

5Y-03 評価関数を用いて個別学習を支援する数学用 Web-based Training システムの開発*

杉山 秀則

高橋 孝博

三浦 信一

小松川 浩†

千歳科学技術大学 光科学部 ‡

1 はじめに

中学生後半から大学生初級までを対象として、数学の学習を行うことができる Web-based Training システムを開発した。Web を用いることでクライアント側の管理コストを低減させ、端末を限定することなく学習することを可能としている。以下では、現在までの取り組みについて報告する。

2 システム概要

本システムは学習者の数学基礎学力の向上を目的とした学習用トレーニングシステムである。Web からシステムにアクセスした学習者に対して、個々の学習者の進捗度に応じた数学問題を提示し、学習者の解答をリアルタイムに正誤判定するドリル形式で構成される。学習者に飽きることなく反復的に取り組ませる工夫として、以下の機能を実装した。

- (1) 評価関数を用いた学習履歴の解析機能
- (2) 適切な難易度の問題を提示する機能
- (3) 乱数を用いた問題パラメータの変更機能
- (4) 学習者間の成績のランキング表示機能

*The Web-based Training System for individual guidance of mathematics using Evaluation Functions

†Hidenori Sugiyama, Takahiro Takahashi, Shinichi Miura, Hiroshi Komatsugawa

‡Faculty of Photonics Science, Chitose Institute of Science and Technology

また、各問題に対応した内容の電子教科書を作成し、ドリルを行う際に適宜参照できるようにした。電子教科書は、学習者が画面上のボタンを押すたびに解説が徐々に進むなどの工夫をすることで、学習者に興味を持たせる配慮を行った。

3 システム構成

ドリルの問題は数学の分野（微分・積分など）と、その分野に属する章に分かれている。各章ごとに約 10 問の問題が用意されており、システムは学習者が選択した章に含まれる問題を順次提示する。各問題には 3 段階の詳細度が設定されており、詳細度が大きくなるにつれ、その問題を解くためのより詳細なヒント情報が提示される仕組みとなっている。システムが問題を出題する度に、個々の学習者の理解度に応じて詳細度が決められる。これは学習者が問題を解く際に、自分のレベルに応じた出題を受けられることを狙いとしたものである。

学習者がある章のドリルを初めて開始する際には、まず中間の詳細度を持った問題の提示を受ける。学習者は提示された問題に対して解答するか、もしくは解答をあきらめて次の問題に進むかを選択することができる。また解答した場合、その結果が正解ならば次の問題へ進み、間違えばもう一度その問題を解くように指示される。いずれの場合でも、評価関数によって学習履歴を解析して学習者の理解度を判定し、次に問題を表示する際に用いる詳細度を決定する。評価関数によって、問題に正解するほど詳細度

は下がり、間違えるほど詳細度は上がるようにモデル化されている。さらに、学習者が章の終わりまで進んだ場合、システムはその章の内容の理解度を学習履歴に基づいて解析し、次の章に進むべきかどうかを示唆する。また復習を兼ねて、ドリルで解けなかった内容に関する電子教科書の閲覧も可能にしている。

各問題においては、反復的に解いても毎回正解が異なるようにするため、ドリルの問題を乱数によって変化させた。例えば $(x^n)' = Ax^{n-1}$ において、 A を解答欄とすると、 n を 1 ~ 9 の乱数に置き換えることで、9 通りの問題と正解の組をつくることができる。このように数式の規則に従って、問題と解答が連動できるパラメータを乱数化した。

本システムは perl 及び C/C++ 言語によって実装された CGI で構成されている。現在はシステムの高速化、セッション管理の容易さなどから、Java Servlet のリファレンス実装である Tomcat を用いた構成へと移行を行っている。同時に学習者情報、ドリル問題などをデータベース化して管理するために、フリーの RDB である PostgreSQL を用いるようにしている。

4 評価関数

学習履歴の解析に用いる評価関数として、章内の問題遷移で用いられる関数 σ 、章終了時に用いる関数 γ の 2 通りを用意した。前者の関数は、章内の問題群に対する正解数、不正解数及びあきらめた回数の単純比率である。ただし、仮想的な取り組み回数を事前に導入することで、初めて取り組む際のコースの変動の仕方を調整した。また詳細度に応じたコースの変動のための閾値はあらかじめ定期試験などで分かっているデータに基づいて設定した。具体的な関数を (1) 式に示す。

$$\sigma = \frac{r + l_0}{r + w + 2 \left(\frac{l_0}{\sigma_n + \sigma_m} \right)} \quad (1)$$

r は章内での正解数、 w は不正解及び諦めた回数である。 σ_n 、 σ_m ($0 < \sigma_n < \sigma_m < 1$) は問題の

詳細度を選択する際の閾値であり、 σ の初期値を決定している。 l_0 は σ の変動率を左右する設定値である。

後者の関数は、章終了時にシステムが次に進むべき章を示唆するための関数である。解答結果の過去からの履歴の中で、特に現在の進捗度が向上している学習者をより評価するようにモデル化している。具体的な関数を (2) 式に示す。

$$\gamma = 1 - \frac{\sum_{n=1}^N \gamma_n \cdot \exp(-(N-n)\alpha_0)}{\gamma_0} \quad (2)$$

$$\gamma_0 = \frac{\exp(-(N-1)\alpha_0) - \exp(\alpha_0)}{1 - \exp(\alpha_0)} \quad (3)$$

γ_n は n 回目の学習者の解答結果を 0、1 のビットとしたものであり、学習者が正解した場合は 0、間違えた、もしくはあきらめた場合は 1 となる。 α_0 は経験的に決めた値であり、どの程度の過去までを評価対象にするかを定性的に決めている。(3) 式の γ_0 は規格化因子である。 γ が経験的に設定した閾値を超えた場合に、それまでの内容を理解したと判断し、システムは次の章へ進むように学習者に示唆する。一方、閾値を下まわった場合には、その値に応じて前章、もしくは同一章を繰り返し行うよう示唆する。

5 まとめ

現在のシステムについては、大学の新生向けの自習教材として利用することで、具体的な教育効果や評価関数の有効性について検証を行っている。今後の発展として、問題の拡充を図り市内の中学校などで試験的に利用してもらうことを計画している。本研究は、科学技術振興事業団 RSP 事業の一環で行われた。