

項目反応理論を利用した学習者モデルにおける正答率推定手法

三浦 裕嗣† 渡辺 博芳‡

帝京大学大学院理工学研究科† 帝京大学理工学部‡

1. はじめに

学習者の能力や到達度を調べる際、客観テストがよく用いられる。このようなテストは、学習目標や学習者のレベルを考慮しながら作成する必要がある。そのためには、理想的な学習者モデルや実際の学習者の能力を表した学習者モデルを想定して作問することが重要である。

本研究では、ある学習者あるいは学習者群を想定したときに、出題する客観テスト問題の正答率推定を行うための学習者モデルを提案する。提案する学習者モデルは、過去の類似問題の受験データを用い、項目反応理論によって新しく作成した問題の正答率を推定する。

本研究では、語句を解答する問題を対象に、同一の正答を持つ選択式問題と短答式問題の間、選択肢の異なる選択形式問題の間で、どちらか一方の受験データが存在する時に、その受験データを利用して他方の問題の正答率を推定する方法を提案する。

2. 正答率推定のための学習者モデル

図 1 に正答率推定のための学習者モデルを示す。学習者モデルは、想定した学習者と同じように振る舞う擬似的なモデルのことで、多くの研究がなされている。本研究の学習者モデルは、想定した学習者がある問題を解いた場合の正答率を教師に返すモデルとする。

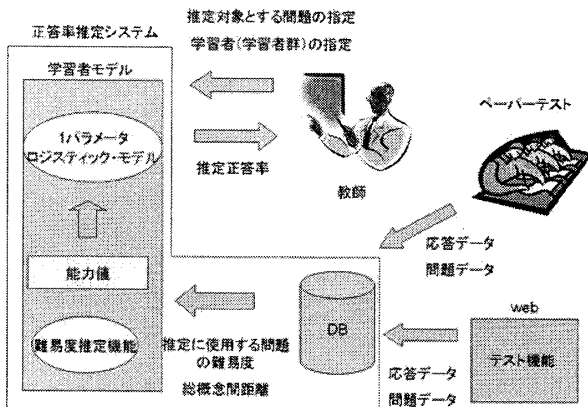


図 1. 提案する正答率推定システムと学習者モデル

Research on Learner Model for Presumption of Correct Answer Rate using Item Response Theory.

†Hiroshi Miura, Graduate School of Science and Engineering, Teikyo University

‡Hiroyoshi Watanabe, School of Sciences and Engineering, Teikyo University

正答率推定システムに、教師が推定対象の学習者(群)とテスト問題を指定することで、推定正答率が出力される。テスト問題は、キーワード検索により検索して指定するか、問題文、正答、選択肢等を入力する。学習者(群)は、該当する学習者(群)を指定するか、過去の類似の属性を持つ学習者(群)を指定することで、指定した学習者(群)の能力値が学習者モデルに設定される。

正答率推定のために、過去に実施したテストの問題データや学習者の応答データを事前に入力しておく必要がある。問題データは問題文や正答、選択肢から構成されるテスト問題と 1 回に受験するテストに含まれる問題を表す。一方、応答データは各学習者の各問題に対する正誤のデータである。応答データを用いて問題の難易度を計算することができる。

このような正答率推定システムにおいて、学習者モデルは指定した問題の難易度と能力値から正答率を推定する役割を果たす。その際に、式(1)で示される項目反応理論の 1 パラメータ・ロジスティックモデル[1]を用いる。

$$P_i(\theta) = \frac{1}{1 + e^{-(\theta - b)}} \quad (1)$$

$P_i(\theta)$: 正答率 θ : 能力値 b : 問題の難易度

ここで、指定した問題に対する応答データが存在しない場合、類似の問題の応答データから指定した問題の難易度を推定する機能が必要となる。本研究では、出題形式の異なる問題間と選択肢の異なる問題間での難易度の変化を求めることで難易度の推定を行う。難易度の変化を求める際に、選択肢の違いによる難易度の違いを扱うために、選択肢間の概念距離を利用する。また、学習者の理解状況に合わせた選択問題の作成においても概念距離が利用されている[2]。

3. 難易度推定手法

3.1. 難易度推定の基本方針

同一の正答を持つ選択式問題と短答式問題での難易度の変化、選択肢の異なる選択形式問題の間での難易度の変化は、以下のような特徴があると考えられる。

- ① 同内容の問題において選択形式問題は短答形式問題より難易度は低くなる。
- ② 正答と選択肢との概念距離が近いほど難易度は高く、概念距離が遠いほど難易度は小さくなる。
- ③ 短答式問題の難易度が高いほど、選択式問題に変更した際の難易度の変化は大きい。
- ④ 選択式問題の難易度が低いほど、短答式問題に変更した際の難易度の変化は大きい。

3.2. 短答形式を基にした選択形式の難易度推定

式(2)は、短答形式問題の難易度が既知であるとき、正答が同じ選択形式の問題の難易度を推定するものである。

$$P_e = S - (\alpha 1 + (S \times \beta 1) + \gamma 1 \times (D_i - D_0)) \quad (2)$$

