

# CFD を用いた居室内における熱気流に関する研究

辻本研究室

5106074 藤川 明代

## 1. 研究背景および目的

近年、数値流体力学(Computational Fluid Dynamics,以下 CFD)の研究開発は活発である。火災研究の分野でも火災時の燃焼で生じる熱気流が再現されている。実際の火災のデータと整合性を取ることが出来れば費用と時間が短縮できる。また模型実験よりも手軽に実験が行えるという利点が生まれると考えた。

今回の目的は、数値解析ソフトが扱えるようになること、火災時を想定した数値解析による熱気流がどのようになっているのかを確認することである。実測値の結果から6分後から発熱量の上昇が著しいので解析でも条件とする。(図1) 数値計算の流れをよく表現することが出来れば火災報知機(熱感知・煙感知)をどのような場所に設置すると効率よく熱や煙を感知し、かつ迅速に避難が行えるのかを検討することができる。

## 2. 火災の定義と CFD の目標

「火災」の定義として、『人の意図に反して発生し若しくは拡大し、または放火により発生して消火の必要がある燃焼現象であって、これを消火するために消火施設又はこれと同程度の効果のあるものの利用を必要とするもの…』<sup>4)</sup>とあり、この現象を把握することが目標である。

発火源をごみ箱とし、居室内にはテーブル・カーテン・机・ソファ・パソコン・観葉植物等がある。このルームコーナー試験で行われた一般的な燃焼を上記二重線の燃焼現象とし、その現象をモデル化して CFD の境界条件とする。

## 3. 解析概要

CAD ソフト Gambit (Gambit Ver2. 4. 6) を使い、三次元非定常の計算が可能である解析ソフト Fluent (Fluent Inc. Ver6. 3. 26) により行う。また温度設定の境界条件には図2のルームコーナー試験の実測値を使用する。

### 3.1 解析対象

解析対象の居室は 4000 (mm) × 5000 (mm) × 3000 (mm) とする。発熱源 3 (m<sup>2</sup>) から発熱させ、居室内の対流を確認する。また開口は排気口 300 (mm) × 300 (mm) と引き戸 2000 (mm) × 1000 (mm) とする。(図 4. 5. 6)

### 3.2 計算条件

計算に用いたパラメーターを(表1)に示す。CAD ソフト Gambit で製作したメッシュのレイアウトを図3に示す。総メッシュ数は 7411 である。計算条件は非定常計算とし、エネルギー収支を考慮する。発熱源の温度設定は実験の実測値の発熱速度を熱流束に変換しソフトに入力する。1分ごとに熱流束を変化させる。

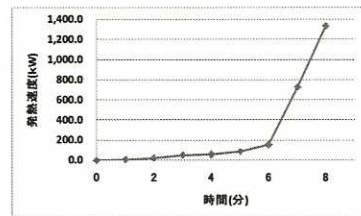


図1 発熱量の時系的変化

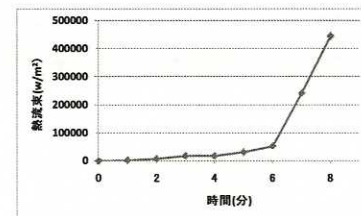


図2 熱流束の時系的変化

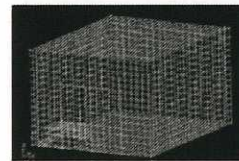


図3 メッシュレイアウト

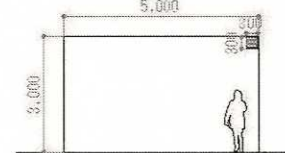


図4 居室立面(引き戸)

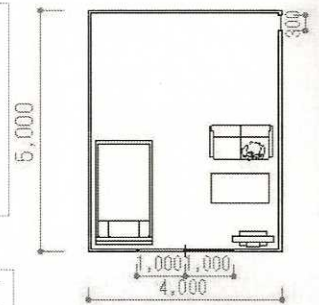


図5 居室平面図

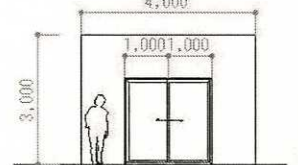


図6 居室立面(排気口)

