

オミクロン株の性質による 各公衆衛生対策効果の変化

2022.Mar.9

古瀬 祐気

問い合わせ先：furusey.kyoto@gmail.com

背景 1：現在の状況

- 我が国の第6波はオミクロン株によって引き起こされた
- オミクロン株の世代期間は、デルタ株と比べて短くなっている
- 世代期間が短いと、理論上は「急激に感染が拡大」し、ピークを迎えたあとは「急速に減少していく」はずである

⇒ 実際には、第6波は現在のところ緩やかな減少にしかっていない。...**なぜ！？**

背景 2：オミクロン株 / 第 6 波の特徴

- 世代期間が短い
- 感染者に占める子どもの割合が多い
 - ウイルス学的特性により、子どもに感染しやすくなっている（？）
 - 低年齢の子どもはワクチン接種の対象となっておらず、これまでの感染数も少なかったため、大人と比べて感受性者の割合が相対的に高い
- ワクチンの効果が減弱している
 - 重症化や死亡を防ぐ効果は十分にあるが、感染を防ぐ効果は大きく下がっている

本解析の目的と方法

オミクロン株のさまざまな特徴が、
公衆衛生対策にどう影響するのかをシミュレーション解析によって明らかにする

【オミクロン株の特徴】

短い世代期間 / 子どもの感染割合増加 / ワクチン逃避

【公衆衛生対策】

接触機会の削減 / 感染者の早期発見・隔離 / ワクチン接種

シミュレーション開始の30日後に、それぞれの対策が取られて（即座に）効果が出るとする

注意事項！

本解析では、

- シミュレーションにおいて、それぞれの【公衆衛生対策】の効果はデルタ株に対して同程度であるとしたうえで（詳細は補遺2を参照）、【オミクロン株の特徴】が公衆衛生対策にどう影響するのかを調べている
 - それぞれの【公衆衛生対策】の効果量は事前に規定されており、**どの対策が効果的かといった比較検討はできない**
 - 結果をもとに、「〇〇の対策をすれば、△日後に感染者数が□人になる」といった**予測をするものではない**
- 感染者数の推移のみに着目しており、医療提供体制の逼迫や死亡者数についての検討は行っていない

- デルタ株に対する効果と比べて、【**感染者における子どもの割合が増加**】すると、**大人を対象とした接触削減**の効果が弱まる。
- 【**短い世代期間**】は急速な減少に寄与する

①【**感染者における子どもの割合増加**】による接触削減効果の減少は、**子ども間でも強い接触削減**を行う（例えば学校閉鎖など）ことで一部キャンセルアウトでき、②デルタ株のときよりも**オミクロン株**でその効果は大きく表れる

