

パネルディスカッション これからの統計教育

田栗 正章
(千葉大学・大学入試センター)

- 1 近年の統計に関わる状況
- 2 統計の初等・中等教育, 米国等との比較
- 3 大学における統計教育とその評価
- 4 答申・報告等に見る統計教育の課題
- 5 これからの統計教育の改善に向けて

1 近年の統計に関わる状況とその要因

- ① 平成21年3月: **高等学校**学習指導要領の公示
 - ・ 数学 I に「データの分析」の項(**統計が必修**となったのは初)
- ② 平成24年: **平成24年度大学間連携共同教育推進事業の採択**
「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」
- ③ 平成26年12月22日: 中央教育審議会答申
- ④ 平成27年 6月19日: **閣議決定**
 - ・ データ分析スキルを有する人材、統計科学を専攻する人材不足
 - ・ データサイエンス力の高い人材育成の推進
- ⑤ 平成27年 9月15日: 高大接続システム改革会議「中間まとめ」
 - ・ 課題発見と問題解決力の育成の重要性
 - ・ データ等の客観的な資料に基づいて数値的/定量的に推論を行う能力の重視
- ⑥ 平成27年12月17日: 日本学術会議「報告 大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の**参照基準** 統計学分野」の公表
 - ・ 大学における統計教育の内容についての1つの考え方が提示

2 統計の初等・中等教育，米国等との比較

- ① 小学校：表や棒グラフ(3年)，2つの観点の表・折れ線グラフ(4年)
円グラフ・帯グラフ(5年)，平均・度数分布・起こり得る場合(6年)
- ② 中学校：ヒストグラム・散らばり・平均値・中央値・最頻値・相対度数
・範囲・階級(1年)，確率(2年)，標本調査・母集団・標本(3年)
- ③ 数学 I「データの分析」(必履修科目)：データの散らばり，四分位
範囲(偏差)，分散，標準偏差，データの相関，散布図，相関係数
- ④ 数学 B「確率分布と統計的な推測」：確率分布/変数の平均・分散
二項分布，正規分布，正規近似，母集団と標本，母平均の推測

★ 諸外国における統計教育

- ① イギリス：PSA (Statistical Problem Solving Approach)
- ② ニュージーランド：PPDAC (Problem, Plan, Data, Analysis, Conclusion)
- ③ アメリカ：ASA 数学・統計教育のガイドライン [GAISE] (2005)，
全米コアカリキュラムの実施 (2010策定→2014多くの州で実施)
cf. AP Statistics (高大連携プログラム；大学基礎教育レベルの内容)

3 大学における統計教育とその評価 (JINSE)

