

シミュレーションを活用した 新型コロナウイルス感染症対策

山形県立酒田光陵高等学校情報科

後藤八基
小林紘也

目次

- 1.背景
- 2.問題点
- 3.本研究の目的
- 4.シミュレーションモデルの提案
- 5.構築実験
- 6.考察
- 7.まとめ

1.背景

- 2019年末から新型コロナウイルス感染症が社会問題化
- 多くの人々がマスクを外すこともできない大変な環境で生活するし
かなくなった
- 集団感染に対する効果的な対策に関心が高まっている

2.問題点

特に注意が必要な室内での集団感染に対し、効果的な対策は何かを簡単に検証する方法が提供されていないため、どのような対策を講じれば有効なのか確認することができない

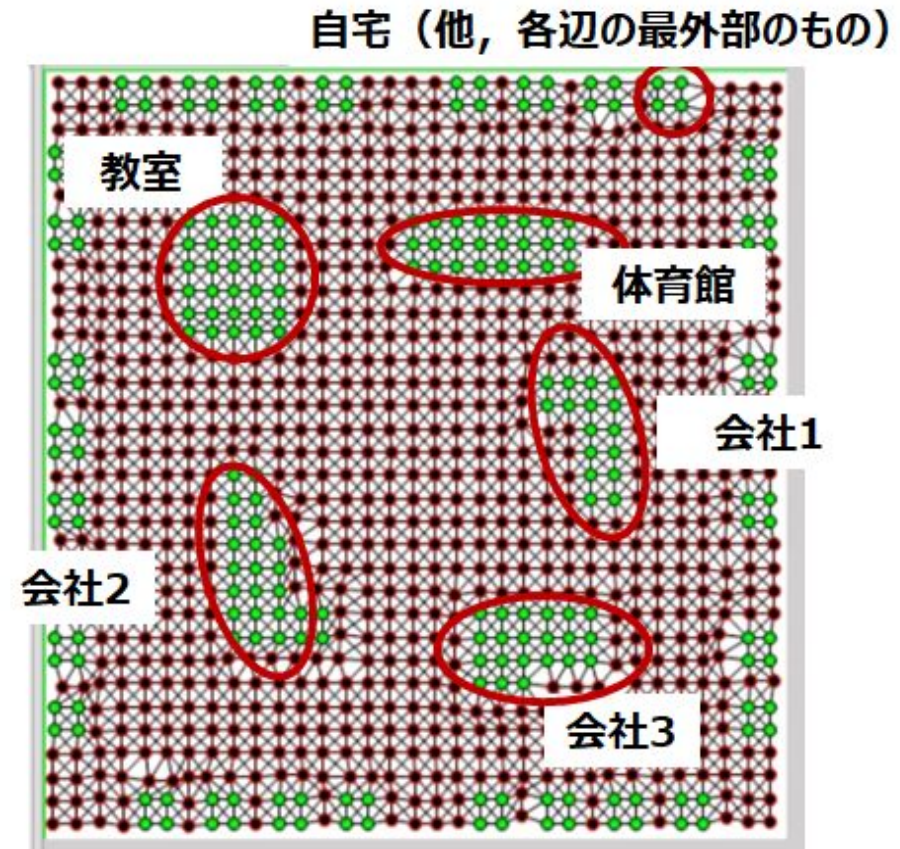
3.本研究の目的

多くの人が入り出りする室内環境(社会人にとっては会社, 学生にとっては教室や体育館など)における感染の広がり方を検証可能なシミュレーションモデルを構築し, そのシミュレーションモデルを利用して, 費用を抑え効果の大きい感染症対策を検証できるようにすること

4.シミュレーションモデルの提案(1/8)

本モデルで想定している環境

- 30世帯の自宅, 1つの教室, 1つの体育館, 3つの会社があり, 1世帯は3人家族とする
- 右図の緑色で表される経路地点では物理的距離がモデル上の距離と対応しているが, その他の赤い移動中の距離は便宜上のものとする



4.シミュレーションモデルの提案(2/8)

本モデルにおける時間概念の設定

- シミュレーション上の1秒を実時間の3分として扱う
- シミュレーションを行う時間帯は、平日の5日間のうち、就寝時を除く6時～22時までの16時間とし、この範囲外では感染しないこととする
- 期間は2ヶ月(平日40日間)とする

