

新型コロナウイルス肺炎致死率の変動に基づく 医療崩壊の定量分析

Quantitative Analysis of Medical Collapse based on COVID-19 Lethality

伊東 乾*

Ken ITO*

梗概

COVID-19 の世界的蔓延に伴う医療の崩壊が懸念されているが、医療崩壊によって疾病の致死率が上昇することは必ずしも強く認識されていない。2020 年 4 月現在、COVID-19 は先進国を流行の中心とし、医療崩壊の指標として残存ベッド数等が検討される。だが今後、途上国や紛争地域等への蔓延を念頭に置くとき、より一般的な指標の導入が望まれる。本稿では致死率をパラメタとして医療崩壊を数値指標で評価するとともに、社会格差と致死率の相関など問題克服の新たな解析指標を提案する。

Key words : COVID-19, pandemic, medical collapse, mortality, social disparity

*東京大学大学院情報学環 113-0032 東京都文京区本郷 7-3-1

*Interfaculty Initiative in Information Studies, The University of Tokyo

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku 113-0032 Tokyo JAPAN, Mail to: itosec@iii.u-tokyo.ac.jp

1 導入:グローバル COVID-19 致死率

2019 年末から流行が始まった新型コロナウイルス COVID-19 による肺炎が世界的に蔓延している。感染や被害の評価に関しては、様々なデータが公開され、またそれらの信憑性も議論、検討されている。

本稿では大規模な統計による感染者数と死亡者数の比として、致死率 lethality を定義し、それらを用いて医療崩壊や各国におけるその立て直しの実態を検討するとともに、前後に資する議論を展開したい。

Fig.1 として公表されているデータ[1]に基づいて 2020 年 3 月 11 日から 4 月 18 日までの日毎の総感染者数と総死亡者数をプロットしたグラフを示す。

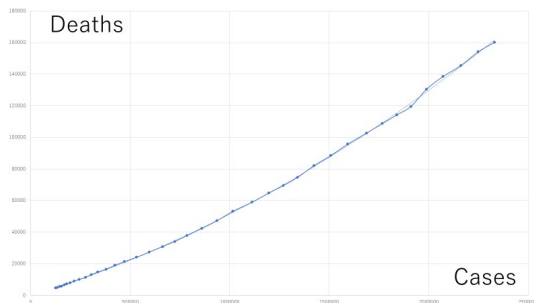


Fig.1 COVID-19 致死率 (\"X-plot\")

本稿ではこの種のプロットを X-plot と呼び、その傾きとして致死率を定義する。Fig.1 全体を回帰直線で近似した傾きは 0.0682 程度であり、平均致死率は 6.82% と考えられる。だがグラフを詳細に検討するなら、プロットは左から右に進むにつれ少しずつ傾きが急になる。そこで 3 月中

旬、下旬、4 月上旬、中旬の値を取り出し、回帰分析すると、致死率には Fig.2 に示すように明確な増加傾向が確認出来る。



Fig.2 致死率の上昇傾向

注意すべき点として、もとのデータの信頼水準が定かでないので、性急な結論は控えるべきと思われる。

そのうえで、致死率の上昇率そのものを線形予測すると、7 月には 20% を超える致死率の可能性も考えられる。

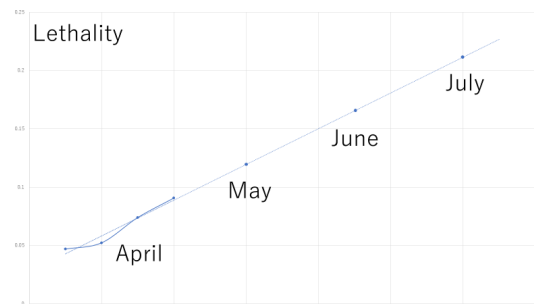


Fig.3 致死率上昇の線形予測

ここでは一般にウイルスの毒性によって決まる「定数」と考えられがちな「致死率」を変数、ないし函数と捉える観点に立つことを強調するにとどめよう。

より詳細な変化を検討したいので、次に同じデータから一日毎に新たに確認された感染者数と死亡者数を算出し、プロットしてみよう。本稿ではこのようなプロットを Y-plot と呼んで区別することにする。

