

reactingFoam による水素拡散火炎の LES解析

○藤田徳堅, 長尾隆央, 山田英助, 朝原 誠, 林 光一

青山学院大学大学院 理工学研究科 機械創造コース
航空宇宙システム研究室

Aoyama Gakuin University, Aerospace System Laboratory

OpenFOAM使用歴

■ OpenFOAM

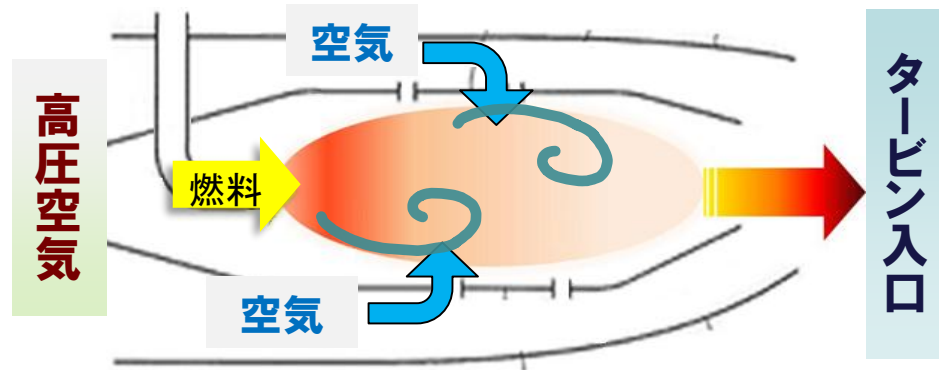
2012年春から使用。

使用バージョン2.1.0

以前は商用コード、米国Metacomp Technologies社のCFD++を使用。

目的

- OpenFOAMによる、ガスタービンエンジン
燃焼器内における対向噴流の流れ場の解析



初期段階の目的

- 単純な拡散火炎の解析

➡ OpenFOAMの信頼性検証

燃焼ソルバ, reactingFoam

■ 標準実装されている燃焼ソルバ

- engineFoam : 予混合燃焼, ガソリン機関用
- dieselFoam : 拡散燃焼, 噴霧燃焼用
- fireFoam : 拡散燃焼, 火災解析用
- ⋮
- reactingFoam : 乱流拡散燃焼が適用対象

