

# サーバ騒音曝露による職業性難聴のリスクと対策

Fear and Countermeasures for Occupational Hearing Loss caused by Server Noise Exposure

齋藤彰宏 丸山直之 藤原陽子 (日本アイ・ビー・エム株式会社)

**概要** サーバの騒音増大と作業者の騒音曝露による健康被害が報告されているが、関係者の関心はまだ低く、調査も不十分である。本論文はサーバの騒音曝露と健康被害に焦点を当て、実運用中のデータセンタ、およびサーバ設置オフィスでの測定や対策方法について調査・検討を行った上で、有効な対策メソッドを提案する。

## 1. はじめに

過剰騒音下での就労は一時的な難聴を生じ、長期間騒音に晒された場合には永久性の騒音性難聴となる危険性が高い。近年のサーバの騒音増大と騒音曝露による健康被害の可能性は“Data Center Noise Levels Rising”[1], ASHRAE ガイドライン[2]において指摘されている。日本でもサーバ騒音の聞き取り調査[3]では 2007 年に騒音の指摘が 15 ポイント上昇しており、同様の問題を抱えている可能性が高い。一方で就労者におけるサーバ騒音曝露による健康被害の認知度は未だ低いのが現状である。大規模データセンタでは運用要員を室外に隔離するなどの対策がとられているが、中小規模データセンタや研究機関、検証施設では作業環境がサーバ設置室を兼ねるケースは多々あり、就労者の健康被害が懸念される。また中小企業では約 50%の企業が事務オフィスにサーバを設置しており[4], 被害影響はさらに大きいと予想される。現時点でサーバ騒音による健康被害が社会問題化していないのは、難聴の発覚まで 10 年以上かかることが多いためと考えられ、実被害は増え続けている可能性が高い。

本論文は、まずサーバ騒音増大の背景を整理し、次いで騒音性難聴と現行法制度を整理する。その上でデータセンタとオフィス騒音環境の実地調査と騒音対策について検討し、実際のデータセンタとオフィスにおける対策効果の検証と騒音対策への提案を行い、東日本大震災によるサーバ騒音への影響を追加検討する。

## 2. サーバの騒音増大

騒音問題の指摘が急増した 2007 年前後[3]のサーバ技術動向からその原因を考察する。

### 2.1 サーバの消費電力・発熱量推移

国内出荷サーバ台数の 96.6%は x86 である[5]。その中でも最も出荷台数が多い (55%[5]) 2CPU ソケットサーバの消費電力と発熱量を調査した。直接の調査対象は W 社

のサーバだが x86 サーバは CPU など主要部品は各社共通のため、この傾向はメーカを問わず共通と考えられる。1998~2010 年の推移を図 1 に示し、比較のために同社 RISC 2CPU サーバの消費電力推移を示す。図 1 では、騒音が問題となった 2007 年前後、特に 2006 年下期以降 (枠線箇所)消費電力と発熱量が急増している。図 2 に示すとおり消費電力の約 50%は CPU が占めていた。表 1 のとおり 2006 年下期までの 1~2 年間で x86 サーバ用 CPU の最大放熱量は最大約 30%増加していることを踏まえると、消費電力・発熱量増加は CPU が主因と疑われる。

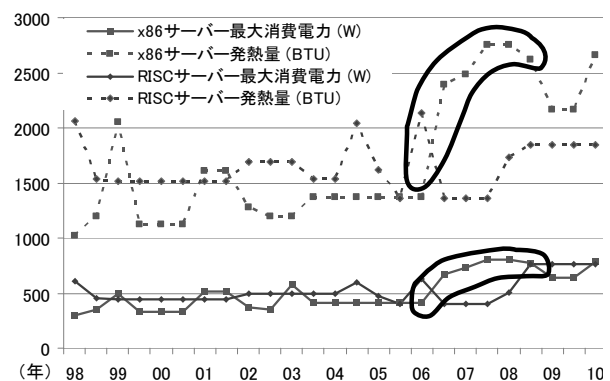


図 1 サーバ消費電力・発熱量の推移

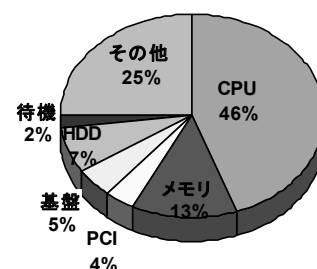


図 2 W 社 x86 2CPU サーバ消費電力の内訳

表 1 2006 年前後の CPU 発熱量 (Intel 社資料)

