

# 令和6年度 産業と技術の比較研究 報告書

## デジタル・トランスフォーメーション（DX）の分析（III）

### —事例研究と分析フレーム構築—

令和7年5月

一般財団法人 商工会館

< 産業と技術の比較研究会 委員 >

座 長 児玉 文雄 東京大学名誉教授

委 員 岡松 壯三郎 (一財)商工会館前理事長

委 員 加納 信吾 東京大学大学院教授

委 員 柴田 友厚 学習院大学教授

委 員 馬場 康志 昭和女子大学教授

委 員 藤盛 紀明 NPO 国際建設技術情報研究所理事長

委 員 玄場 公規 法政大学経営大学院教授

委 員 鈴木 潤 政策研究大学院大学教授

まえがき

2023 年度は、日本経済新聞等で公表されている D X の導入事例の中から、研究会メンバーの討論を通して、特徴的だと思われる事例を選択し、直接開発した企業の担当者にヒアリングした。

欧米の文献調査によると、DX の進化は、次の 3 段階を経緯することが報告されている。第一段階は、D X の導入により生産性の向上が実現される。第 2 段階は、新しいビジネスモデルの開発を誘発する。第 3 段階は、新しい産業の創出に結びつく。

そこで、2024 度は、昨年の事例データベースの中から、3 段階のそれぞれに該当する事例を選び出し、開発担当者にヒアリングを行い、D X の発展段階による特徴を明らかにした。

2025 年 5 月

児玉文雄

## 目 次

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 第 1 章 「DX with Disruption」を生み出す競争環境変化 .....  | 1   |
| 第 2 章 特許分析から見た DX のサイクル –メタバースをケースとして– ..... | 13  |
| 第 3 章 半導体露光装置メーカーASML 成長の契機.....             | 26  |
| 第 4 章 電力データを利用した 2 つの DX アプローチ .....         | 35  |
| 第 5 章 まちづくりと DX –DX の適用範囲– .....             | 53  |
| 第 6 章 DX によるビジネスモデル変革の重要性.....               | 92  |
| 第 7 章 地球温暖化問題 再考 .....                       | 102 |



## 第1章 「DX with Disruption」を生み出す競争環境変化

馬場 康志

### 1.1 はじめに

「デジタル・トランスフォーメーション」(以下、DX と呼ぶ) という用語は、国内では 2020 年頃よりよく使用されるようになってきた。しかし、どのような現象を DX と呼ぶかについては国内と海外で考え方が異なり、馬場 (2024) は海外の文献調査を踏まえて DX の定義を整理し、国内で DX であると報道されている事例の約 2 割しか、海外の定義では DX に該当しないと分析した。しかし、この約 2 割の DX 事例の中には、企業が自社の事業ドメイン外に新たなビジネスモデルを生み出し、そこへ業界外からも新規参入が発生することで、結果として新しい市場が創出される可能性がある事例が含まれることも、同時に示された。

企業が新たなビジネスモデルを生み出そうとするとき、蓄積してきた技術やノウハウなど自社の強みを生かし優位性を発揮するため、自らの事業ドメイン内で検討するのが合理的と考えられる。なぜ一定のリスクを負ってでも、自らの事業ドメイン外で DX に取り組もうとするのか、その行動の背景にはどのような外部環境・競争環境の変化があるのか、それを明らかにすることが本稿の目的である。

### 1.2 先行研究

馬場 (2024) は、Verhoef et al. (2021) による DX の理論的概念に関する文献レビュー結果を踏まえて、デジタル技術によるビジネスプロセスの革新について、以下のような 4 段階を定義した。

#### Phase.1: Digitization

価値創造・提供のための一部のプロセスが、デジタル技術により効率化・低コスト化している (アナログ情報のデジタル情報への変換を含む)

#### Phase.2: Digitalization

価値創造・提供のためのプロセス構造が、デジタル技術により変更され、効率化・低コスト化だけでなく、追加の顧客価値を生み出している

#### Phase.3: Digital Transformation

デジタル技術により、企業や産業にとって新しいビジネスモデルが開発され、新たな顧客価値が創造されている

#### Phase.4: Digital Transformation with Disruption

DX により開発されたビジネスモデルが、当該分野の参入障壁を下げ新規参入を招いて

既存の産業を破壊し、新たな産業を創出する可能性がある

このうち、Phase.1 と Phase.2 については、既存のビジネスプロセスの一部をデジタル技術により代替するか、あるいはプロセス構造を一部変更することで、主に効率化と低コスト化を実現するものである。新たな顧客価値の創出を主たる目的としないことから、海外の文献ではこれらを DX とは見なさない場合が多い。

一方で、Phase.3 からは新たな顧客価値の創出を目的として、デジタル技術により新しいビジネスモデルの開発を試みる。通常の企業活動でこのような新規ビジネス開発を検討する場合には、企業がそれまで蓄積してきた技術やノウハウなど自社の強みを活かして優位性を確保するため、自らの事業ドメイン内で検討するのが合理的と考えられる。

例えば、味の素は創業以来、うま味調味料開発を起点に研究を進め、アミノ酸分野の知見を蓄積してきた。それら蓄積してきたデータをもとに、血液内のアミノ酸バランスをビッグデータ解析し、がんや心筋梗塞、糖尿病などの病気になるリスクを算出するサービスを、2011 年から医療機関向けに提供している（日本経済新聞, 2021b）。食品開発・製造を事業ドメインとする企業が、医療分野の検査サービスという新たな事業ドメインで、デジタル技術を活用してビジネスモデルを開発した例だが、アミノ酸に関する高度な知見が必要な領域を対象とすることで、自社の強みを発揮できるように検討されている。

しかし、馬場（2024）が Phase.4 を設定したように、デジタル技術によって新たに生み出されたビジネスモデルが、多くの新規参入者を呼び込み、既存の産業を破壊（Disrupt）して、新たな産業を創出する可能性も考えられる。

過去に発生した代表的な例のひとつはデジタルカメラで、1970 年代から写真産業の最大手 KODAK によって最初期の開発が行われたが、1990 年代になり機能・価格が銀塩カメラに接近すると、SONY、CASIO、Panasonic など多数の企業が参入した。さらに、デジタルカメラはクラウドや SNS などと結びつくことで全く新しいビジネスモデルを形成することになり、KODAK が主たる事業ドメインとしていたフィルム・銀塩カメラによる写真産業は破壊され、KODAK 自身も破綻することになる。

### 1.3 Phase.4 の DX 事例

馬場（2024）は、日本経済新聞社の DX 事例の連載企画「DXTREND」において、2020 年 4 月～2023 年 5 月の期間に掲載された掲載記事から 34 本を無作為抽出し、記事が紹介する事例が Phase.1 から Phase.4 のどの段階に該当するかを分析し、5 件が Phase.4 に該当すると判定している。

その中の 1 件は、日本特殊陶業が 2021 年 5 月に開始した新サービス「ドクターリンク」である。日本経済新聞（2021a）によれば、このサービスに加入した車オーナーは、同社が開発した装置を車に取り付けることで、車載電子制御ユニット（ECU）の各種データを、スマホアプリを経由して同社のクラウドサーバーに送ることができる。データからは、走行距離・時間のほか、急発進・減速の回数、週当たりの利用回数などが割り出され、これら情報

が整備工場と共有されることで、車オーナーは部品交換や定期点検の提案を受けることができる。

日本特殊陶業はスパークプラグの分野で世界トップシェアを占める企業だが、「ドクターリンク」は自動車部品全般に関する情報を扱う IT サービスであり、この種のサービスにおいては、大手自動車メーカーや自動車部品メーカーに対して、特に競争優位性があるとは考えられない。むしろ、ECU には自動車メーカー特有の情報も格納され他社が扱うことができないものもあることから、大手自動車メーカーが同種のサービスを開始し顧客囲い込みの手段とするビジネスモデルの方が有効とも考えられる。また、全国に整備拠点を展開する大手中古車販売や大手石油製品販売（ガソリンスタンドなど）が同種のサービスを開始し、「ドクターリンク」に参加する中小整備工場に対抗することも考えられる。

このように、「ドクターリンク」のような全く新しいビジネスモデルが、自動車部品製造以外の異業種からの新規の参入を招き、場合によっては「ドクターリンク」自体や、自動車整備を専業とする中小工場からなる産業を破壊する可能性もあることから、この事例は Phase.4 と判別している。

上記のようなリスクについて、日本特殊陶業も十分理解していると考えられるが、それでもなお Phase.4 の DX に取り組む理由は何であろうか。日本特殊陶業の業績を確認すると、2020 年 3 月期から 2024 年 3 月期の連結売上の年平均成長率（CAGR）は 9.59%と非常に大きく、営業利益率も 2024 年 3 月期で 17.5%と製造業としては非常に高いなど、直近の業績は極めて好調であり、業績改善が Phase.4 の DX に取り組む理由ではないと考えられる。

一方で、本事例を紹介している日本経済新聞（2021a）には、下記のような記載がある。

日特にはガソリン車部品に依存する事業構造への危機感がある。点火プラグなどは電気自動車（EV）の普及で 30 年代には需要が頭打ちになる可能性があるとする。業界の EV シフトが加速し、環境は厳しさを増す。

日本特殊陶業の 2024 年 3 月期有価証券報告書によれば、連結売上の 82%を自動車関連セグメントが占めており、その内容は「スパークプラグや排気ガスセンサ等（中略）の製造販売」としていることから、今後長期的な EV シフトによるガソリンエンジンの減少は、同社の主たる事業ドメインに対して破壊的な影響を及ぼすことが理解できる。

なお、上記引用部において「可能性があるとする」としているのは、日本経済新聞の取材で得られた日本特殊陶業側の見解とみられるが、実際 2024 年 10 月に筆者が同社にヒヤリングを実施した際にも、同様の見解を得ている。

このように、企業がリスクを伴う Phase.4 の DX に敢えて取り組む理由が、事例紹介記事に記載されており内容もかなり信頼できて、それが直近の経営課題ではなく、長期的な外部環境変化が企業の主たる事業ドメインにおよぼす影響に基づく場合があることを、この事例は示している。

## 1.4 仮説

日本特殊陶業以外の Phase.4 の事例として、馬場（2024）では三菱地所が丸の内のオフィス街に顔認証などのセンサーを設置し、テナントとして入るレストランやショップ、医院などに、人流データや会員認証サービスなどを提供して、自社物件の付加価値にしている例を取り上げている。

この事例も、三菱地所のような不動産業だけでなく、大手 IT 企業や携帯キャリアなども参入可能なビジネスモデルであるが、この事例を紹介した日本経済新聞（2021c）では、三菱地所が手掛ける理由を以下のように記述している。

三菱地がデータを活用するまちづくりを急ぐのは、コロナ下で不動産業界が揺れているためだ。直近 1 年の株価上昇率は 4 割の三井不動産に比べ、三菱地は 1 割超にとどまり、日経平均株価（3 割）の伸びより小さい。オフィス賃貸比率が高い点などが嫌気される。

コロナ禍により普及したリモートワークが、オフィス賃貸事業に及ぼす脅威については、筆者も 2024 年 11 月および 2025 年 2 月に同社にヒヤリングし確認している。

日本特殊陶業と三菱地所の Phase.4 の DX 事例に共通するのは、EV やリモートワークの普及など、破壊的イノベーションにより現在自社が主力とする事業ドメインが強く影響を受けると判断して行動を起こしている点である。したがって、以下のような仮説を設定できる。

**(H1) Phase.4 の DX は、自社が主力とする事業ドメインに、破壊的イノベーションなどの外部環境変化が大きく影響すると予想される場合に発生する**

これが Phase.4 の DX に固有の現象であることを確認するためには、他の Phase と比較する必要がある。馬場（2024）は、サンプルとした 34 事例のうち 16 事例が Phase.1（Digitization）に該当し、4 つの Phase 中最も多いとしている。

馬場（2024）は、ニトリがブロックチェーンを活用して物流を効率化したという事例や、カインズが業務アプリの内製化によりサービス改善を迅速化したという事例を Phase.1 と判定しているが、これら事例の出典である日本経済新聞（2020a）、日本経済新聞（2020b）には、背景となった外部環境変化について記載がない。

また、すかいらーくが配膳ロボットを活用しているという事例や、日立物流が陸海空の物流業者で輸送計画などの情報を共有することで物流を効率化したという事例も Phase.1 と判定しているが、これら事例の出典である日本経済新聞（2023）、日本経済新聞（2022）では、外食業界や物流業界における人手不足が背景にあると指摘している。したがって、H1 と対比するかたちで以下のような仮説を設定する。

(H2) Phase.1 の DX は、人手不足などマクロ的な外部環境変化に対応した業界内の競争や、特に外部環境変化に対応したものではない新規事業開発などの場合が多い

### 1.5 データと分析方法

分析対象とするデータとしては、日本経済新聞社の連載「DXTREND」を使用する。「DXTREND」は、各分野の有力企業の DX 事例について紹介する連載で、2020 年 4 月から 2024 年 1 月までの間に計 131 記事が掲載された。

このうち、複数記事で 1 事例を紹介しているものは 1 つにまとめ、さらに記事内容が人材育成のような間接業務に関わるものや、特定技術が複数社に採用されたといった技術動向に関わる記事など、特定企業の DX 事例に関するものでない記事を除いた 111 本を分析対象とする。

分析方法は、以下の通りである。

- ① 111 事例を、2 章に示した馬場 (2024) の基準により Phase.1 から Phase.4 に判定し、
- ② 全ての Phase.4 事例と、Phase.1 について Phase.4 と同数の事例を無作為に選んで、
- ③ 記事中に、企業が DX に取り組む理由となっている外部環境変化についてふれられていれば、その内容がポーターの「5-Force」のどれに該当するかを判定する（記載がない場合は「記述なし」と判定）
- ④ 判定結果について、Phase.4 と Phase.1 で比較する

ポーターの「5-Force」とは、Porter (1980) によって示された、業界の競争状況を決定する 5 つの要因を指す (図 1)。

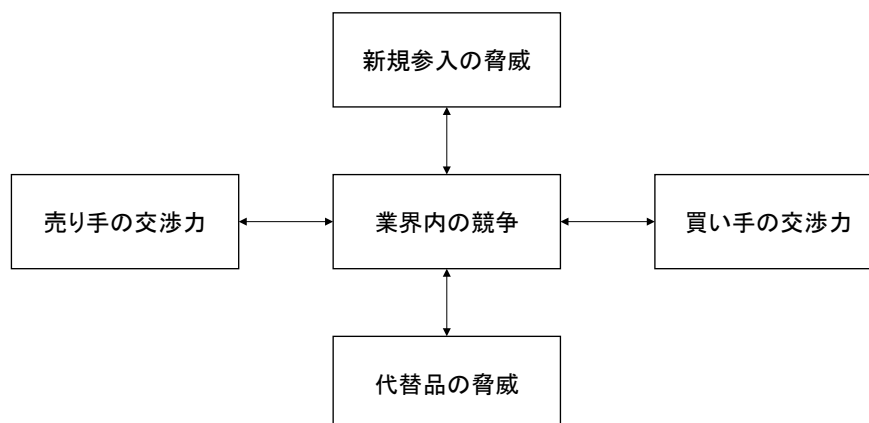


図 1-1 ポーターの「5-Force」

この「5-Force」は、企業・業界を取り巻く外部環境を、競争環境と捉えて分析する際に多用されるフレームワークだが、少子高齢化などマクロ的变化についてはどの要因変化と見なすか、分析にあたって解釈を整理しておく必要がある。

今回の分析においては、少子高齢化が業界内の就労者の不足を招いている場合は、これをめぐって業界内の人材争奪戦が強まるという観点から、「業界内の競争」要因とみなす。一方、少子高齢化が商品・サービスの購買層の減少を招いている場合は、「買い手の交渉力」要因と見なす。また、電力自由化といった制度変更や、価格や広告に関する業界特有の規制変更などについては、企業から買い手へのアクセスを制度的に制約し、買い手を保護する側面があることから「買い手の交渉力」要因と見なしている。

## 1.6 分析結果

### 1.6.1 各事例の Phase 判定結果

分析対象とした 111 本の記事について、該当 Phase を判定した結果を表 1、図 2 に示す。

表 1-1 DX 事例の Phase 判定結果

| Phase判定結果   | 事例数 | 割合    |
|-------------|-----|-------|
| Phase 1～1.5 | 45  | 40.5% |
| Phase 2～2.5 | 33  | 29.7% |
| Phase 3～3.5 | 14  | 12.6% |
| Phase 4     | 19  | 17.1% |
| 総計          | 111 |       |

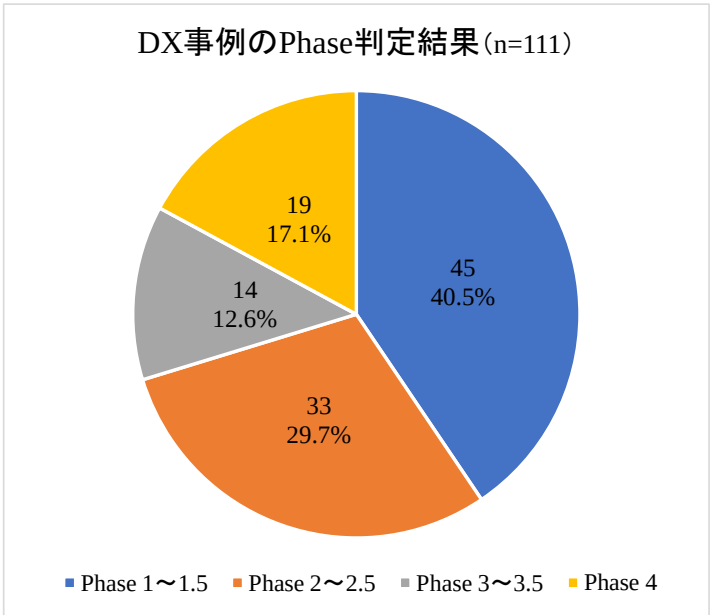


図 1-1 DX 事例の Phase 判定結果

馬場（2024）における判定と同様に、Phase.1にとどまらず Phase.2 の一部定義に合致し

ているが完全には合致していないような事例に関しては、Phase.1.5 と判定している。Phase.4 と判定した事例は 19 件で全体の 17.1%であり、34 件の無作為サンプルにより判定した馬場（2024）の Phase.4 比率 14.7%と概ね整合している。

### 1.6.2 各事例の競争環境変化の判定

Phase.4 と判定された事例が 19 例であったことから、Phase.1～1.5 の事例 45 件中、Phase.1 と判定された 37 件から、単純に掲載日が過去のものから順に 19 件を選択した。これら Phase.4・Phase.1 それぞれ 19 件について、記事内の競争環境変化に関する記載を確認し、図 1 の「5-Force」のどれに該当するかを判定した。結果を図 3 に示す。

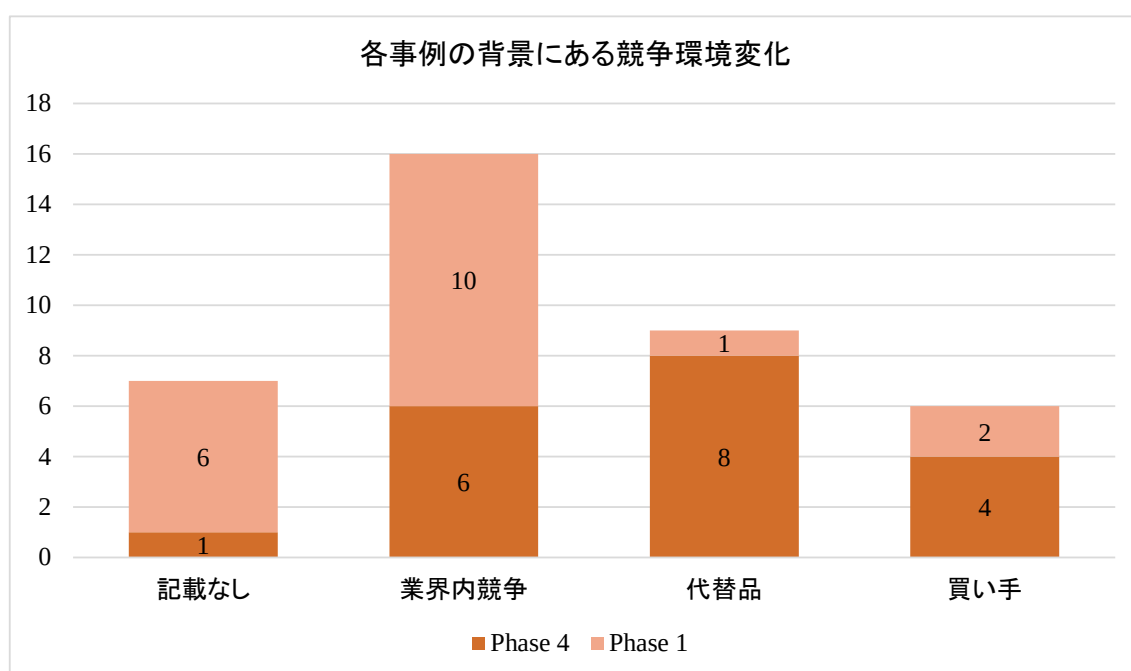


図 1-2 DX 事例の背景にある競争環境変化

なお、Phase.4・Phase.1 全事例の掲載日・企業・DX 内容・競争環境変化・5-Force 判定については、付録の表に掲載する。

Phase.4 については、「代替品の脅威」が最も多く、記載された「代替品」としては、4 章でふれた EV、リモートワークに加え、動画配信、自動運転など破壊的イノベーションと見なせる要因が多いことから、仮説 H1 は概ね支持されたと考える。ただし、「代替品の脅威」の 8 件は下回るものの、「業界内の競争」「買い手の交渉力」も相当数が認められることに注意が必要である。この点については次章で考察する。

また、Phase.1 については、FA（ファクトリーオートメーション）、化粧品、鉄鋼などの分野における国内・海外企業との競争激化や、建設業・物流業などにおける人手不足に対応した「業界内の競争」の該当事例が最も多い。また、競争環境変化の記載がなく、単純に業

務効率化やコスト削減などを目的とした事例も次に多く見られた。これら判定結果から、仮説 H2 も概ね支持された。

## 1.7 考察

前章の分析において、Phase.4 の DX の背景として「代替品の脅威」の他にも、「業界内の競争」「買い手の交渉力」も相当数が確認できた。

「業界内の競争」としては、海外市場での競争の激しさを指摘する記載が複数見られた。例えば、日本経済新聞（2020d）によるダイキンの事例では、競争環境について以下の記載がある。

英ユーロモニター・インターナショナルによると、家庭用エアコンの世界市場（19 年の数量ベース）のシェアでは中国の珠海格力電器（18.6%）と美的集団（17.2%）が首位を争い、日本勢はパナソニックが 4.6%で 6 位。単純な冷やす機能でみるとコモディティー化が進んでいる。

また、日本経済新聞（2021d）によるコマツの事例では、競争環境について以下の記載がある。

海外の建機事業は米キャタピラーなどとの競争が激しい。アジアでは安さで攻める中国の三一重工がシェアを高めており、コマツも近く中価格機の投入を予定している。

一方、「買い手の交渉力」としては、5 章で述べた業界規制や制度の変更に関する記載がいくつか見られた。例えば、日本経済新聞（2020c）によるアステラス製薬の事例では、以下の記載がある。

製薬会社は従来、患者と直接接する機会は少なかった。（中略）薬の効能を消費者に直接広告で訴えられない業界の規制もある。

また、日本経済新聞（2021e）による関西電力の事例では、以下の記載がある。

電力自由化の一環で関電は 2020 年に送配電事業を関西送配電として分社化した。主な収入は送電網の使用料だが、省エネによる電力需要の低下などで伸び悩む。20 年度に 608 億円あった経常利益は 25 年度に 500 億円台に落ち込む見通しであり、新たな収益源の確保が急務となる。



このように、企業が主力とする事業ドメインについて、破壊的イノベーションによる縮小圧力や、海外市場での競争激化とシェア伸び悩み、そして業界規制や制度の変更に対する対応力の限界などに直面するとき、企業はリスクを冒してでも Phase.4 の DX に乗り出す場合があることが、今回の分析により判明した。

## 1.8 おわりに

本稿では、馬場（2024）が指摘した Phase.4 の DX（DX with Disruption）、即ち開発された新たなビジネスモデルが、外部からの新規参入を招いて既存の産業を破壊し、新たな産業を創出する可能性をもつようなタイプの DX に、自らも破壊されるリスクを負いながらも企業はなぜ取り組もうとするのか、事例分析により考察した。

企業は通常、蓄積してきた技術やノウハウなど自社の強みを生かして、自社が主力とする事業ドメイン内で DX を検討するのが合理的と考えられる。しかし、破壊的イノベーションなどの「代替品の脅威」により主力事業ドメインに縮小圧力がかかっている場合や、市場競争や制度・規制の変更などにより成長の限界を考えざるを得ない場合に、敢えてドメイン外に新たなビジネスモデルの構築を試みる場合があることが、今回の分析により判明した。

終戦後、焼け野原となり失うべき産業のなくなった日本は、トランジスタによる真空管の代替、テレビによる映画の代替などの競争環境の変化に果敢に挑戦し、世界的な成功を収めてきた。しかし、これら成功により確立した各産業分野に事業ドメインをおく大手企業が成立したあとは、パソコンによる大型コンピュータの代替、スマートフォンによるデジカメ・音楽プレーヤーなどの代替に対して、事業ドメインを超えた挑戦に失敗し続けている。

その理由は、確立した自社のビジネスモデル（バリューネットワーク）に自縄自縛となるうち、代替品によるローエンド破壊、新市場型破壊により顧客・市場を奪われてしまうという、いわゆる「イノベーションのジレンマ」によるところが大きいと考える。

しかし、すでに多方面で国際競争に敗れ、世界で最も早く人口減少・少子高齢化の局面に入り、国内の多くの産業が成長限界に直面しつつある日本においては、新領域への挑戦に際して、もはや失うべきものは少ないともいえるのではないだろうか。その意味では AI、自動運転車など、現在も進行している「代替品の脅威」（破壊的イノベーション）に対して、ジレンマを乗り越え Phase.4 の DX に挑戦する好機が、日本企業に到来しているのかも知れない。

## 参考文献

- Porter, Michael E. (1980). *Competitive Strategy*, The Free Press. (土岐坤・中辻萬治・服部照夫(訳)(1995). 競争の戦略 ダイヤモンド社) .
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital Transformation: A Multidisciplinary Reflection and Research Agenda.

*Journal of Business Research*, 122, 889-901.

日本経済新聞(2020a). デジタル物流、ニトリ変身、ブロックチェーンで納期短縮、外部受託、数百億円目指す 4月9日 朝刊 12 ページ.

日本経済新聞(2020b). カインズ動かす「IT 大工」、進化するアプリ、会員 130 万人、技術者 100 人、ニーズ即応 7月2日 朝刊 12 ページ.

日本経済新聞(2020c). 患者データ集め、アステラス伴走、糖尿病向け運動プログラム、直接接点、治療に活用 9月17日 朝刊 16 ページ.

