

筑波大学における 感染症リスクの視覚化

グループ演習1班

伊藤成彦 大金誠 小嶋陸大 魏丹

アドバイザー教員 高安亮紀

背景

● 移動手段の発達による感染症の被害拡大のリスク増大.

(例) SARS: 重症急性呼吸器症候群

→ 感染者8,069人 死者774人

● つくばエクスプレス利用者の増加

✓ 筑波大学生の20%: ほぼ**毎日**利用

✓ // 12%: 週に2~3回利用

外的なリスク

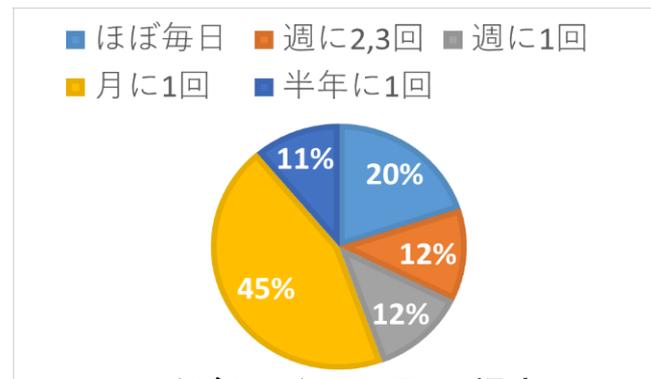
通学時の感染症リスクの増大。
大学内でのさらなる感染の拡がり。

● 筑波大学でのヒヤリ・ハット事案の発生

✓ 一般ごみ廃棄箇所にバイオハザードゴミが廃棄.

内的なリスク

大学内の研究室からの菌の流出。



つくばセンターの利用頻度
(学生90人へのアンケート調査)



感染症リスクの認知が必要である。

目的

- 筑波大学における感染症リスクをシミュレータによって**視覚化**する.
- 筑波大学の**地理的特徴**をシミュレータに反映する.



筑波大学における感染症拡大の特徴を明らかにする.
感染症のリスクを認知し, 対策促進の一助とする.

SIR (S) 感染症モデル(おさらい)



