

作問に基づく協調学習支援システムと その分散非同期学習環境への適用

平井 佑樹^{†1} 櫛山 淳雄^{†1}

情報化社会の進展にともない、多くの Web を用いた学習支援システムが開発されてきた。これにより、学習者は Web を利用できる環境が整っていればシステムをいつでもどこでも利用することが可能になった。我々は、Web を用いた学習支援システムの中で、作問に基づく学習を支援しているシステムに注目して学習支援システム Concerto を開発し、大学の講義に適用した。適用の結果、Concerto のコミュニケーション機能に関する知見や問題点を得た。その後、得られた知見や問題点をふまえ、Concerto のコミュニケーション機能を強化し、作問要求機能等を追加した、作問に基づく協調学習支援システム Concerto II を開発し、大学の講義に適用した。適用の結果、コミュニケーション機能の強化については、授業時間外の非同期環境下であっても問題に基づくコミュニケーションができていたことが分かった。また、作問要求機能の追加については、この機能を利用することによって、作問をするきっかけが与えられることや解きたいと思う問題に解答することができることが分かった。同時に「要求をする前に自力で問題を作るべき」、「要求に対応することで同じ問題が作られやすくなる」という作問要求機能に対する問題点も得られた。さらに、学習者ごとの問題作成数・掲示板投稿数を調査した結果、問題作成数と掲示板投稿数の間に正の相関があり、それぞれと期末テストの成績の間に弱い正の相関があることが分かった。

Question-posing Based Collaborative Learning Support System and Its Application to a Distributed Asynchronous Learning Environment

YUUKI HIRAI^{†1} and ATSUO HAZEYAMA^{†1}

Along with the progress of information society, many web-based learning support systems have been developed. Such systems enable learners to use them at any time and from any places. The authors created a Web-based collaborative learning system, which supported question-posing by learners, assessment from peers, and communications with question-posers and peers called Concerto. They applied it to an actual university course. As the results, they

identified some features to be enhanced, i.e., active communication support, request of question-posing and so on. The authors created a collaborative learning support system based on question-posing called Concerto II to solve the problems. They applied it to an actual university course. As the results, they found learners could communicate for questions in an asynchronous learning environment, i.e., outside of the classroom. As for the function of request of question-posing, they found it facilitated to pose questions and contributed to select questions learners wanted to tackle. On the other hand, some issues were found that similar questions were likely created by responding to the requests. From an analytical result of the quantitative data of the number of questions posed and the number of messages submitted to a Bulletin Board System, they identified moderately positive correlation between the data. They also identified weakly positive correlation between the score of the final semester examination and both data.

1. はじめに

情報化社会の進展にともない、多くの Web を用いた学習支援システムが開発されてきた。Web を用いた学習支援システムが開発されたことにより、学習者は Web を利用できる環境が整っていれば、システムをいつでもどこでも利用することが可能になった。

我々は、Web を用いた学習支援システムの中で、作問に基づく学習を支援しているシステムに注目する²⁾⁻¹²⁾。作問による学習は高度に知的な活動であり、学習者の問題解決能力向上に寄与するといわれている¹¹⁾。また、作問を認知科学の観点から分析すると、問題を作成するという学習活動には、リハーサル・推敲のような認知的プロセスを含み認知的発達のために有益であるといわれている¹²⁾。

近年では作問による学習方法に加え、他の学習者が作成した問題に対する評価や作成された問題に関して議論するという学習方法も取り入れられている。学習者が作成した問題を共有し、他の学習者がそれらを解くことや問題に対する質疑応答を通じて、学習内容に関する理解力が向上することが期待できると述べている^{9),10),12)}。また、学習者が問題に対する評価を行うためには、問題文の適正さや解答・解説の正しさを客観的かつ批判的にチェックする必要があり、この活動には認知的プロセスが含まれるとしている。さらに、他の学習者とインタラクションを行うことが認知的発達につながるとも述べている¹²⁾。

^{†1} 東京学芸大学大学院教育学研究科

Graduate School of Education, Tokyo Gakugei University

一方、大学等の講義では、大教室を使った多人数授業が多く、時間的な制約もあるため、教師から学生への一方的な知識の伝達になる傾向がある。教師 学生間ならびに学生同士のインタラクティブ性の欠如は多くの教育機関が直面している主要な教育的問題の1つとして認識されている⁹⁾。また、学習者は講義時間内だけで講義内容を理解することは難しいことに加え、教授者は講義で教えなければならないことが多く、講義時間内で作問学習を行うための時間がとれなくなることもある。

そこで我々は、授業時間内に限らず、授業時間外の分散非同期環境でも同期環境と同等の作問学習を行うことができるような作問学習支援システムを開発することを考えた。

これらの背景のもと、我々は2006年度に作問に基づく学習支援システム Concerto を開発した¹⁾。Concerto は作問（修正機能を含む。図表を含む問題の作成も可能）、解答、問題に対する評価、問題ごとに電子掲示板（以下 BBS と記す）でコミュニケーションができる機能を提供している。我々は、学習者が Concerto を利用することで作問し、他学習者が作成した問題に対して評価を行い、BBS で問題の内容に関する議論を行うことで、他学習者とのコミュニケーションが活発になることを想定していた。しかし、Concerto を大学の講義に実適用した結果、作問や問題に対する評価が行われた回数に比べて BBS がほとんど利用されておらず、学習者同士のコミュニケーションが活発ではなかったことが分かった。また、「問題作成者が学生なので、作成された問題は不正確で信頼性に欠ける」という指摘が Concerto の利用アンケートから得られた。

そこで本研究では、Concerto の適用によって得られた知見や問題点をふまえて改良を行い、作問要求機能の追加、コミュニケーション機能の強化、ポイント制の導入をした学習支援システム Concerto II を開発した。そして、作問要求機能の導入効果、コミュニケーション機能を強化した効果を検証するため、大学の講義に実適用を行った。

本論文では、Concerto および Concerto II を分散非同期環境へ適用した結果を報告する。また、Concerto の適用で得られた知見や問題点と、その問題点の解決を試みた Concerto II を大学の講義に適用した適用実験について報告し、Concerto II で導入した作問要求機能の導入効果、コミュニケーション機能を強化した効果、ポイント制の導入効果を考察する。

以下、2章で Concerto の概要と Concerto の適用によって得られた知見や問題点を述べ、3章で改良した Concerto II の概要を説明する。そして、4章で Concerto II の適用実験とその結果について報告し、5章で実験結果を考察する。6章で本研究の位置づけを述べる。

2. Concerto の適用と改良

2.1 Concerto の概要

本節では、Concerto II のベースとなる Concerto の概要を述べる。図1に Concerto の利用プロセスを示す。学習者は Concerto で、①学習内容に対する問題を作成し、②作成した学習者とは別の学習者がその問題に解答し、③問題に対する評価を行う。その後、④作成した学習者や解答・評価をした学習者を交えてその問題の内容に関する議論を繰り返し行い、⑤作成した学習者は必要に応じて問題を修正する、というプロセスを繰り返すことで Concerto を利用する。

