



研究背景

- ガスタービン燃焼器内の乱流燃焼場に対して, **LES + multi-scalar flamelet approach**による非定常解析が有効である
- 実用燃焼場の数値解析の定量的評価や設計開発への活用には, **NOx排出量の予測が非常に重要**となる
- NOx予測をLES燃焼計算と同時連成して実施した場合, **膨大な計算コスト**が必要となる

目的

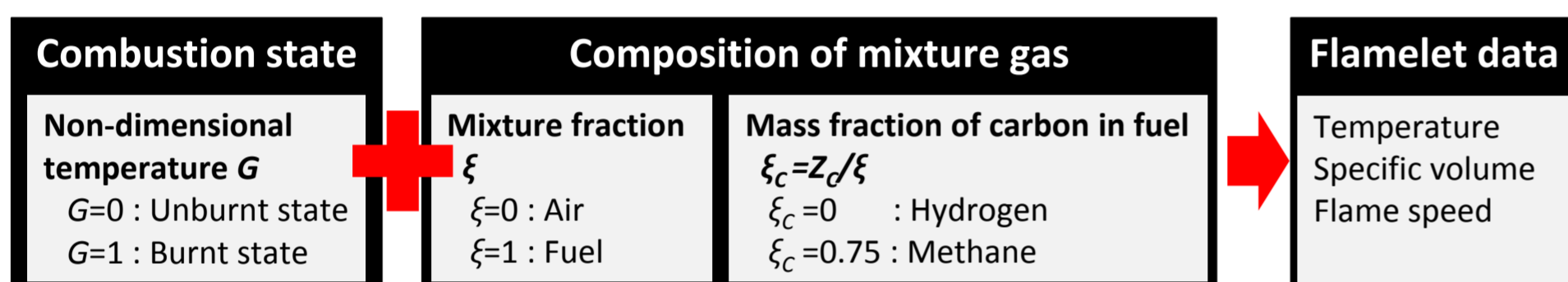
LES燃焼計算より確率密度関数(PDF)を算出し, **ポスト処理として効率的にNOx排出量を予測する**

