国立大学法人豊橋技術科学大学 *Press Release*

２０２０年１０月１５日

令和２（2020）年度第３回定例記者会見

日時：２０２０年１０月１５日（木）１０：３０～１２：００
場所：豊橋技術科学大学　事務局３Ｆ大会議室

＜記者会見項目予定＞

① コロナウイルス飛沫感染に関する研究
～マスクの効果と歌唱時のリスク検討～
【機械工学系　飯田 明由 教授】（別紙１参照）

② STARTUP WEEKEND 豊橋
＠豊橋技術科学大学キャンパス/MUSASHi innovation Lab CLUE 開催のお知らせ
【グローバル工学教育推進機構　髙嶋 孝明 教授】（別紙２参照）

③ 東三河防災カレッジ 2020（オンライン開催）開催のお知らせ
【安全安心地域共創リサーチセンター長　齊藤 大樹 教授】（別紙３参照）

④ 2020 年度豊橋技術科学大学一般公開講座開催のお知らせ
【研究支援課地域連携係】（別紙４参照）

⑤ ハラスメント防止に向けて
～「無意識の偏見」と SOGI ハラスメント～講演会開催のお知らせ
【ダイバーシティ推進本部】（別紙５参照）

⑥ 女性のためのプレゼン 力UP 講座開催のお知らせ
【ダイバーシティ推進本部】（別紙６参照）

＜本件連絡先＞
総務課広報係　堤・高柳・杉村
TEL:0532-44-6506　FAX:0532-44-6509

国立大学法人豊橋技術科学大学 *Press Release*

２０２０年１０月１５日

コロナウイルス飛沫感染に関する研究
～マスクの効果と歌唱時のリスク検討～

＜概要＞

コロナウイルスの感染は、ウィスルを含んだ飛沫が原因と考えられているため、マスクの着用や室内の換気をよくするなどの対策がとられている。しかし、マスクの効果については定量的な評価が少なく、コロナウイルスの感染が広まった当初は、マスクに対して懐疑的な意見もあった。そこでマスクの特性について定量的な評価を行うため、理化学研究所と共同でコロナウイルスを含む飛沫の室内での拡散解析やマスクによる飛沫の抑制効果などについて実験及び数値解析による研究を進めてきた。

本報告では、マスクの基本的な性能に関する実験結果を報告するとともに、カラオケ等の歌唱時や飲食時に飛沫がどれだけ飛ぶかについての実験結果について報告する。

・マスクの性能は素材によって異なるが、一定の効果がるため、室内では着用することが望ましい。

・飲食時やカラオケなど大声での会話は、通常会話と比較して飛沫数が 10 倍から 14 倍程度となるため、十分な注意が必要である。

＜詳細＞

コロナウイルスによる感染予防対策としてマスクが効果的あることが知られているが、物理学的にどの程度の効果があるのかについての定量的な報告は少ない。また定量的な報告の多くは、マスクに用いられる素材性能の評価であって、実際にマスクを着用した場合の評価でない点が問題であった。そこで人工的に飛沫を生成する装置または実際に人がマスクを着用した状態におけるマスクの効果を定量的に評価した。

