

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

岡本 雅子¹・瀧川 一学²・中西 寛子³

(受付 **** 年 ** 月 ** 日; 改訂 **** 年 ** 月 ** 日; 採択 **** 年 ** 月 ** 日)

要 旨

京都大学は、全学共通科目として統計関係の科目を数多く開講している。その中で、工学部工業化学科（現：理工化学科）2 回生向けに「統計入門」が開講されている。本論文では、2023 年度の「統計入門」を対象とし、学習者の学習項目ごとの理解度を把握するために、レポート課題および期末テストの結果、理解度アンケートの結果を分析した。その結果、レポート課題では受講者のつまづき箇所が明らかとなった。また、理解度アンケートから、授業前半の学習項目の理解度（学習者の自己評価）は比較的高かったが、後半の理解度は低かったことがわかった。さらに、期末テストでも同様の結果が得られた。加えて、期末テストの信頼性を表す指標として Moodle に実装されているアイテム分析機能を用いて分析したところ、改善が必要な設問があることがわかった。また、受講者の学習動向などから、講義形式で実施した統計入門の授業について課題や問題点などが明らかとなった。

キーワード：統計入門，統計教育，高等教育，初学者，講義形式

¹ 京都大学国際高等教育院附属データ科学イノベーション教育研究センター：〒

606-8501 京都府京都市左京区吉田二本松町; okamoto.masako.8v@kyoto-u.ac.jp

² 東京大学大学院新領域創成科学研究科; takigawa@k.u-tokyo.ac.jp

³ 統計数理研究所大学統計教員育成センター; nakanisi@ism.ac.jp

A Practice and Consideration of Introductory Statistics in a Lecture Style

Masako Okamoto¹, Ichigaku Takigiawa² and Hiroko Nakanishi³

¹Center for Innovative Research and Education in Data Science, Institute for Liberal Arts and Sciences, Kyoto University

²Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

³Center for Training Professors in Statistics, The Institute of Statistical Mathematics

Kyoto University offers a number of statistics-related courses as part of the Liberal Arts and Sciences. "Introduction to Statistics" is offered to second-year students in the Faculty of Engineering. This paper analyzes the results of report assignments, the results of final examinations, and the results of comprehension questionnaires for the class of 2023. According to these results, the report assignments clearly revealed items where the student faltered. Furthermore, the results of the comprehension questionnaires showed that the student's understanding of the learning items in the first half of the class (self-evaluation by the student) was high, but their understanding in the second half of the class was low. Similar results were also found in the final examination. An analysis function implemented in Moodle revealed that some questions on the final examinations could have been improved. Additionally, this paper clarified issues and challenges associated with conducting the introductory statistics course in a lecture style.

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

1. はじめに

内閣府の「AI 戦略 2019」(内閣府, 2019)において、デジタル社会の「読み・書き・そろばん」である「数理・データサイエンス・AI」を理解して活躍できる人材を育成する必要があるとし、その人材育成のための目標・仕組みとして、内閣府・文部科学省・経済産業省の3府省が連携し、大学(短期大学含む)・高等専門学校等における数理・データサイエンス・AI教育の取り組みを奨励するための認定制度「数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度」(文部科学省, 2021)が2021年に創設された。

このような状況の下、京都大学の全学共通科目「統計入門」は、「数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度」において、リテラシーレベル(MDASH Literacy)の教育プログラムとして認定されている。この「統計入門」は、京都大学における教養・共通教育の自然科学科目群・データ科学群において開講しており、京都大学の教養・共通教育におけるデータサイエンス教育の中心となっている。同科目では、「研究や、生活、社会・経済活動に不可欠な統計を、集計・分析し、理解する力を養うこと」「統計分析手順の機械的な利用や解釈だけを講義するのではなく、その基礎となる考え方を学ぶこと」「統計学的命題について、厳密な数学的証明は避け、あくまで統計・統計学のエンドユーザとして必要とされる直感的な理解を目指すこと」を目的としている。そのため、同科目は、統計の分析手順の機械的な利用や解釈だけを講義するのではなく、統計ならびに統計学に関する基本的な考え方を中心に講義し、その基礎となる考え方を学ぶことに重点を置いている。

本論文では、2023年度に工学部工業化学科(現:理工化学科)2回生向けの「統計入門」を対象とし、受講者の学習項目ごとの理解度を把握することによって、統計入門科目において注意すべきことを考える。そのため、はじめに、本授業の教授全容を説明する(第2節)。次いで、授業で実施されたレポート課題および期末テスト、理解度アンケート調査の分析結果を報告する(第3節)。最後に、受講者の成績や学習動向などから、講義形式で実施した統計入門科目について課題や問題点などについて考察する(第4節)。

2. 授業実践

2.1 対象とした授業

本論文の対象とした授業は、2023年度の前期に京都大学で実施された全学共通科目「統計入門」である。2クラスを対象とし、両クラスとも工学部工業化学科の2回生を対象としたクラス指定の科目となっている。なお、両クラスとも他学部の1回生から4回生および大学院生も受講可能となっている。

2023年度の受講者数はAクラス102名、Bクラス107名の合計209名であった（表1参照）。これらのクラスは、第一著者と第二著者の2名の教員が共同で担当し、受講者がつまづいた場合には、教員やティーチングアシスタント（TA）1名がサポートに入り、直接対応した。

[表1はここへ]

本授業の教授内容である統計や統計学については、膨大な研究の蓄積が有り、その利用はきわめて多分野にわたる。加えて、各分野で独自の発展をとげている部分もあり、本科目のみでそのすべてを扱うことは出来ないため、本科目では、統計ならびに統計学に関する基本的な考え方を中心に講義することで、より発展的な統計・統計学の学習への礎となることを目指している。具体的には、二元分割表（ 2×2 クロス集計表）の独立性の検定と関連性の強さの推定を主な題材として、統計データの収集、チェック、集計、分析、結果の解釈という一連の過程について解説し、統計的仮説検定と推定の考え方に関する内容について理解を深める構成となっている（表2参照）。

