A-2）なぜ流行は繰り返すのか？

社会システム科学（10/16）

流行

流行の過程

1. 潜在期：ある様式が生み出されごく限られた人々に試行される時期
2. 発生期：新しい様式が人々に知られる時期
3. 成長期：新しい様式に同調する人の数が増加し普及率が増大する時期
4. 成熟期：同調する人の数が最大の水準に達し，普及率が鈍化する時期
5. 衰退期：同調をやめる人の数が増加し，普及率が減少する時期
6. 消滅期：新しい様式を採用する人が減少し，その様式が消滅していく時期

流行のパターン

- 定着型（一般化型）
  - 成熟期に達した後，社会において普及が永続的に維持される様式
- 循環型
  - 一定期間をおいて流行と衰退を繰り返す様式
- 衰滅型
  - 一度流行したものの定着せずに陳腐化してしまう様式
  - 一過性のブーム

［問い］

- **流行はなぜ繰り返すのか？なぜ繰り返さない流行があるのか？**

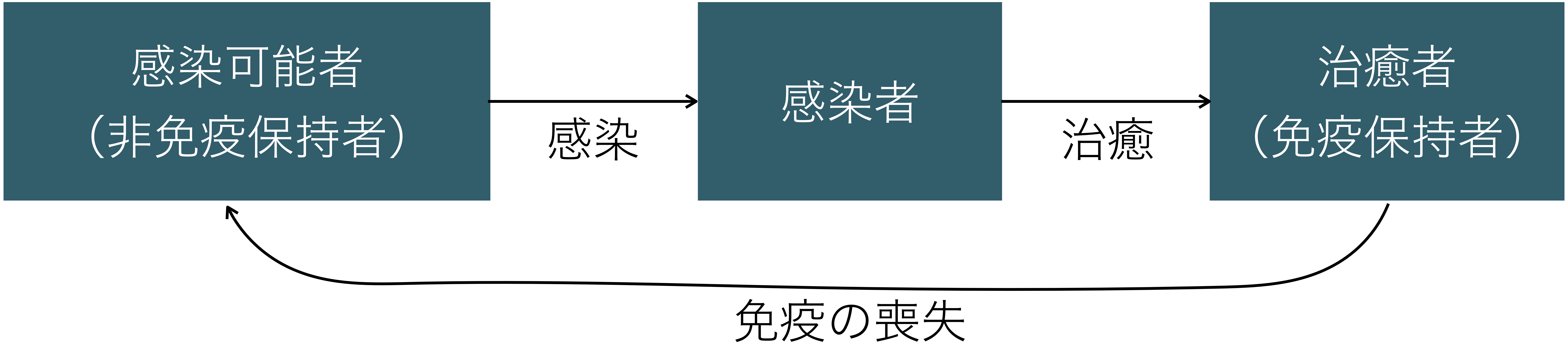
伝染病の感染モデル

仮説

- 感染者の増加
  - 感染者と感染可能者の接触回数が多いほど感染する可能性が高い。
  - 接触回数は「感染者数」と「感染可能者数」が多いほど高い。
- 治癒率
  - 感染者はある一定間隔ごとに一定の率で治癒する。
- 免疫保持者
  - 免疫保持者は再び感染しない。
  - しばらくすると一定数の免疫保持者が免疫を失い感染可能者となる。
    （または新しい感染可能者が集団に流入する）

SIRモデル

- Compartment Model of Epidemiology（単に Epidemiological Modelとも）



- 感染可能者：Susceptible / 感染者：Infected / 治癒者：Recovered
- 感染の可能性＝感染可能者と感染者の接触×接触時の感染の可能性
  - 感染可能者と感染者の接触の可能性＝感染可能者と感染者の数

