

新型コロナの院内・施設内感染予防対策としての 医療機関・介護施設等のスタッフ対象の定期的 PCR 検査ガイド

—— 経営改善策としての「PCR 検査への投資」について 医療経済学からの提言

2020 年 12 月 22 日

改訂第 5.1 版

<https://www.ric.u-tokyo.ac.jp/topics/2020/ig.html>

本レポートは、個々の医療機関・施設が、適切な院内・施設内感染（特にクラスター）予防対策を検討・準備する上で参照する情報の一つとして利用されることを目的に作成しました。本レポートの内容の利用は、個々の医療機関・施設の責任において行って下さい。

筆者と連絡先

兪 炳匡（ユウ ヘイキョウ）

Byung-Kwang (BK) YOO, MD, MS, PhD (医療経済学)

神奈川県立保健福祉大学 イノベーション政策研究センター 教授（2020 年 4 月より）

米国スタンフォード大学 医療政策センター 非常勤研究員

前米国カリフォルニア大学デービス校医学部公衆衛生学講座 准教授（2020 年 3 月まで）

Email: bk.yoo-7jv@kuhs.ac.jp

個人ブログ（過去の論文一覧と経歴を含む）：<https://www.bkyoo.org/>

略歴

北海道大学医学部卒業後、国立大阪病院で臨床研修。1997 年ハーバード大学より修士号

（医療政策・管理学）、2002 年ジョンス・ホプキンス大学より博士号（PhD, 医療経済学）

取得後、2002-04 年スタンフォード大学医療政策センター研究員（2004 年以降非常勤研究員）、2004-06 年米国・疾病管理予防センター（CDC）エコノミスト。2006-2011 年ニュー

ヨーク州ロチェスター大学医学部公衆衛生学科助教授、2011 年から 2020 年 3 月までカリ

フォルニア大学デービス校医学部公衆衛生学科（終身職；Tenured）准教授として、医療経済学

の研究と教育（大学院生を対象に医療経済学を講義・研究指導）に従事。カリフォルニア州

の医療保険の規制法案に関連する科学的資料を作成し、カリフォルニア州議会に提出する委

員会のメンバーを 2012 年-2016 年に務め、米国 National Institute of Health 研究助成金の研究

計画の審査委員を、医療経済学の専門家として 2017 年-2019 年に務めた。

2020 年 5 月から、神奈川県庁のパンデミックについてのアドバイザーを務める。2020 年

7 月から、在東京米国大使館のコロナ感染分析担当のスタッフにも、コロナ・パンデミック

に関する独自のデータ分析レポートを、定期的に提出している。

2006 年 7 月に「『改革』のための医療経済学」（メディカ出版；「日本経済新聞エコノ

ミストが選ぶ経済・経営書ベスト 20 冊（2006 年）」に選出）を出版。2020 年 11 月に「ポ

ストコロナ期を生きるきみたちへ」（内田樹 編；晶文社）に、「台風とコロナ・パンデミ

ックは同じか?」を寄稿。

要約 (1 ページ)

- 目的
- 検査方針の概要

本文

- I) 本レポート作成の動機
- II) 本レポートの解釈
- III) 本レポートで提案する検査方針の実施前に、貴院・施設で確認すべき情報
 - 表 1. 検査方針の決定と、投資回収率の計算の為に、貴院・施設で確認すべき情報
- IV) 表 2 が示す“投資回収率”の解釈
 - 表 2. 医療機関・介護施設のスタッフを対象にする定期的 PCR 検査の“投資回収率”の推定
 - 表 2 (続き). 医療機関・介護施設のスタッフを対象にする定期的 PCR 検査の“投資回収率”の推定 (検査頻度を 2 倍、3 倍にする場合)
- V) 表 3 が示す“損益分岐点”の解釈
 - 表 3. 医療機関・介護施設のスタッフを対象にする定期的 PCR 検査の投資回収率を 1 以上にする、「PCR 検査後の陽性率の“損益分岐点”」の推定値
- VI) 仮想例：貴院・施設の検査方針の決定と実施過程 (損益分岐点が PCR 検査陽性率 1 % の例)
 - 表 4. 仮想的な“抗体”検査の結果 (過去約 3 か月の感染歴を示す)
 - 表 5. 仮想的な“PCR”検査結果 (現在の感染を示す) に基づく、必要な検査頻度・対象
- VII) 政策提言：医療機関への損失補填の 1 つとして、医療機関スタッフ向けの定期的 PCR 検査への国費支援を用いる政策案
- VIII) 他に考慮すべき点
- IX) Appendix：詳細な推定方法について

文献リスト

注 1) 本レポートの「PCR 検査」は、SARS-CoV-2 (新型コロナウイルス) 核酸検出のための Polymerase Chain Reaction (PCR) 検査を意味します。

注 2) 本レポートは、医療機関を主たる例として用いましたが、介護施設等にも応用可能。

要約 (1 ページ)

