感染伝搬様式の再確認－エアロゾル感染；空気感染

西村秀一　国立病院機構仙台医療センター　臨床研究部　ウイルスセンター

〔論文要旨〕

SARS CoV-2 ウイルスの感染症の COVID-19 は，感染者から排出される活性ウイルスによって感受性者間で伝搬される．ウイルスは裸ではない．それを乗せる粒子がある．それは，気道表面の滲出液が気道を通る強い気流でちぎれて小さな液滴となったものだ．そうした液滴の一部に気道上皮で増えたウイルスが入り込み，液滴の体外への排出の際ウイルスも同行する．体外に出た液滴は，大きなものは重力落下し，そうでもないものは乾燥しつつ粒子として空気中に浮いた状態（エアロゾル）になる．たとえれば，エアロゾルはウイルスの乗るボートであり，それが浮いている空気がそのボートが遊ぶ川である．空気とともにこのウイルスの乗ったエアロゾルを吸い込んで感染すれば，ボートの視点で「エアロゾル感染」であり川の水の視点で「空気感染」である．距離の定義も時間の定義もない非常に単純な定義であり，特殊な状況で起きる感染ではない．あえてこれを「マイクロ飛沫感染」などといい直す必要はない．COVID-19 のパンデミックで，このエアロゾルを介した空気感染事例が数多くあり，また実験室や病室レベルでも空気感染を支持する知見がいくつも得られている．

Key words：COVID-19，SARS-CoV-2，エアロゾル，空気感染

1．はじめに

本稿の目的は，COVID-19 の感染症の感染様式を再確認し，今後の対策に寄与することにある．私に課せられた役目は感染の主要ルートを担う飛沫あるいは飛沫核についての解説とのことであった．これまで感染管理に関する一般的説明での本感染症の伝搬機序の考え方は，多分に手指による接触感染に偏り過ぎの傾向にあった．その是正のための論説は紙面の都合上別の機会に譲り，本稿では飛沫あるいは飛沫核をこえたエアロゾル感染，空気感染の重要性を述べたい．

本感染症の伝搬への空気感染の関与は，多くの人が実際に起きている広範な事実を通して知っていながら，なかなか日の目をみることがなかった．だが，この7月の出来事（公開書簡）[1]がきっかけで真面目に考えられ始めている[2]．だが，それでもわが国の政府関係の専門家たちからは，なおも否定され続けているのが現状である．空気感染については，言葉の印象だけでまともな定義もなく忌避されている感が強いが，実はこの概念自体は非常にシンプルで広いものである．

まずは空気感染とそれに関連する重要な概念の説明を行い，そのあとに空気感染の存在を筆者が支持する論を展開する．

Understanding the route of transmission of COVID-19：Infection via aerosol/airborne transmission
Hidekazu NISHIMURA, Virus Research Center, Clinical Research Division, Sendai Medical Center
別刷請求先：西村秀一　〒983-8520　宮城県仙台市宮城野区宮城野 2-11-12
国立病院機構仙台医療センター　臨床研究部ウイルスセンター
Tel：022-293-1173　Fax：022-293-1173　E-mail：113-vrs.center@mail.hosp.go.jp

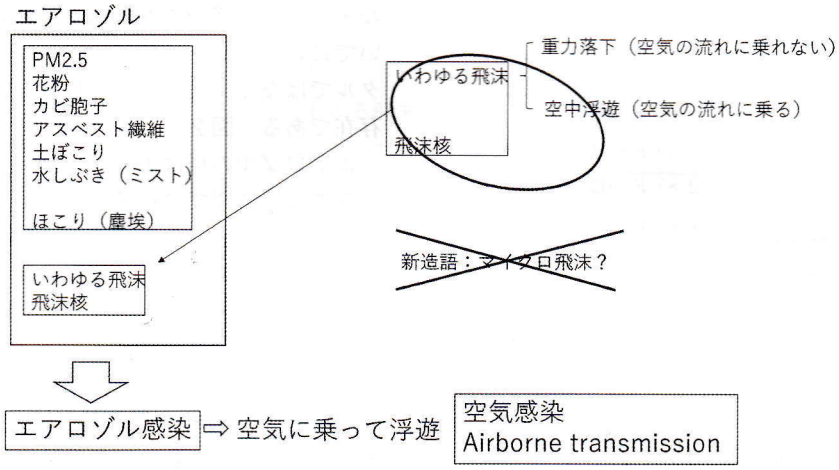

図1　エアロゾル感染，空気感染の定義の確認のための言葉の関係図
エアロゾルとは，空気中に浮遊する粒子のすべてを含み，水分を含むか否かは問題にならない．われわれの知っている飛沫核や飛沫の一部もエアロゾルであり，そのエアロゾルを吸ってそのなかにいるウイルスが感染すれば，エアロゾル感染である．そのエアロゾルが空気の流れのなかにあり，その空気を吸ってウイルスを含むエアロゾルを一緒に吸って感染すれば空気感染である．きわめて単純明快でマイクロ飛沫などという曖昧な造語が入り込む余地はない．

