

DBD プラズマアクチュエータを用いたフィードバック流れ制御技術に関する研究

報告書番号：R19JACA26

利用分野：JSS2 大学共同利用

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2019/11410/>

● 責任者

浅田健吾, 東京理科大学

● 問い合わせ先

浅田 健吾(asada@rs.tus.ac.jp)

● メンバ

浅田 健吾, 小川 拓人

● 事業概要

ロケットや航空機, 自動車といった様々な輸送機周りの流れを, プラズマ放電を利用した DBD プラズマアクチュエータと呼ばれるデバイスを用いることで制御し, 高効率で堅牢な輸送機システム開発を実現する. 時々刻々と変化する流れに対応するため, 本事業では 3 次元非定常流れのシミュレーションを行い, フィードバック制御手法の開発・実証を行う.

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

大規模な 3 次元非定常流れシミュレーションを JAXA スーパーコンピュータで計算実績が豊富な圧縮性流体解析ソルバ LANS3D を用いて実施可能なため.

● 今年度の成果

DBD プラズマアクチュエータ(以下 PA)を用いた NACA0015 翼周り流れ(レイノルズ数:63,000)下における高忠実度ラージエディシミュレーションを実施し, 本事業のこれまでの成果として制御効果が確認されているフィードバック制御モデルの低迎角での性能実証を行った. 検討するフィードバック制御モデル(図 1)は, 翼面上に配置された圧力センサーで計測した圧力値の急激な低下を渦の通過と仮定し, 渦の通過に応じて翼前縁付近に配置されたアクチュエータの ON/OFF を切り替えるものである.

昨年度までに, 我々は失速後の迎角(12 度以降)における制御モデルの有効性の検証を行ってきた. 提案する制御モデルはより幅広い条件での利用を想定しているために, 本年度は失速以前の迎角(4, 6, 8 度)において提案する制御則が有効であるかどうか検討を行った.

図 2 に, 各迎角における各制御手法を適用した際の揚抗比(L/D)を示す. 本制御モデル(Feedback)は非制御時(Baseline)と比較して高い揚抗比を与える. また, 過去の研究で有効性が示されているバース

ト駆動(ON/OFF を一定周期で切り替える駆動方式, Burst)と同等もしくはそれ以上の揚抗比を与えることがわかる。バースト駆動は駆動周波数などの制御パラメータを事前に適切な値に設定する必要があるが、提案する制御モデルは自動的に PA の ON/OFF を切り替えることで、揚抗比を向上させることに成功している。

図 3, 4 に、迎角 6 度の NACA0015 翼周り流れに制御モデル(Feedback)と非制御(Baseline)を適用した際の速度勾配テンソルの第二不変量の等値面を主流方向速度で色付けしたものを示す。非制御のケースでは前縁から層流剥離した流れが乱流遷移し付着しているのに対して、制御モデルのケースでは 2 次元的な渦構造が移流している。これらの渦構造は PA が ON/OFF を 1 回繰り返す毎に 1 つ生成されており、本制御モデルが渦の移流を整えることで、流れ制御を達成していることがわかった。

