

リメディアル数学学習システムを用いた入学前教育の実施と評価

津森 伸一

Practical Use and Evaluation of Pre-university Education Using E-Learning System for Remedial Mathematics

Shin'ichi Tsumori

Abstract

In many universities or colleges, the students who lack fundamental mathematics ability are increasing in number, and it interferes the advance of some lectures premised on mathematics understanding. In addition, since many companies give calculation / mathematics tests as part of their employment examinations nowadays, it is difficult for students with low ability to pass them. Although we have a remedial mathematics class to the freshman students in our college, it is difficult to raise the effectiveness with the same curriculum because the difference of the mathematics ability between students is large. However, their volition to study for an employment examination is comparatively high. Therefore, it is expectable that the teaching material made for an employment examination raises students motivation to learn.

I am developing the e-Learning system aiming at improving fundamental calculation and mathematics ability. It is characterized that it uses the material for SPI learning instead of one for mathematics learning because SPI is widely adopted by many companies in Japan as employment examinations.

In this research, I tried to use this e-Learning system at the high-school class in order to inspect the effect and the possibility of applying this system to pre-university education. In this paper, the concept and the activity of this pre-university education, the result of tests which were answered by the students, and new problems occurred by this operation are discussed.

Key words: e-Learning, SPI, remedial mathematics, calculation question, pre-university education

1. はじめに

大学生の数学の学力低下が叫ばれるようになって久しい。OECD が進める PISA (Programme for International Student Assessment) 2012 の調査報告によれば下降傾向にあった数学的リテラシー能力が向上に転じており¹⁾、学習指導要領の改訂によるゆとり教育からの方針転換が奏功したと指摘する向きもある。一方で、初歩的な計算や数学の学力が低い大学生の増加が問題となっており、近畿大学九州短期大学生活福祉情報科(以下 "本学

科⁷⁾で過去に行った調査においても明らかな数学の学力低下が認められた⁸⁾。このことが講義を円滑に進めるための障害になることは言うまでもないが、近年は就職試験において SPI を初めとする数的能力検査を課す企業等も多く、就職試験の突破も難しくなりつつある。特に就職率は大学評価上の重要なバロメータの一つであり、計算や数学の基礎学力担保は喫緊の課題と言える。

このような経緯から、全国的にリメディアル教育の導入が盛んになり、小学校レベルの算数指導を取り入れている大学も少なくない。しかし、特に文科系大学に所属する学生の多くは、小中学生の比較的早期の段階で算数や数学が苦手になり、数学の学習に対するモチベーションが低い。また、一般に大学入学時点における学生の学力差が大きいこともあり、教室での一斉授業による学力の向上は余り期待できない。一方、本学科で過去に行った予備調査結果によると、就職試験合格を目標とした対策学習に対するモチベーションは比較的高く、対策用の学習環境を利用したいとする学生が多数を占めた⁹⁾。そこで筆者は、就職試験に広く採用されている SPI の問題を題材とし、学習のモチベーションを維持しながら基礎的な計算や数学の学力を向上することを狙った自学用問題演習環境の実現に取り組んでいる⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

さて、本学科は推薦入試により比較的早期に入学が決定した学生が多数を占める。そこで、入学決定から入学までの数ヶ月間を活用して、推薦入試に合格した高校生を対象とした数学の入学前教育を行うことにした。しかし、前述したように高校生の数学の学力の個人差が大きいことが想定されること、実施に際しての担当教員の負担や授業日・授業場所の調整等に係る負担が大きいこと等の理由から、時間や場所を問わず学習が可能な e-Learning システムを利用することにした。また、学習コンテンツとして、筆者らが開発した大学生向けのリメディアル数学用 e-Learning 教材を採用した。

本稿の目的は、大学生向けに開発した e-Learning 教材を用いた入学前教育の有効性検証と課題の抽出を行い、今後の入学前教育の実施方法や実施内容を検討するための指針を得ることである。以下、第 2 章で学習コンテンツである SPI について、第 3 章で入学前教育の学習内容と実施内容について、第 4 章で入学前教育の有効性の検証について、第 5 章で検証結果に基づく考察について、報告及び議論を行う。

2. SPI について

前章で述べたように、筆者は、SPI を題材として、就職に対する意欲の高い学生がモチベーションを維持しながら基礎的な計算や数学の学力を向上できるような学習環境の実現を目指している。そこで、まず学習の対象となる SPI について説明する。