コードネーム	Nocona	Irwindale	Paxville-DP	Dempsey
発表年月	2004/6	2005/11	2005/10	2006/3
TDP(W)/CPU	103	110	135	130

発熱量増加により CPU 自体は騒音を発生しないが、空冷ファン回転増のため騒音は増加する。これが 2007 年以降に騒音についての指摘が増大した原因と考えられる。

## 2.2 サーバの騒音発生源

騒音が冷却ファンを主因とする仮説の裏付けとしてサーバの騒音発生源を調査した。測定対象機器は世界市場でシェア上位 3 社 (W 社, X 社, Y 社) と日本市場のシェア上位 1 社 (Z 社) の 4 社のサーバである[5]。全てのサーバで最大騒音は冷却ファンに集中しており (表 2), CPU の消費電力と発熱が騒音の原因であることが裏付けられた。

表 2 各社サーバの最大騒音部分

製造	概要 (平均騒音)	最大騒音部分(騒音)
W 社	2 CPU ラックマウント (80dB)	冷却ファン (89dB)
X 社	2 CPU タワー (71.2dB)	冷却ファン (76.3dB)
Y 社	1 CPU ラックマウント (78dB)	冷却ファン (84.5dB)
Z 社	1 CPU タワー (58.5dB)	冷却ファン (61.5dB)

## 3. 騒音性難聴の予防と法的対応

### 3.1 騒音性難聴

騒音性難聴は過剰な騒音に長期間晒されることで内耳細胞が損傷し、聴力を損失する健康障害である。損傷した内耳には治療法が存在せず、予防が唯一の対策となる。日本産業衛生学会では表 3 に示す 1 日の許容基準を公開している。サーバの騒音周波数は広域騒音であるが低音域は聴覚への影響が少なく、高音域は直進性と空間減衰速度が高いことから実環境で健康影響を与えている可能性は低い。サーバ騒音で健康被害につながる中心周波数は中高域の 1000~3000Hz と考えられる。従って表 3 の通り、1 日 8 時間作業を前提とした場合には 82-86dB、4 時間作業の場合は 83-88dB が騒音曝露限界になる。

表 3 騒音の許容基準 (日本産業衛生学会: 2006)

中心周波数 (Hz)	各曝露時間に対する許容オクターブバンドレベル (dB)					
	480 分	240 分	120 分	60 分	40 分	30 分
250	98	102	108	117	120	120
500	92	95	99	105	112	117
1000	86	88	91	99	105	112
2000	83	84	85	88	90	92
3000	82	83	84	86	88	90

### 3.2 職場騒音に対する法制度と企業の責任

日本では労働者の安全と健康を確保するため、労働安

全衛生法を基礎として各種法令規制が整備されている。騒音については第 22 条で事業者責任が定められており、騒音性難聴を防止するため 1992 年に労働省 (現厚生労働省) が「騒音障害防止のためのガイドライン」を策定した (表 4)。同ガイドラインで A 測定は作業区域の基準点の周囲を 1m ごとに測定した平均値、B 測定は騒音曝露が最大となる作業地点の測定値である。

ガイドラインと表 3 の基準を比較した場合、短時間 (1~2 時間) では第 III 管理区分以外は問題ないが、データセンタ作業で一般的と考えられる 1 日 4~8 時間以上就労する想定では第 II 管理区分も健康被害の危険性が高い。

表 4 作業環境測定結果の評価区分基準

		B 測定		
		85dB 未満	85dB 以上 90dB 未満	90dB 以上
A 測定 平均値	85dB 未満	第 I 管理	第 II 管理	第 III 管理
	85dB 以上 90dB 未満	第 II 管理	第 II 管理	第 III 管理
	90dB 以上	第 III 管理	第 III 管理	第 III 管理
	90dB 以上	第 III 管理	第 III 管理	第 III 管理

