

Connected Industries が目指す産業の未来

「未来予想図 2050」

～制御エンジニアが俯瞰する 2050 年のオートメーション・サービス～

我々は、制御エンジニアの視点で 2050 年のオートメーション・サービスについて制約条件、キーワードを整理し、環境分析、重要な因子の特定からシナリオを議論した。過去から現在へ、現在から未来へと変わるもの・変わらないものを軸に大きく変容する近未来の産業社会、及び人間と技術の新しい関わり方を想像し、オートメーション・サービスの未来を描いてみた。

Caution：本書は、2018・2019 年の CEATEC JAPAN や ENEX に於いて本タイトルで講演発表した内容の元原稿であり、講演後資料要求が多くあった為、公開に向けて手直し・調整を施したものです。2019 年発表は 2018 年のものを多少リメイクして発表しており、本書はその最新です。制作者は研究者ではなく現場をよく知る計装エンジニアたちであり、だからこそ発想できた内容を、制約を設けずに記述しております。

(制作者一同)

一般社団法人 電子情報技術産業協会(JEITA)

情報・産業システム部会 産業システム事業委員会

制御・エネルギー管理専門委員会 WG3

【1章 はじめに】

我々、JEITA 産業システム事業員会 制御・エネルギー専門委員会 WG3 は、プラント向けの制御システムベンダーのエンジニアで主に構成されており、オートメーション・サービス*¹ のビジネス活性化を目的に、産業基盤を支えるオートメーション・システムに関わるサービスの調査・検討をおこなってきた。

2008 年、業界発展のために業界が持つ予知保全技術を広く浸透させるべく実態を調査し、予知保全技術に関する報告書*²をまとめた。報告書は広報活動や JEITA の WEB サイトなどをおして広く知れ渡ったが、業界での予知保全の商取引が大きく活性化したとはいえなかった。その理由としては、サービスは中身が見えにくく、また価値も認められにくいことが背景にあると考え、「サービスクラス」*³ というスキームを日本の商習慣に照らして構築した。（これは英・独・仏国のサービスクラスと相互互換できるようになっている）

このビジネス活性化のための「サービスクラス」は浸透過程において、我々はさらに深化させるため、近未来の産業社会、及び人間と技術の新しい関わり方を想像し、それらをおして今後なすべきことを探ろうとした。その近未来は思い切って 2050 年の姿を狙うこととし、題名のごとく検討をおこなった。

*¹ オートメーション・サービス

人により解釈が異なることがあるので本文上での定義を示しておく。プラントに用いられる機械装置、制御システムなどはあらゆる機器を組み合わせて構築される。導入設置時はエンジニアリングサービス・据付工事サービス・スタートアップ調整サービスやこれらを合わせた EPC サービスがあり、引き渡し後は修理・点検・パーツ販売・教育訓練サービスなど長い運用期間でアフターサービスが提供される。またシステム入替・解体サービスもあり、プラントのライフサイクル全体でサービスが展開されていく。オートメーション・サービスとはこれら提供サービスのすべてを指す。

*² 予知保全技術に関する調査報告書

http://home.jeita.or.jp/upload_file/20141202163359_X6AeaBuSzL.pdf

*³ 産業オートメーション・サービスクラス — 定義と運用 —

http://home.jeita.or.jp/upload_file/20160622155949_F2VIsItG7q.pdf

JEITA とは

一般社団法人 電子情報技術産業協会（JEITA: Japan Electronics and Information Technology Industries Association）は、電子機器、電子部品の健全な生産、貿易及び消費の増進を図ることにより、電子情報技術産業の総合的な発展に資し、わが国経済の発展と文化の興隆に寄与することを目的とした業界団体です。

【2章 未来洞察のステップ】

今回の未来洞察をおこなうにあたり次のステップを進めた。

なお、未来像を予測する優れた書籍・記事は数多くあるが、我々はそれらに影響されないように極力それらを参照しないことを旨に進めることにした。

1. 意義、目標の共有

討議や検討がぶれないように我々のグループでこれを進める意義や目標を文章化し、それを全員で確認してから未来洞察を開始した。

2. ペルソナ*4 制作

検討メンバーは各社から集まっており、いわゆる育ちが違うため互いの当たり前が通らない。未来洞察するうえでペルソナを作成しながら進め、メンバーの思考の背景・ベースを固める一助にした。

*4 ペルソナとは：商品開発の際に設定する架空の人格。名前・年齢・性別・趣味・住所などから始め、細部に至る人物像を作りだし、その人格に感情移入することで、ユーザビリティに優れた製品・商品の開発に結びつける。(デジタル大辞泉より)

3. 過去洞察

過去がどのように「変わってきた」のかを整理・認識し、その流れから未来を推察しようとした。また、「変わらなかった」ことにも着目し、このようなことを大事にした。

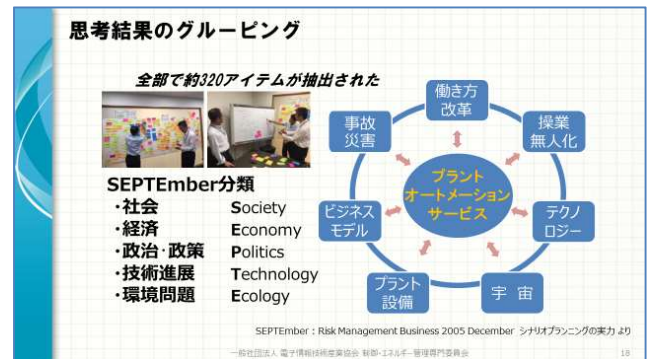
4. Change Driver の抽出

未来にインパクトを与える事柄（Change Driver）をワイガヤミーティングで出したところ、集まった意見は 320 件にのぼった。それらを SEPTEmber(社会、経済、政治・政策、技術進展、環境問題) のフレームで層別した。

5. 未来洞察

シナリオプランニング手法*5を使い、不確実なキーを軸にするなどして未来洞察した。

*5 出典：Risk Management Business 2005 December



【3章 過去から現在 ~変わったもの・変わらないもの~】

未来を予見・俯瞰するにあたり、まず過去から現在がどう変わってきたかを顧みることにした。

1. 主要国の GDP 推移 (図 1)

