
東京での感染減少の要因: 定量分析

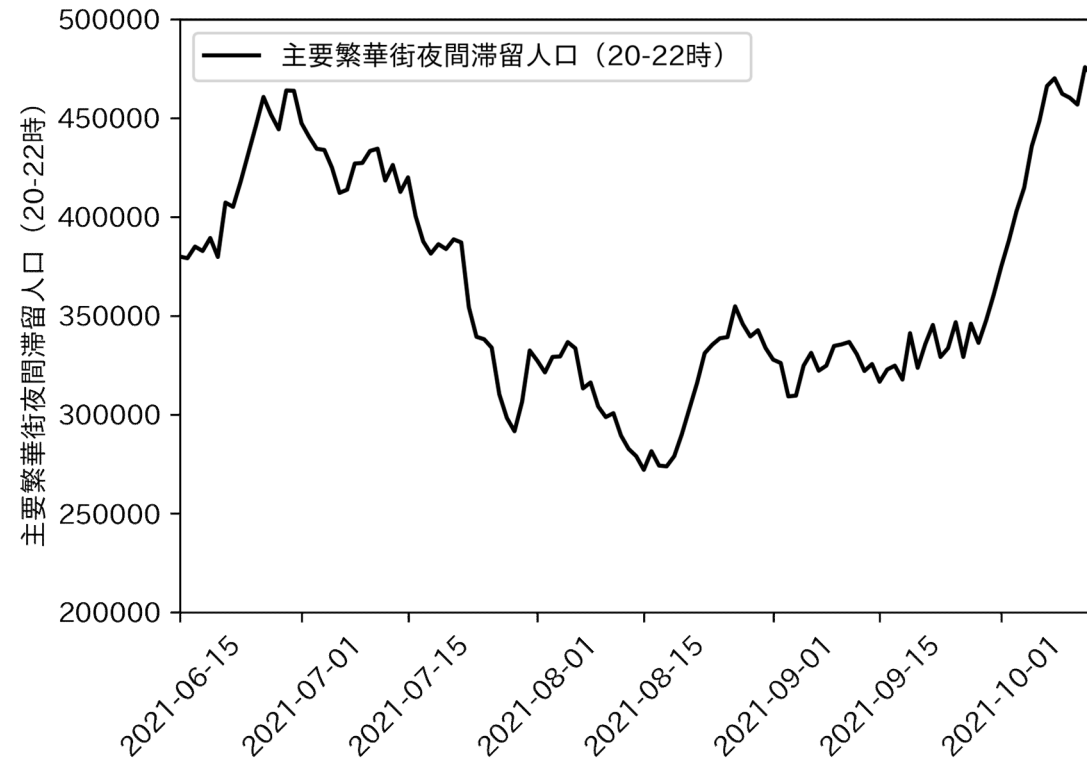
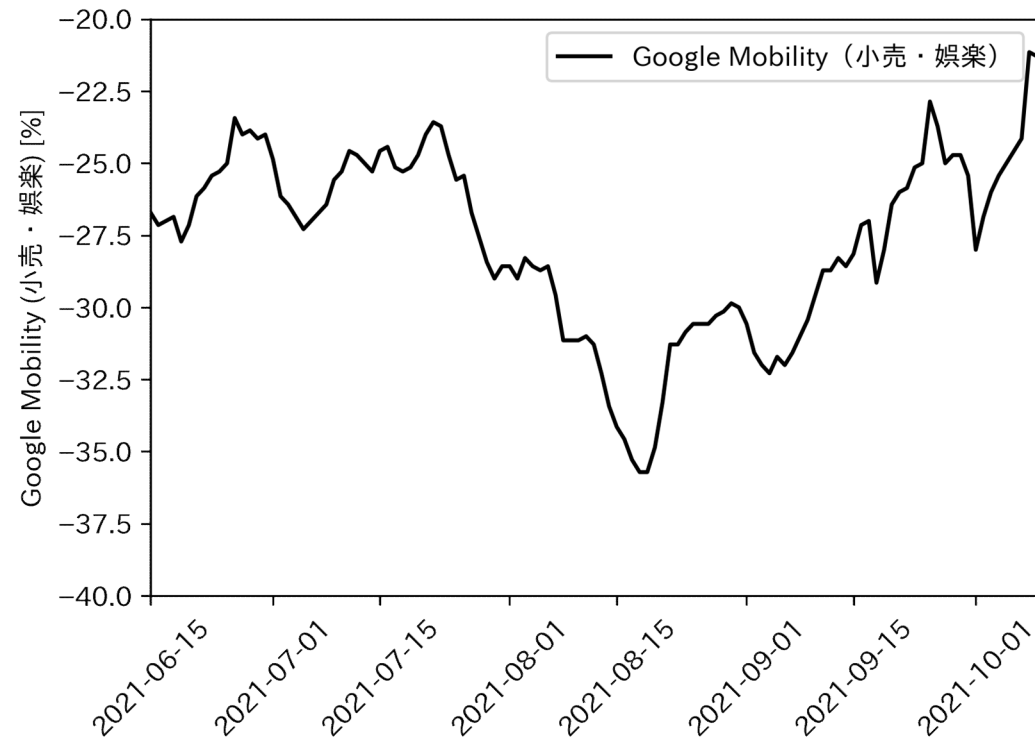
2021年10月25日

遠藤宏哲(ケンブリッジ大学)・別府正太郎・藤井大輔・川脇颯太・
眞智恒平・前田湧太・仲田泰祐・西山知樹・岡本亘(東京大学)

背景

- 7月後半・8月前半に聞かれた主張
 - 「ロックダウンをしないと感染は減少しない」
 - 「人流50%削減を達成しないと感染は減少しない」
 - 当時、様々なチームから提示されていた分析はこういった主張と大体整合的
- 東京都では様々な人流データが増加傾向に転じた(または下げ止まった)にも関わらず、8月後半から感染は急速に減少
 - この資料では、人流データという言葉を広い意味で使用する
- ここでは、8月後半からの東京での感染減少に貢献したかもしれない幾つかの要因の定量的重要性を分析
 - Beppu et al. (2021): Sources of the Sharp Decline in COVID-19 in Tokyo: Summer 2021

主要人流データは8月中旬から増加もしくは下げ止まり



*右図指標は、全ての時間帯において同じ傾向 (<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000845988.pdf>)

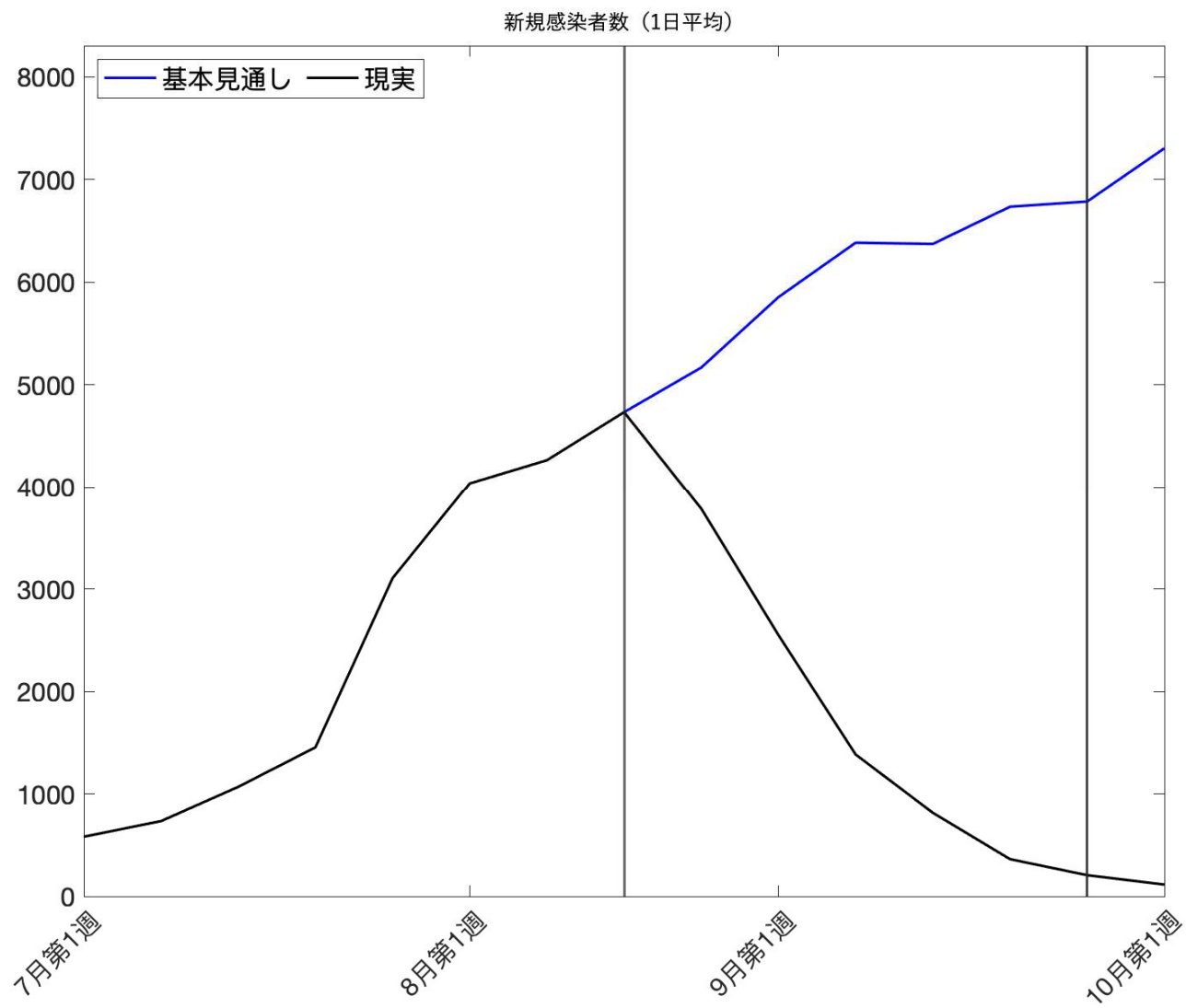
感染減少の要因

- ここでは以下の6つを分析
 - 仮説1: 天候
 - 仮説2: 基本再生産数が想定よりも低い
 - デルタ株の感染力は実はそれほど高くない
 - 個人間の免疫力異質性・細分化コミュニティー等、集団免疫獲得閾値を減少させ得る要素
 - 例: 慶應大学栗原研究室モデル・東京大学大澤研究室モデル等
 - このようなモデルを実際に解いてその定量的重要性を検証することは可能だが、ここでは取り扱わない
 - 仮説3: 周期
 - 仮説4: 実際の累計感染者数は累計PCR陽性者数よりも多く、集団免疫に近い
 - 仮説5: 活発な高齢者以外においてワクチン感染予防効果が想定よりも高い
 - 仮説6: 医療逼迫に起因したリスク回避行動

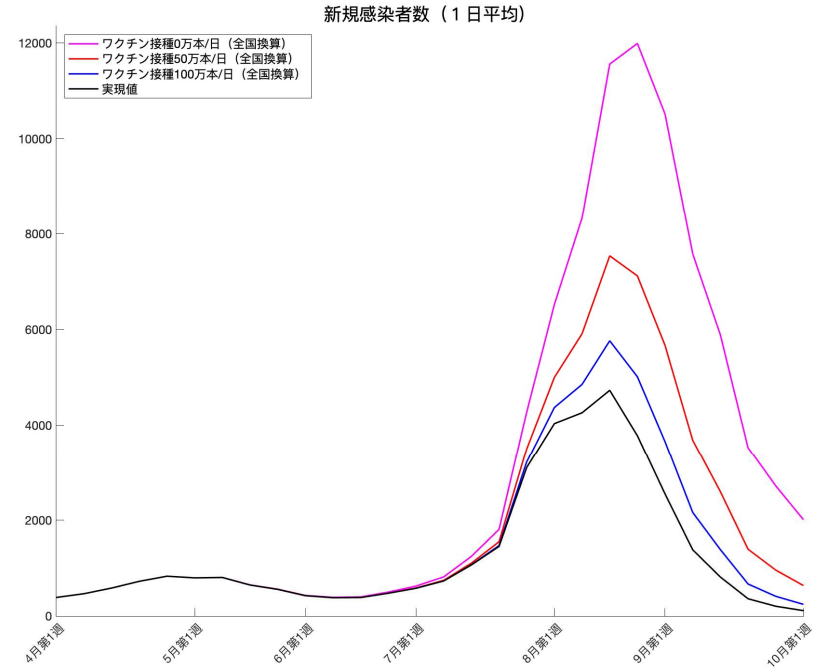
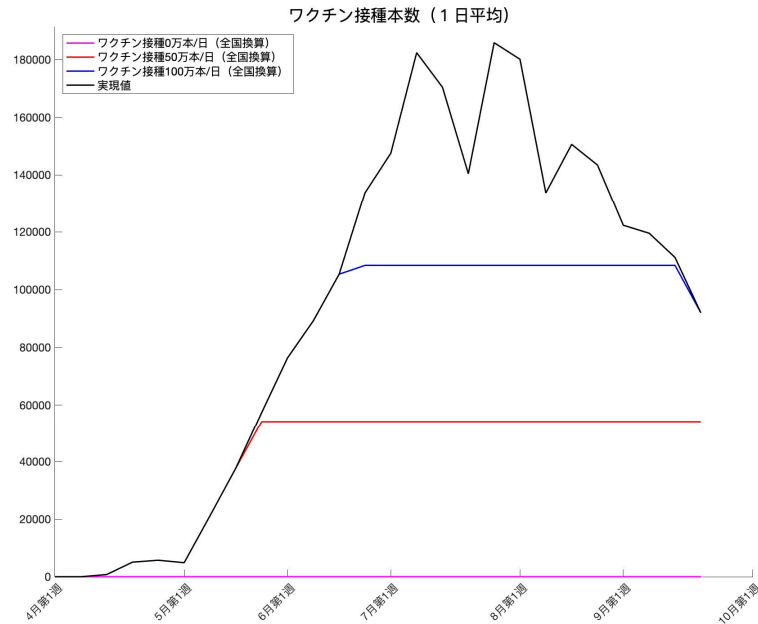
分析

