新型コロナウイルス感染症対策としての外出自粛戦術の検証

2021年2月1日更新
中村寿徳

2020年に国内でも顕在化した新型コロナウイルス感染症の問題は、年明けの今、極めて厳しい状況を迎えていると言っても過言ではありません。治療の面で見れば、2021年1月22日現在東京都では、3,704名が入院中または宿泊療養中ですが、「入院・療養等調整中」と「自宅療養」の方は合計で14,531名[1]となっており、入院先が見つからずに亡くなる方が相次ぐなど[2, 3]、既に対処能力が限界となっています。[4]　医療機関の治療能力は向上し、医療行為によって救われる人命は確実に増えていますが[5]、対応可能な患者数を超える様な状況が発生すれば、例え対応できた場合の致死率を零にする技術があったとしても治療待ちの患者の死亡を防ぐ事はできませんので感染者を増やさない努力というのは必要だと思われます。

もちろん国も様々な対策を行っており、水際対策としては、2020年12月26日から一部を除き外国人の新規入国を停止し[6]、更に2021年1月13日にはビジネス目的の新規入国も停止する事を決定[7]するなど最大限の対策を行っています。

外出自粛の呼びかけも盛んになされているものの、効果は十分とはいえず[8]、厚生行政も感染経路追跡すら追い付いていない様に見えます。[9]

しかしながら、最も古典的で確かな効果が期待でき、医療や行政の能力を割かなくても実行出来る外出自粛戦術は、まだ改善の余地があると思われますので[10]、この外出自粛戦術を考えてみたいと思います。

【外出自粛戦術について】

外出自粛戦術に関しては、北海道大学教授の西浦博氏が2020年3月頃から主張している「接触が8割減れば、1カ月で効果を確認できる」という説[11]が世間に伝わり、「できる訳がない」という印象を与えてしまっている様に思います。[12]

また、私は、方向性としては西浦氏の接触回避戦術は適切なものだと考えてますが、2つの点で検証を必要とする部分があるように思います。まず、第1に、元々の「接触8割減」という値は、2020年の3月の不確かな情報も多かった時期に見積もられたものですので、現在（2021年1月）では、状況が異なるか、または相当厳しい値を取ったものが杞憂となっている事が考えられますので、この点は、比較的新しい値を元に再確認すべきだと考えます。第2に数学的な側面からもう1度精査しようと思います。

【西浦氏の「接触8割減」説について】

西浦氏の「接触8割減」説について比較的分かりやすいと思われるものは、2020年4月11日付けで公開されたBuzzFeed Newsの記事「『このままでは8割減できない』『8割おじさん』こと西浦博教授が、コロナ拡大阻止でこの数字にこだわる理由」（ https://www.buzzfeed.com/jp/naokoiwanaga/covid-19-nishiura/ 2021年1月29日確認）だと思います。

この記事と記事に引用されている西浦氏の動画から、「接触8割減」説を要約すると、

1. 基本再生産数（R_0）を欧米での研究から2.5と見積もった。（これは比較的高い様に感じるが、当時は妥当な水準だったかも知れない。）

2. 実行再生産数（R_e）が1以下ならば、感染は拡大しないが、p倍の人が感染に繋がる行動を避けた場合、基本再生産数（R_0）と実行再生産数（R_e）には以下の関係が成り立つ。

$$R_e = (1-p)\,R_0 \;\cdots\; (1)$$

※ この式はさほど難しい式ではありません。
$(1-p)$は、感染に繋がる行動の量を比率でしめしたもので、例えば基本再生産数の基礎となる元々の行動量を1とした場合の行動の削減量が0.8倍であったならば、元々の行動量（1、または100%）から行動の減少量（0.8、または80%） を引くと実行再生産数の基礎となる行動量（0.2倍、または20%）が得られる、という事を意味しているだけですので、単純に$(1-p)$は変化後の行動量と読み替える事が出来ます。つまり、

