

低学年向け数学自主学习支援システムの構築

磯崎裕臣

寺岡銀河*

Construction of math self-directed learning support system for lower grades students

Hiroomi ISOZAKI

Ginga TERAOKA*

Abstract

Some student who doesn't like mathematics can not get answers, because they don't know how to resolve questions. They who can not resolve questions oneself becomes to hate self-directed learning and to hate mathematics strongly. Then a lot of mathematics teachers hope to realize environment that students can study themselves.

In this study, we realize the support system for students who do self-directed learning. First we consider what requirement of system is needed to construct the system. Then we propose some methods to realize some requirements. Finally We construct our proposal system. Then we show that students can do self-directed learning by using the system.

Key words: Self-learning, Web Application, Sage.

1 まえがき

学生の数学の自主学习において、数学の苦手な学生であっても勉強を促せるような環境が求められている。また数学が苦手な学生に解く力を身につけてもらえるような環境も必要とされている。

これらの環境を実現するには、学生に問題が解けるといふ達成感を与え、解く楽しみを実感させる必要がある。しかし、一概に問題が解けないといってもその度合いは学生によって様々であり、全ての学生に達成感と解く楽しみを与えるには、それぞれの学生のレベルに応じた問題に取り組みさせる必要がある。このような取り組みは、教員一人あたりの学生数が少なければ、実現可能だが、一人の教員が何クラスもの学生を教える場合、教員の負担が大幅に増加し、現実的でなくなり、学生のレベルに応じた問題に取り組みさせることに限界が生じてしまう。

そのため、本研究では、教員に負担をかけることなく、学生が数学の自学自習を行う際に自力で解けるように支援するシステムを実現する。まず、システムの構築にあたり、どのようなシステムが求められているかを検討する。次に得られた課題に対して、実現方法を検討し、提案する。そして最後に求められる要件を満たすシステムを実装し、学生の自主学习を支援できることを示す。

以下 2 章で、既存の数学学習支援システムについて述べる。3 章で、システムに求められる要件を明らかにする。そして 4 章と 5 章で、要件を実現する方法を提案する。6 章で、実際にシステムを構築し、要件が満たされていることを示す。最後に 7 章でまとめと今後の課題について述べる。

2 既存のシステム

手軽に計算の答えが表示できるシステムとして、現在 iOS や Android など利用できるアプリケーションの PhotoMath [1] や AutoMath Photo Calculator [2] がある。このアプリケーションは方程式などの計算式をカメラで撮影すると、途中式と答えを全て表示してくれるものである。しかしながら、このアプリケーションでは、答えと途中式を全て表示されるため、自分で考えるという過程が疎かになり、問題を解く力を身につけることができない。また、手描きの数式は認識されなかったり複雑な式は認識されなかったりといった課題も残っている。

一方、自学自習を実現するには、一般的な E-Learning システムを用いることが考えられる。しかしこの方法では、様々なレベルの偏りない多くの問題を教員が準備する必要がある。また、一度出題された問題は、陳腐化してしまうので、頻繁に問題を更新する必要がある。このため、教員への負荷が増加してしまい、システムの運用面で課題が残る。

本研究では、教員への負荷を増加させず、学生が問題を解く際に自力で解く過程を無くすことなく、解くためのヒントとなる情報を与えるシステムを実現する。

3 システムの検討

本章では、低学年の数学の自主学习において、どのようなシステムが必要とされているかを考え、システム構築の方針を検討する。

低学年向けの数学自主学习支援システムの構築において、求められるシステムの要件は大きく分けて 4 つあると考えられる。

1. 学生の気軽な利用
システムの操作が複雑であるといった理由で利用する敷居が高ければ、学生が利用しなくなり、システムが機能しなくなる。このため、学生の利用環境に依存することなく、簡単な操作で気軽に利用できるシステムを実現する必要がある。
2. 数学の苦手な学生のためのヒント
数学が苦手な学生のために適切なヒントを与えなければならない。そのヒントから学生に解き方を覚えてもらう。数学の苦手な学生に解き方を身につけてもらえるように、適切なヒントの出し方を考える必要がある。
3. 問題の量や傾向の偏り
問題作成について量が多く出題傾向に偏りのない問題を作らなければならない。多くの様々な問題を解くことで解き方を身につくので、偏りがなく量が多い方が好ましい。
4. 数式の表示
答えの数式の表示について、誰もが見やすいように綺麗に表示しなければならない。一般的に数式表示は、特殊なアプリケーションやプラグインを必要とするため、容易ではない。このため、学生の利用環境に依存することなく数式を綺麗に表示する方法を検討する必要がある。

