

# 欧州 A I ・ I o T 最新動向視察団

## 報告書

2020年3月

一般社団法人 建築設備綜合協会



## ■視察メンバー

団長 秋元 孝之 (建築設備総合協会 会長、芝浦工業大学)

コーディネーター

湯澤 秀樹 (協会 副会長、日建設計総合研究所)

副団長 山川 智 (協会 理事、東京電力エナジーパワー)

副団長 興梠 暖 (東京ガス)

団員 赤司 泰義 (協会 理事、東京大学)

池田 孝志 (協会 理事、三菱電機)

伊東 民雄 (協会 常務理事)

大久保 俊哉 (協会 理事、アズビル)

太田 浩司 (鹿島建設)

加藤 美好 (協会 副会長、大成建設)

川田 一仁 (ダイキン工業)

近藤 雄彦 (三菱地所設計)

佐部利 俊和 (協会 理事、高砂熱学工業)

城越 陽平 (大林組)

杉浦 聡 (協会 理事、ダイダン)

豊田 泰弘 (東京都市サービス)

中川 優一 (日本設計)

中野 隆司 (須賀工業)

村田 博道 (協会 理事、森村設計)

茂手木 直哉 (竹中工務店)

吉本 周平 (東プレ)

# 目次

欧州 AI・IoT 最新動向調査の報告にあたって

第 1 章	欧州 AI・IoT 最新動向視察団	
	視察概要 .....	1-1
第 2 章	Legrand 社	
	AI・IoT 技術活用製品及びソリューションビジネスについて.....	2-1
第 3 章	ABB フランス	
	業務用ビルにおける IoT (デジタル化) 技術の最新動向と活用事例....	3-1
第 4 章	IoT Solutions World Congress	
	世界最大の AI・IoT 展示会の視察報告 .....	4-1
第 5 章	IoT Solutions World Congress	
	世界最大の AI・IoT 国際会議の視察報告 .....	5-1
第 6 章	KNX 協会	
	協会の概要と KNX テクノロジーの適用事例 .....	6-1
第 7 章	Barcelona de Service Municipals (B:SM)	
	AI・IoT を活用した都市インフラの効率的な管理.....	7-1
第 8 章	Everis 社	
	AI・IoT を活用した最新ソリューション.....	8-1
第 9 章	ALEXANDRA INSTITUTUTET	
	デジタル先進国のスタートアップ集団 .....	9-1
第 10 章	DOLL Living Lab	
	欧州最大のインテリジェント照明システムの屋外ラボ .....	10-1
番外編 1	新キャン・ノウ プロジェクト紹介.....	番外編 1-1
番外編 2	ミドルグルンデン洋上風力発電所 Amager Bakke 廃棄物発電所...	番外編 2-1
番外編 3	ル・コルビジェ建築と AI 視察 .....	番外編 3-1

# 欧州 AI・IoT 最新動向調査の報告にあたって

秋元 孝之

(一社) 建築設備総合協会 会長、芝浦工業大学 教授

2019 年秋、(一社) 建築設備総合協会が主催する「欧州 AI・IoT 最新動向視察団」の団長として、パリ・バルセロナ・コペンハーゲンの各市を訪問してきた。

スマートビルやスマートハウス、スマートシティという表現もよく聞かれるようになってきたが、そこで活躍する技術が AI (Artificial Intelligence、人工知能) や IoT (Internet of Things、モノのインターネット) である。日進月歩で開発が進んでいるセンサーやコンピュータ技術のハードを、いかにして効率的で役に立つ仕組みとして使うかというソフト面のアイデアが極めて重要である。世界各地のホテル客室では、宿泊客が過去に設定した空気温度、音楽といった好みの環境制御を行い、フリーアドレスやシェア型のオフィスでは、ワイヤレスのモニタリング技術によって特定個人の位置を検出してパーソナル対応のサービスを提供することもできるようになる。ヒューマン・セントリックという表現も多く聞かれる。新たな技術が、供給者側の利益だけを優先するのではなくて、サービスを受ける人にとって最善となるような環境制御を実現することが望まれる。

バルセロナでは、サグラダ・ファミリアがガウディの没後 100 年にあたる 2026 年に完成すると聞いて驚いた。自身が学生時代に訪ねた際には、もっと膨大な年数が費やされると聞いていたのだが。ここでも AI・IoT の技術が活きている。現場のエンジニアに話を聞いたところ、教会内部の照明制御にはオープンプロトコルの DALI (Digital Addressable Lighting Interface) が採用されており、大理石の床には何とガス温水式床暖房が埋設されているらしい。最新の建築設備技術が世界遺産においても当たり前のように馴染んでいく。このほかにも訪問した各地における都市レベルの AI・IoT 技術活用事例の情報収集のほか、AI・IoT 国際会議である IoT Solutions World Congress 2019 にも参加して大変貴重な知見を数多く得ることができた。今回の視察先をご紹介、また調整にご尽力頂いた皆様に対して、深甚なる謝意を申し上げる。

# 第 1 章

## 欧州 AI・IoT 最新動向

### 視察団

### 視察概要

湯澤 秀樹

(株) 日建設計総合研究所

#### 1. 視察目的

近年、AI (Artificial Intelligence) や IoT (Internet of Things) に対する注目度が高まっており、あらゆる業界において導入されてビジネスモデルや社会構造に大きな変化が生じている。

建物のワークスペースに目を向けると、近年は働き方が多様な企業が増えてきており、従来の比較的均一な品質のワークスペースから多様な働き方に応じた多様な空間を用意する ABW (Active Based Workspace) への注目が高まっている。オランダのデロイト本社ビルのように、ABW 実現に向けて AI・IoT 技術をワークスペースに導入する傾向は高まるものと考えられる。都市に目を向けると、縮小時代にある我が国では、地方都市において人口減少に伴う税収縮小の中で、行政サービスの品質維持が課題となっている。バルセロナ市やコペンハーゲン市では、各地点のゴミ量と市全体の道路交通状況をセンシングして効率的にごみ収集を行うなど、IoT プラットフォームに集約したデータに基づいた街の見える化や都市インフラの効率的な運用を実証段階から実用段階に移行しており、欧州はかなり先行している状況にある。

建築設備総合協会 (以下、当協会) では、我が国が抱えている建築および都市の課題を解決するヒントを得ることなどを目的に、AI・IoT 技術を活用して建物や都市の利便性を含む魅力を向上している成功事例の調査を目的とする欧州視察を昨年 10 月に実施した。具体的には、欧州の IoT の統一規格を構築している当協会会員の KNK 協会紹介のサクラダファミリアなどの建物からスペイン大使館とデンマーク大使館紹介のバルセロナ市とコペンハーゲン市における都市での最新の AI・IoT 技術の活用事例の調査を行った。また、バルセロナ市で開催された世界最大級の IOT 国際会議・見本市 “IoT solutions World Congress 2019” に参加し、IoT 企業の展示内容と最新の IoT 事情に関する情報を入手している。

獲得した知見を当協会の会員の皆様ならびに AI・IoT 技術に関心のある方々に当協会機関紙を通じて報告する。

## 2. 視察工程

視察工程を表-1に示す。2019年10月26日から11月4日の10日間で、パリ、バルセロナ、コペンハーゲンの3都市を巡ってきた。企業に対するヒアリングや国際会議、展示場での調査だけでなく、各都市の代表的な建築や文化に触れることで各都市の特色を肌で感じられる企画とした。パリではベルサイユ宮、コルビジエ作品のサヴォア邸、バルセロナではガウディ作品とカンブノウ、コペンハーゲンでは洋上風力発電とレジャー施設併用型廃棄物処理場の視察を組み込んだ。

また、視察を行う前に国内で2回勉強会と懇親会を開催した。勉強会では、参加者各人の視察に参加する意気込みを共有し、視察先の内容を把握した上で、視察先に予め質問を送付して現地でのヒアリングやディスカッションを充実させる準備を行った。懇親会でチームアップした上で視察を行うことができたので、昼夜を問わず和気あいあいとした雰囲気の中で充実した10日間となった。鹿島建設株の太田氏のご提案により海外視察中のコミュニケーションツールとしてSlackを活用したことで、円滑な情報伝達が行うことができ、行方不明者が出ることなく無事帰国できただけでなく、帰国後の報告書作成の情報交換を円滑に行えた。

表-1 日程表

月日	都市	視察先
10/26	日本→パリ	日本出国
10/27	パリ	・パリ市内視察 (ベルサイユ宮、サヴォア邸他)
10/28	パリ	・Legrand社 ・ABB社
10/29	バルセロナ	・IoT Solutions World Congress ・KNX協会スペイン (カンブノウ)
10/30	バルセロナ	・Everis社 ・バルセロナ市サービス公社
10/31	バルセロナ	・バルセロナ市内視察 (ガウディ建築)
11/1	コペンハーゲン	・アレクサンドラ研究所 ・DOLL Living Lab
11/2	コペンハーゲン	・コペンハーゲン市内視察 (洋上風力、廃棄物処理場他)
11/3	コペンハーゲン	出国
11/4	日本	帰国

## 3. 視察先の概要

ここでは、視察先の概要について選定理由を含めて説明させていただく。視察内容については、第2章以降で確認してほしい。

### 3-1 Legrand社

建物のAI・IoT技術の活用方法を見ると、建物内のさまざまなデバイスからデータをIoTプラットフォーム経由で収集し、AIでデータを分析して付加価値の高いサービスを提供している。つまり、デバイス、IoTプラットフォーム、AIの3つの連携が重要である。Legrand社は、住宅および業務用建物の電気設備関連のデバイスを製造する企業だが、社会ニーズの変化に応じてIoTプラットフォームを構築し、現在では居住者の知的生産性や健康を意識した空間制御も手掛けている。上記の変遷に関する経緯と欧州の建物におけるAI・IoT活用状況をヒアリングする目的で選定した。同社は、日本進出を計画していることもあり、先方からの情報提供だけでなく、視察団側から日本の状況に関する情報提供を行い、双方にとって有意義なディスカッションを持つことができた。

### 3-2 ABB社

当協会会員のKNX協会に視察への協力を依頼し、KNX協会日本支部メンバーのMatt & Massimo社の増野氏からABB社のSerge Le Men氏をご紹介いただいた。同氏より、ABB社の導入事例を交えて、欧州のオフィスビルのデジタル化の現状について説明を受けた。

ABB社では、建物のステークホルダーが持つ情報をデジタル化して一元管理することで大きな価値を発揮できることを目標にしてさまざまな開発を行っている

### 3-3 IoT Solutions World Congress 2019

バルセロナで開催されるIoT関連の欧州最大

規模の展示会と国際会議である IoT Solutions World Congress 2019 に参加した。展示会では 350 社以上の企業が最新の IoT 関連のデバイスや技術を紹介しており、展示会ツアーを利用して調査を行った。国際会議は、交通やヘルスケアなど 9 つのカテゴリーで活発な議論が行われていた。

建築設備の関連しそうな展示内容や講演内容についてレポートをまとめている。

### 3-4 KNX 協会

KNX 協会スペイン支部から、KNX 協会の歴史と欧州の IoT の統一プロトコルである KNX 仕様とその適用事例について説明を受けた。日本では、業務用建物、住宅それぞれにオープンプロトコルが普及しているのに対し、KNX 仕様では住宅から業務用建築まで共通で利用できるところが魅力である。サクラダファミリアでも KNX テクノロジーを利用した照明制御が導入されていた。

### 3-5 バルセロナ市サービス公社

バルセロナ市は、スマートシティプロジェクトで ICT や IoT を活用して公共サービスの効率化や都市課題解決を図っていることで有名である。今回はスペイン大使館のご協力を得て、バルセロナ市が 100% 出資する公営企業のサービス公社である Barcelona de Service Municipals を訪ね、シェアサイクルやスマートパーキングの実施内容の調査を行った。目標値を定めた市内統合交通管理という手法を街全体で取組み、事業を維持するために実践した工夫など貴重な知見が得られた。

### 3-6 EVERIS 社

Everis 社は、NTT データグループの IT 企業でコンサルティング、アプリケーション開発、システムインテグレーション、アウトソーシングを中心とした総合 IT サービスを行っている。デバイス開発を得意とする Legrand 社とは対照的に、AI 開発を得意とし、デバイスを含めたソリューション

を開発している。現在 68 万種類の IoT デバイスと接続可能であり、16 か国 40 以上の技術パートナーと連携して顧客にサービスを提供している。同社の Living Lab で、スマート店舗やスマート ICU などのソリューションの説明を受けた。

### 3-7 アレクサンドラ研究所

アレクサンドラ研究所は、デンマークの国内企業(特に中小企業)が、最先端の AI・IoT 技術を利用することを支援するため組織された研究所で、コンピュータサイエンスから人類学まで様々な分野の専門家が約 120 名所属し、実用化される前のスタートアップ段階の検討を支援している。

ここでは、デンマークにおける AI 開発の根幹となる“XAI”の考え方の説明を受けた。X が開発意図を表している。“Human Centric AI”は、AI 開発は人のためにあるという考え方を表し、“Explainable AI”は、AI への不信感が生じないように、AI の診断ロジックが倫理的に説明可能とする考え方を表しており、両者について事例を交えた解説があった。

### 3-8 Doll Living Lab

2018 年電子政府進捗度で第 1 位のデンマークの首都コペンハーゲンにおいて 2013 年に設立された街灯の先端技術実証のテストベッドを提供する組織である。今回はデンマーク大使館のご紹介で視察を行うことができた。1.5km<sup>2</sup>の敷地内にはテストコースとインテリジェント街灯およびこれらを繋ぐクラウドプラットフォームが実装され、民間企業が設備や制御機能を持ち込み、既設の設備を活用した実証が行っている。単なる街灯の省エネルギー化だけでなく、街灯をキーデバイスとして IoT プラットフォームを形成し、様々な行政サービスをスマート化する取組を実践している。

### 3-9 視察先のまとめ

建物および都市のスマート化の実現には、以



下の4点が連携することが不可欠と考える。

- ① 様々な情報を得るデバイスと得られた情報を伝達するIoTプラットフォーム、
- ② データの授受を保証するIoの統一規格、
- ③ IoTプラットフォームから得た情報を付加価値の高いサービス提供に向けた分析を行うAI
- ④ ①～③をまとめてソリューションを行う主体

今回の視察先は以下に示すように①～④の全てに該当しており、有意義な知見を得ることに成功したものとする。

- ① : 3-3 IoT Solutions World Congress  
2019
- ② : 3-4 KNX 協会
- ③ : 3-7 アレクサンドラ研究所
- ④ : (民) 3-1 Legrand 社  
(民) 3-2 ABB 社  
(民) 3-6 EVERIS 社  
(公) 3-5 バルセロナ市サービス公社  
(公) 3-8 Doll Living Lab

#### 4. おわりに

今回の海外視察は、当協会での初の取り組みであったが、目標としていた成果を得ることができた。海外の視察先を丁寧にご紹介いただいたフランス大使館、スペイン大使館、デンマーク大使館、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の皆様並びにKNX協会の皆様とMat & Massimoの増野様と松本様、視察を受け入れていただいた視察先の皆様、視察にご参加いただいた皆様、視察に同行いただき、大きなトラブルもなく帰国することをサポートいただいた日新航空サービスの大橋氏と松井氏、そして企画を了承いただいた当協会関係者に感謝を申し上げます。

## 第2章

### Legrand社

#### AI・IoT技術活用

#### 製品及びソリューション

#### ビジネスについて

池田 孝志

三菱電機株式会社

環境ファシリティ営業推進部



#### 1. はじめに

本稿では、建築設備総合協会（以下、当協会）「欧州AI・IoT最新動向視察団」が、パリで最初に企業訪問した「Legrand社」（以下ルグラン社）の会社概要と製品及びソリューションビジネスについて報告をする。

今回の視察目的は、AI・IoTを建築設備においてどのように活用し、導入していくかを考えることである。その視点で、具体的にAI・IoT技術を活用したシステム、ソリューションビジネスを展開されているルグラン社の取組内容を知る為に訪問した。

なお、当日は以下のスケジュールで進化した。

まず、ルグラン社から、会社の概要とビジネス展開されている制御システムやソリューション等について説明を受け、当協会からは日本の省エネの取り組みや動向を紹介し、意見交換を実施した。

<スケジュール>

- (1) ルグラン社の会社概要、ビジネスについて  
(ルグラン社：Murat ETI 氏、  
Juan MORENO ALAMO 氏)
- (2) (一社) 建築設備総合協会 秋元団長挨拶  
・当協会の紹介と視察の目的等を説明
- (3) 当協会から日本のビル設備関連の状況と具体的システム事例を説明
  - ①赤司副会長（東京大学教授）  
・日本のビル設備のエネルギー政策、省エネ法、ZEBの取組等について
  - ②湯澤副会長（日建設計総合研究所理事）  
・日本のオフィス及びAI・IoTサービス現状
  - ③城越氏（大林組経営基盤イノベーション推進課長）  
・日本のシステム事例「大林組 BIM WILL」
- (4) Global View on Well-Being In Building  
(ルグラン社 Enrico VALTOLINA 氏  
Pierre LAROCHE 氏)
- (5) ルグラン社のソリューション事例紹介
- (6) 意見交換会
- (7) ランチミーティング



#### 4. ルグラン社のソリューション提案製品の紹介

次に、ルグラン社のソリューションシステムを3つ紹介する。

##### (1) Connected Emergency Lighting System

コネクテッドエマージェンシーライティングシステム（図-4）は、非常誘導灯システムで、複数の非常灯を遠隔監視することができる。異常が発生した場合は、故障の内容、交換部品を指示することもでき、修理作業者が素早く、効率的に業務が行える。また、点検レポートも作成することができ省力化に繋がるシステムである。



図-4：非常灯とモバイル操作画面

##### (2) DLM Legrand Lighting Control

DLM デジタル照明管理（図-5）は、照明器具だけでなく各種センサーともつながり、ネットワーク化により必要なところだけに照明を点けることや、照度を落とすことでエネルギーの削減ができ、手元操作だけでなく遠隔監視、操作もできる。また、各デバイスの情報をルグラン社のクラウド上に集め、AI分析にて、個人の好みを把握して、制御することも可能で、ビルのWell-beingにつながる制御システムである。



図-5：DLM Legrand Lighting Control

サーカディアン制御（概日リズム、体内に組み込まれた24時間のリズム）も取り入れて、光を

24時間周期のサイクル（図-6）で時間、場所、人に合わせて明るさと調色（色温度）ができる。

実際に、サーカディアンサイクル照明制御の実証試験を行い、効果があったと説明された。その実証試験はサーカディアン制御2週間、通常の固定の状態2週間を交互に3サイクル実施され、実証試験の結果は、睡眠の質が5%改善、気分が10%改善、眠気が10%削減、ストレスが25%軽減できたという結果であった（図-7）。特に、自然光が入らない場所や座りがちな作業場所等には効果がやすいという。

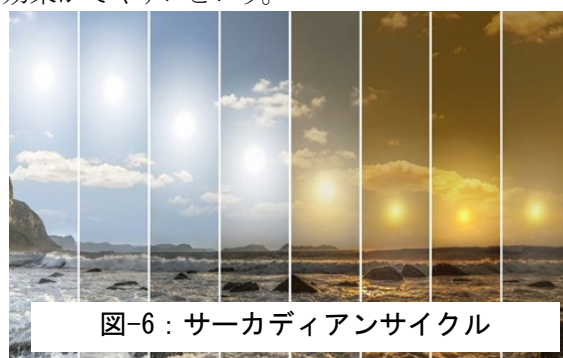


図-6：サーカディアンサイクル

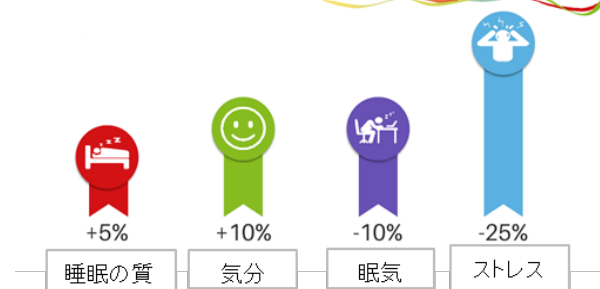


図-7：サーカディアン実証試験結果

##### (3) アドバンスセンサー

新製品の「次世代Well-being 対応のアドバンスセンサー」（図-8）はマルチセンサーで、温度、湿度、空気の汚染度が測定でき、また、カメラの画像により人の在・不在、人数、分布、動き等が把握できる。人の位置が把握できる為、ビーコンの代わりになるという。



図-8：Well-being 対応のアドバンスセンサー

最近のオフィストrendとして、よりよく働きやすい労働環境を求め、シェアオフィスのような新しいオフィス空間が増えている。そのような場所では、省エネの他に、快適で、機能的で、Well-being も求めるようになってきた。このような人間中心のワークプレイスでは、温度、湿度、空気汚染度、人の動き等を把握した上で、快適で働きやすい環境の提供が求められる。

本アドバンスセンサーにより、その情報をリアルタイムでルグラン社のクラウドにあげて、それらをAIで分析することで、人の在・不在による照明入切や調光制御の他に、机の高さ、照度、温度などの個人の好みを把握し、個人の好みに応じた制御をすることも可能となる。

また、カメラの画像分析により、人の分布状況の可視化 (図-9) や人の活動状況から、清掃するルート、時間と回数等を効果的に導き出し、ビル管理の清掃業務を効率的に行うことも可能となる。清掃以外にも設備のメンテナンスの予測や建物の運用コスト環境改善にも活用ができる。



図-9 : 空間内部の可視化イメージ

## 5. オフィス以外のマーケットでのシステム紹介

### (1) データーセンター

データセンター関連はルグラン社がメインとするビジネスで、受配電、UPS、サーバーラック、ケーブル、BAS 関連などの電気設備関連機器 (図-10) を製品販売され、加えてスマートUPSで電力の見える化や電力の効率運用のサービスも展開されている。

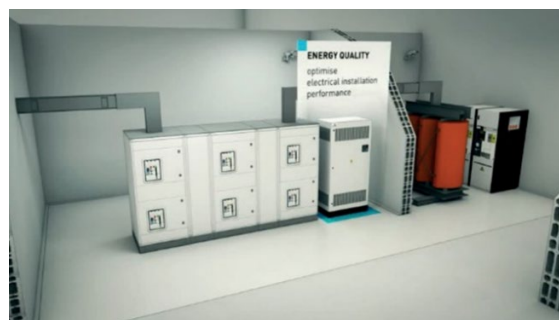


図-10 : 電気設備関連機器設置イメージ

### (2) ホテル

コンセント、カードキー、パネルスイッチ、パイロットランプ、Wi-Fi 環境センサー等の製品の他にも、人感センサーとの連動で照明制御、自然光との連動でブラインド制御、非常時の誘導やスマートスピーカーでテレビや照明を操作するシステムの構築も可能である。

### (3) スマートホーム

ソケット、分電盤、インターホン、エアコンや照明のスイッチなど、家の中のものが無線でつながり、集中コントロール制御やリモート制御システム (図-11) が構築できる。



図-11 : スマートホーム制御システム例

### (4) 老人ホーム・病院

老人ホームにおいては、老人ホーム専用のベッド照明器具 (図-12) を開発し、サーカディアン照明も取り入れて、光を24時間周期のサイクルで明るさと調色 (色温度) ができる。

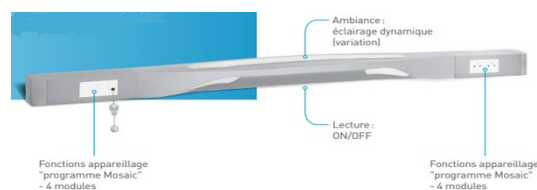


図-12 : 老人ホーム専用のベッド照明器具

病院の患者が触るスイッチ関連は、操作性が良く、抗菌仕様になっている。

また、高齢者の方が一の事態に備えて、緊急時や緊急を予測して、素早い救急連絡や警察への通報などができるシステムを構想中とのことであった。

## 6. おわりに

意見交換会で「日本のビル設備において、健康と快適性及び知的生産性が高いスマートワークプレイスづくりの為には各種センサー類の設置と制御システム構築にコストがかかり、そのコストアップの費用回収を明確に示さないと普及しにくい。今回紹介頂いたサーカディアンシステムの効果や Well-being 関連のユーザーベネフィットについて、具体的に金額で示せるものがあれば教えて頂きたい？」という質問に対して、Well-being のコスト評価は難しい面があるとして明確な回答を得られなかったが、Well-being につながる効用や知的生産性向上が図られることにより、建物の付加価値(不動産価値)が向上し、ビルの稼働率がアップ(空室率改善)して、安定的な収入につながるという見解であった。

