

“コロナウィルス” もし何も対策しなかったら・・・？

梶山女学園高等学校 1年3組(30) 西川 結葉

1. 研究の動機

この頃、テレビのニュースなどで毎日のようにコロナの感染者数の報道を見かけます。
この先の日本について、様々な方面の専門家が色々な予測をたてていますが、コロナウィルスの感染力はどれくらいなのか、この先世界がどうなってしまうのかが気になり、自分なりに計算してみたいと思いました。そして、40人集まるクラスでコロナが発生してしまった場合、何人に感染する可能性があり、どうすれば、クラスターを防げるのか、その方法を自分なりに計算で求めてみようと思いました。

2. 研究の方法

(1) 感染拡大スピードの予測

感染者が一人発生し、何も対策をしなかった場合、どのくらいのスピードで感染拡大するか計算する

<計算方法>

- ①一人が一日に感染させる人数を、1人、2人、3人、4人した時を考える。
- ②潜伏期間は1～14日→間をとり、7日目に発症すると考える。
- ③感染力があるのは発症する2日前から発症後7～10日間。→5日目に感染が始まりそこから9日間、感染力があると考え。(14日目からは9日前に感染した人の人数を引いていく。)
- ④30日後、どれくらい感染が広がっているかを計算する。

(2) クラスでの感染クラスター発生予測

教室で一人感染者が発生した場合、何人に感染する可能性があるのか、確率計算を行う。

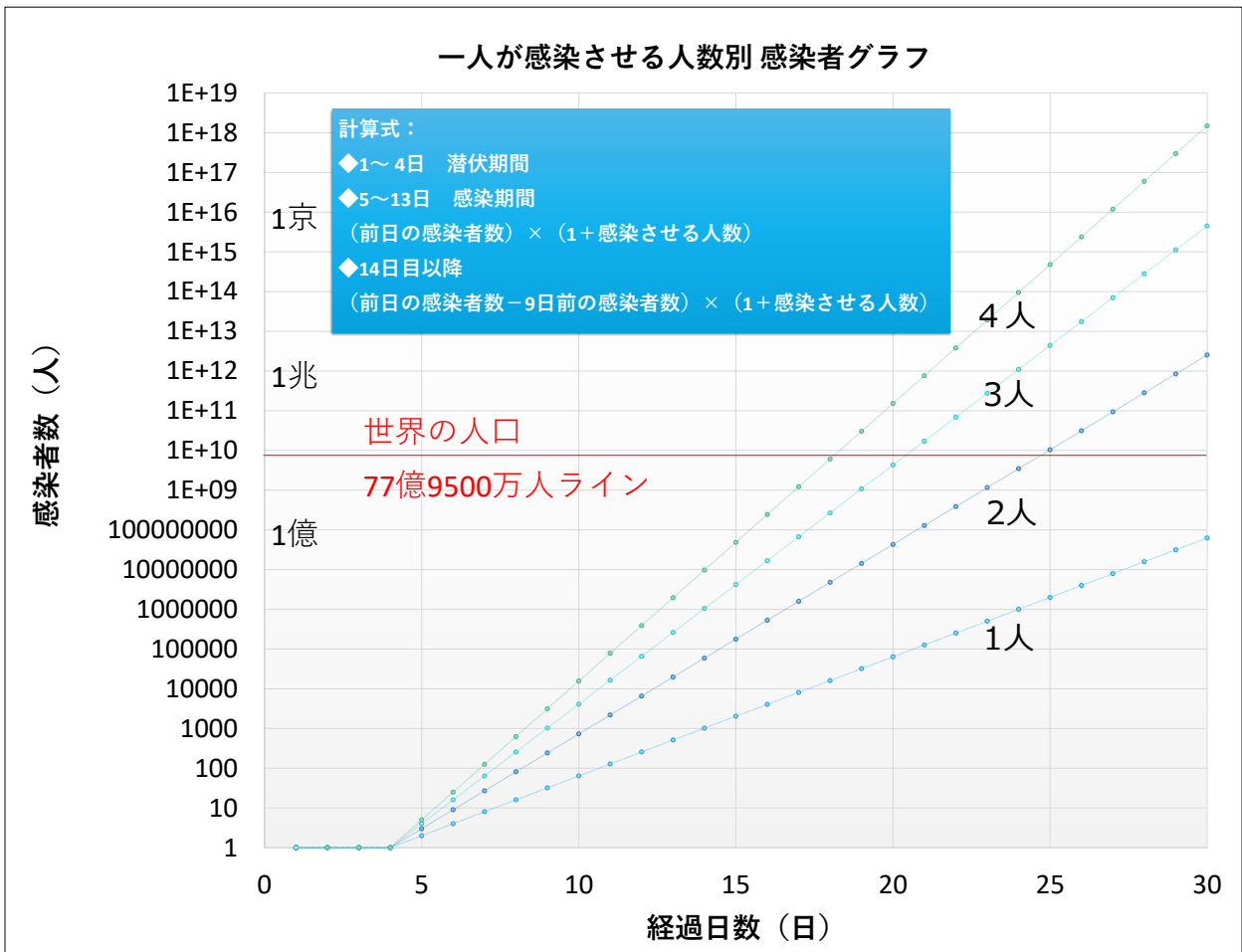
<計算方法>

- ① 教室スペースに、机をできるだけ離れた状態で40席配置し、ソーシャルディスタンスがどれだけ確保できるか計算する
- ② 感染確率を、“ソーシャルディスタンス”、“会話時間”という観点で推定し、距離と感染率の関係を数式化する。(ネット上の情報をもとに推定)
- ③ ②で求めた数式から教室のソーシャルディスタンス(隣との距離)に応じた感染率を計算する。

(3) 分散登校により、クラスでの感染クラスターはどれだけ減らせるか？

40席→半分の20席にした時、感染確率がどう変化するか計算する。
(計算方法は(2)と同じ)