日本の GDP は世界第 2 位であったもののほぼ横ばいで推移していた(失われた 20 年)。2009 年に中国に逆転されその差は開く一方であり、その GDP は今や日本の 2.5 倍である。約 14 億人の人口を抱える国ゆえ一人あたりの GDP は小さいが、絶対額の大きさは侮れない。

しかし、ここで注目すべきは米国の留まることを知らぬ成長である。「どうして彼らに出来て我々が出来ていないのか?」の研究は、どこまでされているのだろうか。

1980~1995 年の 15 年間を切りだして着目すると(図 2)、日本の成長たるや絶対額では及ばないが伸び率は高く、日本の技術による世界初商品を連続して生み出していた。米国は国をあげて日本を研究していた。

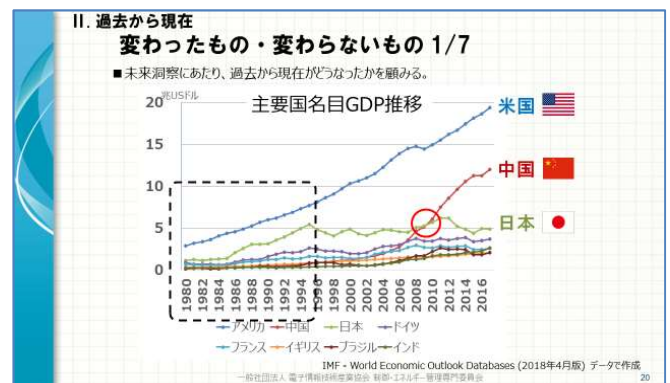


図 1 主要国の GDP 推移

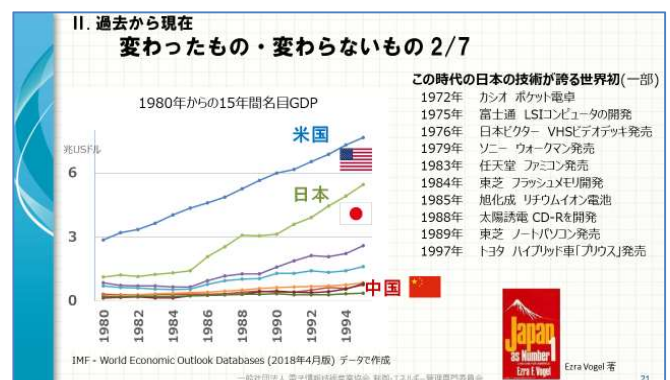


図 2 GDP 推移 部分拡大

中国は見る影もないが、しかし着実に日本・米国・欧州らメーカ商品のノックダウン生産に取り組んで製造力の強化にいそしんでいたことを思い出さなければならず、今の繁栄の礎を築いていたと言える。日本は今後の戦略をどう描いているのか、明確に見えてこない。

2. 事故件数トレンド

図 3 は消防庁がまとめた国内の石油コンビナートにおける年次の事故件数の統計をまとめなおしたものである。自然災害によるものを除外すると件数は 1993 年（平成 5 年）までは減少し続けたが、それ以降は増加の一途である。減少した要因には、「プラントのコンピュータ制御により操業技術の高度化」、「行政の安全規制・その法制化」がある。逆に増加要因は、バブル崩壊後の設備費抑制でプラント建設・更新の減少による「設備の老朽化」や、団塊の世代の大量退職などによる「技術伝承の滞り」による「人為的ミス」にある。



図 3 石油コンビナート事故発生件数の推移

3. 技術

我々は電気屋集団であることから電気史に目を向けて変化を振り返ってみた。

- 琥珀による静電現象や磁石は紀元前から知られていたが、正体やメカニズムがわからず有史に入ってもオカルトチックなものと扱われ、正しい理論・技術の発展は第一次産業革命の時代まで待たなければならなかった。
- 1785 年、ねじり天秤を用いてクーロンの法則が導きされ、1800 年にボルタが電池を発明した。電池により定常的に電流が得られたことで安定的な実験をすることができ、このおかげで 1820 年アンペールの法則が得られ、1826 年オームの法則、1840 年にはファラデーが電磁誘導現象を発見した。その後 1861 年、クーロンの法則から 76 年を経てマクスウェル電磁方程式が完成し、電磁波の存在が予測される。そしてアインシュタインは有名な式 $E=mc^2$ の式を 1907 年に発表し物理学が一変する。十数世紀以上も分からなかったことが、音楽ではショパン、絵画ではモネが活躍したこの 1 世紀の期間で一気に花咲いた。
- 電気技術では、これら電気理論をベースにして 1870 年代にグラム、ジーメンスにより発電機が発明され、1876 年(明治 9 年)にはベルが電話を、そして 1879 年にエジソンが電球、1882 年にテスラが誘導電動機を発明し、現代電気工学に継承され、第二次産業革命と言われる時代に入る。電波による通信が急速に実用化され 1894 年マルコーニの無線通信実験の成功からわずか 11 年後の 1905 年、三六式無線機が日露戦争で初めて実用化された。
- 我が国では 1871 年(明治 4 年)東京-横浜間の電信が始まり、明治 6 年には長崎まで伸びる。長崎と上海はつながっていたので、たった数年で東京は世界と電信でつながった。1882 年(明治 15 年)銀座にアーク灯がとまり、1887 年(明治 20 年)には日本初の火力発電所が誕生。電力送電網が急速に発達し、1925 年(大正 14 年)ラジオ放送、1953 年(昭和 28 年)にはテレビ放送が開始された。僅か約 80 年でめまぐるしく発達したことになる。

ここで、もう少し近年の「変わったもの」に目を向ける。今回未来予想する 2050 年は、2018 年の現在から 32 年後だが、逆に 32 年前（1986 年）を振り返ってみた。

