



安全・安心を目指した 大型観光バスの換気設計と ウィルスの高効率排除 ～どのような換気設計が望ましいのか～

研究・開発機関 : 香川大学大学院 創発科学研究科 環境エネルギー工学研究室
 利用施設 : 大阪大学サイバーメディアセンター OCTOPUS
 計算規模 : CFDメッシュ 約5千万要素
 利用ソフトウェア : Advance/FrontFlow/red (流体解析ソフトウェア)

Before

- 新型コロナウイルス感染症が流行するなか、重要な感染対策の一つとして換気が挙げられます。
- 大型観光バス内では、狭い空間に多くの人々が密集するうえに空調優先の換気システム設計であるため、バス内での空気よどみが多く発生し問題となっていました。

After

- 大型バスにおいて高効率に換気を行うための窓の開け方を明らかにしました。大型空間であるがゆえに、特有の流れが生じていることがわかりました。
- 全体の換気流量を固定したまま排気口を新たに設置することにより、換気性能(換気速度)が向上できる設計方法を明らかにしました。

背景と目的

新型コロナウイルスは空気感染(エアロゾル感染)することが医学的にも明らかとなっており、その対策として換気がとても重要になります。大型観光バスは狭い空間に多くの人々が長時間にわたり密集してしまい、感染のリスクが高くなります。バス内は換気可能ですが、より換気性能を高くする設計が求められています。一般的に、大型観光バスは約5分で車内の空気が入れ替わるといわれています。一方で、例えば飛行機のキャビン内は、バスよりもさらに広大な空間であるにもかかわらず約3分で換気が完了すると報告されています。利用者の安心安全のため、バス内の換気性能をより向上させる設計方法(知見)が必須です。

そこで、本研究では最も手軽な換気手法の一つである窓開け換気に着目し、窓の開け方による換気性能の違いを調査しました。また、バスの排気システムにも着目しました。現在の大型バスの多くは、図1に示す空気流入があり、図2に示す前方2か所と後方2か所に設置された排気装置により車内のよどんだ空気を排出しています。これら排気口の位置を変更することにより、全体の換気流量は固定したまま換気性能を向上させることができるかが分かります。窓開け位置や排気口の位置を変更した数多くのパターンの換気シミュレーションを実施し最適解を求めました。

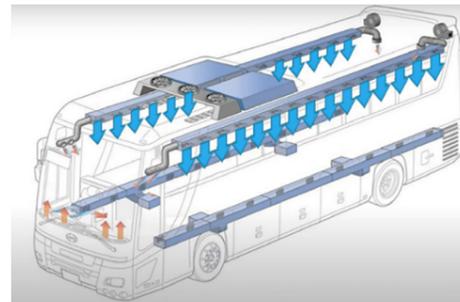


図1 エアコン(新鮮空気)流入口

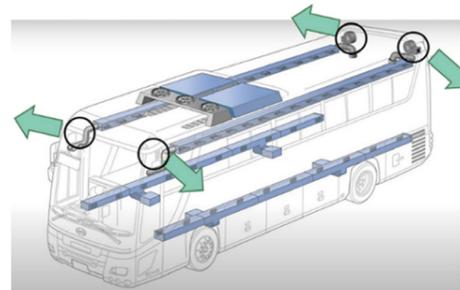


図2 排気システム排出口

利用成果

窓開けについては、バスの前方と後方の窓を開ける場合、両サイドの窓をある程度(20cm以上)開けた方が換気性能は向上することがわかりました(図3、図5)。普通自動車の場合は対角の窓を少し開けるだけで十分に換気できることがわかっていますが、広大な車内空間をもつバスの場合には対角の窓だけでは車内中央部の換気が不十分であることが明らかになりました(図4、図6)。一方で、別の計算結果から全体の換気流量と換気性能に単純な比例関係にはなっていないことも判明しました。例えば、換気流量が2倍になっても換気性能は同様に2倍になるわけではありません。つまり、換気流量だけを増やしたところで換気性能の向上には限度があり、実際の流れ(バス空間内の流れ場)を考えながら換気設計を行い、性能評価を行う必要があります。

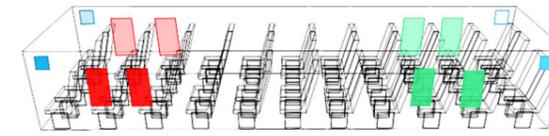


図3 両サイド窓開けの位置

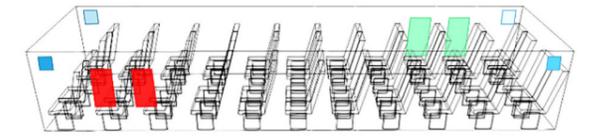


図4 対角窓開けの位置

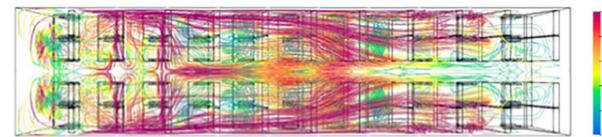


図5 両サイド窓開けの気流のシミュレーション結果

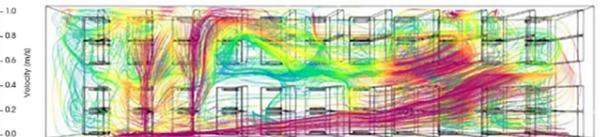


図6 対角窓開けの流れのシミュレーション結果

従来排気(図7)と比較して、排気口の位置が車内の後方上部に新たに設置される場合(図8)が最も効率よく換気できることがわかりました。全体の換気流量を固定したまま、すなわち大きなパワーの換気装置でなくても、従来の排気システムと比較して換気2分後に大きな差が表れ始め、トータルで約45秒以上も早く換気できます。一方で、各座席の足元に排気口を設置した場合は、換気性能にほとんど変化は見られませんでした。換気性能が向上した要因として、車内で空気の大きな流れが形成されたことにより、空間全体が効率的に換気されたと考えられます。図9、図10の比較のとおり、後方上部に排気口を設置した図10の場合、全体的に前方から後方に向かう強い大きな流れ場が形成されます。(後方に向かう流れが強いほど、赤色の暖色表示になります。)



図7 従来の排気システム

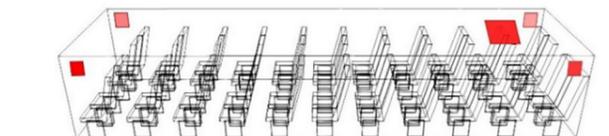


図8 後方上部にも排気口を設置

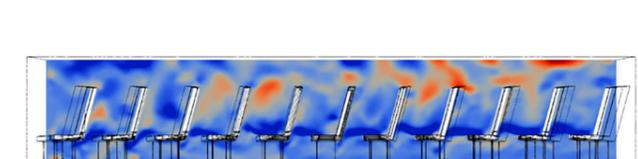


図9 従来の排気システムのシミュレーション結果

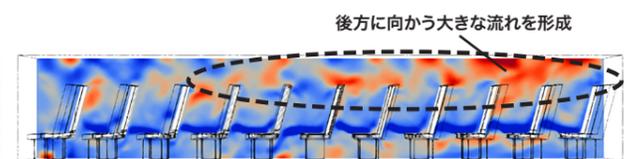


図10 後方上部に排気口を設置場合のシミュレーション結果

現在では、冬場および夏場の快適さを考慮する計算、すなわち空調と換気の両立を目指した換気設計に取り組むとともに、解析空間内に人間(飛沫発生源)を配置し、より危険度が高い状態のシミュレーションを行なっています。