2. 研究の方法
(1) 感染拡大スピードの予測



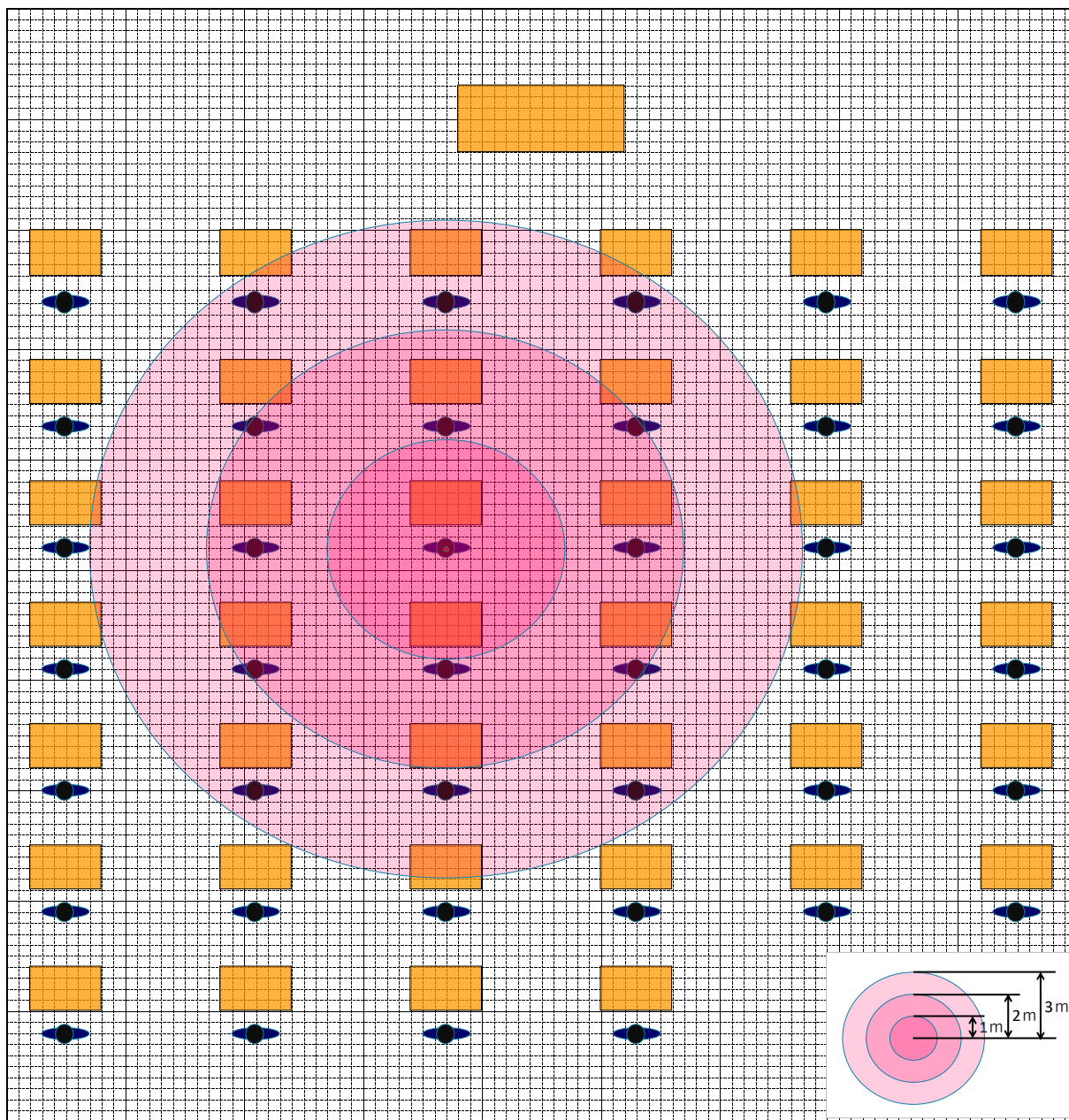
人 日	1人	2人	3人	4人
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	2	3	4	5
6	4	9	16	25
7	8	27	64	125
8	16	81	256	625
9	32	243	1024	3125
10	64	729	4096	15625
11	128	2187	16384	78125
12	256	6561	65536	390625
13	512	19683	262144	1953125
14	1020	59040	1048560	9765600
15	2032	177093	4194176	48827875
16	4048	531198	16776448	244138750
17	8064	1593351	67104768	1220690625
18	16064	4779324	268414976	6103437500
19	32000	14335785	1073643520	30517109375
20	63744	43000794	4294508544	152585156250
21	126976	128982699	17177772032	762923828125
22	252928	386889048	68710039552	3814609375000
23	503816	1160490024	274835963968	19072998047000
24	1003568	3480938793	1099327079168	95364746095625
25	1999040	10441222785	4397241210880	476822509784375
26	3981952	3131888302	17588696424448	2384106445468750
27	7931776	93942326934	70353712037888	11920501710156200
28	15799552	281783973447	281410553577472	59602355965234400
29	31471616	845222917959	1125625036275710	298011016900391000
30	62689280	2535281805780	4502431434014720	1490051269882810000

∴毎日 **1人**が**4人**に感染させると**18日**で世界の人口に到達する。

∴毎日 **1人**が**1人**に感染させると**30日**で6200万人を超える。(日本の人口の約半分)

(2) クラスでの感染クラスター発生予測

①教室スペースに机を40席配置し、ソーシャルディスタンスがどれだけ確保できるか計算する



教室の広さ	縦	10	m
	横	9	m
スペース	前方	2	m
	後方	1	m
	右側	0.2	m
	左側	0.2	m
机サイズ	縦	0.4	m
	横	0.6	m
机数	縦	7	個
	横	6	個



縦の間隔		0.7	m	... a
横の間隔		1	m	... b
ソーシャル ディスタンス	縦	1.1	m	... c
	横	1.6	m	... d

<ソーシャルディスタンスを求める計算式>

- a. $\{(\text{教室の縦幅}) - \{(\text{机の縦幅} \times \text{机の数}) + (\text{教室の前後のスペース})\}\} / (\text{机の数(縦)} - 1)$
- b. $\{(\text{教室の横幅}) - \{(\text{机の横幅} \times \text{机の数}) + (\text{教室の左右のスペース})\}\} / (\text{机の数(横)} - 1)$
- c. $(\text{縦の間隔}) + (\text{机の縦サイズ})$
- d. $(\text{横の間隔}) + (\text{机の横サイズ})$

