
第一波感染シミュレーションの再現性

2023年8月4日

仲田泰祐・芳賀沼和哉・塚原悠貴（東京大学）

背景

- コロナ禍では様々な感染シミュレーション分析が政策決定の際に参照された
- 特に、第一波の際には感染シミュレーション試算が政策根拠として頻繁に引用された
 - 2020/3/19 専門家会議 https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/senmonkakaigi/sidai_r020319.pdf
 - 2020/4/3 日本経済新聞 <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO576I0560T00C20A4MM0000/>
 - 2020/4/11 日本経済新聞 <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO5796I860R10C20A4CZ8000/>
 - 2020/4/22 専門家会議 https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/senmonkakaigi/sidai_r020422.pdf

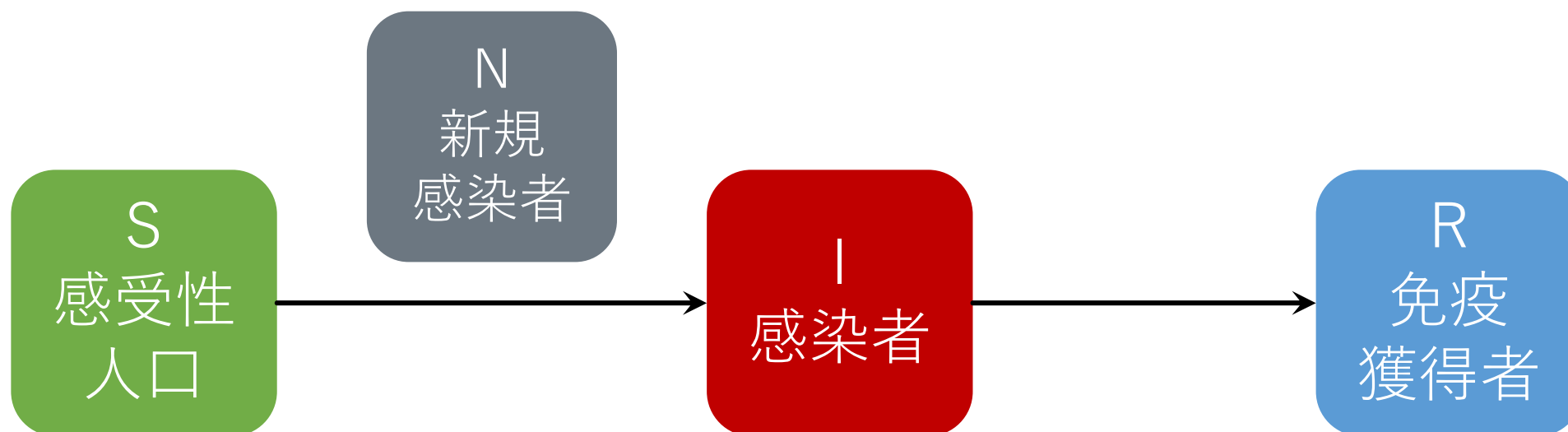
分析

- 公開されているモデルやパラメータを基に第一波感染シミュレーション分析の再現を試みる
 - Berkley Madonna（オリジナル）とMATLAB（連続時間モデル、離散時間モデル）を使用
 - <https://github.com/Covid19OutputInJapan/first-wave-replication>
 - モデルや使用パラメータは2020年5月27日にGithubに掲載されたコード・値を用いた
 - https://github.com/contactmodel/COVID19-Japan-Reff/blob/master/BerkleyMadonna_May2020.txt
 - 分析の詳細はAppendixを参照

重要ポイント

- 多少の調整は必要だが、公表されたシミュレーションは概ね再現可能であった
 - 調整についてはAppendixを参照
- 新規感染者数と感染者数を混同している分析が確認された
 - 2020/4/11 日本経済新聞、2020/4/22 専門家会議
 - 他の再現分析と整合的
 - 一般市民の方々の分析
 - <https://sarkov28.hatenablog.com/entry/2020/09/28/171523>
 - <https://dromozoa.github.io/covid-19/tokyo.html>
 - 岩本康志（2023）：「接触8割削減」の科学的根拠の再現
 - それ以降のシミュレーションでも同様の混同が確認された
 - 日本内科学会雑誌 第109巻第11号（2020年11月10日発行）

SIRモデル

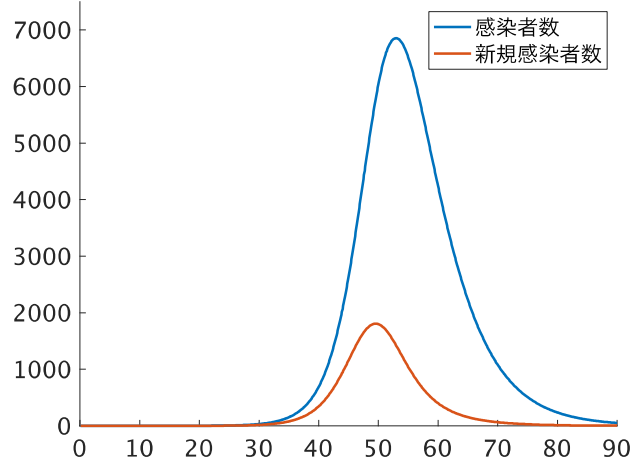


- S : Susceptible (感受性人口。感染する可能性のある人)
- N : Newly Infected (新規感染者) <Flow変数>
- I : Infectious (感染者) <Stock変数>
- R : Recovered (免疫獲得者)

新規感染者数と感染者数

- 新規感染者数 (N) と感染者数 (I) はピーク時期や規模が異なる

感染者数と新規感染者数：シミュレーション例

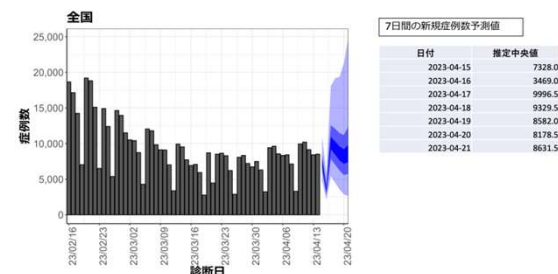


- ほとんどの場合、政府資料や報道に登場するのは感染者数ではなく新規感染者数

日	月	火	水	木	金	土
12月25日	26日	27日	28日	29日	30日	31日
15403	8428	22063	20243	18372	14525	11189
+1757	+479	+1550	-943	-448	-2807	-7542
1月1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日
9186	7537	9628	10554	20735	20720	19630
-6217	-891	-12435	-9689	+2363	+6195	+8441
1月8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日
15124	-	-	-	-	-	-
+5938						

<https://www.tokyo-np.co.jp/article/224187>

新規症例数の予測値：全国



<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/001088923.pdf>

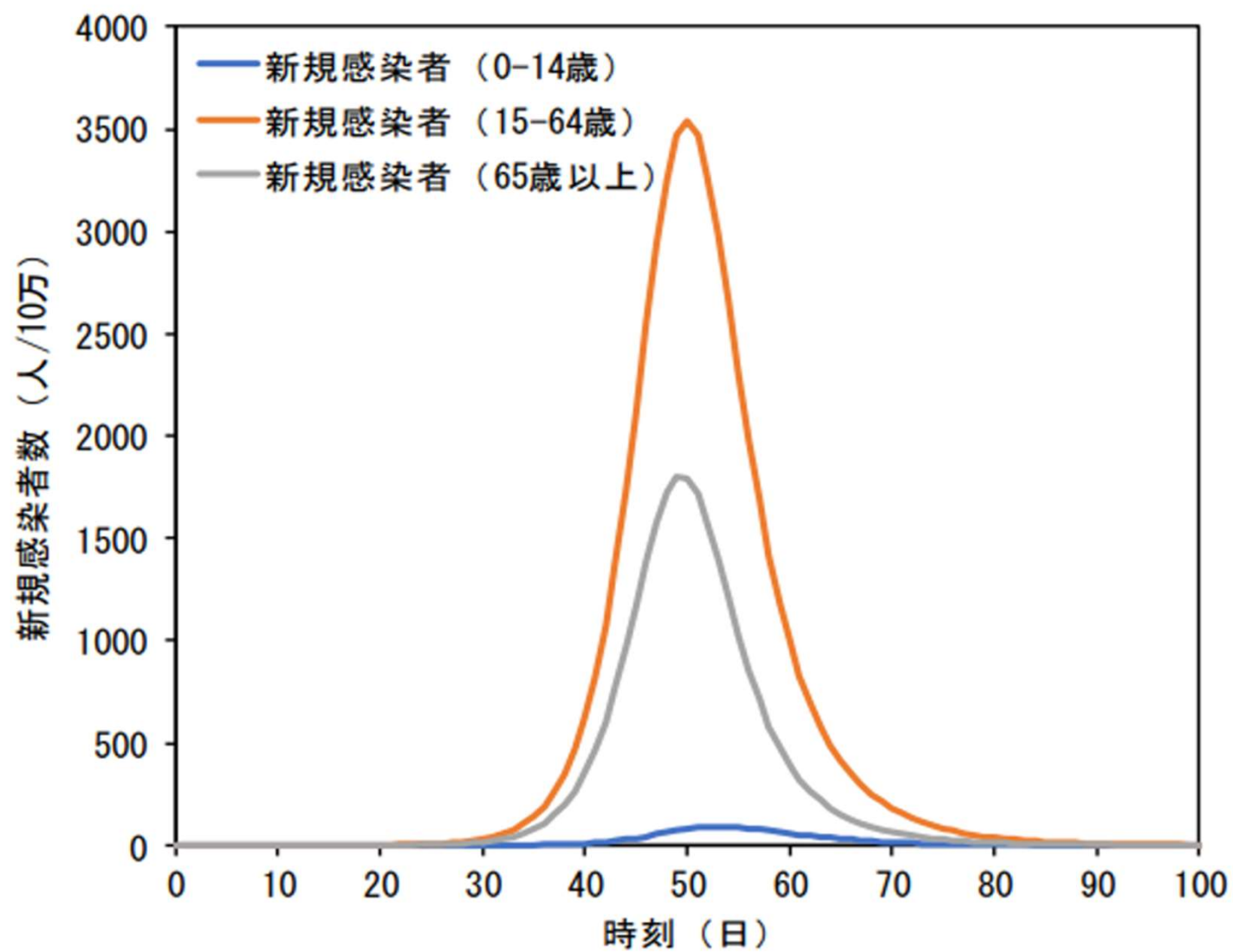
シミュレーション分析再現

- 2020/3/19 専門家会議
- 2020/4/3 日本経済新聞
- 2020/4/11 日本経済新聞
- 2020/4/22 専門家会議

■ 実画像

- 公表されているグラフをデジタル化したもの
- Original (Berkeley Madonna)
 - 2020年5月に公開されたコード
 - https://github.com/contactmodel/COVID19-Japan-Reff/blob/master/BerkleyMadonna_May2020.txt
- Matlab—Discrete Time (DT)
- Matlab—Continuous Time (CT)