本授業では、教科書「講義実録 統計入門」（京都大学データ科学イノベーション教育研究センター、2023）に概ね準拠したスライドを作成し、講義形式で実施した。授業で使用するスライドについてはPDFに変換し、学内LMS（PandA）経由で受講者に配付した。なお、演習については、授業時間外による個別学習（自習）とした。

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

また、演習で使用する統計解析ソフトウェアは「JMP（ジャンプ）」を推奨しており、受講者は自身のノート PC に JMP をインストールし、自習課題に取り組んだ。JMP のインストール手順書（Windows 版と macOS 版）は PDF 版の資料および動画を準備して、受講者に配付した。さらに、JMP を使用した演習用の自習課題についても PDF 版の資料（Windows 版と macOS 版）を作成し、受講者に提供した。

最後に、2023 年度の授業は、原則として対面授業としながら、毎回の授業は、ビデオ会議サービス（Zoom）の録画機能を使って収録し、不要箇所を除くなど編集した上で、動画配信サービス（Microsoft Stream）を用いて復習用教材としてアーカイブ動画を受講者に提供した。

[表 2 はここへ]

2.2 成績評価

本授業では、受講者の理解度を確認するため、毎回の確認テスト、2 回のレポート課題、最後に期末テストを実施し、総合的に評価した。

なお、今回対象とした 2 クラスは授業内容および成績評価を統一するため、授業スライド、確認テスト、レポート課題、期末テスト等はすべて同じものを使用するなど、2 クラスの授業について同等の質を担保できるように配慮して授業を実施した。

2 クラスの合格者数（表 1）から A クラスと B クラスでほとんど差は見られなかったため、2 クラスをまとめて分析することとする。また、不合格者については、要件（確認テスト、2 回のレポート課題、期末試験）を総合的に評価した結果、合格基準に達していなかったため、不合格となっている。

3. 実践結果

本論文では、受講者の理解度を確認するために実施した 2 回目のレポート課題および期

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

末テスト、第 14 回の授業で実施した理解度アンケート調査を評価の対象とした。なお、理解度アンケート調査については 181 名から回答があった。

理解度アンケート調査は、「統計入門」の学習項目に係る理解度（受講者の自己評価）を受講者に尋ねるものであって、期末テスト前の学習項目の復習を兼ねて、ほぼ理解できているものについてチェックを入れて回答させた。加えて、授業に対する受講者の率直な意見を集めるために、「つまりいた際の対処」に関するアンケートを自由記述形式で尋ねた。また、「統計入門の授業に関する感想」を尋ねたアンケートも行った。これらを理解度アンケートと区別するため、授業アンケートと呼ぶ。具体的な文面は後述する。

3.1 レポート課題

本授業は、前述したように、二元分割表の独立性の検定と関連性の強さの推定を主な題材として、統計的仮説検定と推定の考え方について理解を深める構成となっており、受講者の理解度を確認するため、2 回のレポート課題を課している。1 回目のレポート課題は、データのチェックや集計、可視化に係る内容で、2 回目のレポート課題は、統計的仮説検定と推定に係る内容となっている。本論文では、受講者から提出された 2 回目のレポート課題について、つまりき箇所とその件数、つまりき内容について調べた。分析対象とした 2 回目のレポート課題の内容は、授業の初回に実施した「たこ焼き器」に関するアンケートの実際の回答結果 (匿名化済み) に対して、以下の課題を実施するものである。

- (1) 住居が大阪府内であればたこ焼き器の所有率が高いことを検定したい。帰無仮説と対立仮説の設定および有意水準 α の設定
- (2) クロス集計表の作成
- (3) 帰無仮説の下で理論度数表の作成
- (4) カイ二乗値の計算
- (5) 標本サイズが十分に大きい場合、(4) で求めたカイ二乗値が従う確率分布

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

- (6) p 値の計算および有意水準 α との比較
- (7)フィッシャーの正確検定との結果の比較
- (8)オッズ比の区間推定および信頼係数 95% の上限・下限の計算

3.1.1 レポート課題の結果

2 回目のレポートは、181 名から提出があった。各項目の正誤は表 3 の通りである。8 項目のうち、項目 (1), (2), (3), (4), (6), (7) は概ね正しく記述できていた。残りの (5) と (8) はつまり受講者が多かった。これらについて述べる。

「(5) 標本サイズが十分に大きい場合、(4) で求めたカイ二乗値が従う確率分布」の正答は「自由度 1 のカイ二乗分布」である。計算の必要でない基本的な問題であるが、正答率が 64.0% と低かった。誤答を確認したところ、「正規分布」や「標準正規分布」、「自由度 3 のカイ二乗分布」などが散見された。「正規分布」という解答に関しては、「標本サイズが十分に大きい場合」という文言から「正規分布」を想起してしまったと推察される。授業では、このようなつまりきを考慮してより丁寧な説明が必要であることがわかった。

また、「(8) オッズ比の区間推定および信頼係数 95% の上限・下限の計算」では、正答率が 56.9% であった。JMP 等の統計ソフトを使用すれば容易に計算することができる。しかしながら、レポートの中に計算式を記述している受講者がいたので、それを確認すると、使用する公式が誤っていたり、(代入する数値が異なるなど) 計算式が誤っていたりする答案が多くみられた。このことから、受講者が区間推定の計算方法を正確に理解していないと思料される。

区間推定については、授業アンケートの自由記述においても、「区間推定の部分でどう役にたつものかあまりイメージがわからず躓いてしまった」といったネガティブな記述がみられ、一部の受講者にとっては推定に関する学習自身に不安を抱えていることがわかった。

