

クラスター対応戦略の概要（2020年3月10日暫定版）

日本公衆衛生学会感染症対策委員会 委員長 前田 秀雄
委員 押谷 仁

今回の新型コロナウイルス感染症（COVID-19）は、2003年に流行した重症急性呼吸器症候群（SARS）とは病原性・感染性が大きくことなることがわかっている。SARSはほとんどの感染者が重症化したため感染連鎖を見つけ出すことが容易で、最終的にはすべての感染連鎖を断ち切り世界的に封じ込めに成功した。COVID-19はSARSに比べ病原性は低く、軽症者や無症候感染者も多く存在すると考えられている。COVID-19の致死率は現時点では正確にはわからないが、SARSの致死率よりも相当程度低いことは確実である。

しかし、COVID-19の感染性はパンデミックを起こすのに十分なほどに高く、そのために武漢とその周辺の大流行につながったと考えられる。むしろ病原性が低いことが、感染性が高いことにつながっている可能性がある。その理由としては、SARSとCOVID-19では原因ウイルスの増殖の場が異なることに起因していることが考えられる。SARSの原因ウイルスであるSARS-CoVはほとんど下気道に局限して増殖していたが、COVID-19の原因ウイルスである新型コロナウイルス（SARS-CoV2）は下気道でも上気道でも増殖していると考えられる。感染者ごとにみた下気道と上気道のウイルス量は必ずしも相関せず、下気道でのウイルス量の多い感染者と上気道でウイルス量の多い感染者がいることがわかっている。重症化例の多くは下気道でのウイルス増殖を制御できず、そのためにウイルス性肺炎となり重症化していると考えられる。一方、上気道でウイルスが増殖している例ではむしろ軽症例が多いが感染性は高いと考えられる。つまり、感染性と病原性は必ずしもリンクしていないことになる。

感染経路については正確にはわかっていないが、飛沫感染・接触感染が主体であると考えられる。しかし、その他の感染経路が存在することも否定できない。インフルエンザでは感染者の呼気中にある小さな粒子にウイルスが含まれており、このような粒子が感染源となる可能性が指摘されている。SARS-CoV2でもこのような感染経路が例外的に起きている可能性は否定できない。咳・くしゃみなど明確な症状のない人からも感染が起きていること、標準予防策をしているのに感染している例があることはこの可能性を示唆するものである。SARSは便に大量のウイルスが排出されている例があり、便からの感染により大規模な流行も起きた。COVID-19でもSARSほどではないものの便へのウイルス排出は見られており、便を感染源とする感染の可能性も考えておく必要がある。

SARSと違い軽症例・無症候感染例が多いことがCOVID-19への公衆衛生的対応を非常に難しくしている。日本でもいったん感染連鎖を見失っていたが、軽症例あるいは症状のはっきりしない感染例からも感染があったためだと考えられる。COVID-19の特徴として、無症候感染者の感染性、あるいは潜伏期間からの感染があるかどうかの科学的な証明は重要であるが、さしあたっての公衆衛生学上の対策をより効果的に行う上でのポイントとしては、「感染者が誰から感染したかを認識できること、あるいは調査によってリンクが明らか

かであること」が重要である。ただし、COVID-19 では感染者が誰から感染したのかをはっきりと認識できていない例が多く見られ、そのことにより感染源を認識できないままに感染連鎖が継続すると、感染連鎖を検出することは困難になる。

日本ではいったんは見失った感染連鎖が2月13日以降に急速に可視化できるようになった。まだ、国内の感染状況の全体像はつかめていないが、少なくともこれまでのデータからは、国内全体で大規模な感染連鎖が起きている可能性は低い。また、SARS-CoV2 の感染伝播のパターンもある程度わかってきており、そのような疫学的データに基づき、取りうる対策の方向性も見えてきている。感染拡大のごく初期の段階であると考えられる、日本の今の状況であれば積極的な対応をすることで感染拡大を収束の方向に向かわせることも十分に可能であると考えられる。

COVID-19 の感染伝播の特徴

COVID-19 の当初からの謎は、接触者調査において、ほとんどの接触者から SARS-CoV2 陽性者が出ないことであった。同様のデータは香港・シンガポール・ヨーロッパでも得られていた。にもかかわらず、流行が進展していることを基本再生産係数 (R_0) の考え方 (図1) から唯一の合理的な説明は、一部の感染者が多く

