

集団免疫

最近、コロナウイルス感染関連ニュースや記事で**集団免疫**という言葉をよく耳にするようになりましたが、今回は集団免疫関連の話になります。

1) 集団免疫とは

ある病原体(仮にAウイルスとします)に感染した人の数が人口の多くを占め、Aウイルスに対する免疫を多くの人が獲得した状態を現わします。その集団に再びAウイルスが浸入してきても多くの人が獲得した免疫力により感染しても症状がひどくならず済む結果をもたらします。

集団免疫を獲得するには、その前に多くの人達がいったんはAウイルスに感染する必要があるわけですがウイルスの毒性が強ければ強いほど多くの人が重症になったり死亡したりします。

今回のコロナウイルス感染症でも最終的には集団免疫を獲得することが感染終息の最終手段であるという学者もいますが、そうなる前に多くの尊い命が失われる事実には留意する必要があります。集団免疫を獲得したとて、ウイルス遺伝子に変異してしまったら、その後の効果はどれだけあるだろうかと思ってしまう。インフルエンザウイルス感染症がそうであるように、現に効果の報告された治療薬の早期開始、ワクチン開発を急ぐ必要がありそうです。

2) 集団免疫とは人口の何割が免疫抗体をもつことを言うのか？

ここで私なりに考えた数式をご紹介しますと思いますが、これから先は全くの私の想像世界で、このような報告を何かの学術誌に投稿すると厳しいレフェリーストップがかかって発表を断念するような内容なので、興味のない方はこれ以上読まないでください。

【感染倍率の想定】

導入した式が感染者数なのか基本再生産数の変化なのか何を表現するのか今一つ分からないので、とりあえず**感染倍率**としました。**何の対策もとらない(予防の手洗いやマスク、抗ウイルス薬やワクチンを利用しない)時**、自然のままに経過して感染が治まるには何%の集団免疫が必要かという問題です。

基本再生産数を R_0 、集団の中での**免疫獲得率**を K とした時、感染対象は全員ですが、実際に感染し発症するのは**非免疫者**で、その率は $1-K$ となります。

一人の感染者がある不特定多数の集団に対して感染させる時を考えます。

①**1回目の感染**：最初の感染者数一人の $R_0 \times (1-K)$ 倍が非免疫者で感染する。

②**2回目の感染**：1回目の感染者の $R_0 \times (1-K)$ 倍が非免疫者で感染する。

☛①②で示した**感染倍率**を仮に H_n とすると

③**n回目の感染**：同様にしてn回目の感染倍率は最初の $H_n = (R_0 \times (1-K))^n$ 倍となる。

☛ここがなんとも胡散臭い部分です！！

【当てはめの紹介】：COVID-19に類似させて R_0 を2.5とします。

例1) 集団免疫率 K を0とします(つまり、誰も免疫を持っていない状態)

1回目の感染倍率 $H_1 = (2.5 \times (1-0))^1 = 2.5$ 、同様に $H_2 = (2.5 \times (1-0))^2 = 6.25$ 、 $H_3 = (2.5)^3 = 15.6$ と指数関数的に感染倍率は上昇します。いわゆるパンデミック状態になります。

例2) 集団免疫率を0.6とします(集団の60%が免疫を持っている状態)

