

高発熱通信機室用空調システムの信頼度の検討 その3

正会員 ○寺島 克*1 同 倉淵 隆*2
 同 羽山広文*1 同 木下 学*1
 同 山崎大輔*3 同 阿部正弘*4

1. はじめに 高度情報化社会の発展に伴い、情報通信ネットワークを構築する通信装置や情報処理装置などの導入が進んでいるが、これらの装置は一般に高密度に実装されているため、通信機器室内の発熱密度は増加する傾向にある。従って、空調システムが停止すると室温は急激に上昇し、ある許容値を超えると通信装置の動作環境が保証されなくなる可能性があり、高発熱機器室の空調停止時における温度上昇について予測し、対策を講じることが必要となる。既往の研究¹⁾²⁾では、一質点系のモデルを用いた室温上昇の予測実施例があるが、実際の通信機器室では、各装置に発熱密度の分布のある場合が多く、高発熱側での温度上昇を過小評価することが懸念される。そこで、本研究では発熱密度分布を考慮した空調停止時における室温上昇の予測モデルの作成を目的としその基礎的検討として室内を4つのゾーンに分割し、各領域間での熱移動係数を組み入れたモデルの開発を行なった結果について述べる。

2. 実験概要 図1に示すように、通信装置が1列あたり10台ずつ2列に20台設置された実験室を用いて測定を行なった。発熱装置・空調システムともに正常に運転している状態で空調機だけを停止させ、その後の室温上昇の時系列データを収集した。実験のパターンは表1に示すように、片側8台の装置で3パターン(1220W、2260W、4000W)の発熱とし、ファンは常にON、残りの装置は発熱なしとした。また、発熱なしの装置のファンの運転状態はONとOFFの2パターンとし、計6パターンを考慮した。

3. 実験結果 図2、3は空調停止から9分後の実験室中央断面での温度分布を示したものである。この後、実験終了まで各測定ポイントでの温度上昇の傾向はほぼ一定となっているため、この温度分布の形状が保たれていると思われる。また、発熱量の異なるパターンでも、それぞれ同様の傾向が見られた。図2、3から次の知見が得られる。

- ・発熱のある領域と発熱のない領域での空気温度に相違があること
- ・ファンONの領域では、垂直方向での温度分布が小さく発熱のある領域から熱が伝わり、水平方向に温度分布が形成されること。

記号表

W_{ij} : 領域間熱移動係数[W/°C]	Q : 装置換気量[W/h]
T : 装置吹出し温度[°C]	θ_i : 領域内空気温度[°C]
C_i : 壁の熱容量[Wh/°C]	V_i : 領域の気積[m³]
k_i : 熱貫流率[W/m²]	S_i : 表面積[m²]

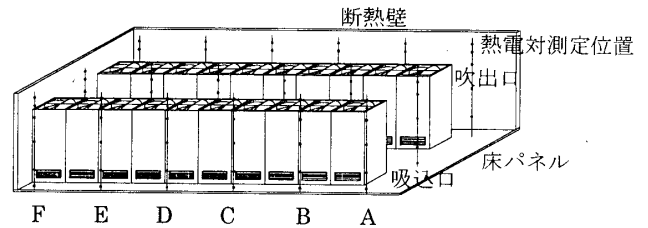


図1 実験室内部図

表1 実験パターン

実験名	H(W/台)	実験室断面図
パターン1	1220	
パターン2	2260	
パターン3	4000	
パターン4	1220	
パターン5	2260	
パターン6	4000	

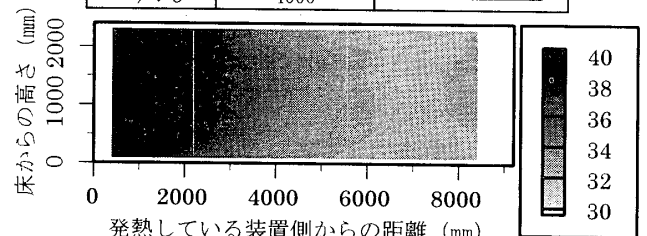


図2 室内温度分布図(パターン1)

