

適応的学習環境における誘導について

Design for Guidance of Adaptive Learning Platform

金西 計英^{*1}, 石田 基広^{*1}, 戸川 聡^{*2}
Kazuhide KNENINSHI^{*1}, Motohiro ISHIDA^{*1} and Satoshi TOGAWA^{*2}

^{*1}徳島大学

^{*1}Tokushima University

^{*2}四国大学

^{*2}Shikoku University

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

あらまし : 大学の初年次教育の分野において, 知識の伝達を目的とした科目が存在する. 知識伝達の学習形態として, 演習の繰り返しによる自学自習を想定することができる. 演習に基づく自学自習に対し, AIを用いた支援が可能と考える. 支援は診断と誘導から成る. 問題の難易度と問題間の構造の情報を用いることで, 診断が可能となる. 強化学習を用いることで誘導が可能になる. CBT システムに診断と誘導を実現することで, 適応的学習システムが実現できる. なお, この適応的学習システムでは, 問題プールと学習履歴の蓄積が課題となる.

キーワード : CBT, IRT, Q-Matrix, 強化学習, e-Learning, 知的学習支援システム

1. はじめに

国内の高等教育機関において, 初年次向けの科目(例えば, 物理, 数学等)の中には知識伝達が大なる目的となるものがある. 知識伝達の学習形態として, 反復練習が基本的な形態として挙げられる. 学習者は, まず, 知識が記載された, テキストや動画等のコンテンツを視聴することで知識の獲得を目指す. 続いて, 演習問題を解き知識の定着を確認する. 知識伝達を外から眺めるかぎり, 学習者はコンテンツの視聴と演習問題を解くといった行動を繰り返していることになる. コンテンツの視聴だけで知識の定着へ至る学習者は少ない. 一般的に, 知識定着は問題演習を繰り返すことが必用となる. そのため, 知識伝達は, 反復練習となる.

我々は, 反復練習の形として, 自学自習を想定している. 知識伝達の反復練習は, 講義形式による一斉学習が, 必ずしも効果的な方法とは言えないからである. 一斉学習は, 学習を始める段階で, 学習者の理解状態が均一であれば効率的と考えられるが, 実際の学習者の状態は多様である. 多様な学生に対応するには一斉学習よりは, 個別化が必要になる. 理想的には, 学生一人に教員一人を配置できれば良いが, 経済的な点から大量の教員を配置するような授業の実現は困難である.

知識伝達を目的としておこなう反復練習を支援する学習環境の構築が, 可能だと我々は考える. 人工知能研究の成果を用いることで, 反復練習における個人に向けた支援が可能になると考える. 個別化に対応した学習環境の構築である. 本研究では, 演習に基づく学習の個別化, 適応的学習環境の実現を目指す. 具体的な対象として, 高等教育の初年次教育における基礎的な知識伝達(情報科学等)を目指す, 演習ベースの自学自習を支援する適応的な e ラーニ

ングシステムの構築を目指す. 以下では, e ラーニングシステム(学習環境)の概要について述べる.

2. 演習に基づく自学自習

我々が想定する反復練習とは, 自学自習形態によるものである. 学習者はある領域の知識の獲得を目指している. そのため, 学習者は, まず, 知識が記載されたテキストや動画を通読(視聴)する. その後, 知識の定着(確認)のため演習問題を解く. 自学自習では, この通読や演習を, 繰り返すことになる. 対象とする知識の学習がある程度進んだと学習者が判断したとき, 知識の習得具合を確認するため試験に臨む. 試験の結果が設定された閾値を超えていけば, 領域の学習は終了したものと判断される.

コンテンツを視聴する, 演習を解く, 試験に臨む, これらの学習過程が繰り返されることで学習が成立する. このような自学自習は, 多くの大学で整備されている e ラーニングのサービスを通し, 学習者がおこなうことが可能となっている. しかし, コンテンツを視聴する, 問題を解くといった学習活動をどのように繰り返すかといった, 学習過程の組み立ては学習者に委ねられることになる. 学習者が自律的に学習を進めることは容易ではない.

我々は, 学習者の理解状態の診断と, 診断に基づいた誘導をおこなうことで, 適応的学習と呼ぶ演習に基づく自学自習の支援が可能になると考える. 適応的学習では, 学習者の理解状態に沿った形で反復練習がおこなわれる.

適応的学習システムの基本構造は, 一般的な e ラーニングシステムに, 適応的な CBT (Computer Based Test) の機能を追加したものとと言える. 適応的学習システムにとって演習問題の集合(問題プール)は重要な構成要素である. 問題プールの問題は, 演習, 試験に利用される.