2．空気感染の理解のために

エアロゾルとは

いきなりエアロゾルとは…からこの論説は始まる．なぜなら，空気感染の概念はエアロゾルのそれと不可分の関係だからである．エアロゾルの定義は，「**気体とその気体中に浮遊する固体もしくは液体の粒子**」である[3]（図1）．よって，**飛沫も飛沫核も空中に浮いている限りエアロゾルであり**，エアロゾルを吸っての感染「エアロゾル感染」という表現は，空気を介した感染（空気感染）の実態をより的確に示している．

よく「気管挿管等の処置が行われた場合」にのみ出てくる水分を含むミスト状の微細粒子を「エアロゾル」とする説明があるが，それは**誤り**である．エアロゾルは，人間が生活しているあらゆる場面，人間の行為のなかで常に出されている．各人の体型，体調，行為ごとに，粒子の大きさの範囲や排出量が変わる．ただし，呼吸器感染症の感染者から出されるエアロゾル粒子すべてが病原体を含むわけではない．むしろ病原体が含まれるのはきわめてわずかの割合である．

飛沫と飛沫核とエアロゾルとウイルスの関係

一般に伝染性の呼吸器系ウイルス感染症は，感染者が出す液滴粒子のなかの活性ウイルスを含むものを介して感受性者間で伝搬される．それらは，気道を通る強い気流で気道表面の滲出液がちぎれて大小さまざまな液滴となったもので，液滴中のウイルスは感染者の気道上皮で増えたものが滲出液に入り込んだものである．液滴が体外に排出されるときウイルスもある確率でそれに乗って一緒に排出される．それらの液滴は「飛沫」と表現されてきた．体外に出た飛沫は，大きなものは重力落下し，それ以外は乾燥しつつ粒子として空気中に浮いた状態，すなわちエアロゾルになる（図1）．この乾燥が極限状態にまでいたったものが「飛沫核」と表現されてきた．

ここでは，たとえれば飛沫粒子がウイルスの乗るゴムボートであり空気がそのボートを運ぶ川の流れであるという理解だ．ボートが体の外に出てすぐにジェットコースターのように短時間で地面まで落下するか，短時間でボート自体がしぼんで空中をゆっくりと下がっていくか，あるいは川の流れに身を任すかといった具合である．粒子径がかなり大きい飛沫のなかには外

表1　標準状態（20℃，1気圧）における浮遊粒子の性質

粒径（μm）	沈降速度（cm/s）	
0.50	1.00 E−03	
1.00	3.50 E−03	
3.00	2.85 E−02	
5.00	7.76 E−02	1 mm/秒
10.00	3.05 E−01	3 mm/秒
50.00	7.53 E+00	
80.00	1.71 E+01	
100.00	2.48 E+01	

ハインズ　エアロゾルテクノロジーより作成
静止空間における種々の径の浮遊水滴粒子の沈降速度を示した表である．沈降速度は粒子の重量と空気の粘性抵抗と重力の影響を受ける．

に出てすぐに重力落下するものがある一方，小さいもののなかには時間をかけて沈降していくものがあり，沈降中に乾燥して小型化するもの，あるいは粒子の径がもともと小さいため空中に浮いているものがある．さらに乾燥の限界まで達して「飛沫核」となるものが出てくる．それらはまとめてエアロゾルである．クシャミを高速度撮影で観察すると，きわめて短い時間で放物線軌道で落下する大きな飛沫と，ゆっくりと落ちていく飛沫と，空中に残って浮いているエアロゾルそれぞれがみてとれる[4]．

