



SICニュースレター「論説・寄稿」集（第4巻）

（2023年度掲載分）

 一般社団法人
システムイノベーションセンター
Systems Innovation Center (SIC)

はじめに

本書は一般社団法人システムイノベーションセンター(SIC) (2019年1月設立)の広報誌「SICニュースレター」(月刊:web 発行)に掲載された2023年度(2023年1月～12月)の記事を、SIC代表理事・センター長 浦川伸一氏の「2023年 年頭の挨拶」を巻頭に「論説」、「新技術紹介」、非会員からの「寄稿」および「コラム」を掲載時の内容を改変することなく集約したものです。それぞれの掲載順は「SICニュースレター」への掲載順となっており、各著者の所属先名および肩書は掲載当時のものです。

なお、「SICニュースレター」のアーカイブに関しては、SICのホームページ <https://sysic.org/> に公開しています。

2024年1月

©一般社団法人システムイノベーションセンター(SIC) 2024.1

本著作物の権利は一般社団法人システムイノベーションセンターに帰属します、
無断複製、無断転載を禁止します。

目次

ページ

2023年 年頭の挨拶	1
-------------	---

SIC代表理事・センター長 浦川伸一氏(損害保険ジャパン株式会社)

I 論説

論説1 横河電機の Digital Transformation(DX)への取組について	3
--	---

横河電機株式会社 常務執行役員(CIO)

デジタル戦略本部長 兼 デジタルソリューション本部

DX-Platform センター長 船生 幸宏氏

論説2 量子コンピューティング2023	19
---------------------	----

SCSK株式会社 事業投資推進本部

本部長付 オープンイノベーション担当 杉坂浩一氏

論説3 社会課題解決入門	23
--------------	----

株式会社ニューチャーネットワークス 代表取締役

ヘルスケア AIoT コンソーシアム理事

上智大学非常勤講師

高橋 透氏

論説4 複雑化する社会課題を解決するソーシャルデジタルツイン	30
--------------------------------	----

富士通株式会社

富士通研究所 コンバージングテクノロジー研究所

ソーシャルデジタルツインコアプロジェクト

シニアリサーチマネージャー 瀬川英吾氏

論説5 東芝の DX 戦略実現に向けたスマートファクトリー化	37
--------------------------------	----

株式会社東芝 生産技術センター グローバルモノづくり変革推進部

部長 白須 義紀氏

II 新技術紹介

デジタル社会の実現に向けた最先端のトラスト技術	45
-------------------------	----

富士通株式会社 データ&セキュリティ研究所

リサーチディレクター 鎌倉 健氏、シニアプロジェクトディレクター 松塚 貴英氏

シニアリサーチディレクター 藤本 真吾氏、プロジェクトディレクター 須加 純一氏

シニアリサーチマネージャー 引地 謙治氏、プリンシパルリサーチャー 中山 貴祥氏

III 寄稿(非会員)

寄稿1 デジタル田園都市国家に向けてのシステム科学の貢献…………… 56

株式会社日立製作所 研究開発グループ

技師長 武田 晴夫氏

寄稿2 大和ハウスの住宅系設計部門における

デジタルソリューションの個人史…………… 65

大和ハウス工業株式会社 技術統括本部 建設 DX 推進部

担当部長 芳中勝清氏

寄稿3 Trans-disciplinarity(TD) という考え方…………… 73

特定非営利活動法人横断型基幹科学技術研究団体連合(横幹連合)

会長 安岡善文氏

寄稿4 日本における最新物流事情と

日用雑貨業界の物流クライシス適応…………… 84

サンスターグループ ロジスティクス研究室

室長 荒木協和氏

IV コラム

コラム1 なぜ「システムマネージャー」が必要か?…………… 97

東京大学・大阪大学名誉教授 木村英紀氏(SIC理事・副センター長)

コラム2 プラットフォームとシステム……………103

東京大学・大阪大学名誉教授 木村英紀氏(SIC理事・副センター長)

V SIC 役員一覧(2023年度)

VI SIC 正会員一覧(2023年度)

2023年 年頭の挨拶

SIC代表理事・センター長 浦川伸一氏（損害保険ジャパン株式会社）

本年の干支は、卯(う:うさぎ)ですね。一説によると、「卯」はもともと「茂」という字が由来と言われ「春の訪れを感じる」という意味、また、「卯」という字の形が「門が開いている様子」を連想させることから「冬の門が開き、飛び出る」という意味があると言われていたそうです。この2つの組み合わせである癸卯には、「これまでの努力が花開き、実り始めること」といった縁起の良さを感じ取ることができます。

本センターが創立されて4年が経過しました。これまでの努力が結実に向かう年でありますように、と期待を持ちながら迎えた2023年の年頭に当たりまして、一言ご挨拶申し上げます。



昨年も、引き続きコロナ禍という厳しい環境のもとでの本センターの運営となりましたが、段階的にリアル開催が可能となり、対面の素晴らしさを実感する方も多かったのではないのでしょうか。総会、理事会、戦略委員会、実行委員会、人材育成協議会といった定期的な会議はもちろんのこと、SICニューズレターの毎月の発行やSICフォーラム、産学交流会、各種研修講座、各種分科会など、皆様のご協力により精力的に活動してまいりました。

また、昨年8月から開始したSIC戦略フォーラムは、昨年中に11回開催され、各業界の第一人者より専門性の高い知見をご披露いただくと共に、活発にご議論いただきました。本センター活動も年々活性化していると思います。これまでご尽力いただいた会員の皆様には、心から感謝申し上げます。

さて、ここ数年のDXブームですが、最近の傾向を鳥瞰いたしますと、日本企業においてなぜDXが進まないのか、どうブレークスルーすべきか、といった論調が目立つようになってきました。当職にも、そのようなお題の講演依頼がよく舞い込みます。

課題は複雑ですが、シンプルには、①企業の垣根を跨いだ大胆なビジネス企画力、②企業同士がセキュアかつスムーズに連携できるシステムアーキテクチャ、そして③強いリーダーシップ、この三点が大きなボトルネックと捉えています。特にシステムアーキテクチャについては、各省庁も注目し、たとえば齊藤裕前センター長のご尽力によりデジタル庁・経済産業省・DADCによって立ち上げた、「企業間取引将来ビジョン検討会」では具体的なユースケースを取り上げ、プロジェクト化について、活発な議論が始まっています。この他にも産官学でさまざまな取り組みが立ち上がり、具体的なユースケースを設定し、企業の参加を促し、必要な

標準化や共通インフラが検討されるなど、少しずつではあるものの、前に進み始めていると感じています。

また、DX の次のブームは、やはりweb3でしょうか。これまでのweb1.0 でインターネットでの閲覧や検索が広まり、web2.0 で投稿やプラットフォームによる市場の独占化が進んだことにより、こういった流れへの反動とも言える技術活用が広がる予兆を感じています。DAO のような新時代の組織運営がブロックチェーン技術などで実装されることにより、インターネット技術の主権が個人に戻ってくる動きは、技術目線で見ただけの場合、非常に興味深い点があります。

NFTは、デジタルアートや動画など、一部の利用者によるマーケットに限定されている感がありますが、DAO やその他のweb3技術によって経済の中核に利用範囲が広がることが予想されます。web3の利用拡大は、技術的には当面web2.0 技術との共存が続くと考えるのが自然だと思います。実装の鍵となるのは、ブロックチェーン技術に加え、人工知能技術、Trustを実装する技術、データ流通と共有を容易にする技術、DID や VC などの分散環境を実装する技術、DeFi によるスマートコントラクトの実装などに軸足が移っていくと思います。

ただ、DX もそうでしたが、web3も技術論だけでは、その実装は一向に進まないことは自明の理です。抜本的なビジネスの捉え方、組織やプロジェクトのあり方など、異次元のレベルで変革が前提となって、これらの技術活用が生きてくるのが、これからのシステム実装には求められています。ビジネス部門の方々に要件定義を担ってもらい、IT部門がこれらをベースにシステム実装を行うという単純な図式が通用しなくなるという側面もあります。

今後のデジタル時代に合わせて、社会システムを再構築していくことが求められる時代では、齊藤前センター長もおっしゃっていた通り、強い覚悟・リーダーシップ、志・ビジョン、インテリジェンス、チームが不可欠と考えます。本センターは、現在の社会、産業界での変化を社会構造の変革期と大局的に捉え、心あるリーダーの皆さんのために必要な「場」を作り、目指すべき社会の実現に向けて「情報」を共有し、産・学・官で知恵を出し合い、協力し合う、強固なチーム作りを推進してまいります。

昨年より、これまでの会員企業への価値提供に加え、経済界や産業界の発展にも繋がるデジタル庁を起点とした日本社会への価値提供にも取り組み始めました。産業界、学術界のメンバー皆様の力を結集した活動で、少しずつ変化を生み出していきたいとも考えています。引き続き、皆さまの本センターに対するご支援、ご協力をお願い申し上げます。

最後になりますが、皆様にとりまして、本年が実り多き年になりますことを祈念して年頭のご挨拶に代えさせていただきます。

2023年(令和五年) 元旦

I 論説

論説1 横河電機の Digital Transformation(DX)への取組について⁽¹⁾

横河電機株式会社 常務執行役員(CIO)
デジタル戦略本部長 兼 デジタルソリューション本部
DX-Platform センター長 船生 幸宏氏

横河電機が Digital Transformation(DX)を本格的にスタートしたのは2018年にさかのぼる。前中期経営計画である Transformation 2020(TF2020, 2018-2020)の重要事項として掲げられていることもあり、これまでの約4年間において DX を推進するための取り組みが活発に行われてきた。

当社における DX は、主に社員の生産性向上に焦点を当てた Internal DX と、顧客向けに付加価値のあるデジタルサービスを開発及び提供する External DX に大別されるが、これらは、Internal DX で試行錯誤した結果を External DX に繋げる Show Room アプローチを採ることにより有機的に統合される。DX のプラクティスや方法論は未だに十分には確定しておらず、試行錯誤をしながら進めていかざるを得ない状況であることは周知の通りである。

本稿では、当社の DX に関するこれまでのアプローチを概観し、DX プラクティスの一例としての情報を読者に提供する。

1. はじめに

横河電機は、1915年に創立された老舗製造企業である。計測ビジネスを祖業としていたが、現在は制御ビジネスを主体としたBusiness to Business(B2B)の製造業として位置付けられている。制御ビジネスが売上高の約90%を占めているが、そのうち約70%が海外での売上となっており、グローバル化がかなり進んでいることが分かる(図1)。祖業である計測事業及び現在の主力事業である制御事業の主な対象は、オイル、ガス、化学、食品、飲料等の、流体や気体を扱うプロセス製造業のプラントであることから、当社のビジネスの主要領域はOperation Technology(OT)領域とすることができる。

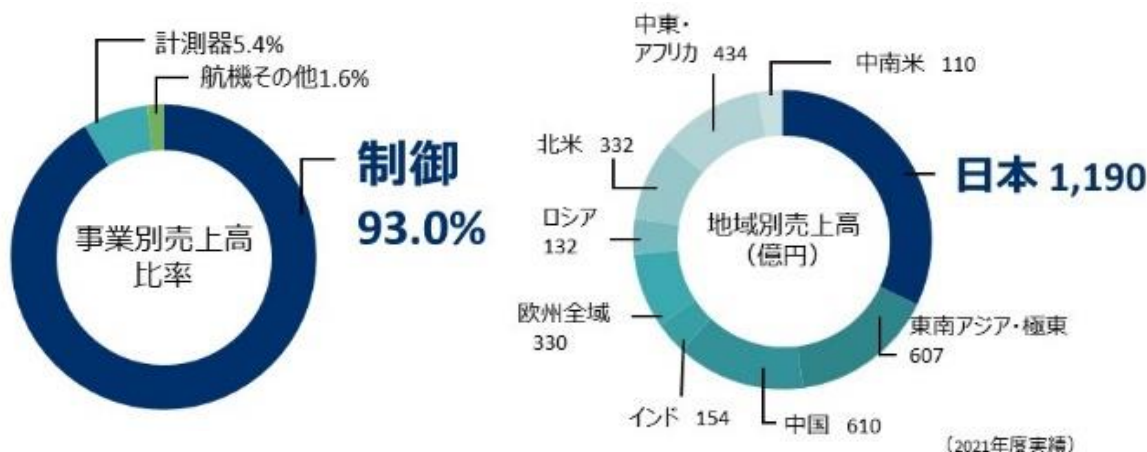


図1 当社の売上構成(2021年度連結実績)

プラント関連システムにもIT化の波が押し寄せてきており、特に、昨今のデジタル技術の浸透により、産業分野向けのモノのインターネット(Industrial Internet of Things: IIoT)技術を活用したプラント管理のデジタル化、OTセキュリティとITセキュリティの統合管理、OT関連データとIT関連データの統合管理等のニーズが増えてきている。これを受けて、当社もIIoTセンサーのラインアップやEdgeシステムを強化するとともに、Edgeシステムと連携可能なクラウドアプリケーション等のIT領域の製品やサービスの拡充を急いでいる。つまり、これまで別々に運用・管理されてきたOTとITを統合するIT/OT Convergenceのトレンドを反映した製品及びサービスがより強化されてきている(図2)。



図2 当社の製品・サービス概要

次に私の自己紹介であるが、私の役職は少し長いが、デジタル戦略本部長 兼 デジタルソリューション本部 DX-Platformセンター長となっており、前者を社内向けDX推進 (Internal DX)、後者をお客様向けDXサービス・ソリューションの提供(External DX)を担当しており、当社内DX推進を担当している (図3)。

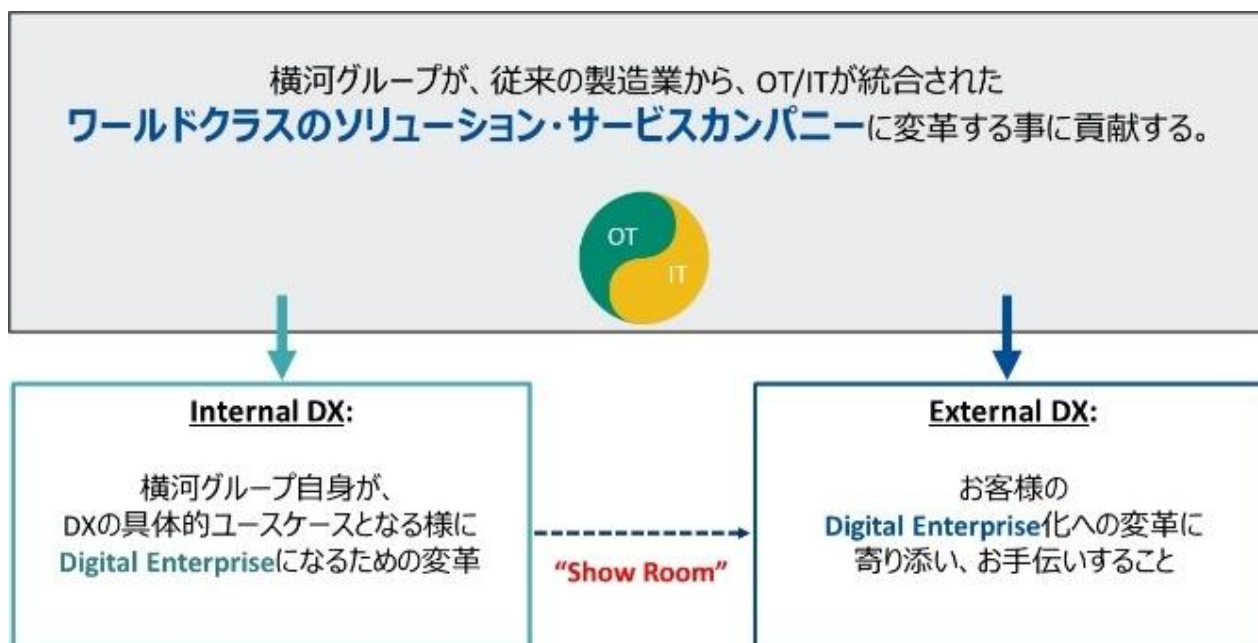


図3 Internal DXとExternal DX

私の経歴であるが、大学を卒業後、NTTデータ(株)に10年勤務し、主に金融機関向けのシステム開発・プロジェクトマネジメント・ITコンサルタント等の業務に従事した。その後、Softbank Finance(株)(現SBIホールディングス)にてネット銀行立ち上げ等のインターネット金融ビジネスの立ち上げに従事し、その後にソニー(株)に転じて、IT部門のグローバルガバナンス強化・最適化を経験した。4年前に縁あって当社に入社し、IT部門のグローバル最適化・DX推進を担当している (図4)。

1990 – 2000	NTT Data @Tokyo (10年)
2000 – 2003	Softbank Finance (現SBI) @Tokyo (3年) IT子会社のCIOも経験
2003 – 2018	Sony @Global (15年) Global IT Planning @HQ (6年) Pan Asia IT Planning @Singapore (4年) Global IT Transformation @HQ (1年) Global IT Strategy @HQ (4年)
2018 –	横河電機 (4年)

図4 筆者プロフィール

2. DXフレームワーク

DXについては既に一般用語となっており、当社も含めて、様々な会社で経営戦略の中にDXが組み込まれ、DX活動・施策が推進されていると思う。3年前のCOVID-19が世界に蔓延してから、DX活動のスピードが一挙に上がっていると感じている。ただし、DXへのアプローチは対象会社のデジタル成熟度やカルチャーに依存する点が多く、なかなか汎用的なフレームワークがなく、試行錯誤で取り組むのが常であった。昨年11月に、Peter Weillマサチューセッツ工科大学教授のDXエグゼクティブトレーニングを受講した事がきっかけで、DX推進における汎用的なフレームワークを知ることとなり、本稿にて、少し紹介をさせて頂きたい。

Peter Weill他著の「Future Ready」という本が昨年10月に出版されており、まだ邦訳版は出ていないものの、amazon等で容易に入手する事が出来る。この本では、デジタル時代に向けどう準備していくべきかの実践的なアプローチが紹介されており、その様な意味を込めて、題名が「Future Ready」になっている。

当該本では、Operation EfficiencyとCustomer Experienceを軸とした4つのドメインからなるフレームワークが紹介されている(図5)。

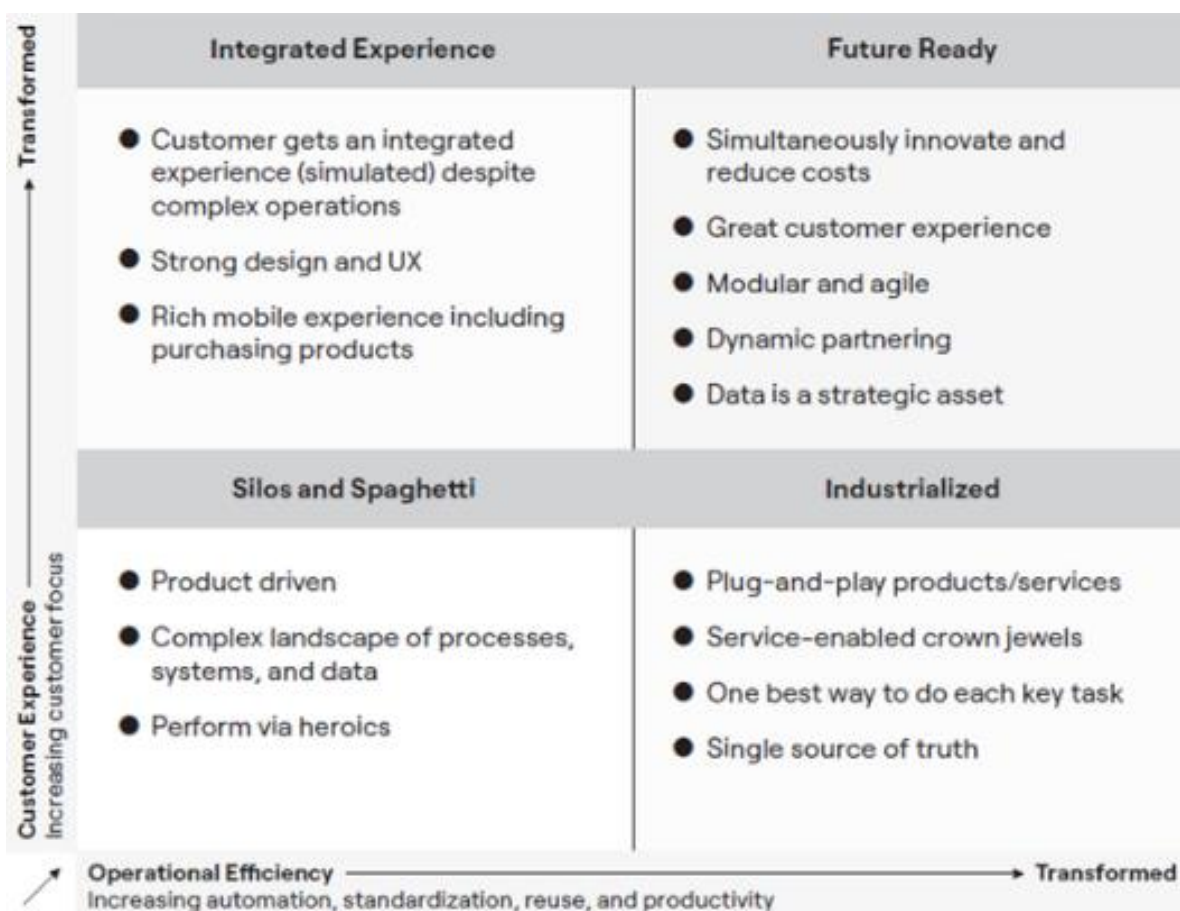


図5 「Future Ready」のDXフレームワーク⁽²⁾

最初のドメインは左下の”Silo and Spaghetti”とされており、大半の会社はここからのスタートとなる。特に当社が属する製造業においては、プロダクトアウト型の組織構造であり、プロセス・システム・データがサイロになっているという意味で、”Silo and Spaghetti”というネーミングは本質を突いている。次は左上の”Integrated Experience”，別名”Omni Channel”で、顧客インサイトを強化して、顧客体験の向上に努める事である。DX の本質的側面の1つとして、サービス化が挙げられる。つまり、プロダクト指向からソリューション・サービス指向への変革である。製造業においては、この変革が非常に重要であり、大変である。

3つめは、”Industrialized”，別名”Module Producer”という右下のドメインである。こちらは、サイロになっているオペレーションを最適化し、オペレーションの競争優位性を確立し、他社にもその様なケーパビリティを提供するレベルを目指す事を意味する。例えば、Pay Pal 等がその代表例となる。最後は、右上の”Future Ready”，別名”Ecosystem Driver”であり、これがDX Journeyの最終目標である。まだ、このドメインに到達した企業は少ないとの事であるが、amazon等は典型的な代表例となる。

次に、この様なドメインに分けた場合、右上の”Future Ready”へ辿り着くパスが4つあるという事がポイントになる(図6)。

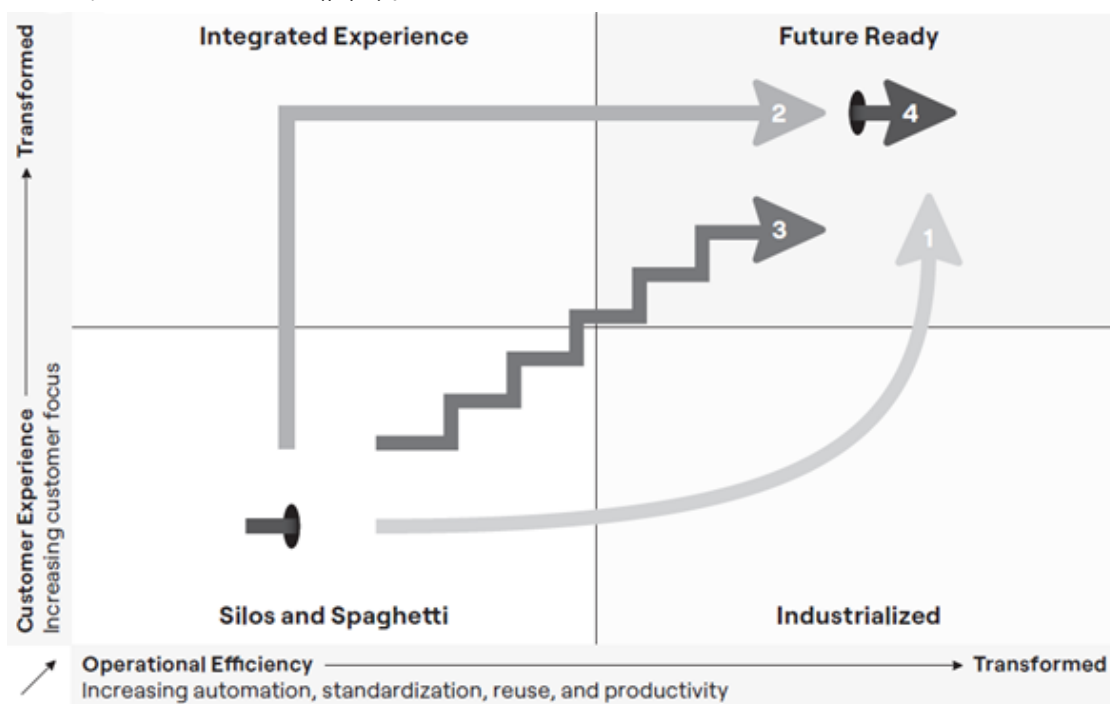


図6 「Future Ready」の4つのパス⁽³⁾

最初のパスは、まずは自社オペレーションを徹底的に磨き上げ、その後に顧客インサイトを強化するパス。2つめは、顧客インサイトをまず強化して、その後、オペレーションの効率性を上げるパス。3つ目は、オペレーションの強化と顧客インサイト強化を同時並行的に行うパス。最後は、現在の状態はそのまま維持しておき、全く新しいデジタル子会社を立ち上げる等して、

独立に運営するパス。各社のデジタル成熟度・カルチャー等に応じて当該社に合うパスを見つける、が重要な論点となる。

因みに、当社の場合、3番目のパスを採っており、Internal DXにおいて、グローバルなプロセス・システム・データの標準化・統合を行い、社員の生産性向上を進めると同時に、External DXにおいて、デジタルサービスの提供を通じて、お客様とのデジタル接点を増やし、顧客体験の向上を図りたいと考えている。

製造業におけるデジタル化とは、製造業からサービス業への転換を意味し、この顧客インサイトの強化が非常に重要となる。

3. 来るべき AI 経営に向けて

最近、企業経営に AI をどう活用するかという意味で、AI 経営の重要性が叫ばれ始めている。企業の意思決定プロセスに AI を活用し、意思決定プロセスを自動化・自律化する事で、経営のスピードを上げ、経営のアジャイル化を進めるのは、この変化が激しい時代において、論を待たない所である。

当社は、主にOT領域を中心にビジネスを展開している事は前述した通りだが、このOT領域とERP等IT領域の融合が進み始めている。これは、OT領域で蓄積しているプラント・工場等のオペレーションデータとIT領域で蓄積している経営に関する計数データを掛け合わせる事により、経営インサイトを高め、AIを活用する事で、よりプレディクティブな経営を目指すという事でもある。このIT/OT Convergenceがどう進むのか、当社として以下の様な考えを持っている(図7)。

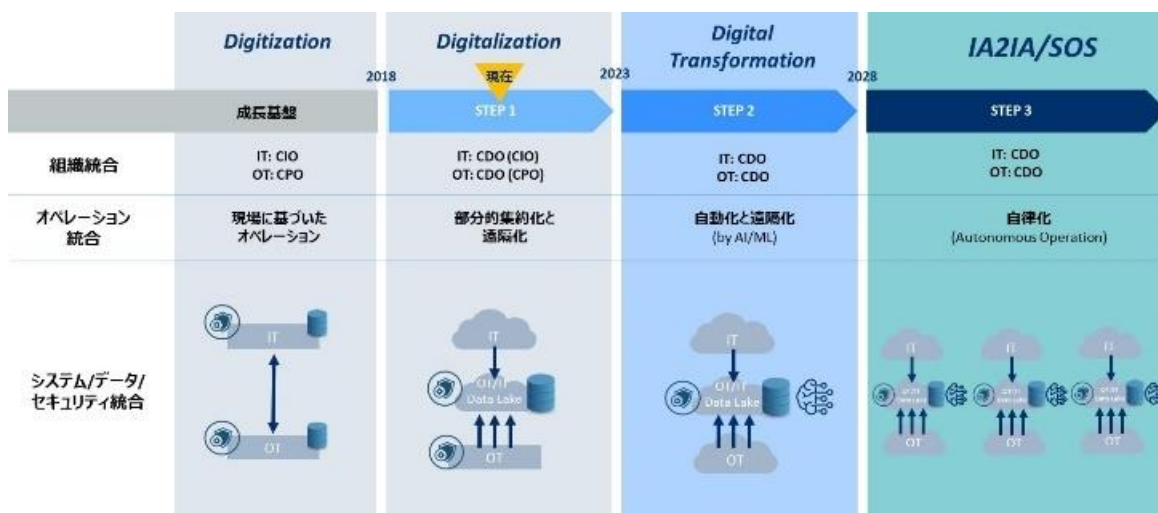


図7 IT/OTコンバージェンスの進展

私の経歴は既に紹介した通りだが、これまで長い間IT側で経験を積んできて、現在、OT側を経験している。当社も含めて様々な製造会社がそうであると思うが、これまでの歴史の中で、ITとOTはその技術的特性・要求特性の違いから、分けて管理されてきた。IT側は主に情報システム部長が全社インフラ、ERP等の基幹システムを運営し、OT側は主に生産技術部長・工場長がフィールド機器・制御システム・生産実行システム・工場インフラ等を運営してきた。このため、IT側とOT側で生産計画データのインターフェース等はあるものの、基本的に疎結合というのがこれまでの運営スタイルだったと思う。

現在、OT側にもクラウド・IIoT・AI/ML等の技術が適用され始めており、ITのクラウド化進展と呼応して、クラウド上(各社のセキュリティ方針により、パブリッククラウドまたはプライベートクラウド)でのIT及びOTデータの統合が進んでいる。これを我々はSTEP1と呼んでいるが、多くの会社がこのSTEP1を進めているのではないかと思う。当社もまさに、Digital Factory施策にて、このSTEP1を進めている。この段階で起こっている事が、3つある。1つはITとOTの組織統合で、これまで分かれていたITとOT組織を統合し、CDO/CIO配下で統合する動きが進んでいる。次にITとOTのデータ統合である。これはまさにAI経営実現に向けた前準備となるのだが、このクラウド上でのデータ統合が進み始めている。3つ目はデータ統合に呼応したセキュリティ統合の動きである。

次に、STEP2になると、クラウド上に統合したIT/OTデータを活用したAI/ML適用の動きである。ここでは、ITから提供される経営に関する計数データとOTから提供されるオペレーションデータをDigital Twin化した上で、AI/MLを活用する事で、経営をプレディクティブかつアジャイル化する事になる。この段階では、OT領域も現在のオンプレミス主体からクラウド化がより進展し、クラウド上での豊富なコンピューティングリソースを活用したAI/ML適用が企業競争力上、非常に重要となる。

最後のSTEP3であるが、各社がこの様なデータ統合・AI/ML適用を進めて、自社内のビジネスプロセスの自動化・自律化を進めると、SCM等他社との連携プロセスの自動化・自律化が視野に入ってくる。この会社間のデジタルによるプロセス連携・データ連携が最終ステップとなる。この段階になると、複数の会社が属するコミュニティ単位でのプロセス最適化が進む事になり、当然、AI/ML活用スコープはより広くなる。最近でも、特にNet Zero Emissionが待ったなしのため、SCOPE3のためのCO2データ交換等の検討が各国で始まっているが、それを実現するためには、各社のデータ統合・AI/ML適用のレディネスを上げていく必要がある。逆に言うと、データ統合・AI/ML適用のレディネスが上がらないと、将来、会社を超えたプロセス最適化の波が来た時に、それに参加出来ないまたは、参加したとしても社内オペレーションのケーパビリティが追い付かないという事態になる。この様なトレンドが将来起こる事が予測されるが、では、現実はどうだろうか？一般に、欧米企業は、2010年代にERP等の主要システムのグローバル最適化を終えており、統合されたデータを活用して、

AI/ML適用を進めつつある。一方、当社を含めた日本企業においては、ビジネスプロセス・システムが事業本部別・リージョン別会社別になっており、ビジネスプロセス・システムの最適化が進んでいない、その結果として、データが統合されていないというのが現状ではないだろうか？これが、日本企業と欧米企業大きな生産性の差として出ていると感じている(図8)。従って、将来のAI経営実現に向け、この問題に早急に手を打つ必要があるのではないかと？

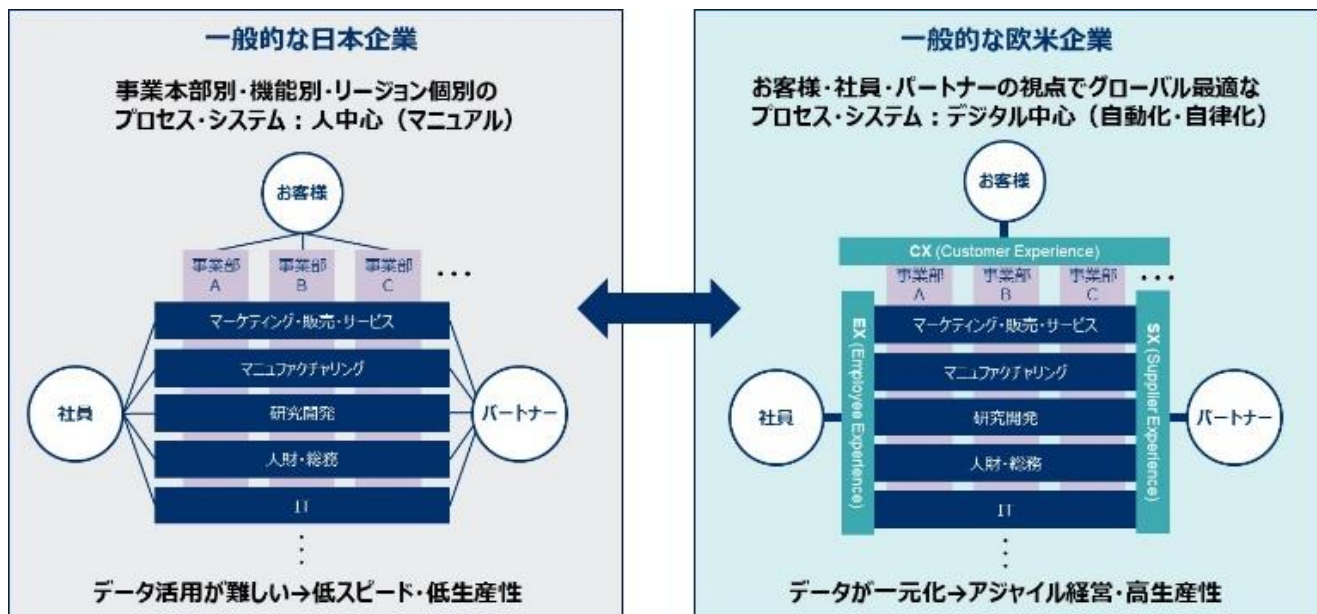


図8 日本のDXが遅れている原因

4. 当社のDX戦略概要

前章3. 来るべきAI経営実現に向けて、で述べたように、当社ではDXの取組を進めている。当社のDXの取組には、社員向けのDXであるInternal DXと顧客向けDXであるExternal DXの2種類がある。Internal DXはデジタル戦略本部(IT部門)が担当しているが、External DXは顧客にデジタルサービスを提供するため、デジタルソリューション本部DX-Platformセンター(ビジネス部門)が担当している。我々は、DXが自社向けであってもお客様向けであっても、その本質は同じであると考え、Internal DXとExternal DXの密な連携を重視している。

それではDXの本質とは何であろうか。数あるDXの定義の中でも私が気に入っているのは、経済産業省が発行したDXガイドライン⁽⁴⁾にある「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」というものである。この定義の前半をExternal DX、後半をInternal DXと捉え、お客様のInternal DXを支援し、競争上の優位性を実現するところまでを目標にしてお客様と共に取り組む必要があると考えている。

この定義にもあるように、変革(Transformation)はDXの本質として強調されている。こ

こでの変革は、企業のビジネスモデル、組織、プロセス、文化等の変革、すなわち、企業変革に他ならない。それではこの企業変革とはどのようなものなのだろうか。私のこれまでの経験に当てはめると、企業変革とは、ライン組織中心・縦割りで行ってきた組織・ビジネスプロセスを、顧客、社員及びパートナーの視点から再統合する過程である。企業は社会を構成するエコシステムの一部であり、顧客やパートナーとデジタルな連携を築いていくことにより、プロセスやオペレーションにおいてより良い効率を生み出していく必要がある。

5. DXに対するアプローチ

このような変革を実現していくためには、企業内のプロセスやシステムを、顧客、パートナー及び社員の視点で再統合していく必要がある。しかしながら、当社を含む様々な企業のプロセスやシステムは、ボトムアップで整備されてきており、これを最適化していくのは非常に大きな変革となる。