今回、ソリューション事例をいくつか紹介頂いたが、ビジネスが多様化する中、全ての製品を1社で揃えてソリューション展開するには限界がある。誰でも簡単にシステムが構築可能な接続性、相互運用性、利便性、サービス性を上げて、パートナー会社自身でソリューションビジネスを考えて構築してもらうのがルグラン社のスタイル、戦略とのことであった。

最後に、当協会の急なリクエストに対して、快く受け入れてくださったルグラン社の方々、そして、ルグラン社をご紹介頂き、通訳にご協力いただき Matt&Massimo 合同会社様に、本稿の場をお借りして、感謝と御礼を申し上げます。

## [出典]

本稿の写真、図関連は、Legrand 社よりご提供頂いた資料より抜粋



写真-1 Murat ETI 氏 (視察窓口担当者)



写真-2 視察会



写真-3 参加メンバー

## 第3章

### ABB フランス

#### 業務用ビルにおける IoT

#### (デジタル化)技術の最新

#### 動向と活用事例

豊田 泰弘

東京都市サービス (株)

エリアサービス事業部 設備技術部

#### 1. はじめに

世界に自動制御分野、産業のデジタル化で活躍する ABB (Asea Brown Boveri) フランス (以下、ABB 社) よりプレゼンを受けた。ABB 社は、スイスに本拠地を置く、世界 100 カ国以上に拠点を持つ従業員数 147,000 人の企業である。産業用オートメーション、回転機器、EV インフラ、エレクトリフィケーション、ロボットソリューションを中心に展開しているが、住宅、ビル、工場分野をはじめとする産業のデジタル化にも取り組んでいる。今回、最新のスマートビルディングの取り組みの内、特にデジタル化とその導入事例に関するプレゼンテーションの内容を報告する。

#### 2. 欧州でのオフィスビルの現状とデジタル化

##### 2-1 ABB 社の課題認識

ABB 社は、金融、保険、流通業界のデジタル化技術の導入に比べてオフィスビル (以下、ビル) 全般のデジタル化は遅れており、今後、導入が見込まれると考えている。その理由として、従来のビルは、空調、昇降機、照明設備等が独立した形で制御されているが、今後は快適な執務環境の構築のためには機器同士の連携が求められていること。また、これまでビルの価値はほぼ立地条件で決まっているが、IoT 機器を活用することで利便性向上等、ビルの付加価値を向上させることができると考えている。

##### 2-2 オーナーや入居者の要望

若い世代の多くは事務所の中で固定的な席に縛られるよりアクティブな環境で働くことを好む (78%) という結果がフランスの ARSEG の調査により明らかとなった。さらに、well-being な環境で、効率的な仕事ができ、モチベーションが向上するような環境を望んでいる傾向が高い。このようなニーズをビルのデジタル化で解決できると入居企業の収益向上が見込め、その結果、ビルの価値向上につながることになる。また、会議室等の共有スペースの稼働率が向上することは、ビルの収益増大につながり、オーナーの満足度も上がる

ことになる。

### 2-3 課題に対するアプローチ

ビルのデジタル化は設計、建設、運用から改修のデータをプラットフォーム化することで、多種多様な設備機器が共通のアプリケーションで情報共有を出来るようにし、そこで働く人の快適性や労働環境を整備することが重要なポイントである。個人がスマートフォンで、容易にインターネットに接続できるようになったように、アプリケーションの開発でデータの共有化が進み、より高度な利用が可能となる。ビル機器のデジタル統合化をAPI (Application Programming Interface) を通じて行い、アプリケーション開発でデータのシェアリングを進めることにより利用の高度化が図れていくであろう。具体的には、各種別々になっている機器に、IP アドレスを割り振り、BACnet、LonWorks、ModBus、Mbus、KNX をネットワークでつなぎ、データ収集とその利用が総合的に可能となる、PC のオペレーティングシステムのようなビル設備の統合制御を目指している。

### 2-4 他社との協業取り組み事例

一例として、ABB 社はフランスの主要電気通信事業者関連の Orange Business Service 社 (以下、OBS 社) とスマートビルの分野でパートナーシップ契約を締結した<sup>1)</sup>。ABB 社のビル管理システムと OBS 社のモバイルアプリケーションを接続することでビルの照明・空調・換気・ブラインド・エネルギー消費・警備等のデータにアクセスするスマートフォンのアプリを開発し、空調の設定変更、照明やブラインドのコントロール、会議室の予約や建物内の案内の他、飲食店や駐車場、周辺の交通状況、鉄道の運行情報の把握等をスマートフォン上で行うことを可能とした。

### 3. ビルオペレーションのデジタル化について

ビルにかかわる関係者はオーナー、入居者、設計者、施工者、サブコン、システムインテグレーター、プログラマー、デザイナー、プロパティマ

ネージメント、管理会社、メンテナンス会社等多岐に渡る。そしてこれら関係者が保有する情報は、計画、施工、運営、改修、様々な場面で必要に応じて、デジタル化することにより記録、確認が出来ることになりビル設備全般を総合的にそれぞれの立場でオペレーションできるようになる利点がある。各種、異なる機器の接続が可能となれば、全データを収集するプラットフォームが構築でき、スマートフォンのような使いやすさが期待できる。

また、規模に応じて機器数やデータポイント数、ユーザー数をカスタマイズ可能で、ホテルや店舗等が入る複合施設をはじめ、ビルの規模や用途に関係なく活用が可能である。

### 4. ビルのデジタル機器と見える化ツールの紹介

ABB 社の機器とソフトウェアの紹介をする。

一般に、30,000 m<sup>2</sup>程度以上の大規模ビルの場合、テナントが複数入居し、多様なメーカーの機器が混在することがある。

異なる2つのテナントが入居するビルで機器配置を想定した場合の機器と機能の一例を図-1 に示す。機器やテナントが増えた場合でもゾーン単位でユニットを増設していけば同様なシステム構成が可能である。

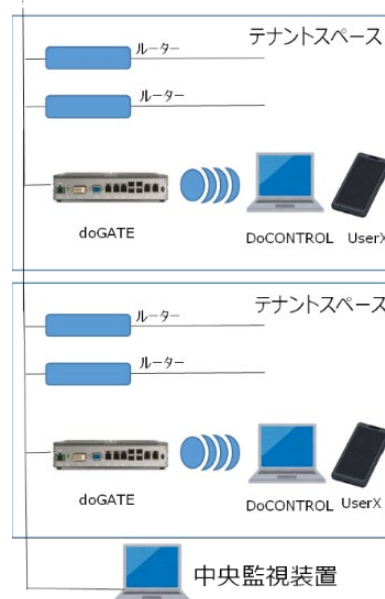


図-1 機器配置例



#### 4-1 doGATE

『doGATE』(図-2)は、各種プロトコルに対応したゲートウェイ・スクリプト機能の専用サーバーである。接続の根幹のプログラミングを行うツールでスケジュール、アラーム、グラフ表示機能に加え、BEMSとの接続に必要な機能を備え、他社のSCADAシステムやフィールドデバイスとの互換性がある。以下に紹介する機器は、doGATEをホストサーバーとしてHTML5のウェブブラウザで機能するものである。



図-2 doGATE

#### 4-2 doCONTROL

『doCONTROL』(図-3)はビル向けのweb管理システムである。ゾーンごとに照明や空調位置等、設備のテンプレートが用意され、基本設定の導入、グラフのカスタマイズ、空調温度設定や照明の照度等の再設定が可能である。

PC、タブレット、他社製のシステムにも対応可能でアカウントの管理はもちろん、操作者(オーナー、ユーザー、設備管理者等)の権限管理、状態表示、アラーム機能、行動レポートを作成することができる。doCONTROL-MVP版はインターフェイスにBIM(ビルディング・インフォメーション・モデリング)のIFC形式を組み込んでおり、中央監視やBIM情報を補完することも可能である。



図-3 doCONTROL 画面例

#### 4-3 LEO

『LEO』(図-4)は電気使用量等、エネルギーの見える化ツールである。収集したデータを保存し、任意の区画の原単位表示、様々なグラフ表示のカスタマイズや実績の数値比較を行うことができる。

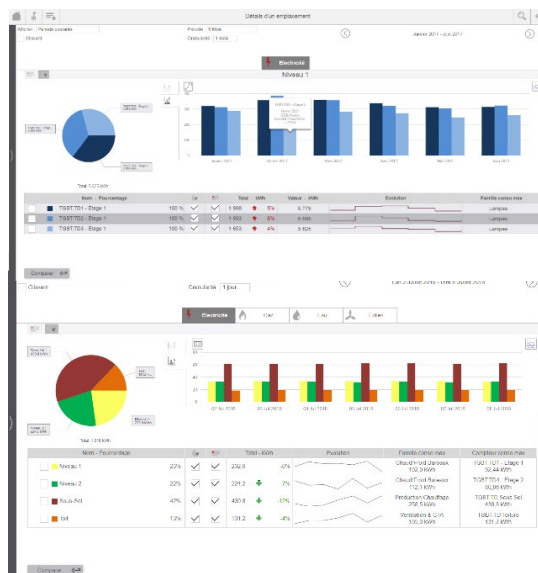


図-4 LEO 画面例

#### 4-4 MooV' n' Group

『MooV' n' Group』(図-5)はテナントが変更になった場合や間仕切りを変更した場合等にシステム上のレイアウトを再構築することができるゾーニングツールである。グラフィック上で、新しいゾーンに変更すると制御グループが自動で変更される。

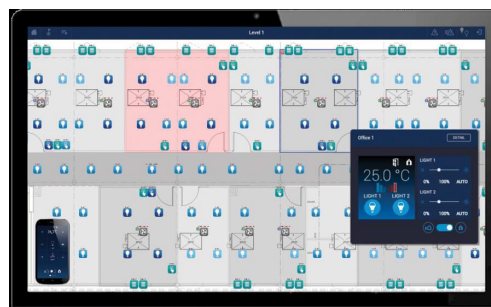


図-5 MooV' n' Group 画面例

#### 4-5 LIZ

『LIZ』（図-6）は iOS と Android 用のユーザー向けアプリで、空調温度設定、照明照度設定、ブラインド開閉制御等のヴァーチャルリモートコントローラである。ウェブサーバーは doGATE に組み込まれており 1 つのプロトコルであらゆる場所の管理が可能となる。基本のテンプレートは『LIZ』に組み込まれ、ユーザーは機器にある QR コードを読むことで設定を変更でき、またスマートフォン上でグラフィックを自由にカスタマイズすることができる。



図-6 LIZ 画面例

#### 5. 導入事例（表-1）

マイクロソフト社が 2015 年にデンマークに建設した約 20,000 m<sup>2</sup> の研究所に ABB 社のデジタル機器が採用されている。

その概要は、照明制御用のスイッチ、センサーインターフェイスのコントロール類が 1,769 点。『doGATE』の SCADA インターフェイスにより取り込んだ LONWORKS 仕様のデータが 5,000 点となっている。全ての部屋の管理がグラフィックプログラムツールで行うことができ、レイアウト変更対応やプログラミングが容易になった。

特徴は、KNX と LONWORKS の異なるプロトコルを『doGATE』で統合することでスマートか

つ安全なビルのソリューションが提供でき、快適性を損なわない省エネルギーにより LEED ゴールドの認証を取得したことである。

表-1 導入事例

ビル名等	用途	採用設備・構成
アラブ世界研究所	研究所	doGate, doCONTROL
ITM Castets	物流倉庫	doGate, doCONTROL, LEO, DALI 照明制御、高さ検出器
ラ・ロシェル警察署	行政機関	doGate, doCONTROL, DALI 照明制御、ブラインド制御(共にKNX)
CAF de Strasbourg	行政機関	doGate, DALI 制御
King Charles	教育施設	doGate
ナント美術館	展示場	doGate, doCONTROL, タッチスクリーン、照明制御

#### 6. おわりに

ABB 社は、ビルオーナーや入居テナント、ビル利用者、建設関連、メンテナンス技術者が持つ、設計、施工、修理履歴等情報をデジタル化により一元管理し、データを見える化することで大きな価値を発揮すると考えている。そして他社製の異なる機器プロトコルを統合管理することが可能なプラットフォーム機器を商品化している。このような機器類と空調温度設定、照明照度設定、ブラインドコントロール可能なソフトウェアが安価に普及した場合にはビル規模に関わらずオーナーの収益向上に大きな効果を発揮する可能性がある。

今回、視察にあたりプレゼンをして頂きました ABB 社の SERGE LE MEN 氏、調整、通訳にご協力頂きました合同会社 MATT & MASSIMO の増野氏、松本氏に心より御礼申し上げます。

#### 【参考文献】

- 1) 2019 年 4 月 25 日 Orange Business Service 社プレス発表資料抜粋

## 第4章

### IoT Solutions World

### Congress

### 世界最大の AI・IoT

### 展示会の視察報告

大久保 俊哉  
アズビル(株)  
中川 優一  
(株)日本設計

#### 1. はじめに

欧州AI・IoT最新動向視察4日目の10月29日、バルセロナ郊外(中心部からバスで30分程度)に所在するFira Barcelona Gran Viaというコンベンションホールにて開催のIoT Solutions World Congress 2019を約半日視察した(写真-1)。

今回の視察の目的は、欧州における特に建築設備へのAI・IoT技術の活用最新動向(省エネ、故障予知予防保全、ワークプレイス付加価値向上など)を確認することにある。



写真-1 IoT Solutions World Congress 2019 会場

#### 2. 展示会概要

本展示会は欧州を中心とした出展社数約350社、来場者約16,000人、出展面積32,000㎡、講演者数約300名の欧州最大規模のIoT関連企業の展示会である。来場者内訳は77%が欧州内部からであり、次いでアメリカ13%、アジア8%、オセアニア1%、アフリカ1%となっている。また来場者職種別内訳で見ると、73.3%が会社経営層であり、13.7%が大学、企業などの研究開発関係、13%がエンジニアとなっている。展示会は交通、物流、生産、エネルギー、建築、ヘルスケアなど9つの産業種別毎に大別されているが、今回特に建築設備との関わりが深いと思われる以下8社についてヒアリングを実施した。

## 2-1 Altair 社

同社は、IoT connected product software 製作会社であり、製品 H/W そのものを販売していないとのこと。提供されるソフトウェアの例としては、

- ・FEM (有限要素法) 解析モデリングソフトウェア
- ・ビールフローセンサのデータを管理するソフトウェア
- ・照明制御ソフトウェア (BACnet 経由) 他

が挙げられる (写真-2、3)。

これらのフィードバックデータを用いた、システム設計サポートを行っている。

収集されたデータを用いた予防保全 (AI 技術) は現在行われていないが、将来対応で行う予定とのことである。



写真-2 Altair 展示の様子 (FEM 解析モデリング)



写真-3 Altair 展示の様子 (Smart BEER)

## 2-2 Jyse 社

同社は、コーディング無しの Web アプリケーションソフトを提供している。建物においては、あらゆるセンサ類等のデバイス情報の一元管理を行うダッシュボードを製作している。

各種デバイスの通信方式、データ形式の統一化がなされていることを前提としたシステムであるとのことである (図-1、写真-4、5)。



図-1 Jyse APP VIEWER イメージ図 (同社 HP より)

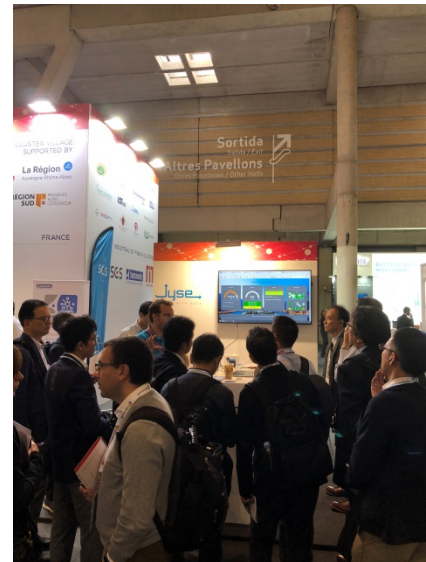


写真-4 Jyse 展示の様子

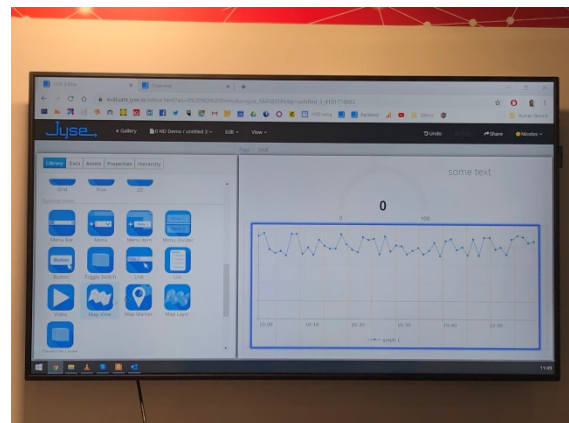


写真-5 Jyse ダッシュボード画面例

## 2-3 SIEMENS 社

同社では、Expo 2020 DUBAI UAE におけるビルディングマネジメントシステムなど各種システムの統合化、事例の紹介が行われていた(写真-6)。

Mind Sphere と呼ばれるクラウドシステムを中心とした統合プラットフォームの構築を行っている(写真-7)。各建物においては、Desigo CC という監視制御システムにより電力、エネルギー管理、照明制御、空調制御、セキュリティー管理を行い、それらのデータをクラウド経由にてユーザに提供している。各センシングデバイスはあらゆるメーカーのものが接続可能とのことである。

Expo 後は、イベント会場等で本システムが使われることを想定していた。

同社は、2025 年には一人当たりのセンサ数が 20 個の時代になると予測しており、そのうち 40% が建物内に使用されると考えている。ひとは 90% 以上の時間を建物内で過ごすことから、様々なシステムの効率改善、居住者の快適性改善のために IoT・AI 技術の導入を推進している。



写真-6 Expo2020 DUBAI UAE のシステム全体図

## 2-4 ALFRED 社

同社は、ビル、住宅内にある温度センサ、照明スイッチなどのデバイスデータをクラウドに展開し、スマートフォンからの操作、情報閲覧を可能とするサービスを展開している(写真-8、9)。

各種デバイスのあらゆる通信方式 (ZigBee, G-wave, Modbus, BACnet, KNX など) に対応したゲートウェイを製作しシステム導入、セットアップは 同社にて対応している。アマゾン、Apple、Google のスマートスピーカーへの接続も可能としている。

ビルではこれらのデータを用い、アセットマネージャーとして活動している。

その他ビルマネジメントの活用例としてアパートの扉に傷がついた場合の対応について紹介があった。扉に傷がついたとき、サービスライン上でユーザと管理会社間で修理の合意が取れた場合には、ユーザと修理会社間で直接やり取りが可能で、修理のために家に入る日時を WhatsApp 等のメッセージングアプリで修理会社へ送ることができ、ユーザが不在でもカギを開け修理が可能ということであった。

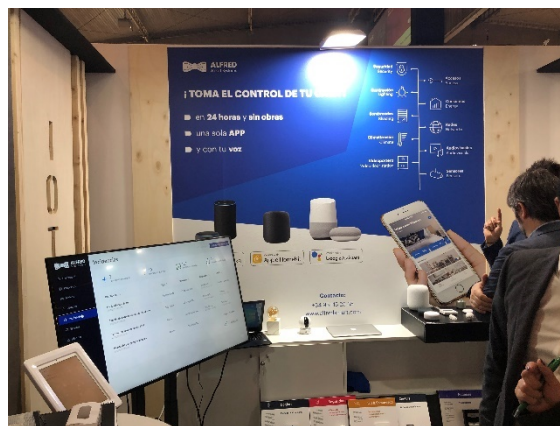


写真-8 ALFRED 展示の様子

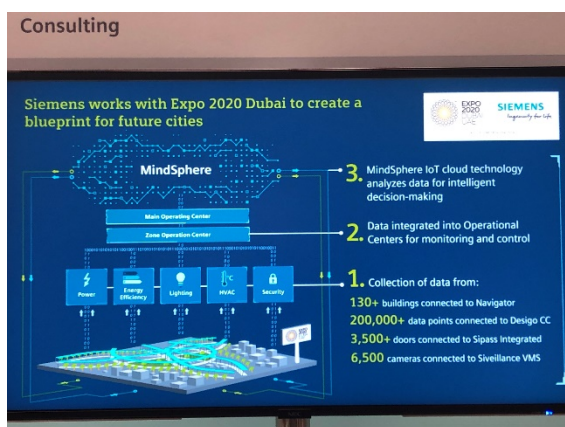


写真-7 Mind Sphere 概念図

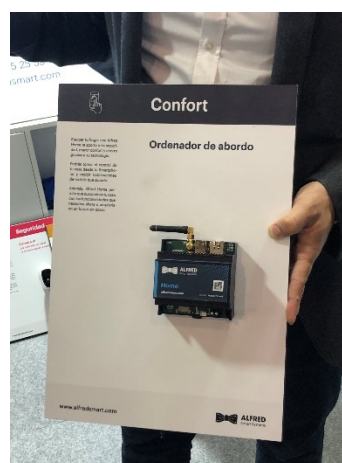


写真-9 ALFRED のシステム制御デバイス

## 2-5 Libelium 社

同社は、各種センサボードを製作している。センサボードは、あらゆるセンサ類の情報をクラウドに上げるためのゲートウェイに相当する。各種センサとは、Modbus、CAN-bus、RS-232、RS-485、4-20mA などあらゆる方式での接続が可能とのこと。センシング例として、いくつか紹介があった。

Parking センサというもので、センサ上部に車がある／なしを判別できるものや、橋の下に設置し、水面との距離を超音波で計測し、常時水位を監視するものがあった。データは wifi 等で伝達し、電源はバッテリーだが、太陽光発電と組み合わせも可能ということであった（写真-10、11）。

同社の特徴としては、パーキング・生産・農業・太陽光発電・商業施設・大気汚染等の様々な領域分野のプラットフォームに対応可能で、同社はセンサ自体の製造はしないが、プロジェクトに応じたハードウェアを組み合わせるパートナー企業に供給する。パートナー企業の例として、バルセロナ市にデータ提供サービスする会社があった。

センサの劣化・キャリブレーションについて質問したところ、定期的にセンサの検査はしているが、取り替えるかキャリブレーションするかについては、センサ会社と協議しコストを考慮して取り替えることが多いとのことであった。



写真-10 Libelium の Parking センサ



写真-11 Libelium のセンサ装置

## 2-6 amplia 社 (写真-12、13)

同社は、ソフトウェアプラットフォーム構築を行い、どのデバイスでも、異なる言語でも容易に一元化を行うことができ、メーカー独自の言語でも対応可能とのことであった。一元化された情報は、ダッシュボードにてユーザに提供される。

ビルへの適用として、人数・音・温度等様々なセンサによって、多様なものをひとつのプラットフォームで管理することができ、データを扱う管理者等に可視化し分かりやすいものを提供している。

ホテルチェーンでの事例紹介があった。電気・ガス・水の消費が表示され、ひと目で見やすいインターフェイスとなっている。各種データの総括ページから、前日・前月との比較ページや細部のメーター使用量にアクセス・ズームインできる。ホテルでの出入り口の出入り人数が把握でき、また客室の温度・照明 ON/OFF・在室の有無・水の消費量も把握できている。細分化して分析でき、その上でトリガーを決めて警報を出すことが可能で、紹介例としては、人がいないのに照明がついている等があった。

日本の BEMS に似ているが、リアルタイム性や見やすさ等によるユーザーフレンドリー性が高い印象を受けた。



写真-12 amplia 社の展示の様子

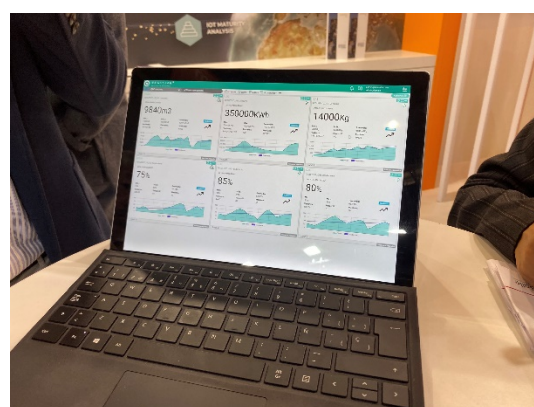


写真-13 amplia 社のサービスインターフェイス

## 2-7 NEARBYSENSOR 社

同社は、インダストリとIoTをつなげるためのプラットフォームを作っている会社で、クラウドも使用するが、エッジコンピューティングのシステムを中心にサービスを展開している。その他スマートシティやスマートビルディングに対するサービスも行っている。

