

新型コロナウイルス感染防護策としての 上部消化管内視鏡検査用マスクの試作と実用化

新保 泉¹⁾ 河田美和¹⁾ 内田裕美¹⁾ 藤井清孝¹⁾ 奥田桂子¹⁾ 仲野敏彦¹⁾
瀧澤弘隆¹⁾ 湯口恭利¹⁾ 田中学²⁾ 太田匡則²⁾ 長尾啓一¹⁾

要 約

目的：上部消化管内視鏡検査時のエアロゾル飛散低減のために内視鏡検査用マスク(以下、本マスク)を試作し、効果の検証を行ったうえ、受診者の受容の可否についてアンケートにて調査した。

方法・結果：内視鏡検査用マスクの試作：本マスクは2層の不織布の内側に吸水シートを貼った3層構造で、コーヒーフィルター様の立体形状とした。内視鏡挿入孔は直径15mmとした。可視化した咳嗽の拡散比較実験：本マスクの効果検証のため、咳嗽時の呼気を可視化し拡散比較実験を行った。マネキンモデルで咳嗽のミストを再現し、マスクなしと本マスク使用時でミストの飛距離と最大速度を比較した。その結果、本マスク装着によりミストの飛距離は1/3に、最大速度は1/2に減少することが明らかになった。受診者アンケート調査：本マスクを装着して内視鏡検査を行った204名の受診者に対し、本マスクに対する抵抗感・不快感・安心感について「ある・ややある・どちらでもない・あまりない・ない」の5段階評価のアンケート調査を行った。その結果、本マスクに対する抵抗感が「ない・あまりない」が93.1%、不快感が「ない・あまりない」が95.6%、安心感が「ある・ややある」が57.4%であり、受診者の本マスクに対する受容も良好なことが判明した。

結論：内視鏡検査用マスクはエアロゾル飛散低減の有効な手段の1つであり、安心安全な内視鏡検査に寄与すると思われた。

キーワード 上部消化管内視鏡検査用マスク, 新型コロナウイルス感染症, 院内感染対策

はじめに

一般の新型コロナウイルス感染症(severe acute respiratory syndrome coronavirus 2: SARS-Cov-2)の流行拡大に伴い、一時はがん検診や人間ドックの受診者の受診控えや延期も相次ぎ、安心して受診していただける院内の体制作りが求められた。

感染防止対策に適切なトリアージは不可欠である一方で、それだけでは無症候性感染者の受診を完全に防ぐことは難しいという現実がある^{1,2)}。医療機関内でもすべての人がマスクをする「ユニバーサルマスク」の概念は浸透しているものの、上部消化管内視鏡検査においては、術者と受診者は両者のソーシャルディスタンス³⁾が保てないうえ、咽頭反射の咳嗽やくしゃみを誘発し、検査環境にエアロゾルを発生させる可能性があるにもかかわらず、鼻や口から内視鏡を挿入するために、受診者は一般的なマスクを装着できないというジ

レンマがある。

そこで、我々は日本消化器内視鏡学会の提言⁴⁾に従った防護服の着用、検査後の手指の消毒の徹底をはじめとする感染対策⁵⁾に加えて、受診者の口元で飛沫をブロックし、検査室の汚染を低減できるディスプレイナブルな上部消化管内視鏡検査用マスク(以下、本マスク)を試作・実用化したので報告する。

対象と方法

本マスクの試作にあたっては、受診者のつけ心地を担保しながら、飛沫飛散防止を図るために素材や形について検討を重ねた。最終的にフィルターには通気性と飛沫飛散防止を兼ね備えた2層の不織布と肌ざわりのよい吸水シートの3層構造の素材を用いた。また、肌に触れる部分の少ないコーヒーフィルター様の立体形状とした。内視鏡

1) 一般財団法人柏戸記念財団ポートスクエア柏戸クリニック
2) 国立大学法人千葉大学 大学院工学研究院 機械工学コース

連絡先：〒260-0025 千葉県千葉市中央区問屋町1番35号
千葉ポートサイドタワー 22F
Tel : 043-245-6051 E-mail : kotaizm@gmail.com

