

# 火災旋風に及ぼす建物の効果

村本 典子 (指導教官:河村 哲也)

## 1 はじめに

1923年の関東大震災直後に発生した火災旋風で本所被服廠跡地に非難していた約3万8千の方々が命を落とした。火災旋風とは広範囲で火災が起こったときに発生する炎を伴った竜巻のことで、大震災後などに発生しやすい。今後起こるといわれている南関東直下地震の際にも発生するのではないかとされている。

そこで本研究では、関東地方に高層ビルが多いことに着目し、大規模な火災現場近隣における高層ビルの有無、また、ビルの配置で火災旋風にどのような影響を及ぼすか数値シミュレーションを用いて比較検討することを目指した。

## 2 モデル化

本研究ではxy平面を地表面、z方面を高さとした2km×2km×10kmを計算領域とした。その底の中心部に東京ドーム程度(約216m×216m)の熱源を設置し、領域内と熱源の温度差を25℃に設定した。その周りに40階建て相当の高層ビル(約22m×22m×150m)を設置する。[Fig.1]

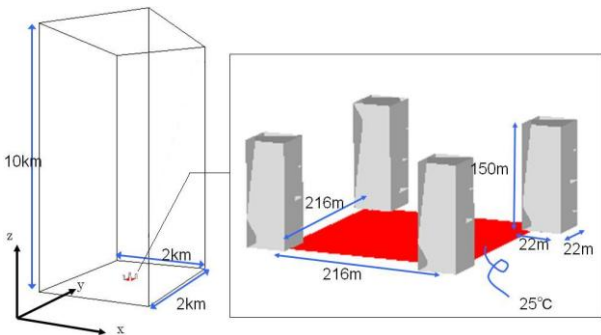


Fig.1 計算領域と熱源および建物

## 3 格子生成

格子数はx,y方向に61、z方向に91とした。結果をより詳しく観察する為に、熱源に近ければ近いほど格子が細くなる3次元直交不等間隔格子を用いた。

## 4 計算方法

### 4.1 基本方程式

大気中の流れは非圧縮性流体として扱うことができるため、質量保存を表す連続の式[1]、非圧縮性Navier-Stokes方程式[2]を支配方程式として解析することが出来る。また熱を扱うため、熱に関する方程式[3]も使用する。

これらの式[1]~[3]をFS法を用いて解いた。

$$\nabla \cdot V = 0 \quad [1]$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (V \cdot \nabla)V = -\nabla p + \frac{1}{\text{Re}} \Delta V + g \mathbf{k} - 2\Omega \times V \quad [2]$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (V \cdot \nabla)T = \frac{1}{\text{Re} \cdot \text{Pr}} \Delta T \quad [3]$$

$V = (u, v, w)$ :速度ベクトル  $t$ :時間  
 $p$ :圧力  $\text{Re}$ :レイノルズ数  $g$ :重力加速度  
 $T$ :温度  $\Omega$ :地球自転角速度ベクトル  
 $\text{Pr}$ :プラントル数  $\mathbf{k}$ :z方向の単位ベクトル

### 4.2 ビルの表示

今回ビルはマスク処理によって表した。3次元配列MSK(i,j,k)を用意し、ビル部分を0、流体部分を1としておく。最初はビルがないと仮定して計算を行い、計算が終わった後得られた結果にMSK(i,j,k)をかけることで流体部分はそのままビルの内部の値は0とすることが出来る。

## 5 条件の設定

今回は以下の図[Fig.2]の条件でビルを設置し解析を行った。

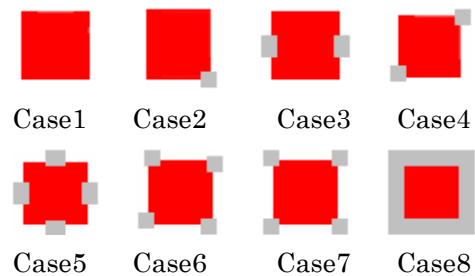


Fig.2 計算条件

## 6 計算結果

今回計算を行った結果として、Case1,3,4,5,6,7は極めて似ていた為、Case2,6,8の結果を示す。

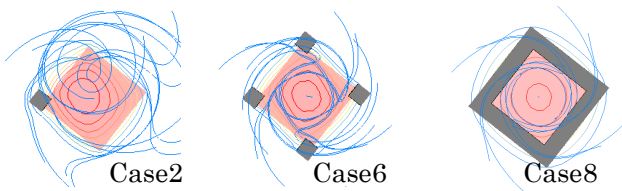


Fig.3 計算結果(流線と等温線)-xy平面(t=510)