4.シミュレーションモデルの提案(3/8)

本モデルにおけるエージェントの行動の設定

- 3人の家族は高校生, 家族(在宅), 家族(通勤)とする
高校生:教室で授業を受け, 体育館で部活することがある
家族(在宅):終日, 家にいる
家族(通勤):会社に通い, 室内で仕事を行う
- 1日の流れにおける行動

開始時刻 (sim上の秒)	高校生 (部活なし)	高校生 (部活あり)	家族 (在宅)	家族 (通勤)
7:00 (1)	病態遷移 (state_transition) 入院 (hospitalize)			
	登校 (go)			出社 (go)
14:30 (150)	帰宅 (back)	部活 (go_gym)		
17:30 (210)		帰宅 (back)		帰宅 (back)

4.シミュレーションモデルの提案(4/8)

本モデルにおけるエージェントの行動の設定

- 状況に応じた行動

頻度 (sim上の秒)	行動 (sim上の関数)	場所
3分ごと (1)	周囲に接触し、確率で感染させる (contact)	どこでも
60分ごと (20)	室内で移動する (wiggle)	自宅にいるとき
60分ごと(20)	室内で移動する (class_wiggle)	教室にいるとき
30分ごと (10)	室内で移動する (com_wiggle)	会社にいるとき
6分ごと (2)	体育館で移動する (gym_wiggle)	体育館にいるとき

4.シミュレーションモデルの提案(5/8)

本モデルにおける変数や経路地点の設定

• エージェントの変数

変数名	行動	型	値域
infected	感染しているか?	boolean	True, False
cid	所属している企業D	int	0 (家族通勤以外) 1,2,3
hid	所属している世帯D	int	1,2,3,...,30
rid	役割ID	int	1 (高校生) 2 (家族在宅) 3 (家族通勤)
club	部活動をするか?	boolean	True, False
org_goal	当初の目的経路地点	int	
org_start	当初の出発経路地点	int	
stage	現在の感染状態	str	"0", "1", "2a", "2b", ", "3a", "3b", "4"
timer	感染後の経過日数	int	
act	現在移動中(通勤, 通学)かどうかのフラグ	int	0, 1

• 各経路地点に関する値

経路地点	属性名	属性値
教室	role	classroom
	hid	
	cid	
体育館	role	gym
	hid	
	cid	
自宅	role	home
	hid	1/2/.../30
	cid	
会社	role	company
	hid	
	cid	1/2/3

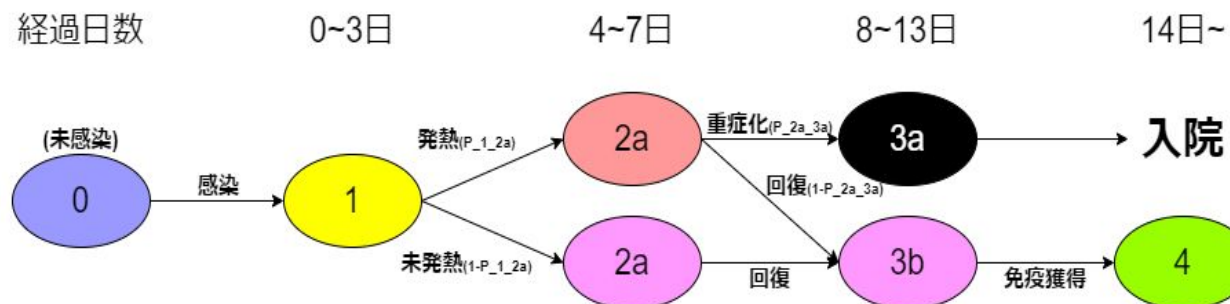
4.シミュレーションモデルの提案(6/8)

本モデルにおける感染状態の設定

- 状態

状態名	行動	感染力	表示色
0	未感染	なし	青
1	感染	あり	黄色
2a	発熱	あり	赤
2b	発熱なし	あり	マゼンタ
3a	重症化, 入院	あり	黒
3b	回復傾向	あり	マゼンタ
4	免疫獲得	なし	緑