サービスの事例として、Smart City Control System の紹介があった(写真-14、15)。バルセロナ市のインフラコントロールシステムでは、気温、湿度、信号、電気、バスサイン等を道路にある柱状のキャビネットにリアルタイムに計測している。40項目以上の計測が可能で、キャビネットの扉の開閉状態、損傷被害を把握するための振動データも計測している。非常時のインフラ供給の管理も行えるようになっている。

リアルタイム監視のなかで、閾値を超えたらアラームを出す設置は可能で、アラームの種類によってどの管理者に発信するかをプログラムしている。現在は15基程度だが、200基ほど設置するプロジェクトが進行中とのことであった。



写真-14 NEARBYSENSOR のモニタリング画面

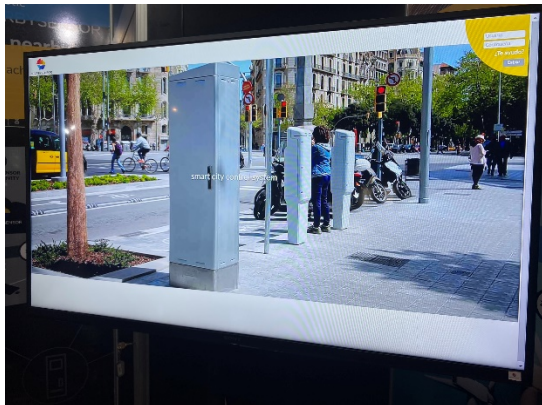


写真-15 Smart City Control System

## 2-8 Edge 社

同社では、オフィス環境のモニタリング情報の提供サービス事例を紹介していた(写真-16、17)。同社社屋に設置されたシュナイダー社製 BMS と施設内で API 連携し情報提供サービスを展開している。クラウドを用いた API 連携も可能とのこと。同社社屋内室内環境モニタリングには、統合センサ kaiterra 社 SE-100 が採用されている(写真-18)。



写真-16 Edge オフィス環境モニタリング画面



写真-17 Edge オフィス環境モニタリング画面



写真-18 kaiterra 社 SE-100

### 3. おわりに

今回ヒアリングを実施した 8 社、またその他展示ブースを見て感じたことは、建築領域においていずれの会社の訴求点も IoT がキーワードとなっており、センサ・データ類を一元化し、それらの情報をユーザに提供、アセットマネジメント等に生かすことを主眼においた内容となっていた。AI 技術を活用したサービス提供の具体例までは残念ながら確認出来なかった。IoT、データの一元化に関しても、現状業界単位で複数のオープンプロトコルが存在しており、これらのとりまとめ（システムインテグレーション）には日本国内と同様に多くの課題があるはずであるが、これらの具体的な取り組み内容が明示された展示は残念ながら確認できなかった。

展示企業のサービスをグルーピングすると、

- ①センサーを製造して収集する
  - ②収集したデータを扱い管理する
  - ③データをどう使うかアクションにつなげる
- といった 3 つに分けられる。ただ、③のサービスもデータから情報を伝達するという程度までであった。得られたデータからどういったソリューションが可能かということについては、アイデア・ニーズを教えてほしいという意見もあり、今後の進展と我々設備技術者との協同も期待される。



# 第5章 IoT Solutions World Congress 世界最大のAI・IoT 国際会議の視察報告

太田浩司  
鹿島建設(株)



## 1. はじめに

IoT Solutions World Congress (以下IOTSWC) は2015年以降毎年開催されている世界最大規模のIoTイベントである。第5回目となる今年は以下の概要で行われた。

- 開催日時：2019年10月29日～31日
- 開催場所：バルセロナ
- 来訪者数：16,000人(122か国)
- 出展社：350社
- 会場：32,000㎡
- 発表者数：300人

展示会の他に、下記の9つのテーマで講演が開催された(図-1)。本稿では、各テーマと各テーマにおける主要なサブテーマの講演概要について報告する。

- ①Connected Transport : 接続された交通
- ②Manufacturing : 製造業
- ③Healthcare : ヘルスケア
- ④Energy & Utilities : エネルギーとユーティリティ
- ⑤Buildings & Infrastructure : 建物とインフラ
- ⑥Open Industry : オープンな産業
- ⑦Enabling IoT : IoTを可能にする技術
- ⑧Blockchain : ブロックチェーン
- ⑨AI & Cognitive Systems : 人工知能



図-1 9つの講演テーマ

## 2. 講演の概要

### 2-1 Connected Transport : 接続された交通

#### 1) テーマの概要

輸送および物流業界が直面している最も重要な課題の1つは、人と貨物を安全かつ効率的に移動する方法である。企業が移動に関するパフォーマンスの改善方法を決定するためには、リアルタイムデータへのアクセスが不可欠である。各企業にカスタマイズされた IoT ソリューションにより、様々なデバイスから得たデータを活用することで企業の生産性を加速的に向上させることが可能である。例えば、位置情報などの各車両のデータを交通管理センターで一元管理することにより、渋滞を回避して輸送効率を高めることで、移動にかかる安全性を高め、コストを削減することができる。

航空や鉄道などの大量輸送システムや高速道路システム向けの IoT 輸送ソリューションは、交通渋滞回避に加えて、移動過程における様々な通信環境を改善することで、乗客に新しいサービスを提供し、都市の生活の質を向上に寄与する。

自動運転技術の向上に伴う事故発生抑止により、自動車保険費用の削減が可能となる。

上記に関する事例が紹介された。

### 2-2 Manufacturing : 製造業

#### 1) テーマの概要

IoT 技術は新しい産業革命であり、ビジネスモデルを変革するだけでなく、生産性の向上、プロセスの自動化、品質の向上、節約と効率の大幅な向上を提供すると同時に、潜在的な新しい収益源を生み出す。自動車、エレクトロニクス、化学製品の生産、およびロボット化された工場など様々な製造分野で IoT が適用されている。業界のトップエキスパートから成功事例を紹介された。

#### 2) 主なサブテーマの概要

- (1) DK-01 – Advanced Technologies – Help or Hindrance? A Human Perspective  
(高度な技術は助けとなるか或いは障害か?  
人間の視点より)

#### ■講演者

Robert Schmid/ Deloitte

Mark Cotteleer/Deloitte Services

Helena Lisachuk/ Deloitte Consulting

Michael Godoy/ University of California

#### ■サブテーマの概要

人間を追跡する顔認識から、人間の仕事を引き継ぐ AI、データプライバシーの全体的な問題に至るまで、最近ではテクノロジーの恐怖について多くのことが話題となっている。

Godoy 氏はカリフォルニア大学にて臨床医とエンジニア達との間で遠隔医療による治療プロジェクトを研究している。人間に近いレベルでの仮想の医師として人工知能を使用することが大きなブレイクスルーとなると考え、患者の感情を理解できるチャットボット (対話するロボット) を開発した。それを部門に提示したところ3つの反応があったという。一部の人々はテクノロジーを今日の問題を解決する方法と見なし、一部の人々は懐疑的であり、他の人々はまったくそれを受け入れず、ターミネータが来たときまで言った。AI やその他の革新を受け入れようと人々を奨励しようとするとき、このように人によって捉え方が異なることに問題があるという。

デロイト社は8か国 9500 人を対象とした人工知能の世論についての調査結果を紹介した。この研究では AI、IoT、ドローン、ブロックチェーン、自動運転車、仮想現実および拡張現実などのテクノロジーについて人々がどのように感じているかを探ろうとした。その結果、14 のテクノロジーのうち、半数以上の参加者が肯定的だったのは「IoT」「付加製造 (3D プリント)」「クラウド」の3つだけであり、「ドローン」や「ブロックチェーン」などは下位で 40%程度に留まった。また回答者の年齢によりデータプライバシーについての考え方が異なり、26~45 歳は融資申請などの活動に将来影響を与える場合にデータを共有することに懐疑的である一方、18~26 歳は個人データが使用されることをあまり気にしない傾向であった。

国による違いに関しては中国がすべての技術

を肯定的に捉えており、多くの項目は60%-70%の支持を得ていた。中国の次に肯定的なのはスペインだった。米国と多くのヨーロッパ諸国は多くの技術に対し一貫して50%未満、40%未満という結果を残した。

Cottelee氏は市場の製品に対する姿勢に20%以上の変動がある場合、企業は問題を徹底的に調査し、それらを変更する方法を見つける必要があると述べた。

AIについては中国では3分の2の人々が好意的である一方で、米国では38%に留まっている。恐らく米国ではAIが人間に対し脅威をもたらすと考えられているようである。AIと同義ではないが似たような意味をもつ「マシンラーニング（機械学習）」という言葉での数値でみるとそれぞれ60%と48%であり、「学習」という言葉に肯定的な感情を持つことが判る。

Lisachuk氏は人工知能に対する国民の認識を改善する方法として、業界が革新について単に叫ぶのではなく、エンドユーザーにテクノロジーの効果的なアプリケーションを示す必要があると述べた。個人データを使用したいサービスはプライバシーについて安心させ、その利点を主張するために人々と話す必要もある。

Cottelee氏は人工知能に対する一般の認識を高めるためにビジネスリーダーができることとして次のように述べた。「雇用主が決断を下すとき、従業員の利益を念頭に置いていることを示すことで従業員は積極性を高め、テクノロジーの実装を成功させることができる」

## (2) MF-06 Intelligent Approaches to Smart Factories

(スマートファクトリーへの知的なアプローチ)

### ■講演者

Mark Cotteleer/Deloitte Services

Stephen Laaper/Deloitte Consulting

Anes Hodzic/Airbus

Josh Kataoka/Toshiba

Christine Dehaven/Pactiv,LLC

### ■サブテーマの概要

デロイト社の調査によると米国メーカの86%が「この5年間でスマートファクトリーが製造競争力の主な牽引役となる」と回答しており、調査対象の83%が「スマートファクトリーが製品のあり方を変える」と考えている。一方で調査した製造業者のうち1つ以上の施設を「スマート」に正常変換できたと報告しているのはわずか5%に留まり、「現在スマートファクトリー化に取り組んでいる」と報告しているのは30%だけである。これは調査会社の2/3(65%)がスマートファクトリーの戦略に進展がないことを意味している。更に19%の顧客がスマートファクトリーの変革について考えておらず、30%の顧客は考えているが取り組みを計画できていない。

Kataoka氏は東芝による四日市での半導体工場での事例を報告した。工場では200以上の異なる記録デバイスが15000のプロセスで生産されており、歩留まりの改善が大きな課題であった。これらのプロセスから生じる毎日2億のデータを分析し問題を突き止めるのはAIを用いずして考えられなかった。AIを用いて低い歩留まりの原因を発見してからは大きな生産性の向上が達成できたという。東芝が次に紹介したのは6か国に130の工場を持つ自動車部品工場での事例である。それまでも「改善」活動はしてきたが更なる生産性の向上が求められた。そこでデジタルツインを利用し、工場の物理的な特性、温湿度などの環境、人や物のデータを収集し、デジタルの世界でデータモデルを作り上げた。低い生産性の時に何が起こっていたのかをデータモデルを使い調査することでその原因を突き止め、その結果30%の生産性向上を実現できた。なおデータモデルでの解析については長い歴史における経験者のナレッジを活かすことが重要と述べた。

Pactiv社は食品業界へ包装や食品トレイ、ラップ等を販売している米国の会社である。当初は18の製造工程ラインにおいて可能な限り全ての機器を接続し、データを取っていたがすぐにそれが最大の価値をもたらすものではないと学んだ。以降

は最も価値のあるデータを取ることに注力することで展開がより速くなったと伝えた。

Airbus 社の Hodzic 氏もデータの 90% は実際に無駄なデータであるという。

東芝からは先述の半導体工場とは別の工場における古い生産機器への対応が紹介された。アナログ計がついているような古い機器に対してドローンによる撮影とその画像解析によるデータを IoT ゲートウェイ経由で統合データモデルに取り込み、点検作業の省力化を実現している。

最後に講演者から以下のコメントがあった。

Hodzic 氏は最前線の人々に力を与えることが重要と説いた。彼らは最前線で解決策を知っており人口統計上からもデジタルトランスメーションのよいセットアップとなる。

Kataoka 氏は工場間の相互運用性が重要と説明した。

Laaper 氏はサプライチェーン全体の上流側と下流側に渡って企業全体に存在するデータを接続することで、殆ど全てのケースで生産性が向上し、そのデータを利用することで生産の制限を解除する能力が劇的に向上すると説明した。「スマートファクトリー」という用語は、相互接続された IT / OT (運用技術) を通じて、製造現場の決定と洞察をサプライチェーンおよびより広範な企業と統合することも示唆している。これにより、生産プロセスが根本的に変わり、サプライヤーや顧客との関係が強化される。

### (3) MF-11 Overcoming The IIoT Challenges of Condition Monitoring and Predictive Maintenance

(状態監視と予知保全の産業分野向け IoT の課題を克服する)

#### ■講演者

Sven Koos/ABB

Van Krueger/Cassia Networks

#### ■サブテーマの概要

産業分野向け IoT エコシステム内で、状態監視の不可欠な部分は、予知保全 (PdM) に使用できるデータを提供することである。スマートセンサ

とワイヤレスネットワークの出現により、新しいレベルのデジタルインテリジェンスが提供され、企業は資産に関するデータを正確に監視、追跡、共有して、効率を改善し、稼働停止時間を削減し、コストを大幅に削減できる。状態監視と予知保全の課題と、安全で拡張性がある長距離 Bluetooth 接続でこれらの課題を克服する方法について説明があった。

①センサーをクラウドに接続する際に拡張性があり、安全なソリューションについて

以下の利点がある Bluetooth 接続を利用

- 「低電力」「省コスト」「オープンなプロトコル」
- 「一般に利用可能」「短い展開サイクル」

Bluetooth IoT Gateway の優位性は以下の通り

- ・ Bluetooth5.0 では端末まで 1km での通信が可能
- ・ 双方向の通信
- ・ 多様なネットワークアクセス (Ethernet, Wifi, 携帯電波)

・ End-to-End での暗号化セキュリティ

②工場における資産監視のビジネスモデル

モータ等の状態監視、エネルギー消費の監視やアラート、通知などの対象となるデバイス数やサービス期間により契約するサービスを展開 (図-2)。

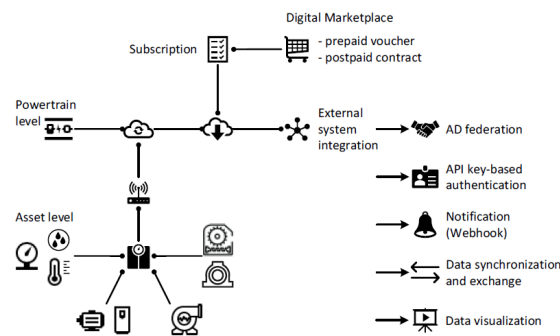


図-2 統合サービスイメージ図

## 2-3 Healthcare : ヘルスケア

### 1) テーマの概要

従来の医療情報システムに接続する多数の新しいアプリケーションとデバイス、および医療組織がユビキタスで永続的なネットワーク接続を介して相互接続するようになり、結果として生じる

膨大なデータにより、情報の収集、集約、解釈、最終的な方法の変換が必要とされている。

ヘルスケア組織がすでにIoTを適用して、ケアの提供、臨床結果を改善し、運用効率を向上させる方法について紹介があった。

## 2) サブテーマの概要

### (1) HC-02 R4Heal – The Development Of An Interactive Healing Environment For Better Recovery Of Postoperative Patients - (術後患者のより良い回復のための双方向的な治療環境の開発)

#### ■講演者

Merlijn Smits/Radboud University Medical Center

#### ■サブテーマの概要

オランダにおける最大の病院であるラドバウド大学医療センターにおける研究である。手術後の患者の回復を改善し、看護師へのプレッシャーを緩和するために「インタラクティブなヒーリング環境」を開発した。今後数年以内にすべての入院患者が、個人の好み、特徴、および継続的に測定されるニーズに基づいてパーソナライズされた病室に滞在できるようにしたいという。ビジュアル、サウンド、ゲーム、匂いが術後ケアをパーソナライズし、個々のニーズを満たすことを可能にした (図-3)。



Credit: Yellow Riders

図-3 パーソナライズされた病室イメージ

#### ①術後ケアが直面する課題

ヘルスケア、特に術後ケアに対する革新的なアプローチの必要性は、60歳以上の世界人口の割合

が2015年から2050年の間に12%から22%に増加すると言う世界保健機関の統計にある。それは、技術が支援しない限り、医療で働く人々の数が劇的に増加することを意味している。

Smits氏は、エンドユーザーが受け入れたい方法で技術を設計する必要があることに注意することが重要だと述べた。

#### ②R4Heal プロジェクトが術後ケアの革新を計画する方法

RadboudUMCとBig4Data、Yellow Riders、Relitechを含むオランダの中小企業のコンソーシアムが関与する4年間のR4Healプロジェクトは1年半にわたって実行され、その間にプロトタイプがテストされた。

病院は、125の個別の部屋を作成するために共有部屋のレイアウトを再構成することを決定し、これまでのところ、2つの部屋は、患者にホテルスタイルの環境を提供するだけでなく、看護師が作業負荷を優先するのに役立つさまざまな新機能でモックアップされている。

Smits氏は、ベッドに面した大きなスクリーンが気を散らすものになると考えている。落ち着いた雰囲気を与える自然の設定、認知症患者の生活を思い出させるビデオ、個別のケア計画と治療計画、および友人や家族とビデオ通話を行うためのSkypeインターフェイスが表示される。

バーチャルリアリティヘッドセットとビデオゲームは、移動や痛みから気をそらすのに役立ち、モバイルタブレットは、患者がボタンを押すのではなく、トイレに行くための補助や花の花瓶など、看護師への特定のリクエストを可能にしている。

現時点では、患者がベルを鳴らすとき看護師はそれがどれほど緊急なものかわからなく、また患者はスタッフの時間を無駄にしないため、ベルを鳴らすのを躊躇している。しかし、さまざまなオプションを備えたタブレットを持っていると、看護師は仕事をより効率的に行い、タスクに優先順位を付けることができる。同時に、患者が自分の環境を制御し、温度を変更したり、照明を消したり、窓を開けたりすることができる。「画面をも

つと使いたい。看護師の名前、毎日何が起こるかを知るための議題、看護師とのビデオ通話機能、将来的には AI 音声アシスタントなどの洞察を与えることができる。」

### ③R4Heal プロジェクトで術後ケア患者を監視する方法

モックアップルームには、患者の気分を測定するセンサーが装備されている。天井のセンサーは、部屋で起こっていることを監視し、患者が不快に感じていることを検出することができる。

「患者がベッドから起き続けると、転倒する危険性が高い可能性がある。」と Smits 氏は述べた。

「患者がたくさん動き回っているなら、転倒を防ぐために事前に看護師を導くことができる。」

また病院では患者のバイタルサインを継続的に監視し、以前よりも患者の状態をより良く確認できている。

### ④術後ケアのパーソナライズ

手術を受けた時と、退院する準備ができているときでは患者のニーズは全く異なるので画面上のコンテンツの種類は患者のニーズに一致するようにしたい、と述べた。

## 2-4 Energy & Utilities : エネルギーとユーティリティ

インテリジェントデバイスのコスト削減と計算能力と処理能力の向上により、従来のエネルギーおよび公益事業の業界が変化している。

電力会社にとって、再生可能エネルギーソリューション、スマートグリッド、分散型エネルギーリソース、分散型エネルギー貯蔵システムなどの需要の増加は、エネルギーおよびユーティリティセクターを、中央集中型の生成および配信モデルからデータ分析を必要とする動的なものに変えている。ネットワーク事業者にとっての優先事項は、信頼性と回復力のある電力供給と供給である。

石油、ガス、化学会社にとって、探査、生産、加工のコストが低いエネルギー資源はますます希少になっている。新しい IoT テクノロジーとソリューションは、予測メンテナンス、リモート資産

監視、デバイスの追跡と追跡、緊急警報と避難システム、エネルギー効率の高い施設を通じて運用を最適化する。

「エネルギーとユーティリティ」トラックでは、すでにプロセスに IoT を適用している企業のユースケースと成功事例にアプローチした。生産性を高め、重大な問題を解決し、リアルタイムの意思決定を改善するために、企業が相互運用可能なエンドツーエンドの IoT ソリューションをどのように提供しているか紹介された。

### 1) EU-05 – Distributed energy solutions, smart grids and storage – the perfect combination for sustainability and resiliency (分散型エネルギーソリューション、スマートグリッド、蓄エネルギー持続可能性とレジリエンスのための完全な組み合わせ)

#### ■Nicole Bulgarino / Executive Vice President Federal Ameresco

ニコル バルガリーノ アメレスコ社副社長

昨今、エネルギー供給系は経年劣化や自然災害、破壊行為、サイバー攻撃など多くの脅威に晒されている。そういった状況下において、持続可能性とレジリエンスを得るためのシステムとして、分散型エネルギーシステム・スマートグリッド・蓄エネルギーシステムは極めて有効である。

分散型エネルギーソリューションは、電力系統に接続されつつ CHP (熱電併給) や PV (太陽光発電)、バイオマス、風力などの再生可能エネルギーを構成して、エネルギーコスト削減や二酸化炭素排出量削減、エネルギーセキュリティや信頼性の向上を図る。

スマートグリッドではインテリジェント制御が、障害を検知し、蓄電を含んだオンサイト発電設備がグリッド内の負荷を賄えるかを判定し、YES であれば系統から独立させ、NO であれば重要度の低い負荷を遮断しながら、供給と需要を一致させるように発電と蓄電を制御し続ける。

蓄エネルギーシステムは、余剰エネルギーの有効利用やエネルギー消費と製造の連携など効率向上、デマンドレスポンス対応でのコスト削減を図

る。

分散型エネルギーシステム、マイクログリッドはエネルギー供給に対する脅威に影響を受けて増加していくことが予想される。今後もレジリエンスの向上、デマンド抑制、供給確保、再生可能エネルギーをキーワードにして、エネルギー貯蔵、エネルギー効率、スマートコントロール、オンサイト発電を核としてエネルギーの持続可能性と安全保障に繋がっていく。留意点としては、エネルギーセキュリティに対するニーズを早期に把握し、想定される脅威を定義し、新旧エネルギーシステムをスマートシステムとして統合しつつ、蓄エネルギーおよび分散型システムでレジリエンスを向上させることである。

## 2-5 Buildings & Infrastructure : 建物とインフラ

### 1) テーマの概要

IoT と AI により、私たちが住み、遊び、働く物理的環境をモデル化し、相互作用する新しい方法が可能になる。物理空間の使用、ナビゲーション、測定、操作、およびサービスの方法が劇的に変化している。

これは、建物の所有者、オペレーター、居住者、および訪問者がオフィス、教育施設、店舗、病院、スタジアム、キャンパス、および都市環境と対話する方法に影響する。「Smart Spaces」は、運用効率に完全に焦点を当てていた「Smart Building」を超える進化の次の段階である。スマートスペースには、物理資産のデジタル表現を提供し、デジタルと現実の物理資産を組み合わせる新しい方法への扉を開くデジタルツインが含まれている。ビルのインフラストラクチャに組み込まれた IoT テクノロジーは、エネルギー、水、暖房、換気、メンテナンス、セキュリティの供給方法を変え続けている。労働力管理、廃棄物ゼロ、カーボンニュートラル、電気自動車インフラストラクチャの分野で新しいソリューションが登場している。スマート照明および温度システム、スマートメータリング、インテリジェントセンサー、さまざまなシ

ステムおよびデバイスから収集されたデータは、運用パフォーマンスの向上とコストの削減に貢献し、リモート監視と予測分析は、起こりうる障害の検出と回避に役立つ。

トップ企業が IoT に基づいたスマートスペースの普及に関するユースケースが紹介された。

### 2) サブテーマの概要

#### (1) BI-04 Connecting Smart Infrastructure

: Panel Discussion

(スマートインフラストラクチャーへの接続についてのパネルディスカッション)

#### ■講演者

Beverly Rider/Hitachi

Tobin Richardson/Zigbee Alliance

Charles Paumelle/LoRa Alliance

Bo Ribbing/Ericsson

Kimberly Green-Kerr/Sprint

#### ■サブテーマの概要

①「お気に入りの IoT ユースケースは何か？」という問いに対し以下の回答があった。

Tobin Richardson/Zigbee Alliance

産業分野において歴史的に良いリターンを提供し続ける最良のユースケースの1つはスマートメータリングである。米国で最大規模のエネルギー会社である PG&E 社では遠隔測定により、人件費を大幅に節約した。Zigbee チップをメータに挿入し、消費者がデマンドレスポンスプログラムにリアルタイムでアクセスできるようにした。