2.2 Concerto の適用

前節で説明した Concerto を大学の講義に実適用を行った¹⁾。対象科目は「計算機システム概論」という情報系学科の学部1年生対象の必修科目である。この科目はコンピュータのしくみを理解することを目的としている。受講生に対し Concerto を2006年5月22日から7月10日の期間公開した。この期間内において、受講生がシステムに自由にアクセスできるようにし、システムの全機能を好きなときに好きなタイミングで自由に利用させた。また、授業中はシステムの利用説明のみを行い、そのほかすべての演習は授業外の時間に行わせた。さらに、教授者から受講生に対して「1人1回はシステムの全機能を利用してください」という指示を出した。システムには51人の受講生が利用者登録を行い、このうち24人の受講生が50問を作成した。担当教員は、1人1問は作成するようにという課題を出したが、システムに利用者登録を行った受講者のうちの約半数しか問題を作成しなかった。作成された問題に対して、延べ1,454回解答され（1人平均28.5回解答した）、このうち926回には解答者から評価とコメントが付されていた。システムに蓄積されたデータとシステム

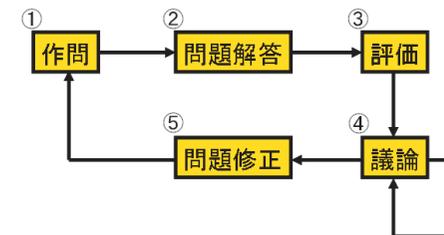


図1 Concerto 利用プロセス
Fig. 1 Usage process of Concerto.

適用後に実施したアンケートの結果から、Concerto のコミュニケーション支援に関するいくつかの知見と問題点を得た。

(1) コミュニケーション支援について

BBS 利用に関しては、スレッド数が 11 でメッセージ総数は 33 であった。内訳は「解答者からの問題に対する質問とそれに対する応答 (7 スレッド)」、「評価コメントに対する作問者からの応答 (2 スレッド)」、「作問者からの問題の誤りに対する謝罪 (1 スレッド)」、「類似問題の作問要求 (1 スレッド)」(これについては後述する)であった。本システムでは記述式の問題も作成可能であり、実際記述式の問題も多かった。自由記述式の問題に対しては、学習者は自分の解答が正しいか否かが分からないかもしれない。このような場合、BBS を利用して、自身の解答が正しいか否かを問い合わせることが可能であるが、そのような使われ方はなされなかった。また、BBS にコメントが投稿されたということを作問者に知らせる機能等がなかったこともあり、BBS に投稿があっても、それに対する返答がないまま議論が終結しているスレッドもあった。以上の知見から、コミュニケーションが活発に行われていなかったことが分かり、コミュニケーションを活性化させるような仕掛けが必要であることを認識した。

(2) 作問要求

適用中に、ある学習者が解答した問題と類似した問題を作成してほしいという要求を、ある問題の BBS に書き込んでいたのを見つけた。我々はこのようなコミュニケーションパターンを想定していなかった。このようなメッセージがある特定の問題に対する BBS に書き込まれると、多くの学習者の目にとまらない可能性がある。一方、この種のメッセージは作問のヒントになることも考えられ、これをきっかけとしてコミュニケーションが活発になることが期待できる。以上から、学習者が作問要求を行える機能を提供する必要があることを認識した。

(3) 作成された問題の質について

ある学習者がアンケートに「問題作成者が学生なので、作成された問題は不正確で信頼性に欠ける」というコメントを寄せた。我々はこの指摘に対して学習者は提供したコミュニケーション機能を用いて議論を行い、必要であれば教師にコメントをを求めることを想定していたが、そのような使われ方はなされなかった。しかし、この指摘によって、作問者のプロフィール(作成した問題とそれらに対する他者からの評価値ならびに他者の問題をどの程度解答しているかを示すデータ)に関する情報を提供する必要性を認識した。

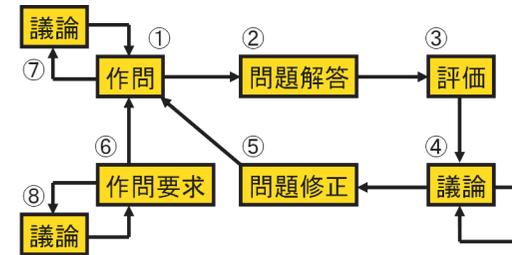


図 2 Concerto II 利用プロセス
Fig. 2 Usage process of Concerto II.

2.3 Concerto の改良

前節で述べた知見や問題点をふまえ、利用プロセスを図 2 のように改良した。

(1) 作問要求機能の追加

学習者が他の学習者(クラス全体)に対して、作問を要求することができる機能(⑥)を追加する。要求内容を閲覧した学習者は、その要求内容に応じた問題を作成する。要求に応じて作成された問題であることが分かるように、要求内容と問題を関連付けて表示できるようにする。

(2) コミュニケーション機能の強化

図 1 では、作成された問題に解答や評価がされた後で議論を行うようにしていたが、議論は問題解答・評価後に行うだけでなく、作問時にも行う可能性があると考え、作問時にも議論を行うことができるようにする(⑦)。また、Concerto II で追加した作問を要求することができる機能に対しても、要求内容に関する質問等ができるようにするため議論ができるようにする(⑧)。

さらに、分散非同期環境で利用することをふまえ、Concerto の BBS で提供していた「教授者コメント要請ボタン」¹⁾に加え、BBS にコメントが投稿されたということを作問者に知らせるためのアウェアネス機能を追加する。

以上より、利用プロセスの様々な場面において議論が行えるようになり、BBS にコメントが投稿されたというアウェアネスを与えられることから、コミュニケーションが活発になることが期待できる。

(3) 作成された問題の質に関する情報の付加

問題に対してその作問者名(ハンドルネーム)と作問者のシステム内でのプロフィール(作成した問題とそれらに対する他者からの評価値ならびに他者の問題をどの程度解答して

いるかを示すデータ)を閲覧できるようにする。

3. Concerto II の概要

2.3 節で述べた改良点に基づき、学習支援システム Concerto II を開発した。以下に本システムの概要を述べる。

(1) マイページ

本システムにログインすると、ログインした利用者の本システム内におけるマイページが表示される(図3)。このページではログインした利用者に対するシステムの利用状況(プロフィール)や、システムに登録された問題に関する情報の一部を閲覧することができる。また、学習者は画面上部等にあるボタンを押すことによって、Concerto II で提供する機能を利用することができる。以下、図3に振った番号に沿って各項目の内容を述べる。

平井 さんログイン中

★★★★ 問題掲示板に新規投稿がありました。チェックをお願いします ★★★★★

① ●プロフィール●

ハンドルネーム: 平井 ベテラン
作問ポイント: 1180 貢献ポイント: 3520
現在のグループ: 管理者

② ●管理者・教授者から●

- 【システムエラーに注意】です。(平井)
- 【またお詫ひ】マイページの「最近のホット...」(平井)
- 【お詫ひ】作問要求一覧について (平井)
- 【システムメンテナンス終了】のお知らせ... (平井)