目的：

- 本レポートの目的は、院内・施設内感染予防のため、症状の無いスタッフ全員を対象にする、定期的 PCR 検査の実施を提言することです。この定期的 PCR 検査への投資を渋っているうちに、クラスター発生に因り、大幅な経済的損失が出る可能性があります。
 - 12月12日付け西日本新聞で、日本政府の新型コロナウイルス感染症対策分科会メンバーである舘田一博・東邦大医学部教授（感染症学；日本感染症学会理事長；長崎大学医学部卒）は、「患者や全ての医療スタッフを繰り返し検査することの有効性を強調するとともに、高齢者施設でも同じ対策が必要とした」。^a
- 「現在の PCR 検査への投資」と、「近い将来に起こり得るクラスター発生に因る、大幅な経済的損失」を天秤にかけることは、シミュレーション分析で可能。¹シミュレーション分析に基づき、「投資回収率が1以上」の検査方針を実施すれば、貴院・施設に於いて、PCR 検査への投資額以上に、今後の損失額を減額できる可能性が高くなります。
 - 一例として、ある条件下の投資回収率（1.25）の解釈は、100万円支出して定期的 PCR 検査を実施すると、今後1年以内に125万円の損失を、確率的に削減できます。すなわち、定期的検査を実施しない場合に比べて、25万円（=125万円-100万円）の「純益」を、確率的に（期待値として）生むことが可能。¹
 - 具体的な PCR 検査費用、陽性者発見に伴う費用・損失額を基に、個々の医療機関・施設の投資回収率の推定に使えるシミュレーション結果を提示（表2）。
- 医療機関・施設の投資回収率を1以上にする為に必要な、PCR 検査実施後のスタッフ陽性率の最低限の閾値を、「損益分岐点」として提示（表2と表3）。
 - 表2の仮想例では、スタッフの検査陽性率が（損益分岐点である）0.50%以上であれば、投資回収率が1を上回ります。
 - 表2・3で想定した、スタッフの検査陽性率（損益分岐点）の範囲（0.1%~9%）は、世田谷区の社会的検査（平均1.4%、1施設内で最大16%）に比べても妥当。
- これらの投資率と損益分岐点の計算には、文献^{2,3}を参考に私が開発した、医療経済学（シミュレーション）分析モデル¹を用いました。

検査方針の概要：最も基本的な検査方針は3つのステップから構成

- ステップ1：医療機関内の全てのスタッフを、感染リスクの違いを基準にして、少なくとも2つ以上のグループに分類（例、医療系スタッフと事務系スタッフ）。感染リスクは、過去（約3か月程度）のコロナ感染率を、抗体検査を基に、暫定的に決定。
 - 検査に使える予算が限定的である場合、抗体検査を実施せず、最もリスクが高いと「予想される」スタッフ・グループの PCR 検査から、始める事も可能。
 - PCR 検査実施後のスタッフ陽性率さえあれば、投資回収率は計算可能。
 - 現在の関西・首都圏・北海道の感染状況なら、投資回収率が1以上の可能性は高い。
- ステップ2：ステップ1で同定したリスクが最も高いグループ（G1）のみに、全員少なくとも週1回 PCR 検査を実施。継続して毎週、このグループの PCR 検査陽性率を測定。
- ステップ3：ステップ2で測定した、リスクが最も高いグループ（G1）の PCR 検査陽性率が閾値（例、2%）を超えた場合のみ、このステップ3を開始。ステップ3では、追加的に、2番目に高いグループ（G2）全員に、少なくとも週1回は、PCR 検査を実施。
 - ステップ3を継続する条件は2つあり、毎週検討。：(a) 先週の、リスクが最も高いグループ（G1）の PCR 検査陽性率が閾値（例、2%）を超えた場合、または (b) 先週の、リスクが2番目に高いグループ（G2）の PCR 検査陽性率が閾値（例、1%）を超えた場合。閾値の他の例は、本文で表2と表3を用いて詳解。

^a <https://news.yahoo.co.jp/articles/180afbe4db1490f030953103cf176848aedc39ff>

I) 本レポート作成の動機

- 2020年9月中旬以降の感染拡大への、公衆衛生上の対策（社会的PCR検査拡大と隔離）に明らかに失敗した結果、日本各地で感染爆発と医療崩壊の危機が始まりました。^b
- 医療機関を感染から守るのは喫緊の課題ながら、未だに多くの医療機関で、無症状のスタッフ全員を対象にする「定期的PCR検査」が実施されていない事に危機感。
- 定期的PCR検査の**根拠1**：12月12日付け西日本新聞で、日本政府の新型コロナウイルス感染症対策分科会メンバーである舘田一博・東邦大医学部教授（感染症学；日本感染症学会理事長；長崎大学医学部卒）は、「患者や全ての医療スタッフを繰り返し検査することの有効性を強調するとともに、高齢者施設でも同じ対策が必要とした」。^c
- 定期的PCR検査の**根拠2**：来夏（2021年）東京オリンピック・パラリンピックのコロナ対策：選手村で（全員）4、5日間隔で検査（2020年12月2日NHKニュース）。^d
 - 医療機関・介護施設のスタッフは、オリンピック・パラリンピック選手よりも社会にとってエッセンシャルである筈です。
- 定期的PCR検査の**根拠3**：米国ハーバード大学は、大学で週に1度（4時間以上）勤務する教職員に週1回、大学内の寮に住む学生・教職員は週3回の検査を義務付けています。^eこのガイドラインを出している副総長のGarber教授は、医師であり医療経済学の泰斗（私がスタンフォード大学勤務時に直接指導を受けた）。
- 定期的PCR検査の**根拠4**：PCR検査の頻度（毎週1、3、5回）を正当化するための計量的な条件を示す、費用対効果分析も出版されています。^f（この論文の第一筆者のPaltier教授の費用対効果分析の講義を、私は25年前にハーバード大学院で受講。）
- 定期的PCR検査の**根拠5**：東京都世田谷が、2020年10月から区の事業として開始した社会的PCR検査事業は、無症状の介護職員等を対象にしている。12月14日現在で、陽性率は1.4%（検査数3479件のうち陽性者47人）であり、^g本レポートの表2と表3のシミュレーション結果が仮定する陽性率と、投資回収率の現実性は高い。
 - 世田谷区の事業で、1老人施設のみで、無症状の陽性者が15人（職員13人と利用者2人）が発見された例から、^h定期的検査が喫緊の課題である事は明白。

