

## 論文

# 授業評価アンケートのデータ分析 — 教養選択科目「数学概論 A・B」の場合 —

黒澤 和人

Data Analysis of Lecture Evaluation Questionnaire Responses:  
Case of “Introduction to Mathematics A, B”

KUROSAWA Kazuto

### キーワード：

授業評価アンケート、数学概論、動画教材、尺度構成法、CS分析、主成分分析、因子分析、共分散構造分析

### 要旨

教養選択科目「数学概論 A・B」の授業で行った学生による授業評価アンケートの収集データを対象に、回答比率による分析、CS分析、主成分分析、因子分析ならびに共分散構造分析を実施した。因子分析では、潜在変数を導入して変数間に潜む因果関係の割り出しを試みた。その結果、授業への満足度、理解度の他に、教材や資料の重要度を表す因子が抽出され

た。これまでの経過報告と今後の展望を述べる。

## 1. はじめに

本学の教養数学では、微積分学を学ぶ「解析学」(前期)から線形代数学を学ぶ「代数学」(後期)への系列と、概論科目の「数学概論 A・B」(Aが前期、Bが後期)の系列の合計2系列が準備されている。今回の分析対象は後者である。履修学生は全学部(経営学部、法学部、教育学部)、全学年に亘る。

授業評価アンケートデータの分析は、これまで

- (1) 項目ごとの回答比率による分析
- (2) 総合満足指標による授業満足度の算出
- (3) 改善要求項目の洗い出しとCS分析
- (4) 主成分分析による主要回答項目の抽出

の順で進めてきたところである。その結果、授業の内容と方法に関し、改善すべき点がいくつか明らかになっているので、本論文の前半で報告する。データ分析には、表計算ソフトのExcelと数式処理ソフトのMaximaを使用した。

しかし、理解度が上がれば満足度が上がるのか、それとも逆に満足度が上がれば理解度が上がるのかなどの因果関係は不明である。そこで、

- (5) 因子分析と共分散構造分析

によって、潜在的な因子を抽出し、因子間の構造分析を試みることにした。本論文の後半部分はこれらの分析作業の経過報告である。後半のデータ分析には、統計分析パッケージSPSSとAMOSを使用した。

## 2. 対象科目と授業評価アンケートの概要

「数学概論 A・B」の授業内容は、Aが高校数学の復習を兼ねながら理

論的な不備を補い厳密化を目指すのに対し、Bは数学とは何かというスタンスで、現代数学や各専門分野に関連付く内容をトピックとして扱っている。全体的には、Aが基礎、Bが発展という位置付けである。各回の授業テーマを巻末の付録1「授業計画」に掲載している。

授業形態は、プレゼンテーションソフトを使った講義形式である。トピックごとに、関連する5～10分程度の動画教材を挟むことで、難しい理論や背景を分かり易くかつ印象強く伝えることを心がけている。授業設計のコンセプトは、高校で文系コースを履修してきた学生も親しめるよう、随所で身近な話題をものたえや実例として取り上げることであり、よく準備された分かり易い授業というのを目標に定めている。図1（数学概論A）と図2（数学概論B）は、授業評価アンケートの回答者総数と、所属する学部における比率の推移を示したものである。

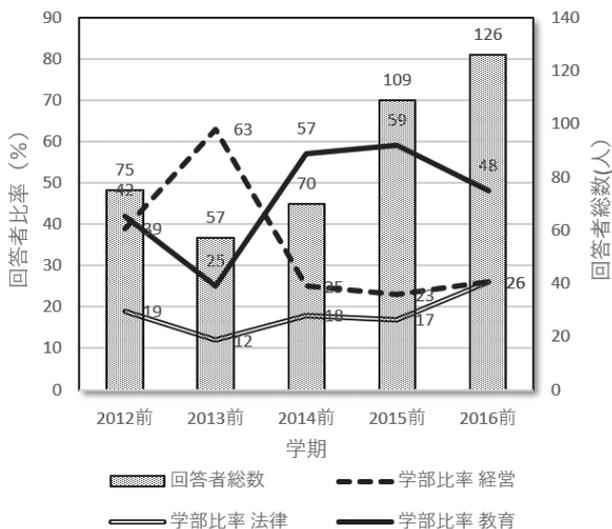


図1 回答者総数と学部比率の推移（数学概論A）

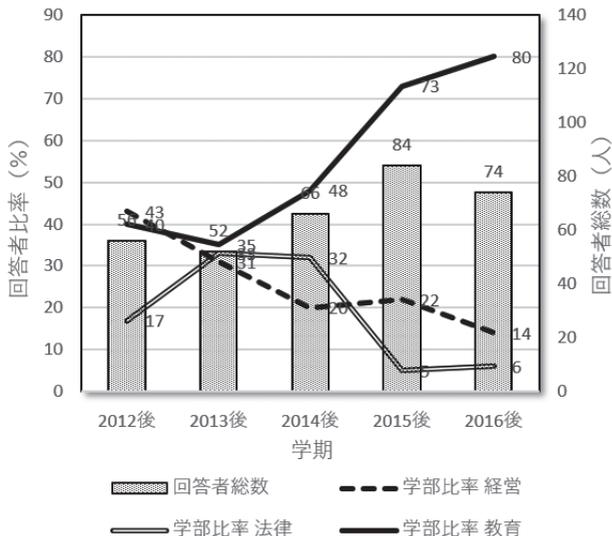


図2 回答者総数と学部比率の推移 (数学概論 B)

さて、本学で実施している授業評価アンケートは、4 択で、12 の質問項目からなる。その全項目を付録 2 に掲載している。各質問項目に付けた括弧内の 3 ~ 4 文字のラベルは、データ分析の際に利用するつもりで筆者が付けた項目名である。

参考までに、そのうちの授業内容に関する 3 つの質問項目、No.3 (内容理解)、No.10 (興味関心)、No.11 (知識技能) に対する回答の最近 5 か年の動きを見てみよう。図 3 は、「4 : そう思う。」あるいは「3 : だいたいそう思う。」という肯定的な反応を示した学生の比率の推移である。2012 年以降、ほぼ同様の授業スタイルを維持して進めてきているという仮定の下で、解釈を試みた結果が次である。

- 数学概論 A については、No.10 (興味関心) と No.11 (知識技能) はほぼ  $70\% \pm 10\%$  で、数学概論 B については  $80\% \pm 10\%$  で、概ね一定の水準を保っている。
- No.3 (内容理解) については、数学概論 A では  $50\% \pm 10\%$  の間で、

数学概論 B では  $65\% \pm 15\%$  で推移しており、3つの項目の中では比較的低い結果となっている。数学的な表現や論理の理解に直結した項目であるから、当然の結果といつてよい。

- 数学概論 A、B ともに、2013 年以降、**知識技能が興味関心**を上回っており、身近な題材を扱っているにもかかわらず、新たな知識や考え方に接した驚きや満足（数学とはひたすら式の計算をすることと考えていた学生にとって）の度合いがより高いと主張していると考えることができる。
- 全体的な推移の形としては、前期の A を後期の B が上回るパターンが毎年度繰り返されている。これは、前期が復習を兼ねた基礎であるのに対し、後期が目先の変ったトピックが多く出てくる発展教材であるために興味・関心を引き起こしている結果と見ることができる。
- 数学概論 B で 2014 年にピークがあり、次の年度に落ち込んでいる点については、動画教材の開発を年々進めているところであるが、全体がようやく揃ったことと、しかし一方動画教材に頼り過ぎないようにと、次の年度から使用する動画像を精選し使用頻度を下げたことによる。

