

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 4 日現在

機関番号：47110

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501191

研究課題名(和文)SPI2問題を用いて数学の基礎学力向上を図る適応型eラーニングシステムの開発

研究課題名(英文)Development of the Training System for Numerical Calculation Using Questions in SPI2

研究代表者

津森 伸一 (TSUMORI, Shin'ichi)

近畿大学九州短期大学・その他部局等・教授

研究者番号：50342051

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円、(間接経費) 630,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、就職試験に多用されるSPI2問題を用い、数学を苦手とする大学生の基礎学力を向上するための適応型問題演習システムを実現することである。学生の学力や問題の難易度の推定を行う方法として項目応答理論(IRT)が広く知られているが、IRTは局所独立の仮定等適用に際しての制約が大きい。そこで本研究では、計算問題の解法の包含関係や解法に含まれる公式数の差が問題の難易に影響するものと仮定し、IRTにより難易度が既知の問題との難易度の差を計算するモデルを開発した。また、本モデルに基づき、学力診断と問題演習を行うためのWebベースシステムの試作と利用検証を行った。

研究成果の概要(英文)：We aim to realize a training system using the questions of SPI2 (Synthetic Personality Inventory 2) which is widely adopted as an employment examination for arts students who do not like to study mathematics. In order to give an adaptive question, our system needs to estimate each student's ability and item difficulty in the test item database. We tried to apply Item Response Theory (IRT) to solve this problem. However, it is very difficult to actually set up all the item difficulties in the test item database for two reasons, that is, the high updating frequency of test items in the database and a restriction of assumption of local independence. In order to solve this problem, we proposed the method of estimating the item difficulty using the hierarchical relationship between questions and the number of formulas in the calculation process. We developed the system based on this method and published on our website.

研究分野：教育工学

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：eラーニング SPI 問題演習 学力評価 項目応答理論

1. 研究開始当初の背景

(1) 少子化や推薦入試・AO 入試を初めとする入試制度の多様化などにより、学力の多様な学生が大学に入学するようになってきた。特に文科系大学生の数学の基礎学力低下傾向が著しく、講義の進行や就職試験対策に支障を来たすようになった。従って、大学の入口(入学時点)・出口(就職及び卒業時点)の双方における数学の基礎学力保証が喫緊の課題となっている。

(2) 数学のリメディアル教育においては、個々の学力に適應したeラーニングの活用が有効と考えられる。しかし、特に文科系学生の多くは数学に対する学習意欲が低く、既存の数学コンテンツによる学習効果は余り期待できない。一方、ほとんどの学生が就職試験に広く使われているSPI2 対策の学習を別途行う必要性を感じており、学習意欲も高いと思われる。このため、SPI2 問題を用いることにより数学の基礎学力向上とキャリア支援を同時に図ることができるものと考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、就職試験に用いられる SPI2 問題を対象とし、学力に適應した問題演習を独力で行うための学習環境を提供することを目的とする。具体的には、以下のそれぞれを明らかにする。

(1) 学生の学力と指導方略のモデル化

適應型のシステムを構築するためには、学生の学力を推定し、学力に応じた問題を抽出して出題する等の指導方略を決定する必要がある。本研究では、問題の正否状況の分析に基づく学習者モデルや学力に応じた指導方略を決定する教授モデルを明らかにする。

(2) 問題の難易度及び生成方法のモデル化

効率的な問題演習のためには、難し過ぎず易し過ぎない問題を提示する機能が必要である。そこで、SPI2 の解答から難易度を計算するためのモデルを検討する。また、学力に応じた問題提示モデルを検討する。

(3) eラーニングシステムの開発及び評価

上記(1),(2)のモデルに基づく適應型eラーニングシステムの開発を行う。また、高校生や大学生を対象としたテストを実施し、システムの有効性検証を行う。

3. 研究の方法

(1) SPI2 模擬問題の実装及び解答分析

SPI2 模擬問題を作成し、Moodle に実装する。また、問題を実装したWeb サーバを公開し、学生による診断テストを行う。診断テストの結果に基づき、学習者モデルや指導方略を決定する。

(2) eラーニングシステムのプログラム開発
Moodle は指導方略に沿った出題や問題を生成する機能を有していないため、SPI2 問題の実装のみでは当初の目的を達成できない。そこで、学力診断や問題演習を行うための(Moodle から呼出し可能な)適應型eラーニングシステムを独自に試作する。