このゆっくりと落ちる速度は，エアロゾル粒子の大きさで規定される．正しくは粒子の大きさと空気の粘性との兼ね合いである．**表1**は，無風の静止空間でのそれぞれの大きさの標準粒子の沈降速度が記されている．だが，注意すべきは，これは静止空間でのことだということだ．静止空間で沈降あるいは落下する大きさでも，**風に乗ってしまえば重力落下が止まる**という事実である．普通の生活空間には空気に動きがあってかなり大きな粒子でもエアロゾルとして空中に浮いているものが多い．**従来の説明では粒子径5μm（沈降速度1 mm/秒）で線引きし**，それ以上を「飛沫」それ以下を「飛沫核」として扱い，**前者は1 m程度で地上に落下し，後者でしか空気感染がないとされてきた**．だが，**その区分の無意味さ**がこれで分かると思う．**5μm以上でも風に乗ったエアロゾルとして存在しうる**のであり，**それで感染すれば立派なエアロゾル感染あるいは空気感染**である．ついでにいうと飛沫群はどこかで分けられるデジタルではなく，大きさの**境目のないアナログ的存在**である（**図2**）．

エアロゾルの径は単純ではない．水分を含む飛沫では短時間での粒子の乾燥とそれによる径の縮小が加わる．この飛沫粒子の乾燥は，物理的には，粒子のたんぱく質等の混ざりの程度と周囲の相対湿度（relative humidity：RH）の二つの因子で規定される．蛋白濃度が低くRHが低ければ，短時間で乾燥し最終的な粒子径も小さくなるが，その逆もある．**図3**に，約10 mg/mLの蛋白質濃度をもつ発育鶏卵しょう尿液の粒子での，二つのRH環境下での水分蒸発による理論的な径の縮小の時間経過を示した．最終的には，水分が蒸発しきったあるいは環境湿度と蒸発の力が平衡した状態で縮小は止まる．その間のプロセスは境目のないアナログの世界である（**図2，3**）．

エアロゾル粒子の大きさがなぜ大事か？

咳や呼気に伴う飛沫由来の粒子が空中に浮遊すれば，大きさや乾燥の程度にかかわらずエアロゾルである．乾燥によってそれらの径が縮小していくプロセスは，環境の相対湿度に依存する．湿度の低い冬の室内環境ではきわめて短時間であるが，日本の夏は相対湿度が高いため乾燥が遅くなり，さらには最終的な粒子径も大きくなり（**図3**），空気の動きに乗って粒子が大きいまま空中を浮遊する．

問題はその径のもつ臨床的意味である．大きいものは鼻腔などでひっかかって鼻かぜ程度，あるいはもしかしたら無症状の感染で終わる可能性がある一方，小さいものは直接肺などの下気道に到達してそこで病巣を拡げて重症化をもたらす可能性が高くなる．エビデンスはないが，筆者はこうして季節が重症度にかかわるとみている．

