

[資料]

不織布マスク vs. ガーゼマスク vs. ウレタンマスク

荒尾 ほほみ¹⁾ 田邊 香野²⁾
川口 辰哉¹⁾²⁾ 上妻 行則^{1)2)*}

Surgical mask vs. gauze mask vs. urethane mask

Hohomi ARAO, Kano TANABE, Tatsuya KAWAGUCHI, Yukinori KOZUMA

抄録

2019年より全世界で流行している新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の主な感染経路は、飛沫感染と接触感染であると考えられており、感染者の咳やくしゃみなどによって飛散するウイルスが含まれた飛沫の体内へ侵入することを防ぐことが COVID-19 の予防に効果的とされている。従って、SARS-CoV-2 に感染しないためには、これまでインフルエンザウイルスなどの感染症に対して行ってきた「手洗い、うがい、マスクの着用」が有効であると考えられる。なかでも、マスクには①飛沫の拡散を防ぐ、②飛沫の侵入を防ぐ、2つの効果があり、マスクの効果については様々な報告がなされている。そこで本研究では、マスクの持つ「飛沫の拡散を防ぐ効果」と「飛沫の侵入を防ぐ効果」について身近なものを用いて実験を行った。さらに、飛沫の拡散および侵入を防ぐ効果が最も高いとされている不織布マスクがどのような点で優れているのか検証した。

本研究で使用した不織布マスク、ガーゼマスク、ウレタンマスクはいずれも模擬飛沫の拡散を防止した。しかし、模擬飛沫の侵入を防ぐ効果については不織布マスクが最も有効であった。以上のことから、現在も収束の兆しが認められない COVID-19 の予防のためには、飛沫の拡散を防ぐ、さらには飛沫の侵入を防ぐ点において最も優れている不織布マスクの着用は欠かせないと考えられる。

キーワード：

I 緒言

コロナウイルス (corona virus) は、表面に突起がみられる直径約 100 nm の球形で、形態が王冠 (crown) に似ていることから、ギリシャ語で王冠を意味する corona という名前が付けられた。ウイルス学的には、ニドウイルス目・コロナウイルス亜科・コロナウイルス科に分類され、脂質二重膜のエンベロープ中に Nucleocapsid (N) 蛋白に巻き付い

たプラス鎖の一本鎖 RNA のゲノムがあり、エンベロープ表面には Spike (S) 蛋白, Envelope (E) 蛋白, Membrane (M) 蛋白が配置されている¹⁾。

2019年より全世界で流行している新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) は、SRAS-CoV-2 によって引き起こされ、外出や飲食店の営業自粛などによって経済活動の減退を促し、我々の生活にも多大な影響を与えている。SRAS-CoV-2 の感染経路は、感染者が咳やくしゃみをした際に、口や鼻から飛散

所属

¹⁾熊本保健科学大学大学院 保健科学研究科 保健科学専攻

²⁾熊本保健科学大学 保健科学部 医学検査学科

責任著者：kozuma18@kumamoto-hsu.ac.jp

される飛沫による感染（飛沫感染）、ウイルスに汚染されたものなどに触れ、その手で自身の目や鼻、口に触れることによる感染（接触感染）であるとされている²⁾。COVID-19 は、短期間で世界中に広まり、多くの感染者と死亡者を出しているが、手洗いやうがい、手指消毒、マスクの着用、ワクチンの接種など、これまでインフルエンザウイルスなどの感染症に対して行ってきたことが有効であると考えられている。

