

数式オンラインテストの標準仕様 MeLQS に基づく問題実装

Implementation of Question Data based on MeLQS a Standard Specification for Math Online Test

吉富 賢太郎^{*1}, 川添 充^{*1}, 中原 敬広^{*2}, 中村 泰之^{*3}, 福井 哲夫^{*4}, 白井 詩沙香^{*5}, 加藤 克也^{*6}, 谷口 哲也^{*7}
 Kentaro YOSHITOMI^{*1}, Mitsuru KAWAZOE^{*1}, Takahiro NAKAHARA^{*2}, Yasuyuki NAKAMURA^{*3},
 Tetsuo FUKUI^{*4}, Shizuka SHIRAI^{*5}, Katsuya KATO^{*6}, Tetsuya TANIGUCHI^{*7}
^{*1}大阪府立大学, ^{*2}合同会社三玄舎, ^{*3}名古屋大学, ^{*4}武庫川女子大学, ^{*5}大阪大学,
^{*6}サイバネットシステム株式会社, ^{*7}日本大学
^{*1}Osaka Prefecture University, ^{*2}Sangensha LLC., ^{*3}Nagoya University, ^{*4}Mukogawa Women's University,
^{*5}Osaka University, ^{*6}Cybernet Systems Co., Ltd., ^{*7}Nihon University,
 Email : yositomi@las.osakafu-u.ac.jp

あらまし：我々は昨年、多様な数学 e ラーニングシステム間での問題共有を実現するための数学オンラインテストの問題データ標準仕様 MeLQS を提案した。今回、問題仕様書から実際に数式オンラインテストシステムへの実装を行うことで問題仕様書に基づく実装過程での課題を確認するとともに、実装仕様の構成要素や実装仕様書作成ツールの仕様を検討した。特に、問題生成や解答の正誤判定のアルゴリズムの記述ツールとして Blockly をベースとしたツールを開発することとし、アルゴリズムの記述に必要な数学的処理ブロックの選定を行い、実際にアルゴリズムの記述が可能であることをサンプルで確認した。

キーワード：数学オンラインテスト、標準仕様、コンテンツ共有

1. はじめに

我々は昨年、多様な数学 e ラーニングシステム間で問題共有を実現するため、数学オンラインテスト用問題データの標準仕様として、問題仕様(Concept Design)と実装仕様(Implementation Design) の 2 層で構成される MeLQS を提案し、問題仕様に準拠した仕様書作成ツールを Moodle 上で開発した⁽¹⁾。問題仕様は出題の意図や正誤判定・誤り内容判定の数学的判断基準をデータ化するものであり、実装仕様は問題仕様に基づいた出題と採点を多様なシステムに実装できるようにするため、問題仕様書の内容を手順化して記述するものである。2 つの仕様の違いは、想定する読み手が、問題仕様は数学教員、実装仕様はシステムへの実装作業、という点にある。このため実装仕様では、多数の類題を生成するための乱数化の手順や入力された解答に対する採点アルゴリズムの具体的かつ明確な記述が要求される。

本発表では、(1)問題仕様書に基づく実装過程での課題を確認するため実際に問題仕様書から数式オンラインテストシステム(今回は STACK⁽²⁾)への実装を行なった検証結果、および (2)実装仕様書作成ツールの仕様策定、の 2 点について報告する。

2. 問題仕様書からの実装

問題仕様書作成ツールで作成された問題仕様書(図 1) だけでどこまで STACK への実装できるか、STACK の習熟度が違う複数名にて実験を行なった。

2.1 STACK 未習熟者の数学教員による実装

STACK 未習熟者の数学教員の場合、問題仕様書には記述されていない、問題をランダム化した場合の問題提示や解答判定のアルゴリズムを構築するのは難しくなかったが、STACK 特有の問題作成の作法や

細かい設定に戸惑いが多くみられた。結果として問題作成にはかなりの時間を要した。この教員は、この問題仕様書の作成者であり、普段から STACK 以外の数式オンラインテストで問題を作成している。

