

データセンターにおける機器冷却特性に関する研究  
その1 機器吸い込み温度と機器周辺の気流・温度

正会員 ○木下 学\*1 同 降旗 由紀\*2  
同 羽山 広文\*3

データセンター ラック 気流

1. はじめに

データセンターでは、様々なサービスを提供する機器がラックに搭載され、管理、運用されている。機器の処理能力は向上し、その情報も重要であることから、サービスの停止に伴う社会的影響は大きい。このことから、ラックに搭載される機器の温度環境を適正に維持することが重要となる。

本研究では、データセンターのラックに搭載された機器の吸い込み温度に影響を与える要因をラック内部とラック周辺の両面から評価することを目的に検討を進める。

本報では、ラックに搭載された機器の吸い込み温度に影響を与える要因と考えられるラック周辺の温度、気流に着目し、実験室でラック周辺の温度、風速、風向を測定した。さらにその要因がラックに搭載された機器の吸い込み温度に影響を与える影響度の大小を評価したので報告する。

2. 実験および評価の概要

2.1 実験方法 今回実験を行った実験室の平面図を図1に示す。実験室は、二重床を通して主幹通路の穴あき床パネルから空調機の冷却空気をラックの吸気側に吹き出し、ラックを冷却した後、空調機に戻る方式を用いている。実験ではラック内に 100W の模擬負荷を 10 台搭載し、1 ラックあたり 1kW、20 ラックで合計 20kW の発熱量を発生させた。B6 ラックのラック前面の温度、風速、風向(各 27 点)、ラック内部の温度(10 点)を、図2に示す位置で測定した。風速、風向は、超音波三次元風速計を用いて 30 秒間の平均値を記録した。ラックの前面扉、ラック内の模擬負荷の搭載状況を写真1に示す。

2.2 実験項目 実験は表1に示す設定条件により、ラック周辺の温度、気流を変化させた。

2.3 評価方法 本報では、実験結果および(1)式を用いて室内、ラック内の各高さにおける温度差比を算出し、検討を行った。また各高さは、ラックの高さを1とし無次元化した。

$$m_z = \frac{\theta_{0m} - \theta_0}{\theta_1 - \theta_0} \quad (1)$$

3. 実験結果 (温度)

3.1 ラック前面の温度 各 case おけるラック前面温度(X3列)の温度差比を図3に示す。垂直方向で温度差比が変化している位置で、温度が急激に変化しており、空

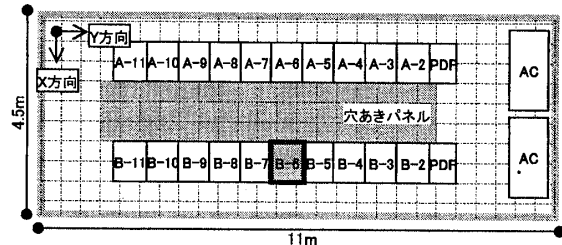


図1 実験室の平面図

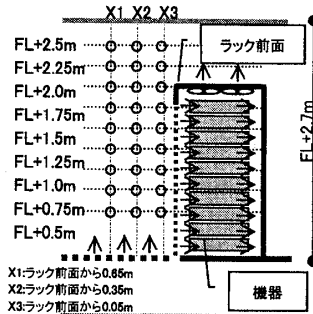


図2 測定位置(断面)

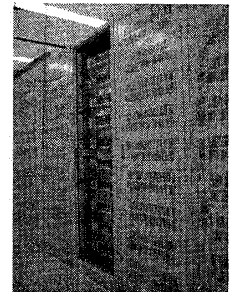


写真1 模擬負荷の搭載状況

表1 実験の設定条件

実験番号	case1	case2	case3	case4
床からの風量 \$V_a\$ [m <sup>3</sup> /min]	9.2	12.7	16.1	20.3
ラック定格風量 \$V_r\$ [m <sup>3</sup> /min]	13.8	13.8	13.8	13.8
換気流量比 \$\kappa_{ml}\$	0.67	0.92	1.17	1.47
発熱量 [kW]	20			

