

CONSTRUCTION OF NEW COMPUTER ROOM FOR SPring-8 CONTROL

Yasuhide Ishizawa[#], Takafumi Sugimoto, Masahiko Kodera,
Takemasa Masuda, Akihiro Yamashita, Ryotaro Tanaka
Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)
1-1-1, Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198, Japan

Abstract

We have renovated the SPring-8 central control room for the unified operation with newly constructed SACLA. Before the renovation, we constructed a new computer room to accommodate computers which were moved from the central control room to make operation space.

We consider safety, expandability, power consumption and air conditioning in designing the new computer room. We classified computers by their operation importance for accelerator operation. According to the classification two kinds of the powers are supplied. UPS supplies high quality never stopping power and the momentary-voltage-drop-protector protects computers from short period voltage drop less than 1 second. After the construction, we measured air flow in the room precisely. According to the measurement we added some equipment for smooth airflow. The new computer room began its operation in October 2011 and has been working satisfactory since then.

SPring-8 制御用新計算機室の構築

1. はじめに

SPring-8 は、1997 年から供用を開始し 15 年が経過した。当初中央制御室からは、1GeV ライナック、8GeV ブースターシンクロトロン、8GeV 蓄積リングおよび 10 本のビームラインの運転制御を行ってきた。現在、これらに加えてニュースバルリングへのビーム入射及び 53 本に増えたビームライン機器の制御を中央制御室から行っている。そして、近年建設され運用を開始した X 線自由電子レーザー施設 SACLA を中央制御室から制御する計画及び将来計画 SPring-8 II 等を見越して中央制御室のコントロールエリアを拡張¹⁾することとなった。

旧中央制御室面積 340m²は、ディスプレイウォール²⁾によって約 200 m²のコントロールエリアと約 140 m²の計算機設置スペースに区切り運用を行ってきた。コントロールエリアには、制御卓、ミーティング卓、機器モニタリング卓等が設置され、各加速器の運転を円滑に実施できていた。しかし、中央制御室は SPring-8 の加速器を運転するために設計された空間だったため、SACLA 制御卓を設置する場所は無かった。計算機設置スペースは、SPring-8 加速器を運転するために必要な計算機及びインターロック機器等を設置し運用を行ってきた。15 年間の間に機器の増設を繰り返し行ってきたことに合わせて、近年の IT 機器の高密度化に伴う電力、発熱、騒音対策を実施してきた。これに加え、SACLA の計算機の導入 SPring-8 II 計画に対応する等を考慮した結果、中央制御室を拡張させ、新たに制御計算機室を構築することにした。

2. 設計

新計算機室構築に際し、要求を明確にして設計を

行った。要求は、SPring-8 の加速器運転を安定に継続させるために、制御計算器室を構築する。パッケージ化し市販されているサーバーームを購入するのではなく、SPring-8 の環境や計算機にとって最適な計算機室を構築することを目指した。

設置スペース、機器消費電力を基にラック、計算機、計算機用電源及び空調システム等の拡張性、冗長性、安定性、保守性、安全性、効率性を高め、機器間の相互関係の均衡を保もちかつ安価に構築できるよう設計した。

2.1 場所の選択

新計算機室として中央制御室に隣接する約 69 m² (12.5m×5.5m) の部屋を選択した。この部屋を選択した理由は、アクセス性がよく、空調システムが構築しやすい環境 (床下フリーアクセススペース (高さ 500mm)、床面コンクリート、天井部フリースペース) であったことである。図 1 に新計算機室及び中央制御室の見取り図を示す。



図 1 : 新制御計算機室及び中央制御室見取り図

[#] yasui@spring8.or.jp

2.2 計算機の消費電力

制御室を構築するにあたり加速器を運転させるために必要な制御計算機の電力調査を行った。表 1 は、旧制御室計算機スペースに設置された 65 台の計算機（インターロック機器及びネットワーク機器も含む）の電源消費量と使用 AC コンセントの口数を調査した結果である。