・マスクによる飛沫抑制の効果（外部への流出抑制）

・マスクによる飛沫吸引抑制効果

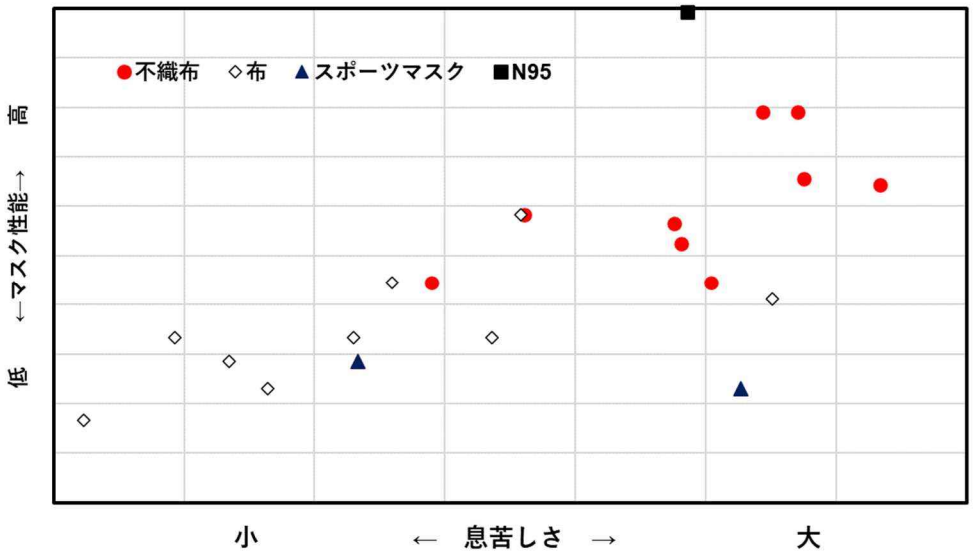
・マスクの圧力損失評価（マスクの付け心地）

マスクの性能はマスクの圧力損失が大きいほどよくなるが、あまり圧損が大きいとマスク自体を付けていることがつらくなるため、圧損と性能の両方を評価した。

これらの実験結果より、マスクを着用した場合、飛沫が体外から排出される量はマスクを着用しない場合の 20%程度に抑制できることがわかった。また、この実験データをもとに富岳を用いた解析を行った結果、マスクを着用することにより飛沫の吸い込み量は非着用時の 30%程度になることも確認された。

マスクは素材によって性能と付け心地が異なる。日常生活の全てにおいてマスクを着け続けることは難しい。運動する場合や比較的換気の良い部屋、逆に多くの人が集まる通勤電車など様々な状況が考えられる。その時々の状況に合わせて無理のない範囲で、可能な

限りマスクを着用する人が多いことが感染抑制につながると考えられる。



各種マスクの性能評価結果

カラオケや飲食店による感染が問題となっているため、通常の会話と比較して、カラオケや大声を出した場合、飲食を行った場合に、飛沫の量及び口から吐き出される勢いがどのように変化するかを調べた。

実験は被験者に流量計測用マスクを取り付け、会話、大声、歌唱、飲食時における呼気流量の変化を調べた。また、被験者の口もとに熱線流速計を設置し、口からでる気流速度を計測した。飛沫量については感水紙を用いて実験を行った。

実験結果から以下のような知見が得られた。

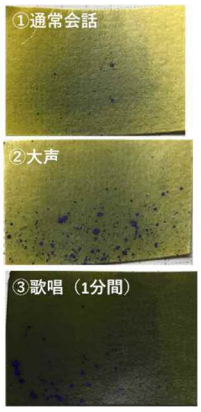
カラオケや大声で話す場合、75μm より大きな飛沫の量は通常会話と比較して、概 10 倍程度増加する。また、飛沫が飛び出す勢いは 1.5 倍から 2 倍程度になることがわかった。声の大きさが 15dB 増えると呼気量は約 2 倍となる。歌唱のように節回しがある場合は、飛沫の量がさらに増える傾向がみられた。飲食時には飛沫の量がさらに 3 割から 4 割程度多くなる。

これらのことから飲食店で大きな声で話したり、カラオケで歌ったりする場合、通常会話と比べて飛沫の量が 10 倍から 15 倍程度となり、感染のリスクが高くなることを示している。また、通常会話と比較して飛沫の到達距離は 1.5 倍程度増えるため、人との間隔を十分に大きくする必要がある。なお、10μm 以下の小さな飛沫の数は、大声や歌唱時におおよそ 2 倍となるため、十分な換気が必要となる。

各種条件における飛沫数計測結果

	1cm²内の飛沫数		平均値	計測時間（秒）	単位時間当たり	①に対する比率	備考
①カウント	2	8	5	25	0.20	1	
②カウント（大声）	40	52	46	25	1.84	9	
③歌唱	40	60	50	60	0.83	4	試験紙が変色していることから小さな飛沫数大
④歌唱（大声）	32	58	45	20	2.25	11	
⑤朗読	10	12	11	60	0.18	1	
⑥朗読（大声）	42	49	45.5	30	1.52	8	
⑦咳	3	10	6.5	3回	6.5	33	咳をすると30秒の会話と同等
⑧飲食を伴う会話	9	12	10.5	30	0.35	2	
⑨飲食中の歌唱	38	44	41	15	2.733333333	14	

歌唱実験の様子



感水紙による実験結果

＜今後の展望＞

マスクの素材ごとの性能の違いを富岳における解析の境界条件として組み込み、様々な環境下での解析を行うことを計画している。また、歌唱実験や飲食時のデータも富岳の解析に組み込み、カラオケ店や飲食店でのリスク評価を行っていく予定である。

