

TechWEEK 2012

松江DCPの運用実績と今後の更なる省エネ化施策



2012/11/14
株式会社インターネットイニシアティブ
サービスオペレーション本部
データセンターサービス部 事業企画課

橋本 明大

Ongoing Innovation

20th
Anniversary

松江データセンターパーク 運用実績と課題

松江データセンターパーク 特徴・主要スペック

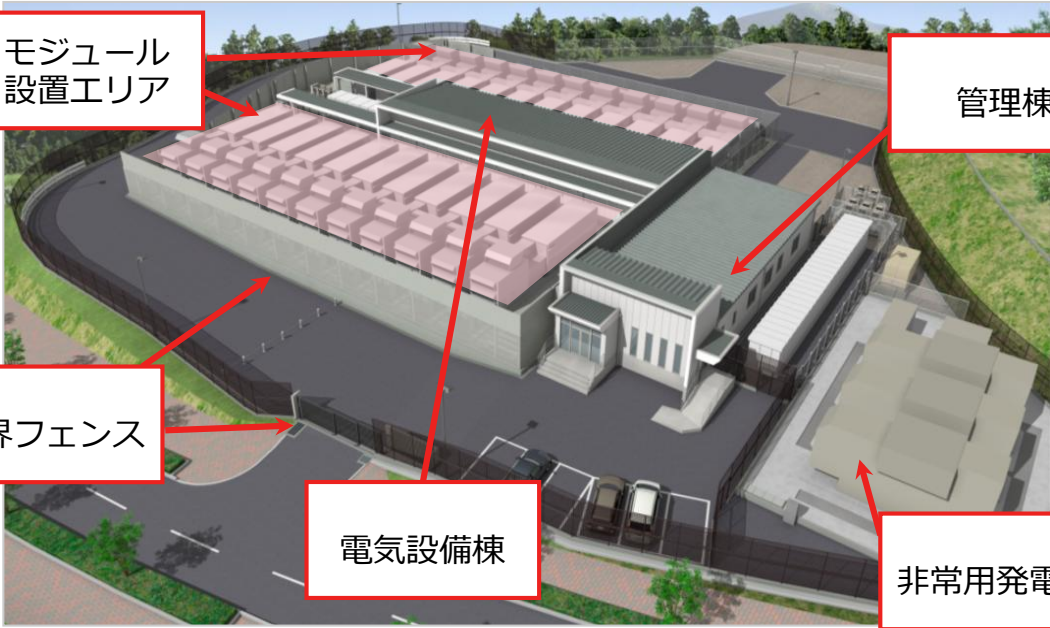
“IZmo”
ITモジュール

空調モジュール
モジュール型
外気冷却システム

**最短経路モジュール間接続
“2次元MISP”**
エネルギーロスの極小化

IIJバックボーン
広帯域・高品質

外観



スペック

ファシリティ
敷地面積 約8,000㎡
ITモジュール数 最大24台 (ラック数 最大216ラック)
管理棟、電気設備棟 (耐火構造)

電気設備
受電容量 2,000kVA
中国電力より異変電所からの現用/予備2系統受電
非常用発電機 24時間連続運転
UPS N+1構成

消火設備
火災予兆検知システム、N2ガス消火設備

セキュリティ
敷地侵入検知、監視カメラ、入退室管理を完備
24時間常駐員による監視

各種認証対応
ISMS、FISC準拠、ISO14001(取得予定)
JDCC-FS001 ティア3
SSAE16Type2(対応予定)

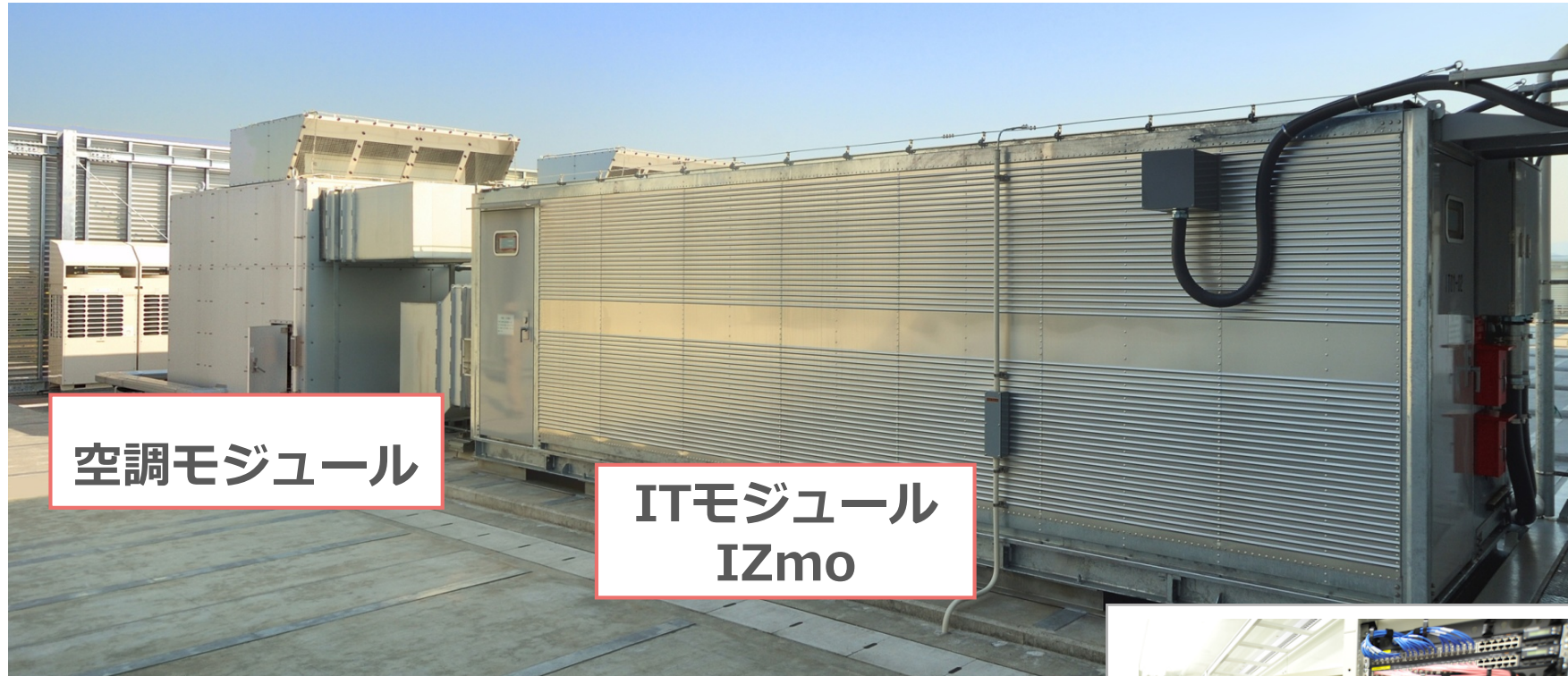
周囲環境との調和を図りながら、必要なセキュリティ・堅牢性を確保



- ・島根県松江市の中心部に近接する企業団地に立地
- ・高台に位置 (標高約40m)
- ・ハザードマップ災害指定区域外
- ・強固な地盤 (切り土にて造成、地盤調査にて十分なN値を確認)

地震リスク
PML値1.2%
ABS Consulting
AN IRIS GROUP COMPANY

IZmoと空調モジュール



空調モジュール

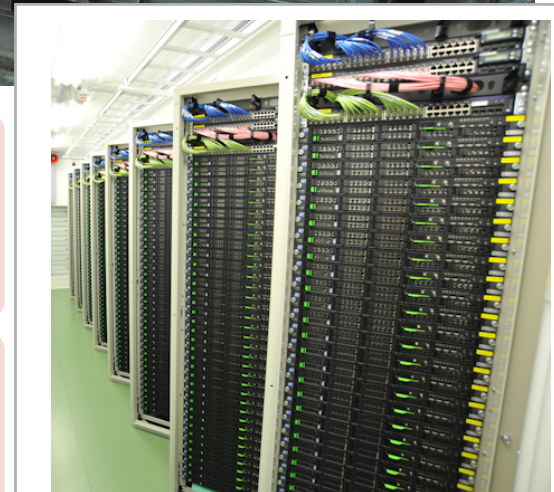
ITモジュール
IZmo

クラウド基盤ファシリティに必要な高密度実装が可能な仕様

- 実効電力90kW / コンテナ
平均10kW / ラック
- 耐震荷重800kg / ラック

1Uサーバ約360台
(0.25KW/サーバ)