SPI (Synthetic Personality Inventory)⁷⁾は、リクルート社が開発・実施する適性検査であり、受検者の能力と性格の 2 つの領域を測定する。2013 年度には利用者数が 10,620 社、受検者数は 179 万人に上り⁷⁾、企業等で用いられる適性検査としては最大級のものである。能力検査は、更に言語能力(国語的な能力)を問う検査と非言語能力(数学的な能力)を問う検

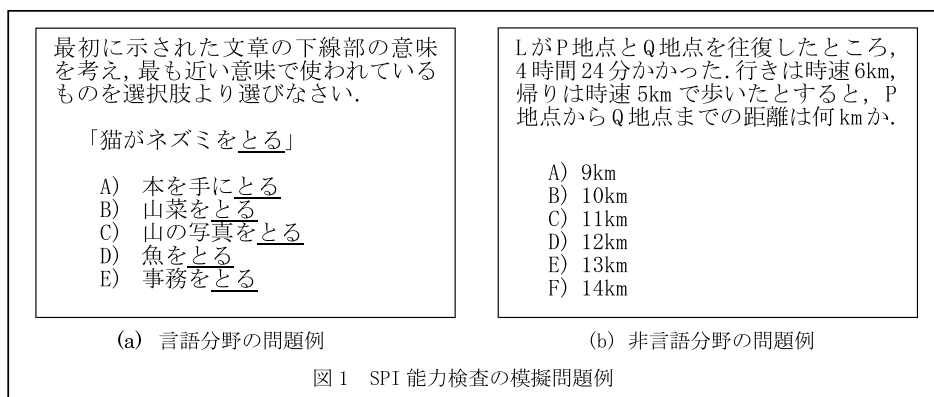


図 1 SPI 能力検査の模擬問題例

査に分類される。SPIに出題される問題は公表されていないが、多くの出版社により対策問題が公開されており、おおよその傾向を知ることができる。図 1 に能力検査に出題される模擬問題の一例を示す(ウェブサイト「SPI 試験問題集」¹⁸⁾より抜粋し一部変更)。

また、図 2 に本稿が対象とする非言語能力分野において出題される単元の一例を示す。図に示すように、出題単元は小学校高学年から高校低学年程度の平易な内容が多いが、解答時間に比して問題量が比較的多い(40分で30問程度)ため、短時間で要領良く解答する能力を求められる。なお、試験形態はマークシートを用いる方式やCBT (Computer Based Testing)を用いる方式等があるが、いずれの方式についても解答は全て多肢選択式によるものとなっている。

- ・ 鶴亀算
- ・ 速さ
- ・ 損益算
- ・ 集合
- ・ グラフの領域
- ・ 場合の数
- ・ 命題
- ・ n 進法
- ・ 割合と比
- ・ 仕事算
- ・ 数列
- ・ 不等式
- ・ 図表の読み取り
- ・ 確率
- ・ 推論

図 2 SPI 非言語能力分野の出題範囲の例

3. 入学前教育の学習内容と実施方法

平成 26 年度の入学前教育は、推薦入試により本学科に入学が決定した F 高校の生徒 27 名に対して実施した。入学前教育は国語と数学の 2 科目を対象に行ったが、本稿では数学教育の実施内容について述べる。

数学の学習教材には、筆者が監修した教材「SPI 形式問題で学ぶ文系数学の基礎」¹⁹⁾を用いた。これは、特に文科系の大学生が SPI 非言語能力分野の頻出問題を用いて基礎的な数学を習得することを狙ったリメディアル教材であり、図 2 に示す単元より構成される。教材はウェブサーバに設置された Moodle¹⁰⁾等の学習管理システム上で動作する e-Learning 用ソフトウェアであり、利用アカウントを有していればウェブブラウザを用いて利用することができる。教材は、単元の内容の解説、例題の解説及び章末問題から構成される。図 3 に「SPI 形式問題で学ぶ文系数学の基礎」の解説ページ、図 4 に例題ページの例をそれぞれ示す。