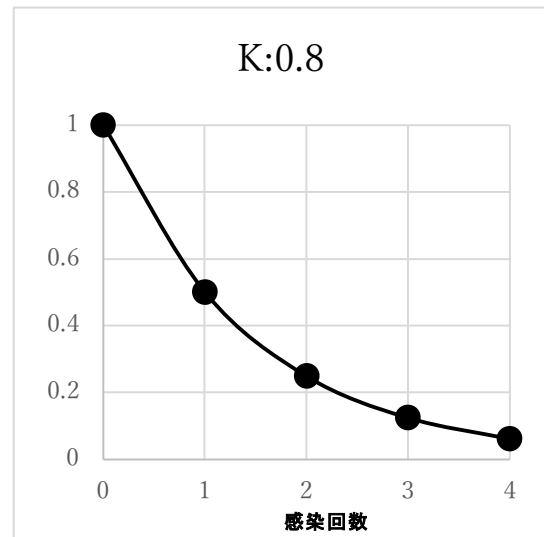
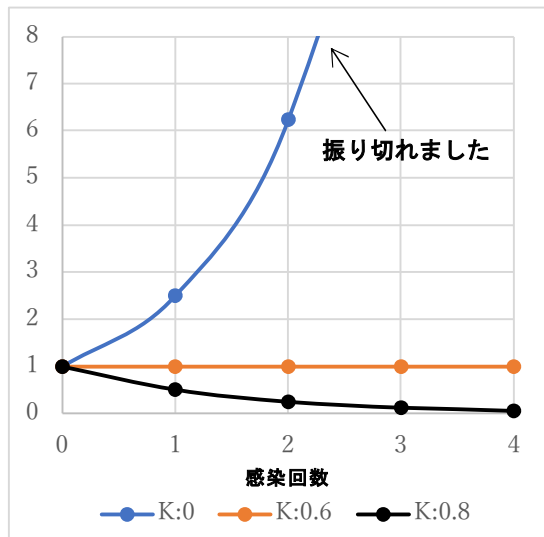
上記と同様に $H_1 = (2.5 \times (1 - 0.6))^1 = 1$ 、同様に $H_2 = 1$ 、 $H_3 = 1$ となって感染倍率は1を保ち感染は増加もしなければ減少もしない状態となります。 $R_0 = 1$ と同じ状態と言えます。

例3) 集団免疫率を0.8とします(集団の80%が免疫を持っている状態)

上記と同様に $H_1 = (2.5 \times (1 - 0.8))^1 = 0.5$ 、同様に $H_2 = 0.25$ 、 $H_3 = 0.125$ となって感染倍率は10%近くまで落ち込むため、集団免疫率が80%になれば感染拡大はほぼ無いといって良い状態になります。ちなみにCOVID-19の R_0 が2.0ならば集団免疫率70%で $H_3 = 0.126$ と同様の値になります。

3つの結果をグラフで現わすと下左図になります。ウイルスのもつ基本再生産数 R_0 によって適切な集団免疫率は異なりますが、集団免疫率が高いほど感染倍率が低くなるのが分かります。

下右図は集団免疫率0.8(80%)を拡大した図になりますが、このグラフ、以前コロナの専門家会議が提示した人との接触率を80%削減すると感染が終息するという図に似ていませんか？今回は集団免疫率が80%という設定ですが、コロナウイルスの潜伏期を約7日とすると4感染期間の約28日で終息に向かうとした接触率のグラフと良く似ていると思うのは私だけでしょうか？



3) 根拠の薄いまとめ。

- ・前項からCOVID-19の場合は7~8割くらいの方が集団免疫を持たないと感染は終息しないといえます。ただ繰り返しになりますが、人口の7~8割が集団免疫を持つ前に2%前後の方が亡くなるという不幸な事実を知っておかねばなりません。
- ・本ニュース303号で紹介した感染力の強い麻疹ウイルスではどうでしょうか？ R_0 を15とした時、概算ですが、なんと約96%の方が集団免疫をもたないと十分に感染倍率が下がらない結果となりました。感染力の強い麻疹ウイルスではほとんどの人が免疫を持たないと感染は終息しないという数字がでてきた訳で、ワクチンの存在は有用だと言わざるを得ません。
- ・今回、自分で算出した計算式やグラフに本当に意味があるかどうかは分かりませんが、世間一般に言われている集団免疫率とあまり大差は無いような気がしています。しかし、繰り返しになりますが、インフルエンザウイルスは毎年若干の変異をし続けています。そのため毎年ワクチンの型を変えて4価のワクチン接種が実施されています。COVID-19も同じRNAウイルスですから、変異はこれからも恐らく起こるでしょう。するとせっかく多くの人たちを犠牲にして今後成立するかもしれない集団免疫も、相手の変異してしまうとまた繰り返しになりかねない気がします。やはり、予防のワクチンと治療の抗ウイルス薬の確保が求められます。(終わり)