

## ■はじめに

皆さん、お元気ですか！昨年 2020 年 5 月に、オンライン教材で COVID-19 について現在の出雲高校 2 年生 3 年生に学んでいただきました。(https://www.izumo-hs.ed.jp/information/28935)。当時 最初の緊急事態宣言で全国の学校が一斉休校でした。島根県は免れましたが、緊急事態宣言は東京都ではその後 3 回出されました。その後、皆さんの学習を振り返ってのメッセージを私たちは出しました。(https://www.izumo-hs.ed.jp/information/29321)。出雲市や島根県では、COVID-19 の発生がありましたか？患者数はどれくらいで、何%くらいの方が罹りましたか？

(執筆しているのは 2021 年 6 月 24 日です。)来月 7 月 23 日 東京 2020 オリンピック・パラリンピックがキャンセルされなければ開催される予定です。6 月 21 日には IOC・IPC・東京 2020 組織委員会・東京都・国による共同ステートメントが発表され、「7 月 12 日以降、緊急事態宣言またはまん延防止等重点措置が発動された場合の観客の取り扱いについては、無観客も含め当該措置が発動された時の措置内容を踏まえた対応を基本とする」こととなりました。政策としては適切でしたでしょうか？(出雲高校生である)あなたは事後的に、これらの観客に対する取り扱いをどう評価しますか？COVID-19 について現在得られている知見をもとに再度学びましょう。

## ■疫学

現在(2021 年 6 月 24 日)、日本の国内発生は 787,988 人です。人口およそ 1 億 3000 人として、約 0.5%の罹患率です。これは、世界の他の国と比べて多いでしょうか？少ないでしょうか？現在厚生労働省は「新型コロナウイルス感染症情報」-「Visualizing the data: information on COVID-19 infections」をオンラインで公開しています。これは重要な COVID-19 疫学データで構成されています。https://covid19.mhlw.go.jp/en/ (編集者より プルダウンメニューで島根だけの情報も閲覧できます) 日本語サイトデータから わかる「新型コロナウイルス感染症情報」(mhlw.go.jp)。感染者動向(COVID-19 trends)として、新規陽性者数の推移(日別)(Trend in the number of newly confirmed cases (daily))や、人口 10 万人当たり新規陽性者数(Number of newly confirmed cases per 100,000 population) 重症者数の推移(Trends in the number of severe cases)があります。(保健所で実施されているように)各症例を追跡することは 大切です。多くの重症例は、ICU(Intensive Care Unit:集中治療室)のベッドや人工呼吸器などの医療資源を使い果たすリスクがあります。(患者数が)医療能力を超えなくても(地域)医療機能が崩壊します。それは、COVID-19 以前に提供されていた通常の医療サービスが提供できなくなった場合です。日本では医療崩壊を起こさないようにすることが対策の中心になっていました(編集者コメント 患者数 ゼロを目的とはしていませんでした)。

性別・年代別陽性者数(累積)(Number of confirmed cases by sex and age (cumulative))と、性別・年代別死亡者数(累積)(Deaths by sex and age (cumulative))がありますので、注目してみましょう。(編集者 より あなたの年齢層(10 代)は、全体の中で陽性者数は多いですか？重症者数は

多いですか？陽性者数はとても少ないことがわかりますし、重症者数は0人であることがわかります。島根県あるいは他の県はどうですか？)

変異株が出現する前は、20歳未満の患者はごくわずかでした。それらのほとんどは、感染していても無症候性でした。最近の調査では、重症例はありませんがデルタ株は元の株よりも若い世代に高い頻度で感染する可能性があることが報告されているものもあります。デルタ株が他の株を支配する場合、私たちは年齢構成の変化を確認する必要があります。

## ■疫学曲線

(編集者コメント 日ごとの新規発症者の人数のグラフ。保健所ではこの疫学曲線を作成して対策を施しています。)