∴10m×9mの教室に40人が入る場合、**縦1.6m、横1.1m**のソーシャルディスタンスをとる事が可能

②感染確率を、“ソーシャルディスタンス”、“会話時間”という観点で推定する。

距離(m)		1	2	3
会話時間 ごとの 感染確率	5分	30%	15%	0%
	10分	60%	30%	0%
	15分	90%	45%	0%

例えば、

- ・距離 **1 m**で **5分**会話をすると **30%** の確率で感染
- ・距離 **1 m**で **15分**会話をすると **90%** の確率で感染

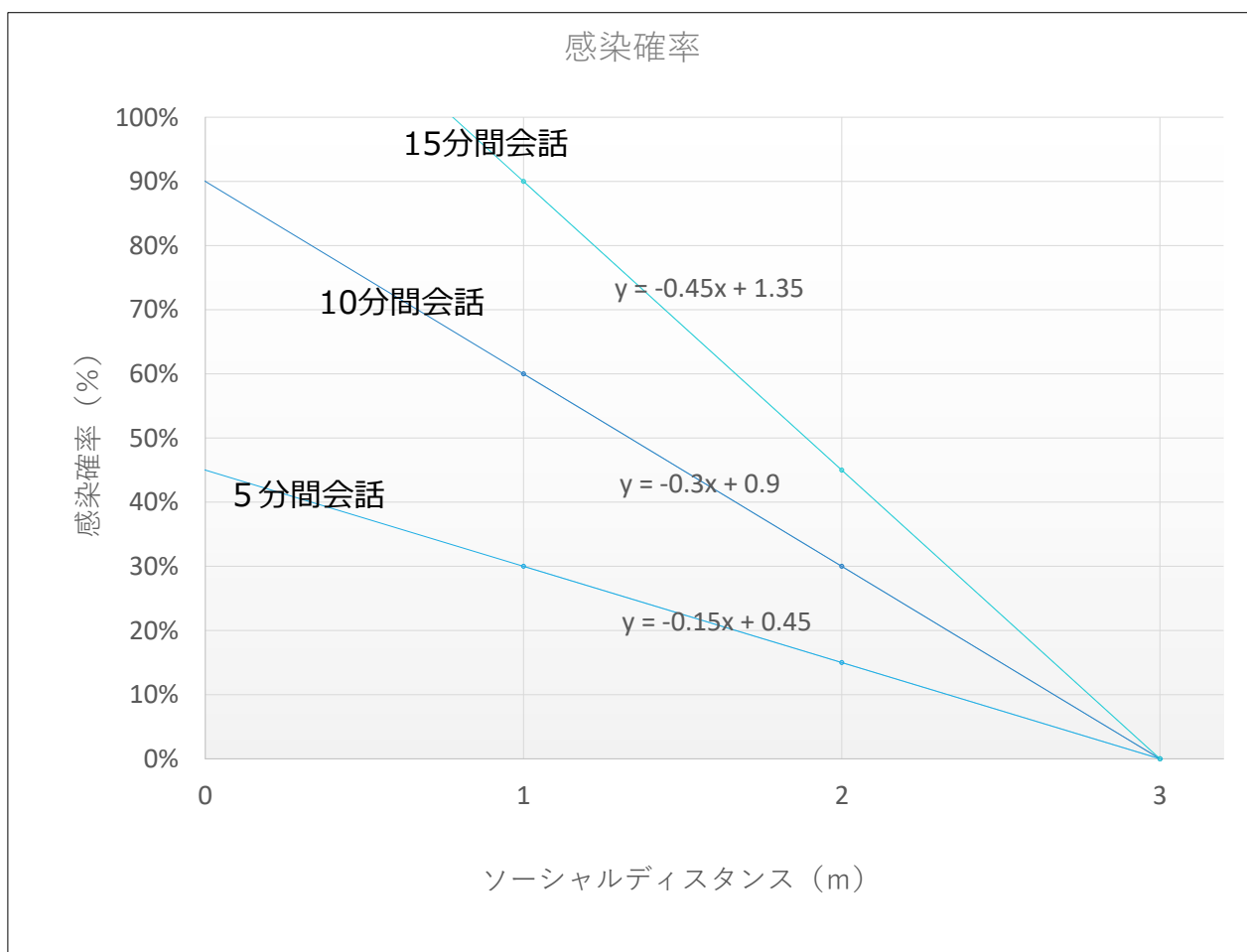
感染確率の決め方

- ・1mの距離で15分以上の接触＝濃厚接触者※
※4/20 国立感染症研究所感染症疫学センター見解
- ・2m距離をとると二次感染確率が50%減※
※4/14 TOKYO MX ニュース記事より
- ・5分間の会話で1回の咳と同じくらいの飛沫(約3000個)が飛ぶ※
※7/10 堺市HP 記事(新型コロナウイルス感染症について)
→5分であってもゼロにはならない、と考える。
15分→5分と1/3になっているので、確率も1/3とした。

■会話時間とソーシャルディスタンスの関係を定義する>

ソーシャルディスタンスと感染確率の関係を方程式で表す

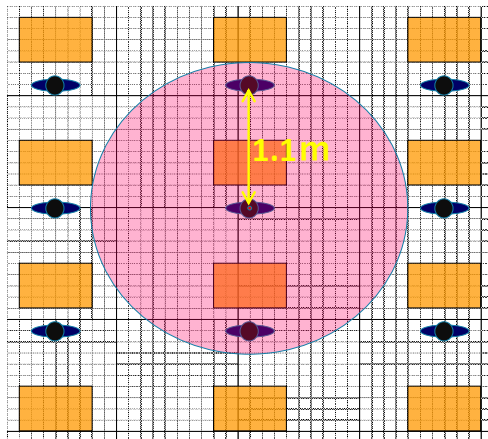
会話時間 ごとの 感染確率	5分	$Y = -0.15X + 0.45$
	10分	$Y = -0.30X + 0.90$
	15分	$Y = -0.45X + 1.35$