- 状態遷移図

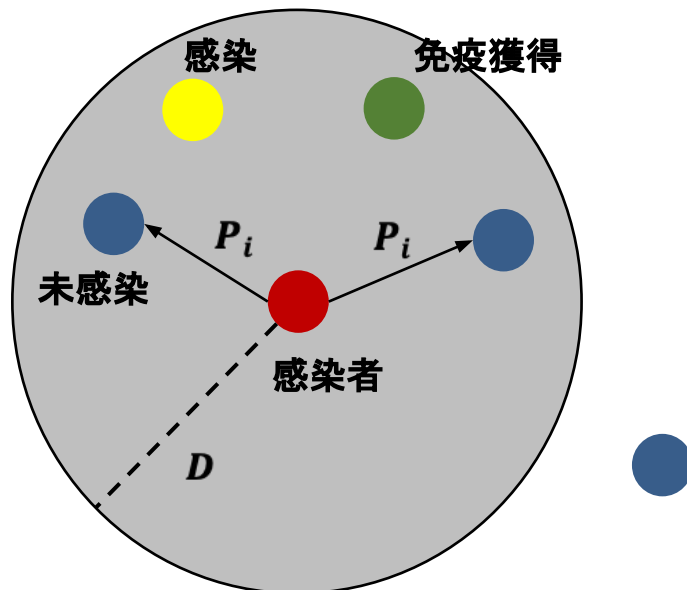


4.シミュレーションモデルの提案(7/8)

本モデルにおける感染の仕組み

- 感染力のある人は、“未感染の人”が“一定の距離内にいる”際に3分間ごとに一定の確率で感染させる

一人の感染者視点での簡易マップ



感染モデル中のパラメータ

変数名	行動	値域
P_1_2a	発症率	0~1.0
P_2a_3a	重症化率	0~1.0
P_i	伝搬率	0~1.0
D	伝搬距離	0~10

4.シミュレーションモデルの提案(8/8)

本モデルにおける感染症対策の効果

種類	手段	効果
吸い込み飛沫経路	ウレタンマスク	教室と会社内では伝搬率 P_i をx0.7にする
	布マスク	教室と会社内では伝搬率 P_i をx0.65にする
	不織布マスク	教室と会社内では伝搬率 P_i をx0.3にする
検査	検温	2aおよび3aの状態の感染者を確率0.75で検知可能 検知されたら、帰宅させることができる
	抗原検査	2a,2b,3a,3bの状態の感染者を確率0.6で検知可能 検知されたら、入院させることができる 検査は全人口の8割の対象に実施可能。 検査結果は1日後に判明する。
	PCR	1,2a,2b,3a,3bの状態の感染者を確率0.95で検知可能 検知されたら、入院させることができる 検査は全人口の5割の対象に実施可能 検査結果は1日後に判明する
行動制限	部活禁止	高校生が14:30で全員帰宅する
	分散登校	高校生は1日交代で50%ずつ登校する 登校者で部活動に入っている人は通常通り部活動を行う
	一斉休校	高校生は任意のタイミングで日間自宅待機する。

5.構築実験(1/8)

実験の目的

新型コロナウイルスの感染拡大の状況を再現し、その環境下で明確な効果があり、コストや受容可能性等の観点からも優れていると考えられる感染症対策を判断すること

実験方法

- シミュレーションは1の世帯の家族(通勤)がはじめに感染している状況から開始する
- 感染者は重症になれば入院するが、それ以外の状態では発熱した場合でも半分の感染者は自宅待機せず通常の行動を行う
- 部活動は高校生の半数15名が行う
- 手指消毒・換気などのモデルに考慮されていない要因は考慮しない

5.構築実験(2/8)