本件に関する連絡先
広報担当：総務課広報係　堤・高柳・杉村　TEL:0532-44-6506

新型コロナウィルスに関する情報《マスク編》

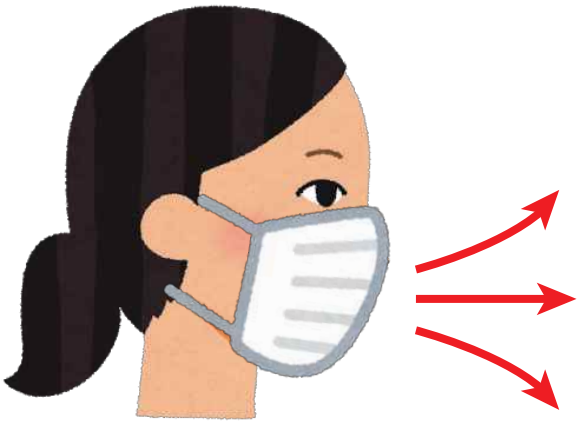
データから見るマスクの効果

WHO（世界保健機関）は、これまで健康な人が着用しても感染を予防できる根拠がないとしていたマスク着用に関する指針を大幅に変更し、感染が広がっている地域の公共の場でのマスク着用を推奨すると発表しました。

マスク着用は総合的予防対策の一環であり、それ自体でコロナを防ぎうるものではありませんが、着用しない場合に比べ、飛沫の量は30％程度になります。

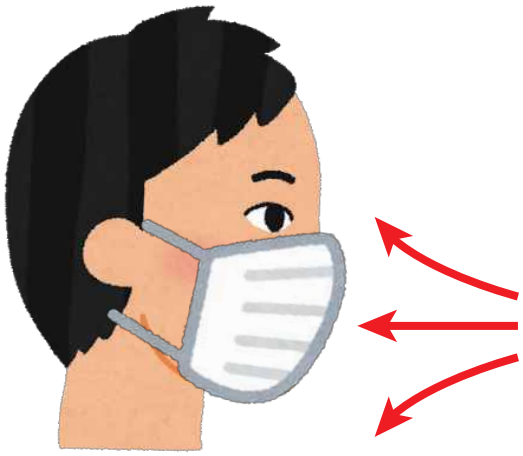
そこで当社では「プラスチック・リコーダーにおけるウィルス感染防止ガイド」につづき、理化学研究所、神戸大学、豊橋技術科学大学提供の、「マスクやフェイスシールドの効果」に関する情報を掲載することといたしました。

■ マスクの役割



●吐き出し

咳・くしゃみなどの症状がある人はもちろん、症状が出なくても周囲の人に感染を拡大する可能性があるため、これらによる飛沫の飛散を防ぐためにマスクを積極的に着用することが推奨されます。これは咳エチケット※1の一部でもあります。



●吸い込み

マスクによって、環境中のウイルスを含んだ飛沫はある程度は捕捉されます。また、机、ドアノブ、スイッチなどに付着したウイルスが**手を介して口や鼻に直接触れることを防ぐ**ことから、ある程度は接触感染を減らすことが期待されます。

※1　咳エチケットとは

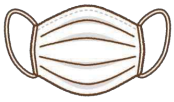
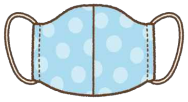
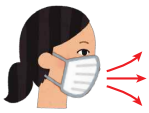
新型コロナウィルスやインフルエンザなど、咳やくしゃみの飛沫により感染する感染症は数多くあります。「咳エチケット」は、これらの感染症を他人に感染させないために、個人が咳・くしゃみをする際に、マスクやティッシュ・ハンカチ、袖を使って、口や鼻をおさえること。特に電車や職場、学校など人が集まるところで実践することが重要です。

■ 正しいマスクの着用方法

正しい手洗いの方法、マスクの着用方法については
左記の動画をご参照ください。（厚生労働省のホームページより）

■出典：政府インターネットテレビ

■ マスクやフェイスシールドの効果（スーパーコンピュータ「富岳」によるシミュレーション結果）

対策方法	なし	マスク			フェイスシールド	マウスシールド
		不織布 	布マスク 	ウレタン		
	吐き出し飛沫量					
	100%	20%	18-34%	50%※2	80%	90%※2
	吸い込み飛沫量					
	100%	30%	55-65※2	60-70%※2	小さな飛沫に対しては効果なし（エアロゾルは防げない）	

