



TSC21 推進協議会オープンセミナー 空調分野におけるAI,IoT活用の 現在と未来

2018年7月10日
高砂熱学工業株式会社 片山

Takasago Thermal Engineering Co.,Ltd.

当社のグリーン・エアとは、
事務所、ホテル、病院、工場といった様々な建物における空気環境において
「人、自然」にやさしい空気を提供することで、地球環境問題に貢献する活動です



IoTとは (1) IoTとM2M

「モノのインターネット」『フリー百科事典 ウィキペディア日本語版』
IoTとは : (<http://ja.wikipedia.org/> 2018年7月7日15時(日本時間)現在での最新版を取得)

モノのインターネット(物のインターネット、英語: Internet of Things, IoT)とは、
様々な「モノ(物)」がインターネットに接続され(単に繋がるだけではなく、モノがインター
ネットのように繋がる)、情報交換することにより相互に制御する仕組みである。



M2Mの概念が発展して
IoTとなったと考えられる

(類義語) M2Mとは : 「マシンツーマシン」『フリー百科事典 ウィキペディア日本語版』
(<http://ja.wikipedia.org/> 2018年7月7日15時(日本時間)現在での最新版を取得)

マシンツーマシン(英語: Machine-to-Machine, M2M)とは、コンピュータネットワーク
に繋がれた機械同士が人間を介在せずに相互に情報交換し、自動的に最適な制御が行わ
れるシステムを指す。

M2MとIoTの違い

- ・IoTはインターネットを軸に通信を考えている
- ・IoTはマシン以外の様々なモノも対象にしている

IOTは広範囲に分散しているモノから大規模な情報(ビッグデータ)を集めて活用することを
目的としている。

IoE(Internet of Everything),IIoT(Industrial IoT)などの呼び名もある

アジェンダ

1. IoTとは
2. AIとは
 - ・ AIの概要
 - ・ 機械学習とは
 - ・ AI導入について
3. 空調関連システムの国内市場とAI,IoTの適用例
4. 空調設備におけるAI,IoT活用の現状
5. AI,IoT活用の事例紹介
 - ・ 弊社AI事例
 - ・ 他社事例(設備運用等へのAI,IoT適用)
6. これからの日本のシナリオ
7. 空調設備におけるAI,IoT活用の未来

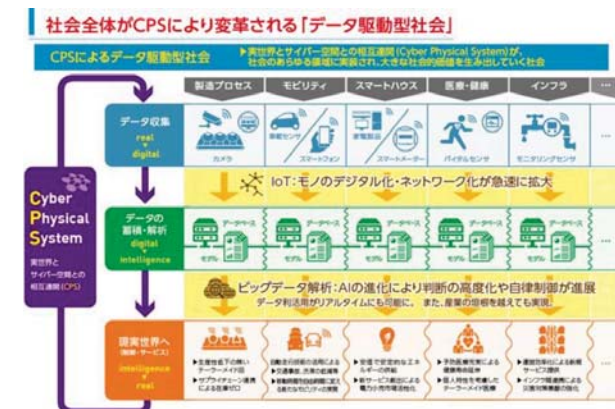
IoTとは (2) IoTとCPS

少し飛躍しますが、もう一つのキーワード

CSPとは :

Cyber-Physical Systemの略。センサーデータなどリアルな情報を集めて分析・解析し、
機械や人・社会に反映させる

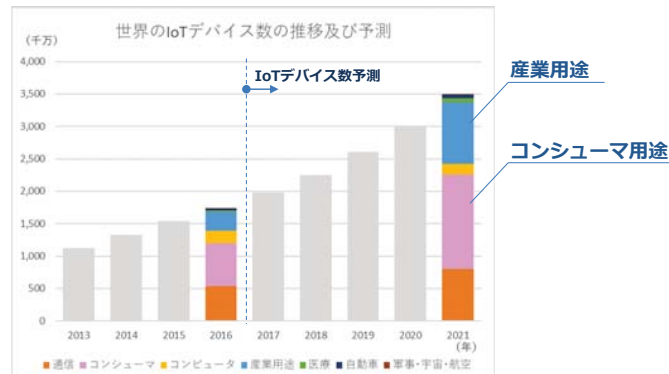
CPSはIoTのひとつの活用形態であり、IoTの目指すべき方向のひとつ



IoTとは

(3) IoTデバイス数の推移・予測

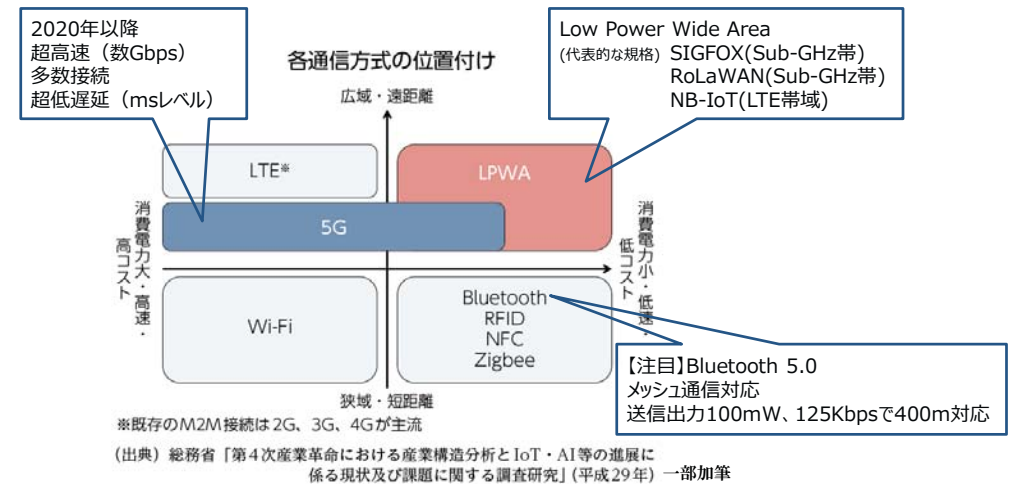
世界のIoTデバイス数は2021年に約350億台となる予測が出ている。大幅に増えるのはコンシューマと産業用途の分野である。産業用途のIoTデバイスが増えるのはIndustry4.0（第4次産業革命）が牽引していると考えられる。



