

大学レベル統計教育課程における教授法 と評価

ロクシィ・ペック

カリフォルニア・ポリテクニク州立大学
サンルイスオビスポ市

rpeck@calpoly.edu

[本日のトピック]

- 学部レベルの統計学
- 統計入門コース
- 評価

学部レベルの統計学

- その起こりは...
米国内の統計学教育に関する懸念に対応するかたちで、米国統計協会 (ASA) が統計教育の数々の問題点の明示化と合意を得る、一連の構想を立ち上げた。
- 特に関心の深い2つの構想
 - 学士課程統計教育推進構想 (USEI)
 - 統計教育の教授法および評価のガイドライン (GAISE)

学士課程統計教育推進構想

- 1999年、ASAが USEIを発足。2000年にシンポジウムとワークショップを後援し、それが6つの方針論文作成チームの結成へとつながる。:
 - 大学統計学の学部課程プログラムとその将来 (ムーア、2001年).
 - BS(理学士) 統計学者のトレーニングについて、将来的な雇用先からのアドバイス(リッター、スターバック、ホッグ 2001年)
 - 統計科学の初等コース:教育改革の試みの現状 (ガーフィールド、ホッグ、ショー、ウィットティングヒル 2002年)
 - 統計科学の理学士号のための教育課程ガイドライン (ブライス、ゴールド、ノッツ、ペック 2001年)
 - 文系における統計科学の学士号のための教育課程ガイドライン (ターペイ、アキュナ、コップ、デヴィオ 2002年)
 - 学士課程における統計科学の副専攻および集中コースのガイドライン (キャンノン、ハートローブ、ロック、パーカー 2002年)

教育課程のガイドライン

- 2002年に行われた公開討論の後、ASAの役員会は 統計学の学士課程プログラムのガイドラインを正式に承認
- これらのガイドラインは、課程の内容、指導方法および卒業生が持つべき技能を示している

技能

必要な技能: どのレベルにおいても、効力を発揮できる統計家は、複数の技能を合わせ持ち、その技能は数学的ものに限られない。プログラムには以下の分野におけるある程度の予備知識を提供するべきである:

- **統計的分野** – 卒業生は統計的推論、研究計画(実務的要素を含む)、図表や他の方法を用いた探索的なデータ分析そして様々な推論の手順の訓練および経験を積んでいるべきである。
- **数学的分野** – 学部課程の統計学専攻プログラムには、確率論と統計理論に加え、必須の数学科目、特に微積分学と線形代数学が含まれるべきである。統計学を主専攻としないプログラムに関しては、履修数学科目が少なくなる。大学院への準備を目的としたプログラムでは、数学科目が追加される。
- **コンピューター分野** – データを扱うには基本的コンピューター技能を超える技能を要する。プログラムには、標準的な統計ソフトウェアに精通することが含み、データ管理とアルゴリズム的(演算式)問題解決の学習を奨励するべきである。
- **非数学的分野** – 卒業生は明確な文章を書き、流暢に話し、共同作業やチームワークに参加する能力や、プロジェクトを組織し管理する能力を持つべきである。アカデミックプログラムにおいては、この領域の準備を怠る傾向がある。
- **実質的分野** – 統計学は方法論的学問であるため、それを適用する分野においてある程度踏み込んだ内容が必要である。

教授法

後に示す項目を教えるにあつたての取り組み方は、以下のようでなければならない:

- 実際のデータと 実際の応用を強調する
- 学生にとって意義深く、なおかつデータの背後にある科学を示唆しながらデータを提供する。
- コンピューターを用いた演習を組み込む
- 理論、手法、応用の統合を奨励
- コミュニケーション能力を発達させる機会を多く設ける

教育内容

統計に関する項目

- 統計理論 (例: 確率変数の分布、点推定と区間推定、仮説検定、ベイズ統計)
- 統計グラフによる分析
- 統計モデリング (例: 単回帰、重回帰、ロジスティック回帰、カテゴリデータ、診断、データマイニング)
- 研究調査デザイン (例: ランダム割り当て、反復、ブロッキング、分散分析、固定および変量効果、実験診断、無作為抽出、サンプル調査における層別、観察研究におけるデータ探索)

教育内容—続き

数学に関する項目

- 微積分学 (積分と微分) から多変数微積分学まで
- 応用線形代数 (特に行列操作、一次変換、ユークリッド空間における射影、固有値/固有ベクトル分解、および特異値分解に重点を置く)

