多変量解析を用いた授業評価アンケート分析

Analysis of Student Evaluation for Teaching Method by Using Multivariate Analysis

岩崎 日出男^{※1}

Hideo IWASAKI

The School of Science and Engineering of Kinki University conducts a survey with a questionnaire given to all students at the end of every semester. The aim of this survey is to improve the teaching system by assessing the level, atmosphere of each class and enthusiasm of instructors from students' viewpoints. In other words, the aim is to enhance educative effects by establishing meaningful relations between students and instructors. To verify the effectiveness of the current survey with a questionnaire, this paper presents the statistical discussion using multivariate analysis. The data used here are the evaluations by sophomores, who studied the Analysis for Statistical Data at the department of industrial management. The analysis adopted here are Multiple Regression Analysis and Principal Component Analysis. The resulted multiple regression model has clarified the relationship between the methods of teaching and students evaluation. Also since the usage of the Principal Component Analysis has identified how students' evaluations had been reflected on the questionnaires results, the useful information to improve the teaching systems could be obtained.

Keywords : Multivariate Analysis, Multiple Regression Analysis, Principal Components Analysis, Students Evaluation of Teaching, Kaizen of Teaching System

キーワード：多変量解析，重回帰分析，主成分分析，授業アンケート評価，授業方法の改善

1. はじめに

近年，日本技術者教育認定機構（Japan Accreditation Board for Engineering Education；JABEE）などに対応した大学教育システムのあり方が注目されている。本学理工学部では，教育目標「自ら学ぶ習慣と意欲を身につけ，自立的に考え，判断し，課題解決のために行動・チャレンジできる創造性と教養豊かな人材を育成する」を理念として，自己点検評価委員会のもとで全学科，全学年，全科目を対象に毎セメスター毎に授業評価アンケートを実施している¹⁾。

この目的は授業のレベル，授業の雰囲気，教員の熱意などを学生の立場から評価することによって，より良い授業システムを確立することにある。すなわち教育の現場において学生とのより密度の濃い関係を築きあげることにより，教育効果を高めることをねらいとしている。

本論文は，この目的に対して理工学部経営工学科2年次で開講している「統計情報処理（2単位必修）」について，アンケートデータをもとに多変量解析を適用し学生が授業に対してどのような評価を行っているのか，その本質を分析することを目的としている。さ

らに，同一科目に対して平成13年度と14年度の評価結果を比較し考察する。

2. 科目「統計情報処理」の概要

この授業科目は，統計データの意味とその解析法を習得する目的で平成12年度から開講された科目であり，PCを使用して実際のデータの処理手順を学ぶことを目的としている。授業内容は，（1）基本統計量，（2）パレート図，散布図，管理図，（3）相関・回帰分析，（4）計量値の検定推定，（5）計数値データに対する解析などである。開講は2年次前期（第3セメスター）であり，すでに専門科目として「数理統計学」は1年次に修得しており，第3セメスターで「統計解析」も併行履修している。したがって，統計理論についての基本的知識はある程度習熟している学生を対象としている。授業で学生は，教室に各自のノートパソコン（ほぼ全員が1年次中に購入している）を持ち込み，毎時間解析理論と教員から与えられたデータをもとにその入力から解析・考察まで時間内で習得し，そのレポートを次週に提出する。平成12年度および13年度は提出されたレポートを教員が評価し，成績に反映するのみであったが，平成14年度は大学院生をTAとして講義時間中の学生とのコミュニケーションや理解

平成15年6月2日受付

※1 近畿大学理工学部機械工学科

度のフォローを行う授業方式に変更した。特に、時間内でのPCの操作方法や解析データの物理的意味などについてフローを巡回する中で学生の疑問に即座に回答する体制を強化した。また、提出されたレポートは採点・添削後に学生に返却しミスの多い内容を次週に解説し、より理解度が向上する方法へと改善した。平成13年度の受講者数は112名、平成14年度は91名であった。

3. 授業評価アンケートの設問について

現在、理工学部における学生に対するアンケートの設問内容は、以下に示す17項目である（平成12年度と13年度では若干設問項目の表現と設問番号に違いはある）。設問1)～16)は「非常にそう思う」から「全くそう思わない」の5段階評価で、設問17)は「非常に良い」から「非常に悪い」の10段階評価を行っている。

