

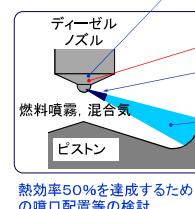
ディーゼル燃焼チーム クラスター大学(3) (グループ1)

鳥取大学大学院 工学研究科
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

研究の背景

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ルリング【C(3):鳥取大学】

ノズル出口近傍の微粒化計測【C(2):長崎大学】

噴霧混合気の計測【C(1):広島大学】

単気筒エンジンの燃焼シミュレーション【全グループの成果の取りまとめ】

単気筒エンジン内の可視化や計測【京都大学】

熱効率50%を達成するための噴口配置等の検討

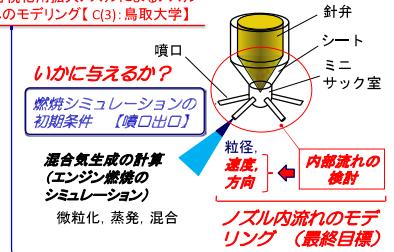
いかに与えるか?

燃焼シミュレーションの初期条件【噴口出口】

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

ノズル内流れのモデルリング【最終目標】



近年の燃料噴射の主な特徴

- 高圧で燃料を高速度噴射 [1000気圧程度以上]

- 小さなノズル内流れ【例えば噴口径0.1mm程度】

- 1回転当たりの燃料噴射を細かく、短時間で制御【低リフト・小量噴射を含む】

- バイロット噴射 メイン噴射 アフターパス噴射 ポスト噴射 時間

ノズル内流れをモデル化する上の課題

- 発泡現象(キャビテーション)と圧縮性

- 強い非定常性

- 低リフト時の噴射不安定性、針弁の微小な横方向の変位(偏心)。



左: VCO/ノズルによる噴霧(Brenner, G., Koyanagi, K., and Maly, R. R., COMODIA 98, 1998, p.480). 中: Soc/スバルによる噴霧(林, 鮎4名, 自然会論文集, 43-6, 2012, pp.1251-1256.) 右: VCO/スバルの拡大模型による噴霧(当該講演者ら)

研究目的:

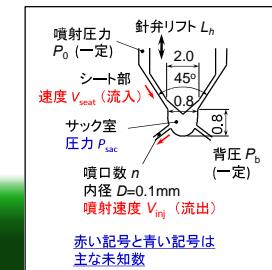
- I 噴射過程をモデル化し、低リフト時における噴射非定常性を明らかにする。
- II 定常流体解析し、ノズル形状が低リフト時における流れの構造や噴射特性に及ぼす影響を解明する。
- III ノズルの可視化拡大模型を用いて液体を定常噴射し、低リフト時における針弁の偏心がノズル内のキャビテーション気泡と噴射特性に及ぼす影響を明らかにする。
- IV 噴射圧力がノズル内で生じるキャビテーション気泡に及ぼす影響を明らかにする。

期待される成果:

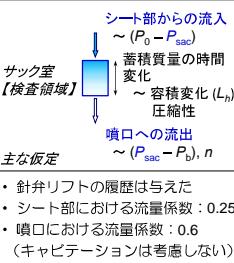
- I 噴射過程をモデル化して得られる簡単非定常一次元モデルは燃焼シミュレーションに簡単に組み込む。さらに、当該研究で得られる知見や他のグループが得た知見を統合すると、簡易非定常一次元モデルの精度が向上し、有力な設計ツールになる。
- II 低リフト、微小噴射時におけるノズル内流れの構造や、キャビテーションなどの形成と噴霧の関係を明確にし、噴射弁の設計指針が得られるようになる。

I. 低リフト時における非定常噴射挙動の解析

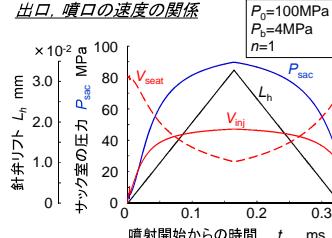
実験のノズル内形状



簡単非定常一次元モデル (サック室の流入と流出を差引)



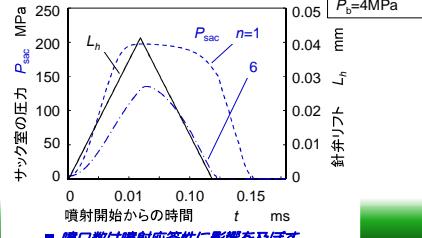
サック室内圧力と、シート部出口、噴口の速度の関係



今後の予定:

