フランスの高等学校における統計教育

2019SS060 大石まなみ

指導教員：小藤俊幸

1　はじめに

2022 年度に高等学校に入学した生徒から実施されている学習指導要領 [1] では以前の学習指導要領 [2] と比べて統計教育が重視されるようになった．実際，数学 I のデータの分析の単元に仮説検定の考え方が導入され，数学 B ではベクトルが数学 C に移された．

また，改定前の学習指導要領に対応した共通テストでは数学 B の数列，ベクトル，確率分布と統計的な推測の 3 単元から 2 単元を選択することになっていた．しかし，大学入試では数学 B の中から数列とベクトルの 2 単元を出題範囲とする大学が多くを占めているため，大学入試に合わせて数列とベクトルの 2 単元を教えていた学校が多く，統計分野についてはあまり教えられていなかった．改定後の学習指導要領に対応した共通テストでは数学 B の数列，統計的な推測，数学 C のベクトル，平面上の曲線と複素数平面の 4 単元から 3 単元を選択するようになる．そのため，統計的な推測が多くの高等学校で教えられるようになると思われる．そこで，フェルマーやデカルト，パスカルなど多くの数学者を輩出しているフランスの統計教育を調べ，今後の日本の統計教育を進める上で参考となる知見を得ることが本研究の目的である．

2　教育内容の概要

フランスには日本の高等学校に相当する lycee という教育機関があり，日本と同じく 16 歳で入学し，18 歳で卒業する 3 年間の課程である．日本の学習指導要領に相当する「プログラム」から統計の中で特徴的な内容を抜粋する．

表 1　高校 1 年生レベル ([3], p.7)

標本抽出
標本の概念
限度 95% の頻度の変動区間
シミュレーションの実行

表 2　高校 2 年生レベル ([4], p.9)

2, 3 の結果をもたらす同一で独立な試行の繰り返しのモデル
ベルヌーイ試行，ベルヌーイの法則
ベルヌーイの図式，二項法則 (成功の数の法則)
二項係数，パスカルの三角形
二項法則の期待値，分散，標準偏差

表 3　高校 3 年生レベル ([5], p.7)

変動区間
推定
信頼水準 95 での信頼区間
信頼レベル

3　変動区間

日本とは扱い方が異なる変動区間 (intervalle de fluctuation) について各学年ごとに述べる．母集団のうち特定の性質をもつものの割合を p とする．母集団から抽出する標本の数を n とする．

3.1　高校 1 年生レベル

標本のうち特定の性質をもつものの割合が少なくとも 95% の確率で入る

$$\left[p - \frac{1}{\sqrt{n}},\ p + \frac{1}{\sqrt{n}}\right] \tag{1}$$

の区間を提示し，この区間を変動区間と呼んでいる ([3], p.155)．ランダムな試行を繰り返すとき，その結果の頻度はさまざまであり，このことを標本抽出変動と呼び，シミュレーションを用いて確認をさせている．そのあとに変動区間の使い方を示すために以下のような例が挙げられている．

政治における平等 ([3], p.156) 2007 年に国会議員に選出された 557 人のうち，女性議員は 18.5% を占めた．フランスの人口における性別の内訳は女性が 51.6% で男性が 48.4% である．

練習問題として，標本数 557 に対する変動区間を計算させ，女性議員の割合について考察させている．公式 (1)，$p = 0.516$，$n = 557$ を使って変動区間を求めると $[0.474, 0.558]$ となる．女性議員の比率 0.185 は変動区間に含まれていないので，政治における男女の平等は尊重されていないという結論を下すことができる．

このように練習問題を用いて変動区間の使い方を示したあと，信頼区間によって未知の割合 p を推定していく．以下が信頼区間の説明である．

標本の頻度 f は少なくとも 0.95 の確率で区間 (1) に含まれ，$p - \frac{1}{\sqrt{n}} \leq f \leq p + \frac{1}{\sqrt{n}}$ は $f - \frac{1}{\sqrt{n}} \leq p \leq f + \frac{1}{\sqrt{n}}$ に変形されるので，割合 p は少なくとも 0.95 の確率で区間

$$\left[f - \frac{1}{\sqrt{n}},\ f + \frac{1}{\sqrt{n}}\right] \tag{2}$$

に含まれる．この区間を頻度 f に関する信頼区間と呼んで

いる ([3], p.158).

3.2 高校 2 年生レベル

成功の数の法則のシミュレーションを行い，事象の頻度をグラフで表している．また，ゴルトンボードを用いて二項法則とのつながりを述べている．その後，二項法則による 95% 変動区間を扱っている．

X を二項法則 $B(n,p)$ に従う確率変数とし，a を $P(X \leq a) > 0.025$ となる最小の整数，b を $P(X \leq b) \geq 0.975$ となる最小の整数とする．これらを用いると，95% 変動区間は

$$\left[\frac{a}{n},\ \frac{b}{n}\right] \tag{3}$$

のように表される ([4], p.323).

