

Negative pressure booth with HEPA filter reduces the risk of airborne infection associated with transoesophageal echocardiography

Tomoko Machino^{1,2}, Takeshi Machino^{1,3}, Kazufumi Watabe⁴, Yoshihiro Imura⁴, Naoto Kawamatsu¹, Kimi Sato¹, Masayoshi Yamamoto¹, Tomoko Ishizu¹, Yasushi Kawakami²

¹*Department of Cardiology, University of Tsukuba*, ²*Department of Clinical Laboratory Medicine, University of Tsukuba*,
³*Department of Clinical Research and Regional Innovation, University of Tsukuba*, ⁴*Ibaraki CIC laboratory*

Background: The pandemic of coronavirus infection 2019 (COVID-19) has persisted, despite reductions in disease severity and deaths. Transoesophageal echocardiography (TOE) is one of the aerosol-generating procedures and increases the risk of airborne infection. However, the effective strategy to reduce the risk has not been fully established.

Purpose: To evaluate the effectiveness of negative-pressure booth with high-efficiency particulate air (HEPA) filter in control of aerosol generated by TOE.

Methods and Results: In the TOE examination room, we installed negative-pressure booth (3.3×3.0×2.2m). This booth has an air supply port on the ceiling and exhaust port on the head side of examination table, and the airflow is controlled by a push-pull method (Figure 1). The air changes per hour (ACH) for the entire room with was only 8, but 38 inside the booth, meeting the CDC recommended standard for airborne infection isolation room (ACH≥12). Visualization of the airflow by laser light scattering showed that the airflow in the booth bent the trajectory of particulates produced by the patient's cough and sent them to the exhaust port (Figure 2A). The size-specific quantifications for >0.3µm-, >0.5µm-, >1.0µm-diameter particles by a particle counter revealed that the peak particle concentrations within the booth were reduced by approximately 70% after 7 min of ventilation (Figure 2B) in unattended situation. In clinical setting, we monitored particle counts during TOE in 70 cases. Echocardiologists were at greater risk of aerosol exposure than assistants. Multiple regression analysis revealed that patients' discomfort level during TOE and less experienced echocardiologists were independently correlated with increased particle counts ($\beta=0.376$, $p=0.003$ and $\beta=0.355$, $p=0.005$, respectively). However, aerosols generated in the early time of TEE were almost eliminated by the end of the examination by negative pressure booth.

Conclusion: The negative pressure booth effectively and quickly reduces small particles equating aerosols. It might be effective to reduce the risk of airborne infection and shorten the patients turnover time of TOE room even in the pandemic of infectious diseases.

Figure 1

Negative pressure booth with HEPA filtered ventilation system

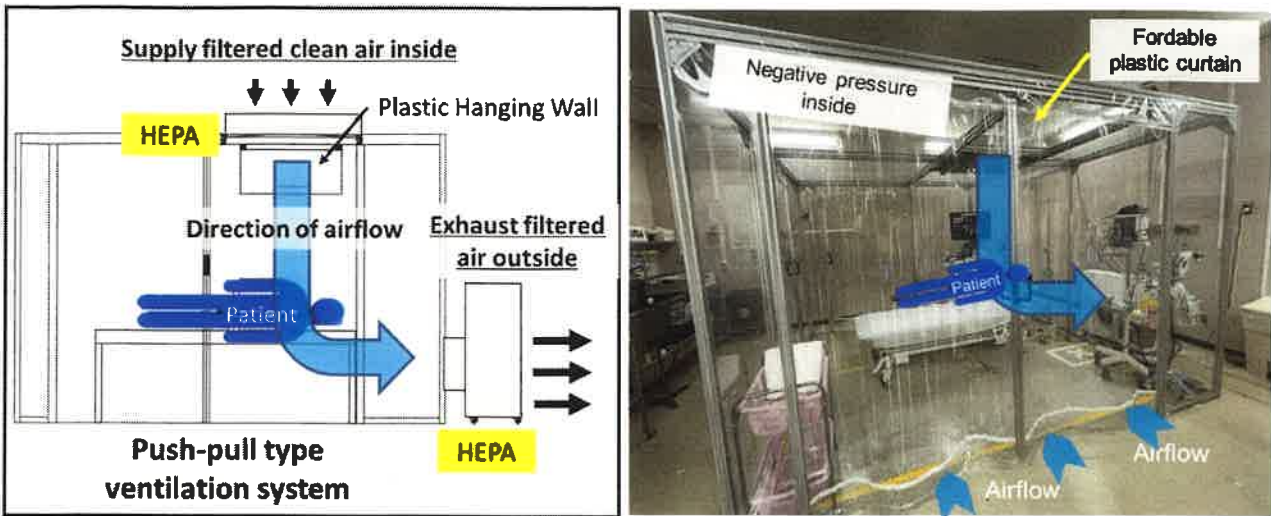
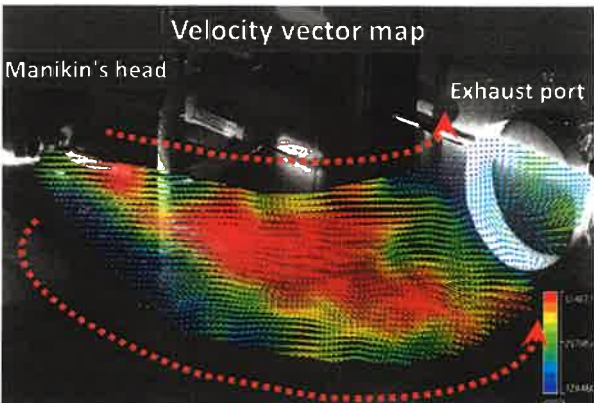
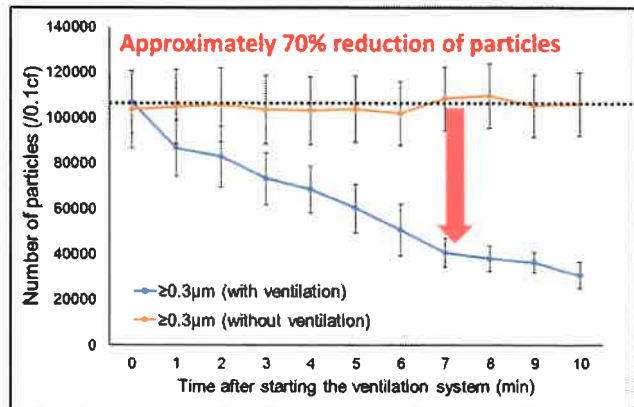


