

プログラミングによる統計計算の実装を 演習とする初等統計学教育の試み

2023/03/13 第20回 統計・データサイエンス教育の
方法論ワークショップ

西山慧（京都大学教育学研究科）

目次

- 問題意識
- 実践内容
- 学生の学び・感想
- 考察と課題

問題意識

自己紹介

- 西山慧（にしやまさとる）
- 博士（教育学）
 - 教育学研究科で実験心理学を専攻
- 研究テーマ：記憶（想起・忘却）

- 非常勤講師として「教育統計学演習」を担当
 - 心理統計学の導入講義をすることに

おそらく一般的な心理統計学講義

- 講義では数式を交えて説明するが
- 演習では数式を意識しなくて済む
 - ソフトウェアを用いる演習
 - 数式の理解はなくとも数クリックで分析可能
 - プログラミングを用いる演習であっても
 - 「平均は`mean()`を使います」
 - 「t検定は`t.test()`を使います」 (R言語の場合)
- 心理学専攻の学生に文系が多いことを考慮か
 - 数学への苦手意識が理系よりも高いことが多い

統計学教育に関する私見

- よくある演習は実用的ではあるが文系学生は余計数式を避けてしまうのでは？
 - p値偏重に繋がる？
 - 分析手法がソフトウェアの扱う範囲に限定される？
- やはり（ある程度）数式を押さえつつ仕組みを理解すべき
 - 帰無仮説検定の正しい理解に貢献
 - 発展的な手法の学習の基礎にもなる

ある程度数式を押さえる方策

- 数式をプログラミングコードに書き下す
 - 計算手順が明瞭（プログラミングの理解さえあれば）
 - 計算それ自体は不要なため手順に集中できる可能性

$$Mean_x = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i は数値リストの各要素, n はリストの要素数 (=データの数) である

```
[ ] 1 # 平均
      2 def mean(atai_list):
      3     goukei = 0
      4     for atai in atai_list: # 値リストから値を一つずつ取り出して
      5         goukei = goukei + atai # 足していく
      6     return goukei / len(atai_list) # 値の数で割る
```

自身の講義で採用した演習

- 統計計算を実装させる演習を採用
 - 計算結果は示し動作確認できるようにした
 - 数式・数学記号とコードの対応が理解できれば、のちの統計学の学習でも同じ方策を利用できる

$$Mean_x = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i は数値リストの各要素, n はリストの要素数 (=データの数) である

```
[ ] 1 # 平均
     2 def mean(atai_list):
     3
```

```
[ ] 1 # 動作確認 (62.53... になる)
     2
```

実践内容

演習用ファイルは以下リンクで公開

<https://github.com/snishiyama/intro-psych-stats-exercises>

講義の概要

- 受講生
 - 国立大学 教育学専攻の1年生28名
- 講義形態
 - スライド講義 + 演習 (90分/回, 15回)
 - Google Classroomから資料配布・課題提出
 - 演習はGoogle Colaboratoryを利用
 - Pythonの初期設定が不要
 - 情報端末室で実施
 - 持参PCを利用する学生もいた

講義スケジュール

回	月	日	内容
1	10	6	オリエンテーション
2		13	Pythonの演習（四則演算・変数）
3		20	Pythonの演習（リスト・for文）
4		27	Pythonの演習（関数）・尺度水準
5	11	10	データの可視化
6		17	1変数の統計量（平均・標準偏差）
7		24	2変数の統計量（共分散・相関係数）
8	12	1	相関係数の注意点（偏相関係数など）
9		8	推定1：確率・標本抽出
10		15	推定2：点推定
11		22	推定3：区間推定
12	1	12	推定4：差の推定
13		19	検定1：差の検定
14		26	検定2：p値の注意点・サンプルサイズ設計
15	2	2	ふりかえりと今後に向けて

統計学の内容については
前任者と同様かつ
一般的な心理統計学の入門講義とも
大差なし

講義の流れ

- 前回の講義・演習の復習，解説（30分）
 - 演習の解説では学生らの前でコードを書く
- その日の講義（30分）
- 講義内容に関する演習（30分） → 残りは宿題
 - 教室を巡回し個別に質問対応
 - 学生同士の相談を許可
- 提出課題には次回までにフィードバック
 - 総評・修正点・特筆すべき点

課題の工夫

初出の内容は、いくつかのステップを順に追えば、目標の計算ができるようにした。

▼ 標準偏差

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

\bar{x} は数値リストの平均である

▼ ステップ1

score の各値から平均値を引く処理を for 文で書きなさい。平均値を算出するために、上で定義した mean 関数を用いても良い。

```
[ ] 1
```