※2　豊橋技術科学大学による実験値

●実験（マスクは厚生労働省が示す正しい着用方法にもとづいています。）

さまざまな素材のマスクを着用した人頭モデルにミスト生成装置を接続し、飛沫の飛散状況をレーザー光を用いて可視化、カウントしました。
吸い込み時の計測は実際に人がマスクを着用。飛沫の直径は、0.3μm（小さな飛沫）から200μm（大きな飛沫）まで計算しています。

●結果

吐き出し:飛沫量は不織布、布ともに8割が捕集されます。
吸い込み:不織布マスク着用時、マスクと顔に隙間がある場合でも上気道（鼻から鼻腔、鼻咽腔、咽頭、喉頭）への吸引飛沫量を1/3にすることができます。
フェイスシールドにおいては、大きな飛沫（50μm以上の水滴）については捕集効果が見込めるが、エアロゾルはほぼ漏れてしまう。

■ 日常生活とマスク

感染リスク 小	感染リスク 中	感染リスク 大
人の密度が低く、換気の良い開放空間。近い距離での会話や発声は行われない。	人の密度はやや高いが換気を励行し、会話や発声は限定される。	人の密度が高く、換気が悪い。近い距離での会話や発声が行われる。
魚釣り 散歩	満員電車 買い物	宴会 カラオケ
マスクを傘に、飛沫を雨に見立てると・・・		
マスクを着けていればかなり安全	マスクを着けていることが望ましい	マスクを着けていても防ぐことが困難

■情報提供：国立研究開発法人理化学研究所、国立大学法人神戸大学、国立大学法人豊橋技術科学大学
■協力：国立大学法人京都工芸繊維大学、国立大学法人大阪大学、大王製紙株式会社

ZEN-ON 株式会社 全音楽譜出版社　URL:https://www.zen-on.co.jp
〒161-0034　東京都新宿区上落合 2-13-3　TEL. 03-3227-6270〈2020 年 9 月現在〉

コロナウイルス飛沫感染に関する研究

～マスクの効果と歌唱時のリスク検討～

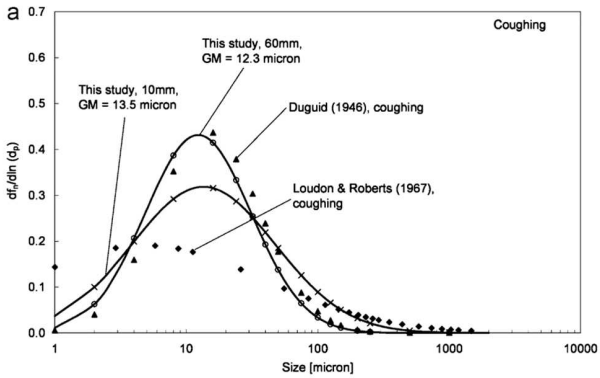
豊橋技術科学大学　機械工学系
飯田　明由

TOYOHASHI
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

マスクと飛沫

- 不織布マスクは繊維径(数μm)が複雑に絡み合い，0.5-15μmの無数の孔からなる
- 人から排出される飛沫は1μmから1mm程度までの広い範囲に分布される
  （ウィルスのサイズ0.1-0.3μmよりは大きい）
- マスクには飛沫の飛散・吸引を抑制する効果がある

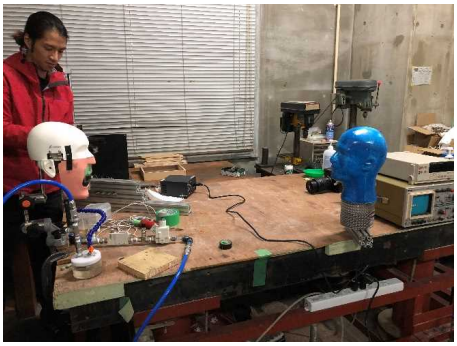
不織布マスクのフィルタ部の繊維構造
繊維間 0.5～15μm、　繊維太さ:約5μm
資料提供:大王製紙株式会社



