

超音速ボルテックスジェネレータ周り流れの理解に向けた直接数値解析

報告書番号：R19JACA44

利用分野：JSS2 大学共同利用

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2019/11421/

● 責任者

野々村拓, 東北大学

● 問い合わせ先

野々村拓 (東北大学)(nonomura@aero.mech.tohoku.ac.jp)

● メンバ

野々村 拓, 永田 貴之

● 事業概要

本研究では、超音速流中の滑り壁上に設置されたボルテックスジェネレータ周り流れを Navier-Stokes 方程式の直接数値解析で調べ、その基礎特性明らかにする。ボルテックスジェネレータ周り流れの性質は亜音速・遷音速領域においては膨大な研究が行われているが、超音速流れにおいては研究例が少なく体系的な理解が低速域に比べて進んでいない。そのため、ため単純化した問題設定で解析を行い、基礎的な現象理解を進める。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

本研究では、Navier-Stokes 方程式を直接解く direct numerical simulation を実施するため、低 Reynolds 数条件ではあるものの大きな計算資源が必要である。それと同時に、主流の Mach 数やボルテックスジェネレータの形状、配置に対して多数のパラメータが存在するため、計算ケース数が多く、高速演算が可能なスーパーコンピュータシステムの利用が必要不可欠である。

● 今年度の成果

本研究では、1組の vane-type ボルテックスジェネレータ周り流れを Navier-Stokes 方程式を解くことによって調査した。層流かつ滑り壁面上に設置されたボルテックスジェネレータを対象とすることで問題を単純化した。主流の諸量とボルテックスジェネレータの高さを基準とする Reynolds 数は 500 とした。ボルテックスジェネレータの配置と形状が、生成される渦の循環係数、誘起流速度、空力係数に与える影響を調べた。さらに、主流速度と渦コアの高さで正規化した新しい循環係数 C_{γ} を提案し、その有効性も確かめた。 C_{γ} は渦コアの高さの情報を反映しているため、壁面近傍での運動量交換についてより良い評価パラメータであると考えられる。シミュレーションの結果から、vane の間隔が広い場合は効果的な渦を小さな抵抗で生成できることを明らかにした。また、長い vane は強

力で効果的な渦を小さな抵抗係数で生成できることを示した。

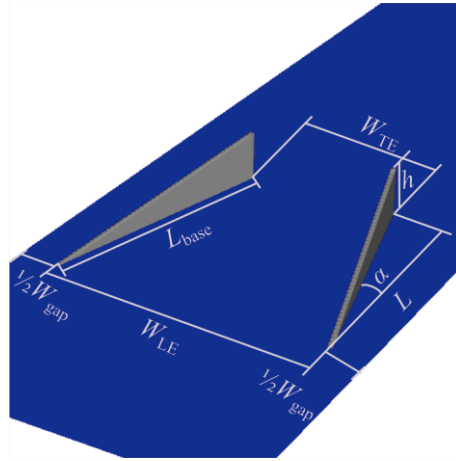


図 1: 問題設定

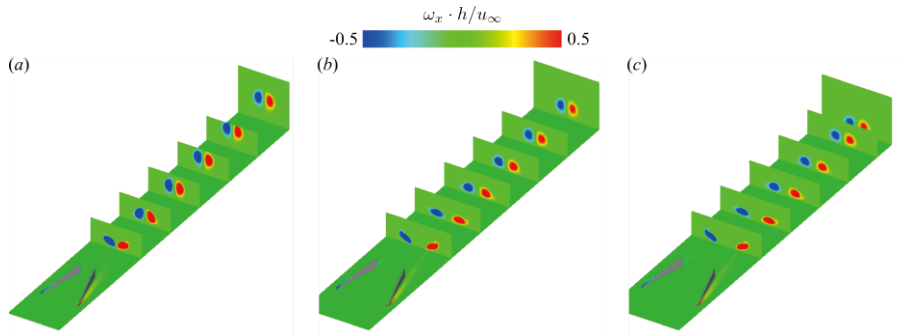


図 2: 流れ方向渦度分布に対する L/h の効果: (a) $W_{TE}/h = 1.5$; (b) $W_{TE}/h = 3.0$; (c) $W_{TE}/h = 3.5$ (断面コンターは後縁から $5h$ おきに可視化)

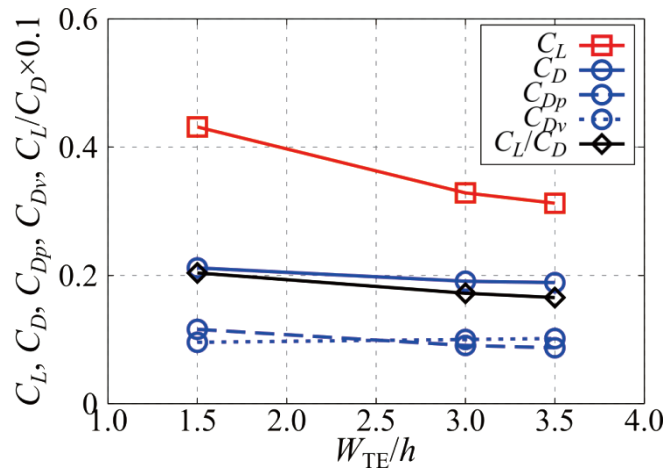


図 3: 空力係数に対する W_{TE}/h の効果

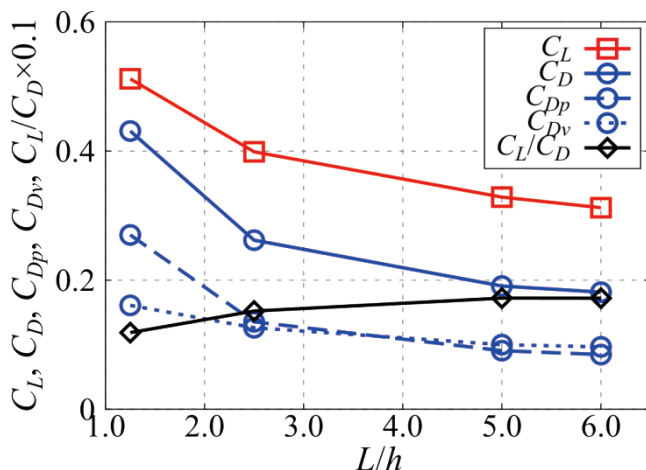


図 4: 空力係数に対する L/h の効果

● 成果の公表

-口頭発表

Nagata, T., Daspit, J. T., Nonomura, T., and Loth, E., "Direct numerical simulation of supersonic flow over a counter-rotating vane-type vortex generator implemented on slip wall," ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2019, AJKFLUIDS2019-5312, California, USA, July, 2019.

● JSS2 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	OpenMP
プロセス並列数	1 - 289
1 ケースあたりの経過時間	150 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.18

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合※2 (%)
SORA-MA	1,645,333.92	0.20
SORA-PP	0.00	0.00
SORA-LM	0.00	0.00
SORA-TPP	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	32.82	0.03
/data	5,457.26	0.09
/ltmp	1,091.45	0.09

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	6.27	0.16

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合