当社では、DXの最終イメージを「Digital Enterprise」と定義し、「いつでも、どこでも、どの様にでも、すべての企業活動が手の上で操作可能」というFuture State(将来のあるべき状態)をイメージして変革に取り組んでいる(図9)。



図9 DXの最終ゴールイメージ

このようなFuture Stateを実現していくのは並大抵ではなく、我々は次の3つのステップを踏んで進めていく必要があると捉えていると捉えている。

STEP1: 徹底的なグローバルレベルでのプロセス・システム最適化による販売費及び一般管理費の削減

STEP2: 社員におけるDX活用による社内効率化推進(Supply ChainとEngineering Chainの有機的統合)

STEP3: 顧客、社員、パートナー視点でのEnd to End(E2E)プロセス再統合による企業を超えた効率化推進

6. DX に対する当社の具体的アプローチ

当社では、前述の3つのステップを効率的に実行するため、Internal DXとExternal DXの2つのDXを並行して改革する施策を進めている。以下、それぞれの施策の概要を紹介する。

6.1 Internal DXに対するアプローチ

デジタル戦略本部は、生産性向上を目的とした社員向けのInternal DXを進めるため、明確なミッションを定義したうえで活動を展開している。デジタル戦略本部は、4年前までは情報システム本部という位置付けであったこともあり、社内のサービタイゼーションを進める企業変革に直接貢献する集団へとトランスフォームするために、デジタル戦略本部のミッションを図3に示すように定義した。

このミッションに基づき、2018年当時、Internal DXの中期方針として以下の4つを掲げた。

方針1:グローバルレベルでの最適化

過去の技術的負債解消⁽⁵⁾とITコスト削減によって、DX推進のための原資を獲得

方針2:デジタル化・サービス化

社員の生産性向上とお客様及びパートナーとのタッチポイントの改革

方針3:セキュリティ強化

デジタルにつながることに對するセキュリティの確保

方針4:IT Transformation

IT部門を会社変革のドライバーに

方針1は、社内のITインフラを含めた会計・人事等のバックオフィスオペレーションに関してグローバルで徹底的に標準化し、ITインフラ、アプリケーション及びデータという3つの観点でグローバル統合を進めている。特に、アプリケーションはビジネスプロセスと密接に関わるため、各地域の拠点と連携しながらビジネスプロセスの標準化やアプリケーション数の削減に取り組んでいる。それにより、シームレスなビジネスプロセスの実現と、アプリケーション数削減によるコスト削減を狙っている。これは、経済産業省のDXレポートでも懸念されている「2025年の崖」を克服する対策でもある。

方針2は、社員の生産性向上に資するさまざまなDX施策の推進である。当社では、現在、10以上のDX施策が進行中であるが、データドリブンマネジメント推進施策、顧客接点改革であるCX改革、工場内のオペレーション改革であるDigital Factory施策等を進めている。⁽⁶⁾(図10)

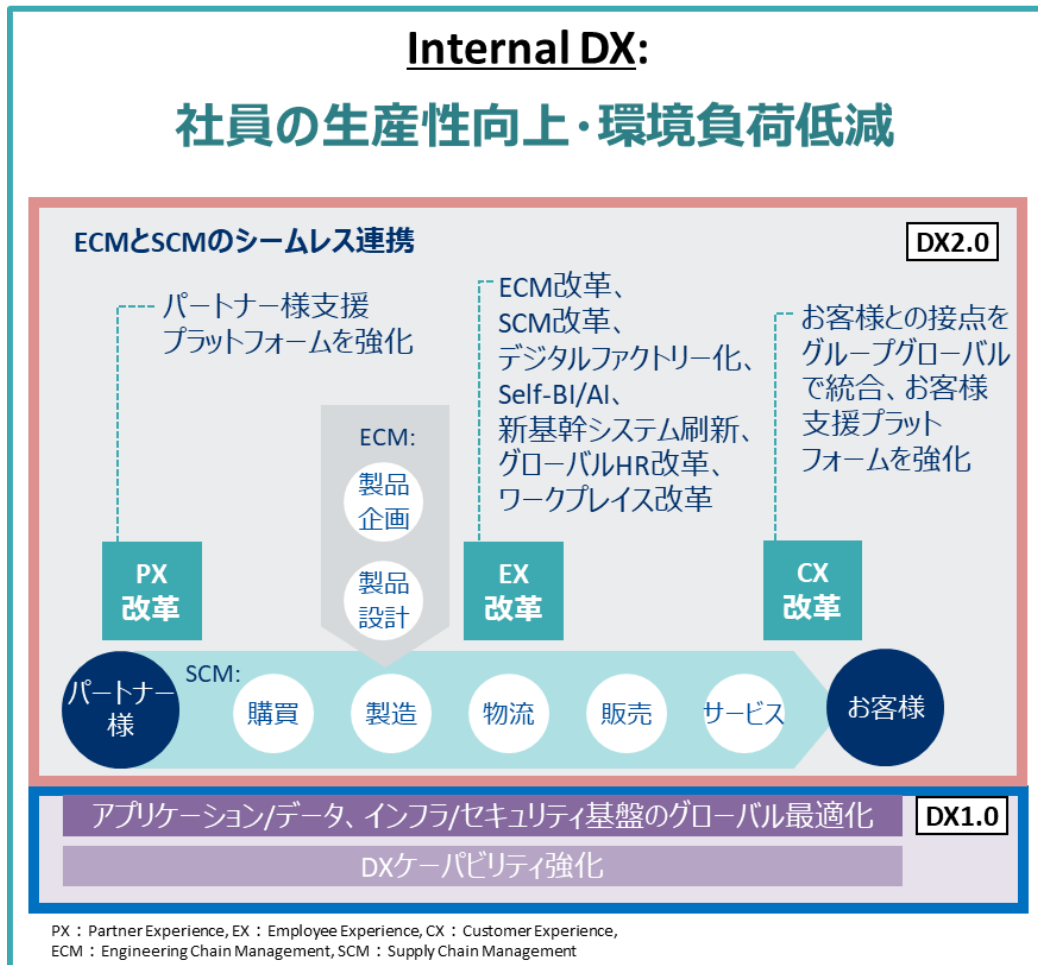


図10 当社のInternal DX施策全体像

方針3は、方針2でデジタル化がより進むとともに不可欠となるセキュリティの強化である。当社におけるグローバルなセキュリティ強化については、紙面の都合もあり、参考文献に必要なリンクを掲載させて頂く⁽⁷⁾。

最後の方針4はIT部門自体の変革であり、これは方針1から方針3を円滑に進めるための基礎となる。具体的には、方針1及び3に資するためのIT部門のグローバル化(図11)、方針2に資するためのDXケーパビリティの強化・IT部門のカルチャー変革である。特に、IT部門のグローバル化は、グローバルITガバナンス確立を含めて、かなりの労力を要するが、AI経営実現に向けたデータ統合のためには避けて通れない道である。特に、多くの日本企業においては、日本のIT部門は日本国内を管轄している事が多く、海外のITについては各リージョンの子会社に任せている事が多く、連邦型のオペレーションモデルである。このモデルは、過去の海外進出局面ではワークしたと思われるが、現在のグローバル最適化が問われる局面では、ITガバナンスが効きづらく、データが統合出来ないという面で非効率が生じ始めている。

これらに関しては紙面の都合により詳細は割愛するが、ご興味のある読者は個別に筆者までお問い合わせ頂きたい。

IT部門がビジネス部門のグローバル化のドライバーとなる

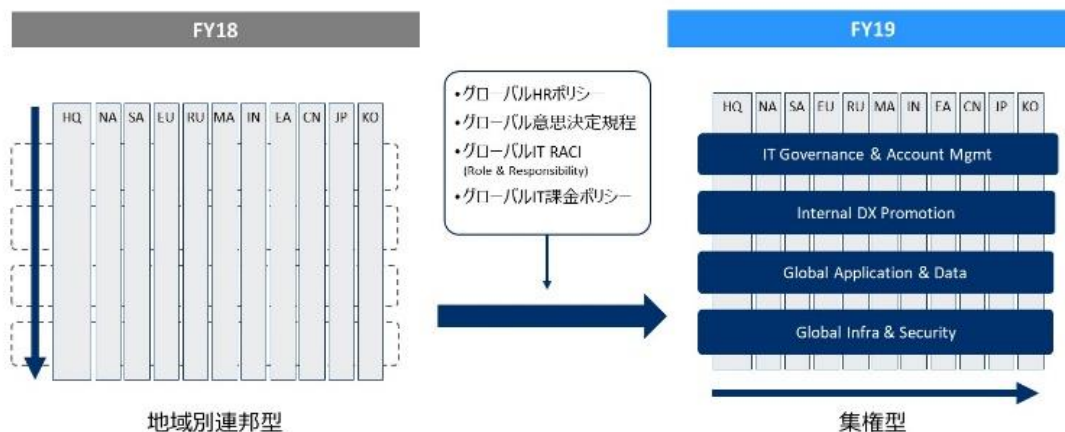


図11 IT部門のグローバル化

6.2 External DXに対するアプローチ

ここでは、付加価値の高い顧客向けデジタルサービスの提供を強化することを目的とした External DX活動の概要を紹介する。この活動を担当するデジタルソリューション本部 DX-Platform センターは、顧客の Digital Enterprise化に貢献すべく様々なデジタルサービスの開発や提供を進めている。また、External DX活動を通じて、当社のビジネスモデルの変革も進めている。具体的には、社内にはこれまでにOT領域で培ったノウハウを生かしたアプリケーションが多数存在する。これまでのプラント関連システムはオンプレミス環境が前提だったこともあり、これらのアプリケーション

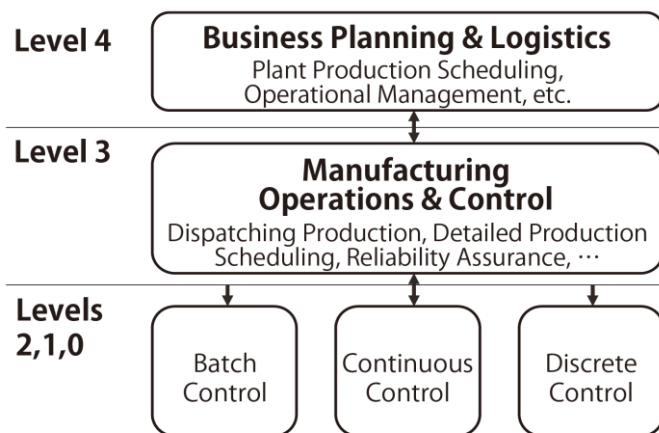


図12 Purdue Enterprise

Reference Architecture (PERA) ⁽⁸⁾はパッケージベースでの売り切りモデルが主体であった。これは過去にマイクロソフト等のIT企業がライセンスモデルでビジネスをしていた状況と同じである。

しかしながら、近年、IT領域ではクラウドサービスによるサブスクリプション型のサービスが主流となりつつある。オンプレミス環境が主体である当社が扱う制御システム等においても、急速にIT技術が入ってきており、将来的にはクラウド化も考えていく必要がある。

そこで、我々は、OT領域で浸透しているPurdue Model(図12)をベースに、Level0から

Level3をOT領域, Level4をIT領域と考えている。そのなかで, 特にLevel3からLevel4のアプリケーションをクラウドアプリケーションとして開発し, デジタルサービスとして提供を始めている。

主要なアプリケーションとして, 当社標準のクラウドプラットフォーム(Yokogawa Cloud)上で動作する分析アプリケーションや AI アプリケーション等がある。(図 13) これらに関する詳細情報については, 紙面の都合もあり, 参考文献に必要なリンクを掲載させて頂く⁽⁹⁾。

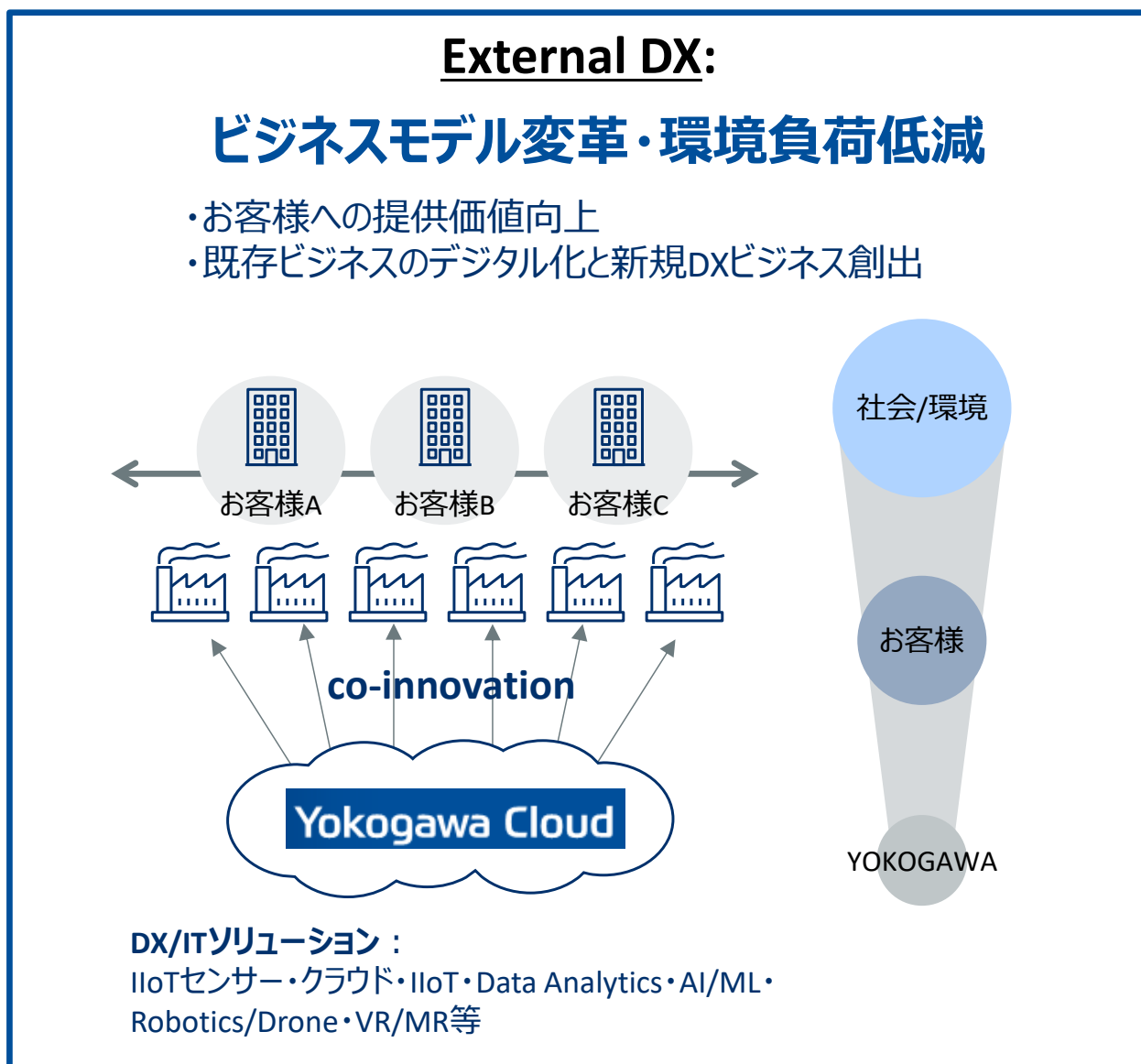


図13 当社のExternal DX全体像

最後に, External DXに関する当社のビジネスモデル変革アプローチの概要を以下に紹介する。

デジタルソリューション本部DX-Platformセンターは, デジタルソリューション本部という

1事業本部に所属しているが、他の事業本部のデジタルサービス化も支援しており、会社横断的な組織体制となっている。つまり、デジタルソリューション本部は、各事業本部がこれまでに構築してきたプロダクトのデジタルサービス化を担うというのが主なミッションであり、その達成のために組織横断的な活動を展開している。その活動のなかで、図14のような External DXのガバナンススキームを構築してクラウドプラットフォームの標準化を行い、開発・運用コストの最適化を狙っている。それとともに、各事業本部のビジネスモデル企画力を強化し、すべての事業において高いROI(Return On Investment)を実現する体制としている。

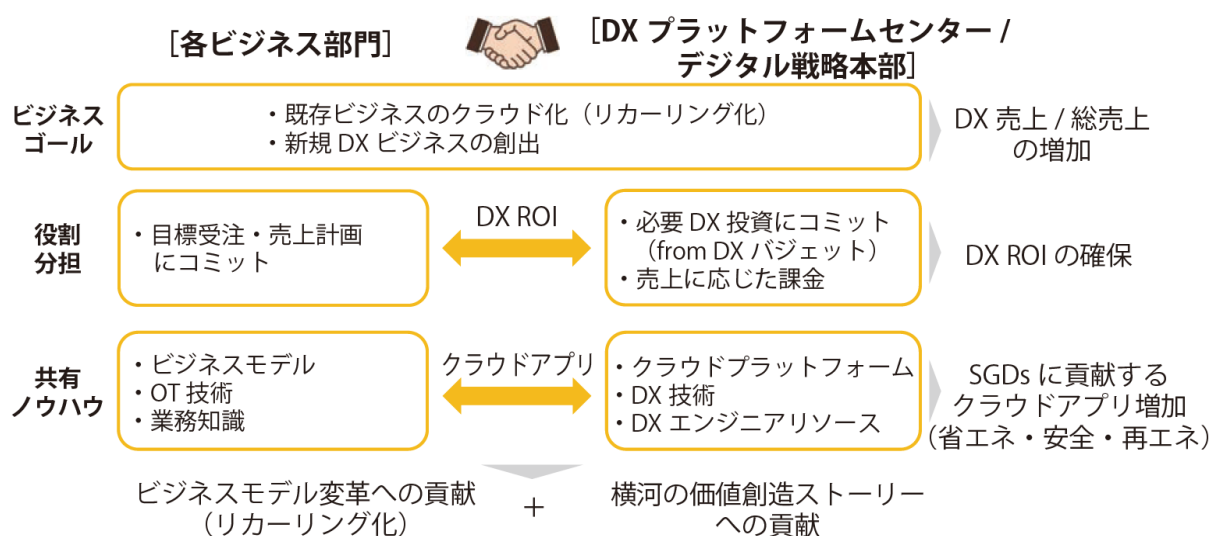


図14 External DXガバナンススキーム

最近の動きとしては、上記の各事業本部へのデジタルサービス化支援活動に加え、DX-Platformセンター自らがビジネスオーナーとなり、新規デジタルサービス化を企画・開発・運営する活動、所謂、新規ビジネス創出活動にも力を入れている。こちらについては、純粋な事業本部の活動であり、当社の受注・売上貢献を最大のミッションとして、External DX活動を進めている。

これらの活動を支えるリソース戦略であるが、最新のデジタル技術を扱うためにリソースをグローバルに配置している。これは、当社の製造業において、なかなか日本国内で DX エンジニアが確保出来ない事情に寄っている。

シンガポール現地法人をExternal DXのグローバル推進拠点と位置付け、インド・中国・ルーマニア等でデジタルサービスを開発し、日本・シンガポール・ヨーロッパ・米国・中東等でサービスを展開するなど、グローバルオペレーションを指向している。加えて、日本においては、インド工科大学等の優秀なDXエンジニアを新卒で採用し、DXケーパビリティを強化しつつある(図15)。



図15 DX推進体制

7. おわりに

本稿では横河電機のDXアプローチの概要を説明した。読者が所属されている会社のDX推進に少しでも参考にして頂ければ幸いである。

DXの進め方については、まだベストプラクティスが確立されておらず、我々も試行錯誤をしながら進めている状態である。当社はコーポレート・ブランド・スローガンCo-innovating tomorrowのもと、お客様と積極的に情報を交換し、共に課題解決のための新しい価値を創り発展させていくことが大切であると考えている。

DXに関する情報交換に興味がある読者がいましたら、歓迎ですので、個別に筆者までお問合せ下さい。

参考文献

本稿は以下の論文を最近のトレンドを踏まえ、加筆・修正したものである。

船生幸宏，“横河電機の Digital Transformation (DX) への取り組み”，横河技報，Vol. 64, No. 1, 2021

https://web-material3.yokogawa.com/19/31340/files/rd-tr-r06401-001.pdf?_ga=2.99951326.1786623916.1674545293-269348678.1673243726

「Future Ready」図 1-2 Becoming Future Ready から引用。

Future Ready: The Four Pathways to Capturing Digital Value, Stephanie L. Woerner (著) Peter Weill (著) Ina M. Sebastian (著), 2022

「Future Ready」図 1-5 The Four Pathways to Future Ready から引用。

Future Ready: The Four Pathways to Capturing Digital Value, Stephanie L. Woerner (著) Peter Weill (著) Ina M. Sebastian (著), 2022

経済産業省，デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドライン(DX推進ガイドライン)Ver. 1.0, 2018

経済産業省, デジタルトランスフォーメーション に向けた課題の検討

https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/digital-transformation/pdf/001_haifu.pdf(参照 2021-03-29)

当社の Internal DX における主要施策として, 興味のある方は, 当社の以下 URL を参照下さい。

<https://www.yokogawa.co.jp/about/yokogawa/rd/rd-te-report/tr-2020-2029-jp/rd-tr-report-a06401/#No-1>

加藤亨夫, “データドリブンマネジメント化への取り組み”, 横河技報, Vol. 64, No. 1, 2021

梶川俊一, “デジタル技術を活用した CX 向上への取り組み”, 横河技報, Vol. 64, No. 1, 2021

藤原秀樹, “工場におけるデータ駆動型マネジメントを実現する Digital Factory の取り組み”, 横河技報, Vol. 64, No. 1, 2021

黒崎裕之, “セキュリティを考慮したグローバルなワークスタイル環境の整備 —「2025年の崖」克服の一例—”, 横河技報, Vol. 64, No. 1, 2021

塩崎哲夫, “IT/OT 統合環境におけるセキュリティへの取り組み”, 横河技報, Vol. 64, No. 1, 2021

<https://web-material3.yokogawa.com/19/31344/files/rd-tr-r06401-005.pdf?ga=2.70192848.1786623916.1674545293-269348678.1673243726>

Purdue Enterprise Reference Architecture model: Decision-making and control hierarchy, 1992,

https://en.wikipedia.org/wiki/Purdue_Enterprise_Reference_Architecture

当社の External DX における主要施策として, 興味のある方は, 当社の以下 URL を参照下さい。

<https://www.yokogawa.co.jp/about/yokogawa/rd/rd-te-report/tr-2020-2029-jp/rd-tr-report-a06401/#No-1>

Joseph Ting, “プロセス産業におけるデジタルトランスフォーメーション”, 横河技報, Vol. 64, No. 1, 2021

M K Naveen Kashyap, “スマートマニュファクチャリングのための Yokogawa クラウドアーキテクチャ”, 横河技報, Vol. 64, No. 1, 2021

Mike Aylott, “収益性と持続可能なオペレーションに向けたサプライチェーンのデジタルトランスフォーメーション: 業界のニーズと近年の実績”, 横河技報, Vol. 64, No. 1, 2021

鹿子木 宏明, “プロセス産業における AI の適用”, 横河技報, Vol. 64, No. 1, 2021

* 本文中で使用されている会社名, 団体名, 商品名及びロゴ等は, 各社または各団体の登録商標または商標です。

著者プロフィール

船生 幸宏(ふにゅう ゆきひろ)氏

1990年 慶応義塾大学経済学部卒業, NTTデータ通信株式会社(現株式会社NTTデータ)入社, 2000年 ソフトバンク・ファイナンス株式会社(現SBIホールディングス株式会社)入社, 2003年 ソニー株式会社入社, 2018年4月 横河電機株式会社入社, 執行役員(CIO) デジタル戦略本部長, 2019年4月 執行役員(CIO) デジタル戦略本部長兼デジタルエンタープライズ事業本部 DX Platform センター長, 2020年4月 執行役員(CIO) デジタル戦略本部長兼デジタルソリューション本部 DX Platform センター長, 2022年4月より現職

(2023年1月30日原稿受領: SIC ニュースレターVol.5.2 に掲載)

論説2 量子コンピューティング2023

SCSK株式会社 事業投資推進本部

本部長付 オープンイノベーション担当 杉坂浩一氏

2023年3月末、理化学研究所より国産初の量子コンピュータが発表されました。本稿稿執筆時点では、まだ名称は定まっていますが、きっと素敵な名前が与えられるであろうと、今からとても楽しみにしております。

また、米 IBM 社は、ユーザ企業のオンサイトに、初めて量子コンピュータを導入しました。いよいよ量子コンピュータ市場の幕開けを感じるホットニュースでした。

このように、2023年は、何やら量子コンピュータでエキサイティングなことが起こりそうな、そんな気配を感じさせてくれます。本稿では、よく聞く「量子の重ね合わせ」や「量子もつれ」といった、難しそうな量子の振る舞い等には触れず、少々違った角度で量子コンピューティングに関して解説して参ります。

■ アニーリング・コンピュータ(アニーラ)

カナダの D-Wave Systems 社が、量子コンピュータ “D-Wave One” を発表したのは、今をさかのぼること12年前の2011年5月のことでした。”D-Wave One” は128量子ビットを有し、最適化問題を解くとされる量子アニーラという製品でした。

同社は、その2年後、2013年5月には512量子ビットの “D-Wave Two” をリリースし、その後も約2年ごとに倍々で量子ビット数を増やし続け、現在は2020年9月に発表された “Advantage” が5000+量子ビットを提供しています。

初期の量子コンピューティング技術分野では、こぞって皆が D-Wave に飛びついたのではないのでしょうか。かくいう私共も、D-Wave Systems 社との利用契約を締結、量子コンピュータの可能性を模索し始めました。

アニーラは、複数の解候補の中から目的関数の最小値を探し出すといった、ひとつの計算式に特化した量子コンピュータです。ひとつの計算式にフォーカスを当てたことで、量子アルゴリズムとしての自由度は損なうものの、既存のデジタル・コンピュータが苦手とする「最適化」にフォーカスを当て、現在では既に優れた最適化ソリューションがいくつも開発され、実際に活用され始めています。

私ども SCSK でも、(株)フィックスターズ、住友商事との共同研究を経て、アニーリングを用いた人員シフトの最適化ソリューションを提供させて頂きました。

(<https://lp-smileboard.jp/>)

使用目的を、アニーリングという計算式の特徴に合わせられれば、アニーラはとても魅力的な量子コンピュータなのですが、近年はやや注目度が落ちているように見受けられます。

解決したいと考える課題が、この最適解(最小値)が得られる問題に落とし込み難かったり、アニーラがハンドリングし易いようにデータ(重み)を調整/最適化するのに手間(時間)を要し、またその判断がつけ難かったり、そして何よりも量子特有のノイズにより理想的な演算結果が得にくい等、その扱いの難しさが原因かと思われます。

近年では、量子アニーラでは解決が難しいと考えられる課題を、より洗練された量子プログラムで解決できるであろうことが期待される、『ゲート型量子コンピュータ』へと注目がシフトし始めています。

■ ゲート型量子コンピュータ

世界中では、IBM 社や Google 社など超大企業から、社員数百人にも満たないベンチャー企業まで、現在50社ほどの量子ハードウェア開発企業が、量子コンピュータの開発を進めています。しかしながら、アニーラを開発する企業はすでに3社ほどとなり、その多くの企業は『ゲート型量子コンピュータ』の開発に注力しています。

ゲート型量子コンピュータの『ゲート』とは、デジタル回路でいうところのANDゲートやORゲートに相当し、ANDゲートやORゲートを組み合わせ目的とするICやCPUを構成するように、ゲート型量子コンピュータの『量子ゲート』を組み合わせることで、さまざまな量子演算がおこなえる量子回路を組み上げようとするものです。

量子ゲートで操作される量子ビットには、電子やイオン(原子)、光子等、さまざまな量子が用いられており、今後も量子コンピューティングに更に向いた量子ビットが見つかるかもしれません。そして、その量子ビットを安定化する手法としては「冷却」が、また量子状態の制御や観察には「マイクロ波」(数GHz~十数GHzの電磁波)の照射が用いられているのが、近年のゲート型量子コンピュータのトレンドであります。

現在のゲート型量子コンピュータは、NISQ - Noisy Intermediate-Scale Quantum コンピュータと呼ばれ、ノイズ影響を受ける中規模な量子コンピュータであるとされていますが、これを FTQC - Fault Tolerant Quantum Computer と呼ばれる誤り訂正のある量子コンピュータへと進化させるために、近年さまざまなアプローチが進めています。

中でも、キーと言われるアプローチが、量子回路と電子回路の共存を狙ったものです。現状、多くの量子ビットは、絶対零度(-273.15℃, 0ケルビン)近くまで冷却せねば量子としての振る舞いが安定せず、演算結果にノイズ(誤差)が多くなると共に、量子状態を保持するコヒーレント時間も短くなってしまい、多重なゲート操作(演算)がおこなえなくなります。

光子やシリコン量子ドットなどをもちいて、1桁ケルビン(-272.15℃)以上の暖かい環境で

量子の振る舞いを安定化することができれば、電子回路との共存が可能となり、量子プロセッサの高集積化、SoC-System on Chip 化がおこなえることが期待されています。

■ 量子ソフトウェア

ゲート型量子コンピュータの登場で、量子プログラミングの可能性がとても広がりました。量子で演算をすると、既存のデジタル・コンピュータより遥かに演算速度が速かったり、アルゴリズムによってはデジタル・コンピュータよりも精度が高くなる、こういった「量子優位性」(Quantum Advantage)が得られるアルゴリズムが実証され、公開されています。

有名なところでは、“Quantum Algorithm Zoo” というWebサイト(図1)があります。ここには60を超える量子優位性があると言われるアルゴリズムに関する文献や実証状況などの情報が記載されており、多くの量子プログラマの間ではバイブル的存在であろうかと思われます。

これら基本的な量子アルゴリズムを応用し、さまざまな社会課題の解決に向けて研究開発が進められておりますが、ゲート型量子コンピュータは、いまだ限定的な量子ビット数であること、またノイズが多いことなどから、すぐに実社会で利用可能なソリューションへととはつながっておりません。しかしながら、この手の研究開発は、ひとつのブレイクスルーが起これば、その連鎖反応で、たちまち多くの研究開発が成果を出す可能性を秘めているであろうことは、皆さまの想像に容易なことではないでしょうか。

The screenshot shows the 'Quantum Algorithm Zoo' website. The main heading is 'Quantum Algorithm Zoo'. Below it, there is a navigation menu with links for 'Algebraic & Number Theoretic', 'Oracular', 'Approximation and Simulation', 'Optimization, Numerics, & Machine Learning', 'Acknowledgments', and 'References'. The main content area is titled 'Algebraic and Number Theoretic Algorithms'. It lists an algorithm for factoring with a superpolynomial speedup. The description details Shor's algorithm for integer factorization, its complexity, and its application in breaking RSA and ECDSA. It also mentions Grover search and other optimization techniques. A sidebar on the right contains 'Translations' (Japanese, Chinese) and 'Other Surveys' (Nielsen and Chuang, Childs, Preskill, Mosca, Childs and van Dam, van Dam and Sasaki, Bacon and van Dam, Montanaro, Hiday). A 'Terminology' section at the bottom right mentions a constant α and runtime $C(n)$.

図1 <https://quantumalgorithmzoo.org/>

■ 量子コンピューティングの実用化

冒頭のニュースのとおり、国産量子コンピュータは実際に動き始め、量子コンピュータを手するユーザ企業も登場し始めました。しかしながら、量子コンピューティングは「実用化」域に入ったのか？と問うと、多くの方々ははまだ研究開発段階である、と答えるのではないのでしょうか。

果たして、量子コンピューティングは、いつ「実用化」するのでしょうか？

これは、「実用化」という言葉の定義如何ではあることは自明なのですが、あえて高いゴールを言うのならば、SDGs をはじめとする様々な社会課題の解決の一助となり、DXの爆発的な進化、企業価値の超越的な向上の実現を「実用化」の定義とした場合、個人的な見解ではありますが、今後更に30年くらいのスパンは必要ではないかと感じています。

でも、待ってください。弾道計算のために開発された世界最初の大型コンピュータ“ENIAC”（エニアック）が登場したのが1946年、一方でビジネスとして使えると評された16bit コンピュータが登場したのが1980年初頭であり、この間30年以上の歳月を必要としてきました。

ENIACが登場した時は、デファクト・スタンダードな OS を販売する企業も、巨大なネット上のデータを検索する企業も、そして個人間の新たなつながりを生み出す企業も、ひとつも生まれていませんでした。すべては、この30年内外の間「興味を持った人たちが」、「いつかは世の中を変えるかもしれない」コンピュータという道具に向けた研究開発をおこなってきたからだと言えるのではないのでしょうか。

既に量子コンピュータに触れることができる時代となり、量子ゲートを組み合わせる量子アセンブラとも言えるツールや、Python 等の高級言語を用いて量子プログラミングできる SDK など多くの道具立ては整っており、ENIACが登場した頃よりも遥に簡便に研究開発がおこなえる環境になっています。

これから先の30年という時間を、いやひよっとしたら素晴らしいブレイクスルーがあり、20年後、10年後かもしれません、来るべく量子コンピューティング時代における先進的なソリューションを、皆さんと共に目指して参りたいと考える次第です。

(2023年5月29日原稿受領：SIC ニュースレターVol.5.6 に掲載)

論説3 社会課題解決入門

株式会社ニューチャーネットワークス 代表取締役
ヘルスケア AIoT コンソーシアム理事
上智大学非常勤講師
高橋 透氏

SIC ニュースレター「論説」への寄稿の機会を頂戴し、誠にありがとうございます。
弊社ニューチャーネットワークスは、1996年創立の、技術開発、新製品、新事業開発に重点を置くコンサルティング会社ですが、2004年頃から、複雑系の業界を超えたエコシステムの分析や戦略、社会課題解決に関して問題意識を持ち、大学や企業と調査やコンサルティング活動を行ってきました。2019年には「デジタル異業種連携戦略」(中央経済社)を出版しました。

また2020年より、主査東京大学山本義春先生、副主査大阪大学中村亨先生、当方が事務局として、システムイノベーションセンターのシステムヘルスケア分科会にて、「人生100年時代にふさわしい高齢ドライバーにかかる社会システム構築」について検討してまいりました。2022年に提言として取りまとめ、システムイノベーションセンターの理事・副センター長木村英紀先生、同センター事務局の出口光一郎先生や久保忠伴様のご支援をいただき、経済産業省に提言することができました。

今回の寄稿の場をお借りして、SIC の活動はじめ、これまで私が経験してきた社会課題解決の取り組みに関する考え方や解決の視点を述べさせて頂きたいと思います。皆さまのご意見を頂戴できれば幸いです。

■ 独自の社会課題を構想できるかが勝負となる

「企業内の最適化」だけから「社会の最適化」を目指すことが必須に

ここ数年「パーパス」というキーワードがよく使われるようになりました。パーパスは理念とどう違うのか、単なるバズワードではないかとも思いますが、時代背景が変化してきたことにより、あえて「パーパス」と呼ぶ意味もあるように思えます。その違いは「企業がどうしたいのか」から「企業は社会をどう変えるのか」といった、社会課題にストレートに向き合い、企業が社会に対し積極的に働きかけることにあります。では、多くの企業はなぜ「社会をどう変えるか」といったパーパスを真剣に考えるようになったのでしょうか。

それはこれまでの企業活動が、とすると企業内の最適化、具体的には財務的利益追求に偏った経営をし、その基盤となる地球環境や社会に悪影響を及ぼしてきたことへの社会全体からの見直しです。例えば、多くの産業が石化燃料に依存してきたことによる大気

汚染や地球温暖化などの地球環境悪化や、一部の人や組織への富の集中による経済格差の拡大による社会の活力の低下、犯罪の増加などです。企業内の最適化＝内部経済の最適化だけではなく、社会の最適化＝外部経済の最適化も追求しなければならなくなりました。

パーパス以外でもこれまで、SX(サステナビリティトランスフォーメーション)やCSR(「企業の社会的責任」Corporate Social Responsibility)や、SV(「企業の社会的責任」Creating Shared Value)といった類似のキーワードが話題となってきましたが、企業が地球環境維持や社会課題の解決に積極的に貢献することは、企業が存続するための必須条件であるというコンセンサスがすでにできているといえます。

「企業が積極的に社会課題解決に貢献する」ことは、顧客、株主、国や行政などすべてのステークホルダーから厳しくチェックされるようになりました。企業理念で「豊かな社会に貢献する」「社会の発展に寄与する」などと言葉で表現するだけでは許されません。具体的な投資やアクションが求められています。顧客は社会的にマイナスな影響をあたえている企業の製品やサービスは購入しません。その情報はネットなどで一瞬のうちに広がり、不買運動につながります。一方で、社会課題解決を具体的に行っている企業は、ステークホルダーから高い評価を受け、結果として業績も向上します。米国パタゴニアは、自らのビジネスを変えるだけでは不十分と判断し、2019年にパーパスを「私たちは、故郷である地球を救うためにビジネスを営む」に変え、新事業として、ユーズド品のリサイクル事業である「Worn Wear(新品よりもずっといい)」や「リジェネレティブ(環境再生型農業)」「食品業界への参入」をスタートさせ、業績も伸ばしています。