つぎに，そうした落下大飛沫と空中に浮いてエアロゾルとなっている粒子のなかにウイルスがいたとして，それぞれが感染伝搬にどれだけ寄与するか考えてみる．

飛沫感染の内訳　落下大粒子としての飛沫とエアロゾルとしての飛沫

短時間で放物線落下する大粒子は，どれだけ感染にかかわっているのか．これが2メートル

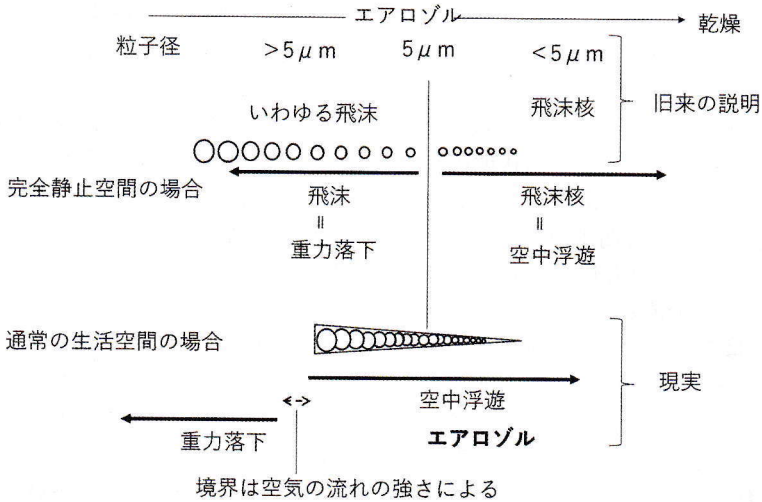

図2　エアロゾルの解釈の模式的図

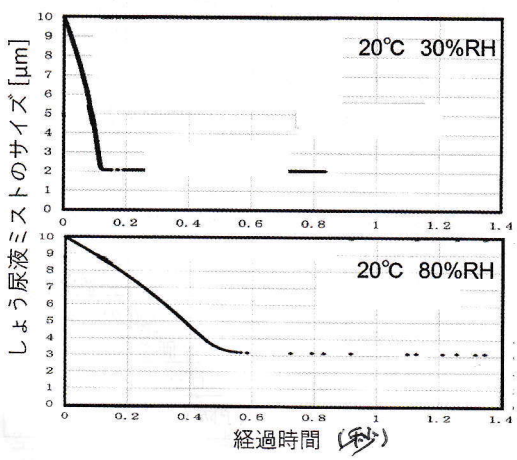

図3　エアロゾルの経時的粒子径変化を示した表
周囲環境の相対湿度で液滴の乾く速さと，最終的な大きさが変わってくる．

まで達することが2メートルのソーシャルディスタンシングの根拠とされているようだが，筆者はそれに組しない．理由は簡単である．短時間で放物線を描いて重力落下するものがどうやったら呼吸器に入り込めるかを考えればすぐ分かる話である．それらを吸い込むには**真空掃除機なみの吸引力**が必要だからである．また，人の鼻孔はふつう解剖学的に下を向いているので，放物線落下をしてくる粒子が自然に鼻腔でキャッチするには**逆立のような体位**が必要である（ただし例外はある．一つは大液滴が相手の鼻腔に直で入っていくほど至近距離で飛沫を吹きかけられる，あるいは取っ組み合いをしている小児たちのような間柄，あるいは相手が床あるいはベッドで寝ている態勢にあることである）．このように**落下飛沫での感染は現実的ではない**．それでの感染を直接証明した仕事はない．むしろ落下飛沫が落ちた後の，あるいは落下飛沫とともに出現する，エアロゾルを吸い込むほうがずっと現実味がある．だが，それはすでにエアロゾル感染あるいは空気感染の領域の話である．

現在の感染管理の説明における飛沫感染という言葉は，こうした浮遊飛沫による感染伝播の概念ならびに飛沫核への移行の概念がすっぽりと抜けている．そんな飛沫を想定した「飛沫感染への対策で十分」といったフレーズが跋扈し，非常に限られた状況でしか通用しない対策になってしまっている．それら机上の概念で押し通す説明は，ときに矛盾をはらんでいる．飛沫が1～2mの範囲に落下するだけなら2mもの距離を空けるソーシャルディスタンシングも換気も不要である．それらが必要ということ自体，空気感染の存在が前提なのだ．

COVID-19のエアロゾル感染/空気感染を疑わせる事例と，それを支持するウイルス学的知見

実生活のCOVID-19の流行のあちこちで，

とても接触感染では説明できない，こうした空気を介した感染でしか説明できないような感染例の報告は，枚挙に暇がない．例をあげれば，1．沖縄であった密室での1時間半の会議での30人の感染，2．中国における密閉状態の長距離バスでの集団感染，3．米国ワシントン州の60人の合唱団での，2時間半の室内練習での52人の発症[5]，4．中国広州市のレストランでの，エアコンの風の流れに沿った9人の客の感染[6]，さらには5．クルーズ船ダイヤモンドプリンセス号における空調を介したと思われる多数の患者の発生[7]．コロナウイルスがエアロゾルの状態で空中を浮遊したまま一定時間活性を保ち続けられることは，*in vitro* で示されており[8]，また少なくとも感染者のいた部屋のなかの空気中にウイルスがいた証拠はすでにいくつもある．なかには空気1Lあたり70個近く活性をもったウイルスが回収されたとするものすらある[9]．

空気感染の重要性を訴える世界の研究者グループとWHO，CDC，日本国政府の対応

COVID-19の出現以来，対策はなぜか接触感染－手指・環境衛生あるいは落下飛沫に対してだけが強調され，エアロゾル/空気感染は無視され続けていた．このような事態に，おもにインフルエンザでの空気感染に造詣が深い研究者らが危機感を抱き，「空気感染があるという事実を認めよ」との主張がなされ，世界で同じ考えをもつ研究者を募る署名活動が展開され，最終的に239人の署名付きの請願が，7月6日，学会誌に掲載された[1]．これを受けて，その翌日，WHOも空気感染の可能性があることに言及した．

一方，これに慌てたのか政府の専門委員らは，改めて「空気感染はない」との立場を強調した（すぐあとに解説）．一方，CDCもWHOの立場を追認する程度だったが，空気感染の重要性は認識しているようで，医療現場での医療従事者の感染防御用装備としてのマスクの推奨が，サージカルマスクからN95マスクへ変更されていた．そのCDCだが，9月第四週，公式ガイダンスを改訂し，そこで空気感染を認めたとのニュースが世界を駆け巡った．そこには「エアロゾルによる感染が主で，接触による感染は主要な感染ルートではない」とあった．だが掲載4日後，出されたのは単なる素案だったとして取り下げられたのだった．だが，いったん出てしまったものは出たものである．相手は天下のCDCである．取り下げは，そんな単純な掲載ミスが理由と思えない．ある種の反乱だが，これで分かったことは，CDCのなかにも裸の王様はやめようという良心的勢力があったことである．むしろ筆者は「CDCもまだまだ健全だ」と内心ほっとしている（追記：その後CDCは10月5日付で公式に空気感染を認めている）．