II) 本レポートの解釈

- 本レポートのシミュレーションの仮定が概ね正しければ、提案する検査方針は、今後1年以内に、貴院・施設の収支を改善できます。
- 収支の改善は、“**投資回収率**”として提示可能。投資回収率が1以上であれば、貴院・施設の**定期的PCR検査への投資は、確率的に（期待値として）純益を生みます**。すなわち、PCR検査への投資額以上に、近い将来に起こり得るクラスター発生に因る大幅な経済的損失を、確率的に（期待値として）防止できます。この計算は、無症状のスタッフを発見することに伴う追加的費用も考慮しています。
 - 一例として、ある条件下の投資回収率（1.25）の解釈は、100万円支出して定期的PCR検査を実施すると、今後1年以内に125万円の損失を、確率的に（期待値として）削減できます。すなわち、定期的検査を実施しない場合に比べて、25万円（=125万円-100万円）の純益を、確率的に生むことが可能。ⁱ

^b https://www.bkyoo.org/2020/11/30_1843.html

^c <https://news.yahoo.co.jp/articles/180afbe4db1490f030953103cf176848aedc39ff>

^d <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20201202/k10012743031000.html>

^e <https://www.harvard.edu/coronavirus/testing-tracing>

^f <https://www.city.setagaya.lg.jp/mokuji/fukushi/003/005/006/011/d00188032.html>

^g <https://www.asahi.com/articles/ASNC571JLNCNUTIL02X.html>

III) 本レポートで提案する検査方針の実施前に、貴院・施設で確認すべき情報

- (VI) で詳解する検査方針は、医療機関・施設ごとに異なります。
 - 具体的には、PCR 検査を、特定のスタッフ・グループに実施するか否か、実施する検査の頻度を決定する「基準（閾値）」は、医療機関ごとに異なります。
- 下の表 1 の 3 つの項目 (X, Y, Z) を、貴院・施設で、確認・概算する必要があります。

表 1. 検査方針の決定と、投資回収率の計算の為に、貴院・施設で確認すべき情報

医療機関・施設ごとに異なる費用・損失額の項目	表 2 の基本分析での仮定
(X) 貴院・施設で、実施可能な PCR 検査 1 回の費用	5 千円 ^h
(Y) 定期的検査を実施した故に、スタッフに無症状陽性者を 1 人発見した場合の追加的費用	100 万円 ^{1, 3i}
(Z) 定期的検査を「実施しない」故に、見逃したスタッフ感染者が、院内で感染を拡大させ、スタッフないし患者に症状が出た後で検査を実施し、外来ないし入院施設を閉鎖する場合の、経済的損失額。これは定期的検査により「削減可能な損失額」とも呼びます。	500 万円 ^{1, 3}

- 項目 (X) 貴院・施設で、実施可能な PCR 検査（と代替手段としての抗原検査）の詳細
 - 貴院・施設内に検査機器がある場合と、一部でも外注する場合を区別して計算。
 - 1 日に可能な検査数は？
 - 検査に必要な試薬等を確実に確保できるかも考慮すべきです。
 - 検体採取から結果判明後、職場を離れる事が可能な時間は長時間でしょうか？
 - 私の分析では、72 時間以上かかる場合、感染予防効果は激減するので、外注する意義が極めて小さくなります。¹
- 項目 (Y と Z) 検査陽性者が出た場合の経済的費用・損失の詳細
 - これらの項目の金額は概算で十分です。
 - 投資回収率は、他の多くの因子で決定されます。例えば、上の表 1 の (Y と Z) の絶対額よりも、相対的な比率の方が投資回収率に大きく影響します。また、起こり得るクラスターの規模を厳密に予想することは困難です。従って、(Y, Z) は概算で、高めの値を予想するのが無難です。
 - 項目 (Y) の厳密な計算は、(i) 無症状で検査陽性のスタッフが 10 日間の休職が必要なら、10 日分の給与（例、日給で 2 万円なら計 20 万円）、(ii) 濃厚接触者であるスタッフの休職（例、2 人と「予想・仮定」するなら 40 万円）、(iii) 休職者の穴埋めに必要な他のスタッフの時間外労働の費用（例、(i) と (ii) の合計額なら 60 万円）、(iv) 施設の消毒費用（例、10 万円）、(v) 陽性者が発症した場合の医療費（労災負担）等も考慮する必要があります。

