

授業内クイズのための数学用選択肢問題作成ツールの開発

An Authoring Tool of Mathematical Choice Problems for Facilitating Preparation of Classroom Quiz

長尾 雄行*

Take-Yuki NAGAO

Abstract: Technology has enabled us to explore new possibilities of education by mixing smart devices, e-Learning software, and classroom equipment. In this article, a classroom quiz is proposed that mixes classroom presentation materials and Web-based quiz. The preparation and design of classroom quiz is discussed and several possible design options are shown. The software named 'ltxgift' is described, which facilitates the lecturers to prepare presentation materials, handouts, and, e-Learning materials.

1. はじめに

大学等の教育機関では、黒板・紙・筆記用具を用いた従来の授業スタイルから、Web・スマートフォン・タブレット等の ICT 技術を活用した新しい授業スタイルへの移行が徐々に進んでいる。特に、黒板や紙を用いて実施していた従来の講義を Web 画面や動画で実現し、講義をデジタル・コンテンツとしてネットワーク上で提供することが可能になっている。例えば、MOOCs (Massive Open Online Courses) と総称される大規模オンライン講義が多数実用化されたことは、従来の講義をデジタル・コンテンツとして蓄積及び共有するソフトウェア・ハードウェア・運用技術が完成に近づいた証拠と言える。一方で、従来の教室や講義を ICT 技術で拡張する方法はまだ研究し尽くされているとは言えず、ICT 技術を使って配布資料のような紙の教材とプロジェクトで投影する講義スライドを融合する新たな手法を確立することは重要な課題である。そこで、本稿では、講義スライド・配布資料・e-Learning 教材を融合したクイズ教材を提案する。そしてクイズ教材を効率良く作成することで、講義における選択肢クイズの実施を支援するクイズ教材作成システム ltxgift⁵⁾ を記述する。

2. クイズ教材とその用途

本稿で扱うクイズ教材は、対面授業での利用と自宅での個別学習による復習を想定した、スライドと e-Learning コンテンツを融合した教材であり、Table 1の三要素を含むデジタル・コンテンツである。

設問スライドは、教室内のプロジェクトで投影し、講義に参加する教員・学生等が授業時間内に利用するものである。教員はスライドに表示される設問を読み上げ、学生はその答えを選択肢から選び、挙手でどの選択肢を選んだのかを提示する。これは対面授業において従来からよく見られる形式のクイズである。例えば、初回の講義において履修予定者の前提知識を調べるためにこのようなクイズを

Table 1 クイズ教材の要素

要素	要素の概要
設問スライド	2, 3 行程度の設問と解答の選択肢を含む PDF (Portable Document Format) 形式のデータで、1 ページあたり 1 設問となっているものとする。
解答スライド	設問スライドの全設問に対する解答例を記した PDF 形式のデータであり、印刷又はデータで配布可能なものとする。
復習用教材	設問スライドと解答スライドの内容をスマートフォン等で復習可能な e-Learning 教材とする。設問スライドの全設問を Web 試験に変換した教材である。

利用することで、教員は学生の知識をある程度把握することが可能であり、また、学生は他の学生がどのような知識を持っているのかを把握することができる。さらに、授業が数週経過した後に、授業で扱った内容の確認のためのクイズを出題することができる。この場合、クイズを授業時間中に実施することで、学生は自身の到達度を把握することが可能である。同時に、他の学生との相対的な学習進捗の進み又は遅れを認識することが可能である。

解答スライドは、クイズの正解を伝えるための資料であり、印刷して授業内に配布するか、又は、デジタルデータとして LMS (Learning Management System) で配布する。クイズの正解に板書や口頭での解説が必要な場合には、印刷版の解答スライドが適している。解答スライドにその場ですぐ書き込むことができる、という印刷物の特徴がこの場合には有用である。現在普及しているタブレットやスマートフォン等のデバイスでは、大学での数学講義に必要なメモ書きをすることができないからである。さらに、ある設問に正しく答えられなかった場合に、どの文献のどのページを参照すれば良いのかという文献情報を解答スライドに記しておけば、より効率の良い復習や発展的学習のきっかけを作ることも可能である。

