

統計教育の設計における「数学信念」の 応用に関する一考察

— 立命館大学政策科学部での実践を通して —

小 野 聡

要 旨

この論文では、我が国の政策系学部において、今後さらに重要性が高まっていくと考えられる統計教育について、「数学信念」の応用の観点からカリキュラム設計についての試論を行う。本研究では著者が担当した統計学科目を分析対象として、第一に「数学信念」に関する先行調査を元にして履修者の数学に対する認識を把握し、その傾向をクラスター分析を通じて要約した。第二に、数学信念の傾向から課題を整理し、授業設計上必要となる取り組みを検討した。そして第三に、履修者に対する意識調査や統計学の応用に向けての行動意図モデルを通じて、授業設計の到達点と課題を検討した。その結果、数学信念に基づいて履修者の全体像が見える化することの、授業設計面での意義が確認された上で、具体事例、演示実験、簡易レポートの具体的な三点の取り組みについての到達点と課題が明らかとなった。

キーワード

統計教育、政策系学部、数学信念、授業設計

1 はじめに

昨今の行政や NGO、民間企業における政策決定でのビッグデータの活用を鑑みるに、研究開発部門の人材のみならず、組織の経営や戦略立案に携わる多くの人材にデータ分析の技術が求められるようになってきているといえる。自動化が進む時代において人間の労働そのものも漸進的に機械による代替が進んでいくことが考えられているが、Davenport (2015) が "Augmentation" の概念を用いて指摘するように、大局的判断や新たなシステムの創造は人間による仕事が必要不可欠であると考えられており、こうした能力を涵養することは今後も高等教育の中で求められていくことである¹⁾。むろんデータを解釈したり物事を決定する際の基盤となる、人文科学・自然科学などの豊かな教養を身につけることの必要性は決して否定されないが、社会における意思形成・意思決定に携わる人材を育成する使命を有する政策系学部においてはとりわけ、学生のデータ分析の能力を発達させることも求められているといえる。

一方で、政策系学部を始めとする社会科学を軸に据えた諸学部は、入学者選抜の際にはいわゆる「文系」の選抜方式で募集されることが多い。犬塚（2016）は大学初年次学生を対象に、数学という学問分野に対する認識（数学信念）を質問紙調査したが、その際、文系学部か理系学部かによって、得意さと思考プロセスの重視度などに有意な差が見られたことを報告している。データ分析は決して数理的処理のみによって行われるものではないが、数学を用いることが求められる統計処理教育においては、履修者の到達度に多様性があることが推察されるため、履修者の構成に応じて授業を設計することが求められると考えられる。

そこで本研究では、履修者の数学信念の把握とそれに即した授業の設計方法を提案する。そのうえで、履修者に対するアンケート調査に基づいてその到達点と課題について検討し、政策系学部における統計教育の設計のための知見を得る。

2 研究の方法

2.1 統計学・数理学教育の現状と課題

統計関連学会の連合が2014年に発表した『統計学の各分野における教育課程編成上の参照基準』では、12の学部・課程における統計教育のあり方について統計関連学協会の意見が述べられている。この参照基準においては、学部教養レベルでも統計学の役割を理解した上で、記述統計、推測統計、および解析スキルを身につけるべきこと、および事例学習を通して正規分布、 t 分布、およびカイ二乗分布の理論的理解および活用を促すべき旨が示されている（当該書籍の「大学基礎科目」「政治学」「社会学」「経済学」「経営学」および「品質管理」分野の項目を参照した）。このように、政策系学部における統計学科目（とりわけ入門レベル）の役割は大きくなってきていると言え、特に実践に根ざした教育が求められていると言える。

一方で、学生の理科離れ、数学離れが依然として継続する中、統計学教育においてもその課題に対応する必要がある。橋本（2011）は、日本の当時の初等・中等教育における統計学教育の遅れを指摘しながら、大学における教育の課題として、学生としては不確実な事象の起こりやすさを表現する技法、適切なデータ収集の方法や観察に関する知識、およびデータに基づく分析と判断を行う能力を身につけることを目標とすべきと指摘している。このことは、教員としては、まず社会で観測される様々な物事は不確実な事象を含んでいるという旨、理解を促すことが前提となるといえる。また、前掲橋本は同時に大学教員の教育的目標として、実践的な人材の育成を掲げ、より具体的な方法として統計学の各手法が「何に役立つのか、何ができるようになるのか知らせ」、「興味をもたせる」ことが重要であると述べている。

これと似た論点で、犬塚（2016）は数学の学習における一つの問題として、学習者が数学に対してどのような理解をしているのか（数学信念）が、学習への興味を規定するものであるとして問題意識を掲げている。犬塚はSchoenfield（1983）やSchommer（1990）などの認識論的信念研究から、数学教育研究への統合を検討した上で25の質問項目を用いて数学信念に関わる4つの因子「有用性」「思考プロセス（論理プロセスを重視）」「固定性（プロセスが画一的）」「難しさ」を抽出している。このように、前掲橋本の「興味をもたせる」教育をいかに構築するかについても、教室で受講する学習者がどのような認知構造であるかによって、戦略が変化すると考

えられる。

2.2 高等教育における意図・行動研究

上記のように政策系学部における統計教育は、実践を志向した学習が求められている。このことは、統計学の一連の学習をとおして「統計学を研究や生活に応用する、もしくは応用したいと思う」といったような、行動および行動意図を促すことの重要性を導く。