以上の諸点から、数理的な問題が身近な例を使って分かりやすく伝えられる授業である一方、数学的な用語や式を使った説明が必要となる部分については、黒板を使って式変形などを詳細に見せることが疎かになるので、学生としてはフラストレーションが払拭しきれないところもまだまだあると主張しているのではないかということである。

プレゼンテーションでの解説が中心で、黒板を使って式変形を細かく行う作業が省かれるので、それを配布資料やプレゼン資料でどれだけ補えるかがポイントであるといえる。さらに以降の分析を通して、対応策を考えていく必要がある。

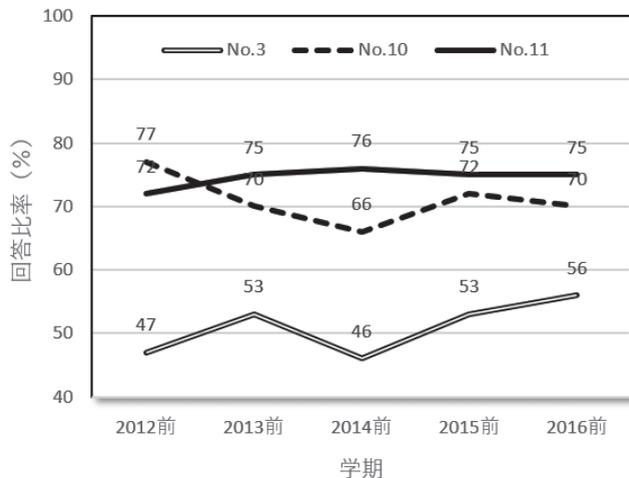


図3 授業内容についての肯定意見の比率（数学概論A）

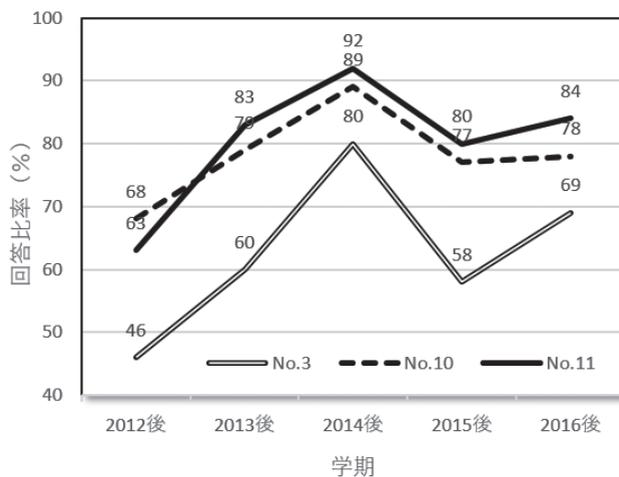


図4 授業内容についての肯定意見の比率（数学概論B）

### 3. 総合満足指標について

質問項目の No.4 (シラバス) では半数以上の学生がシラバスを読んでいると回答する事実があり、消極的な学生群として別途分析が必要である。また、当授業では教科書はなく印刷資料を配布しているため No.7 (教科書) の回答は「教科書等がない」となってしまう。そこで、No.4 と No.7 のデータを除外し、また No.8 (プレゼン) で「板書等がない」との回答は欠損データとして除外することにした (質問の趣旨と異なるため)。

そのような前処理を施した上で、当授業に対する学生の満足度は果たしてどの程度なのかを測ることにする。ただし、学生が選択した回答番号を評価値としてそのまま整数値に対応させることはせずに、評価は実数で与えられ、質問項目ごとに標準正規分布にしたがっていると仮定し、尺度構成法 ([5],[6]) に基づいて導出した「総合満足指標」と「改善要求項目」を利用することにする ([1],[2],[3],[4])。この方法は、CS (Customer Satisfaction : 顧客満足) 分析を援用するものである ([7],[8])。

まず、カテゴリ間の境界値を下から  $x_1, x_2, x_3$  とすると、各境界値に対応する確率密度関数上の点の高さとして値  $y_1, y_2, y_3, y_4$  が、同じく分布関数上の点の高さとして  $p_1, p_2, p_3, p_4$  がそれぞれ決まる。これらを使い区間の代表値 (平均値) として次式の  $Z_c$  を計算する。

$$Z_c = \frac{y_{i-1} - y_i}{p_i - p_{i-1}} \quad (i=1,2,3,4) \quad \text{ただし、} y_0 = y_4 = 0, p_0 = 0, p_4 = 1$$

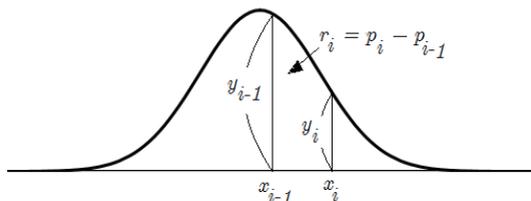


図5 尺度構成法における  $y$  と  $p$

たとえば、2015年度前期「数学概論A」のデータ（データ数：92件、表1）に対して、このZcの値を10個の質問項目それぞれに対して算出し、その平均値を求め、さらに0～1の範囲に変換したのがScである（表2）。そして、質問項目ごとに、その回答割合とScの一次結合を求めたのが表3の結果である。刺激の尺度値の欄がそれに当たる。

表1 データ表

学生	質問項目										
	1	2	3	5	6	8	9	10	11	12	
1	4	3	2	2	2	3	3	3	3	3	
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
3	4	2	2	2	1	2	1	1	1	1	
4	4	2	3	2	3	2	3	3	3	3	
5	4	2	3	2	3	2	3	3	2	4	
89	4	3	3	2	2	3	3	3	2	3	
90	4	2	2	2	2	3	3	3	2	2	
91	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	
92	4	2	2	4	4	3	4	2	3	2	
計	311	212	229	247	261	260	289	263	268	272	
平均	3.38	2.30	2.49	2.68	2.84	2.83	3.14	2.86	2.91	2.96	
分散	0.50	0.76	0.63	0.59	0.62	0.69	0.56	0.69	0.54	0.59	
標準偏差	0.71	0.87	0.79	0.77	0.79	0.83	0.75	0.83	0.74	0.77	

そこで、特に総合満足指標を、No.12（総合評価）におけるカテゴリごとの回答割合と、各カテゴリに割り当てられた満足の度合いを表す尺度値Scとの一次結合として、

$$\text{総合満足指標} = \sum_{i=1}^4 Sc_i \times (p_i - p_{i-1}) \times 100$$

と定義する。すると、今回のデータについての総合満足指標は、表3の質問項目12の刺激の尺度値の欄の0.6273に100を乗じた62.73として算出される。つまり、この62.73が当該授業に対する学生の総合的な満足度を表す1つの指標として利用できるということである。

表 2 質問項目ごとの尺度計算

質問 項目	カテゴリ			
	1	2	3	4
1	-2.6368	-1.6128	-0.5431	0.7979
2	-1.4435	-0.2909	0.7252	1.8202
3	-1.7654	-0.5626	0.5827	1.8202
5	-1.8810	-0.8333	0.3369	1.7152
6	-1.9492	-0.9906	0.1352	1.4764
8	-1.9492	-0.9129	0.1463	1.3818
9	-2.2356	-1.3591	-0.2396	1.1052
10	-2.0276	-0.9397	0.1161	1.3246
11	-2.2356	-1.1264	0.0749	1.4120
12	-2.2356	-1.1264	0.0147	1.2974
$\Sigma Zc$	-20.3595	-9.7547	1.3493	14.1510
$\Sigma Zc/n$	-2.0359	-0.9755	0.1349	1.4151
d		1.0605	1.1104	1.2802
$\Sigma d$	0	1.0605	2.1709	3.4511
Sc	0	0.3073	0.6290	1