2017 年 1 月 31 日受理

* 総合情報学部 コンピュータシステム学科

復習用教材は、設問スライドの選択肢問題を Web 試験形式で出題するオンライン試験であり、クイズの到達目標を達成できたかどうかを学生が個別学習で確認するために用いる。学生は解答スライドを用いて復習した後に復習用教材が配信されている LMS に接続して利用する。復習用教材では、受験後に正解と不正解と得点が示されるため、復習の成果が得られているかどうかをその場で確認できる。

3. クイズ教材の設計上の選択肢

クイズ教材の各要素について、クイズ出題者がクイズ教材の設計を行う場合に考えられる設計上の選択肢を列挙して考察する。

3.1 設問スライド

授業内でクイズを出題する場合、クイズ出題者は授業のシラバスに記載されている学習項目等を参考にして、選択肢問題を作成する。クイズとしては自由記述式のものも考えられるが、本稿では選択肢問題のみを考えることにする。授業内の 5 分から 10 分程度の時間で扱える選択肢問題としては以下のような種類が考えられる。

- A) Yes 又は No の二択問題
- B) 専門用語を選択する問題
- C) 数値・数式を選択する問題

これらの選択肢問題の例を Fig. 1 に示す。

A) の二択問題では、出題時に誤答を個別に設定する必要がないのに対し、それ以外の種類では、問題ごとに個別に誤答を用意する必要がある。作題に割り当てられる時間が限られている場合には A) を、それ以外の場合には B), C) を用いて出題する。教室でのクイズでは、据え置きのプロジェクタで問題文を映し出すため、教室の後部座席に座る学生も視認可能な大きさの文字で問題文と選択肢を作成する。A) については、選択肢が少ないため、学生のクイズへの参加が容易になる。設問を複数個に分け、初めの数問は A) の問題を平易な内容で出題し、残り問題では難易度を段階的に上げながら B) 又は C) を用いると参加の敷居が低くなり、クイズがより円滑になることが期待できる。

3.2 解答スライド

解答スライドでは、設問スライドの問題文と選択肢を提示し、さらに、各選択肢を選んだ場合に、正解・不正解のどちらの結果になるのかを明示する。必要に応じて、選択肢の不正解の理由と復習のための情報を記載し、学生が復習時に参照する資料を明示する。解答スライドの例を Fig. 2 に示す。解答スライドでは、各選択肢が正しいかどうかを記号等で明示し、さらに、必要ならば各選択肢に対して追加の説明文を加える。説明文の例は Fig. 2 の問題 3 と問題 4 に示す。

3.3 復習用教材

復習用教材は Moodle 等の LMS に配備して公開可能な e-Learning 教材として作成する。例を Fig. 3 に示す。数系の科目でクイズを実施する場合には、LaTeX と同程度の

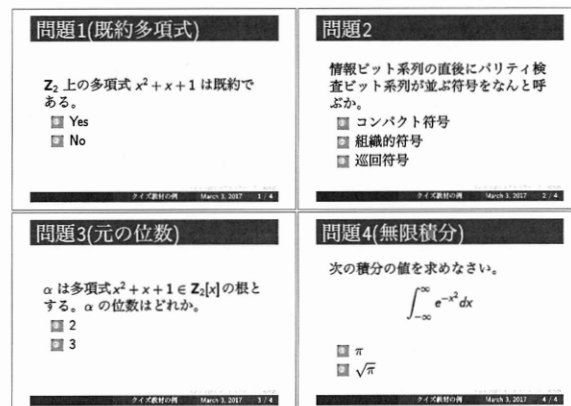


Fig. 1 設問スライドの例 (問題 1 が A), 問題 2 が B), 問題 3, 4 が C) に対応する.)

