

数式を含めた記述式解答を可能とする高校生向け数学学習支援システムの提案 A High School Mathematics Learning System capable to Answer Mathematical Function and its Values

金光 隆広† 絹川 博之†
Takahiro Kanamitsu Hiroshi Kinukawa

1. はじめに

現在, eラーニングやモバイルラーニングの普及により様々な形で学習を行うことができる機会が増えている。その中で数学教育を目的とした eラーニングは他の教科と比べシステムの数が少ない。原因として eラーニングコンテンツに数学独特の表現や入力方法が確立されていないことが考えられる。表現に関しては数式自体を画像として表現する方法や解説全てを PDF 化したファイルに変換する方法などで代用されている。入力に関しては複数の選択肢からの選択や数字の穴埋めなどペーパーテストで使わない形式をオンラインテストの回答方式として用いている。本研究では高校生を対象に, 数式を含めた記述式の解答ができるインタフェースを備えるとともに, 正誤の自動判定ができることを目指す。また, 数式データを解答として扱うことで具体的に誤っている部分を検出し, ユーザの誤った原因を推測することを可能とする。解答中の部分的な誤りを検出し, それに関する適切な解説ページを表示することができる学習支援システムを提案する。

2. 数学学習支援システムの構成

2.1 学習の流れ

本研究では高校教員をコンテンツ作成者, 高校生を学習者として, システムの構築する。学習者がシステムを利用する際に学ぶ学習の流れを図1に示す。各単元をコースと設定し, 順番に解説を行っていく。学習内容ごとに節を設け, 各節毎に練習問題を設置する。最後にテストを行い, 単元の理解度を確認する。練習問題とテストそれぞれに基準を設け, 解答の正答率によって理解が不十分と認識された場合, 必要な節に戻って繰り返し解説し, 練習問題を実施する。

2.2 実現すべき機能

2.2.1 解説フェーズ

学習者が選択したコースの内容を理解させるためにコンテンツ作成者が作成したコンテンツを表示する。HTML等で作成した静的なコンテンツだけでなく動的なコンテンツも表示する。動的なコンテンツを作成するための教材コンテンツ化支援機能が必要である。数学学習支援システムにおける動的コンテンツとしては数式, グラフ, 図を用いたアニメーションが必要である。作成コンテンツの節毎管理機能や表示コンテンツの画面遷移の管理機能が必要である。

2.2.2 問題作成フェーズ

学習者が解説フェーズにて学習したことの理解度を, テストを用いて確認する。テスト問題を作成し, 解説した節に関連づけてデータベースに登録する。さらに, システム内でテスト問題に対する模範解答をデータベースに登録する。

† 東京電機大学大学院 未来科学研究科

Graduate School of Science and Technology for Future Life
Tokyo Denki University

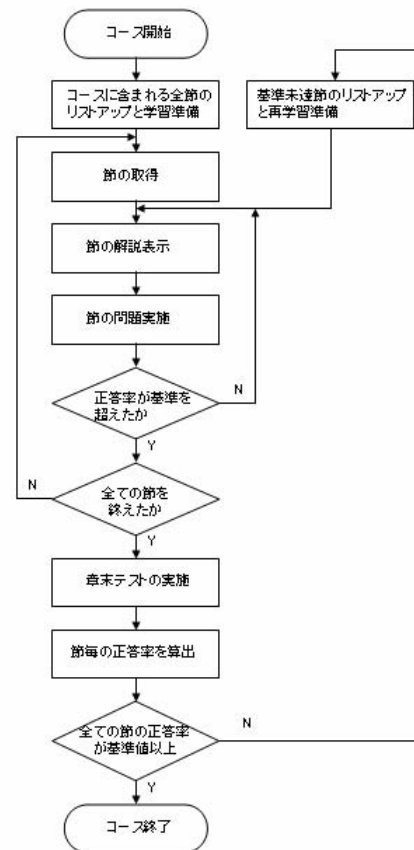


図1. システムを用いた学習者の学習の流れ

2.2.3 解答フェーズ

学習者は理解度確認用のテストを指定された解答方法で解答する。学習者の解答方法として選択肢や数字を入力する方法があるが, 本来数学問題の解答方法としては数式を導き出すことができる必要がある。そのため, 数式を解答手法として用いることができる機能が必要である。また, 数式以外にもグラフを用いた問題や図を作図する問題など幾何学的な分野にも対応することが必要である。コンテンツ作成者も問題の模範解答を登録する際に数式の形で登録するために同じ機能が必要である。

2.2.4 採点フェーズ

学習者の解答と模範解答を比較し, 自動で正誤判定をする。従来の手法であれば, 解答をそのまま比較することで正誤判定を行っていたが, 数式のデータを解答として利用する場合, 模範解答と違う形式でも解答として正しい場合が存在する。そのため, 解答の形式を模範解答と同じ形式に書き換える機能が必要である。また, テストの節毎の正答率を数値化し, 記録する機能を要する。この正答率の参照を用いて再学習を行う際に最初からではなく必要な節のみを抽出し, 解説を行うことが可能となる。