$$\frac{dS}{dt} = -bSI + mR$$

$$\frac{dI}{dt} = bSI - gI$$

$$\frac{dR}{dt} = gI - mR$$

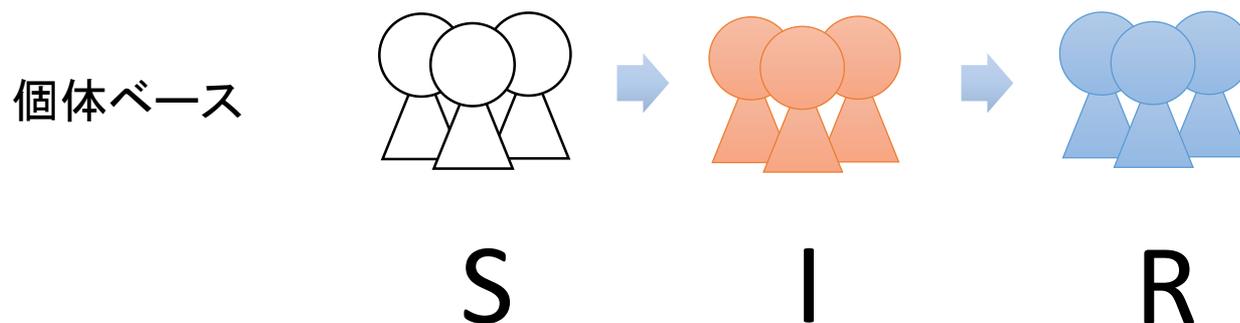
β : 感染率

γ : 隔離率

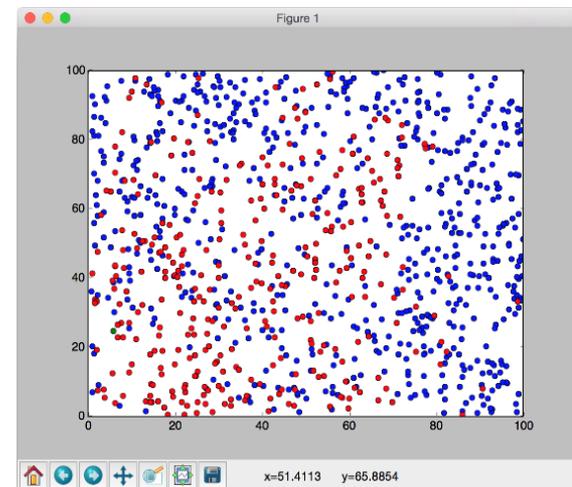
μ : 再感染率

$$S + I + R = P \text{ (const.)}$$

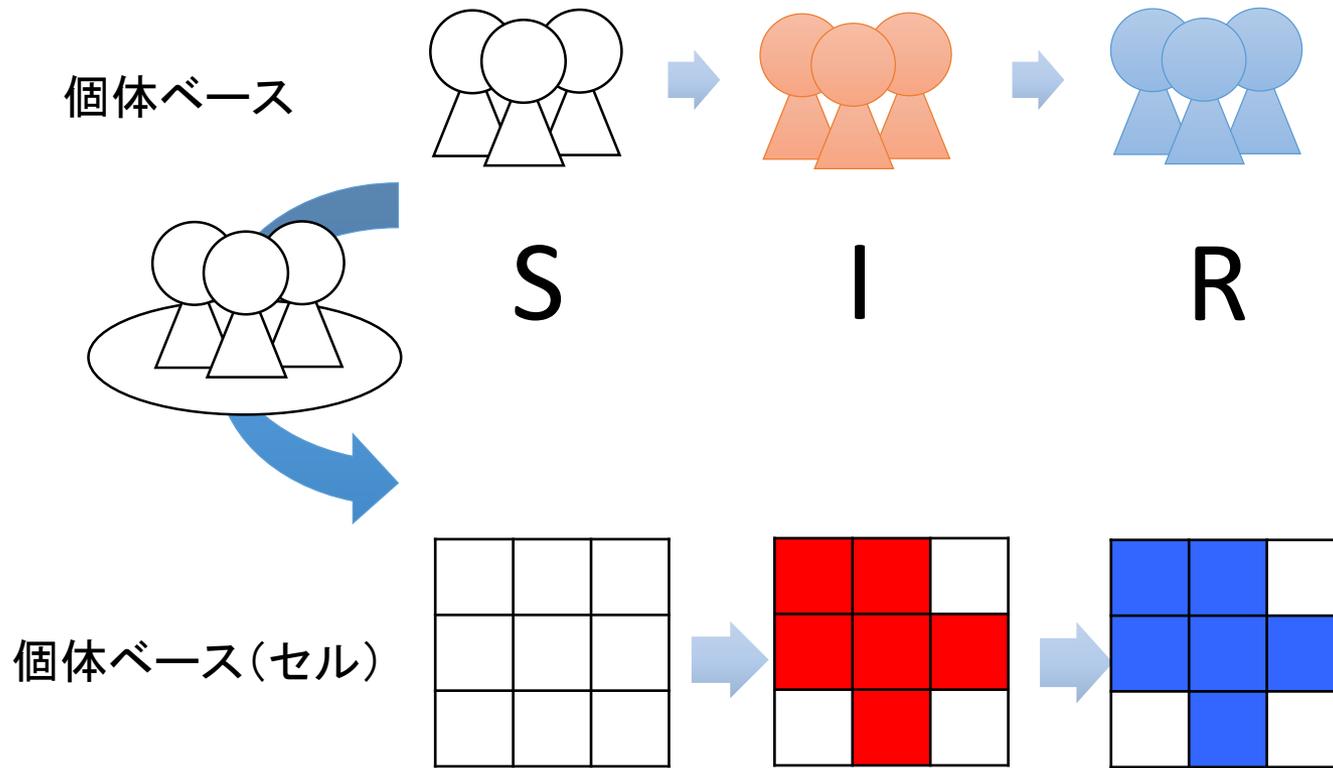
数理モデルと個体ベース



より複雑な個体の動きを
シミュレーションすることは困難.....

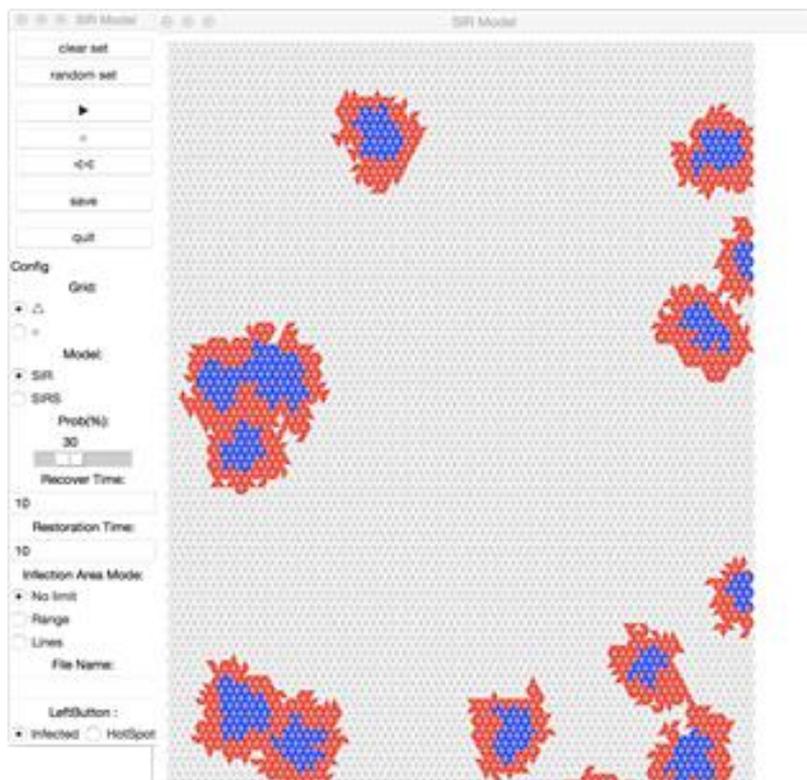


数理モデルと個体ベース



セルをベースとすることで
SIR感染モデルをマクロ・ミクロな視点から実験できる

「PyT-SIRS」 (Python Tsukuba SIR Simulator)



- SIR感染症個体ベースモデルに基づいたシミュレータ
- Tkinterを用いて設計された分かりやすいユーザーインターフェース
- SI, SIR, SIRSなどから選べる感染症モデルのモード
- ファイルから読み込める感染範囲設定機能

PyT-SIRS概要

- 実装環境

Python3.5

Tkinter(GUI)

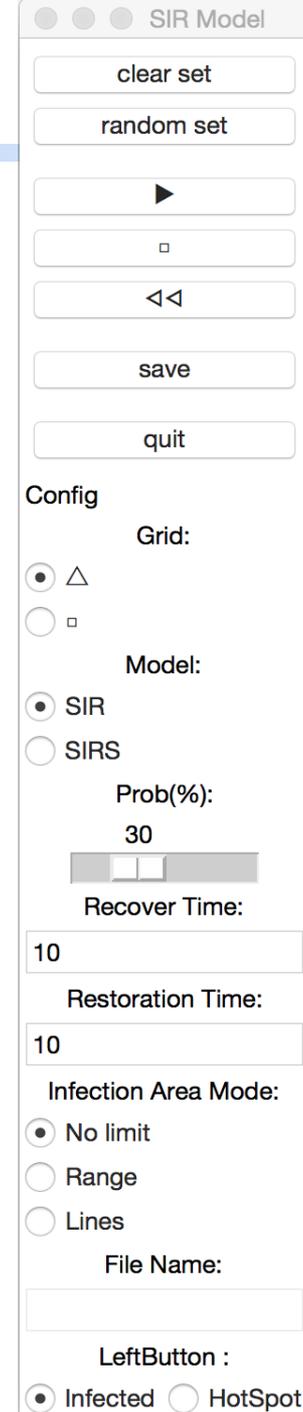
- 開発期間

約3ヶ月(実質1ヶ月)

- ソースコード

<https://github.com/mimizunohimono/SIRmodel>

にて公開



実装面での工夫(1)

- 正方形グリッドと正三角形グリッド

- 正方形

- 実装が楽.

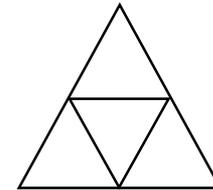
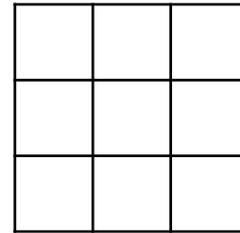
- 直線表現しやすい.

- 正三角形

- 実装がやや面倒.

- 同じ大きさの領域に正方形より多くのグリッドを配置できる.

- ジャギー(境界面のギザギザ)を抑えることができる.