Figure 2

A. Airflow visualization by laser light scattering



B. Particle removal performance of the booth



経食道心エコー検査室でのエアロゾル感染リスク低減における HEPA フィルター付き陰圧ブースの有効性

町野 智子^{1,2}, 町野 毅^{1,3}, 渡部 一史⁴, 伊村 佳洋⁴, 川松 直人¹, 佐藤 希美¹, 山本 昌良¹, 石津 智子¹, 川上 康²

¹筑波大学医学医療系 循環器内科, ²筑波大学医学医療系 臨床検査医学, ³筑波大学・つくば臨床医学研究開発機構, ⁴茨城シーアイシー研究所

背景:コロナウイルス感染症 2019(COVID-19)のパンデミックは、重症度や死亡者数が減少したにもかかわらず、依然として続いている。経食道心エコー(TOE)はエアロゾルを発生する手技の1つであり、空気感染のリスクを高める。しかし、そのリスクを低減するための効果的な方策は十分に確立されていない。

目的:HEPA フィルターを搭載した陰圧ブースは様々な医療場面で用いられているが、TOE 検査室での使用報告は皆無であり、本研究ではエアロゾル感染リスク低減における有効性について検討した。

方法と結果:TOE 検査室に陰圧ブース(3.3×3.0×2.2m)を設置した。このブースは天井に給気口、検査ベッドの頭側に排気口があり、プッシュプル方式で患者頭部周囲の気流を効率的に排出する構造となっている(図1)。部屋全体の1時間あたりの換気回数(ACH)はわずか8回であったが、ブース内は38回であり、CDCが推奨する空気感染隔離室の基準(ACH≥12)を満たしていた。レーザー光による気流の可視化により、ブース内の気流が患者の咳によって生成された微粒子の軌道を曲げ、排気口に送っていることが示された(図2A)。パーティクルカウンターによる直径0.3μm以上、0.5μm以上、1.0μm以上の微粒子の経時的測定により、ブース内の微粒子濃度は、7分間の換気後に約70%減少することが明らかになった(図2B)。実際のTOE検査において、本ブースを稼働しながら、70例のTOE中の粒子数をモニターした。TOE施行医は、エコー機を操作する助手よりもエアロゾル暴露のリスクが高かった。重回帰分析により、患者の不快感の反射、および経験の浅い検査医が、検査中の粒子数の増加と独立して相関していることが明らかになった(それぞれ $\beta=0.376$ 、 $p=0.003$ および $\beta=0.355$ 、 $p=0.005$)。しかし、TOE検査の開始時に一時的に増加したエアロゾル数は、ブース内の換気により、検査終了時にはほぼベースラインに戻り、除去されたと考えられた。

結論:陰圧ブースはエアロゾルに相当する微粒子を短時間で効果的に低減した。本装置は、感染症のパンデミック時においても、TOE検査室における空気感染のリスクを低減し、患者入れ替え時間を短縮するのに役立つ可能性がある。

