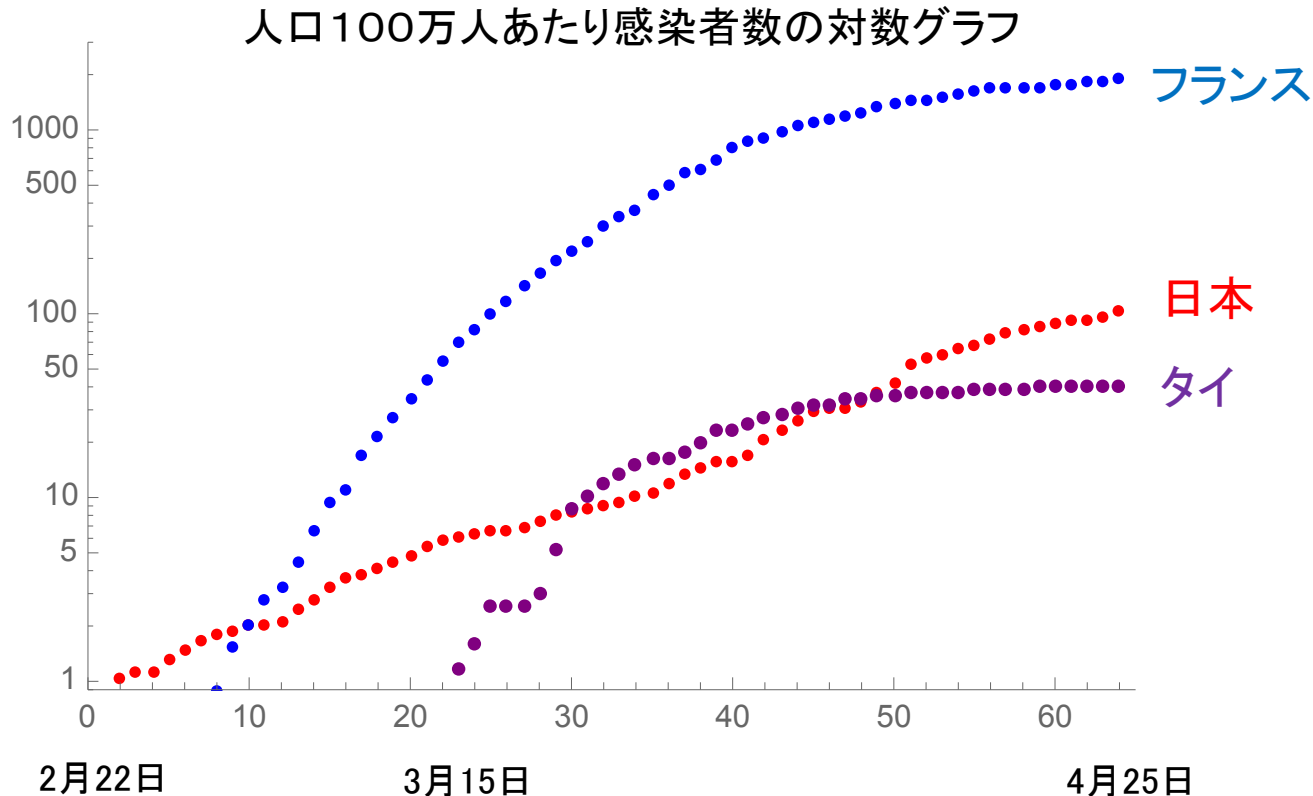


日本の感染者数推移は特異か？



対数グラフで日本だけが直線的に推移しているように見える。

「これから2週間、非常事態宣言の効果が現れ始めるまで、1週間に2倍のペースで感染者が増える！」

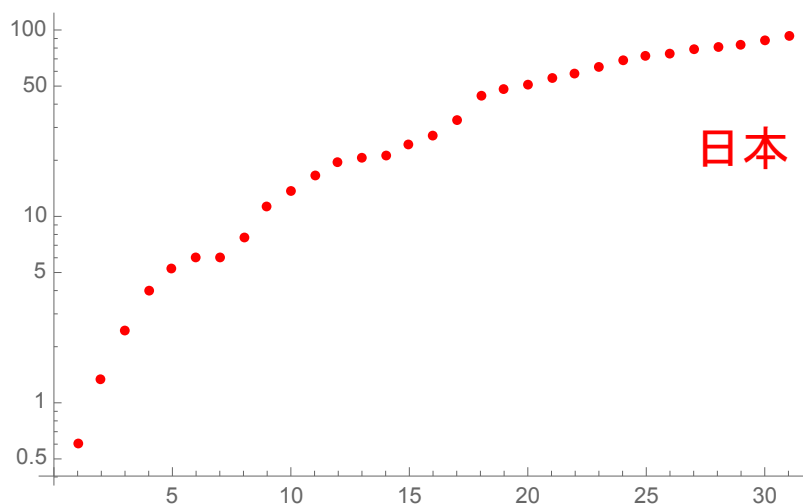
本当か？

正しい日本の感染者数推移

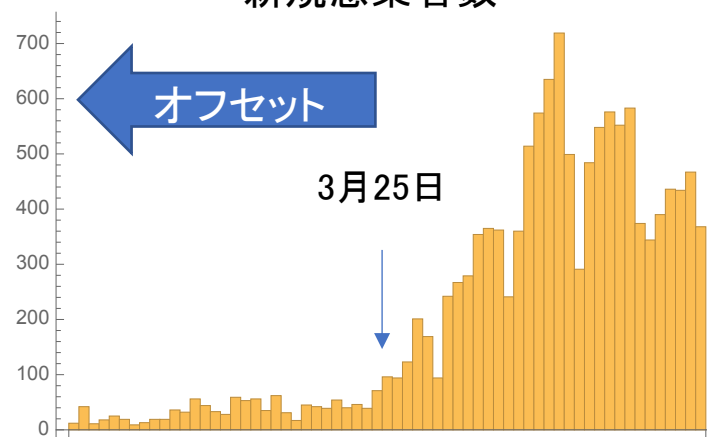
「対数を取るとき(比を取るとき)はオフセットを取り除く。」

差を取るとオフセットはキャンセルするが比ではキャンセルしない。

人口100万人あたり感染者数の対数グラフ



新規感染者数



3月25日以前の総感染者数1292人を
オフセットとして取り除く。
この人たちは中国発の第一波で感染し
た人達で、欧米発の第二波とは無関係

3月25日

4月25日

オフセットを取り除くと、日本の感染者数推移も国際標準(特に、厳しい規制をせずとも感染が収まったアジア標準)に見える。

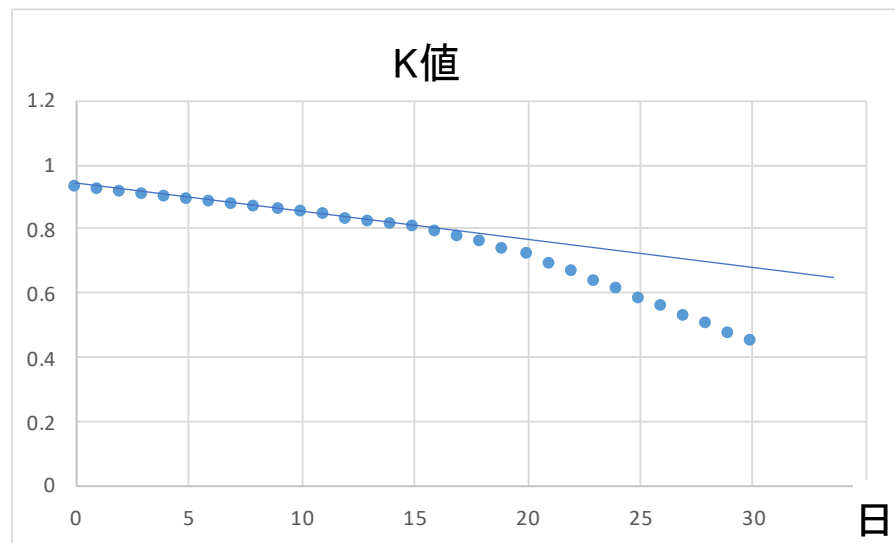
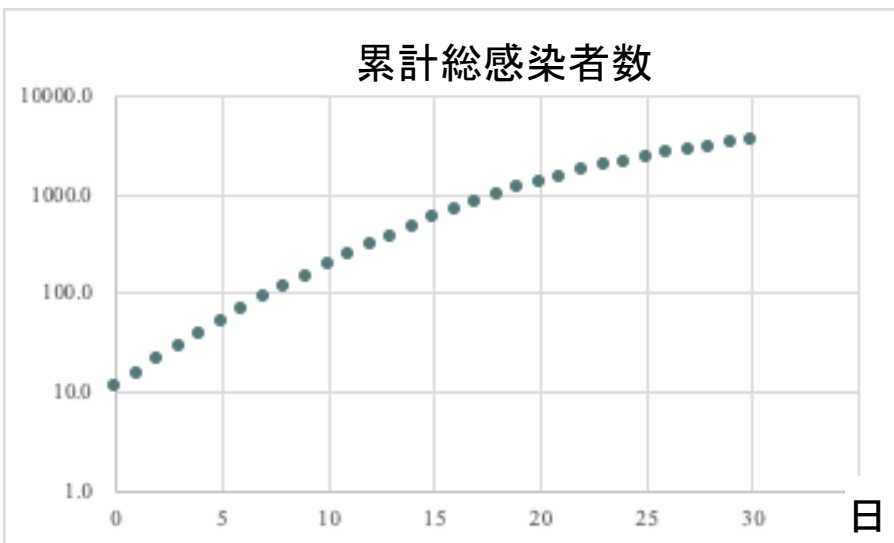
日本の感染収束時期予測の方針

- どの国も対数グラフで見ると似た形になる。→曲率のスムーズな変化
- いろいろな国のスムーズな曲率の変化を再現するモデルを出来るだけ少ない数のパラメータを使って再現する。
- そのパラメータを精度良く実データの解析で決定する方法を確立する。
- 対数グラフで傾きが0になる(あるいは0に十分近づく)時期を予測する。

モデル予測の指針

パラメータの数が多いと「すでに起こったこと」の説明は上手にできるようになるが、「これから起こること」の予測能力は低下する。予測のためのモデルは出来るだけ少ないパラメータで本質を衝く。

対数グラフの曲率の変化を検知する



Q. この国は、いつロックダウンしたでしょう？

A. 15日目

左の図では曲率の変化率が15日目に変わったことを検知するのは困難だが、左の図の数値を入力データとしてK値を計算すると直線の傾きの変化として(3日ほどの遅延はあるが)一目瞭然である。