昨年疫学曲線(発症日ごとの患者者数の動向)が重要であることを学びました。しかしながら、メディアで流れている情報は日々の新規感染者と呼ばれています。(テレビで今日のPCR陽性者は●●●名です)と しているものです。これは疫学曲線ではありません。) 厚生労働省は <https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/open-data.html> で毎日その数値とデータを提供していますこのデータは PCR 検査などの検査により、新たに確認された症状のない方も含む COVID-19 の患者です。疫学曲線は作成されていません。これらは「新規陽性確認者」です。「新規陽性確認者」では多くの場合 発症日は報告されません。さらに各患者の症状データがありません。(編集者コメント 検査陽性だけで未発症者も含まれている可能性がある)。(保健所では一例一例対面し調査をして発症しているかどうか、発症していれば発症日を確認しています。) 発症日がわからない新規陽性確認者の情報から、疫学曲線は推定されます。疫学曲線を推定するために二つのポイントが重要です。それは報告遅れ(発症から陽性確認まで)と無症状者の割合です。

たとえ発症してもすぐに医療機関へ受診するわけではありません。ただの風邪だと思って数日ベッドで安静にしていることもあるでしょうし、普通の生活をしている人もいるでしょう。さらに PCR テストの結果が出るのに数日かかる場合があります(発症から陽性確認までの報告のズレ)。結果が陽性の時は保健所に報告されます。そしてやっと都道府県庁は、保健所からの報告数を集計し、ホームページやマスコミに公開しています。その遅れは平均一週間とされています。実際には分布を描くはずですが、ここではそれを考慮せず、単純化のために7日と固定した数字が使われます。

また、新規陽性確認者に含まれている症状のない人は、そもそも発症日がなく、定義上ある発症者の濃厚接触者と認定された人が検査をしたら陽性であった、という人です。発症していない人の場合、発症した人とはそもそも抽出の方法が違いますので、保健所では両者を一緒にはしません。新規陽性確認者における無症候の割合は20%程度で安定しています。したがって、それらを無視することができます。

## ■疫学曲線の作成

これだけの仮定の上で新規陽性確認者のグラフから疫学曲線を出してみましょう。厚生労働省から提供された新たに確認された陽性症例のオープンデータを使用して、これらの仮定に基づいて疫学的曲線を描くことができます。t日の新規陽性確認者数( $X_t$ )の内、20%は無症候なので除外です。つまり、 $0.8X_t$ がt-7日に発症していたと推定されます。これが疫学曲線になります。疫学曲線を $Y_t=0.8X_{t+7}$ とすると簡単です。

#### ■ $R_t$ (実効再生産数)

さて、ここから昨年概念だけお伝えした  $R_t$ (実効再生産数)を出してみましょう。 $R_t$ はt日において感染力を有する感染者一人当たり、何人に感染させるかを示しています。(編集者コメント 検査陽性のみで無症状の人は他人に感染させない)これが1以上だと指数関数的に患者数は増加します。1以下だと、減少し続けます。したがって、今後の流行の動向を知るのに重要な指標となります。 $R_t$ は  $R_0$ (基本的再生産数)とは異なりt日における気象条件(気温や湿度)やマスクや外出自粛やソーシャルディスタンスといった個人の感染対策、緊急事態宣言や大規模イベントでの観客制限といった政策的な対策、外出の頻度、等々に依存すると考えられます。またワクチン接種が進めば効率よく感染が拡がらないので  $R_t$ は下がると期待されます。そもそも流行が進んで多くの人が免疫を獲得したら  $R_t$ は下がります。

よくある誤解は  $R_t$ と感染者数との混乱です。 $R_t$ はt日における感染力を示していますが、感染者数そのものを意味するわけではありません。ある日に  $R_t$ が3とか非常に高くてもそれが数日だけのことであれば感染者数(疫学曲線)に大きな影響は与えないでしょう。逆に  $R_t$ が1.01とかギリギリ1を超えていたとしてもその状態が数年にも及べば感染者数は爆発的に増加し続けるでしょう。そう、感染者数は  $R_t$ だけでなくその期間が重要になります。