(3) 学生による利用と有効性検証

(2)で試作したシステムを学生に利用してもらい、動作や機能の確認と有効性検証を行う。また、システムの改善内容を検討及び実装し完成したシステムを公開する。

4. 研究成果

(1) SPI2 問題の作成・実装及び公開

SPI2 に出題される非言語分野(数学系)の問題を作成した。作成した問題は表1に示す全233題であり、181題の計算問題と52題の選択式問題から構成される。なお、実際のSPI2は全て選択式により解答することになっているが、偶然の一致による正解をできるだけ排除するため、本研究で作成した計算問題は全て数値を入力することにより解答するものとした。また本研究では、解法の包含関係が問題の難易度に影響することを想定したため、計算問題は1つの公式で正解できるような易しい問題から、5,6個程度の公式を用いないと正解できない難しいものまでを段階的に作成した。

表1 開発したSPI2問題の一覧

分野	問題数
仕事算	13
年齢算	18
鶴亀算	13
水槽算	13
損益算	13
速さ・距離・時間	12
濃度	13
植木算	11
流水算	13
n進法	13
場合の数・順列・組合せ	14
ブラックボックス	10
確率	14
命題	10
位置と方角	11
金額計算	7
推理	10
集合	12
グラフの領域	13
合計	233

問題は Moodle 上に実装し、Web サイト に公開した。問題演習時の画面例を図1に示す。

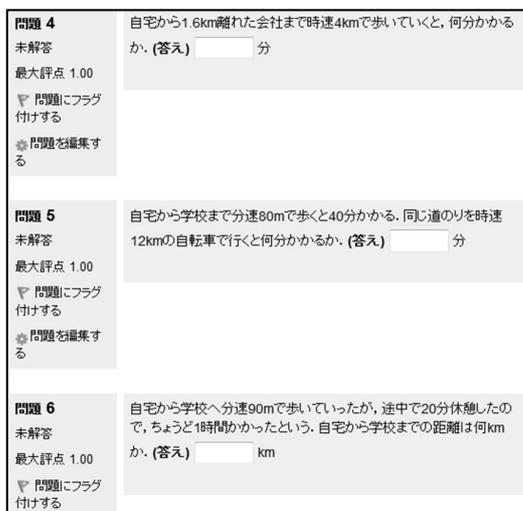


図1 問題演習の画面例

(2) 学力と問題難易度のモデル化の提案

学生の学力及び全ての問題の難易度を決定するため、項目応答理論 (IRT: Item Response Theory) を応用したモデルを提案した。具体的には、以下のようにモデルを発展させた。

a. 問題の解法の親子関係を用いた出題制御
 学生の学力と問題の難易度を PROX 法を用いて算出し、IRT を適用して学力に応じた難易度を持つ問題を抽出する。しかし、問題データベースには多くの種類の問題が格納されているため、難易度のみを用いて問題を抽出すると、今回解いた問題と次問が全く脈絡のないものになる可能性がある。そこで、データベース中の全ての計算問題について、解法の包含関係の観点から階層(親子)関係を定義した。図2はその様子を概念的に示しており、例えば問題6に正解した学生には親問題{7, 8, 9, 10}の何れか、不正解の学生には子問題{1, 2}の何れかを次問として出題することによりこの問題を解決した。

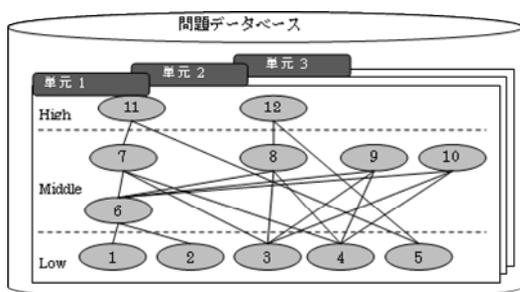


図2 問題の階層関係

b. 独自の難易度推定を加えた出題制御

aの方法は、問題データベース中の全ての問題の難易度が PROX 法により算出されることが前提となる。しかし、局所独立の仮定等の IRT の制約のため、この前提を満足することは現実的には極めて難しい。そこで、PROX

法の利用対象は一部の問題に止め、残りの問題の難易度計算は、既知の問題との解法に含まれる公式数の差を用いて推定する方法を提案した。具体的には、1~9個の公式を含む解法を持つ計算問題を学生に解いてもらい、各問題の PROX 法による問題難易度と問題の解法に含まれる公式数の関係を求めた。その結果、図3に示すように公式数と難易度には相関関係があり、このことを用いて難易度が未知の問題の難易度の推定方法を提案した。

