

CIEC 第 100 回研究会報告

テーマ e-Learning における数式自動採点の可能性 2

日時 2014年2月22日(土) 13:15~17:45

会場 名古屋大学 IB 電子情報館 014 講義室

参加者 27名

■ 概要

e-Learning の重要な機能の一つが、学生の理解度を確認するためのオンラインテストであるが、従来のオンラインテストは正誤問題、多肢選択問題、穴埋め問題などの形態が主流であった。自然科学系科目で求められる、数式の正誤評価を行うタイプのオンラインテストは近年になって漸く注目されはじめ、一部の大学で導入されつつある。本研究会では、英国で開発された数学オンラインテスト評価システム **STACK** の問題を中心とするコンテンツ蓄積のための仕組みである問題バンクの構築について紹介するとともに、北米を中心とする利用実績の高い **Maple T.A.**の主にカナダでの活用事例、大阪府立大学における **webMathematica** を活用した数学到達度評価システムの活用事例、および問題自動生成システムであるウルフラム社の **Problem Generator** について紹介され、活発な意見交換がなされた。

■ STACK を用いた数学 e ラーニングの実践例と STACK 用の問題バンクの構築

谷口 哲也 氏 (北里大学)から、Moodle STACK のサンプルコースを利用しながら正誤判定の仕組みと学習者へのフィードバック方法 (ポテンシャル・レスポンス・ツリー) と教員が作成問題を共有しあえるサイト「問題バンク」について解説がなされた。

以前の **STACK** は、ポテンシャル・レスポンス・ツリーの作成が難しかったが、**Ver.3.0** からは、比較的簡単に編集できるようになり、Moodle のプラグインとして提供されるようになった。ポテンシャル・レスポンス・ツリーの学習者へのフィードバック動作は、学習効果や学習へのモチベーションに影響を与える大切なものであるが、部分点などを与え、ヒントを与えるなどきめ細かなフィードバックを与えるためには、ポテンシャル・レスポンス・ツリーの階層が深くなり、問題作成に時間がかかる。



そこで、その打開策として、Math Bank (<http://mathbank.jp/>)というサイトを立ち上げた。作成した問題を共有することで、教員の問題作成の労力を軽減すると共に、公開された問題をダウンロードし、改変することが可能となった。このことにより、初心者は、ゼロから問題を作成する必要がなく、ポテンシャル・レスポンス・ツリーの動作を改変することによって学ぶことができる。Math Bank は、STACK の利用の敷居を下げる役割も担っている。谷口氏らは、STACK のダウンロードした問題をカスタマイズしたものや、新たに作成した問題は、問題バンクにアップロードして、問題を増やしたいとのことであった。



■ 数学系オンラインテスト・評価システム Maple T.A.の導入事例 in カナダ

加藤 克也 氏 (サイバネットシステム株式会社)からは、STACK と同様数式の扱える数学系オンラインテスト・評価システム Maple T.A. (Maple Testing & Assessment の略) が紹介された。STACK は MAXIMA を数式処理エンジンとして使用するが、Maple T.A.は処理系に数式処理システム Maple が計算エンジンとして採用されている。オンラインテストでは、数値だけでなく数式の正誤判定や解答の部分評価なども可能であるとのこと。

最近、本システムの導入が欧米の大学を中心に増え始めており、いくつかの導入事例も報告されるようになった。本講演では、はじめに Maple T.A. の運用プロセスを俯瞰し、その特長的な機能を Maple の働きを中心に述べられた。続いて、Maple T.A. の導入事例として、採点コストの削減に成功したウォータールー大学およびドロップアウト率の低減を達成したゲルフ大学の導入事例を紹介する。特に、ゲルフ大学が主導し Maplesoft 社が開発を支援した Maple および Maple T.A. ベースの教材パッケージの授業利用について具体的な例を交えながら解説された。