■ reactingFoam

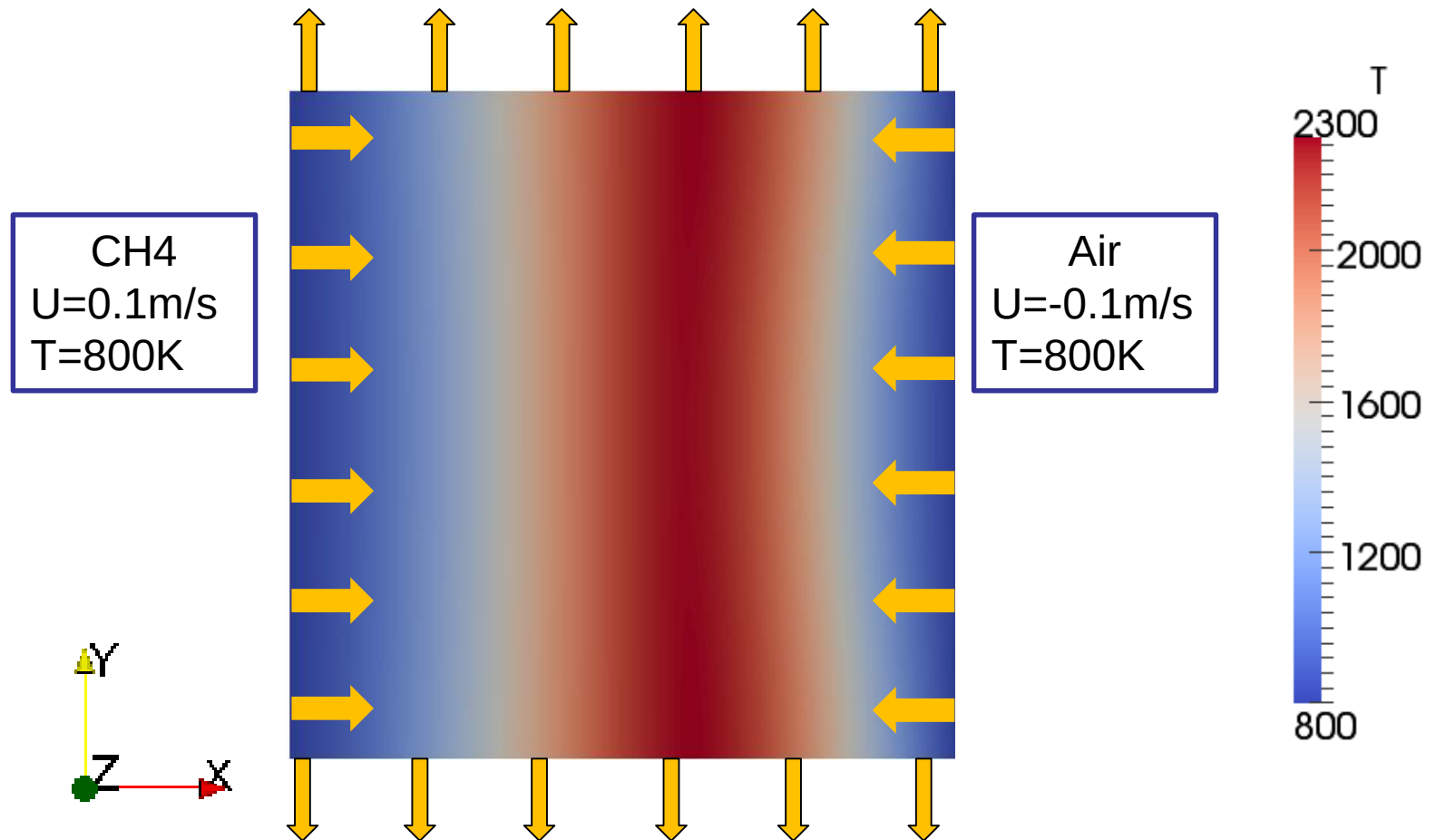
◆ 燃焼モデルに部分攪拌反応モデル

(PaSRモデル: Chalmers大がディーゼル燃焼用に開発.
燃焼反応について反応時間に対する流体混合時間の遅れを考慮)

reactingFoam, チュートリアル

■ ベース: CH₄/Air 2次元対向流層流火炎(定常問題)

