

新型コロナウイルスの影響を鑑みた大学が取るべき方針

申請中 早稲田大学院 鈴木柗一郎 SUZUKI Shuichiro
01307080 早稲田大学 豊泉洋 TOYOIZUMI Hiroshi

1. はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大を防ぐため、日本のほとんどの大学でオンライン形式の授業を導入し、三密を避けてソーシャルディスタンスを意識した教室利用と併用し授業を行っている。一方、コーネル大学では大学がどのような方針をとれば学生や職員の感染者数を最小限に抑えることができるのかを拡張された SEIR モデルでモンテカルロ法を用いてシミュレーションし、大学を再開し、キャンパスに入る前後で検査を徹底すれば大学を開けないときに比べて感染者数は約 6 分の 1 に抑えられるとしている [1]。本研究ではコーネル大学に対して行われた研究を早稲田大学に置き換えて授業期間の感染者数を最小限に抑えるにはどのような方針をとればよいかを考察する。

2. 拡張された SEIR モデル

今回の研究では、学生や教職員の状態が離散時間マルコフ過程に従うものと仮定する。さらに、解析に用いる数理モデルは感染症の基本モデルである SIR モデルにさらに 5 つの状態を追加し、感染症の経過をより現実に即するようにモデル化する [2][3]。

大学に在籍している学生の状態を $\{S, E, ID, Sy, Asy, R, Q_I, Q_S\}$ と表す。ここで、各状態について説明する。

- S (Susceptible)：感染していない状態
- E (Exposed)：感染したが、発病まで時間差がある状態、潜伏期間。
- ID (Infectious and Detectable)：発病し、感染力を持つようになる。検査では陽性反応と出るが症状は一定日数が経過するまでは分からない状態。
- Sy (Symptomatic)：状態 ID から一定日数が経過し症状が現れ始めた状態。
- Asy (Asymptomatic)：状態 ID から一定日数が経過しても症状が現れない無症状の状態。

本研究ではこの状態にいる学生を減らすことを目標にしている。

- R (Recovered)：ワクチンや療養を経て免疫を保持し、以降感染しない状態。この状態が多くなれば感染爆発にならず、収束する。
- Q_S (Quarantine-Susceptible)：濃厚接触者と認定され、PCR 検査は陰性だが状態 E である可能性を考慮して一次的に隔離されている状態。
- Q_I (Quarantine-Infected)：感染が発覚し、療養のため、隔離されている状態。また、濃厚接触者と認定され、PCR 検査後に一時的に隔離されている状態。

さらにこれらの状態は図 1 のようなモデルによって遷移するとする。

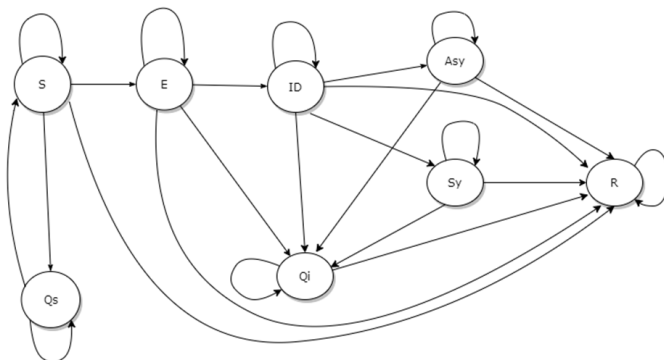


図 1: 拡張された SEIR モデルによる学生の状態遷移

また、確率 $\pi_s(n)$ 、 $p_{ss'}$ 、 p_{vac} を

- $\pi_s(n)$ ：学生が n 日目で状態 s にいる確率
- $p_{ss'}$ ：一日後に状態が s から s' へ遷移する遷移確率 ($s = s'$ のときは p_s と表記する) と定義する。

さらに、 $p_{ss'}$ を成分とする確率遷移行列を、

$$P = (p_{ss'}),$$

n 日後の状態分布を

$$\pi(n) = (\pi_S(n), \pi_E(n), \dots, \pi_{Q_S}(n), \pi_{Q_I}(n))$$

とすれば、 n 日後の状態分布は

$$\pi(n) = \pi(n-1)P = \pi(0)P^n$$

のように行列で表現される。

3. 大学の戦略

新型コロナウイルス流行により、大学は例年と授業形態を大きく変えることとなった。さらに、大学内での PCR 検査やワクチン接種の実施もされている。ここでは大学が行っている取り組みが前節で挙げた学生の各状態にどのように影響するかを考察する。また、最後にその影響をまとめたものを表 1 に示す。

3.1. 対面授業の実施

対面授業の実施割合 r_f と定義する。これを増加させると、キャンパスまで通学する学生の確率が増加するため、相対的に接触する人の人数が増えることから p_{SE} は増加する。つまり、状態 E, ID, Asy, Sy にいる学生も増える。また、キャンパス内では PCR 検査やワクチン接種が実施されているため、状態 R にいる学生も増える。したがって、遷移確率 $p_{EQ_I}, p_{IDQ_I}, p_{AsyQ_I}, p_{SyQ_I}$ が増加する。

3.2. PCR 検査の実施

キャンパスで定期的に行われているものとする。PCR 検査の頻度を r_p 、受診する学生の割合を r_s と定義する。また、この定期検診に加え、体調が良くない場合は定期健診とはまた別の頻度 r'_s で PCR 検査を受けると仮定する。さらに、陽性反応が得られた学生は直近で接触した学生の体調を可能な範囲で調査し、その学生も連続的に PCR 検査を受けるとする。そのため、状態 S にいる学生は増加、状態 ID, Asy にいる学生は減少する。したがって、状態 R にいる学生も減少する。

3.3. ワクチン接種

条件を満たした接種対象者 (本研究では状態 S, E, ID, Asy にいる学生を対象とする) は 2 回の接種を大学で受けることになる。ワクチン受診率を r_v と定義する。これを増やすことで状態 S, ID, Asy にいる学生は減少し、状態 R にいる学生は増加する。

表 1: 大学の方針と各状態への影響

大学の方針	ID, Asy	R	S
対面授業割合 r_f の増加	増加	増加	減少
PCR 検査の強化	減少	減少	増加
ワクチン受診率 r_v の増加	減少	増加	減少

4. 今後の方針

以上の定性的な分析に加え、大学での実際のデータを用いてより有効な大学としての新型コロナウイルス感染対策を提案する。

参考文献

- [1] J.Massey Cashore, Ning Duan, AlyfJanmohamed, Jiayue Wan, Yujia Zhang: COVID-19 Mathematical Modeling for Cornell's Fall Semester, (2020).
- [2] 土谷隆:新型コロナウイルス感染症の広がりに関する一考察, (2020).
- [3] 感染症数理モデルと COVID-19 有識者会議, 2020/12/18.