また、アンケートの回収方法として、13年度までは授業担当教員が最終授業時に自身で回収作業を実施していたが、14年度からは第三者が回収する方法へと変更した。

授業アンケートの項目を以下に示す。

【この授業について】

- 1) 授業のレベルはどうでしたか（平成12年度）
授業のレベルは高すぎましたか（平成13年度）
- 2) 授業中に重要な所を強調してくれましたか
- 3) 教員の説明のしかたは分かりやすかったですか
- 4) 教員の話し方や黒板の文字は明瞭でしたか
- 5) 教員はクラスの勉強の雰囲気を保つよう努めていましたか
- 6) 開始・終了時刻は正確でしたか

【この授業におけるあなた自身について】

- 7) ほとんど毎回出席しましたか
- 8) 授業の内容はほとんど理解できましたか
- 9) 授業はシラバス通りに進められましたか
- 10) この授業でよい成績がとれると思いますか

【この授業における教員について】

- 11) 教員は授業の準備を十分にしていましたか
- 12) 授業に対する教員の熱意を感じましたか
- 13) 教員は質問、疑問、意見をくみとってくれましたか
- 14) 教員のあなたがたへの接し方は適当だったと思いますか

【この授業全体を振り返って】

- 15) この授業が目指している目標は達成されたと思いますか
- 16) 授業に刺激され関連することに興味を持つようになりましたか

【総合評価】

- 17) この授業を10点法で評価してください

4. 平成13年度の授業評価に対する解析

4. 1 データのチェック

全設問に対して各サンプルのデータマイニングを実施し、全設問項目に回答していない学生やすべての評価を3としているサンプルなど明らかに異常と判定されるデータは削除して解析を行った。各設問の分布状態において、適当な変数変換により正規分布への近似を高める方法も考えられるが、ここでは元のデータのままで解析を進める。

4. 2 各設問と総合評価の関係

全設問間の相関係数を求め変数間の相関の強さを調べた。表1は相関係数が0.6以上の値をもつ設問間の相関係数行列である²⁾。特に設問13と14に強い相関が存在するが多重共線性が問題になるほどではない。

全データで重回帰分析を行い残差検討で発覚した明らかに異常なデータを排除して、重回帰分析した結果、総合評価に影響を与えている設問は12、15、16であった。このときの偏回帰係数、重相関係数および寄与率の大きさを表2に示す。これらの設問は、教員の熱意、授業が目指している目標の達成や授業に刺激され関連する科目に興味を持つなど教員の姿勢と授業方針の明確さが大きな要因であると考えられる。

表1 相関係数行列（平成13年）

変数名	設問11	設問12	設問13	設問14	設問17
設問11	1	0.705+	0.702+	0.701+	0.574
設問12	0.705+	1	0.752+	0.703+	0.605+
設問13	0.702+	0.752+	1	0.841++	0.52
設問14	0.701+	0.703+	0.841++	1	0.594
設問17	0.574	0.605+	0.52	0.594	1

(+は0.6以上、++は0.8以上を示す)

表2 偏回帰係数（平成13年）

目的変数名	残差平方和	重相関係数	R ²	残差自由度	残差標準偏差
設問17	157.663	0.719	0.503	103	1.237
変数名	偏回帰係数	標準誤差	t 値	標準偏回帰	トレランス
定数項	1.955	0.541	3.590		
設問12	0.657	0.140	4.698	0.375	0.736
設問15	0.437	0.152	2.887	0.243	0.662
設問16	0.478	0.141	3.392	0.277	0.702

推定された回帰モデルを式(1)に示す。

$$\hat{y} = 1.955 + 0.657x_{12} + 0.437x_{15} + 0.478x_{16} \quad (1)$$

この回帰式における寄与率は総合評価（設問17）における実測値と推定値の相関として0.557が得られた。図1に基準化残差の時系列を図2に総合評価の実測値と推定値の散布図を示す。

