# 部分調整モデルによる接触削減シミュレーション *

(Simulation of Contact Reduction Using a Partial Adjustment Model)

岩本　康志

要　約

接触削減が感染症対策となるのは経済社会活動での接触機会と新規感染が関係をもつことが前提であり、数理モデルでは通常その関係が含まれる。しかし、2020 年の緊急事態宣言発出時に発表された接触削減シミュレーションのモデルはその関係をもたないため、数理モデルの標準的な考え方と乖離するとともに、政策の前提とモデルの構造が論理的に断絶して、対策の根拠が自己矛盾を起こす。

一方で、この論理的整合性を欠くモデルは新規感染者数の現実の動きにある程度合致する側面もある。そこで論理的整合性を保ったモデルで現実を説明しようとするならば、接触を徐々に減らしていくシナリオを用いることが考えられる。経済学では変化が徐々におこなわれる「部分調整モデル」が古くから用いられており、COVID-19 発生時に経済学者向けに SIR モデルを解説した最初期の文献で部分調整モデルが用いられている。

本稿では、部分調整モデルを用いた接触削減シミュレーションをおこなう。検討するシナリオのなかには当時のシミュレーション結果と似たような形状を示すものもある。この手法を用いれば、標準的な考え方と整合的に接触削減策の検討ができる。ただし調整速度という政策パラメータが増えているので、分析の利用者が対策の選択肢の詳細を理解できるように、モデルに関する情報が政策担当者と利害関係者に向けて適切に公開されていることが重要である。本稿の分析では追加されたパラメータの設定が結果を左右することが示されており、追加パラメータが無視されることで選択肢が歪められると、意思決定は混乱することになる。

---

* 2026 年 10 月 25 日。

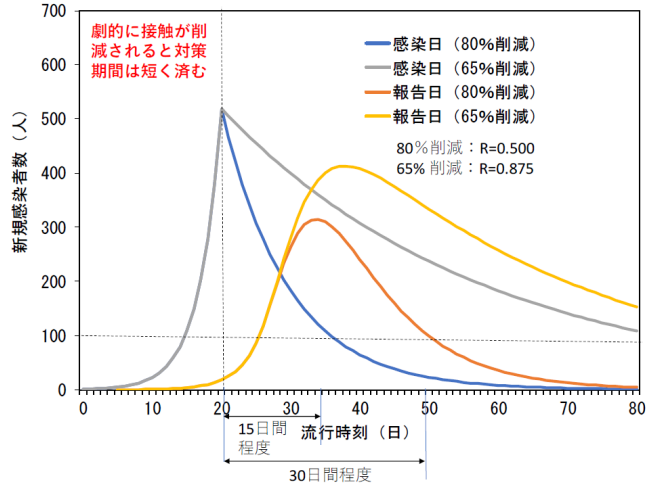
本稿は、数理生物学会年会 2026（2026 年 9 月 8 日、くにびきメッセ）企画シンポジウム「COVID-19 感染症数理モデルの再検討」での報告に加筆したものである。本稿の作成に当たっては、JSPS 科学研究費補助金（基盤研究 C）24K04922、JSPS 課題設定による先導的人文学・社会科学研究推進事業 JPJS00123812864 の助成を受けた。

## 1. 序論

感染症の流行を抑制する接触削減を数理モデルで扱う際には、即時に接触を削減するシナリオを用いるのが一般的である。例えば、接触削減のシミュレーションをおこなう R のパッケージである epidemics では、そのような設計がされている（Gupte, Eggo and Leeuwen 2025）。

2020 年春の緊急事態宣言発出時に、西浦博北海道大学教授（当時）による接触削減のシミュレーションがおこなわれ、政府の対策の根拠として引用されていた[1]が、この分析では接触を直ちに削減するという前提が置かれていた。接触と新規感染が比例的な関係をもつという標準的な考え方では、例えば接触が 8 割減少すると新規感染者も瞬時に同率だけ減少することになる。しかし、西浦教授の分析では新規感染者が連続的に動くという想定で、その成長率が 8 割削減されるシナリオを示している（図 1 は、4 月 22 日の新型コロナウイルス感染症対策専門家会議で示された、8 割削減と 6.5 割削減の比較である）。これを標準的な考え方に合わせようとすると、そのときに感染している患者数が瞬時に増加する、という非現実的な想定になってしまい、対策全体のモデルの構造に深刻な矛盾を生じさせる（岩本 2026 は、モデルの問題点をくわしく議論している）。

