

e-learning学習システムにおける学習者の能力の把握と適切な問題提示法の提案

伊藤 翼 田中淳史 西川昌宏 石井信明
Tsubasa Ito Atsushi Tanaka Masahiro Nishikawa Nobuaki Ishii

神奈川大学 工学部
Faculty of Engineering Kanagawa University.

要旨

インターネットが発達するにつれ、学習の形も多種多様になった。その中の一つに e-learning 学習がある。この学習法は日常の一部になっているパソコンやスマートフォンを用いた学習法であり、これらの情報機器さえあれば場所や時間に縛られることなく自由に学習することが出来る。しかし、学習の進め方やタイミングなどが個人に委ねられるあまり、モチベーションの維持が難しく、最後まで学習を終了する前に挫折してしまうという問題がある。そのため、本研究ではモチベーションの維持を目的とした e-learning 学習システムの構築を行う。今回は、学習者の適切な学習能力の算出とそれに合わせた問題の提示に焦点を当てている。

1. はじめに

インターネットの普及に伴い、教育における ICT(Information and Communication Technology)の活用が格段に進められている。ICT を活用した学習の 1 つに、e-learning と呼ばれるネットワークを活用して学習を行う仕組みがある。

e-learning は学習者が望んだ場所・タイミングで学習ができる反面、周囲の誘惑に学習者が負ける、問題難易度が合っていないことでモチベーションが低下してしまう、などの課題がある。

本研究では、学習者の能力を正確に測り、学習者個人に合わせた問題の提示を行う e-learning 学習システムを開発することで、学習者のモチベーション維持に繋げることを最終目的とする。システムは、能力判定テストの結果とデータベースに集積されているデータを分析し、学習者に合った練習問題を提供する。学習者は、それらの問題に順次取り組む。この一連の流れの概要図を図 1 に示す。

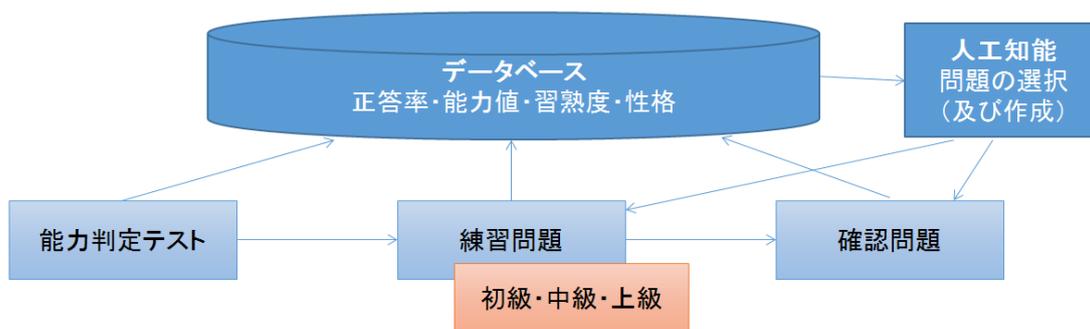


図1 e-learning システムの概要図

学習者は、はじめに能力判定テストを行い、学習開始時の能力をシステムが計測する。システムはその結果から、練習問題をどの難易度から始めるか、またどのように学習を進めていくかを定める。学習者は、單元ごとに設ける確認問題に合格出来たら次の單元へと進むことが出来る。各問題の結果はデータベースに保存され、学習者の学習パターンや傾向を把握し、問題の内容・難易度を改善していく。

今回は、一例として神奈川大学経営工学科のプログラミング演習を履修したことがある学生を対象とした C 言語の e-learning 学習支援システムを開発する。これを実現するために、「学習者のプログラミング能力を正確に把握するための採点方式の確立」及び「能力に合わせたプログラミング問題の提示をする」の 2 つのテーマを設けて研究を行う。2 つのテーマの関係を図 2 に示す。これは、e-learning システムを学習する時の流れを図にしたものである。