一方，わが国の政府の委員会説明である．まずはエアロゾル感染をどうとらえているかをみてみたい．

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）診療の手引き（第3版　2020年9月3日現在 https://www.mhlw.go.jp/content/000668291.pdf）には伝搬様式【エアロゾル感染】として，つぎのような一節がある．

> 空気予防策なしに診療を行った医療従事者への二次感染がなかったとする報告もある．また，再生産数が2.5程度と，麻疹など他のエアロゾル感染する疾患と比較して低いことなどから，現在の流行におけるおもな感染経路であるとは評価されていない．医療機関では，少なくともエアロゾルを発生する処置が行われる場合には，空気予防策が推奨される

これに対する筆者の考えを述べる．1）患者がいてもつねに空気感染があるわけではない．ウイルスを出していない場合には起きるわけがない．2）再生産数は感染経路の定義になんら関係しない．調べれば相関はあるかもしれないが，基本的には互いに独立した概念である．3）「評価されていない」というのも定義に関係しない．主語が欠けていて，誰が評価していないのかが分からない．自分たちが評価していないのであれば，そのように書くべきである．少なくとも空気感染の大切さを訴えた署名にかかわった239人の世界の研究者たちは評価している．4）エアロゾルが発生する処置とはなにか？生体は常にエアロゾルを出している．ということはいつも空気予防策が必要ということ

か．それなら可である．エアロゾルの科学的定義に基づけば自動的にそうなる．

政府による空気感染の否定

「空気感染」は，政府の専門家の方々に目の敵にされているようである．どうしてもCOVID-19は空気感染を起こしていないとしておきたいようである．そのため別の言葉「マイクロ飛沫感染」に言いかえて説明し始めた．そしてこの言葉は，学問の場でのコンセンサスなしに，政府の広報やそれを報じる主要メディアでなんのためらいもなく流され，なし崩し的に使われようとしている．

それでは彼らが嫌う空気感染とは彼らにとっての理解はどのようなものか，彼らの言葉でどうなっているかをみてみる．新型コロナウイルス感染症対策アドバイザリーボード資料にはつぎのようにある．

いわゆる「空気感染」は，結核菌や麻疹ウイルスで認められており，より小さな飛沫がたとえば空調などを通じて長い距離でも感染が起こり得る．**「マイクロ飛沫感染」とは異なる概念であることに留意が必要**

これに対する筆者の考えを述べる．結局，彼らの頭のなかには空気感染の定義がないようである．結核菌や麻疹ウイルスの感染が空気感染か？そうなるとまるで結核や麻疹という病気が空気感染の定義のようになり本末転倒である．「より小さな飛沫」とは具体的になにを指すか？　その空気感染と違うとあえていう「マイクロ飛沫感染」は彼らの説明によれば

「微細な飛沫である**5 μm未満の粒子**が，**換気の悪い密室等において空気中を漂い，少し離れた距離や長い時間において感染が起こる**感染経路」

…だそうである．これは，先に述べたウイルスのボートの視点でいえば**エアロゾル感染**，ボートが浮く川の視点で**空気感染そのもの**ではないのか．そしてここでもまた悪い癖の5 μmという意味のない区切りが常套句のように使われている．

この突如登場した造語「マイクロ飛沫感染」は科学用語としては無意味である．結局，従来の空気感染あるいはエアロゾル感染のかわりに言いかえているだけで，概念的に新しくもなんともない．エアロゾル，空気感染という従来の確立された概念の領域にこの言葉の入り込む余地はまったくない（図1）．

3．空気感染は特別なことではない

空気感染（airborne transmission）は，なにも特別なことではない．一般に病原体の伝搬を，病原体を個体から個体へ運んでいくものがなにかという視点でみれば，水が運ぶ waterborne，食物を介する Foodborne，血液による Blood-borne，虫が運ぶ Vectorborne，環境汚染物を介した Fomite-borne があり，そのなかに，空気が運ぶものとして Airborne transmission があるだけである．