図 1　接触 8 割削減のシミュレーション（4 月 22 日資料 B）




（出所）「新型コロナウイルス感染症対策の状況分析・提言」（新型コロナウイルス感染症対策専門家会議、2020 年 4 月 22 日）

[1] 「専門家の試算では、私たち全員が努力を重ね、人と人との接触機会を最低 7 割、極力 8 割削減することができれば、2 週間後には感染者の増加をピークアウトさせ、減少に転じさせることができます。」（安倍晋三首相記者会見、2020 年 4 月 7 日）。https://www.kantei.go.jp/jp/98_abe/statement/2020/0407kaiken.html

https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000624048.pdf

一方で、このシミュレーションを提示された感染症専門家はこれを受け入れて政府に提示し、政府関係者にも疑問をもたれずに意思決定されたことは、関係者の間に違和感がなかった可能性もある[2]。数理モデルの感染者数のような動きをすることが感染症専門家の感覚に合うかもしれない。そこで、そのような感覚と整合的なモデルを開発することにも意義があるかもしれない。

経済学では徐々に目標に向けて調整していくという定式化が広く使われている。部分調整モデルと呼ばれる、この定式化では、目標と現実の乖離を一定の率で縮小させていく。政策の実装を考えると、テレワークへの切り替えでは、企業は業務に支障のない形で導入するために数日の準備期間を要するというのは不自然なことではない。また、非常に大きな接触削減には、実行が容易なものはすぐに始められるが、難しいものには時間を要するということも考えられる。対策の費用を考慮するという経済学的な考え方からは自然なことである。

2020 年 3 月に経済学者向けに SIR モデルを紹介した Atkeson (2020)によって、すでに部分調整モデルに基づいて、接触を漸次的に減らしていく定式化がされている。本稿では、このような漸次的削減のシナリオを 2020 年 4 月の緊急事態宣言による接触 8 割削減の分析に当てはめた分析に適用する。

本稿の構成は、以下の通りである。2 節では、2020 年春に発表された数理モデルを再現した岩本(2026b)のモデルに接触を漸次的に削減していくシナリオを追加した解説をおこなう。3 節では、漸次的削減について、漸次的に削減していく期間の差、最終的な削減割合の差によって、新規感染者数の動きがどのように違ってくるかを見る。4 節では、シミュレーション結果の政策的含意を考察する。5 節では、本稿の結論が要約される。

[2] すべての関係者の反応はつまびらかではがないので、疑問が表面化することがなかったという言い方がより適切かもしれない。

## 2. モデル

### 2.1 年齢構造化モデル

本稿では、西浦教授による年齢構造化 SIR モデルを再現した岩本(2026b)のモデルに、同経済学で使用される「部分調整モデル」にしたがって接触機会を削減する公衆衛生的介入を導入する。

モデルでは、小児（0〜14 歳)、成年（15〜64 歳)、高齢者（64 歳以上）の 3 つの年齢階層に区分され、添え字$i$で区別される。年齢階層ごとに、未感染者$S$、感染者$I$、回復・死亡者$R$の動学は

$$\dot{S}_i(t) = -New_i(t)$$
$$\dot{I}_i(t) = New_i(t) - \gamma I_i(t)$$
$$\dot{R}_i(t) = \gamma I_i(t)$$

