

発表論文解説：社会を分けるとコロナが収束？

2020 年 11 月 14 日
カリフォルニア大学ロサンゼルス校
公衆衛生大学院
Nishi Research Lab

論文のポイント

- ソーシャルネットワーク（人と人が感染リスクのある状態でつながっている社会）を無作為に 2 つに分け（例えば世帯主のマイナンバーの偶奇などで）、さらに分けられたネットワークのそれぞれに属する人数ができるだけ等しくなるように調整できれば、人と人との物理的な接触の回数が減少し、感染拡大の指標である再生産数 R も大幅に減少する。
- 2 つに分けられたソーシャルネットワークのそれぞれで外出活動を継続でき（例えば、社会全体を午前と午後の二部制にするなど）、経済や健康への悪影響はロックダウンや外出自粛に比べて軽度になる可能性がある。
- 本研究では、上記を感染症数理の数式とコンピュータシミュレーションの両方にて確認した。

発表者

西 晃弘（カリフォルニア大学ロサンゼルス校 [UCLA] 公衆衛生大学院・助教授＝責任著者）

E-mail: akihironishi@ucla.edu / Twitter: [@Nishi_Akihiro](https://twitter.com/Nishi_Akihiro)

津川 友介（カリフォルニア大学ロサンゼルス校 [UCLA] 医学部・助教授）

E-mail: ytsugawa@mednet.ucla.edu / Twitter: [@yusuke_tsugawa](https://twitter.com/yusuke_tsugawa)

他 8 名（ロンドン大学、UC バークレー校、ウィスコンシン医学大学、トリニティカリッジダブリン、香港大学、ユタ大学、UCアーバイン校の研究者との共同発表）

論文の概要：ロックダウンや外出自粛要請・営業時間の短縮などが、新型コロナウイルス対策として日本を含めた世界中でこれまで行われてきました。感染拡大のスピードを抑えながら、かつ経済活動を継続させるという、2 つの相異なった目的を達成させることの重要性は叫ばれていたものの、それを実現させる具体的な方法に関してはあまり分かっていませんでした。本研究では、感染症数理の数式とコンピュータシミュレーションを用いて、この 2 つの目的を達成する方法を同定しました。本研究の結果として、①今あるソーシャルネットワークを 2 つに分ける、さらに②分けられたあとのグループの人数を同じ人数にする、という 2 つの方法を併用することで、感染をコントロールすることができる可能性がある（＝再生産数 R を 1 前後まで引き下げることができる）ことが分かりました。例えば、30 人のクラス・集まりがあればそれを 15 人ずつの 2 部制にする（午前午後あるいは、空き教室・スペースの利用を念頭）というようなことを社会全体で実施する、という意味合いです。シミュレーション上の結果なので、どのように政策に反映させるかは今後のさらなる研究と議論が必要ですが、ロックダウンせずに経済活動を継続させ、かつ感染拡大のスピードを下げる可能性があることが分かりました。本研究は、2020 年 11 月 11 日に、米国科学アカデミーの公式雑誌である、米国科学アカデミー紀要（Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America）（査読あり）に発表されました。

発表雑誌

雑誌名：Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS＝米国科学アカデミー紀要)

論文タイトル：Network interventions for managing the COVID-19 pandemic and sustaining economy

著者：Akihiro Nishi, George Dewey, Akira Endo, Sophia Neman, Sage K. Iwamoto, Michael Y. Ni, Yusuke Tsugawa, Georgios Iosifidis, Justin D. Smith, Sean D. Young

DOI 番号： <https://doi.org/10.1073/pnas.2014297117>

論文ダウンロード URL： <https://www.pnas.org/content/early/2020/11/10/2014297117>

詳細

背景とコンセプト：感染症における再生産数（reproduction number）は「ある一人の感染者が平均何人に感染（二次感染）させるか」という数字で、 R とも呼ばれます（脚注¹）。新型コロナウイルスの場合、その数値は状況により大小しますが2.5くらいと言われています。何も対策をしないと1人の感染者が平均2.5人の感染者を生むということになり、気づけば感染者数が指数関数的（倍々ゲームやネズミ講のように）に増え、感染爆発や医療崩壊につながります。