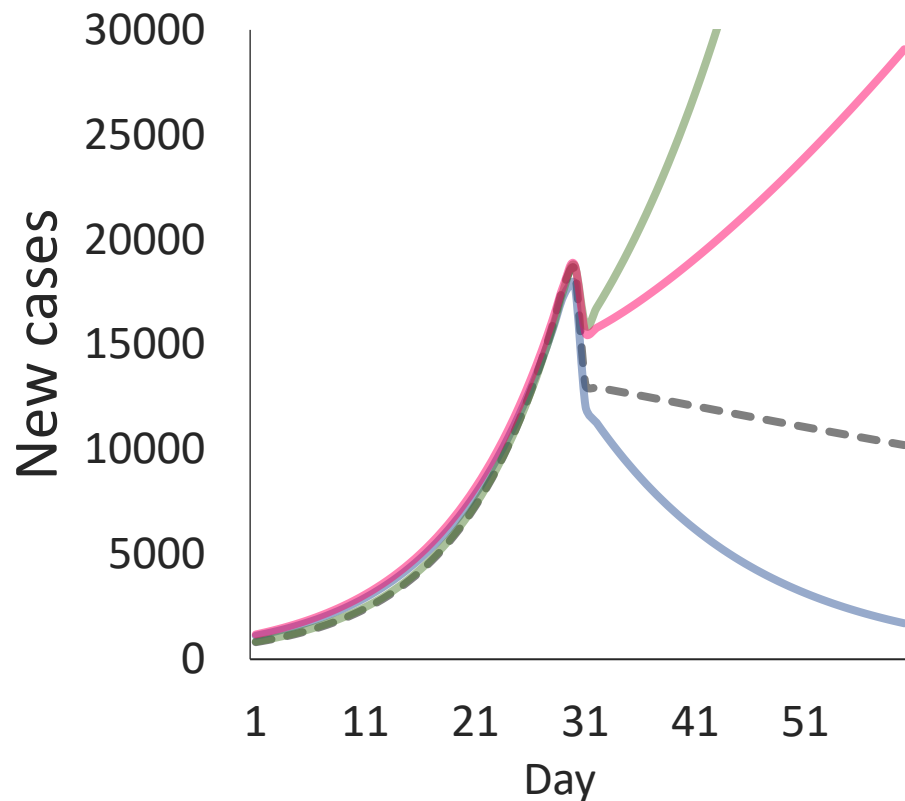
① 緑とピンクの線が、左図よりも右図において抑えられていることの考察

② 右図で**ピンクの線**が**黒の点線**よりも下回っていることの考察

※ 学校閉鎖に関しては、それに伴うデメリットも考慮した議論が必要である

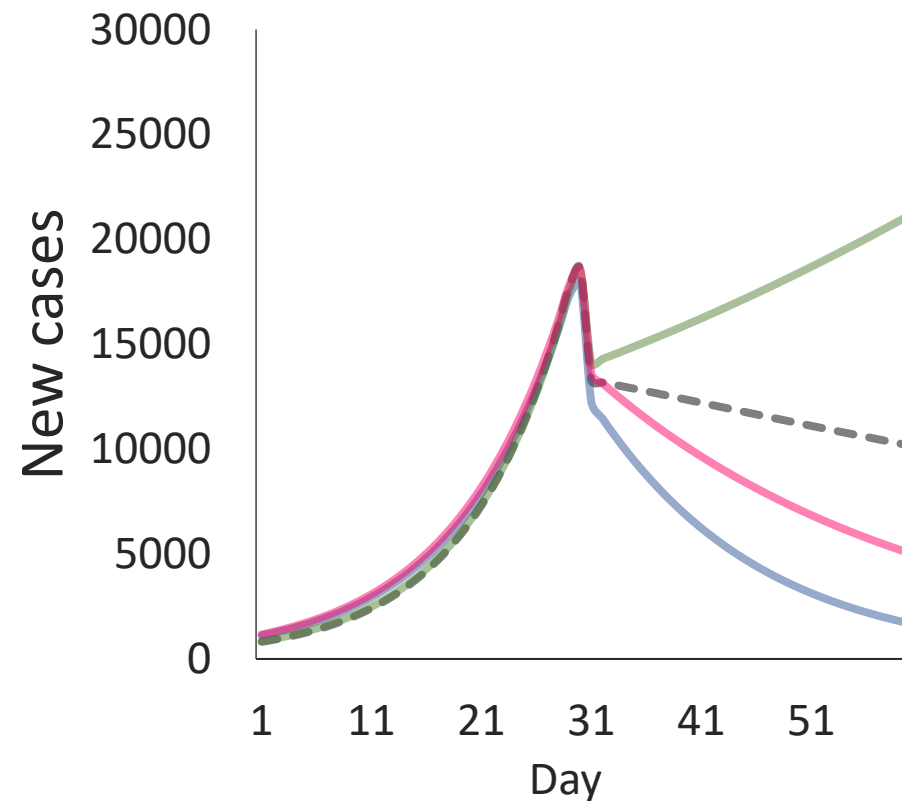
接触の削減（大人間）

- デルタ株
- 短い世代期間
- 子どもの割合増加