のように記述できる。新規感染者の発生は、感染者との接触によって生じ、

$$New_i(t) = \beta_i(t)\frac{S_i(t)}{N_i}\sum_j I_j(t) \tag{1}$$

と表される。ここで、感染しやすさが年齢階層によって異なるとしている。

$$\beta_i(t) \equiv \beta_0 X_i(t)$$

と定義して、(1)式に代入すると、新規感染者数は、

$$New_i(t) = \beta_0 X_i(t)\frac{S_i(t)}{N_i}\sum_j I_j(t) \tag{2}$$

となる。

ここでは、年齢階層によらずに一律の接触削減がおこなわれることにする。接触削減率の変化については、伝統的に一瞬で非連続な変化が起こると想定されていた。シミュレーションの始期を$t_0$とし、$t_1$時点で削減が起こるとすると、(2)式の$X$は、

$$X_i(t) = 1 \ (t_0 \le t \le t_1)$$
$$X_i(t) = 1 - x \ (t > t_1)$$

として表される。

本稿で想定する接触削減は、長期的に達成される接触水準$\bar{X}$と現在の接触水準の差を一定率$\theta$で埋めていくと想定する。接触水準の動学は、

$$\dot{X}_i(t) = \theta\left(\bar{X}_i - X_i(t)\right)$$

となる。また、削減開始時に$x_1$の削減率で即時に削減されるとすると、接触水準の解は、

$$X_i(t) = (1 - x_1)X_i(t_0)e^{-\theta(t-t_1)}$$

となる。その後、$t_2$時点までに$x$だけ接触削減すると、$t_2$時点での接触水準は、

$$X_i(t_2) = (1 - x_1)X_i(t_0)e^{-\theta(t_2-t_1)} = (1 - x)X_i(t_0)$$

と表される。これを解くと、調整率は、

$$\theta = -\frac{\log\frac{(1-x)}{(1-x_1)}}{t_2 - t_1}$$

となる。

介入のシナリオを記述するパラメータとしては、「$(t_2 - t_1)$の期間で$x$だけ接触削減」の 2 つのパラメータが重要であり、これと削減開始時の削減率の$x_1$とあわせて、調整速度が決まり、接触水準の経路が求められる。

### 2.2　シナリオの設定

本稿では、以下のようなシナリオを検討する。まず、漸次的な接触削減と対比させるために、これまでの接触削減の分析で用いられた瞬時的削減のシナリオを示す。当時の議論では 1 日当たり新規感染者数が 500 人を超えたところで接触削減を開始するとされたので、西浦教授が設定したパラメータのもとでそれが起こる 22 日目に接触を 8 割、または 7 割削減するシナリオを想定する。これは岩本(2026b)の結果の再掲である。

つぎに、漸次的に 8 割削減するシナリオとして、8 割に到達する期間を 7 日間とするシナリオと 14 日間とするシナリオを考慮する。また、開始時に即時に 4 割削減するシナリオも考慮する。最後に、最終的な削減目標を 7 割とするシナリオを検討する。以上より、本稿で扱うシナリオは表 1 のようになる。

表 1　接触削減のシナリオ

| 削減に要する期間 | 開始時の即時削減割合 | 最終的な削減割合 | 本稿での図 | コードでのシナリオ番号 |
|---|---|---|---|---|
| 即時削減 | 8 割 | 8 割 | 図 2 | 10 |
| 即時削減 | 7 割 | 7 割 | 図 2 | 11 |
| 7 日間 | 0 | 8 割 | 図 3、5（A） | 12 |
| 14 日間 | 0 | 8 割 | 図 3 | 13 |
| 7 日間 | 4 割 | 8 割 | 図 4、5（B） | 14 |
| 14 日間 | 4 割 | 8 割 | 図 4 | 15 |
| 7 日間 | 0 | 7 割 | 図 5（A） | 16 |
| 7 日間 | 4 割 | 7 割 | 図 5（A） | 17 |

（注）削減はシミュレーション初期（$t_0 = 0$）の 22 日目から開始される（$t_1 = 22$）。「削減に要する期間」は$t_2 - t_1$である。

シナリオ 10 と 11 は岩本(2026b)の同一シナリオと番号をそろえたため、番号が 10 から始まっている。12 以降は同じ番号でも岩本(2026b)とシナリオは違っている。