- Step 1: 感染減少が始まる直前(8月中旬)に仮に「人流データ重視」の分析をしていたら提示していたであろう**仮想見通し**を作成
 - 疫学マクロモデルを使用(Fujii and Nakata (2021))
 - Google Mobility(娯楽・小売)を使用・現実通りのワクチン接種の推移を仮定
 - この仮想基本見通しでは10月第1週の新規感染者数は1日約7,000人
 - 実際は約200人
 - 「ワクチン接種率上昇を考慮しても、人流削減なしには感染は減少しない」という見方と整合的
 - 藤井仲田チームが当時提示していた見通しとは違うことに留意
 - (8月10日)「自主的な行動変容による感染拡大抑制シナリオ」(https://covid19outputjapan.github.io/JP/tokyo_20210810.html)
- **Step 2: 上記した要素を考慮していたら、新規感染者数見通しはどのくらい低下したか(現実に近づいたか)を計算**

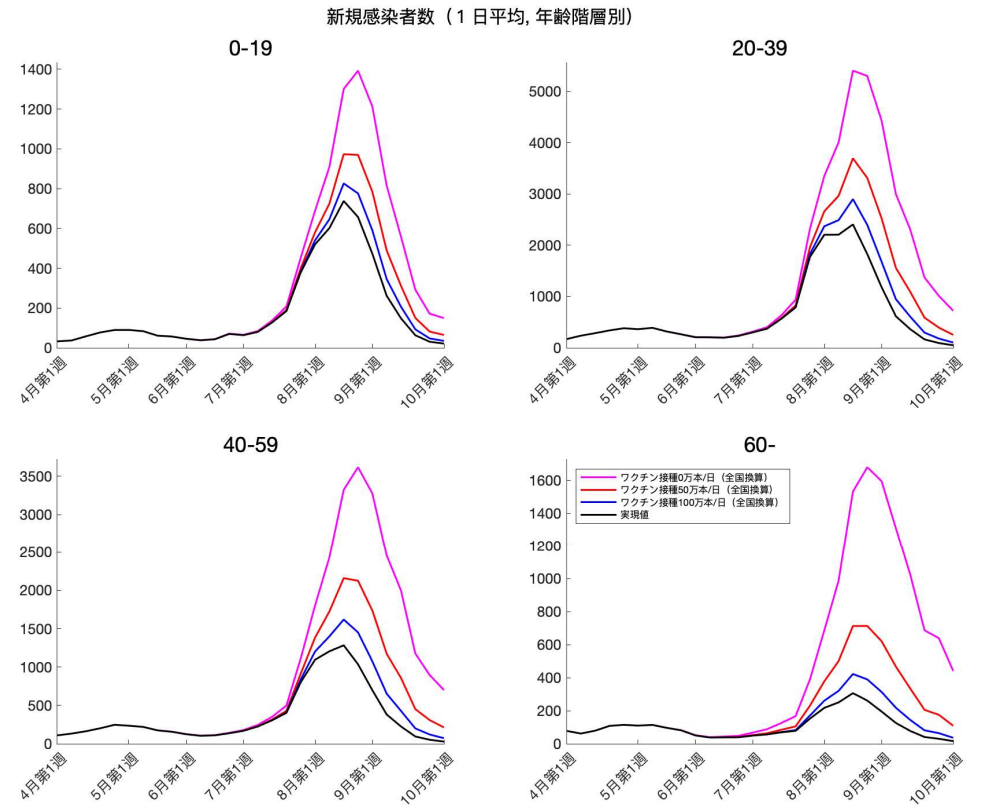
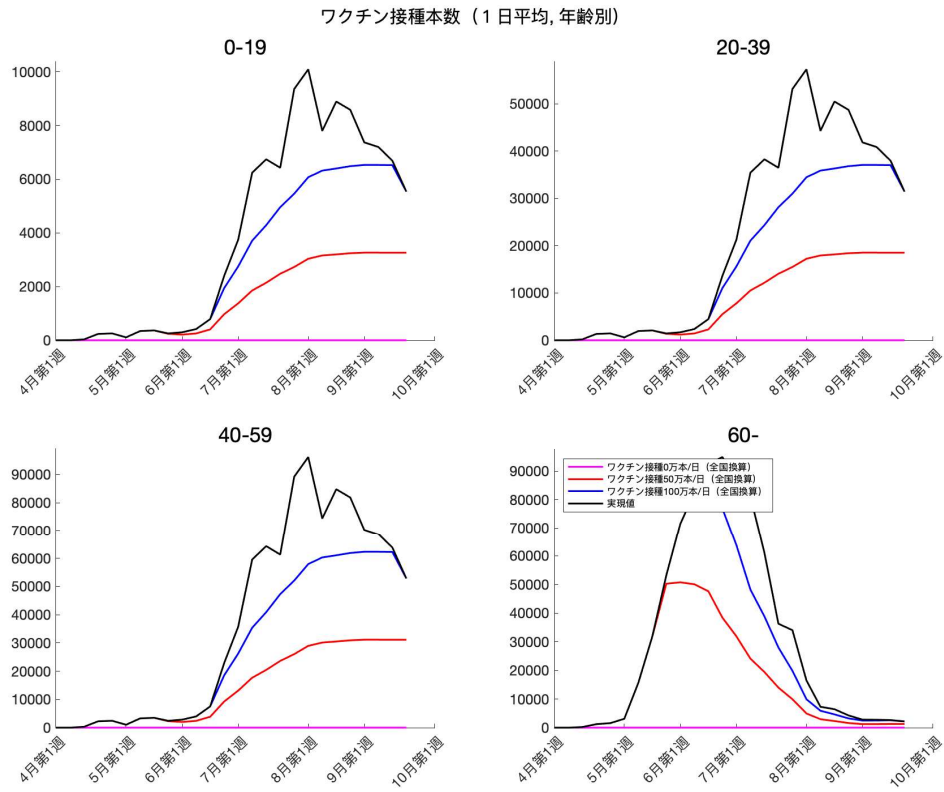
仮想基本見通し



「ワクチン接種率上昇を考慮しても」



- ワクチン接種は感染拡大を抑制する力を7月後半から継続的に働かせてきた
- が、感染推移の輪郭は、ワクチンの有無に大きくは影響されない
- ワクチンペースは連続的に推移しているので、それだけでは8月後半からの感染減少のタイミングと急速さを説明しにくい



まとめ

| | 8月後半からの 感染減少への貢献 | 今後の見通しへの影響 |
|------------------------|---------------------|------------------------------|
| 天候 | おそらく小さかった | 多少悪化させる |
| 想定よりも低い 基本再生産数 | 大きかった可能性がある | 大きく改善し得る |
| 周期 | 大きかった可能性がある | 解釈に依存 |
| 捕捉率 | 多少の貢献をした可能性がある | 微改善 |
| 想定よりも高い ワクチンの感染予防効果 | おそらく小さかった | 多少改善・感染予防効果減退に注視 |
| 医療逼迫による リスク回避行動* | 大きかった可能性がある | 現状の低い新規感染者数・病床使用率は今後の感染増加を示唆 |

*この仮説は10月以降に感染減少が続いていることは説明しにくいことに留意

重要ポイント

- ワクチン接種はこれまでも今後も感染を大きく抑制。が、8月後半から急速に感染減少したことの主要因とは言いにくい
 - 追加的な要因がないと、8月後半からの感染減少のタイミングと急速さは説明しにくい
- 想定よりも低い基本再生産数・周期性・医療逼迫によるリスク行動回避は定量的に感染減少をある程度説明できる
 - だからと言って、必ずしもこれらが現実世界で重要だったとは言えない
 - 周期性が正しいとすると、なぜ周期性が生まれるかを理解することが今後の見通しを立てる上で重要
 - 医療逼迫による行動変容が正しいとすると、今後の見通しは必ずしも改善しない
 - 想定よりも基本再生産数が低いと、今後の見通しは改善
 - 標準的なモデルで使用すべき基本再生産数が低いかもしれない理由は多岐に渡る
 - デルタ株の感染力が想定よりも低い・個人間の様々な異質性・細分化されたコミュニティの存在

コメント

- ここでは一つの特定の手法によってそれぞれの仮説の定量的な重要性を分析
- 別の手法で分析すると、全く違った結論が出てくる可能性もある
 - 一つの手法による分析結果を絶対的な真実として解釈すべきではない
 - より多くの研究者が過去の現象・政策効果を分析し、その結果を今後の分析に反映させていくことが望ましい
 - 名古屋工業大学平田研究室:「7-9月における新規陽性者数の増加と減少について」
 - <https://www.covid19-ai.jp/ja-jp/researcher/akimasa-hirata/>
- どの仮説が正しいかを分析すると同時に、この仮説が正しいと今後の見通しがどのように変化するか・この仮説の政策含意は何か、を考えることが重要

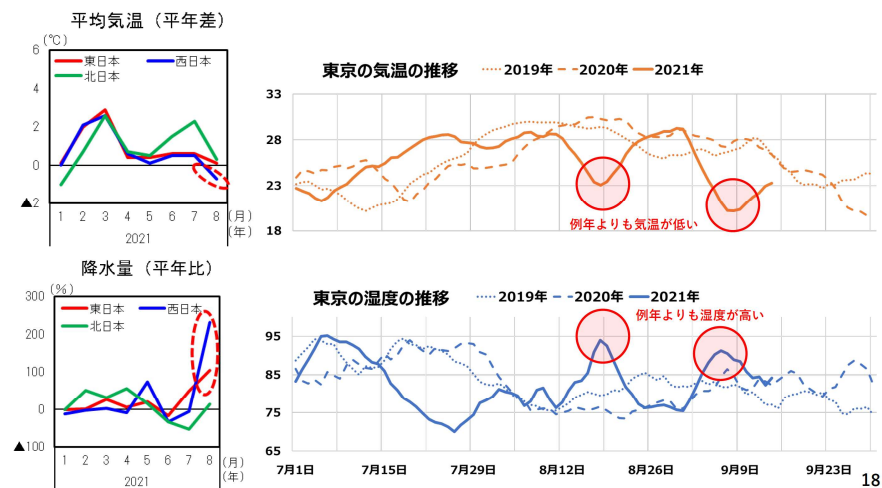
教訓

- ロックダウン・追加的人流抑制をしなくても、感染が急速に減少することもある
 - 「急速な感染減少の要因が何か」とは独立した観察
- 教訓
 - 今後は、今まで以上にロックダウン・人流政策には慎重になるべきと言える
 - 何故？(1) 人流管理政策の効果の不確実性が上昇したと言えるから、(2) こうした政策には多大なコスト(社会・経済・文化・教育への負の影響)があるから
 - 不確実性の中での意思決定の古典: W. Brainard (1967): Uncertainty and the Effectiveness of Policy
 - 政策オプションから完全に排除すべきとは必ずしも言えない
 - 「追加的人流抑制が無くても感染減少することがある」は「人流抑制が感染減少に常に役に立たない」と同じではない
 - 人流抑制が感染減少に効果的と考えられ、その負の影響を緩和できる策がとれるならば、検討すればよい

仮説1：天候

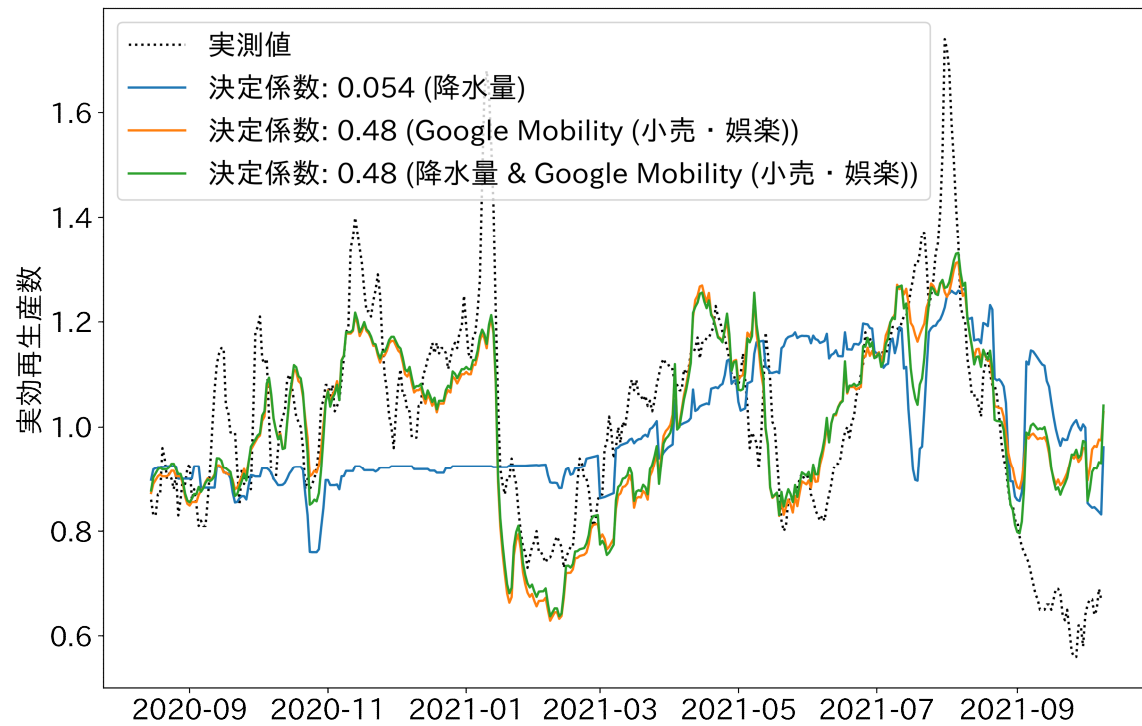
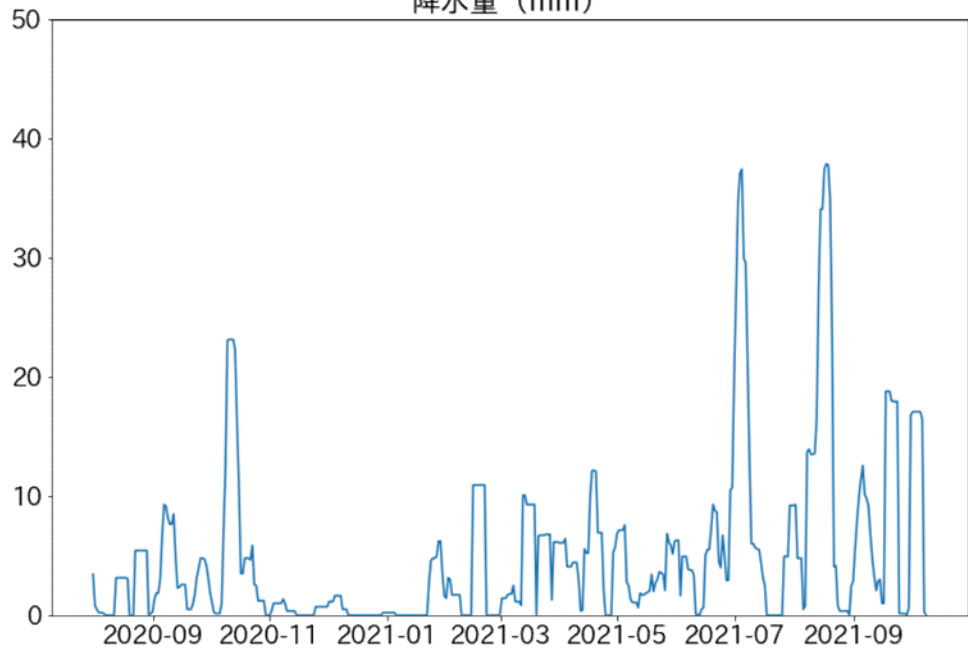
背景