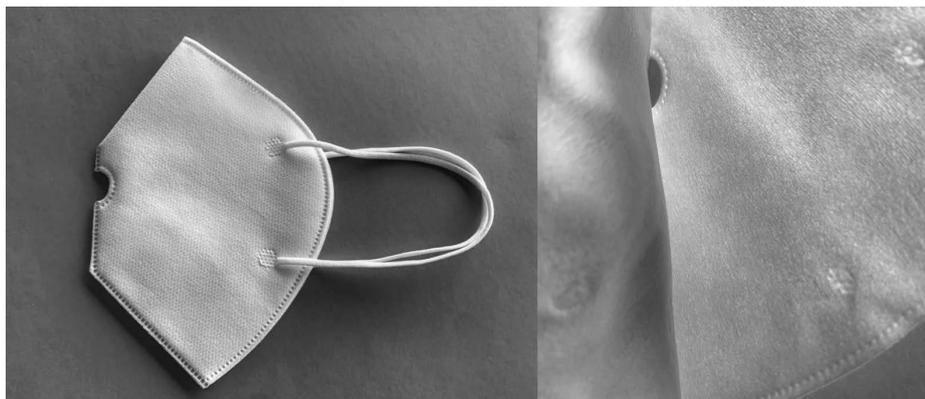


図1 上部消化管内視鏡検査用マスク

フィルターは2層の不織布と肌ざわりのよい吸水シートの3層構造。マスクの天地を変えると、内視鏡挿入孔の高さが変わるため、経口、経鼻ともに挿入しやすい。



図2 上部消化管内視鏡検査用マスクを装着した状態

挿入孔は経口用スコープの操作性を考慮し、潤滑ゼリーがしごかれて取れることのない直径15mmとした。内視鏡挿入孔の位置を中心よりずらすことで、天地を逆にすれば、鼻孔にも口元にもアプローチしやすいように工夫した(図1, 2)。

可視化した咳嗽の拡散比較実験

本マスクの効果を検証するために、咳嗽時の呼吸を可視化して拡散比較実験を行った。

マネキンモデルの口元から加湿器と扇風機を用いて気流(2.5m/s)を発生させ、さらにエアポンプで拍出速度(3.0m/s±0.1m/s)にて加圧し模擬咳嗽を再現した(図3)。この気流にアルゴンイオンレーザーシート(DPGL-2W, 日本レーザー, 東京; シート厚1mm)を照射して水蒸気ミストを可視化し、マスクをしない状態と本マスクを装着し経鼻用スコープ(EG-L580NW7, 富士フイルム, 東京; 軟性部径5.9mm)を挿入した場合とで飛距離を比較した。また、高速度カメラで得られた画像よ

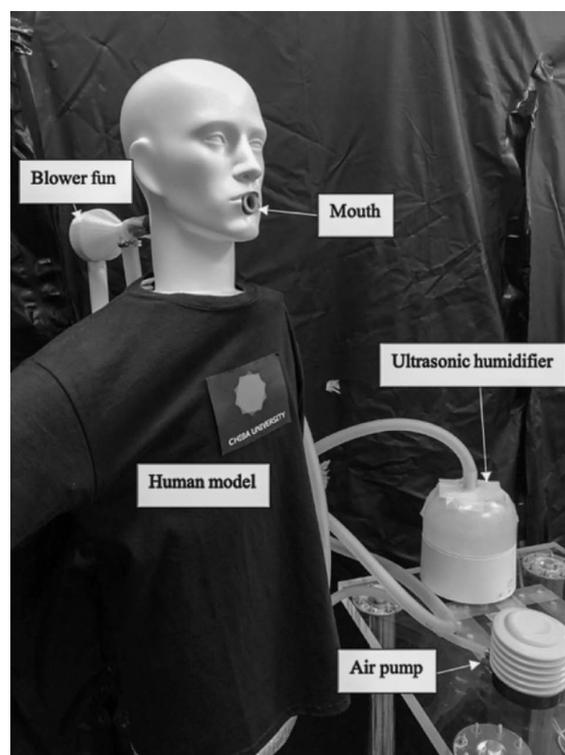


図3 可視化した咳嗽の拡散比較実験

りPIV解析ソフト(DaVis7.1, LaVision, Germany)を用いて速度ベクトルを作成し、呼気の最大速度を比較した。

受診者アンケート調査

次に人間ドックの内視鏡受診者に文書によるインフォームドコンセントを取得したうえ、本マスク装着状態で検査を行い、本マスクに対する受容の可否についてアンケート調査を行った。