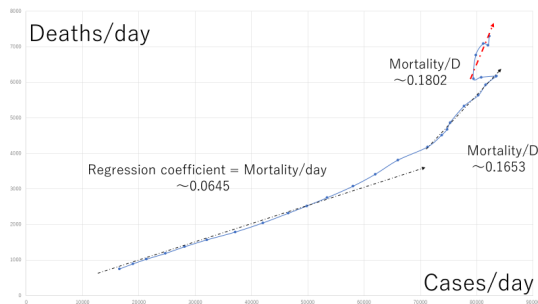


Fig.4 COVID-19 毎日致死率 (“Y-plot”)

Fig.4 の傾きは毎日致死率を示す。回帰直線から傾きを求めると、ここでも3月中の毎日致死率が6.45%程度であるのに足獅子、4月第一週には16%、第二週には18%程度に上昇が確認される。

2 致死率プロットが示す経路の基本的性質

毎日致死率のプロット (“Y-plot”) は様々な経路を示す。以下ではそれらの経路が意味する基本的な性質を確認しておく。

仮に通常の意味での致死率が変化しなければ、毎日致死率も変化せず Y-plot は傾き一定の直線状の経路を示すことになるだろう (Fig.5)。

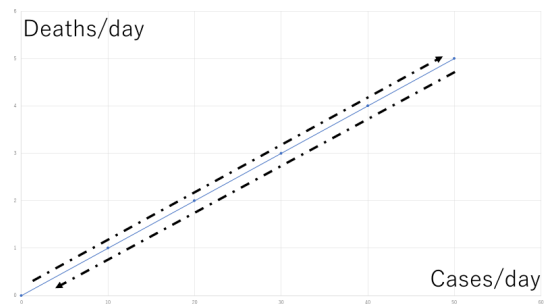


Fig.5 致死率一定時の Y-plot の例.

また、仮に当初の致死率が、伝染の後期に減少しつつ収束する場合には、Y-plot は時計回りの弧を描く (Fig.4)。

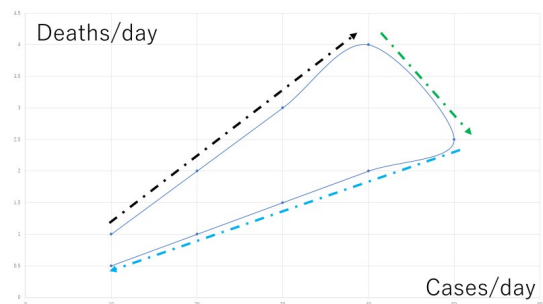


Fig.6 致死率の低下を伴う収束例

さらに、当初の致死率が伝染後期に増加しつつ収束する場合、Y-plot は反時計回りの経路を示すことになる (Fig.7)。

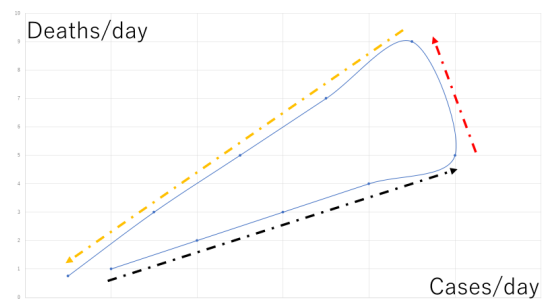


Fig.7 致死率の上昇を伴う収束例

感染者数と死亡者数が複雑に変化すれば、プロットも様々な経路をたどる。とくに両者の増減の位相がずれば、ループ状の経路が観察されることになる(Fig.6)。

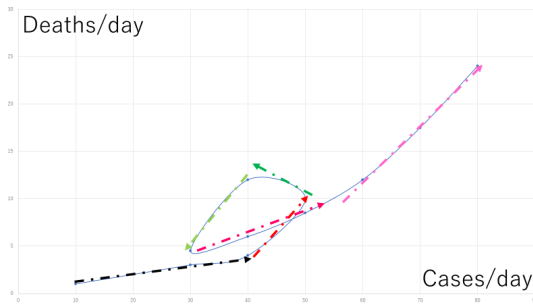


Fig.8 致死率の上昇を伴う収束

Fig.9 として 2020 年 3 月から 4 月にかけてイタリアで確認された毎日感染者数と毎日死亡者の推移を示す[2]。

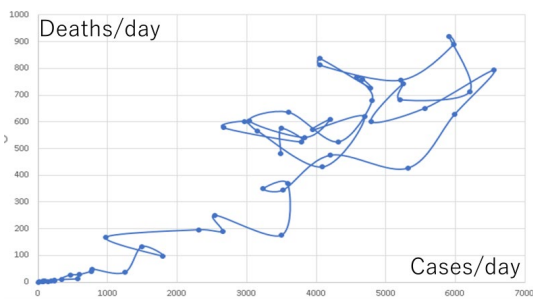


Fig.9 2 3-4 月イタリアでの致死率変動

日毎の激しい変動を反映してプロットは複雑な経路を描く。ここで、データ挙動の大域的な性質を明らかにするため、low-pass filtering のデータ処理を検討しよう。

