

(東北大院工) ○(学)鎌田 美志・(学)新山 智史・(正)庄子 正和
(正)松下 洋介・(正)青木 秀之*・(正)三浦 隆利

1. 緒言 噴霧燃焼の数値解析において噴霧液滴の蒸発を計算する際、ふく射伝熱の影響を加味するためには液滴に入射するふく射熱流束を算出する必要がある。ふく射輸送方程式を計算するために、Discrete Ordinates Method(DOM) や Discrete Transfer Method(DTM), P_N Method などがよく用いられるため、本研究では各ふく射モデルによる入射ふく射熱流束(G)の計算結果を比較・検討した。

2. ふく射モデルの検証

2.1 解析対象 Fig. 1 に解析対象を示す。矩形容器内は吸収・放射性物質で一様に満たされており、散乱はないものとする。この系はふく射平衡と仮定されており、ふく射モデルの検証問題に数多く引用される。今回は Truelove が Zone Method により計算した結果¹⁾をベンチマークとした。

2.2 解析方法 計算格子の分割数は $(x, y, z) = (25, 25, 25)$ とし、立体角の分割法として DOM には S8 を用い、DTM では分割数を $(\theta, \phi) = (8, 8)$ とした。各格子における温度を DOM では式(1)により、DTM では式(2)により算出した。

$$\nabla \cdot q = Q = \kappa(4\pi I_b - G), I_b = \sigma T^4 / \pi \quad (1)$$

$$(T^4)^{\text{new}} = (T^4)^{\text{old}} + (Q''' - \frac{S_n}{V_n}) \frac{1}{4\kappa\sigma} \quad (2)$$

また各格子における G を DOM では式(3)より算出し、DTM では 2 通りの方法で算出した。式(1)から算出する方法を DTM1 とし、式(4)から算出する Henson and Malalasekera²⁾の方法を DTM2 とする。

$$G = \sum w_i I_i \quad (3)$$

$$G \approx 4\pi \sum I_i \Delta\Omega / \sum \Delta\Omega \quad (4)$$

3 結果と考察 Fig. 2 に、 $y=1$ m における温度分布を示す。DOM, DTM 共に Zone Method の結果と良好に一致しており、ふく射伝熱を精度良く計算できている。Fig. 3 に、 $y=1$ m における G の分布を示す。Zone Method による計算結果はないが、式(1)から明らかのように DOM および DTM1 の誤差は、温度の計算誤差の 4 乗と同程度であると考えられる。しかしながら、DTM1 の算出方法では吸収係数が分母にあるため、吸収係数の予測精度に大きく左右される。特にふく射吸収ガスの濃度が低い系では、吸収係数の計算誤差が大きくなるものと考えられるため、噴霧燃焼解析における検証が必要である。DTM2 の計算は近似であるため、異方性が強くなる壁面近傍において DOM や DTM1 との差異が大きくなっている。

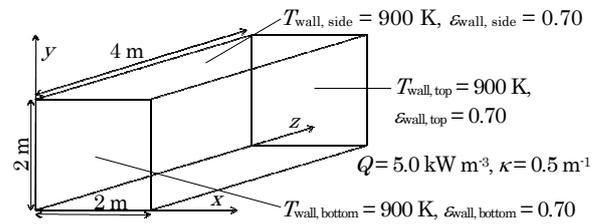


Fig. 1 Schematic of the physical model

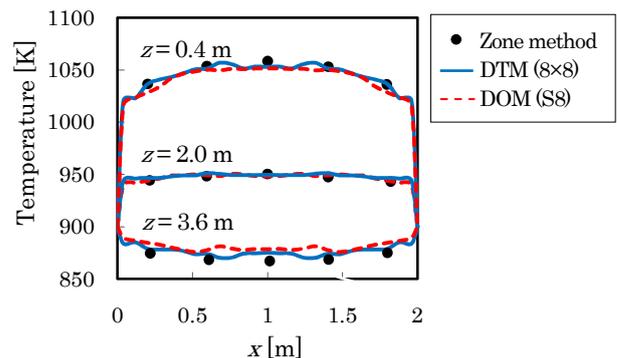


Fig. 2 Distributions of temperature ($y = 1$ m)

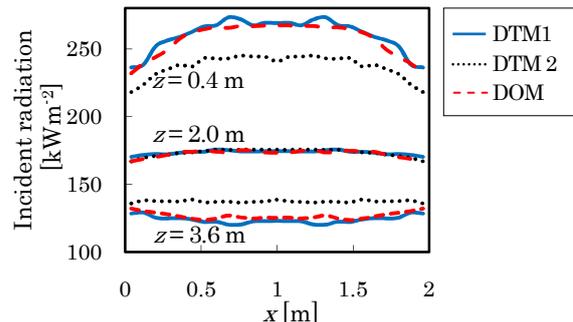


Fig. 3 Distributions of incident radiation ($y = 1$ m)

記号

G : incident radiation [kW m^{-2}], I : radiation intensity [$\text{kW m}^{-2} \text{sr}^{-1}$], Q : volumetric heat source [kW m^{-3}], $\nabla \cdot q$: divergence of the radiative heat flux [kW m^{-3}], S : radiative source term [kW m^{-3}], T : temperature [K], V : volume [m^3], w : quadrature weights [-], ε : emissivity [-], ϕ : azimuthal angle [rad.], κ : absorption coefficient [m^{-1}], θ : polar angle [rad.], σ : Stefan-Boltzmann constant [kW m^{-2}], Ω : solid angle [sr], Subscript: b: black body, i: direction number of radiation, n: n-th control volume

参考文献

- [1] J. S. Truelove, *J. Quantitative Spectroscopy Radiative Trans.*, **39**, 27-31 (1988)
- [2] J. C. Henson, W. M. G. Malalasekera, *Numerical Heat Trans.*, **32**, 19-36 (1997)

*E-mail: aoki@tranpo.che.tohoku.ac.jp