

初年次学習者を対象にした演習ベースの e ラーニングシステムについて

金西 計英¹⁾, 高橋 暁子¹⁾, 戸川 聡²⁾

1) 徳島大学 高等教育研究センター

2) 四国大学 大学院文学研究科

marukin@cue.tokushima-u.ac.jp

A Study of Exercise-Based e-Learning System for Freshman Program

Kazuhide Knaenishi¹⁾, Akiko Takhashi¹⁾, Satoshi Togawa²⁾

1) Research Center for Higher Education, Tokushima Univ.

2) Department of Information Science, Shikoku Univ.

概要

高等教育の初年次学生を対象にした学習において、基盤的な知識の伝達を目的とした領域が存在する。一般的に、このような基盤分野の学習の形態の一つとして、演習の繰り返しによる自学自習形態が想定される。自学自習による知識伝達は、e ラーニングにより補間可能である。本稿では、適応型テストと学習者個別の適切な課題選択の機能を実現した適応学習システムを提案する。本稿では、適応学習システムの概要について述べる。今後、適応学習システムの実現において、アイテムバンクと学習履歴の蓄積が課題となることについても述べる。

1 はじめに

2012年に中央教育審議回より出された「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～」答申によって、主体性の涵養や問題解決能力の育成といった深い学びが大学教育へ一斉に導入された。一方、人口減少によって、大学へ入学する学生の多様化が広がっている。深い学びは重要とする一方で、基礎的な知識の確実な修得の重要性も増している。深い学びを実質化のため、前提となる基本的、背景の知識が必要なことが明らかになってきた。議論による学習を考えた場合、学習者が対象に関し背景知識を持っていなければ、単なる好き嫌いといった感情的な発言に終始し、議論が成立しない。

大学の初年次の教育において、物理や数学において、高校までの学習を前提に、基礎的な知識やスキルの着実な定着が求められる。初年次の教育は、大学での学びの導入であり、高校の学習との接続が大切である。そこでは、知識の着実な習得（復習）、基本的なスキルの修練が求められる。大学教育への導入部分において、基本的な知識やスキルの伝達に対し、一定の要望が存在している。

あるいは、高大接続の文脈において、リメディアル教育への必要性が高まっている。しかし、知識伝達の方法として、一斉講義は有効な方法とはいえない。

初年次の学生を対象にした知識伝達の実現には、基本的な学習スタイルとして演習の繰り返しが考えられる。なお、知識の定着のスタイルとして演習の繰り返しを想定するが、講義が不要という分けではではない。演習に基づく学習環境を想定し、構築することが可能と考える。そこで、本研究では、高等教育の初年次教育を対象に、基本的な知識（物理や数学等）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。

知識伝達の学習の基本スタイルは、演習を繰り返すことである。繰り返しの効果、進度においては、個人差が発生することが想定される。そのため、繰り返しにおいて、演習の提示を制御することができれば、学習の効率化に寄与することができる。そこで、我々が構築を目指す e ラーニングシステムでは、学習者の理解状況に応じた演習の提示を目指す。演習の提示を制御するシステムを実現するには、知識定着の確認と、学習進度の制御の実現が必要である。学習状況の評価は、1990年代の知的学習システム研究等で進められてきた。

当時の計算機資源では能力が不足しており、理論的な提案が中心であった。2010年以降の計算機資源の発展により、テストシステムとして実用に用いられるに至っている⁽²⁾。

本稿では、適応学習を実現する演習に基づく eラーニングシステムの概要について述べる。

2 適応学習の枠組み

2.1 適応な学習

演習に基づく適応学習は、形態として自学自習であり、演習を繰り返し解くことで知識の定着を目指すものである。反復練習を無限に繰り返すことで、最終的に知識（スキル）を獲得することができる。ただ、無限というのは現実的ではなく、有限の期間に納めるため効率化が求められる。適応的学習をシステムとして実現するためには、理解状態（知識の定着）を、真正に測る必要がある。また、演習の繰り返しに対し、理解状況に応じて、演習の提示を制御する必要がある。知識の定着を真正に測るとは、CBT(Computer Based Test)の形（適応型テスト）となる。また、演習の提示の制御は、演習群に対して、対象領域の知識を何らかの形で構造化し、記述することになる。

問題 15

次の文章のうち、ノイマン型コンピュータの説明として正しいものすべてを選べ。

- ①ノイマン型コンピュータの処理速度を上げるため命令を平行実行することができる。
- ②ノイマン型コンピュータは、命令を実行するためには必ず主記憶装置にアクセスしなければならない。
- ③現在動いているコンピュータは、全てノイマン型コンピュータである。
- ④CPUの処理速度が速く、主記憶装置の記憶容量が不足するため、CPU本来の処理速度で実行できないことを「ノイマン・ボトルネック」という。