Kimberly Green-Kerr/Sprint

官民パートナーシップ (PPP) の代表例として Sprint 社はジョージア州ピーチツリーコーナースにてイノベーションハブを開発した。500 エーカー (約 200ha) のテクノロジーパーク内に 1.5 マイル (2.4km) のテストトラックがあり自律走行車のテスト施設が機能している。昼食時に荷物を配達するドローン、ライダーレススクーター、自律型芝刈り機など 5G によってイノベーションラボは強化されている。

Bo Ribbing/Ericsson

スウェーデンの Einride 社と 5G を使用したト

ラックを遠隔制御する実証を行っている。今までは閉じられた環境での使用だったが最近では高速道路に沿って特定のルートを運転するための譲歩を得ている。

#### Charles Paumelle/LoRa Alliance

英国北部の病院で車椅子追跡に関する有用なユースケースを実装した。病院では X 線と原子化学室があり病院内にある 130 の Wifi アクセスポイントとの接続が許されなかった。そこで病院に LoRaWAN を実装し、全体を 8 つのゲートウェイでカバーし、Bluetooth を使用して病院全体のデバイスを追跡できるようにした。ネットワーク全体の管理者に承認を求める必要なく、インフラストラクチャ全体を殆ど配線なしでバッテリーでの展開により短期間の中で実装できた。

#### ②「企業は 5G による IoT 開始を待つべきか？」

という問いに対し以下の回答があった。

#### Green-Kerr/Sprint

4G-LTE は今後 2-3 年は使われるだろうし、我々はいまだに多くの 4G アプリやソリューションを開発している。NB-IoT (ナローバンド IoT : 送受信するデータが少ない IoT) でかつ静止している対象であれば全く問題ない。

4G と 5G の違いとして 1km<sup>2</sup> あたり 4G では 10 万台のデバイスを使用できるが 5G を使用すると 100 万台を使用できる。またレイテンシー (処理において発生する遅延) については 4G では約 80-100 ミリ秒であるが 5G では 10 ミリ秒であり、自動運転車のような場合は 5G の反応速度は重要となる。

#### Ribbing/Ericsson

5G を使用すると非常に高い容量と非常に低いレイテンシによりいくつかの機能を利用できるようになるが、今の LTE でも殆ど全てのユースケースをサポートできる。成熟するのにかかる時間を過少評価するべきではない。5G を待つから構築を開始するよりも、今すぐに開始し 5G が回っている間に完全に拡張されたソリューションを使用する方が適切である。

#### Paumelle/LoRa Alliance

自分たちが展開している数千のセンサの殆どは約 7 バイトしかなく、それでもドアが開いているか閉じているか、または浴室を使用した人の数を知ることができる。殆どの IoT ユースケースはこれらの小さいものであり、一度設置したら 10 年間そのままにしておくだけで、バッテリーを交換する必要もない。今日できることはたくさんあり、待つ必要は全くないと考える。

### 2-6 Open Industry : オープンな産業

#### 1) テーマの概要

農業、建設、化粧品、防衛、金融、鉱業、医薬品など、コネクテッドテクノロジーの可能性と可能性のある分野での実世界の IoT アプリケーションに焦点を当てる。他の主要な産業分野には保険が含まれ、IoT ソリューションの年間平均成長率は今後 5 年間で 17% を超えると予想されている。セッションでは、費用対効果のメリットを備えた解決策や活用された課題を詳述するケーススタディを含む、IoT ソリューションの実例の使用例の説明が行われた。

### 2-7 Enabling IoT : IoT を可能にする技術

#### 1) テーマの概要

産業用デジタルトランスフォーメーションの推進は、適切な技術とアーキテクチャの選択、適切な方法論とベストプラクティスの採用から適切な標準の遵守、規制要件への対応まで、多くの要因に依存する。最新の技術革新と採用動向、実証済みのベストプラクティスと実装戦略、成功する IoT ソリューションを通じて、インパクトのあるビジネス成果をもたらすデジタルツインとクロスパーティカルユースケースの影響と重要性が紹介された。

### 2-8 Blockchain : ブロックチェーン

#### 1) テーマの概要

今回の会場において IOTSWC と同時開催で Blockchain Solutions World が開かれた。ブロックチェーンとは分散型ネットワークを構成する複



数のコンピュータに暗号技術を組み合わせ、取引情報などのデータを同期して記録する手法である。一定期間の取引データをブロック単位にまとめ、コンピュータ同士で検証し合いながら正しい記録をチェーン（鎖）のようにつないで蓄積する仕組みであることからブロックチェーンと呼ばれる。ビットコインなどの仮想通貨に用いられる基盤技術である。ブロックチェーン技術は開発段階にあり、新しいプロトコルとソリューションが次々と出現している。学術研究や第一世代のテクノロジーから、より成熟した製品やブロックチェーンの運用価値の明確化に移行している。

## 2-9 AI & Cognitive Systems : AI 及び認知システム

### 1) テーマの概要

ブロックチェーンと同様に IOTSWC と同時開催で AI & COGNITIVE SYSTEMS FORUM が開かれた。人工知能を IoT に追加することで、ソリューションを完全に変換し、ソリューションを次のレベルに引き上げる。洞察の強化、複雑な意思決定、自己学習、自己修復は、AI が可能にする機能のほんの一部であり AI がもたらす可能性は無限である。AI がビジネスソリューションにどのように適用されているかの事例の紹介がされた。

## 第6章

### KNX 協会

### 協会の概要と KNX テク

### ノロジーの適用事例

川田 一仁  
ダイキン工業(株)

城越 陽平  
(株)大林組

#### 1. はじめに

KNX 協会の取組について、調査した結果を報告する。モノとモノが繋がるだけではなく、データが繋がる事で、ビルをデジタル化し、ビルの価値の向上と安全、便利の価値を創造する事が重要と考える。

#### 2. KNX の歴史について

まず冒頭に KNX の生い立ちについて確認した内容を報告する。

KNX は、もとは EIB、Konnex として知られていた技術から発展した規格の呼称である。

1990 年、ブリュッセルに EIB (European Installation Bus) 普及のため EIB 協会が設立された。(EIB はシーメンス社により開発されたホームオートメーション規格)

1999 年、EIB と BatiBus、EHS を統合した新しい規格 KNX を作るため、Konnex Association が設立された。KNX は、EIB の技術を中心に、Batibus、EHS の優れたところを集約した統一規格となる。2006 年、KNX をグローバルスタンダードとする動きから、現在の KNX アソシエーションが設立された。(文献参照)

#### 3. KNX アソシエーション (2019.10.29)

KNX の強みは、色々なモノに繋がる事であり、8000 以上のデバイスと繋がる事が可能である。KNX としての IoT の定義は、オープンネットワークでつながることによりそれぞれの機器が何であるか認識し、制御が出来ることである。デバイスも各機器がシリアルナンバーで個別に認識されている。オープンプロトコルで発生する問題は、異なる機器同士間で解釈の違いが発生するが、KNX の認定機器ではこの様な問題は生じない

(図-1)。この精度の高さは、どの接続機器メーカーも指定のツールにより開発を行い、試験確認を行う事によるものである。KNX は、2006 年に国際標準 ISO/IEC に認定を受けている。

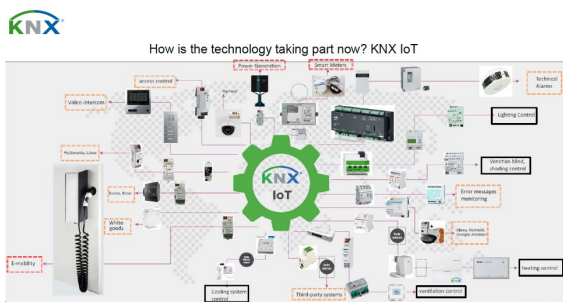


図-1 KNX のオープンプロトコル

KNX の IoT 事業は、20 年前からスタートしており、照明制御、空調、ファン、ブラインド等、オープンネットワークの中で制御をしている。新しいアプリケーションとしては、EV チャージャー、サードパーティーの新しいデバイスがあり、これからは、エネルギーマネジメントを展開していく。エネルギーマネジメントでは、電力会社、負荷側とのコミュニケーションをとる事で、電力量を予測し、スマートオフィス、スマートホーム (図-2)、スマートシティへの展開が可能となる。ヨーロッパでは、エネルギーマネジメント規格として認定を受けている。

KNX では、一つにまとめるソリューションを、KNX ソリューションと称して実施しており、Alexa や google スピーカーなどの AI アシスタントとも繋がる。エネルギーマネジメントでは、スマートメーターや電気自動車含め、KNX の狙いは全てを接続する事であり、ユーザーが何をやりたいかをまず設定する事からスタートし、CEM (Customer Energy Management) を適用する。電気、太陽光、温水の最適化、ヨーロッパは売電ではなく、地産地消で効率よく消費する事が基本の考えである。家のオーナーや管理者が時間軸におけるエネルギー消費量の“見える化”が出来ると、使用量の予測が可能となり、例えば2台の電気自動車がいつも同じ朝の時間に使用するといった場合も、プライオリティをつける事で最適化されたエネルギー利用が可能となり、デマンド値を下げる事ができる。新しい試みとしては太陽光発電との連携を考えており、発電した電気をすべて自己消費するよう電気自動車のチャージだけで

はなく温水を作るためのボイラーも制御する。時間によって、温水を作るタイミングと電気自動車を充電するタイミングを最適化する事ができる (図-3、4)。

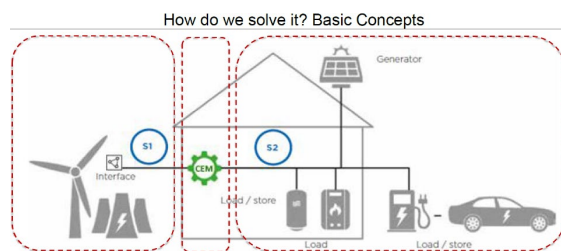


図-2 スマートホームイメージ

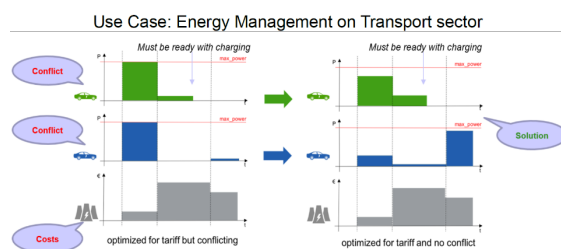


図-3 電気自動車充電の最適化イメージ

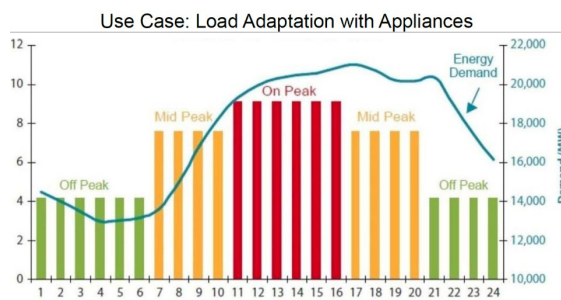


図-4 電化製品の負荷適用

KNX は、全てとつながるのが強みである。2030年には500億個のデバイスにつながる事を目標にしている。

#### 4. KNX スペインについて (マイケル氏) (KNX Spain の歴史)

1993年に Association EIBA Spain 発足  
2007年に Association KNX Spain 発足  
(81のメンバー 電気工事・メーカー)  
2018年で、25周年を迎える (図-5、6)



**KNX Spain**  
Brief historical summary - milestones

- 1993** Foundation of 'Asociación EIBA España' with 11 members, only manufacturer.
- 2007** Change to 'Asociación KNX España'. Open to any company that manufactures, distributes, integrates, installs or in any other way promotes products, projects, solutions or services based on the KNX standard. 28 members.
- 2018** 25th anniversary.
- 2019** 81 members.

図-5 KNX Spainの歴史



**KNX Spain**  
Main activities

KNX Spain Awards



写真-2 KNX アワード



**KNX Spain**  
Actual situation 2019 - 81 members



図-6 KNX Spainメンバー

マイケル氏は、KNX メンバー कांग्रेस (写真-1) をまとめており、その他 KNX アワード (写真-2)、スペイン政府団体のサポート、ビル関係者を集めてのセミナー、Webinar や大学での講義の実施している。Online Newsletter も展開している。

5. KNX スペイン会長説明 (アントニオ氏)

《Jung プロジェクトの紹介について》

1912 年にドイツで設立されたスイッチ製品の製造メーカーである (写真-3、図-7)。ネットワーク技術として、KNX のテクノロジーを採用している。



写真-3 JUNG のスイッチ



**KNX Spain**  
Main activities

Participation in national fairs and congresses



写真-1 KNX कांग्रेस

MADE IN GERMANY

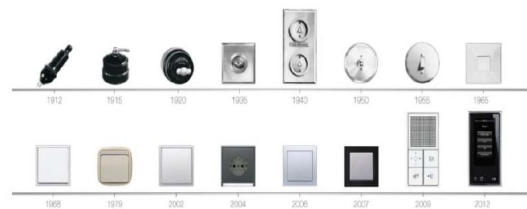


図-7 JUNG のスイッチバージョン

インダストリー、オフィス、ホテル、ホスピタル、で実績があり、スタジアム、レジデンス、スクー

ル、エアポートでも納入されている（写真-4）。

APPLICATIONS

SUNG

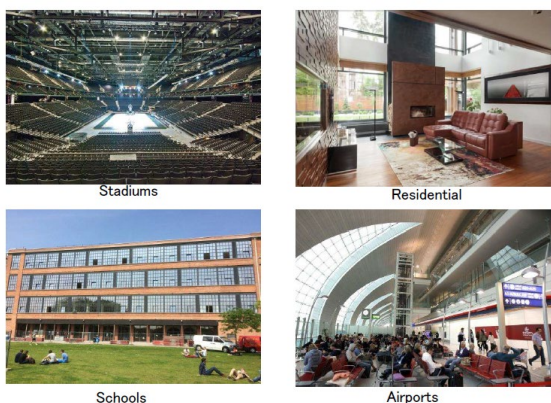


写真-4 採用事例

KNX の照明制御について、コンスタントライ  
ト、調光、DALI などでのコミュニケーション、Light  
seen を提案している。480 製造業社のうち、日本  
企業では、Panasonic、ダイキン、富士通がメンバ  
ーとなっている（図-8）。

WHO WORKS IN KNX?

SUNG

480 Producers



図-8 KNX 認定製造業者

メンテナンスのためのアプリ提供やクラウドによ  
るスマートスピーカーとの接続が可能となっており、  
自然光、ブラインドコントロール、太陽光の  
角度を計算し lightning コントロールも行ってい  
る。

## 6. KNX テクノロジーを使用した具体事例

事例としてはコロンビアのバカラホテル、ドイ  
ツの BMW の工場等があり、ヨーロッパのシェア  
は、30~40%を占める（写真-5、6）。

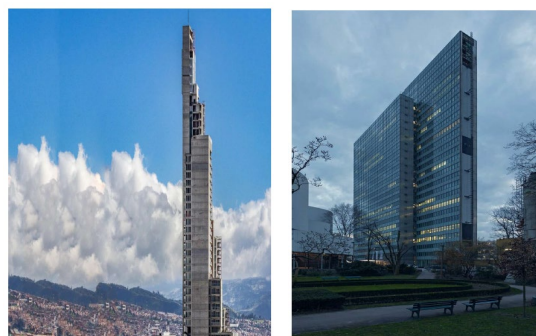


写真-5 採用事例①

REFERENCES

SUNG



写真-6 採用事例②

## 7. スペイン バルセロナでの具体事例

### 1) Bowers & Wilkins スペイン本店

スペインのバルセロナにある高級スピーカブ  
ランドの Bowers & Wilkins のスペイン本店ショ  
ールームに採用されている。照明は KNX ですべ  
て制御されており、タッチパネルや Alexa などの  
AI アシスタントを使って簡単に調整が可能なシ  
ステムとなっている。また制御盤には複数メーカ  
ーの制御リレーでシステムインテグレーターが構  
築をし、KNX により制御されている（写真-7）。



写真-7 システム制御盤

## 2) サグラダ・ファミリア

スペイン・バルセロナを象徴するサグラダ・ファミリアにも KNX のテクノロジーが採用されている (写真-8、9)。筆者が学生時代にバックパッカーとして立ち寄ったことがある思い出の場所で、当時は着工から竣工まで約 300 年かかると聞いた時、自分が生きている間に完成した姿を見られないと残念に思ったのを覚えている。ところが今回訪れた際に、サグラダ・ファミリアの完成予定が 7 年後の 2026 年に大幅に短縮されたとうかがった。2026 年というのは、アントニオ・ガウディの没後 100 年にあたる記念の年である。早く完成を見込めるようになった理由としては、近年の IT 技術の進歩によって、模型を作って実験していた手順をデジタル上で検証できるようになり、加工も現地で組んだ足場の上から手作業で行っていた工事が、工場での製作に変わり、車で 1 時間ほど離れたヤードで組み立てられ、クレーンにより据え付けるプレファブ工法に変わったことが大きな要因としてあげられる。



写真-8 東側 生誕のファサード



写真-9 西面 受難のファサード

本題の KNX テクノロジーをベースとした制御に関して、サグラダ・ファミリアでは照明や熱源等の負荷の一つ一つをきめ細かく制御している。今現在、制御盤は 25 面設置されており、工事の進捗に合わせて制御盤を増設していく計画となっている。意匠性も考慮し石の中に用意されている配線用の溝内を使って、石の表面から見えないように配線を敷設している。照明制御に関しては DALI と KNX とを組み合わせ、コンサート等のイベントに合わせてシステムインテグレーターが調整を行っている (写真-10)。



写真-10 サグラダ・ファミリア内部

熱源もKNXで制御されている。1階フロアには床暖房が設置されており、祭壇下の地下のガスボイラーを制御し、急激に温度が上昇して大理石を割らないように、床に埋め込まれたセンサーにより温度制御をしている。メザニンは電気式床暖房が設置されており同様に制御されている（写真-11）。各種データは中央監視室のBEMSに集約され、設定はゾーン毎に制御盤及びBEMSにて変更が可能となっている。



写真-11 サグラダ・ファミリア内部 メザニン

## 8. おわりに

KNXはオープンプロトコルのグローバルスタンダード規格である。

KNXが普及した背景には、ヨーロッパ全体として、IoTを推進している事があり、ヨーロッパとして国民の考え方含め、AI・IoTの推進が基本的な考えのベースができています。

事業を展開する上で、顧客情報を集める事、地球温暖化への取組について、サービスが頭として事業の考えが徹底できています。日本でいうアフターサービスではなく、Human Centric（使用者目線）でのサービスである。人の習慣、行動を考え、人が使うリモコンの開発や、全て人が軸になっている。

また、データのプラットフォーム化を促進し、ビルディングオートメーションシステムが確立されており、オペレーション、簡単化、サービスとして回収まで考えた事業となっている。

日本国内では、企業毎に独自プロトコルがあり、独自の事業展開を進める傾向にある。デジタル化、総合持続性を長期的に考える事が必要であり、これからの課題である。

## 第7章

### Barcelona de Service

### Municipals (B:SM)

### AI・IoTを活用した都市

### インフラの効率的な管理

近藤 雄彦  
(株)三菱地所設計

#### 1. はじめに

バルセロナ市は、2000年からスマートシティプロジェクトを開始し、ICTやIoTを活用して公共サービスの効率化や都市課題の解決をはかっている。2014年には欧州委員会から最もイノベーションを推進する都市「iCapital」に選出され、先進的なスマートシティとして世界的に注目されている。今回は、バルセロナ市が100%出資する公営企業であり、市からの委託を受け公営サービスの運営を行っているサービス公社 Barcelona de Service Municipals(以下B:SM)を訪ねた。B:SMは多岐にわたる委託事業を行っているが、主なものは以下の通りである。

- ①市営駐車場の建設と管理
- ②路上駐車場の管理(AREA)
- ③公営シェアサイクル運営(Bicing)
- ④自動車レッカーサービス
- ⑤オリンピックスタジアム、パラオサンジョルディ競技場などの施設管理
- ⑥バルセロナミュージカルシアターの運営管理
- ⑦市営動物園や公園の管理

これらの事業のうち、今回はモビリティ全般に関わる管理運営面での取り組みや、IT・IoTの活用状況について話を伺う事が出来たので以下報告する。

#### 2. シェアサイクル(Bicing)

バルセロナ市では中心市街地に公共駐車場が少なく、交通渋滞および渋滞による大気汚染が深刻な問題となっている。そこで、自動車移動の一部を公共交通や自転車への代替を推進している。この政策の一環として、B:SMはバルセロナ市からの委託を受け、シェアサイクル「Bicing」を運営している(写真-1)。現在は電動自転車1,000台、普通自転車6,000台を運用しており、来年には電動用を2,000台まで増やす見込みである。電動自転車も普通自転車も、車体自体は同じフレームで製作しており、需要バランスに応じて、普通自転車にモーターやバッテリーを搭載して電動自転車に改造できるようにしている。フレームを共通化



することにより、専用駐輪スタンドは電動用と普通用の兼用としており、また市内のどこからでも貸出と返却が可能である（写真-2、3）。電動自転車が駐輪されると、バッテリー残量が一定値以下であれば自動で充電し、またバッテリー残量が非常に低い場合は貸し出しできないシステムとしている。現在年間では140～150万回の利用があり、登録数は113,000名以上となっている。利用においては、初期のシステムでは専用カードによって駐輪スタンドに設置された端末で運用していたが、その後スマートフォンアプリに変更し、変更後にはユーザー数が25%増加した。

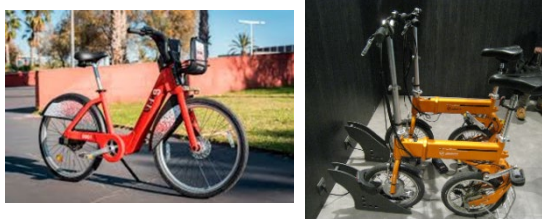


写真-1 シェアサイクル（右は折たたみタイプ）



写真-2 専用駐輪スタンド

1回の使用当たりの平均移動距離は、電動自転車が3.2km/回、普通自転車は2km/回程度となっているが、1回あたりの使用時間は電動自転車の方が短いので、電動用のメリットは大きい。また1台当たりの利用回転数は、電動用が6～8回/日：普通用が9～11回/日という状況である。

Bicingの目的は、都心部への自動車流入の低減や市民の健康増進であり、あくまでユーザーセントリックであるべきと考えている。Bicingを利用す

ることによって電動自転車を「お試し」することが出来、所有を促す効果もある。3年前市内自転車総数の40%をBicingが担っていたが、現在は32%に減少しており、個人所有の自転車が増加しているが、結果として自転車利用の総数は増えており、自動車利用から自転車利用への転換という点において大きく貢献している（バルセロナは盗難が多いことと、個人駐輪スペースが少ないことから、購入時は折りたたみ自転車が多い）。

シェアサイクルのビジネスモデルとしては、パリでは利用料は無料として、全面的に広告収入によって稼ぐモデルを実施した。しかし、利用が増加しても広告費が連動して増えないモデルであったため、利用の増加に対して運営費が増加せず、サービスの低下を招いた結果、運営が破綻した。そのため、Bicingにおいては利用者からの利用料徴収と、公的政策への貢献による経済価値をビジネスモデルとして重視している。

収益のポートフォリオは、市からの公的補助金が67%、ユーザーからの料金徴収33%となっているが、今後はスポンサーからの広告収入が全体の6～8%程度となるようなモデルにしていきたいと考えている。

管理面では、BICOという管理ソフトウェアを開発・運用しており、現在500か所超の駐輪場を遠隔管理している。個所数が多く、自転車の適正配置や故障車などの管理は容易ではない。これには過去の履歴データに基づいた予測管理をしており、例えば同じ曜日であれば、ほぼ同じ利用状況であることなどを割り出し、適正な台数配置などに役立てている。その作業においては、リアルタイム性を重視しており、1つの作業が終わると、その時の全体状況に応じて次の作業指令がタブレットを通じてくるというものであり、大きな一日の作業指示書に基づいて作業しているものと比べて、格段に効率の高いものとなっている。

Bicingは、スマホのアプリによる空車状況・予約・課金・おすすめルートを提供の他、利用に応じたポイント制を導入することによりゲーム的な楽しみ方も提供し、利用者満足度向上に寄与して

いる(図-1)。利用回数や走行距離だけではなく、例えば利用コースに上り坂が多ければ高いポイントが入手可能であるなど、節約できたCo2量や消費カロリー数に応じてポイントを加算できる。また出勤時間帯の利用時は、集中するエリアから離れた駐輪場に駐車することによりボーナスポイントを入手出来、市中心部への車両集中による駐輪スペース逼迫緩和に寄与出来る他、運用側の車両移動の作業数を減らすことも可能となっている。また入手したポイントは、アプリ内のバーチャルショップで利用することが出来る。このように、ポイントにつながるアプリのゲーム性を有効に使う事により、渋滞や大気汚染の緩和による環境面の課題、自転車利用による健康面の課題、管理運用サポート面への利用者参加を促すことが出来ている。ある試算では、Bicingの利用により、年間7名分の命に値する健康メリットが報告されており、健康・安心というテーマからBicingユーザーが増えていくことを期待している。なお、70%のユーザーがアプリを再更新しているが、ゲームを利用しているユーザーの場合は86%の更新率という高い結果が得られている。