人から排出される飛沫の大きさと割合
10μm程度の大きな飛沫が多い）
Chao et al., Aerosol Science　40(2009)122-133）

マスクの実質的な効果

不織布マスク：フィルター性能（飛沫を95%程度カット）
マスクとして利用したときは，顔とマスクの隙間からの漏れが問題
実効的な飛沫抑制効果が不明

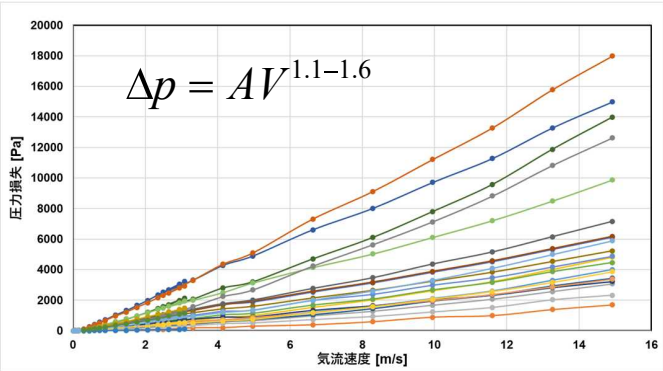


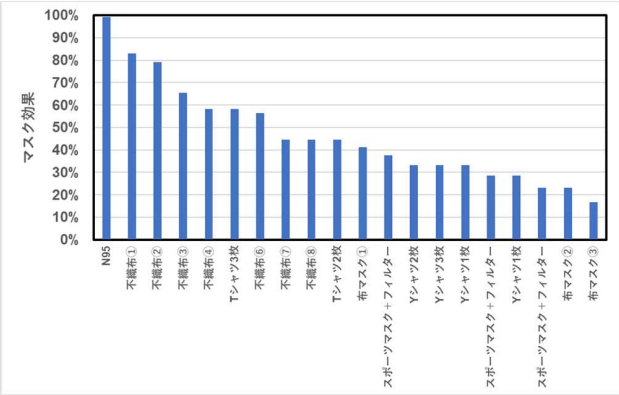
人工口腔モデルを用いた流れ場・粒子可視化計測実験
粒子数：パーティクルカウンターで計測
飛沫の勢い：レーザー光による可視化及び圧力損失計測

マスクの物理特性

実験によりマスクの物理学的特性を評価

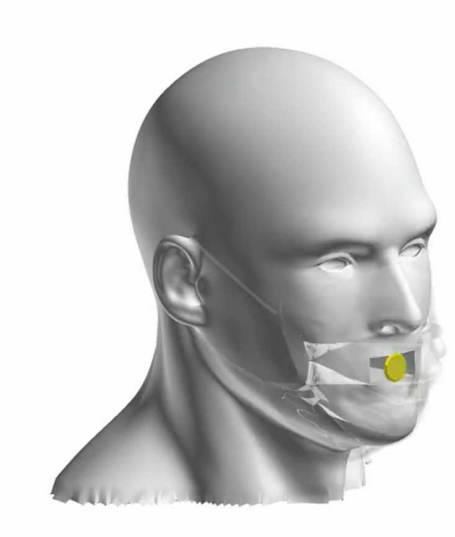
- 圧力損失（飛沫の勢い）：自動車などの場合と異なり，圧力は速度の2乗とならない
  → 繊維周りの流れは低レイノルズ数流れになるため力学的特性が通常とは異なる
- 飛沫の抑制効果
  → 繊維孔径よりも小さな飛沫もブラウン運動，静電気により補足（小さな粒子の流れ）
  フィルターの特性よりも顔とマスクの隙間の影響が大きい
  同じ形状でフィルターの異なるマスクを用いて影響を評価