K値とは何か？

- 魔法の数字ではない。週あたりの感染者数増加率である。

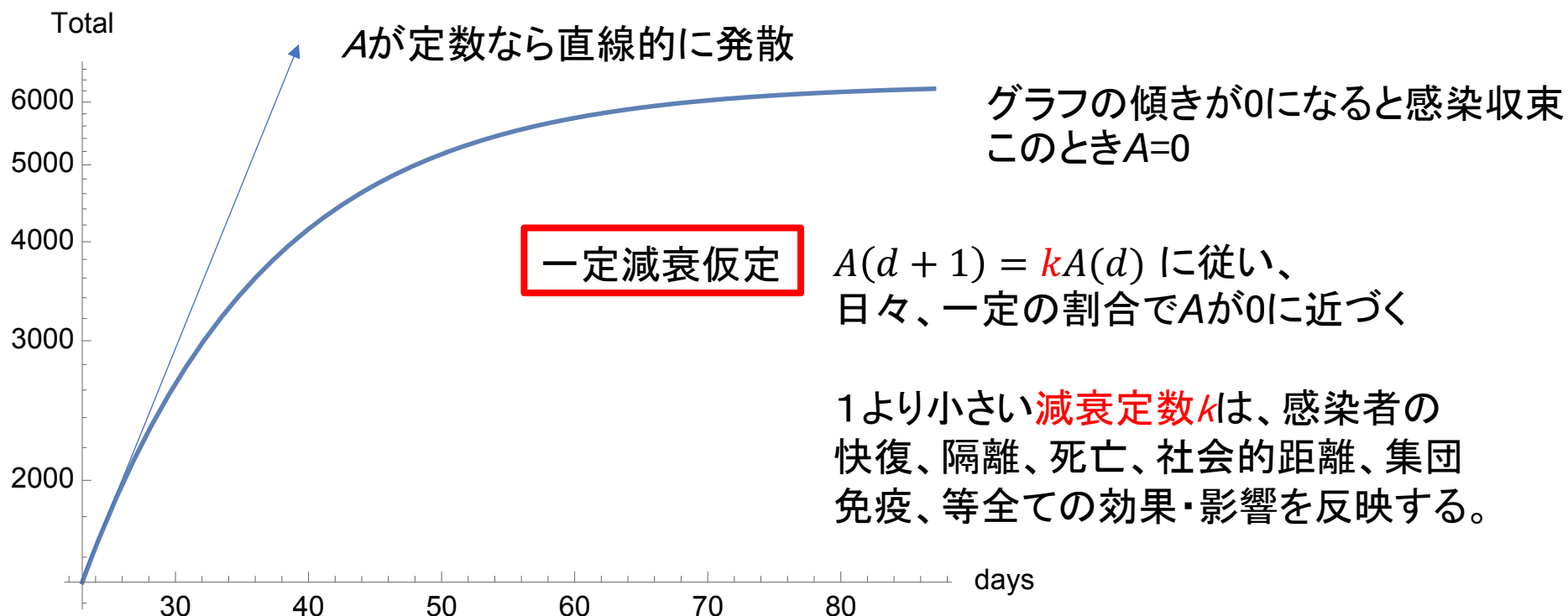
$$K = \frac{\text{直近1週間の感染者数}}{\text{総感染者数}} = 1 - \frac{\text{1週間前の総感染者数}}{\text{総感染者数}}$$

例えば、 $K=0.05$ ならば、直近の7日間で総感染者数が5%増大したことになる。

新規感染者数を加え、一週前の同じ曜日の感染者を除くことにより、週あたり感染者数増加率(K)を日々更新する。

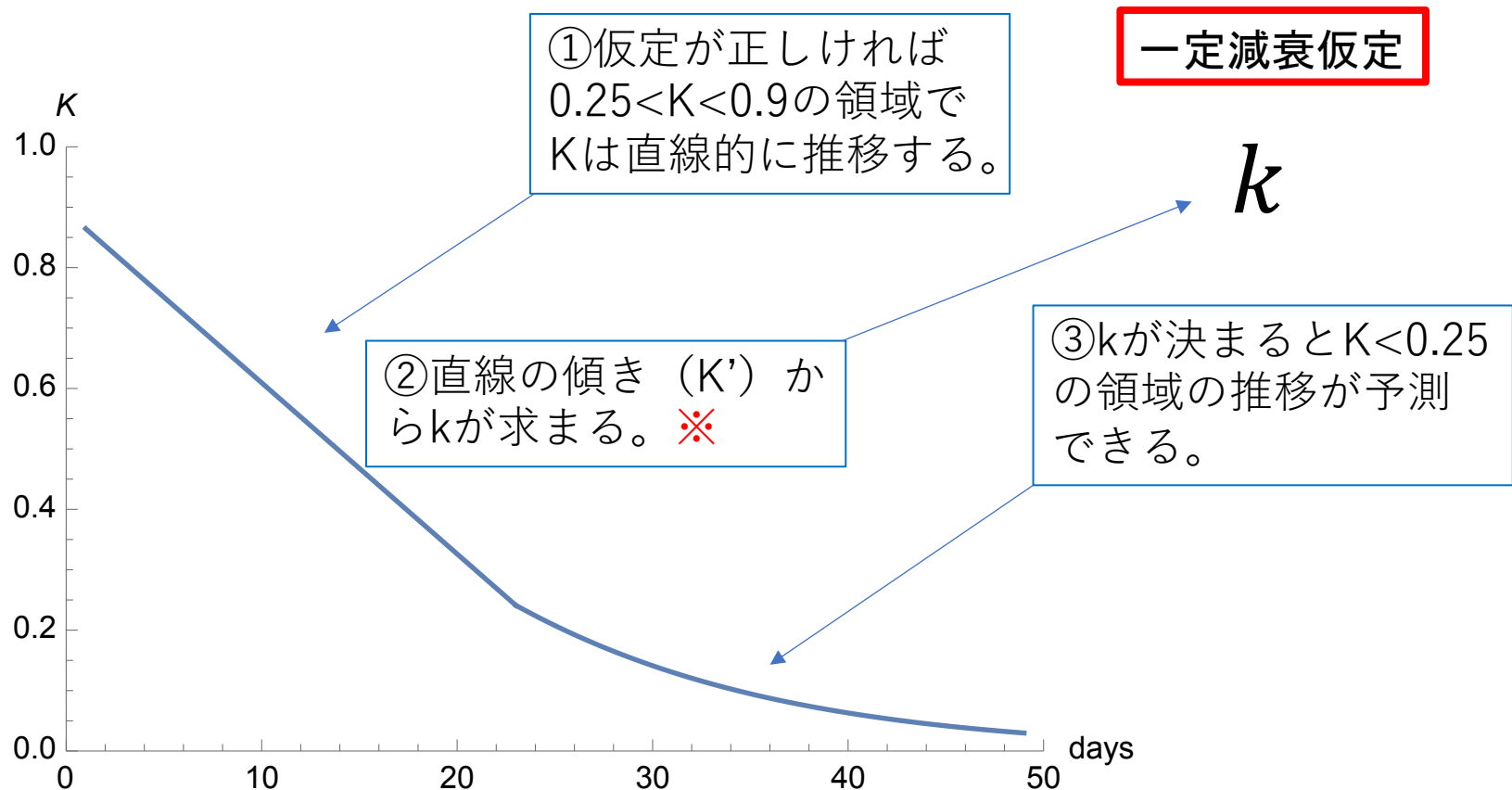
感染の拡大と収束

$$N(d) = N_0 e^{Ad}$$



- k を定数としたのは、仮定なので、それが良い仮定であることを実データで確かめないとはいけない。

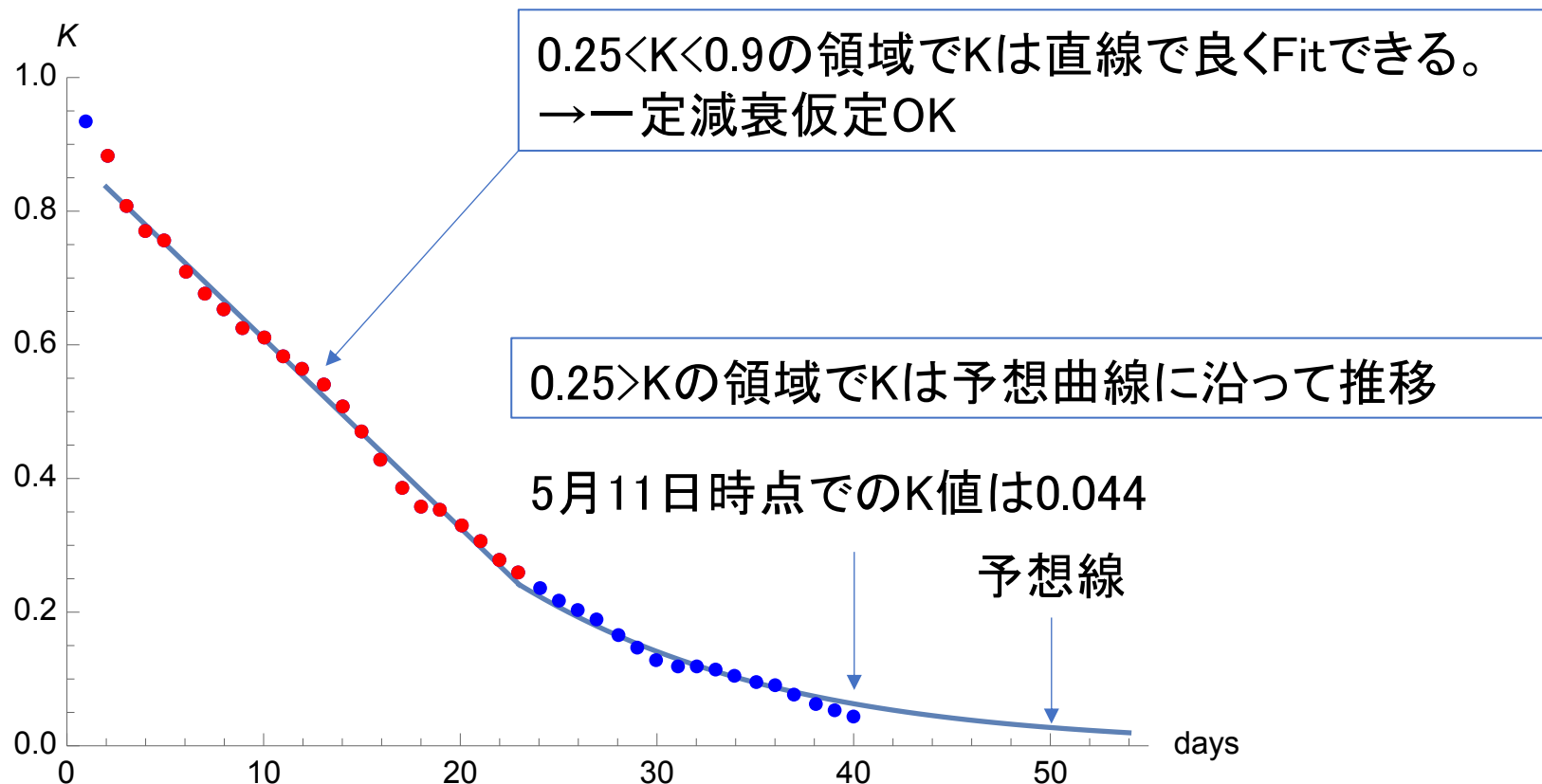
一定減衰仮定とKの推移



✖ $k = 1 + 2.88K'$ という簡単な計算で**唯一のパラメータである k** が決まる。
 k が決まれば $K < 0.25$ の領域の予測ができる(予想線の決定)。

