

新幹線通信機器室の 空調設備省エネルギー化の研究



伊与部 宗吾* 正月 一郎**

新幹線信号通信機器室（以下、通信機器室）は、運転保安上の重要な機器の故障防止、劣化防止のために空調設備を設置し冷房を行っている。一方で、通信機器室と同様に機器の保護を目的として冷房を行っているデータセンターは、高密度化する機器に対し冷房空間を限定することで、効率の高い空調システムを構築している¹⁾。私たちは、“機器を冷房”するデータセンターに比べ、“部屋を冷房”する通信機器室は、ムダが多く冷房効率が低いと考え研究に取り組むこととした。

本論文では、通信機器室の現状把握および分析結果から、空調システム全体の効率は低く、消費エネルギー全体に占める空気の搬送動力の割合が大きいことを確認した。これらの課題に対し、施工規模に応じて3つの改修案を提案し、省エネルギー化の効果を試算したので報告する。

●キーワード：新幹線通信機器室、データセンター、設備用空調設備、省エネルギー化

1. はじめに

通信機器室には、新幹線の列車運行を司る制御装置が設置されており、機器が設置されている空間に加え、隣接して新しい装置の試験を行う試験室や、図面や部品などを保存している空間などにも冷房を行っている。

東北新幹線および上越新幹線は開業から約30年が経過し、試験室などの運用形態は変わり、設置されている機器も更新されている。しかしながら、冷房設備はこれまで十分な冷却能力があることは確認しているものの、負荷の計測に基づく設計の見直しは行われてこなかった。

研究調査対象とした熊谷新幹線信号通信機器室の概要図を図1に、対象とした機器室の概要を表1に示す。

主たる空調対象室である信号機器室へは、自由通路を隔ててある空調機械室からダクトを介し信号機器室および試験室などに冷風が送られている。信号電源室は変圧器などが

設置されており、冷房は行われていない。

2. 通信機器室の熱環境計測

2.1 室温の時間変化の計測

温度ロガーを信号機器室と信号電源室に約40個を取り付けて計測を行った。計測期間は2011年7月22日～10月21日の約3ヶ月間である。

表1 熊谷新幹線信号機器室概要

室名称	床面積[m ²]	概要	空調設備
信号機器室	930	新幹線の信号通信機器を収容	主たる対象室
信号電源室	225	信号システムの電源機器を収容	非空調（換気のみ）
空調機械室	300	機器室と試験室等の空調機を収容	非空調（換気のみ）
試験室等	400	空調対象の居室だがほぼ無人	対象室

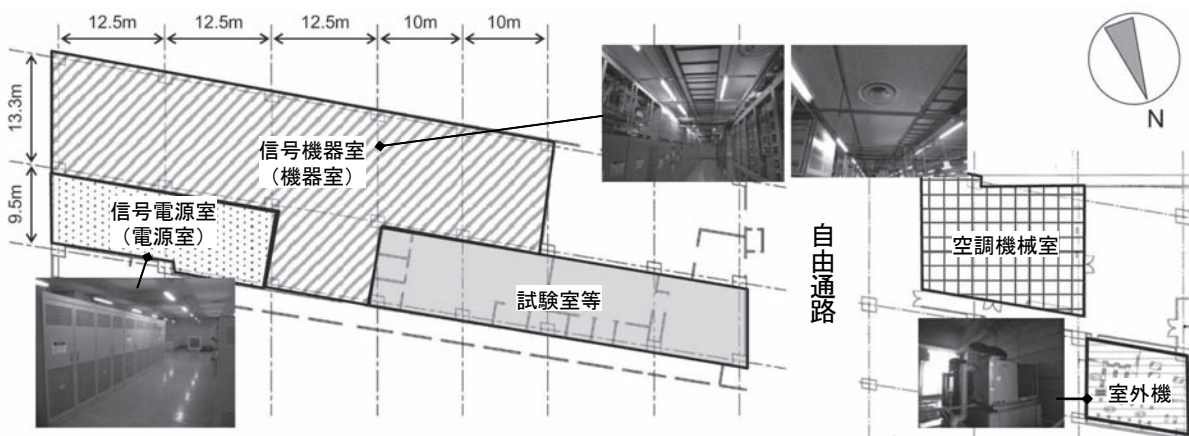


図1 熊谷新幹線信号機器室概要図

2.2 室温の分布

信号機器室および信号電源室の格子状に定めた106地点、床面からの高さ $h=100, 500, 1000, 1500, 2000, 2500$ mmのそれぞれの室温を計測した。

室温分布の計測は夏季（2011年8月25日）と中間期（10月21日）に実施した。

2.3 時間変化の計測結果

図2は計測期間中、一日の平均気温が最も高かった日の温度時系列である。信号機器室の気温は計測期間中常に25～26℃の範囲で一定であった。電源室は換気だけを行っているため、外気の影響を受けて気温が変化していた。