シミュレーションに使用したコードは、GitHub で公開されている

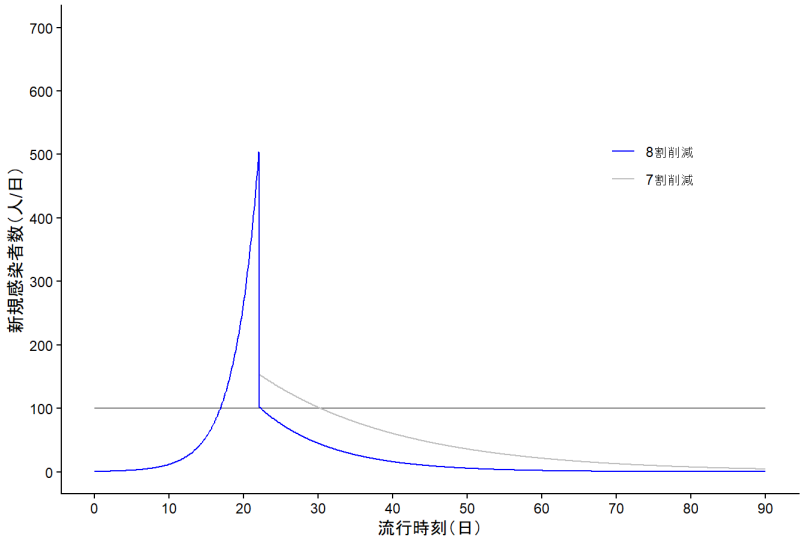
（https://github.com/iwmtyss/covid/blob/master/COVID_Age3_2026a_results.qmd）。また、シミュレーションの出力は、https://iwmtyss.com/Docs/2026/COVID_Age3_2026a_results.html で公開されている。

## 3.　シミュレーション結果

### 3.1　即時削減のシナリオ

図 2 は即時削減のシミュレーションであり、岩本(2026b、図 6（A）)で示されたものと同じである。22 日目に接触を 8 割削減するシナリオと 7 割削減するシナリオを比較している。接触削減は当日 0 時に開始するとし、数値計算では 1 日を 10 に区分している（つまり計算単位は 2 時間 24 分である)。接触が瞬時に 8 割削減される場合には、新規感染者数は開始の当日に新規感染者数 100 人の目標を達成する。7 割削減の場合には、接触削減から 8 日目に達成する。

図 2　即時削減による新規感染者数の推移

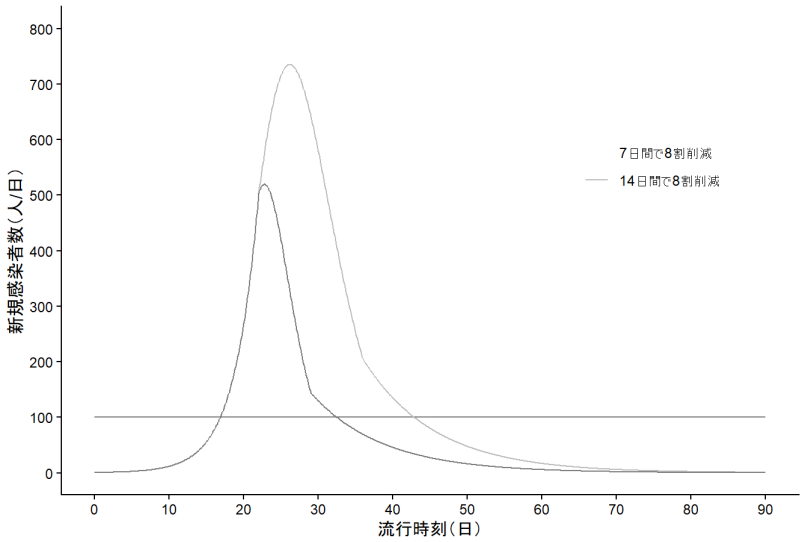



（注）岩本(2026b、図 6（A）)の再掲。22 日目に接触を 8 割または 7 割に削減する。

### 3.2　漸次的削減のシナリオ：削減期間の差

つぎに漸次的に接触を削減するシナリオを検討する。接触削減完了時期の感度分析をするため、図 3 は、7 日間で 8 割削減を達成するシナリオと 14 日間で 8 割削減を達成する。削減完了後はその接触水準を維持するものとする。接触削減の最初はわずかしか接触が減少しないので、新規感染者はまだ増加している。7 日間で 8 割削減ではすぐに減少に転じるが、14 日間で 8 割削減では新規感染者が減少に転じるまでにかなり大きくなる。新規感染者数が 100 人を切るのは 7 日間で 8 割削減の場合は 10 日目、14 日間で 8 割削減の場合は、20 日目であり、10 日の開きがある。感染日から報告日まで 2 週間の遅れがあると考えると、1 か月以内に 100 人を切ることを確認することは同じ 8 割削減を最終目標としても、7 日間で完了では可能だが、14 日間ではできないことになる。