表 3 質問項目ごとの評価値（満足度）

カテゴリ	Sc	1	2	3	5	6	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.3073	0.0301	0.1269	0.1236	0.0835	0.0635	0.0768	0.0367	0.0802	0.0668	0.0668
3	0.6290	0.2461	0.1983	0.2598	0.3419	0.3487	0.3008	0.3282	0.2872	0.3487	0.3214
4	1	0.5000	0.0870	0.0870	0.1087	0.1739	0.2065	0.3261	0.2283	0.1957	0.2391
刺激の尺度値		0.7762	0.4122	0.4704	0.5341	0.5861	0.5842	0.6910	0.5956	0.6112	0.6273
順位		1	9	8	7	5	6	2	4	3	

#### 4. 改善要求項目の洗い出しについて

一方、表 4 は、表 3 からカテゴリの尺度値を大小逆転するように 1 次変換し、1～0 に対応させたものを使って算出した、いわゆる質問項目ごとの「不満度」の表である。

表 4 質問項目ごとの評価値（不満度）

カテゴリ	Sc	1	2	3	5	6	8	9	10	11	12
1	1	0.0109	0.1848	0.0978	0.0761	0.0652	0.0652	0.0326	0.0543	0.0326	0.0326
2	0.6927	0.0678	0.2861	0.2786	0.1882	0.1431	0.1732	0.0828	0.1807	0.1506	0.1506
3	0.3710	0.1452	0.1169	0.1532	0.2016	0.2056	0.1774	0.1935	0.1693	0.2056	0.1895
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
刺激の尺度値		0.2129	0.4030	0.4318	0.3898	0.3487	0.3506	0.2764	0.3501	0.3562	0.3401
順位		9	2	1	3	7	5	8	6	4	

次に、質問項目 No.12（総合満足）と各質問項目間の関連の強さ、すなわち相関係数を求め、その絶対値をもって各質問項目の重要度（影響度）とし、各質問項目の「改善要求度」を次のように定義する。

$$\text{改善要求度} = \text{重要度} \times \text{不満度} \times 100$$

表5は、質問項目ごとの重要度と不満度をそれぞれ偏差値で表し、さらに改善要求度の欄を追加し、その値の大きい順に並べ替えたものである。また、図6は表5を基に描いた散布図で、質問項目の改善要求度を視覚的に捉えるためのグラフで、ここでは質問項目の改善要求グラフと呼ぶことにする。これが先に述べたCS分析の手法にはかならず、改善すべき項目の洗い出しに利用するのである。

図6から、No.10（興味関心）、No.11（知識技術）、No.8（プレゼン）の3つについて重要度が高く不満度は中程度、No.3（内容理解）とNo.5（説明仕方）の2つについて、重要度は中程度であるが不満度が高いことが分かる。また、No.2（予復習）が重要度は低い、不満度がやや高いと出ていることが分かる。

これらの点と、第2章で述べた当該授業の特徴とを照らし合わせると、学生の反応として次のようなことが見えてくる。

- 高校の復習と理論的な厳密化を行いつつ、数理的な問題を身近な例に引き寄せ、かつ動画教材を使って分かりやすく説明していく授業スタイルは7割以上の学生が支持し、重要性を認めている。
- しかし一方、数学的な記号や論理を多用する箇所では、学生にとって

理解が完全とはいえないところがあるので、説明の方法や課題の提示方法等で工夫が必要である。

- 授業は講義中心で進められ一話完結型である。リアクションペーパー（コメント用紙と授業では呼んでいる）への記入などは毎回行われるが、練習問題などの機会がより多く組み込まれるとよい。

表 5 質問項目ごとの重要度と不満度

No.	質問項目	改善要求度	重要度	不満度
10	興味関心	25	62	51
11	知識技術	23	59	51
3	内容理解	22	52	63
8	プレゼン	22	58	51
5	説明仕方	18	50	57
6	学習集中	14	48	50
9	教員熱意	13	51	39
2	予復習	9	40	59
1	出席率	1	30	30

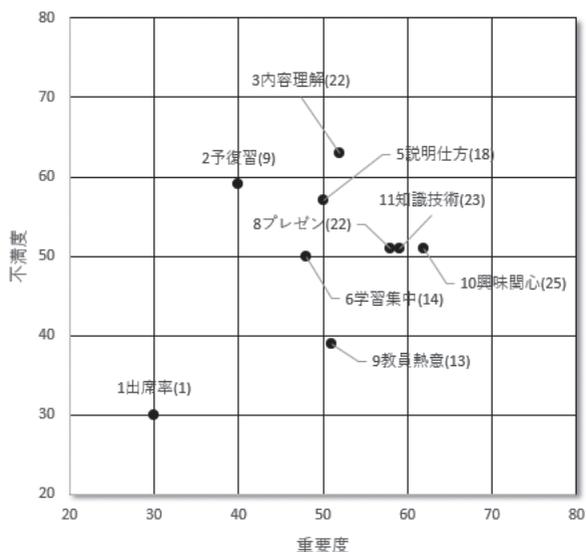


図 6 質問項目の改善要求グラフ

さて、ここまでの分析をまとめ、また今後の課題を整理すると次のようになる。

回答比率の推移分析（図3と図4）からは、ほぼ満足のいく結果が得られている。一方、総合満足指標と不満度による改善要求の分析では、**No.10(興味関心)**と**No.11(知識技術)**は重要度の高い項目であることから、さらなる教材の吟味が必要といえる。また、不満が出ているのが**No.3(内容理解)**の項目であり、資料の提示方法に新たな取り組みが必要なことが示唆されている。

なお、ここで2015年度のデータを使用しているのは、文献[9]の結果と対照させるためである（[10]）。

## 5. 重要項目の主成分分析

質問項目の改善要求グラフの見方としては、点(50,50)を原点として、まずは重要度と不満度がともに高い第1象限内の点に着目し、次に不満度の高い第2象限に移動し、次に第4象限、第3象限の順にサーベイすればよい。そこで今回の洗い出しによって、最も注目すべき項目として、**No.10(興味関心)**、**No.11(知識技術)**、**No.8(プレゼン)**、**No.3(内容理解)**と**No.5(説明仕方)**の5項目が挙げられた。そこで、この5項目に着目し、92件の回答データに対して主成分分析を実施し、2つの合成変量に縮約し、これら5つの変量がどのような事柄を表現しようとしているか解釈を加えることにする（[11]）。

表6は、表1の92件のデータをすべて標準化したものである。さらに表6を基に質問項目間の相関係数表を作成し、さらに対角行列を作り、固有値と固有ベクトルを求めることで作られたのが、表7の主成分分析表である。

表 6 標準化データ

	質問項目				
学生	3	5	8	10	11
1	-0.62	-0.89	0.21	0.17	0.12
2	0.65	0.41	0.21	0.17	0.12
3	-0.62	-0.89	-0.99	-2.23	-2.60
4	0.65	-0.89	-0.99	0.17	0.12
		-0.89	-0.99	0.17	-1.24
				0.27	1.48

表 7 主成分分析表

主成分 変量	1	2	3	4	5
3内容理解	0.413	-0.608	0.634	2.202	-0.239
5説明仕方	0.430	-0.518	-0.646	-0.097	0.346
8プレゼン	0.451	0.375	-0.045	-0.753	-0.294
10興味関心	0.470	0.397	0.334	0.191	0.688
11知識技術	0.469	0.252	-0.258	0.622	-0.513
固有値	3.546	0.644	0.368	0.308	0.133
寄与率	0.709	0.129	0.074	0.062	0.027
累積寄与率	0.709	0.838	0.912	0.973	1.000

