

# 因果推論におけるマッチング手法の紹介 グリーンボンド分析への応用

CA部若手共有会資料（2023年2月1日 11:30-12:00）

# 内容について

- 前半：サステナビリティの視点から統計的因果推論の理論
- 後半：マッチング手法のグリーンボンドへの応用（論文発表資料の一部）
- 最後にQ&A

# 相関 or 因果？

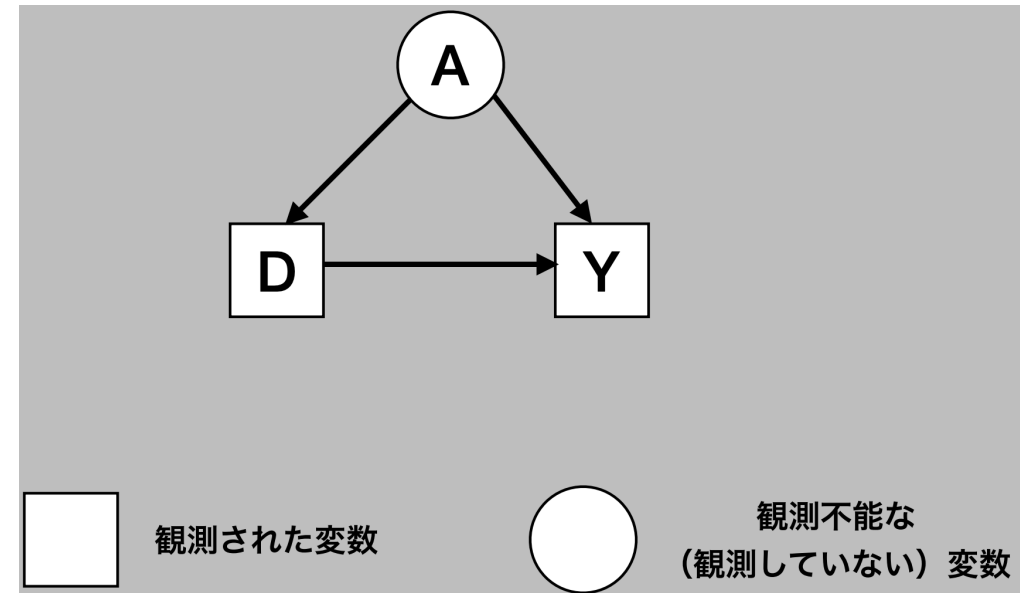
因果関係	相関関係
先に原因が起こる	起こる順番は問わない
原因が結果に直接影響する	互いに影響が無い可能性あり
出来事は必ず相関関係がある	因果関係があるとは限らない

- 「ライターの所持率」と「肺がんにかかるリスク」の関係？「喫煙率」との関係？
- 因果関係における2つのポイント：時間的順序 と 直接性
- 企業のサステナビリティスコアと企業価値に正の相関関係が確認できる場合：
  - 「相関関係のみで因果関係は実はない」
  - 「**善いことをして良い業績を残す**（Doing well by doing good）」
  - 「良い業績を残しているから善いことをする（Doing good by doing well）」