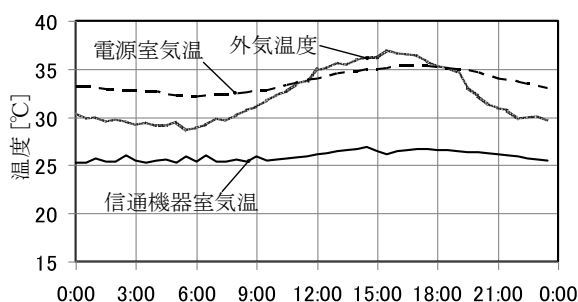


図2 室温の時間変化

図3は、同じ日における計測点を平均した室内垂直方向の温度分布である。温度分布は機器室、電源室内はほぼ均一である。水平方向についてもほぼ同様の傾向が見られた。

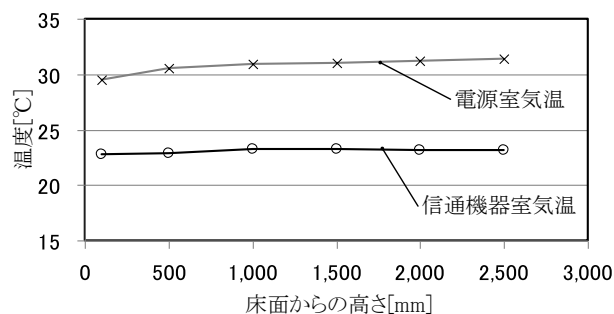


図3 温度分布の計測結果

2.4 信通機器の発熱状況確認

測定期間中サーモカメラにより信通機器の撮影を行った。撮影の結果を図4に示す。

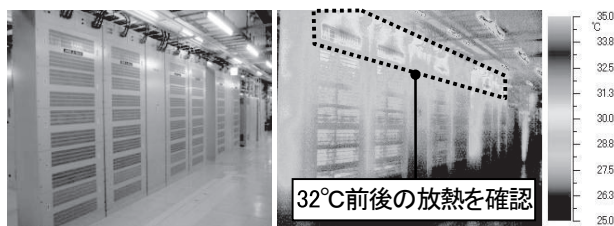


図4 サーモカメラによる信通機器の撮影

図4より機器発熱は一部に限られており、最も高い箇所では約32℃である。ファンにより強制的に冷却する機器は少なく、主に自然放熱により上部に排熱する機器が多く設置されている。

3. 空調設備の実態把握

3.1 空調設備の構成

冷房装置はパッケージ型空調機（以下PAC）3台が設置されており、そのうち2台が毎月交互に稼働している。出力は室内の温度センサーによって制御されており、2台同時に66%運転と100%運転の2段階に切り替わる。

換気装置は還気ファン（以下、RF）が2台設置されており、そのうち1台が月ごとに交互に稼働している。

ダクトに設置されているモーターダンパー（MD）はPACとRFの直下に取り、対応する機器のON/OFFにより全開、全閉の2段階切り替えとなる。

空調システムの構成を図5に示す。

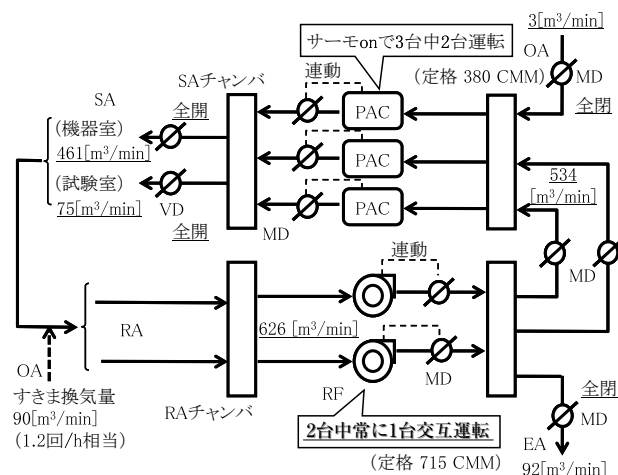


図5 空調システムの構成、風量計測結果

3.2 風量の計測

空調設備周りの風量は、2011年7月22日にダクト内部に風速計を挿入し計測した。また、外気風量（以下、OA）や試験室系統などは、風速計で直接計測することができなかったため、計測した箇所から算出した（図5）。

3.3 空調機器の消費電力計測

空調設備の動力盤に計測器を設置し、温度測定と同じ3ヶ月間の消費電力を測定した。空調機の能力および消費電力から空調機の効率を求めた。計測期間中の空調設備の成績係数（以下、COP）は、夏季に1.3であった。