これらによれば、第1主成分の固有値 3.546、寄与率 70.9% で、データの約 71%がこの第1主成分で説明できることがわかる。また、係数はすべて正、0.5 にやや近い値だから、標準化された各変量の和に似た形で、どの変量が大きくなってもこの主成分の値は大きくなる。つまり、第1主成分は、学生の総合的な満足度を表す主成分と考えられる。

一方、第2主成分の固有値 0.644、寄与率 12.9% で、データの約 13%がこの第2主成分で説明できる。プレゼン、興味関心、知識技術でプラス、内容理解と説明仕方マイナスになっている。したがって、第2主成分の

値は、学生が動画教材や新知識に重きを置くタイプか、数学理論の理解と説明に重きを置くタイプかを示す主成分と考えられる。

累積寄与率は83.8%であるから、第1、第2主成分で全体の約84%を説明していることになる。表7から、主成分変数プロット図(図7)と主成分値の散布図(図8)が作成される。特に、図8から、7つの円で示したデータ群が見られる。左右方向では、総合的に満足度の高い群と低い群の双方が存在すること、一方、上下では、映像の利用や高校数学に対する新しい解釈や理論的な補強が示されていることで満足するタイプが居る反面、数式レベルの詳細な理解の面でフラストレーションを感じている学生も居り、無視できないという状況であることが分かる。

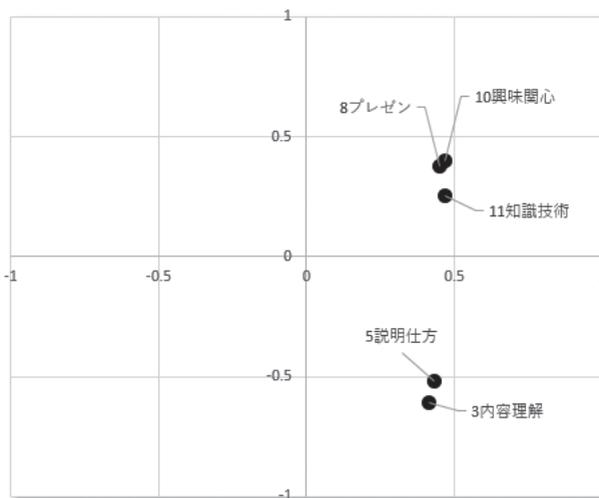


図7 主成分変数プロット図

今回の上記の主成分分析の結果をまとめると、動画教材やプレゼンテーションを使った分かりやすさを目標とする授業はほぼ達成されているが、講義一辺倒にならず、練習問題や宿題・レポートなどにも工夫を凝らすこと、学力の高い学生の知的好奇心にさらに応えていくための補助資料の配

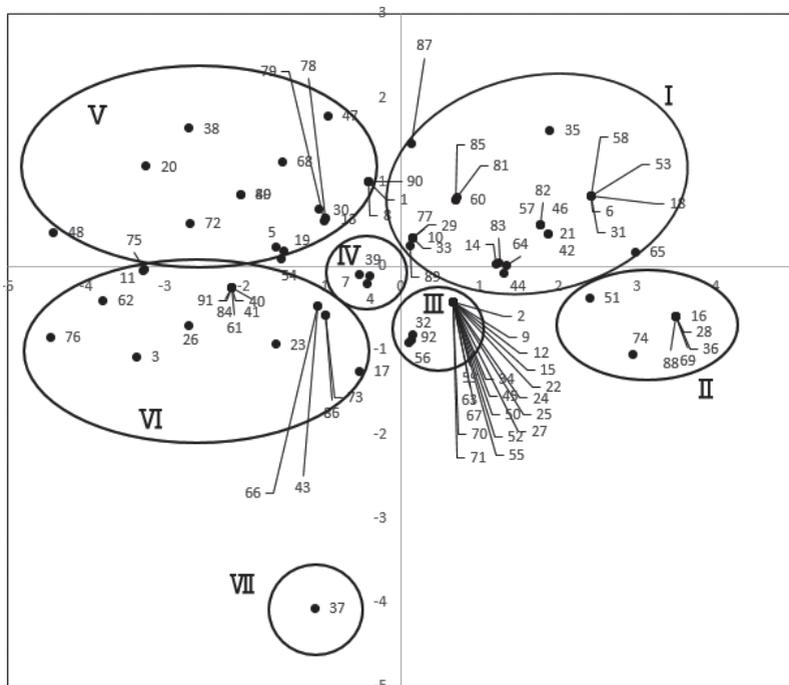


図8 主成分値の散布図

布、などが必要なことがいえる。また、プレゼンで数学的な記号や式による表現が多用される箇所については、数学の苦手な学生の履修も受け入れていることから、それらの学生に対してより気を配る必要がある。

## 6. 因子分析と共分散構造分析

今回は、2016年度前期の「数学概論 A」と後期の「数学概論 B」の2つの因子分析と共分散構造分析の結果を報告する ([12])。

ところで、因子分析から共分散構造分析にいたる分析は、対象データに応じて、それぞれかなり異なった結果になることがあり、解釈の幅もそれに応じて広げる必要がある。

## 6.1 2016 年度前期「数学概論 A」の分析

2016 年度前期「数学概論 A」のデータの概要は次の通りである。

- 実施日 2016 年 7 月 29 日（金）2 限
- 回答数 126(履修者 197、回答率 64%)：期末テストはレポートで代用し、アンケートはその課題を提示した後の授業最終日に実施したため、履修人数に対する回答率は 64%である。
- No.4（シラバス）：126 人中 68 名の学生（54%）がシラバスを読んでいると回答する事実があり、この質問項目によって群を 2 つに分けて分析するのがよいと判断した。シラバスを読んでいると回答した群は、授業がシラバスの授業計画の通りに進められているかを確認できない群であるから、「授業計画」未確認群と呼び、そうでない群を「授業計画」確認群と呼んで区別することにする。
- No.7（教科書）：86 名（68%）が「教科書等がない」と回答している。実際、教科書は指定せずに、毎回印刷資料を配布しているためである。今回は処理項目から除外することにした。板書がない分、定理の説明や式の変形などを確認することや、予復習の勉強で参照するなどのために教科書あるいは印刷資料は必要である。この点については、今後の課題となる。
- No.8（プレゼン）：「板書等がない」との回答が 18 件（14%）あった。「OHP やパソコンの出力も含む」との但し書きがあるので欠損データとしてもよいが、否定的回答としてそのまま残すこととした（0 を対応させた）。

### 6.1.1 「授業計画」確認群

「授業計画」確認群とは、2016 年度前期の「数学概論 A」の全回答者のうち、質問項目 No.4（シラバス）において、シラバスを読んでいるとは回答せずに、授業がシラバスに沿って進められたかどうかを 4～1 のいずれかで回答している回答者群のことである。この群（N=58）の状況を

整理すると次の通りである。

### (1) 平均値

図9に、各質問項目の回答の平均値を示す。項目全体の平均値は2.94である。出席率、シラバス、知識技能、教員熱意、興味関心の評価が高く、予復習、学習集中、説明仕方が比較的低い。

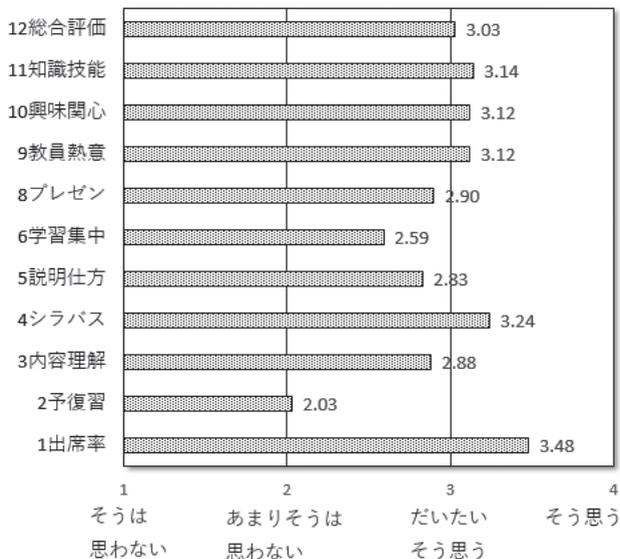


図9 授業評価の結果（平均値）（「授業計画」確認群）

### (2) 因子分析の結果

表8は、No.7「教科書」を除く11個の質問項目に関する検索的因子分析の結果である。因子抽出法は最尤法、回転法はプロマックス斜交回転、因子固定数を4として実施している。なお、上位3つの因子で全分散の74.13%が説明できる。

