

AI, IoT時代に進化するビルディングオートメーション

一般財団法人 アジア太平洋研究所 「都市におけるIoTの活用」研究会

アズビル株式会社 AIソリューション推進部 企画グループ

近田 智洋

2020年10月26日

azbil

© 2020 Azbil Corporation. All rights reserved.

内容

- azbilグループにおけるビルディングオートメーション事業(BA事業)
- AI,IoT時代に進化する最新のビルディングオートメーション
 - 建物設備におけるAI・IoT活用事例
 - 今後の変化について 社会のトレンドと技術革新
 - スマートシティ、スマート社会の実現に向けて

事業セグメント別構成

ライフオートメーション事業(LA)

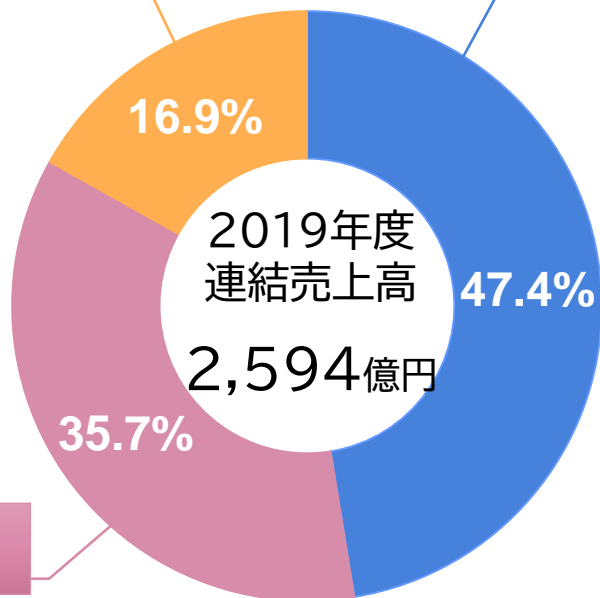
2019年度の実績

- 売上高 440億
- セグメント利益 18億
- セグメント利益率 4.1%

ビルディングオートメーション事業(BA)

2019年度の実績

- 売上高 1,237億
- セグメント利益 148億
- セグメント利益率 12.0%



アドバンスオートメーション事業(AA)

2019年度の実績

- 売上高 931億
- セグメント利益 104億
- セグメント利益率 11.2%

BA ビルディングオートメーション事業

あらゆる建物に求められる快適性や機能性、省エネルギーを独自の環境制御技術で実現。建物のライフサイクルに応じたサービスの提供により、快適で効率のよい執務・生産空間の創造と環境負荷低減に貢献するとともに、健康で生産性の高い働き方や快適な暮らしをサポートします。

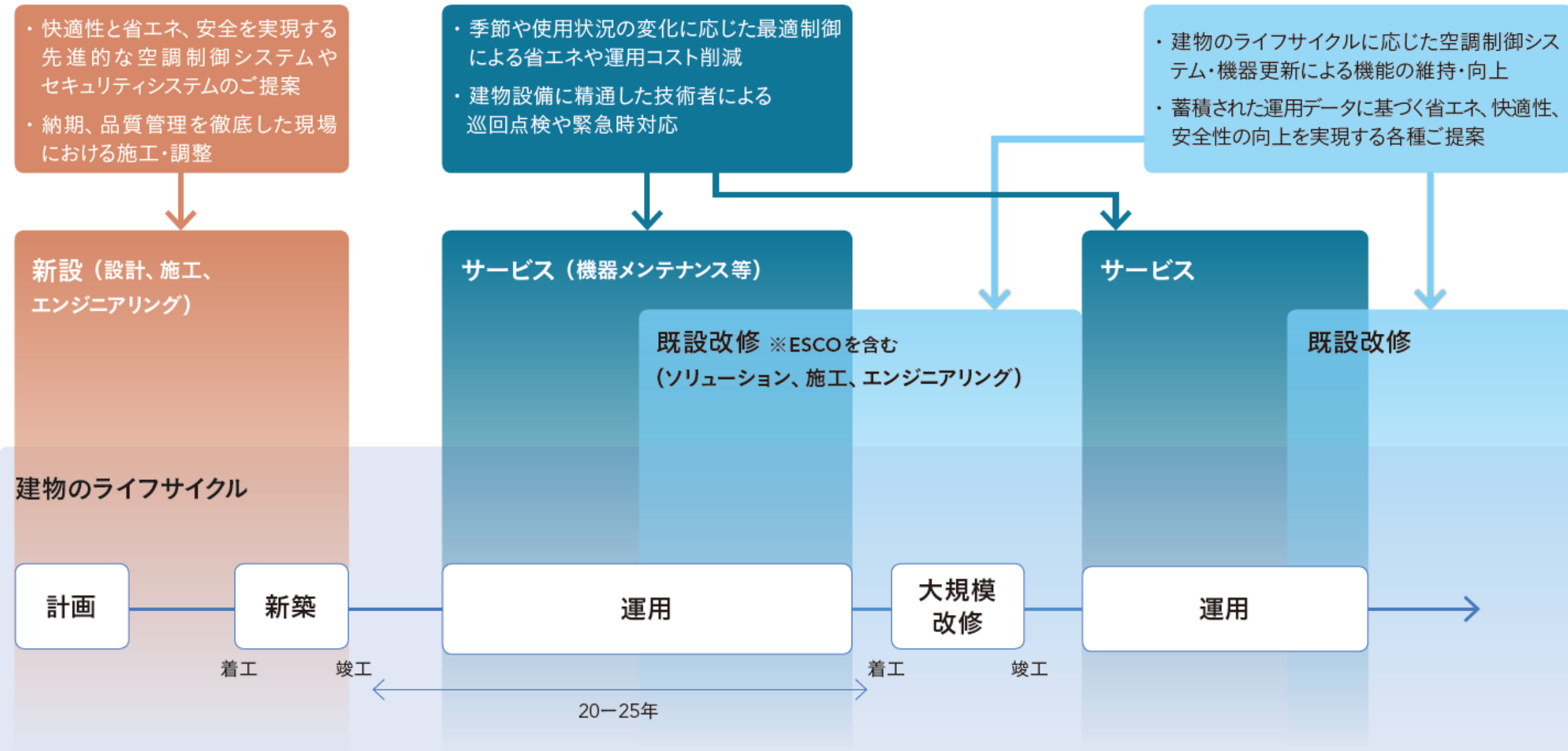
AA アドバンスオートメーション事業

製造現場における課題解決に向け、装置や設備の最適運用をライフサイクルで支援する製品やソリューション、計装・エンジニアリング、保守サービスを提供。さらに、IoT・ビッグデータ・AIを活用し、より安定・安全な操業をサポートします。

LA ライフオートメーション事業

建物、製造現場で得た計測・制御の技術やサービスを、ガス・水道などのライフライン、住宅用全館空調、ライフサイエンス研究、製薬分野などに展開。「人々のいきいきとした暮らし」に貢献します。

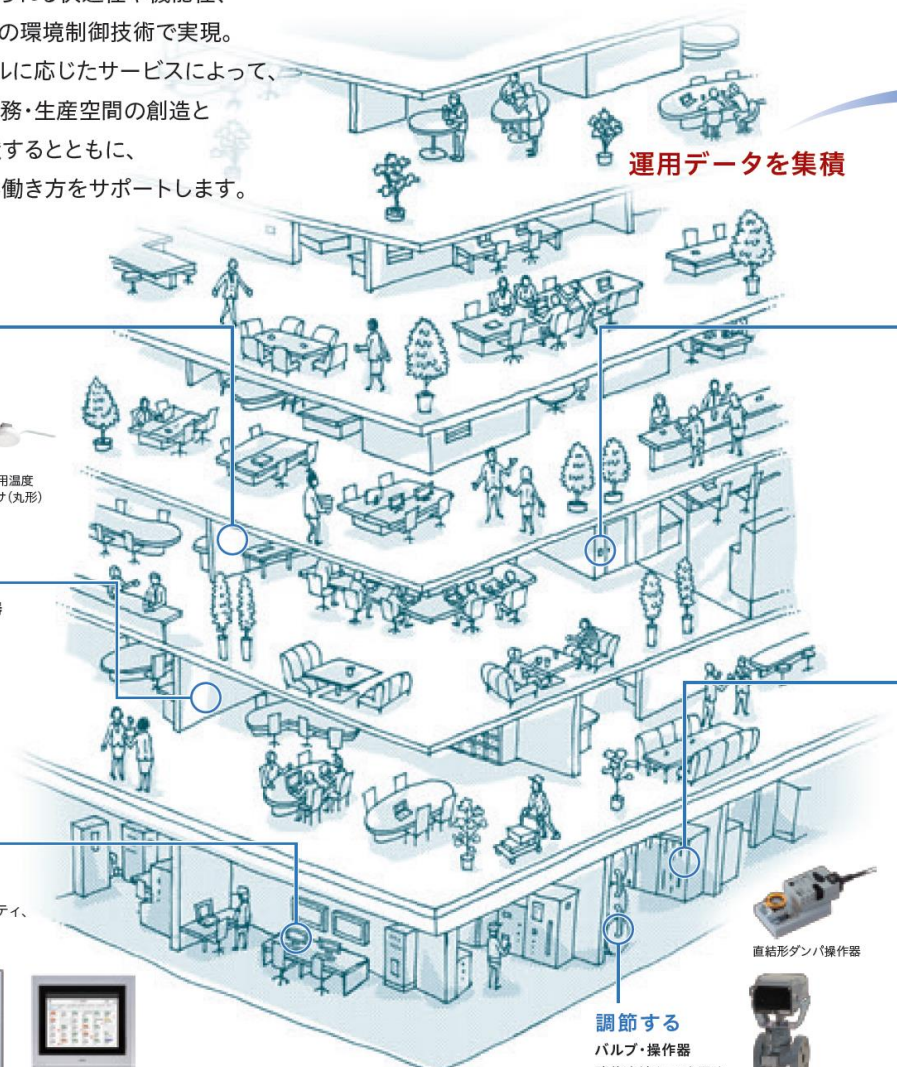
建物のライフサイクルとBA事業



ビルディングオートメーション製品群

建物内の設備機器を快適性、省エネルギーを考慮して適切に監視制御

あらゆる建物に求められる快適性や機能性、省エネルギーを独自の環境制御技術で実現。建物のライフサイクルに応じたサービスによって、快適で効率のよい執務・生産空間の創造と環境負荷低減に貢献するとともに、健康で生産性の高い働き方をサポートします。



- 事業フィールド
- オフィスビル
 - ショッピングセンター
 - 学校
 - データセンター
 - ホテル
 - 病院
 - 工場
 - 空港 など

ビルディングオートメーションとIoTなどの新しい技術を融合し、ライフサイクルに応じたサービスを提供

検知する

センサ・計測機器
部屋の温度や湿度などを検知



室内用温湿度センサ
室内用温湿度調節器
天井用温度センサ(丸形)