本マスクを装着し、経鼻用スコープ(同上)を用いて、覚醒状態で上部消化管内視鏡検査を行った

30～80代の受診者204名(男性150名・女性54名、
経鼻180名・経口24名)を対象とした(表1)。

本マスクに対する抵抗感・不快感・安心感について、「ある・ややある・どちらでもない・あまりない・ない」の5段階評価でアンケート調査を行った。

倫理的配慮

本研究の実施および結果公表については一般財団法人柏戸記念財団の倫理審査委員会の承認(審査番号第2020-001号)を得ている。

結果

可視化した咳嗽の拡散比較実験

マスクなしの場合、飛距離が961mm、最大速度

表1 アンケート調査 対象内訳

		人数	%
年代別	30代	29	14.2
	40代	62	30.4
	50代	62	30.4
	60代	44	21.6
	70代	5	2.5
	80代	2	1.0
性別	男	150	73.5
	女	54	26.5
検査方法	口	24	11.8
	鼻	180	88.2

n = 204

1.60m/sであるのに対し、本マスクを装着し、経鼻用スコープを挿入した場合は、飛距離が310mm、最大速度0.73m/sであり、本マスク装着によりミストの飛距離は1/3に、最大速度は1/2に大幅に減少することが明らかになった(図4)。

受診者アンケート調査

アンケート調査の結果、本マスクに対する抵抗感が「ない・あまりない」が93.1%、不快感が「ない・あまりない」が95.6%、安心感が「ある・ややある」が57.4%であった。本マスク装着にて抵抗

表2 アンケート調査結果

	人数	%	
抵抗感	ある	0	0.0
	ややある	3	1.5
	どちらでもない	11	5.4
	あまりない	28	13.7
	ない	162	79.4
不快感	ある	1	0.5
	ややある	3	1.5
	どちらでもない	5	2.4
	あまりない	27	13.2
	ない	168	82.4
安心感	ある	94	46.1
	ややある	23	11.3
	どちらでもない	75	36.8
	あまりない	2	1.0
	ない	10	4.9

n = 204

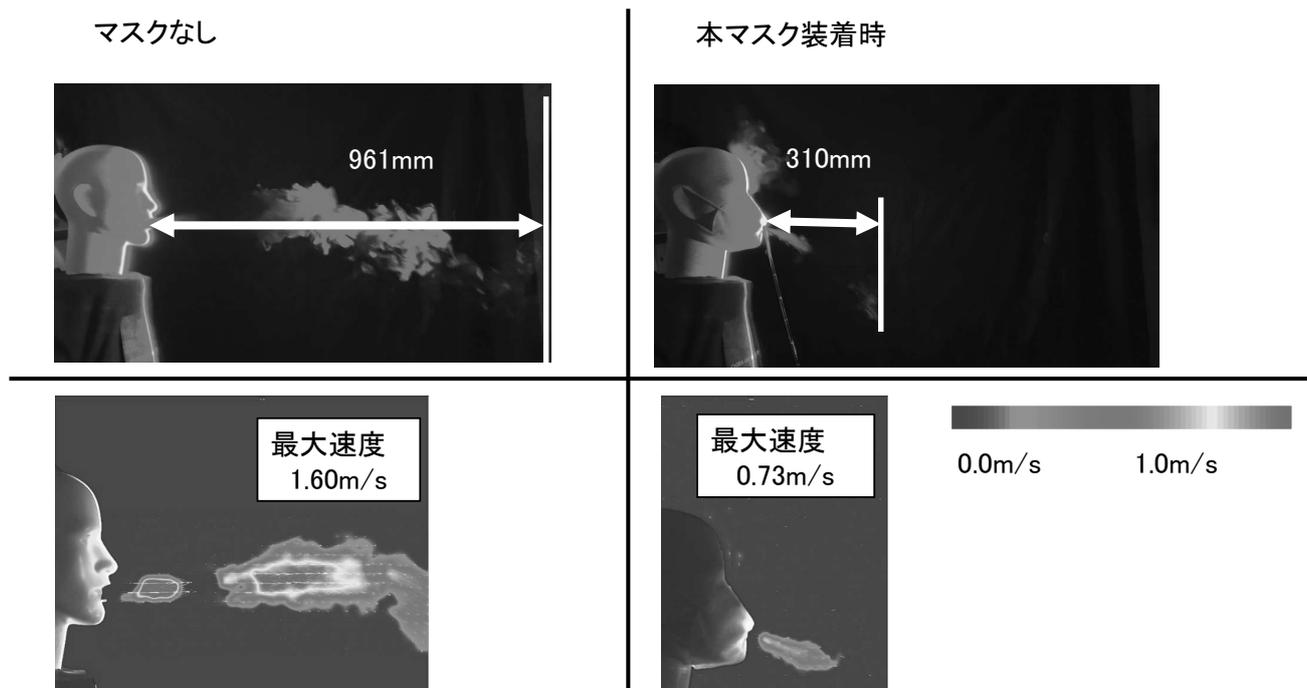


図4 実験結果

感や不快感を覚える人は少なく、安心と感じる人も過半数を超えており、本マスクに対する受診者の受容は比較的良好なことが判明した(表2)。

考 察

2019年末からの新型コロナウイルス感染症の大流行により、外出自粛と感染リスクの心配のため、医療機関への受診控えや受診延期が相次いだ。特に上部消化管内視鏡検査においては、内視鏡を挿入する際に、咽頭反射の咳嗽やくしゃみを誘発し、飛沫拡散の恐れがあるため、一時は内視鏡検査数が著しく減少し、早期がん発見数の減少も懸念された。そして今でも受診者が安心して内視鏡検査を受けられる体制を整えることが求められている。