/tutorials/combustion/reactingFoam/ras/counterFlowFlame2D

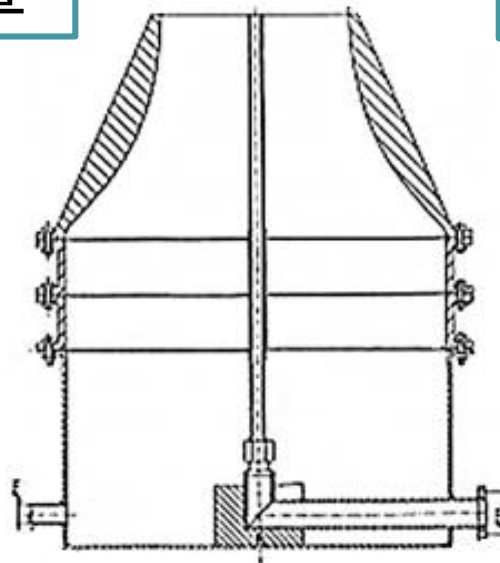


解析対象

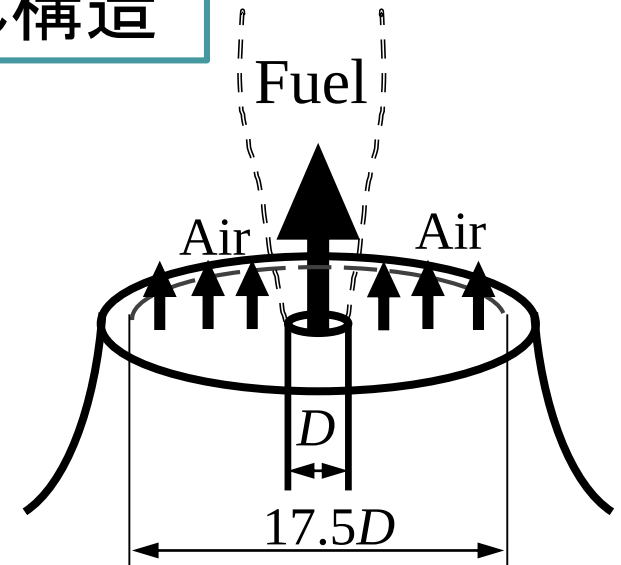
- DLR(ドイツ航空宇宙センター)で行われた拡散火炎(**水素/空気**)の測定実験