感染から死亡に至る平均日数が 8 日程度であることから以下の平均値を考える。

第 n 日の感染者数あるいは死亡者数の値を V_n とするとき

$$\langle V_n \rangle = \frac{1}{9} \sum_{k=n-4}^{n+4} V_k$$

として前後 9 日間の平均値をプロットすると、毎日の変動が緩和され、旬日程度の時定数を持つデータの挙動が明示される。

このようなデータ処理を施したうえ、イタリアの 3 月 20 日から 4 月 10 日までの平均感染者数と平均死亡者数は Fig.10 のようになる、

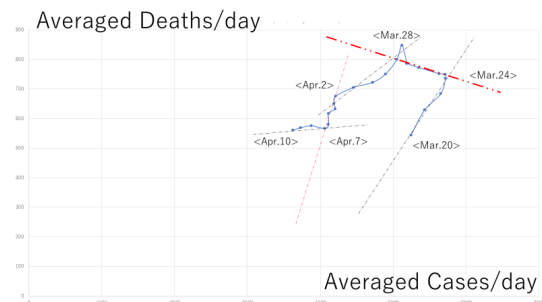


Fig.10 3-4 月イタリアでの平均致死率変動

Fig.9 の複雑な経路は low-pass filtering によって平均化され、明確に勾配の異なる 5 つの時期区分が示される。

第一期は 3 月 20 日から 24 日で、一定の毎日死亡率をもって感染者数、死亡者数ともに増加している

第二期は 3 月 24 日から 28 日にかけてで、感染者数は減少するが死亡者数は増加している。このため見かけ上「負の致死率」が観測され、解釈は吟味を要する。

時間の進行方向を考慮すれば正味の致死率が顕著に上昇することが理解されよう。

続く第三期は3月28日から4月2日にかけてであり、回帰直線は再び右肩上がりに戻って、やや緩やかな勾配で感染者、死亡者ともに減少が確認できる。

第四期は4月2日から7日にかけてで、急速に死亡者数が減少する。

最後の第五期は4月7日から10日で平坦な勾配で感染者は減少するものの、死亡者はほぼ一定に留まり、致死率のはかばかしい減少は見られない。

Low-pass filtering によって中期的な時間幅での致死率の挙動が知れることから、以下ではこれを用いて各国のデータを検討し、おのおの感染対策・医療政策などの異同を確認してみよう。

3 致死率変化から見る各国医療の疲弊破綻

イタリアのケースと同様に、9日平均値で毎日感染者数と毎日死亡者数をプロットして各国の毎日致死率の推移を検討してみよう。期間は後述する中国を除き、3月中旬から4月中旬にかけての値を用いた。

イタリアと類似した感染爆発の経過を辿ったスペインも、イタリア同様、3月末から4月初頭にかけて毎日致死率は反時計回り旋回の挙動を示している。本稿執筆時点では左向きの勾配が平坦で、死者の減少が食い止められない膠着状況が観察される。