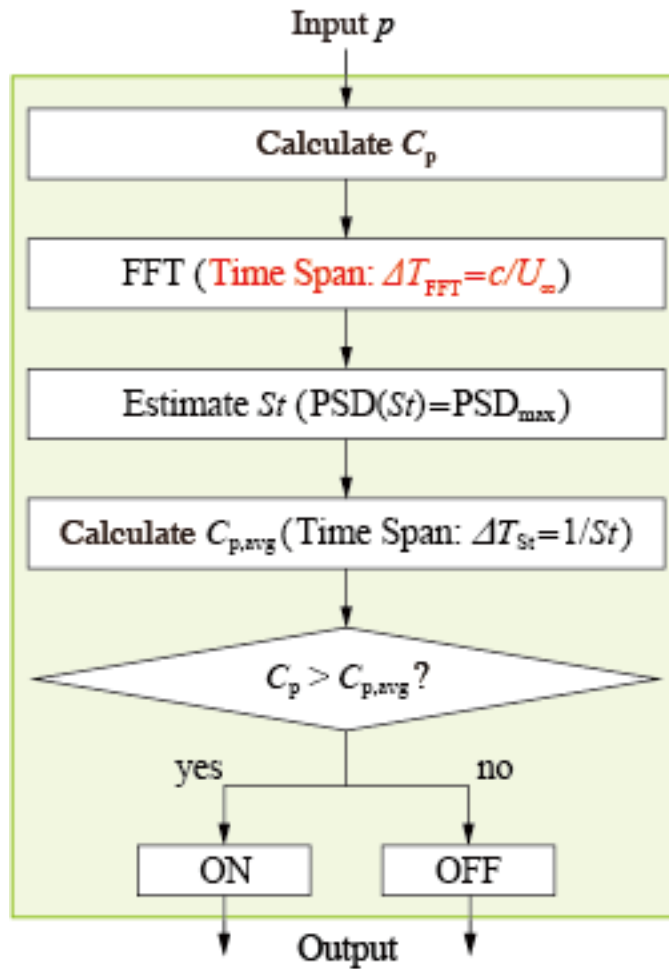


図 1: 提案する翼流れフィードバック剥離制御モデル

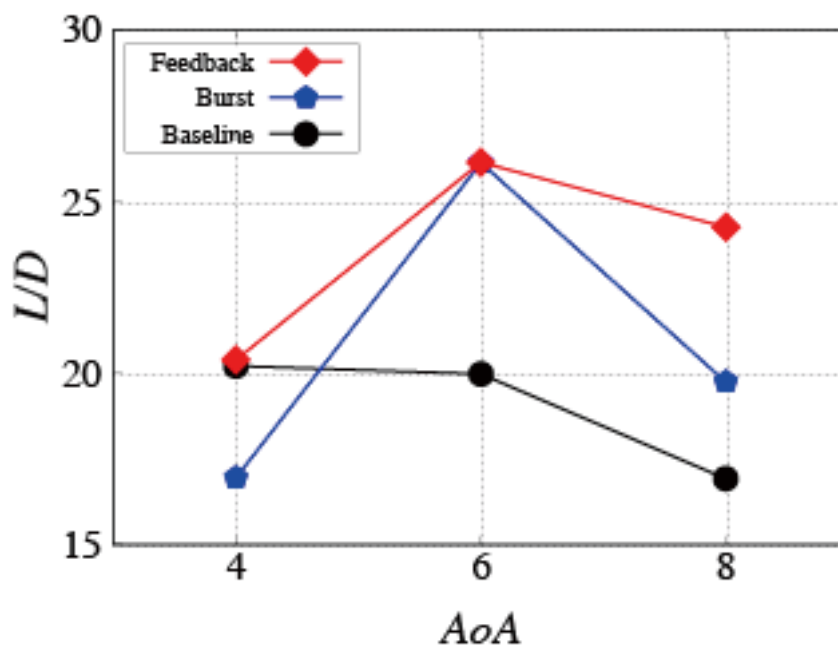


図 2: NACA0015 翼周り流れに各制御手法を適用した際の揚抗比(L/D)