- **2020/3/19 専門家会議**
 - 2020/4/3 日本経済新聞
 - 2020/4/11 日本経済新聞
 - 2020/4/22 専門家会議

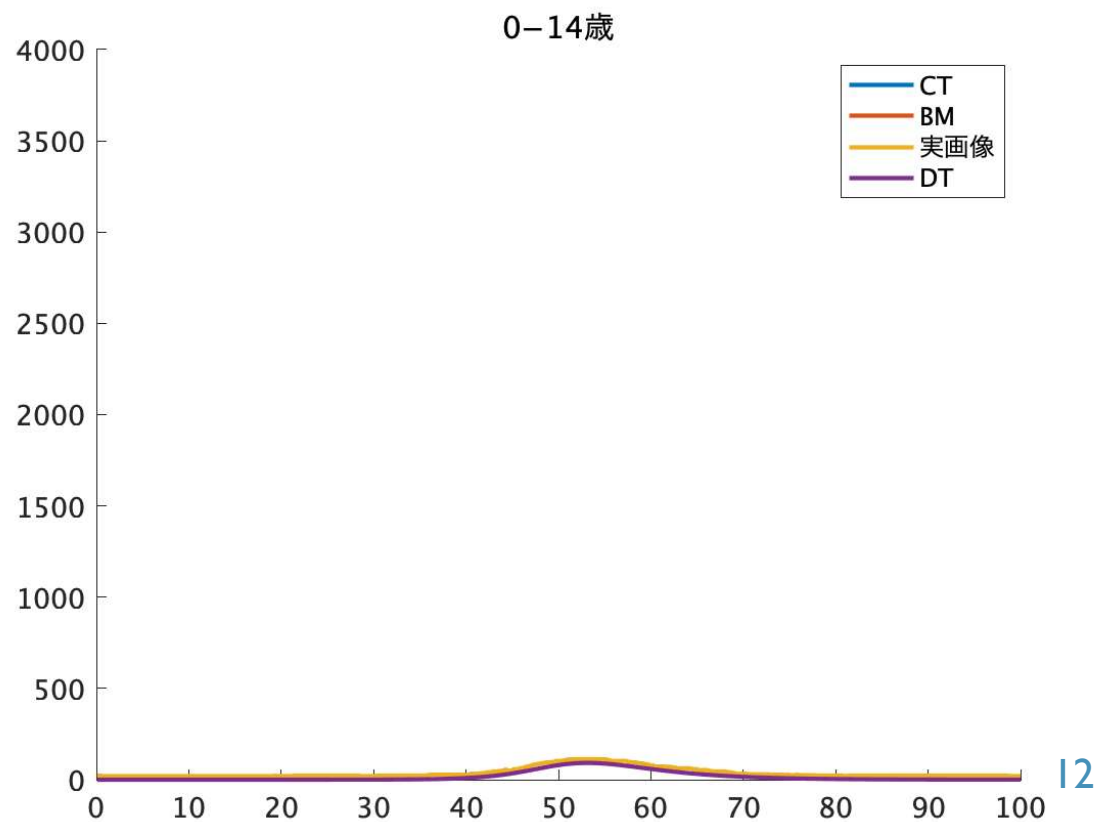


背景

- 2020年3月19日 専門家会議にて掲載
 - https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/senmonkakaigi/sidai_r020319.pdf
- 42万人死亡推計の説明記事にも掲載されている
 - https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2020/06/8-39_3.php
- 右図は2020年4月15日日本経済新聞にも掲載（赤実線が10人であることについて言及）
 - <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO58I03320VI0C20A4CR8000/>
- 同日日本経済新聞にて、同様のモデルから示された人口あたりの重篤患者数についての試算も掲載
 - <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO58067590VI0C20A4CE0000/>

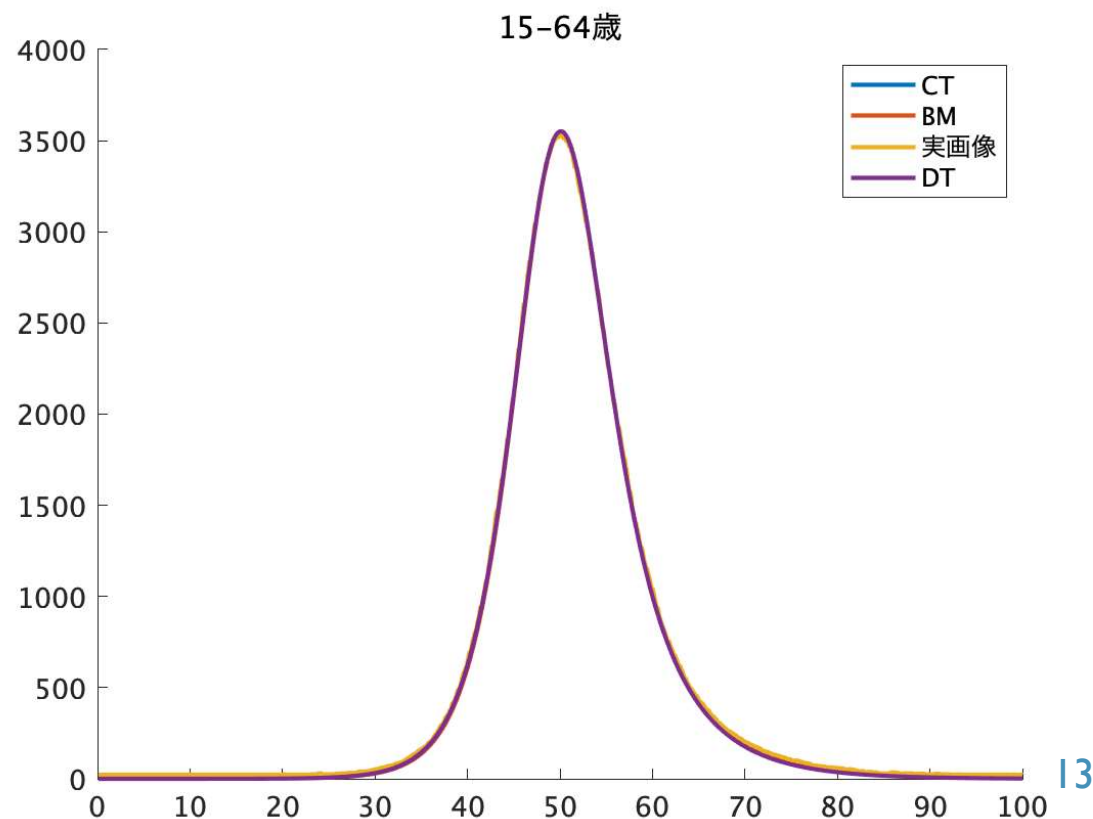
2020/3/19 専門家会議：0-14歳（新規感染者）

	Mean Absolute Error	RMSE	Diff. at Peak
Original (BM)	21.0	21.1	20.9
Matlab (DT)	21.0	21.1	20.3
Matlab (CT)	21.0	21.1	20.9



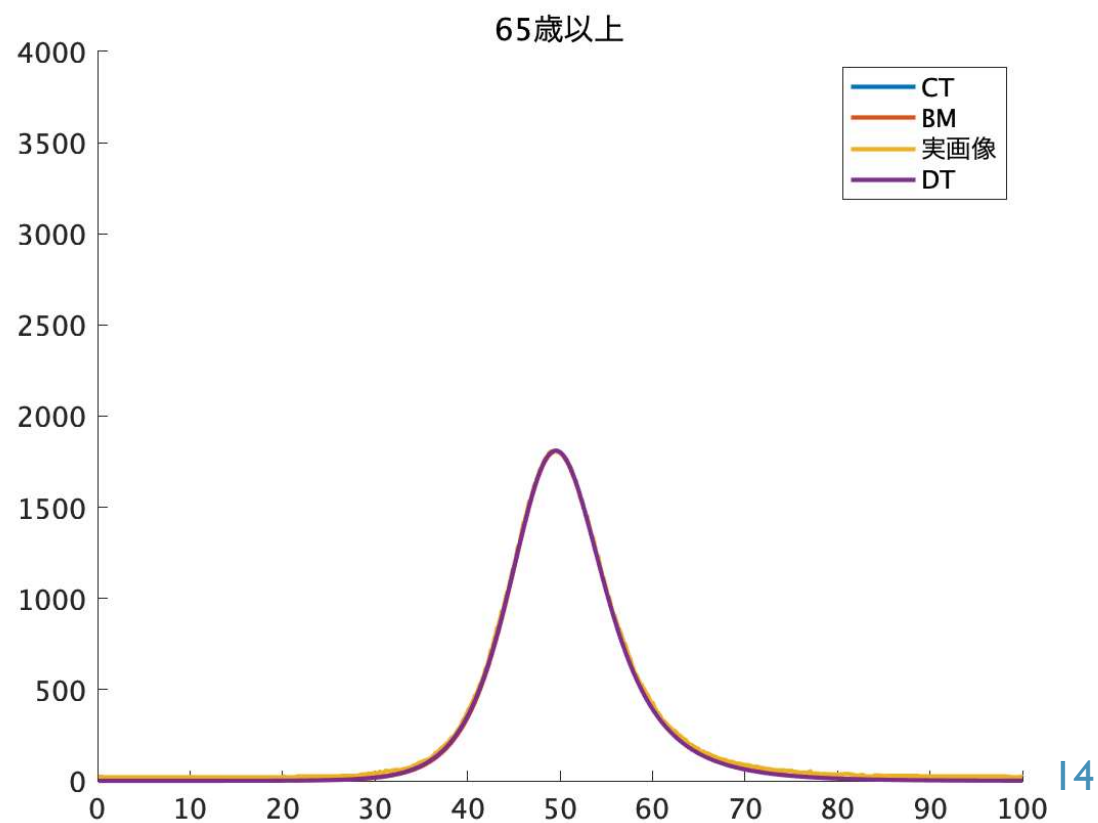
2020/3/19 専門家会議：15-64歳（新規感染者）

	Mean Absolute Error	RMSE	Diff. at Peak
Original (BM)	20.8	22.2	11.9
Matlab (DT)	21.0	22.2	23.8
Matlab (CT)	20.9	22.3	11.9

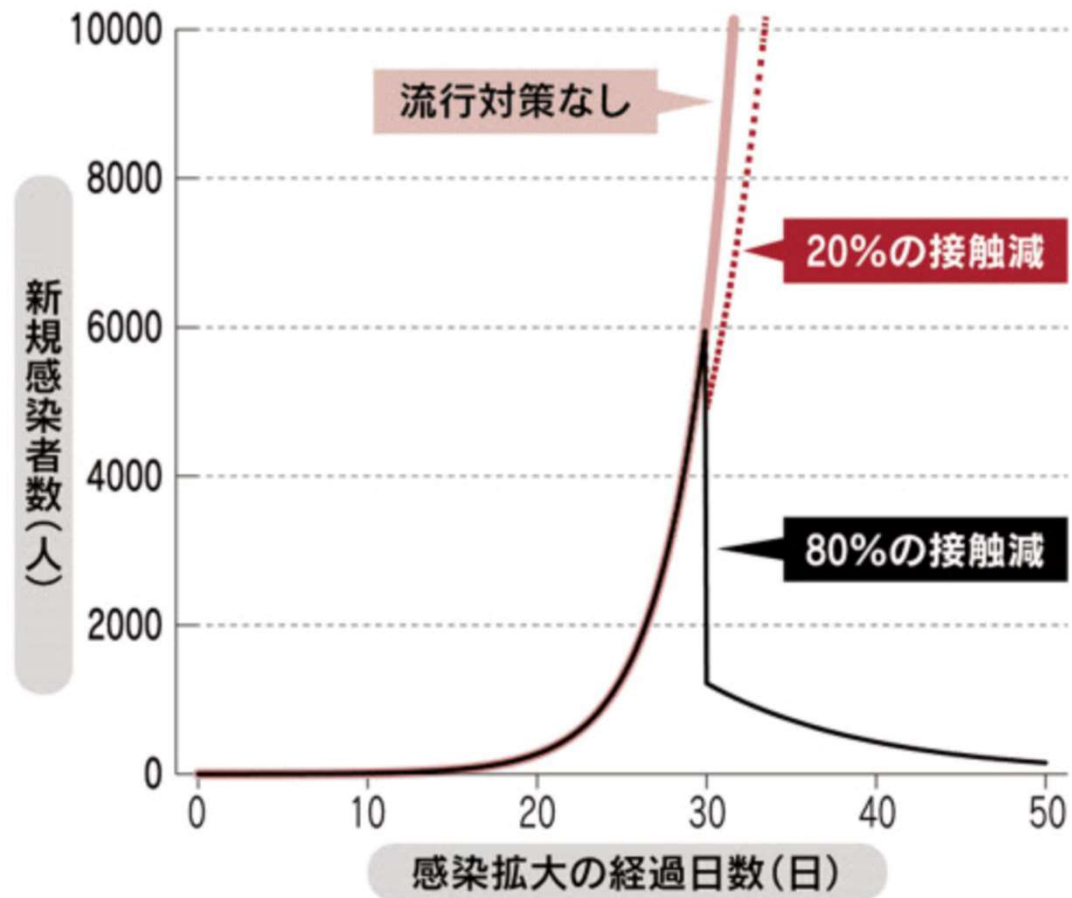


2020/3/19 専門家会議：65歳以上（新規感染者）

	Mean Absolute Error	RMSE	Diff. at Peak
Original (BM)	20.5	21.3	1.2
Matlab (DT)	20.3	21.1	3.5
Matlab (CT)	20.6	21.3	1.1