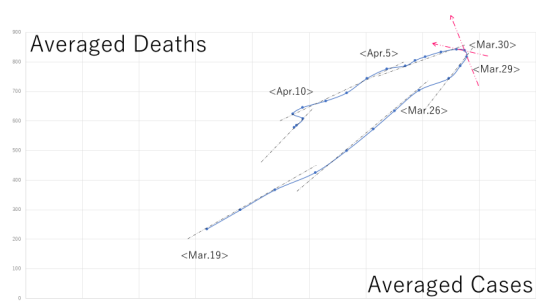


Fig.11 3-4 月スペインの平均致死率変動

これと対照的に、ドイツのケースについて同様にプロットすると、致死率は時計回りの経路を描いて推移している。

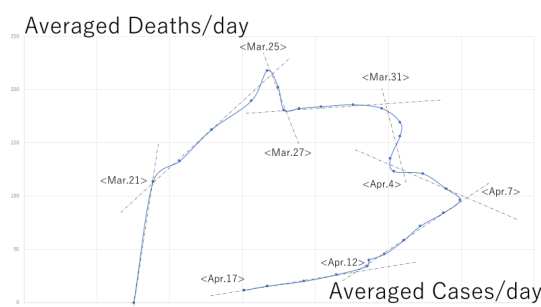


Fig.12 3-4 月ドイツの平均致死率変動

ドイツでは、3月末から4月初旬にかけて、ウイルス流行の抑え込み政策が奏功し、まず死亡者数が顕著に現象、続いて4月初旬以降、感染者数も順調に減少し、少なくともパンデミック第一波は収束方向に向かっていることが確認できる。

致死率は必ずしも医療の拡充、崩壊と正確に対応するものではない。だが固定値ではなく変数として致死率を捉えてプロットすると、状況を反映してグラフは特徴的な経路を描く。

同じ時期の米国全体の致死率の挙動も、ドイツ同様時計回りの旋回を見せている。

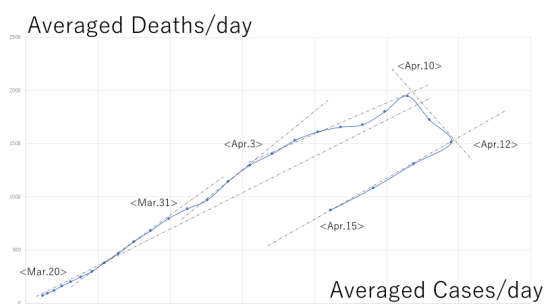


Fig.13 3-4月全米での平均致死率変動

米国全体としては4月上旬後半に対策が大きく動き、少なくとも第一波が収束の方向に向かっていることが確認できる。とりわけ、拡大時と収束時の平均致死率、すなわち勾配が近い値を見せており、米国全体での医療の水準には大きな変化はなく、集中的な取り組みが功を奏した経過が観察される。

だが、同様の解析を米国内の各感染地域に実施すれば、異なる結果が観察されるだろう。本稿執筆時点では信頼に足るデータを確保できなかったため、詳細は続稿に譲りたい。

だが、あるいは同じニューヨーク州内でも、あるいは市内でも、地域ごとの統計によって致死率には変化が観測されて自然であるし、その時期的推移は対策の奏功を反映する可能性があるだろう。

致死率を変数として捉えることで、医療の疲弊、或いは崩壊や拡充とともに、社会経済要因との相関の検討も可能である。ア

マルティア・センはよく知られたベンガル大飢饉の分析で餓死の背後に存在する社会経済、また行政的要因を明らかにした。私たちも、主としてビッグデータ=AI倫理の立場から、致死率変化の背景要因を明らかにし、医療崩壊の再発防止に努めたい。

世界で最初に新型コロナウイルス肺炎が感染爆発した中国についても、同様の解析を実施してみよう。

中国全体としての致死率の挙動は、イタリアやスペインと同様、反時計回りの旋回を示す。中国国内での医療体制が危機的状況を迎えたことが察せられる。

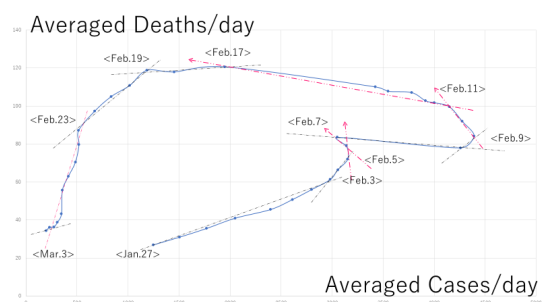


Fig.14 1-3月中国全土での平均致死率変動

中国の場合、プロット上で感染者が減少しても死亡者数の上昇が続き、またそれらが急速に減少している。果たしてこれが正確な感染者数、死亡者数を反映するデータ挙動であるか、判断は困難である。中国での統計の取り方にはいくつかの特徴、問題が指摘されており、継続的な解析が必要と思われる

