

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：33804

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01107

研究課題名(和文) 問題文の表現内容に起因する難易度を考慮した計算問題演習システムの開発

研究課題名(英文) Development of the Calculation Question Training System Offering Questions Based on the Relationship Between Question Presentation and Difficulty

研究代表者

津森 伸一 (Tsumori, Shin'ichi)

聖隷クリストファー大学・リハビリテーション学部・教授

研究者番号：50342051

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：我々は、SPIの計算文章題を題材とすることによりモチベーションを維持しながら学習することを狙う問題演習システムの研究を行った。同じ計算知識を適用する計算文章題であっても、問題文の表現方法や扱う数値の種類により問題の正解率に差が出ることを確認するため、ペーパーテストを用いた実験を行った。その結果、研究者らが想定した12通りの問題表現について、それらの難易度が異なることを検証した。そこで、学習者の正否状況に応じて、出題する問題の制御を行う計算問題演習システムを開発した。研究代表者が申請以降に所属を変更したため学習効果の検証はできなかったが、アルゴリズムが正しく働くことを検証した。

研究成果の概要(英文)：We have developed a calculation question training system that features the extraction of questions adapted to the student's ability from a database that stores the many questions used in an employment test named SPI, which is widely used in Japan. Based on the survey of questions offered in the SPI employment examination, we decided to use 12 kinds of question presentations. So, we created 23 questions to present the types of question and performed the experimental test with university students. After the test, we compared the difficulty between each question pair based on the rules we created. Based on the result, we developed a prototype for a calculation question training system for the students to study the SPI questions. We believe that students will acquire the academic ability to respond flexibly to questions with various presentations by completing question exercises using our system.

研究分野：教育工学

キーワード：問題演習システム 計算問題 問題の表現方法 SPI 難易度 指導方略 e-Learning

1. 研究開始当初の背景

(1) 学力不足とリメディアル教育の実施

大学生特に文科系の学部においては、基礎的な数学の学力が不足している学生が多数を占め、多くの大学で数学を対象としたリメディアル教育が実施されている。しかし、学力が不足している学生の多くは早期の段階で数学に対する苦手意識が強くなるため学習のモチベーションが低く、また個々の学力差も大きいと、教室での一斉授業による学習効果の向上は余り期待できない。

(2) 学習モチベーション向上の要因

研究代表者の津森が所属していた短期大学で過去に実施したアンケートによれば、就職活動やその対策に対する学生の学習モチベーションは比較的高かった。このことから就職試験に使われるSPIの計算問題を利用することにより、学習意欲を維持しながら計算や数学の学力を向上させることができるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

我々は、SPIの計算文章題を題材とすることによりモチベーションを維持しながら学習することを狙う問題演習システムの実現を目指した。具体的には以下の研究を進めた。

(1) 計算問題の難易を決定する要因の検討

計算文章題の難易を決める要因として、公式や解法等の計算知識に加えて、問題の表現方法が挙げられる。これらが問題の難易にどのように影響するのか等を検討する。

(2) 指導方略のモデル化

問題の正誤結果や過去の解答履歴を用いて、学生の理解状況を推定するための学習者モデルを作成する方法を検討する。また、次問を問題プールから抽出したり、説明文を抽出或いは生成する方法を検討する。

(3) 計算問題演習システムの開発

(1)及び(2)で開発したモデルに基づく問題演習プロトタイプシステムを開発する。また、SPIの頻出分野を中心とした模擬問題を作成・格納した問題プールを開発する。

3. 研究の方法

(1) 平成27年度

計算問題の難易を決める要因の調査及び分析を行った。計算問題に不正解する要因の推定とその妥当性を検証するための実験用テストを作成・実施し、分析結果から計算問題の難易を推定するモデルを検討した。

(2) 平成28年度

学生の理解状況の推定と指導方略のモデル化及び計算問題演習プロトタイプシステムの開発、加えてSPI計算問題の一部問題の実装を行った。

(3) 平成29年度

計算問題演習プロトタイプシステムの仕様変更(当初計画外)を行いシステムを完成させた。また、SPI計算問題の頻出単元の問題登録を行った。研究代表者が申請以降に所属を変更したため学習効果の検証を実施する代わりにアルゴリズムが正しく働くことを検証した。

4. 研究成果

(1) 計算文章題の難易度に関する調査

研究者らは、同じ計算知識を適用する計算文章題であっても、問題文の表現方法(以降単に「問題表現」と呼ぶ)や扱う数値の種類により、問題の正解率に差が出ることを確認していた。例えば、速度計算の文章題においては、速さを「時速」で表現するより「分速」で表現する問題の方が正解率が低かった。このことを数量的に確認するため、SPI計算問題の重要分野の一つである「速度計算」を題材とし、表1の問題表現を持つ問題を作成した。

