

コロナ感染レポート/主要都道府県（2020年11月15日現在）  
SEIRRモデルによる分析結果

Covid-19 Developments Report of Japanese prefectures  
as of 15th November, 2020  
SEIRR model analysis

2020年11月17日/ November 17, 2020  
Promontory Financial Japan  
An IBM company

目次/Agenda

1. 分析結果/Analysis results
2. 4都道府県比較/Comparison of 4 prefectures
3. 東京/Tokyo
4. 大阪/Osaka
5. 福岡/Fukuoka
6. 北海道/Hokkaido
7. SEIRRモデルの概要/SEIRR model overview
8. 連絡先/Contact

# 分析結果/Analysis results

\* English follows Japanese.

(分析結果)

9月中旬、及び10月初より急上昇した北海道と大阪の再生産数は、今回のモデル分析により若干上方修正し1.5程度となった。北海道では足許に至るまでこの水準の再生産数が続いた結果、足許の新規患者数増加はオーバーシュートに近いイタリア的状况となっており、大阪もこれに近づいている。さらに東京も、11月に入ってから再生産数が急上昇し1.3程度となっている。これも今後、北海道や大阪、或いは欧米諸国の多くが到達しその後維持されている1.5程度という水準にまでさらに上昇する可能性が考えられる。またこれまで低位安定で推移してきた福岡県の再生産数もここに来てやや上昇する兆しをみせている。

因みに、人の移動指標（googleのcommunity mobility index）との比較でみると、何れの地域でも移動指標に大きな変化がない（北海道のみ職場の移動指標が足許やや水準を切り上げる）中で、こうした再生産数の上昇が生じている。換言すれば、春先以降同じような動きを示してきた再生産数と移動指標間に、再生産数が一方的に低下する形で夏頃突然ギャップが生じたのだが、今回はこのギャップが解消される形で再生産数が上昇しているように見える。そうした点でも、北海道や大阪では両者間のギャップがほぼ解消されたものの、東京ではまだギャップが残った形となっており、今後の更なる上昇が懸念される。

このような状況を放置すると（モデル分析で現状の再生産数が今後も数週間続くと想定すれば）、日本の多くの地域が12月上旬頃には「イタリア化」する蓋然性は極めて高い。したがって、日本でも早晩、欧州型の部分的ロックダウン措置（日本の場合は強制する必要はないかもしれないが）導入が不可避のように見える。

なお、致死率に関しては、何れの地域でも引き続き安定した状況が続いている。もっとも、新規患者数の急増に伴い、死亡者数も急増しているのが現状である。

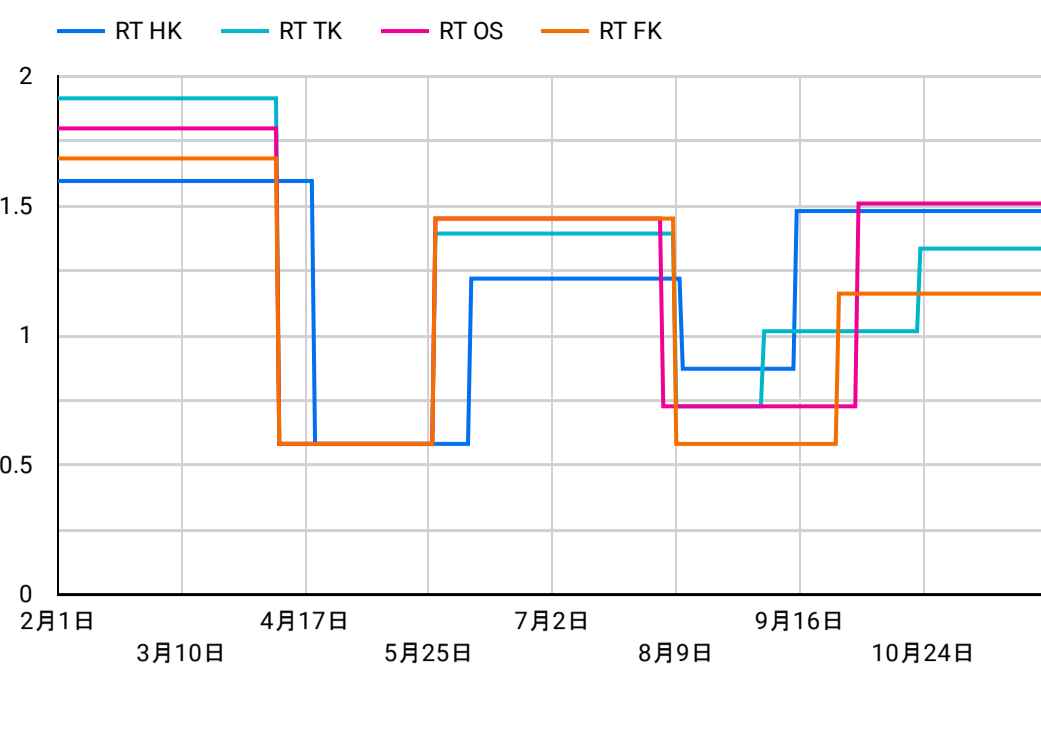
(Analysis output)

To be translated soon.

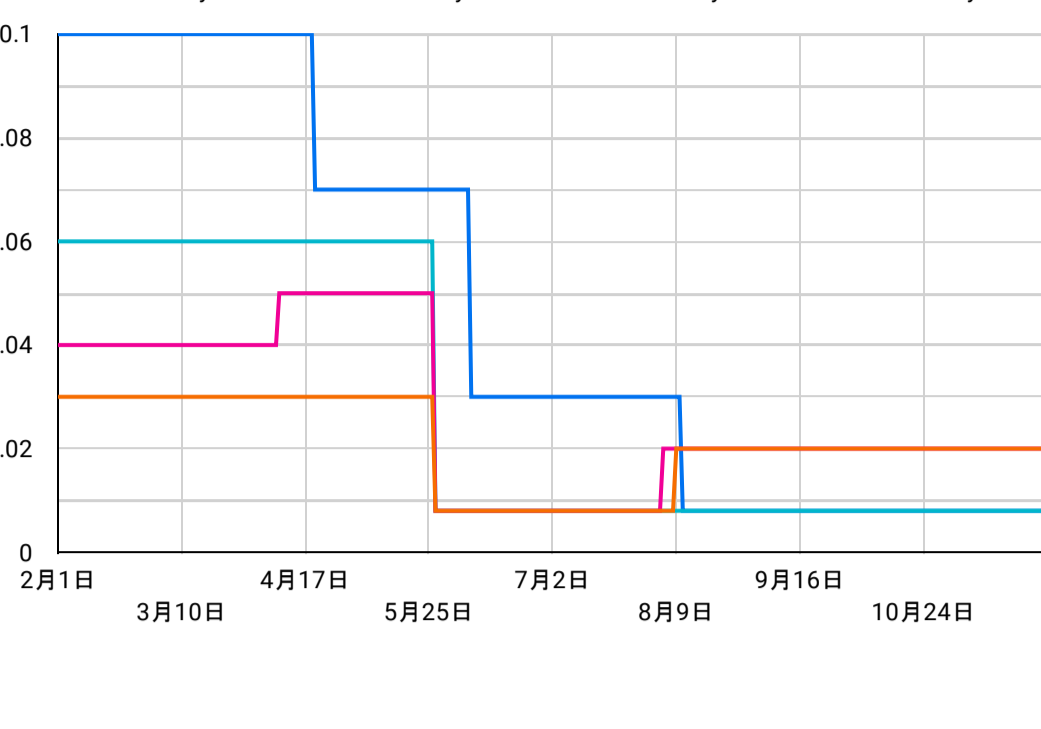
# 4都道府県比較/Comparison of 4 prefectures

2020/02/01 - 2020/11/30

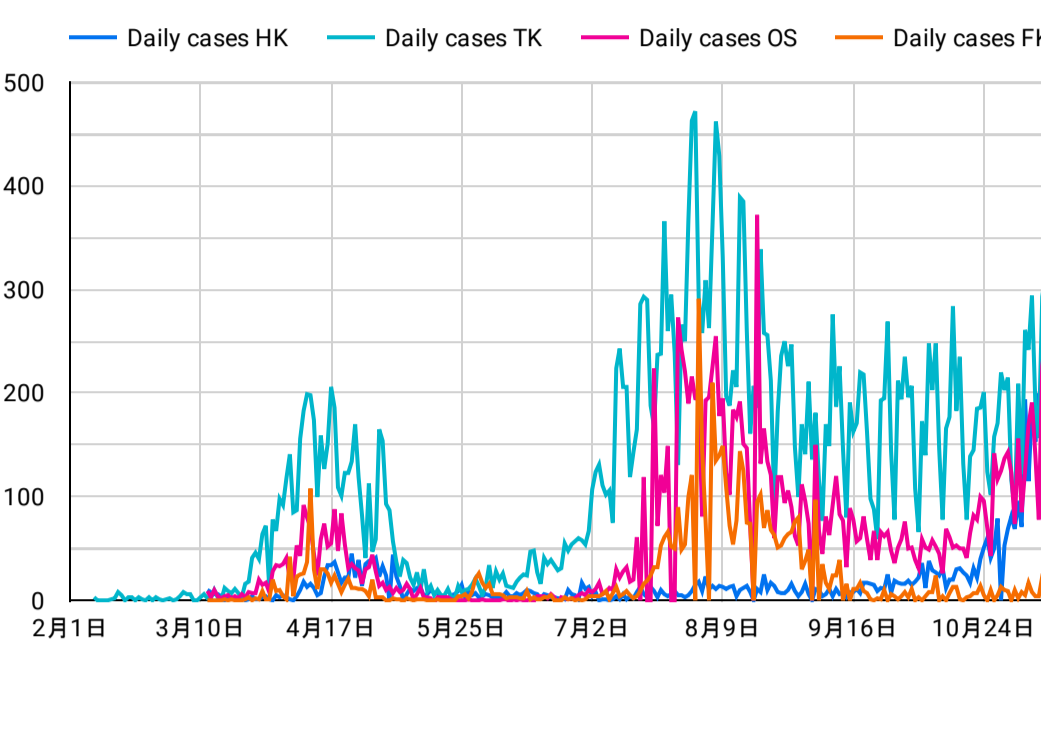
## モデル推計再生産数/Model estimate RT



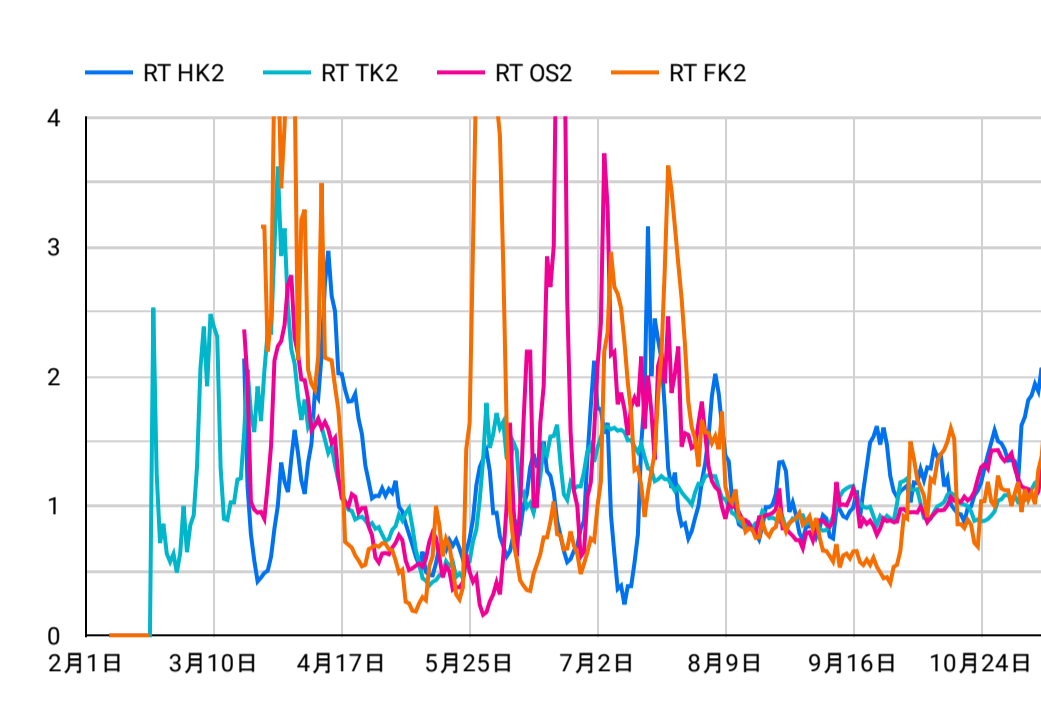
## モデル推計致死率/Model estimate mortality rate