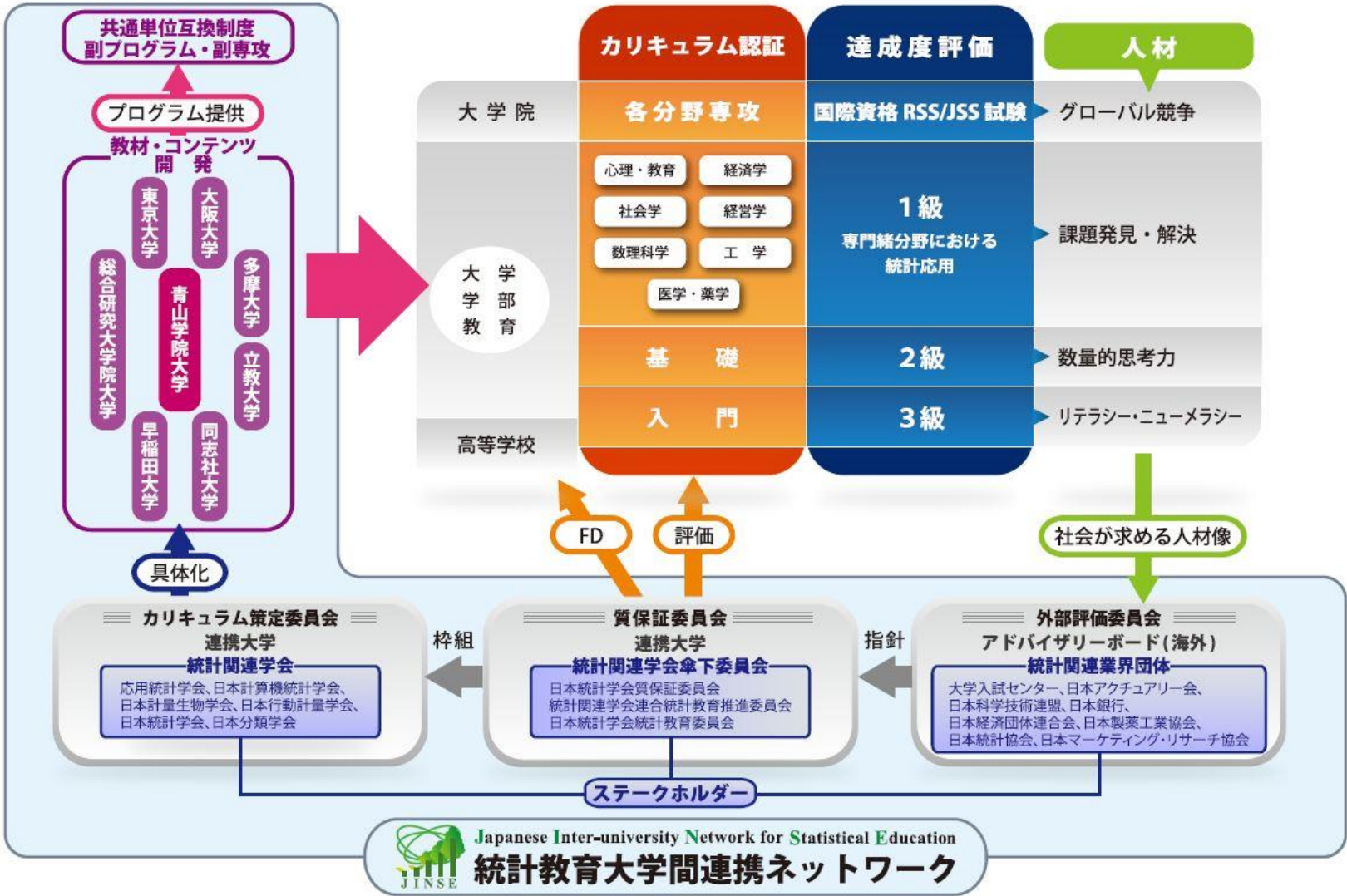
(1) 課題解決型人材育成のための標準的カリキュラム

- ① H20.5 文科省から学術会議への審議依頼
- ② H22.7 「回答 大学教育の分野別質保証の在り方について」
日本学術会議 (平成22年7月22日)
- ③ H21.8 数理科学分科会からの検討依頼(統計関連学会連合へ)
- ④ H22.8.20 「統計学分野の教育課程編成上の参照基準(初版)」
の公表 cf. 学習指導要領との円滑な接続
- ⑤ H24年度 「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」が採択(文科省大学間連携事業)

⇒ **カリキュラム策定のための枠組み(参照基準)が必要**

- ⑥ H26.5 JINSE「質保証委員会」・「統計教育推進委員会」合同委員会で、「参照基準(第2版)」の公表
- ⑦ H27.12 日本学術会議報告「統計学分野の参照基準」の公表
- ⑧ H28.3 JINSE「参照基準(第3版)」の公表予定

統計教育高度化質保証 PDCA サイクル



3 大学における統計教育とその評価(つづき)

(2) 2種類の参照基準の違い

① 日本学術会議版参照基準(H27.12.17)の内容

- ・ 統計学の定義, 固有の特性, 全ての学生が身に付けるべき素養
学修方法と学習成果の評価方法, 市民性の涵養, 生涯学習

② JINSE版参照基準第2版(H26.5)の内容

- ・ 分野別の参照基準[理念, 到達目標, 教育内容・評価の例]

