

論 文 要 旨

氏 名 及川義道

論文題目（外国語の場合は、和訳を併記すること。）

学生間の教え合いを活性化する類題生成・演習機能システムの開発研究

論文要旨（別様に記載すること。）

- (注) 1. 論文要旨は、A4版とする。
2. 和文の場合は、4000字から8000字程度、外国語の場合は、2000語から4000語程度とする。
3. 「論文要旨」は、CD等の電子媒体（1枚）を併せて提出すること。
（氏名及びソフト名を記入したラベルを張付すること。）

論文要旨

氏名 及川義道

論文題目

学生間の教え合いを活性化する類題生成・演習機能システムの開発研究

本研究は、ICT支援による類題演習環境の構築を目指した研究である。ここで類題とは、数値や選択肢、文言の一部が異なるだけで、学生が同じ手法で解くことが可能であることを容易に認識できる問題群、類題演習はこの類題を用いた演習と定義する。

類題演習は、自発的な学生間の教え合いを活発にするとともに、成績低位の学生にとっても、自らが教えることができる立場に立てることから、自信と学習満足度を高める傾向がある。しかし、この方法を実際の授業に取り入れる場合、類題の準備など、教員の負担が大きい。そこで本研究では、類題演習環境の構築を目指し、類題演習実施の負担を軽減するため、類題演習を支援するサーバシステムおよび同機能を LMS で利用するためのモジュールを開発し、その有用性の検証を行った。

第1章では、研究の背景と目的について述べた。

この研究は、実際に授業内に取り入れていた問題演習が発端となっている。当時、同一クラス内での学力差が年々大きくなる傾向にあり、従来の方法による問題演習が機能しなくなってきた。そこで、学生に提示する問題を種々検討していたところ、類題が学生の教え合いを活発化する傾向のあることがわかり、この類題を用いた演習の支援を、ICTを利用して行おうと考えた。

第2章では、学生の協調的な学習と問題生成の手法に関する概観を述べた。

類題演習では、学生間の教え合いが重要な因子の一つである。そこで教え合いの方法に関して整理を試みた。特に教え合いの方法に関する用語の定義が混乱していることを鑑み、これら用語の定義を整理するとともに、本論文で扱う教え合いの範囲を明確にした。また、類題演習では学生に個別の問題を出題することが重要であり、その為には多くの問題を用意しなければならない。しかし、全ての問題を手作業で準備することは、時間的・労力的にみて現実的ではない。そこで、問題の準備を支援する方法として問題の自動生成に着目し、この自動生成方法に関する調査を実施した。

調査の結果から、先行研究における自動生成手法が明らかとなったと同時に、本研究で扱う類題演習というコンセプトの演習は、調査した範囲では見つからなかった。

第3章では、類題を生成・配信するプロトタイプシステムの開発について述べた。

このプロトタイプシステムの開発の目的は、類題を生成するための知見の獲得と類題演習の有用性について検証することである。

当該プロトタイプシステムは、独自仕様のシステムであり、雛形に記述された情報から、類題を自動生成するものである。また、学生個人別に準備されたコース情報にしたがって類題を表示する。学生がこの類題生成・配信システムにインターネット経由で接続すると、システムは学生個々に類題を表示する。学生はそれらの類題を見ながら、相互の教え合いの中で、問題解決方法を考えることになる。

本章では、これらを実現するために策定した雛形の定義、類題生成の基本概念、および手法について述べた。

第4章では、第3章で述べたプロトタイプシステムを授業実践で利用した結果について述べた。

2つの授業においてプロトタイプシステムを用いた類題演習、従来システムを用いた同一問題演習を授業内で実施し、学習状況の観察、アンケート調査、試験問題の正解率の比較によりシステムの有用性を検証した。その結果、学習状況の観察から、同一問題を提示した場合には、成績下位の学生が、成績上位の学生の答案を書き写す傾向が強かったのに対して、類題を提示した場合には、学生間に協調的な学習が生起する傾向がみられた。またアンケート結果からは、この方法が学生の学習に対する満足度を高める傾向のあること、学生はこのような学習法を好意的に捉えていることがわかった。さらに類題演習により学習した単元の問題の正解率は、同一問題演習により学習した単元の問題の正解率に比べて有意に高いことがわかった。以上の結果から、類題演習が有用な教授方略の一つであることが示唆された。

