

学習意欲と学習者能力に適応的な演習問題を出題できる

項目反応理論を用いた演習システムの開発
An adaptive exercise system for learners' motivation and ability
using item response theory石井 隆稔[†] 釜屋 優[‡] 赤倉 貴子[†]
Takatoshi Ishii Masaru Kamaya Takako Akakura

1. はじめに

近年, e ラーニングシステムの普及が進んでいる[1]. このような e ラーニングシステムにおいて, 個々の学習者の能力に応じた学習教材や演習問題の提供を行うシステムが開発されている. 例えば, 問題演習の為のシステムにおいて演習問題の正誤から学習者の理解できていない課題を同定し, それらに関する問題を出題することで, 個々の学習者に適応的な出題を行うようなシステムがあげられる.

このようなシステムの中に, 項目反応理論により学習者の能力を推定し, それぞれの学習者の能力に応じた演習問題を出題するシステムがある[2]. このシステムは, その学習者の能力で 20%, 50%, 80%の確率で正答可能な項目を出題することで, 学習者の能力発達を促すシステムであった. そこでは正答率が 80%の項目を出題し続けることが, 最も学習者の学習意欲を高める結果であった. しかし, 正答率 80%とは明らかに解ける項目である. そのため, 解けない問題を解けるようにすることを目的とする演習システムとしては, 明らかに易しすぎる項目を出題している.

一方, 項目反応理論を用いた適応型試験においては, 一般にその受験者にとって解けるか解けないかぎりぎりの項目を出すことが, 能力推定の誤差を最小にすることが知られている. しかしこのような問題を出題し続けることは, 受験者にとって精神的な負荷が大きいという報告がある[3]. そのため, 演習システムにおいても, この出題方法は学習者にとって負荷が高く学習意欲が低下すると考えられる.

本研究では, これらの知見を基に, 学習意欲を維持したまま学習者にとって難しい項目も出題し, 学習者の能力向上に貢献できるシステムの開発を試みる.

2. 学習者の能力に適応的に演習問題を出題する演習システム

先行研究[2] (項目反応理論により学習者の能力を推定し, それぞれの学習者の能力に応じた演習問題を出題するシステム) は本研究に関係が深いので, まずこの研究を紹介する.

2.1 項目反応理論

項目反応理論では以下の式を用いて能力 θ を持つ学習者が問題(以降, 項目と呼ぶ) i に正答する確率をモデル化している.

$$P_i(\theta) = \frac{1}{1 + \exp(-1.7a_i(\theta - b_i))}$$

[†] 東京理科大学工学部情報工学科, TUS

[‡] 東京理科大学工学部経営工学科, TUS

ここで, a_i は能力推定における項目 i の感度を表すパラメタである. 例えば, 「サイコロを振って出る目を当てよ」のような能力値との関係が弱い項目は a_i が低い. また, b_i は項目 i の難易度に関するパラメタである. 項目 i の正答確率は $\theta = b_i$ の時 50% である. このモデルを用いてそれぞれのパラメタを推定することで, 学習者の能力などが推定可能となる.

2.2 システム概要

先行研究のシステムは図 1 のようなフローチャートに基づき, 学習者の能力に応じた問題を出題する. 具体的には,

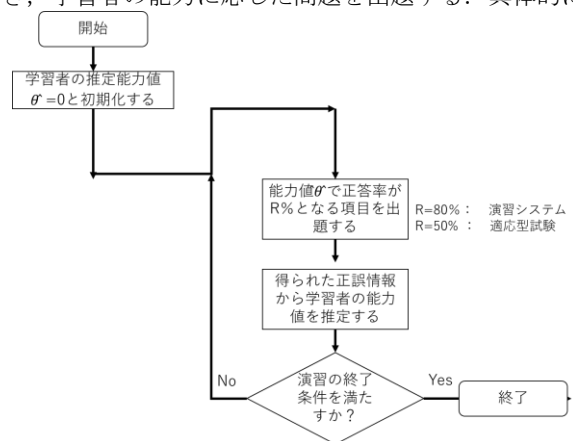


図 1 項目反応理論を用いた学習者の能力に応じた出題のためのフローチャート

学習者が演習問題を解くごとに, その正誤とそれ以前に出題された項目への正誤から学習者の能力値を逐次推定し, その能力 80% 正答可能な項目を出題する. そのため, 学習者にとってほとんど解ける項目が出題されることになる. また, 終了条件とは, 例えば, 20 分たったら終了する, 30 問解いたら終了する等学習の目的に沿った物を用いる.

しかし, 一方で, このような出題方法は, 学習者にとって常に易しい項目を出題するため, 現時点では学習者が解けない項目を解けるようにするという目的にはそぐわない.(それらの知識を忘れないため, という知識の定着を目的として使用すべきである.)

また, 適応型試験においては, 通常, 能力推定の精度を最大化する目的の為正答率が 50% となる項目を出題する. そのため, それぞれの学習者の平均正答率は, 学習者の能力によらず 50% となる. そのため, どんなに頑張っても 50% の項目は誤答してしまうため, 「正答できるとうれし, 自信がつく」等の学習者の学習意欲という観点から見ると, 学習者の学習意欲の低下を招きやすいことが報告されている[3].