#### ■ $R_t$ (実効再生産数)の計算

さあ実際に  $R_t$ を計算してみましょう。ここでポイントは潜伏期間(感染から発症まで)と感染力の分布です。 $R_t$ は "t日に感染した人数" / "t日に他者への感染力を有している人数" で示されます。最初に分子の "t日に感染した人数" を計算します。私が皆さんに提案するモデルでは潜伏期間は単純に平均6日として計算されます。さらに潜伏期間が6日である割合は50%、5日あるいは7日は25%と設定されます。分子の "t日に感染した人数" は先ほど計算した疫学曲線の患者数  $Y$  を使用すると  $0.5Y_{t+6}+0.25Y_{t+7}+0.25Y_{t+5}$  です。二番目に分母の "t日に他者への感染力を有している人数" を計算しましょう。発症後、発症者からのウイルスの排出量は日々変わります。今回のモデルでは、私たちは発症当日の感染力を一番高く設定します。ついで2、3日目の感染力は25%づつ低下し、4日目以降の感染力は0%のパターンとして仮定します。"t日に他者への感染力を有している人数"は、感染力の分布で重みづけした  $0.5Y_t+0.25Y_{t-1}+0.25Y_{t-2}$  になります。最終的な計算式は  $R_t=(0.5Y_{t+6}+0.25Y_{t+7}+0.25Y_{t+5})/(0.5Y_t+0.25Y_{t-1}+0.25Y_{t-2})$  です。

非常にシンプルに見え、Excelを使用して非常に簡単に計算できます。コンピューターがなくても計算できます。是非やってみましょう。

(編集者コメント 任意の  $t$  という日の “感染した人数”は 未来の 5 日～7 日目の疫学曲線患者数  $Y$  から計算します。“他者への感染力を有している人数”は当日と、前日、前々日の  $Y$  から求めます。)

## ■ 対策の評価

では、この  $R_t$  がどのように決まるのかを考えてみましょう。たとえば、オリンピックは無観客が一番リスクが低いとしたいいわゆる 2021 年 6 月 18 日に発表された「尾身提言」(編集者コメント 尾身茂: 新型コロナウイルス感染症対策分科会会長)というのがあります。それを聞いたほとんどの人は、何を当たり前のことを言っているのか、と思うか、あるいはこれはきつとコペルニクス的な発想の転換(編集者コメント コペルニクス革命については是非調べてください。)に違いないと思ったのかのいずれかでしょう。しかし提言では、観客を入れると流行が拡大することを(科学的に)全く示していません。もちろん感染症対策をして、観客数も半分程度 または 5000 人以下にして、なお感染リスクがあるのでしょうか。これまで観戦で感染した人はいましたか? 幸いにもそのようなメディアの報道はありませんでした。それを示さずに、観戦が感染を拡げる、というのは科学ではなく、エビデンスに基づいた提言になっていません。むしろ素人の感情的な思い込みです(という指摘が当たるかもしれません。)

この種の感情的な偏見は 2020 年の終わりに GOTO キャンペーンを継続するか中止するかの議論の時もそうでした。GOTO によって人流が増えるので、感染リスクが増加する、という説明は一見正しそうに思えますが、本当にそうでしょうか。当時、メディアやいわゆる「専門家」は、Go to Travel キャンペーンが「人流」を促進し、感染リスクを高めると主張していました。その結果、Go to Travel キャンペーンは第 3 の波を引き起こすと主張されたので、発生を制御し、医療制度の崩壊を防ぐために、キャンペーンは直ちに停止すべきとされました。

この議論は真実であるように見えます。しかし、それは本当ですか? もし単なる思い込みで、エビデンスがないのにそれを中止したのであれば、その影響は観光業や それに関わる職業の方のダメージは甚大でした。皆さんは科学的なエビデンス(証拠)に基づいて議論を進めてください。科学は常識が真実であるかどうかを証明しなければなりません。(編集者コメント;この論説のヤマです。)

では、どうしたら示せるでしょうか。エクセルの図に示された  $R_t$  を用いて検討してみましょう。図の(編集者コメント 大日主任研究官が作成された) $R_t$  は、実際の報告遅れや、潜伏期間、感染力の分布を用いているので、皆さんが計算されたものとは若干異なりますのでご注意ください。ただし、皆さんによって今回計算された一連の  $R_t$  を使用して、この先に書いてあることの確認は可能です。