実験装置

同軸二重
円管バーナ



流れ構造



◆ 燃料ノズル直径 D : 8mm

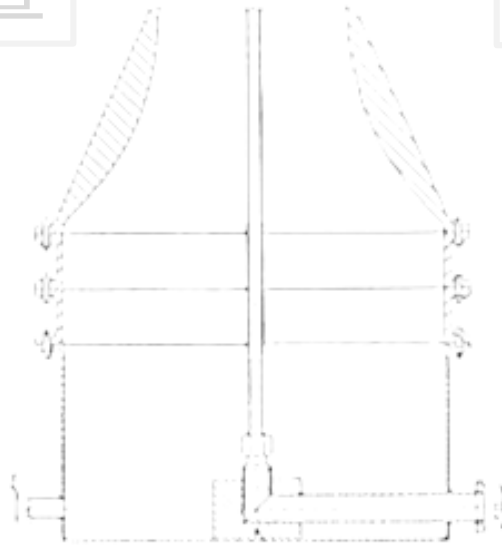
計算領域

DLR(ドイツ航空宇宙センター)で行われた
拡散火炎(水素/空気)の測定実験

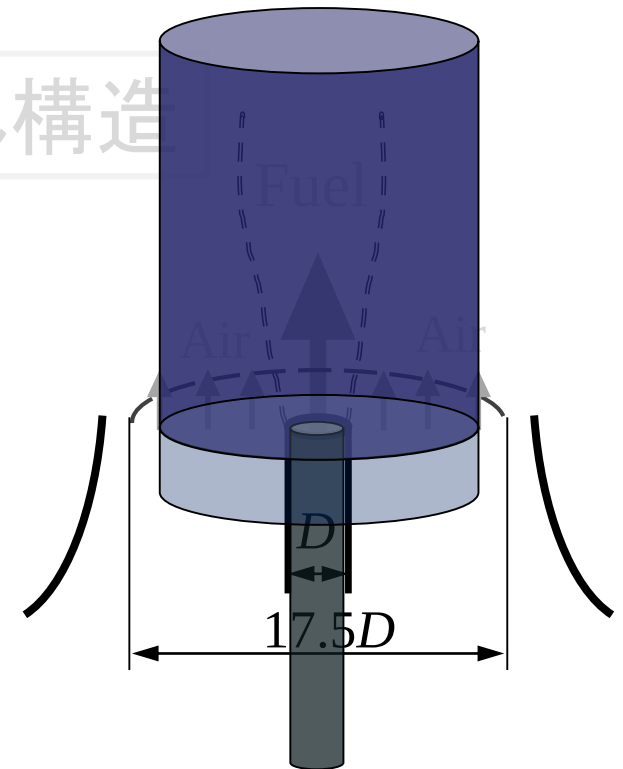
計算領域

実験装置

同軸二重
円管バー
ナ



流れ構造



燃料ノズル直径 D : 8mm

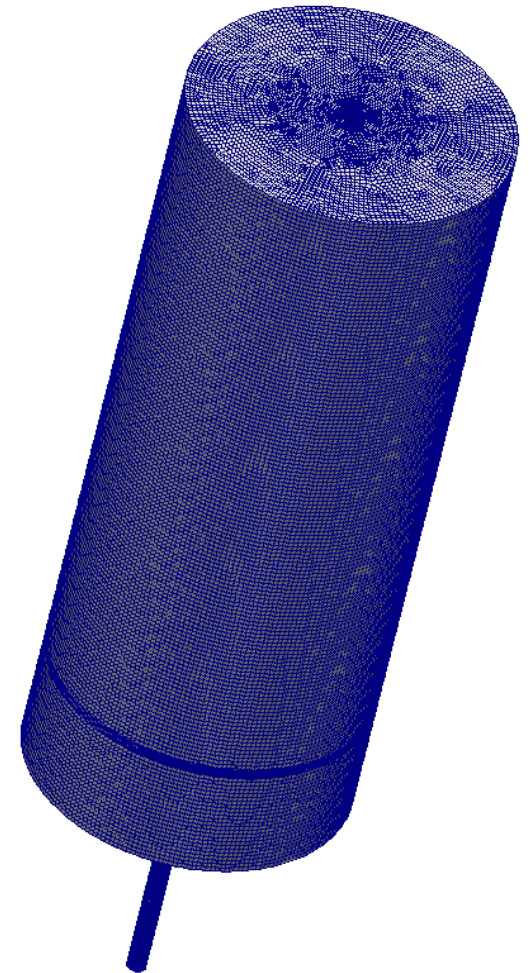
計算格子および実験条件

計算格子

計算要素数	約100万点
-------	--------

実験条件の各諸量

燃料	$\text{H}_2 : \text{N}_2 = 50 : 50$ (vol.)
	21.7 m/s, 300K
周囲流	乾燥空気
	0.3 m/s, 300K
レイノルズ数	6200



