

# 大学生にとって困難な課題の解決に関わる認知構造 —心理統計学を題材として—<sup>1)</sup>

堀内正彦\*・永田陽子\*

Cognitive Structure on Solving Difficult Task for University Student:  
On Psychological Statistics as a Subject

Masahiko HORIUCHI\* and Yoko NAGATA\*

The purpose of this study was to show the cognitive structure that influences problem solving for difficult mathematical tasks for university students. Before and after reading an explanation about psychostatistics, we asked for answers to questions about psychostatistics and we then analyzed the responses. The results showed that although the learning task was reading an explanation, fragmented knowledge was activated and linked to each other. Furthermore, cognitive structures that affect task resolution include logical relationships and single knowledge, and both influence the accuracy of problem solving, but logical relationships have a particularly large effect.

**key words:** cognitive structure, knowledge transfer, analogy, psychostatistics, logical relationships

## 問 題

### 1. 科学的概念の理解および問題解決について

認知心理学における思考研究の主たる研究課題は、推論、問題解決、概念形成等々である。ここでいう推論とは、既知の前提から新しい結論を導き出す思考の働き(山崎, 1999b)であり、概念形成とは個々の事物・事象から概念を創り出す過程である(山崎, 1999a)。また、問題解決とは、何らかの目標に到達しようとする試みが直接的にはうまくいかないという問題場面において、目標に到達するための手段・方法を見出すこととされている(山崎, 1999c)。問題解決に関する研究では、様々な課題が用いられており、

その課題における目標状態あるいは正解が定められていることが一般的である。そのような目標状態や正解に至った場合に、問題は解決されたと解釈されており、本研究においても、そのように解釈する。ただし、問題解決と理解は、区別されるべきである。理解とは、外界の事象を解釈し、その事象についての一貫した体制化された表象を構成することである(内田, 1981)。例えば、洞察課題や迷路問題であれば、試行錯誤的に目標状態に至るのではなく、目標状態への見通しを持ち、適応的な方略によって解決されたことによって、その問題を理解したとみなされる。このような問題解決と理解の峻別のためには、プロトコルや内省報告等を得ることが望ましく、それが

<sup>1)</sup> 本研究は、駒澤大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の審査を平成30年10月、令和元年7月に受けて、承認された。

\* 駒澤大学文学部

Faculty of letters, Komazawa University, 1-23-1 Komazawa, Setagaya-ku, Tokyo 154-8525, Japan

困難な場合には複数の同種の課題を用いるなどの工夫がなされるべきである。

そのような思考研究の研究課題の中で、類推によって問題解決が促進される研究が、Gentner (1983), Spellman & Holyoak (1996) を初めとして数多く報告されている。これらの研究には、新規な事象を理解したり、あるいは問題を解決したりするために事前知識をどのように活用するのかということに着目している特徴がある。問題解決や理解の促進に影響をもたらす認知的要因である転移に関して、類推的転移(Gentner, 1983), 知識の編集(Anderson, 1982, 1987), 制約違反(Ohlsson, 1996; Ohlsson, Ernst, & Rees, 1992), 抽象化(福田 1997) など様々な主張がなされている。

類推的転移(Gentner, 1983; Gick & Holyoak, 1980, 1983)は、先行事例の検索、先行事例と現時点における問題との間のマッピングの作成、そしてそのマッピングを利用することの3つの構成要素から成り立つとされている。この類推的転移は、表層的に類似していて、論理的な構造が共通する課題においては、初心者にも起こることが示されている。知識の編集(Anderson, 1982, 1987)は、既存の宣言的知識を手続きの集合として解釈するように働き、様々な文脈において適応可能であるが、その認知的な処理は複雑であるとされている。そして制約違反(Ohlsson, 1996; Ohlsson, Ernst, & Rees, 1992)は、転移の生成—評価—修正のサイクルによって構成され、誤りを見つけ出し、修正するために事前の制約に関する知識を学習者が使うプロセスであり、認知的処理のコストはかかるとされている。

これらの類推的転移、知識の編集、制約違反は、様相の異なる認知的メカニズムと考えられる。文字列の規則性を見つけ出す課題を用いて、Nokes (2009) はこれらの認知的メカニズムの効果を検討している。その結果によると、表層的に類似する課題ではいずれの認知的メカニズムによっても転移は促される。その一方で、深い処理が必要となる課題においては、発動されるメカニズムによって反応が異なること、課題事態の特徴によって機能しやすいメカニズムが変わることが示されている。