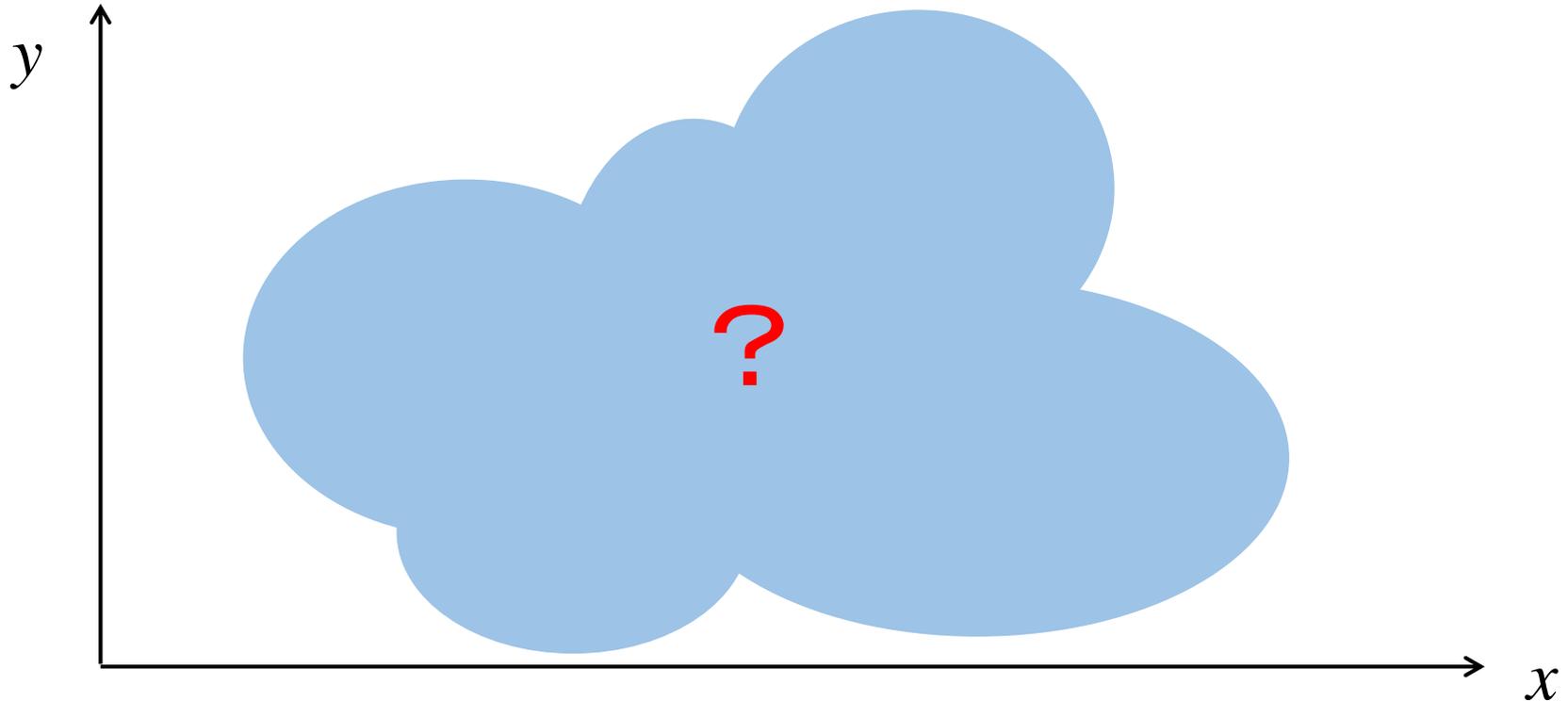
- ホットスポットの設置

- ・基本感染率は一定だが、局所的に感染率の高い地点を設置.
 - ・ホットスポットに近づくほど感染率が上昇.

実装面での工夫 (2)

- 感染範囲指定

問題：任意の図形に対して、どのように範囲を指定すればよい？

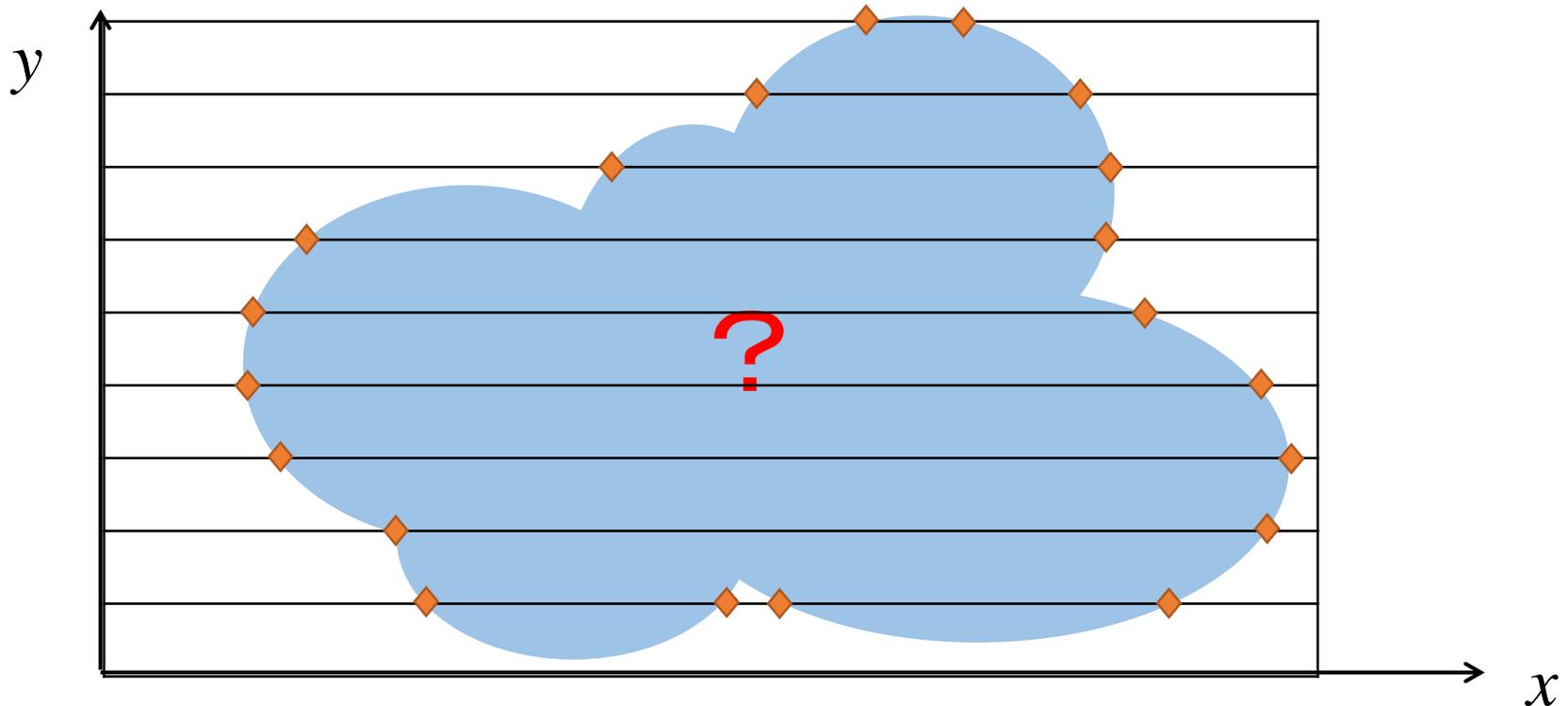


実装面での工夫 (3)