第5章では、類題演習の利用環境を拡大するために行った3つの施策すなわち類題生成サーバの開発、類題演習機能のLMS用モジュール化、LTI仕様に準拠した外部ツールとしての演習支援機能の利用について述べた。

第1の施策は、類題を独立したサーバで生成・提供するシステムを構築して、類題を提供することである。利用者がMoodle上で作成した雛形を、Webブラウザを用いて当該類題生成サーバにアップロードすると、生成された複数の類題が返信される仕組みとなっている。このサーバの開発により、類題の準備を支援する枠組みをWeb上で提供できるようになった。

第2の施策は類題演習機能をLMSに対応させることである。第1の施策における類題生成サーバ開発時に作成した類題生成モジュールをオープンソースLMSの一つであるMoodleのモジュールとして改良し、Moodle内で類題を準備する手法を提供した。また、新たに類題演習を支援する機能を開発し、Moodle内で類題演習を実施できる枠組みを開発した。

類題生成モジュールは、問題文中に変数や定数を定義すると、その定義にしたがって指定部分を変化させながら類題を自動的に生成し、それらをLMS内に保存するシステムで

ある。条件をつけて類題を生成できる、類題の雛形を LMS 内のエディタを用いて簡単に作成できる、学習コンテンツとは独立して利用できるなどの特徴を有する。また生成された類題は LMS の小テスト機能など、他の学習に流用することも可能となっている。

演習支援モジュールは、類題を用いた演習を支援するために開発したモジュールである。学習者ごとにできるだけ異なる類題を与える機能、設定された日付に基づく模範解答閲覧制御機能を設けるなど、類題演習を行うに必要な手順を自動化している。これら開発したモジュールを追加した LMS の利用により、従来システムを利用する場合に比べて、類題演習の運用にかかる労力を大幅に減らすことができた。

第 3 の施策は LTI 仕様に準拠した外部ツールとして演習支援機能の利用を検討することである。先に述べた類題演習機能を LMS に対応させることは、学習ツールを相互運用するための IMS Global Learning Consortium が策定する相互運用規格である Learning Tools Interoperability (LTI) を利用して、本研究で開発した類題演習システムを他の外部の LMS から利用できる可能性のあることを意味しており、本類題演習システムの活用機会の拡大につながると考えられる。そこで、まず運用試験用に準備したサーバに Moodle をインストールし、これに LTI の仕様を利用できるように必要な拡張機能の導入と設定を施した。次に、このサーバとは別に LMS として Moodle, Sakai, Canvas が利用できる環境を準備し、相互運用試験を実施したところ、本類題演習システムが期待通り外部 LMS から利用できることがわかった。

第 6 章では、類題生成時に図形を自動描画するために実施した、類題生成機能と TeX との連携について述べた。第 5 章で述べた類題生成機能は、問題文中の数値や文字列を変化させることにより、類題を生成するものであった。このため、数値や文字列で表現できないグラフや図形、構造式などの画像を含む類題の生成は困難であった。このような図形等を含む類題の生成を可能にするには、問題文に合致する図形等を同時に自動的に生成する機能が必要である。これを実現するため、LMS と TeX 処理システムを連携させるとともに類題生成モジュールの機能を拡張して、類題生成時に必要な図形等を自動生成する機能の開発を試みた。