人文科学, 政治学, 社会学, 経済学, 経営学, 数理科学,
情報科学, 総合理工学, 品質管理, 生物学, 医歯薬学分野

(3) 教育効果評価体制の構築による統計教育の質保証

① 日本統計学会との連携による「統計検定」の利用

- ・ 2011～2015に計6回の試験; 1級, 準1級, 2級, 3級, 4級 等
- ・ 2015年: 連携大学における統計学の成績評価に利用

② 統計検定へのCBT(Computer Based Testing)の導入[2級, 3級]

- ・ 全国約200会場で、いつでも受験可能; 試験直後に合否判定

③ 社会人の統計教育の成果評価に利用可能

◆「統計学の参照基準」の構成

日本学術会議 報告 「大学教育の分野別質保証のための教育課程
編成上の参照基準 統計学分野」(平成27年12月17日)

- 1 はじめに(1頁)
- 2 統計学の**定義**(2頁)
- 3 統計学に**固有の特性**(4頁)
- 4 統計学分野を学ぶすべての学生が身に付けることを目指すべき
基本的な**素養**(8頁)
- 5 学修方法及び学修成果の**評価方法**に関する基本的な考え方
(3頁)
- 6 **市民性の涵養**をめぐる専門教育と教養教育との関わり(1頁)
- 7 **生涯教育**としての統計学教育体系(1頁)

参考文献, 参考資料1・2(4頁)

付録 統計学の歴史(3頁)

◆ 統計学の各分野における教育課程編成上の参照基準

(平成26年5月/8月1日公表)

★ 基本的には初版を踏襲；以下の各分野2頁 計25頁

- 1 統計学の各分野における教育課程編成上の参照基準について
- 2 大学基礎科目としての統計教育の参照基準
- 3 人文科学分野における統計教育の参照基準
- 4 政治学分野における統計教育の参照基準
- 5 社会学分野における統計教育の参照基準
- 6 経済学分野における統計教育の参照基準
- 7 経営学分野における統計教育の参照基準
- 8 数理科学分野における統計教育の参照基準
- 9 情報科学分野における統計教育の参照基準
- 10 総合理工学分野における統計教育の参照基準
- 11 品質管理分野における統計教育の参照基準
- 12 生物科学分野における統計教育の参照基準
- 13 医歯薬学分野における統計教育の参照基準

★ CBT の試験画面の例1

統計検定 3級 (サンプル)

4問目 / 全7問

あとで見直す

1から6の目が出るサイコロが2つある。2つのサイコロの出た目の和が8以上になる確率として、正しいものを選びなさい。

1. $\frac{15}{36}$

2. $\frac{16}{36}$

3. $\frac{17}{36}$

4. $\frac{18}{36}$

5. $\frac{19}{36}$

★ CBT の試験画面の例2

統計検定 3級 (サンプル)

7問目 / 全7問

あとで見直す

相関係数に関する次の記述の下線部分で、適切でないものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

⑤

『対となる変数 X と Y についての相関係数 r を考える。 X と Y の標準偏差を s_X , s_Y , X と Y の共分散を s_{XY} とすると r は ① $r = \frac{s_{XY}}{s_X s_Y}$ で与えられ、

② r の値は -1 から 1 であり、 ③ 正の相関のとき r は正の値となり、負の相関のとき r は負の値となる。 また ④ 相関が強くなるほど r の値の絶対値は 1 に近づき、相関が弱くなるほど r の値の絶対値は 0 に近づく。 なお、⑤ 標本の大きさを 2 倍にすると、相関係数は常に $2r$ になる。』

4 答申・報告等に見る統計教育の課題

(1) 平成27年度からの大学個別入試における試験科目

① 指導要領「数B」(i)確率分布と統計的な推測 (ii)②数列 (iii)ベクトル

② 各大学が公表(予告)した「数学B」の出題範囲

“数学Bは、「数列」、「ベクトル」から出題する”がほとんど!

◎ H26までの個別入試での状況より後退! [12/65 → 2/71]

(2) 学会版参照基準に見る日本の統計教育の特徴

① 統計学を専門に学ぶ大学の学部・学科が存在しない

② 大学での統計学の専門家が極めて少数 ⇒ 的確な教育が実践?

