

# 行動制限と接触制限との関係

辻 竜平 (近畿大学総合社会学部教授, 社会ネットワーク分析)

掲載日時: 4/17/20 0:10

最終更新日時: 4/17/20 1:10

## 問題

西浦博氏は、7都府県の緊急事態宣言の後に出了されたこのツイート

(<https://twitter.com/ClusterJapan/status/1247463049662889985>)で、「なぜ8割の行動制限が必要なのか」という説明を行っています。この説明で、行動制限の割合を表す変数が $p$ です。そして、これに続くこのツイート

(<https://twitter.com/ClusterJapan/status/1247467401001627648>)では、「接触が8割減った社会のイメージ」について説明しています。この後のマスメディアの報道では、新宿や澁谷、梅田などの人出が、緊急事態宣言の前後でどのくらい減ったかをとりあげ、それがなかなか8割に達しないことを嘆くような論調です。

ところが、次のような疑問があります。「行動制限」と「接触制限」とは同じことでしょうか？ また、 $p$ は、どちらに解するのが適切でしょうか？

このモデル

(<https://twitter.com/ClusterJapan/status/1247463049662889985>)では、 $R_0$  (基本再生産数) や  $R_e$  (実効再生産数) を扱っています。ここで、 $(1-p)R_0$  という演算が出てきますが、ここから、 $p$ を「個々人」の行動制限と考えるよりも、「人々」の接触制限と考えた方が適切だと思われる。行動制限と接触制限は無関係ではありませんが、個々人が外出行動は減らしても他者との接触自体が減らなければ、意味がありません。したがって、基本再生産数に対して、 $p$ という接触制限を示す割合 (接触率) がかかっていると考えるべきです。

また、このように考えると、「行動制限」と「接触制限」とは似て非なるものですから、ある接触制限 (接触率) を設定した場合に、どのくらい行動制限が必要かという疑問がわいてきます。

そこで、ここでは、この疑問を解いていきたいと思います。

この社会に2人しか人がいない場合は簡単で、AさんとBさんがあらゆる時間帯においてともに過ごしている状態を考え、そこから各自がランダムに0.8の行動を制限し、通常の0.2まで行動を自粛すると、この2人がともに出会う確率は、 $0.2 \times 0.2 = 0.04$ となり、接触は4%ということになってしまいます。逆に接触を0.2にするのであれば、 $\sqrt{0.2} \times \sqrt{0.2} = 0.2$ であるから $\sqrt{0.2} = 0.44$ になる程度の行動制限 ( $1 - 0.44 = 0.56$ ) でよいこととなります。

では、社会にもっとたくさんの人 ( $N$ 人) がいるとき、やはり、同じ結果になるでしょうか？ これは解析的に解くこともできますが、直感的に理解しやすくするために、数値計算をしてみました。

## 基本事項の設定

- 変数
  - ind: 人数

- time: 時間(帯)
- reduce: 行動制限の割合
- reduceTime: 行動制限する時間(帯)
- 行列またはベクトル
  - indTime: 各個人がどの時間帯に行動するかを表す行列(ind \* time). 初期値は全て1(全ての時間帯に活動するという意味)
  - contact: 各個人が, 全時間帯の中でのべ何人と接触するかを表すベクトル. 初期値は全て0
- 以下の計算では, 行動制限の割合reduceを0.8(8割削減)に設定した

```
ind = 10;
time = 24;
reduce = 1 - 0.2;
reducedTime = Round[time * reduce];
indTime = Table[1, {i, ind}, {j, time}];
MatrixForm[indTime];
contact = Table[0, {ind}];
```

---

## モデルと計算

- For loop i
  - iについて, 1から人数indまで増加させていく
  - A: ベクトルを生成または更新. 最小値1最大値timeで, reduceTimeの値だけ, 重複なしの乱数を発生させたもの
- Nested For loop j
  - jについて, 1からreducedTimeまで増加させていく
  - indTimeのi行とAベクトルのj番目の値に相当する列の値を0に変える
- このネストしたループによって, 各人が行動制限の割合(reduced)の分だけランダムに行動制限した場合に, 何番の人が, どの時間帯に行動する(1)か, 行動しない(0)かを示す行列 indTime(ind\*timeのサイズ)ができる

```

For[i = 1, i ≤ ind, i++,
  SeedRandom[i];
  A = RandomSample[1 ;; time, reducedTime];
  For[j = 1, j ≤ reducedTime, j++,
    indTime[[i, A[[j]]]] = 0]]
indTime;
MatrixForm[indTime]

```

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

- For loop i, Nested For loop j, Nested For loop k
  - ある個人が行動する(indTime=1)となる時間帯において、自分以外に同じ時間帯に行動している人が何人いるかを調べ、該当する人がいるたびにi番目のcontactを1ずつ増やしていく

```

For[i = 1, i ≤ ind, i++,
  For[j = 1, j ≤ time, j++,
    For[k = 1, k ≤ ind, k++,
      If[indTime[[i, j]] == 1 && indTime[[k, j]] == 1 && Not[i == k],
        contact[[i]] = contact[[i]] + 1]]]]