- 8月後半・9月前半は雨の日が多く、湿気が高く、気温が低かった
 - 内閣府AIアドバイザリーボード(9月15日)の資料1(「なぜ新規陽性者数は急速に減ったのか?」)の最後のページ
 - https://corona.go.jp/prevention/pdf/advisory_kaigou_20210916.pdf
 - <https://corona.go.jp/prevention/#ai-cont>

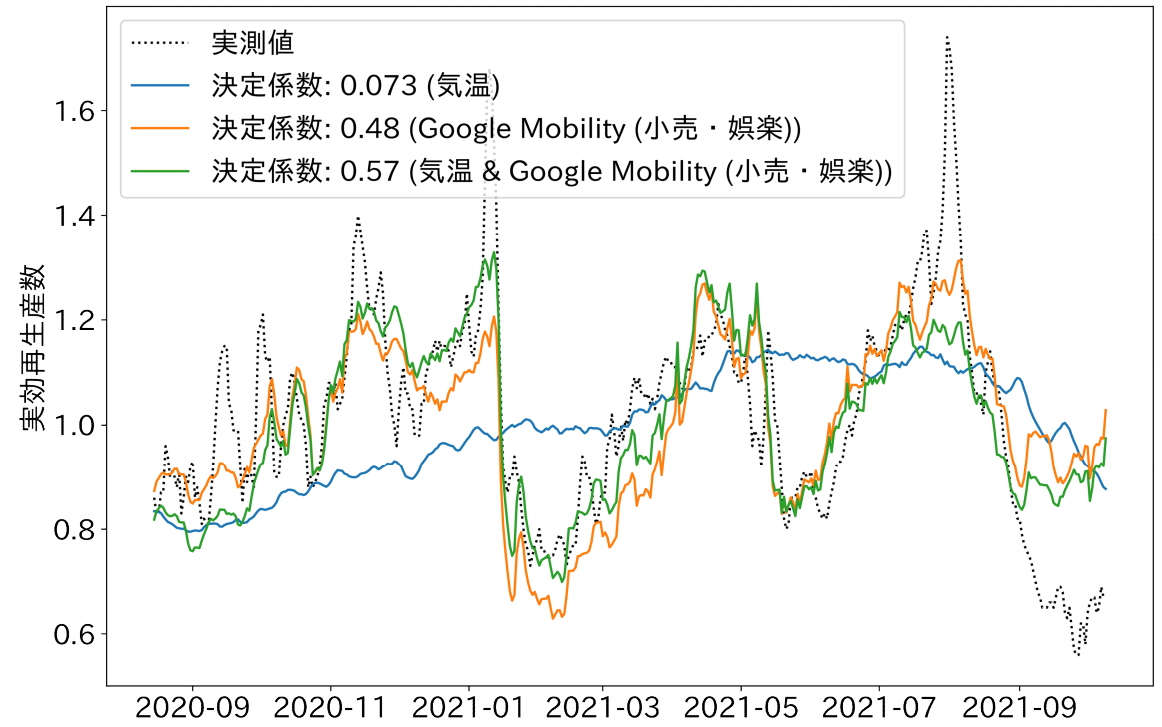
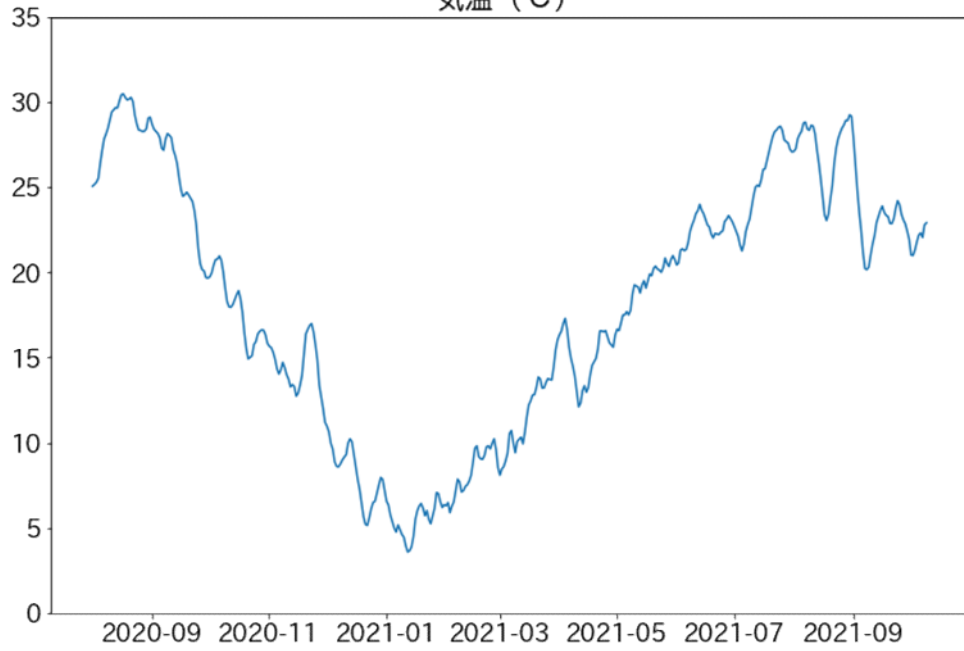


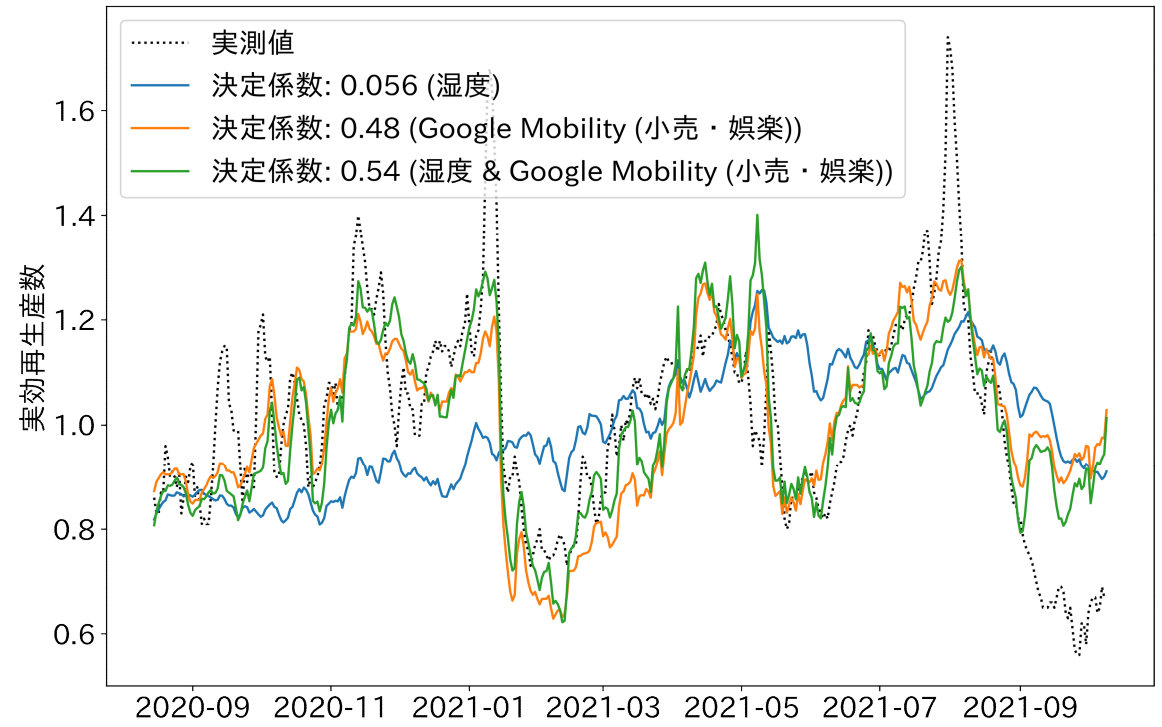
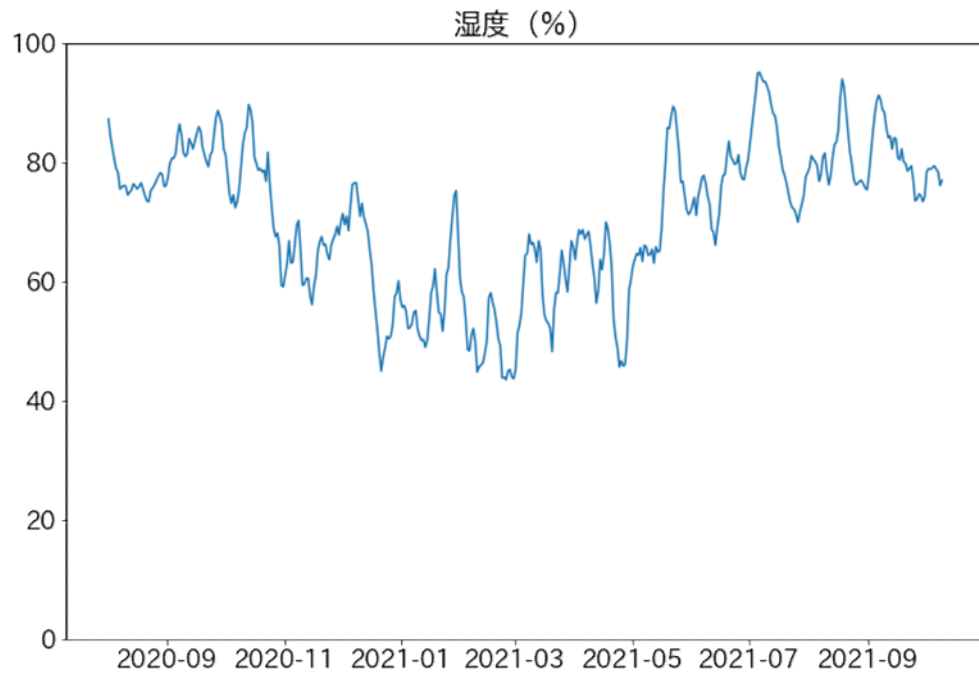
- ここでは、こういった天候要因を考慮することの感染見通しへの影響を試算

降水量 (mm)

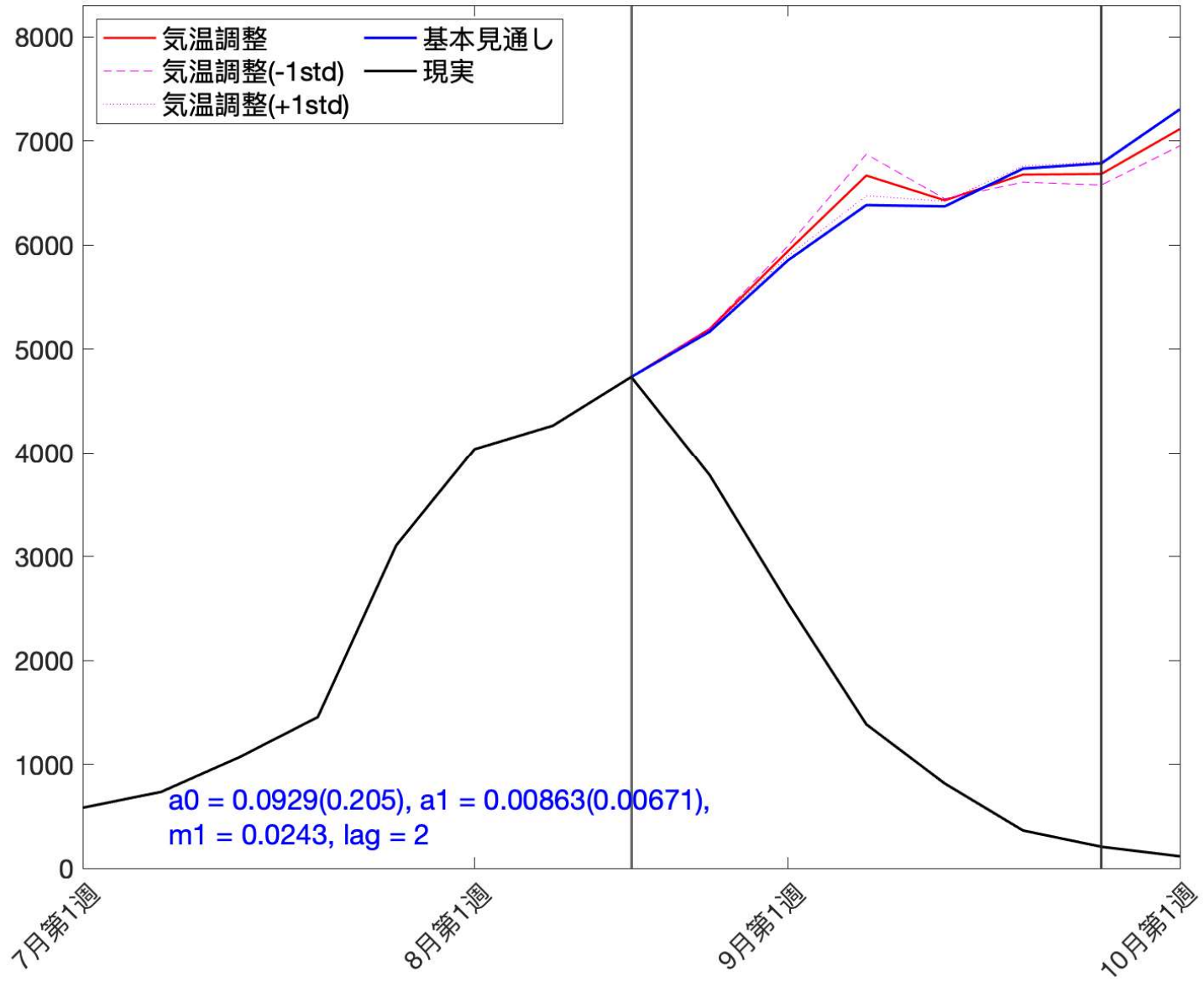


気温 (°C)