③ 中等教育段階で統計教育に携わる教員の養成体制が脆弱

④ データサイエンティスト、統計コンサルタントなどの、統計学を基本とする専門職に対する需要に、まったく応えきれていない

(3) 閣議決定(H27.6.19)

★ 我が国では欧米等と比較し、データ分析のスキルを有する人材や統計科学を専攻する人材が極めて少なく、我が国の多くの民間企業が情報通信分野の人材不足を感じており、危機的な状況にある。

4 答申・報告等にもみる統計教育の課題(つづき)

(4) 高大接続システム改革会議中間まとめ(H27.9.15)

- ① 学力の3要素:(i) 十分な知識・技能, (ii) **答えが一つに定まらない**問題に自ら解を見いだしていく**思考力・判断力・表現力**等の能力, (iii) 主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度
- ② 高校教育:PDCAサイクル, 高等学校基礎学力テスト(仮称)の導入
- ③ 大学教育:三つのポリシー(アドミッション, ガイドライン, 教学マネジメント), 認証評価制度, 大学入学者選抜改革

(5) 大学入学希望者学力評価テスト(仮称)の導入[H32~]

- ① 目的・対象者:大学教育を受けるために必要な能力を把握
- ② 「思考力・判断力・表現力」の明確化とそれを踏まえた作問
- ③ 数理的探求(仮称), 教科「情報」対応科目; CBTの導入 ← **統計は?**

(6) 社会に対する統計教育

- ① **閣議決定**:オープンデータの利活用による新産業・新サービスの創出の重要性, MOOC講義「**データサイエンス・オンライン講座**」の拡充
⇔ データサイエンス力の高い人材育成の推進
- ② **放送大学**における統計教育の充実の重要性

5 これからの統計教育の改善に向けて

(1) 統計学を学ぶ意義

- ① 自然現象の理解や社会的問題への賢明な対処のため、統計学の考え方や手順の重要性を認識し、それらへの対処法を習得する
- ② 問題解決型の思考力の過程は、統計学の問題対処過程と類似
⇒統計学を学ぶことにより、問題解決型の思考力を獲得できる
- ③ 近年の情報化社会では、様々な不確実性に直面するため、リスクを最小にする判断等が行える統計リテラシーの涵養が必要
- ④ 様々な議論の場や公的な政策決定等において、データの定量的分析から得られた根拠に基づく(Evidence-Based)説得力ある議論の展開が必要

(2) 統計学の学習・教育で重要な点

- ① 統計は、一定の知識を直線的に習得し修了とする学習方法ではなく、PDCAサイクルの考え方に基づき、生涯を通じたスパイラル型向上に資する実践的学習の指向が重要 ← 初中教育でも有効
- ② データの吟味が重要(批判的/厳密に) cf. 統計でダマされない能力

5 これからの統計教育の改善に向けて(つづき)

(2) 統計学の学習・教育で重要な点(つづき)

③ 統計グラフの作成や平均等の計算は、何故必要なのか？

★ 多くの学問分野において、観測データをグラフや数式によって記述しても、それだけでは実用上、学術上、特別の意味をもたない場合が多い。それらの統計的表現が意味をもつとすれば、それによってデータの背後にある“見えざる”構造について何らかの知見がもたらされる場合である。

④ 推測の対象が、**母平均** の場合には、**標本平均** を用いて、推定や仮説検定(統計的推測)を行うのは自然だろう。

★ なぜ標本分散を用いてはいけないのか？

cf. **ピボット量**

⑤ 記述統計学は、標本記述のためだけでなく、統計的推測を行う上でも必要 ⇔ 記述統計と推測統計は、統計学の体系を支える両輪

- ・ 演繹的論理のみの統計教育
- ・ データの記述の域を出ない統計教育

← **改善が必要**

例：全集団と部分集団での食い違い

【問題】

- ある大学の理系の学生100人と、文系の学生100人に対して、統計学に興味があるか否かについて尋ねたところ、理系では85人、文系では20人の学生が興味があると答えた。
- この200人の学生の集団に対して統計学の学年末試験を行った
- 理系集団では統計学に興味があると答えた85人と、興味がないと答えた15人のいずれにおいても、学年末試験に合格した割合は80%であった。
- 文系集団では統計学に興味があると答えた20人と、興味がないと答えた80人のいずれにおいても、学年末試験に合格した割合は30%であった。