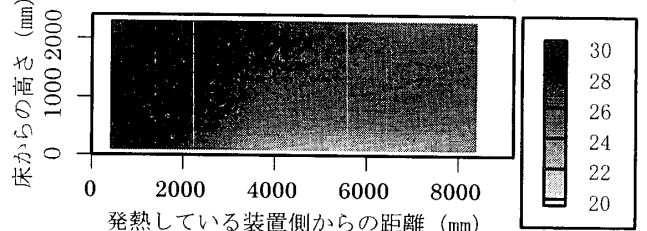


図3 室内温度分布図(パターン4)

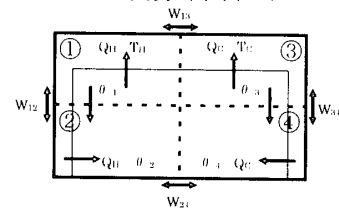


図4 モデル

・ファン OFF の領域では、水平方向に温度成層が形成されること

4. モデルの作成 以上のことを考慮して実験室内を図4に示すように、4つの領域に分けてモデル化する。各領域における熱量収支は表2で表される。領域①では、左辺の項と右辺の第3項が移流による熱拡散を、右辺の第1項が熱容量による蓄熱を、第2項で隣り合う領域との温度差による熱移動を表している。また、風量収支については①と②、③と④でそれぞれ完結し、水平方向の平均流による熱移動はないとする。発熱領域内では、垂直方向での温度差が小さく[仮定1]、領域③と④での移流項はファン OFF の時は $Q_c = 0$ 、ファン ON の時は垂直方向での温度差がほとんどない[仮定2]ということを考慮すれば、モデルの下線部分は無視できる。このモデルに実験値を代入することにより熱移動係数 W を算出した結果を図5に示す。なお、 θ は各領域での平均温度を使用している。水平方向の熱移動係数は発熱量に比例して増加する傾向にあるが、垂直方向の熱移動係数は発熱量による変化が少なく、ファン ON と OFF の状態それぞれについてほぼ一定値となっている。熱移動係数が発熱量にほぼ比例していることから、装置発熱量の関数として W_{13} 、 W_{24} を近似することが概ね妥当と考えられる。パターン1~3での W_{13} が他に比べて小さくなっているのは、装置すべてのファンが運転されているため上部2つの領域間での速度差が小さく拡散が抑制されたためと考えられる。

5. 実験値とモデルによる予測値との比較 表1に示す熱量収支式に実験値より求めた熱移動係数を代入し、前進差分で室温の上昇を予測する。図6、7に領域①・②での実験値と予測値との比較と、図8に全パターンでの実験値と予測値との比較を示すが、その対応はかなり良好である。

6. まとめ 今回の測定より以下の知見を得た。

- ・ファンの運転状態が同一であれば、発熱量を変えても、室内の温度分布の形状は定性的に変化しない。
- ・ファンの運転状態が異なれば、発熱量が同じパターンでも、室内の温度分布の形状は異なる。
- ・垂直方向の熱移動係数は発熱量による影響が少なく、ファンの運転状態によって異なる値をとる。
- ・水平方向の熱移動係数は発熱量に伴い増加する傾向にあるが、ファンの一様運転の場合の上部での熱移動係数は他に比べて低い値となる。

実験値と予測値が概ね一致していることから、この範囲におけるモデルの整合性が確かめられた。今後の課題は、各装置が任意の発熱をした条件において熱移動係数をと発熱分布の関係を明らかにすることにある。

表2 各領域での熱量収支式

(仮定1により $w_{12}(\theta_1 - \theta_2) = 0$ 、仮定2により $c_p \rho Q_c \theta_3 = c_p \rho Q_c \theta_4$)

