

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：82616

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501171

研究課題名(和文)非教科型の多肢選択式テストで測定される高次の知的能力の構造に関する研究

研究課題名(英文)Structure of higher-order intellectual ability evaluated by non-curriculum-based multiple-choice problem

研究代表者

椎名 久美子 (Shiina, Kumiko)

独立行政法人大学入試センター・研究開発部・教授

研究者番号：20280539

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：非教科型の多肢選択式問題として、平面上における方向把握を扱った設問(方向把握問題)に着目して、受験者が用いる解答方略と大学で学ぶ科目の修得の関係を分析したところ、方向把握問題で抽象度の高い解答方略を用いる者が、複雑な作図を要する図法幾何学の問題で高得点を取る傾向がみられた。また、三面図で示された立体の形状把握に関する問題については、正答した学生のほうがセンター試験の数学得点が高い傾向が示された。

研究成果の概要(英文)：A spatial orientation problem, which was developed to evaluate non-curriculum-based ability, was administered to freshmen prior to a course of descriptive geometry (DG). In the problem, several statements concerning the direction of walking and the angle of turning are given, and examinees are asked to identify the direction the person was or was not walking in at a certain point in the sequence. Students who used a highly abstracted strategy earned higher scores from a difficult problem on the construction of an intersection of two solids in the DG term-end test than those who did not use the strategy. Problems about an object presented in a three-view orthographic drawing were given to freshmen together with subject tests in the National Center Test. A significant association was found between performance in the problems on three-view orthographic drawings and the test scores for mathematics in the National Center Test.

研究分野：空間認識力の評価, 入試研究

キーワード：問題解決過程 解答方略 非教科型

## 1. 研究開始当初の背景

研究開始当時、既存の教科・科目ごとの知識の達成度とは別の観点から、情報把握力、論理的思考力、分析力、問題解決力などの高次の知的能力を評価するための試験に関する研究が行われていた。研究代表者が所属する大学入試センターでは、特定の専門分野の知識を前提とせずに問題文の中で与えられた情報だけで解答可能な多肢選択式の問題が試作され、難易度や識別力などの統計的特性や教科・科目別試験との関係についての分析が行われていた。分析の結果、総合型学力と教科・科目型学力を分ける因子の存在が示唆されると共に、その因子が、論理的思考力や表現力との関連性が高いことが確認された(伊藤他, 2010)。

研究代表者は、伊藤他(2010)の試作問題を用いて、問題を解く際に受験者が余白に残したメモ描きに基づいた解答方略の推定を行うと共に、解答方略による正答率の違いや、解答方略と能力・資質の習得度の自己評定との関係について分析を行ってきた。その結果、複雑な条件を吟味する必要のある設問では、体系化や抽象化による工夫を加えた多様な解答方略が用いられる傾向があり、体系化や抽象化による工夫を加えた解答方略を用いた受験者の正答率が高いことや、「数理的素養・図の取り扱い」等の資質因子との関連が認められる方略の存在が示された(椎名, 2009; Shiina and Ito, 2010)。

これらの研究成果を踏まえ、高次の知的能力を測定するための問題の解答方略が、新しい知識の修得とどのような関係を持つのかという点に着目して本研究を進めることにした。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、高次の知的能力を既存の教科・科目別の知識の有無を問うのとは異なる観点から測定しようとする試験に関して、誤答傾向や解答方略が、既存の教科・科目別の試験で測られる能力や、新しい知識の修得とどのように関連するかを明らかにすることである。

## 3. 研究の方法

### (1) 方向把握問題と図法幾何学の修得

情報把握力や論理的思考力を測定するために試作された多肢選択式の設問に関して、抽象化や符号化、図表の活用などの点に着目した解答方略の分類を行い、受験者が用いる方略の違いが、その後の新しい知識の修得とどのような関係があるのかについて分析した。

具体的には、理工系の大学1年生を被験者として、理工系の学部での勉学の基礎となる図法幾何学を学ぶ前に、平面上における方向把握を扱った設問(以下「方向把握問題」と略記)を解答させた。研究代表者のこれまでの知見をもとに、被験者が余白に残したメモ

描きに基づいて解答方略を推定して分類し、約4ヶ月の図法幾何学の講義の後で実施した期末試験の得点との関係を分析した。

### (2) 三面図に関する問題の分析

中国の大学入試で出題された数学の問題冊子2種類を日本語に翻訳して、日本の大学1年生に解答させた。日本の高校までの数学で扱わない内容を含む問題については、解答に必要な補足情報を追記した上で解答させた。

分析対象として着目したのは、三面図(正投影図)で提示された立体に関して各構成面の表面積の比較を要する多肢選択式問題2題である。それぞれ、三面図に示された立体の表面積の値を選ぶ問題と、三面図に示された立体の最大の構成面の面積の値を選ぶ問題である。前者を含む問題冊子は文系学部在籍する学生に、後者を含む問題冊子は理系学部在籍する学生に解答させた。

