

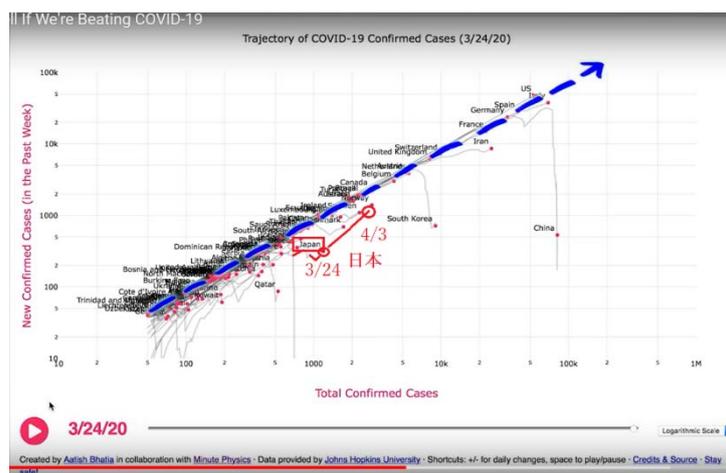
新型コロナウイルス感染拡大 日本の現状確認と頼みの綱の PCR 検査の正確さ

本ブログの要約 (伝えたいこと)

日本の感染者数の急拡大は、コントロール不能のところに近づきつつある
PCR 検査結果は 100%正しいものではなく、擬陽性や偽陰性の判定もある
陽性者数と発症者数をグラフ化すると、直近 7 日あたりで傾きが変わる
そのグラフで 7 日より以前は陽性者の 9 割が発症に至っていることがわかる
そのグラフで 7 日前より現在に近づくに従って、発症者の割合が小さくなる
その原因として無症状であった人もこの期間に発症が進んだものとする
これを示唆するデータとして、毎日新聞「PCR 検査数の推移・新規」がある
毎日新聞のグラフから、直近に近いところで無症状者が多いことが読み取れる
PCR 検査の限界により多くの偽陰性者が通常の生活をする原因となっている
その結果として、経路のたどれない感染も増加してきているものと考えられる
WHO の定義に従えば致死率は 2.5%であるが、実際はこの 4 倍と考えられる

ここ数日、東京都や大阪府での感染者の急増により、休日はもちろんのこと、ウィークデイも不要不急の外出を控えるようにとの要請が出され、今後さらに厳しい感染拡大策が打ち出される可能性もある。

感染拡大防止策に効力がない場合には、感染者数は指数関数的に増えていく。欧米の国々においては今まさにこの指数関数的な感染者数の膨張が起こり、それに伴って、死者の数も急増している。



その様子を示したのが右上の

図である (How To Tell If We're Beating COVID-19 2020/03/27 に公開

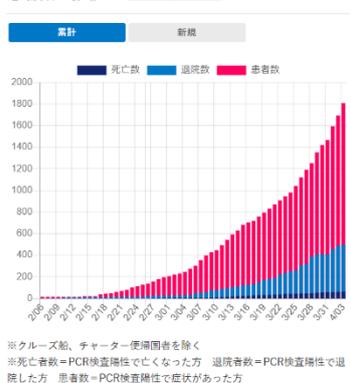
<https://www.youtube.com/watch?v=54XLXg4fYsc&t=221s>)。この図は、横軸に現在までの感染者数の累計、縦軸にここ 1 週間の感染者数の合計がとってあり、ともに対数尺で示され

ている。一般的には、感染者数の増加は横軸に時間、縦軸に感染者数の累計をとると、ほとんどの国で指数関数グラフとなる。感染者数の増加の速い国、遅い国はそれぞれにあるが、指数関数グラフの性質より、新たに発生する感染者数は今までの感染者数の累計に比例するという原理を利用して本図は作成されている。多くの国々を示す点は、感染者数が指数関数的に増加中であるので、図中の青い線上に並ぶことになる。

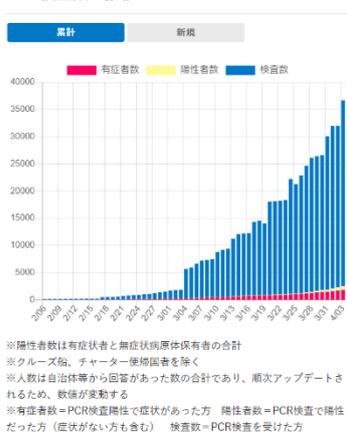
この図を示す YouTube が公開されたのは 3 月 27 日で、データとしては 3 月 24 日時点までが含まれていた。そのグラフに赤字で昨日までの日本のデータを加えた。利用した日本のデータは、「新型コロナウイルス国内感染の状況 毎日新聞 (<https://mainichi.jp/covid19>)」からのもので、このサイトの図には PCR 検査により陽性となった者（陽性者）と、このうちの症状が出ている者（有症者）の数が示されている。前ページの図にプロットするデータとしては陽性者の数を用いた。日本もこの青い線へと近づきつつあるから要注意である。