確率

- 確率の概念とその統計学における応用とのつながりに重点を置く

教育内容—続き

コンピューター関連項目

- プログラミングの概念、データベースの意味と操作
- 多様な課題に適した統計ソフトウェア

非数学的項目

- 効果的な技術文書とプレゼンテーション
- チームワークと共同作業
- データ収集の計画
- データ管理

統計学教育における教授法と評価のガイドライン

- ASAが主導した構想は2つあり、幼稚園年長組から高校3年生までと大学レベルの統計学のコースを取り上げている

統計的推理力発達のためのモデル



初等
幼稚園～8年生

中・高等
9～12年生

大学

[GAISE ガイドライン]

- 2つのガイドライン
 - 幼稚園～12年生 報告書
 - 大学報告書 (入門コースを提示)
- 2005年に米国統計協会が正式に承認

[GAISE 大学報告書]

- 「統計の教育を受けたらどうであるべきか」を明確に定義
- コースの構成に関する勧告および教師に向けた提案

統計の教育を受けた学生

は、なぜ下記の内容が妥当かが理解できるはずである。

- データ(事実)は逸話に勝る
- バラツキは自然であり、予測可能かつ定量化可能である。
- 無作為抽出をすることにより、結果を母集団に一般化できる。
- 無作為化実験により、因果関係を検討できる

統計の教育を受けた学生

は、何故下記の内容が妥当かが理解できるはずである。

- 連関と因果関係は異なる。
- 統計的有意性が必ずしも実用的重要性を示唆するとは限らない。
- 小さい標本で統計的有意性が無いことは、必ずしも母集団内での相違や関係性が無いこと意味するわけではない。

統計の教育を受けた学生

は、下記の内容を認識できるはずである...

- 調査や実験においてよく見られる偏りの原因
- どのような母集団まで、出た結論を適用してよいかどうか
- 因果関係についての議論をしてよいかどうか
- 「正規」、「無作為」、「相関関係」といった言葉は、統計学において特定の意味を持つこと

統計の教育を受けた学生

は、問題の答えを出す為にどの統計を使うのかを通して、そのプロセスを理解すべきである。

どのように...

- データを入手または作成するのか。
- 分析の初期段階としてのデータのグラフ化を行う。
- 数値化された基本統計量やグラフ化されたものを解釈するのか(問題に答える／条件を確認する)。
- 統計的推論を適切に使用するのか。
- 統計分析の結果を説明するのか。

統計の教育を受けた学生

は、統計的推論の基本的考え方を理解しているべきであり、それには、以下の概念が含まれる

- 標本分布と標本から推論する際、それをどのように適用するのか。
- 有意水準およびP値、そして統計的有意性。
- 信頼水準および誤差、そして信頼区間。

統計の教育を受けた学生

は、下記の知識があるはずである。

- 状況から統計結果を解釈する方法。
- 統計情報を含むニュースや論文をどのように理解し批評するのか。
- いつ経験を積んだ統計家に助けを求めるべきか。

6つの提言

1. 統計リテラシーに重点を置き、統計的思考能力を発達させる
2. 実際のデータを使用する
3. 単なる処理手続き上の知識だけでなく、概念的理解に重きを置く
4. アクティブラーニングを用いる
5. テクノロジーを利用して概念的理解を深め、データ分析を行う
6. アセスメントを行い、学習状況の評価と改善を行う

現状

- 標準的になりつつあるが、まだ課題がある。大学によって多くの違いがある。
- AP 統計学(高校における大学レベルのコース)は、ここに挙げられている提言の良い実践モデルである。

統計学教育における評価

評価形式

- 生徒の評価
- クラスの評価
- コースの評価
- プログラムの評価

生徒の評価

- 米国には、全国的な大学レベルの評価（システム）は無い。
- 統計の入門コースの全国的な評価に代わりうるものとしては、大学の単位にもなるAP統計学の試験
 - 選択式問題が40問
 - 自由回答問題が6問で、その中の1問は長めの調査課題

[プログラムの評価]

■ 主な目標

- 学生が彼らの専攻のためにその授業内容をこなしていくにつれ、(グループとして)何を学んでいるのかを把握するため

■ 主な目的

- カリキュラムの改善と教育方法を効果的にする方法を通じて、学生の学びの質を向上させる

[この先の展望]

