

計量経済学応用

2. 因果推論

矢内 勇生

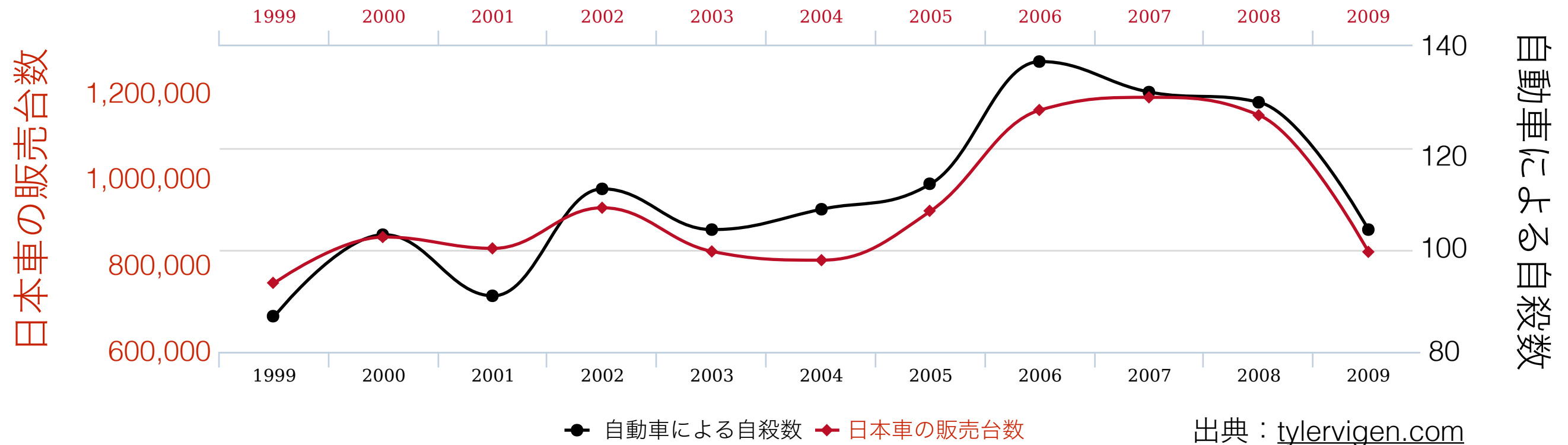
2019年4月15日

高知工科大学 経済・マネジメント学群

今日の目標

- 計量経済学の目的を理解する！
 - 因果推論とは何か？
 - 因果推論の何が難しいのか？
 - なぜ計量経済学の方法を習得する必要があるのか？
- ▶ 2018年度「計量経済学」の第3回と第4回を復習

アメリカ合衆国での日本車の販売数と 自動車による自殺数



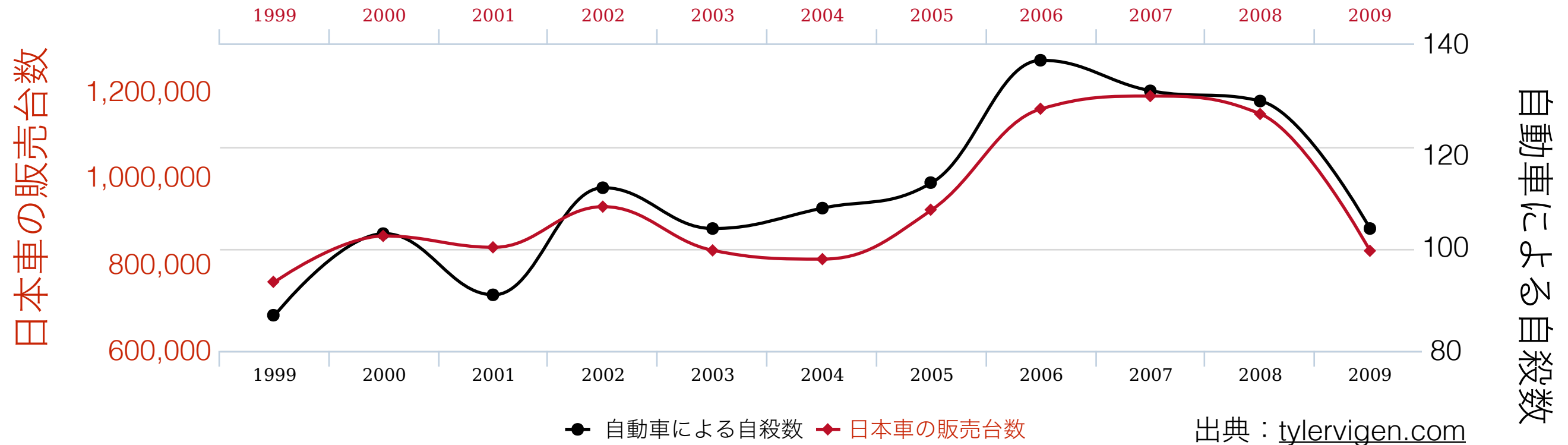
強い相関: $r = 0.94$

日本車の販売数と自動車による自殺者数は
同時に増える (減る)

相関関係

- 相関関係 (correlation) :
 - 2つの物事（変数）AとBの間の直線的な関係
 - Aの変化に合わせてBも変化する
 - 統計量：相関係数 r ($-1 \leq r \leq 1$)
 - Aが増える（減る）とき、Bも増える（減る）：正の相関 ($r > 0$)
 - Aが増える（減る）とき、Bが減る（増える）：負の相関 ($r < 0$)
 - r の絶対値が1に近いほど関係が強い

アメリカ合衆国での日本車の販売数と 自動車による自殺数



強い相関: $r = 0.94$

日本車の販売数と自動車による自殺者数は同時に増える（減る）

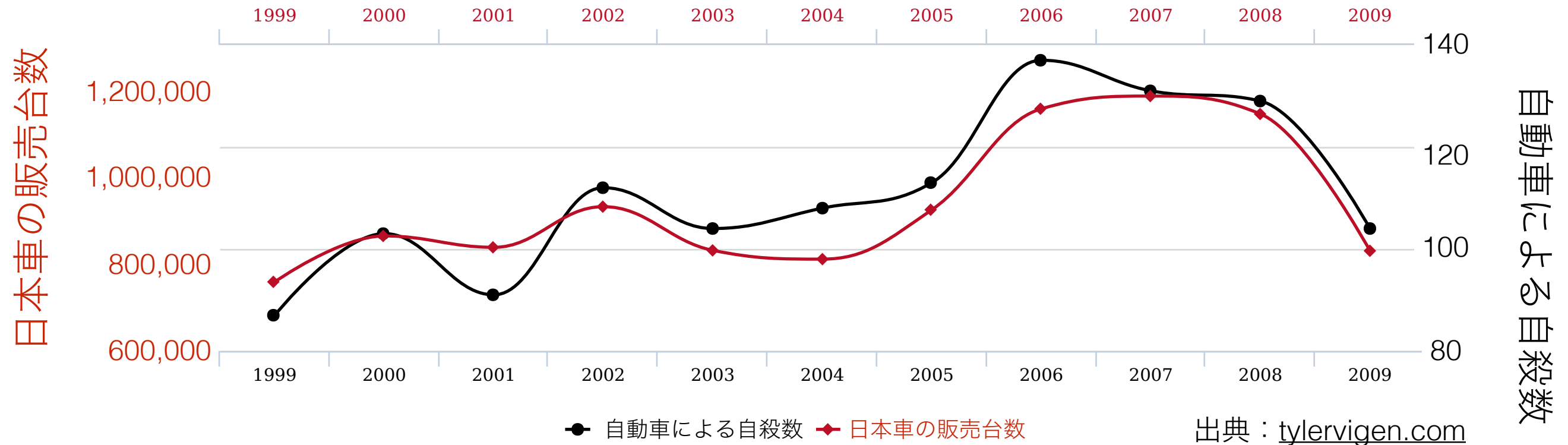
自殺者を減らすために日本車を減らすべきか？

これは因果関係なのか？？？

エビデンスとは何か

- エビデンス：evidence, 証拠
 - 一般常識？
 - 観察された事実（データ）？
- 経済学（あるいは科学一般）におけるエビデンス
 - 科学的分析により明らかにされた因果関係