日本経済新聞(2020d). ダイキン×阪大、空調あなた仕様、映像・音で五感癒やす、AI 使い対話で提案 10月8日 朝刊 15 ページ.

日本経済新聞(2021a). 日特、データで「車の健診」、100 万台の走行分析、部品交換提案、整備工場、アプリで接点 4月15日 朝刊 12 ページ.

日本経済新聞(2021b). 味の素、うま味データで変革、がん予防など医療に生かす、個人に合わせ食提供 6月24日 朝刊 12 ページ.

日本経済新聞(2021c). 三菱地所、丸の内「顔パス」に、30 万の人流分析、消費最前線に、オフィス大家から変身 7月1日 朝刊 17 ページ.

日本経済新聞(2021d). コマツ、工事コスト半減へ、3D で現場再現、建機・人を最適化、中国勢台頭で土俵変える 7月8日 朝刊 12 ページ.

日本経済新聞(2021e). 関電、電柱が「自動運転の目」、270 万本の通行データ収集、劣化、気象解析で寿命予測も 9月30日 朝刊 18 ページ.

日本経済新聞(2022). 日立物流、「未来在庫」ピタリ、荷物のリレー、全工程を可視化、荷主の補充・発注、最適に 2月3日 朝刊 15 ページ.

日本経済新聞(2023). すかいらーく、ロボが主役に 1年半で 3000 台導入、配膳データで運営刷新 4月20日 朝刊 17 ページ.

馬場康志(2024). デジタル・トランスフォーメーション：国内における定義と事例の再評価 令和 5 年度 産業と技術の比較研究 報告書, 5-14.

付録 1： Phase.4 の DX 事例一覧（全 19 件）

| 掲載年月日<br>yyyymmdd | 企業       | DX内容                   | 直面する競争環境変化          | 5-Force判定 |
|-------------------|----------|------------------------|---------------------|-----------|
| 20200917          | アステラス製薬  | 糖尿病患者用運動プログラム・ゲームの提供   | 国内医薬品市場は頭打ち         | 買い手       |
| 20201008          | ダイキン     | 五感を刺激する空調、空気・空間の演出     | 海外家庭用エアコン市場は中国が席卷   | 業界内競争     |
| 20201105          | 塩野義・平安保険 | オンラインの診療・処方・保険サービス     | 国内医薬品市場は頭打ち         | 買い手       |
| 20210211          | 日本アクセス   | メーカーと中小小売を結ぶ情報ハブ       | 食品卸は大手小売り社の直接仕入れと競争 | 買い手       |
| 20210415          | 日本特殊陶業   | ドライバーと整備工場を結ぶ情報ハブ      | EV普及でスパークプラグ需要減少    | 代替品       |
| 20210701          | 三菱地所     | テナントへの人流データ・顔認証提供      | リモートワーク普及でオフィス需要減少  | 代替品       |
| 20210708          | コマツ      | デジタルツインで施工管理           | 海外の建機市場で競争激化        | 業界内競争     |
| 20210916          | NTT東日本   | 展示のみの小売店とECによる情報収集・提供  | ネットや携帯電話で固定通信減少     | 代替品       |
| 20210930          | 関西電力     | 電柱設置センサーによる運転支援        | 電力自由化・省エネで電力需要低下    | 買い手       |
| 20211007          | 三井物産     | 医療データプラットフォームによる医療事業支援 | 脱炭素で資源関連ビジネス縮小      | 代替品       |
| 20211014          | スカパーJSAT | 災害予測など防災情報サービス         | 動画配信普及で衛星放送需要減      | 代替品       |
| 20220127          | シャープ     | 調理家電による生活者の情報プラットフォーム化 | 複数家電を操作するソフトウェアの台頭  | 代替品       |
| 20220428          | 花王       | RNAによる化粧品のパーソナライズ      | ユニリーバなど他社もパーソナライズへ  | 業界内競争     |
| 20220512          | ナイキ      | メタバースでNFTスニーカーを直販      | （記載なし）              | （記載なし）    |
| 20220519          | ANA      | 観光メタバースによる需要喚起         | 外部変動が航空事業に及ぼす影響の大きさ | 業界内競争     |
| 20220818          | MS&AD    | 走行データによる事故リスク検出        | 自動運転・カーシェアで保険需要先細り  | 代替品       |
| 20220825          | コニカミノルタ  | 脳科学から広告の印象解析           | リモートワークなどで複合機需要が減少  | 代替品       |
| 20221005          | ファミリーマート | 購買履歴で与信を付け金融サービス       | コンビニ国内市場は飽和         | 業界内競争     |
| 20221110          | 伊藤忠      | 「売れる味」の企画支援            | 食品産業の生産性が低レベル       | 業界内競争     |

付録 2： Phase.1 の DX 事例一覧（19 件を無作為抽出）.

| 掲載年月日<br>yyyymmdd | 企業    | DX内容               | 直面する競争環境変化            | 5-Force判定 |
|-------------------|-------|--------------------|-----------------------|-----------|
| 20200409          | ニトリ   | ブロックチェーンで物流効率化     | 記載なし                  | （記載なし）    |
| 20200521          | 三菱商事  | 需給予測で商流効率化         | （企業内課題：部門縦割りの打破）      | （記載なし）    |
| 20200618          | ニチガス  | LPガス使用量管理で配送効率化    | 配送要員不足、IT企業（KDDI）との競争 | 業界内競争     |
| 20200625          | 安川電機  | 部品特性の知識共有で試作効率化    | FA市場での大手間の競争          | 業界内競争     |
| 20200702          | カインズ  | 業務アプリ内製化でサービス改善迅速化 | 記載なし                  | （記載なし）    |
| 20200813          | コーセー  | 官能表現からの処方作成迅速化     | SNS、AIを使用した開発との競争     | 業界内競争     |
| 20200910          | 大林組   | 現場情報のデジタル化で工事自動化   | 建設現場の人手不足             | 業界内競争     |
| 20200924          | 日本交通  | タクシーアプリで配車迅速化      | 記載なし                  | （記載なし）    |
| 20201001          | アフラック | 対面なしでアプリ契約         | 高齢化や若者の保険離れ、金利低下      | 買い手       |
| 20201022          | JFE   | AIで高炉再稼働の迅速化       | 中国・韓国の超大手企業への対抗       | 業界内競争     |
| 20201119          | 鹿島建設  | AIで溶接自動化           | 建設現場の人手不足             | 業界内競争     |
| 20201217          | 大阪ガス  | データ分析強化で営業力向上      | ガス小売り自由化、東電の関西市場参入    | 業界内競争     |
| 20210520          | セリア   | 発注支援高度化で高収益        | 記載なし                  | （記載なし）    |
| 20210603          | 博報堂   | AIによる出稿プラン作成迅速化    | コロナ影響、ネット広告の台頭        | 代替品       |
| 20210729          | ニチレイ  | AIで冷食生産計画の作成迅速化    | 家庭用・業務用比率のコロナ影響の是正    | 買い手       |
| 20211202          | ダイセル  | AIによる工場制御でコスト削減    | 脱炭素と生産性向上へ向けた競争       | 業界内競争     |
| 20220203          | 日立物流  | 海運含めた物流可視化で遅延削減    | 運送業の積載効率低下と人手不足       | 業界内競争     |
| 20220303          | ファイザー | 診療データ活用で治験効率化      | 記載なし                  | （記載なし）    |
| 20220317          | 艶金    | AIで検査時間短縮          | 熟練者不足に対応した人材育成        | 業界内競争     |

## 第2章 特許分析から見た DX のサイクル ―メタバースをケースとして―

鈴木 潤

### 2.1 はじめに

インターネット上に構築された3次元のデジタル仮想空間である、「メタバース」が注目されている。2024年度の情報通信白書によると、メタバースに関してはゲームやコミュニケーションの手段にとどまらず、現実世界と連動したサービスやB to B ビジネスでの活用なども期待されており、その世界市場の規模は2022年の461億ドルから2030年には5,078億ドルに拡張するという予測が紹介されている（図1）。なお2022年時点では、J.P.モルガンは「メタバースが今後数年間のうちに1兆ドルのビジネスチャンスを生む」、マッキンゼーは「2030年に5兆ドルの価値を生む」、シティグループは「2030年には8兆～13兆ドルのビジネスチャンス」というような、やや過大な期待に基づく予測を行っていたことも事実である。

いずれにせよ、急成長が見込まれるメタバースであるが、その背景にはどのような技術と産業の進化が存在しているのかを特許の分析から探るのが本稿の目的である。また、兎玉が提案するDigital Transformationのサイクル論（図2）の観点をメタバースに適用すると、どのような解釈が可能なのかを検討することが、本稿のもう一つの目的である。

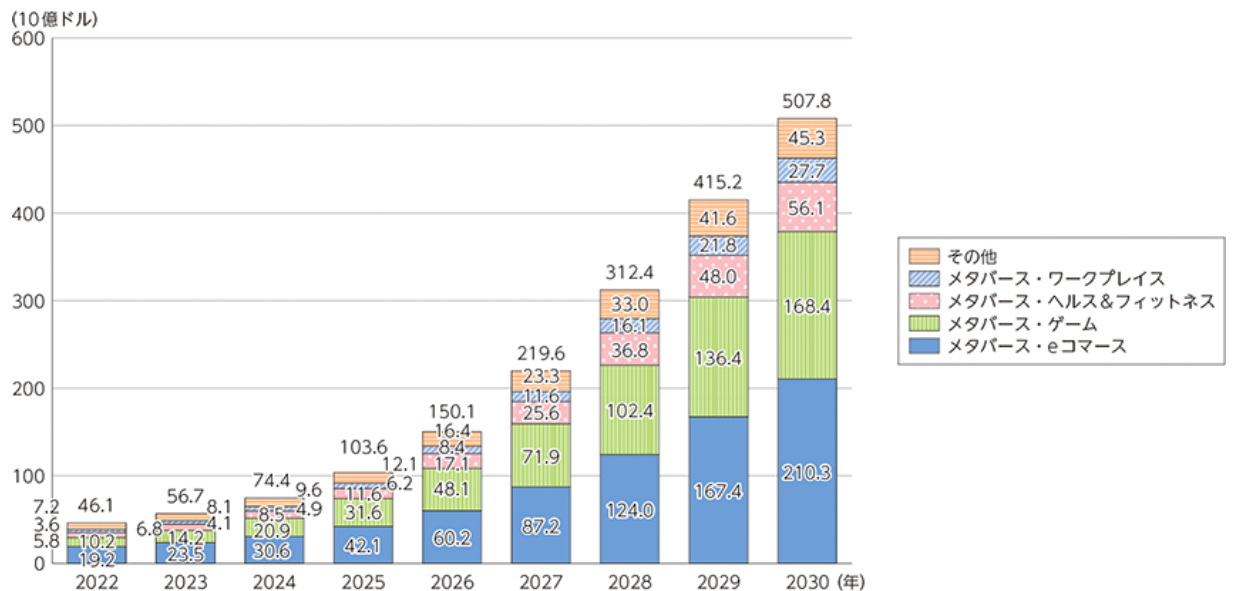
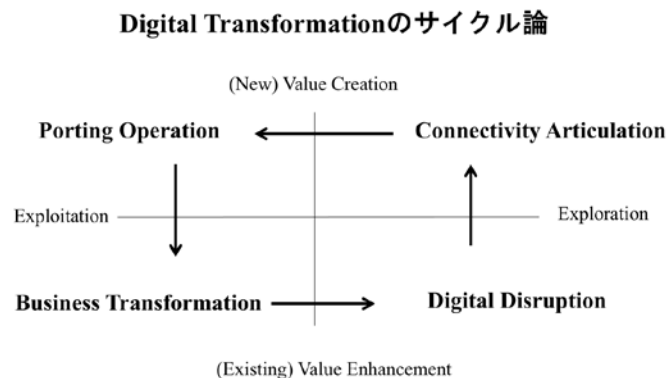


図2-1 メタバースの世界市場規模予測（令和6年度版「情報通信白書」より）

Statista 社のマーケット予測に基づいている <sup>1</sup>



©児玉文雄

1

図 2-2 児玉が提案する Digital Transformation のサイクル論

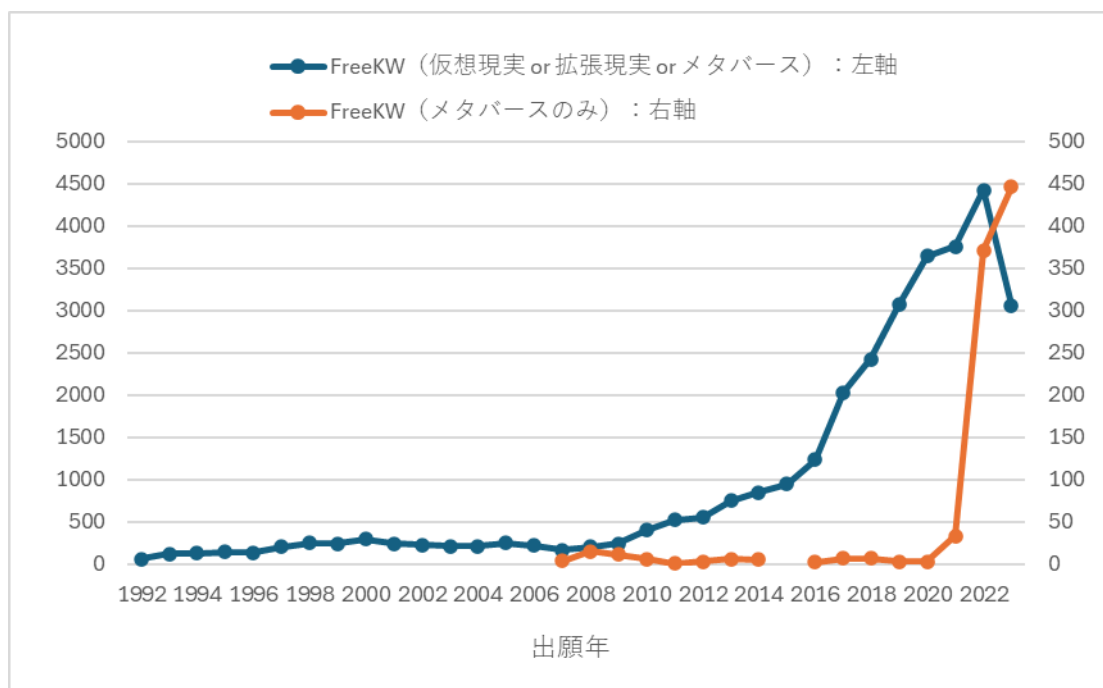


図 2-3 日本におけるメタバース関連特許の出願数  
特許情報プラットフォーム (J-PlatPat) における国内特許文献の  
全文検索 (Free Key Word 検索) 結果に基づく <sup>2</sup>

<sup>1</sup> <https://www.statista.com/outlook/amo/metaverse/worldwide#market-size>

<sup>2</sup> J-PlatPat の特許・実用新案検索サイト (<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/p0100>)

## 2.2 メタバース関連特許の出願動向

### ● メタバース関連特許の出願数推移

「メタバース：metaverse」という単語が最初に使われたのは、ニール・スティーヴンソンが1992年に発表した小説の中であるが、その定義はややあいまいで統一された解釈はいまだに存在していない。ただし、「仮想現実」や「拡張現実」などにまで観察対象を広げると、ニューロマンサー（1984年）などの小説、攻殻機動隊（1989年）などの漫画・アニメ、Matrix（1999年）やAvatar（2009年）などのハリウッド映画などで取り上げられ、その概念自体は広く定着している。一般消費者向けの商用サービスとしてのメタバースは、2003年にLinden Research社が提供を開始したSecond LifeやRoblox社が2006年に公開したRoblox、Niantic社が2016年に開始した拡張現実のPokemon Go、Epic Games社が2017年に開始したFortnite、Meta社のHorizon Worlds（2019年開始：日本では未公開）などが多くの利用者を集めている。

特許文献中に「メタバース」が初めて出現したのは、2007年にC2cube社が出願した特許「情報処理装置、情報処理方法、およびプログラム」の詳細説明文中であった。ただし、この特許は審査請求が行われずに放棄され、C2cube社自体も2014年12月に倒産している。図3にメタバース関連特許として、「仮想現実」「拡張現実」「メタバース」の単語を文献中に含む特許出願の件数の推移を示す。これらの単語は991年ころから特許文献中に出現し始め、2000年代初頭に最初のピークを記録した後やや減少し、2008年ころから再び増え始め、特に2016年以降に大きく増加している。「メタバース」のみを含む特許の出願は、上述のC2Cube社の特許の後、永らく年間数件程度であったが、2021年から急増しはじめた。これは、Meta社（旧Facebook社）が社名を変更しメタバース事業を将来の柱とすることを宣言した時期と同期している。

### ● 特許出願人の変化

表1にメタバース関連特許の上位出願人の変化を示す。ゲームメーカー（黄色でマーキング）は常に上位を占めており、特にソニーは一貫して上位にランクインしている。30年間の総出願数は、ソニー本社とソニー・インタラクティブエンタテインメント社を合計すると第1位である。30年間トータルの出願数で第2位はバンダイナムコであるが、同社は2012年以降では上位10社から外れて順位を落としている。また、キャノンも2014年までは常に上位出願人に入っていたが、2015年以降は順位を落とし、2018年以降は上位10社から外れている。

2015年以降に急速に出願数を伸ばしているのが、青でマーキングしたマジック・リープ

---

Key Wordとしては「仮想現実」「拡張現実」「メタバース」を使用し、それらの和集合の件数を出願年別にカウントしている。

(Magic Leap) 社とイマージョン (Immersion) 社である。また 2015 年以降には、赤でマーキングした華為技術やアドバンスト・ニュー・テクノロジーズ (アリババ傘下) などの中国企業も、上位 10 社に入っている。

マジック・リープ社は、2010 年にロニー・アボヴィッツ (後述のマコ・サージカル社の創業者でもある) が立ち上げたスタートアップで、グーグルやアリババ、NTT ドコモなどから多額の出資を集め、現実世界にリアルタイムで 3D 画像を重ね合わせる拡張現実技術の開発に力を入れている。同社は一時期、事業の失敗が懸念されていたが、2020 年にアボヴィッツが CEO を退任し、医療・トレーニング・製造・防衛・公共部門などのビジネス向け事業への方向転換を発表し開発を続けている (同社の最新のデバイス: Magic Leap 2 は医療機器の規格 IEC 60601 を取得済み)。イマージョン社は、1993 年にルイス・ローゼンバーグが立ち上げたスタートアップで、ハプテック (触覚) 技術としても知られるタッチフィードバック技術を開発している。また同社は、自社開発に加えて N&A を通じて 1,000 件以上の haptic フィードバック特許の権利を取得し、それらに基づいてパテントトロールとしての活動を積極的に起こし悪評を得ている (マイクロソフトやソニー、アップル、ヴァルブ、メタなどの大企業を相手に頻繁に特許侵害の訴訟を起こし、多額の和解金とライセンス料を獲得したことが報道されている)。

表 2-1 1991 年から 2020 年 (3 年毎) の上位出願人

| 1991_1993 |                    | 1994_1996 |                    | 1997_1999 |                  | 2000_2002 |                           | 2003_2005 |                           |
|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|------------------|-----------|---------------------------|-----------|---------------------------|
| 出願数       | 出願人                | 出願数       | 出願人                | 出願数       | 出願人              | 出願数       | 出願人                       | 出願数       | 出願人                       |
| 15        | 株式会社セガ             | 45        | ソニーグループ株式会社        | 122       | 株式会社バンダイナムコ      | 132       | 株式会社バンダイナムコ               | 124       | 株式会社バンダイナムコ               |
| 14        | ソニーグループ株式会社        | 16        | パナソニックホールディングス株式会社 | 97        | ソニーグループ株式会社      | 57        | ソニーグループ株式会社               | 85        | キヤノン株式会社                  |
| 12        | 日本ビクター株式会社         | 15        | カシオ計算機株式会社         | 23        | キヤノン株式会社         | 22        | キヤノン株式会社                  | 22        | 日本電信電話株式会社                |
| 11        | 株式会社東芝             | 15        | キヤノン株式会社           | 18        | 株式会社セガ           | 18        | 株式会社リコー                   | 17        | ソニーグループ株式会社               |
| 11        | シャープ株式会社           | 15        | 株式会社バンダイナムコ        | 15        | 株式会社東芝           | 18        | 日本電信電話株式会社                | 12        | 株式会社リコー                   |
| 9         | パナソニックホールディングス株式会社 | 14        | 富士通株式会社            | 13        | コーニンクレック         | 18        | コーニンクレック                  | 12        | 株式会社ソニー・コンピュータ            |
| 8         | 株式会社バンダイナムコ        | 13        | オリンパス株式会社          | 13        | 三菱電機株式会社         | 14        | ミツビシ・エレクトロニクス株式会社         | 11        | 株式会社セガ                    |
| 7         | 富士通株式会社            | 11        | 株式会社セガ             | 13        | 富士通株式会社          | 13        | 株式会社セガ                    | 9         | コーニンクレック                  |
| 6         | キヤノン株式会社           | 10        | 日本電信電話株式会社         | 12        | 株式会社日立製作所        | 13        | 株式会社日立製作所                 | 8         | 三星電子株式会社                  |
| 5         | オリンパス株式会社          | 10        | シャープ株式会社           | 12        | インターナショナル        | 12        | パナソニック電工株式会社              | 8         | 株式会社国際電気通信                |
| 2006_2008 |                    | 2009_2011 |                    | 2012_2014 |                  | 2015_2017 |                           | 2018_2020 |                           |
| 出願数       | 出願人                | 出願数       | 出願人                | 出願数       | 出願人              | 出願数       | 出願人                       | 出願数       | 出願人                       |
| 104       | 株式会社バンダイナムコ        | 81        | ソニーグループ株式会社        | 105       | ソニーグループ株式会社      | 223       | 株式会社コロブラ                  | 171       | マジック リープ                  |
| 49        | キヤノン株式会社           | 77        | 株式会社バンダイナムコ        | 91        | クアルコム、インコーポレイテッド | 159       | マジック リープ                  | 160       | 株式会社コロブラ                  |
| 21        | パナソニックホールディングス株式会社 | 55        | 任天堂株式会社            | 86        | キヤノン株式会社         | 121       | ソニーグループ株式会社               | 110       | 株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント |
| 13        | ソニーグループ株式会社        | 30        | キヤノン株式会社           | 83        | マイクロソフト テクノロジーズ  | 108       | 株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント | 94        | ソニーグループ株式会社               |
| 11        | コーニンクレック           | 30        | 株式会社 N T T ドコモ     | 77        | 富士通株式会社          | 93        | セイコーエプソン株式会社              | 90        | 華為技術有限公司                  |
| 11        | パナソニック電工株式会社       | 29        | パナソニックホールディングス株式会社 | 65        | セイコーエプソン株式会社     | 92        | グーグル エルエルシー               | 83        | イマージョン コーポレーション           |
| 9         | 任天堂株式会社            | 21        | エンバイア テクノロジーズ      | 57        | K D D I 株式会社     | 90        | キヤノン株式会社                  | 77        | 株式会社デンソー                  |
| 9         | 日本電信電話株式会社         | 18        | 日本電気株式会社           | 51        | コニカミルタ株式会社       | 86        | 富士通株式会社                   | 73        | グーグル エルエルシー               |
| 9         | インターナショナル          | 18        | 日鉄ソリューションズ株式会社     | 43        | インテル コーポレーション    | 73        | 富士フイルムビジネスイノベーション株式会社     | 60        | 三星電子株式会社                  |
| 8         | 株式会社リコー            | 18        | 三星電子株式会社           | 37        | インテル・コーポレーション    | 67        | マイクロソフト テクノロジーズ           | 57        | アドバンスト ニュー                |

黄色はゲーム企業、青は米国のスタートアップ企業、赤は中国企業を示す



## 2.3 メタバース関連特許の技術分類

### ● 主要な技術分類とその変化

表2は、メタバース関連特許に付与された IPC サブクラスの上位 10 分類を示している。これらを概観すると、ユーザに対してメタバースへのアクセスを提供するための方法や装置に関する技術の分類が多いが、A63F（ビデオゲーム）や A61B（診断・手術）、G09B（教習・訓練）などはメタバースの利用目的に関係する技術分類といえることができる。これらの中から、特に特徴的な分類のいくつかを時系列で観察してみた（図4）。

表 2-2 メタバース関連特許に付与された上位の技術分類

| 件数   | IPC subclass | 説明            |
|------|--------------|---------------|
| 9391 | G06F         | 電氣的デジタルデータ処理  |
| 7059 | A63F         | 室内用ゲーム；ビデオゲーム |
| 6763 | H04N         | 画像通信          |
| 6665 | G06T         | イメージデータ処理     |
| 3237 | G09G         | 表示装置の制御のための装置 |
| 2802 | G02B         | 光学系，または光学装置   |
| 2044 | G06Q         | （ビジネス方法）      |
| 1389 | A61B         | 診断；手術；個人識別    |
| 1242 | H04W         | 無線通信ネットワーク    |
| 935  | G09B         | 教習または訓練目的の装置  |

1. G06T（イメージデータ処理）：この IPC サブクラスは、詳しい定義によると「コンピュータグラフィックスのための 3D モデルまたはイメージの操作」という、まさにメタバースの中核技術を含む分類である。1990 年代末ごろに、次に述べる「ビデオゲーム」とほぼ同期して出願が増えたが、2000 年代初頭にいったんピークアウトし、2009 年ごろから再び増加し始めている。
2. A63F（室内用ゲーム；ビデオゲーム）：この IPC サブクラスは、メタバースの利用目的として最も多いビデオゲームを含む分類である。ビデオゲームとしては、3D 視野・音響を提供するゴーグルやヘッドセットを利用し、没入感を伴うアクション・ゲームやロールプレイング・ゲームが 1990 年代から現れた。また、2000 年代初頭に爆発的な人気を集めた、セコンドライフのようなメタバース利用とも関係しているものと考えられる。いくつかの小ピークを繰り返しながら、2012 年ころ

には一旦出願数が底を打ったが、その後は再び急速に増加に転じている。

3. A61B（診断；手術）と G09B（教習・訓練）：これらの IPC サブクラスは、ゲームとは異なった新しいタイプのメタバース利用方法に関連している。2010 年代以前にはほとんど観察されないが、2013 年ごろから出願が増加し始め、2017 年以降に急速に増加し始めている。
4. G06Q（ビジネス方法）：この IPC サブクラスは、公式の定義上は「管理・商用・経営目的に適合した情報通信技術」であるが、通常は「ビジネスモデル特許」を示す分類として知られている。このサブクラスの出願数の推移をみると、A63F ビデオゲームのピークから少し遅れた 2000 年代初頭と、2010 年以降にピークがあることがわかる。