▼ ステップ2

score の各値を2乗する処理をfor文で書きなさい

```
[ ] 1
```

▼ ステップ3

score の各値から平均値を引き、2乗する処理をfor文で書きなさい。平均値を算出するために、上で定義した mean 関数を用いても良い。

```
[ ] 1
```

▼ ステップ4

score の各値から平均値を引き、2乗する値の総和を求める処理をfor文で書きなさい。平均値を算出するために、上で定義した mean 関数を用いても良い。

```
[ ] 1
```

学生の学び・感想

収集した成果物

- 毎講義で提出させたアンケート
 - 「理解できたか」など4つの質問
 - 質問・コメント ← 今回取り上げるもの
- 毎講義で提出させた演習課題
- 期末課題
 - 講義内容全体の復習
 - 講義に関する振り返り ← 今回取り上げるもの

方針に適していた学生A

回	内容	コメント（抜粋）
...		
5	データの可視化	難しかったです
...		
7	2変数の統計量（共分散・相関係数）	難しかったが、前回以上に自分の力で取り組めたことが嬉しかった。
8	相関係数の注意点（偏相関係数など）	友達にも教えてあげられるぐらい余裕を持って取り組めたので、すごく良かった
...		
12	推定4：差の推定	<u>難しそうな数式で書いてあっても、地道にそのまま式を立てたらうまく行きました。</u>
13	検定1：差の検定	全て自分の力で演習をこなすことができた

最終課題での振り返り

各回の授業を振り返って、今では初期の計算問題やグラフの表示は簡単だと思える。一見すると計算式が複雑な変数の統計量の範囲も、一つ一つの工程を丁寧に文字に起こしていけば、答えが出るとわかった時から、心のハードルが下がった。一方で、標準誤差や推定などがいまいち何のための計算なのかをわかっておらず、意図が分からないから難しいと感じる部分もある。

最終的に好転した学生B

回	内容	コメント（抜粋）
...		
6	1変数の統計量（平均・標準偏差）	自分で考えて最後まで解いてみたものの数値自体は全く正解と異なっていました。
...		
9		何の式を書いたらいいのか、その式が何を表しているのかがやっぱりあんまりよくわかっていません。
...		
12	推定4：差の推定	言葉の定義自体をまだふわっとしか理解できていないような気がします。
13	検定1：差の検定	でも今回はいつもよりかは正解できたような気がします。

最終課題での振り返り

全体を通した授業の理解度は段々良い方向に向かっていったと思う。毎回の課題で授業の復習に取り組むことで段々わかる内容が増えていったことによってやる気が継続したからだと考える。時間をかけた分、自分の力で書くことのできるコードが増えていく感覚が段々楽しさにつながっていったように思える。

苦手意識を形成した学生C, D

最終課題での振り返り

授業の理解度は、はっきりとって、まったく理解できていない。しかし、課題が出されるうちに、自分ではできないので友達と協力したり友達のを見せてもらって取り組むことで、たぶん、平均を出すための式は作れるようになったと思う。各回の授業を振り返って、何も理解できていないので難しいというよりは何もわからないという感じである。

最終課題での振り返り

全15回の授業を通して、平均を求める式が書けるようになりました。5,6回目くらいで心が折れて意図せず全部誤答で課題を提出したこともありましたが、そのあたりから友人が助け舟を出してくれたので最後まで課題をなんとか提出することができました。最初に比べて、統計に対してより難しさを感じるようになりました。元々数学が苦手だったからオリエンテーションで嫌な予感はしていましたが、やはりどう頑張っても頭が理解してくれないことが多くだいぶ課題には苦戦しました。

考察と課題

実践結果のまとめ

- 多くの学生 (23/28人) が統計学に前向きな姿勢
 - 「意欲が上がった」「統計に興味を持った」
 - 数式に臨む姿勢も見られた
 - 「数式を参考にコードを書いた」。ただし数名。
 - 演習での成功体験が良いように作用したか？
- 理論的な理解まではアプローチしきれず
 - 前向きな学生でも理解の不安を言及 (8/23人)
 - 「t検定などは未だにわからない気がする」
 - 講義開始時に演習を配布していたために講義聴取がおろそかになり、理論的な理解が低下した可能性

今後の課題

- 実践内容の改善
 - 全ての学生がついていけることを目標に。
- 実践評価の問題
 - 最終課題内での報告なので、よく見られようという態度が反映されている可能性は否定できない。
 - どのように「理解度」を評価するべきか？
 - 卒業研究を見据えれば、運用能力が重要
- 他の形式の演習との比較が必要

本実践の限界点

- 演習で扱うプログラムは実用的ではない
 - 扱ったPythonの文法もほんの一部
- データの読み込みを扱えていない
 - 授業内のデモデータはあらかじめ用意
- データ整形・図の保存も扱えていない