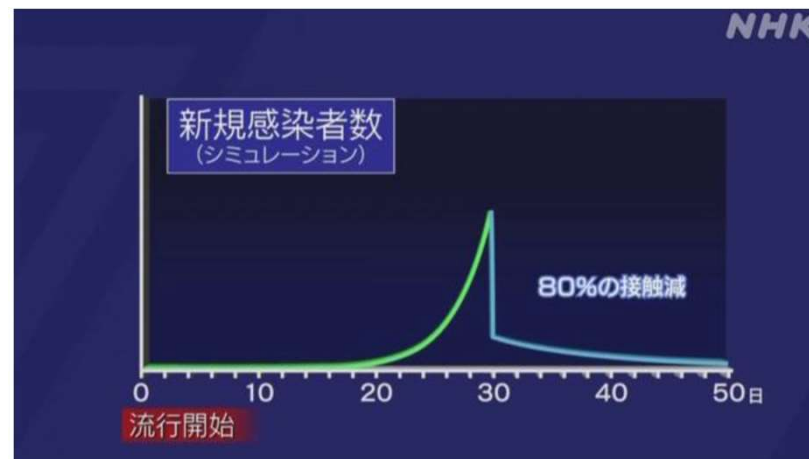


- 2020/3/19 専門家会議
- **2020/4/3 日本経済新聞**
- 2020/4/11 日本経済新聞
- 2020/4/22 専門家会議



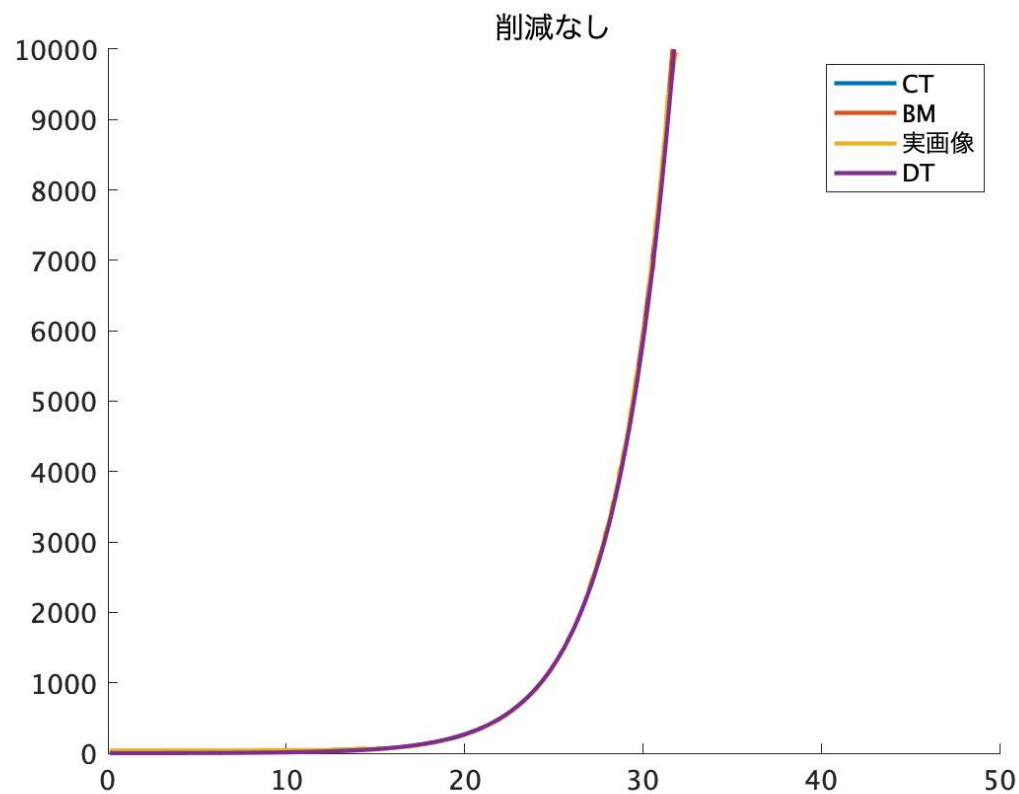
背景

- 2020年4月3日 日本経済新聞にて掲載
 - <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO57610560T00C20A4MM0000/>
- NHK 新型コロナウイルス特設サイトにも同様の図が掲載
<https://www3.nhk.or.jp/news/special/coronavirus/decrease/>



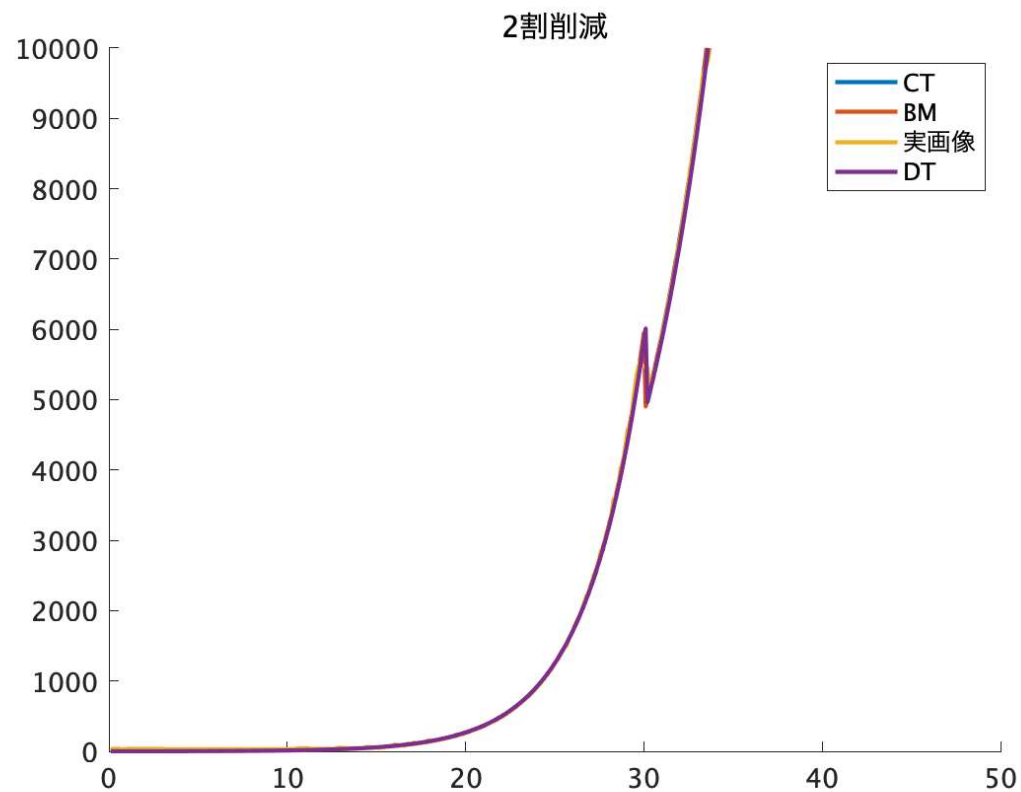
2020/4/3 日本経済新聞：削減なし（新規感染者）

	Mean Absolute Error	RMSE	Diff. at Peak
Original (BM)	30.8	71.0	808.3
Matlab (DT)	34.6	63.0	500.6
Matlab (CT)	30.9	71.1	808.1



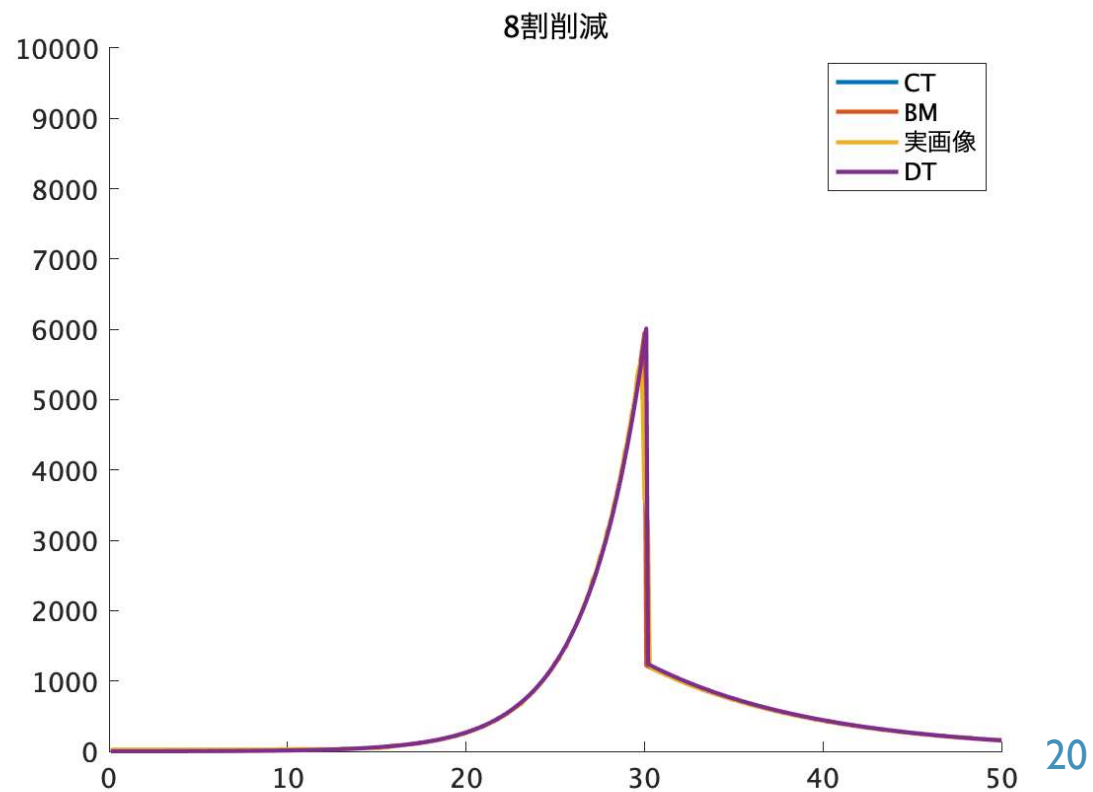
2020/4/3 日本經濟新聞：2割削減（新規感染者）

	Mean Absolute Error	RMSE	Diff. at Peak
Original (BM)	26.2	62.2	370.1
Matlab (DT)	32.1	63.5	203.5
Matlab (CT)	27.2	63.0	391.2



