

パンデミックに備えて建築はどのように対応すべきか？

順天堂大学大学院 感染制御科学
教授 堀 賢

1. 感染症の基本的な知識

本稿では、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の概論、感染経路と予防策、感染症への企業の備え、ポストコロナ社会で変わることと変わらないこと、感染症に対する企業戦略、Pandemic Ready デザインについて報告します。

COVID-19に感染した場合、子どもや一般社会人の80%の人は自然に治ります。20%の人は発病から1週間～10日経過すると、肺炎症状が悪化して入院することになります。5%の人はさらに悪化し人工呼吸器などの管理が必要となります。そして2～3%の方は致命的な経過をたどります。よって、かかつたらすぐに命にかかるということではありません。命にかかるような方は、おおむね70歳以上で基礎疾患を持つ方、高度な肥満のある方などに限られます。逆に80%の自然に治る人は、気づかない間に人から人に感染させてしまう危険性があります。

COVID-19の感染経路としては、飛沫(ひまつ)感染と接触感染があります(図-2)。飛沫感染とは、患者がせきやくしゃみをすると、そのしぶきの中に含まれるウイルスが人の目・鼻・口の粘膜に付着し、そこから咽頭へウイルスが運ばれると感染症を引き起こします。それに対して接触感染は、患者からまき散らされたウイルスが周囲の表面を汚染し、知らない間にそれを触った手で目・鼻・口をこすったりすると、同じようにウイルスが咽頭へ運ばれて感染します。

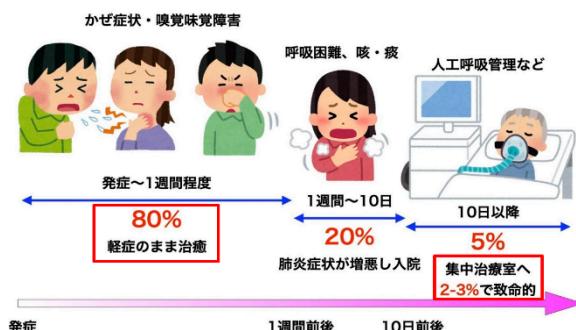


図-1 COVID-19にかかつたらどうなるのか



図-2 COVID-19はどうやってうつるのか

また、従来の空気感染とは異なり、今回注目を集めている新しい感染様式がエアロゾル感染と呼ばれるものです。密閉された空間で、マスクを着用しないで会話し、人が密集して存在している場所、いわゆる3密空間¹⁾、これらがそろった所で感染症が拡大するという指摘がでてきています(図-3)。この分野についてはまだ科学的に解明されていないので定義が定まっておらず、呼称も、エアロゾル感染、あるいは、マイクロ飛沫感染と呼ばれる場合もあり、これから研究が見込まれる分野です。

ソーシャルディスタンスとは、人ととの距離が十分に空いていれば、患者がせきやくしゃみをしたとしても、しぶきから免れることができる



図-3 3密回避は日本からWHOを通じて世界へ紹介された

距離として、1mから2mと定められています。1942年にJennisonら²⁾のグループが飛沫実験を行い、おおむね1~2m飛沫が飛ぶことから、歴史的にソーシャルディスタンスは決められています。しかしながら1mなのか2mなのか、その中間とするかは、国によって運用が異なり、必ずしもエビデンスに基づいて決められていないことも問題になっています。例えば最近の研究では、8m先までマイクロ飛沫が到達したことも観察されています。マイクロ飛沫が新型コロナウイルス、SARS-CoV-2の担体(ベクター)となっている可能性があるとも指摘されており、ウイルスがマイクロ飛沫にのってかなりの距離を運ばれることになります。これは少し前まで誰も気づいていなかった概念であり、感染対策の見直しも急ピッチで行われています。

飛沫とマイクロ飛沫、飛沫核の違いを説明します。これまで、飛沫とは5μmを超える大きさであり、5μm未満は飛沫核と呼んでいました。今回は、飛沫の大きさが約5μmなので「マイクロ飛沫」と新たに呼ばれるようになりました。飛沫は比較的大きな水の粒なので、1~2m先で自然落下します。それに対して、飛沫核は非常に細かい水蒸気の粒なので、同じ部屋内であれば広範囲に拡散すると指摘されています。マイクロ飛沫はこの中間で、しばらくの間は発生源の周囲に漂い、気流に乗って数十メートル先まで拡散する可能性もあるといわれています。飛沫が十分に排除されない環境、つまり換気が悪い環境においては、ウイルスを含んだ飛沫が空气中を長時間漂うことになります。換気をすれば、速やかにウイルスを含んだ液滴が外に出ていくので、マイクロ飛沫・飛沫核には換気が有効であると考えられています。