左利きの割合 ([4], p.329) フランス人の左利きの割合は 13% と推定されている．高校 1 年生 93 人のうち 17 人が左利きである．この標本から求められる左利きの頻度はフランスの人口における左利きの割合 p と一致しているかどうか知りたい．

練習問題として，変動区間を計算させ，左利きの割合について考察させている．$B(93, 0.13)$ の確率の表が示されており，$a,\ b$ が $a = 6,\ b = 19$ と求められる．公式 (3) より，95% 変動区間は $\left[\frac{6}{93},\ \frac{19}{93}\right]$ となり，高校 1 年生の標本における左利きの頻度 $\frac{17}{93}$ はこの変動区間に含まれる．したがって，高校 1 年生の標本における左利きの頻度はフランスの人口における左利きの割合 13% と一致している．

3.3 高校 3 年生レベル

高校 3 年生レベルでは高校 1 年生レベルで習った区間 (1) の復習から入り，高校 2 年生レベルで習った二項法則の復習，標本の概念，標本抽出変動を経て，漸近的な変動区間の説明に入っている．中心極限定理に基づいて

$$I_n = \left[p - 1.96\frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n}},\ p + 1.96\frac{\sqrt{p(1-p)}}{\sqrt{n}}\right] \tag{4}$$

のような漸近的な 95% 変動区間を考えている ([5], p.244). ここで，区間 (4) が区間 (1) に含まれることを証明する問題が出されている．その証明は次の通りである．区間 (4) における $\sqrt{p(1-p)}$ の $p(1-p)$ の部分を展開すると，$p(1-p) = -p^2 + p$ となる．$-p^2 + p$ を p の二次関数として考えると，$-p^2+p$ の最大値は $\frac{1}{4}$ である．また，$1.96 < 2$ である．よって，$I_n \subset \left[p - \frac{1}{\sqrt{n}},\ p + \frac{1}{\sqrt{n}}\right]$ である．

4 日本とフランスの違い

日本の教科書 ([6], [7], [8]) とフランスの教科書を比較すると，日本では数学 A と数学 B において，内容を選択して履修することが認められており [2]，それぞれの単元が独立しているように見える一方で，フランスは高校 3 年間のつながりを意識して教えていることがわかる．また，日本では値を計算するという用途で表計算ソフトを使用しているのに対し，フランスでは，表計算ソフトを用いた作図やシミュレーションの実行が多く行われている．演習について，日本よりもフランスの方が問題数が圧倒的に多く，なぜこの問題を考えるのかの目的が明確である．

5 おわりに

統計に関連する部分の日本の教科書とフランスの教科書を比較したところ，日本では各章のつながりを学ばないまま高校 3 年間を終える可能性がある一方で，フランスでは高校 3 年生レベルで習うことを 1 年生，2 年生の時点で触れており，3 年間のつながりを意識した教科書であると考えられる．また，フランスではなぜこの問題を考えるのかという目的が明確であり，統計が日常生活にどのように関わってくるのかがわかりやすくなっていると考えられる．よって，統計がより身近に感じられ，生徒の関心・意欲がより引き出せる内容になっていると思われる．加えて，日本では高校 1 年生で値を計算するという用途で表計算ソフトを使用しているのに対し，フランスでは高校 3 年間を通して，表計算ソフトを用いた作図やシミュレーションに積極的である．実際に自分で操作して，数値を変えたときのグラフの変化を見てみたり，表計算ソフトを用いてシミュレーションを実行したりすることで，統計に現実味が増し内容の理解度が高まると考える．フランスでは表計算ソフトや計算機をよく使用していることから，計算ができるようになるのが目的ではなく，計算は結果や結論を導くための手段と考えているのではないかと思う．以上のことからフランスは統計への理解を深める工夫がされており，また，統計を実例と結びつけ，統計を日常生活に取り込むことを意識していると考えられる．そこで，日本でもフランスのように統計と日常のつながりを意識し，日常生活に関連する問題意識が明確な演習問題を扱ったり，表計算ソフトを用いた作図やシミュレーションなどの実践を行ったりすることを取り入れてみても良いのではないかと考える．

参考文献

[1] 文部科学省：『高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) 解説 数学編 理数編』. 2018.

[2] 文部科学省：『高等学校学習指導要領解説 数学編』. 2009.

[3] R. Barra et al.: *transmath 2de*. Nathan, Paris, 2014.

[4] R. Barra et al.: *transmath 1re S*. Nathan, Paris, 2011.

[5] A. Antibi et al.: *transmath term ES/L*. Nathan, Paris, 2012.

[6] 大島利雄ほか：『数学 I』. 数研出版，東京，2013.

[7] 坪井俊ほか：『数学 A』. 数研出版，東京，2012.

[8] 坪井俊ほか：『数学 B』. 数研出版，東京，2013.