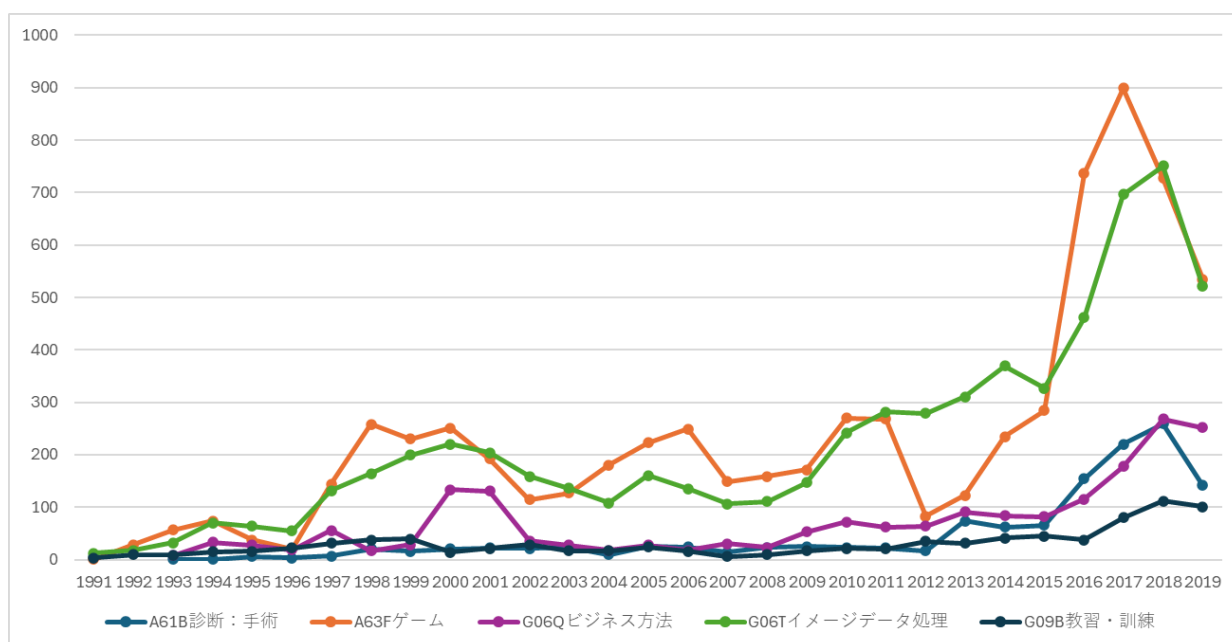


図 2-4 メタバース関連特許に付与された主要な IPC サブクラスの推移

## 2.4 メタバース関連特許の重要度の指標

### ● 前方引用と権利維持期間

一般的に、出願された特許は個別に見ると価値（重要度）のばらつきが大きく、ほとんど無価値のものから非常に重要なものまで多岐にわたっていることが知られている。このため、出願数をそれぞれの特許価値で補正して解釈しなければ、発明活動の実態ははっきりしない。特許の価値には様々な定義が存在しているが、個別の指標として利用可能な主なものとしては、前方引用（被引用：図 5 参照）、ファミリーサイズ（外国出願）、特許登録と権利維持期間、発明者の数などを特許データベースから得ることができる。

メタベース関連特許を対象として、これらの特許の価値指標の間の関係を調べるために、主成分分析を行った（表3、図6）。その結果、前方引用とファミリーサイズは相関が高くこれらを主な構成要素とする第1主成分と、登録後権利維持期間を主な構成要素とする第2主成分が、有効であることが確かめられた。この結果に基づいて本分析では、特許の前方引用数と権利維持期間を主要な価値指標として使用することとする。

なお、特許文献における「大きな前方引用」とは、後続発明に対して参考となる知識が多く含まれていた（もしくは、多くの人が考え付く発明？）事を意味し、「長い権利維持期間」とは競合他社の特許に対する排除力が減衰しにくく寿命の長い発明であった事を意味している。

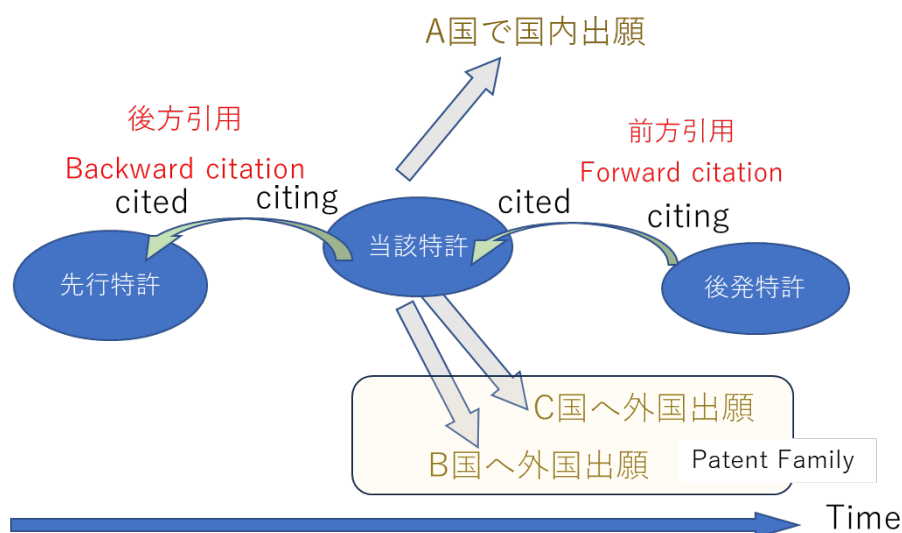


図 2-5 特許の前方引用・後方引用、パテントファミリーの概念

表 2-3 メタベース関連特許の価値指標に関する主成分分析の結果

|           | 因子負荷量:  |         |         |         |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
|           | 第1主成分   | 第2主成分   | 第3主成分   | 第4主成分   |
| 前方引用      | 0.6818  | 0.2607  | 0.0126  | 0.6834  |
| ファミリーサイズ  | 0.7023  | -0.0389 | 0.1752  | -0.6889 |
| 登録後権利維持期間 | -0.0405 | 0.7590  | -0.6048 | -0.2379 |
| 発明者の数     | 0.2010  | -0.5954 | -0.7768 | 0.0409  |
| 主成分の分散    |         |         |         |         |
|           | 第1主成分   | 第2主成分   | 第3主成分   | 第4主成分   |
|           | 1.5940  | 1.1315  | 0.8847  | 0.3898  |

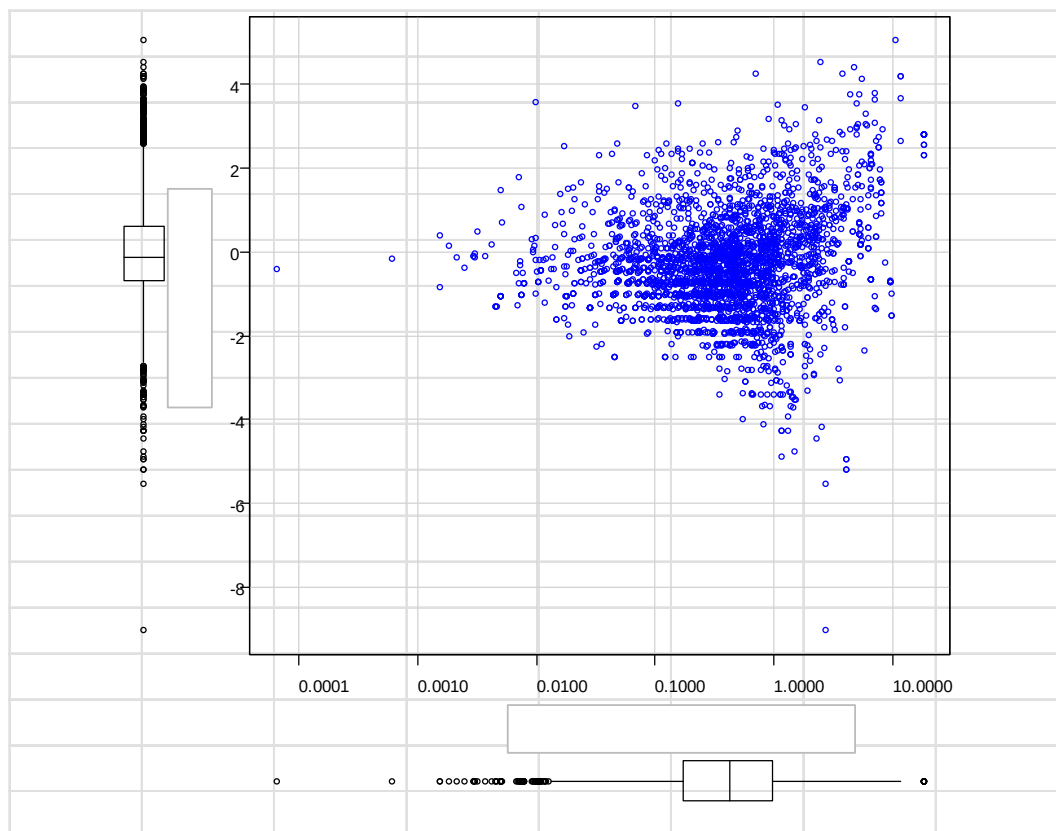


図 2-6 合成された第 1 主成分と第 2 主成分のプロット図

### ● 各年代の重要特許

表 4 に、前方引用と権利維持期間から見た各年代（3 年毎）の重要特許を示す。特徴的ないくつかの特許（黄色でマーキング）を少し詳しく見て行く。

1990 年代初頭のメタバース黎明期の重要特許としては、【特願 1991-320655】と【特願 1993-092142】があげられる。前者は、1991 年にソニーが出願した「マルチメディア・インタフェースで、操作されるべき情報が 3 次元空間に表される」という内容で、後者は 1993 年にバンダイナムコエンターテインメントが出願した「ディスプレイ上に表示される移動体がプレーヤの操舵に従って所定のゲーム空間内を移動する」という内容である。これらはいずれも特許として登録され、10 年以上の期間維持された。

1990 年代末から 2000 年代初頭にかけては、この分野で重要な特許はあまり多くない。1998 年に米国のデリヴァティブズ・ネット社から出願された【特願 2000-516304】は、「コンピュータ上の金融取引を 3D 表示された仮想空間内で行う」という内容を含んでおり、前方引用は多いものの、日本国内では特許としては成立していない。1994 年から 2008 年までの期間は、登録にまで至った特許が特に少ない期間である。

2000 年代中盤では、2006 年に米国のマコ・サージカル社から出願された【特願 2008-

551271】が注目される。この発明は「ユーザが仮想環境内で接触の感覚を感知することを可能にする」という内容で、特にコンピュータ支援外科手術への応用を想定している。この発明は後に多くの出願で引用され、特許権成立後に 12 年間維持された。

2009 年～2011 年の期間では、ミレニアル・メディア社が 2011 年に出願した【特願 2012-552029】と、マイクロソフト社が 2011 年に出願した【特願 2012-556146】が注目される。前者はビジネスモデル特許の分類が付与された「複数のソースに基づいて統合ユーザープロフィールを生成するためのシステム」であり、後者は「対話式ヘッド取付け型アイピース上での地域広告コンテンツを表示する」という内容を含んでいる。これらは非常に多数回引用されているが、日本国内では特許として成立していない。

2012 年～2014 年の期間では、2012 年にクアルコム社が拡張現実に関する一連の重要特許を出願している。たとえば【特願 2014-502811】は「拡張現実システムにおける実世界表面への仮想画像のアンカリング」に関する発明であり、多数の後発特許から引用され、登録後に約 9 年間維持された。

表 2-4 各年代（3 年毎）における重要な特許（前方引用上位 10 件）

| 1991_1993  |      |       |      |      | 1994_1996  |      |       |      |      | 1997_1999  |      |       |      |      | 2000_2002  |      |       |      |      |
|------------|------|-------|------|------|------------|------|-------|------|------|------------|------|-------|------|------|------------|------|-------|------|------|
| 出願番号       | 出願年  | 筆頭IPC | 前方引用 | 維持期間 | 出願番号       | 出願年  | 筆頭IPC | 前方引用 | 維持期間 | 出願番号       | 出願年  | 筆頭IPC | 前方引用 | 維持期間 | 出願番号       | 出願年  | 筆頭IPC | 前方引用 | 維持期間 |
| 1991320655 | 1991 | G06F  | 462  | 3652 | 1997513599 | 1996 | G06F  | 487  | 0    | 2000516304 | 1998 | G06F  | 805  | 0    | 2002545381 | 2001 | G06F  | 842  | 0    |
| 1993092142 | 1993 | A63F  | 364  | 5380 | 1997520741 | 1996 | B25J  | 449  | 0    | 1997141868 | 1997 | G06F  | 609  | 2454 | 2002572160 | 2002 | G06F  | 830  | 0    |
| 1991504884 | 1991 | G06F  | 299  | 3236 | 1996514803 | 1995 | A61B  | 430  | 0    | 1998543972 | 1998 | G06T  | 557  | 2191 | 2000604325 | 2000 | G06F  | 549  | 4134 |
| 1993155907 | 1993 | G06T  | 223  | 0    | 1995508656 | 1994 | G01C  | 416  | 1826 | 2000505629 | 1998 | B60R  | 553  | 0    | 2000604334 | 2000 | G06F  | 538  | 3973 |
| 1993183770 | 1993 | G06F  | 125  | 0    | 1996531856 | 1996 | G06F  | 385  | 0    | 1997540167 | 1997 | A63B  | 466  | 0    | 2001587412 | 2001 | G06F  | 442  | 0    |
| 1993500310 | 1992 | G09B  | 121  | 0    | 1996197573 | 1996 | G06F  | 372  | 3287 | 1997330317 | 1997 | G06T  | 452  | 0    | 2001580618 | 2001 | G05D  | 387  | 2857 |
| 1992105558 | 1992 | G06F  | 105  | 2557 | 1997513631 | 1996 | H04N  | 304  | 0    | 1998528931 | 1997 | H04N  | 429  | 3678 | 2000602907 | 2000 | G06F  | 369  | 0    |
| 1992273092 | 1992 | G06F  | 100  | 0    | 1996264454 | 1996 | G06F  | 300  | 3288 | 1998509629 | 1997 | G06F  | 423  | 0    | 2003501936 | 2002 | H04N  | 346  | 5230 |
| 1993113379 | 1993 | G02B  | 100  | 2557 | 1996506018 | 1995 | A63F  | 300  | 0    | 1998526713 | 1997 | G06F  | 413  | 4356 | 2002022598 | 2002 | G06F  | 309  | 0    |
| 1993154617 | 1993 | G06F  | 95   | 1461 | 1996237115 | 1996 | G06T  | 281  | 5496 | 1999534683 | 1998 | G06F  | 405  | 0    | 2002547092 | 2001 | G06T  | 272  | 0    |
| 2003_2005  |      |       |      |      | 2006_2008  |      |       |      |      | 2009_2011  |      |       |      |      | 2012_2014  |      |       |      |      |
| 出願番号       | 出願年  | 筆頭IPC | 前方引用 | 維持期間 | 出願番号       | 出願年  | 筆頭IPC | 前方引用 | 維持期間 | 出願番号       | 出願年  | 筆頭IPC | 前方引用 | 維持期間 | 出願番号       | 出願年  | 筆頭IPC | 前方引用 | 維持期間 |
| 2007501789 | 2005 | G06F  | 816  | 0    | 2008551271 | 2006 | G06T  | 718  | 4383 | 2012552029 | 2011 | G06Q  | 1115 | 0    | 2014502810 | 2012 | H04N  | 758  | 1095 |
| 2007522841 | 2005 | H04L  | 574  | 0    | 2007252770 | 2007 | G06T  | 557  | 0    | 2012556146 | 2011 | G06F  | 1176 | 0    | 2014502811 | 2012 | G06T  | 758  | 3288 |
| 2004115134 | 2004 | G06F  | 372  | 0    | 2009522844 | 2007 | H04N  | 470  | 0    | 2012555118 | 2011 | H04M  | 494  | 2922 | 2014502813 | 2012 | G06T  | 758  | 3288 |
| 2004549988 | 2003 | G06T  | 319  | 2922 | 2007333078 | 2007 | G06F  | 449  | 0    | 2009207107 | 2009 | G06F  | 487  | 2039 | 2014502814 | 2012 | G06T  | 758  | 2557 |
| 2006543992 | 2004 | G06F  | 314  | 0    | 2008179113 | 2008 | G06F  | 442  | 0    | 2010263969 | 2010 | G06F  | 487  | 1682 | 2016534677 | 2014 | G02B  | 609  | 0    |
| 2007527848 | 2005 | G06T  | 303  | 0    | 2009530645 | 2007 | G06Q  | 433  | 0    | 2011550147 | 2010 | H04N  | 468  | 2922 | 2012252218 | 2012 | G06F  | 442  | 2557 |
| 2007515584 | 2005 | G01C  | 257  | 3287 | 2008524041 | 2006 | A61B  | 267  | 0    | 2009187992 | 2009 | G06F  | 449  | 1967 | 2013551398 | 2012 | B25J  | 408  | 2922 |
| 2007508608 | 2005 | G06T  | 249  | 1096 | 2008544339 | 2006 | G09G  | 265  | 0    | 2011267055 | 2011 | G06F  | 449  | 805  | 2016501326 | 2014 | G06F  | 406  | 1827 |
| 2006552013 | 2005 | A61H  | 240  | 3287 | 2009527416 | 2007 | G06Q  | 236  | 2191 | 2011267054 | 2011 | G06F  | 449  | 1057 | 2014539132 | 2012 | G06T  | 406  | 2557 |
| 2006552014 | 2005 | A61H  | 240  | 3288 | 2009520714 | 2006 | G06T  | 216  | 0    | 2010018916 | 2010 | G06F  | 449  | 1736 | 2013101511 | 2013 | B25J  | 387  | 2599 |
| 2015_2017  |      |       |      |      | 2018_2020  |      |       |      |      |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |
| 出願番号       | 出願年  | 筆頭IPC | 前方引用 | 維持期間 | 出願番号       | 出願年  | 筆頭IPC | 前方引用 | 維持期間 |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |
| 2015167751 | 2015 | G06T  | 758  | 0    | 2019035288 | 2019 | G02B  | 609  | 1461 |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |
| 2017225726 | 2017 | G02B  | 609  | 1827 | 2019143519 | 2019 | G02B  | 609  | 1095 |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |
| 2017225727 | 2017 | G02B  | 609  | 1827 | 2019143520 | 2019 | G02B  | 609  | 1096 |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |
| 2017225728 | 2017 | G02B  | 609  | 1827 | 2018078515 | 2018 | G06F  | 406  | 1461 |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |
| 2017225729 | 2017 | G02B  | 609  | 1827 | 2019046952 | 2019 | G06F  | 406  | 0    |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |
| 2017225730 | 2017 | G02B  | 609  | 0    | 2020185126 | 2020 | G06T  | 406  | 780  |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |
| 2017225731 | 2017 | G02B  | 609  | 1827 | 2019170240 | 2019 | G06F  | 406  | 1095 |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |
| 2017225732 | 2017 | G02B  | 609  | 1827 | 2020205999 | 2020 | A61B  | 320  | 0    |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |
| 2017225733 | 2017 | G02B  | 609  | 1827 | 2019185679 | 2019 | G06T  | 317  | 1095 |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |
| 2017225734 | 2017 | G02B  | 609  | 0    | 2018078479 | 2018 | G06T  | 317  | 1827 |            |      |       |      |      |            |      |       |      |      |

2015 年以降の期間では、2017 年にマジック・リープ社が出願した一連の「仮想現実および拡張現実体験をユーザに提示するためのシステムおよび方法」に関する特許が注目される【特願 2017-225726 など】。なお、2019 年にもマジック・リープ社は【特願 2019-035288】などの重要特許を出願している。これらの発明は多数の後発特許から引用され、その多くが特許登録されて 2025 年 4 月現在も権利が維持されている。

## 2.5 メタバース関連特許における技術融合

### ● 後方引用の多様性（技術融合）

出願された特許が審査される場合には、先行技術調査が行われ、通常は先行特許が引用される（後方引用：図 5）。この際に、広い技術分野にわたる先行特許が引用された場合には、多様な技術分野の知識が融合されて生まれた発明であるとみなすことが可能かもしれない（これは、Trajtenberg らが考案した特許の Originality index の基となった考え方である）。表 5 に、後方引用の多様性が特に高い特許を示す。

1999 年にオムロン社が出願した【特願 1999-240579】は、10 件の先行特許を引用し、それらに付与された IPC サブクラスは 23 種類に及んでいる。この発明は、「装置が自身の存在する領域を理解・認識し、その領域での動作に適した状態に制御対象装置を設定する」という内容を含むものであり、VR 用ヘッドマウント・ディスプレイへの応用が例として記載されている。

2008 年にイマージョン社が出願した【特願 2008-179113】は、11 件の先行特許を引用し、それらに付与された IPC サブクラスは 21 種類に及んでいる。この発明は「コンピュータと相互作用するユーザに触覚フィードバックを与える方法」に関するものである。

2010 年にアジア航測社が出願した【特願 2010-213921】は、18 件に及ぶ先行特許を引用しているが、それらに付与された IPC サブクラスは 20 種類である。この発明は「景色に重畳するように透過型ディスプレイ上に表示する拡張現実表現システムおよび方法」に関するものである。

2011 年にドイツの個人発明家が出願した【特願 2013-525237】は、14 件の先行特許を引用し、それらに付与された IPC サブクラスは 20 種類である。この発明は、「RF-ID のような高周波トランシーバで計測した位置と場所情報との少なくとも一方を確実に仮想空間内に再現する方法」に関するものである。

上記は、個別の特許で後方引用の技術分野多様性が高いものをピックアップしたものであるが、図 7 は各年における後方引用の技術分野多様性の平均値の推移を集計したものである。メタバース関連特許においては、多様な分野の知識を引用する発明に、2003 年頃と 2010 年頃の 2 つのピークが存在したようである。

表 2-5 後方引用の多様性が特に高い特許出願のリスト

| 出願番号           | 出願年  | 後方引用数 | 引用 IPC4 種 |
|----------------|------|-------|-----------|
| 特願 1999-240579 | 1999 | 10    | 23        |
| 特願 2008-179113 | 2008 | 11    | 21        |
| 特願 2010-213921 | 2010 | 18    | 20        |
| 特願 2013-525237 | 2011 | 14    | 20        |

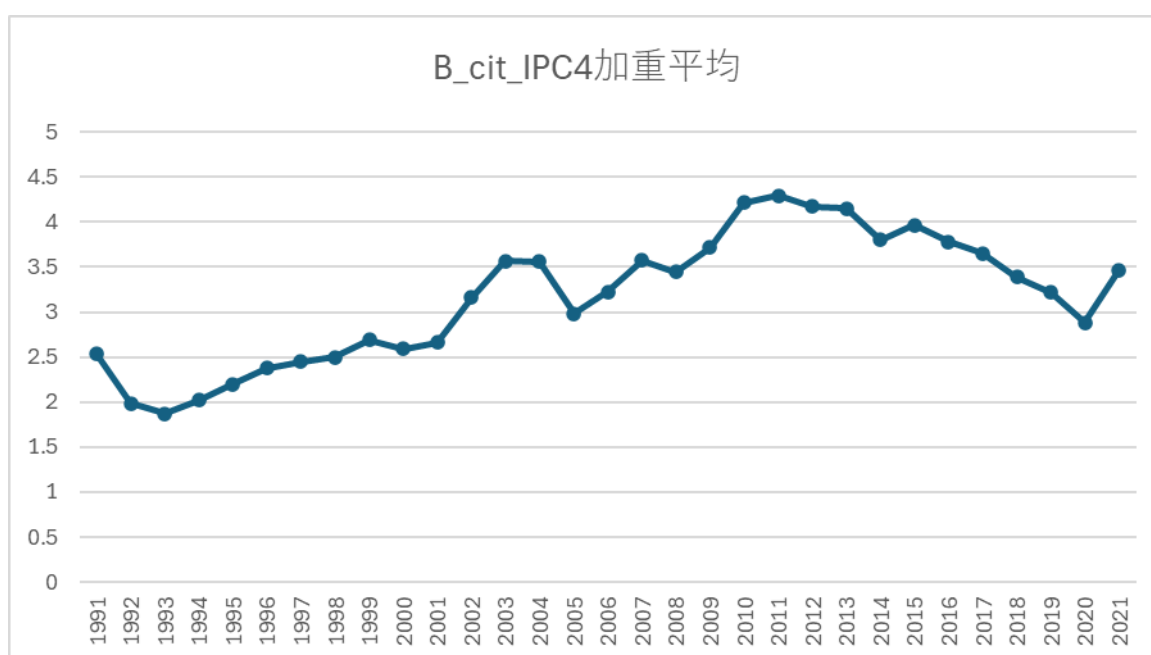


図 2-7 後方引用特許に付与された IPC サブクラスの種類の数の加重平均値の推移

## 2.6 メタバース発展のサイクル論からの解釈

児玉は、DX の進化過程に図 2 に示すサイクルが存在することを示唆しているが、この各フェーズをメタバースの発展経緯から解釈してみる。メタバースにおける最初の Disruption のフェーズは、子供たちのいわゆる「XX ごっこ」や「ちゃんばら」、「テーブルトーク RPG」等の遊びをゲーム機が代替・破壊したことから始まった（図 8）。ゲーム機は専用通信ネットワーク接続の時期を経てやがてインターネットに接続され「大規模多人数同時参加型オンラインゲーム：MMO（Massively Multiplayer Online Game）」に進化した（Connectivity Articulation のフェーズ）。ロールプレイング（RPG）やシューティング（FPS）、ストラテ

ジー（RTS）などのジャンルを含むゲームの MMO は、運営者によって特定のミッションが設定された謎解き型のゲームであったが、多人数が同時アクセスする仮想世界の利用は、ゲームを超える分野へと拡大した（Porting Operation のフェーズ）。一時期爆発的な人気を呼んだ Linden Research 社の Second Life は、MMO の一種であるオンライン・ソーシャルゲーム（MMOSG）との分類もあるが、現実世界と並行して仮想世界で「暮らす」ことそのものがユーザの目的であり、クリアすべき特定のミッションなどは存在しない。参加者は仮想世界中に土地を購入して家を建てたり、コンサートなどのイベントに参加したり、他の参加者とコミュニケーションしたり、様々なアイテムを売買したりという社会・経済活動を仮想世界で行うが、その際に使われる仮想世界の通貨は現実世界の通貨との兌換性を有している。さらに、メタバースは digital twin 技術を利用した観光案内やシミュレーション、教育訓練、拡張現実技術を利用したナビゲーションや外科手術支援など、様々な分野への porting フェーズが進行中である。この結果、ゲームの世界にとどまらず、既に広告・宣伝ビジネスや教育・訓練、医療、旅行、コミュニケーションなどの分野で Business Transformation のフェーズに入りつつあると言えるのではないか。

各フェーズでは、これまで見てきたように様々な関連技術が特許として出願されているが、特に Porting Operation と Business Transformation のフェーズで、IPC 分類 G06Q サブクラスに属するビジネスモデル特許の出願が増加していることが注目される。新たなビジネスモデルの創出が、企業にとってのマネタイズの世界や次元への参入を促すドライバーとなっているものと考えられる。