# 因果推定に伴う課題

- 因果推定「**善い行いD**→ **業績Y**」において、大きく3つの課題

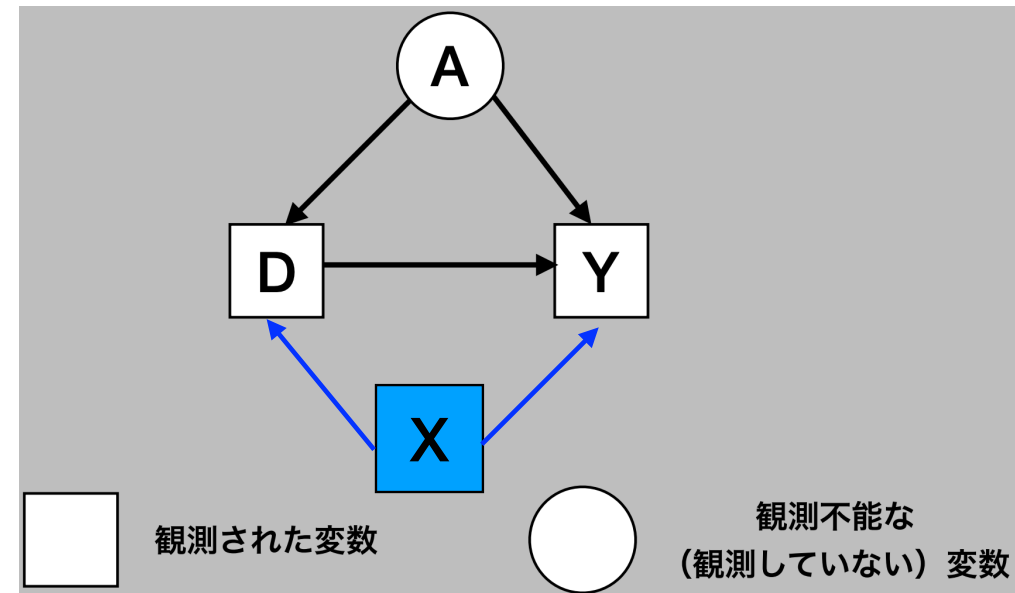
- 右図のモデル



- 欠落変数**：顧客認知度など、交絡因子Aの見落としがある
- 同時性**：「善い行い→業績」および「業績→善い行い」が両方成立
  - 「時間的な同時性」を意味するものではない
- 測定誤差**：ESGレーティング評価者の意見の乖離が頻繁にみられ、善い行いDの測定がそもそも難しい

# 因果推論の手法

- 欠落変数（観測不能な交絡因子）を克服するには？
  - **Controlされたランダム化実験（RCT）** が理想
    - 交絡因子AがDの値に寄らず、同様に分布
  - **観察データを用いた擬似実験**が実用的
    - 外生的なショックを利用してRCTを擬似 (e.g. タバコの値上げ：喫煙率→肺がんリスク)
    - 例) 差分の差分法(DID)、操作変数法(IV)、回帰不連続デザイン(RDD)、マッチング etc.
- **マッチング**：交絡因子になりうるような要素を事前にコントロール（変数X）し、一致させる
  - 完全一致マッチングは分析に用いる変数が増える (X1, X2, X3,...) に従い、個別にマッチングさせることは難しく、サンプル数も減ってしまうのが難点 → 傾向スコアマッチング etc.の対処法

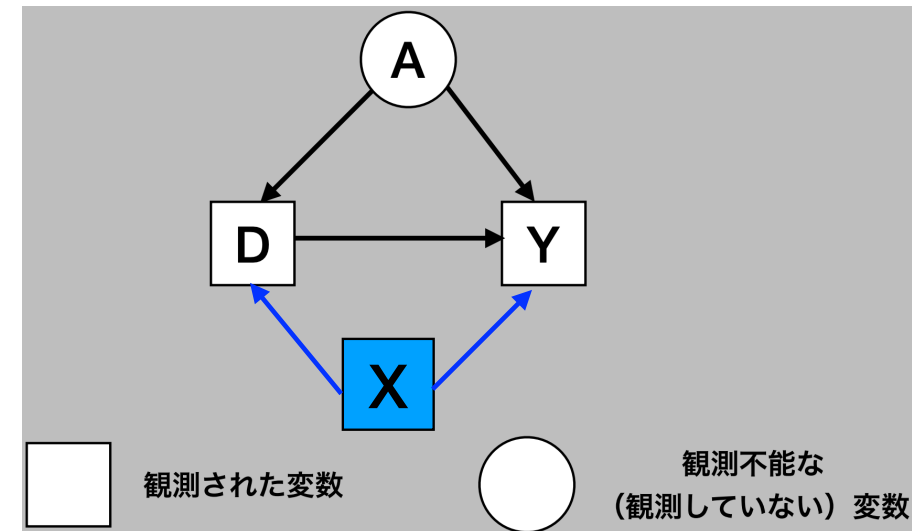


# グリーンボンド：グリーンニアムの有無の議論

- GBは、企業・地方自治体・国などが、グリーンプロジェクト（e.g., CO2削減、再生エネルギー設備への投資）に要する資金を調達するために発行する債券
- GBは、その他同条件の通常債券と比較して、債券価格が高い（利回りが低い）？  
つまりGBプレミアム（グリーンニアム、greenium）が存在？
  - 学術界において合意は得られていない（モデル・手法・分析対象等の違い）
  - 近年の方が観測されやすい傾向
- 自身の論文：グリーンニアムが生じるメカニズムに焦点を当てた研究は過去に行われていなかったため、投資家の温暖化への懸念度がGBプレミアムに与える影響を測定