③ 全ユーザ&ランキング

④ ●自作問題●

分野	形式	作成者	作成日時	分野	形式	難評価	質評価	評価数	レス数
記憶装置	記述	せーだ	07-07-09 04:01	記憶装置	記述	4.05	4.18	22	2
ブル代数	記述	アライ	07-07-09 02:53	アセンブラ	記述	3.82	4.42	33	1
記憶装置	記述	アライ	07-07-09 02:38	アセンブラ	記述	2.58	3.25	12	0
データ表現	記述	ショコラ	07-07-09 00:38	アセンブラ	選択	2.33	3.56	9	0
データ表現	選択	ATSUSHI	07-07-08 20:23	アセンブラ	記述	3.18	3.88	17	0

※難評価&質評価は平均値

⑤ ●最近のホットな話題●(問題掲示板)

- テスト投稿です。(問題1)
- 0の中身は、【携帯電話番号 | 自宅電話】(問題570)
- この回答にもう一度補数をとってあげないと(問題560)
- ザキーン~~~~~(問題377)
- 文字だけ修正しました。(問題569)

⑥ ●作問要求●

- ??ページのようなブル代数の証明問題を...(さいか)
- アセンブラのプログラムの問題をできるだけ...(peta)
- 歴史について明確でないことがたくさんあるの...(ATSUSHI)
- 記憶装置の問題をよろしくお願ひします。(あああ)

図3 Concerto II マイページ
Fig. 3 My page in Concerto II.

① プロフィール

ログインした利用者が、本システムにおけるプロフィール情報を閲覧することができる。プロフィールとして、ハンドルネーム、作問ポイントと貢献ポイント(後述)がある。また、「全ユーザ&ランキング」ボタンを押すことですべての利用者のプロフィールを閲覧することもできる。

② 連絡掲示板

システム管理者や教授者が登録した連絡事項の一部を閲覧することができる。「連絡項目一覧」ボタンを押すことですべての連絡事項を閲覧することもできる。

③ 最新の問題

システムに登録された最近の問題の情報を閲覧することができる。「問題一覧」ボタンを押すことによって、すべての問題の情報を閲覧することもできる。

④ 自作問題

ログインした利用者が、システムに登録した最近の問題の情報を閲覧することができる。ここでは登録した問題に対する難易度評価、問題の質評価(後述)と評価数や、BBSに投稿されたコメントの総数を閲覧することができる。「自作問題一覧」ボタンを押すことによって、ログインした利用者が作成したすべての問題の情報を閲覧することもできる。

⑤ 最近のホットな話題(アウェアネス機能)

BBSに最近投稿されたコメントとその問題番号を閲覧することができる。これにより、どの問題に対する議論が活発になっているかが分かる。

⑥ 作問要求

作問要求機能(後述)を利用して登録された要求内容の一部と要求者を閲覧することができる。「要求一覧」ボタンを押すことによって、すべての要求内容を閲覧することもできる。

⑦ BBSへの投稿アウェアネス(アウェアネス機能)

自作問題に設置されているBBSに対して新規のコメントが投稿されている場合は、投稿されたことを知らせるメッセージが表示され、作問者はBBSに投稿があることを知ることができる。

(2) 作問機能

学習者が問題を作成することができる。問題形式として多肢選択式か自由記述式を選び、その後それぞれの形式にあった問題を作成する。学習者は出題分野、問題文、選択肢(4択、多肢選択式のみ)、解答、解説文、出題意図を記入することによって問題を作成することができる。また、図表を利用した出題、図表を利用した解説を行うこともでき、自身が作成し

正解済み	問題番号	分野	問題形式	作成者	作成時レベル	評価数	レス数			
<input type="radio"/>	511	ブール代数	選択	コガマヒロヤ	ルーキー	19	2	解答する	掲示板	評価一覧
<input type="radio"/>	498	ブール代数	選択	peta	メジャー	20	3	解答する	掲示板	評価一覧
<input type="radio"/>	496	データ表現	記述	peta	メジャー	13	0	解答する	掲示板	評価一覧
<input type="radio"/>	495	データ表現	記述	peta	メジャー	16	0	解答する	掲示板	評価一覧
<input type="radio"/>	471	ブール代数	記述	ヤスすぎ	ルーキー	19	0	解答する	掲示板	評価一覧
<input type="radio"/>	469	アセンブラ	記述	せーだ	ルーキー	9	2	解答する	掲示板	評価一覧
<input type="checkbox"/>	468	ブール代数	記述	ひょん	ルーキー	17	2	解答する	掲示板	評価一覧
<input type="radio"/>	466	アセンブラ	記述	AREK	ルーキー	22	0	解答する	掲示板	評価一覧
<input type="radio"/>	465	記憶装置	選択	ヤスすぎ	ルーキー	18	0	解答する	掲示板	評価一覧
<input type="checkbox"/>	463	ブール代数	記述	ひょん	ルーキー	12	0	解答する	掲示板	評価一覧
<input type="checkbox"/>	462	記憶装置	記述	ヤスすぎ	ルーキー	6	1	解答する	掲示板	評価一覧

図 4 問題一覧画面

Fig. 4 Screen shot for selecting a question.

た問題に対して、必要に応じて問題を修正することもできる。さらに、作問時に議論を行うことができるように、図 2 の⑦に相当する掲示板を設置した。

(3) 問題一覧

作成された問題の一覧を表示する画面である(図 4)。各問題に対して問題番号、分野、作成者とその人の作問レベル(後述)、他者からの評価数と当該問題に対する BBS の書き込み件数が表示される。

(4) 問題解答機能

登録された問題に解答することができる。解答はテキストベースで行うが、必要に応じて図表を利用して解答することもできる。

(5) 問題評価機能

解答した問題に対して評価を行うことができる。評価として、難易度と問題の質に対する 1(易/悪)~5(難/良)の 5 段階評価とコメント(自由記述)を登録することができる。

(6) BBS

学習者が作成した問題それぞれに対してスレッド型の BBS を設置した。この BBS は問題に対する質問とその応答や、評価に対するコメント等、その問題に関する議論を行うこ

要求日	要求者	コメント	対応問題数		
07-07-07	さいか	77ページのようなブール代数の証明問題をもっと解きたいです！よろしくお願いします	0	要求に対応する	
07-07-05	peta	アセンブラのプログラムの問題をできるだけたくさんお願いします。	0	要求に対応する	
07-07-01	ATSUSHI	歴史ついて明確でないことがたくさんあるので、どなたか作問していただけませんか？特にノイマンあたりを...	1	要求に対応する	対応した問題
07-06-28	あああ	記憶装置の問題をよろしくお願いします。	1	要求に対応する	対応した問題
07-06-27	ライス	分野とかではないんですが、昨年のテスト問題、または、模擬問題をつくっていただけませんか？お願いします。	2	要求に対応する	対応した問題
07-06-27	けい	昨年のテストの類似問題を作ってくれませんか？	1	要求に対応する	対応した問題

図 5 作問要求一覧画面

Fig. 5 Request list of question-posing.