第 II/III 管理区分では騒音曝露低減のための管理措置が求められている。義務付けられた労働災害防止措置を怠ると、法人とその代表者には労働災害の発生の有無を問わず刑事責任が課せられ、労働安全衛生法 119 条に基づき 6 箇月以下の懲役又は 50 万円以下の罰金に処される。また刑事責任を免れた場合でも、雇用者が事業者に対して労働安全衛生に関する民事訴訟を起こすケースが増加しており、過去の判例では事業者に不利な結果となることが多い。特に騒音性難聴は長期経年後に発症するため、退職後に労災補償請求がなされることがある。実際に三菱重工事件 (1984)[6]では元従業員を含む数千人に騒音性難聴の労災が認定され、損害賠償請求が認められている。職場の騒音被害は単なる企業イメージ悪化だけでなく経済的負担も伴うコンプライアンスの問題であり、企業のリスクマネジメントの対象であると言える。

## 4. サーバ環境の騒音調査

「騒音障害防止のためのガイドライン」で定められた方法で実地での騒音調査を行った。同ガイドラインに基づき、A 測定と B 測定を調査した。

### 4.1 基準点騒音レベル調査

データセンタ 3 箇所 (a, b, c), サーバ設置オフィス 3 箇所 (d, e, f) の B 測定 (基準点騒音レベル) を行った結果 (表 5) を表 4 に示した評価基準と照合すると、

a,b,e が第Ⅱ管理区分以上に相当することが判明した。

表 5 調査対象サーバ設置環境の明細

	所在地	面積	サーバ台数	B 測定騒音
a	東京都	280 m <sup>2</sup>	250 台	88dB
b	神奈川県	260 m <sup>2</sup>	110 台	85dB
c	東京都	600 m <sup>2</sup>	410 台	75dB
d	東京都	40 m <sup>2</sup>	4 台	65dB
e	東京都	30 m <sup>2</sup>	3 台	85dB
f	東京都	20 m <sup>2</sup>	3 台	70dB

## 4.2 データセンター/オフィス平均騒音調査

次に基準点騒音レベル (B 測定) が最も高かったデータセンター a, オフィス e について, 平均騒音レベル (A 測定) の測定を実施した。

### 4.2.1 データセンター a の平均騒音レベル調査

データセンター a は中規模のデータセンターである。

場所	東京都 中央区
面積	280 平方メートル
サーバ台数	約 250 台 (ラック 170 台, タワー 80 台)
常時作業員数	約 15 名

データセンター内就労者の最大騒音曝露範囲 (図 3 破線太枠) において図 4 の地点で騒音測定した結果が表 6 である。平均騒音レベル (A 測定) は 81.7dB であった。

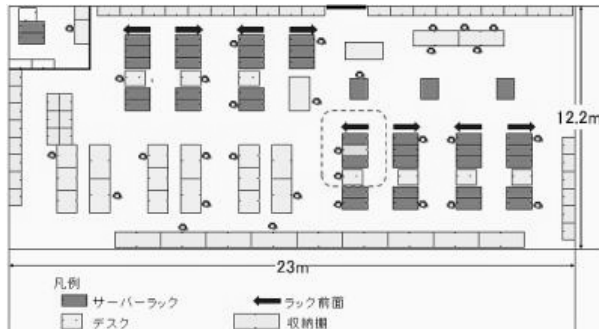


図 3 データセンター a の配置

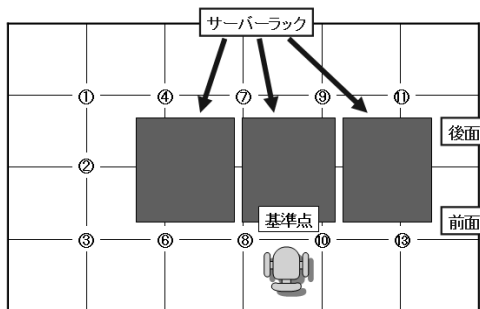


図 4 データセンター a の測定実施箇所詳細

表 6 データセンター a ①~⑬の騒音レベル (単位: dB)

