

# コロナ関連3政策の感染抑制効果検証

2023年3月13日

北村周平

仲田泰祐

大阪大学感染症総合教育研究拠点 東京大学大学院経済学研究科

# 分析

- **緊急事態宣言・まん延防止等重点措置・BA5対策強化宣言の感染抑制効果の検証**
  - この研究では、イベント・スタディという手法を使って、これらの政策の効果を定量的に分析。
  - 見たアウトカムは新規陽性者数と実効再生産数。

# コロナ関連3政策

- **緊急事態宣言**

- 「爆発的な感染拡大及び深刻な医療提供体制の機能不全を避けるための対応が必要な状態」のときに発令
- 外出自粛要請、イベント開催制限、事業者には休業・時短要請等
- 合計4回(1.2020年春、2.2021年冬、3.2021年春、4.2021年夏)

- **まん延防止等重点措置(まん防)**

- 緊急事態宣言よりも緊急性を伴わない段階(「感染者の急増及び医療提供体制における大きな支障の発生を避けるための対応が必要な段階」)に発令
- 外出自粛要請、イベント開催制限、事業者には時短要請等
- 合計4回(1.2021年春、2.2021年初夏、3.2021年夏、4.2022年冬)

- **BA5対策強化宣言(BA5宣言)**

- オミクロン株のBA5系統を中心とした感染が拡大とした2022年夏ごろ実施
- 住民や事業者への協力要請はあるものの、まん防よりもさらにメッセージ性や権限が弱くなっている。

# 使用したモデル

- 処置群が異なるタイミングで処置を受けることを使ったイベント・スタディ(event study)。

- 回帰式は、

$$Y_{pt} = \sum_{l=-14}^{60} \beta_l I[t - k_p = l] + \mathbf{X}_{pt}\delta + \alpha_p + \tau_t + \epsilon_{pt}. \quad (1)$$

- ただし、 $Y_{pt}$ は都道府県pにおけるt日のアウトカム、 $\alpha_p$ と $\tau_t$ は固定効果、 $I$ は関数内が満たされていれば1をとるダミー変数、 $k_p$ はある都道府県の処置開始日(つまり、 $l$ は処置開始日に対する日にち( $l = -1$ なら処置開始日の前日、等。14日以前、60日以降は $l = -14$ 、 $l = 60$ に丸めている))、 $\mathbf{X}_{pt}$ はコントロール変数(都道府県ごとの線形トレンド及びその二乗)、 $\epsilon_{pt}$ は誤差項。
- 慣習に従い、-1日目を基準日に設定(式の $l = -1$ を除く)。基準日における介入群と非介入群のアウトカムの差に比べ、介入後に差が生まれたかどうかを統計的に検証。
  - 帰無仮説は、 $H_0: \beta_{l'} = 0$  for  $l' \in \{-14, -13, \dots, -2, 0, 1, \dots, 60\}$ 。
  - 検定にはt検定を用いる。
- この手法を用いる際に必要な仮定(Roth et al. 2022, Sun and Abraham 2021)。
  1. 介入群と非介入群は、介入がなかった場合、同じトレンドを持つ(平行トレンドの仮定)。
  2. 介入を予想して、事前にアウトカムが変わらない(No anticipationの仮定)。
  3. ある都道府県のアウトカムは他の都道府県のアウトカムに依存しない(Stable unit treatment value (SUTVA)の仮定)。
  4. 処置効果には異質性がある(treatment effect heterogeneityがある)が、それと処置は無相関、あるいは処置効果が同質的。
- 1と2は、介入前のトレンドを見ることでもっともらしさを確認する。3に関しては、隣接都道府県への影響をコントロールする。4に関しては、別の推定方法(Sun-Abraham)も使い結果の頑健性を確認する。

# データ

- 対象：全国の都道府県
- 期間：2020年春頃~2022年夏頃
  - 緊急事態宣言(1.2020年春、2.2021年冬、3.2021年春、4.2021年夏)。ただし、1期目は、すべての都道府県が介入群のため推定ができない。また、4期目は、介入群の全ての都道府県はまん延防止等重点措置をそのまま引き継いだため推定が困難。
  - まん延防止等重点措置(1.2021年春、2.2021年初夏、3.2021年夏、4.2022年冬)。ただし、2期目は、介入群の全ての都道府県は緊急事態宣言/まん延防止等重点措置を引き継いだため推定が困難。
  - BA5対策強化宣言(2022年夏)
- データソース
  - 新規陽性者数、実効再生産数：東洋経済オンライン(<https://toyokeizai.net/sp/visual/tko/covid19/>)
    - 実効再生産数の計算式：(直近7日間の新規陽性者数/その前7日間の新規陽性者数)^(平均世代時間/報告間隔)
    - 注意点：2021年12月31日以前では平均世代時間は5日と仮定。それより後では、2日と仮定。報告間隔は7日を仮定。いずれも東洋経済オンラインの定義による。
  - 人口(2021年1月1日現在)：住民基本台帳([https://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/jichi\\_gyousei/daityo/jinkou\\_jinkoudoutai-setaisuu.html](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/daityo/jinkou_jinkoudoutai-setaisuu.html))
  - ワクチン接種率：首相官邸(<https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11987457/www.kantei.go.jp/jp/headline/kansensho/vaccine.html>)
- アウトカム
  - 新規陽性者数を人口で割った「人口当たり新規陽性者数」に1,000を掛けたもの、及び「実効再生産数」

# 全体のまとめ

## • 緊急事態宣言

- (2期目以降の)全期間を通じて、統計的に有意な感染抑制効果が確認できる。効果の大きさも直前の半分ぐらいと比較的大きい。
  - 第3期は介入群が3県(岡山、広島、福岡)であり、また30都道府県しか分析に使用していないことに注意。

## • まん防

- 第1期には少なくとも人口当たり新規陽性者数に統計的に有意な効果が確認できたが、第4期には確認できない。
  - 第1期のときは34都道府県しか分析に使用していないことに注意。

## • BA5宣言

- 第1期には少なくとも人口当たり新規陽性者数に統計的に有意な効果が確認できたが、第4期には確認できない。
  - 第1期のときは34都道府県しか分析に使用していないことに注意。

## • 効果の大きさ

- おおよその効果の大きさは、緊急事態宣言 > まん延防止等重点措置 > BA対策強化宣言の順。
- 緊急事態宣言のときの最大の効果は、直前の値を半分に減らす程度。
- データ内の都道府県の平均人口は270万人。つまり、平均的な都道府県では、開始日前日に270人が感染していたが、その半分程度の大きさということ。つまり、最大の効果が30日続けば、4,050人(135人×30日)の新規陽性者数を減らす計算。