## メタバース DXのサイクル論

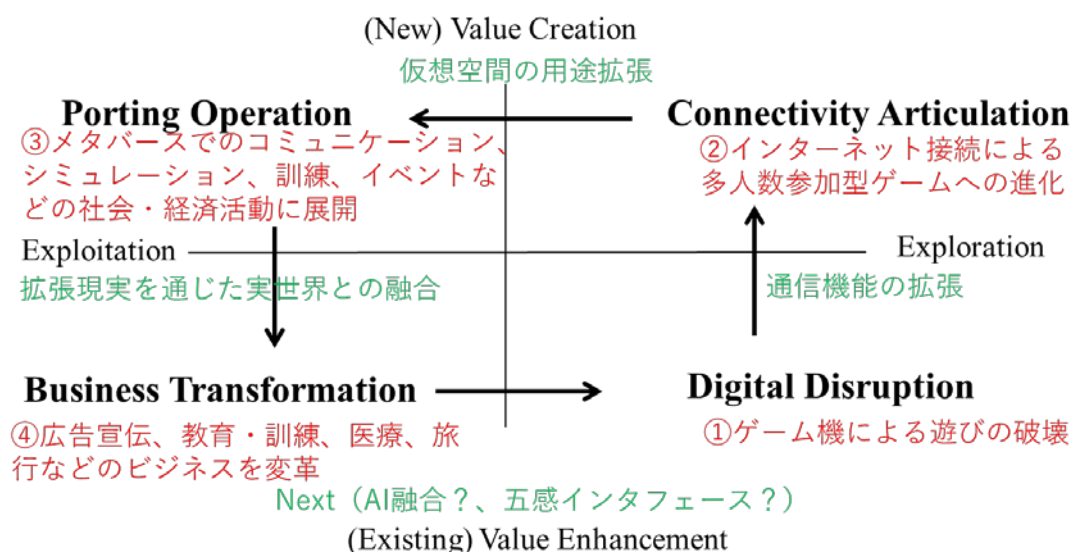


図 2-8 児玉のサイクル論の観点から見たメタバースの進化



- メタバースの今後

マッキンゼーの調査によると、産業メタバースの応用分野は製造業が 23%と最も多く、次いでファッション (13%)、観光 (8%)、建設・海運 (各 6%) となっている。同社はまた、産業メタバースにとって重要なのはデジタルツイン技術であり、長期的には産業メタバースと AI の融合により、より高度な自律システムの開発が進むことを予想している<sup>3</sup>。

特に AI 技術との融合により、メタバース中に「AI クローン」と呼ばれるような個人の人格を再現する試みも始まっており、視覚と聴覚以外の五感（触覚・振動・皮膚感覚、臭覚や味覚など）のセンサーとアクチュエータの技術が進歩・低価格化するとともに、次の disruption フェーズへとつながっていくものと予想される。

---

<sup>3</sup> <https://www.wired.com/story/the-metaverse-is-here-and-its-industrial/>

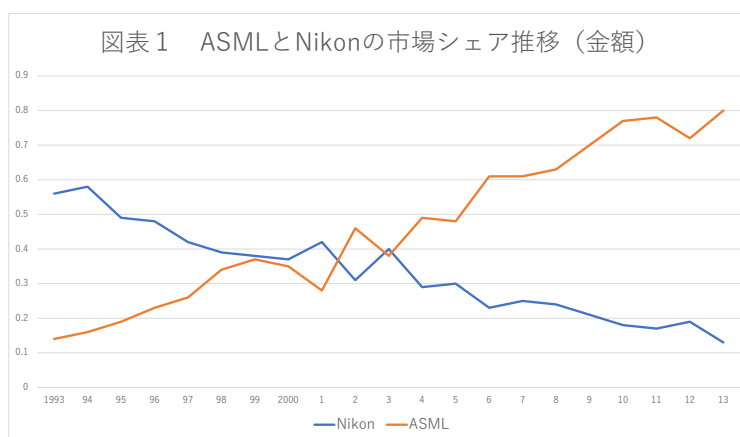
### 第3章 半導体露光装置メーカーASML 成長の契機

#### － モジュール化とシステム・アーキテクト －

柴田 友厚

#### 3.1 はじめに

デジタル化は半導体とソフトウェアの2種類の技術によって遂行される。半導体製造プロセスの中核を担うのは、微細化の程度を決定づける露光プロセスであり、そのプロセスで使われる半導体露光装置である。半導体露光装置とは、フォトマスクと呼ばれる原画に描かれた電子回路パターンを光源の光で投射して、投影レンズで回路線幅を縮小し、感光材が塗布されたウェハーに焼き付ける装置である。微細で超精密な制御を必要とすることから「史上最も精密な機械」と言われる。その高度な技術力を必要とする露光装置で、現在、オランダのASML社が圧倒的な市場シェアを占めている。総じて日本企業が強いと言われる半導体製造装置や半導体部材の中で、例外的に日本企業の存在感が薄い領域であろう。



出所：林征治（2016）のデータを参考にして筆者作成

だが実は、かつては日本企業こそが露光装置で圧倒的なシェアを占めていたのである。図表1にみるように、ニコンは95年まで世界市場の半分を占めていたし、同様に露光装置を作っていたキャノンと合わせると日本企業のシェアは当時7割を超えていた。しかし図表1が示すように90年代後半からASMLの台頭が始まる。そして、2000年代初頭を迎えると、ニコン、キャノンとASMLの間でデッドヒートが繰り広げられることになるが、2000年代後半にかけて、ASMLは日本企業を大きく引き離してゆく。極めつけは、最先端のEUV露光装置を供給できる企業は、世界で唯一ASMLしかないという点だ。その結果2024年現在、技術的にも市場占有率でも半導体露光装置産業においてASMLの一人勝ちと言っても良い状態になっている。

本稿は、「史上最も精密な機械」と称されるこの産業分野で、なぜ ASML はこれほど成長を遂げたのか、創業の初期にさかのぼって成長の契機を探索しようとするものである。

### 3.2 モジュラー型露光機 PAS5500 の成功

ASML は 1984 年にフィリップスと ASMI を親会社とする子会社として誕生した。当時の従業員は若干 31 人だったという。当時は、高圧水銀ランプの g-line と i-line が主流であり、エキシマレーザー（ArF, KrF など）は未だ主流にはなっていない。ASML は 1986 年、最初の g-line ステッパー（PAS 2500/10）出荷した。同年、レンズメーカーであるカール・ツァイス社との提携を結ぶ。さらに 1987 年、最初の i-line ステッパー（PAS 2500/40）を出荷した。その後 1991 年に市場投入されて現在まで使われている露光装置 PAS 5500 ファミリーこそが、その後の成長の礎となったと言っても過言ではない露光装置である。図表 1 からは、93 年以降急速市場シェアを伸ばしてゆく様を見取ることができる。ちなみに PAS とは、Philips Automatic Stepper の略である。

図表 2 ASML の製品ファミリー一覧

|                         | Resolution                  | Overlay       | Wavelength      | Light source        | Numerical aperture |
|-------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------|---------------------|--------------------|
| 1980s<br>PAS 2500/5000  | > 1 $\mu\text{m}$ to 500 nm | 250 to 100 nm | > 436 to 365 nm | g-line, i-line, KrF | > 0.38 to 0.48     |
| 1990s<br>PAS 5500       | > 700 to 90 nm              | 70 to 12 nm   | > 365 to 193 nm | i-line, KrF, ArF    | > 0.40 to 0.80     |
| 2000s<br>TWINSKANXT-NXT | > 350 to 38 nm              | 20 to 2.5 nm  | > 365 to 193 nm | i-line, KrF, ArF    | > 0.48 to 1.35     |
| 2010s<br>TWINSKAN NXE   | > 22 to 13 nm               | 2 nm          | 13.5 nm         | EUV                 | > 0.25 to 0.33     |

図表 2 は創業以来今日まで、ASML が投入してきた製品ファミリーを概観したものだが、ASML の成長は 3 つの製品ファミリーにより実現されたことを示している。まず 91 年に投入された PAS 5500、そして 2000 年に投入された TWINSKANXT-NXT、そして EUV を光源として使う TWINSKAN NXE の 3 つである。ASML のホームページによれば、PAS 5500 はモジュラー設計を採用した革新的なプラットフォームであり、生産リードタイム（正式発注から客先納入終了までの期間）の大幅な減少が見込める、加えて同じボディーで複数の光源に対応できる。PAS 5500 の場合、ボディーを変えずに 3 つの光源、すなわち i-line、KrF, ArF の 3 つに対応できる。

例えば、PAS5500 のボディーからレンズを取りだして、光源を KrF から ArF に置き換えることで、他の部品要素を変更することなく、より解像度が高い露光装置にアップデートでき

る。しかもこのようなレンズの交換作業を ASML ではなくて納入先の工場で行えることがポイントだ。これこそが PAS 5 5 0 0 の採用したモジュール化のメリットに他ならない。他方でニコンやキャノンは、レンズで差別化を図るという考え方であるために、レンズを交換するとそれに合わせてボディーも交換する必要がある。レンズの種類だけボディーが存在すると言っても良い。露光装置の作り方がニコンやキャノンとは全く別物なのである。

繰り返しになるが、半導体露光装置とは史上最も精密な機械と言われている。このような緻密で複雑な技術特性を持つ製品では、細部に至るまでのすり合わせ作業の重要性がこれまで指摘されてきた。実際ニコンやキャノンはそのような作り方をしてきたのであり、現場で調整余地が残るような設計を指向してきた。だが、中馬（2006）が明らかにしたように ASML はモジュラー設計を採用した。このモジュラー設計は、PAS 5 5 0 0 から現在に至るまで ASML の製品開発を通底している設計思想である。

改めて ASML の露光装置のモジュラー戦略とそのメリットを整理しておこう。露光装置を構成する基幹ユニットは光学系（投影レンズ、照明システム）、ウェハーステージ（位置決め機構）、レチクルステージ（マスク保持と移動）、アライメントシステム（レーザー干渉計、位置補正）、制御システム（ソフトウェア補正、フィードバック）などである。モジュラー設計を採用するということは、これらの基幹ユニット間の切り分け方とつなぎ方のルール化を事前に行い、できるだけ独立性を高めて相互干渉が生じないように設計するということを意味する。これら基幹ユニット間の高度な独立性が、戦略的柔軟性を生み出すのである。

以下のような主として3つのメリットをユーザーである半導体メーカーにもたらした。第1に、露光機の最終組み立て工程におけるユニット間の調整作業を効率化できることで、納入先における製品立ち上げに必要な期間が大幅に短縮可能になることである。つまり生産リードタイムが短縮できる。生産リードタイムの短縮化は、近年の半導体ライフサイクルの急速な短期化に伴い大きな意義を持つようになっている。1991年に出荷された PAS 5 5 0 0 の大きなメリットの一つは、立ち上げ時間の大幅な短縮化である。

第2に、基幹ユニット毎の修復と交換ができることから、保守の効率が高まり、ダウンタイム時間を削減できる。モジュラー化されているために、不具合が発生した基幹ユニットのみを交換することで、他のユニットへの影響を考慮せずに、製品全体を回復できる。これは、装置の稼働率を大きく引き上げることにつながる。半導体製造装置は、半導体チップ量産工場のコストの大きな部分を占めているために、製造装置の稼働率向上はユーザーである半導体メーカーの収益性向上に寄与するのである。

第3に、上記の第2の観点と密接な関係があるが、基幹ユニット毎のアップグレードができることから、製品のアップグレード特性が高まる。コストをかけずに容易に装置のアップグレードができるということだ。例えば微細化を高めるために光源を変更する場合であっても、光源ユニットの交換だけですむ。PAS 5 5 0 0 の場合、そのボディーは、90年代を通して継続的に使用された。光源が i-line であろうが、エキシマレーザー（ArF や KrF）

であろうが同じボディーで対応できたのである。

基幹ユニットの独立性の高さは、上記以外にも独自のユニークな特性を ASML の装置に与えている。例えば中馬は、メンテナンスのためにウェハーステージをユーザーが簡単に引き出して洗浄できる点などを指摘する。ウェハーステージは露光精度を出すうえで重要な役割を果たすために、ユーザーに触れさせないことが原則だと言われている中で、ASML の仕様はかなり特徴的だと指摘する。

### 3.3 モジュール設計思想の継承と産業全体への普及

PAS5500 ファミリーの新製品開発は現在行われていないが、2000 年までは継続的に新製品が投入された。図表 3 はそのラインアップの一部を表しているが、解像度やスループットなどが大きな向上していることが確認できる。それらは全てモジュール化の設計思想を踏襲しており、その優れたアップグレード特性ゆえに、投入後 30 年以上経過した現在でも PAS の 9 割は半導体生産ラインで使われていると言う。アップグレードを繰り返しながら、いわば中古品が修理作業によって新品と同じ性能に復帰して、現場で長く使われるのである。

図表 3 PAS5500の製品進化の軌跡

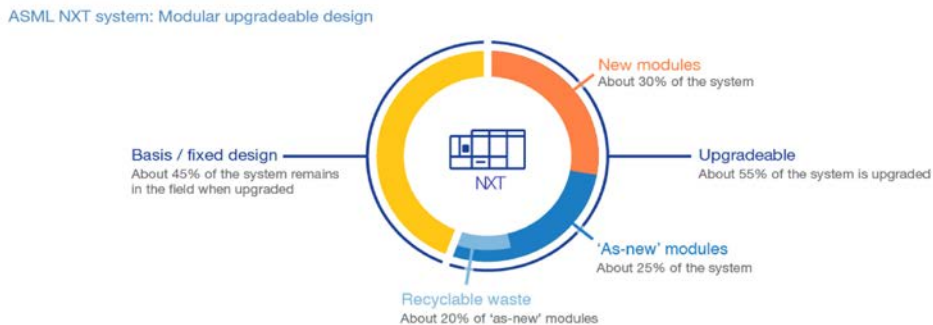
以下ではウェハーサイズは、200mmの時代

| 発売年   | モデル名        | 解像度 (μm) | スループット<br>(枚/時) |
|-------|-------------|----------|-----------------|
| 1991年 | PAS5500/100 | 0.70     | 20              |
| 1995年 | PAS5500/200 | 0.50     | 30              |
| 1997年 | PAS5500/300 | 0.35     | 40              |
| 1999年 | PAS5500/400 | 0.28     | 50              |
| 2001年 | PAS5500/500 | 0.25     | 60              |

出所：ASMLの資料など公開情報をもとに筆者作成

PAS で採用されたモジュール設計は、その後の製品ファミリーでも踏襲されている。図表 4 は、PAS の次世代露光機 TWINSCAN:NXT 製品ファミリーを例にとり、アップグレード特性を表したものだ。それによれば、重量基準で 45 パーセントは、製品ファミリーを通して共通で使われておりアップグレードしても変わらない共通製品領域である。残り 55 パーセントは、アップグレード可能な製品領域であり、その内の 30 パーセントは全く新しいモジュールとしてアップグレードされ、25 パーセントは、修復後新しいモジュールとして再使用可能になる。

図表4 ASML露光機のアップグレード特性



出所・ASML 2017 アニュアルレポート

ASML 露光機はこのように高度なアップグレード特性を持つ。ASMLのユーザーである半導体チップメーカーは、既に保有している露光機をアップグレードすることで、新しい露光機に買い替えなくとも、高性能で高機能な露光機能を使用できることになる。まさにこの点こそが、ニコンやキャノンと比較した時のASMLの優位性に他ならない。既存の露光装置がアップグレードされながら継続的に使われ続けるために、ASML 露光装置の製品寿命は長い。その結果、過去30年間に販売されたASML 露光機のうち、なんと95パーセントが、いまだに現場の生産ラインで稼働しているのである（ASML アニュアルレポート）。

その後ニコンもまた2008年からモジュラー戦略を採用した。ASMLのモジュラー戦略から遅れること15年後であった。2018年に発売されたニコンの露光装置「NSR-S635E」では、2008年からモジュラー設計を採用したことを強調して、次のようにホームページに記載されている。

『装置全体をユニット単位でモジュール化することにより、立上げに必要な期間を劇的に短縮。細かいパーツの交換にも対応し、メンテナンス性を大幅に改善しました。これらにより装置のダウンタイムロスが削減でき、稼働率の向上に大きく貢献します。また、拡張性の高いプラットフォーム設計を採用したことで、装置のアップグレードも可能となります。』

まさに、既に確認したモジュラー化のメリットそれ自身に他ならない。だが、モジュラー化のメリットがどの程度享受できるかどうかは、ユニットをどの単位で分けるのか、そしてそれらをどうつなぐのかにかかっているものであり、同じモジュラー化という表現を使ってもそこから得る便益は同じではない。良いモジュラー化と悪いモジュラー化があるからだ。ユニット単位の分け方がASMLとニコンで同じなのか違うのかは、現時点で明らかではない。だがいずれにしても、ASMLから始まった露光機のモジュラー化は、露光装置産



業全体に普及していったとみることができる。

### 3.4 システム・アーキテクトとしての ASML

露光装置をモジュラー化すると、基幹ユニット毎の同時並行開発が可能になるために、専門メーカーに対する基幹ユニット毎のアウトソーシングが効率的に行えるようになる。モジュール化されているユニット毎にアウトソーシングすれば、専門メーカーとの調整が効率的で効果的になるからだ。一方で、全体を設計し統括するシステム・アーキテクトとしての役割が必要になる。ASMLはその役割に集中しているのだ。

実際のところ、図表5に示すように、ニコンやキャノンと比べてASMLの際だった特徴は、自社はソフトウェア開発とシステム・インテグレートに専念し、それ以外の多くの基幹ユニットを世界中の部品メーカーへアウトソーシングしているという点である。コア部品であるレンズは、ドイツのカール・ツァイスが作っており、ボディーはフィリップスが作っている。ASMLはそれらのコア部品を調達したうえで、露光装置という一つのシステムにまとめあげる役割を担っている。とはいえ、アウトソーシング先から調達する各ユニットをそのまま組み付けるだけで露光装置全体の品質が保証されるわけではない。納入後のユニット毎のスペック検査に加えて、ユニット間でどの程度相互干渉が起きるかなどのユニット間の検査も行う。そのためのデータ採取やテストモジュールの開発などもASMLが責任を持つ。これらの厳密な検査をパスしたユニットだけが初めて、最終の総合組み立て段階に送られるのである。ASMLはこうした最終組付け作業を担い、自らをシステム・アーキテクトとして自己規定しているのである。

図表5 3社のアウトソーシング比較

| 基幹ユニット名         | ASML                                  | ニコン             | キャノン                |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------|---------------------|
| 投影レンズ系          |                                       |                 |                     |
| 開発・設計           | ツァイス                                  | 自社              | 自社                  |
| ガラス製造           | ツァイスグループ（ヘラウス、ショット）、コーニング、信越石炭、オハラ    | ほぼ自社、一部オハラなど    | キャノングループ（オプトロン、オハラ） |
| レンズ研磨・測定        | ASML・Optics（旧米国 Tinsley）、コーニング・Tropel | 自社（栃木ニコン）       | 自社                  |
| レンズ総組立          | ツァイス                                  | 自社              | 自社                  |
| 照明系             | ツァイス（中心）、ラムダフィジックス                    | 自社              | 自社                  |
| ステージ            |                                       |                 |                     |
| 開発・設計           | フィリップス                                | 自社              | 自社                  |
| 総組立             | フィリップスグループ                            | 自社（含む仙台ニコン）     | 自社                  |
| 光源              |                                       |                 |                     |
| 水銀ランプ（i線）       | ウシオ電機中心                               | ウシオ電機中心         | ウシオ電機中心             |
| DUV             | サイマー（中心）、ラムダフィジックス                    | サイマー（中心）、ギガフォトン | サイマー（中心）、ギガフォトン     |
| ボディー（開発・製造）     | フィリップスおよびフィリップスグループ                   | 自社および自社グループ     | 自社および自社グループ         |
| アライメント系         |                                       |                 |                     |
| 開発・設計           | ツァイス、フィリップス（一部アジレント）                  | 自社              | 自社                  |
| 製造（干渉計、カメラミラー等） | （アジレント、Zygo などの）外部、ツァイス               | （Zygo 等の）外部     | （Zygo 等の）外部         |
| ソフトウェア          |                                       |                 |                     |
| システム設計          | 自社                                    | 自社              | 自社                  |
| OS              | 他社                                    | 他社              | 他社                  |
| ユニット制御          | 他社                                    | 他社              | 他社                  |
| ツールソフト          | 自社 & 他社（含むツァイス、フィリップス）                | 自社              | 自社                  |

出所 中馬、2005

アニュアルレポート（例えば2020年）によれば、ASMLは約5000のサプライヤーと取引をしているが、そのうち、製品関連サプライヤー、つまり部品納入業者は約780程度である。そのうち、ASMLが重要サプライヤー（Critical suppliers）として認定している

のは、約 190 程度である。この重要サプライヤーは、ASML と直接取引をしているいわゆるティア 1 に属するサプライヤーである。

サプライヤーの地理的分布をみると、業者の数では、アジアや北米も含めて世界中に満遍なく広がっているが、金額ベースでみると、オランダと欧州で約 8 割をしめている。つまり大きな金額の取引は、欧州近郊という近隣領域に集中しているとも言える。ASML はシステム・アーキテクトとして、世界中に広がるサプライヤーのリスク管理をしながら、同時に製品として統合する能力を高めていったはずだ。重要サプライヤーとそれ以外のサプライヤーを区別している点にも、リスク管理の一端をうかがい知ることができる。

システム・アーキテクトの行動特性は、図表 6 に示すように ASML の製品開発体制からもうかがい知ることができる。Enami&Taji は A S M L の新製品の開発体制を次のように明らかにしている。ASML の CTO (技術担当役員) は、開発プロジェクトごとに、PM(Product Manager)、SE(System Engineer)そしてMM (Marketing Manager) を任命する。この 3 人が当該製品全体に責任を持つ。その下に製品を構成する基幹ユニット毎に 1 7 人のユニットリーダーが存在し、ユニットリーダーは担当する基幹ユニットの設計・検査・製造のすべてに責任を持つ。そして各ユニットの配下で複数のタスクフォースが稼働しているという開発体制である。特徴的なことは、PMや MM の役職以外に S E という役職を別個に設けている点であろう。S E は文字通り 1 7 に分割された各ユニットを露光機システムとして統合する役目であり、全ユニットと緊密に協力・調整しながら、コストや開発スケジュールなどを全体最適化する。まさに全体調整と統括に特化して責任を持つ役職であり、システム・アーキテクトとしての A S M L の特徴が SE という職種に反映されている。

図表 6 ASMLの製品開発体制

Table 2. ASML Organizational Chart

| Product Mgr. (each model) + SE and Marketing Mgr. |                              |                              |                              |
|---------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                                   | Unit Leader<br>(Component 1) | Unit Leader<br>(Component 2) | Unit Leader<br>(Component 3) |
| Project Mgr. (Task Force 1)                       |                              |                              |                              |
| Project Mgr. (Task Force 2)                       |                              |                              |                              |
| Project Mgr. ( Task Force 3)                      |                              |                              |                              |

Sources: Based on authors' fieldwork<sup>v</sup>

出所："Management of Product Development on Architecture Evolution: Analyzing the Semiconductor Exposure Tool Industry. Enami & Taji, ICE conference paper 2016

さらにシステム・アーキテクトの行動特性は、論文の出願形態にも反映され、外部機関との共著論文の比率が多くを占めるはずだ。榎波・田路（2017）は 2 0 0 0 年以降の 1 0 年間に半導体関連の国際学会 SPIE（The international society for optics and photonics）で発表



された論文の共著形態を調査した。それを表しているのが図表7である。ASMLはニコンに比べると明らかに共著論文の比率が高く、これは研究をASML単独で行うよりも外部機関と共同で行っていることを示唆している。各基幹ユニットを担当する専門メーカーとの連携や協力を重視するシステム・アーキテクトとしての側面が、研究活動にも色濃く反映されたものだと理解できるだろう。

図表7 論文発表形態の比較：ASMLとニコン

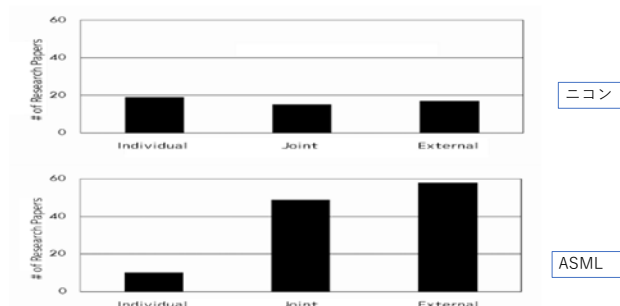


Fig. 3. Number of Papers based on Categories (upper: Nikon, lower: ASML)

出所：「Management of Product Development on Architecture Evolution: Analyzing the Semiconductor Exposure Tool Industry. Enami & Taji, ICE conference paper 2016

### 3.5 まとめ：弱みが強みに転化したのか？

本稿はASMLの成長の契機となったPAS5500にまでさかのぼり成長の源泉を探った。PAS5500の成功はモジュラー戦略にあったこと、ASMLはシステム・アーキテクトとして自らを自己規定したこと、そしてモジュラー設計は次世代露光機に継承されているのみならず、現在、ニコンなど産業全体にまで普及していることなどをみてきた。

ASMLはなぜ、創業初期からモジュール化の設計思想を採用したのだろうか。今となれば、このモジュール化の設計思想こそ、日本企業を凌ぐ原動力となったのではないかと推論できる。だがASMLが創業された1980年代半ば、ニコンやキャノンなどの日本企業が産業をリードしていたのであり、ASMLはいうまでもなくはるか後発として出発した。なぜ後発にもかかわらず、ASMLは当時のリーダー企業と違った作り方を採用したのだろうか。『当社は、ニコン、キャノンと正面から争うにはあまりに小さすぎた』と、'90年から2000年までASMLの社長を務めたウィレム・マリス氏は述懐する。この言葉が一つのヒントになるように思う。弱みが強みに転化したという解釈だ。

当時のASMLはあまりにも弱小であったために、ニコンやキャノンのような自社開発はできなかった。そこでカール・ツァイスやフィリップスなどの外部の大手専門企業の技術力を借りることを考えたはずだ。そして外部企業の技術力を効率的かつ効果的に使うためには、外部企業との分業の仕方が重要になる。分業したのちに最終的には有機的なシステムとして統合しなければならないのだから、まとまったタスクを切り出して、できるだけ調整のコストが不要になるような分業の仕方が有効であろう。そのための設計思想が、基幹ユニッ

ト毎に独立性が高くなるように切り分けるという製品のモジュール化だったのではないだろうか。

つまり、こういう流れになるだろう。当時 ASML は、企業としてあまりにも小さすぎたという弱みを克服するために他社との緊密な協力を模索した、そして効果的かつ効率的な他社との連携を行うために製品をモジュール化することにたどり着いた、今度はそれが ASML の強みに転化したという説明ができるように思われる。

#### 参考文献)

ASML アニュアルレポート (1995~2020)

An-Chi Tung and Henry Wan.2023. "Organizational Investment: The case of ASML-Can the Product Make the Producer." Foreign Trade Review 58(1)176-191.

Baldwin, Carliss Y., and Kim B. Clark. 2000. Design Rules: The Power of Modularity. The MIT Press.