写真-3 シェアサイクル移動用車両（電動）



図-1 Bicing用アプリ

また、バルセロナにおいては、自転車利用促進の大前提として自転車専用道を整備しており、整備なくしては市民の安全性を確保することができず、利用を促進することはできない。

Bicingの運用においては、膨大な利用データが蓄積されており、個人特定ができないように加工した上で運用改善に活用している。データはオープンアクセスにはしていないが、民間からの要望があれば、用途に応じてデータを加工し、提供している。

### 3. 路上駐車スペース管理 (AREA)

「AREA」とは、バルセロナ市「路上」駐車管理の名称であり、1983年からB:SMが管理運営を行っている。目的としては、交通渋滞の緩和や大気環境改善、駐車サービスの質向上である。バルセロナは市内の高低差が大きく、移動の容易性という観点から自動車の利用が多い。1983年当時は100台分の路上駐車スペースしか登録されていなかったものが、現在は約6万台分のスペースがあり、年間2500万人分の利用がある。過去には無秩序な駐車によって市中車両数が増え、交通事故が増大する他、環境に与える影響が大きくなっていったため、すべての路上駐車スペースを有料化した。スペイン国内でもマドリッドやバルセロナは環境問題が特に深刻であり、2005年から全て有料化し、且つ駐車スペース大幅に増やし対応してきた。現在は50万人のユーザーが登録しており、4.5万回/日の利用がある。

併せて、B:SMは段階的にデジタル化を進めており、今年からユーザー用アプリ(SMOU)の導入や新型のパーキングメータ、また違法駐車取り締まり用のナンバー読取り巡回車両(SCANCAR)の試験導入など、劇的に変革を遂げている過程にある(図-2)。パーキングチケットのデジタル利用(チケットレス)率は利用者全体の63%に達している。その意味ではバルセロナは路上駐車場管理におけるDX先進国であるといえる。



図-2 新型パーキングメータ（左）及びナンバー読み取り巡回車両（SCANCAR）（右）

路上駐車スペースは3つの用途に分類されている（写真-4）。

- ①「青色スペース」は市外から市内への利用者に割当てられたもので、約8,000台の駐車スペースがあり、6台/日の回転利用数となっている。
- ②「緑色スペース」は市内居住者専用の利用スペースであり、約42,000台分確保されている。
- ③「黄色スペース」は配達業者用のスペースであり8,500台分確保している。

この配達業者用駐車スペースの存在はバルセロナで特筆すべき点であり、短時間駐車による混雑や渋滞の緩和に大きな効果をあげている。またデータを集積することにより、配達業者用駐車スペースは概ね8時から10時までの利用がピークであり、全時間平均では50%程度の余剰駐車スペースが生まれていることなども分かってきた。今後はこれらのスペースを活用し、いかに路上駐車スペース全体の利用率を向上していくかが課題と認識している。なお、この配達業者用駐車スペースの運用や独自性が評価され、2015年にはEPA(EUROPEAN STANDARD PARKING AWARD)において、最優秀イノベーション賞を受賞した。



写真-4 路上駐車スペース（写真は青色エリア）

B:SM は路上駐車場の違法(未払い)駐車監視においても特色があり、一部を除き、常時市中にSCANCAR という専用車両を走らせ、路上駐車している車両のナンバーを1時間に約1,000~1,500台分というスピードで自動読み取りを行う試みを始めている。巡回監視ルートは130ルート有り、年間の巡回走行距離は30万キロ(地球7周分)に達している。SCANCAR は車道を普通に走行している間に、路上駐車スペースに駐車している車両のナンバー、及び駐車場所などの情報を読み取り、複数の巡回時に取得した駐車時間などと照合し、駐車可能時間を超過しているか、若しくは未払いかなどの一次判断をし、そのデータを中央指令センターにアップロードする。その後中央指令センターでは詳細な映像解析による二次判断を行い、違法性が断定できた場合に取締用バイクを現地に派遣し、違反切符を発行する、というダブルチェックを行っている。将来的には、パーキングメータ本体や取り締まり用バイクも無くし、8~11台のSCANCAR のみの運用まで路上駐車管理を省力化することが目標である。

また現状で一部残っている紙チケットは全てチケットレスに、そして人とカメラによるナンバー読み取りも、全て監視カメラによる自動読み取りとし、フルデジタル化と自動化による管理を目標としている。

現状、過去の運用から得られたデータが膨大に存在するが、これらを如何に有効活用していくかが今後の課題であり、その点においてはまだ途上にあると感じている。

#### 4. 駐車場統合管理システム(Mobility Service Center : CSM)、及び集中管理センター(Operations Support Center:CSO)

B:SM は市内に存在するあらゆるモビリティ(普通/電動自動車、配送車両、バイク、自転車、他)の利用者向けに、約15,000台分の駐車場を集中管理し、市内移動に関する様々なサービスを提供している。例としては、

- ・市内居住者用や市外からの利用者用、利用可

能車両サイズ、利用期間などを考慮した一体管理

- ・自動車や自転車のシェアリングや、配送車両向けのスペース管理
- ・交通量の抑制対策として、パークアンドライドなどによる都市部への車両流入抑制

等である。このような統合型のシステムを利用することにより、例えば3日間の「駐車通し券」を購入すると、市内のどのエリアでも3日間利用できるなどの運用ができる。現在の駐車場統合サービスの利用者は、年間500万人、車両数は200万台に達している。

これらの各種サービスを利用する統合アプリとして「SMOU」を開発し運用している(図-3)。このアプリは、前述の路上駐車スペースや、Bicingの利用、また電動自動車用充電ポイント(写真-5)の検索といった事が可能であり、これらを連携して、市内の移動において目的地までどの交通手段を利用すればベストであるかなどといった情報も得ることが出来る。また、路上駐車スペースでは前出の巡回車両ナンバー管理と連携することにより、パーキングメータの利用も不要で、駐車場においてはキャッシュレス・チケットレスで細やかな駐車時間課金に応じた利用ができる。



図-3 CSM用統合アプリ (SMOU)



写真-5 電動自動車用充電器

各駐車場自体は、集中管理センター (CSO) (写真-6) にて一括管理しており、各駐車場から得られた運用データを分析し、各々の特性に応じた管理スタッフの配置(管理者常駐、非常駐など)を行っている。非常駐管理の駐車場はCSOにて遠隔対応しているが、どうしても現地対応が必要な場合は、近くの駐車場の常駐スタッフへの遠隔指示により出動を要請している。原則としては、ITを利用した自動化・無人化を目指していくものの、それが出来ない場合には直接人間が介入していくということが、ユーザーフレンドリーであると考えている。また、駐車場ごとにどのような用途特性があるのか(居住者用、通勤用、レジャー用など)についての分析を行い、月極契約車両台数を確保しつつ、どれくらいの空車数を確保するかといった予測管理を行い、市内駐車場活用の効率的なアプリにつなげている。

これからは都市モビリティが変化し、それに合わせた様々な駐車場を中心としたサービスが変化してくと考えており、駐車場自体が進化していく必要があると感じている。5Gなど通信環境の快適性向上や、自動運転自動車、コネクテッドカー、さらには新型エネルギー自動車など全ての次世代モビリティ対応として、どのようなサービスができるのかを模索している。駐車場の使い方そのものも変わるべきであり、防犯ステーションといった街の中核として機能する考え方もあり、将来的に市内の駐車場は、全てのモビリティと市民に対するサービスステーションであるべきと考えている。アプリについても Bicing は廃して、SMOU のみに統合し、あらゆる公共サービスについて統合していきたいと考えている。



写真-6 集中管理センター (CSO)

50 年後の駐車場統合管理システムがどのように発展していくかが課題でもあり挑戦でもある。B:SM のこれからの取組としては、ユーザー満足度の改善として IT 環境をさらに深化させ、市民向けの社会的ネットワークの中心でありつづけることであるととらえている。

## 5. 今回の視察を通して

モビリティを取巻く技術的な点において日本が遅れているわけではなく、一つ一つの取り組み自体に特筆する技術的先進性があるわけではない。しかし、都市が抱える大きな課題に対して目標を据え、市内統合交通管理という手法を街全体で取り組み、多種多様なアイデアを試用しながら、なにより実務運用で膨大なデータの蓄積が得られている点において先進的であると言える。公共サービス故、性別や年齢に関係なく、また市内居住者のみならず、街への来訪者や就業者に対してもアプリを通じて共通の利便性が得られ、また利用者だけでなく管理者も AI・IoT によって効率的な運用を享受できているという点においても、価値ある IT 化の事例として興味深い。また交通管理のシステムやアプリの開発を通じてスタートアップ企業の育成にも寄与しており、歴史的な都市でありながら、社会的な若いエネルギーも感じた。さらに警察と協働して、犯罪抑止といった副次的な成果も上げているとのことであった。

バルセロナにおいては、交通量過多による深刻な課題解決のために必要に迫られ発展していったものと思われるが、日本でも都市型モビリティへの取り組みはスマートシティ開発を通じて官民共同で進んでおり、AI・IoT 分野の技術先進国として、これからの展開に注視していきたい。

## 6. おわりに

今回の視察を企画頂いた協会関係者の方々、また視察を導き訪問先の調整などに尽力頂いた団長をはじめとした幹事の皆様、そして 10 日間の工程を共にして頂いた視察団の皆様に心より感謝いたします。

# 第8章 Everis社 AI・IoTを活用した最新 ソリューション

杉浦 聡  
ダイダシ(株)

## 1. はじめに

10月30日バルセロナ市の Everis 社を訪問。Everis 社の概要、デモ見学、最新 IT トレンドについて紹介を受けた。さらに AI 及び IoT についての取り組み事例について報告する。

## 2. Everis 社の概要

Everis 社は NTT データグループの IT 企業で世界 18 か国に拠点を持ち、主にスペインや中南米において大手の銀行、保険会社、テレコム企業を主要顧客としている。従業員数約 24,500 人、売上約 1,800 億円の規模である。事業内容は、コンサルティング、アプリケーション開発、システムインテグレーション、アウトソーシングを中心とした総合 IT サービスである。Everis 社の買収により、NTT データグループの市場シェアは中南米へも広がっている (図-1)。

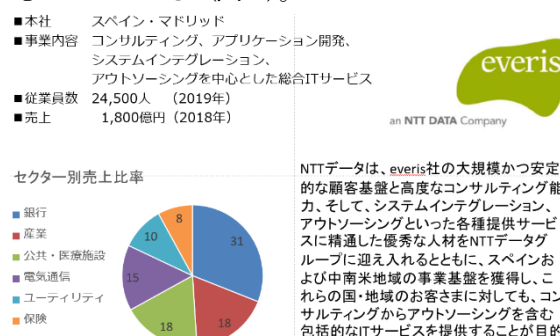


図-1 Everis 社の概要

## 3. リビングラボでのデモ

オープンイノベーションのためのスペースであるリビングラボは、調査及びアイデア創出、ショールーム及びイベント開催、ソリューション開発、トレーニングの4つのスペースで構成されている (図-2)。



図-2 リビングラボ

展示スペースにて紹介されたソリューション事例を紹介する

### 1) AI 活用型預入手荷物検査システム

AI を用いた物体認識により、申請書の内容との合致を自動分析している。危険物や申請範囲を超えた高額物品の持ち込みを自動検出し空港手荷物検査の簡略化を図るべく、某国税関にて実証実験を実施した (図-3)。さらに、申請書の不備や虚偽の可能性のある箇所の検出など、複数の AI の組み合わせによる作業効率化も模索している。



図-3 預入手荷物検査における自動検出

### 2) スマート店舗

小売店舗の無人化をヨーロッパの駅売店で実証実験している (図-4)。カメラからの画像認識、重量・圧量センサーにより、商品を取ったのか戻したのか、在庫有無等を判断する。アプリケーションの使用により、精算も自動引き落としで行われる。

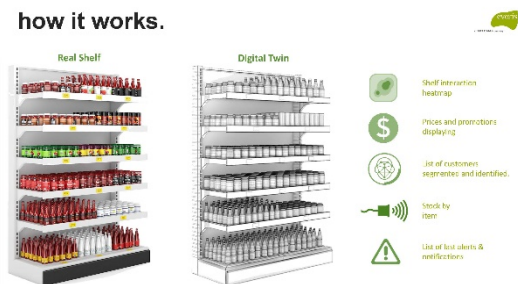


図-4 スマート店舗 (無人化)

### 3) スマート ICU

医者や看護師が従来手書きで行っていた ICU (集中治療室) でのバイタルデータ収集をリアルタイムにデータ化、予測モデルによって数時

間後の合併症発生リスクを予測し、悪化を未然に防ぐ医療処置を目指している (図-5)。南スペインの病院で実証実験中である。

なお、このように大規模なデータを分析する手法は、建物の予防保全にも適応できる可能性がある。ただし、様々なデータの傾向が固有のものであるか、一般的な傾向であるかの見極めが必要である。

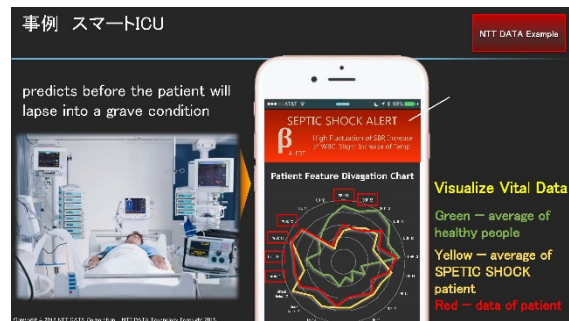


図-5 スマート ICU

### 4) 画像認証システム

画像認証を用いた、年齢や喜怒哀楽などの感情を判断するシステムである。グーグル、アマゾン、マイクロソフトなど、各社解析ロジックが異なるため、結果にも違いがある。Everis 社では各社のソリューションを比較し、より優れたソリューションの調査等も行っている。

言語解析についても、単語変換から文脈変換へと進化してきており、チャットボットとの会話においても実用化されている。

### 5) スマートゴミ収集 (図-6)

ゴミ収集のデータ活用の事例である。市内のゴミコンテナ (スペイン国内では、路上のコンテナにごみ出しをするのが一般的である。ゴミ捨ての曜日や時間帯などの制限がなく、毎日深夜に回収トラックが巡回する) に合計 1,500 個のセンサーを設置し、ごみの容量を把握、集計データをもとに、収集ルート、収集時間の最適化を行っている。これにより、ゴミ収集車全体の 30%が削減できた。

そのほか、廃棄物管理の改善により大幅なコスト削減を実現し、削減分の一部を継続的改善の

ための費用にあてるといふビジネスモデルを、コンサルティングサービスを通して導入している。



図-6 スマートごみ収集

#### 6) スマート環境アセスメント

空気質調査において、電気自動車やドローンにセンサーを取り付けて、リアルタイム観測地点、大気状態をモニタリングする。AR ゴーグルを使い、処理されたデータを利用した空気汚染の見える化体験も可能である。環境汚染の予測技術向上にも貢献できる（写真-1、図-7）。

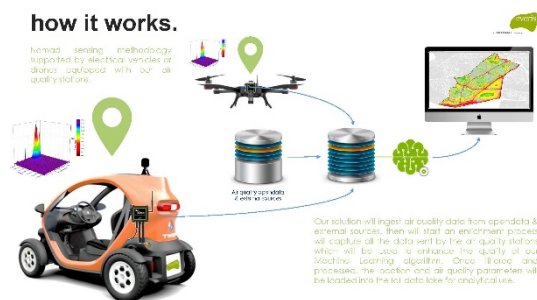


図-7 スマート環境アセスメント



写真-1 AR ゴーグルによる見える化

#### 4. AI 技術トレンド (NTT DATA Technology Foresight 2019)

NTT データでは、今後3年から10年の間に社会やビジネスに大きなインパクトをもたらす先進技術や社会動向を継続的に調査し、調査結果から導き出したテクノロジーがもたらす将来変化を予測したトレンド情報を NTT DATA Technology Foresight として毎年発表しており、AI を技術トレンドの1つとして取り上げている。

AI という言葉が出てきてから30年たっているが、現在は第3世代と呼ばれている。大量のデータから自動学習する「ディープラーニング」という人の脳を模倣した手法が今回のブームの引き金となっており、特に画像認識の精度向上が顕著である。

画像データの学習には、簡単な物体認識にも数万件の学習データが必要であり、また学習モデルの設計にも高いスキルが必要であった。しかし昨今は、高品質なモデルを自動生成できる AutoML や、少量データで高精度を実現する転移学習の出現により、労力・開発時間の大幅な削減が可能となってきている。ただし、導入後に判明する課題への対応等、性能を維持するためのメンテナンスは必要であり、everis 社、NTT データではメンテナンスを自動化するソリューションも開発中である。

それ以外にも、AI の判断結果に対する確信度に基づき、苦手とするケースを自動的に特定し、重点的に学習可能となるアクティブラーニングと呼ばれる技術や、学習方法を学習するメタ学習という方法も期待されている。例えば、缶ビールがあったとき、人間はビールという飲み物が缶に入っているもの、冷やすと美味しいといったことまで含めて缶ビールと認識しているが、AI は缶ビールという名前の物体としか認識していない。冷やすと美味しいことを覚えさせることは可能であるが、現実世界のすべての知識を明示的に与えることは非現実的である。この差を解決するために、ロボット型 AI が環境内を動き回り、実際に見たり聞いたり触ったりすることで、物事を学んでいく身体性 AI と呼ばれるアプローチが注目されている。



AI は既に融資審査や採用選考、再犯罪予測等に導入されているが、AI の判断根拠を説明可能にするための技術開発が活発化している。人間と AI が共存する世界では、技術だけでは解決できない問題に対する倫理的な設計も必要となる。例えば、近い将来、完全自動運転車が登場し、ブレーキの故障によって歩行者か乗客のどちらかの命が危険にさらされるような場合、AI が出した結果によりどちらかの命が失われたら、どのような判断根拠が説明される必要があるだろうか。Moral Machine と呼ばれるプロジェクトでは、自動運転車をテーマに AI による道徳的意思決定についての意見の収集、可視化を行っている。優先すべきは歩行者か、乗客か、あるいは助かる人数か、年齢かなど、考え方は国や文化によって異なるため、自動運転車は輸出される国ごとに異なる判断を行うことが必要になるかもしれない。

また、Deepfake などの合成データが問題となっており、真偽確認がより重要になっているが、虚偽データ作成側と虚偽データを検出する側の技術開発はイタチごっこの状況である。ただ、合成データは大量の学習データ作成に貢献できることも確かであり、自動運転車の AI 学習において、吹雪や濃霧など、自然現象のシーン作成に利用されている。

AR や VR 技術を利用した 3D 画像も進歩している。数台のカメラによりサッカーなどの競技や映画でさえもあらゆる角度から視聴可能となるであろう。

## 5. AI CoE の概要および先進技術への取り組み

AI CoE (Centre of Excellence) は、デジタル変革においてクライアントの重要なグローバル戦略パートナーとなるための NTT データの組織であり、everis 社のリビングラボを拠点としている。

CoE は、NTT グループの AI 技術開発やビジネスサポートのため、グループ全体のアセットの把握、教育機関やアナリストなど外部とのコミュニティー構築、人材育成など、様々な活動を行っている。そのなかのひとつ、AI オブザバトリーでは、最新

の AI 技術の評価、各ビジネス分野でのユースケース検証、概念実証、ベストプラクティス紹介、企業における AI 利用アドバイス、継続的な技術・ビジネストレンドのモニタリングなどのサービスを提供する。これらの 80% は、CoE の戦略プランに基づいて行われるが、20% はクライアントやビジネスチームからの要請に応える形で提供される。

また先進技術への取り組みとして、イノベーション・アクセラレーションという施策をグローバルで実施している。イノベーションを起こすための新しいトレンドなど様々な調査を行い、戦略的な注力領域を定めた後、大規模な投資を行う前に、本当に利益が得られるかを確かめるために顧客とアイデアの概念実証 (PoC) を実施している。例えば、AI を利用したアンチマネーロンダリング検知における説明可能性の検証や、IoT を活用した水産養殖業における水質管理プロジェクト等、毎年 40 件以上の PoC を世界各国で実施している。

以下、国内外の NTT グループにおけるいくつかのプロジェクト事例を紹介する。

### ・ 在不在マネジメント

建物内部の人の位置を継続的にリアルタイムで解析し、空間利用の最適化を行う。特定スペース (打ち合わせコーナーや図書室など) の込み具合などを把握し、効率的な空間利用を目指す (図-8)。

#### how it works.

everis IoT has designed and developed a sensor for monitoring workstation occupancy. Sensors send their status (free or occupied) to Gateways.

The system establishes if a Workstation is free or occupied in the dashboard. The areas can generate custom reports.



図-8 在不在マネジメント

### ・ ドライバーの居眠り防止

長距離トラックの運転手の居眠りによる交通事故防止のために、ドライバーの脳波より眠気を

検知する (図-9)。

**Saving people's lives**  
Preventing truck driver's drowsiness



**Challenge**

Drowsiness is a major cause of accidents for professional drivers

An accident implies potentially huge human and material damages

**Impact**

Warnings based on the driver's brain waves, detecting sleepiness

Having insights about truckers behavior using the platform data

**Approach**

LSTM neural network

Dynamical systems for time series

NeuroSky devices

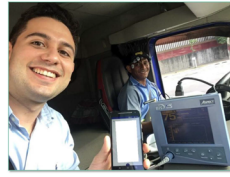


図-9 ドライバーの居眠り防止

- ・スマート翻訳・会議

世界的なファッションブランド用に開発されたサービスで、異なる言語での会議をリアルタイムに翻訳し、会議後自動翻訳された各国の言語での議事録をメール配信まで一括して自動で行うサービスである (図-10)。

**AI Platform for a major Fashion Brand (1/3)**



Web application accessible to internal users, and contains C-level interviews with transcription and translation



An iOS application specifically for this client that transcribes meetings in real time in order to run meeting effectively.



Automatically translate the technical data sheets of the metal accessories and use a translation model, specialized for the client.