^h 私が参加する研究会で得た、東京大学先端研の児玉龍彦名誉教授からの情報。

ⁱ この表の 100 万円と 500 万円の直接的な根拠となる文献はありません。参考値として、私の論文（文献 1）は、Paltier らの論文（文献 3）の以下の計算を参照しました。Paltier らの研究対象は、医療機関ではなく、大学の対面講義を行うために必要な PCR 検査の頻度です。無症状者全員を対象とする社会的 PCR 検査を実施すれば、大学に於いて感染者を早期発見・隔離することで、トータルで感染者数を減らせます。感染者数を 1 人を減らすために必要な、PCR 検査への投資額の目安（具体的には検査の頻度）を、この研究は計算。この検査頻度は、減らせる感染者 1 人当たりの経済的価値に依存。この経済的価値が約 100 万円か約 500 万円である場合、経済的に正当化できる PCR 検査頻度は、それぞれ、「2 日に 1 回」と「毎日 1 回」と推定しました。これらの頻度の計算には、検査費用（約 2 千円）、実効再生産数等についての追加的な仮定があります。

IV) 表2が示す“投資回収率”の解釈

- 貴院・施設にとって表2のどの行が重要か：先の表1の項目(X, Y, Z)は、表2における(2, 3, 4)列目と同じです。これら(2, 3, 4)列目(PCR検査の費用と損失額)の値が、貴院・施設に最も近い行の投資回収率の推定値のみを参考にしてください。
 - 表2の(3, 4)列目の値の範囲を拡大した分析結果は表3にあります。
- 表2の他の列の説明：
 - 表2の1列目(PCR検査陽性率)の値は、貴院・施設のスタッフを対象にした定期的PCR検査を実施した結果、計測できる値です。すなわち、より正確な投資回収率は、PCR検査実施後に得られます。また、貴院・施設において、毎週PCR検査陽性率が毎週変化することに伴い、投資回収率も毎週変化します。
 - 表2の5列目(有効再生産数)の値は、日ごとに変動します。この値が1以上/1未満であれば、それぞれ感染拡大/収束傾向を示します。
 - 表2の6列目の投資回収率はPCR検査費用のみを考慮し、(VI)の検査方針下のステップ1で1回のみ行う抗体検査の費用を含めていません。
 - 表2の7列目の投資回収率は、ステップ1の抗体検査の費用を含めているため、6列目の投資回収率よりもやや低い。
 - この仮想例では、抗体検査(1人5000円)を300人で行い、その後、1回5000円のPCR検査を1200回行ったと仮定。
 - 留意すべきは、PCR検査の数を増やすほど、全体の費用に占める抗体検査費用の割合は小さくなる事です。その結果、5行目・7列目の投資回収率(0.86)は、同行6列目の回収率(1.00; 損益分岐点)に近づきます。
- “投資回収率”の解釈：表2の(6, 7)列目の投資回収率が1以上であれば、貴院・施設の定期的PCR検査への投資は、確率的に(期待値として)純益を生みます。
 - 例えば、表2の1行目、(7)列目の投資回収率2.22の解釈は、今日から100万円支出して定期的PCR検査を実施すると、1年以内に222万円の費用削減、すなわち122万円(=222万円-100万円)の「純益」を、確率的に生むことが可能。
- 表2が示す“損益分岐点”の解釈：このレポートの読者にとって最も関心が高い、PCR検査への投資が“損益分岐点”を上回るか否かを、(A)基本分析の例で説明します。
 - 5行目、(6)列目の投資回収率が1.00である事の解釈は以下の通り。貴院・施設のPCR検査費用と損失額が、表2中の(2, 3, 4)列目に相当する場合、スタッフの検査陽性率が0.50%以上であれば、投資回収率が1を上回ります。換言すると、損益分岐点は、スタッフの検査陽性率の0.50%になります。
 - 表2の30種類全てのシミュレーション結果(1行目-30行目)は、(6)列目の投資回収率が1.00以上です。この解釈は、貴院・施設のPCR検査費用と損失額が、表2の(2, 3, 4)列目のいずれかに相当する場合、スタッフの検査陽性率が、0.50%以上であれば、投資回収率が1を上回ります。
- 投資回収率に影響を与える因子は3つに分類可能：(a)感染水準(PCR検査陽性率)とその変化率(有効再生産数)、(b)貴院・施設のスタッフ向けの定期的PCR検査の実施に必要な費用、(c)定期的PCR検査の実施により削減可能な損失額。
 - (a)感染水準(PCR検査陽性率)が高い程(表2の1列目)、感染拡大傾向の規模(有効再生産数)が大きい程(5列目)、投資回収率は高くなります。
 - (b)定期的検査の実施に必要なPCR費用が低い程(2列目)、この検査で発見される無症状陽者に伴う費用が低い程(3列目)、投資回収率は高くなります。
 - (c)削減可能な損失額が大きい程(4列目)、投資回収率は高くなります。