外出自粛やリモートワーク、海外で行われた厳正なロックダウン政策などは、「接触する人数」（脚注1の計算式の第3項）を減らし、 R を下げることを目的としています。うまくいけば R は1を下回り、直近の新規感染者数より未来の新規感染者数が徐々に少なくなることによって、感染が収束に向かっていくことになります。しかし、ずっと家にいることを強いられると、運動不足になる、精神的に健康でなくなる、さらに、経済が回らず失業率は上がると、感染封じ込めという意味以外では健全とは言えません。日本でも月間自殺者が数ヶ月連続で増えているのは先日報じられたとおりです。

そこで、UCLA 公衆衛生大学院の Nishi Research Lab と世界中の研究者からなる共同研究グループは、コンピュータシミュレーションを駆使してロックダウンをせずとも「接触する人数」をおよそ半分にできるシンプルな方法を考案しました。

「Dividing and balancing groups strategy (以下、DBGS)」と我々が呼んでいるこの方法を、まずはその政策が実施される前から順を追ってとても簡素化された例とともに見ていきます（図 1B）。この図には何らかの活動で接触のある2人のグループ（左）と6人のグループ（右）が描かれています。例えば、とある活動で集う2人グループと、同じ活動だが別の場所あるいは別の時間に普段は集う6人グループということにしてみます。それぞれのグループに属する2人と6人は室内でそんなに離れていない距離感で同時にレッスンを受けるなどで接触がある、つまりお互いがお互いの感染リスクになっているとします（便宜的にインストラクターはいないか、いても少し離れたところにいて接触がないことになります）。すると、2人グループは1のつなが

¹ 再生産数は「ウイルスの感染性の強さ (β)」×「感染性を持つ日数 (τ)」×「感染者が一日当たりに接触する人数」の掛け算で表すことができます（図 1A）。第3項は少し複雑ですが、ソーシャルネットワークを構成する一人あたりのつながりの数の平均 (avg)とそのばらつき (sd)から計算されます。（詳しく言うと、ソーシャルネットワークを構成する一人一人が接触する人の数の平均より結果的に感染した者が接触する人の数のほうが多いので、その補正を行っています。人気者はたくさんの人とつながるので感染する確率も高いというイメージです。）感染対策が行われていない自然状態での再生産数のことを特に基本再生産数 R_0 （アールゼロ）といいます。

り、6人グループは15のつながりを生むことになります。これらを「接触する人数」を計算するのに使い、その他の数値と合わせてRが報告されている2.5となっているとします。

「DBGS」では、まず今あるグループを全てサイコロを振るかマイナンバーを利用するなどかして、ランダム（無作為）に2つに分けます（dividing strategy＝図1C）。すると2人グループが1人と1人のサブグループ、6人グループが3人と3人のサブグループになります。これだけでも、この例ではRの値がずいぶん下がり1前後になります。さらに、各サブグループの人数の違いを調整するために何人かに移動してもらって、4つのサブグループとも2人ずつ人がいるような形にします（図1D）。場所や時間あるいは担当のインストラクターは変わってしまうかもしれませんが、同内容の集いに同じ頻度で参加することには変わりはないということです。これでRは1を下回る結果となります。つまり、この方法で感染が制御できうということです。この例において、元々の8人が集いに参加し、その8人全員が参加費を払っているということが経済活動の継続であり、8人全員が外に出て確かに人数は減ったが仲間と交流したりと、コロナ前と同等の経済活動のレベルが保たれていることがお分かりいただけるかと思います。が外出自粛やロックダウンとの違いとの大きな違いです。