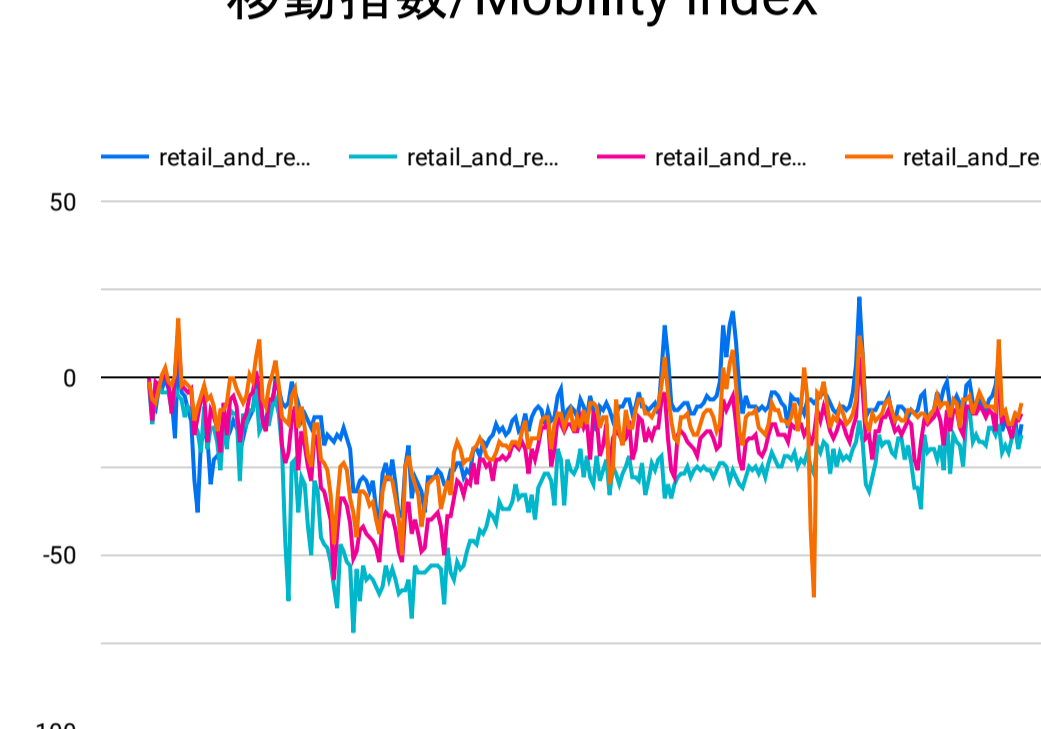
## 日次新規感染者数/Daily new cases



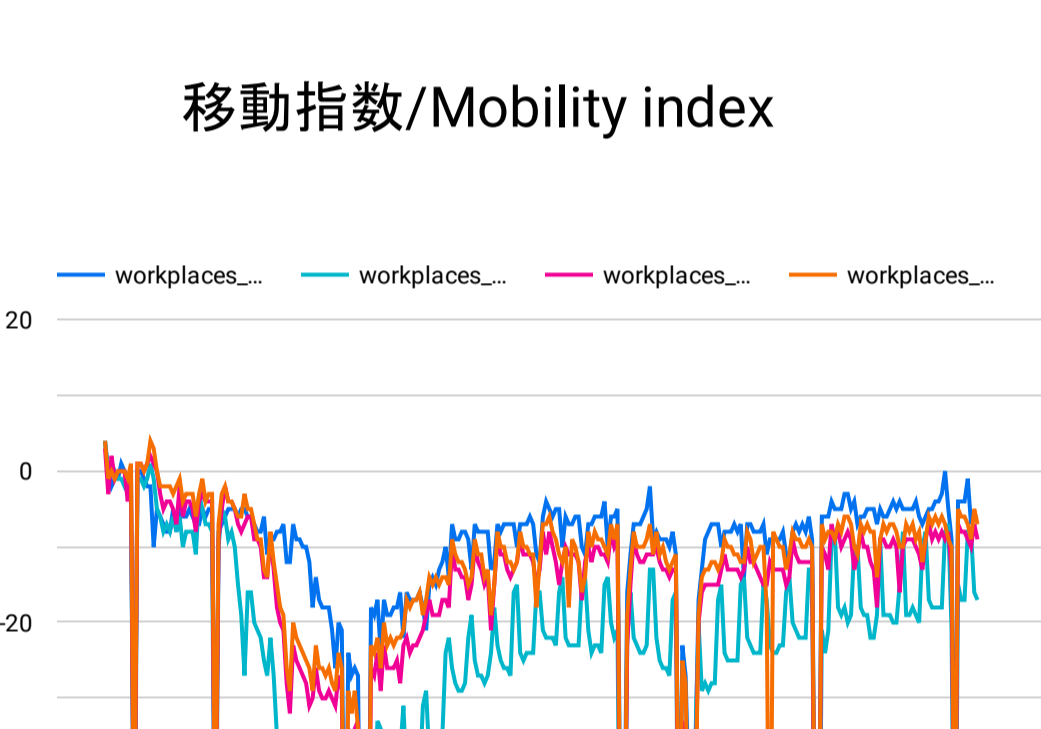
## 日次再生産数/Daily RT



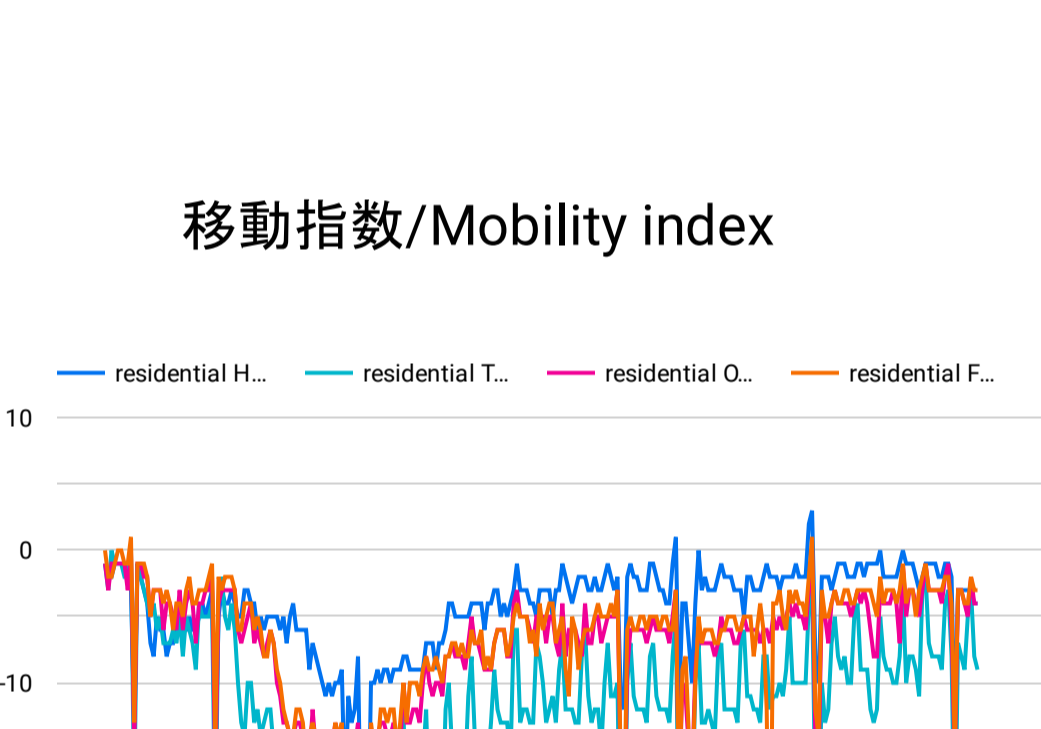
## 移動指数/Mobility index



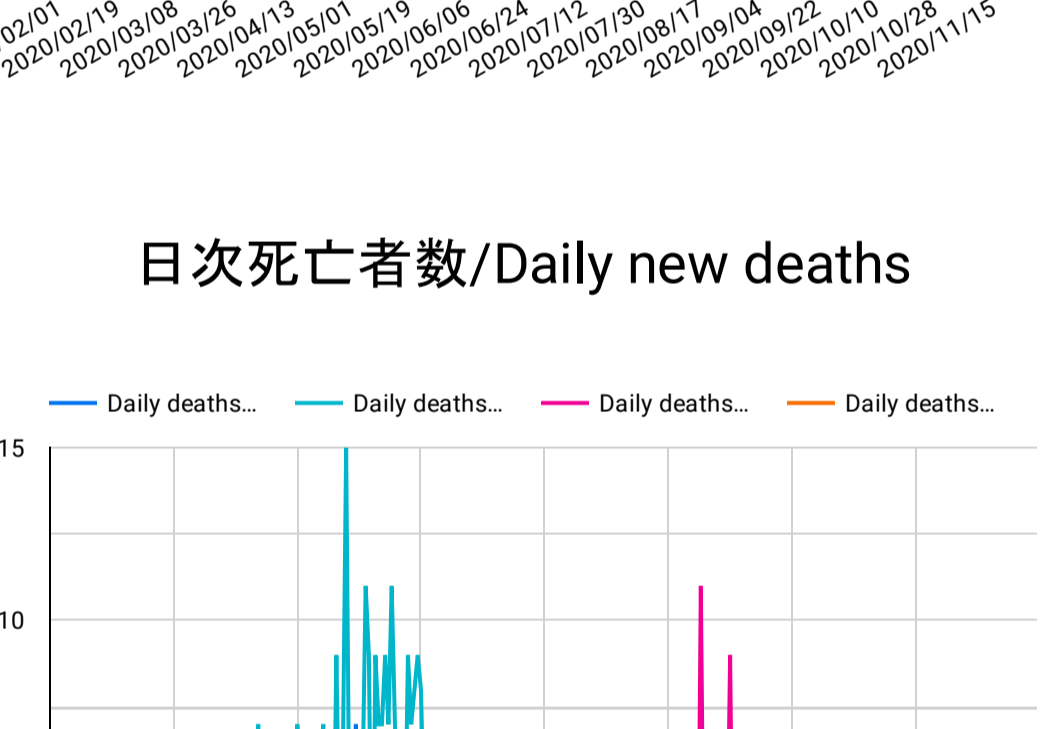
## 移動指数/Mobility index



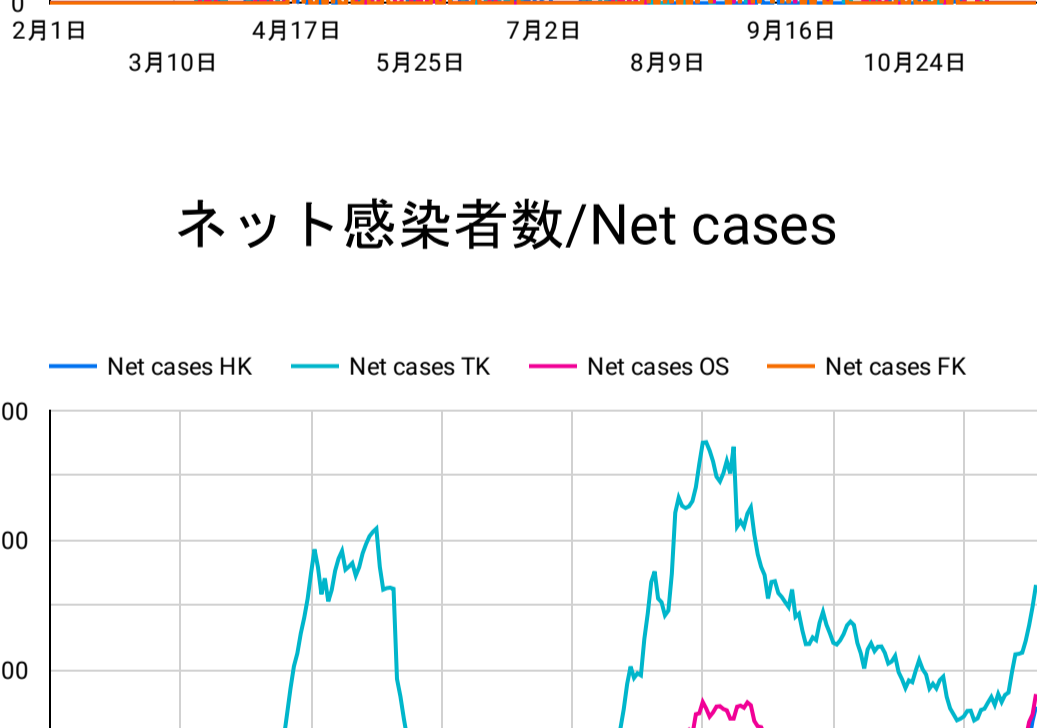
## 移動指数/Mobility index



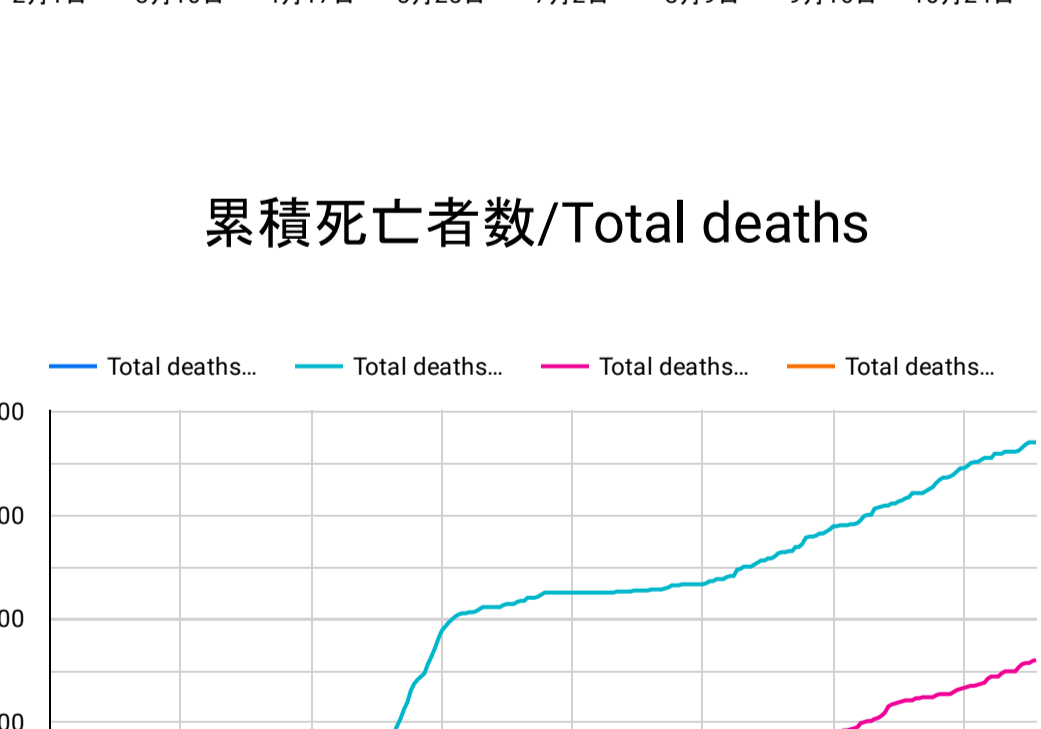
## 日次死亡者数/Daily new deaths



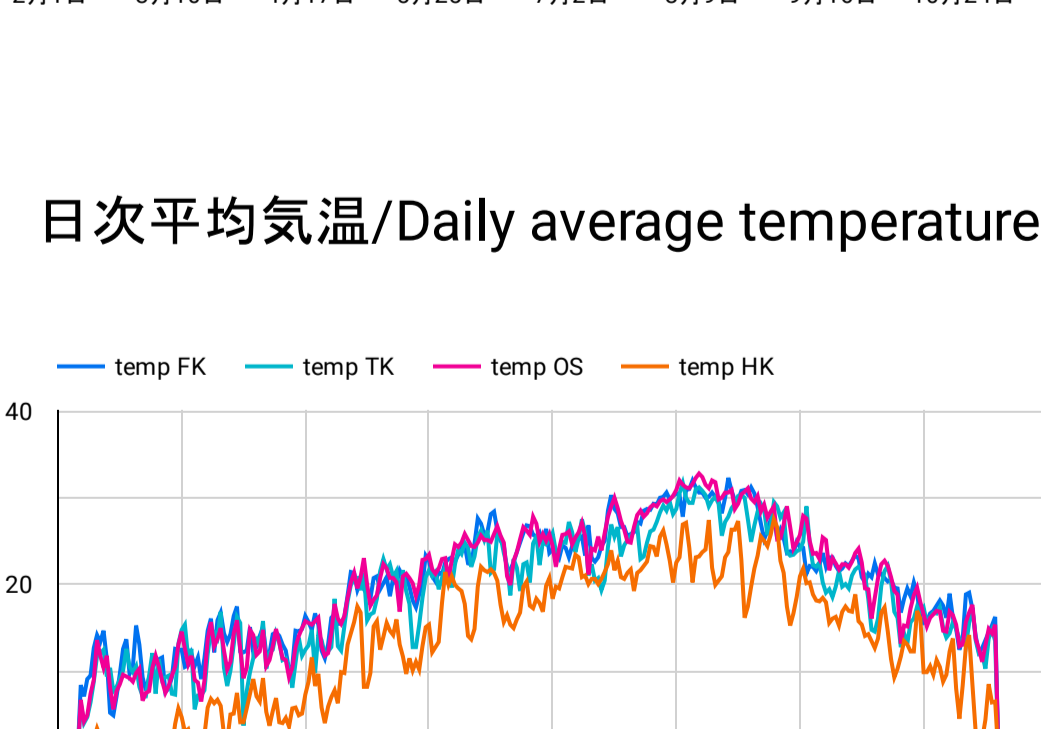
## ネット感染者数/Net cases



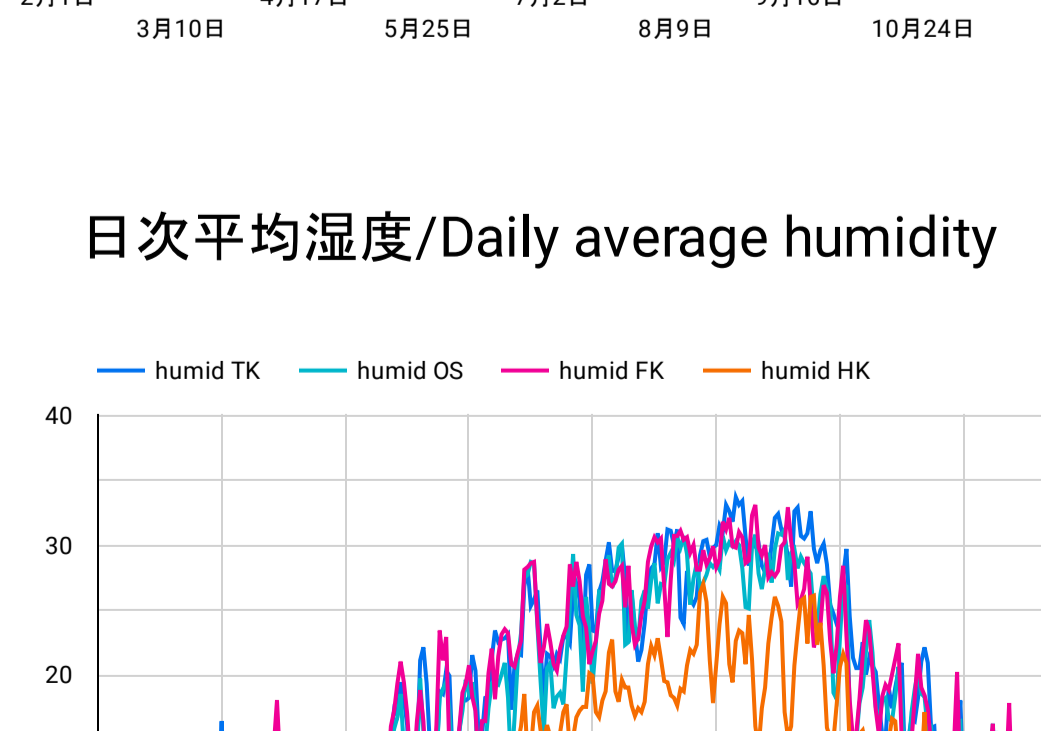
## 累積死亡者数/Total deaths



## 日次平均気温/Daily average temperature



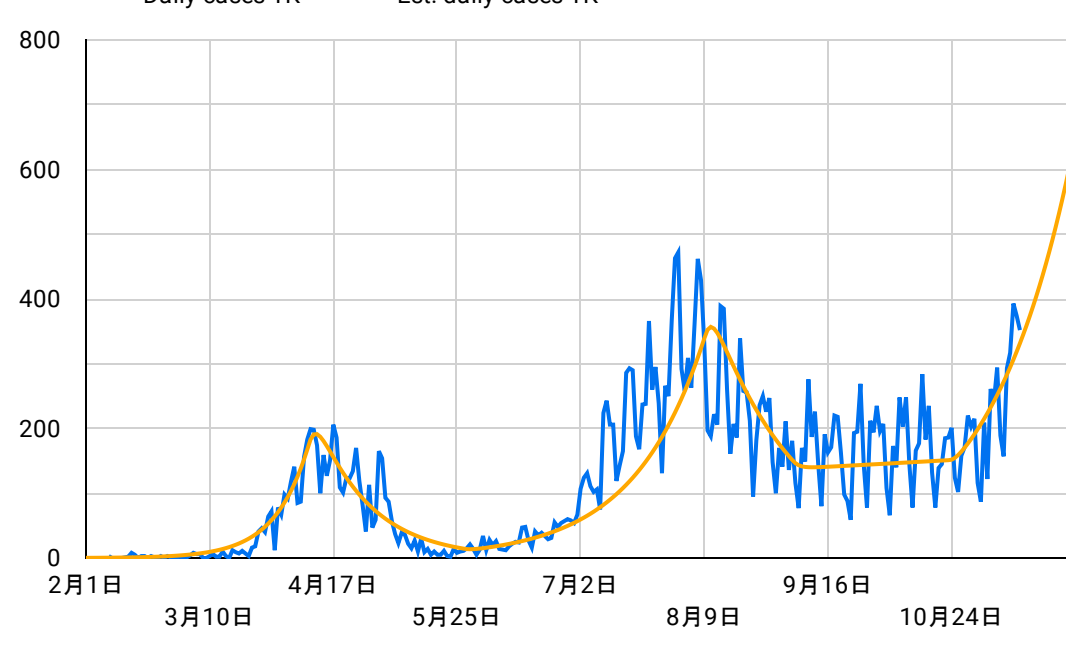
## 日次平均湿度/Daily average humidity



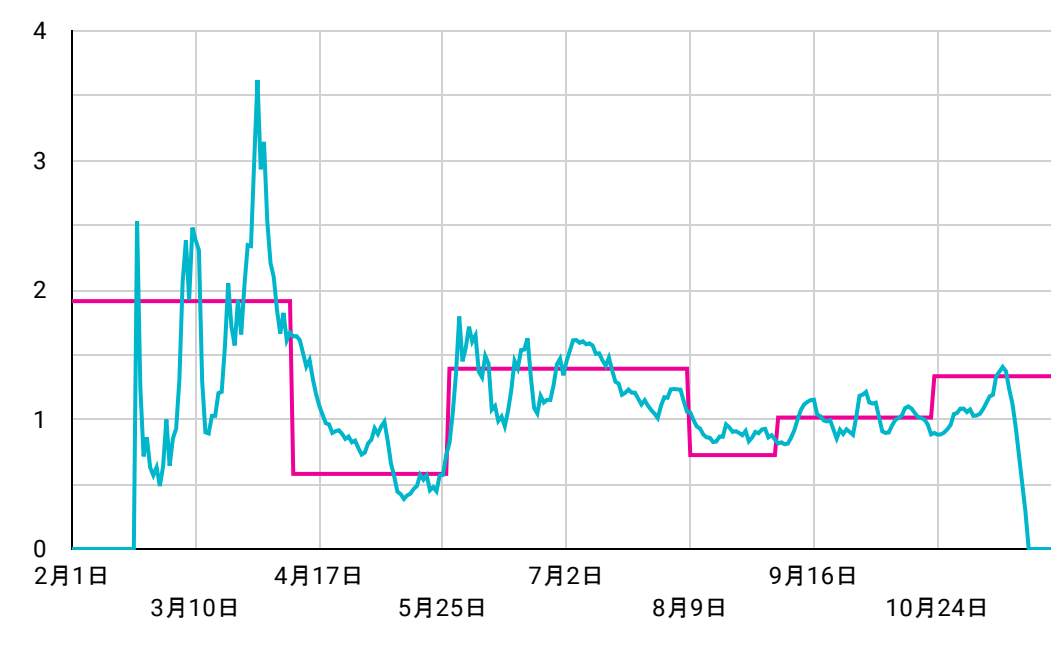