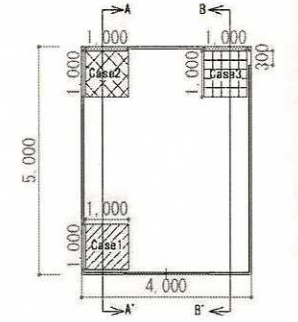


図7 熱源の位置

表1 境界条件

解析領域	4000(mm) × 5000(mm) × 3000(mm)																		
開口	排気口 300(mm) × 300(mm) 引き戸 1000(mm) × 2000(mm)																		
総メッシュ数	7411																		
熱源サイズ	3(m <sup>2</sup> )																		
発熱速度	<table border="1"> <thead> <tr> <th>時間(分)</th> <th>熱流束(W/m<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>467</td></tr> <tr><td>2</td><td>6635</td></tr> <tr><td>3</td><td>16623</td></tr> <tr><td>4</td><td>17971</td></tr> <tr><td>5</td><td>29643</td></tr> <tr><td>6</td><td>51342</td></tr> <tr><td>7</td><td>241406</td></tr> <tr><td>8</td><td>444164</td></tr> </tbody> </table>	時間(分)	熱流束(W/m <sup>2</sup> )	1	467	2	6635	3	16623	4	17971	5	29643	6	51342	7	241406	8	444164
	時間(分)	熱流束(W/m <sup>2</sup> )																	
	1	467																	
	2	6635																	
	3	16623																	
	4	17971																	
	5	29643																	
	6	51342																	
	7	241406																	
8	444164																		
重力加速度	-9.8m/s <sup>2</sup>																		
計算条件	非定常計算																		
計算間隔	1step→0.5秒 (120×0.5=60秒×8回=480秒)																		
境界条件	熱源(黄) wall																		
	排気口(赤) pressure outlet→17℃ 風速 0m/s																		
	窓(青) pressure inlet→17℃ 風速 0m/s																		
	壁(コンクリート) wall																		
乱流モデル	k-εモデル																		



発熱速度(kW) ÷ 発熱面積(m<sup>2</sup>) = 熱流束(W/m<sup>2</sup>)

重力加速度は9.8m/s<sup>2</sup>とする。計算間隔は1stepを0.5とする。それを8分間(480秒)行う。乱流モデルはk-εモデルを用いた。居室内の空気は理想気体とし、引き戸はinlet、排気口はoutletとした。

計算は図6に示すように熱源の位置を変えて3case行った。Case1は引き戸に近く、Case3は排気口に近い。Case2は引き戸にも排気口にも遠い。熱源の位置が変わることにより周りの引き戸や排気口の位置とどのような関係があるのかを確認する。

#### 4. 結果

##### 4.1 温度について

データを分析すると(図13)、どこの場所で熱を発生させても3caseともほぼ同じような傾きで平均温度が上昇し、初めに仮定していたように6分程度からの傾きが少し大きくなっている。

##### 4.2 気流パターン

熱気流は3caseとも熱をもった空気が渦を巻くように上昇し、熱源に近いほうがより勢いがある。居室内で空気が全体的に対流している。発熱源から居室内の壁を伝うように循環し排気口へ流れが形成されているのがわかる。(図14~16)

##### 4.3 Caseの比較

Case1は図11, 12から排気口と引き戸での換気量が一番少ないとわかる。換気量が少ないということは発熱が居室内に貯まっていることを表しているのので、図13に示すように平均温度が一番高くなっている。Case2は排気口も引き戸も換気量が中間である。Case3は排気口も引き戸も換気量が一番多い。よって平均温度は最終的には一番低くなっていることがわかる。以上のことから居室内の温度上昇に関して換気量が大きくかかわっていると考えられる。換気量が多いと温度は上昇しにくく、少ないと温度上昇しやすいということがわかった。