もうひとつの特徴的な特性が、二次感染の時に均等ではなく、不均等にうつっていく伝播パターンが存在するということです(図-4)。例えばインフルエンザは、1人の患者が2人にうつす場合、どの患者も2人ずつうつしていく、均一な伝播形式となります。しかし、COVID-19に関しては、5人のうち4人は誰にも感染させないが、1人は大量に患者を発生させてしまうクラスター形成をするということが大きな問題になっています。図-4において左から順にうつってきた感染症のほとんどはその場で消えてしまいますが、多くの人にうつす人がしばしば発生して、その後にクラスターが続くことになります。このような特異な感染様式がなぜ生まれたのかは現在も謎ですが、上記のマイクロ飛沫の特性に原因があるのではないかと考えられています。

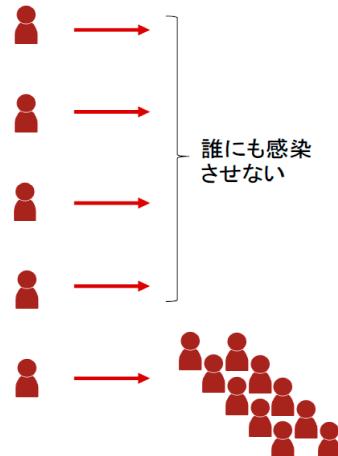


図-4 COVID-19の特殊な伝播形式

2. 感染症への企業の備え

まず、新興感染症とは何か。過去20年間に新たに発見された感染症、あるいは以前からその存在は知られていたが最近になって発生頻度が増加してきた感染症のことを指します(表-1)。多くは、獣から人にうつる人獣共通感染症です。インフルエンザも動物や鳥類がかかります。今回のCOVID-19に関しては動物の起源がわかつていないので、ヒトだけで伝播されていますが、どこかヒト以外に隠れた宿主があれば、新たな脅威として何年も続く問題になってくると思われます。

2009年ごろに発生したインフルエンザは、世界的にパンデミック宣言^{*}がされた第1号の感染症です。今回のCOVID-19は2例目になります。以前は数十年、または100年近くなかった大規模な世界的な感染症が、最近は発生頻度を増しています。

表-1 1970年代以降に出現した新興感染症の例

年	病原体	臨床像(疾患)
1973	ロタウイルス	小児の下痢
1977	エボラウイルス	エボラ出血熱
1977	レジオネラニューモフィラ	肺炎(レジオネラ症)
1977	ハンターンウイルス	腎症候性出血熱
1980	HTLV-1	成人T細胞白血病
1982	病原性大腸菌O-157	腸管出血性大腸炎
1983	ヒト免疫不全ウイルス	後天性免疫不全症候群
1983	ヘルコバクターピロリ	胃潰瘍
1989	C型肝炎ウイルス	肝炎
1993	シンノンブルウイルス	ハンタウイルス肺症候群
1997	鳥インフルエンザA(H5N1)	インフルエンザ
1999	ニパウイルス	脳炎
2002	SARSコロナウイルス	重症急性呼吸器症候群
2009	インフルエンザA(H1N1)pdm09	インフルエンザ
2012	MERSコロナウイルス	中東呼吸器症候群
2013	インフルエンザA(H7N9)	インフルエンザ
2019	SARS-CoV-2ウイルス	COVID-19

*パンデミック(世界的な流行)：世界保健機関(WHO)が感染症の流行状況を判断して宣言する。1~6までの6段階(フェーズ)を経てフェーズ6がパンデミック期とされる。

もうひとつ、WHOによる正式な表現としての「国際的に懸念される公衆衛生上の緊急事態」があります。2014年のポリオ、2014年に西アフリカで起きたエボラ、2015年にアメリカ大陸で流行したジカ熱、2018年にコンゴ共和国を中心に起きたエボラ、これらがパンデミックに発展する可能性がある予備軍としてWHOにより警戒情報を出されました。

グローバル経済においては、グローバル・サプライ・チェーンの分業化によって、効率的なコスト削減が達成されてきたという歴史がある一方、国際的な感染症のリスクを過小評価し、安全マージンをそぎ落として究極の経済合理性を追求したのが、現在のビジネスモデルでもあるわけです。例えば今年の春ごろにマスクが手に入らないことがありました。マスクのほとんどが中国で生産されていたため、その生産量は9割前後といわれていました。中国での需要急増と工場閉鎖が世界中に大きな影響を及ぼしたのです。これは明らかに安全マージンを削って一極集中させた結果です。パンデミックが頻繁に発生しうる時代に、こうした国際的なリスクを回避する社会を新規につくり上げることが、今、求められています。