## • 効果の大きさが徐々に薄れた原因に関する仮説

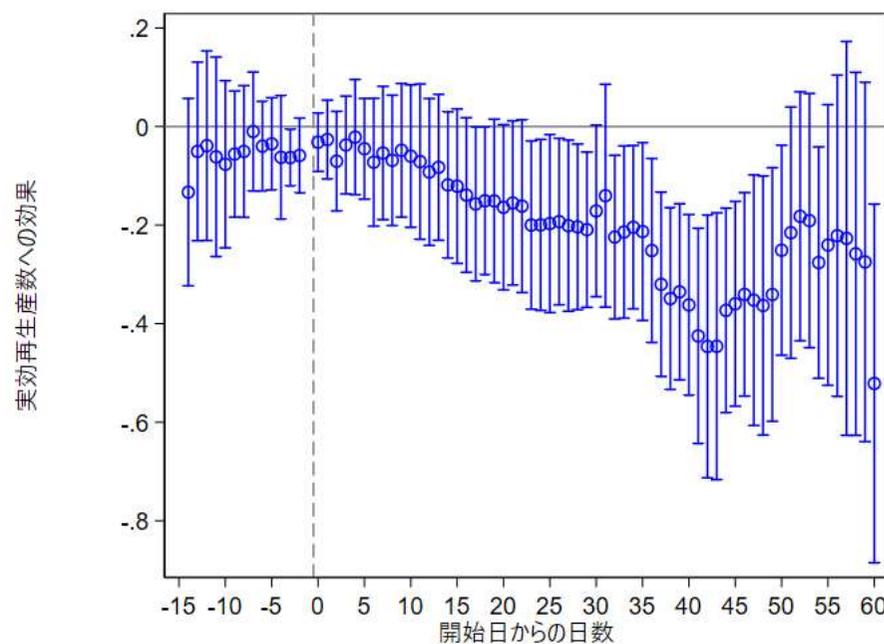
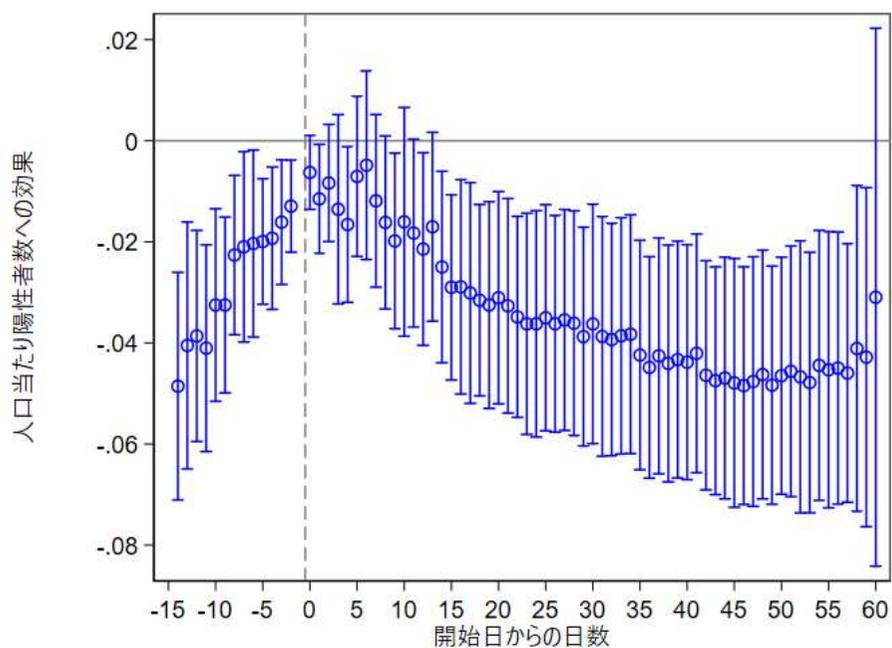
- それぞれの政策に込められたメッセージの強さや内容を反映している。徐々に慣れが生じ、行動変容に結びつきにくくなっていた。
- ワクチン接種により効果が薄れた(ただし、ワクチン接種率をコントロールしてもほとんど結果に影響しないため、この可能性は低い)。

# 注意点

- 都道府県単位という比較的粗いデータを使っている。
- いくつかのケースでは、仮定が満たされていない可能性がある。
- 人々は自主的に実施前に行動を控えた可能性がある。
  - 介入群のほうでそれが起こりやすい場合、効果の大きさは全体的に小さくなる。一方、非介入群のほうでそれが起こりやすい場合、効果の大きさは全体的に大きくなる。ただしこのような「no anticipationの仮定」については、Sun-Abrahamの平行トレンドでもっともらしさを一応確認できる。例えば、緊急事態宣言発令前に基準日の状態よりも人口当たり新規陽性者数が少ないということは、基準日と比べ、介入群のほうで、介入日前により外出を控えた(このため新規陽性者数が減った)可能性を示唆する。
- 一方、隣接都道府県への影響をコントロールしても結果はあまり変わらないため、SUTVAの仮定は満たされている可能性が高い。
- 新規感染者数というアウトカムと実効再生産数というアウトカムでは見えてくる結果が違うため、片方に基づく結果が頑健とは言えないことに留意。
- こういった効果検証は使用モデル・データによって出てくる結果が異なる。本分析で得られた結果を絶対的なものとして受け止めるのではなく、他の様々な分析も眺めつつ「行動制限政策の効果」に関して意見形成をすることが望ましい。

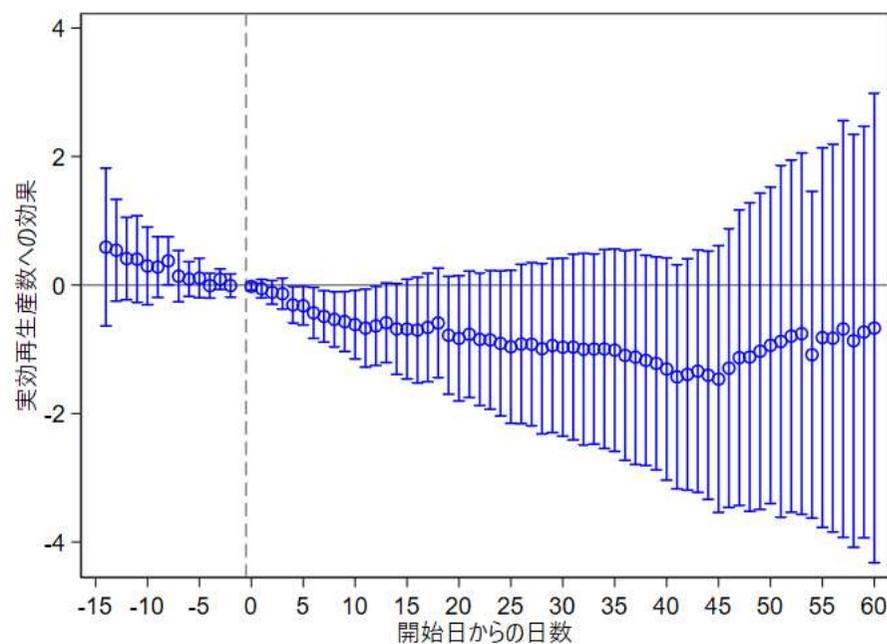
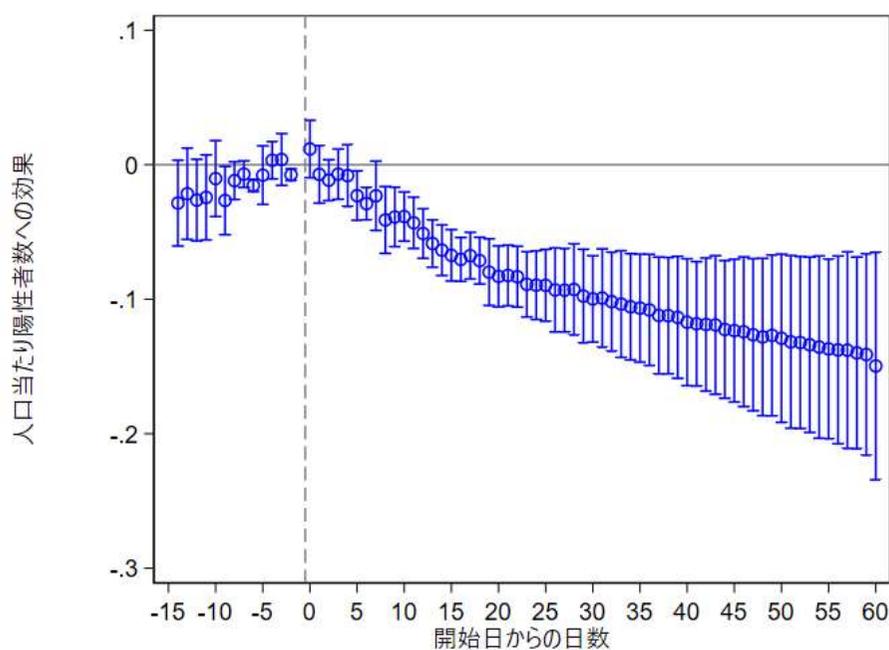
緊急事態宣言

# 緊急事態宣言の効果(2期目以降)



- サンプル期間：2020年12月1日から、2021年9月30日
- 複数回介入があった都道府県に関しては、最初の介入の開始日を使っている。
- Never treated(データ期間中、一度も介入がなかった群)は26都道府県。それ以外は21都道府県。

# 緊急事態宣言の効果(第3期)



- サンプル期間：2021年4月1日から、2021年7月31日
- Never treatedは27都道府県。それ以外は3県(岡山、広島、福岡)。合計数が47よりも少ないのは、直前までまん防を実施していた都道府県を除いているため。

# ポイント(緊急事態宣言)

## • 2期目以降全期間

- 人口当たり新規陽性者数
  - 平行トレンドの仮定が満たされていない可能性があるため解釈に注意が必要。
  - 開始日後40-50日目にピークが有り、そのときの大きさは-0.04~-0.05程度。実施直前日の平均値は0.1。
  - 追加のコントロール変数を入れても、Sun-Abrahamで試しても結果はあまり変わらない(補足資料参照)。
- 実効再生産数
  - 開始日後40-50日目にピークが有り、そのときの大きさは-0.4~-0.5程度。実施直前日の平均値は1.3。
  - 追加のコントロール変数を入れても、Sun-Abrahamで試しても結果はあまり変わらない(補足資料参照)。