社会課題拡大による企業活動の低迷、停止の可能性

政府は政策の中で少子高齢化対策を最優先に挙げていますが、日本の出生数は1990年代から110万人台となり、2016年からは100万人を割り込みました。出生率は1.3から1.4台を前後していますが、出生数が低下してきていますので、若年人口は減少し続けています。どこの業界や企業でも採用が難しい、採用できないという声を聞きますが、採用する人が少ないばかりでなく、地域によっては不在なのです。少子高齢化による生産人口の減少は、いまや社会課題です。その社会課題によって企業活動が低迷し、場合によっては活動そのものの停止が余儀なくされているのです。

社会課題の拡大による企業活動の抑制、停止は、生産人口の減少だけでなく、地球温暖化による気候変動を原因とする風水害の増加や、経済格差の拡大による犯罪の増加、また、過度の情報化による精神疾患の増加や運動不足と飽食による生活習慣病の増加といったことでのプレゼンティーズム(出社していても何らかの健康問題によって業務効率が落ちている状況)による生産性の低下などによっても引き起こされています。今や社会課題の拡大は企業活動そのものにとっても死活問題となっています。

縦割りの「業界」単位思考の限界

日本のほとんどの産業は成熟市場で、その競争の主軸は基本機能の向上とコストダウン、そしてその実行管理強化です。機能強化、コストダウン、管理強化の3点セットの施策はここ20年変わっていません。その結果、社員のモチベーションが下がり、活力が低下しています。特に製造業では売り上げが伸び悩み、利益も中国やアジアの企業平均と比較してもかなり低いレベルにあります。

こういった「企業活動の限界」の原因の一つがビジネスにおける縦割りの「業界」単位の思考です。インターネットの普及ですでに各産業はネットワークされ、業界の垣根が低くなり、複数産業の異業種連携で新しい産業が生まれています。スタートアップ企業はじめ、それらの新しい企業がビジネスを通じた社会課題解決を目指しています。個別の業界を脱し、社会に目を向ければ課題がたくさん存在し、その社会課題こそが大きなビジネスチャンスだからです。具体的には自然エネルギービジネス、脱炭素関連ビジネス、MaaS (Mobility as a Service)、シェアハウス、シェアオフィスなどのシェアリング、デジタルヘルスなど、近年急成長したビジネスのほとんどは業界を超えた社会課題解決型のビジネスです。

「社会や人のため」・働く人のモチベーションが変わった

働く社員のモチベーションも大きく変わってきたと感じます。多くの学生は、入社の際に企業業績の良さや待遇だけでなく、その企業が社会にとってなくてはならない存在なのか、どれだけ社会課題に取り組んでいるのかを重視するようになりました。人材サービス事業を展開するヒューマネージ(東京都千代田区)は、2023年4月入社予定の大学生・大学院生7851人を対象に「就職活動に関するアンケート」を実施した結果、入社を決めた理由の1位は「事業内容」で、2位が「社員の魅力」、そして3位に初めて「理念、価値観」が入りました。事業を通じて社会課題の解決に積極的企業が選ばれる傾向にあります。これは、多くの人が賃金の高さや、企業規模や安定性などの経済的側面だけでなく、誰かの役に立つことをより重視してきているからだと考えられます。仕事での達成感は社会や業界内で評価されるだけでなく、広く社会全体や地球環境へ貢献することで直接、間接的にフィードバックを得ることに満足を感じるためだと推測されます。

■ 社会課題とはどのようなものか

社会課題解決は難しい

企業の仕事の中で新事業開発に取り組む際に、社会課題を前提にすることが多くなりました。社内、場合によっては社外の組織とチームをつくり、どのような社会課題があり、またそれが自社のビジネスチャンスにつながるかといったブレインストーミングやアイデアソンがよく行われています。

しかし社会課題は、議論すればするほどその課題の定義や範囲の特定が難しく、人や組

織によって見解が異なります。また、議論に参加する人も、ある専門に偏ると社会課題全体を捉えられず、その一方で参加者を多様化すると、「言葉」の違いや意見の集約にとっても苦労します。仮に課題の定義や範囲が明確になったとしても、その社会課題を分析することは簡単ではありません。一つの専門知識では解決できないため、複数の専門知識を集めて解決を試みますが、過去に解決例もなく、解決策はなかなか決まりません。社会課題は範囲が広いと、長期的な計画になりがちですが、計画の検討途中に状況が変化し、社会課題解決の計画そのものが陳腐化し、計画が無駄になることも少なくありません。

経験した方はよくわかるはずですが、社会課題を議論することは大変難しいのです。そこで重要なのは、どのような点が難しいのかを冷静に理解することと、その難しさに合わせた対処方法を選ぶことです。

社会課題の 7 つの特性を理解する

特性1: 課題がどのようなものであるかの定義が困難

社会課題は、その捉え方の視点の持ち方で定義が異なります。例えば、「脱炭素のための太陽光発電の普及」というテーマでの社会課題は、既存の発電業者の視点では、太陽光発電普及にともなう安定電源の確保や送電網の強化が課題となります。太陽光発電システムを設置、利用する側では、その価格と機器間の連携が課題になり、自然環境保護団体にとっては太陽光発電システム設置のための森林の伐採とそれによる土砂災害の防止が課題となります。このように、「脱炭素のための太陽光発電の普及」というテーマにおける社会課題は何か？と聞かれれば、中々難しいと思います。

特性2: 課題の範囲特定が難しい

範囲の特定が難しいのも社会課題の特性です。一般的に課題の範囲は、行政管理の組織単位、産業単位、専門知識単位、地域単位、最終受益者の人や組織単位、時間単位などの目で見えてわかる物理的な単位で区分することが可能です。しかし社会課題となると、この区分が入り組んでいることや、その課題に対する人の価値観や心理までもが対象となり、広い範囲にすれば、認識することが難しくなり、範囲を特定すれば、課題に漏れがでてしまい、解決に至らない可能性があります。

太陽光発電普及のテーマの例ですと、先に述べた、行政管理の組織単位では、環境省、経済産業省、消費者庁、複数の市町村に渡りますし、産業単位では、電力・エネルギー、部素材、電機設備、土木、環境工学など多様な専門知識単位に渡ります。課題の定義と同様ですが、課題そのものと環境変化もあり、たとえ仮に範囲を設定したとしても課題の範囲もまた常に流動的なものとなります。

特性3: メンバーが多様で利害対立も多く合意形成が難しい

課題が広範囲であることは、当然関わる人、組織も多様で、そのメンバー間での利

害対立も多くなり、合意形成が大変難しくなります。各メンバー組織の一義的な目的でいえば利害はなかなか一致しません。例えば、太陽光発電のケースだと、地域住民の立場でいえば、太陽光発電の設置によって景観が悪化したり、土砂災害の不安があったりすることを嫌います。一方、地球環境保護の一義的な目的としては、一つでも多くの太陽光発電の設置が必要であると考えます。各人や組織の一義的な目的では、利害が対立しやすく、合意形成はかなり難しいものとなります。社会課題はそのメンバーが多様ですから産業内や社内のテーマと比較し困難さのレベルが格段に異なります。

特性4:計画に時間がかかり、その計画自体が陳腐化しやすい

特性1から3までで述べた通り、社会課題の多くは、定義や範囲の設定が難しく、また多様な利害関係者が存在します。社会課題の分析と解決策の探索には時間がかかり、解決策が見つかったとしてもその計画に時間がかかります。

政府が主導するマイナンバー制度は、古くは1968年に当時の佐藤内閣が「各省庁統一個人コード連絡研究会議」を設置したことから始まったと言われています。その後「納税者番号制度」「住民基本台帳ネットワークシステム」などの議論を経て、2009年平成22年度税制改正大綱で議論され、2013年(平成25年)のマイナンバー法の成立に至りました。長くみれば40年以上、短く考えてもこれまで10年以上導入のための計画に時間を費やしています。マイナンバー制度を検討、計画している間に、スマートフォンやアプリや電子マネーなどの多くのITが普及しました。また東日本大震災などの巨大災害なども経験し、個人を特定することに関する国民の認識も大きく変わってきました。おそらく担当行政の方々は相当に苦勞して計画自体何回も書き直してきたのだと思います。

社会課題のテーマによりますが社会課題解決のための計画は、一般的に長い時間を費やし、環境変化により計画を何度も見直す必要性が生じることがほとんどです。

特性5:影響要因が多様でかつ相互に影響し合い変化しやすい

課題の影響要因が多様でかつ相互に影響し合っていることも社会課題の定義を難しくしています。太陽光発電普及のテーマでいえば、既存の電力事業者は太陽光発電が導入されると、収益が悪化し安定電源や送電線への投資が難しくなり、相反する関係です。自然環境保護団体が、太陽光発電システムの設置に対して森林保護の観点から反対すれば、太陽光発電の普及が遅れ、地球環境は悪化する方向に進むかもしれません。このように課題の要素は複雑な相互関係にあり、何が課題なのかを明確するのが難しいのです。

課題自体や課題の影響要因を取り巻く環境が常に変化しています。太陽光発電普及のテーマを例にすると、従来のシリコンをベースにしたものに比べて高変換効率で、

曲面にも設置できるペロブスカイト太陽光発電などの技術開発の進展や、ロシアのウクライナ侵攻による各国のエネルギー政策の変化、エネルギー価格高騰による消費者の節電志向の高まりなど、様々な環境変化があり、社会課題そのものも変わっていきます。

特性6: 通常的意思決定のやり方が通用しない

これまでの社会課題の特性でも述べた通り、社会課題は定義や範囲特定が難しく、様々な影響要因が相互に絡み合っているため分析も難しく、課題解決の手法も特定しにくいことがほとんどです。課題の分析、解決手法の特定が難しければ、社会課題解決の選択肢を比較し、最良のものを論理的に意思決定することが困難といえます。課題を部分的に切りだし、分析し、意思決定していったとしても、また新たな問題や課題が発生すると思われます。また意思決定の責任を問うにも、社会課題の範囲やかかわるステークホルダーが多く、責任の範囲もあいまいになりがちです。社会課題に関する意思決定は、その考え方や体制、方法を根本的に見直す必要があります。

特性7: 課題解決まで膨大な時間がかかりモチベーションが維持しにくい

課題解決まで膨大な時間がかかり、解決の過程で多くの困難さを抱えますので、社会課題解決にかかわる人のモチベーションを維持するのはとても難しいと思われます。当然組織としても、社会課題が解決され、自分の組織にそのリターンがあるかどうかなかなか見え、社会課題解決にかかわる投資や経費対効果を考え、途中であきらめることも多くなってしまうと思います。社会課題解決の原動力となるモチベーションをいかに考えるかは、重要な課題であるといえます。

■ 社会課題解決とは何をする事なのか？

これまで社会課題の7つの特性を述べてきましたが、その特性から、「社会課題解決とはどのようなことをすることなのか」を考えてみたいと思います。その前にこの社会課題の7つの特性の本質は何かを考えてみたいと思います。

社会課題の特性の本質は3つと考えました。1つ目は、社会課題は変化しづける複雑なテーマであること。2つ目は決められた解決方法が存在しないこと。3つ目は、社会課題解決は常に新たな課題が発生し、終わりが無いこと。よく考えてみると我々はこういった社会課題を、固定的で動きがあまりなく、正しい解答とその解答方法があるもの、どこかで収束すべきであると考えているのではないのでしょうか。そのメンタルモデルそのものに問題があるように思えます。そこで社会課題解決を、従来の限られた範囲の課題解決とは全く別に考え、次の3つの視点で捉えなおすべきと考えます。

- ① 課題解決の仕掛け、構造をつくること
- ② 課題解決をするのではなく、解決し続けること

③ 決められた解決手段に当てはめるのではなく、つねに組織が学習し続けること

①の「課題解決の仕掛け、構造をつくること」とは、社会課題は複雑で常に変化しているの
で、その複雑な変化を、目指すべき方向に流れを進める「仕掛け」「構造」をつくり仕組んでお
くことです。複雑な変化そのものを推進力にする考えです。ここで大事なことは目指すべき方
向をしっかりと持つことです。目指すべき方向を強く持つことで、各組織、個人が自ら変容し
ていき、解決の方向に進むと考えられます。

②の「課題解決をするのではなく、解決し続けること」は、課題解決の終点を置かないとい
うことです。終わりのない社会課題に終わりを置くとどうなるでしょうか。人や組織は課題解
決を終わらせるように努力し、本来の課題解決とは異なる方向に進んでしまうと考えられま
す。課題解決の終点を置かないことで、本当の未来志向となり、連続した思考が可能となりま
す。

③の「決められた解決手段に当てはめるのではなく、つねに組織が学習し続けること」は、
組織が学習し続ける仕組みを課題解決の中に仕込むことです。組織が学習し続けることと
は、視野を広げ、常に発想思考の前提を疑い、環境理解の観点を変えていき、過去にとらわ
れない新しい解決方法を出し続けることです。最近よく聞く AI のような継続的に学習する仕
組みを組織に仕込んでおき、常に学習し続けるようにすることです。

(2023年6月27日原稿受領:SIC ニュースレターVol.5.7に掲載)

論説4 複雑化する社会課題を解決するソーシャルデジタルツイン

富士通株式会社

富士通研究所 コンバージングテクノロジー研究所

ソーシャルデジタルツインコアプロジェクト

シニアリサーチマネージャー 瀬川英吾氏

SICニュースレター「論説」への寄稿の機会を頂戴し、誠にありがとうございます。

富士通は、「イノベーションによって社会に信頼をもたらし、世界をより持続可能にしていくこと」をパーパスとして掲げています。この実現を目指し、地球や社会によりよいインパクトを与えられるように、サステナビリティ・トランスフォーメーションに取り組み、人々が直面する社会課題の解決に向かっています。本稿では、この社会課題を解決するための技術として当社が開発している、ソーシャルデジタルツインについてご紹介します。

1. 社会課題解決に向けて

社会は多様化し、様々な価値観やニーズが生まれています。それに伴い、社会を構成する人やモノの関係は複雑化し、単一の観点から立案された施策では公平な問題解決は難しくなっています。例えば、新型コロナウイルスの感染症対策では、疫学や公衆衛生学の観点からロックダウンや蔓延防止策による感染リスク抑制の効果が主張されましたが、個人や企業の持続的な経済活動との両立は困難でした[1]。また、都市の交通渋滞問題では、道路課金やカーシェアなどの交通政策による対象地区の渋滞緩和や環境負荷の低減が期待されていますが、対象地区の経済活動の持続性や移動の利便性や安全性、対象地区外の交通流や物流へ及ぼす影響と併せて議論されることはありませんでした[2]。このように、単一の観点から立案された施策が、社会、経済、環境、文化・倫理など異なる複数の観点から見た場合にも、有効かつ公平であるかどうかは自明ではありません。そのため、今日の複雑化する社会問題に対して、分野の異なる複数の観点を考慮した解決策が必要で、その施策立案と評価の仕組みは今後ますます重要になります[3]。

多岐の分野にわたる複雑な社会問題の解決には、コンバージングテクノロジーとエビデンスベースな施策立案・評価の方法論が鍵となります。前者のコンバージングテクノロジーは、最先端のデジタルテクノロジーと人文・社会科学などの分野の知見を融合する技術で、当社はFujitsu Uvanceを支える5つの技術領域のひとつに位置付けています[4]。人文・社会科学を融合することの意義は、従来のデジタルテクノロジーに立脚する施策に“一人ひとりの価値[5]”の視点を導入することです。また、後者のエビデンスベースな施策立案・評価とは、勘や経験に依らず、定量的なデータに基づいて施策の効果を事前・事後検証し、ステークホルダー間で合意形成を図る枠組みです[6]。客観的な事実に基づく施策であることは公平かつ公正な問題解決には必要不可欠で、内閣府を中心にその活用が推進されています[7]。

このような背景を踏まえて、当社は、コンバージングテクノロジーを活用し、複数の観点を考慮した事前検証に基づいたエビデンスベースな施策立案と評価を可能にするソフトウェア基盤として、ソーシャルデジタルツインを提案しています。

2. ソーシャルデジタルツインとは？

ソーシャルデジタルツインとは、大量の実世界のデータをもとに、人やモノ、経済や社会の状態や相互作用・ダイナミクスをデジタル空間上に再現するソフトウェア基盤、およびそのための技術群です。例えば、都市のソーシャルデジタルツインでは、職場に向かって走る自動車や信号で立ち止まっている歩行者など、都市を構成する人やモノ、さらにはそれらの動きや関係をもデジタル空間上で再現します。その主な目的は、社会の状況を把握し、デジタル空間上で施策効果を事前検証することにより、多様で複雑化する課題の解決に向けた施策立案・評価を支援することです。

図1は、当社が提案するソーシャルデジタルツインを活用した施策の立案と実施までの流れです。はじめに、多種多様なセンサが時々刻々と変化する実世界のデータを取得します。次に、ソーシャルデジタルツインが、センシングされたデータを用いて人やモノ、経済や社会の状態をデジタル空間上に緻密かつリアルタイムに再現します。さらに、実世界データをもとに人や社会のダイナミクスや相互作用をモデル化します。その後、施策立案者は、生成されたモデルを含むソーシャルデジタルツインを用いて、デジタル空間上にて施策効果のシミュレーションを行い、ステークホルダーとともに施策効果を様々な観点から検討します。当社は、これを「デジタルリハーサル」と呼んでいます。施策立案者は、最も効果的な施策を実施するとともに、ソーシャルデジタルツインを用いて実世界に対して実施した施策の結果を監視し、期待した効果が得られたかどうか事後検証を行い、モデルや施策にフィードバックします。このような流れが実世界のデータ収集から施策実施に至る一連のサイクルです。

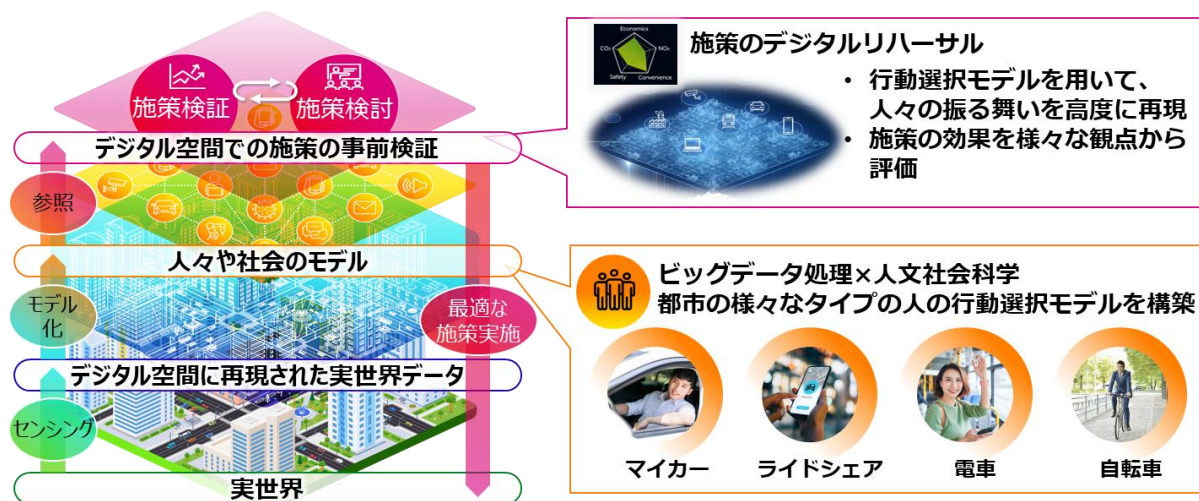


図1 ソーシャルデジタルツイン

■実現される社会

ソーシャルデジタルツインの施策立案・評価の枠組みは、従来では実現できなかった、問題解決の効率やコスト(社会の価値)を重視する管理者と、利便性や安全性(個人の価値)を求める個人との両者のニーズを満たしながら、持続可能で信頼できる社会の実現に貢献します。例えば、冒頭に述べた感染症対策の例では、社会全体の感染リスクを制御しつつも、個人や企業の経済活動を過度に抑圧しない社会を実現します。また、道路課金の例では、課金区域の渋滞緩和および環境負荷低減を達成させると同時に、課金区域外に新たな渋滞を発生させず、また個人の移動の利便性・安全性を損なわない社会を実現します。このように、施策を実行する側と個人の価値を両立できる社会の実現に大きく貢献することができます。

■ 従来技術との違い

ここで、ソーシャルデジタルツインと従来の社会シミュレーションとの違いについて説明します。従来の社会シミュレーションとは、役割や行動をプログラムされた仮想的な人やモノとそれらを取り巻く環境の相互作用により、社会的な現象を再現するシミュレーションです。応用例として、駅構内の人流や高速道路の自然渋滞など、特定の現象の発生メカニズムの解明に使われています。しかし、現象の理解を志向しているため、特定の現象に着目して実世界を簡易化したシミュレーション条件が用いられます。また、施策により変化する個人の行動が社会全体に与える影響を、異なる観点から分析することはありませんでした。一方で、ソーシャルデジタルツインは、実世界を精密に再現したデジタル空間上で施策の効果を検証することを志向します。また、機能面では従来の社会シミュレーションを内包し、以下に挙げる3つの点において発展的です。①様々な観点から施策が個人や社会に及ぼす影響を考慮すること。②考慮したい観点を柔軟に追加できること。③1回のシミュレーションで終わることなく、施策の影響や実世界の変化を継続的にモニタリングすること。

3. ソーシャルデジタルツインを構成する技術とは？

■分散デジタルツイン基盤

ソーシャルデジタルツインでは、時々刻々と変化する実世界を再現するために、多種多様なセンサで観測した大量のデータをリアルタイム処理し、デジタル空間の人やモノの状態に反映させる必要があります。このような状態の管理が必要なオブジェクト(人やモノ)の数は、都市規模のソーシャルデジタルツインでは百万規模になります。このように大量なオブジェクトの状態をデータに応じてリアルタイムに管理するには、大量のストリームデータをリアルタイムに処理し、処理の追加・更新にも柔軟に対応可能な Dracena[8]が応用できます。また、ソーシャルデジタルツインでは、複数の観点から施策の影響を確認するために、複数の異なるシミュレータの実行が必要になります。さらに、効果の高い施策を導くには多様な施策に対するシミュレーションも必要です。そのため、多数のシミュレーション(後述するマルチアスペクトシミュレーション)を実行する必要があり、これらを高速に実行するための分散実行させる技術の

開発に取り組んでいます。

■動的モデル生成

ソーシャルデジタルツインでは、IoT から収集した多種多様の大量のデータをもとに人や社会の動きをモデル化します。このとき、収集したデータは、使用するセンサの違いによって時間や空間の解像度が均一でないことがあります。また、単純なデータ欠損のほかに、プライバシーや倫理、法律の観点から個人が特定できない匿名化されたデータを扱うこともあります。このような不均一で断片的なデータであっても、人や社会の動きを推定できるように、データを補完することが必要です。そのための技術として、センサが観測した動的なデータと統計調査などの静的なデータの整合性を維持しながら、不足しているデータを生成する技術の開発に取り組んでいます。

■行動選択モデル

ソーシャルデジタルツイン上で施策の効果を事前検証するためには、環境の変化や施策に対して人やモノがどのように反応するのかをシミュレートしなければなりません。特に、人の行動選択については、用途ごとに人の行動に関する特性を考慮したモデルが必要になります。施策に対する人の行動選択モデルの従来技術としては、選択肢の効用に基づくモデルが一般的です[9]。しかし、これらのモデルの仮定する合理的な選択は、現実の人の特性とは異なることが指摘され、近年では行動経済学の理論を取り入れたモデルの応用が研究されています[2]。ソーシャルデジタルツインで用いる人の行動選択モデルも、個人の価値を考慮した社会シミュレーションの必要性から、人文・社会科学の知見を融合したモデルを開発しています。

■マルチアスペクトシミュレーション

ソーシャルデジタルツインで用いる個々のシミュレータは、特定の分野に特化したドメインシミュレータなので、例えば、交通シミュレータは交通状況、大気汚染シミュレータは環境負荷の観点しか考慮できません。施策の影響を複数の観点で見るために、これらの異なるシミュレータが互いに無関係に動作するのではなく、同じエンティティ(例えば、特定の自動車)は双方のシミュレータにおいて同じ位置・状態にあるように動作させる技術を開発しています。さらに、交通シミュレータは秒単位で状態を更新し、大気汚染シミュレータは分単位で更新するように、目的の異なるシミュレータでは時間の粒度も異なるため、各シミュレータの時間進展を同期させる技術の開発に取り組んでいます。

■施策モニタの技術

実世界は日々変化するため、ソーシャルデジタルツインを一度の設計やキャリブレーションで長期に渡って使用することは困難です。人の行動ひとつとっても、昨今の新しい生活様式のように、大きく変容することがあります。そこで、実世界のデータとシミュレータの結果の差

を監視し、自動的にシミュレータやモデルのパラメータの誤差を修正して社会変化へ追従する機能が必要になります。そのため、観測された実データとシミュレーションの結果の誤差を評価することに加え、差が発生した場合にシミュレータのどの要素が影響しているのか的確に判別する技術の開発に取り組んでいます。さらに、社会変化への追従については、新たに観測されたデータを用いてシミュレータやモデルのパラメータや状態を修正し、シミュレーションの精度を向上させる技術の開発に取り組んでいます。

4. ソーシャルデジタルツインの活用例

■シェアドモビリティの運用改善

英国は、国そのもののデジタルツインを作ることをコンセプトとして、National Digital Twin Programme (NDTp)を始動し、従来は省庁ごとに縦割りで保有していたデータやシステムを連携し、利活用するための取組みを推進しています。この取組みの一環として、当社はLead Technical PartnerとしてNDTpに参画し、英国のワイト島において、環境、社会、経済性の観点を踏まえて総合的に効果の高いシェアード e スクーターサービスの提供方法の導出に取り組んでいます[11]。具体的には、サービス事業者である Beryl 社から提供された e スクーターの利用実績、人流、人口統計、天候などのデータを活用し、ソーシャルデジタルツインにより島内の人々が移動する時間帯や場所、ルートなどを予測できるようにします。そして、e スクーターの配備場所や数の変更、特定の場所への返却による使用料の割引などの施策を、利用者の利便性、運用コスト、CO₂ 排出量など複数の観点で評価するデジタルリハーサルを進めています。



図2 ワイト島におけるデジタルリハーサルの画面例

■CO2削減のための道路課金施策

近年、ロンドン市では、車による大気汚染が大きな社会問題となっています。今後30年間で約55万人の市民が大気汚染を原因とした疾患を発症すると予測され、それに伴う社会医療費は約104億ポンド(約1.6兆円)に達すると言われていています。この試算を受け、ロンドン市長は、2030年までに車の交通量を27%削減する必要性を主張し、排ガス基準を満たしていない車に対する道路課金施策である超低排出ゾーン(ULEZ: The Ultra-Low Emission Zone)の拡大を要請しました[10]。

ULEZを拡大する地区や課金料金・課金時刻の選択には、対象地区の交通量削減の目標値だけでなく、対象地区外での交通・環境への影響をはじめとして、市民の利便性や社会全体の経済活動へ与える影響を加味したうえで、エビデンスに基づいた慎重な検討が必要です。ソーシャルデジタルツインを活用することで、ULEZの地区や料金・時刻の違いによる人々の移手段の変化(徒歩・自転車や公共交通機関の利用など)と、その結果として生じる地区内外の交通量・交通渋滞や公共交通機関の混雑度などの交通の利便性や環境負荷への影響、市全体に与える経済効果、市民の健康リスクへの効果などのデジタルリハーサルが可能になります。施策立案者であるロンドン市は、他のステークホルダーである交通局や環境保護団体等の代表とともに、事前検証の結果を用いて実施する施策に関する合意形成を図ることができます。これにより、通常の施策効果の試算プロセス(交通シミュレータによる課金地区の交通量削減の検証、交通量の環境負荷への影響の試算)に対して、複数の異なる観点を同時に考慮した施策効果のシミュレーションを行えます。さらには、大気汚染による健康リスクと同時に、交通手段が車から自転車に変わったことによる健康リスクの試算にまで発展させることも可能です。

5. 今後に向けて

本稿では、複雑化する社会問題を解決するために、複数の異なる観点を考慮した施策立案・評価を支援するソフトウェア基盤である当社のソーシャルデジタルツインと、実証に向けた取り組みを紹介しました。ソーシャルデジタルツインは、Fujitsu Uvanceを支えるテクノロジーで、社会全体の価値と一人ひとりの価値の両立が求められる社会問題の解決を通して、持続可能で信頼できる社会の実現に貢献します。さらに、その先の展望として、地球規模の問題解決に挑戦します。そのために、当社も参加している約35カ国・200企業による、地球規模の持続可能な開発のための世界経済人会(WBCSD: World Business Council for Sustainable Development)[12]で協働します。そして、都市や国家の枠を超えた「地球まるごとデジタルツイン」を実現し、地球温暖化や自然災害、水・食糧不足、紛争など、ボーダレスな問題の解決に貢献することを目指します。

参考文献

- [1] 北野宏明. “Covid-19 AI シミュレーションプロジェクト”.
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000858747.pdf>,
(2023/8/18).
- [2] Kun Gao, Lijun Sun, Ying Yang, Fanyu Meng and Xiaobo Qu.
“Cumulative prospect theory coupled with multi-attribute decision making for modeling travel behavior”. *Transportation Research Part A*. 2021, No. 148, pp. 1-21.
- [3] 富士通. “デジタルで融合した分野横断の知見を社会課題解決の力に”.
<https://www.fujitsu.com/jp/about/research/business/advanced-converging-technology/index.html>, (2023/8/18).
- [4] 富士通. “Key Technologies”.
<https://www.fujitsu.com/jp/about/research/key-technologies/>,
(2023/8/18).
- [5] 内閣府. “第6期科学技術・イノベーション基本計画”.
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html>, (2023/8/18).
- [6] 松井 啓之, 出口 弘, 齋藤 智也. “意思決定と社会・経済システムエビデンスベースの意思決定とは何か”. *社会・経済システム学会第38回大会企画シンポジウム*, 2022, pp.1-21.
- [7] 内閣府. “エビデンスに基づく政策立案”.
<https://www8.cao.go.jp/cstp/evidence/index.html>, (2023/8/18).
- [8] 富士通. “リアルタイムデジタルツイン基盤“Dracena””.
<https://www.fujitsu.com/jp/about/resources/publications/technicalreview/2020-02/article04.html>, (2023/8/18).
- [9] 北村 隆一, 森川 高行, 佐々木 邦明, 藤井 聡. “交通行動の分析とモデリング 理論／モデル／調査／応用”. 技術堂出版, 2002.
- [10] Leah Hockley. “Plans announced for city-wide expansion of London’s Ultra Low Emission Zone”. *Intelligent Transport*. Russell Publishing, 2022.
- [11] 富士通. “デジタルツイン上に人の行動を高精度に再現する技術を開発し、英国ワイト島にてシェアード e スクーターの運用改善に向けた実証実験を開始”.
<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2023/04/19.html>, (2023/8/18).
- [12] WBCSD. “World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)”. <https://www.wbcSD.org/>, (2023/8/18).

(2023年8月29日原稿受領:SIC ニュースレターVol.5.9に掲載)

論説5 東芝のDX戦略実現に向けたスマートファクトリー化

株式会社東芝 生産技術センター グローバルモノづくり変革推進部

部長 白須 義紀氏

1. はじめに

東芝グループは、DX戦略に柔軟に対応可能な生産体制の実現に向けて、生産拠点のスマートファクトリー化を推進している。本稿では、東芝におけるスマートファクトリー化の位置づけ・考え方と、東芝グループ全体で取り組んでいるスマートファクトリー化推進活動について紹介する。

2. スマートファクトリー化の位置づけ

東芝グループは、「地球の明日のために。」を経営理念として事業活動を行っている。この経営理念を実現し、CPSテクノロジー企業としてデジタルエコノミーの発展に伴う新たな社会価値の創造に対応するために、DE、DX、QXという戦略を立てている。一般的に使われているDXという言葉も、東芝ではDE(デジタルエボリューション)とDX(デジタルトランスフォーメーション)とに分けて定義している。DEでは、既存のバリューチェーンの業務をデジタル化することにより効率化・高度化して付加価値を高める。次のステップとなるDXでは、デジタル技術を活用してビジネス構造そのものを変革し、プラットフォーム化していく。そして、さらに量子技術を活用し、あらゆるプラットフォームが業界を超えて最適な形で繋がるQX(クアंटムトランスフォーメーション)へと発展させ、新たな社会価値を創造していくことで、企業の競争力に繋げていきたいと考えている。

事業のDX戦略を具現化していくには、その基盤となるDEとして、業務の効率化・高度化を行うことが必須となる。スマートファクトリー化は、事業のDX戦略に柔軟に対応可能なものづくりを実現するものであり、DEの取り組みに位置づけられる(図1)



図1. 東芝におけるスマートファクトリーの位置づけ

3. スマートファクトリー化の考え方

スマートファクトリーとは、製造設備や各種機器、作業などの製造にまつわるデータをIoT技術などを用いて収集・蓄積し、そのデジタルデータを分析・活用することで生産性や製品品質を向上させるとともに、業務プロセス変革を継続発展的に実現する工場と定義される。これを実現するには、工場の各組織だけではなく事業部門を含めたバリューチェーン全体での取り組みが必要となる。しかし実際には、スマートファクトリーは製造現場のIT化との印象が未だに根強く、工場の枠に閉じた取り組みとなっていることが多い。このため、製造現場の改善活動の延長で、スモールスタートでデータ収集ツールや可視化ツールなどのデジタル化施策を導入しても、その改善効果は限定的で活動が先細りとなり、事業効果に繋がる業務プロセスの変革や持続的な改善にはつながらなかった。

このような課題を解消し、実効的なスマートファクトリーを実現するために、東芝でのスマートファクトリー化推進活動は、(1)事業戦略に基づき、事業全体で工場のビジョンを立案して、このビジョンに沿って施策を実施していくこと、及び(2)業務プロセス変革の視点からデジタル化施策を策定することを、方針として定めた。

生産拠点(工場)と事業との関係を図2で説明する。生産拠点では、現場力強化や生産性向上に向けて、現場の改善活動を継続的に行っている。事業部では、外部要因を考慮しながら新たな製品やサービスの展開などのビジネス戦略を検討している。この両者が必ずしも密接に連携しているとは限らず、スマートファクトリーについても、事業部は工場を進めるものと考え、工場側も工場内のみで施策を考えて、組織の縦割りで別々に活動することもある。しかし、生産拠点は事業戦略を具体的な形にする重要機能であり相互連携は必須である。生産拠点からは、品質・コスト・リードタイムなどの製造情報を事業部の営業や企画部門と共有し、事業部も生産拠点の製造能力を考慮して製品企画や生産計画を立てる、といった連動が求められる。スマートファクトリーとは事業戦略そのものであり、将来の事業戦略に対して生産拠点はどうあるべきか、事業戦略に応じて生産能力を柔軟に調整するデジタル化をどう進めていくかなどの方向性を定めていくことが必要になる。

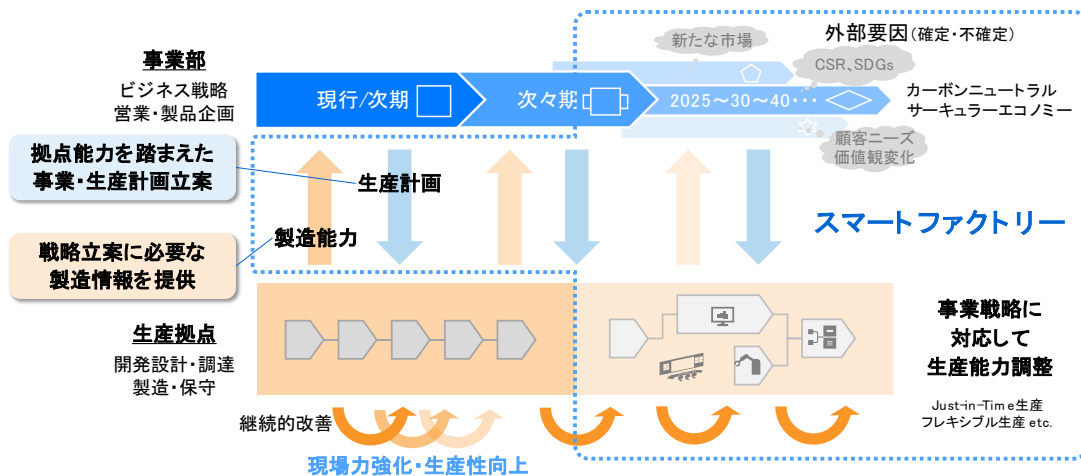


図2. 事業方針に基づくスマートファクトリー化

4. スマートファクトリー化推進活動

東芝では全社活動として、社内の生産拠点のスマートファクトリー化を推進している。その活動内容を説明する。

東芝におけるスマートファクトリーの条件および目指す姿を図3に示す。スマートファクトリーとは生産拠点のあらゆる情報がデジタル化され、それが拠点全体でつながり、商品企画から販売・サービス部門までの関係者全員が見えることと定義している。生産拠点に関わる各種情報をつないで、バリューチェーンを横断して活用することで、外部環境の変化に強くなり、正常・異常を迅速に捉えることができる。これにより、製造に関わる様々な関係者から、商品を受け取る顧客に至るまで、すべての人にやさしいものづくりを実現することを目指している。



