

# COCOA が有する感染者数の削減効果の上限について

大前佑斗

## 1 $t$ 日目の累計感染者数について

感染者 1 人が 1 日あたりに増加させる感染者数を  $r$ , 感染者 1 人が 1 日あたりに回復 (あるいは死亡) する確率を  $d$ , アプリの利用率を  $p$ , 日にち  $t$  の累計感染者数を  $X_t$  とすると, これは, 「第 1 項目:  $t-1$  日目の累計感染者数  $X_{t-1}$ 」, 「第 2 項目:  $X_{t-1}$  が新たに感染させる感染者数  $rX_{t-1}$ 」, これらを足し合わせ, 「第 3 項目:  $X_{t-1}$  のうち回復あるいは死亡する感染者数  $dX_{t-1}$ 」, これを引いた値として定義できる. ただし, 第 2 項目はアプリの利用率が考慮されたものではない. もしアプリの利用率が  $p$  である場合, アプリの利用者同士の接触率は  $p^2$  であることから, 人口全体の中で接触通知が来ている割合は  $p^2$  となる. したがって, 現在の感染者の中で  $p^2$  だけが外出しなくなることから, 誰にも感染させなくなると考えると, 第 2 項目は  $r(1-p^2)X_{t-1}$  となる. これを考慮すると, 日にち  $t$  の累計感染者数  $X_t$  は,

$$X_t = X_{t-1} + r(1-p^2)X_{t-1} - dX_{t-1} \quad (1)$$

$$= X_{t-1}(1 + r(1-p^2) - d) \quad (2)$$

として定義できる. このとき, 1 日目の累計感染者数は,

$$X_1 = X_0(1 + r(1-p^2) - d) \quad (3)$$

となることから, 2 日目の累計感染者数は,

$$X_2 = X_1(1 + r(1-p^2) - d) \quad (4)$$

$$= X_0(1 + r(1-p^2) - d)^2 \quad (5)$$

となる. 以上より, 式 (2) で示した  $X_t$  は,

$$X_t = X_0(1 + r(1-p^2) - d)^t \quad (6)$$

と変形できる.

## 2 アプリの利用率 $p$ が有する累計感染者数の削減効果について

このとき, アプリの利用の有無に対する感染者数の相対比は  $X_t(p=p)/X_t(p=0)$  により表現できるので, 1 からこの値を引いた量が, アプリの利用率  $p$  に対する累計感染者数の削減効果とみなすことができる. したがって, アプリの利用率  $p$ ,  $t$  日目の累計感染者数の削減効果を  $E_t(p=p)$  とすると, これは,

$$E_t(p=p) = 1 - \frac{X_t(p=p)}{X_t(p=0)} \quad (7)$$

$$= 1 - \frac{(1 + r(1-p^2) - d)^t}{(1 + r - d)^t} \quad (8)$$

として定義できる.

## 3 事例: 利用率 $p = 0.2$ , 日にち $t = 1$ , 削減割合 $d = 0$ のとき

この例では,

$$E_1(p=0.2) = 1 - \frac{1 + 0.96r}{1 + r} \quad (9)$$

となる. このとき,  $r$  の極限は,

$$\lim_{r \rightarrow \infty} E_1(p=0.2) = \lim_{r \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1 + 0.96r}{1 + r}\right) \quad (10)$$

$$= 1 - 0.96 \quad (11)$$

$$= 0.04 \quad (12)$$

となる。すなわち、利用率  $p = 0.2$ , 日にち  $t = 1$ , 削減割合  $d = 0$  のときの感染者数の削減効果の最大値は 4% となる。

#### 4 事例: 利用率 $p = 0.2$ , 日にち $t = 2$ , 削減割合 $d = 0$ のとき

この例では,

$$E_2(p = 0.2) = 1 - \frac{(1 + 0.96r)^2}{(1 + r)^2} \quad (13)$$

$$= 1 - \frac{1 + 1.92r + 0.96^2 r^2}{1 + 2r + r^2} \quad (14)$$

となる。このとき、 $r$  の極限は,

$$\lim_{r \rightarrow \infty} E_2(p = 0.2) = \lim_{r \rightarrow \infty} \left( 1 - \frac{1 + 1.92r + 0.96^2 r^2}{1 + 2r + r^2} \right) \quad (15)$$

$$= 1 - 0.96^2 \quad (16)$$

$$= 0.0784 \quad (17)$$

となる。すなわち、利用率  $p = 0.2$ , 日にち  $t = 2$ , 削減割合  $d = 0$  のときの感染者数の削減効果の最大値は 7.84% となる。

#### 5 おわりに

式 (8) に色々入れますと、感染者数の削減効果が見えてくるのではと思います。でも、急いで作ったものなので、間違いがあるかもしれません。ご指摘くだされば、修正いたします。あくまで概算値なので、正確なものではありません。どうぞご容赦ください。