実装環境

富士通

CPU: core i5 7000U メモリ: 16GB

使用したシミュレータ

S4 Simulation System Version 6.1.0

実装言語

Python

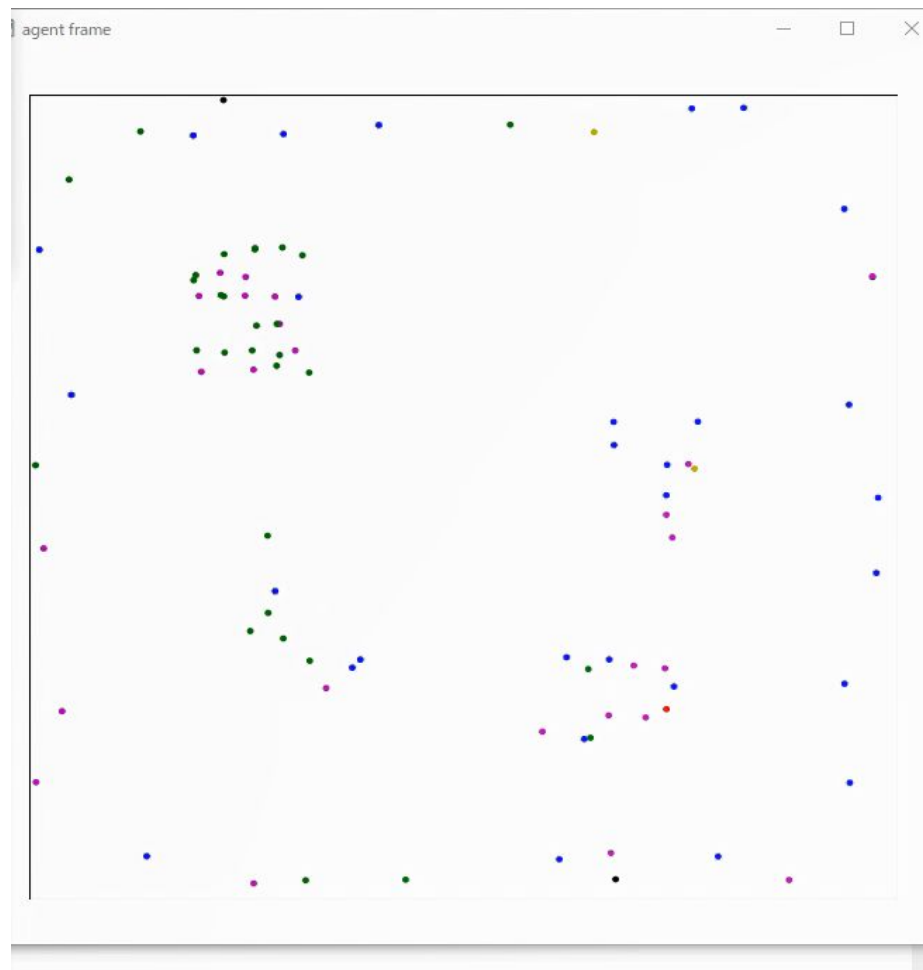
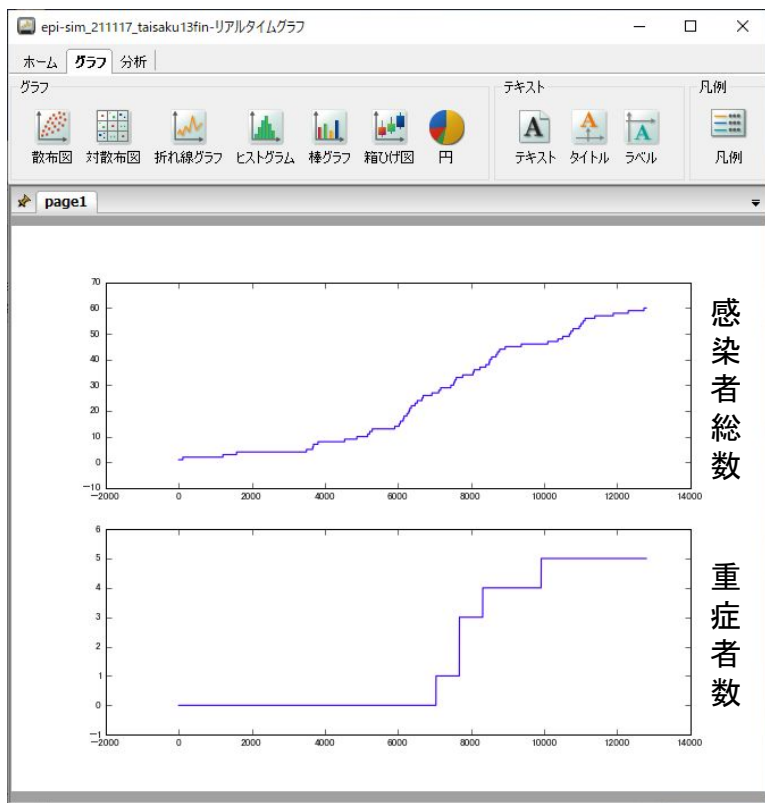
5.構築実験(3/8)