ある対策(たとえば GOTO キャンペーン)が、期間 A で行われていたとしましょう。また期間 A を含まない期間 B ではその対策が実施されていなかったとしましょう。この期間 A での  $R_t$  と期間 B での  $R_t$  を比較して、前者が後者よりも大きく下回れば、その対策が  $R_t$  を下げた、と言えるでしょう。つまり、その対策は有効であったと言えるでしょう。逆に期間 A での  $R_t$  と期間 B での  $R_t$  が大差なければ、あるいは後者のほうが前者より大幅に低ければ、その対策は有効であったと言えないでしょう。

ただ実際にはそれほど明確な差がない場合も多いです。期間 A の  $R_t$  と期間 B の  $R_t$  の多くは重なり合っている場合も少なくありません。たとえば、期間 A の  $R_t$  の平均値が期間 B の  $R_t$  の平均値

より小さかったとして、その差がわずかである場合です。この場合には、確かに期間 A の  $R_t$  の平均値が期間 B の  $R_t$  の平均値より小さいので、対策の有効性を示唆していると主張することも可能でしょうが、その根拠は非常に弱いものになるでしょう。そこを厳密に検討するのが統計学ですが、その説明は本文の(高校生の)レベルを超えるので割愛しますがぜひ大学で勉強してください。

では具体的に GOTO トラベルキャンペーンの効果を検討してみましょう。GOTO トラベルキャンペーンは、2020 年 7 月 22 日から 12 月 28 日まで実施されました。これが期間 A です。問題は期間 B の取り方です。その前後に 1 回目、2 回目の緊急事態宣言が実施されていたので、その期間を含まないほうが望ましいかもしれません。ここでは、そこを除いた期間、つまり 1 回目の緊急事態宣言終了翌日から 2 回目の緊急事態宣言の前日までで期間 A を除く期間を期間 B としましょう。したがって、交絡効果を回避するために、緊急状態が発生した期間を期間 B から除外することが適切であるかもしれません。したがって、第 1 の緊急状態が終了した翌日の 2020 年 6 月 1 日から、第 2 の緊急状態が発令される前日の 2021 年 1 月 7 日までの期間で、そのうち期間 A を除いて暫定的に定義してみます。(編集コメント 是非実習してください。)

図のデータから期間 A、B を切り出して作図して比較してみましょう。 $R_t$  の平均値はいずれが大きいですでしょうか。どの程度重なっているかを見るには両方の期間のグラフやヒストグラムを作ってみるのもいいかもしれません。ここでの期間 B の取り方はあくまで試しです。それ以外の期間 B の定義もあり得るでしょう。ぜひ皆さんのアイデアで様々な期間 B を試して検討してみてください。(編集者コメント 「GOTO キャンペーンを実施する」という政策では  $R_t$  はどのようになりましたか ? 結局 GOTO キャンペーンをどう評価しますか ?)

### ■観客制限の効果

皆さんがこれを読んでいる頃には、おそらくはオリンピックは実施され、すでに閉幕していることでしょう。あるいは直前に大騒動の中で中止されているかもしれません。いずれにしても、観客の流行への影響を検討してみましょう。

さて、1 回目の緊急事態宣言からしばらくの間、大規模イベントは無観客でした。2020 年はプロ野球の開幕が 6 月 19 日まで遅れた上に、開幕しても 7 月 10 日まで無観客試合が当初行われていたことを覚えておられることでしょう。7 月 10 日から定員の 50%、最大 5,000 人に制限されました。つまり、期間 A を開幕からの無観客試合の 6 月 19 日から 7 月 10 日の期間、期間 B をそれ以降の 7 月 11 日からとして比較してみましょう。寒い冬など大きく季節がずれるとその影響も考えられるので、期間 B はプロ野球の閉幕(日本シリーズの終了日)までに仮にすることにしましょう。平均値やグラフ、ヒストグラムはいかがですか。50%あるいは 5000 人の少ないほうを上限とした場合という有観客にしたことによって感染性は無観客よりも大きくなったでしょうか？