- 全部（オミクロン株）

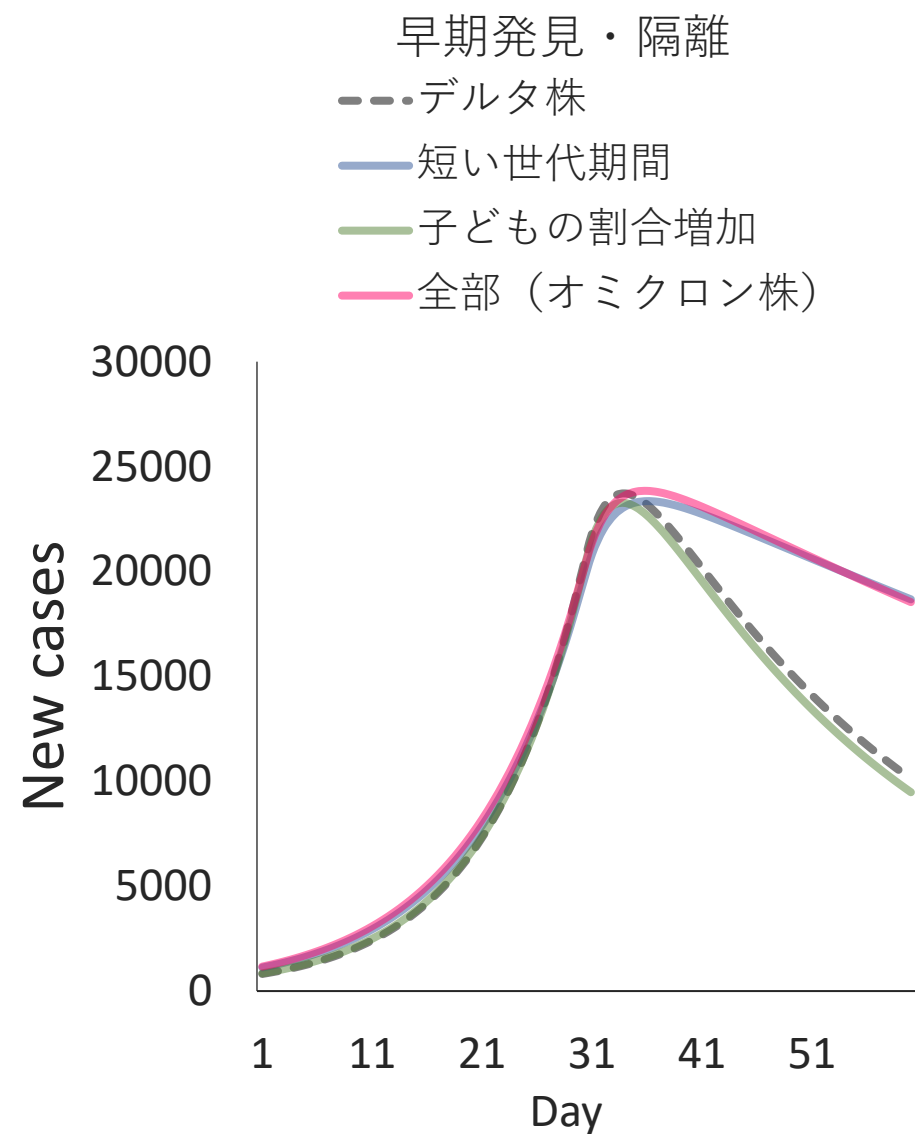


接触の削減（大人間+子ども間）

- デルタ株
- 短い世代期間
- 子どもの割合増加
- 全部（オミクロン株）



感染者の早期発見・隔離による対策の効果は、
デルタ株のときと比べて、変異株の【世代期間が
短い】と下がってしまう



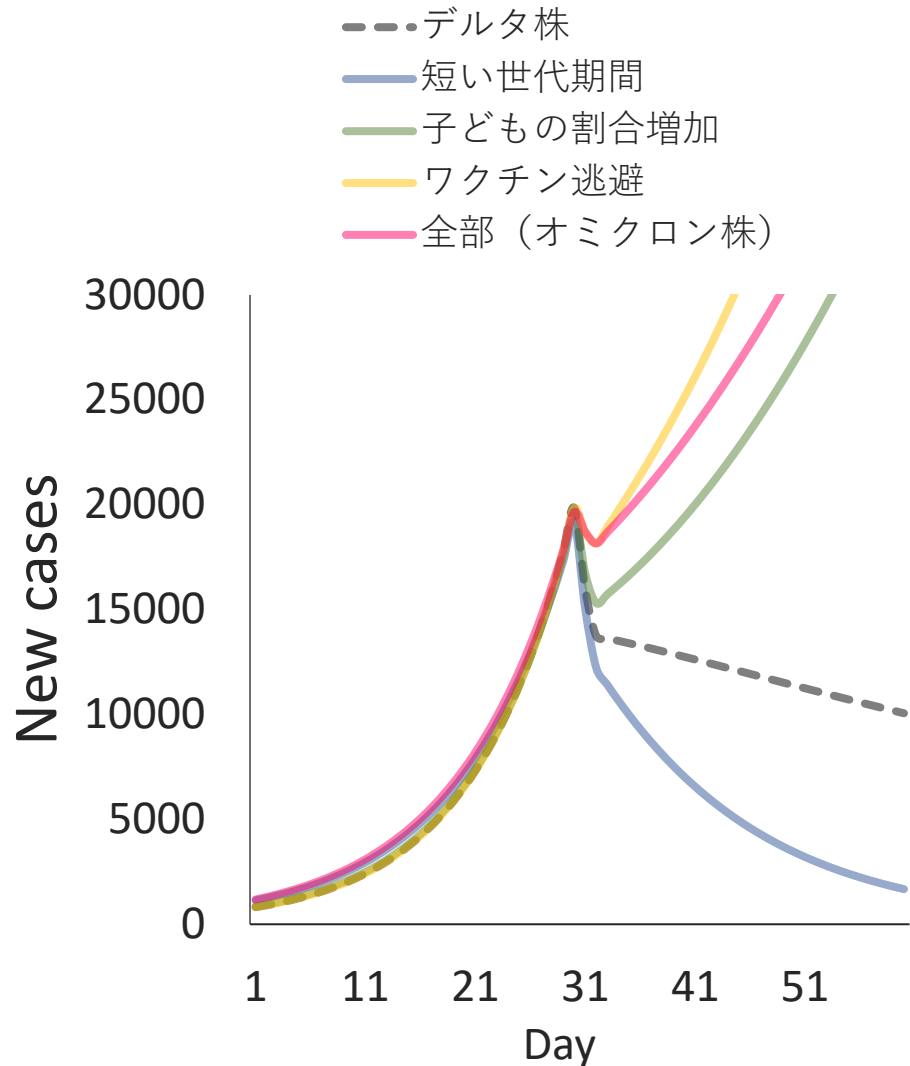
- デルタ株のときと比べて、【感染者における子どもの割合が増加】すると、大人への（追加）ワクチン接種の効果が弱まる。逆に、【短い世代期間】は急速な減少に寄与する
- 変異株において【ワクチンによる免疫効果が減弱する】ことによってワクチン接種が感染拡大を制御する効果は大きく落ちる

オミクロン株は【ワクチンの効果減弱】 + 【感染者における子どもの割合増加】によって大人へのワクチン接種による制御効果が落ちているが、**子どもを対象にしたワクチン接種**によって後者の影響を抑えられる