## • 第3期(2021年5-6月頃)

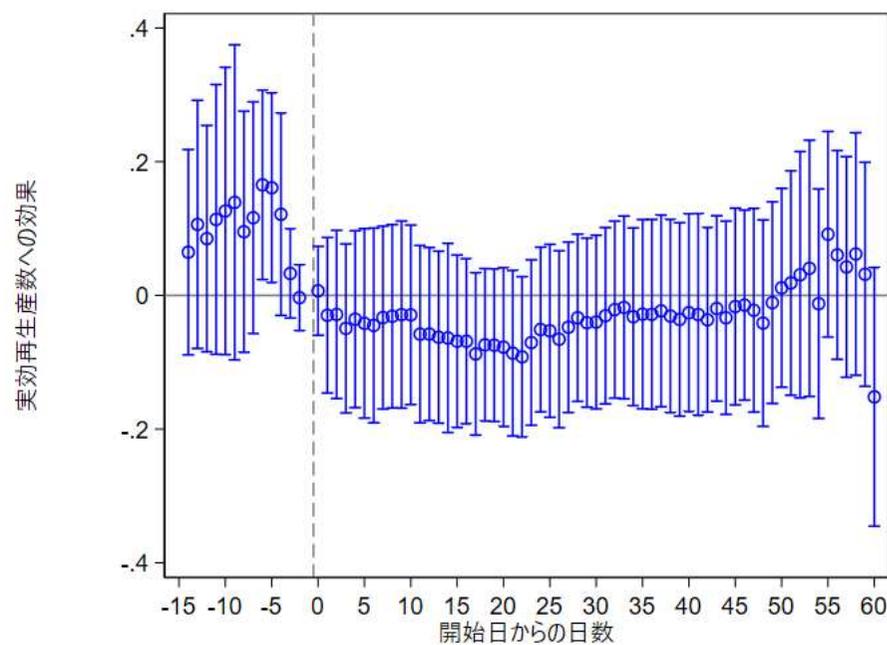
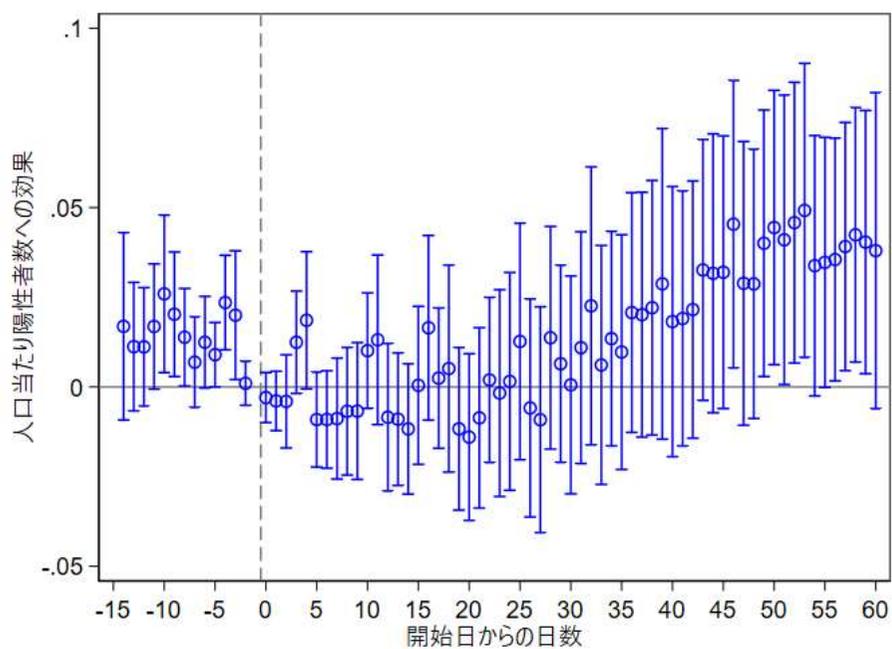
- 人口当たり新規陽性者数
  - 効果の大きさは最大で-0.1程度。実施直前日の平均値は0.09。
  - 追加のコントロール変数を入れても、Sun-Abrahamで試しても、近隣の都道府県の効果を取り除いても、結果はあまり変わらない(補足資料参照)。
- 実効再生産数
  - 開始日前から下降トレンドがあるようなので解釈に注意が必要。
  - 信頼区間が広く弱い結果だが、効果の大きさは-1程度。実施直前日の平均値は1.4。
  - 追加のコントロール変数を入れても、Sun-Abrahamで試しても、近隣の都道府県の効果を取り除いても、結果はあまり変わらない(補足資料参照)。

## • まとめと注意点

- (2期目以降の)全期間を通じて、統計的に有意な感染抑制効果が確認できる。効果の大きさも直前の半分ぐらいと比較的  
大きい。
- 第3期は介入群が3県(岡山、広島、福岡)であり、また30都道府県しか分析に使用していないことに注意。

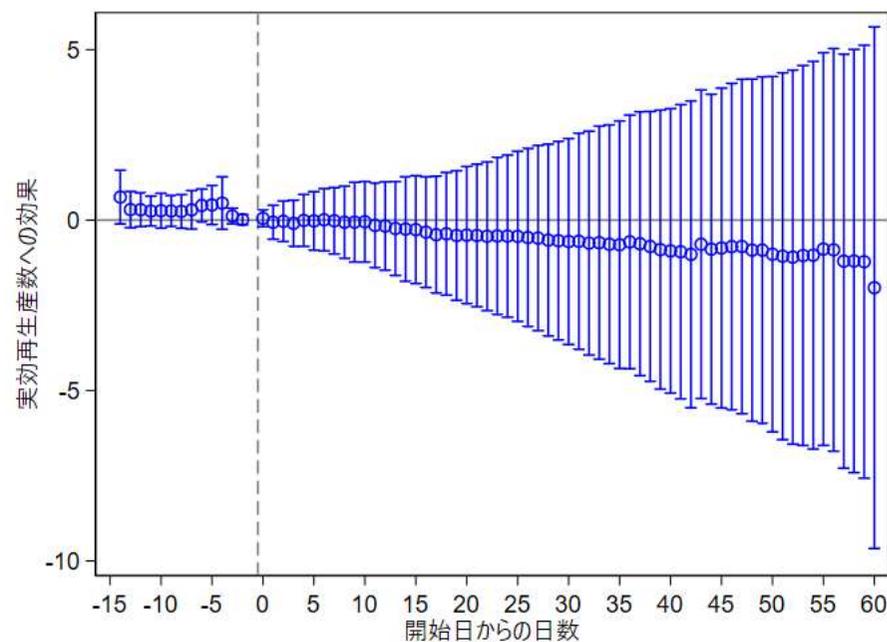
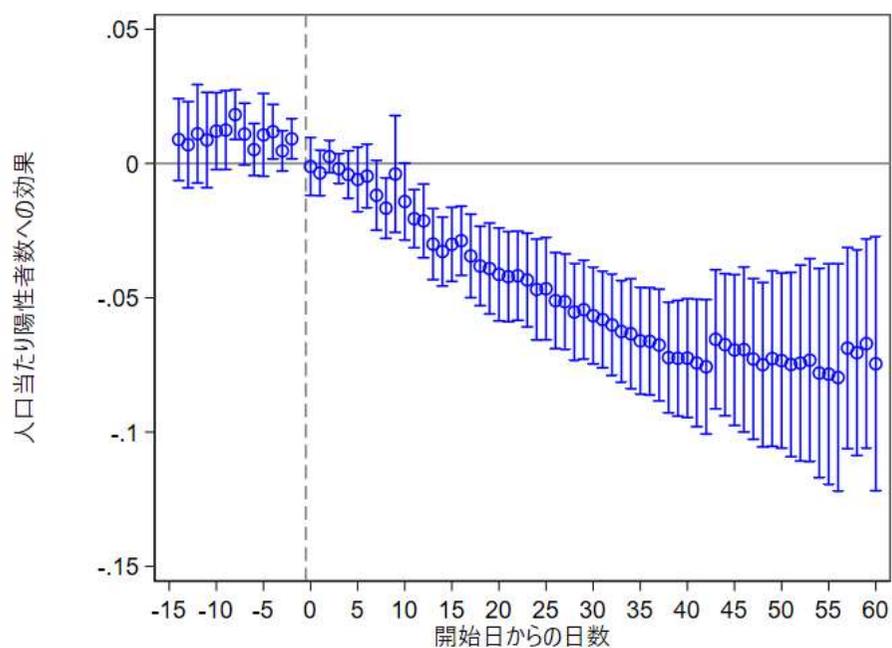
まん延防止等重点措置

