The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	サイバーメディアセンターITコア棟の建設について
Author(s)	森原, 一郎; 下條, 真司
Citation	サイバーメディアHPCジャーナル. 2015, 5, p. 7-10
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/70493
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

サイバーメディアセンターITコア棟の建設について

森原 一郎、 下條 真司
大阪大学 サイバーメディアセンター

1. はじめに

サイバーメディアセンターIT コア棟（以下 IT コア棟と略す）は、サーバ室を併設していたサイバーメディアセンター本館（以下本館と略す）の耐震改修と全国共同利用設備であるスーパーコンピュータの更改に合わせ、スーパーコンピュータやサーバ等の機器を設置するためのデータセンターとして 2013 年 12 月に着工し、2014 年 9 月に竣工した。IT コア棟の建設に当たっては、収容されているスーパーコンピュータやサーバが安全に安定的に運用できることはもちろんのこと、世界的に議論されている環境負荷軽減や昨今の電気料金高騰に配慮し、エネルギー効率の向上を目指した設計を行っている。また、学内で個別管理されているサーバ等の収容を行うハウジングサービスが可能な設備設計を行っており、全学的な環境負荷軽減と運用コスト削減にも貢献することをねらっている。

本稿では、IT コア棟の建物や設備の特徴を紹介するとともに、IT コア棟のエネルギー効率向上の取組みについて述べる。

2. IT コア棟の特徴

2.1 環境や景観に配慮した建物

2 階建て延べ床面積が約 2000 ㎡で、1 階に電気設備室、窒素ガス消火設備室、冷却設備室、2 階にサーバ室、UPS（無停電電源装置）室の構成になっている。サーバ室は面積約 560 ㎡、床耐荷重 1.1t/㎡で、60cm 幅の標準サーバラックを 240 ラック設置可能であり、ハウジングサービスを行うための十分な面積を有している。（図 1 参照）

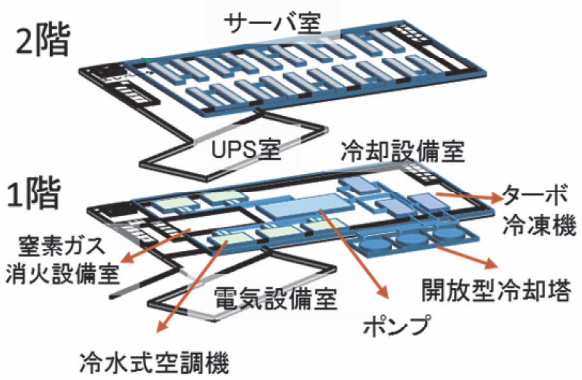

図 1 IT コア棟フロア図

消火設備は、安全で環境にも影響のない窒素ガス消火設備を導入している。また、近隣住宅等への騒音対策にも配慮し、機器の消音化はもちろんのこと、配置や植栽も工夫している。さらに、景観にも配慮し、図 2 の写真のように建物の前面をルーバーで覆っている。

図 2 IT コア棟全景

2.2 エネルギー効率の良い冷却システム

熱負荷密度が非常に高いスーパーコンピュータを設置するため、水冷と空冷の両方に対応できる強力でかつ効率の良い冷却システムを構築している。表 1 に示すように、水冷設備としてターボ冷凍機 3 台と開放型冷却塔 3 台、空調設備として冷水式空調機 5 台と間接気化冷却空調機 2 台（屋上に設置）を備えており、水

表 1 主要冷却設備の仕様

主要機器	諸元	仕様	台数
ターボ冷凍機	冷却能力	200冷凍トン 703.3kW	×3台
開放型冷却塔	冷却能力	200冷凍トン 798.8kW	×3台
冷水式空調機	最大風量	70,800㎥/h	×5台
	冷却能力	238kW	
間接気化式空調機	最大風量	36,000㎥/h	×2台
	冷却能力	164kW	

