

ガソリン燃焼チーム クラスター大学08（火炎伝播促進班）

徳島大学大学院理工学研究部 名田 謙, 木戸 口善行

高EGR過給リーンバーン条件における乱流燃焼速度のモデル化
(クラスター大学04 東京工業大学(店橋・志村・源)と共同実施)

目的

- ✓ 数値シミュレーションによる燃焼室内伝播火炎の乱流燃焼速度のモデル化
- ✓ 火炎伝播促進方法の検討

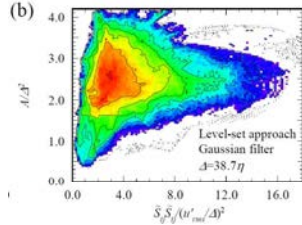
乱流燃焼速度のモデル化

- ✓ Fractal Dynamic SGS燃焼モデル
 - ✓ 火炎面面積による乱流燃焼速度のモデル化

$$S_T/S_L = A_T/A_L$$

S_T : 乱流燃焼速度, S_L : 層流燃焼速度, A_T : 乱流火炎の面積, A_L : 層流火炎の面積

- ✓ ひずみ速度のGS成分から火炎面面積を予測する.



A : DNSから得られた火炎面面積, Δ : フィルター幅, S_{ij} : 速度勾配テンソル, u'_{rms} : 乱流強度

ひずみ速度のGS成分と火炎面面積の関係

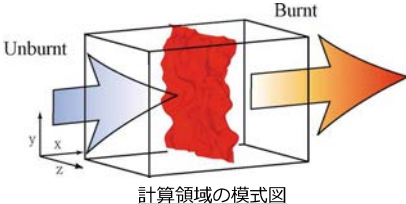
- ✓ 乱流運動の効果と膨張の効果に分離してモデル化

$$\frac{S_T}{S_L} = \frac{A_T}{A_L} = \frac{A_{turb}}{\Delta^2} + \frac{A_{div}}{\Delta^2}$$

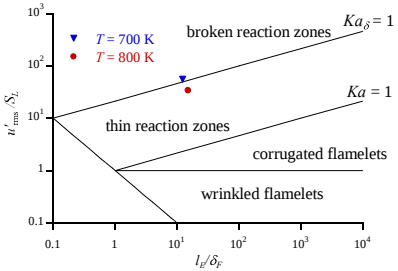
A_{turb} : 乱流運動の寄与, A_{div} : 乱流運動の寄与

進捗状況

- ✓ 高EGR過給リーンバーン条件における乱流予混合火炎の直接数値計算 (DNS)
 - ✓ 質量, 運動量, 化学種, エネルギーの保存式
 - ✓ 燃料はメタンおよびガソリン
 - ✓ 詳細化学反応機構 (メタン), 簡略化学反応機構 (ガソリン)
 - ✓ 一様等方性乱流中を伝播する予混合火炎



計算領域の模式図



乱流燃焼ダイアグラム上の計算条件

今後の予定

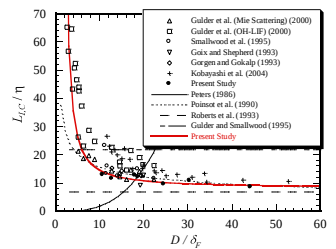
- ✓ 乱流運動の寄与のモデル化
 - ✓ 火炎面のフラクタル特性を用いたモデル化

$$\frac{A_{turb}}{\Delta^2} = \left(\frac{L_{I,C}}{L_{O,C}} \right)^{2-D_3}$$

$$L_{O,C} = \Delta$$

$$L_{I,C} = D \exp \left(C_1 \frac{\delta_F}{D} \right)$$

$L_{I,C}$: インナーカットオフスケール,
 $L_{O,C}$: アウターカットオフスケール,
 D_3 : フラクタル次元,
 δ_F : 火炎厚さ,
 D : コヒーレント微細渦の最頻直径



インナーカットオフスケールとコヒーレント微細渦の最頻直径の関係

- ✓ スケール分離によるコヒーレント微細渦最頻直径の予測

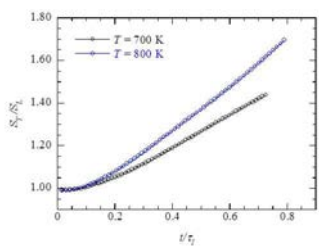
$$D \approx 8 \left(\nu^3 / 2 \sqrt{2} (C_s A)^2 (\tilde{S}_{ij} \tilde{S}_{ij} - \text{div}(\tilde{\mathbf{u}})^2)^{3/2} \right)^{1/4}$$

- ✓ 膨張の効果のモデル化

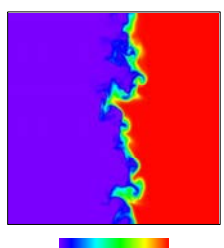
$$\frac{A_{div}}{\Delta^2} = \frac{\delta_\Delta}{\delta_L} \frac{\text{div}(\tilde{\mathbf{u}})}{\text{div}(\mathbf{u})|_{G=G_0}}$$

δ_Δ : フィルター操作を施された層流火炎の疑似的な火炎厚さ,
 δ_L : 火炎厚さ

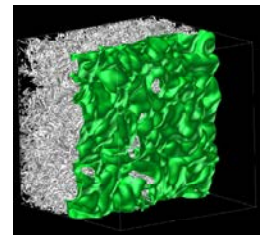
- ✓ 乱流予混合火炎のDNSの計算結果



乱流燃焼速度



代表的な断面における温度分布



熱発生率の等値面 (層流火炎の最高熱発生率の0.5倍)

