



Title	データセンタ用空調システムの効率決定の要因に関する研究 : その1 発熱の偏在が与える影響
Author(s)	野呂田, みゆき; 羽山, 広文; 絵内, 正道 他
Description	2002年度大会 (北陸) 学術講演梗概集
Citation	大会学術講演梗概集. 計画系, 2002(D-2), 1113-1114
Issue Date	2002-06-30
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/50436">https://hdl.handle.net/2115/50436</a>
Rights	日本建築学会. 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである.
Type	journal article
File Information	GKKK2002-D2_1113-1114.pdf



# データセンタ用空調システムの効率決定の要因に関する研究 その1 発熱の偏在が与える影響

正会員      ○野呂田みゆき\*1  
同            羽山広文\*2  
同            絵内正道\*3  
同            森 太郎\*4  
同            木下 学\*5

データセンタ 空調システム 発熱分布 室温分布

## 1. はじめに

日本では情報化が進み、インターネットの社会的重要性は高い。それを支えているのがiDC(インターネット・データセンタ)である。情報システムの改良に伴う高発熱化により、現行の汎用的空調方式で動作環境を保証するためにはエネルギー消費量が多くなることが問題となっている。また、機器によって発熱量が異なるため、室内で発熱の偏在が生じ、それが空調の効率低下に何らかの影響を与えていることが予想される。そこで、本報告ではデータセンタに特有の現象である発熱の偏在が空調効率に与える影響について検討する。

## 2. 評価方法

### 2-1. 実大規模実験

発熱量を変えられることができる模擬発熱体を設置した実験室で室内温湿度分布、空調機冷却能力、消費電力、吹出し温度、吸込み温度について測定した。室内発熱密度は一定とし発熱パターンと空調給気量をパラメータとした。この実験結果をもとに、エネルギー消費量の評価方法を提案する。図1に実験室の平面図を示す。

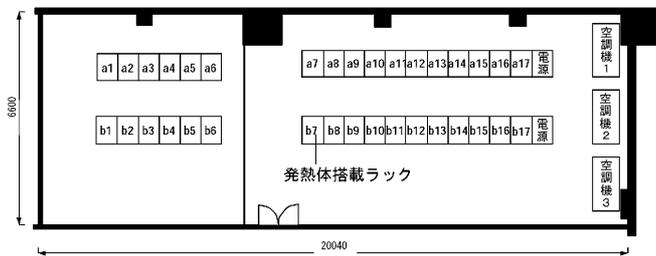


図1 実験室平面図

### 2-2. 発熱偏在の指標

発熱機器が偏在している場合、発熱重心座標が等しくても、機器配置の分布によって発熱のばらつきは変わると考えられる。これを考慮し、発熱のばらつきを評価する指標として、マハラノビスの汎距離<sup>1)</sup>を用いる。マハラノビスの汎距離とは、ある2点間のユークリッド距離に母集団のばらつきを考慮して算出するもので、同じユークリッド距離でも母集団のばらつきが大きいほど小さい値となる性質がある。本報告では運転している空調機の中心座標と発熱重心との距離(二次元)に発熱のばらつきを考慮して算出した。表1に実験の発熱パターンとマハラノビスの汎距離を示す。また、実大規模実験で得られた結果から、室温の標準偏差 $\sigma$ を目的変数、マハラノビスの汎距離 $D^2$ と送風温度差 $\Delta T$

表1 発熱パターンとマハラノビスの汎距離

ラック番号	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	計
発熱量(W)		3.0	3.0	3.0			2.1				2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	22.1
ラック番号	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	b13	b14	b15	b16	b17	計
発熱量(W)		3.0	3.0	3.0			1.9				2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	21.9
マハラノビスの汎距離																		
4.303																		

ラック番号	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	計
発熱量(W)		0.0	0.0	0.0			2.1				2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	22.1
ラック番号	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	b13	b14	b15	b16	b17	計
発熱量(W)		0.0	0.0	0.0			1.9				2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	21.9
マハラノビスの汎距離																		
9.034																		

ラック番号	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	計
発熱量(W)		3.0	2.0	1.0			2.1				2.0	3.0	2.0	1.0	3.0	2.0	1.0	22.1
ラック番号	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	b13	b14	b15	b16	b17	計
発熱量(W)		3.0	2.0	1.0			1.9				2.0	3.0	2.0	1.0	3.0	2.0	1.0	21.9
マハラノビスの汎距離																		
3.059																		

を説明変数として重回帰分析を行った。この結果より、室温の標準偏差はマハラノビスの汎距離および送風温度差の増加に伴い大きくなることわかる。

$$\sigma = 0.221D^2 + 0.295 \Delta T - 0.520 \quad (1)$$

(R<sup>2</sup>=0.7102)