# まん防の効果(全期間)



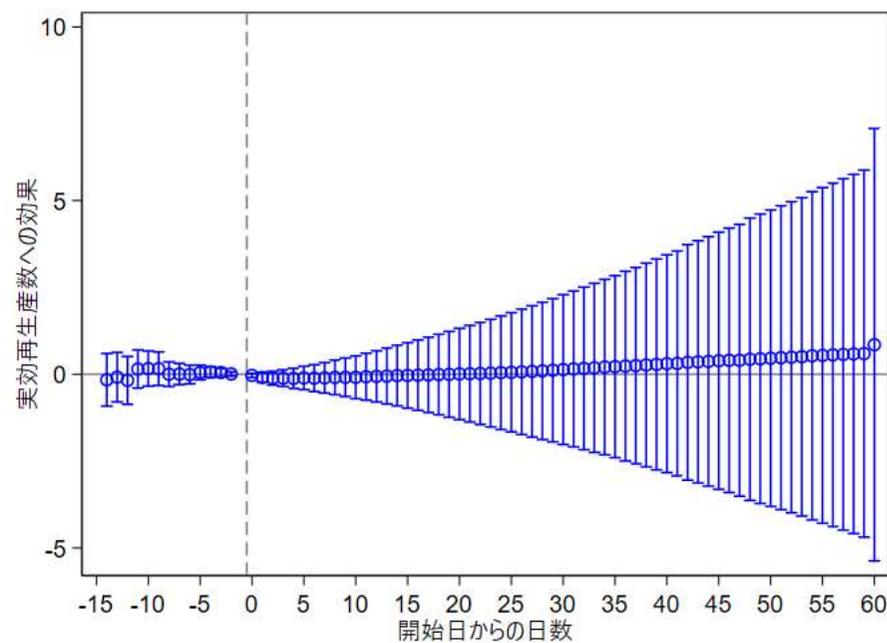
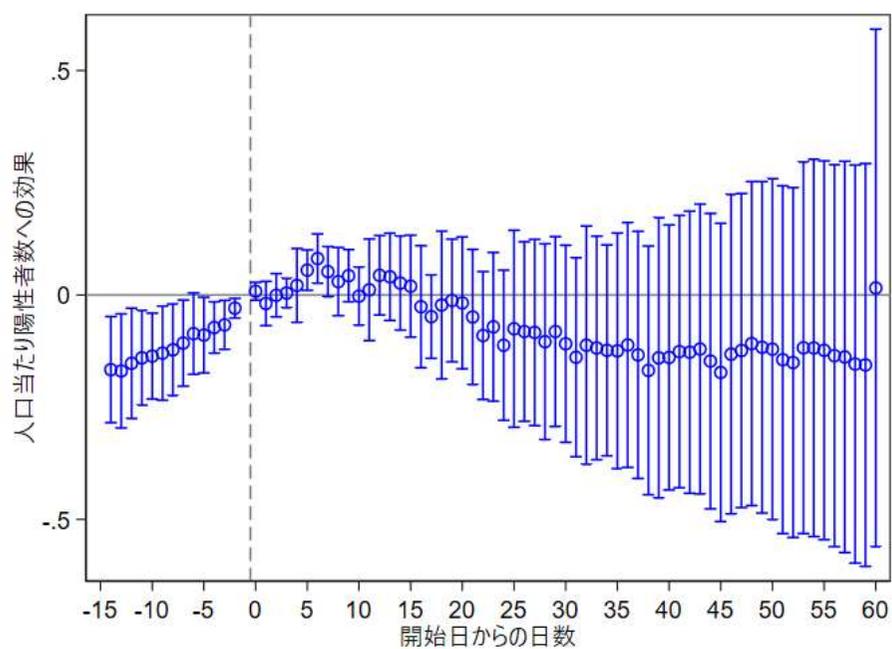
- サンプル期間：2021年3月1日から、2022年3月21日
- Never treatedは6都道府県。それ以外は41都道府県。

# まん防の効果(第1期)



- サンプル期間：2021年3月1日から、2021年7月31日
- Never treatedは27都道府県。それ以外は7都道府県。合計数が47よりも少ないのは、期間中あるいはその前後に緊急事態宣言を実施していた都道府県を除いているため。

# まん防の効果(第4期)



- サンプル期間：2021年12月1日から、2022年3月21日
- Never treatedは11都道府県。それ以外は36都道府県。

# ポイント(まん防)

## • 全期間

- 人口当たり新規陽性者数
  - 平行トレンドの仮定が満たされていない可能性があるため解釈に注意が必要。
  - 緊急事態宣言の場合と対照的に、明白な効果を確認できない。
  - 30日目以降上昇トレンドが見えるが、まん防終了に伴う揺り戻しの可能性。
- 実効再生産数
  - 緊急事態宣言の場合と対照的に、明白な効果を確認できない。

## • 第1期(2021年4-6月頃)

- 人口当たり新規陽性者数
  - 効果の大きさは最大で-0.06~-0.07程度。実施直前日の平均値は0.04。
  - 追加のコントロール変数を入れても、Sun-Abrahamで試しても、近隣の都道府県の効果を取り除いても、結果はあまり変わらない(補足資料参照)。
- 実効再生産数
  - 信頼区間が非常に大きいので解釈が難しいが、明白な効果を確認できない。

## • 第4期(2022年1-3月頃)

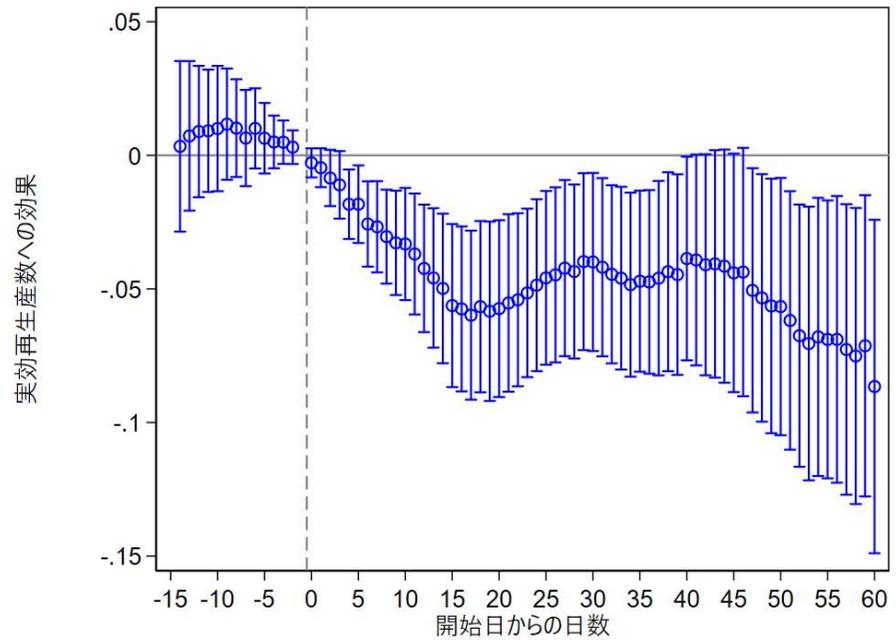
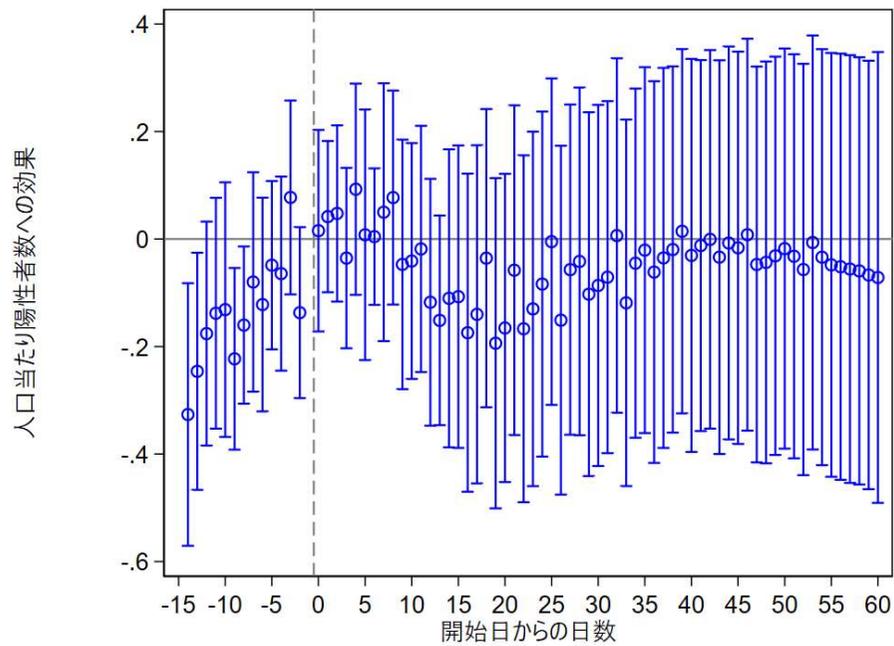
- 人口当たり新規陽性者数
  - 平行トレンドの仮定が満たされていない可能性があるため解釈に注意が必要。
  - 緊急事態宣言やまん防第1期と比べ、明白な効果を確認できない。
- 実効再生産数
  - 信頼区間が非常に大きいので解釈が難しいが、明白な効果を確認できない。