IoTとは

(4) IoTを支える無線通信技術

IoT発展のためには、新たな通信技術も必要不可欠である



AIとは - AIの概要 -

(1) 一般的な解釈

人工知能(AI)という言葉についての明確・厳密な定義はない

とは言え

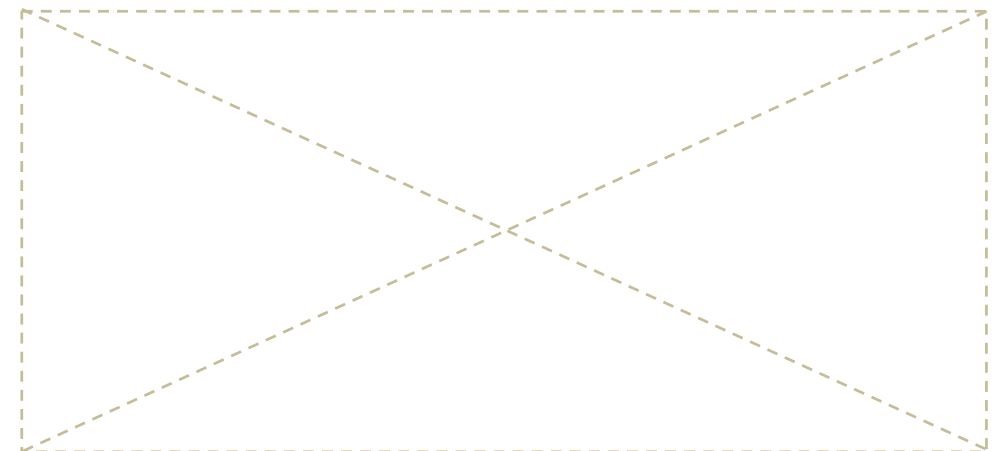
【一般的な解釈】

- 人工的に人間の知能を模倣するための概念および技術
- コンピューターが人間のように“学習”し、知識をもとに“推測”する
- 学習・推論・認識・判断などの人間の知能を持たせたコンピューターシステム
- データとして蓄積されたパターンを基に相手や状況に応じた適切で柔軟な対応を選択する
- 人のような知的な情報処理を実現するソフトウェア（プログラム）

AIとは - AIの概要 -

(2) AIの歴史

AIは第3次ブーム。今回はブームでは終わらないとも言われている



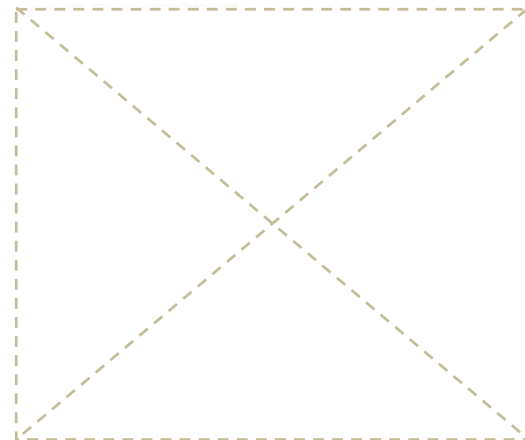
引用元: 日経 xTECH『なぜディープラーニングが注目を集めるのか』 図1●人工知能の歴史
<http://tech.nikkeibp.co.jp/it/atclact/active/17/030300033/030300001>

AIとは – AIの概要 – (3) AIビジネスの国内市場

AIビジネスは様々な業種で導入が加速するとの予想

富士キメラ総研によるまとめ（発表日：2018年1月12日）～2030年市場予測（2016年度比）～

- 金融業 コンタクトセンターでAI導入が広がり5,860億円(7.2倍)
- RPA×AI 事務作業効率化を目的に、様々な業種で導入が進み363億円(51.9倍)



引用元：富士キメラ総研

『国内のAI（人工知能）ビジネス市場をソリューション別・業種別に調査』AIビジネスの国内市場 一部加筆
http://www.group.fuji-keizai.co.jp/press/pdf/180112_18002.pdf

AIとは – AIの概要 – (4) 基本的な概念

人工知能（AI）

強いAI

人間のような知能
自分で問題設定ができ、
その解決もできる

“汎用人工知能”



弱いAI

人間の作業の一部を代行可能
限られたタスクは解ける

“特化型人工知能”