[表 3 はここへ]

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

レポート課題について授業中あるいは授業外で受講者からの質問が少なかったため、レポート課題でつまづいた際にどのように解決していたのかを知るためにアンケート調査を実施した。具体的には、第14回の授業で行った授業アンケートにおいて、「レポートでつまづいてしまったとき、どのようにされましたか。来年度の参考にさせていただきたいと思いますので、みなさんの経験を教えてください（自由記述）」と問うたところ、81名から回答があった。その内訳は、「つまづかなかった」が1名いたが、「ネットで検索」が32名、「授業資料をみながら一人で解決」が22名おり、合計54名がつまづき箇所を受講者自身で解決していた。他方、「友人に相談」が22名、「教員に相談」が4名おり、合計26名が友人や教員に相談するなどして問題点を解決していた。

3.2 期末テスト

2023年度に工学部工業化学科（現：理工化学科）2回生向けに開講された「統計入門」の期末テストは、オンライン化してWeb試験として実施した。期末テストは、問題は全部で43題とし、85点満点のものを100点換算した。受験時間は60分、单元ごとにランダムで表示（出題）されるように設定した。期末テストの内容は、設問1-37は基本的な問題、設問38-43は発展的な問題で構成されている。なお、設問1-10は二択問題、設問11-22は択一式問題、23-30は多肢選択問題、31-37は計算結果や用語等の穴埋め問題、38-43は多肢選択問題となっている。

実際の受験状況は、教員およびTAの監督下の教室で、学生が所持しているノートPCやタブレット等からPandA経由で専用サイト（Moodle）にアクセスし、期末テストを受験している。

本Moodleには、テスト結果を分析する機能があるので、それを用いて理解度について詳しい分析を次の節で示す。

3.3 Moodle のアイテム分析機能

Moodle にはアイテム分析の機能が備わっており，出題された個々の設問に対してパフォーマンスの分析や判定が可能となっている (姫野ほか, 2015). 今回は，(1) ファシリティ指標，(2) 識別指数を利用することにする.

3.3.1 ファシリティ指標

「ファシリティ指標」は，設問の最高点（受験者の最高点）に対する平均点が比率で表示され，以下のように解釈される (Moodle, 2022). このファシリティ指数が 35% から 65% の範囲のとき，「平均的な学生に対する適切な設問である」と解釈される.

- 5% 以下：Extremely difficult or something wrong with the question.
- 6%-10%：Very difficult.
- 11%-20%：Difficult.
- 21%-34%：Moderately difficult.
- 35%-65%：About right for the average student.
- 66%-80%：Fairly easy.
- 81%-89%：Easy.
- 90%-94%：Very easy.
- 95%-100%：Extremely easy.

3.3.2 識別指数

「識別指数」は，設問の得点とテスト全体の得点の間の相関関係である．これは，期末テスト全体において「優秀な受講者」と「優秀でない受講者」の各設問における大まかなパフォーマンスを示す指標である (Johnson, 1951). 同指標は，受講者を上位 1/3 と下位 1/3 に分割し，各設問の上位の受講者の獲得得点の合計 (A) より下位の受講者の獲得得点 (B) の差を全体の数で割る $((A-B)/(A+B))$ ことにより計算され，値は +1 から -1 の値を取

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

る。つまり、優秀な受講者ほど正答しやすく、そうでない受講者ほど誤答しやすい傾向が顕著な場合に、識別指数が高くなる。また、識別指数は、20% 以上であるとその設問は識別力が高く、40% 以上であると優れた設問であると判断される (Ebel, 1972)。また、マイナスの値は、当該設問では、「優秀な受験者」が「優秀でない受講者」より得点が取れなかったことを示し、良問ではないことになる。

3.3.3 期末テストの結果

期末テストの結果について表 4 および得点の分布を図 1 に示す。なお、ヒストグラムの階級の最小値は 10 点、階級幅は 5 点である。期末テストの受験者数は、A クラスと B クラスを合わせて 192 名であり、平均 54.71、標準偏差 10.44 で、最高値が 88.51、最低値が 16.67、中央値が 54.60 であった。

[表 4 はここへ]

2023 年度の「統計入門」の期末テストについて、図 1 のヒストグラムの分布の形状を見ると、ほぼ左右対称で単峰性となっており、受講者の成績は平均的な点数を中心に分布している。

[図 1 はここへ]

3.3.4 Moodle のアイテム分析の結果について

期末テストの設問番号と設問内容について表 5 に示す。

[表 5 はここへ]

[図 2 はここへ]

図 2 に設問番号に対するファシリティ指標の数値を示す。ファシリティ指標が 35% を

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

下回る設問、つまり、比較的難しいとされる設問が 8 問あった。それらは、基本的な問題から構成した設問 16, 20, 37 と、発展的な問題から構成した設問 38, 39, 40, 41, 43 である。これら 8 問については本節で細かな考察を行うので、以下に問題内容を示す。

- 設問 16 (択一式問題)：「袋の中に赤色のボールが 4 個、白色のボールが 6 個入っている。袋からボールを 1 個取り出し、それが赤色のボールならそのボールを袋に戻さず、白色のボールなら袋にボールを戻す。その後、再度ボールを 1 個取り出す。2 回ボールを取り出した結果、赤色と白色が 1 回ずつとなる確率にもっとも近いのはどれか」という確率の計算問題
- 設問 20 (択一式問題)：2 クラスの試験結果について、各クラスの平均値と標準偏差と 2 クラスをまとめたヒストグラムが提示され、それらから情報を読み取る問題
- 設問 37 (多肢選択問題)：確率分布の期待値や分散等を計算する問題
- 設問 38 (穴埋め問題)：3 群の標本の数値を提示し、「標本平均」、「変動（偏差平方和）」、「不偏分散」をそれぞれ計算する問題
- 設問 39 (穴埋め問題)：設問 38 の計算結果を用いて、3 群の一元配置分散分析を行うための分散分析表を完成させる問題
- 設問 40 (択一式問題)：設問 39 で計算した分散比を用いて、提示した帰無仮説が棄却できるかどうかを答える問題
- 設問 41 (択一式問題)：重回帰分析の出力結果から予測値を計算する問題
- 設問 43 (多肢選択問題)：重回帰分析の出力結果から言えることを選択する問題

