

新型コロナウイルス感染シミュレーション simulation of COVID-19 infection

ゆり* (@81suke_)

2020/4/7

1 目的

ここ最近、コロナウイルスの流行が世間を賑わせている。学校は前代未聞の臨時休業措置をとり、小売店からはパニックと極度な需要増によりマスクが消えた。集団感染が危惧されるために、イベントや旅行がキャンセルされ、日本経済に大きな打撃を与えているのは間違いないだろう。

今回は、パンデミックのおそれもあるコロナウイルスの感染を情報伝達に例え、MATLAB によるシミュレーションを行うことによりコロナウイルス感染を予測する。なお、本書に書かれた内容は、あくまで簡潔な予測であるため、鵜呑みにしないことを推奨する。ここからの情報により不利益を被った場合の補償は致しかねる。

2 理論

詳細は [1] を参照のこと。

$n(\geq 1)$ 日目における感染者数 a_n の 1 日の増加率 m を設定すると、感染者数は以下の式で表される。

$$a_{n+1} = a_n(1 + m) \quad (1)$$

仮に、感染者数の初期値を $a_0 = 0$ 人、 $a_1 = 1$ 人、増加率を $m = 0.3$ とすると、図 1 が得られた。このモデルは感染者数が加速度的に無限に増えるグラフになるが、感染者数は人口を超えて増え続けることはない。

そこで、次に感染者数の上限 (人口) a_{\max} を設定すると、感染者数は以下の式で表される。

$$a_{n+1} = a_n(1 + m)(1 - a_n/a_{\max}) \quad (2)$$

仮に、上限 $a_{\max} = 300$ とすると、図 2 が得られた。このようにすれば、感染者数が上限に近づくにつれて

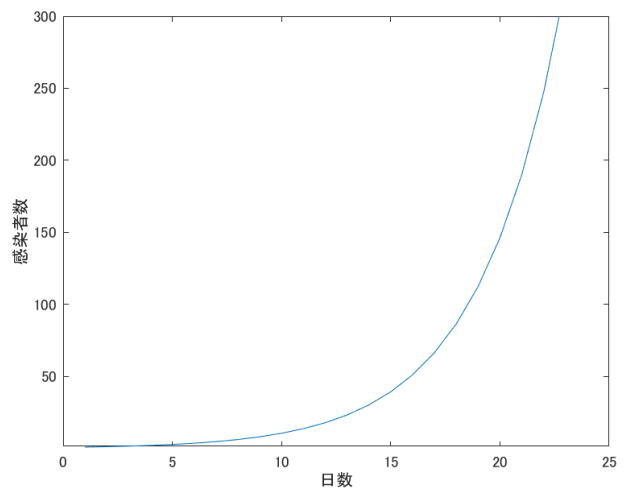


図 1 感染モデル 1

感染が落ち着くことになるが、このモデルでは感染者数が最終的に上限 (全人口) いっぱいまで広がり、一向に減らないことになる。

ここで、一定時間後に感染症が治るとし、その分だけ感染者数が減少するようなモデルを考える。

感染病が r 日後に回復するとして n 日目の減少量 d_n を以下の通りに定める。

$$d_n = \begin{cases} a_{n-r}m(1 - a_{n-r}/a_{\max}) & (n \geq r + 1) \\ 0 & (n \leq r) \end{cases}$$

減少も考慮すると、式 (2) は以下の通りに書き換えられる。

$$a_{n+1} = \begin{cases} a_n(1 + m)(1 - a_n/a_{\max}) - d_n & (n \geq r + 1) \\ a_n(1 + m)(1 - a_n/a_{\max}) & (n \leq r) \end{cases} \quad (3)$$