設定する

ユーザズオペレーション機器
温度や湿度など、ユーザが望む室内環境を設定



デジタル設定器
デジタル式集中操作器

管理する

ビルディングオートメーションシステム
建物全体の室内環境やセキュリティ、設備や使用エネルギーの状態を監視・管理



BAシステム
壁掛け型BAシステム
小規模建物向けBAシステム

守る

セキュリティシステム
建物・室内への人の出入りを管理



入室管理システム



非接触ICカードリーダー

制御する

調節器・コントローラ
建物設備・機器を最適な状態に制御



空調設備用コントローラ



熱源設備用コントローラ



小型リモートI/Oモジュール

調節する

バルブ・操作器
建物を流れる冷温水や蒸気の流量を最適に調節



直結形ダンパ操作器



流量計制御機能付電動二方弁

総合エネルギーマネジメントサービス

建物の効率的なエネルギー管理や、エネルギー使用量の削減に貢献。各種設備を最適なタイミングで更新・改善します。



総合ビル管理サービス

24時間365日、遠隔監視によるビルの運転管理を代行します。快適なビル現場の実現や、ビル管理業務の効率化に貢献しています。



ビル向けクラウドサービス

IoT技術を利用してビルのエネルギー管理や設備管理業務の効率化を図り、管理コストを削減するとともに、快適な室内環境の構築を実現します。



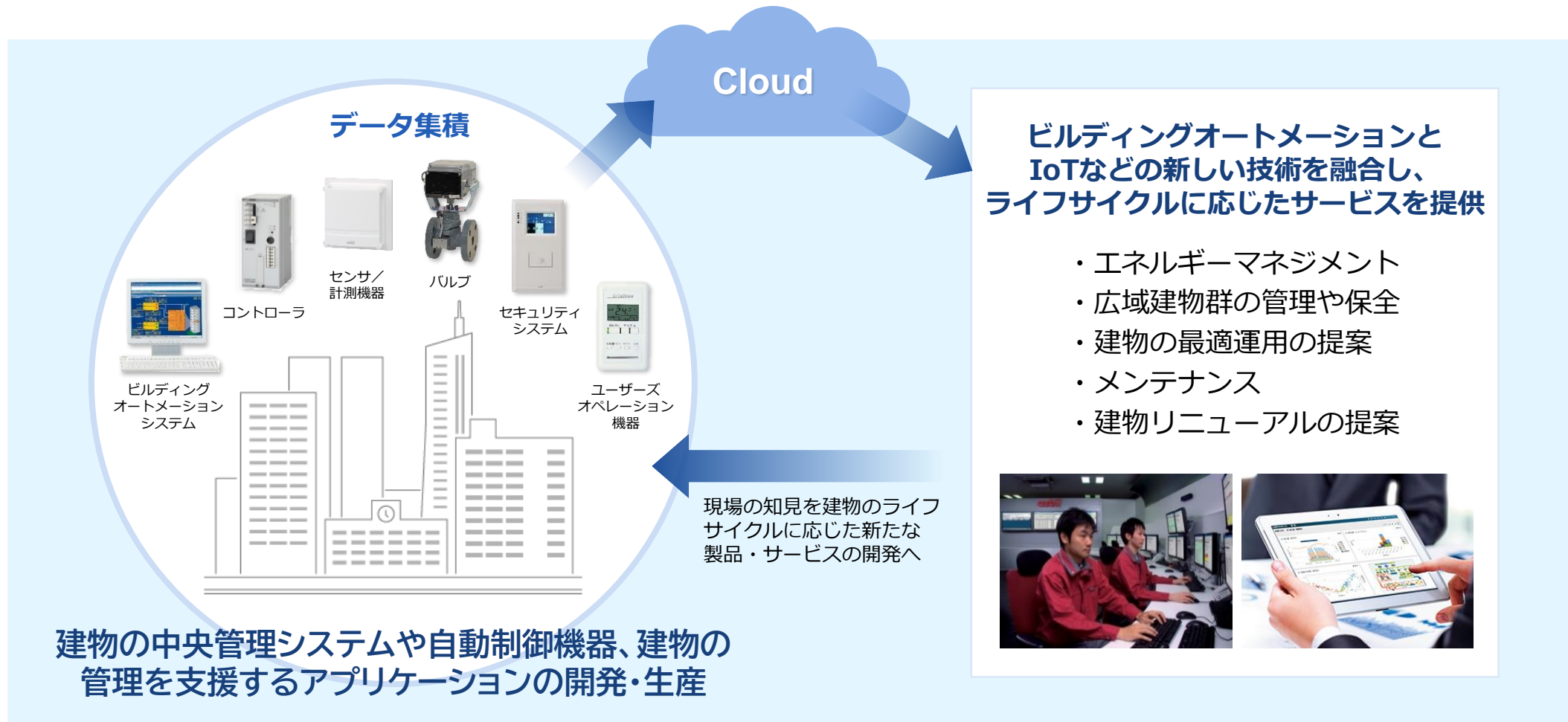
ビルディングオートメーションシステムのトータルメンテナンス

リモートによるデータ収集・診断を主体とした予防保全で、建物設備の安定稼働と運用コストの低減を実現します。



建物のライフサイクルを通して様々なサービスを提供

- あらゆる建物に求められる快適性や機能性、省エネルギーを独自の環境制御技術で実現。
- 建物のライフサイクルに応じたサービスの提供により、快適で効率のよい執務・生産空間の創造と環境負荷低減に貢献するとともに、健康で生産性の高い働き方や快適な暮らしをサポート。



内容

- azbilグループにおけるビルディングオートメーション事業(BA事業)
- **AI,IoT時代に進化する最新のビルディングオートメーション**
 - 建物設備におけるAI・IoT活用事例
 - 今後の変化について 社会のトレンドと技術革新
 - スマートシティ、スマート社会の実現に向けて

IoT型デバイスとシステム

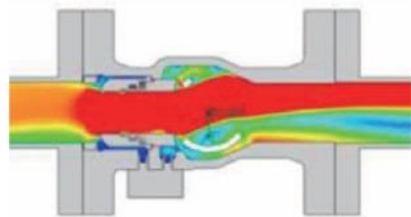
流量を計測して通信するバルブ ACTIVAL™

電動二方弁 + 圧力計測 & 温度計測 & エネルギー計量

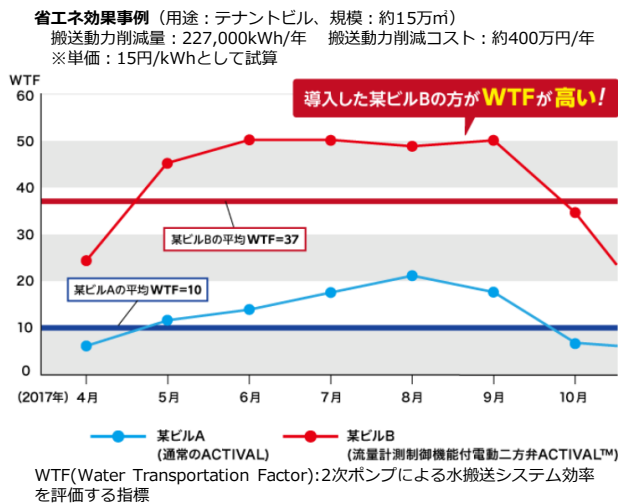
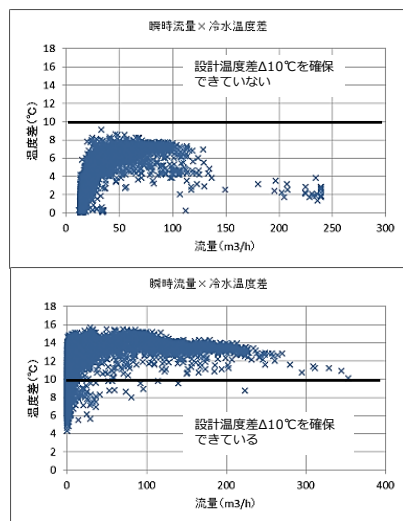


- ✓ 流量制御
- ✓ 空調機単位の熱量把握

CFD(数値流体力学)シミュレーションにより、流れの影響を受けずに圧力を計測できる構造を解明(特許取得)

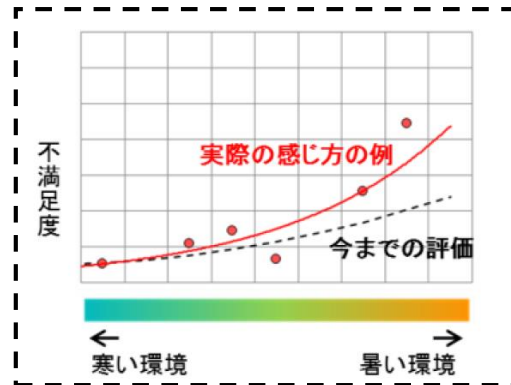


圧力センサ(上流圧力、下流圧力)& 温度センサ

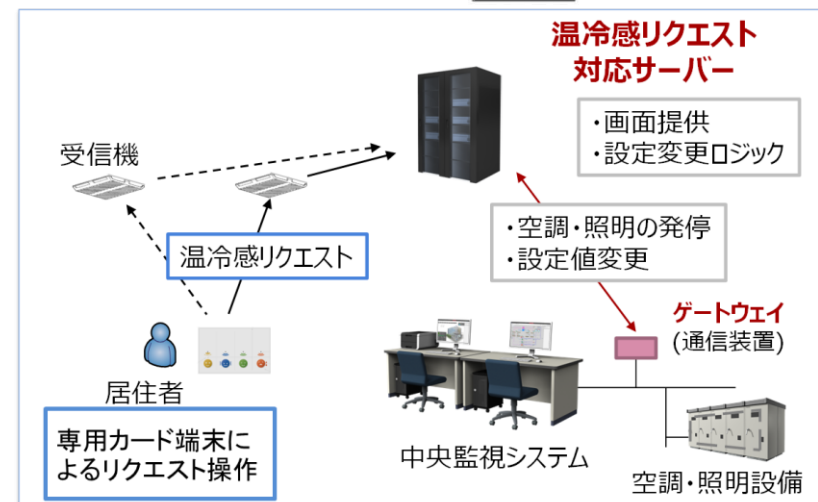
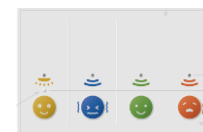
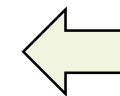


申告空調システム 個別温冷感データ

環境満足度モデル

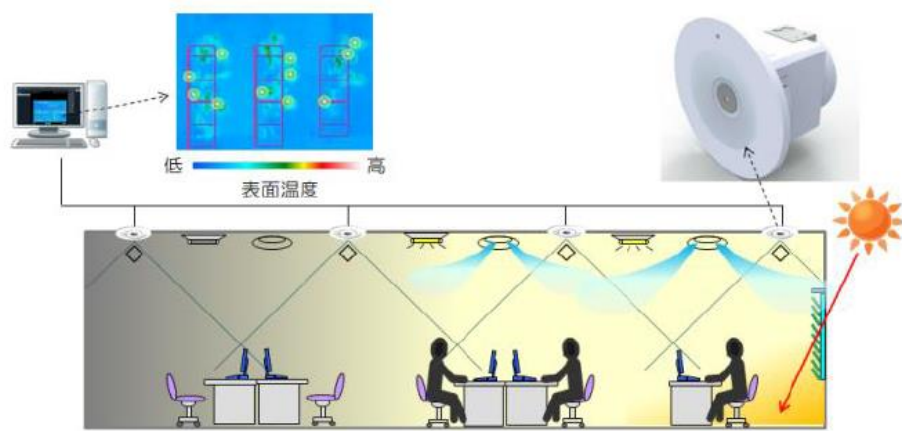


居住者の
温冷感申告情報
寒い、快適、暑い
(実際の感じ方)