- 標本化法

一定間隔で任意の図形のxの値を採取

$[[x_{11}, \dots, x_{1n}], \dots, [x_{m1}, \dots, x_{mn}]]$ で行列を構成できる.



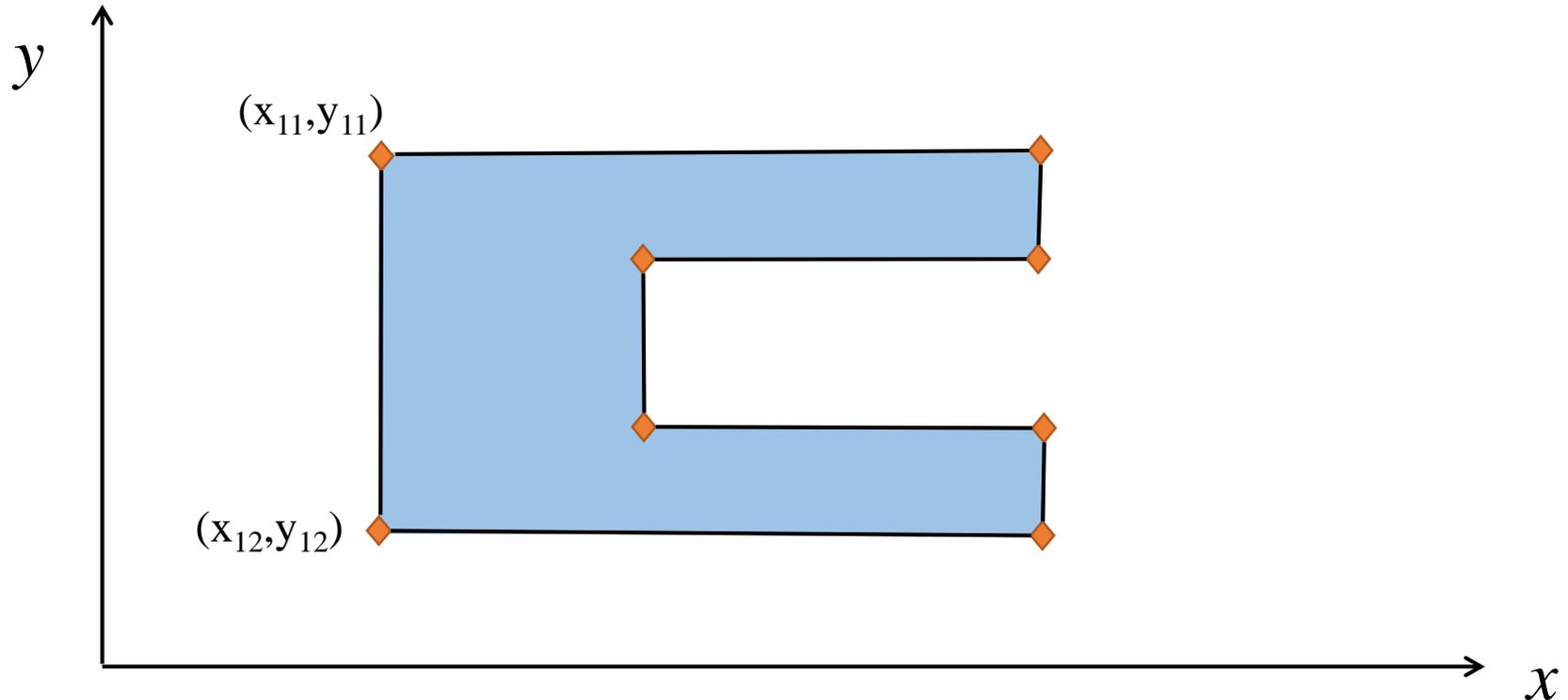
→曲線が多い図形に有利！

実装面での工夫 (4)

- 直線座標指定

座標を一筆書きで指定

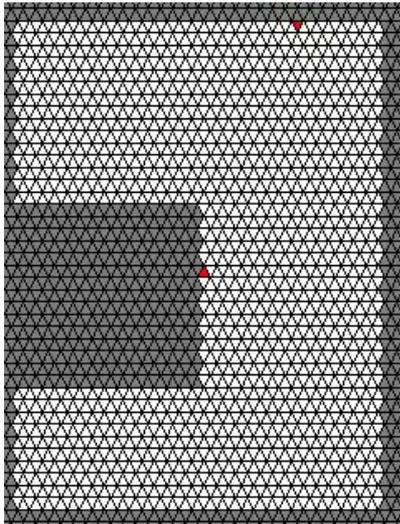
$[[[x_{11}, y_{11}], \dots, [x_{1n}, y_{1n}]], \dots, [[x_{m1}, y_{m1}], \dots, [x_{mn}, y_{mn}]]$
で行列を構成できる