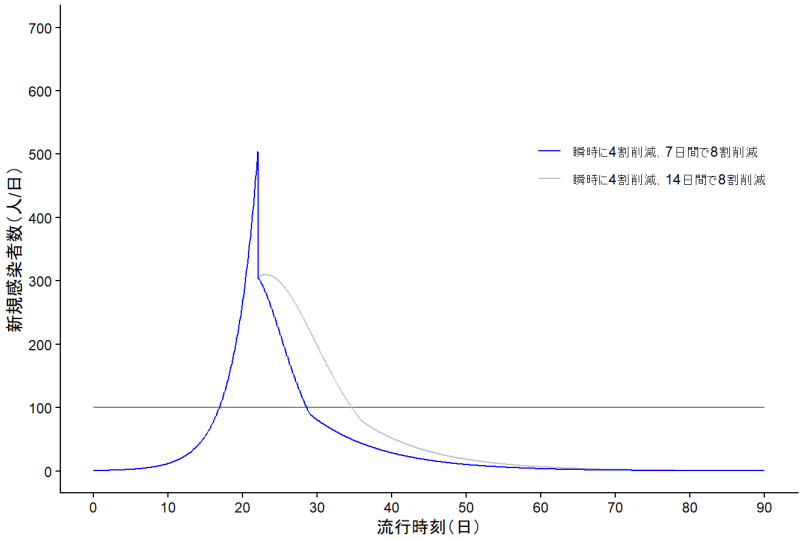
図 3　削減期間の比較（7 日間と 14 日間）




（注）22 日目から接触削減を始め、7 日間または 14 日間かけて漸次的に 8 割まで削減する。

初期の接触削減が小さいと新規感染者がまだ減少しないので、削減開始時に即時に 4 割削減し、その後に 7 日または 14 日で 8 割削減を達成するシナリオをつぎに検討する。初期に 4 割削減すると、実効再生産数が 2.5 の場合、1.5 に減少することになる。新規感染者数の動きは図 4 に示されているが、接触削減開始とともに瞬時に 4 割低下することになる。その後に 100 人を切るのは、7 日間で 8 割削減の場合は 6 日目、14 日間の場合は 12 日目と、違いは 6 日になる。完了までの期間は図 3 と同じだが、新規感染者数の目標達成時期の差は縮まっている。