実行再生産数（R_e）＝変化後の行動量（$1-p$）×基本再生産数（R_0）

という事で、難しいものではありません。

西浦氏は上記(1)式と下記の(2)式から下記の(3)式を得ています。

$$\text{感染縮小の条件（実行再生産数が1未満）}\quad R_e < 1 \;\cdots\; (2)$$

$$(1)\text{式、}(2)\text{式より}\quad p > 1 - \frac{1}{R_0} \;\cdots\; (3)$$

西浦氏は、基本再生産数を2.5と見積もり（この見積もりは、ある程度情報が充実してきた2021年1月現在では、極めて高い値だが、当時の情報不足を考えると致し方ない。）、(3)式から$p = 0.6$という値を得たという事のようです。つまり、

$$R_0 = 2.5\text{と想定し、}\quad p > 1 - \frac{1}{2.5} \;\cdots\; (4)$$

$$\text{新規感染が減少となる条件：}\quad p > 0.6 \cdots\; (5)$$

これは人の接触を6割回避する事で新規感染を減少に転じさせる事ができる、という事を意味します。
これに「しかし、日本では今の流行対策で接触を制限するのは、強制ではなく、要請ベースで行われ」、「どれだけ制限を求めても、介入しきれないところがある」等、一律で行動制限ができない事を加味して、この0.6（6割）という値は、要請に応じて対応出来る層に対する期待値として0.79（約8割）という値を算出したとの事。この「介入しきれないところがある」事による差分（0.19）の算出方法をインターネットでは見つける事が出来なかった。しかしながら、基本的な考え方は最初の0.6の接触回避という値を求めるところにあるのは確かなようで、差分の0.19については、一旦、西浦氏の計算をそのまま受け入れる事にします。（この差分の0.19は0.6の接触減ができない部分を補う為のもので、社会全体での平均値が0.6となるようにしているという点で、平均レベルでは変わらない。）
また、政府は、西浦氏の「接触8割減」主張に対し「外出自粛7～8割減」を要請した訳ですが、ここでは「外出」と「接触」の違いは一旦置いて（記事を読む限り西浦氏は「外出」と「接触」に区別をつけていない様に思える）、記事の「基本再生産数が2.0と、私が作った資料より感染力を低く見積もっての数字になっていたので」という部分から推測できるのは、この基本再生産数の見積もりの見直しが西浦氏の主張と政府の要請の差になったと推定出来ます。西浦氏の計算式（(4)式）に政府による基本再生産数の見積もり（2.0）を当てはめると、

$$R_0 = 2.0\text{と想定し、}\quad p > 1 - \frac{1}{2.0} \;\cdots\; (6)$$

$$\text{つまり、}\quad p > 0.5$$

$$\text{これに西浦差分（0.19）を加えて}\quad p > 0.69$$

となり、基本再生産数を2.0と見積もった場合は、「接触7割減」が必要という事になる。これが政府による「外出7から8割減」要請の根拠であろう。（ここでは「外出」と「接触」の区別については言及されていない。）

【数学的検証（外出減と接触減）】

まず第1に「外出減」と「接触減」の区別について明確に想定したい。

「外出減」については政府が「テレワーク推進」などで出社等を完全にしない日数、あるいは時間数を求めるものであるから、「外出減」をp_α、変更前の接触可能時間数を$p_{\alpha 0}$、変更後の接触可能時間数$p_{\alpha e}$とすると、

$$p_\alpha = p_{\alpha 0} - p_{\alpha e} \ \cdots (7) \quad \text{となる。}$$

これは接触可能な時間数を示す。

対して「接触減」については、接触可能な時間数に加えて接触の頻度を加味する必要がある。そこで「接触減」をp_β、時間当たりの接触頻度をγとした場合、以下の関係が成り立つ。

$$p_\beta = p_{\alpha 0}\gamma_0 - p_{\alpha e}\gamma_e \ \cdots (8) \quad \text{となる。}$$

時間当たりの接触頻度に変化がなければ、「外出減」と「接触減」は同じでもある。

$$(8)\text{式より} \quad p_\beta = (p_{\alpha 0}\gamma_0 - p_{\alpha e})\gamma$$

$$\text{したがって} \quad p_\alpha \gamma = (p_{\alpha 0} - p_{\alpha e})\gamma$$

したがって、接触頻度に変化がない場合、「外出減」と「接触減」は比率的には等しい。記事から西浦氏もその様に考えているのだと思われる。

【経済学的検証（西浦モデルと政策の不一致）】

西浦氏の計算が示しているものについていうと、これは外出時の接触頻度が、行動制限前と行動制限後で変わらない状態での「感染させる人」か「感染させられる人」どちらか一方の行動制限と新規感染頻度の関係を示しています。しかしながら、この西浦モデルを、そのまま政策における外出自粛に適用するのは現実的とはいえません。