図3 「SPI形式問題で学ぶ文系数学の基礎」の解説ページ

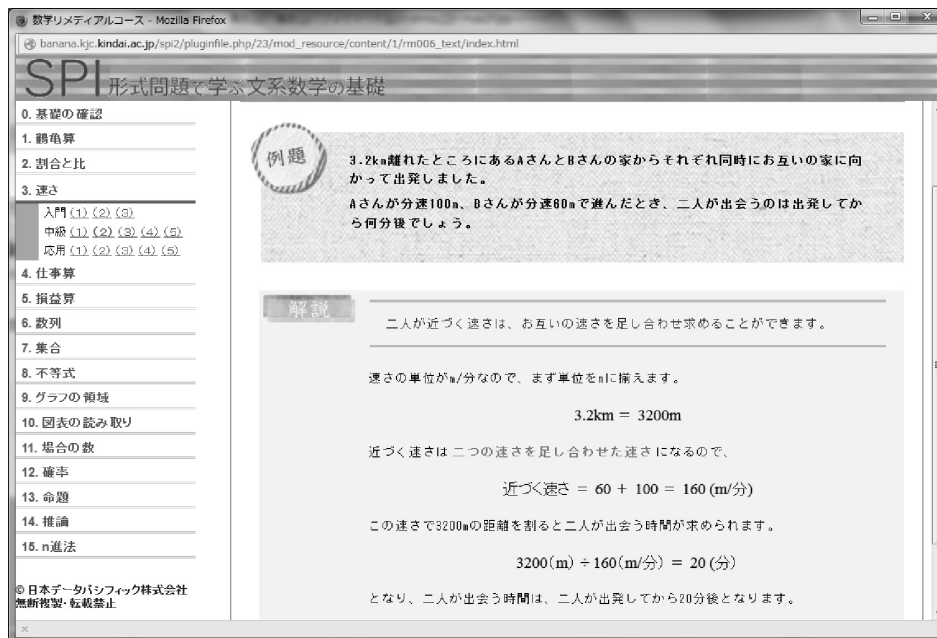


図4 「SPI形式問題で学ぶ文系数学の基礎」の例題ページ

F 高校における数学の入学前教育は、以下の要領で実施した。

- ・ 日程：平成 27 年 1 月 10 日～平成 27 年 3 月 31 日
- ・ 内容（括弧内は実施日程）：

- (1) e-Learning システムの利用方法及び学習方法の説明，SPI 模擬問題を用いた事前テスト (1/10)
- (2) 自宅または F 高校内パソコン教室での e-Learning システムを利用した学習 (1/10～3/31)
- (3) パソコン教室における集合教育 (2/12, 3/13)
- (4) SPI 模擬問題を用いた事後テスト (4/9, 入学後)

事前・事後テストは e-Learning システムの利用による学力向上の検証を行うために実施したものであり、詳細については次章で説明する。また(3)は、主に e-Learning システムの内容についての解説指導や質疑応答及び利用促進のための動機付けがその狙いであり、本学教員の指導の下で実施した。但し、学力向上の検証をより正確に行うため、事前・事後テストの解説や質疑応答は行わなかった。

4. 入学前教育の有効性の検証

本章では、入学前教育による学力向上の検証のために実施した事前・事後テストの内容と検証結果について述べる。

4.1 事前・事後テストの内容

表 1 に事前・事後テストに出題した問題を示す。問題は、SPI 模擬問題として別途作成した計算問題 11 問と多肢選択問題(択一式或いは複数選択式)5 問の計 16 問より構成した。テストは Moodle の小テスト機能を用いて作成し、学生の解答も Moodle を用いる CBT の形態で行った。図 5 に解答入力画面の一例を示す。実際の SPI に出題される問題は全て多肢選択式のものであるが、偶然正答する確率を下げるため、計算問題は全て解答の数値を直接入力させる形式とした。また、解答に至るまでの計算過程等をメモできるようにする