# 東京/Tokyo

2020/02/01 - 2020/11/30

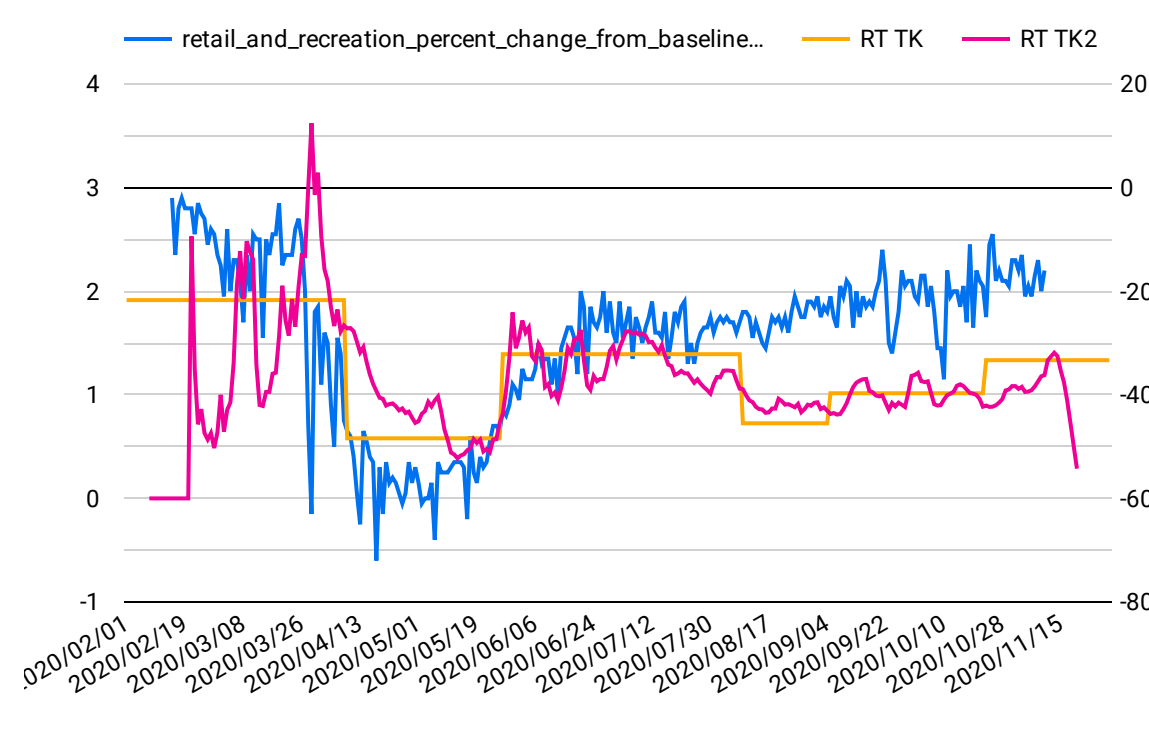
## 日次新規感染者数（東京） / Daily new cases (Tokyo)



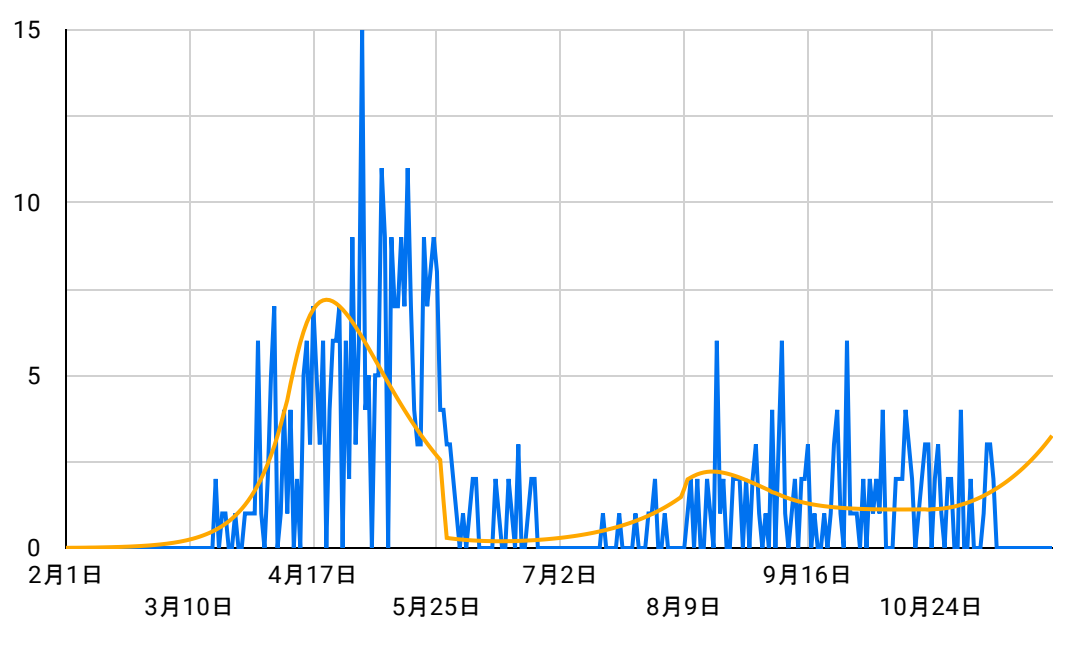
## 日次再生産数とモデル推計再生産数の比較（東京） / Comparison between daily RT and model estimate RT (Tokyo)



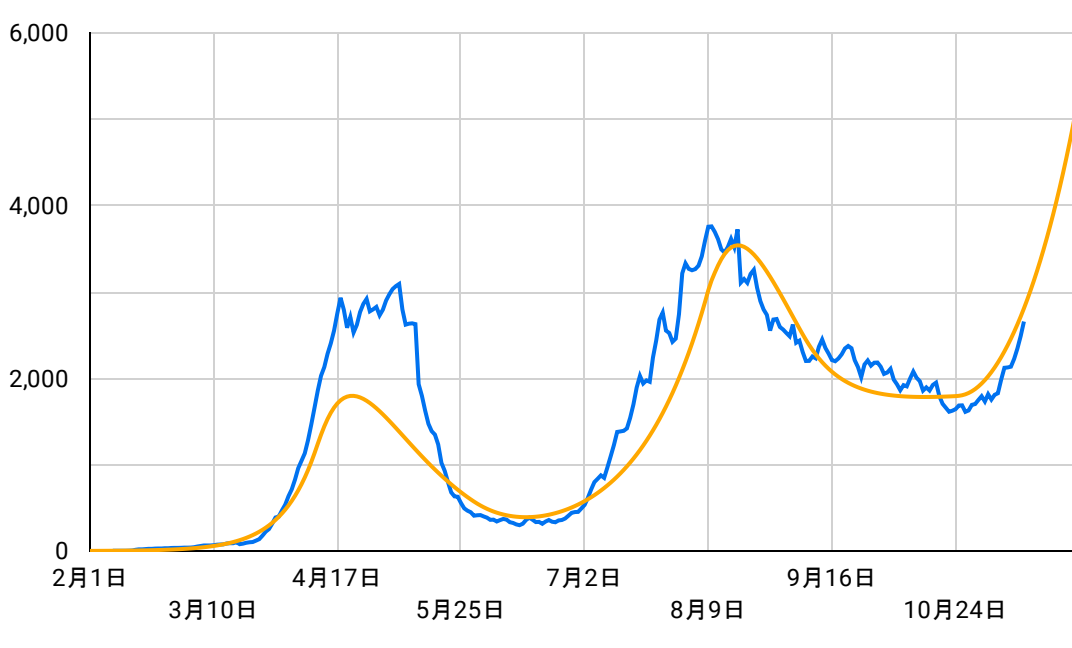
## 再生産数と移動指数の比較（東京） / Comparison between RT and mobility index (Tokyo)



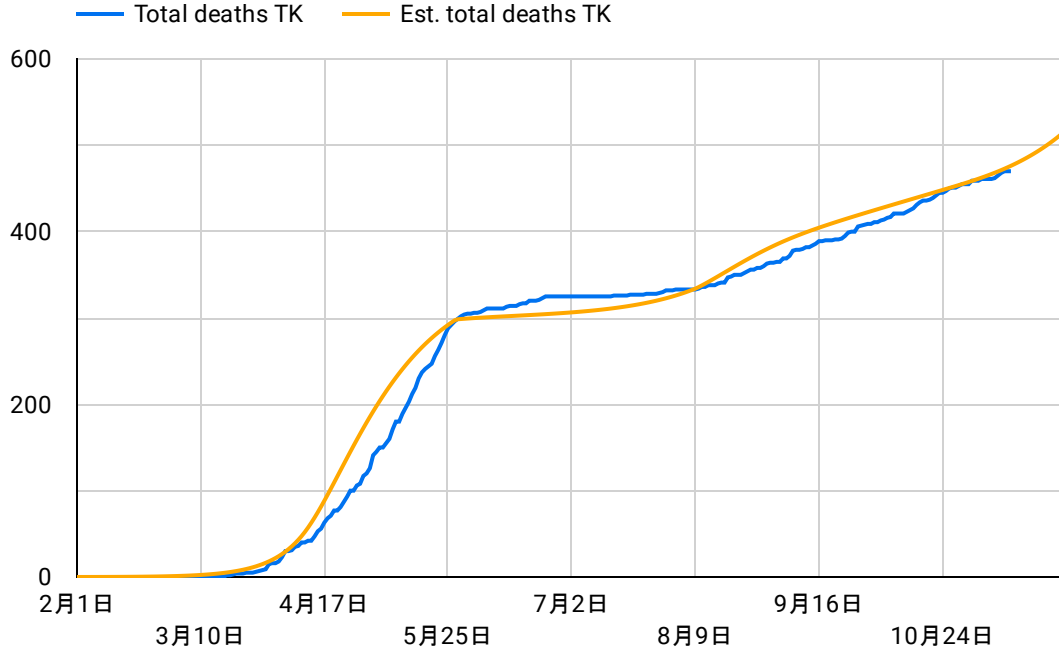
## 日次死者数（東京） / Daily new deaths (Tokyo)



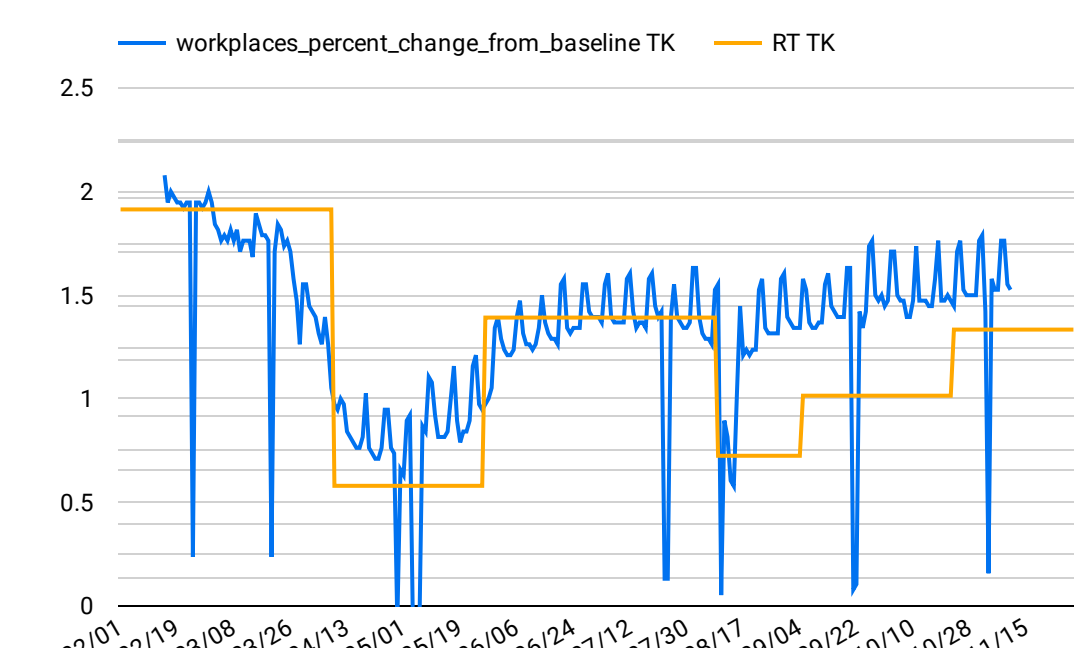
## ネット感染者数（東京） / Net cases (Tokyo)



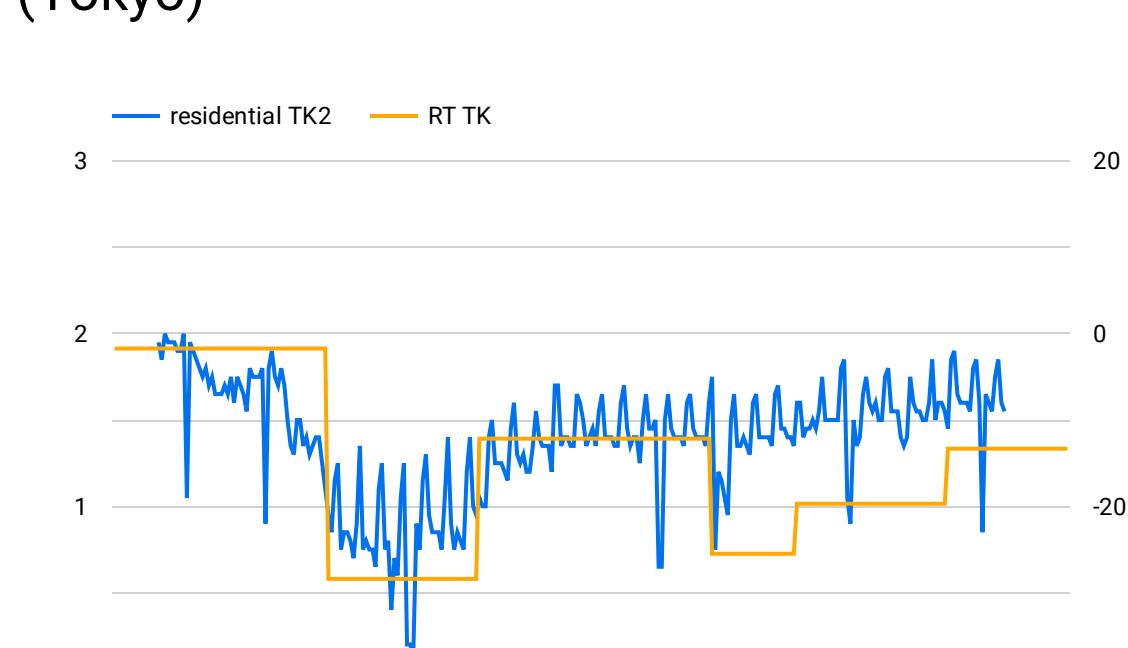
## 累積死者数（東京） / Total deaths (Tokyo)



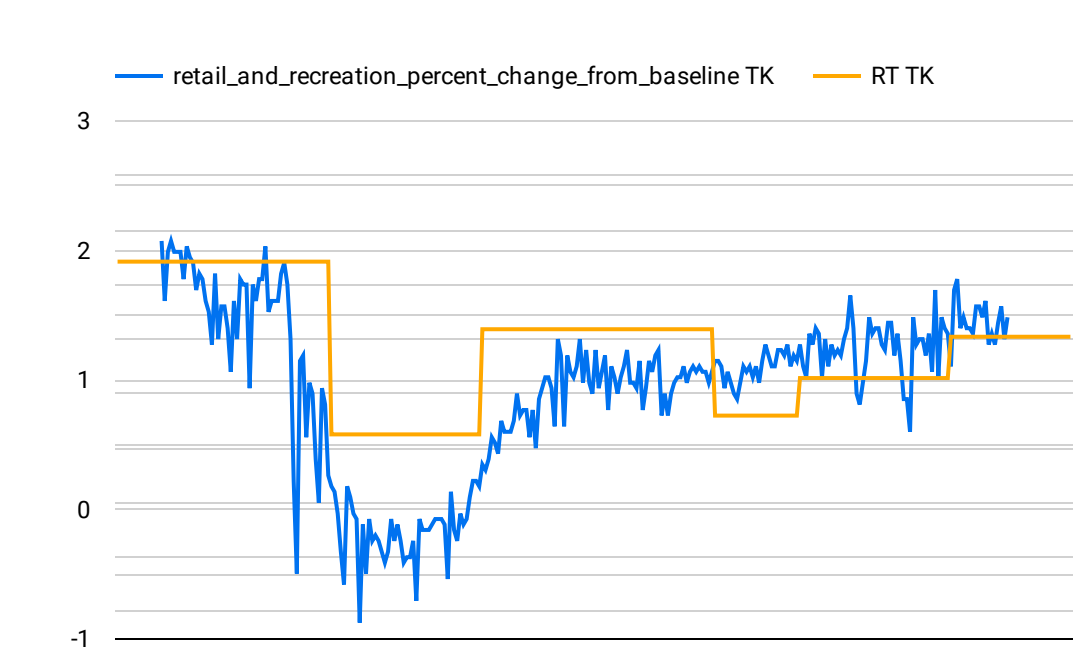
## 再生産数と移動指数の比較（東京） / Comparison between RT and mobility index (Tokyo)