端的に表現すると、本類題生成モジュールは、問題を構成する文字列を定義情報に基づいて置き換えることで類題を生成するモジュールであると言える。したがって、文字列で数式や図形を記述する TeX と本モジュールとの相性はよいと考えられ、図形を定義する TeX のスクリプトの中に、本研究で策定した定義に従って変数を記述することで、本類題生成モジュールにより図形を動的に生成できると考えられる。実際に Moodle が稼働するシステムを TeX に対応させ、TeX のスクリプトを含んだ雛形をもとに本類題生成モジュールで類題の生成を試みたところ、期待通り問題本文の内容に合致した図形を動的に表現することができた。本研究の成果により、別途図形等を事前に用意する必要なく、問題として提示が必要な図形等を含む類題の生成が行えるようになった。以上、本研究により Moodle と TeX 処理システムを連携させたシステム上で類題生成機能を利用することで、

問題文と図形等を同時に動的に生成できることが明らかとなった。これにより類題演習の準備にかかる労力がさらに低減されるとともに、類題演習の活用場面を拡張できたと考えている。

以上から、次の点について ICT を用いた類題演習環境の構築に貢献できたと考えている。

- 1) 独自類題演習システムを構築し、当該システムの授業への利用結果から、類題演習の有用性を示唆する結果を示すことができた。
 - 2) 類題生成サーバや LMS に対応した類題生成機能、演習支援機能の提供により、従来の類題提示システムを用いた類題演習に比べて、類題の準備、運用をより簡便に利用可能な環境を提供できるようになった。
 - 3) TeX との連携により、図形等を含む類題生成が可能になったことで、理工系の授業など文字以外の情報の提示が必要な分野へも類題演習を活用することができるようになった。
-

Abstract

Name Yoshimichi Oikawa

Title

Development of System of Similar-Question Generation and Exercise for Activation of Peer Teaching

This research aimed to construct a quiz-based exercises environment with a similar-question generator provided by ICT support. In this research, similar-questions were defined as a set of questions where variables, figures, and choices were slightly different from each other, and students easily recognized the questions were resolved in the same way. A quiz-based exercise with similar-questions was activated by spontaneous peer teaching, and enhanced the learning satisfaction and confidence of students because even low-achieving students could act as a tutor. However, preparation of similar-questions or the process of the exercise was a burden for the teacher who used the exercise as an actual classroom activity. Therefore, in this research, a server system and Learning Management System (LMS) modules for supporting the quiz-based exercise with similar-questions that reduced the preparation time were developed.

In Chapter 1, the background and purpose of this research are described. The beginning of the research involved a problem occurring with the quiz-based exercise in the actual classroom. Due to a range of students' achieving level was widely year by year, it became more difficult to use former quiz-based exercises to supporting their understanding. To improve this situation, several methodologies of provision were used. During this process, I found that the quiz-based exercise with similar-questions activated students' activity. Therefore, I could support the process of the exercise utilizing ICT.

In Chapter 2, a cooperative study of the students and an overview of the methodology of question generation are described. Peer teaching is an important factor of exercises with similar-questions. Therefore, firstly, I organized the methodology of the peer teaching. The definitions of peer learning are very conflicting, so I organized these definitions and clearly defined the term of "peer teaching" for this research. It is important for the exercise with similar-questions to provide different questions for each student. To conduct the exercise, a teacher prepared a vast number of questions. However, the question preparation by hand is unrealistic, and so regarding support of the question preparation, I researched the methodology of question generation as a supporting

approach of the preparation process. As a result, the concept of the quiz-based exercise with similar-questions was not used in our research.

In Chapter 3, a prototype system of generating and providing questions is described. The purpose of developing the prototype system was to acquire knowledge/technique for generating similar-questions and verifying the effectiveness of the quiz-based exercise with similar-questions. The prototype system was developed as a proprietary system, and the system generated a set of similar questions to form a template. The system also provided a similar-question with reference to a course definition file for each student. A unique question was displayed when the students accessed the system using a web browser on their client PC. The students learned through peer teaching utilizing the similar-questions. In this chapter, I explain how to define a template and the basic concept of similar-question generation.