- 計算コストが大幅に減少(約1000分の1)**
- NOxモデル変更が容易
- 乱流変動の考慮が可能

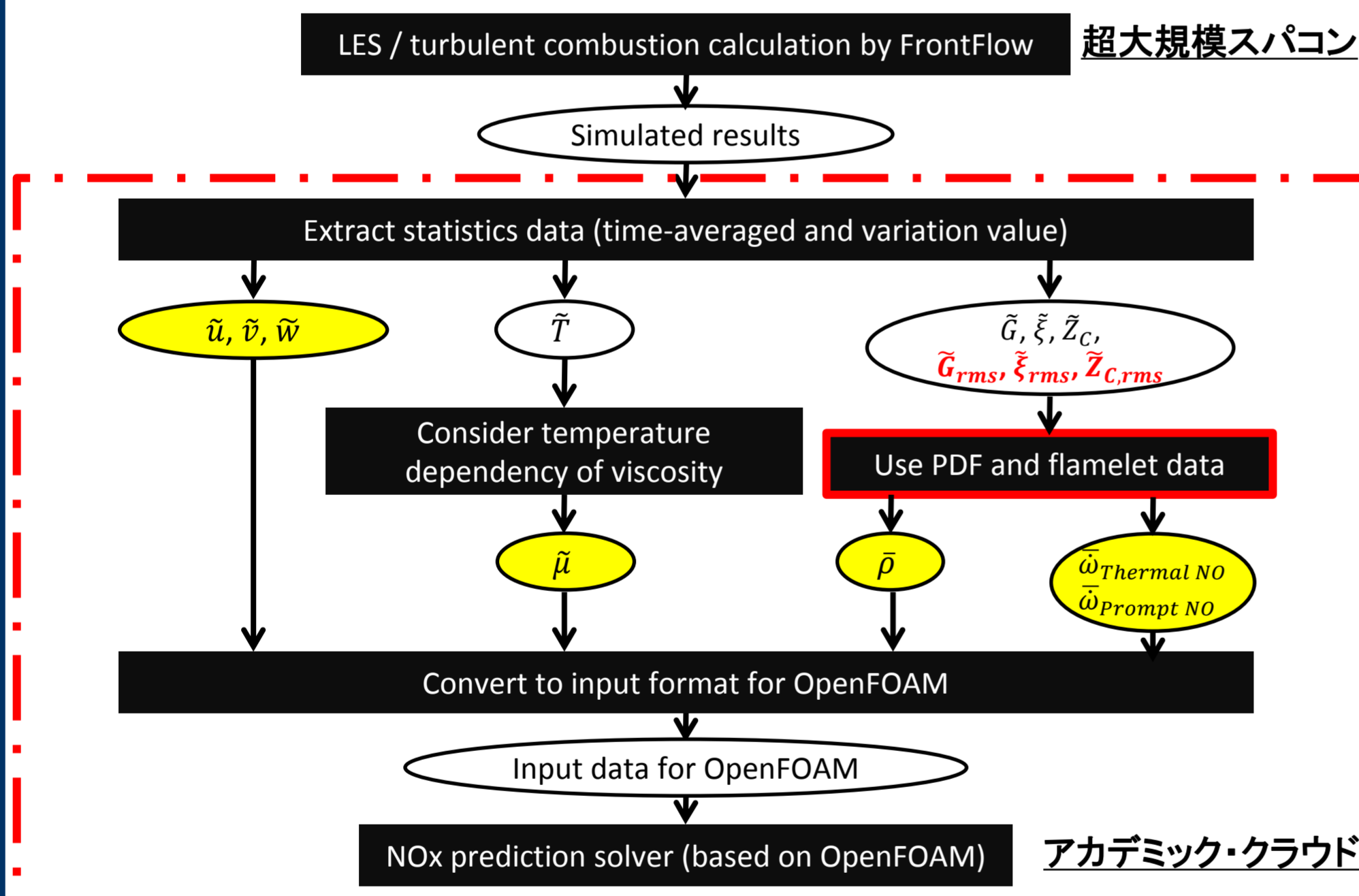
- 計算資源のさらなる有効活用**
- 解析対象に応じて, 化学反応モデルの最適化が可能
- 乱流強度が大きい実用燃焼に適用可能