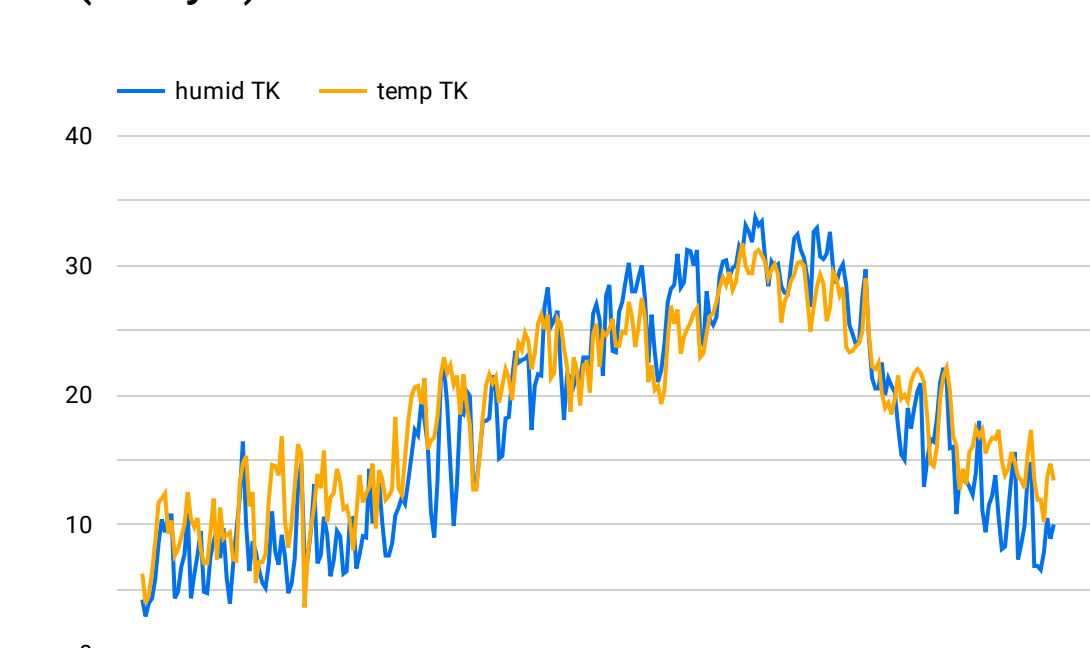
## 再生産数と移動指数の比較（東京） / Comparison between RT and mobility index (Tokyo)



## 再生産数と移動指数の比較（東京） / Comparison between RT and mobility index (Tokyo)



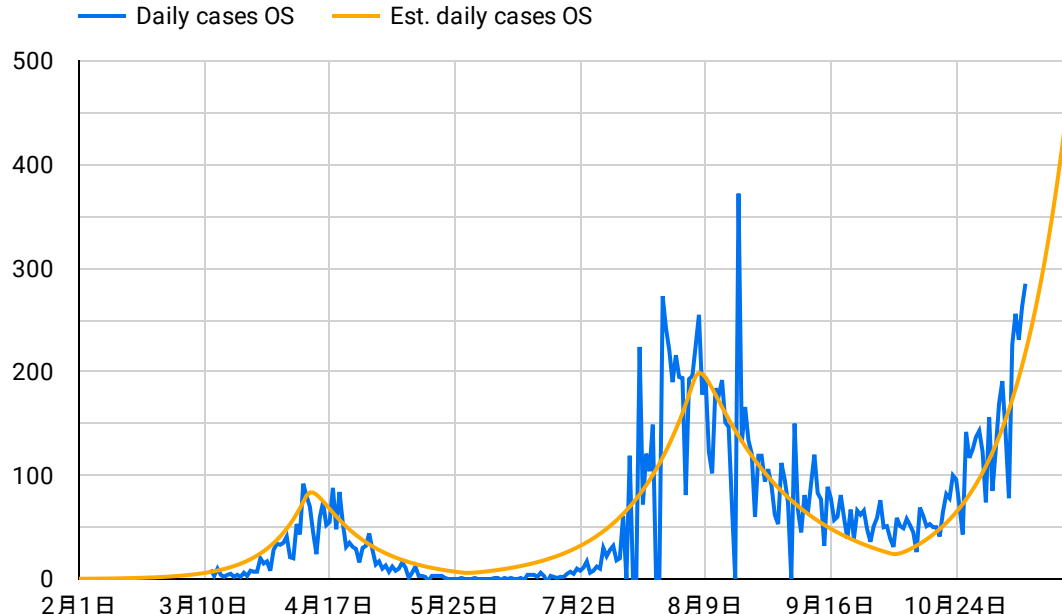
## 気温と湿度の推移（東京） / Changes in the temperature and humidity (Tokyo)



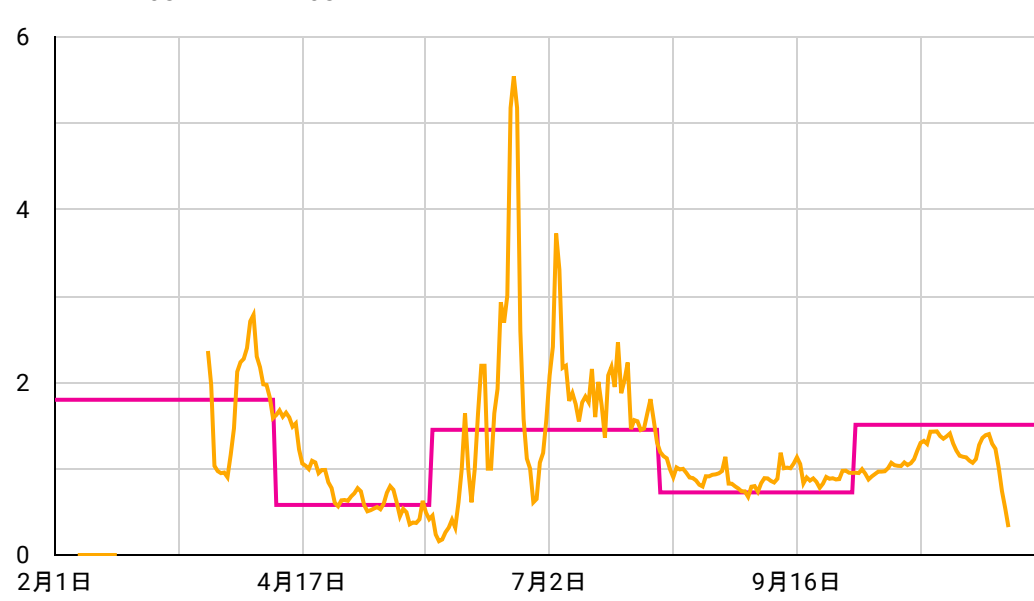
# 大阪/Osaka

2020/02/01 - 2020/11/30

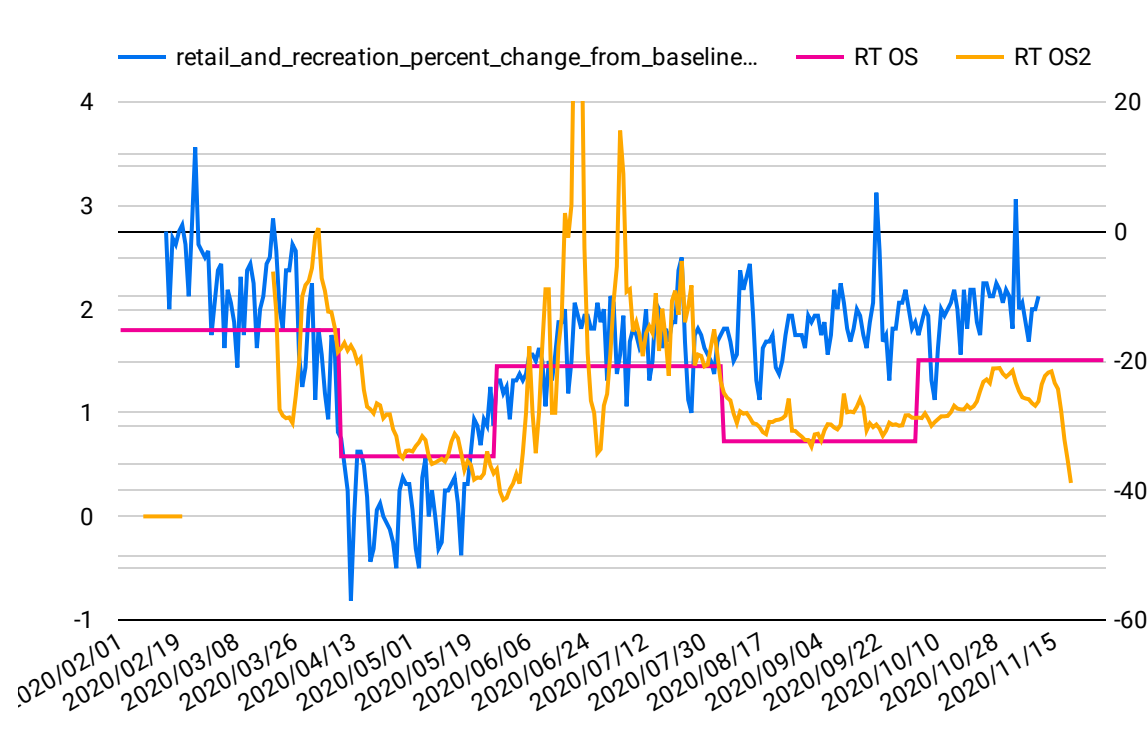
## 日次新規感染者数（大阪） / Daily new cases (Osaka)



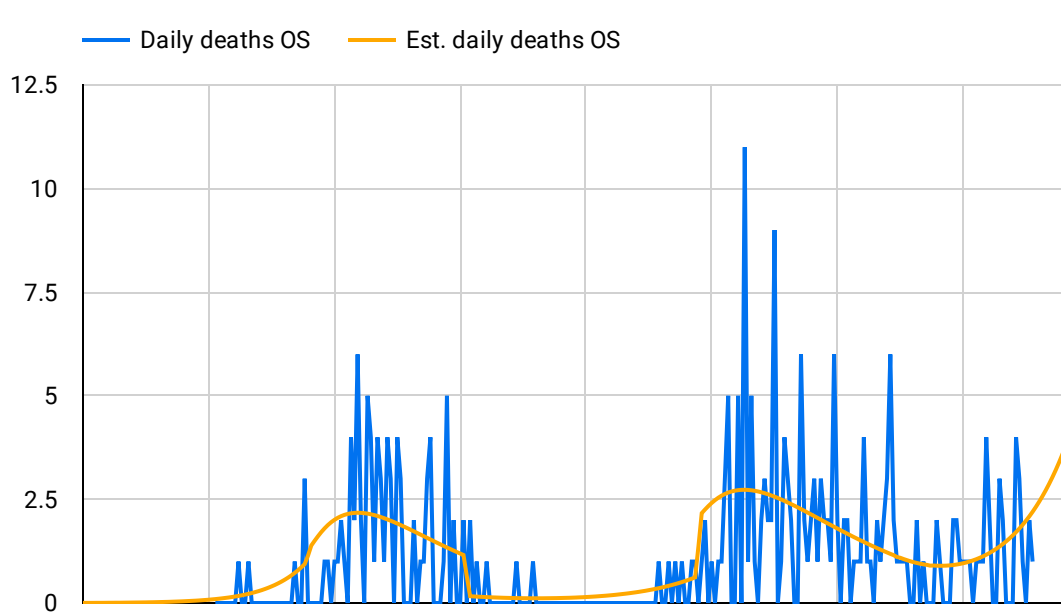
## 日次再生産数とモデル推計再生産数の比較（大阪） / Comparison between daily RT and model estimate RT (Osaka)



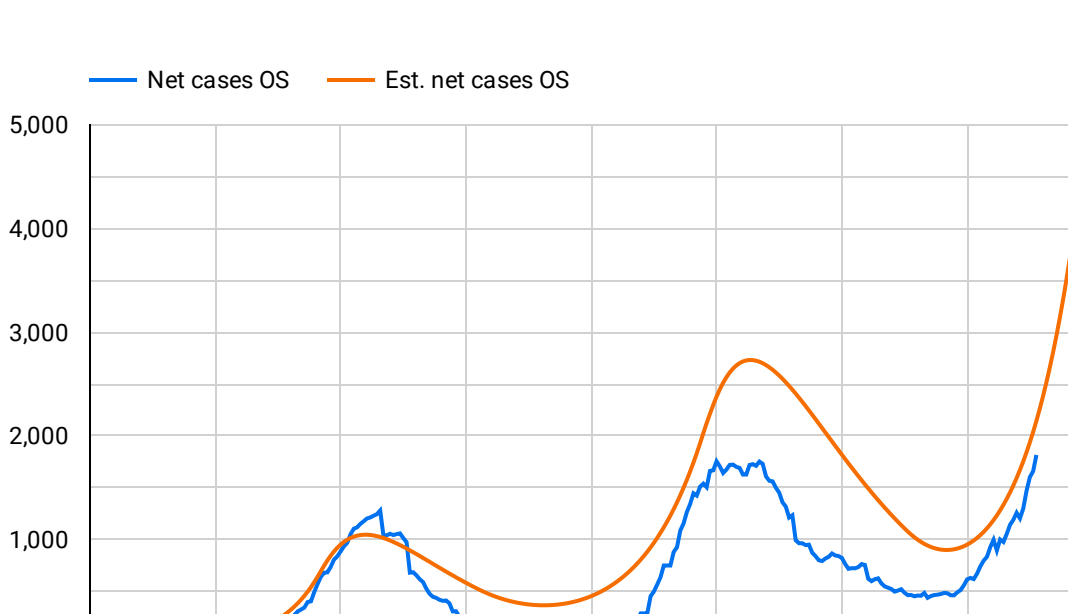
## 再生産数と移動指数の比較（大阪） / Comparison between RT and mobility index (Osaka)



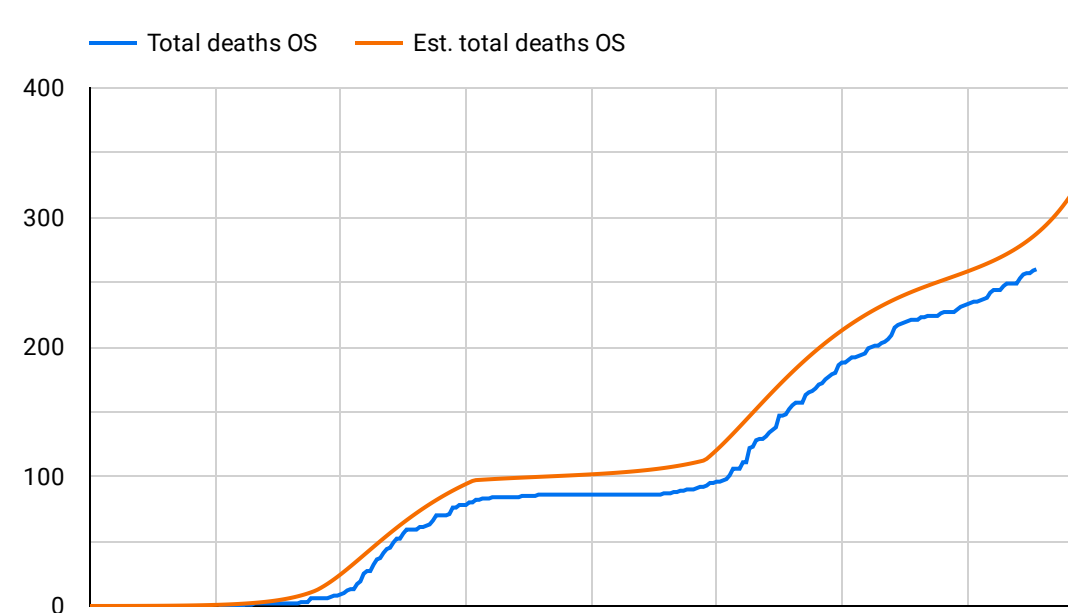
## 日次死者数（大阪） / Daily new deaths (Osaka)



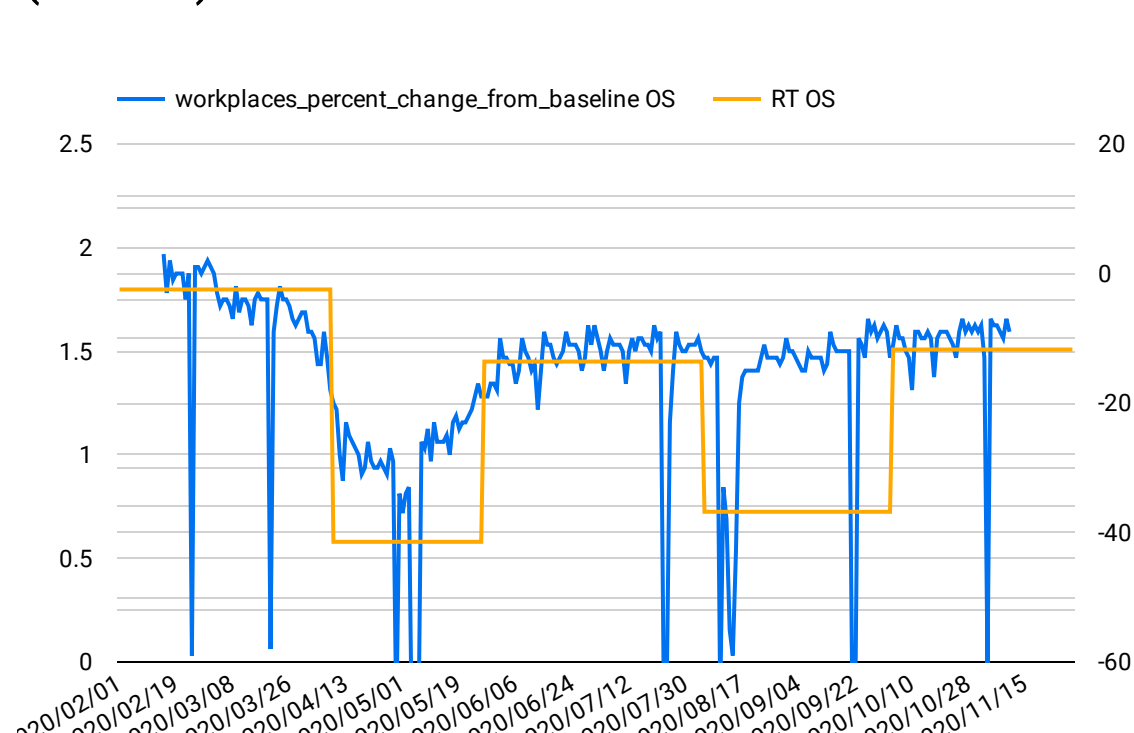
## ネット感染者数（大阪） / Net cases (Osaka)