毎日新聞のサイトに示されているグラフには、感染はしているが症状が出ていない人がいる。そしてその健康な？感染者（黄色で表示されている）の数は日ごとに増加していつている。このデータを基に表と図を作成した。

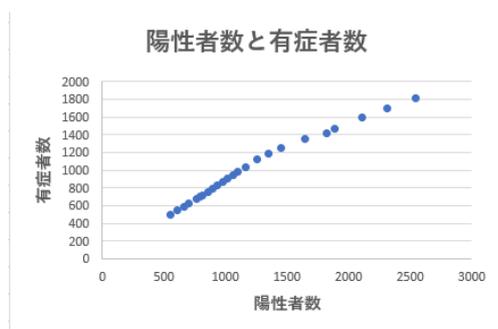
患者数の推移 mainichi.jp/covid19 4月03日 12:00時点



PCR検査数の推移 4月03日 12:00時点



月日	陽性	有症	有症／陽性
3月11日	552	492	0.891
3月12日	604	542	0.897
3月13日	659	591	0.897
3月14日	699	629	0.900
3月15日	762	681	0.894
3月16日	794	702	0.884
3月17日	809	717	0.886
3月18日	853	758	0.889
3月19日	892	794	0.890
3月20日	928	829	0.893
3月21日	981	871	0.888
3月22日	1015	907	0.894
3月23日	1057	944	0.893
3月24日	1095	980	0.895
3月25日	1160	1039	0.896
3月26日	1253	1119	0.893
3月27日	1349	1191	0.883
3月28日	1453	1251	0.861
3月29日	1647	1352	0.821
3月30日	1820	1420	0.780
3月31日	1887	1466	0.777
4月1日	2107	1594	0.757
4月2日	2306	1693	0.734
4月3日	2541	1808	0.712



症状が出ていないが感染している人の数は、次の東洋経済のサイト（都道府県別新型コロナウイルス国内感染者数マップ 東洋経済 <https://toyokeizai.net/sp/visual/tko/covid19/>）にも示されている（右図）。年齢には関係していないように見える。

前ページのグラフ「陽性者数と有症者数」からは、3月28日（今から約7日前）ごろを境に、PCR検査で陽性と判断されるが症状のない人の割合が増加してきていることが読み取れる。なぜこの変化が起こったのか。考えられる理由は、

1. ウイルスの性質が変わり感染しても発症に至る割合が小さくなった。
残念ながらこのような情報はまだない。

2. 感染する年齢層に若者が増えたため発症に至る割合が小さくなった。

東洋経済のサイト（右上図）では、どの年齢層にも発症していない人が同じ程度の割合でいるので、これも考えにくい。

3. PCR検査点数が増え、確定検査の実施まで手が回らなくなってきた。

これは十分に考えられる。PCR検査には以下に引用するように、誤差が付きまとう。

1回目の検査で陽性と出たとしても、多くの擬陽性者が含まれるため、この1回目の陽性者を再度検査（確定検査）して、偽陽性者を除く必要がある。この確認検査を行わなければ、検査結果には偽陽性者が多く紛れ込むことになる。確定検査の未実施が発症を伴わない感染者が増えた原因である可能性も考えられる。

確定検査については Web での検索を行っているが、まだ具体的な情報を得ていない。

一日あたりの検査数が増えることにより、PCR検査の誤差により陽性ではあるが発症していない人の数が増えることはあるだろうか。右の図は毎日新聞からのもので、出所は前ページの図と同じであるが、前ページの図が「累計」であるのに対してこの図は「新規」である。すなわ



PCR検査数の推移 mainichi.jp/covid19 4月03日 12:00時点



※陽性者数は有症者数と無症状病原体保有者の合計
 ※クルーズ船、チャーター便帰国者を除く
 ※人数は自治体等から回答があった数の合計であり、順次アップデートされるため、数値が変動する
 ※有症者数=PCR検査陽性で症状があった方 陽性者数=PCR検査で陽性だった方（症状がない方も含む） 検査数=PCR検査を受けた方

ち、日々の検査結果を示している。ここ何日間は陽性者でありながら発症していない人（黄色で表示）が多く見受けられる。それに対して、それ以前の検査結果では発症している人の割合が高いことが分かる。