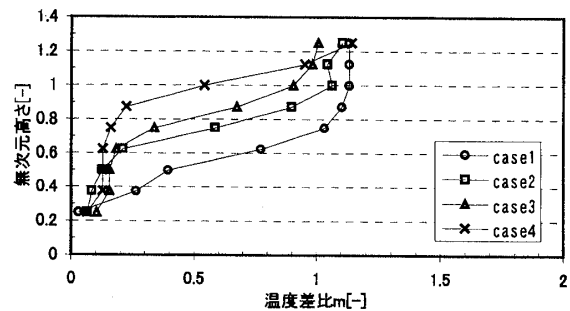


図3 ラック前面の温度差比

調機からの送風量が少ない場合ほど、その変化する位置は低い。例えば case1 では無次元化高さ 0.4 程度で温度差比が上昇し、無次元化高さ 0.8 で温度差比が 1 を超えている。床面からの送風量が低下したことでラックからの排気がラックの吸気面に還流し、ラック前面の温度が上昇していると考えられる。

3.2 機器の吸い込み温度 各 case におけるラックに搭載された機器の吸い込み温度の温度差比を図 4 に示す。空調機からの送風量が増加するに伴い、ラック上部に搭載された機器の温度差比は小さくなるが、ラック下部に搭載された機器の温度差比は大きくなる傾向である。このことから、空調機からの送風量を増加することのみでは、ラックに搭載される機器の最大吸い込み温度の上昇を抑制できないと言える。

3.3 ラック前面の温度と機器の吸い込み温度 空調機からの送風量とラックに搭載される機器の吸い込み温度との関係を図 5 に示す。換気流量比（空調機からの送風量/ラックからの排気風量の総和）が大きくなるに伴い、機器の吸い込み温度の最大値はラック上部の搭載機器からラック下部の搭載機器に移行していることがわかる。今回のラック形状、風量などの条件下では、上段の温度差比と下段の温度差比とが同等となる換気流量比 1 程度にラック内部の環境を適正に維持できる範囲が存在すると推測できる。

4. 実験結果（風速、風向）

4.1 ラック前面の風速、風向 各実験におけるラック前面の風速分布（X3列）を図 6 に示す。ラックの吸気面に直交するX軸方向の風速は、各 case ともラックの上端までほぼ一定であった。一方、ラックの吸気面に水平に平行するY軸方向では、空調機からの風量が増加するに伴い、ラック上部での風速が早くなっている。これは空調機からの送風量と同様、空調機に戻る風量が増加し、ラック上端付近を通して空調機に還気していると考えられる。また、垂直方向のZ軸では、空調機からの送風量が少ない case においてラックの上段付近で下降流が発生しているのがわかる。

4.2 ラック前面の風速、風向と機器の吸い込み温度 ラック内部における変化量（ラック前面温度-機器の吸気温度）とラック前面風速との関係を図 7 に示す。また、各方向の風速が変化量に与える影響の大きさを比較するため、標準偏回帰係数を算出した（表 3）。この結果、各方向の風速ともばらつきが見られるが、垂直方向のZ軸の風速は、変化量の増減に比例し変動する傾向であり、標準偏回帰係数も最大となった。このことから、今回の実験範囲では、垂直方向のZ軸の風速が変化量に与える影響が大きいことを確認した。

5. まとめ

ラックに搭載された機器の吸い込み温度に影響を与える要因と考えられるラック周辺の温度、風速、風向の影響度の大きさを明らかにした。次報ではラック内部の要因に関する評価を行う。

