

カムテール翼の空力特性を活用したエアカーテンの空間遮断力の数値的検証

Numerical verification of diffusion control technique utilizing aerodynamic characteristics of
Kamm-tail aerofoil

研究代表者：高牟礼光太郎（名古屋大学）

共同研究者：内山知実，出川智啓，阿部完，坂本 恭晃，大島聡史（名古屋大学）

カムテール翼の空力特性を活用したエアカーテンの空間遮断力を数値的に検証するための第一段階として、カムテール翼を搭載したエアカーテン装置のシミュレーションを実施した。以下に本研究の詳細を示す。

カムテール翼を搭載したエアカーテン装置を用いた場合の気流のシミュレーションは、直接数値計算（DNS）によって実施された。流動場の支配方程式は、非圧縮性流体に対する連続の式および Navier-Stokes 方程式である。支配方程式の数値解法には部分段階法を用いた。時間進行には三次制精度の Adams-Bashforth 法および SMAC 法を用いた。空間離散化には全方向に対して四次精度の中心差分法を適用した。計算格子にはスタガード格子を適用した。固液界面（ダクト及びカムテール翼表面）に対して埋込境界法を適用した。以上のシミュレーションコードは、計算速度を向上させるために、空間に対して Message Passing Interface (MPI) 並列処理を施した。図 1 に計算領域を示す。計算領域の上側に気流の吹き出しノズルを設置し、下部には吸引口を設置した。本計算では、計算領域内で約 3000 万格子点数 であり、最大 Courant 数は約 0.2 である。境界条件は、上側の吹き出しノズルを Inlet 領域とし、 $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$ の一様流量の気流を流入させた。下部に位置する吸引口では、 $0.04 \text{ m}^3/\text{s}$ の一様流量の気流を流出させた。y-z 面（側壁部）の下部に位置する幅が 130mm の境界には静圧条件を課した。x-z 面の境界領域は Free-slip 境界条件を課し、その他の境界領域には滑り無し条件を与えた。

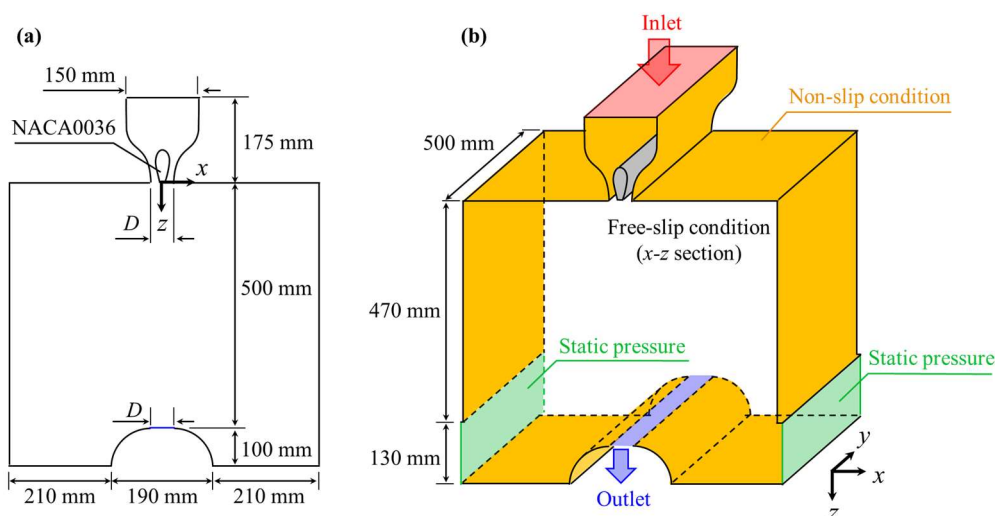


図 1: 計算領域の概略図. (a) x-y 断面, (b) 三次元図

本シミュレーションによって得られた合成速度の平均速度分布を図2に示す。比較のために、一般的なダクトの結果も併記する。一般的なダクトの場合には、縮流ダクト出口直後で、一様な流れが鉛直下方向に噴出しており、流下するにつれて流速が若干減衰していることが分かる。一般的なダクトの場合と比較して、カムテール翼を配置した場合にはダクトの出口部の断面積が狭くなるため、吹き出し部で流れが加速する。縮流ダクトから噴出した気流は中心軸上に集流され、やがて合流する。合流した気流は一般的なダクトの場合と比べ加速していることが分かる。気流の吸い込み部の流速は、一般的なダクトの場合とカムテール翼を配置した場合でほぼ等しい。

図3は本数値シミュレーション (DNS) によって得られた、中心断面 ($x=y=0$) におけるエアカーテン気流の平均速度ベクトル場である。比較のために、商用ソフトを用いた LES の結果と熱線流速計を用いた計測結果を併せて示す。これら3種類の数値シミュレーション及び実験の結果から、類似した傾向が見られた。以上より、本シミュレーションにより、正確にエアカーテン気流が再現できていると推測される。

今後の課題として、呼気から放出される飛沫をシミュレーションにより再現する。これにより、本研究の目標であるエアカーテンの飛沫遮断効果の検証が可能となる。

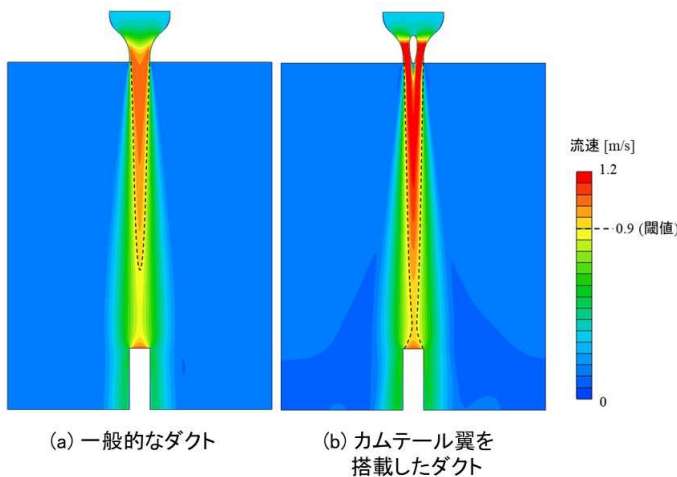


図2：エアカーテン装置から放出された気流の平均速度場のカラーコンター

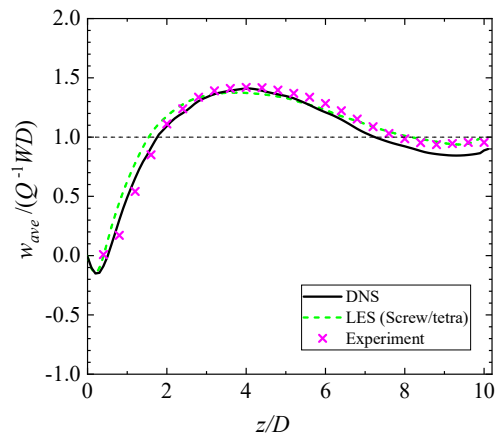


図3：中心断面における z 方向の気流の平均速度