## • まとめと注意点

- 第1期には少なくとも人口当たり新規陽性者数に統計的に有意な効果が確認できたが、第4期には確認できない。
- 第1期のときは34都道府県しか分析に使用していないことに注意。

# BA5対策強化宣言

# BA5宣言の効果



- サンプル期間：2022年6月1日から、2022年10月31日
- Never treatedは23都道府県。それ以外は24都道府県。

# ポイント(BA5宣言)

- **全期間**

- 人口当たり新規陽性者数
  - 平行トレンドの仮定が満たされていない可能性があるため解釈に注意が必要。
  - 緊急事態宣言の場合と対照的に、明白な効果を確認できない。
- 実効再生産数
  - 開始日前から下降トレンドがあるようなので解釈に注意が必要。
  - 効果の大きさは最大で-0.07程度。実施直前日の平均値は1.06。効果はかなり小さい。
  - また、人口当たり新規陽性者数と結果が違うため解釈が困難。

- **まとめと注意点**

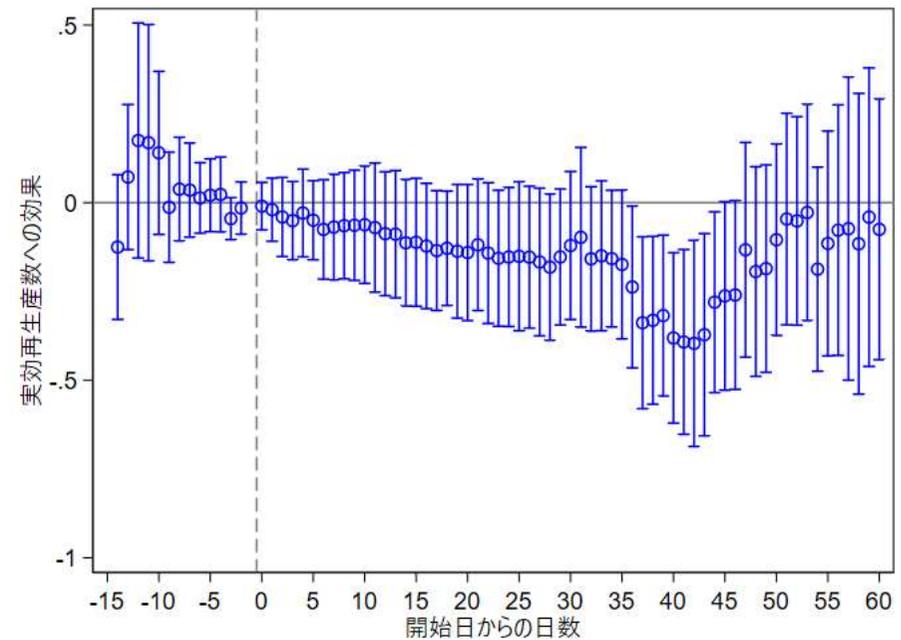
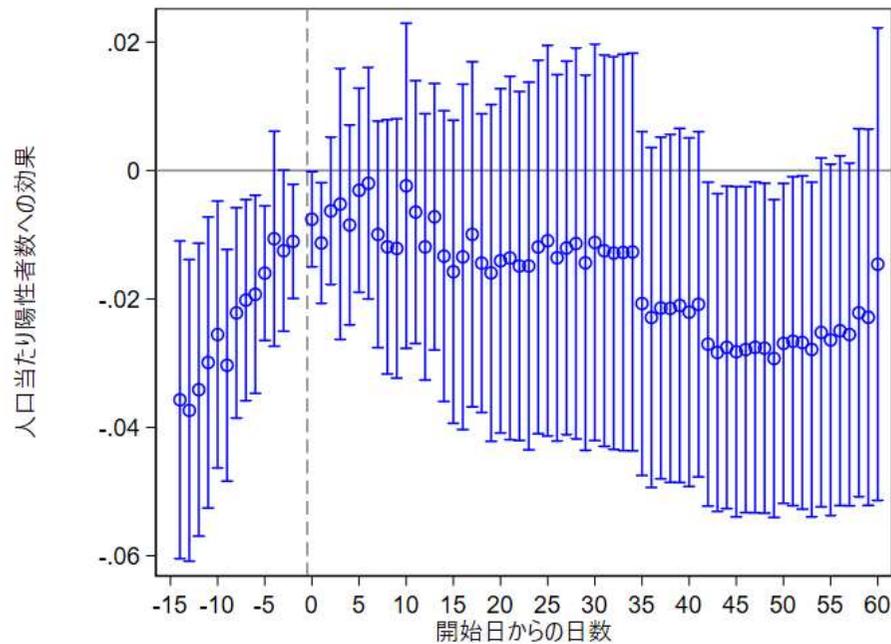
- 人口当たり新規陽性者数には統計的に有意な効果が確認できず実効再生産数には効果が確認できたものの、効果はかなり小さい。

補足資料

# 頑健性

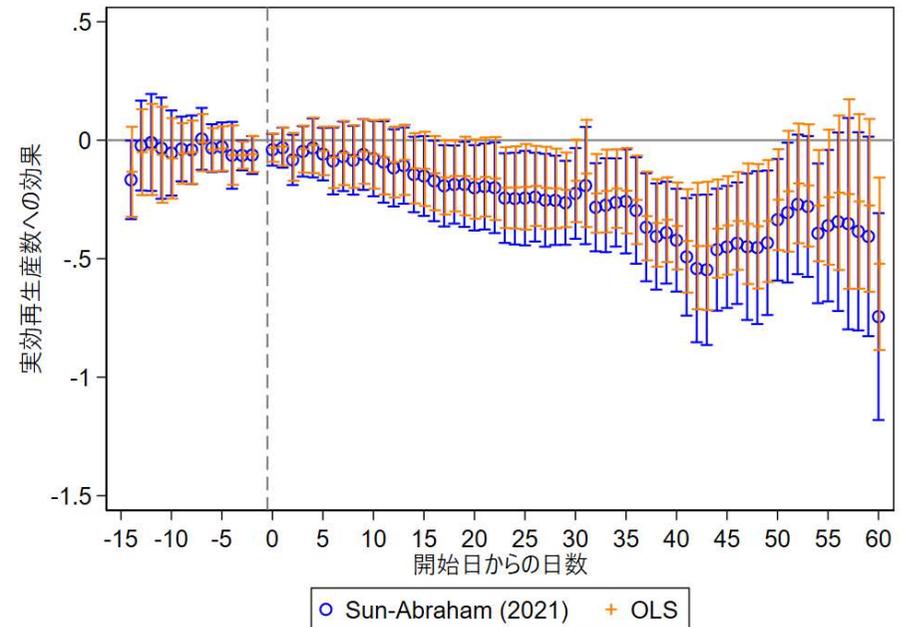
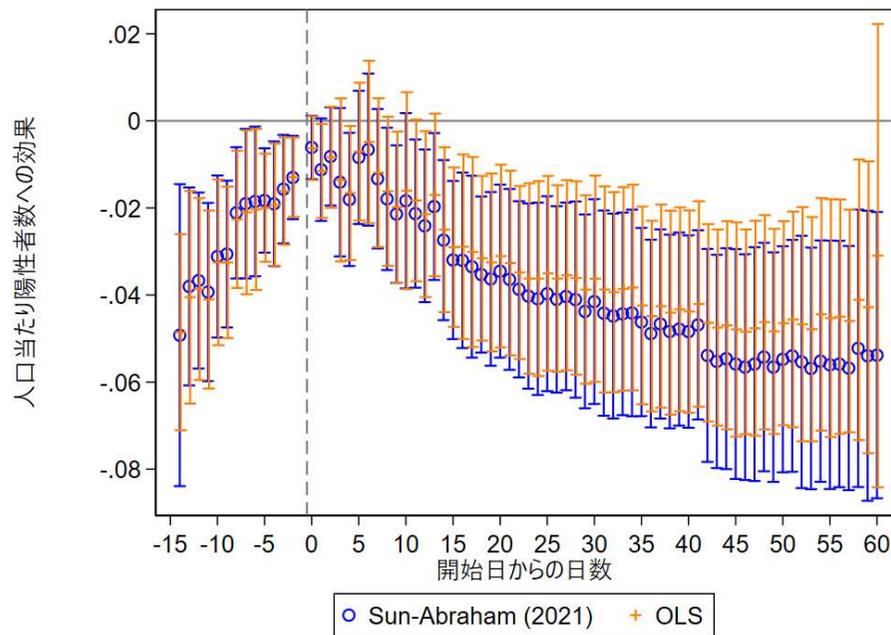
- 効果が確認されたものに関して、以下のように頑健性を確認した。
  - コントロール変数を追加する。
  - Sun and Abraham (2021)と比較する。
  - 隣接都道府県への影響をコントロールする(緊急事態宣言第3期、まん防第1期、BA5宣言について)