学習と行動に関する研究については従来の合理的行動モデルを元にしたものだけでなく、Ajzen (1985, 1991) にて提唱された「計画的行動理論 (The Theory of Planned Behavior)」を応用した研究が多くみられる。計画的行動理論においては、個人がある「行動 (Behavior)」を実行する要因として、最も直接的なものとしてその行動に対する「実行意図 (Intention)」があると捉える。また、実行意図は「行動に対する態度 (Attitude toward the behavior)」、「主観的な規範 (Subjective norm)」、および「認識された行動統制 (Perceived behavioral control)」によって規定される。これらの因子の意味は、それぞれその行動が好ましく意義深いものと考えてるか、その行動がやるべき (ではない) こととして捉えられているか、そしてその行動を継続できるものとして捉えられているかと説明できる。

計画的行動理論を用いた教育研究においては、ある種の価値観の葛藤を伴う行動に関する教育への分析報告が多く見られる。Leeuw, et al. (2015) は、環境保護行動の規定因を計画的行動理論によって仮定し、各要因に対する背景因子も踏まえながら仮説を立てた上で、高校生に対するアンケート調査によって行動の構造化を試みている。また、Karimy, et. al. (2013) はイランにおける喫煙の広がりやを高校時代の関係性を軸に分析を進めるために、計画的行動理論を適用して分析項目を構築している。また、学生にある一定の技術を導入する教育について研究したものとしては、e-learning の導入における学生の技術習得過程に着目した Chu, et al. (2016) がある。この研究においては、計画的行動理論の分析枠組みを一部改変しつつ、e-learning の導入意図と実際の導入の構造をアンケート調査によって示している。

このように、中等・高等教育における意図・行動研究においては、禁煙、環境保護、ボランティアといったある価値に沿った行動を促すものと、ある特定の技術の習得および応用を促す場面のものがある。本研究は、政策研究・政策提案のツールとしての統計学の学習、および実践を志向した教育のあり方を考えるものであるから、既存研究の趨勢の中では後者に該当する。

2.3 研究の方法と研究対象の概要

そこで本研究は以下の三段階の分析を行う。

第一に先掲の犬塚による研究の方法論に則り、講義受講に先立って受講生の数学信念の構造化を行う。これによって、受講生の数学ないし数理学に対する態度を明確にすることができ、授業設計における留意事項を判断する材料とすることができる (3.1～3.2)。第二に、履修者の数学信念に基づいて、授業設計を検討する。基本的な授業設計は後述のとおりであるが、教材設計や課題の出題について、追加的に検討するのがこの部分である (3.3)。その上で第三に、履修者らの統計分析の実践に関する意図と行動について計画的行動理論を用いて評価し、数学信念のデータに基づいた授業設計の到達点と課題について検討する (4章)。

研究対象は2017年度前期に著者が政策科学部で実施した「統計学」の講義、およびその履修者(149名)とする。本講義は情報処理科目として学部が配当する科目であるが、「政策情報処理」など多くの調査実習科目が用意されている中での講義科目の一つである。それゆえに、講義中に調査分析の実践までをカバーすることはできていないが、一回生から受講可能であるため、統計学によってどのようなことが分析できるようになるのか、何故そのようなことが可能なのか、といった根本的な興味関心を喚起する上で重要な位置づけとなっている。

「統計学」の講義(以下、本講義)は、「記述統計学」「確率分布・標本分布」、「推測統計学」大きく3つのテーマに分けて運営された。これは単なる単元の切れ目としてきりが良いというだけでなく、統計学の関心が、観測されたデータの要約と、データと確率分布の理論から導き出される母集団特性の推測にあるという一連の論理の流れを示すことも目的となっている。本稿で分析するアンケート調査は「記述統計学の初回」「確率分布・標本分布学習後」、および「推測統計学の学習後」に実施した。各アンケートにおける具体的な設問は、実施結果を記述する次章以降に譲ることとしたい。アンケートは本学が朝日ネット社の支援のもとで提供している、学習支援システム manaba+R 上でオンラインで行われた。

3 学習開始時点での履修者の「数学信念」の把握と授業の設計

3.1 調査概要と結果

前掲犬塚で用いられている数学信念に関する調査票を元に、アンケート調査を実施した(第1回アンケート:2017/4/12-2017/4/26)。その結果、120名の回答を得ることができた。まず、数学信念に関する質問項目25問について5件法(1:全くそう思わない~5:かなりそう思う)で問うた結果を表したものが表1の左側である。ここに示される通り、「数学は役に立つ(平均3.95、SD0.96)」、「数学が必要な仕事はたくさんある(平均3.90、SD0.95)」とあるように、数学に対して有用性を高く認識していることがわかる一方で、「数学は難しい(平均4.04、SD1.04)」、「数学は複雑だ(平均4.35、SD0.81)」と、全体的に数学は複雑で取り組みづらいと認識されている傾向も読み取ることができる。一方で、「数学は役に立つ」と「数学は難しい」の相関係数は-0.17と小さく、難易度の認識と有用性の認識の間に相関関係は検出されていない。加えて、「数学で大切なのは論理性だ(平均4.10、SD0.92)」に見られる通り、全体として数学を論理性の高い学問として認識していることがわかる。こちらについても、「数学は役に立つ」と「数学は難しい」との間の相関係数がそれぞれ0.03、0.14となっており、同様に強い相関関係は検出されなかった。

3.2 因子分析とクラスター分析による受講者特性の把握

3.1でまとめたアンケート結果から、受講者における数学信念がどのような傾向となっているのかを把握するために、これら25問の結果を用いた因子分析をおこなった(表1右側)。因子分析はバリマックス回転によって行い、累積寄与率が最大となる因子の数=6を採用した($\alpha=.76$)。