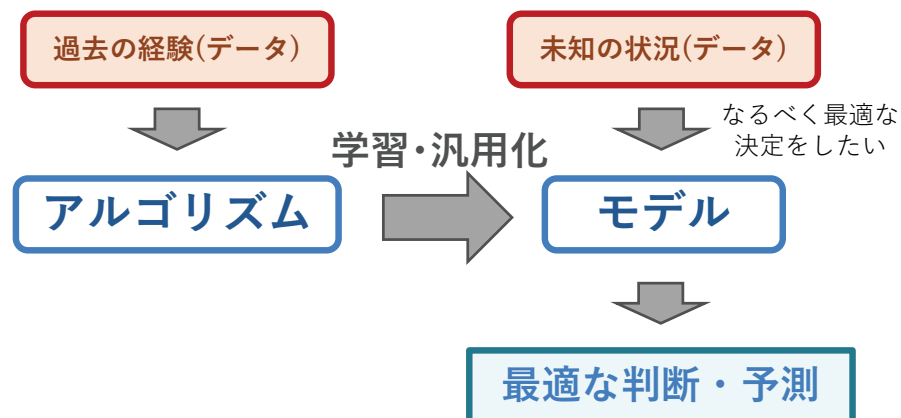
機械学習

統計的アプローチ

現在はここレベル

AIとは – 機械学習とは – (1) 機械学習とは何か

特定事象のデータを学習し、モデルを獲得する
それに基づいて判断や予測を実施する



AIとは – 機械学習とは – (2) 機械学習適用に向いている典型的なビジネス課題

レコメンド

人間の手では不可能な量の商品／ユーザーに個別のお
すすめを提供する

異常検知

24時間365日人間が監視するのはコストが非常に高い
異常が起きたらすぐに検知して対策をとりたい

画像認識

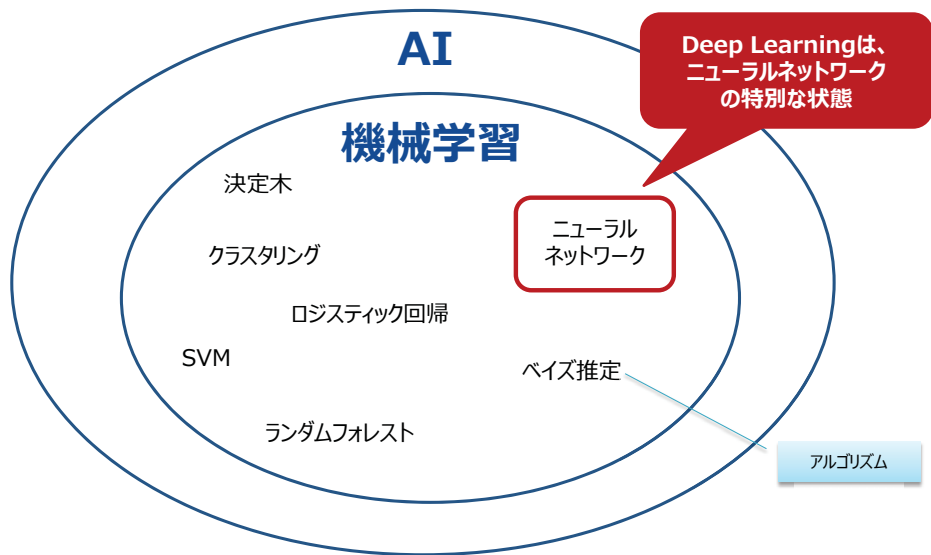
大量の画像をチェックするのは不可能
自動的に顔の位置や不適切な画像か、など判定したい

クラスタリング

大量のユーザのいくつかをセグメントに分類して
セグメント別のマーケティング施策を実施したい

AIとは – 機械学習とは –

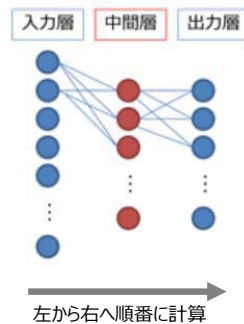
(3) 機械学習、ニューラルネットワーク、DeepLearningの関係



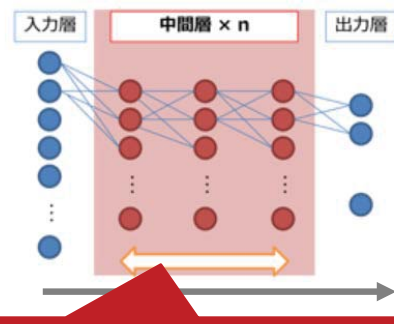
AIとは – 機械学習とは –

(4) ニューラルネットワークとDeepLearningの関係

ニューラルネットワーク



ディープラーニング



中間層が多数 (“Deep”) になっているものを Deep Learning という。
中間層を増やすことで細かい特徴が見つけやすくなる。

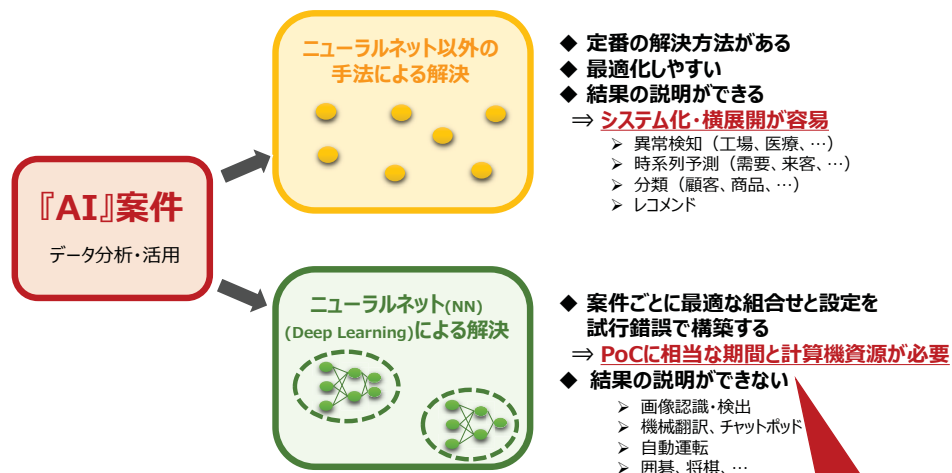
AIとは – 機械学習とは –

(5) 学習分類

正解データの有無	一般的な学習分類の例	
教師あり学習	分類	サポートベクターマシン ロジスティック回帰
	回帰	線形回帰モデル ニューラルネットワーク※ ※分類にも適用可
教師なし学習	クラスタリング	K-平均法 階層的クラスタリング