図3. スマートファクトリーの条件と目指す姿

スマートファクトリー化に向けて、シナリオ策定、現場の見える化、管理の見える化の3つの活動を展開する(図4)。「シナリオ策定」では、生産拠点の視点だけではなく、事業の視点、顧客の視点を踏まえて生産拠点の中長期にありたい姿であるビジョンを策定し、そのビジョン実現に向けた業務変革、システム変革の施策のロードマップを定義する。「現場の見える化」ではIoTツールなどのデータ収集ツールの適用を進め、「管理の見える化」では収集したデータを可視化・活用し、生産システム全体の最適化を図る。この現場の見える化、管理の見える化の活動は、シナリオ策定で作ったビジョン・ロードマップとのギャップが生じていないかを常に照合しながら進めていく。

活動体制としては、東芝グループ全体のスマートファクトリー推進部門と、業務プロセス変革、システム変革、活動イメージの具体化・共有を支援する実行支援チーム、そしてスマートファクトリーを実現する事業部・生産拠点が一体となった、組織横断によるクロスファンクショナルチーム体制で取り組んでいる(図5)。

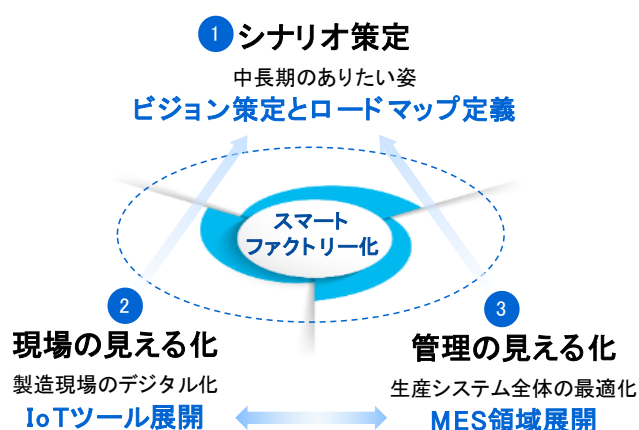


図4. スマートファクトリー化の3つの活動

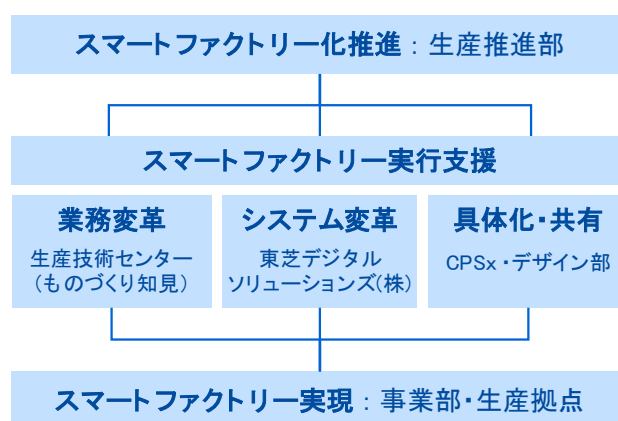


図5. スマートファクトリー化の活動体制

各生産拠点では、現場の基礎オペレーション力強化に向けた現場改善力強化の活動を実施した後、事業戦略と連動したデジタル化施策を実行するスマートファクトリー化の活動に移行する(図6)。

現場基礎オペレーション力強化では、スマートファクトリー化に向けた基盤固めとして、現場の管理レベルを評価する現場診断で抽出した課題に対して、IE(インダストリアルエンジニアリング)視点での改善施策やIT化施策を適用し、継続的な改善体制を構築する。

その次に、スマートファクトリー化に取り組む。生産拠点で管理する因子は、設計や営業などで決定される因子に密接に関連するため、製造だけではなく、調達、設計、営業企画等の関係部門を交えて、事業全体として生産拠点の目指す姿を考えていくことが必要であ

る。このため、まず、事業戦略に基づき、事業全体で生産拠点のビジョンを構築し、これを実現するためのロードマップと効果シナリオを策定して、関係者の共通認識を得る。そして、効果シナリオを具現化するデジタル化施策を立案し、試行して効果を検証する。このように、事業として目指す将来像からバックキャストして具体的な施策に落とし込むことで、事業戦略を具体化するスマートファクトリーを実現する。

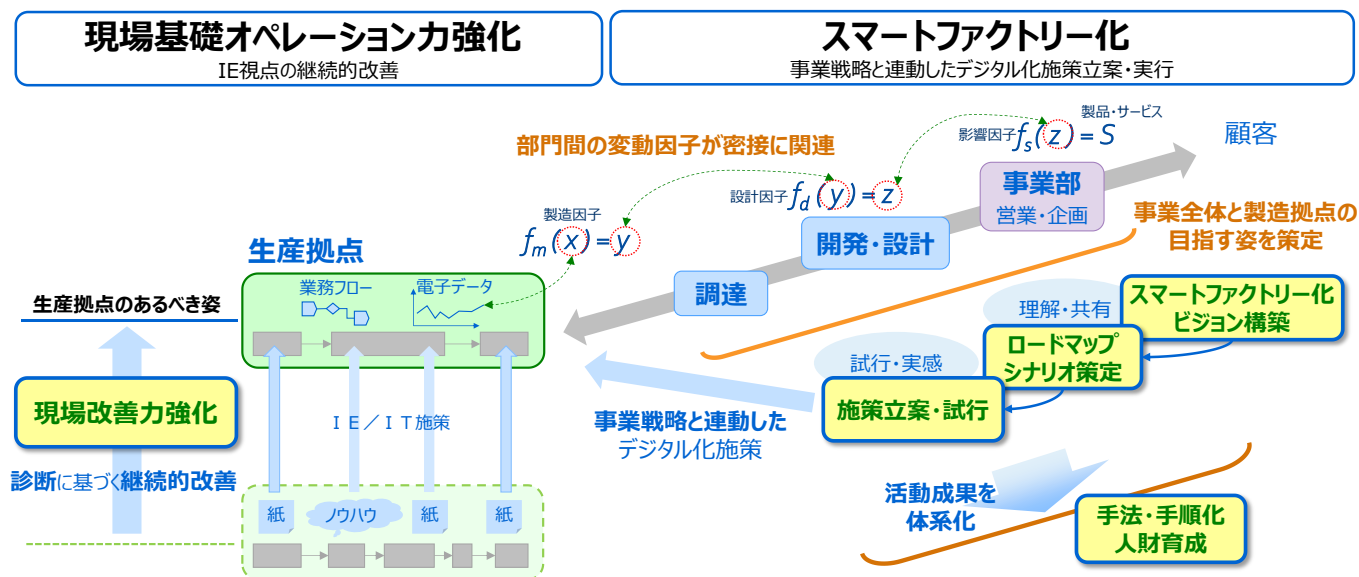


図6. スマートファクトリー化活動の全体像

スマートファクトリー化の推進フェーズと推進手法のガイドを図7に示す。各生産拠点がスマートファクトリー化に取り組むにあたって、何から着手すべきか分からない、または正しく進展しているか判断できないという問題があった。この対策として、活動ステップを定型化し「シナリオ策定フェーズ」、「実行フェーズ」、「展開フェーズ」の3段階でスマートファクトリー化を推進することとし、各フェーズでの検討ステップを定義した。また、各フェーズでの活動の進め方を示すガイドとして、シナリオ策定手順書や、アセスメント手順書、実行フェーズ手順書を用意した。更に、事例・手段を知るためのガイドとして、活用シナリオ集、展開用パッケージ、IoTツールカタログなどを整備した。活用シナリオ集は、活用場面に対して、どのデータをどのように可視化・分析するかのカユケースをまとめたものである。例えば、生産進捗や歩留まりを管理するために出来高の予定と実績を把握する、あるいは生産性向上のために設備の稼働状況や能力を把握するといった内容になっている。展開用パッケージは、活用シナリオ毎に有効なIoTツールとツール設定方法をまとめたものである。IoTツールカタログは、社内で導入実績があるデータ収集・可視化・分析のツールをまとめたものであり、ツールの概要と、適用によるベネフィット、導入事例で構成される。

これらのガイドを参照することで、スマートファクトリー化への各拠点の理解を深めて、早期の合意形成や、短期間での施策の具体化、拠点主体での活動の加速、ツール導入のハードル低減などを図り、確実な施策の実現と運用定着化につなげている。

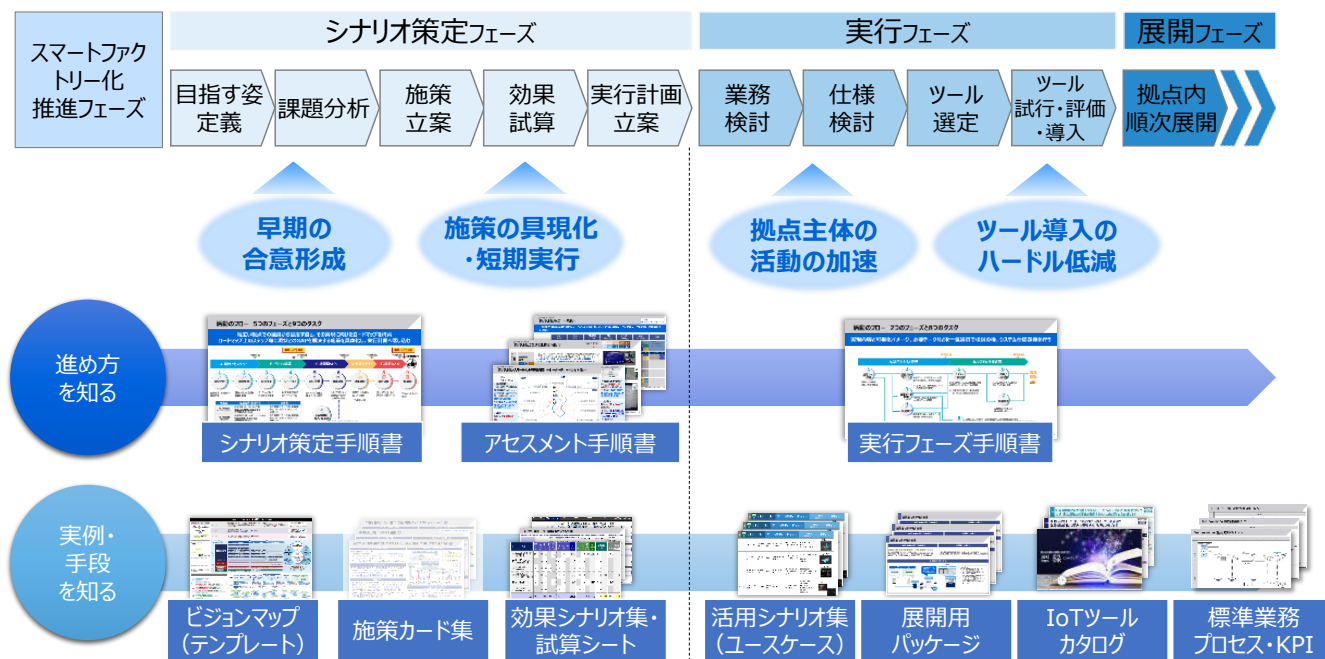


図7. スマートファクトリー化の推進フェーズとガイド

スマートファクトリー化の推進イメージを図8に示す。図8の下段は、スマートファクトリー化に必要な様々な手段を用意している状態を模式化している。様々な生産形態の業務フローをカテゴリライズして体系化・標準化し、現場の見える化では適用実績のあるIoTツール群とその活動事例のユースケースを、管理の見える化では標準業務プロセスに対応した標準システムなどを整備している。

これらが整備されている前提で、「シナリオ策定フェーズ」では、シナリオ策定手順書に従い、事業戦略に基づく生産拠点のビジョンやロードマップを策定し、ビジョンマップとしてまとめる。これにより、スマートファクトリー化の目的や意義をビジョンとともに明確に定義付け、推進メンバー間の共通認識とする。次に、アセスメント手順書に従って拠点の現状のデジタル化状況をアセスメントした上で、目指す姿と現状とのギャップを課題として整理し、その課題を解決する施策を具体化して、ロードマップに従って施策の実行順を定義する。そして、間接的な効果を含めた、事業効果を具現化する効果シナリオを策定し、効果額とその実現時期を算出する。

施策の方向性が決まったら「実行フェーズ」として、例えば、作業進捗のリアルタイム可視

化や、工程間仕掛かり量・滞留期間の把握などの施策によるユースケースを洗い出し、施策導入後の業務プロセスを設計して業務要件としてまとめる。これに基づいてシステム仕様を定義し、データ収集・管理・可視化などを実現するツールをIoTツールカタログを参考にしながら選定する。

そして、投資判断を経た上で、ツールの試行・評価・導入を行い、導入効果を確認する。

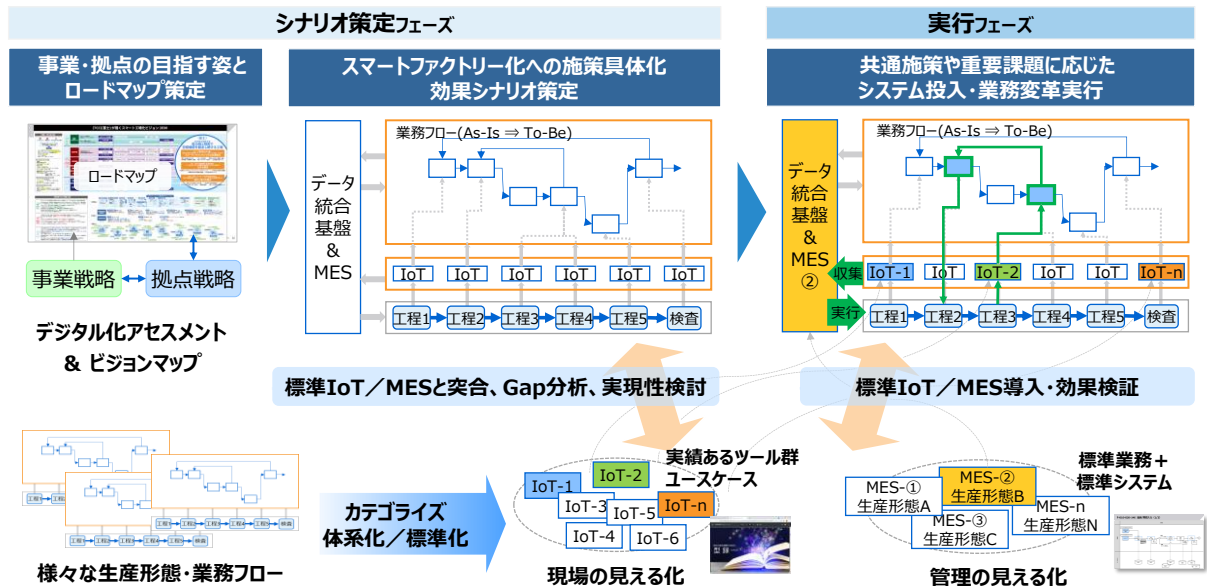


図8. スマートファクトリー化の推進イメージ

また、社内の生産拠点においてスマートファクトリー化に取り組んだ知見は、東芝デジタルソリューションズ(株)が提供する、ものづくりIoTソリューションMeister Factory™シリーズに実装している(図9)。これをスマートファクトリー化の拠点展開に活用している。

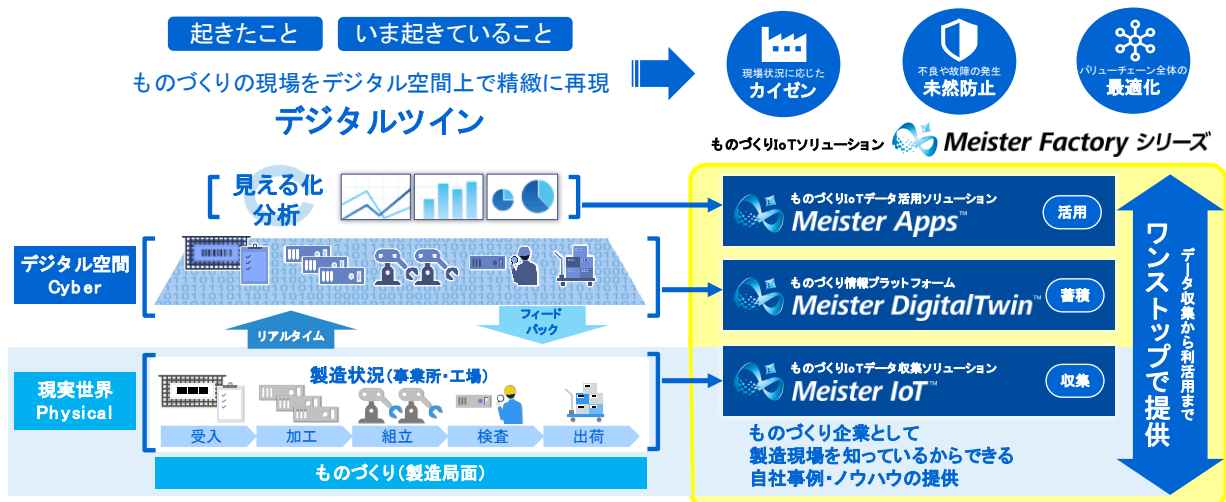


図9. ものづくりIoTソリューションMeister Factoryシリーズ

5. 最後に

東芝グループで取り組むスマートファクトリー化は、事業戦略に基づき策定した生産拠点のビジョンに基づき、業務プロセス・システムの両輪の変革で推進していることを述べた。スマートファクトリー化の推進フェーズを定義し、推進手法のガイドを準備することで、スマートファクトリー化を各生産拠点で効率的に展開している。DX戦略に柔軟に対応可能なものづくりの実現に向けて、スマートファクトリー化を推進していく。

(2023年11月13日原稿受領:SIC ニュースレターVol.5.12に掲載)

II 新技術紹介

デジタル社会の実現に向けた最先端のトラスト技術

富士通株式会社 データ&セキュリティ研究所

リサーチディレクター 鎌倉 健氏、 シニアプロジェクトディレクター 松塚 貴英氏
シニアリサーチディレクター 藤本 真吾氏、 プロジェクトディレクター 須加 純一氏
シニアリサーチマネージャー 引地 謙治氏、 プリンシパルリサーチャー 中山 貴祥氏

■ 背景

ユーザ自身で分散されたデータのセキュアな流通と活用を可能にする次世代インターネットの Web3、仮想空間上のアバターによって、新たな体験やコミュニケーションを創出するメタバース、そして、従来、人がすべきとされていた創作領域で期待の高まるジェネレーティブAIなど、デジタル社会に向けた ICT の技術革新は、人や企業、社会との新たなつながりをもたらし、私たちの生活や仕事のスタイルを大きく変えてきた。一方、こうした新たな ICT 技術を社会に実装していくためには、人や企業などの様々なステークホルダーが相互にデータを共有できる仕組みと合わせ、利用者が安心してその便益を享受するためのセキュリティ技術が必須となる。

デジタル化に対するセキュリティというと、いわゆるサイバーセキュリティとしてサイバー攻撃対策をイメージする読者も多いかもしれないが、データ保護やプライバシー保護、取引の透明性確保、データの確からしきといったトラストの観点も、利用者の安心を確保するためには重要になる。そこで本稿では、トラストを軸に、データ共有の(安全性)とデータ自身の(真正性)に焦点を当て、業界の動向と合わせて、当社での技術開発の取り組みを紹介する(図1)。



図 1 デジタル社会実現に向けたトラスト技術

最初に、様々なステークホルダー間での安全で自由なデータ共有の仕組みの実現に向け、欧州、日本におけるデータ基盤構築の国際動向と、次世代インターネットでの分散データ流通に関する技術動向を概観する。さらに、これらの動向に関わる領域で、当社で研究開発を進めてきた「データ共有のトラスト」を確保する技術を紹介する。なお、データを中心としたデジタル社会の加速に向け、データ共有の安全性に加え、データそのもののトラストを高めることも重要になる。そこで本稿では、最後に、「データ自身のトラスト」を確保可能にする最新の研究開発の取り組みとして、インターネット上の偽情報を対策可能にする Trustable Internet 技術を紹介する。

日本では、デジタル庁がデジタル社会の実現を主導しているが、「誰一人取り残されない、人に優しいデジタル化」のための重点的な取り組みとして、データ連携基盤の整備やデータ移転の国際的な枠組み、インターネット上の偽情報対策などが含まれており、基本的な方向性は本稿の主張と一致している。

■ データ共有におけるトラストの確保

持続的な成長をしつつ国際的な競争力を高めるため、欧州や日本をはじめとしてデータを他のステークホルダーと共有し活用するための様々な取り組みが行われている。データ共有には、プライバシー保護、漏洩の防止、品質の向上などのため、トラストの確保が重要になる。

本章では、様々な企業や個人間でのデータ共有の仕掛けとして、データ基盤構築に向けた国際動向と合わせ、社会実装が加速する次世代インターネット Web3 の技術動向を示す。さ

らに、それらの動向を踏まえ、当社で開発してきたトラストな分散データ流通を実現するコア技術を紹介する。

データ基盤の国際動向

欧州における動き

欧州データ戦略は、欧州連合がデータ利用と保護に関する包括的な戦略を策定し、デジタル経済の促進と市場競争力の強化を目指す取り組みである。データ戦略では欧州データスペースという概念が提唱され、データのセキュリティを確保しながら自由な流通を実現するため、重点領域、規制、インフラなど多面的に様々な整備が行われている。主要なイニシアティブとして、IDSA、Gaia-X、Catena-X を挙げる。

IDSA はドイツの Industry 4.0 の活動を源流とし、2016年に設立された非営利団体である。国際的なデータ共有とデータ主権の概念を推進し、データ駆動型のビジネスエコシステムの構築を支援するために設立された。同様に、Gaia-X は欧州連合内でデータ主権の重要性が認識され、欧州のデジタル経済における主権を強化する必要性から生まれた。

現在最も活動が先行しているのが Catena-X である。Catena-X はドイツを中心に展開されているデジタルエコシステムで、製造業者、サプライヤー、および関連企業間でデータ共有と連携を可能にする。現在はバッテリー規制への対応のため、標準化や相互運用性の対応を進めている。バッテリー規制は、バッテリーの製造、流通、(再)利用、廃棄といったライフサイクルにおいて持続可能性を高めるために様々なデータ共有を求めており、自動車製造企業を中心として Catena-X の活用でバッテリー規制への対応と市場競争力の強化を目指し開発が進められている。

日本での動き

Society 5.0 は、日本政府が提唱した未来社会のビジョンで、人工知能、IoT などのテクノロジーを活用し、社会課題の解決や生活の質の向上を図る概念である。Society 5.0 実現のためには、データ連携が基盤として中心的な役割を担っており、ここでは 2 つの動きを挙げる。

Ouranos Ecosystem は、経産省が IPA、DADC (Digital Architecture Design Center)、NEDO とともに進めるイニシアティブで、データ連携を通じてサプライチェーンの強靱化、最適化に取り組んでいる。特に、欧州におけるバッテリー規制に対応し、バッテリーのサプライチェーンにおけるトレーサビリティを確保するための事業が進められている。

DATA-EX は、デジタル庁が包括的データ戦略で提唱し、DSA が中心となって策定を進めているエコシステムで、様々な分野で策定が進むデータ基盤を相互に連携させることを目的としている。富士通は、DATA-EX の発端となった SIP2 期分野間データ連携基盤より本活動に深くかかわっており、後述するデジタルトレーシング技術などを提供しているほか、社会実装のためにデータ連携におけるトラスト要素の仕様策定を現在進めている。

次世代インターネット(Web3)の技術動向

前述のデータ基盤構築の動きと合わせ、近年ではブロックチェーンをはじめとする分散データ流通技術を活用して、デジタル空間上で個人や企業が相互に安心してつながり、新たな価値を共創する Web3 が注目されている。

Web3 は、ユーザ自身でデータを管理することによって、特定のプラットフォームによる情報の寡占をなくし、安全性と透明性をもって、分散されたデータの流通と活用を可能にする次世代インターネット技術である。Web3 で流通されるデータには、それらの出所を示す電子証明やトークンが付与され、第三者による情報の改ざんリスクを低減することが可能になる。ブロックチェーンの仮想通貨やトークンによるマネタイズ手段により、現在の企業中心の広告収益モデルを変革し、ユーザ同士の直接的な価値交換を行う新たなデジタル経済圏の創出が期待できる。Web3 の進展は、DAO (Decentralized Autonomous Organization) のような新しい組織の在り方や働き方さえも変えていく可能性を秘めている。

トラストなデータ共有を実現するコア技術

富士通では、データ基盤の構築や次世代インターネット Web3 の社会実装を加速させるため、セキュアで高信頼なデータ流通/利活用を可能にする様々なテクノロジーの研究開発を推進している。以降では、個人や企業間でのデータ共有においてトラストを担保する 3 つのコア技術を紹介する。

1) データ取引の証跡を管理するデジタルトレーシング技術

様々な企業をまたがってデータが取引される上で、それらのトラストを確保するためには、その過程を正しく記録することでデータの出所や利用先を把握することが必要である。

富士通のデジタルトレーシング技術「CDL: Chain Data Lineage」は、データ取引の来歴管理を実現する技術である(図 2)。データの送信者と受信者の間でデータが授受された場合に、その来歴情報を記録し、ひとつ前の工程の来歴情報のハッシュ値を今の来歴情報に含めるようにする。これにより、すべての工程の来歴情報のハッシュ値がチェーン状につな

がった形で保持される。また、この来歴情報にデータの合成や派生などを含めた加工情報を登録することも可能である。この場合は、送受信されるデータに関する過去、未来を含めたあらゆる来歴情報が記録され、あとから参照することが可能となる。加工に関する来歴情報は機密性が要求されることもあるため、個社で管理を行い、必要に応じ取引の来歴と統合して確認することが可能である。

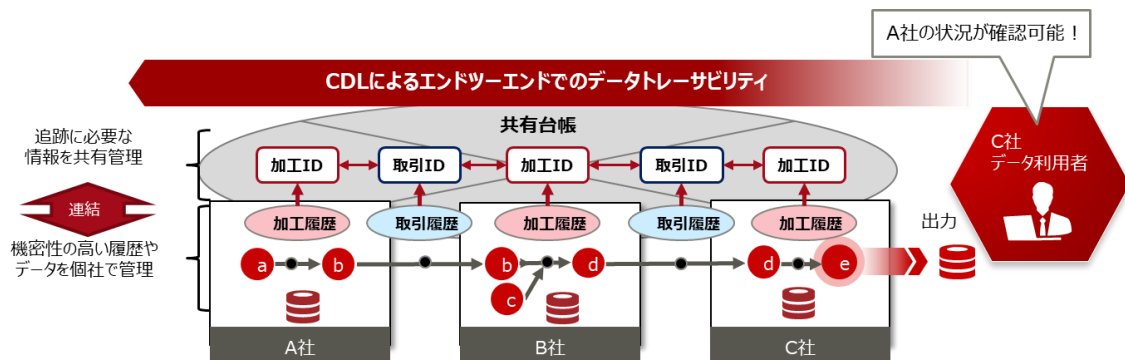


図 2 デジタルトレーシング技術 CDL

データ基盤においては、集中管理ができるとは限らないため、来歴情報は分散管理ができるようにブロックチェーンを用いた構成ができるようになっている。なお、この技術は、分野間データ連携および DATA-EX において活用されている。

2) デジタル証明の流通と活用を可能にするデジタルアイデンティティ技術

近年、より利便性の高いデジタルサービスを提供するために、一つの企業が取得・管理しているデジタル ID を、他の企業間で相互に連携し流通する新しいデータの活用や在り方が考えられている。一方で、利用者が意図しない個人データの流用やプライバシーリスク、不正利用による被害が顕在化してきており、より安全で信頼性の高いデジタル ID の管理と、利便性の高い相互活用の両立が不可欠となっている。

富士通のデジタルアイデンティティ技術「IDYX: IDentitY eXchange」は、デジタル環境上に分散された様々なデータを、本人・当事者のデータウォレットに紐づけ、それらのデータのトラストな活用を可能にする技術である(図 3)。データウォレットを用いることで、自分の属

性や経歴などを第三者が保証する形で証明でき、デジタル ID やデータの真正性の証明を可能にする。これにより、データ基盤上で流通する情報を安心・安全に活用可能にし、その中でやり取りされる情報や活動の「証明」を可能にすることでデジタルトラストを実現する。さらに富士通は異なる基盤上のデータウォレットを相互接続する技術を開発しており、組織やサービスを跨いでデジタル ID を扱うことを可能にしている。これらの技術を活用することで、様々なデータ基盤を、トラストを保ったまま相互接続することが可能になる。

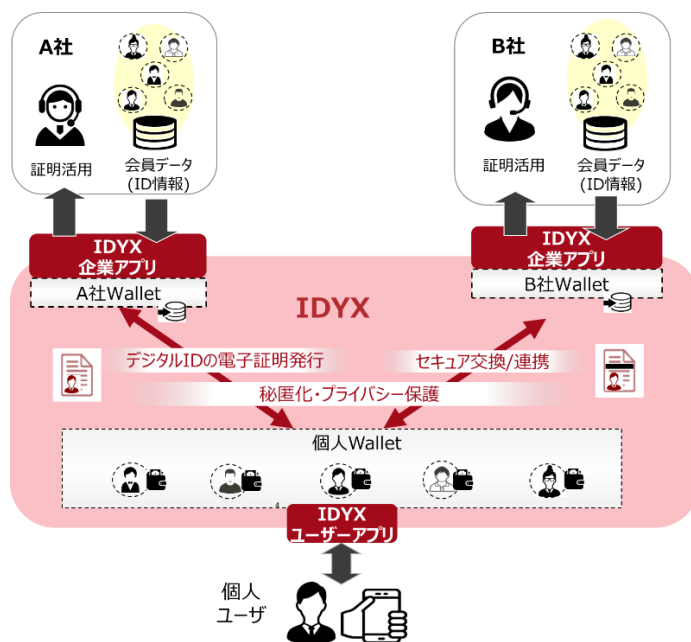


図 3 デジタルアイデンティティ技術 IDYX

3) 異なるブロックチェーンを相互接続するコネクションチェーン技術

現在、データ基盤やブロックチェーンなど、様々な領域でのデータ共有の仕組みが開発されている中で、業界横断的なエコシステムを拡大させていくためには、異なるデータ基盤やブロックチェーン同士を連携してデータをやりとりできる相互運用性(インターオペラビリティ)が不可欠になる。

富士通のブロックチェーン連携技術「ConnectionChain」は、異なるデータ基盤やブロックチェーン基盤間での安心・安全・柔軟なインターオペラビリティを確保することができる技術である(図 4)。

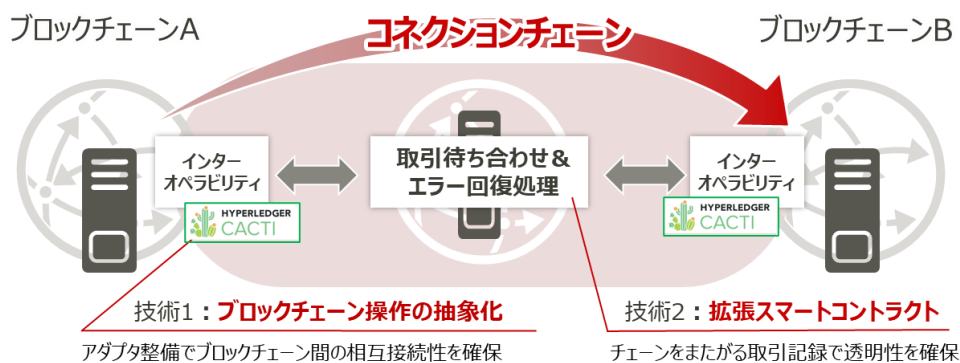


図 4. ブロックチェーン連携技術 ConnectionChain

ConnectionChain は、様々な種類のデータ基盤やブロックチェーン基盤の間に存在する仕様上の差異を吸収し、統一的なデータ交換が可能となる。当技術の開発は、オープンソース・ツールの Hyperledger Cacti の活動と連動しており、OSS として開発されている多様な基盤に連携するためのプラグイン「Cacti-LP」を取り込むことで、異なる種類の基盤間の連携を拡大している。なお、コネクションチェーンには独自に、複数のブロックチェーン連携で必要になる、台帳操作の成否による条件分岐やエラーからの回復など、複雑な連携処理を実現する「拡張スマートコントラクト」機能を備えている。この機能は、ブロックチェーン上で稼働するため、直接は繋がらない基盤同士でも、コネクションチェーンの仲介を受けることで連携動作の履歴を残すことができ、両者にとって中立な相互接続が可能になる。

当社は、これらのコア技術を API 部品として広くオープンにし、様々なアプリケーションの開発を試行実践できるテストベッド(Fujitsu Research Portal; <https://portal.research.global.fujitsu.com/>)の提供を通して、当社技術を活用した分散データ流通の新たな事業創出に向けた実践活動を加速している。また、上記で紹介したコアテクノロジーの一部機能は、既に富士通 Uvance のデータトラストサービス「Data e-TRUST」として商用提供を開始しており、金融やメディア、ヘルスケア、製造など様々な分野を跨る領域で新規ビジネスが検討されている。

■ データ自体のトラストの確保

近年、政治や災害、金融など、人の社会や経済活動に大きな影響を及ぼす分野を中心に、インターネット上で偽情報が増えている。SNS などでインターネットへの発信が容易になったこともあり、偽情報に騙された人々はインターネット上に拡散してしまい、社会に混乱をもたらす場面も出て来ている。このため、今後のデータを中心としたデジタル社会においては、データそのものに対するトラスト確保への対応が急務である。

本章では、インターネット上のデータ自身の確からしさ(トラスト)を、データを閲覧するユーザーが即時に確認できる「Trustable Internet」を紹介する。Trustable Internet は、データに対して、インターネット上の周辺情報を収集し分析することで、元データの真偽を判断する。ここでは、Trustable Internet の全体像と、それを支えるコア技術を示す。

Trustable Internet とは

インターネットは、我々の社会・経済活動において欠かせないものになっている。スマートフォン端末や SNS サービス等の普及により、個人や組織は、インターネットを介して、いつでも

どこでもデータを発信し、閲覧できるようになった。一方、これらのデータの中には、間違っ
た内容や意図的に騙す内容を含む、いわゆる偽情報も増えており、社会問題として顕在化して
きている。データの確からしさを確認する従来の手法としては、文書の承認管理システムや
配送荷物の追跡システムのように個別システムで証跡を記録する方法や、事前にデータの送
受信者間で信頼を構築する方法が取られてきた。しかし、膨大なデータが存在するインター
ネット上で、その確からしさを確認できる汎用的な手段は存在せず、データが本当に正しい
かどうかの判断は非常に困難となっている。

我々は、インターネット上のデータのトラスト(確からしさを確認する仕組みとして、
「Trustable Internet」の開発を進めている。Trustable Internet は、元データに対し
て、インターネット上の周辺から確からしさを根拠となる情報を自動的に収集して集合知を形
成し、元データとの矛盾を分析することで、ユーザに対して、データの真偽判断の結果を提供
する。

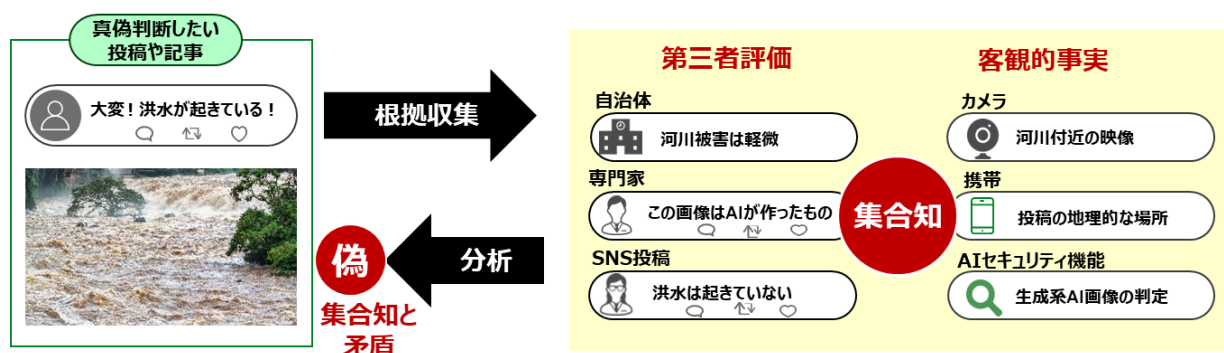


図 5. Trustable Internet によるデータの真偽判断

図 5 に、洪水の投稿を例にした Trustable Internet によるデータの真偽判断の動作を
示す。Trustable Internet は、自治体が発信する情報や元の投稿に対する専門家の評価
といった「人」による「第三者評価」の根拠を収集するとともに、カメラが映している河川の映
像や投稿時の携帯の地理的な場所といった「客観的事実」による根拠を収集して、集合知を
形成する。また、集合知と元の投稿に矛盾があるかを分析し、その結果をユーザに提示する。
ここでは、元の投稿に対し、第三者評価や客観的事実の根拠と多くの矛盾があり、偽情報と
判断している。