記号

$m_s$ : 温度差比 [-] \*  $z$  は高を表す  
 $V_r, V_a$ : 風量 [ $m^3/min$ ] \*  $r$  はラック,  $a$  は空調機を表す  
 $\theta_1, \theta_0, \theta_{0m}$ : 温度 [ $^{\circ}C$ ] \*  $1$  は空調機吸い込み,  $0$  は空調機吹き出し,  $0m$  は各高さを表す

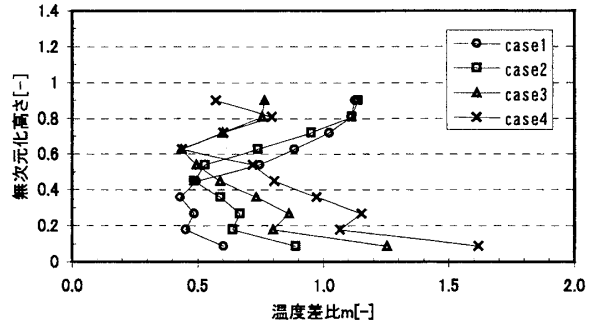


図 4 ラックに搭載された機器吸い込み温度の温度差比

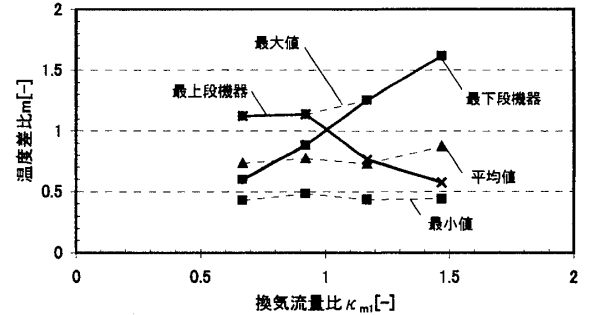


図 5 換気流量比と機器吸い込み温度の温度差比

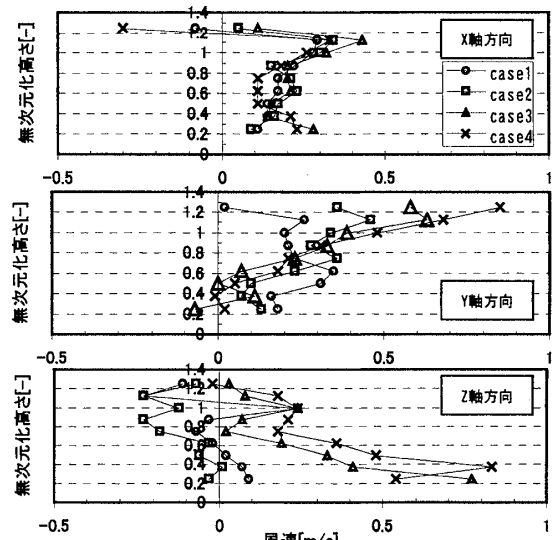


図 6 ラック前面の風速分布

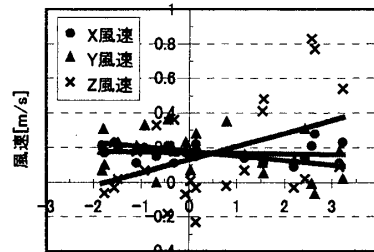


図 7 ラック内部の変化量と風速

表 2 標準偏回帰係

	係数
X風速	0.103
Y風速	0.148
Z風速	0.474

参考文献

- 1) 清水ほか: IT 機器收容用ラックの吸排気方式に関する研究, 日本建築学会学術講演会, 2004. 9
- 2) 菅民郎: パソコン統計処理 (上) (下), 技術評論社

- \*1 NTT ファシリティズ 研究開発本部 博士 (工学)
- \*2 中部電力株式会社 修士 (工学)
- \*3 北海道大学大学院助教授・博士 (工学)

- \*1 Research and Development HQ, NTT Facilities Inc., Dr. Eng.
- \*2 CHUBU Electric Power Co., Inc., Mr. Eng.
- \*3 Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.