表1 問題表現方法

表現方法	意味
基本形	通常の表現方法を用いたもの
単位表記	単位の表現方法を変えたもの
単位換算	長さや時間に単位換算を伴うもの
未知数位置	未知数を問題文の最初に置いたもの
分数・小数	パラメータに分数・小数を用いたもの
任意定数	パラメータに文字定数を用いたもの
ダミー	計算に不要なパラメータを追加したもの
秒速・分速	パラメータに秒速・分速を用いたもの
予想外	予想外の計算結果が正解となるもの
応用	公式の適用に工夫が必要なもの

これらの問題表現による問題の一例を表2に示す。

表2 問題文の例 (一部)

表現方法	問題文
基本形	時速 40km の車が 3 時間走行すると、走行した距離は何 km ですか
単位表記	50km/時の車が 3 時間走行すると、走行した距離は何 km ですか
単位換算	時速 60km の車が 40 分間走行すると、走行した距離は何 km ですか
未知数位置	時速()km で 3 時間歩くと 12km 進みます
分数	時速 $10/3$ km で 4 時間歩くと何 km 進みますか
任意定数	時速 a km で 3 時間歩くと何 km 進みますか
ダミー	100m 進むたびに 5m ずつ上る坂があります。この上り坂を時速 4km で 3 時間歩くと何 km 進みますか

これらの問題表現を持つ問題を全 23 問作成し、A 大学に通う計 104 名の学生を対象としたテストを実施した。なお、試験の負荷を小さくするため、テストは 3 回に分けて実施し、1 回目は 8 問(1-1~1-8)、2 回目は 8 問(2-1~2-8)、3 回目は 7 問(3-1~3-7)のテストとし

た. 答案には単に答えだけを書くのではなく, 計算過程や図表を含め考え方をできるだけ詳細に書くように指示した. 終了後, 全ての答案について採点を行い, 更に出題した問題中の 2 問の組合せ(問題は全 23 問であるため 253 通りの組合せが得られる)を全て抽出し, 正誤状況の比較を行った. 結果の一部を表 3 に示す.

表 3 問題相互の正誤状況 (一部)

問題 A	問題 B	両方正解	A のみ正解	B のみ正解	両方正解
1-1	1-2	76	0	1	4
1-1	1-3	56	20	0	5
1-1	1-4	76	0	2	3
1-1	1-5	45	31	2	3
1-1	1-6	64	12	4	1
1-1	1-7	25	51	0	5
1-1	1-8	50	26	1	4
1-1	2-1	53	2	5	0
1-1	2-2	50	5	4	1
1-1	2-3	46	9	4	1
1-1	2-4	54	1	5	0
1-1	2-5	49	6	2	3
1-1	2-6	31	24	2	3
1-1	2-7	35	20	1	4
1-1	2-8	32	23	2	3
1-1	3-1	56	8	4	0
1-1	3-2	37	27	3	1
1-1	3-3	43	21	1	3
1-1	3-4	49	15	1	3
1-1	3-5	43	21	2	2
1-1	3-6	18	46	0	4
1-1	3-7	53	11	4	0
...

表において, 例えば 1 行目のレコードは, 問題 1-1 と問題 1-2 の正誤状況が以下のようになっていたことを意味する.

- ・両方に正解した学生が 76 名
- ・問題 1-1 のみに正解した学生が 0 名
- ・問題 1-2 のみに正解した学生が 1 名
- ・両方に誤った学生が 4 名

次に表 3 を用いて問題間の難易度比較を行い, 次の 3 グループに分けた.

- 難易度が等しい
- 一方の難易度が他方のものよりも大きい
- 難易度の大小関係が不明

これらを再帰的に適用することにより問題を難易度の順序尺度を用いてソートした. 更に, それらの問題の持つ問題表現方法に置き換えたところ, 問題表現間の難易度(順序尺度)を概ね定義することができた. その結果を表 4 に示す.

表 4 問題の表現方法と難易度の関係

難易度	問題の表現方法
5	ダミー, 分数, 応用
4	予想外
3	任意定数, 小数, 単位換算
2	秒速, 分速
1	基本形, 単位表記, 未知数位置

(2) 計算問題演習システムの開発

本研究で開発した計算問題演習システムは, SPI に出題される計算分野のうち出題頻度の高い 6 つの単元をカバーし, 学生が自学自習に用いることを想定する. 開発は独自の実装とし, プログラミング言語である PHP とデータベース管理システムである MySQL を用いて実装した. 図 1 に開発したシステムの構成を示す.

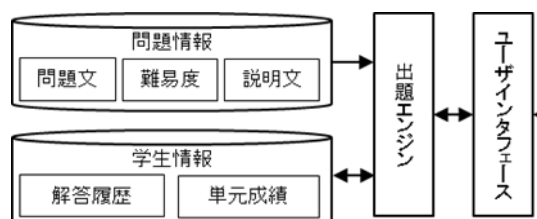


図 1 計算問題演習システムの構成

システムは概ね以下の手順で利用する.