Trustable Internet を実現するコア技術

Trustable Internet の実現には、第三者評価や客観的事実といった根拠収集による集
合知を形成し、その集合知による元データに対する真偽判断の動作が必要になる。その中で
富士通は、以下の3つの機能・技術に注力して研究開発を進めている。

1) エンドースメント(根拠)を汎用的に管理可能なアーキテクチャ

集合知による真偽判定の分析に向けて、インターネット上にある周辺の第三者評価や客観的事実による根拠を収集し、管理する仕組みを構築する必要がある。我々は、既存のインターネットには影響を与えず、インターネットユーザが、従来と同様に Web/アプリケーションを利用することが可能な Trustable Internet アーキテクチャを提供する(図 6)。本アーキテクチャは、既存のインターネットのレイヤに、第三者評価や客観的事実といった多様なエンドースメント(根拠)を管理するエンドースメントレイヤ(Endorsement Layer)を追加する。エンドースメントレイヤは、外部からエンドースメントを付加したり、外部へエンドースメントを共有したりするインターフェースを提供する。また、エンドースメントの管理として、元のデータを起点として紐づけられたエンドースメントがどのようなつながりを持っているかを表現したデータ構造を持つエンドースメントグラフ(Endorsement Graph)を構成する。

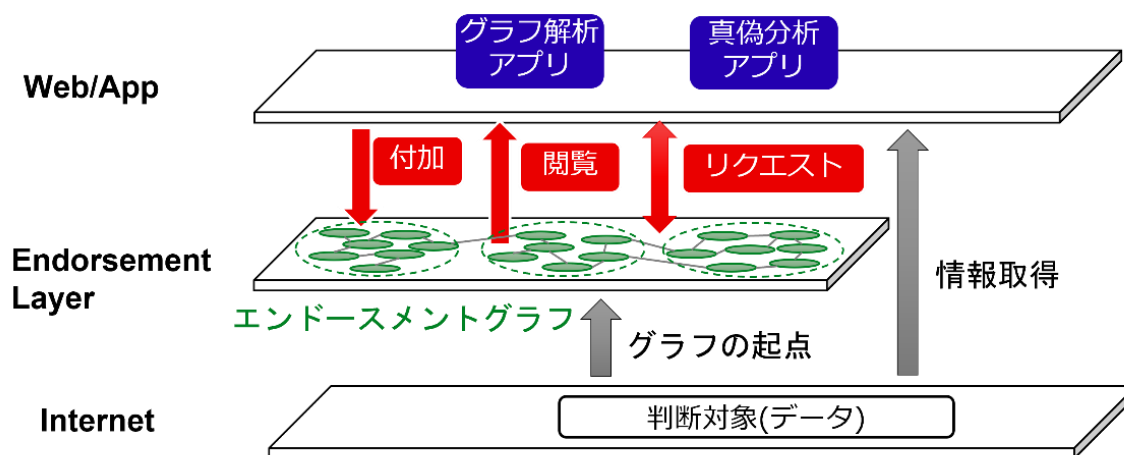


図 6 Trustable Internet アーキテクチャ

エンドースメントグラフは、元のデータに対する第三者評価や客観的事実といったエンドースメントと、そのエンドースメントの発信・発行に関わった人(例、専門家)や組織(例、自治体、政府)、機器(例、カメラ)の関係をグラフとして表現している。加えて、それらのエンドースメントに対して、さらに関係するエンドースメント(例、専門家の経歴など)を付与することが可能である。このグラフ構造によって、次に紹介する真偽判定の分析技術において、多角的な分析が可能となる。

2) エンドースメント分析技術

前述のエンドースメントレイヤに集合知として生成されたエンドースメントグラフに対し、AI を利用した分析を行い、対象のデータに対する真偽判定の結果を提示する。図 7 に本技術の動作例を示す。

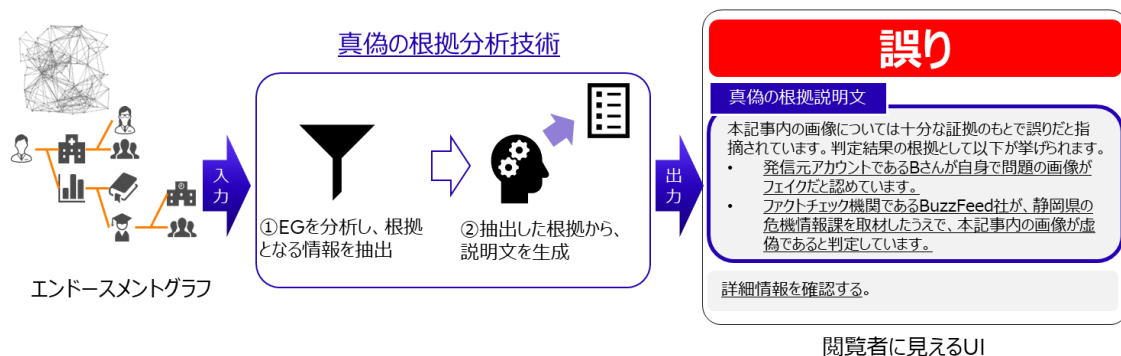


図 7 エンドースメント分析の例

エンドースメントグラフの構成によって、個々のエンドースメント(根拠)を中心とした分析を行う。例えば、洪水の投稿に対して、その投稿の専門家の意見だけでなく、専門家の経歴、さらに専門家に対する他の有識者の評価、といったエンドースメントグラフを辿った分析を行うことで、データおよび連なるエンドースメントの信頼性を評価できる。また、これらのエンドースメントに対する総合的な分析により、真偽判定の結果を示す。

3) データや根拠の発信元の位置を検証する技術

データ自身の信頼性においては、データやエンドースメントの発信元は客観的事実として重要な証拠となる。例えば、ある地域に関する投稿に対し、発信元が全く異なる国外であった場合、その投稿の疑わしさを判断できる。

データや根拠の発信元の位置検証として、我々は Active Probing 技術に着目している。これはインターネット上に遅延等を測定する装置を分散させ、それらから発信元までの測定に基づき三辺測量の原理で位置を特定する。この技術はリアルタイムかつ客観的に位置を検証できるため、それによって得られる発信元の情報はデータの信頼性判断に有用である。既存技術では測定装置が正しい位置に配備されている保証がない、通信経路上のプロキシサーバを用いた位置偽装に対応できないといった信頼性の課題があったが、開発中の技術は、装置間で相互に測定を行い、装置が想定する位置から外れていないか検証する。さらに、測定時にターゲットの通信パターンを分析することでプロキシサーバを設置しているか検証可能である。これらにより、信頼性の高い発信元の情報を提供できる(図 8)。

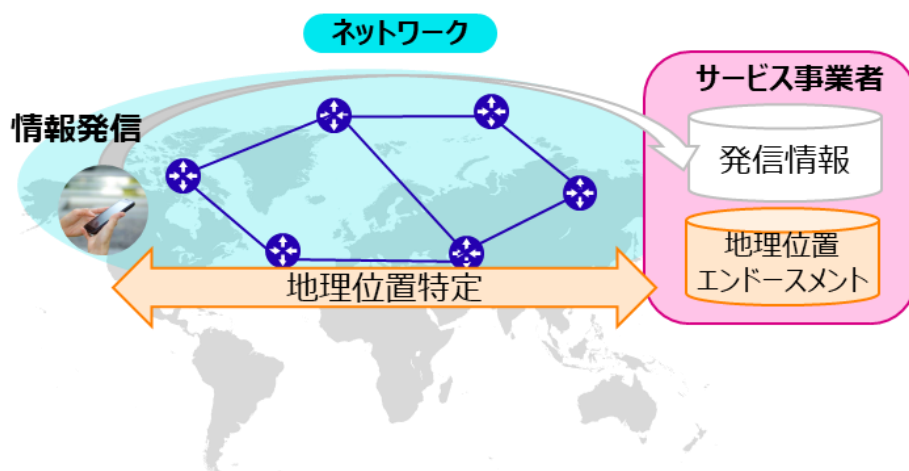


図 8 発信元の地理位置分析

従来、インターネット上のデータの確からしさの判断は、ユーザに委ねていたが、Trustable Internet によってユーザは、多角的な視点から確からしさを判断でき、真偽の判断結果も確認できるようになる。これによって、ユーザは、偽情報の拡散を未然に防ぐことが可能になる。さらに、災害などの迅速な判断が必要な際に、信頼できるデータを迅速に利用可能になる。

■ まとめと今後

本稿では、データ共有の安全性とデータ自身の真正性に焦点を当て、当社で取り組んでいる最先端のトラスト技術の取り組みを紹介した。我々は、これらの社会実装を加速するため、Fujitsu Research Portal を介して、最先端技術とそれらの活用ノウハウを広くオープンにし、データを中心にしたエコシステムの構築をさらに強化していく。

富士通は、電子文書やデジタルコンテンツなどのデータに関わる、あらゆるオンライン取引にトラストを付与することで、様々な分野での業務課題や社会課題解決などを支援し、持続可能な社会の実現に貢献する。

(2023年10月23日原稿受領:SIC ニュースレターVol.5.11に掲載)

Ⅲ 寄稿(非会員)

寄稿1 デジタル田園都市国家に向けてのシステム科学の貢献

株式会社日立製作所 研究開発グループ

技師長 武田 晴夫氏

1. Greener Digital Cities 国際ワークショップ

Greener Digital Cities と名付けた国際ワークショップを 2021 年 12 月に開催した。日本の科学技術振興機構 JST をはじめ、タイ NRCT、フィリピン DOST、シンガポール A*STAR など ASEAN 各国の研究ファンディング機関等の共催による。筆者は各国代表による企画委員会の座長から当日の大会委員長までを務めた。このワークショップは日本、ASEAN 各国、他、東アジアサミット参加国の国家研究予算を共同出資するプログラム e-ASIA 共同研究プログラムを背景とする。同プログラムは過去約10年にわたって行われており、この間全体運営統括(PD)を岸輝雄先生が務めてこられた。岸先生はその間、岸田文雄外務大臣(当時)時代に新設された外務大臣科学技術顧問に就任されている。今回のワークショップも e-ASIA 理事会での岸先生からの提唱による。

e-ASIA 共同研究プログラムで多国が共同研究するテーマは、参加国が国を越えて共通に抱える社会課題の中で主要なものを原則とし、7つの領域が合意されている。防災領域、伝染病領域、などと共に、システムの科学による先端技術融合イノベーション領域(以下システム領域と記す)が設けられている。システム領域の研究主幹(PO)は筆者が一貫して務めてきた。システム領域では「先端科学技術をシステム科学で融合する」ための研究原動力として、インテリジェントな社会インフラを副題に設定した。活動開始前にスマートシティウィークと称する国際ワークショップが丁度開かれていた。その中に“Asian Day”があり、そこで ASEAN 各国の多くの市長の皆様から「自都市がよりスマートになるための最優先社会課題」の共有が行われた。大多数の皆さまが異口同音に挙げられていたのが、交通とエネルギーと水であった。これを受けて、e-ASIA 共同研究プログラムのシステム領域では、インテリジェントな交通インフラ、インテリジェントなエネルギーインフラ、インテリジェントな水インフラをまず具体テーマにして順次研究公募を行った。これまでにのべ 18 カ国、5 件の共同研究テーマを採択し推進してきた。

これらが一旦出そろった今回、そのシステム-オブ-システムズ化を目指して、Greener Digital Cities の名のもとに国際ワークショップを開催した。ワークショップでは、冒頭日本の文科省からのご挨拶に続いて、筆者から Greener Digital Cities のコンセプト提示を行った。その後、日本政府、フィリピン政府、タイ政府、シンガポール政府などからこれに関する基調講演を頂いた。日本政府は、内閣官房のスマートシティおよびインフラ輸出推進部門

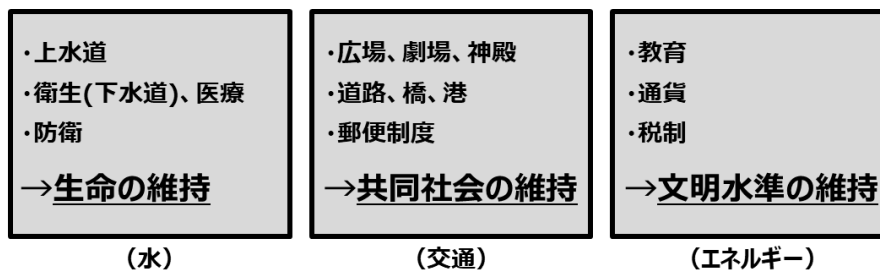


図1 古代ローマの社会インフラ起源から帰納した
社会インフラの基本3機能
(及び、現代の水・交通・エネルギーの位置づけ)

に代表頂いた。一般講演は3つのセッションを、Greener Digital Cities のシステム科学を構成する3科学(後述)とした。その3セッションで7カ国22件の招待講演が産官学から行われた。

Greener Digital Cities は筆者の造語で、WEBで検索する限り新語の模様であるが、現内閣の最重点政策の1つであるデジタル田園都市国家と、単語の組としての一致度が、奇しくも^{*}きわめて高い。本稿では Greener Digital Cities で培った社会インフラのシステム科学が、我が国の最重要政策の1つのデジタル田園都市国家構想に向けて貢献する可能性を論じ、システム科学効用を確認する。

2. 社会インフラの基本3機能

社会インフラの概念の起源は古代ローマとされる。そこでは、道路、橋、港、上下水道、広場、劇場(円形劇場)、神殿、公衆浴場、公会堂などのハードウェアや、医療、防衛、郵便制度、教育、通貨、税制などのソフトウェアが社会インフラシステムの構成要素とされたようである。

これらから社会インフラとは、図1に示すように、以下3つの基本機能を擁するものであると筆者は帰納してみた。第1は人の生命を維持する機能である。上水道による水供給や、下水道による衛生確保、医師市民権優遇などによる医療体制構築、防衛システムなどがこれにあたる。第2は人間の共同社会を維持する機能である。広場、公会堂、円形劇場、神殿、公衆浴場などの建設で、人と人の交流を促し、道路、橋、港湾などの整備で人と人の対面交流を容易にし、郵便制度でリモート交流を可能にした。第3は文明のその時点まで発展した歴史を後戻りさせずに、その水準を維持発展する機能である。教育、通貨、税制などがこれにあたる。と考える。

前章で述べたように、e-ASIA 共同研究プログラムでは、ASEAN 各国の市長の多数の皆様が社会課題ご意識に基づき、これまでに交通、エネルギー、水の社会インフラを特に選び、それらのインテリジェント化研究に取り組んできた。水は現代も、古代ローマと同様、生命の維持の不变本質要素と考えられる。交通は古代ローマの道路、橋、港に、現代では鉄道、自動車、空港などが加わり、ますます共同社会維持を中心に支えているサブシステムと考えら

^{*} デジタル田園都市:2021年10月4日第1次岸田内閣岸田首相施政方針演説～

Greener Digital Cities:2021年9月7日第1回 Greener Digital Cities 企画委員会武田委員長案～

れる。エネルギーは古代ローマで社会インフラの概念には存在しなかったが、現代では今の文明水準を維持するために必須不可欠の主要サブシステムである。このように、選定した水、交通、エネルギーが丁度、生命維持、共同社会維持、文明水準維持の、上記社会インフラ3基本機能論に当てはまるので、この論が現代でも有効と考えることにする。

3. 社会インフラのモデル化と Greener Digital City システム

筆者が考える社会インフラのモデルを図2に示す。社会インフラとは、システム $y = f(x)$ が、当該社会インフラを取り巻く環境(自然界と人間界の)を表象するパラメータの時間関数群 $x(t)$ に対して、その影響を受ける人々の幸せ y (そこに今暮らす人のみならず、将来それによって影響を受けるすべての人の幸せ)の汎関数 f であるとする。 x の解明のうち、その社会インフラを取り巻く自然環境については、物理学、化学、生命科学、地球科学などの自然科学や、計測や情報処理の技術開発などの工学への大きな期待があるだろう。社会環境については、社会学、経済学、哲学、歴史学、文学、心理学などの人文社会科学への大きな期待がある。 y の解明については、ビジネス科学・商学、法学、政治学、教育学などの人文科学や、工学、医学、農学など、実社会との結びつきがより強い科学への期待が高いと思う。 f については、確率論や統計学をはじめとする数学・応用数学や、情報科学、情報工学が大きく貢献するだろう。本稿の題目にも掲げたシステム科学には、そのような課題全体を被覆する課題群を列挙することと、その課題群を構造化して可視化して上記のような多様なステークホルダーに示すことと、それらステークホルダーと共に全体を定量化して AI などで最適化して人間の政策立案等の参考に資することと、以上を効果的に行うための方法論が開発されることが期待されていると、筆者は考えている。

$y=f(x), \text{ where}$ <p>x: 当該社会インフラを取り巻く環境 (自然界と人間界の) を表象するパラメータの時間関数群</p> <p>y: その影響を受ける人々の幸せ (そこに今暮らす人のみならず、将来それによって影響を受けるすべての人の幸せ)</p> <p>f: <u>社会インフラ</u> (汎関数)</p>

図2 社会インフラの1モデル

上記の社会インフラモデルに立脚して筆者が構築した Greener Digital Cities のシステムを、図3で紹介する。Greener Digital Cities 国際ワークショップにて提示したものに加えて、同ワークショップやその後のグローバルな反響などがフィードバックされている。まず横軸に2章で述べた社会インフラの基本3機能をとる。生命の維持機能の第1の要素は①環境とした。人類破滅を回避するための地球環境保護のソフトおよびハードの地球規模のイン

フラは、今や生命維持機能の最基本と世界大多数に認識されるに至っているであろう。②は古代ローマの上水道インフラから、近年の中水利用の進展などにより下水道インフラも加え、さらに、人間の飲料水を遥かに越える量が農業用水として使われていることにも鑑みて、食料を併せた水・食料とした。③は古代ローマの衛生(下水道)と、医師の市民権優遇等の医療インフラの上位概念として、深刻なパンデミックを直近に経験した今、ヘルスケアインフラとした。共同社会の維持機能の第1の要素は古代ローマの道路、橋、港に、鉄道、自動車、空港などが加わり、今も共同社会維持の中心的要素と考えられる④交通とした。一方古代ローマの郵便制度の拡張とも言え、直近のパンデミックCOVID-19の下では共同社会維持機能を④交通以上に担った通信を⑤とした。古代ローマでは生命の維持に位置づけられるとした防衛は、昨今の世界情勢に鑑み、治安や自然災害の防災・減災と共に、共同社会を維持するため

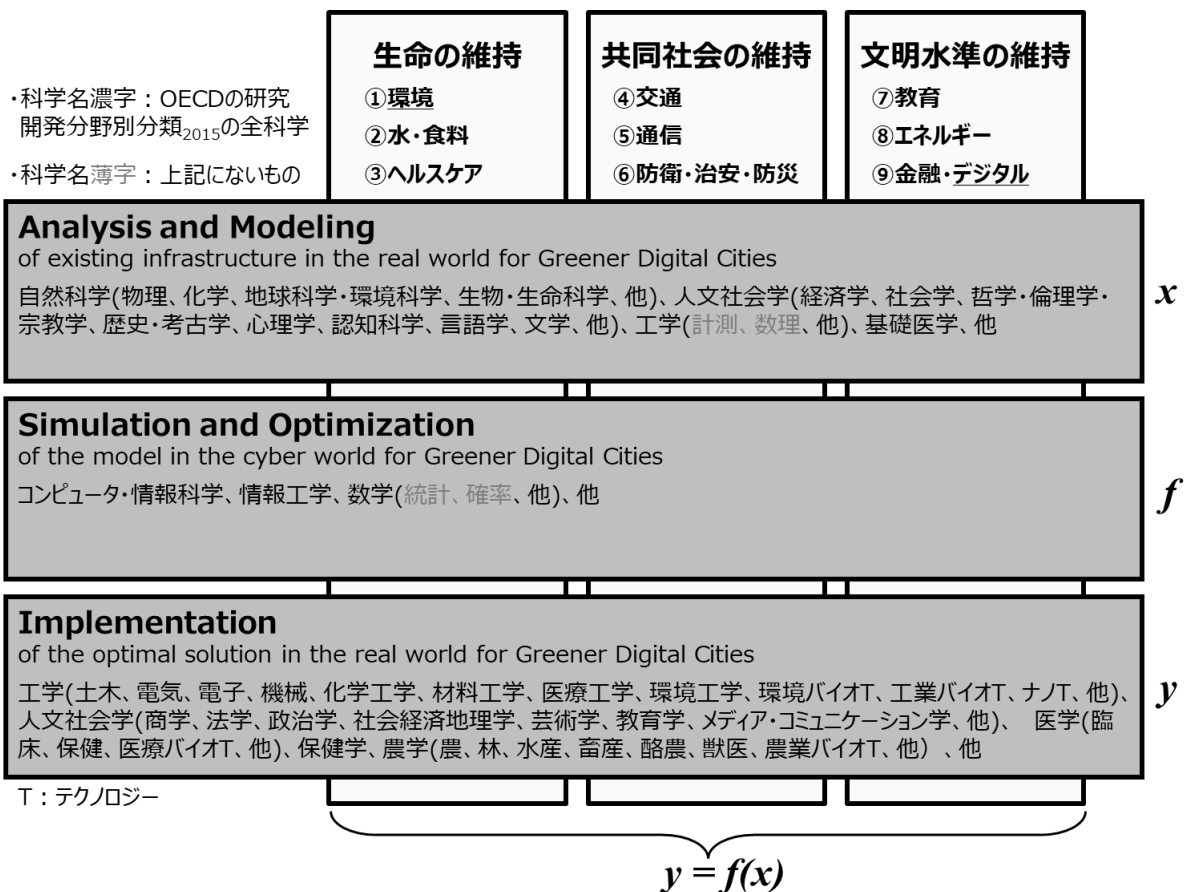


図3 Greener Digital City システム

の⑥防衛・治安・防災とした。文明水準の維持機能では、古代も現代も⑦教育の重要性は不変であろう。先に述べたとおり、⑧エネルギーは、古代ローマで社会インフラの概念にはなかったが、現代の文明水準を維持するためには不可欠の主要要素であることは論を待たないと思う。古代ローマで文明の水準維持を支えた通貨は、その後特に資本主義経済で巨大な金

融の仕組みに発展し、さらに前世紀にこれを促進したデジタルが近年は金融界に留まらず国際社会の相当な部分を動かしており、本モデルの基本サブシステムの最終を、⑨金融・デジタルとした。なお産・官・学の名の下に、社会のインフラとして論じられることもある産業活動、立法・行政・司法活動、研究開発活動などは、このモデルでは①～⑨のサブシステムのいずれにも共通するスーパーシステムと考えることとした。サブシステム①～⑨において、最初に①環境、最終に⑨金融・デジタルのデジタルを配したことは、特に Greener Digital Cities の名称にこだわったものでもある。以上述べた社会インフラの3つの基本機能と、①～⑨のサブシステムが直交する構造を、筆者は Greener Digital City システムと定義する。

一方縦軸には科学をとった。科学のタクソノミーについては、小分類と中分類は OECD のフラスカティマニュアル2015に従った。6つの中分類は、1)自然科学、2)工学および技術、3)医療科学および保健科学、4)農業科学および獣医学、5)社会科学、6)人文学及び技術学である。同マニュアルでは、その中分類が、さらに数十の小分類に展開されている。これら中分類と小分類を通じて、Greener Digital Cities に貢献しない科学はないと結論できたので、図3の科学名には小分類のすべての科学を網羅した。その上で同科学分類には陽に明示ないが、Greener Digital City システムへの特に大きな貢献が期待できると筆者が考える後述の3科学を加えた。以上の科学を俯瞰した上で、Greener Digital Cities を実現するための基本科学として大分類として3分類を筆者は提唱した。

Greener Digital Cities を実現するための基本となる3大科学の第1は、実世界でその社会インフラをとりまく自然環境や社会環境を仮想世界に写し撮る科学とし、Analysis and Modeling 科学と呼ぶことにした。自然環境をモデル化するために、物理、化学、地球科学・環境科学、生物・生命科学などの自然科学などによる自然の観測・解析が重要な役割を果たす。社会環境をモデル化するために経済学、社会学、哲学・倫理学・宗教学、歴史・考古学、心理学・認知科学、言語学・文学などの人文社会学が重要な役割を果たすと考える。併せてそれらを計測する手段を創造するための計測工学や、計測した結果を数理モデル化するための数理工学などの工学も重要な役割を果たさだろう。Greener Digital Cities を実現するための第2の科学は、仮想世界に写し撮られた社会インフラを仮想世界の上でシミュレーションし最適化する科学とし、Simulation and Optimization 科学と呼ぶことにした。ここではコンピュータ・情報科学、情報工学や、数学、特に直接には統計学や確率論などが大きく貢献するだろう。第3の科学は、仮想世界の上で最適化された社会インフラの理想解を実世界に戻す科学とし、これを Implementation 科学と呼ぶことにする。ここでは工学および技術/Technological Science として、土木、電気・電子、機械、化学工学、材料工学、医療工学、環境工学、環境バイオ T(T: Technology)、工業バイオ T、ナノ T 他が、人文社会学として、商学/ビジネス科学、法学、政治学、社会経済地理学、芸術学、教育学、メディア・コミュニケーション学他が、医学として臨床、保健、医療バイオ T、保健学他が、農学として農、林、水産、畜産、酪農、獣医、農業バイオ T 他が大きな貢献をするだろう。前述

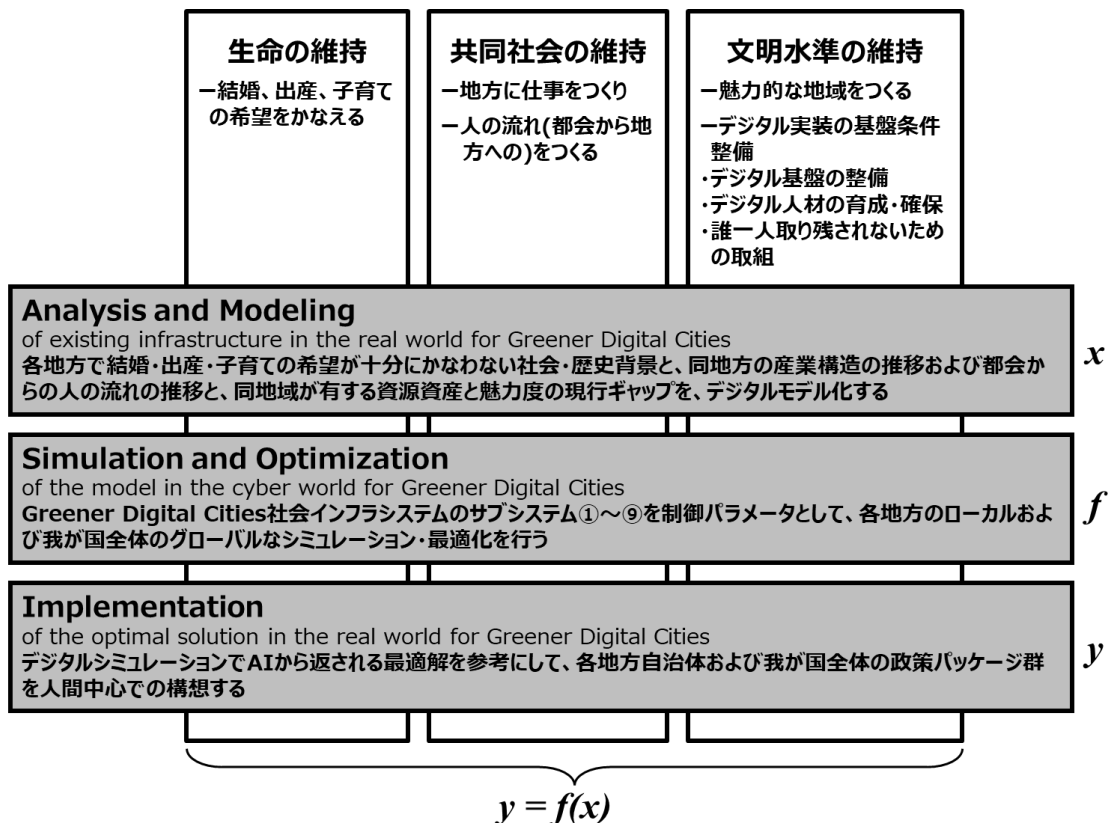


図4 デジタル田園都市国家構想の Greener Digital City システムへの写像

のOECDの科学タクソノミーには陽にみられないが、Greener Digital Cities のシステム科学で筆者が特に重要な役割を果たすと考える、計測工学、数理工学の 2 科学を薄字で加えた。併せてシステム科学を本稿タイトルに加えた。

前章で述べた社会インフラのモデルにおいては、第1の Analysis and Modeling 科学は図に x と記したように、社会インフラを取り巻く環境(自然界と人間界の)を表象するパラメータの時間関数群 $x(t)$ を観測しモデル化する機能を担っていると考える。第3の Implementation 科学は図に y と記したように、そこに今暮らす人のみならず、将来それによって影響を受けるすべての人の幸せに直結する科学と考える。これらに対して第2の Simulation and Optimization 科学は図に f と記したように x と y を結びつける科学と考える。以上述べた3つの科学を manage する科学を筆者は Greener Digital Cities のシステム科学、あるいは社会インフラのシステム科学と呼ぶことにする。

4. デジタル田園都市国家構想

Greener Digital Cities の国際ワークショップ開催の前月に成立した第1次岸田内閣は、主要な政策の1つとしてデジタル田園都市国家構想を宣言した。その戦略は、デジタル田園都市国家構想実現会議事務局より、2022年12月にも全体像[1]などとして公開されて

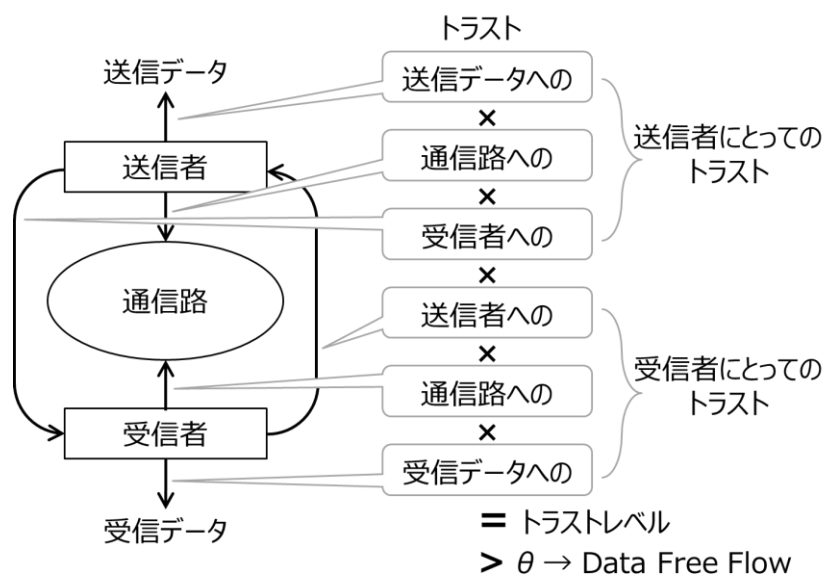


図5 デジタル基盤の第1の基本としての
DFFT(Data Free Flow with Trust)のシステム科学的モデル化[2]

いる。施策の方向は、その全体像に、1)仕事をつくること、2)人の流れをつくること、3)結婚・出産・子育ての希望をかなえること、4)魅力的な地域をつくること、と記されている。これらは目的的方向性と筆者は理解した。一方第2に示されている施策の方向は、デジタル実装の基盤条件整備であり、その骨子は、a)デジタル基盤の整備、b)デジタル人材の育成・確保、c)誰一人取り残されないための取組を推進すること、と記されている。これらは手段的方向性であると筆者は捉えた。

以上を、前章で述べた Greener Digital Cities のシステム科学モデルで表現することを試みた。結果を図4に示す。施策の目的的方向性 1)～4)に関しては、3)結婚・出産・子育ての希望をかなえることは、将来にわたっての生命を維持する社会インフラの第1の基本機能と捉えることができよう。1)地方に仕事をつくること、それによって都会から地方への 2)人の流れをつくることは、我が国の共同社会を維持する社会インフラの第2の基本機能と捉えることができると考える。4)魅力的な地域をつくることと、a)～c)のデジタル実装の基礎条件は、デジタル革命によって文明が世界で急進展する中で、我が国において文明の衰退を招くことのない、少なくとも文明水準を相対的に維持するための社会インフラの第3の基本機能と捉えることができると考える。

Greener Digital Cities モデルの上に写像されたデジタル田園都市国家に向けて、システム科学の貢献可能性を以下考察する。前章に記したデジタル田園都市国家構想の戦略全体像のうち、施策の目的的方向性 1)～4)について、第1の科学である Analysis and Modeling 科学には、各地方で結婚・出産・子育ての希望が十分になわらない社会・歴史背景と、同地方の産業構造の推移および都会からの人の流れの推移と、同地域が有する資源資産と魅力度の現行ギャップを、デジタルモデル化することが期待されると考える。第2の科

学である Simulation and Optimization 科学には、Greener Digital Cities 社会インフラシステムのサブシステム①～⑨を制御パラメータとして、各地方のローカルおよび我が国全体のグローバルなシミュレーション・最適化を行うことが期待されると考える。第3の科学である Implementation 科学では、デジタルシミュレーションで AI から返される最適解を参考にして、各地方自治体および我が国全体の政策パッケージ群を人間中心での構想することが期待されると考える。

デジタル田園都市国家構想の戦略全体像のうち、もう一方の施策の、手段的方向性である a)～c)のデジタル実装の基盤条件整備について、筆者が最大の基本と考えるのは、上記のようなデジタルデータが如何に多様なソースから、如何に大量に、何よりも如何にトラストできる形で集めることができるかである。日本政府は、デジタル田園都市国家構想以前から、データ流通に関してトラスト概念を中心に据えた DFFT(Data Free Flow with Trust)と名付けた施策の重要性を、首相が先頭に立って G7 サミットやダボス会議で世界に再三発信している。これを受けて筆者は DFFT へのシステム科学的アプローチを行った [2]。デジタル田園都市国家に向けてのシステム科学的貢献の、もう1つの具体例として、最後にその骨子を紹介する。

データの自由で国際的な流通が、人類に巨大な価値をもたらすことは疑いない。一方それが、個人の人権や、自国の経済利益、国や地域の安全保障などを棄損し得るとの懸念も存在する。DFFT はその解決に向けた日本から世界へのメッセージであり、トラスト概念導入を主眼とする。筆者はこれへの技術的アプローチのために、まずトラストと従来のセキュリティの差異を考察し、次に DFFT のシステム科学的モデル化を試み、その中で特にデータ流通場面におけるトラストとは何かを定義し、以上を踏まえて DFFT 実現のための基本技術課題を挙げ、その解決に向けた日立の研究開発の取り組みを紹介した。図5が、筆者が考える DFFT のシステムモデルである。データ通信システムの最も基本的な全体構成は、送信データを送信者が通信路に送り、通信路から受信者がそれを受信データとして受領するものと筆者は考えた。その中でデータ通信のトラストとは、受信者および送信者にとっての通信路と、通信相手と、通信するデータに関するものとするが、最もシンプルな構造と捉えた。その上で、データ通信のトラストとは、送信者が通信路を信頼する程度、受信者を信頼する程度、送信するデータを信頼する程度と、受信者が送信路を信頼する程度、送信者を信頼する程度、受信したデータを信頼する程度の 6 指標であると書き下す。このとき、これら 6 指標の積をトラストレベルと定義し、このトラストレベルがある閾値／閾ベクトルを越えた時に、あるいはそのようなトラストのレベルが個々の通信場面で人間が明確に意識できるとき、データの自由な流通が起こるとし、これを筆者は DFFT システムのモデルとした [2]。

デジタル田園都市構想と DFFT は、我が国の最重点政策とされているが、密な関係で同時に説明される機会は従来ほとんどなかったと思われる。本稿では両者をシステムと捉え、それを極力シンプルな形でモデル化し、その上でシステムオブシステムズを考察することによって、これを試みた。

5. おわりに

特に企業のシステム開発場面において、システム科学の効用は、第1に課題全体を覆うことと筆者は考えている。特定のシステムを議論する際に、往々にして必要条件の議論が多々行われるが、開発計画立案の前に十分条件の議論を科学的に行うことの責務を負っているのがシステム科学と考える。第2の効用は、覆った課題群を構造化して可視化することと考える。全体を覆ってもそれをフラットに表現しては、往々にして人間からみて複雑で全体が見通せないものになってしまう。これを coarse-to-fine でシステム全体を構造化して可視化し、全ステークホルダーの間でこれを共有できるようにすることがシステム科学の責務と思う。第3の効用は、全ステークホルダーが共同でその構造を極力定量化し、全体を最適化できるようにすることと考える。本稿は以上のアプローチの実例を示すことを第1に意図したものである。

筆者は 1980 年に東京大学工学部の計数工学科の数理工学専修コースを卒業し、同年から株式会社日立製作所のシステム開発研究所に約 25 年間勤めた。その後本社研究戦略統括センタ長、基礎研究所所長、技術戦略室長を務めた後、現職に就いた。その折、約 10 年前に JST のシステム科学の社会インフラシステム(海水淡水化プラントを題材に)のプロジェクトリーダーに桑原洋総合科学技術会議元常勤議員(株日立製作所元副会長)から指名頂いた。筆者が社会インフラのシステム科学に従事した初めての機会であった。同プロジェクトでは桑原先生と共に、当時 JST のシステム科学研究をリードされ、現在 SIC の理事・副センタ長を務めておられる木村英紀先生にアドバイザをお願いした。桑原先生と木村先生には約 10 回のプロジェクト会議のほとんどすべてにご出席頂き、システム科学について、産と学のそれぞれの最高所から数々の貴重なご指導を頂いた。今回の原稿執筆依頼は、SIC の浦川伸一代表理事・センタ長から直接頂いたものである。浦川先生とは、内閣官房、内閣府、NEDO、日本経済調査協議会など各所で、AI、デジタルトラストなどに関して同僚委員を務めさせて頂いているが、産業界のシステム開発からユーザまで様々な分野のご経験から、システム科学についても数々の貴重な示唆を直接頂いた。本稿は SIC を中心とするこのようなシステム科学ご専門の皆様から得た多くの知見に基づいたものであり、これまでご指導下さったすべての皆様に深く感謝しています。同時に SIC とシステム科学の今後の更なる発展を待望させていただきます。

参考文献

- [1] “デジタル田園都市国家構想総合戦略の全体像”, in “デジタル田園都市国家構想総合戦略”, 内閣官房デジタル田園都市国家構想実現会議事務局, p.2, Dec. 2022.
- [2] 武田, 他, “DFFT に向けた研究開発”, 日立評論, Vol.103, No.2, pp.124-128, Mar. 2021.