*株式会社サン電工社

次章では、本章で明らかにした 4 つの要件をそれぞれ満たすような方法を提案する。

4 システムの実現方法

3 章で述べた 4 つの要件についてそれぞれ実現方法を提案する。

4.1 学生の気軽な利用

まず、どうすれば簡単な操作で学生が気軽にシステムを利用できるか考える。そのためには、

1. 操作が容易である。
2. システムの利用に特殊な環境を必要としない。

ことが考えられる。そこで、本研究では、操作を容易にするために直感的に操作できるユーザインターフェースを設計する。またシステムの利用には、特環境を必要とせず、一般的な Web ブラウザで利用可能なアプリケーションを実現する。

4.2 学生へのヒント

次にヒントについて考える。要件の実現には、

1. 解き方を提示する。
2. 答えを提示する。

の 2 つの方法が考えられる。しかし、解き方を提示すると学生はヒントに頼りきりになってしまい、解き方を自分で覚えるという一番必要な過程が疎かになるので適切でない。そのため、本研究では、解き方を自分で考えられるように答えを提示することをヒントとして用いる。しかし、答えを提示するには、システムが問題を解く必要が生じ、様々な数学に関する演算を行う仕組みが必要となる。そのため、本研究では数式の計算に SageMath [3] を用いる。SageMath は既存の様々な数学関連ソフトウェアを統合して一つのインターフェイスで使えるようにしたものであり、フリーソフトウェアである。本研究では、以下の 2 つの理由で SageMath を用いる。1 つ目は SageMath はフリーソフトウェアであるため、安価に導入が簡単であること。2 つ目は SageMath には演算結果を \LaTeX の書式で出してくれる機能があることである。

4.3 問題の作成

次に問題作成について考える。要件の実現には、

1. 管理者が問題を作操し、システムに登録する。
2. 利用者の数値入力により問題を自動生成する。

の 2 つの方法が考えられる。しかし、管理者が問題を作成すると負担が大きく、また出題傾向が偏ってしまう可能性もあるので適切ではない。そのため、本研究では管理者の負担が少なく、問題の自由度も高い方法として問題の自動生成を用いる。

4.4 数式の表示

最後に数式の表示について考える。4.1 章で述べたとおり、Web アプリケーションでは、一般的に HTML を用いた Web ページが利用されるが、そのままでは数式を綺麗に表示できない。そこで要件の実現には、

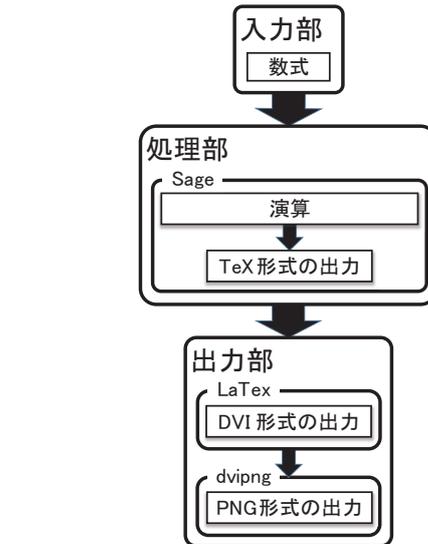


図 1: プログラムの概要

1. 専用のプラグインの導入
2. 数式を画像として表示

の 2 つの方法が考えられる。しかし、専用のプラグインを用いると Web ブラウザや OS といった学生の利用環境に依存し、環境によって導入できない場合があるので適切でない。よって本研究では、利用環境に依存しない数式を画像として表示する方法を用いる。ここで数式を画像として表示するために、レポートや論文の作成に広く利用され、数式の表現に優れている

\LaTeX [4] を用いる。しかし、 \LaTeX のみでは、数式を画像として表現できないため、dvipng [5] と呼ばれる \LaTeX で出力される dvi 形式のファイルを png 形式の画像に変換するプログラムを利用する。

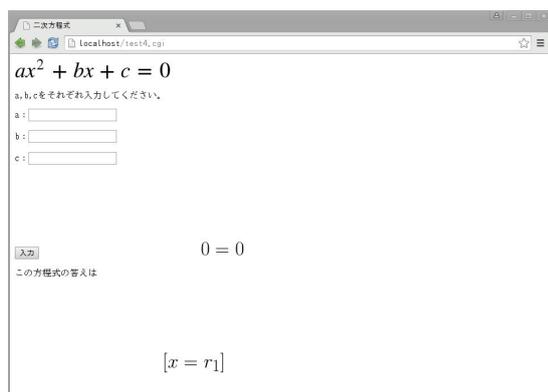
上記の検討を基に、次章で教員への負担を最低限にし、学生の自主学習を促す支援システムを実装する。

