Simulation of Combustion in a Spark Ignition Engine Using Hybrid Fractal Flame Model

学 ○中山 孝之 (立命館大院)

正 西脇 一宇 (立命館大)

Takayuki NAKAYAMA, Graduate School of Ritsumeikan University, Nojihigashi 1-1-1, Kusatsu, Shiga

Kazuie NISHIWAKI, Ritsumeikan University

1 緒 言

火花点火エンジンの燃焼シミュレーションにおいて乱流予混合伝ば火炎について様々なタイプの燃焼モデルが提案されているが未だ不十分な点が多い。本研究では, Hybrid Fractal Flame Model¹⁾ (以下 HFFM) を用い計算を行い, 実験結果と比較した。

2 燃焼モデル

HFFM は, 層流火炎素片モデルと乱流散逸燃焼モデルを合成したモデルで, 燃焼率 ω は乱流の燃焼率 ω_T と層流の燃焼率 ω_L から求め, 次式で示される。

$$\omega = C_R \{ \omega_T \gamma_K + \omega_L (1 - \gamma_K) \} \quad (1)$$

$$\omega_T = \rho_u c (1 - c) / \tau_K \quad (2), \quad \omega_L = \rho_u S_T |\nabla c| \quad (3)$$

$$\gamma_K = (l_K / l)^{3-D_T} \quad (4)$$

ここで, C_R はモデル定数, γ_K は Kolmogorov 渦の体積割合, τ_K は Kolmogorov 渦の時定数, ρ_u は未燃ガス密度, c は反応進行度, S_T は乱流燃焼速度, D_T はフラクタル次元である。 S_T には, 鈴木ら²⁾の開発した Fractal Dimension Growth Model (以下 FDGM) を適用した。

3 計算対象エンジンおよび解法

計算対象エンジンは, クボタガスエンジン EA-11-NB をベースに燃焼室の形状をディスク型に改修し, 中心点火に改造した単気筒火花点火エンジンである。圧縮比 7.9, 燃料にはレギュラーガソリンを用いた。

計算は軸対称円筒座標系で, 質量, 運動量, 乱れエネルギーとその散逸率, 格子平均エンタルピ, 未燃エンタルピおよび反応進行度の保存式を解いた。回転速度は 1000rpm, 1500rpm, 1800rpm で, それぞれ当量比 0.985, 1.040, 1.046, 点火時期 13° BTDC, 14° BTDC, 20° BTDC である。

4 計算結果および考察

HFFM および FDGM, Weller のモデルによるシリンダ内圧力および熱発生率を実験結果とともに図 1(a)から(c)に示す。いずれのモデルについても, 1000rpm において実験結果に合うようにモデル定数 C_R を調節した。HFFM は 1500rpm, 1800rpm においても実験結果とよく一致しているが, 他のモデルでは回転速度が大きくなるほど燃焼が遅れており, 実測圧力との差が大きくなることがわかる。HFFM の特徴は, 乱流散逸燃焼が加わっていることで, 式(5)で示す乱流散逸燃焼の全熱発生率に対する割合 $R_{\omega T}$ および γ_K の各回転速度における時間変化を図 2 に示す。図 2 より, $R_{\omega T}$ が回転速度の増加とともに大きくなることがわかる。これにより, HFFM は回転速度の変化に対しても実測値に近い結果を得ることができると考えられる。

$$R_{\omega T} = \omega_T \gamma_K / \{ \omega_T \gamma_K + \omega_L (1 - \gamma_K) \} \quad (5)$$

5 まとめ

火花点火エンジンの燃焼過程を, HFFM を用いてシミュレ

ーション, 実験結果と比較検討した。回転速度変化の条件に対して, 燃焼過程を表現できることがわかった。

Fig. 1 Comparison of computed pressure and rate of heat release with measured ones for (a) 1000rpm, (b) 1500rpm and (c) 1800rpm

Fig. 2 Contribution of turbulent dissipation flamelet

参考文献

- (1) Nishiwaki, K., *Proc. COMODIA 98*, pp. 35-44, 1998.
- (2) Suzuki, K., *SAE Paper 2004-01-1993*, 2004.