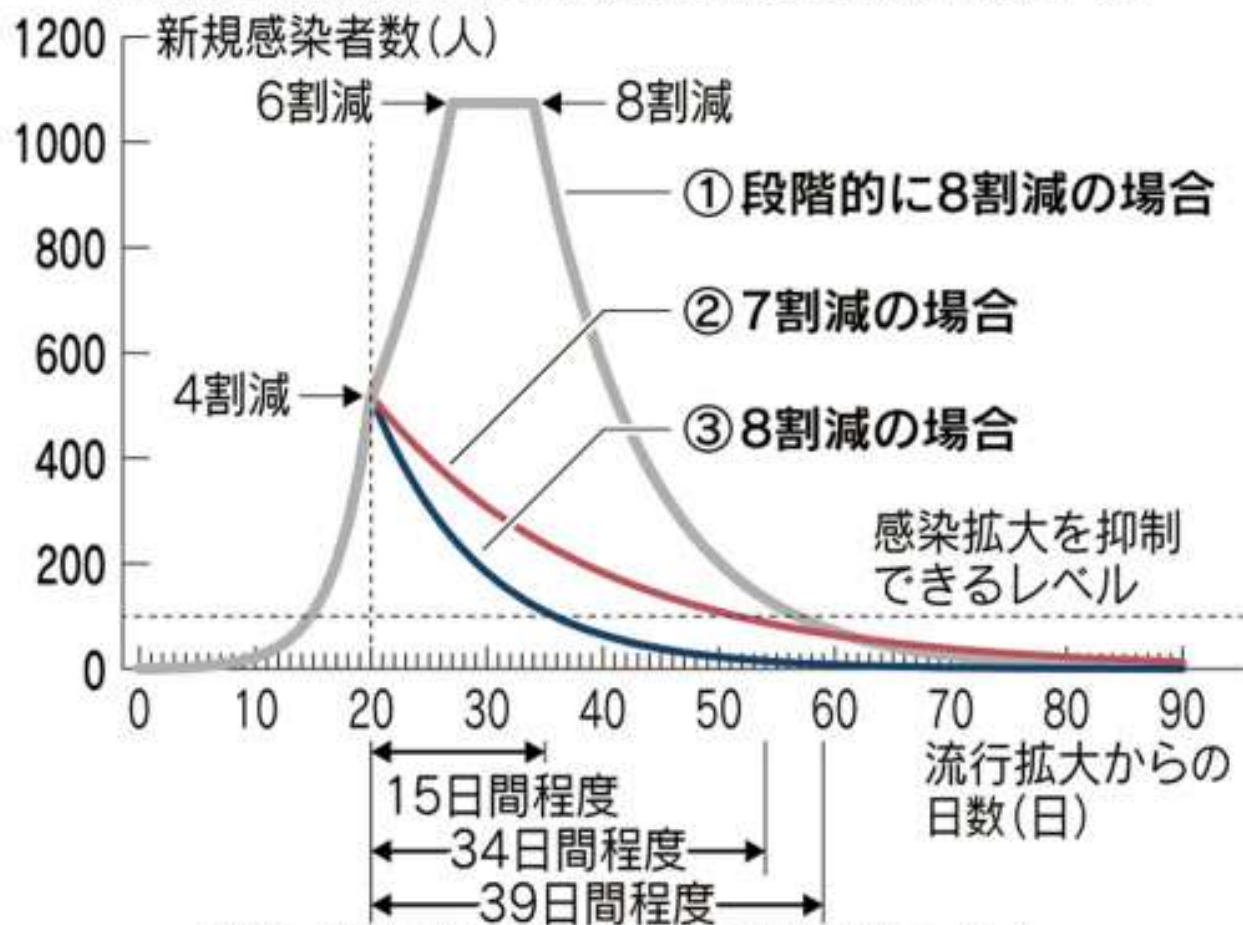
2020/4/3 日本經濟新聞：8割削減（新規感染者）

	Mean Absolute Error	RMSE	Diff. at Peak
Original (BM)	24.7	177.1	409.0
Matlab (DT)	29.0	175.5	473.8
Matlab (CT)	24.5	176.7	410.3



- 2020/3/19 専門家会議
- 2020/4/3 日本経済新聞
- **2020/4/11 日本経済新聞**
- 2020/4/22 専門家会議

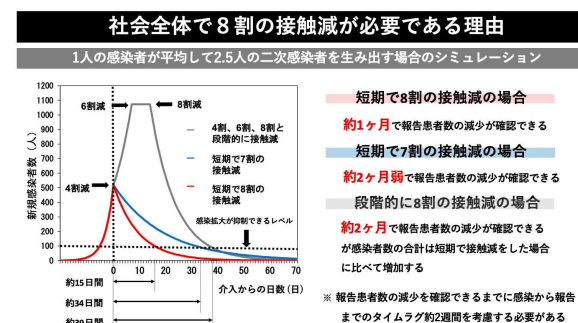
「接触8割減」ならば新規感染者は急減する



(注) 西浦博・北海道大教授の資料を参考に作成

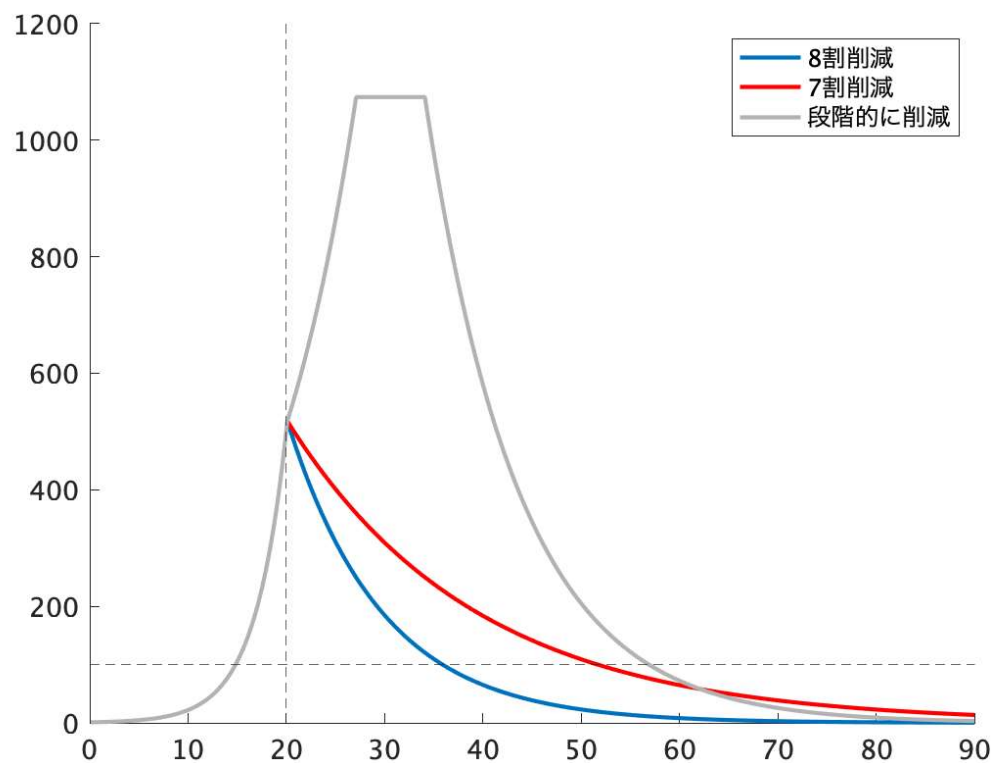
背景

- 2020年4月11日に日本経済新聞にて掲載
 - <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO57961860R10C20A4CZ8000/>
- 2020年4月25日の日本経済新聞においても同様の図が掲載
 - <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO58399970T20C20A4000000/>
- 2020年4月15日の新型コロナクラスター対策専門家のツイートにも同様の図が掲載
 - <https://twitter.com/ClusterJapan/status/1250364311144296454>