これらの設問のうち、設問 16, 20, 37 は、基本的ではあるが、授業内容を深く理解していなければ誤答をしやすい傾向のある設問である。このほか、設問 38-40 は一元配置分散分析の計算方法等を、設問 41 および 43 は回帰分析の結果の見方を理解している必要があり、発展的な設問である。

次に、ファシリティ指標と識別指数を散布図として図 3 に示す。ここでは、ファシリ

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

ティ指標と識別指数からそれぞれの設問の適切さを評価する。2つの値の相関は-0.22051となっており、ほぼ無相関であった。散布図の中に点が散在しており、ファシリティ指標と識別指数に直線的な関係はないが、ファシリティ指標が65%より大きく、識別指数が30%以下の範囲で密度が高い。

[図3はここへ]

識別指数は前述したように、20%以上を識別力の高い設問、40%以上を優れた設問である基準値とした。この結果、図3より識別指数が40%以上の優れた設問が15問、識別指数が20%以上で40%より小さい値の識別力の高い設問は16問、識別指数が20%以下を示した設問は12問であった。

さらに、ファシリティ指標と識別指数の数値を併用して見ていく。ファシリティ指標が65%より大きく、識別指数が40%以上の設問は8問であった。次に、ファシリティ指標が65%より大きく、識別指数が20%以上で40%より小さい値の識別力の高い設問は10問であった。これら18問は、比較的易しい問題構成であるにもかかわらず、識別力の高い設問と言える。

ファシリティ指標が65%より大きい値で、識別指数が20%より小さい値を示した設問は9問であった。これらは、比較的易しい問題構成であるため、識別力は低い設問と言える。これらの設問の適正について確認する必要があるかもしれない。

先に示したファシリティ指標が35%を下回る比較的難しい8問について識別指数を含めて場合分けする。ファシリティ指標が35%より小さい値で、識別指数が40%以上の優れた設問は37, 38, 39, 41, また、識別指数が20%以上で40%より小さい値である識別力の高い設問は20, 40, 43であった。先に示したように、設問20は統計指標やヒストグラムから情報を読み解く問題で、それ以外の6問は確率分布、分散分析、回帰分析に関する設問である。これらは、比較的難しい問題構成であり、識別力は高い設問である。これらの設問では授業全体の理解が十分である受講生とそうでない受講生が識別されたと思わ

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

れる。

ファシリティ指標が 35% より小さい値で、識別指数が 20% より小さい値を示した設問が 1 問あり、設問 16 の確率（復元抽出）であった。この設問は難しく、識別力が低いという結果となった。全体に理解が不十分であるため、今後の授業内容および問題構成について考えていく必要がある。

3.4 学習項目の理解度について

第 14 回の授業で理解度アンケート調査を実施し、「統計入門」の学習項目に係る理解度（受講者の自己評価）について受講者に尋ねた。理解度については、期末テスト前の学習項目の復習を兼ねて、ほぼ理解できているものについてチェックを入れて回答させた。なお、本項目については、181 名から回答があった。

[図 4 はここへ]

授業前半の学習項目の理解度について、図 4 に示す。図 4 の学習項目は上から下に講義した順番となっている。授業の前半では、「代表値」「四分位数」「箱ひげ図」などの理解度が高かった。一方で、「期待値の線形性」「確率分布の和」「ベルヌーイ分布と二項分布」「調査課題の設定、調査対象の設定集計・解析方法」「単純集計」などの理解度が低かった。

次に、授業後半の学習項目の理解度について、図 5 に示す。図 5 の学習項目も図 4 と同様に、「推測統計と検定」から順に講義した順番となっている。授業の後半では、「独立性の検定」「適合度検定」「リスク差、リスク比、オッズ、オッズ比、対数オッズ比」「第一種、第二種過誤と標本サイズ」「前向き研究、後ろ向き研究」などの理解度が高かったが、「ロジスティック回帰分析」「決定係数」「重回帰分析」「分散分析」「多重検定」「中心極限定理」等の理解度が低かった。

[図 5 はここへ]

3.5 授業アンケートの結果について

授業アンケートにおいて、「統計入門の授業の感想（おもしろいと感じた点や難しいと感じた点など）を教えてください」と受講者に問うたところ、本項目については178名から回答があった。

「JMPによる実習（自習）が面白かった」「ExcelやJMPを用いて様々なことができるようになったことが嬉しいです」など、JMPの演習（自習）に対するポジティブなコメントが7件、「授業で習った内容をレポート課題で実践するのが楽しかったです」「レポート課題で実際に知識を使えるのが楽しかったし理解も進んだので良かったと思う」など、レポート課題に関するポジティブなコメントが10件あった。一方で、「JMPを使ったことがなかったので、JMPによる分析を行うのに苦労しました」「JMPの使い方を理解するのに時間がかかりました」など、JMPの使用に係るネガティブなコメントが11件、「レポートが難しかったです」「レポートは難しいと感じた」「課題をひとりでやるにはすこしむずかしかった」など、レポート課題に係るネガティブなコメントが9件見られた。