表 2. 医療機関・介護施設のスタッフを対象にする定期的 PCR 検査の“投資回収率”の推定

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	PCR 検査 の陽性率*1	PCR 検査 費用*2	無症状陽性者 発見に伴う 費用	削減可能 な損失額 *3	有効 再生産数*4	投資回収 率*5	投資回収 率*6
(A) 基本分析							
1	3%	¥5,000	¥100 万	¥500 万	1.25	2.37	2.22
2	2%	¥5,000	¥100 万	¥500 万	1.25	2.08	1.91
3	1%	¥5,000	¥100 万	¥500 万	1.25	1.53	1.36
4	0.75%	¥5,000	¥100 万	¥500 万	1.25	1.30	1.14
5	0.50%	¥5,000	¥100 万	¥500 万	1.25	1.00	0.86
(B) 基本分析の(2)「PCR 検査費用」を半分に仮定							
6	3%	¥2,500	¥100 万	¥500 万	1.25	2.73	2.54
7	2%	¥2,500	¥100 万	¥500 万	1.25	2.53	2.29
8	1%	¥2,500	¥100 万	¥500 万	1.25	2.08	1.77
9	0.75%	¥2,500	¥100 万	¥500 万	1.25	1.86	1.53
10	0.50%	¥2,500	¥100 万	¥500 万	1.25	1.53	1.21
(C) 基本分析の(4)「削減可能な損失額」を 2 倍に仮定							
11	3%	¥5,000	¥100 万	¥1000 万	1.25	4.73	4.44
12	2%	¥5,000	¥100 万	¥1000 万	1.25	4.17	3.83
13	1%	¥5,000	¥100 万	¥1000 万	1.25	3.07	2.71
14	0.75%	¥5,000	¥100 万	¥1000 万	1.25	2.61	2.27
15	0.50%	¥5,000	¥100 万	¥1000 万	1.25	2.01	1.71
(D) 基本分析の(2)「PCR 検査費用」を半分に、(4)「削減可能な損失額」を 2 倍に仮定							
16	3%	¥2,500	¥100 万	¥1000 万	1.25	5.46	5.07
17	2%	¥2,500	¥100 万	¥1000 万	1.25	5.07	4.57
18	1%	¥2,500	¥100 万	¥1000 万	1.25	4.16	3.53
19	0.75%	¥2,500	¥100 万	¥1000 万	1.25	3.72	3.07
20	0.50%	¥2,500	¥100 万	¥1000 万	1.25	3.06	2.43
(E) 基本分析の(2)「PCR 検査費用」を半分に、(5)「有効再生産数」を高め仮定							
21	3%	¥2,500	¥100 万	¥500 万	1.5	3.28	3.04
22	2%	¥2,500	¥100 万	¥500 万	1.5	3.04	2.74
23	1%	¥2,500	¥100 万	¥500 万	1.5	2.50	2.12
24	0.75%	¥2,500	¥100 万	¥500 万	1.5	2.23	1.84
25	0.50%	¥2,500	¥100 万	¥500 万	1.5	1.84	1.46
(F) 基本分析の(4)「削減可能な損失額」を 2 倍に、(5)「有効再生産数」を高め仮定							
26	3%	¥5,000	¥100 万	¥1000 万	1.5	5.68	5.32
27	2%	¥5,000	¥100 万	¥1000 万	1.5	5.00	4.59
28	1%	¥5,000	¥100 万	¥1000 万	1.5	3.68	3.25
29	0.75%	¥5,000	¥100 万	¥1000 万	1.5	3.13	2.73
30	0.50%	¥5,000	¥100 万	¥1000 万	1.5	2.41	2.06

(*1) 有病率の 75%と仮定；(*2) 1 回の費用、ソフトバンクは既に 2 千円プラス送料で提供。
 (<https://cv-ic.jp/>)；(*3) 診療停止・施設閉鎖に伴う損失額に相当；(*4) 2020 年 12 月 3 日付けの
 Google の大阪の感染者数の予想値（12 月 1 日から 28 日；次のページに URL）を基にした私の概算
 では、週ごとの値は約 1.2 から約 1.6 の範囲；(*5) PCR 検査費用のみ考慮、(*6) 抗体検査費用も追
 加的に考慮。PCR 検査数を増やすと、この 7 列目の投資回収率は、6 列目の投資回収率に近づく。

表2の結果の追加：検査頻度について

- 表2の基本分析では、検査陽性率が2%/3%の場合に、検査頻度をそれぞれ週2回/3回に増やしたても、最悪の場合、追加的に陽性者を発見できません。この最悪の場合でも、投資回収率は依然として1以上である事を下の表2（続き）は示します。従って、この条件下では、週3回まで検査頻度を増やすことを、経済的に正当化できます。もちろん、検査頻度を増やした事で、追加的に陽性者を発見できれば回収率は上がります。

表2（続き）．医療機関・介護施設のスタッフを対象にする定期的PCR検査の“投資回収率”の推定（検査頻度を2倍、3倍にする場合）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	PCR検査の陽性率*1	PCR検査費用*2	無症状陽性者発見に伴う費用	削減可能な損失額*3	有効再生産数*4	投資回収率*5	投資回収率*6
表2の基本分析(A)の(2)「PCR検査費用」を検査陽性率が2%/3%の場合に2倍/3倍に仮定							
31	3%	¥15,000	¥100万	¥500万	1.25	1.04	1.01
32	2%	¥10,000	¥100万	¥500万	1.25	1.54	1.44