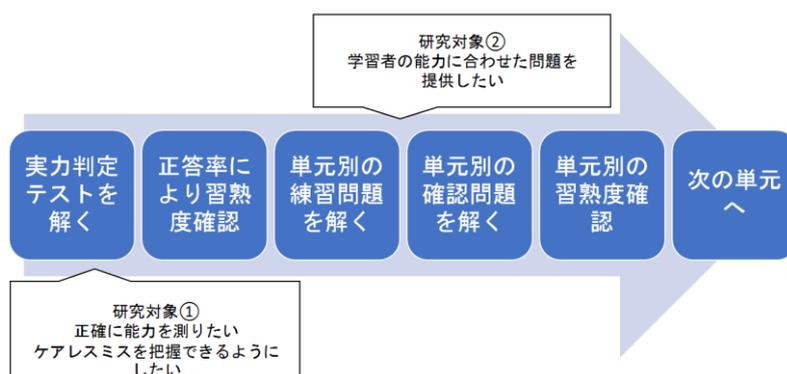


図2 2つのテーマの関係図

2. 先行研究

e-learning の課題であるモチベーションの低下の対策の一例として日置[1]が、予習・復習を徹底させ、積み上げ型の学習スタイルによりモチベーションの維持を実現した。従来の定期試験一発合否決定というスタイルがもたらす努力が結果として見えてこないという問題に注目しており、予習と復習に点数をつけることで学習者の努力を可視化した。

別の事例では、湯川ら[2]により学習状況の見える化がモチベーション維持につながるということが検証された。e-learning の学習者同士がチャットルームなどを活用することで、お互いの学習状況を確認し合えることで危機感や対抗心といった感情がやる気を出すきっかけとなり、モチベーションの向上につながるという結果となった[2]。

先行研究である論文[1]と論文[2]ではどちらも e-learning に付加価値をつけることで学習者のモチベーションの維持・向上に繋げている。しかし、日置[1]の方法は授業の付随した形でしか採用することができず、湯川ら[2]の場合だと、見知らぬ人とやりとりすることを苦手とする方には向かないうえ、チャットルームを作成しようと動く学習者がいないと始まらないという問題がある。

そこで本研究では、e-learning に別の付加価値をつけるのではなく、e-learning のシステムそのものを新しくすることで学習者のモチベーション維持に繋がりたいと考えている。

3. これまでの研究経過

3.1. 学習者のプログラミング能力を正確に把握するための採点方式の確立

プログラミングは他の科目と異なりケアレスミスが多い科目であると思われる。そのため、ケアレスミスも想定した採点方式と能力値の算出、ケアレスミスに対するフォローをいられるようなシステムを開発したい。

そこで、採点を2つの要素「miss」と「must」に分けることにした。「miss」は、あらゆる問題で起こりうる間違いの有無を確認する。例えば、誤字である。「must」は、「miss」以外の間違いを確認する。認識としては、「miss」がケアレスミスの判定、「must」が問題の正誤の判定である。

また、対象者の能力を数値化するために「must」では項目反応理論を用いることにした。項目反応理論は、問題の質と対象者の能力に依存しない能力値を算出することが可能となる[3]。これにより、問題の困難度・識別力と正確な対象者の能力の数値を算出できると考えている。問題の困難度・識別力は能力 θ ・項目識別力 a ・項目困難度 b が未知数であるため、最尤推定法により算出する。算出する式を(1)式に示す。ここで、 u_{ij} は反応パターンを示している。反応パターンとは、正誤結果を数値化したものである。学生 i がテスト問題 j に正解すれば1を、そうでなければ0を与える。

$$L(U|a, b) = \prod_{i=1}^I \left[\int_{-\infty}^{+\infty} g(\theta) \prod_{j=1}^J L(u_{ij}|a_j, b_j) d\theta \right] \quad (1)$$

(1)式の最尤値 L が最大になる時の $a \cdot b$ が最尤推定値となる。

学習者の能力値の算出も同様に行う。能力値を算出する式を(2)式に示す。

$$L(\theta_i|u_i) = \prod_{j=1}^J P_j(\theta_i)^{u_{ij}} Q_j(\theta_i)^{1-u_{ij}} \quad (2)$$

この最尤値 L が最大になる時の θ が最尤推定値となる。

「miss」では、ミスの内容ごとに対象者に対して間違いを指摘し、改善を促すようなシステム作りを目指す。

これらを達成するため、新・明解 C 言語[4]という教材の第 1～5 章を参考に C 言語問題を 23 問用意した。問題例を図 3 に示す。これは、実際に解いてもらった問題の一つである。問題項目としては、while 文にあたる。

```

実行結果が
正の整数を入力してください: 7
0 1 2 3 4 5 6 7
となるようなプログラムを作成したい。
以下の①に入る文を答えよ。
include<stdio.h>
int main(void)
{
    int i=0;
    int no;
    (
                                ①
                                )

    printf("%d\n");
    return 0;
}
    
```

