

デング熱の流行は予測できますか？

長崎大学熱帯医学研究所 助教 砂原 俊彦

《質問》

今年もデング熱の再流行が懸念されていますが、果たしてそうでしょうか？ 再流行は予測できますか？ また、どれだけヒトスジシマカに刺されたら危険ですか？

《回答》

今年のデング熱大流行は大きなニュースになり、日本でも蚊に刺されてデング熱に感染する可能性があることが広く知れ渡りました。昨年以前は、たとえ国内でデング熱に感染していたとしても、海外の流行地への渡航歴がなければ医療機関でデング熱を疑われることはありませんでした。しかし昨年の大流行を踏まえて、今年からは蚊に刺された数日後の発熱はデング熱かもしれないと、診察する医師も患者さん自身も疑うことになるでしょう。それで、今年は昨年以上に日本のあちこちからデング熱の発生が報告される可能性があると思います。日本中で何人の感染者が発生するか、いつ流行が起こるかといったことを正確に予測するのは困難です。なぜなら流行の始まりはごく少数(大抵1人)の感染者がヒトスジシマカに刺されるという偶発的な出来事によって起こるからです。しかし、「いつどこで流行が起こっても不思議でないから、蚊に刺されないようにしましょう」というだけでは対策もしにくいのが現実でしょう。そこで以下では、デング熱の流行のリスクをどう考えたらいいか、どう対策すべきかについて理

論疫学の視点から簡単に述べたいと思います。

1. 感染症流行の数理モデル

新型インフルエンザやエボラウイルス、最近韓国で流行を起こしたMERSなど、新しい病気が集団中に拡がって流行を起こし、やがて収束するという過程は比較的簡単な数式で表され、パソコンのエクセルなど表計算ソフトでもシミュレーションが可能です。これら飛沫感染(もしくは空気感染)によって拡がる病気と比べると、蚊によって媒介されるデング熱の流行の数理モデルは多少複雑ですが、それでも7つの微分方程式を数値計算することによって流行のシミュレーションは可能です(図1)。数理モデルによるシミュレーションで現実のデング熱流行を再現したり予測したりするときには重要なのは、パラメータの設定です。パラメータとは数理モデルの中の係数で、例えば1匹の蚊が何日に1回吸血するか(吸血率)、ヒトとヒト以外の動物(犬や猫など)からどの割合で吸血するか、蚊の死亡率などは流行を大きく左右しますが、現実の値を正しく推定するのはなかなか困難です。それでもある程度の不正確さを覚悟の上で、おおざっぱな仮定でこれらの値を決めてやるとデング熱流行のシミュレーションが可能になります。

おおざっぱなパラメータ値で今年のデング熱流行を再現できるか試してみたところ、人の数の25倍もの数の蚊がいたと仮定しないと報告された症例数と一致しませんでした。蚊

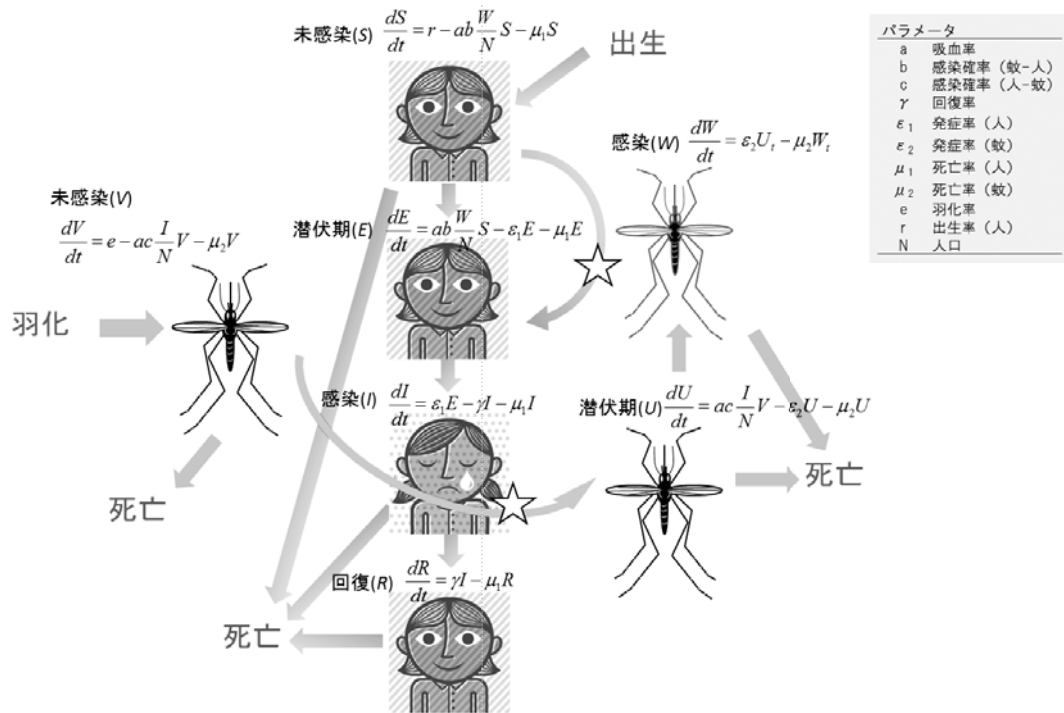


図1 デング熱流行の数理モデルの概念図と数式。
星印は人から蚊、蚊から人への感染を示す。

は3日に1回吸血すると仮定しているのので、1人当たり毎日約8回蚊に刺されていたこととなります。これはどう考えても多すぎです。おそらくモデルの仮定が単純すぎるから蚊の数を過大評価してしまっているのでしょう。ここでは詳細は省きますが、より正確な推定を行うには、一部の人が集中的に蚊に刺されるなどの複雑な仮定をモデルに組み入れる必要があると思われる。