# 論文の仮説 1 (相関関係)

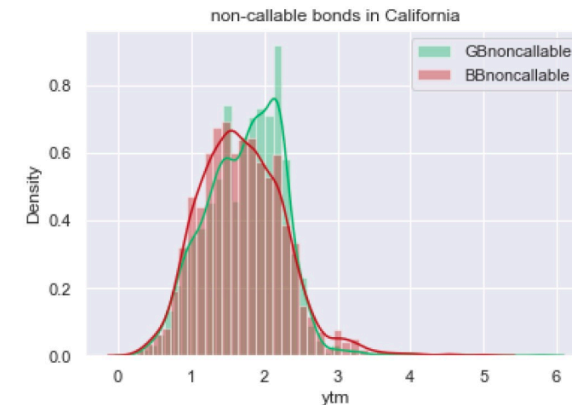
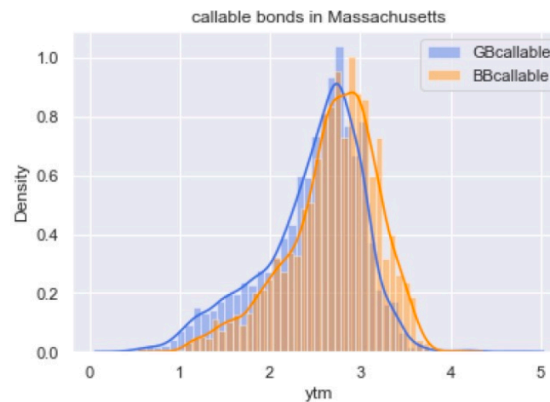
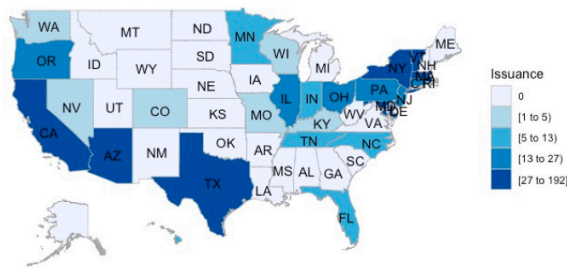
- 米国の地方債市場は 6 ～ 7 割程度が個人投資家
- 地域 (州・群) レベルでの非課税制度の違いにより、個人投資家が地理的にセグメント化される
  - Y：グリーニウム（GBと通常債券の利回り差）
  - D：温暖化の懸念・関心度（州・群 レベルで測定）
- 交絡因子になりそうな要素Xをコントロールして、マッチングを行う
  - X：発行体、発行日、満期期間、信用格付け、クーポンレート、早期償還の有無など
- 仮説 1：温暖化の懸念度DとグリーニウムYの間には相関（因果？）関係がある（マッチング後）
- 観察できない交絡因子Aの影響への対策は、仮説 2 で考慮（外生的ショックを導入）



# Paper 3 – Results and future avenues

## Levels of local beliefs

- Univariate analysis: some states show evidence on greenium
- Bivariate analysis: inconclusive



