

《論文》

立教大学学生の統計検定受験結果の分析
—立教大学における統計教育の検証—

Analysis of Certificate Examinations for Statistics
of Rikkyo University Students
—An Evaluation of Statistical Education in Rikkyo University—

山口 和範 Kazunori Yamaguchi
大川内 隆朗 Takaaki Ohkawauchi
大橋 洸太郎 Kotaro Ohashi
丹野 清美 Kiyomi Tanno

Rikkyo University is one of members of Japanese Inter-university Network for Statistical Education (JINSE). The JINSE project started evaluations of statistics education of each university by using the Certificate Examinations for Statistics. In this paper, results of the examinations for Rikkyo university students are showed and issues of statistic education in Rikkyo University are discussed.

Keywords : Statistics education, Evaluation, Quality assurance
キーワード: 統計教育, 評価, 質保証

1. はじめに

1990年代中旬以降、初等中等教育から高等教育に至るまで、海外での統計教育再編の動きが活発化した。その背景として、国家的に推進される科学技術振興政策があり、これが諸外国の学校教育の中で、統計教育の方法論に対して新しい枠組み“Statistical Thinkingの育成”という柱をもたらした主因と指摘されることが多い。先進各国は、人材や技術など「知の創造」をめぐる大競争時代に突入り、世界全体での持続的発展や自国の産業競争力の国際的優位性の獲得を目指し、科学技術・学術研究の戦略的な推進政策を推し進めている。とくに、1998年、全米研究会議が通称オドム・レポートを取りまとめ、数学と他分野および産業との連携の重要性を指摘して以降、米国科学財団 (NSF) は、重点領域に数理科学を採用し、その中での重要テーマとして、“巨大データに関する数学的・統計的挑戦”、“不確実性の管理とモデリング”、“複雑な非線形システムのモデリング”を挙げた。

統計教育においても単純に統計リテラシーを有しているだけではなく、数学以外の他の学問領域、また産業や国民生活の諸種の場合における科学化（諸対象を科学的に探求するプロセス）を促進できる人材、いわゆる統計マインド（統計的課題解決型の思考力: Statistical Thinking）を持った研究者や生活者の育成をも強く意図されている。このような時代推移の中、統計的思考力自身の定義やその育成方法の研究が活発化し、大学における統計学入門教育の内容に関して、1996年に米国統計学会 (ASA) と全米数学協議会 (MAA) の共同カリキュラム委員会がデータ分析の実践の要素を盛り込んだ統計教育の共同指針を発表し、1997年 the College Board が Advanced Placement テストに統計科目をこの指針の下に導入し、現在では高校生の統計 AP テスト受験数が毎年 10 万人を超えるまでに至った。この学校教育における統計教育の需要により、米国統計協会は、新しい枠組みでの統計教育の

ガイドラインと評価方法を初等中等教育から大学の統計入門コースまで体系的に作成し、GAISE ((Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education)) レポートとして公表した。このレポートでは、学校教育レベルと高等教育レベル、それぞれにおいて、教育の内容および評価についての指針を提示し、その後の統計教育の改革に大きな役割を果たしている。

一方英国では、王立統計学会 (Royal Statistical Society) が統計教育センター(RSSCSE: Royal Statistical Society Centre for Statistical Education)を設立し、英国の統計局との協力体制の下で、具体的な教材開発、大学における統計教育内容の指導と学位課程の認証など統計教育のサポートを組織的に行っている。他の諸外国も同様の統計教育改革が進んでいる。

日本においては、日本統計学会が中心となり 2011 年より統計検定がスタートしその受験者数も年々増加するなど、統計の学びに関する需要も高い。また、この統計検定を教育効果測定の道具として使用するという試みもスタートしている。また、ビッグデータをキーワードとしたデータサイエンティストへの産業界からの関心もあり (樺 2013、佐々木 2013)、高等教育機関における統計思考力養成への期待は高い。渡辺 (2013) は、日本における統計教育改革の方向性を、問題解決のための重要なツールという視点で議論している。