IoT型デバイスとシステム

赤外線アレイシステム



- 居住者の有無に合わせた空調・照明の制御
- ゾーン内推定人数による外気取り入れ制御
- 顕熱負荷に応じた空調制御

従来制御

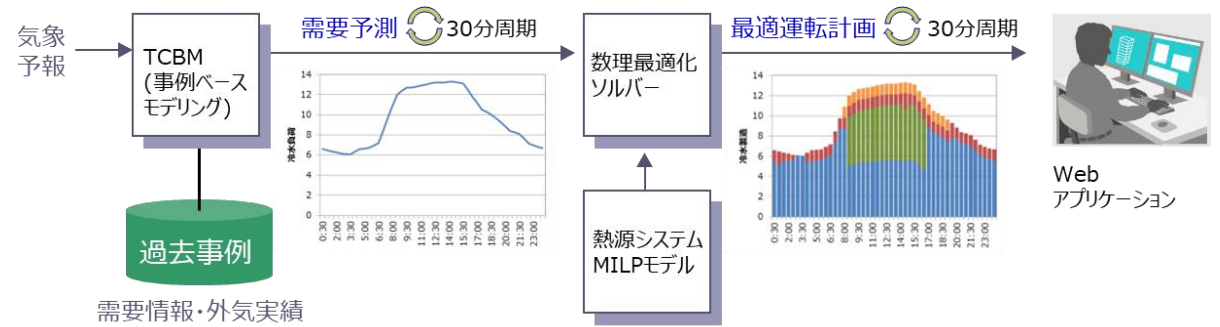
温度センサ
CO2センサ



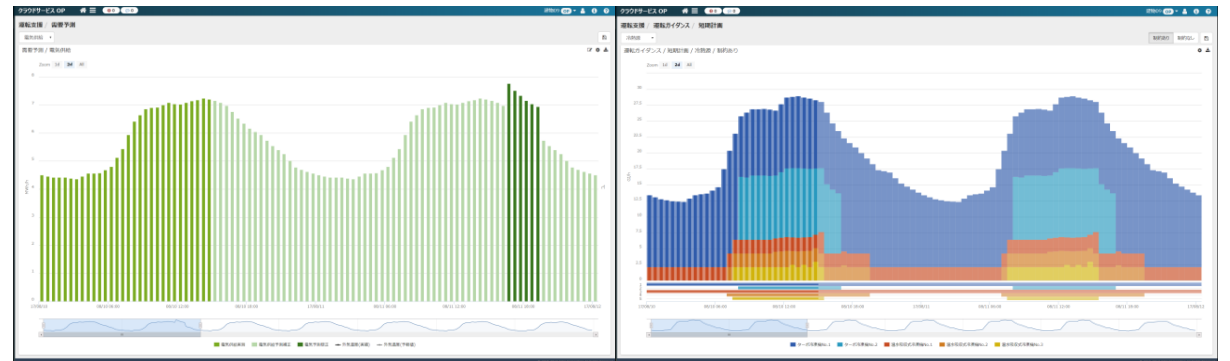
新しい制御

熱画像
画像

ビル向けクラウドサービス 熱源最適化アプリケーション クラウドOP



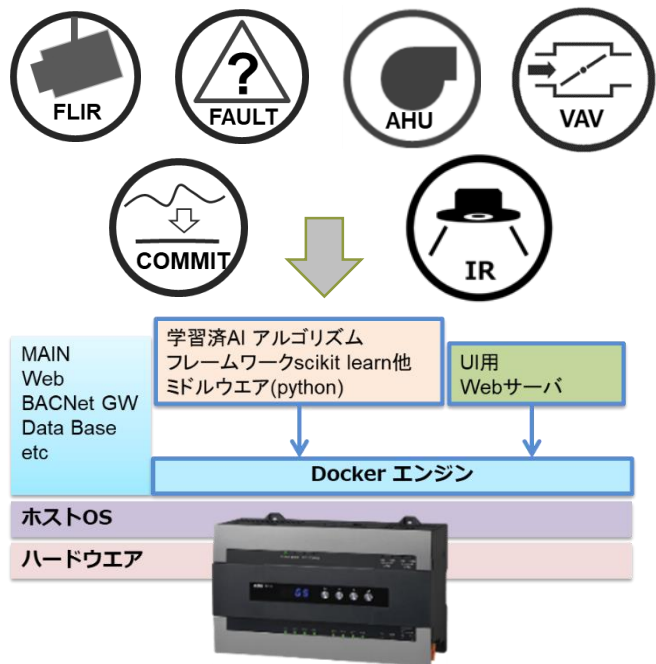
混合整数計画問題(Mixed Integer Linear Program;MILP)としてモデル化



- AIによる重要予測
- 運転計画の最適化
- きめ細かな制約条件設定

IoT型デバイスとシステム (開発中)

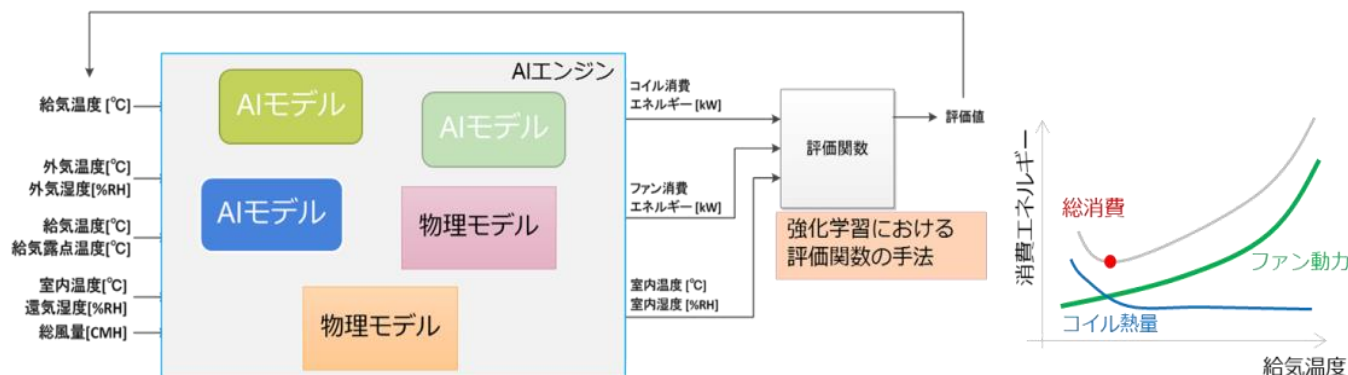
AIエッジコントローラ



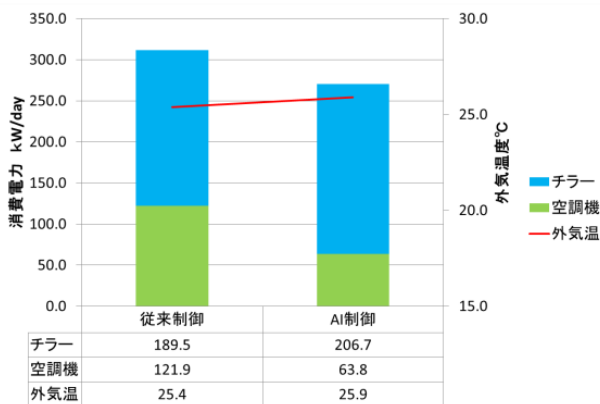
- AIを活用した制御のためのハードウェアプラットフォーム
- 既存システムと親和性
- 長期安定供給 15年
- 自由なAIフレームワーク

デジタルツイン AIモデリングによる可能性

- 実データを元にAIシミュレーションモデルを作成し制御に応用する



推定した顕熱負荷と室温設定から空調機の処理する熱量を演算し、給気温度・給気風量を決定



13%削減

消費電力削減費: AI制御 / 従来制御

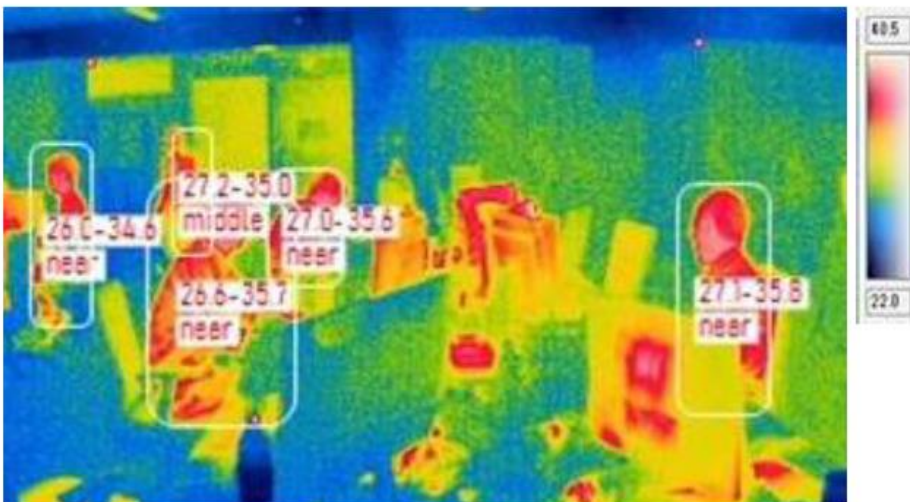


弊社湘南工場にて実証実験

熱画像+AI ディープラーニング (開発中)



可視光画像



赤外線熱画像

居住者の状態をより細かくセンシング (当社事例)
一人ひとりに合わせた空調制御に

AIが得意とする画像認識を活用し、

可視光画像から得られる色情報や

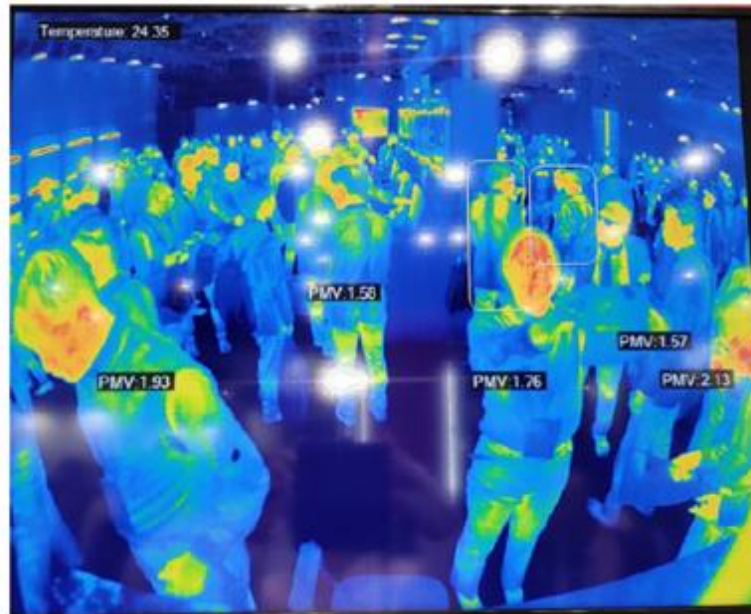
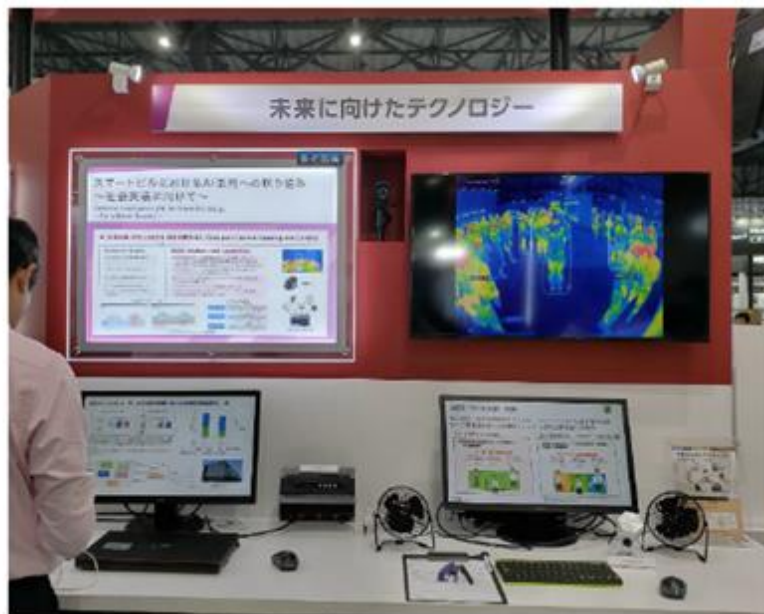
赤外線熱画像から得られる温度情報をもとに