咳、くしゃみなどによる飛沫は屋外においては2mに到達する前に乾燥し、多くのウイルスは感染性を失う⁶⁾。しかし、湿気のある密室ではエアロゾル中のウイルスは数分から30分程度、感染性を保持するという報告もある⁷⁾。そのため、上部消化管内視鏡検査時にも受診者の口元で飛沫・エアロゾルをトラップし拡散をできるだけ防ぐことがウイルスの拡散防止に効果的である。

Maruyamaら⁸⁾は上部消化管内視鏡検査時に、受診者に穴あきのサージカルマスクを装着させることにより簡便で安価に環境汚染の対策ができることを報告している。

上部消化管内視鏡検査は受診者にとって、心理的負担の小さくない検査であるため、マスクをすることによって、さらに負担を課すことはできるだけ回避したいと考え、我々はつけ心地に配慮した本マスクを考案した。平面的な形状の場合、排出した唾液や気道飛沫が付着しべたついた撥水性の不織布が肌に密着し不快なうえ、不織布が口に吸いついた場合に、フィルターの一部のみを通して呼吸をすることになり、息苦しさが増す。

本マスクはコーヒーフィルター様の立体形状とし、肌に触れる部分を少なくすることで違和感を軽減した。また、マスクフィルター全体を使って、呼吸ができるため、フィルター面積あたりの通過空気量が減り、空気抵抗が軽減されるため、

息がしやすいという利点もある。

フィルターは2層の不織布の内側に肌ざわりのよい吸水シートを貼ることで、飛沫をしっかりキャッチし、受診者にも躊躇なく、唾液を出してもらえる設計とした。

また、平面的なマスクの場合は、術者がマスクの孔に内視鏡をいれた際、鼻孔が近接となり、挿入に手間取ることがあるが、立体形状の場合は、内視鏡挿入孔と鼻孔や口元との間に一定の距離があるため、内視鏡下にしっかり確認しながら、挿入できるメリットもある。

本マスクを用いて、模擬咳嗽の拡散比較実験を行い、本マスクは被検者の呼気の飛距離を約1/3に、流速を約1/2にと大幅に減じることが明らかになった。今回の実験では、水蒸気を用いて、呼気の動態を観察、計測したが、飛沫の粒子は5 μm 以上と水蒸気の粒子0.0004 μm より相当大きいことから、本マスクによる飛散防止効果はより大きいことが推察される。

受診者へのアンケート調査で、本マスク装着にて抵抗感や不快感を覚える人は少なく、安心と感じる人も過半数を超えており、受診者の受容も比較的良好なことが判明した。受容が良好だった理由としては、普段からすべての人がマスクをする「ユニバーサルマスク」が習慣化していることが挙げられるほか、感染防止に協力したいという意識も窺われた。「咳が出て、飛沫を飛ばすかもしれないという不安が解消された」という安堵の声や、「顔が包まれているので安心感がある」「唾液を出す口元が隠れるので恥ずかしくない」といった二次的な効果を喜ぶ意見もあった。「マスクをしている意識がなかった」とつけ心地にこだわった本マスクならではの意見も聞かれた。上部消化管内視鏡検査の受診者のなかには定期的なフォローを必要とする方も多いため、検査中にマスクを装着する場合も、受診者の心理的負担にならない形が望ましい。コストパフォーマンスでは穴あきのサージカルマスクに劣るが、医療機関サイドの都合で受診者に我慢を強いることのないよう、受診者の使用感に配慮し上部消化管内視鏡検査用に考案されたマスクは本マスクのみである。

次々と新たな変異株が出現し、いまだ終息のみえないコロナ禍のなか、今回、我々が考案したような内視鏡検査用マスクが新たな内視鏡検査のスタンダードになっていくのではないかと考えている。