加えて、「高校時代にそこまで深く学ばなくて暗記していた部分が統計範囲は多かったが、それが理解に変わるのが楽しかった」「身近なところでもよく統計を使った調査結果を目にするが統計にも多様な方法や考え方があり面白かった」「日常で何気なくみているグラフや表を批判的に見れるようになるためにはこの統計の視点が必要だと感じた（原文のまま）」など、授業内容に係るポジティブなコメントが55件見られた。一方で、「自分がうけた全共（全学共通科目）の中で一番難しかったです」「途中からほとんど理解できなかった」「序盤で簡単だと思っていたら、2回目のレポートの範囲から急に難しくなった」「授業の後半になるにつれて難しくなった」など、授業内容の難易度に係るネガティブなコメントが39件見られた。

4. まとめと考察

ここまで見てきた本授業で課した「レポート課題」と「期末テスト」の傾向をまとめ、そこから考察されることを記す。

4.1 レポート課題

2 回目のレポート課題は、「たこ焼き器」に関するアンケート調査の結果を分析したものであった。全 8 項目中、2 項目の正解率が明らかに低かった。それらは、「(5) 標本サイズが十分に大きい場合、(4) で求めたカイ二乗値が従う確率分布」と「(8) オッズ比の区間推定および信頼係数 95% の上限・下限の計算」であった。3.1.1 節で示したように、どちらも正確な理解の欠如と思われ、今後の授業における明確な課題となった。

レポート課題は、受講者が自身で解答してもよいし、他の方法で疑問点を解決してもよい。授業中、授業外の質問件数が少ないので、受講者がレポート課題等でつまづいた際の解決方法をアンケート調査の結果から明らかにしようと試みた。その結果、つまづき箇所を「授業資料やネット検索などを用い受講者自身が解決した層（54 名）」と「友人や教員に相談した層（26 名）」に類型化されることが明らかとなった。しかしながら、教員に質問したのはわずか 4 名であったことから、授業中に質問しなかった（できなかった）受講者がいた可能性も同時に浮かび上がった。こうしたことから、講義を中心とした授業の問題点として「質問のしにくさ」をどのように解決していくのかについて、さらなる検討が必要であることが明らかとなった。

4.2 期末テスト

4.2.1 Moodle のアイテム分析結果について

図 3 に示したように、ファシリティ指標と識別指数の相関はほぼ無相関であった。これは、ファシリティ指標と識別指数は設問に対する評価の視点が異なる独立した評価値が理

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

由であると考えられる。つまり、ファシリティ指標が解答者全員の正誤から評価しているのに対し、識別指数は成績上位者と成績下位者から識別能力を評価しているためである。こうしたことから、設問の難易度の評価については、ファシリティ指標と識別指数を併用して検討した。

期末テストにおいて、設問の難易度を示す指標「ファシリティ指標」が35%を下回る難しいと思われる設問が以下の8問であった（詳しくは3.3.4節）。

- 設問 16：確率（復元抽出）を計算して正しい選択肢を選ぶ問題
- 設問 20：平均値と標準偏差，ヒストグラムの情報から読み取れた内容を選択する問題
- 設問 37：期待値や分散等を選択肢から選ぶ問題
- 設問 38：「標本平均」，「変動（偏差平方和）」，「不偏分散」を計算する問題
- 設問 39：3群の一元配置分散分析を行うための分散分析表を完成させる問題
- 設問 40：計算した分散比を使って提示された帰無仮説が棄却できるかどうかを答える問題
- 設問 41：重回帰分析の出力結果から予測値を計算する問題
- 設問 43：重回帰分析の出力結果を読み解く問題

設問 16, 20, 37 は基本的であるが，授業内容を深く理解していなければならない設問である。設問 38-40 は一元配置分散分析，回帰分析の結果の見方を理解している必要がある発展的な設問である。これらの設問の傾向から見ると，授業後半で学習する問題から構成された設問が多く含まれているので，後半の授業方法の見直しが必要であると思われる。

上記の8問中，設問 16 以外は高い識別率を示しており，受講者の理解度を識別できている良問であると考えられる。しかしながら，設問 16 の識別指数は低く（14.96），学習内容と期末テストで出題される設問に齟齬がある可能性がある。受講者の正当な評価がなされていないことを示しているため，今後，設問の改善を行う必要があると示唆される。

一方，ファシリティ指標が65%を上回り，識別指数が20%より小さい値を示した設問

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

は9問あった。これらの設問は、学習内容に沿った基本的な事柄を問う設問となっており、ファシリティ指標が高い数値を示している。基本的な内容を問う設問については、受講者が学習内容を理解した上で正答したのか判別が難しいと思われる。

4.2.2 学習項目の理解度について

期末テストの中で発展的な設問であった「分散分析に係る問題」や「回帰分析に係る問題」については、「ほぼ理解できた」と回答した人数が少なく、受講者の自己評価が著しく低くなっていた。一方で、ファシリティ指標と識別指数を考慮した場合、受講者の理解度を識別できている良問であると考えられる。そのため、多くの受講者にとっては、理解できていない難しい学習内容であったことが推察される。

さらに、受講者の反応について見ていくと、自由記述では「高校時代にそこまで深く学ばなくて暗記していた部分が統計範囲は多かったが、それが理解に変わるのが楽しかった」など、授業内容の理解に係るポジティブなコメントが55件あり、多くの受講者から「統計入門」の授業内容についてはポジティブな評価を得られた。一方で、「途中からほとんど理解できなかった」「授業の後半になるにつれて難しくなった」など、授業内容の難易度に係るネガティブなコメントが39件あり、一部の受講者にとっては、授業内容や難易度が適切ではなかったと推察される。こうしたことから、授業内容でつまづいた際に、受講者がより指導を受けやすい環境の整備が必要であるということが明らかとなった。