基準点	①	②	③	④	⑤	⑥
	88.0	80.9	78.7	78.5	83.8	N/A
⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
	86.1	83.9	84.3	82.2	81.5	N/A
						78.1

### 4.2.2 オフィス e の平均騒音レベル調査

オフィス e はサーバが設置される事務オフィスである。

場所	東京都 新宿区
面積	30 平方メートル
サーバ台数	3 台 (ラック型 3 台)
常時作業員数	4 名

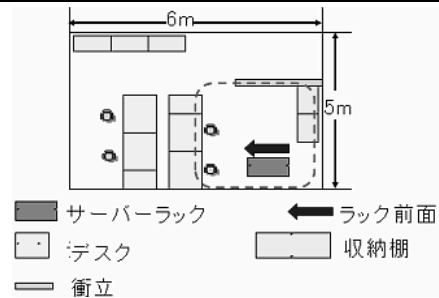


図 5 オフィス e の配置

作業員の最大騒音曝露範囲 (図 5 破線太枠) において図 6 の地点で騒音測定した結果 (表 7), 平均騒音レベル (A 測定) は 75.4dB であった。

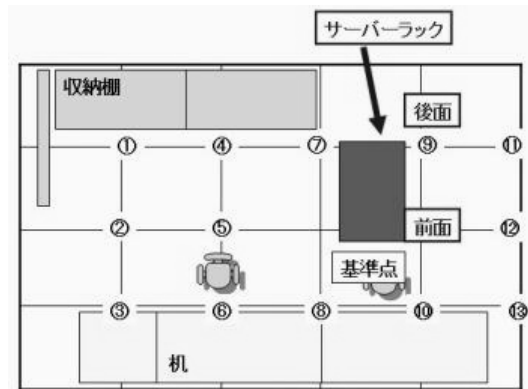


図 6 オフィス e の測定実施箇所詳細

表 7 オフィス e ①~⑬の騒音レベル (単位: dB)

基準点	①	②	③	④	⑤	⑥
	85.2	67.2	67.8	67.3	70.5	72.1
⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
	81.5	80.6	82.5	79.5	77.4	78.3
						81.5

## 4.3 各騒音測定結果の評価

4.2.1 と 4.2.2 の調査結果を表 4 の評価基準に照らすと

データセンタ a, オフィス e は第Ⅱ管理区分に該当し、労働安全衛生の法的観点でも早急な騒音被害対策が必要であることが確認できた。

## 5. データセンタ/オフィス騒音対策

一般作業環境での騒音低減メソッド[8]を基盤にデータセンタ, サーバ設置オフィスの騒音を低減する方法を整理・評価する。

### 5.1. 騒音対策の種類

#### 5.1.1 作業者の保護を中心とした対策

##### A: 作業場所の移動

騒音は空気中で減衰するため、騒音源から離れることで騒音曝露減少が期待できる。

##### B: 騒音原因の遮音

直進性が強い高周波数の騒音は、騒音源と作業場所の間に防音/吸音壁の設置で騒音曝露減少が期待できる。

##### C: 防音保護具による騒音影響減

作業者が防音保護具 (耳栓, イヤーマフ等) を装着することで騒音曝露減少が期待できる。

#### 5.1.2. 発生騒音の低減を中心とした対策

##### D: 室温の引き下げ

サーバ騒音源である冷却ファンは吸気温度に合わせて回転数が変化するのが一般的である。室温の引き下げで冷却ファンの回転数の低減による騒音低下が期待できる。

##### E: 機器の配置変更

高騒音源となる機器を分散配置することにより騒音レベルの低減が期待できる。

##### F: 低騒音機器への変更

高騒音源となる機器を低騒音機器に変更することで騒音レベルの低減が期待できる。

##### G: 機器消費電力の制限

サーバ消費電力を制限することで空調ファンの騒音低減が期待できる。ただし消費電力制限は性能低下が不可避のため性能に余裕のあるサーバでのみ適用可能である。

なお、対策 E の補足事項として、複数の騒音源の合算によって生じる騒音レベルは単純な合算ではないことに注意すべきである。対策 E を安易に実施した場合、基準点騒音レベル (B 測定) が多少低下することと引き替えに平均騒音レベル (A 測定) が大幅に上昇する可能性もあることから、対策実施は効果予測の上で実施することが推奨される。