- この専攻は、それぞれがその内容特有の目標を持った課程の集まったものである
- プログラムの評価では、難しい質問がなされる
 - 私達は、この課程の集まりによって、最終的に何を作り出そうとしているのか？
 - 全てを集めると何になるのか？
 - その部分内容を単に足していったもの以上のものになるのか？

プログラム評価 周期的なプロセス

1. 教育目標を確認する

- 学生の学習目標
- 技能と態度

2. 評価のための計画

- 学生が特定目標の達成度をどのように示すことができるかを確認する

3. データ収集および分析

4. 振り返りおよび反映

5. プログラムの調整

プログラム評価の「なぜ」(理由)

- 個人的意見や事例証拠に基づいた大学の決定が多すぎる。
- 私達は私達が教えていることを実際に遂行すべきである！プログラム評価はデータを用いて十分な情報を得た上で決定し、大学の「プロセス」を監視して、質を向上させる。

プログラム評価の「どのように」(方法)

1. 検討を始める

- 学生が卒業する時点で、彼らにできる観察可能なことは何か？

2. 焦点を絞る

- 一つか二つの重要な目標を選んで始める

3. 評価方法を立案する

- 生徒がある特定の目標を達成しているかどうかを示すことができる課題を立案する

私の大学の経験

- 学習目標を設定する
 - 最初のリストには77項目あった！
 - 内容ごとの項目で、大局的ではない
 - 最終的には...共通項が見分けられ、項目の少ないプログラム目標となった
- 学生の学習目標声明
 - 私達から学生への「約束」
 - グローバルな技能、知識および経験の組み合わせ
 - 継続的に立ち戻る必要がある

進歩し続ける

- 各学習の成果にそれぞれパフォーマンス基準を設ける
 - 「成果を出すのに必要なパフォーマンスを確認できる、明確で測定可能なもの、証拠を通じて確認できるもの。」

- カリキュラムマップ作成(対応付け)
 - その教育課程のどこで統計の技能、知識および習慣に接触させ、発達させ、評価するのかを、学部全体として考察する。
 - 決して教えることがない学習目標が入っていないことを確認すること
 - 学習目標が包括的になりすぎないようにすること

データ収集

- 毎年、目標を1-2選ぶ
 - 始めは目標を3つおよび4つとする
 - 数年かけて循環させてもよい
- 評価項目と方策を合わせて使用する
 - 卒業予定の四年生への最終コースの最終試験に評価項目を組み込む
 - 卒業予定の四年生に出口調査を実施
 - 四年生プロジェクト

評価項目の一例

■ コミュニケーション: エクセルのヘルプメニュー批評

マイクロソフトのエクセルにあるヘルプメニューでは、独立二標本のt検定の説明が掲載されている:

t検定:分散が等しくないと仮定される二標本の分析ツールおよび式(方法式)

この分析ツールとその式は、2標本t検定を行います。このt検定の形式は両方のデータ範囲の分散が等しくないと前提しており、それは非等分散性t検定と呼ばれます。t検定を使って二つの標本の平均が等しいかどうか確認できます。対象のグループが区別可能であればこのテストを使うこと。処理の前後でグループが一つの時は対応のあるt検定を使うこと。(2000)

あなたはこの説明に何か修正を加える提案をしますか？ もしそうであれば、この説明を書き直さない。

[自信が揺らいだ！]

- エクセルのヘルプメニュー：
 - 回答した16名中 5名がそのままでもよいとした。
 - 数人は標本の大きさまたは正規性についての記述を加えた。
 - 標本の平均値についての記述を訂正したのはたった一人であった。

【プログラム評価の力（能力）は...】

プログラム評価は、視野の広いプログラムレベルのいくつかの目標で、私達が大切であると認識し、プログラムを修了した時点で学生ができているはずであると考えていた目標が達成できていなかったことをはっきりと私達に示した。

反映および反応

- 学部としての「鋭い自己反省」が教育課程の変更という結果につながった
 - コンサルティングのコースを加えた
 - 四年生向けプロジェクトの最終コースの見直し
 - 統計学専攻の一年生レベルコースの導入部分で、統計の基礎となる概念やコミュニケーション技能について早期から認識させる
- 他の教育課程における変更は、基礎概念をより一貫して繰り返し教え、またコミュニケーションやコース間（例：回帰 vs. 実験計画法）を関係づけたり違いをはっきりさせることに重点をおくかたちになるよう検討中である。

質問および討論

配布資料の以下の情報を参照して下さい。

参照資料

学部課程レベルのための学生の学習成果の例

使用された評価項目の例