Nokes (2009) が規則性を見つけ出す課題を実験の題材としたのに対して、福田(1997)は、物語の想起を求める課題において、事前課題の類似性に基づく

抽象化によって想起が促されることを示している。想起は単なる記憶過程の1つに留まらず、既有知識の検索という意味で問題解決における重要な役割を担う認知過程である。その想起を促進する要因の1つとして類似性に基づく抽象化が示されたことから、これが問題解決あるいは理解においても重要な機能であることが示唆される。

これらの認知心理学における思考研究に対して、教育心理学の視点から、藤村(1990)は濃度・速度などの概念を形成する過程を検討している。また、中島(1995)は、地球が球体であること、引力があることなどの概念を形成する過程を検討している。藤村(1990)と中島(1995)は、異なる学習内容ではあるが、教科としては理科もしくは理科と数学・算数に跨る内容である。それに対して藤村(2011)は数学的な概念についての理解を深める要因を示している。同じく数学を題材とする研究として、Dolar & Noll (2015)は、教員・教員志望学生を対象として、標本分布・統計的仮説検定の概念を獲得する過程を検討している。

これらの4つの教育心理学的研究は、実験参加者が獲得すべき概念は異なるが、既有知識に基づいて正しくない概念を持ってしまう躓きがあり、正しい概念に既有知識をつなげる経験などが必要であることを示している点で共通している。このような概念変化の過程においては、知識の編集、制約違反、抽象化などに対応する表象の変化があると考えられる。その一方で、これまでの認知心理学において扱われることが多かった課題は、様々な事例の間で共有される法則性の検出を求める内容である。このような認知心理学と教育心理学の間で密接に関連する心理学的事象を扱っていることを考慮すると、より一層教育的な学習内容に対する認知心理学による知見の適応可能性あるいは適応条件を検討することが必要である。

## 2. 認知心理学による数学・統計学の理解について

認知心理学の成果を教育への応用的に展開する技法として認知カウンセリング(市川, 1989)が確立されている。その認知カウンセリングの活動によって生産された知見に基づいて、市川他(2009)は、数学・算数の領域である数と式、関数、図形などに共通して必要なコンポーネント(構成要素)があることを提唱し、それらを横断的に抽出する学力診断テスト

COMPASSを開発している。このCOMPASSにおけるコンポーネントには、計算に関する能力のように算数・数学に固有の内容も含まれるが、それを除くと、概念的知識、表現の変換、論理的推論などのような知識の側面に関わる認知的能力と論理性に関わる認知的能力に大別できる。そのため、これらが数学・算数の理解を支えているところは大きいと考えられる。

また、知能の視点からは、論理的抽象的思考が指摘されており(Kaufman & Lichtenberger, 1999)、数理的な事象についての理解に対する論理的側面の影響を検討することも重要と考えられる。このことに加えて、市川他(2009)によって示されたコンポーネントを踏まえると、小学校、中学校における算数、数学の発展である高校、大学教育における数学の理解あるいは問題解決に関しても、知識と論理に関わる認知的なメカニズムが、影響すると考えられる。

人文・社会科学系の大学における数学教育は主に統計学であり、これは少なくとも心理系の学生にとって困難な科目の1つとして挙げることができる。American Statistical Association (2012)の統計学教育のガイドラインにおいて、「初等統計学コースの目標は、概念的な理解と統計リテラシーと統計的思考の達成に学生がより一層集中することであり、ツールのセットと手続きを学習することではない」とされている。すなわち、統計解析ソフトの利用は必要であるが、統計学についての理解や統計学的思考を習得することが優先されるべきとする見解である。認知心理学の観点から、理解や問題解決の過程における知識の変容、さらにはそれを支える認知的諸側面を捉えることの有益性がここにある。

