

授業評価アンケートの統計データ分析

— 教養選択科目「数学概論 A・B」の場合 —

黒澤 和人

白鷗大学経営学部

(2017年3月16日 受理)

概要

本学では、毎学期末にすべての授業を対象にして、学生による授業評価アンケートを実施している。今回は、その中から筆者の担当する教養科目「数学概論 A・B」の授業クラスのデータを取り上げ、学生の現状把握と授業改善のポイントの整理を行ったので報告する。実施したのは、尺度構成法による総合満足指標の算出、改善要求度に基づく CS 分析、主成分分析の 3 通りである。

キーワード：授業評価アンケート、数学概論、CS 分析、主成分分析

1. はじめに

本学は、経営学部、法学部、教育学部の 3 学部で構成されている。教養課程の数学は、微積分を学ぶ「解析学」（前期）と線形代数を学ぶ「代数学」（後期）の系列と、概論科目の「数学概論 A・B」（A が前期、B が後期）の系列との合計 2 系列が準備されている。今回の分析対象は後者で、履修学生は全学部・全学年に亘る。

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い、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。

授業形態は講義形式で、プレゼンテーションソフトを使い、トピックごとに関連する 5～10 分程度の動画を挟むことで、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。履修の動機を聞くと、この点を挙げる学生が例年多い。シラバスで、数学を苦手とする学生も親しめるよう身近な話題を取り上げ、よく準備された分かり易い授業を目標に定めているため、履修者数も漸増している。今回、分析の対象としたのは、前期と後期が揃っている 2012 年度から 2015 年度までの 4 年間のデータである。図 1 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り、教育学部の履修者数が伸びていることがこの点を象徴していると考えている。

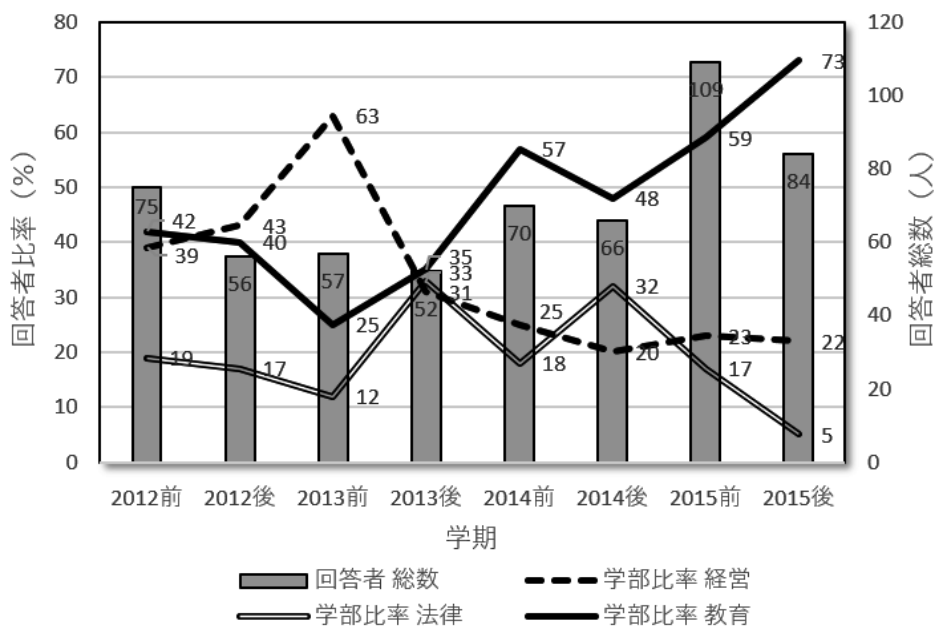


図1 回答者総数と学部比率の推移

さて、本学で実施している授業評価アンケートは、4 択の 12 の質問項目からなり、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因子名である。

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 4 年間の動きを見てみよう。図 2 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。