∴会話時間ごとに、**感染確率を求める方程式**を求めることができた。

③ ②で求めた数式から教室のソーシャルディスタンス(隣との距離)に応じた感染率を計算する。

■ 2人と近接するケース



感染確率		2人と近接	
		1人感染	2人感染
5分	min	28.5%	8.1%
	max		
10分	min	57.0%	32.5%
	max		
15分	min	85.5%	73.1%
	max		

a. 1人感染

上記方程式を使って、5分、10分、15分の時の感染確率を計算する。

Xにソーシャルディスタンスを代入した値が感染率

$$5分: Y = -0.15 \times 1.1 + 0.45 = \underline{0.285}$$

$$10分: Y = -0.30 \times 1.1 + 0.90 = \underline{0.57}$$

$$15分: Y = -0.45 \times 1.1 + 1.35 = \underline{0.855}$$

b. 2人感染

a.で求めた感染率のANDになるので、掛け算する

5分:

$$Y = (-0.15 \times 1.1 + 0.45) \times (-0.15 \times 1.1 + 0.45)$$

↑ X には 1.1mを代入する

$$= 0.285 \times 0.285 = \underline{0.0812}$$

10分:

$$Y = (-0.30 \times 1.1 + 0.90) \times (-0.30 \times 1.1 + 0.90)$$

↑ X には 1.1mを代入する

$$= 0.57 \times 0.57 = \underline{0.325}$$

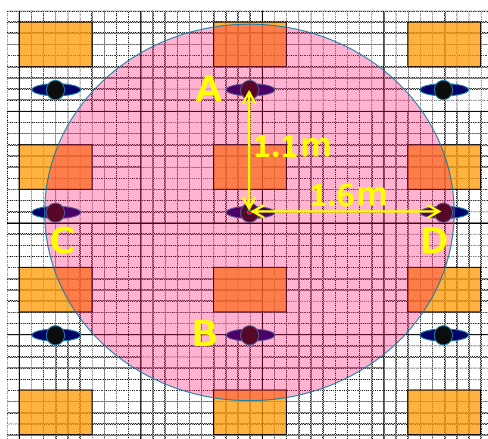
15分:

$$Y = (-0.45 \times 1.1 + 1.35) \times (-0.45 \times 1.1 + 1.35)$$

↑ X には 1.1mを代入する

$$= 0.855 \times 0.855 = \underline{0.0731}$$

■ 4人と近接するケース



c. 1人感染

上記方程式を使って、5分、10分、15分 の時の感染確率を計算する。

→Xにソーシャルディスタンスを代入した値が感染率

前の人に感染する場合と、横の人に感染する場合で
距離が異なるため、それぞれ計算し、平均する。

d. 2人～4人感染

感染者の組み合わせによって結果が異なるため、
場合分けを行う。(次ページに詳細記載)

“○” がついている人との距離で計算した感染率を、
掛け算する。(計算詳細は2人のケースと同じため、省略)

感染確率			4人と近接						
			1人感染		2人感染		3人感染		4人感染
5分	min	Ave	21.0%	24.8%	4.41%	6.3%	1.26%	1.5%	0.36%
	max		28.5%		8.12%		1.71%		
10分	min	Ave	42.0%	49.5%	17.6%	25.1%	10.1%	11.9%	5.7%
	max		57.0%		32.5%		13.6%		
15分	min	Ave	63.0%	74.3%	39.7%	56.4%	33.9%	40.0%	29.0%
	max		85.5%		73.1%		46.1%		

d.2人～4人感染

会話時間：5分

感染確率		縦		横		確率		
		A	B	C	D			
感染0人	1	×	×	×	×	0		
感染1人	2	○	×	×	×	28.5%	Max	Min
	3	×	○	×	×	28.5%	28.5%	21.0%
	4	×	×	○	×	21.0%		
	5	×	×	×	○	21.0%		
感染2人	6	○	○	×	×	8.1%	Max	Min
	7	×	○	○	×	6.0%	8.12%	4.41%
	8	×	×	○	○	4.4%		
	9	○	×	×	○	6.0%		
感染3人	10	○	○	○	×	1.7%	Max	Min
	11	×	○	○	○	1.3%	1.71%	1.26%
	12	○	×	○	○	1.3%		
	13	○	○	×	○	1.7%		
感染4人	14	○	○	○	○	0.4%		

会話時間：10分

感染確率		縦		横		確率		
		A	B	C	D			
感染0人	1	×	×	×	×	0		
感染1人	2	○	×	×	×	57.0%	Max	Min
	3	×	○	×	×	57.0%	57.0%	42.0%
	4	×	×	○	×	42.0%		
	5	×	×	×	○	42.0%		
感染2人	6	○	○	×	×	32.5%	Max	Min
	7	×	○	○	×	23.9%	32.5%	17.6%
	8	×	×	○	○	17.6%		
	9	○	×	×	○	23.9%		
感染3人	10	○	○	○	×	13.6%	Max	Min
	11	×	○	○	○	10.1%	13.6%	10.1%
	12	○	×	○	○	10.1%		
	13	○	○	×	○	13.6%		
感染4人	14	○	○	○	○	5.7%		