また、統計学的な判断に関連する思考研究としては、母数の推定判断を求める課題を用いた実験がある(Fried & Peterson, 1969; 堀内, 2015)。堀内(2015)は、母数判断の過程において調査法による測定を組み合わせている。その結果から母数判断の過程に影響する妥協促進因子、決定促進因子、後悔因子の3因子があること、加えて、これらの因子による影響は、決定過程によって異なることが示されている。この3因子は、生活者の視点による直観的な判断の過程における認知的变化に影響を及ぼすと言える。そして、このような直観的判断を論理的、規範的に行うことが統計学的な判断である。そのため、統計

学的な問題解決に関する知識や論理が構築される前の状態における判断過程の傾向として、ここで示された3因子による作用を捉えることができる。

これらを踏まえると、大学生にとって困難な心理統計学を対象として、論理的な側面についての理解を把握することが、指向されるべきである。すなわち、心理統計学の理解についての測定に基づいて、それに対する理解および問題解決に影響を与える認知的な要因にはどのようなものがあるのかということを検討する必要がある。

## 目 的

従来の問題解決あるいは概念変化についての研究においては、事例やカテゴリにおける共通性・法則性を研究対象としてきた。本研究では、大学生にとって困難な数理的課題についての理解に研究対象を拡張し、その問題解決に影響する認知構造を明らかにすることを本研究の目的とする。

## 方 法

**実験参加者** 心理学系の学部学生・大学院生 92名(平均年齢 = 20.6歳, 年齢標準偏差 = 1.10)を実験参加者として本研究は実施された。

**実験計画・実施時期** 本研究では事前調査、事後調査として2回の調査が行われ、それぞれの実施期間は、事前調査が2018年11月5日から2019年7月18日、事後調査が2019年7月5日から7月27日の間であった。実験参加者の内訳は、事前調査が92名であり、その内の61名が事後調査に参加した。また、事後調査を行う直前に、心理統計学に関する解説書から抜粋した説明文を精読する学習課題を実験参加者に与えた。この説明文は、統計的仮説検定に関する文と分散分析に関する文の2種類が用意され、統計的仮説検定に関する文を読む検定群と分散分析に関する文を読む分散分析群のどちらに、事後調査に参加した61名の実験参加者は無作為に割り当てられた。そのため、本研究の実験計画は、検定群と分散分析群の2水準の被験者間計画である。

**説明文** 事後調査の直前に精読する説明文は、検定群においては吉田(1998)、分散分析群においては森(1990)に基づいて作成された。

**質問項目** 事前調査においては、実施日、調査対象者の年齢、学年、大学入試の際に数学で受験したか、

高校において履修した数学の科目、高校生の時に得意だった科目、苦手だった科目、大学で心理統計学の授業を履修した時の主観的な理解度について質問した。心理統計学についての設問は、付表に示す。また、各設問についての主観的な難易度について5段階評定で回答が求められた。

心理統計学に関する11問のうち、検定群における説明文において解答が示されていた設問は、問1：帰無仮説について、問4：棄却域、臨界値、有意水準について、問7：「検定統計量が臨界値を超えた」の意味について、の3問であった。また、分散分析群における説明文において解答が述べられていたのは、問8：分散分析の基礎概念について、問9：分散分析の計算過程について、問10：平方和、平均平方、F値について、の3問であった。

事後調査における心理統計学に関する設問、各設問についての主観的な何度の評定は、前調査と同じであった。それらの質問項目の他に、事後調査において質問されたのは、説明文を精読する前後に、開始時刻と終了時刻を記入してもらうこと、統計学に関する質問の後で、各設問の解答に説明文が役立ったか、事前調査と事後調査の間に勉強したことについてであった。なお、事後調査における質問項目は検定群と分散分析群で全て同じであった。

**手続き** 事前調査を行い、1週間から2か月の間隔をおいてから、説明文を読む学習課題を行い、その直後に事後調査を行った。

## 結 果

事前調査および事後調査において測定された統計学的知識に関する全体的な傾向を示すために正答率および設問間の関連性を検討するために $\chi^2$ 検定が行われた。その上で、心理統計学についての問題解決に関わる認知構造を明らかにするために、事後調査に関して回答の特性に対して、多重コレスポネン分析および重回帰分析が行われた。なお、事前調査についての分析処理は92名、事後調査については61名を分析対象とした。

### 1. 正答率と設問間の関連性

各設問の正答率は、事前調査では0.13~0.91であり、最小値は問3、最大値は問6であった。事後調査では0.16~0.97であり、最小値は問3、最大値は問6であった。全設問の正答率は、事前調査は0.43、事後