- ・ **興味関心**と**知識技能**はほぼ $75\% \pm 10\%$ で、概ね一定の水準を保っている。
- ・ 一方、**内容理解**については、2014 年度後期を除き、50%~60%の間で推移しており、3 つの因子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が表立つ箇所も多いわけであるから、当然の結果といえてよい。
- ・ 2012 年度後期以降、**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（数学はひたすら計算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られる。

すなわち、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多用される部分もあり、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。

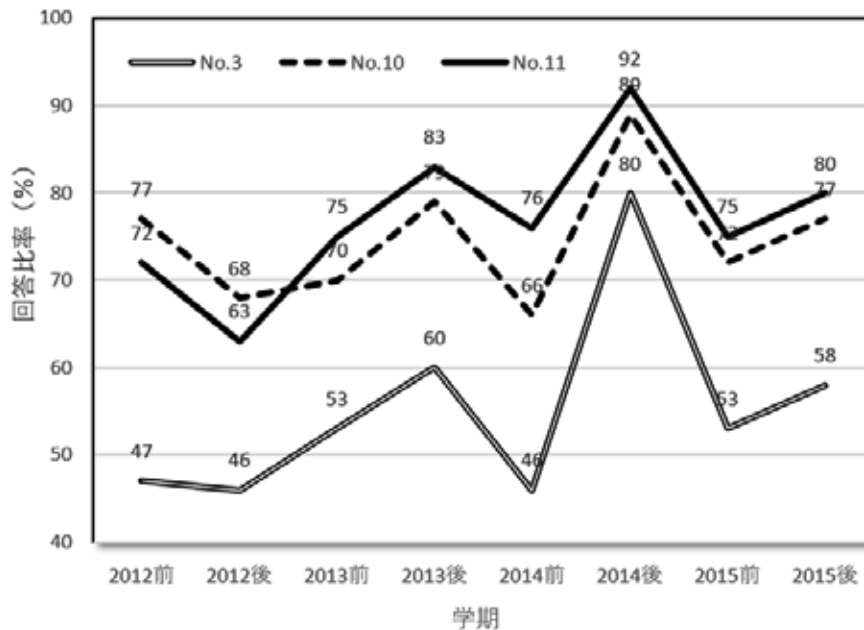


図 2 授業内容についての肯定意見の比率

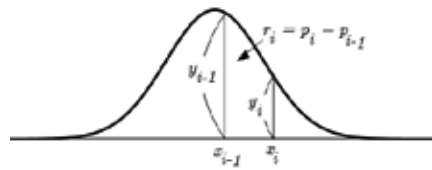
3. 総合満足指標について

No.4 (シラバス) では約 7 割の学生がシラバスを読んでいない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 (質問の趣旨は板書があるなしではないから)。

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しよう。さてその際、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 (文献[3]) 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。この方法は、CS (顧客満足度) 分析を援用するもので、文献[1]および[2]で紹介されている。

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として次式の Zc を計算する。

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

図3 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	3	
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
3	4	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	
4	4	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3	
89	4	3	3	2	2	2	3	3	2	4	3	
90	4	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
91	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	
92	4	2	2	4	4	3	4	2	3	2	2	
計	311	212	229	247	261	260	289	263	268	272	272	
平均	3.38	2.30	2.49	2.68	2.84	2.83	3.14	2.86	2.91	2.96	2.96	
分散	0.50	0.76	0.63	0.59	0.62	0.69	0.56	0.69	0.54	0.59	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	0.77	

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
ΣZc	-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
Σd	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	

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 S_c との一次結合として、

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

と定義する ([1])。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のではないかということである。

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	S_c	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 4 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。これは、CS (Customer Satisfaction) 分析の手法にほかならず、改善すべき項目の洗い出しに利用する。

図 4 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)** が重要度は低いが、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照らし合わせながら、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、かつ映像などを使って分かりやすく説明していく授業スタイルは評価できる。
- しかし一方、数学的な記号や論理を多用する箇所では、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。コメント用紙への記入などは毎回行われるが、問題練習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