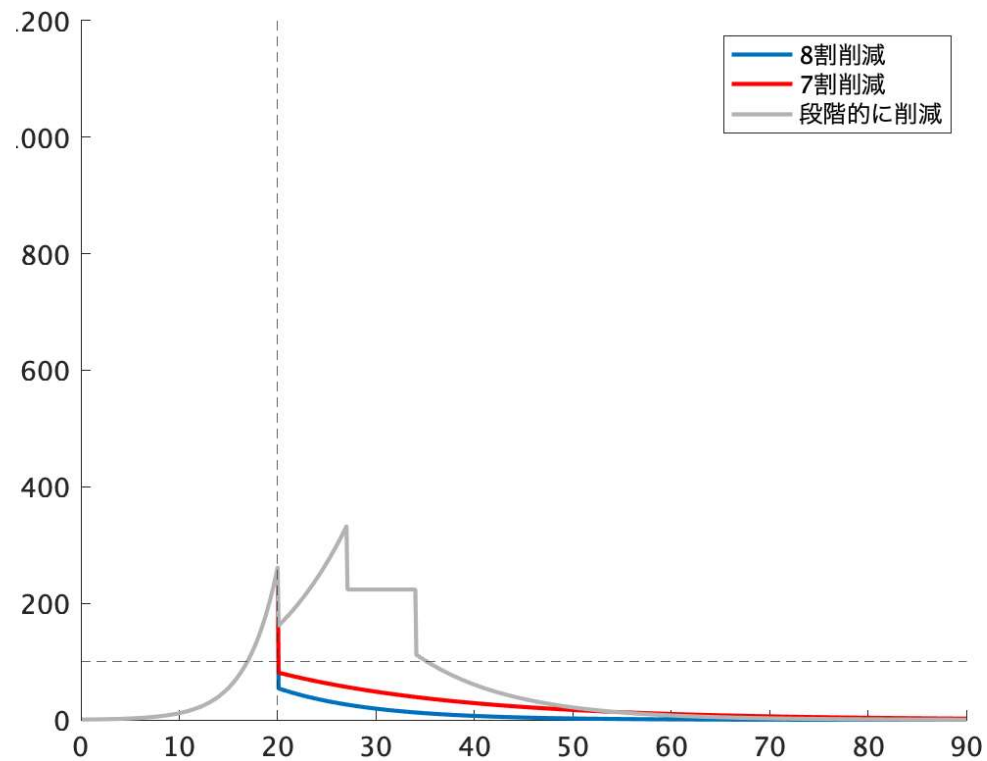


再現

感染者数

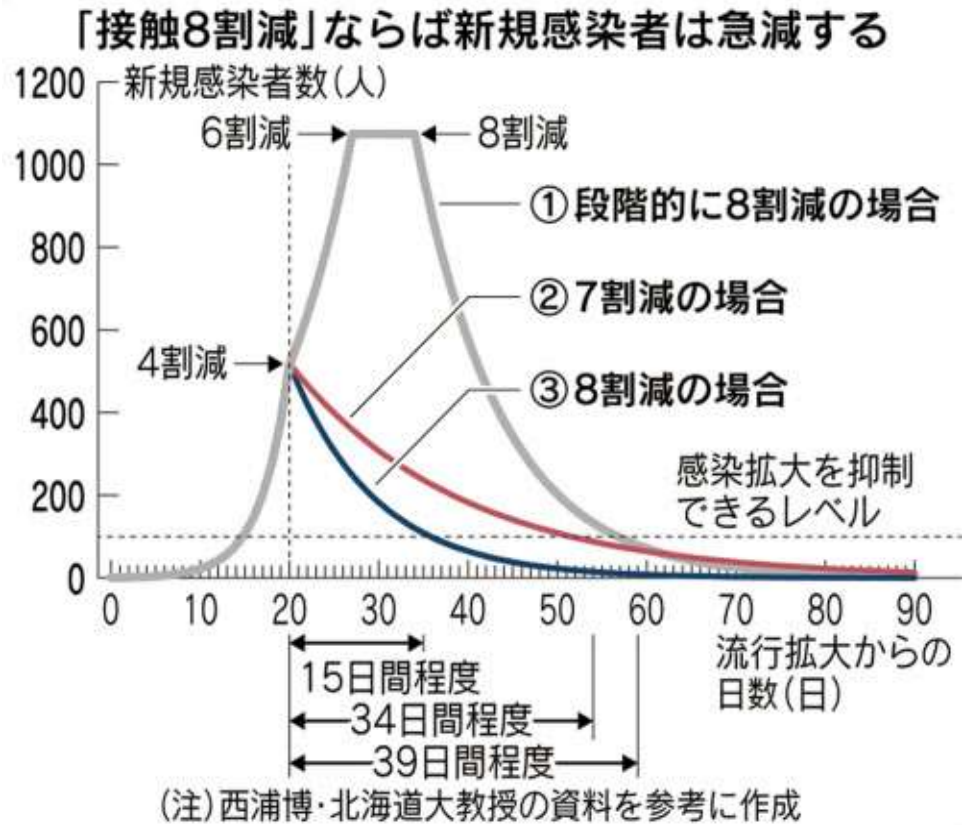


新規感染者数

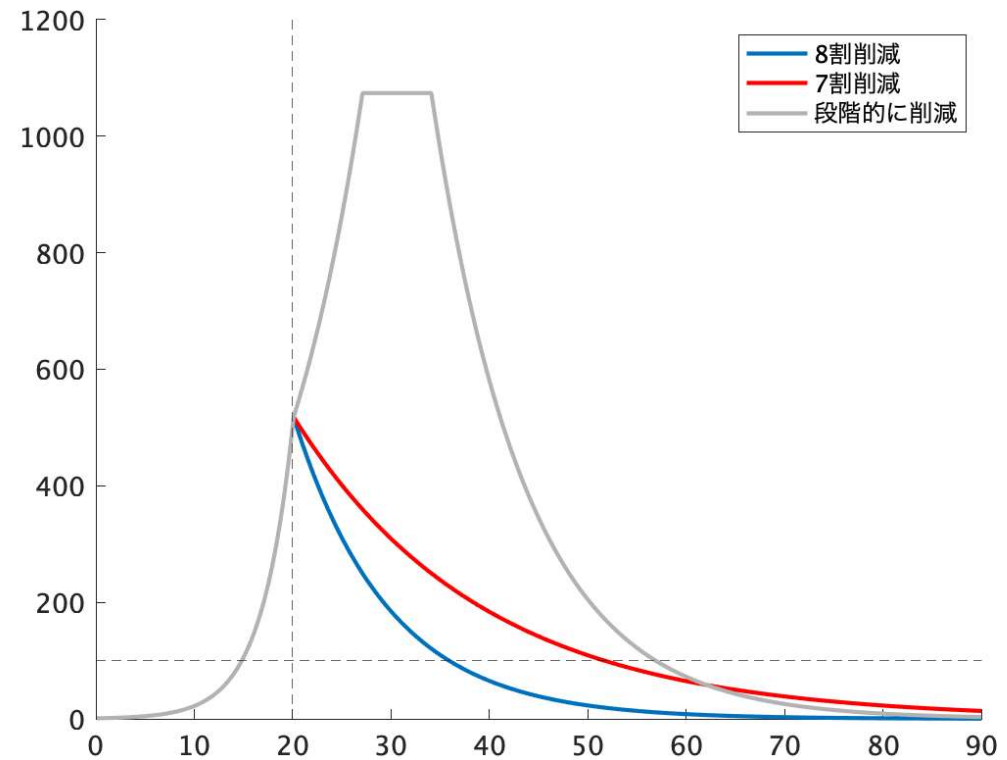


比較

日本経済新聞 新規感染者数

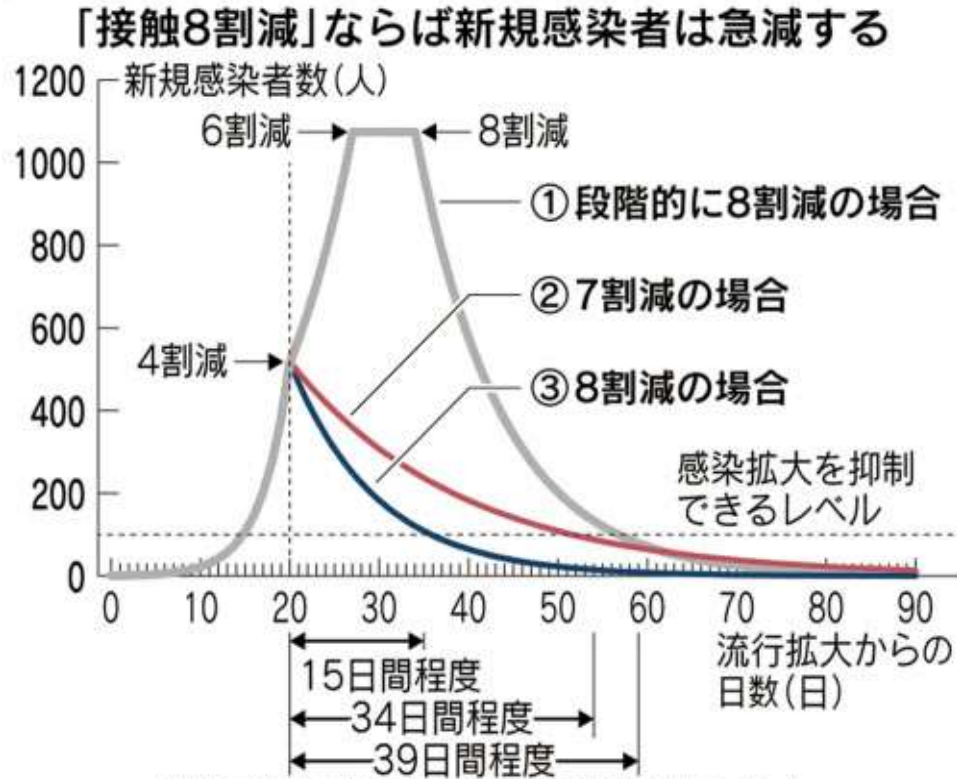


再現 感染者数



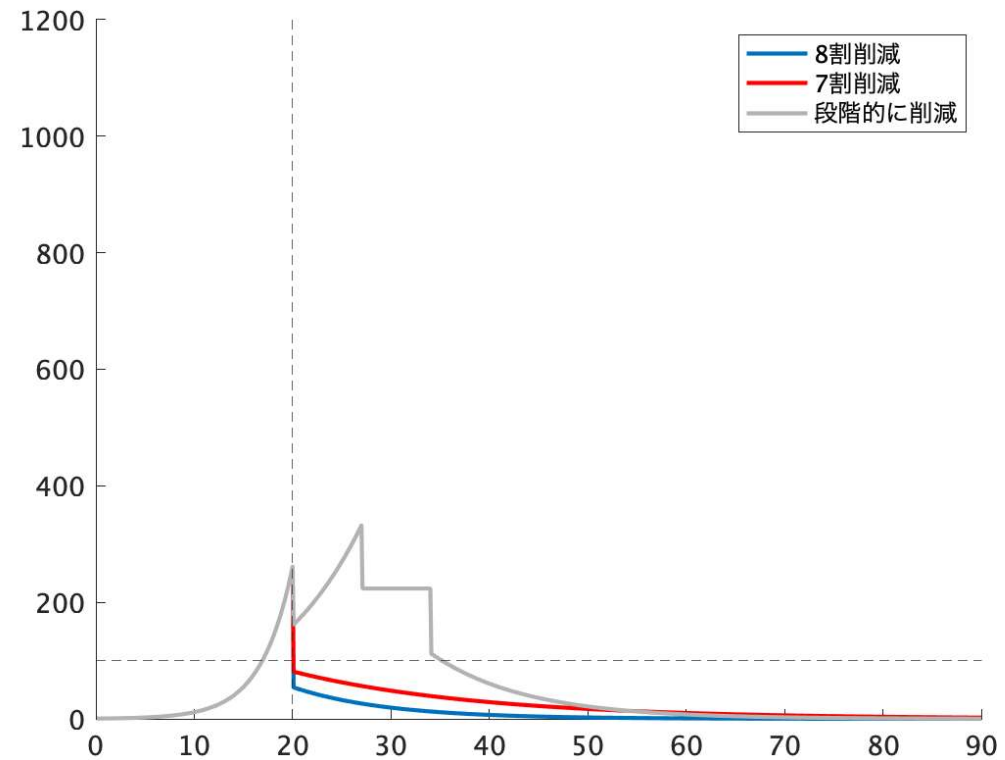
比較

日本経済新聞 新規感染者数



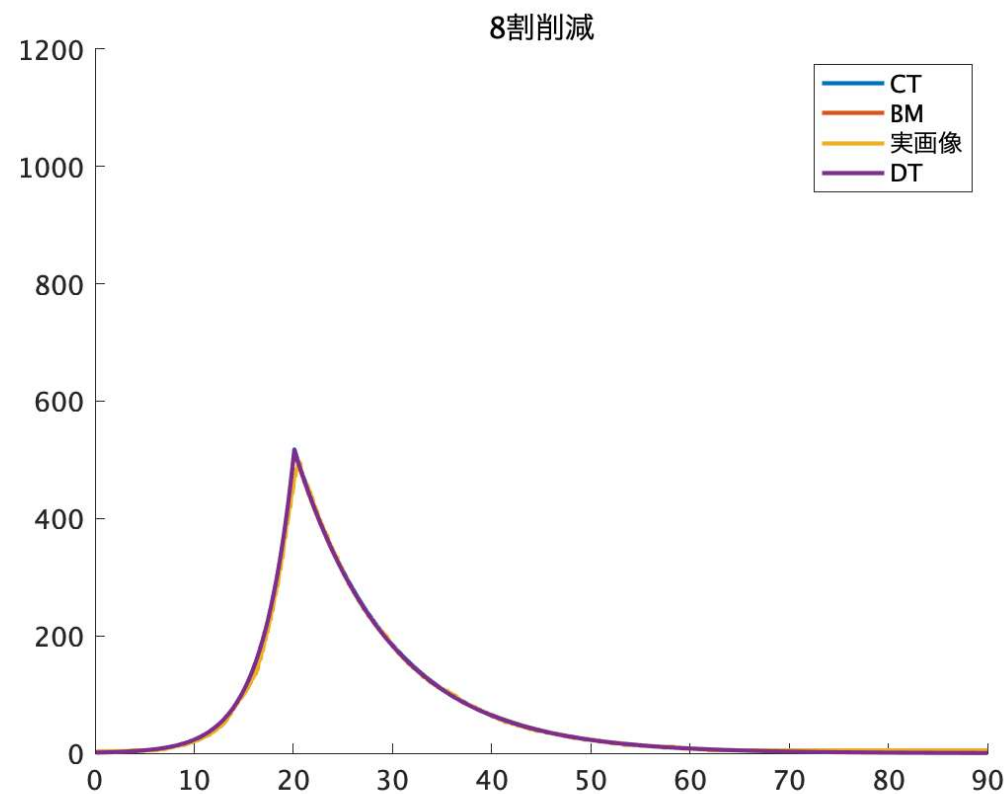
(注) 西浦博・北海道大教授の資料を参考に作成

再現 新規感染者数



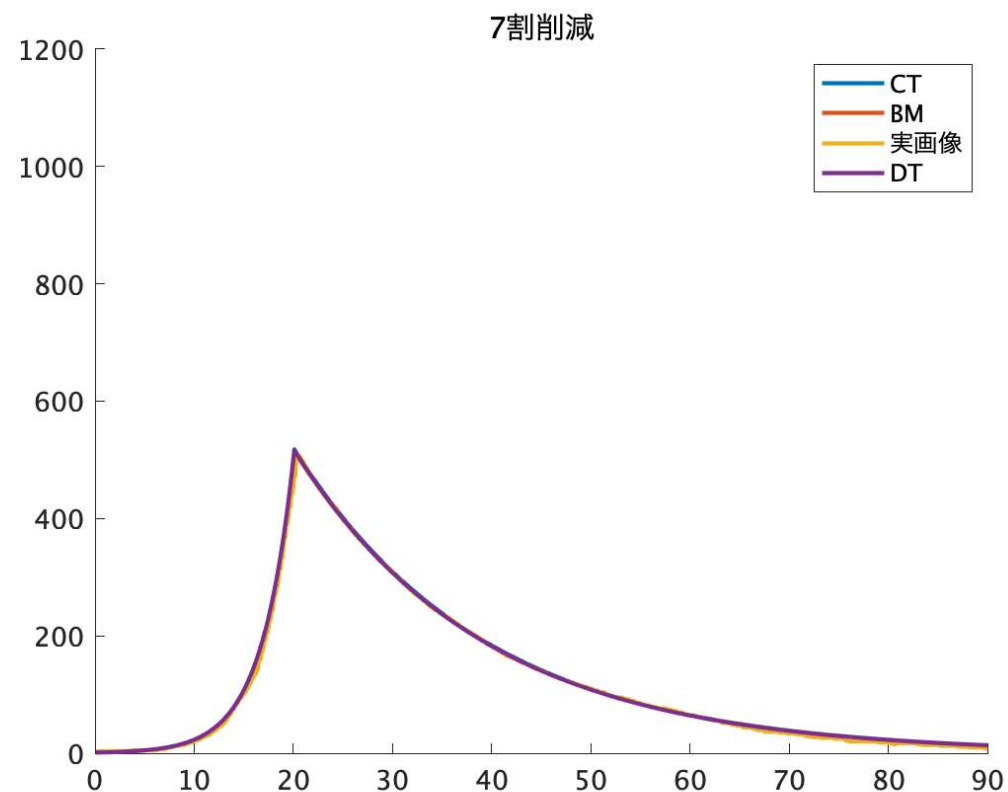
2020/4/11 日本經濟新聞：8割削減（感染者）

	Mean Absolute Error	RMSE	Diff. at Peak
Original (BM)	3.0	5.5	18.9
Matlab (DT)	3.1	5.8	20.8
Matlab (CT)	3.0	5.6	22.6