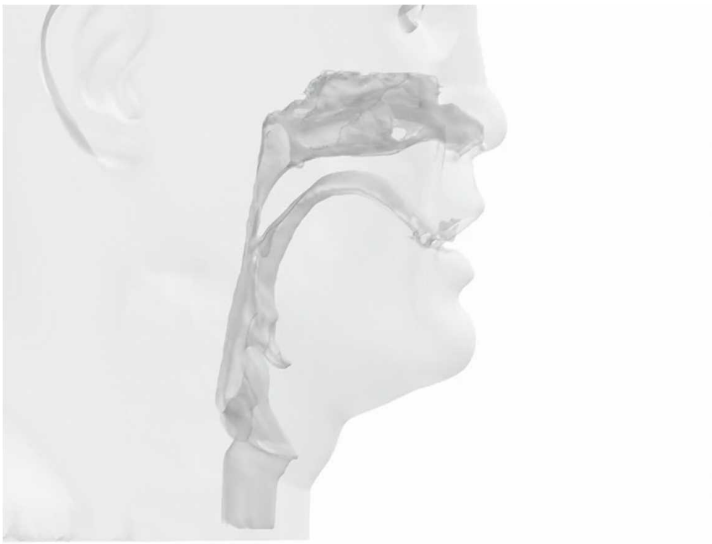


富岳による解析

マスクの力学特性を富岳解析における境界条件として活用



吐き出し時（飛沫を80%程度抑制）
材質による違いも評価

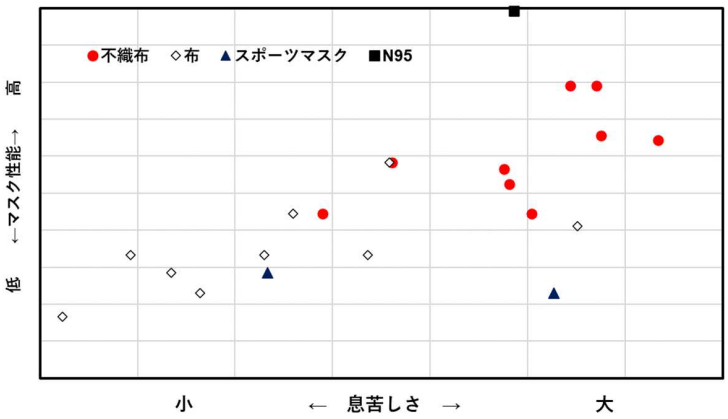


吸い込み時（飛沫量30%以下）
吸い込み量は顔とマスクの隙間に依存

マスクの性能

マスク効果Eは圧損に比例する.
マスクの息苦し差は圧損に比例する
圧損係数は低レイノルズ数効果により，自動車などより大きい

$$E = 1 - \exp\left(-\frac{\eta}{Cd}\frac{2}{\rho V^2}\Delta P\right),\quad Cd = \frac{24}{2{,}75\,\mathrm{Re}^{2-n}},\quad \Delta P = kV^n$$



・圧損の大きなマスクほどマスクの性能は高い
・布マスクでも一定の効果はあり，付けないよりは布マスクをつけたほうがいい

→
状況に合わせて無理せずにつけやすいマスクを着用することが望ましい

小中学校向けガイドライン（全音）

■ マスクやフェイスシールドの効果（スーパーコンピュータ「富岳」によるシミュレーション結果）

対策方法	なし	マスク			フェイスシールド	マウスシールド
		不織布	布マスク	ウレタン		
吐き出し飛沫量	100%	20%	18-34%	50%※2	80%	90%※2
吸い込み飛沫量	100%	30%	55-65※2	60-70%※2	小さな飛沫に対しては効果なし（エアロゾルは防げない）	

※2　豊橋技術科学大学による実験値

●実験（マスクは厚生労働省が示す正しい着用方法にもとづいています。）

さまざまな素材のマスクを着用した人頭モデルにミスト生成装置を接続し、飛沫の飛散状況をレーザー光を用いて可視化、カウントしました。
吸い込み時の計測は実際に人がマスクを着用。飛沫の直径は、0.3μm（小さな飛沫）から200μm（大きな飛沫）まで計算しています。

●結果

吐き出し：飛沫量は不織布、布ともに8割が捕集されます。
吸い込み：不織布マスク着用時、マスクと顔に隙間がある場合でも上気道（鼻から鼻腔、鼻咽腔、咽頭、喉頭）への吸引飛沫量を1/3にすることができます。
フェイスシールドにおいては、大きな飛沫（50μm以上の水滴）については捕集効果が見込めるが、エアロゾルはほぼ漏れてしまう。

TOYOHASHI
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

日常生活とマスク（全音）

■ 日常生活とマスク

感染リスク 小	感染リスク 中	感染リスク 大
人の密度が低く、換気の良い開放空間。近い距離での会話や発声は行われない。	人の密度はやや高いが換気を励行し、会話や発声は限定される。	人の密度が高く、換気が悪い。近い距離での会話や発声が行われる。
魚釣り　散歩	満員電車　買い物	宴会　カラオケ
マスクを傘に、飛沫を雨に見立てると・・・		
マスクを着けていればかなり安全	マスクを着けていることが望ましい	マスクを着けていても防ぐことが困難