- NTT ドコモはまだ無かった。IBM・日立等のメインフレーム型コンピュータが電気工学系の学校に導入されていき、パソコンが学生の授業に用いられ始めた。プラントでは大勢の操作員で運用されていたが、導入が進められていた産業用コンピュータが普遍的になって自動制御化が大きく進み、まさに第三次産業革命の時代にあった。
- 1980 年代にインターネットの考えが誕生し、結果、部屋にいても便利に買い物ができるようになった。この間、日本は世界初〇〇を数多く世の中に送り出した。アメリカは日本の産業を研究した。
- ここ 30 年の CPU 高速化、メモリの大容量化、ハードの小型化・低価格化で、タブレットの生産現場への持ち込みなど従来出来なかったこと、以前挫折したことが簡単にできるようになった。ネットワークは高速化・広域化・大容量化が進み、その結果、アクセスできる知識の量は電話帳何億冊分などと数えるのが馬鹿らしくなるほどであり、第四次産業革命として IoT が注目されている。

19 世紀、20 世紀、21 世紀初頭はそれぞれ大きな発達を遂げ、それらはよく言われるように指数関数的に発展した。故に今から 32 年後も先人たちの肩に乗りもっと大きく進歩しているはずである。今の小学一年生は 38 歳になっており、それぞれの業界で時代のリーダーシップを発揮し、オートメーション業界も明るい未来になっていることだろう。

【空想コラム 1】

2019 年、楽しいアプリケーションで何の気なしに使っているクラウドサービス。動画撮影したものを大勢で、気軽に便利にシェアするのにデータセンター（以下、DC）の役割は大きい。

今、日本の DC はショッピングモールのイオン並みに建屋は大規模化し、これは世界の潮流だ。これらは NTT 局舎内の「四畳半 DC」まで合わせると 600 超ある。これらの延べ床面積は 229 万㎡。これでも全世界の 2% だそう。サービス市場は 1.4 兆円といわれ年率 8% 成長（10 年後には 2 倍以上になる）をしている。

数多くのサーバや通信装置などが DC 建屋内に整然と並ぶ。重要な文化資産データから家族写真、間違えて複数枚撮影したピンボケ写真まですべて大切に保管されている。そのためにはサーバやメモリ等のための電力が必要になる。またそれらが生む熱を冷却するため大掛かりな冷房が 24 時間 365 日休まず稼働し、多くの電力を無尽蔵であるかのように消費している。現時点の全国 DC のトータル電力は 1,187MW といわれ、これは原子力発電 1 基のフル出力に匹敵する。DC 管理者は、どのデータが捨てられて、どのデータが消してはいけないのか判らず一律大事に、しかも未来永劫保存することになる。たとえ 1,000 年でも。今後、データ通信が益々高速・大容量化すると貯めるデータは指数関数的に増すことは確実。2050 年、そのための原子力発電所が 3 か所建設された。貯蔵データの利活用効率はすこぶる悪い。

2051 年、溜まりに溜まった死蔵ビットデータが突然ネットワークをさまよひ始め、ゾンビデータ群となって膨れ上がった回線中を駆け巡った。国家秘密データから思い出の写真まであらゆる電子データが汚染される電子版 HIV が蔓延し始めたのだ。発生源は、冷房費用が少ないとされて寒冷地に作られたカムチャッカ DC と突き止められたが、ある評論家は同時発生しているともいう。欲望に任せて突き進んできたことにより膨大に増長してきた埋没電子ビットが集合して意思をもち、猛威を振るうのであった・・・。

4. 「変わらないもの」

技術は爆発的に進歩した。しかし人間の構造（大きさ・DNA・感情）はさほど変わっていない。こういう観点に立って「変わらないもの」を整理しておくことは未来予測することでも大切であると考え、SEPTEmber のフレームで変わったもの・変わらないものを対比した。（表 1）

表 1 変わったもの・変わらないもの

種類	変わったもの	変わらないもの
社会	想いの伝え方(和歌、恋文・・・LINE)	感情(うれしい、欲しい、憎い、悲しい)
社会	死因(結核→脳疾患、がん)	自然による癒し
社会	現場作業員の高齢化と外注化	朝礼(ラジオ体操、注意喚起)
社会	地方の都市部空洞化(シャッター街)	権力構造
社会	瓦屋根ふき業、左官屋業が激減した	おもてなしサービスが生き残る
社会	電気屋さんってちょっとカッコイイが無くなった。	「近頃の若いもんは」いつの時代にも言われている。
社会	意識(人権、戦争。昔は気に入らなかつたら虐殺・略奪。一部地球上では今もそうだが)	DNA
社会	ハンバーガーを食べるようになった。(パンとハンバーグは数千年前から有るがハンバーガーは100年くらい)	ワインをグラスに注ぐ(直飲みしない)
社会	素材(草⇒紙⇒ナイロン)、道具	美意識(美しい建物、絵、宝飾)
社会	CO ₂ の量(地球温暖化)、ゴミの量	宇宙のメカニズム
社会	自然に対する畏怖、畏敬。「これ以上とり過ぎてはいけない」などの意識。現在は、とり過ぎて余らせて、腐らせて廃棄。エネルギー消費側の要求に対して不便が無い完璧な供給状態が当たり前。	地球のキャパシティ
社会	寿命、人口動態	事故はなくなるらない、安全第一
社会	モノ⇒こと	所有欲
社会	働き方。終身雇用から起業家	ずっとワクワクしていきたい。
経済	最終製品製造からチップ供給(携帯電話)	ものづくり愛
経済	大量生産⇒多品種少量生産	あくなき効率化の要求
技術進展	通信手段(のろし、手旗、モールス・・・衛星)	繋がり
技術進展	メイドインジャパンからアッセンブルジャパン	日本の安全神話、メイドインジャパン神話
技術進展	調整機器のデジタル化、ハンドヘルド機器の進化	バルブやコンプレッサなどの開放メンテナンス作業
技術進展	保全記録の電子化	黒板やホワイトボードでの手書き申し送り
技術進展	業務管理は紙→PC(MS-Dos)→Windows→Web	詰所
技術進展	リモートメンテナンス	現場計器キャリブレーション
技術進展	システム間、データ連携が容易	良いものが欲しいという探求
技術進展	CPU速度、メモリ容量、ネットワーク速度・規模	キーボードの入力速度、手のサイズ
技術進展	AI、ロボットの活用事例が増えた。	下町の技術
技術進展	センサーの種類が増え、安くなり性能が上がった。	データ収集しても使わない
環境	ペーパーレス化	紙の必要性