(2023年2月28日原稿受領:SIC ニュースレターVol.5.3に掲載)

寄稿2 大和ハウスの住宅系設計部門における

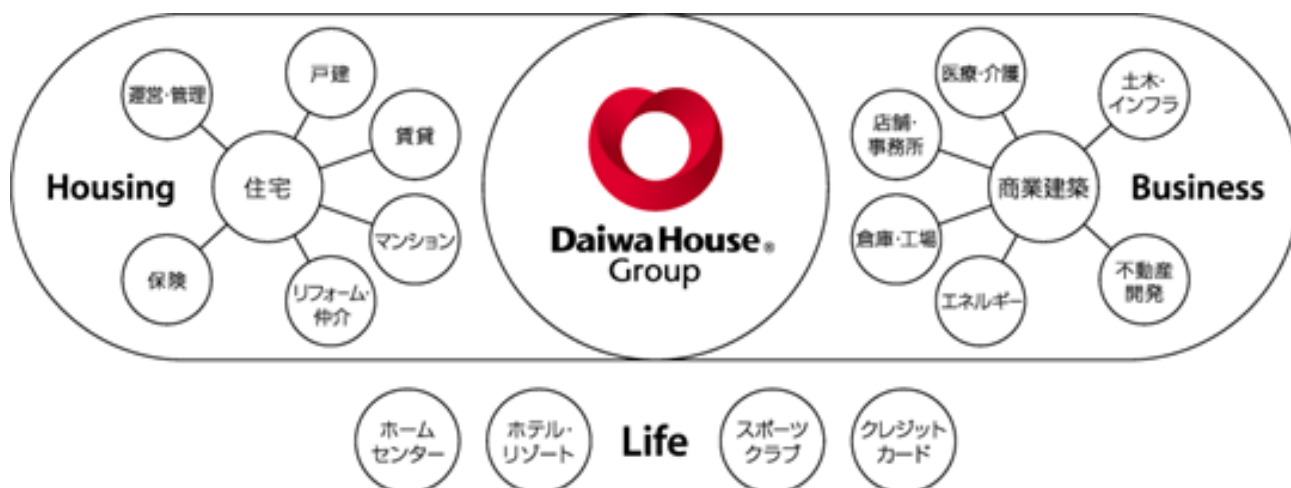
デジタルソリューションの個人史

大和ハウス工業株式会社 技術統括本部 建設 DX 推進部

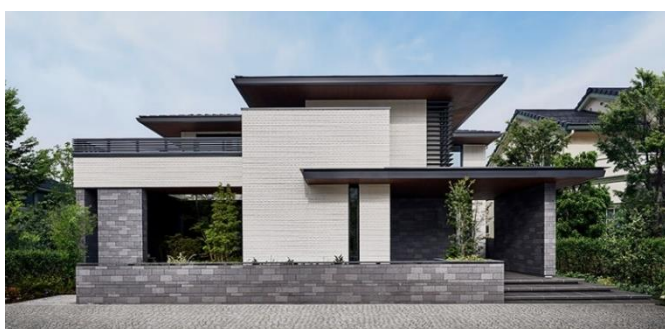
担当部長 芳中勝清氏

1. はじめに

大和ハウスは、「人・街・暮らしの価値共創グループ」として、戸建住宅事業・事業施設事業・商業施設事業・賃貸住宅事業・マンション事業・環境エネルギー事業などを展開しております。2022年度末実績で売上高は4兆4,395億円、グループ会社数が480社、グループ従業員数が48,831人、Housing 領域の延べ建築実績が約191万9,000戸、Business 領域の延べ建築実績が約56,400件、Life 領域の運営施設が4,731カ所、稼働中発電所の施設数が433施設となります。



【図 1-1】当社の事業領域



【図 1-2】戸建住宅商品 | Xevo Σ Premium



【図 1-3】集合住宅商品 Grasa

1984年入社 of 筆者は、賃貸住宅事業の営業として出発し、設計部門、商品開発部門、BIM 推進部門(後の建設 DX 推進部門)、次世代工業化開発部門を経て、現在、建設 DX 推進部門に所属しております。主に住宅系事業の中で賃貸住宅事業への関わりが深く、事業所における「現業」と本社における「開発推進」の双方を経験しました。今回は、その経験の中におけるデジタルソリューションへの取り組みの試行錯誤をご紹介します。

2. 工業化住宅のものづくりと情報加工の歴史

2-1. 工業化住宅のものづくり

弊社の創業理念は「建築の工業化」でした。「プレハブ住宅」という言葉も最近では死語になってきた気もしますが、いわゆる「工業化住宅」の草分けとして、そのスキームは創業当初(1955年)の住宅不足・大量生産の時代から高級化・付加価値の追求の時代へと変化を遂げてきました。工業化住宅は建物の各部位を部材化した上で工場生産することによって現場での施工を効率化し、品質向上・短工期を達成する工法です。

創業当時の大量供給の時代は、規格化された建物の設計・部材展開を人手によって事前準備し、多少のカスタマイズに対してはオプション対応することでマーケットへの訴求力を確保しておりました。市場の変化と情報技術の発展により、多品種少量生産への対応を求められるようになってからは、スケルトンを構成する構造・外皮部材の多様化に加えて、住空間を構成するインフィル部材とそれを供給するサプライチェーンとの関係性も複雑化してきます。

弊社工場は、建物を構成する部品・部材の生産機能と、外部のサプライヤーと現場を中継する半完成品の物流機能を持ち合わせています。(ここでは、部品は部材を構成するパーツ単位を意味し、部品をアッセンブルしたものを部材と呼びます。)部品・部材の生産機能は、自社工場内で一貫生産するものもあれば、サプライヤーから部品調達をして自社工場内でアッセンブルするものもあります。



【図 2-1】柱製造ライン



【図 2-2】外壁パネル製造ライン

2-2. ものづくりに繋げる情報加工

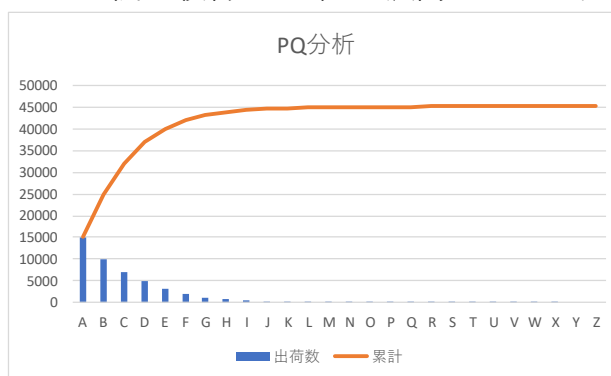
建物を構成する部材は、物件によって多種多様であり、新たな商品シリーズを展開する都度、その種類は膨大に増加していきます。現在は邸別生産方式により一部の共通部品を除いて部材ストックを持たない生産方式を取っていますが、商品の設計ルールに基づいて展開・管理される部品・部材の各情報は事前準備する必要があります。

部材展開を確定させるためには、部材の型決定をするための属性情報に分解し、各属性の属性値を設定し、全属性の掛け合わせによるインスタンス展開により部材展開数が決まります。このあたりは、製造業のスキームに近いものがありますが、これらの組み合わせ計算によって、管理すべき部材数が決定されます。

弊社の部材で最も部材属性のバリエーションが多いものとして「外壁パネル」があります。外壁パネルは、建築物の外郭を構成する部材ですが、パネルフレーム・中棧・通気胴縁・外壁面材・外張断熱材や副資材から成り立ち、開口部がある場合は、固定棧・サッシ・換気開口などの情報が付加されます。また、基本パネルサイズや設置位置によるサイズ調整(入隅など)の属性のほか、バルコニーや庇などとの干渉条件などといった部材形状に影響を与える属性もあります。

各属性のパラメータを掛け合わせていくと天文学的数値となり、とても生産情報を事前準備(部材図・部品図・部品リスト・積算情報等)することは人間業ではありません。弊社では外壁材の現場塗装がプレ塗装に変わったところより、邸別での都度属性指示による部材自動設計を導入しました。弊社ではこれを BMG(Bills of Material Generator)と呼び、意匠 CAD から連携された部材割付 CAD(伏図作成)で部材情報を確定させ、BMG への連携を行います。この段階で BMG への問い合わせを行うことで、部材生成制約条件に抵触していないかのチェックも可能です。生産情報の作成はサーバーでのバッチ処理によって実施され、部品管理システムから生産管理システムに渡されます。

この自動生成システムは、梁・柱・コーナーパネル(外壁役物パネル)にも展開されており、アナログ管理からの脱却を実施しています。このシステムの導入判断としては、展開部材種(図 2-3 の横軸)と実質出荷数(図 2-3 の縦軸)の関係性を示す PQ 値曲線の分析が必要であり、システム導入の KPI として重要視する必要があります。システム導入コストと管理コストの比較によって投資対効果が決まります。



【図 2-3】PQ 分析グラフの例

2-3. 3D 自動架構生成への挑戦

BMG は 2次元 CAD を利用した部材図自動生成システムで、工場の生産設備への連携はいわゆる部品図という形でアウトプットするスキームでした。従来の生産方式に合わせて情報

加工の合理化をしたという意味では部分最適なソリューションと言えるでしょう。

ここで新たな取り組みとして、梁や柱という部材において、他部材との接続条件と母材(梁で言えば H 型鋼の断面)属性のインプットによって部材を 3D で自動生成し、伏図の座標値から建物のスケルトンモデルを作成する 3D 自動架構生成システムを開発しました。このシステムは、取り合いチェックを自動化するとともに、3D による不具合の可視化にも寄与します。弊社の工業化住宅は、現場での溶接作業を許容せず、全ての取り合いをボルト接合で完結させています。その観点から、部材同士の取り合いを情報監視することは重要なポイントとなります。

一方、3D で自動生成された部材は部材図にアッセンブル可能であり、生産設備に 3D 情報のままで連携することも可能になります。

3. 事業所の設計部門での業務改革の歴史

3-1. 事業所設計の役割と課題の変遷

ものづくりに関する情報加工のお話をしてきましたが、ここでは事業所設計時代のデジタル化の取り組みについて振り返りたいと思います。

筆者は賃貸住宅事業を取り扱う設計部門に所属し、遊休地を所有するオーナーへの賃貸住宅経営提案を通じて工業化住宅の設計を行っていました。当時の商品構成は現状に比較すると画一的で、規格プランを組み合わせることで建物を作成することで対応できました。一方、土地利用が提案の決め手となるため、配置計画から外構計画といったランドスケープデザインのスキルが求められました。

当初は手書き図面からのスタートで、ちょっとした変更で修正作業に大変な労力を要していました。当時は現在のような個人への PC 提供も無い時代で、個人 PC を会社に持ち込み、フリーの 2次元 CAD を使って土地利用計画図に個人的な挑戦を開始し、同僚や後輩たちと徐々に業務改革を行っていきました。この時代の情報共有は外部媒体が主流で、3.5インチのフロッピーディスクで作成したデータを内蔵ハードディスクにコピーして再利用したものです。

一方、積算は MS-Dos 時代ですから Lotus123 が全盛で、一生懸命数式とマクロを組んで業務の効率化を目指していました。IT に関する情報の知識が書籍でしか取得できず、給料の一定額が書籍やハードのアップデートに消えた思い出があります。

会社側の設計部門の情報投資は建物本体に限られており、一般図・伏図の作成は共有の EWS で(事業所に数台設置)運用しておりました。ペーパー出力のための高性能なプロッターも提供されており、個人 PC をそれに繋いで土地利用計画図を出力するなど、今では考えられないような情報無法地帯だったと思います。

とにかく同じ単純作業を黙々とやるのが大嫌いな性格が要因で、取り入れられるものは何でもやってみるとというのが当時の私でした。ただ現在と違って、一事業所にいる設計としては情報難民に等しく、仕入れられる情報は書籍か仲間からの口コミ程度でした。

3-2. 戸建住宅部門と集合住宅部門の環境の相違

会社が与えてくれるシステムという面では、戸建住宅の設計部門と集合住宅(賃貸住宅)の設計部門では大きな差異がありました。戸建住宅部門はやはり花形であり、顧客へのアピールも商品構成も豊富で会社のサポートも厚く、業務支援ツールの開発も常に優先されていました。住宅で運用してみてから、集合住宅でも使ってみるかというかんじです。

当然ながらに住宅向けに最適化されたソリューション開発ですから、集合住宅向けにカスタマイズする上でも、最適化とまではいかないわけです。どうしても戸建住宅が優先されてしまうという環境でした。

3-3. ソリューション構築のモチベーション

恵まれない環境のもと(少し語弊がありますが)、集合住宅部門の事業所設計の中では徐々に勇士たちが育っていきます。ひとつの事業所の中だけでは井の中の蛙となることもあり、全国の同僚たちとの間でネットワークが構築されていきました。現在、建設 DX 推進部の主要メンバーにも当時の戦友たちが加わっています。

何が必要か、どこに課題があるのかを発掘し、最適なソリューションを構築するには、現業をこなしながら IT スキルを持ち合わせた人材が不可欠ですが、部分最適に陥る危険性も秘めています。ワークフローレベルの大きな視野で俯瞰できるようになるには、その人材のポジショニングと広い人脈が必要となります。あとは、強力なリーダーシップと経営層に向けた熱意あるパフォーマンスでしょう。

4. BIM 推進から DX 推進への発展

4-1. BIM 化促進のハードルを乗り越える

さてこのあと、集合住宅事業本部の商品開発部を経て、BIM(Building Information Modeling)推進部の発足にあたり責任者を委任されます。商品開発部時代に BIM 関連プロジェクトを推進しておりましたので、白羽の矢が立ったわけです。日本の建築業界において BIM 化の風が吹き荒れている最中で、弊社としても全社的に BIM を推進していく方針が出されていました。

BIMは、3次元のパーツを組み立てて建物のデジタルモデルをつくるのですが、大きな違いはその先にあります。モデルを構成する一つひとつのパーツごとに、部材の仕様・性能、設備の品番、価格などの属性データを追加できます。しかも、どこかを修正すると、すべてのデータに自動で反映されます。これまでのように手作業で直す必要がなく、不具合や無駄が排除できるわけです。そして、これらの情報を企画設計から実施設計、施工、維持管理まで一貫して連携することで業務が効率化でき、プロジェクトの質が飛躍的に高まります。

事業部別に当時の BIM 推進状況を見ると、集合住宅部門と建築部門は既に運用を開始しており、住宅は運用に向けてシステムの準備中という状況でした。住宅に比較して毎度遅れを取っていた集合住宅は、いち早く運用率 100%に向けてゴール寸前となっており、建築部門も他のゼネコンに比較して BIM 運用率を高めていました。

メリット・デメリットはさて置き、まずは BIM 化 100%を目指すところが弊社らしいところ。住宅系はシステム依存率が高いこともあり、新たなシステム運用が始まり旧システムの運用を停止すれば自然と BIM 化率は高まります。一方、建築系は在来工法ですから、条件は一般の設計事務所やゼネコンと同じで、ワークフローの変革から実施して行く必要があります。

建築系部門(事業施設事業・商業施設事業)は、鉄骨造を中心に展開しているものの一般建築と同じスキームで設計・施工を行います。BIMCAD を効率的に運用するためのソリューションもぶつ切りとなりやすく、下地としてのモデリングガイドラインやテンプレート定義、ファミリ作成指針からスタートする必要があります。業務支援のための API を開発しても、対象となる BIM フォーマットが統一されていなければ効率的な運用が望めません。画一的なワークフローに慣れていない建築系設計の文化改革が必要だったわけです。

4-2. 海外に比較して日本の BIM 化が遅い理由

BIM 関連の情報収集のため、海外視察に赴くケースも増えてきました。主だった BIM 先進国には概ね訪れたと思います。

そんな中で感じたことは、建築労働者の質の違いです。我が国の建築労働者は2次元の図面を頭の中で 3D 変換して理解することに優れています。一方、海外では 3D 化されることによって、設計内容の理解が飛躍的に増大し、BIM 化の恩恵を受けやすいことがわかりました。日本における BIM 化の進展にハードルがあるのは、その投資規模の大きさと得られるメリットの小ささにあると言えます。

4-3. BIM における理想と現実の違いの認識

BIM モデルの詳細さを示す用語として LOD という指針がありますが、現場の品質管理に求められる LOD でモデリングすることには無理があります。データ容量が大きくなりすぎ、システム負荷が増えすぎることによってレスポンスが落ち、実用に耐えられなくなるわけです。

また、BIM の重要ポイントとしてのインフォメーションの部分も、CAD 内で持つべき情報とリレーションで CAD 外のデータとして持つべき情報があります。BIM の黎明期にはモデルの中に情報を詰め込むことこそ BIM 化の第一歩というイメージがありました。インフォメーションモデリングの言葉通りです。でも、それは勘違いでした。世界も、現在そのあたりを反省し始めています。今後は、BIM モデル内の情報と外部 DB の情報のシンクロナイズソリューションが必須となると考えられます。

4-4. 工業化住宅と BIM の親和性を再評価

BIM 系の専門家のお言葉を拝借すると、「日本の大手住宅メーカーは昔から BIM をやっていたようなものですね。」とのこと。確かに、工業化住宅の生産スキームを運用するには、BIM 的な考え方が必要でした。建築部材は全てコード化されているし、数量算出や単価マスターとの紐づけによる積算の自動化も既に実施済みでした。立体構築も 2.5D とは言え、完全に自動化されており、企画設計におけるデジタルプレゼンテーションも一歩先に行っていました。

2.5D の場合、ルールによって規格化されたモジュール建築物(特に Z 座標)であればアル

ゴリズムが組みやすく、立体構築は比較的容易でした。ただし 3DCAD ほどのリアルタイム性(同時性)はありません。

これは、逆に考えると BIM 導入の障壁が低いことを意味しており、我々は更なる BIM 活用方法を先導的に検討していくべきポジションにあるのではないかと思います。

4-5. デジタルコンストラクションの展開

建築現場にデジタルソリューションを反映して、現場労働者の減少や品質向上、または安全対策に活用していく必要があります。先ほど述べた海外視察ではデジタルコンストラクションの導入が先進的に実施されている国もあり、弊社でも早速デジタルコンストラクションプロジェクトを立ち上げました。

BIM 推進部は建設デジタル推進部と組織名を変え、デジタルコンストラクション運用機能を加えました。BIM データと現場 IOT との連携を始めとして、現場管理の効率化や品質管理記録のデジタル化など守備範囲も広くなりました。

政府の掲げる Society5.0 の実現は、建築業界においては BIM とデジタルコンストラクションの完成度に比例すると確信しています。また、人と仕事の関わり方においても、機械にさせる領域と人間がやるべき領域をうまく切り分けていくべきで、AI にしろ IoT にしろ人間の作業支援として共存していきたいものです。

5. おわりに

5-1. データセントリックな企業文化の構築

今後の企業運営において、データの位置づけは大変重要であることは言うまでもありません。注意すべき点は、ワークフローが確立されていない環境において作成されたデータは、データベースとしての利用価値が低く、再利用できる機会を失いかねないという問題です。

ある A という業務から生み出されるデータは、次の B という業務で使われるエビデンスとなり、過不足なくデータが引き渡される必要があります。一方、B で行われる業務のために A から発生したデータを一定のロジックでコンバートする必要がある場合、そのコンバート作業は A が行うべきか、B が行うべきかを検討する必要があります。

データセントリックな考え方に集約させていく場合、中央データはできるだけ原始データで管理し、サーバー内でコンバートをするなどの工夫も一手かと思っています。建物情報の場合、座標値を取り扱うことも多く、座標変換やオフセット座標の算出などもこの分野に入るかもしれません。

5-2. 企業内におけるデジタル人材育成の必要性

今後の企業では、企業内にデジタル人材を育成する必要性を感じています。各社とも情報システム部門を設置していることが通例かと思いますが、開発主体はベンダー企業となることが主流で、システム構築に深く入れる人材は少ないのではないのでしょうか。プログラマーの育成をする必要はありませんが、システムに精通して高いレベルでベンダーと渡り合える人材が現場に近いところに必要と感じます。

建設デジタル推進部は建設 DX 推進部に組織名を発展させて、そのような人材を育成するとともに、弊社のデジタルトランスフォーメーションを実現すべく活動を継続しております。

著者プロフィール

芳中 勝清(よしなか かつきよ)氏

1984年4月福岡大学工学部建築学科卒業後、大和ハウス工業株式会社入社
福岡支店(現福岡支社)

2014年4月 同社 東京本社集合住宅事業推進部商品開発部 部長

2018年4月 同社 技術本部 BIM 推進部 部長

2020年4月 同社 技術本部建設デジタル推進部 理事、

同年10月 次世代工業化開発室 理事

2023年1月より現職

(2023年4月5日原稿受領:SIC ニュースレターVol.5.5 に掲載)

寄稿3 Trans-disciplinarity(TD) という考え方

特定非営利活動法人横断型基幹科学技術研究団体連合(横幹連合)
会長 安岡善文氏

1. はじめに

近年、学界の中で Trans-disciplinarity(TD)または Trans-disciplinary(TD)研究という言葉が聞かれるようになりました。ここ30年ほどのことです。社会と協働して様々な社会的課題に取り組む科学技術の研究活動を TD 研究と呼びます。学界内部での様々な学問分野が連携して課題に対処する活動を Inter-disciplinary(ID)研究と呼んできましたが、TD 研究は学界内のみの連携ではなく、学界の壁を超えて、科学技術が社会と直接連携して課題の解決を目指すものです。

地球規模での温暖化や気候変動、また生物多様性の減少など我々の日常生活を脅かす現象が顕在化しています。これらの現象は、それ自身の原因から結果に至る過程が複雑であるばかりでなく、その過程が我々の日常生活と密接に結びついているために解決策が簡単に見つからず wicked problems とも呼ばれてきました。現象が複雑ですから、様々な学問分野を横に繋ぐこと(ID 研究)が求められますが、ただ、それだけでは不十分です。その解決に向けては、新たな科学技術を展開するとともに、我々の生活や社会の仕組みを変え、さらに、我々の考え方自身を変えなければなりません。科学技術が社会と連携して課題を解決すること(TD 研究)が求められる所以です。

ただ、TD 研究としての具体的方法論はどのようなものか、その課題は何か、となるとその明確な答えはまだ見つかっていません。これまで学界(アカデミア)の中で閉じて研究を進めてきた研究者にとっては未知の領域に踏み込んだといっても過言ではないでしょう。本稿では、TD 研究の考え方や現状、その課題を紹介したいと思います。特に、筆者が関係してきた国際的な科学研究プログラムである Future Earth(FE)と、日本の国際連携研究プログラムである SATREPS を例に挙げ、両プログラムにおける TD 研究としての特性を掘り下げます。なお、これらのプログラムは、環境や防災、健康といった広範な課題を対象としています。ここでは地球規模での気候変動に関する研究に焦点を合わせて紹介します。

2. 気候変動分野における TD 研究

私が原稿を書いている2023年7月17日(月)、日本では32都道府県で熱中症警戒アラートが発出されました。最高気温35℃以上の猛暑日が日本全域に広がっており、実際、6月末から日本の各地で40℃に近い最高気温が観測されるようになりました。これは日本だけに限ったものではありません。ヨーロッパでは、BBC によれば、イタリア南部で46℃を記録し、さらにこの高温が10日ほど続くとの予報です。アメリカでの熱波(heat wave)による最高気温の継続日はこれまでの最高を記録し、同じ7月17日にはラスベガスで47.6℃を記録しま

した。気温が高くなるという現象にとどまっていません。世界各地で洪水、森林火災などの災害が頻発しています。昨年、今年と続いた日本における線状降水帯による豪雨災害も、もはや一時的な現象とは考え難いと思います。

では、その原因はどこにあるのでしょうか？この問いに対する答えも明らかになりつつあります。「人間の影響が、大気、海洋、および陸域を温暖化させてきたことは疑う余地がない」。昨年発表された IPCC (Inter-Governmental Panel for Climate Change; 気候変動に関する政府間パネル) の第6次報告書の第1ワーキンググループ報告書 (IPCC AR6 WG-1) では気候変動における人間活動による影響をこう表現しました⁽¹⁾。1995年に発表された第2次報告書では「証拠を比較した結果、識別可能な人為的影響が全球の気候に現れていることが示唆される」、こう表現されています。1988年に IPCC が開始されて以来の気候変動の原因についての表現の差は、勿論、現実の気候変化が顕著になっているということにもよりますが、その間の気候変動に関する観測やモデル・シミュレーション技術の進展によるものである、そう云っても差し支えないでしょう。

気候変動に関わる研究者は、人間活動を考慮した場合と、自然現象のみを考えた場合の気候変動の評価と予測から、気候変動における人間活動の影響を評価することを行ってきました。図1には同じ IPCC 第6次報告書 (IPCC AR6 WG1) に掲載された予測・評価の結果を示しました⁽¹⁾。自然現象のみを考えた場合の予測と、人間活動を加味して予測した場合の差が明確になっていることが分かります。上記の第6次の IPCC 評価報告書の表現はこの予測結果を受けたものとなっています。

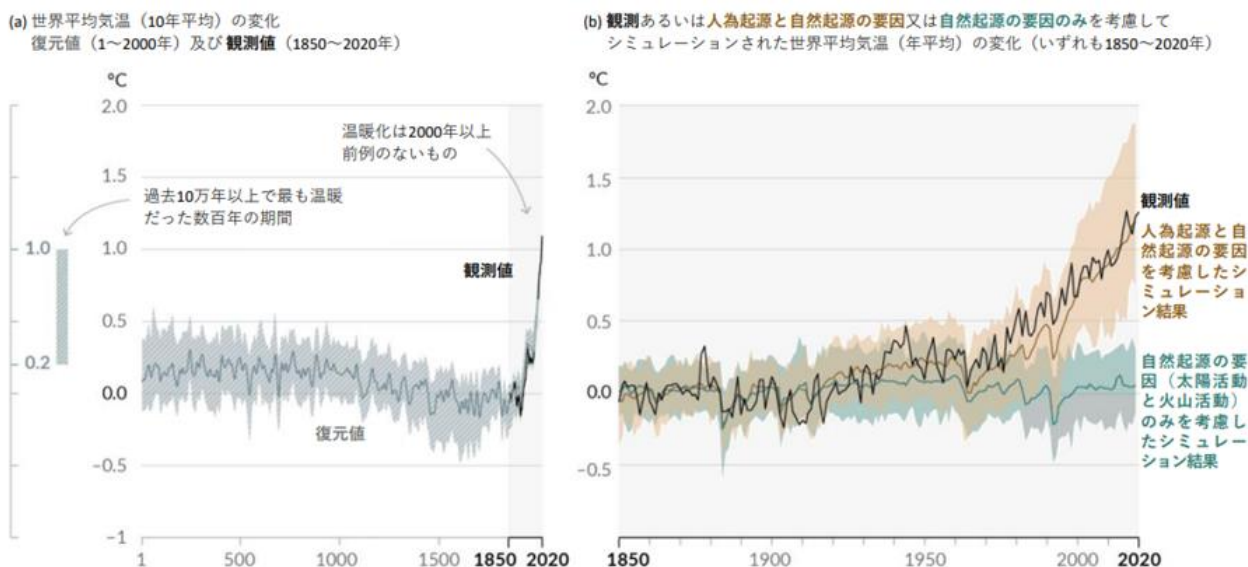


図1 世界の気温変化とその要因の分析結果 (IPCC AR6 WG1)

人間・社会の活動が地球システムに影響を与え、それによって変化した地球システムが、逆に、人間・社会に予期せぬ影響を与え始めた、それが明らかになりつつあるのです。

では、人間活動が主たる原因と分かるとすれば、地球規模での温暖化や気候変動にどう対処すればよいのでしょうか。まずは、温暖化によるヒトの健康や生態系への影響、また激甚化する災害への都市や農林水産業における影響を評価して、その適応策を講じなければなりません(気候変動適応策)。また、化石燃料の使用を抑制するための社会の変革、人々の行動変容を促して、人為起源の温室効果ガス排出を緩和しなければなりません(温室効果ガス排出緩和策)。個別の対策技術開発も急ぎますが、技術適用の最適化や産業構造の転換も求められます。短期間のうちに限られた予算で実現しなければなりません。しかも地球的な規模です。TD 研究の塊といっても良いかもしれません。

IPCC では第1WG～第3WG それぞれが下記の分担で報告書を作成しており、それらをまとめた統合報告書が作成されています。詳細はこちらを参照ください。

@ WG1: 自然科学的根拠 (Climate Change 2021:The Physical Science Basis)

@ WG2: 影響・適応・脆弱性 (Climate Change 2022: Impact, Adaptation and Vulnerability)

@ WG3: 気候変動の緩和 (Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change)

@ 統合報告書

IPCC 報告書は、WG1～WG3 のいずれの分野においても、科学技術分野で公表されている査読論文に基づいて書かれており、執筆者は科学者です。WG1 の報告書は先に示したように、気候変動現象の自然科学的側面を抽出していますが、WG2 や WG3 では社会との接点が主題になりますから、人文社会科学の学術論文も多く引用されています⁽²⁾⁽³⁾。

科学技術が明らかにした客観的事実に基づいて各国政府が今後の気候変動政策を決める、という構造は大変望ましいものですが、それだけ科学技術の責任が重くなっていることの証でもあります。

3. TD 研究とは何か？

主題の TD 研究に戻ります。科学技術の分野における Trans という言葉は、1970年代に A. M. Weinberg によって提唱されていた Trans-science に原点があると考えられます。Weinberg は、Trans-science を「科学の言葉で記述できるが、科学には答を出すことができない課題群 (questions)」として提起しています⁽⁴⁾。核物理学研究で有名な Oak Ridge National Laboratory の所長であった彼は、低レベル放射線の生物影響の評価

Inter-disciplinary は“学際”と訳されていますが、Trans-disciplinary はまだ訳語が定まっていません。“超学際”という訳語も使われていますが、まだ確定しておらず、ここでは、TD という言葉を使用することにします。

や、発生確立の極めて低い事象への対策を考える際の考え方として Trans-science という考え方を導入しました。科学的な知識のみでは解決できない社会的な課題にどう対処するか、という広い文脈の中で提起した概念で、それ以降の科学と社会の連携の考え方に大きな影響を与えました。ただ、Weinberg は Trans-science を課題群(もしくは領域群)として定義していますが、課題群の解決方法までは示していません。TD 研究の役割はこの解決策を探ることにあるといえます。

冒頭に紹介した地球規模での気候変動に伴う森林火災や風水害を目の当たりにすると、2050年に人類が健全で快適な生活を送っているためには早急に人為起源の温室効果ガスの削減対策を取らなくてはなりません。このためには科学のみならず工学、技術そして人文社会科学が総力を挙げて取り組まなければならないことは明らかです。ただ、それだけでは不十分です。温室効果ガスの早期削減には、我々の生活自身を抑制するように社会の仕組みを変えなければなりません。科学技術が社会と連携して課題に対応する努力が求められます。Weinberg が踏み込まなかった具体的な研究方策を TD 研究で探さなければなりません。

TD 研究が求められる背景をもう少し遡って考えてみたいと思います。2千数百年前の古代ギリシャの時代に起源をもつ科学技術がこれまで多大な恩恵を人類に与えてきたことは間違いありません。しかしながら17世紀からの科学技術の爆発的展開により、その恩恵が拡大するとともに、科学技術の細分化が進みました。その歴史については既に多くの論文も発表されておりここでは繰り返しません。今から65年前、政治学者の丸山眞夫は著書「思想のあり方について」(1957年)⁽⁵⁾の中で、文化や学問を“ササラ型”と“タコつぼ型”に類型化して、日本のそれが“タコつぼ型”であると表現しました。“ササラ”は、竹の先をいくつにも割った道具で、鍋などを洗う台所道具です。根が一つで先が枝分かれている形状を、もともとギリシャ時代には共通の一つの学問分野であったものが、近代になって専門化、独立化して枝分かれた状況に譬えました。図2はその変化を模式的に示しています。

実際、ヨーロッパでは、ギリシャ時代には哲学も天文学も音楽も美学も一つの学問として扱われていました。17世紀以降の科学技術の飛躍的な発展で、学問の細分化が起きて枝分かれすることになったものの、ヨーロッパでは根が共通であった時代を共有していたために、今でも共通の根を忘れることはない、と述べています。一方、日本では、近代科学技術が導入された19世紀には、既にヨーロッパにおいて既にタコつぼ化が進行した段階にあったために、ササラの共通の根を切り捨てた状態、すなわち“タコつぼ型”の状態で学問を取り入れてしまった、ということです。“タコつぼ型”では共通の基盤や言語が無いために互いのコミュニケーションも容易ではない、このようにも記述しています。

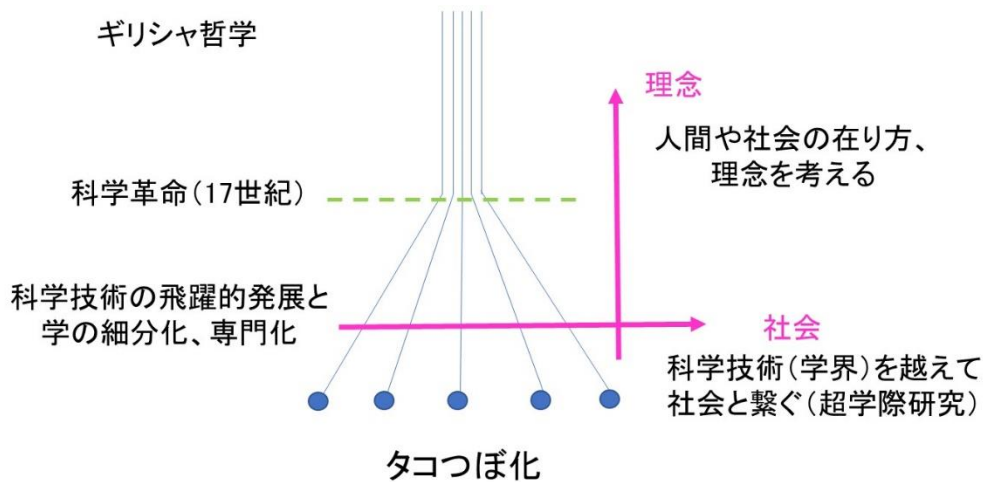


図2 ササラ型とタコつぼ型の科学技術⁽⁶⁾

社会の抱える課題が小さい時には、“ササラ型”の枝分かれした一つ、“タコつぼ型”の一つの科学や技術で、その課題が解決できたのだと思います。しかし、地球規模での温暖化や生物多様性の減少といった課題はあまりに複雑で一つの分野の学問で解決できるものではありません。自然科学や人文社会科学が総出で解決しなければならない課題といっても過言ではないでしょう。分かれてしまったササラの枝やタコつぼを如何に束ねるか、現代の科学技術に問われた責務と言えます。TD 研究はその一つの試みといえるでしょう⁽⁶⁾。

私が、現在、会長を務める横断型基幹科学技術研究団体連合(横幹連合)は20年前の発足時にその英語名称に Trans-disciplinary を冠しました。様々な分野に枝分かれした科学技術(特に工学)を横に貫き社会的課題を解決するという意でこの名称を用いたと理解しています。今年、発足20年を迎えることから、その考え方を明確にするために、その理念を図化した“横幹図”を改定し、“新横幹図”として、科学技術を社会に繋げるという姿勢を明示しました(図3)。図3において、その右側に Society5.0 や SDGs を挙げ、横幹科学技術の出口を明確にしています。発足当時から、枝分かれした科学技術を束ねるためにはシステム思考、システム科学が不可欠ということを謳ってきましたが、その具体的な社会への連携先を示した図となっています。