とでコミュニケーションをすることができる。また必要に応じて、教授者や TA に対して、コメントを要求できる。これは、学習者同士の議論で問題点・疑問点が解決できない場合を想定して設置したものである。

(7) 作問要求機能

学習者が作問を要求することができる。図 5 は要求された内容の一覧画面である。各要求に対して、要求者と要求内容に加え、その要求に応えて作成された問題が関連付けて表示される。また、要求内容に対する質問等ができるように、図 2 の⑧に相当する要求掲示板を設置した(図 5 上部の「要求掲示板へ」ボタンを押すことで利用できる)。

(8) 作問ポイントと貢献ポイント

学習者がこれまでに述べてきた機能を利用することで、その学習者に対して作問ポイントや貢献ポイントを与えるようにしている。

作問ポイントは、学習者が作成した問題に対する他の学習者から評価があった場合に与えられる。また、作問ポイントが上昇するにつれて、作問レベルが上がるようにした。この指標を用いることによって、その学習者がどのくらい作問したかということと、作成した問題が他の学習者からどの程度の評価を受けているかが分かる、作成された問題の信

頼性を量る 1 つの指標になると考えられる。

貢献ポイントは、以下の活動をしたときに与えられる。

- 他の学習者が作成した問題を評価する。
- BBS にコメントを投稿する。
- 作問要求に応えた問題を作成する。

この指標を用いることによって、その学習者が他の学習者に対してどのくらい貢献したかが分かる。

これに加え、作問ポイントと貢献ポイントに応じたユーザのランキングを表示できるようにしている。

4. Concerto II の適用実験

4.1 実験概要

我々は Concerto を適用したのと同じ科目（計算機システム概論）の 2007 年度の受講者に対し、Concerto II の適用実験を行った。Concerto II を 2007 年 5 月 21 日から 2007 年 7 月 9 日の期間公開し、その後システムに対するアンケートへの回答を依頼した。Concerto の適用実験と同様、この期間内において、受講生がシステムに自由にアクセスできるようにし、システムの全機能を好きなときに好きなタイミングで自由に利用させた。また、授業中はシステムの利用説明のみを行い、そのほかすべての演習は授業外の時間に行わせた。さらに、教授者から受講生に対して「1 人 1 回はシステムの全機能を利用してください」という指示を出した。

ポイント制について、教授者から受講生に対して作問ポイントや貢献ポイントがどのようなことをすると増えるかということ伝え、「作問ポイントは作問者が作成した問題の質を見る一指標にしてください」ということを伝えた。

なお、Concerto II で導入したアウェアネス機能の効果を検証するため、公開期間を以下の 3 期に分けた。

- 1 期（2007 年 5 月 21 日～2007 年 6 月 4 日（15 日間））… BBS，アウェアネス機能なし
 - 2 期（2007 年 6 月 4 日～2007 年 6 月 25 日（21 日間））… BBS の設置
 - 3 期（2007 年 6 月 25 日～2007 年 7 月 9 日（14 日間））… アウェアネス機能の追加
- アンケートでは Concerto II の各機能に対する意見や感想を書き、質問項目に応じて 1（そう思わない）～ 4（そう思う）の 4 段階で評価するようになっている。

表 1 Concerto と Concerto II の適用結果

Table 1 Results of application with Concerto and Concerto II.

	Concerto	Concerto II
公開期間	約 7 週間	約 7 週間
履修者数	87	96
ユーザ登録数	51	91
ログイン回数	637	3291
問題作成数	50	311
問題修正回数	16	187
問題解答回数	1454	7239
評価登録数	926	4196
BBS スレッド数	11	110
BBS 投稿数	33	172
作問要求数	—	6

表 2 Concerto II の適用結果（期間ごと）

Table 2 Results of application with Concerto II in each term.

	1 期	2 期	3 期
公開日数	15	21	14
問題作成数	51	147	113
BBS 閲覧数	—	1045	1131
BBS 投稿数	—	106	66

4.2 実験結果

表 1 に Concerto II の利用状況を昨年公開した Concerto の利用状況とともに示し、表 2 に Concerto II の期間ごとの問題作成数、BBS 閲覧数、BBS 投稿数を示す。表 3 に Concerto II の BBS での議論内容を Concerto での議論内容とともに示す。なお、表 1 における Concerto II の BBS スレッド数、BBS 投稿数は図 2 のプロセスにおける④・⑦・⑧での合計値であるが、⑦・⑧では BBS に対する投稿が 1 件もなかった。

次に、アンケート結果を示す。アンケートは 61 名分（回収率 64%）回収することができた。表 4 にアンケートの質問項目を、図 6 に結果を示す。

表 3 Concerto と Concerto II の BBS での議論内容

Table 3 Classification of discussions in BBS in Concerto and Concerto II.

	Concerto	ConcertoII
解答者からの問題に対する質問とそれに対する応答	7 スレッド	39 スレッド
作問要求に応えたことに対する感謝や他問題への誘導などの連絡	0	20
解答者からの問題を解いてみての感想	0	14
作問者からの問題の誤りに対する謝罪	1	13
評価コメントに対する作問者からの応答	2	10
作問者からの問題の解説に対する補足説明	0	8
解答者からの問題に対する詳しい改良コメント	0	6
類似問題の作問要求	1	0

表 4 アンケート項目

Table 4 Questionnaire items about Concerto II.

BBS に関する質問	
d1	自分が作成した問題に対する BBS があると、自分の学習の役に立つと思う。
d2	BBS を利用することで問題の質があがると思う。
d3	BBS での議論は楽しかった。
d4	自分が投稿した内容に、自分の意図した返答があった。
d5	自分が BBS に投稿した内容に、返答があるとうれしい。
作問要求機能に関する質問	
r1	作問要求機能を利用することが学習の役に立つと思う。
r2	作問要求機能が問題作成をするきっかけを与えらると思う。
r3	作問要求機能があると、問題を作成しやすい。
作問ポイントと貢献ポイントに関する質問	
p1	作問ポイントと貢献ポイントがあると Concerto II をもっと利用する気になる。
p2	他学習者の作問ポイントと貢献ポイントが（問題の選択をするときに）参考になった。

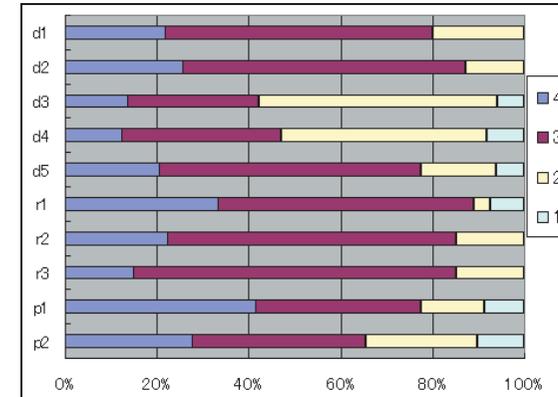


図 6 アンケート結果

Fig. 6 Results of questionnaire.