【Factor1:「有用性」】「役に立つ」「必要だ(でない)」といった設問の因子負荷量が大きく検出されている。これは前掲犬塚の示すところの「有用性」を表す因子であることを示す。

【Factor2:「難しさ」】「難しい」「複雑だ」といった難易度に関する設問の因子負荷量が大きく検出されている。また、「勉強すれば誰でも数学ができるようになる(マイナス因子)」「数学ができるかどうかはセンスで決まる」といった、数学に対する乗り越えがたい敷居を表す設問も負荷量が大きい。このような敷居感を含む「難しさ」を表す因子であると言える。

【Factor3:「固定性」】「答えがあっていること」「何が正しいかはっきりしている」といった、犬塚の「固定性」に対応する因子である。Factor6と同様に筋道を立てて考えることも重視する因子であるが、重きをおいているのは「答え」であることが、この因子の特徴である。

【Factor4:「論理性」】「一般化」「抽象化」といったような、数学の「論理的」な学問の側面に関する因子である。筋道を立てた考え方の想起が強く負荷量として現れている反面、具体的な物事の測定については負の因子負荷量が現れている。

【Factor5:「知識量」】「決められた手順を覚える」「暗記」といった「知識量」を重視する因子として捉えることが出来る。ゆえに覚えれば誰でも数学はできるようになると考えている。どこかでその知識は使えると考えているが、仕事など具体的な場面で使えるかどうかは思い至っ

表1 数学信念に関するアンケート結果と因子分析の結果

設問	平均	SD*	因子負荷量**					
			Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6
(寄与率)	-	-	0.108	0.079	0.074	0.073	0.06	0.059
(累積寄与率)	-	-	0.108	0.187	0.261	0.333	0.394	0.452
数学的な能力や考え方は生きて行く上で役に立つ	3.88	1.03	0.78	0.135	-0.21		0.362	
数学が必要な仕事がたくさんある	3.90	0.95	0.728	0.158		-0.101	-0.118	
数学は役に立つ	3.95	0.96	0.691	-0.193		-0.103		0.147
生活の中で数学が必要になることはほとんどない	2.95	1.22	-0.645				0.18	
仕事をする上で数学的な考え方は必要だ	3.99	0.93	0.43		0.299	0.11	-0.267	
数学ができなくても生きていける	3.17	1.13	-0.419		0.155			
数学を学ぶことで自分を高めることができる	3.55	1.09	0.337			0.384	0.306	
数学は難しい	4.04	1.04		0.751	0.189			
数学は複雑だ	4.35	0.81		0.729			0.103	0.14
勉強すれば誰でも数学ができるようになる	3.28	1.20		-0.657		-0.159	0.351	0.123
数学が苦手な人は多い	3.69	1.10	0.149	0.31	0.359	-0.312	0.167	
数学ができるかどうかはセンスで決まる	3.35	1.12	-0.168	0.246	0.222			
数学では答えがあっていることが一番大切だ	3.36	1.15			0.624	0.134	0.113	-0.415
数学では何が正しいのかがはっきりしている	3.93	1.01			0.514	0.11	0.148	
数学では答えが一つに決まる	3.43	1.36	-0.156		0.513		0.172	
数学では矛盾なく答えを組み立てることが大切だ	3.94	0.87			0.339	0.157	0.127	0.278
数学は具体的なものを測ったり計算したりするものだ	3.60	0.99			0.342	-0.225	-0.105	0.226
数学を使うと実際にあり得ない抽象的な世界についても考えることができる	3.40	1.10	-0.179			0.742	-0.165	
数学を使うことで物事をうまく一般化して捉えられる	3.48	0.90	0.109		0.311	0.619	-0.142	-0.24
数学で大切なのは論理性だ。	4.10	0.92		0.292		0.504		0.279
数学では色々な考え方ができることが大切だ	3.92	0.94	0.194			0.341	0.19	
数学では決められた手順を覚えることが大切だ	3.38	1.03		0.143	0.232		0.659	-0.221
解き方を暗記すれば数学はできるようになる	2.76	1.18		-0.21	0.224	-0.144	0.563	
数学では答えを導き出すまでのプロセスが重要だ。	4.38	0.73			-0.119		-0.208	0.878
数学では筋道立てた考え方が大切だ	4.43	0.68		-0.149	0.306	0.231		0.354

*SD: 標準偏差 (Standard Deviation) を表す。

** 因子分析は統計ソフト R を用いておこなった。
調査結果を元に筆者作成。

ていない、知識の詰め込みの学問として捉えている因子と言える。

【Factor6:「思考プロセス」】プロセスを重視する点は「固定性」因子に似るが、学びとして手順を覚えることや、結果として答えがまっていることには重きをおかず、目的に合わせて「思考プロセス」を組み立てることを志向した因子であるといえる。

これら6つの因子を用いて、120人の回答者を四つのグループに分けた。グループ分けはWard法によるクラスター分析によっておこない、各クラスターに18名、23名、55名、24名が分類された。表2は各クラスターの特徴を表すために、因子分析によって抽出された因子得点の平均と、それらが他のクラスターと比べて差があるか否かをt検定と一元配置分散分析の結果を用いて示したものである。