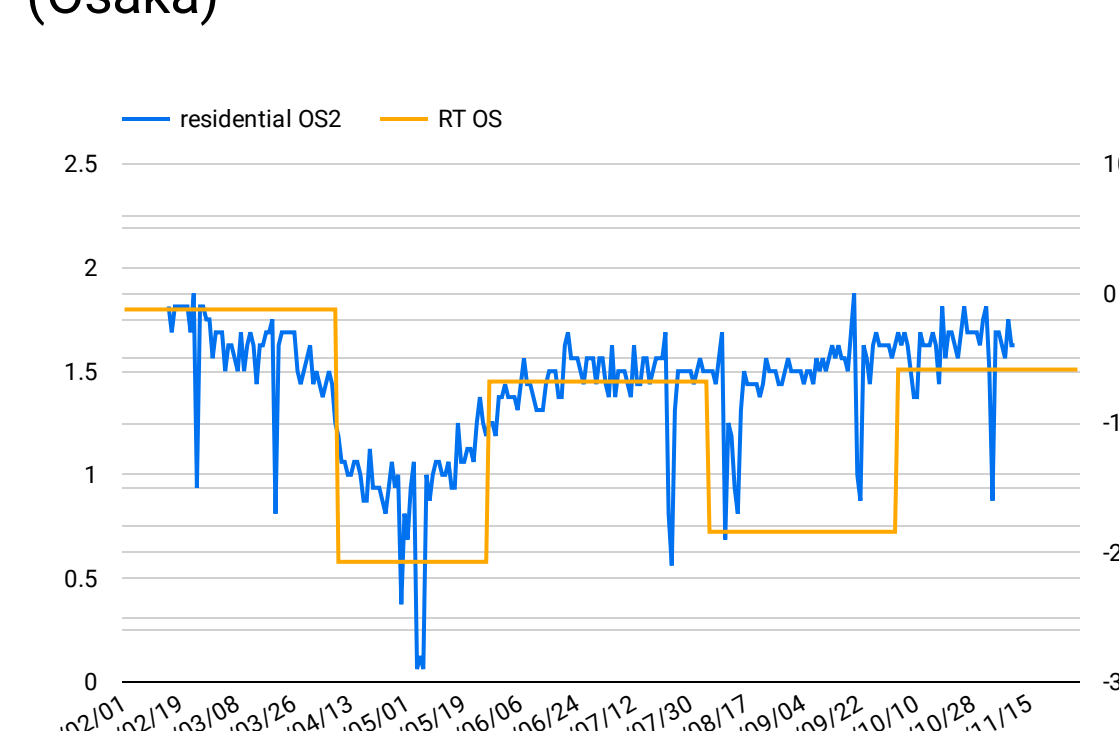
## 累積死者数（大阪） / Total deaths (Osaka)



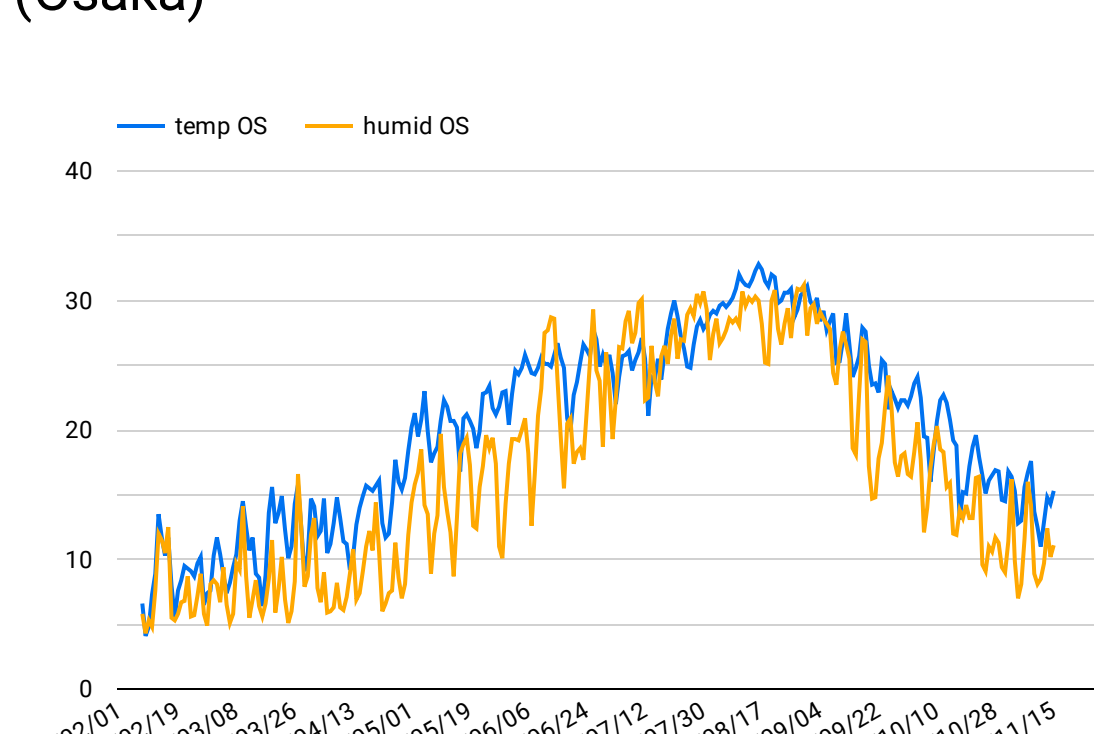
## 再生産数と移動指数の比較（大阪） / Comparison between RT and mobility index (Osaka)



## 再生産数と移動指数の比較（大阪） / Comparison between RT and mobility index (Osaka)



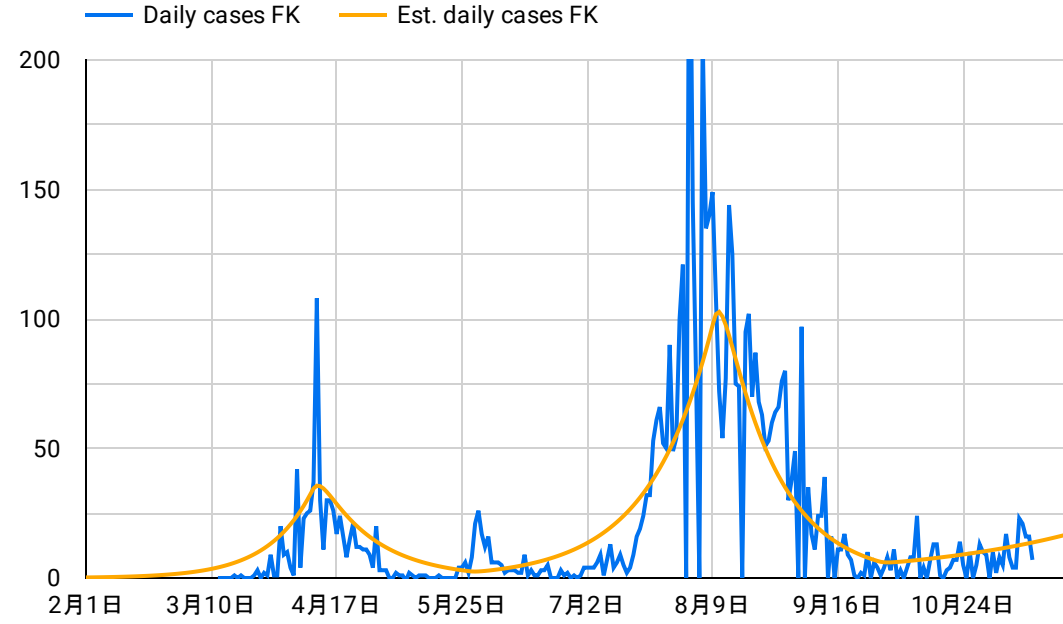
## 気温と湿度の推移（大阪） / Changes in the temperature and humidity (Osaka)



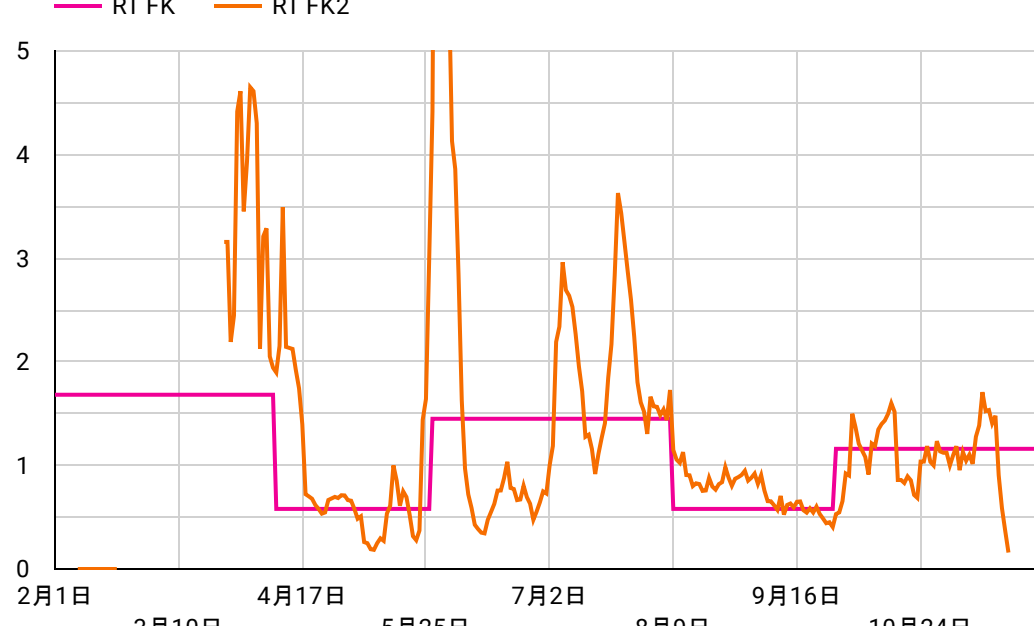
# 福岡/Fukuoka

2020/02/01 - 2020/11/30

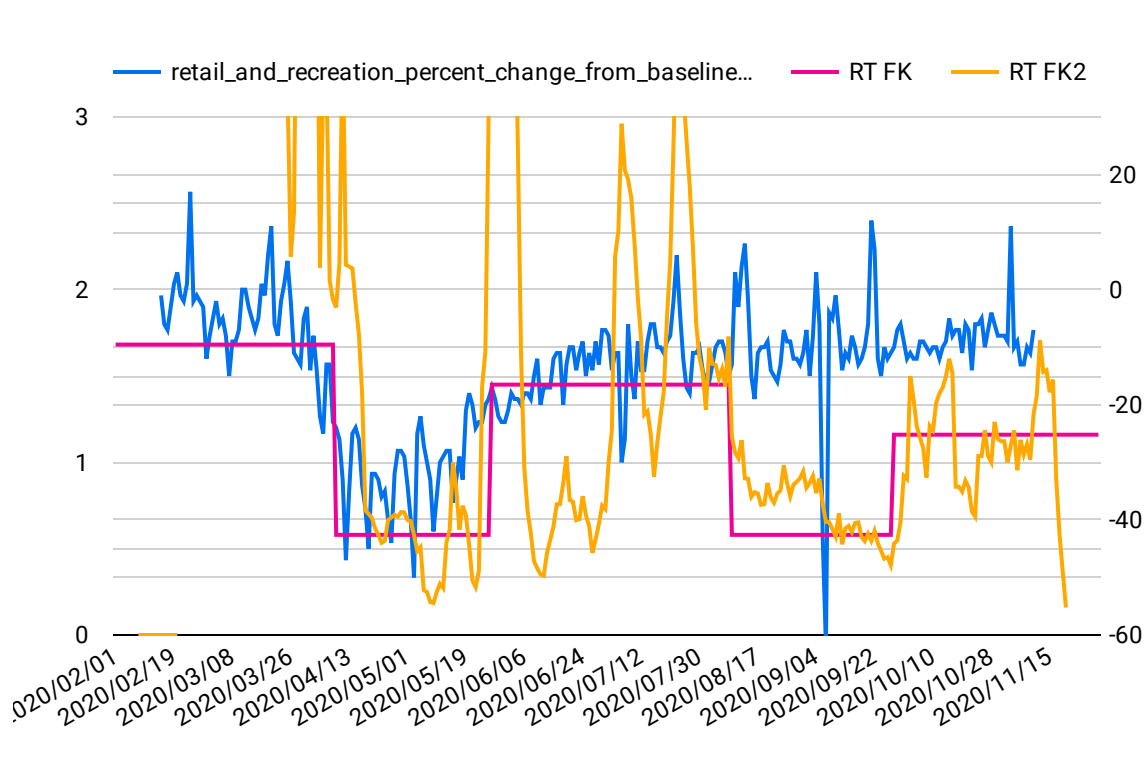
## 日次新規感染者数（福岡） / Daily new cases (Fukuoka)



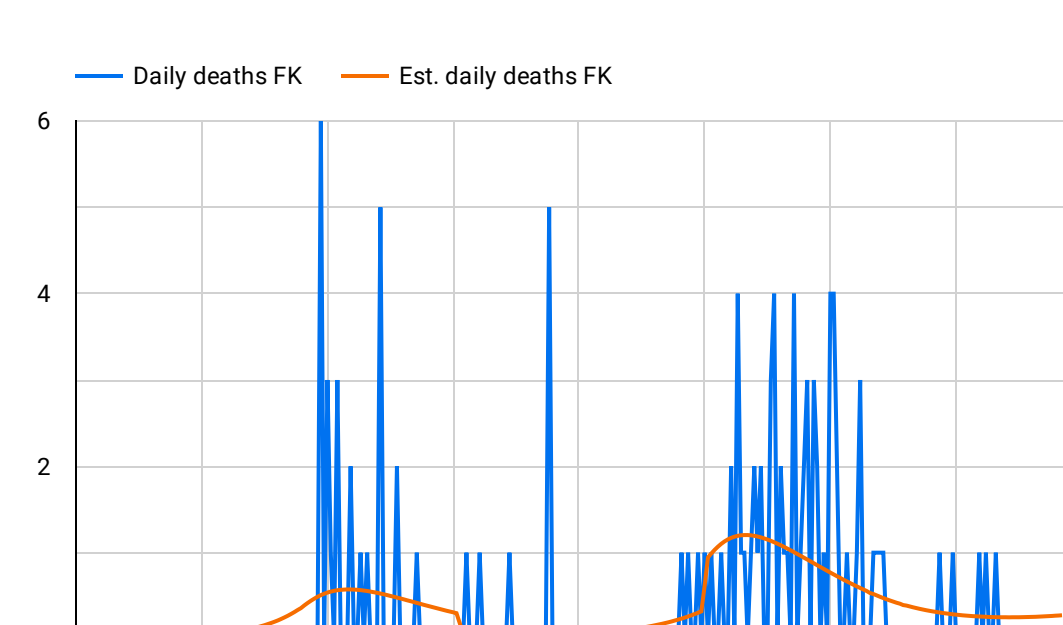
## 日次再生産数とモデル推計再生産数の比較（福岡） / Comparison between daily RT and model estimate RT (Fukuoka)



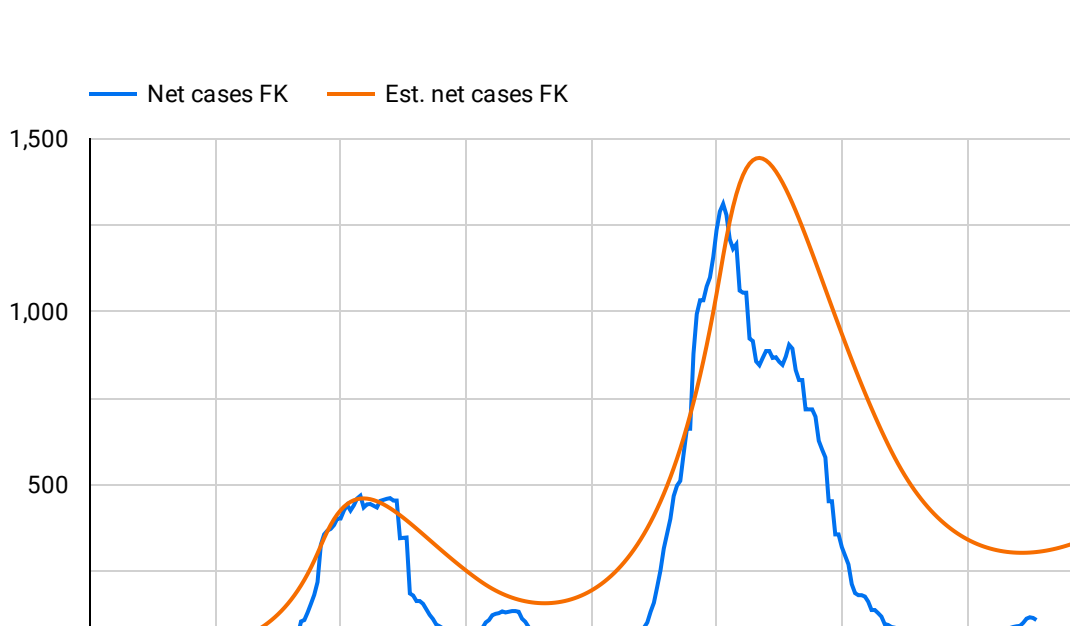
## 再生産数と移動指数の比較（福岡） / Comparison between RT and mobility index (Fukuoka)



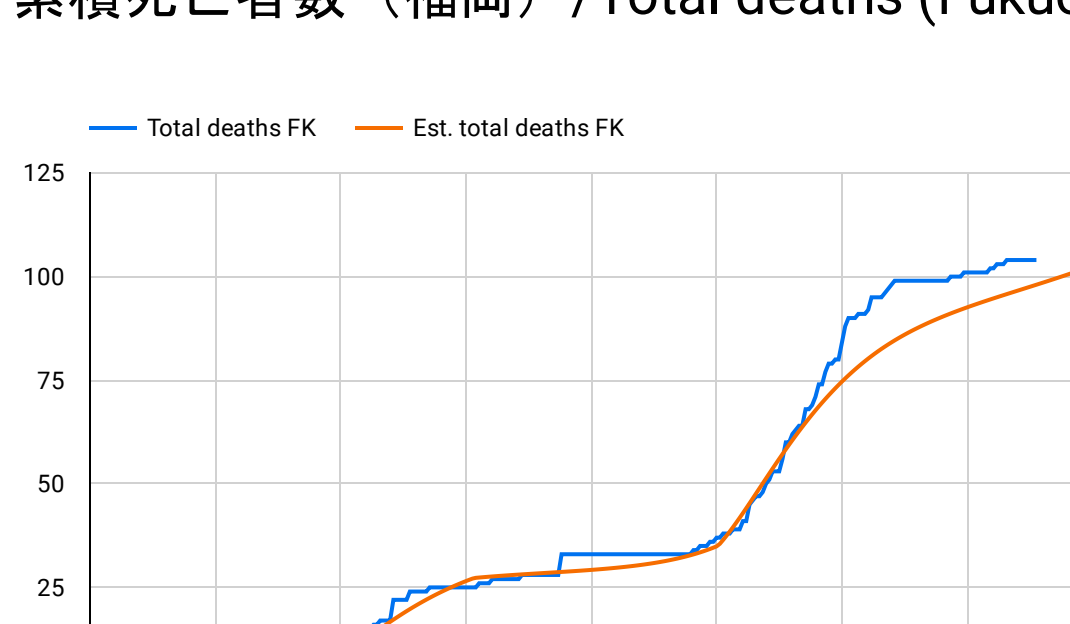
## 日次死亡者数（福岡） / Daily new deaths (Fukuoka)