ストレージ約6PB
(実容量)

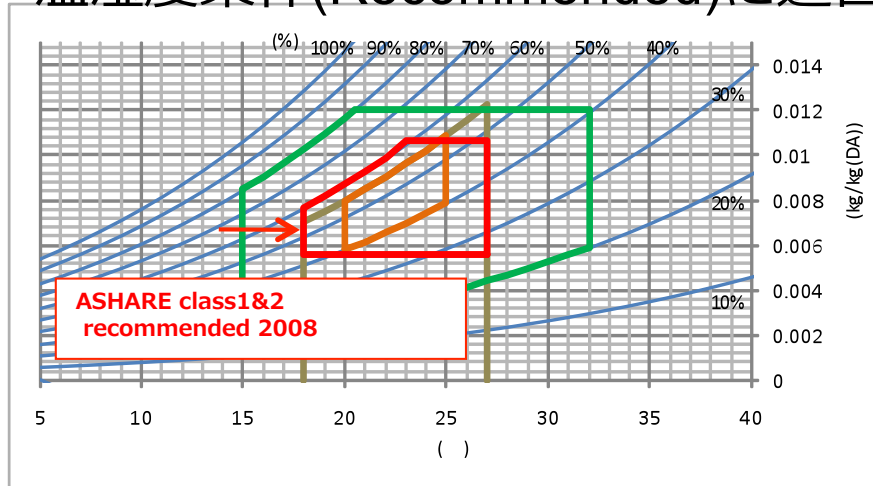


IZmo内部 IT機器を高密度に収容

空調モジュール：外気冷却による低消費電力化を実現

□ASHRAE TC9.9 2008版 準拠

外気冷却のために拡張された
 温湿度条件(Recommended)に適合



□3種類の運転モードを自動制御

外気の温湿度により最適なモードを
 選択することにより省エネを実現



□高い可搬性、可用性を実現

- 電気と加湿用の最低限の水があれば動作可能
- 並列冗長構成により、空調モジュールの障害/メンテナンス時も無停止で稼働可能

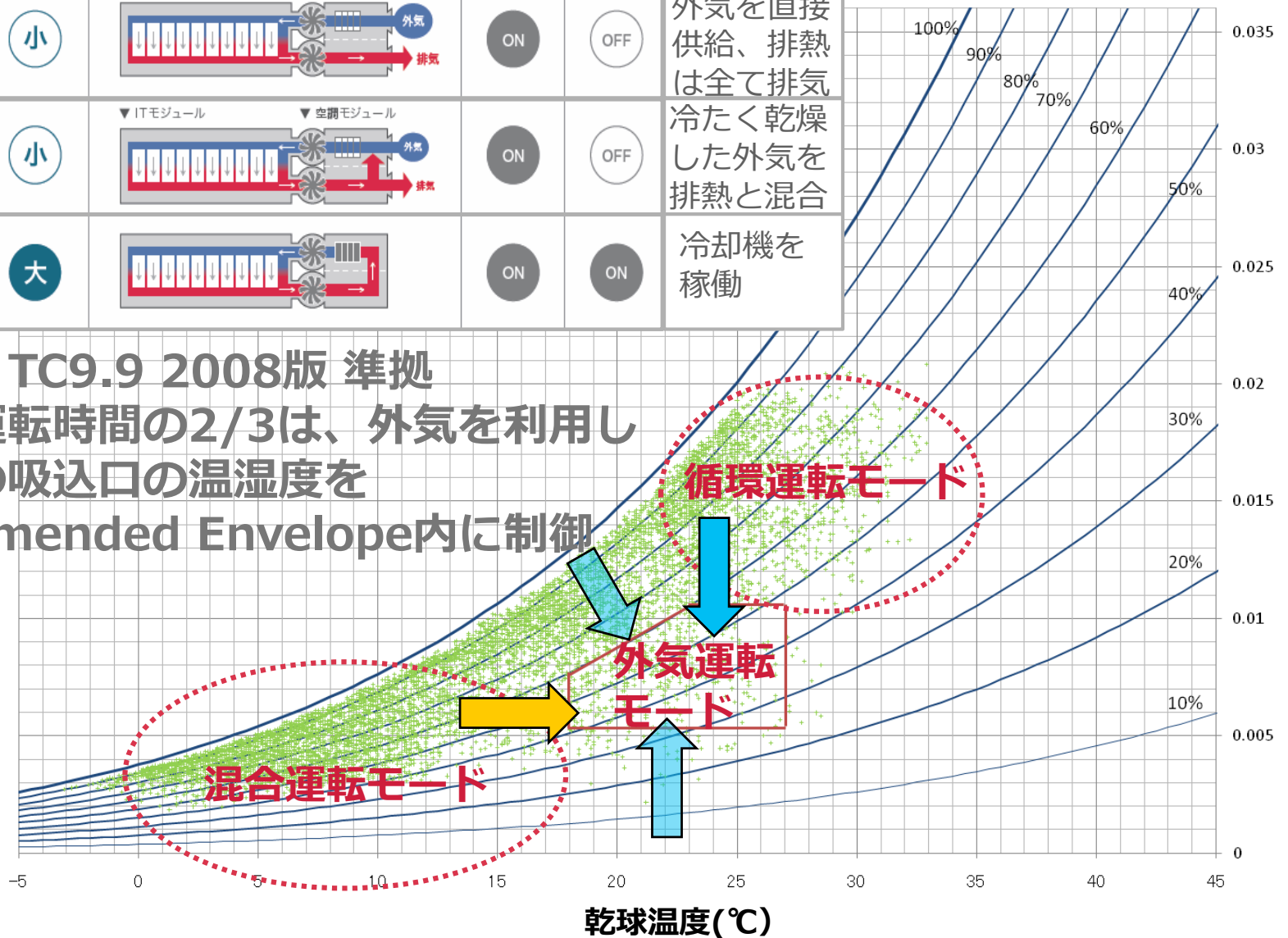
□基本的な空調性能の担保

- 空調モジュールあたり90KWの冷却性能
- 中性能フィルタによる防塵処置、気化式加湿器の実装により、ITモジュール内の湿度、清浄性を維持、制御

運転モードの自動制御

	消費電力	動作イメージ	ファンユニット	冷却ユニット	動作概要
中間期 外気運転モード	小		ON	OFF	外気を直接供給、排熱は全て排気
冬期 混合運転モード	小		ON	OFF	冷たく乾燥した外気を排熱と混合
夏期 循環運転モード	大		ON	ON	冷却機を稼働

絶対湿度(Kg/Kg(DA))



