

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14074

研究課題名（和文）カムテールの空力特性を活用した長距離持続型エアカーテンの開発

研究課題名（英文）Development of an Air Curtain System Utilizing the Aerodynamic Characteristics of the Cantail

研究代表者

高牟禮 光太郎（Takamura, Kotaro）

名古屋大学・未来材料・システム研究所・助教

研究者番号：80847335

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：翼の後端が切断された翼をスリットノズルに挿入することで、エアカーテン気流の持続力および遮断力の向上を図った。本研究では挿入する翼形状にNACA翼を採用した。翼の後端から20-35%の範囲で切断した場合に、気流の集流効果が発現し、エアカーテン気流の運動量の増加が確認された。これにより、従来と比べエアカーテン気流の持続力が約1.5倍延伸した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本技術によりエアカーテン気流の延伸を実現することで、エアカーテンを隔てた空間を高効率で遮断できるようになる。これにより、人の呼気だけでなく、においや温度、湿度なども高い効率で遮断できるようになり、冷蔵・冷凍庫、冷暖房などの省エネに貢献することが期待される。

研究成果の概要（英文）：The study aimed to enhance the persistence and blocking effect of an air curtain by inserting a blade with a cut-off trailing edge into a slit nozzle. The NACA airfoil was used for the blade shape in this research. When the blade was cut off in the range of 20-35% from the trailing edge, the flow convergence effect was observed, leading to an increase in the momentum of the air curtain flow. As a result, the persistence of the air curtain flow was extended by approximately 1.5 times compared to the conventional one.

研究分野：流体工学

キーワード：エアカーテン NACA翼 切断翼 カムテール コーダトロンカ ポテンシャルコア ブースト効果

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

エアカーテンはシート状の空気壁のことである。これは、ダクトによって整流された気流が、二次元スリット（ノズル）から吹き出されることで生成される。近年の研究により、エアカーテンは、人体から放出される飛沫やウイルスを遮断するのに適していることが明らかとなった（Sakharov et al., *Physics*, Vol. 3 (2020), pp. 340-351）。この事実により、気流を制御することで、ウイルスから人体を保護できる可能性を見出した。

エアカーテンを人体の保護装置として使用するためには、空気壁の効果が長距離にわたって持続する必要がある。流体の性質上、エアカーテンのような静止流体中に流れを噴出する場では、強いせん断が生じて流れは拡散する。つまり、二次元スリットから噴き出されたエアカーテンは急激に崩壊する。結果として、飛沫やウイルスの遮断効果が弱まる。

本研究では、空気壁の効果を長距離にわたって持続させるためのヒントを、自動車やロードバイクの空気抵抗を減らすために考案された空力技術、すなわち、カムテールの空力特性から得た。カムテールの空力特性とは、一樣な流れ場に後縁が切断された翼を挿入することで、翼の後方で流れが大きく乱されることなく一点に合流するような特性である。この特性をエアカーテンに適用することで、翼の後流において流れは一点に集流されるため、エアカーテンの拡散が効果的に抑制されることが期待できる。さらに、気流が合流した地点では運動量が増大し、エアカーテンのブースト効果が期待される。

2. 研究の目的

本研究の目的は、長距離にわたって持続するエアカーテンを生成するための翼形状を明らかにし、その翼型を搭載したエアカーテン装置を実装することで、効果的な飛沫の遮断を実現することである。

3. 研究の方法

本研究では、以下に示す課題に従事する。

(a) 最適な翼形状の探索

最適な翼形状の探索は、数値シミュレーションによって実施する。一樣流中に後縁が切断された翼を配置して、翼の後流の流動特性を調査する。翼のパラメータとして、最大翼厚、切断幅、最大翼厚位置、翼弦長を変化させた時に、翼後方の流れの合流地点、運動量の増大効果、合流後の流れの安定性について調査する。