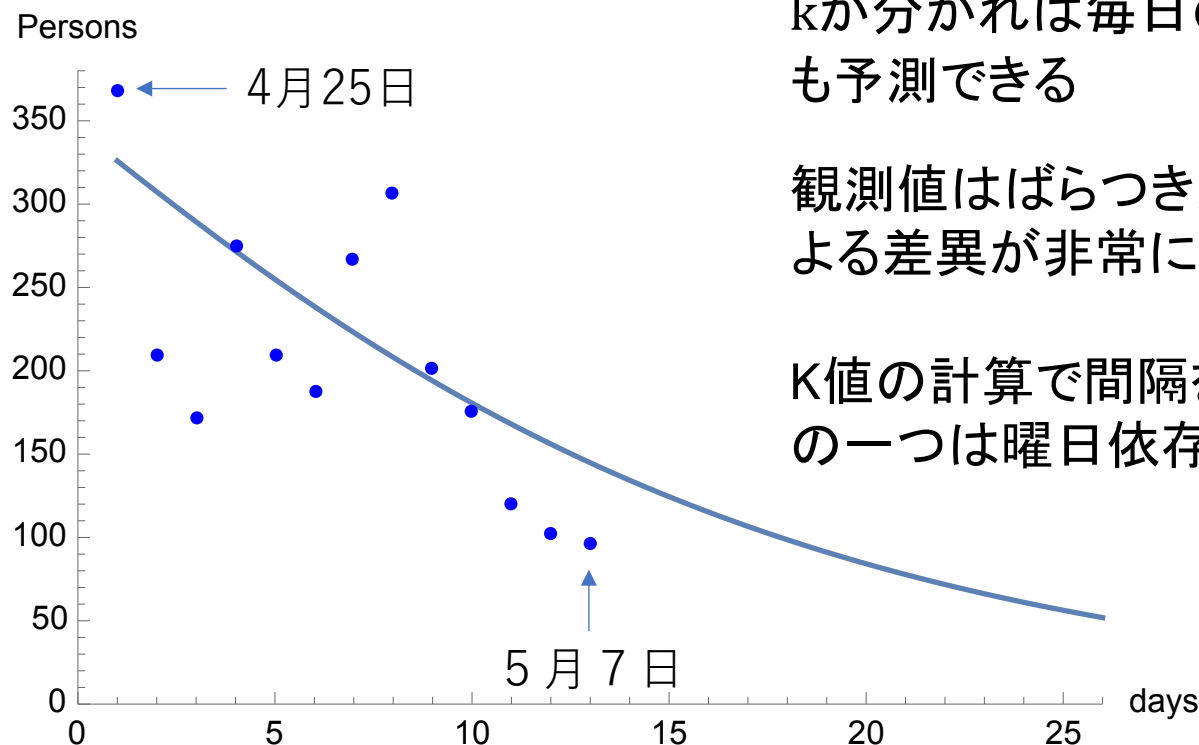
上式は、最近、倍加時間と K との関係に注目した東工大・秋山 泰教授が解析的に証明した。

日本の K 値の推移(4月2日～5月11日)



日本の K 値の d (日)依存性. $d=0$ は4月1日、 $d=30$ が5月1日に対応する.

1日の新規感染者数の推移予測



kが分かれば毎日の感染者数の推移も予測できる

観測値はばらつきが大きい。(曜日による差異が非常に大きい。)

K値の計算で間隔を7日間にする理由の一つは曜日依存性を消すため

日本の都道府県別感染状況(5月6日時点)

総感染者数順(上位20)

都府県名	K値	感染者数
東京	0.143	4562
大阪	0.065	1549
神奈川	0.126	1041
埼玉	0.081	859
千葉	0.047	812
北海道	0.261	720
福岡	0.019	641
兵庫	0.061	558
愛知	0.043	347
京都	0.079	303
石川	0.079	267
富山	0.097	217
広島	0.062	162
茨城	0.032	157
沖縄	0.007	142
岐阜	0.007	139
群馬	0.008	133
福井	0.000	119
滋賀	0.022	92
宮城	0.000	87

K値順(上位20)

都府県名	K値	感染者数
北海道	0.261	720
山口	0.156	32
東京	0.143	4562
神奈川	0.126	1041
長野	0.109	68
福島	0.103	78
富山	0.097	217
埼玉	0.081	859
京都	0.079	303
石川	0.079	267
静岡	0.071	70
新潟	0.070	49
大阪	0.065	1549
奈良	0.063	79
広島	0.062	162
兵庫	0.061	558
山梨	0.058	52
千葉	0.047	812
和歌山	0.044	45
愛知	0.043	347

K値 × 感染者数順(上位20)

都府県名	K値	感染者数	K値 * 感染者数
東京	0.143	4562	652.3
北海道	0.261	720	188.0
神奈川	0.126	1041	131.0
大阪	0.065	1549	101.0
埼玉	0.081	859	70.0
千葉	0.047	812	38.0
兵庫	0.061	558	34.0
京都	0.079	303	24.0
富山	0.097	217	21.0
石川	0.079	267	21.0
愛知	0.043	347	15.0
福岡	0.019	641	12.0
広島	0.062	162	10.0
福島	0.103	78	8.0
長野	0.109	68	7.4
山口	0.156	32	5.0
茨城	0.032	157	5.0
静岡	0.071	70	5.0
奈良	0.063	79	5.0
新潟	0.070	49	3.4

基点は3月25日
北海道のみ4月6日

感染の収束度合いを示す

1週間の感染者数の目安を与える

日本の都道府県別感染状況(5月10日時点)

総感染者数順(上位20)

都府県名	K値	感染者数
東京	0.065	4656
大阪	0.048	1593
神奈川	0.067	1082
埼玉	0.073	905
千葉	0.033	821
北海道	0.141	761
福岡	0.019	645
兵庫	0.061	574
愛知	0.042	356
京都	0.067	314
石川	0.058	276
富山	0.041	222
広島	0.025	162
茨城	0.019	157
沖縄	0.000	142
岐阜	0.000	139
群馬	0.008	133
福井	0.000	119
滋賀	0.043	94
宮城	0.000	87

K値順(上位20)

都府県名	K値	感染者数
北海道	0.141	761
長野	0.076	70
新潟	0.076	52
埼玉	0.073	905
京都	0.067	314
神奈川	0.067	1082
東京	0.065	4656
山口	0.063	32
兵庫	0.061	574
石川	0.058	276
大阪	0.048	1593
青森	0.048	21
栃木	0.043	46
岡山	0.043	23
滋賀	0.043	94
愛知	0.042	356
富山	0.041	222
福島	0.038	79
奈良	0.037	81
千葉	0.033	821

K値 × 感染者数順(上位20)

都府県名	K値	感染者数	K値 * 感染者数
東京	0.065	4656	302.0
北海道	0.141	761	107.0
大阪	0.048	1593	76.0
神奈川	0.067	1082	72.0
埼玉	0.073	905	66.0
兵庫	0.061	574	35.0
千葉	0.033	821	26.8
京都	0.067	314	21.0
石川	0.058	276	16.0
愛知	0.042	356	15.0
福岡	0.019	645	12.1
富山	0.041	222	9.0
長野	0.076	70	5.3
広島	0.025	162	4.0
滋賀	0.043	94	4.0
新潟	0.076	52	3.9
福島	0.038	79	3.0
奈良	0.037	81	3.0
茨城	0.019	157	3.0
栃木	0.043	46	2.0

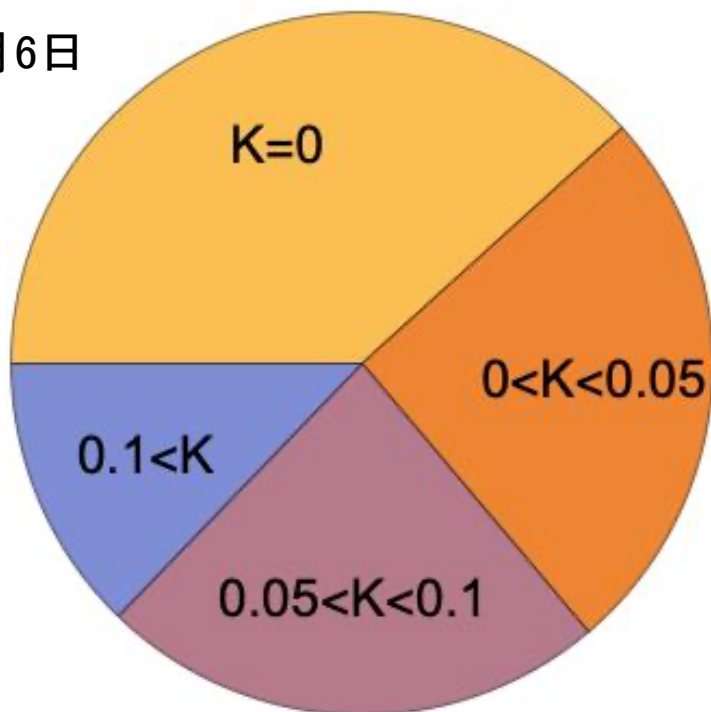
基点は3月25日
北海道のみ4月6日

感染の収束度合いを示す

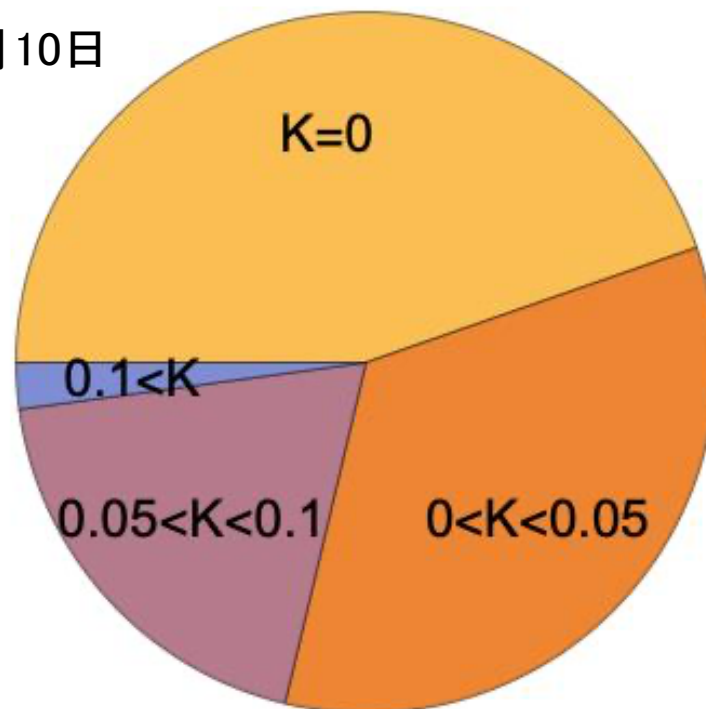
1週間の感染者数の目安を与える

K値分布(5月6日、および10日時点)

5月6日



5月10日



岩手を含む20の県で1週間以上新規感染者が観測されていない($K=0$)

上記を含め、 $K < 0.05$ の条件を満たすのは37府県

K が0.1より大きな都道府県は、5月10日現在、北海道のみ

K値の削減が達成された時の感染者数

$K < L$ (L は、0.05, 0.04, 0.03)が全ての都道府県で達成された時の1週間の新規感染者数を見積もる。仮定として、5月10日時点で既に $K < L$ を満たしている都道府県は、5月10日時点の値を使う。その他の都道府県については、 $K = L$ とする。(conservativeな仮定なので上限を与える。)

$K < 0.05$ 598人 (85.4人/日)

$K < 0.04$ 496人 (70.9人/日)

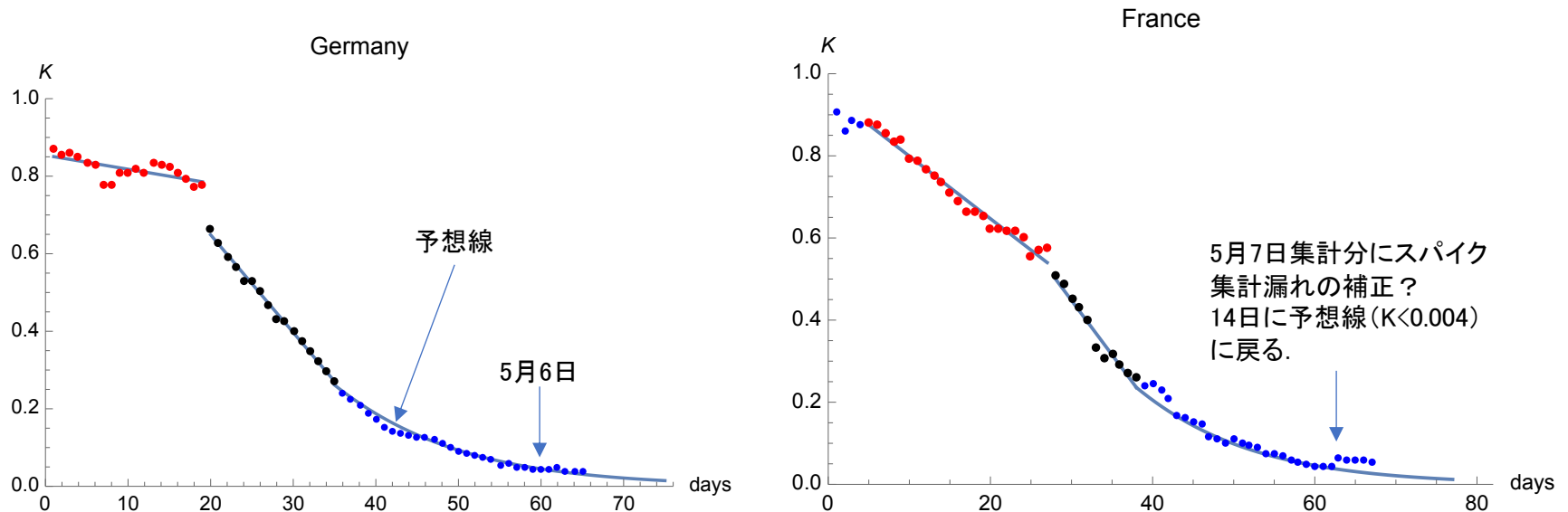
$K < 0.03$ 383人 (54.7人/日)