$r = 5$ とし、以上をグラフにすると、図 3 が得られた。しかし、これでもまだ終息には至らなかった。こ

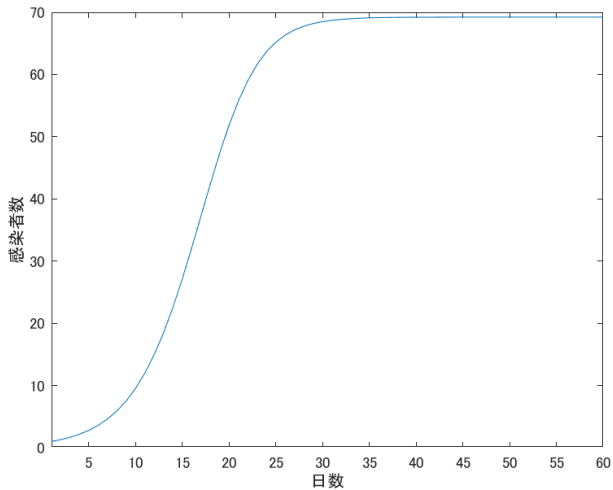


図2 感染モデル 2

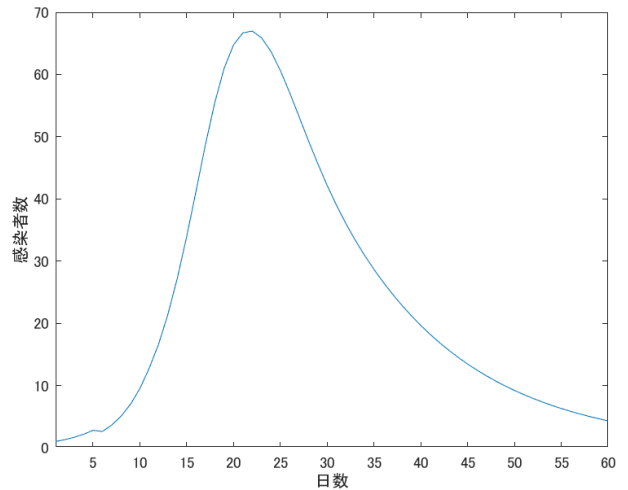


図4 感染モデル 4

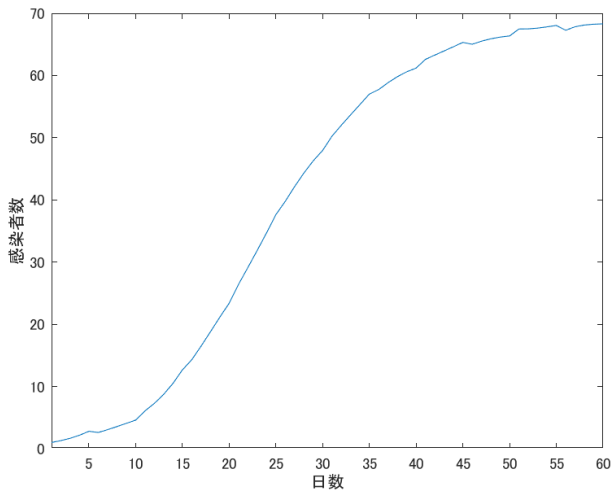


図3 感染モデル 3

のモデルは感染症が治った人が再び同じ感染症になる可能性を含んでいる。しかし感染症は、通常感染者に抗体が出来ると考えられるため、再び同じ感染症に罹るとするのは不適切である。

そこで、上限 a_{\max} を、未だ感染していない人とする。このとき、上限 a_{\max} は、総人口 S と罹患経験者 A_n を用いて、

$$a_{\max} = S - A_n$$

と表される。総人口 $S = 300$ 人とし、以上を反映すると、図4が得られた。こうすることで、いつかは終息

する山型の波形を得ることができた。このグラフをシミュレーションのモデルとすることにする。

3 シミュレーション

前節で得られたモデルを、実際の事例に当てはめてシミュレーションする。実際の統計から、諸係数を決定する。

3.1 用いるデータ

今回は日本における新型コロナウイルス罹患者の推移を用いた。2020/3/1からの経過日数と感染者数の対応を検証する。

統計等により決定する諸数は、総人口 S 、増加率 m と回復所要日数 r である。

総人口 S については、海外との接触が多い三大都市圏の生産年齢人口^{*1}2200万とした。また、回復所要日数 r は平均的な事例の2週間(=14日)とする。

また、増加率であるが、日本での実際の罹患者増加から決定する。

$m = 0.181$ とした^{*2}とき、図5が得られた。このときが実際の感染者数に近いことから、この値を採用することにする。

このモデルを用いて、長期的な予測をすると、図6の

^{*1} 総人口の59.7%が生産年齢人口で、三大都市圏の総人口が3700万人である

^{*2} ドイツでの新型コロナウイルスの基本再生産数 $R_0 = 2.5$ と報告されている。 $r = 14$ での1日の倍率は $R_0/r \approx 0.179$ となり、近い値となった。