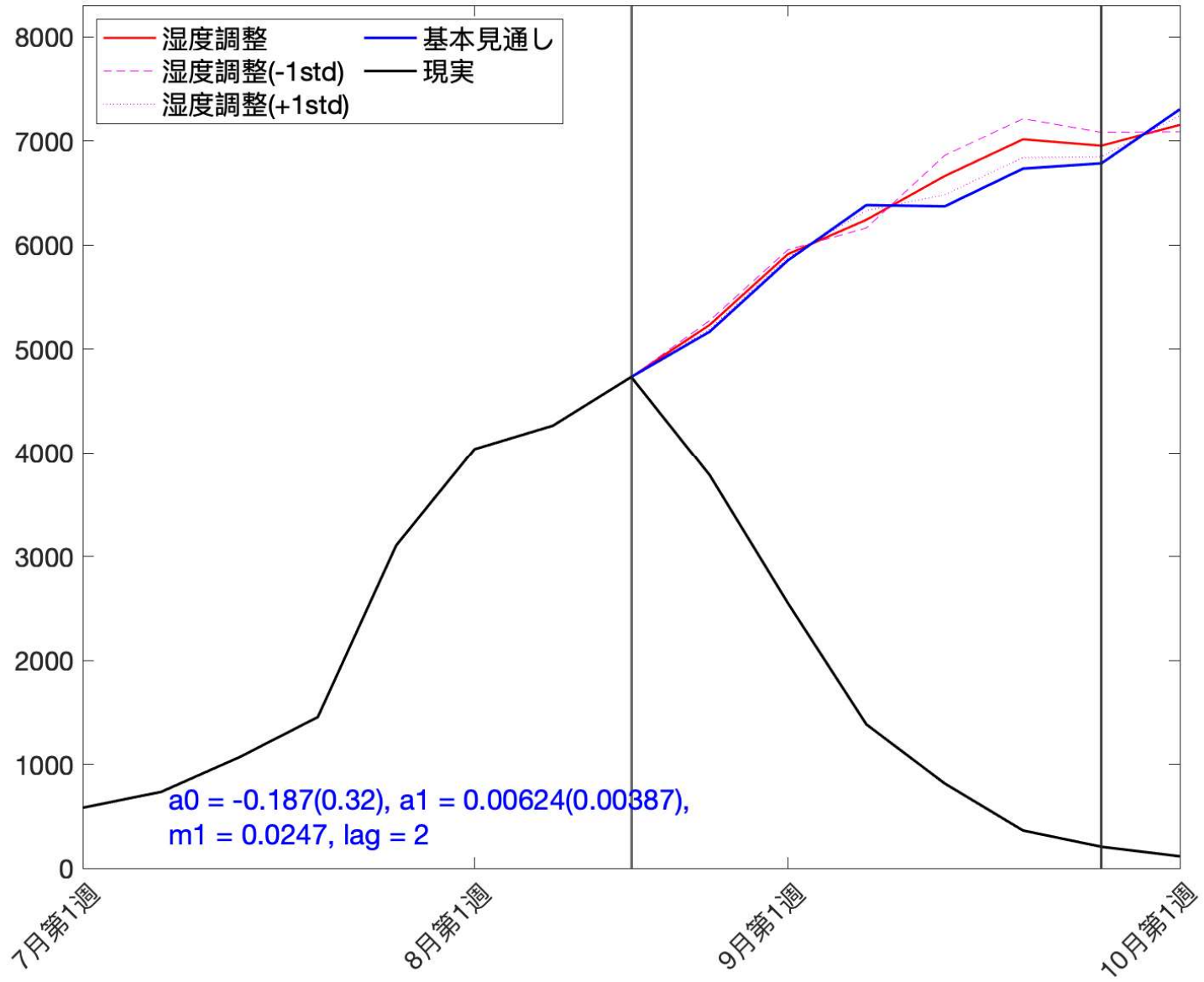




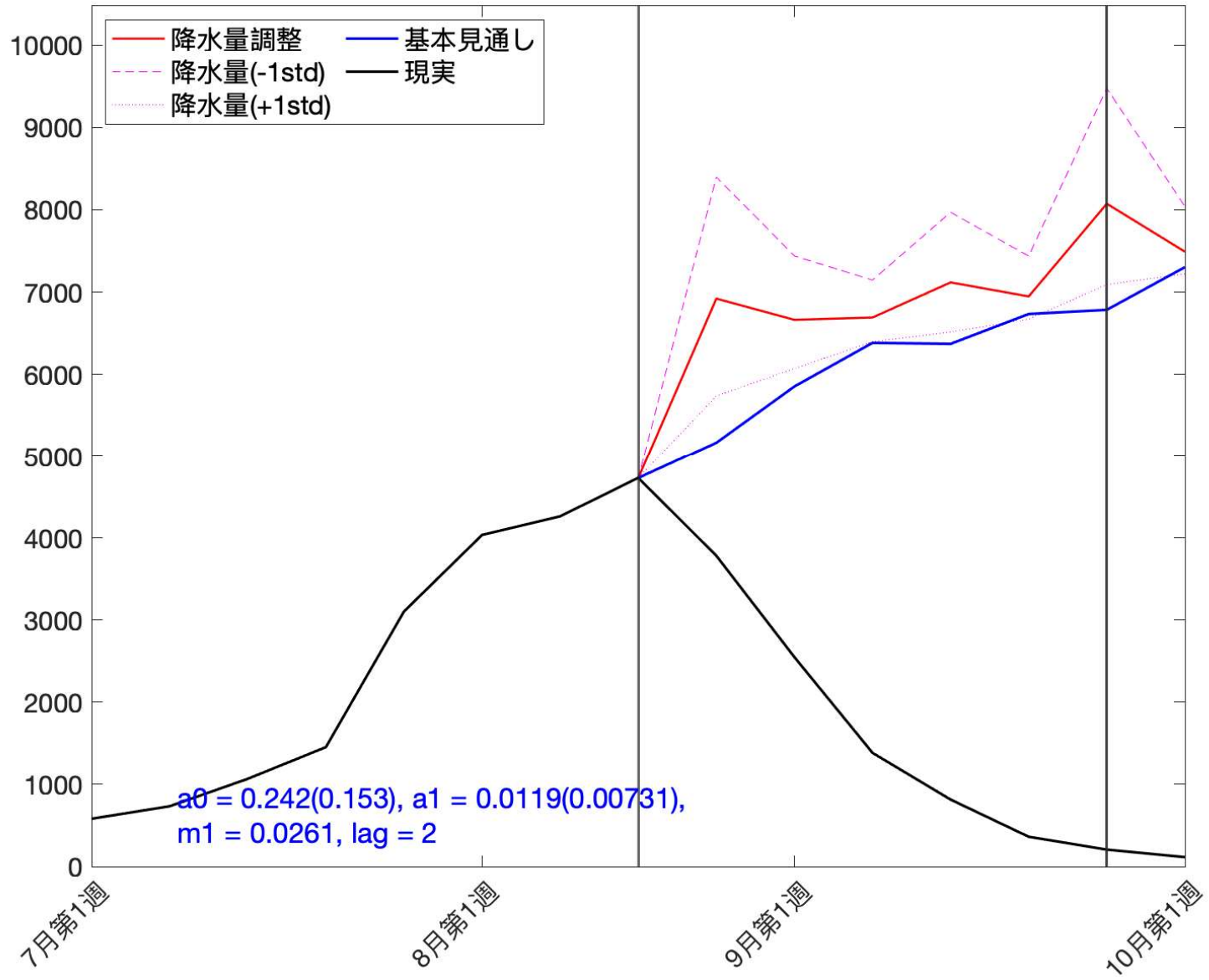
新規感染者数 (1日平均)



新規感染者数 (1日平均)



新規感染者数 (1日平均)



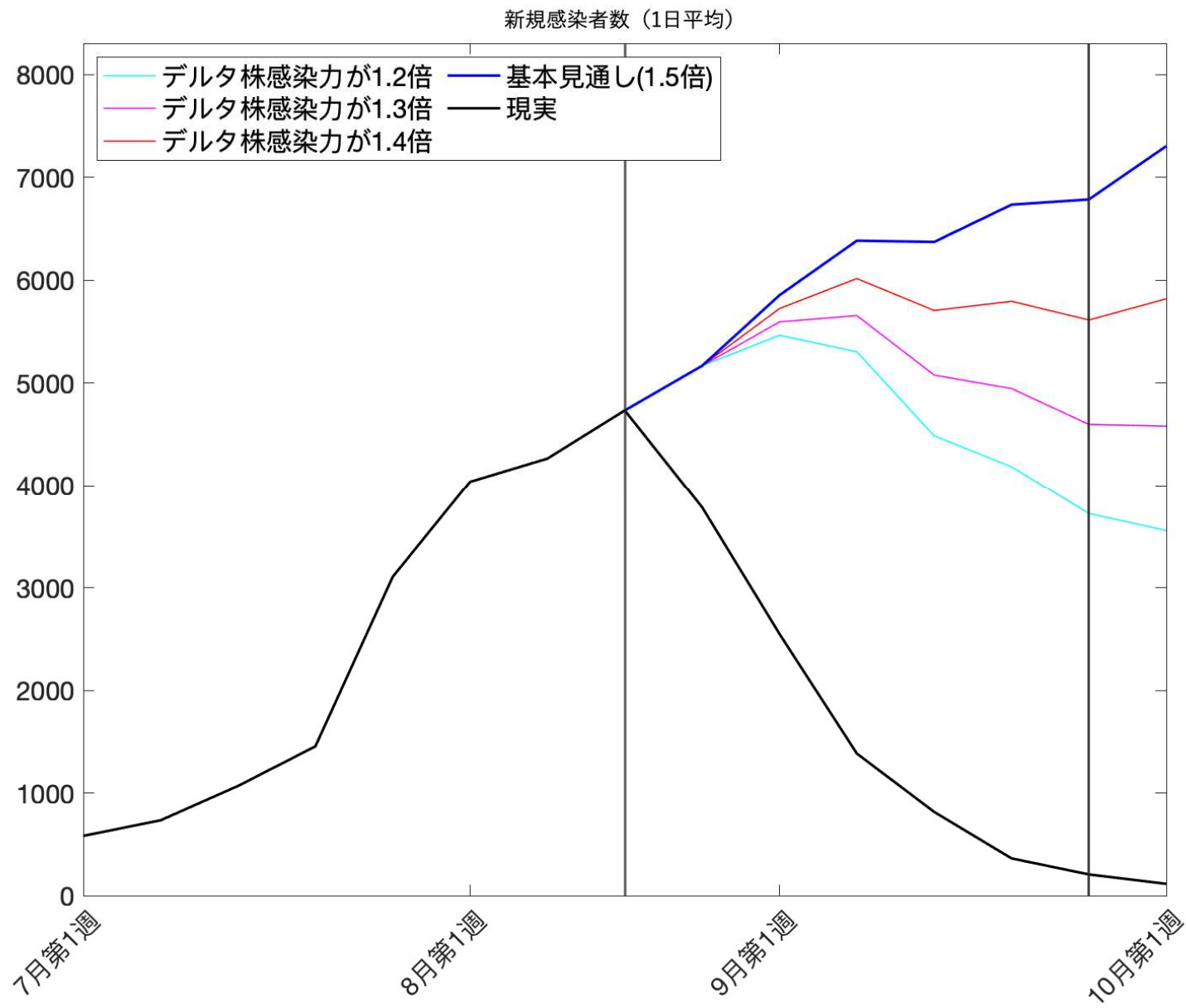
仮説1のまとめ

- 仮想見通しと現実の差分をあまり説明できない
- あくまで一つの分析による結果であることに留意
 - 雨量減退期にはクラスターが発生しやすいという分析も存在
 - 大澤・前川(2021年10月5日)
 - https://www.covid19-ai.jp/ja-jp/presentation/2021_rq3_countermeasures_simulation/articles/article164/

仮説2: 想定よりも低い
基本再生産数

背景

- 7月最終週の感染急拡大のあと、藤井仲田チームはデルタ株の相対的感染力(アルファ株と比べて)を1.3倍から1.5倍に修正
- が、7月最終週以外の実効再生産数はそれほど高くなかった
 - 7月最終週の感染急拡大は他の特別な理由であったと判断することも妥当
- ここでは、もしデルタ株感染力が1.5倍未満という仮定を採用していたら見通しにどのような影響があったかを試算
- より広く、様々な理由により「このモデルで使用すべき基本再生産数が低かった場合」の影響を試算していると解釈してほしい
 - 免疫力の異質性・細分化されたコミュニティーの重要性(それらとワクチン接種普及のインタラクション)