この結果から各クラスターの特徴を以下のように記述することが出来る。第一にクラスターAは「論理性」と「固定性」が高い。数学を論理的で画一的なものとして受け止めており、それゆえに、難しいものではないが有用性が低いと認識しているグループと言える。第二にクラスターBは相対的にプロセスを重視せず暗記を重視するグループである。それゆえに数学の論理性に対する認識も低い。一方で、有用性については認識が高い傾向にあり、「覚えれば役に立つ」という資格試験的な認識を持っているグループである。第三にクラスターCは、プロセス的なものであると思っていない。数学における発想の自由さを認識しているグループであると言えるが、有用性を高く認識していないのも特徴的である。最後にクラスターDは、プロセスを強く重視するが一方で暗記も重視するグループである。それゆえに画一的なプロセスを覚えることが重要であると認識しており、プロセスと論理は別のところにあると考えているグループであるといえる。

3.3 受講者特性を踏まえた授業の設計

前節までで見たとおり、本講義の受講者における数学信念から、四つのクラスターを抽出でき

表2 因子得点からみる4つのクラスターの特徴

クラスター	有用性				難しさ				固定性				論理的				知識量				思考プロセス			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
A (18)	-1.34				-0.81				0.46				0.32				-0.29				0.22			
	-	*	*	*	-	*	*	*	-		*		-	*		*	-				-	*		
B (23)	0.46				0.29				0.15				-0.41				0.42				-1.04			
	*	-	*	*	*	-			-	*			*	-	*		-	*			*	-	*	*
C (55)	-0.16				0.00				-0.30				0.37				-0.24				0.08			
	*	*	-	*	*		-		*	*	-	*	*	-	*		*	-	*		*	-	*	
D (24)	0.94				0.33				0.20				-0.69				0.37				0.66			
	*	*	*	-	*			-		*	-		*		*	-		*	-		*	*	*	-
ANOVA	$p < .001$				$p < .001$				$p < .01$				$p < .001$				$p < .01$				$p < .001$			

*t検定(両側)によって5%水準で有意差が検出されたことを示す。t検定は統計ソフトRを用いておこなった。ANOVAは一元配置分散分析の結果を表す。統計ソフトRを用いて行った。調査結果をもとに筆者作成。

た。これらクラスターの特徴と、前述した政策系学部における統計教育の目標を見据えたとき、大きく二点の課題が抽出される。

第一に、クラスター A とクラスター C が比較的数学に対する難しさを感じていない傾向にあることがわかるが、その一方で相対的に有用性に対する認識が低くなっていることがわかる。このことは単に統計学の数理的な処理の方法を教えるのみでは、その応用に関する関心を引き出すことが難しいことを意味する。

第二に、クラスター B とクラスター D は、数学を画一的方法・知識を暗記して、それに基づいて処理をする学問として捉えている傾向にある。一方で統計処理は目的に応じて様々な手法があり、背景となる理論との関連で体系的に理解することが求められる。体系的に、着実に理解を深めていく工夫が授業設計上求められると考えられる。

上記二点の課題を克服するため、以下の三点を授業内外にて実施することとした。

具体的な例題) 課題の第一に関連して、とりわけ記述統計と推測統計では実在データを含む具体的な例題を出題して、各種統計処理の方法と目的がわかりやすくなるようにした。図 1 は本講義で用いた例題の一つであるが、このスライドでは「母比率の区間推定」について練習をするだけでなく、どのような場面で応用されるのかについても解説している。

実験の実演) 課題の第二に関連して、講義中に実験を実演することとした。本講義の後半で学習する、統計分析の実践につながる「推測統計学」の分野は、「大数の法則」「中心極限定理」と呼ばれる理論を基礎とする²⁾。一方で抽象性の高い理論であるため、履修生の直感的な理解を促すために極力具体的な例を用いた。また、推定・検定を学習するにあたって、「信頼度」や「有意水準」といった抽象的な確率を用いるため、その直感的な理解のために実験を導入した。図 2 は「大数の法則」を説明する際に行った演習実験のスライドである。実験は予め入力したプログラミングによって PC で行ったが、どのような実験か、何を測定したのか、その結