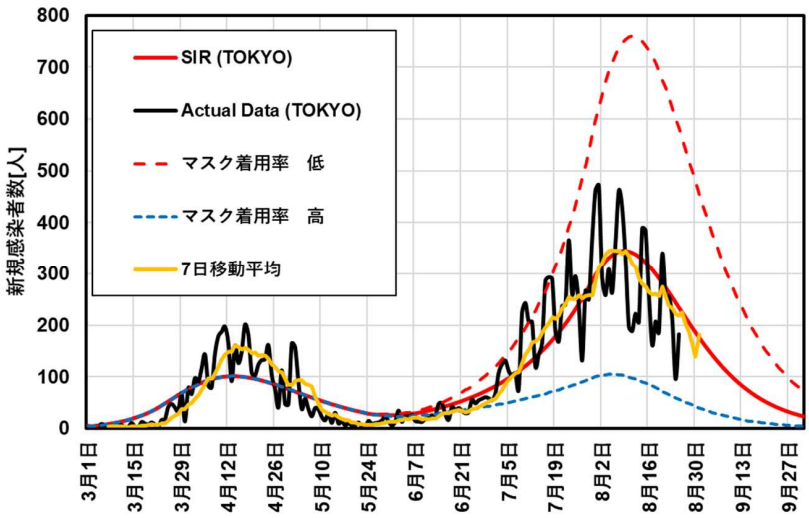
■情報提供：国立研究開発法人理化学研究所、国立大学法人神戸大学、国立大学法人豊橋技術科学大学
■協力：国立大学法人京都工芸繊維大学、国立大学法人大阪大学、大王製紙株式会社

ZEN-ON 株式会社 全音楽譜出版社　URL:https://www.zen-on.co.jp
〒161-0034　東京都新宿区上落合 2-13-3　TEL. 03-3227-6270（2020 年 9 月現在）

感染症フレームネットワーク解析

$$\frac{dS}{dt} = -\beta(t)(I+\eta A)\frac{S}{N} - \beta(t)\left((1-\varepsilon_o)I_{\mathrm{m}} + (1-\varepsilon_o)\eta A_{\mathrm{m}}\right)\frac{S}{N}$$
$$\frac{dE}{dt} = \beta(t)(I+\eta A)\frac{S}{N} + \beta(t)\left((1-\varepsilon_o)I_{\mathrm{m}} + (1-\varepsilon_o)\eta A_{\mathrm{m}}\right)\frac{S}{N} - \sigma E$$
$$\frac{dI}{dt} = \alpha\sigma E - \varphi I - \gamma_I I$$
$$\frac{dA}{dt} = (1-\alpha)\sigma E - \gamma_A A$$
$$\frac{dH}{dt} = \varphi I - \delta H - \gamma_H H$$
$$\frac{dR}{dt} = \gamma_I I + \gamma_A A + \gamma_H H$$
$$\frac{dD}{dt} = \delta H$$
$$\frac{dS_m}{dt} = -\beta(t)(1-\varepsilon_i)(I+\eta A)\frac{S}{N} - \beta(t)(1-\varepsilon_i)\left((1-\varepsilon_o)I_{\mathrm{m}} + (1-\varepsilon_o)\eta A_{\mathrm{m}}\right)\frac{S_m}{N}$$
$$\frac{dE_m}{dt} = \beta(t)(1-\varepsilon_i)(I+\eta A)\frac{S_m}{N} + \beta(t)(1-\varepsilon_i)\left((1-\varepsilon_o)I_{\mathrm{m}} + (1-M)\eta A_{\mathrm{m}}\right)\frac{S_m}{N} - \sigma E_m$$
$$\frac{dI_m}{dt} = \alpha\sigma E_m - \varphi I_m - \gamma_I I_m$$
$$dA_m = (1-\alpha)\sigma E_m - \gamma_A A_m$$
$$\frac{dH_m}{dt} = \varphi I_m - \delta H_m - \gamma_H H_m$$
$$\frac{dR_m}{dt} = \gamma_I I_m + \gamma_A A_m + \gamma_H H_m$$
$$\frac{dD_m}{dt} = \delta H_m$$
$$N = S + E + I + A + R + S_m + E_m + I_m + A_m + R_m$$
$$\beta(t) = \begin{cases} \beta_0 \\ (\beta_0 - \beta_{\min})\exp(-r(t-t_0)) \end{cases} \quad \text{with lockdown,mask ware, etc.}$$

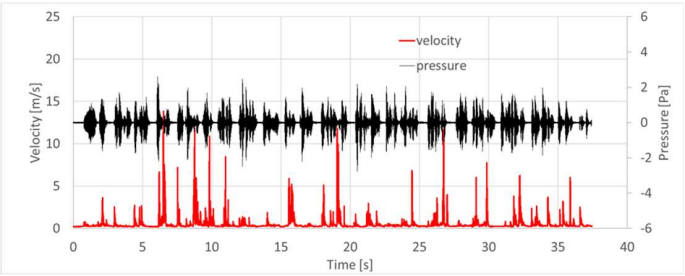
感染症予測計算にマスクの効果を取り入れ，感染者数を予測
富岳の解析結果やマスク実験を感染症予測に活用