施設外観・稼働状況

2012.10現在、15台のコンテナモジュール“IZmo”が設置され、IIJのクラウドサービスGIOの基盤インフラとして稼働中



2012年グッドデザイン賞（ベスト100）選出

グリーンITアワード2012 商務情報政策局長賞 受賞

ASP・SaaS・クラウドアワード2012 ベスト地域貢献賞 受賞

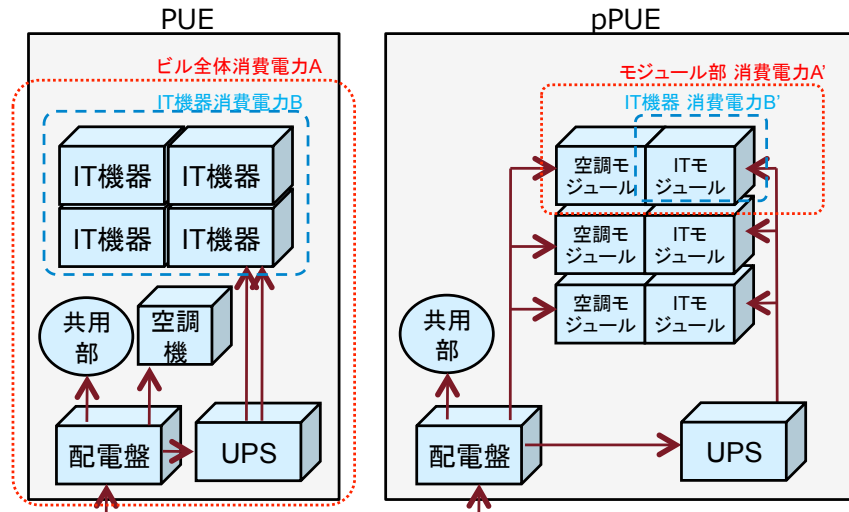
MM総研大賞2012 グリーンIT賞 受賞



データセンターのエネルギー指標 pPUE

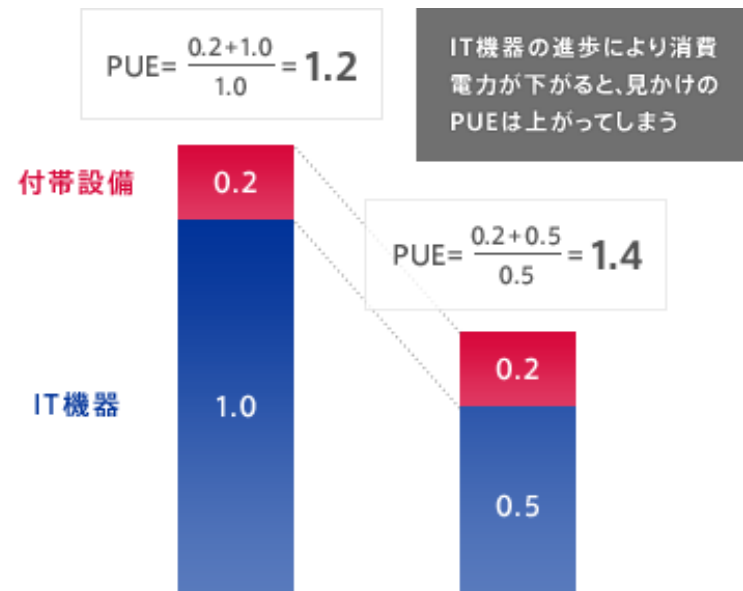
● pPUE(Partial Power Usage Effectiveness)

- Partial PUE = 部分的PUE
- コンテナ利用を始めとするモジュール型データセンターにおける電気利用効率化を表す指標



● PUEの留意事項

- IT機器の消費電力が下がると、PUEの値は悪くなる(大きくなる)
- よってPUEは万能な指標ではなく、データセンター全体のエネルギー利用効率を高めることが、本質的に求められている



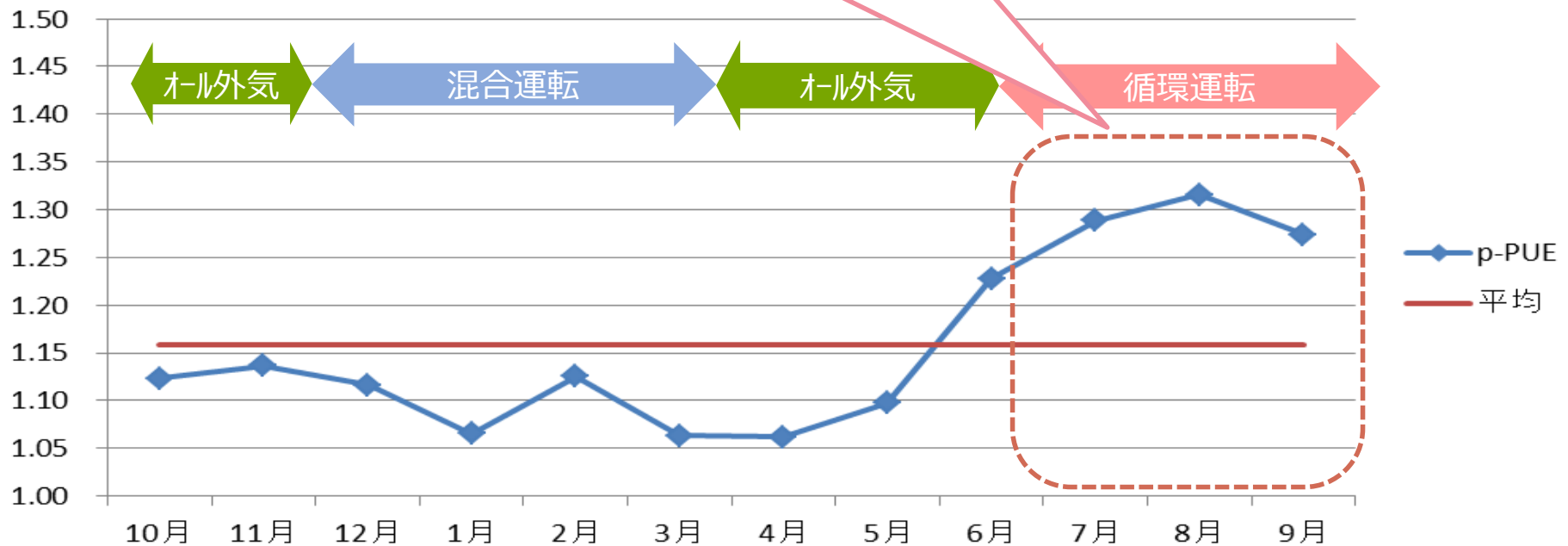
IZmo単体のpPUE実績 (UPSなどのロスを含まない)

$$\text{pPUE} = \frac{\text{IZmo消費電力} + \text{空調モジュール消費電力}}{\text{IZmo消費電力}} = 1.16 \quad (\text{年間平均})$$

課題:空調電力のさらなる削減
夏期の室外機電力を削減する。

Adaptive Control : 最適制御 常に最良のpPUEを維持

- IZmoと空調モジュールは1対1で制御 (通常運転モード時)
- IZmoの負荷状況に応じて空調モジュールのファンや室外機のインバータを制御し、最も効率的な空調を行う
- モジュール構造の有効性の証明



(参考)松江データセンターパーク全体のPUE

モジュールが増えるに従い、データセンター全体のPUEはIZmoのpPUEに近付いていく

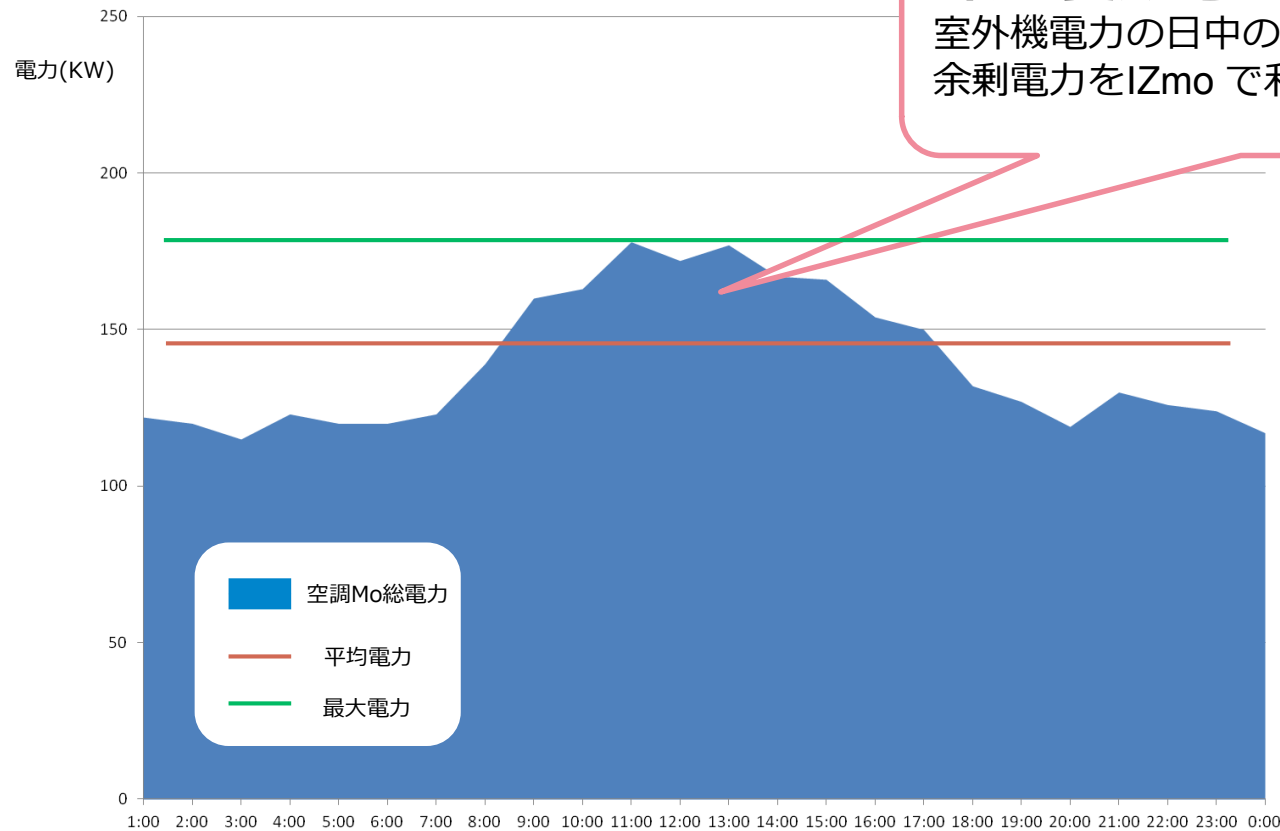
IZmo台数	7台	13台	24台
PUE (平均)	1.4 (実測)	1.3 (予測)	1.2 (予測)