マスクには「不織布マスク」、「ウレタンマスク」、「布マスク」などの様々な種類のものが存在しており、「快適さ」、「着脱のしやすさ」、「除去する対象の違い」、「ファッション性」などマスクの種類によって異なる。また、マスクには①飛沫の拡散を防ぐ、②飛沫の侵入を防ぐという 2 つの効果がある。スーパーコンピュータ「富岳」によるシミュレーションによると、吐き出し飛沫量はマスクなしの場合 100% であるのに対して、不織布マスクは 20%、布マスクは 18-34%、ウレタンマスクは 50% であり、マスクを着用することで、ある程度飛沫の拡散を防いでいることがわかる³⁾。一方、マスクなしの場合の吸い込み飛沫量を 100% とすると、不織布マスクでは 30% であるのに対して、布マスクは 55-65%、ウレタンマスクでは 60-70% とマスクの種類により吸い込み飛沫量に差があることも報告されている³⁾。また、N95 マスクがウイルスの侵入を防ぐ効果が最も高いという報告があるのに対して⁴⁻⁵⁾、N95 と不織布マスクは同等の有効性を保持しているという報告⁶⁻⁷⁾ や不織布マスクの効果が高いという報告⁸⁾、さらには布マスクを使用した場合においても感染者からの微生物の飛散防止に効果的であること⁹⁾ など様々な報告がなされており、いずれのマスクが飛沫の拡散・侵入を防ぐのに最も効果的であるか、未だ結論は見出されていない¹⁰⁾。

そこで本研究では、マスクの持つ「飛沫の拡散を防ぐ効果」と「飛沫の侵入を防ぐ効果」の 2 つの効果について、身近なものをを用いて詳細に検証し、その検証結果を動画としてまとめ、学内における COVID-19 対策の啓発活動を行った。

II 方法

1. マスクの種類

マスクは、ガーゼマスク（給食用ガーゼマスク、

東洋化学株式会社）、ウレタンマスク（UREPITA MASK, 株式会社 VANILLA CORPORATION）、不織布マスク（3 層構造マスク, 株式会社 山二）を使用した。

2. 模擬飛沫と飛沫噴霧マネキンの作製

模擬飛沫は、精製水 100 mL に対して水彩絵の具くろ（ぺんてる株式会社）を 5 mg 混和し、作製した。飛沫噴霧マネキンは、発泡スチロール製のマネキン（DAISO 社）を前額面でスライスし、口の形状に沿って穴をあけ、口元から 8 cm の位置に霧吹きを固定した。霧吹きは、ヒトの口腔内の構造を考慮し、霧吹きの噴出口が実験台と平行であるものを使用した。さらに、模擬飛沫がどの位飛散したか、計測できるようにマネキンの前方に白色の画用紙（プラス株式会社）を 6 枚設置した。

3. マスクの構造の観察

飛沫の拡散を観察する実験を行った後、マスクをスライドガラスにのせることができる大きさにカットし、各種マスクの 1 層目からその構造などを顕微鏡（ECLIPSE E100, Nikon）で観察した。

4. 模擬飛沫吸引装置の作製

蓋つきのプラスチック製の容器に、家庭用掃除機（山善）の吸込口の形に沿って穴をあけ加工し、ろ紙、マスクの順番に養生テープで貼り付け、使用した。

5. 飛沫の拡散または侵入を防ぐ効果の検証

1) マネキンを用いた検証

飛沫の拡散を防ぐ効果を検証するために、マスク有・無条件下で、霧吹き（模擬くしゃみ）を 2 回実施し、マスクを乾燥させることを 1 セットとし、5 セット行った。

2) 模擬飛沫吸引装置を用いた検証

飛沫の侵入を防ぐ効果を検証するために、模擬くしゃみを 2 回実施した後、吸引時間を 30 秒設け、これを 1 セットとし、10 セット行った。

6. ろ紙の色の測定

飛沫の侵入を防ぐ効果を検証するために使用した家庭用掃除機からろ紙を回収した後、小型分光測色計 Spector1TM（Variable 社）を用いて、模擬飛沫

を吸着したろ紙の色を数値化した。

7. COVID-19 対策啓発活動

保健医療系大学として COVID-19 の感染拡大を防止するために、本検証により得られたデータを Microsoft PowerPoint (Microsoft 社) にまとめ、5 分程度の音声付きのプレゼンテーションを作成し、学内の YouTube チャンネルへ動画投稿し、学生および教職員に視聴するよう本学危機対策本部および新型コロナウイルス感染対策ワーキンググループと共に啓発活動を行った。

