

初年次教育を対象とした適応的学習環境の構築について

Design of Adaptive Learning System for the Freshman Education

金西 計英^{*1}, 石田 基広^{*1}, 戸川 聡^{*2}

Kazuhide KANENISHI^{*1}, Motohiro ISHIDA^{*1} and Satoshi TOGAWA^{*2}

^{*1} 徳島大学

^{*1}The University of Tokushima

^{*2} 四国大学

^{*2}Shikoku University

Email: marukin@cue.tokushima-u.ac.jp

あらまし：高等教育では、初年次の学生に対し基盤的な知識の伝達が求められる領域が存在する。一般的に、このような基盤分野の学習として、演習の繰り返しによる学習、反復練習が想定される。つまり、知識伝達の定着にeラーニングを用いた自学自習が有効だと考える。ただ、反復練習において、学習者の理解状態を考慮した形での問題の提示がおこなわれることが望ましい。本稿では、基盤分野を対象にした適応的学習システムを提案する。そこで、本稿では我々の考える適応的学習システムの概要について述べる。本稿では、適応的学習システムの実現に必要な、知識の評価と俯瞰情報の構成について述べる。また、試験的なシステムの運用についても述べる。

キーワード：適応型テスト, IRT, 機械学習, e-Learning, 知的学習支援システム

1. はじめに

大学の初年次教育は、専門的な学びへの橋渡しの側面を持つ。初年次向けの科目（物理や数学等）では、高校までの学習を前提に、専門過程で創造性を発揮するための基礎的な知識の定着が目指される。

学校現場で用いられる知識伝達の伝統的な学習スタイルは、反復練習である。一斉講義による傾聴は一つの方法であるが、講師の話の聞いただけで完全な理解へ至る学習者は少ない。多くの学習者にとって、知識を理解するためには、演習が必要である。演習を繰り返すことで、知識の定着が図られる。演習を繰り返すことで理解へ至るが、繰り返し回数は人それぞれであり、個人差がある。そのため、繰り返しにおいて、進度を制御することができれば、多様な学生に対応することができる。学習者の学習状態に応じ演習の提示を制御することのできる適応的な学習環境の実現が望まれる。

反復練習の個別化の実現には、情報システムによる支援が必要だと考える。我々は、日本の高等教育の初年次向けの科目において、講義を補完する演習に基づくeラーニングシステムに一定の需要が存在すると考える。本研究は、高等教育の初年次教育を対象に、基礎的な知識（物理、数学、生物、化学、情報等）の定着を支援するeラーニングシステムの構築を目指すものである。このeラーニングシステムは、個別化された学習を実現する適応的な学習システムである。

個別化された学習を実現するために、学習状況を見通す俯瞰図を想定する。俯瞰図の存在によって、個々の学習者の状況を外部から把握することができる。俯瞰図が準備され、その上へ学習者の状況をプロットすることで、学習者の状態が明らかになり、プロットされた位置の近傍を調べることで、次に何

を学べば良いかを見つけることができる。俯瞰図を用意することで、学習を導くことが可能となる。適応的学習システムの実現には、学習状況の俯瞰図の実装が欠かせない。俯瞰図の作成と学習状況の把握に、CBT(Computer Based Testing)、特にCAT(Computerized Adaptive Testing)の成果を活用する。これまで、CATをテストだけではなく演習へ利用する試みは見られるが、適応的学習の実現に対する可能性の提案に止まっている。

我々は、適応的学習システム構築を目指し、問題の作成や、構成要素の検証をおこなっている。本稿では、適応的学習システムの枠組みと、我々のおこなった試行、および結果について報告する。

2. 演習に基づくeラーニングの構成

2.1 学習過程の評価

演習に基づく適応的学習を実現するには、学習者の理解度の判定と、学習の進度の制御を実現する必要がある。理解度の判定は、適切な評価と、俯瞰情報の提示によって実現する。

適切な評価は、基本的に、CBTに基づく。客観的に理解度を判定する手法として項目応答理論(Item Response Theory)がある。項目応答理論では、いろいろなテストの結果をロジスティックモデルによって学習者の特性値 θ 求めるものである。項目応答理論において、アイテムバンクと呼ばれる問題の集合を想定する。アイテムバンク内の個々の問題に対して、問題の解答履歴から難易度等が計算される⁽¹⁾。