Chuma, Hiroyuki. 2006. "Increasing Complexity and Limits of Organization in the Microlithography Industry: Implications for Science-based Industries." Research Policy 35(3): 394-411.

中馬宏之.2005 “我が国半導体露光装置産業が直面する複雑性と組織限界”

榎波・田路、2017.アーキテクチャー進化における製品開発マネジメント、『一橋ビジネスレビュー』Win.214-227.

廣田義人 (2001)「半導体露光装置ステッパーの開発、普及とその要因」『技術と文明』12巻、2号 (118) の

林征治.2015.オープンイノベーション論の再考ー半導体露光装置産業の事例から.『立教大学 経営学論集第86集』

Enami & Taji (2016) “Management of Product Development on Architecture Evolution: Analyzing the Semiconductor Exposure Tool Industry”, ICE conference paper 2016

## 第4章 電力データを利用した2つのDXアプローチ

加納 信吾

### 4.1 電力スマートメーターの普及

#### 4.1.1 スマートメーターとは

電力スマートメーターは、従来は月1回の検針により1か月間の総使用量を計測していたものを30分ごとの電力使用量等を計測し、また、遠隔でその情報を取得することが可能な装置である（図4-1）。計量部と端子部を分離したことにより、電線を抜き差しすることとなる安全に計器が交換できる他、通信機能を持つ。

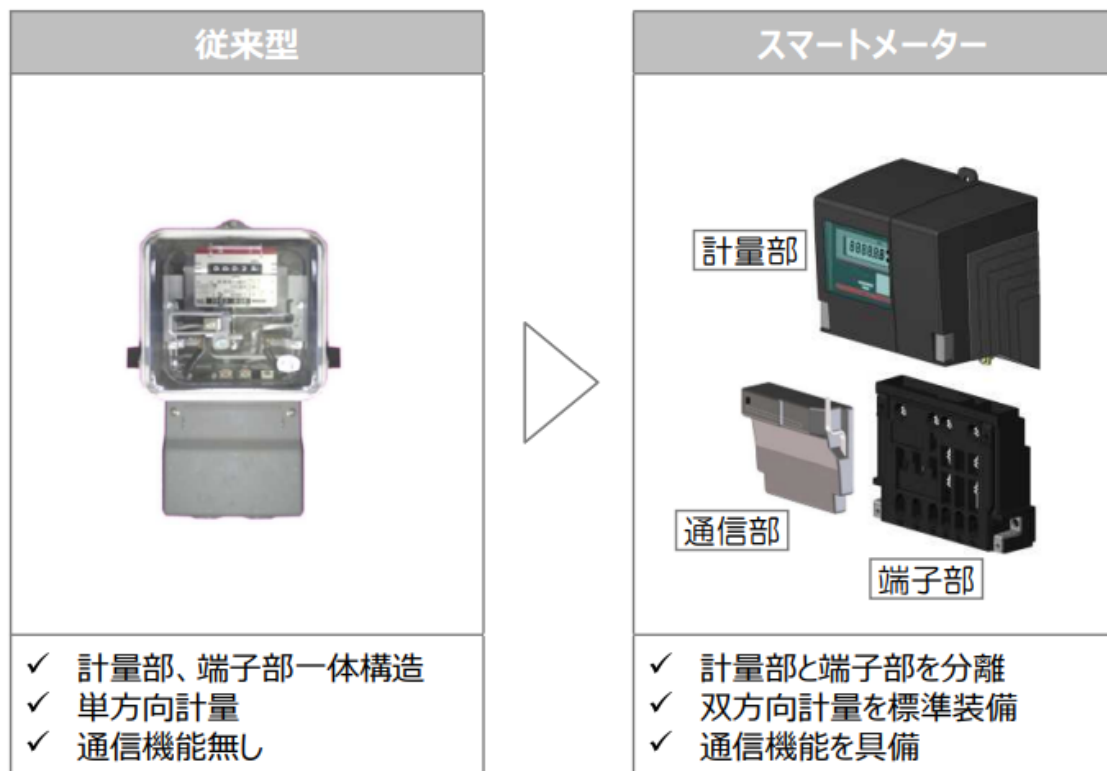


図 4-1 電力スマートメーター

スマートメーター・データは設備情報（位置情報）、及び電力量情報（電力データ）から構成されており、全国の全世帯・全事業所に導入予定であることから、データのカバレッジが極めて高いデータセットの提供を実現することができる。

スマートメーター統計データは、従来の統計情報では提供できなかったデータを提供する。住民基本台帳では不可能であったリアルな世帯数を把握でき、当月の世帯数が把握可能であり、任意のエリアに対してデータ整理が可能という意味で、多目的な利用が可能である。

全国 8000 万世帯の「**全世帯情報**」というデータの完全性は、あらゆる家計データの基本となるデータセットであり、完全設置による完全データという意味で、国勢データの基本台帳であり、他のデータとの組合せによる高度な利用が期待されている。

表 4-1 スマートメーターで計測可能なデータ

| 区分                     | データ項目                                               |
|------------------------|-----------------------------------------------------|
| 設備情報<br>(スマートメーター位置情報) | ・ 計器ID      ・ 設置完了日時、取外完了日時<br>・ 位置情報               |
| 電力量情報<br>(電力データ)       | ・ 計器ID      ・ 日付<br>・ 潮流区分    ・ 30分ごとの電力使用量（1日48コマ） |

#### 4.1.2 スマートメーターの普及状況

全国の全世帯・全事業所に導入中であり、2021 年 3 月現在、全国約 85%の世帯（6,917 万台）設置済みであり、東電エリアでは 100%の設置が完了し、全国でも 2024 年度までに設置完了予定とされている（直近のデータは未入手）。

表 4-2 2021 年段階でのスマートメーターの普及率

|            | 全国           | 北海道   | 東北    | 東京      | 中部    | 北陸    | 関西      | 中国    | 四国    | 九州    | 沖縄    |
|------------|--------------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 台数<br>(万台) | <b>6,917</b> | 262.6 | 492.0 | 2,840.0 | 759.2 | 128.2 | 1,225.5 | 338.2 | 184.6 | 630.2 | 56.0  |
| 設置率        | <b>85.7%</b> | 70.4% | 72.6% | 100%    | 79.5% | 69.3% | 93.6%   | 67.0% | 69.5% | 72.5% | 61.5% |

#### 4.1.3 電力データの収集システム

電力データは、HEMS(ホームエネルギーマネジメントシステム)と呼ばれる家庭用エネルギー監視システムと連結したスマートメーターから無線マルチホップ方式もしくは携帯通信方式により HES:ヘッドエンドシステム(データ収集及び通信制御装置)へ送られ、MDMS:メーターデータマネジメントシステム(スマートメーターのデータ・設備を管理するシステム)へ送られて需要に応じて託送システムを通じて小売事業者を利用される。

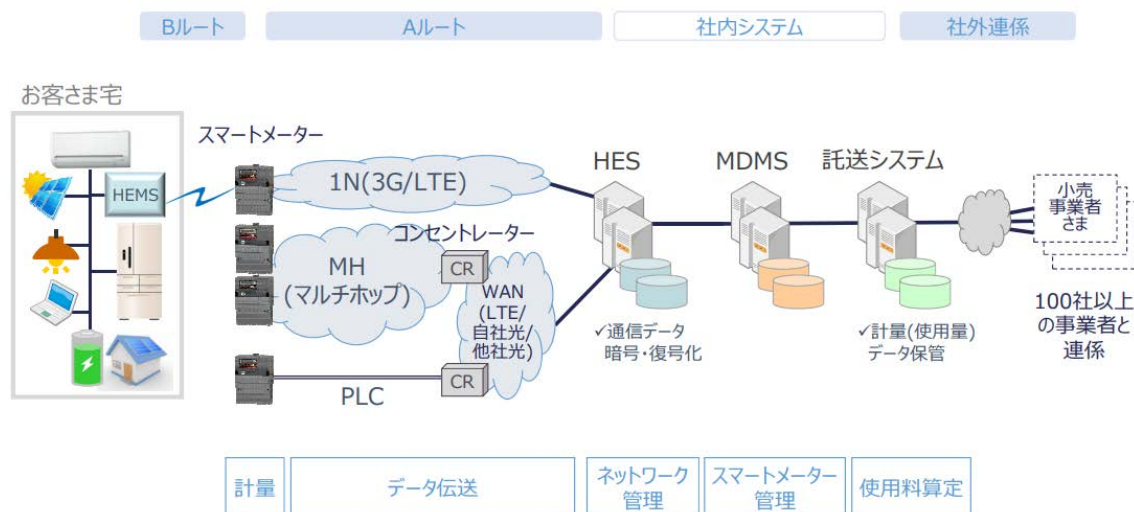


図 4-2 スマートメーターシステムの構成

#### 4.2 DX の定義と電力企業のスマートメーターによる電力データの位置づけ

まず、前年度の報告書で触れたが、デジタル化の定義について、Faraboshi (2023) の定義に則して、電力データにおいても、同様に定義できるかについて、整理するところから始める。

**Step.1: Digitization** は、「価値創造・提供のための一部のプロセスが、IT により効率化・低コスト化を実現する（アナログ情報のデジタル情報への変換を含む）」と定義されている。電力データでは、スマートメーターが従来型の電力データが人手で収集されていたのに対して、通信技術を用いることにより、効率的かつ低コストで収集することを実現しているという意味で、第一段階の Digitization は実現されている。

**Step.2: Digitalization** は、「価値創造・提供のためのプロセス構造が、IT により変更され、効率化・低コスト化だけでなく、追加の顧客価値を生み出している」と定義されている。電力データでは、スマートメーターの導入により網羅的かつ即時的に電力データが提供されることにより、電力料金の検針が自動化されるという観点で、電力提供事業における料金徴収のコストが低減されるという一義的な効果を生んでいる。スマートメーターの導入による効果としては、①電力利用者に対しては、30 分毎の電気使用量の見える化による省エネ促進、②電力会社に対しては、検針業務だけでなく、ブレーカー取替、電力の切替・切断作業などの遠隔操作業務をなくし業務効率化を実現しており、電力設備の最適化にも貢献しており、追加的な価値を生み出している。更に、次世代スマートメーターでは、レジリエンスの強化、再生エネルギー大量導入における系統全体の需給の安定化、ガス・水道の共同検針によるシステムコストの低減と需要家サービスの向上が見込まれる。

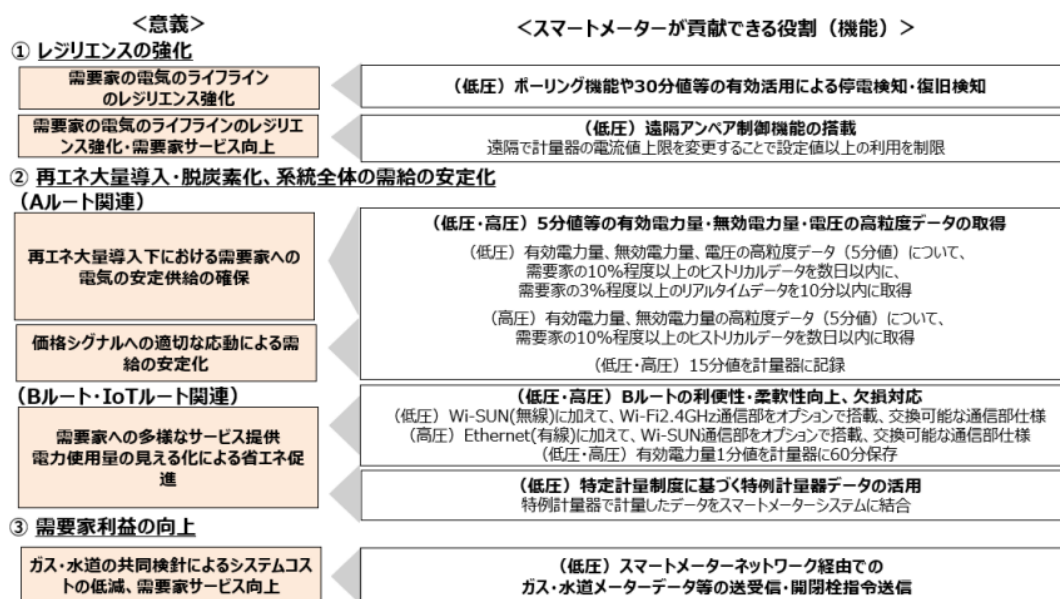


図 4-3 次世代スマートメーターに追加される主な機能と実現が期待される便益  
(次世代スマートメーター制度検討会とりまとめ報告書 2022 年 5 月)

長期的な費用対効果としては、例えば中部電力が 2015 (平成 27) 年に試算した結果では、スマートメーター導入当初は費用が効果を上回るものの、導入が進むとともに、委託検針費の削減や現地での電気の入・切業務減などの効果が増加し、2023 年に単年度での黒字化を見込み、2036 年には累積での黒字化を見込まれていた。

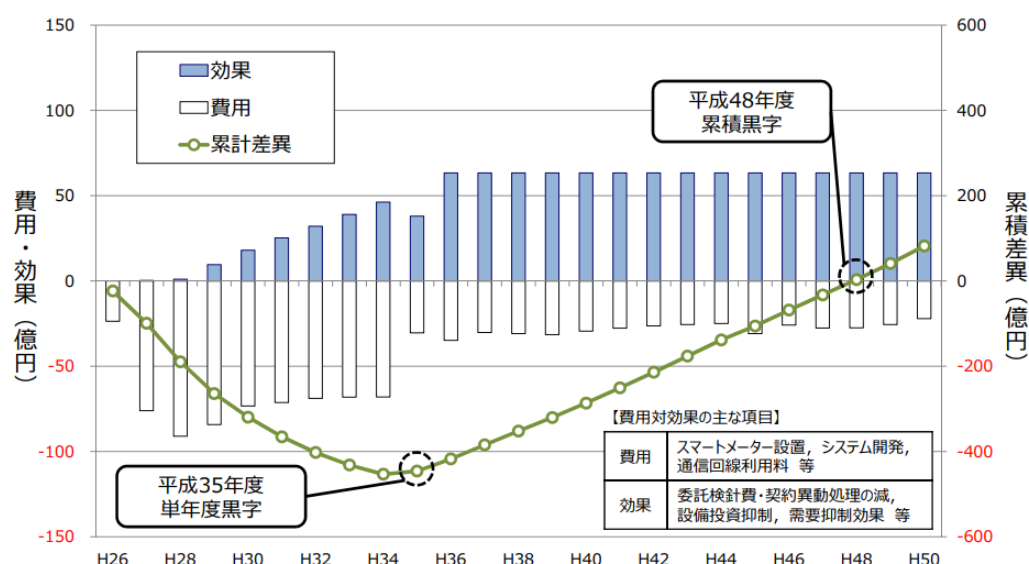


図 4-4 中部電力におけるスマートメーター導入による長期的な費用対効果試算の例  
(「スマートメーターについて」、中部電力平成 27 年 9 月)



**Step.3: Digital Transformation** は、「IT により、企業や産業にとって新しいビジネスモデルが開発され、新たな顧客価値が創造されている」と定義されている。電力データを活用することにより、新しいビジネスモデルが開発され、新たな顧客価値が創造されているかという点が Digital Transformation が起きているかどうかの判定基準になる。

電気事業法では公正競争の観点から一般送配電事業者（TSO）に電力データの目的外利用を禁止しているが、2020 年 6 月の法改正により、個人情報の保護や適正な競争の確保を前提とした「認定協会制度」の下、電気事業者以外の事業者も含め、電力データの活用が可能となった（2022 年 4 月施行）。

電気事業法第 34 条（災害時・訓練時に国・自治体にデータ提供）及び第 37 条の 3（電力データ管理協会による平時の電力データの管理とデータ提供）に基づく一般送配電事業者による電力データの提供は、令和 5 年 9 月 28 日に、一般送配電事業者及び送配電システムズ合同会社の電力データ集約システムにより開始され、各エリアで段階的に運用が開始されている。

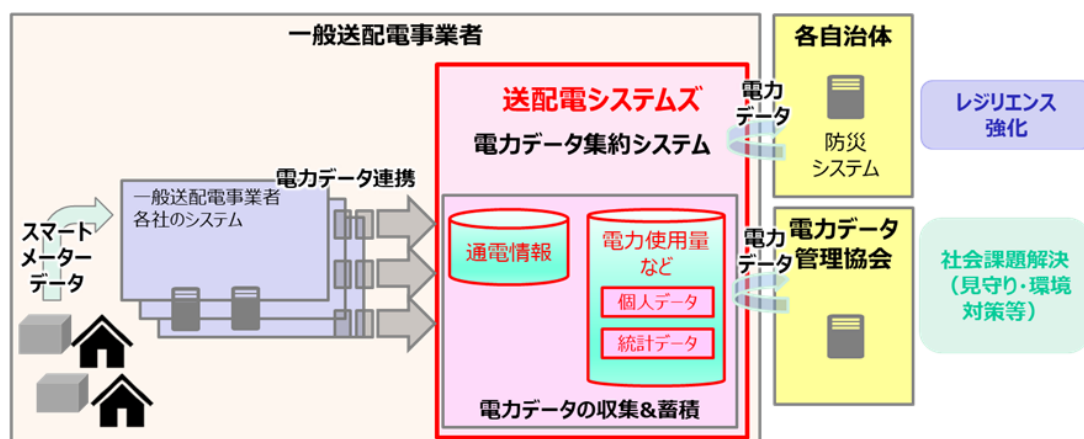


図 4-5 電力データ集約システム  
（経済産業省ホームページより）

以下、Step3 に該当する事例については、電気事業法の準拠条文により場合分けされることから、次節以降、条文毎に類型化して例示しつつ、サイクル論による分析を行い、一般化を試みることにする。

#### 4.3 災害発生時のデータ利用（電気事業法第 34 条に基づくデータ利用）

2020 年 7 月、一般送配電事業者 10 社に対し、災害時に、通電情報や配電線地図等の情報を地方公共団体等に提供することについて要請を実施するとともに、全ての地方公共団体等に対し、電気事業法第 34 条に基づく電力データ提供が可能であることが周知され、通電情報による重要施設（避難所・病院等）の運営支援、在・不在情報による救助支援や被災者

特定支援などへの活用が提案された。

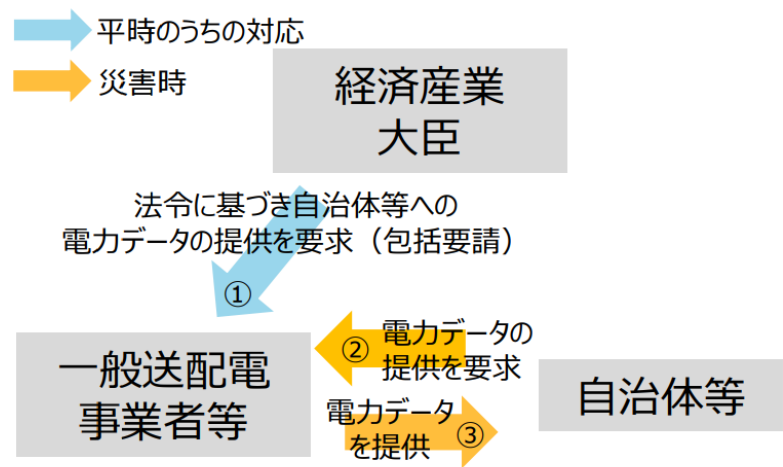


図 4-6 電気事業法第 34 条に基づく自治体への電力データの提供

（第 66 回総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会資料 7 より）

災害発生前においては、自治体は包括要請で「配電線地図」、個別要請によりにそれ以外の情報を求めることができ、災害発生時には包括要請で「配電線地図」、「通電情報」、「復旧工事計画」を要請することができ、個別要請によりそれ以外の情報を求めることができる。

具体的な利用例としては、①災害対策訓練においては、配電線地図を利用して「訓練用に想定停電箇所を設定」して図上訓練を実施する、②台風による災害発生時に「停電箇所を把握」して自治体内で情報共有し市民からの停電状況の問合せの対応に活用する、③発災前後のスマートメーター統計データを基に、「在不在の判定」を行い、曜日や時間帯に応じた想定被災者数や発災時の避難状況を可視化する事で、発災時の避難誘導の効率化する、などが報告されている。

表 4-3 自治体による電力データ活用例

|        | 大阪府枚方市                                             | 佐賀県武雄市                               |
|--------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 利用目的   | 災害対策訓練<br>（事前の備え）                                  | ・台風 9 号対応<br>・台風 10 号対応<br>（災害時対応）   |
| 要請情報   | 配電線地図<br>（訓練用に想定停電箇所が<br>色塗りされたもの）                 | 配電線地図<br>（停電箇所が色塗りされたもの）             |
| 具体的な用途 | 発災時に円滑に電力から提供を受けた配電線地図を活用するために枚方市災害対策本部図上訓練において活用。 | 市関係者内での停電エリアの共有、市民から停電状況の問い合わせ対応に活用。 |

（第 66 回総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会資料 7 より）



#### 4.4 第三者によるデータ利用（電気事業法第 37 条の 3 に基づくデータ利用）

経済産業省は、民間のイノベーション創出等に電力データを活用するため、経済産業大臣が認定をする「認定電気使用者情報利用者等協会」を通じ、需要家（個人等）のプライバシー保護を確保しつつ、利用者に電力データ提供する制度を整備している。2022 年 6 月 30 日、経済産業大臣は、電気事業法第 37 条の 4 に基づき、「一般社団法人電力データ管理協会」を、「認定電気使用者情報利用者等協会」として認定している。電力データ管理協会が提供するデータ利用は、同意取得済みの個データと統計データがあり、利用会員の年会費やデータ使用量に応じた利用料金が設定されている。

利用のための年会費は、個データでは 50 万円/年、統計データでは 20 万円/年、標準統計の過去年度実績のみでは年会費が不要となっている。データ利用料金は、統計データ利用の場合、利用目的に応じた全ての標準統計が利用可能な特別料金が設定されている。

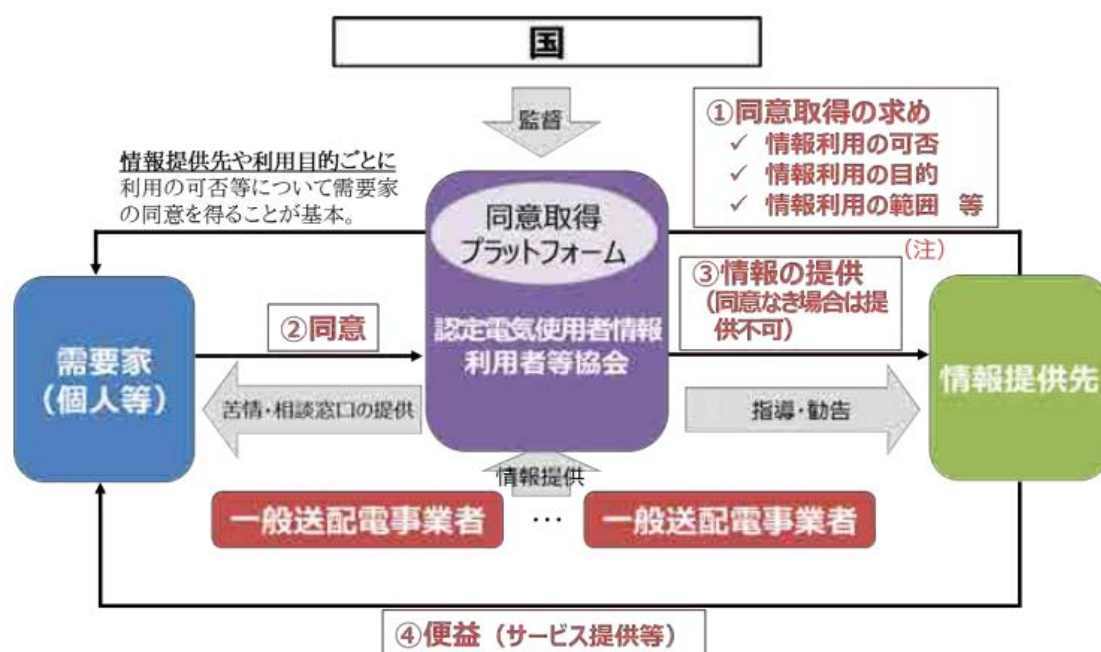


図 4-8 改正電気事業法に基づく、新たな電力データ活用制度の概要

（第 66 回総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会資料 7 より）

データ利用会員により提供されているサービスの例を以下の表にあげておく。研究用途から、自治体向け節電提案、二酸化炭素排出量算出、工場電力の消費データ分析による節電、高齢者見守りなど実サービスへの展開されている。

表 4-4 電力データを利用したサービスの例

| 利用会員名                | 提供（予定）サービス                                                                                |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 中部電力株式会社             | 電力データを分析してフレイルリスクの高い方を検知する自治体向けサービス                                                       |
| 株式会社リバスタ             | 建設工事会社向けに、全国の工事現場のCO2排出量の算出を支援するサービス                                                      |
| ENECHANGE株式会社        | 比較サイトにおいて正確な料金シミュレーションを提供するサービス                                                           |
| ヒラソル・エナジー株式会社        | 太陽光発電所の買取・リバリング、オンサイトPPA型太陽光発電所の設計、発電所の運営を効率化するためのDXツール開発                                 |
| 株式会社GDBL             | 統計データを活用した地域の見える化及び個データを活用した個人の脱炭素化支援サービス等を組み合わせて自治体向けに脱炭素関連計画の立案から実行までのPDCAプロセスを支援するサービス |
| 中部電力ミライズコネクスト株式会社    | 高齢者の住宅難民化の解消や賃貸物件の空室率の低減に向け、電力データを活用して入居者を見守るサービス                                         |
| 株式会社ビーマップ            | シニアや単身家族の健康を見守る3つ（電力データ、ベッドデバイス、Wi-Fi）の見守りサービス                                            |
| 東芝エネルギーシステムズ株式会社     | 工場等の電力データを分析し、生産のピークシフトや節電の余地があるかを見極める電気の需給調整サービス                                         |
| 大和ハウス・アセットマネジメント株式会社 | 運用委託を受けている賃貸物件一棟あたりの電気使用量からCO2排出量を測定、数値をもとに将来的に省エネ設備改修も検討                                 |
| 早稲田大学                | カーボンニュートラルなスマートシティの実現に向けた総合的なエネルギー・マネジメントシステムの研究                                          |