アメリカ合衆国での日本車の販売数と 自動車による自殺数





強い相関: $r = 0.94$

日本車の販売数と自動車による自殺者数は同時に増える（減る）

自殺者を減らすために日本車を減らすべきか？

これは因果関係なのか？？？

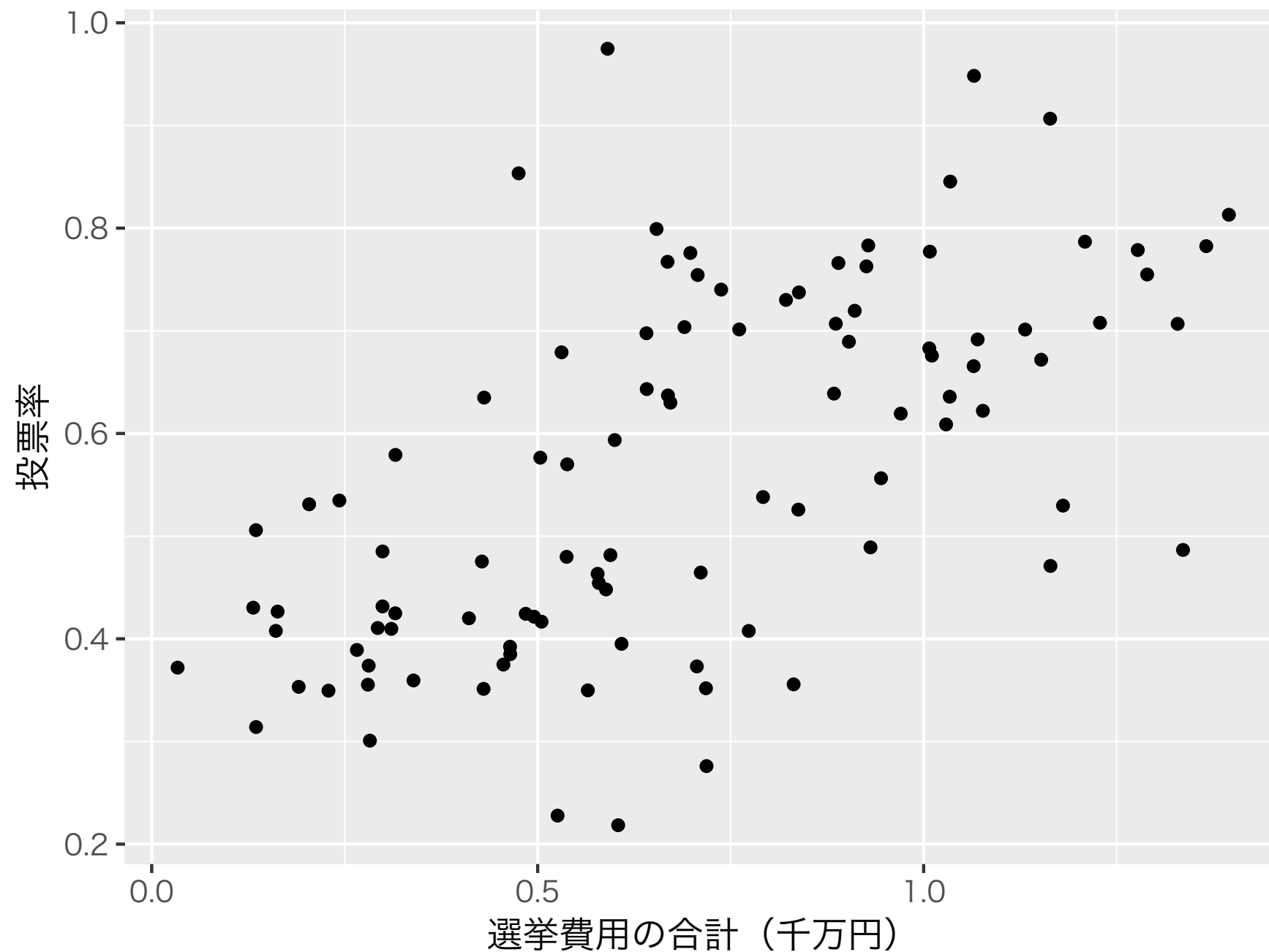
実施すべき政策は何か

- 政策目標：自殺者数を減らしたい
- 因果関係：日本車の販売数が増えると、自殺者が増える
- 実施すべき政策：日本車の販売数を規制する

事実（データ、数字）：

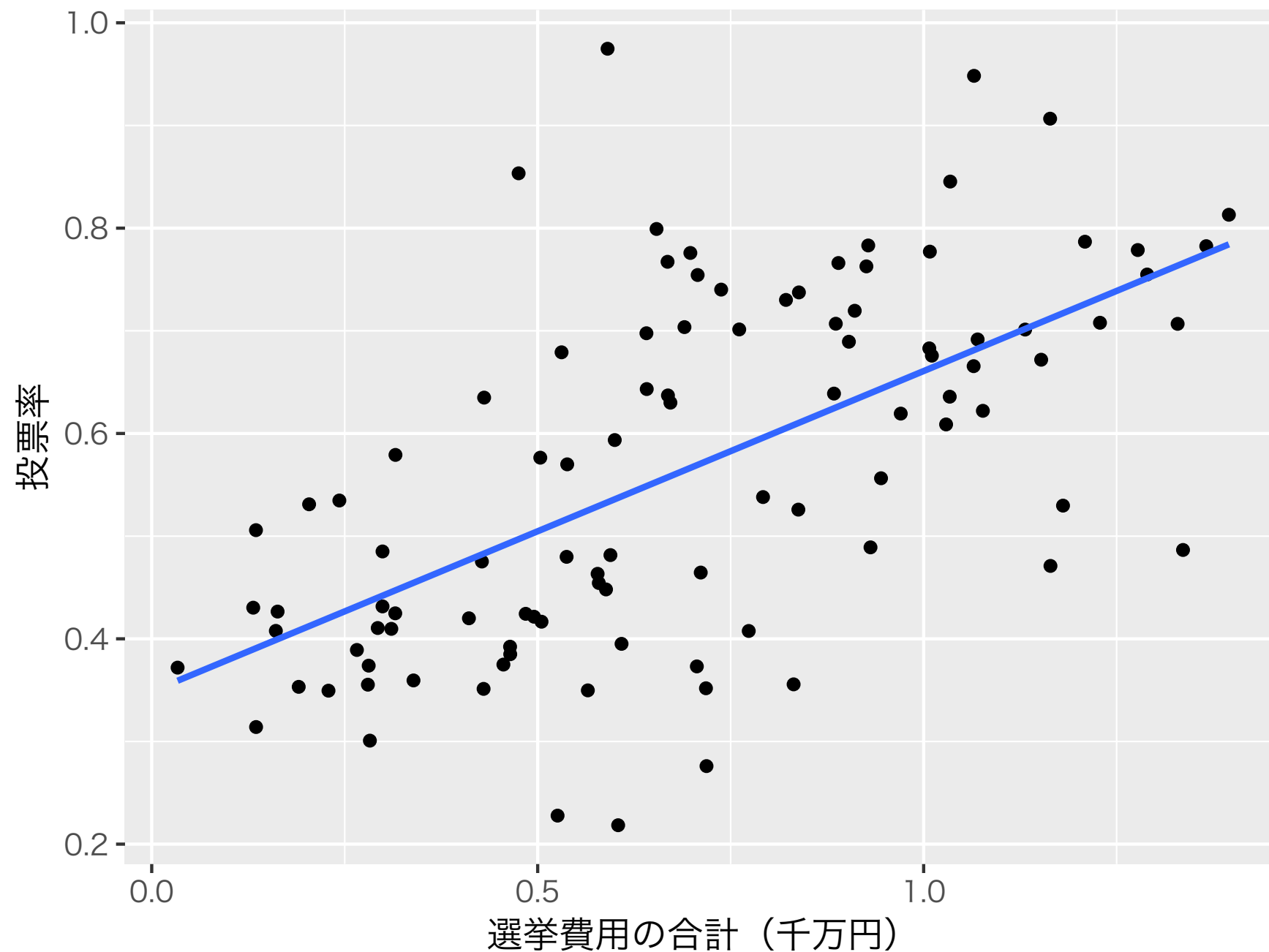
因果関係がわからなければ、証拠として使えない

各選挙区での選挙費用の合計金額と投票率の関係 (架空のデータ)