クラスター対策班が
対応可能な規模

Kの推移が予想通り進むと、 $K = 0.05$ から0.03に減少するために必要な日数は7日である。

東京の場合は、 $K = 0.05$ で1週間の累積感染者数は240名(人口10万人あたり1.7名)、 $K = 0.03$ で144名(同1.0名)となる。

ドイツ及びフランスの状況



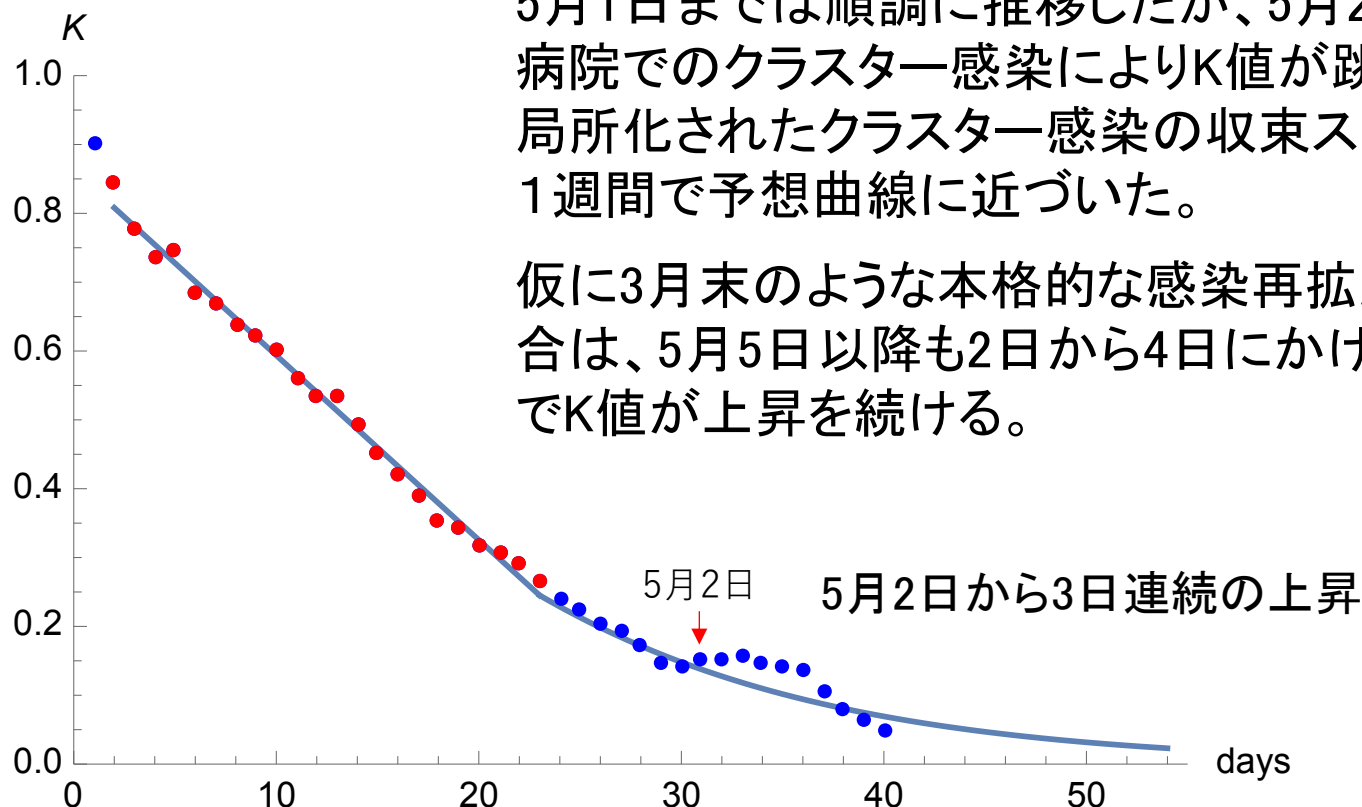
欧州各国では行動制限前と後でKの傾き(K')に変化が見られる。
行動制限後の傾きでも日本より若干緩やか(収束スピードが遅い)。
制限前の傾きが緩やかな時期に感染が爆発的に拡大した。
5月6日に経済規制の緩和策を発表した**ドイツのK値は0.044(5月6日)**
5月11日に外出制限を解除した**フランスのK値は0.059(5月11日)**

東京の感染状況

5月8日時点でのK値は0.108、11日に0.049

5月1日までは順調に推移したが、5月2日の中野区の病院でのクラスター感染によりK値が跳ね上がった。局所化されたクラスター感染の収束スピードは早いので1週間で予想曲線に近づいた。

仮に3月末のような本格的な感染再拡大が原因の場合は、5月5日以降も2日から4日にかけてと同じ傾きでK値が上昇を続ける。



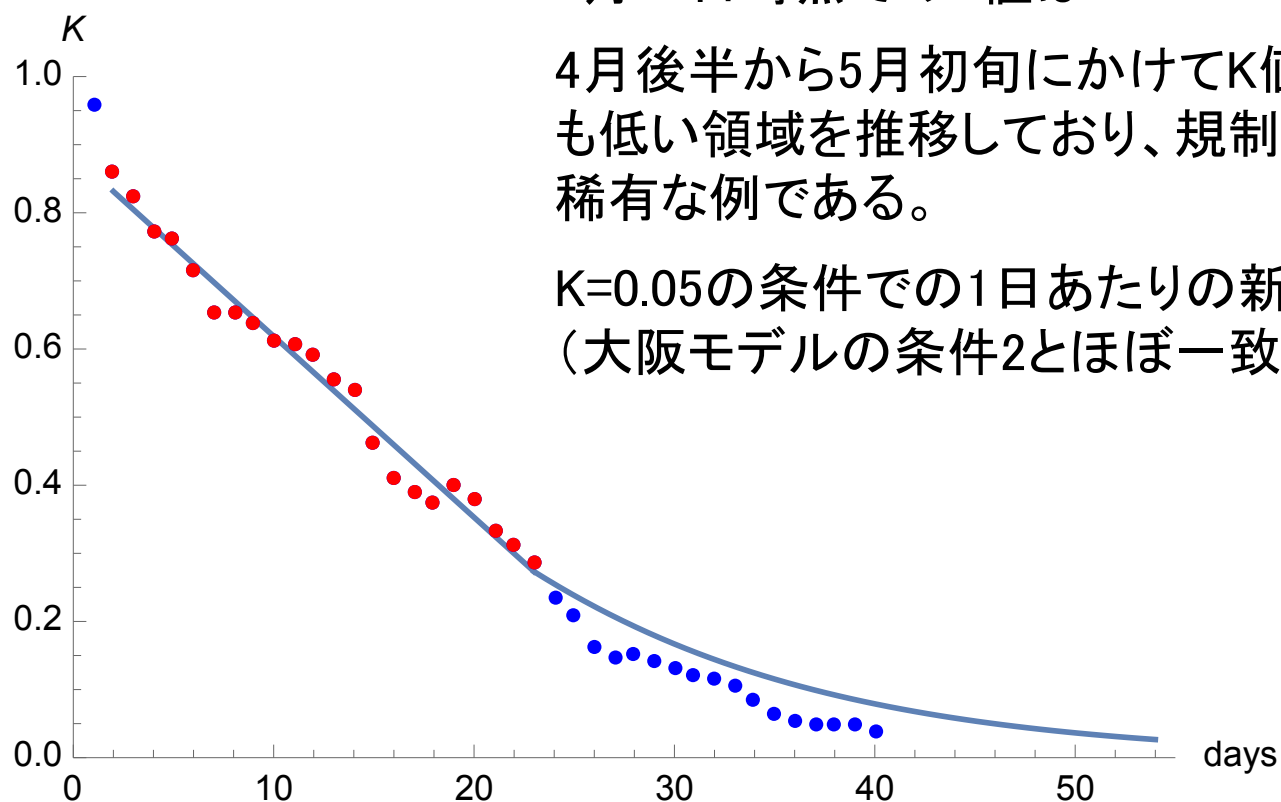
東京のK値のd (日) 依存性. d=0は4月1日、d=30が5月1日に対応する。

大阪の感染状況

5月11日時点でのK値は0.040

4月後半から5月初旬にかけてK値が常に予想線よりも低い領域を推移しており、規制の効果が現れている稀有な例である。

K=0.05の条件での1日あたりの新規感染者数は11人
(大阪モデルの条件2とほぼ一致)