Maple T.A.は、Moodle だけでなく Blackboard と連携が可能で、問題は、JAVA や Flash

を利用したインタラクティブな図形などを含む出題が可能である。問題の編集は、WYSIWYG エディタで作成可能である。この点が標準的な STACK と異なる。採点表 (Gradebook) をエクスポート機能と、外部採点表のインポート機能を有しており、MapleT.A.だけでも簡易な LMS として機能する。しかしながら、STACK のポテンシャル・レスポンス・ツリーのような機能は有しておらず、if 文によって記述する必要があり、分岐が多くなると問題作成は大変である。

Maple が誕生したウォータールー大学 (数学学部) での導入事例が紹介され、かつて大量の演習を昔から課していたときには、採点が大変で、採点に要するコストが問題になっていたが、MapleT.A.によって、採点コストが $1/3$ になったとの費用対効果が高く、採点に費やされていた教員の時間に余裕が生まれ、学生対応の改善や学習環境の改善にも繋がったという。また、ゲルフ大学の事例では、MapleT.A.の導入によって、自学自習が促進され、反復学習によって理解度がアップする。その結果テストによる理解度評価が高くなり、そのことが努力目標になり、反復学習に繋がるというサイクルが生まれているとのこと。

いずれの事例も、柔軟な問題作成と Gradebook (学習分析機能) によりどのように問題を解くのかを確認出来たと推測しており、学生の思考プロセスの見える化が、数学系オンラインテスト・評価システムの役割であると述べられた。しかしながら、PC に不慣れな学生もいることから、学力と PC 操作とどちらの問題か更に分析する必要があると付け加えられた。

■ Mathematica 利用の数学到達度評価システムと STACK とのコンテンツ相互利用

吉富 賢太郎 氏 (大阪府立大学)からは、独自に開発を行ったシステムについて述べられた。大阪府立大学では Mathematica と webMathematica を利用した Web 数学学習システムとその後継の数学到達度評価システムを運用しており、前者は主として授業外学習支援を目的とし約 1000 問の問題が蓄積されており、先の STACK における問題バンク的役割をもっている。後者は理解度を計るシステムとして導入された経緯が述べられた。数学到達度評価システムは学習単元毎にレベル設定を行い、各レベル 1~3 問程度の問題から構成され、それぞれの問題は問題パラメータを乱数化したものを用いることによって、自宅での実施を可能にしている。いずれのシステムも問題の自動生成と解答の評価部分に Mathematica を用いているため、問題作成は依然として Mathematica の構文に関する知見が必要である。また、単に数



値パラメータの乱数化だけでは十分な問題パターンが得られない場合もあり、問題コンテンツは質的にも量的にもまだ不十分であることが述べられた。このような問題を解決するためには教材の共有化による複数教員による教材開発が急務であり、システムの差を越えた教材の相互利用ができる事が望ましいため、数学到達度評価システムと STACK の問題作成における過程と問題構造の差違を例に、コンバートするための留意点について説明があった。

STACK のポテンシャル・レスポンス・ツリーと異なり、採点途中の分岐処理は、Mathematica のコードが使えるので、汎用性が高いと言えるが、見た目は複雑なものになるところが、問題作成の初心者には高い敷居となる。しかしながら、ある程度スクリプトフォーマットが決まっているため、比較的容易に変換可能であり、慣れれば容易な作業となる。

今後 STACK の問題を Math Bank によって充実させるためには、この評価システムから STACK への移植が必要となる。簡単な問題であれば、支援システムの変数とメッセージをコピーするだけで、判定スクリプトの記述は、STACK の場合、レスポンスツリーで対応可能であると例を示しながら解説された。

STACK 都の最大の相違点は、解答判定とメッセージであり、メッセージ文を予め配列変数(リスト)として準備しておき、if(which)関数で呼び出す方法を採用。また、問題や学習者の回答などのメッセージに変数の値を表示する際、ToString によって変数の値を文字列変換しておかないと、<pre>タグが挿入され、正しく表示されないので注意が必要であるという。