# 緊急事態宣言の効果(2期目以降, コントロール変数追加)



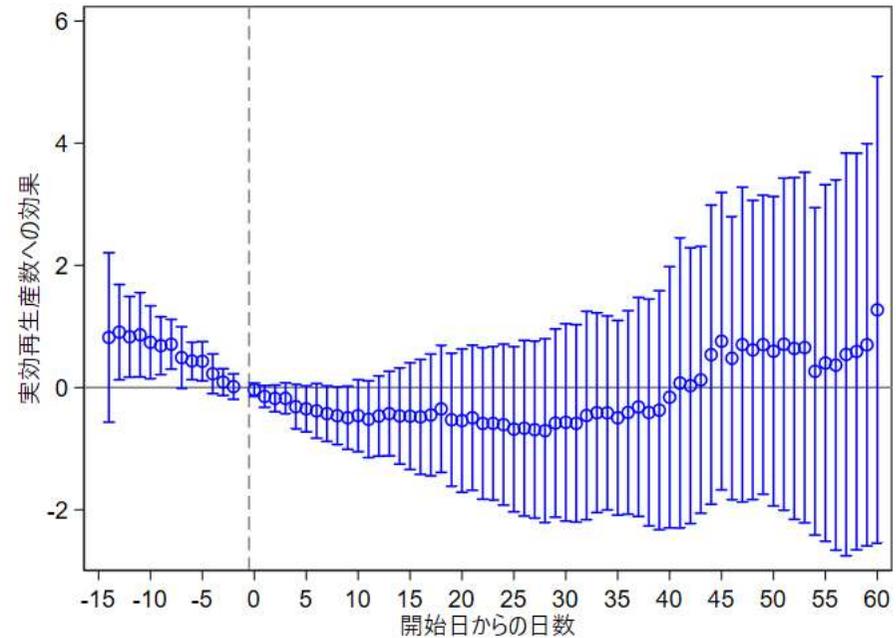
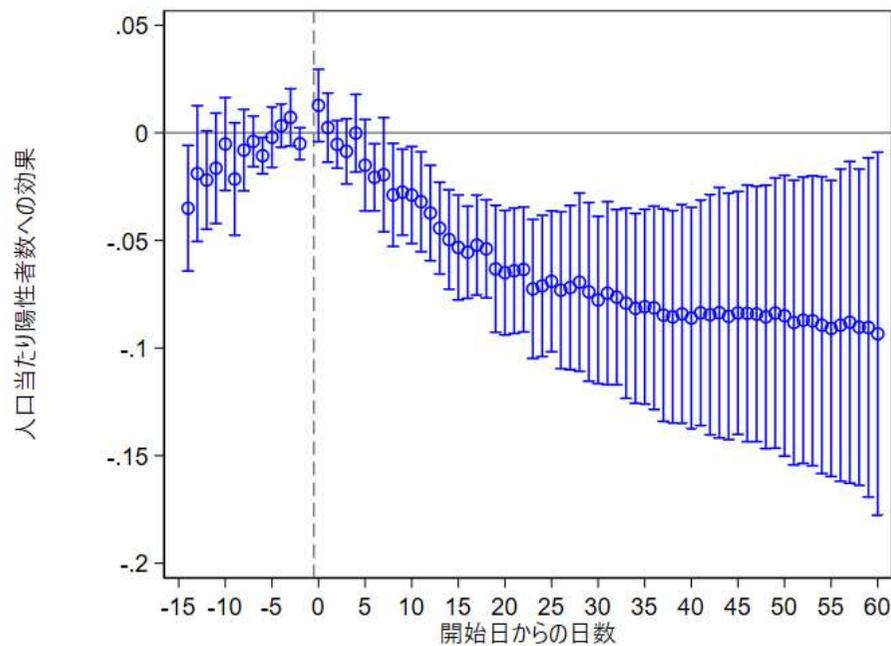
- 追加したコントロール変数：20代人口割合と日付ダミーの交差項、70代以上人口割合と日付ダミーの交差項

# 緊急事態宣言の効果(2期目以降, Sun-Abrahamとの比較)



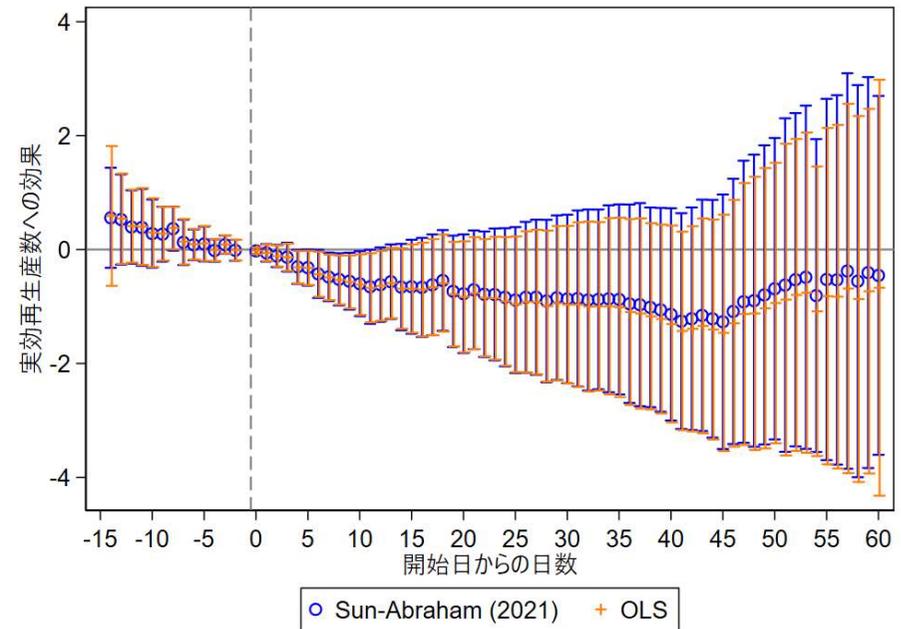
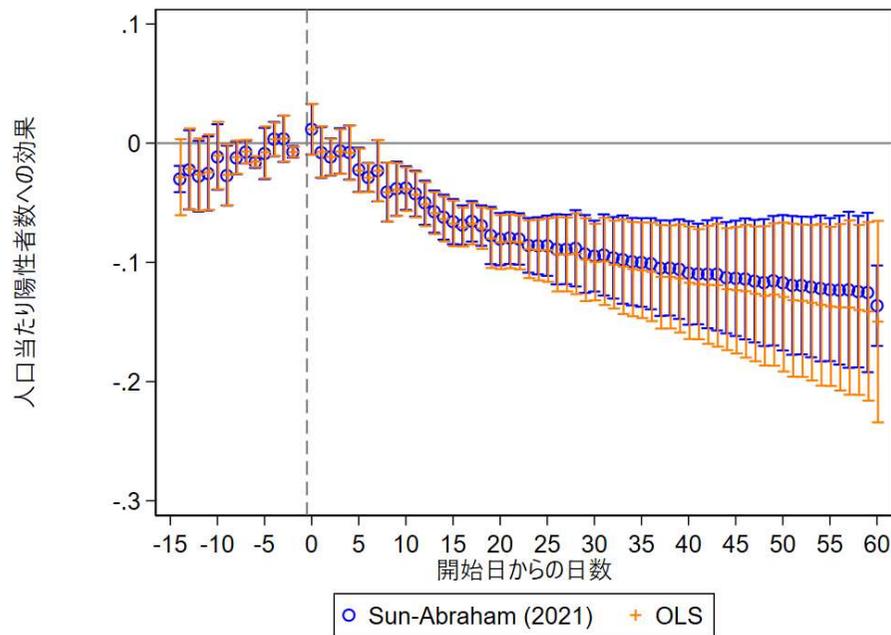
- Sun-Abrahamの場合の対照群は、never treatedの26都道府県。

