

構造研究: 因果推論

Data visualization

川田恵介

東京大学

keisukekawata@iss.u-tokyo.ac.jp

2025-08-04

1 因果推論

1.1 因果効果

- ある action(政策/介入等々)が与える影響
 - ▶ 意思決定における重要な情報
 - 経済学において大きな関心
- 定義/識別を議論する有力な構造モデルが複数存在
 - ▶ 潜在結果や構造的因果モデル Chap 2, 4-7 in CausalML、“経済理論” などなど
 - 不毛(?)な”学派”論争も散見されるが、共通点が多い
- 以下では、潜在結果モデルを説明

1.2 例: 留学の因果効果

- 例: 1 年次の短期留学は、2 年次以降の長期留学を因果的に促進するのか?
 - ▶ 短期留学”義務化”の長期留学促進効果
 - 教育政策や大学経営を考える上で、重要な指数(かも?)
- データ: 長期/短期の留学経験 (Y/D)

1.3 例: データ上の分布

Y (長期留学)	D (短期留学)	N
0	0	7000
1	0	3000
0	1	5000

Y (長期留学)	D (短期留学)	N
1	1	5000

- $E[Y | D = 1] - E[Y | D = 0]$
 - ▶ $\simeq 0.5 - 0.3 = 0.2$

1.4 例: 推定問題

- データ \Leftrightarrow 母分布
 - ▶ 事例数は十分に大きいので、データ上の分布 \simeq 母分布が期待できる
 - 信頼区間も計算可能
- 記述分析としては、完結

2 潜在結果モデル

2.1 差を生み出す構造

- What if: もし短期留学不参加者が、全員留学に参加した仮想世界における、仮想的(長期)留学参加率は？
- 現実の格差: $E[Y | D = 1] - E[Y | D = 0]$

$$\begin{aligned}
 &= \underbrace{E[Y | D = 1] - \text{仮想的留学率}}_{\text{セレクション}} \\
 &\quad + \underbrace{\text{仮想的留学率} - E[Y | D = 0]}_{\text{短期留学の効果}}
 \end{aligned}$$

2.2 根本問題

- 期留学に参加した場合としなかった場合の結果は、同一個人について同時に観察できない
 - ▶ 個人の因果効果は観察できない
- 一般には、平均的な効果も推定できず、差を生み出す仕組みは確定しない
 - ▶ 識別できない、と呼ばれる状況

2.3 識別問題

$$\begin{aligned}
 &\underbrace{E[Y | D = 1] - E[Y | D = 0]}_{0.2} \\
 &= \underbrace{E[Y | D = 1] - \text{仮想的な留学率}}_{\text{セレクション:0.4}}
 \end{aligned}$$

$$\underbrace{+\text{仮想的な留学率} - E[Y \mid D = 0]}_{\text{短期留学の効果: } -0.2}$$

- 短期留学の効果は負だが、強力な Selection によって正の差がもたらされている

2.4 識別問題

$$\begin{aligned} & \underbrace{E[Y \mid D = 1] - E[Y \mid D = 0]}_{0.2} \\ &= \underbrace{E[Y \mid D = 1]}_{\text{セレクション: } 0.1} - \text{仮想的な留学率} \\ & \quad + \underbrace{\text{仮想的な留学率} - E[Y \mid D = 0]}_{\text{短期留学の効果: } 0.1} \end{aligned}$$

- 短期留学の効果は、Selection によって下駄をはかされている

3 ランダム化による識別

3.1 理想的な実験: Controlled Experiment

- 背景属性が全く同じ被験者を 2 名以上用意して、一部にのみ介入 $D = 1$ を行う
 - ▶ 例: 食塩を入れると、水の沸騰温度は上がるのか?
- 経済学においては実現不可能
 - ▶ “全く同じ”人間とは?