counterFlowFlame2Dからの変更点

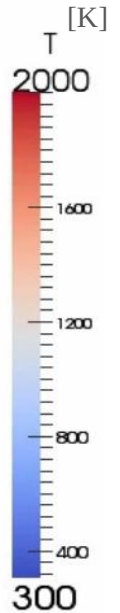
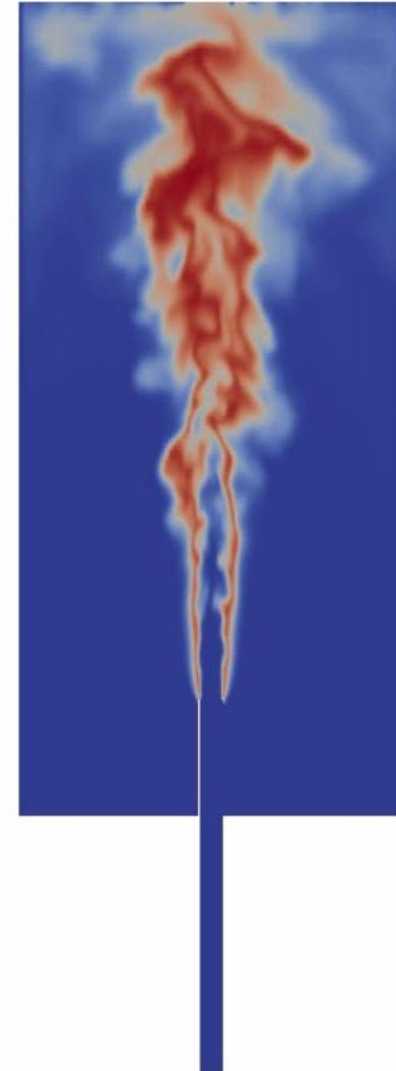
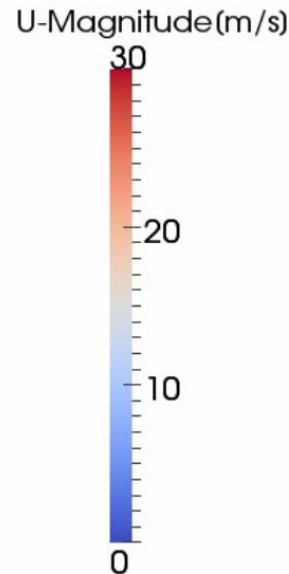
	reactingFoamチュートリアル	本計算
次元	2D	3D
fvSchemes /divSchemes	Gauss limitedLinear	Gauss blended 0.9 (中心差分+一次風上)
乱流モデル	RANS : kEpsilon	LES : Smagorinsky
化学反応モデル	CH4-Air ・総括一段反応	H2-Air ・総括一段反応 ・13化学種/37素反応
流入条件	fixedValue	turbulentInlet
着火方法	流入気体: T=800K	燃料ノズル出口にT=1500K (setField : boxToCell)