AIとは – AI導入に当たり –

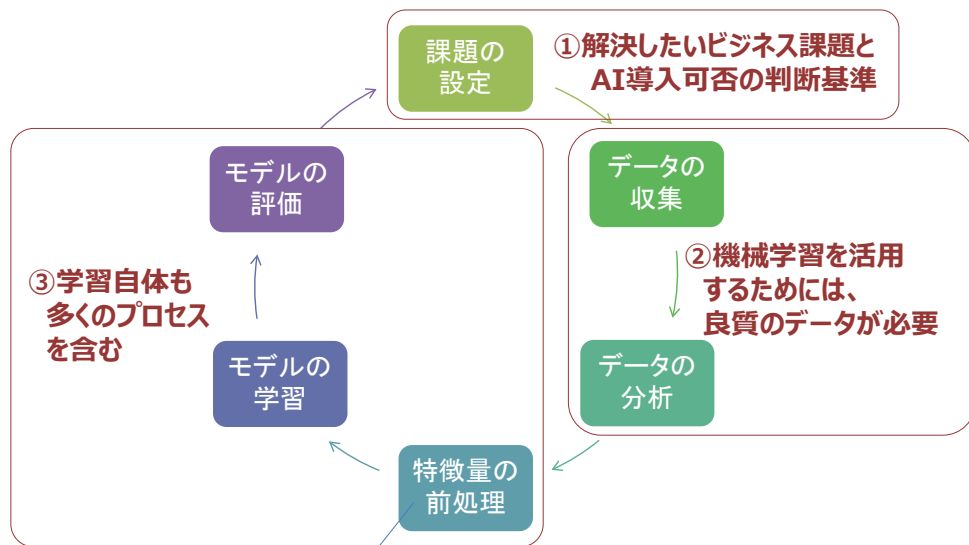
(1) 手法 (アルゴリズム) の選択



NNが最適とは限らない

AIとは – AI導入に当たり – (2) 機械学習の導入の流れ

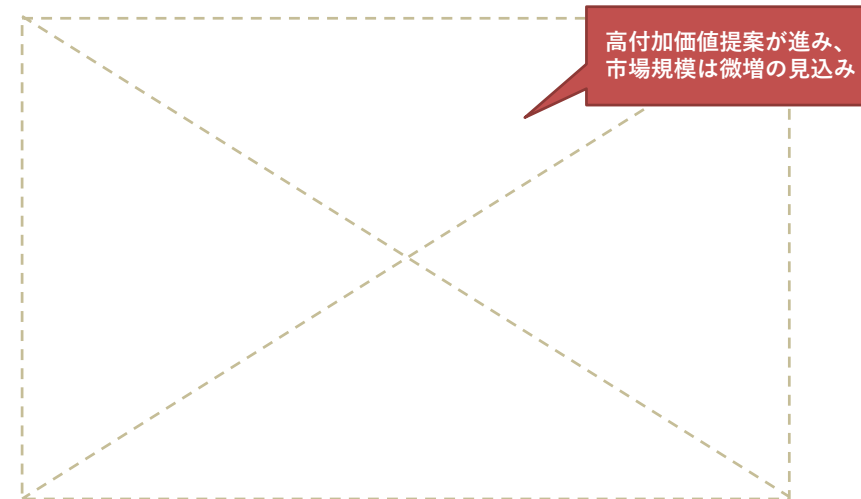
AIベンダーにPoCを依頼すると2～3ヶ月で500～1000万円程度掛かる



学習するためのデータ整理に時間が掛かる

空調関連システムの国内市場とAI,IoTの適用例 (1) 国内市場の推移予測

需要分野別に見た空調・熱源システムの国内市場の推移予測



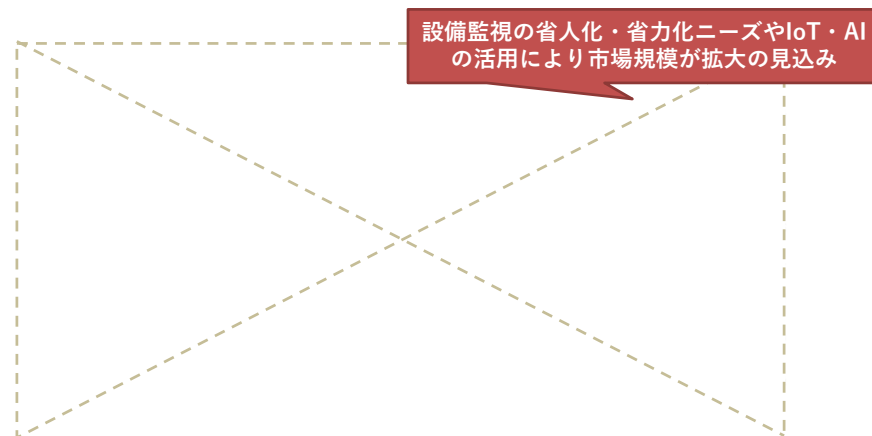
高付加価値提案が進み、市場規模は微増の見込み

引用元：富士経済『空調・熱源システムの国内市場の調査予測』一部加筆

<https://www.fuji-keizai.co.jp/market/18007.html>

空調関連システムの国内市場とAI,IoTの適用例 (2) アフターサービス市場の推移予測

空調・熱源システムにおけるアフターサービス市場の推移予測

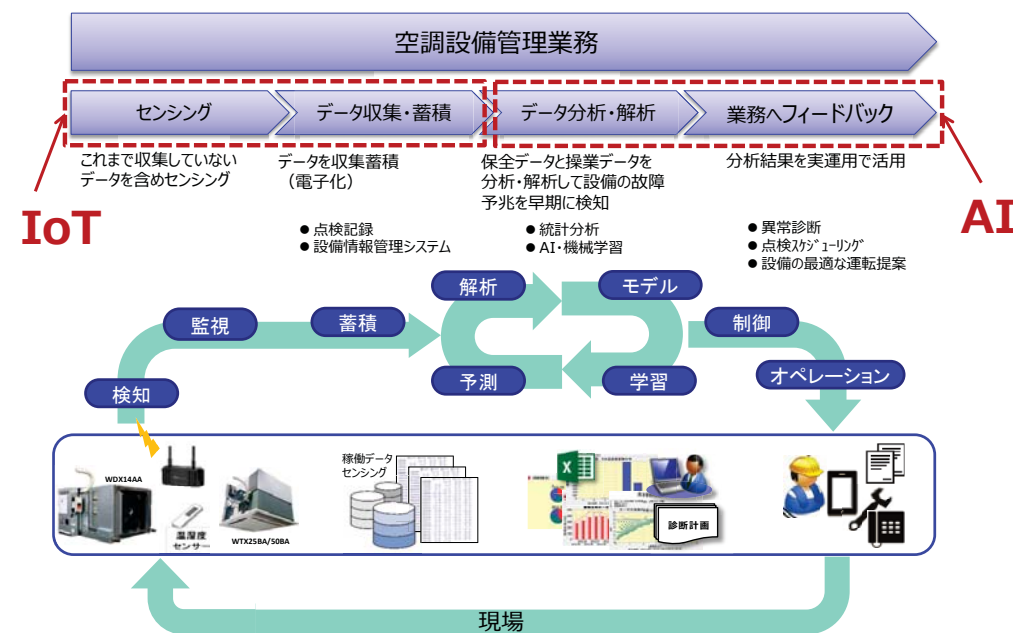


設備監視の省人化・省力化ニーズやIoT・AIの活用により市場規模が拡大の見込み