[?] 理系と文系を併せて考えても、統計学の興味の有無に拘らず学年末試験の合格の割合には差がないと言えるか？

例：全集団と部分集団での食い違い(つづき)

		合格数	不合格数	
理系	興味あり	68	17	← 合格率80%
	興味なし	12	3	
文系	興味あり	6	14	← 合格率30%
	興味なし	24	56	
合計	興味あり	74	31	← 合格率70.5%
	興味なし	36	59	← 合格率37.9%

興味ありの合格率 = $\frac{74}{105} = \frac{85}{105} \times \frac{68}{85} + \frac{20}{105} \times \frac{6}{20}$

↑ 近い値 ↑

興味なしの合格率 = $\frac{36}{95} = \frac{15}{95} \times \frac{12}{15} + \frac{80}{95} \times \frac{24}{80}$

◆ 推測統計分野の例

◎ 統計的推測におけるキーポイント

[例] 平均値の推定(分散既知の場合)

(X_1, X_2, \dots, X_n) : 大きさ n の無作為標本

$$X_i \sim N(\mu, \sigma^2) ; X_i \perp\!\!\!\perp X_j \quad (i \neq j)$$

$$\Rightarrow \bar{X} \sim N(\mu, \sigma^2/n) ; \bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n \quad (\text{標本平均})$$

$$\Rightarrow Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \sim N(0, 1) \quad \leftarrow \text{ピボット量}$$

$$\Rightarrow P[-1.96 < Z < 1.96] = 0.95$$

⇒ 未知の母平均 μ に対する信頼度 95% の信頼区間

$$P[\bar{X} - 1.96\sigma / \sqrt{n} < \mu < \bar{X} + 1.96\sigma / \sqrt{n}] = 0.95$$

参 考

参 考 文 献

- [1] 日本学術会議数理科学委員会 統計学分野の参照基準検討分科会, 『報告 大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 統計学分野』, 平成27年12月17日.
- [2] 中央教育審議会, 『答申(中教審177号)』, 平成26年12月22日.
- [3] 高大接続システム改革会議, 『中間まとめ』, 平成27年9月15日.
- [4] 田栗正章・藤越康祝・柳井晴夫・C.R.ラオ, 『やさしい統計入門』, 講談社ブルーバックス, 2015年.
- [5] 汪金芳・田栗正章, 『計算統計 I -- 確率計算の新しい手法』, 岩波書店, 2003年.
- [6] W.ブロード・N.ウェイド, 牧野賢治訳, 『背信の科学者たち』, 講談社ブルーバックス, 2006年.
- [7] C.R.ラオ, 藤越康祝・柳井晴夫・田栗正章訳, 『統計学とは何か -- 偶然を生かす』, 筑摩書房ちくま学芸文庫, 2010年.

記述統計分野での注意点のまとめ

- ① **平均的な大きさを表す尺度**にはいくつかの種類があり、それぞれの特質を持っている。したがって、データの性質や分析の目的等によって、それらを適切に使い分けることが重要
- ② 集団全体で考えた場合と、**集団を分割(層別)**した各部分集団で考えた場合とでは、得られる結論が異なることがある。これに対処するためには、そのデータから何を知りたいのかを明確にし、目的に応じて、適切に判断して分析を行うことが必要
- ③ **はずれ値**の存在に注意する必要がある(特に多次元はずれ値)存在する場合、それを除外するか否かは分析の目的による。含めて解析する場合には、その影響に留意する必要がある。
- ④ データの解析に際しては、グラフ作成、基本統計量の計算等の**予備解析**を十分に行い、データの素性を見極めることが重