

火災空間における垂直温度分布の予測モデル

多層ゾーン煙流動予測モデルの開発 その1

PREDICTION MODEL FOR VERTICAL GAS TEMPERATURE DISTRIBUTION
IN SPACES INVOLVED IN FIRE

Development of multi-layer-zone smoke movement model Part 1

鈴木圭一*, 田中哮義**, 原田和典***, 吉田治典****

Keichi SUZUKI, Takeyoshi TANAKA, Kazunori HARADA
and Harunori YOSHIDA

A multi-layer-zone smoke movement simulation model was developed. The model can predict the vertical distributions of the temperature and the gas concentrations in a building with multiple compartments. The basic concept of this model is to divide the volume of a compartment into an arbitrary number of horizontal layers, in which the temperature and other physical properties are assumed to be uniform. Considering mass and enthalpy flow rates through the layer interfaces and openings and heat transfer rates for each layer, zone equations for the temperature and the species mass fractions are derived. Some results of the sample calculations are demonstrated. It is considered that the model can be a practical tool to predict the behavior of fire for designing building.

Keywords: Zone model, vertical temperature gradient, door jet plume, fire plume, smoke movement, compartment fire

ゾーンモデル、垂直温度分布、開口ブルーム、火災ブルーム、煙流動、区画火災

1. 研究の背景

火災時の建物内温度場予測手法については、従来から数多くの研究が発表されている。とくに2層ゾーンモデル^{1,2)}は簡易性と複数の火災実験との良好な検証結果から、設計時の安全性能検証で標準的なツールとして用いられている。このモデルは計算領域を水平な境界面により高温層と低温層の2つに分割し、それぞれの層内は温度や化学種濃度が一樣という仮定を用いて、体積や温度、化学種濃度を予測する。火源から発生する熱量や燃焼ガス、低温層の気体が火災ブルームに連行され、高温層に輸送される。比較的小さく閉鎖的な空間内の火災（区画火災など）では、高温層の温度などがほぼ一樣になることが知られており、大きな矛盾なく適用できる。一方、アトリウムなどの大空間や、火災室と隣接する空間では、高温層内部で鉛直方向の温度勾配が大きくなるが、このモデルでは詳細な分布の予測を求めることができない。

また数値流体解析モデル（CFD）は、ハードウェアの飛躍的な速度向上などにより火災分野でも注目されつつある。しかしこの分野では温度変化や密度変化が大きいため、多大な格子分割数や困難な設定が要求され、膨大な計算時間や高い技術が必要となる。そのため現状では研究目的や特殊な空間などへの適用にとどまっており、設計実務用のシミュレーションモデルとしては、実用段階にない。

一方、本論文で述べる「多層ゾーン煙流動予測モデル（以下、MLZモデル）」は、空間内の気体温度や化学種濃度の詳細な垂直分布などが予測可能なシミュレーションモデルである。水平方向の温度変化は垂直方向に比べ小さく、無視する。なお廊下などアスペクト比が大きい空間は、必要に応じて水平方向温度分布が均一と考えられる程度に分割すればよい。したがって本モデルでは、計算領域を固定された水平な境界面により多数の層に分割し、それぞれの層の内部では気体温度や化学種濃度が一樣であると仮定する。本モデルは、計算時間およびデータ入力の点で2層ゾーンモデルとほぼ同程度の軽快性を確保しており、火災安全設計実務のための次世代ツールとして有望であると考えられる。

本モデルと同様に計算領域を多層に水平分割し、温度場を予測するモデルとして、冷暖房時の温度分布を対象とした既往研究がある^{3,5)}。これらとの違いとして、本研究では複数室の非定常予測が可能で、温度差の大きい火災空間を対象とするため、高温時に影響が大きい気体間の放射伝熱をガス濃度による吸収率の変化を考慮してモデル化したこと、火源や開口噴流がつくるブルームの連行の影響をモデル化したことなどが特徴として挙げられる。

また本研究に関する既報として、区画火災の定常解析⁶⁾、複数室での非定常解析⁷⁾、ならびにチューブ状空間における定常解析⁸⁾が

* 清水建設技術研究所 研究員・工修

** 京都大学防災研究所 教授・工博

*** 京都大学大学院工学研究科建築学専攻 助教授・工博

**** 京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻 教授・工博

Institute of Technology, Shimizu Corporation, M. Eng.

Prof., Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Dr. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Graduate School of Eng., Kyoto University, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Urban and Environmental Eng., Graduate School of Eng., Kyoto University, Dr. Eng.