8. 統計処理

飛沫の侵入を防ぐ効果を検証した際に回収したろ紙の色を数値化した後、結果は平均±標準偏差(2SD)で表した。2 群の平均値の比較には、Microsoft Excel (Microsoft 社) を用いて、Student t 検定を行った。p<0.05 を統計学的有意とした。

Ⅲ 結果

1. 飛沫の拡散防止効果の検証

マスク未着用の飛沫噴霧マネキンで検証したところ、飛沫噴霧マネキン前面への模擬飛沫の最高到達点が 149 cm であったのに対し、飛沫噴霧マネキンに不織布マスク、ガーゼマスク、ウレタンマスクを着用した場合、マスクの内側は模擬飛沫で汚れていたものの、飛沫噴霧マネキン前面に設置した画用紙上への模擬飛沫はマスクを着用したことにより確認されなかった(図1)。

2. 顕微鏡によるマスクの構造観察

模擬飛沫の拡散防止効果を検証した各種マスクを乾燥させた後、適当な大きさにカットし、1 層目から顕微鏡で観察した結果、3 層構造の不織布マスクでは、1 層目と 3 層目は同様の構造をしており、模擬飛沫は 1 層目および 2 層目に沈着していた(図2, 上段)。一方、9 層構造であったガーゼマスク(特殊フィルター入り)では、小さな模擬飛沫の沈着が確認できた 4 層目を詳細に観察したところ、不織布マスクの 2 層目と似た緻密な構造をしていた(図2, 中段)。最後にウレタンマスクを観察したところ、ウレタンマスクの構造は 1 層で、多くの空洞が存在し、その空洞の直径は約 140-230 μm であったが、

模擬飛沫は空洞と空洞の間に沈着していた(図2, 下段)。

3. 飛沫の侵入防止効果の検証

家庭用掃除機を用いて作製した模擬飛沫吸引装置(図3-A)から回収したろ紙の色を観察したところ、ろ紙の着色が強いものから、ウレタンマスク>ガーゼマスク>不織布マスクという結果を示した(図3-B)。小型分光測色計 Spector1™ は、測定対象の色を数値化するもので、色が白の場合には測定結果が 0.00 に、色が黒である場合には負の値を示す測定機器である。そこで回収したろ紙の色を数値化したところ、マスクなし条件下で模擬くしゃみを 10 回行ったろ紙では -56.7 ± 4.10 であったのに対して、不織布マスクでは -0.202 ± 0.532 、ガーゼマスクでは -0.261 ± 0.262 、ウレタンマスクでは -2.88 ± 2.03 となり、いずれのマスクを着用した場合においても、マスクなしと比較して明らかにろ紙への模擬飛沫の付着が阻害されていた。また、先の検証から不織布マスクが飛沫の拡散・侵入を防ぐ効果が高いと考えられるが、長期間の不織布マスクの着用により肌が荒れてしまう人も少なくない。そこで、ウレタンマスクの上に不織布マスクを着用した場合(二重マスク)の効果についても検証した。その結果、二重マスク着用時のろ紙の色は -0.320 ± 0.323 となり、ウレタンマスクのみの場合と比較して、ろ紙への模擬飛沫の付着はみられなかった(図3-C)。

4. COVID-19 対策啓発活動

COVID-19 の感染拡大を防止するために作成した啓発動画を学内の YouTube チャンネルへ動画投稿したところ、「身近なものを使って検証しているので、難しくなく、わかりやすかった」、「マスクの重要性を再認識できた」などの感想があった。

Ⅳ 考察

2.5-5 μm のエアロゾル中の SARS-CoV-2 の感染力は、20 分程度経過してもほぼ低下しないことが確認されており、SARS-CoV-2 感染予防には、エアロゾルの口や鼻から体内への侵入を防ぐことは極めて重要である¹¹⁾。また、N95/KN95 マスクまたは不織布マスクを着用した場合、マスクを着用していない場合と比較して、SARS-CoV-2 感染のリスクが軽