(b) 飛沫の遮断効果の検証

作成した翼を搭載したダクトを用いてエアカーテンを生成し、人体から放出される飛沫の遮断効果を検証する。一般的な飛沫サイズである 5-30 ミクロンの粒子を呼吸の瞬間速度でエアカーテンに向けて垂直に吹きかけた時の粒子の挙動を調査する。飛沫の速度分布は粒子画像流速測定法により計測する。以上により、飛沫の遮断効果に対する、カムテールの空力特性を活用したエアカーテンの有用性を明らかにする。

4. 研究成果

以下に、主な結果を示す。

(a) 最適な翼形状の探索

切断翼の形状の違いによる持続距離の検証をシミュレーションにより検証した。図 1 は吹き出し口から $14d$ の位置に吸込口を設置した場合の結果を示す。ここで、 d はダクトの幅長である。翼無しの場合には、気流の吹き出し口の幅 d に対して、気流は $5.2d$ 持続した。これに対して、切断翼を設置した場合には、全ての場合で翼無しの場合よりもポテンシャルコアの延伸が確認できた。特に NACA0018 の翼形状に対して、翼の前縁から 75% の位置で切断した場合に、エアカーテンのポテンシャルコア（持続距離）が $9.7d$ まで持続することがわかった。この知見を根拠とし、 $10d$ の位置に吸い込み口を設置した場合（実際のエアカーテン装置と同様の条件）のシミュレーションを実施した。その結果を図 2 に示す。比較のために、翼無しの場合と翼あり切断なしの場合を併せて示す。ここで、図中の点線は、呼吸の遮断に必要な気流の運動量から導いた速度の閾値である。従来型と翼あり切断なしの場合には、下端でエアカーテンが途切れるが、翼あり切断ありの場合、吹出口から吸込口までエアカーテンが持続していることが明らかとなった。

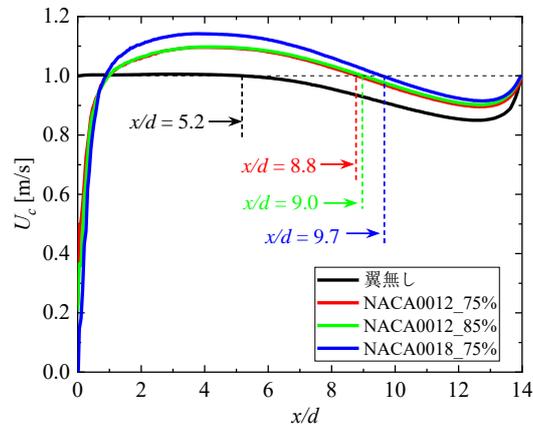


図1 エアカーテンの持続距離を延ばすための翼形状の最適化の結果

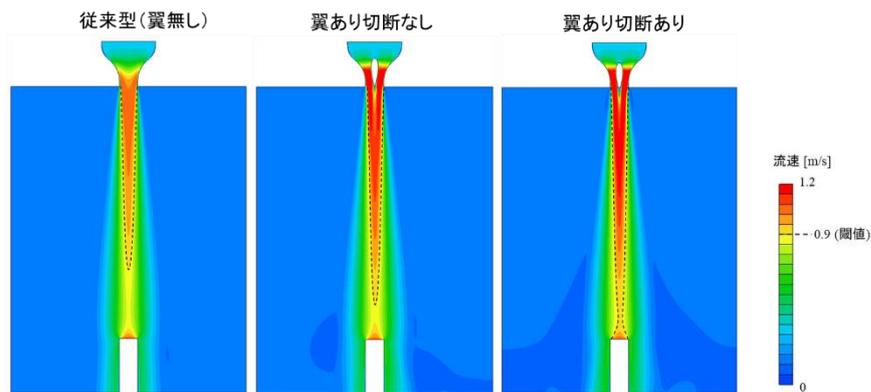


図2 エアカーテンの持続距離の比較

(b) 飛沫の遮断効果の検証

上で検証したノズルを搭載したエアカーテン発生装置の試作機を製作した。図3にその様子を示す。本装置に対するエアロゾル遮断性能を調査するため、擬似呼気発生装置を製作した。擬似呼気をエアカーテン気流に向けて放出することで、エアカーテン気流に対するエアロゾルの遮断効果を検証した。その結果、図4に示すように、擬似呼気に含まれるエアロゾル粒子を効果的に遮断できることを明らかにした。



