

回転爆轟波の詳細構造の解明

報告書番号：R20JCMP12

利用分野：競争的資金

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2020/14516/

● 責任者

青山剛史，航空技術部門数値解析技術研究ユニット

● 問い合わせ先

松山 新吾(smatsu@chofu.jaxa.jp)

● メンバ

松山 新吾

● 事業概要

本研究では回転デトネーション波の伝搬特性と詳細な構造を明らかにするためにラージエディシミュレーション(Large-Eddy Simulation, LES)による燃焼解析を実施した。角田宇宙センターで実施されている回転デトネーション燃焼器の燃焼試験における安定作動条件について、当量比 0.6 から 1.6 までの二次元および三次元シミュレーションを実施し、燃焼器内を伝搬する回転デトネーション波の再現を試みた。

本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度 JPJ004596 の支援を受けたものである。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

メタン燃料の燃焼により生じる 20 以上の化学種を考慮した燃焼 LES は非常に計算コストが高いため、通常のワークステーションなどでは実行が不可能である。また、複数の噴射条件についてパラメトリックな多数の解析を現実的な時間で実行するためにはスーパーコンピュータの利用が必要不可欠である。

● 今年度の成果

直径 101mm の円環状燃焼器を想定した $\text{CH}_4 \cdot \text{O}_2$ の非予混合回転デトネーションに関する二次元 LES を実施した(図 1)。LES によって得られた当量比 0.6 から 1.6 までの回転デトネーション波の伝搬速度は Chapman-Jouguet 速度に対して 60～70%程度となることが示された。格子が粗い場合、シミュレーションによる伝播速度は燃焼試験で得られた値よりも若干高めの値を示したが、解像度を上げることで計測データを再現することに成功した(図 2)。

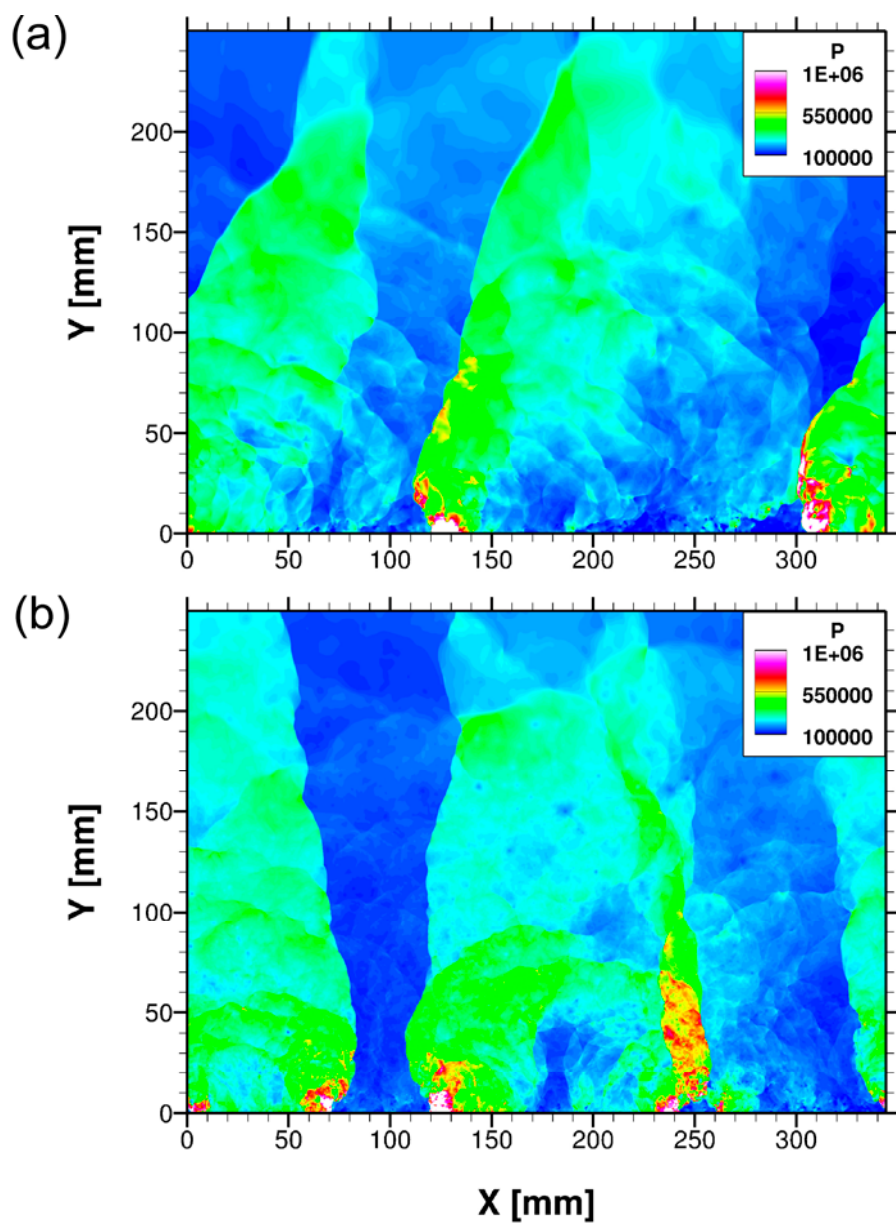


図 1: 当量比 1.0 の条件に対する二次元 LES によって得られた瞬時の圧力場. (a) 粗い格子(解像度 = 200 μm), (b)微細な格子(解像度 = 50 μm)による結果. 査読なし論文 2)より引用.