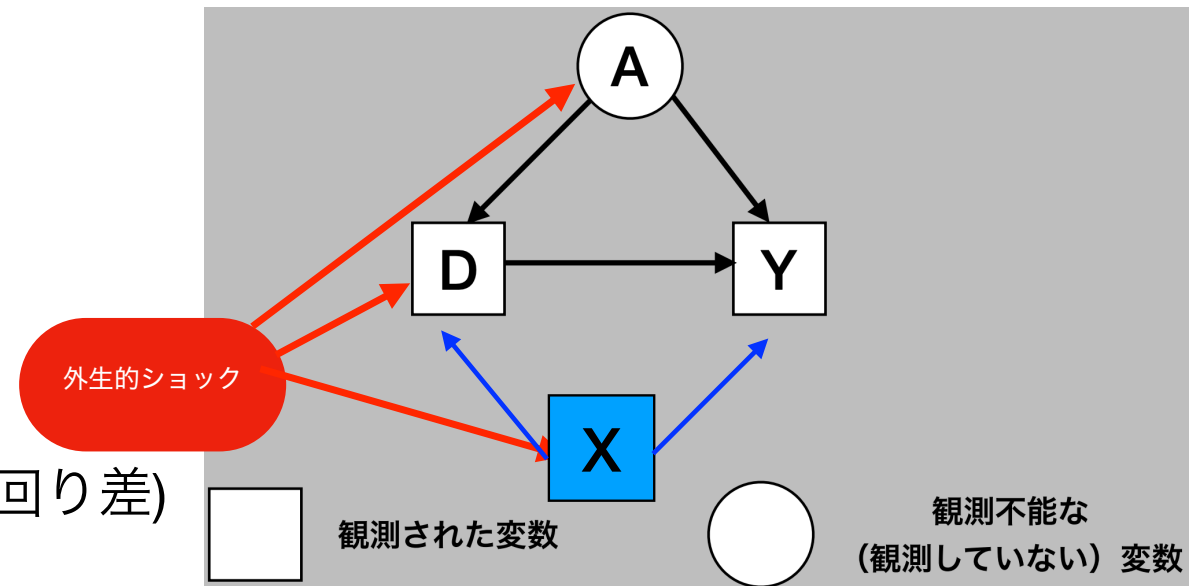
## Changes in local beliefs

- Need to control for a host of variables
- Preliminary analysis exploiting cold wave 2019: nuanced
- Concern: shorting munis is rare but can happen (FINRA, 2015)

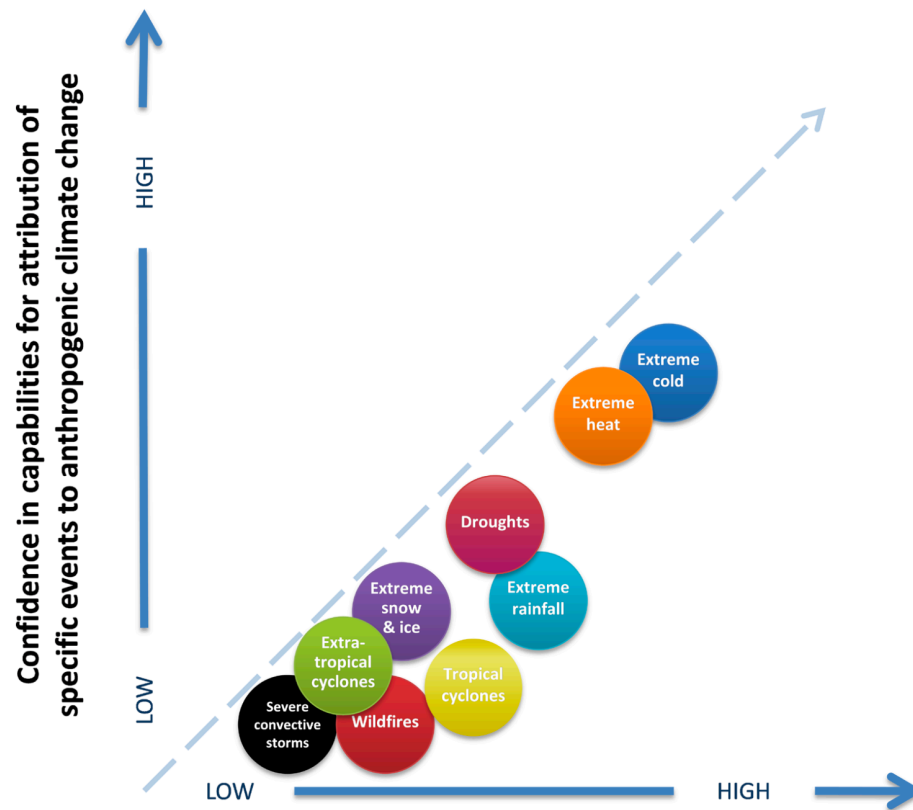


## 仮説2 (因果関係)

- 観察できない交絡因子Aに対処するため  
自然災害という外生的ショックを導入
- Y：グリーニウム (GBと通常債券の利回り差)
- D：温暖化の懸念・関心度（州・群レベルで測定）
- 環境心理学において、特に熱波・寒波が温暖化の懸念・関心度が高まることは検証済み
- 仮説2：個人投資家が自然災害の影響を受けることにより、(一時的に) 温暖化の懸念・関心度が高まり、この期間においてグリーニウムが確認されやすくなる
- 今後の課題：データ（Mergent, SHELDUS）が手に入れば、寒波・熱波を利用しDID 回帰分析など



# Appendix.



- **横軸**：地球温暖化が、各自然災害イベントに与える影響の度合い
- **縦軸**：各自然災害イベントが、人間によって引き起こされる地球温暖化に結び付けられる度合い (科学的妥当性)

- National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (2016)