調査は0.56であった。問3の事前調査における正答者数は91人中12人、事後調査においては61人中10人であり、事前調査と事後調査に共通して低かった。これは、問3の内容が心理統計学の解説書等で説明されていないことを問うものであったためと考えられる。また、問6の事前調査における正答者数は91人中84人、事後調査においては61人中59人であり、極端に高かった。問6について「正答が明らかだった」、「他の設問に比べて、選択肢の紛らわしさがなかった」等の実験参加者による内省報告が複数あったことから推察されるように、選択肢の間の相違が著しかったためと考えられる。これらのことから、この2つの設問は、他の設問とは異なる要因が影響していたと考えられるため、以下の分析から除外し、残りの9問について分析することにした。問3、問6を除く9問についての正答率は、事前調査は0.44、事後調査は0.56であった。

本研究を構成する主要な変数は、事前調査・事後調査(以下、事前事後と呼ぶ)、検定群・分散分析群(以下、実験条件と呼ぶ)、各設問の3要因であった。心理統計学に関する設問は、検定群・分散分析群ともに同じであったが、検定群における説明文で正解が示されている設問(問1、問4、問7)、分散分析群における説明文で正解が示されている設問(問8、問9、問10)、どちらの説明文においても正解が明示されていない設問(問2、問5、問11)の3つに分類できる。これを設問説明文の対応と呼ぶこととする。以上の3要因(実験条件×事前事後×設問説明文の対応)の間における正答率についての差を検討するために混合計画の分散分析を行った。3要因のうち、実験条件要因は被験者間計画、事前事後要因と設問説明文の対応要因は被験者内計画であった。この分散分析の結果、事前事後の主効果だけが有意であった( $F(1, 59) = 16.85, p < .01$ )。この結果は、読んだ説明文が統計的仮説検定に関する内容か、あるいは分散分析に関する内容かということ、全設問の正答率に顕著な影響を与えることはなく、さらには読んだ説明文において正解が示されている設問であるかどうかということも明確な影響を与えることはなく、事前調査と事後調査の間で有意な差が示されたことになる。

また設問間の関連性を検討するために、正答数について各設問間における2変量の $\chi^2$ 検定(独立性の

**Table 1** 事前調査における正答率と設問間の $\chi^2$ 値 (N=92)

	Q1	Q2	Q4	Q5	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
Q1		0.47	0.01	1.61	1.10	1.12	0.04	0.76	5.56*
Q2			6.48*	0.08	7.28**	0.12	2.78	1.75	0.85
Q4				0.63	5.70*	0.47	0.01	0.54	2.62
Q5					0.57	0.04	3.71	3.45	2.22
Q7						0.37	1.41	3.95*	6.14*
Q8							0.40	0.60	0.02
Q9								0.52	0.02
Q10									0.91
正答率	0.16	0.41	0.61	0.33	0.54	0.35	0.42	0.29	0.52

(\* :  $p < .05$ , \*\* :  $p < .01$ )**Table 2** 事後調査における正答率と設問間の $\chi^2$ 値 (N=61)

	Q1	Q2	Q4	Q5	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
Q1		0.27	1.23	1.20	1.24	1.82	0.36	1.07	4.48*
Q2			0.27	1.84	1.85	0.01	0.30	1.04	1.59
Q4				0.38	1.67	0.04	5.48*	5.78*	0.12
Q5					0.28	0.79	6.49*	0.13	2.41
Q7						2.07	0.11	0.12	0.00
Q8							2.94	2.03	3.06
Q9								8.33*	3.69
Q10									0.09
正答率	0.28	0.64	0.72	0.48	0.66	0.49	0.59	0.54	0.62

(\* :  $p < .05$ , \*\* :  $p < .01$ )

検定)を行った (Table 1, Table 2)。この検定における帰無仮説は、「一方の設問における正答誤答によって、他方の設問の正答誤答は異なる」であった。すなわち、2つの設問は独立しており、関連がないということである。この $\chi^2$ 検定において、事前調査では6つの設問間、事後調査では5つの設問間において有意性が認められた。しかしながら、事前調査と事後調査の間で同一の設問間で有意性が認められたのは問1と問11の間だけであり、多くは異なる設問間であった。この結果によって、事前調査と事後調査では、設問間の関連性が異なることが示された。