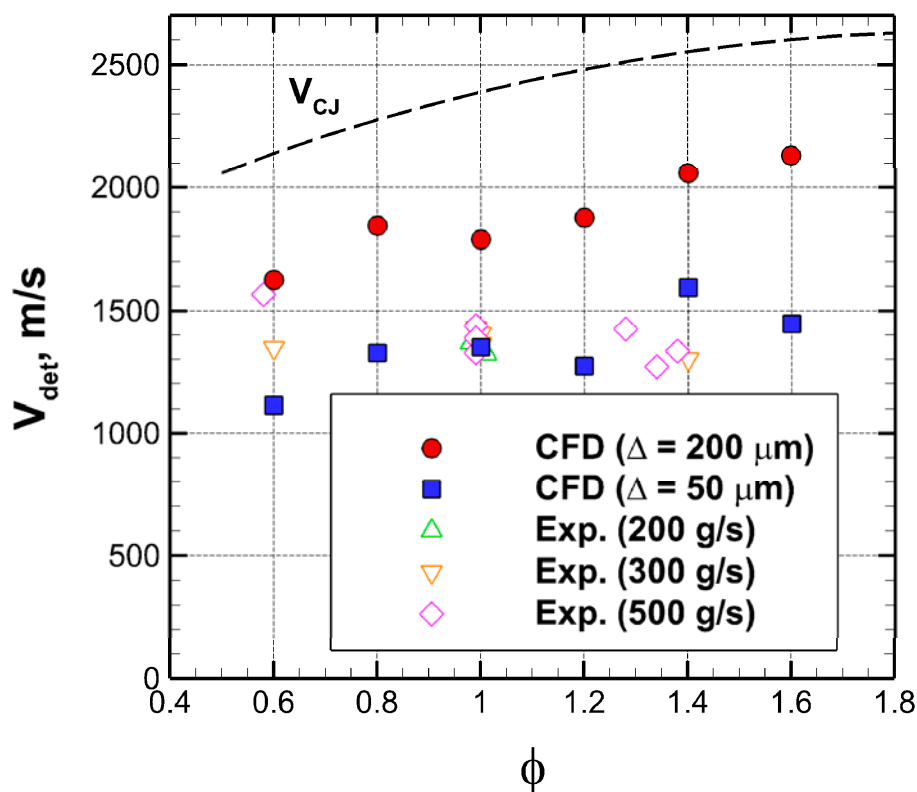


図 2: 二次元 LES によって得られたデトネーション波の伝播速度と実験データとの比較. 査読なし論文 2) より引用.

● 成果の公表

-査読なし論文

- 1) 松山 新吾, 岩田 和也, 小島 淳, 布目 佳央, 丹野 英幸, 川島 秀人, 水書 稔治, "非予混合噴射によるメタン・酸素の回転デトネーション燃焼器に関する LES", 第 58 回燃焼シンポジウム講演論文集, B225, 2020.
- 2) 松山 新吾, 小島 淳, 布目 佳央, 丹野 英幸, 川島 秀人, 水書 稔治, "回転デトネーション燃焼器内部で生じる燃焼流の CFD 解析", 2020 年度衝撃波シンポジウム講演論文集, 2A3-1, 2021.

-口頭発表

- 1) 松山 新吾, 岩田 和也, 小島 淳, 布目 佳央, 丹野 英幸, 川島 秀人, 水書 稔治, "非予混合噴射によるメタン・酸素の回転デトネーション燃焼器に関する LES", 第 58 回燃焼シンポジウム, 2020.
- 2) 松山 新吾, 小島 淳, 布目 佳央, 丹野 英幸, 川島 秀人, 水書 稔治, "回転デトネーション燃焼器内部で生じる燃焼流の CFD 解析", 2020 年度衝撃波シンポジウム, 2021.

● 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	OpenMP
プロセス並列数	80 - 5250
1 ケースあたりの経過時間	100 時間

● JSS2 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.01

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	27,532.98	0.01
SORA-PP	224.09	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	342.25	0.31
/data	1,628.02	0.03
/tmp	279.02	0.02

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

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%)： 22.91

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 (%)
TOKI-SORA	126,286,540.15	27.17
TOKI-RURI	415.98	0.00
TOKI-TRURI	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	342.25	0.23
/data	1,628.02	0.03
/ssd	13.62	0.01

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