4. 負荷の把握

4.1 信通機器負荷の推定

信通機器からの負荷については機器の消費電力を直接計測することが望ましいが、今回は計測時に機器に触れることのリスクを考慮して実施しなかった。そこで、空調設備の稼働状況から負荷を推定することとした。

図6は、室内と室外の温度差を横軸に、空調負荷を縦軸に示したグラフである。プロットは日平均のデータであり、室内外の温度差と空調負荷は比例している。

室内外の温度差が無いときは外壁からの負荷、すきま風の負荷がなく、室内からの発熱負荷が空調機で除去している熱と同等である。

図6より1次近似曲線と室内外の温度差がゼロとなるとき空調機の負荷は約50kWである。この結果より、室内からの発熱量は約50kWと推定した。

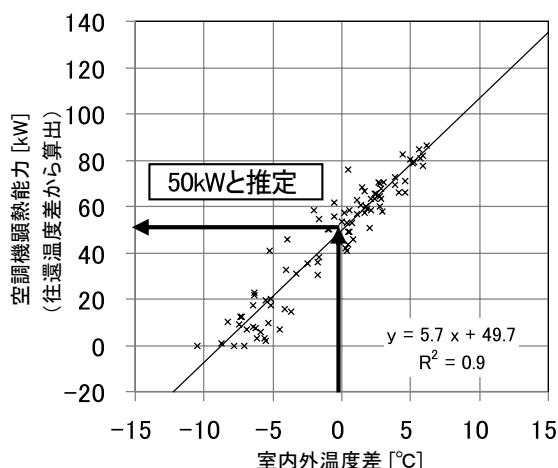


図6 室内外の温度差と空調負荷の関係

4.2 外壁からの負荷

外壁からの負荷は、壁の表面温度と外気温から熱損失係数を算出して求めた。

熱損失係数は5時間の平均から2.0W/m²Kであった。外壁からの負荷ピークは、室内外の最大温度差10.8℃のとき53kWである。

4.3 導入外気による負荷

すきま風を含む導入外気量の実測結果に、外気の最大エンタルピーを掛け合わせ、負荷を求めたところ51kWであった。

4.4 設計時の空調負荷と実測負荷の比較

既存設備設計時の負荷計算結果と実測した負荷を比較した図7に示す。設計時に比べ負荷は約37%少ないことがわか

る。空調設備の設計当初から機器が更新されていることもあり、機器負荷は半分以下であった。外壁からの負荷は、設計時の想定よりもかなり少なかった。また、現在信通機器室は無人で、照明が基本的に点灯しないため、照明負荷はほぼゼロであった。一方、外気負荷（すきま風による負荷）は設計当初より多くなっていることがわかった。

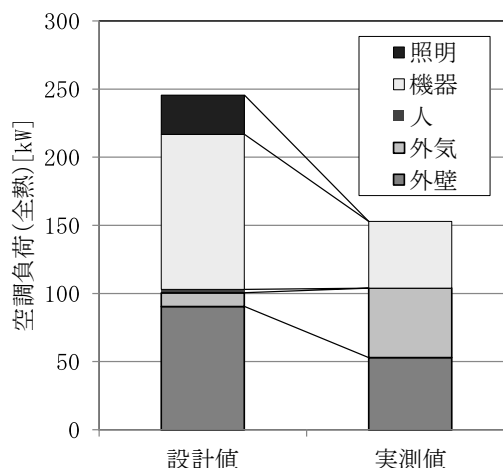


図7 設計時の空調負荷と実測負荷の比較

5. 空調システムの課題

第3節の空調設備の状態把握、第4節の負荷の把握の結果から、エネルギー消費割合を推定した結果を図8に示す。

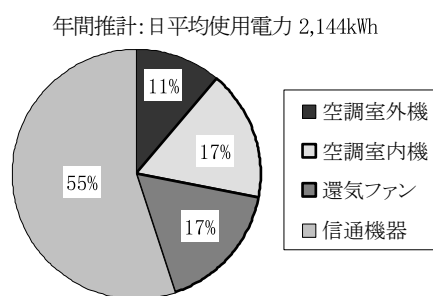


図8 消費エネルギーの割合

空気の搬送動力である空調室内機、および還気ファンの占める割合が全体の約3分の1を占めており、熱源である空調室外機に比べ大きいことがわかる。

計測結果と設備実態の調査結果にもとづき、空調システムの課題を(1)～(7)に整理した。

- (1) すきま換気(外気)量(90m³/min)が多い。
- (2) 試験室などの通常使用されていない空間にも、冷房を行っている。
- (3) PACとRFの風量が一定であり、負荷に追従しないため、空気の搬送動力が熱源動力に比べ多い。
- (4) RFが常に稼働しており、空気搬送動力が多い。