5. 考 察

5.1 改良点に関する考察

(1) 作成された問題の質に関する情報の付加について

作問ポイントと貢献ポイントに関するアンケート結果を見ると、「他学習者の作問ポイントと貢献ポイントが（問題を選択するときに）参考になったか」という質問項目に対して、6割以上の学習者が3以上の評価をしている。この質問項目に関して、「どんな問題を解こうと思いましたが」という質問項目に対し、自由記述で以下のような回答を7人の学習者から得た。

- 初めてのころはランキング上位者の問題、テストが近くなってきたころは分野別、直前はすべての問題を解く。
- ランキングが上の人の問題を解こうと思いました。

これらから、作問ポイントと貢献ポイントに基づいたランキングを参考にしている学習者がいたということが分かった。したがって、この作問ポイントと貢献ポイントが「作問者が作成した問題の質を見るための一指標」になっていると考えられる。

また、「作問ポイントと貢献ポイントがあると Concerto II をもっと利用する気になる」という質問に対し、8割近くの学習者が3以上の評価をしていることが分かった。このポイント制に関して自由記述で以下の回答を得た。

表 5 Concerto II 適用結果 (期間ごと, 1 日あたり)

Table 5 Results of application with Concerto II per day in each term.

	1 期	2 期	3 期
問題作成数	3.40	7.00	8.07
BBS 閲覧数	—	49.76	80.79
BBS 投稿数	—	5.05	4.71

- ポイントを上げていこうとして, ゲーム感覚でできたので, 良いシステムだと思います.
- ポイント制のためとてもやる気になった. やる前は「計算機システム概論」のことが分からなかったが, Concerto II を利用して知識がよく入った. Concerto III やりたいです.
- Concerto II があったから勉強しようと思うことができたと思います. 友だちと作問ポイントを争ったりそういった面では勉強を楽しくするうえでとても良いものだと思います.

これらの結果から, ポイント制があることによって学習者のシステム利用のモチベーションが向上したと考えることができ, その結果, Concerto と比べて Concerto II の問題作成数や BBS スレッド数が上がったものと考えられる.

以上から, Concerto II で導入したポイント制において, 作問ポイントが当初の目的である「作問者が作成した問題の質を見るための一指標」になっていたことが分かり, それと同時に作問ポイントと貢献ポイントは学習者が Concerto II を利用するモチベーション向上につながっていたことも分かった.

(2) コミュニケーション機能の強化について

表 1 から, Concerto では BBS のスレッド数が 11 件 (1 ユーザあたり 0.22 件, 1 問あたり 0.22 件) であるのに対し, Concerto II では 110 件 (1 ユーザあたり 1.21 件, 1 問あたり 0.35 件) となっていることが分かる. また表 3 から Concerto II では BBS が様々な観点で利用されていることが分かる.

このような結果になった要因として, まず前述のポイント制の導入が考えられる. それに加え, Concerto II で導入したアウェアネス機能もこのような結果につながった要因なのではないかと考え, アウェアネス機能の有効性を調査した.

表 2 で Concerto II の各期間の問題作成数, BBS 閲覧数, BBS 投稿数を示した. この表 2 について, 1 日あたりに正規化したものを表 5 に, 1 問題あたりに正規化したものを表 6 に示す. 表 5, 表 6 からアウェアネス機能追加後 (3 期) の BBS 閲覧数が 1 日あたり,

表 6 Concerto II 適用結果 (期間ごと, 1 問題あたり)

Table 6 Results of application with Concerto II per question-posing in each term.

	1 期	2 期	3 期
BBS 閲覧数	—	7.11	10.11
BBS 投稿数	—	0.72	0.58

1 問題あたりにおいても, 2 期の BBS 閲覧数と比べると多くなっている. 試験直前であることを考慮しても, BBS 閲覧数が相対的に多くなっているということが分かる. 一方, BBS 投稿数は 2 期の BBS 投稿数と比べると少なくなっている.

以上から Concerto II で導入したアウェアネス機能が BBS 投稿数の増加には寄与しなかったものの, BBS 閲覧数の増加に寄与したと考えられる.

一方, BBS に関するアンケート結果を見ると, 今回の適用では BBS での議論は楽しいと思っている学習者, 投稿した内容に意図した返答があったと思っている学習者は全学習者の約 50% であり, BBS を利用することが学習の役に立つと思っている学習者, 問題の質が上がるとしている学習者, 投稿した内容に返答があるとうれしいと思っている学習者は約 80% いることが分かる. これらより, BBS を使うことによるメリットはあると認識している学習者は多くいるが, 実際に BBS を利用すると意図した議論が行えなかったと思っている学習者がいることが分かった. 意図した議論を行えるようにするため, Concerto II では, BBS における「教授者コメント要請ボタン」に加え, アウェアネス機能を導入した. 「教授者コメント要請ボタン」に関するアンケートに対し「TA がすぐに答えてくれるので良かった」という回答があり, このボタンの有効性は認められた.

また, アウェアネス機能の導入に関しては, 前述のとおり BBS 閲覧数の向上に寄与していることが分かった. しかし, 学習者同士で意図した議論を行えるようにするためにはさらなるアウェアネス機能の追加が必要であると我々は考えている. たとえば, BBS において質問に対する回答が数日間なかった場合に, 学習者全員に対して「質問で終わっているスレッドがあります」というメッセージを送ることにより質問に対する回答がスムーズに行われ, 意図した議論が行えるものと考えている.

(3) 作問要求機能の追加について

Concerto II の公開期間中に作問要求機能を用いて 6 件の要求項目が登録され (表 1), そのうち 4 件の要求に対して, 要求に対応する問題が作成された.

また, (自由記述形式で) 作問要求機能に対する意見や感想に対し, 以下の回答を得た.

- 自分が解きたいと思う問題が見つけやすくなった (4 人).

- 作問要求する前に、自力で問題を作ってほしかった(1人)。
- 要求にきちんと応えている問題もあれば、そうでない問題もあった(1人)。
- 要求されている問題が本当にまだ出題されていないのかが分からなかった(1人)。
- 作ってほしい人まで指定すれば、要求に対する作問がもっと増えると思う(1人)。
- 要求が曖昧すぎて答えられなかった(1人)。
- 作問要求は同じタイプの問題が作られやすくなるという欠点もあると思う(1人)。

図6の結果から、作問要求機能を利用することによって、問題を作成するきっかけが与えられることが分かった。

「自分が解きたいと思う問題を見つけやすくなった」という回答は、作問要求機能によって自分が要求した問題を作ってもらえるようになったため問題を見つけやすくなったと考えることができる。「作問要求する前に自力で問題を作ってほしい」という回答に対して、システムに蓄積されたデータから、この指摘した学習者の問題作成数は18問(全ユーザ91人中1位)であることが分かった。この学習者は、「学習内容に対する作問・解説を他学習者にさせ、自分(作問をしていない学習者)はその解説を読んで理解するというように、頑張って作問した学習者からみると不公平」だと感じたため、このようなコメントを出したのではないかと考えられる。今回の適用ではシステムに蓄積されたデータから、作問要求をした学習者(6人)の問題作成数は14問(問題作成数2位)、8問(同6位)、8問、8問、6問(同15位)、4問(同26位)であり、全員4問以上は問題を作成していることが分かった。

作問要求機能では、学習者が問題を作ることで学習をすると同時に、学習者自身が理解できない学習内容に関して、他学習者に対して作問要求し、他学習者に作問、解説をしてもらうことで、その内容を理解することができるという協調学習的な側面もあるのではないかと考えた。Concerto IIの適用実験では作問をしたことがない学習者が作問要求をすることはなかったが、作問要求をする際に問題を作成したことがない学習者に対しては「ただ乗り」を防ぐためにも、1問以上は問題を作成させることを促す仕掛けを提供する必要があると考えている。

「作問要求は同じタイプの問題が作られやすくなる」という回答について、作問要求機能では、ある1人の学習者が他の学習者全員に対して要求するため、その要求に対応する問題は(要求者を除く)学習者全員が作成することができる。したがって、作問要求に対応する問題は複数作られる可能性があり、その結果、同じタイプの問題が作られることがあると考えられる。タイプの偏りをなくすために、たとえばシステムがそれまでに作成された問題のタイプを判別し、以下のようなメッセージ

表7 BBS投稿数(曜日、時間帯ごとに集計)

Table 7 Results of the number of messages submitted to Concerto II BBS.