減されるという報告がある¹²⁾。従って、マスクの着用、特に不織布マスクの使用はエアロゾルの体内への侵入を防ぐ方法として有効であると考えられる。

本研究では、身近なものを用いて、マスクの持つ「飛沫の拡散を防ぐ効果」と「飛沫の侵入を防ぐ効

果」について検証した。その結果、マスク未着用で模擬くしゃみをした場合、模擬飛沫の最高到達点が149 cmであったのに対して、各種マスクを着用した場合、画用紙への模擬飛沫の付着は確認されなかったことから（図1-A, B）、マスクの着用は、マ

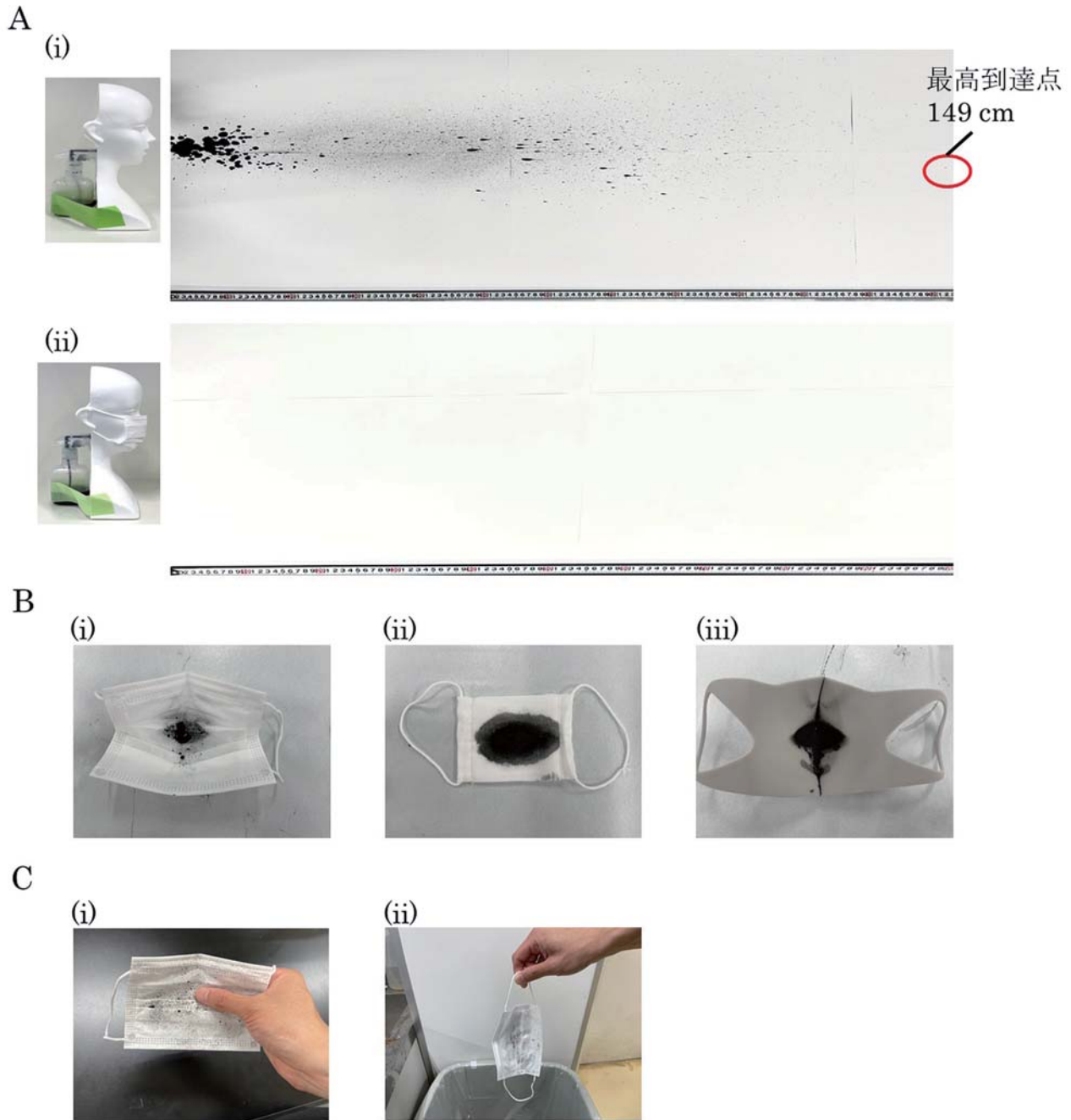


図1. マスク着用マネキンを用いた模擬飛沫の拡散防止効果の検証

- A. マスクによる模擬飛沫の拡散防止効果をマスク未着用の飛沫噴霧マネキン (i) またはマスク着用の飛沫噴霧マネキン (ii) を用いて検証した。
- B. 模擬飛沫の拡散防止効果を検証した後のマスクの内側（不織布マスク (i)、ガーゼマスク (ii)、ウレタンマスク (iii)）の様子。
- C. 飛沫が付着したマスクは、マスクの内側には触れず (i)、ひもを持ち廃棄する (ii)。