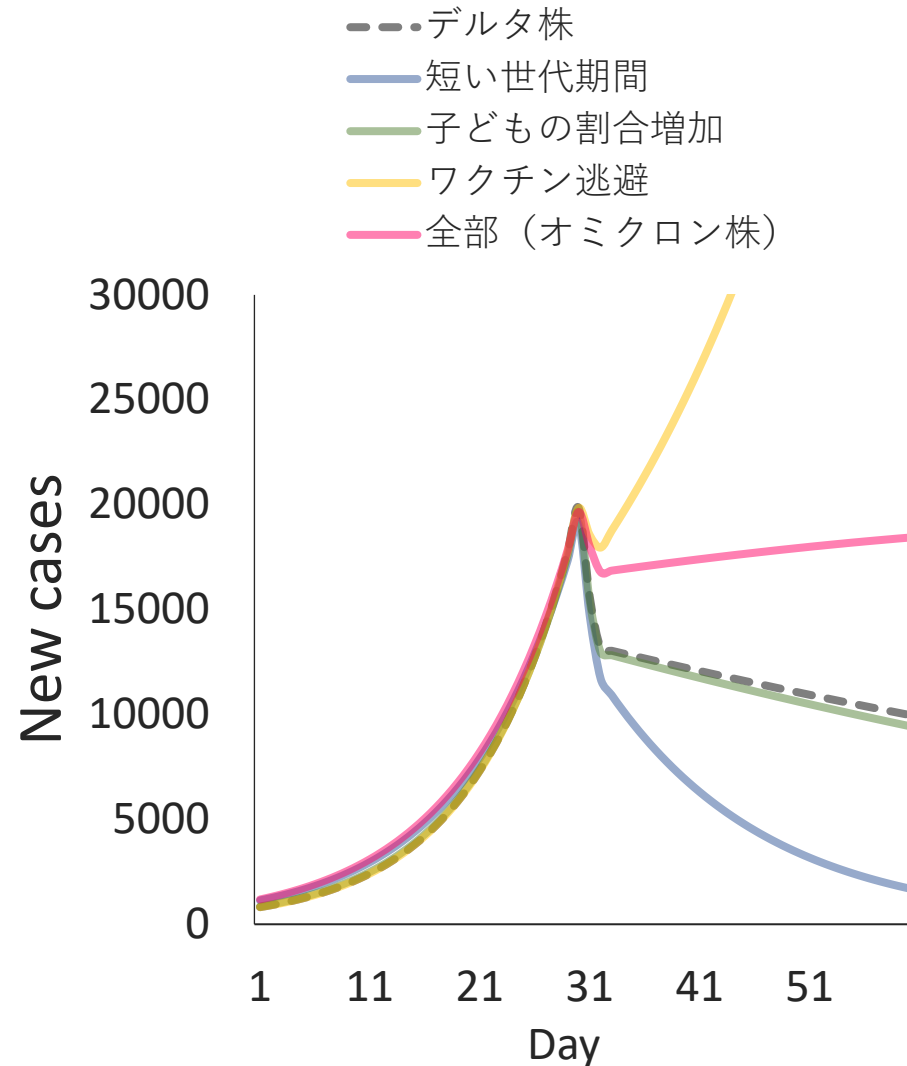
※ 右図で緑の線と黒の点線が重なっており、ピンクの線が左図よりも右図において抑えられていることの考察
 ※ 大人と子どもでワクチンの有効性が同じだと想定している