図-10 スマート翻訳・会議

- ・エネルギー管理

設備の運転実績と気象予報から需要負荷を予測し、エネルギー単価や機器のコンディション状態から最適運転を支援する (図-11)。

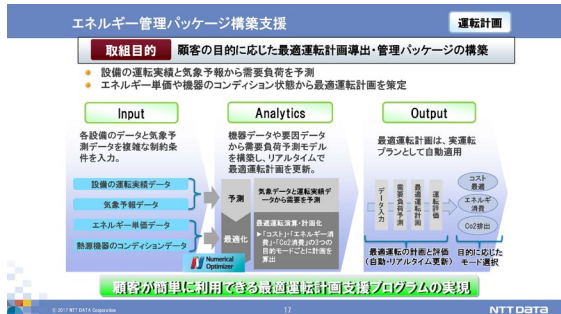


図-11 エネルギー管理

- ・熱源プラント管理

熱源プラントの設備データに気象・外気の要因

を取り入れた精度の高い負荷予測により、「エネルギー需要充足」「エネルギーコスト最小化」「CO2 排出量最小化」などの最適化計画を支援する (図-12)。

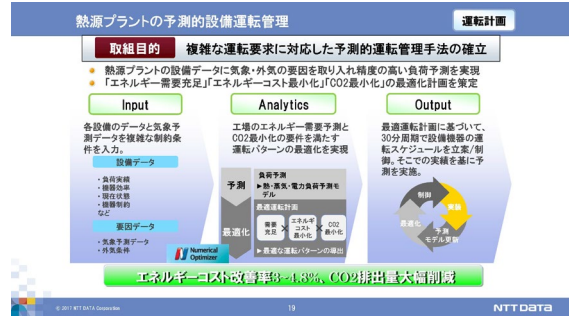


図-12 熱源プラント管理

- ・制震ダンパー制御

地震時の建物の揺れをリアルタイムに検知し、シミュレーションを行いながらアクティブダンパーを制御して減震する (図-13)。

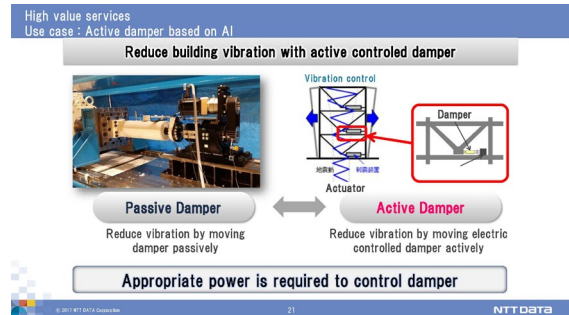


図-13 制震ダンパー制御

6. IoT を活用した事例

Everis 社は 68 万種類の IoT デバイスと接続可能であり、16 か国 40 以上の技術パートナーと連携して顧客にサービスを提供している。目的や戦略を立て、新製品開発や実証実験を行いながら、最適なソリューションにつなげていく。

ソリューションの事例を以下に示す。

- ・スマートパーキング

地上に埋められたセンサーデバイスにより、駐車場の利用状況をリアルタイムで把握し、駐車場利用者に空き状況等を発信するほか、管理側の監視にも利用する (図-14)。



図-14 スマートパーキング

- ・スマートメーター  
一般家庭も含め、上水道の利用状況をスマートメーターにより遠隔監視を行い、検針作業を軽減する(図-15)。

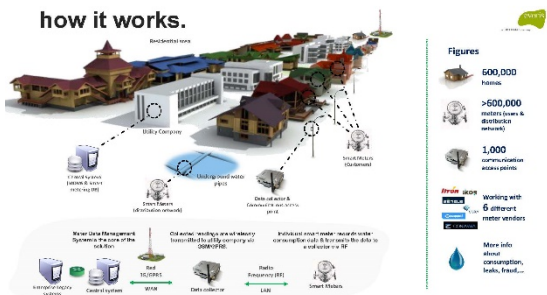


図-15 スマートメーター

- ・オイルレベルモニタリング  
タンクローリーによる石油等の液体資源運搬管理のため、オイルの品質、出入量、トラック位置等を、リアルタイムでモニタリングし、不正抜き取りの監視を行う。このソリューションの利用により、一年未満で導入費用は回収された(図-16)。

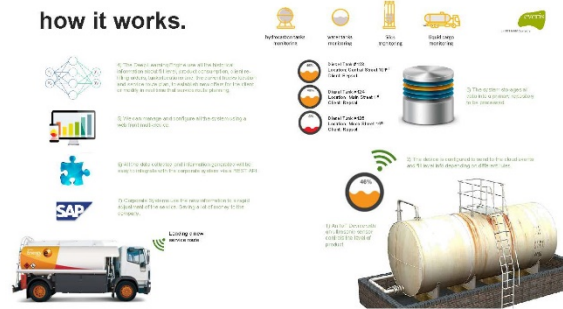


図-16 オイルレベルモニタリング

- ・コンテナトラッキング  
コンテナの位置をトラッキングするサービスである。移動時にのみ位置情報を発信するため、バッテリー消費量が抑えられ、長時間の作動が可能である(図-17)。

能である(図-17)。



図-17 コンテナトラッキング

- ・減水警報遠隔管理  
水資源のネットワークに設置されたデバイスにより、リアルタイムで水質管理を行う。太陽光発電のため、設置が容易である(図-18)。

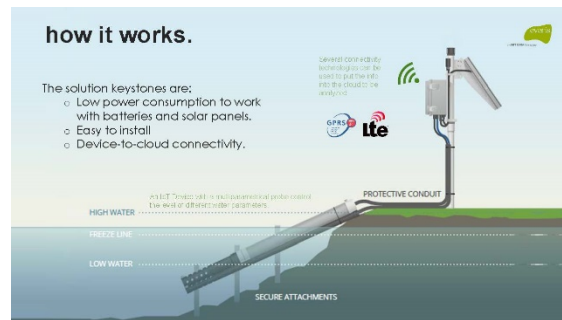


図-18 減水警報遠隔管理

## 7. セキュリティーでの活用

セキュリティに関するソリューションでは、顔認証技術が紹介された。その中でも Herta Security は、処理速度や解析精度において抜きん出ている。眼鏡、かつら、髭などの変化にも高い精度で対応しており、銀行、イベント会場、空港の自動搭乗手続きなどで利用されている(図-19~21)。

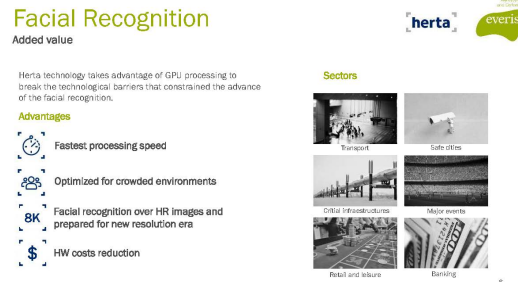


図-19 顔認証の利用場所

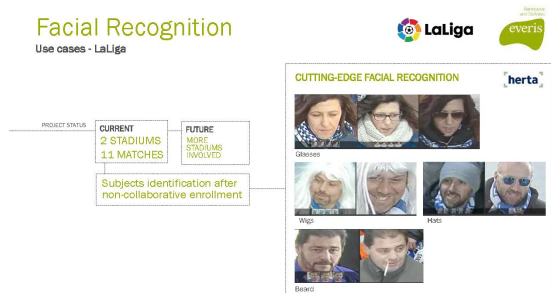


図-20 顔認証の最新解析精度



図-21 自動搭乗手続き

## 8. おわりに

Everis社は、コンサルティングや行動分析などのソフト側からスマートビルにアプローチをしている。紹介された事例は実証実験の段階のものも多いが、今後、実運用されるケースは多岐にわたり広がっていくと思われる。日本国内においても有用なサービス、技術として参考になれば幸いである。

# 第9章

## ALEXANDRA INSTITUTTET

### デジタル先進国の スタートアップ集団

中野 隆司  
須賀工業(株)

#### 1. はじめに

「ALEXANDRA INSTITUTTET(以下、アレクサンドラ研究所)」は、デンマーク国内に7つ存在するGTS(Governmentally approved Technological Service institute=政府から「革新的な技術により経済成長を支える」として承認を受けた組織)の1つで、デンマークの国内企業(特に中小企業)が、最先端のAI・IoT技術を利用することを支援するため組織された研究所である。

コンピュータサイエンスから人類学まで、様々な分野の専門家が約120名所属し、その研究・開発による売上高は、試験的なものから特定企業との商業化プロジェクトまで合わせ、年間約6,900万デンマーククローネ(9,300万ユーロ、日本円にして約112億円)に上っており、デジタル先進国のスタートアップ集団として貢献している。

今回の視察では、研究所副代表のSACHA(サチャ) MENDES氏から、アレクサンドラ研究所の成り立ち及びこれまで取り組んできたAI研究・実績の概要について、また、研究員のNiklas(ニクラス) Kasenburg氏から「Explainable(説明可能な)AI」について、AIに関する2つのプレゼンテーションを聴講しましたので報告する。

#### 2. 「デンマーク(Denmark)」について

視察内容を報告するにあたり、まずは「デンマークとはどういう国か」、また「デンマークにおけるAI・IoTの現状」について少し紹介します。

デンマーク国家の特徴としては、表-1にあげられるように、日本と比べて国土面積は狭く、人口も少ないといった点があげられる(表-1)。

表-1 デンマーク国家の特徴<sup>1),2)</sup>

	特徴	備考
面積	約430万km <sup>2</sup>	(本土のみ)九州とほぼ同じ広さ
人口	約580万人	東京都の半分以下
気候	温和	夏は北海道、冬は岩手と同等の気候 ※日照時間の長短差は大きい
首都	コペンハーゲン	「商人の港」の意。現在は酪農国家
通貨	デンマーククローネ	キャッシュレス社会。 現金払いのNGのケースも多い
特徴	社会福祉国家	表.2 参照

また、デンマークは、「社会福祉国家」として世界的に有名でもある。(表-2)

表-2 「社会福祉国家」としてのデンマーク<sup>1),2)</sup>

税金・保険	
税金	所得税として <b>50%</b> 、消費税として <b>25%</b>
医療費 学費	すべて <b>無料</b>
社会保障	<b>無料</b> 。高度医療、高齢者年金もすべて税金から支給
社会	
一人当たり GDP	世界 <b>10位</b> 。日本( <b>26位</b> )の約1.5倍
出生率	2013年で <b>約1.9</b> 。(1980年代に1.4まで下降以降、女性の社会進出を支える制度を整備)
女性の 就業率	<b>80%</b> 程度。※国会議員も40%が女性議員
選挙の 投票率	国会議員選挙平均 <b>90%</b> 、 地方議員選挙でも <b>75%</b> 以上 民主主義の意識が高い
労働	
労働時間	週37時間週休2日。 OECD38カ国中 <b>2番目に少ない</b>
休暇	年6週間
国家と国民	
幸福度	<b>1位</b> (幸福度ランキング2008年度) ※「あなたは幸せですか?」の質問に「幸せです」と回答した人の数 日本は <b>43位</b>
	<b>1位</b> (幸福度マップ調査2006年度) ※国民の幸福感に影響を与える社会制度を点数にて評価した結果 日本は <b>90位</b>

表-2 に示す特徴については、「国が高福祉を重点政策に掲げ、国民もその政策に同意して高い税金を納めている国」とも、「福祉サービスは充実しているが、その分国民から高い税金を徴収している国」とも表現できます。日本ではどちらかという後者を思い描く人が多い一方で、ヨーロッパでは前者のイメージが一般的だといわれている。<sup>3)</sup>

とにかく、税金は非常に高いですが、それを元とする国家予算の75%が教育・医療・福祉・年金に使われるなど社会制度が充実しており、「人々が死ぬまで生活しやすい社会」で国民一人一人が豊かに暮らしているからこそ、国民の「幸福度」が世界1位となっているのはまぎれもない事実であり、これからの日本が着目すべき点かもしれない。

## 2-1 デンマークを取り巻く AI・IoT トピックス

さて、話を「AI・IoT 技術の視察」という観点へと戻していきます。デンマーク国家が重要視する「社会福祉制度」、これを無理なく成立させるためには、無駄を省いた社会システムが必要である。

デンマークでは、「AI・IoT 技術」が世界的に新時代の先進技術として位置づけられる以前から、

採択されてきた関連技術が多数ある。(表-3)

表-3 デンマークの AI・IoT トピックス

電子政府化	国連世界電子政府ランキング1位(2018年)
マイナンバー制	1968年導入から50年の実績
バイオデータベース	出生時の体重から処方歴までデータベース化
ペーパーレス化	官公庁の住民宛郵便物を全てメールに紙の郵便配達は週一回。コスト高
キャッシュレス化	現金受け取りを拒否できる法律が成立 造幣の国外委託

社会福祉国家づくりのため、制度の効率化・コストダウン・デジタル化で価値を創造する姿勢が強く、行政が中心となり企業・研究者・市民と協力して開発することで、価値を創造することにすでに成功しているといえる。

一方、日本ではこういった技術は民間営利目的の技術開発任せの部分があるためか、なかなか浸透しない社会状況が生まれていると思われる。(日本国内のキャッシュレス決済競争(多数アプリの乱立)などを見ても実感することができる。)

今回の視察先である「アレクサンドラ研究所」は、こういった、デジタル技術、AI・IoT 化を国全体で進める一助を担う非営利組織の一つで、特に AI に関する研究を行っています。以下、プレゼンテーションの要旨を報告する。

## 3. プレゼンテーション① 要旨報告

### 「アレクサンドラ研究所と AI 研究について」

(BY. SACHA MENDES da Silva / 副代表)

#### 3-1 アレクサンドラ研究所の起源

アレクサンドラ研究所は、今から30年前の1999年、データサイエンスを専門とする3人の教授が Aarhus 大学に作った研究組織からスタートした。

「データサイエンスをビジネスへ取り込む」ことを目的とし、その活動は発足当初から非営利を基本としている。

政府から「革新的な技術により経済成長を支える団体」として、2006年に承認を受けて以降、今日では、データサイエンティストをはじめ、暗号理論技術、各種工学、画像処理技術、人類学、マーケティング術、経済学など、さまざまな分野の専門家が約120名所属し、IT 科学をビジネスへ結

びつける様々な取り組み・研究を行っている。

活動資金はDanish Industry Foundationなどの各種財団基金を基本とし、各プロジェクト予算から調達することもある。

### 3-2 アレクサンドラ研究所の活動理念

アレクサンドラ研究所に所属する研究者の具体的な専門分野としては、モバイル端末ソリューション技術、利用者ニーズに則した開発のノウハウ、経営戦略、コンピュータグラフィックやシミュレーションのビジュアライズ、IoT(モノのインターネット化)、位置情報技術、情報セキュリティ技術、人工知能(AI)、などがあげられる。

これらの多岐にわたる研究者が会することで、

- DIGITAL EXPERIENCE DESIGN  
デジタル技術による新体験のデザイン
- DIGITAL LEARNING AND TRAINING  
デジタル技術を活用した教育
- INTELLIGENT ENERGY AND SUSTAINABILITY  
スマートなエネルギー活用による持続可能社会の実現
- SMART LOGISTICS / 効率のよい交通基盤
- INTERACTIVE URBAN SPACES  
インタラクティブな都市空間の実現
- DATA-DRIVEN BUSINESS DEVELOPMENT  
データに則したビジネス開発
- NEW WAYS OF WORKING / 新時代の働き方
- SMART CITY / スマートシティ開発
- SMART PRODUCT AND PRODUCTION

スマート商品、(モノの)スマートな製造技術

• HEALTH AND WELFARE / 我々の健康と社会福祉などのテーマに挑戦し「人々がその存在に気づく前に、先回りした未来を形作ること」に狙いを定め貢献すること、また、「科学理論」、「技術革新」、そして「経済成長」の3つの独立した分野を融合することを志して活動している。

### 3-3 AI 技術の現状と未来

「科学理論」、「技術革新」、「経済成長」の融合について、「デスバレーチャート(図-1)」に提示されるように、研究開発から事業化までの障壁は大きく、研究を研究だけで終わらせないための知恵

が重要となる。

### ”Between science and business”

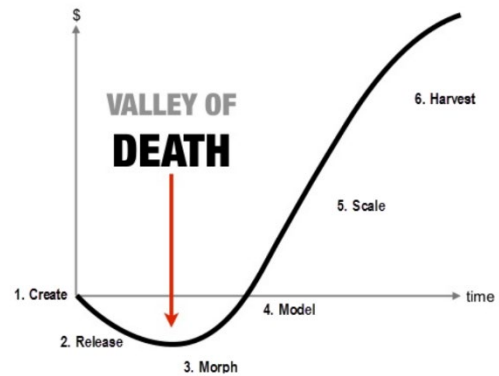


図-1 デスバレーチャート

また、「AI に関するガートナーのハイプサイクル 2019(図-2)」に発表されたように、AI 技術の現状としては、5年~10年先に実用化されるとみられる要素技術が多い。

### Gartner Hype Cycle for Artificial Intelligence, 2019



図-2 ガートナー社のハイプ・サイクル

※ハイプサイクル・・・ガートナー社(IT分野を中心とする世界的マーケティング会社)がAIテクノロジーのトレンドを示すために考案した図で、ある一つのテクノロジーについて、登場後の動きを[黎明期]→[過度な期待のピーク期]→[幻滅期]→[啓蒙活動期]→[生産性の安定期]へとつながる様子を視覚化している。

これら AI をとりまく現状の中で、我々は高度な競争優位性をもたらす可能性が高い一連のテクノロジーに注目し、例えば「Digital Ethics(デジタル倫理)」や、「Neural Network(ニューラルネットワーク)」などのAI技術を研究している。

### 3-4 SDGs と Human Centric AI

これからの AI 技術活用に関するキーワードのひとつに「SDGs」があげられる(図-3)。国連の定めた 17 の「持続可能な社会への目標」に対し、我々の AI 技術がどのように貢献できるか、「非営利組織における研究活動」としては、そこにも重点を置きながら活動している。



図-3 SDGs のシンボル

また、デンマークの AI 開発における根幹にはデンマーク独自の自己意識・仲間意識からくる“Human Centric AI”という概念があり、アジアとは異なる、独自の文化的背景でとらえている部分がある。ペイン・アンド・カンパニー社が発表した「マスピラミッド(“Value Pyramid”)(図-4)」に示される各価値の組み合わせ方、その発想が、われわれと皆さんでは異なると思われる。

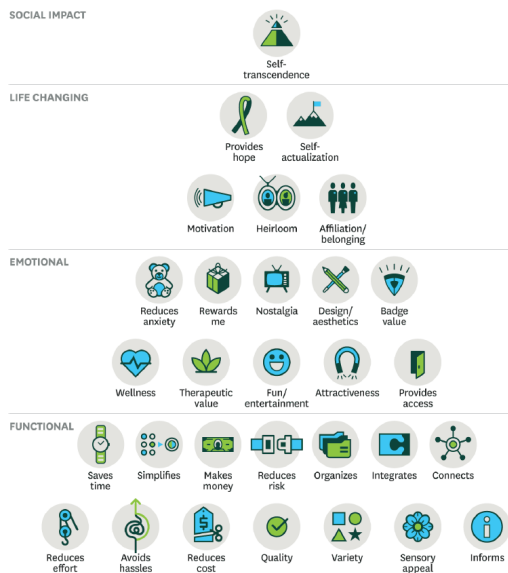


図-4 マスピラミッド(“Value Pyramid”)

※Value Pyramid・・・ペイン・アンド・カンパニー社が「マズローの欲求段階説」を拡張し模式化したもので、様々な製品・サービスをこのピラミッド内の価値の組み合わせで示すことで新しい商品・アイデアを提供する際のヒントや価値提供や価値創造に利用できるフレームワーク

### 3-5 Human Centric AI の研究開発事例紹介

#### ①学習障害のサポートプログラム

デンマークでは文字を読めない人が 20%くらいいるが、その人たちに対する学習プロセスとして、携帯電話の発声がテキストになりそれが文字として視認できる発音モジュールシステムを開発することでサポートした。

#### ②「どもり」改善の技術提供プログラム

いわゆる「どもり(流暢に話せない)」の人には脳のある部分に障害のあることが半明しており、それを直す・改善するためのプログラムとしてデンマークだけでなく世界的に使えるプログラムを開発し、テストした人の 81%がどもりを改善することができた。

#### ③小・中学生の落第防止プログラム

ある自治体では、小・中学校を 95%の人が無事卒業することを目標としており、ドロップアウトする人の割合をなるべく減らすべく、その予備軍を見つけるために AI を使っている。

個人の成績・出欠日数・両親の社会的クラス・居住エリアの人口構成・家系の文化的背景・家族の犯罪歴などから、社会的な落第リスク環境下にある個人を見つけその予防支援をしている。

### 3-6 まとめ

著者は、AI 及びその研究が「1968 年頃の学生運動」や「インターネット」が社会を変化させた以上に、より急激に社会を変化させると考えている。

## 4. プレゼンテーション② 要旨報告

### 「Explainable(説明可能な AI)」について

#### 4-1 Explainable AI とは

「Explainable AI(以下、『XAI』とも記載する。)」は、Comprehensible AI、Understandable AI、Transparent AI などとも表現される概念で、デンマーク国内でもこの 2 年ほど注目を集めだした新しいキーワードである。

その背景には、デンマーク国内における「AI への不信感」つまり、AI 判断のブラックボックス部分に対して「この AI は大丈夫か」の倫理的説明を求める声があがったことがあげられ、その広がり



の様子は Google 検索 のトレンドにて 2016 年から急速に増加していることからもうかがえる。

XAI の AI 研究分野における位置付けとして、これまでの AI は、いわゆる「Accurate AI」その正確性を深化させるためのディープニューラルネットワークや、ブースティングメソッド(教師あり学習を実行するための機械学習アルゴリズム)などの技術要素を深めることに重点がおかれていた。これに対して XAI は、人と機械の相互関係・相互作用をよりよくするための技術であり、これまでとは方向性の異なる「第三の波」として位置づけられている。

#### 4-2 XAI の定義と構成要素

XAI について定義を説明する。(図-5)

そもそも、Explain【動詞】には、①知らせる②平易にする③その理由を与える④進歩・関係性の論理を示す、などの意味がある。

例えば、「ミーアキャット(写真)をみればミーアキャットと判断できる」AI について、その判断基準のブラックボックス部分を人間に説明する場合、「論理的にどうなっているか全てのモデルを説明する」(図-5 中で Global として示しているルート)手法が XAI の基本的概念となる。

しかし、人間は AI の判断論理「すべて」を説明されても興味がなく、そのほとんどを「関係ない」と判断してしまうため、「人間にとってどう分かりやすく、理解しやすくするか」が重要である。

そこで、「ミーアキャットと判断できる要素抽出部分・注目部分(図-5 中で Local として示して

いるルート、今回の例でいえば、画像解析により顔の輪郭部分の斑点で示した形状・配置を判断根拠としている)」という、人間にとって関心のあるところだけを説明する AI、「人間に対して適切な自己説明をする AI」、これが我々の研究対象としている XAI の正しい定義となる。

XAI は「機械学習」だけでは成り立たない。①データサイエンス技術(「説明」を抽出する機能)②ヒューマンコンピュータインタラクション(コンピュータと人間のインターフェース、XAI のアウトプットを「人間への説明」として決定する機能)③社会科学的な判断機能(「人間の意思決定」に有効な説明を判断する機能)の 3 つの構成要素が重要となる。(図-6)

#### 4-3 XAI 研究の目的

XAI の使われ方として、我々は以下のようなことを想定している。

- AI エンジニアが、自分で開発する AI システムを長所と短所の判断、別シナリオ下のシミュレーション結果などの経緯説明を AI から受け、様々な試しながら改善することが可能となる
- AI オーナー・ユーザーが、AI 判断の理由付け、特に、人間の思考による予想と反した結果が出た際に、AI 利用とその判断に関する説明責任を果たすことが可能となる

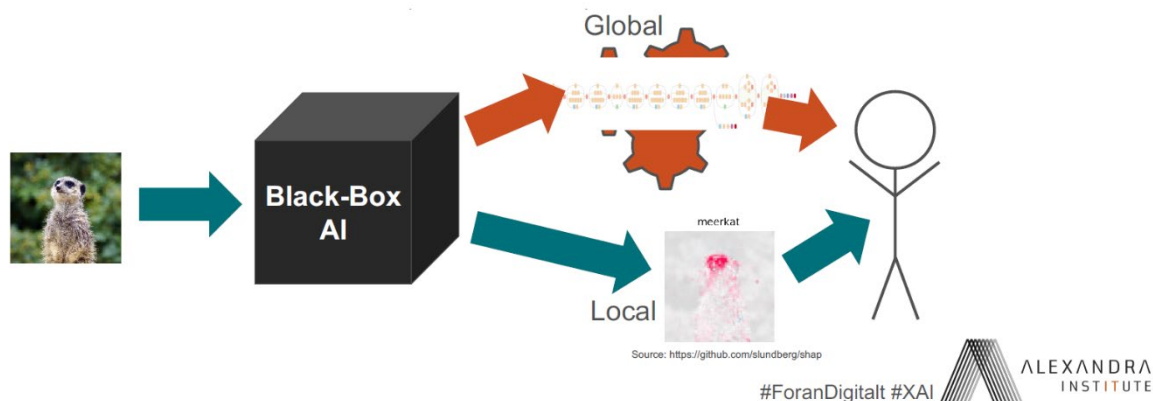


図-5 XAI の定義イメージ(Global から Local へ)