図 3 問題例

これらの問題を神奈川大学工学部 4 年生 9 人に解いてもらい、反応パターンデータを収集した。

用意した問題を解いてもらった結果から項目反応理論を用いることで、問題の困難度と識別力・対象者の能力値を算出することが出来た。問題項目の内容と困難度・識別力を表 1 に示す。

ここで項目内容は、その問題の要素を示している。項目困難度とは、問題の難易度を示している。この数値が低いほど、その問題は難しいということである。項目識別力とは、その問題がテストの点数にどれだけ影響しているかを示している。この数値が高いほど、その問題とテスト点数の相関が高いということである。

また、複数のケアレスミスを確認することが出来た。今回確認されたケアレスミスは、(1) 誤字、(2) 代入数字の入力忘れ、(3) 改行忘れ、(4) セミコロン忘れ、(5) 代入忘れ、(6) 全角になっている、の 6 種類であった。

3.2. 能力に合わせたプログラミング問題の提示

学校で学ぶ勉強科目に人それぞれ得意不得意があるように、プログラミングにおいても習熟度や適性度合いに違いがある。そのため、学習者にマッチした難易度の練習問題を割り当てることで学習者それぞれがプログラミングの能力向上につながると考えられる。

本実験では、学習指導要領[5]で文部科学省が提唱しているプログラミング的思考から「推論」と「知識」という要素を抽出して練習問題の難易度分けをおこない、学習者に合った問題を提供したいと考えている。

今回は、これら2つの要素から難易度分けができるかを知るため、問題形式を穴埋め問題で統一することにする。問題は新・明解C言語の第1～5章の各章から難易度を3段階で分けたものを3問ずつ用意し、神奈川大学工学部経営工学科4年生9人に解いてもらうことにした。

実際に用意した問題に取り組んでもらった結果、得点の高い学習者ほど難易度の高い問題の正答率が高く、答案を埋めて提出をする傾向があった。従って、今回おこなった方法によって難易度分けができることがわかった。

表1 問題の項目内容と困難度・識別度

問題番号	項目内容	項目困難度	項目識別力
1	printf()	0.78	0.84
2	printf() 改行	0.78	0.84
3	printf() 代入	0.56	0.61
4	scanf()	0.78	0.84
5	scanf() puts()	0.67	0.91
6	scanf() 余り	0.78	0.84
7	scanf() 符号反転	0.67	0.79
8	scanf() 平均	0.67	0.91
9	scanf() 小数点	0.56	0.61
10	scanf() 小数点	0.44	0.77
11	if文	0.11	0.40
12	if文 応用	0.67	0.91
13	if文 elseif	0.67	0.91
14	(n1>n2)?n1-n2:n2-n1)	0.56	0.91
15	switch文	0.67	0.79
16	do文	0.22	0.48
17	while文	0.56	0.91
18	while文	0.67	0.91
19	for文 記号羅列	0.56	0.91
20	for文 約数	0.67	0.91
21	for文 記号羅列 応用	0.56	0.91
22	配列	0.11	0.40
23	配列	0.11	0.40

4. おわりに

これまでの研究では、問題の困難度、識別力の数値化、ケアレスミスの内容を明らかにすることができた。今後は、ケアレスミスの問題の解答後に指摘できるような表示をPHPで実現していくことを目指して行く。また、現段階では難易度を適切に分けることができたか確認の段階であるため、今後は今回の実験で得たデータを参考に、難易度に応じた問題を提供する。

参考文献

- [1] 日置慎治, “教育分野に活用できるPSEの開発～学習者のモチベーション維持のために～”, 日本計算工学会論文集, No.1, 2017, pp. 1-6.
- [2] 湯川高志, 川野光太郎, 福村好美, “e-Learningにおける「つながり感」の導入”, 日本教育工学会論文誌, Vo.31, Suppl., 2007, pp. 61-64.
- [3] 加藤健太郎, 山田剛史, 川端一光, Rによる項目反応理論, オーム社, 2014.
- [4] 柴田望洋, 新・明解C言語, SBクリエイティブ社, 2016.
- [5] 佐藤安紀, “「教育の情報化」の進展～次期学習指導要領におけるプログラミング教育～”, 総務省「教育の情報化フォーラム」, 2017.