会話時間：15分

感染確率		縦		横		確率		
		A	B	C	D			
感染0人	1	×	×	×	×	0		
感染1人	2	○	×	×	×	85.5%	Max	Min
	3	×	○	×	×	85.5%	85.5%	63.0%
	4	×	×	○	×	63.0%		
	5	×	×	×	○	63.0%		
感染2人	6	○	○	×	×	73.1%	Max	Min
	7	×	○	○	×	53.9%	73.1%	39.7%
	8	×	×	○	○	39.7%		
	9	○	×	×	○	53.9%		
感染3人	10	○	○	○	×	46.1%	Max	Min
	11	×	○	○	○	33.9%	46.1%	33.9%
	12	○	×	○	○	33.9%		
	13	○	○	×	○	46.1%		
感染4人	14	○	○	○	○	29.0%		

ex.5分 感染3人 ケース10の場合

◆Aへの感染確率

$$Y = -0.15 \times 1.1 + 0.45 = 0.285$$

◆Bへの感染確率

$$Y = -0.15 \times 1.1 + 0.45 = 0.285$$

◆Cへの感染確率

$$Y = -0.15 \times 1.6 + 0.45 = 0.21$$



◆3人全員感染する確率

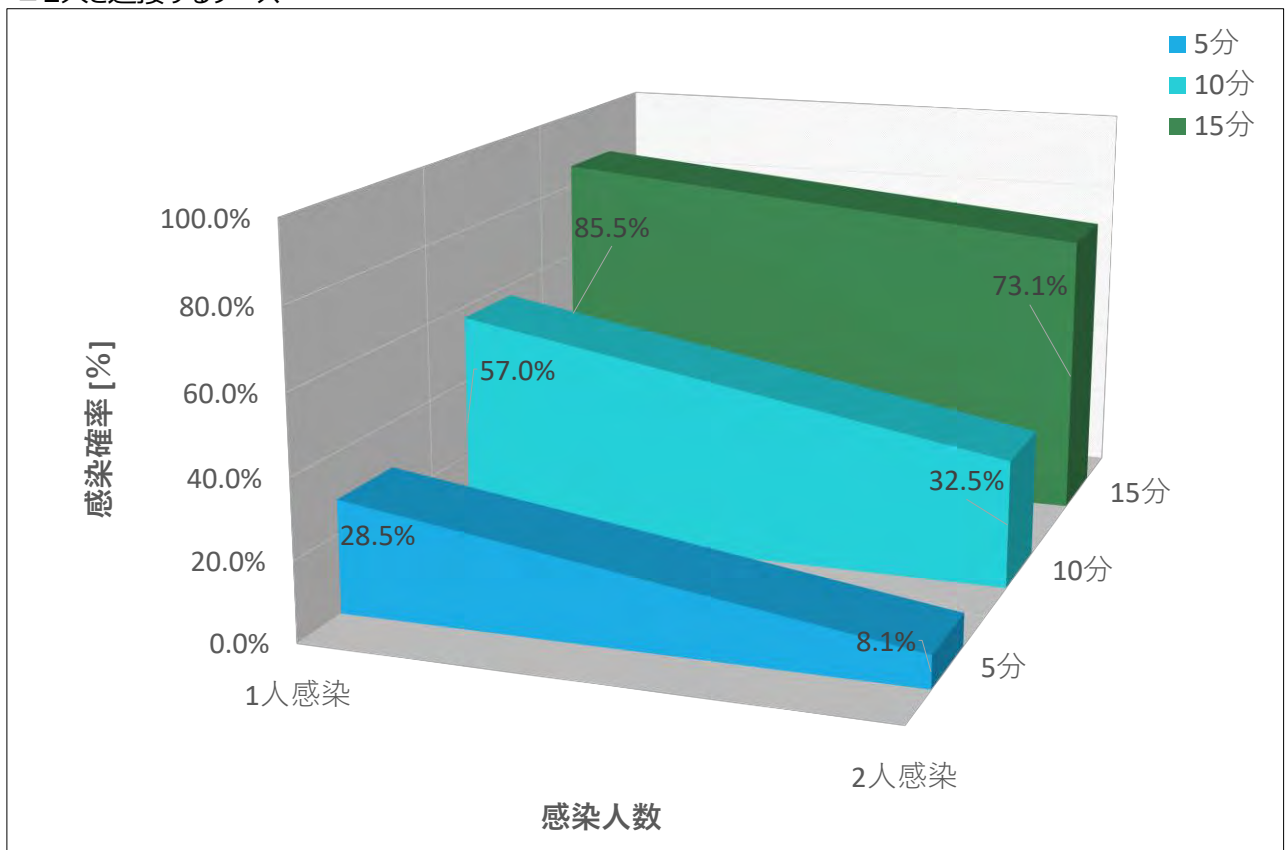
$$0.285 \times 0.285 \times 0.21 = 0.017$$