細かいパラメータの設定

変数名	意味	値域	初期値
P_1_2a	発症率	0~1.0	0.2
P_2a_3a	重症化率	0~1.0	0.80.2
P_i	伝搬率	0~1.0	0.0015
D	伝搬距離	0~10	1.5
E_home	移動確率(自宅)	0~1.0	0.1
E_class	移動確率(教室)	0~1.0	0.2
E_gym	移動確率(体育館)	0~1.0	0.2
E_com	移動確率(会社)	0~1.0	0.2

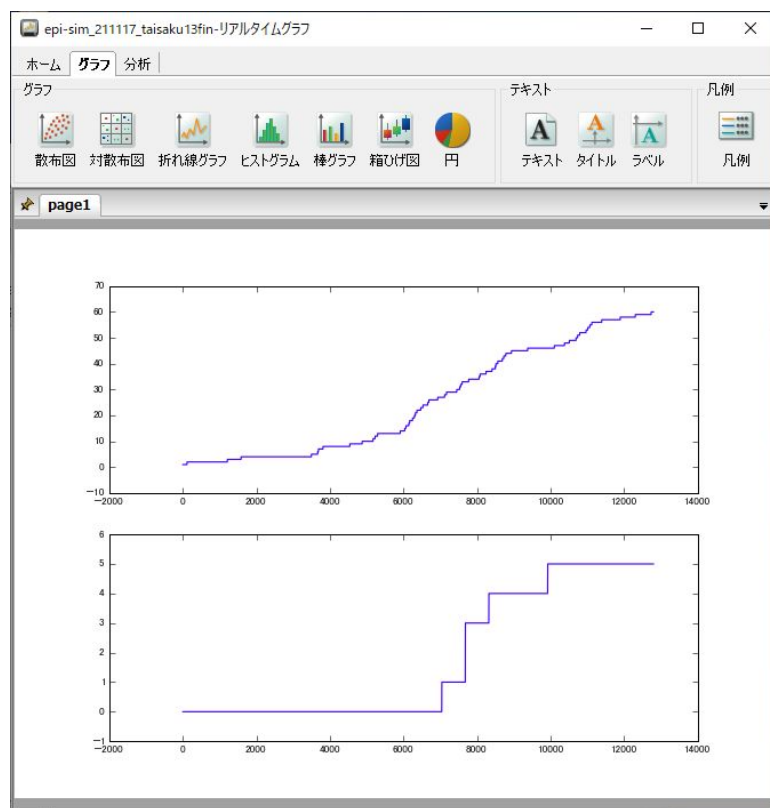
5.構築実験(4/8)

実際のシミュレーション画面



5.構築実験(5/8)

感染症対策を行っていない場合の感染状況



Information

メッセージ モデル出力 モデルエラー システム

Day 35
===== Day: 35 Time: 192.0=====

[infected]学生(24 / 30)世帯9(1 / 3)

[INFO]世帯別感染者数: [3, 3, 1, 2, 3, 2, 3, 2, 1, 3, 2, 3, 2, 0, 3, 0, 3, 2, 3, 2, 3, 0, 1, 1, 2, 1, 0, 1, 2, 3] 全感染世帯数: 11

[INFO]総数: 57 学生: 24 通勤: 21 在宅: 12

Day 36

Day 37
===== Day: 37 Time: 55.0=====

[infected]会社3(10 / 12)世帯22(1 / 3)

[INFO]世帯別感染者数: [3, 3, 1, 2, 3, 2, 3, 2, 1, 3, 2, 3, 2, 0, 3, 0, 3, 2, 3, 2, 3, 1, 1, 1, 2, 1, 0, 1, 2, 3] 全感染世帯数: 11

[INFO]総数: 58 学生: 24 通勤: 22 在宅: 12

Day 38
===== Day: 38 Time: 145.0=====

[infected]学生(25 / 30)世帯22(2 / 3)

[INFO]世帯別感染者数: [3, 3, 1, 2, 3, 2, 3, 2, 1, 3, 2, 3, 2, 0, 3, 0, 3, 2, 3, 2, 3, 2, 1, 1, 2, 1, 0, 1, 2, 3] 全感染世帯数: 11

[INFO]総数: 59 学生: 25 通勤: 22 在宅: 12

Day 39
===== Day: 39 Time: 256.0=====

[infected]会社1(6 / 9)世帯23(2 / 3)