以上の結果より、4番目の可能性が示唆される。

4. 検査時点においては陽性を示したが発症はしていなかった。しかし、潜伏期間の約1週間を経て無症状であった人たちの中より、多くが有症へと転じていった。

ここからはPCR検査とはどのようなものであるかを、Webサイトよりの引用を加えつつ考えていく。そのポイントとなるのは、PCR検査の精度であり、100%信頼できる検査法ではないとされている。PCR検査それ自体はかなり正確な判定結果を与えるが、その不確かさの原因となるのは、検査対象である人よりサンプルを取得する時期やその取得の仕方であるといわれている。

以下に、まずはWebサイトからの引用を示す。

新型コロナウイルス感染症との闘い 知っておくべき検査の能力と限界 2月12日

https://www.canon-igs.org/column/macro-economics/20200212_6236.html

検査のサイエンスを正しく理解する必要がある。100%完全な検査は存在しないため、ある程度のエラーが起これ、4つの可能性：①真陽性（「感染あり」で陽性）、②偽陰性（「感染あり」なのに陰性）、③偽陽性（「感染なし」なのに陽性）、④真陰性（「感染なし」で陰性）、が考えられる。①と④の場合は問題ないが、②と③の場合の判定はエラーとなる。そのため、誤りを示すために「偽」と記される。問題は、陽性が出てても真陽性と偽陽性の区別がつかないことだ。陰性の場合も同様に、真陰性と偽陰性の区別がつかない。どんな検査にもこの限界はつきまとう。

新型コロナウイルス検査の場合を考えてみよう。新型のウイルスのため、検査の正確さを示す感度と特異度の信頼できるデータはまだ報告されていない。ここでは感度95%、特異度99.9%と仮定してみよう。

クルーズ船ダイヤモンド・プリンセスのように、対象集団が3千人以上のような場合は、偽陰性や偽陽性となる人の絶対数が問題となってくる。2月10日の時点で、検査を行ったのべ439人のうち135人が陽性であった。この事実から、名目の有病率は31%（ $=135 \div 439$ ）であると算定される。クルーズ船の乗員・乗客の本当の有病率は未知であるため、検査を評価するのに必要な有病率を同レベルの30%としてみよう。全乗客・乗員数3711人から439人は除いて、全員検査の対象は3272人を想定する。

この 3272 人全員に PCR 検査を実施すれば、①真陽性 933 人、②偽陰性 49 人、③2 人（正確には 2.29）人、④真陰性 2288 人になると算定さ

	感染している982人	感染していない2290人
検査で陽性	933人 (a)	2人(b)
検査で陰性	49人(c)	2288人(d)
	感度=a/a+c	特異度=d/b+d

れる。すなわち、陽性適中率は 99.8%、陰性適中率も 97.9%と推計され良好である。しかし、検査対象人数が多いために起こり得る偽陽性や偽陰性の絶対数は、必ずしも無視できないレベルになってしまうのだ。仮に、船内の有病率がさらに悪くて 50%（2 人ひとりが感染）であれば、推計される偽陽性はほぼ同じの 2 人（正確には 1.64 人）であるが、偽陰性は 82 人となり、もっと悪い結果となる。

新型コロナウイルス感染を PCR で判定しても、様々な問題が発生する可能性があります。

五本木クリニック院長 2月19日

https://www.gohongi-clinic.com/k_blog/3873/

ウイルス感染に対する PCR 検査によって陽性、陰性と判定されたとしても、検査には限界があることについて述べてみます。

26 パーセントがウイルス感染している時に感度 95 パーセント、特異度 95 パーセントの検査をしたら

ウイルスに感染している人の割合が 26 パーセント、つまり有病率が 26 パーセントと仮定してみます。この状況で感度 95 パーセント、特異度 95%のウイルス判定検査を 3700 人に行った場合の計算は次のようになります。

- 3700 人のうち有病率 26 パーセントと仮定すると実際にウイルス感染している人は 962 人です。
- ウイルス感染していない人は、3700 人- 962 人=2738 人です。
- 有病率 26 パーセントの感染症に感度 95 パーセントのウイルス検査を 3700 人に行った場合、962 人× 95 パーセント=913.9 人が陽性と判定されます。
- 有病率 26 パーセントの感染症に特異度 95 パーセントのウイルス検査を 3700 人に行った場合、2738 人× 95 パーセント=2601 人が陰性と判定されます。

結果的には 2738 人-2601 人=137 人が本当はウイルス感染していないのに検査結果は陽性、つまり感染していると判定されてしまいます。これが偽陽性です。

また、ウイルス感染しているのに検査結果は陰性、つまり感染していないと判定される人が 48 人でてしまいます。これが偽陰性です。

3700 人中、偽陽性の人が 137 人、

	感染している962人	感染していない2738人
検査で陽性	914人 (a)	137人(b)
検査で陰性	48人(c)	2601人(d)
	感度=a/a+c	特異度=d/b+d