【4 章 未来洞察 ～確実な未来と不確実な未来～】

その①：確実性が高い未来

未来は当たらない。しかし確実視されるものはある。未来のすべての事象を予測することは難しいが、現在の統計データや学術的な原理原則に基づいて予測できる事柄を「確実な未来」として SEPTEmber のフレームで整理した。これらは未来に対する共通認識と言えよう。

«社会»

1. 人口動態は、成長国の人口増が著しく世界人口はゆうに 70 億人を超え、2050 年には 100 億人に達する見込み。
2. ただし日本、韓国、台湾は人類史上初の深刻な少子高齢化と人口減に陥る。日本は、2050 年には 1 億人を切り 95 百万人になる見込みで、そのうち高齢化率は 39.6%(65 歳以上の人口が 3,764 万人)と推定されている。
3. 国の概念は継続している。
4. インフラ・プラントのさらなる老朽化
5. 100 歳時代を背景にシニアスタートアップが当たり前になっている。
6. 働き方改革により、プラント現場の女性就業者の割合が 5 割になっている。

«経済»

7. 世界・日本とも GDP は成長している。
8. アフリカ市場のブレイク。（日本政府は中国を念頭に質の高いインフラを提供していく考え。TICAD）
9. 「リカードの比較優位」の論理により選択と集中が進む。
10. 国内のみならず国際間もシェアリングエコノミーが成熟している。同時に仮想通貨が使われている。そのため企業でも仮想通貨が普通に会社間取引で使われている。

«政治・政策»

11. 日本の 18 歳人口が 200 万人から 120 万人になり、さらに 80 万人になるなかでシニア層への教育サービスに対して、政府支援（補助金、税制優遇など）が拡充されている。
12. 年金制度は少子高齢化により随時見直され、支給開始年齢は確実に上がる。

«技術進展»

13. 通信や IoT、Connected Industries、AI、ロボット技術はさらに発展する。
14. 物理学が根底からひっくり返る理論が登場し、宇宙の進化のなぞが解けている。リーマン予想が解けている。しかし新たな難問が現れ、物理学者はさらに闘志を燃やしている。
15. 量子コンピュータが手のひらの上にある。
16. 自動翻訳が当たり前に使われている。（言葉の壁が取り払われる）
17. リニアモーターカーはさらに延伸され、人・物の流通速度もさらに向上する。
18. 宇宙エレベータで宇宙へのアクセスが手軽になり、月面プラント・火星プラントが操業されている。
19. 下町の中小企業の加工技術の強みは、日本の独自産業としていつまでも日本の強さを支え続けている。

«環境問題»

20. 世界人口増による環境負荷が増大し、食物連鎖バランスへ影響を及ぼす。

その②：どちらになるか不確実な未来

予測する項目には各人の立場・思想によりどちらの方向に進むのか意見が分かれ、議論が噛み合わないことがある。議論がスムーズになるように、それらを不確実な未来として整理し、どちらの立場で意見を言っているのか明示しながら議論した。

«社会»

1. 世界から見た巨大マーケットとしての中国の地位はどの位置にあるか。

(ソ連の崩壊を誰が予測できたか)

2. グローバルサプライチェーン（経済圏、プラスワン、一帯一路）での日本の地位・関わりに変化はあるか。
3. 第三次世界大戦が起きるのか、起きないのか。

«経済»

4. 日本は内需比率 60%であり先進国として特異だが今後どうなるか。
5. 日本で精密高級パーツを創り、中国で組立て、米国がパテント料を持っていくことが、継続しているのか、変わっているのか。日本がどういう立場にいるのか。
6. 製造業がモノづくりからコトづくりになっているのか、相変わらず乾いた雑巾を絞るようなモノづくりで高性能・高品質品を輸出しているのか。

«政治・政策»

7. 日本の移民政策が進むか、進まないのか。
8. 日本の電機メーカが行政指導などの再編で 2 社になっている、再編は進まない。
9. 文系・理系の教育カリキュラムの偏りが是正されている、されていない。
10. 遷都している、遷都していない。
11. 宇宙エレベータは自由に使っているのか、中国・米国に使わせてもらっているのか。（政策がものをいう。作り始めたが、先に進めている国から「危ないからやめろ」といわれたらすぐ言うことを聞く国もある。）

«技術進展»

12. シンギュラリティは起こるのか、起こらないのか。
13. アフリカでプラントサービスをやるときに現地エンジニアに、AI とロボットが指示するだけになっているのか、あいかわらず日本からベテランがきめ細かく（ベタベタと）遠隔指示するのか。
14. 移民の人たちによる技術者は下町ロケットの職人芸ができていないか、いないか。日本人の持つ DNA だけではできないのか。
15. Big Data が安全・公平に共有されるか、GAFA の独占か。

«環境問題»

16. 地球温暖化がこのまま進むのか、止まるのか。

【空想コラム 2】

宇宙エレベーターケーブル保全ロボのノリオは 17 年間、グアム沖地球ポートと上空の成層圏コンビナート Terra の間を 100 回以上往復し、ケーブルとケーブルシャトルの保全・保安任務を遂行している。彼はケーブルの劣化や腐食だけではなく、デブリ監視システムのスケジューリングに従い、デブリ撃墜も行っている。ケーブルの破断リスクのある半径 5cm 以上のデブリはすべて位置追尾と撃墜スケジュールが自動化されているが、時折 4cm の計画外排除業務もある。彼は特に勤と度胸が優れたロボットで時折ケーブルから 30,000m 離れて計画外微小デブリを破壊することがある。しかし、35 機のケーブルロボを管理するマネージャロボのマサオは彼の計画外行動はしばしば予算オーバーにつながり、あまり評価していない。マサオは統計データをもとに、ノリオの計画外出動を 3 割減らすように指示しているが、なかなか指示に従わないため、時折強制ドック入り処分にしている。