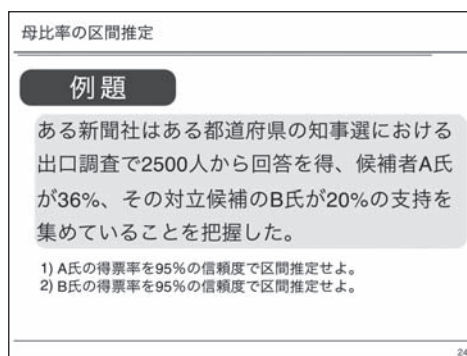


図 1 本講義で示した例題の例

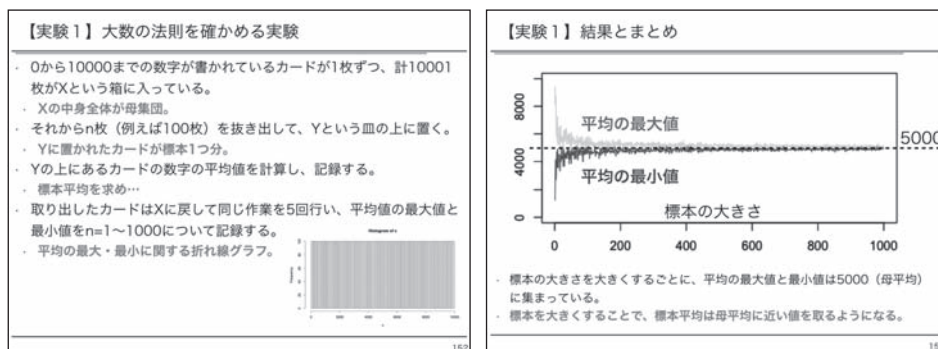


図 2 本講義で行った演習実験の例

問1：正規分布を用いた母平均の区間推定について、下記空欄に関する問いに答えよ。

- (1) まず、母集団から抽出した標本の大きさ、標本平均、および標本標準偏差を把握する。
- (2) 標本の大きさが十分に大きい場合、母集団の標準偏差と標本標準偏差は等しいと近似できる。
- (3) 【 1 】より、母集団から抽出された同じ大きさの標本の平均値に関する標本分布は正規分布となる。
- (4) その正規分布の平均は【 2 】に近くなり、標準偏差は【 3 】を【 4 】の平方根で割ったものに近くなるということが知られている。
- (5) (2)より、標本分布の標準偏差は【 5 】を【4】の平方根で割ったものに近くなる。
- (6) 標本分布上に、平均を中心として【 6 】区間を設定する。例えば95%【6】区間とは、全標本の95%がその区間内に標本平均が当てはまる区間を意味する。
- (7) その区間内に標本平均が当てはまる場合に成り立つ母平均に関する不等式が、【6】度95%における母平均の区間推定結果である。

図3 本講義における簡易レポートの出題例

果から何が言えるのかについてスライドで解説をした。

簡易レポートの出題) 課題の第二に関連して、着実な学習と基礎理論からの理解の蓄積を促すために、インターネット上で回答するレポート課題を、小テストの回を除いて毎回出題した。レポートは授業後4日程度で提出するように締め切りを設定することで、毎回の着実な学習を促した。また、内容は煩雑な計算よりも体系的な理解を促すために、語句の理解を促すことを重視した(図3)。

4 学習効果および授業設計の到達点と課題の検討

4.1 調査概要

前章で抽出した授業設計上の課題と、実際の設計について履修者の認識を問うアンケート調査を2回(第2回アンケート:2017/5/11～5/25、および第3回アンケート:2017/7/11～7/25)行った。また、第3回アンケートにおいては、統計学の応用に関する実践状況や実践意図についての質問も行った。回答数は第2回は102、第3回は103であった。各アンケートにおける設問は後の結果の記述にて説明することとする。

以下の節ではまず、統計学の応用に関する実践状況や実践意図について結果を説明した上で、授業設計についての履修者の認識について記述することとする。

4.2 統計学の応用に関する実践意図

前掲Ajzen(1991)およびChu, et al.(2016)を参考にして、統計学の応用に関する実践意図についての設問を、表3のように作成した。これらの設問は全て回答を5件法(1:全くそう思わない～5:かなりそう思う)で問うたものであり、その回答者全体の平均と標準偏差(SD; Standard Deviation)を横に付している。

また、前章で数学信念のデータに基づいて分類したクラスターごとに平均点を求めたものが、表3の右4列である。この部分に示される通り、統計学の応用に関する「行動統制」を表す二つの設問(Q8およびQ9)については、クラスター間に有意な差が検出された(5%有意水準)。また、一元配置分散分析の結果は右5列目に示した。クラスターBは数学を難しいものとして

表3 統計学の実践意図に関するアンケート結果とクラスター間の比較

設問 (設問番号は本稿における説明のために付した もの)	全体 平均	SD*	ANOVA	クラスター平均*			
				A	B	C	D
Q1 学習内容を自分の仕事や生活、研究に活かしている。	2.97	0.96	$p > .05$	2.62	2.94	3.02	3.06
Q2 学習内容をこれからの自分の仕事や生活、研究に活かす予定だ。	3.71	0.92	$p > .05$	3.62	3.53	3.80	3.78
Q3 学習内容は自分の仕事や生活、研究に役立つと思う。	4.07	0.79	$p > .05$	3.84	4.12	3.97	4.22
Q4 何らかの形で自分の人生の役に立つと思う。	4.09	0.75	$p > .05$	4.00	4.06	4.05	4.22
Q5 学んだことを活用することは、必要なことだ。	4.03	0.86	$p > .05$	4.08	3.94	3.95	4.11
Q6 学んだことを活用することは、意味あることだ。	4.09	0.79	$p > .05$	4.00	4.00	4.14	4.11
Q7 学んだことを活用することは、社会的に求められている。	3.68	0.96	$p > .05$	3.34	3.47	3.77	3.83
Q8 学んだことを活用することは、周囲から求められるかもしれない。	3.76	0.95	$p > .05$	3.54	3.47	3.91	3.72
Q9 学んだことは今後無理なく活用できると思う。	3.13	1.00	$p > .05$	3.00	2.65 ^{C,D)}	3.30 ^{B)}	3.17 ^{B)}
Q10 活用することは、難しいことではないと思う。	2.79	1.18	$p < .05$	3.08 ^{B)}	2.17 ^{A,C)}	3.05 ^{B)}	2.61

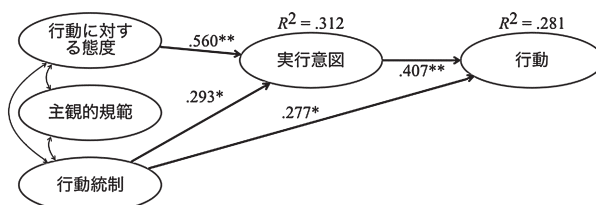
*X) はクラスター X との間に5%水準で有意差が検出されたことを示す (t 検定 (両側) による)。ANOVA と t 検定は統計ソフト R を用いた。