4. 3 設問の合成

総合評価を除く1)～16)の設問間の相関構造を整理することにより、低い次元の合成変数を抽出し、各

図1 基準化残差の時系列プロット

変数明	基準化残差
データ数	107
最小値	-2.961
最大値	2.697
平均値	0.000
標準偏差	1.000
ダービン・ワトソン比	2.243

図2 総合評価の実測値と推定値の散布図

変数明	X軸	Y軸
データ数	105	105
最小値	3.526	2.000
最大値	9.810	10.000
平均値	7.476	7.476
標準偏差	1.268	1.699
相関係数	0.746	
寄与率	0.557	

設問に対する学生の評価をより明確に解釈することにした。用いた手法は相関行列から出発する主成分分析法である³⁾。16の設問はいずれも1から5の5段階評価であるが、各設問毎の評価分布を考察したところ極端に1や5に偏る分布形ではないことから評価値をそのまま解析データとして主成分分析を行った。その結果、第5主成分までの累積寄与率は約68%となった。本来ならばもう少し主成分を多く取り込み累積寄与率を高くしたいところだが、主成分の意味づけの困難さを配慮して第5主成分までを採用とする。表3に第5主成分までの固有ベクトルを示す。

表3の固有ベクトルより、第1主成分は全ての設問に対して、正の値を持つことからその主成分の意味づけを「総合満足度」軸と名付けた。第2主成分の固有ベクトルは設問1, 2, 4, 5, 6, 9の教員の授業への熱意や姿勢に関する内容に正の値、一方、設問7, 10の学生の出席や成績への不安に関する内容に負の値を持つことから「教員の授業の上手さ」軸と名付けた。さらに、第3主成分は設問1, 2の固有ベクトルが突出していることから「授業内容の難易度」軸、第4主成分は「授業内容の理解度」軸、第5主成分は「教員の授業における教育への取り組み方」軸と名付けた。

図3の散布図は横軸に第1主成分（総合満足度）と縦軸に第2主成分（教員の授業の上手さ）をとった各主成分の得点を示したものである。

この散布図において概念的ではあるが4つの集団に学生をグルーピングする。集団Aは第1主成分が負、第2主成分が正の位置に分布することから、授業の上手さは評価するが、授業には満足していない学生の集団と

表3 固有ベクトル

変数名	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4	主成分5
設問1	0.082	0.443	0.512	0.058	-0.197
設問2	0.076	0.325	0.605	0.083	0.149
設問3	0.260	0.044	-0.132	-0.219	-0.534
設問4	0.246	0.332	-0.151	0.089	-0.261
設問5	0.197	0.329	-0.395	-0.064	0.047
設問6	0.131	0.359	-0.158	-0.318	0.629
設問7	0.228	-0.253	0.101	0.347	0.116
設問8	0.251	-0.153	-0.027	0.384	0.074
設問9	0.072	0.391	-0.280	0.376	0.115
設問10	0.227	-0.213	0.074	0.290	0.311
設問11	0.326	-0.087	0.162	-0.221	-0.078
設問12	0.337	-0.071	0.099	-0.178	0.040
設問13	0.343	-0.151	0.065	-0.311	0.063
設問14	0.348	-0.136	0.031	-0.206	0.139
設問15	0.302	-0.063	-0.098	0.087	-0.078
設問16	0.287	0.070	-0.073	0.327	-0.149

図3 主成分得点の散布図

位置づける。集団Bは第1主成分、第2主成分ともほぼ平均の位置に分布することから、特に傾向をもたない平均的な学生の集団とみなす。集団Cは第1主成分、第2主成分とも正の位置にあることから、教員の授業の上手さを評価し、授業にも満足している学生の集団と位置づける。さらに、集団Dは第1主成分が0付近、第2主成分は負の位置にあることから、教員の教え方に対して波長が合っていない学生の集団と分類する。

5. 授業方法の改善

平成13年度の解析より、シラバスの有効活用や、教員の熱意、講義の進め方および授業が目指している目標の達成や授業に刺激され関連する科目に興味を持つなど、教員の姿勢と授業方針の明確さが重要要因と絞り込めた。