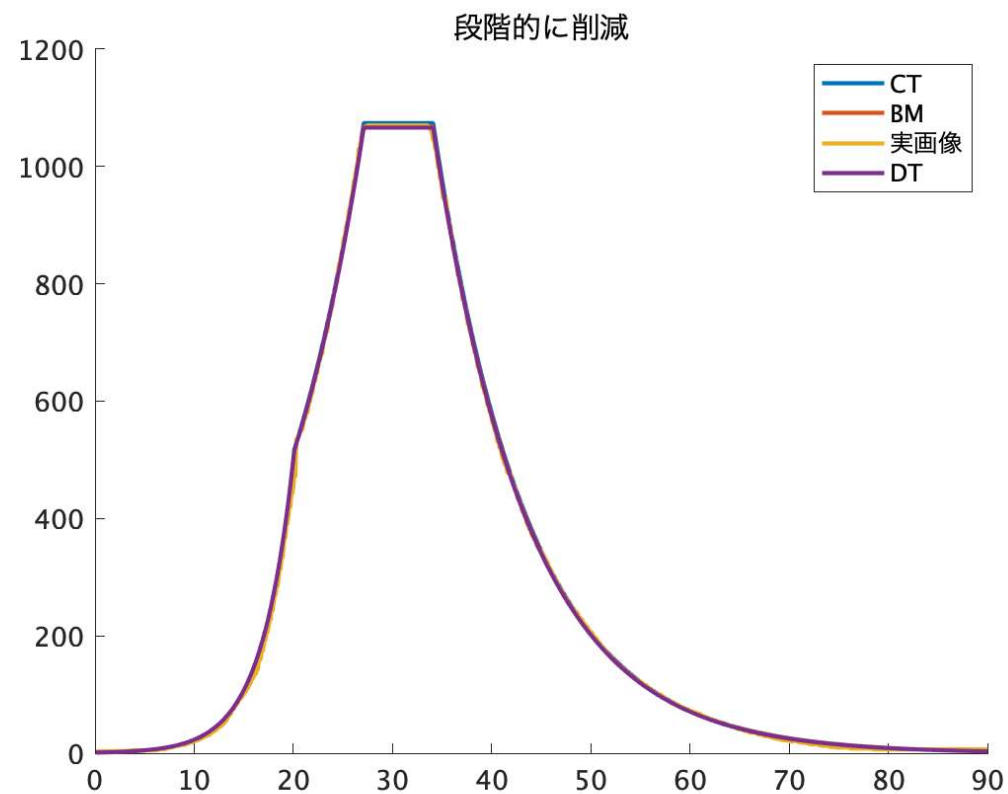
2020/4/11 日本経済新聞：7割削減（感染者）

	Mean Absolute Error	RMSE	Diff. at Peak
Original	3.3	5.7	4.4
Matlab discrete	3.5	6.0	5.8
Matlab continuous	3.5	5.9	7.6



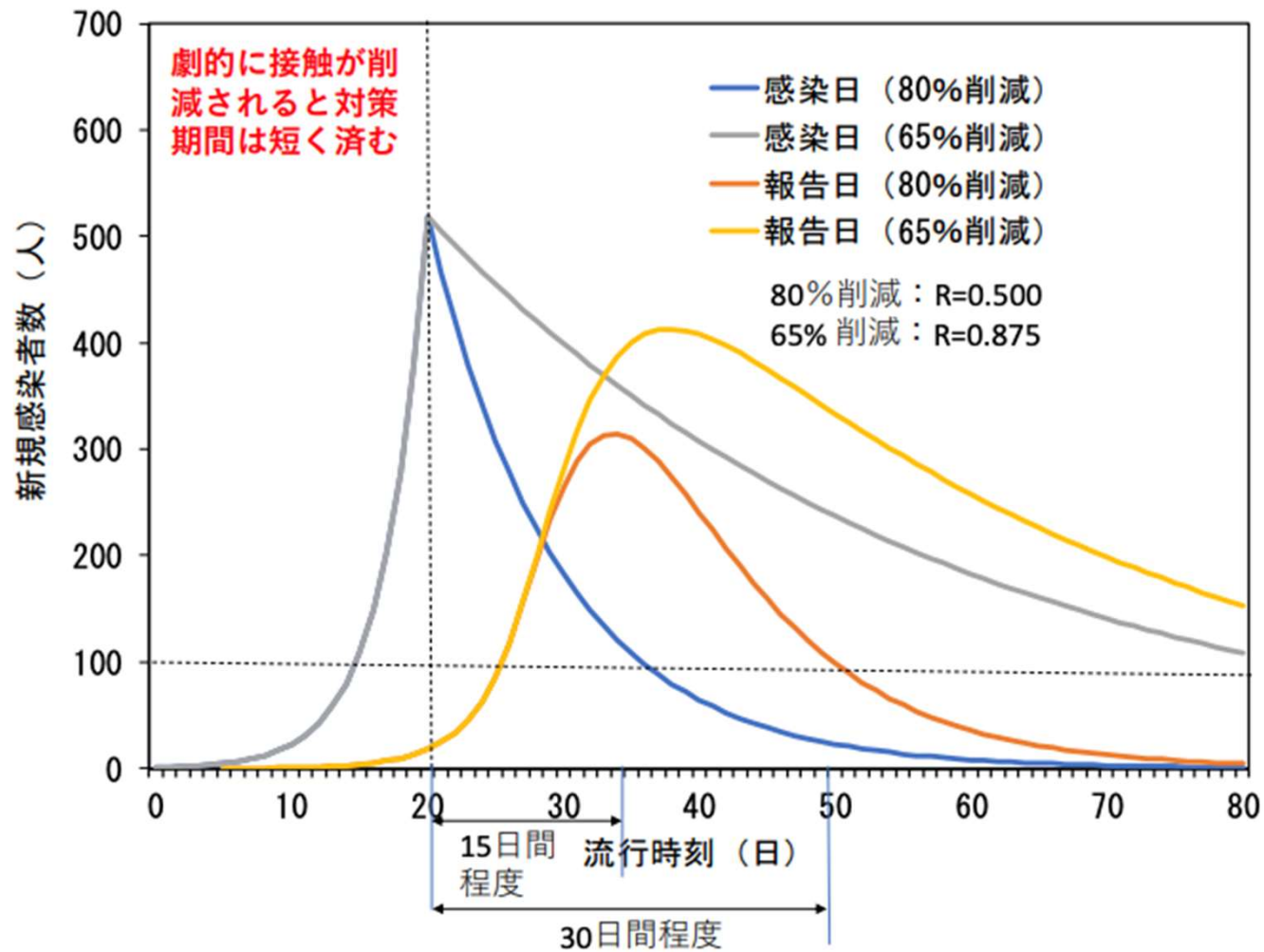
2020/4/11 日本經濟新聞：段階的に削減（感染者）

	Mean Absolute Error	RMSE	Diff. at Peak
Original (BM)	3.7	6.2	1.6
Matlab (DT)	4.0	6.5	3.6
Matlab (CT)	4.4	7.0	4.1



- 2020/3/19 専門家会議
- 2020/4/3 日本経済新聞
- 2020/4/11 日本経済新聞
- 2020/4/22 専門家会議

【図2. 接触が流行開始後 20 日目に削減された場合のシナリオ】

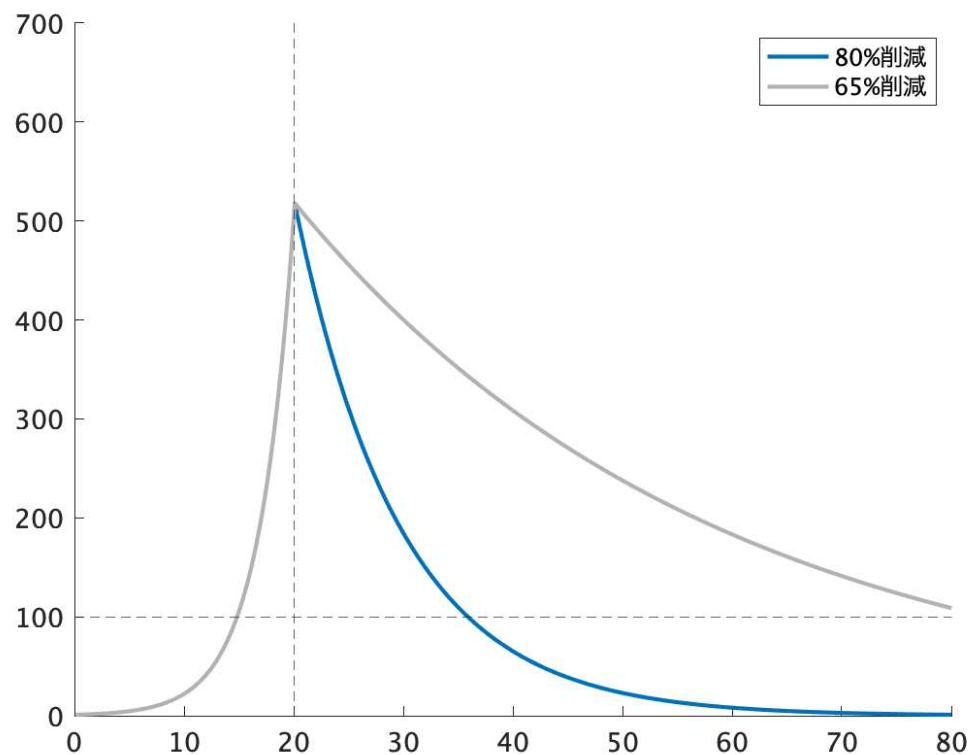


背景

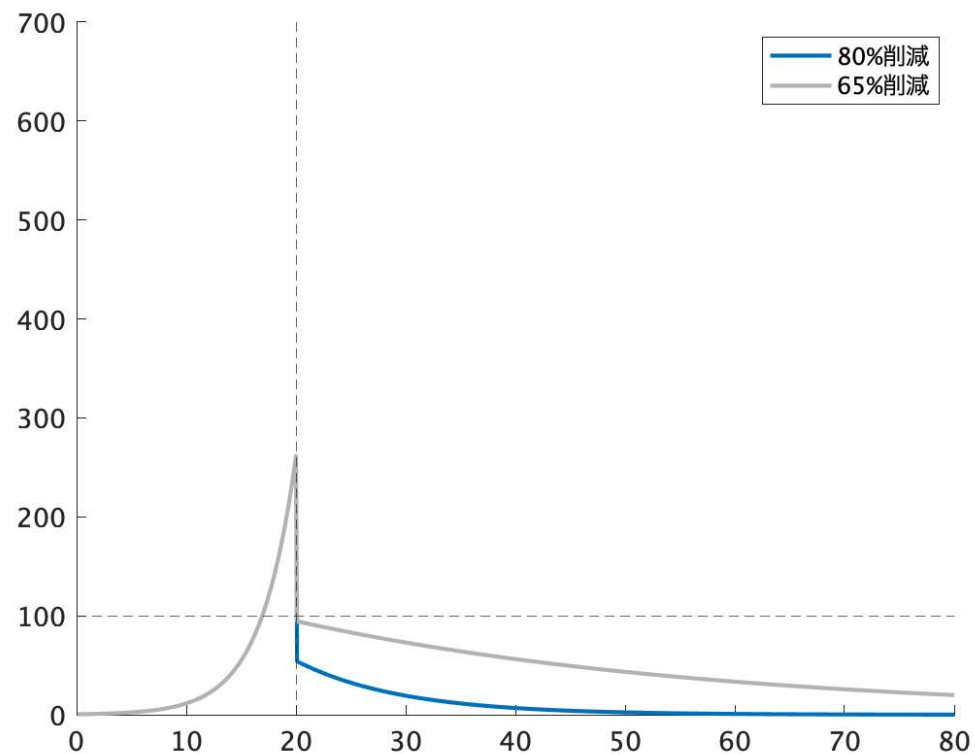
- 2020年4月22日 感染症対策本部にて掲載
 - https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/th_siryou/sidai_r020422.pdf
- 同日 専門家会議にも同じ図が掲載
 - https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/senmonkakaigi/sidai_r020422.pdf
- 2020年4月15日 朝日新聞デジタルにも同様の図が掲載
 - <https://www.asahi.com/articles/ASN4H6QBJN4HULBJ00H.html>
- 2020年8月30日放送 NHKスペシャルにおいても同様の図が使用されている
 - sarkov28氏のブログ参照 <https://sarkov28.hatenablog.com/entry/2020/09/28/171623>