```

## 結果

- contact: 各個人が、全時間帯の中でのべ何人と接触するかを表すベクトル
- contactRate: 各個人の接触率
- Mean[contactRate]: contactRateの人数(ind)分の平均値  
StandardDeviation[contactRate]: contactRateの標本標準偏差
- reduceを0.8(8割削減, 2割残す)にしたことによって、contactRate(接触率)の平均は4%程度(<2割)となっている。これは、ある2人が、それぞれ行動を2割に制限すると、接触率は $0.2 \times 0.2 = 0.04$ となることから、直感的に理解できることである。

```

contact
contactRate = N[contact / ((ind - 1) * time)]
{Mean[contactRate], StandardDeviation[contactRate]}
{9, 9, 9, 12, 10, 6, 8, 5, 6, 12}
{0.0416667, 0.0416667, 0.0416667, 0.0555556,
 0.0462963, 0.0277778, 0.037037, 0.0231481, 0.0277778, 0.0555556}
{0.0398148, 0.011171}

```

## 基本事項の設定

- 上と同じモデルだが、行動制限の割合を $1-\sqrt{0.2}=1-0.44=0.56$  (5割6分削減)に設定した

```

ind = 10;
time = 24;
reduce = 1 - Sqrt[0.2];
reducedTime = Round[time * reduce];
indTime = Table[1, {i, ind}, {j, time}];
MatrixForm[indTime];
contact = Table[0, {ind}];

For[i = 1, i ≤ ind, i++,
  SeedRandom[i];
  A = RandomSample[1 ;; time, reducedTime];
  For[j = 1, j ≤ reducedTime, j++,
    indTime[[i, A[[j]]]] = 0]]
indTime;
MatrixForm[indTime]

```

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

```

For[i = 1, i ≤ ind, i++,
  For[j = 1, j ≤ time, j++,
    For[k = 1, k ≤ ind, k++,
      If[indTime[[i, j]] == 1 && indTime[[k, j]] == 1 && Not[i == k],
        contact[[i]] = contact[[i]] + 1]]]]

```

## 結果

- reduceを0.56 (5割6分削減,  $\sqrt{0.2}=4$ 割4分残す)にしたことによって、contactRate (接触率)の平均は2割程度となる。これは、ある2人が、それぞれ行動を $\sqrt{0.2}$ に制限すると、接触率は $\sqrt{0.2} \times \sqrt{0.2} = 0.2$ となることから、直感的に理解できることである。

```

contact
contactRate = N[contact / ((ind - 1) * time)]
{Mean[contactRate], StandardDeviation[contactRate]}
{47, 42, 46, 45, 45, 40, 44, 44, 41, 44}
{0.217593, 0.194444, 0.212963, 0.208333,
 0.208333, 0.185185, 0.203704, 0.203704, 0.189815, 0.203704}
{0.202778, 0.0101899}

```

## 考察

- 社会の人数がN人で、彼らがランダムに行動をreduceの分だけ制限すると、彼らの接触率はreduceの2乗となる。(ここでは2つの数値例のみを示したが、Nをもっと大きくしても、結果は変わらない。)
- したがって、8割の接触制限(2割の接触は認める)のためには、 $1-\sqrt{0.2}=0.56$ となり、5割6分の行動制限を行えばよい。
- もちろん、人々の行動制限はランダムに起こるわけではない。時間帯で言えば、通勤時間帯には、人々は一斉に通勤する。それを含めてどのくらい行動制限をするかを考えなければならない。しかし、この点で言えば、西浦氏のモデルもそのような点まで考慮されているわけではない。
- ある時間帯に行動が合致したからといって、実際に接触はないかもしれない、という批判もありうる。その批判は正しく、このモデルは正確に言えば、ある人が別の人たちと行動時間帯が合致すれば必ず出会うという強い仮定を置いていることになる。しかし、その批判から考えられるのは、行動が合致しても接触しないならば、接触率はもっと低くなるということである。すると、接触を8割削減することは、実はちょっとした心がけ程度で達成できるのかもしれない。
- しかし、前段の考察は、政策決定者にとっては「不都合な事実」なのかもしれない。接触を8割削減することなど簡単だなどと言ってしまえば、人々の危機感や自粛の協力意思を損ねてしまうだろう。
- ところが、見てみるがよい。2020年4月時点で、ニューヨーク市は、ほとんど都市封鎖状態であっても、毎日数千人が感染し、数百人が亡くなっている。西浦氏のモデルにせよ私のモデルにせよ、単純な接触制限とか行動制限とかいうことに落とし込めない別の要因が多々あると考えるべきだろう。