表 1：計算機電源調査

計算機消費電力	
機器定格電源量トータル	110000W
実測消費電力量トータル	22099W
UPS 電源	15539W (100V：7630 W、200V：7909 W)
商用電源	6560W (100V：6560 W、200V：0 W)
電源コンセント使用口数	
UPS 電源 100V 使用口数	22
UPS 電源 200V 使用口数	56 (IEC20:12 個含)
商用電源 100V 使用口数	51
商用電源 200V 使用口数	6 (IEC20:6 個含)

機器の定格電気量は、110kW であったが、実測値は、22kW であった。我々は、新たな計算機の導入を推測し実測値（22kW）の約 1.5 倍程度（30kW）をターゲットとし、空調システム、電源等を設計した。また、バックアップ電源は、計算機のみで使用し、空調機等には供給しないことにした。計算機用バックアップ電源は、計算機の重要度に合わせて差別化し設計を行った。

3. 詳細設計と構築

2 項で記した内容を基に詳細設計を行い、新計算機室を構築した。

3.1 電源設計

旧計算機スペースでは、機器用電源として AC100/200V で無停電電源（UPS）と商用電源を用いていた。新計算機室に設置する計算機を調査したところ 4 台の計算機以外の機器は、AC200V で稼働可能であった。そこで、供給電力を AC200V とし電源設計を行った。

機器のバックアップ電源は、SPring-8 で過去に実施したバックアップ電源の調査^[3]を基に容量 30KVA の瞬時電圧低下保護装置^[4]を 2 系統設置し各ラックに PDU を 2 式設置する冗長化構成にした。瞬時電圧低下保護装置は、バックアップ時間 1 秒、メンテナンス不要、電気効率 98%以上の機器である。我々の設計した電源システムの概略を図 2 に示す。

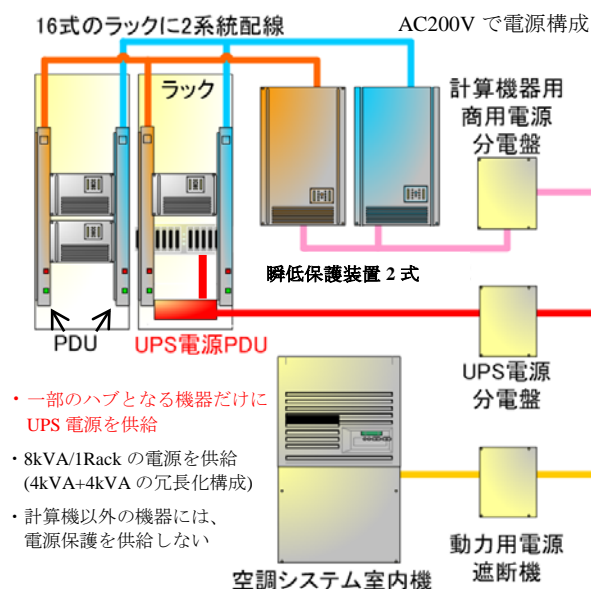


図 2: 電源システム図

SPring-8 で過去に発生していない長時間の電源トラブルが発生した場合を想定し、復旧に時間がかかる計算機及び加速機機器の立ち上げに必要とされるハブとなる計算機類（データベース、ファイルサーバ及びこれらの基幹ネットワーク機器）に対してのみ UPS 電源と瞬時保護装置による保護電源を組み合わせ合わせた電源構成とした。PDU は、IEC20 ポートを 3 系統以上接続可能であった PDU^[5]を選定した。

3.2 空調システム

空調システムの選定にあたり、新計算機室の立地条件、導入・保守・運用性、計算機の量・性質等を基に、水冷ラックシステム、ラッピング方式(冷氣・排気エリア部をガラス等を用いて物理的に分離する方式)、調給気・排気システム、外気冷熱利用システム等の検討を行った。検討を行ったいくつかのシステムのメリット、デメリットを表 2 に示す。

新計算機室に設置する計算機は、精密空調を必要としないこと、計算機及びラックの拡張を予定していること、トラブル時に人が入室し作業を行い場合によっては機器の交換作業を容易に行えること、計算機室の場所として選択した部屋が床下にフリーアクセス部を保持していること、安価で構築できること等から、空調給気・排気システムを採用し、このシステム群の中から小規模(4~6kVA/1 ラック)な計算機用空調システムとして最適とされる“床下フリーアクセス式局所ダクト給気・排気システム”を選択し設計を行った。図 3 に空調システムの概略側面図を示す。