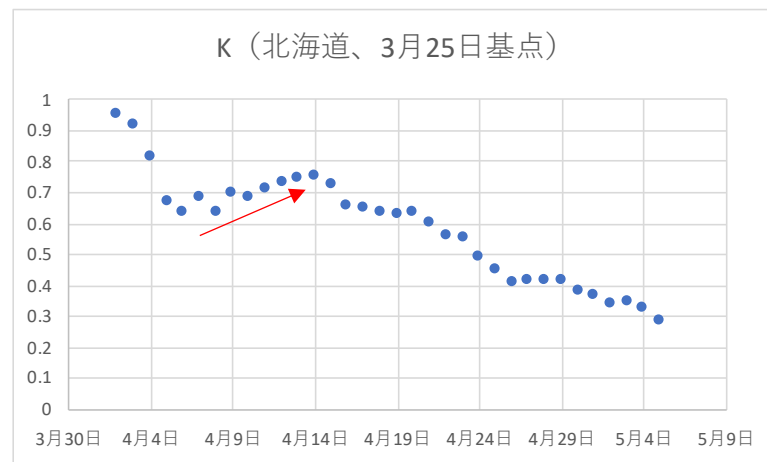
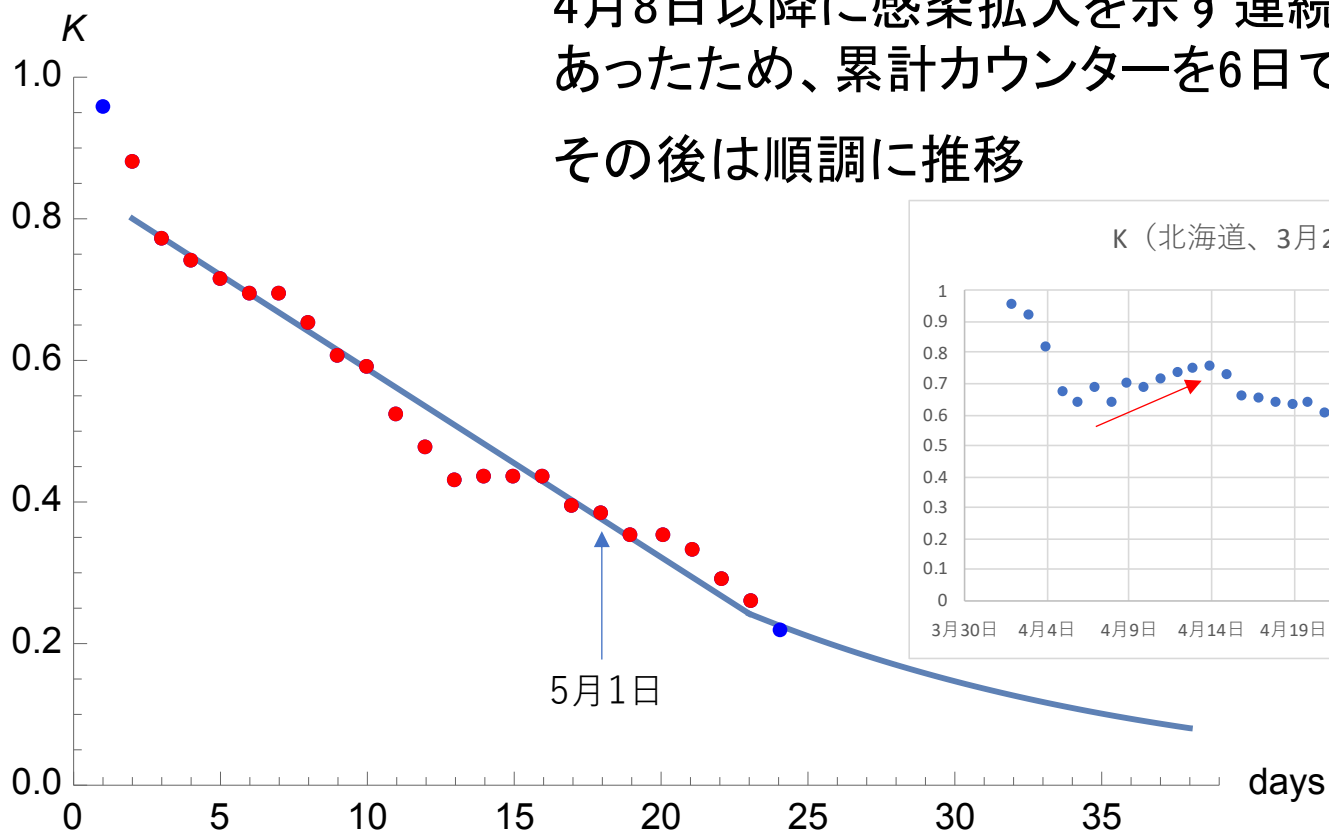
大阪のK値のd(日)依存性. d=0は4月1日、d=30が5月1日に対応する.

北海道の感染状況

5月7日時点でのK値は0.219、全国で一番高い

4月8日以降に感染拡大を示す連続したK値の上昇があったため、累計カウンターを6日でリセットした。

その後は順調に推移



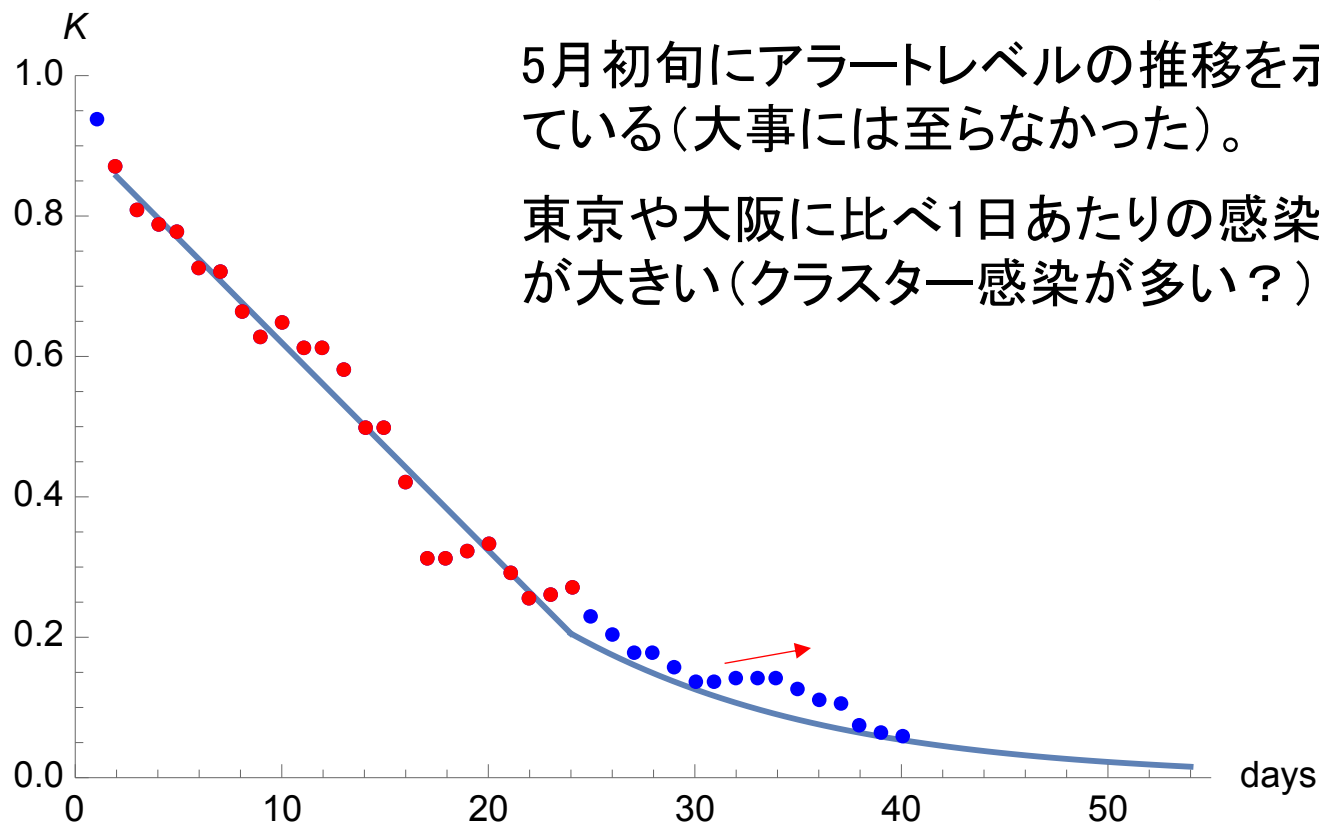
※累計カウンターをリセットしなくても収束の様子はモニターできるが、傾きが正しく求まらないので将来の予測ができなくなる。

神奈川の感染状況

5月7日時点でのK値は0.112、11日は0.058

5月初旬にアラートレベルの推移を示したが持ち直している(大事には至らなかった)。

東京や大阪に比べ1日あたりの感染者数の増減の幅が大きい(クラスター感染が多い?)。



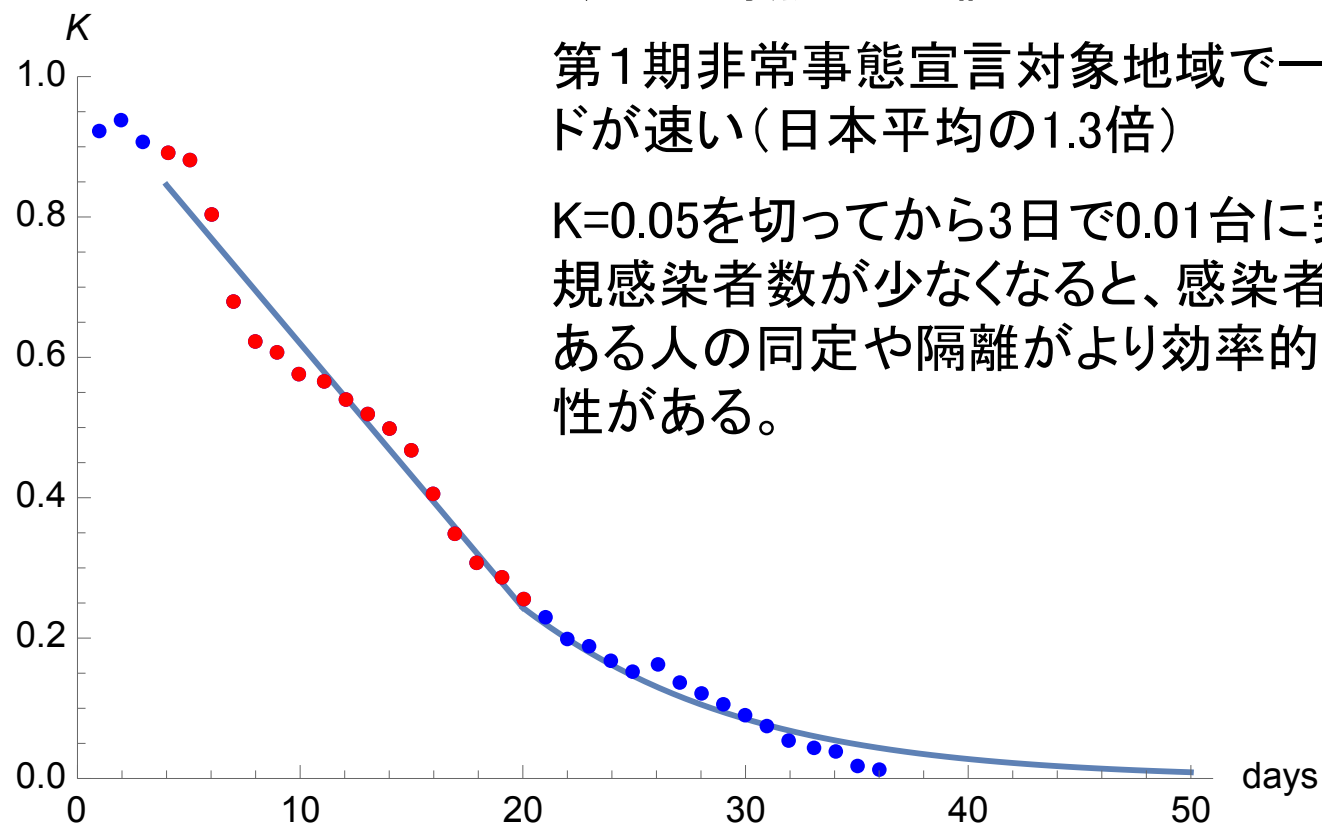
K値のd(日)依存性. d=0は4月1日、d=30が5月1日に対応する.

