

K-008

項目反応理論を用いたプログラミング演習における理解度確認 Confirming Understanding Level of Programming Exercise by Item Response Theory

小山 昂紘[†] 廣瀬 達[‡] 大野 公裕[‡] 原田 史子[†] 島川 博光[†]
Takahiro Koyama Toru Hirose Masahiro Ono Fumiko Harada Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

多くの大学では、学生にプログラミング能力を身につけさせるために、学生に演習課題を与え、プログラムを作成させる講義をおこなっている。演習課題を解くためには複数の分野を理解しておく必要があるため、演習が進むと、以前の演習内容をよく理解していない学生は演習課題を解くことができなくなる。演習課題を解くことができない学生は、自分が理解できていない分野を復習しなければならないが、自分がどこを理解できていないのかを数多くある分野の中から学生が見つめることは難しい。学生が理解できていないところを見つけるためには、演習課題を解くために必要な各分野の理解度と学生の各分野の理解度を比較する必要がある。ある分野の学生の理解度と、その分野を解くために必要な理解度を比較するためには、学生の各分野の理解度を求める必要がある。

本論文では学生の各分野に関する理解度を絶対評価で求める手法を提案する。これにより、学生は自分が理解できていない分野を特定することができる。

2. プログラミング演習の授業形式と問題点

2.1 質問項目と分野別理解度

学生はプログラミングの演習でプログラムを作成することにより、プログラミング言語の使い方や文法を学ぶことができる。ひとつの演習課題を解くにはいくつかの知識が必要となる。以下に演習課題の例を上げる。

入力された身長と体重から指定された式を用い標準体重を計算し表示するプログラムを作成する。ただし、体重が標準体重よりも8kg小さければ「少し痩せています」、8kg大きければ「少し太っています」と警告する機能をつける。

この演習課題の場合、条件分岐の方法だけでなく、標準入力の方法、変数の型の指定、標準出力の方法など複数の知識が必要である。そこで、それらの知識を学生が理解できているのか確認するため、質問項目を設ける。

各質問項目は複数の分野と関連を持つ。プログラミング演習にて、教員は学生が質問項目に回答できるか確認する。質問項目が複数の分野と関連を持つ場合、この質問項目に学生が正答できたとしても、その学生は質問項目に関連するすべての分野を理解できたとは判断できない。学生が関連する分野を理解できているか正確に把握するためには、教員は複数の質問項目の回答結果から学生の分野ごとの理解度を読み取る必要がある。この関連する分野ごとの理解度を分野別理解度と呼ぶ。

2.2 質問項目の採点基準

プログラミング演習は多数の学生が受講する。ひとりの教員がすべての学生に対し質問項目に回答できるかを確認することは困難である。しかし、複数の教員で学生が質問項目に回答できるかを確認すると、確認をおこなう教員ごとに学生が正しく回答できるかを判断する基準が異なる。これは確認をおこなう教員が学生が正しく回答できているかを、確認をおこなう教員自身の主観にもとづいて定めた基準で判断するためである。教員が主観にもとづいて定めた基準で判断すると、質問項目の採点が教員の主観にもとづいた相対評価になってしまう。学生の分野別理解度を求めるさい、このような情報をもちいると、教員の主観による分野別理解度しか求められない。正しく分野別理解度を求めるためには、教員の主観による分野別理解度ではなく、客観的な分野別理解度を求める必要がある。

2.3 項目反応理論を用いた絶対評価

客観的な絶対評価で理解度を求める既存手法として項目反応理論が存在する。同じ問題をといた多数の学生の理解度がわかっているとき、理解度ごとに正答確率を求めておく。項目反応理論とは、複数の問題の正答確率をもとに、受験者の能力を求める手法である。項目反応理論を用いて客観的な理解度を求めることで、絶対評価で学生ごとの分野別理解度を求めることができる。

3. 項目反応理論を用いた分野別理解度

3.1 複数分野への関連付け

本論文では、項目反応理論を用いて学生の客観的な分野別理解度を求める手法を提案する。そのためには、まず、質問項目とその質問項目に関連する分野を結び付けなければならない。本研究では、質問項目に関連する分野としてコンピュータの概念、プログラミング環境、プログラムの実行、評価と値、メモリ配置、変数の型、プログラミング文法、ライブラリ関数、データ構造とアルゴリズム、ユーザビリティ、開発過程、読み易さの12分野を想定する。すべての質問項目に対してこれらの分野を関連付けしていく。ひとつの質問項目が複数の分野に関連する場合もある。

3.2 質問項目の正答確率

学生の分野別理解度を求めるのに項目反応理論を用いるため、ある学生がそれぞれの質問項目に正答する確率を求める。ひとつの質問項目に複数の分野が関連付けされている場合、質問項目に正答する確率を分野別に求める。この確率は過去の学生の分野別理解度を用いて求める。理解度の求め方は文献 [1] を参考にする。本手法では、過去の学生の分野別理解度は、すでに求められているものとする。