本研究の方法：Network-based SEIR model と呼ばれる一人一人のソーシャルネットワーク上での行動と感染を時系列で追ってシミュレーションする方法を用いて、人口約1万人のモデルタウン（カリフォルニア州シエラマドレの人口・経済活動などを模倣）における300日間の新型コロナウイルス感染の広がりを、200以上の異なった条件下でのコンピュータシミュレーションにより比較しました。とある集いだけではなく多種多様の経済活動を同時に模し、かつ、それぞれの経済活動での感染リスクに大小をつけたシミュレーションを行いました。

本研究の結果：「DBGS」では、新規感染がロックダウンした場合に遜色なく抑えられ（図2A、黄緑色）、再生産数も1前後まで下がっています（図2B、黄緑色）。「DBGS」と同等とまではいきませんが、単にdividingする（2つに分ける＝図2水色）だけでもかなり近い効果が得られます。元々の基本再生産数が2.5ではなく6などさらに高いような状況であれば2分割でなく、5-6分割等（あるいはマスク手洗いなどとの合わせ技）も必要になるかと思います。

考察：さて、実際に「DBGS」をどのように社会に取り入れていくかについては、本論文の示唆に基づいた更なる検討が必要です。極端な例で言えば、社会全体の様々な活動を例えば午前と午後の二部制にする（時間で2つに分ける）、あるいは空きオフィスや屋外スペースなどをフル活用して同時進行の二部制にする（空間で2つに分ける）、といったことが考えられるかと思います。日本で行われている分散登校や、1973年の石油危機時にアメリカなどでガソリンが曜日制の配給になったなどが近い例で、それを社会全体で実行する、あるいは、実行できる所から始めてみるということになるかと思います。

15世紀の黒死病が流行した時代から現在に至るまで、既存のワクチンや治療薬が使えない新興感染症の制御は基本的に「接触数を減らす」が頼りです。世界的に人の移動が拡大する中で発生した今回の新型コロナウイルス流行は史上最大規模の影響を我々に与えつつあります。しかし、一方でこのように爆発的に広がる可能性のある感染症への強力な対抗策が十分に準備されてきたとは言い難く、ロックダウンに取って代わる政策の選択肢はほとんどないのが現状でした。「DBGS」は、現時点ではコンピュータシミュレーション上のみで効果が示された、村上春樹先生の1Q84のようなSF上の仮説かもしれませんが、今後の政策議論に大きく貢献する可能性を秘めていると我々は考えています。