我々の設計した冷却システムの特徴は、サーバーラック、空調機、給気口（吹き出し口）、グリル（排気口）を適切に配置させ、ラック表側をコールドエリア（冷風部）、ラック後側をホットエリア（熱風部）に分離させることを狙い設計した。また、効率よく給気するために、冷却能力 30kW 程度の空

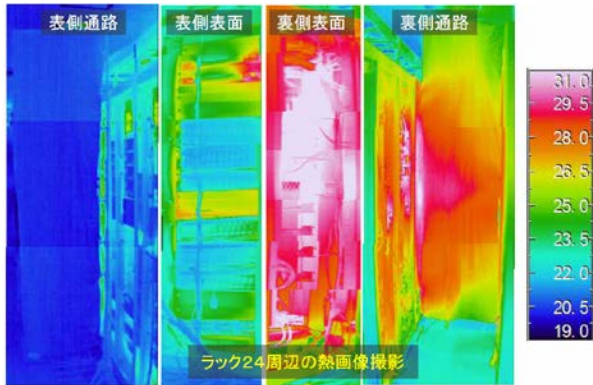


図 5: ラックの熱画像

表側通路は、20°C程度で裏側通路は、30°C程度であった。この図からコールドエリアとホットエリアに温度分離ができていることが分かる。図 6 は、熱電対とオムロン製データロガー（ZR-RX40A）を用いてラック周辺の温度分布である。測定は、高さ 20mm、600mm、1000mm、1400mm、1800mm の位置で測定を行い平均値をプロットした。

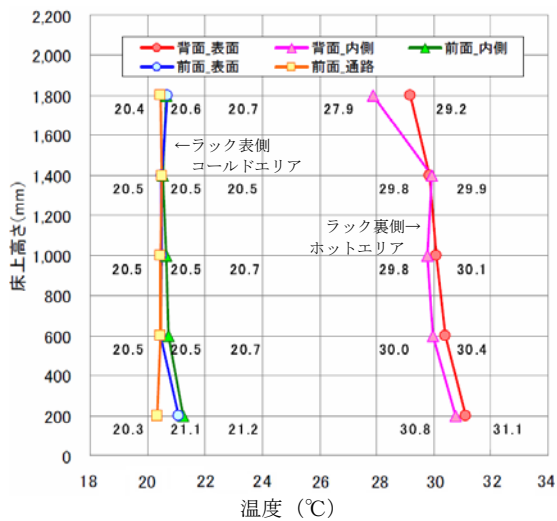


図 6: ラック周辺の上下温度分布

図 7 は、Rack24 表通路及び裏側通路空間の風速及び風の向きを示している。測定には 3 次元風速測定器⁹⁾を用いた。図 8 は、Rack24 周辺を気流可視化測定し、その結果をまとめたものである。