歌唱実験

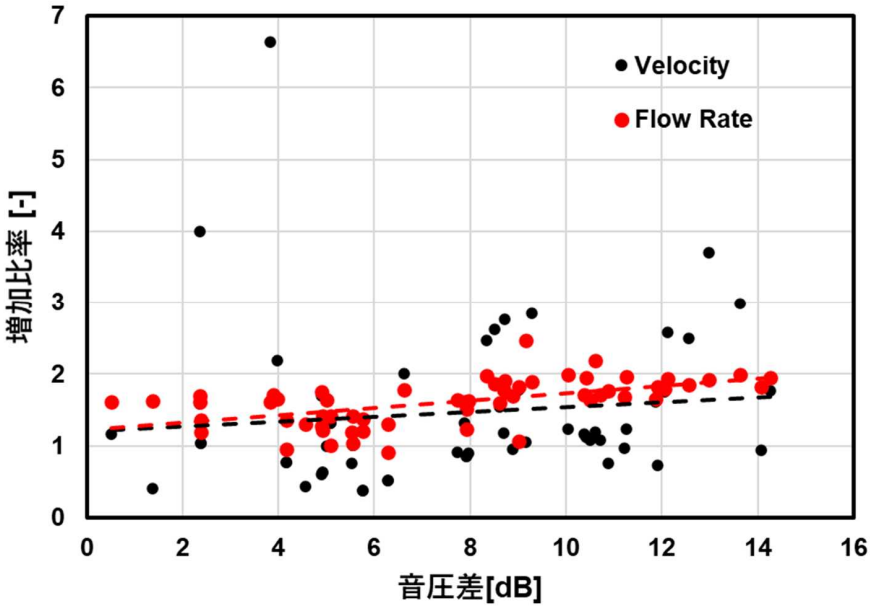
カラオケ，合唱，飲食時の感染リスクを実験により調査

① 呼気流量計測（呼気計測マスク＋流量計）
② 呼気速度計測（熱線流速計）
③ 音量計測（騒音計）
④ 粒子数計測（パーティクルカウンター）
⑤ 感水紙を用いた飛沫数測定



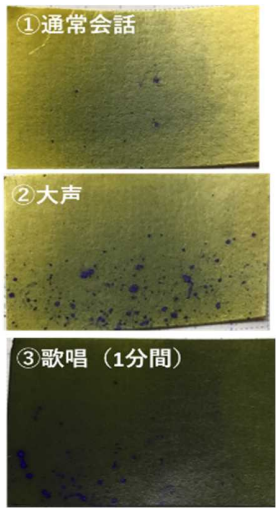
声の大きさと飛沫速度の関係

大きな声で歌ったり話すと，呼気速度が大きくなる（15dB増で2倍）



各条件における飛沫数

・大声で話したり，歌ったりすると大きな飛沫の量は通常会話と比較して，概ね10倍程度増加する
　歌唱のように節回しがある場合は，飛沫の量がさらに増える
　飲食時には飛沫の量がさらに3割から4割程度増える
・飲食時に歌うと飛沫の数は通常会話の14倍になる（カラオケ時のリスク）



	1cm²内の飛沫数		平均値	計測時間（秒）	単位時間当たり	①に対する比率	備考
①カウント	2	8	5	25	0.20	1	
②カウント（大声）	40	52	46	25	1.84	9	
③歌唱	40	60	50	60	0.83	4	試験紙が変色していることから小さな飛沫数大
④歌唱（大声）	32	58	45	20	2.25	11	
⑤朗読	10	12	11	60	0.18	1	
⑥朗読（大声）	42	49	45.5	30	1.52	8	
⑦咳	3	10	6.5	3回	6.5	33	咳をすると30秒の会話と同等
⑧飲食を伴う会話	9	12	10.5	30	0.35	2	
⑨飲食中の歌唱	38	44	41	15	2.733333333	14	

まとめ

- マスクの力学特性を実験的に評価
  素材の違いにより効果や圧損に違いがあるが，感染抑制には一定の効果があり，マスクを着用することが望ましい
- マスクの特性を富岳の解析に適用
- 歌唱時や飲食時の飛沫について調べ，大声で話したり，歌ったりした場合，飛沫の数が10倍以上となり，感染リスクが高くなる

  実験結果を富岳の解析に組み込み，様々な条件で解析を行い，日常における感染リスクと予防について検討を行う予定