### ■宿題

2020 年の観客の影響は検討しましたが、2021 年のプロ野球における観客の影響を検討してみてください。

2021年のプロ野球は3月末から実施され当初は50%あるいは5000人の少ないほうを上限としていました。しかしながら、3回目の緊急事態宣言を受けて、東京と大阪、兵庫県等、地域限定の一部では無観客、他方で有観客という状態になりました。ある球場は無観客、ある球場は有観客という状況です。この場合、2020年のように明確に期間AとBを区別することはできません。それを検討するためには、東京、大阪、兵庫、福岡といった都道府県ごとの $R_t$ を求める必要があるでしょう。また各地の期間A、Bを求める方法もありますが、例えば報道されている観客数という連続変数と当地での $R_t$ の散布図を描いてみるのも面白そうです。ぜひ試してみてください。

#### ■ 追試: オリンピックは流行を拡大させたか? (もし開催された場合)

さて無事にオリンピックが終了した場合には、追試があります。2021年6月現在最大の関心事であった「安全のためにオリンピックとパラリンピックを閉鎖するという2021年6月の尾身会長の提案を検討してください。当時の懸念は「オリンピックは流行を拡大させたか?」でしたか? (本稿作成時点では)現時点ではオリンピックは始まっていないので現時点では答えがわかりません。その流行への影響を2020年、2021年のプロ野球から推測することはできても、それはあくまでも事前の予想にすぎません。事前の予測は偏見に過ぎないので、事後的な評価が重要です。「オリンピックは流行を拡大させたか?」について検討する際の期間Aはオリンピック・パラリンピック期間になるでしょう。問題は期間Bです。GOTOトラベルの評価の際の期間Bの取り方同様に、その前後の期間が妥当かもしれません。

あなたのやり方で期間Bをさまざま定義し検討し、あなたの提案を評価してください。

(大日先生より皆さんへ。科学に正解はありません。あるのはいかに論理的に合理的に推論を組み立てられるかどうかだけです。一見非常識な結論でも、その導出過程が論理的で合理的であればそれは間違いではありません。ぜひ皆さんも大胆な仮説をたて、それを論理的・合理的に検証してみてください。)

#### ■ 個人の感染症対策

学校は集団生活をするところですから、感染は拡がりやすい状況です。集団感染を起こすと、行事の中止や学級又は学校閉鎖となるので個人の感染防御が必要です。どのような防御方法があるのでしょうか?

第一は早期探知です。早期探知というのは、集団感染が起こりそうだと予兆をとらえることです。とらえることができると、早期に対策をすることができます。この早期探知のために最も大事なことは、健康管理です。自身の健康観察です。毎日体温を計測していますか? 体調が悪いときには無理をせず休むことは大事です。皆さんが学校を休み理由を学校に伝えると、学校では、それを集計してサーベイランスをしています。例えば、異常が発見された場合、出雲市の欠席者数が増加している場合は、生徒や先生等の関係者に情報を提供し、早急に対策を講じることをお勧めします。

第二は感染経路を断つ対策です。昨年のこのウェブ講座でCOVID-19は、飛沫感染、接触感染が感染経路であることを勉強しましたが、飛沫感染対策としてマスクを着用し、接触感染対策とし

て手洗いと消毒をします。皆さんは、手洗いを一日何回していますか？どのようなタイミングでしていますか？(前回学んだように、)ウイルスは自分自身を増殖することはできません。粘膜などの細胞に侵入すると増殖できます。だから手洗いはウイルスの増殖を防ぎます。ウイルスは皮膚に接着することはできますが、皮膚に侵入することはできません。手洗いは、最大の感染予防策です。