ただ，空気が媒介する感染については，病原体が含まれる粒子（乗り物）の視点で，飛沫あるいは飛沫核感染という言葉も伝統的に使われてきたが，そのことが少し事態を複雑化させてきた．エアロゾルという言葉が空気に浮く粒子であればどんなものでもよく，ウイルスの乗り物の名として一番適切であり，そのような空中浮遊粒子による感染が「エアロゾル感染」であり，エアロゾルが空気に乗って伝わってそれで感染すれば**「エアロゾルによる空気感染」**である．いわば**空中浮遊する飛沫による飛沫感染も飛沫核感染も，エアロゾル感染であり空気感染である．**

「空気感染」に関する根深い誤解と忌避

麻疹，水痘，結核の3感染症の呪縛

空気感染といえば麻疹，水痘，結核の3疾患があげられ，さらにそれ以外に空気感染するものはないという言い方がされることすらある．この感染症は，遠距離でも伝搬が証明されているらしく（ただし筆者は多方面の人に尋ねているが，それを直接的にウイルス学的に厳密に証明した仕事は知らない），それが空気感染という．繰り返すが，これではまるでこの3つの感染症が空気感染の定義になっているようで，本末転倒である．そうした漠然とした固定観念こそが，感染様式の理解を妨げている．

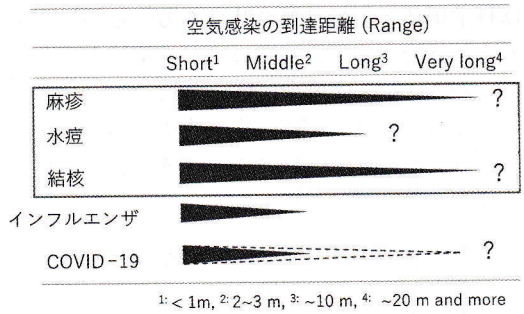

図4　空気感染で常にあげられる3つの感染症とCOVID-19感染の伝達距離のイメージのまとめ
これら3疾患も常に長距離の感染をおこしているわけではなく，近ければ感染効率は上がるというあたり前ことを表現している．インフルエンザも中距離レベルの空気感染はあり，COVID-19についても短距離はもちろんこと中距離までは誰でも納得できるはずである．長距離の伝搬が直接証明されていないという理由で空気感染がないというのは，おかしいことがこれで分かる．

これらの3感染症で空気感染を分かりやすくしているのは（1）客観的に感染したことが分かりやすい（症状が分かりやすい）（2）伝播関係がみやすい（地域スポットにおける患者数が少ないことで関係がつきやすい）ためである．その感染も，免疫をもっていない人たちの間での話である．多くのインフルエンザ研究者は，インフルエンザでも短い距離での空気感染はあると考えているが，それがはっきりしないのは，先の3感染症と違って，免疫をもっている人たちが多く症状が顕在化しないケースも多いこと，また季節になると患者が多いので伝染間の関係性，すなわちどこで感染したかの特定がむずかしいといった単に検証の技術的なむずかしさが理由である．インフルエンザでも空気感染と判断できる典型的な実例が十分にあり，環境中でのウイルスの検出や実験室での検証結果もそろっている[1]．

長距離の直接的証拠はなくとも，まずは短い距離での空気感染は認めるべき

空気感染を否定するのに距離でいう向きがある．政府の分科会の資料もそれである．

だが，それは見当違いである．いわば「長距離の」空気感染が直接的に厳密性をもって証明されていないのであって，短距離，中距離が否定されるものではない．マイクロ飛沫という言葉は使いたくはないが，もし使うとしたら**百歩譲って**「マイクロ飛沫による**中，短距離の空気感染**」である．

一番分かりやすい例をあげれば空気の代わりに水を介するwaterborne（水系感染）という概念があり，水に含まれる病原体で感染する．それはその水の流れる距離とは関係ない．足元の池の水も何キロも先から流れてきた水でも飲んで感染すれば水系感染である．

空気感染には感染を受ける距離や時間の定義はない．病原体を含むエアロゾルが口から出たら，短い時間で近い距離で密度が高くて当然で，遠くに行けば行くほど時間がたてばたつほど病原体を運ぶエアロゾルは希釈される．エアロゾル排出後短時間での短距離あるいは中距離の感染が一番起きやすくて当然だ．図4に，3感染症とCOVID-19とインフルエンザの伝達距離のイメージをまとめてみた．大事なことは，**3つの感染症も常に長距離の感染をおこしているいるわけではない**ことである．長距離を強調すればするほど，それらの短中距離の感染が空気感染ではなくなってしまいかねない矛盾が生じるのだ．インフルエンザも中距離レベルの空気感染は起こしうるし，COVID-19もそうである[1]．**長距離の伝搬が証明されていないという理由で，空気感染がないというのは，明らかにおかしいロジック**である．