人の在/不在、表面温度、およその位置などを推定

さらに、着衣量や熱負荷を把握し、

空間を共有する一人ひとりに合わせた空調制御に活用

2019スマートビルディングEXPOより



居住者の状態をより細かくセンシング (当社事例)

2019スマートビルディングEXPOでの当社ブースにて

- 熱画像AIを用いた空調制御デモの様子
- ディープラーニング等のAI技術を応用して、熱画像データからPMV標準モデル(※)で
- **人が暑いと感じているか・寒いと感じているかを判定**

※PMV: Predicted Mean Vote (予想平均温冷申告)の略。人が感じる暑さ寒さの指標。

※PMV標準モデルに基づくため、実際の体感(個人差)とは異なる場合がある。

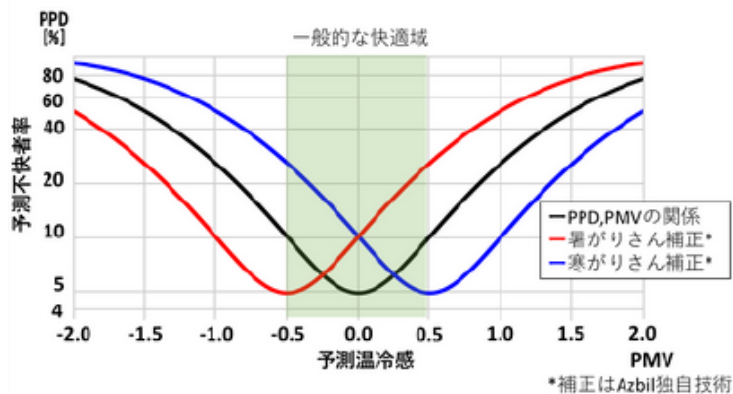
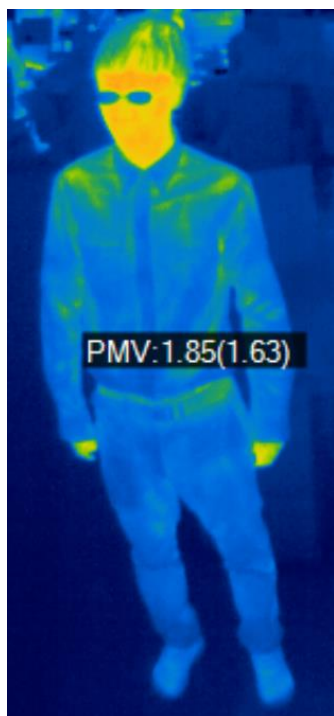
リアルタイムPMV測定技術 (開発中)



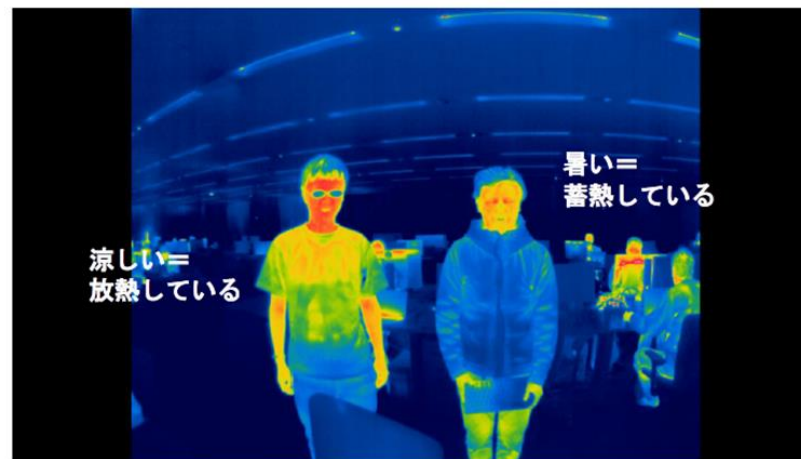
暑い、寒いが何故分かるか？



人がどれだけ蓄熱、放熱しているか？



| PMV | 温冷感 |
|-----|-------|
| 3 | かなり暑い |
| 2 | 暑い |
| 1 | やや暑い |
| 0 | 快適 |
| -1 | やや寒い |
| -2 | 寒い |
| -3 | かなり寒い |



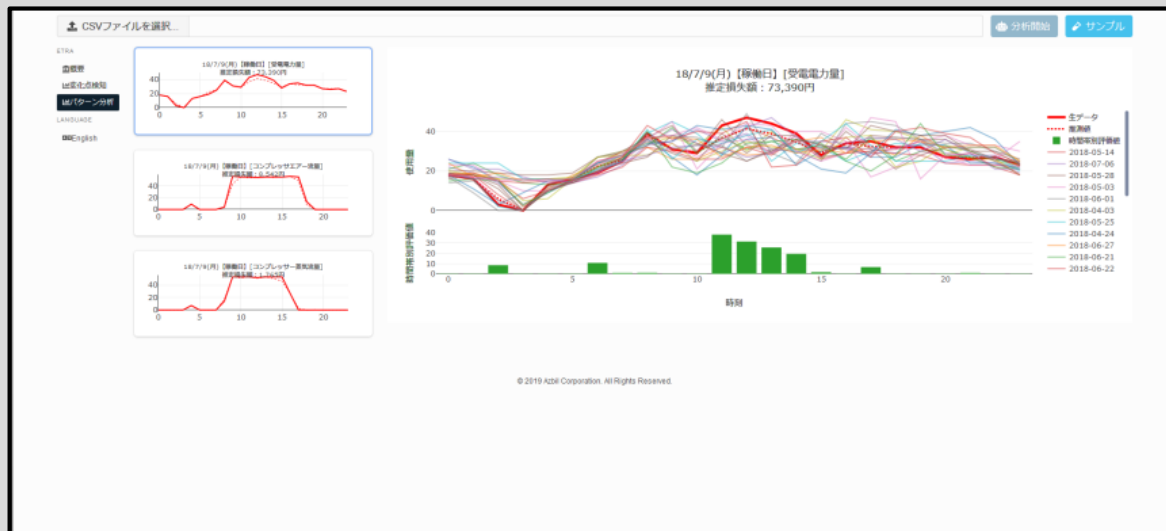
- ① 環境温度を計測
- ② 人の部分を検出 熱画像AI
ディープラーニング、セグメンテーション応用
- ③ 人の表面温度を計測、解析(着衣量、活動量を含む)
- ④ PMV計算

解析・分析 AIエネルギー監視 (開発中)

- BEMS(ビルディングエネルギーマネジメントシステム)のデータを活用して、
- その対象物が適正に運用されているかどうかをAIが手助け

パターン解析:日々の消費パターンからの逸脱検知

過去の運用パターンが似ている日を自動選択し、当該日のパターンとの違いを比較することで、エネルギーロスや運用の異常を発見します。



変化点検知:中期的なエネルギーコストの変化点検知

一日の合計電力量、気温などのトレンドから、使用状況の変化を検知します。運転方法や設備の更新などが電力量から推定できます。



内容

- azbilグループにおけるビルディングオートメーション事業(BA事業)
- **AI,IoT時代に進化する最新のビルディングオートメーション**
 - 建物設備におけるAI・IoT活用事例
 - **今後の変化について 社会のトレンドと技術革新**
 - スマートシティ、スマート社会の実現に向けて

技術革新

IoT

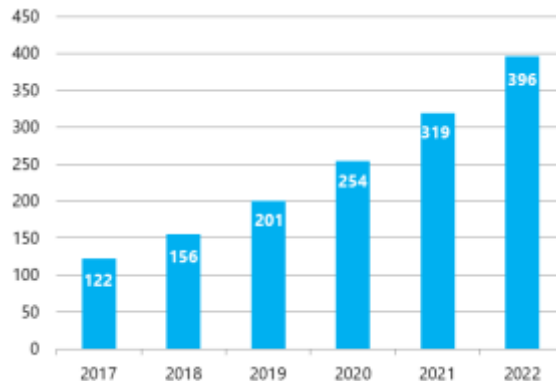


2025年までに**416億**もの
機器がインターネットに接続

データソース: IDC

<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45213219>

Big Data



全世界の年間IPトラフィックは
今後5年間で**3倍**に増加と予測

データソース: Cisco

<https://www.cisco.com/c/ja/jp/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.html>

AI



国内のAI関連の特許出願件数は
2013年から2017年で**3倍超**

データソース: 特許庁

https://www.jpo.go.jp/system/patent/gaiyo/sesaku/ai/ai_shutsugan_c_hosa.html

あらゆる**機器**から**大量の情報**を瞬時に獲得、**共有**し、**解析**や**制御**が可能に

スマートビルに関する 最新の国内動向

CASBEE ウェルネスオフィス認証

スマートウェルネスオフィスの空調環境では**個別快適性**がキーワード

- **居住者自身の操作**が可能な制御
- **局所的不快感**(上下温度差などの**不均一空間による不快感**)

への対応が重視される

[解説引用] **Iot等の利用による各個人の温冷感を検知して最適制御を行うシステム**や、各個人が自身の温冷感を申告し温度調整できるシステム等、革新的な空調制御を導入した事例については、採点表の対して**1段階レベルアップ**をして良い。

CASBEE:

建物の環境性能を評価する汎用的な評価システム。日本ではデファクト・スタンダードとして普及している。

CASBEE-ウェルネスオフィス:

建物利用者の健康性、快適性の維持・増進を支援する建物の仕様、性能、取組みを評価するシステム。知的生産性の向上に資する要因や、安全・安心に関する性能についても評価する。