① 学習単元の選択

学習単元として SPI の出題頻度が高い「速度計算」などの 6 単元を備えた. 学生は学習したい単元を選択する. 図 2 に実際のシステムにおける学習単元選択画面を示す.

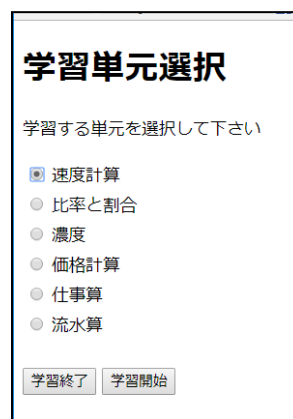


図 2 学習単元選択画面

② 問題演習

Web ページ上に問題が出題され, 学生は答えの数値を入力する. システムは正解との照合を行い, 誤りの場合は問題に対応する説明文を表示する. なお, 各単元の最初に出題する問題の難易度は, 他の単元の成績を参照して設定する. 問題に正解した場合は同じ難易度の他の表現方法による出題を試み, 全ての表現の問題に正解した時点で一段上の難易

度を持つ問題を出題する。不正解の場合は一段下の難易度を持つ問題を出題する。図3に解答入力画面を、図4に説明画面を示す。

問題

解答上の注意

- 解答は半角で入力して下さい。
- 数値は最も簡単な値 (例えば「3.0」は「3」) で入力して下さい。
- 分数は既約分数 (例えば「6/4」は「3/2」) で入力して下さい。
- 数値と文字定数の積は数値を前に (例えば「3a」) して下さい。
- 文字定数同士の積はアルファベット順に (例えば「ab」) して下さい。

問題

時速60kmの車が40分間走行すると、走行した距離は何kmですか。

解答入力

図3 解答入力画面

説明

あなたが解いた問題

時速60kmの車が40分間走行すると、走行した距離は何kmですか。

あなたの解答

30

メッセージ

残念でした。間違いです。

1時間で60km進む速さで、40分すなわち2/3時間走行したので、 $60 \times 2/3 = 40$ km。

正解は『40』です。

図4 説明画面

③ 他の学習単元への移行

最も難易度の高い表現を持つ問題に全て正解した時点でその単元の学習を終了し、他の単元の学習を行うように指示する。全ての単元の学習を終了した時点でシステムを用いた学習が終了する

(3) 計算問題演習システムの評価

科研費の申請は研究代表者の前任校在籍時に行っており、研究・実験の対象も前任校を想定して行っていたため、計算問題演習システムによる学習効果向上の検証を行うことはできなかった。そこで、システム評価は動作検証に止め、複数の学習単元を用いアルゴリズムが正常に動作することを検証した。

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)

- ① Shin'ichi Tsumori, Tomiya Yamazumi, Kazunori Nishino, “Configuration of

the Calculation Question Training System: Offering Questions Based on the Relationship Between Question Presentation and Difficulty”, *Procedia Computer Science*, 査読有, Vol.112, 2017, pp.989-997
DOI: 10.1016/j.procs.2017.08.073

- ② Shin'ichi Tsumori, Tomiya Yamazumi, Kazunori Nishino, “Strategy for Offering Test Questions Based on the Relationship between the Representation of Calculation Questions and their Difficulty”, *Procedia Computer Science*, 査読有, Vol.96, 2016, pp.1437-1446
DOI: 10.1016/j.procs.2016.08.189

- ③ 津森 伸一, 山住 富也, 西野 和典, 計算文章題の問題表現による難易度の違いに関する検討, 教育システム情報学会研究報告, 査読無, Vol.30, No.6, 2016, pp.103-108

- ④ 津森 伸一, 山住 富也, 坂元 奎介, 西野 和典, 問題表現の違いによる難易度を考慮した問題演習システムに関する検討, 情報コミュニケーション学会研究報告, 査読無, Vol.12, No.2, 2015, pp.15-18

[学会発表] (計1件)

- ① 津森 伸一, 問題の表現方法を考慮した計算問題演習システムの構成, 教育システム情報学会第41回全国大会, 2016

[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]

ホームページ等

実験用サイト URL :

<http://spicalc.sakura.ne.jp/>

(要アカウント, レンタルサーバのため 2018
年度中に閉鎖)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

津森 伸一 (TSUMORI, Shin' ichi)

聖隷クリストファー大学・リハビリテーショ
ン学部・教授

研究者番号 : 5 0 3 4 2 0 5 1

(2) 研究分担者

西野 和典 (NISHINO, Kazunori)

九州工業大学・教養教育院・教授

研究者番号 : 7 0 3 3 0 1 5 7

(3) 研究分担者

山住 富也 (YAMAZUMI, Tomiya)

名古屋文理大学・情報メディア学部・教授

研究者番号 : 9 0 2 4 0 0 0 1