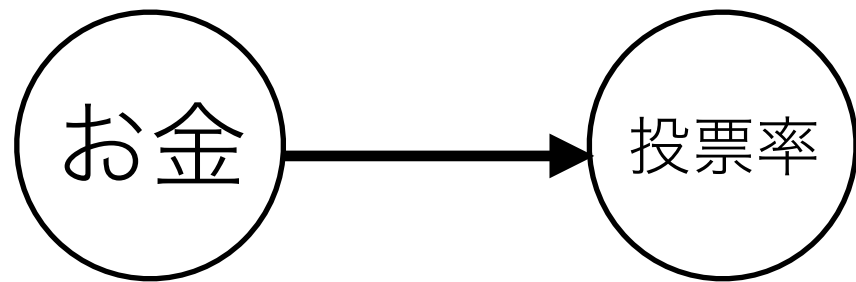
相関係数 $r = 0.67$

正の相関関係

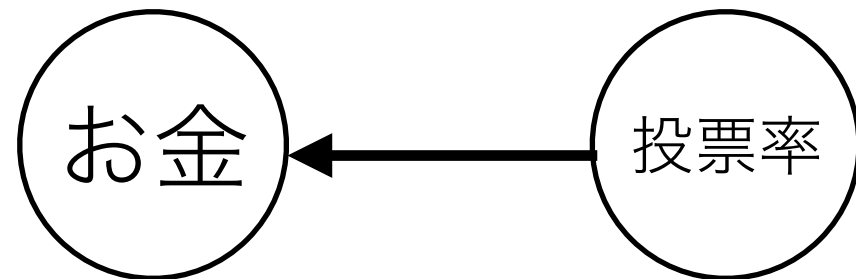


投票率を上げる（下げる）ために、投入
する資金を増やす（減らす）べき？

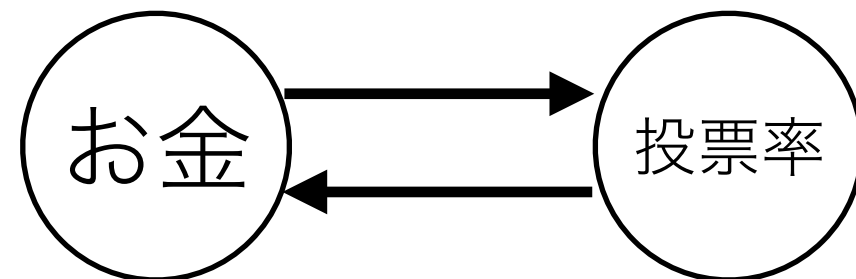
相関関係 ≠ 因果関係



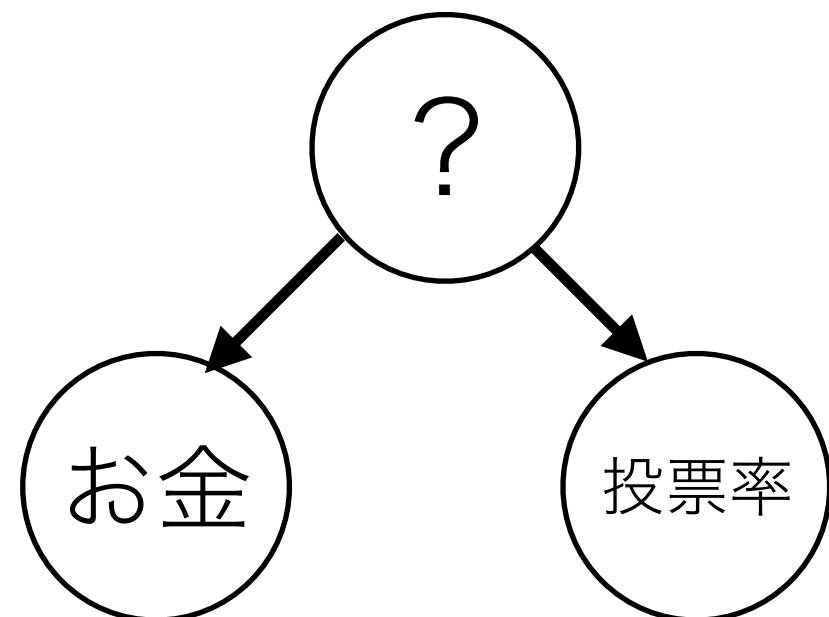
因果関係：出費を増やすと投票率が上がる



因果関係：投票率が上がると費用が増える



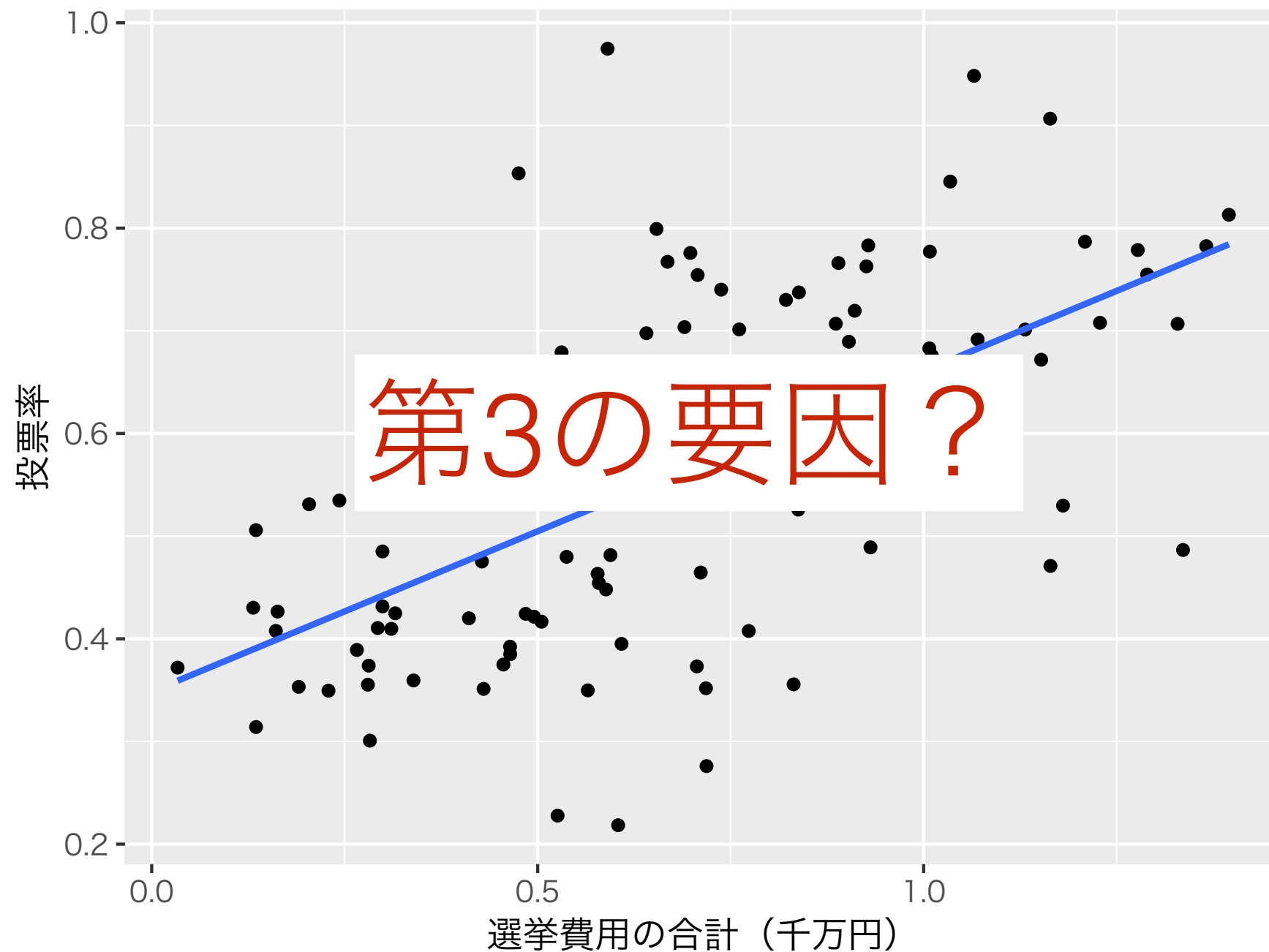