上記同様に計算する

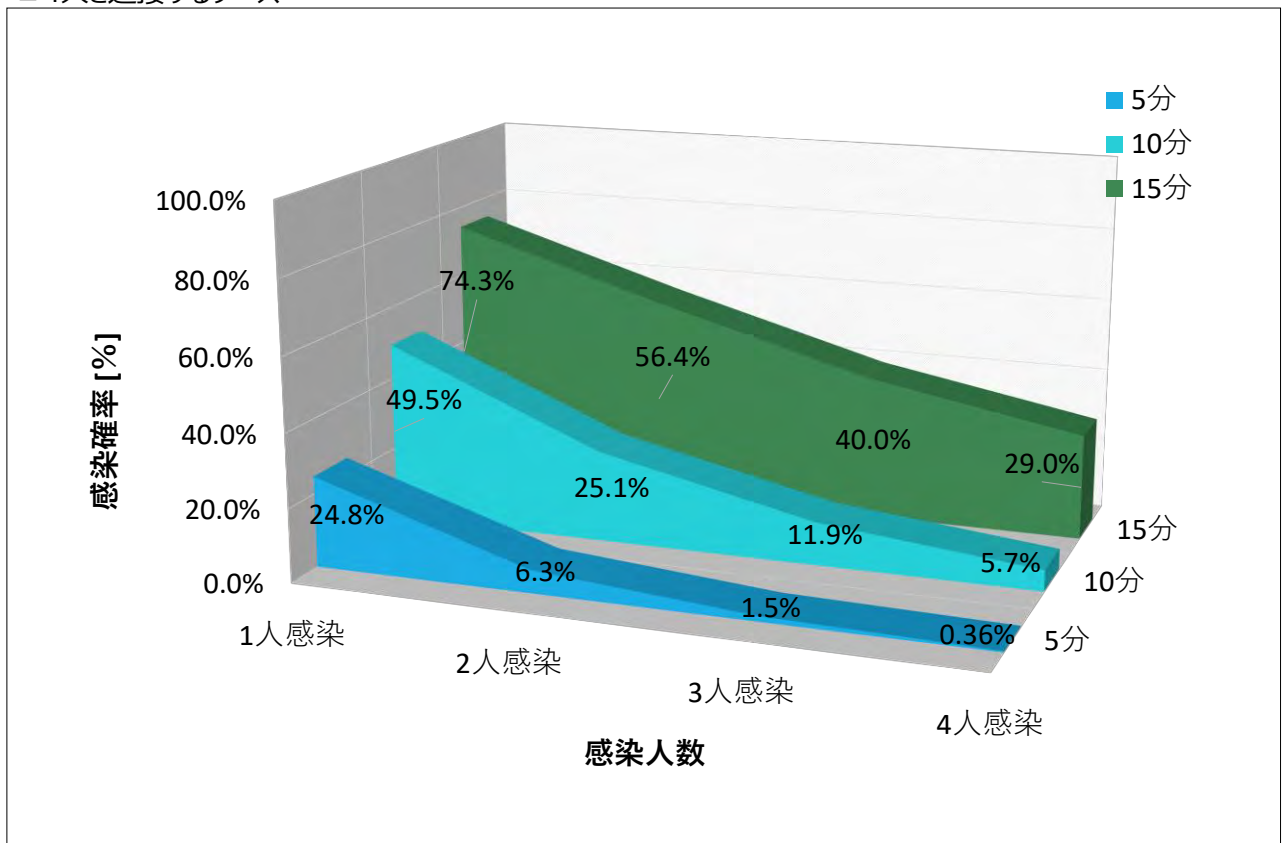
上記同様に計算する

会話時間ごとの感染確率

■ 2人と近接するケース

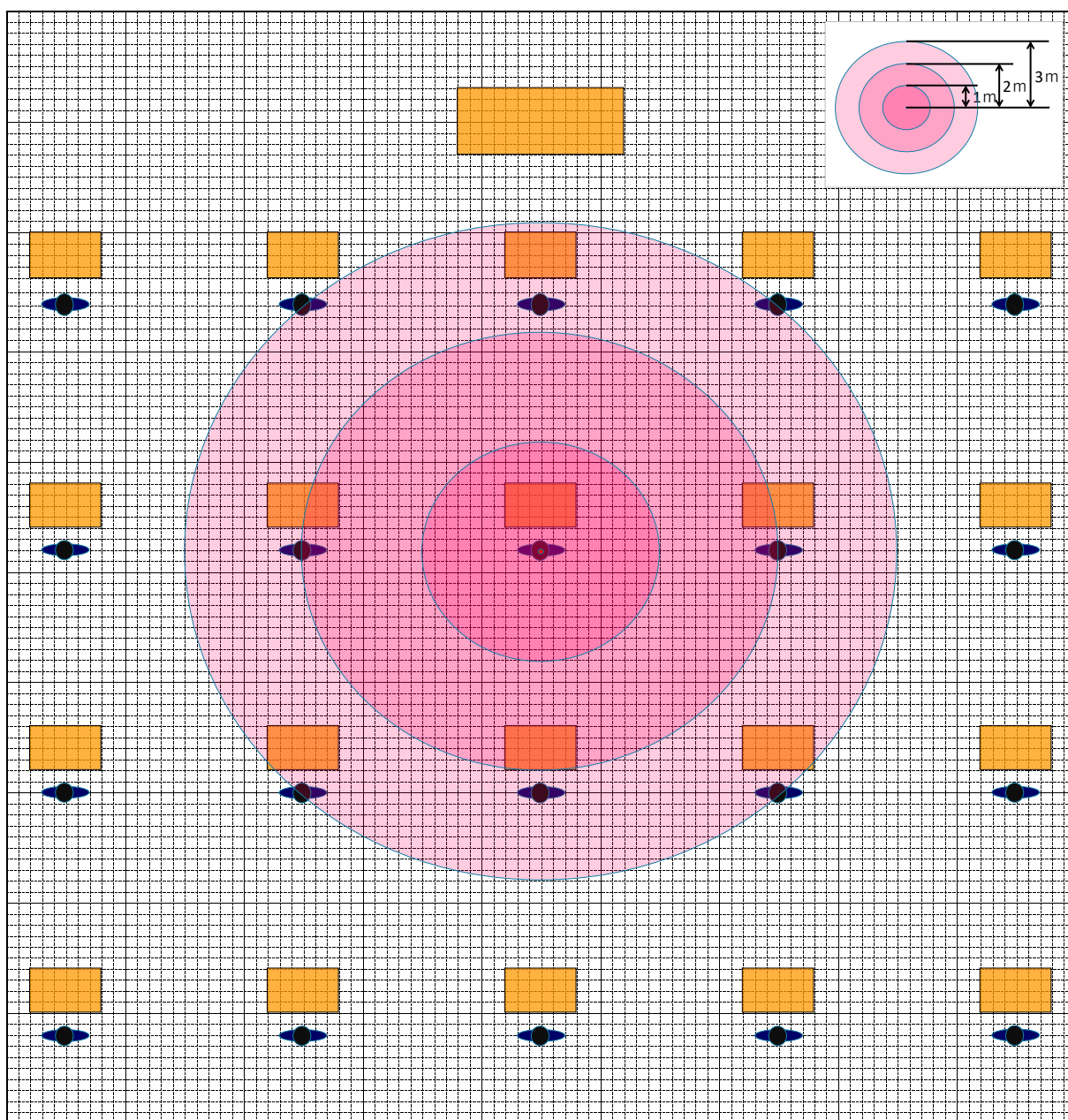


■ 4人と近接するケース



(3) 分散登校により、クラスでの感染クラスターはどれだけ減らせるか？

①教室スペースに机を20席に減らし、ソーシャルディスタンスがどれだけ確保できるか計算する



教室の広さ	縦	10	m
	横	9	m
スペース	前方	2	m
	後方	1	m
	右側	0.2	m
	左側	0.2	m
机サイズ	縦	0.4	m
	横	0.6	m
机数	縦	4	個
	横	5	個