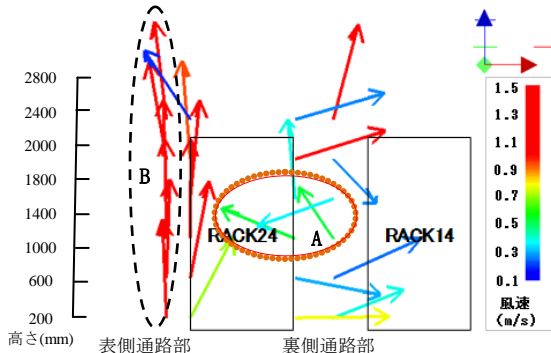


図 7: Rack24 周辺空気の流れ

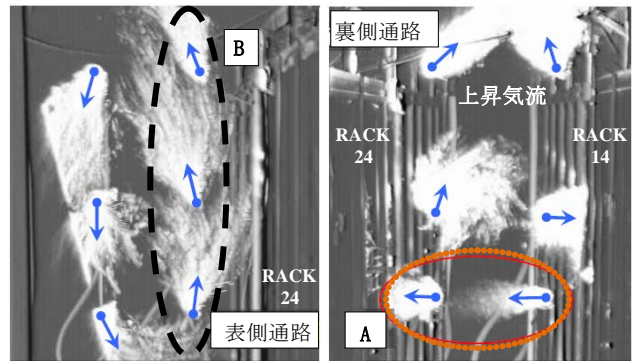


図 8: RACK24 周辺の空気の流れ

図 7 と図 8 は、概ね類似した結果であった。裏側上部に上昇傾向の気流が形成されており概ね想定通りであったが、想定外な事も発生していた。

想定外な事とは、ラック裏側空間の高さ 1000~1400mm 地点 (図 7、図 8 の点線で囲った位置 A) において空気が Rack14 から吹き込んでいた。逆に Rack14 の高さ 200~600mm の位置では、Rack24 からの排熱された空気が流れ込んでいた。これらの原因は、高性能の高密度計算機からの排熱であった。

4.2 空調の効率化を目指した調査と対策

吹き込み流は、吹きこんだラック内機器の温度上昇及びファンの劣化を招くために対策が必要であると考へ、吹き込み流を上昇気流にするためにガイド板を用いたテストを行った。ラックガイド板をラックに対して 70°、50°、25° と変化させ可視化測定を行った。測定の様子を図 9 に示す。

ガイド板をラックに対して①約 70° 傾けて設置したところ気流変化はあまり見られなかった。②約 50° にすると、若干緩和された。③約 25° まで立ち上げると、ラック 24 への吹き込み気流は見られなくなった。

ガイド板の設置は、保守性に難があるために、他の方法で押し込み気流を上昇気流させる方法を考えた。計算機ファンの排気口にフィンを取り付けることで、空気のコントロールを行う方法をテストしてみた。図 10 は、ブレードサーバ背面ファンに取り付けた試作フィンの評価実験の様子を示す。

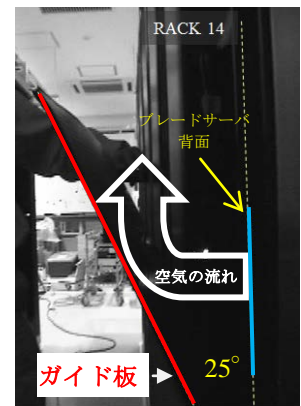


図 9: 測定の様子

ガイド板の設置は、保守性に難があるために、他の方法で押し込み気流を上昇気流させる方法を考えた。計算機ファンの排気口にフィンを取り付けることで、空気のコントロールを行う方法をテストしてみた。図 10 は、ブレードサーバ背面ファンに取り付けた試作フィンの評価実験の様子を示す。

ガイド板の設置は、保守性に難があるために、他の方法で押し込み気流を上昇気流させる方法を考えた。計算機ファンの排気口にフィンを取り付けることで、空気のコントロールを行う方法をテストしてみた。図 10 は、ブレードサーバ背面ファンに取り付けた試作フィンの評価実験の様子を示す。

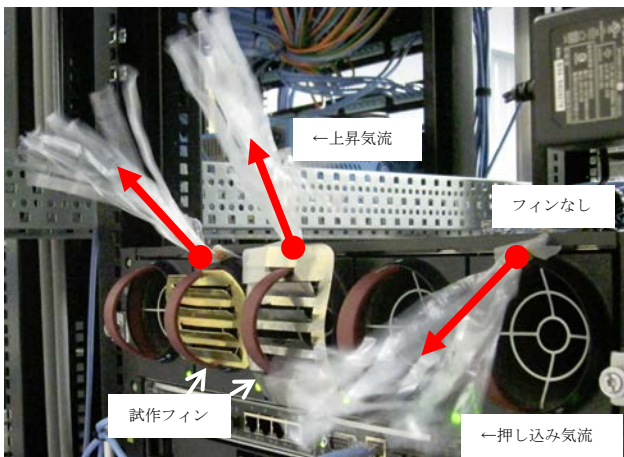


図 10：ブレードサーバに取り付けた試作フィン

また、図 7 と図 8 から冷却空気の半分以上の空気がラック中に入っておらず、図 8 では表側通路部で大きな循環流が形成されている。現在 20kVA の消費電力に対して 28kW の冷却能力を持つ空調機 2 機を稼働させている。給気口の調整を行うことで、1 機の空調機で循環させることができ解消できると想定している。