## 2. 事後調査の回答の特性

各設問の正誤について多重コレスポネンス分析を行ったところ、2つの次元が抽出され、次元1 (Figure 1の横軸)は論理的関係次元、次元2 (Figure 1の縦軸)は単一的知識次元と解釈された。多重コレスポネンス分析の重心座標によるプロット図において、横軸で原点から離れているのは問4、問5、問8~11であり、縦軸で原点から離れているのは問1、

問2、問7であった。これらの重心座標の分布に基づいて各次元は解釈された。その際、各次元の典型的な特徴を持つ問4と問7の設問の特徴に特に注目して、以下のように解釈された。問4は有意水準、棄却域、臨界値の意味と関連性について問う設問であり、問7は「検定統計量が臨界値を超えた」という場合に何か言えるかを問う設問であった。この2問は極めて類似する内容であるにもかかわらず、多重コレスポネンス分析における重心座標が大きく異なった。問7については、検定統計量が臨界値を超えたならば、帰無仮説が棄却されるということ、理論を抜きにした短絡的な知識として保持していれば正解の選択肢を選択できる。それに対して、問4は有意水準、棄却域、臨界値の1つ1つの知識に加えて、それらの間の関連性も含めて理解していることが求められる設問であった。問4で問われる有意水準、棄却域、臨界値の関連性とは、実際に分析を行う際の自由度における検定統計量の分布における有意水準の範囲が棄却域であり、棄却域と他の領域の境界の検定

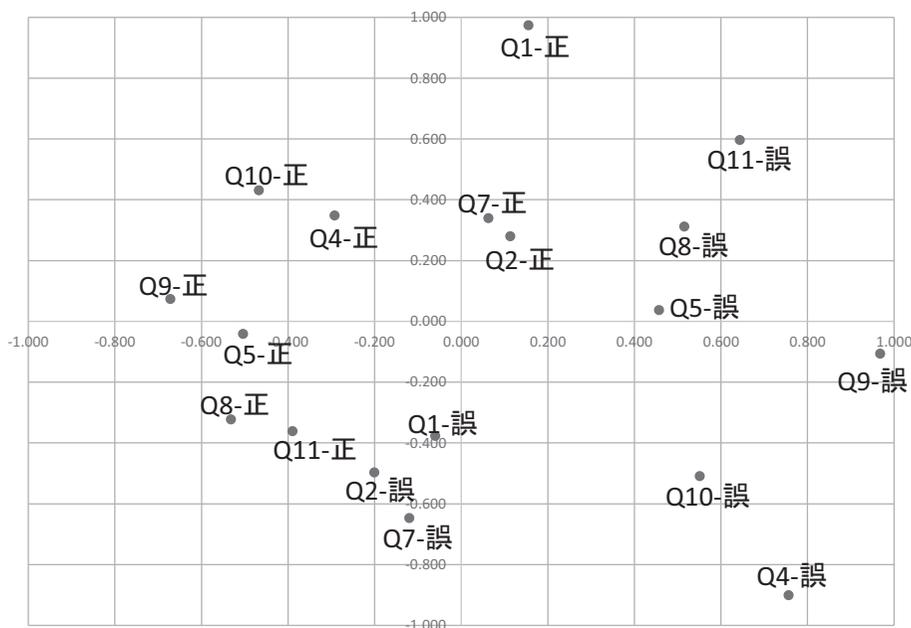


Figure 1 多重コレスポネンス分析の重心座標のプロット図

統計量の値が臨界値であるという関係を指す。このように、類似する内容であっても、1つ1つの知識を問うのか、それとも知識相互の論理的関係を問うのかという特性がそれぞれの設問にはある。この2つの特性のうちの個々の知識を問う特性の影響が強いのが、横軸で原点から離れている問1、問2、問7と解釈される。また、知識相互の論理的関係の影響を強く受けたのが、問4、問5、問8～11であったと解釈される。このような影響によって重心座標の値の相違がもたらされたと考えられる。なお Cronbach の  $\alpha$  係数は、論理的関係次元が 0.54、単一的知識次元が 0.42、固有値については論理的関係次元が 1.92、単一的知識次元が 1.58、寄与率については論理的関係次元が 0.21、単一的知識次元が 0.18 であった。