冷と空冷を合わせて熱負荷 1,300kw 以上に対応できる。

屋外に設置して外気や気化熱を利用することによって水を冷やす開放型冷却塔と 1 階のターボ冷凍機の組合せで冷却効率を向上し、冷水を冷水式空調機とスーパーコンピュータ等の水冷システムに供給する。

空調は、ターボ冷凍機から冷水の供給を受けて空気の冷却を行う 1 階の冷水式空調機に加え、外気と気化熱を利用して空気を冷却する屋上の間接気化冷却空調機で冷却効率を高めるとともに、後述するアイルキャッピング方式により空気循環を制御して冷却効率を更に向上している。

また、サーバ室の冷却状況に合わせて冷却機器等の稼働制御をきめ細かく行うため、センサーによる温度（水、空気）、気圧、冷却機等の運転状況のモニタリングを行って冷却効率を可視化ができるマネジメントシステムを導入している。

2.3 安定した電力供給が可能な電源システム

電源設備としては、単相三線 200-100(V) 300kVA、三相三線 200(V) 2,800kVA、三相三線 400(V) 500kVA で、多様なニーズに対応できるようにしている。また、サイバーメディアセンター吹田本館に設置している発電機（200kV）から配電可能にし、サービス停止の影響が大きい基幹系システムについては、長時間停電時でも自動的に配電回路を切り替えてサービスを継続できるようにしている。

なお、UPS 室は、大規模共用型 UPS や直流電源を将来的に導入することを想定して設けている。

2.4 安心安全なセキュリティ管理システム

サーバ室への入退出は静脈認証と IC カードにより管理し、許可・登録された運用担当者だけが入退出できるようにするとともに、入退出の情報を記録して確認できるようにしている。

サーバ室内は多数のシステムで共同利用するため、ラック単位に施錠可能にしてセキュリティを確保するとともに、キー管理の強化と運用の効率化を目的に、認証によって権限のあるキーだけを取り出せるキー管理システムを導入している。また、監視カメラによるサーバ室の遠隔監視を行い、入退室、作業状況、事故発生等を監視して、一層のセキュリティ確保と安全確保を行っている。

3. エネルギー効率向上を目指した取組

3.1 IT コア棟の冷却の仕組み

スーパーコンピュータは機器の集積度が高く、ラック当たりの発熱量は、稼働状況にもよるが一般のサーバに比べ 3 倍以上になる。 そのため、発熱量が多く、熱負荷密度が高い CPU を効率の良い水冷で、メモリ等その他の部品や機器は空冷で冷却している。 また、熱負荷密度が高いために急激な温度上昇による機器故障の恐れがあるため、冷却条件が一般のサーバに比べて厳しくなっている。

水冷は、ターボ冷凍機で 12℃の冷水を生成し、熱交換によってスーパーコンピュータの水冷システムに 20℃の冷水を供給する。また、CPU の温度を 30℃以下に保つため、CPU 冷却後の水温が 26℃以下になるよう水流量を設定している。

空冷は、ターボ冷凍機から水冷同様に 12℃の冷水が供給され、冷水式空調機によって 19℃の冷気を供給している。また、水冷と同様に、機器周辺の温度を 30℃以下に保つため、排出される暖気が平均 27℃になるよう送風の流量を設定している。