計算結果，中心断面温度・速度分布

総括一段反応

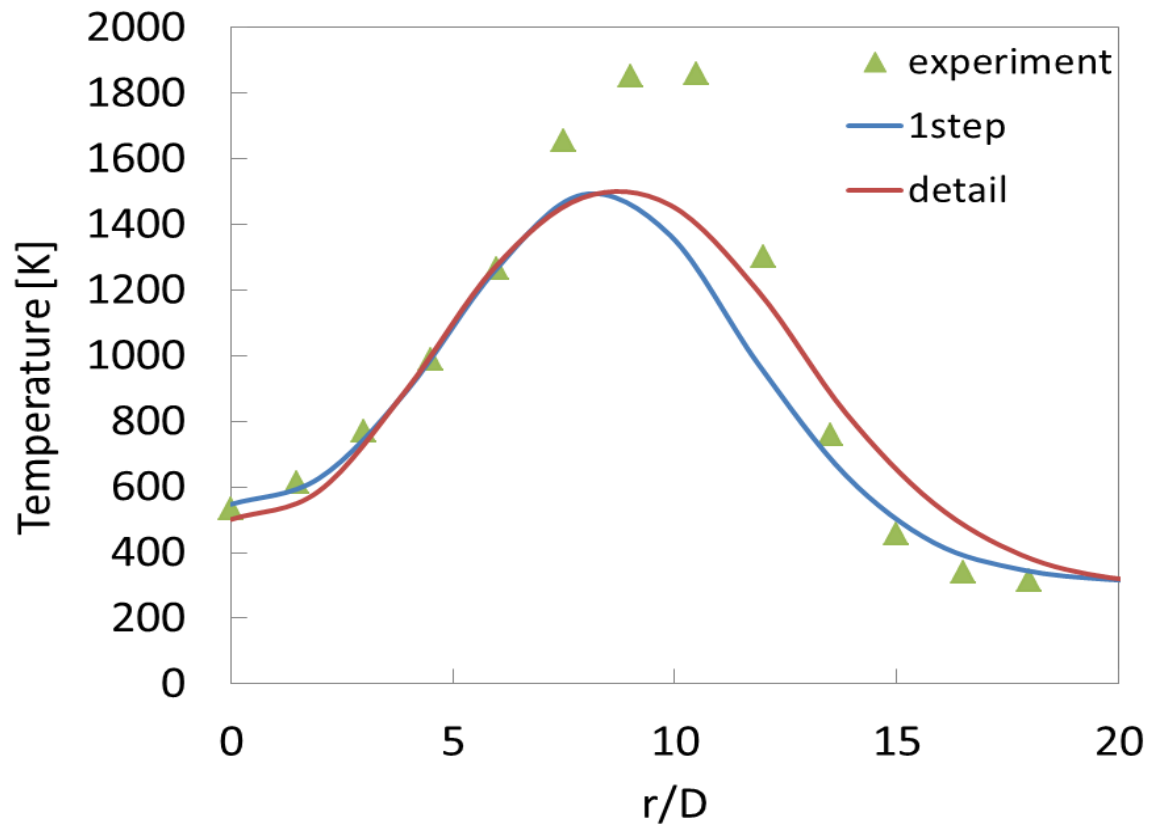
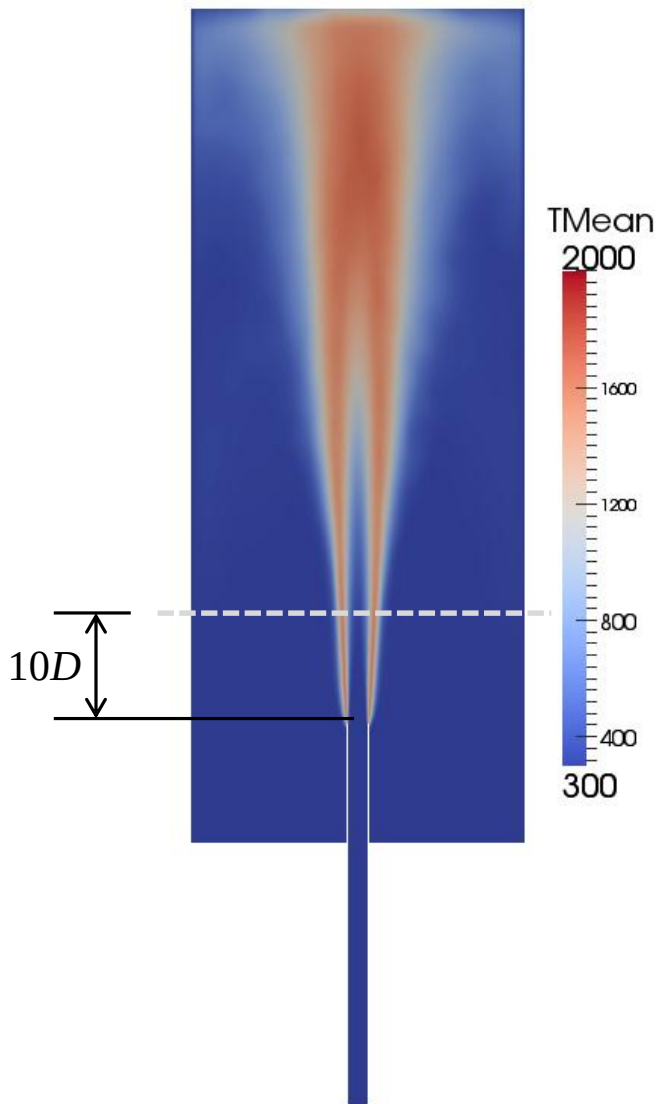
速度分布