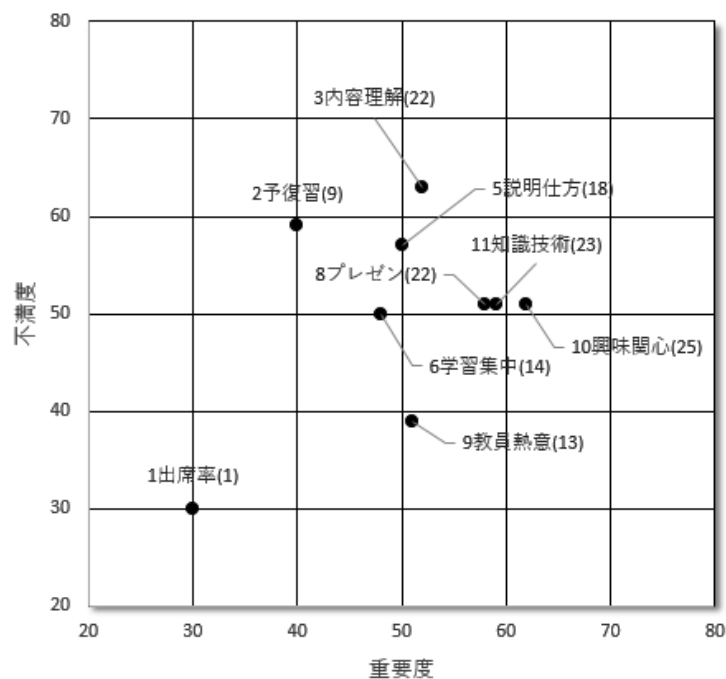


図4 質問項目の改善要求グラフ

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 ([5])。

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 から、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

学生	質問項目				
	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
5		0.89	-0.99	0.17	-1.24
6				0.97	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、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ではマイナスになっている。したがって、第 2 主成分の値は、映像、教材、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 83.0% であるから、第 1、第 2 主成分で全体の約 83% を説明していることになる。表 7 から、主成分変量プロット図 (図 5) と主成分値の散布図 (図 6) が作成される。特に、図 6 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の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、実質的な理解の面でフラストレーションを感じている学生も無視できないということが分かる。