「もし空気感染なら莫大な感染者が出るはず」という誤り

空気感染が起きていないとする根拠としてよく聞くのがこの言葉である．だが，空気感染には感染を受ける**人数の定義はない**．大勢の人が感染するか否かが感染様式によって影響を受けるのは確かだが，それ以外に1）排出される病原体の数量　2）病原体が感染性を維持し続ける時間　3）広がる拡散の程度，によって大きく影響される．感染者が出すウイルスの量はまちまちであり，たとえばインフルエンザでも一回の咳でほとんどウイルスを出さない例が多く，大体は遺伝子量にして数十から数百コピーレベルである．ときに何万コピーも出す例があるが活性ウイルスは百分の1程度である[10]．こ

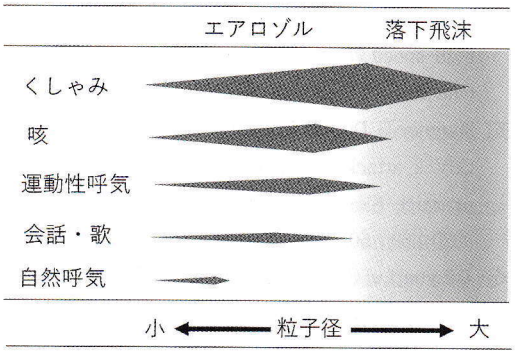

図5 ヒトの行為とエアロゾルの発生の関係のイメージ模式図
人間のこうした行為が，それぞれの径の大きさをもった，それぞれの量のエアロゾルを発生させるということを示している．

れまでの臨床検体の定量成績からは，新型コロナでもそう多くはないことが自明である．その程度であれば伝染相手の数や遠近は限られており，**莫大な感染者は出なくて当然**である．

間接証拠と直接証拠

間接証拠でしかないのは確かだが，最初に書いたように空気感染でなければ説明できない事例はいくつもあった．先の公開書簡にもあるが，接触感染にも確かな直接証拠はない．飛沫感染にしても，純粋なそれを証明した仕事はない．麻疹，水痘，結核の空気感染すらCOVID-19やインフルエンザで求められる厳密さを適用すれば，怪しいものである．これら同じレベル条件なのに一方的にCOVID-19の空気感染だけ除外するのはおかしい．極端な長距離の感染の有無については保留するが，短距離，中距離の空気感染が間違いなくあるというのが先の公開書簡の主張であった．

いったい麻疹，水痘，結核で起きることのなかで，インフルエンザやCOVID-19でどんなことが証明されれば空気感染を認めるのか．麻疹，水痘，結核でも短距離や中距離の感染は起きており，遠距離よりずっと頻度が高いはずだ．もし長距離の感染を証明できねば，そこも空気感染ではないというのか．3密回避やソーシャルディスタンシングの働きかけも，すぐに落下する飛沫ではなくエアロゾルを介した少なくとも短中距離での空気感染を想定しているはずである．

4．空気感染を認めたあとはリスク評価と対策

空気感染を認めたら，つぎはそれで感染リスクが生じる範囲が問題となる．近ければ近いほどリスクは高くなり，離れれば離れるほど低くなるのは当然で（**図5**），空間の広さと密閉度が重要になる．落下飛沫による感染は（本来検討外だが）それを防ぐという点では2メートル離れれば十分すぎるほど十分だ．だが，空気感染は空気の流れで粒子の動きも変わるので，換気あるいは空気循環のない屋内ではここまで離れれば大丈夫とはなかなかいいにくい．一方，屋外であれば風が弱い室内にくらべて格段に強いため，感染の確率は各段に下がる．

目の前にあるウイルス感染症が空気媒介性と認識されるのであれば，ウイルスを含むエアロゾルがどれだけ放出されるか，どれだけ乾燥しやすい環境なのか，室温はどれくらいか，空調や換気で空気はどう流れているかなどを知ることによって，感染伝搬のリスクがある程度推測できる．あとは，これらを受けてどのような介入を行うかであるが，それは紙面の都合上別の機会に譲る．

5．おわりに

COVID-19のクラスターは接触感染だけでは説明できない．院内感染においては，感染がairborneの伝搬形式で，「3密」の環境下で広がることを無視してはいけない．手洗いはどこでも以前からいわれており徹底している．なのに（むしろこれだけはしっかりとやっているのに）起きている．なぜ起きたのかと検証するとき，「手洗いの徹底がまだ甘かった」という反省ばかりが聞こえてくる．だが，それではやり場がない．「手を洗っても洗っても…」である．**パソコンのキーボードを見逃していただの，防護服の脱ぎ方が悪かっただの**，まるで耳なし芳一の耳探しのような枝葉末節に明け暮れているようだ．換気の悪さとか，マスク装着が不適切といった反省は，まったく聞こえてこない．本質に目をつぶって安易な方法を続けてはいけない．それでは今後も院内感染は続くだけである．

