

感染症数理モデル

県感染症情報センター

声なき感染症を知る

◆84◆

新型コロナウイルス感染症の感染者数の予測で注目されるようになった「感染症数理モデル」。今回は感染症数理モデルについてお話しします。

▽数式で流行を予測・分析

感染症数理モデルの基礎となる考え方は、ある病原体に対して免疫を持たない人がその病原体へ曝露すると感染し、潜伏期間の後に発症し、回復した後は免疫を獲得するという感染症の特徴を利用しています。さらに、接触頻度や人口動態なども加味し微分方程式でモデル化することで、感染者数などの予測や分析をすることが可能となります。

近年、統計学やコンピュータの処理能力の向上により発展してきており、これまで欧米を中心に感染症流行時やワクチン接種といった保健医療政策の判断に活用されてきました。日本ではあまり馴染みのない分野でしたが、今回、新型コロナウイルス感染症の感染者数予測に活用されているほか、近年では2012〜2013年の風疹の流行データを分析し、

流行の中心となった中年男性にワクチン無料接種する追加対策につながりました。

▽感染性を示す指標「基本再生産数」

感染性(感染力)を示す指標として「基本再生産数」というものがあります。

流行を予測分析して 効果的な対策を検討

まず再生産数とは、「1人の感染者が平均で何人を感染させるか」を示すもので、再生産数には「基本再生産数」と「実効再生産数」があります。

基本再生産数は、「1人の感染者が、まだその感染症に対して免疫のない集団において感染させる人数の平均値」であり、その感染症本来の感染性の高さを示す指標です。季節性インフルエンザでは1〜2、風疹では5〜7とされ、数値が

大きければ大きいほど感染性が高いです。

基本再生産数が1より大きい場合、感染者数が増加します。例えば1人の感染者が平均で2人に感染させる、つまり基本再生産数が2の場合は、感染者数は倍に増加していきます。

▽対策下での感染状況を示す指標「実効再生産数」

一方で、すでに感染が流行中でマスク着用や手洗いなどの感染対策、移動制限

などを行っている中で再生産数を実効再生産数と呼び、その時々々の感染状況を反映します。基本再生産数が1以上である感染症を、実効再生産数1以下にするこ

とが、感染症制御の目標となり、対策をしていても1以上であれば、感染症収束のためには更なる対策が必要となります。

この数値は1より小さければ小さいほど感染者減少のスピードが速くなります。ただし、実効再生産数を1以下にすることで感染者は減少していきますが、あくまで感染対策をしている前提なので、実施されていた対策を緩めると減少のスピードが落ち、増加に転じるかもしれません。

▽基本再生産数からワクチン接種率の目標を立てる

人口の一定以上の割合が、ある病原体に対する免疫を獲得することで、その感染症の流行を防ぐことを「集団免疫」と言います。ある病原体に対する免疫を持つには、その病原体に感染するか、ワクチンを接種するかであり、基本再生産数

からワクチンの接種率の目標値を計算できます。

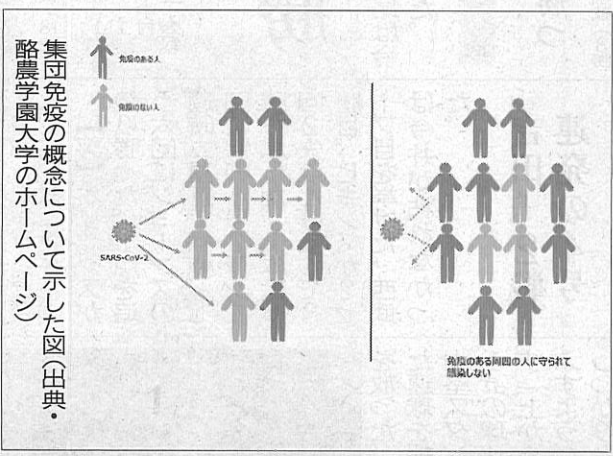
例えば、基本再生産数が5の感染症があるとき、その感染症に感染した人がいない集団の中に1人の感染者が入ると、本来は新たに5人の感染者が出るところですが、集団の8割がワクチンによって免疫を得ている場合、この集団では確率的に5人中4人の人は免疫を持っていて感染しないので、結果的に1人の感染者からは新たな感染者は1人となり感染者数は横ばいになります。

つまり、このような集団では理論的には人口の8割以上がワクチンを接種していれば、この感染症は収束します。そして、この考え方を応用して、何らかの理由でワクチンを接種できない人や免疫が付きにくい人がいても、周囲の人が免疫を持っていけば感染しにくくなります。

▽効果的な感染症対策を検討

感染症数理モデルの分野では、流行の分析を行い、さまざまなシナリオをシミュレーションし、感染者を減らすためにどのような対策が効果的なのかを検討しています。

数式にする以上、さまざまな仮定を基にしているため、現実世界での多様性や反映されていない要素があるという限界を知りつつ、対策を行うには目標や予測が必要です。感染症数理モデルはその重要な役割を担っています。



集団免疫の概念について示した図(出典: 酪農学園大学のホームページ)