ここまでの話では、TD は単なる理念を表していると思われるかもしれませんが、実際には、具体的な研究プログラムとしても社会との連携を模索する TD 研究が始められています。ここでは、その具体例として、国際研究プログラムである Future Earth (FE)と、日本独自の地球規模課題対応国際共同プログラム(SATREPS)を紹介します。

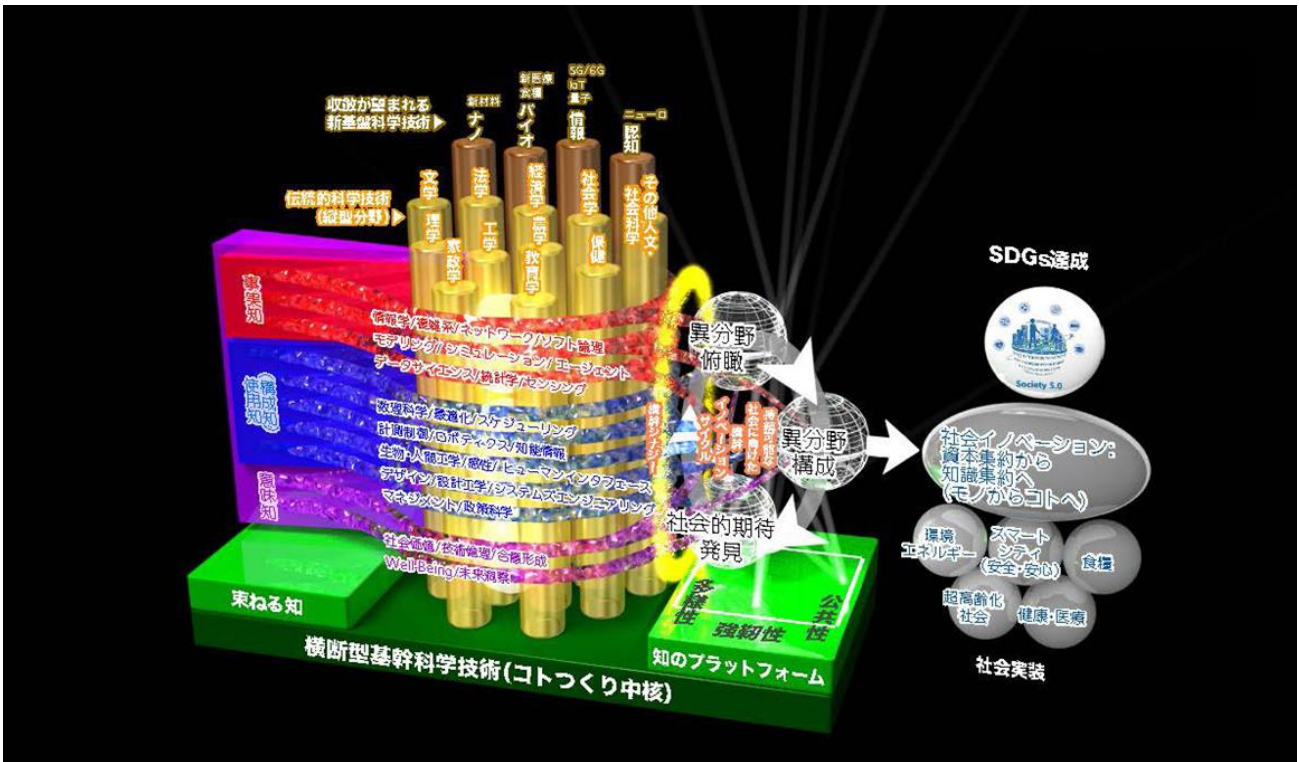


図3 新横幹図(横幹連合)

4. FE と SATREPS

(1) Future Earth

FE は、持続可能な社会への転換をめざす国際的研究プラットフォームです。それまで個別分野で実施されていた国際科学研究プログラムである地球圏/生物圏国際共同研究計画(IGBP)、生物多様性科学国際共同研究計画(DIVERSITAS)、地球環境変化の人間側面に関する国際研究計画(IHDP)などのプログラムを2015年にFEプログラムとして統合改組しました。FEは、「学界を越えて社会と繋がる」というTDアプローチを志向し、産業界や官界を含む社会の様々なセクターとの連携が試みられています⁽⁷⁾。

FEでは、発足当初から研究の計画、実施に際して、学界外からも関与者(ステークホルダーと呼ばれる)の参加を求め、研究開始当初から連携して研究の協働設計を行い(co-design)、研究を協働実施(co-production)し、さらにその成果を社会に発信、還元すること(co-delivery)が求められています。FEの中核的活動の一つであるKAN(Knowledge Action Networks)は学界、政策、企業、また社会を繋ぐネットワークとして構成されており、これまで Systems of Sustainable Consumption and Production、Water-Energy-Food-Nexus など8つの分野別ネットワークが立ち上げられました。日本は世界に9つある国際事務局ハブの一つを分担するとともに、日本学術会議や科学技術振興機構/社会技術研究開発センター(JST/RISTEX)などが研究の支援を行っています。

(2) SATREPS

SATREPS (地球規模課題対応国際科学技術協力; Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development)は、日本の国際協力機構 (JICA)と科学技術振興機構 (JST)の2つの組織が連携する事業として2008年に開始されました。SATREPS は、日本の科学技術を外交に利用する、また外交を科学技術の推進に役立てるという科学技術外交施策の一環として立ち上げられたものです⁽⁸⁾。日本と発展途上国の研究者が共同して、

- ・相手国の固有の社会的課題を同定し、
- ・日本で開発された科学技術を発展させることにより課題の解決に取り組み、
- ・その科学技術を相手国に社会実装することで持続的な課題の解決を目指す

ことを目的としています。TD 研究プログラムの具体例の一つといえるでしょう。環境、エネルギー(カーボンニュートラル)、生物資源、防災、感染症の5分野で研究が開始され、現在、アジア、アフリカ、ラテンアメリカの55ヶ国以上の国において174プロジェクトが展開されています。

SATREPS では、新たな科学技術を開発することのみならず、その成果を相手国へ社会実装することにより課題解決を図ることが指向されており、相手国の行政機関や事業実施機関などその国での社会実装に必要なステークホルダーが研究計画の段階からメンバーに組み込まれることが特徴の一つといえます(その仕組みは後述)。日本の科学技術を発展的かつ持続的に相手国に社会実装することをゴールとするユニークなプログラムといえます。

FE や SATREPS などの社会的課題を地球規模で解決するための科学技術プログラムが国内外においてほぼ同時期に開始されたことは決して偶然ではありません。「社会のための科学、社会における科学」を地球規模で実践する必要に迫られているという現実があるからだと思います。

5. 具体的な課題と研究の方法論は？

TD 研究にはまだ定まった公式的方法論はありません。FE や SATREPS においても、課題ごと、対象地域ごとに様々な方法論が試されているのが実情です。関与するステークホルダーによってもその方法論は異なるでしょう。

ただ、これらのプログラムにおいて、社会と連携して研究を展開するうえで留意すべき知見が蓄積されつつあることも事実です。ここでは、筆者が関係してきた FE や SATREPS プログラム、また横幹活動においての様々な事例から、その方法における特徴や留意すべき点を、五月雨式にはありませんが、列挙してみたいと思います。理論的考察に基づいたものではなく、定式化が行われていないことはご了解ください。

(1) 課題設定の明確化

全ての研究において研究課題の設定は最初に行う重要な手順です。FE プログラムにおいても SATREPS プログラムにおいても、研究者がどのような目標設定をしているか、目標

(ゴール)に向けてどのような道筋を描いているか、は最も重要な評価のポイントになります。特に、これまで社会との接点、社会的課題との接点が少なかった研究者にとって、社会的課題を解決するための研究という視点での課題設定は容易ではありません。研究者の世界観、価値観、倫理観が問われることになります。FEにおいても SATREPS においてもそれらの視点が評価されこれまでの課題が採択されてきました。具体的な課題については前章でも紹介しましたのでここでは紹介しません。

研究者が参考にできる課題例としては、SDGsの17ゴール、169ターゲットが挙げられます。SDGsは科学技術や学術の世界に限ったプログラムではなく、これから先の世界をどう持続可能に作っていくか、というより一般的な視点から作られたものです。ただ、これらの中にはFE や SATREPS と共通の課題も多く、社会との接点の少なかった研究者にとっては世界観を拓ける上で参考になるように思います。

(2) ステークホルダーの選択

科学技術の成果を社会実装する際に、まず留意しなければならないのは、社会を代表する具体的な関与者(ステークホルダー)を特定することです。社会という概念自身が必ずしも定義されたものではないため、社会のどのような組織を、また、どのような人を対象として協働するかを特定することは容易ではありません。FE プログラムでは、初期設計報告書において、ステークホルダーを、学術研究(学界)、研究助成機関、政府機関(中央政府、地方政府の各レベル)、開発グループ(例えば世界銀行など)、実業・産業界、市民社会、メディアの8グループにカテゴリー化していますが、どのカテゴリーのステークホルダーをどう選び、いつ選ぶかは重要な課題として挙げていますが、その方法論は示していません。JST/RISTEX が日本のFE プログラムへのファンディングを行った際には、その評価基準の一つにステークホルダー選考が十分に検討されているかを挙げて選考しました。採択後の評価においてもステークホルダーとの連携が重要項目となっています。

SATREPS では、全プログラムにおいて最初の1年間はFS 期間として設定され、この期間内に Joint Coordination Committee(JCC;協働委員会)の設置が義務付けられています。JCC には、相手国において課題を解決し、成果を社会に実装するために必要と想定されるステークホルダーを参加させることが求められ、研究の co-design, co-production, co-delivery の設計を、研究者とステークホルダーが最初から共同で行わなければなりません。最終的な実装の姿を相手国のステークホルダーに理解してもらい、そこに至る道筋を説明することが研究者に求められます。JCC の仕組みは、TD 研究を成功させる一つの重要な鍵であり、研究者を社会と結びつける有効な仕組みとなっています。日本の研究者、特に自然科学を専門としてきた研究者は、これまで社会のステークホルダーと直接話をする経験が少なかったこともあり、発足当初は JCC への対応がかなりの負担になっていたようです。しかしながら、筆者が関係したプロジェクトでは、JCC が TD 研究を推進するうえでの有効な仕組みとなっていたことは間違いありません。

(3) 社会実装における目標の明確化

産業界では成果の社会実装という顧客の満足度という評価基準が挙げられ、ある程度の共通認識があったのではないかと思います。しかしながら学界においては研究成果をどう社会に実装するかという視点はこれまで研究評価の対象となっていませんでした。このために、研究成果の社会実装とは何をどうすることか、が研究を計画するなかで明確になっていなかったと思います。

FE や SATREPS プログラムでは、研究の開始時点からステークホルダーが参画することによって、成果の社会実装の姿を明確にすることが求められ、このことにより、バックキャスト的に研究の実施項目も定められることとなります。研究分担者も個別研究課題がどう統合されて社会実装に結びつくかの道筋を共有することで、どの時点で何を成果として出すか、が明確になるのではないかと考えています。

(4) システムとしての最適化

研究に限らずプロジェクトは期限内に決められた予算で目的を達成することが求められます。特に、社会実装という目標が立てられたプロジェクトではその制約は大きいと言わざるを得ません。例えば、気候変動対策では 2050 年までのどの時点でどのような技術を導入して、カーボンニュートラルを実現するか、限られた予算の中で最適化することが求められます。ここではプロジェクト成果の最大化に向けたシステム思考が不可欠でしょう。残念ながらこれまで研究プロジェクトではこの視点が乏しかったのではないのでしょうか。研究の成果を社会に実装する TD 研究では、最後の実装に向けた最適な道筋をシステムとして描く努力が求められます。

(5) Customize と Commonize

TD 研究が科学技術を社会に繋ぐ一つの方策であることを紹介しました。ここで注意すべき点があります。社会は一つではありません。一つの方法をある地域の社会に実装したとして、その方法を他の同じ課題を抱える地域に横展開することを考えると、自然環境が異なり社会システムが異なる地域に全く同じ方法を外挿することはできません。

多くの場合、研究はある特定の地域を対象として始められますが、一つの地域や国において開発されてきた方法論を他の国や他の大陸に展開するためには工夫が必要になります。

SATREPS や FE のプロジェクトを支援する中で、筆者は研究のカスタマイズ

(customize)とコモナイズ(commonize)による研究の横展開を提唱してきました⁽⁶⁾。一つの地域で行われた研究の中で、どの部分がその地域に特化した方法で、どの部分が他の地域にも共通して展開できる方法か、を明示するというものです。例えば、全球規模での気候変動モデルを開発した場合には基本的にコモナイズされた方法論になります。しかしながら、ある特別な地形の場所にそれを適用しようとする場合には、その地域にカスタマイズすることが必要になります。コモナイズされた方法論を世界で共有するとともに、カスタマイズの方法論やその知見をデータベースとして集約化して共有することが、個別の地域で開発された手法を世界に展開する一つの方法になると考えています。

6. まとめ —TD 研究の今後—

科学技術を社会的課題の解決に向けて実装するという社会からの要請と、それに呼応した学界の新たな動きは、この20年ほどの間で大きなうねりとなっています。ここでTD研究の具体例として紹介したFuture EarthやSATREPSなどのプログラムはいずれもこの20年ほどの間に発足しました。地球規模での気候や環境の変動による影響が深刻さを増し、その対策の緊急性に世界が気づき始めた証なのでしょう。科学技術は総力を挙げてこれらのwicked problemsに取り組まなければなりません。TD研究の意義はそこにあります。

ただ、同時に、忘れてはならないことがあります。基礎研究の重要性です。温室効果気体に関する初めての論文をJ.ティンダルが出版したのは1861年で、今から160年ほど前になります。大気中のCO₂が気温上昇を引起すことを示した論文をS. アレニウスが発表したのは1896年です。いずれも純粋に科学的な興味からの研究でした。その後も新たな科学的知見を求めて多くの論文が発表されています。過去に得られたこれらの知見無くしては、現在の地球温暖化、気候変動に取り組むことができません。2050年に持続可能で快適な世界を実現するためには、今、研究者の自発的興味に基づく基礎的研究と、社会とともに拓くTD研究の両方を推進することが必要です。さらに加えれば、我々の社会がいかにあるべきかを考える研究も必要なのではないかと思います。

参考文献

- (1) 政策決定者向け要約(SPM), IPCC 第6次報告書第一作業部会(WG1)報告書(気象庁による仮訳)2022.
- (2) 政策決定者向け要約(SPM), IPCC 第6次報告書第二作業部会(WG2)報告書(環境省による確定訳)2023.
- (3) 政策決定者向け要約(SPM), IPCC 第6次報告書第三作業部会(WG3)報告書(経済産業省による仮訳)2022.
- (4) A. M. Weinberg: Science and Trans-Science, *Minerva* 10(2), 209-222 1974.
- (5) 丸山眞男:日本の思想, 岩波新書, 1961.
- (6) 安岡善文:リモートセンシングを社会に繋ぐ, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.41(2) (創立40周年記念特集号), 91-98 2021.
- (7) <https://japan.futureearth.org/>
- (8) 小西淳文:地球のために, 未来のために SATREPS Vol.1, Vol.2, 丸善出版, 2015.

著者プロフィール

安岡善文(やすおか よしふみ)氏 東京大学名誉教授

1975年東京大学大学院工学系研究科計数工学専攻博士課程修了、工学博士。

国立環境研究所総合解析部総合評価研究室長、同地球環境研究センター総括研究管理官などを経て、1998年東京大学生産技術研究所教授、2007-2011年国立環境研究所理事、2013-2016年情報システム研究機構監事、2016-2018年千葉大学環境リモートセンシング研究センター長。

この間、地球フロンティア研究システム生態系変動領域長、科学技術振興機構(JST)研究主幹、国際環境研究協会研究主監などを兼務。専門は環境計測、特に、宇宙からの環境リモートセンシング。

(2023年7月25日原稿受領:SIC ニュースレターVol.5.8に掲載)

寄稿4 日本における最新物流事情と

日用雑貨業界の物流クライシス適応
サンスターグループ ロジスティクス研究室
室長 荒木協和氏

はじめに

日本国内の物流事情は、2017年頃から EC(Electronic Commerce)市場の本格的な台頭による、急激な宅配便の取扱量増加や、過酷な労働環境によるドライバー不足などで、「宅配クライシス」と呼ばれる現象が強く言われるようになった。更に2020年からの新型コロナ流行により宅配数が急増し、更に悪化傾向は大きくなっている。政府は物流クライシス対策として、「ホワイト物流」「ドライバー労働時間規制強化」「標準運賃精度」などの手を打ち、強く物流改善に取り組み始めている。またその他にも、頻繁に発生する地震や台風などの自然災害で輸送ラインが停止してしまう危機もあり、事業継続のため事前対策の導入がより推奨されるようになった。そこで日本の物流現状と日用雑貨メーカーの方向性、それらに対するサンスターの対応策について、災害(第1章)・「物流2024年問題」(以降「24年問題」)(第2章)の両面から意見を述べる。

第1章 災害リスクに向けた対応

1. 日本の環境

日本は美しく豊かな自然に恵まれているが、同時に地震、津波、火山噴火、台風、季節風など、さまざまな自然災害が多発する国でもある。日本の国土面積は世界の 0.28%、人口比率では世界の 1.9%に過ぎないが、世界で発生するマグニチュード(M)6 以上の地震の 18.5%が日本で発生する。また日本には 111 の活火山(世界の活火山の 7%)があり、噴火も頻繁的に発生するなど、世界有数の自然災害大国なのである。(内閣府防災白書より) 表①にあるように、日本において避難を伴う災害は、いつ・どの地域で発生してもおかしくない。実際に毎年どこかの地域で大規模な災害が発生し、被災地の方々は身一つで何日間もの避難生活を余儀なくされている。そして被災された方々にと

表① 最近の大規模災害

2011年	3月	東日本大震災 (M9.0) 震度7
2012年	7月	九州北部豪雨
2013年	8月	秋田・岩手豪雨
2014年	2月	平成26年豪雪
	8月	広島土砂災害
	11月	長野県北部地震 (M6.7) 震度6強
2015年	9月	関東・東北豪雨
2016年	4月	熊本地震 (M6.5) 震度7 熊本地震 (M7.3) 震度7
	10月	鳥取県中部地震 (M6.6) 震度6弱
	12月	茨城県北部地震 (M6.6) 震度6弱
2017年	7月	北部九州豪雨
2018年	2月	平成30年豪雪
	6月	大阪北部地震 (M6.1) 震度6弱
	7月	平成30年7月豪雨
	8月	感染症 (風しん)
	9月	台風21号
	9月	北海道胆振東部地震 (M6.7) 震度7 台風19号 台風24号
2019年	8月	九州北部豪雨
	9月	台風15号
	10月	台風19号
2020年	1月~	新型コロナウイルス感染症
2021年	7月	令和2年7月豪雨
	2月	福島沖地震 (M7.3) 震度6強

って、我々が製造する日用雑貨製品は、飲料・食品・医薬品と共に、生活の上で非常に重要なアイテムとなっている。メーカーは救援のための物資支援や被災地域の販売店への供給を、即座に行わなければならない。この重要な任務を担うのが、我々物流担当者となる。通常時には当たり前のように流れている物流だが、災害で交通インフラが遮断された時、「いかに速やかに必要とされるものをお届けするか」が物流担当者の価値につながる。

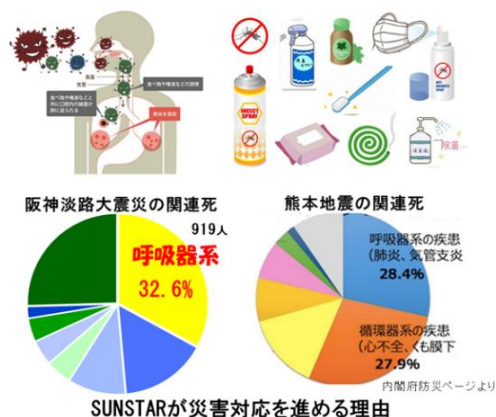
本文では、今までの大規模災害に対する対応例を元に、日用雑貨メーカーにおける災害物流への対応について考察し、今後予測される大震災の備えにしたいと考える。

2. 大規模災害発生時の物流対応

サンスターの災害に対するロジスティクス活動は、以前から積極的に行われてきた。それは図①にあるように、災害により水不足などで口腔内ケアが困難になると、多くの細菌が増殖し、その細菌を誤嚥して呼吸器官に障害を来すことで、最悪お亡くなりになる被災者が多数発生する(災害関連死)。このため水が不要な液体歯磨きを、被災地に即座に送る必要があるからだ。これは消費財メーカーの社会的使命だと考えている。

災害時に商品必要とするパターンは2つある(図②)。一つは行政機関などから要請が

図① 災害時、口腔内の細菌による影響



お口の中には、300~700種類の細菌が生息し、歯を磨く人で1000~2000億個あまり細菌があります。ほこりが多い災害時、水不足で1日歯を磨かないと1兆個以上に細菌が増殖し、口腔内の細菌が原因で肺炎になる可能性が極端に増加します。

図② 災害支援物資+必要商品供給の重要性

■ 支援物資

- ① 被災者(救援 避難所対象)
自社製品を活用した被災地への無料支援の
⇒ 政府や自治体と連動し、特別輸送方法で輸送

■ 商品供給

- ② 卸店様向け・販売店様向け(商流)
被災地の消費者に向けた販売のための輸送。
卸店・販売店に早く供給し、商品が購入できる体制をつくる
⇒ 物流取引先と協議し配送

東日本大震災時避難所に入った最大被災者数 45万人



自宅で過ごした被災者数 900万人



避難所・自宅避難 全ての被災者への生活物資をお届けする計画が重要

来る支援物資である。これは、被災地の避難所などに直接持って行くことになる。もう一つが店舗への供給だ。災害時に店舗への供給が滞り、買い物客の長蛇の列と何も置かれていない品切れの棚は、よくニュースで報道されている。

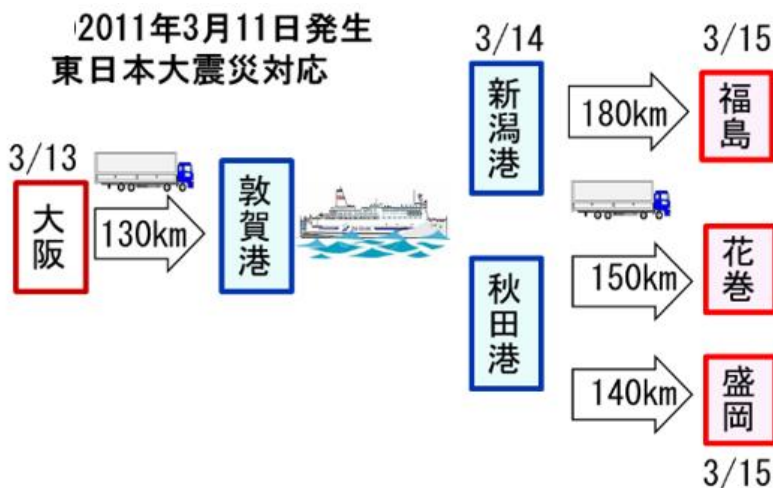
支援物資の輸送は政府や地方自治体の協力もあり、自衛隊などで被災地に運ばれることもある。比較的に優遇されて運ばれる。しかし店舗への商品供給は事業活動のため、メーカーや卸店が独自に運ばなければならない。災害時の需要量を3.11(東日本大震災時)の例でみると、避難所に入所された被災者の方々は約45万人(内閣府資料)。関東を含む被災地域全体では900万人の被災者が自宅で生活し、生活物資を店舗から購入している。我々はこの方々にも安定して商品を提供する義務がある。避難所と比較して20倍の物量を、不安定で危険な災害地域に向けて、一般の物流会社をお願いをして運んでもらう。非常に難易度の高い物流を、各企業単位で瞬時かつ独自に組み立てなければならないのだ。

3. 過去の災害に対する対応

(1) 過去の災害時で輸送網確保に苦勞した、物流対応例を3つあげる。

① 2011年:東日本大震災

3月12日(土)6時から SCM 緊急対策会議により製品手配・輸送経路を確定。13日(日)夜出発。下図にあるように、大阪から敦賀港に陸路、その後フェリーで新潟港・秋田港に入港、15日朝:福島、花巻、盛岡の卸店に納品。メーカーの中で最も早い納品となった。

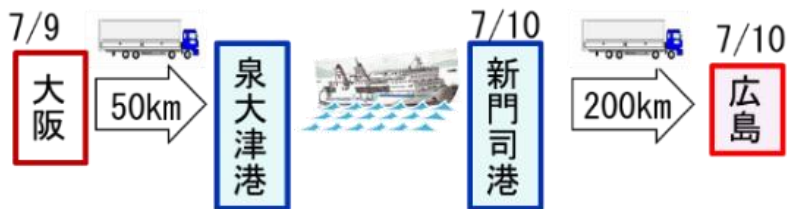


② 2016年:熊本震災

2016年4月16日深夜1時25分に



③ 2018年:山陽地方洪水



(2) これまでの災害物流のまとめと共通点

日本における海運の優位性は、大きく次のような事項が挙げられる。

- 日本は周囲を海に囲まれ、国際戦略港、国際拠点校、重要港を合わせて126もの港がある。
- 多くのフェリー・RORO 船・貨物船が運行されている。
- 海運は多くの車両や荷物を一回で輸送でき、乗船中はドライバーの休息期間になる。
- 災害での道路や線路破損等は復旧に長期化するが、海はどこでも走れるため運行停止は少ない
- 海が荒れても数日で治まる。また港数も多く緊急時の対応にも融通が利きやすい。

4. 今後の自然災害に対する準備

(1) 関西企業が想定しなければならない関東エリアの災害

災害が発生した時、救援する企業の本社が被災した場合(すなわち企業が被災者になった場合)、自社の社員や設備の対応に追われ、救援活動は殆んど満足に出来ない。これは関西淡路大震災の時に大阪本社の我々は痛感した。そこで本社が西日本のサンスター社は、東日本(特に首都圏)が被災した時の災害物流を考えておくことが重要だと考えている。

災害の種類は関東直下型地震や東海地震、富士山の噴火などが考えられる。太平洋側の道路が遮断された時、関東北部から東北地方にかけて、全国の約半数の人口が生活する地域に、どのようなルートで運ばよいかを研究しなければならない。

(2) 関東方面の災害に対する物流対応

例えば富士山が噴火し、東海道や中央道という大動脈が遮断された場合どうなるか。関西から関東方面への移動は、日本海側の北陸道を経由して向かうことになる。大阪から新潟経由で仙台までの距離は900km。盛岡までは1100kmになる。最短で車中3泊4日の運行となり、災害時一人のドライバーに走行を指示できる距離ではない。また北海道への鉄道貨物の影響も大きい。日本海側だけの線路では、鉄道コンテナの枠は減少するだろう。更に今まで東京湾に入っていた輸出入コンテナが、代替え港として阪神港へと入ってくると、関西では相当数の海外貨物を処理しなければならない。これは現状のままでは至難の業と言える。これらの交通障害を解決する最善の策は、東日本大震災で経験した日本海の内航海運(フェリー・RORO 船)を活用した、シー&ロード輸送しかないと思われる。

関西は幸い、太平洋側から日本海までの距離が近い。大阪から舞鶴港までで 120km。敦賀港までで 170km である。そこからフェリーや RORO 船で、小樽・苫小牧・新潟・秋田・博多へと移動ができる。東北地方への輸送でも東日本大震災の時で証明されている。更に中国主要港や釜山、ウラジオストックなどからのコンテナ船も、それぞれの港に定期運航されており、アジアとの連携も可能なのだ。(下図)



また、大阪湾の阪神港、京都府の舞鶴港の連携で京阪神の港湾連携になる。しかし、この日本海ルートには大きな課題がある。

(3) 環日本海のシー&ロードに対する 課題と対策

災害時、環日本海におけるシー&ロードの優位性は多くの方が理解を示していただけるが、災害時だけ利用しようとしても、緊急時には緊急車両の移動や荷が集中するため、乗船枠を確保することは困難だ。そこで通常時から定期的にご利用する必要があるのだが、通常時の利用には3つの課題がある。

- ① フェリーによる中距離輸送は、トラックでの直送よりリードタイムが長くなり、現状のサービスレベルを達成することが出来ない。
- ② 日本海ルートを利用できる届け先は量が少なく、トラックへの積載効率が悪い。またトラック直送よりフェリー料金は高いため、コストアップにより社内での利用承認が下り辛い。
- ③ 通常時に利用しないと、航路そのものが無くなるか減少してしまい、いざと言う時に利用できなくなる可能性がある。

これらの解決策として進めているのが次の活動である。

- リードタイムの調整が可能な工場から拠点への輸送(社内物流)は、出来る限りフェリーを利用する(関西⇒九州)。
- 複数社のメーカーや着荷主(卸)が連携し、共同輸送などで積載効率を向上させる。また往復荷運行を手配するなど実車率を高める。
- フェリー活用の目的として、CO2 の削減やホワイト物流への貢献、2024年度からのドライバー拘束時間の短縮など、SDGsに関連した付加価値を付けることで、社内にコストアップを承認させやすくする。

これらは1社だけで出来る訳ではない。経済界全体として進めていかなければならないと認識している。まずは日用雑貨業界に浸透させ、その後水平展開を考え活動している。

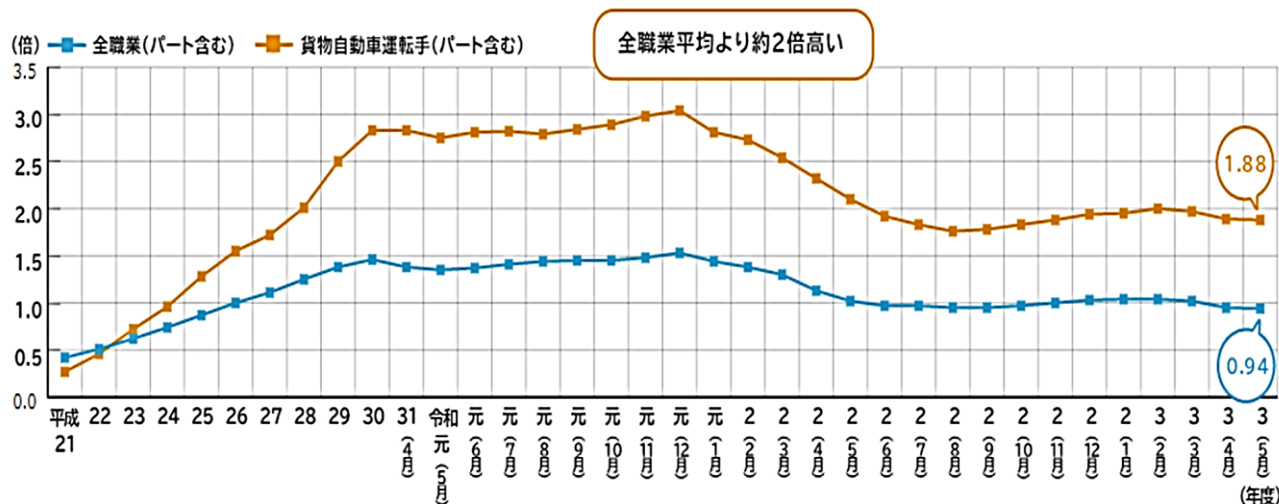
第2章 「24年問題」に関する物流状況と日用雑貨業界の対応

1. 日本における最近の物流事情

日本における『輸送・機械運転従事者』は現在約83万人程度である。しかし米ポストンコンサルティンググループの調査では、「今後インターネット通販の更なる普及により宅配便の増加などで、現在より約2割多い96万人の運転手が必要となるが、高齢化や条件の悪さなどで運転者は約1割以上減の72万人となるため、トラックドライバーは24万人不足する」との試算を発表している。これにより2030年には、現在の70%の輸送能力となると危惧されている。

国交省が実施した調査の結果を見ると、ドライバーは産業標準と比較し、労働時間は20%長く賃金は10%低い(近年まで20%低かった)ことが判明した。産業平均より労働条件が30%も悪いようでは、求人難になるのは当たり前という結論になった。当然有効求人倍率は、最悪だった2019年(令和元年)時の3倍からコロナの影響で改良したものの、2倍前後を推移する状況が続いている。そこで政府は、ドライバーの労働環境改善に向け、労働時間を業界標準に近づけるための規制づくりを開始した。これが世に言われる「24年問題」だ。

トラック運転者の有効求人倍率



厚生労働省「職業安定業務統計」より国土交通省作成

2. 政府が進める物流改善対策

(1) 政府の総合物流政策大綱とその活動

政府は「第7次総合物流政策大綱(2021年度～2025年度版)発表し、政府主導で上記の「持続可能な物流に関する検討会」を組織化、定期的に大綱に対するフォローアップを始めている。「総合物流政策大綱」及びこの会の主な検討事項は次のとおり。

- a. 物流 DX や物流標準化の推進によるサプライチェーン全体の徹底した最適化
(簡素で滑らかな物流)
- b. 労働力不足対策と物流構造改革の推進
(担い手にやさしい物流)
- c. 強靱で持続可能な物流ネットワークの構築
(強くてしなやかな物流)

まず政府が注力したのが「労働力不足対策と物流構造改革」だ。内容は2024年4月から、『1. ドライバーの残業時間規制を、年間960時間までとする(今まで無かった)。2. 休息期間(就業時間以外)は11時間を目指し、最低でも9時間とする等』。この規制の影響で、一人のドライバー生産力は約16%減少すると、2023年1月に野村総合研究所から発表された。更にこのままのドライバー数が減少+EC の増加など、現在のサービスレベルが維持されれば、2030年には19%の輸送能力が減少。合計で35%の輸送力ダウンになると試算されている。そこで労働時間短縮と同時に、ドライバーの給料値上げを目的とした『標準運賃』というものを設定し、運送会社からの運賃値上げを正当化する支援を行っている。更に「トラック G メン」や「相談110番」など、現状調査組織を複数の官庁連携で設置し、運送会社からの値上げ要請状況などを調査する。この結果、荷主や元受けが運送会社からの値上げ要請に対し、無視・拒否など一方的に対応しなかった場合、「優位的立場の乱用」として公表することとなった。事実、その先陣を切って2022年12月27日に13社の荷主企業が公表されている。

<p>● 物流の適正化・生産性向上を図るため、荷主企業、物流事業者(運送・倉庫等)の双方において非効率な商慣行を見直す。</p>	
<p>① 荷主・物流事業者間における物流負荷の軽減(荷待ち、荷役時間の削減等)に向けた規制的措置等の導入</p> <p>② 納品期限(3分の1ルール、短いリードタイム)、物流コスト込み取引価格等の見直し</p> <p>③ 物流産業における多重下請構造の是正に向けた規制的措置等の導入</p> <p>④ 荷主・元請の監視の強化、結果の公表、継続的なフォロー及びそのための体制強化(トラックGメン(仮称))</p>	<p>③独占禁止法及び下請法の考え方の周知徹底</p> <p>1 法律上問題となり得る取引価格の据え置きに関する考え方の周知</p> <ul style="list-style-type: none"> ・円滑な価格転嫁に向けた要請【継続実施】 ・経済団体等への働きかけ【継続実施】 ・ウェブサイト等を通じた周知【継続実施】 <p>2 相談対応及び情報収集の実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「不当なしわ寄せに関する下請相談窓口」の運用等【継続実施】 <p style="text-align: center;">(不当な下請取引)ゼロゼロ 110番 電話番号 0120-060-110 【受付時間】10:00-17:00(土日祝日・年末年始を除く。)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中小事業者等が匿名で情報提供できる「違反行為情報提供フォーム」の運用【継続実施】

2-3. 物流業界における行政の対応策2（荷主や元受けを規制する→企業名公表・注意勧告・罰則）

日本経済新聞

公取委が公表した事業者一覧

元受	佐川急便
荷主	三協立山
荷主	全国農業協同組合連合会
元受	大和物流
荷主	デンソー
荷主	東急コミュニティー
荷主	豊田自動織機
元受	トランコム
荷主	ドン・キホーテ
荷主	日本アクセス
元受	丸和運輸機関
荷主	三菱食品
元受	三菱電機ロジスティクス


佐川急便やデンソーなど13社公表 価格転嫁協議せず

2022年12月27日
公正取引委員会は27日、下請け企業などとの間で原燃料費や人件費といったコスト上昇分を取引価格に反映する協議をしなかったとして佐川急便や全国農業協同組合連合会(JA全農)、デンソーなど13社・団体の名前を公表した。下請け側が価格転嫁を要請していなくても、立場の強い発注側が自発的に協議するよう求め、社名公表に踏み切った。中小企業の経営を安定させ、賃上げや成長投資につなげる狙いがある。