# NOT ONLY MACHINE LEARNING

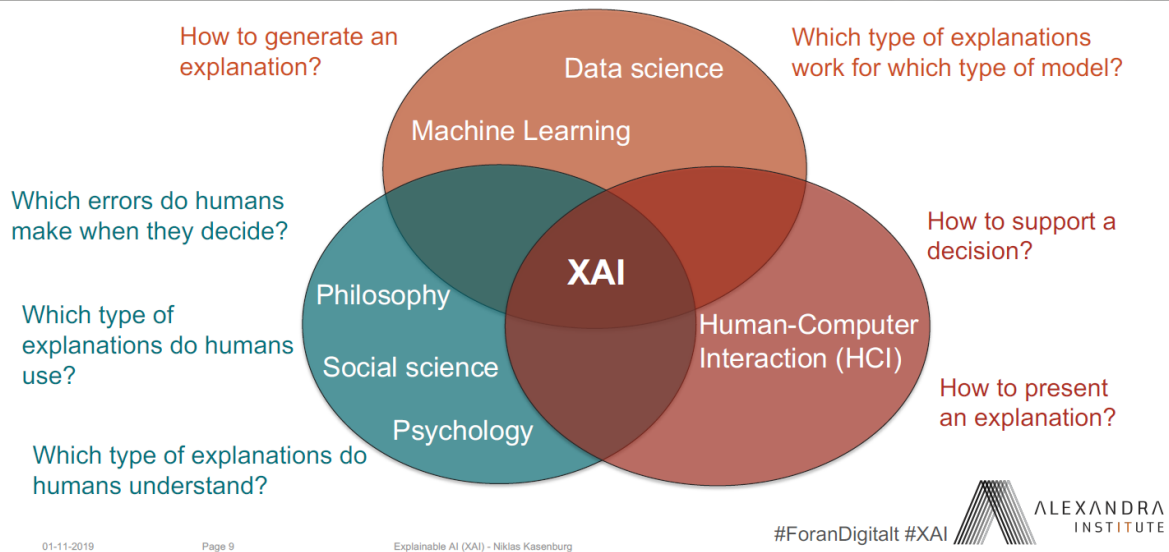


図-6 XAI の構成要素

・ステークホルダー(政府・役所)・権力側が、社会から求められる「倫理・法令順守」に関して、明確に説明することが可能となる。

・既知の判断過程による結果について、AI 判断による再現性を検証できる。

・その判断結果に説明責任が生じる立場(医者や経営者)の人にとって、自己の判断の誤りを見直すための説明が可能となる。

## 4-4 XAI 研究の具体的事例

### 1) 事例1 AI による画像認識論理の説明

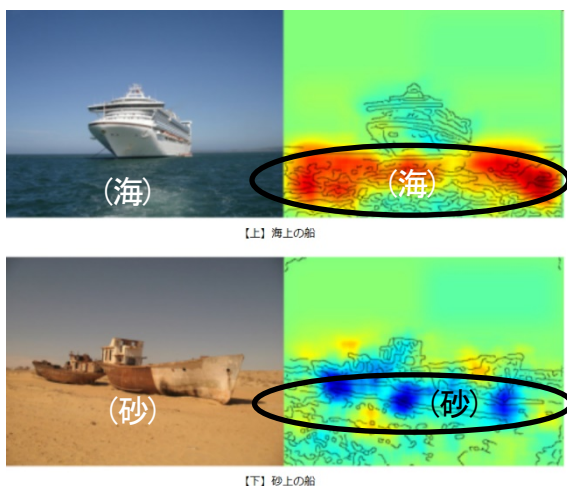


図-7 (事例1) AI 画像認識の論理説明

画像認識技術の開発では、AI へ機械学習により大量の教師データを読み込ませ、AI としての判断

基準を自動的に作らせる。その判断基準で注視しているポイントを可視化したのが図-7である。

例えば、その画像が「船」かどうかを判断させるAIにおいて、上段の「海上の船の画像」を船だと判断する際に、「船」自身の特徴(形・大きさ・色など)をピックアップして判断するのではなく、「船の写真」の中の「海の部分(図中楕円の範囲)」を認識して船だと判断していることが AI 自身から explain された。

これは、人間の準備した教師データ自体の偏り(「海上の船」の写真が多かった)が原因であり、例えば下段の「砂上の船の画像」については、「船」だと判断しない結果となったが、その原因が「海」を認識できないことによるものだとわかる。

まるで、動物認知学における「クレバー・ハンス(CLEVER HANS)効果」(自身の主体的判断ではなく、観察者等周囲の顔色を窺って判断してしまう認知行動)であるが、動物認知と異なるのは、AI がそれを自ら説明してくれる点である。

### 2) 事例2 AI による相関分析の説明

喘息と肺炎の罹患リスクの関係を、過去の医療実績データから学習し相関関係の分析を行ったところ、現実では「喘息持ちの人は肺炎のリスクが高い」にも関わらず、AI は「喘息持ちの人の方

が、肺炎になるリスクは低い」と導き出した。これも事例1と同様、モデルの偏りが原因で、学習データに「すでに治療を受け完治した多数の人を『罹患していない』としたデータ」を多数含んでいたため、こういった explain(AI 自らのアウトプット)によって我々が誤判断の原因を確認できるのは、大きいリスク低減効果とつながる。

実際に軍事関連や医療業務で AI を使う場合、こういうミスが重大な間違いを引き起こすことになりかねないため、重要である。

### 3) 事例3 豚の分娩タイミングの判断

生まれたばかりの子豚は体温調節が苦手な病気にもなりやすく、豚の分娩は養豚家にとって大きな負担を強いる。この養豚家の負担軽減のため、カメラを使って出産開始などを画像判断する AI にディープニューラルネットワークを用いてブラックボックスモデルを作ったが、その精度が低く実用に向けては改善が必須であった。

この精度向上のため、既存 AI モデルがどの部分を見て判断しているか XAI を使って分析したのが図-8 である。

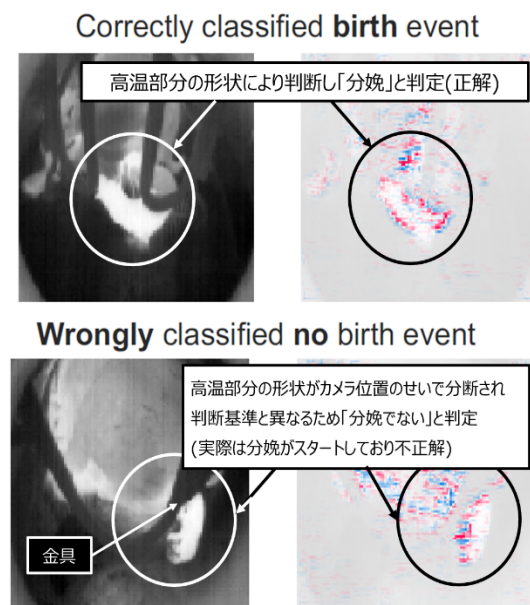


図-8 XAI による子豚の分娩判断画像

画像中白い部分は周囲より高温となっている範囲を示しており、XAI により、「子豚が出てくる際に高温となることに着目し、その温度と形状から分娩かどうかを判断する」よう AI が学習して

いることが explain された。

一方、図-8 の下段は分娩がスタートしているのにそう判定できなかった事例である。実際に胎児は生まれつつあるが、カメラの位置関係で母豚と子豚の間にカメラの金具が映りこみ、高温部分を正確に検出できず「ここ(高温部分)の形状が異なるため出産じゃない」という様に検知していたことが判明した。

このように、XAI を使うことで「これが誤判断の原因だった」ということが説明されるので、「ではカメラの位置を変えよう」など、対策が可能となる。

### 4) 事例4 眼科医の網膜内診察

眼球内の網膜画像を AI が自動で診察し、異常が発見された場合にその画像を眼科医に送るというシステムを開発したが、その自動診察の精度が画像自体の良否(明瞭さ・シャープさ・明るさ)に大きく依存してしまうことが問題となった。

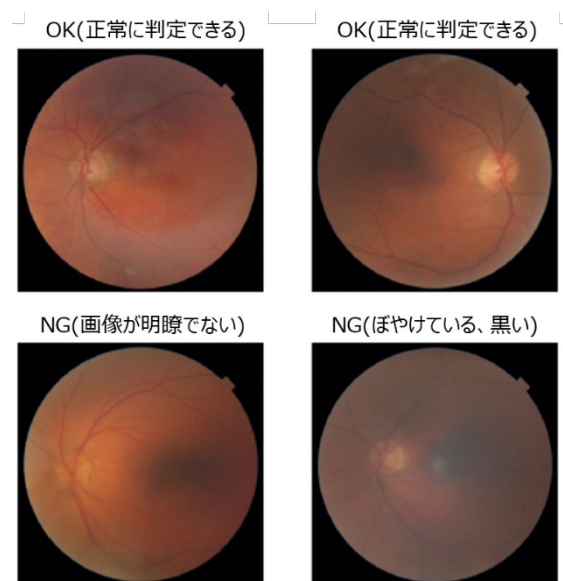


図-9 網膜自動診察における画像良否

つまり、【①眼球内撮影→②自動診察→③AI 異常発見→④画像送付→⑤眼科医チェック→⑥診断】という自動化の流れが、④の画像が悪い場合の AI 誤診により、【①眼球内撮影→②自動診察→③AI 異常発見→④画像送付→⑤眼科医チェック→⑥画質が悪く良否不明→⑦再撮影(①へ戻る)→⑧(②以降繰り返し)】という、患者・医者双方の2度手間を生む結果となったのである。(図-9)

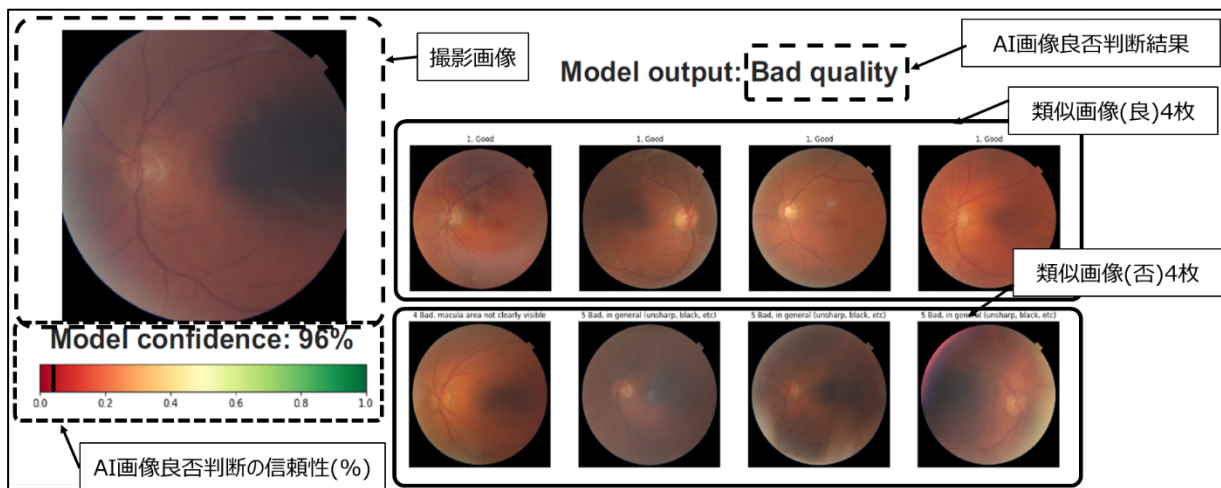


図-10 XAI による画像良否判定モデル(開発中)

そこで②の段階で、その画像が自動診断可能なレベルの画像かを判断する AI モデルを追加し、かつ診断 NG な画像だった場合に「何が悪いのか、どうすれば診断可能な写真となるのか (例えば光加減を調節する、角度を変えるなど)」について、XAI で説明がでてくるように改善を加えるものとした。具体的には、撮影した網膜画像に対して良否判断の信頼度をパーセンテージで示すとともに、類似の「判定可能な写真4枚、判定不可能な写真4枚」を提示し、判定不可能な場合の写真では「共通して黄斑部分に影がある、だから次はこの部分に影が無いように撮影すること」などとメッセージを示すモデルを開発している。(図-10)

現在は、実際に写真技師2名について実証教育をしている段階である。

#### 4-5 XAI と AI の違い

上記にあげた各事例に共通しているように、XAI の大きな特徴は「判断基準が見える」点にある。そのため、XAI のモデルの中身は、質問形式 (if 文プログラム) やツリー形式で構成されるシンプルなものとなる。

#### 5. おわりに

デンマークにおける AI 研究の最前線について 2 つのプレゼンテーションを受け、我々視察団側から、建設業・建築設備分野への展開という観点で、建設部門における省エネルギー化への AI 活用・取組みについて質疑をおこなったところ「こ

れから制御機器メーカープロジェクトが動き出すところである」とのことでした。デンマーク独自の自己意識・仲間意識からくる“Human Centric AI”という概念の中で、ビルの省エネルギーに対する取り組みがどういう方向で展開されるか楽しみである。

一方で、個人的な所見ではありますが、日本国内に目を向けた際に、現在様々なビルで当たり前となった「BEMS を活用した省エネ運用の最先端」に思いをはせるにつけ、その中央監視プログラムは、「日本の建築設備運用に関する AI」とも言えなくはないと感じた。現状は、ビルごとの特徴に合わせてその実装内容が異なり、少し複雑化している側面はあると思われるが、近い将来これらの知見を集約し、さらなる簡易化一般化とご運用に対する XAI 展開が進むイメージは想像でき、日本の建築設備業界と AI 業界の親和性も高いのではないかと感じている。AI による建物運用の最適化、未来のイメージがより具体的に想像できた。

#### [参考文献]

- 1) 「世界一幸福な国デンマークの暮らし方」千葉忠夫/PHP 新書
- 2) 「地球の歩き方 北欧 2019~20 年版」地球の歩き方編集室編 /ダイヤモンド・ビッグ社
- 3) 「消費税 25%で世界一幸せな国デンマークの暮らし」ケンジ・ステファン・スズキ/角川 SSC 新書

# 第 10 章

## DOLL Living Lab

### 欧州最大のインテリジェント照明システムの屋外ラボ

茂手木 直哉  
(株) 竹中工務店

湯澤 秀樹  
(株) 日建設計総合研究所



#### 1. はじめに

都市レベルの AI・IoT 技術の活用事例を視察し、建築業界で展開する知見を獲得することを目的として欧州最大のインテリジェント照明システムの屋外リビングラボである Doll Living Lab に訪れ、実施されている内容のヒアリングを行った。ここでは、単なる街灯の省エネルギー化だけでなく、街灯をキーデバイスとして都市の生活の質を高める挑戦が行われていることを知った。本稿では、その概要を報告する。

#### 2. Doll Living Lab とは

デンマークでは、各自治体が連携して課題解決を図るために、デンマーク政府の資金援助の下に Gate21 と呼ばれる産官学のパートナーシップを作っている。Gate21 には、デンマークの 29 自治体、8 大学、38 企業が参画し、Transport、Buildings & Cities、Energy、Circular Economy、Smart city、Green Growth の 6 つのテーマに関して協同して課題解決を図っている。DOLL Living Lab は、Gate21 のプロジェクトの一つとして 2013 年に設立されたスマートシティにおける街灯の先端技術実証のテストベッドを提供する組織である。DOLL Living Lab の敷地内にはテストコースとインテリジェント街灯およびこれらを繋ぐクラウドプラットフォームが実装され、民間企業が設備や制御機能を持ち込み、既設の設備を活用した実証が行える。こうした実環境と同じスケールで実験が可能であることが特徴である。これまで 80 社以上が参加しており、現在では民間企業へのテストベッドの提供や実証・研究受託等を収益源としている。

現在の Lab の概要を表-1 に示す。

表-1 Doll Living Lab の概要

種別	概要
規模	敷地面積 1.5km <sup>2</sup> 道路延長 12km
区画数	49ゾーン
IoT インフラ数	5種類 (Mobile NW, Low Power Wide NW, Zigbee, Wifi, Bluetooth)
街灯	435本
照明制御手法	80種類
管理システム	20システム以上
センサー種別	廃棄物、駐車管理、空気質、騒音、温度、他

### 3. インテリジェント街灯システム

デンマークでは2050年までにCO<sub>2</sub>排出量をゼロにすることを目標として掲げている。デンマーク国内の電力消費量の約20%を街灯の電力消費量で占めており、これをインテリジェント街灯の導入により70%削減することを狙いである。街灯の電力消費量を低減するために、照明器具を蛍光灯からLEDに変更することで50%低減し、各種照明制御を導入することで更にそこから60%削減することを想定している。照明制御については、モーションセンサーで自動車を感知して点滅制御を行う他、住民のニーズを反映した制御も検討していることが特徴的である。コペンハーゲン市内には多数の占有住宅街区があり、街区内の市道の街灯は街区の自治管理組合によって設置・運用されている（写真-1）。街灯の設置工事費用や運用・メンテナンス費、電力料金は市ではなく管理組合で負担する。市（または市営企業）は、管理組合からの委託を受けて街灯の設置および維持管理業務を行うとともに、クラウド型の運用管理システムを提供している（写真-2）。管理組合は、このシステムを用いて街灯の制御設定を含む運用管理を行っている。

運用管理システムはTvilight社（オランダ）の「City Manager」というクラウドソフトウェアを用いており、街灯単位で表-2に示す設定が可能である。

表-2 運用管理システムによる設定内容

機能	設定内容
センサー設定	点灯/消灯時の推移時間を設定することができる。
スケジュール設定	日中/夜間において、調光出力の上限/下限値を時刻スケジュールで設定できる。また、日の出/日の入の時刻を自動で変更することが可能である。

各管理組合では、表-2の管理機能を用いて、住民の合意を得て明るさを調整して省エネを実施したり、また、祝祭日等に街灯の明るさを低減して家庭で暖炉の明かりを楽しんだりするなど、住民側に操作権限があることが満足度の向上に繋がっている。ここでも、説明者から「人間中心」の技術導入をしていることを力説された。



写真-1 占有住宅街区のスマート街灯

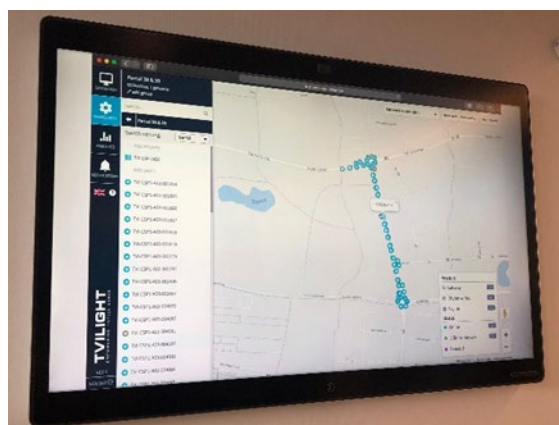


写真-2 クラウド街灯管理システム

### 4. スマートシティのハブとしての活用

DOLL Living Labで導入しているインテリジェント街灯システムは、街灯の柱がモジュール式になっており、様々なセンサーやデバイスを繋ぎ合わせる事ができる（写真-3）。街灯のベースシステムとしては電源供給とネットワーク接続を基礎インフラ機能として有しており、このインフラを用いて気象・空気質センサー、カメラセンサー、EV充電装置、太陽光発電などを接続する



写真-3 インテリジェント照明システム

ことができる。いわばスマートシティのハブとして活用することを想定している。また、IoT デバイスを設置する際にデバイスへの電源供給方法が課題になるが、街灯を用いることでこの課題が解消されていることもメリットと考える。

一般的に、スマートシティには以下の3つのレイヤーがある。

- # 1 道路や街灯などの基礎インフラ
- # 2 センサーの配置、データ・制御の集約
- # 3 収集データの分析・利用

先進国では、#1 レイヤーの基礎インフラは整備されており、スマートシティプロジェクトの多くは#2 レイヤーが整備され、様々なデータを収集している。ただし、#3 レイヤーまで充実しているプロジェクトは数少ないのが現状だが、DOLL Living Lab では、#3 レイヤーの充実を検討しているとの説明を受けた。以下、街灯を ICT のハブとして活用することで検討している主な取組を紹介する。

#### 1) スマートゴミ回収システム

ゴミ箱のゴミ貯留量をセンサーで感知し、収集タイミングの適正化を図る。また、清掃車両の位置などから道路渋滞状況を検知して効率的に収集できるルートを選択することで廃棄物回収にかかる行政コストを低減することが期待できる。

#### 2) スマート排水システム

街灯に設置した降雨センサーと排水口に設置した排水量を計量するセンサーの情報から豪雨に伴う洪水の危険性を判定し、排水の貯留や排水先を調整することで洪水による被害を未然に抑えることが期待できる。

#### 3) スマートモニタリングシステム

街灯に設置した空気質のモニタリングセンサーから得られた大気汚染状況や騒音計から得られた騒音レベルと自動車の位置情報から渋滞の発生状況を把握し、信号の切り替えタイミングを調整して渋滞緩和を図ることで、道路周辺住民の QOL を高めることが期待できる。医学系の学識経験者よれば、騒音レベルが 10%高くなると、心筋梗塞を発病する確率が 8%高まるとのことである。

#### 4) 自動運転車

IBM 社とバス会社の Nobina 社らと連携して自動運転車を開発している。自動運転技術は開発済で現在公道を走る許可申請をしている段階である。自動運転技術を進化させることで、ドア to ドアで自宅から目的地まで移動可能とすることが目標である (写真-4)。



写真-4 自動運転型コミュニティバス

#### 5. おわりに

DOLL は、2013 年に設立時からこうしたスマート街灯のソリューションの開発・実装が進められており、この 5～6 年程度で既にアーリーアダプターへの導入期を過ぎ、平均層への普及が始まっているという印象を受けた。普及が進んだ要因の一つは、エビデンスとともに取組の有効性を政治家に説明して支援を受けているとの説明を受けた。今後は、他のエリアへの展開に向けて有効なデバイスや NW の統一を検討する予定とのことであった。

日本では、こうした公共設備のスマートシティ化は 2010 年代初頭から実証を開始したが、いまだ実証実験の域を出ない実装が多く、その展開速度の違いを強く感じた。

また、日本ではほとんどの道路および街灯の管理は地方自治体の管轄となっており、住民側には運用権限がないことがほとんどである。市民の自治意識が高く、住民が率先して街灯のエネルギー管理をしていることに、日本との大きな違いを感じる。

## 番外編 1

## 新キャンプ・ノウ

## プロジェクト紹介

## 株式会社日建設計

## (バルセロナ支店)

吉本 周平  
東プレ株式会社  
空調機器部



### 1. はじめに

スペインのサッカークラブの強豪「FCバルセロナ」のホームスタジアムである「キャンプ・ノウ」のホームスタジアムである「キャンプ・ノウ」の改修工事を株式会社日建設計（以下、日建設計）が受注した。

今回の視察にて、日建設計のバルセロナ支店に伺い、国際設計コンペを勝ち抜いた過程や新スタジアムについて、日建設計執行役員PJリーダー村尾氏からお話しを伺った（写真-1）。



写真-1 ヒアリング状況

### 2. キャンプ・ノウの課題と要求事項

1957年竣工のキャンプ・ノウはそのデザインと収容人数 99,354 名と抜きに出た優れたスタジアムであった。

しかし、年月とともに老朽化が進んでおり、施設の 40%は竣工当初から一度もリフォームしていないため以下の問題点がある。

- (1) 席や通路の間隔が狭い
- (2) 屋根がメインスタンド側の一部だけ
- (3) VIP エリアの面積が少ない
- (4) 人と車の動線が悪く安全上問題がある。

などが挙げられている。

コンペ要求事項としては

- ・ 座席数を 105,000 席に拡張
- ・ 全席を覆う屋根の設置
- ・ 縦動線（エレベータ、エスカレータ増設）充実
- ・ VIP ルーム、ラウンジ等の全面更新
- ・ ミュージアムとメガオフィシャルショップ
- ・ 改修工事期間中も 8 万席以上を確保
- ・ 工事期間は 2021 年まで（コンペ時与件）

が挙げられた。



この要求の中でも困難であるのが改修工事にも開催される年間数十試合を常時8万席確保しながら実施していくことである。FC バルセロナはクラブ会員の会費でクラブ運営されている。その会員は優先的に年間チケットを購入可能となっており、その枠となるのが8万席であり、確保は必須事項となっている。そのため、屋根設置、観客席改修などを試合開催日の合間を利用し、工事手順を組み、改修中の安全も十分に考慮されたなかでのスケジューリングが必要とされる。

### 3. 国際設計コンペ

コンペは2段階選定方式で、審査員はFC バルセロナから4人、建築家1人、カタルーニャ建築協会3人、バルセロナ市議会1人の構成であった。

予選には世界中から26チームの精鋭が応募され、スタジアム設計で実績がある著名な設計事務所も含まれていた。日建設計は現地の設計事務所とタッグを組んでチームを編成し、挑み、本選に進出する8チームのひとつに選ばれた。

村尾氏はコンペに向けて、バルセロナに約100日間滞在し、地中海特有の温暖な気候に触れ、人々の仲の良い様子などを何度も目した時の体験から、FC バルセロナの基本構想では「スタジアムの周囲を外装でぐるりと囲むというもの。スタジアムの入り口の周りには観客たちの通行を整理するためのデッキを設けるという規定」があったが、「閉鎖的な外装は要らない。訪れる人の姿がその代わりになる。デッキも設けない方が、地上階が明るい」という規定外の提案にチャレンジされ、新キャンプ・ノウはすべての人に開かれたスタジアム。「開放的でエレガント、落ち着きと悠久の時を感じさせると同時に地中海風で民主的でもある」という設計コンセプトでの提案を決めた。