スマートビルに関する最新の海外動向

国際動向を牽引する**ASHRAE**(アメリカ暖房冷凍空調学会)の**新戦略プラン(2019-2024年)**

では重点領域として、**スマートビル**に関わる下記**2つの領域**が示されている。

Resilient Buildings

環境変動や災害に強い建物

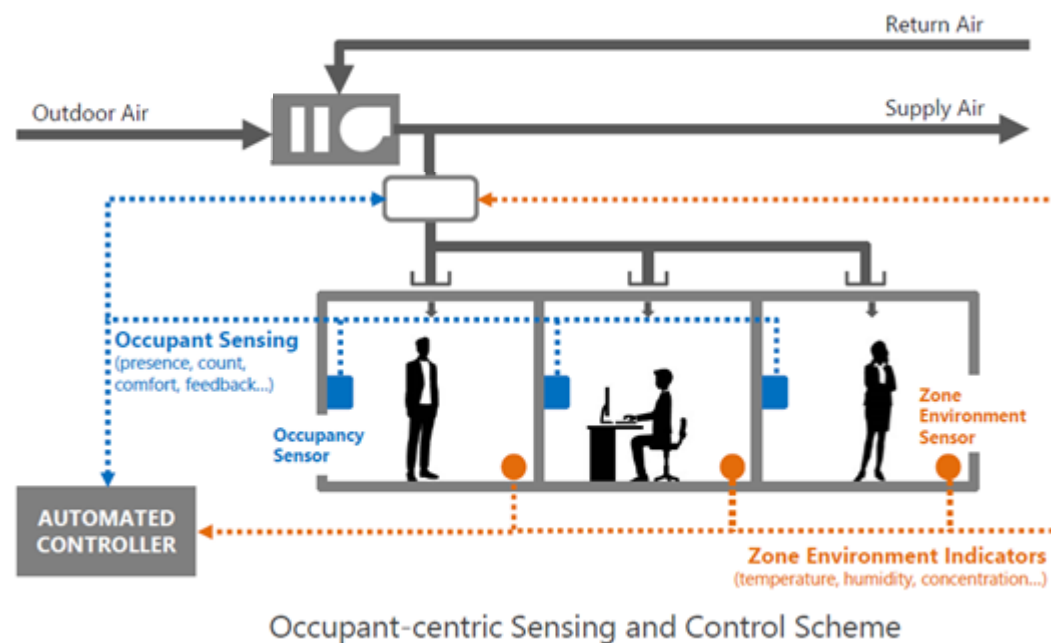
IEQ: Indoor Environment Quality

空調を含めた総合的な室内環境による生産性の向上

最新のASHRAE HANDBOOKでは、

- IEQ(室内環境の品質)領域に関するチャプターとして **Occupant-Centric Sensing and Control**(居住者中心の計測と制御)が新たに追加された。
- 居住者行動や居住環境の計測/推定結果を空調制御に活用するシステムを対象とし、人に寄り添う空調制御の実現を目指している。
- **Occupant-Centric Sensing**を利用する制御方式(空調・照明等)で、**快適性の維持・改善と省エネ(従来比10~40%)の両立を実証**する多数の事例や既往研究がしめされており、今後の社会実装が期待される。

Controls, Lighting, Shading, Ventilation
(for unoccupied room, turn down the lighting and HVAC for conference room, apply demand-controlled ventilation...)



出典:ASHRAE HANDBOOK 2019
IEQ: Indoor Environment Quality

Occupant Centric Sensingの例 (一覽)

居住者(Occupant)の状態をより細かくセンシングできるデバイス・技術が多種、登場

- 従来の温湿度などの温熱環境情報だけでなく、
- 人の状態(表面温度、人の位置、距離、生体情報、心理状態など)に関する情報収集技術が進化、汎用化
- オープン化により制御システムとの相互接続性が向上(IoT技術/BAシステムの進化)

| Occupant Sensing | 用途 |
|--|------------------------------------|
| RGB 監視カメラ | AI画像認識、検知、ジェスチャー等 |
| 赤外線アレイセンサ | 熱画像、表面温度測定 |
| タグ、ビーコン | 位置検知、人流解析 |
| サーマルカメラ | 熱画像、表面温度測定 |
| バイタルセンサ | 生体情報 (脈拍、呼吸、血圧) |
| LIDER | 物体検知、距離 (深度) 測定 |
| 申告カード | 人の心理状態 (快適、暑い、寒い) の計測 |
| バーチャルセンシング (CFD : computational fluid dynamics) | コンピュータシミュレーションによる 空間のバーチャルセンシング |

Occupant Centric Sensingの例①

制御対象である居住者(Occupant)に応じた温冷感をモデリング (当社事例)

- 居住者それぞれの状態をより細かく制御するためには、制御対象である人の感じ方のモデル化が重要
- 温熱快適性や満足度の感じ方には生活環境など様々な要因が影響するため、未解明のメカニズムも多い
- 当社は、10年近くに亘り**大学との共同研究**を継続中であり、10年分の被験者実験データを保有
- 居住者の温冷感データをもとに環境満足度モデルを構築。積極的に制御に反映する取り組みを試行している

各種センシングデータをもとに、
空間を共有する人々に応じて、
標準的な満足度曲線(PMV)を補正

センシングデータ
(温熱環境情報・人の状態など)

温度、湿度
平均放射温度、風速、
代謝量、着衣量



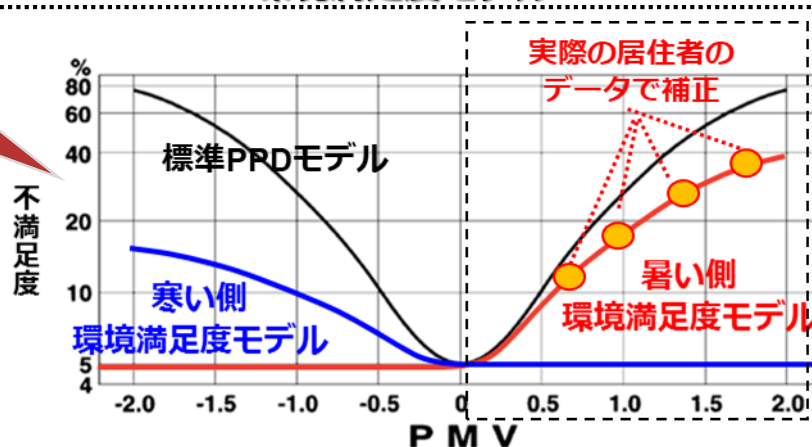
室内温湿度
センサ



赤外線アレイ
センサ



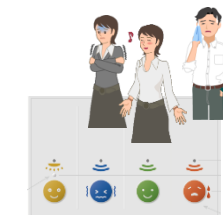
環境満足度モデル



センシングデータ
(申告データ)

居住者の
温冷感申告情報
(実際の感じ方)

寒い、快適、暑い



カード端末



PC画面

モバイル端末

<環境満足度モデル> 不満足度 ⇒ PPV: 温冷感申告者率

$$PPV = a - b \times \exp(c \times (PMV - e)^4 - d \times (PMV - e)^2)$$

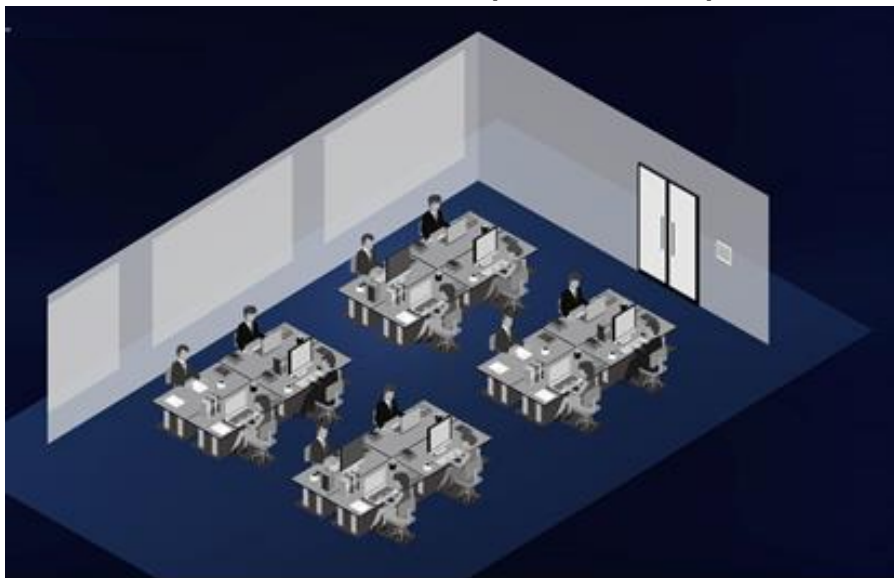
※a,b,c,d,eは探索パラメータ(a=bとして探索)

Occupant Centric Sensingの例②

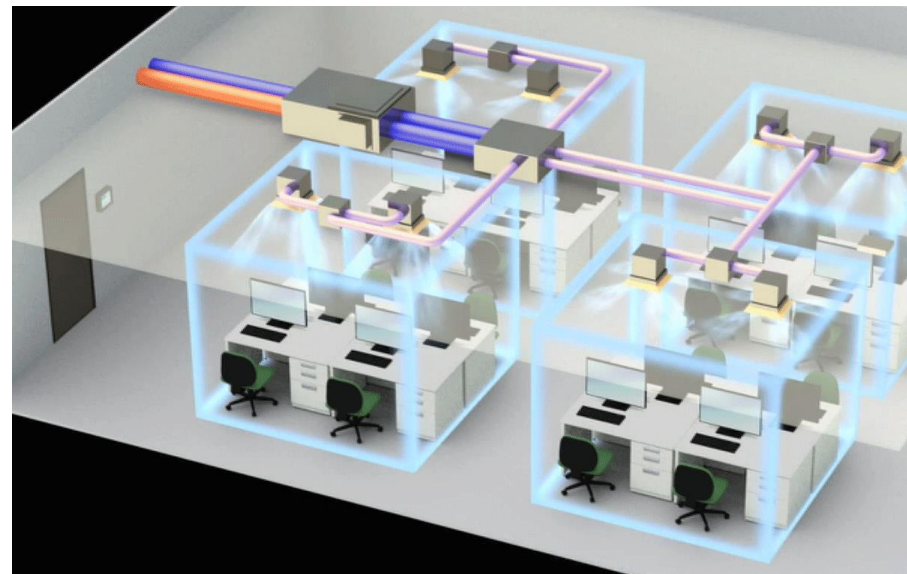
居住者(Occupant)の要望に応じて、よりきめ細やかな制御を実現するためのアクチュエータ
(当社事例)

- 空間を共有する人々に応じて、きめ細やかに制御し、それぞれに快適な温熱環境を提供するためには、これまでの制御単位(VAVゾーン)よりも、より細かな単位(セル単位)を制御するアクチュエータ(操作デバイス)が必要
- 当社では、オフィス空間をセルという小さな単位(約25m²)に区切り、風量や風向を制御するための操作デバイス、空調システムを提供している。

従来の空調制御範囲
VAVゾーンでの制御(80~100m²)