NOx予測手法

【Multi-scalar flamelet approachの概要】



【NOx予測のデータフロー】



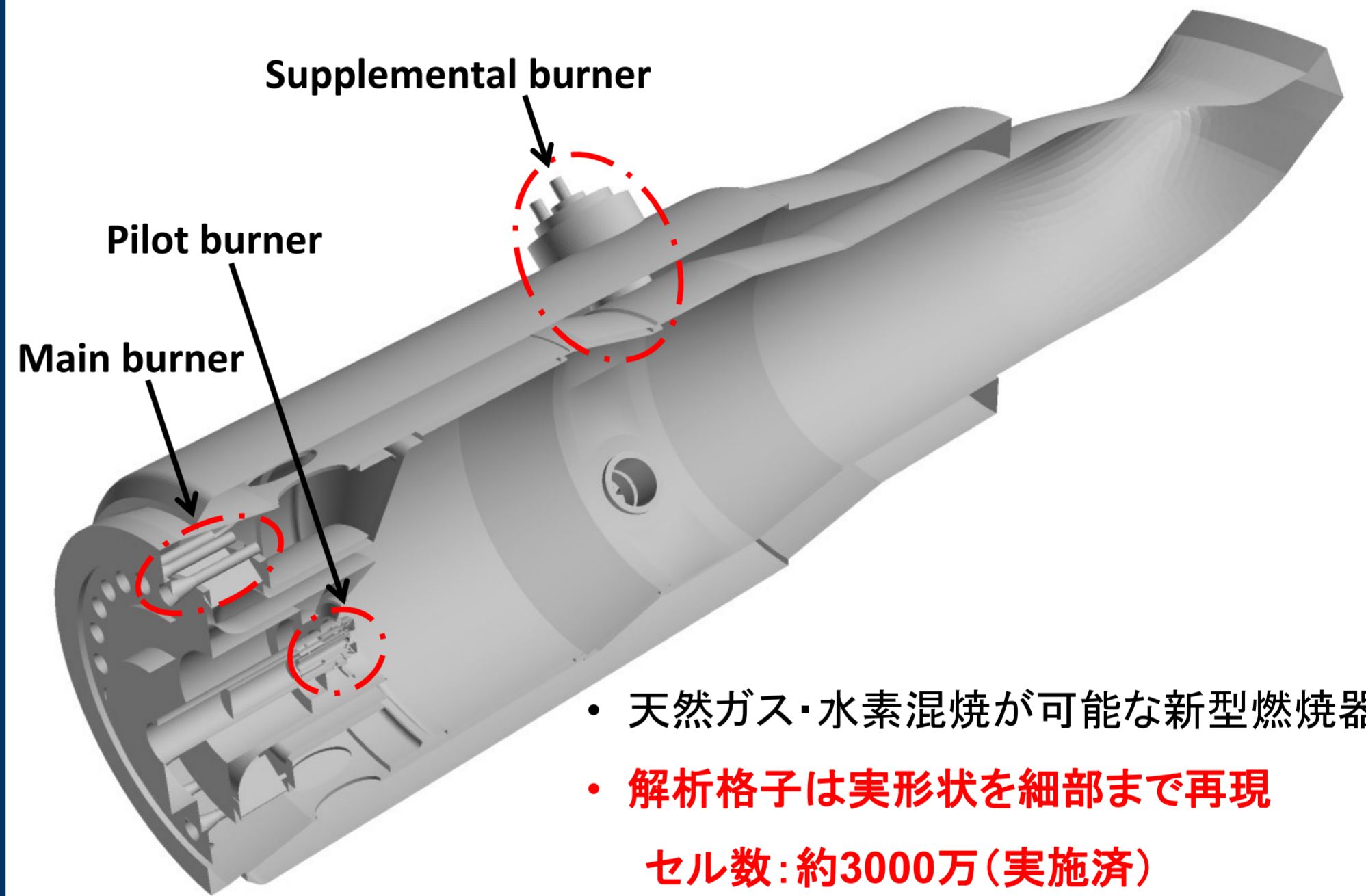
NOx生成速度 $\bar{\omega}_{NO} = \iiint_0^1 \omega_{NO}(G, \xi, Z_c) P(G) P(\xi) P(Z_c) dG d\xi dZ_c$

NOx輸送方程式 $\frac{\partial \bar{\rho} \bar{Y}_{NO}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{\rho} \bar{u}_i \bar{Y}_{NO}}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ \left(\frac{\bar{\mu}}{\sigma} + \frac{\mu_t}{\sigma_t} \right) \frac{\partial \bar{Y}_{NO}}{\partial x_i} \right\} + \bar{\omega}_{NO}$

- LES燃焼計算にはFrontFlow/redによる**非定常解析ソルバ**を用いる
- NOx予測にはOpenFOAMをベースとした**平均場解析ソルバ**を用いる
- Flamelet approachの3つの独立変数について確率密度関数を設定する
- 確率密度関数はベータ関数により近似する

解析対象・条件

【解析対象: L30A-DLE combustor (川崎重工業株式会社)】



- 天然ガス・水素混焼が可能な新型燃焼器
- 解析格子は実形状を細部まで再現
セル数: 約3000万(実施済)
⇒ 数十億(後期「京」PJを申請中)

【解析条件: 各バーナから供給される燃料種】

	Fuel species	
Pilot burner	CH ₄	Supplemental burnerのメタンと水素は別々のノズルから供給され, 燃焼器内で混合する
Main burner	CH ₄	
Supplemental burner	CH ₄ , H ₂	

【解析条件: 各バーナへの出力配分】

- Case 1**: 標準配分
- Case 2**: Supplemental burner配分を増(6%)

- 2つの解析条件で燃焼器全体の出力は等しい
- Main burnerとSupplemental burnerの出力配分が異なる**

今後の予定

- NOx予測をLES燃焼計算と同時連成して実施した場合の解析結果と比較し, 数値解析上での妥当性を検証する
- 実測されたNOx排出量と比較し, 実用上での妥当性を定量的に検証する(目標: 誤差10%以内)**