[INFO]世帯別感染者数: [3, 3, 1, 2, 3, 2, 3, 2, 1, 3, 2, 3, 2, 0, 3, 0, 3, 2, 3, 2, 3, 2, 2, 1, 2, 1, 0, 1, 2, 3] 全感染世帯数: 11

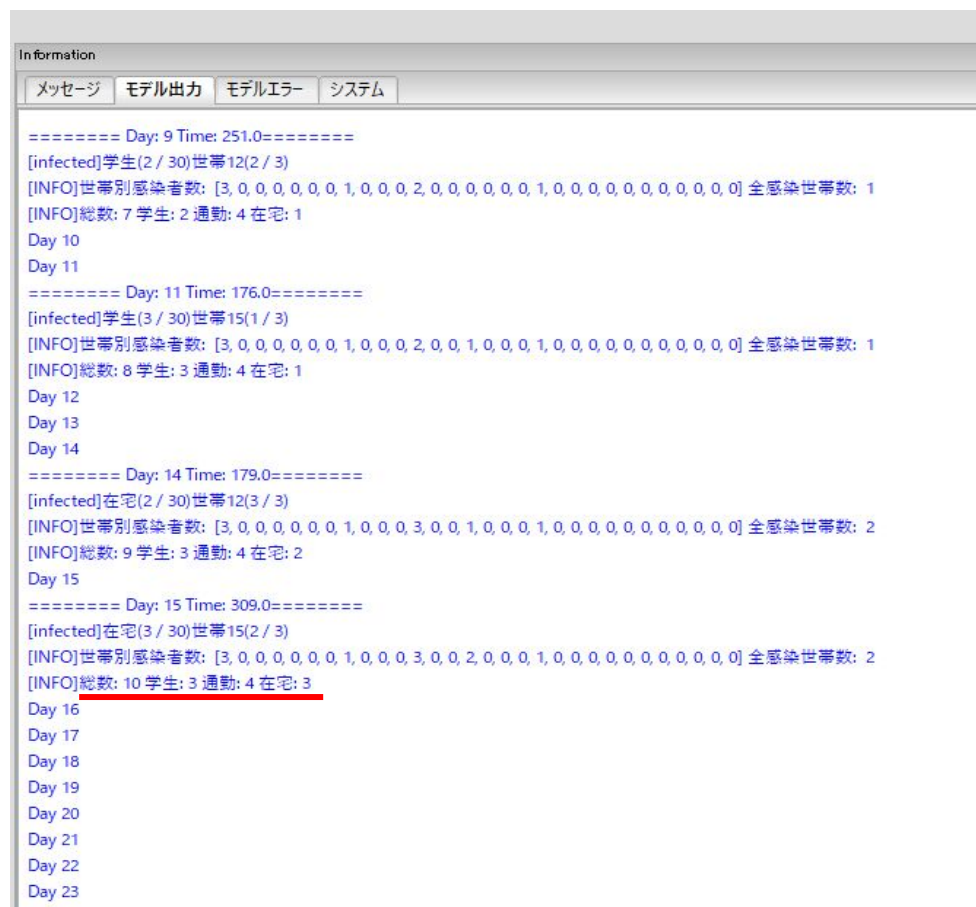
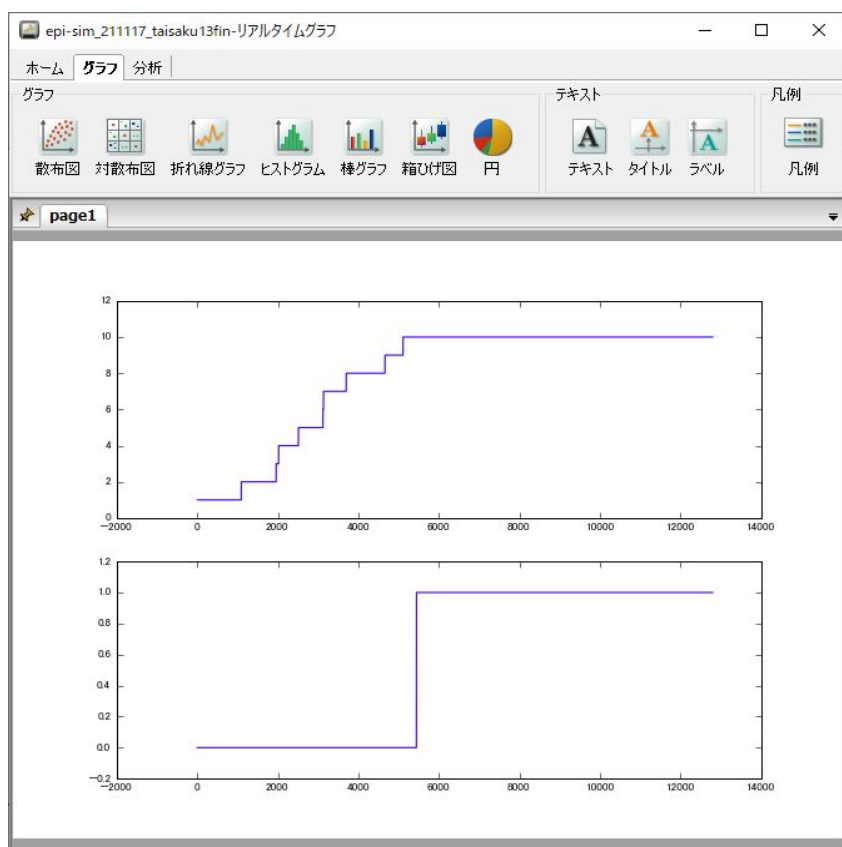
[INFO]総数: 60 学生: 25 通勤: 23 在宅: 12