互惠効果：費用と投票率が相互に影響する



両者に影響する第3の要因の存在：
お金と投票率は無関係

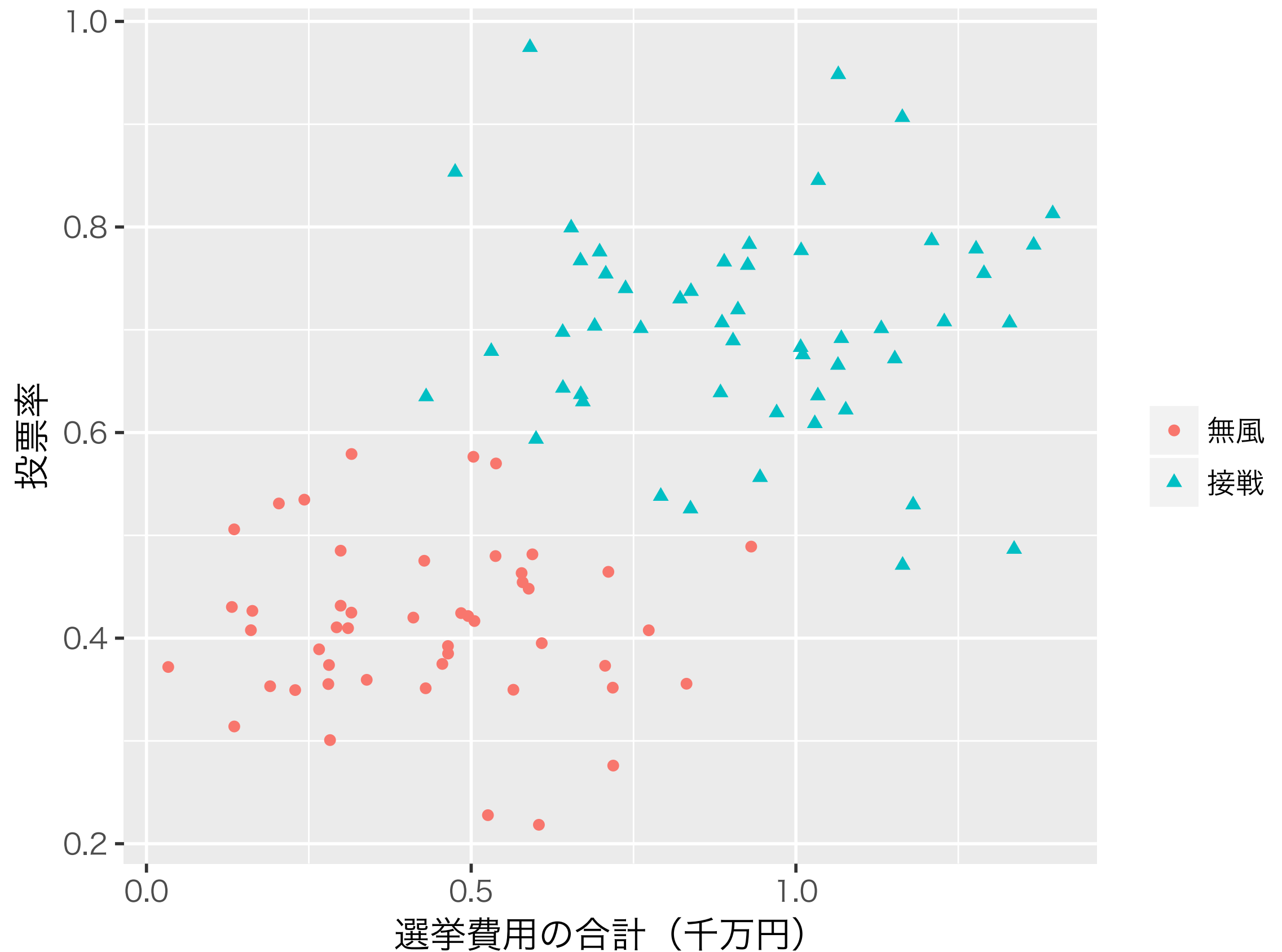
見せかけの相関

正の相関関係

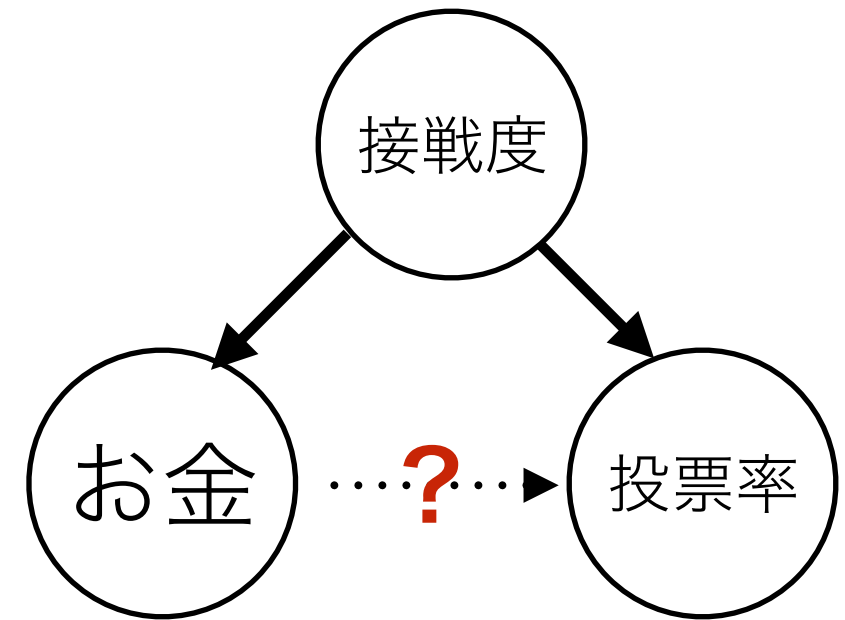


投票率を上げる（下げる）ために、投入
する資金を増やす（減らす）べき？

第3の要因：選挙の接戦度（接戦か無風か）

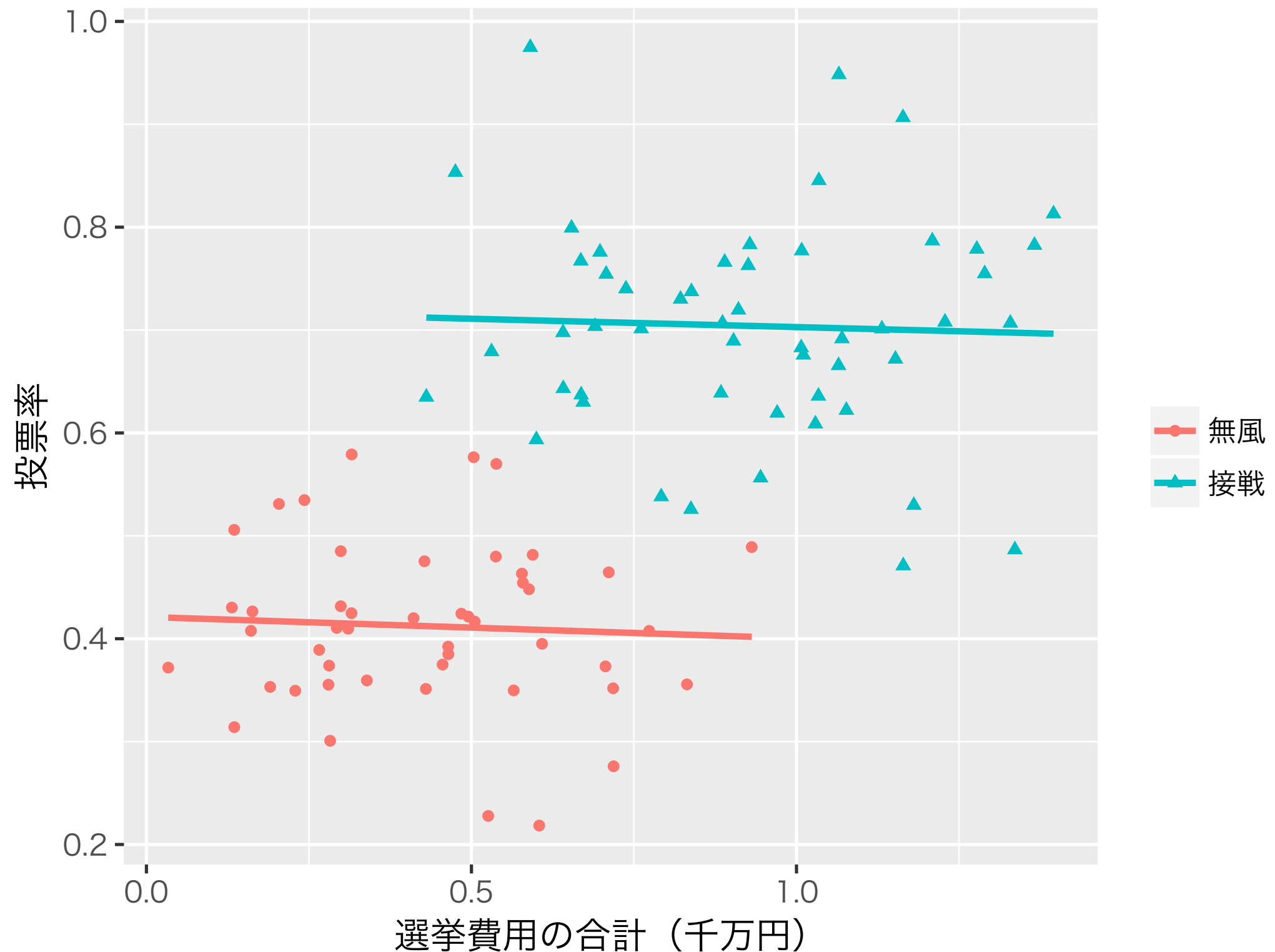


見せかけの相関



- 無風選挙に比べ、接戦の選挙では選挙運動により多くの費用が使われる