（第 66 回総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会資料 7 より）

この他にも、「在宅判定アルゴリズム」により宅配の効率化、広告会社によるエリアマーケティング、家庭向け節電などのサービスも開発されている。

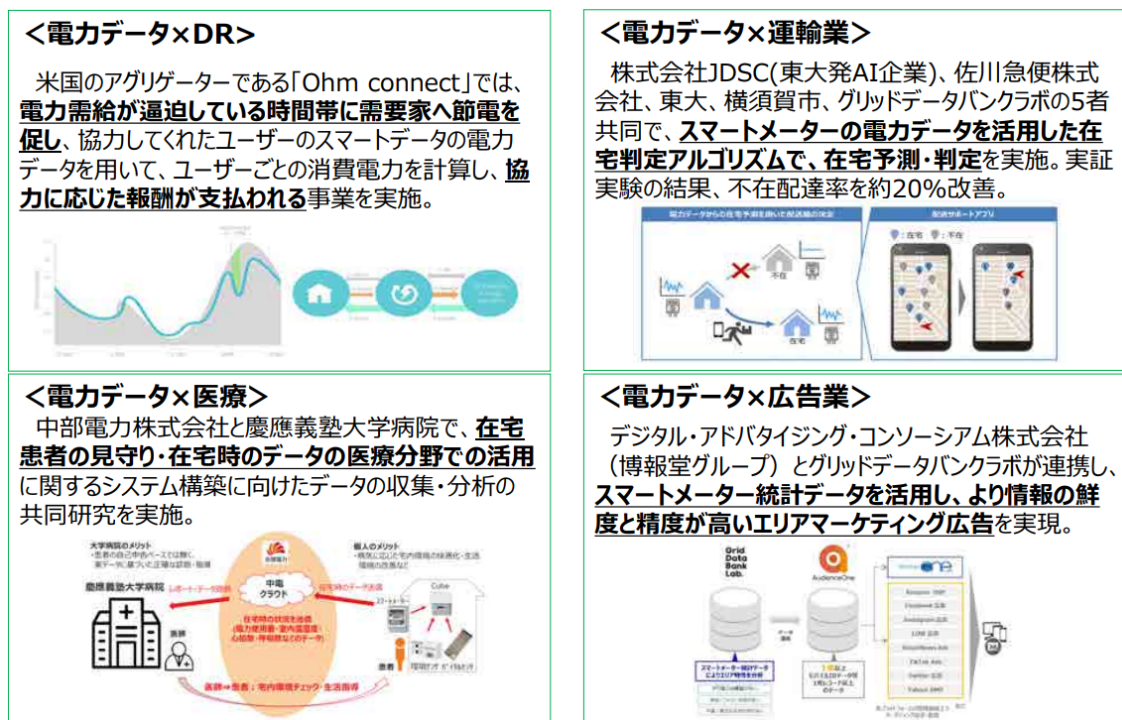


図 4-9 電力データ活用の先行事例

（「電力データ活用による新たな付加価値創造」資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 2021.9 より）

## 4.5 サイクル論による分析

Digital Transformation は、リニアな3段階の Digitization、Digitalization、Digital Transformation での説明以外には、サイクル論で解釈することができる。ここでは、サイクル論のフレーム概要に触れた後、Digital Transformation に至ったと判断される例についてサイクル論による分析を実施する。

### 4.5.1 Dx サイクルの概要

横軸は、Exploration と Exploitation の軸であり、右側では探索的、研究開発投資であり、左側では投資の回収や収穫の段階に至っていることを表している。縦軸では、(New) Value Creation と (Existing) Value Enhancement であり、上側では新規の価値を創造するための活動であり、下側は確立したビジネスモデルにより収益を強化する段階である。

したがって、第二象限である右下は探索的に既存の価値を強化する領域であり、Digital Disruption としているが、デジタル化に既存秩序の破壊であり、リニア的解釈における最初の段階である、**Step1: Digitization** に相当しており、「価値創造・提供のための一部のプロセスが、IT により効率化・低コスト化を実現する（アナログ情報のデジタル情報への変換を含む）」とした説明内容がそのまま該当する。

続く、**Step.2: Digitalization** は、「価値創造・提供のためのプロセス構造が、IT により変更され、効率化・低コスト化だけでなく、追加の顧客価値を生み出しており」、ビジネスモデルには変更がないものの、従来手法では実現しなかった価値を発生されている状態と説明されているが、Step.2: Digitalization は、サイクル論的には、依然としてビジネスモデルの変更を伴わないという点を考慮すると、Digital Disruption の範囲内にあるものと解釈される。

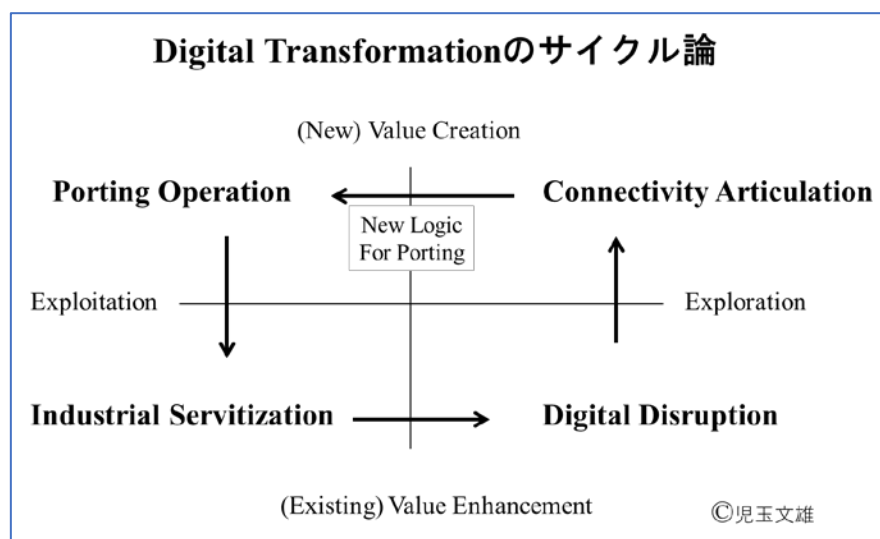


図 4-10 Digital Transformation のサイクル論

第一象限である右上は、Connectivity Articulationであるが、構想された目的のために従来にはなかったプロセスが結合されることにより今まではなかった情報プラットフォームができあがる状態を示しており、続く第四象限であるPorting Operationは、情報プラットフォームが既存の用途とは異なる用途に転用される現象を概念化したものである。

**Step. 3: Digital Transformation**は、「ITにより、企業や産業にとって新しいビジネスモデルが開発され、新たな顧客価値が創造されている」と説明されたが、新しいビジネスモデルが従来になかったプロセスの結合により実現されたプラットフォームの転用により実現した状態は同時にビジネスモデルの変更を伴っており、「Connectivity Articulation+Porting Operation」によりDigital Transformationが実現したと解釈することができる。Connectivity ArticulationからPorting Operationに至るためには、新たな情報の結合をマイニングし利用するための「新しいロジック」の開発を伴っている点に着目する必要がある(New logic for Porting)。

第三象限のIndustrial Servitizationにおいては、プラットフォームをベースにした情報利用の形態が多様化し、サービスメニューの集積状態を概念化したものであり、プラットフォームがプラットフォームとして成立したことが確認できる状態を表現している。

第三象限から第二象限への移行は、プラットフォームの利用によるサービスの充実が限界に達し、新たな要素を加える必要がでてきた状態になる。ここから2周目のサイクルが開始される。1周目で構築されたプラットフォームをベースとしているため、新たな要素がDigitizationされると、そこから「Connectivity Articulation+Porting Operation」まで一気に進み、次の高度化されたプラットフォームの成立に至るものと想定される。

4.5.2 災害発生時のデータ利用のサイクル論による解釈

災害発生時のデータ利用の例として、経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部政策課電力産業・市場室による「自治体防災業務における電力データ利活用マニュアル（自治体向け）」<sup>4</sup>に掲載されている台風発生時の4つのユースケースを題材として分析する。

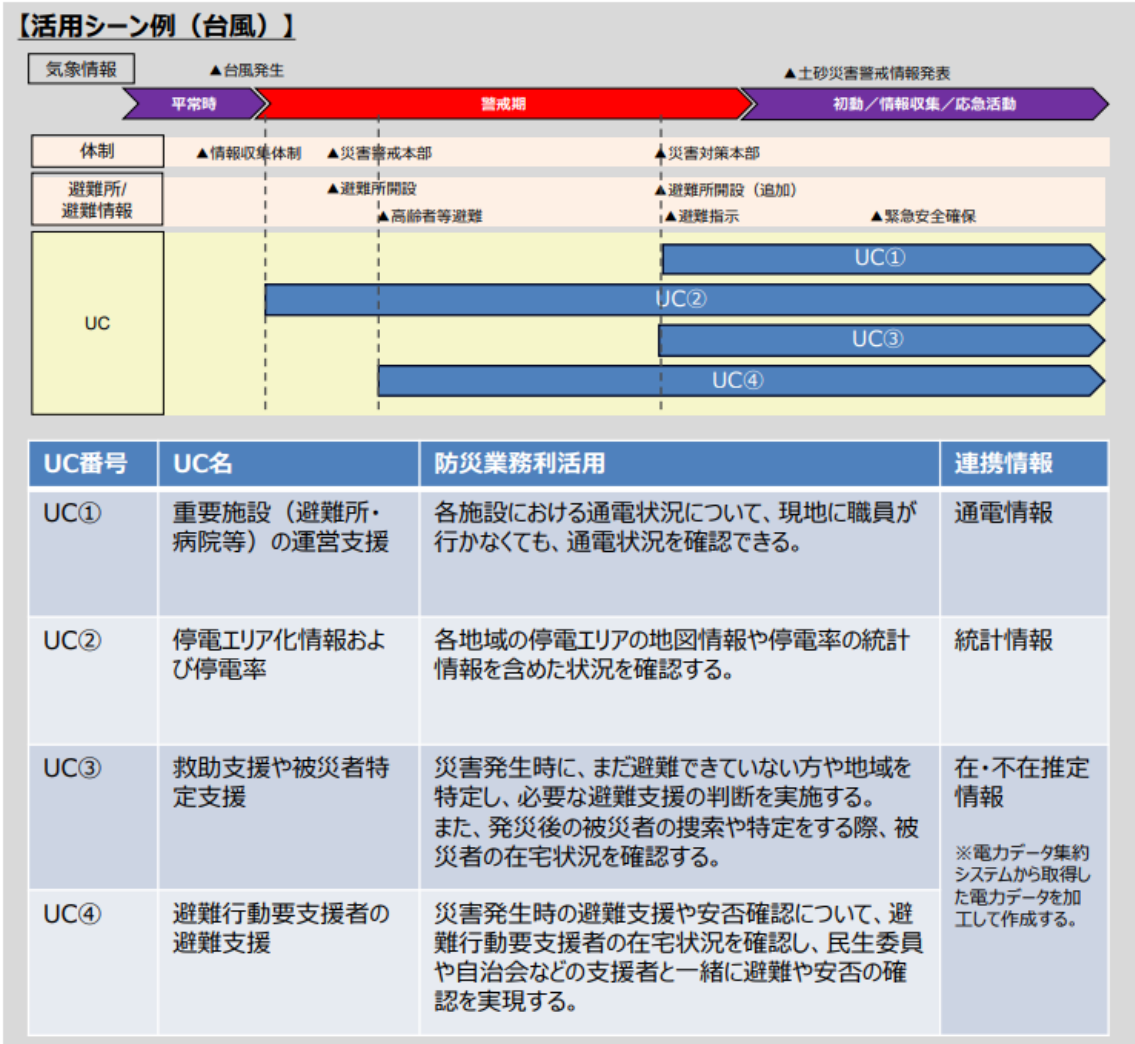


図 4-11 台風発生時の電力データ活用例

サイクル論のフレームワークにより分析した結果を図 4-13 に示す。Digital Disruption においては、「価値創造・提供のための一部のプロセスが、IT により効率化・低コスト化を実現する（アナログ情報のデジタル情報への変換を含む）」とした説明内容がそのまま該当する。電力データでは、スマートメーターが従来型の電力データが人手で収集されていたのに対して、通信技術を用いることにより、効率的かつ低コストで収集することを実現してい

<sup>4</sup> <https://www.meti.go.jp/press/2024/04/20240401001/20240401001-1.pdf>



るという意味で、第一段階の Digitization は実現されている。

第一象限である右上は、**Connectivity Articulation** であるが、構想された目的のために従来にはなかったプロセスが結合されることにより今まではなかった情報プラットフォームができあがる状態を示しており、「配電線地図」、「通電情報」、「復旧工事計画」になるが、電力データを包括申請した場合に取得できるデータとしては、電力データ、マスター情報、通電情報の3種になる（表 4-5）。これらの情報が結合されることにより、どのような用途に使用されるかが次の **Porting Operation** につながっている。ここでは新たな電力データとその付随データの結合情報からマイニングされる、①重要施設（避難所、病院）の運営支援、②停電エリア化情報および停電率の把握、③救助支援・被災者特定支援、④避難行動要支援者の避難支援、のための Porting Operation について説明する。

表 4-5 電力データ集約システムで取得できる電力データの種類

| 取得できる電力データ       |       | 電力データの説明                                                        | 取得できる項目（※）                                                                                                                                                                                                  |
|------------------|-------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 「通電情報」<br>（個データ） | 電力データ | 各スマートメーターの30分ごとの電力使用量。（受電電力量）                                   | 需要家特定ID、データ種別、供給/受電地点特定番号、電圧分類、30分電力量、月間電力量全量、次回検針日、データ作成日、データ作成時刻。                                                                                                                                         |
|                  | マスタ情報 | 各スマートメーターに紐づく、電気契約者等の属性情報や設備情報等。<br><br>マスタ情報は必要な項目のみ選択することも可能。 | 需要家特定ID、データ種別、供給/受電地点特定番号、氏名(漢字)、氏名(ｶﾅ)、郵便番号、住所(文字)、住所(11桁ｺｰﾄﾞ)、契約電力、契約受電電力、引込位置座標(世界測地系:緯度)引込位置座標(世界測地系:経度)、計器ID、建物分類、電圧分類、電気方式、業務用/産業用、託送契約有無、受給契約有無、発電設備種別、発電設備容量、新設日、全廃日、再新日、全撤日、ﾌｧｲﾙ作成日、ﾌｧｲﾙ作成時刻、電話番号。 |
|                  | 通電情報  | 過去12時間遡隔での情報取得ができなかったスマートメーターに紐づく、電気契約者の氏名・住所等。                 | 供給/受電地点特定番号、計器ID、氏名、住所、データ作成日、データ作成時刻。                                                                                                                                                                      |
| 統計加工されたデータ       | 統計データ | あるエリアのスマートメーターの情報を集計し、個人が特定できないように統計加工したデータ。                    | P31参照                                                                                                                                                                                                       |

第四象限である Porting Operation は、情報プラットフォームが既存の用途とは異なる用途に転用される現象を概念化したものである。**Step. 3: Digital Transformation** は、「ITにより、企業や産業にとって新しいビジネスモデルが開発され、新たな顧客価値が創造されている」と説明されたが、新しいビジネスモデルが従来にはなかったプロセスの結合により実

現されたプラットフォームの転用により実現した状態は同時にビジネスモデルの変更を伴っており、「Connectivity Articulation + Porting Operation」により Digital Transformation が実現したと解釈することができる。Connectivity Articulation から Porting Operation に至るためには、新たな情報の結合をマイニングし利用するための「新しいロジック」の開発を伴っている点に着目する必要がある(New logic for Porting)。

- ① **重要施設（避難所、病院）の運営支援**では、対象施設の通電状態を把握することにより、早期に開設判断を行うと同時に、住民に避難指示を迅速に行うことができる。
- ② **停電エリア化情報及び停電率の把握**では、警戒期から継続的に停電状況を確認し、災害対応準備へ活用すること、避難指示発令後も、逃げ遅れ世帯の有無の確認が可能となる。メッシュデータを取得することで、各電力会社が提供している停電情報よりも詳細な粒度で停電状況を確認することができる。これにより、住民からの停電エリアの問合せに対応することができる。
- ③ **救助支援・被災者特定支援**では、発災直前の電力データから推測した在・不在推定情報から、在宅であると推定できる家屋を優先的に搜索調査するという活用方法が想定される。
- ④ **避難行動要支援者の避難支援**では、自治体にて管理している避難行動要支援者リストと発災直前の電力データから推測した住戸ごとの在・不在情報を組合せることで、災害発生時に民生委員等と協力し、避難行動要支援者の安否状況の確認や避難支援へとつなげる仕組みへの活用が想定される。

これら①～④の情報抽出から行政アクションへとつなげる際に最も有効なロジックは、大きく分けて2種類あり、(1) 現在通電している箇所の特定が行政アクションにつながるもの、(2) 発災直前の通電情報から、在・不在推定情報が得られることであり、これらが New logic for Porting の根幹を成しており、これらが地図データ、配線地図情報を組合せることにより、網羅的な情報を取得できる点がこれまでの災害対応と全く異なる点である。

第三象限の **Industrial Servitization** においては、プラットフォームをベースにした情報利用の形態が多様化し、サービスメニューの集積状態を概念化したものであり、プラットフォームがプラットフォームとして成立したことが確認できる状態を表現している。

上記①～④のデータは、元々存在している各自治体が整備している「防災情報システム」と統合されていく必要がある。防災情報を管理する方式は自治体によって様々であり、マルチハザードに対応しているかどうかによっても異なるため、元のプラットフォームと電力データの結合の様式は多様であるが、従来の情報管理との結合が高度の災害管理のための情報システムを形成していくものと想定される。

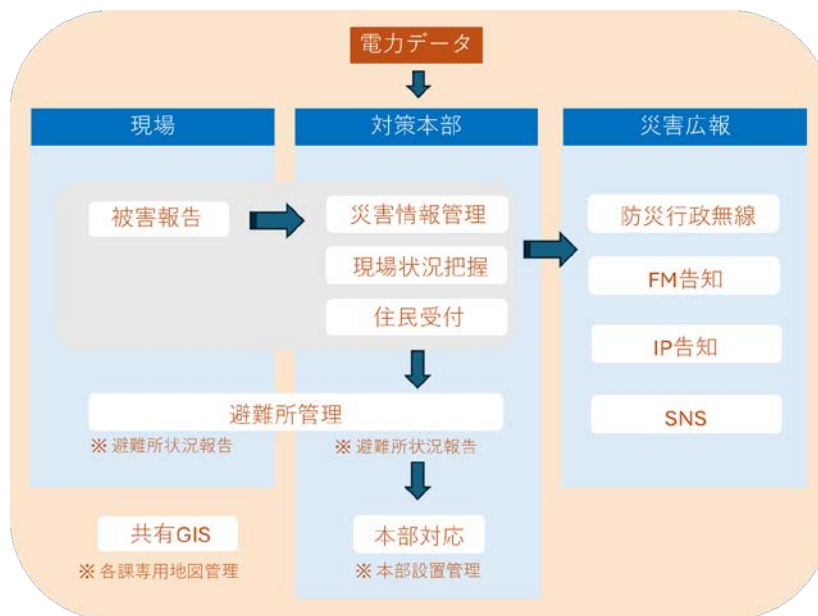


図 4-12 自治体防災情報システムと電力関連データの結合 (加納作成)

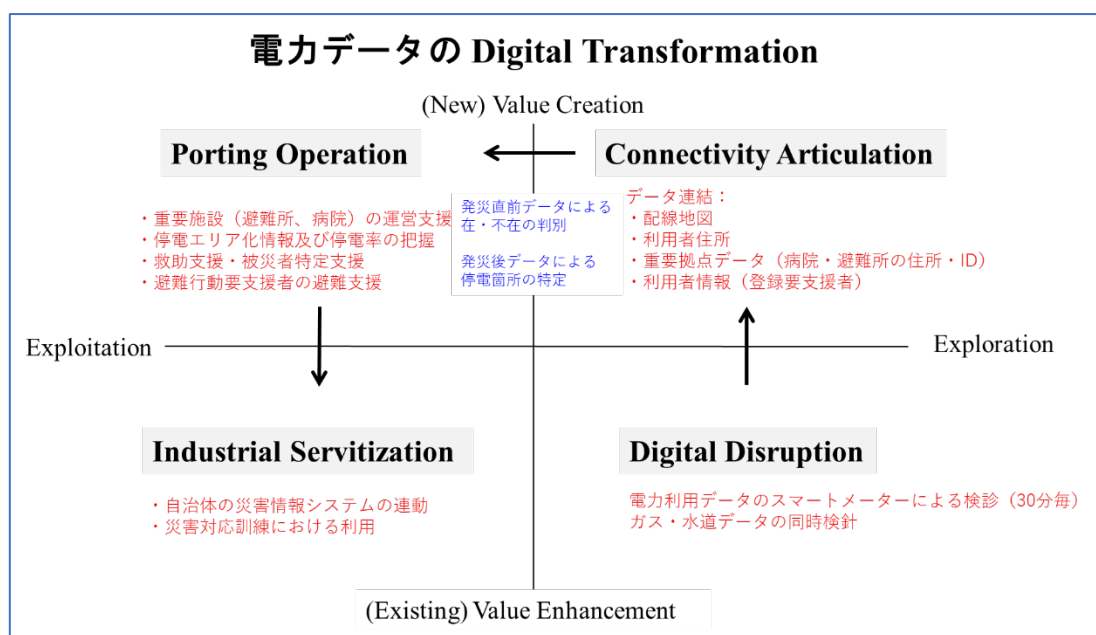


図 4-13 災害対策における電力データ活用のサイクル分析

#### 4.5.3 第三者によるデータ利用のサイクル論による解釈

社会課題解決の代表例である高齢者の見守りサービスの代表例である株式会社ビーマップの3つの見守りサービス「おうちモニタ」（電力使用データ、ベッドデバイス、WiFi）を事例として、サイクル分析を実施する。当社は、スマートメーターにより取得した電力データと AI を活用した見守りサービス用のシステムを、株式会社 IRIS が展開する見守りサー



ビス「Mimamo」向けに提供しており、株式会社良和ハウスが管理する広島市やその周辺の賃貸物件において、導入・運用する実証実験を 2024 年 7 月より行っている。

「おうちモニタ」は、スマートメーターから取得する電力使用データを独自開発の AI で解析を行い、「就寝時間・起床時間になっても電気使用量が変わらない」など、1 日の「普段と異なる状況」を検出した場合に、異常状態を判定して LINE やメールなど事前に登録した連絡先へ通知を行うサービスである（図 4-14）。

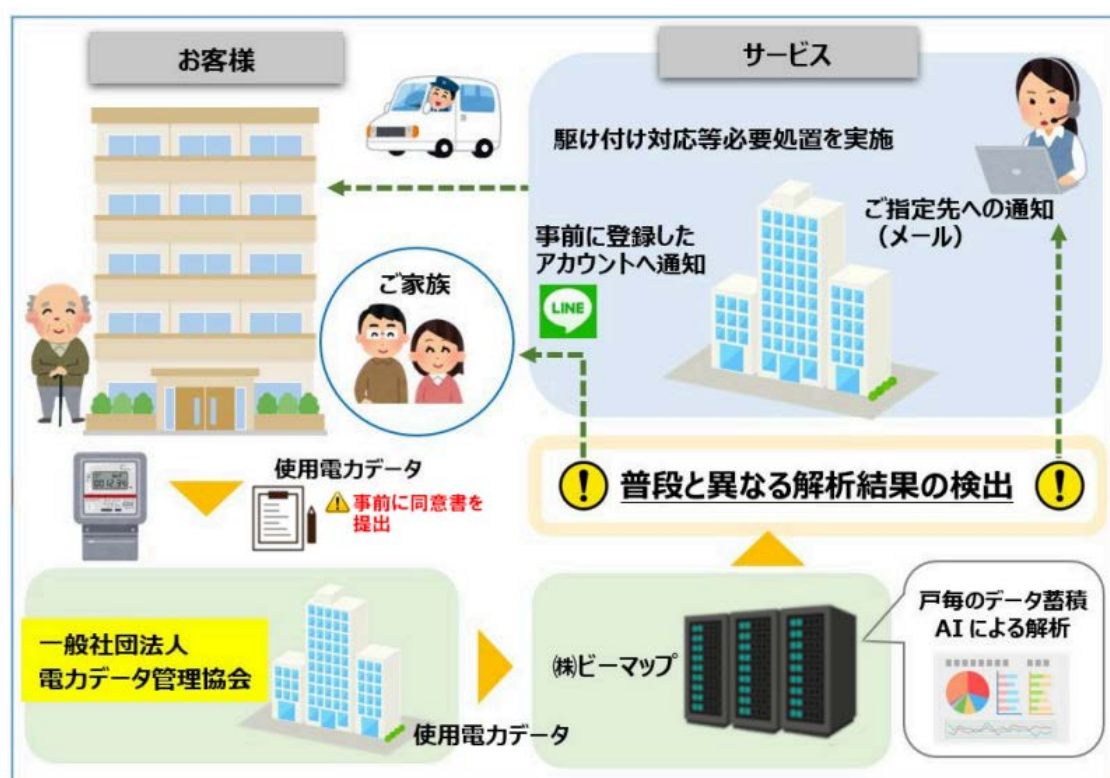


図 4-14 「おうちモニタ」の電力使用データ活用のフロー（株式会社ビーマップ HP より）

電力使用データの他に、ベッドデバイス活用によるバイタルデータ（ベッドの脚元に厚み 8mm の小さなセンサー機器を設置し、心拍数、呼吸数、離床状態、睡眠状態など）を計測し、一人暮らしの老人の健康管理を行う他、部屋に Wifi を活用した 2 つのセンサーを設置し見守り対象者のスマホにアプリをセットすることでトイレやリビングなど、屋内の任意のエリアの動きの有無や、睡眠状態などの検知を組み合わせ、ライフログとして活動状況を確認する。

サイクル論のフレームワークにより分析した結果を図 4-16 に示す。Digital Disruption においては、「価値創造・提供のための一部のプロセスが、IT により効率化・低コスト化を実現する（アナログ情報のデジタル情報への変換を含む）」とした説明内容がそのまま該当

する。電力データでは、スマートメーターが従来型の電力データが人手で収集されていたのに対して、通信技術を用いることにより、効率的かつ低コストで収集することを実現しているという意味で、第一段階の Digitization は実現されている。この点は災害対策と同様である。

第一象限である右上は、Connectivity Articulation であるが、構想された目的のために従来にはなかったプロセスが結合されることにより今まではなかった情報プラットフォームができあがる状態を示している。電力・ガス（将来）・水道（将来）の利用データは HEMS データにより各家電製品などの使用データの詳細とともに将来的には提供される。これらのデータに対して、健康情報としてのバイタルデータ（心拍数、呼吸数、離床状態、睡眠状態）、行動情報として屋内移動データが連結されて取得される。

続く第四象限である Porting Operation は、情報プラットフォームが既存の用途（スマートメーターの既存用途は電力利用料の検針）とは異なる用途に転用される現象を概念化したものである。新しいビジネスモデルが従来になかったプロセスの結合により実現されたプラットフォームの転用により実現した状態は同時にビジネスモデルの変更を伴っており、「Connectivity Articulation+Porting Operation」により Digital Transformation が実現したと解釈することができる。Connectivity Articulation から Porting Operation に至るためには、新たな情報の結合をマイニングし利用するための「新しいロジック」の開発を伴っている点に着目する必要がある (New logic for Porting)。