引用元：富士経済『空調・熱源システムの国内市場の調査予測』一部加筆

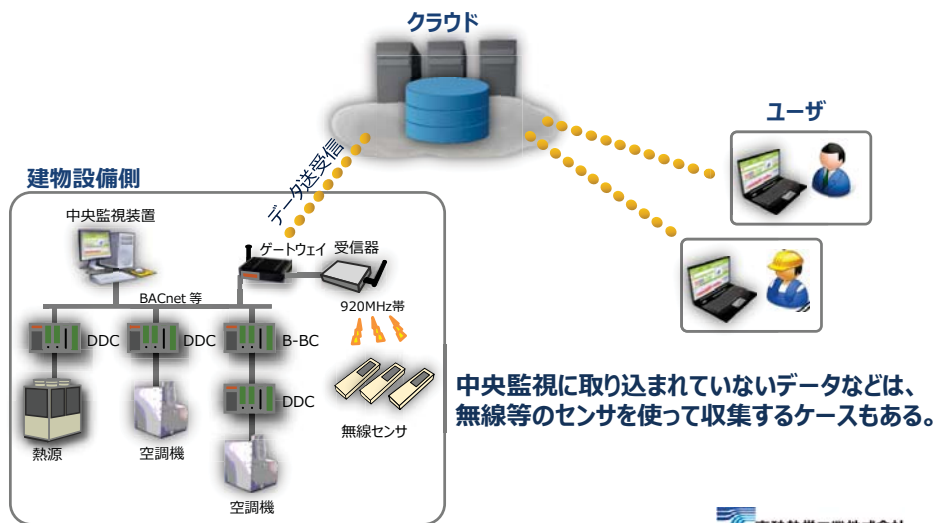
<https://www.fuji-keizai.co.jp/market/18007.html>

空調関連システムの国内市場とAI,IoTの適用例 (3) 空調設備管理業務への適用



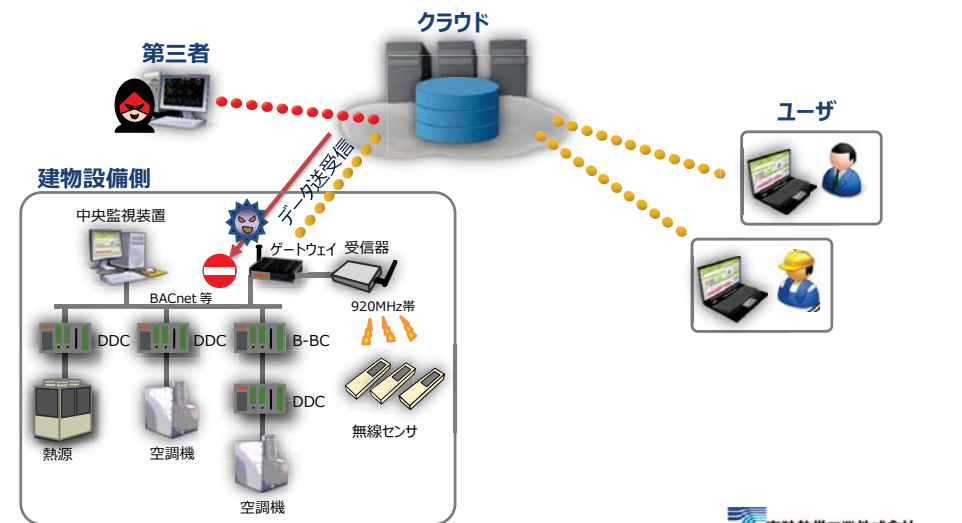
空調設備におけるAI,IoT活用の現状

IoTとして建物設備のデータをクラウドに集めようとする中央監視システムから収集するのが最も効率的である。中央監視システムのプロコルもオープン化・IP化が進み、仕組み的には外部にデータを取り出しやすくなった。



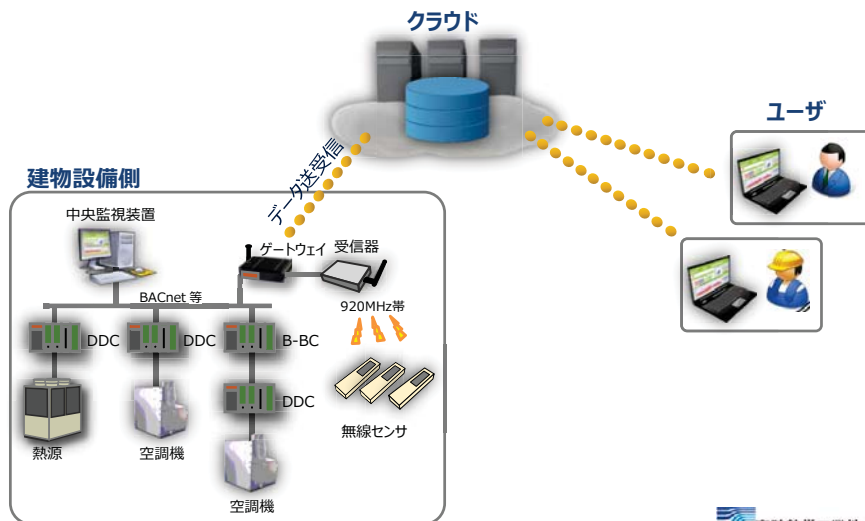
空調設備におけるAI,IoT活用の現状

実際にデータ収集するためには情報セキュリティの担保が重要。また、AIなどによりデータを利活用する場合は、設備所有者とデータ利用権限の整理などが必要である。



空調設備におけるAI,IoT活用の現状

現時点において、建築設備におけるIoT化やAI活用は始まったばかりである。収集したデータをどのように利活用し、魅力的な価値を見出せるかが今後の導入進展の課題である。現在の主な用途としては、EMS、エネルギー予測、異常検知などである。