また、JMPの演習（自習）に対するポジティブなコメントが7件、レポート課題に関するポジティブなコメントも10件あり、自習用の演習やレポート課題についてポジティブな評価を得られた一方で、JMPの使用に係るネガティブなコメントが11件、レポート課題に係るネガティブなコメントが9件あり、一部の受講者にとっては、JMPの使用やレポート課題に不安を抱えていたことがわかった。特に、JMPの演習については授業時間外による個別学習としていたため、JMPの操作方法につまづいた際、個々の疑問点を自力で解消できない場合があったと推察される。

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

以上の点から、本授業では、授業の後半部分において受講者の理解に対する配慮が十分ではなかったと考えられ、本授業で用いたカリキュラムはこうした点において、改善の余地があると思われる。

とりわけ、授業の前半では、学んだ統計手法を活用してレポート課題に取り組むなど、能動的な学習部分が多かったため、受講者が達成感を感じやすかったのではないかと思料される。一方、授業の後半では、学んだ統計手法を模倣するという比較的、受動的な学習内容であったため、一元配置分散分析の計算方法や回帰分析の結果の見方など、受動的な学習部分において受講者の理解が深まらなかったものと推察される。さらに、授業の後半では、扱った学習内容を活用して、受講者が演習を通して学習内容を理解するまでのプロセスの中で、作業を遂行するために必要となるスキルや知識に対する支援が必要となってくるが、2023 年度に用いた講義スライドはこうした側面についての配慮が十分でなかったと考えられる。

5. おわりに

本論文では、2023 年度工学部工業化学科（現：理工化学科）2 回生向けに開講した「統計入門」について、その実践例を報告するとともに、学習者の学習項目ごとの理解度を把握するために実施したレポート課題、期末テストの結果および理解度アンケートの結果を分析した。その結果、レポート課題では受講者のつまずき箇所が明らかとなった。また、理解度アンケートの結果から、授業前半の学習項目の理解度（学習者の自己評価）は比較的高かったが、後半の理解度は低く、期末テストでも同様の結果が得られた。加えて、期末テストの信頼性を表す指標として Moodle に実装されているアイテム分析機能を用いて分析したところ、改善が必要な設問があることが明らかとなった。

さらに、授業アンケート結果から、講義を中心とした授業では、受講者がレポート課題等でつまずいた際の解決方法として、つまずき箇所を「受講者自身で解決した層」と「友

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

人や教員に相談した層」に類型化されることが明らかとなった。

今後は、今回得られた知見をもとに、受講者の理解が深まるように講義スライドを改善するとともに、とりわけ授業の後半で受講者がひとりで演習（自習）できるような教材を開発したい。加えて、講義を中心とした授業の問題点として「質問のしにくさ」があったのではないかと推察されたことから、レポート課題や授業内容に係る質問対応について検討していきたい。また、期末テストで受講者の正当な評価がなされていない設問については、設問の内容や選択肢についての妥当性について検討していきたいと考えている。

謝 辞

本論文の期末テストのための環境をご提供いただいた京都大学国際高等教育院附属データ科学イノベーション教育研究センター FLANAGAN Brendan John 特定准教授に深く感謝申し上げます。査読者の皆様には、貴重なご意見とご指導を賜り、論文をより良いものにすることができました。査読者の皆様に心より御礼申し上げます。

また、本研究は文部科学省事業「統計エキスパート人材育成プロジェクト」の助成を受けたものである。

付 記

本論文は、岡本ほか（2024a）、岡本ほか（2024b）で発表した研究を発展させて、その成果をまとめたものである。

参 考 文 献

Ebel, R.L.(1972). Essentials of educational measurement, Prentice-Hall.

姫野聡也, 上田浩, 喜多一, 森幹彦 (2015). 学認連携 Moodle における受講者動向分析に向

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

けた小テスト成績と設問に関する一考察, 情報処理学会研究報告, 2015-CE-132(35), 1-6.

Johnson, A.P.(1951). Notes on a suggested index of item validity: The U-L index, Journal of Educational Psychology, 42, 499-504.

京都大学データ科学イノベーション教育研究センター (2023). 講義実録 統計入門, 現代図書.

文部科学省 (2021). 数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度, https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/suuri_datascience_ai/00001.htm(最終アクセス日 2025 年 5 月 23 日).

Moodle(2022). Quiz Report statistics, https://docs.moodle.org/dev/Quiz_report_statistics(最終アクセス日 2025 年 6 月 19 日).

内閣府 (2019). AI 戦略 2019, <https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/index.html>(最終アクセス日 2025 年 5 月 23 日).

岡本雅子, 瀧川一学, 中西寛子 (2024a). 高等教育における統計初学者のつまずきの分析, 日本教育工学会 2024 秋季全国大会講演論文集, 199-200.

岡本雅子, 瀧川一学, 中西寛子 (2024b). 統計の入門科目の授業実践とその考察, 情報処理学会研究報告, 2025-CE-178(3), 1-6.