### 「おうちモニタ」異常検知方法

1日の普段の電力利用と異なる動きを検知した場合に、異常事態を判定して通知を行います。

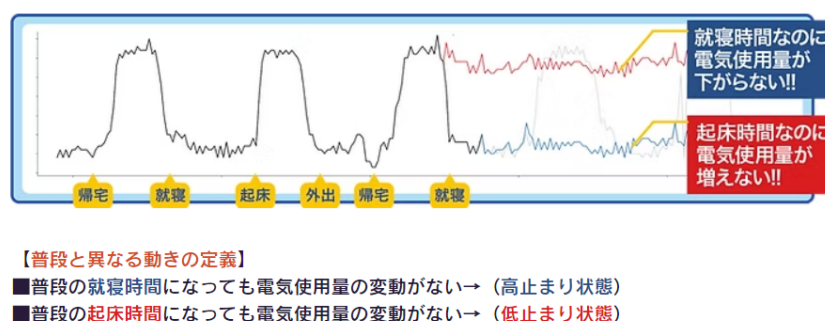


図 4-15 「おうちモニタ」の異常検知ロジック（株式会社ビーマップ HP より）

電力利用情報、健康情報、行動情報の3種類のデータと実際の行動データ（正常・異常を含む）は、大規模なサンプルデータが取得されてその関連性が分析される。現在は実証試験の段階にあり、観測データと実データの照合が行われ、行動科学的な予測のためのアルゴリズムが作成され（どのような人工知能のツールを利用しているかは開示されていない）、学

習データとテストデータに分けられ、精度の高い予測アルゴリズムが形成されることが期待される。異常が検知された場合には事前登録されたユーザーに通知される。

第三象限の Industrial Servitization においては、プラットフォームをベースにした情報利用の形態が多様化し、サービスメニューの集積状態を概念化したものであり、プラットフォームがプラットフォームとして成立したことが確認できる状態を表現している。見守りサービスの先にあるサービスとしては、アルゴリズムの高度化による疾患モニタリング、食生活のモニタリングとの連動、在宅医療システムとの連動、看護師の緊急派遣システムとの連動などが想定され、単なる見守りだけのサービスから他のサービスとの連結が模索されていくものと想定される。

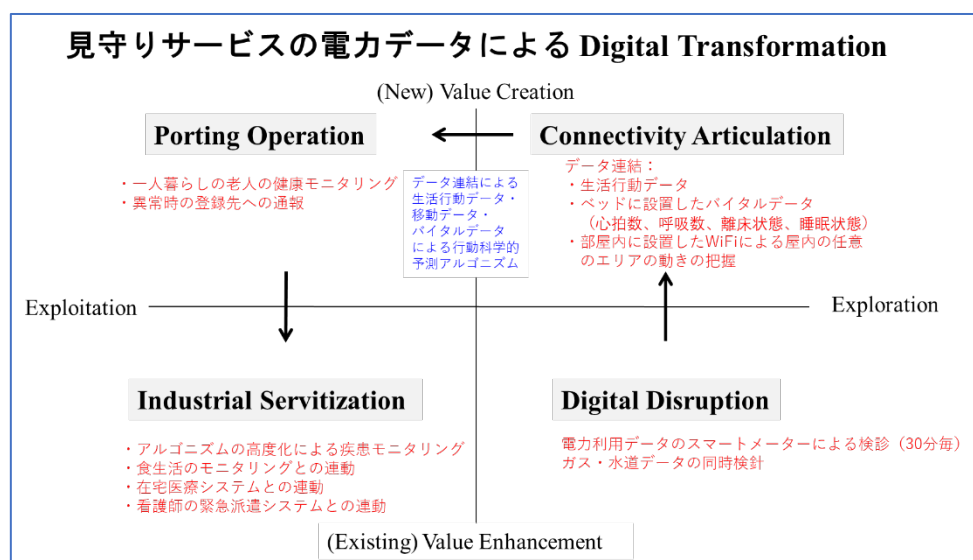


図 4-16 「おうちモニタ」のサイクル分析

#### 4.6 終わりに

サイクル論で電力データ利用の2つに事例を紹介したが、「4.5.1 Dx サイクルの概要」で説明したように、Connectivity Articulation から Porting Operation に至るためには、新たな情報の結合から発生するデータをマイニングし利用するための「新しいロジック」の開発を伴うという分析上の視点を設定したが、この点は過去の分析と同様に、電力データにおける事例分析でも確認できた。

災害対策の事例では、最もすぐれたロジックは、発災直前データを利用することにより、在・不在情報が位置情報とともに瞬時に把握できる点にある。台風だけでなく、地震が発生した際や火災が発生した際に、対象家屋において在宅であったか否かの情報が網羅的に得られることの災害対策上の意義は極めて大きく、これらが位置情報と連動してマップ化し

て処理されることは、その後の救出活動の成否を決定する参考情報として、特に南海トラフ地震が想定される自治体にて利用されていくものと期待される。電力データは世帯情報としては完全データであり、その網羅性が災害対策にはフィットしている。

一方、一人暮らしの老人の見守りサービスの事例では、電力利用情報、健康情報、行動情報を連結させて行動科学的予測を行うという加工度の高いデータマイニングとなっており、この 3 種の情報の組合せのみでどこまで判断可能となるのかは、今後の成果を見なければ判断できないが、高齢化社会における人手不足による孤独死の放置問題に対応するための重要なソリューションになるものと期待される。

単純な結合データの転用というものは存在していなかったことは電力データにおいても確認できたことは、DX における新たな結合によるサービスメニューの開発とビジネスモデルの創出には、裏打ちするサイエンスや根拠が要求されていることの重要性を示しているものと考えられる。

また、Digital Transformation のサイクル論として、従来は 2 周目のサイクルに関する分析を加えてきたが、1 周目の観測における Industrial Servitization がどのように起きているかという情報が出揃っておらず、ボトルネックとなる要因を特定できなかったことから、言及は控えた。

## 第5章 まちづくりとDX –DXの適用範囲–

藤盛 紀明

### 5.1 まえがき

2023年の報告書 第4章 建設業のDXー建築芸術論から「まちづくり」DX への「まとめ」において「ビジネス変革の中心はDXのみか」と題する項を設けた。そこでは次のように記した。「DXはビジネス変革を促進するツールであるが、ビジネス変革には、他の多くの技術との総合、ビジネス環境の変化、経営決断によるM&Aなどなどが重要である。日経電子版のDX Trendで真の意味でのDXが少ない理由も研究・分析が必要である」。また、「まちづくり・地域づくり」・ビジネス変革でのDXの役割」と言う項では“「まちづくりと地域づくり」は「社会づくり」である。「社会づくり」にDXは活用できるかを考える。「DXは社会技術に展開できるか」と言う議論がある。”と報告した。

2024年の議論では、日経電子版DXTRENDで取り上げられた三菱商事の「三菱地所、丸の内「顔パス」に 人流分析し消費最前線へ オフィス大家から変身」2021/6/30を取り上げた。記事の見出しの説明では1) 東京・丸の内をビッグデータで変える。2) 顔認証などのデジタル技術で様々なサービスを提供する消費の最前線にする。3) オフィスの存在が揺らぎ、上物頼みの「大家」の事業は曲がり角を迎えた。4) データで稼ぐモデルを目指す。と記している。この見出しではDXにより新ビジネスへの創出、ビジネスモデルの変換と思われるが、三菱商事 DX 推進部の担当者の説明では日経電子版の見出しとは異なることが判明した。以上のことから「まちづくりとDX」,「DXの適用範囲」について議論する。

### 5.2 DXステップ論への疑問

ヒューレッドパッカード社研究所のパオロ・ファラボッシ氏は「Digital Transformation: Lights and Shadows」と言う論文(2023)でDXへ向けての3ステップ論を展開した(図5-1)。

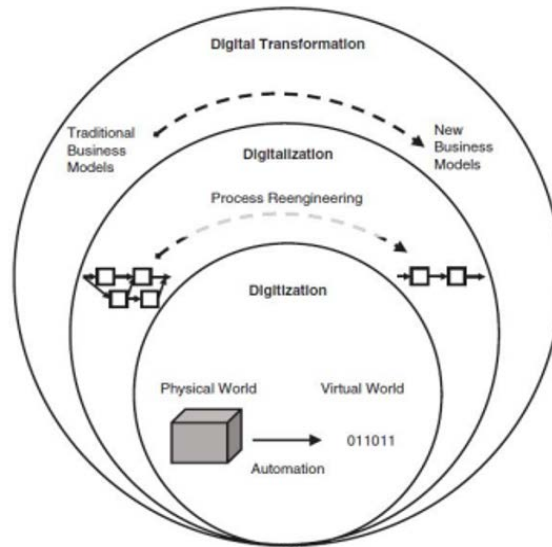


図 5-1 パオロ・ファラボッシ氏の DX へ向けての 3 ステップ論

各ステップを筆者の理解で記すと、ステップ 1：Digitation：アナログ・物理データ・紙データのデジタル化、ステップ 2：Digitalization：個々の業務・製造プロセスの生産性向上のためのデジタル化、ステップ 3：Digital Transformation (DX)：新商品・新サービス、新事業や新ビジネスモデルの創出。米国のリサーチ会社ジェームス・マキベイ副社長は 2013 年にデジタル・デストラクション DIGITAL DISRUPTION を発表している(図 5-2)



図 5-2 ジェームス・マキベイの『デジタル・デストラクション』

最近「デジタルによる産業破壊・創造」としてクローズアップされ、DX のステップ 4 とも考えられる。総務省も 2021 年の情報白書で企業活動の DX の章の中でデジタル・デストラクションを記し、日米における実例を説明している。経産省も 2020 年に DX レポート 2 を発表し、DX の段階の図を示した。経産省の図にデジタル・デストラクションを追加した図

を図 5-3 に示す。

## デジタルデストラクション

(Digital Disruption) ステップ 4

産業破壊・創造



図 5-3 経産省 DX レポート 2 の図に筆者加筆

本委員会 2023 年度報告で馬場康志教授は、カナダ・ケベック市のモントリオール大学のグレゴリー・バイアル助教授の DX 論を踏まえ、以下を提案した。

Phase.1: Digitization 価値創造・提供のための一部のプロセスが、デジタル技術により効率化・低コスト化している（アナログ情報のデジタル情報への変換を含む）

Phase.2: Digitalization 価値創造・提供のためのプロセス構造が、デジタル技術により変更され、効率化・低コスト化だけでなく、追加の顧客価値を生み出している

Phase.3: Digital Transformation デジタル技術により、企業や産業にとって新しいビジネスモデルが開発され、新たな顧客価値が創造されている

Phase.4: Digital Transformation with Disruption DX により開発されたビジネスモデルが、当該分野の参入障壁を下げ新規参入を招いて既存の産業を破壊し、新たな産業を創出する可能性がある。



この Phase.4 は前述のジェイムス・マキベイ副社長提案のデジタル・デスラプションと同じ概念である。

日経電子版のコラム「DXTREND」に紹介された 113 件を分析し、その内容を以下の 7 つのカテゴリーに分類した。但し一つのコラムで複数のカテゴリーに該当するものは、該当カテゴリーに複数数えた。結果は①既存ビジネス改善：50 ②新事業・新商品創出：43 ③商品開発革新技術：18④IT人材育成：4 ⑤商品・システム・ビジネスのプラットフォーム確立：4 ⑥まちづくり：2 ⑦その他：4 であった（図 5-4）。

（日経新聞電子版コラム掲載）

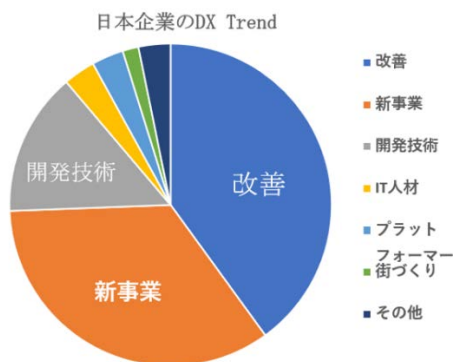


図 5-4 日本企業の DX Trend

日本経済の復活で MOT 学的に興味深いテーマはプラットフォームとサプライチェーンに関するものである。プラットフォームとして有名なのは GAFA（Google, Apple, Facebook:現メタ,Amazon）である。グローバルビジネスでプラットフォームになる日本企業が現れれば、日本企業復活の種となる。同様にグローバルビジネスのサプライチェーンの要を押さえる日本企業が出れば、これも日本企業復活のキーとなる。

本論で議論する「⑥まちづくり」に三菱地所の記事がある。タイトルは「三菱地所、丸の内「顔パス」に人流分析し消費最前線へオフィス大家から変身」。そのリード部分の文章が迫力満点で全文引用紹介する：「三菱地所がお膝元のオフィス街、東京・丸の内をビッグデータで変える。30 万人弱の人流データを活用し、顔認証などのデジタル技術で様々なサービスを提供する消費の最前線にする。コロナでオフィスの存在が揺らぎ、上物頼みの「大家」の事業は曲がり角を迎えた。丸の内を訪れる一人ひとりを顧客と位置づけ、データで稼ぐモデルを目指す」。上物頼みの「大家」事業から変身してデータで稼ぐビジネスを目指す、と言うのは明らかに Phase.3 である。

使うようになってかなり大きな問題だと認識しているとのことであった。自社の本業が長期的に見て成長しないということで、それ以外のところにデジタル・トランスフォーメーシ



ョンで売って出てようと言う仮説を立てた」と言う意見である。

委員会 本委員会の議論では、日経電子版の「DXTREND」で取り上げた全事例で Phase.4 に該当する例が 19 件あり、そのうちの一つが三菱地所と言う意見があった。「コロナでリモートワークの普及が決定的になった。オフィス事業が伸びない。不動産事業といっても、他の不動産企業のように住宅や、商業設備などを手がけていれば良い。しかし、三菱地所はオフィスビルである。本業がオフィスビルだと問題だと思っている。皆が ZOOM のようなツールにおける三菱地所 DX 推進部の担当者の説明では“DX という実態のないものを扱うので、「ノンアセットの事業領域なのか?」とよく質問を受ける。しかし、どちらかというアセットビジネス（不動産ビジネス）をどう効率化していくか、デジタル要素を掛け合わせてどうトップラインを引き上げていくか、といった支援を行う場面の方が比較的多い」とされた。B 教授の話された「皆が ZOOM のようなツールを使うようになってかなり問題」と言うことについては「オンラインとオフラインの融合・使い分けを自覚して新たなサービスを提供していく。あくまでも実物不動産がもともとのコアコンピタンス。オンライン・オフラインを意識することなく、その時々で使いやすい方法で街（大手町・丸の内・有楽町など）を使っていただく」とされた。（図 5-5、図 5-6）



図 5-5 新しいまちづくりの考え方 “まちの UX Loop” (三菱地所 篠原氏講演資料)

まち（エリア）ごとに最適化されたオープンな共創を通じて、真のローカルリーダーシップを目指す

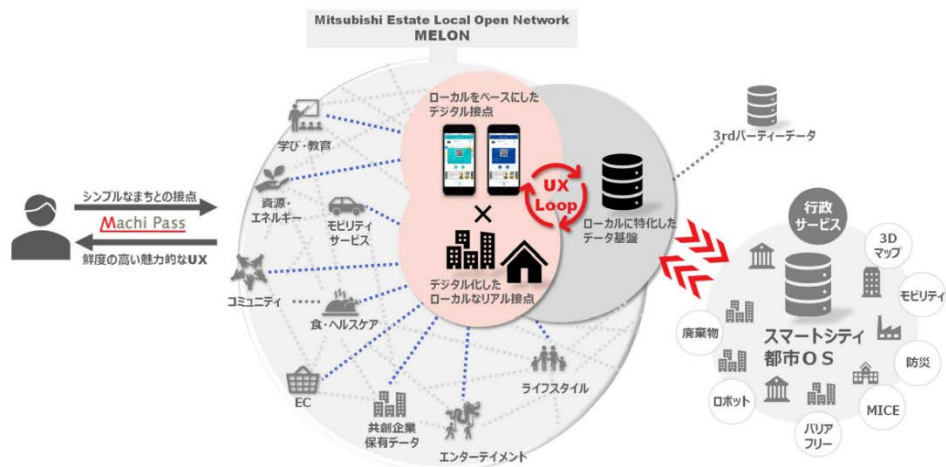


図 5-6 MELON (Mitsubishi Estate Local Open Network) 構想

(三菱地所 篠原氏講演資料)

三菱地所の日経電子版 DXTREND の記事でも、本文の記載はリード部分の内容とは大きく異なっている。本文では「丸の内に集う幅広い職種・年齢の個人のデータを分析し、個人ごとに必要なサービスなどを提案する。マルチパスに、顔認証を使った自動チェックイン機能を搭載し、センサーやビーコンから集めた位置情報を組み合わせて、（三菱地所の管理するビルのナントの）レストランやショップ、医院に最適なサービスなどを提案する。災害には位置情報から安否を確認し、周辺の避難場所なども知らせる。人流データの分析などで入居するテナントごとに最適な提案をする」と記されている。

三菱地所 HP での社長トップメッセージでは「真に求められる価値あるまちづくりを通じて、地域に、日本に、世界に貢献できる企業を目指します」としている。これは Phase.2 を更に高いレベルに引き上げると言う宣言と考えられる。三菱地所の不動産開発では自然生態系重視・自然資源と人間社会のバランス・環境色彩デザイン重視など、都市における新しいまちづくり・人が住まうべきところはどんなところかを追求する姿勢が目立っている。

最近の DX 論議では日本企業は Phase.1, Phase.2 に留まっていると言う非難が多い。しかしこれは「なんでも DX 論」ではなかろうか。DX はビジネス変革を促進するツールであるが、ビジネス変革には、他の多くの技術との総合、ビジネス環境の変化、経営決断による M&A などなどが重要である。過去に行われた、企業の新商品開発・新ビジネス開発・主力ビジネス変革・新ビジネスへの転換の歴史も研究する必要がある。日経電子版の DXTREND で新事業創出の DX が少ない理由も研究・分析が必要である。富士フィルムが医薬品ビジネスに参入出来たのは、写真ビジネス環境の変化によるもので、新ビジネスは M&A によって行われた。医薬品ビジネスに参入できたのは写真フィルム製造に活用していたファインケ

ミカル・ナノ粒子技術の力が大きい。日立造船の環境ビジネスへの参入も同様な状態であった。DXPhase.3,Phase.4 を起こしやすい産業・企業・事業・ビジネスは何かの議論が必要である。

### 5.3 まちづくり論

#### 5.3.1 環境を考慮した新しい街づくり

—「日経新聞フォーラム」VS「日本建築学会提案」—

日経新聞は2010年6月7日、第2回「世界環境ビジネスフォーラム」を開催し、その内容を7月20日の紙面から数日間数頁を費やして大きく連載報道した。このフォーラムの主旨は日本政府・企業と各国政府・企業の連携を深め、日本の優れた環境技術をパッケージ（各企業の単品輸出ではなく、企業がコンソーシアムを組み運転や保守管理まで含めた総合事業とする）として発信し、世界展開を図ることであった。パッケージ売り込みの対象は原子力発電技術、新幹線、スマートグリッドシステム、スマートシティ、環境都市など多彩であった。当時の民主党政権ではこれらのパッケージシステムを官民一体で世界に売り込む活動をおこなった。「環境技術を街というパッケージに」も大きな見出しとして踊っている。この主旨の例として語られているのは千葉県・柏の葉で具体化されている「柏の葉キャンパスプロジェクト」で「スマートシティプロジェクト」と称されている。日本の環境先端技術（再生可能エネルギーや省エネルギー技術）をパッケージ化し、産業・雇用創出に繋げ世界へ展開しようとしている。

日本建築学会では2007年5月に「環境技術と建築・街並み・地域のあり方特別調査委員会」を発足させた(図5-7)。

環境技術と建築・町並み・地域のあり方特別調査委員会 委員名簿

|     |                          |                  |
|-----|--------------------------|------------------|
| 委員長 | 藤盛 紀明 (NPO 歴史建築保存再生研究所)  |                  |
| 幹事  | 羽根 義 (清水建設株式会社技術研究所)     |                  |
| 委員  | 浅見 泰司 (東京大学)             | 井上 俊之 (国土交通省)    |
|     | 岡 建雄 (宇都宮大学)             | 岡崎 甚幸 (武庫川女子大学)  |
|     | 川崎 直宏 (横浜市浦ハウジング&プランニング) | 辻 篤子 (朝日新聞社論説委員) |
|     | 西村 幸夫 (東京大学)             | 西山 徳明 (九州大学)     |
|     | 梅干野 晃 (東京工業大学)           | 山畑 信博 (東北芸術工科大学) |

■都市環境・エネルギー利用調査小委員会

|    |                          |
|----|--------------------------|
| 主査 | 岡 建雄 (宇都宮大学)             |
| 幹事 | 横尾 昇剛 (宇都宮大学)            |
| 委員 | 小玉祐一郎 (神戸芸術工科大学)         |
|    | 首藤 治久 (広島工業大学)           |
|    | 鈴木 道哉 (清水建設株式会社技術研究所)    |
|    | 須永 修通 (首都大学東京)           |
|    | 竹部 友久 (㈱日本設計)            |
|    | 廣瀬 俊介 (東北芸術工科大学)         |
|    | 梅干野 晃 (東京工業大学)           |
|    | 横山 計三 (日比谷総合設備株式会社技術研究所) |

■都市・地域環境評価小委員会

|     |                       |
|-----|-----------------------|
| 主査  | 浅見 泰司 (東京大学)          |
| 副主査 | 佐土原 聡 (横浜国立大学)        |
| 幹事  | 吉田 聡 (横浜国立大学)         |
| 委員  | 沢田 英一 (清水建設株式会社技術研究所) |
|     | 篠崎 道彦 (芝浦工業大学)        |
|     | 成田 健一 (日本工業大学)        |
|     | 松隈 章 (㈱竹中工務店)         |
|     | 三浦 昌生 (芝浦工業大学)        |
|     | 室町 泰徳 (東京工業大学)        |
|     | 山村 真司 (㈱日建設計総合研究所)    |

■わが国の伝統的住環境技術と文化の形成小委員会

|    |                        |
|----|------------------------|
| 主査 | 岡崎 甚幸 (武庫川女子大学)        |
| 幹事 | 大谷 孝彦 (武庫川女子大学)        |
| 委員 | 松原 斎樹 (京都府立大学)         |
|    | 荒木 正宣 (㈱アラキ工務店)        |
|    | 岩前 篤 (近畿大学)            |
|    | 奥谷 三穂 (京都府)            |
|    | 小島富佐江 (NPO 法人京町家再生研究会) |
|    | 佐藤嘉一郎 (佐藤左官工業所)        |
|    | 里見 晋 (元京都市 現国土交通省)     |
|    | 鈴木 利友 (武庫川女子大学)        |
|    | 寺田 敏紀 (京都市)            |
|    | 天畠 秀秋 (武庫川女子大学)        |
|    | 平野麻衣子 (武庫川女子大学)        |
|    | 吉田 博宣 (京都大学名誉教授)       |

■都市・地域マネジメント小委員会

|    |                          |
|----|--------------------------|
| 主査 | 西村 幸夫 (東京大学)             |
| 幹事 | 中島 直人 (東京大学)             |
| 委員 | 岩田 司 (㈱建築研究所)            |
|    | 川崎 直宏 (横浜市浦ハウジング&プランニング) |
|    | 久保田孝幸 (㈱大林組)             |
|    | 西山 徳明 (九州大学)             |
|    | 羽根 義 (清水建設株式会社技術研究所)     |
|    | 宮脇 勝 (千葉大学)              |
|    | 山畑 信博 (東北芸術工科大学)         |

図 5-7 日本建築学会「環境技術と建築・街並み・地域のあり方特別調査委員会」

街並み・地域に焦点を当てた背景としては「東京などの大都市は行政が推進力を持ち、産業界も積極的に参画して、自然生態系技術、エネルギー技術などが駆使され、環境技術が大きく取り上げられつつある。工場設置などの開発や企業の個別建築物にあっては、発注者や建設産業を中心としてビジネス競争として環境技術開発を競って行われ、自動的に環境技術導入が行われている。一方中心市街地においては衰退傾向に歯止めがかからずコミュニティが衰退し、町並みが変わり、緑が消え、環境が悪化している。都市開発や地域開発にあっては、環境技術導入は開発の障害と受け取られてもいる」という認識があった。

2010年3月に提言を纏め、対外的なシンポジウムを行った(図 5-8)。活動の結論は「低炭素社会に相応しいまちづくりには先端科学技術を駆使した研究・開発・活用努力が必要であるが、そのみでは目標は達成されない。自然と融合・調和する意識、文化・景観と住む意識の関係を再認識する必要がある」であった。



図 5-8 日本建築学会「環境技術と建築・街並み・地域のあり方特別調査委員会」提言

最近の街づくりと環境の議論では先端技術の活用のみが強調される傾向が強い。1980 年代にインテリジェントビル(Intelligent Building)あるいはスマートビル(Smart Building)と呼ばれるオフィスの近代化(IT 化、OA 化)が提唱され推進された。建築関係では「高度情報化建築物」と呼ばれたものである。この運動は電気メーカー、オフィス機器メーカーが主導し、オフィスにこれでもかと言うように電気配線を張り巡らした。建築関係者にとってこれらの電気・機器メーカーは発注先でもあったので、彼らの先頭にたってこの運動を進めた。従ってインテリジェントビルの企画にあっては建築家としての本質的な提案はほとんど無く、メーカーの言い分を如何に設計に盛り込むかが主流であった。結果として「シックビル」と言う表現が米国を中心に発信された。OA 機器保護のために室内が密閉されたために発生した問題であった。現在はインテリジェントビル症候群とも称されているが、1980 年代当時米国のファシリティーマネジメント協会の最大の課題であった。「シックビル症候群」は現在にも続いており建材から発生するガスなどが問題とされている。技術の社会にあっては建築家は人間が住み働くということ、人間の視点に立った発想で対応すべきである。

日本建築学会の委員会では都市・街づくりにあっても人間・自然と言う視点を重視して 4 つの小委員会が設置された。浅見(東大)委員会は都市の特性評価を行い、その中にも地域の文化的魅力度、伝統技術を考慮した。「環境」を考慮したまちづくり評価にあっても「環境」のみならず「経済」「社会」とのバランスが必要であるとする姿勢を示した。岡(宇都宮大)委員会は都市が包含する全ての環境要素、例えば都市に存在する未利用エネルギーの運河や河川、上下水道のエネルギー、都市の風の流れなども有力環境技術としてその効果を評価した。都市の形成・運用・解体の全てに渡って CO2 排出量も考慮した CO2 削減施策を議論すべきとした。都市・地域の特性を考慮した自然地環境を生かした地域づくりを提唱した。岡崎(武庫川女子大)委員会は最も独自性のある委員会で京都の街並み、京町家での伝統的な住環境技術や日本人が忘れてしまった生活態度を追求し「勿体無い・しのぐ・共存の精神」をもう一度思い出し、後世に引き継ぐべきであると主張した。京都文化の中にある



「いき」「すい」、町家の中庭にある深い庇や簾や障子によって調整された緑色（図 5-9）が解説され、これらは今様の「緑化運動」から出来たものではないと強調された。



図 5-9 京町家の奥庭・秦家（武庫川女子大岡崎甚幸教授提供）

西村（東大）委員会は街づくりの実態を調査・分析して、都市・地域スケールの環境技術とマネジメントの仕組みを提唱した。その中でも伝統や在来技術の側から環境技術を見直すことを議論した。