3.2 代替案: Randomized Controlled Trial

- 無限の被験者が存在し、被験者間相互作用がない環境において、各被験者の D をランダムに決める
 - ▶ データから観察可能/不可能な背景属性と”無関係”に D は決定
 - 背景属性の分布が D 間で完璧にバランス
 - ▶ Y の分布に差があれば、 D の違いによってもたらされたと解釈する”しかない”状況に持ち込める

3.3 実行可能な実験

- 有限の被験者に対して、 D をランダムに割り振る
 - ▶ 背景属性は”偶然”偏るが、その偏りは信頼区間で評価できる

3.4 例

$$\underbrace{E[Y \mid D = 1] - E[Y \mid D = 0]}_{0.2}$$

$$= \underbrace{E[Y | D = 1] - \text{仮想的な留学率}}_{RCT\text{なので}, 0} + \underbrace{\text{仮想的な留学率} - E[Y | D = 0]}_{\text{短期留学の効果}: 0.2}$$

3.5 Example: Resume Experiment

- 履歴書の名前は、採用確率に影響を与えるのか？
 - ▶ Race が”伝わる”ことの因果効果を推定
 - 労働市場における差別の影響へ含意

3.6 Example. Resume Experiment

- Bertrand and Mullainathan (2004)
- 求人”偽”履歴書を送り、返信があるかどうかを測定
 - ▶ D = 履歴書の内容: 特に Caucasian/African-American 系の名前かどうか
 - ▶ Y = Callback があるかどうか
 - ▶ X = 企業の属性、他の履歴書属性
- AER package にデータが収録

3.7 Example

```
estimatr::lm_robust(Y ~ D,
  Data)
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	CI Lower
(Intercept)	0.09650924	0.005985301	16.124375	5.044644e-57	0.08477535
D	-0.03203285	0.007784969	-4.114705	3.940803e-05	-0.04729491
	CI Upper	DF			
(Intercept)	0.1082431	4868			
D	-0.0167708	4868			

4 自然実験

4.1 自然実験

- 社会の中で自然に生じた実験的状況を活用
 - ▶ 完全にランダム化はしていないが、部分的にランダム化している

4.2 X のバランス

- 理想的な RCT をどうすれば、模倣できるのか？

- ▶ D 間で差異が生じない変数は X に含める
- ▶ 差異が生じる変数は含めない
 - 含めると RCT の模倣ができなくなる
 - Bad Controll

4.3 例

- 1 年次に短期留学に行くかどうか (D)
- $Y = 3$ 年次以降に長期留学に行くかどうか
- 観察できない $X =$ 入学時点での留学への関心
- $M = 2$ 年次に上級英会話コースを受講するかどうか?

4.4 例

- 自己選択: D を学生が選択する場合、 X の分布に差が生じる
 - ▶ $D = 1$ において、留学への関心が高い学生が多い
- RCT: D をランダムに決める場合、母集団において、 X の分布に差はない
 - ▶ M の分布には差が出る可能性

4.5 例

- RCT において、 M をバランスされると、 X がバランスしなくなる!!!
- $M =$ 上級英会話コースの受講者にデータを限定すると、
 - ▶ $D = 1$: 短期留学に行き、上級英会話受講者 VS
 - ▶ $D = 0$: 留学につてないにも関わらず、上級英会話受講者
 - X 留学への関心がより高い学生が多い可能性大

4.6 自然実験の限界

- データから観察できない要因がバランスしていない可能性がある
- $Y \sim D + X + U$ を推定したいのに、 $Y \sim D + X$ しか推定できない
 - ▶ 解決策: 操作変数法、差の差の推定、Sensitivity 分析、RDD...

4.7 まとめ

- RCT: 観察できない背景属性も含めて、 D 間で背景属性をバランスするツール
- 自然実験: 勝手に生じた実験
 - 統計処理によって、RCT の結果の模倣を目指す

4.8 Reference

Bibliography

Bertrand, M. and Mullainathan, S. (2004) “Are Emily and Greg more employable than Lakisha and Jamal? A field experiment on labor market discrimination,” *American economic review*, 94(4), pp. 991–1013.