	日	月	火	水	木	金	土	計
0-6時	8	23	10	7	4	4	7	63
6-12時	1	5	5	1	0	0	2	14
12-18時	7	9	13	5	7	2	3	46
18-24時	8	10	13	8	1	9	0	49
計	24	47	41	21	12	15	12	172

- 多肢選択問題は多く作成されているので、記述式問題を作成してください、
- 同じタイプの問題は作成しないでください、

を提示することで、同じタイプの問題は作られにくくなると考えられるが、類似問題を作成することにより学習内容の理解が向上するという報告⁸⁾もあり、一概に同じタイプの問題を作られにくくすることが良いといいきることはできない。この回答への対応は今後の課題として検討する必要がある。

「要求が曖昧すぎて答えられなかった」という指摘をした学習者もいた。たとえば、図5の作問要求一覧に「記憶装置の問題をよろしくお願いします」という要求がある。記憶装置に関する学習内容には、アクセス時間の計算や記憶装置の名称等があったが、この要求では曖昧すぎて、記憶装置のどの内容に関する問題を作成すればよいか分からなかったため、要求に対応できないということを指摘したと考えられる。このような場合、要求掲示板を利用して、要求の詳細を問い合わせることが可能であるが、そのような使われ方はなされなかった。

以上から Concerto II で導入した作問要求機能は、問題点がいくつか出たが、学習者に問題を作成させるきっかけを与えることができるということが分かった。また、学習者自身で理解できない内容に関して他学習者に作問要求をすることで、その学習者が学習内容の理解ができるとともに、他学習者の作問学習を誘発させることが可能であるということも分かった。

5.2 分散非同期環境への適用効果

(1) 分散非同期環境におけるコミュニケーション

表1で示した Concerto II の BBS 投稿数(172件)に対し、これらの投稿があった曜日、時間帯ごとに集計した。集計結果を表7に示す。この表から本研究の適用実験の対象とした「計算機システム概論」の講義時間帯(月曜12-18時)以外の分散非同期環境においても、作問に基づくコミュニケーションができていると考えることができる。

表 8 問題とその問題に関する議論の例
Table 8 Example of a question and its discussions in Concerto II BBS.

問題 (左から作問者, 作問日時, 問題文)	
学習者 A	2007/05/30 22:34:39 次のプログラムを正しく実行させるために[A][I]には何をいれればよい答えなさい。 MASUO START LD GR3,1,GR7 ST GR2,0,GR1 ST GR6,4,GR1 END LAD GR7,[A] LD GR4,2,GR7 ST GR3,1,GR1 RET LAD [I],DQN LD GR5,3,GR7 ST GR4,2,GR1 ORG DC 'MASUO' LD GR2,0,GR7 LD GR6,4,GR7 ST GR5,3,GR1 DQN DS 5
解答・解説 (左から作問者, 解答日時, 解答・解説文)	
学習者 A	2007/05/30 22:34:59 [A]ORG [I]GR1 ちなみに実行結果としてDQN+0からDQN+4にはMASUOが格納されます。 すべて説明するのは困難なので要点だけ説明させていただきます。 [A]について、LAD GR1,ORG ではORGの領域に格納されている値ではなく、ORG自身、つまりORGの領域の先頭番地がGR1に設定されている。LADはアドレスの設定をし、LDは値の設定をする。 [I]について、ST命令のところでGR1をすでに指定しているから。
問題に関する議論 (左から投稿者, 投稿日時, 投稿内容)	
学習者 B	2007/06/11 15:10:01 すみませんが、LDとLADの違いがまだわからないのでおねがいします。
学習者 A	2007/06/12 19:11:40 さて、LDとLADの違いがわからないという質問をお受けしましたので浅はかな知識ながら説明させていただきます。これは私が考えた例ではないことをあらかじめことわっておきます。まず例を2つあげます。 ①LD GR1,#0102 ②LAD GR1,#0102 (シャープがついているとき、これは16進数で表記されていることを意味します) #0102=(0102)hということですね。 ①の例ですが、LD命令の場合には、オペランドの#0102を主記憶に対するアドレスとして、主記憶のアドレス#0102番地にアクセスし、その番地に格納されている値を読み込んで、汎用レジスタGR1に設定します。一方、②の例ですが、LAD命令の場合には、オペランドで指定された#0102をそのまま汎用レジスタに設定します。 つまり、LAD命令では主記憶にアクセスしないという点がポイントです。少々難しいことを書いてしまいましたが、理解していただけましたら幸いです。
学習者 B	2007/06/13 01:15:38 ありがとうございます。
学習者 C	2007/06/16 23:14:20 横から突然申し訳ありませんが、私もLDとLADの違いを説明させてください。 LDは指定したアドレス(番地)に入っている数字や文字を得ます。 LADは指定したアドレスの番地を得ます。 例えば、ORG(5番地)に'あ'が入っていたとします。 LD GR1,ORG ならば、GR1は'あ'を得ます。 LAD GR1,ORG ならば、GR1は5を得ます。 こんな感じではないでしょうか?何か意見や訂正があれば教えてください。
学習者 D	2007/06/17 22:43:50 横の横ですいません。 学習者Cさん、とても分かりやすい説明で助かりました。
学習者 A	2007/06/17 22:51:10 学習者Cさんへ全くその通りだと思います。
学習者 E	2007/06/18 07:17:38 ありがとうございます! 助かりました
学習者 F	2007/06/22 16:43:16 たしかにこの方がわかりやすいと思います。 LD、LADの違いは慣れですね(๑_๑)

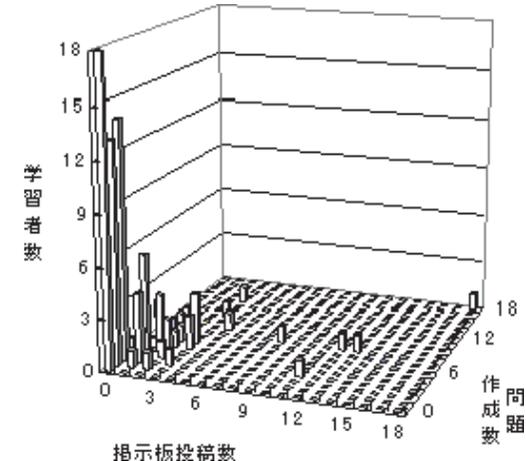


図 7 問題作成数と掲示板投稿数の相関

Fig. 7 Correlation of the number of question-posing and the number of messages submitted to BBS.