図3 エアカーテン発生装置の試作機

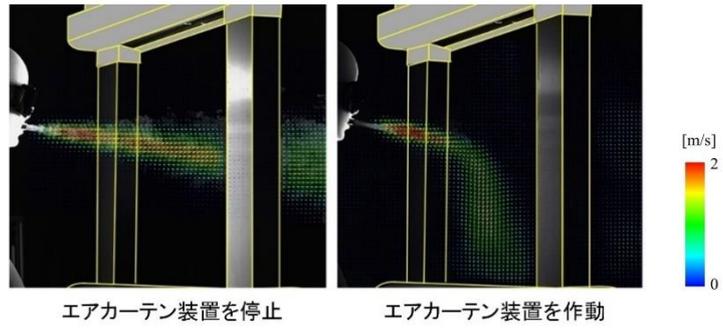


図4 粒子画像流速測定法によるエアロゾル粒子の可視化結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takamure Kotaro, Sakamoto Yasuaki, Yagi Tetsuya, Iwatani Yasumasa, Amano Hiroshi, Uchiyama Tomomi	4. 巻 12
2. 論文標題 Blocking effect of desktop air curtain on aerosols in exhaled breath	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 055323 ~ 055323
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0086659	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 武藤 広将, 高牟礼 光太郎, 小林 大亮, 春木 健杜, 天野 浩, 八木 哲也, 岩谷 靖雅, 内山 知実
2. 発表標題 デスクトップ型エアカーテン装置によるエアロゾル粒子の遮断効果
3. 学会等名 第50回可視化情報シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高牟礼 光太郎, 坂本 恭晃, 八木 哲也, 岩谷 靖雅, 天野 浩, 内山 知実
2. 発表標題 呼気中のエアロゾルを遮断するデスクトップ型エアカーテン装置の開発
3. 学会等名 日本機械学会2022年度年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Takamure, Y. Sakamoto, Y. Iwatani, H. Amano, T. Yagi, H. Muto, T. Uchiyama
2. 発表標題 Development of Air Curtain Device Blocking Aerosols in Exhaled Breath
3. 学会等名 The 6th International Symposium on Visualization in Joining & Welding Science through Advanced Measurements and Simulation (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 K. Takamura, T. Uchiyama
2 . 発表標題 Desktop air curtain system with virus inactivation function
3 . 学会等名 The 2nd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 D. Kobayashi, H. Muto, T. Haruki, K. Takamura, H. Amano, T. Yagi, Y. Iwatani, T. Uchiyama
2 . 発表標題 Experimental investigation of aerosol Blocking effect by desktop air curtain device
3 . 学会等名 Nineteenth International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 H. Muto, K. Takamura, D. Kobayashi, T. Haruki, H. Amano, T. Yagi, Y. Iwatani, T. Uchiyama
2 . 発表標題 Numerical investigation of aerosol Blocking effect by desktop air curtain device
3 . 学会等名 Nineteenth International Conference on Flow Dynamics (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 高牟礼 光太郎, 小林 大亮, 武藤 広将, 春木 健杜, 天野 浩, 八木 哲也, 岩谷 靖雅, 内山 知実
2 . 発表標題 卓上型エアカーテン装置によるエアロゾル粒子の遮断および捕集性能
3 . 学会等名 日本機械学会 第100期 流体工学部門 講演会
4 . 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 流体送出装置	発明者 内山知実，高牟礼光 太郎，坂本恭晃	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-078990	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------