さらなる省エネに向けて

松江データセンターパークのさらなる『省エネ』への課題

外気温度が上昇すると室外機の熱交換効率が低下して消費電力が上昇する

課題:夏期電力のピーク抑制
室外機電力の日中の消費電力を削減し、余剰電力をIZmo で利用する。



空調モジュール13台の総電力 日負荷曲線 (夏期:循環モード)

2012年8月16日 (木)
快晴、最高気温 37.6℃

空調電力削減実験 (小さなことからコツコツと)

室外機電力の削減に向けて

室外機周囲温度を下げて熱交換効率を向上させる

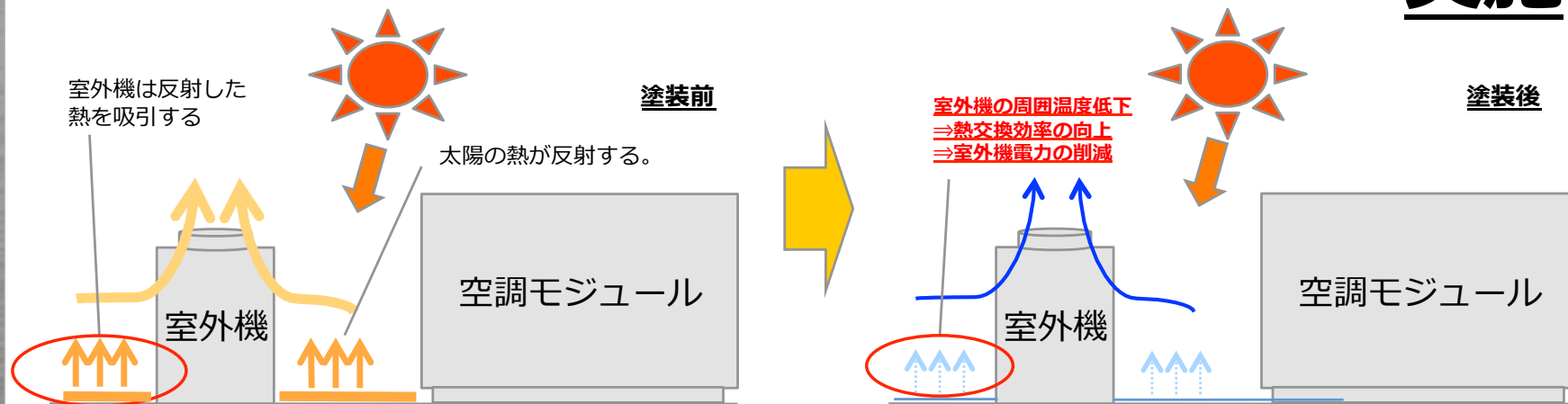
- 方法1・・・室外機、もしくは室外機周辺に散水する
《懸念事項》

スケール付着によるフィンの損傷や目詰まりによる能力低下リスク

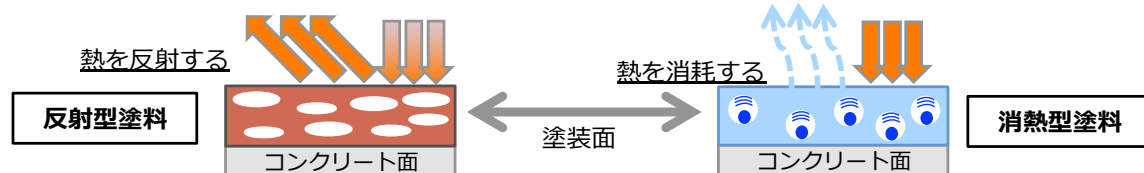
- 方法2・・・室外機設置箇所周辺に**遮熱塗料**を塗布する
(ヒートアイランド現象の抑制)

実施見送り

実施



遮熱塗料の種類 (例)



チラーレス実験 (さらなる省エネにむけ)

実験概要 (チラーレス)

実験用コンテナに複数ベンダーのサーバーを実装 夏期期間中に継続的な外気運転を実施

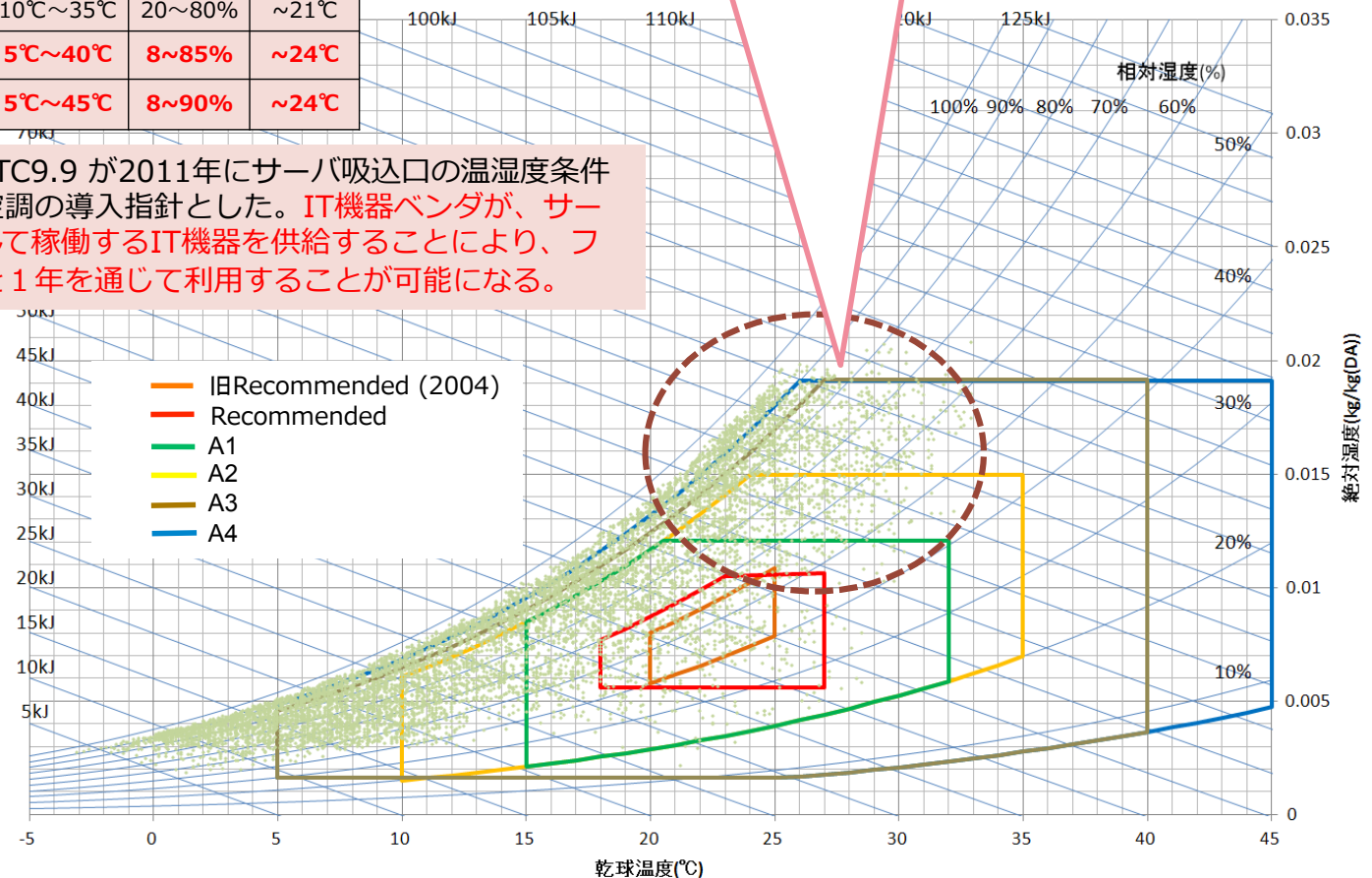
2011 Class	Recommended Envelope (推奨温湿度条件)			Allowable Envelope (許容温湿度条件)		
	乾球温度	相対湿度	露点温度	乾球温度	相対湿度	露点温度
A1	18~ 27℃	60%以下	5.5 ~ 15℃	15℃~32℃	20~80%	~17℃
A2				10℃~35℃	20~80%	~21℃
A3				5℃~40℃	8~85%	~24℃
A4				5℃~45℃	8~90%	~24℃

