調ノートシステムを提案した。本システムでは、学習者ごとに個々の学習知識を評価でき、その結果をもとに学習知識を選出する機能により学習知識フィルタリングを実現し、さらに、注釈の内容分類表示、および学習知識フィルタリング後において各学習知識に重要度の付与も行った。本システムの学習効果としては、学習時間が短く、理解度が高いといった効率的な学習を可能にすることが明らかにされた。また、注釈の内容分類表示は、個々の注釈の内容を理解するのに効果があり、学習知識フィルタリング後において各学習知識に重要度を付与することは、教材の要点や概要を把握するのに効果があることも示唆された。

今後は、有効な学習知識を再利用することでの学習効果を分析していきたい。具体的には、本システムの学習知識フィルタリングにより選出された有効な学習知識を、異なるグループに対し再利用し続けることで、持続的に残され続ける有効な学習知識の性質とそれを用いた学習効果の影響について分析していくことで

参考文献

- 1) Bell, P.: Using argumentation representation to make thinking visible for individuals and group, *Proc. Computer Support for Collaborative Learning (CSCL '97)*, pp.10–19 (1997).
- 2) Brush, A., Barger, D., Grudin, J., Borning, A. and Gupta, A.: Supporting Interaction Outside of Class — Anchored Discussions vs. Discussion Boards, *Proc. Computer Support for Collaborative Learning (CSCL 2002)*, pp.425–434 (2002).
- 3) Correia, N. and Boavida, M.: Towards an Integrated Personalization Framework: A Taxonomy and Work Proposals, *Proc. Workshop on Personalization Techniques in Electronic Publishing on the Web, Trends and Perspectives (2002)*.
- 4) Davis, J. and Huttenlocher, D.: *The CoNote System for Shared Annotations*, Cornell University, Dept. of Computer Science (1995).
- 5) Edelson, D.C. and O'Neil, D.K.: *The Covis*

- Collaboratory Notebook, Supporting Collaborative Scientific inquiry, *Proc. 1994 National Educational Computing Conference (NECC'94)*, pp.146-152 (1994).
- 6) 羽山徹彩, 金井 貴, 國藤 進: 創造的活動における文献調査のためのドキュメントスキミング支援環境, *人工知能学会論文誌*, Vol.19, No.2, pp.113-125 (2004).
 - 7) Jackson, M.D. and McClelland, J.L.: Processing Determinants of Reading Speed, *Journal of Experimental Psychology, General*, 108, pp.151-181 (1979).
 - 8) Kahanm J., Koivunen, M.R., Hommeaus, E.P. and Swick, R.R.: Annotea. An open RDF Infrastructure for shared Web Annotations, *Computer Networks*, Vol.39, No.5, pp.589-608 (2002).
 - 9) Kalyanpur, A. and Khella, A.: PDFforum. A Threaded Interface for Collaborative Annotation of PDF Documents (2003). <http://www.cs.umd.edu/~akhella/pdfforum.htm>
 - 10) 教育システム情報学会(編): 教育システム情報ハンドブック, 実教出版(2001).
 - 11) 益川弘如: 協調学習支援ノートシステム「Re-CoNote」が持つ相互リンク機能の効果, *日本教育工学会論文誌*, Vol.23, No.2, pp.89-98 (1999).
 - 12) Marshall, C.C. and Brush, A.J.B.: Exploring the Relationship between Personal and Public Annotations, *Proc. 4th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries*, pp.349-357 (2004).
 - 13) Scardamalia, M., Bereiter, C. and Lamon, M.: The CSILE Project — Trying to bring the classroom into world 3, *Classroom Lessons: integrating Cognitive Theory and Classroom Practice*, The MIT Press, pp.201-228 (1994).
 - 14) Seltzer, W.: Annotation Engine (2000). <http://cyber.law.harvard.edu/projects/annotate.html>
 - 15) Shipman, F.M., Price, M.N., Marshall, C.C. and Golovchinsky, G.: Identifying Useful Passages in Documents based on Annotation Patterns, *Proc. European Conference on Digital Libraries*, pp.101-112 (2003).
 - 16) Wolfe, J.: Effects of annotations on student

readers and writers, *Proc. 5th ACM conference on Digital Libraries*, pp.19-26 (2000).

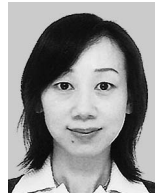
(平成 18 年 11 月 30 日受付)

(平成 19 年 5 月 9 日採録)



羽山 徹彩(正会員)

2001年同志社大学工学部知識工学科卒業。2003年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士前期課程修了。2006年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士後期課程修了。同年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科助手。博士(知識科学)。現在は主として、知識システム、創造性支援システム、ヒューマンインタフェースの研究に従事。人工知能学会、電子情報通信学会、日本創造学会各会員。



楊 向東

2002年石巻専修大学経営学部経営情報学科中途退学。2004年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士前期課程修了。同年(株)管理工学研究所入社。現在は携帯電話のアプリケーション開発に従事。



國藤 進(正会員)

1974年東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年(株)富士通国際情報社会科学研究所入所。1982~1986年ICOT出向。1992年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科教授。1998年知識科学研究科教授。現在は主として発想支援システム、グループウェア、知識システムの研究に従事、情報処理学会創立25周年記念論文賞、人工知能学会1996年度研究奨励賞、日本創造学会2004年論文賞等を受賞。博士(工学)。計測自動制御学会、電子情報通信学会、日本創造学会各会員。