課題

- ✓ 高EGR過給リーンバーン条件におけるモデル精度の検証
- ✓ ガソリンを燃料とした3D-DNSの実施

	2014	2015	2016	2017	2018
火炎伝播促進班	層流燃焼速度に対するEGRと圧力の影響の解明 1D-DNS (メタン)	従来モデルの課題抽出と新モデル概要の提案 3D-DNS (メタン)	乱流燃焼モデルの構築 (メタン)	乱流燃焼モデルの構築 (ガソリン) 3D-DNS (ガソリン)	乱流燃焼モデルの高精度化 (ガソリン)

ガソリン燃焼チーム クラスター大学08（冷却損失低減班）

徳島大学大学院理工学研究部 名田 謙, 木戸口 善行

壁面近傍における火炎伝播機構の解明

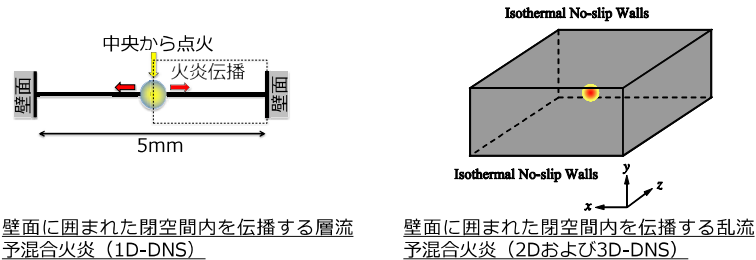
（クラスター大学04 東京工業大学(店橋・志村・源)と共同実施)

目的

- ✓ 数値シミュレーションによる壁面近傍を伝播する火炎の燃焼速度および熱流束の解明

研究方法

- ✓ 高EGR過給リーンバーン条件における乱流予混合火炎の直接数値計算（DNS）
 - ✓ 質量，運動量，化学種，エネルギーの保存式
 - ✓ 燃料はメタンおよびガソリン
 - ✓ 詳細化学反応機構（メタン），簡略化学反応機構（ガソリン）

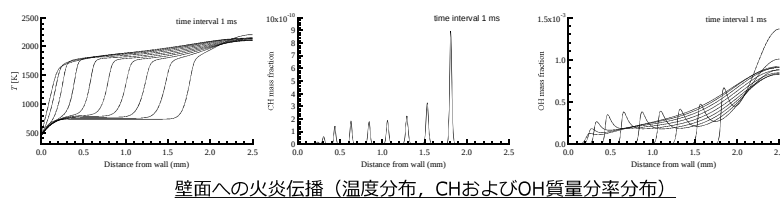


進捗状況

- ✓ 壁面に囲まれた閉空間内を伝播するメタン・空気層流予混合火炎
 - ✓ 計算条件

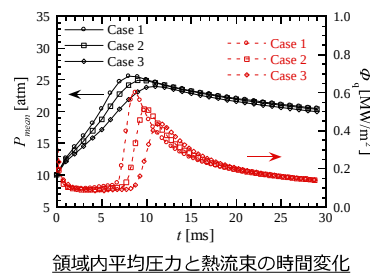
	Case1	Case2	Case3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7
ϕ	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Y_{EGR}	10%	15%	20%	20%	20%	20%	20%
T_{mean} [K]	700	700	700	700	700	700	700
T_{wall} [K]	450	450	450	700	900	1100	450
P_{ini} [atm]	10	10	10	10	10	10	20
S_L [m/s]	0.13716	0.11921	0.1023	0.1023	0.1023	0.1023	0.0753
N_x	1921	1729	1537	1537	1537	1537	2113
L_x [mm]	5	5	5	5	5	5	5
$\delta_L/\Delta x$	80	80	80	80	80	80	80
Δt [s]	1.0e-9	1.0e-9	1.0e-9	1.0e-9	1.0e-9	1.0e-9	1.0e-9

- ✓ 壁面近傍への火炎伝播（Case 3）



壁面への火炎伝播（温度分布，CHおよびOH質量分率分布）

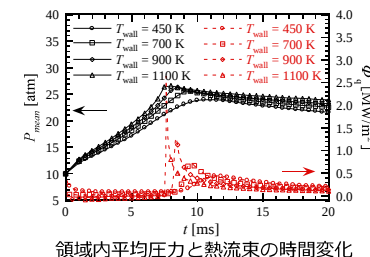
- ✓ EGR率の影響



領域内平均圧力と熱流束の時間変化

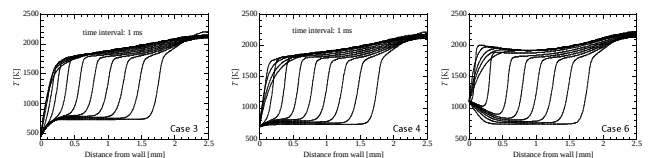
EGR率の増加とともに火炎温度が低下するため，圧力も低下する。また，火炎温度の低下により熱損失量も低下する。

- ✓ 壁面温度の影響



領域内平均圧力と熱流束の時間変化

壁面温度の上昇とともに，壁面近傍へ高い反応速度を保ったまま火炎が接近することができる。このため，壁面近傍の温度勾配が大きくなり，熱損失量が高くなる。



温度分布の時間変化（Case 3, Case 4, Case 6）

課題

- ✓ 2D-DNSによるメタン・空気予混合火炎の伝播機構と壁面境界層構造の解明

今後の予定

	2014	2015	2016	2017	2018
冷却損失低減班	壁面近傍の火炎の消炎・自着火機構の解明 1D-DNS（メタン）	壁面近傍の火炎伝播機構と壁面境界層構造の解明 2D-DNS（メタン）	熱伝達モデルの構築（メタン） 1D-DNS（ガソリン）	3D-DNS（ガソリン） 熱伝達モデルのガソリン燃焼への拡張	熱伝達モデルの高精度化