Day 40

総感染者数: 60人

5.構築実験(6/8)

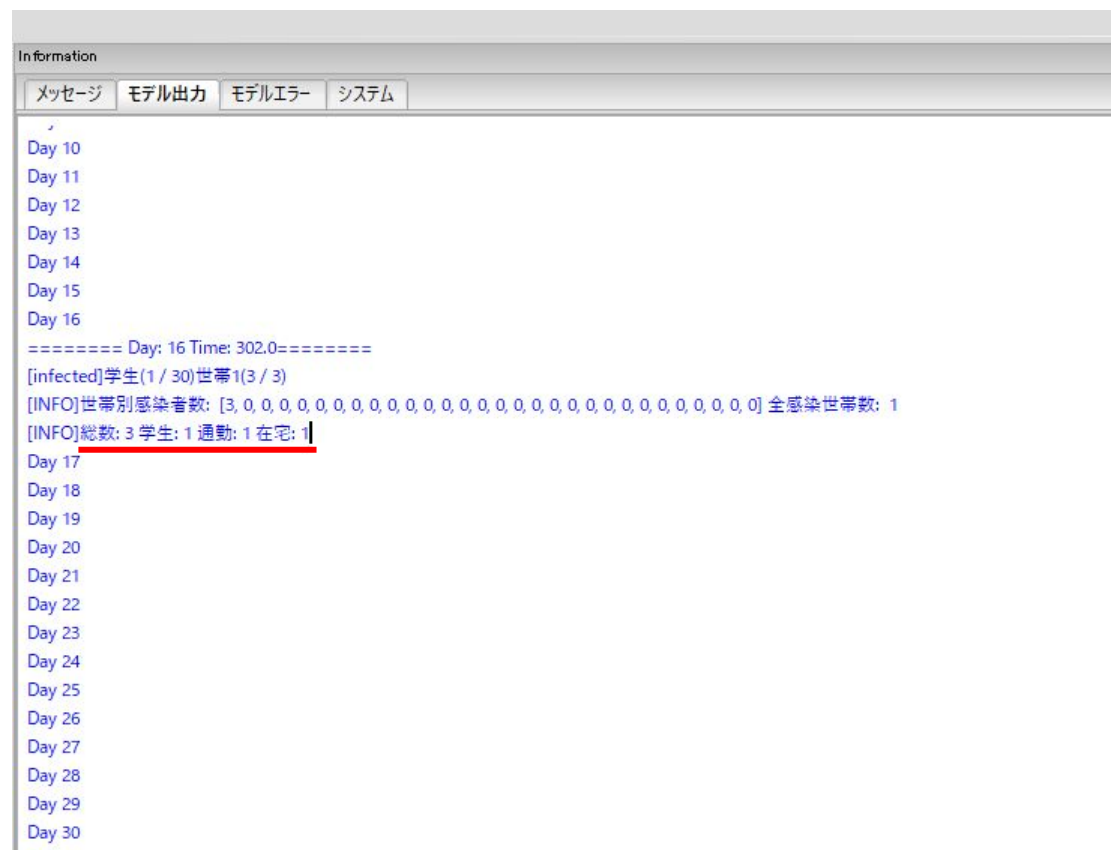
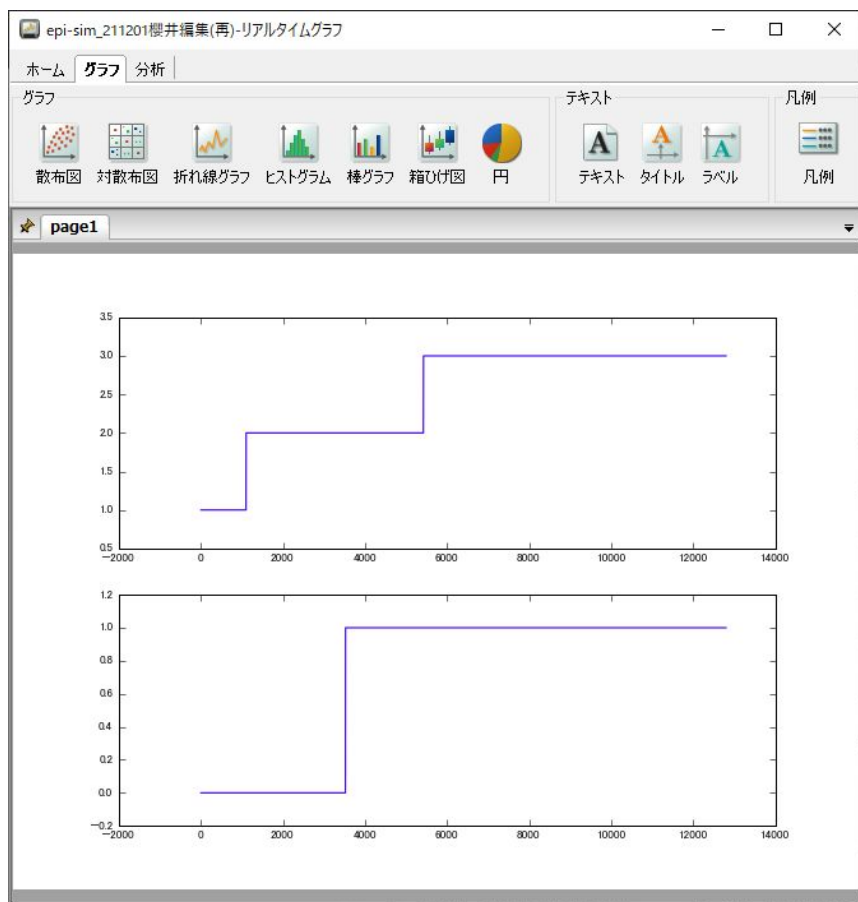
不織布マスクを着用した場合の感染状況



総感染者数: 10人

5.構築実験(8/8)

不織布マスクを着用し、分散登校を実施した場合の感染状況



総感染者数: 3人

6.考察

不織布マスクを着用することで、教室や会社での感染が減ることにより、感染力を持つ人も多く増えてしまうことが無かった。そのため、15日目以降は感染が完全に収束しており、不織布マスクを着用することで大きく感染のリスクを下げることができることが分かった。

しかし、外出先ではマスクをしているが自宅ではマスクをしないため、感染者総数10人にもかかわらず全員感染した世帯が2つあり、学生にも感染が広がった。短い期間でも会社から学校にまで感染のリスクが生まれてしまったので、早期に感染していることを判断するための検査などの必要性も考えられる。

分散登校を行うことで学校での感染を抑えることができた。その結果、大きく感染者数が減ったので、家庭内感染から学校での感染拡大という経路の感染症対策がとても重要であることが分かった。

7.まとめ

成果

不織布マスクの着用は低コストで多くの人を受容しやすく、感染の拡大を抑えることに大きな効果があることがわかった。

分散登校を行うことにより、家庭内感染から学校での感染拡大という経路から感染することが少なくなり、感染の拡大を抑えることに大きな効果があることがわかった。

今後の課題

抗体検査などの感染者であることを判断することができる感染症対策についても検証を行うことができるようにする。