これらの論理的関係次元と単一的知識次元が正答数に対して、どのように影響するのかを検討するために重回帰分析を行った。ここでの重回帰分析は、事後調査の正答数を基準変数とし、論理的関係次元、単一的知識次元のオブジェクト得点を説明変数として、ステップワイズ法によって行った。その結果、論理的関係次元と単一的知識次元の両方が説明変数として採用され、標準偏回帰係数は論理的関係次元が  $\beta = -0.81$ 、単一的知識次元が  $\beta = 0.44$  であり、とも

に  $p < .01$  で有意であった。なお、この重回帰分析において調整済み  $R^2 = 0.85$  であり、 $F = 159.39$  ( $p < .01$ ) であった。

## 考 察

本研究では、大学生にとって困難な課題である心理統計学を題材として、説明文を精読する学習課題を挟んで、事前と事後の調査が実施された。結果処理として、各設問の正答率についての分散分析、さらに設問間の関連性を検討する  $\chi^2$  検定が行われた。この結果に基づいて、学習課題の前後における理解度、および知識の関連性の変化について考察する。さらに、事後調査に関しては多重コレスポネンス分析と重回帰分析が行われ、論理的関係次元と単一的知識次元が正答率に影響することが結果として示された。これに基づいて、数理的課題の問題解決に影響する認知構造について考察する。

### 1. 理解の深化と知識の関連性

正答率について考察すると、事前調査では全設問の正答率は 0.5 に満たないものであったことから、低いと評価されるべきである。また、正答しやすさについての設問間における関連性を検討した  $\chi^2$  検定の結果については、事前調査と事後調査の間で異なる

る設問間において有意性が認められた。事後調査については、読んだ説明文の内容にかかわらず全ての設問について正答率が上昇し、かつ事前調査とは異なる設問間において関連性が示されたことの2つの点から、理解が深化し、問題解決が促進されたと考えられる。特に説明文の内容に関わらず正答率が上昇したことについては、説明文には記述されていなかった領域の知識も、説明文に明示されている内容と関連付けられて一時的に活性化されたと考えられる。このような知識同士の関連付けは、活性化拡散モデル (Collins & Loftus, 1975) とも整合することであり、知識についての一般的な特徴と捉えることができる。

## 2. 困難な数理的課題の解決に関する認知構造

事後調査における回答の特性に関する、多重クロスpondens分析の結果において次元1の値が絶対値として大きな値を示した6つの設問には、複数の知識の間におけるつながり、すなわち論理的な関連性を把握していることが求められる特徴が共通している。それに対して、次元1の値が小さかった3問については、そのような特徴が希薄であり、個別的で単一的な知識を持っているかどうかによって正誤が分かれる。このような特徴から、次元1は論理的関係次元であり、次元2は単一的知識次元であると解釈された。この結果は、大学生にとって困難な数理的課題に関する問題解決には、個別的、単一的な知識とその知識同士を結び付ける論理的関係の2つが影響していることを示すものである。さらに、事後調査の正答率への影響を検討した重回帰分析において、標準偏回帰係数が、論理的関係次元も単一的知識次元も共に有意であり、殊に論理的関係次元が負の高い値であった。この結果から、認知構造として単一的な知識に関わる認知構造と、それらの知識を論理的に結び付ける論理的関係の認知構造という性質の異なる認知処理によって数理的な理解や問題解決が支えられていると解釈される。すなわち、問題解決のためには、1つ1つの内容を個別的、単一的知識として把握することがまず必要であるが、特に重要なことは、その知識を論理的に関連づける認知構造の役割であるということである。