新規感染の増減は、感染させる人か感染させられる人の一方の問題ではなく感染させる人と感染させられる人の両者の関係で成り立つインタラクティヴな問題です。政策として外出自粛戦術を取る場合は、感染させる側と感染させられる側の両面から計算しなければなりません。

その理由として、感染させる可能性のある人と感染させられる可能性がある人がはっきりと区分できるだけならば、一方の側に例えば8割の外出自粛を強いる事で西浦モデル（約2割が消えて平均は6割となる）を用いて実行再生産数のを1以下にする事が出来ます。

$$\text{外出自粛＝接触回避（8割} - \text{2割）の場合、} \quad 0.6 > 1 - \frac{1}{R_0}$$

$$0.4R_0 < 1$$

基本再生産数が2.5以下の時、実行再生産数が1未満となる。しかしながら、現実には感染させる人と感染させる人を区別する事は困難であり、また、それが可能であるならば、感染可能者の隔離によって「接触10割減」に近い状態を期待するのが正攻法であり、それができないために外出自粛戦術が取られる。　感染させる人と感染させられる人の区別なく外出を自粛した場合、「外出」と「接触」には差異を生じてしまう。

例えば、会合に参加するのを6割自粛して「接触6割減」を目論んだとそしても、普段10人程度集まる会合は、相手も自粛しているので、4人程度しか集まらない可能性が高い。つまり、6割の外出自粛で接触時間は4割となるが、その単位時間当たりの接触可能な人数も4割になってしまう。

抽象的に言えば、感染の確率が一定以上の場面を感染者と非感染者の距離と時間に関係するものだと考えた場合、外出自粛によって起きる局地的な人口密度の低下は時間当たりの再生産数の低下をもたらしてしまう。

別な考え方としては、感染者Aが外出を6割自粛すると非感染者Bに接触する機会は4割になるが、非感染者Bも同時に6割の外出自粛を行っていたら、AとBが接触する機会は1割6分となり、8割4分の接触減が起きる事になる。

$$R_e = R_0(1 - A\text{の}p_\alpha)(1 - B\text{の}p_\alpha) \ \cdots (9)$$

という関係が成り立つ。ここでは計算を簡素にする為に外出頻度$(1 - p_\alpha)$をαとする事にする。

$$R_e = R_0 \alpha_A \alpha_B$$

政策的に、一律の外出自粛は感染者と非感染者の区別が困難な場合に行われるので、外出自粛頻度、または外出頻度はAとBで同等であるので、α_Aとα_Bは同じものと見なせるので、いずれもαだと考える事にする。

$$R_e = R_0\alpha^2 \cdots (10)$$

実行再生産数が1未満になる場面は、

$$1 > R_0\alpha^2$$

$$\alpha^2 < \frac{1}{R_0}$$

$$\alpha < \sqrt{\frac{1}{R_0}} \cdots (11)$$

となる。

【経済学的検証（西浦モデルと中村モデルの比較）】

ここで西浦モデル（外出自粛＝接触回避）と中村モデル（外出自粛の2乗＝接触回避）を比較する。

基本再生産数	西浦モデルによる$R_e < 1$達成の条件	中村モデルと西浦差分による$R_e < 1$達成の条件
$R_0 = 2.5$	外出自粛0.6 ＋ 西浦差分約0.2 **結論：8割の外出自粛が必要。**	外出自粛0.5 ＋ 西浦差分約0.2 **結論：7割の外出自粛が必要。**
$R_0 = 2.0$	外出自粛0.5 ＋ 西浦差分約0.2 **結論：7割の外出自粛が必要。**	外出自粛約0.3 ＋ 西浦差分約0.2 **結論：5割の外出自粛が必要。**
$R_0 = 1.5$	外出自粛約0.3 ＋ 西浦差分約0.2 **結論：5割の外出自粛が必要。**	外出自粛約0.2 ＋ 西浦差分約0.2 **結論：4割の外出自粛が必要。**

上記の表の内、基本再生産数（R_0）が2.5での西浦モデルによる計算は2020年3月の段階で西浦氏が主張していたもの。基本再生産数（R_0）が2.0での西浦モデルによる計算は政府の推奨している値に近い。

西浦氏は新型コロナウイルス感染症の初期に試算を行ったので、比較的大きなリスクを想定したと思われるが、換気の徹底やマスクの着用などの対策が充実した2020年末頃の日本の衛生環境では、実行再生産数が2を上回る事は稀で、概ね1.5以下で推移している様に思われます。[13]