解答

図1 課題の例

2.2 IRT に基づく CBT

知識の定着を図る CBT（適応型テスト）は、適応学習システムの中核機能である。eラーニングシステムにおいては、CBT(Computer Based Test)の形を取る。テストは、演習の集合体である。一問ずつ解く場合は、演習と呼び、まとめて解く場合はテストとなる。適応型テストは、アイテムバンクと呼ばれる演習（質問項目）を蓄積したデータベースから出題される。学習者の成績は、質問項目に対する回答履歴に基づいて難易度と理解度が計算され、出題選択の基準として蓄積される。一般的にテストにおいて、問題の難易度と理解度の

分離が出来ないと客観的な評価が実現しない。適応型テストの例として、医学系大学間共用試験、IT パスポート試験、TOEFL 等を挙げることができる。適応型テストでは、項目反応理論（Item Response Theory (IRT)）が広く用いられる。IRT はその処理の計算量が大きくなり、2000 年以降の計算機資源の発達により、実用的な適応型テストが出現した。IRT は、古典的テスト理論と対比して現代テスト理論とも呼ばれる。IRT は理解度の判定に有効なことは知られている。また、IRT を用いることで、受験者ごとに異なるテスト問題を生成したうえで、信頼性の高い能力推定ができるといった利点がある⁽¹⁾。

IRT を用いた適応型テストが、理想的な状況下では有用であることは示されている⁽³⁾。信頼性の高いテストを作成するには、アイテムバンクとして一定数の問題が必要であることが指摘されている。さらに、有用な難易度を算出のため一定数の解答履歴が必要となることも指摘されている。

2.3 Q-Matrix

龍岡らは初等教育の数学教育の分野で、学習者の理解をモデル化する上で、演習と数学的なスキルの関係を記述する Q-Matrix を提案した⁽⁶⁾。

表1 Q-Matrix の例

		Attributes/skills				
		Skill1	Skill2	Skill3	Skill4	Skill5
Items	Item1	0	0	0	1	0
	Item2	1	0	1	0	0
	Item3	0	1	1	1	0
	Item4	0	0	1	0	1

表1に示した通り Q-Matrix は、2次元行列であり、問題（Item）と問題を解くための能力（Skill）の項目からなる。図では、縦に問題が並び、横に能力が配置されている。この Q-Matrix では、問題1を解くためには能力4が必要であることを表している。

龍岡らによると Q-Matrix は、教師が実際の演習を集め、分析することで能力を取り出し Q-Matrix を記述するものとしている。教師の手によって記述する形が提案されている。

一方、演習や CBT を eラーニング上で運用することで、学習者の解答履歴を得ることができる。解答履歴は、以下に示したような一般的に2次元行列の形を取る。問題と解答者の項目が配置され、問題の正答、誤答の結果が表示される。この表で解答者1は、問題1は誤答、問題2は正答といっ

たことが表現される。

表2 解答履歴の例

	User1	User2	User3	User4	User5
Item1	0	1	0	0	0
Item2	1	1	0	0	0
Item3	0	1	0	1	1
Item4	1	1	0	1	0

解答履歴と、Q-Matrix はともに2次元行列である。我々は、解答履歴を機械的に収集することができる。その上で、最近のEDM (Educational Data Mining) 研究において、機械学習を用いることで解答履歴からQ-Matrixを得る方法が提案されている⁽⁴⁾。これは、2次元行列を分解する形で、近似されたQ-Matrixを得ることができるとするものである⁽⁵⁾。

Q-Matrixは上述の通り、演習と能力の関係を示したものであり、結果的に問題と問題の間の構造、関係を記述した表である。Q-Matrixを得ることができれば我々は、解答履歴から得たある学習者の誤答情報から、誤答した演習と関係する能力と、演習を調べることができる。誤答は学習している領域の能力が十分修得されていないために起こるものであり、不足している能力を得るため関係する他の演習を解くことは当たり前である。ランダムに演習に取り組むのではなく、未習得の能力に関係した演習に取り組むのが合理的といえる。

Q-Matrixを作成することで、演習の制御をおこなうことが可能となる。

3 適応学習システムの概要

我々が想定する適応学習環境とは、自学自習の環境であり、学習者はある順序で配置されてコンテンツを適宜学ぶものである。学習者は、知識の説明を受け（オンデマンドのビデオ等を視聴し）、演習問題を解くことを順次進め、コンテンツの最後に配置されている確認テストを受ける。確認テストの結果によっては、コンテンツの視聴と演習を何度も繰り返すことになる。繰り返しの後で確認テストを受け、確認テストに設定されている閾値を超えると終わりとなる。演習と確認テストでは、システムは学習者の理解状態に応じて演習問題を選ぶ。定着が不十分と判断される知識に関する演習を繰り返しおこなう。確認テストはIRTにより管理され、知識の定着が一貫して診断される。図1に学習の構成を示す。

適応学習システムは、LMSを用いた一般的なeラーニングに、機能拡張を付加する形で実現することができる。コンテンツ、演習、テストといった機能は標準的なLMSの機能である。拡張機能として、幾つかのデータベースとデータベースの管理機能から成る。まず、演習問題を集めたアイテムバンク（問題プール）である。演習が集まったものがアイテムバンクであり、演習そのものは、演習とテストにもちいられる。演習の数が十分に集まれば、演習とテストに用いる演習は分けることが可能である。次に、解答履歴である。解答履歴は上述の通り、演習と利用者が並んだ2次元行

