



高知工科大学 経済・マネジメント学群

計量経済学応用

2. セレクションバイアス

やない ゆう き
矢内 勇生

 <https://yukiyanai.github.io>

 yanai.yuki@kochi-tech.ac.jp



このトピックの目標

- セレクションバイアス (selection bias) を理解する
 - ▶ セレクションバイアスが生じるメカニズムを理解する
 - ▶ セレクションバイアスがあると困る理由を理解する
 - ▶ セレクションバイアスのフォーマルな定義を理解する

観察データによる 因果推論

単純比較の失敗

例：病院は健康にいいか？

- 確認したい因果関係：「病院に行く」→「健康になる」
 - ▶ 原因：病院に行くこと
 - ▶ 結果：健康状態
- データを使って確認したい
 - ▶ とりあえず、単純に考える
 - 「病院に行った人」と「病院に行かなかった人」の健康状態を比較しよう！

データを使った単純な比較

「病院に行ったこと(通院)」と「健康状態」の関係

病院に行った？	サンプルサイズ (人数)	健康状態 (1が最悪, 5が最高)	標準誤差
行った	7,774	3.21	0.014
行かなかった	90,049	3.93	0.003

(出典：Angrist and Pischke 2009: p.13)

データからわかる事実： 病院に行かなかった人のほうが健康

病院に行くと、健康を害する？？？

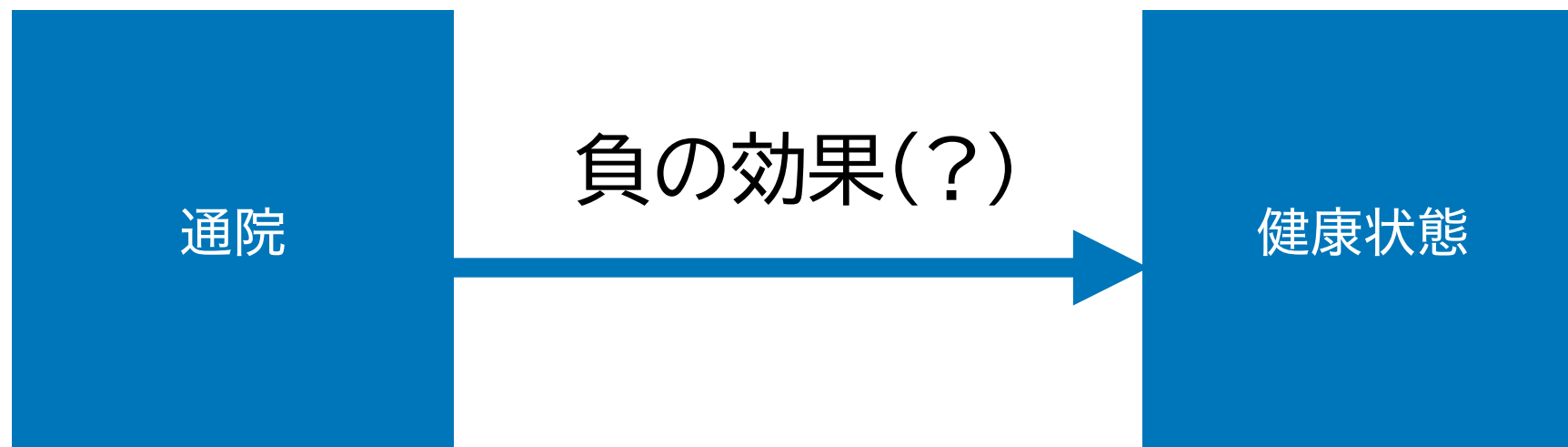
- データによって明らかになったこと：病院に行かなかった人のほうが健康
 - 疑問：これは因果関係なのか？
 - ▶ 「病院に行くと、健康状態は悪化する」と言えるのか？
 - 病院が健康に悪い理由を考えてみる：病院に行くと、
 - ▶ 他の人から病気をうつされる
 - ▶ 病院特有の危険にさらされる(例：X線で被曝する, 副作用のある薬を投与される)
 - ▶ 医療ミスの被害者になる
 - ▶ 医療費のせいで食費が減り、栄養失調になる
- etc.