1 階の冷水式空調機で冷却された空気は 1 階と 2 階の間にある空調用チャンバーに送られ、ここで拡散されてサーバ室に冷気が送られる。（図 3 参照）

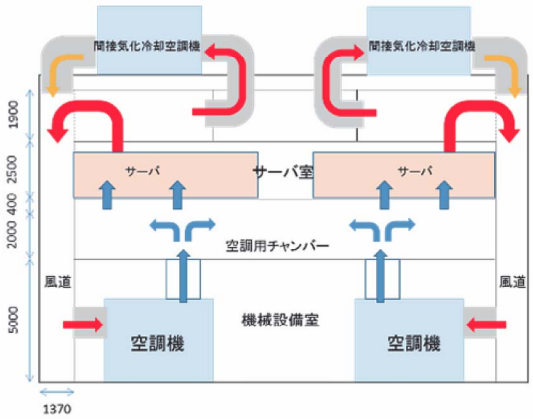

図 3 IT コア棟における空気循環

サーバラックはラック列 2 列を 1 ブロックとして、ブロック毎にコールドアイル（冷たい空気の通路）とホットアイル（熱い空気の通路）に区画し、コールド

アイルとホットアイルで空気が混流しないようにアイルキャッピングを行っている。（図 4 参照）

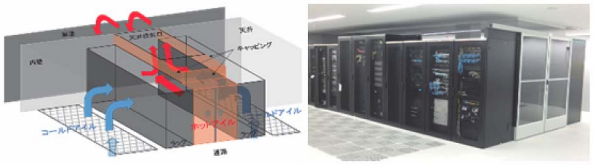

図 4　アイルキャッピングの仕組み

ラックに設置されたサーバ等の機器はコールドアイルから吸気し、ホットアイルに排気を行う。ホットアイルの暖気は天井の排気口から排気され、壁の風道を通して 1 階の空調機に還流される。天井裏の暖気の一部は、屋上の間接気化冷却空調機に吸入され、外気と気化熱により冷まされた空気が風道に戻される。

1 階と 2 階の間の空調用チャンバーと天井裏に大きな空間を確保して風圧の拡散を行うことにより、均等な機器冷却と空調機等のファンの負荷軽減を実現している。

3.2　エネルギー効率向上のための課題と対策

データセンターのエネルギー効率を表す指標の一つとして施設全体の消費電力をIT機器の消費電力で割った値 PUE（Power Usage Effectiveness）がある。施設全体の消費電力には、IT 機器の他、冷却設備、照明、電源設備などの消費電力が含まれ、PUE の値が小さいほどエネルギー効率良い施設と言える。一般に PUE の値が 2.0 未満であれば効率が良い施設と言われるが、昨今では PUE の値が 1.1 を下回るデータセンターもあり、データセンターにおけるエネルギー効率化の技術は急速に進化している。IT コア棟の建設においては、スーパーコンピュータの冷却条件が厳しいことから、PUE1.3 を目標に建物や冷却設備の設計を行ったが、実際の運用においては以下に述べるような様々な課題があり、PUE の値は概算で 1.35～1.70 と変動が大きく、目標を達成できていない状況である。現在、課題を解決し、目標を達成するため以下のような取組を進めている。

(1)　実測データに基づく冷却設備のチューニング

冷却機器の初期設定は、サーバや冷却機器の規格データを元に、シミュレーションも交えて決定しているが、機器の配置やサーバの稼働など様々な要因で当初の想定とは異なる結果になっている。そのため、サーバの消費電力、冷却機器の消費電力、水冷機器の温度や流量、空冷機器の温度や風量、サーバ室内の温度や風量などを細かく測定し、それらのデータを元に冷却機器設定のチューニングを進めている。例えば、空調機の消費電力は、理論的には送風量の 3 乗に比例するため、送風量の削減は消費電力の削減効果が大きい。空調機は 5 台あり、総風量一定とすると全ての空調機の送風量を同じにするのが最適であるが、後述するように、サーバの配置や稼働状況によってバランス良く冷却するためには、空調機毎に送風量を細かくチューニングする必要がある。また、送風温度や冷却水の温度を変更することにより消費電力を削減することも考えられる。例えば、送風温度を上げると水冷との熱交換の効率が上がり、ポンプやターボ冷凍機の負荷軽減ができる可能性があるが、サーバ等の機器の上限温度が一定だとすると、送風量を上げる必要があるため、これについても細かなチューニングが必要である。