「ワクチンが開発されればまた元の生活に戻れる」と思っている人が少なくないでしょう。しかし、英國国立科学・技術・芸術基金（National Endowment for Science, Technology and the Arts : NESTA）のウェブサイトにおける「コロナ後の世界」³⁾という記事によれば、「パンデミックは世界を永続的かつ根本的に変える」「国々が今後、数ヶ月間で COVID-19 のまん延を抑制できるとしても、影響は何十年も続く」「政治・経済・社会・技術・法律および環境などの様々な分野への影響が、莫大に広大になっていく」と予想しています。それぞれの分野における変化の予想を表-2にまとめました。我々はこうした変化の方向性をにらんで、これから進むべき企業戦略の方向性を検討していく必要があるのではないでしょうか。

表-2 NESTAによる政治・経済・社会・技術・法律・環境分野における社会変化の予想

政治的な変化の予想・可能性	経済的な変化の予想・可能性
<ul style="list-style-type: none"> ・グローバリゼーションの後退、ナショナリズムは増加 ・政策決定における科学・専門家への信頼・役割の強化または弱体化 ・私たちの世界観を根本的に変える可能性 ・国の権力とその役割に対する国民の認識変化 ・国際連盟やEU、世界保健機構（WHO）などへの信頼感の低下 ・難民や紛争など他の地球規模の問題をより増強 ・将来のパンデミックに備え、公と民の新しいコラボレーションが生まれる 	<ul style="list-style-type: none"> ・過去最悪の景気後退になる ・破産、失業、労働貧困の大幅な増加 ・優良企業でも危機の可能性 ・サプライチェーン再編成で超効率的社会から回復力重視の社会へ ・運輸、農業、ヘルスケア、ロボット、通信分野にはプラス、観光やサービス産業にはマイナス ・債券・紙幣の価値低下、オンラインビジネスやデジタルマネーが伸長
社会的・文化的な変化の予想・可能性	技術的な変化の予想・可能性
<ul style="list-style-type: none"> ・個人的、集団的に最も重要視するものに対する再評価を促す ・PCR検査の拡大は、人々のメンタルヘルスに悪影響を及ぼす ・「共通の敵」に対するコミュニティの結束が高まる ・性別や世代で異なる影響により、人口構成を歪め、世代間の収入格差も拡大する ・社会的困窮者がさらに困窮する 通信インフラの欠如による教育からの脱落、貧困の増加による社会の崩壊 ・リモートワークの普及による組織分散 ・田舎から都市へ移動する流れを鈍化 	<ul style="list-style-type: none"> ・デジタルソリューションと分散型ガバナンス型社会への変化促進 ・科学による被害低減国では科学・専門家への信頼が高まる ・多くの通勤者がテレワークで生きる社会へ ・デジタル行政の拡大、公共サービスのオンライン化 ・オンラインツールや新しいテクノロジーへの規制・障壁の緩和 ・セキュリティの脆弱性を突くサイバー犯罪の増加 ・VRツールがエンターテインメントとビジネスの両方で繁荣 ・集団の知性と共同オープンサイエンスにおける世界的な取り組みの加速 ・科学技術や医療の進歩に果たすAIの役割拡大
法的な変化の予想・可能性	環境的な変化の予想・可能性
<ul style="list-style-type: none"> ・生き延びるために一時的に停止されている規制が元に戻らない ・「予防原則」は「イノベーション原則」に道を譲る ・安全性のための規制より、技術革新による経済回復が優先される ・地方自治体や個々の職員により大きな権限が委譲される ・上級当局への上訴の余地が少なくなる ・世界同時危機のため、保険システムが機能停止する ・「不可抗力」をめぐる議論により法制度が行き詰まる ・「不可抗力」「自然災害」による契約不履行から新たな法体系へ ・法的紛争がプロジェクトの遅延やキャンセル等の経済的悪影響をもたらす ・知的財産の保護に関する考え方方が経済復興のために変化する 	<ul style="list-style-type: none"> ・危機が重大であるほど、緊急時に協調的かつグローバルな国際行動が可能となる ・経済活動の低下により、地球規模の温室効果ガスの排出量は急減 ・旅行の激減やリモートワーク増加など、ヒトの移動の減少が環境にプラスの影響を与える ・食糧安全保障の混乱により食糧確保の関心が相対的に高まる ・野生動物を食べる風習への正当性が問われる ・原油価格低下によりクリーンエネルギーへの投資回復が遅れる ・気候変動の緊急性は食料と経済への関心より低くなる ・再生可能エネルギーへの補助金の削減