再現

感染者数



新規感染者数

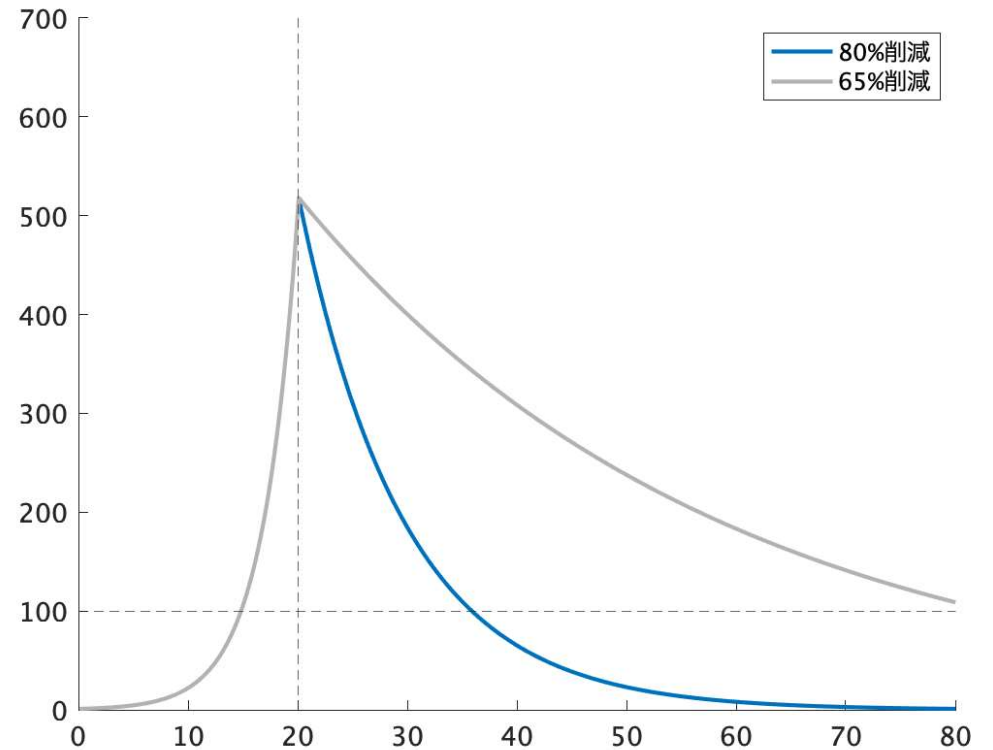
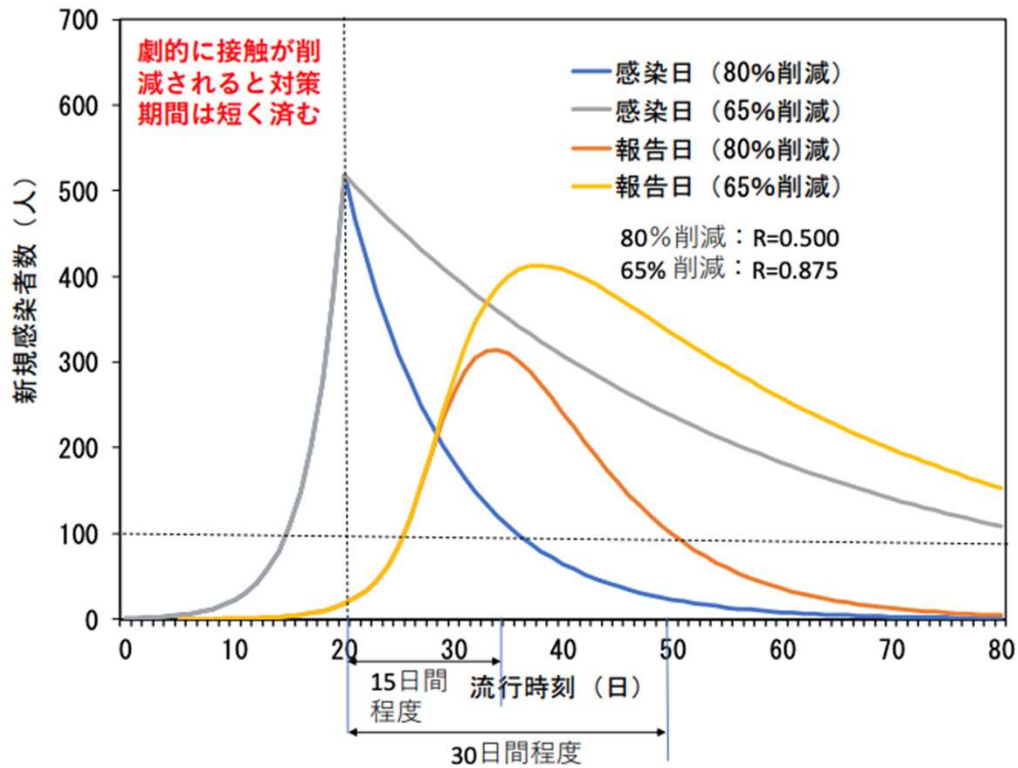