次に、俯瞰情報の提示について述べる。俯瞰情報とは、問題間の関係を記述するものである。問題間の関係については、問題間の距離等を求める等、いろいろな手法が提案されている。我々は、Tatsuokaらが提案するQ-Matrixに着目する。Q-Matrixは問題と、

問題を解くための潜在スキルの関係を2次元行列として表現したものである。Q-Matrixを用いることで、潜在スキルに基づく問題間の関係を示すことができる⁽²⁾。

2.2 適応的学習の制御

適応的学習は、形態として反復練習を想定する。つまり、アイテムバンクの演習を繰り返し解くことを想定している。閾値を設定し、閾値を超えるまでアイテムバンクの問題を解くことを繰り返せば良い。ただ、闇雲に問題を解くのでは効率が悪い。理解した領域に属する問題を解く必要はない。分かっている領域の問題を、分かるまで解けば良い。問題を解くことで、不足していた知識の理解を補う。あるいは、知識の定着を目指す。

問題提示の制御をおこなうため、問題の構造をシステムが理解しておく必要がある。アイテムバンクの問題に対し、問題と問題の関係、および問題の難易度を記述しておく必要がある。問題の表現は次のようにおこなう。アイテムバンクの問題は、グループ毎に分けられ、さらに同じグループに属する問題は、難易度で順序付けられる。

問題の関係と難易度による分類によって、学習者への問題の提示を制御することが可能になる。学習者は、あるグループの難易度の低い問題から学習を開始する。学習者へ、問題を解くたび、難易度が難しくなる問題が提示される(同じグループの中から)。難易度の閾値を超えた問題が解けると、あるグループの学習は終了となる。次のグループへと移行し、簡単な問題から学習を始める。このようにして、グループを順次変更する。ただし、解答が間違った場合、同じような難易度、あるいは難易度の低い問題が提示される。正解するまで、同程度(あるいは低い難易度)の問題が提示される。このようにして反復練習をおこなう。

3. 適応的学習システム

ここでは、我々が試験的に運用している適応的学習システムの概要について述べる。

本適応的学習システムは、適応的学習環境の機能の検証をおこなうため運用している。機能検証は、学習者の学習履歴の収集を目的としている。本適応的学習システムは、クラウドベースの学習サービスである TechFUL(<https://techful-programming.com>)上に実現した。TechFULはプログラミング学習を提供するサービスではあるが、我々は一般的なLMSと同様の機能を準備した。TechFULではLMS上の科目(コース)に相当するものを、イベントという形で設定できる。イベント内に、学習用コンテンツ(オンデマンドのビデオや、テキスト等)と演習問題を配置した。演習問題はシステムのアイテムバンクあらかじめ登録したものの中から、イベント内に配置する。図1にシステムでの練習問題の様子を示す。2019年より物理、化学、生物、情報の問題作成を始



図1. 問題提示の例

めた。2019年度は、化学、生物の問題を、341問、493問作成した。2020年度は、数学を990問作成した。これらの問題は、大学eラーニング協議会の協力を得て、協議会の作成した問題を移行したものである。また、情報は2019年度、問題を独自に540問作成した。2020年度はAI関連を中心に200問程度追加した。物理は、2019年度独自の問題を198問作成し、2020年度は827問作成した⁽³⁾。

2020年度よりシステムの利用を始めた。演習問題の解答履歴を収集し、IRTによる難易度の算出、およびQ-Matrixの問題の関係の算出を、試験的におこなった。結果からは、利用の可能性を確認することができた。引き続き、解答履歴を集め、IRTやQ-Matrixの利用の可能性について検証を続ける。

4. おわりに

本稿では、高等教育機関において基礎的な知識定着へ一定の要求があることを述べた。こうした初年次教育に対し、eラーニングによる適応的学習システムの活用が可能であることを述べた。適応的学習システムの概要について述べた。現在、試作システムを構築し、運用を始めている。今後、IRT等について、検証を進める予定である。

謝 辞

本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(C)(課題番号19K03003)の支援を受けた。

参考文献

- (1) 加藤 健太郎, 山田 剛史, 川端 一光 “Rによる項目応答理論”, オーム社, (2014) .
- (2) Kikumi K. Tatsuoka “Cognitive Assessment -An Introduction to the Rule Space Method-,” 情報処理, Routledge, (2009).
- (3) 金西 計英, 石田 基広, 高橋 暁子, 戸川 聡 “初年次学習者を対象にした適応的学習システムの検討,” 大学ICT推進協議会 2020年度年次大会予稿集, 398-401, (2020).