誰が病院に行くか

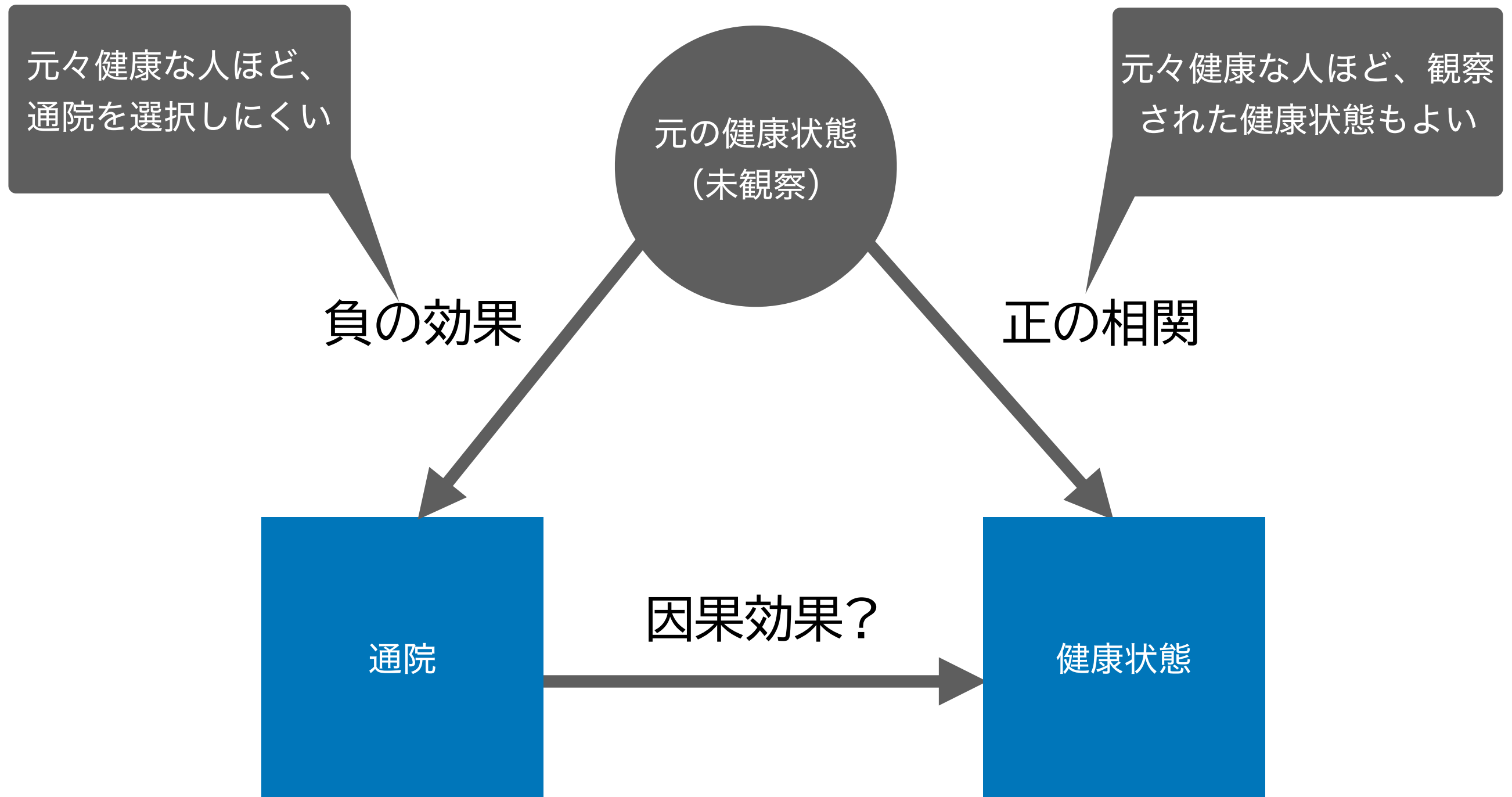
- 誰(どんな人)が病院に行くかを考えなくていいのか？
 - ▶ 健康な人:そもそも(あまり)病院に行かない！
 - ▶ 病院に行くのは、比較的健康状態が悪い人では？
- 原因である「病院に行くこと」は
 - ▶ 個人が選べる: セルフセレクション
 - 元の健康状態が悪い人ほど、「病院に行く」を選ぶ
 - 元の健康状態が良い人ほど、「病院に行かない」を選ぶ

セルフセレクション(自己選択)

単純な比較



セルフセレクション(自己選択)



単純比較の差は因果効果とは限らない！

- 調査・観察データを単純比較しても、因果効果はわからない
 - ▶ 「病院に行った人のほうが不健康である」という事実は、「病院に行くと、不健康になる」という因果関係を意味しない
 - ▶ 理由：**セレクションバイアス**があるから！
 - － セルフセレクション(自己選択)は、サンプルセレクションの一種
(末石 2015 [予習課題] を参照)