ある日、ノリオがドック入りしている最中、微小デブリがケーブルを直撃し、破断はしなかったものの 87 名の乗客を乗せた定期観光シャトルを緊急停止させてしまう。さらに、10cm 超の大型デブリが 23 個ケーブルに接近中で、稼働中保安ロボだけでは停止したシャトルの救出活動に危険が伴うことが判明した。マネージャのマサオは（真っ青になって）ノリオに頭を下げ、シャトルの救出ミッションを開始する。シャトルでは旅行客が酸欠の恐怖におびえながら待っている。開発を果てしなく追求していくことで危険閾値があがり、それを決壊したらダメージは凄まじくなる。このことを人は何回後悔したら気が済むのか。そんなことを考えながら作業に取り組んでいくのであった。

【5章 考えられる未来の姿】

これまでに整理した内容をもとに議論を発展させ、いくつかの未来の姿を想像した。中には笑い話のような事柄も多いが遠慮せず列記することにした。

「社会」

1. 無法地帯となったインターネット空間がスラム化し、有料プライベートネットを利用することが普及する。自動車運転のようにインターネットにアクセスすることに免許証が必要になる。
2. キムタクのような人気俳優が扮するオートメーション・エンジニアが主人公のトレンドドラマの影響で、産業エンジニアが突然人気職種になっている。
3. プラント設備・機器はバルブ、ポンプ、配管に至るまでモジュール化され、モジュール間のインタフェースが標準化される。プラント建設、保守サービスは、サイバー空間上で世界中の標準モジュールを提供するベンダーから最適に選択された Connected Venture を組んで進められる。
4. 分散制御システム（以下、DCS）はハードウェアプラットフォームとして標準化され、制御アルゴリズムや運転監視機能ソフトウェアはベンダーノウハウの塊としてアプリのように有料でダウンロードが可能になる。プラントモデル、データも自由にネット上で取引される。
5. サービスは分かり易くカテゴライズされ、サービスやカテゴリー間のインフェースが標準化されて、ユーザーはベンダーを世界中から自由に選択できるようになる。インタフェースは標準化されるため、サービス（モジュール）ごとの性能や QCD（品質・費用・納期）が競争軸になる。
6. 人によるきめ細かいこだわりぬいた点検・調整サービスも残るが、基本は世界中から遠隔でサービスを提供する。出張サービスも高額だが提供されている。

「経済」 「政治・政策」

7. 国の戦略的な大規模投資が実り、メタンハイドレートが日本近海で安定的に大量産出できて、日本がエネルギー輸出国になっている。これによって世界の安全保障が様変わりする。

「技術進展」

8. 宇宙空間で太陽光発電された電力が無線伝送で地上に送電される。その電力は原子力発電の発電量に匹敵し、それによってようやく脱原発が実現する。
9. いまだに不明な点が多い脳のメカニズムがすべて明らかになる。新しい脳波がいくつか発見され、ヘルメット・作業服に埋め込まれた皮膚表面センサーから高速ネットワークで量子コンピュータへ送られ、労働者のヒューマンエラーが事前察知される。【サイバー・フィジカル・サポーテッド】



「環境問題」

10. 宇宙発電により燃料が要らないために電力コストが大幅に下がり、エネルギーランニングコストでペイしなかった海水淡水化プラントが数多く建造される。水不足対策に大きく貢献し、毎日、何時間も水汲みに費やされていた子供の時間は勉強に向けられるようになる。

【空想コラム 3】

～埼玉県 K 市のキューポラ工場。昭和 30 年創業の町工場。現在の社長は 2 代目で 80 歳近い。その息子が専務として、先月銀行を辞めて入社した。私は作業部長で、オペレーション員と整備員を合わせて 9 名でやっている。平均年齢 58 歳。専務はここをたたんでマンション経営をしたほうがいいのか、地元の企業として社会貢献していくのか考え続けている。～

あくる朝、出勤するのに家を出たら、いつもとおり、迎えの無人自動運転ドローンが来ていた。その後ろには常磐ハワイアンセンター行きの無人送迎ドローンがいる。昨日の夜、インターネットでフラダンスを検索したからか。2010 年代には Web 検索したものが検索サイトの広告に現れたが、今ではこうだ。よく車内を見ると背広を着た一人の客が乗っている。隣の旦那さんだ。この人、さぼるんだな。私は我慢して出勤しよう。今日は特別点検がある日で監督業務をしなくてははいけないんだ。

体温、動悸、発汗がセンシングされるウェアラブル・ブルースーツ（作業着）に着替え、作業前の KY ミーティングだ。ウェアラブルヘルメットには脳波がセンシングされている。作業着手しはじめると、チームリーダーがこともあろうか間違えて稼働中の隣の設備のバルブフランジにふれ始めた。脳科学は大きく進歩しており、脳波の種類も細分化され、ミスが起こしやすい状態の脳波と AI 技術によりヒューマンエラーが的確に察知され、事前アラームで事なきを得た。だが結局、機械頼りになる傾向が多く、業界では問題視されつつある。

ただ、暗黙知が無くなり、押さえるべく操業のツボも文章化され、今年入った新入社員がマニュアルとおり進めてスムーズにいき、当人にとっては勉強が深まっているようだ・・・。

【6 章 さらに注目する未来の姿】

「オートメ人（産業オートメーションの専門家）」として前章を大きく踏み込み未来像を大胆に予測した。

その①：宇宙・深海プラントが稼働しているなかで・・・

2050 年、日本は宇宙・深海にプラントを作った。宇宙は太陽光エネルギーや月などの鉱物資源の獲得、深海はメタンハイドレートの産出が目的である。

宇宙へのアクセスはロケットではなく宇宙エレベータプラントが建設されて活用されている。多くの資材を宇宙へ運ぶには、地球の重力を振り切るために大量の燃料を使うロケットより宇宙エレベータのほうが時間はかかるが多量に、かつ建設してしまえばランニングコストは安価だ。ところが！

【課題】宇宙エレベータのワイヤが素線切れしてしまい・・・。（とても長く、宇宙なので発見が困難。宇宙での過酷な作業環境の問題で人が長時間対応できない！）

⇒たとえば超大型発電所の発電機点検ではステーターとローターの隙間を這う点検ロボットが試行されている。橋梁・トンネル点検でも活発に点検ロボットが使われ始めその地道な技術・ノウハウが活かされ、ワイヤ点検ロボットが自動点検している。（「それ！？」というのを進めていかないと始まらない。）