MeLQS Concept Design Data File.				ID:134																														
分類 教科: 大学数学 コース: 線形代数																																		
単元 空間内の直線・平面																																		
問題名 平面の法線ベクトル																																		
出題意図 空間内の平面の法線ベクトルの理解を確かめる。																																		
問題文 次の平面の法線ベクトルを答えよ。 $2x - 3y + 5z = 8$ [解答欄] _____																																		
正答例 $\begin{pmatrix} 2 \\ -3 \\ 5 \end{pmatrix}$																																		
フィードバック <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>条件</th> <th>フィードバック</th> <th>得点 (%)</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>解答が零ベクトルでなく、かつ、x, y, z の係数を並べたベクトルに平行。</td> <td>正解です。</td> <td>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>零ベクトルを答えている。</td> <td>法線ベクトルは、平面に垂直な方向を表すベクトルです。零ベクトルは平面に垂直な方向を表しません。</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>平面上の点を表すベクトルを答えている。</td> <td>法線ベクトルは、平面に垂直な方向を表すベクトルです。平面上の点を表すベクトルは法線ベクトルではありません。</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>法線ベクトルに垂直なベクトルを答えている。</td> <td>法線ベクトルは、平面に垂直な方向を表すベクトルです。x, y, z の係数を並べたベクトルに垂直なベクトルは法線ベクトルではありません。定義をもう一度よく勉強しましょう。</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>その他の誤り。</td> <td>もう一度見直してみましょう。</td> <td>0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					No	条件	フィードバック	得点 (%)	備考	1	解答が零ベクトルでなく、かつ、x, y, z の係数を並べたベクトルに平行。	正解です。	100		2	零ベクトルを答えている。	法線ベクトルは、平面に垂直な方向を表すベクトルです。零ベクトルは平面に垂直な方向を表しません。	0		3	平面上の点を表すベクトルを答えている。	法線ベクトルは、平面に垂直な方向を表すベクトルです。平面上の点を表すベクトルは法線ベクトルではありません。	0		4	法線ベクトルに垂直なベクトルを答えている。	法線ベクトルは、平面に垂直な方向を表すベクトルです。x, y, z の係数を並べたベクトルに垂直なベクトルは法線ベクトルではありません。定義をもう一度よく勉強しましょう。	0		5	その他の誤り。	もう一度見直してみましょう。	0	
No	条件	フィードバック	得点 (%)	備考																														
1	解答が零ベクトルでなく、かつ、x, y, z の係数を並べたベクトルに平行。	正解です。	100																															
2	零ベクトルを答えている。	法線ベクトルは、平面に垂直な方向を表すベクトルです。零ベクトルは平面に垂直な方向を表しません。	0																															
3	平面上の点を表すベクトルを答えている。	法線ベクトルは、平面に垂直な方向を表すベクトルです。平面上の点を表すベクトルは法線ベクトルではありません。	0																															
4	法線ベクトルに垂直なベクトルを答えている。	法線ベクトルは、平面に垂直な方向を表すベクトルです。x, y, z の係数を並べたベクトルに垂直なベクトルは法線ベクトルではありません。定義をもう一度よく勉強しましょう。	0																															
5	その他の誤り。	もう一度見直してみましょう。	0																															
備考 2 つのベクトル(ただし零ベクトルでないもの)が平行かどうかは、2 つのベクトルを並べた行列の階数が 1 になるかどうかでチェックできます。大阪府立大学到達度評価システム登録問題より作成。																																		

図 1 問題仕様書：平面の法線ベクトルを問う問題

2.2 STACK 習熟者の非数学教員による実装

非数学教員の STACK 習熟者が上記の教員と同じ問題を作成した場合、ランダム化のアルゴリズム構築は難しく、問題仕様書通りの固定化された問題のみの作成にとどまった。しかし、作成に要した時間は数分と非常に短い時間で作成することができた。