温度分布



turbulentInlet
による
速度変動

$z/D=10$, 温度比較

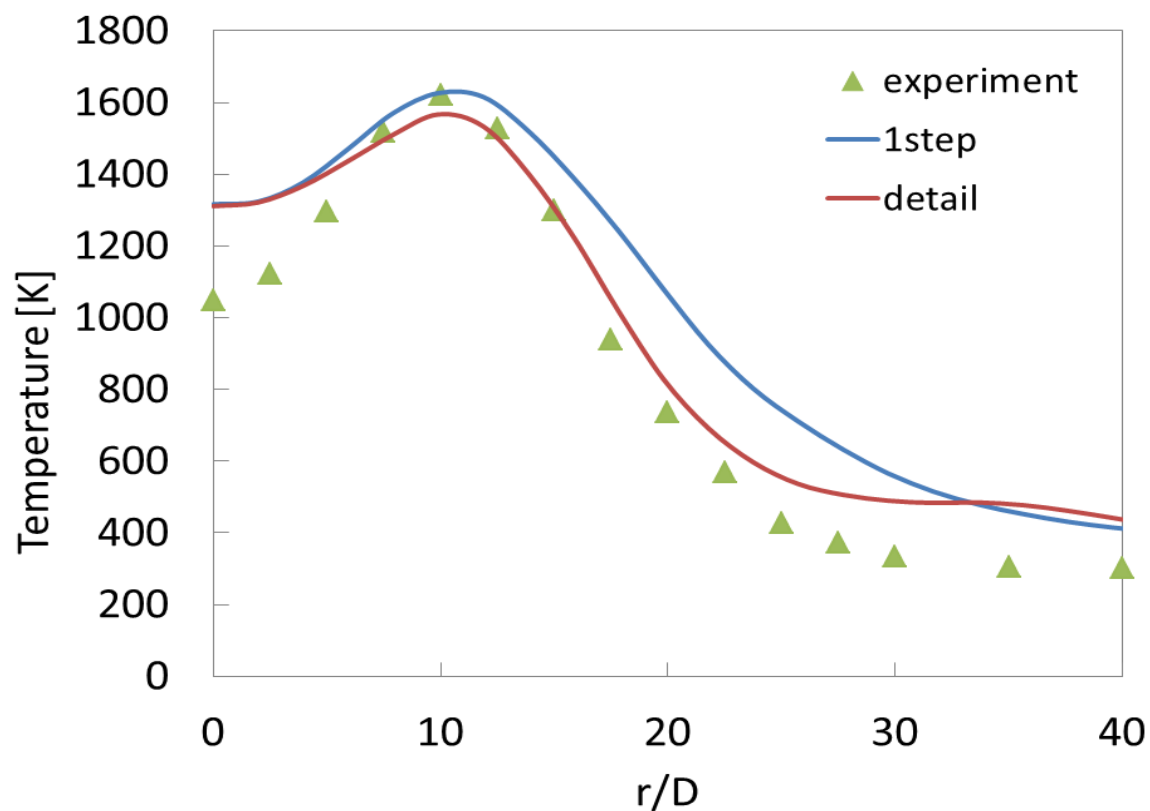
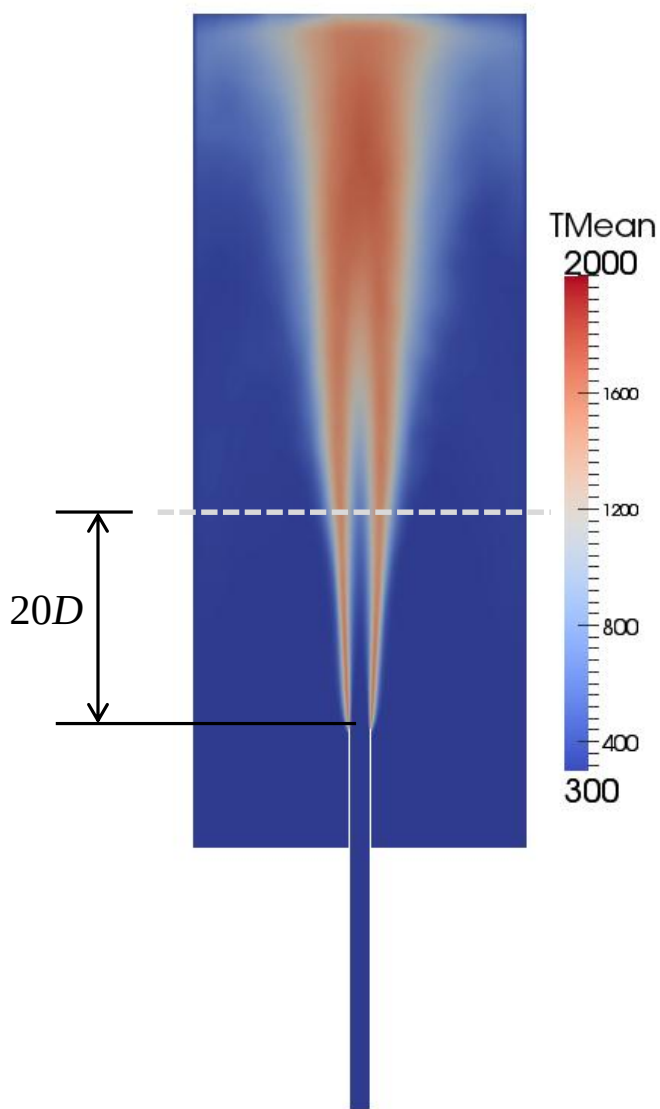


速度変動成分が過大



最大温度を過小評価

$z/D=20$, 温度比較



下流側：変動成分の
影響小

まとめ

- reactingFoamを用いて水素噴流の解析を行い実験と比較した
- 実験値と定性的な一致を得られた
- 詳細反応モデルを用いることで、より実験値に近い温度分布になった

今後の展望

- ractingFoamを用いて燃焼器内の解析を行う