※ 効果が期待できることと必要であることは、別の議論であることに注意

ワクチン（大人のみ）



ワクチン（大人＋子ども）

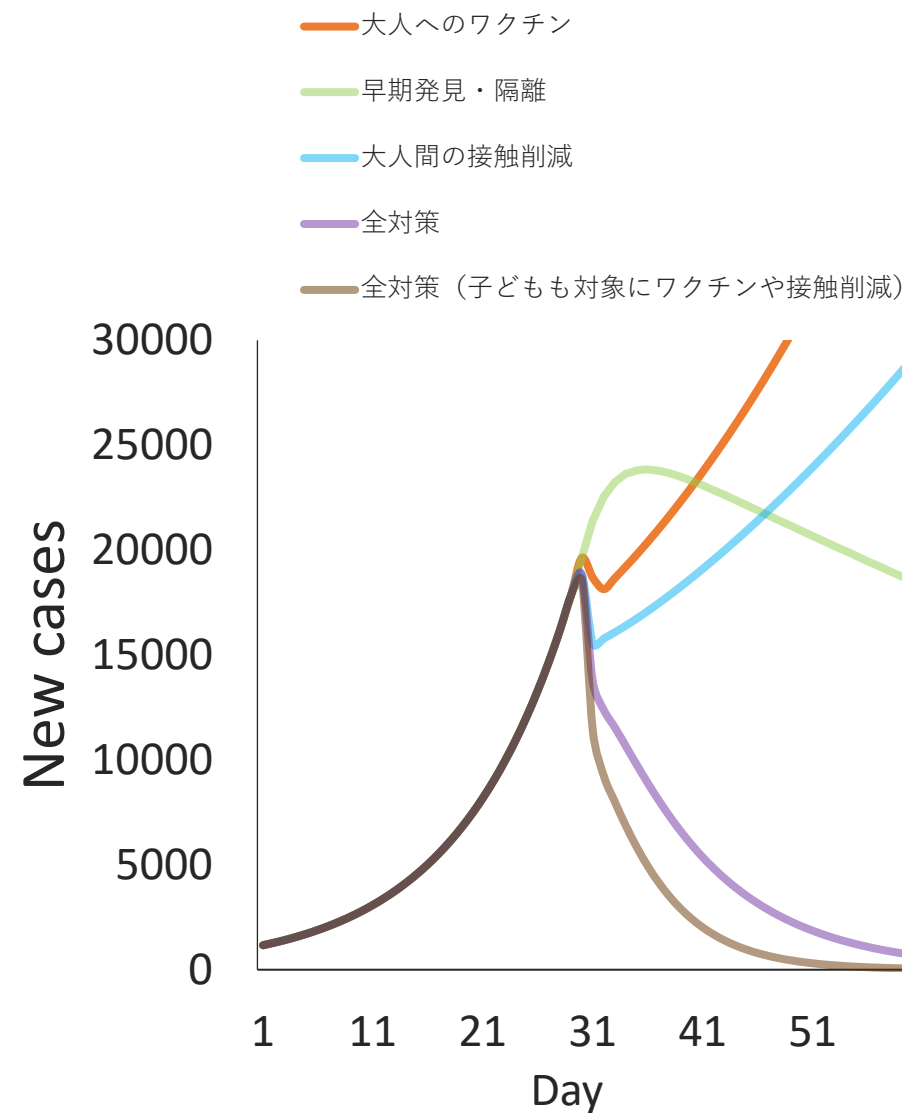


右図はすべてオミクロン株

(短い世代期間 + 子どもの感染増加 + ワクチン逃避) 想定

【大人への(追加)ワクチン】 【感染者の早期発見・隔離】

【大人間の接触削減】 単独の効果が十分でなくても、それらの
組み合わせで相乗的な効果による感染の制御を目指せる



まとめと考察

- **【感染者に占める子どもの割合が増えていること】**が、対策の効果を弱めている
 - 飲食店の時短営業やテレワークの推進などは大人をターゲットとした対策であり、そのような対策を強化しても子どもたちの間で感染伝播が維持されてしまうことで、全体として感染者数の下がり鈍くなっている
- **【世代期間が短い】**と、接触機会の減少や免疫獲得による感染制御の効果は大きく現れる一方で、感染者の早期発見・隔離の効果は小さくなる
 - 接触者調査や広い検査など、感染者を早期に見つける対策の効果は、オミクロン株において薄れる
- **【ワクチンの効果が低下している】**状況であっても、それ以外の対策との組み合わせで相乗的な効果が期待できる

(本資料では、オミクロン株の特徴を解析対象としている。以下は、本解析と直接は関係しない考察となるが...)