3. システムの実装方法

本章では数学学習支援システムとして数式に関する機能の実装の仕方について報告する。

3.1 数式の入力方法と処理

文字を記入する際に最も汎用的に使われているコンポーネントとしてテキストフィールドがある。このフィールドには、文字コードが付与されていない分数や累乗根など数式独特の表現方法を入力することができない。代替文字で表現する方法も存在するが複雑な式を書くときに括弧を多用する必要があり、普段では括弧をつけなくても良いところを計算機に間違いとして指摘される場合がある。そのため、特殊表現の部分に関してはボタンを用いて別処理を行い、テキストフィールドには数式を表現するための要素を入力することで数式を完成させる。

数式の出力としては MathML[1] を用いる。

3.1.1 MathML

MathML とは、W3C[2] が提唱するタグを用いて数式のレイアウトを表示するために記述されるマークアップ言語である。XML[3] の応用の一つで、数学的な表記をする際に、構造と内容の両方を書き表すことができるものである。図2のように HTML 文章内で “<math>” タグとその名前空間に “http://www.w3.org/1998/Math/MathML” と明示をする。これらにより、“<math>” タグ内を MathML の文法を使って記述することが可能となる。

図2に示す MathML 記述テキストは、HTML5[4] 対応のブラウザ上では図3として表示される。

```
<math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML">
  <mi>y</mi>
  <mo>=</mo>
  <mfrac>
    <mrow>
      <mn>1</mn>
    </mrow>
    <mrow>
      <mn>2</mn>
    </mrow>
  </mfrac>
  <msup>
    <mrow>
      <mi>x</mi>
    </mrow>
    <mrow>
      <mn>2</mn>
    </mrow>
  </msup>
  <mo>+</mo>
  <mn>3</mn>
  <mi>x</mi>
  <mo>+</mo>
  <mn>10</mn>
</math>
```

図2. MathMLで記述したテキスト

$$y = \frac{1}{2}x^2 + 3x + 10$$

図3. 図2をブラウザで表示した結果

3.2 数式による解答の形式の統一処理

解答を模範解答と比較する際、自動判定を行う場合は入力された文字列や選択する番号等の解答は一意である必要がある。しかし、数学において解答の意味は同じであるが、その表現方法が複数の場合が存在する。例えば図3のような数式があるが、この式は別の形として

$$y = \frac{x^2}{2} + 3x + 10$$

と表現することも可能である。双方の式とも同じ意味であるが、MathML による表現が異なるため、解答の正誤が正確に判定できない。正誤判定を正確に行うための手法として、MathML のデータ表現を木構造で表現する。その中から複数表現可能な部分を部分木として抜き出し、内部構造をシステムが定めた表現に書き換えることで解答と模範解答の表現を一致させる。図4-1.図4-2.は図3.の式の中で複数表現可能な部分を部分木として表したものである。

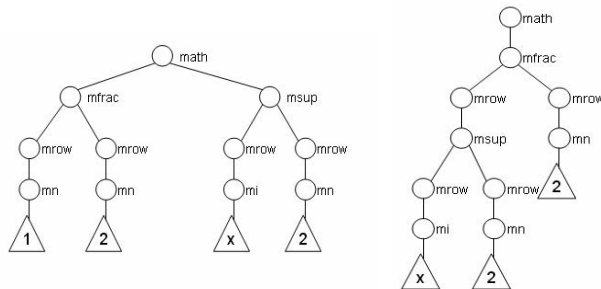


図4-1. $\frac{1}{2}x^2$ を木構造で表現 図4-2. $\frac{x^2}{2}$ を木構造で表現

4. 考察

MathML を用いて構想しているシステムに数式による解答方式を導入することができたが、数式の作成においてタグの付加操作のみを行っているため数式作成のプレビューなど学習者が自分の思っている形として表示編集を行える工夫が必要である。また、数式の中でも1次元のものしか対応しておらず、行列など2次元以上で表現される数式を作成できるツールが必要である。

5. おわりに

5.1 得られた成果

本稿では数学学習支援システムの提案を行い、必要な機能に関して論じた。また、数式を画像化以外の方法で表現することにより、数式を用いてシステムと学習者の双方向でのサービスを実装することが可能となる。最後に数式を解答方法とした時に生じる問題点を自動で修正する処理を実装した。

5.2 今後の課題

システムの構想を実現するために様々なフェーズの機能が未実装であり、多くの課題が残されている。特に計算機で学習する際の利点である動的なコンテンツの実装、図、アニメーションを用いて問題作成、回答を行わせる機能など、言語処理な部分だけでなくグラフィカルな部分の開発も今後の課題として挙げる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、システムの構想にご助言いただきました東京都立足立高等学校宮下義弘先生に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] MathML : <http://www.w3.org/TR/MathML2/>
- [2] W3C : <http://www.w3.org/>
- [3] XML : <http://www.w3.org/XML/>
- [4] HTML5 : <http://www.w3.org/TR/html5/>