3. 理解状態の診断

適応的な学習の実現にとって学習者の理解状態の診断は重要である。我々は、演習問題に属性を付加し、属性に基づいて診断をおこなう。問題に付加する属性は、対象とする学習領域の知識の構造を反映したものである。学習者の解答履歴を、知識の構造に重ねることで、理解状態を判断できると考えるからである。対象知識の構造は、以下に述べる2種類の属性情報から表現する。

一つは、項目反応理論 (Item Response Theory (IRT)) を用い、個々の問題の難易度を算出し、これを属性として付与する。IRT は、学習者の問題に対する解答履歴から、ロジスティックモデルを用いることで、難易度を推定する^[1]。

もう一つは、問題間の関係性を示す情報を付与する。問題間の関係の記述には、Tatsuoka らの Q-Matrix を用いる^[2]。Q-Matrix は、問題と潜在スキルを示した2次元行列である。これは、潜在スキルを通して、問題間の関係性を示していると考えられる。

学習者の正誤を Q-Matrix 上でたどることで、対象の領域知識の、どこが分かっているか (分かっているか) を知ることができる。また、難易度によって、どれくらい分かっているかを知ることができる。

4. 推薦による誘導

知識伝達を目的とした反復練習は、やや乱暴な言い方ではあるが、分かるまで演習問題を繰り返すことになる。しかし、分かるまで繰り返すことは、必ずしも効果的とはいえない。場合によっては、学習者の意欲に対しネガティブな影響を及ぼすことが想定される。

反復練習を効率的に進めるためには、学習者に対し、適切な推薦をおこなう必要がある。推薦は、学習者に対し、次に何をこなせば良いかを提示することでおこなう。我々が想定している反復練習では、学習者は、コンテンツを視聴する、演習問題に取り組む、評価試験を受けるかのいずれかをおこなう。例えば、学習者がある演習問題を解き終わったあと、コンテンツを視聴するか、さらに演習問題を解くか、評価試験を受けるか、いずれの活動をおこなえば良いかをシステムが提示する。学習者はシステムの提示に従って次の行動を選択することになる。

推薦は、学習者の最適な行動の推定に基づく。多くの学習者の反復練習の学習過程の履歴を集めることで推定は可能になる。反復練習による学習過程は、コンテンツを視聴する、演習問題を解く、評価試験を受けるといった基本的な学習過程の繰り返しである。学習過程の基本的な単位を設けることで、学習過程は基本的な要素の系列、状態遷移として捉えることができる。学習過程は、基本的に将棋や囲碁等のゲームと同様である。将棋や囲碁において、最適な次の手を算出できるのであれば、学習過程においても最適な次の学習過程を選ぶことができる。

学習過程を状態遷移として捉え、集めた学習履歴に対し機械学習を用いることで、最適な次の過程の選出をおこなう。具体的な機械学習の方法として強化学習 (Reinforcement Learning (RL)) を用いる^[3]。強化学習は、AlphaGO に採用されたことで注目を浴びた。強化学習はエージェントによる環境に対する制御を、報酬による最適過程を学ばせることが可能となる。ゲームに代表されるように、状態遷移と親和性が高い。強化学習を用いることで、最適な次の学習過程の選択が可能になる。最適な状態を推薦として提示することで学習を支援する。

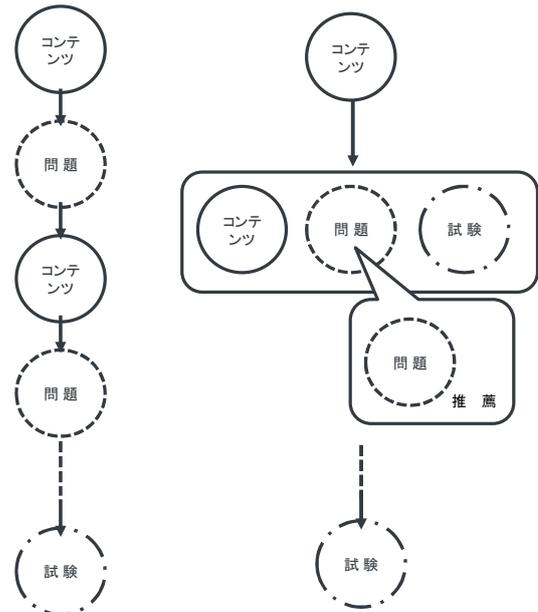


図1. 学習過程の様子

5. まとめ

本稿では、高等教育機関における適応的学習システムの概要について述べた。まず、適応的な学習の概要について述べた。その上で、適応的な学習を実現するためには、診断と誘導が必要なことを述べた。診断は、IRT と Q-Matrix を用い、演習問題の構造を記述することで実現する。今後、システムの構築を進める予定であるが、演習問題の蓄積と学習履歴が重要であり、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, 課題番号 22K12292) 等の支援を受けた。

参考文献

- (1) 加藤 健太郎, 山田 剛史, 川端 一光 “R による項目反応理論項目応答理論,” オーム (2014).
- (2) K. Tatsuoka, “Cognitive Assessment: An Introduction to the Rule Space Method” Routledge (2009).
- (3) Sutton, Richard S. & Andrew G. Barto, 三上貞芳 (訳) “強化学習” 森北出版 (2000).