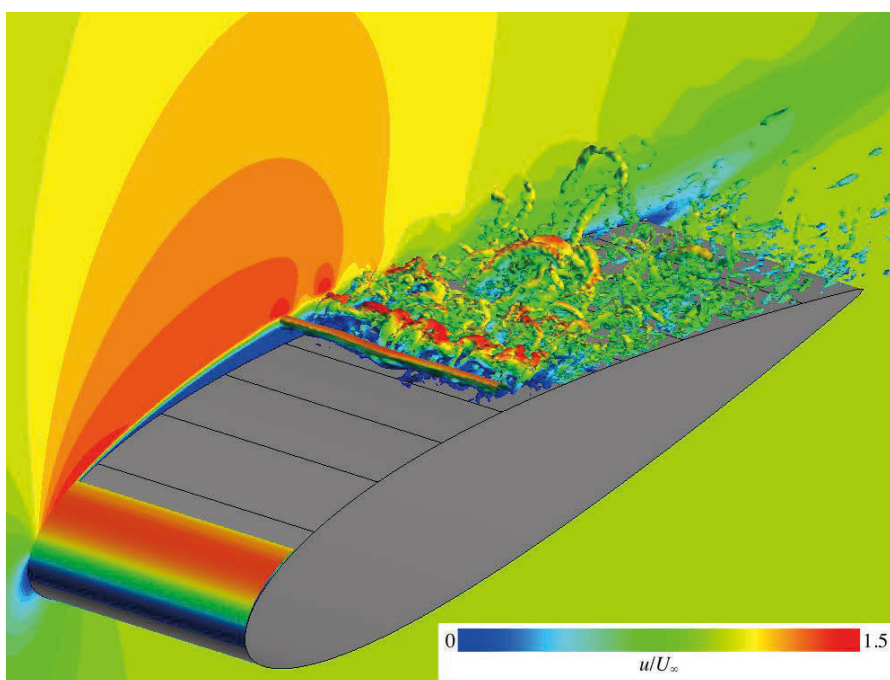


図 3: 迎角 6 度の NACA0015 翼周り流れに非制御(Baseline)を適用した際の瞬間流れ場

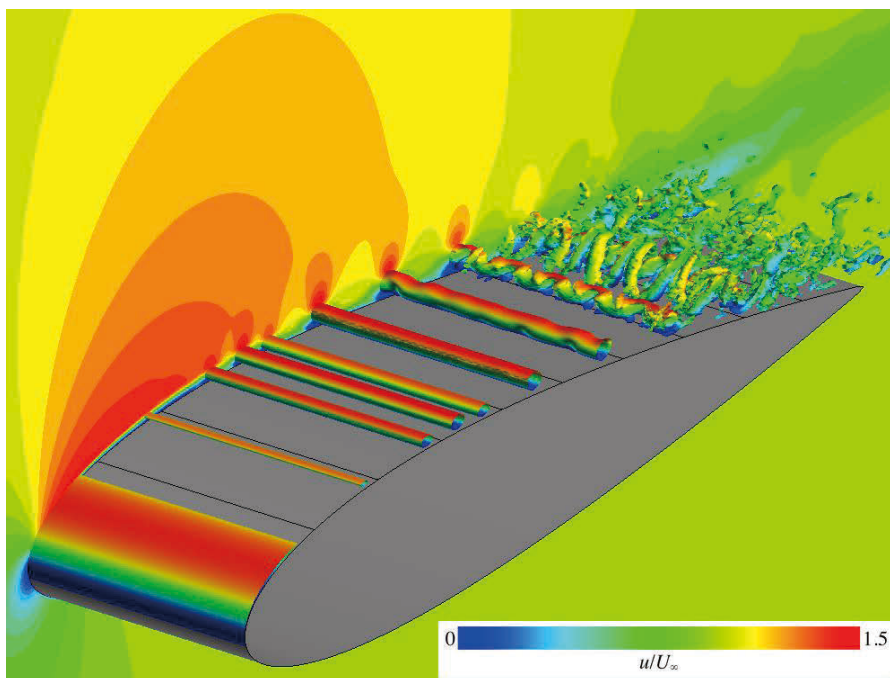


図 4: 迎角 6 度の NACA0015 翼周り流れに制御モデル(Feedback)を適用した際の瞬間流れ場

● 成果の公表

-査読なし論文

Ogawa, T., Asada, K., Tatsukawa, T., and Fujii, K., "Computational Analysis of the Control Authority of Plasma Actuators for Airfoil Flows at Low Angle of Attack", AIAA Scitech, Orland, Florida, USA, Jan. 2020.

小川 拓人, 浅田 健吾, 立川 智章, 藤井 孝藏, "DBD プラズマアクチュエータによる巡航迎角翼性能改善に向けた LES", 日本機械学会 2019 年度年次大会, 秋田, 2019 年 9 月.

● 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	79 - 84
1 ケースあたりの経過時間	30 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.29

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	2,576,897.21	0.31
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	52.45	0.04
/data	15,315.10	0.26
/ltmp	2,929.69	0.25

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	0.00	0.00

※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