図1 陰圧ブースの構造

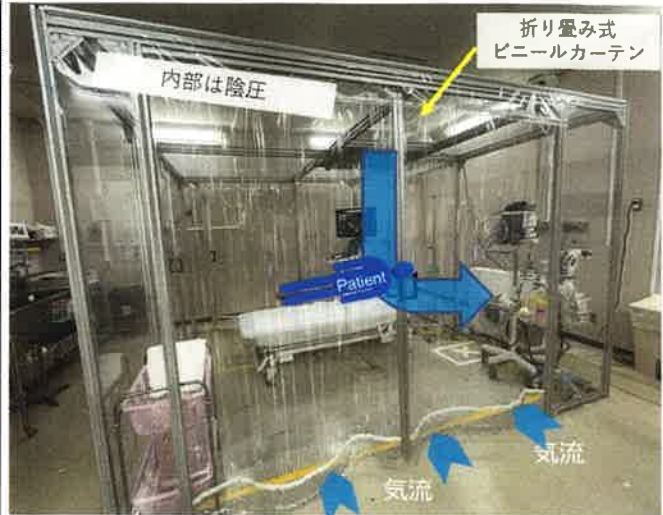
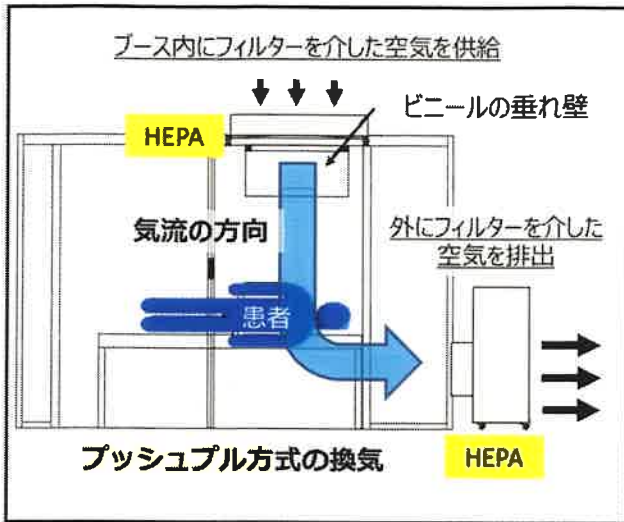
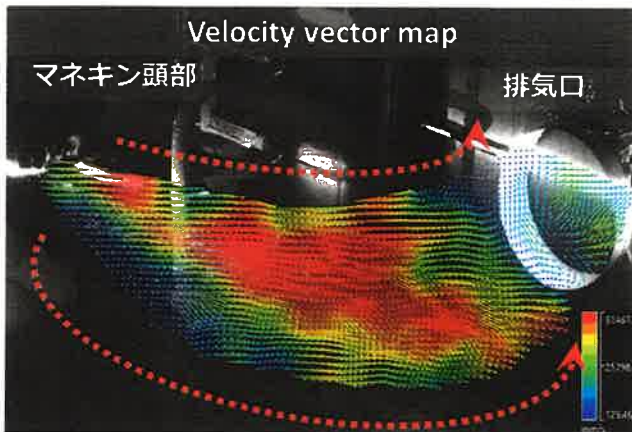
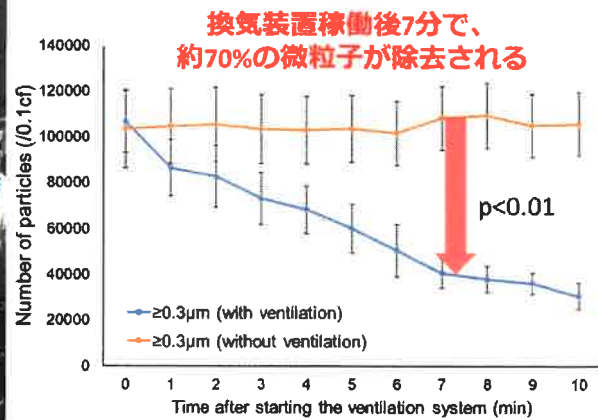


図2

A. 気流によりくしゃみ微粒子が排出される様子



B. ブース内の微粒子除去効率



質疑応答

質問 1: 陰圧ブースは、経食道エコー時の感染リスク低減に非常に有用そうではある。特に感染症を有するリスクが高い症例や、エアロゾル発生リスクが高い状況において用いるのが良いと思われるが、移動させたり、必要に応じて組み立てたりたたんだりすることはできるのか。

応答 1: 本ブースは、専門の業者が数時間かけて組み立てを行う必要がある。そのため、残念ながら、状況に応じて組み立てたりたたんだりする、必要な場所に移動して使う、という運用は難しいかもしれない。ブースのカーテンは3方が広く開く構造であるため、必要がないときは開放して使用するのが良いかもしれない。

質問 2: 陰圧ブースを使用することのコストはどうか。

応答 2: 今回、このブースを作成するにあたり約 300 万円を要しており、初期費用としては高額であることが問題として挙げられる。しかし、設置後 1 年間、性能を経時的に評価したところ、連日稼働しても微粒子の除去効率はほぼ低下しないことが分かった。そのため、年 1 回程度のフィルター交換などのメンテナンスで十分であるため、維持費はほとんどかからないと考えている。