

スマートフォン適応の LMS 用反転学習問題教材の CAS による自動生成

Generation of question data by using CAS
for flipped learning suitable for mobile phones吉富 賢太郎^{*1}, 長坂 耕作^{*2}Kentaro YOSHITOMI^{*1}, Kosaku Nagasaka^{*2}^{*1}大阪府立大学, ^{*2}神戸大学^{*1}Osaka Prefecture University, ^{*2}Kobe University,

Email : yositomi@las.osakafu-u.ac.jp

あらまし：反転学習用に線形代数の動画教材を作成してきた。視聴確認として、LMS 上の小テスト問題を用いたが、スマートフォンで視聴しそのまま問題に解答して、視聴内容への理解度を教員や学生が確認できるような問題の開発が必要である。問題の形式として、行列等入力欄が多数ある場合や CAS 式の入力が必要な場合は学生に負担を強いることが確認されている。そこで、多肢選択問題等の簡易な形式ではあるが気づきをうながす問題をランダム出題用に CAS により自動生成する試みについて報告する。

キーワード：反転学習, LMS, オンライン小テスト, スマートフォン活用

1. はじめに

大学初年次における数学教育において、線形代数は微積分学とならんで非常に重要な科目であり、昨今科学的研究の礎として深い理解が求められている。ベクトルや行列に関する計算技能としての習得は元より、抽象ベクトル空間や部分空間、基底、線型写像、表現行列、直交化、直交補空間、随伴写像、行列の標準化に至る抽象的な理解が求められる科目であり、数学科のみならず理工系全般を対象としたいわゆる STEM 教育において重要度の高い科目である。

このような科目においてはアクティブラーニングが重要であることは言うまでもないが、吉富は 2014 年後期より、反転授業を目標とした解説動画の開発を行ってきた⁽¹⁾。しかしながら、実際に反転学習教材として活用するには、学生の動画を単純に見ただけではなく、理解しているかどうかの指標とその結果に基づく適切な対面授業設計が肝要である。ここで、視聴確認の方法としては紙の課題を実施させ提出させる方法とオンラインテストを用いた問題実施の二通りの方法が考えられる。前者の場合、授業に先立ち学生の理解度を知ることができない、課題を忘れてくる、提出しない、といった問題が実際にあり、後者による方法が少なくとも必須である。

このような状況にあつて、吉富は所属の大阪府立大学における Moodle をベースとする LMS 上で、STACK⁽²⁾の問題を用意し、学生に実施を促してきた。例えば、行列の基本変形を習得させるのに、指示通りの変形を行わせ解答させる、連立 1 次方程式の解を入力させる等である。

STACK の場合は、解答が行列の場合は正解例を用意しておけば、その行列の型に応じた解答欄が生成される。学生はここに数値を入れれば簡単に問題を実施できるので問題開発も学生の解答も手軽に実施

できると考えたのである。次節では、STACK と多肢選択の 2 つの問題タイプについて、反転教材の視聴確認での利用の観点から利点と問題点を検証する。

2. 各問題タイプの問題点

2.1 STACK

Moodle 上で動作する STACK 問題タイプの問題は、正解が複数(無限)にあるような問題においてアルゴリズムによる判定ができるというメリットがある。また、問題パラメータを乱数化することで学生の不正行為を抑制することができる他、反復計算の演習の効果も持つ。

一方、STACK の背後で動作する CAS(Maxima)の関数が上書きされている場合や、一部の関数や変数、制御系の利用が禁止されている場合があり、そのままのコードでは Maxima で動作確認できないために CAS になれた教員でも問題開発に時間がかかることがある。また、その結果、実際にどのような問題データが生成されるかの把握が困難となることもある。これは難易度の均等化というパラメータ生成にとって重要な観点から支障となる。

また、学生の解答入力においては CAS の表現式の入力の困難性、全角での誤入力による混乱、行列の様に多数の解答欄への入力が必要、など学生に負担をかけ、学習の士気を下げることが頻発する。これは学生のアンケート回答から判明したことであるが、特にスマートフォンの活用を重視する立場からは、行列の各成分への入力は PC におけるような Tab 移動が使えず非常に煩わしい。

入力支援には MathTOUCH⁽⁴⁾のような優れた入力支援アプリが開発されているが、一般的な高等教育機関において利用できる状態には残念ながらまだ至っていない。また、文系・理系問わず、数値を全

角で入力してしまう学生が今年特に散見され、基本的なりテラシーの低下も懸念され、反転教材の理解度確認を手軽に行いたい場合には慎重を要する。

2.2 多肢選択問題

STACK における問題点に対処するため、当初から多肢選択問題や真偽選択問題も取り入れていた。Moodle 標準の多肢選択問題は複数の正解を選ぶことによって、その選択に応じた配点が可能であり、また、個々の選択肢を選んだ場合のフィードバックも設定できる。問題を適切に設計すれば特に概念理解においては効果を発揮する。また、数値例を用いることでより具体的な思考を伴う問題も提供できることから、いくつかのパターンを用意することで有効活用できる可能性がある。