結 語

上部消化管内視鏡検査用マスクはエアロゾルの飛散低減の有効な手段の1つであり、より安心して安全な内視鏡検査に寄与すると思われた。

尚、本論文は第62回日本人間ドック学会学術大会(2021年、WEB開催)において発表した内容を加筆、修正した。

利益相反

本論文内容に関連する著者の利益相反：なし

謝 辞

上部消化管内視鏡検査用マスクの実用化に協力してくださった株式会社アイリスに感謝いたします。

文 献

- 1) Zhu J, Zhong Z, Ji P, et al: Clinicopathological characteristics of 8697 patients with COVID-19 in China: a meta-analysis. *Fam Med Community Health* 2020; 8: e000406.
- 2) Zhu J, Ji P, Pang J, et al: Clinical characteristics of 3062 COVID-19 patients: a meta-analysis. *J Med Virol* 2020; 92: 1902-1914.
- 3) 厚生労働省：＜「新しい生活様式」の実践例＞. https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000121431_newlifestyle.html[2022.1.15]
- 4) 一般社団法人 日本消化器内視鏡学会：新型コロナウイルス感染症(COVID-19)への消化器内視鏡診療についての提言. <https://www.jges.net/medical/covid-19-proposal> [2022.1.15]
- 5) Hussain A, Singhal T, El-Hasani S: Extent of infectious SARS-CoV-2 aerosolisation as a result of oesophagogastroduodenoscopy or colonoscopy. *Br J Hosp Med (Lond)* 2020; 81: 1-7.
- 6) Xie X, Li Y, Chwang ATY, et al: How far droplets can move in indoor environments: revisiting the Wells evaporation-falling curve. *Indoor Air* 2007; 17: 211-225.
- 7) Shiraki K, Yamada H, Yoshida Y, et al: Improved photocatalytic air cleaner with decomposition of aldehyde and aerosol-associated influenza virus infectivity in indoor air. *Aerosol and Air Quality Research* 2017; 17: 2901-2912.
- 8) Maruyama H, Higashimori A, Yamamoto K, et al: Corona virus disease outbreak: a simple infection prevention measure using a surgical mask during endoscopy. *Endoscopy* 2020; 52: E461-E462.

(論文受付日：2022.1.29 論文採択日：2022.4.8)

Prototype of a Mask for Upper Gastrointestinal Endoscopy and Its Practical Use as a Preventive Measure Against New Coronavirus (COVID-19) Infection

Izumi Shimbo¹⁾, Miwa Kawada¹⁾, Hiromi Uchida¹⁾, Kiyotaka Fujii¹⁾, Keiko Okuda¹⁾, Toshihiko Nakano¹⁾, Hiroataka Takizawa¹⁾, Yasutoshi Yuguchi¹⁾, Gaku Tanaka²⁾, Masanori Ota²⁾, Keiichi Nagao¹⁾

1) Kashiwado Memorial Foundation Port Square Kashiwado Clinic

2) Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering,
Chiba University Graduate School of Engineering

Abstract

Objectives: We developed a mask for endoscopy to reduce droplet and aerosol dispersion during upper gastrointestinal endoscopy and validated its efficacy. We also evaluated its acceptability to patients undergoing upper gastrointestinal endoscopy through questionnaires.

Methods and Results: Prototype mask for endoscopy: the mask had a three-layer structure consisting of two layers of non-woven fabric and a water absorption sheet. It had a convex shape similar to a coffee filter with an endoscopic insertion port of 15 mm diameter. Comparative experiment of visualized droplet and aerosol dispersion associated with coughing: To validate the efficacy of the mask, we performed a comparative experiment of droplet and aerosol dispersion by visualizing the breath. The mist from coughing was reproduced in a mannequin model, and the difference in dispersion between wearing and not wearing the mask was determined in terms of the flying distance and maximum velocity of the mist. The results showed that the flying distance of the mist with the mask was one-third of that without the mask, and the maximum velocity of the mist with the mask was half that without the mask. Questionnaire study of examinees: A questionnaire was administered to 204 patients who wore a mask for endoscopy to survey their resistance, discomfort, and sense of security to the mask on a 5-point scale (Yes, Relatively yes, Neither yes nor no, Relatively no, No). The results were as follows: 93.1% and 95.6% answered "Relatively no" or "No" for resistance and discomfort, and 57.4% answered "Yes" or "Relatively yes" for sense of security, respectively. Thus, wearing a mask was acceptable to the subjects.

Conclusion: Wearing a mask for endoscopy is an effective measure for reducing droplet and aerosol dispersion, and possibly contributes to the implementation of safe and secure endoscopy.

Keywords: mask for upper gastrointestinal endoscopy, new coronavirus (COVID-19) infection, nosocomial infection control