マスクの種類を問わず飛沫の拡散を防ぐ手段として有効であると考えられる。しかしながら、模擬飛沫はいずれのマスクの内側に付着していたことから、感染防止の観点からマスクを外し、処分するにはマスクの内側には触れず、ひもを持つことが極めて重要であると考えられる(図1-C)。さらに模擬飛沫が付着したマスクを分解し、顕微鏡で詳細に観察したところ、図2に示すように不織布マスクの2層目およびガーゼマスクの4層目はいずれも緻密な構造で、模擬飛沫の沈着が認められたことから、この層の構造が飛沫の多くをブロックし、飛沫を拡散させない重要な役割を担っている可能性が高い。

飛沫の侵入を防ぐ効果の検証実験において、ろ紙への着色が強いものから、ウレタンマスク>ガーゼマスク>不織布マスクであり、不織布マスク着用によりろ紙への模擬飛沫の付着は抑制された(図3)。

さらに、不織布マスクとウレタンマスクの二重マスクでは、ウレタンマスクのみ使用の際と比較して、ろ紙への着色が著しく抑制されたことから(図3-C)、敏感肌体質の人が予防のためにマスクを着用する際には、ウレタンマスクや布マスクの上に不織布マスクを併用するなど工夫することが効果的である。

一方、屋外において適切な距離が確保できる場合や屋内でも会話をほとんど行わない場合にはマスク着用の必要はないという方針が厚生労働省より示された¹³⁾。また、夏は熱中症防止の観点から、屋外でのマスクの必要のないときにはマスクを外すことも推奨されている。現在、COVID-19感染の第7波の真ただ中であるものの、マスクの着用は必要な