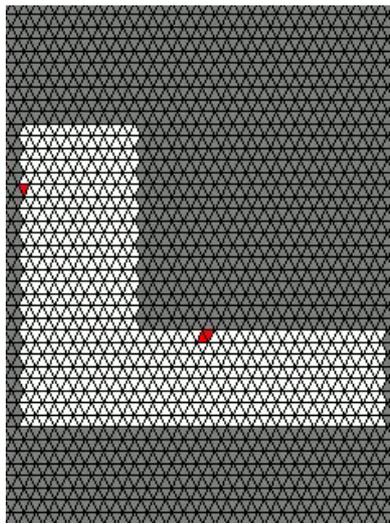
→直線が多い図形に有利！

実験結果： 仮想の建物での実験

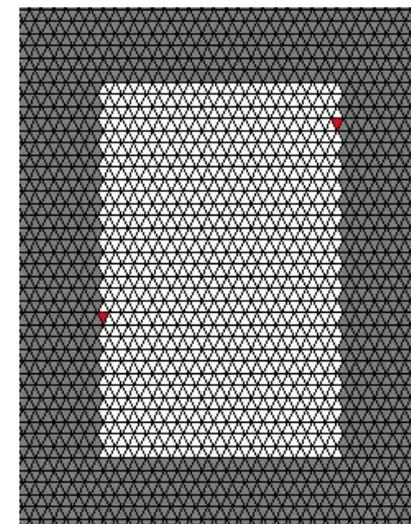
SIRモデル／感染率10％／回復時間10



凹型・初期感染セル2



└型・初期感染セル2

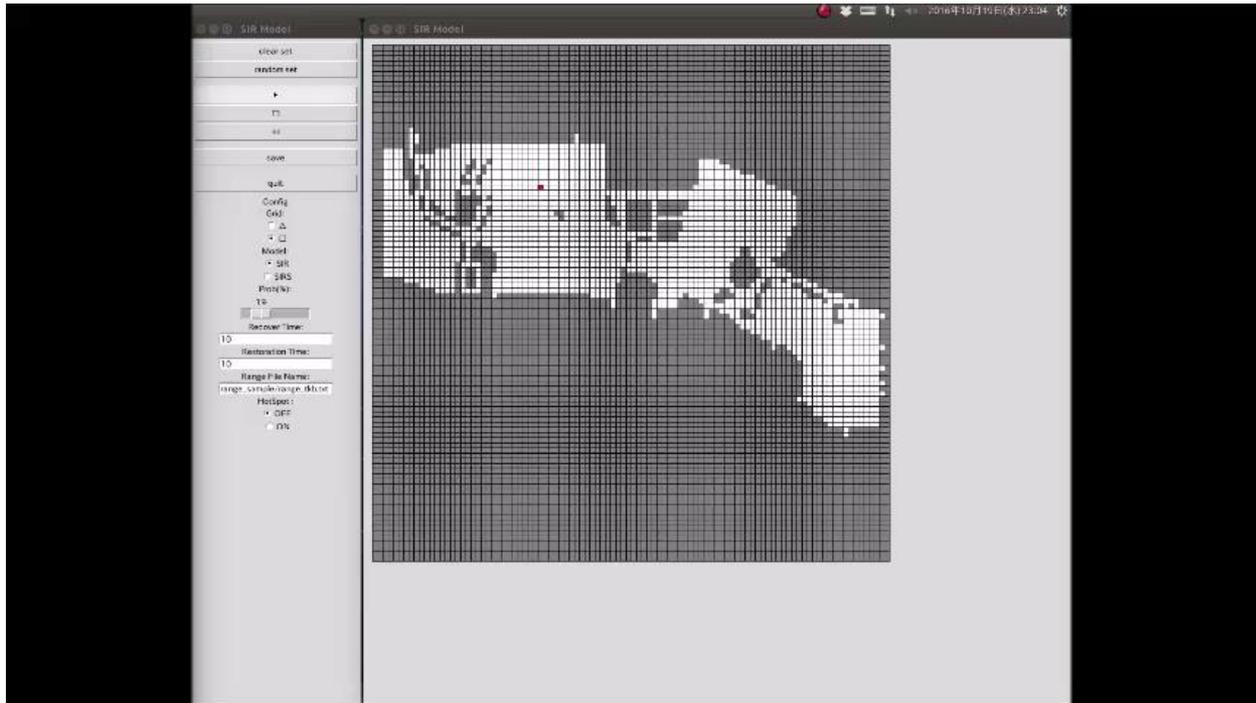


長型・初期感染セル2

- ✓ 感染初期には感染セルを中心として円形に広がっている.
- ✓ 感染率が低い場合、凹型またはL型の建物は長方形より感染しにくい.
 - 建物の形によって感染する時間が違う.
- ✓ 建物の一部では未感染となる場合がある.
 - 建物内の狭い所には感染しにくい.