福岡の感染状況

5月7日時点でのK値は0.014

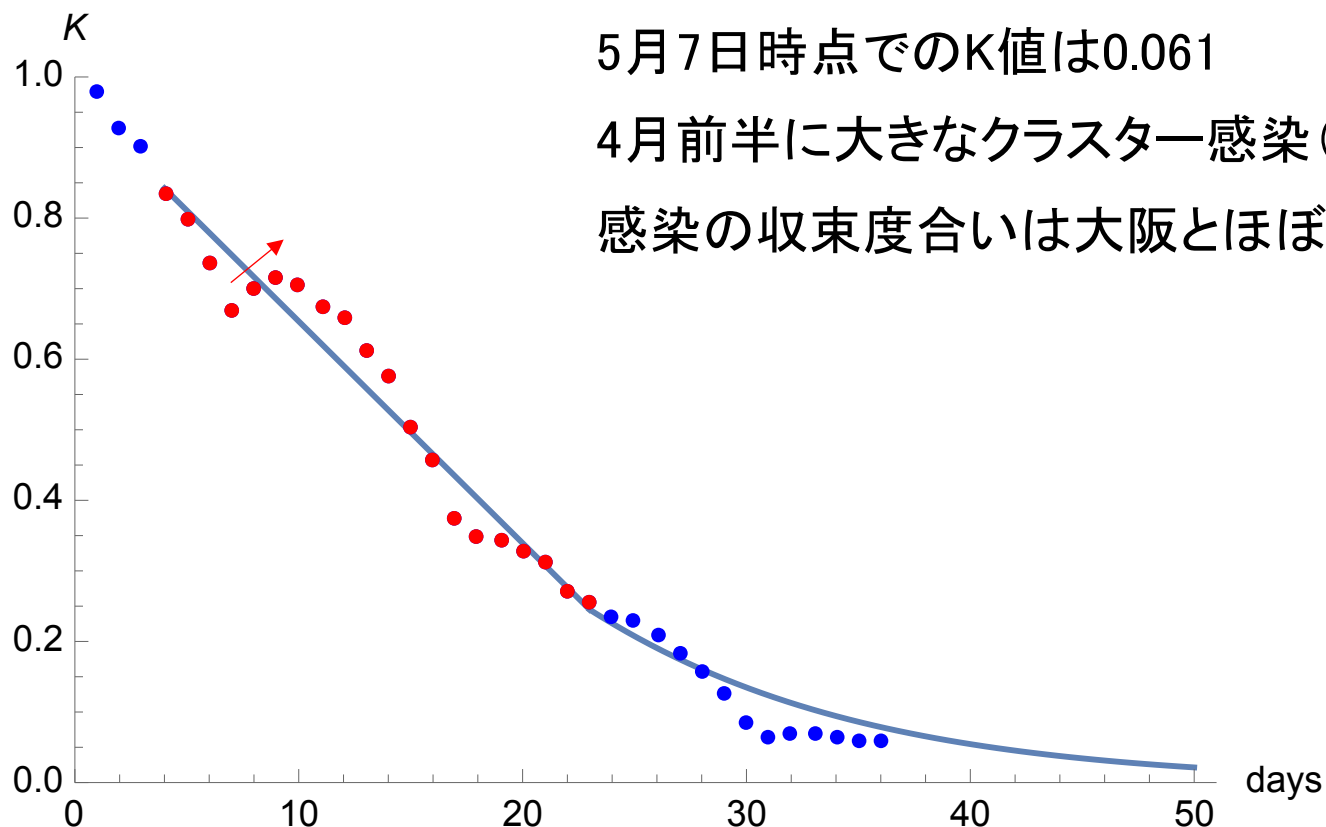
第1期非常事態宣言対象地域で一番感染収束スピードが速い(日本平均の1.3倍)

K=0.05を切ってから3日で0.01台に突入した。1日の新規感染者数が少なくなると、感染者やその可能性がある人の同定や隔離がより効率的に実施できる可能性がある。



K値のd(日)依存性. d=0は4月1日、d=30が5月1日に対応する。

兵庫の感染状況



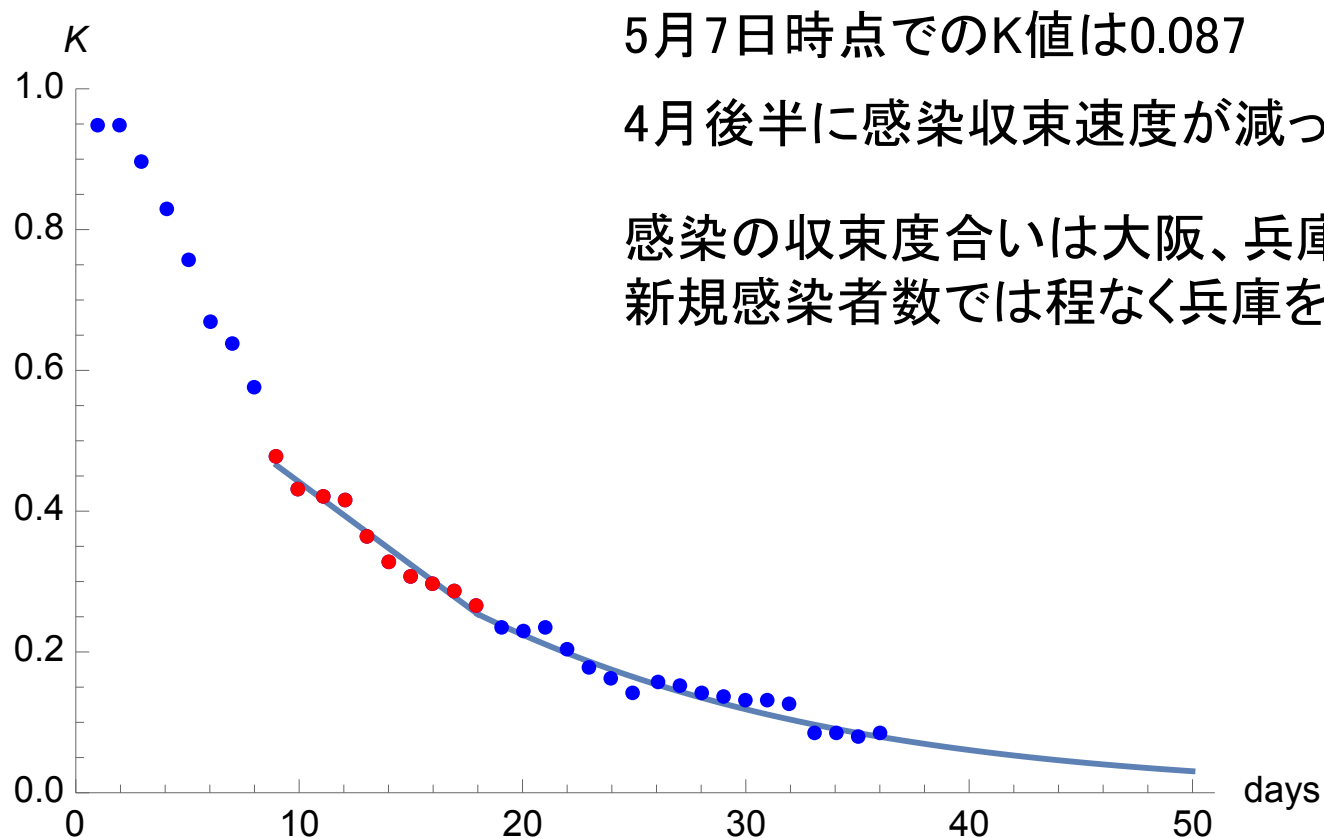
5月7日時点でのK値は0.061

4月前半に大きなクラスター感染(3日連続の上昇)。

感染の収束度合いは大阪とほぼ同じ。

K値のd(日)依存性. d=0は4月1日、d=30が5月1日に対応する。

京都の感染状況



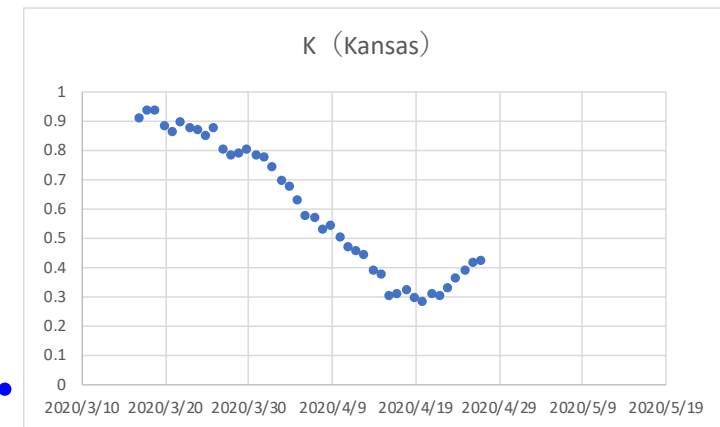
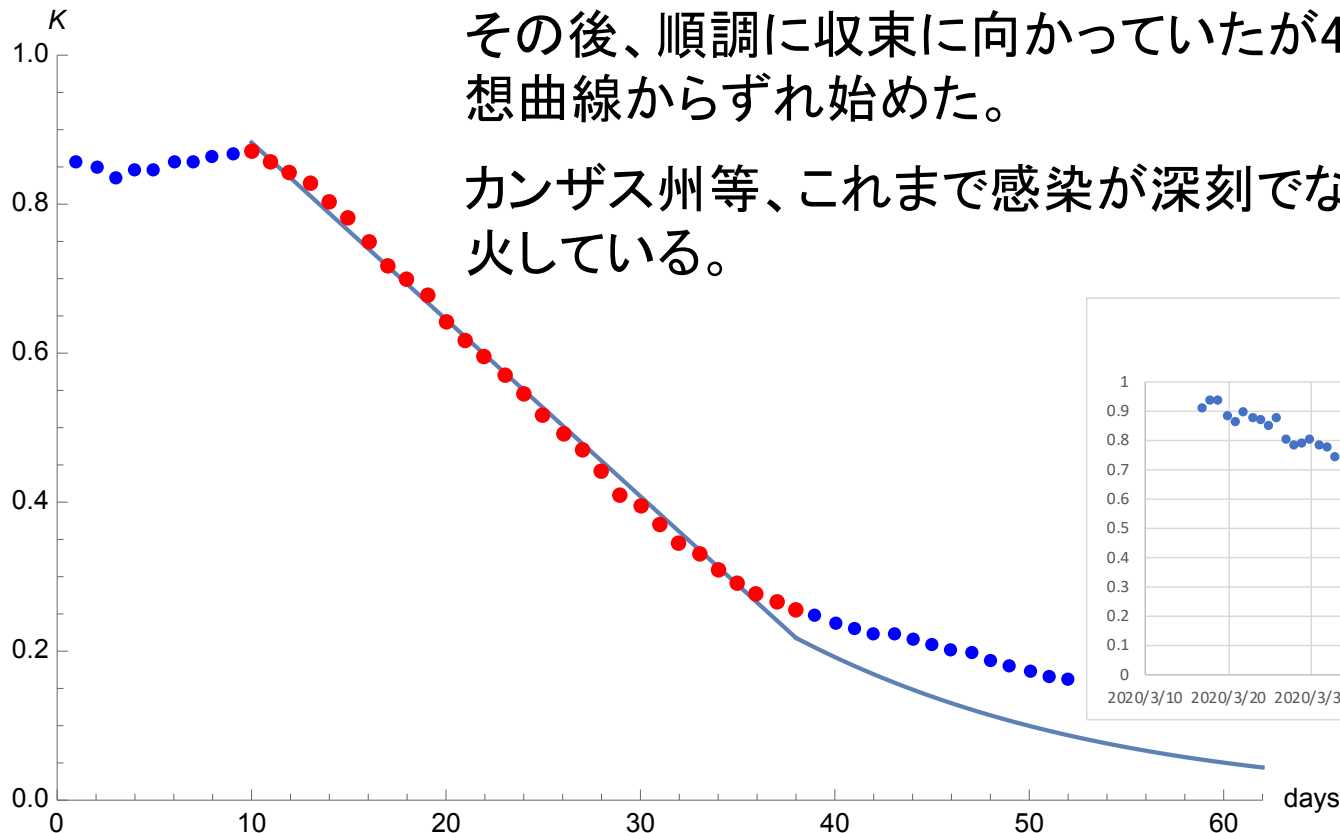
K値のd(日)依存性. d=0は4月1日、d=30が5月1日に対応する.