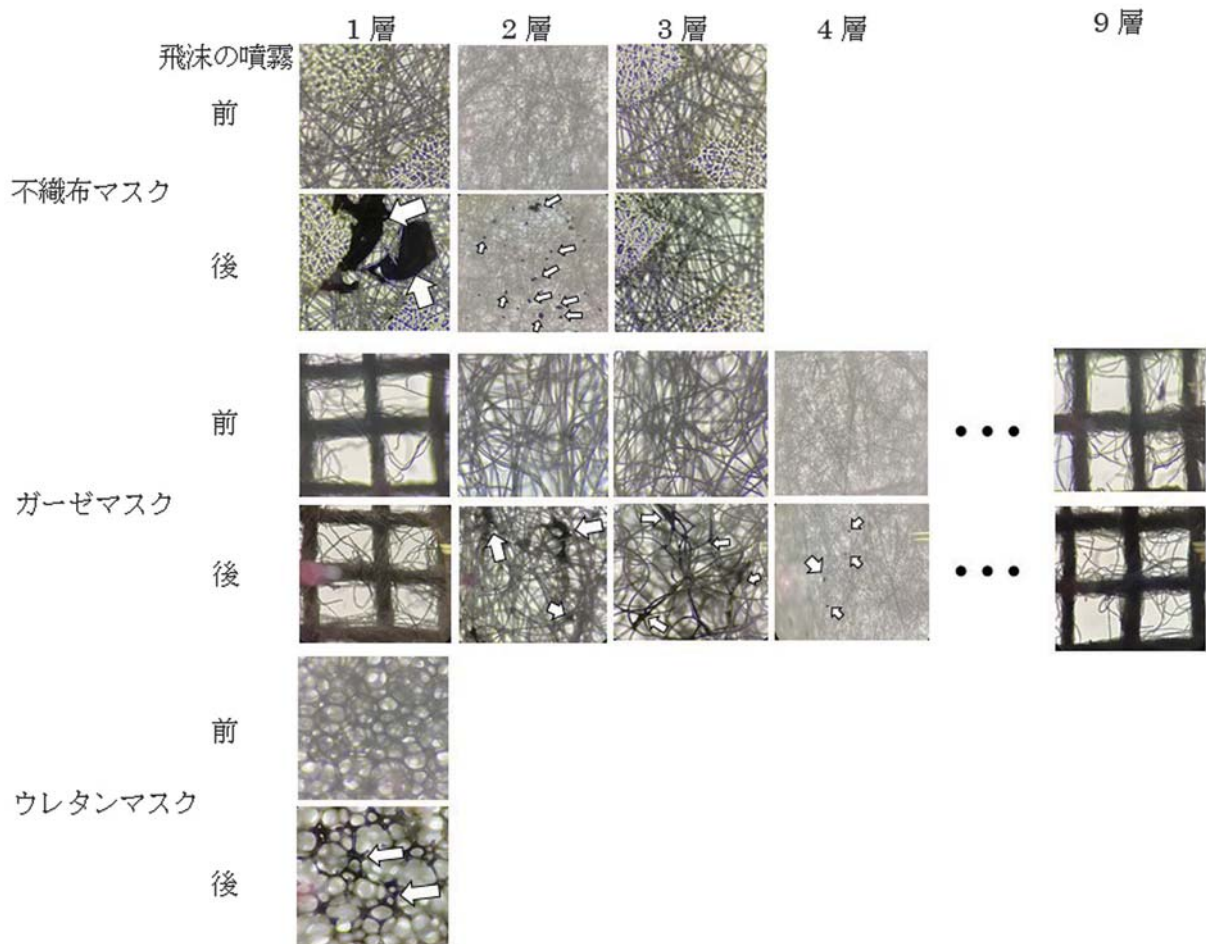


図2. 顕微鏡による不織布マスク、ガーゼマスク、ウレタンマスクの構造観察

不織布マスク、ガーゼマスク、ウレタンマスクをスライドガラスにのせることができる大きさにカットした後、各マスクの1層目からその構造および模擬飛沫の沈着の有無を顕微鏡で観察した。模擬飛沫の沈着部分は矢印で示す。