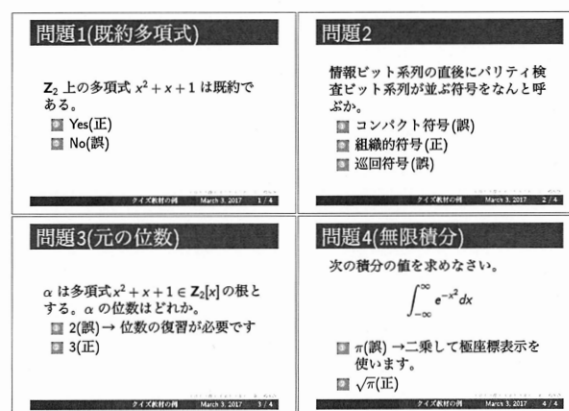


Fig. 2 解答スライドの例 (各選択肢が正答、誤答のどちらかを明示し、必要に応じて復習のための情報を記す.)

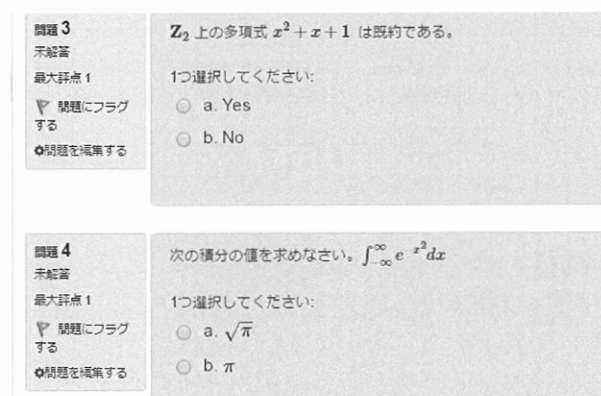


Fig. 3 復習用教材の例 (LMS の小テストとして復習用教材を配備し、教員モードでプレビューしたものである.)

数式表示が必要となる。復習用教材は Web 試験であることを考慮すると、数式表示手段としては以下の方法が考えられる。

- A) MathJax²⁾ を用いて LaTeX のコードを HTML ページ内に埋め込み、ページ表示の際に数式を描画する。
- B) LaTeX コードを事前に画像に変換し、画像として数式を表示する。

C) MathML を用いて HTML ページ内に数式を XML で記述する。

ここで、A) の MathJax とは、Web ブラウザ上で数式を表示するためのソフトウェアの一つであり、LaTeX のソースコードを HTML ページ内に埋め込んで数式を表示することが可能である。ただし、本稿執筆時点では描画速度が遅いため、多数の数式を同時に一つのページ内で表示すると画面に乱れが生じるという問題がある(まず LaTeX のコードが表示され、その後、描画が完了した数式が再表示されることで画面が乱れる)。MathJax より前の世代の技術として C) の MathML も存在しているが、単純な数式でも多数の XML コードを記述する必要があるため、普及していない。MathJax は、MathML とは異なり、従来の数学教材や論文作成に用いられてきた LaTeX あるいは TeX のコードを用いて数式の記述が可能であるため、復習用教材の作成に適している。Wikipedia³⁾等では B) の方式を採用して数式を表示している。この方式は、スマートフォン、タブレット、ノート PC の各種ブラウザで最も汎用的に利用できる方式であるが、一組の数式を画像に変換してしまうため、利用端末の大きさに合わせて表示サイズを動的に切り替えることが難しい。以上のことを考えると、復習用教材では、一つの設問内で使用する数式の数を極力抑え、A) の方式で数式を表現することが適切である。

4. クイズ教材の準備と活用

クイズ教材を用いて授業を実施した場合の、教員と学生の活動とコミュニケーションの様子を Fig. 4 に図示する。

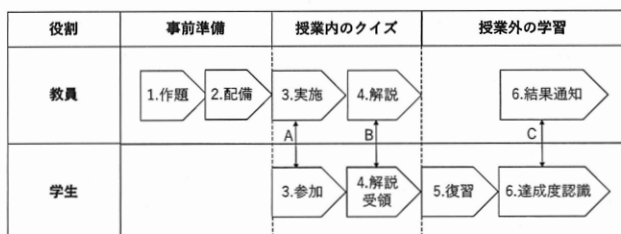


Fig. 4 クイズ実施に関する教員と学生のワークフローを示す(矢印 A~C は教員と学生間のコミュニケーションを意味する)。

4.1 フェーズ 1 (事前準備)