仮説2のまとめ

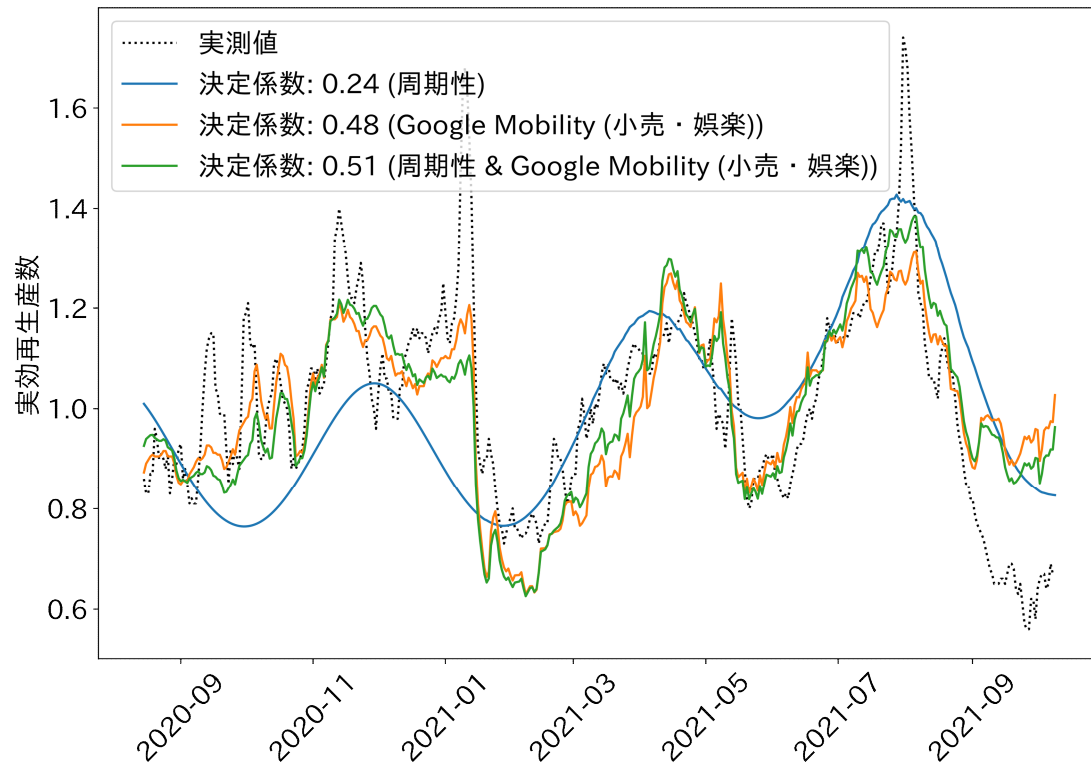
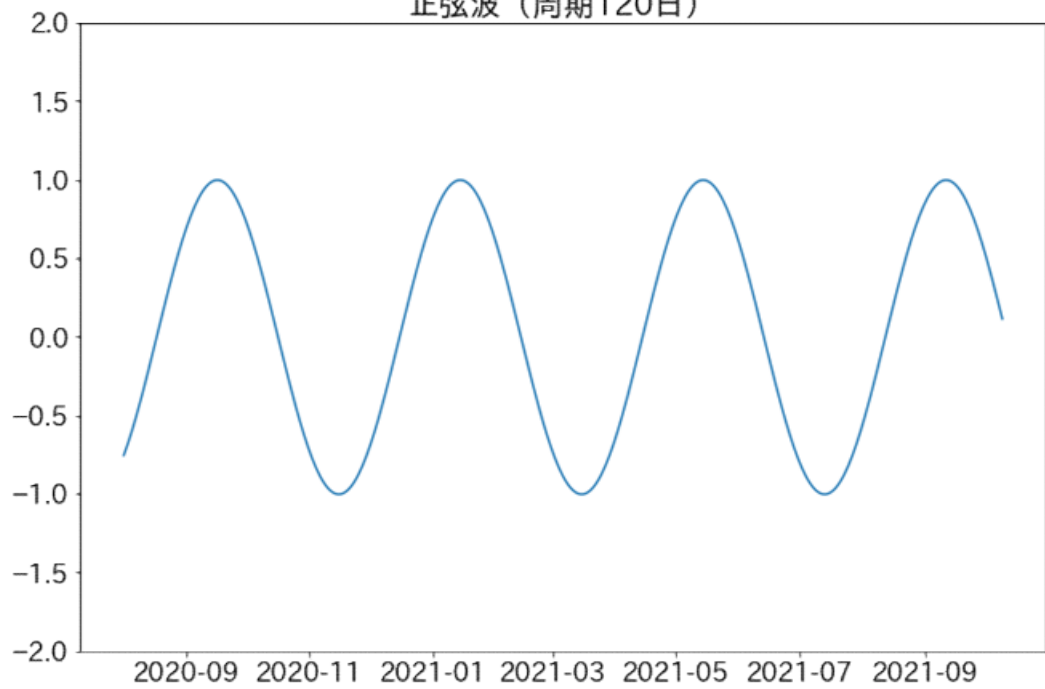
- 仮想見通しと現実の差分のある程度を説明し得る
- この仮説が正しいかどうかは、中長期の見通しに大きな影響を与える
 - 正しければ、集団免疫獲得閾値が低い事を示唆

仮説3：周期

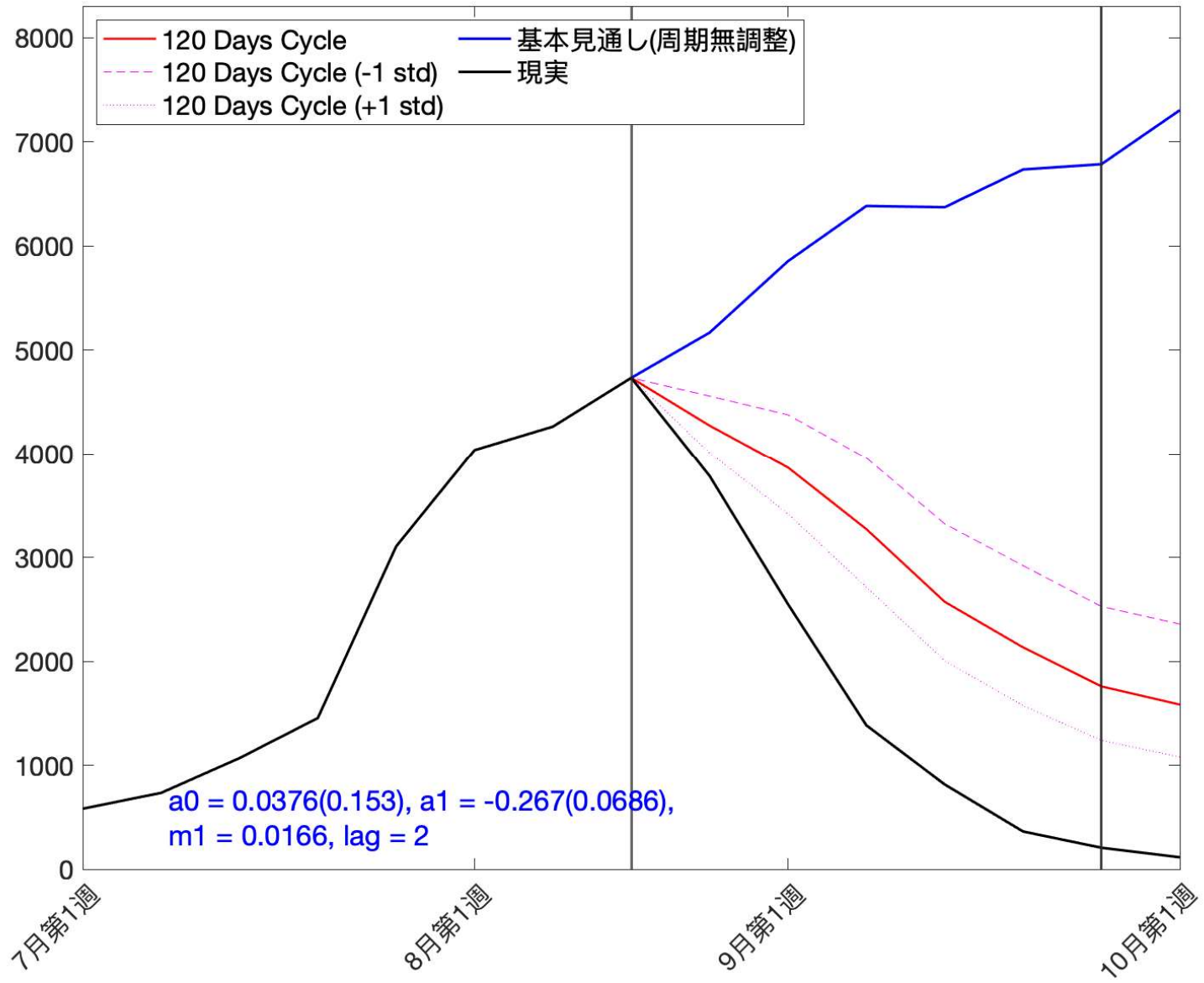
背景

- 様々な理由で周期性が生まれ得る
 - 外生的な理由の例
 - 「冬の乾燥、春はアルファ株蔓延、夏はデルタ株蔓延」で偶発的に120日の周期性が観察されている
 - 内生的な理由の例
 - 感染が下がると警戒心が薄れ、感染が上がると警戒心が高まる。その繰り返りで周期性
- ここでは、このような周期を織り込んでいたら仮想見通しはどうであったかを試算

正弦波 (周期120日)



新規感染者数 (1日平均)



仮説3のまとめ

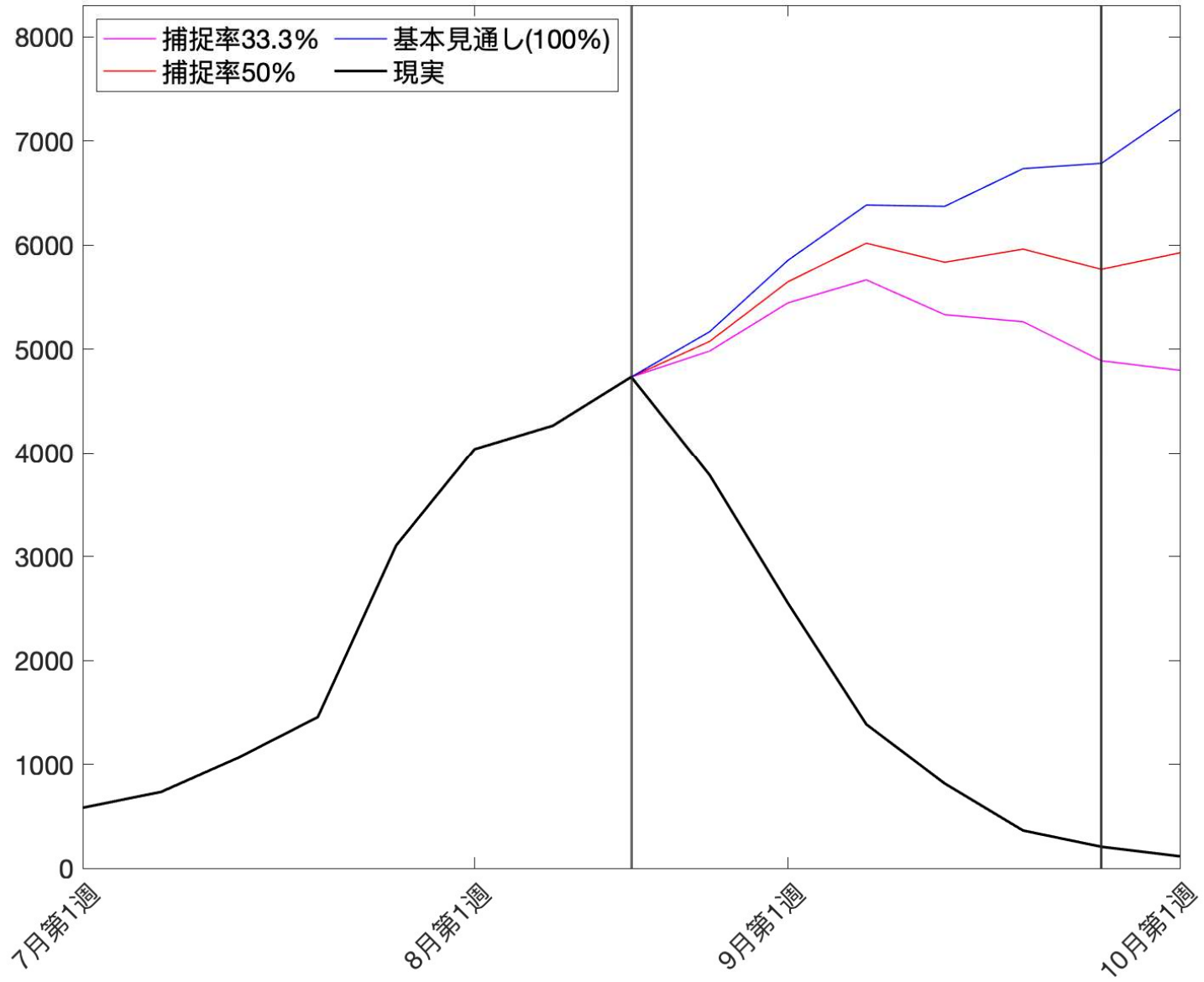
- 仮想見通しと現実の差分の多くを説明できる
- 今後の見通しへの影響は「何故周期が生まれるか」に依存
 - 外生的な理由で周期が生まれる場合
 - ケース1:人々の行動に関わらず、冬に感染増加の力が強まる
 - ケース2:もし過去の周期が新しい変異株登場によって偶然生まれていたら、デルタ株よりも感染力が強い株が報告されてない限りは、冬に感染増加の力を強める要因とはならない
 - 内生的な理由で周期が生まれる場合
 - 人々の警戒心が薄れるにつれ(もしくは他の理由により)、また波が来る可能性
 - 「仮説6:医療逼迫によるリスク回避」参照

仮説4：捕捉率

背景

- これまでPCR陽性者以外にも感染者がいた場合、そうでない場合よりも集団免疫に近いと言える
- ここでは、実際の感染者がPCR陽性者のX倍だと仮定することの今後の見通しへの影響を試算
 - 「実際の感染者 = PCR陽性者 * X」を仮定
 - 過去のパラメータ推定も、この仮定と整合的になるように調整

新規感染者数 (1日平均)



