

現象解明とモデリングにもとづく燃焼器解析システムの研究

報告書番号：R21JDA201N06

利用分野：航空技術

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2021/18333/>

● 責任者

青山剛史, 航空技術部門航空機ライフサイクルイノベーションハブ

● 問い合わせ先

溝渕泰寛(mizobuchi.yasuhiro@jaxa.jp)

● メンバ

阿部 浩幸, 菱田 学, 桐原 亮平, 桑原 匠史, 松山 新吾, 溝渕 泰寛, 南部 太介, 岡部 荘志, 志村 啓, 内山 和哉, 安田 章悟, 八百 寛樹

● 事業概要

詳細シミュレーションによる現象理解とモデリングにより設計に適用可能な燃焼器解析技術を取得する。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

当該分野で世界と肩を並べる研究を実施するために必要な計算機資源はスパコンでしか得られない。

● 今年度の成果

・AMM モデルでは乱流エネルギーが平均歪の 2 乗に従って増加するため、加減速を伴う場所では渦粘性係数を過大に算出する課題があった。渦粘性係数の時間スケールに、加減速時にのみ平均歪の効果が現れるパラメータ($S^2-\Omega^2$)を新たに導入し特性時間スケールを修正した。図 1 は AMM-QCRcorner モデルを用いた迎角 5 度の NASA Juncture Flow におけるコーナー剥離の予測結果を示したものである(QCRcorner は 2 次渦を再現するために用いた 2 次非線形渦粘性表現を示している)。修正後の AMM-QCRcorner モデルの予測において、翼後縁のコーナー部の渦粘性係数が過大となる現象が改善し(図 1 の渦粘性係数の部分)、コーナー剥離の大きさが実験結果と約 10%の差異で一致した。特に、コーナー剥離の長さの予測は、AMM-QCRcorner モデルの方が航空分野で用いられる SA-QCR2000 モデルよりも、優位性がある結果を得た。

・気液二相流詳細解析コードを用いた噴霧群蒸発の大規模解析結果を用いて、液滴間干渉による蒸発量変化のモデル化を行った。また、燃焼を考慮できるように解析コードを修正し、複数液滴による液滴燃焼の解析を行った。

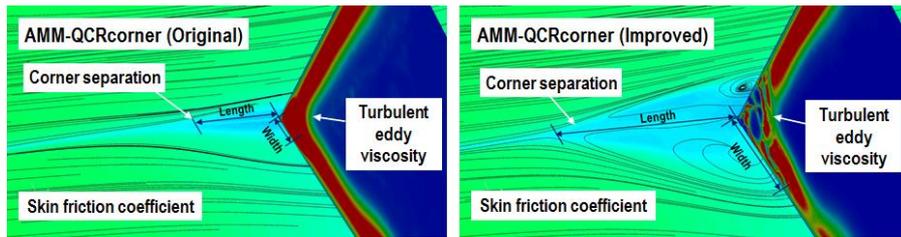


図 1: AMM-QCRcorner モデルを用いた NASA Juncture Flow の予測(翼後縁の摩擦係数と渦粘性係数の分布)

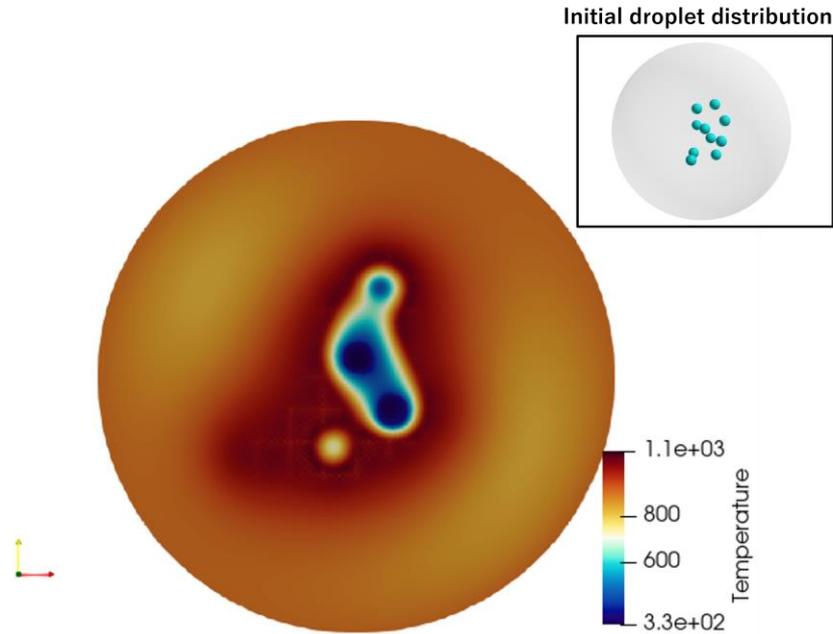


図 2: 複数液滴による蒸発燃焼解析(温度分布)

● 成果の公表

-査読付き論文

S. Shima, K. Nakamura, H. Gotoda, Y. Ohmichi, and S. Matsuyama, "Formation mechanism of high-frequency combustion oscillations in a model rocket engine combustor," *Physics of Fluids* 33, 064108 (2021).

Y. Mizobuchi, "Large deformation effects on the combustion structure of a hydrogen/air rich premixed flame," *Combustion and Flame* 239 (2022).

-口頭発表

南部太介, 溝渕泰寛, "液滴群蒸発の大規模解析," 第 53 回流体力学講演会/第 39 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム

阿部 浩幸, 大川 博文, 小西 通公, 溝渕 泰寛, 藤田 直行, 村上 桂一, 青山 剛史, "JAXA 航空技術部門における乱流 DNS データベースの構築," 第 53 回流体力学講演会/第 39 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム.

阿部 浩幸, "捩れ乱流境界層の DNS 解析 ," 日本流体力学会 年会 2021.

P.R Spalart, 阿部 浩幸, "壁乱流のレイノルズ数効果に対する理論とモデリング ," 日本流体力学会 年会 2021.

南部太介, 溝渕泰寛, "液滴群蒸発の大規模数値解析とモデル化," 第 59 回燃焼シンポジウム

阿部 浩幸, "捩れ乱流境界層の乱流構造の DNS 解析 ," 日本機械学会 第 99 期流体工学部門講演会.

阿部 浩幸, 南部 太介, 溝渕 泰寛, "非線形 AMM モデルを用いた翼胴結合部のコーナー剥離の予測 ," 第 35 回数値流体力学シンポジウム.

● JSS 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	非該当
プロセス並列数	48 - 2632
1 ケースあたりの経過時間	168 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 2.92

内訳

計算資源		
計算システム名	CPU 利用量(コア・時)	資源の利用割合※2 (%)
TOKI-SORA	68,977,611.00	3.36
TOKI-ST	128,416.93	0.16
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	7,640.72	0.57
TOKI-TST	0.00	0.00
TOKI-TGP	0.00	0.00
TOKI-TLM	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	1,119.16	1.11
/data 及び/data2	86,192.00	0.92
/ssd	8,216.06	2.12

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	67.21	0.45

※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

● ISV 利用量

ISV ソフトウェア資源		
	利用量(時)	資源の利用割合※2 (%)
ISV ソフトウェア(合計)	1,035.88	0.73

※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