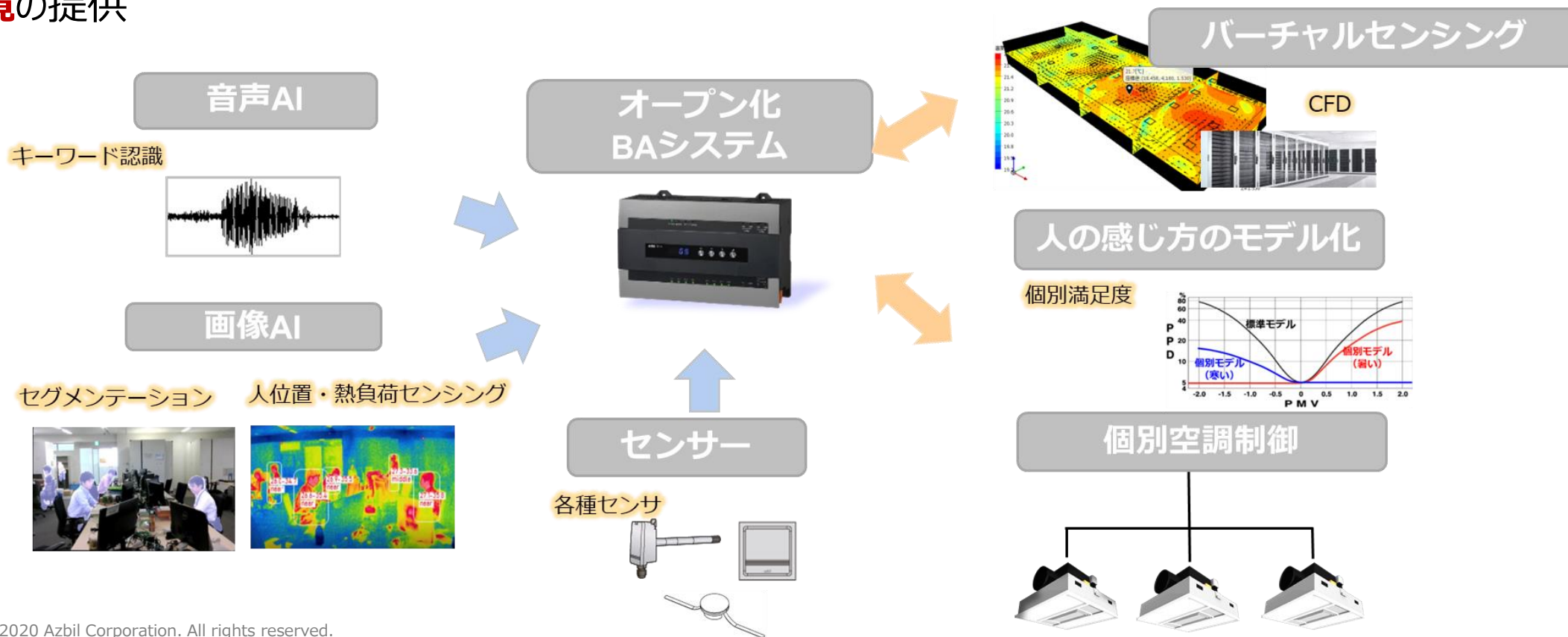


セル単位の空調制御範囲
(約25m²)



Occupant Centric Sensingの例③

- 例①、例②で紹介した計測・制御技術・デバイスを融合することで、ASHRAEの提唱する「Occupant Centric Sensing & Control」を実現できる可能性がある。
 - 従来のセンサデータに加え、熱画像・可視画像、音声などを組み合わせ、さらに空間シミュレーションによるバーチャルなセンシングを行うことで、大空間であっても、きめ細やかな個人の好みに応じた空調制御
- AIと制御システム、最先端のデバイスの融合による**スマートワークスペース** ; 「いつでも」、「どこでも」快適な職場環境の提供



参考;AI活用スマートビル

AIや最新IoT技術を活用し、設備管理効率、セキュリティ、テナントへのサービス向上につなげ、ビルの価値を高める。

- **設備運用・管理**

MRによる設備点検業務の効率化、省力化

- **環境管理・監視**

BASシステムと連動することで各施設の環境を把握。クレームレス空調・WELL認証

- **混雑・人流把握**

画像AIを用いて各ブース等の混雑具合をリアルタイムで把握。レコメンドシステムはレイアウト変更に活用

- **リアルタイムセキュリティ BCP対応**

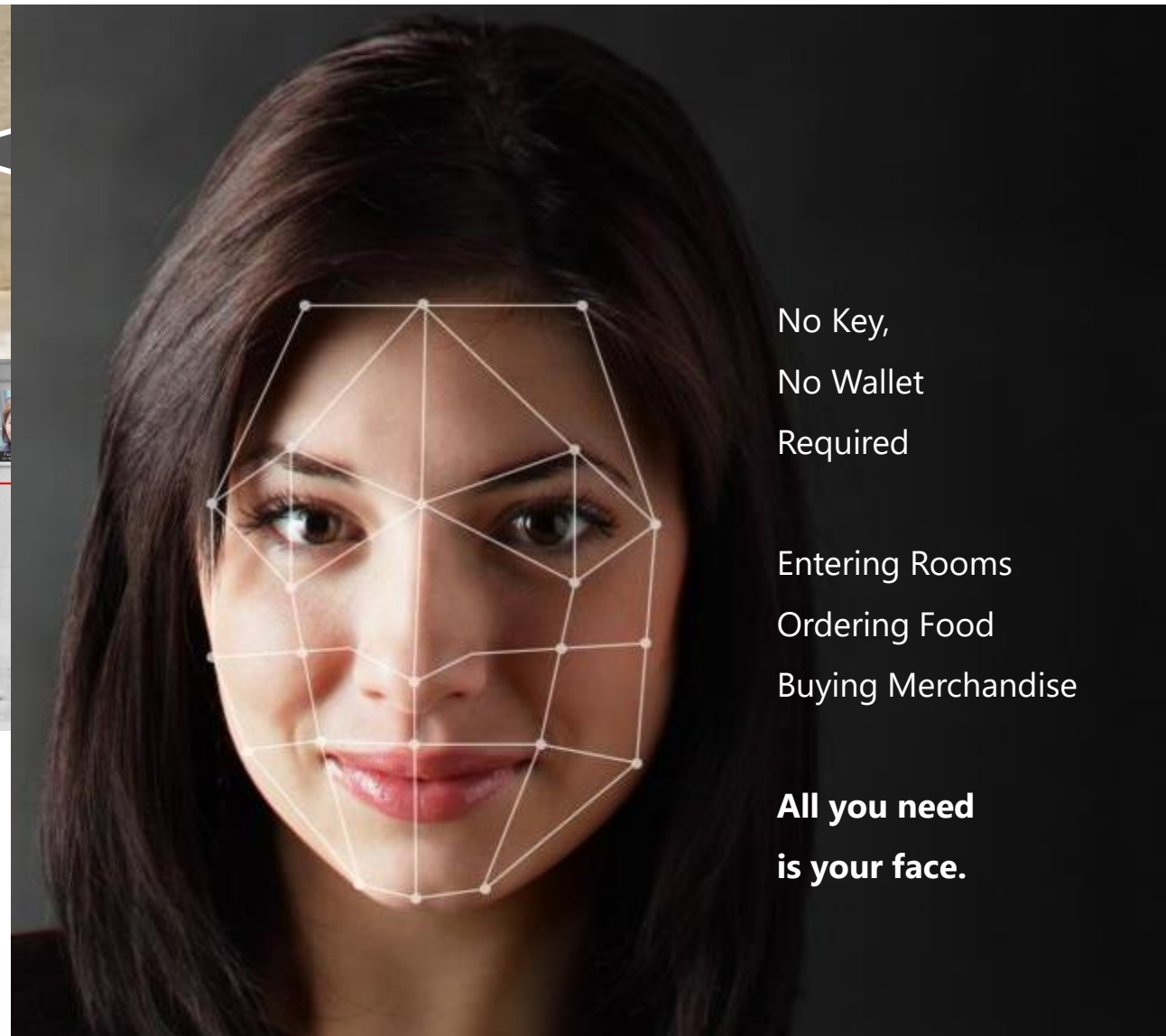
現状：全てのセキュリティ画像をチェックする（人件費、見落としリスク）

⇒ AIによる解析でエマージェンシー状態を自動で判別、抽出。 近くの警備員のMR上で表示することで瞬時対応が可能に。 ※同様に震災や火災時などのBCP対応も BASの警報システムと連動

顔認証による安心と利便性の向上



画像解析の発達により
顔認証の精度および速度が向上してきました。
決済や身分証明にも使われ始めています。

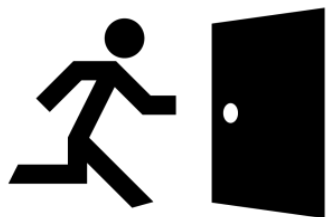


No Key,
No Wallet
Required

Entering Rooms
Ordering Food
Buying Merchandise

**All you need
is your face.**

災害時の安否確認を入退室管理システムで



災害時の点呼をカードリーダーや顔認証で行い

リストを管理責任者や遠隔地に自動で送信することができます。

これにより普段は入退室管理システムとして動作し

災害時には安否確認のシステムとして

利用することができます。

2013年11月に実施した災害対策の避難訓練として
セキュリティシステムのカードリーダーを使った点呼確認を行った結果

約**1,600人**の**点呼**を**10分**程度で完了

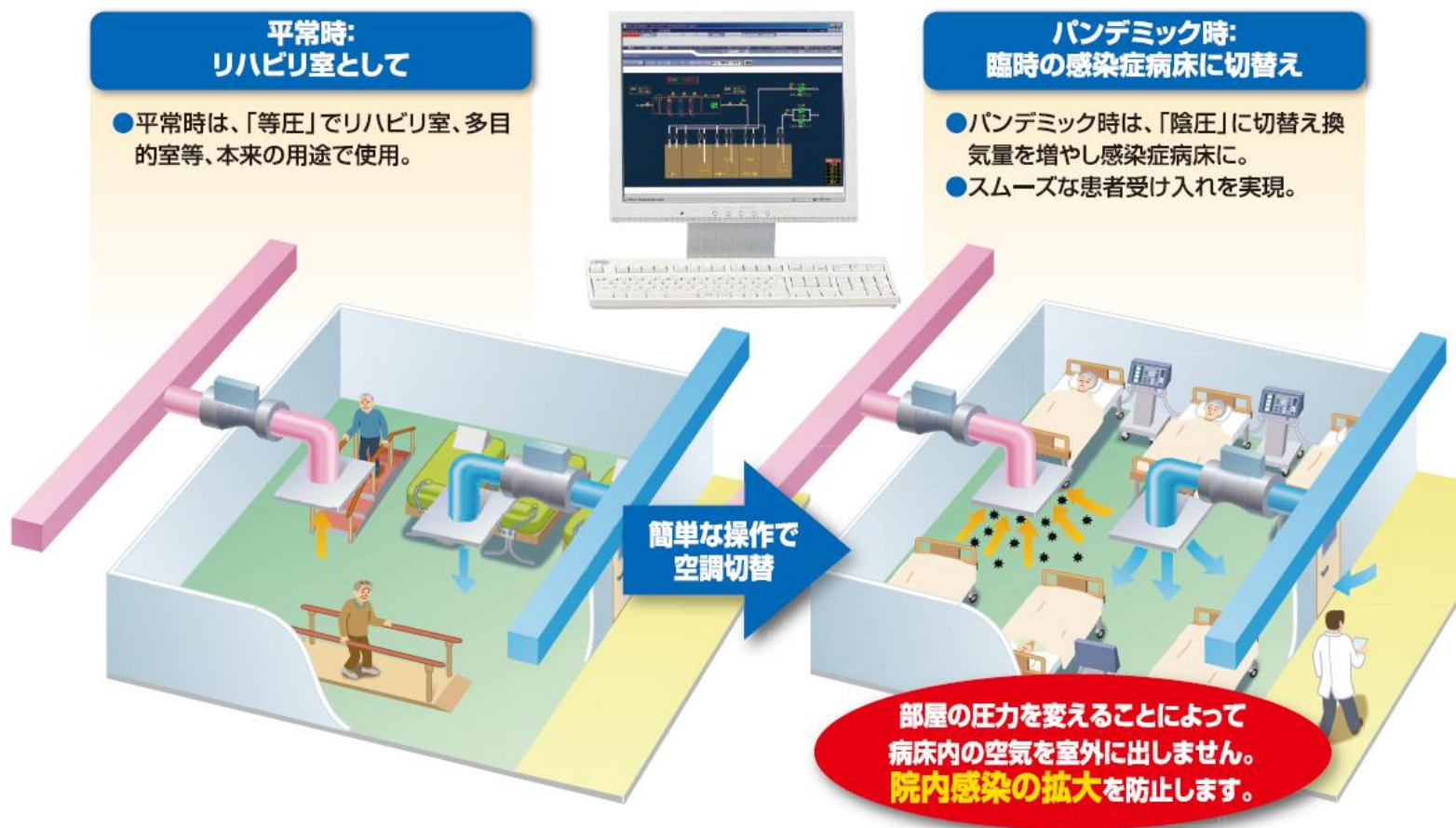


避難訓練中の点呼確認の様子

<http://www.azbil.com/jp/news/140228-2.html>

パンデミックのソリューションで安全・安心に貢献

パンデミック時の感染症対応病床空調への切替えをスムーズに実現。
患者・医療スタッフの安心・安全を確保する空調システム



内容

- azbilグループにおけるビルディングオートメーション事業(BA事業)
- **AI,IoT時代に進化する最新のビルディングオートメーション**
 - 建物設備におけるAI・IoT活用事例
 - 今後の変化について 社会のトレンドと技術革新
 - **スマートシティ、スマート社会の実現に向けて**