教員は事前準備として、クイズ教材を作題する。そして、教材を e-Learning システムへ配備して、学生が利用可能な状態にする。クイズ教材は 3 つのデジタル・コンテンツからなるため、手作業で作成することは困難である。本稿で提案する ltxgift を用いると教材作成の一部作業を自動化し、単一のソースコードからクイズ教材を一括生成することができるため、クイズ作成を効率化することにつながる。この事前準備期間には教員と学生の間のコミュニケーションは生じない。

4.2 フェーズ 2 (授業内のクイズ)

授業内では、教員がクイズの設問スライドを学生に提示し

てクイズを実施する。挙手による意思表示を用いて学生はクイズに参加する。この際に、教員と学生間での対面でのコミュニケーション (Fig. 4 の矢印 A) が生じる。一つの設問が終わると、教員は解答と解説を行う。学生はそれ聞いて復習すべき点を把握し、必要に応じて追加の質疑応答を行う (Fig. 4 の矢印 B)。この解説時のコミュニケーションは従来の座学の授業でよく行われてきた講義と質疑応答と同様の機能を持っている。

4.3 フェーズ 3 (授業外の復習)

授業外の学習時間においては、学生は授業内の解説を参考に、クイズの内容を復習する。その後、学習項目の達成度を確認するために、復習用教材が提供する Web 試験を利用する。Web 試験では LMS の機能を用いて採点結果が試験直後に学生に通知され、システムに記録される。復習時のコミュニケーションは教員の代理の役割を果たす計算機と学生間の対話となる (Fig. 4 の矢印 C)。

5. クイズ教材作成支援ツール ltxgift

本稿のクイズ教材を試作するために開発した Linux 用アプリケーションが ltxgift である。ltxgift は単一の LaTeX ソースコードを入力として与えると、クイズ教材の 3 要素 (設問スライド、解答スライド、復習用教材) を一括出力するソフトウェアである。これらの 3 要素を個別に作成する手間を削減するのが本ツールの目的であり、クイズ教材を準備する教員が想定ユーザである。

ユーザはソースコードを LaTeX 形式で準備する。プレゼンテーションのためによく用いられる beamer パッケージを用いて設問スライドを作成する (beamer 以外のクラスファイルも利用可能である)。

```

1 \begin{gift}
2 \begin{frame}{問題 1(\QTitle{既約多項式})}
3 \Question{
4   ¥(¥ZZ_2¥) 上の多項式
5   ¥( x^2+x+1 ¥) は既約である。
6 }
7 \begin{enumerate}
8 \item ¥Correct{Yes}
9 \item ¥Wrong{No}
10 \end{enumerate}
11 \end{frame}
12 \end{gift}

```

Fig. 5 スライドのマークアップ例

スライドの記述例を Fig. 5 に示す。問題文は ¥Question マクロで、正答と誤答はそれぞれ ¥Correct と ¥Wrong で囲んで記述する。問題文のタイトルには ¥QTitle を用いる。この例では利用されていないが、各選択肢の直後に ¥Response マクロで復習用の説明文を追加することができる。これらのマクロは ltxgift が提供するスタイルファイル (ltxgift.sty) で定義されており、コンパイル時に問題文・正答・誤答等の LaTeX コードを自動抽出し、復習

用教材の MathJax 用数式コードに変換するために利用する。以下ではこれらのマクロを総称して抽出用マクロと呼ぶ。

クイズ教材の生成処理の概要を Fig. 6 に示す。生成処理では、ソースコード `quiz.tex` を入力として取り、LaTeX でコンパイルして設問スライドを生成する(1)。ltxgift パッケージの解答スライド生成用のオプション (answers) を用いて `quiz.tex` をコンパイルすると解答スライドが生成される(2)。コンパイル時に抽出用マクロの引数が中間形式としてテキストファイル `quiz.pregift` に記録される(3)。この中間形式を LMS が対応する多肢選択問題のフォーマット (Moodle¹⁾ の GIFT 形式⁴⁾ に変換することで、復習用教材が出力される(4)。変換処理(4)の主な内容は、GIFT フォーマット用の文字のエスケープ処理、及び、MathJax 用の HTML コード生成である。一般的に、LaTeX のコードではユーザは独自のマクロを `\def` あるいは `\newcommand` を定義し、複雑な処理を省略する。このような省略記法を MathJax コードに自動変換することは困難である。そこで、ltxgift では、MathJax コードに変換可能な省略記法を定義するためにマクロ `\giftdef` を定義している。