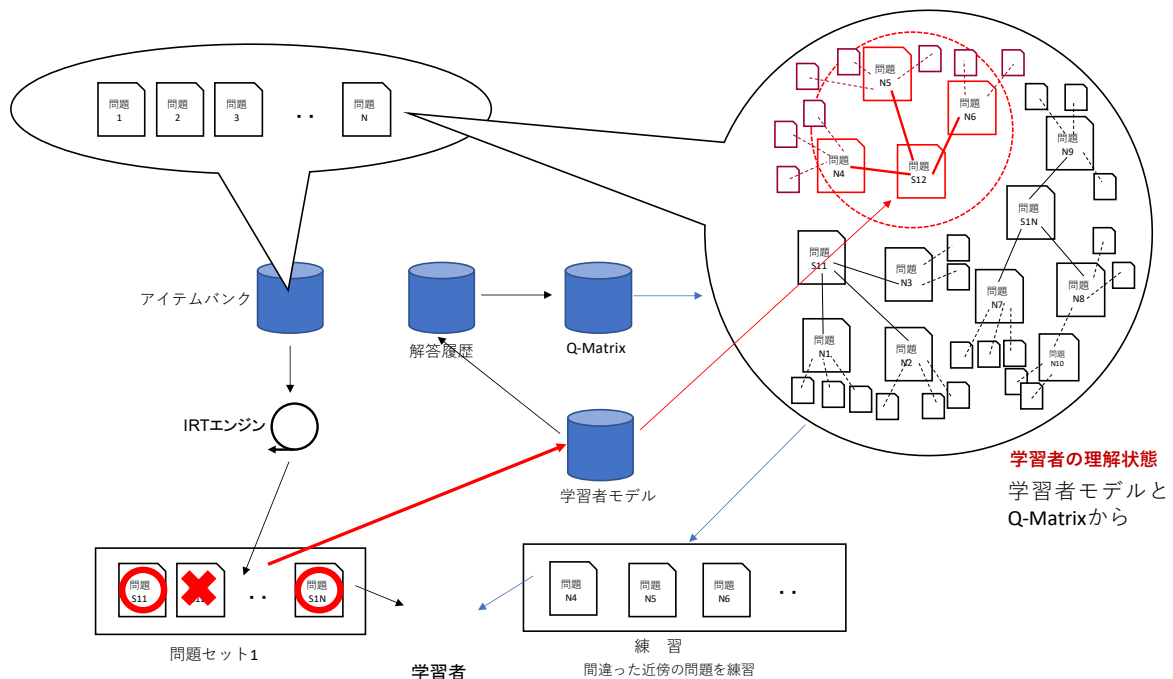


図2 適応学習の概要

列の形を取り、正誤が値として保存される。また、解答履歴は、個々の学習者の解答履歴の集合である。解答履歴から、Q-Matrix を得ることができる。Q-Matrix は機械的に生成され、演習と演習の構造を記述したものである。IRT は統計データとして演習問題の解答結果を必要とし、解答履歴から難易度が計算される。Q-Matrix と個々の学習者の解答履歴から、学習者の理解状態が判定され、演習の提示がおこなわれる。

適応学習システムは、システムを構築するだけではサービスを提供することはできない。一定量のデータが必要である。つまり、サービスの提供にとって、アイテムバンクへの演習問題の蓄積と、解答履歴の収集が重要である。

4 まとめ

本稿では、高等教育機関における適応学習システムの概要について述べた。まず、システムの中核機能である適応型テストと Q-Matrix について述べた。次に、適応学習システムの構成と、サービスの内容について述べた。今後、システムの構築を進める予定であるが、我々が構築中の学習環境においては、演習と解答履歴の蓄積が重要であり、サービスを広く公開することを前提に研究協力者を集めデータの収集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] 植野 真臣、永岡 慶三、“e テスティング”、培風館、2009.
- [2] 溝口 理一郎 “知的教育システム,” 情報処理, Vol.36, No.2, 177-186, (1995).
- [3] 平澤 梓, 光永 悠彦, 小松川 浩 “項目応答理論を用いた適応型 e ラーニングによる学習効果に関する研究,” 教育システム情報学会学生研究発表会 (北海道地区) , 17-18, (2014).
- [4] Cristobal Romero, Sebastian Ventura, Mykola Pechenizkiy, and Ryan S.J.d. Baker, “Handbook of Educational Data Mining (Chapman & Hall/CRC Data Mining and KnowledgeDiscovery Series)”, CRC Press, 2010.
- [5] D. D. Lee, and H. S. Seung, “Learning the parts

- of objects by non-negative matrix factorization”, Nature, Vol. 401, No. 6755, pp. 788–791, 1999.
- [6] K. Tatsuoka, “Analysis of errors in fraction addition and subtraction problems (Report No. NIEG-81-0002)” Urbana: Computer-based Education Research Laboratory, University of Illinois, 1984.