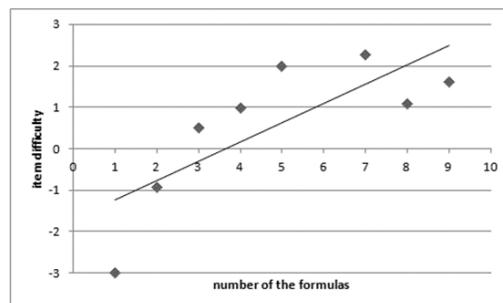


図3 解法の公式数と難易度の関係

(3) 適応型 e ラーニングシステムの開発及び有効性の検証

(2)のモデルに基づき適応型 e ラーニングシステムの設計及び試作・利用検証を行い、Web サーバ上に公開した。

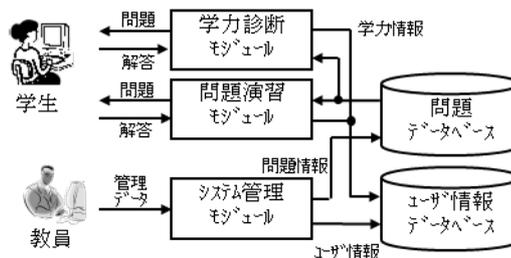


図4 e ラーニングシステムの構成

システムは、図4に示すように、学力診断・問題演習・システム管理の3つのモジュールから構成される。以下、学力診断/問題演習の2つのモジュールについて、概要と利用検証結果を報告する。

a. 学力診断モジュール

学力診断モジュールは、学生の学力と問題データベース中の問題の難易度を PROX 法に基づいて計算する。プログラミング言語 PHP とデータベース管理システム MySQL を用いて実装しており、Web ブラウザを用いてアクセスする。図5に画面例を示す。

本モジュールの試作後、動作検証と有効性の検証のため、学生 80 名による利用実験を行った。その結果、問題難易度と問題の解法に含まれる公式数の間に一定の関係があることが推測され(図3参照)、問題難易度の推定に公式数が利用できることが示された。

学力診断テスト	
以下の各問題に解答して下さい。	
<ul style="list-style-type: none"> • 解答は全て半角の数値のみで入力して下さい。単位は付けないで下さい。 • (確率など)分数を入力する場合は、例えば2分の1は1/2のように入力して下さい。 • 全ての解答入力が終わったら、一番下の『解答終了』ボタンをクリックして下さい。 	
【問題1】	ボールペンを14本買い、700円支払った。ボールペン1本の値段はいくらか。 <input type="text"/>
【問題2】	1個が110円のお菓子を15個買い、箱に詰めてもらって1800円支払った。箱の値段はいくらか。 <input type="text"/>
【問題3】	<input type="text"/>

図5 学力診断テスト画面例

b. 問題演習モジュール

問題演習モジュールは、学力診断モジュールにより学力が推定された学生が、問題演習を行うためのモジュールであり、(2)に示したモデルを実装することにより開発した。そこで、学生約30名による有効性検証を試みたが、抽出した学生の学力が低得点層に集中したため、学力に応じた出題の適応性については検証を行うことができず、モジュールの正常動作確認のみに止まった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計4件)

Shin'ichi Tsumori, Kazunori Nishino, Design and Evaluation of Training System for Numerical Calculation Using Questions in SPI2, Human-Computer Interaction. Applications and Services, Lecture Notes in Computer Science, 査読有, LNCS 8005, 2013, 511-520, DOI: 10.1007/978-3-642-39262-7_58

津森 伸一, 山本 真規子, 西野 和典, SPI2問題を用いた数学問題演習システムの実用性に関する検討, 教育システム情報学会研究報告, 査読無, 27巻, 2013, 77-80

山下 貴志, 山口 真之介, 大西 淑雅, 津森 伸一, 西野 和典, 概念空間を用いた択一式テストにおける難易度の項目応答理論による評価, 教育システム情報学会研究報告, 査読無, 26巻, 2012, 95-98

Shin'ichi Tsumori, Kazunori Nishino, Proposal of a Numerical Calculation Exercise System for SPI2 Test Based on Academic Ability Diagnosis, Intelligent Interactive Multimedia: System and Services, 査読有, Vol. 14, 2012, 489-498,

〔学会発表〕(計2件)

津森 伸一, 西野 和典, SPI 計算問題を対象とした問題演習システムの開発, 日本教育工学会第29回全国大会, 2013/9/22, 秋田大学

津森 伸一, 宮井 彩乃, 西野 和典, 情報教育担当教員相互のコミュニケーションサポートを目的とするSNSの活用に関する検討, 日本情報科教育学会第5回全国大会, 2012/6/17, 信州大学

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

関連ホームページ

(1) SPI2 非言語分野対策学習サイト
<http://banana.kjc.kindai.ac.jp/spi2>
(但し要アカウント)

(2) 近畿大学九州短期大学 津森伸一研究室
<http://banana.kjc.kindai.ac.jp/~tsumori>

(3) ログイン(問題演習システム)
<http://banana.kjc.kindai.ac.jp/math>
(但し要アカウント)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

津森 伸一 (TSUMORI, Shin'ichi)
近畿大学九州短期大学・教授
研究者番号: 50342051

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

西野 和典 (NISHINO, Kazunori)

九州工業大学大学院・情報工学研究院・教授
研究者番号： 70330157