夏期の外気でIT機器を冷却
※外気運転モードで稼働

Ashrae(米国暖房冷凍空調学会) TC9.9 が2011年にサーバ吸入口の温湿度条件の許容値を拡大し、チラーレス空調の導入指針とした。IT機器ベンダが、サーバルームが高温環境でも、安定して稼働するIT機器を供給することにより、フリークーリング (外気冷却等) を1年を通じて利用することが可能になる。

期待効果

- ・ 電気料金の低減
- ・ 室外機設備の削減
- ・ 削減電力をIZmo電力として利用



IT機器

□ 動作保証環境（実験導入機器）

※ ベンダーによって年間許容時間の設定あり

	A社	B社	C社	D社
高温対応状況※ (許容吸込み温度)	~35℃	~40℃	~35℃	~40℃
高湿度対応状況※ (許容吸込み湿度)	~90%	~90%	~85%	~80%
温湿度変位耐性	仕様範囲内で 結露しないこと	10℃/h、10%/h	NA	NA

□ 高温対応機器の状況

- 高温環境下ではCPUの保護機能による性能低下や強制終了の可能性がある。高温対応モデル機器は内部エアフロー設計、ファン制御を実施している。
- ベンダー間で高温対応への取り組みに差があるものの、**高温対応モデルの製品化は前向き**である。

□ 高温環境の主な課題

- サーバ消費電力増加 (電力)
- 故障率の上昇 (機器特性)
- 高温環境での作業性 (運用)
- 高温と多湿の比較 (空調制御)

実験で確認する項目

- **チラーレス空調時の最適空調制御の確認（空調制御）**
 - チラーレス空調における最適制御を確立

- **チラーレス空調時の運用課題点の確認（運用）**
 - 高温環境化での作業上の問題点、運用上の問題点を精査

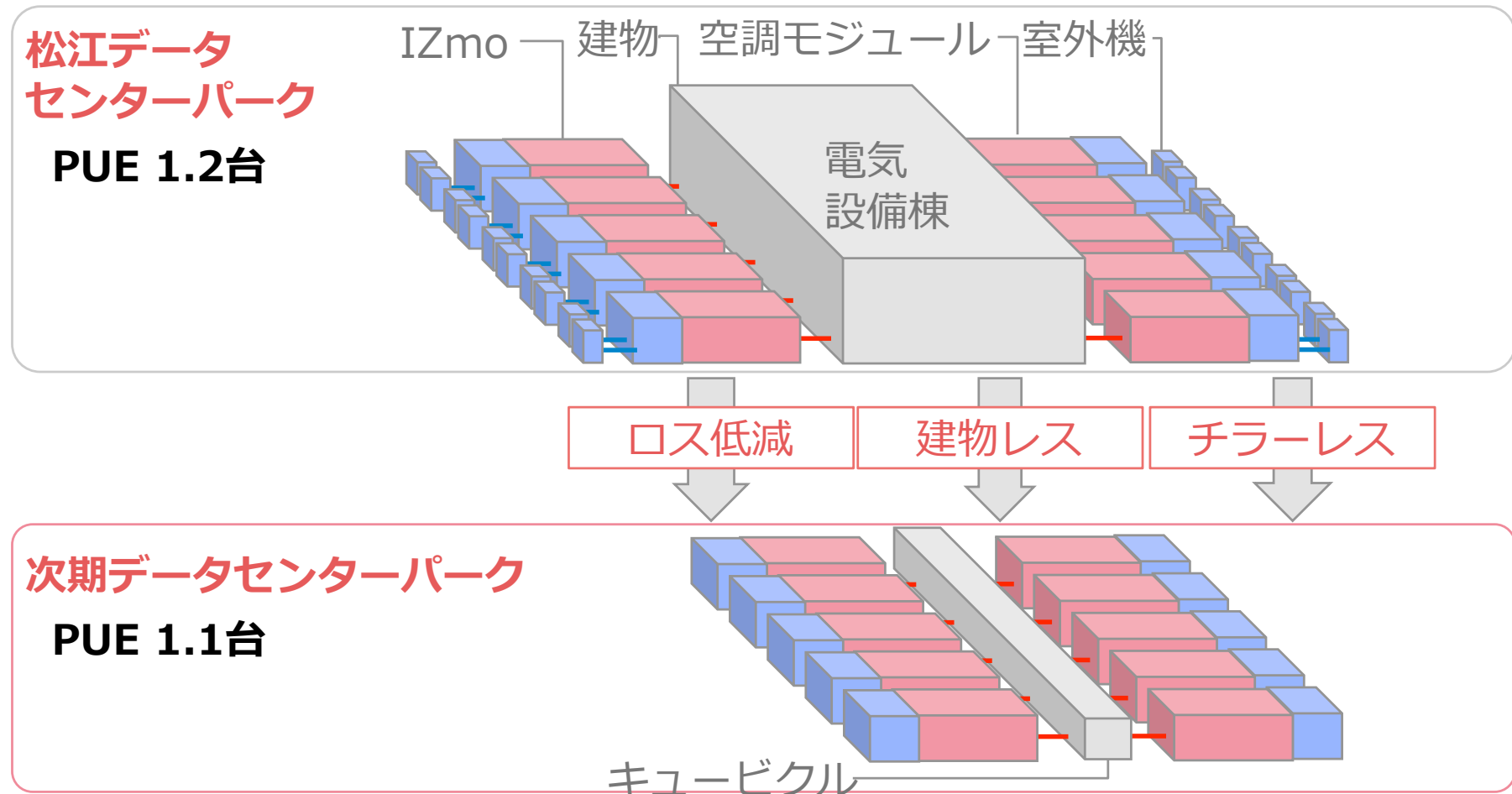
- **チラーレス空調時の電力推移及び省エネ効果の確認（電力）**
 - 高温環境化でのIT機器及びモジュール全体の電力推移特性を解析
 - 電気代の削減効果を解析

- **チラーレス空調時のIT機器の状態確認（機器特性）**
 - 高温環境下でのIT機器内部温度 等の特性を解析

さらなるイノベーションに向けて

PUE 1.1 実現のために

- 温湿度条件の緩和(Ashrae2011)より、室外機を削減し(チラーレス)、通年外気を利用
- サーバ/ラックにバッテリーを搭載することで、UPSを設置する建物を削減
さらに、UPS内部で行われていたA/D,D/A変換回数を減らし変換ロスを削減
- 高圧(400V)給電を行い、配電ロスを削減