日本では、中学校の技術家庭の中では三面図が取り上げられているものの、高校の数学では扱われておらず、大学入学前に三面図の見方を十分に学んだ学生は多くない。そのような背景を持つ被験者集団に、三面図の読み方の説明を問題文中で与えた上で解答させた場合の誤答傾向を分析した。

被験者には、着目した問題の他に、センター試験の問題も解答させた。三面図(正投影図)を用いた問題の誤答傾向を分析すると共に、問題の正誤と日本の学習指導要領に基づくセンター試験の数学の得点との関連についても分析した。

## 4. 研究成果

### (1) 主な成果

方向把握問題と図法幾何学の修得の関係

方向把握問題の正誤と図法幾何学の期末試験の得点には有意な関係は認められず、それまでに研究代表者が行ってきた同様の調査との一貫性が確認された。また、方向把握問題の解答方略に関しては、研究代表者が別の被験者集団で実施した調査(椎名, 2009)とほぼ同様の分類結果となった。

方向把握問題の2つの設問のうち、複雑な条件を吟味する必要のある設問については、4つの解答方略(「矢印図吟味」「リスト作成」「座標系」「角度計算」)に分類された。各方略を使用した被験者と使用しなかった被験者に分けて、図法幾何学の期末試験得点の平均値を算出した。表1に、各方略の使用の有無と図法幾何学の期末試験得点の平均値を示す。4つの方略のうち、「リスト作成」と「角度計算」は、他の2つの方略よりも体系化や抽象化による工夫がみられる方略であるが、「角度計算」については、使用した被験者と使用しなかった被験者の期末試験得点の平均値に有意差が認められた。

期末試験は、図法幾何学に関する基本的な知識の穴埋め問題の大問1つと、作図を要求

される大問3つで構成されている。作図を要する3つの大問は、作図に必要な知識と、作図の段階の複雑さが異なっている。4つの大問別の得点について、各方略を使用した被験者と使用しなかった被験者に分けて、平均値を算出したところ、最も複雑な作図を要する大問(2つの立体の相貫図の作成)において有意差が認められた(表2)。相貫図の作成に関する大問では、抽象度の高い「角度計算」方略を用いる者が高得点を取り、工夫の少ない「矢印図吟味」方略を用いる者が低得点を取る傾向が、弱いながらも有意にみられた。

表1: 各方略の使用・不使用と図法幾何学の期末試験得点の平均値 (\*\*:  $p < 0.01$ )

解答方略	N	Mean	SD	t値	
矢印図吟味	使用	70	47.65	17.56	-1.836
	不使用	38	54.38	19.33	
リスト作成	使用	18	55.64	24.09	1.133
	不使用	90	48.89	16.99	
座標系	使用	15	54.17	21.06	0.940
	不使用	93	49.35	17.97	
角度計算	使用	11	63.50	16.75	2.634 (**)
	不使用	97	48.49	18.03	

表2: 各方略の使用・不使用と相貫図作成に関する大問得点の平均値 (\*\*:  $p < 0.01$ , \*:  $p < 0.05$ )

解答方略	N	Mean	SD	t値	
矢印図吟味	使用	70	5.95	7.67	-2.044 (*)
	不使用	38	10.13	11.27	
リスト作成	使用	18	12.00	13.06	1.720
	不使用	90	6.51	8.10	
座標系	使用	15	10.73	9.74	1.500
	不使用	93	6.89	9.13	
角度計算	使用	11	16.27	10.79	3.514 (**)
	不使用	97	6.42	8.58	

以上の分析結果を、第15回 International Conference on Geometry and Graphicsにおいて口頭発表して、研究者と意見交換を行った。その後、Journal for Geometry and Graphics Vol.16の論文として採択された。

#### 三面図に関する問題の分析

着目した問題が含まれる冊子の全体得点に基づいて被験者を成績上位群から下位群に4分割して、誤答傾向がどのように異なるかを分析した。

三面図には、立体の構成面の実形(実際の形状)が現れるとは限らず、三面図から各構成面の実形を読み取る必要がある。2題共に、三面図に示された図形をすべて実形とみな

した際に選ばれる誤選択肢は、冊子全体得点の上位群では選択率が少なくなった。このことから、成績上位群の被験者の多くは、与えられた三面図に実形が現れていない面があることは理解できたと思われる。

2題のうち、三面図に示された立体の最大の構成面の面積に関する問題では、三面図では線分としてしか表現されていない面の存在に気づき、かつ、形状を正しく把握して面積を求める必要がある。誤選択肢の選択傾向からは、線分としてしか表現されていない面の存在には気づいている成績上位群でも、正確な面積を求めるのは難しいことが示唆された。