図 4　即時に 4 割削減し、漸次的に 8 割削減する場合



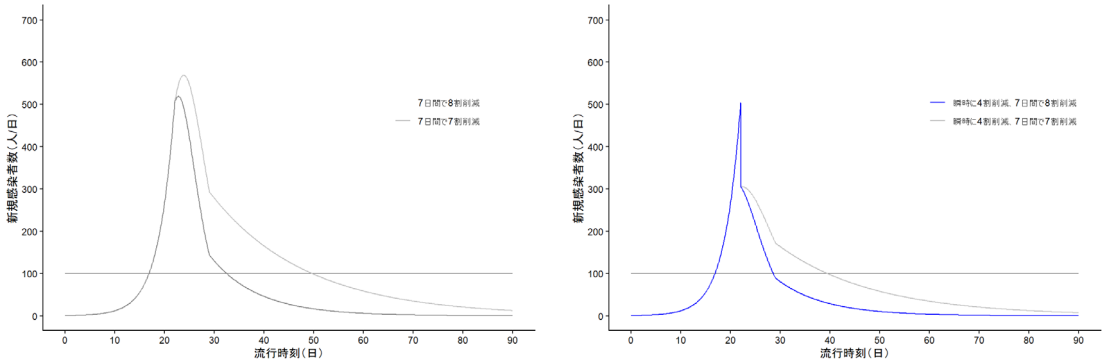

（注）22 日目から接触削減を始め、即時に 4 割削減し、その後 7 日間または 14 日間かけて漸次的に 8 割まで削減する。

### 3.3　漸次的削減のシナリオ：削減割合の差

つぎに、最終的な削減目標を 8 割と 7 割とした場合の比較をする。図 5（A）は、7 日間で 8 割削減するシナリオと 7 割削減するシナリオでの新規感染者数の推移を示している。7 日間で削減を完了すると、新規感染者数の低下は少し緩やかになる。新規感染者数が 100 人を切るのは、8 割の場合は 10 日目で、7 割の場合は 27 日目となる。本稿で示す図のなかで、8 割削減と 7 割削減の差が最も目立つものとなっている。また、新規感染者数が緩やかに減少していることは、当時に示されたシミュレーション結果の姿に近い。ただし細かい違いとして、ピークが尖らずになめらかな山になることと、削減完了時点に屈折することがある。

図 5　接触削減割合の比較（8 割と 7 割）

（A）　　（B）




（注）(A) は 22 日目から接触削減を始め、7 日間かけて漸次的に 8 割または 7 割削減する。

8 割削減シナリオは図 3 の再掲。（B）は 22 日目から接触削減を始め、即時に 4 割削減し、その後 7 日間かけて漸次的に 8 割または 7 割削減する。8 割削減シナリオは図 4 の再掲。

図 5（B）は、最初に瞬時に 4 割削減してから 7 日間で 8 割または 7 割を達成するシナリオを比較している。新規感染者数が 100 人を下回るのは、8 割削減の場合は 6 日目、7 割削減の場合は 17 日目となる。

## 4. 考察

漸次的な接触削減を想定すると、新規感染者が緩やかに減少する現象を示すことができる。その形状は設定によるが、西浦教授が区分指数モデルによって示したような形状と似たものも表すことができる。感染症数理モデルの標準的な考え方と矛盾することになる西浦教授の分析よりも、本稿のように SIR モデルの枠内で分析が拡張されているものが、分析の整合性が高く、望ましいだろう。

本稿のシミュレーションからは、2020 年春の緊急事態宣言発出時に接触削減が議論されていたことに対して、以下のような政策的含意が得られる。

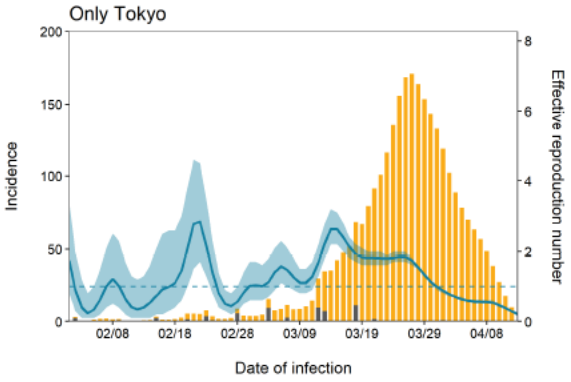
まず、削減のスケジュールを 1 つに決めて議論することの問題点が浮かび上がる。瞬時に接触を削減するというモデルの想定通りに社会実装することは現実的ではなく、本稿で示したような漸次的な削減が、現実的な選択肢として考慮されるべきである。そうすると、削減のシナリオには新たなパラメータが加わり、何が起こるのかを政策担当者に示す価値は一層、高まる。ただし、政策を表現するパラメータが増えるので、政策の選択肢を比較する際にはどのような設定を採用しているのかを明確にする必要がある。

また、漸次的削減モデルが現実を説明できているかについては、さらに注意深い検討が必要である。2020 年 5 月に専門家会議で示された 2020 年春の東京都の実効再生産数の動き（図 6）は、緊急事態宣言発出前の 3 月下旬にすでに低下がみられ、緊急事態宣言発出時には低下はみられない。新規感染者数で見ても同様に、ピークは 3 月下旬である[3]。このことから、接触削減により実効再生産数や新規感染者数が低下したとはいえない。3 月にピークを迎えたのは、ここで使用している種類の感染症数理モデルでは考慮されていない局所的集団免疫によるものかもしれない。本稿はピークが生じた原因をつきとめるものではなく、漸次的削減モデルが 2020 年に起こったことの説明だと主張するものでもない。ピークが生じた原因は、将来の研究が注意深く検討すべき課題である。