PUE 1.0 へのチャレンジ



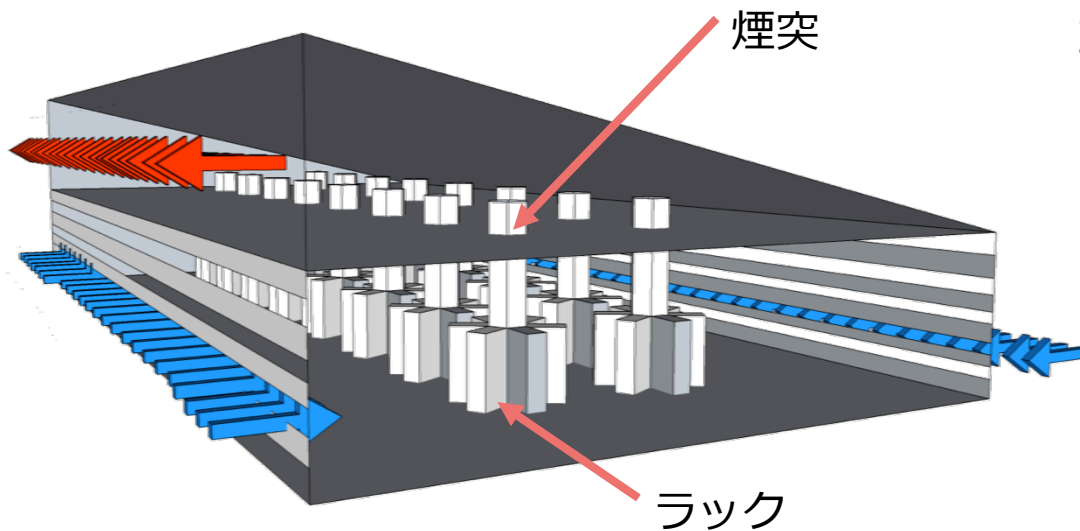
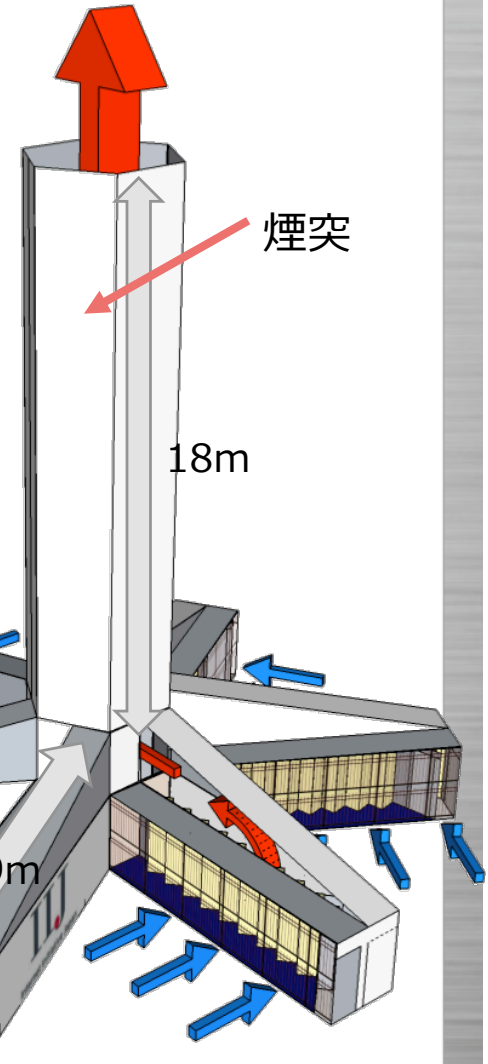
外気冷却方式を用いても
空調にかかる消費電力を
ゼロにはできない

煙突効果を用いた
PUE 1.0 の
データセンターの実現



- 煙突効果を用いて、サーバの排熱にて吸排気を行うことにより、空調機なしで冷却に必要な風量を確保
- サーバ冷却のために常時送風を行う必要もなくなる
- 空調機だけでなく、サーバのファンも不要となる

▶ PUE = 1.0
▶ 更なる省エネ



建物型データセンター

コンテナ型データセンター

煙突効果を用いたデータセンター実現イメージ

※特許出願済 ※実証実験計画中



インターネットの先にいます。

IIJはこれまで、日本のインターネットはどうあるべきかを考え、
つねに先駆者として、インターネットの可能性を切り拓いてきました。
インターネットの未来を想い、イノベーションに挑戦し続けることで、世界を塗り変えていく。
それは、これからも変わることのない姿勢です。
IIJの真ん中のIIはイニシアティブ ————— IIJはいつもはじまりであり、未来です。

Ongoing Innovation

お問い合わせ先 IIJインフォメーションセンター
TEL: 03-5205-4466 (9:30~17:30 土/日/祝日除く)
info@ij.ad.jp
http://www.ij.ad.jp/

本書には、株式会社インターネットイニシアティブに権利の帰属する秘密情報が含まれています。本書の著作権は、当社に帰属し、日本の著作権法及び国際条約により保護されており、著作権者の事前の書面による許諾がなければ、複製・翻案・公衆送信等できません。IIJ、Internet Initiative Japanは、株式会社インターネットイニシアティブの商標または登録商標です。その他、本書に掲載されている商品名、会社名等は各会社の商号、商標または登録商標です。本文中では™、@マークは表示していません。

©2011 Internet Initiative Japan Inc. All rights reserved. 本サービスの仕様、及び本書に記載されている事柄は、将来予告なしに変更することがあります。

IIJ Technical Week 2012

コンテナデータセンターの研究開発

IIJ Innovation Institute Inc. IIJ技術研究所

宇夫陽次郎 <yuo@iijlab.net>

本セッションの概略

プログラムより抜粋

外気冷却方式を用いたコンテナデータセンター技術を採用した松江DCPは開所から約1年半が経過しました。IIJではデータセンターの更なるエネルギー効率向上（省エネ）に向けた研究開発を進めています。本講演では、実運用データより浮かび上がるデータセンターの課題と改善に向けた取り組みについてご紹介します。

- 後半ではIIJのデータセンターの研究部分を紹介します

研究専用のテストベッド設備 | 1

- コンテナデータセンター特有な様々な事象を計測、検討、実験するための専用設備を運用



研究専用のテストベッド設備 | 2

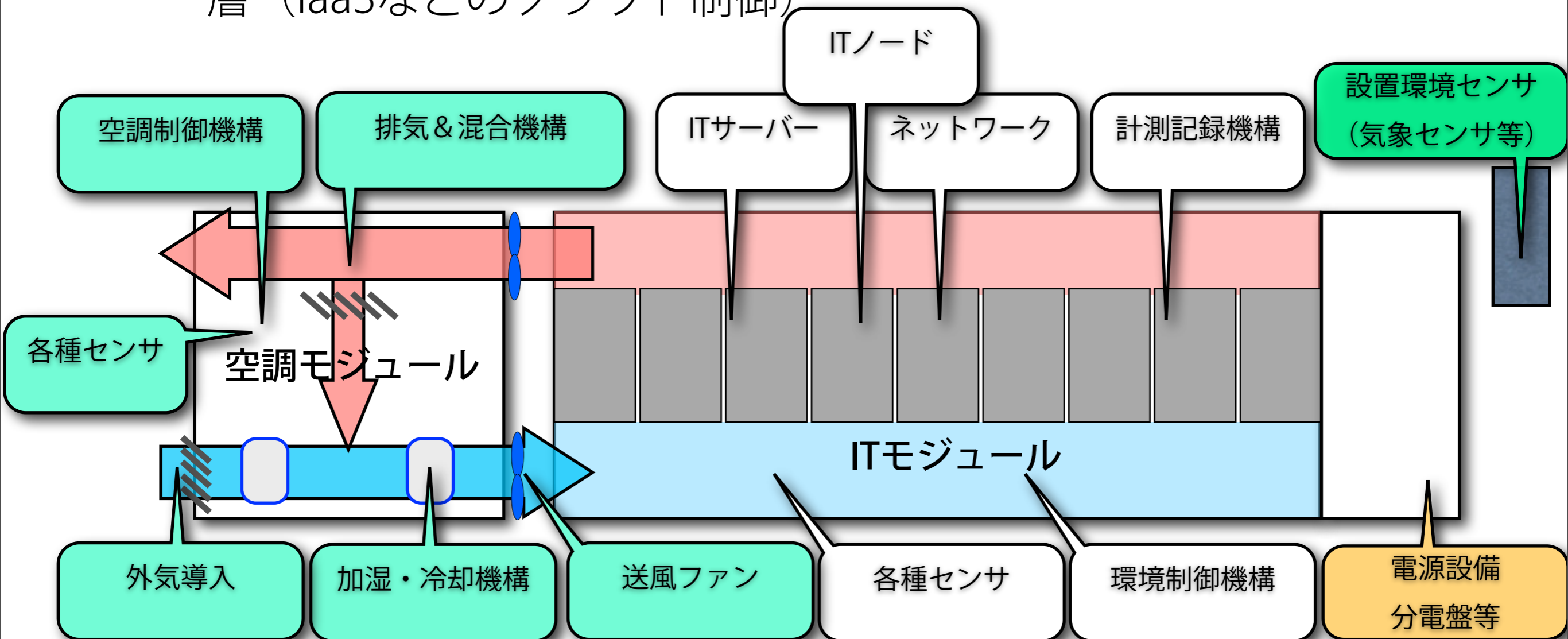
- 構成要素:

- 研究対象としている領域全体を含む

データセンタ ファシリティ	収容設備 空調・電源設備	建物としての データセンター
IT設備	ITサーバー ネットワーク	データセンターの中身
計測設備	各種センサ	データセンターの挙動 解析用設備
制御設備	(上記要素の複合)	データセンター全体の 制御