3. 実装仕様の構成要素

実装仕様書の主たる構成要素は「問題変数の設定と生成手順」、「問題文のテンプレート」、「解答欄と解答変数の設定」、「採点アルゴリズム」である。

「問題変数の設定と生成手順」では、後述の「問題文のテンプレート」において、乱数による類題生成のために問題文に埋め込まれる変数（以下「問題変数」）と各問題変数に代入される数値や数式の生成手順を問題仕様を満たすように指定する。指定の方法としては、与えられた変数値のリストからのランダム選択や指定条件を満たすランダム生成があるが、各問題変数の値を定めるための具体的手順がアルゴリズムとして与えられる。

「問題文のテンプレート」では、問題変数の位置指定を含む問題文のレイアウトを指定する。上述の生成手順に従って生成された問題変数の値が問題文のテンプレートに埋め込まれ、学習者に問題文として提示される。

「解答欄と解答変数の設定」では、解答欄のレイアウトおよび各解答欄に入力された値を格納する変数名（以下「解答変数」）が設定される。

「採点アルゴリズム」では、問題変数と解答変数の値を入力データとし、評価点と学習者へのフィードバックメッセージを出力とする手順が記述される。

4. 実装仕様書作成ツールの開発に向けて

実装仕様書作成ツールの開発にあたり、アルゴリズムの記述部分に関しては、ビジュアルプログラミングエディタ構築用ライブラリ Blockly⁽³⁾ をベースとしたツールを開発することにした。

Blockly によるアルゴリズム記述の可能性を検証するため、既存の線形代数の問題仕様書の内容を分析し、新たに追加が必要な数学的処理を表すブロックの確認を行なった。さらに、追加されたブロックにより、実装仕様書で利用されるようなアルゴリズムの記述が可能か、実際の問題仕様書に基づき検証を行った。図2は、図1の問題仕様書におけるフィードバックの項目の内容を、Blockly を用いて記述したものである。図2では、平面の方程式 $ax + by + cz = d$ に対して、ベクトル (a, b, c) を coef 、右辺の定数 d を const という問題変数で表し、解答変数（ベクトル値）を ans で表している。実装仕様書では、問題仕様書において数学的に記述された条件を、具体的に CAS に何をどのように計算させてどう判定させるかが明確になるようにアルゴリズムとして記述される。図1、図2の例では、問題仕様書（図1）でのフィードバック No.1 の条件のうち「解答(ans)が

x, y, z の係数を並べたベクトル (a, b, c) に平行」が、実装仕様（図2）では $\text{coef}=(a, b, c)$ として「ベクトル coef とベクトル ans を合わせて作られる 2×3 行列の階数（ランク）が 1 と等しい」とブロックを用いて記述されている。



図2 Blockly による採点アルゴリズムの記述例

5. まとめ

問題仕様書からの実装については、問題仕様書があることによって、数学教員ではなくとも数分で問題を作成することができたが、ランダム化のように数学的知識を用いて実装するには問題仕様書だけでは困難であった。数学教員の場合は手順の確立に問題はなかったが、実際のシステムの作法上の混乱は多くみられた。このことからランダム化を含む手順を明確に記載した実装仕様書、および各システム固有の特徴に依存しないデータ変換（エクスポート）機能の必要性がより明確になった。

また、実装仕様書の構成要素の確認と作成ツールの仕様策定を行った。特にアルゴリズムの記述に関して、Blockly をベースとするツールの有効性を、実際の例で記述し確認した。今後はこの結果に基づき、実装仕様書作成ツールおよび問題エクスポート機能の開発を進めて行く予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 16H03067 の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) 吉富 賢太郎, 川添 充, 中原 敬広, 中村 泰之, 福井 哲夫, 白井 詩沙香, 加藤 克也, 谷口 哲也: “数式オンラインテストの標準仕様 MeLQS の提案と仕様書作成ツールの試作”, 教育システム情報学会第 42 回全国大会予稿集, pp.447-448(2017)
- (2) STACK, <http://stack.maths.ed.ac.uk/>
- (3) Blockly – A library for building visual programming editors. <https://developers.google.com/blockly/>