【あらたな問題】点検したけど点検ロボットが素線切れを見落としたり、修理の場面では人が修理ロボットを遠隔操作しているなかオペレーションをミスしてしまう・・・。

⇒量子コンピュータによる超高速解析で見落としが無くなる。オペレーションミスは、量子コンピュータと新脳波探知センサーがサイバーサポーターとして機能しており、ヒューマンエラーは排除される。また、修理ミスは、実プラントに施す前にミラープラント・シミュレータでシミュレーションをしていて回避されている。制御 DCS にはシミュレータとのリンク機能が充実しており、DCS の膨大な運転ログは常にシミュレータに送られ学習を深めている。AI が定常運転中のデータからイレギュラーを検知し、瞬時にシミュレーションを実施し、警告アナウンスや操作ガイダンスをオペレーターに通知している。

【でも・・・】どうしても素線切れのトラブルがでてしまう・・・。技術伝承が途絶えて修理もおぼつかない・・・。

⇒「式年遷宮」の考え方が“カイゼン”のように全世界で認められ、30年おきのスクラップ&ビルドが当たり前の思考になり、素材開発や人材育成に役立っている。設計図面は、ARに活用可能な3D-CADで進めることが当たり前になっている。DCSは、予備品管理機能が当たり前についており、故障によるメーカーとのリモート通信診断は標準装備になっている。

その②：シェアされるサービス提供

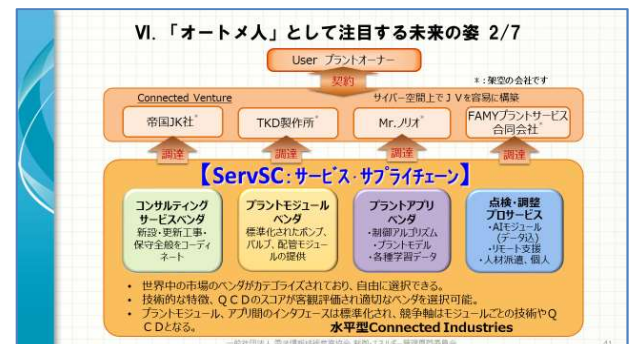
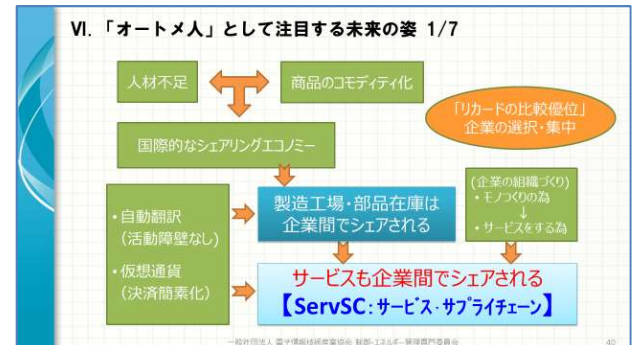
新しい仕組みの産業構造が発達する。

1. 自動翻訳機により会話障壁がなくなり、仮想通貨の企業への浸透によって決済が簡素化する。（国際的に言葉・通貨が同じになる）
2. 少子化により人材が不足し、「リカードの比較優位」論理と商品のコモディティ化などもあり、シェアリングエコノミーが進み、さらに国際化する。
3. 製造物や部品在庫は従来、各企業で個別に準備していたが、2050年では競合企業間であってもシェアされるようになる。
4. 製造メーカーは、製造をスムーズにするための組織構成であったものが、サービスをするための組織構成になっている。（製造メーカーの組織構成は、もの作りがし易い組織体形でなく、サービスし易い組織体系になる。）
5. これらによりオートメーション・サービスさえも競合企業間でシェアされる。さらに、サービス提供者の多くが個人事業主となり、ユーザー・ベンダー・新規参入企業などの仕組みを超えて適切な能力を持つサービス提供者が適切なタイミングと提供価値に見合った価格で受託することが当たり前になる。これらは「サービスサプライチェーン(ServSC)」と呼ばれるだろう。

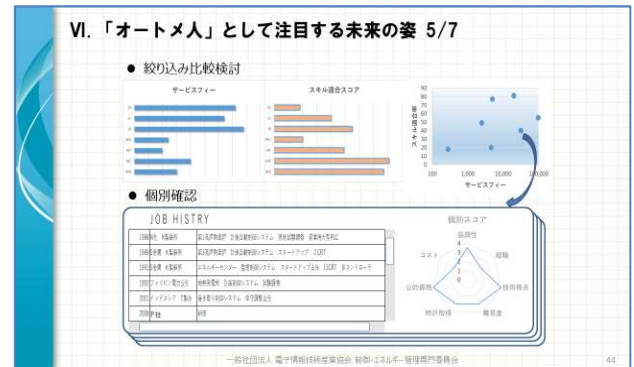
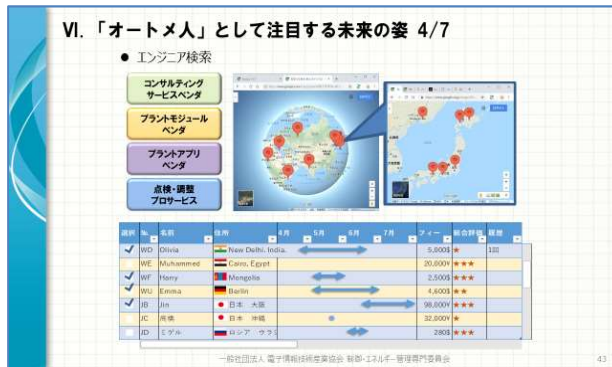
6. ServSCには、世界中の市場のベンダーがカテゴライズされて登録されており、ベンダーを自由に選択することができる。技術的な特徴、QCDのスコアが客観評価されており適切なベンダーを選択できる。プラントモジュール、アプリ間のインターフェースは標準化されていて相互利用可能なため、競争軸はこれまでのメーカーブランドだけでなくサービスごとの技術やQCDのスコアとなる。インターネットテクノロジーはそれらを可能にする。
7. モジュール化されたサービスは、メーカー間でも融通しあう。それこそが Connected Industries。調達したサービスはそれらを組み合わせることで、自社で新しいサービスが生まれる。