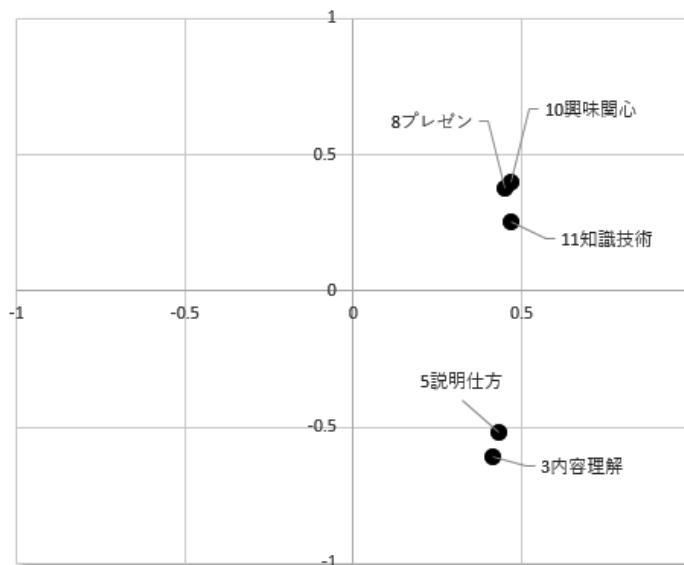


図5 主成分変量プロット図

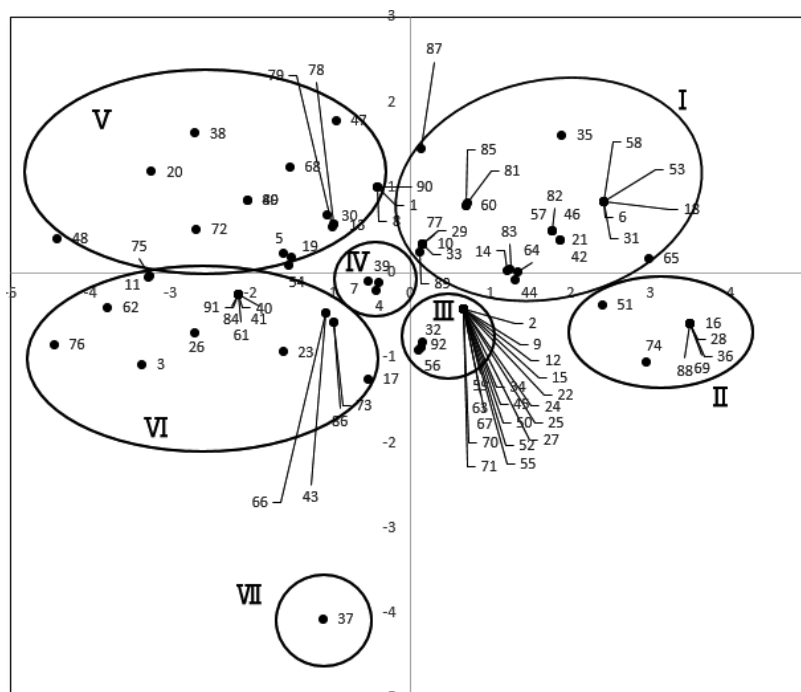


図6 主成分値の散布図

6. まとめと今後の課題

回答比率の推移分析（図 2）では、おおよそ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、内容の理解が伴わないことで不満が出ているのが No.3（内容理解）の項目であり、資料の提示方法に工夫を凝らすなど、No.8（プレゼン）への対応も図りつつ、理解度アップに向けた新たな取り組みが必要なことが示唆されている。

また、主成分分析からも、映像やプレゼンテーションを使った分かりやすい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すること、学生の知的好奇心にさらに応えていくための新たな教材開発、などが必要なことが分かった。特に、本来数学の苦手な学生の履修も受け入れていることから、数学的な記号や式による表現が多用される箇所での対応により気を配る必要がある。

さて、今回は分析できなかったが、今後の課題として残っているものを 2 点示しておく。

(1) 因子分析

総合的な満足度が上がれば理解が進むのか、理解が進めば満足度が上がるのかなどの因果関係については分かっていない。質問項目間の相関係数に基づく因子分析を行い、質問項目の構造化をより厳密な形で実施する必要がある。

(2) 返却資料

各教員に分析結果が返却されている。必要十分な情報が含まれているとは言い難い。教育技術の面で強み弱みが分かるような資料のひな型が提案できるとよい。

7. 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が中心な授業であることから、練習問題や宿題・レポートなどによる活動の部分が不足しがちであり、工夫が必要であることが分かった。

謝辞

本学学務課の皆さんには、毎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] 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.
- [3] 田中良久「心理学研究法 第 16 巻 尺度構成」東京大学出版会,1973.
- [4] 菅民郎「Excel で学ぶ多変量解析入門」オーム社,2007.
- [5] 木下栄蔵「多変量解析入門」近代科学社,1995.

(付録 1) 2015 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、因子名として筆者が付けたもの。

Statistical Data Analysis of Lecture Evaluation Questionnaire Responses

— Case of “Introduction to Mathematics A,B” —

KUROSAWA Kazuto

Faculty of Business Administration, Hakuoh University

Keywords: lecture evaluation questionnaire, Introduction to Mathematics, customer satisfaction analysis, principal component analysis

At our university, we are carrying out the lecture evaluation questionnaire by students for all the lessons at the last of a term. I took up the data of the liberal arts "mathematics introduction A,B" out of them this time, and have grasped a student's present condition, and arranged the point for improving a lesson. In this paper, we carried out the following three, ratio analysis of a reply, analysis of the degree which requires a synthetic satisfactory index and improvement, principal component analysis.