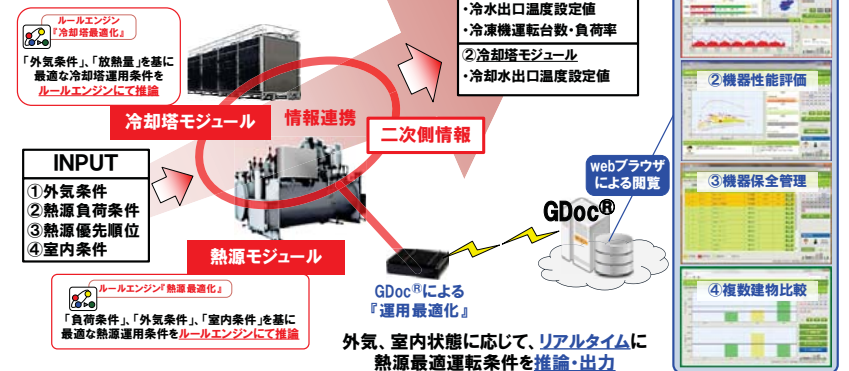
弊社AI事例

(1) 弊社ソフトウェア (GDoc®) の紹介

- 主に熱源設備の省エネルギーもしくは省コストとなる制御目標値の出力と機器の予知保全
- 推論技術 (ルールエンジン) の適用
 - これまでの知識や経験則をデータベース化し、そのデータベース (ルールベース) から結論を得る技術

AI(ルールエンジン)による

- ・全体最適化(エネルギー消費量ミナム運転ポイント抽出)
- ・運用ノウハウ・機器性能の機械学習・活用

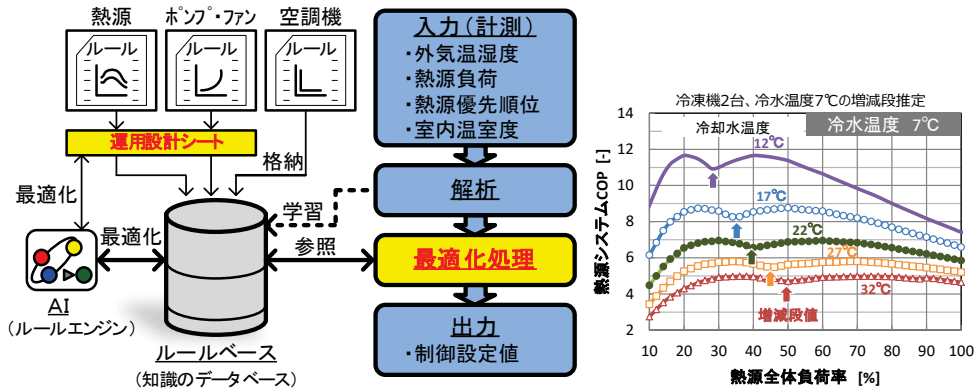


弊社AI事例

(2) 弊社ソフトウェア (GDoc®) の紹介

□ ルールエンジンによる最適値の出力フロー

- 熱源機器の運転特性と運用パターンに基づき、様々な運転状況下でのシステムCOPを算出
- 運転状況に合わせた最適化を実施



弊社AI事例

(4) 機械学習による空調負荷予測PoC(2015年度実施)

1991年当時、ニューラルネットワークモデルにより熱負荷を予測

- ・精度向上・適用拡大に時間と費用が相当掛かる
- ・1日積算負荷、最大負荷が何とか予測できる程度

⇒ その後全く普及しなかった

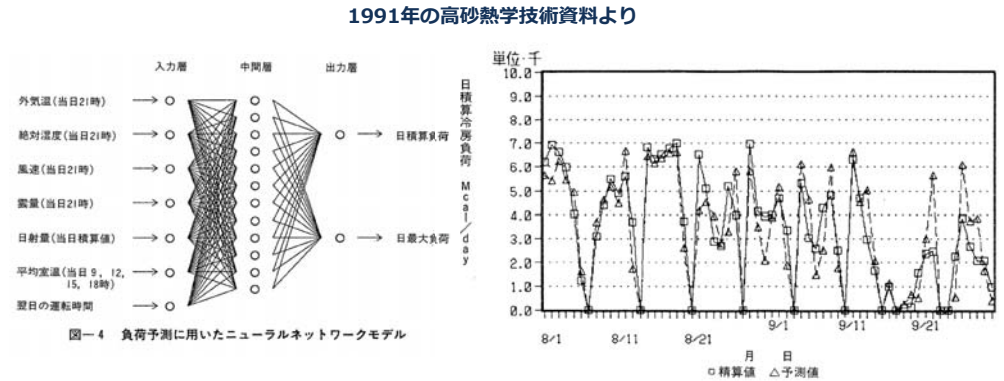


図4 負荷予測に用いたニューラルネットワークモデル

弊社AI事例

(5) 機械学習による空調負荷予測PoC(2015年度実施)

MicrosoftよりAzure MLを何かに活用できないかとの打診があり、
現在のテクノロジーで負荷予測を再チャレンジ

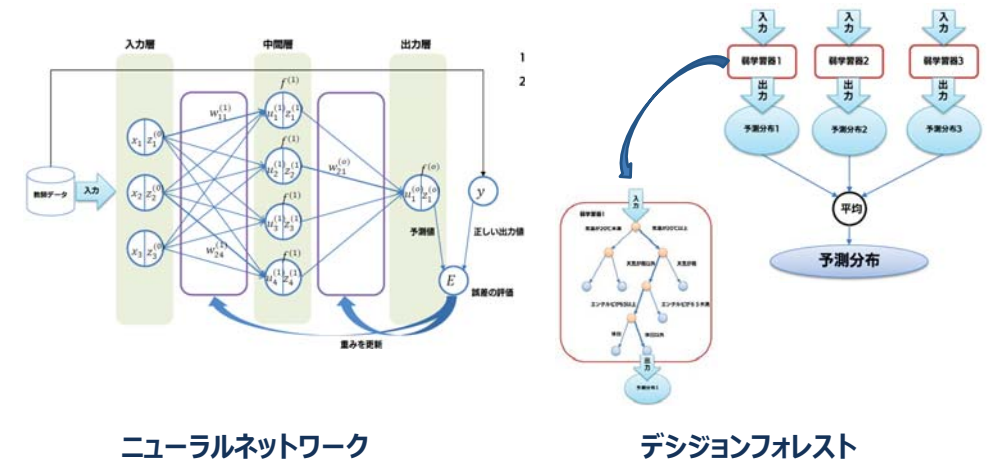
Microsoft事例紹介 (掲載日: 2016年6月) <https://www.microsoft.com/ja-jp/casestudies/tte-net2.aspx>



弊社AI事例

(6) 機械学習による空調負荷予測PoC(2015年度実施)