# 緊急事態宣言の効果(第3期,コントロール変数追加)



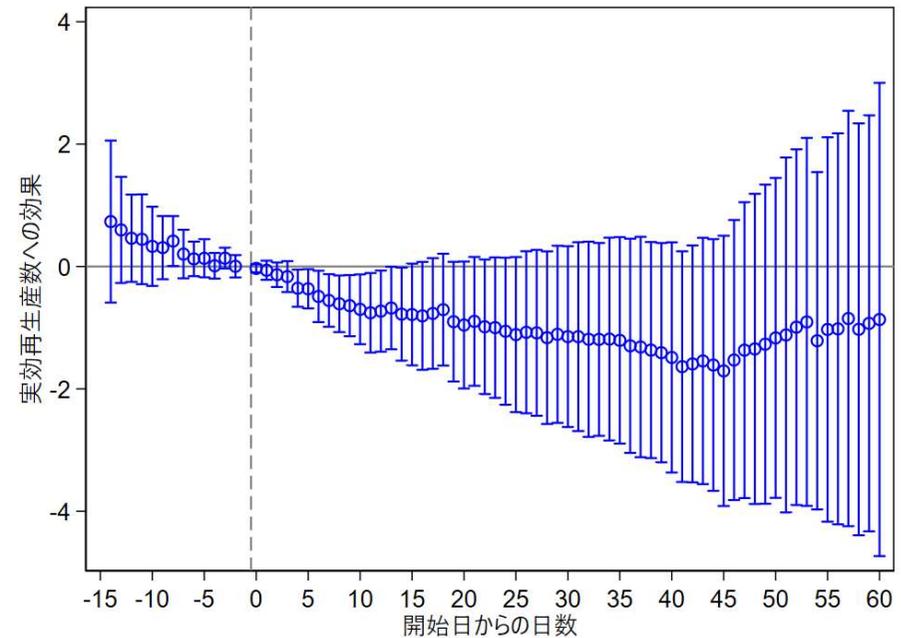
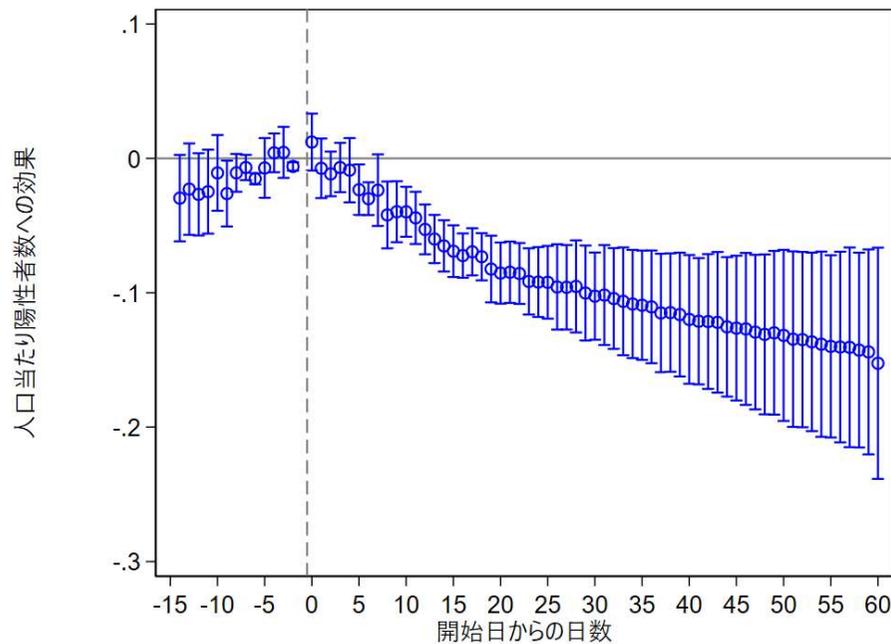
- 追加したコントロール変数：20代人口割合と日付ダミーの交差項、70代以上人口割合と日付ダミーの交差項、2021年4月19日現在の高齢者のワクチン接種率と日付ダミーの交差項

# 緊急事態宣言の効果(第3期, Sun-Abraham との比較)



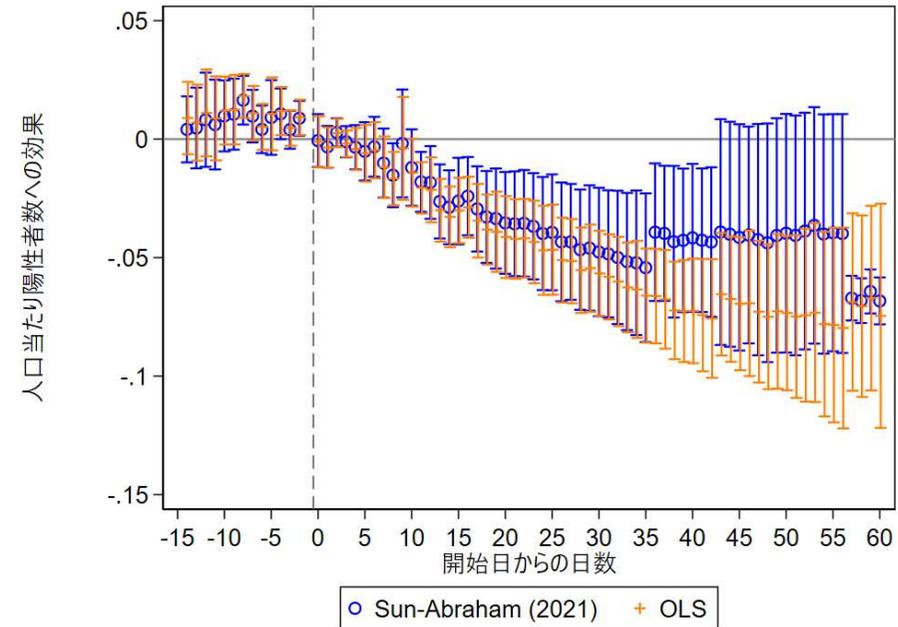
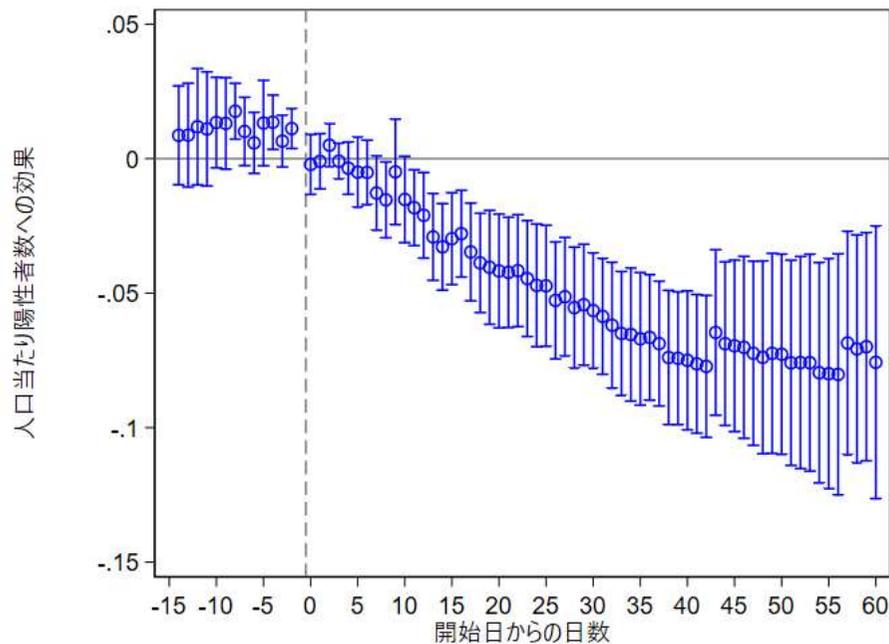
- Sun-Abrahamの場合の対照群は、never treatedの27都道府県。