まず、ある分野に関連する質問項目について考える。

[†]立命館大学情報理工学部
[‡]立命館大学大学院理工学研究科

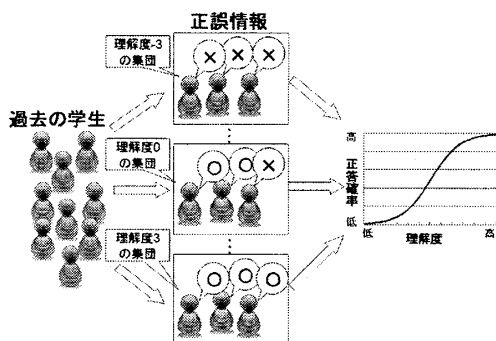


図 1: 質問項目の分野別の正答確率

図 1 に処理の流れを示す。いま、3つの質問項目があり、理解度は-3~3 で表わすとす。はじめに、過去の学生を理解度ごとにわけ。次に、わけられた過去の学生が3つの質問項目のどれに正答したかを示す正誤情報を求める。最後に、理解度別にわけられた過去の多数の学生の正誤情報から特定の理解度を持つ学生が、特定の質問項目に正答する確率を計算する。横軸に理解度、縦軸に正答確率をとることによって、理解度から正答確率への関係を示すロジスティック曲線を推定する。このロジスティック曲線から学生の理解度別の正答確率を求めることができる。正答確率を分野ごとにすべての質問項目に対して求める。

3.3 理解度の特定

3.2 節で求めた、あるひとつの分野における、すべての質問項目の正答確率を、その分野の理解度と対応付けたものを表 1 に示す。この表をもとに項目反応理論を用いて学生の理解度を推定する。

質問項目の数を n 、理解度を m とする。学生の正誤情報を

$$\epsilon = \{\epsilon_0, \epsilon_1, \dots, \epsilon_n\}$$

$$\epsilon \in \{0, 1\}$$

で表す。 ϵ の値は 0 を正解、1 を不正解とする。 A_m は学生 A の理解度が m である確率を示す。次の式で学生の理解度が m である確率を求めることができる。

$$A_m = \prod_{k=1}^n (\epsilon_k + (-1)^{\epsilon_k} p_k), (-3 \leq m \leq 3)$$

この式で求められた最も高い確率である理解度が学生の理解度となる。例として学生 A が質問項目 1 と質問項目 2 のみを正答したとする。表 1 と学生 A の正誤情報を式に当てはめると

$$A_{-3} = 0.15 \times 0.04 \times (1 - 0.01) = 0.005940$$

$$A_{-2} = 0.30 \times 0.12 \times (1 - 0.03) = 0.034920$$

$$A_{-1} = 0.50 \times 0.27 \times (1 - 0.08) = 0.124200$$

$$A_0 = 0.70 \times 0.50 \times (1 - 0.23) = 0.269500$$

$$A_1 = 0.85 \times 0.73 \times (1 - 0.50) = 0.310250$$

$$A_2 = 0.93 \times 0.88 \times (1 - 0.77) = 0.188232$$

$$A_3 = 0.97 \times 0.96 \times (1 - 0.92) = 0.074496$$

表 1: 質問項目の理解度別正答確率

理解度	質問項目 1	質問項目 2	質問項目 3
-3	0.15	0.04	0.01
-2	0.30	0.12	0.03
-1	0.50	0.27	0.08
0	0.70	0.50	0.23
1	0.85	0.73	0.50
2	0.93	0.88	0.77
3	0.97	0.96	0.92

となる。 $m = 1$ の時の計算結果が最も大きい値となっている。よって学生 A のこの分野の理解度は 1 であると言える。対象となる学生や分野を変えることにより、すべての学生の分野別理解度を求めることができる。

4. 既存研究との比較

文献 [2] では授業支援システムを用いたプログラミング基礎教育について書かれている。この授業支援システムでは学生の理解度を測るために授業終了時にアンケートをおこなっている。アンケートは 5 段階となっており、回答者全員の平均から理解度をみている。しかし、アンケートに答えることは学生には負担となり、回答時の判断は各学生の主観にゆだねられるため客観性に欠ける。本手法では、理解度はシステムにより計算されるため、学生に負担をかけることはない。また、客観性も保証される。

文献 [3] では中学生を対象に GUI ツールを用いたオブジェクト指向言語の学習について書かれている。この手法では学生の自己判断による自己評価を元にパーセンテージを求めて理解度を測っている。そのため、測れる理解度は主観的な理解度である。本手法では、学生の質問項目に対する正誤情報から理解度を測るため、客観的な理解度を求めることができる。

5. おわりに

本論文では学生の分野ごとの理解度を絶対評価で求める手法を提案した。今後は、大学のプログラミングの講義を受講している学生を対象に実験をおこない、本手法の有用性を検証する。

参考文献

[1] 高橋 正視: "項目反応理論 ~新しい絶対評価~" イデア出版, 2002

[2] 佐野 蘭美, 橋本 はるみ, 河俣 英美, 横山 宏, 松永 公廣: "授業支援システムを用いたプログラミング基礎教育の授業実践" 摂南大学教育学研究 4, pp.43-56, 2008

[3] 兼宗 進, 中谷 多哉子, 御手洗 理英, 福井 眞吾, 久野 靖: "初中等教育におけるオブジェクト指向プログラミングの実践と評価" 情報処理学会論文誌. プログラミング 44(SIG. 13(PRO. 18)), pp.58-71, 2003