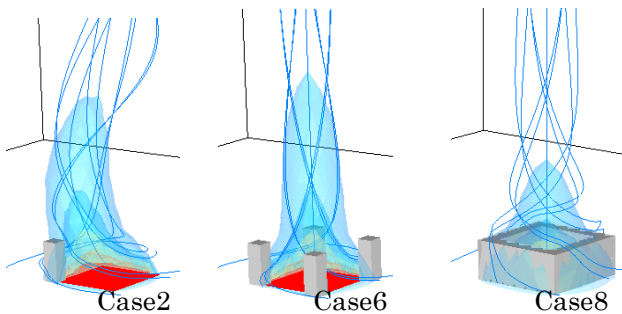


Fig.4 計算結果(流線と等温面)-鳥瞰図(t=510)

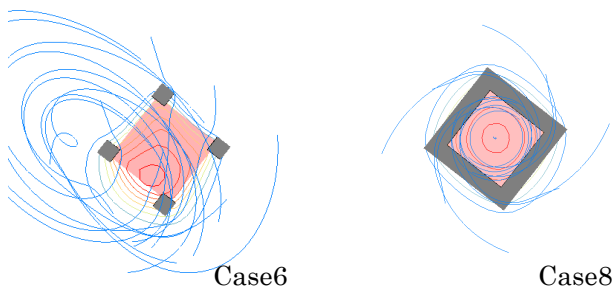


Fig.5 計算結果(流線と等温線)-xy平面(t=4010)

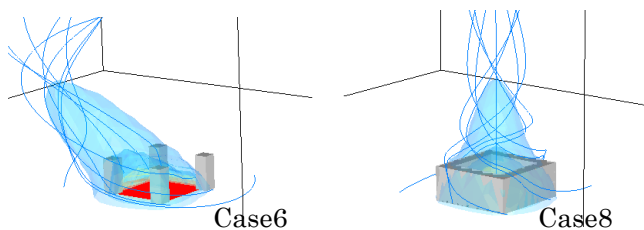


Fig.6 計算結果(流線と等温面)-鳥瞰図(t=4010)

## 7 考察

[1] Case1以外のすべての計算結果において、旋風の中心軸が建物に引き寄せられた。

これは、ビルの近くは風が強くなり、それによって旋風自体が引き寄せられる為、そのような現象が起きているのではないかと考えられる。

[2] t=510[Fig.3,4]において Case6,8の上昇気流は安定しているのに対し、Case2は既に揺らぎ始めているのが読み取れる。この事と、Case1,3,4,5,6,7の結果が極めて似ているという事から、熱源の中心点に対して点对称に建物が設置されていた場合、建物が旋風に影響をそれほど与えないのではないかと推測できる。

[3] t=510[Fig.3,4]において、Case6とCase8を比べるとCase6の方が回転する力も、上昇する力もが強いことがわかる。その現象はt=4010[Fig.5,6]でも同様にみられる。

このことから、旋風を作り出す為にはある程度、地上付近において中心部に入り込む風が必要なのではないかと推測できる。

[4] t=4010[Fig.5,6]において、Case6は既に上昇気流は揺らいでいるが、Case8はまだ安定している。

しかし、[3]で述べたように旋風を作り出す力が弱い為、火災旋風は発生していない。

## 8 まとめと今後の課題

火災旋風の計算を行うことができ、周りに設置されている建物による影響を調べることができた。しかし、本研究の火災旋風は強度が小さい為、強度の大きい火災旋風に改善する必要がある。また、今後は領域内に風が吹いている状態や、高層ビルのみならず、低い建物を設置した状態も考慮していきたい。

## 参考文献

- [1] 河村哲也: 数値シミュレーション入門, サイエンス社, 2006, ISBN4-7819-1134-X
- [2] 河村哲也, 菅牧子, 桑原邦郎, 小紫誠子: 環境流体シミュレーション, 朝倉書店, 2001, ISBN-9784254180091
- [3] Komurasaki, S., Kawamura, T. and Kuwahara, K.(2002) Simulation of Thermal Convection in a Stratified Fluid Flow, AIAA paper, 2002-0877
- [4] 河村哲也: 流体解析 I, 朝倉書店, 1996, ISBN4-254-11402-877