このような中、方向性の議論だけでなく、アセスメントの実行とそれに基づき改善策を策定すべきことの重要性は言うまでもない。そこで、文部科学省平成 24 年度大学間連携共同教育推進事業「データに基づく課題解決型人材育成に資する統計教育質保証」では、統計教育大学間連携ネットワークのもと、統計検定を教育評価のための 1 つのツールと位置づけ、連携大学内の学生を対象として受験を推奨し、その結果に基づく評価と教育方法等の改善をすすめようとしている (Yamaguchi and Watanabe, 2014)。

本論文では、2012 年度および 2013 年度に実施されて統計検定の結果を分析し、その結果から読み取れる立教大学における統計教育の課題を明確にすることを目的とする。なお、統計検定を主催する団体の意向により、大学別等の正答率は公表しないことになっており、分析結果の記載において、立教大学での正答率は丸めた数値での表記となっている。

2. 統計検定

日本において統計や社会調査に関わる資格としては、社会調査協会が認定する「社会調査士」や実務教育研究所の社会通信教育修了者が得る文部科学省認定の「統計士」の資格などがある。このような資格は、大学の指定された科目の履修や通信教育の修了により得られる資格であり、統計検定は日本における試験結果に基づく統計関連の資格としては初めのものといえる。

統計検定は 2011 年にスタートしたが、統計質保証推進協会が公表している統計検定創設の経緯(2012 年 1 月)によれば「統計教育への要望と期待が高まる中で、教育の成果を評価する仕組みが重要になります。2011 年に発足した「統計検定」(2 級)は、まず大学における統計教育の成果を測り、統計分野の学士力を質的に保証する手段として構想されました。さらに、初等・中等教育に関しても学習指導要領を先取りして統計教育を充実させる手段として、3 級および 4 級を同時期に開始しました。」ということで、教育の質保証を意識したものとなっている。2011 年以来、毎年受験者は増加を続けており、また、2014 年からは

年 2 回の試験実施となっている。

統計検定には、2015 年実施予定の種別として、「1 級」、「準 1 級」、「2 級」、「3 級」、「4 級」、「統計調査士」、「専門統計調査士」という国内資格と、英国の王立統計学会と共同実施の「RSS/JSS」の 8 種類の試験がある。一般的な大学レベルでの統計学の知識の習得の確認のための試験としては「2 級」があげられる。そこで、今回の分析ではこの「2 級」の問題ごとの正答率を分析することとする。

3. 統計検定試験の分析

今回の分析では、2012 年度および 2013 年度に統計検定「2 級」を受験した立教大学の学生の解答を対象とする。それぞれの年度の統計検定全体での受験者は、840 名と 1510 名で、それぞれの問題の内容と正答率は図表 1 と図表 2 の通りである。

解答番号	正解	正答数	正答率	問題内容
1	5	336	40.0%	幹葉図
2	4	634	75.5%	変数変換
3	1	318	37.9%	変数変換
4	1	812	96.7%	度数分布表・四分位
5	4	783	93.2%	平均値と中央値
6	4	751	89.4%	分布の読み取り
7	1	96	11.4%	分布の比較
8	3	197	23.5%	信頼区間の幅
9	3	720	85.7%	箱ひげ図
10	4	676	80.5%	確率
11	2	441	52.5%	期待値
12	5	666	79.3%	箱ひげ図
13	1	414	49.3%	t検定
14	3	489	58.2%	p値
15	4	441	52.5%	密度関数と期待値
16	2	571	68.0%	ポアソン分布
17	2	501	59.6%	片側検定・数値表
18	1	524	62.4%	独立期待度数
19	5	443	52.7%	χ^2 乗統計量
20	2	209	24.9%	標本サイズ設計
21	3	385	45.8%	予測
22	2	158	18.8%	標準誤差
23	2	751	89.4%	散布図と相関
24	4	611	72.7%	相関係数と共分散
25	3	139	16.5%	単回帰
26	4	283	33.7%	2項確率
27	2	761	90.6%	度数分布からの平均値
28	3	530	63.1%	生データと集計
29	3	152	18.1%	p値
30	3	465	55.4%	t検定
31	5	72	8.6%	自己相関
32	5	687	81.8%	決定係数
33	2	673	80.1%	予測値
34	4	358	42.6%	回帰係数の信頼区間
35	1	311	37.0%	回帰分析の応用

