

1. 研究背景および目的

内燃機関の燃料挙動は機関性能に重要な影響を及ぼす。特に筒内直接噴射方式では燃料噴霧の特性が混合気形成に関わる最たる因子であり、その把握が求められている。近年では噴霧微粒化に対してノズル内の流動やそこに生じるキャビテーション現象の影響を考慮すべきとの指摘も多く^{(1),(2)}、これらを考慮した数値モデルもまた提案されている⁽³⁾⁻⁽⁵⁾。しかしながら、いずれもノズル内の状況を初期条件として簡易的に考慮するものであり、実験結果と比較・検証する際には定数変更によるフィッティングは免れない。すなわち、あらゆる条件に対して定数の変更なしに燃料噴霧を予測し得る数値モデルは未だ構築されていない。このことは、キャビテーション現象が噴霧微粒化に及ぼす影響が詳細に把握されていないことに起因する。

そこで、本研究では特に直接噴射式ガソリンインジェクタを対象に、種々のノズル仕様・噴射条件に対する噴霧特性を予測するため、噴孔内部に生じるキャビテーション気泡の挙動を考慮に入れた計算手法の開発に取り組んでいる。

2. 昨年までの研究

2.1 汎用熱流体解析ソフトによるノズル内流動状況の解析(Fig.1-3)

急縮小部へと高速液体が流入する際には圧力低下を伴い、その結果としてキャビテーション現象が発生する。しかしながら、簡易的な連続の式ならびに Bernoulli 式による圧力場の算定を行なえば、噴孔入口部における圧力を過小に評価することが懸念される。そこで、キャビテーションを伴う流れにおける圧力場の定性的な傾向を汎用熱流体解析ソフト Star-CD により検証した。以下に得られた知見を示す。

- (1) 噴射圧力を増加させるとキャビテーション領域は噴孔出口近傍まで成長し、負圧領域も下流方向へと進展する。
- (2) 噴孔内圧力分布はキャビテーション領域と密接な関係があり、噴射圧力や飽和蒸気圧といったキ

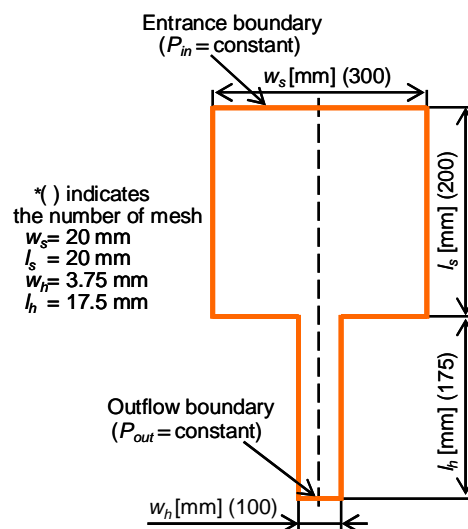


Fig.1. Computational grid

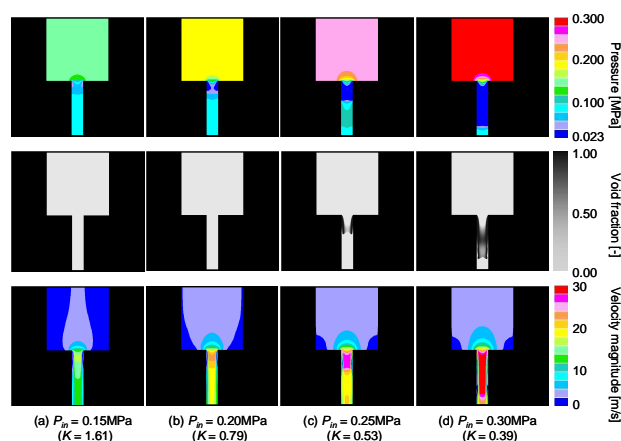


Fig.2. Distributions of pressure, void fraction and velocity magnitude for each P_{in}

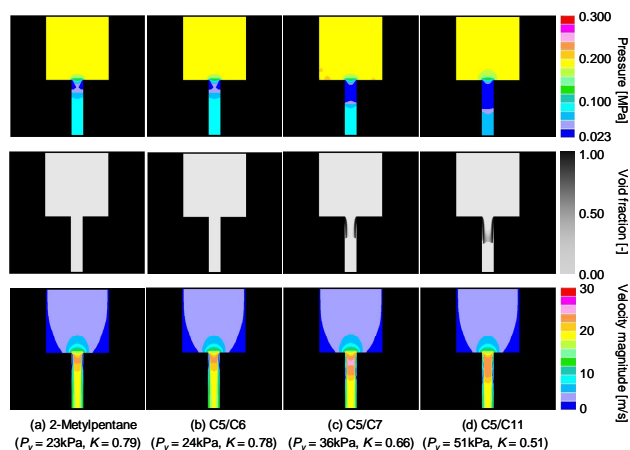


Fig.3. Distributions of pressure, void fraction and velocity magnitude for each P_v