- 無風選挙に比べ、接戦の選挙では投票率が高い
- 接戦：選挙にたくさんの費用が使われ、投票率が高い
- 無風：選挙にあまり費用が使われず、投票率が低い

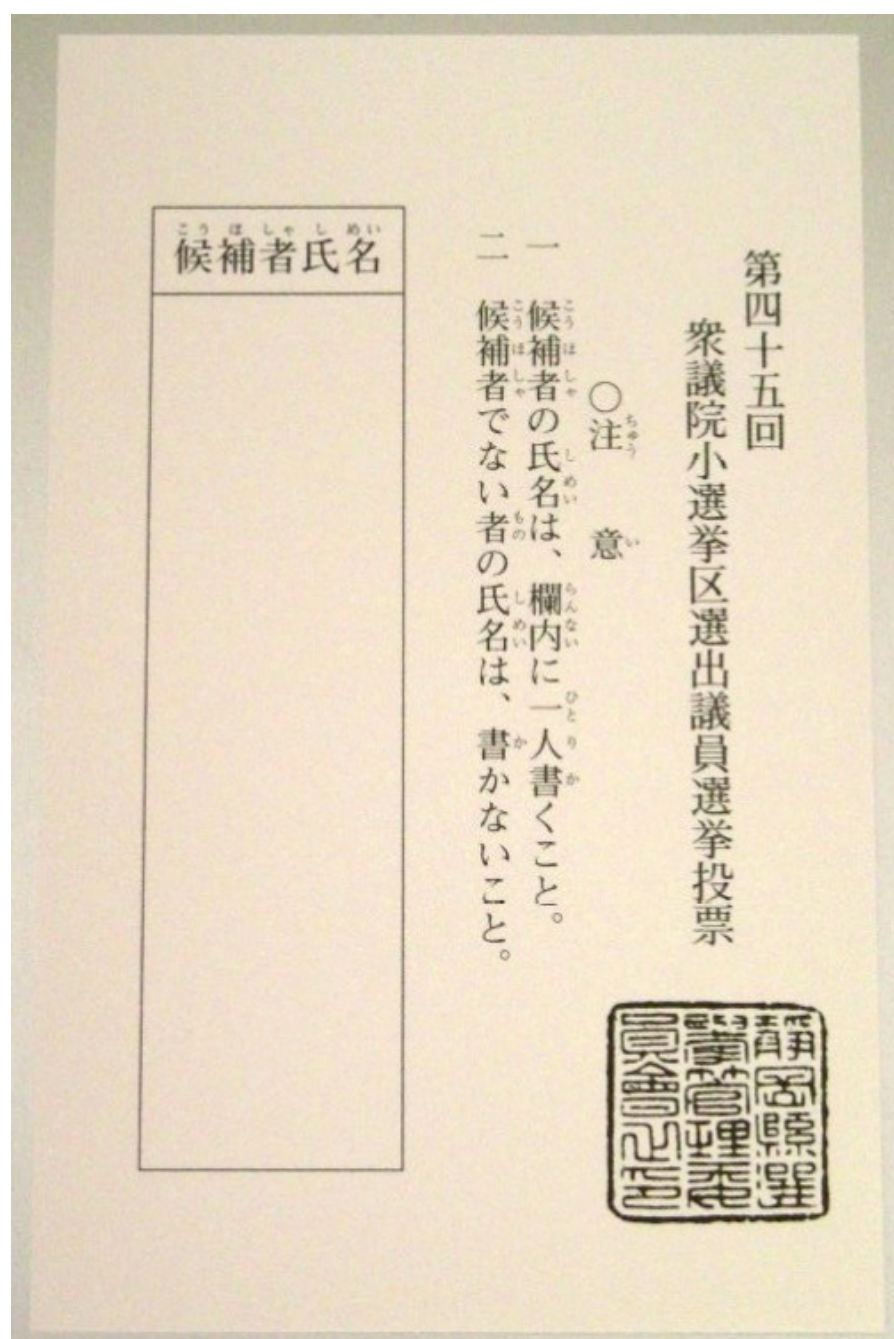
選挙費用と投票率に直接的な関係はない！









(この例では架空のデータを自分で作ったので、関係ないことがわかっている)

エビデンスが欲しい！

- 例：投票用紙の変更が選挙結果に与える影響を知りたい
 - 現状：候補者名を記入する
 - 変更案：印刷された候補者名のうち1つを選んでチェックする（丸をつける）
- 疑問：投票用紙の違いが現職候補の得票率に影響を与えるか？