偽陰性の人が 48 人出てしまいます。

※感度：病気である人のうち、検査結果が陽性となる人の割合

※特異度：病気で無い人のうち、検査結果が陰性となる人の割合

※偽陽性：病気で無い人のうち、検査で陽性になること

※偽陰性：病気である人のうち、検査で陰性になること

めちゃくちゃ信頼度が高い検査が存在して、例えば感度を 99 パーセント、特異度を 99 パーセントとして計算しても偽陰性は 9.62 人出てしまいますし、偽陽性は 27.38 人出てしまいます。

検査精度を向上させるため、検査で陽性となった 1051 人 (914 人+137 人) について、有病率を $914/1051=87\%$ として、上の表と同じ条件で確定検査を実施すると、表の結果が得られる。上の表でも 48 人の感染者を偽陰性と判定して、経過観察することなく通常生活に戻す判断をしましたが、続けて行った確定検査においても、また 46 人の偽陰性者を通常生活に戻す結果となった。

確定検査	感染している 914 人	感染していない 137 人
検査で陽性	868 人 (a)	7 人 (b)
検査で陰性	46 人 (c)	130 人 (d)
	感度= $a/a+c$	特異度= $d/b+d$

感度、特異度はいかほどであるのか？ 比較的信頼ができると考えられる値は、次の YouTube によると、感度=0.79、特異度=0.96 である。

【感染症医者解説】新型コロナの PCR 検査/外出/ワクチン

<https://www.youtube.com/watch?v=EPd-LPMxDRs>

感度とは、上の表でも示してきたように、実際に感染している人が検査で陽性と判定される割合 ($a/(a+c)$) です。感度 0.79 は、上の計算例でみてきた 0.95 よりかはるかに小さな値であり、実際に感染しているにもかかわらず多くの人を偽陰性として見逃している可能性があることを示している。

日本国民は 1 億 2600 万人、この内、感染者数とその 0.01% の 1 万 2600 人いるとして、同様の計算をすると、陽性との結果が出た人のほとんどは陰性であるとの結果となる。例えば、特異度を 99% と高い値に設定しても、感染していないにもかかわらず陽性と判定される人 (偽陽性者) が 126 万人にもなる。WHO の言う「検査！検査！検査！」は現実味がないことになる。

今の PCR 検査法に頼っている限り、多くの偽陰性者（実際には感染しているが PCR 検査で陰性であると判定された者）を見逃し、そのことが経路のたどれない感染者数の増加の原因になっているものと推測されます。新型コロナウイルスの封じ込めには人の移動を厳しく抑制することが一番であると考えます。

最後に、致死率に関する考察をする。

4月3日現在、PCR検査で陽性者は2541人、内発症者は1808人、無症状者は733人、この発症者の内より退院したものの489人、死亡したものの63人である。WHOの致死率の定義に従えば、 $63/2541=2.5\%$ となる。ただし、

$$\begin{aligned}\text{WHO 致死率の定義} &= \text{死亡者数} / \text{感染者数} \\ &= \text{死亡者数} / (\text{無症状者数} + \text{入院者数} + \text{退院者数} + \text{死亡者数})\end{aligned}$$

であるから、無症状者と入院者はすべて助かるとの計算となっている。この両者にも現時点での退院者数と死亡者数（ともに累計）の比率で生死が訪れるとすると、

$$\begin{aligned}\text{私独自の致死率の定義} &= \text{死亡者} / (\text{死亡者数} + \text{退院者数}) \\ &= 63 / (63 + 489) = 11.4\% \text{ (WHO 致死率の 4.6 倍)}\end{aligned}$$

仮に、無症状者は全員が助かるとすると、

$$\begin{aligned}\text{私独自の致死率} &= \text{死亡者数} / (\text{無症状者数} + \text{死亡者数} + \text{退院者数}) \\ &= 63 / (733 + 63 + 489) = 4.9\% \text{ (WHO 致死率の 2.0 倍)}\end{aligned}$$

ただし、この無症状者の中に偽陽性者やこれから症状が現れる人が含まれ、従ってこの致死率は4.9%よりも大きな値となると考えられる。

2ページ目に示した「陽性者数と有症者数」のグラフからは、時間の経過とともに陽性者の90%が発症に至ると考えられ（今の場合、無症者として残るのは733人の10%の73人）、このことを考慮すると致死率は、

$$\begin{aligned}\text{私独自の致死率} &= \text{死亡者数} / (\text{無症状者数} + \text{死亡者数} + \text{退院者数}) \\ &= 63 / (73 + 63 + 489) = 10.1\% \text{ (WHO 致死率の 4.0 倍)}\end{aligned}$$

PCR検査結果に擬陽性者が紛れ込んでいると、実質的にはさらにこれよりも若干高い値となってくる。

従って、現時点における新型コロナウイルスによる致死率は約10%強とみておくべきだ。