図表 1：2012 年度の 2 級の結果と問題内容

解答番号	正解	正答数	正答率	問題内容
1	1	922	61.1%	尺度
2	2	1,403	92.9%	幹葉図
3	2	1,223	81.0%	ヒストグラム
4	5	1,123	74.4%	箱ひげ図
5	5	629	41.7%	相関係数
6	1	522	34.6%	散布図・相関
7	2	1,355	89.7%	散布図・解釈
8	2	1,229	81.4%	理論分布
9	4	861	57.0%	確率
10	4	1,243	82.3%	期待値計算
11	5	955	63.2%	正規分布
12	1	1,027	68.0%	ベイズの定理
13	3	1,196	79.2%	度数表と平均
14	3	701	46.4%	度数表と割合
15	2	1,312	86.9%	信頼区間
16	1	1,007	66.7%	信頼区間の幅
17	3	528	35.0%	確率的推測
18	3	787	52.1%	標準偏差の計算
19	1	645	42.7%	t検定
20	4	377	25.0%	標本調査
21	1	601	39.8%	仮説検定
22	4	1,202	79.6%	独立期待度数
23	2	921	61.0%	χ^2 乗値
24	4	875	57.9%	χ^2 乗検定
25	5	1,355	89.7%	信頼区間の式
26	4	623	41.3%	信頼区間の幅
27	1	889	58.9%	対応のあるt検定
28	3	608	40.3%	仮説の設定
29	5	674	44.6%	t検定検定の解釈
30	4	954	63.2%	プールした分散
31	3	707	46.8%	t検定統計量
32	3	514	34.0%	決定係数の式
33	3	1,186	78.5%	回帰係数の解釈
34	4	844	55.9%	決定係数の意味
35	2	654	43.3%	変数選択

図表 2 : 2013 年度の 2 級の結果と問題内容

一方、立教大学におけるそれぞれの受験者数は、34名と59名である。立教大学における詳細な数値は公表できないため正答率を丸めた数値でその結果を表3に2年分まとめて表示している。また、受験者数が数量評価をするほど多いわけではないことにも注意しなければならない。

全体の正答率が2012年度55%から2013年度60%に上昇しているため、年度を超えた比較は難しいが、立教大学の学生が苦手としている問題は図表3から読み取ることができる。