3. 学習意欲と学習者能力に適応的な演習問題を出題できる項目反応理論を用いた演習システム

そこで本研究では学習の継続と学習者の能力向上を目的としたシステムを開発する。具体的には学習意欲の低下した時点で本人にとって正解しやすい容易な項目を出題することで、正答による自信を与え、学習の継続を促す。また、学習意欲が高い場合には正答率が 50% 程度の学習者が解けるか解けないかぎりぎりの項目を出題することで、学習者の能力向上を期待する。

本システムは図 2 のようなフローチャートに基づき項目を出題する。図 1 のフローチャートとの違いは学習者の学習意欲の低下により、次に出題する項目への正答率を変化させる点にある。試作システムでは、直接学習意欲を学習者に回答してもらい、それを基にシステムは次に出題する項目の難易度を変化させる。

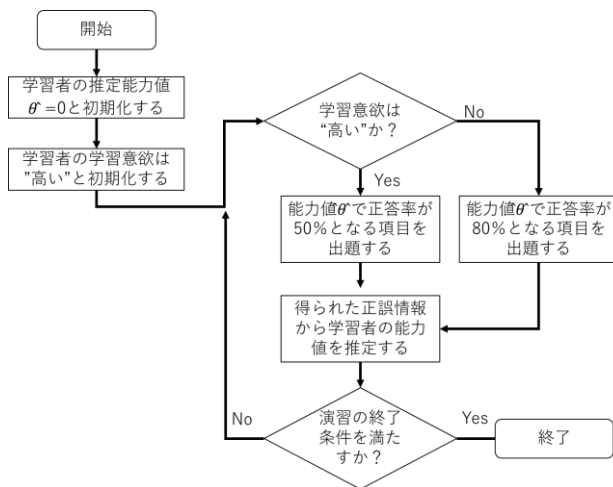


図 2 学習者の能力と学習意欲に応じた出題のためのフローチャート

4. 試作システムの評価

本出題方法を評価するために試作システムを開発した。本システムでは公務員試験の判断推理問題を演習問題として採用した。全 56 項目について予め理系大学生 21 人にすべての項目に回答してもらい、EasyEstimation[4]を用いて項目パラメタを推定した。本研究では各項目パラメタが $0.2 \leq a_j$ かつ $-3.0 \leq b_j \leq 3.0$ の範囲内であるものを評価実験に用いた。

評価実験ではこれらの項目を用いて従来型の演習システム(学習者にとっての正答確率が 80% の項目を常に出题)と本システム(学習意欲が高い場合は学習者にとっての正答確率が 50%, そうでない場合は 80% の項目を出题)について、学習者の能力と学習中の学習意欲について比較した。比較は、理系大学生 10 人を、本研究で提案した出題項目選択方法を使用する実験群(ID01-05)と従来の出題項目選択方法を使用する統制群(ID06-10)に分け、それぞれの出題方法を実装したシステムで学習を行った。この際、項目数、出題領域、出題されている項目のパラメタなどの点で等質である事前と事後テストを行った。回答の際、それぞれの問題への主観的難易度 (7, 非常に難しい ~ 1, 非常に易しい) も入力させた。

表 1 実験群と統制群の事前事後テスト結果 (10 問中の正答数)

実験群				統制群			
ID	事前	事後	差	ID	事前	事後	差
01	7	10	3	06	2	7	5
02	5	6	1	07	3	4	1
03	7	8	1	08	5	8	3
04	7	10	3	09	8	9	1
05	6	10	4	10	1	1	0
平均	6.40	8.80	2.40	平均	3.80	5.80	2.00

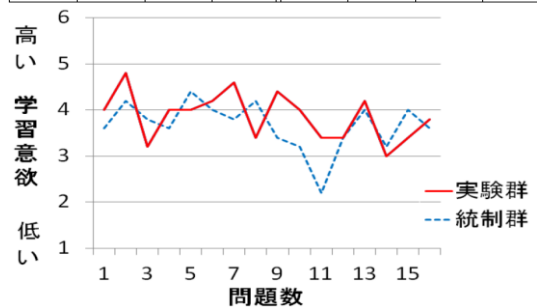


図 3 実験群と統制群の平均学習意欲の推移

表 1 より、提案した出題選択方法は、従来の演習システムで用いられるシステムと比較して学習効果が向上していることが示唆される。また図 3 からは統制群の方が学習意欲の低下を引き起こしやすいように捉えられるが、詳しく確認すると、これは、使用可能な項目数が少なく、成績の極端に悪い ID10 には適切な難易度の項目が出題できなかった可能性があったためと考えられる。学習意欲に対しては、提案法は従来のそれと同程度であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、学習意欲を保ちつつ、新しい知識の獲得を目指した演習システムの為の、新しい課題出題方法を提案し、それを評価するためのシステムを試作した。実際のデータを使用した実験において、提案は従来手法よりも学習効果が高く、学習意欲の維持においては同程度であることが示唆された。今後の課題は、出題可能な項目数を増やすこと、より大規模なデータを提案手法の優位性を精微に検証することなどが挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、平成 28~31 年度科学研究費補助金基盤研究 (B) (課題番号 16H03086 : 研究代表者: 赤倉貴子) の助成によるものである。

参考文献

- [1] 赤倉貴子, 柏原昭博, “e ラーニング/e テスティング,” ミネルヴァ書房, (2016).
- [2] 大澤愛喜, “e ラーニングの演習問題における問題正答率と学習意欲の関係の分析,” 東京理科大学工学部第二部経営工学科平成 26 年度卒業研究抄録集, pp.5-8, (2015).
- [3] 木村哲夫, 大西昭夫, 永岡慶三, “Rasch モデルによる Moodle 小規模 CAT の改良,” 日本教育工学会全国大会, pp.795-796, (2016).
- [4] 熊谷龍一, “初学者向けの項目反応理論分析プログラム EasyEstimation シリーズの開発,” 日本テスト学会誌, Vol.5, No.1, pp.107-118, (2009).