** 全体平均は三回目アンケート回答者 $n=103$ から、クラスター平均は一回目と三回目両方を回答した $n_A+n_B+n_C+n_D=13+17+44+18=92$ から算出した。調査結果をもとに筆者作成。

捉える傾向の強いグループで、比較的過程を重視せず暗記を重視するグループであったが、他のグループよりも統計学の応用を難しいものとして捉える傾向が強く見られた。

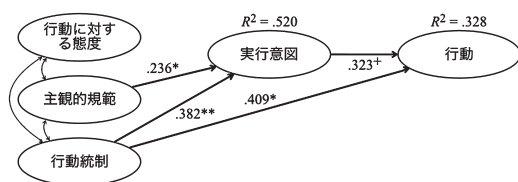
加えて、このアンケート結果から計画的行動理論に基づいて統計学の応用に関するパス解析を行った結果が図4～6である。これは「行動」(Q1, Q2)、「実行意図」(Q3, Q4)、「行動に対する態度」(Q5, Q6)、「主観的規範」(Q7, Q8)、および「行動統制」(Q9, Q10)について共分散構造分析を行ったものであり、片側矢印は有意なパス、両側矢印は共分散を表す。

回答者全員の傾向を表す図4をみると、決定係数 (R^2) が低い水準となっているが、「主観的規範」からのパスを除くすべてにおいて有意性が検出された。また、他のクラスターと大きく傾向の異なるクラスターCのみに着目したところ (図5)、「行動に対する態度」からのパスを除く全てに有意さが認められた。一方でクラスターC以外に着目すると (図6)、「行動に対する態度」以外からの有意なパスが検出されなかった。



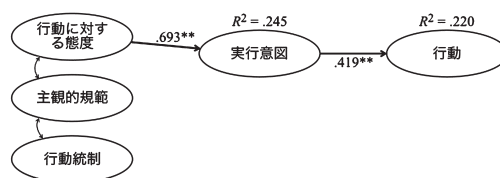
○ * $p < .05$ / ** $p < .01$ ○ CFI = 0.993, RMSEA = 0.011
○ χ^2 検定 (適合度検定) : $p = .658$ より、モデルが有意でないとは言えない。

図4 回答者全体の共分散構造分析の結果



○ $p < .10$ / * $p < .05$ / ** $p < .01$ ○ CFI = 0.989, RMSEA = 0.058
○ χ^2 検定 (適合度検定) : $p = .326$ より、モデルが有意でないとは言えない。

図5 クラスタ C の共分散構造分析の結果



○ ** $p < .01$ ○ CFI = 0.998, RMSEA = 0.000
○ χ^2 検定 (適合度検定) : $p = .586$ より、モデルが有意でないとは言えない。

図6 クラスタ C 以外の共分散構造分析の結果

表4 授業設計についての履修者の認識に関するアンケート結果とクラスター間の比較

設問 (番号は本稿における説明のために付したもの)	調査時期	回答数	全体平均	SD	ANOVA	クラスター平均			
						A	B	C	D
Q11 例題は具体的だった。	第3回	103	4.01	0.93	$p > .05$	3.99	3.97	4.09	4.00
Q12 例題は統計学の理解のために役に立った。	第3回	103	3.89	1.00	$p > .05$	3.87	3.91	3.89	3.91
Q13 演示実験の意味を理解できた。	第2回	102	3.67	1.09	$p < .05$	3.69 ^{B,D)}	3.45 ^{A,C)}	3.77 ^{B,D)}	3.51 ^{A,C)}
Q14 演示実験は統計学の理解のために役に立った。	第2回	102	3.22	1.21	$p < .05$	3.19	3.10 ^{C)}	3.48 ^{B,D)}	3.07 ^{C)}
Q15 簡易レポートは取り組みやすいものであった。	第3回	103	4.43	0.74	$p > .05$	4.42	4.46	4.39	4.45
Q16 簡易レポートは統計学の理解のために役に立った。	第3回	103	4.19	0.67	$p > .05$	4.16	4.22	4.17	4.20

*X) はクラスター X との間に5%水準で有意差が検出されたことを示す (t 検定 (両側) による)。ANOVA, t 検定は統計ソフト R を用いた。

* 全体平均および標準偏差は各回アンケート回答数から算出した。調査結果をもとに筆者作成。

4.3 授業設計についての履修者の認識

授業設計に関する履修者の認識を問うたアンケートの設問と結果を表4に示す。設問は全て回答を5件法 (1: 全くそう思わない~5: かなりそう思う) で問うたものであり、その回答者全体の平均と標準偏差を横に付している。この表に示されるように、例題の具体性や簡易レポートの取り組みやすさ、およびそれらによる統計学の理解への効果についての主観評価は概ね肯定的な回答が得られている一方で、演示実験に関する履修者の認識は肯定的なものや否定的なものが混在する結果となった。表4の右側に前章で類別したクラスター別の平均点を記載したが、クラスター A と C といった論理的な学問としての数学信念を持つ傾向のあるグループが、比較的肯定的な回答をする傾向があることがわかる。

また、表5は「授業中の例題」「演示実験」および「Weekly Report A」(本稿における簡易レポートに相当) に関する感想を自由回答・自由記述で問うた設問への回答を、肯定的な意見と否定的な意見で分けてまとめたものである。この設問は第3回の調査において回答を求め、表内に記載しただけの回答者から回答を得ることができた。なお、回答一つにつき複数の内容を含むものもあるため、表に記載されている回答数の合計は回答者の全数と等しくならない。回答数が少ないため全体の傾向を考察することはできないが、この表に示されているとおり、授業中の例題と演