図 5 事前・事後テストの解答入力画面の例

表 1 事前・事後テストに用いた問題

No.	問 題
1	<p>・ A が 1 人で作業すると 6 時間 ・ B が 1 人で作業すると 12 時間 ・ C が 1 人で作業すると 4 時間 の時間を要する分量の作業がある。 A, B, C の 3 人が, 手分けして(一斉に)この作業に取り掛かると, この作業に要する時間は()時間である.</p>
2	<p>パーティーを開催することになり, 各参加者より会費として 6,000 円を徴収した。会費の内, 飲食費が $\frac{3}{4}$ (4 分の 3) を占め, 飲食費の内の $\frac{1}{5}$ (5 分の 1) が飲み物の費用とすると, 飲み物にかかる費用は()円である。</p>
3	<p>今年, 父親の年齢が子供の年齢のちょうど 4 倍である。去年は, 母親の年齢が子供の年齢のちょうど 4 倍だった。 この場合, 父親と母親の年齢差は()歳である。</p>
4	<p>次の数列において, 空欄に入る数を答えなさい。 2, 3, 5, 8, (), 17, 23, ...</p>
5	<p>30 個のアメ玉を, 10 歳の長男, 6 歳の長女, 4 歳の次男に分けたい。分配するアメ玉の個数を年齢の比に合わせるものとする, 6 歳の長女は()個のアメをもらうことができる。</p>
6	<p>A 町は B 町と同じ川沿いの上流に位置する。流速 5km のこの川を, 静水時に時速 15km で進む船を使って B 町から A 町へ上ったところ, 60 分掛かった。この場合, 帰り(B 町から A 町へ下る¹⁾に掛かる時間は, ()分である。</p>
7	<p>100g の水に食塩を溶かして, 濃度 20%の食塩水を作るためには, ()g の食塩を溶かせばよい。</p>
8	<p>A さんの自宅から職場までの距離は()km であり, 時速 45km で走行すると 40 分掛かる。</p>
9	<p>学生数 50 人のクラスで, 英語検定及び数学検定の合格者数を調査したところ, ・ 英語検定の合格者は 25 人 ・ 数学検定の合格者は 18 人 ・ どちらの検定にも合格していない学生は 12 人 であった。この場合, どちらの検定にも合格した学生数は()人である。</p>
10	<p>大 1 個, 小 1 個の計 2 個のサイコロを同時に投げる。この時, 大のサイコロの目が小のサイコロの目より大きくなる目の出方は全部で()通りである。</p>
11	<p>10 円玉と 5 円玉が合わせて 20 枚ある。合計金額が 135 円するとき, 10 円玉は()枚である。</p>

¹ 「A 町から B 町へ下る」の誤り

表 1 事前・事後テストに用いた問題 (続き)

No.	問 題
12	<p>10 進法の 10 を 2 進法で表すといくらか。</p> <p><input type="radio"/> 0010</p> <p><input type="radio"/> 1010</p> <p><input type="radio"/> 1101</p> <p><input type="radio"/> 0020</p> <p><input type="radio"/> 0100</p>
13	<p>『高校野球が好きなのは、プロ野球が好きである』という命題が真のとき、以下の中で必ず真となるものはどれか。</p> <p><input type="radio"/> プロ野球が好きでない人は、高校野球が好きではない</p> <p><input type="radio"/> 高校野球が好きでない人は、プロ野球が好きである</p> <p><input type="radio"/> 高校野球が好きでない人は、プロ野球が好きではない</p> <p><input type="radio"/> プロ野球の好きな人は、高校野球が好きである</p>
14	<p>"原価 200 円の商品に、原価の 2 割の利益を見込んで定価をつけた。ところが、この商品が売れないので、定価の 2 割引で売ることにした。この場合、商品 1 個を売るたびに利益・損失はどのようになるか。</p> <p><input type="radio"/> 40 円の利益になる</p> <p><input type="radio"/> 8 円の利益になる</p> <p><input type="radio"/> 利益も損失も出ない(利益ゼロ)</p> <p><input type="radio"/> 8 円の損になる</p> <p><input type="radio"/> 48 円の損になる"</p>
15	<p>A, B, C, D の 4 人が、テニスのリーグ戦(総当たり)を行った。全試合が終わった後の状況は以下の通りであった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・A は全勝であった ・B は C より勝ち数が多い <p>各試合において引分けはないものとする場合、以下の中で確実に言えるものをすべて選びなさい。</p> <p><input type="checkbox"/> C と D の対戦では D が勝った</p> <p><input type="checkbox"/> 全敗の人はいない</p> <p><input type="checkbox"/> B が 1 勝だった場合、D は 2 勝である</p> <p><input type="checkbox"/> B と C の対戦では B が勝った</p> <p><input type="checkbox"/> C の勝ち数が D より多くなることはない</p>
16	<p>当たり 2 本を含む 10 本のくじがあり、A 君、B 君、C 君の 3 人が、この順番(A 君⇒B 君⇒C 君の順)でくじを引く。</p> <p>引いたくじは元に戻さないものとする、このくじは誰に有利か。</p> <p><input type="radio"/> 3 人とも有利さは同じ</p> <p><input type="radio"/> A 君と B 君⇒C 君の順に有利 (A 君と B 君が等しく有利で C 君だけが不利)</p> <p><input type="radio"/> A 君⇒B 君⇒C 君の順に有利 (A 君が最も有利)</p> <p><input type="radio"/> C 君⇒B 君⇒A 君の順に有利 (C 君が最も有利)</p>