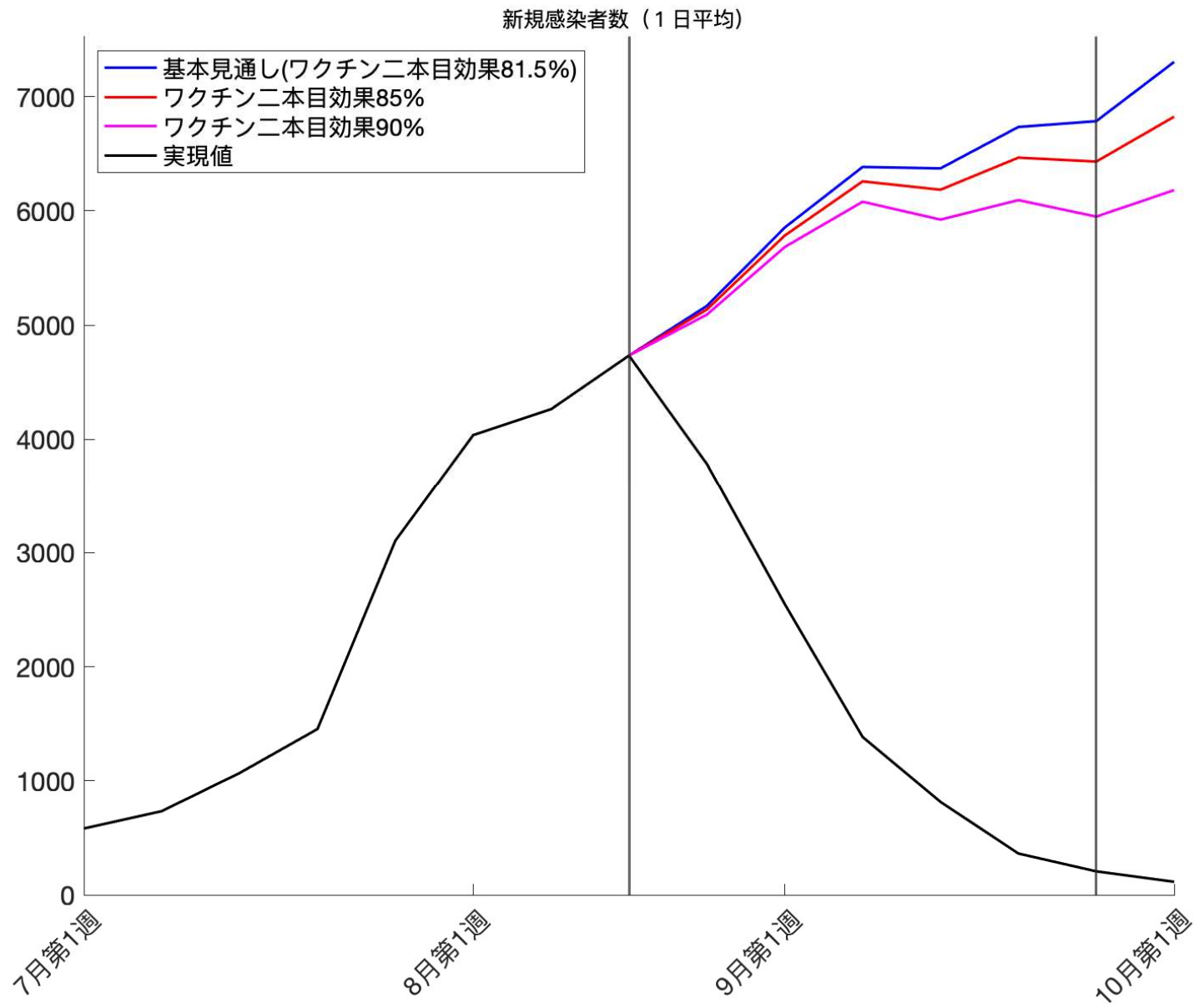
仮説4のまとめ

- 仮想見通しと現実の差分のある程度を説明できる
- 中長期の見通しを必ずしも大幅に改善はしない
 - 「感染者がPCR陽性者よりもX人多い＝集団免疫獲得にX人近い」とは言えない
 - 何故？ 感染者もワクチンを接種するから
 - 例:「80%ワクチン接種。人口の10%が感染」
 - 「 $80 + 10 = 90$ 」ではなくて、「 $80 + 10 * 0.2 = 82$ 」

仮説5: 想定よりも高い
ワクチンの感染予防効果

背景

- 高齢者以外のワクチン接種が本格化したのは、7月上旬
- 彼らが2本目を打ち終わり、2本目の感染予防効果が表れるのは約6週間後(8月中旬)
- もし、高齢者以外のワクチン接種感染予防効果が想定よりも高ければ、8月後半以降の感染減少の一因となり得る
- 4世代疫学マクロモデルを使用して試算



仮説5のまとめ

- 仮想見通しと現実の差分を少ししか説明できない
 - 短期的な見通しは、感染予防効果には大きくは左右されない
- この仮説が正しいかどうかは、中長期見通しに大きな影響を与え得る
 - ほんの10%の感染予防効果の違いでも、集団免疫獲得までに必要な免疫獲得者の計算に大きな影響を与える
 - 今後の感染予防効果減退ペースも同様に重要であることに留意

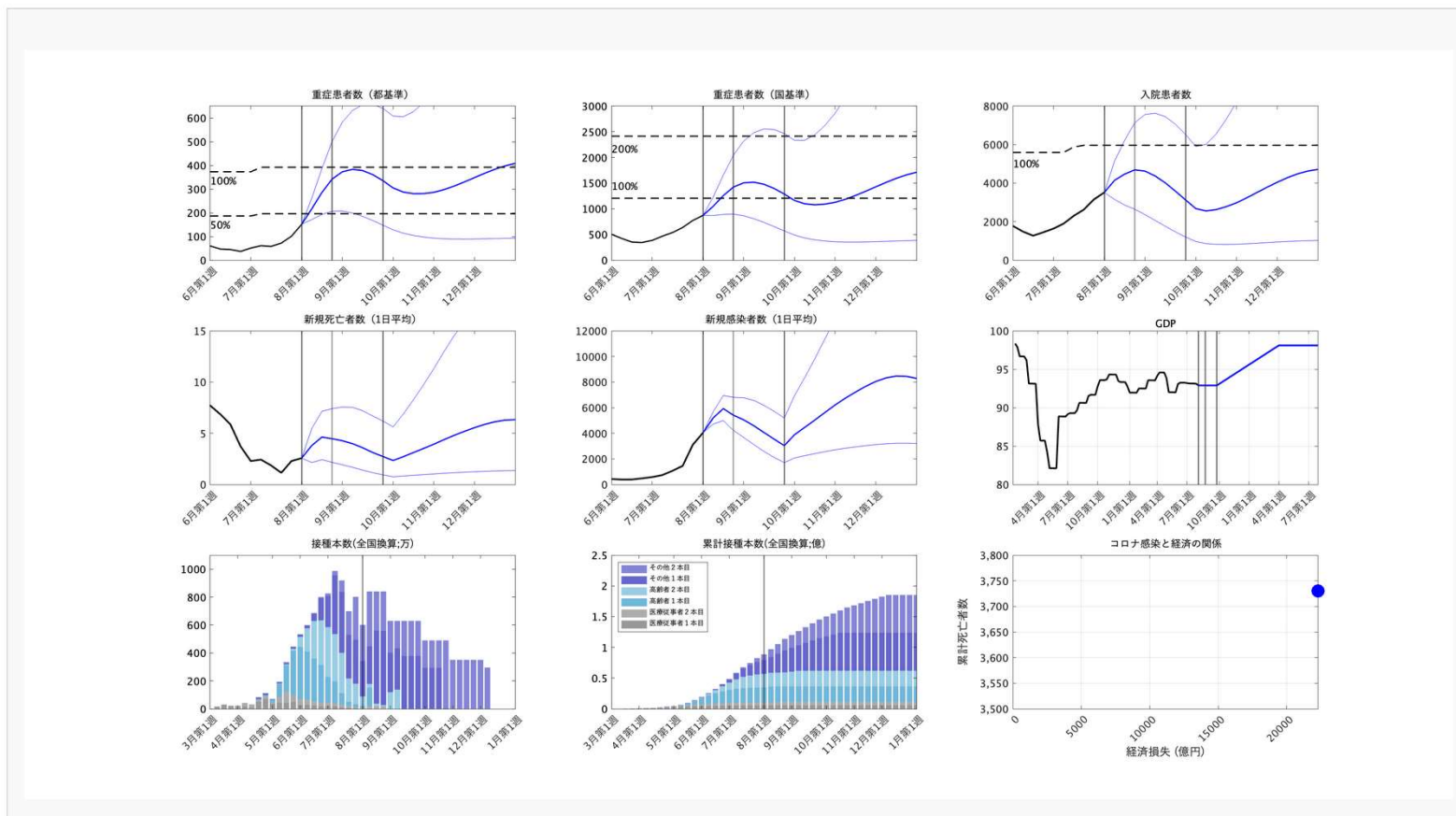
仮説6：医療逼迫による人々のリスク回避・
個人レベルでの感染症対策の徹底

背景

- 医療逼迫が起こり「今感染して重症化すると、病床が見つからない可能性がある」という恐怖心で、人々がリスク行動を回避したという仮説
 - Anecdotal Evidence (事例証拠)
 - 自分個人、周りの人々、SNSで観察される一部の人々の8月前半の行動変容
 - 「情報効果」の実証研究: Watanabe and Yabu (2021), Goolsbee and Syverson (2021)
 - 藤井仲田チームはこの仮説を以前から重視
 - 例: 8月10日の「自主的な行動変容による感染拡大抑制シナリオ」
 - このシナリオでは、追加的な人流抑制なしに、感染がピークアウトしその後減少するという見通しを提示
 - (現実と比べると、ピークのレベルがやや高く・減少のペースは遅いが)
 - **政策分析はScience and Art. Judgment (総合判断)が重要**
 - Anecdotal Evidenceを政策分析の一部に取り入れている良い例: Beige Book
 - <https://www.federalreserve.gov/monetarypolicy/beige-book-default.htm>

8月10日(東京での感染減少が始まる少し前)

1. 自主的な行動変容による感染拡大抑制シナリオ (楽観)

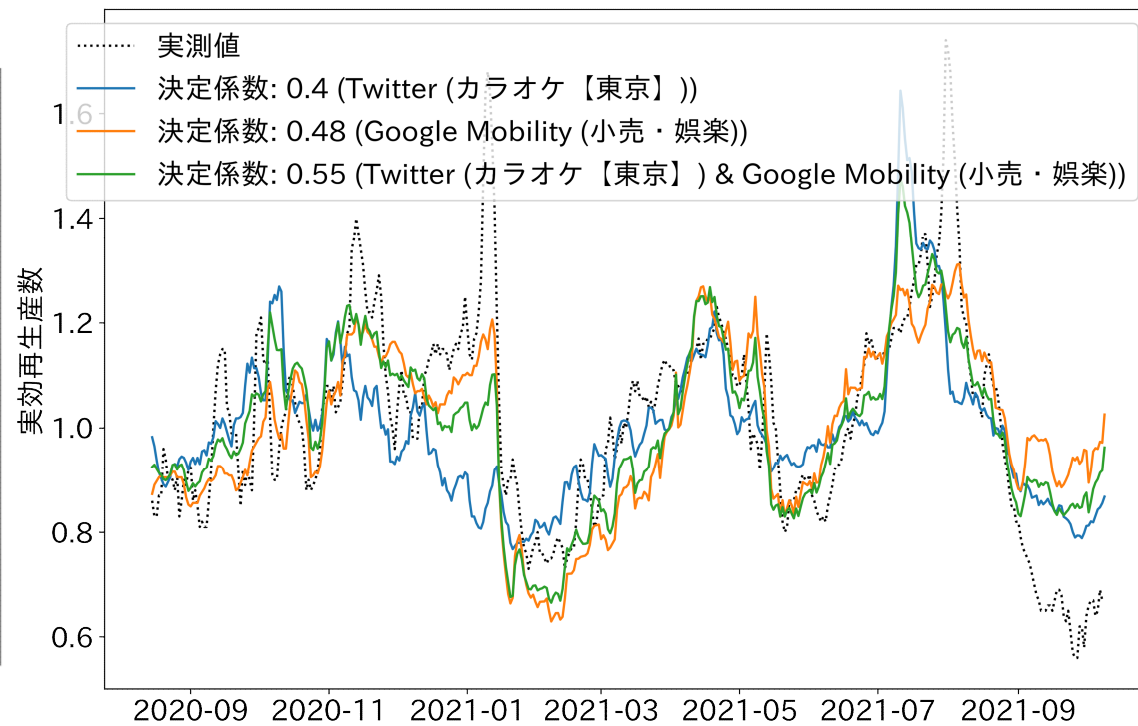
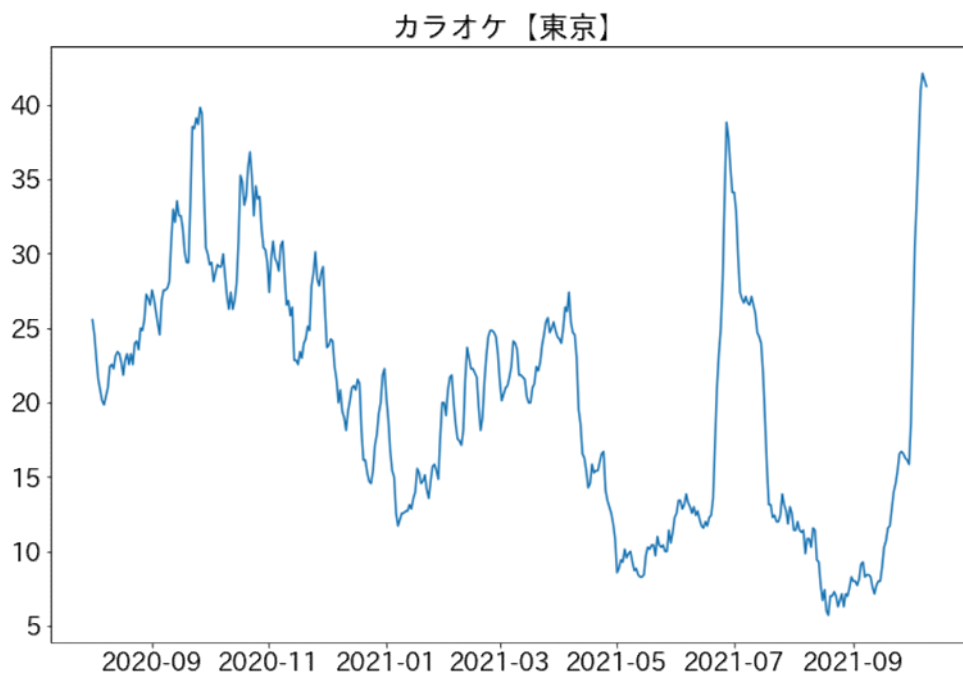


https://covid19outputjapan.github.io/JP/tokyo_20210810.html

分析

- 1. Twitterから読みとれるリスク行動を考慮していたら、見通しはどのように変化したかを試算
 - カラオケや飲み会などの行動を実際に行ったユーザのツイート
 - NTTデータから提供されたTwitterデータを用いて 東京大学生産技術研究所豊田研究室にて作成
 - サンプル数の関係から、東京の指数だけでなく全国の指数も考慮
- 2. 重症病床使用率の実効再生産数への影響を考慮していたら、を試算
 - 現在の高い重症病床使用率は、将来の実効再生産数の低下を予測する
- 3. 新規感染者数の実効再生産数への影響を考慮していたら、を試算
 - 現在の高い新規感染者数は、将来の実効再生産数の低下を予測する