1. 針弁リフト与え方について検討する。

噴口数がサック室内圧力に及ぼす影響

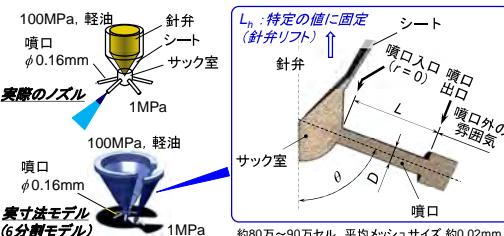


2. 流量係数の与え方について検討する。

3. 噴口において噴射方向を与えるモデルの検討を開始する。

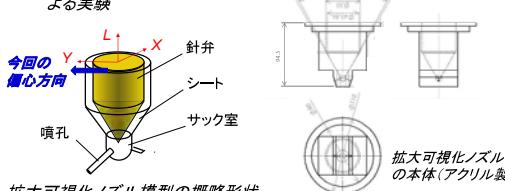
II. 定常流体解析によるノズルの設計因子の検討

汎用ソフト STAR-CCM+ Ver.9.06.011 によるノズル内流れの計算



III. 針弁の偏心が噴射特性に及ぼす影響についての検討

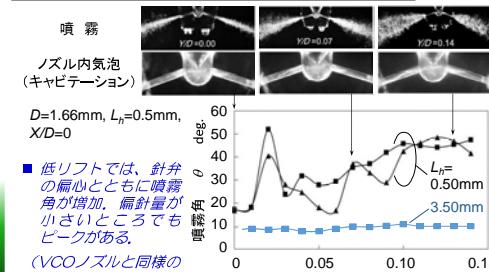
ディーゼルノズルの拡大模型による実験



拡大可視化ノズル模型の概略形状

- 実際のノズルの約10倍の寸法、模擬燃料の水を常温大気圧下で定常噴射。
- レイノルズの相似則によって噴射圧力を決定。
- 針弁リフトと偏心量は、空間分機能能が10mの3-D微動装置で調整。

偏心量が噴霧角と噴口内キャビテーションに及ぼす影響

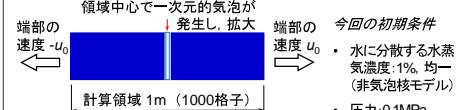


今後の予定:

1. 偏心量の調節精度が悪いのを改善し、偏心量がキャビテーション気泡や流量係数に及ぼす影響を明らかにする。
2. 針弁降機構付の拡大模型を作製し、可視化実験を開始する。

IV. 圧縮性流体解析ソフトの開発、および数値計算

キャビテーション気泡発生に関する理論的モデルの検討



相平衡 = 機械的平衡 ⊕ 热的平衡 ⊕ 质量的平衡

$$\textcircled{1} P_1 = P_2 \quad \textcircled{2} T_1 = T_2 \quad \textcircled{3} g_1 = g_2$$

手法: 3つの平衡条件を満足させるため、附加項(対応する色の項)を追加して計算

$$\frac{\partial z_1}{\partial t} + \nabla \cdot (z_1 \rho_1 u) = -v(g_1 - g_2)$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \nabla \cdot (\mu \rho u) + (z_1 \rho_1 + z_2 \rho_2) \dot{u} = 0$$

$$\frac{\partial z_1 \rho_1 c_p}{\partial t} + \nabla \cdot (z_1 \rho_1 c_p e_1 + z_2 \rho_2 c_p e_2) + [y_1(P(z_1 \rho_1) - y_2 P(z_2 \rho_2)) - v_e(g_1 - g_2)] \cdot u = -\mu(P_1 - P_2) - \alpha(T_1 - T_2) - v_e(g_1 - g_2)$$

$$\frac{\partial z_1}{\partial t} + u \cdot \nabla z_1 = \mu(P_1 - P_2) - \frac{v}{\rho_1}(g_1 - g_2)$$

質量保存式

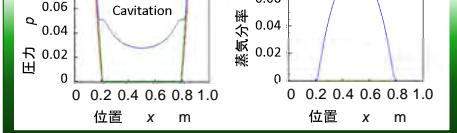
運動量保存式

エネルギー保存式

体積分率輸送方程式

例) 計算領域端部の速度を $U_0 = \pm 500 \text{ m/s}$ として計算 (下記は0.585後の結果)

3つの平衡条件を満足させると妥当な結果が得られた。



今後の予定:

1. 2次元形状を持つ单一噴孔ノズル内において生成されるキャビテーション気泡1個の挙動を計算できるようにする。

今後の予定:

1. 今回と同様の定常解析によって、他設計因子(噴口長さ、噴口入口の曲率半径など)の影響を検討する。
2. 非定常解析を開始し、計算要領を検討する。