

数式自動採点 e ラーニングコンテンツの問題フォーマット変換ツールの開発

Development of a Conversion Tool for Online Assessments in Mathematics

樋口 三郎^{*1}Saburo HIGUCHI^{*1}^{*1} 龍谷大学理工学部^{*1} Faculty of Science and Technology, Ryukoku University

Email: hig@math.ryukoku.ac.jp

あらまし：数学の e ラーニングにおけるアセスメントとして、学習者が、ランダムに自動生成される間に
応じて、意味と構造を持つ数式で解答し、システムが自動採点してフィードバックを与える方式は有望で
ある。このような問の作成にはコストがかかるため、異なる種類のシステムの異なるフォーマットの間で
も問の共有を行うことが期待される。システム Maple T.A. からシステム Moodle 上の STACK へのフォー
マットの変換を行うツールを開発した。

キーワード：e ラーニング、数式処理、教材共有、フォーマット変換、XML

1. はじめに

数学のオンラインアセスメントには独特の問題がある。高等教育における数学では、学習者の記述した証明、または証明の主要部分である計算過程により評価すべきであるとする考えがある。このような証明や過程は、オンラインで、機械が理解するような構造を保って学習者が入力することは困難である。また、仮に入力できたとしても、自動採点も自明ではない。

この困難を回避するため、多肢選択方式や、数個の数値に情報を集約して入力する数値解答方式が使われてきた。しかし、近年、意味を保った形で数式そのものを入力する数式入力方式が注目されている。数式を入力する場合、等価な正解の数式が多数存在することから、その自動採点には数式処理ソフトウェア(CAS)の使用が必要になる。問題をランダムに生成する場合には、生成にも採点にも CAS の使用が必要である。

ランダムに生成された問題に対して学習者が数式を解答として入力するオンラインアセスメントを用いた実践として、webMathematica を基盤に構築したシステムを用いたもの⁽¹⁾、STACK を用いたもの⁽²⁾⁽³⁾、Maple T.A. を用いたもの⁽⁴⁾が報告されている。

数式自動採点コンテンツは作成にコストがかかるため教授者間での共有が望まれる。後述する通り Maple T.A. には共有サービスが統合されている。また、STACK の形式をサポートする共有システム mathbank.jp⁽⁵⁾が運用されている。一方、基盤となる CAS の文法が異なることから、異種システム間のコンテンツ共有に困難があることが指摘されてきた。これに対し、コンテンツよりも高次の数学的記述である仕様書の共有すべきとの提案⁽⁶⁾もある。

本研究では、限られた範囲であるが数式自動採点コンテンツの異種システム間の変換を可能にするツールを開発した。Maple T.A. からエクスポートされた Question Bank を変換し、Moodle の STACK 問題

タイプの Question としてインポート可能にするものである。このようなツールは、商用の Maple T.A. で開発されたコンテンツを、無料の STACK で多くの利用者に使用可能とすることに役立つと期待される。

龍谷大学理工学部では、入学前教育及び初年次教育に用いるため、Maple T.A. を利用した数学学習システムの構築を構想している。このようなシステムの構築、問題バンクの構築は、一組織が孤立して実行するのではなく、国内外の数学 e ラーニングコミュニティでの情報やコンテンツの共有を行いつつ実施することが効果的である。本研究の最終的目的は、システム構築にあたって、コミュニティとのコンテンツの共有を実行可能とすることにある。

2. STACK と Maple T.A. の比較と変換

2.1 Maple T.A. の特徴

Maple T.A. は、Java で書かれ Tomcat 上で動作する Maplesoft 社の商用の Web 数学アセスメントシステムである。簡単な数学的処理(Moodle の Quiz の Calculation 問題タイプ程度のもの)は自ら処理し、複雑な数式の計算は作問者が明示的に商用の CAS である Maple の呼び出しを指定して処理する。

Maple T.A. には Web ベースのオーサリングツールが付属しており、初期バージョンから存在する独自の .qu 形式と XML 形式で Question Bank をインポート、エクスポートが可能である。独自形式 .qu は手動による作成も考慮されており、LaTeX との間の変換ツールも公開されている。

Maple T.A. には作問者間のコンテンツ共有を支援する機能・サービスがある。Web に問題をアップロード・ダウンロードできる Maple T.A. Content Center とよばれる CMS, Maple T.A. に統合された Maple T.A. Cloud とよばれる共有サービスがある。

2.2 STACK の特徴

STACK は、LMS Moodle の Quiz の問題タイプで、PHP で書かれ、オープンソースの CAS である Maxima を呼び出している。特徴として、オープンソースで開発されており、無料で使用できるライセンスとなっていることがある。