最初のほうで，「**空気感染は特別なことではない**」と書いた．**ふつうにみられる感染である**と認識すべきである．行政側は，**特殊な環境下でのみ**認められるといった説明をするが，**その説明は危険である．通常の環境で普通に起きることを自覚することが大事**である．感染の実情が分かればそれなりの対処はできる．想像するに空気感染は接触感染や落下飛沫感染よりも対策がむずかしく，言葉として一般の恐怖感を増幅する懸念はあるだろう．だが，それを避けたいただけであえて目をつぶるとしたら，それは違う．対策が大変になるからと事実を認めなければいつまでたってもウイルスの制御はできない．事実をきちんと整理して知ることが大前提で，そのうえで怖がり過ぎず，どのようにすれば制御できるか，一つ一つ実情にあわせ，分かりやすくかつ効果的で大きな負担にならないやり方を工夫することこそ，とるべき道である．

文　献

1) Morawska T, Milton DK：It is time to address airborne transmission of COVID-19. Clin Infect Dis 2020：ciaa939. doi：10.1093/cid/ciaa939.
2) WHO：Transmission of SARS-CoV-2：implications for infection prevention precautions. 2020. https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions
3) Wiliam C：Properties, behavior, and measurement of airborne particles. In Hinds Aerosol Technology, 2nd Ed. A Wiley-Interscience Publication, New York, 1999.
4) Nishimura H, Sakata S, Kaga A：A new methodology for studying dynamics of aerosol particles in sneeze and cough using a digital high-vision, high-speed video system and vector analyses. PLoS One 2013；8：e80244.
5) Hamner L, Dubbel P, Capron I, et al.：High SARS-CoV-2 attack rate following exposure at a choir practice-Skagit County, Washington, MMWR 2020；69：606-610.
6) Jianyun Lu, Gu J, Li K, et al.：COVID-19 outbreak associated with air conditioning in restaurant, Guangzhou, China, 2020. Emerg Infect Dis 2020；26：1628-1631.
7) Azimi P, Keshavarz Z, Laurent JGC, et al.：Mechanistic transmission modeling of COVID-19 on the Diamond Princess Cruise Ship demonstrates the importance of aerosol transmission. medRxiv preprint posted 2020. doi：https://doi.org/10.1101/2020.07.13.20153049
8) van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al.：Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. N Engl J Med 2020；382：1564-1567.
9) Lednicky JA, Lauzardo M, Hugh Fan Z：Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. Int J Infect Dis 2020, 16：S1201-9712（20）30739-6.
10) Hatagishi E, Okamoto M, Ohmiya S：Establishment and clinical applications of a portable system for capturing influenza viruses released through coughing. PLoS One 2014；9：e103560.
https://topics.smt.docomo.ne.jp/article/cnn/world/cnn-35159860?fm=topics
https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html

Understanding the route of transmission of COVID-19 : Infection via aerosol/airborne transmission

Hidekazu NISHIMURA
Virus Research Center, Clinical Research Division, Sendai Medical Center, Miyagi, JAPAN

COVID-19 is caused by the transmission of SARS-CoV-2 present in airborne bioparticles discharged from a patient or subclinically infected person. Discharged bioparticles originate from respiratory tubes in the human body, where the exudate from the inner surface tissues is blown off by strong airflow during respiration to become bioparticles. These particles sometimes contain pathogens and are released from the body in the form of droplets. Large droplets fall to the ground in a short time, but other particles float in the air, decreasing in size through the evaporation of water content by environmental relative humidity. The floating particles are termed aerosols. When aerosols containing the pathogen are inhaled with the air and the pathogen infects a person, the infection is referred to as both an aerosol infection and an airborne infection. It is a simple definition and airborne transmission is not a special event. There are many cases and experimental data supporting the spread of COVID-19 through airborne routes.

However, the Japanese government proposed the term "microdroplet infection" instead of airborne transmission. They avoid using the latter terminology because it may make people feel uneasy. However, "microdroplet infection" has no solid scientific definition. We, virologists and scientists, should not accept it as a novel terminology in this field and should keep using the original terms (aerosol and airborne transmission) because exact knowledge is indispensable for effective infection disease control.

Key words : COVID-19, SARS-CoV-2, aerosol, airborne transmission