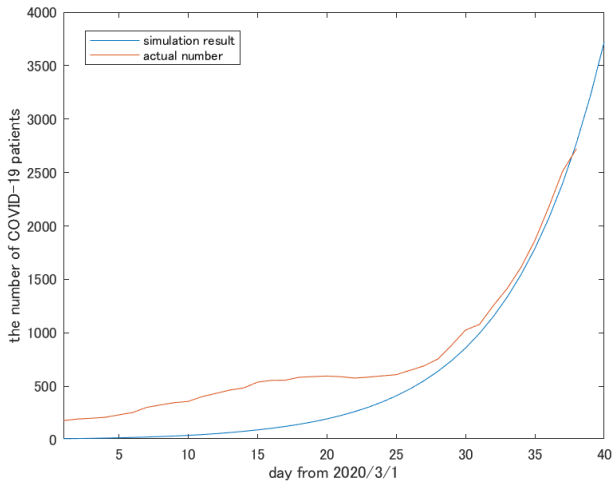


図5 増加率 m の決定

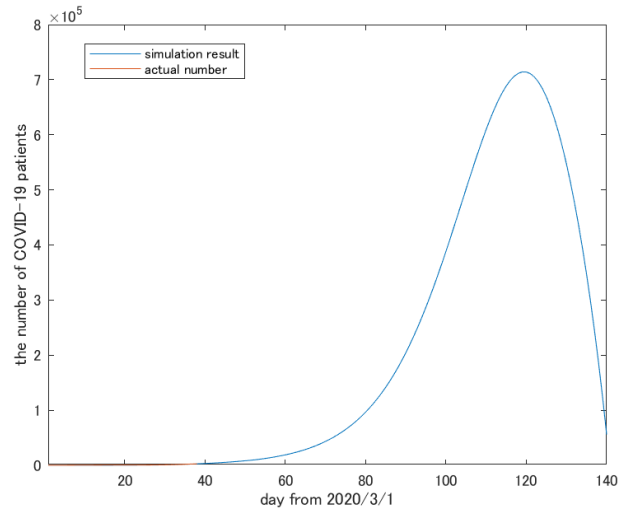


図7 コロナウイルス感染修正モデル

通りとなった。このモデルからは、ピークが92日後、

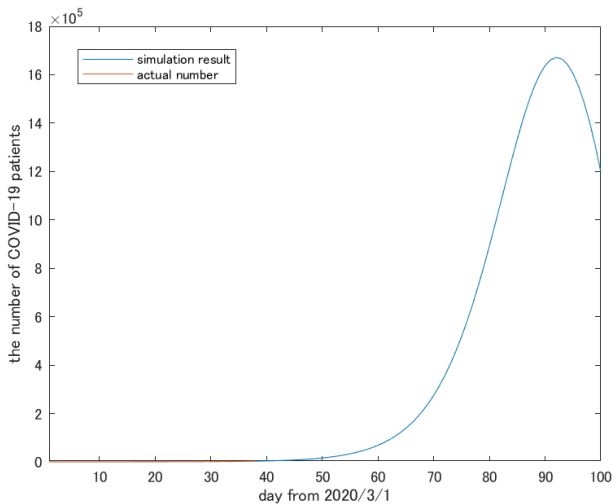


図6 コロナウイルス感染モデル

つまり2020年6月上旬あたりと予測された。

ただ、緊急事態宣言が発令されたことによる外出自粛のため、感染がある程度抑えられることが期待される。

ここで、緊急事態宣言発令^{*3}後の増加率 m を今までの7割にあたる0.127とすると、修正モデルである図7が得られた。このモデルからは、ピークが約120日後、つ

まり2020年6月下旬あたりと予測された。

4 結果

今回の結果から、緊急事態宣言による自粛がきちんと行われた場合、ピークの山を抑えることが可能になるが、その代わりにピークの時期が後ろにずれ込むことが判明した。また、このままでは、最悪の場合新型コロナウイルス感染者数が70万人ほどになるおそれがあり、医療崩壊が懸念される。日本では3月上旬ごろから外出自粛モードになっているが、ピークまで耐えることができるのだろうか。コロナ疲れに注意すべきである。

参考文献

[1] 情報伝達をモデル化して、エクセルでシミュレーションする

<https://omori55.blogspot.com/2020/03/blog-post.html>

^{*3} 発令は2020/4/8