V) 表3が示す“損益分岐点”の解釈

- 表3は、表2の3, 4列目（陽性者発見に伴う費用・損失額）の値の範囲を拡大し、貴院・施設に近い値を得易くしました。
 - 上述の様に、陽性者発見に伴う費用、特にクラスター発生時の損失額の規模を厳密に予想することは困難ですので、高めの値を予想するのが無難です。
- 表3の目的は、貴院・施設にとっての「PCR検査への投資」の損益分岐点を、「スタッフのPCR検査陽性率」として示すことです。
- 表3は、2行毎に、(4)列目（削減可能な損失額）の値が変化し、それに伴い(6, 7)列目の投資回収率もするので、2行ごとに1セットとして解釈します。
 - (6, 7)列目の投資回収率の一方が1.00（ないし1をわずかに上回る）です。
 - (6)列目の投資回収率は、(VI)で詳解する検査方針のステップ1の抗体検査を実施せず、ステップ2以降のPCR検査のみを実施する場合の投資回収率です。
 - (7)列目の投資回収率は、ステップ1の抗体検査を実施する場合の投資回収率です。(6)列目に比べ、抗体検査の費用分だけ、回収率はやや低下します。
- 表3の1行目の解釈：貴院・施設的环境が、表3中の2, 3, 4列目（¥2,500、¥20万、¥1000万）に相当する場合、スタッフの検査陽性率が、1.85%以上であれば、投資回収率が1を上回ります。
 - 例) スタッフ100人のPCR検査で2人以上が陽性なら、投資回収率は1より大。
 - この1行目のケースでは、抗体検査を実施しても投資回収率は1以上です。
- 表3の10行目の解釈：貴院・施設的环境が、表3中の2, 3, 4列目（¥2,500、¥20万、1億円）に相当する場合、スタッフの検査陽性率が、0.09%以上であれば、投資回収率が1を上回ります。
 - 例) スタッフ100人のPCR検査を、週1回、合計10回実施して、1人以上が陽性なら、陽性率は0.1%以上で閾値の0.09%を上回り、投資回収率は1より大。
 - この10行目のケースでは、抗体検査を実施しない場合のみ、投資回収率は1以上です。

表 3. 医療機関・介護施設のスタッフを対象にする定期的 PCR 検査の投資回収率を 1 以上に
 する、「PCR 検査後の陽性率の“損益分岐点”」(*1)の推定値

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	PCR 検査の 陽性率の損 益分岐点*1	PCR 検査 費用*2	無症状陽性者 発見に伴う 費用	削減可能な 損失額*3	有効 再生産数*4	投資回 収率*5	投資回 収率*6
(G) (2)「PCR 検査費用」と、(3)「無症状陽性者発見に伴う損失額」を最小に仮定							
1	1.85%	¥2,500	¥20 万	¥1000 万	1.25	1.30	1.00
2	1.24%	¥2,500	¥20 万	¥1000 万	1.25	1.00	0.74
3	0.76%	¥2,500	¥20 万	¥2000 万	1.25	1.39	1.00
4	0.51%	¥2,500	¥20 万	¥2000 万	1.25	1.00	0.71
5	0.48%	¥2,500	¥20 万	¥3000 万	1.25	1.43	1.00
6	0.32%	¥2,500	¥20 万	¥3000 万	1.25	1.00	0.69
7	0.28%	¥2,500	¥20 万	¥5000 万	1.25	1.48	1.02
8	0.19%	¥2,500	¥20 万	¥5000 万	1.25	1.03	0.71
9	0.14%	¥2,500	¥20 万	¥1 億	1.25	1.55	1.05
10	0.09%	¥2,500	¥20 万	¥1 億	1.25	1.01	0.68
(H) (G)に比べ、(2)「PCR 検査費用」を 2 倍に仮定							
11	3.10%	¥5,000	¥20 万	¥1000 万	1.25	1.17	1.01
12	2.50%	¥5,000	¥20 万	¥1000 万	1.25	1.01	0.86
13	1.30%	¥5,000	¥20 万	¥2000 万	1.25	1.23	1.02
14	1.03%	¥5,000	¥20 万	¥2000 万	1.25	1.01	0.84
15	0.80%	¥5,000	¥20 万	¥3000 万	1.25	1.22	1.00
16	0.64%	¥5,000	¥20 万	¥3000 万	1.25	1.00	0.82
17	0.46%	¥5,000	¥20 万	¥5000 万	1.25	1.24	1.01
18	0.37%	¥5,000	¥20 万	¥5000 万	1.25	1.01	0.82
19	0.23%	¥5,000	¥20 万	¥1 億	1.25	1.29	1.04
20	0.18%	¥5,000	¥20 万	¥1 億	1.25	1.01	0.82
(J) (G)に比べ、(3)「無症状陽性者発見に伴う損失額」を 2.5 倍に仮定							
21	5.50%	¥2,500	¥50 万	¥1000 万	1.25	1.08	1.00
22	3.70%	¥2,500	¥50 万	¥1000 万	1.25	1.00	0.90
23	0.31%	¥2,500	¥50 万	¥5000 万	1.25	1.41	1.01
24	0.21%	¥2,500	¥50 万	¥5000 万	1.25	1.03	0.72
25	0.14%	¥2,500	¥50 万	¥1 億	1.25	1.45	1.00
26	0.10%	¥2,500	¥50 万	¥1 億	1.25	1.07	0.73
(K) (G)に比べ、(2)「PCR 検査費用」を 2 倍に、(3)「無症状陽性者発見に伴う損失額」を 2.5 倍に仮定							
27	9.20%	¥5,000	¥50 万	¥1000 万	1.25	1.05	1.00
28	7.40%	¥5,000	¥50 万	¥1000 万	1.25	1.00	0.95
29	0.51%	¥5,000	¥50 万	¥5000 万	1.25	1.21	1.00
30	0.41%	¥5,000	¥50 万	¥5000 万	1.25	1.01	0.83
31	0.24%	¥5,000	¥50 万	¥1 億	1.25	1.26	1.03
32	0.19%	¥5,000	¥50 万	¥1 億	1.25	1.02	0.83