の2次感染者を生み出しているということである (図2)。つまり、通常の感染者の多くはほぼ2次感染者を生み出さないが、感染者のごく一部が2次感染者を数多く生み出すという、いわゆるクラスター (患者の集積) の発生が、流行につながっていると考えられる。逆に、新たな場所にウイルスが入り込み、家族内感染や医療従事者への感染などの2次感染が起きても、一定規模のクラスターさえ起きなければ、そのような感染連鎖の R_0 は1未満なので、そのような感染連鎖は継続できず、消滅していくことになる。

大規模な流行が起こる条件としてはクラスターからクラスターにつながるクラスター連鎖が継続して起こること

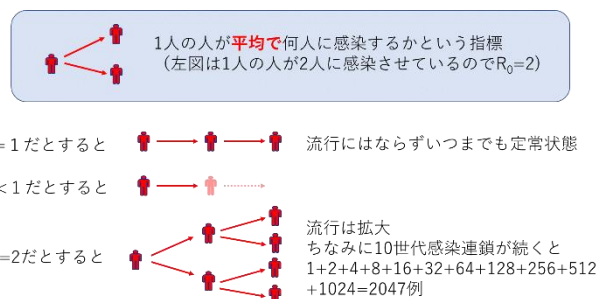


図1：基本再生産係数 (R_0)

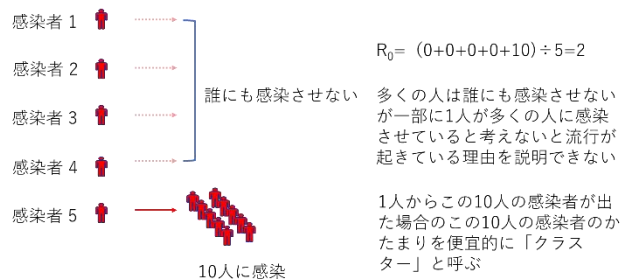


図2：COVID-19 の流行が継続している理由

クラスターさえなければ $R_0<1$ ：つまり地域にウイルスが入っても流行にはならない

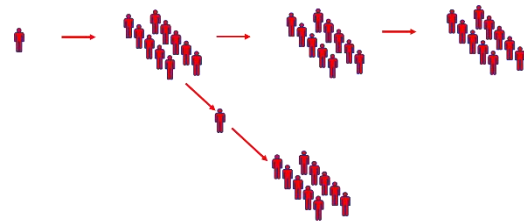


いくつかは家族内感染などの2次感染があっても $R_0<1$ なので流行には至らない

図3：クラスターが起きない場合

(図4)、もしくは1人の感染者から非常に多くの感染者が生じるような大規模クラスターが起こることである(図5)。つまり、クラスター連鎖や大規模クラスターを防ぐことさえできれば大規模流行にはつながらないと言える。

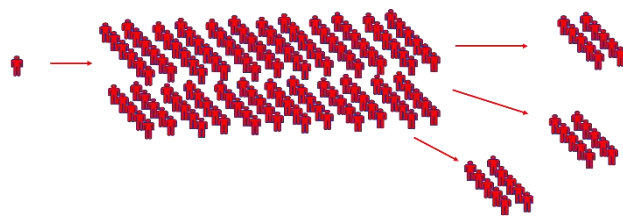
クラスター連鎖を防ぐためにはクラスターをできる限り見つけだし、そのクラスターに関連する別のクラスターが生じることをできるだけ防ぐことと、クラスターの周辺に別のクラスターがないかどうかを徹底的に探していく作業が必要である。クラスターに引き続いて新たな別のクラスターが生じることを防ぐためには、ひとつひとつのクラスターにおける感染例を最大限徹底して見つけだし、軽症例は自宅待機、重症例は入院管理を迅速に行う必要がある(接触者調査の徹底)。軽症例・無症候例でも感染源になっている可能性を考えると、クラスターの感染源となったイベントや会合の参加者全員に、症状の有無を問わずに自宅待機を要請することが原則となる。しかしながら、リスク評価の結果、すべてのイベント参加



クラスターの連鎖が起こること。

図4：大規模な流行が起こる条件(1)

者の感染リスクが高いわけではなく、一定時間以上の会話をするようなコンタクトのあった濃厚接触者のみにそのような対応をすれば良い状況であると評価されれば、イベントや会合の参加者全員に自宅待機を要請する必要のない場合もある。