たとえば、火星プラントで「新しい制御アルゴリズムが欲しい」とサービスサプライチェーンに問いかけると、

- ① プラントを知り尽くした経験豊富なシニアスタートアップの方が応募してくる。（原子力の神様、化学反応式のオーソリティが会社を退いて、コンサルで活躍している）
- ② 一定の信頼度があるAmazonの評価スコアのようなものでチェックされる。
- ③ 契約（言語の壁が無く外国の優秀な技術者にも頼める）



- ④ 対価を預託（仮想通貨）
- ⑤ 業務が履行され内容を確認。即決済。（与信管理も不要で安心）



英語が不得手でも翻訳システムがサポートしてくれるので外国企業を相手にしても思う存分活躍でき、やりがい大きい。技術者への期待とその出番はますます高くなっていく！

しかし、まだこんなジレンマがあるかもしれない。今でさえ東南アジア・アフリカで仕事をして大変なことがある。将来、火星プラントでサービスしているはずなのだが、

- ① リモート監視を導入してもセンサーが壊れて直していない。壊れたら壊れっぱなし。性能が出ない。
- ② 整備員は「自分のせいではない。」と他人事。
- ③ 装置を売る時に壊れたことを想定したうまい契約が出来ない。
- ④ 「データは顧客のモノだから」「断られるに決まっている」と忖度すぎる。（これも契約下手）
- ⑤ AI やロボットはちゃんとした仕事ができていることが多いかもしれない。
- ⑥ きちんとしたサービスに対する正当な価値を訴求し、評価し、対価を支払う文化ができていない社会のまま。
- ⑦ 仕様が不明確のまま契約してしまう。契約の関係が未成熟。

これらのジレンマはサービスクラス*が解消する。ServSC を円滑に、かつ発展的にさせるためにはサービスクラスの考え方は有用である。このことで企業間や顧客間、発注側と受注側のよくある食い違いがなくなり、仕様の整理が進むことで新しいサービスが誕生していく。サービスが生み出す価値を基準に、国内の高いレベルのサービスを融通しあう。

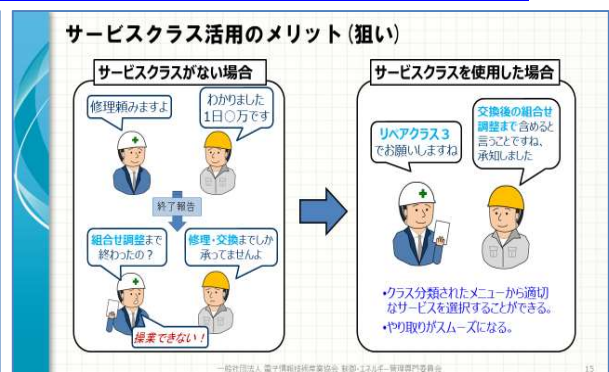
これらを実現するうえで、各企業はサービスの体系化を進めないといけないが、企業間で協調することでさらに新しい日本産業の価値が生み出されるはずである。

*サービスクラス http://home.jeita.or.jp/upload_file/20160622155949_F2VIsItG7q.pdf

産業オートメーション・サービスクラスの概要

クラス	サービス種別	実施形態	内容
0	基本サービス (購入に伴って受けるサービス)	無償提供	購入製品に付随しているサービス。(追加設定やオプション購入は不要) 基本的な修理、問い合わせ窓口、カタログ情報、購入に伴う基本保証などを指す
1	製品関連 標準サービス (メーカー標準サービス)	無償提供	サービス提供が完了後、標準的なメンテナンスサービス。顧客は特定の料金を支払う必要はない
2	製品関連 カスタムサービス (製品固有のサービス)	有料提供	製品固有のサービス。顧客は特定の料金を支払う必要はない
3	製品関連 カスタムサービス (製品固有のサービス)	有料提供	製品固有のサービス。顧客は特定の料金を支払う必要はない
4	システム関連 サービス (システム関連のサービス)	有料提供	システム関連のサービス。顧客は特定の料金を支払う必要はない
5	システム関連 サービス (システム関連のサービス)	有料提供	システム関連のサービス。顧客は特定の料金を支払う必要はない
6	システム関連 サービス (システム関連のサービス)	有料提供	システム関連のサービス。顧客は特定の料金を支払う必要はない

一般社団法人 電子情報技術産業協会 韓国・エスエル・管理部門委員会



【空想コラム 4】

マコト：28 歳、派遣保全員。真面目だがちょっと頼りなく、事なかれ主義で上司には逆らわない。

タケシ：32 歳、プロセスエンジニア。達成欲タイプ。何か難しいことを一人でやり遂げるのが好き

アオイ：35 歳、保全マネージャ。支配欲、出世欲旺盛。リーダーシップを発揮し、大勢の部下を使いこなす

①異常発生

2050 年 8 月 21 日（日）午前 3 時、突然ポリプロピレン重合器の触媒反応異常アラームが発生。異常アラームはリアルタイムシミュレータからの発生で、触媒の反応異常から 15 時間後に熱暴走が始まり、最悪 20 時間後に爆発に至るというアラームである。

通常は誰もいない時間であるが、この日はたまたま保全員のマコトが金曜日に交換したばかりの触媒注入装置を 24 時間体制で監視していた。シミュレータのアラームは建屋内のアラームパネルと警報音で通知され、マコトはびっくりする。しかし、彼には操作権限がないため、装着していたウェアラブルデバイスから派遣元のコールセンターに連絡する。（本来、このコールは不要で、これが後で災いする）

②初動措置失敗

コールセンターが緊急コール体制を進めると同時にシミュレータ警報をトリガーに自動異常回避シーケンスが起動された。これは予備装置から反応速度を緩和する別の添加剤が注入され、ポリプロピレンの品質を損なわずに反応速度を制御する新技術であった。このシーケンス発動後 3 時間（午前 6 時）でシミュレータ警報は解除され、シーケンス完了通知が保全マネージャのアオイとプロセスエンジニアのタケシに警報発生と回避の詳細がメール送信された。