2012年				2013年			
解答番号	正答率	立教正答率	キーワード	解答番号	正答率	立教正答率	キーワード
7	11.4%	20%未満	分布の比較	17	35.0%	20%未満	確率的推測
20	24.9%	20%未満	標本サイズ設計	32	34.0%	20~40%	決定係数の式
31	8.6%	20%未満	自己相関	18	52.1%	20~40%	標準偏差の計算
8	23.5%	20%未満	信頼区間の幅	5	41.7%	20~40%	相関係数
13	49.3%	20%未満	t検定	26	41.3%	20~40%	信頼区間の幅
25	16.5%	20%未満	単回帰	6	34.6%	20~40%	散布図・相関
29	18.1%	20%未満	p値	19	42.7%	20~40%	t検定
22	18.8%	20~40%	標準誤差	21	39.8%	20~40%	仮説検定
34	42.6%	20~40%	回帰係数の信頼区間	20	25.0%	20~40%	標本調査
26	33.7%	20~40%	2項確率	31	46.8%	20~40%	t検定統計量
35	37.0%	20~40%	回帰分析の応用	35	43.3%	20~40%	変数選択
1	40.0%	20~40%	幹葉図	14	46.4%	40~60%	度数表と割合
3	37.9%	20~40%	変数変換	24	57.9%	40~60%	χ^2 乗検定
15	52.5%	20~40%	密度関数と期待値	27	58.9%	40~60%	対応のあるt検定
21	45.8%	20~40%	予測	9	57.0%	40~60%	確率
19	52.7%	20~40%	χ^2 乗統計量	30	63.2%	40~60%	プールの分散
14	58.2%	40~60%	p値	28	40.3%	40~60%	仮説の設定
30	55.4%	40~60%	t検定	34	55.9%	40~60%	決定係数の意味
17	59.6%	40~60%	片側検定・数値表	11	63.2%	40~60%	正規分布
24	72.7%	40~60%	相関係数と共分散	29	44.6%	40~60%	t検定検定の解釈
18	62.4%	40~60%	独立期待度数	23	61.0%	40~60%	χ^2 乗値
11	52.5%	60~80%	期待値	1	61.1%	40~60%	尺度
2	75.5%	60~80%	変数変換	16	66.7%	40~60%	信頼区間の幅
28	63.1%	60~80%	生データと集計	12	68.0%	40~60%	ベイズの定理
6	89.4%	60~80%	分布の読み取り	22	79.6%	40~60%	独立期待度数
16	68.0%	60~80%	ポアソン分布	13	79.2%	60~80%	度数表と平均
9	85.7%	80%以上	箱ひげ図	33	78.5%	60~80%	回帰係数の解釈
10	80.5%	80%以上	確率	10	82.3%	60~80%	期待値計算
12	79.3%	80%以上	箱ひげ図	3	81.0%	60~80%	ヒストグラム
33	80.1%	80%以上	予測値	4	74.4%	60~80%	箱ひげ図
23	89.4%	80%以上	散布図と相関	8	81.4%	80%以上	理論分布
32	81.8%	80%以上	決定係数	15	86.9%	80%以上	信頼区間
5	93.2%	80%以上	平均値と中央値	7	89.7%	80%以上	散布図・解釈
27	90.6%	80%以上	度数分布からの平均値	25	89.7%	80%以上	信頼区間の式
4	96.7%	80%以上	度数分布表・四分位	2	92.9%	80%以上	幹葉図

図表 3：立教大学学生の結果

2級においては、統計的記述に加え統計的推測の分野が中心となるが、そのなかでも理論や計算式に関する問題での正答率の低さが目立つ。現在、社会情報教育研究センターが提供している統計学関連科目では、統計的思考力養成を中心として、数理面の内容をできるだけ限定して提供している。そのため、2級の問題で問われる統計量を算出する数式やその背景に関する理論について触れる機会がない。この分析結果から2級受験者のための2014年度の講習会では、このような内容の追加を行った。正課科目への追加については、今後慎重に検討を行いたい。

4. 考察

立教大学社会情報教育研究センターが全学共通カリキュラム内の科目として提供してい

る「データ分析入門」および「データの科学」が統計検定の2級の範囲をほぼカバーしている内容である。以下は、この2科目のシラバスの抜粋である。

科目名：データ分析入門

[授業の内容 (Course Contents)]

度数分布表、グラフの作成、代表値、分散、変動係数、ジニ係数などの記述統計量、因果関係と相関関係、クロス集計、回帰分析、簡単な時系列データの分析などを扱う。統計的資料の整理と提示法についても学ぶ。

[授業計画 (Course Schedule)]

1. 統計を学ぶ
2. 変数の性質とデータ分析の方法
3. データを記述する (1) : 度数分布表とヒストグラム
4. データを記述する (2) : さまざまなグラフ
5. データを記述する (3) : ばらつきを読み取る
6. データを記述する(4) : 代表値を学ぶ
7. データを記述する(5) : 散らばりの度合いを数値化する
8. データを記述する(6) : 異なる分布を比較する
9. 2つの変数の関連を探る(1) : 2つの変数が関連しているとは?
10. 2つの変数の関連を探る(2) : クロス表による集計・分析
11. 2つの変数の関連を探る(3) : 質的変数における関連の指標
12. 2つの変数の関連を探る(4) : 量的変数における関連の指標
13. 回帰分析の基礎
14. 擬似相関と変数の統制 : 3重クロス表と偏相関係数
15. 時系列データの分析

