

高温・高圧閉空間内におけるスプレー燃焼の数値シミュレーション

Numerical Simulation of Spray Combustion in High Pressure, High Temperature Chamber

岩田 将則 (青学大院) 157-8572 東京都世田谷区千歳台 6-16-1 E-Mail : iwata@cow.me.aoyama.ac.jp
 林 光一 (青学大) 157-8572 東京都世田谷区千歳台 6-16-1 E-Mail : hayashi@cc.me.aoyama.ac.jp
 鶴島 理史 (新.A.C.E) 305-0822 茨城県つくば市私荻間 2530 (財)日本自動車研究所内

Spray Combustion in the closed space is so complex phenomenon because of very difficult controlling mix with air in the closed domain and combustion of liquid fuel. Until today investigates of spray combustion has been done. Numerical simulation is one of the effective methods of researching spray combustion. Subject of this study is development of basical Numerical simulation program of spray combustion cooperating with the company New A.C.E for buck up of experiment of spray combustion applied for Diesel engine, gas turbine and Liquid fuel rocket engine

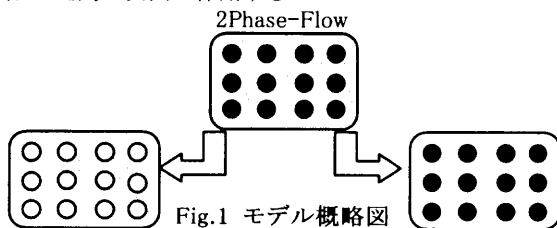
1. 研究概要

燃焼場に直接に液体燃料を填入し、密閉容器内部の空気と混合させて自己着火現象を発生させるスプレー燃焼は、排出する有害物質が比較的少ないことから環境に対して有効な燃焼方法であり近年ガスタービンや液体ロケット、ディーゼルエンジンなど盛んに使われるようになった。しかしスプレー燃焼を制御することは非常に困難であってそのための研究は今日までに盛んにおこなわれ、数値シミュレーションもその中の1つである。

本研究ではディーゼルエンジン内部の燃焼室でおこなわれている噴霧燃焼(圧縮行程による内部流体の対流は無視)を、液体燃料と気体の2流体数値シミュレーションを使用し、現在の可視化システムでは観察できない高温、高圧空間内での液体燃料の噴霧から自己着火、火炎伝播等の燃焼システムの再現を試みた。数値解析については、気相にNavie-Stokes方程式、液体は非粘性 Euler 方程式を適用した。

2. 数値計算のモデリング

1. 計算に使用する解析モデルは2次元の流れ場とする。
2. 気-液2相流とし液体は非粘性として扱う。
3. 液体粒子群を連続体と扱い、気相と液相の量層について質量、運動量、エネルギー保存式を導出する。
4. 流れ場の各微小空間において、気相と液相のそれぞれが速度と温度を持つ。
5. 液相種はn-ヘキサンのみで気相種は主流中のN₂, O₂, H₂O, CO₂ 気体は半完全気体であるとする。即ち比熱は温度の多項式で表されるが、状態方程式には理想気体を用いる。
6. 液体粒子は球形で、表面は滑らかであり変形や分裂はされない。また液体粒子内部の物性値の分布は一定とする。
7. 蒸発は“d²の法則”に従い、フィルム理論を適用する。[1]
7. Bulk viscosity, Soret 効果, Dufour 効果と圧力拡散は無視し、重力も考慮しないものとする。
8. 化学反応は気体中のみで起こり、2step reaction に従う。圧力は気相、液相の体積分率に比例して、両相から成る微小空間の表面に作用する。



3. 支配方程式

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} = \frac{\partial F_v}{\partial x} + \frac{\partial G_v}{\partial y} + H + P + I$$

式中の U, F, G, F_v, G_v, H, P, I はそれぞれ保存量ベクトル, 対流項, 粘性項, 相互干渉項, 生成項, Porosity 項[2]である。

対流項には non-MUSCL modified flux type TVD-scheme[3] [?]を適用, 粘性項に2次精度中心差分, 相互干渉項と生成項は Crank-Nicholson type の陽解法を適用した。

5. 数値解析領域と初期条件

数値解析に用いた計算領域はx方向 196, y方向 28, 幅98mm, 高さ28mmのディーゼルエンジンの燃焼室を想定した。格子幅 0.5 mmのスタッガード格子を用いた Fig.2.

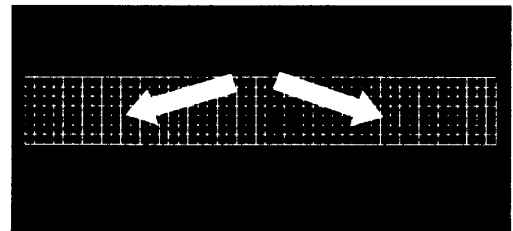


Fig.2 2次元計算格子

速度	257m/s
噴射角度	12.5°
温度	293K

Table.1 填入燃料条件

温度	850K
圧力	1.05MPa
N ₂ /O ₂	3.762

Table.2 容器内初期条件

6. 計算結果

Fig3 に、温度分布図を示す。



参考文献

1. 吉田邦夫, “油燃焼の理論と実際”, (財)省エネルギーセンター
2. Keneth Kuan-yun Kuo “Principles of Combustion A Wiley-Interscience Publication”
4. Yee, H.C., “Upwind and Symmetric Shock Capturing Schemes”, NASA TM89464, 1987
4. 藤井 考蔵, “流体力学の数値計算法”, 東京大学出版