In Chapter 4, the result of using the prototype system in an actual classroom lecture is revealed. In two general chemistry classes, the quiz-based exercise with similar-questions on the prototype system and the quiz-based exercise with the same questions on the former system were used and verified the usefulness of the system by observation of student activity, a questionnaire, and analysis of answer scripts of examinations. As a result, from the observation of student activity in the class, low-achievers tended to copy the answers of high-achievers in the case of the exercise with the same questions. On the contrary, in the case of the exercise with similar-questions, peer teaching occurred. According to the results of the questionnaire, students' satisfaction for their study increased for the exercise with similar-questions, and students received the exercise more favorably. Furthermore, the mean value of the correct answers related to the exercise with similar-questions was significantly higher than those with same-questions. These results suggested that the quiz-based exercise with similar-questions was a useful educational methodology.

In Chapter 5, developing a question-generation server, developing similar-question exercise support modules for LMS, and utilizing these modules as external tools for LTI are described. The first research was used to develop a web service system for generating similar-questions. The system returned a set of similar-questions that was generated from a template, which a user uploaded via the Internet using a web browser. A framework for helping to prepare a set of similar-questions was built on the web using this research. The second research aimed to integrate the similar-question exercise into the LMS as an extension. The similar-question generation function was developed by customizing the module, which was developed in the first research, and was integrated into a Moodle server system as a Moodle plugin. Additionally, a new exercise support

function was developed and integrated into the server. The similar-question generation module automatically generated a set of similar-questions by changing figure/word variables that were defined in a template, and stored the set into the question-bank of the LMS. The generation module corresponded with conditionally generation. The template could be defined by the editing functionality of Moodle. This module could also be used outside of the course contents, and the set of similar-questions could be used in other units such as the quiz-module. The exercise support module was developed to support the quiz-based exercise with similar questions. This module had a function of giving different similar-questions to each student as far as possible. Several procedures for the similar-question exercise were automated in the module. The third part of the research aimed to consider the application of the similar-question exercise module as an external-module that was suitable for the LTI standard. The use of this module was seen to reduce the labor more efficiently than those of the conventional system. The integration of these functions to the LMS meant they could be used outside the LMS as external tools and standard-based Learning Tools Interoperability (LTI), which was a standard for the interoperability by Global Learning Consortium. So, the server that was installed for Moodle was customized as a Tool Provider and was prepared. Then it was connected from another external LMS such as Moodle, Sakai and Canvas. As a result, it was found that the exercise support functions on Moodle were able to use these external systems as a tool provider as expected.

In Chapter 6, for the purpose of generating figures automatically, linkage of the similar-question generation function, and TeX system are described. The module of the function, as described in Chapter 5, generated a set of functions by replacing figures/words in question sentences. Due to this, it was difficult for the module to manage graphs, figures, chemical structures, and so on. To enable automatic generation of graphs that conformed to question sentences in similar-questions, an extended similar-question generation module was developed for Moodle, which was interlocked with a TeX system.

After all, the generation module generates similar-questions from text data that was written in a template. Therefore, the module was compatible with TeX, which defines a numerical formula and the figure as text data, and it was expected that the module was able to generate graphics from TeX sentences, which included variables defined by the generation system I developed. Regarding the actual generation, the system was able to generate mathematical graphs, basic figures such as polygon, chemical structures, circuit diagrams, and music scores as expected.

From this research, it was found that a set of similar-questions, including graphics, could be generated without the need for preparation of graphics in advance. The research

also expanded the possibility of application of the similar-question exercise to several subjects of study. From this, we think that these researches contributed to the construction of the similar questions exercise environment by using the ICT as follows:

- 1) From the results of the actual classroom activities, I was able to demonstrate the usefulness of the handmade similar-question exercise system that we developed.
- 2) I was able to create a convenient environment for the quiz-based exercise with similar-questions by providing the similar-question server and by providing the similar-question exercise support function of Moodle.
- 3) I was able to expand the quiz-based exercise with similar-questions to several subjects of study by interlocking the LMS with the TeX system.