通常の国内コンペでは、規定を破るなどということは、受注を逃すリスクになるので、当然避けるものだが、本件では思い切った提案ができたと言った。

設計プランは、新キャンプ・ノウはすべての人に開かれたスタジアム。「開放的でエレガント、落ち

つきと悠久の時を感じさせると同時に地中海風で民主的でもある」と説明されている。

設計提案後は、ワークショップが繰り返し実施され、施主の疑問や建設上の課題を計画段階で解決することを求められた。BIM を使って施工の確実性、工期遵守できることを粘り強く説明し、証明した。動画作成し、工事の手順説明なども行った。こうして工事の計画や費用算出のエビデンスを示したことが評価され、満場一致で提案の採用が決まった。

### 4. 新キャンプ・ノウ

勝利を勝ち取った提案の主なポイント

- 現代的な快適さとサービスを取り入れ、約10万の観客が入るスタジアムとしての良さ。
- 3つのオープンコンコースからなるオープンファサード。



- ミュージアム、メガショップとシームレスにつながるスタジアム
- スタジアム外周どこからでも、道路まで段差のないアクセスを維持。
- 階段、エスカレーター、エレベーターがまとまったサーキュレーションコアが12ヶ所あり、2階、3階へのアクセスもスムーズ。



- ・観客席と市街360°見渡せる広々としたスカイデッキ
- ・街中とも一体感のあるオープンスペース。
- ・緑豊かで、「屋根で雨水を集めグラウンドへの散水に利用」「屋根に太陽光パネル搭載」など地球に優しいスタジアム。

また、屋根については

- ・観客席約10万の全席がシートに覆われる。
- ・雨や日射を遮り快適になり、音響も改善。
- ・表面積は47,000m<sup>2</sup>以上。
- ・屋根構造はスチールケーブルで構成。ETFE、PTFE、ポリカーボネイトで覆う。
- ・雨水を集めてピッチに撒き、太陽光発電で照明をつける。
- ・音漏れも最小化される。

コンペ時与件の工事計画から遅れたもの、現在、一部工事は開始しており、完成時期は23~24年ごろを予定している。

設備としては、以下のような改良が行われる。ただし、空調設備はない。

- ・キャットウォークにピッチを照らすLED照明と音響および監視システムを装備
- ・スコアボードに11.5×25mの高解像度LEDボードで映像表示
- ・最新のセキュリティブースの設置
- ・エネルギー効率の優れた変電施設
- ・自然換気が改善された最新鋭のハイブリッド芝システム

ワークショップでの説明にも有効であった BIM は、今後の施工段階でも活躍していく。今回は3次元に時間軸を加えた4次元で工事を仮想竣工する最新の4Dモデルジェネレーションを導入している。観客席確保しながらの施工手順やスケジュールの検討、各工事関係者関係者との工事課題の共有にも役立っている。実際に設計検討や施工手順を動画したものを拝見させて頂き、施主・工事関係者にも共有しやすいものになるということを感じることができた。

今回お話し頂いた「コンペ経過や対応、裏話」「プレゼンテーション方法や動画」など、大変興味深く拝聴させて頂いた。これらは世界的に有名なFCバルセロナのスタジアムであることも相まって、建築にあまり興味がない方々にも広く共感してもらえるパイロットプロジェクトとしての活用効果も絶大なものになっていると感じた。

## 5. 現キャンプ・ノウ スタジアムツアー

バルセロナ支社にてお話しを伺った後に、車で数分のところにある現キャンプ・ノウスタジアムの見学ツアーに参加。現行スタジアムと改良予定について、様々なエピソードを交えて案内・説明を頂いた。

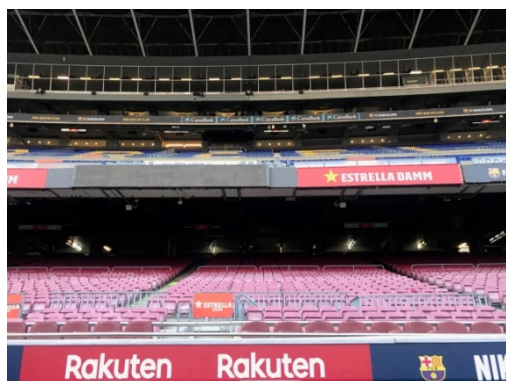
現行スタジアムは収容人数が10万に近いという規模の大きさと、名門FCバルセロナのホームという威厳を感じた。



しかし、スタジアム内に入ると老朽化や古さを感じる場所が多い。

観客席は、席間隔が狭く圧迫感を感じ、また、一階席では上階部の影響により視野が狭まるところも多々ある。全シートの10%は何らかの障害

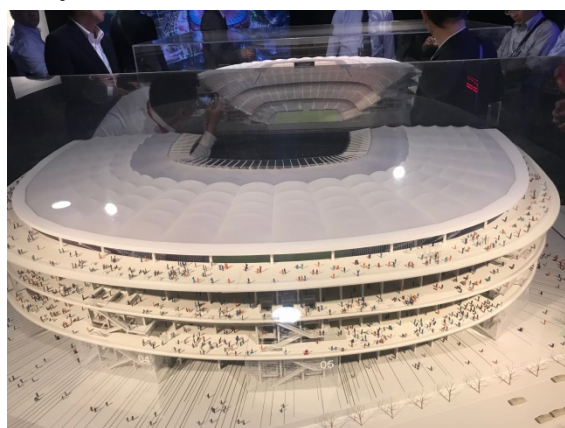
物が目に入ると説明もあった。



改修では、1階席をすり鉢上に高さをとるとともに座席数を少なくし、見やすくする。その分、3階席の座席数を増やす。また、1階の後方部はVIP席として利用する。

また、各席へのアクセスが複雑であることや、スタジアムモニターが小さい等の不満点も多いようだ。スタジアム移動途中には、ダクトや電気配線設備等が露出し、見ることができたがかなり年が入っているとともに、現状施工の把握が難しい面も感じられた。

スタジアム見学後は併設されているミュージアムにて、FCバルセロナの歴史とともに、新キャンプ・ノウの模型やパネル等が展示されたコーナーがあった。



この見学ツアーには、たくさんの観光客が来ており、FCバルセロナのユニフォームを着た国内外のファンも多い。そんなファン達が熱心にパネルを読み、模型を覗き込み、写真を撮っている姿を見ると、皆が新キャンプ・ノウに期待をし、そこでFCバルセロナを観戦することを夢見ているよう

に見えた。

スペインは、「分業制が徹底されている」「年間残業時間が80時間と法律で決められている」「ランチは14時から必ず1時間取る」「夏季は15時に終業し、毎日ビーチに行く人も多い」など文化の違いもあり、計画通り設計、工事を進めていくことが難しいところがある。

それでも、26年完成予定のサクラダファミリアよりは早く完成させたいとお話しされていた。



## 6. おわりに

本視察に際し、お時間を頂き、プロジェクトの紹介からスタジアムツアーでの解説までして頂いた株式会社日建設計 執行役員村尾氏に、本稿の場をお借りして、感謝と御礼を申し上げます。

# 番外編 2

## ミドルグルンデン洋上風力発電所

### Amager Bakke 廃棄物発電所

興梠 暖  
東京ガス株式会社

#### 1. はじめに

視察先のデンマークは、2030年までに再生可能エネルギーの比率を50%以上にするという国家目標を達成できる見通しと発表している。今回は、AI・IoTの視察がメインミッションであったが、コペンハーゲンから近くにある、ミドルグルンデン洋上風力発電所と Amager Bakke 廃棄物発電所の視察を行ったので報告する。

#### 2. ミドルグルンデン洋上風力発電所

視察団は、運河よりボートに乗船し、ミドルグルンデン洋上風力発電所を目指した。船上からは、オペラハウスや港湾施設や Amager Bakke 廃棄物発電所も見える。しばらく進むと「人魚姫」の裏側（後頭部）も見える。

そのまま沖に向かって進み運河を抜けると、緩やかな弧を描いて並ぶ白い風力タービンが見えてきた。首都コペンハーゲン沖約3キロにあるミドルグルンデン洋上風力発電所である。デンマークの「脱炭素」への取り組みを強調するランドマークの役目もあるとのこと。コペンハーゲン空港に着陸する飛行機の窓からもその景観を眺めることができる。



図-1 ミドルグルンデン洋上風力発電所

視察時は幸運にも、波は穏やかでありながら風には恵まれ、メンテ中の1基を除く19基が、定格に近い状態で運転を行っていた。1基当たり2,000kWの風車が20基設置されており、出力合計40,000kWになる。

稼働当時の2001年は世界最大であり、大規模洋上風力発電所というコンセプトを実証したシン

ボリックな発電所だった。現在、約19年回り続けている。デンマークでは、風力発電が国内電力需要の4割を担うとのこと。

ミドルグルンデンでは、風車が20基であるが、南側の10基は市民組合が、北側の10基はデンマークの電力配電会社が所有している。タービン製造や据え付け工事、送電網まですべて国内企業が手掛けることで、技術やノウハウをデンマーク内に蓄え現在につながっている。

また、風車は直線設置の方が発電所としての効率は良いとされたが、景観のために緩いカーブを描く扇形が採用された。



図-2 緩く弧を描く風車

1970年代のデンマークはエネルギーの9割を輸入の原油に頼っていたため、エネルギーの自立を果たす手段として原子力発電所の建設が浮上した。しかし、放射性廃棄物処分の道筋が見えないことなどから反対運動が広がり、議会は原発の中止を決めた。その後、土地が平らで風がよく吹く「地の利」を生かせる風力発電に活路を求める市民の声が高まった。また「協同組合方式」というやり方で、市民から広く出資金を集め2001年に稼働開始した。市民が出資を通して事業に参画することで、景観や騒音や漁業に影響を与えそうな用地選びもスムーズに進んだ。また、現在では、ミドルグルンデンをはじめとする風力発電事業へ

の出資は、環境意識の高まりに加え、売電収益で配当が得られ税制優遇も受けられるという実益も相まって、人気となっている。ミドルグルンデンにおいては現在8500人以上の出資が集まっており、配当利回りは約10%程度とのこと。



図-3 船上で集合写真

風車は、1基あたりの定格発電能力が2,000kW、ブレードの長さ1枚37m、タワー（ハブ）の高さ64mである。（参考までに現在における最新式の風車は、1基あたりの定格発電能力が12,000kW、ブレードの長さ1枚107m、タワー（ハブ）の高さ150m）

ミドルグルンデンは、水深6m程度であり、「重力式」で風車を設置している。これは、コンクリートの塊（重量物）を海中に落としてそのコンクリートにタワーを固定する施工方法で、浅い海に適している。「着床式」同様に全くゆれないが、海底に深く基礎を打つ必要がない。タワーの中には、メンテナンス作業員などが仮眠をとれるスペースもあり、万が一に備えて、数日分の水や食料も常備している。

最近では、風車（1基あたりの定格発電能力）は大きくなる傾向が強いが、大きい方が、kWあたりの発電コストが下がることに起因する。

定格発電能力 × 24 時間 × 365 日  
=理論最大発電量

実発電量が、理論最大発電量の 35%~40%があることが一般的な発電所で、これが 40%を超えると良いとされる。デンマークでは 30%以上で事業は成り立つと言われているが、これより小さいと事業は成り立たない。

昼夜を問わない風力発電の設備稼働可能時間は、年間の 98% (2%はメンテナンスのための停止時間) を占めるが、この間にどれだけ良い風が吹くかになる。デンマークは平地のため比較的安定してよい風が吹くと言われている。イニシャルコストに対して 5~6 年で回収できるかが投資のポイントであり、このためには、年間を通して平均 7 m/s の風速は必要とのこと。ただし、せっかく発電しても、需給バランスが悪いとマイナス価格で売電するケースも出てくるとのこと。

### 3. Amager Bakke 廃棄物発電所

Amager Bakke は、デンマークのコペンハーゲン Amager にある熱電併給の廃棄物発電所で、デンマークの 5 つの自治体が所有するアマーリソースセンターによって、45 年前に設置された石炭プラントから、熱電併給のバイオマスプラントに更新された。現在デンマークでは、発電だけのプラントや、化石燃料だけのプラントは建設できないとのこと。プラント建設は 2013 年 3 月に始まり、2017 年 3 月に稼働を開始した。完工するのは 2020 年の予定である。建設費用は、約 6 億 7000 万ドルとのこと。

このプラントは、コペンハーゲンとその周辺の 50 万~70 万人の住民と 4.6 万社の企業から収集した廃棄物とバイオマスを混焼している。その総燃焼量は、2017 年は 35.7 万トン、2018 年は 44.3 万トンとなっている。また、それにより生み出した電気と熱の総エネルギー生産量は、2017 年は 900GWh、2018 年は 1,259GWh で、6.25 万世帯に電気を供給し、16 万世帯に地域暖房として熱を供給している。



図-4 Amager Bakke 廃棄物発電所

排気ガスはろ過などの技術により、SO<sub>x</sub> は 99.5%、NO<sub>x</sub> は 90%削減されることを目指す。CO<sub>2</sub> は年間 10 万トンの削減を目指す。また、排気ガスは煙突から連続的に放出されるのではなく、リングの形 (30m の巨大な輪) で、断続的に放出する。



図-5 リングのイメージ<sup>※1</sup>

CO<sub>2</sub> を 1 トン放出するたびに視覚的な光景としてリングを 1 回放出する。さらに、煙道の排気ガスの凝縮水を、予備水として年間 1 億リットル回収している。

Amager Bakke は、Amager Slope や Copenhill とも呼ばれている。それは、本件の最大の特徴である、建物高さ 85 m を利用した傾斜屋根 (スロープ) が設置されているからである。このスロープにはリフトも設置されており、年間を通して人工スキーを楽しむことができるし、ハ

イキングやランニングにも利用できる。また、スロープ以外にも、世界で最も高いとされる 80m の人工クライミングウォールや、カフェなども併設されており、これらのレクリエーション施設は 2019 年 10 月に一般公開された。



図-6 屋上に設置されたリフト

ファサードも含めて様々な工夫をこらしたこのプラントは、コペンハーゲンの空港や市庁舎広場からとても近くランドマークにもなっている。



図-7 Amager Bakke の模型

※1 <https://www.mnn.com/earth-matters/energy/blogs/help-crowdfund-worlds-first-steam-ring-generator>

## 番外編 3

# ル・コルビジエ建築と

# AI 視察

山川 智

東京電力エナジーパートナー(株)

### 1. はじめに

今回、欧州 AI・IoT 視察の冒頭に、ル・コルビジエの代表作「サヴォア邸」の視察を行った。

一見、普通に見える「サヴォア邸」の魅力とは？

冒頭に「サヴォア邸」の視察を企画した理由も含め、私見を多分に含みつつ、以下に記す。

### 2. ル・コルビジエとサヴォア邸

ル・コルビジエ（本名；シャルル=エドゥアール・ジャンヌレ=グリ）は、2016 年、大陸を跨ぐ初の世界遺産として、17 の設計作品が世界遺産登録された。日本でも上野の国立西洋美術館が登録され、それまで建築関係者しか知らなかったコルビジエの名前が広く知られることになった。コルビジエは「近代建築の三大巨匠」であり、そのコルビジエの代表作が「サヴォア邸」といわれている。

コルビジエは「新建築5原則」を40歳の頃に発表した。それは「ピロティ・屋上庭園・自由な平面・自由なファサード・水平連続窓」という、建築を構成する新しい5つの要素を提案している。



写真-1 サヴォア邸と視察参加者



この5原則の発表とほぼ同時期に設計依頼が無い込んだのが「サヴォア邸」だった。このときコルビジェは、依頼からたった1か月で、最終形に近い設計案をまとめ上げている。それまでやや狭隘な敷地の都市住宅の注文が多かったコルビジェにとって、当時の実業家であるサヴォア氏からの、後に地元の高校が建設されるほど広大な敷地に建設する郊外住宅の注文は、「新建築5原則」の具現化に格好の案件と感じたようである。しかし、1か月で考案したプランは予算を大幅に超過し、その後、検討を繰り返し、約3割のコストダウンを図り着工した。しかし建設途上でも予算を大幅に超過し、それが理由なのか竣工まで約3年を要している（こうした苦労は昔の巨匠とて変わらないようである）。しかし、コストダウンのためにデザインが二転三転したものの、竣工した建物は原案のデザインはほぼそのままとなっており、コルビジェの「新建築5原則」へのこだわりが伝わってくる。その結果、「サヴォア邸」はこの「新建築5原則」を最もわかりやすく見ることができる建築となった。

学生時代、建築を専攻していた私は、欧州を一人旅した際、初めて「サヴォア邸」を訪れた。インターネットが無かった当時、ガイドブックにも、日本で入手可能なパリの地図にも載っていないパリ郊外に建つこの建物の場所を探してあてるのは一苦勞で、パリから郊外電車に乗りポワシー駅で降りたものの、駅からの道順を示す地図も無く、街の人に尋ねながら、一日がかりで見に行った記憶がある。そして苦勞の甲斐あって、ついに本物の「サヴォア邸」と対面することができたが、そのときに抱いた感想は、

「意外に普通・・・！」だった。

もちろん機知に富んだ美しいデザインが随所に見られたが、初めて目にする世界的巨匠の代表作への大きく膨らんだ期待とは裏腹に、「普通」という印象が、当時、あまりに不勉強だった私には残った。



写真-2 フランクリン街のアパート



### 3. ル・コルビジェとオーギュスト・ペレ

スイスで生まれたコルビジェは、建築家と画家を志し、21歳の頃、パリに出ている。そして最初に従事したのがオーギュスト・ペレである。ペレは、それまで石を積み上げて造る石造りが主流だった時代に、初めて建築物に鉄筋コンクリートを本格的に用いた建築家である。鉄筋コンクリートの使用による合理的、効率的、経済的な建築を数多く残し、「コンクリートの父」といわれている。

写真-2がペレの代表作「フランクリン街のアパート」である。

私はこの建物を初めて見たとき、「本当に鉄筋コンクリートなのか？」と感じた。何の解説も聞かなければ、石造りの建物と勘違いしそうである。石造りで重厚なデザイン、壮麗な装飾が良いデザインといわれた時代。その当時の既成概念の範疇で、コンクリートを活用した、というのが私の感じたこの建物の率直な印象である。

一方、コルビジェの「サヴォア邸」は、ペレの

建物と写真を並べてみると・・・



のように軽やかで自由なデザインを顕現させた。



写真-3 フランクリン街のアパート（オーギュスト・ペレ） 写真-4 サヴォア邸（ル・コルビジェ）

当時の石造りのデザインとは一線を画し・・・

#### ・ピロティ

周囲の緑に溶け込む深緑色の1階部分は大きくセットバックし、真っ白な四角い2階部分を細い数本の柱が支え、まるで建物が浮遊しているような印象を与えている。

#### ・屋上庭園

屋上は単調なデザインの屋根ではなく、表情豊かな生活空間となっている。

#### ・自由な平面・自由なファサード

1階から石を積み上げて壁面を造る石造りと異なり、各階が別々の形態をしており、構造上の制約から解放された自由な構成となっている。

#### ・水平連続窓

石造りでは窓の上部の荷重を支えるため縦長のポツ窓となることが多いが、鉄筋コンクリートの利用により建物の端から端まで連続窓が水平に貫いている（写真-4）。

石造りの重厚なデザインが主流だった当時、ペレは石造りの建物を鉄筋コンクリートの使用により、合理化することに成功した。

その「フランクリン街のアパート」の1903年からおよそ30年を経て、コルビジェは、石造りの建築とは全く異なる、まるで重力から解放されたか

石造りでは不可能だった、そして鉄筋コンクリートの出現により可能となった当時も、ペレも含め誰も思いつかなかった「新建築5原則」。「サヴォア邸」は、鉄筋コンクリートの特長を最大限に活かした「新建築5原則」のひとつの結晶として、それまでの常識からも解放されたかのように佇んでいる。

そして、「サヴォア邸」の建設から約100年が経過した今、屋上庭園も水平連続窓も、どれも現代建築の要素として、いたって「普通」の存在となっている。コルビジェが「サヴォア邸」で創造したのは、実は、現代建築の「普通」であると言えるのではないだろうか。

#### 4. ル・コルビジェ建築とAI視察

AIの活用を検討する際、業務上の喫緊の課題として、既存業務の効率化やコストダウン等が求められる。しかし我々の目の前にあるのは、世界を変える、ともいわれているAIである。出張直前に仕事の処理に埋没したであろう視察団の参加者の頭のスイッチを切り替えたい。そのスイッチのとして選んだのが、約100年前の1931年に、建築の新しい世界を創造した、ル・コルビジェの「サヴォア邸」だったのである。

写真 訪問三都市の現代建築



1



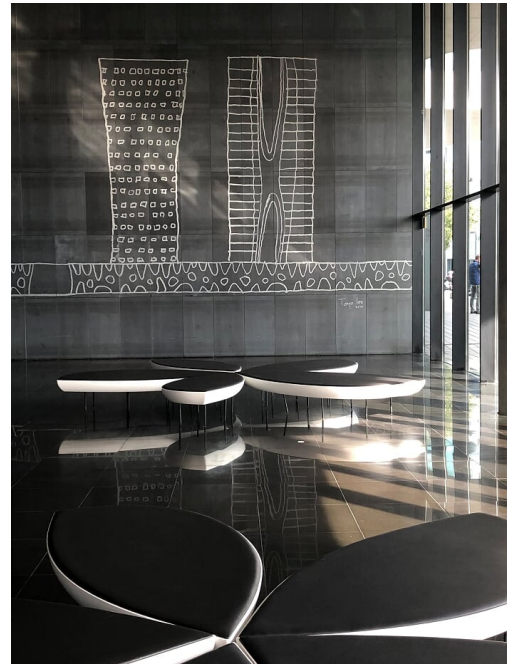
2



3



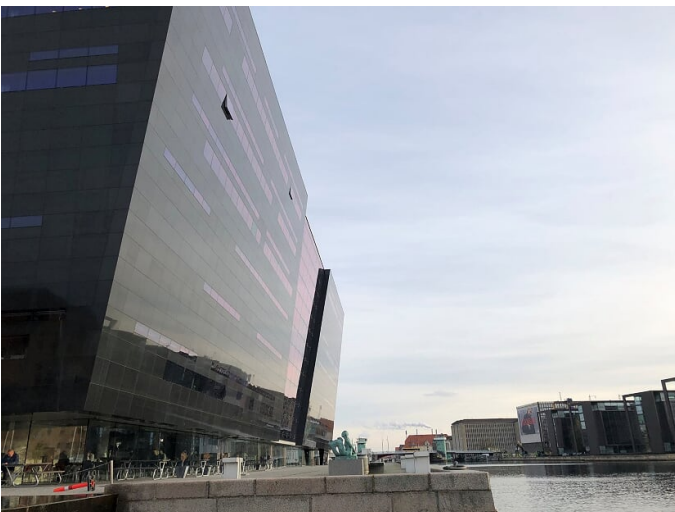
4



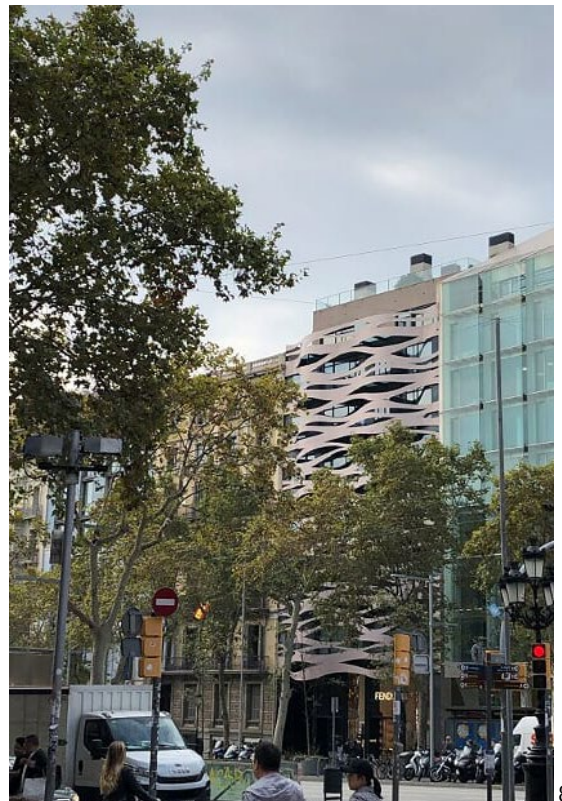
5



6



7



8

注) 本報告は筆者の中途半端な知見と私見を多分に含みます。正しくは専門書をご参照願います。

参考文献) 中村研一, 「サヴォア邸/ル・コルビジエ」, 東京書籍, 2008年

Paris : 1. Ministère de la Culture/Francis Soler 3. Aéroport Roissy-Charles-de-Gaulle/Paul Andreu Barcelona : 2, 5. Hotel Porta Fira, 4. Fira, 8. Suites Avenue/伊東豊雄 6. Torre Agbar/Jean Nouvel Copenhagen : 7. Black Diamond/Schmidt Hammer Lassen