

解適合格子法を用いた燃焼流の研究

報告書番号：R18JACA35

利用分野：JSS2 大学共同利用

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2018/8977/>

● 責任者

Edyta Dzieminska, 上智大学

● 問い合わせ先

唐 新猛, 上智大学, simondonxq@gmail.com(simondonxq@gmail.com)

● メンバ

Edyta Dzieminska, 坂井 創, 仁賀 雄一, 山本 祥太, 唐 新猛, 林 光一, 小林 航希, 小井土 渉

● 事業概要

本研究は、水素 - 空気などの燃焼流を解適合格子法(AMR)を使って数値的にシミュレートし、燃焼の特性や火炎伝播、デトネーション、デフラグレーションからデトネーションへの遷移(DDT)などの物理をさらに理解することです。開発されるコードの性質上ならびに計算コストの関係上、昨年度は予定されたジェット着火の計算は、大規模スケールでは最後まで計算されず、計算コードをずっと開発し続けていました。それで、AMR によるいくつかの燃焼テスト計算がなされましたが、大規模スケールでの計算ではありませんでした。解適合格子法は、複雑な非四面体の形をしたモデルを数値的にシミュレートするために、コードに一般曲線座標系を組み込んでいます。例として、S 字の形をした管や障害物のある二重円筒内の燃焼シミュレーションを行いました。図1に水素/空気混合気で満たされた S 字型管内を伝播する火炎の形状とそれに対応する AMR のブロックの分布状況を示し、図2に水素/空気で満たされた障害物のある二重円筒内を伝播する火炎の構造とそれに対応するブロックの分布を示します。図から分かるように、AMR のシステムは、非四面体のブロック並びに格子モデルにおいて火炎の構造をよりよく表し、開発された AMR システムが反応流に対して良く機能していることを示しています。

● JSS2 利用の理由

2次元並びに3次元の物理モデルでの燃焼流の数値計算は、多くのCPUコストを必要とします。一方、計算時間ステップは高圧並びに高温のために普通非常に小さくなっており、その結果局所音速は高くなっています。この時間ステップは、普通0.1-1ナノ秒です。一方、高分解能の要求は、AMRでも大量の格子数となります。この要求が2次元や3次元の計算で、大量の格子点を扱うことになるのです。大型計算機による計算が必要になるのです。大型計算機無しでは、有効なCFD結果を得ることができないと考えます。

● 今年度の成果

1. Xinqiang Tang, Edyta Dzieminska, A. Koichi Hayashi, Nobuyuki Tsuboi, Gradient mechanism on the onset of detonation in the deflagration to detonation transition, ICDERS27th, Beijing, 2019.
2. A. Koichi Hayashi, Nobuyuki Tsuboi, Xinqiang Tang, Edyta Dzieminska, Numerical analysis on detonation and detonation application using adaptive mesh refinement, Seventeenth International Conference on Numerical Combustion, Aachen, May 6-8, 2019.
3. 解適合格子法は、複雑な非四面体形状のモデルのシミュレーションを行うために一般曲線座標系を組み込みました。
4. S字型の管や障害物のある二重円筒管内の燃焼流れの計算を行いました。

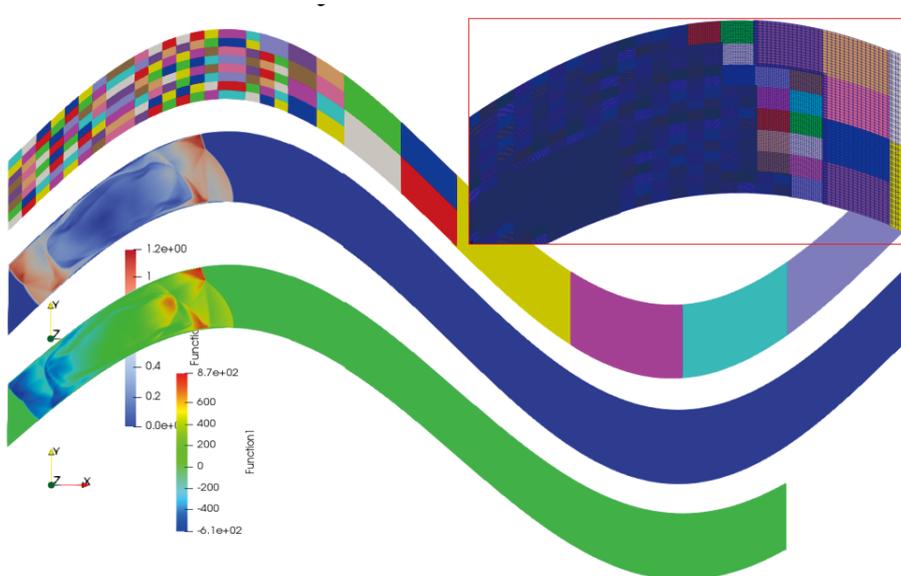


図 1: S 字型管における AMR 法による数値シミュレーション. 上方左側の部分は、物理座標の AMR ブロックシステムで、上方右側は、格子システムを示す. 下方の図は、マッハ数 Ma と x 方向の速度 u を示す.

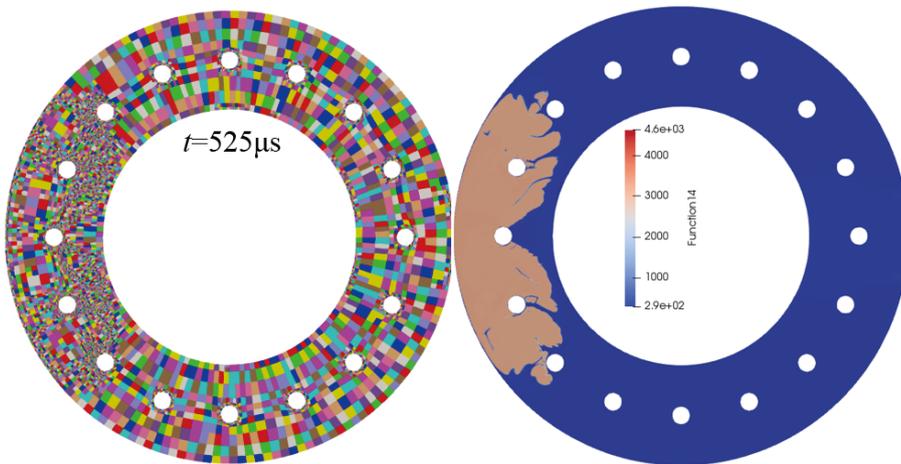


図 2: 二重円筒における AMR 法による数値シミュレーション. 左側の図は、AMR ブロックシステムで、右側は、本反応流の温度分布を表す.

● 成果の公表

-口頭発表

1. Xinmeng Tang, Edyta Dzieminska, A. Koichi Hayashi, Nobuyuki Tsuboi, Gradient mechanism on the onset of detonation in the deflagration to detonation transition, ICDERS27th, Beijing, 2019.

2. A. Koichi Hayashi, Nobuyuki Tsuboi, Xinmeng Tang, Edyta Dzieminska, Numerical analysis on detonation and detonation application using adaptive mesh refinement, Seventeenth International Conference on Numerical Combustion, Aachen, May 6-8, 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	自動並列
プロセス並列数	4 - 320
1 ケースあたりの経過時間	1000 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合^{※1} (%) : 0.02

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	91,669.06	0.01
SORA-PP	5,290.04	0.04
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	28.61	0.03
/data	286.10	0.01
/tmp	5,859.38	0.50

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