- **ワクチンや既感染によって獲得した免疫の効果が経時的に低下していることも**、感染者数の減少が緩やかな理由として考えられる。特に感染をひろげやすいと言われている若年～中年層は昨年の夏ごろに一斉にワクチンを接種して第5波の制御に大きく貢献したが、逆にそれから半年程度たったこれからは集団としての免疫の効果が急激に落ちていく可能性がある。これによって、第6波が下がりにくくなる、あるいは下がったとしても早い段階で第7波がきてしまう(≡リバウンド)かもしれない
- 伝播力が高く、従来のオミクロン株(BA.1)とも免疫学的に異なる**BA.2が国内で広まり始めている**。今後、対策を緩和していく過程でBA.2の影響も加わると、第6波が下がりきらずに早期にリバウンドが起きる可能性がある

補遺 1：解析の想定（感染の拡大）

- すべての前提で、あらたな対策の施行前に「約1000人の新規感染者が30日後に約20,000人になる」としている（補遺 3 も参照のこと）
 - 各前提で世代期間が異なるため、それぞれのシミュレーションにおける再生産数は同一ではない
 - シミュレーション開始後30日目からあらたな対策が施行される。それ以前から行われている対策の効果（マスクの着用、自粛、ワクチン接種など）は上記の再生産数にあらかじめ組み込まれているとみなしている
- 大人と比べたときの子どもの相対的な伝播力や感受性は、実際に観察された感染者における20歳未満の割合（第5波で約20%、第6波で約32%）を再現できるように設定している

補遺 2：解析の想定（対策の効果）

- すべての対策で、その単一の効果は「デルタ株に対して30日後に新規感染者数を約20,000人から約10,000人に減らせる程度」に設定してある（補遺3も参照のこと）
 - 本解析の結果をもとに、異なる対策間の効果を比較することはできない
- 【接触の削減】は、同世代の集まりにおいて効果が強くあらわれると想定している
 - 子どもと大人の接触は、多くの場合家庭内で起きていると思われ、対策によって減らすことが困難なものであると考えた
- 世代期間としてデルタ株で5日、オミクロン株で3日と設定しており、【感染者の早期発見・隔離】によって、一部の感染者で2日に短縮できると想定している
 - 感染者が早く隔離されることをモデル化しており、接触者隔離もある意味でこの対策に含まれる。一方で、“接触者”という状態をモデル上で定義しておらず、その寄与度や効果量を議論することはできない
- 【ワクチン接種】の効果は感受性者の減少としてモデルに組み込んでいる。具体的なワクチン有効性や接種率を設定しているわけではなく、「デルタ株に対して30日後に新規感染者数を約20,000人から10,000人に減らせる程度」に感受性者を減少させている。オミクロン株に対するワクチンの効果は、デルタ株のときの半分とした