機能の面では、学習者の入力を数式として解析し、誤りに対応したフィードバックを返すことができる。作問者はこの対応を Potential Response Tree (PRT) と呼ばれるデータ構造で指定する。

2.3 Maple T.A. と STACK の比較

両者とも最終的には Web ページ上に問題文やフィードバック文を表示することから、これらを HTML で書かれたテキストとして保持するという共通点がある。

一般には、Maple T.A. と STACK の Question を指定するデータの要素は 1 対 1 には対応していない。例えば、STACK には PRT があって多くの場合に分岐したフィードバックを含むのに対し、Maple T.A. は正誤判定しか行わずそれに応じたフィードバックもない。表示や挙動を指定するオプションも STACK のほうが豊富な傾向にある。一方、ヒントとペナルティのように Maple T.A. にしかない機能もある。

また、CAS の文法は両者で異なり、商用の Maple のほうが多機能である。

3. 変換ツールの仕様

本ツールは、Maple T.A. の .qu 形式の Question Bank を標準入力から受け取り、Moodle の Question Bank にインポートできる Moodle XML 形式で標準出力に書き出すコマンドラインツールである。

.qu 形式、Moodle XML 形式とも key に対応する value を記録しているとみなして説明する。

両者とも、次の様なデータを value として保持する。

- HTML 形式で書かれた問題文
- それぞれの CAS の文法や独自の文法で書かれたランダム問題生成プログラム
- 正解や正誤判定プログラム
- 採点后に表示する HTML 形式で書かれたフィードバック文
- 採点方法や表示方法などのメタデータ

本ツールでは、あらかじめ作成した両者の key の対応表に基づき、value を適切な位置に移すことだけを行っている。特に、CAS 文法の自動変換は部分的にしか行わず、本ツールによる変換後に手動で行うことを想定している。また、HTML 形式の value も(埋め込まれた CAS 文を除き)変換を行っていない。

本ツールでは、Maple T.A. の Question のデータの、STACK に対応する key がある重要な value だけを変換し、対応する key がない部分の value は単に既定値で埋めることとした。

4. ツールの実装

本ツールは、Python の XML, HTML 処理ライブラリである lxml を使用し、コマンドラインツールとして実装している。Moodle 2.8, Maple T.A. 10 を対象として、Python 2.7, lxml 3.4.4 により実装した。

5. ツールの評価

本ツールの評価は、現在のところ予備的な段階にとどまっている。開発用のテストデータとして用いたものとは別の、Maple T.A. Content Center から取得したいくつかの Question、報告者以外の大学教員が作成し実際に学生向けに使用しているいくつかの Question を検証データとして変換し、仕様通りに変換されることを確認した。

6. おわりに

本ツールに対して、評価を実施することが必要である。評価の方法としては、Maple T.A. Content Center や Maple T.A. Cloud から Question を無作為に取得して変換を行い、結果を統計的に調べることが考えられる。また、変換の出力である Question を STACK で実際に学習に使用し、その効果を測定することも考えられる。

本ツールを補うものとして、当然、Moodle XML 形式から .qu 形式に変換するツールが考えられる。両者がそろふことにより、完全な自動ではないとはいえ、Maple T.A. Content Center, Maple T.A. Cloud と mathbank.jp との間のコンテンツの双方向の共有が可能になる。

ツールが扱う Maple T.A. 側のファイル形式として XML を選択することも可能だった。この場合、XML 形式同士の変換となるので、XSLT を利用する可能性がある。しかし、Maple T.A. の XML 形式の仕様は文書化されていないため、本ツールの対象としては、文書化され過去との互換性が保証される .qu 形式を採用した。

参考文献

- (1) 川添充, 高橋哲也, 吉富賢太郎: “webMathematica を用いた Web 数学学習システムの構築” 日本数学教育学会誌 臨時増刊, 総会特集号 92, p.491(2010)
- (2) 中村泰之, 中原敬広, 秋山實: “STACK と Moodle で実践する数学 e ラーニング” 数理解析研究所講究録, Vol. 1674, pp. 40-46(2010)
- (3) 亀田真澄, 宇田川暢: “大学の数学教育に対する主体的な学びとなる学修環境作り”, 論文誌 ICT 活用教育方法研究 16(1), pp.36-41 (2013)
- (4) 北本 卓也: “Maple T.A. の授業援用について”, 数理解析研究所講究録 1907, pp.182-187 (2014)
- (5) 中原敬広, 中村泰之, 谷口哲也: “数学問題バンク構築に向けた Moodle プラグインの開発”, 教育システム情報学会第 38 回全国大会講演論文集, pp.3-4 (2013)
- (6) 吉富賢太郎: “数学 e ラーニングコンテンツ仕様の策定とコンテンツ開発への利用”, 教育システム情報学会第 39 回全国大会講演論文集, pp.167-168 (2014)