また、表 8 に Concerto II に登録された問題とその問題に設置されている BBS で行われた議論の例を示す。この例を見ると、この問題に関する議論は、問題の解答・解説に対する質問から始まり、それに対する回答が作問者からあり、質問をした学習者は感謝をしている。さらに、他の学習者が、作問者が回答した内容とは別の説明をし、この説明に対して、複数の学習者が「分かりやすい」とコメントしており、作問者もこれに同意をしているということが分かる。つまり、この議論は、作問者に対する質問とその回答をベースとして、作問者・質問者とは別の学習者が、異なる観点から説明をした結果、作問者も含めて複数の学習

者が問題の解説内容を理解したという流れになっている。また、作問日時や BBS への投稿日時が授業時間外になっていることも考慮すると、この結果からも、講義時間外の分散非同期環境においても、作問に基づくコミュニケーションができていると考えることができる。
(2) 問題作成数や成績との関連

表 1 で示した問題作成数と BBS 投稿数に関して、さらに学習者(期末テストの受験者 87 人)ごとの問題作成数と BBS 投稿数を調査し、その 2 つの相関を調査した。問題作成数と BBS 投稿数をプロットした結果を図 7 に示す。

また、BBS 投稿数、問題作成数、期末テストの成績(期末テストの受験者数 $N = 87$)に関して、統計ソフト SPSS for Windows 13.0J で 2 変数相関分析を行った。出力結果を表 9 に示す。

この結果から問題作成数と BBS 投稿数との相関に対する相関係数は $0.65 (P < .01, N = 87)$ であることが分かった。つまり、問題作成数と BBS 投稿数はある程度の正の相関があり、問題を多く作成した学習者は BBS にコメントを多く投稿しており、問題をほとんど作成していない学習者は BBS にコメントをほとんど投稿していないということが分かる。

また、問題作成数と期末テストの成績との相関に対する相関係数は $0.30 (P < .01, N = 87)$ であり、BBS 投稿数と期末テストの成績との相関に対する相関係数は $0.24 (P < .05,$

表 9 BBS 投稿数, 問題作成数, 期末テストの成績に関する 2 変量相関分析

Table 9 Correlation analysis among the number of messages submitted to BBS, the number of question-posing and score of the final examination.

		問題 作成 数	BBS 投稿 数	成績
問題作成数	Pearson の相関係数	1	.647**	.296**
	有意確率 (両側)		.000	.005
	N	87	87	87
BBS 投稿数	Pearson の相関係数	.647**	1	.241*
	有意確率 (両側)	.000		.025
	N	87	87	87
成績	Pearson の相関係数	.296**	.241*	1
	有意確率 (両側)	.005	.025	
	N	87	87	87

** : 相関係数は 1% 水準で有意, * : 相関係数は 5% 水準で有意

$N = 87$) であった。つまり, 問題作成数や掲示板投稿数と期末テストの成績は弱い正の相関があることが分かった。

一方, 期末テストで成績が良かった学習者のアンケート回答において, 作問学習に関して以下の回答が得られた。

- 問題を作るには理解していないといけなかったので勉強した。
 - 自作問題が解いてもらえると嬉しかった。
 - みんなと違う形式の問題を作ろうと考えた。
 - 問題を作成すると理解が深まる。
 - 問題作成の難しさを知った。
- また, 問題に基づく議論に関して以下の回答が得られた。
- 質問が来たことで意欲がわいた。
 - 間違いの指摘やさらに問題を良くする方法を知った。
 - 分からないことを教えてもらった。

これらの結果から, 成績の良い学習者は Concerto II において作問や議論を積極的に行っていたことが分かった。しかし, 「システムを使ったことで成績が上がった」ということは, 今回の適用実験からは認められなかった。今後, Concerto II を利用することによる成績上昇効果について, さらに調査をする必要がある。

6. 本研究の位置づけ

学習者による作問に基づいた学習とその効果は中野らの研究³⁾⁻⁵⁾をはじめとして, 様々な形で実践研究, 報告されている^{2),6)-13)}。それらの中で本研究では, 学習者による作問, 学習者による問題の評価, 学習者による問題に関する議論を支援するシステムに着目しているため, これらを扱っている研究の中での位置づけを述べる。

作問を行うことができるだけでなく, 問題に対する評価や議論を行うことができる学習支援システムは, 他研究において, いくつか開発されている。

QSIA は Web ベースの学習支援システムである。QSIA は作問, 知識共有 (学習者へ問題を推薦する), 評価 (assessment) を主要機能として提供しているが, 特に知識共有と評価に力点を置いている⁶⁾。

高木らは以下の学習プロセスに従う学習支援システムを開発した⁹⁾ (1) 学習者は学習内容に従い問題を作成し, グループメンバがそれをレビューする, (2) 問題作成者はレビューを終えた問題をデータベースに登録する。それを教授者がレビューする, (3) 教授者はデータベースから問題を取り出し, オンラインテストを作成し公開する, (4) 学習者がオンラインテストを解答する。システムでは文字情報のみによる多肢選択式問題のみを作成することができる。高木らは授業時間内での対面環境下におけるグループレビューに力点を置いている。

QPPA は 4 つの主要機能からなる Web ベースの作問に基づく学習環境である¹²⁾ (1) 作問, (2) 評価, (3) 問題の閲覧, (4) ドリル形式での演習。作問形式として多肢選択式問題のみがサポートされている。Yu らは QPPA を, 小学校高学年を対象に適用を行った。システムに対する評価として, 機能の使いやすさと教科による作問のしやすさについてアンケートによる調査を行っている。

菅原らは, 以下の学習プロセスに従う e-Learning システム SHoes を開発した⁷⁾ (1) 学習者は教授者が提示した課題に対して問題・正解を作成し, 教授者に提出する, (2) 教授者から公開された問題に対し, 問題作成者とは別の学習者が問題に解答し, 教授者に解答内容を提出する, (3) 教授者から公開された解答内容に対し, 問題作成者・解答者とは別の学習者が解答内容を採点し, 採点した結果を教授者に提出する。システムではペンタブレットを用いた手書きによる作問が可能である。また, システムは授業時間内に対面環境下で利用され, (1)~(3) の各フェーズをグループで行う組織学習に力点を置いている。

これまで述べてきたシステムと我々が提案する Concerto II の特徴を比較し, 結果を表 10

表 10 Concerto II と既存システムの比較
Table 10 Comparison of Concerto II and other systems.