(2)　サーバ設置状況に合わせた空調のチューニング

現状、スーパーコンピュータ以外のサーバは 6 ブロック中 2 ブロックしか設置していないため、空きスペースが多い。フルに設置された場合とは空気の流れが異なり、局所的に高温になるホットスポットや局所的な大きな風圧・負圧（期待する圧力とは逆方向の圧力）が発生して、機器の損壊や冷却効率の大幅な低下を招く可能性がある。そのため、前述の様々な実測データの収集に加え、図 5 に示すような実測データを元にしたシミュレーションを行って改善方法を検討している。改善は、空調機の送風量のチューニングだけでなく、

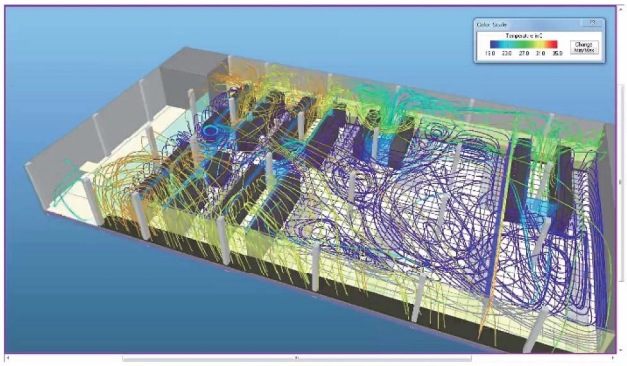

図 5　サーバ室の空気の流れと温度のシミュレーション（TileFlow による）

サーバ室内の風量や気圧を調節するために床開口部や天井開口部の閉鎖／解放、キャッピングの改善なども含まれる。また、今後のサーバ増設によって空気の流れが変化するため、フルにサーバが設置されるまで継続して取組む必要がある。

(3) サーバ稼働状況に合わせた空調のチューニング

スーパーコンピュータは、自身の消費電力を削減するため、要求される演算の量に応じて、ノードと呼ばれる単位で機器を部分的に休止する仕組みになっている。そのため、演算要求の多少によって、消費電力が大きく変動し、発熱量も変動する。しかし、現状は稼働の細かな予測ができないためフル稼働を想定した一定の冷却を行っており、スーパーコンピュータの稼働が減少すると過冷却の状態になり、大幅に効率が低下する。そこで、スーパーコンピュータのジョブスケジュール情報を元に稼働の予測行い、センサーからの温度データ等とも合わせて空調機の送風量を調節することを検討している。どの程度の効果が上がるかは未知数であるが、継続的にデータを収集して学習させ、効率向上を目指す予定である。

4. おわりに

IT コア棟は 2014 年秋から仮運用開始しているが、本館の改修完成に合わせ、2015 年 5 月 15 日に竣工披露式典を開催し、本格運用を開始した。また、式典に参加された 100 名近い方々に IT コア棟を見学して頂き、期待や励ましの言葉を頂いた。IT コア棟の運用は始まったばかりで手探りの状態であるが、本稿で述べたエネルギー効率向上に向けた取組みを継続的に行い、環境負荷軽減と経費削減に貢献したいと考えている。また、IT コア棟は、100%サーバが収容された状態で最適な設計がされているので、ハウジングサービスの利用拡大を推進してエネルギー効率の一層の向上を図るとともに、学内に分散しているサーバを集約することによって、全学的な環境負荷軽減と経費削減にも貢献したいと考えている。

謝辞 IT コア棟の建設に関しては、本センターの教職員のみならず施設部をはじめとする本部の様々な方々、文部科学省、日本電気㈱, ㈱鴻池組、高砂熱学工業㈱、浅海電気㈱の多くの方々に多大なご貢献をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

(1) 日本データセンター協会, データセンターにおける節電対策マニュアル改訂版（Ver1.3）,2012

(2) 関口芳弘, スーパーコンピュータ「京」を支える建築・設備技術,FUJITSU,63,3,p.247-253

(3) 市川卓也他, 空調システムの最適化を目的とした統合的設計と運転に関する研究（第 5 報）熱源システムの設定変更による省エネルギー効果, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集,2008, p.233-236