

ディーゼル燃焼チーム クラスター大学(3) (グループ1)

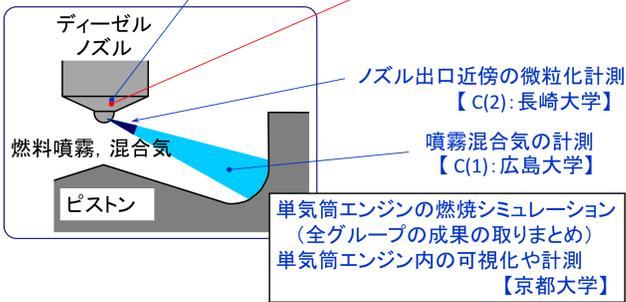
鳥取大学大学院 持続性社会創生科学研究科
小田 哲也, 大澤 克幸, 住 隆博



ノズル内流れ構造に基づく噴霧形成過程のモデリング

研究の目的と位置付け

実ノズル内における針弁挙動, ノズル内キャビテーション気泡, ノズル直後の流動の可視化【C(4):産総研】



CFD, 可視化用拡大ノズルによるノズル内流れのモデリング【C(3):鳥取大学】

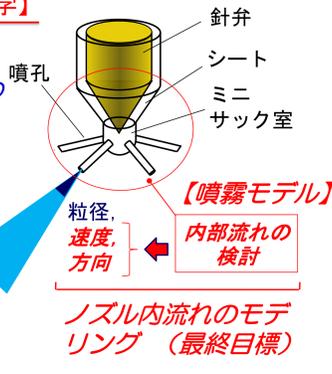
いかに与えるか?

燃焼シミュレーションの初期条件【噴孔出口】
近年の燃料噴射の主な特徴

- 高い圧力で高速度噴射
- 小さな噴孔 (多噴孔)
- 頻繁な短期間の少量噴射を含む

混合気生成の計算 (エンジン燃焼のシミュレーション)

微粒化, 蒸発, 混合



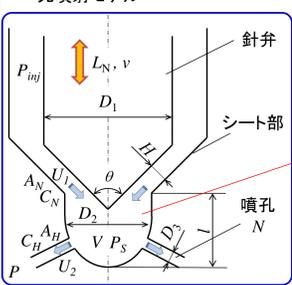
目的と役割

- 他クラスター大学と協力し, 燃料噴射速度と噴射方向を時系列的に与える簡易な噴霧モデルを提案する.
 - ・ 他クラスター大学によるデータを参照: 実際的な多噴孔ノズル内部流動, 針弁挙動, 燃料の噴射速度や噴射方向, 噴射率
- ノズル内の流動挙動を解明し, モデルに必要な流量係数を検討する. さらに, 比較データを取得する.
 - ・ キャビテーションを伴う非定常で複雑な現象
- 提案したモデルを, ディーゼル燃焼のシミュレーションを行うリーダー大学に提供する.
 - ・ 熱効率50%を達成するために不可欠なモデル. 燃焼シミュレーションの燃料噴射パターンを検討するために必要となる

噴霧モデル概略, および評価方法

簡易モデル I

- 圧縮性非定常流れに関する0次元噴射モデル



噴射速度の予測式

$$\frac{dP_{inj}}{dt} = E \frac{A_N U_1 - N \cdot A_H U_2}{V}$$

サック室の流入と流出の差...サック室内圧力の増加

サック室【検査体積】

サック室における流入速度

$$U_1 = C_N \sqrt{\frac{2(P_{inj} - P_s)}{\rho}}$$

サック室における流出速度

$$U_2 = C_H \sqrt{\frac{2(P_s - P)}{\rho}}$$

簡易モデル II

燃料の広がり角の予測式

$$\tan \frac{\theta}{2} = a \sqrt{b \frac{\zeta}{3}} = \sqrt{\beta \frac{\zeta}{3}}$$

仮定

- 噴霧広がり角と噴射速度, 乱流速度の関係
- 総合圧力損失は噴射液体の速度エネルギーに比例
- 乱流エネルギーは噴射液体の速度エネルギーに比例

$$\tan \frac{\theta}{2} = a \frac{U_2'}{U_2}$$

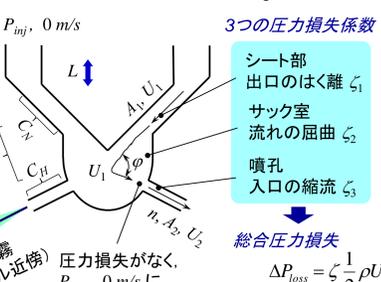
サブモデル

総合圧力損失係数の予測式

$$\zeta = \left(\frac{n \cdot A_2}{A_1} \right) \cdot (\zeta_1 + \zeta_2) + \zeta_3$$

- 仮定
- 非圧縮一次元流
 - 摩擦損失を考慮しない

3つの圧力損失係数



計算に用いる経験式

- 角度 ϕ で変向する屈曲管の圧力損失係数 (ワイズバッハの式**)
- 円錐弁の流量係数* (修正して使用)
- 噴孔の流量係数 (実測による)

圧力損失係数と流量係数

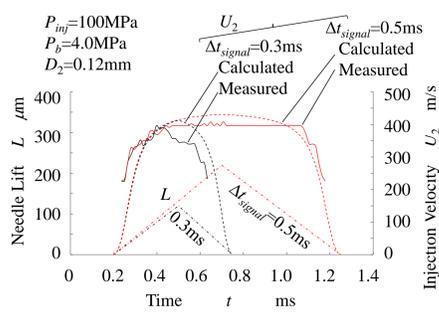
シート部: $\zeta_1 = \frac{1}{C_N^2} - 1$ 噴孔: $\zeta_3 = \frac{1}{C_H^2} - 1$

* Takenaka, T, Journal of the Japan Society of Mechanical Engineers, 66-538: 5 (1963).
** Weisbach, J., Ingenieur-und Maschinen-Mechanic, 1: 1044 (1896).

