ガソリン燃焼チーム クラスター大学28（冷却損失低減班）

名古屋工業大学　服部　博文，保浦　知也，稲川　陽介

マルチタイムスケール乱流熱伝達モデルの開発
～HINOCAの予測精度向上にむけて～

目　　的

HINOCAでエンジン熱損失をより正確に予測するため，新たな乱流熱伝達モデルを構築する

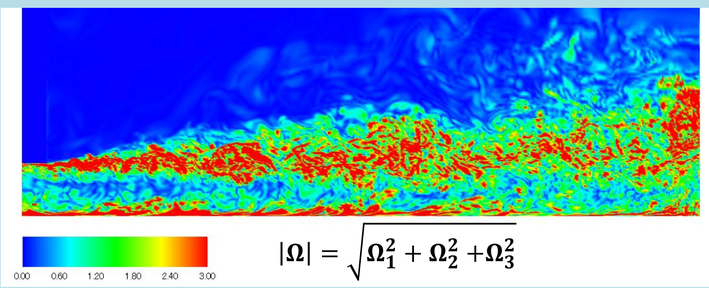
- エンジン筒内熱流動現象の素過程場における予測精度の検証
- 壁面近傍の乱流熱伝達現象の理解

研　究　方　法

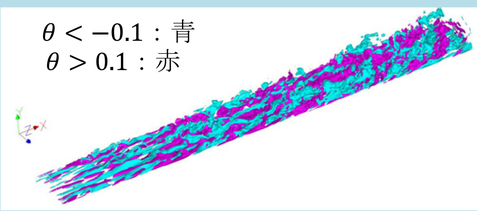
- エンジン筒内の乱流熱流動場の素過程をモデル化した様々な複雑乱流熱伝達場の直接数値計算（DNS）
  乱流温度混合場（エンジン筒内の燃料混合）や壁面噴流乱流熱伝達場（バルブ流入からの壁面を沿う流れ）
  基本統計量の抽出と乱流熱伝達構造の理解
- DNSデータによる乱流熱伝達モデルの予測精度検証

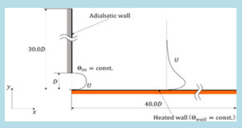
主な成果

壁面噴流乱流熱伝達場のDNS



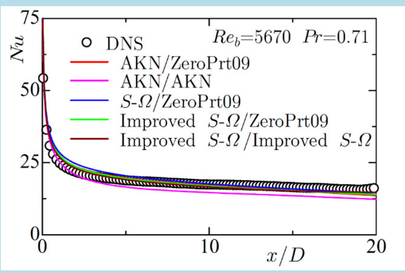
渦度の分布と温度ストリーク構造





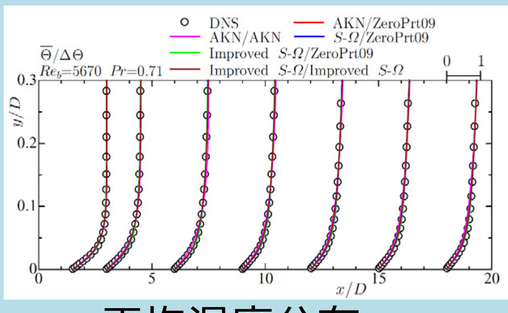
計算場の概要

壁面噴流乱流熱伝達場の予測



温度場は噴流出口からの壁面加熱のため，助走区間を形成する

ヌセルト数



平均温度分布

マルチタイムスケール乱流熱伝達モデル

乱流熱流束　$-\rho c_p \overline{u_j t} = \lambda_t \left(\frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j}\right)$

熱の渦拡散係数　$\lambda_t = \rho c_p C_\lambda f_\lambda k \tau_{mt}$

C_λ：モデル定数
f_λ：モデル関数
k：乱流エネルギー

$\tau_u = \frac{k}{\varepsilon}$　エネルギー保有渦タイムスケール

$\tau_t = \frac{k_t}{\varepsilon_t}$　温度乱れタイムスケール

$\tau_{s\omega} = \frac{2}{S + \Omega}$　せん断・渦度混合タイムスケール

乱流熱伝達場を支配する様々なタイムスケール

$\tau_v = \frac{2}{1/\tau_u + C_s/\tau_{s\omega}}$

乱流速度場の特性タイムスケール

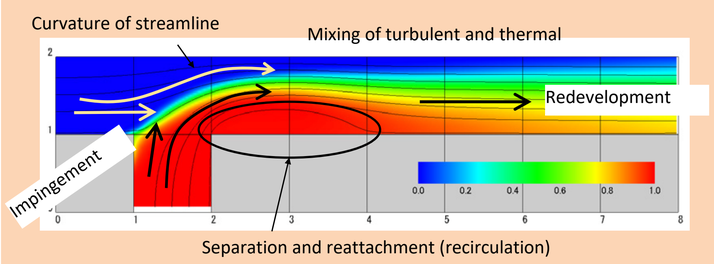
C_s, C_m：モデル定数

乱流温度場の特性タイムスケール

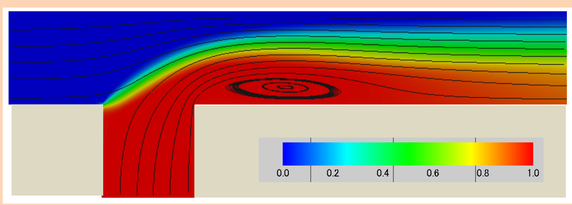
$\tau_{mt} = \frac{1}{1/\tau_v + C_m/\tau_t}$

乱流熱伝達場を支配する様々なタイムスケールを調和平均（場に応じた最小スケールを自動選択）としてブレンド

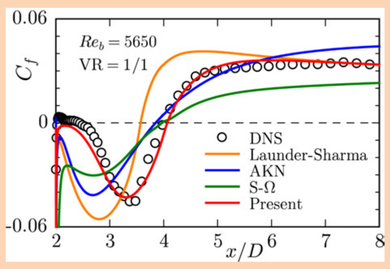
乱流温度混合場のDNSと予測



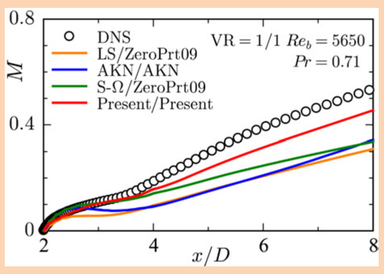
DNS



乱流熱伝達モデル



壁面摩擦係数



混合度

$$M = 1 - \frac{\int_1^2 |\bar{\Theta} - \Theta_b| dy}{\int_1^2 |\Theta_s - \Theta_b| dy}$$

- 乱流熱伝達場を支配する様々なタイムスケールを組込んだ新たな乱流熱伝達モデルを構築した．
- 本モデルにより，乱流温度混合場や壁面噴流場の予測精度が向上した．

今年度の取組

- マルチタイムスケール乱流熱伝達モデルの提案
- エンジン筒内の乱流熱流動場で，マルチタイムスケール乱流熱伝達モデル予測精度を評価するため，その素過程である様々な外力が作用し壁面熱的境界条件が変化する乱流熱伝達場のDNSを行い，基本統計量等のデータを取得する

研　究　計　画

2017		2018	
エンジン筒内乱流熱伝達現象における素過程のDNSとモデルの予測精度検証	出題の提案・問題点の抽出 マルチタイムスケール乱流熱伝達モデル	DNS結果の解析とモデルの改良	成の改良・完 マルチタイムスケール乱流熱伝達モデル