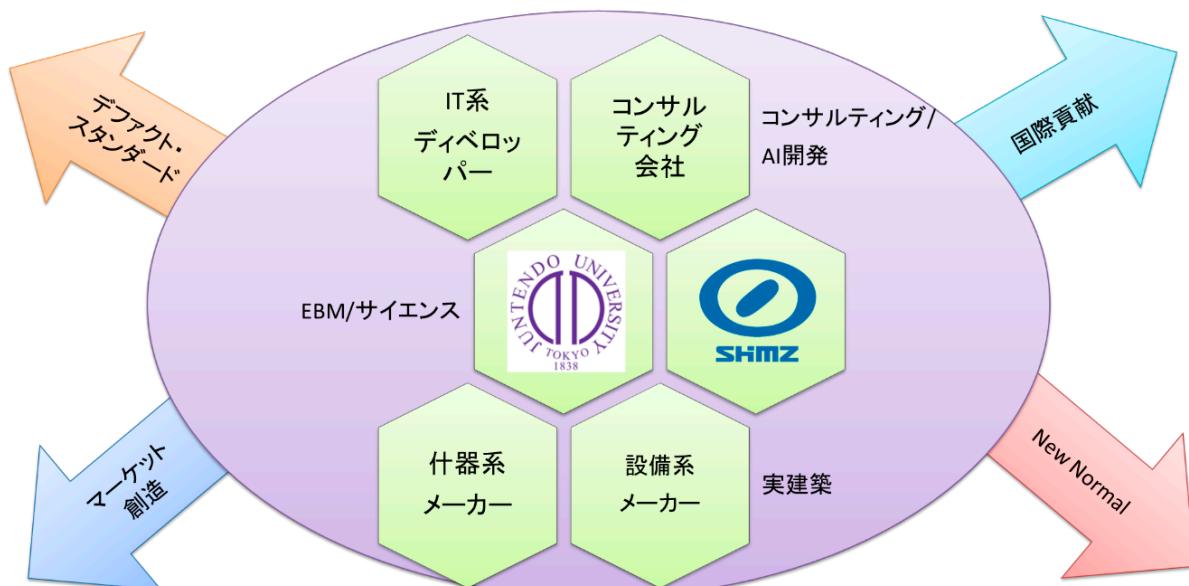
3. Pandemic Ready デザインとは

COVID-19 の危機に際して、様々な分野で新しい取り組みがされていますが、建築の分野で我々ができる事は何があるかを考えてみました。3 密回避やソーシャルディスタンスでは、従来の集客型ビジネスモデルは採算が取れなくなっています。旧来の新興感染症に対する配慮の乏しい設計では、マスクやフェイスシールドを着用して一時的な対処をするしかありません。究極的には、新興感染症の世界的流行に対して、安全かつ強い建築デザインが生まれていく流れは必然であり、マスクやフェイスシールドを今ほど厳密につけなくてもいい社会がくるかもしれません。ただ、ここで考えなければいけないのが、ゼロリスクを求めてはいけないということです。ゼロリスクを求めるほど実現へのコストは大きくなっていくので、理想倒れになってしまいます。そこで、エビデンスに基づいてリスクを低減する概念を導入し、最大の費用対効果を得られるような新しいパッケージの提案が、実現可能性を一気に高めるでしょう。

そこで、「Pandemic Ready」という新しいパッケージを提案します。エビデンスに基づいて集団感染やクラスターの発生リスクを最少化する施設の設計、設備の選択、運用の管理を再評価し、選びとつしていくアプローチです。実現の可能性をキーワードに社会への浸透・拡散を早め、デファクトスタンダード化することで世界の人々へ貢献することを目的としています。

具体的な戦略として、产学共同のコンソーシアム「Pandemic Ready コンソーシアム」(図-5)を設立し、評価、提案、受注、施工までを一連化していきます。現況の感染リスクを評価する診断ツールを開発し、コンサルティング業務で活用していきます。様々な指摘されたリスクに対する解決策を導き出すソリューション・マトリクスを参照することで、最適な解決法を提示できるようにしたいと考えています。この時、AIを駆使しながら診断力と解決力を改善し、普遍性と正確性を向上させていくことも必要でしょう。このようにしながらグローバル展開を行っていけば、国際貢献への道が開けてくると考えています。