表3は、理系学部在籍する被験者に関して、センター試験の「数学I・数学A」および「数学II・数学B」の得点の平均値を、三面図問題の正答・誤答別に算出したものである。「数学I・数学A」と「数学II・数学B」のどちらも、三面図問題の正誤別に算出した平均点に有意差が認められる。文系学部在籍する被験者に関しても、同様の傾向が示された。三面図に表現された立体の形状把握が要求される問題の正誤と、日本の学習指導要領に沿って出題されているセンター試験の数学得点の間に強い関連がみられるという点は、非常に興味深い。

表3: 三面図問題の正誤とセンター試験の数学得点の平均値(理系学部在籍の大学1年生) (\*\*:  $p < 0.01$ )

#### (a) 数学I・数学A

	N	Mean	S.D.	t値
正答	54	82.0	14.9	4.649(**)
誤答	49	67.6	16.6	

#### (b) 数学II・数学B

	N	Mean	S.D.	t値
正答	54	85.8	15.0	3.420(**)
誤答	49	73.6	20.4	

以上の分析結果を、日本図学会2013年度秋季大会および第16回 International Conference on Geometry and Graphicsにおいて口頭発表して、研究者と意見交換を行った。

#### 知能における空間認識力

図や画像の理解、方向の把握などに関する能力は、知能に関する理論の研究がはじまった比較的早い段階から、知能の構造に関するモデルに組み入れられてきた。知能における空間認識力の位置づけや空間認識力の因子について、知能の構造に関する理論の変遷を振り返って整理して、日本図学会第51回図学教育研究会「図学関連教育と空間認識力 - 切断面実形視テスト(MCT)を中心に -」で話

題提供した。話題提供の内容をまとめた報告は、図学研究 48 巻 2・3 号に収録された。

## (2) 得られた成果の位置づけと今後の展望

情報把握力、論理的思考力、分析力、問題解決力などの高次の知的能力を評価しようとする非教科型の問題に関して、受験者が用いる解答方略の違いや誤答傾向に着目した分析を行った点で、本研究は、研究代表者のこれまでの研究(伊藤他, 2010; 椎名, 2009; Shiina et al., 2010)で蓄積した知見を生かした研究と言える。本研究において、抽象度の高い方略を用いて方向把握問題を解く受験者のほうが、大学で学ぶ図法幾何学の複雑な作図問題の修得がやや優れているという傾向が示されたことで、解答方略の分析は、専門分野を学ぶための適性の診断への応用が期待される。

### <引用文献>

伊藤圭・林篤裕・椎名久美子・田栗正章・小牧研一郎・柳井晴夫 (2010). 学科試験および科目得意度との比較による総合試験の妥当性の検証. 日本テスト学会誌, 6 (1), 113-124.

椎名久美子 (2009). 方向把握に関する問題における解答方略と正誤及び教科別テスト得点との関係. 図学研究, 43 (1), 11-17.

Shiina, K. and Ito, K.(2010). Relationship between strategies used to solve spatial orientation problem and quality factors required for studying at university. Proceedings of 14th International Conference on Geometry and Graphics, Kyoto (Japan) [DVD].

## 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2件)

椎名久美子(2014). 第 51 回国学教育研究会報告「図学関連教育と空間認識力 - 切断面実形視テスト(MCT)を中心に - 第 4 節 知能の構造と空間認識力」, 図学研究, 48 (2・3), 61-63. 査読無.

Shiina, K. (2012). Relationship between strategies used to solve spatial orientation problems and examination scores in descriptive geometry, Journal for Geometry and Graphics 16(2), 247-256. 査読有.

### [学会発表](計4件)

Shiina, K., Arai, S., Otsu, T. (2014).

Error analysis of problems on surface area of an object presented in a three-view orthographic drawing as a part of a mathematics test form. Proceedings of 16th International Conference on Geometry and Graphics, Innsbruck (Austria) [USB Stick].

椎名久美子(2014). 知能の構造と空間認識力. 日本図学会第 51 回国学教育研究会「図学関連教育と空間認識力 - 切断面実形視テスト(MCT)を中心に - 」, 2014 年 5 月 11 日, 九州大学西新プラザ (福岡県・福岡市).

椎名久美子・荒井清佳・大津起夫 (2013). 中国の大学入試問題として出題された三面図に関する問題の分析. 日本図学会 2013 年度秋季大会 (盛岡) 学術講演論文集, 41-46. 2013 年 11 月 16 ~ 17 日, ホテル大観 (岩手県・盛岡市).

Shiina, K. (2012). Relationship between strategies used to solve spatial orientation problems and examination scores in descriptive geometry, Proceedings of 15th International Conference on Geometry and Graphics, Montreal (Canada) [USB Stick].

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

椎名 久美子 (SHIINA, Kumiko)

独立行政法人大学入試センター・研究開発部・教授

研究者番号 : 20280539