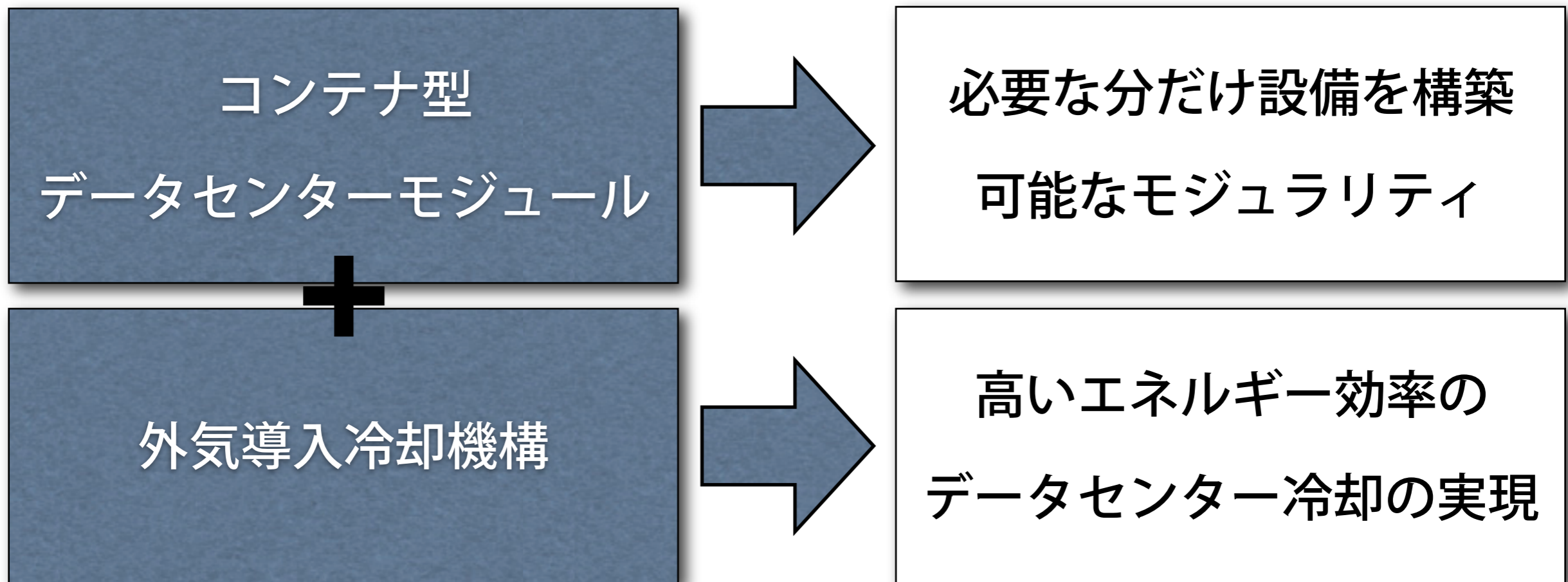
研究専用のテストベッド設備 | 3

- 「研究開発用のデータセンター一式」
- 冷却＋ファシリティ＋ITサーバー＋ネットワーク＋計測系＋上位層（IaaSなどのクラウド制御）



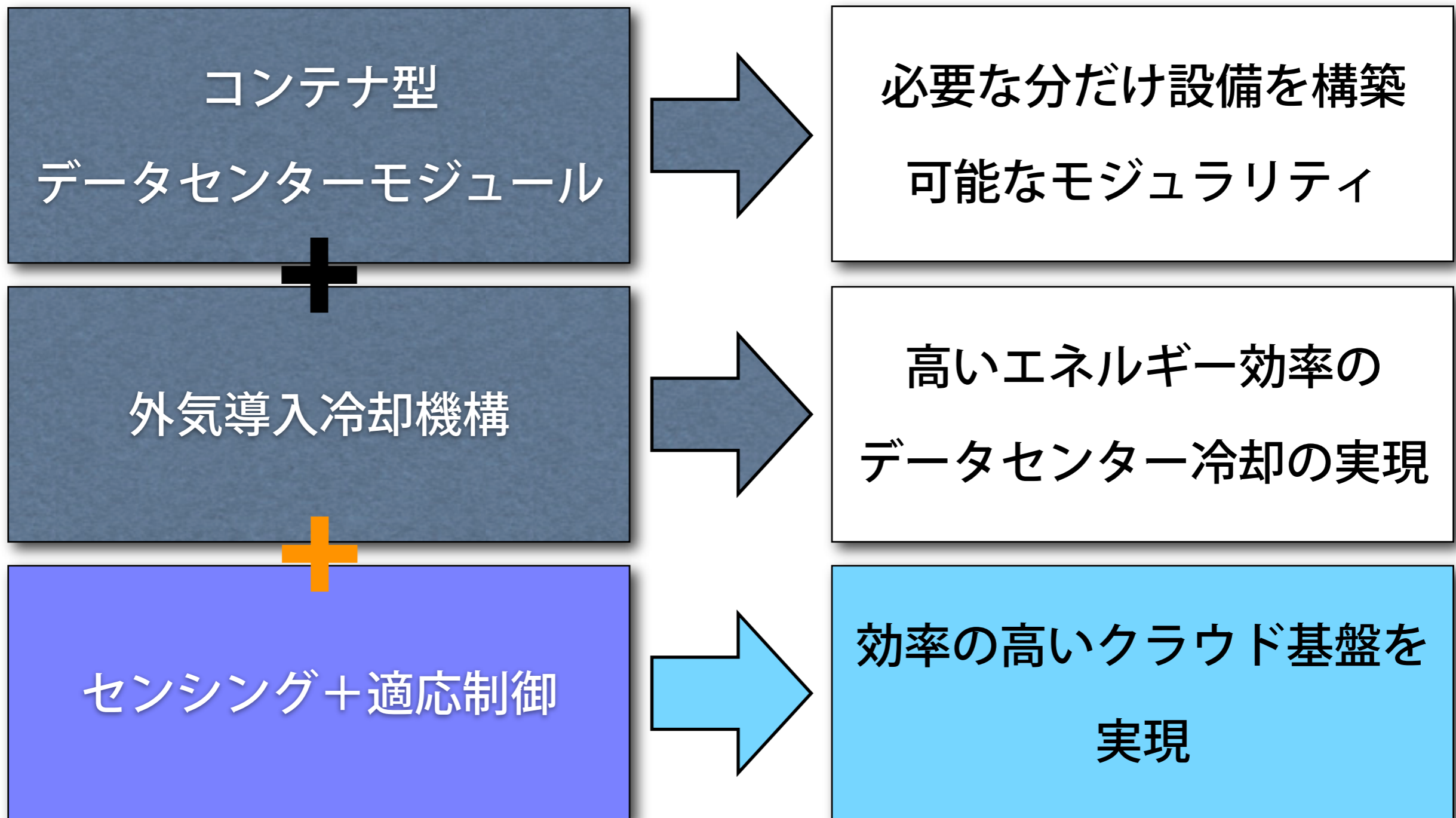
データセンターの効率化

- 効率の良いデータセンターファシリティの実現



データセンターの効率化

- 効率の良いデータセンターファシリティの実現



対象をよりよく知るために

- テストベッド設備では「過剰」にデータを収集

目的1：データセンターの全体最適制御

DCファシリティ、ITサーバ、ネットワーク、仮想化基盤、サービス全体の挙動を入力とした、システム全体最適化の検討と実証。
データセンタースケールの分散システム制御技術の研究開発。

目的2：データセンター動作の可視化と提示

データセンタースケールの大規模情報提示技術の検討と実証。運用支援、異常検知、ユーザーインターフェイスの研究開発。

テストベッドの計測系

- 複数のグループ・階層を持つセンサ群

センシングレイヤー	収集情報	現在の収集量
HV, OS, VM, サービス	OS(HV, VM)の動作状態の計測 リソース利用量 (CPU time、メモリ量、I/O量、ストレージ量)、CPUロード等	--
IT機器(IPMI, SNMP)	IT機器(サーバー、スイッチその他)の状態や内蔵センサの計測 ITサーバ (ファン回転数、電力分布、温度分布、イベント群)、ネットワーク機器 (ファン回転数、温度、電力) ネットワーク流量等	600,000/h
DCファシリティ	DCの内部環境の計測 温度湿度分布、風量・流速分布、内壁熱貫流量、腐食性ガス量、CO2濃度、扉開閉イベント等	80,000/h
	DCの電源設備の計測 基幹電力、系統分岐電力、PDU電力、給電品質 (周波数・電圧変動)、UPS等	72,000/h
空調設備	空調設備内状態の計測 温度分布、導入風量、ファン回転数、ファン電力、加湿量、空気混合率、チラー電力、差圧、制御モード等	30,000/h
外部環境	設備の設置環境の計測 気象 (温湿度・気圧・風速風向・降雨量)、全天日照量、路面温度等	2,400/h