キャビテーション数に寄与する因子の差異による特異な変化は見られない。

- (3) 本計算手法はノズル内キャビテーションおよび圧力場に関する定性的な傾向を再現する。

2.2 キャビテーション現象を伴うノズル内流れの簡易的計算手法の構築(Fig.4-5, Table 1)

2.1 の結果に基づいて多様な噴射条件に対する噴霧特性を予測するため、キャビテーション現象を考慮に入れた計算手法の構築を目的とする。本報では、キャビテーションモデルについて概説し、実験的に得られた圧力履歴をもとに、気泡挙動を簡易的に再現することを試みた。以下に得られた知見を示す。

- (1) 本モデルは気泡半径の変化に関する定性的な特徴を記述する。
- (2) 気泡の成長速度が大きくなるほど、初期気泡半径が気泡の成長・収縮過程および崩壊位置に及ぼす影響は小さくなる。

参考文献

- (1) 玉木伸茂, 西田恵哉, 清水正則, 廣安博之, ノズル内噴孔内のキャビテーションが液体噴流の微粒化に及ぼす影響, 日本機械学会論文集 B 編, 63(614), pp.3447-3454, (1997).
- (2) 大黒正敏, 古館仁, 稲村隆夫, ノズル内キャビテーションが液体分裂機構に及ぼす影響(第3報, 2D ノズル内の圧力変動), 日本機械学会論文集 B 編, 71(703), pp.811-816, (2005).
- (3) Arcoumanis, C., Gavaises, M., Linking the Nozzle Flow with Spray Characteristics in a Diesel Fuel Injection System, Atomization and Sprays, Vol.8, pp.179-197, (1998).
- (4) Nishimura, A. and Assanis, D. N., A Model for Primary Diesel Atomization Based on Cavitation Bubble Collapse Energy, Proc. ICLASS-2000, pp.1249-1256, (2000).
- (5) Baumgarten, C., Shi, Y., Bush, R. and Merker, G. P., Numerical and Experimental Investigations of Cavitation Flow in High Pressure Diesel Nozzles, ICLASS-Europe, (2001).

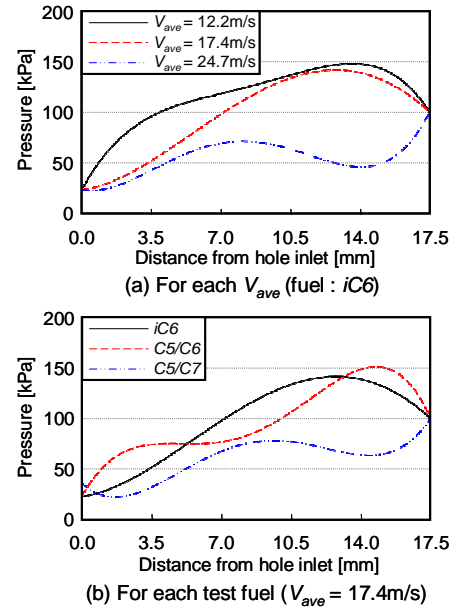


Fig. 4. Pressure distribution used for calculation.

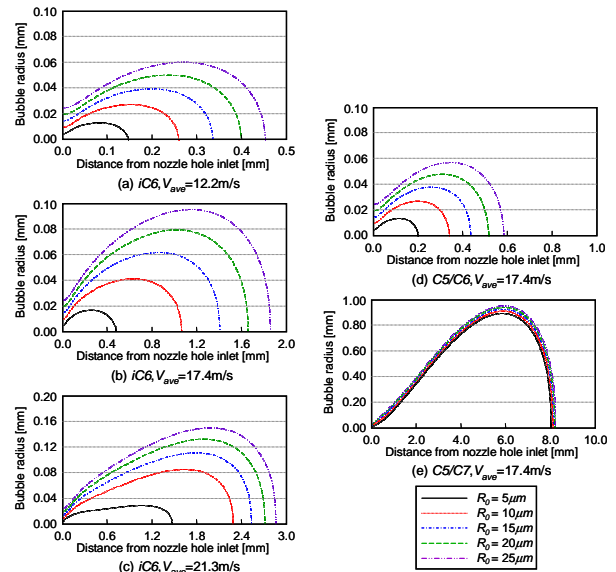


Fig.5. Effect of initial bubble radius on growth and shrinkage processes of cavitation bubbles.

Table 1. Test fuel properties.

Fuel		iC6	C5/C6	C5/C7
Component		2-Methylpentane	n-C ₅ H ₁₂ /n-C ₆ H ₁₄	n-C ₅ H ₁₂ /n-C ₇ H ₁₆
Mixture ratio (mole fraction)		-	2:8	6:4
Density	ρ [kg/m ³]	6.5×10^2	6.6×10^2	6.5×10^2
Viscosity	μ [Pa·s]	3.0×10^{-4}	2.9×10^{-4}	2.9×10^{-4}
Surface tension	σ [N/m]	1.8×10^{-2}	1.8×10^{-2}	1.8×10^{-2}
Saturated vapor pressure	P_v [Pa]	2.3×10^4	2.4×10^4	3.6×10^4

P_v : at bubble point