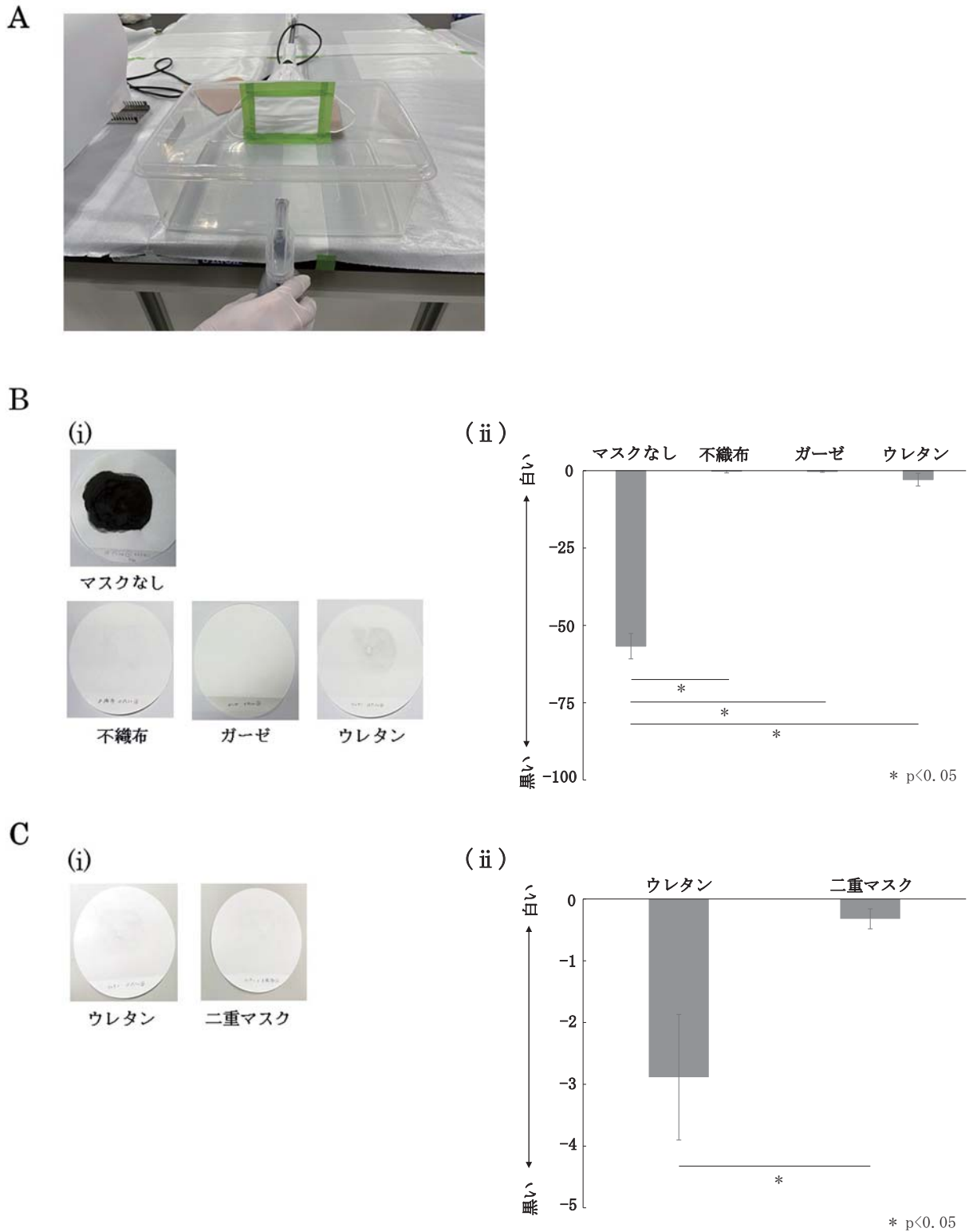


図3. マスク装着模擬飛沫吸引装置を用いた飛沫の侵入防止効果の検証

- A. 家庭用掃除機と蓋つきのプラスチック製容器を用いて作製した模擬飛沫吸引装置。
- B. マスク未装着または不織布マスク，ガーゼマスク，ウレタンマスクを装着し，模擬飛沫を噴霧した後，模擬飛沫吸引装置から回収したろ紙 (i)。ろ紙に付着した模擬飛沫の色を小型分光測色計 Spector1™ を用いて数値化した (ii)。図に mean ±2SD (n=3) を示す。
- C. マスク未装着またはウレタンマスク，ウレタンマスクの上に不織布マスクを装着し (二重マスク)，模擬飛沫を噴霧した後，模擬飛沫吸引装置から回収したろ紙 (i)。ろ紙に付着した模擬飛沫の色を小型分光測色計 Spector1™ を用いて数値化した (ii)。図に mean ±2SD (n=3) を示す。