非常に大規模なクラスターが起きてしまい、そこから多くのクラスターが生まれる状況

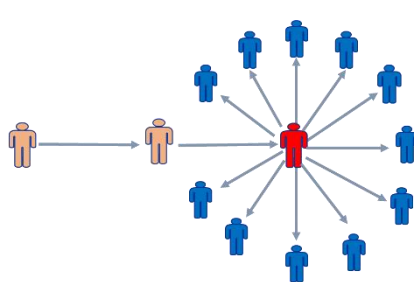
図5：大規模な流行が起こる条件(2)

クラスターをどう見つけるか

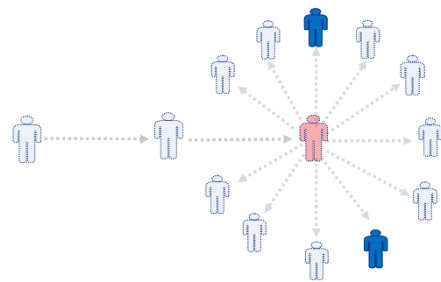
通常の接触者追跡調査では、見つかった感染者の先(接触者)に感染者がいないかどうかという、どちらかという前向き調査に重きが置かれている。この場合、早く見つかった感染者は早期に自宅待機などの対応がなされているので、家庭の中で家族などに2次感染が起きる可能性はあるが、行動制限によりその先は遮断されており、新たなクラスターの感染源となる可能性は低く、確率的にそのような感染連鎖は継続せず消滅することになる。むしろ見つかっていない(見えていない)感染者がすでに新たなクラスターの感染源になる可能性があるため、そのような潜在するクラスターをできるだけ見つけて、その先のクラスター連鎖を遮断する作業が必要である。クラスターにより感染連鎖が継続していると考えられることから、リンクが明らかでない感染者の周辺にはクラスターがある可能性が高い。つまり、孤発例はどこかに隠れたリンクがあり、クラスターの一部を形成していると考えて調査を進める必要がある。そのためには、特に地域で複数の感染例が見つかった場合に、共通の感染源を後ろ向きに探していく作業が何よりも必要である(図6)。さらにクラスターの

周囲には別のクラスターが進行している可能性があるため、他のクラスターがないかどうかを大局的な視点で探していく必要がある。接触者調査の基本は感染者と接触のあった者の前向きな健康状態の日々の把握であるが、非常にとらえにくいこの感染症の地域拡大を効率良く抑制していく対応を進める観点からは、一旦接触者として囲い込むことが可能と判断された人々の日々の健康状態の確認は最小限に留め、潜在的なクラスターの検出に取り組むことがより重要であると考えられる。

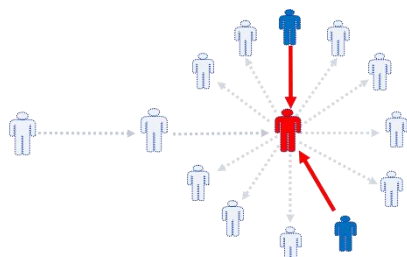
医療機関や福祉施設は一般社会に比べて現時点では明らかに感染リスクの高い場所であり、医療機関内で2次感染や3次感染が起こるリスクは他の施設以上に十分に考えられる。ただ、医療機関内で感染連鎖が成立している場合は、これまで述べてきた、市中において1人の感染者から多くの人々が感染し（クラスターの形成）、そのクラスターが連鎖するというパターンとは異なる。また、医療機関内での2次感染の規模は決して大きくないものの連鎖が続くことが考えられることから、その検出には異なるアプローチが必要である。しかし、病院クラスターであっても、その周囲へクラスターが生じていくという、クラスター連鎖の原因になる危険性があるので公衆衛生的には他のクラスターと同様に十分注意する必要がある。