セレクションバイアス (selection bias)

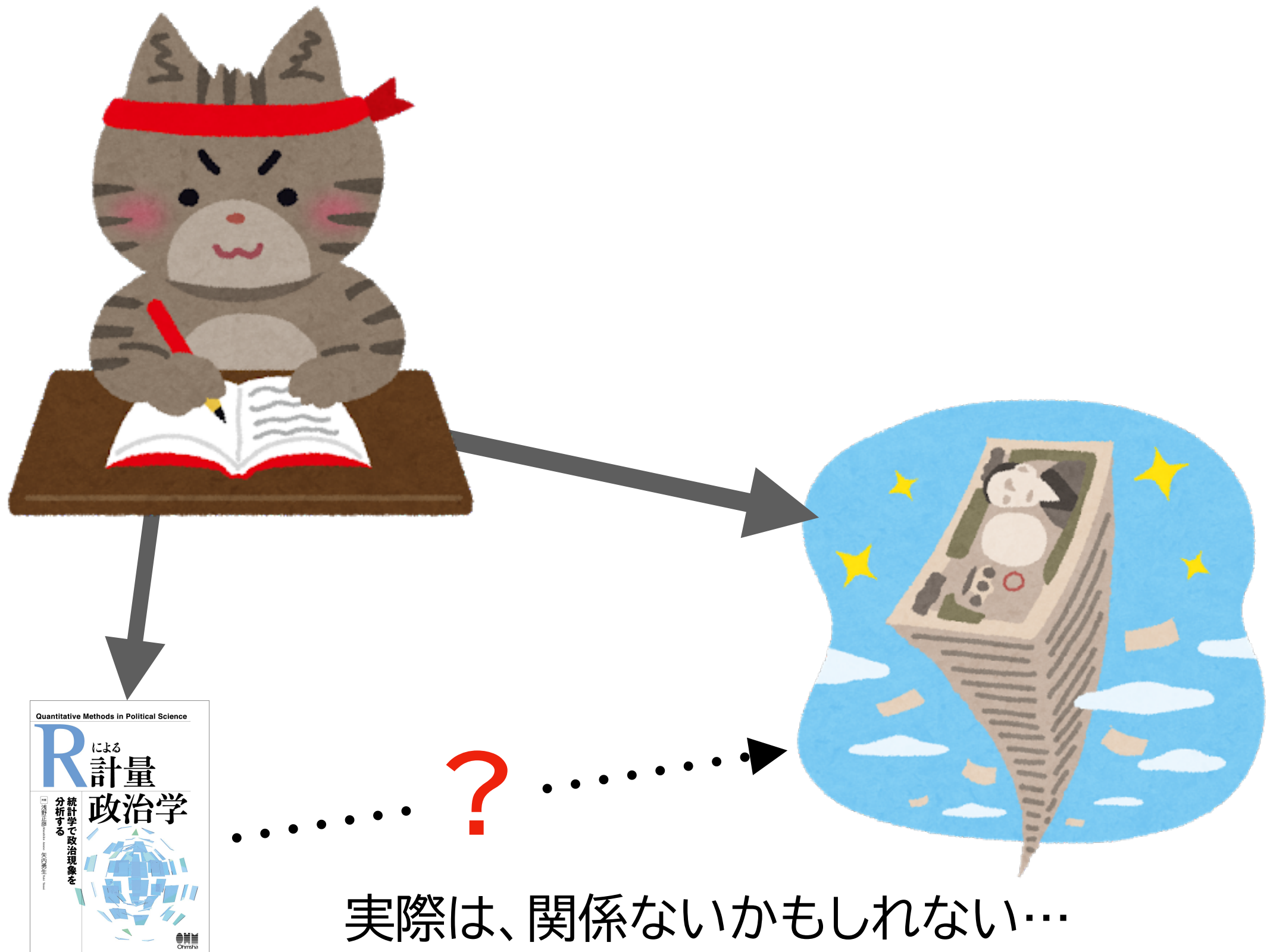
- 因果推論の敵
- 簡単に言うと、原因として考えている変数(処置変数)と結果変数の関係が、想定している因果関係以外に存在する状況
 - フォーマルな定義はもう少し後で
- ▶ 例：不健康な人ほど、病院に行きやすい

自己選択 (self selection) の例

『Rによる計量政治学』を読むと、所得が増える! (私の願望)