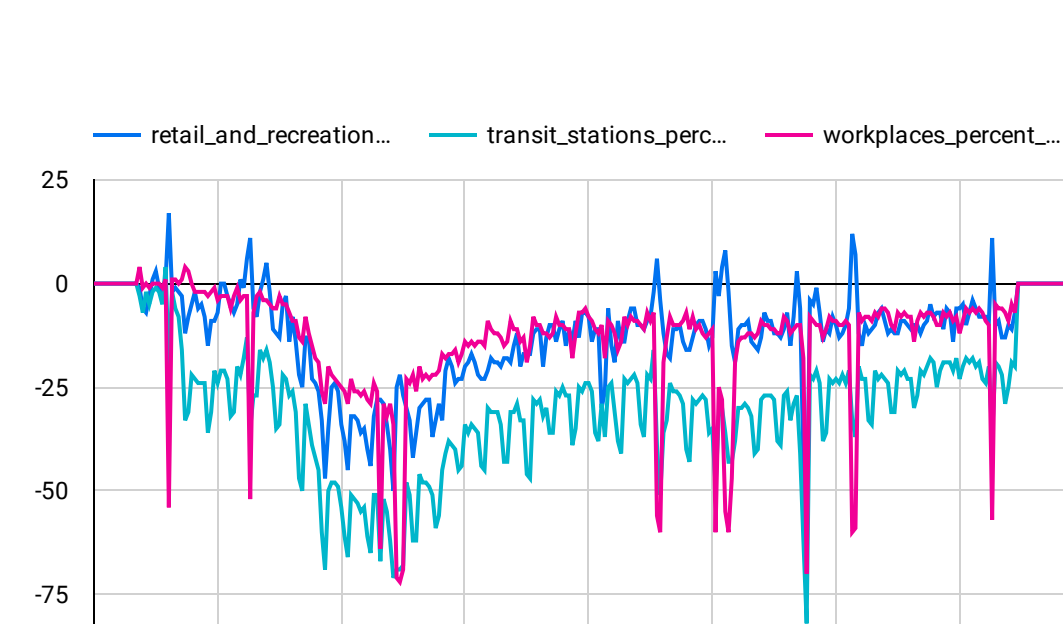
## ネット感染者数（福岡） / Net cases (Fukuoka)



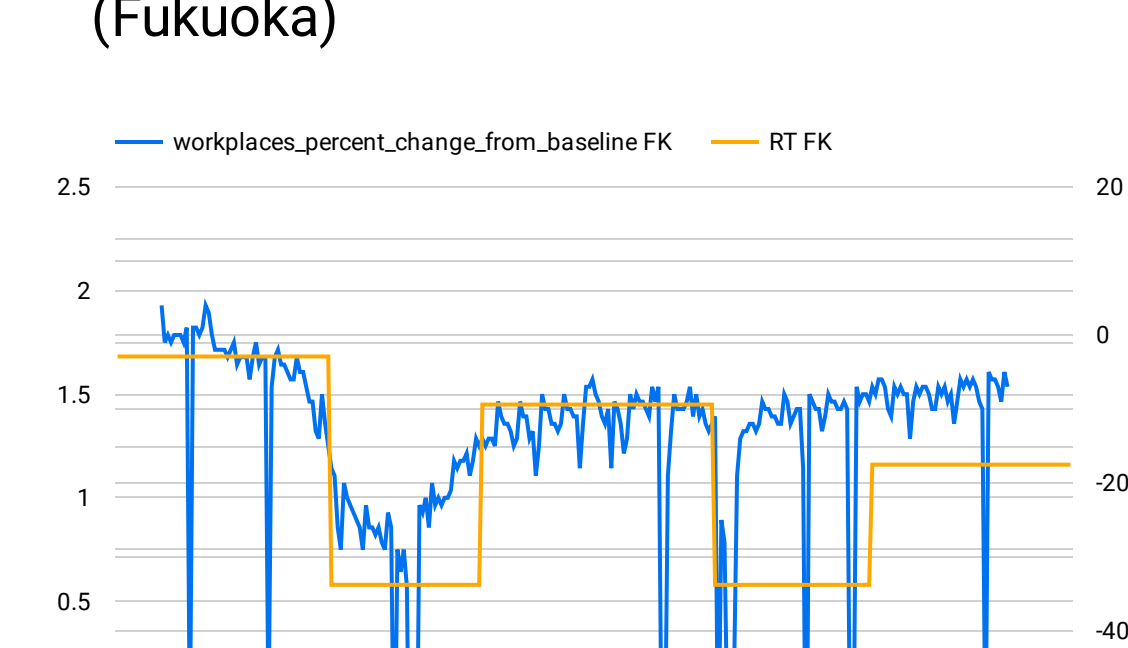
## 累積死亡者数（福岡） / Total deaths (Fukuoka)



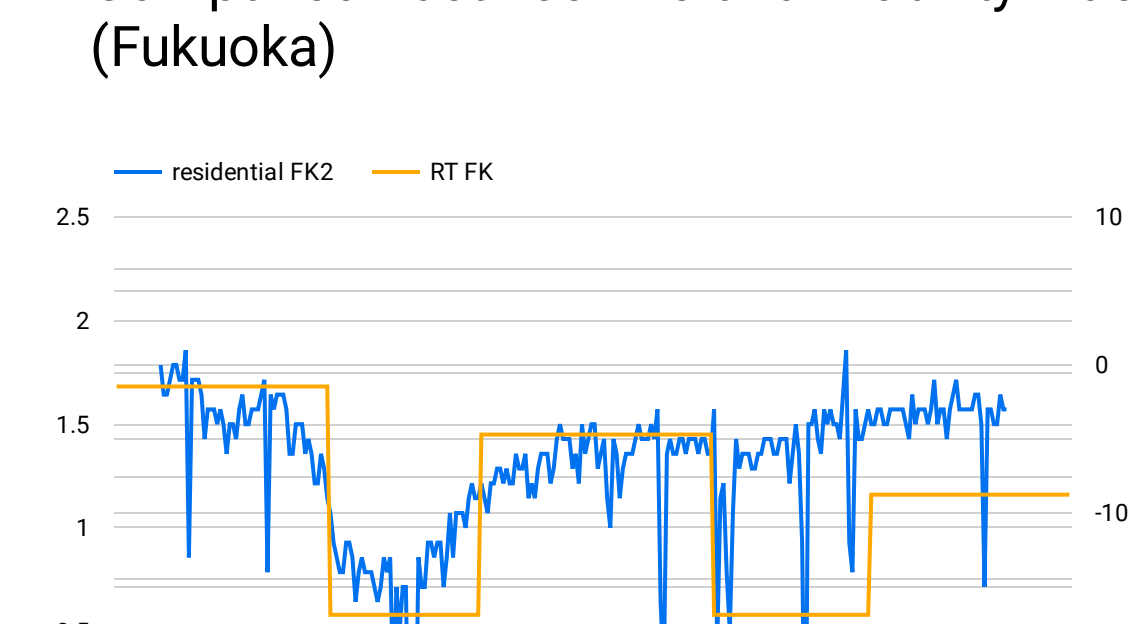
## 異なる移動指数の比較（福岡） / Comparison of various mobility indices (Fukuoka)



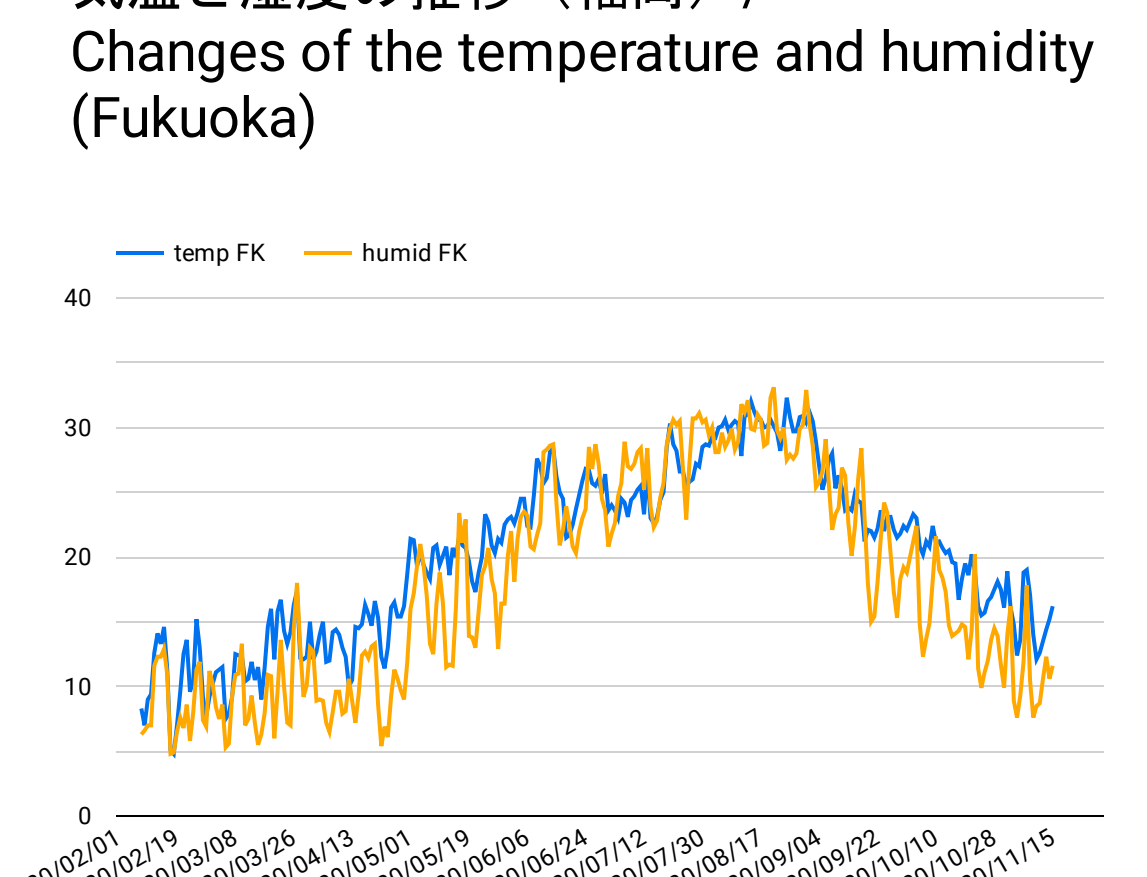
## 再生産数と移動指数の比較（福岡） / Comparison between RT and mobility index (Fukuoka)



## 再生産数と移動指数の比較（福岡） / Comparison between R0 and mobility index (Fukuoka)



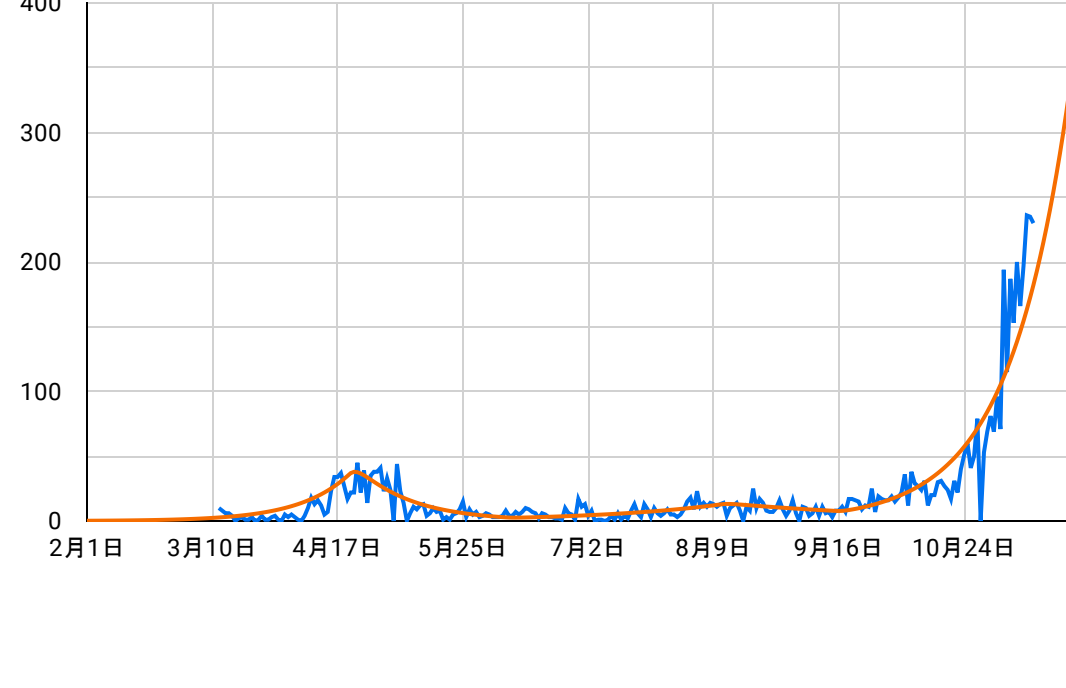
## 気温と湿度の推移（福岡） / Changes of the temperature and humidity (Fukuoka)



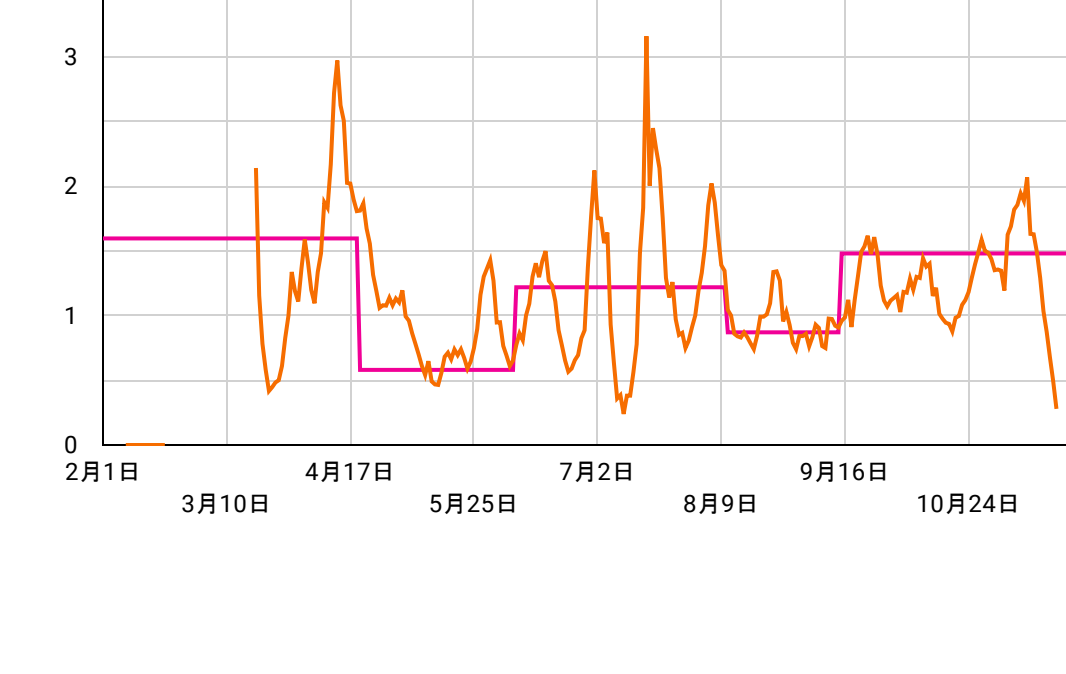
# 北海道/Hokkaido

2020/02/01 - 2020/11/30

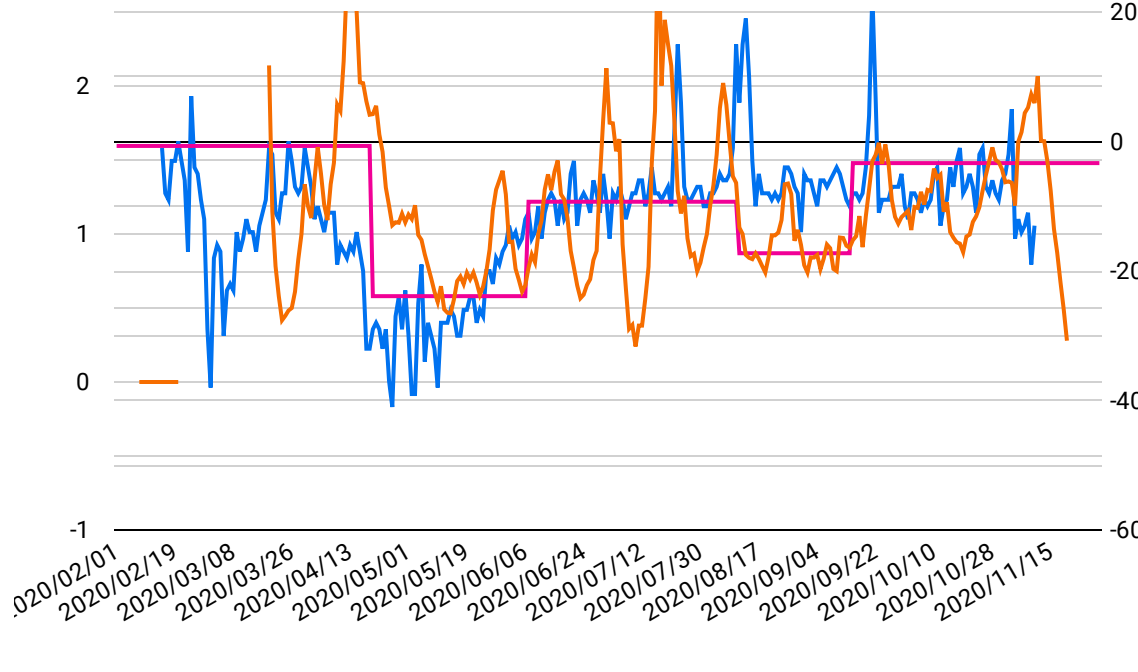
## 日次新規感染者数（北海道） / Daily new cases (Hokkaido)