図 6　東京都における実効再生産数

---

[3] 「東京都においては、感染者数が増加しはじめた 3 月 14 日における実効再生産数は 2.6（95%信頼区間：2.2、3.2）であった。**3 月 25 日の東京都知事による外出自粛の呼びかけの前後から、新規感染者数の増加が次第に鈍化**し、その後、新規感染者数は減少傾向に転じた。この結果、4 月 1 日時点での直近 7 日間における東京都の倍加時間は 2.3 日（95%信頼区間：1.8, 3.8）であったが、5 月 1 日時点での直近 7 日間の倍加時間は 3.8 日(95%信頼区間：2.6, 6.7)となった。また、**4 月 10 日の実効再生産数は 0.5**(95%信頼区間:0.4, 0.7)に低下し、1 を下回った。」（「新型コロナウイルス感染症対策の状況分析・提言」（新型コロナウイルス感染症対策専門家会議、2020 年 5 月 1 日）（強調は引用者）https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000627254.pdf




※　横軸は推定感染時刻．黄色が推定感染者数、青が実効再生産数（青い影が 95%信頼区間）である。実効再生産数の推定においては右側打ち切りを考慮した推定を実施しているが、潜伏期間と発病から報告までの遅れのため、直近 20 日間は推定感染者数と実効再生産数を過小評価する可能性があるため、データを省略している。不顕性感染者を除く。

（出所）「新型コロナウイルス感染症対策の状況分析・提言」図 4（新型コロナウイルス感染症対策専門家会議、2020 年 5 月 1 日）（強調は引用者）
https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000627254.pdf

## 5. 結論

本稿は、接触が瞬時ではなく、漸次的に削減される想定での接触削減シミュレーションをおこなった。そのことで、新規感染者が緩やかに減少する現象を示すことができた。その形状は設定によるが、2020 年の緊急事態宣言発出時の政策決定に影響を与えた分析結果と似たような形状も表すことができる。当時の分析は感染症数理モデルの標準的な考え方と矛盾するものであったが、本稿の分析は SIR モデルの枠内の拡張であるので、分析の整合性が高く、当時のモデルの使用法よりも望ましいものだろう。ただし調整速度という政策パラメータが増えているので、分析の利用者が対策の選択肢の詳細を理解できるように、モデルに関する情報が政策担当者と接触削減を求める一般市民に向けて適切に公開されていることが重要である。

本稿で当時の分析結果と似たような形状が表されたとしても、本稿の結果は当時の感染症専門家の発信を正当化するものではない。科学的助言は、結論に至るまでの論理的整合性が問われるので、結論に至る過程が標準的な考え方と矛盾を含むものであったことは問題であった。本稿の分析では追加されたパラメータの設定が結果を大きく左右することが示されており、当時に最終目標だけが示されていたことから、追加パラメータが無視されると選択肢が歪められる。このような科学的助言では、意思決定は混乱することになる。

参考文献

Atkeson, Andrew (2020), “What Will Be the Economic Impact of COVID-19 in the US? Rough Estimates of Disease Scenarios,” NBER Working Paper No. 26867, March. https://doi.org/10.3386/w26867

Gupte, P., R. Eggo, and E. van Leeuwen (2025), epidemics: Composable Epidemic Scenario Modelling. R package version 0.4.0.9000, https://github.com/epiverse-trace/epidemics

岩本康志(2026a)「『接触 8 割削減』の科学的根拠（改訂版）」https://iwmtyss.com/Books/2025-1/chap1_rev.html

岩本康志(2026b)「『接触 8 割削減』の科学的根拠の再現（再検討）」CIRJE Discussion Paper, CIRJE-J-315。https://www.cirje.e.u-tokyo.ac.jp/research/dp/2026/2026cj315ab.html