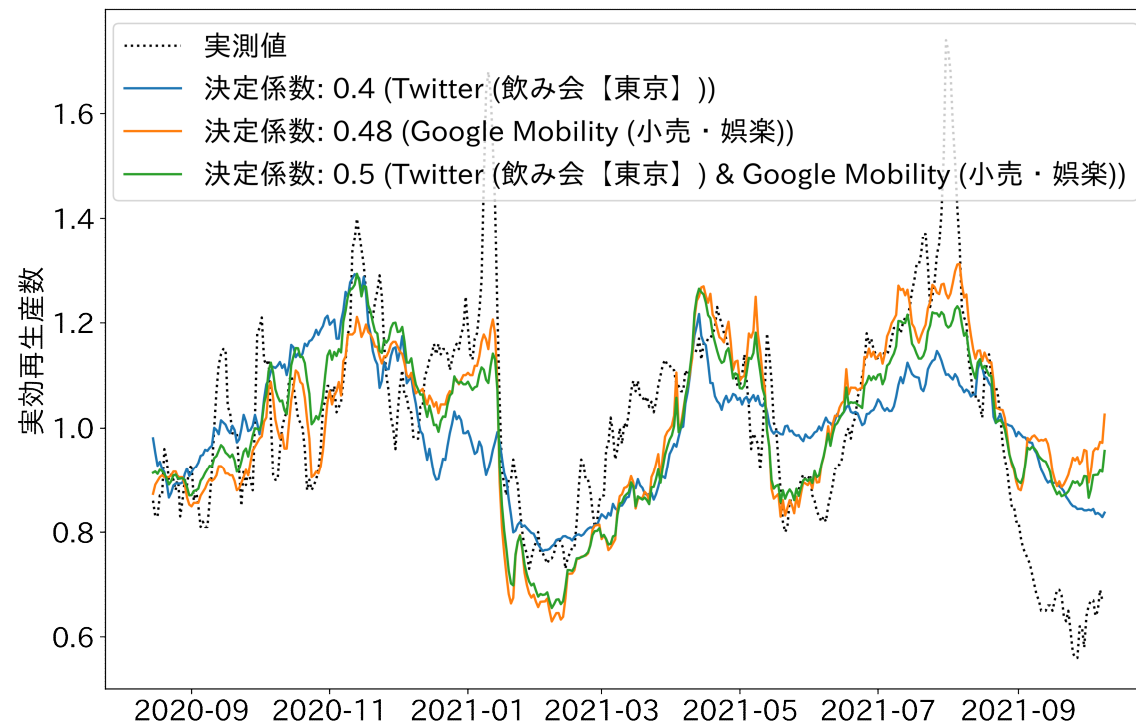
Twitter (カラオケ【東京】)



Note:NTTデータから提供されたTwitterデータを用いて 東京大学生産技術研究所豊田研究室にて作成

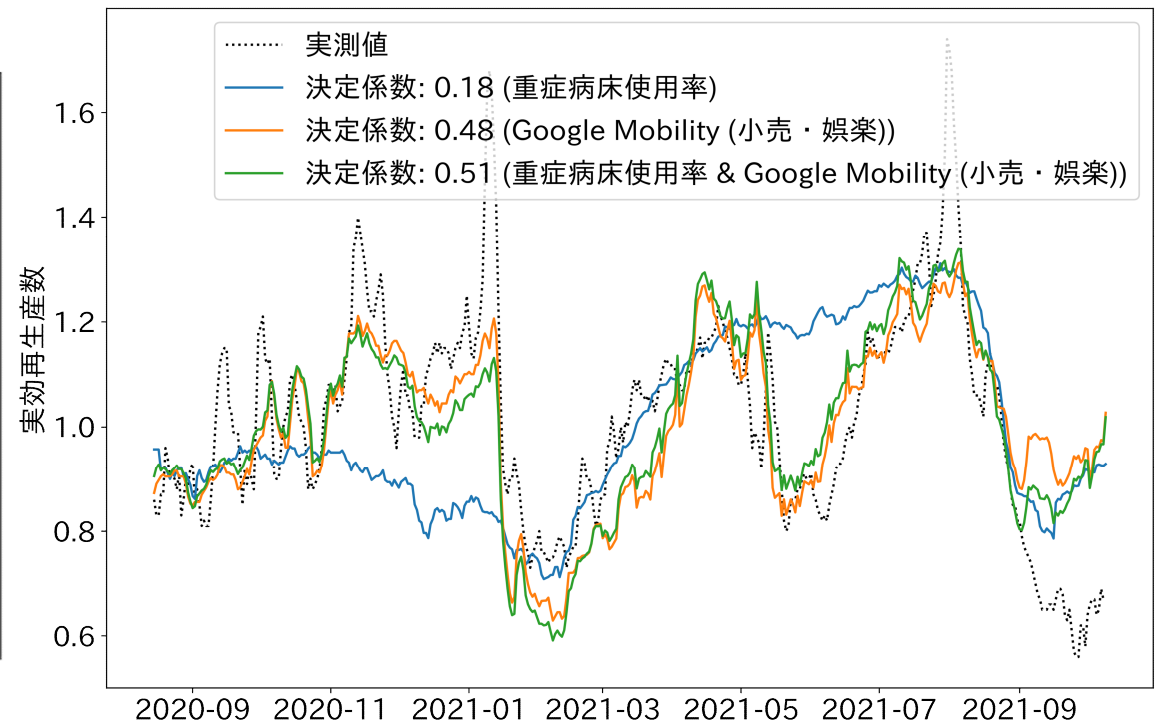
Twitter (飲み会【東京】)

飲み会【東京】

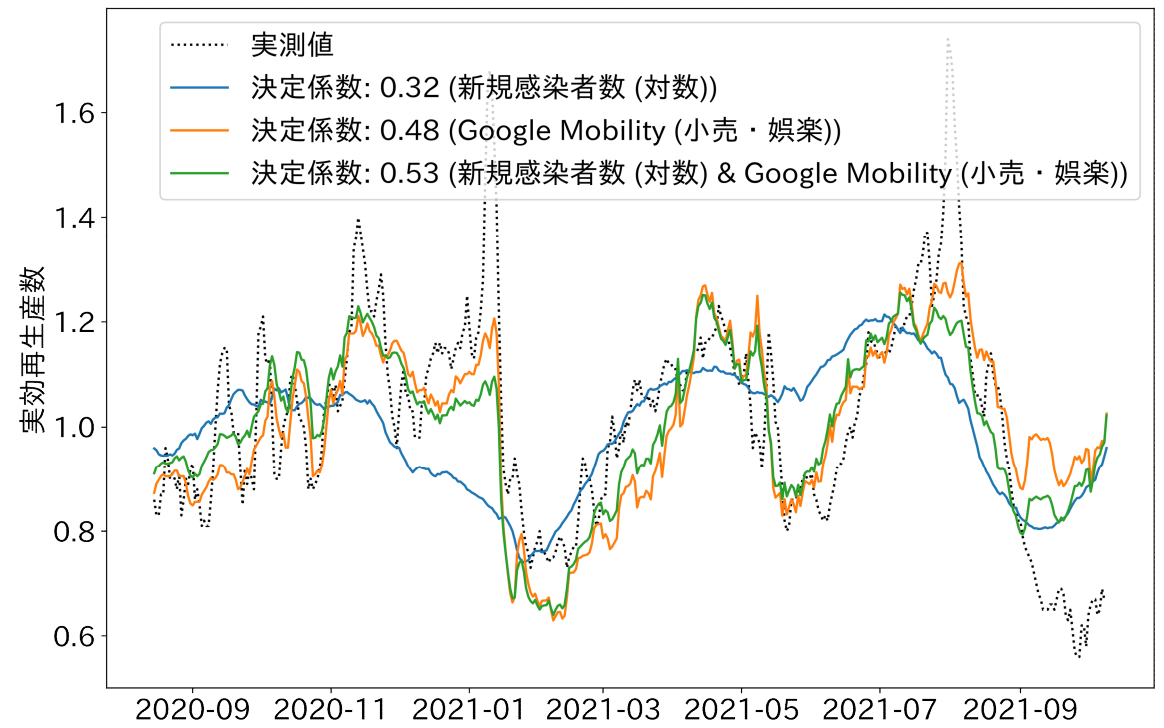
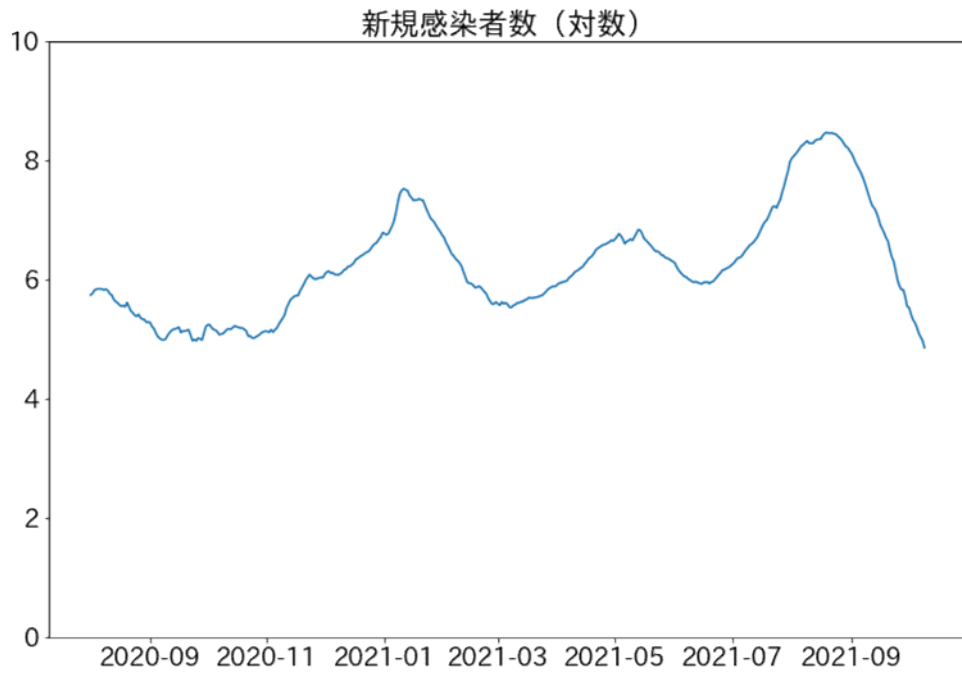