添付資料

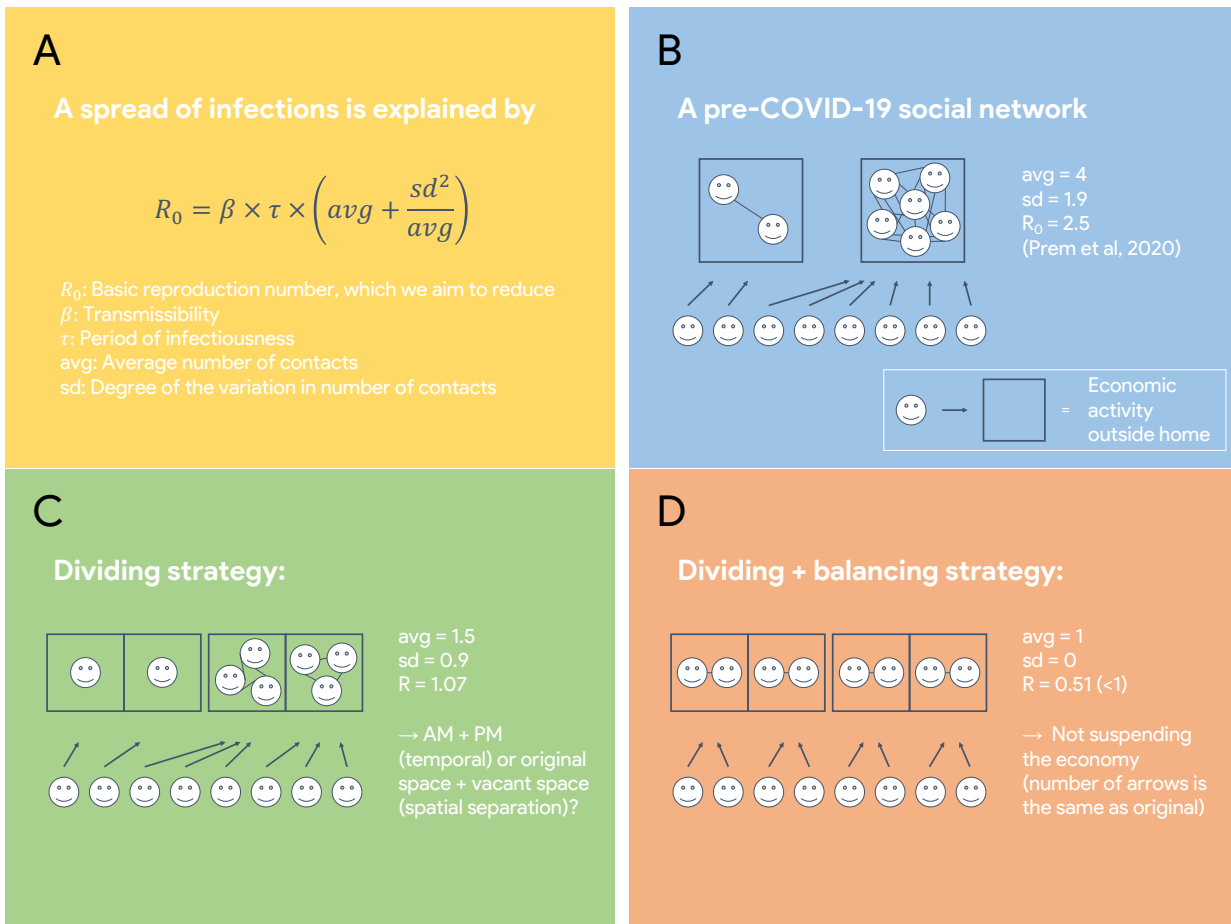


図 1 : PNAS 誌のコンセプト

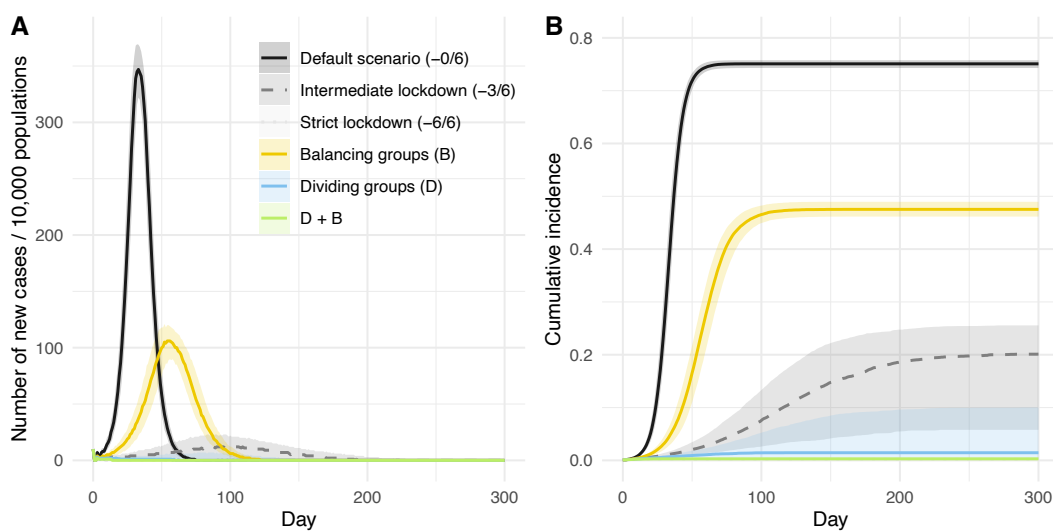


図 2 : PNAS 誌より結果を転載 (CC BY-NC-ND 4.0) D+B = DBGS