科目名：データの科学

[授業の内容 (Course Contents)]

統計的データの集計・分析に必要な、基礎的な統計知識について学ぶ。確率論に基づいた推測統計学の基本的な考え方を身につけ、基本統計量、共分散と相関係数、クロス表の関連指標と独立性についてのカイ二乗検定、単回帰分析、偏相関係数と交絡変数の統制、重回帰分析などについて学ぶ。

[授業計画 (Course Schedule)]

1. 記述統計学と推測統計学
2. 標本抽出 (1) : 無作為抽出と標本誤差
3. 確率の基礎と確率分布
4. 標本抽出 (2) : 標本分布と中心極限定理
5. 統計的推定の考え方 : 点推定と区間推定
6. 平均値の推定
7. 比率の推定
8. 統計的検定の考え方
9. 統計的検定を行うときの注意
10. t 検定
11. 分散分析
12. χ^2 検定
13. 三重クロス表の分析
14. 相関と回帰
15. 因果への挑戦

一方、統計検定2級の範囲は図表4の通りである。

大項目		ねらい	項目(学習しておくべき用語)
データソース	身近な統計	歴史的な統計学の活用や社会における統計の必要性の理解。データの取得の重要性も理解する	調べる場合のデータソース、公的統計等
データの分布	データの分布の記述	集められたデータから、基本的な情報を抽出する方法を理解する。	カテゴリカルデータ、順位値、離散データ、連続データ、棒グラフ、円グラフ、ヒストグラム、累積度数グラフ
	データの分布の記述		形状(Shape)、右に裾が長い、左に裾が長い、対称、ベル型、一様
1変数データ	中心傾向の指標	分布の中心を探るための方法を理解する	平均値、中央値、(モード)
	ばらつき指標	分布のばらつきの大きさを評価する方法を理解する	分散($n-1$ で割る)、標準偏差、範囲、四分位範囲(四分位偏差)、最小値、最大値、累積度数、箱ひげ図、ローレンツ曲線、2つのグラフの視覚的比較、カイ2乗値(一様な頻度からのずれ)
	中心とばらつきの活用	標準偏差の意味を知り、その活用方法を理解する	偏差、標準化(z得点)、変動係数、指数化
2変数データ	散布図と相関	散布図や相関を活用して、変数間の関係を探る方法を理解する	散布図、相関係数、共分散、層別した散布図
	カテゴリカルデータ		度数表、2元クロス表
	単回帰と予測	回帰分析の基礎を理解する	最小2乗法(線形モデル)、変動の分解、決定係数、回帰係数、分散分析表、観測値と予測値、残差プロット、標準誤差、変数変換
	時系列データの処理	時系列データのグラフ化や分析方法を理解する	成長率、指数化、系列相関、トレンド、平滑化(移動平均の計算)
推測のためのデータ収集法	観察研究と実験研究	要因効果を測定する場合の、実験研究と観察研究の違いを理解する	観察研究、実験、調査の設計、母集団、標本、全数調査、標本調査、ランダムネス、無作為抽出
	標本調査とランダムサンプリング	標本調査の基本的概念を理解する	サンプルサイズ、標本誤差、偏りの源、標本抽出法(系統抽出法、層化抽出法、クラスター抽出法、多段抽出法)
	実験	効果評価のための適切な実験の方法について理解する	実験計画、交絡、偏り、標本サイズ
確率モデルの導入	確率モデルのある統計	仮説を確かめる統計について理解する	加法定理、乗法定理、条件付き確率、ベイズの定理、独立性、離散型確率変数、期待値、確率の木(Probability Tree)
		基礎的な分布の特徴を理解する	幾何分布、二項分布、期待値、標準偏差、ポアソン分布、正規分布、一様分布、指数分布
	正規分布の理論と応用	正規分布を理解し、その活用について理解する	離散確率変数の独立と従属、確率変数の和と差の分布、2変量正規分布
推測	標本分布の概念の理解	推測統計の基礎となる標本分布の概念を理解する	大数の法則、中心極限定理、正規分布(表)、確率とz得点、平均と標準偏差、二項分布の正規近似、標本平均
	信頼区間の概念の理解	信頼区間の意味を知り、具体的な利用方法を理解する	点推定(最小2乗推定)、区間推定、平均の信頼区間、比率の信頼区間、信頼係数、標本誤差、危険率、過誤、平均の仮説検定、比率の仮説検定
	仮説検定	統計的検定の意味を知り、具体的な利用方法を理解する	回帰直線の傾きの信頼区間 有意性検定の理論、p値、帰無仮説(H_0)と対立仮説(H_1)、第1種の過誤と第2種の過誤、検出力
		2母集団の場合についての標本分布について理解する	独立な2標本の標本平均の差の標本分布、独立な2標本の標本比率の差の標本分布、
		分散についても考慮した場合の検定について理解する	独立な2標本の標本平均の差の仮説検定(分散既知、分散未知であるか等分散)、t検定、(分散未知で等しいとは限らない場合の公式)、独立な2標本の標本比率の差の仮説検定、適合度のカイ2乗値
因果関係	2変数の場合		回帰直線の傾きの仮説検定、F検定
	カテゴリカルデータ		カイ2乗検定、独立性のカイ2乗検定、比率の一様性のカイ2乗検定
	実験計画の概念の理解	実験研究による要因効果の測定方法を理解する	実験、処理群と対照群、反復、ブロック化、一元配置実験、3群の平均値の差(分散分析)、F比
活用	統計ソフトウェアの活用	統計ソフトウェアを利用できるようになり、統計分析を実施できるようになる	計算出力を活用できるか、問題解決に活用できるか