(*1) スタッフの PCR 検査陽性率がこの値以上であれば、投資回収率は 1 以上になります。追加条件は同じ行の 2, 3, 4, 5 列目の値を参照。 ; 陽性率は有病率の 75%と仮定 ; (*2) 1 回の費用、ソフトバンクは既に 2 千円プラス送料で提供。(https://cv-ic.jp/) ; (*3) 診療停止・施設閉鎖に伴う損失額に相当 ; (*4) 2020 年 12 月 3 日付けの Google の大阪の感染者数の予想値 (12 月 1 日から 28 日 ; 次のページに URL) を基にした私の概算では、週ごとの値は約 1.2 から約 1.6 の範囲 ; (*5) PCR 検査費用のみ考慮、(*6) 抗体検査委費用も追加的に考慮。PCR 検査数を増やすと、この 7 列目の投資回収率は、6 列目の投資回収率に近づきます。

VI) 仮想例：貴院・施設の検査方針の決定と実施過程（損益分岐点が PCR 検査陽性率 1% の例）

- 仮に貴院・施設の環境（表 1 の X, Y, Z）が表 3 の 14 行目と同じであると仮定。この場合、投資回収率を 1 以上にする、PCR 検査陽性率の閾値（すなわち損益分岐点）は 1%（厳密には 1.03% ですが、以下では 1% と近似）になります。
- ステップ 1：貴院・施設のスタッフ全員に抗体検査を実施して、過去（約 3 か月程度）のコロナ感染率が、表 4 のように得られたと“仮定”します。
 - 表 4 の解釈：感染リスクは、救急部が最も高く、外来の 2 倍、入院の 3 倍、事務系の 6 倍と解釈できます。今後の院内感染率も、この 2 倍、3 倍、6 倍という比率が一定であると、暫定的に、仮定します。
 - 検査方針の決定に重要なのは、抗体検査の結果の絶対値ではなく、グループ間の比率。従って例えば、表 4 の結果は、3%、1.5%、1%、0.5% でもステップ 2 以降の検査方針は同じ。
 - なお、抗体陽性者は、念のため、PCR 検査も直ちに行うことが望ましい。

表 4. 仮想的な“抗体”検査の結果（過去約 3 か月の感染歴を示す）

	医療系スタッフ			事務系 スタッフ
	救急部	外来	入院	
抗体陽性率	6%	3%	2%	1%

- ステップ 2 と 3：ステップ 1 で同定したリスクが最も高いグループは、救急部。従って、救急部の医療スタッフ全員を対象に、週 1 回の頻度で PCR 検査を始めます。
 - 救急部の PCR 陽性率と、表 4 の比率を基に、他のグループの PCR 陽性率を推定。
 - 例：表 5 の 2 週目で救急部が 2% なら、外来は $2\% \times (3\%/6\%) = 1\%$ と推定。
 - 検査を始めていないグループの推定陽性率が 1% 以上で、翌週から検査を開始。
 - 各グループで陽性率が 2%、3% 以上なら、翌週から頻度をそれぞれ週 2 回、3 回に増やします。
 - 各グループで陽性率が 3%、2%、1% 未満なら、翌週から検査頻度をそれぞれ週 2、1、0 回に減らします。
- 理想的ではないが、PCR 検査能力の不足時のみに、PCR 検査の一部を抗原検査で代替。
 - 代替の対象は、ステップ 2 の検査対象（リスクの高いグループ）の週 2 回目以降のみ、ないしステップ 3 の検査対象（リスクの低いグループ）の順で実施。
 - すなわち、最もリスクの高いグループは、必ず週 1 回は PCR 検査を実施。

表 5. 仮想的な“PCR”検査結果（現在の感染を示す）に基づく、必要な検査頻度・対象

検査 開始後	医療系スタッフ			事務系 スタッフ
	救急部	外来	入院	
1 週目	1% (週 1 回実施)	不要	不要	不要
2 週目	2% (週 1 回実施； 翌週から 2 回必要)	(翌週から 必要)	不要	不要
3 週目	3% と 4% (週 2 回実施； 翌週から 3 回必要)	1.5% (週 1 回)	(翌週から 必要)	不要
4 週目	4%、5% と 6% (週 3 回実施；翌 週も 3 回必要)	2% (週 1 回； 翌週から 2 回)	1.5% (週 1 回)	(翌週から 必要)
5 週目	6%、3% と 2% (週 3 回実施；翌 週から 2 回必要)	2% と 1.5% (週 2 回実施)	1.5% (週 1 回)	1% (週 1 回)
6 週目	2% と 1% (週 2 回実施； 翌週から 1 回必要)	1.5% と 1% (翌週 1 回必要)	1% (週 1 回)	0.5% (週 1 回)
7 週目	0.9% (1% 未満でも必ず毎週実施)	0.7% (翌週不要)	0.5% (翌週不要)	不要