個々の建物から スマートシティに、未来のスマート社会へ

スマートオートメーション

for Automated and Autonomous Smart Buildings

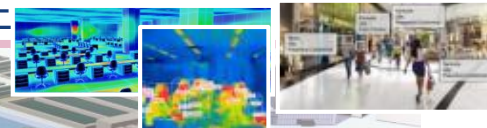
- 完全自動化/自律化運転を可能にする中央監視システム
- ビルや設備の管理業務省力化とテナントサービス向上に貢献



スマートワークスペース

for Safety, Comfort, Productivity and Creativity

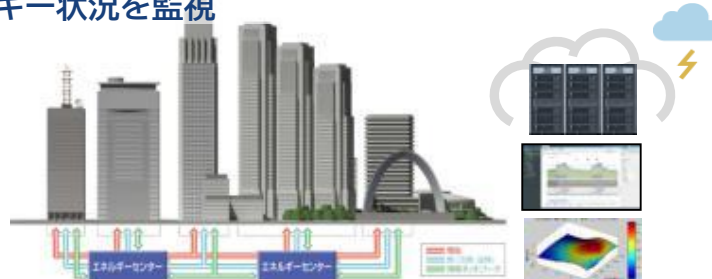
- スマートアクセスコントロールにより利便性と安全性を向上
- スマート空調により執務環境やコラボレーションスペースの快適性、生産性、創造性の向上



スマートエリアマネジメント

for Sustainable and Resilient Smart Cities

- 建物エネルギー需要や再生可能エネルギー供給状況を予測制御
- 非常時には災害拠点へのエネルギー供給を優先制御、供給可能エネルギー状況を監視



スマートオペレーションサポートサービス

for Stable Operation and Maintenance

- データを高度に活用し、ライフサイクルを通じてビルや設備の資産価値を維持向上



スマート = その時代の社会ニーズに対して先進技術を的確に応用してタイムリーにソリューションを提供。かつ、それを持続的に。

スマートシティの機能

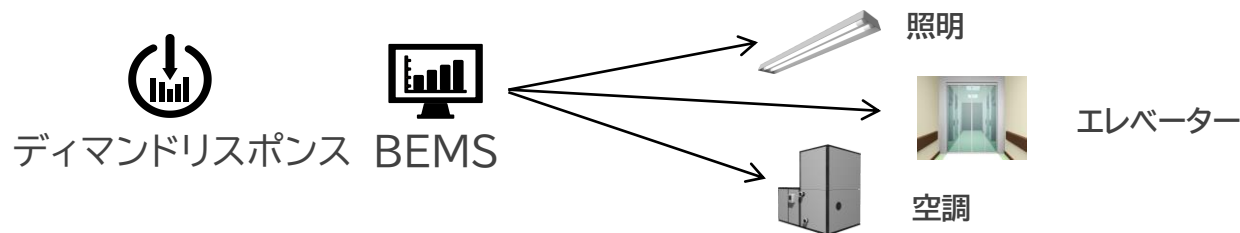
低炭素と防災力を兼ね備えた都市づくりが課題とされている中、

BEMSを活用したDRや**蓄エネ制御**などの技術要素を取り入れることにより、

環境、電力平準化、と地域防災(DCP:地域活動継続)を両立した新しい街づくりが可能となる。

DCP: District Continuity Plan

■使用可能なエネルギーに応じた負荷配分制御



■発電、放電設備と熱デマンドを制御

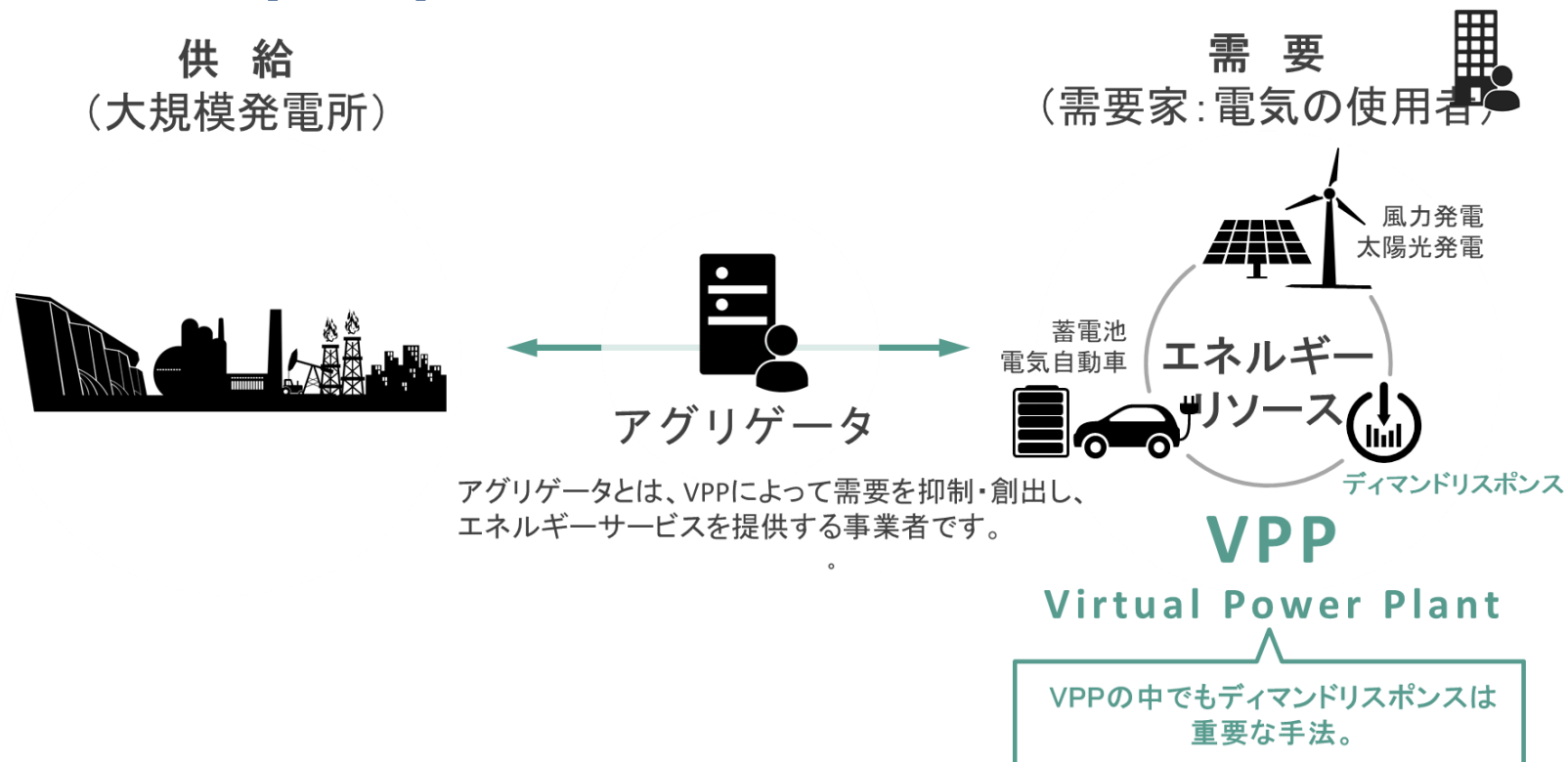


■Vehicle to Buildingの技術の活用



需給連携によるスマートシティの実現

バーチャルパワープラント (VPP)



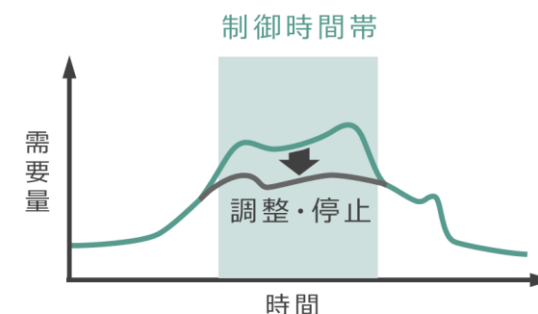
- 従来は大規模発電所が電力の需要と供給のバランス調整を担ってきた。
- 近年は**点在する小規模な**再生可能エネルギー(風力・太陽光など)や蓄電池などの**エネルギーリソース**を統合・制御して**一つの発電所のように機能させるVPP**が注目されている。
- 1つ1つは小規模でも、**束ねてマネジメント**することで大規模な発電設備に匹敵する電力となり、CO2削減、エネルギーコスト削減、エネルギー自給率の向上に寄与する重要な技術である。

使用可能なエネルギーに応じた負荷配分制御

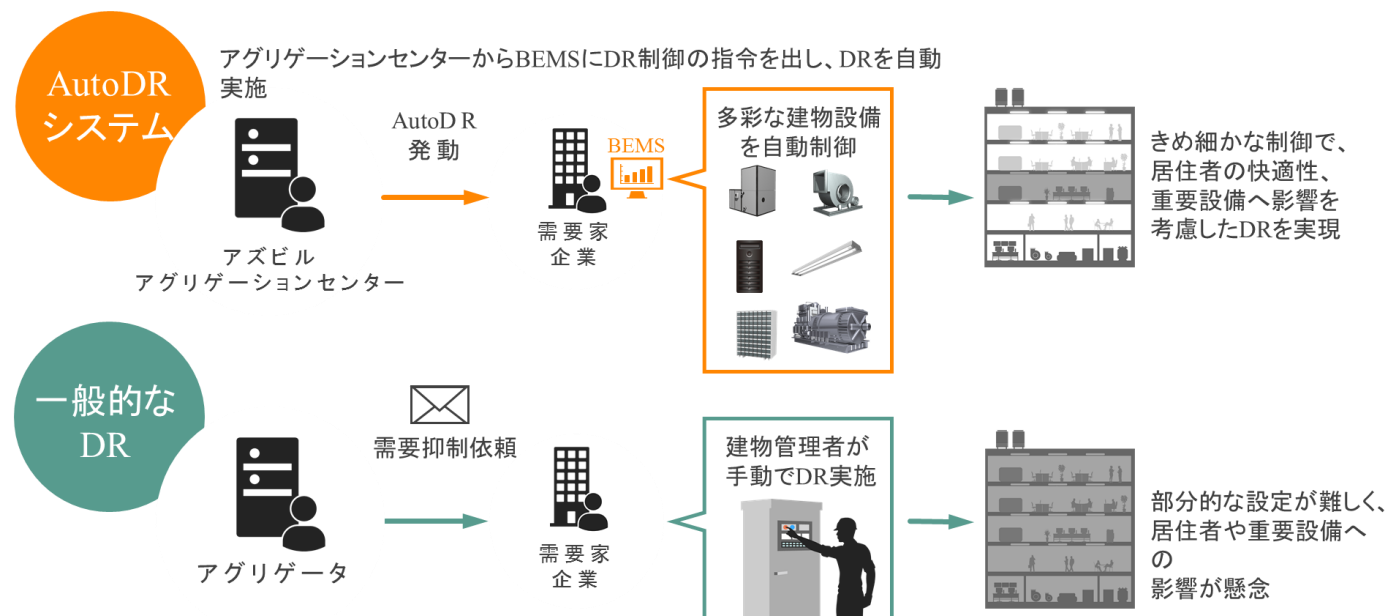
デマンドリスポンス (DR)