Azure MLを使ったPoCはITベンダーへ依頼
システム構築から最終報告までの期間は1.5ヶ月
学習アルゴリズムはニューラルネットワークとデジジョンフォレストを使用



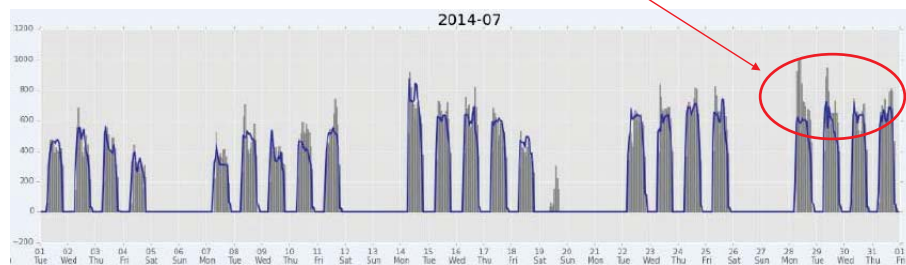
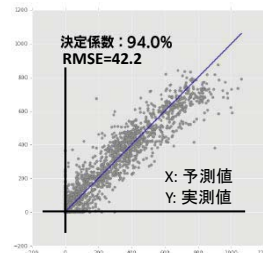
弊社AI事例

(7) 機械学習による空調負荷予測PoC(2015年度実施)

ニューラルネットワーク回帰とデジジョンフォレスト回帰で予測した結果、今回のPoCではニューラルネットワークでの予測精度が若干良かった

図はニューラルネットワーク回帰での結果

休日明けのピーク負荷への追従が若干弱い状況が見られた



設備運用等へのAI,IoTの適用事例 (他社事例)

幾つかの事例を紹介致しますが、他にも多くの企業様がいろいろな取り組みを行っております。本資料は一部の事例紹介とさせていただきます。

- 三機工業
 - 空調熱源最適化制御システム
 - 収集データを解析する独自AI
 - <http://www.sanki.co.jp/news/release/article209.html>
- ダイダン (2017年12月19日発表)
 - ビルの空調制御をIoTにより完全クラウド化するシステムを開発
 - 収集データを解析する独自AI
 - https://www.daidan.co.jp/news/up_pdf/20171219.pdf
- きんでん
 - 建物の維持・管理業務の効率化・省エネ化 (AIシステム「Arcrobo」開発)
 - 設備取得データを元に最適制御パターンを学習
 - <http://www.kinden.co.jp/topics/2018/topic333.html>
- 日本電技
 - 熱や電気の需要予測
 - SOINN社の予測モデル生成技術
 - <https://www.nihondengi.co.jp/company/business/studyresult.html>

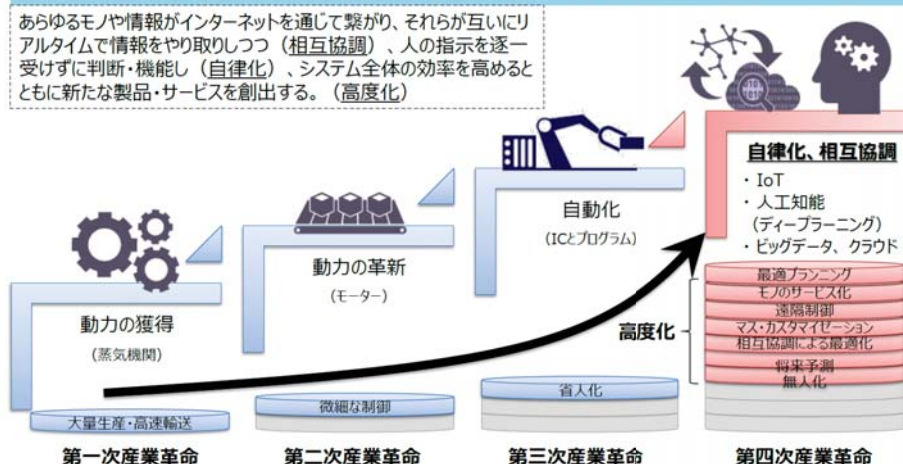
設備運用等へのAI,IoTの適用事例 (他社事例)

- ダイキン工業 (2018年2月21日発表)
 - 空気・空間のデータを活用した協創プラットフォーム
 - <http://www.daikin.co.jp/press/2018/180221/index.html>
- 大林組 (2018年6月25日発表)
 - ウェルネスの向上を図りつつ、最適な建物管理を実現するスマートビルマネジメントシステム開発
 - <https://www.obayashi.co.jp/news/detail/iotaiwellnessbox.html>
- 東急不動産、MyCity (2018年5月18日発表)
 - IoTサービスの開発 (空調制御、トイレ利用状況、環境情報、ワーカー位置情報、セキュリティ)
 - MyCityは東急不動産が出資する株式会社Liquidのグループ会社
 - <http://www.tokyu-land.co.jp/news/8890c7c2e088db21fe27f5b9434ae0a7.pdf>
- Google (2016年7月20日(米国時間)発表)
 - データセンタの冷却システム効率化 (サーバなどの冷却に使用する電力を40%削減)
 - ディープラーニング (深層強化学習: Google DeepMind AlphaGoのAI)
 - <https://deepmind.com/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40/>
- arm
 - IoTプラットフォーム
 - ターゲットはビル、工場、都市、エネルギーやユーティリティ、物流など
 - <https://www.mbed.com/en/>

これからの日本のシナリオ

(1) 第四次産業革命の概要

- IoT、ビッグデータ、人工知能をはじめとしたデータ利活用に関連した技術革新は、「第四次産業革命」とも呼ばれ、動力の獲得、革新、自動化に次ぐ新たな産業構造の変革の契機として、我が国経済へ大きな影響をあたえるものと考えられる。