## 5.2 騒音対策の選択基準の提案

データセンタおよびサーバ設置オフィスにおける現場での騒音対策において現場担当者が適切な騒音対策を選択できる指針として騒音対策の一般的な選択基準を整理した。なお騒音低減対策はデータセンタとオフィスで事情が異なるため判断基準を別とする。

### 5.2.1 データセンタ/サーバ設置オフィス騒音低減の選択基準案

検討分野	データセンタ/サーバ設置オフィスの騒音低減
選定上の意思決定	データセンタ/サーバ設置オフィスにおける労働環境の騒音低減
課題	データセンタ/サーバ設置オフィス内の騒音曝露による就労者の健康被害の危険性を低減する必要がある。
前提	データセンタ/サーバ設置オフィス内の騒音が法規制を超えており、同室内で作業する就労者に職業性難聴を発症させる可能性がある。
動機	<b>【就労者の保護】</b> A. 作業場所の移動 B. 騒音原因の遮音 C. 防音保護具による騒音影響減 <b>【発生騒音の低減】</b> D. 室温の引き下げ E. 機器の配置変更 F. 低騒音機器への変更 G. 機器消費電力の制限
代替選択肢	対応を実施しなかった場合、従業員の健康被害とそれに伴う訴訟のリスク増大を招く。
判断基準	<b>【データセンタ】</b> i. コスト優位 = A, B, C, D ii. 実現容易性優位 = A, C, D iii. 有効性優位 = A, C, D, F <b>【サーバ設置オフィス】</b> i. コスト優位 = A, B, C, D, F, (G) ii. 実現容易性優位 = B, F, G iii. 有効性優位 = B, C, D, F, (G)
有効性確認	定期的な騒音測定と判定
影響	過度な騒音低減の重視は本来のサービスレベルを低下させ安定運用のリスクを上昇させる可能性がある
派生要件	労働衛生法遵守についての合意

## 6. 各騒音対策の効果検証

騒音調査を行ったデータセンタ a 及びサーバ設置オフィス e で騒音対策の効果を検証した。

### 6.1 データセンタでの騒音対策実施

データセンタ a において各対策の実施評価を行った。

#### A: 作業場所の移動

作業場所 (調査基準点) を後方に移した。空气中的騒音

減衰により 1m 後方に移したところ 88dB→83dB に低下、2m 後方に移した時は 88dB→81dB に低下した。

#### B: 騒音原因の遮音

騒音源ラックは高さ約 2m である。騒音周波数は 1450Hz=波長 30cm に該当するため、2.4m 程度の遮音壁で騒音低減効果を期待できる。しかしデータセンタ内に 2m 以上の壁を設置することは室内冷却の熱気流を阻害するため実装は極めて困難である。

#### C: 防音保護具による騒音影響減

地点 B の作業者がイヤーマフ (Bilsom LOF[9]) を装着することで騒音曝露が激減することを確認した。遮音仕様[9]から効果は 88dB→65dB と推定される。

#### D: 室温の引き下げ

ラック前面 (吸気面) の室温を 30°C→27°C に引き下げた。これにより地点 B の騒音レベルは 88dB→81dB に低減、また騒音周波数が 1450Hz→1150Hz に低下した。

#### E: 機器の配置変更

機器の配置の変更は、配線や電源変更のコスト影響が大きく、データセンタ a での試算では変更費用見積もりは約 1500 万円以上であり、コスト理由で実施困難である。

#### F: 低騒音機器への変更

機器の変更は、全面再調達が必要となり、データセンタ a での試算で約 2 億円の費用が必要となる。コスト上の理由で実現は極めて困難である。

#### G: 機器消費電力の制限

データセンタ a における機器の内、消費電力制限機能を有していた機器は 20% であり、性能に制限を付けることが可能な業務用途の機器はその内の 30% であった。6% の機器への対策では施策の有効性は期待できない。参考として 2010 年に日本で出荷されたサーバで消費電力制限の機能を有している機器は 25% 以下であった[5]。