いと考える人もいる。他方で、本当にマスクを外してもいいのか不安に思う人もいるため、本研究の結果を受けて音声付きの動画にし、学内に発信したところ、マスクの重要性を再認識できたという感想を多数いただいたことから、本研究成果は COVID-19 対策の啓発活動にも極めて有効であると考えられた。

以上のことから、不織布マスク、ガーゼマスク、ウレタンマスクはいずれも模擬飛沫の拡散を防ぐものの、模擬飛沫の侵入を防ぐ効果については不織布マスクの使用が最も効果的であることが明らかとなった。

V 結語

自身が COVID-19 に罹患した場合、飛沫を拡散させないためにも、マスクの着用は極めて重要である。さらに日々、多くの感染者が報告されている現在において、ウイルスの侵入を防ぐためにも、不織布マスクの着用は不可欠である。今回我々は身近なものを用いて COVID-19 感染拡大を防止するための動画を作成したが、自分や周囲の人を守るためにも、今一度動画を視聴し、マスクの重要性を再確認してほしい。一人一人の意識が変われば、突如現れた未知のウイルスとの戦いの終わりに、一歩近づくことができるかもしれない。

謝辞

本研究の実施に先立ち、2021 年度基礎セミナー「身近なもののミクロの世界」のメンバーとして活動してくれた皆様にはこの場をかりて深謝いたします。

利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

文献

- 1) 国立感染症研究所 HP : コロナウイルスとは. 2021. <https://www.niid.go.jp/niid/ja/kansennohanasi/9303-coronavirus.html> [2022.8.26 アクセス]
- 2) World Health Organization : Coronavirus disease (COVID-19) : How is it transmitted?, 2021. <https://www.who.int/emergencies/disease/novel-coronavirus-2019/> [2022.8.26 アクセス]
- 3) 国立大学法人豊橋技術科学大学 Press Release, 2020. 令和 2 年度第 3 回定例記者会見. [2022.8.26 アクセス]
- 4) MacIntyre CR, Chughtai AA, Seale H, *et al.* : Human coronavirus data from four clinical trials of masks and respirators. *Int J Infect Dis*, 96 : 631-633, 2020.
- 5) Gupta S : Surgical mask vs. N95 respirator masks for protecting health care professionals. *Indian J Pediatr*, 78 : 242-243, 2011.
- 6) Sommerstein R, Fux CA, Vuichard-Gysin D, *et al.* : Risk of SARS-CoV-2 transmission by aerosols, the rational use of masks, and protection of healthcare workers from COVID-19. *Antimicrob Resist Infect Control*, 9 : 100, 2020.
- 7) Loeb M, Dafoe N, Mahony J, *et al.* : Surgical mask vs N95 respirator for preventing influenza among health care workers: a randomized trial. *JAMA*, 302 : 1865-1871, 2009.
- 8) Cowling BJ, Chan K-H, Fang VJ, *et al.* : Facemasks and hand hygiene to prevent influenza transmission in households: a cluster randomized trial. *Ann Intern Med*, 151 : 437-446, 2009.
- 9) Ho K-F, Lin L-Y, Weng S-P, Chuang K-J : Medical mask versus cotton mask for preventing respiratory droplet transmission in micro environments. *Sci Total Environ*, 735 : 139510, 2020.
- 10) 尾家重治 : マスクの走査電子顕微鏡による観察, *医機学*, 91 : 20-23, 2021.
- 11) AI アドバイザリーボード : Covid-19 AI シミュレーションプロジェクト. 2021. https://corona.go.jp/prevention/pdf/advisory_houkoku_20211001.pdf [2022.8.26 アクセス]
- 12) Andrejko KL, Pry JM, Myers JF, *et al.* : Effectiveness of Face Mask or Respirator Use in Indoor Public Settings for Prevention of SARS-Cov-2 Infection – California, February-

December 2021. MMWR Morb Mortal Wkly
Rep, 71 : 212-216, 2022.

[bunya/kansentaisaku_00001.html](#) [2022.6.15 ア
クセス]

- 13) 厚生労働省 HP : マスクの着用について . 2021.
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/>

(令和 4 年 8 月 31 日 受理)