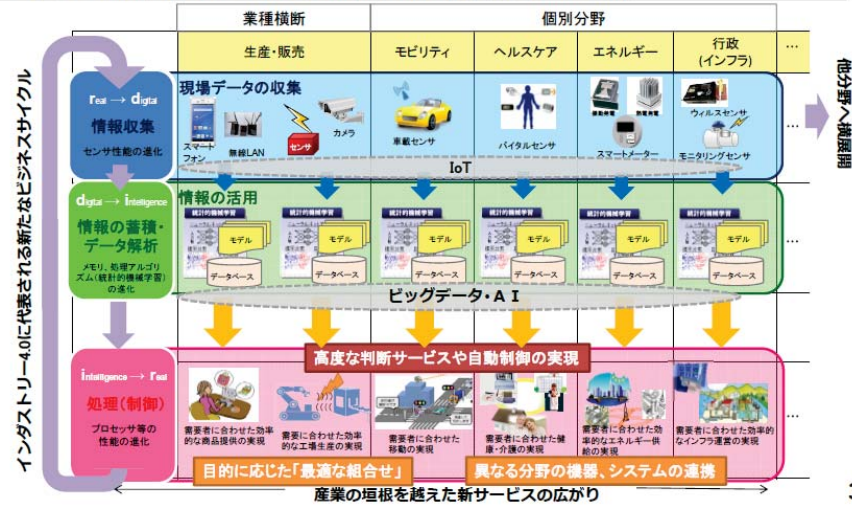


これからの日本のシナリオ

(2) 第四次産業革命、CPS

IoTが主要産業に及ぼす影響

IoTが様々な分野で急速に浸透し、新たなビジネスモデルやプレイヤーが登場するなど、ビジネスの前提を大きく変えつつある中で、それぞれの産業への影響と対応策を検討することが急務。

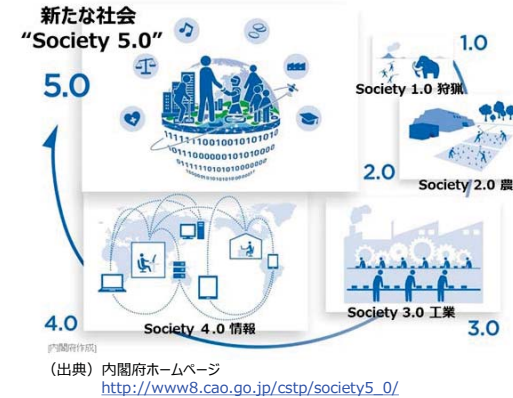


(出典) 経済産業省 IoT時代に対応したデータ経営2.0の促進のための論点について(討議用資料) 3 ページより

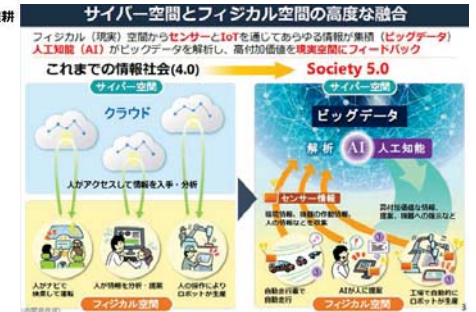
これからの日本のシナリオ

(3) Society 5.0

第5期科学技術基本計画において我が国が目指すべき未来社会の姿 世界に先駆けた『超スマート社会』の実現



(出典) 内閣府ホームページ
http://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/



(出典) 内閣府 Society 5.0「科学技術イノベーションが拓く新たな社会」説明資料
http://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/society5_0-1.pdf

空調設備におけるAI, IoT活用の未来

デジタルツイン (≒CPS) の実現

デジタルツインとは、工場や製造現場などの物理世界の出来事をそっくりそのままデジタル上(サイバー空間)にリアルタイムに再現するもので、CADとIoT・AIが融合した姿とも言われている。産業分野を中心に発展してくる(Industry4.0)。



建設業界へも波及してくる

BIM (Building Information Modeling) とIoT・AIの融合で実現

<デジタルツインの効果>

- ・解析やシミュレーションなどをリアルタイムに行なえる
- ・現実の世界では試せないことが試せるようになる
- ・少し先の未来を予測

空調設備におけるAI, IoT活用の未来

デジタルツイン (≒CPS) の実現

空調設備で起こっている事象をBIMを介してサイバー空間に再現することになる

<実現するためには>

- インテリジェントな空調機器は、それ自体をモデル化してサイバー空間に配置し、リアルタイムに通信すれば実現可能。
 - ⇒ どこまでIoT対応のインテリジェント化が進むかが課題。
- 空調機器以外に必要な情報
 - ・環境に関する空間情報
 - ⇒ どこまで情報が必要か、取れるか。センシング技術がどこまで進むかが課題。
 - ・空間にいる人の情報(空調設備は人が対象。人の情報は必要では)
 - ⇒ バイタル情報等で快適度の検出など。今の業界の範囲では取れない情報。

<空調設備におけるデジタルツインの目的>

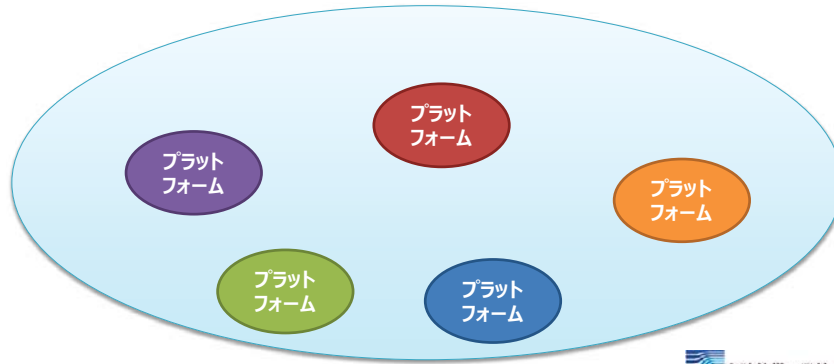
快適性・生産性・健康の向上、エネルギーミニマム、BCP...

「これからの日本のシナリオ」から

- ①あらゆる分野の多くのデータを集めることが重要である
- ②集めたデータを解析して新たな価値を見出すことで産業や社会の高度化が進む



産業別・業界別などのデータ収集プラットフォームが多数作られていく
空調設備業界も起こり得る



プラットフォームでエコシステムを形成するプラットフォーマーが出現
(プラットフォームをビジネスパートナーに提供し、価値の向上や創造を図る)



プラットフォームがAPI連携して社会インフラ化が進む(Society5.0)

異業種参入によりSociety5.0へ向け加速