表5 授業設計についての履修者の認識に関する自由記述回答

	肯定的回答	否定的回答
授業中の例題 ($n = 10$)	<ul style="list-style-type: none"> ● 社会の中でどのように役に立つのかが分かりやすかった。(8) ● テスト勉強に役に立った。(5) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 誘導を付けて簡単にしてほしい。(2) ● 教科書の問題を解説してほしい。(1)
演示実験 ($n = 13$)	<ul style="list-style-type: none"> ● 本当に理論通りになるのかという疑問が解決できた。(4) ● 計算ばかりだったので新鮮だった。(2) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 何をやっているのか理解が難しかった。(5) ● 授業後に見返したら理解できたが、授業中は理解できなかった。(4)
Weekly Report A ($n = 15$)	<ul style="list-style-type: none"> ● 復習の役に立った。(9) ● 数学が苦手なので助かった。(4) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 毎週やらなければならないのは苦痛だった。(2)

* 括弧内の数字は同様意見の数を表す。
調査結果をもとに筆者作成。

示実験によって、有用性や理論的な理解が促されたという認識を持った回答者が一定数いることがわかる。また、簡易レポートの出題による理解の蓄積については把握できないが、着実な学習が促されていたことは認められる。簡易レポートは全12回出題したが、149名の履修のうち平均で97.4名(標準偏差:11.9、最大値:124、最小値:78)提出しており、全ての簡易レポートを提出した履修者は33名であった。

一方で、先述の定量分析でも見たとおり、演示実験の実施には否定的な回答も確認された。実験を解説したことによって理解の混乱や誤解を招くことはデータとして確認されなかったが、自由記述においては少なくとも授業中にその意図を理解することができなかった旨の回答があった。否定的な回答の半数は、事後学習によって理解することができた旨の回答はあったが、定量分析の結果における否定的な回答の割合と合わせて、演示実験の方法に関する問題を提起していると考えることができる。

4.4 授業設計に関する到達点と課題

授業中の例題について具体的であると肯定的な回答が多かったことから、学習内容と具体的な分析のイメージをつなぎ合わせる媒体として、授業中の例題は機能できていたと考えられる。また、具体的な例題を授業設計に導入したのは3.3で議論したとおり、数学の応用性に対する認識の弱いクラスター(AとC)が存在していたことであるが、表3のQ5、Q6でのクラスター平均が4つとも有意な差がなく概ね肯定的であることから、当該クラスターに対して統計学の応用に関する理解を促す作用があったことが示唆される。また、図4～6に見られるように表3のQ5、Q6に該当する「行動(統計学の応用)に対する態度」は「行動(統計学の応用)」に向けて、クラスターCを除いて有意なパスを検出しており、統計学の応用に関する行動意図を向上するための授業中の例題の効果が示唆される。ただし、その他の要因による影響を否定することはできないため、その検証は今後の課題となる。

第二に演示実験については、前節で触れられたとおりわかりづらさが課題となったといえる。一方で、表3のQ9、Q10(統計学の応用に関する「行動統制」と表4のQ13(演示実験の意味理解)の間にはそれぞれ $r = 0.69$ と $r = 0.82$ と、比較的強い正の相関が認められた。このことから、因果構造については現状では特定することはできないが、演示実験によって統計学の応用に

対する十分な理解が促されることが示唆される。このことから政策系学部における統計教育での演習実験の実施については、そのわかりづらさから否定されるには早計であろうと考えることができる。本講義では全く予告なしに演習実験を行ったが、リーディングアサインメント等として事前に実験の内容を履修者に読み込んでもらい、結果を予想してきてもらうなどの工夫が今後の授業設計として考えられるのではなかろうか。

第三に簡易レポートについては、学生の認識としては概ね肯定的な反応が得られた。本レポートの提出を学期成績の採点に組み入れていたことによる影響は否定することはできないが、取り組みやすい設計にしたことによって着実な学習を促すことができたと考えられる。一方で、とくに簡易レポートの出題は理論的からの体系的な理解を促すため、前章でのクラスター B および D に見られた課題を克服するためのものであった。しかしクラスター B と D の回答者の中で、簡易レポートに対する認識 (Q15, 16) と、統計学の応用に関する「行動統制」の得点の相関を調べたところ、それぞれ $r = -0.13$, $r = 0.29$ と検出された相関は弱かった。簡易レポートによって統計学の応用を喚起する効果は、今回の調査では検出することができなかったといえる。

5 結論

本研究では犬塚 (2016) など報告されている「数学信念」に基づいて、政策系学部における統計教育の設計を試論した。本研究では数学信念から履修者の傾向をクラスター分析し、問題を把握して必要と考えられる設計をしたが、その成果は以下の四点にまとめられると考えられる。第一に、数学に対する「難しさ」を感じていないグループは一定規模で存在しうが、こういったグループが必ずしも数学を「有用である」と考えているとは限らない。その逆も然りである。比較的統計学の応用を志向する政策系学部において、その有用性に対する認識を高めるための授業設計は必要であり、そのための具体例を交えた例題の解説はデータ分析の具体的な姿を想起しやすくするために有効である。

第二に、数学を「知識」が重要であるがゆえに断片的な学習を志向するグループが、本研究対象では観察された。統計教育では各種分析手法の定着のため、基礎理論から応用への体系的な理解を促すことが重要となる。そのために、難しさは認められる一方で基礎理論の理解のための演習実験の有用性が示された。