比較

4月22日専門家会議 新規感染者数

再現 感染者数

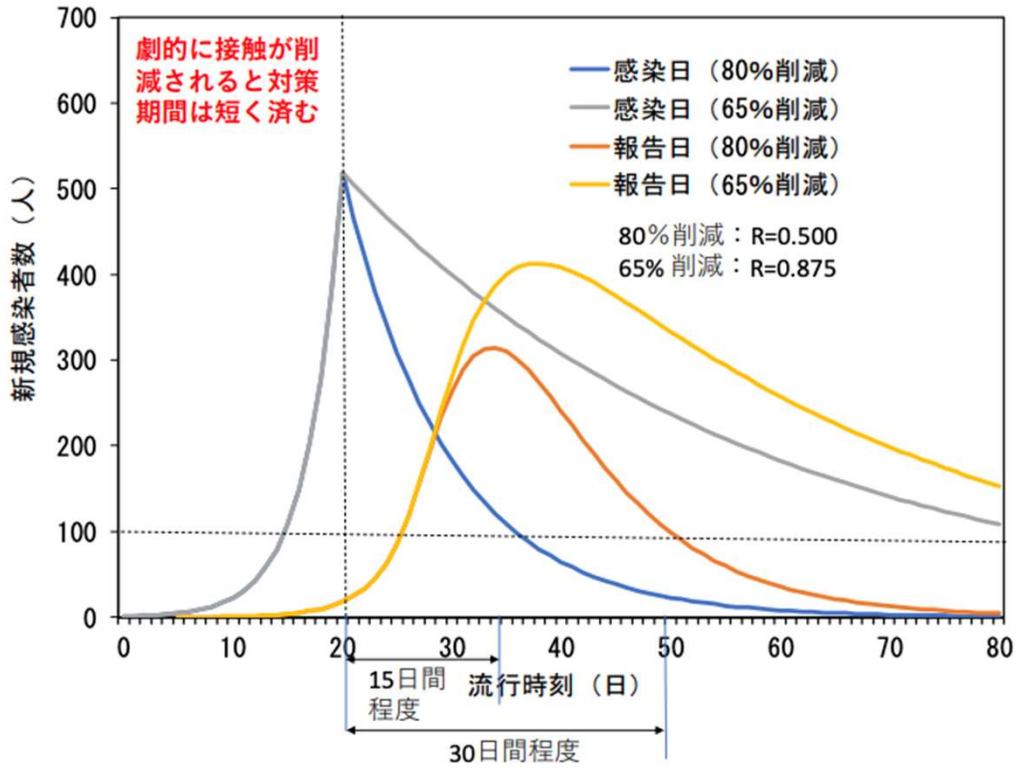
【図2. 接触が流行開始後 20 日目に削減された場合のシナリオ】



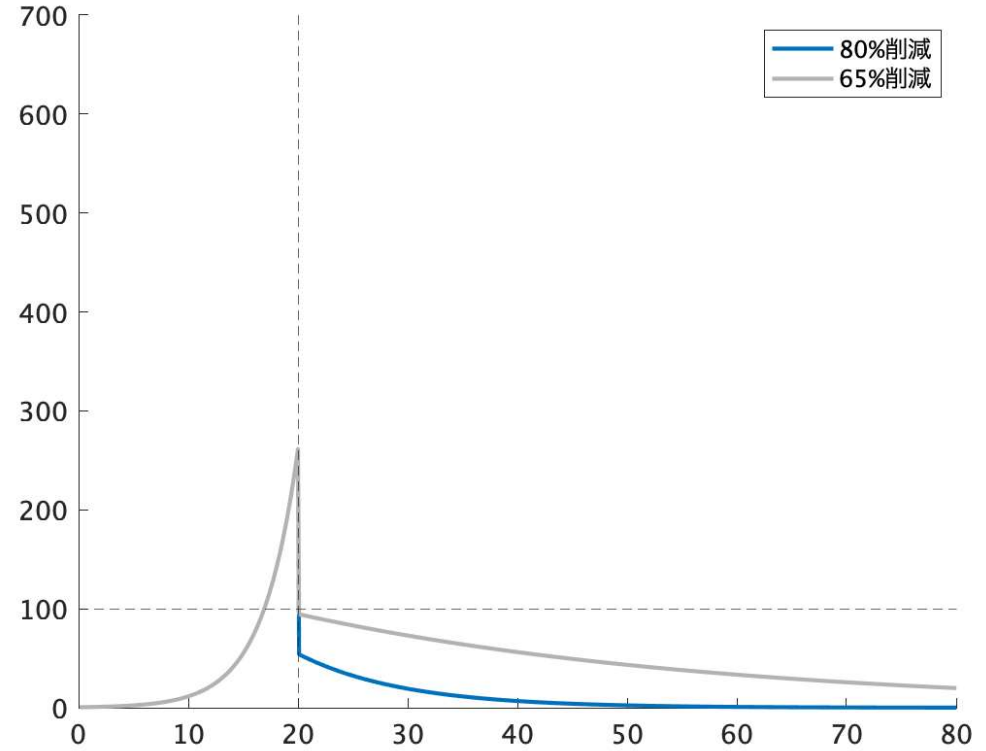
比較

専門家会議 新規感染者数

【図2. 接触が流行開始後20日目に削減された場合のシナリオ】

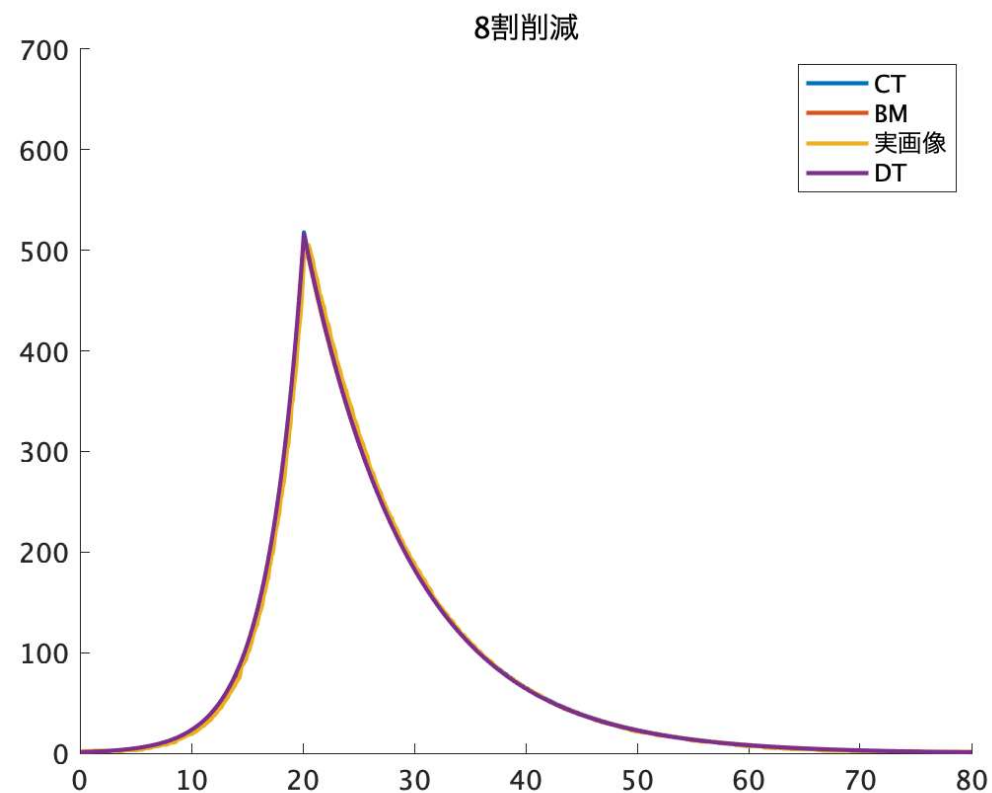


再現 新規感染者数



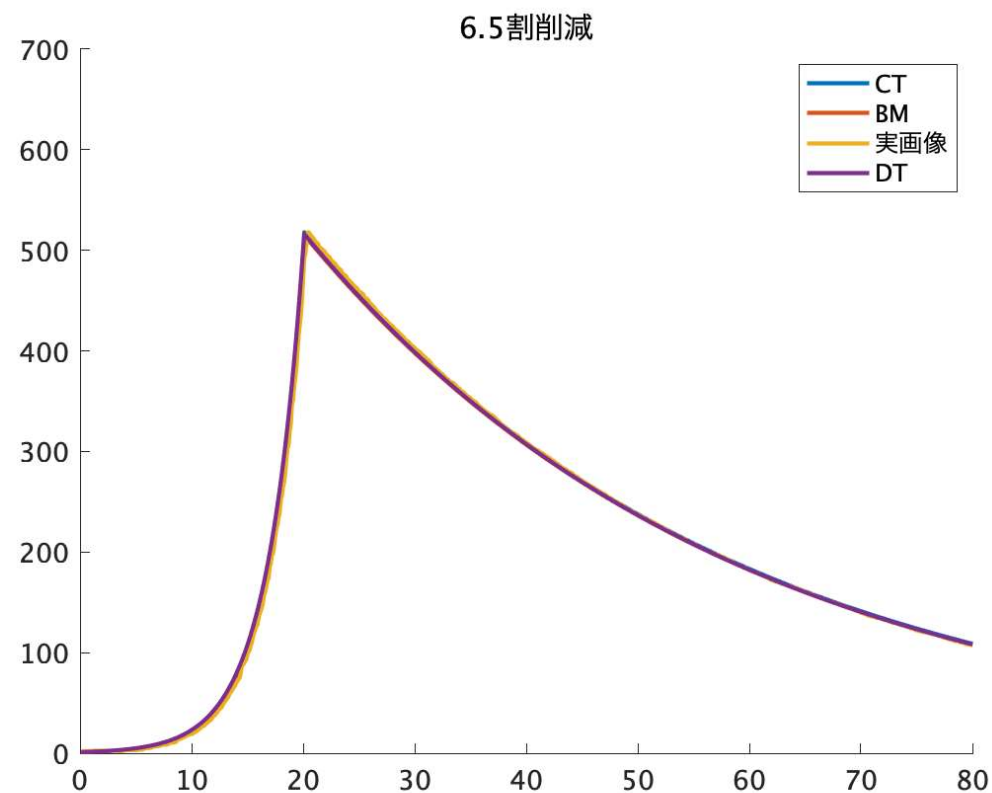
2020/4/22 専門家会議：8割削減（感染者）

	Mean Absolute Error	RMSE	Diff. at Peak
Original (BM)	3.4	6.6	8.9
Matlab (DT)	3.6	6.9	10.8
Matlab (CT)	3.2	6.2	12.6



2020/4/22 専門家会議：6.5割削減（感染者）

	Mean Absolute Error	RMSE	Diff. at Peak
Original (BM)	3.3	6.0	2.9
Matlab (DT)	3.3	6.2	1.7
Matlab (CT)	2.7	5.6	0.1



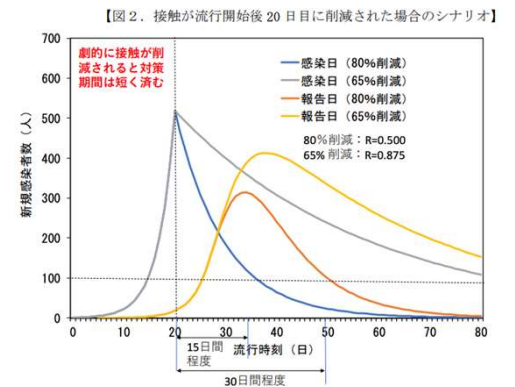
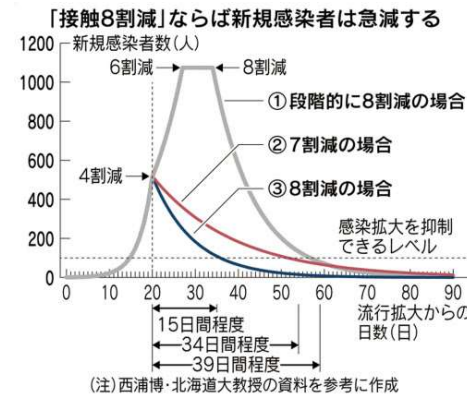
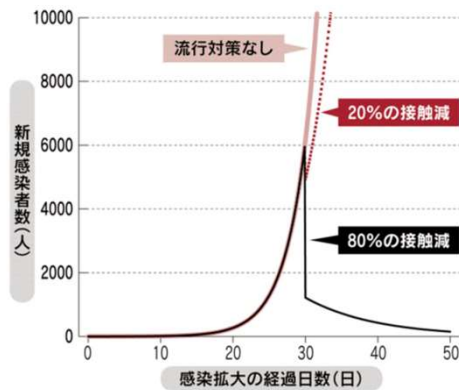
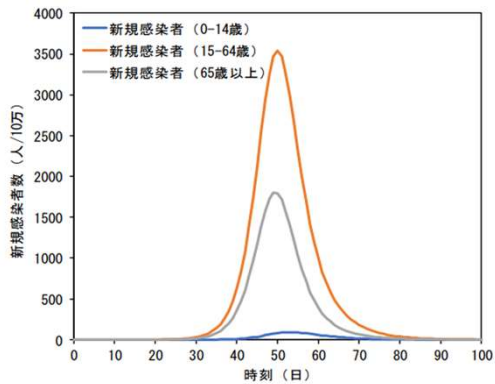
- Taisuke Nakata is supported by JSPS Grant-in-Aid for Scientific Research (KAKENHI), Project Number 22H04927, Research Institute of Science and Technology for Society at Japan Science and Technology Agency (21459724), COVID-19 AI and Simulation Project (run by Mitsubishi Research Institute and commissioned by Cabinet Secretariat, the Government of Japan), Center for Advanced Research in Finance at University of Tokyo, and Tokyo Center for Economic Research.

- **過去・現在の政策分析と研究**

- <https://www.bicea.e.u-tokyo.ac.jp/>
- <https://covid19outputjapan.github.io/JP/resources.html>

APPENDIX I. 分析詳細

- 以下の4つの画像をOpenCVを用いて数値化
 - 4/11の「段階的に8割減」は20日後に4割減→その7日後に6割減→その7日後に8割減



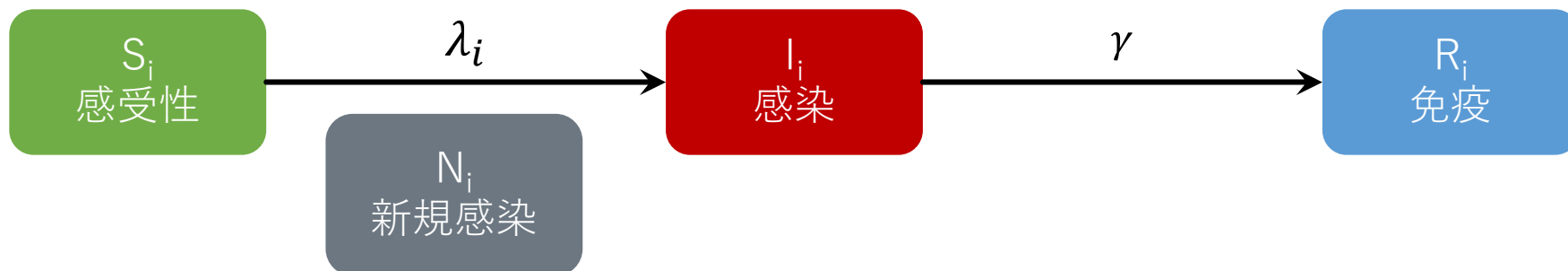
APPENDIX. 分析詳細：世代別SIRモデル

- 0~14歳（添字 c ）, 15~64歳（添字 a ）, 65歳以上（添字 e ）の三世代に分け、世代毎に感染動態を考える
- 方程式

$$S_i(t+1) = S_i(t) - \lambda_i(t)S_i(t) \quad i = c, a, e$$

$$I_i(t+1) = I_i(t) + \lambda_i(t)S_i(t) - \gamma I_i(t) \quad \lambda: \text{感染率}$$

$$R_i(t+1) = R_i(t) + \gamma I_i(t) \quad \gamma: \text{回復率}$$



APPENDIX I. 分析詳細：コード

- 数値計算では以下のオプションを用いた
 - Original (Berkeley Madonna) : RK4 (4次のRunge-Kutta)
 - Discrete Time (MATLAB) : なし (差分方程式をコード化)
 - Continuous Time (MATLAB) : ode45 (Dormand-Princean Runge-Kutta)
- Berkeley MadonnaおよびDiscrete Timeでは10期で1日と設定
 - 西浦研究室の設定に基づく

APPENDIX. 分析詳細：コード

- 以下の修正・調整が公表された図表の再現のためには必要であった
- 2020/3/19
 - 公表されているGitHub上のコードにより得られる結果を10万人あたりに修正
 - Discrete Timeについて、グラフを0.7日ずらして表示
- 2020/4/3
 - 初期感染者数を10→1に変更
 - Discrete Timeについて、グラフを0.5日ずらして表示
- 2020/4/11
 - 初期感染者数を10→1に変更
 - Discrete Timeについて、グラフを0.3日ずらして表示
- 2020/4/22
 - 初期感染者数を10→1に変更
 - Discrete Timeについて、グラフを0.3日ずらして表示