##### 4.4 火災警報器の設置位置

警報器の位置は、窓や排気口のそばではなく居室内の一番対流の起こりやすいところに設置すると、より早く感知すると考える。図17~19を見ると熱源から上方に熱気流が上がっているのので燃焼物の真上に報知器を設置すると反応時間が早くなる。床のような低い位置に設置しても温度は上昇しにくいので不適切である。また排気口や引き戸などの外気が入り出すところも、外気の影響で温度が変わるので不適切であると考えられる。熱気流は上昇する性質があるので天井に設置し排気口からも引き戸からも適度に距離をあけるとよいと考える。『天井面に取り付ける場合：壁またははりから60cm以上離れた天井の屋内に面する部分』<sup>7)</sup>『壁面に取り付ける場合：天井から下方15cm以上50cm以内の位置にある壁の屋内に面する部分』<sup>7)</sup>『換気口など吹き出し口からの位置：換気口などの空気吹き出し口から1.5m以上離れた位置』<sup>7)</sup>とある。現法の設置の位置と比較して気流の流れと、警報器の位置を確認することができた。

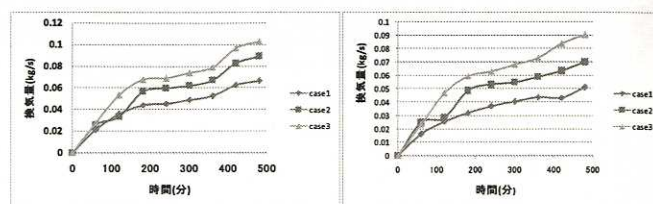


図11 排気口の換気量

図12 引き戸の換気量

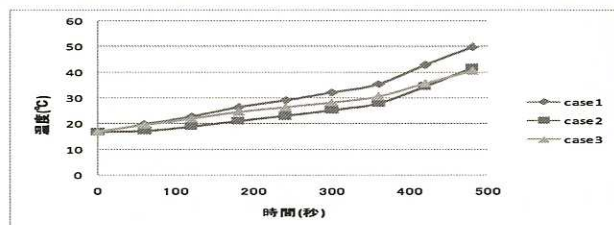


図13 居室内平均温度の時系変化

##### A-A' 断面図

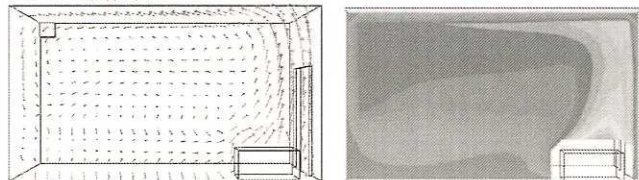


図14 Case1 6分後速度ベクトル

図17 Case1 6分後温度コンタ

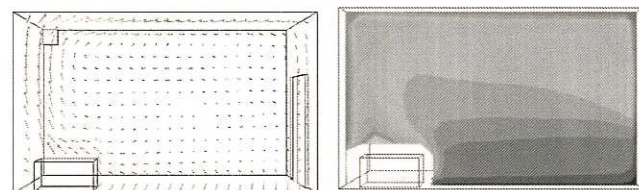


図15 Case2 6分後速度ベクトル

図18 Case2 6分後温度コンタ

##### B-B' 断面図

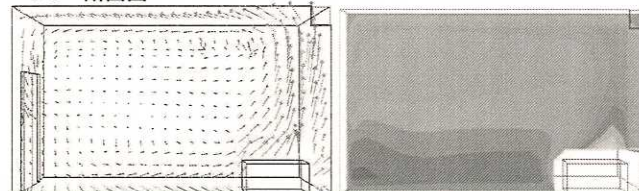
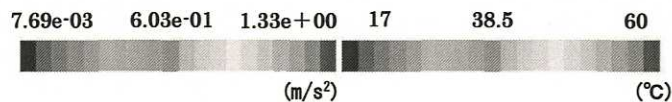


図16 Case3 6分後速度ベクトル

図19 Case3 6分後温度コンタ



#### 参考文献

- 1) 消防庁著：消防白書. 2008. 株式会社ぎょうせい
- 2) 日本火災学会監：火災と消火の理論と応用. 2005. 東京法令出版
- 3) 日本火災学会編：火災と建築. 2005. 共立出版株式会社
- 4) 火災報告取扱要領ハンドブック編：著：防災行政研究会. 2006. 東京法令出版株式会社
- 5) <http://www.geocities.co.jp/Technopolis/1304/index.html#menu> : 自動火災報知設備
- 6) <http://www.hochiki.co.jp/> : ホーチキ株式会社
- 7) <http://www.nohmi.co.jp/> : 能美防災株式会