自己選択 (self selection) の例



自己選択以外のセレクションバイアス

- サンプルセレクション

- ▶ 単純な例

- 知りたいこと:日本の大学3年生の統計学の知識
 - 母集団:日本の大学3年生全員
 - サンプル:KUTで「計量経済学応用」を受講している3年生

- ▶ 教科書第1章の例

- 処置:ある商品の販促メールを受け取るかどうか
 - 結果:商品を買うかどうか
 - 実施した販促:商品を買ってくれそうな人を選んでメールを送る

例：公衆トイレの利用調査

[講義では写真資料を提示]

例：公衆トイレの利用調査

[講義では写真資料を提示]

潜在的結果アプローチ

Rubin Causal Model

記号の準備

- 個人: $i = 1, 2, \dots, N$
- 処置 (treatment): $D_i \in \{0, 1\}$
 - ▶ 処置を受けた(病院に行った): $D_i = 1$
 - ▶ 処置を受けなかった(病院に行かなかった): $D_i = 0$
- 結果 (outcome): $Y_i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$
- 潜在的結果 (potential outcomes) $Y_i(D_i) = \begin{cases} Y_i(1) & \text{if } D_i = 1 \\ Y_i(0) & \text{if } D_i = 0 \end{cases}$

教科書との記号の違い

	教科書 (安井 2020)	授業 (スライド, 補助教材)
処置	Z	D
潜在的結果	$Y^{(0)}, Y^{(1)}$	$Y(0), Y(1)$

教科書に合わせられず、申し訳ないです。

潜在的結果

- 1つひとつの行動に、1つの潜在的結果
- 病院と健康状態の例では：
 - ▶ 可能な行動：「病院に行く」 or 「病院に行かない」
 - ▶ 潜在的結果
 - 病院に行った場合の健康状態
 - 病院に行かなかった場合の健康状態

処置と潜在的結果

- $Y_i(D_i)$: 処置が D_i の場合の潜在的結果

- ▶ $Y_i = Y_i(1)$ if $D_i = 1$

- ▶ $Y_i = Y_i(0)$ if $D_i = 0$

$$\begin{aligned} Y_i &= D_i Y_i(1) + (1 - D_i) Y_i(0) \\ &= Y_i(0) + [Y_i(1) - Y_i(0)] D_i \end{aligned}$$

因果効果の定義(Rubinの因果モデル)

- 個体 i に関する因果効果(個体処置効果; individual treatment effect: ITE): δ_i

$$\delta_i \equiv Y_i(1) - Y_i(0)$$

因果効果は、潜在的結果の差

- ▶ 同一個体の同一時点での潜在的結果の差によって定義される

$$Y_i = Y_i(0) + [Y_i(1) - Y_i(0)]D_i$$

$$= Y_i(0) + \delta_i D_i$$

結果の
ベースライン

因果効果

処置の有無

通院と健康状態の例

- $Y_i(1) = Y_i(0) \Leftrightarrow \delta_i = 0$: 因果効果なし
- $Y_i(1) \neq Y_i(0) \Leftrightarrow \delta_i \neq 0$: 因果効果あり
 - ▶ $\delta_i > 0$: 通院が健康状態を改善する
 - ▶ $\delta_i < 0$: 通院が健康状態を悪化させる
 - 効果 (δ_i の値) は、潜在的結果のうちどちらを観察するか (観察される処置 D_i の値) によって変わらないはず

疑問

- ある個体(個人) i について

$$Y_i(1) \text{ と } Y_i(0)$$

を同時に観察できる？

できない！！！！

因果推論の根本問題

(Holland 1986)

因果推論の根本問題

表1：処置前

処置	潜在的結果	
	$Y_i(1)$	$Y_i(0)$
?	Y_i として観察される可能性	Y_i として観察される可能性

表2：処置後

処置	潜在的結果	
	$Y_i(1)$	$Y_i(0)$
あり $D_i = 1$	Y_i として観察される	観察不能
なし $D_i = 0$	観察不能	Y_i として観察される

個体の因果効果は観察不可能！

複数の個体(集団)を考える

観察対象	潜在的結果		個体レベルの
	$Y(1)$	$Y(0)$	因果効果 δ
1	$Y_1(1)$	$Y_1(0)$	$Y_1(1) - Y_1(0)$
2	$Y_2(1)$	$Y_2(0)$	$Y_2(1) - Y_2(0)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
i	$Y_i(1)$	$Y_i(0)$	$Y_i(1) - Y_i(0)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
N	$Y_N(1)$	$Y_N(0)$	$Y_N(1) - Y_N(0)$