第三に、結論の第二と関連するが、基礎理論の体系的な理解のためにネットワークシステムを用いた簡易レポートは、とりわけネガティブな「数学信念」をもつグループの学習の入り口として有効である。ただし、この設計によって統計学への理解や応用への行動意図に、どのような効果が得られるかについては、今後の課題となる。

そして第四に、数学信念のデータに基づいてクラスター分析を行う有効性について、数学に対する習熟度のみならず数学観や思考の癖の観点で履修者の全体像を「見える化」することによって、授業の戦略が立てやすくなったと評価できる。この取り組みは統計教育のみならず、経済数学やゲーム理論などの社会科学系学部の数理科目においても導入可能であると考えられる。また、時間や資源が許されれば、少人数クラスに分割して指導する際の有力な情報になるのではなかろうか。

本研究では、「数学信念」に基づくグループ分けおよび課題の発見、課題解決のための授業設計、そしてその効果の評価を、履修者への意識調査とモデル分析を用いて行った。とりわけモデル分析の部分については、詳細の因果モデルに対する検討は本研究では行われていない。具体的な授業設計と、履修者の行動をつなぐ因果関係を考察することについては今後の課題となるであろう。

謝辞

本研究を推進するにあたっては、立命館大学政策科学部 2017 年度前期開講科目「統計学 (P)」の履修者全 149 名の協力を得ました。また、授業設計においてはティーチング・アシスタントの清水泰有氏（同大学大学院政策科学研究科）に多くのサポートをいただきました。さらに、授業環境の整備やネットワークシステムの整備をとおして支援を下さった諸氏に、この場を借りて御礼申し上げます。

注

- 1) Davenport は自動化が進む社会における、人間や組織の能力開発の戦略として、“Augmentation”（拡張・増強）戦略の重要性を説いている。Augmentation は、大局的な判断力の向上（Step up）、言語化不可能な技術の習得・伝承（Step aside）、機械による分析結果やプロセスの監視・パフォーマンスの向上（Step in）、機械化にコストがかかるニッチ分野の研究（Step narrowly）、および新しい機械やシステムの社会実装に向けての提言（Step forward）の 5 つの具体戦略に分けられる。
- 2) 本講義で学習する推測統計学は、正規分布に従う「パラメトリック手法」を中心としたものであるため、「標本平均の標本分布は大標本であるほど正規分布に近づく」という中心極限定理が基礎となる。正規分布に従わない「ノンパラメトリック手法」や、カテゴリーデータの推測統計についても本講義では触れている。

参考文献

- 犬塚美輪「大学初年次生の数学信念の構造 一関連要因の探索的検討一」『教育心理学研究』第 64 号、2016 年、13-25 頁。
- 統計関連学会連合 理事会・統計教育推進委員会、統計教育大学関連系ネットワーク質保証委員会「統計学の各分野における教育課程編成上の参照基準」、2014 年 8 月 1 日。
- 橋本紀子「統計学のススメ 一大学の間に学んでおくべきこと一」『関西大学経済論集』第 60 巻第 4 号、2011 年、47-65 頁。
- Ajzen, I. “From intentions to actions: a theory of planned behavior” *Action-control: From cognition to behavior*, 1985, pp. 11-39.
- Ajzen, I. “The Theory of Planned Behavior” *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, No. 50, 1991, pp. 179-211.
- De Leeuw, A., Valois, P., Ajzen, I., Schmidt, P., “Using the theory of planned behavior to identify key beliefs underlying pro-environmental behavior in high-school students: Implication for educational interventions” *Journal of Environmental Psychology*, No. 42, 2015, pp. 128-138.
- Davenport, T. H., Kirby, J., “Beyond Automation”, *Harvard Business Review*, JUNE 2015, 2015, online
- Karimy, M., Niknami, S., Heidermia, A. R., Hajizadeh, I., Montazen, A. “Prevalence and Determinants of Male Adolescents’ Smoking in Iran: An explanation on the Theory of Planned Behavior” *Iranian Red Crescent*

- Medical Journal, No. 15 (3), 2013, pp. 187-193.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., Warshaw, P. R. (1989) "User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models" *Management Science*, No. 35, 1989, pp. 982-1003.
- Mathieson, K. "Predicting user intentions: comparing the technology acceptance model with the theory of planned behavior" *Information Systems Research*, No. 2 (3), 1991, pp. 173-191.
- Chu, T., Chen, Y., "With Good We Become Good: Understanding e-learning adoption by theory of planned behavior and group influences" *Computers & Education*, No. 92-93, 2016, pp. 37-52.

An Application of “Math Beliefs” to Statistics Education Design:

A case study in “Statistics (P)” course, Ritsumeikan University

ONO Satoru (Assistant Prof., College of Policy Science, Ritsumeikan University)

Abstract

This paper aims to develop a methodology of statistics education design for Japanese university students majoring policy and decision science. Especially, this research focuses “Math Belief” as an indicator for course design framework. To achieve the goal, three step analysis have been conducted which consists; 1) cluster analysis to categorize the students in the research case to clarify the problem to achieve the course goal; 2) making the course design by considering three detailed solutions to overcome the problem clarified in the previous step; and 3) evaluate the fruits of the solutions developed in step 2. Through these analysis, the importance to clarify the characteristics of students in the course by using “Math Belief” indicator was proved and achievement/problem in three detailed solutions were clarified.

Keywords

Statistics Education, Policy School, Math Beliefs, Course Design