縦の間隔		1.8	m	… a
横の間隔		1.4	m	… b
ソーシャル ディスタンス	縦	2.2	m	… c
	横	2	m	… d

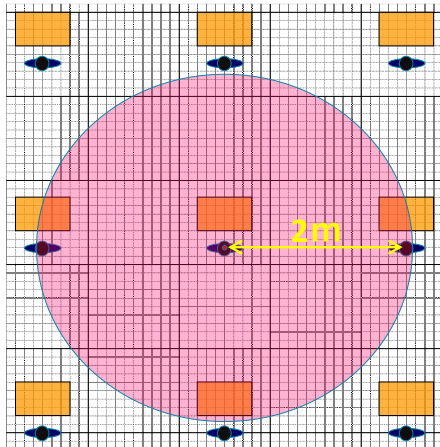
<ソーシャルディスタンスを求める計算式>

- a. $\{(\text{教室の縦幅}) - \{(\text{机の縦幅} \times \text{机の数}) + (\text{教室の前後のスペース})\}\} / (\text{机の数(縦)} - 1)$
- b. $\{(\text{教室の横幅}) - \{(\text{机の横幅} \times \text{机の数}) + (\text{教室の左右のスペース})\}\} / (\text{机の数(横)} - 1)$
- c. $(\text{縦の間隔}) + (\text{机の縦サイズ})$
- d. $(\text{横の間隔}) + (\text{机の横サイズ})$

∴10m×9mの教室に20人が入る場合、**縦2.2m、横2m**のソーシャルディスタンスをとる事が可能

③ ②で求めた数式から教室のソーシャルディスタンス(隣との距離)に応じた感染率を計算する。

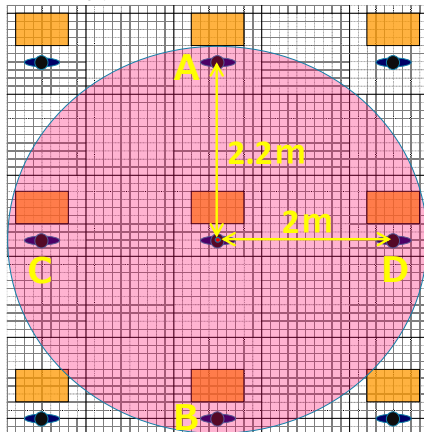
■ 2人と近接するケース



感染確率		2人と近接	
		1人感染	2人感染
5分	min	12.0%	1.4%
	max		
10分	min	24.0%	5.8%
	max		
15分	min	36.0%	13.0%
	max		

計算方法詳細は省略

■ 4人と近接するケース



感染確率			4人と近接					
			1人感染		2人感染		3人感染	
5分	min	Ave	15.0%	13.5%	1.44%	1.8%	0.22%	0.2%
	max		12.0%		2.25%		0.27%	
10分	min	Ave	30.0%	27.0%	5.8%	7.4%	1.7%	0.5%
	max		24.0%		9.0%		2.2%	
15分	min	Ave	45.0%	40.5%	13.0%	16.6%	5.8%	2.6%
	max		36.0%		20.3%		7.3%	

計算方法詳細は省略

会話時間：5分

感染確率		縦		横		確率		
		A	B	C	D			
感染0人	1	x	x	x	x	0		
感染1人	2	○	x	x	x	12.0%	Max	Min
	3	x	○	x	x	12.0%	15.0%	12.0%
	4	x	x	○	x	15.0%		
	5	x	x	x	○	15.0%		
感染2人	6	○	○	x	x	1.4%	Max	Min
	7	x	○	○	x	1.8%	2.25%	1.44%
	8	x	x	○	○	2.3%		
	9	○	x	x	○	1.8%		
感染3人	10	○	○	○	x	0.2%	Max	Min
	11	x	○	○	○	0.3%	0.27%	0.22%
	12	○	x	○	○	0.3%		
	13	○	○	x	○	0.2%		
感染4人	14	○	○	○	○	0.0%		

会話時間：10分

感染確率		縦		横		確率		
		A	B	C	D			
感染0人	1	x	x	x	x	0		
感染1人	2	○	x	x	x	24.0%	Max	Min
	3	x	○	x	x	24.0%	30.0%	24.0%
	4	x	x	○	x	30.0%		
	5	x	x	x	○	30.0%		
感染2人	6	○	○	x	x	5.8%	Max	Min
	7	x	○	○	x	7.2%	9.0%	5.8%
	8	x	x	○	○	9.0%		
感染3人	9	○	x	x	○	7.2%		
	10	○	○	○	x	1.7%	Max	Min
	11	x	○	○	○	2.2%	2.2%	1.7%
	12	○	x	○	○	2.2%		
感染4人	13	○	○	x	○	1.7%		
	14	○	○	○	○	0.5%		

会話時間：15分

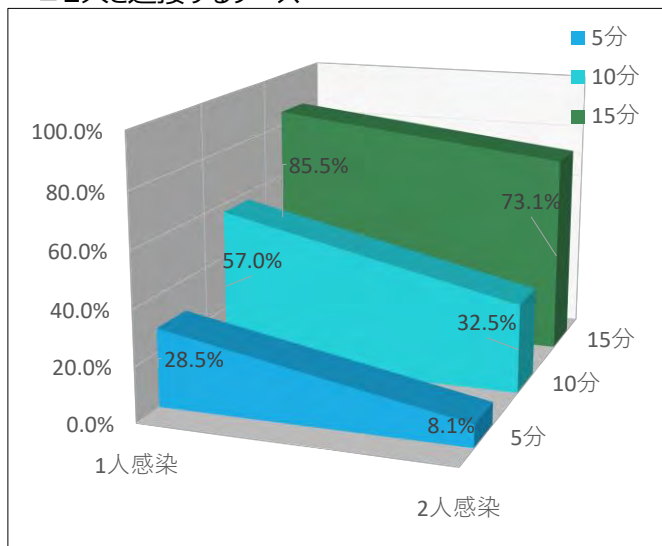
感染確率		縦		横		確率		
		A	B	C	D			
感染0人	1	x	x	x	x	0		
感染1人	2	○	x	x	x	36.0%	Max	Min
	3	x	○	x	x	36.0%	45.0%	36.0%
	4	x	x	○	x	45.0%		
	5	x	x	x	○	45.0%		
感染2人	6	○	○	x	x	13.0%	Max	Min
	7	x	○	○	x	16.2%	20.3%	13.0%
	8	x	x	○	○	20.3%		
感染3人	9	○	x	x	○	16.2%		
	10	○	○	○	x	5.8%	Max	Min
	11	x	○	○	○	7.3%	7.3%	5.8%
	12	○	x	○	○	7.3%		
感染4人	13	○	○	x	○	5.8%		
	14	○	○	○	○	2.6%		