日本の衆院選挙の投票用紙

Election of the Member of Parliament for the <i>[insert name of constituency]</i> constituency		
Vote for only one candidate by putting a cross  in the box next to your choice		
BASWRA, Paresh 2 The Cottages, Anytown XY8 9JG Liberal Democrat		<input type="checkbox"/>
CRANLEY, Alana 4 The Walk, Anytown XY9 5JJ Green Party		<input type="checkbox"/>
EDGBASTON, Richard (address in the Birmingham Northfield Constituency) The Common Good Party		<input type="checkbox"/>
GUNNIL-WALKER, Roger 33 The Lane, Anytown XY6 3GD The Labour Party Candidate		<input type="checkbox"/>
SMITH, Catherine Angelina 21 The Grove, Anytown XY2 5JP Independent		<input type="checkbox"/>
SMITH, Keith James 3 The Road, Anytown XY3 4JN The Conservative Party Candidate		<input type="checkbox"/>
ZANUCK, George Henry 17 The Parade Anytown XY9 5KP The United Kingdom Independence Party Candidate		<input type="checkbox"/>

英国の下院選挙の投票用紙

分析例1：異なる選挙区の比較

	投票用紙	現職候補の得票率
選挙区A	記入式	70%
選挙区B	選択式	60%

- ・ 分析：選択式の投票用紙では、現職の得票率が10ポイント下がった
- ・ 結論：公平な選挙を実施する（現職を過度に有利にしない）ために、投票用紙の変更は有効である
- ・ 皆さんへの質問：この分析、結論が誤っている可能性は？

分析例2：異なる選挙区の比較（2）

	投票用紙	現職候補の平均得票率
100の選挙区	記入式	70%
100の選挙区	選択式	60%

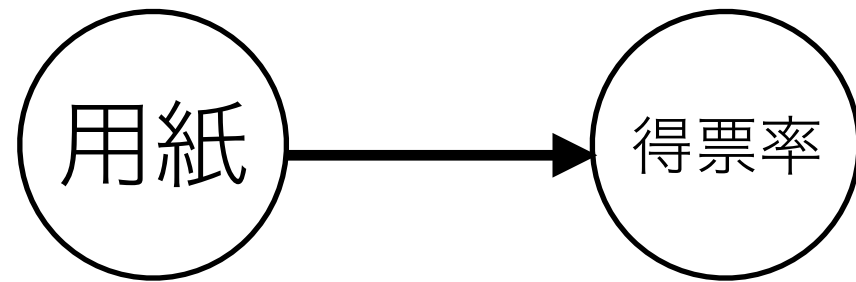
- ・ 分析：選択式の投票用紙では、現職の得票率が10ポイント下がった
- ・ 結論：公平な選挙を実施する（現職を過度に有利にしない）ために、投票用紙の変更は有効である
- ・ 皆さんへの質問：この分析、結論が誤っている可能性は？

分析例3：同一選挙区の前後比較

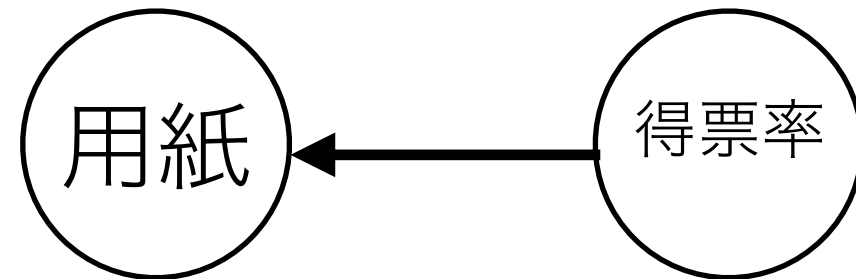
	変更前	変更後	差
投票用紙	記入式	選択式	名前を書くか、 選ぶか
現職得票率	72%	65%	7ポイント減

- ・ 分析：選択式の投票用紙では、現職の得票率が7ポイント下がった
- ・ 結論：公平な選挙を実施する（現職を過度に有利にしない）ために、投票用紙の変更は有効である
- ・ 皆さんへの質問：この分析、結論が誤っている可能性は？