実験結果： 筑波大学全体での実験（1）

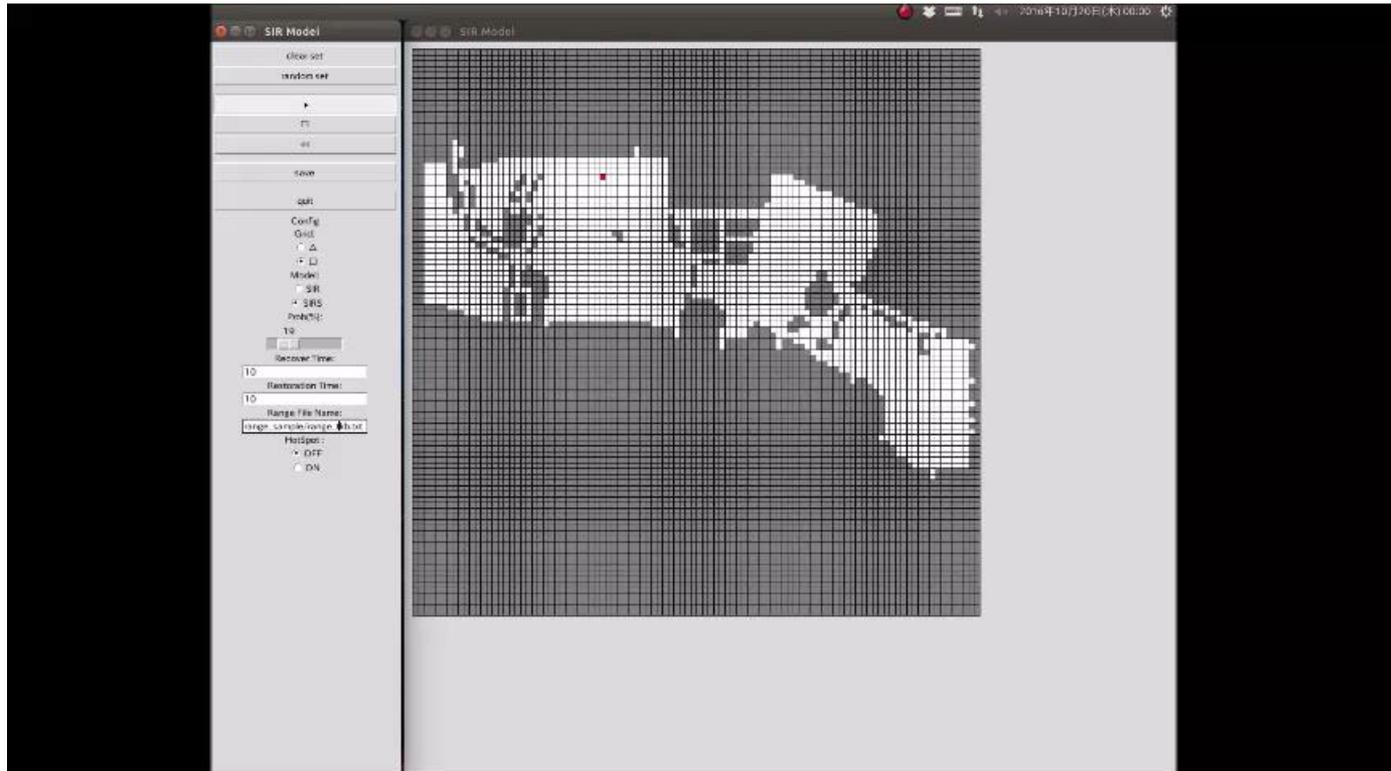
SIRモデル／感染率19％／回復時間10



- ✓ 複数の出入り口が点在する施設（例：平砂宿舎）は、あるルートから感染セルが侵入しなくても、他のルートから侵入する場合がある。
 - こうした施設は、感染症リスクが高い。
- ✓ アイソトープ環境動態研究センターでは、感染が起きていない。
 - 実際にこの施設への人の出入りは比較的少なく、うまく再現できている。