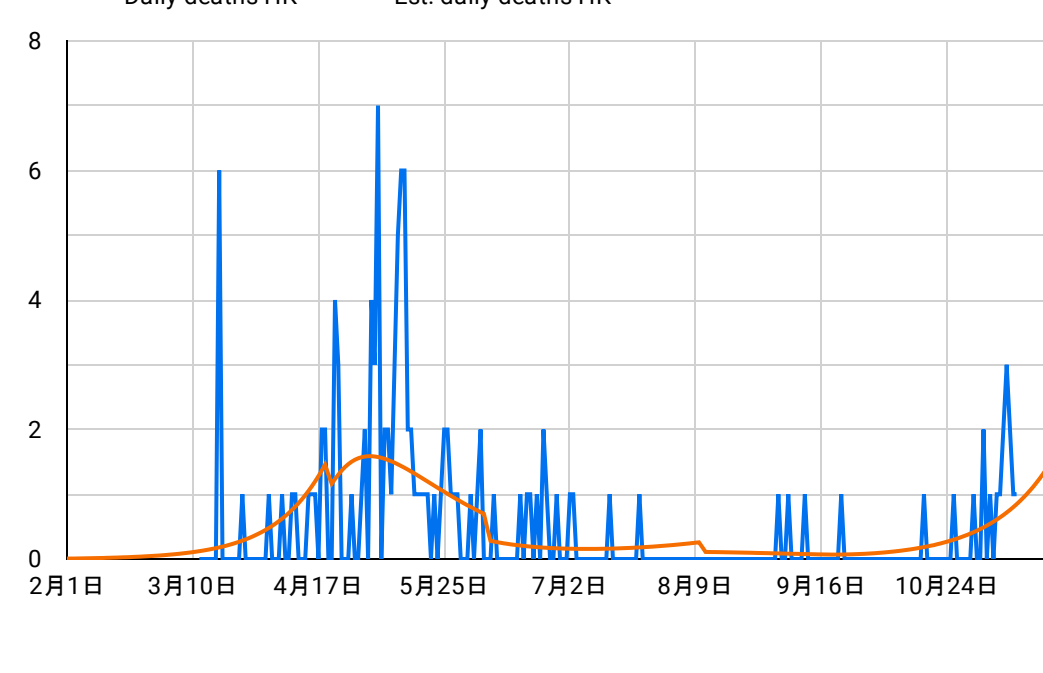
## 日次再生産数とモデル推計再生産数の比較（北海道） / Comparison between daily RT and model estimate RT (Hokkaido)



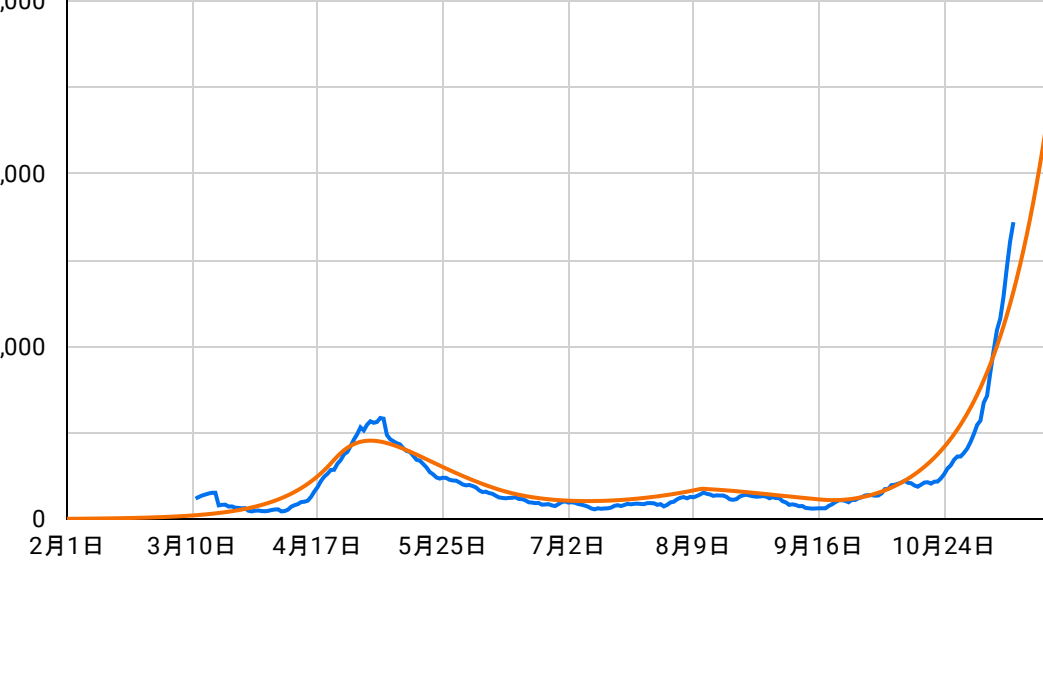
## 再生産数と移動指数の比較（北海道） / Comparison between RT and mobility index (Hokkaido)



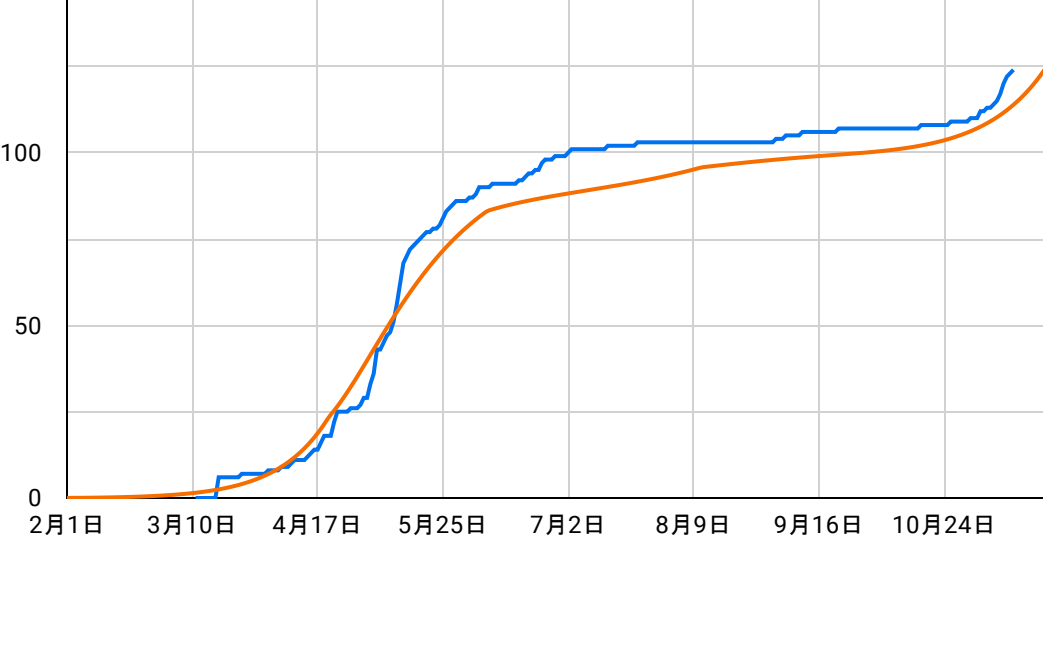
## 日次死亡者数（北海道） / Daily new deaths (Hokkaido)



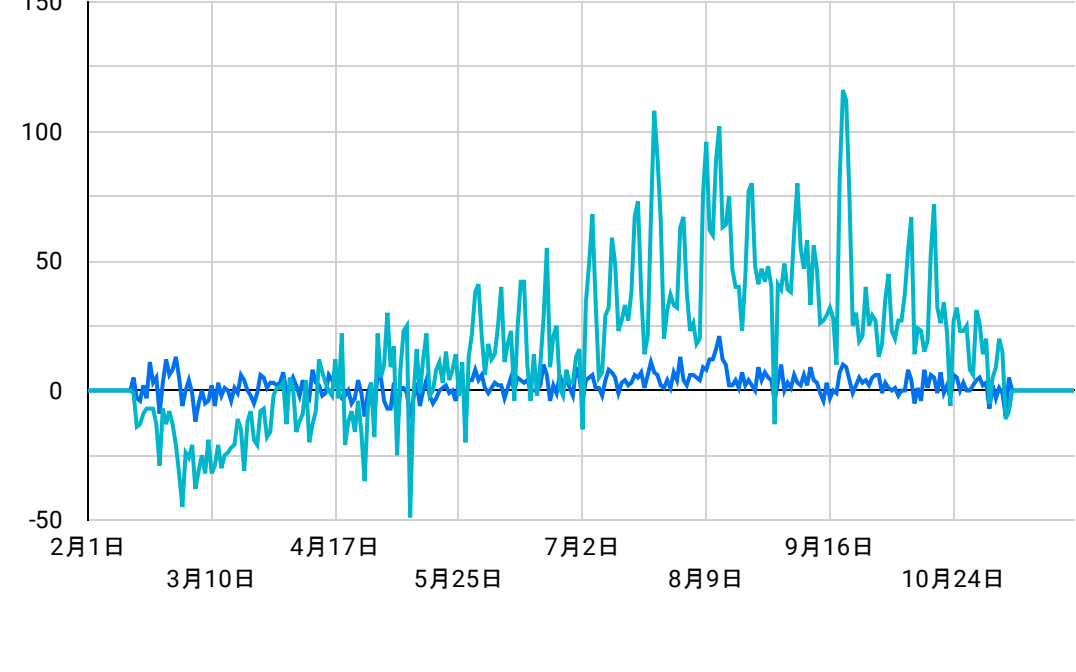
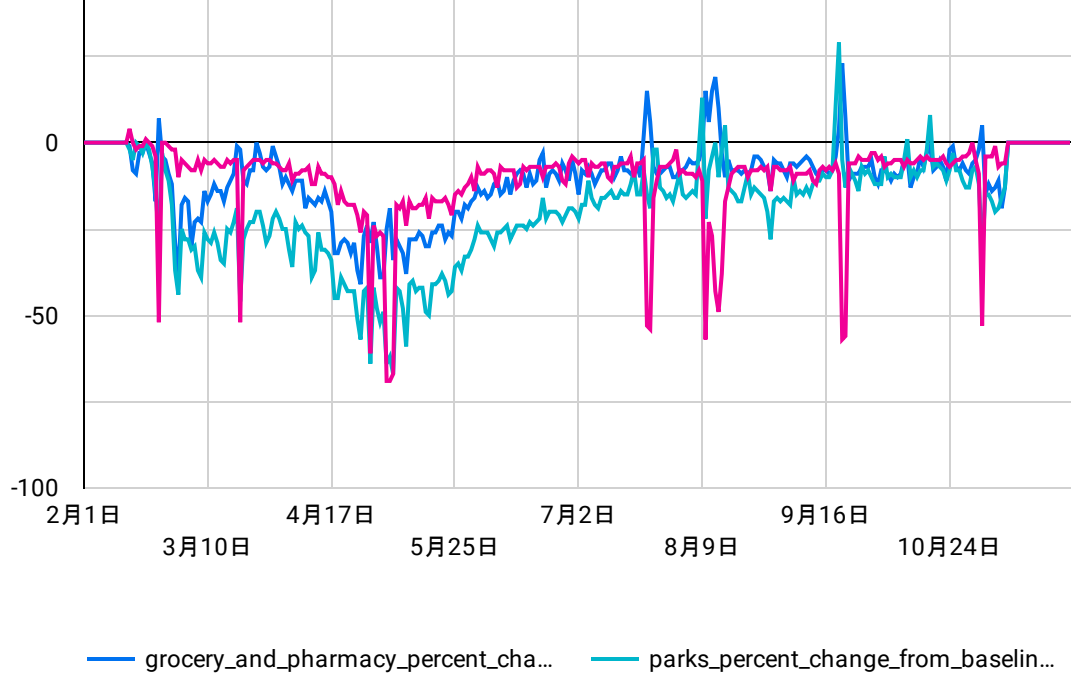
## ネット感染者数（北海道） / Net cases (Hokkaido)



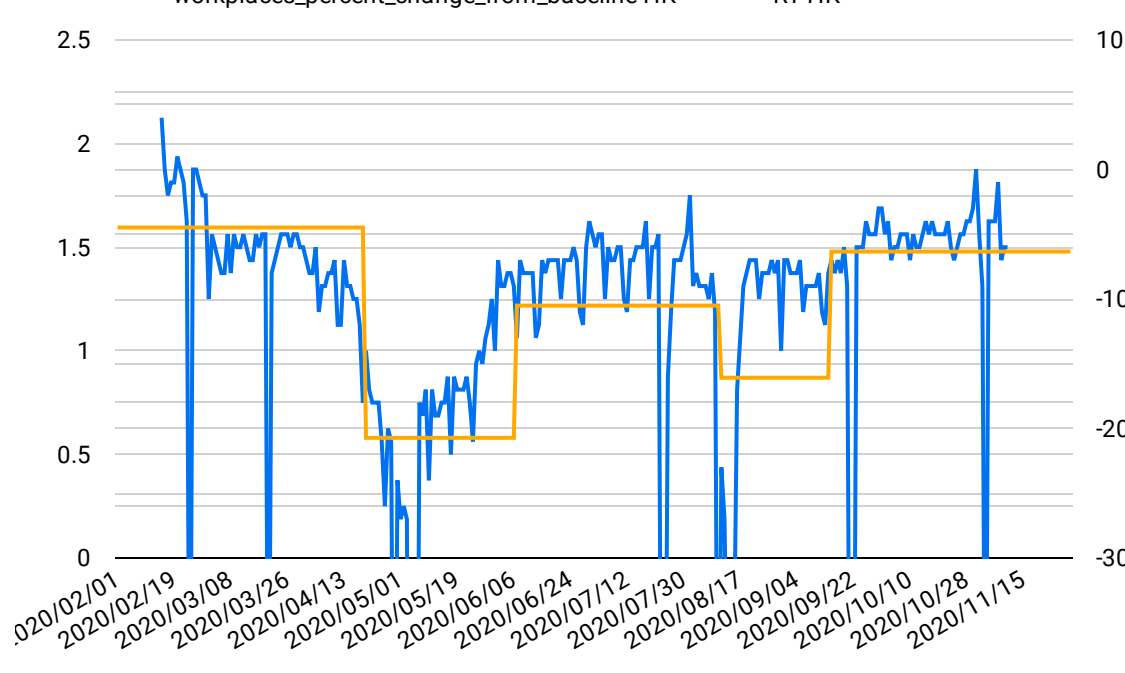
## 累積死亡者数（北海道） / Total deaths (Hokkaido)



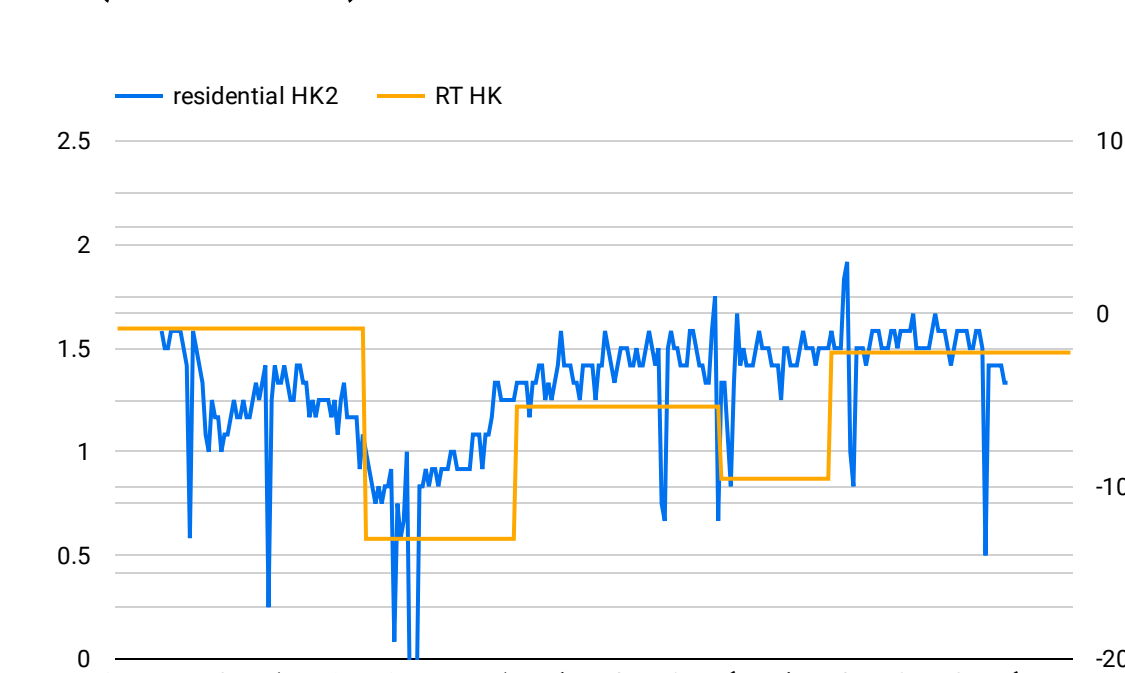
## 異なる移動指数の比較（北海道） / Comparison of various mobility indices (Hokkaido)



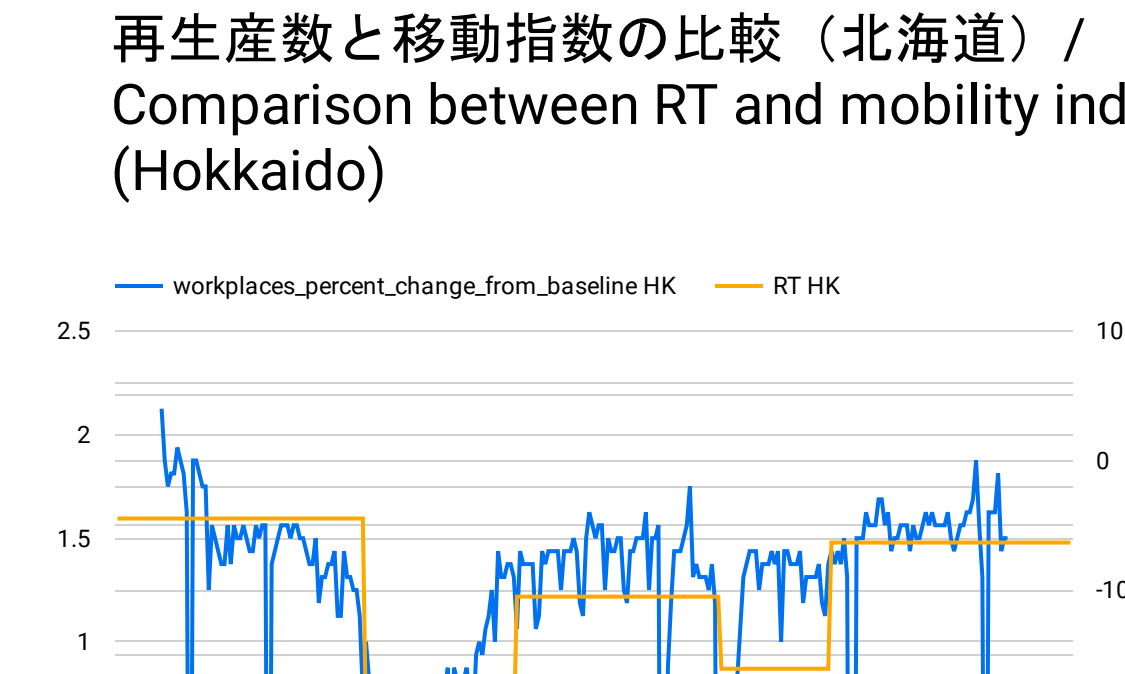
## 再生産数と移動指数の比較（北海道） / Comparison between RT and mobility index (Hokkaido)