以上のような機能を持つ ltxgift により一つのソースコードからクイズ教材の 3 要素がすべて生成できる。

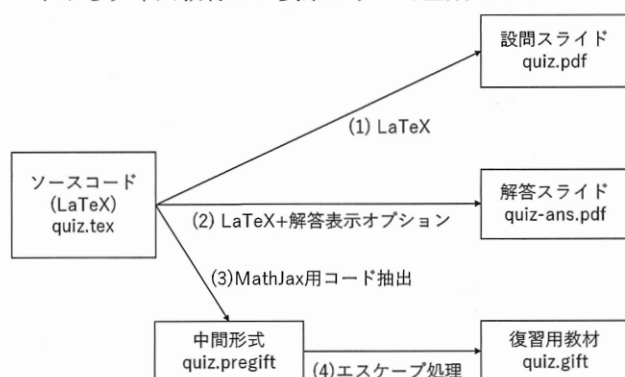


Fig. 6 クイズ支援ツール ltxgift は単一のソースコードから設問スライド、解答スライド、及び、復習用教材を一括生成する。

6. まとめ

授業の中でクイズ教材を用いることは、15 週にわたる授業の進行中に学生の学習進捗と達成度を認識できる点にある。中間テストや小テストを最終試験の前に実施するという従来の手法と比べると、試験の内容がより平易になるが、より短時間で実施可能なため実施頻度を高くすることが可能となる。このことから、学習上の困難に直面している学生の早期発見と支援材料の提供につながると期待できる。

さらに、Web ベースの復習用教材を用いることで、クイズの内容を授業時間外に再度確認し、達成度を学生自身が確認することが可能となる点が有用である。紙ベースの小テストや中間テストでも同様のことが可能であるが、採点

と結果通知に時間を要するため、特に履修者が多い授業では頻繁に実施することは困難である。復習用教材の Web 試験では、採点と結果通知が自動化されているため、学生は達成度をその場で確認できるという意味がある。

また、授業と試験を動画と Web ベースで実施する手法と比べると、教室を利用したクイズは授業の雰囲気を参加者である教員と学生で共有し、学習活動の現実感を高める効果が期待できる。教室内で教員と学生間・学生と学生間の対話が生じるため、クイズの現場に居合わせることによる新しい対話が生まれる。例えば、自発的な教え合いや他の学生の発言等を参考に自分自身の活動を振り返る等の副次的な活動が生じる。このような教室の臨場感を Web ベースのアプリケーションで再現することは困難であるから、物理的な教室をクイズ教材と併用することは欠かせない要素である。

本稿で記述した ltxgift はこのようなクイズ教材を簡易に作成することができるため、クイズ教材の利用を検討する教員にとって、クイズの準備に関する作業を軽減することが期待できる。現状では、LMS が提供する小テストのごく一部の機能のみにしか対応していないので、今後は自由記述式問題への対応等の機能拡張を行いたい。また、遠隔地からクイズ教材へ参加可能にする方法やクイズ教材を蓄積・共有する汎用的な基盤の検討等も進めていきたい。

謝辞

Adam Jenkins 氏には、多肢選択問題のファイル形式 GIFT を紹介していただいた点と Moodle の機能を説明していただいた点を感謝します。

参考文献

- 1) Moodle - Open-source learning platform, <https://moodle.org/>, 2017/2/27 参照
- 2) MathJax, <https://www.mathjax.org/>, 2017/3/2 参照
- 3) Wikipedia 日本語版, <https://ja.wikipedia.org/>, 2017/3/2 参照
- 4) GIFT, https://docs.moodle.org/32/en/GIFT_format, 2017/2/23 参照
- 5) ltxgift, <https://github.com/tyn/ltxgift/>, 2017/3/3 参照