### 2-2 室温の標準偏差と吸込み温度

室内分布が正規分布を示すとき、平均室温を $T_{ave}$ とすると $[T_{ave} - 3\sigma, T_{ave} + 3\sigma]$ に全体の99.7%が含まれる。また、実大規模実験結果の平均室温 $T_{ave}$ と空調機吸込み温度 $T_r$ の関係から、両者を等しいものとして扱い、次式が成り立つ。

$$T_r = T_{ave} = T_{MAX} - 3\sigma \quad (2)$$

### 2-3 熱源エネルギー消費係数<sup>2)</sup>

本報告で用いた熱源エネルギー消費係数 $\epsilon_{COM}$ は、室内熱負荷を $H_L$ 、室内ファン機動力 $E_F$ 、熱源機器の成績係数を $COP_{COM}$ とすると、次式で表される。

$$\epsilon_{COM} = \frac{H_L + E_F}{H_L COP_{COM}} \quad (3)$$

空調機の特長表を用いて、この式から熱源エネルギー消費係数 $\epsilon_{COM}$ を算出した。また、 $\epsilon_{COM}$ を目的変数、外気温度の2乗 $T_0^2$ (外気温度とコンプレッサ能力との関係を二次関数で近似)と、空調機吸込み温度 $T_r$ を説明変数として重回帰分析を行った。(ただし外気温度は0℃以上とする。)

$$\epsilon_{COM} = 9.42 \times 10^{-5} \times T_0^2 - 5.13 \times 10^{-3} \times T_r + 0.418 \quad (4)$$

(R<sup>2</sup>=0.8568)

### 2-4 空気搬送エネルギー消費係数<sup>3)</sup>

空気搬送エネルギー消費係数 $\epsilon_F$ は、送風時の空調機内圧力損失と二重床内圧力損失から算出され、次式で表される。

$$\epsilon_F = \frac{P_C V + 0.815 \epsilon^{-0.820} K_d \rho \left( \frac{1}{W_d h} \right)^2 V^3}{H_L \eta_T} \quad (5)$$

(5)式における値は空調機の特長や室の形状などから決まる定数であり、本報告では室条件については実験室の寸法を、その他の条件については一般的な情報処理室で測定される値を採用した。表2に各条件を示す。また、以上の評価手順を図2に示す。

### 3. 評価結果

#### 3-1 発熱密度による比較

図3～6に発熱密度ごとに送風温度差が変化したときのマハラノビスの汎距離とトータル空調エネルギー消費係数との関係を示す。発熱密度に関わらず、マハラノビスの汎距離が大きくなると空調効率はわずかながら低下し、その割合は送風温度差に拠らずほぼ一定である。また、特に発熱密度が高い範囲で、送風温度差の拡大に伴い空調効率が大きく向上することがわかった。

#### 3-2 送風温度差が与える影響との比較

図7に送風温度差とトータル空調エネルギー消費係数との関係を示す。マハラノビスの汎距離が空調効率に与える影響と比較して、送風温度差が0～5(°C)程度の範囲では、送風温度差の拡大は空調効率の向上に効果的である。しかし送風温度差がそれ以上の範囲では、空調効率にあまり変化が見られないことがわかった。

### 4. 総括

データセンタ特有の現象である発熱の偏在が与える影響について実大規模実験を通じ評価した。

発熱の偏在は空調効率に影響を及ぼす要因であることがわかった。しかしその程度については、送風温度差が空調効率に与える影響よりも程度が小さいため、空調効率の向上には送風温度差の拡大がより効果的であるといえる。

#### 参考文献:

- 菅民郎:多変量解析の実践 上, 現代数学社
- (社)空気調和・衛生工学会: 建築・設備の省エネルギー技術指針, pp192-198, 1994. 6
- 羽山広文:床吹出し空調システムの高効率化, 日本建築学会技術報告集, 第2号, pp110-114, 1996. 3

表2 評価に用いる条件

与条件	記号	単位	値
室奥行き	L	m	19.5
風量分布の不均一率	$\epsilon$	-	0.3
二重床有効高さ	h	m	0.6
二重床の幅	Wd	m	7.1
二重床内通気抵抗	$\lambda$	-	0.66
空調機機内静圧	Pc	Pa	196
送風機の総合効率	$\eta_s$	-	0.5
空気の比熱	C	Wh/kgK	0.28
空気の密度	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1.2
外気温度	T <sub>o</sub>	°C	20