表 8 因子分析の結果 (因子固定 4) 「シラバス確認群」

因子	質問項目	因子負荷量
1	シラバス	0.886
	教員熱意	0.824
	知識技能	0.584
	総合評価	0.333
2	内容理解	1.051
	説明仕方	0.677
	プレゼン	0.659
3	興味関心	0.858
	予復習	0.469
	学習集中	0.465
4	出席率	-0.497
第 3 因子までの分散累積 (%)		74.13

### (3) パス解析と因果関係の割り出し

因子分析に引き続き、パス解析による共分散構造分析を実施した ([12],[13],[14])。以下はその経過である。

第 1 因子は、授業の満足度に関わる観測変数が含まれているので、「満足度」と命名する。

第 2 因子は、説明や資料の提示に関わる変数が含まれているので「教員努力」と命名する。

第 3 因子は、学生側の状況を示す観測変数が含まれているので「学生努力」と命名する。

第 4 因子は「出席率」を含むが、因子負荷量が負の数であること、他

の観測変数との分散の相関係数がすべて 0.23 未満と小さいこと、既に第 3 因子までで全分散の 74.13% が説明できていることにより、分析からははずすことにする。

#### 《モデル例 1：「満足度」モデル》

そこで、「満足度」「教員努力」「学生努力」の 3 つの因子からなるモデルでパス解析を行ったところ、GFI や AGFI の指標は良好な値を示すものの、安定的な構造は得られなかった。

#### 《モデル例 2：「教材・理解度」モデル》

他の観測変数との関係で特徴的であるのが、第 2 因子に含まれる「内容理解」と第 3 因子に含まれる「興味関心」である。「内容理解」は、学生の理解力の問題や、資料が理解に役立っているかなどの問題と関わっている。一方、「興味関心」は、教員が興味関心を呼ぶ教材を準備し提示しているかどうかの問題として捉えることができる。そこで、新たな潜在変数として「理解度」と「教材」を導入したモデルを考えた。その結果が図 10 に示す「教材・理解度」モデルである。

モデル全体としての適合度指標は、

$GFI = 0.884$ 、 $AGFI = 0.795$ 、 $CFI = 0.986$ 、 $RMSEA = 0.054$ 、 $AIC = 84.087$

である。GFI は 0.9 を超えてはいないものの RMSEA は 0.05 に十分近い。

また、t 検定による部分評価も 0.1% 水準で有意であり、当てはまりはよいと考えられる。

#### (4) 結果の解釈

2016 年度前期の「数学概論 A」のデータについて、シラバスの「授業計画」等を確認していると考えられる学生群の因子分析を実施し、要因間に潜む因果関係の抽出を試みた。その結果、「教員努力」から「満足度」へ向かう因果関係を主軸とする単純な構造に、「教材」と「理解度」の要因を追加すると、興味を引く教材の導入と、理解を促進する資料の準備が重要で

あることが示唆された。プレゼンテーションや映像を導入した授業を背景に、分かりやすい「教材」や「資料」が媒介となり、授業の満足度を上げ、その結果として各アンケート項目の高得点化に結び付くと解釈される。

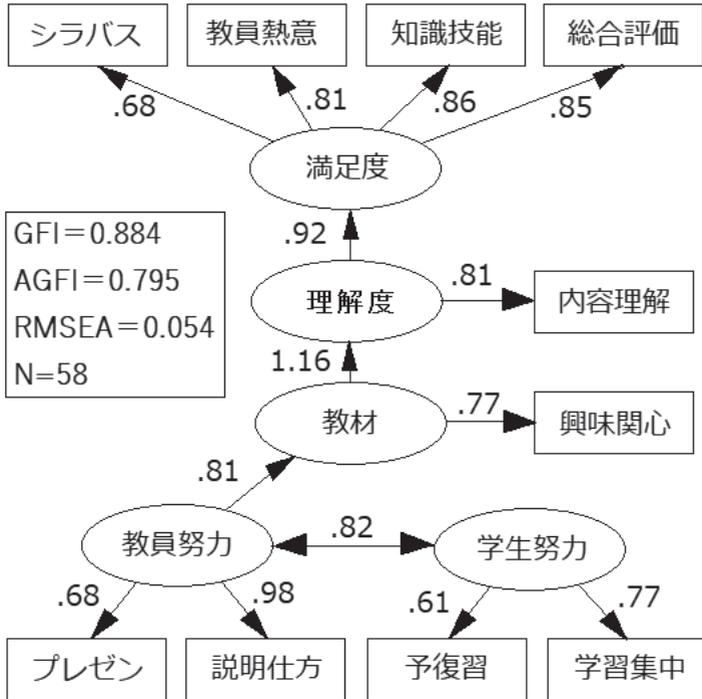


図 10 「教材・理解度」モデルと標準化推定値

### 6.1.2 「授業計画」未確認群

一方、2016年度前期の「数学概論 A」の全回答者のうち、質問項目 No.4(シラバス)において、シラバスを読んでいないと回答した群 (N=68) の状況を整理すると次の通りである。

#### (1) 平均値

図 11 に、各質問項目の回答の平均値を示す。No.4 の「シラバス」と

No.9の「教科書」の2項目が除かれた10項目からなる。10項目全体の平均値は2.57である。

教員熱意、総合評価、知識技能が高く、プレゼンと予復習が低い特徴がある。

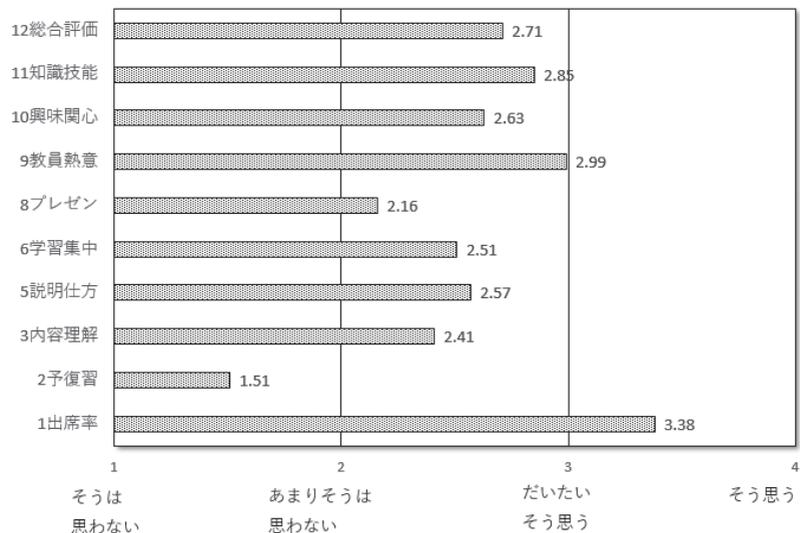


図 11 授業評価の結果（平均値）（「授業計画」未確認群）

## （2） 因子分析の結果

表9は、No.4の「シラバス」とNo.7の「教科書」を除く10個の質問項目に関する検索的因子分析の結果である。因子抽出法は最尤法、回転法はプロマックス斜交回転、因子固定数を4として実施した。なお、上位3つの因子で全分散の73.56%が説明できる。