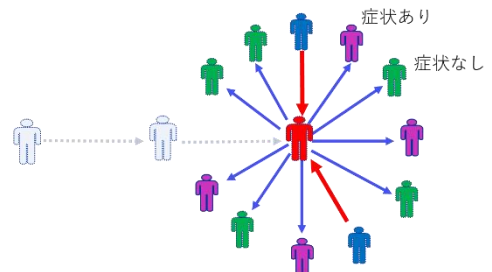
このようなクラスターがあったと仮定する



ある地域でリンクのない感染者が複数見つかった場合クラスターはまだ見えていない場合がほとんど



複数のリンクのない感染例の周囲には必ずクラスターがあるという前提でクラスターの感染源を探す



クラスターを形成する感染者をすべて検出し、症状のない人についても自宅待機を要請

図6：クラスターを探索する方法

クラスターをできるだけ探知し、対策を成功させるには、2次感染というイベントが生じ

やすい環境を十分に理解する必要がある。これまでの国内事例の予備的な解析から、**環境要因としては密閉された空間で、多くの人が対面で会話などをするような一定時間のコンタクトがある環境**である。これまでに、そのような環境としてライブハウス・屋形船・スポーツジム・麻雀荘などが挙げられる。それらのクラスターが起きた環境の特徴を整理することは、クラスターが起きやすい環境を極力減らす対応のために非常に重要である。密閉空間という以外にも、閉鎖空間の空気の流れ、温度・湿度・面積・その場にいた人の数・人同士のコンタクトのパターンなどを詳細に調査していく必要がある。

クラスター連鎖が起きた場合の対応

一定規模のクラスター連鎖が進行してしまうと、これまで述べてきてクラスターを早期に検出して対応しているだけではクラスター連鎖を断ち切ることができなくなる。その場合は、ある程度社会活動を減らすことが必要となる。中国では武漢とその周辺都市以外では流行の拡大を最小限にとどめることが出来ている。これは、社会活動を減らすことに相当程度の効果があったためと考えられる。特に、人が集まることを禁止していることが、クラスターの形成を阻止するために有効であった可能性が考えられる。日本でも大規模なクラスター連鎖が起きてしまうと中国のように徹底して社会活動を減らすしか選択肢がなくなるが、クラスター連鎖の早期の段階では、社会活動を減らすことを最小限にしたまま感染拡大を最大限阻止することができる可能性がある。特に換気の悪い密閉した空間で人が集まるような機会を極力減らすことで一定程度クラスターを阻止できると考えられる。どのような社会活動にリスクがあるのかという考え方については別途まとめていく予定である。

クラスター連鎖が起きた場合には、すべてのクラスターを追うことはできなくなるので対策の主体は社会活動を減らすこととなる。しかし、大規模なクラスターや、重症化リスクの高い中高年で発生するクラスターは、重点的に対応する必要があり、一定程度のクラスター対応を継続する必要がある。社会活動を減らすことを有効に行えば、流行は収束の方向に向かうはずである。ただこれだけでウイルスを完全に封じ込めることはできないので、このような積極的な対応によりクラスターの数を対応可能な程度に減らせた場合には、改めてクラスター対応を中心として特定の社会活動を減らすことは継続する必要がある。また、クラスター対応により一旦は地域のウイルスを封じ込めることができて、世界では流行が継続していることが考えられ、世界のどこかに大規模な感染源が残ってしまうと、感染者の流入が続くことになるのでクラスター対応は継続していく必要がある。

クラスター連鎖の起きる条件とクラスター連鎖が検出できる条件

クラスター連鎖は一般に人口の多い都市部で起こる可能性が高い。人口の少ない場所でも単一のクラスターが起こることは十分ありうるが、制御できない規模のクラスター連鎖が起こる可能性は都市部に比較すると低いと考えられる

日本では高齢化が急速に進んでおり、日本の人口構成を反映した人々の間でクラスター

連鎖が起きた場合には、中高年層での重症例が相当数発生することになる。日本の医療体制のもとで、このような重症例が早期に検知できないことは考えにくい。しかし、患者数が医療機関のキャパシティを超える状況を含めた検査が十分にできない場合や、呼吸器内科を専門とする医師のいないような地域では、重症例が早期に検知されない結果、クラスター連鎖を早期に検知できない可能性はある。もう一つ、クラスター連鎖が検知できない状況として考えられるのは、若年層でクラスター連鎖が起こることであり、現在、国内において最も注意を払うべき、また介入が必要な現象であると考えられる。若年層は重症化率が低いので、若年層でのクラスター連鎖は相当進行しないと検出されない可能性がある。特に都市部の一人暮らしの若年層など、中高年層とあまり接触のない人たちの間でクラスター連鎖が起きてしまうと、相当大規模なクラスター連鎖になって、その一部として若年層での重症者が発生するか、あるいはどこかで中高年層に波及し重症者が発生しない限り検出と困難となる。現在北海道で起きている流行はこのようなメカニズムで起きて来ている可能性がある。