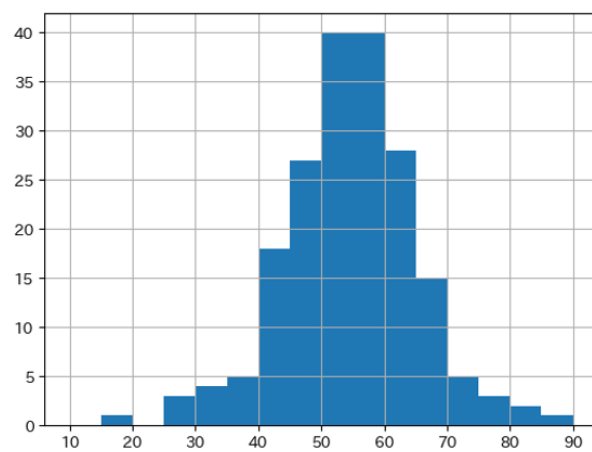


図 1. 期末テストの得点分布

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

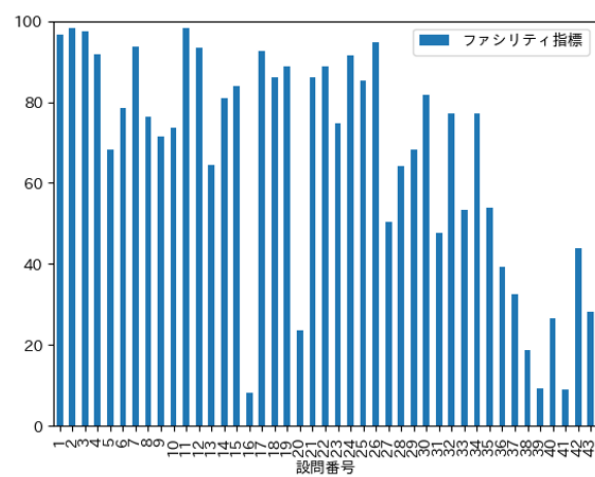


図 2. 設問ごとのファシリティ指標

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

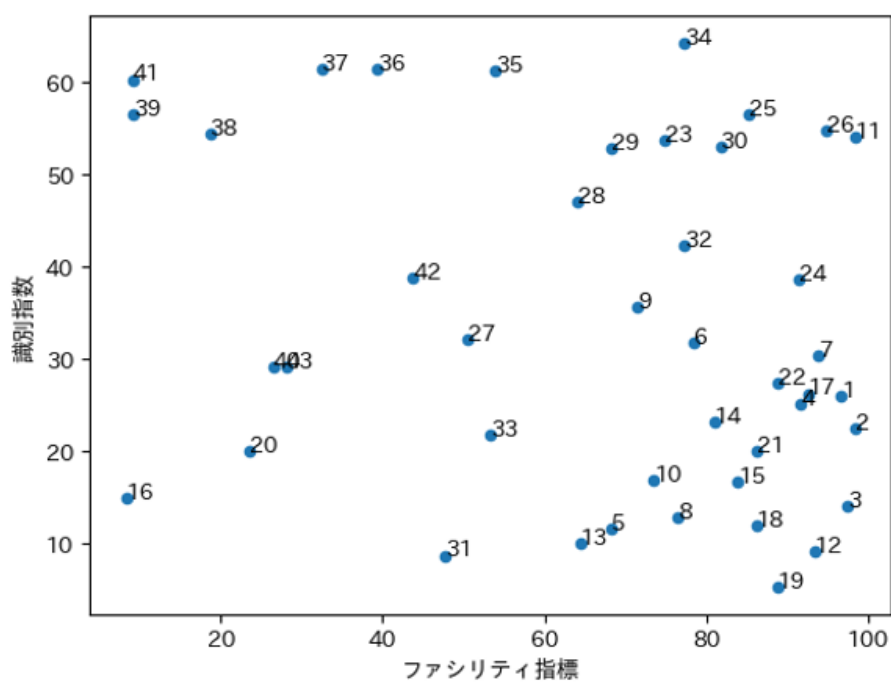


図 3. ファシリティ指標と識別指数の散布図

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

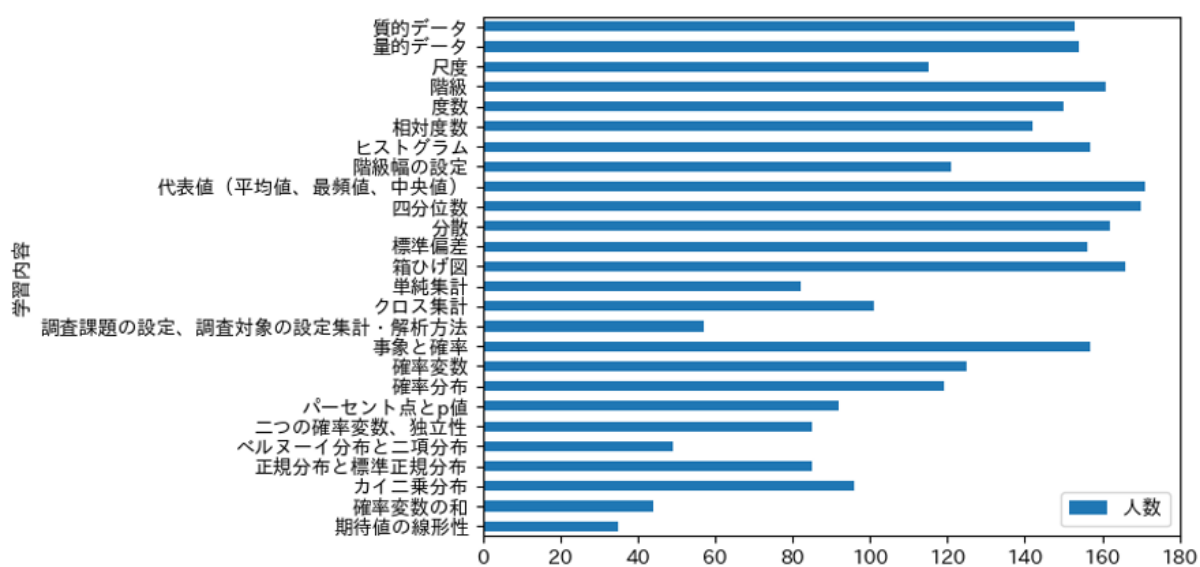


図 4. 授業前半の学習項目の理解度

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

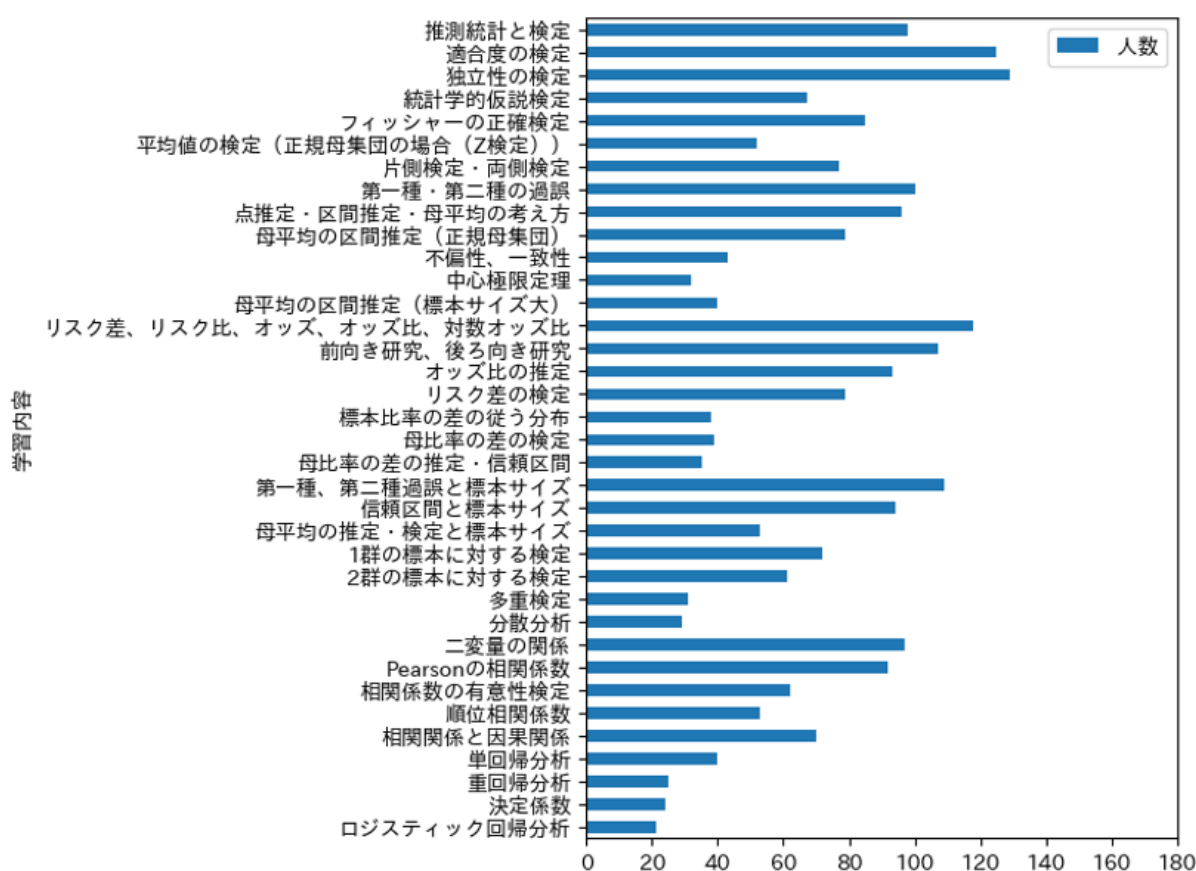


図 5. 授業後半の学習項目の理解度

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

表 1. 対象授業の受講者数

	A クラス	B クラス
合格者	87	93
不合格者	15	14
合計	102	107

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

表 2. 統計入門の授業内容

	学習内容	レポート課題
第 1 回	概要と導入	1 回目
第 2 回	量的データの確認と要約	
第 3 回	質的データの確認と要約	
第 4 回	確率の基礎・JMP 等によるデータの確認と要約	
第 5 回	カイ二乗検定—適合度と独立性の検定—	
第 6 回	二元分割表とフィッシャーの正確検定	
第 7 回	さまざまな確率分布と統計的検定の考え方	
第 8 回	統計的推定	2 回目
第 9 回	二元分割表のリスク比とオッズ比	