計算方法詳細は省略

まとめ

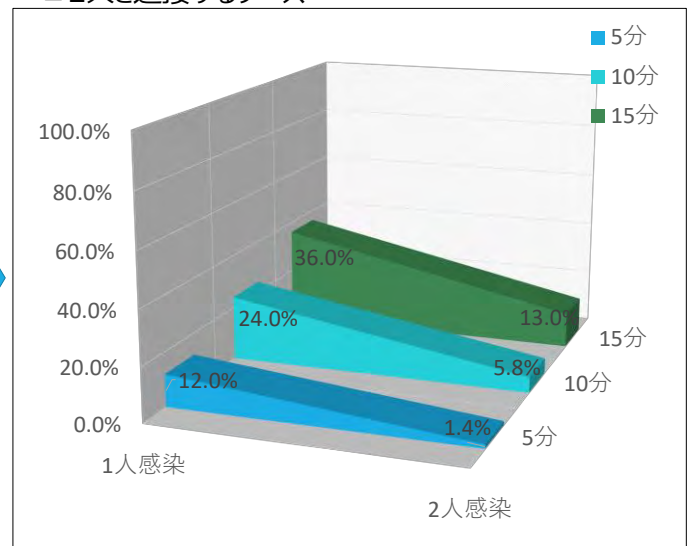
<40人の場合>

■ 2人と近接するケース

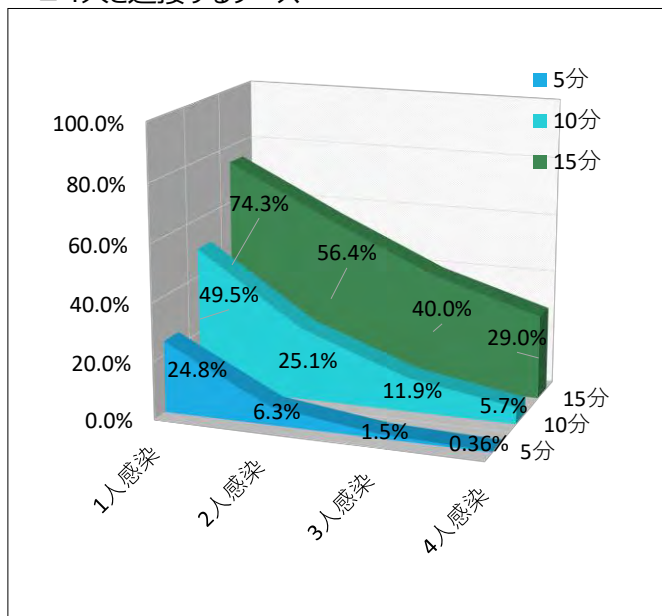


<20人の場合>

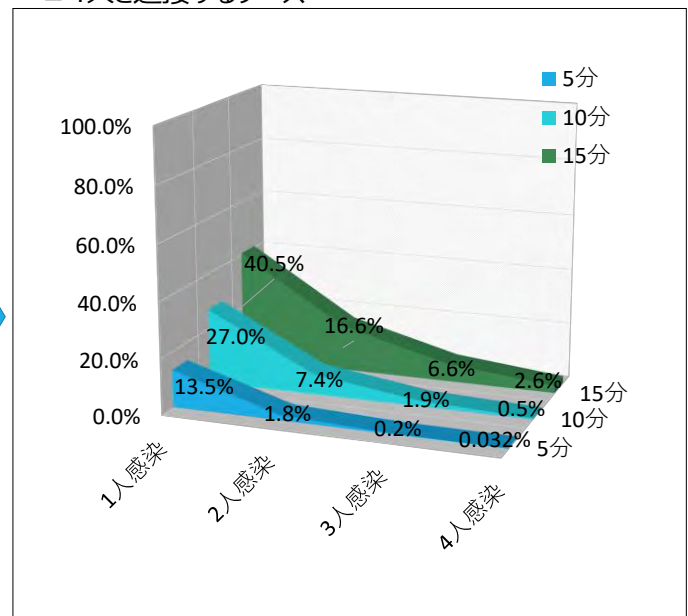
■ 2人と近接するケース



■ 4人と近接するケース



■ 4人と近接するケース



<感想>

感染者数の増加をねずみ算計算で求めてみたら、わずか18日で世界の人口を超える結果となりとても驚きました。とても大きな数の計算結果を見て、もしかしたら自覚していないが感染している人が沢山いるのではないかと思いますと同時に、今日本が感染者数をこの人数に抑えているのは、感染対策がとても成果を上げてきているからだとも思いました。また、教室という狭い空間でのソーシャルディスタンスを考えた場合、距離を1mから2mに増やすことで、感染確率を約半分にできる事も計算で求めることができました。感染対策をしなかったら急激に増えてしまうということを常に頭に入れ、ソーシャルディスタンスをとる行動を心がけたいと思います。

<今後の課題>

今回は距離と会話時間だけに注目して計算しましたがマスクを着けていない前提での計算結果です。マスクをつける前提で考えると、4ページの感染確率グラフは、全体的に感染率が低くなるはずですが、今回はマスクをつけた時の感染率を求める前提となるデータを見つけることができませんでした。マスクをつければ、1メートルの距離でも感染確率を大きく減らすことができると思います。