	QSIA	高木らのシステム	QPPA	Shoes	Concerto	Concerto II
主な作問者	教授者	学習者	学習者	学習者	学習者	学習者
学習形態	(単純な)組織学習	協調型組織学習	(単純な)組織学習	協調型組織学習	(単純な)組織学習	(単純な)組織学習
作問形式	多肢選択式	多肢選択式 (テキストベース)	多肢選択式 (図を用いた作問可)	自由記述式 (手書での作問可)	多肢選択・自由記述式 (図表を用いた作問可)	多肢選択・自由記述式 (図表を用いた作問可)
問題評価機能	○	—	○	○	○	○
インタラクション支援	—	○ グループレビュー (対面環境下)	—	○ 各問題(シート)に 対するBBS (対面環境下)	○ 各問題に対するBBS (対面環境下) (非同期環境下)	○ 各問題に対するBBS (対面環境下) (非同期環境下)
作問要求機能	—	—	—	—	—	○
ポイント制	—	○	—	—	—	○
その他	問題推薦	オンラインテスト (教授者による調整)	ドリル演習	—	教授者への支援要請 クラス全体がコミュニ ティ	教授者への支援要請 クラス全体がコミュニ ティ アウェアネス機能

にまとめた。Concerto は学習者が主体的に作問を行うという点で高木らのシステムや QPPA, SHoes と同じであるが、高木らのシステムや SHoes はグループを単位として活動を行う協調型組織学習⁷⁾を想定しており、Concerto や QPPA では個人を単位として活動を行う(単純な)組織学習⁷⁾を想定している。また我々は、学習者が自由な発想で作問することができるように、作問形式として多肢選択式のみでなく、SHoes⁷⁾と同様に、自由記述による形式も提供している。コミュニケーション支援として、QPPA と QSIA は評価コメントを記述することにより作問者にフィードバックを与えることは可能であるが、作問者とそれ以外の学習者による双方向のコミュニケーションを支援してはいない。高木らや菅原らは作成した問題に対する、授業時間内に行われる対面環境下でのグループレビュー機能を提供している。我々は多くの学習者からの問題に対する評価や多くの学習者とのコミュニケーションが学習効果向上に寄与すると考え、グループでなくクラス全体で活動を行うことを想定している。また、ポイント制について、高木らの研究ではポイントを「学習者グループ間で競争させるため」に導入しているが⁹⁾、本研究では「学習者が作成した問題の質を見るための一指標」として導入している。

本研究では他研究では報告されていない、分散非同期環境における作問学習の実践報告をし、分散非同期環境において作問に基づく協調学習ができていたことを示した。また分散非同期環境で行うために Concerto II に追加したアウェアネス機能の有効性を示した。さら

に他研究では導入していない作問要求機能、「学習者が作成した問題の質と見るための一指標」として導入したポイント制の有効性も示した。

7. おわりに

本論文では作問に基づく協調学習支援システム Concerto II を提案した。Concerto II は我々が 2006 年に開発したシステム Concerto を大学の講義に実適用して得られた知見、問題点を解決することを目指したものである。また、Concerto II を 2007 年に開講された大学の講義に適用した。適用の結果、コミュニケーション機能の強化については、授業時間外の非同期環境下であっても問題に基づくコミュニケーションができていたことが分かった。また、作問要求機能の追加については、この機能を利用することによって、作問をするきっかけが与えられることや解きたいと思う問題に解答することができることが分かった。同時に「要求をする前に自力で問題を作るべき」、「要求に対応することで同じ問題が作られやすくなる」という作問要求機能に対する問題点も得られた。さらに、学習者ごとの問題作成数・掲示板投稿数を調査した結果、問題作成数と掲示板投稿数の間に正の相関があり、それぞれと期末テストの成績の間に弱い正の相関があることが分かった。

謝辞 本論文の査読者から、貴重なご指摘、ご意見をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Hirai, Y. and Hazeyama, A.: A Learning Support System based on Question-posing and Its Evaluation, *Proc. C5'07*, pp.178–184, IEEE CS Press (2007).
- 2) 平嶋 宗, 梅田多一, 志岐隆弘, 竹内 章: XML を用いた算数の文章問題の作成・共有環境, *教育システム情報学会誌*, Vol.18, No.3, pp.284–296 (2001).
- 3) Nakano, A., Hirashima, T. and Takeuchi, A.: Problem-Making Practice to Master Solution-Methods in Intelligent Learning Environment, *Proc. ICCE'99*, pp.891–898 (1999).
- 4) 中野 明, 平嶋 宗, 竹内 章: 「問題を作ることによる学習」の知的支援環境, *電子情報通信学会論文誌 D-I*, Vol.J83-D-I, No.6, pp.539–549 (2000).
- 5) 中野 明, 平嶋 宗, 竹内 章: 演算の理解を指向した知的作問学習支援環境, *人工知能学会論文誌*, Vol.17, No.5, pp.598–607 (2002).
- 6) Rafaeli, S., Barak, M., Dan-Gur, Y. and Toch, E.: QSIA: A web-based environment for learning, assessing and knowledge sharing in communities, *Computers & Education*, Vol.43, No.3, pp.273–289, Elsevier Science Ltd. (2004).
- 7) 菅原典子, 織田恵太, 赤池英夫, 角田博保: 集合教育に用いる即応型 e-ラーニングシステム

テム SHoes における組織学習支援, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2791-2801 (2007).

- 8) 高木正則, 田中 充, 平島大志朗, 勅使河原可海: 学生が作成した問題を利用する協調学習型オンラインテストシステム, 情報教育シンポジウム (SSS2005), pp.147-148 (2005).
- 9) 高木正則, 田中 充, 勅使河原可海: 学生による問題作成およびその相互評価を可能とする協調学習型 WBT システム, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1532-1545 (2007).
- 10) 高木正則, 勅使河原可海: 異なる学習集団の学生が協調的に作問可能な e-Learning システムの開発と評価, 情報処理学会情報教育シンポジウム (SSS2007), 8-2F (2007).
- 11) 横山琢郎, 平嶋 宗, 岡本真彦, 竹内 章: 統合レベルでの作問を支援する学習環境の設計・開発と小学校低学年での学習効果, 人工知能学会第 19 回全国大会講演論文, 2A1-03 (2005).
- 12) Yu, F.-Y., Liu, Y.-H. and Chan, T.-W.: A web-based learning system for question posing and peer assessment, *Innovations in Education and Teaching International*, Vol.42, No.4, pp.337-348 (2005).
- 13) ICCE2007 Workshop: Modeling, Management and Generation of Problems/Questions in eLearning.
URL: <http://www.watanabe.ss.is.nagoya-u.ac.jp/others/workshow2007/>

(平成 19 年 11 月 29 日受付)

(平成 20 年 7 月 1 日採録)



平井 佑樹 (学生会員)

1983 年生. 2007 年東京学芸大学教育学部情報教育課程情報教育専攻卒業. 現在, 同大学大学院教育学研究科総合教育開発専攻情報教育コース在学中. 教育支援システム, ソフトウェア工学教育に興味を持つ. 本学会コンピュータと教育研究会会員.



櫛山 淳雄 (正会員)

1985 年早稲田大学理工学部卒業. 1987 年電気通信大学大学院修士課程修了. 博士 (工学). 日本電気株式会社勤務を経て, 1999 年東京学芸大学助教授. 2007 年同准教授. 1999 ~ 2003 年電子情報通信学会和文論文誌 D 編集委員, 2003 ~ 2007 年本学会論文誌編集委員. 協調ソフトウェア開発支援, CSCW, 協調学習支援等に関する研究に従事. ACM, IEEE Computer Society, 電子情報通信学会, 人工知能学会, 教育システム情報学会各会員.