- (5) PACの生産熱量は66%と100%の2段階であり、外気負荷に対して細やかな追従ができない。
- (6) 空調設備のCOPは、最新のデータセンター向けPAC(2.8程度)に比べ低い。
- (7) 設計時に比べ、負荷は少なくなっている。機器の負荷、外壁の負荷は少なく、外気の負荷が多い。

6. 省エネ改修案

課題に対する省エネ改修案を、施工規模に応じて3つ改修案する。

6.1 小規模改修案

改修の概要を図9に示す。空調設備の現状より、試験室などは通信機器がなく、非居住空間であるにもかかわらず空調している。この空間はムダに空調しているため、空調を取り止めることを提案する。また、機器室のすきま風を減らす対策を講じる。

RFは一定風量で年中稼働しており、室内の空気をムダに循環している。インバータを設置してRFを風量可変とし、全体の風量バランスを見直すことを提案する。

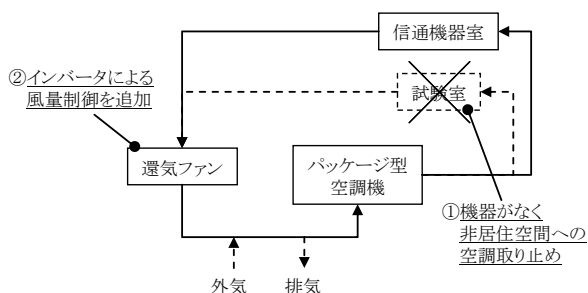


図9 小規模改修案の概要

試験室に送風している風量および熱量の削減と、冬季の循環風量の低減が省エネルギーに大きく寄与する。消費電力削減量を試算した結果、年間約10%の消費電力量を削減することが見込まれる。

6.2 中規模改修案

改修の概要を図10に示す。小規模改修案に加え、外気温湿度を検知し、室内温湿度と比較して外気を積極的に導入する“外気冷房”を行う。また、現在3台中常に2台運転している空調機を電子制御装置による台数制御を行い1台運転に変更し、室内機の風量を低減する。

ただし、外気を導入する際は塵埃や湿度分により、結露などで機器に悪影響を及ぼさないよう十分考慮する必要がある。

消費電力削減量を試算した結果、小規模改修案と合わせて年間約20%の消費電力量を削減することが見込まれる。

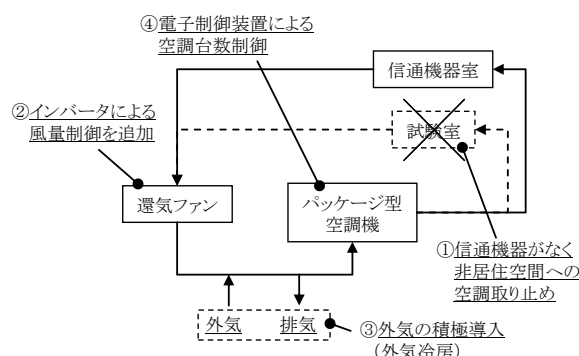


図10 中規模改修案の概要

6.3 大規模改修案

改修の概要を図11に示す。機器更新時において、空調システム全体の取替えを前提とした提案である。空調システム全体のCOPを向上するため、床置型の室内機を機器室内に設置し、空気の搬送動力を最小とする。

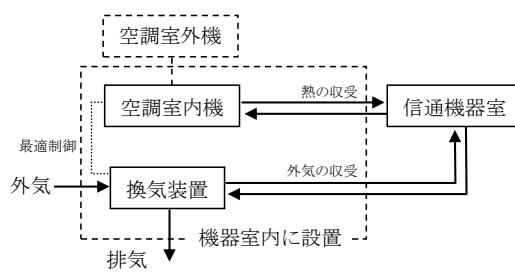


図11 大規模改修案の概要

ただし、天井から均一に冷風を送風している場合に比べ温度ムラがでやすいため、発熱機器と室内機の配置を考慮する必要がある。

消費電力削減量を試算した結果、年間約30%の消費電力量を削減することが見込まれる。

7. おわりに

通信機器室は運転保安上の観点から、省エネルギー化の手を加えにくい設備であった。

今回の計測および分析の結果から空調システムには課題が多く見受けられたので、熊谷通信機器室だけの取組みにとどめず、他の通信機器室への展開を目指していきたい。

参考文献

- 1) 三宅 弘明、木下 学、植草 常雄；データセンター空調における気流設計手法に関する研究（室内温度環境に着目した空調気流設計）、日本機械学会第17回環境工学総合シンポジウム2007講演論文集、No.07-12, pp.300～3003, 2007.7.19.20