そこで、14年度はシラバスを見開きの2ページとし、各週の授業内容をより詳細に記述するよう編集した。一方、授業方法については、大学院生のTAをつ

け毎週回収するレポートについて添削し、そのできばえを評価し、次週に返却・解説という方法に改善した。

さらに、教授のやや理論的な講義形態から解析手法の解説および手順を中心とする講義形態へ授業方法を改善した。また、パワーポイント中心の説明からパワーポイントと黒板を使った板書形態の両方を取り入れた授業方法へ変更した。TAは教員の説明中に教室内を巡回し、解析データの性質や入力方法、さらには解析手順の理解不足の学生に対してマンツーマンで補足説明する。その結果、教室の雰囲気は従来の「講義する側、講義を聞く側」の関係から、授業中に自由に手を上げTAの説明を要求するという一見騒がしいが授業目的をもった自由な雰囲気へと変化した。

6. 平成14年度の授業評価に対する解析

平成14年度は91名の受講者からの授業評価アンケートを回収した。そのうち有効回答数は84名であった。

6. 1 各設問と総合評価の回帰分析

13年度と同様に総合評価を目的変数とする重回帰分析を行った。

得られた回帰モデルは式(2)となった。

$$\hat{y} = 1.112 + 0.257x_3 + 0.323x_5 + 0.324x_8 + 0.204x_9 + 0.311x_{12} + 0.229x_{14} + 0.27x_{16} \quad (2)$$

式(2)は教員の説明のわかりやすさ、クラスの雰囲気、授業の理解度、シラバス通りの講義、教員の熱意・接し方および関連する科目への興味が、総合評価に影響を与えることを示している。13年度のモデルに比べて、説明のわかりやすさや講義方法の変数が追加されていることがわかる。

6. 2 主成分分析による解析

13年度と同じく設問1から16に対して主成分分析を実施した。表4に固有ベクトルを示す。

第1主成分は設問1の係数が-0.115という負の値が得られた。このことは平成13年度の設問は「授業レベルはどうでしたか」に対して14年度は「授業のレベルは高すぎましたか」と設問の表現を変更していることによる。すなわち設問1において5と評価した学生は「非常にレベルが高い」と評価した結果であり望ましい評価ではない。

このことにより、第1主成分を平成13年度と同じく「総合満足度」軸と名付ける。第2主成分は設問5「教員はクラスの勉強の雰囲気を保つよう努めていましたか」、設問6「開始・終了時刻は正確でしたか」の2つがマイナスの値を、設問10「この授業でよい成績がとれると思いますか」がプラスの値を示している。したがって、第2主成分を「授業への出席目的の意識レベル」軸と名付ける。同様な考察により、第3主成分は「教員の講義の進め方」軸、第4主成分は「授業の難易度」軸、第5主成分は「教員の授業にお

表4 第5主成分までの固有ベクトル

変数名	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4	主成分5
設問1	-0.115	-0.293	0.455	0.446	0.013
設問2	0.241	-0.085	0.252	0.333	0.360
設問3	0.306	0.077	-0.062	0.266	-0.168
設問4	0.265	-0.040	-0.381	0.124	-0.066
設問5	0.172	-0.445	-0.344	-0.070	0.272
設問6	0.189	-0.456	-0.120	-0.083	0.432
設問7	0.177	0.269	0.188	-0.257	0.514
設問8	0.273	0.254	-0.324	0.150	0.010
設問9	0.214	0.057	0.330	0.314	-0.004
設問10	0.268	0.480	-0.082	0.154	0.120
設問11	0.240	0.124	0.326	-0.438	-0.043
設問12	0.231	-0.083	0.228	-0.413	-0.074
設問13	0.293	-0.256	0.074	-0.072	-0.412
設問14	0.318	-0.186	0.069	-0.079	-0.322
設問15	0.306	-0.003	0.140	0.013	0.053
設問16	0.291	0.012	-0.062	0.079	-0.123