- 個体レベルの因果効果 (ITE) は観察不能
- では、何なら観察できる？

集団の平均を考える

- **平均処置効果** (平均因果効果; average treatment effect; **ATE**)

$$\text{ATE} = \mathbb{E}[Y(1) - Y(0)] = \mathbb{E}[Y(1)] - \mathbb{E}[Y(0)]$$

- ▶ $\mathbb{E}[Y(1)]$: すべての個体が処置1を受けたときの結果の期待値
- ▶ $\mathbb{E}[Y(0)]$: すべての個体が処置0を受けたときの結果の期待値

処置群と統制群

- 処置の値が2種類(0か1)しかないとき
 - ▶ 処置1を受ける: 処置を受ける
 - 処置を受けた個体のグループ: 処置群、実験群
 - ▶ 処置0を受ける: 処置を受けない
 - 処置を受けなかった個体のグループ: 統制群、比較群

平均因果効果 (ATE) は観察できる？

$$ATE = \mathbb{E}[Y(1) - Y(0)] = \mathbb{E}[Y(1)] - \mathbb{E}[Y(0)]$$

- 全個体が処置1を受けたとき： $\mathbb{E}[Y(1)]$ は観察(推定)可能
- 全個体が処置0を受けたとき： $\mathbb{E}[Y(0)]$ は観察(推定)可能
- 処置1を受けた個体と処置0を受けた個体がいるとき：どちらの期待値も観察できない

★ATE は観察できない！

観察したいものと観察できるもの

- 観察したいもの:以下の2つを「同時に」観察したい
 - ▶ $E[Y(1)]$: 全個体が処置1を受けたときの結果の期待値
 - ▶ $E[Y(0)]$: 全個体が処置0を受けたときの結果の期待値
- 観察できるもの
 - ▶ $E[Y(1) \mid D = 1]$: 実際に処置1を受けた個体が処置1を受けたときの結果の平均値
 - ▶ $E[Y(0) \mid D = 0]$: 実際に処置0を受けた個体が処置0を受けたときの結果の平均値

何が計算できるか

- 観察された平均値の比較

* ATT (average treatment effect for the treated): 処置群における平均処置効果

$$\begin{aligned} & \mathbb{E}[Y(1) \mid D = 1] - \mathbb{E}[Y(0) \mid D = 0] \\ &= \mathbb{E}[Y(1) \mid D = 1] - \mathbb{E}[Y(0) \mid D = 0] \\ &+ (\mathbb{E}[Y(0) \mid D = 1] - \mathbb{E}[Y(0) \mid D = 1]) \quad \leftarrow 0 \\ &= \mathbb{E}[Y(1) \mid D = 1] - \mathbb{E}[Y(0) \mid D = 1] \quad \leftarrow \text{ATT} \\ &+ \mathbb{E}[Y(0) \mid D = 1] - \mathbb{E}[Y(0) \mid D = 0] \quad \leftarrow \text{セレクションバイアス} \end{aligned}$$

セレクションバイアス

- Selection bias: $\mathbb{E}[Y(0) \mid D = 1] - \mathbb{E}[Y(0) \mid D = 0]$
 - ▶ $\mathbb{E}[Y(0) \mid D = 1]$: 処置を受けた群の個体が、処置を受けなかったときの潜在的結果の期待値
 - ▶ $\mathbb{E}[Y(0) \mid D = 0]$: 処置を受けなかった群の個体が、処置を受けなかったときの潜在的結果の期待値
- $\mathbb{E}[Y(0) \mid D = 1] = \mathbb{E}[Y(0) \mid D = 0]$ ならセレクションバイアスはない → その場合、ATT が推定できる (ATE ではないので注意)
- バイアスがある: 処置の値と潜在的結果の値に相関がある
 - ▶ 処置を受けた群と受けていない群で、結果のベースラインに違いがある
 - 例: 病院に行った ($D_i = 1$) 人たちのほうが、潜在的な健康状態が悪い ($Y_i(0)$ の値が小さい)

まとめ

- 多くの場合、調査・観察データの単純比較では、因果効果は不明
 - ▶ 理由: セレクションバイアスがあるから
- セレクションバイアスの定義: $\mathbb{E}[Y(0) \mid D = 1] - \mathbb{E}[Y(0) \mid D = 0]$
- セレクションバイアスが起こるメカニズムの例
 - ▶ サンプルセレクション: 偏ったサンプリング、偏った処置
 - ◆ セルフセレクション(自己選択)
- 因果推論の課題: セレクションバイアスにどう対処する？

次回予告

Topic 3. RCT