観測変数の構成は、「授業計画」確認群の場合に比べ、より単純化されている。

表9 因子分析の結果（因子固定数4）「シラバス未確認群」

因子	質問項目	因子負荷量
1	教員熱意	1.211
	説明仕方	0.461
2	知識技能	0.829
	内容理解	0.685
	興味関心	0.627
	総合評価	0.562
	予復習	0.560
	プレゼン	0.319
3	学習集中	0.988
4	出席率	1.026
第3因子までの分散累積 (%)		73.56

### (3) パス解析と因果関係の割り出し

因子分析に引き続き、パス解析による共分散構造分析を実施した。以下はその経過である。

第1因子は、「教員熱意」と「説明仕方」という教員側の努力に関わる観測変数が含まれているので、「教員努力」と命名する。

第2因子は、多方面の観測変数が含まれているが、「総合評価」を含んでいることでとりあえず「満足度」と命名しておく。

第3因子は、学生側の状況を示す観測変数が含まれているので「学生努力」と命名する。

第4因子は「出席率」を含むが、因子負荷量が負の数であること、他の観測変数との分散の相関係数が小さいこと、既に第3因子までで全分散の73.56%が説明できていることにより、分析からははずすことにする。

しかし、この「授業計画」未確認群についてのパス解析においては、観測変数の「学習集中」を第3因子として独立させた構造のパスはどのような組み合わせにおいても失敗してしまう。また、因子固定数を3に戻して因子分析をやり直すと、観測変数の「総合評価」が第1因子に含まれるようになるが、やはり構造が確定しない。

そのような試行を繰り返した結果としてたどり着いたのが、図12に示す「教員努力・満足度」モデルである。モデル全体としての適合度指標は、 $GFI = 0.908$ 、 $AGFI = 0.841$ 、 $CFI = 0.981$ 、 $RMSEA = 0.063$ 、 $AIC = 70.907$

である。AGFIは0.9を超えてはいないもののRMSEAは0.05に十分近い。

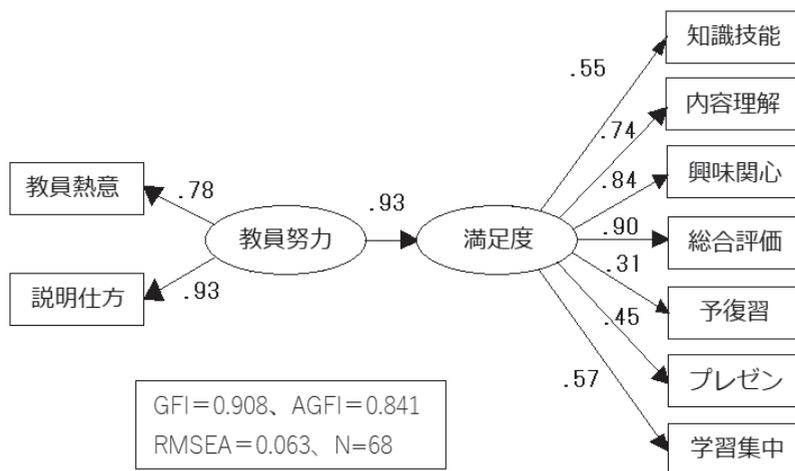


図12 「教員努力・満足度」モデルと標準化推定値

#### (4) 結果の解釈

シラバスを読んでいないと回答する理由として考えられるのは、履修動機としての「口コミ」がまず第1に考えられる。友人や先輩から勧められて履修することにしたというパターンである。その背景としては、動画教材やプレゼンによる説明が分かりやすいこと、内容が基礎数学を含んでい

ること、講義科目である上に試験がなくレポートによること、などいくつかの要因が考えられる。そのような内容の口コミで履修することにした学生はシラバスの確認をせずに授業に臨み、したがって「資料」などのチェックではなく、「教員熱意」などの観測変数を含む「教授努力」をチェックし、その結果として「理解度」を介さず直截的に「満足度」が上がるという図式になると考えられる。

仮に口コミであっても履修してくれることは有り難いことではあるが、「授業計画」確認群の全体平均が2.94なのに対して、この「授業計画」未確認群の全体平均が2.57と低く、0.37もの差がある。しかも、N=68で人数比率が54%にのぼることは問題である。したがって、上記のパス図に現れているように、「教員努力」が「満足度」に直結するのではなく、授業ごとにテーマを確認し、授業計画に基づく進捗の確認を行うなどの対策が必要である。また、配布資料を十分参照させること、課題を出して積極的な取り組みを促すことなどの対策が必要である。

## 6.2 2016年度後期「数学概論B」の分析

2016年度後期「数学概論B」のデータの概要は次の通りである。

- 実施日 2017年1月27日（金）2限
- 回答数 74（履修者 126、回答率 59%）：数学概論Aと同様に、期末テストはレポートで代用し、アンケートはその課題を提示した後の授業最終日に実施した。
- No.4（シラバス）：74人中46名の学生（61%）がシラバスを読んでいると回答する事実がある。前節で報告した前期「数学概論A」では、この質問項目によって群を2つに分けて分析した。しかし今回は、多様な分析を試すために、シラバスを読んでいると回答したのも当該授業に対する一つの意思表示であると考え、シラバスを読んでいる場合を回答「0」としてそのままデータとして残し、分析に加えることにした。

- **No.7 (教科書)** : 53 名 (72%) が「教科書等がない」と回答している。実際、教科書は指定せずに、毎回印刷資料を配布しているためである。今回は、上記の **No.4 (シラバス)** と同様に、「教科書がない」という回答も一つの意思表示と考慮して、処理項目から除外せずに「0」を対応させて分析に加えることにした。
- **No.8 (プレゼン)** : 「板書等がない」との回答が 15 件 (20%) あった。「OHP やパソコンの出力も含む」との但し書きがあるので欠損データとしてもよいが、否定的回答としてそのまま残すことにし、「0」を対応させた。

### (1) 平均値

図 13 に、各質問項目の回答の平均値を示す。今回は、質問項目はすべてそろっており、全 12 項目全体の平均値は 2.70 である。教員熱意、学習集中、知識技能、総合評価の評価が高く、ほぼ満足のいく結果であるが、教科書、シラバス、予復習、プレゼンが比較的低く、問題の所在を示している。特に、プレゼンについては、動画教材の問題としてではなく、数学的な詳細説明のためのプレゼンテーションソフトのスライドの作り込みや、それを補う配布資料の詳細の程度の問題を示唆していると考えられる。

このことは、授業の役割分担として、数学概論 A が基礎を担うのに対し、数学概論 B が発展という位置付けであることによる。

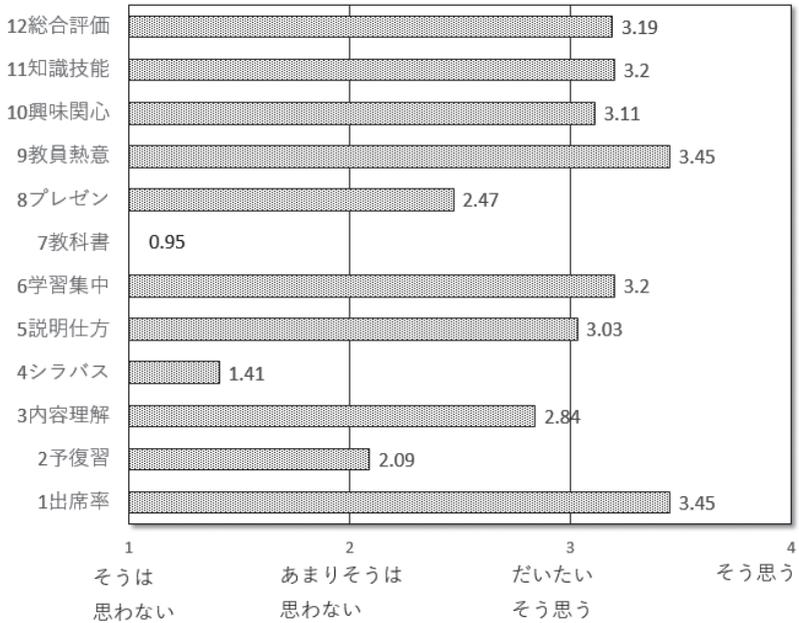


図 13 授業評価の結果（平均値）

## （2） 因子分析の結果

表 10 は、12 個の質問項目に関する検索的因子分析の結果である。因子抽出法は最尤法、回転法はプロマックス斜交回転、因子固定数を 4 として実施した。なお、上位 3 つの因子で全分散の 72.09% が説明できる。