その頃、マコトはコールセンターからの緊急対応指示に従い、反応炉にスチームを供給するボイラー室に移動し、手動介入のスイッチを入れた。マコトは遠隔支援カメラ付きヘルメットを装着し、コールセンターからのリモート支援のもと、ボイラー運転負荷を 50%まで徐々に落としていた。反応炉の熱供給を減少させることで熱暴走を防止するのが狙いであったが、マコトの操作ミスも加わり、冷却水ポンプのパワーも同時に落ちてしまい、再び重合槽の温度が上がりはじめた。今回はボイラー側が手動モードに変更されていたことで、監視システムからの異常回避も起動ロックがかかってしまい、温度上昇のスピードが逆に加速して、リアルタイムシミュレータは再び警報を発報した。（午前 11 時）

今回の警報は 3 時間で熱暴走、8 時間で爆発に至るというかなり深刻なものであった。爆発の危険が 10 時間以内に迫ると、消防署だけでなく、近隣の住宅街にも「緊急避難準備警報」が通知され、老人ホームには約 20km 離れた医療センターから救護ドローン 20 機が向かう。

③緊急避難

タケシは、この日はデートで朝 8 時から東京ディズニーランドに行き、彼女とアトラクションを楽しんでいたが 11 時の再アラーム通知を見て急遽デートをキャンセルし、上司のアオイとともにプラントに駆けつけた。

④ロボット消防隊出動

12 時 30 分、爆発だけは回避したいアオイは 50 機のロボット消防隊と 40 機の化学消火ドローンを現場周辺に配置し、14 時に予想される熱暴走が始まったらすぐに上空からの冷却とロボット消防隊の突入を始める手続きを急いでいた。

一方、5 年前から仮想プラント爆発回避コンテストで入賞を続けているタケシは、必死に熱暴走を引き起こす配管の特定とそれを回避するためのバイパス管を特定し、ギリギリで爆発を回避できる道筋を見つけた。しかし、一旦は熱暴走が始まってしまうため、アオイにもう 30 分消火開始を遅らせるよう必死に訴えた。

⑤爆発の回避と正常復旧

本社からは 14 時に消火開始指示が出ており、特権モードで手動介入しない限りは消火が始まるとともに住民避難が始まる。しかしアオイは意を決して、消火シーケンスを手動中断し、タケシの熱暴走回避操作を待つこととした。

タケシは満を持してバイパス弁を開き、暴走緩和剤を注入する。が、どうもバルブが開かない！ 万事休すと思いきや、現場からのトランシーバ通信（なぜかローテク）でマコトが呼び掛けてきた。「タケシさん、逃げ遅れました。助けてください。」逃げ遅れたマコトに開かなかったバルブを開けさせ、間一髪、熱暴走回避は成功した。

⑥責任問題

結果的に設備損害や爆発を回避したものの、本社は指示を無視したアオイとタケシの処分を決定した。すると、裏 SNS で現場実況中継を見ていた多くのコンテスト仲間がネットキャンペーンをはり、二人の功績をたたえ、本社も世論を敵に回すことができなくなり、二人は無事日常業務に戻ることとなった。

野放図な開発のツケを現場の優秀な技術者たちは背負い、また明日に向かって立ち向かっていく・・・。

【7 章 おわりに】

制御エンジニアの視点で「2050 年のオートメーション・サービスはどうなっていくのか」を展望した。

2050 年の日本国内は働く人口が大きく減少することで、国内での生産がコスト競争力や環境規制の制約により、多くの工場は海外に移転しているかもしれない。生産手順やノウハウは AI としてシステムに内蔵され、生産

やメンテナンスにかかわる人員の大半は外国人で構成されるようになるが、それらを全体としてうまくまとめる日本のエンジニアの技術力の必要性は大いに高まると考えられる。日本人らしい高付加価値サービスがモジュール化されシェアされることで、国際市場での競争力をさらに高めることが可能になる。2050 年を見据えて今から ServSC の経験知を蓄積し、この分野で日本がリードするために企業を越えたサービス価値をシェアできるスキームを構築していく必要がある。

たとえば自動車メーカというものは、移動を手軽に・早く・快適にして人を喜ばすサービスという「コト」を実現するための「モノ」を世に出すことを目指し、ベンチャービジネスとして創業したはずだ。そして日本の自動車メーカはその手段である自動車というモノづくりを徹底的に昇華させ世界を大きくリードしている。約一世紀を経て、そのモノづくり企業は「人の移動に関わるサービスを提供する(トヨタ)」というコトづくり、価値づくりに原点回帰することを語っている。2050 年、今の価値観やその優先順位がひっくり返っていることは間違いないであろう。

(END)

制作

JEITA 情報・産業システム部会 産業システム事業委員会

制御・エネルギー管理専門委員会

WG3 (産業オートメーションのサービスビジネスに関する調査・検討)

(制作メンバー)

木幡 真望	アズビル株式会社	
松井 正範	アズビル株式会社	(FY2019 副主査)
結城 義敬	計測自動制御学会 (横河電機株式会社)	
佐藤 英紀	富士電機株式会社	(FY2019 主査)
油谷 訓男	富士電機株式会社	(FY2018 主査)
高橋 浩一	三菱電機株式会社	(FY2018 副主査)
澤田 充弘	横河電機株式会社	(事業委員会委員長)
栗原 勝	横河ソリューションサービス株式会社	(専門委員会委員長)
中瀬 博史	アズビル株式会社	
飯田 清	横河ソリューションサービス株式会社	
杉原 将仁	横河ソリューションサービス株式会社	
川田 誠一	東京都立産業技術大学院大学	(アドバイザー)

東京都立産業技術大学院大学の川田学長には、本テーマのきっかけと数多くの助言をいただきました。

(参考) 当 WG Web サイト

<https://home.jeita.or.jp/cgi-bin/page/detail.cgi?n=464&ca=1>

または「JEITA WG3」で検索