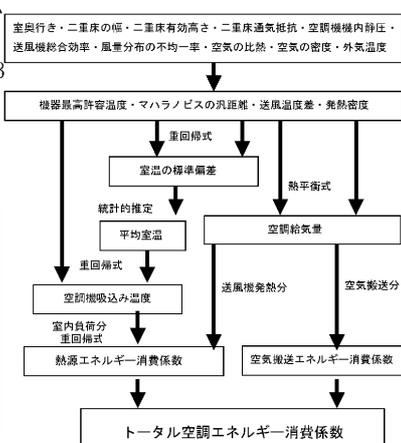


図2 評価手順

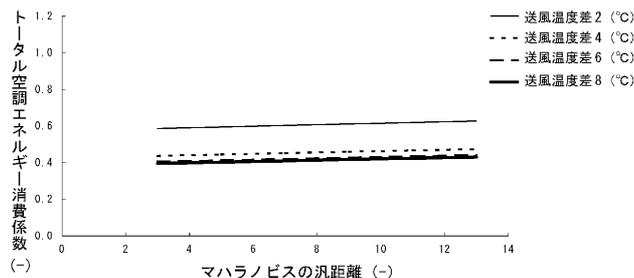


図3 マハラノビスの汎距離と空調効率 (発熱密度 300(W/m²))

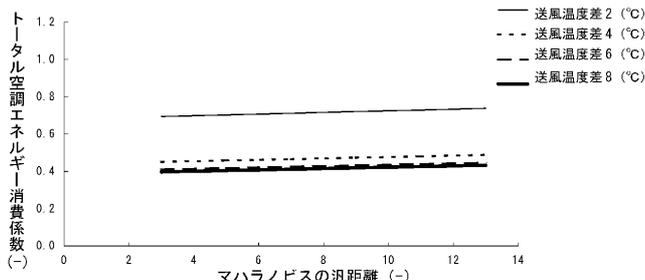


図4 マハラノビスの汎距離と空調効率 (発熱密度 500(W/m²))

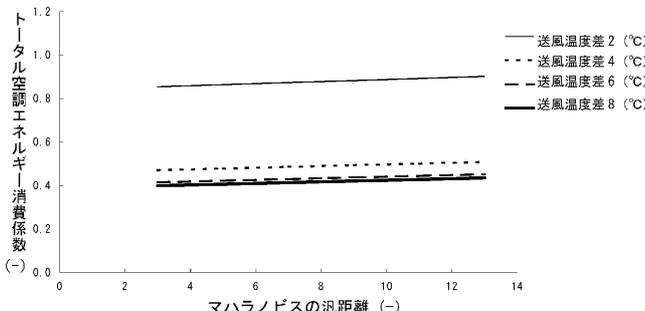


図5 マハラノビスの汎距離と空調効率 (発熱密度 700(W/m²))

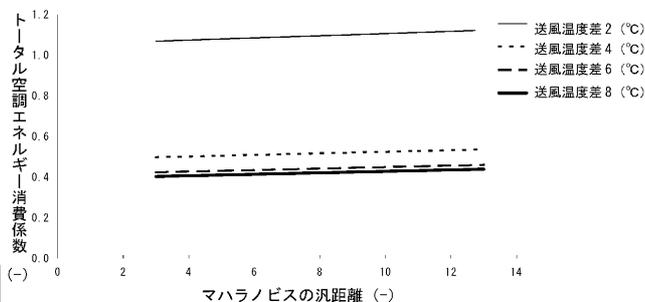


図6 マハラノビスの汎距離と空調効率 (発熱密度 900(W/m²))

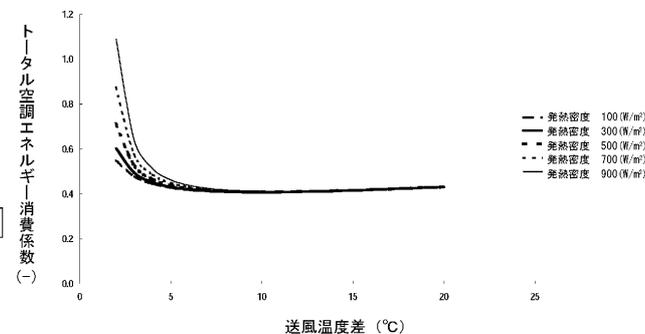


図7 送風温度差と空調効率 (マハラノビスの汎距離 7)

\*1 北海道大学大学院工学研究科 修士課程  
 \*2 北海道大学大学院工学研究科 助教授・工博  
 \*3 北海道大学大学院工学研究科 教授・工博  
 \*4 北海道大学大学院工学研究科 助手・工博  
 \*5 NTT ファシリティーズ研究開発部 工博

\*1 Graduate student, Graduate school of eng., Hokkaido Univ.  
 \*2 Assoc.Prof., Graduate school of eng., Hokkaido Univ., Dr.eng.  
 \*3 Prof., Graduate school of eng., Hokkaido Univ., Dr.eng.  
 \*4 Instructor, Graduate school of eng., Hokkaido Univ., Dr.eng.  
 \*5 Research and Development Dept., NTT Facilities Inc., Dr.eng.