データセンターの研究開発

- 計測と観察
 - どこを攻めるか？ どう攻めるか？
- 仮説と検証
 - やって見たらどうなるか？
- モデル化と一般化
 - 商用システムで利用できるモデルとロジックの確立

例：仮説と計測 | コンテナの熱移動

- 仮説

- 空調以外の熱収支は無視できないのではないか？

- 計測と検証

- コンテナ内部での発生熱量
- 外壁や屋根を通じた熱移動
- 太陽光の入射による熱移動

仮説検証のための計測系の構築 | 1

- 定常計測系にセンサーを追加して値を補足

全天日射計



太陽光のエネルギー量 (W/m^2)
晴天時にコンテナ全体にどれだけのエネルギーが投入されているかを実測／記録

熱流計



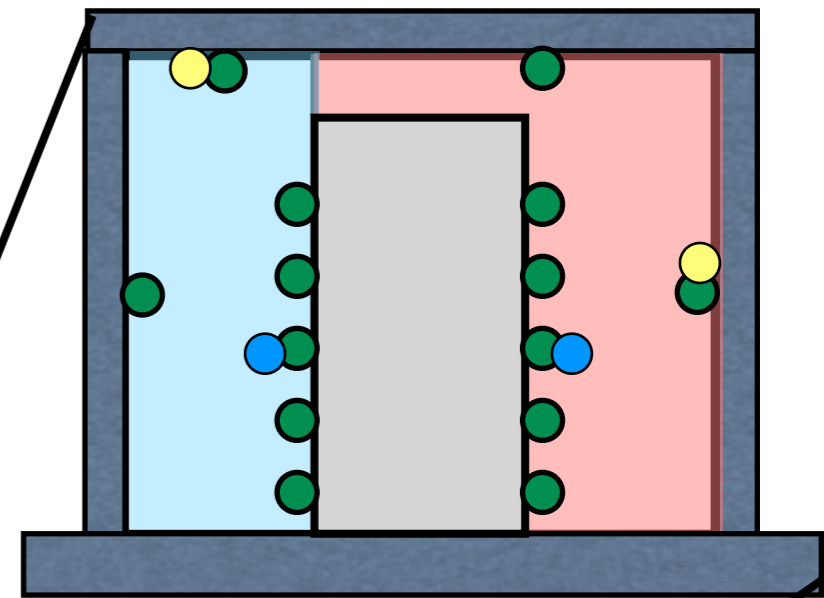
通過エネルギー量 (W/m^2)
壁面や天井を通過して移動する熱量と熱流の方向を実測／記録

仮説検証のための計測系の構築 | 2

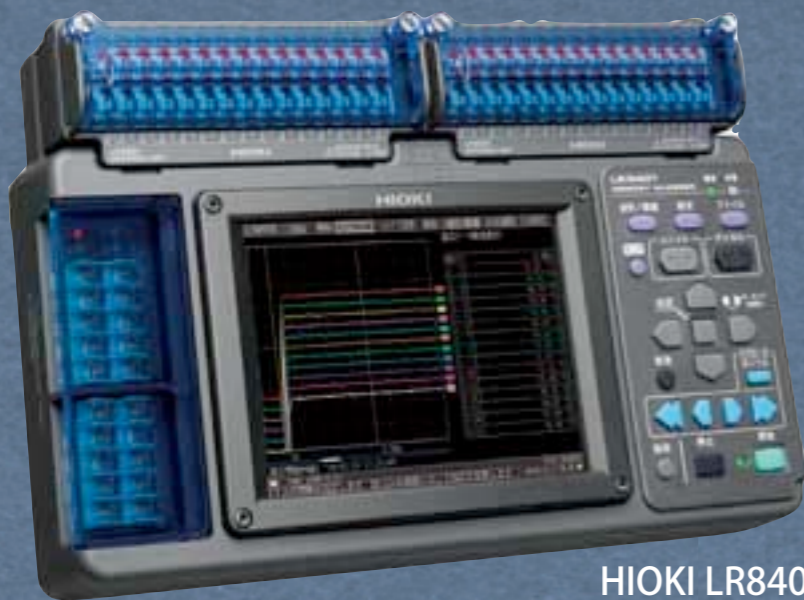
- 内部の温度分布計測の拡張
 - ITコンテナの中心部分の上下方向を囲むように同一断面に温度センサを14個配置
- 湿度センサを2個配置
- これらのセンサを最短10msec間隔で計測可能なネットワーク接続データロガーに収容

- 温度センサ
- 湿度センサ
- 熱流センサ

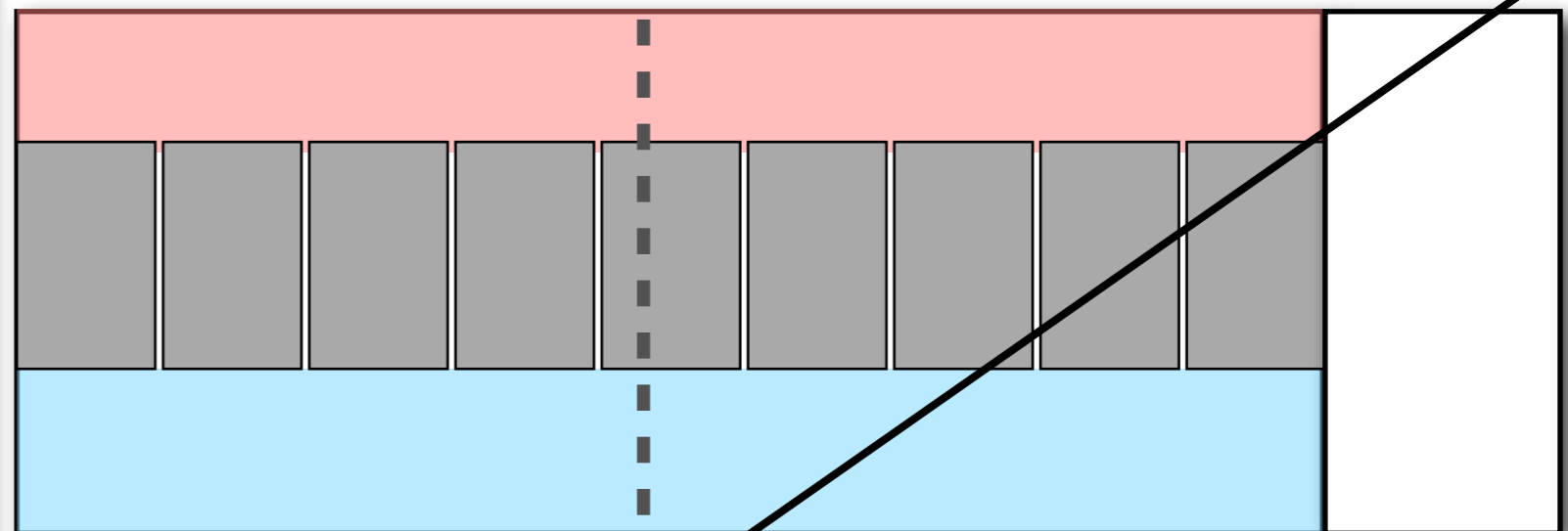
断面図



データロガー



HIOKI LR8401



上方からの図

ITコンテナの熱移動 | 結果 (抜粋)

- (当日プレゼンテーションにて)

中長期計測とデータ相関分析

- 長期継続的な計測と解析→モデル化
 - 「実際にやってみてわかること」を見つける

中長期データ相関 | 結果 (抜粋)

- (当日プレゼンテーションにて)

テストベッドの今後 | 1

- 「ITサーバーを収容するための箱」を超えて
 - ITサーバーや上位層を含んだシステム化
 - 設置環境やリソース（外部環境の温度や利用可能電力量、品質、変動量）に応じて適応制御

データセンタ設備に加えてクラウド基盤およびバックボーンネットワークを提供するサービスプロバイダとしての視点や立ち位置での研究開発

テストベッドの今後 | 2

- 高速な制御＋予測制御＋投機的制御
 - 制御不能なパラメータ（気候）などを制御可能パラメータへ変える技術
 - 「収集データ」のデータベース化と予測制御への活用
- 地理分散と広域制御
 - 異なる複数の地理環境を、クラウドやネットワークの制御パラメータとして利用

本セッションのまとめ

- 研究開発を目的としたコンテナデータセンター設備およびデータ計測の一部を紹介しました
- 今後もデータセンター&クラウドの効率化や高度化に向けた様々な研究開発に取り組んでいきます