市川他 (2009) が示すコンポーネント (構成要素) は、数と式、図形などの領域に関わらず横断的に必要となる基礎学力の要素である。挙げられている8つ

のコンポーネントのうち、数学用語・概念に関わるコンポーネントが初期的・基盤的な段階とされており、これは本研究において見出された単一的知識次元と類似すると考えられる。また、発展的な段階において必要とされる数学的表現間の対応、演算の選択、論理的推論などのコンポーネントは、知識や概念を関連付ける認知的過程と解釈することが可能であり、その意味において論理的関係次元と密接に関連する。市川他 (2009) が主張する8つのコンポーネントは、小中学生を対象とする数学・算数における領域普遍的な基礎学力であるが、その一部には本研究において示された論理的関係次元、単一的知識次元と関連するものがあることは、本研究における解釈の妥当性を示す。さらに、学習段階の順序性から検討すると、小中学生の初期的基盤的な段階において数学用語・概念に関わるコンポーネントが必要とされることから、まず単一的知識次元の機能が理解や問題解決の基盤の中心であると解釈される。そして、発展的な段階において重要なコンポーネントの一部が論理的関係次元と類似することから、個々の知識を論理的に関連づけることが、その後の発展的な段階において必要であると考えられる。

単一的知識と論理的関係に関連する過去の知見と比較検討すると、複数の研究において、人が保有している知識間の関連づけの重要性が示唆される。例えば、Dolor & Noll (2015) は、統計的仮説検定の概念を段階的に構築するように順序立てた課題において、誤りに気付くことをきっかけとして正確な理解が促進されることを報告している。この研究において誤りに気が付くということは、実験参加者同士で提案された課題の解決方法では矛盾あるいは不整合なことがあることを了解するということである。また、中島 (1995) は、観察によって得た知識と科学的情報から得た知識が正しく関連づけされていない発達の段階から、正しく関連づけられるようになる過程には、これらの知識の間の矛盾に気が付くことが必要であることを示している。Dolor & Noll (2015) と中島 (1995) の知見で共通するのは、知識の矛盾や誤りに気が付くということの重要性である。問題解決や理解の過程において知識の矛盾や誤りに気が付くことが必要であるということは、初期段階では、知識が不完全で、必ずしも緻密ではないということの意味する。そのような知識を比較したり、

付表 心理統計学に関する設問の概要

---

問 1. 統計的仮説検定における帰無仮説について
問 2. 統計的仮説検定における対立仮説について
問 3. 統計的仮説検定における両側検定と片側検定について
問 4. 棄却域, 臨界値, 有意水準の定義について
問 5. 第 1 種の過誤, 第 2 種の過誤について
問 6. 統計的仮説検定の基本的考え方について
問 7. 検定統計量が臨界値を超えたことによって言えることについて
問 8. 分散分析の基本的概念について
問 9. $F$ 値の計算過程における全体としての偏差, 条件差による変動, 誤差変動について
問 10. 分散分析における平方和, 平均平方, $F$ 値について
問 11. 分散分析における主効果と交互作用について

---

あるいは異なる状況に適応したりする操作によって, 不完全な知識が修正され, そして知識同士が整合的に結び付く変化が生じて, 問題解決や理解に至ると考えることができる。この時の知識同士の整合的な結び付きが論理的関係の形成と考えられる。このような解釈に基づけば, 単一的知識が完成した後で, 論理的関係が構築されるというよりはむしろ, 単一的知識次元と論理的関係次元の機能が, 相互に影響する過程を経て問題解決や理解が進むと推察される。

既有知識の誤りに気が付くことによる知識の転移は, 深い処理が必要とされるとしている (Ohlsson, 1996)。Dolar & Noll (2015) が示した誤りに気が付くことを必要とした課題に比べると, 本実験で行った説明文を精読するという学習課題は認知的負担が少なく考えるべきである。それにも関わらず知識の関連づけが起これ, 理解の深化が促されたことは, 本研究において課題として取り上げた心理統計学に関する科目を履修していたことと, 大学生としての知的水準によるところもあると考えるべきである。

## 結 論

本研究では, 大学生にとって困難な課題として心理統計学についての説明文を精読する前後に, それに関する設問に対する回答を求め, その回答を分析した。その結果から, 説明文を読むという程度の学習課題であるが, 知識が活性化され, 精読前とは異なる関連づけが促されることが示された。さらに, 課題の解決に影響する認知構造としては, 論理的関係と単一的知識があり, 問題解決の正確さに関しては, その両方が影響するが, 論理的関係は特に大きく影響す