順天堂大学と清水建設の長年のコラボレーションを核に、コンサルティング会社、IT系のディベロッパーの方にもご参加いただき EBM(Evidence-Based Medicine)※やサイエンスを駆使しながら様々なツールを開発していきます。また、実際の建築を支える設備系メーカーや什器系のメーカーにもご参加いただき、評価から設計、受注までつなげられるような、1つの共同体を考えています。ここからの発信により、新しいマーケットの創造や、ニューノーマルの形がつくられ、それらをデファクトスタンダード化することにより、世の中がさらに便利になるような展開につなげていきたいと考えています。



※EBN(Evidence-Based Medicine)：根拠(エビデンス)に基づく医療

図-5 Pandemic Ready コンソーシアムの概念図

ソリューションの一例として3密回避の解決方法を示します(表-3)。「密閉」の解消のためには、換気の良い空間レイアウトや低エネルギーで高効率な全体換気装置の設置も考えていく必要があります。「密集」の解消のためには、労働工程の見直しが必要になります。本当に会社に行かないとできないことを、よく見極めるということです。これまで借りていた大きなオフィスのレイアウトが、エッセンシャルワーカー寄りにシフトするようになると、様々な仕様変更がされていくと思います。電子決済システムを導入して、スピード感を持って対処できるようにすれば、会議が不要となり、密集も解消されます。「密接」の解消のためには、什器メーカーとの共同開発による局所排気装置を組み込んだ什器製品なども考えられます。

このように解決方法は無数にありますが、現状は少数の有識者の主観的意見で決められており、これは最適解を求めるシステムを確立していないことに起因していると考えます。Pandemic Readyにおけるソリューション・マトリクスは、これを客観的に自動化することを目指しています。「こうすれば安全である」というエビデンスは、いまだ不足しており確立していませんが、特定の設計をした建物で、継続的な感染症の発生モニタリングをし、クラスター発生事例などのデータを集積することで、エビデンスを蓄積していくことを考えています。事例を詳細に分析していくことで、新たな解決策が見いだされ技術革新につながるかもしれません。集積したデータはAIで機械学習をさせ、最適解を提案するAIプログラムとすれば、より普遍化・自動化が進んでいくでしょう。何よりリスク解析に基づき、コストや安全性、施工期間、条件的制約を考慮した最適解が導き出せるようになれば、世界同時展開も可能となります。

我々は、ウィズコロナ、アフターコロナのニューノーマルな社会の実現に向けて、Pandemic Readyを提案していきます。Pandemic Readyが、混沌とした現状を抜け出す道となることを共通目標として、多分野・多職種の力を結集して、実用的な解決策を提案する新しいパッケージの創造を目指していきます。皆様と共に、新しい世界をつくり上げていけるようになれば幸いです。

<参考文献>

- 1) 出典：首相官邸HPより <https://www.kantei.go.jp/jp/headline/kansensho/coronavirus.html>
- 2) Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19?
BMJ 2020; 370 doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.m3223> (Published 25 August 2020)
- 3) 英国国立科学・技術・芸術基金（National Endowment for Science, Technology and the Arts: NESTA）
<https://www.nesta.org.uk/blog/there-will-be-no-back-normal/>

<略歴>

1991年	順天堂大学医学部医学科卒業
1995年	順天堂大学医学部大学院医学研究科修了
1999年	Nottingham University, Division of Microbiology & Infectious Diseases,
～2001年	Research Fellow
2003年	順天堂大学医学部内科学（呼吸器内科講座） 講師
2005年	順天堂大学医学部大学院医学研究科（感染制御科学 COE） 講師
2007年	同 準教授
2013年	同 教授
専門分野	感染制御、感染対策、医療関連感染症
主な受賞歴	2011年 英国 Hospital Infection Society 学会賞 (Lowbury Lecture) 2011年 日本環境感染学会 学会賞 (優秀論文賞) 他

表-3 3密回避のソリューションの例

「密閉」の解消のためには？	
施設設計	換気の良い空間レイアウトの提供
空調設備	低エネルギー・高効率な全体換気の設置
「密集」の解消のためには？	
工程見直し	エッセンシャルワークとリモートワークの振分け
再設計	最少化したエッセンシャルワーカーのための空間の再配分
分散化促進	リモートステーションの設置による分散型ビジネスモデルへの転換
権限移譲	電子決裁システムの導入
「密接」の解消のためには？	
什器開発	局所排気装置を組み込んだ製品の開発
業務フロー変更	簡単操作によるグループウェアやコミュニケーションツールの開発
専門業務の一般化	属人的工程を解消し一般化することで、アウトソーシング化や、ロボティクス導入によるオートメーション化を促進する