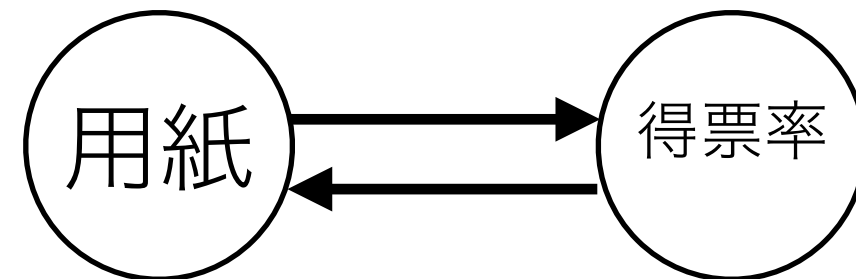
相関関係 \neq 因果関係



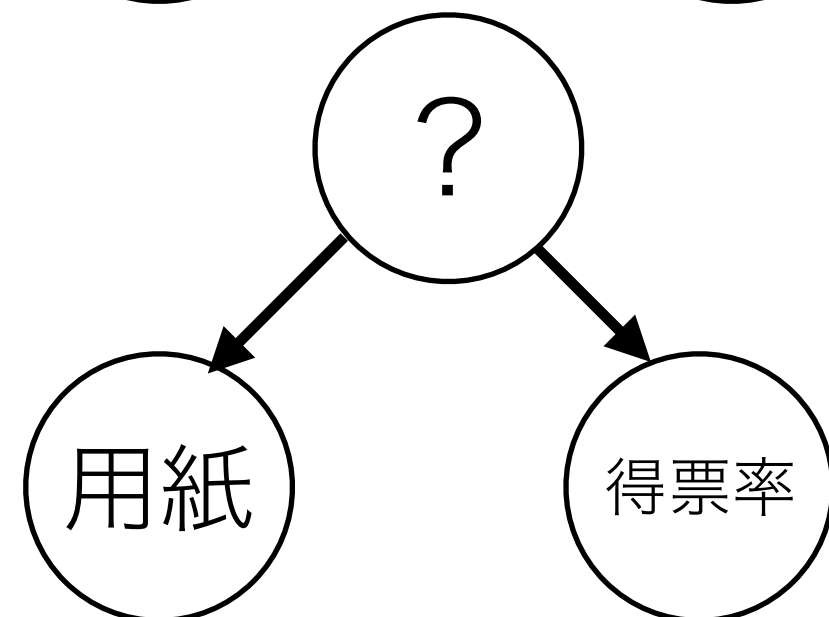
想定した因果関係



逆の因果関係

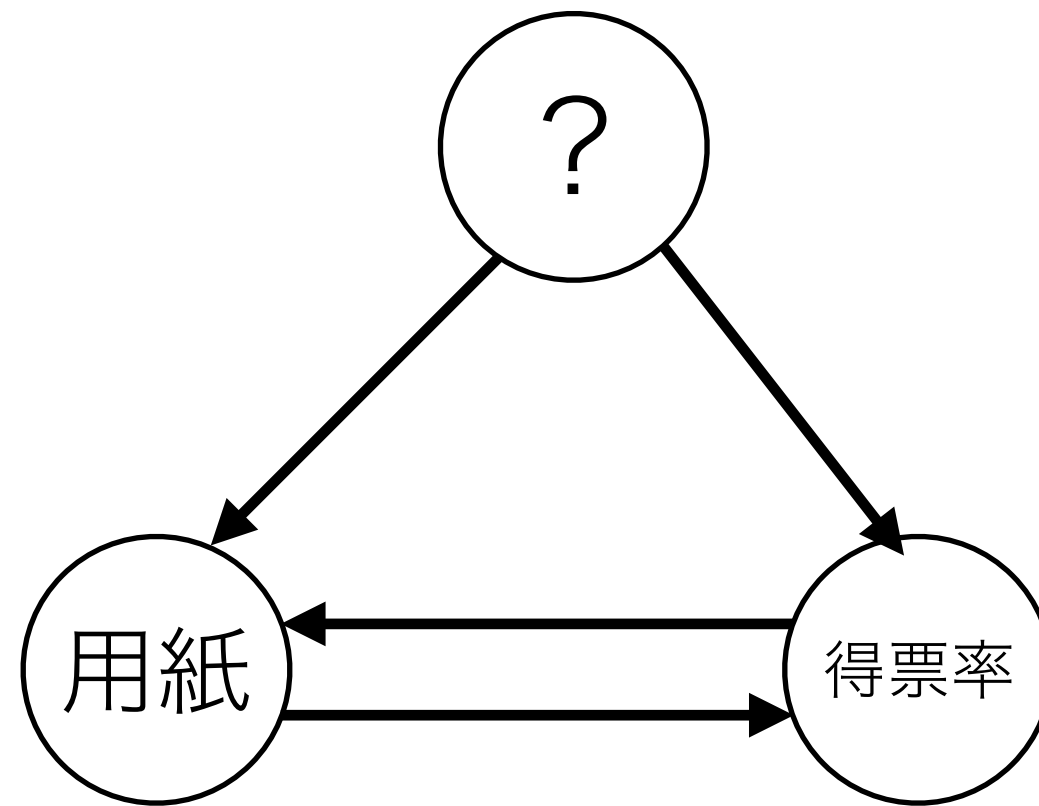


互恵効果



両者に影響する第3の要因の存在：
見せかけの相関

因果関係



因果関係以外の可能性を排除したい！

どうすればいい？

単純な例で考える

- 例：アスピリンと頭痛の関係
- 個人的理論：「アスピリンを飲んだおかげで頭痛が消えた」
 - 私のとった行動：アスピリンを飲む（vs. アスピリンを飲まない）
 - 結果：頭痛が消えた（vs. 頭痛が消えなかった）
- 因果推論：「アスピリンが頭痛を消した」

起こらなかった潜在的結果：反実仮想

- ・ 事実に反することを想像する
 - 私がとった行動：アスピリンを飲む
 - もし違った行動をとっていたら何が起きた？
 - 上述の因果推論が正しければ：
 - ▶ 「アスピリンを飲まなければ、頭痛が残る」
 - 本当にそうか？

因果関係と潜在的結果

- 潜在的結果は、それぞれの行動に1つずつ考えられる
 - 2つの行動：アスピリンを（1）飲む or （2）飲まない
 - 2つの潜在的結果
 - (i) アスピリンを飲んだ後に頭痛があるかないか
 - (ii) アスピリンを飲まなかった後に頭痛があるかないか
- ★ 因果関係がある：潜在的結果 (i) と (ii) に差がある

因果推論の根本問題

- 因果推論：2つの潜在的結果を比べればよい
 - 問題：それぞれの観察対象について、**潜在的結果は（最大で）1つしか観察できない**
- ★ **因果推論の根本問題** (Holland 1986)

前後比較（1）

- ・ アスピリンを飲む前：頭痛あり
- ・ アスピリンを飲んだ後：頭痛なし
- ・ 結論：アスピリンが頭痛を消した
- ・ 皆さんへの質問：この分析の問題は何か？

前後比較 (2)

- ・ アスピリンを飲まない前：頭痛あり
- ・ アスピリンを飲まない後：頭痛あり
- ・ 結論：アスピリンを飲まなかったので頭痛が残った
- ・ 推論：アスピリンを飲めば頭痛が消えた（？）
- ・ 皆さんへの質問：この分析の問題は何か？

個体間比較

頭痛を発症した人	アスピリン	2時間後の頭痛
Aさん	飲んだ	なし
Yさん	飲まなかった	あり

- ・ アスピリンが頭痛を消した？
- ・ 皆さんへの質問：この分析の問題は何か？

根本問題をどう解決するか

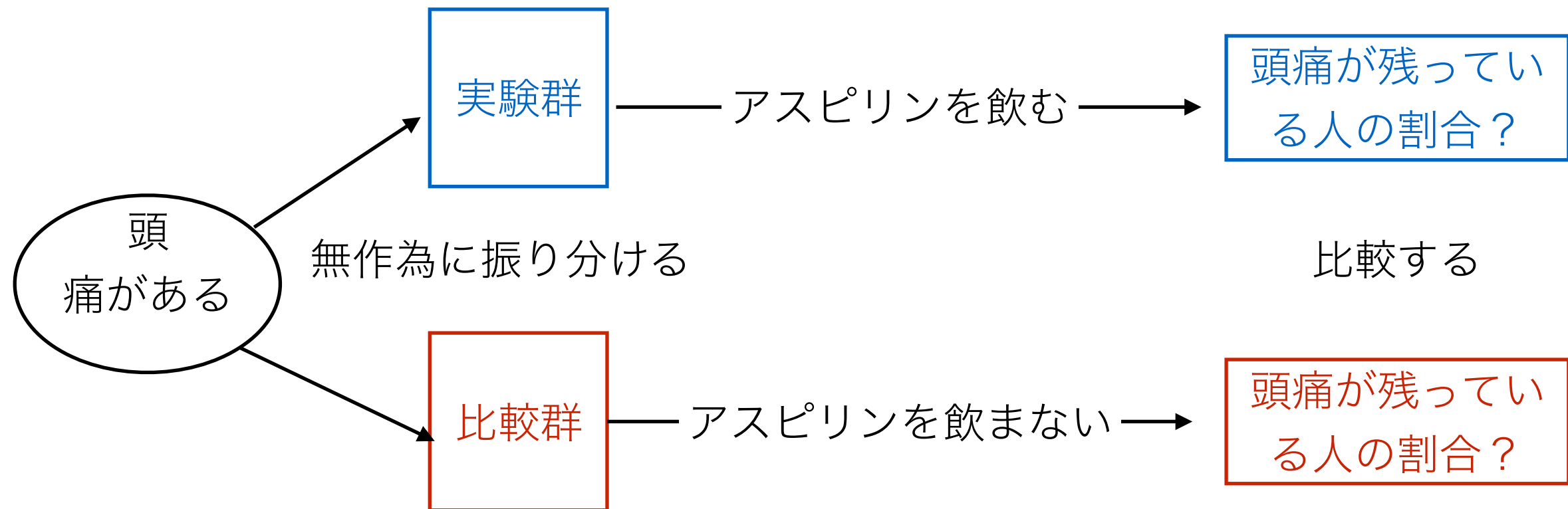
- 個体単位では解決不可能：1つの潜在的結果しか観察できない
- 集団単位で解決する
 - よく似た集団を2つ（以上）用意する
 - 異なる集団に異なる行動をとらせる
 - 集団間の差：平均的な因果効果 (Average Treatment Effect: ATE)

無作為化比較実験 (RCT)

- よく似た2つの集団をどうやって用意するか？
- 対象集団を無作為（ランダム）に2つに分ける！
 - 無作為 (random)：選ばれる確率が等しい
- 無作為に作られる2つの集団：よく似ている（集団としては交換可能な）はず
 - 実験群：実験の刺激を与えられる集団（例：アスピリンを飲む）
 - 比較群：比較の対象となる集団（例：アスピリンを飲まない）

