人的・社会的な実情を考慮した感染症流行の数学研究

総合理工学部　准教授　齋藤 保久

新型コロナウイルス(COVID-19)のような未知なウイルスが出現すると、治療薬とワクチンの開発が世界中の医療チームによって急ピッチに進められます。しかしながら、こうした医療面の一次的な課題と同等に、感染拡大防止と経済維持の両立問題や、医師、看護師、病床の不足が招く医療崩壊等、感染症のもつ二次的な側面についても人知を結集しなければなりません。私の研究室では、そうした二次的な側面に潜む影響を暴き出す数学を追及しています。医療サービスの容量不足に着目した最近の研究では、治療における容量(treatment capacity)の限界が低レベルであると、基本再生産数が1より小さくても、大規模流行が突発的に発生して感染症の制御が困難な状況に陥る可能性を示唆する定理を発見しました。この成果は、理工医学から人文社会科学まで幅広い分野で約1,600誌の良質な雑誌を保有する出版社WileyのStudies in Applied Mathematicsに掲載されています。

$$\frac{dS}{dt} = A - \sigma_m S I_m - \sigma_s S [I_s]^{+}_{C_I} - \mu S,$$

$$\frac{dI_m}{dt} = \sigma_m S I_m + \sigma_s S [I_s]^{+}_{C_I} - (\mu + \rho +$$

$$\frac{dI_s}{dt} = \beta I_m - T(I_s) - \mu I_s,$$

$$\frac{dR}{dt} = T(I_s) + \rho I_m - \mu R.$$

$$T(I) = \begin{cases} rI, & I < C_I \\ rC_I, & I \geq C_I. \end{cases}$$

$$[I_s]^{+}_{C_I} = \max\{0, I_s - C_I\},$$

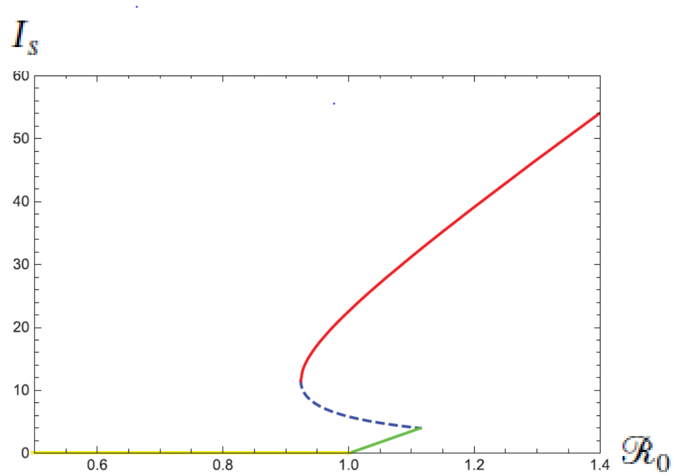

FIGURE 3 A bifurcation diagram with $C_I = 4$ that satisfies $C_I \leq \frac{\mu^2}{\mu+r}\left(\sqrt{\frac{\beta}{\mu\sigma_m} + \frac{1}{\sigma_s}} - \sqrt{\frac{1}{\sigma_s}}\right)^2$, where the vertical and horizontal axes are the same as in Figure 1. The dashed line represents the unstable equilibrium E_2^*. The graph shows a backward bifurcation with endemic equilibria when $\mathscr{R}_0 < 1$.

上の式と図は「Hiromu Gion, Yasuhisa Saito, Backward bifurcation and permanence of a disease-severity-structured epidemic model with treatment. *Stud. Appl. Math*. 150 (2023), no. 4, 1026–1045.」から抜粋。