第三は感受性対策です。免疫を増やし感受性(ウイルスに感染しやすい)のある状態をできる限り早く解消することです。予防接種を受けるか罹患すると免疫が増えます。現在(2021年6月末)、新型コロナウイルスのワクチン接種は、医療従事者、高齢者の順で進んでいます。基礎疾患のある65歳未満の成人の免疫化が始まったばかりです。その後、あなたは予防接種を受けます。予防接種で感染に対する免疫力を得ることができますが、それだけでは完全ではないかもしれません。そして何人かの予防接種を受けた個人はまれですが感染しています。予防接種は感染に対する免疫を提供しますが、それは完全ではないかもしれません、この点において感染を防ぐためにはマスクの着用、ソーシャルディスタンスの維持、手洗いなどの個人的な感染症予防対策が依然として必要です。さらに、現在のワクチンは最初の株に基づいているため、変異株に対する防御が弱くなる可能性があります。さらに、この冬または近い将来、現在のワクチンでは防御できない、さらに変異した株が出現する可能性があります。この場合、インフルエンザと同様に、毎年ワクチンを接種する必要があります。

#### ■変異株(VOCs; Variant of Concern)

さて、COVID-19は、コロナウイルスの1つで病名であり、ウイルスの名前はSARS-CoV-2であると学びましたね。現在大きな問題になっているのは変異株です。ウイルスは例えば毎年流行するインフルエンザウイルスも、少しずつ変異していると考えられています。学校の理科室にDNAの二重構造の模型がありますか？ワトソン博士とクリック博士が1953年2月21日に発見しました。多くのウイルスゲノムはRNAで構成されています。RNAはDNAに似ていますが、鎖が1つしかありません。したがって複製時の間違いがよくあります。この違いがあるからRNAウイルスの変異速度がDNAウイルスの変異よりもはるかに速いことを意味します。SARS-CoV-2は、このRNAウイルスで、通常2週間で1か所程度の速度で変異していると考えられています。

亜種の名前は当初、イギリスやインドなど、最初に発見された国に基づいた地名でした。しかし、差別の懸念から、WHOは2021年5月31日に、ギリシャ文字(アルファやベータなど)を使用するように変異株の命名法を変更しました。2021年6月11日現在、国内の新型コロナウイルス感染は、アルファ株にほぼ置き換わり、今後デルタ株が国内でも増加しつつあり感染・伝播性が高いと見られています。(https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus/2019-ncov/2484-idsc/10434-covid19-43.html)

変異株であっても、これまで通りの感染予防対策は同じで、密集、密接、密閉にならないように距離をとること、マスクの着用、手洗いと伝えています。現在のワクチンは変異株に効果的であると考えられています。ただし、近い将来、効果がない(株が出現する)可能性があります。そのため、インフルエンザのように(COVID-19ワクチンも)毎年の注射が必要になる場合があります。

## ■最後に偏見や差別のない社会に

前回は最後に感染症の歴史が繰り返してきた偏見・差別の問題を取り上げました。皆さんの学習を振り返ってのメッセージでは、(法律の)感染症法の前文を紹介し、声に出して読んでほしいとお伝えしました。「過去にハンセン病、後天性免疫不全症候群等の感染症の患者等に対するいわれのない差別や偏見が存在したという事実を重く受け止め、これを教訓として今後に生かすことが必要である。」というところは、私たち日本人が抱える宿題ではないでしょうか。であるにもかかわらず、なぜ偏見や差別の歴史は繰り返されるのでしょうか。

COVID-19も、当初は新しい感染症で正体がわからず、不明なことも多かったので、多くの人が不安に陥りました。多くの方は、不安は解消したいものです。病気の特徴についてもっと学び、予防接種を受けたり、適切な個人的な対策を講じたりすることで、この不安は解決されるかもしれません。しかし、情報が不十分だったり偏ったりしたものであるとき、多くの方が一斉に間違っただけの方向に向きやすいということもあります。このあたりの社会的な不安は、偏見や差別につながります。

COVID-19は、これからも変異を続けていくでしょう。変異株による感染状況の動向をみながら、疫学情報を収集し、極端に恐れすぎず、正しく恐れ、対策をしていきましょう。私たちは、科学的な知見そして判断は、偏見や差別のない社会につながることを信じています。