図表 4：統計検定 2 級の範囲
(統計検定ホームページより引用)

図表4をみる限りにおいて、シラバスの内容はほぼ2級の範囲をカバーしていると判断されるが、正答率がかなり低い問題がある。とくに、統計量を数式で表現をさせる問題がその代表である。これは、社会科学系向けの学習コンテンツとして作成されている教材で、極力数式を排除し、統計を使うことを主な目的とした学生向け教材であることが一因といえよう。この点については、正課の授業とは別に2級受験者向けの講習会で補習などを行うなど、統計学の理論的な側面の学習機会の提供を始めている。

一方、社会情報教育研究センターが設定している学習目標と合致しながらも正答率が必ずしも高くない問題も少なからずある。複合的に考え判断を行う問題である。典型例は、2012年の解答番号7の問題である。2つの度数分布表から分布の比較を行うための手法選択の問題である。全体の正答率も1割程度と低い問題ではあるが、道具を正しく使いこなすための学びに至っていないことの表れであると思われる。この点の解決には、問題解決につながる練習問題の作成や実際の分析実習の経験が必要であると思われる。2014年度から開始したデータ分析に関するコンペティションへの参加を促す社会情報教育研究センターの企画は、学習者の実社会での問題解決につながるデータ分析の経験を積む機会を提供しており、今後の成果を期待したい。

今回は2012年度および2013年度の結果について分析をしたが、2014年度以降についても同様のデータを入手できることになっており、継続的な分析と教育内容や方法の改善に努めていきたい。

参考文献

- 佐々木宏, 2013, 『ビッグデータ・アナリティクスの組織適用とデータサイエンティスト』, 経営システム, 第3巻第4号, 237-241.
- 椿広計, 2013, 『ビッグデータ時代のアナリティクスデータの価値を増大させるヒトとコト-』, 経営システム, 第3巻第4号, 218-223.
- Utts, J., 2003, "What Educated Citizens Should Know about Statistics and Probability", *American Statistician*, 57(2), 74-79.
- Yamaguchi K. and Watanabe, M., 2014, "Japanese Inter-University Network for Statistical Education and New Trials for Development of Students' Data Analysis Skills", *Proc. ICOTS 9*.
- 渡辺美智子, 2013, 『知識基盤社会における統計教育の新しい枠組み ～科学的探究・問題解決・意思決定に至る統計思考力～』, 日本統計学会誌, 第42巻第2号 253-271.