アメリカの感染状況

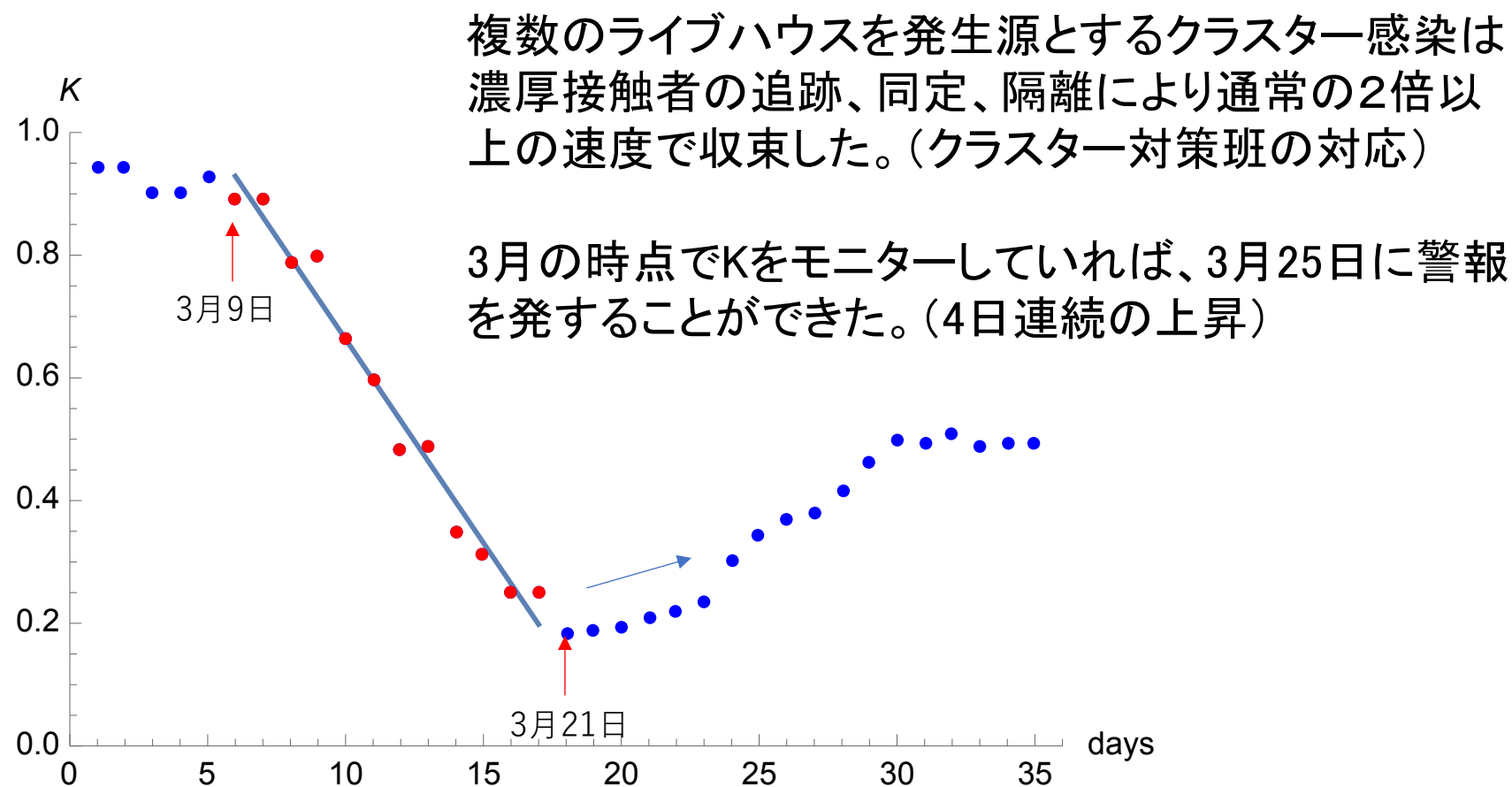
アメリカの傾きは -0.0237 で感染収束スピードは日本と20%しか変わらないが、初期に $K > 0.8$ (1週間で5倍)の時期が10日以上も続いたことが深刻な事態を招いた。

その後、順調に収束に向かっていったが4月19日頃を境に予想曲線からずれ始めた。

カンザス州等、これまで感染が深刻でなかった地域に飛び火している。

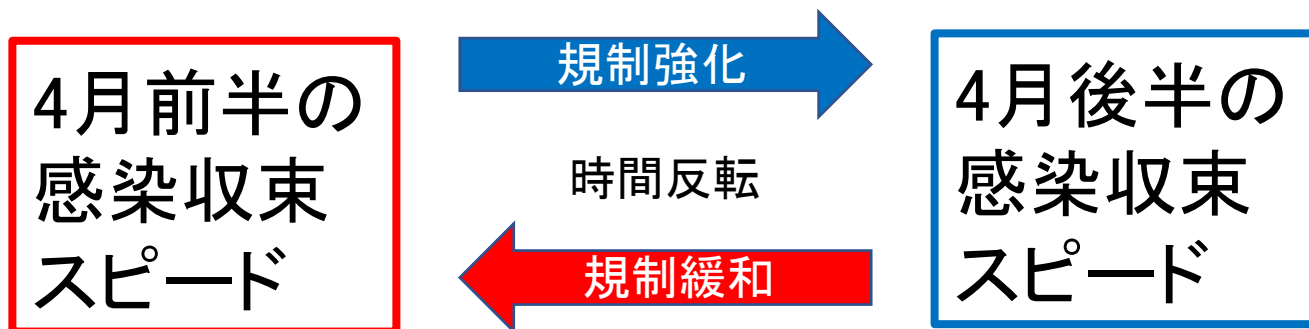


3月の大阪の感染状況



規制緩和の影響の見積もり

- 規制緩和の影響が全くないとは考えられない。
- 日本全体のデータを見ると4月前半と4月後半でKの傾き（収束スピード）にほとんど変化が見えない。
- 大阪は5月に入ってから予想線を常に大きく下回る。4月後半に規制の効果で収束スピードが上がったと考えられる。
- 大阪のデータを詳細に再解析し、 K' の変化から規制緩和の影響を見積もる。



大阪K値推移の詳細解析

前半(4月20日以前)を直線でFit、後半(4月20日以降)を減衰定数 k をfitパラメーターとして曲線でFitする。

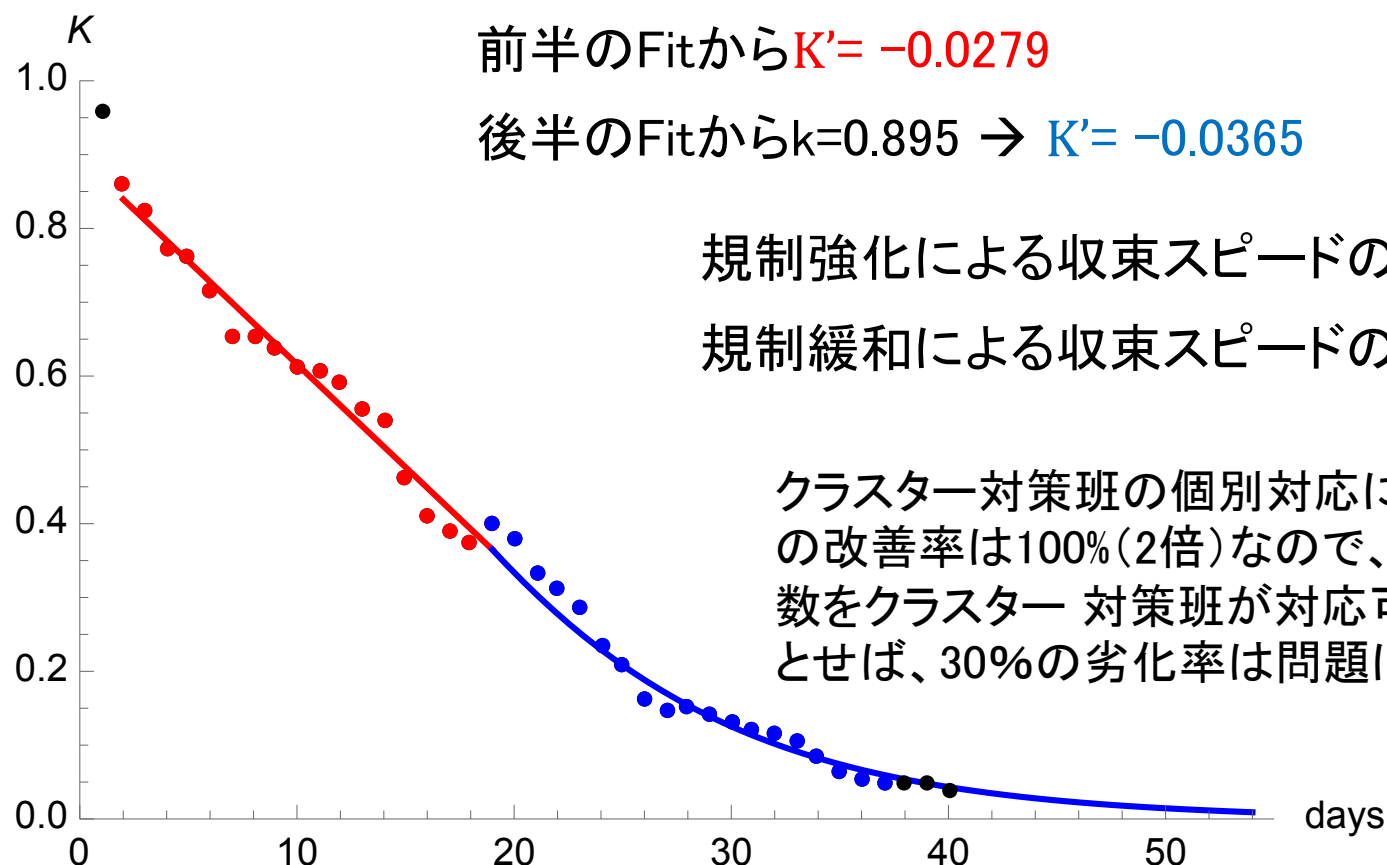
前半のFitから $K' = -0.0279$

後半のFitから $k=0.895 \rightarrow K' = -0.0365$

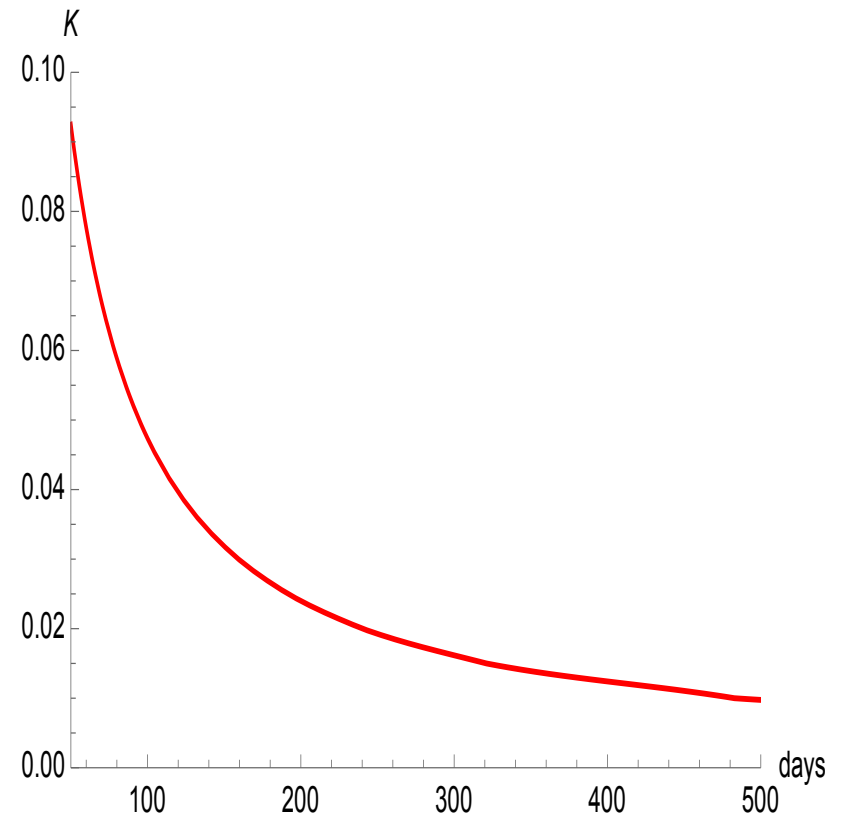
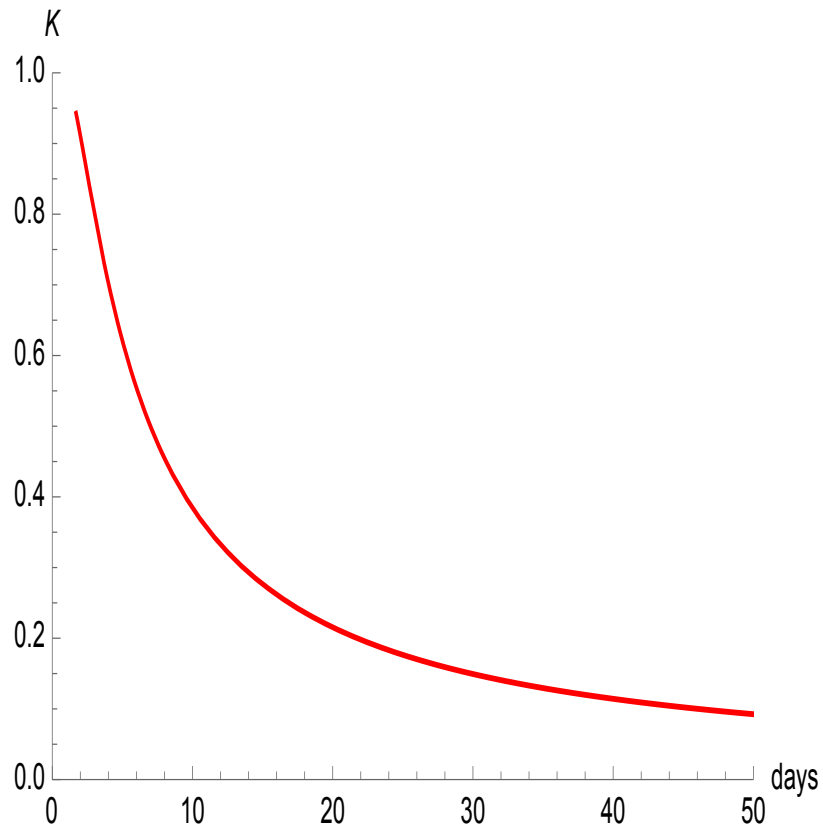
規制強化による収束スピードの改善率は30%