5 提案するシステム

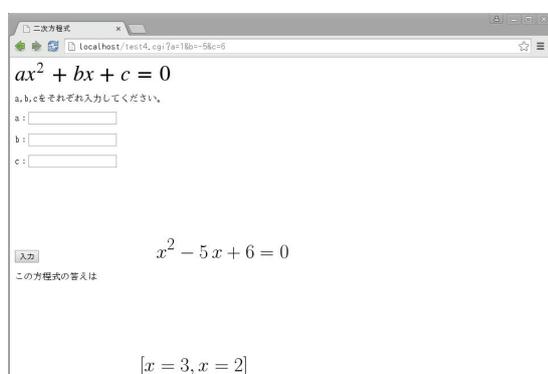
本章では、前章で示した実現方法に基づいたシステムを提案する。

システムは、図 1 に示すように

- 入力部
 1. ユーザが問題の数式に関する情報をキーボードやマウスで入力する。
 2. 入力された情報を SageMath に渡す。
- 処理部
 3. 入力された数式を SageMath を用いて演算し、解を求める。
 4. 求めた解を \TeX 形式で出力する。
- 出力部



(a) 入力画面



(b) 出力結果

図 2: システムの実装例

5. 処理部で得られた演算結果を $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ を用いて DVI 形式のファイルに変換する。
6. 変換された DVI 形式のファイルを $\text{d}v\text{i}p\text{n}g$ を用いて画像形式の一つである PNG 形式のファイルに変換する。
7. 変換された画像を画面に表示する。

の 3 部で構成され全体で 7 個のステップとなる。システムは、3 つの部分に分けられているため、数式に応じて処理部を変更するだけで、システム全体を変更することなく、SageMath で演算可能な数式であればどんなものでも対応可能である。ただし、ユーザが数式に関する全ての情報を入力できるようにすることでシステムの汎用性が大きく向上するが、入力処理が複雑になってしまうため、本システムは、あらかじめ決められた数式に対して係数等のパラメータのみを入力できるようにしている。このことで、様々な数式に対応するには、処理部以外に入力部の処理も切り替える必要があるが、システム全体を変更する必要は生じない。

6 提案システムの構築

本章では、実際に構築した提案するシステムについて述べる。構築には、SageMath が Python [6] ベースであることから親和性を考え、開発言語は、Python を用いている。また、Web サーバは、一般的に広く利用されている Apache HTTP Server [7] を用いた。

ここでは、システムの一例として数学の分野のうち、重要な基礎である多項式の方程式を対象としたものを示す。

図 2(a) は、構築したシステムで 2 次方程式の問題を学習する場合に係数を入力する画面である。システムでは、図に示すように、利用者が入力フォームで係数の値を入力する。そして、入力ボタンをクリックすると、代入された係数をもとにシステムが解を計算する。そして、図 2(b) に示すように数値が代入された数式と答えが表示される。

このように提案システムでは、3 章で明らかにした 4 つの要件を満たし、教員の負担を増加させることなく、学生に自分で考えるという過程を与え、様々な問題に対する学習を支援するシステムを実現できていることがわかる。

7 おわりに

本研究では、数学の自学自習を支援するシステムの実現にあたり、支援システムに必要とされる 4 つの要件を明らかにした。そして、要件を実現する方法をそれぞれ提案した。

実際に支援システムを構築し、教員の負担を増加させることなく、学生に自分で考えるという過程を与え、様々な問題に対する学習を支援するシステムが実現できることを示した。

今後の課題として、対応できる問題の種類を増やすことや、実際に学生に利用してもらい学生目線での改善点を明らかにしたい。また、少数や分数といった複雑な係数を簡単に入力する方法を検討する必要がある。

参考文献

- [1] Microblink, “Photomath.” <https://photomath.net>.
- [2] S2dio, “Automath photo calculator.” <http://www.automathapp.com>.
- [3] W. Stein, “Sagemath.” <http://www.sagemath.org>.
- [4] L. Lamport, “LaTeX.” <http://latex-project.org/>, 1985.
- [5] J. A. Larsson, “dvipng.” <https://www.ctan.org/pkg/dvipng>, 2002.
- [6] G. van Rossum, “Python.” <http://www.python.org>, 1991.
- [7] Apache Software Foundation, “Apache http server.” <https://httpd.apache.org/>, 1995.

(2015 年 11 月 9 日 受理)