ため、学生に白紙の計算用紙を配布した。なお、事前・事後テストは全く同じ問題を使用した。事前テストの終了後に学生に対して正解や各問の正誤結果及び得点は開示しておらず、また問題の解説も行っていない。

4.2 事前・事後テストの得点比較

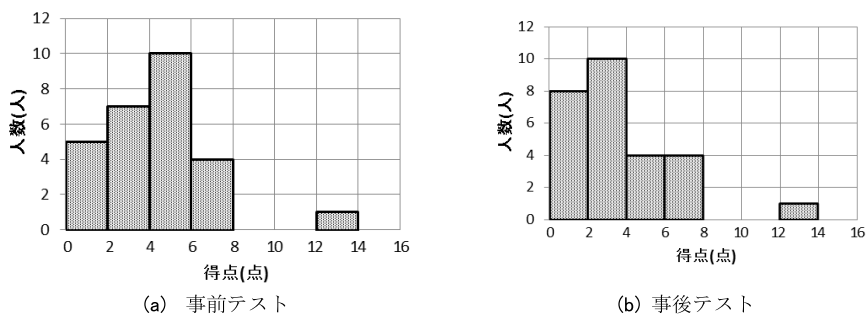


図6 事前・事後テストの得点分布

図6に、表1の問題を各1点として採点したテストの得点分布を示す。テストの平均点は、事前テストが4.2点、事後テストが5.0点（共に16点満点）であり、両側検定におけるp値は0.0146であったことから、5%有意水準で全体的な平均点の向上が認められた。

表2 事前・事後テストの得点推移

No	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0																	
1		2		2													
2				1	2	1											
3			2		2												
4			1			1	3		1								
5							1		1								
6							1		1								
7						2	1										
8									1								
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14															1		
15																	
16																	

次に、事前・事後テストにおいて、得点がどのように推移したかを検証した。表2は事前・事後テストの得点推移の状況を示したものである。縦が事前テストの成績、横が事後

テストの成績を示しており、交差するセル中の値が人数を表す。例えば、事前テストで 2 点だった学生の事後テストの結果は、3 点が 1 人、4 点が 2 人、5 点が 1 人であったことを表している。従って、表中の網掛け部分が事前テストより事後テストの点数が向上した学生ということになる。表から分かるように、事前テストで 6 点以下程度の低得点層については得点が向上しているケースが多いものの、7 点以上の中～高得点層については全員が得点が全く変わらないか逆に下降している。一定以上の学力を有している学生に対しては、今回の入学前教育が有効に働かなかったことを示唆している。

4.3 事前・事後テストの正誤比較

一般に、多肢選択式問題は正答を得るために必要な知識を有していなくても選択肢数の逆数の確率で問題に正解することができる。一方、計算問題については、いわゆる「まぐれ当たり」により正答を得ることのできる確率は多肢選択式問題に比して低い。従って、事前テストで正答を得られた学生は、仮に導出した値が正答だと知らされなくても、事後テストにおいて同様に正答が得られるものと想定していた。しかし、実際のテストにおいては、事前テストに正解しながら事後テストに誤るケースが多く見られた。

表 3 は、事前・事後テストの正誤推移別の人数を示したものである。表中の「No.」は、表 1 の「No.」すなわち問題番号に対応する。「○→×」等の表記は、矢印の左側が事前テストの正誤結果、矢印の右側が事後テストの正誤結果を意味しており、例えば「○→×」は事前テストに正解し事後テストに誤ったケースを表す。また、表中の数値は該当する人数を表している。

表 3 事前・事後テストの正誤推移別人数

No.	○→○	○→×	×→○	×→×
1	2	1	3	21
2	5	5	5	12
3	1	0	2	24
4	23	0	2	2
5	4	2	6	15
6	1	6	4	16
7	1	0	0	26
8	2	3	1	21
9	6	4	8	9
10	8	1	5	13
11	13	0	7	7
12	7	5	4	11
13	1	2	1	23
14	3	3	3	18
15	0	0	4	23
16	0	3	2	22

例えば、No.1の問題については、

- ・事前テストにも事後テストにも正解した学生が2人
- ・事前テストに正解し事後テストに誤った学生が1人
- ・事前テストに誤り事後テストに正解した学生が3人
- ・事前テストにも事後テストにも誤った学生が21人