4.3 空調運転・停止時の温度変動

図 11 は、空調機を 11 分間停止させたときの、機器表面及びラック周辺温度の時間変動を示している。

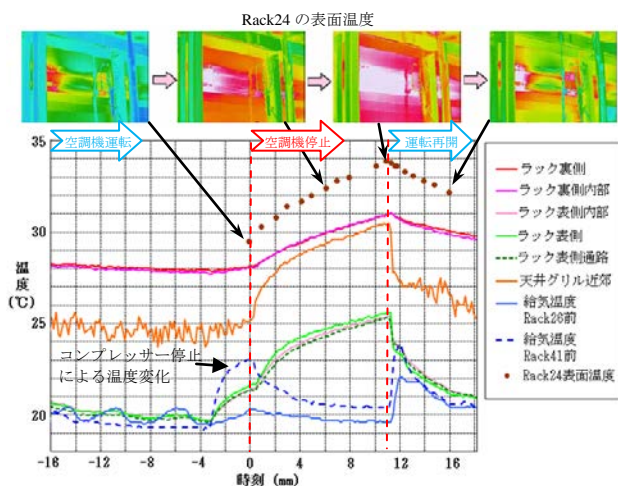


図 11：空調停止時の温度変化

空調機は図 11 の 0 分に停止させた。0 分は、空調機のコンプレッサーが停止し再稼働するタイミングである。空調停止後は、ラック周辺温度が 3～6° 温度上昇し、その影響でサーバー表面も温度上昇する。床下チャンバ内の温度は、空調停止時も低温を維持している。これは、躯体・空調機コイルなどに冷熱が蓄熱されていたこと及び給気停止による空気の攪拌がなくなり、床下に冷気が溜まりやすくなったことが原因として考えられる。30 分程度で

あれば空調機を停止させメンテナンス等が実施できることがわかった。

5. まとめ

SACLA のオペレーション及び将来計画 SPring-8 II を SPring-8 の中央制御室からオペレーションするために計算機室を新たに構築した。構築した計算機室は、最大電気容量 30kVA の計算機を設置することができる。バックアップ電源は、ランニングコストの必要としない高効率の瞬時電圧保護装置を冗長化し設置した。しかし一部の機器に対してのみ UPS 電源を用いた。空調システムは、床下フリーアクセス式局所ダクト給気・排気システムを採用しサーバーラック、空調機、吹き出し口、排気口を適切に配置させた。

構築後、評価試験として空調調査を実施したところ適切な温度レベルで維持できており、コールドエリアとホットエリアを分離させることができていた。想定外な循環流、吹き込み気流が形成されているものの良好であった。我々は、高効率な空調環境作りを目指して、ファン用フィンの評価を行っている。今後、メーカーにフィンの製作を提案していく予定である。

参考文献

- [1] A.Yamashita et al., "New SPring-8 control room; Towards unified operation with SACLA and SPring-8 II era, proceedings of ICALEPCS2011, , , 2011.
- [2] T.Hamano et al., "Development of large high-resolution display for SPring-8 central control room", P.111,proceedings of ICALEPCS2009,Kobe, Japan, 2009.
- [3] Y.Ishizawa, et al., "Installation of instantaneous Voltage-Drop Protector", Workshop of Accelerator Operations, USA, Chicago, May.22-27, 2005
- [4] http://www.kdn.co.jp/product_main.html
- [5] <http://www.apc.com/products/family/?id=136>
- [6] http://www.mitsubishielectric.co.jp/hvac_r/conditioning/products/pac/.html
- [7] http://www.csc-biz.com/csc%20bland/mist_st/mist.html
- [8] <http://www.snk.co.jp/particle/index.html>
- [9] <http://www.u-sonic.co.jp/product/sat.html>