独禁法の運用方針は①受注企業と発注企業の価格交渉の場で価格転嫁の必要性について協議しない、または②価格転嫁の要請があったのに拒否し、その理由を回答しない]のいずれかの場合で取引価格を据え置けば「優越的地位の乱用」に該当する恐れがあると明記する。

公取委は法令違反を認定したわけではないと説明している。

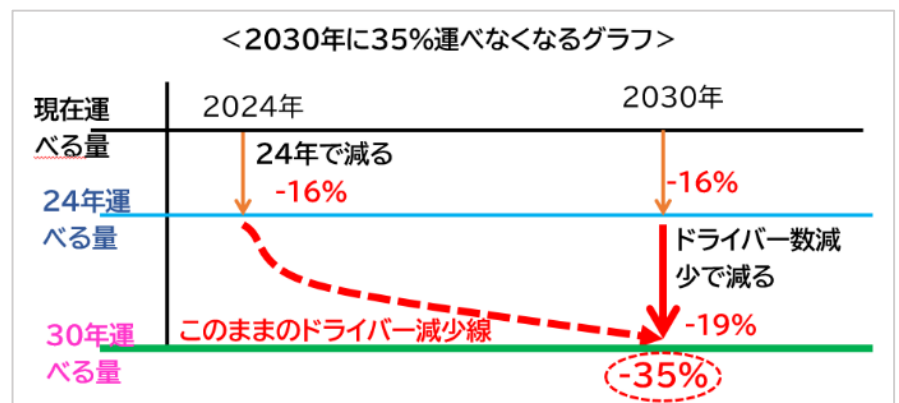
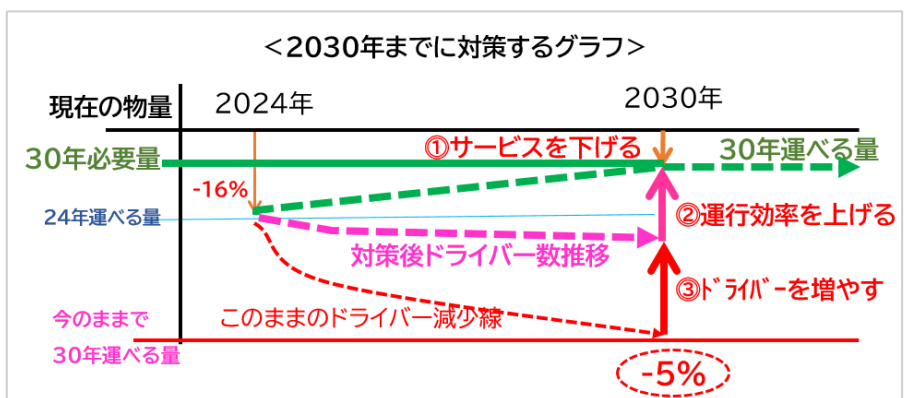
違法性を確認する前に企業名が公表される。今後政府は荷主を厳しく取り締まる



(2) 物流規制強化とトラック不足に対する日用雑貨業界の対応

<野村総研の資産分析>

野村総合研究所は、「24年問題」とドライバーの不足により、2030年には「日本全国で約35%もの荷物が運べなくなる」との推計を明らかにした。この内訳は、「24年問題」で△16%が運べなくなる。更に将来の就業ドライバー数(供給)と、将来の荷物量を運ぶのに必要なドライバー数(需要)を比較した場合の需給ギャップで2030年に△19%。両方を合計すると、2030年には△35%となる。(右図)



ここで必要なのは、要因別に対策を講じることにある。(2030年に35%運べなくなる)

輸送量が減少すると思われる要因を分析すると、大きく3つに分けることができる。

- ① 元からの課題→配送リードタイム、再配達など、今までにエスカレートした物流サ

ービスにより、輸送生産性が悪化している。

- ② 24年規制により生じる課題➡の拘束時間短縮により輸送量が減少する。
- ③ 元からの課題➡運送業界の過当競争により、ドライバーの労働環境が徐々に悪化し、ドライバー不足が加速する。

これら3つの課題が合算され、△35%の輸送量減少となるのだ。

それなら、3つの課題それぞれに適応した対策を講じる必要がある。対策に対する最終の目的は、荷物が無事に需要者に届くこと。目標は「ドライバー数の増加」と「輸送生産性の向上」の両立。

KPI は、①過剰サービスを落とし生産性を向上させる、②無駄な輸送を減少させ、運行効率を向上する、③ドライバーの収入を増やし人数を安定させる、となる。(2030年までに対策する)

3. 日用雑貨業界の企業連合による解決活動

日用雑貨のメーカーでは、メーカー16社・物流会社8社・パレットレンタル会社などが加入して、物流改善を目指す研究グループを2016年から結成している。この団体は総売上約1兆円規模となり、日雑卸売業管轄の約50%、日雑業界全体の約30%になり、業界に与える影響は大きいといえる。現在は「24年問題」対応を中心に、物流標準化等を進めている。そこで今回は、研究会を中心に取り組んでいる改善活動の一部を紹介する。

<連携>

メーカー側の販売物流(卸サイドからは調達物流)は、どんなにサービスを向上させても消費者の購買力には繋がらない。すなわち競争領域となる要素は何もない。今回の改善は単社だけでの改善は難しい。そこで卸企業への納品に関連する3企業(物流会社・卸店・メーカー)が協調して改善に取り組む。

<目標>

- ・ 物流会社が“優先的に運びたい”と思ってもらえる業界になる
- ・ ドライバーの労働時間を20%短縮し、給与を20%向上させる

<お主な施策>

(ア)ドライバーの労働環境改善によるホワイト物流の実装

- ・ 卸店の入荷待ち時間削減＝卸店に入荷予約システムの導入を依頼
- ・ 卸店での荷下ろし後のドライバー荷役作業撤廃を卸店に要請
- ・ 完全パレット化、アイテム別積み込みなど出荷倉庫の作業改善

(イ)積載効率向上による物流費の抑制と車両の確保

- ・ 共同物流参加会社の出荷実績で最適配車を試算する

- ・ 資産データを元に、卸店と連携して発注曜日を調整する
- ・ 共同化でトレーラーなどの大型車を利用する

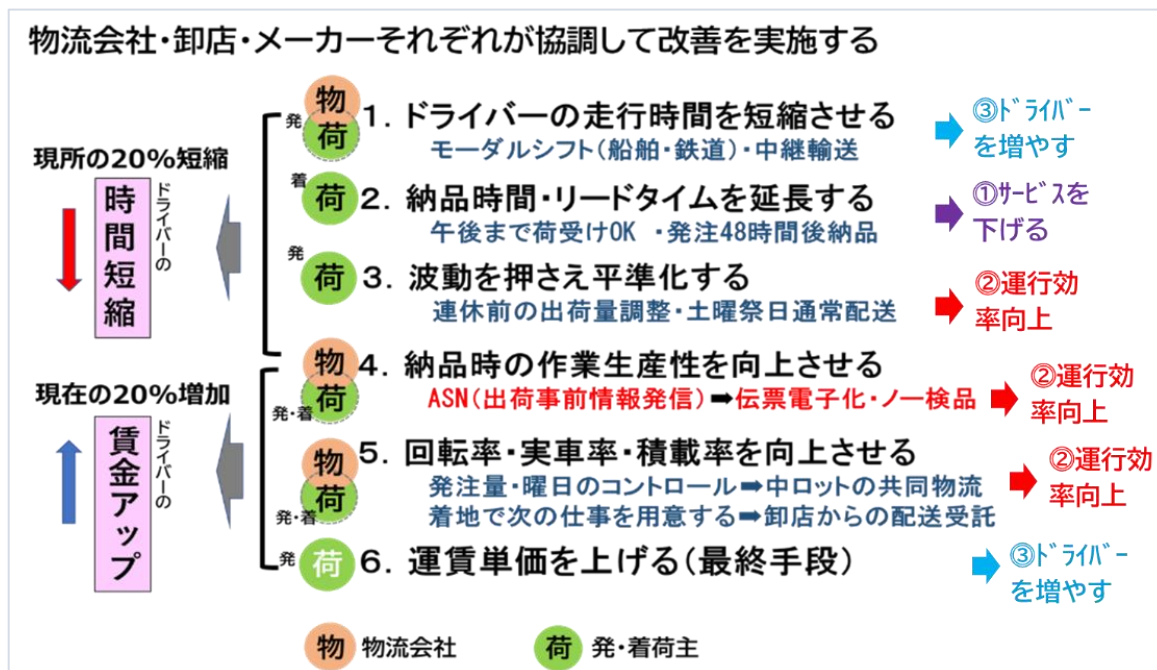
(ウ) SDGs への貢献

- ・ 電子伝票化に向け、卸店への事前出荷情報の EDI 送信
- ・ 伝票仕分け作業の削減、判取り後の確認、保管、紙の廃棄削減
- ・ 段ボールレス、オリコン化に向けた実証実験

(1) アクションプラン

① 現状における現場を中心とした改善活動

3企業(物流会社・卸店・メーカー)が連携し、それぞれが協調することでトラック台数の削減と時間の短縮を行う。(次図の1~6)。



この活動により、物流会社はトラック1台の生産性が上がり収入が増え、CO2削減も期待できる。メーカーは物流費の増加を抑えられ、卸はスムーズな荷降ろしにより、入荷作業の生産性が向上する。

しかし大きな課題は、協調化により「波動を無くし」「リードタイムが延長され」「積載効率が上がり」「トラック使用台数が減れば」、必要車両台数は大きく減少することになる。これにより各メーカーが契約している物流会社を絞り込むこととなる。どの物流会社を選択するか。物流会社側も選ばれる物流会社になるための努力が必要となるだろう。

② システムを中心とした新規の改善活動

今までの受発注・納品の仕組みでは、卸店の発注に対し、品薄・品切れ・偏在在庫などにより、100%の回答は出来ていない。このため着倉庫では、発注した商品が何時・ど

対し、「物流会社が“優先的に運びたい”と思ってもらえる業界」になることを目指す。消費者の皆様に安定した供給を実現するため、協調物流を更に進め続ける方針である。

著者プロフィール

荒木協和(あらかい やすかず)氏

物流会社経営を経て、1994年サンスターループに入社。以後、中間流通物流企画、メーカーの生産物流改革、販売物流企画などを担当。2007年に物流・需給調整・受注・回収管理を統合した SCM 部門を新設。役員としてグループのサプライチェーンを担当する。2009年に適正在庫を目的とした需給調整システムを開発し、60%に在庫を削減。また2012年、日本を含むアジア統括の受注センターをバンコクに立ち上げるなど、グローバルな観点での SCM 最適化に努め成果を挙げている。2017年度には「トラック運送業界における生産性向上に向けた取り組み」が認められ、2018年安倍晋三元総理が総理官邸で開催した、「生産性向上国民運動推進協議会」に呼ばれ発表を行うなど、近年はドライバーの労働改善に向けた「ホワイト物流」の実現に積極的に取り組んでいる。

(2023年9月19日原稿受領:SIC ニュースレターVol.5.10 に掲載)

IV コラム

コラム1 なぜ「システムマネージャー」が必要か？

東京大学・大阪大学名誉教授 木村英紀氏(SIC理事・副センター長)

1. 現代におけるシステムの三つの困難

SIC のこれまでの主張は、日本の社会の各分野におけるシステム化が遅れているのでそれを進めなければならない、ということであった。一方では、我々の生活は無数のシステムで囲まれており、我々の活動はシステムによって支えられている、とも表現してきた。このふたつの主張は一見矛盾しているようであるがどちらも事実である。現代社会ではあらゆる領域でシステム化が進んでおり、現代はシステム化社会であることは紛れもない事実である。しかし我々が身の回りのシステムに満足できていないことも同様に紛れもない事実である。金融、財務、インフラ、医療、安全、技術、教育など社会各分野におけるシステムの故障や脱落は頻繁に発生しており、そのたびに関係する組織や人間は大きな損失を受ける。また、システムの間連携がうまくできていないために不便を強いられることも多い。これらの課題を克服したシステム化、つまりよいシステムの構築と運用を推進することがSICの使命である。よいシステムが具備すべき要件として筆者は次の9項目を挙げている[1]。これらは主として工業製品を想定した要件であるが、人や組織を要素とするシステムでも若干の修正を行えば成り立つ。

- 1 想定された機能を円滑に効率よく達成している
- 2 ユーザを含めた最大多数の関係者が満足している
- 3 構造が簡単で明確に説明できる
- 4 他のシステムと共存共栄し、必要に応じて結合も可能である
- 5 故障が少なく信頼性が大きい
- 6 セキュリティが強固である
- 7 保守が簡単である
- 8 機能や規模の拡張可能性が高い
- 9 構築や運用のコストが低い

問題の核心の一つは、現代ではよいシステムを作ることがこれまで以上に難しくなっていることにある。その理由はいろいろあるがその中心を占めるのは、社会の複雑化に対応してシステムが複雑かつ大規模になっていることである。例えばのちにも触れるみずほ銀行の基本勘定システム「MINORI」は、開発期間が約7年、費用が4500億円と言われているからとてつもない大きさである。こうなるとシステムの全体を一人の人間が詳細に至るまで知ること

はもはや不可能である。そしてそのことがこのシステムの度重なる不具合発生の背景となっている。

もう一つの理由として、ユーザがシステムに求める機能が多様化してきたために、ユーザが本来求める価値に遡及してそれを直截に実現することが望まれるようになってきたことが挙げられる。製造業のサービス業化はこの文脈で生じてきたことである。よく用いられる例として、道具屋が「鉄板に穴をあけるドリルが欲しい」と言われた時、ドリルのカタログを提示する前に鉄板に何のために穴をあけるのかを聞くべきである、という議論である。場合によっては穴の開いた鉄板を購入した方がよいかも知れないからである。その場合、道具屋だけでは用が済まず、より広い選択肢をもつ業者が必要になる。ユーザにとっての「価値」を実現することを使命とするならば、このような多様性への対応がシステム構築の際にも必要になる。そしてこのことがよいシステムを実現することの困難さを増す原因となっている。またテクノロジーの発達は、可能な機能要素の選択とその組み合わせの数を飛躍的に増大させている。それによって選択の幅は増大し、その分よいシステム構築の際の意思決定の難易度は上がる。

以上はシステム構築のフェーズにおける困難さであるが、システムを運用する際の困難さも飛躍的に増大している。システムは構築が完了するとそれを実際に運用する前に様々なテストを行ないシステムが実環境のもとで正常に機能を発揮することが検証される。検証のアイテムは「運用要件」であるがそれが満たされない場合システムは修正される。しかし現代の大規模システムでは運用要件を想定されるあらゆる場合にわたって事前に提示し保障するのは不可能である。実システムでの事故、故障は想定外の事象が起こった場合であり、システムが複雑になればなるほど想定外のことが起こる可能性が大きくなる [2]。先ほど述べた「システム構築における困難さ」に対して、「システム運用における困難さ」が現代のシステムが宿命的に負う困難さである。

すでに述べたように、テクノロジーの急速な発達によって機能要素の選択の幅が大幅に増している。テクノロジーの進歩に応じてハードソフト両面でシステムを進化させていくことが必要になる。そのスピードはますます速くなっている。また目まぐるしく変わるビジネスの環境変動に合わせて、システムを有効に適応させていかなければならない。周囲環境の変動に応じてシステムの要素や構造を更新改良し進化していく可能性は持続可能性のもっとも基本的な要請であり「よいシステム」に不可欠の機能である。定期的な人事異動が行われる日本の企業では特に難しい課題である。40年、50年前の古い言語で書かれたメインフレーム上に作られたシステムの処理に苦しんでいる企業も少なくない。このような事態は今後繰り返すべきではない。「システム構築の難しさ」「システム運用の難しさ」に加えて「システム進化の難しさ」がよいシステム構築における3つ目の難しさである。

以上、現代のシステムが、構築の困難 運用の困難、進化の困難の三つの困難に直面していることを述べた。これに対処するには何をなすべきであろうか？

2. システムマネージャーの必要性

企業でITシステムを作るとき、それを作成するためのプロジェクトチームを編成し、それがシステム構築を担当する。そのチームはユーザ企業のシステム部門と外部のベンダーから構成されるのが普通である。どちらがイニシャティブをとるかはプロジェクトによって異なるが、両者の関係がプロジェクトの成否に深くかかわっていることはすでに多くの事例研究や故障分析で明らかにされている[2]。そこで浮かび上がっている問題が、「構築」と「運用」が切断されていることである。「構築」を引き受けたベンダーは、システムを注文者であるユーザに引き渡すと自社に引き上げる。その際少数の人間をユーザに駐在させる場合もあるが、それは特殊な技術を持ちある専門に特化した人間である場合がほとんどである。構築をリーダ格で担当しシステムの全体を見通すことのできる技術者が後置されることはない。

運用の段階で事故や故障が起こった時、運用を担当している社員が事故の原因がわからずいたずらに時を過ごしその被害をますます増大させてしまった例は枚挙にいとまがない。もしシステムの全体を把握しその機能を熟知し故障が起こる原因を突き止めることが出来れば、迅速に対策を立てて事故の被害の拡大を抑えることが出来るに違いない。そのためには、システムの構築と運用の切断を防ぐこと、すなわち構築において全体の計画に携わり、その全体の構造と運用の要件を十分理解した人間が運用の責任を取ることが必要である。もしそのような全体像を理解しそして構築と運用に際してのドキュメントが整理して保存されていれば、システムの進化にもスムーズに対処できるはずである。システムマネージャーはそのようなシステムの担当者である。

現代の大規模システムは一人の人間が全体を細部まで把握することは不可能となっていることをすでに述べた。「システムマネージャー」にはすべての要素にわたる細部の知識まではもとめない。システムの大まかな構造と各機能要素の働きとそれらの間の関連、そして環境との相互作用の特徴(始動前の機能検証の結果)などを把握し、システムの構築と運用の橋渡しが出来ればよい。システムマネージャーはシステム構築の時はプロジェクトマネージャーの主要なアドバイザーとしてプロジェクトのリーダーシップを取り、運用の段階でもシステムの経営への貢献向上とそのため性能改善の様々な方策を立案実施し、故障の時には先頭に立ってその対策にあたる人間である。当該システムにかかわる運用に全責任を持つ代わりに、事故対応の際は大きな権限を持つ。このような役割を持つ人間が存在すれば、システムに起因する事故は大きく改善されるであろう。

システムマネージャーとはシステムのライフサイクル全体に責任を負う確立された職種である。

3. システムマネージャーに要求されるスキルセット

システムマネージャーはどのようなスキルを持たなければならないか？ これについては現在人材育成協議会で議論しているところであるが、ここではその入り口になるような論点を

提示しておきたい。

システムを構築する場面では、通常のシステム科学技術とプロジェクトマネジメントの技法(例えば2023年度第1回 SIC フォーラム(2023. 3. 6)で紹介された「大和ハウスのCCPMによるITプロジェクトマネジメント」など)が必要である。システムを運用する場面では、想定外のことが起こった場合における迅速な対応がシステムマネージャーの最も重要な責務であり、そのための日常的な実践が必要である。このことを文献[3][4]に述べられている故障対応に即して少し考えてみたい。

2021年の2月に発生したみずほ銀行の勘定系の事故は[3]に詳しく調べられている。その発端は、ある作業でデータの記憶場所をHDから一時的にメインメモリーに変えたことである。両者の容量はご存知のように桁が違う。従って膨大な顧客資料をメインメモリーに移していくうちにそれが飽和し、それがトリガーとなってある地域のATMが作動しなくなった。みずほ銀行ではATMが作動を停止すると顧客が投入した通帳やカードを取り込んでしまい、即時に返却しなくなる仕組みになっていたようである。顧客は投入した通帳やカードが返却されないとパニックになる。これが事態を大きく悪化させたようである。これは運用時の単純ミスから起こった事象であるが、これがさらに波及していった経緯は[3]に詳しい。顧客はATM備え付けの電話から「ATMセンター」にアピールしたが、「ATMセンター」からみずほ銀行のシステム統括部門に故障が通報されたのは事故発生から2時間後であり、みずほ銀行の顧客対応部門が本格的な事故対応に動き始めたのは6時間後である。事故発生があいにく日曜日であったことは不運としか言いようがないが、それにしても対応の遅さには驚かされる。ちなみに「ATMセンター」は外部の4段階の受託を経た下請け会社であった。

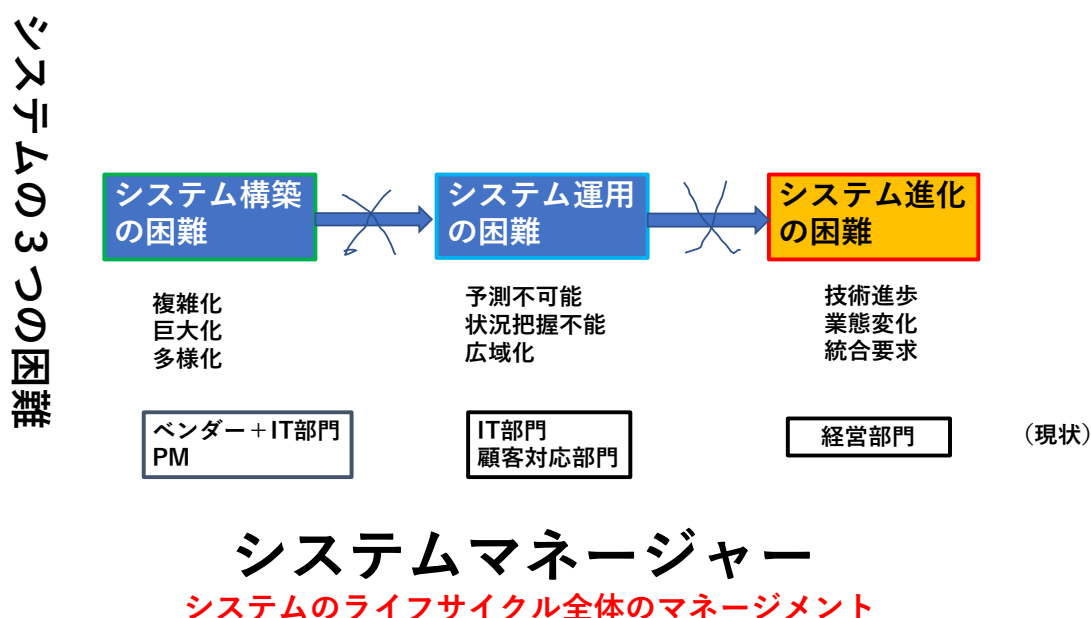
もしシステムマネージャーがいれば緊急の対応(例えばメインメモリーの開放、ATMによるカードの取り込み中止など)が容易にできたはずである。この場合システムマネージャーのスキルとしては、基本勘定系を用いた業務を日常的に感知していること(特に休業時間である日曜日は通常業務以外の時間外業務が入る場合が多い)、それがシステムにもたらす影響を予測推定する能力が必要である。

もう一つの例として少し古いが2011年3月の福島原発事故を考えよう。これについて筆者はほぼ9か月後に出た政府の事故調査・検証委員会(畑村洋太郎委員長)の中間報告に即してエッセイを書いている[4]。いろいろな錯誤と誤謬が重なり合っただけでなく、あのような大きな事故に発展してしまったのであるが、世間の受け取り方と異なり福島第一原発では事故を想定したマニュアルが完備し、それに基づいた訓練をたゆまず行っていたとのことである。事故のひと月前にも訓練が行われていたそうである。問題は、その訓練が事故に関する情報が完全に得られているとの仮定の下に行われていたことである。具体的には各炉の状態(温度、圧力、線量など)のデータが得られていることを仮定した故障対策であった。具体的には各炉の制御室のセンサーと通信路が完全に機能していることを前提とした対応マニュアルであった。

よく知られているように、電源が破壊され3号炉を除いてはセンサー情報が集約されている制御室の機能は停止していた。従って実際に各炉がどのような状態になっているかは分か

らなかった。そのような状況の下での対応の訓練は行われていなかったようであり、的確な処置を行うことは出来なかった。ただ、敷地内に置かれた線量計は働いていたし、3号炉の計測結果は出ていたのでそこから他の炉の状況を推定ある程度推定できたはずであるが、そのような方策は取られなかったようである。測定可能なデータから測定不可能なデータを推定することは、状態推定の王道である。想定外の事故が発生した時は観測データの多くの部分が採取不能になっていることは当然考えられる。従って可能な部分的測定データから事態を分析し何が起こったかを推定することは直ちに行われなければならない。そして状態推定はシステム科学の中核に位置する知の領域であり、システム運用のリーダーであるシステムマネージャーのスキルセットの重要な部分である。

下図はシステムマネージャーの役割を図示したものである。



4. むすび

本稿で提案したシステムマネージャーの概念はまだ萌芽的なものであり、これを一つの独立した職種として産業界に定着させるには検討すべきことが多く残されている。今後 SIC の戦略提言のなかでも SIC の主要な主張として取り上げていきたい。

なおシステムマネジメントの類似の概念として「プロダクトマネジメント」がある。この言葉はかなり前から一部の人の間で議論されており、その役割も定式化されている。「プロダクト」とは工業製品のことであるが、これをシステムに置き換え、工業製品にかわってシステムの性質をその役割の中で具現していけばほとんどそのままシステムマネジメントとして通用するかもしれない。工業製品のライフサイクルマネジメントは環境保護の視点から重視されて

きたが、システムにおいてもその故障や事故が頻発し、レガシー問題が深刻化している現在、その重要性は言うまでもない事であろう。SIC において活発な議論が行われることを期待したい。

参考文献

- [1] 木村「現代システム科学概論」 p21、東大出版会;2021
- [2] IPA 編「情報処理システム高信頼化教訓集:IT サービス編」 情報処理推進機構 社会基盤センター;2020.3.16
- [3] 日経コンピュータ「ポストモーテム、みずほ銀行システム障害事後検証報告」、日経BP;2022
- [4] 木村「不確かな情報の下での原発事故に対処するための意思決定モデル」、日経BP;2012. 5 .21 号

(2023年6月4日原稿受領:SIC ニュースレターVol.5.6 に掲載)

コラム2 プラットフォームとシステム

東京大学・大阪大学名誉教授 木村英紀氏(SIC理事・副センター長)

<プラットフォームとは何か？>

最近「プラットフォーム」という言葉を耳にすることが多くなった。昔はプラットフォームと言えば駅の「ホーム」のことであったが、今は DX と絡んでいろいろな意味で使われている。SICでも「プラットフォーム上にエコシステムを構築する」ことは齊藤裕前センター長がよく口にされていた一つの合言葉である。しかしDXの文脈でこの言葉が何を意味するかは正確には捉えにくい。

GAFAM を「プラットフォーマー」と呼ぶことはすでに慣例となっている。しかしその理由が、GAFAM がプラットフォームの利用者であるからか、開発者であるからか、ははっきりしていない。おそらく両方なのであろう。ちなみに、欧米で「プラットフォーマー」というのはゲームのある種のカテゴリーである。おなじみのスーパーマリオブラザーズは典型的なプラットフォーマーゲームである。正確な意味を確定せずに多用するのは混乱の原因となる。ここでプラットフォームをどのようにとらえたらよいかについての筆者の私見を述べてみたい。

ものづくりの分野ではプラットフォームという言葉は昔から使われていた。よく知られた例は自動車業界である。自動車でプラットフォームと言えば台車のことである。4つの車輪を取り付けた車体の底部である。この部分は自動車であれば構造と機能がほとんど変わらないので、共通の製法で大量に製造することが出来る。車種の違いによって多少は変わるが、多くの車種で共有することが出来る部分である。このように変種の多い製品のなかで共通性を持つ基盤的な部品をプラットフォームと呼んだのがこの言葉の原義である。プラットフォームの抽出により生産工程は簡略化されコストを下げる事が出来る。

これは自動車に限らずあらゆる工業製品の生産に通用する考え方である。例えばコンピュータの「マザーボード」は CPU やメモリーなど様々な部品を結びつける基盤で、プラットフォームの一種である。工業製品のシステムとしての機能が複雑化し多様化するプロセスで必然的に生み出されてくるものといってよい。少し複雑なシステムであれば必ずプラットフォームが抽出されている。ただし、プラットフォームという言葉が使われているかどうかは分からない。

現在のプラットフォームブームは、IT の発達によって産業技術の主体が工業製品からサービスにシフトしたからであろう。サービスのプラットフォームの典型はコンピュータの OS である。OS はその名の通り、人が「オペレータ」としてコンピュータ周りでやっていた様々の定型的な共通作業をプログラムとしてライブラリー化したものから始まった。今ではその部分は「カーネル」と呼ばれ OS の主要部分として残っている。また ERP などの業務用のパッケージソフト

も、それを基盤としてカスタマイズされた各ユーザの業務システムから見るとプラットフォームと呼んでいいだろう。

車体プラットフォームはもちろん自動車メーカーが所有し外部に公開されていないので、外部の人間が利用することは出来ない。例えば、日産の車体にトヨタのエンジンを載せた車を作ることはできない。従って「クローズド」なものである。作成者も単一企業で利用者も単一企業、すなわち1対1のプロセスである。一方マザーボードは計算機メーカーのノウハウをオープン化した商品であり、それを購入して自分の好きな計算機を作ることが出来る。インテルは自社のマザーボードを率先してオープン化することによって自社の CPU のシェアを広げること成功し、その巧妙な「オープン=クローズド戦略」が一時話題になった。オープン化が需要を刺激し拡販をもたらしたのである。

プラットフォームのオープン化は80年代からアメリカで採用され日本も追随した「プロパテント政策」の弊害を意識したもので、「オープンイノベーション」の流れに沿ったものであるが、その背景にはますます複雑で大規模なシステムが産業技術の主役に躍り出たことがある。

マザーボードのオープン化は、コンピュータの素子の個数が増えそれらの性能が上がり機能が多様化することによって素子間の電磁的なカップリングが計算機の性能に直接影響を与えるようになったことがその背景にある。それを考慮して部品が最適に配置されるマザーボードの設計が必要になったのである。これは先端的なシステム技術を必要とする難しい課題であった。当時その技術のトップを走っていたのはインテルであった。このように、プラットフォームの構築には高度の技術が必要になる場合が多い。

プラットフォームが工業製品やサービスから抽出分離されるとそれを構築する工程が簡略化されるだけでなく、製品やサービスの仕組みを分かりやすく提示することが可能となる。またプラットフォームのオープン化によって企業間での共有が可能であり、それによってスケールや機能を拡大することが出来る。複雑化大規模化するシステムにとっては、プラットフォームを取り出すことは、その進化のためには避けて通れない道と言ってよい。そしてひとたびプラットフォームが出来上がるとそれをベースに新しいターゲットが生み出され、それを達成する技術が生まれイノベーションに結びついていく。プラットフォーム自体も技術の進歩とともに進化していく。プラットフォームと周辺技術の相互の発展は、システムの時代の新しい技術発展の形になろうとしている。

プラットフォームを抽出するには工業製品やサービスをシステムとして考察することが何よりも必要となる。そのための手法として昔からあるシステムの構造解析の手法である「設計構造行列(DSM)」[1]を使うことができる。DSMは、製品を構成する部品やサービスの手順の間の関係を行列の形で表現するもので、その中でお互いに密結合でそれ以外とは粗結合をもつクラスターを取り出すことが出来ればそれがプラットフォームの候補となる。このような方法でプラットフォームを抽出した例を筆者は知らないが、DSMを拡張することによって十分可能であると思われる。

<クローズドからオープンへ>

先に述べた車体プラットフォームは一つの企業内で「クローズド」している。製作者も利用者も同一企業の内部で「1対1」の閉じた関係にある。一方マザーボードはユーザへ商品として公開されているから「オープン」である。しかし作成したのは単一の企業であるから、メーカーは「クローズド」である。従って「1対多」の関係にある。

今後ますます複雑大規模になるシステムでは、プラットフォームの作り手も「オープン」にならざるを得ないと思われる。異分野に越境し業種の壁を超えるシステムのプラットフォームは、一企業では到底作ることが出来ない深さと広がりとして高度な技術が必要になると予想している。例えば「エネルギーマネージメント」を行う社会システムは、現代社会の要請にこたえるためには「モビリティ」の動向を踏まえる必要がある。従って関連する社会システムのプラットフォームの抽出はエネルギー分野とモビリティ分野の共同作業にならざるを得ない。「防災」のための社会システムも「ロジスティクス」や「通信」のセクターとの共同作業が必要となるであろう。つまりプラットフォームの抽出はオープンな業種間の共同作業とならざるを得ない。つまり作成者と利用者は多対多の関係にある。以上をまとめると以下ようになる。

- | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------------|
| 1期 | クローズド | 作成者 1 | 利用者 1 | (例)車台 |
| 2期 | オープン | 作成者 1 | 利用者 多 | (例)マザーボード |
| 3期 | 両オープン | 作成者 多 | 利用者 多 | (例)サプライチェーン |

実は巨大なプラットフォームであるインターネットも同じような経路をたどって発展してきた。1対1の時代は電子メールの時代に対応している。1対多はブログやホームページの時代である。そして多対多は SNS や仮想通貨(暗号資産)の時代である。この三つのインターネットの時代区分はそれぞれ Web1, Web2, Web3 と呼ばれている。その響に倣うと、プラットフォーム1, プラットフォーム2, プラットフォーム3という言い方も可能かもしれない。

今はシステムの時代である。あらゆる社会セクターで大小さまざまなシステムが構築されその働きによって我々の生活は支えられている。その中には古いシステムもあれば新しく作られたシステムもある。円滑に機能を果たしているものもあれば、繰り返し故障を起こし人々に迷惑を掛け続けているシステムもある。プラットフォームがはっきりしているシステムもあればそうでないシステムもある。ほとんど同じ機能を持つシステムが並行して別組織で運営されている場合もある。まさにシステムの時代である。

人や組織が入手できる情報は急速に増すことになる。人々や組織は、常に意思決定を行いつつあるが、その意思決定をなるべく最適に行おうとするとそこで利用する情報量も自然に増しつつある。使う情報量が増えるとシステムの間結びつきが生まれる。これがシステムの拡大と複雑化を促す根本的な原因である。それによって各システムが保有するデータも増大する。その有効な流通と利用はシステムに関連する最も重要な課題である。システム相互の結びつきはプラットフォームの結びつきに最終的には還元される。各セクターの社会システムのプラットフォームを機能と構造で類型化したマップをセクターごとに描いていくことは、SIC

の重要な使命と思われる。

参考文献

[1]C.Y.Baldwin, *Design Rules*, MIT Press;2000

(2023年11月30日原稿受領:SIC ニュースレターVol.5.12に掲載)

V SIC役員一覧(2023年度)

代表理事・センター長	浦川 伸一	損害保険ジャパン株式会社 顧問 SOMPO システムズ株式会社 会長
理事・副センター長	木村 英紀	東京大学名誉教授 大阪大学名誉教授
理事・実行委員長	松本 隆明	元・独立行政法人情報処理推進機構 顧問
理事・学術協議会主査	青山 和浩	東京大学大学院工学系研究科人工物工学センター 教授
理事	齊藤 裕	独立行政法人情報処理推進機構 理事長 DADC センター長
理事	島田 太郎	株式会社東芝 取締役 代表執行役社長 CEO
理事	服部 正太	株式会社構造計画研究所 取締役 代表執行役会長
理事	人見 光夫	マツダ株式会社 シニアフェロー イノベーション
理事	船生 幸宏	横河電機株式会社 常務執行役員 (CIO)
理事	古田 英範	富士通株式会社 代表取締役副社長 COO
理事	水落 隆司	三菱電機株式会社 執行役員 ビジネスイノベーション本部副本部長
理事	久間 和生	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 理事長
理事	岡本 浩	東京電力パワーグリッド株式会社 取締役 副社長執行役員
監事	船橋 誠壽	元・特定非営利活動法人横断型基幹科学技術研究団体連合 理事

(参考)

顧問	立松 博史	株式会社野村総合研究所 顧問
----	-------	----------------

VI SIC正会員一覧(2023年度)

SCSK 株式会社	NTT コムウェア株式会社
株式会社NTTドコモ	株式会社クエスト
株式会社構造計画研究所	株式会社JSOL
株式会社テクノバ	株式会社東芝
株式会社ニューチャーターネットワークス	株式会社野村総合研究所
株式会社日立国際電気	株式会社日立産業制御ソリューションズ
株式会社日立システムズ	株式会社日立製作所 研究開発グループ 社会システムイノベーションセンタ
株式会社三井住友銀行	損害保険ジャパン株式会社
東京ガス株式会社	東京電力パワーグリッド株式会社
日鉄ソリューションズ株式会社	日本郵船グループ株式会社MTI
ファナック株式会社	富士通株式会社
マツダ株式会社	三菱重工業株式会社 デジタルイノベーション本部
三菱電機株式会社	横河電機株式会社
ロジスティード株式会社 (旧日立物流株式会社)	

2023年12月末日現在(五十音順)

SICニュースレター「論説」集(第4巻)(2023年度掲載分)

発行者 : 一般社団法人 システムイノベーションセンター(SIC)
代表理事・センター長 浦川伸一
2024年1月22日発行 非売品

編集者 : SIC実行委員 中野一夫(構造計画研究所)

事務局 : 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-12-7 ストック新宿 B-19 号
URL: <https://sysic.org> E-mail: office@sysic.org Tel.Fax: 03-5381-3567