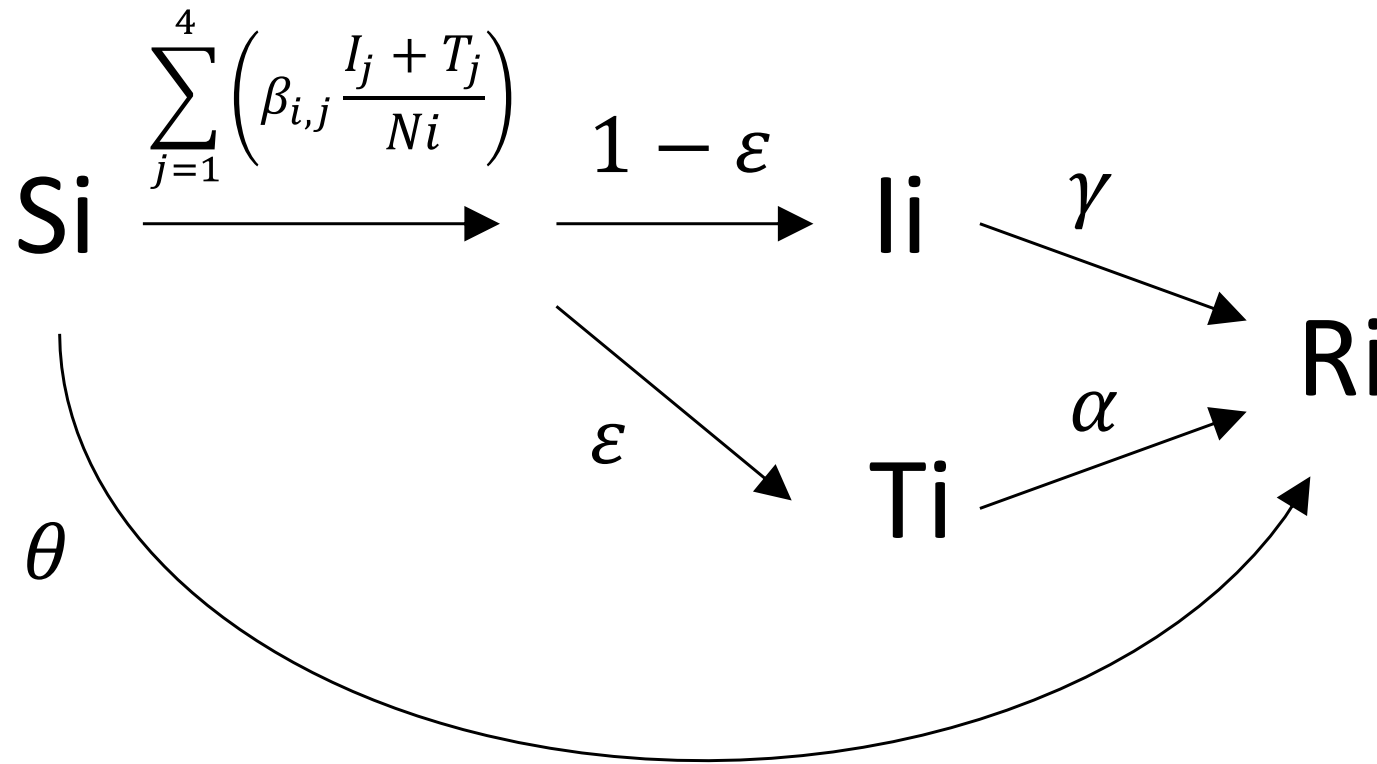
補遺 3：解釈の仕方

- 補遺 1 や補遺 2 で設定した状況は恣意的であるが、本解析は【オミクロン株のさまざまな特徴】が、【それぞれの公衆衛生対策効果】にどう影響するのかを調べている。つまり、黒の点線と比べて色のついている線が上振れするのか下振れするのかに着目している



- どのような感染拡大状況や対策の効果量を設定しても、各図でそれぞれの色の線が黒の点線より上になるのか下になるのかの傾向は基本的に変わらない
- 対策が有効かどうかを議論するものではない。「対策が有効である」という前提の上で、オミクロン株だとその効果が強まるのか弱まるのか、を調べている

補遺 4 : モデル概略



Compartments

S_i : Susceptible people in age group i

I_i : Infectious people in age group i

T_i : Infectious people who will be isolated earlier in age group i

R_i : Removed people in age group i

Parameters

N_i : Population of age group i

$\beta_{i,j}$: Effective contact rate from age group j to age group i

$1/\gamma$: Infectious period

$1/\alpha$: Infectious period for early-isolated people

θ : Population effect of vaccination (default = 0)

ε : Proportion of early-isolated people

Interventions

Reduction of contacts : decreasing β on day 30 and after

Early detection & isolation : increasing ε on day 30 and after

Vaccination : setting $\theta > 0$ when $30 \leq \text{day} < 31$

Population is divided into 4 age groups to represent different transmission rates among them