図4 第1主成分と第2主成分の得点

ける教育への取り組み方」軸と名付けた。

また、第1と第2主成分の得点を図4に散布図としてあらわす。

平成13年度との比較を主成分分析でみると、第1および第3主成分軸はほぼ同じ傾向を示しているのに対して、第2主成分の設問のいくつかで固有ベクトルの符号が逆転している。すなわち平成13年度の第2主成分のもつ意味づけは、教員の教え方に対する評価軸であったのに対して、平成14年度の第2主成分は教室の雰囲気を保つ努力、教員の熱意、質問・疑問・意見のくみとりなどに関する評価軸へと変化しており、講義への出席意欲に大きな変化をもたらせたものと考えられる。この背景は、13年度の講義が統計手法の理論と解析を理解させるための教授法が中心であったのに対して、14年度はノートパソコンの操作と解析のアウトプットを正しく理解させるために、TAが積極的に教室内を巡回し、一人ひとりの理解度をチェックする授業形態に改善した結果と判断できる。それらの結果は、図3（平成13年

度)と図4(平成14年度)の主成分得点の散布図において、平成14年度の主成分得点のばらつきは13年度に比べて小さくなっており、集団の集中化・均一化傾向が見られることから判断できる。

7. 考察

設問17の総合評価のヒストグラムを図5、6に示す。平成13年度の総合評価は非常に高い評価を与えた学生もいれば逆に低い評価を与えた学生も多く存在し評価に大きなばらつきが見受けられた。それに比べて14年度の分布は正規分布に近い姿を示している。平成14年度の標準偏差は13年度の1.755から1.424へと小さくなり、かつ少しではあるが平均値も7.46から7.58とやや向上している。

図5 総合評価のヒストグラム (平成13年度)

図6 総合評価のヒストグラム (平成14年度)

表5は各設問ごとに平成13年度と14年度で $H_0: \mu_1 = \mu_2$, $H_1: \mu_1 < \mu_2$ の統計的仮説検定を行った結果において、14年度の方が高い評価となった設問項目である。設問2「授業中に重要なところを強調してくれましたか」、設問3「教員の説明のしかたは分かりやすかったですか」、設問4「教員の話し方や黒板の文字は明瞭でしたか」、設問9「授業はシラバス通りに進められましたか」の各設問で統計的な有意差が検証できた。すなわち、講義のポイント、説明方法などを含む教える側の熱意とシラバスの有効性に大きな改善が見られた。

また、総合評価については母平均の差の検定に対するt統計量は0.532となり有意差は認められなかったが、ばらつきに関する母分散の比の検定では有意水準5%で平成14年度の方が小さくなったことが確認できた。

表5 平成14年度の評価が高くなった設問

設問	平成13年度(n=107)		平成14年度(n=84)		t 値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
設問2	3.17	0.574	3.81	0.768	6.381
設問3	3.48	0.915	3.82	0.794	2.738
設問4	2.84	1.021	3.67	0.841	5.989
設問9	1.88	1.096	3.62	0.889	11.664
総合評価	7.46	1.755	7.58	1.424	0.532

(総合評価は参考値)

以上、全体的な考察としては、14年度の学生は13年度の学生に比べて「総合的に満足しており、授業方法も分かりやすいと評価している」と判断できるだろう。今後、14年度の解析から重回帰で取り込まれた設問で13年度より改善されていない項目、すなわち設問8「授業の内容はほとんど理解できましたか」、設問14「教員のあなたがたへの接し方は適当だったと思いますか」さらに設問16「授業に刺激され関連することに興味を持ちましたか」などの評価を高める改善策の検討が必要である。その結果、さらなる総合満足度の向上を目指したい。

本論文で用いた解析ソフトはJUSE-StatWorks/V3.0である。

謝 辞

本論文の解析に取り上げた講義「統計情報処理」のTAとして積極的に協力いただいた、本学大学院総合理工学研究科宮本興一君(現・京セラミタ株)に感謝します。

また、査読者の方々から貴重なご意見と示唆をいただきました。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 理工学部自己点検・評価委員会編：自己点検・評価委員会報告書(1次～5次), (1999～2003)
- 2) 岩崎日出男, 猪原正守, 飯塚悦功：回帰分析(BCコース・テキスト), 日科技連(2000), 63～122
- 3) 永田 靖, 棟近雅彦共著：多変量解析法入門, サイエンス社(2001), 132～151

著 者 紹 介

岩崎 日出男
現在、近畿大学理工学部機械工学科、教授。
1945年生。博士(工学)。日本品質管理学会(関西支部幹事長)、日本経営工学会(評議員)、日本ものづくり人づくり質革新機構(理事)、デミング賞委員