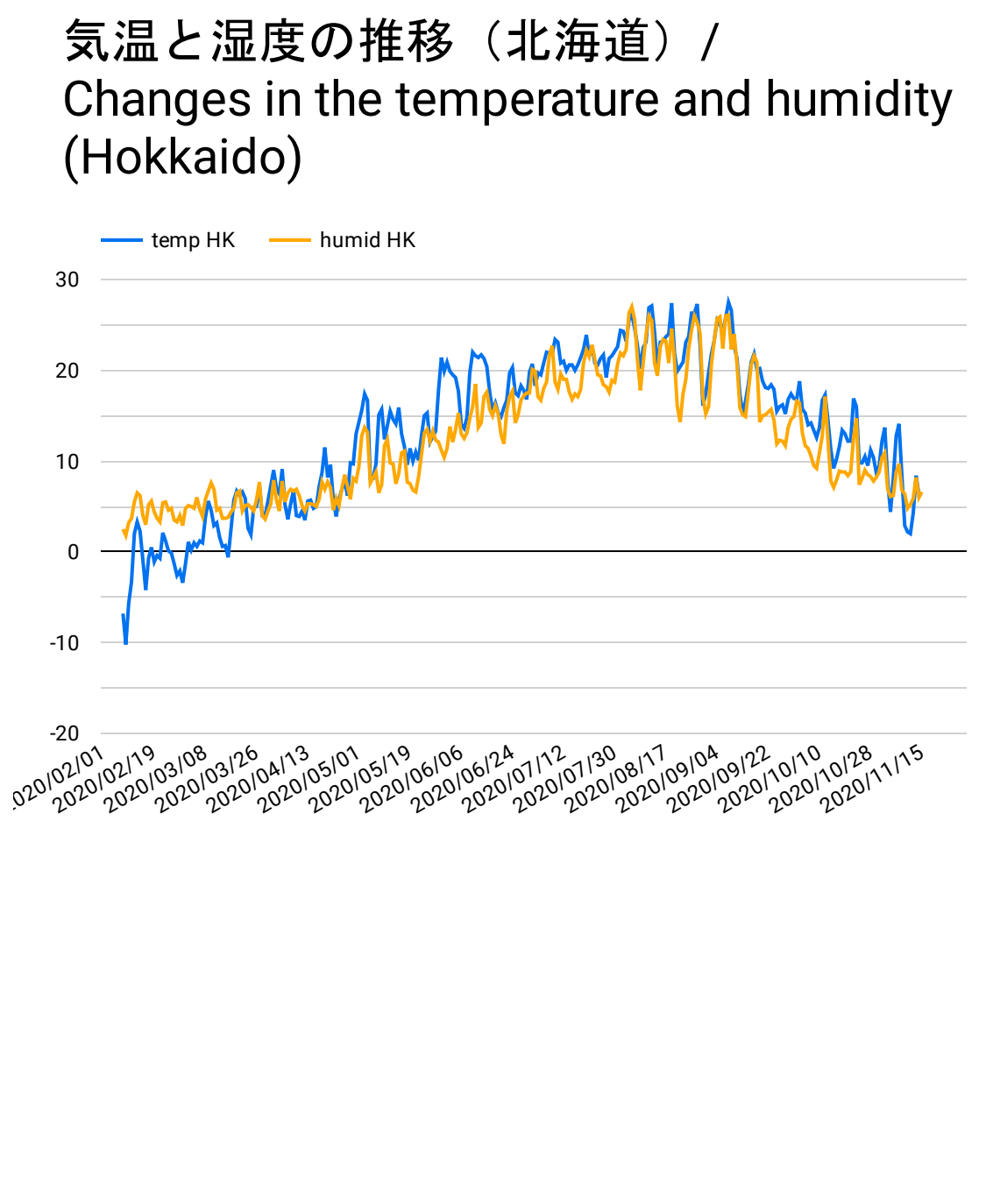
## 再生産数と移動指数の比較（北海道） / Comparison between RT and mobility index (Hokkaido)



## 再生産数と移動指数の比較（北海道） / Comparison between RT and mobility index (Hokkaido)



## 気温と湿度の推移（北海道） / Changes in the temperature and humidity (Hokkaido)



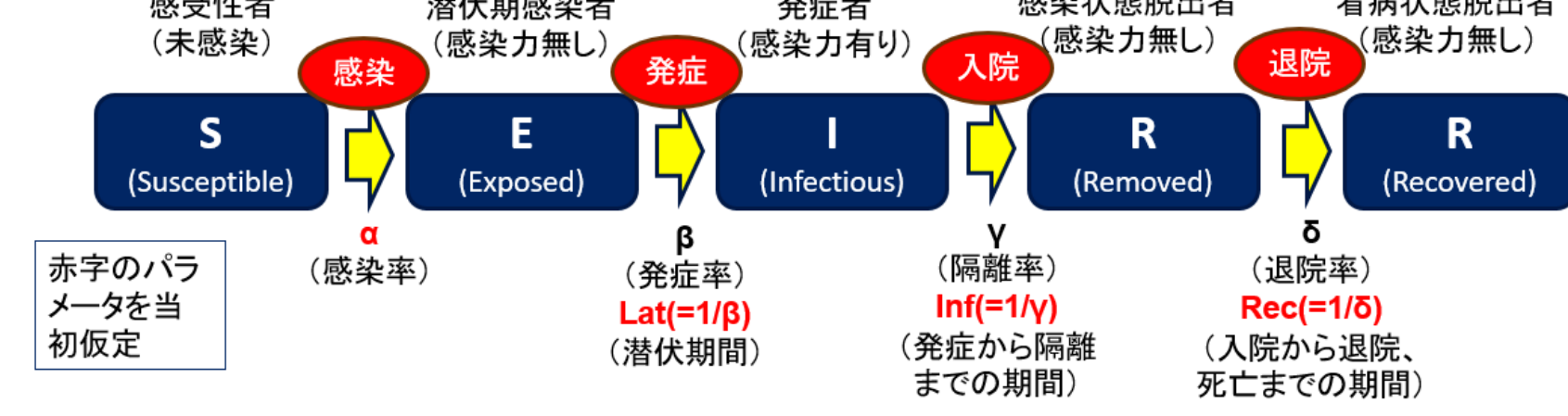
# SEIRRモデル概要/SEIRR model overview

\* English follows Japanese.

## 新型コロナウイルス感染モデル (SEIRR) の概要

(モデルの概要)

SEIRモデルとは、感染症の感染者群が一定の時間を置きながら辿る各状態 (susceptible ⇒ exposed ⇒ infectious ⇒ removed) を遷移するパターンを、一定の感染率や遷移確率等を仮定しながら捉えることで、一定時間経過後の各状態の感染者数が何人いるかを予想するモデル。  
今回構築したSEIRRモデルは、SEIRモデルにさらに、最後の状態としてrecoveredを加え (これにより状態の遷移はsusceptible ⇒ exposed ⇒ infectious ⇒ removed ⇒ recoveredとなる)、removed (隔離、或いは抗体を持つことで、他者への感染が止まる状態、本モデルでは全ての者が一度入院すると仮定) からrecovered (隔離状態からの回復<退院>、或いは死亡する状態) への遷移状況を特定化することで、感染者数や死者数も併せて予想するもの。



具体的には、以下に示した連立常微分方程式を解くことで、変数 (各S、E、I、R、R2状態にある人口) の推移が得られる。

$$\begin{aligned}dS(t)/dt &= -S(t)*\alpha*I(t)/n \\dE(t)/dt &= S(t)*\alpha*I(t)/n - \beta*E(t) \\dI(t)/dt &= \beta*E(t) - \gamma*I(t) \\dR(t)/dt &= \gamma*I(t) - \delta*R(t) \\dR2(t)/dt &= \delta*R(t)\end{aligned}$$

(変数)

- S: 感染する可能性がある人口
- E: 感染した者のうち未発症者の人口 (感染力無し)
- I: 発症者のうち隔離されていない人口 (感染力有り)
- R: 発症者のうち病院等に隔離された人口 (感染力無し)
- R2: 病院等に隔離された者のうち回復、或いは死亡した人口
- n: 全人口

(参考文献) Iwata K, Miyakoshi C. (2020) A Simulation on Potential Secondary Spread of Novel Coronavirus in an Exported Country Using a Stochastic Epidemic SEIR Model. J Clin Med <https://www.preprints.org/manuscript/202002.0179/v1>

(パラメータの設定方法)

推計に際し設定したパラメータは以下のとおり。基本的には、以下のサイトで示された数値等を参考としてつづつ初期値を設定した上で、実際の3つの変数 (累計死者数、1日当り新規感染者数、1日当り死者数) の推移に出来るだけフィットするようパラメータ値を選択。  
通常は、以下のような順序でパラメータを推計。

1. 1日当り新規感染者数の推計値が実数に合致するようにR0水準やその変化/変化タイミングを設定
2. その上で、1日当り死者数の推計値が実数に合致するように致死率水準やその変化/変化タイミングを設定
3. 必要に応じて、累計死者数やネット感染者数の推計値が実数にフィットするようにR0水準や致死率を再調整

比較対象の実績値のうち、1日当り新規感染者数、及び1日当り死者数に関しては、異常値 (統計の期中の改訂により発生) を除いた上で、3日間の移動平均とする。

パラメータの初期値設定に際し参考とした情報が収められたサイトは以下のとおり。

<https://gabgoh.github.io/COVID/index.html>  
基本的なデータは以下のサイトから入手。

(主要国データ)

<https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>

(都道府県データ)

<https://github.com/kaz-ogiwara/covid19>

(各パラメータ設定の具体的な考え方)

**スタート日**: 最初の感染者が発生したと想定する日で、デフォルトは1月22日 (WHOからの各国毎の感染者数が入手可能となる日で武漢閉鎖前の武漢からの春節旅行者が各国に拡散した頃の日) ながら、新規感染者数の動きが推計値とフィットしないケースでは、適宜フィットするようならず。既存推計国中、1月22日からずらしたケースは、中国 (42日前倒し、12月11日)、ドイツ (20日後倒し、2月11日)、英国 (25日後倒し、2月16日)。ドイツや英国では既に想定スタート日以前に感染者は発生しているが、市中感染が開始したのがこの頃と想定。

**感染率 (α)**: この値と以下のInfを乗じたものがR0 (1人の感染者が発症期間中に何人に感染させるか) となることから、R0の初期値を2.2 (したがってαは0.76) とした上で調整

**潜伏期間 (Lat)**: 5.2日で固定

**発症から隔離までの期間 (Inf)**: 2.9日で固定

**入院から退院、死亡までの期間 (Rec)**: 初期値を30日とした上で調整

**致死率**: 初期値を2%とした上で調整

**行動規制を導入するまで日数**: ロックダウンや非常事態宣言等でαが大きく変化したと考えられる日で、最初の感染者が発生したと想定する日からの経過日で表示

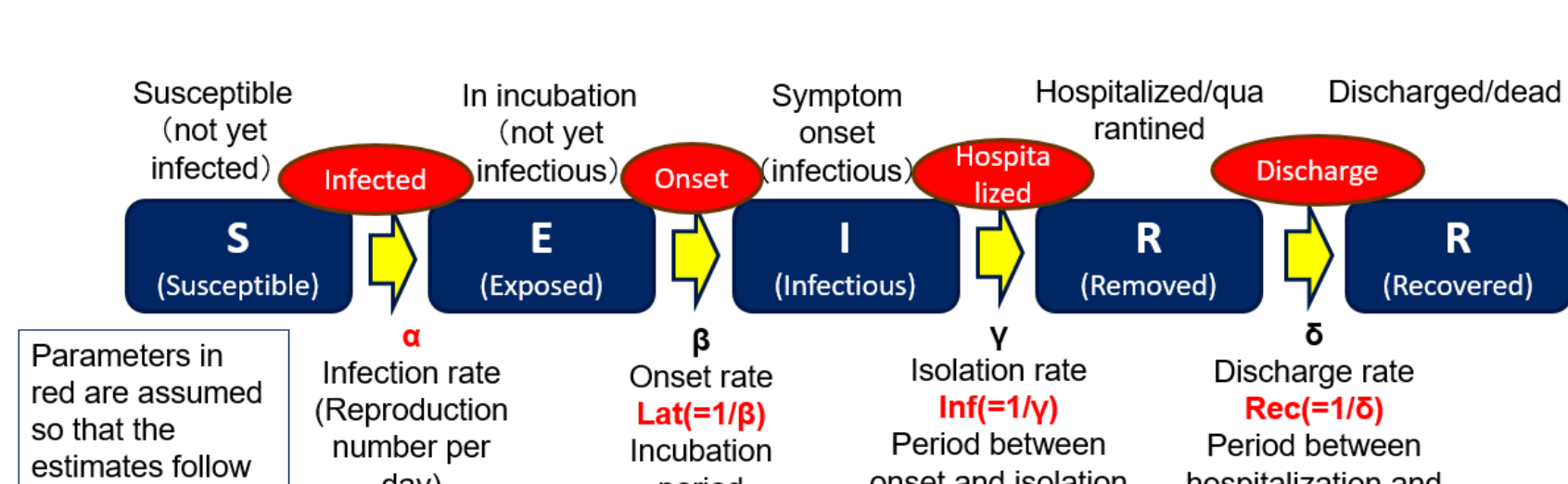
**行動規制後の感染率**: Infを乗じたR0が0.95となる値 (すなわちα=0.33) を初期値とした上で調整

## SEIRR model overview

(Model Overview)

The SEIR model is a widely-used model that predicts the number of people who belongs to the four different transitional states vis-à-vis certain epidemic such as Covid-19, that is 1) susceptible, 2) exposed, 3) infectious and 4) removed, assuming a certain infection rate, transition probability, etc.

The SEIRR model that we developed adds one more state, 5) recovered, as the last one to the SEIR model (this results in a state transition of susceptible ⇒ exposed ⇒ infectious ⇒ removed ⇒ recovered), and thereby identifies the transition from 4) removed to 5) recovered, which enables us to capture the number of current patients (excluding recovered) and deaths as well.



The following simultaneous ordinary differential equations are solved to obtain the transition of variables (Population in each S, E, I, R, R2 state).

$$\begin{aligned}dS(t)/dt &= -S(t)*\alpha*I(t)/n \\dE(t)/dt &= S(t)*\alpha*I(t)/n - \beta*E(t) \\dI(t)/dt &= \beta*E(t) - \gamma*I(t) \\dR(t)/dt &= \gamma*I(t) - \delta*R(t) \\dR2(t)/dt &= \delta*R(t)\end{aligned}$$

(Variables)

- S: Population susceptible to infection
- E: Population infected but not yet facing onset (not yet infectious)
- I: Population onset but not yet isolated (infectious)
- R: Population isolated (not infectious)
- R2: Population discharged from hospitals (not infectious)
- n: Total population

Reference: Iwata K, Miyakoshi C. (2020) A Simulation on Potential Secondary Spread of Novel Coronavirus in an Exported Country Using a Stochastic Epidemic SEIR Model. J Clin Med <https://www.preprints.org/manuscript/202002.0179/v1>

(The methodology to set parameters for SEIRR model)

The parameters set for the estimation are as follows. Basically, an initial value is set referring to the values shown in the following site, and then a parameter value is adjusted so that the estimates of three variables (Cumulative number of deaths, new cases per day, and deaths per day) fits well with their actuals as much as possible.

Parameters are usually adjusted in the following order:

1. Set R0 level and its change/change timing so that the estimated number of new cases per day matches its actual.
2. We then set the mortality rate level and its change/change timing so that the estimated number of deaths per day matches its actual.
3. R0 levels and mortality rates are readjusted as needed to fit actual estimates of cumulative deaths and net cases.

The actual number of new cases per day and of deaths per day shall be calculated as a 3-day moving average so as to exclude outliers often owing to the revision of statistics.

The following sites contain information that was used as a reference when setting the initial values of the parameters.

<https://gabgoh.github.io/COVID/index.html>

All the data used for this analysis is available from:

- Major countries' data

<https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>

- Japanese prefectures data

<https://github.com/kaz-ogiwara/covid19>

(The initial values set for parameters)

**Start date**: The date on which the first patient is assumed to have occurred. The default date is set at January 22 (The date when the number of patients from each country become available from WHO, and the date when the number of new year tourists from Wuhan spread to each country before the closure of Wuhan). If the movement of the number of new cases does not fit the estimated value, the start date should be shifted to the appropriate fit. Of the existing countries, those shifted from January 22 are China (42 days earlier, December 11), Germany (After 20 days, February 11) and the United Kingdom (After 25 days, February 16). In Germany and the United Kingdom, cases had already occurred before the assumed start date, but it was assumed that community acquired infection began around this time.

**Infection rate (α)**: Since R0 (How many people are infected during the period of its onset before isolation) is obtained by multiplying this value by the following (Inf), the initial value of R0 and α are set at 2.2 and 0.76 simultaneously.

**Incubation period (Lat)**: fixed at 5.2 days

**Time from onset to isolation (Inf)**: fixed at 2.9 days

**Time from hospitalization to admission to discharge, or to death (Rec)**: adjusted with an initial value of 30 days

**Mortality rate**: adjusted with initial value of 2%

**Number of days until the government containment measures are introduced**: The day on which α is reduced significantly due to lockdown, state of emergency, etc., and is indicated as the elapsed day from the day on which the first patient is assumed to have occurred (start date).

**Post-intervention infection rate**: adjusted with an initial value of 0.33, or 0.95 of R0 (α x inf < fixed at 2.9 > = R0)



## 連絡先/Contact



大山 剛/ Tsuyoshi Oyama  
プロモントリー・フィナンシャル・ジャパン（日本アイ・  
ビー・エム プロモントリー事業部）  
CEO/マネージング・ディレクター

Tsuyoshi Oyama  
CEO/Managing Director  
Promontory Financial Japan (Promontory department of IBM  
Japan)

Email: [toyama@promontory.com](mailto:toyama@promontory.com)