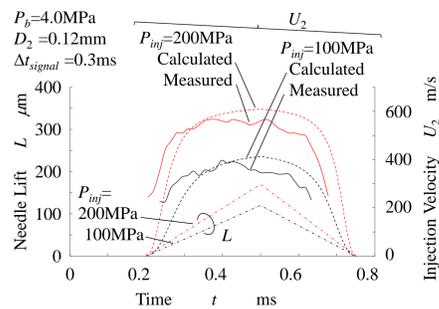
主な成果

簡易モデル I の評価 (実際のノズル*で得た噴射速度と比較)

噴射期間 (最大リフト量, 通電時間) が噴射速度に及ぼす影響



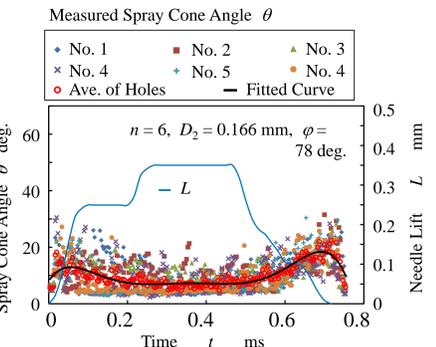
噴射圧力が噴射速度に及ぼす影響



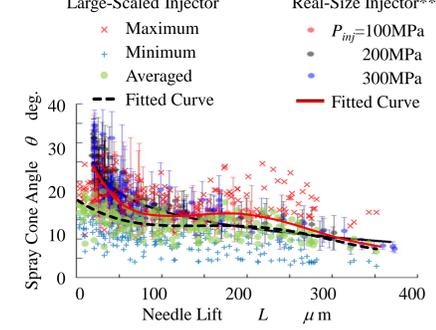
簡易モデル I によって燃料の噴射速度の時間履歴を精度よく与えることができる.

簡易モデル II の評価 (燃料の広がり角の比較)

拡大ノズル模型との比較 (燃料の広がり角の時間履歴)



実際のノズル**, および拡大ノズル模型との比較 (針弁リフトが噴霧の広がり角におよぼす影響)



簡易モデル II, およびサブモデルによって燃料の広がり角の時間履歴を精度よく与えることができる.

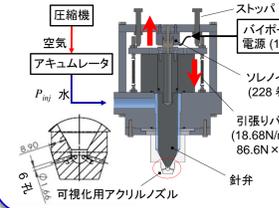
予測結果 燃料の噴射速度 $U_2(t)$, 燃料の広がり角 $\theta(t)$

比較

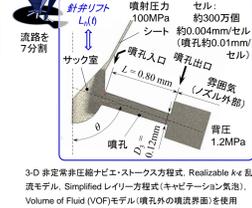
噴霧モデルの評価方法

	噴射速度 U_2	広がり角 θ
噴射率計 (クラスター大学(1) 広島大)	○	
L2F法 (クラスター大学(2) 長崎大)	○	
X線ラジオグラフ (クラスター大学(4) 産総研)	○	○
ノズル内流れの非定常CFD解析 (当クラスター大学)	○	
針弁昇降機能付き拡大模型 (当クラスター大学)		○

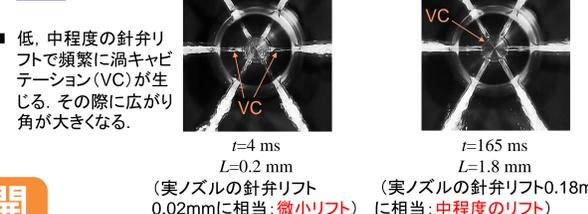
針弁昇降機能付き拡大ノズル模型 (10倍モデル)



非定常CFD解析



針弁昇降機能付き拡大ノズル模型で得た高速ビデオ画像



まとめ

- 多噴孔ディーゼルノズルの針弁リフトに応じて変化する燃料の噴射速度と広がり角を与えるのに必要となる噴霧モデルを提案した. この点でチームに貢献した. 噴霧モデルは, ノズル内の流れを理論的観点から導出した簡単な予測式で構成される.
- 噴霧モデルに組み込まれている流量係数を得るための実験を実施した.
- 噴霧モデルによって求めた燃料の噴射速度と広がり角を, 当クラスター大学や他クラスター大学の実験結果やCFD解析の結果と比較した. その結果, 噴射挙動を精度よく表現できることが明らかになった. この点で噴霧モデルは汎用的で有用である.
- 針弁リフトが小さい場合, 燃料の広がり角が大きくなる. この際には高頻度で渦キャビテーションが発生する. 中程度の針弁リフト (150 μ m ~ 200 μ m程度) においても広がり角が大きくなることもある. この際にも頻りに渦キャビテーションが発生する.

今後の展開

- 開弁直後や閉弁前後の噴射, および噴射期間が極端に短い場合の噴射予測ができるように噴霧モデルを改良する.
- シート部の流量係数, およびサック室内における燃料の屈曲で生じる圧力損失係数を検討し, 予測精度を向上させる.
- ディーゼル燃料の噴射挙動の解明するために, 昇降機能付き拡大ノズル模型による実験を継続する. 特に, 渦キャビテーションの発生メカニズムを解明する.