Note:NTTデータから提供されたTwitterデータを用いて 東京大学生産技術研究所豊田研究室にて作成

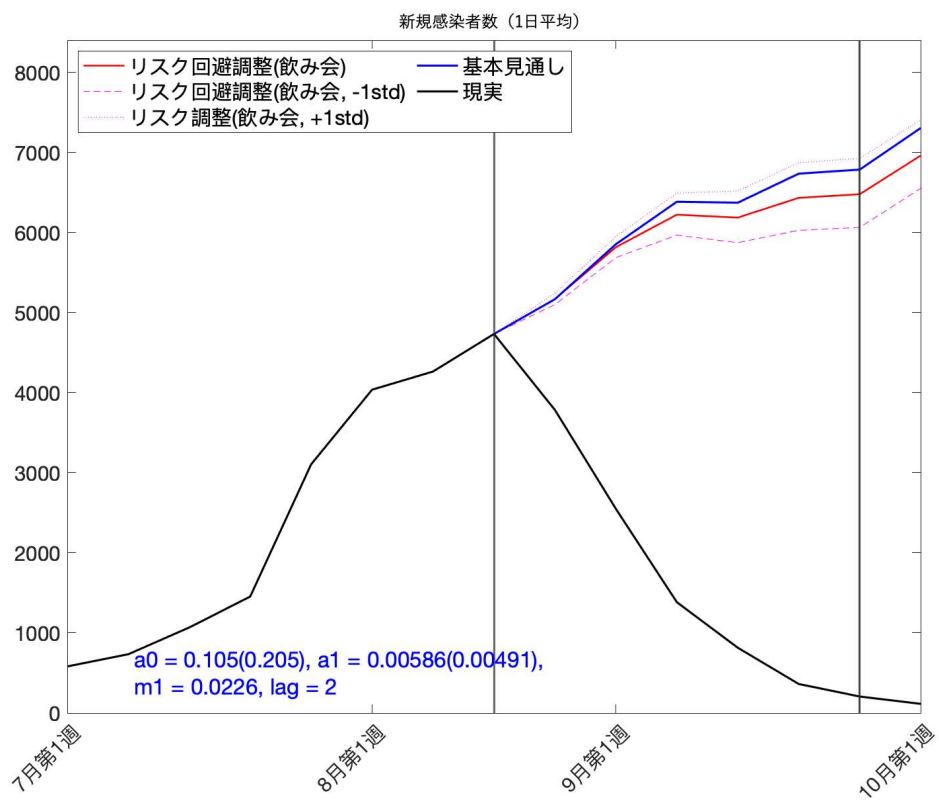
重症病床使用率



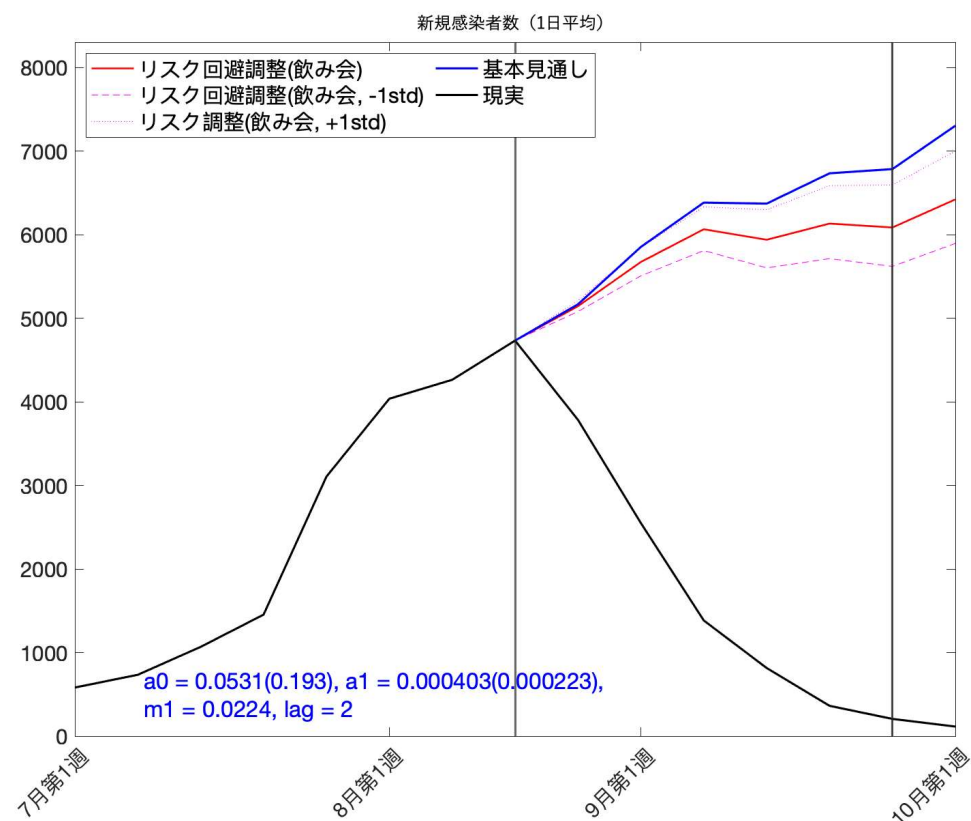
新規感染者数



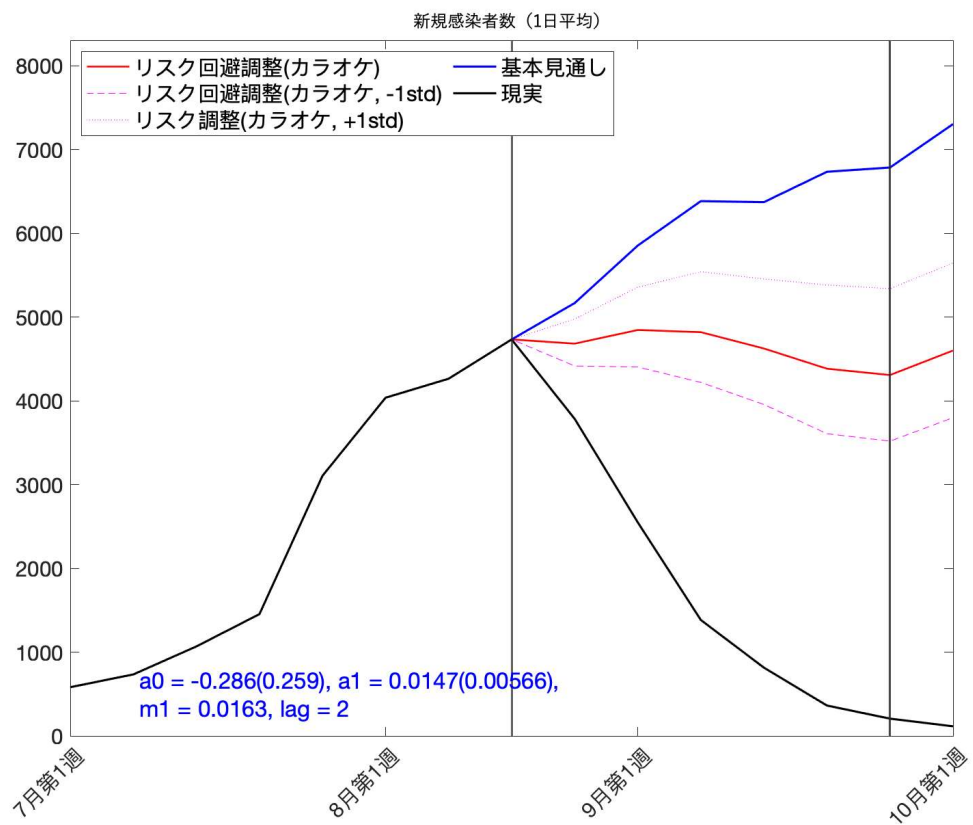
東京 Tweet データ利用



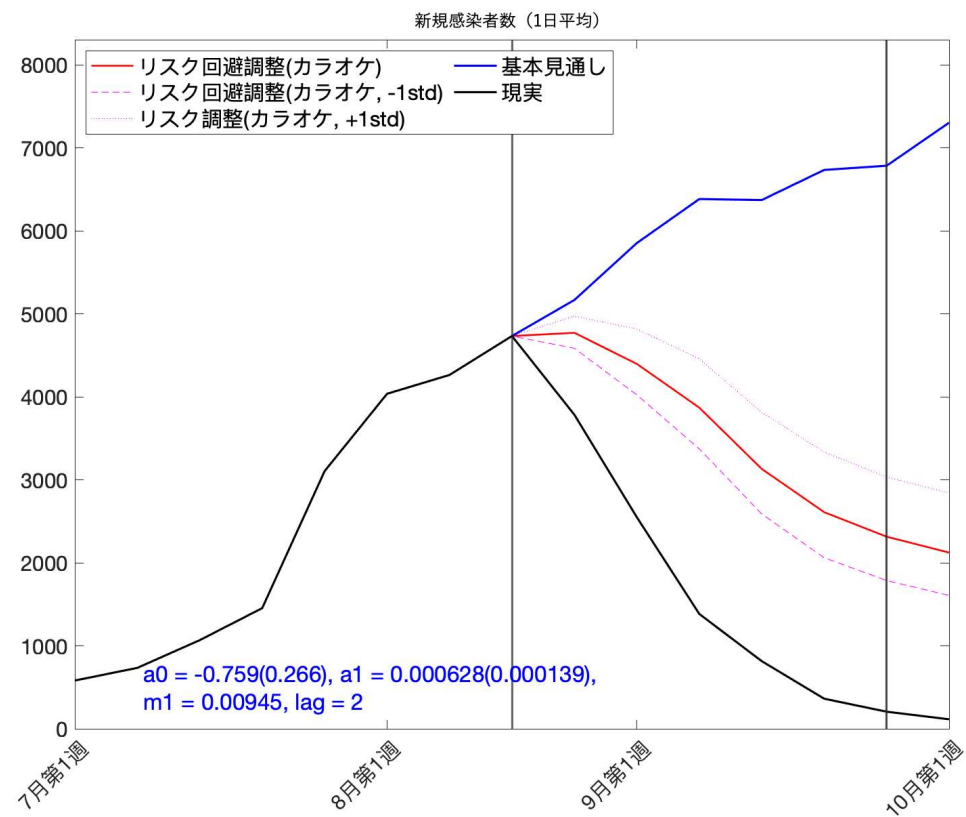
全国 Tweet データ利用

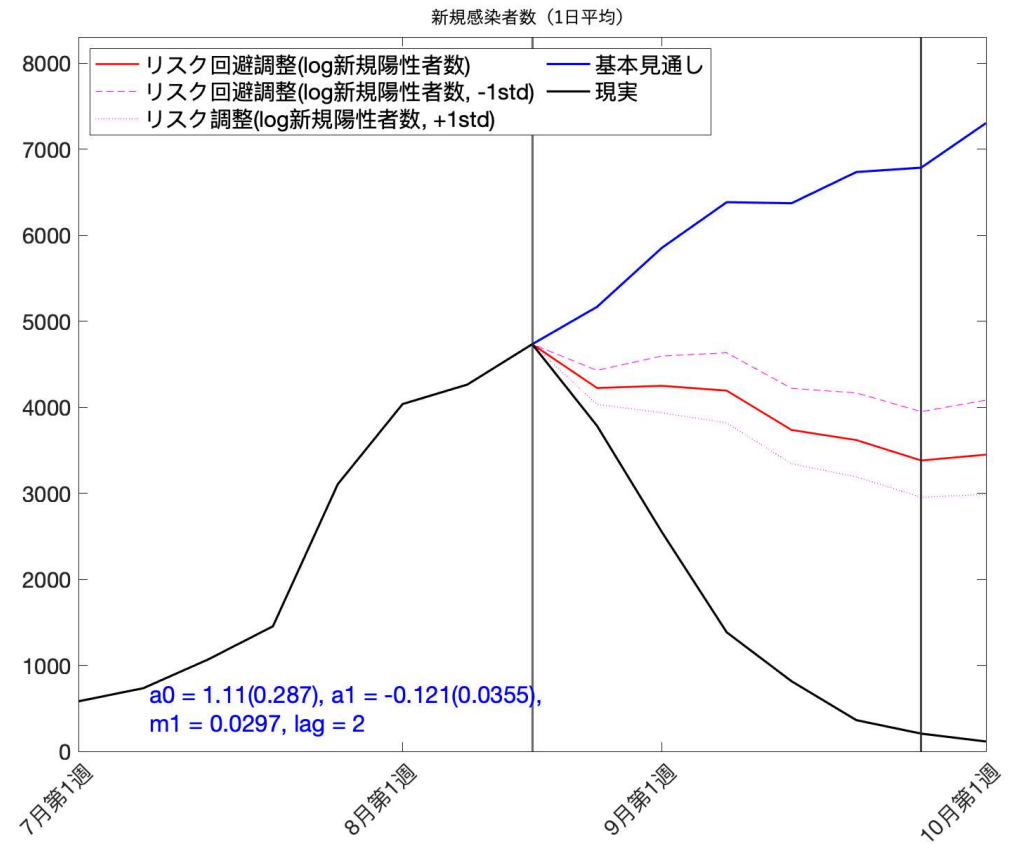
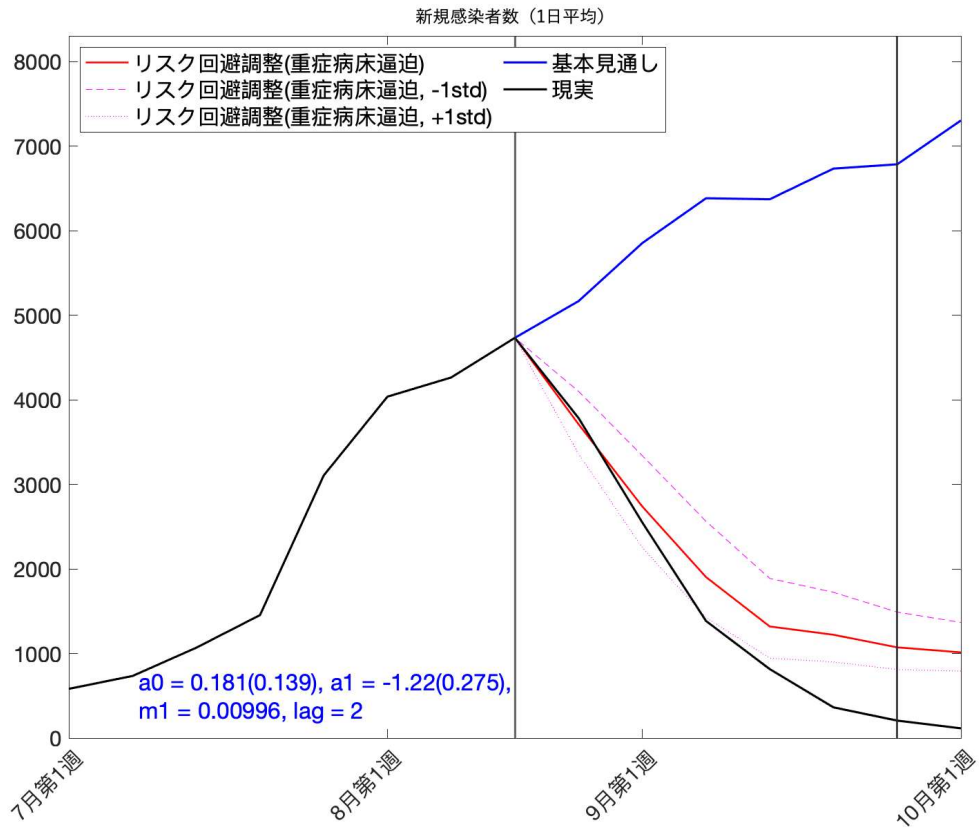


東京Tweetデータ利用



全国Tweetデータ利用





仮説 6のまとめ

- 使用する変数によっては、仮想見通しと現実の差分をある程度説明できる
- この仮説が正しいとすると、それは今後の見通しを悪化させる要因
 - 何故？現状の低い新規感染者数・病床使用率は今後の感染増加を示唆するから
- 医療逼迫が解消した10月になっても感染者数が下がり続けていることは、この仮説の定量的重要性が限定的であることを示唆していることには留意

- 火曜日に分析更新・Zoom説明会 : <https://Covid19OutputJapan.github.io/JP/>
- 参考資料 : <https://covid19outputjapan.github.io/JP/resources.html>
- Zoom説明会動画 : <https://covid19outputjapan.github.io/JP/recording.html>
- 経済セミナー一連載
 - <https://note.com/keisemi/n/n9d8f9c9b72af>
 - <https://note.com/keisemi/n/n7f38099d0fa2>
 - <https://note.com/keisemi/n/nda6da98f00e>
- 論文 : <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs42973-021-00098-4>
- Twitter: <https://twitter.com/NakataTaisuke>
- 質問・分析のリクエスト等
 - dfujii@e.u-tokyo.ac.jp
 - taisuke.nakata@e.u-tokyo.ac.jp