以上から実施可能な A, C, D の有効性が確認された。

## 6.2 サーバ設置オフィスでの騒音対策実施

騒音調査を行ったサーバ設置オフィス e において各騒音対策の検討と実装を行った。

#### A: 作業場所の移動

職場スペースの制約により作業場所 (調査基準点) を騒音源から離すことは不可能である。

#### B: 騒音原因の遮音

騒音源ラックは高さ 0.7m、騒音周波数は 1500Hz で波長 26cm に該当するため、高さ 1m の遮音壁をラックと地点 B の間へ設置することで効果を期待できる。高さ 1.2m の全面に吸音スポンジを貼ったパーティションの設置に

より調査基準点において 85dB→83dB に騒音が低減した。

#### C: 防音保護具による騒音影響減

就労者がイヤーマフを装着すると電話など日常業務に支障をきたすため不可能である。

#### D: 室温の引き下げ

当オフィスにおける夏季室温はクールビズ対応のため 28°C に定められており変更不可である。

#### E: 機器の配置変更

スペースの制約により不可能である。

#### F: 機器の変更

機器を低騒音のものに変更したところ、基準点で 85dB→68dB に低下した。変更費用は約 100 万円であった。

#### G: 消費電力制限

サーバが有する消費電力制限機能によりサーバ発熱量は 15% 低下し、騒音は 85dB→84dB に多少、低下した。

以上から実施可能な対策の B, F, および条件付きで G の有効性が確認された。

## 7. 震災のサーバ環境への影響

東日本大震災による発電設備の甚大な被害のため、東京電力、東北電力管内では官民一体で緊急の節電施策が講じられている。夏期における節電方法の一つとしてオフィスの空調設定温度を引き上げの実施が有力とされている。またデータセンタについても室温を上昇させることがデータセンタ業界団体でも検討されている[10]。騒音の観点では、サーバは室温 (吸気温度) の上昇に応じて冷却ファンの回転数が増加することから、騒音増大につながる可能性があるため、実機検証を行った。

2010 年に出荷された x86 2CPU サーバにおいてサーバ前方 1m の地点を基準点として、吸気温度を変更しながら消費電力、騒音の測定を行った (図 7)。一般的なデータセンタの吸気温度は 21~23°C である[10]が、仮に 22°C とした場合、検証サーバは 74.1dB と低騒音であった。この検証環境で吸気温度を引き上げてゆくと 25°C に引き上げた環境では 76.6dB (2.5dB 増)、28°C では 79.7dB (5.6dB 増) と大幅に騒音が増加した。オフィスの平均室温の 25.1°C[11]の環境では 76.6dB と問題のない騒音レベルであったが 28°C に引き上げた時には 79.7dB (3.1dB 増)、室温 30°C では 80.7dB (4.1dB 増) と大幅に騒音が増加した。従ってデータセンタ、サーバ設置オフィスともに室温引き上げはサーバ騒音を増大する可能性が高いと考えられる。

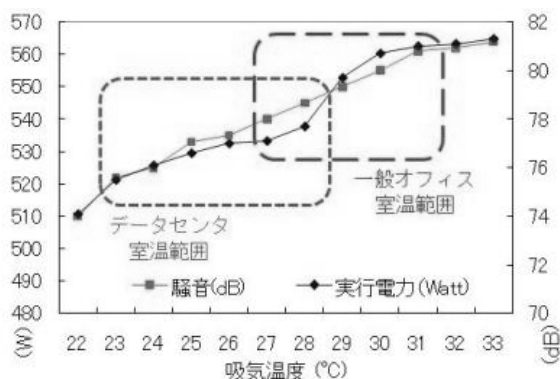


図 7 サーバ吸気温度と消費電力・騒音の推移

## 8. おわりに

本論文では、まずデータセンタおよびサーバ設置オフィスの騒音上昇の原因について考察し、CPUの発熱量増による冷却ファンの騒音上昇が主因であることを仮説を立て、立証した(2章)上で、騒音による健康被害と法制度、及び企業の法的リスクを整理(3章)し、実際のデータセンタおよびサーバ設置オフィスでの騒音調査を行った(4章)。次にデータセンタおよびサーバ設置オフィスの騒音対策と選択基準を整理し(5章)、各騒音対策の実現性と有効性を検証した(6章)。さらに震災後の節電実施に伴う室温引き上げが与える影響について検証と影響予測を行った(7章)。