という結果になったことを示している。表3を見れば分かるように、事前テストに正解しながら事後テストに誤った(○→×)事例が少なくない。特に、No.1～11の問題は計算問題であるため、この事例が多数起こったのは意外だった。換言すれば、計算問題においても偶然正解するケースがかなり多かったことになる。

5. 考察

本章では、入学前教育による学習効果について考察する。また、事前・事後テストの比較から、計算問題に偶然正解したり逆に当然正解できると思われる学生が誤る等の事例が多数見られたことから、その理由等に対する考察を行い、今後の研究の指針とする。

5.1 入学前教育による学習効果に関する考察

4.2節で述べたように、今回の入学前教育は、事前テストの得点低位層に対しては有意な学力向上を示唆する結果となった。また、入学前教育を実施したF高校の教諭からは、入試合格から入学までの期間の学習習慣を持続させる上で入学前教育が機能しているとのコメントを頂いた。

一方、企業により異なるが、入社試験合格に必要なSPIの得点率は7割程度以上とも言われている。SPIの解答形式が全問多肢選択式であることに對し、本稿で実施したテストの計算問題は数値を直接入力する形式としたために正解率が低くなることは予想していた。しかし、SPIは項目反応理論^[11]を採用しており、多肢選択式問題に見られる偶然性がかなり吸収されることを考慮すれば、2～3割程度の正解率はやはり試験合格には程遠いものと考えざるを得ない。今後の入学前教育は、底上げのみを図るのではなく、事前テストの中・高得点層に対しても有効なものとなるような配慮が必要である。このためには、e-Learning教材や教室授業の指導内容や演習問題等について、有効に働いた／働かなかった要因を詳細に分析する必要がある、今後の重要な課題である。

また、本稿では掲載していないが、学習時間と学力向上の相関についても検証を試みた。なお、e-Learningを用いた学習時間はMoodleの利用ログから推測することができる。その結果、両者に相関は全くなく、長時間学習した学生についても学力向上の度合には大きなばらつきがあった。意欲の高い学生が学習成果が上がらないことによりモチベーションが下がることへの懸念が想定されるため、疑問が生じた時点で直ちに電子メールで質疑応答ができるようにする等の工夫が必要である。

次年度以降もe-Learningを用いた入学前教育を実施することを前提に、教育方法や学習

内容、学力の評価方法等について再検討していきたい。

5.2 計算問題に対する想定外の正不正解に関する考察

4.3 節で述べたように、入学前教育における事前・事後テストにおいては、計算問題の事前テストに正解しながら事後テストに誤ったり、逆に問題に正解する知識を有していると思われる学生が問題に誤る等、想定外の正不正解が多数見受けられた。そこで、これらが起こった理由について、学生に対する聞き取りや誤答パターンの内容を基に検討を行った。その結果、以下のような要因が推察された。

(1) 問題文中のパラメータの出現箇所による理由

Aさんが時速45kmの自動車で40分間走行すると、走った距離は何kmか。	Aさんの自宅から職場までの距離は()kmであり、時速45kmの自動車で行くと40分掛かる。
(a)	(b)

図7 パラメータの出現箇所が異なる問題例

計算問題を解くために必要な知識(計算公式や解法)を習得していても、問題の意味を適切な表象として理解できない場合は問題が解けない。計算問題は解けても、同じ計算知識を用いる文章問題が解けない例がこれに該当する。Rileyらは、問題文中の未知数が問題文のどの位置に出現するかにより問題の正答率が異なり、未知数の文章の最初の方より最後の方に出現するほど正答率が高くなるとしている^[12]。これに従えば、図7の(a)、(b)について、未知数が最後に出現している問題(a)より、最初に出現している問題(b)の方が難しく感じたため正解できなかったことが考えられる。

(2) 問題文中に登場するパラメータの違いによる理由

鶴と亀が合わせて10匹おり、足の数が合わせて26本の時、鶴は何羽いるか。	1個50円の消しゴムと1個150円のボールペンを合わせて15個買い1450円支払った。消しゴムは何個買ったか。
(a)	(b)

図8 解法は共通でパラメータの異なる例

図8に示す問題(a)、(b)の2題は共に「鶴亀算」の問題であるが、問題(a)に正解し問題(b)に誤る事例が見受けられた。これは、問題(a)に登場するパラメータは「鶴」「亀」であるため鶴亀算の問題であることが想起できるが、問題(b)は「鶴」「亀」でないため鶴亀算の問題であることが分からずに誤った事例であると考えられる。