しかし、残念ながら現状では、数値を乱数化することは Moodle の問題タイプそのままでは難しい。また問題のデータ構造上、数値によって判定を変えることはできない。

吉富は、2017 年度の前期において、手動でいくつかのパターンで多肢選択問題を作成し、実施した。しかし、手動でのこのような問題開発は時間がかかる作業であり、後期には自動生成をすることを検討していた。

一方、長坂は、RIMS 研究集会「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」において、神戸大学における *Mathematica* を用いて生成した多肢選択問題の利用について発表した⁽⁵⁾。

長坂の方法は、XML 生成関数を開発し、これに問題パターン生成関数、解答パターン生成関数を渡し、生成するというものである。

吉富はこれとは独立にやはり *Mathematica* により、問題を生成して利用した。多肢選択問題の問題構造は図 1, 2 にあげるように単純な構造をしており、いくつかのオプションの他は、「問題用のパラメータ」「対応する選択肢のリスト」必要ならば「個々の選択肢へのフィードバック」を与えることにより生成することができる。あとは、カテゴリーと問題数を決定すればよい。また、この方法は STACK にも有効でありフィードバック処理である Potential Response Tree(PRT)の雛形を用意すれば STACK の制限を回避した問題開発が可能である。

3. まとめと今後の方針

STACK と多肢選択問題の利点を活かし、問題点に対処する方法として、Moodle 用 XML データの CAS による自動生成を行なった。著者らの開発コードは独立であるが、基本的な方法は同一であり、今後は統一的に一般の大学でも Moodle を利用している機関向けに公開して行きたいと考えている。特に府大と神戸大の教材を比較して、用語の違いや議論の進め方に違いがあることを再認識したので、このような違いを吸収できるようにする汎用的な開発方法を

検討している。例えば、多言語化の枠組み (locale など) や *webMathematica* を用いた方法を検討している。雛形から文言や構成を調整し生成するものである。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<quiz>
  <!-- question: 0 -->
  <question type="category">
    <category>
      <text>L11_yositomi/同じ行列式の行例 (3 次)</text>
    </category>
  </question>
  <!-- question: 2697990 -->
  <question type="multichoice">
    <name>
      <text>The same det mat(00)</text>
    </name>
    <questiontext format="html">
      <text><![CDATA[<math display="block">\begin{matrix} 2 & 0 & 2 \\ -1 & 2 & -2 \\ 2 & 0 & -2 \end{matrix}</math>]]></text>
      <p>]]></p></text>
      <generalfeedback format="html">
        <text></text>
      </generalfeedback>
    </questiontext>
  </question>
</quiz>
```

図 1 XML の構造(問題部分まで)

```
<answer fraction="50" format="html">
  <text><![CDATA[<math display="block">\begin{matrix} 2 & 0 & 2 \\ -9 & 2 & -10 \\ 2 & 0 & -2 \end{matrix}</math>]]></text>
  <feedback format="html">
    <text></text>
  </feedback>
</answer>
<answer fraction="50" format="html">
  <text><![CDATA[<math display="block">\begin{matrix} 2 & 4 & 2 \\ -1 & 0 & -2 \\ 2 & 4 & -2 \end{matrix}</math>]]></text>
  <feedback format="html">
    <text></text>
  </feedback>
</answer>
<answer fraction="-50" format="html">
  <text><![CDATA[<math display="block">\begin{matrix} 2 & 0 & 2 \\ -1 & 2 & -2 \\ -2 & 0 & 2 \end{matrix}</math>]]></text>
  <feedback format="html">
    <text></text>
  </feedback>
</answer>
```

図 2 XML の構造(選択肢)

謝辞

本研究は JSPS 科研費 18K02941 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 吉富 賢太郎: “大学専門基礎数学における反転授業に向けた動画教材開発”, JSiSE Research Report, Vol.31, no.1(2016-5), pp.107-113.
- (2) Nakamura, Y., Taniguchi, T. and Nakahara, T.: “Item Bank System for the Mathematics e-Learning System STACK”, Electronic Journal of Mathematics & Technology, Vol.8, No.5, pp.355-362 (2014)
- (3) Sangwin, C.: “STACK”, <https://stack.maths.ed.ac.uk/>
- (4) Shirai, S. and Fukui, T.: “Math TOUCH: Mathematical Input Interface for E-Assessment Systems”, MSOR Connections, Vol.15, No.2, pp.70-75 (2017)
- (5) 長坂 耕作: “数式処理と学習管理システム-静的評価の再評価-”, 研究集会 数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究, 2017 年 9 月