実験結果： 筑波大学全体での実験（2）

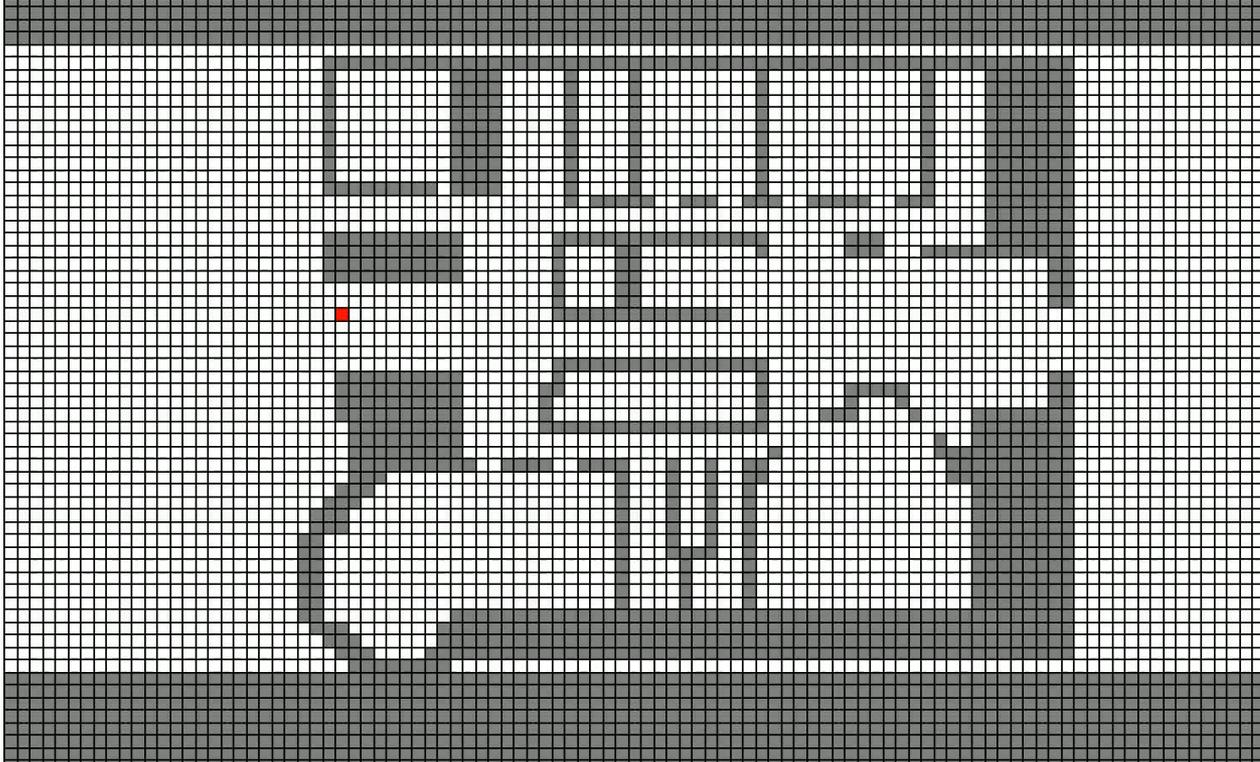
SIRSモデル／感染率19％／回復時間10／免疫損失時間10



- ✓ 通路が入り組んでいるような場所（例：一の矢宿舎，平砂宿舎）では，感染セルが免疫を獲得し，免疫を失うと再び感染するという周期的な定常状態が発生した。

実験結果： 総B棟1Fでの実験（1）

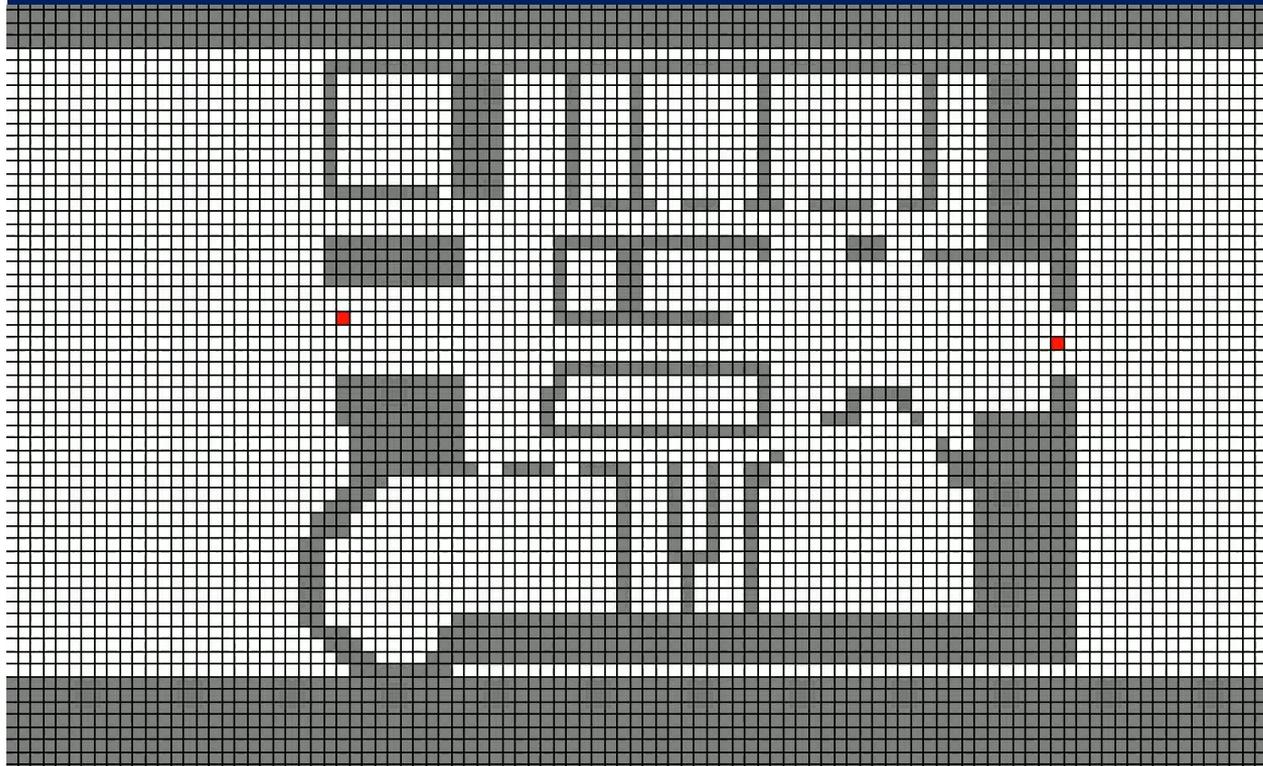
SIRモデル／感染率10％／回復時間10／初期感染セル1（自動扉付近）



- ✓ 入口に近い空間（自動販売機スペース，SB0112-1など）への感染の拡がりがみられるが，建物中央付近で感染の拡がりが収束する。

実験結果： 総B棟1Fでの実験 (2)

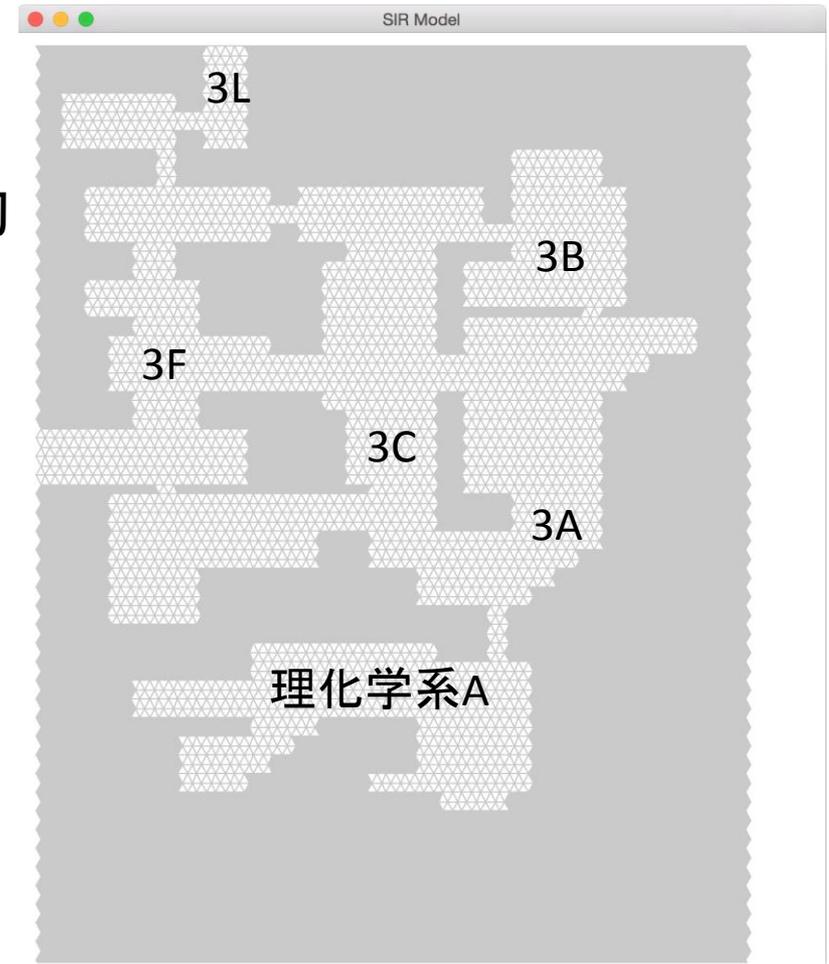
SIRモデル／感染率10％／回復時間10／初期感染セル2(各自動扉1ずつ)



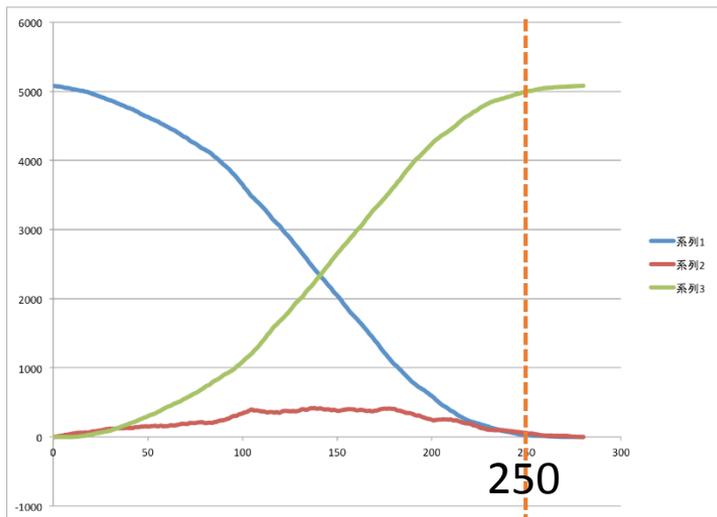
- ✓ ほぼ全ての場所へ感染が広がった.