また、図 13 に因子のスクリープットを、また図 14 に 3 因子分の立体プロットを表示している。これらを参考に因子の解釈を行うことにする。

表 10 因子分析の結果（因子固定 4）「シラバス確認群」

因子	質問項目	因子負荷量
1	知識技能	0.937
	総合評価	0.850
	興味関心	0.807
	教員熱意	0.688
	学習集中	0.589
2	内容理解	1.003
	説明仕方	0.604
3	教科書	0.769
	プレゼン	0.488
	予復習	0.230
	出席率	0.199
4	シラバス	1.000
第 4 因子までの分散累積 (%)		72.09

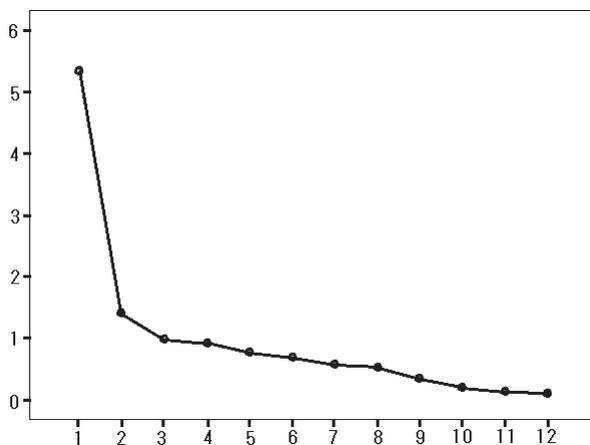


図 13 因子のスクリープロット

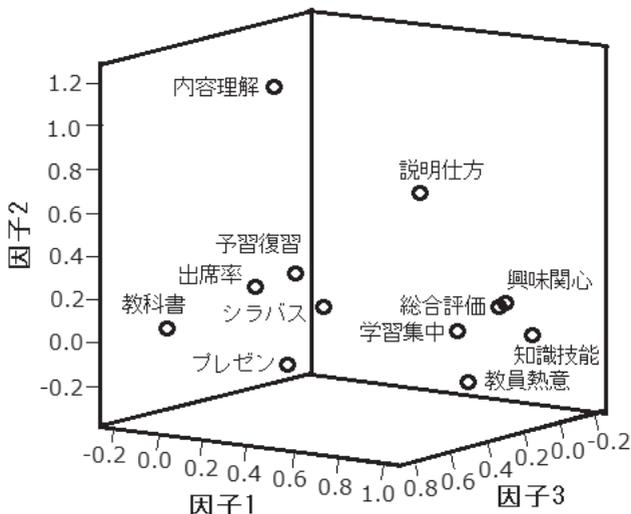


図 14 回転後の因子 1,2,3 の因子空間の因子プロット

### (3) パス解析と因果関係の割り出し

因子分析に引き続き、パス解析による共分散構造分析を実施した。以下はその経過である。

第 1 因子は、授業の満足度に関わる観測変数「総合評価」が含まれているので、「満足度」と命名する。

第 2 因子は、「内容理解」と「説明仕方」の 2 つからなり、内容の理解やそのための説明の仕方に関わる変数が含まれているので「理解度」と命名する。

第 3 因子は、「教科書」の準備、プレゼンテーションの巧拙、予復習を促す指導など、教員側の状況を示す観測変数が含まれているので「教員努力」と命名する。

第 4 因子は、シラバスを読んで計画通りに授業が進められているか確認しているか、それとも頓着しないかのいずれであるかが結果として反映されるので、「学生努力」と命名する。

そこで、このモデルを「理解度・満足度」モデルと呼んで、「満足度」「理解度」「教員努力」「学生努力」の4つの因子からなるモデルでパス解析を行うことにした。

また、「出席率」の因子負荷量は0.199と低く、しかもこれをパスに追加して推定値を計算しても一向により結果は得られなかったので、この観測変数をパス図からはずすことにした。

結果として、教員努力からは学生努力へのパスしか設定できなかったため、因子間の因果関係を見ると一方向的な関係が認められたことになる。その結果が図15に示す「理解度・満足度」モデルである。

モデル全体としての適合度指標は、  
 $GFI = 0.922$ 、 $AGFI = 0.883$ 、 $CFI = 1.000$ 、 $RMSEA = 0.000$ 、 $AIC = 95.869$   
である。AGFIは0.9を超えてはいないもののRMSEAは十分小さい値である。

#### (4) 結果の解釈

2016年度後期の「数学概論B」のデータについて因子分析を実施し、要因間に潜む因果関係の抽出を試みた。その結果、「教員努力」から「満足度」へ向かう因果関係を主軸とする単純な構造に、「学生努力」と「理解度」の要因を追加した形となった。

教員の努力で、教科書の完備、分かりやすいプレゼンテーション、課題等による学生への学習の機会を増やすことなどが実現されれば、結果として学生努力としてシラバスや授業計画の参照を促すことになると考えられる。また、その結果「理解度」が上がり、さらに続いて「満足度」が高まるという図式である。ここには、文献[13]に見られるような相互関係はない。

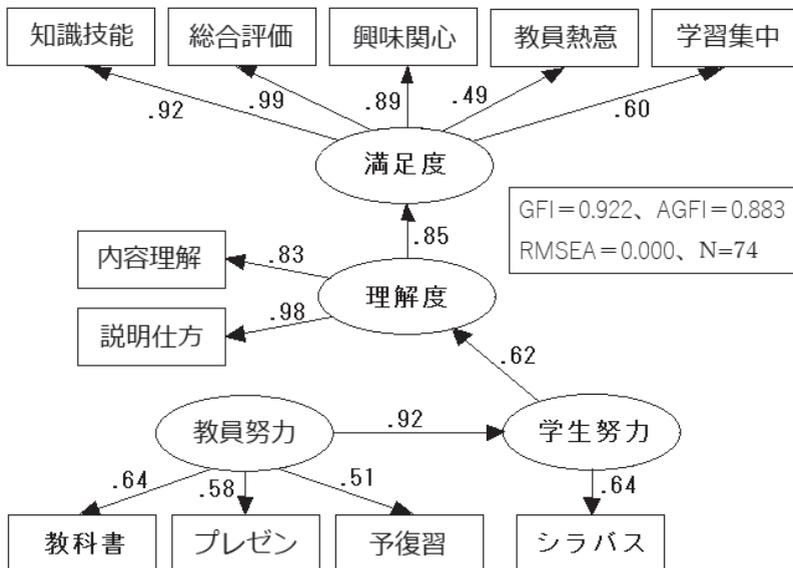


図 15 「理解度・満足度」モデルと標準化推定値

## 7. 今後の課題

### (1) シラバス・授業計画の確認

半数以上の学生がシラバスを読んでいないという事実がある。初回の授業はもとより、毎回の授業の冒頭あるいは最後に、授業の進捗状況をアナウンスしたり、授業の目的や留意点などを確認していくなどの努力が必要である。口コミで授業の履修を決める場合が多いと見込まれる。しかし、その分授業への参加意識が低くなっているとすれば、教員努力に関わる項目の改善が必要である。