第 10 回	二元分割表における母比率の差の検定・推定	
第 11 回	検定・推定と標本規模, t 検定	
第 12 回	平均の差の検定	
第 13 回	相関と単回帰分析	
第 14 回	重回帰分析・ロジスティック回帰分析	
第 15 回	期末試験	
第 16 回	フィードバック	

表 3. 2 回目のレポート課題の評価

	正	誤
(1)	157(86.7%)	21(13.3%)
(2)	175(96.7%)	6(3.3%)
(3)	167(92.3%)	14(7.7%)
(4)	157(86.7%)	24(13.3%)
(5)	116(64.0%)	65(35.9%)
(6)	161(89.0%)	20(11.0%)
(7)	156(86.2%)	25(13.8%)
(8)	103(56.9%)	78(43.1%)

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

表 4. 期末テストの結果

	2023 年度
受験者数	192
平均	54.71
標準偏差	10.44
最小値	16.67
最大値	88.51
中央値	54.60

講義形式における統計の入門科目の授業実践とその考察

表 5. 期末テストの内容

設問番号	設問内容	設問番号	設問内容
1	要約統計量	26	分散の計算
2	標本調査	27	正規分布
3	第二種の過誤	28	相関係数
4	区間推定	29	相関係数
5	信頼区間	30	標準化
6	独立性の検定	31	統計学的仮説検定
7	統計的仮説検定	32	片側検定と両側検定
8	統計的仮説検定	33	対数オッズ比
9	t 検定	34	第一種の過誤と第二種の過誤
10	量的変数	35	無相関検定
11	要約統計量	36	統計学的仮説検定
12	要約統計量	37	確率分布
13	要約統計量	38	分散分析
14	確率	39	分散分析
15	確率	40	分散分析
16	確率の計算	41	回帰分析
17	箱ひげ図	42	回帰分析
18	ヒストグラム	43	回帰分析
19	偏差値		
20	データの散らばり具合		
21	標本調査		
22	クロス集計表		
23	記述統計と推測統計		
24	データの種類		
25	量的変数		