今後、STACK との相互変換ツールの開発が期待される場所であるが、細かなところは、人の力を借りないと完璧には変換できない。そのため、最初からコードを書いた方が速い場合も出てくると推測される。様々なシステムが今後開発されると考えられる。その際、最も重要なのは、問題に関する仕様書であり、問題が複雑化すればするほどその重要度は増す。問題のアイデアが浮かべば、問題を共有する前に、その仕様書を作成し、共有することが大切であると述べられた。

■ Wolfram | Alpha: Problem Generator によるウェブ自動学習

中村 英史 氏 (Wolfram Research Asia Ltd.)は、Problem Generator が Knowledge Engine Wolfram | Alpha のオプション機能であると説明。Wolfram | Alpha は、平文 (英語) で入力された計算可能な問題に、直接的な解答の他、関係する情報を含めて返してくれるシステムであると解説を加えた。その Wolfram | Alpha の誕生した経緯を Wolfram の教育への関わりの歴史を交えながら解説した。Wolfram 社とネットワーク利用教育との関わりは、1995 年に遡る。数式処理システムとして有名な Mathematica を教育活用するため、数学辞典ともいえる "Math World" を公開した。これが、Wolfram の最初のネットワーク活用といえる。

2001年には、web ブラウザを計算出力画面として利用し、インターネットからもアクセス可能な webMathematica がリリースされた。この webMathematica の機能が拡張され、2009年 Wolfram | Alpha Pro が誕生し、数学、物理や化学などの自然科学から、社会科学、人文など幅広い分野をカバーする、有効かつ強力な問題解決支援ツールとなった。

一方で、遠隔教育の観点でみると、問題生成の自動化が望まれる。それに応えるべく 2013 年に Problem Generator が誕生した。問題を自動生成するメカニズムやサービスは珍しいものではないが、Wolfram 社の Problem Generator がユニークな点は、ユーザの解答があっているかどうかを判定するだけでなく、解けなかった場合に Wolfram | Alpha を使って、正解を



表示するだけでなく、正解に至る道筋を教えてくれる点(step-by-step 機能)である。すなわち、受講者は、問題の解き方を自分のペースで学習することが出来る。この機能は、実演しながら解説された。

また、数式の入力方法がしばしば取り上げられるが、Wolfram | Alpha では、"x の 2 乗" を"x^2"だけでなく"x2"でも正しく解釈される。さらに、入力英語のみで提供されるが、少々間違った英語(Japanese English)でも入力内容を解釈し、情報を提供してくれるという。Wolfram | Alpha Pro や Problem Generator が登場する以前にも、Wolfram 社は、Mathematica の Notebook 共有サイト DemonstrationProject や Computer Based Math(<http://www.computerbasedmath.org/>, http://www.ted.com/talks/lang/ja/conrad_wolfram_teaching_kids_real_math_with_computers.html)というクラウドサービスなどの解説もあった。今回のテーマからは外れるが、電子教科書として利用可能な CDF (計算可能なドキュメント形式) も開発しており、学習者自身がパラメータを変化させ、グラフィカルに体験して、理解を深めることが可能であることが紹介され、数学教育における ICT 活用の可能性について問題を提起された。

講演後のディスカッションでは、数式の入力メソッドが話題となり、数年後には手書き入力が当たり前になるという意見もあった。実際、iOS や Android で提供されている MathPad は、手書きで入力された数式が、数式 (MathML)に変換され、Wolfram | Alpha と連携可能である。今回の研究会を通して、数学における e-Learning は、「交換法則などの数式表現に関する解答の準備」への関心から、「入力メソッドや問題の共有・互換性、活用場面」への関心に変化していると感じた。MOOCs などのオンライン講義や STACK な

どのオンライン演習が普及したとき、対面授業（講義）に求められる教育の質とは何か、また、それを上げるための手立ては何かを真剣に考えなければならない。

文責 吉田賢史（早稲田大学 高等学院）