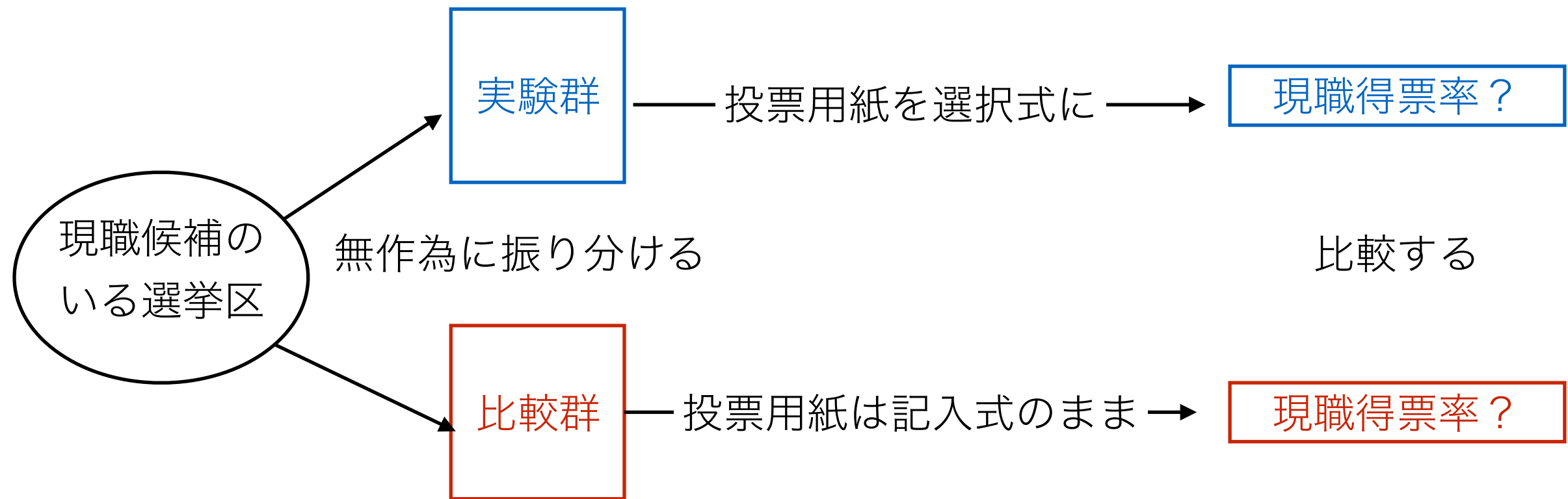
無作為化比較実験 (Randomized Controlled Trials: RCT)

RCTで何をするか：頭痛とアスピリンの例



- ・ 実験群と比較群：アスピリンを飲むかどうか以外に差はない（無作為に選んでいるため）
- ・ もし結果に違いがあれば、考えられる要因はアスピリンの有無のみ
- ・ 平均的な因果関係を確かめられる

実験で因果関係を確かめる



- ・ 実験群と比較群：投票用紙以外に差はない（無作為に選んでいるため）
- ・ もし現職得票率に違いがあれば、考えられる要因は投票用紙のみ
- ・ 投票用紙の平均的な因果効果を確かめられる

実験が最良の方法

- 実験によって因果関係を確かめられる
 - 無作為化が意味のある比較を可能にする
- 実験によってエビデンスが得られる
- 社会科学でも実験が盛んに行われている

例：投票を促す活動は投票率を上げるか？

- 説明したい結果：個人の投票確率
- 検討する要因：16通りの動員
 - 家庭訪問：2通り（訪問する or 訪問しない）
 - 電話：2通り（電話する or 電話しない）
 - 手紙 (DM)：4通り（0通から3通）
- Gerber, A. S., and D. P. Green. 2000. “The Effects of Canvassing, Telephone Calls, Direct Mail on Voter Turnout: A Field Experiment.” *American Political Science Review* 94(3): 653-663.

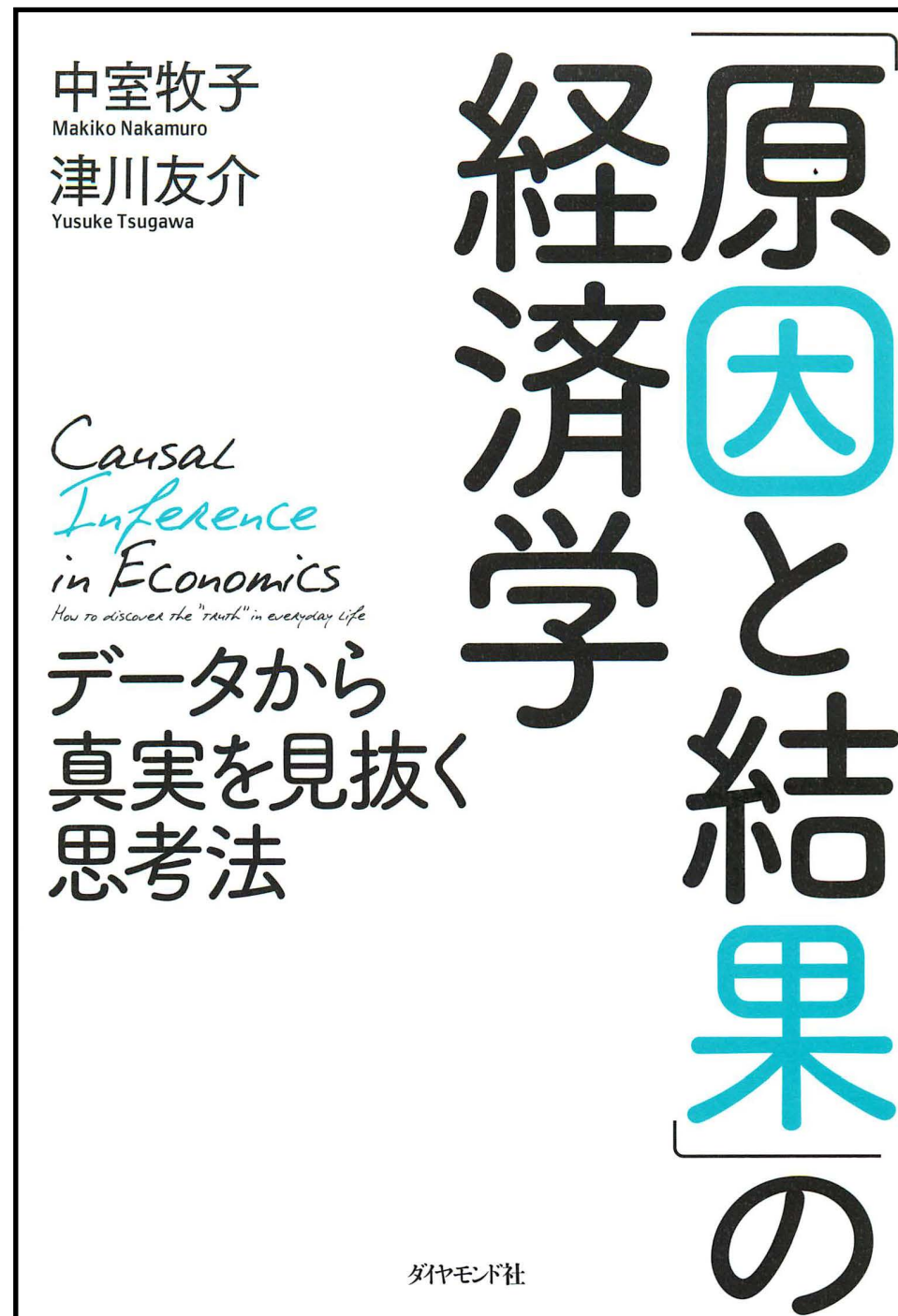
いつも実験ができるわけではない

- 社会科学：実験できない問題が多い
 - 制約：資金、時間、倫理、...
 - すでに起きたことに興味がある
- 理論「デモクラシー国家同士は戦争しない（しにくい）」
 - デモクラシーを各国に無作為に割り当てる？
- 理論「記入式投票用紙が現職を不公平に利している」
 - 投票用紙を選挙区ごとに無作為に割り当てる？

実験できないとき

- 自然実験 (natural experiment)、統計分析
 - 重回帰分析 (multiple regression)
 - 操作変数法 (instrumental variable method)
 - 回帰不連続デザイン (regression discontinuity design)
 - マッチング (matching)
 - 差分の差分法 (difference-in-differences method)

推薦図書



まとめ

- 「エビデンスに基づく」社会科学を！
 - 社会科学は科学 (social *sciences*) である
 - データ・数字を見せること ≠ エビデンス
- 科学の目的：因果関係を明らかにする
 - 実験 (RCT)、自然実験
 - 統計分析による因果推論