

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

On a formulation of “Mathematics e-Learning Contents Specification” and its applications to some systems

吉富 賢太郎

Kentaro Yoshitomi

大阪府立大学 高等教育推進機構

Faculty of Liberal Arts and Sciences, Osaka Prefecture University

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

あらまし：大学における数学教育において、e ラーニングは到達度評価や課題利用などその利用用途は広く重要性は高い。しかし、教材開発を行えるのが、システムを利用する一部教員に限定されるという場合が多く、コンテンツの拡充が一般に進んでいない。一方、システムの違いがあっても数学 e ラーニング教材の構成要素は類似している。そこで、大阪府立大学における数学到達度評価システムと STACK 3.0 のコンテンツについて実装ベースでの比較検証を行った結果、言わば数学 e ラーニングコンテンツ仕様と呼ぶべきものを策定することができた。本講演ではこの仕様案について具体的な実装事例の紹介とともに提案する。

キーワード： 数学教育, e ラーニング, \TeX , コンテンツ共有, 教材開発

1. はじめに

大阪府立大学において運用している数学到達度評価システム (以下評価システム) ⁽³⁾ は数式処理システム (以下 CAS) の一つである *Mathematica* とその Web インターフェイスである *webMathematica* をベースとしたシステムである。本システムは 2009 年運用開始の Web 数学学習システム (以下 WebMath) をベースとしたシステムである。WebMath では、線形代数と微積分学における 1000 を越える問題を実装しており、評価システムもこれらのコンテンツの乱数化による対応を想定していた。しかし、実際は以下の理由でコンテンツが不足した。

- ① 単に数値を乱数化するだけでは評価システムとして十分なパラメータを得ることができない。
- ② 適切な乱数化を行わないと問題のレベルや本質までが変わる場合がある。場合によっては、非教育的なパラメータとなる場合もある。

これらの問題を解消するためには、次のようにコンテンツに関する本質的な改良が必要となる。

- [1] 式内に現われる数値だけでなく、式のパターンも複数用意し、式と数値の組み合わせから評価に的したものを選択する。
- [2] 数値の乱数化において、難易度の公平性の担保とパターン数の確保の両立のため、適切なパラメータの選択基準を明確にする必要がある。

これらの問題は教材パラメータの精査と蓄積の不足が主たる要因と考えられる。

2. 研究の目的と経緯

前節に述べた教材パラメータの充足には教材のデータベース化・共有化が効果的であり重要である。そのためには、システムに依存しない教材データの仕様が必要である。本講演では、多様なシステムのコンテンツ構造分析により教材データの標準化について提案

し、実装の応用例を例示する。

評価目的でよく用いられているシステムとして、現在 Moodle プラグインとなった Maxima 利用の STACK3.x があげられる。筆者が検証した段階では、text タイプの form 入力のみ対応しているが、Web ベースの e ラーニングシステムであり、コンテンツ構成は評価システムと見かけ上共通点が多い。しかし、コンテンツデータ自体には互換性はない。

筆者は少なくともこれらのシステムでの教材共有を想定したコンテンツ構造の考察を進めてきた⁽²⁾。コンテンツ類似性を実際に検証し、多様なコンテンツでの比較検証のため STACK を実際に導入した。利用したコンテンツについては、Mathbank⁽¹⁾で公開されているデータからデータをインポートし、評価システムからも典型的なコンテンツを選択し、問題データを構造的に分類して移植の観点から類似点や相違点を検証、実際に移植を行った。

これらの移植実証実験から、コンテンツ仕様と呼ぶべきものが明らかになってきた。システム間の直接的コンテンツ変換が仮に可能としても、他のシステムや将来のシステム改訂を考慮すれば、コンテンツの標準仕様の決定と仕様に基づく教材データの開発が望ましいと考えられる。また、仕様が明確化され、教材データが潤沢になれば他システムへの半自動的なエクスポートも期待され、今後開発されるシステムの仕様策定の指標となることが期待される。

以上のような観点から、数学 e ラーニング教材の標準仕様について、以下に実装例とともに仕様案を提示する。仕様は最終的なものではなく、今後他システムへの移植実験を経ながら随時更新されるべきものである。現段階では、分類上、最上位層を定義したに過ぎないが、互換性を損なわないよう、より抽象的な上位層から策定して行く方針である。

Field	概要	必須
Header	分類, 問題名, キーワード等	*
ProbAns	問題文と解答欄	*
Parameters	パラメータ	*
LevelInfo	パラメータレベル情報	
Feedbacks	解答判定と応答メッセージ	*
CASInfo	CAS 機能情報	
Implements	実装例	

図 1 仕様案 ~ 構成要素 ~

3. 仕様案

図 1 に仕様案の概略をあげた. Field にあげた項目毎にその機能について説明する.