本論文は稼働環境の特性と運用要件に応じた防止策の検討ガイドラインを提示・検証すると共に、震災後の節電対策での考慮の必要性を指摘し、現場での実践に有効な知見を示すことができた。対策検討時の選定基準の標準化と効果測定は過去に例のない試みであり、今後データセンタおよびサーバ設置オフィスで騒音対策を検討する現場担当者にとって有用な参考資料及び対策検討資料になると考える。

特に7章で室温引き上げがサーバ騒音増大に寄与することにより震災後の節電対策が騒音被害を拡大する可能性が高いことが明らかになった。利用者においては、サーバの新規調達時には設置予定場所の室温における騒音レベルをメーカーに事前確認することが重要であると考えられる。また各サーバメーカーにおいてはオフィスへの設置が想定されるサーバ機種に関しては室温30°C程度までは騒音レベルが急増しないように空冷設計を見直すことを提案する。

導入済み既設サーバについては室温の引き上げでの騒音増大は不可避のため、節電実施期間には就労者における騒音曝露による健康被害の防止策として、データセン

タでは作業者を室外に退避させること、サーバ設置オフィスにおいてはサーバ機器を事務オフィスと別部屋に隔離することを検討し、不可能である場合には外部データセンタへの機器移転やホスティングサービスの利用について検討することが有効であると考えられる。

2011年現在、環境対策として“グリーンIT”および震災後の電力危機対策としての“節電”は非常に注目されているが、サーバ騒音をもたらす健康被害への関心は極めて低い。経営観点でも、健康被害が顕在化する前であれば低コストで対策可能だが、放置して顕在化した場合には高い確率で将来の大きなリスクとなりうる。

騒音問題への関心が低い結果として就労者の健康を害するデータセンタやサーバ設置オフィスのあり方には、早急な改善が必要である。

## 参考文献

- 1) Computerworld: Data Center Noise Levels Rising, [http://www.computerworld.com/s/article/299947/Can\\_You\\_Hear\\_Me\\_Now\\_\(2007\)](http://www.computerworld.com/s/article/299947/Can_You_Hear_Me_Now_(2007)).
- 2) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.: 2008 ASHRAE Environmental Guidelines for Datacom Equipment (2008).
- 3) ノークリサーチ:2007年中堅・大規模企業のIT導入実態と投資動向調査報告(2007).
- 4) ノークリサーチ:中堅・中小企業のサーバ/クライアント管理実態と展望2006(2007).
- 5) IDC, 国内サーバ市場2010年の分析と2011年~2015年の予測(2011).
- 6) 産労総合研究所:労働判例440号p75(1986).
- 7) 日本補聴器工業会:補聴器供給システムの在り方に関する研究2年次報告書(2003).
- 8) スウェーデン労働環境基金原編/アメリカ合衆国労働省労働安全衛生局編/山本剛夫監訳:現場に役立つ騒音対策(2003).
- 9) [http://www.sperian.com/Asia/Product\\_Catalog/Hearing.aspx](http://www.sperian.com/Asia/Product_Catalog/Hearing.aspx)
- 10) 日本データセンタ協会:平成23年夏期の電力需給対策に関する要望書(2011).
- 11) ダイキン:夏のオフィスの空気に関する調査結果(2005).

齋藤 彰宏 (正会員)

E-mail: [saitoha@jp.ibm.com](mailto:saitoha@jp.ibm.com)

1972年生まれ、1995年日本アイビーエム株式会社入社、以後ITアーキテクトとして企業・官公庁のシステム設計/構築に従事。研究分野はシステム仮想化およびグリーンITの実装メソッド開発

藤原 陽子 (非会員)

E-mail: [yokof@jp.ibm.com](mailto:yokof@jp.ibm.com)

丸山 直之 (非会員)

E-mail: [naom@jp.ibm.com](mailto:naom@jp.ibm.com)

投稿受付: 2010年12月22日

採録決定: 2011年7月26日

編集担当: 奥乃 博 (京都大学)