2. どのくらい蚊に刺されたら危ないか？

上のおおざっぱな試算の1人あたり8回刺されていたというのはおそらく過大評価ですが、昨年の代々木公園を訪れた人は多く蚊に刺されていたことは間違いなさそうです。どのくらい蚊に刺されたら流行が起こるのでしょうか？ 上に書いたようにデング熱の流行は実際には1人の感染者が蚊に刺される偶発的な出来事によって始まるので予測が困難ですが、

仮に感染者がやってきたときに、どのくらい人が蚊に刺されていたら流行が起こるかは、数理モデルを使って計算することができます。逆の言い方をすれば、蚊に刺される頻度をどこまで下げていけば感染者がやってきても流行が広がらないかという数値目標を設定できるというわけです。

この計算には R_0 と呼ばれる指標が便利です。これは流行の初期に最初の感染者が何人の二次的感染者を産み出すかを表すもので、これが1を越えていたら流行は広がり、1より小さかったら流行は広がりません。デング熱の R_0 は次の式で計算されます(mは蚊と人の数の比、 μ は蚊の死亡率、他のパラメータは図1参照、人の出生と死亡は無視)。

この R_0 を1(すなわち流行が起きるか起きないかのギリギリの状態)とおいて式を変形すると、流行を起こす最低の蚊に刺される頻度を計算することができます。上に挙げたような

デング熱の流行は予測できますか？

$$R_0 = \frac{ma^2bc}{\gamma\mu} \exp\left(-\frac{\mu}{\varepsilon_1}\right)$$

パラメータの不確定性や、代々木公園で起こっていた可能性がある、一部の人に蚊が集中するといった現象など、現実にはいろいろと推定を難しくする要因があります。それでも、非常に単純な仮定に基づいたおおざっぱな推定と覚悟の上で計算すると、ある地域全体でヒトスジシマカに刺される頻度が1人当たり1日あたり平均0.5回(すなわち2日に1回)以下なら流行は起こりにくい、起こっても小規模であるとなります。おおざっぱな推定ではありますが、もっとよい指標ができるまでは暫定的な目安として、「ヒトスジシマカに刺される頻度を平均2日に1回以下に抑えよう」という数値目標を提案したいと思います。

3. 蚊と人が出会う場所

上の数理モデルでは考慮していませんが、蚊の数は場所によって大きく異なります。好適な発生源が豊富で、日陰で、休息場所となる灌木や草本が茂っているところではヒトスジシマカが非常に高密度にみられることがあります。しかしそのような場所でも人が近づかなければヒトスジシマカは人以外の動物から吸血してデング熱の流行には寄与しないでしょう。問題なのは蚊が多くて人がよく訪れて一定時間滞在する場所です。今年のデング熱流行が代々木公園を中心に起こったことから、都市の公園はヒトスジシマカと人が遭遇する場所のひとつであることに気づかされました。このような場所はおそらく他にもあるでしょう。墓地や学校、幼稚園、場所によってはバス停なども人がじっと立っている間に

蚊に襲われることがあります。私は蚊と人がどこで出会っているかを日本中で調査すべきだと思います。そういう場所を集中的にコントロールの対象とすることで、全体的に人が蚊に刺される回数を減らすことができると考えられるからです。

4. 自分が加害者にならないために

デング熱に限らず、一般に感染症は、患者が被害者と同時に加害者になるという特徴があります。すなわち、自分が症状に苦しむのと同時に他人を感染させるということです。加害者の中でも特に重要なのは、海外からデング熱を持ち込んで国内で発症し流行をスタートさせる人です。自分がそうならないためにはどうしたらいいのでしょうか。流行地から帰った人全員に対してデングウィルスに感染しているかどうかを検査できれば理想的ですが、旅行者の数を考えると現実的ではありません。デング熱の厄介なところは、感染しても症状が出ないか出ても軽症という場合が少なからずあって(おそらく50%以上)その場合でも蚊を感染させることができるらしい点です。ですから流行地から帰国してきた人は自覚なしにヒトスジシマカに刺されて感染蚊を作り出す可能性があります。ヒトスジシマカの活動する5月～11月、特に蚊の個体数が多くて温度も高く流行が起こりやすい夏の間、流行地から帰った人は1週間の間、極力ヒトスジシマカに刺されないようにしてほしいと思います。感染していたとしても多くの場合1週間後には血中からウィルスが消えてしまうので、それ以降は自分が流行をスタートさせる可能性を大幅に減らすことができます。