



No. 191

ティーブレイク
Tea Break

新型コロナウイルス
潜伏期間から見たロックダウン期間の統計学的妥当性
会員 堀 城之

序

ロックダウンとは、首都封鎖であり、市民の外出が自粛される。2020年3月31日現在各国で行われているロックダウンは市民の外出禁止も含まれ戒厳令に近いものである。人と人との接触をなくして感染を防ぐことにより感染者数のピークを低くし、医療システム崩壊を防止する為の措置である。

したがって、長ければ長いほど防疫効果は高い。

しかし、ロックダウンは経済活動を停止させるので長過ぎると経済的損害は大きくなる。

そこで、ロックダウンを行わなければならないことを前提に、疫学的見地と経済的見地との妥協点を統計的に考察した。

1. ロックダウンの必要性

日本の緊急事態宣言は、強制力、罰則が無いので海外におけるロックダウンとは異なる。したがって、日本では、日本人全員が自粛した仮定とする。

	d 日後の感染者数	14 日後
一人感染させて隔離した場合	d	14
毎日一人づつ感染させた場合	2 ^d	16384
毎日 x 人づつ感染させた場合	x ^d	x ¹⁴
ロックダウンした場合	1	1

このようにロックダウンしなければ感染者数は、指数級数的に増加するのであり、それ故、ロックダウンが必要なのである。なお、隔離されていない感染者が a 人とすると、それぞれ a 倍 (a 乗ではない) となる。

2. 潜伏期間

既に感染者であると認定され隔離されている人はロックダウン期間とは無関係である。問題なのは、感染して

いるが症状が出ていない潜伏期間中の感染者である。

潜伏期間ごとの感染者数を確立変数として当該人数が正規分布 (図1) に従うとすると、

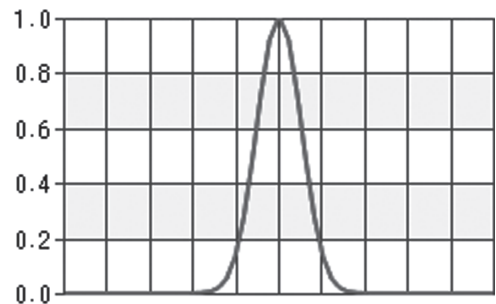


図1 正規分布-N

確率密度関数 N は、

$$N(\mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad \forall \mu, \sigma, x \in \mathbb{R}$$

累積密度 CDF は、

$$CDF = \int_{-\infty}^{n\sigma} N(\mu, \sigma^2) dx = \int_{-\infty}^{n\sigma} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} dx$$

一般的に報道されている数値では $\mu = 7$ 、疫学データが無いので分散 σ^2 は不明である。積分区間を $-\infty \sim n\sigma$ $n: 1, 2, 3$ として計算すると、

n	CFD
1	84.1%
2	97.7%
3	99.8%

分散 σ^2 を 16 とすると、

nσ	潜伏日数
1σ	11 日
2σ	15 日
3σ	19 日

これは何を意味しているかという、例えば、3σ の場合、19 日間ロックダウンすれば、その間に 99.8% の

感染者が潜伏期間を終了し発症しPCR検査等で陽性となり隔離される。残余の0.2%の潜伏感染者は感染の自覚がないままロックダウン後に外出、他人との接触をすることになる。東京都の感染者が1000人とすれば2.8人である。

ロックダウン期間をどの程度にするかは医学的判断ではなく政治的判断である。

3. 感染者数ピークの低減

医療システムの崩壊を防ぐために感染者ピークの低減が重要になる。

ある日の感染者数を確立変数として当該感染者数が正規分布に従うとすると、ロックダウン期間を考慮した確率密度関数は、

$$N(\mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} + \Phi \exp(i\omega x)$$

第2項は、ロックダウンする場合の確率密度として付加したものである（ノーベル経済学賞に係るブラック・ショールズ方程式を筆者が修正した際に導出した修正項）。

累積密度 CDF は、

$$\begin{aligned} CDF &= \int_{-\infty}^{n\sigma} N(\mu, \sigma^2) dx \\ &= \int_{-\infty}^{n\sigma} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} + \Phi \exp(i\omega x) dx \end{aligned}$$

右辺各項は数学的牽連関係がないので独立して積分でき、

$$CFD = \int_{-\infty}^{n\sigma} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} dx + \int_{-\infty}^{n\sigma} \Phi \exp(i\omega x) dx$$

$\Phi \exp(i\omega x) = \text{Re}\{\Phi \exp(i\omega x)\} = \Phi \cos(\omega x)$ とすると

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{n\sigma} \Phi \exp(i\omega x) dx &= \int_{-\infty}^{n\sigma} \text{Re}\{\Phi \exp(i\omega x)\} dx \\ &= \int_{-\infty}^{n\sigma} \Phi \cos \omega x dx = 0 \quad n: 2\mathbb{Z} \end{aligned}$$

となるので累積密度は1の場合と同じである。

第2項について、ベルカーブ（正規分布）のピークが低減されるように ω を定めればよい（図2）。なお、

$\text{Sgn}(\Phi) = -$

$|\Phi|$: ロックダウンの防疫効果から事後的に決定される

ω : ロックダウン周期（政治的判断により決定される）

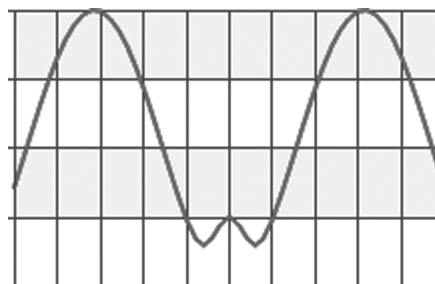


図2 正規分布+ $\Phi \exp(ix)$

巷では、第2波、第3波の到来を恐れているが、第2波、第3波を計画的に励起させ、図3に示す如く、ロックダウンを周期 ω_{opt} （周期最適値）で繰り返すことで感染者数のピークを低減し、医療崩壊を防ぐことができる。

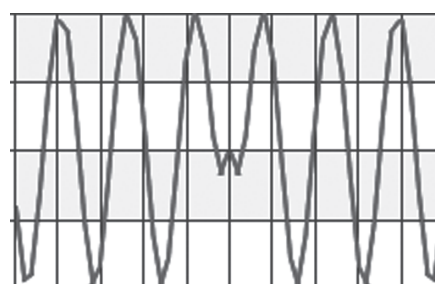


図2 正規分布+ $\exp(ix)$

4. 特許出願件数について

リーマンショックの際には、経済システムの崩壊により企業活動がシュリンクした。その結果、特許出願件数は10%減少し、審査請求件数も同様に10%減となった⁽¹⁾。

今般の新コロナショックでも、知財活動が停滞し、出願件数が減少することも考えられ、我々弁理士、弁護士にとっては問題である。

周期 ω_{opt} により自粛、企業活動を繰り返せば防疫のみならず、知財活動の停滞も防止できるかもしれない。

以上

(注)

(1) 独立行政法人経済産業研究所（RIETI）リーマンショック後の企業の知財活動－特許出願上位企業へのアンケート調査から－久貝 卓 上席研究員

https://www.rieti.go.jp/jp/columns/a01_0290.html