- P_e : 推定選択形式難易度 S : 短答形式難易度
 $\alpha 1$: 選択形式への変更の際、推定難易度の変化を規定するためのパラメータ
 $\beta 1$: 選択形式への変更の際、難易度の大きさから変化する大きさを決めるためのパラメータ
 $\gamma 1$: 選択形式への形式変更の際、概念距離による変化の大きさを決めるためのパラメータ
 D_i : 選択肢間の概念間距離により難易度を変化させる値
 ・ ・ ・ 総概念間距離/正誤間での最小概念間距離
 D_0 : D_i による増減を決定するための基準

$\alpha 1$ によって基本方針の①を推定の計算に反映させている。また、基本方針の③は、 S そのものに反映させる度合いを表すパラメータ $\beta 1$ を乗算した値で反映させる。さらに、基本方針の②は D_0 を基準とした D_i の値に反映させる度合いを表すパラメータ $\gamma 1$ を乗算した値で反映させる。

3.3. 選択形式を基にした短答形式の難易度推定

式(3)は、選択形式問題の難易度が既知であるとき、正答が同じ短答形式の問題の難易度を推定するものである。

$$S_e = P + (\alpha 2 - (P \times \beta 2) + \gamma 2 \times (D_i - D_0)) \quad (3)$$

- S_e : 推定短答形式難易度 P : 選択形式難易度
 $\alpha 2$: 短答形式への変更の際、推定難易度の変化を規定するためのパラメータ
 $\beta 2$: 短答形式への変更の際、難易度の大きさから変化する大きさを決めるためのパラメータ
 $\gamma 2$: 短答形式への形式変更の際、概念距離による変化の大きさを決めるためのパラメータ
 D_i : 選択肢間の概念間距離により難易度を変化させる値
 ・ ・ ・ 総概念間距離/正誤間での最小概念間距離
 D_0 : D_i による増減を決定するための基準
 基本方針の反映させ方は3.2と同様である。

3.4. 選択肢を変更した選択形式の難易度推定

選択肢の変更における難易度の推定には式(2)、(3)を利用して行う。まず、式(3)で選択形式問題を短答形式問題の難易度に変更した際の難易度を推定する。その後、式(2)で先程推定した短答形式問題の難易度を新たな選択肢での概念間距離を用いて選択形式問題の難易度推定を行うことで正答が同一である選択肢のみを変更した選択形式問題の難易度を推定する。

4. 実験

4.1. 実験方法

提案した正答率推定法を評価するために、実際の学生から収集したテストデータを用いて各難易度推定手法によ

って求められた正答率と実際の正答率との差を求めた。また、単純に形式を変更前と変更後の難易度の差の平均を用いて算出した推定正答率と実際の正答率との差も同様に求めて比較した。実験ではleave one out cross validation法により学習用データセットでパラメータを決定し、評価用データセットに対して正答率を推定した。

4.2. 実験データの収集方法

テストデータの収集には、情報を学んでいる大学1年生と3年の学生に協力してもらった。小テストの内容は全て情報関係の問題で、出題形式の異なる小テストを2種類作成した。1つ目は短答形式問題で作成された小テスト、2つ目は1つ目の短答形式の問題と同じ問題文で同じ正答であり、出題形式を選択形式問題(正答を含めた4択)に変更した小テストとした。どちらも4問から構成される。学生には、始めに短答形式の小テストを受験してもらい、終了後に選択形式での小テストを受験してもらった。この収集方法により学生から同問題、同形式で出題形式の異なった2種類のテストデータ、各4組収集した。1組のテストデータは59人から81人分のデータを含む。

4.3. 実験結果

実験において、学習用データセットで設定されたパラメータの例を以下に示す。

式(2)の例 $D_0=4, \alpha 1=1.70, \beta 1=0.50, \gamma 1=0.48,$

式(3)の例 $D_0=4, \alpha 2=1.70, \beta 2=0.35, \gamma 2=0.48$

また、実験結果を表1に示す。提案した推定手法は10~15%の差で実際の正答率に近い正答率を推定することができた。また、単純に難易度の差の平均を用いて推定する方法に比較して、実際の正答率との差を縮めることができた。

表1. 実験結果「実際の正答率と推定正答率の差」の差

形式変更の種類	短答から選択	選択から短答
差の平均を用いた手法	13.73%	15.60%
提案した推定手法	8.90%	11.62%

5. おわりに

本稿では正答率推定のための学習者モデルを想定し、正答が同じで問題形式が異なる場合及び選択肢が異なる場合に正答率を推定する手法を提案した。実験の結果から、提案した推定方法は、単純な推定方法よりも実際の正答率に近い結果を導くことができた。しかし、まだ十分に精度が高いとは言えず、今後も推定手法を改善する必要がある。また、同じ問題文で同じ正答の場合の類似問題しか扱っていないため、扱える類似問題の種類を増やすことも検討したい。

本研究では、情報通信研究機構のEDR概念辞書「専門用語辞書(情報処理)」を利用した。

参考文献

- [1] 豊田秀樹：項目反応理論[入門編]—一テストの測定と科学— 朝倉書店 2002
 [2] 津森伸一，海尻賢二：理解状況に適応した多肢選択式問題の自動生成に関する研究 教育情報システム学会研究報告，Vol.21，No.4，pp.3-8，2006