SIRモデル

$$\frac{dS}{dt} = -\boxed{\alpha S(t)I(t)} + \boxed{\mu}$$

感染可能者と感染者の接触による感染者の増加

$$\frac{dI}{dt} = \boxed{\alpha S(t)I(t)} - \boxed{\beta I(t)}$$

免疫の喪失による感染可能者への変化

感染者の治癒による治癒者の増加

$$\frac{dR}{dt} = \boxed{\beta I(t)} - \boxed{\mu}$$

簡易版SIRモデル（離散時間モデル）

［STEP1］時刻 t におけるSIRの増加量を計算

$$\Delta S = -\alpha S(t)I(t) + \mu$$

$$\Delta I = \alpha S(t)I(t) - \beta I(t)$$

$$\Delta R = \beta I(t) - \mu$$

［STEP2］SIRの値に増加量を加える

$$S(t+1) \leftarrow S(t) + \Delta S$$

$$I(t+1) \leftarrow I(t) + \Delta I$$

$$R(t+1) \leftarrow R(t) + \Delta R$$

SIRモデルにおけるパラメータ

- 時刻 0 ($t = 0$) におけるSIRの割合
- 感染率（感染のしやすさ）α
- 治癒率（感染からの治りやすさ）β

JupyterによるSIRモデルの実装

はじめに

- 以下の少なくとも準備とそれ以外は別のセルに入力・実行した方が良い
  - パラメータを変更しての実験が楽
  - もちろんそれぞれ別のセルに入力・実行しても良い

準備（1/3）

1. 必要なパッケージの読み込み

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

準備（2/3）

2. SIRの増加量を計算する関数の定義（STEP1の計算用）

```
def calc_dS(t, S, I, R, a, b, mu):
    val = -a * S[t] * I[t] + mu
    return val

def calc_dI(t, S, I, R, a, b, mu):
    val = a * S[t] * I[t] - b * I[t]
    return val

def calc_dR(t, S, I, R, a, b, mu):
    val = b * I[t] - mu
    return val
```

$$\Delta S = -\alpha S(t) I(t) + \mu$$

$$\Delta I = \alpha S(t) I(t) - \beta I(t)$$

$$\Delta R = \beta I(t) - \mu$$

準備（3/3）

3. データ保存領域の準備

```
T = 100
S = np.zeros(T+1)
I = np.zeros(T+1)
R = np.zeros(T+1)
```

100単位時間分計算を行う

データ保存領域を用意（101個分）

初期値の設定

- SIRの初期値と α， β， μ を設定

```
S[0] = 0.999
I[0] = 0.001
R[0] = 0
a = 0.90
b = 0.20
mu = 0.05
```

実験

```
for t in np.arange(T):
    dS = calc_dS(t, S, I, R, a, b, mu)
    dI = calc_dI(t, S, I, R, a, b, mu)
    dR = calc_dR(t, S, I, R, a, b, mu)
    S[t+1] = S[t] + dS
    I[t+1] = I[t] + dI
    R[t+1] = R[t] + dR
```