(3) 正解値の形式の違いによる理由

120km の道のりを時速 60km の自動車 で走行すると何時間掛かるか。	110km の道のりを時速 60km の自動車 で走行すると何時間掛かるか。
(a)	(b)

図 9 正解が整数・分数で表記される例

図 9 に示す問題(a), (b)の 2 題は、やはり同じ計算方法により正解が得られる問題である。しかし、問題(a)の正解が整数値で得られるのに対し、問題(b)は正解値が分数(小数)の形式になる。すなわち、問題(b)は「きれいな」解答にならないため、正しい計算を行ったにも拘らず自身の解答を疑い、別の計算を行って誤る事例である。

(4) 計算とは別の知識で用いて解答する例

今年、父親の年齢が子供の年齢のちょうど 4 倍である。去年は、母親の年齢が子供の年齢のちょうど 4 倍だった。この場合、父親と母親の年齢差は()歳である。
--

図 10 計算とは別の知識で用いて解答する例

図 10 の問題は両親の年齢差を問う問題であるが、解法が思いつかない場合に「父親と母親の年齢差」という未知パラメータの表記より、学生が自身の「常識的な」範囲から値を推定して誤る事例である。

以上の各事例は、学生の解答を分析した上での推測に過ぎないものが多く今後の検証が必要であるが、同じ知識(公式、解法)を用いる問題であっても問題文の表記等の理由から難易度が変化するという仮説が得られた。

今後は、上記の正解・不正解理由の検証と、問題の表記等が難易度に与える影響の検討を行う予定である。

6. おわりに

本稿では、文科系大学生向けに開発した e-Learning 教材を用いた入学前教育の実施について述べた。

これまでに述べてきたように、事前・事後テストの平均点や成績層別の得点推移から、e-Learning を用いた入学前教育が全体的な底上げに寄与したことを示した。一方、元々ある程度以上の学力を有する学生の学力向上にはつながらなかったこと、また入社試験合格のレベルとは依然大きな差があることが分かり、入学前教育の再構築が課題となった。今後検討すべき内容として e-Learning 教材の内容、集合教育の日程や内容、理解不能な状況に陥った時の質疑応答等の対処方法、学習の有効性検証の方法等が挙げられる。また、5.2 節で示したような想定外の正不正解については、学生の理解状況の測定方法や個々の学生

に対する出題・説明等の指導方略の検討が今後の課題となる。

謝 辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(課題番号：23501191)の支援を受けて実施された。また、入学前教育の実施に協力頂いた先生、生徒の皆様に心から謝意を表します。

参考文献・URL

- [1] JAPAN – Country Note –Results from PISA 2012,
<http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-japan-JPN.pdf>
(2014年9月29日現在)
- [2] 橋本俊行, "表計算ソフト習得のための授業改善", 日本教育工学会論文誌, Vol.32, No.2, pp.223-230, 2008
- [3] 津森伸一, "SPI2 問題を用いた入学前教育の検討 ～文系短大生の数的能力の向上を目指して～", 日本リメディアル教育学会第6回全国大会予稿集, pp.88-89, 2010
- [4] Shin'ichi Tsumori, Kazunori Nishino, "Proposal of a Numerical Calculation Exercise System for SPI2 Test Based on Academic Ability Diagnosis", Intelligent Interactive Multimedia: Systems and Services, Vol.14, pp.489-498, 2012
- [5] 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, Vol.8005, pp.511-520, 2013
- [6] 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, Vol.27, No.6, pp.77-80, 2013
- [7] SPI3 リクルートの適性検査, <http://www.spi.recruit.co.jp/> (2014年10月18日現在)
- [8] SPI 試験問題集, <http://saisokuspi.com/> (2014年10月19日現在)
- [9] 津森伸一監修, "SPI 形式問題で学ぶ文系数学の基礎" (e-Learning 教材), 日本データパシフィック, 2012年販売開始
- [10] Moodle, <http://moodle.org/> (2014年10月18日現在)
- [11] 豊田秀樹, "項目反応理論[入門編]", 朝倉書店 (2002)
- [12] Mary S. Riley, James G. Greeno, Joan I. Heller, "Development of Children's Problem-Solving Ability in Arithmetic", Academic Press, pp.153-192 (1983)