### (2) 資料の完備

教科書がないので、詳細な式変形や補足説明が不十分になる。授業ごとに配布資料を準備することももちろん重要であるが、教科書や参考書の存在意義を再検討する必要がある。

### (3) 返却資料の検討

FD 委員会から各教員に分析結果が返却されている。質問項目ごとの単純集計結果が示されている。そこで、質問項目を分類整理することで、教育技術の面で強み弱みが見えるような資料のひな型が提案できるとよいと考えている。

### (4) 解析学・代数学の系列との関係性

教養数学のもう一つの系列として、「解析学」・「代数学」がある。これまで、授業形態として、座学とコンピュータ室における実習形式の 2 通りを実施している。この効果の違いを分析することも重要である。

## 8. おわりに

2015 年度前期の数学概論 A のデータを例に、回答比率による分析、尺度構成法による総合満足指標と改善要求度を基にした CS 分析、主成分分析の 3 通りを実施した。その結果、授業の構成や教材の面ではほぼ目的は達せられているが、講義とプレゼンテーションを中心に進める授業であるので、練習問題や宿題・レポートなどの部分が不足しがちである。授業内の活動もリアクションペーパーへの記入だけに限定しないよう、新たな工夫が必要であることが分かった。

また、2016 年度の数学概論 A と B に対して、それぞれ因子分析と構造分析を実施した。その結果、教員努力から満足度へ向かう一方向的な因果関係が認められた。そして、配布資料への記載内容の詳細の程度を検討すること、シラバスと授業計画の確認を適宜行うこと、教科書の完備、などの課題があることが分かった。

## 謝辞

学務部の皆さんには、学期ごとに業者によるアンケート集計の後に回答用紙の返却を忘れずにして下さりとても助かっている。この場を借りて感謝申し上げる。

## 参考文献

- [1] 松本幸正, 塚本弥八郎「CS 分析の考え方を導入した授業評価アンケートの分析と授業改善ポイントの定量化」京都大学高等教育研究第 10 号, pp.21-32,2004.
- [2] 川瀬友太, 竹中喜一「2011 年度春学期 授業評価アンケートの分析と課題」関西大学高等教育研究, 第 3 号, pp.95-104,2012.
- [3] 三浦真琴「進化する授業評価～リファインの試み～」関西大学高等教育研究, 第 3 号, pp.13-30,2012.
- [4] 遠藤隆「学生による授業評価の CS 分析」佐賀大学高等教育開発センター, 大学教育年報, 第 4 号, pp.1-10,2008.
- [5] 東洋(編)「心理学研究法 第 14 巻 データ解析 I」東京大学出版会,1976.
- [6] 田中良久「心理学研究法 第 16 巻 尺度構成法」東京大学出版会,1973.
- [7] 菅民郎「Excel で学ぶ多変量解析入門」オーム社,2007.
- [8] 松田芳雄「顧客分析とデータマイニングの動向」UNISYS Technology Review, 第 68 号, pp.177-196,2001.
- [9] 黒澤和人「授業評価アンケートのデータ分析—専門必修科目「経営情報科学 I・II の場合—」白鷗大学論集, 第 31 巻, 第 2 号, pp.1-29,2016.
- [10] 黒澤和人「授業評価アンケートの分析～教養科目「数学概論」の場合～」数学教育学会 2017 年度春季年会予稿集, pp.248-251,2017.
- [11] 黒澤和人「授業評価アンケートの統計分析—教養選択科目「数学概論 A・B」の場合—」東北数学教育学会年報, 第 48 号, pp.22-33,2017.
- [12] 小塩真司「SPSS と Amos による心理・調査データ解析」第 2 版, 東京図書,2011.
- [13] 星野敦子, 牟田博光「大学の授業における諸要因の相互作用と授業満足度の因果関係」日本教育工学会論文誌 29(4),pp.463-473,2005.
- [14] 豊田秀樹(編)「共分散構造分析 [事例編]」北大路書房,1998.

### (付録 1) 2016 年度の授業計画

#### < 数学概論 A >

- 第 1 回 ガイダンスおよび数学の言葉と記号
- 第 2 回 古代ギリシャと道具の歴史
- 第 3 回 ダ・ヴィンチの手稿とルネッサンスの数学

- 第4回 大航海時代と数学
- 第5回 フランス革命とガロア
- 第6回 青春の影～集合・写像・関係～
- 第7回 自然界にみるさまざまな関数
- 第8回 絵画・建築と数学
- 第9回 素数の世界と未解決問題
- 第10回 事件や事故の現象学～概念モデルと数理モデル～
- 第11回 詰め合わせと重ね合わせ～組合せ・制御・量子～
- 第12回 数学の諸相～理論・抽象・設計～
- 第13回 アイデアとは何か？
- 第14回 偶然とは何か？
- 第15回 まとめと今後の学習のための案内

< 数学概論 B >

- 第1回 ガイダンスおよび数学の言葉と記号
- 第2回 パラドックスとゲーデルの不完全性定理
- 第3回 多数決と社会の選択
- 第4回 数の代数的構造
- 第5回 数学における対称性（シンメトリ）
- 第6回 繰り返し文様の数学
- 第7回 フェルマーの小定理
- 第8回 フェルマーの大定理
- 第9回 数理パズル&ゲーム
- 第10回 リーマン予想
- 第11回 音楽と数学
- 第12回 複雑さの科学
- 第13回 エルデシュと数学の自由性
- 第14回 思想としての数学
- 第15回 まとめと今後の学習のための案内

(付録2) 本学の授業評価アンケートの質問項目

4段階で評価してください。

**【No.1】** (出席率) 私のこの授業への出席率は、以下の通りである。選択肢「4: ほぼすべて 3: 8割以上 2: 6割以上 1: 6割未満」

**【No.2】** (予復習) 私はこの授業1回につき予復習をするなど、授業時間以外にも学習した。選択肢「4: 3時間以上、3: 3時間未満～1時間以上、2: 1時間未満 (0時間を除く)、1: 0時間 (していない)」

**【No.3】** (内容理解) 私はこの授業の内容をよく理解することができた。選択肢「4: そう思う、3: だいたいそう思う、2: あまりそうは思わない。1: そうは思わない。」(No.4以下はこれと同様なので省略する。)

**【No.4】** (シラバス) この授業はシラバスに沿って進められた。(シラバスを読んでい

黒 澤 和 人

ない場合は、※□にマークせよ。）

【No.5】（説明仕方）先生の話し方や説明の仕方は分かりやすかった。

【No.6】（学習集中）授業中、私語等はなく、学習に集中できる環境であった。

【No.7】（教科書）教科書・参考書は授業内容の理解に役に立った。（指定された教科書等がない場合は、※□にマークすること）

【No.8】（プレゼン）板書の仕方（OHP やパソコンによる出力も含む）は分かりやすかった。（板書等がない場合は、※□にマークすること）

【No.9】（教員熱意）私は先生の熱意を感じた。

【No.10】（興味関心）私は授業内容に興味・関心を抱いた。

【No.11】（知識技能）私はこの授業を通して、新たな知識や考え方（技術・技能）を獲得した。

【No.12】（総合評価）私はこの授業を受講してよかったと思う。

（注）括弧内のラベルは、項目名として筆者が付けたもの。

以上

（本学経営学部教授）