したがって、2020年末頃の実効再生産数を基準（基本再生産数）として考えた場合、基本再生産数を1.5、モデルを中村モデルとして、「社会全体での平均外出自粛2割」、自粛対応しない部分を除外する西浦氏の差分2割を加えて「自粛可能な分野での4割外出自粛」という値が妥当である様に思われます。

「多めに自粛しても良いのではないか」という批判もあるかも知れませんが、経済学でよく用いられるゲイム理論の枠組みでは、そういう訳にも行きません。正確な利益と費用が認識されないと、協力が成立せず、協力による達成を諦める参加者が続発して政策が破綻する可能性が出てきます。

[1] 「検査陽性者の状況」（東京都新型コロナウイルス感染症対策サイト 2021年1月23日 19:45 更新 https://stopcovid19.metro.tokyo.lg.jp/cards/details-of-confirmed-cases/ 2021年1月23日確認）

[2] 「東京都でも、自宅療養中だった男性2人の死亡が新たに判明。うち60代男性は16日に陽性が判明し、基礎疾患があったため入院先を探したが、19日に死亡した」（時事通信 https://www.jiji.com/jc/article?k=2021012000849 2021年1月23日確認）

[3] 「女性は8日に陽性が判明。持病もあったことから保健所は入院が必要と判断したが、20日に死亡するまで受け入れ先が見つからなかった」（日本経済新聞 https://www.nikkei.com/article/DGXZQODG223SB0S1A120C2000000 2021年1月23日確認）

[4] 「次々に判明する自宅死の背景にあるのは、陽性者が急増し、病院の受け入れが限界に達していることだ」（朝日新聞 DEGITAL https://www.asahi.com/articles/ASP1R00VPP1QULBJ002.html 2021年1月25日確認）

[5] 「集中治療室（ICU）での新型コロナウイルス感染症（COVID19）患者の死亡率が低下していることが、15日に発表された研究で分かった。病院での新型コロナ重症例への治療が改善していることを示唆している」（Bloomberg 2020年7月16日 https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2020-07-16/QDJBXPDWRGGI01 2021年1月25日確認）

[6] 日本経済新聞 2020年12月26日 https://www.nikkei.com/article/DGXZQODE2631U0W0A221C2000000 2021年1月25日確認

[7] 日本経済新聞 2021年1月13日 https://www.nikkei.com/article/DGXZQODE137840T10C21A1000000 2021年1月25日確認

[8] 「国民に届かない「自粛」メッセージ　抑止効果薄く、頭抱える政府」（西日本新聞 2021年1月16日 https://www.nishinippon.co.jp/item/n/682052/ 2021年1月25日確認）

[9] 「体調確認などに保健所が忙殺されることで、新規陽性者の感染経路を追い切れず、さらなる新規陽性者が増加するという悪循環が生じている」（ニューズウィーク日本版ウェブ編集部 2021年1月22日 https://www.newsweekjapan.jp/amp/stories/world/2021/01/221200.php?page=1 2021年1月25日確認）

[10] 「ジュピターテレコム（JCOM）は本社で70%以上を在宅勤務とする予定だが、コールセンターでも問い合わせ電話を会社支給の携帯電話で受電できるシステムを導入済み。すでに一部で在宅勤務を実施しており、今後拡大していく考えだ」（ニュースイッチ 2021年1月13日 https://newswitch.jp/p/25469 2021年1月27日確認）※この記事を読む限り、一部の企業は、職場環境の改善や実施規模の拡大によって更なる外出自粛の余地があると考えている事が分かる。

[11] 「西浦教授は、人と人の接触が8割減れば、15日後に感染者が十分に減少し、1カ月で効果を確認できるとした」（時事通信 2020.4.15 https://www.jiji.com/jc/article?k=2020041500281 2021年1月28日確認）

[12] 「自民党の二階俊博幹事長は8日、安倍晋三首相が言及した人と人の接触を最大8割減らす行動を『できるわけない』と述べた」（日本経済新聞 2020.4.8 https://www.nikkei.com/article/DGXMZO57823120Y0A400C2000000 2021年1月28日確認）

[13] 「全国での実効再生産数は ▽先月10日時点では1.26　▽先月17日時点で1.33　▽先月24日時点では1.24でした」（NHK Webサイト 2020.12.16 https://www3.nhk.or.jp/news/html/20201216/k10012768031000.html 2021年2月1日確認）