ることが明らかにされた。

これらの知見に基づけば, 知識を単純に蓄積することも, 理解と問題解決には必要であるが, それと同等以上に論理的関係についての把握が重要である。本研究の今後の発展としては, 数理的な知識の論理的関係を体系づける認知機能について探求することである。これは, 既存の誤った知識から正しい知識へどのようにして変わり, そして知識間の論理的関係がどのようにして強まるのか, 換言すれば, 知識の転移, あるいは知識の関連づけなどに関わる認知的要因を明らかにすることである。そして, この方向への発展は, 心理統計学など数理的な教育への応用可能性を有するものである。

## 引用文献

- American Statistical Association 2012 Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education. Retrieved from <https://www.amstat.org/asa/education/Guidelines-for-Assessment-and-Instruction-in-Statistics-Education-Reports.aspx> (2020-04-16).
- Anderson, J. R. 1982 Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, **89**, 369-406.
- Anderson, J. R. 1987 Skill acquisition: Compilation of weak-method problem solutions. *Psychological Review*, **94**, 192-210.
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. 1975 A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, **82**, 407-428.
- Dolar, J., & Noll, J. 2015 Using guided reinvention to develop teachers' understanding of hypothesis testing concepts. *Statistics Education Research Journal*, **14**, 60-89.
- Fried, L. S., & Peterson, C. R. 1969 Information seeking:

- Optional versus fixed stopping. *Journal of Experimental psychology*, **80**, 525-529.
- Gentner, D. 1983 Structure mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, **7**, 155-170.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. 1980 Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, **12**, 306-355.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. 1983 Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, **15**, 1-38.
- 堀内正彦 2015 任意停止課題における意思決定過程に関わる認知的変化—因子得点の推移— 日本心理学会第79回大会発表論文集, 864.
- 藤村宣之 1990 児童期における内包量概念の形成過程について 教育心理学研究, **38**, 277-286.
- 藤村宣之 2011 教授・学習活動を通じた数学的概念の変化 心理学評論, **54**, 296-311.
- 福田 健 1997 事象の想起における抽象化の効果 認知科学, **4**, 72-82.
- 市川伸一 1989 認知カウンセリングの構想と展開 心理学評論, **32**, 421-437.
- 市川伸一・南風原朝和・杉澤武俊・瀬尾美紀子・清河幸子・犬塚美輪・篠ヶ谷圭太 2009 数学の学力・学習力診断テスト COMPASS の開発 認知科学, **16**, 333-347.
- Kaufman, A. S., & Lichtenberger, E. O. 1999 *Essentials of WAIS-III assessment*. New York: John Wiley & Sons.
- 森 敏昭 1990 差を吟味する方法 森 敏昭・吉田寿夫 (編) 心理学のためのデータ解析テクニカルブック 北大路書房 pp. 43-84.
- 中島伸子 1995 「観察によって得た知識」と「科学的情報から得た知識」をいかに関連付けるか—地球の形の概念の場合— 教育心理学研究, **43**, 113-124.
- Nokes, T. J. 2009 Mechanism of knowledge transfer. *Thinking and Reasoning*, **15**, 1-36.
- Ohlsson, S. 1996 Learning from performance errors. *Psychological Review*, **103**, 241-262.
- Ohlsson, S., Ernst, A., & Rees, E. 1992 The cognitive complexity of doing and learning arithmetic. *Journal for Research in Mathematics Education*, **23**, 441-467.
- Spellman, B. A., & Holyoak, K. J. 1996 Pragmatics in analogical mapping. *Cognitive Psychology*, **31**, 307-346.
- 内田伸子 1981 理解 藤永 保 (編) 新版心理学辞典 平凡社 pp. 808-801.
- 山崎晃男 1999a 概念形成 中島義明・安藤清志・子安増生・坂野雄二・繁樹算男・立花政夫・箱田裕司 (編) 心理学辞典 有斐閣 pp. 98-99.
- 山崎晃男 1999b 推論 中島義明・安藤清志・子安増生・坂野雄二・繁樹算男・立花政夫・箱田裕司 (編) 心理学辞典 有斐閣 pp. 465-466.
- 山崎晃男 1999c 問題解決 中島義明・安藤清志・子安増生・坂野雄二・繁樹算男・立花政夫・箱田裕司 (編) 心理学辞典 有斐閣 pp. 465-466.
- 吉田寿夫 1998 本当にわかりやすいすぐ大切なことが書いてあるごく初歩の統計の本 北大路書房.

(受稿: 2020.1.28; 受理: 2020.7.5)