領域①について	$c_p \rho Q_{11} T_{11} = (c_p \rho V_1 + C_1) \frac{d\theta_1}{dt} + W_{13}(\theta_1 - \theta_3) + c_p \rho Q_{11} \theta_1 + W_{12}(\theta_1 - \theta_2) + k_s S_{s1}(\theta_1 - \theta_s)$
領域②について	$c_p \rho Q_{11} \theta_1 + W_{12}(\theta_1 - \theta_2) = (c_p \rho V_2 + C_2) \frac{d\theta_2}{dt} + c_p \rho Q_{11} \theta_2 + W_{24}(\theta_2 - \theta_4) + k_s S_{s2}(\theta_2 - \theta_s) + k_b S_{b2}(\theta_2 - \theta_{b2})$
領域③について	$W_{13}(\theta_1 - \theta_3) + c_p \rho Q_c \theta_3 = (c_p \rho V_3 + C_3) \frac{d\theta_3}{dt} + c_p \rho Q_c \theta_3 + W_{34}(\theta_3 - \theta_4) + k_s S_{s3}(\theta_3 - \theta_s)$
領域④について	$W_{24}(\theta_2 - \theta_4) + W_{34}(\theta_3 - \theta_4) + c_p \rho Q_c \theta_4 = (c_p \rho V_4 + C_4) \frac{d\theta_4}{dt} + c_p \rho Q_c \theta_4 + k_s S_{s4}(\theta_4 - \theta_s) + k_b S_{b4}(\theta_4 - \theta_{b4})$

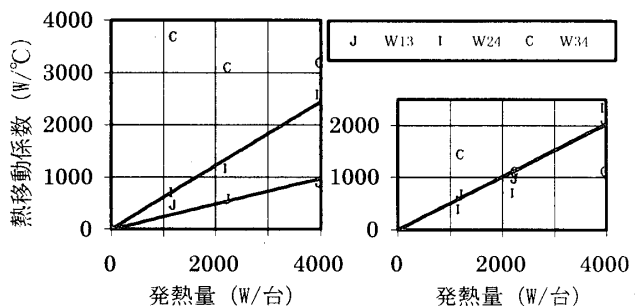


図5 発熱量と各熱移動係数の相関図
パターン1・2・3(左図)、4・5・6(右図)

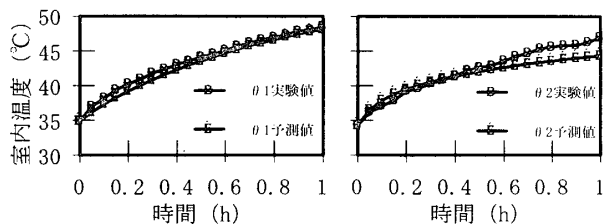


図6 実験値と予測値の比較(パターン1)

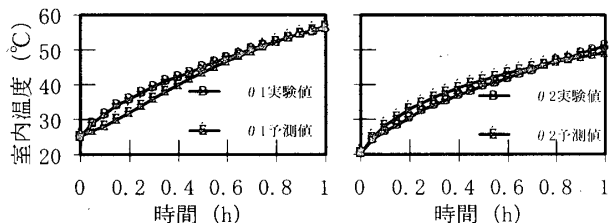


図7 実験値と予測値の比較(パターン6)

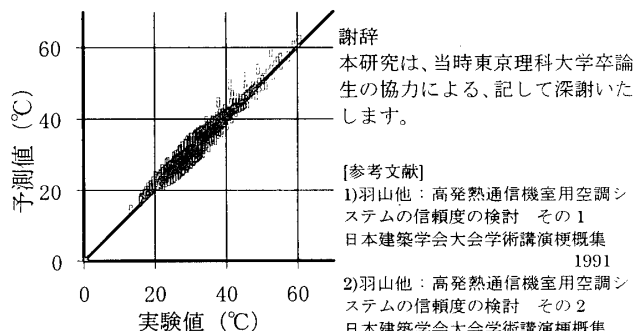


図8 全パターンの比較

*1 NTT ファシリティーズ
*2 東京理科大学 助教授 博士(工学)
*3 竹中工務店
*4 東京理科大学 大学院生

NTT Power and Building Facilities Inc.
Associate Professor, Science University of Tokyo
Takenaka Corporation
Graduate Student, Science University of Tokyo