# 緊急事態宣言の効果(第3期, 隣接都道府県への影響をコントロール)



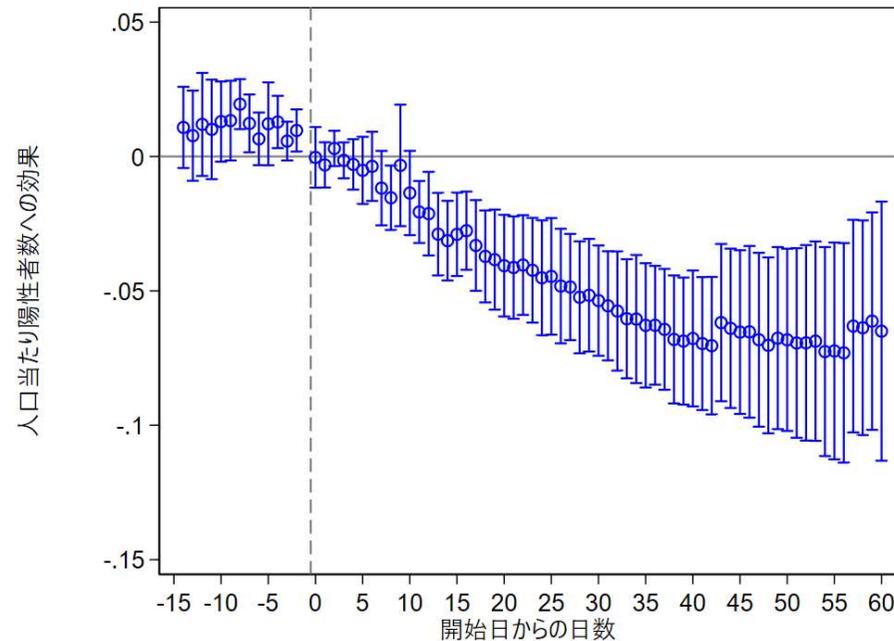
- 介入群の隣接都道府県についても介入群と同じダミー変数を作成し(つまり、隣接都道府県も同じタイミングで介入があったと仮定し)、それらをコントロール変数として追加。

# まん防の効果(第1期、コントロール変数追加、Sun-Abrahamとの比較)



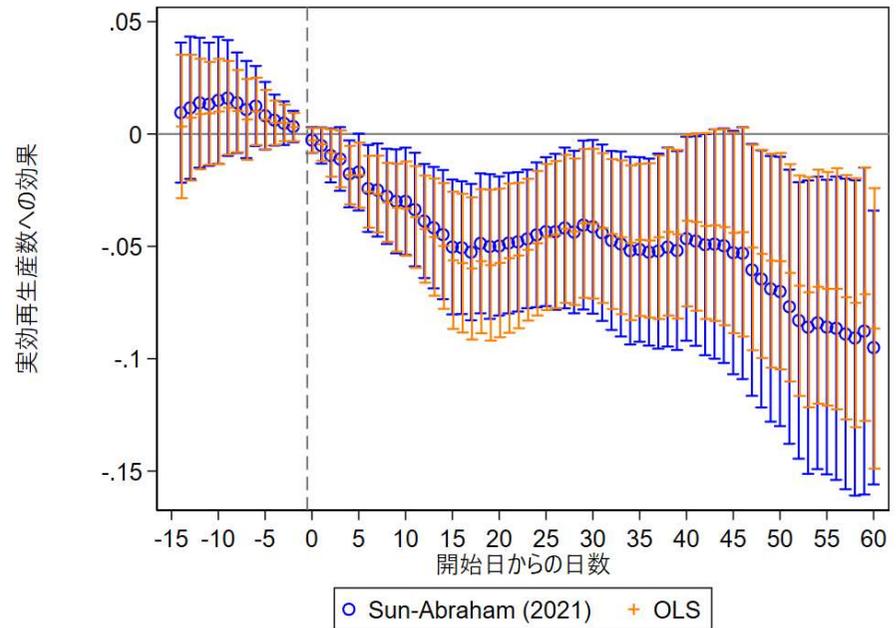
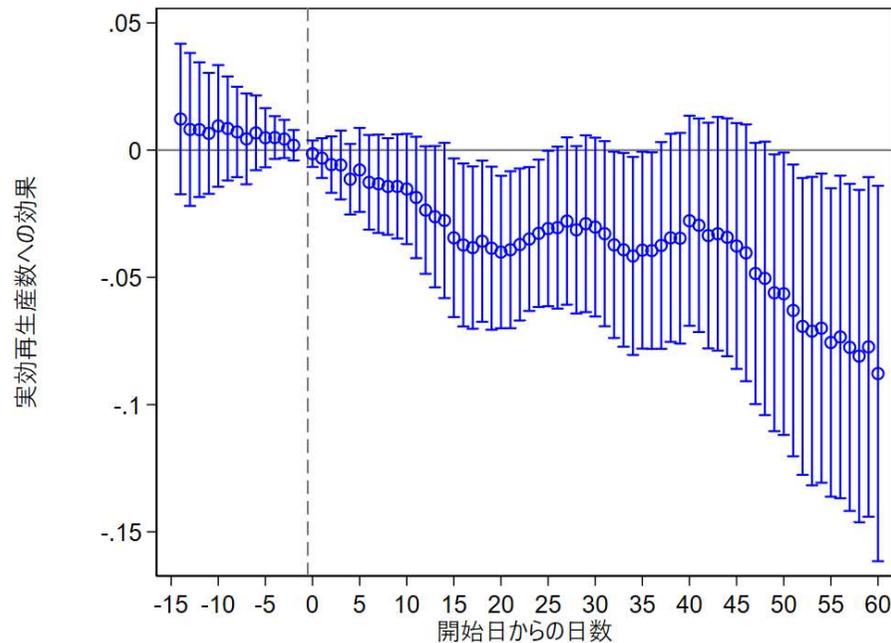
- 左：コントロール変数追加。追加したのは、20代人口割合と日付ダミーの交差項、70代以上人口割合と日付ダミーの交差項、2021年4月19日現在の高齢者のワクチン接種率と日付ダミーの交差項
- 右：Sun-Abrahamとの比較。対照群は、never treatedの27都道府県。

# まん防の効果(第1期, 隣接都道府県への影響をコントロール)



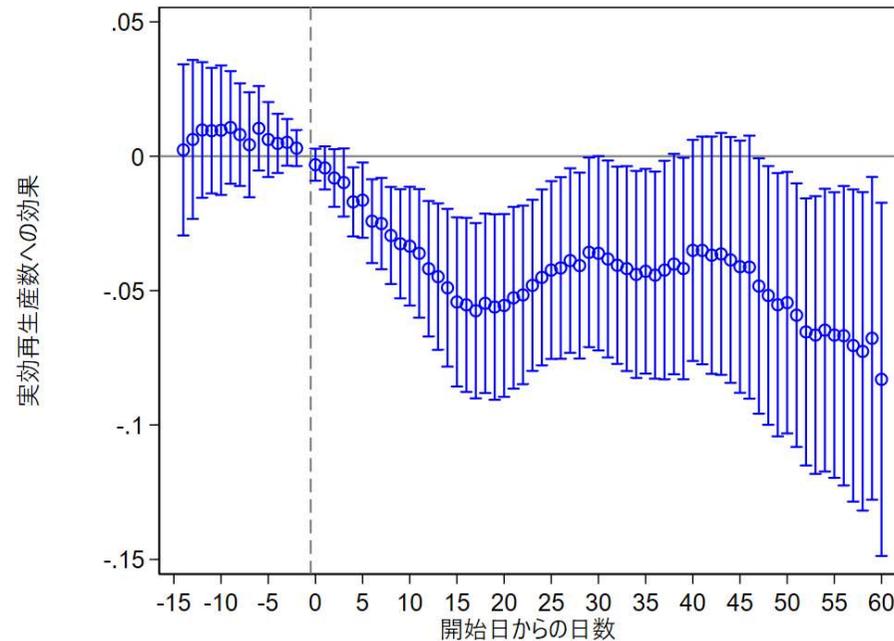
- 介入群の隣接都道府県についても介入群と同じダミー変数を作成し(つまり、隣接都道府県も同じタイミングで介入があったと仮定し)、それらをコントロール変数として追加。

# BA5宣言の効果(コントロール変数追加、Sun-Abrahamとの比較)



- 左：コントロール変数追加。追加したのは、20代人口割合と日付ダミーの交差項、70代以上人口割合と日付ダミーの交差項、それぞれのワクチン接種について(1, 2, 3, 4回)人口当たりの接種済割合と日付ダミーの交差項
- 右：Sun-Abrahamとの比較。

# BA5宣言の効果(隣接都道府県への影響をコントロール)



- 介入群の隣接都道府県についても介入群と同じダミー変数を作成し(つまり、隣接都道府県も同じタイミングで介入があったと仮定し)、それらをコントロール変数として追加。