同時に、これらのプロットは、発表されたデータの妥当性、信憑性を反映する側面をも持つ可能性がある。

公開されている日本のデータから毎日致死率をプロットすると、やや不自然な挙動が観察される。

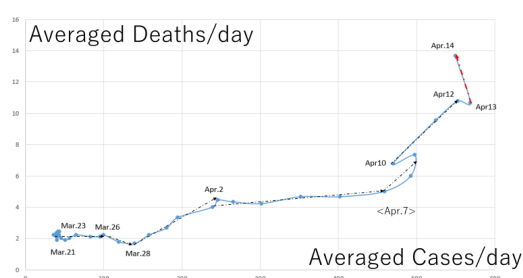


Fig.15 3-4 月 日本全国の平均致死率変動

3 月末から 4 月にかけて勾配が急激に上昇していることから、イタリア、スペイン同様、反時計回りの経路を描きつつある可能性は指摘できるだろう。

4 考察

筑波大学の柳沢正史は、新型コロナウイルス肺炎の罹患者急増にともなう臨床ケアのキャパシティ超過、いわゆる医療崩壊の発生に伴う、致死率上昇に警鐘を鳴らしている[4]。

先進諸国での新型コロナウイルス肺炎医療は集中治療室の利用や人工呼吸器や人工心肺といった高度な生命維持装置を駆使して多くの生命を救ってきた。だが大量の感

染者の発見と病院への搬入は、医療の容量超過、病床数の不足などをもたらす。

同時に、医師や看護師の感染や発症によって医療規模の実質的な縮小、医療水準の低下などが引き起こされつつある。

このような医療の疲弊、ないし崩壊は、従来のケアであれば救うことが出来た生命を失うリスクの増大を招く。これは医療崩壊が致死率を上昇させることを意味する。

致死率は一般にウイルスそのものの毒性に由来すると考えられ、疫学研究で定数として扱われやすい。また、Fig.1 に示すように、感染者数と死亡者数は多くの場合比例関係を示し、その傾きとして定数の致死率を定義するのも妥当と考えられる。

だが、いま抗体治療が確立されていない新型コロナウイルス肺炎に関して、流行の長期化、感染者絶対数の顕著な増加により、多くの医療現場はローカルにも、グローバルにも疲弊している。医師や看護師など医療従事者が新型コロナウイルス肺炎で命を落とすケースも増加している。本稿ではそのような現状を前提に、データをより細かく検討し、致死率そのものが上昇傾向を示していることを確認した。

また、2020 年 4 月時点で新型コロナウイルス肺炎は欧州と米国という先進諸国を流行の中心としている。だが今後、後発国や紛争地域、紛争後地域などに蔓延が広がった場合、人工心肺など先進国では普及している生命維持装置の活用は、質、量ともに望むべくもない。

これらはまた地域による社会的、経済的な格差によっても左右される懸念があり、同じニューヨーク州内でも格差によって致死率に大きな変化が見られる可能性があるだろう。

残余病床数などを基準に医療崩壊を「発生した」「しなかった」と二值的に論じる場合があるが、本稿はその考え方を採用しない。医療機関に掛かる過剰な負担の影響を評価し、疲弊があれば速やかに軽減が望まれるのは言うまでもない。

そこで「医療崩壊が発生すると致死率が上昇する」という柳沢の指摘を「致死率と医療崩壊の進行には相関がある」と捉え、致死率の変化を負うことで、グローバルあるいはローカルな医療の疲弊を定量的に評価し、国や自治体ごとの医療実態を把握、分類し、困難があればその解消の指針となるデータ解析の枠組みを本稿では提案した。

速報としていくつかの実例を示すに留めたが、貧困などの社会格差に起因して、本来なら死ななくて良いはずの命が失われるリスクを可能な限り減殺することが、筆者らの研究グループの本質的な問題意識である。引き続き、さまざまな社会的、経済的要因との相関などの分析を継続し、事態の收拾に資するものとしたい。

建設的にご議論頂いた Christoph, Luetge をはじめとするグローバル AI 倫理コンソーシアムの諸メンバー、柳沢正史教授、中村潤児教授に感謝する。

References

[1]<https://www.worldometers.info/coronavirus/> などオンライン・データを使用した。

[2]<https://www.worldometers.info/coronavirus/country/italy/>

以下、各国のデータも基本的に同一のデータベースの値を使用している。

[3] Sen, A. “Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation” Oxford New York: Clarendon Press Oxford University Press. (1982)

[4] プライヴェートな議論による。