- **表 5 内の数値を貴院・施設用に変更する方法**
 - 別のシナリオとして貴院・施設の環境（表 1 の X, Y, Z）が表 2 の 5 行目と同じである場合、PCR 検査陽性率の閾値（すなわち損益分岐点）は 0.5% です。従って、上の表 5 中の値全てを 0.5 倍すれば、具体的な検査方針になります。
 - 更に別のシナリオで、貴院・施設の環境（表 1 の X, Y, Z）が表 3 の 12 行目と同じである場合、PCR 検査陽性率の閾値（すなわち損益分岐点）は 2.5% です。従って、上の表 5 中の値全てを 2.5 倍すれば、具体的な検査方針になります。

- **検査に使える予算が限定的である場合の代替案**
 - 抗体検査を実施せずに、最もリスクが高いと「予想される」スタッフ・グループの PCR 検査から、始めるのも一案。PCR 検査実施後のスタッフ陽性率を基に、投資回収率は表 2・表 3 から計算可能。
 - 1 グループ内で、PCR 検査陽性率のばらつきが大きい場合、分類の数を増やすことも可能。この結果、陽性率が低くても毎週検査が必要な、最もリスクの高いグループに属するスタッフの数を減らすことが可能になります。但し、統計学的な正確性のため、分類後、1 グループ内で働くスタッフの数は、1 週間で延べ 100 人以上（ないし 1 日平均 33 人以上）必要。

VII) 政策提言：医療機関への損失補填の 1 つとして、医療機関スタッフ向けの定期的 PCR 検査への国費支援を用いる政策案

- 貴院でのスタッフ向けの定期的 PCR 検査が、院内クラスター予防と診療停止・施設閉鎖の予防に効果があることを実証的に示せば、以下の政策提言を強化するエビデンスにもなります。
 - 以下の提言によるの損失補填・給付が実現すれば、表 2・表 3 の投資回収率は劇的に高くなります。その結果、損益分岐点が下がります。すなわち、スタッフの PCR 検査陽性率が低くても、検査実施の正当化がより容易になります。

- （提言 1）本レポートで詳述した、医療機関のスタッフの定期的検査を、時限的に国費で支援すべきです。支援方式は、PCR 検査 1 回につき医療機関が 3 万円支受け取る、「出来高払い（上限は 1 人週 3 回まで）」にすべきです。この実施が容易な、時限的な診療報酬制度下では、3 万円と検査費用の差額が損失補填になります。実施する検査数の多い優良医療機関が、より多くの「損失補填」を受けられるため、社会厚生視点からも望ましいと考えられます。

- （提言 2）更に、医療機関スタッフの定期的検査で、無症状の陽性者が 1 人出る度に、スタッフへの直接給付として 20 万円、医療機関に追加補填として 30 万円以上（より正確なエビデンスを医療機関から出せる筈）を政府が支援すれば、陽性者の発見による追加的費用の懸念が減り、実施する検査数を増やす動機が、医療機関に於いて更に高まる筈です。

VIII) 他に考慮すべき点

- そもそも、2020年12月現在まで、新型コロナウイルス・パンデミックへの、日本政府の対策は、世界標準から大きく逸脱し続けています。一刻も早く、世界標準の、大規模な社会的PCR検査を、医療機関以外のエッセンシャル・ワーカーも含めて定期的を実施すべきです。医療機関だけの定期的PCR検査のみでは、医療機関のキャパシティを超える患者が来る可能性が高いままです。¹
- 市中感染が明らかな拡大期にあれば、貴院・施設のPCR検査の頻度を増やす事は、より早いタイミングでの院内感染の発見と、それに伴う投資回収率の増大を可能にします。
 - 今後の感染拡大の予想で精度が高いのは、米国Googleの都道府県別、日ごとの、今後28日間の「検査陽性者数と死亡者数」の予想です。
<https://datastudio.google.com/u/0/reporting/8224d512-a76e-4d38-91c1-935ba119eb8f/page/ncZpB?s=nXbF2P6La2M>

IX) Appendix : 詳細な推定方法について

私が開発し、早稲田大学現代政治経済研究所のワーキングペーパーとして公表した、経済分析の基本モデル（文献1）¹に比べて、以下の仮定を変更。

- PCR検査は1回のみ行います。
- 有効再生産数は1.25（根拠は表2のFootnote参照）。
- 医療機関の視点からの分析故に、政府が負担する隔離施設のコストはゼロと仮定。
- 投資回収率は、費用便益比と同じ概念です。

文献リスト

1. Yoo BK(兪炳匡), 高木俊, 野口晴子. 新型コロナウイルスの無症状者に対するPCR検査のコスト対便益分析. 2020年;
https://www.waseda.jp/fpse/winpec/assets/uploads/2020/10/J2002-1_version_p6_corrected.pdf, 2020年10月16日.
2. Neilan AM, Losina E, Bangs AC, et al. Clinical Impact, Costs, and Cost-Effectiveness of Expanded SARS-CoV-2 Testing in Massachusetts (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32945845>). *Clin Infect Dis*. 2020.
3. Paltiel AD, Zheng A, Walensky RP. Assessment of SARS-CoV-2 Screening Strategies to Permit the Safe Reopening of College Campuses in the United States (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32735339>). *JAMA Netw Open*. 2020;3(7):e2016818.

¹ 私が参加している研究グループのホームページに掲載：<https://www.ric.u-tokyo.ac.jp/topics/2020/ig-20201025-2.pdf>。この要点は https://www.bkyoo.org/2020/11/11_1642.html