Header は問題データの分類やキーワードを持ち, データベース化時の検索と分類に用いる. ProbAns は問題文と解答欄の情報である. 問題と解答欄が混合されている場合も含め, 一つの項目とした. この項目で使用される変数は問題・解答変数と呼び, 以下の Parameters に基づいて定義され, Feedbacks で解答判定に使用される. Parameters は問題文において使用される問題のパラメータである. 問題・解答変数で直接用いられる式の形式が異なる場合は使用する乱数も異なるので, パラメータと問題・解答変数(問題文や解答例として直接使用される変数), およびレベルのセットとして1つ以上のエントリーを持つ. LevelInfo はパラメータで指定するレベルのレベル付け基準となる情報を与える. 利用者は, この情報を元にパラメータを選択する. Feedbacks は入力された解答と問題・解答変数を元に解答判定を行い, 正解の場合も含め, 必要に応じて返す学生へのメッセージを記述する.

CASInfo はデータが使用する CAS 機能についての情報である. 解答例作成や解答判定に積分や微分の機能を使用する場合など, CAS に要求される機能について補足する. 仮に整数や有理数の範囲での計算のみ要求されるデータの場合ならば, Ruby や Python などの多倍精度の演算が可能なスクリプト言語でも実装できることを意味する. 同じコンテンツでも, 必要な計算は CAS で行っておくことで, 代数化しておけばこのようなコンテンツが作成でき適用可能システムの幅は広がる.

これらの仕様で評価システムの問題を整理し TeX マクロを使って記載した例が図 2 である. また, 仕様に沿ったデータを評価システムから作成した後, STACK に移植したものを, 逆に STACK から評価システムに移植した例を図 3 にあげた. STACK から評価システムに移植した例は Mathbank⁽¹⁾にある問題である. また, 仕様データをまず作成し, それを元に, 評価システムと STACK に実装した例が図 4 である. STACK に実装した例は Mathbank⁽¹⁾にアップロードしてある. TeX によるマクロ化の実装例も講演で紹介する.

4. 今後の予定と課題

現在のところ, 仕様データを用いた STACK や評価システムへの手動による実装は, 十分効果的に働い

分野/単元 [41] 微積分学 1/不定積分の計算 (有理関数)
レベル 初歩~上級
問題名 有理関数の不定積分

問題文 不定積分 $I = \int \frac{Qx}{Px} dx$ を求めよ.

解答欄 $I =$

図 2 仕様書式例 (TeX による記載例)

方程式 $-12y + x + 1 = 0$ で
与えられる平面のパラメータ表示を答えなさい.

$x =$ $+ s$ $+ t$

ただし, s, t は実数

正解を表示する 送信して終了する プレビュー

$2x + 6y - 52z = 6$

$\vec{x} =$ $\begin{pmatrix} p \\ q \\ r \end{pmatrix} + s \begin{pmatrix} p \\ q \\ r \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} p \\ q \\ r \end{pmatrix}$

ただし, p, q, r は実数

正解を表示する 送信して終了する プレビュー

評価システムから STACK STACK から評価システム

図 3 仕様書経路による移植実装例

次の不定積分を求めなさい.

(1) $\int \frac{1}{(x+4) \cdot (x+7)} dx$

(2) $\int \frac{x+4}{x^2+5} dx$

(3) $\int \frac{1}{(x+4) \cdot (x+8)^2} dx$

有理関数の不定積分(制限時間: 20分)

次の各不定積分を求めよ.

(1) $\int \frac{x+4}{(x^2+4)(x^2+16)} dx$

(2) $\int \frac{1}{(x-3)^2(x-1)} dx$

(3) $\int \frac{x+3}{x^2+6x+18} dx$

(4) $\int \frac{x^2+x+22}{(x-3)(x^2+25)} dx$

図 4 同一仕様データからの手動実装例

ており, 手動実装だけならば現在の最上位層の分類で対応可能である. しかし, より多くの教材の開発と共有・利用を目指す観点から今後さらに多くのコンテンツのデータ化と新規開発を進め, 仕様の下位層の分類をシステム普遍性に留意しながら進めて行く必要がある. 抽象的な分類として十分な階層まで定義できれば, 「自動生成を視野に入れた仕様の下位層の具体化」「データベース化と XML 形式等によるデータ入出力の実現」が今後の課題となる.

参考文献

- (1) 数学問題共有サイト Mathbank, <http://mathbank.jp/>
- (2) 吉富賢太郎, 川添充: “数学 e ラーニングシステムの教材データベースの構成要素と運用方法の検討”, 教育システム情報学会研究報告 (JSiSE Research Report), Vol.28, no.1 (2013-5)
- (3) 吉富賢太郎, 川添充: “学習目標データベースを基盤とする数学到達度評価システムの開発”, 教育システム情報学会研究報告 (JSiSE Research Report), Vol.27, no.2 (2012-7)

- 168 -