連結した建築物(筑波大学第3エリア)を対象とする実験

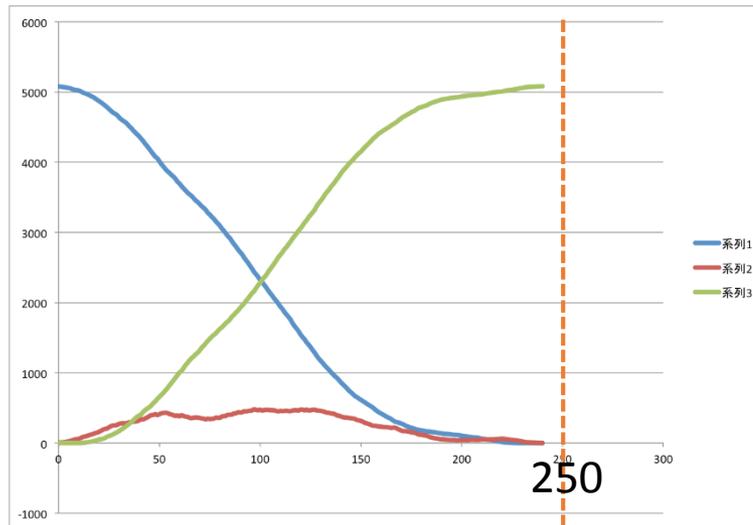
- 指定対象
右図のような3A棟を模した建築物
(省略部分あり)
- 実験内容
 - 初期感染セルの個数と
全感染個体数の関係
 - 出入り口は封鎖, 建物内の
移動のみ可能
- 予測
 - 初期感染セル個数が2倍ならば
終息(全てのセルがRになる)まで
の時間が1/2?



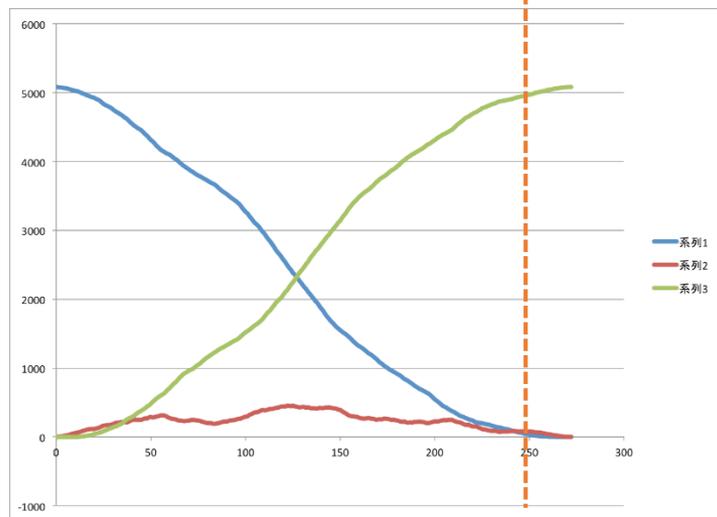
実験結果



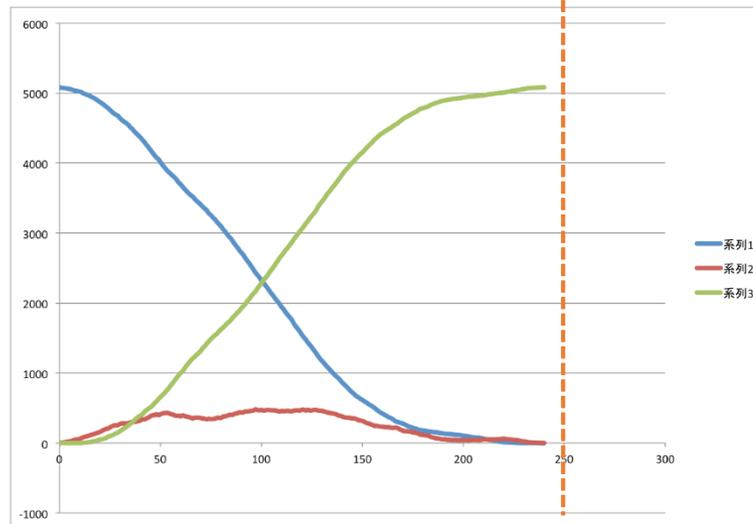
3A棟からスタート



3A棟, 3F棟, 3L棟からスタート



3A棟, 3F棟からスタート



3A棟, 3F棟, 3L棟, 理化学系A棟からスタート

実験結果まとめ

- 感染率の増加
収束までの時間が速まり、未感染のセルが少なくなる.
 - SIRSモデル
周期的な定常状態に陥り、収束しないことがある.
 - 初期感染者の増加
 - 構造が単純→劇的に収束速度が速まる
 - 構造が複雑→収束速度はそこまで影響がない
(最初の1人が重要)
 - 感受性保持者, 免疫保持者のグラフはどれもほぼ同型.
感染者数は微増.
- 初期対応で感染者をくい止められなければ, 対応の意味が薄れる

考察

- シミュレータの完成度について
 - 概ね目的通りのシミュレータが実装できた
(<https://github.com/mimizunohimono/SIRmodel>で公開).
- 施設への入口が複数あり、それが点在するような施設では感染症リスクが高い。
 - あるルートでは収束しても、**その他のルートから感染**が起こる。
 - 複数のルートから感染セルが侵入し、**感染が収束しない**「定常状態」になる。
- 初期感染セルの数と建物の空間的特徴によって感染の拡がりは変化する。
 - L型また凹型というような折る建物は長型より感染しにくい。
 - 総B棟では、初期感染セルが1と2では、感染の拡がりに大きな差があった。

- ✓ 初期感染セルは、その周囲の感受性保持セルの存在の多寡によって拡がり方が大きく異なる。
- ✓ いち早い感染源の特定、感染源から直ちに避難、適切に封鎖。

今後の課題

実装について

- セルの感染の有無を $\{0,1\}$ ではなく, $[0,1]$ で取り扱う
→潜伏期間や感染の度合いなどを割合で扱えるようにする.
- 現在のExcelを用いての手動による地図の作成を, よりユーザーが使いやすいシミュレータにするために, この処理の自動化が必要である.

調査における課題について

- 筑波大学における感染症の拡大の様子を明らかにすることができた.
- 筑波大学以外への応用
- パラメータ(感染率、隔離率など)を適切に設定するための方法について検討する必要がある.

参考文献

[1] つくば市の人口分析状況:

https://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/dbps_data/_material/_files/000/000/018/320/220jinkoudoukou.pdf

[2] 重症急性呼吸器症候群 (SARS) 関連情報:

<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kekkaku-kansenshou05/03.html>

[3] つくばエクスプレス 乗車人数:

<http://www.mir.co.jp/company/number.html>

[4] 伝染病 (感染症モデル):

<http://gi.ics.narawu.ac.jp/~takasu/lecture/global/H22-global-8.pdf>

[5] Python Official “Tkinter”

<https://wiki.python.org/moin/TkInter>