規制緩和による収束スピードの劣化率も30%

クラスター対策班の個別対応による収束スピードの改善率は100%(2倍)なので、1日の新規感染者数をクラスター対策班が対応可能なレベルに落とせば、30%の劣化率は問題にならない。

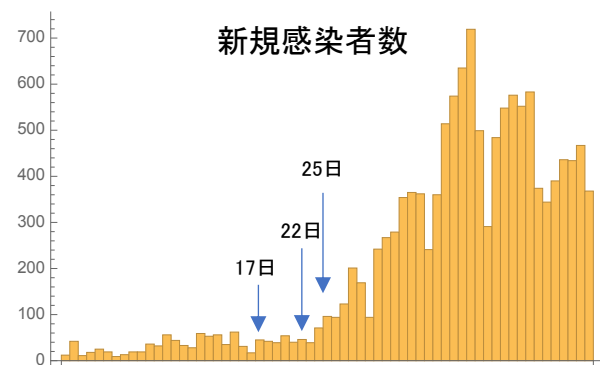


K値と倍加時間(倍加日数)との関係

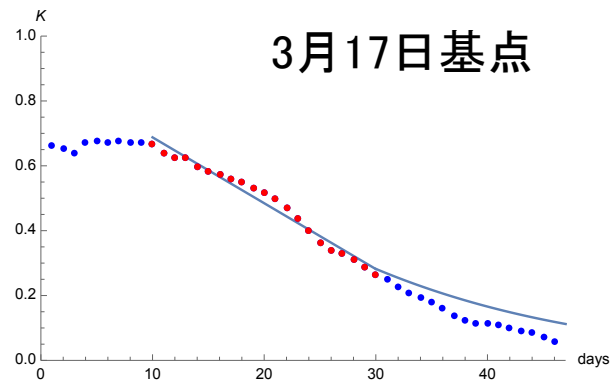
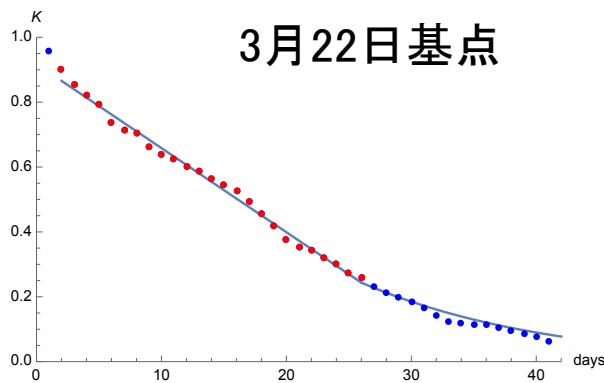
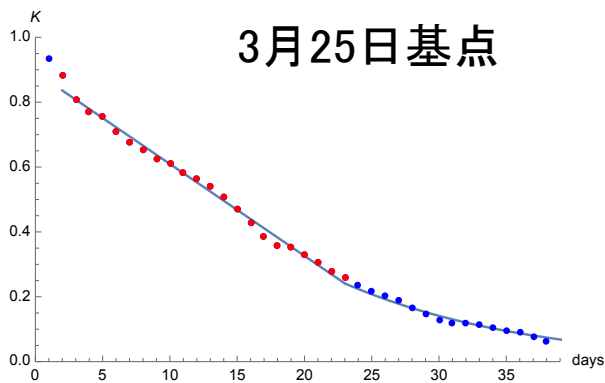


Q 累計カウンターを3月25日でリセットしているが、フィットが良くなるよう基準日を恣意的に選んでいないか？

A カウンターをリセットする日の選択については、中国発の第1波の混入を嫌うか(3月25日基点)、第2波の立ち上がりを重視するか(3月22日基点)という解析者の思想が反映される。但し、両者には下図に示すように結果に大きな違いはない。
第一波の混入が無視できないほど大きいと感染拡大初期にK値が十分高い値を取れないという重大な問題を引き起こす(3月17日基点)。極端な場合、第1波の影響を全く取り除かないと、4月2日から12日にかけてK値が0.5(1週間で倍増に対応)に張り付く。

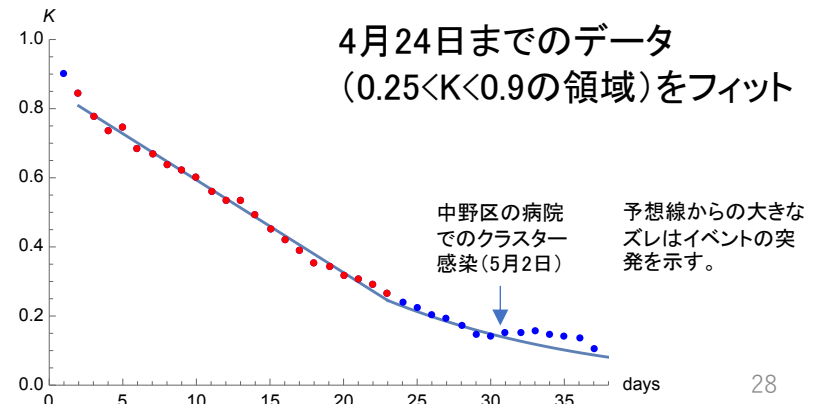
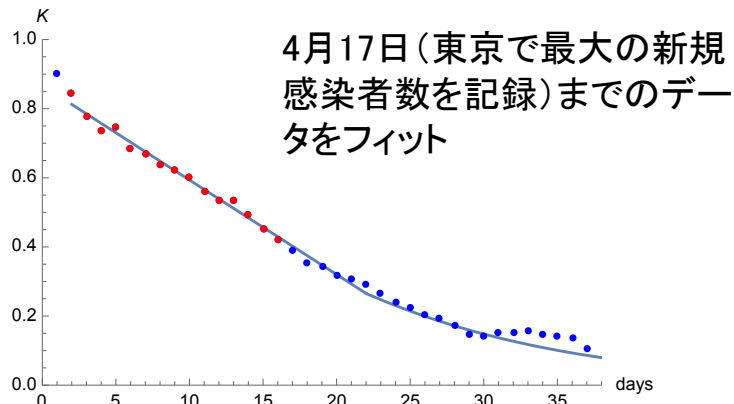
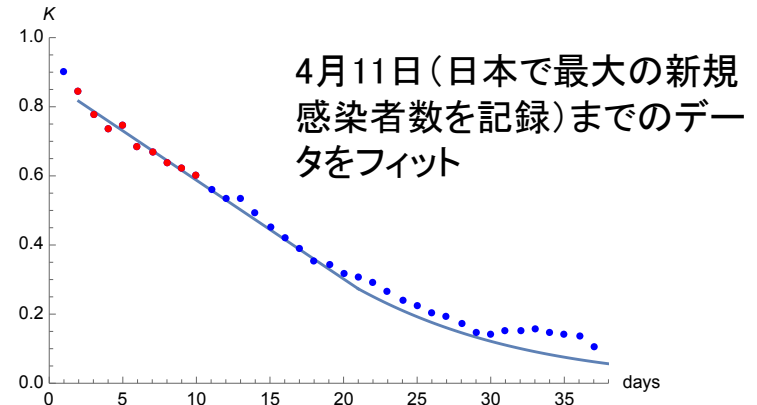
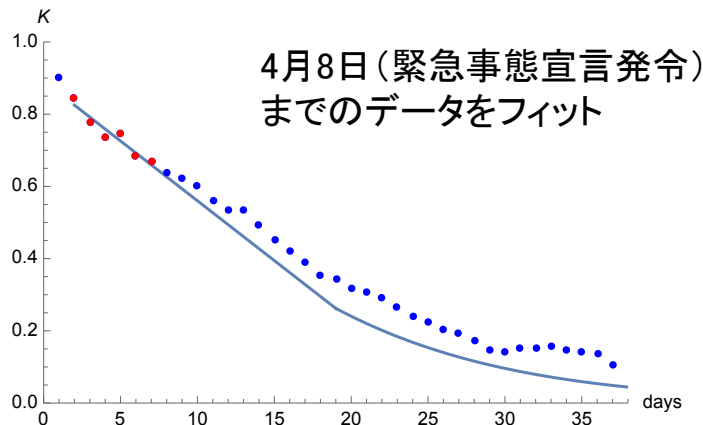


基点(リセットする日)を変えた場合の日本のK値の推移



Q 単なるフィットであり、起こってしまったことは説明できても将来は予測できないのではないか？

A K値の特徴を浮き彫りにする良い質問である。その理由をご理解頂くために東京のK値の推移データを部分的に使いデモンストレートする。緊急事態宣言発令の頃には4月末までの大まかな状況の推移が予想可能である(実際にしていた)。なお、Kのフィットは直線フィットなのでパラメーター数は2、曲線部分はそれから導かれる予想である。



Q 陽性数の推移を予測しても真の感染者数の推移を反映していないのでは？

A 陽性者数の推移の予測が精度良く行えても、真の感染者数の推移を反映していない可能性はある。それでも正直なところ、真の感染者数は陽性者数に比例していると考えているが、計算ではその考えを仮定としていない。モデル自体は、どんな量の解析にも応用可能である。大阪府のご好意により、リンク不明者の集計を頂いた。それを用いて計算したKが左の図である。陽性者数に比べ値がばらついていて、傾向(フィット及び予想線: 青線)は右の図に示す陽性者数を用いて求めたKの推移(フィット及び予想線: 赤線)と良く一致する。
 $\text{感染者数} \propto \text{陽性者数} \propto \text{リンク不明者数}$ という比例関係が近似的に成り立っていると思われるが、モデルの範疇を超えており、確認は専門家の手に委ねたい。