- VPPの中でもデマンドリスポンスは重要な手法で電力の**需給ひっ迫時の対策手段**の一つである。
- 「需要応答」とも言われ、電力の需要側、普段電気を使う側が効果的に節電を行うことにより、**電力のピーク時間帯の需要を抑制**するという考えが基盤になっている。
- 需要抑制に協力した需要家は、「**節電効果**」だけでなく、「**報酬**」を受け取れるメリットがある。

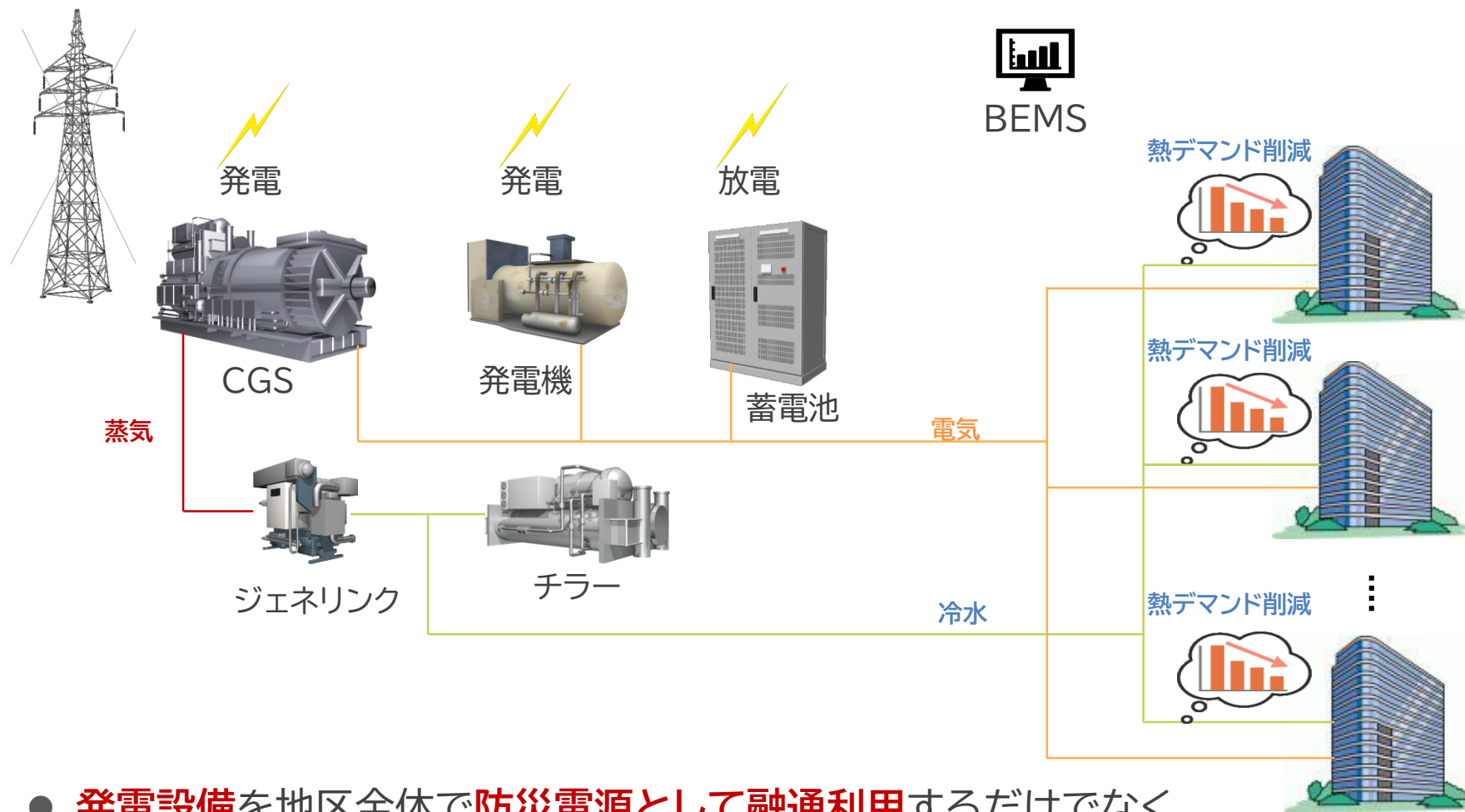
デマンドレスポンス (DR)



アズビルのAutoDR™システムと一般的なDR



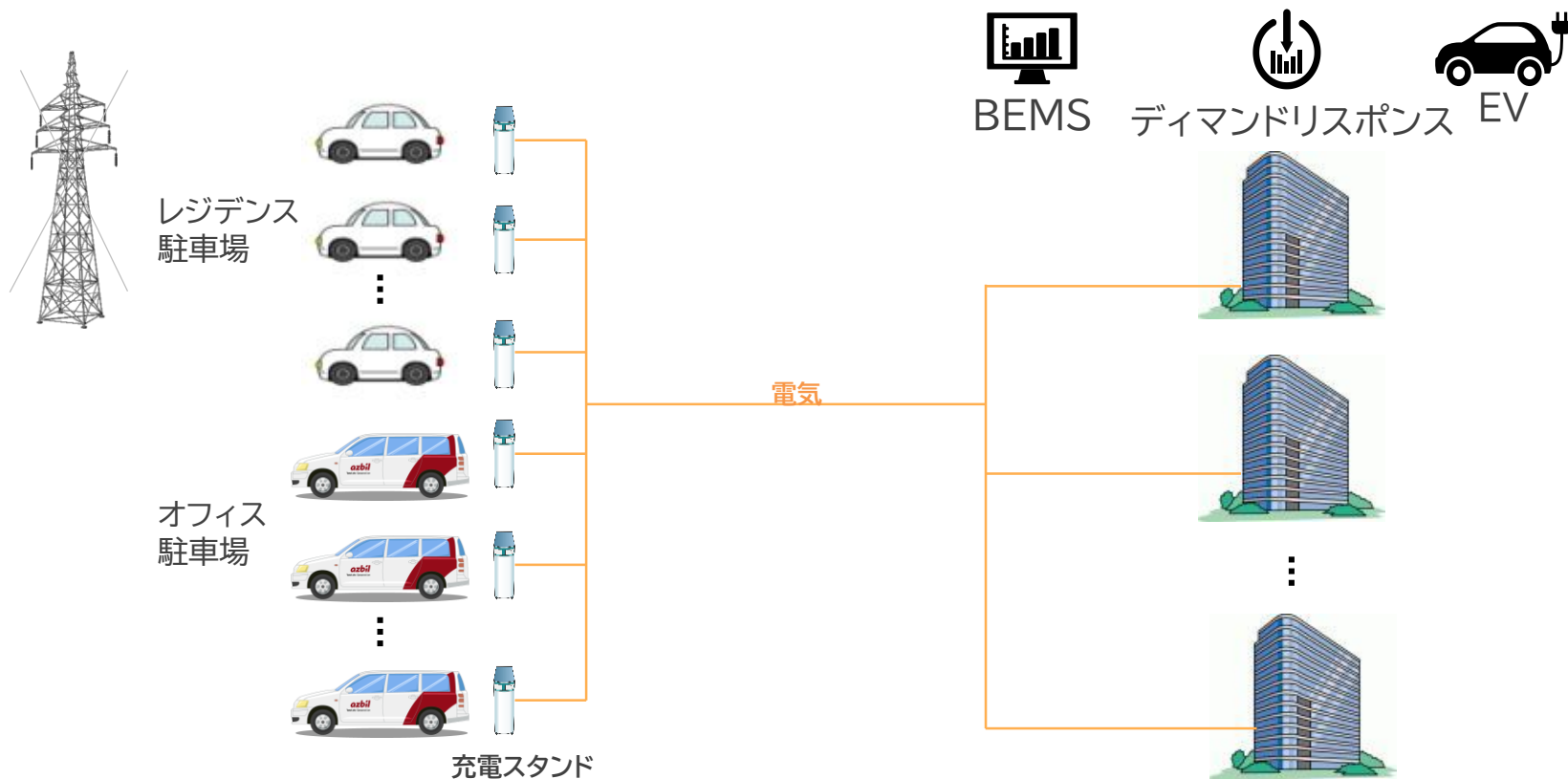
発電、放電設備、熱デマンドの制御



- **発電設備**を地区全体で**防災電源**として**融通利用**するだけでなく、
- 限られた**冷水**なども**建物毎の熱デマンド**を**制御**する事で**街の機能維持の安定化**を図る。

Vehicle to Building 技術の活用

- オフィスビルでは駐車場が併設されるケースが一般的であり、
- 営業車両やサービス用の社有車が月極め駐車場として利用している。
- 駐車中のEV(電気自動車)が充電する場合、充電スタンドを通じてビルとEVは接続される。
- EVはビルの受電の配下となるため、充電のマネジメント、デマンド制御、DR時の放電もBEMSを活用したソリューションとなる。
- 発電設備だけでなく、テナントのEVやレジデンスのEVも必要に応じて電源として活用。



ビルの駐車場とEVの関係

EVの駐車場を考えた場合、駐車場がビル内ビルトインとビル外に設置した場合で受電点が異なり、運用も大きく変わる。

| 建物用途 | 建物イメージ | 概要 | BEMSとの親和性 |
|----------|--|---|-----------|
| 大型オフィスビル |  | <ul style="list-style-type: none">・ 駐車場は主にテナントが持ち込んだ営業やサービスに使用する車両が駐車・ 駐車時間帯は不規則であるが、次に使用する日時が解れば、それまでの時間帯は、蓄電池として使用可能・ 駐車場はビル内にあり、EVの充電はビルの受電から供給される | ○ |
| 工場 |  | <ul style="list-style-type: none">・ 駐車場は主に工場に勤務する従業員の通勤車両が駐車・ 車両は始業時間に駐車し、終業時間後に退去・ 蓄電池としては一番使いやすい・ 駐車場は敷地内外にあるが、EVの充電はビルの受電ではなく、単独受電をする方が経済的。 | × |
| 商業施設 |  | <ul style="list-style-type: none">・ 駐車場は主に買い物客の車両・ 駐車時間帯はまちまちであり、蓄電池の活用は難しい・ 駐車場は敷地内外にあり、EVの充電はビルの受電から供給される場合と単独受電する場合がある。 | △ |

まとめ

- **ビルディングオートメーション(BA)**分野においても、AI・IoTが注目され、活用が進んでいる。
- **スマートビル**では、エネルギーの削減だけではなく、居住者の個別の快適性のニーズの高まりもあり、より細かく居住者の状態をセンシングするデバイスやAI技術が開発されている。
- 今後、**スマートシティ、スマート社会の実現**に向けて、**電力や熱デマンドのコントロール役**として、BAシステムが担う役割も大きくなると考えられる。

azbil

Human-centered automation

ACTIVAL、アクティバル、Savic-net、AutoDRはアズビル株式会社の登録商標です。