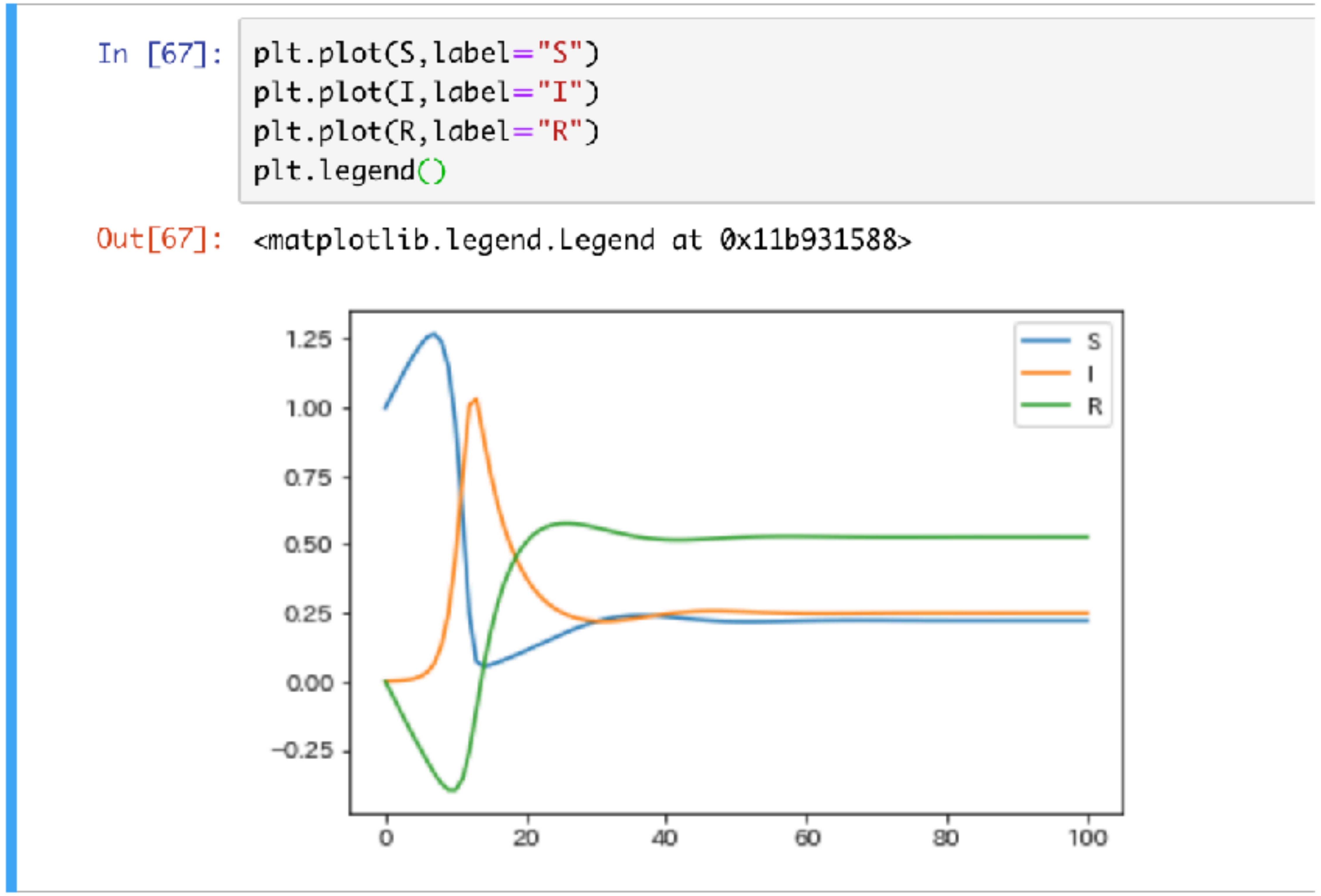
t を 0〜T-1 まで（T回）繰り返す

STEP1

STEP2

プロット

```
plt.plot(S,label="S")
plt.plot(I,label="I")
plt.plot(R,label="R")
plt.legend()
```



SIRモデルを用いた流行の考察

SIRモデルと流行

※ A，C，Dについては課題にしています。

A. SIRモデルにおける感染可能者S・感染者 I・免疫保持者Rは流行モデルにおいては何に相当するだろうか？

B. パラメータを変更していくと様々なダイナミクス（挙動）が見られる。
 B-1）流行における定着型・循環型・衰滅型に相当するダイナミクスを得られた時のパラメータはどのようなものか？
 B-2）それらのパラメータの流行における意味はどのようなものか？

SIRモデルの拡張

C. SIRモデルの拡張として潜伏期間を導入したSEIRモデルが知られている。

C-1）SEIRモデルについて調べ，簡単に説明しなさい。

C-2）SEIRモデルを流行のモデルとして採用する場合，SEIRのそれぞれは流行においては何に対応するだろうか？

D. 流行に特有の状況を導入してSIRモデルを拡張することを検討してみよう。