2010年5月22日国連の定めた「国際生物多様性の日」に都市緑化基金は『生物多様性保全につながる起業のみどり100選』の第一次選考50選を発表した。「企業緑地部門」「都市づくり部門」も2部門からなり総合建設業からは清水建設、鹿島建設、大成建設、大林組（連名）が受賞した。住宅産業からも積水ハウス、旭化成/旭化成ホームズ、ミサワホーム総合研究所、不動産産業からも森ビル、興和不動産、総合地所などが受賞した。受賞したプロジェクトは多彩である。新築建築・新規大型開発に伴うものはその中での緑化新技術開発の成果が注目される。一方地域全体の環境改善、例えば手賀沼周辺の環境復興のキーである「大堀川防災調整池・市野谷調整池」（図 5-10）のような受賞も幾つか見られる。



図 5-10 大堀川防災調整池

六花亭製菓・大林組が受賞した「六花の森」は工場以上に森そのものが主体となっている。清水建設の技術研究所の受賞では開発された屋上ビオトープなどの新技術のみならず、この緑化成果を教育に使用していることが注目される。

建築の緑化運動は屋上緑化など個別の緑化技術開発と限定された範囲での適用から始まったが、施設全体での自然再生・緑化へと拡大し、さらには地域の自然再生へと展開しつつある。壁面緑化や屋上緑化の時代は建物の付帯工事としてゼネコンの工事としては微小のものであったが都市緑化基金の応募した例では施設工事よりも大規模緑化工事が主体となっている。街づくり・都市づくりのような規模となれば大規模開発以上のプロジェクトとなる。しかしながらどのような場合でも人間と自然と文化と言う視点を考慮すべきである。桂離宮や岡山後楽園（図 2）には日本文化の粋が息づいているし、里山には日本人の生活が息づいている。街が太陽光発電と風車で埋め尽くされているような光景は避けたい。

### 5.3.2 オランダにおける環境まちづくり

1980 年代後半アメリカ・ボストンに研究オフィスを構え、欧米各国の大学・企業との共同研究・委託研究を行った。各地の研究者との会食で良く出る話題は「世界で最も好きな町を 3 つ上げてください」であった。答は大きく三つに分けられた。一つはニューヨーク、ロンドン、パリ、東京など多様な文化があり政治・経済の中心となっている都市である。もう一つは旧市街地が残されている歴史的な町でオーストリアのザルツブルグ、カナダのケベック・シティー、イタリアのベネチア、京都・奈良など多くの町が上げられた。最後の分類は風光明媚なリゾート地でサンフランシスコ・サウサリート、カナダのロッキーマウンテン・ビクトリア島、ハワイ島各地、日本の国立公園例えば十和田湖などであった。この会話でよく出る都市は「ボストン、サンフランシスコ、ザルツブルグ」であった。

デルフト工科大学との共同研で良く訪問した、オランダのデルフトとベルギーのブルージュ訪問では「まちのあり方」に新しい発見があり多くを考えさせられた。

デルフトでの宿泊は旧市街の、画家フェルメールの父親の経営していたホテルに宿泊することが多かった。デルフトは都市観光政策ではキーコンセプトとキラーコンテンツが重要である。フェルメールと彼の絵の「デルフトの眺望」に登場する運河は絶好のキーコンテンツである。デルフト旧市街の教会・広場も素晴らしいがこれのみではヨーロッパのどこの街にでもあるコンテンツである。



図 5-11 オランダ デルフトの運河

デルフトは自転車優先道路を完全整備している（図 5-11）。車道・歩道と同等に自転車優先道路が設置され、駐輪場（有料）も各所に見ることが出来る。環境に優しい街づくりのために市街地に車を入れない試みや歩いて回れる街づくりは良く見かけるが、自転車の役割を大きく取り上げ、車・歩行・自転車を平等に扱うまちづくりは良い試みである。今では日本でも徐々に整備されつつあるが、オランダは自転車道整備の先進国である。



図 5-12 40 年以上前に既に自転車道が整備されていたオランダ デルフト

デルフトの近くに世界遺産の都市ベルギーのブルージュがある。ブルージュ市街地の



中心部（特に中世の歴史地区）は、車両通行が制限されており、一部地域は完全に車両の通行が禁止されている。これは、歴史的な街並みを守るための措置である。この歴史地区の交通は水上ボートと馬車と自転車と徒歩である。



図 5-13 ベルギー ブルージュの中世歴史地区は車両通行禁止

この街では水上ボートと馬車と徒歩で街歩きが出来る。この町の中にあるペギン会修道院（図 5-14）は実に静謐で「フランドル地方のペギン会修道院群」として世界遺産となっている。世界遺産の中に世界遺産がある。



図 5-14 世界遺産ペギン会修道院

### 5.3.3 歩きたくなるまちづくり

（社）新都市ハウジング協会は 2006 年『歩きたくなるまちづくり』を出版した（図 5-15）。

担当したのは都市居住環境研究会である。この委員会は「生活者の観点」からまちを捉え、描こうとした委員会である。生活者一人一人が自分たちのまちに誇りを持ち、長くすみつけていける豊かな環境のまちをつくろうとする人たちの委員会である。彼らの思いの結集が「多様なひとが定住できるまち」である。「歩きたくなる生活環境」はかれらの思いのモデルイメージである。筆者はこの本の出版当時、協会のすべての活動を主導する運営委員会の委員長を務めていた。執筆者の多くは清水建設技術研究所の自然生態系Gのメンバーで、彼らとは多摩川源流を訪ねる旅などをしていた。メンバーの多くは大学教授になり生態系保全を研究している。



図 5-15 『歩きたくなるまちづくり』

委員会では都市に住む男女 750 人ずつ、計 1500 人のアンケートをとった。その結果を分析した都市居住者の意識をもとに「歩きたくなるまちの魅力要素を分析した。その結果は以下であった。

- (1) 多彩な緑をもつ：鎮守の森、路地、生垣、緑のあるバルコニー
- (2) 誰にもやさしい公共交通：デマンドバス、LRT、
- (3) 時間の積み重ね、好みの選択：商店街の賑わい、多様なライフスタイルへの対応
- (4) まちの個性を育てる：並木道、親水空間、コモンスペース
- (5) 車に依存シナイ：トランジットモール、自転車専用道路、住宅内の歩行者専用道路
- (6) 安心して歩ける：ストリートファニチャー、オープンカフェ、ショーウィンドー
- (7) 楽しく歩ける：散策路、ショッピングモール
- (8) 地縁を活かす：ネイバーフッド・ウォッチ、公園、井戸、コミュニティ花壇店の人とのコミュニケーション
- (9) 趣味を活かす：ドッグラン、ゲームを通じたコミュニケーション、カルチャー教室、情報発信
- (10) 都市型コミュニティ：地域イベント、まちづくりNPO

以上の中に IT は (9) の情報発信の中にあり、情報発信方法は掲示板、チラシ、各種デジタルとあった。各種 SNS は唯一まちづくりに役立つ IT 技術である。

#### 5.3.4 ゆたかさからパラダイムシフトの家づくり・まちづくり論

高校生まで過ごした（70 年程度以前秋田県北部地域の大館市・青森県との県境）の田舎ではクーラーも無く、扇風機も無かった。夏は家じゅうの窓を開け放し風通しの良いところで寝ていた。街は緑にあふれ、家々は大きな敷地にゆったりと建てられて「風の道」は豊であった。家の近くに川や小川が流れ「水の道」も多かった。このようなまちの環境が、暑さ寒さを和らげていた。テレビは勿論無かったし、自宅に電話も無かった。街に街灯はほとんどなく、ネオサインなどは皆無で、星明りや、月明かりで過ごしたものであった。たまに行う夜の焚火は人々に安らぎと語らいをもたらした。現代においてこのような生活を人々に強いることはナンセンスであるが過度に先端技術に頼らない生活も大事にすべきと考える。

一方東京などの都会はヒートアイランド現象に悩まされている。しかし都会のまちづくりでも「風の道」「水の道」を実現することは可能である（図 5-16）。



図 5-16 グラントウキョウのツインタワーが建てられたことにより、写真奥の八重洲から手前の丸の内へ出来た「風の道」（WIKIPEDIA）

清水建設技術研究所では 50 年以上前から、ビオトープ（図 5-17）や屋上緑化（図 5-18）の研究を続けている。今では多くのビルやまちづくりに活用されている。この両施設の維持・管理・データ収集のためには多くの IT,IOT システムが採用されている。しかしながらこれらの情報系システムは図 5-3 の DX ステップのどれにも該当しない。ここに設置された緑化システムのために産み出された技術である。これらの IT 技術はビジネス化は可能であるが、DX 概念から五産み出されたものではない。



図5-17 清水建設技術のビオトープ「万葉の里」（清水建設提供）



図5-18 清水建設技術研究所の屋上緑化ビオトープ：再生の杜（清水建設提供）

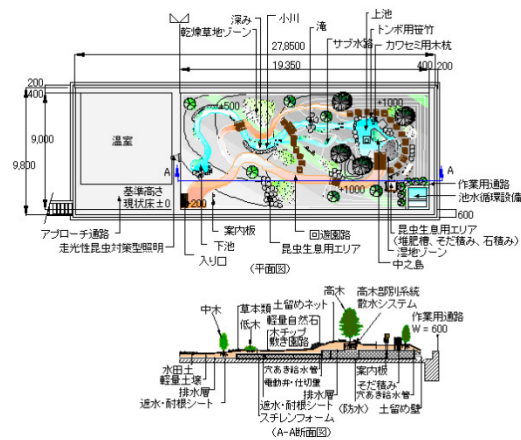


図5-19 清水建設技術研究所の屋上緑化ビオトープ基本計画図（清水建設提供）



住宅、オフィスビル、工場、町、都市においても新しい形、住み方、働き方が工夫されるようになり、新しい建築や都市の在り方が模索されている。新しい家づくり・まちづくり論でのテーマの一つはエネルギー論である。省エネ技術とエネルギー創出技術（ダム建設技術、原子力発電所技術、石油貯蔵技術、LNG貯蔵技術）である。

省エネ技術で真っ先に取り上げられるのは断熱技術である。ヨーロッパは外断熱が常識であるが日本では今でも北海道を除いてあまり考慮されていない。住宅メーカーは早くから断熱に取り組んでいるが、最近の断熱規制に技術がおいついていない。躯体別に見るとRCはそもそも断熱構造であるが内断熱以上に外断熱の普及が期待されたが進んでいない。木造系・新建材系も住宅メーカーなどでかなり断熱技術開発が行われているが、断熱規制の最高レベルには達していない。

省エネ対応IT技術は最も過激な競争の行われる技術分野である。スマートハウス、スマートメーターなどの言葉が世に氾濫し、住宅メーカーと電気メーカーのコラボレーションなど企業連合も行われている。技術のPORTING,FUSION,CONNECTIVITYが盛んにおこなわれ、住宅・まちづくり分野DXの先端分野である。

個別建物の独立したエネルギーシステムも大いに議論される。スマートグリッドは都市規模の再生エネルギー安定供給電力制御網であるが、ローカルグリッド（街区レベル）、マイクログリッド（敷地内レベル）、ミニグリッド（個別建物レベル）などが活発に開発されている。オフィスビルでは建物地下に自前電力発電施設を持つ工夫がされると思われる。

10年以上以前の日本建築学会で「科学技術偏重から脱却し自然・文化・景観・歴史・心・生活態度・コミュニケーションを重視すべし」と提案した。その代表として取り上げたのが京町家の世界であった。岡崎甚幸武庫川女子大学教授は京町家のくらしを詳細に調査報告している。京町家は「断熱」とは全く反対の行為である。それは「しのぐ」という言葉で表される。「しのぐ」とは「がまん」することでは無い。明るさ・暑さ・寒さといった自然環境に「逆らわず」、いろいろ工夫してそれらを受け入れる生活態度である。あまり明るすぎない、適度なうす暗さを生かした暮らしである。座敷を挟んで存在する坪庭や座敷庭に交互に打水をすることによって座敷に常に風を通す工夫をしている。打水は来客をもてなす大切な仕事であったと言う。この座敷を吹き抜ける風の速度は実際の室内温度以上に体感温度は低く感じさせるものと言う。通り庭は上部に吹く抜けを持つ空間で、床下からの冷たい風を上部に通す(図5-19)。



図 5-19 京町屋の涼しさの仕組み（日経電子版 2011 年 7 月 17 日）

京町家に限らず伝統的な日本住宅にも色々な工夫があった。故郷秋田の我が家では座敷の外に縁側があり、座敷は障子で仕切れ、縁側は雨戸で外部と遮断されていた。座敷と縁側の間の大きな空間（空気層）は巨大な断熱層であったと考える。田舎のことなので沢山の部屋があったが全ての障子・ふすま・窓を開け放すと風が家の中全体を吹き抜ける間取りであった。

平安時代の寝殿造りは典型的な自然と一体型の建築であった。木造の高床で床下を風が通る。室外とは蓐戸で仕切れ開放出来、塀は無く外部空間の風が自由に通る。前方には庭園が配置され水面をわたる風が室内に流れる。寝殿内部は大空間で、空間は几帳・屏風・衝立で自由に仕切る(図 5-20)。



図 5-20 『松崎天神縁起』の播磨守有忠の居間と障子帳(WIKIPEDIA)

日本の伝統的な建築空間の自然一体型の工夫は幾つでもあげることが出来る。この発想を現代技術でよみがえらせ、バージョンアップすることは重要である。スマートハウスと称して住宅を外部から遮断し、断熱し、I Tで全てコントロールと言うような発想と逆の発想で

ある。風の流れを建築空間の中に上手に取り入れる先端技術が望まれる。真のスマートハウスとはそのようなものであるべきである。図 5-21 はシンガポール政府の招待で「Green Building Technology」として発表した「Natural Ventilation Design」である。

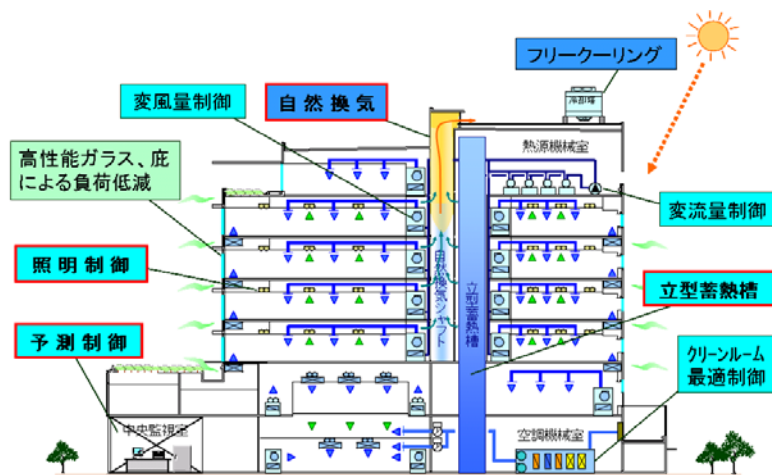


図 5-21 シンガポール政府の招待講演で発表した「Natural Ventilation Design」

もう一つ重要なことは生活態度である。京町家の生活では「気張り過ぎない」「めりはり」「ほどほど」「折り合い」「けじめ」「つろくする」などが大切とされる。過度に豊かな生活をせずとも豊かに過ごすことが出来るということであろう。物理的には暑くても見た目や気持ちで涼しくすることも出来る。冷した葛の菓子、湯あみ、ほどほどの熱さのお薄、すだれや蓆簀・籐の網代の床で室内空間を夏向きにする。「豊かさからのパラダイムシフト」では精神生活でのパラダイムシフトが大切である。

## 5.4 人類と情報

### 5.4.1 序論

情報伝達手段の急激な変化・発展により、情報を活用した詐欺の増加などのリスクが増加している。企業間や国家間の情報戦争、役所や企業や病院などへのサイバー攻撃、ネット中傷、情報セキュリティ問題のクローズアップなどなど。情報は社会問題として大きくクローズアップされてきている。社会の全ての活動に IT が活用されるようになってきているが、「情報」とは何かと聞かれて直ぐに答えられない。WIKIPEDIA でも「情報とは何かと言う問いに、ただ一つの答えを与えることは困難である」とし、情報を以下のように5分類している。

(簡略化して記述) 1. データの集まり 2. ものごとの内容や事情についての知らせ 3. 記号によって伝達され、受け手に知識をもたらし、判断を助けるもの 4. 生体を動かす指令・信号 5. 情報量としてはかられるもの。WIKIPEDIA の「情報」の説明は科学技術の進歩によって追加された「情報」の意味をも含めて解説しているので、理解困難な内容になっている。



WIKIPEDIA によれば DX(デジタル・トランスフォーメーション digital transformation) という言葉は、2004 年にウメオ大学のエリック・ストルターマンが論文 "Information Technology and the Good Life."の中で提唱し、「情報技術の浸透が、人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させること」と定義したと言う。「情報技術と人間の生活の関わり」を示すのがDXの基本と言うことになる。従って人類にとって情報とは何か、人類と情報の関わりはどのような歴史・プロセスを辿ったかを探求することが、DX ステップ論にも重要なプロセスとなる。

#### 5.4.2 人類と情報との関わりの歴史

我々人類が類人猿と大きく異なったのは言語を獲得したからである。言葉を獲得する前の人類のコミュニケーションは類人猿や他の動物と同じく、表情、身振り手振り、発声、スキンシップなどであったと思われる。人類は言語を用いることにより、他の個体とより容易に、より深い意味の情報交換できるようになった。「情報」とは「送り手」から「受け手」に伝えられる知識、「受け手」の行動に変化を与える知識、個体間の意思疎通になる知識である。

「情報の伝達技術」についても考えてみる。人類の生存や繁栄にとって情報を素早く・確実に伝える手段の開発は重要なものであった。人類にとって最初の情報伝達手段は人間の言葉であるが、更に重要な情報伝達手段に文字の発明がある。文字の起源と歴史についても諸説がある。シンボルや記号のような原文字の使用は前期新石器時代、紀元前 7000 年と言われている。文字体系として知られている最古のものの一つはメソポタミアのシュメール人が使用した楔形文字で紀元前 3500 年頃。文字を記載するものとしては粘土、骨、亀甲、石、動物の皮、パピルス、紙があり、今はパソコン・モバイルになっている。情報を伝達する最古の手段としては紀元前 4～6 世紀頃の古代ペルシャの駅伝制があり、動物の皮に書かれたアラム語（古代西アジアの共通語、イエス・キリストの母語）の文字が、騎馬によって運ばれた。郵便の始まりとも言える。狼煙や太鼓による通信も早い時期からある。狼煙は戦いの武器として古くから世界中で利用されている（図 5-22,23）。



図 5-22 明の長城の狼煙台(WIKIPEDIA)

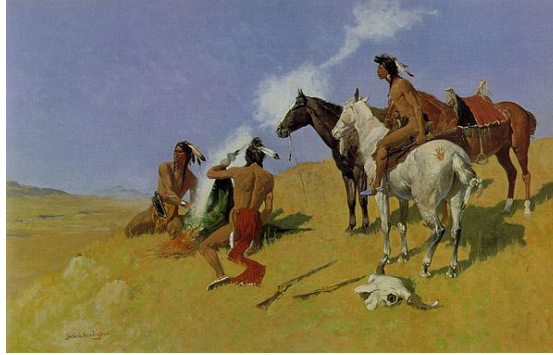


図 5-23 アメリカインディアンの狼煙(WIKIPEDIA)

中国でも紀元前 8 世紀の西周（中国古代最初の王朝殷の次の王朝）の幽王が狼煙を利用したことが知られている。狼煙は戦いでも重要な役割を占め、狼煙の上げる回数、狼煙の色によってある程度詳細な内容を伝えるように工夫していた。情報の伝達が人間・人間集団の生き残りの重要手段であったことが理解できる。

日本における情報伝達について考えてみよう。日本においも狼煙は弥生時代（紀元前 7 世紀～紀元 3 世紀）から存在している。日本列島が一つのクニとして纏まる前には西日本では各地の首長が独立していた。それが一つのクニとして纏まる前段として幾度となく首長間の戦いがあった。そのために西日本各地で高地に集落が築かれ、敵の襲来を狼煙で連絡しあっていた。日本で狼煙が最も重要視されたのは白村江の戦い（新羅・唐連合軍 VS 百済・倭連合軍の戦い。百済・倭連合軍は大敗した）での敗戦である。日本（倭）が恐れたのは新羅と唐の連合軍が倭（日本列島）に攻め込んでくることだった。そのために対馬から九州、瀬戸内海、ヤマト（大和）に延々と山城・狼煙台を設置した(図 5-24)。



図 5-24 香川県高松市屋島に築かれた屋島城の城門からの展望（WIKIPEDIA）  
（白村江の戦い（663 年）の後、日本防衛のために築れた山城の一つ）

話は変わるが、日本の歴史で情報と言えは最も有名なのは隠密・忍者（本来の主たる呼び名は忍び）ではないだろうか！隠密は南北朝時代から存在したが、忍者として活躍したのは戦国時代である。忍者の主な仕事は敵地に入り込んで情報収集、破壊工作、情報攪乱、偽

情報を与えての内部攪乱、調略、暗殺などと言われている。戦国武将で最も情報戦略に長けていたのは武田信玄・織田信長・徳川家康である。信玄は忍びのみならず、山伏・旅する巫女・傀儡師・諸国巡りの兵法者など多彩な人物を使って敵国の内情・地理・敵国人材の能力・経済能力などを探った。その情報を基に多彩な戦略（内通者確保・内乱誘発・敵国有能人物の誹謗中傷など）で戦う前に敵を弱体化させ、それから武田軍団を出撃させた。家康は服部半蔵を長とする忍者集団を育成し、大阪方の情報を収集した。アメリカ人アームストロングはその著で服部半蔵は CIA 長官と評している。

現在の企業間や国家間の情報戦争、役所や企業や病院などへのサイバー攻撃、ネット中傷などは戦国時代の忍びの行動を IT、ネット、WEB に置き換えただけではないだろうか。企業の採用試験に WEB が活用され「就活替え玉」が現れたと騒がれているが、これも戦国時代に忍びが担当していたことを IT 化時代にも行われたということである。他人へのなりすましなどは忍びの常套手段である。NET 中傷も IT 時代の大きな課題である。武田信玄は敵方の内紛を探索し、一方を自陣に引き入れようとした。それが成功しないとその人物の悪い情報を流布させて活用させないようにした。敵方の特に強敵と思われる人物についても悪評は流して活躍出来ないようにした。最近は省庁へのサイバー攻撃が話題になっている。戦国時代にも敵国の忍びに接近して見方にし、逆スパイとして活用する戦略も多用されている。近代の国家間戦争・企業間の経済戦争でもサイバーセキュリティが重要課題となっている。その手法は IT・IOT・AI と多彩化・広域化・グローバル化・高スピード化しているが、未来の情報リスクの予測は、情報伝達の歴史、忍びやスパイの歴史を研究することで得られるのではないか。今朝早く起きてラジオのスイッチを入れたら NHKFM ラジオの「深夜便・ことばの贈物」で京大大学院の明和政子教授が「子供の教育にはスキンシップ、絵本の読聞かせ、口元・表情での伝達が大切」と話していた。IT・オンラインの時代であるが、人間はやはり生き物であり、言葉の発明以前に使っていた類人猿時代の情報伝達方法は今も大切と痛感した。リアルはやはり重要である。

#### 5.4.3 人間と共栄する情報技術

ICT,IOT,AI,自動化の進展は利便性、生産性、経済性などを高め、更には新事業創出、産業・経営改革、農林水産などの既存産業改革、社会インフラ保全など広範囲に活用され、今後も新たな進展が予想される。しかしながら人間が関与する環境の場合、科学技術の進展や適応にのみ焦点が当たると大きな問題を発生させることがある。建物も単なるシュエルターではなく、人間活動・人間生活の場の場合、人間生活を豊かにする文化・芸術・景観・雰囲気・精神性・心への考慮が必要である。ICT,IOT、電子機器などにのみ焦点をあてた建築空間は、大きな問題を生ずる。科学技術者は独善・狭視野になり勝ちで、科学技術は独走し勝ちである。20 年以上前に大型テーマパークの IT 技術調査のために米国フロリダ州オランド市にあるデズニーワールドを訪問した（図 5-25）。ここで聞いたことは「情報ネットワークよりも人と人との関わり・対応を重視すべき」とのデズニーの思想であった。IT が

社会を覆っている現在、「最も考慮すべきは Face to Face である」と言うデズニー思想は今後も大切にされるべきである。



図 5-25 フロリダ オランダのデズニーワールド  
地上は観光客と Face to face, 情報機器などは地下

現場一筋だった大学同級生は「情報化の時代で現場に行かずパソコンで現場管理する社員が増えているが、現場の出来栄え・品質・安全・利益の基本は現場で働く人々との一体感・モラルである。そのためには直接現場に出て Face to Face, 自分の目で直接見ることが重要」と語っていた。(図 5-26)



図 5-26 現場一筋の大手ゼネコン役員は現場では IT 以上に現場に出て見る・会うが大切と話していた。

#### 5.4.4 情報伝達とコミュニケーション

前項でデズニーワールドの人との DX のステップ論を議論するためには情報伝達とコミュニケーションの違いについて議論する必要がある重視と、運営システムの情報機器などは地下に収納し観客とは分離していることを紹介した。現在 DX のステップ論、Phase 論は主として生産システム、ビジネスマネジメントの観点からの議論である。しかしながらビジネスの種類によっては、人間同士の意思・感情・思いの伝達のコミュニケーションがより重要なものもある。まちづくり・ハウスづくりなどではコミュニケーションがより重要となる。DX のステップ論を議論するためには情報伝達とコミュニケーションの違いについて議論



する必要がある。

情報伝達とコミュニケーションの違いについて生成 AI Microsoft Copilot に複数回聞いた結果（回答が不満足なので複数回問い直した）を整理して以下に示す。

1) 定義の違い

- **情報伝達 (Information Transmission):** 情報伝達は、特定のメッセージやデータを一方から他方へ送る行為です。このプロセスでは、情報が正確に送信されることが目的である。情報伝達は生産システムの効率性や正確性を支える基盤であり、CPS を活用することでその役割はさらに進化している。
- **コミュニケーション (Communication):** コミュニケーションは情報の交換だけでなく、感情、意図、背景の共有も含まれます。双方向性が特徴であり、発信者と受信者が対話を通じて相互に理解し合うプロセス。

2) 目的の違い

- **情報伝達の目的:** 正確で効率的な情報の伝達を追求。こ
- **コミュニケーションの目的:** 理解の促進、関係の構築、問題解決など、より包括的な目標を持つ。

3) 手段とプロセスの違い

- **情報伝達:** 書面、メール、プレゼン資料など、主に事実ベースの形式を用いる。
- **コミュニケーション:** 言語以外にも、ジェスチャー、トーン、表情といった非言語的な要素が重要な役割を果たす。

4) 関与の違い

- **情報伝達:** 受信者が必ずしも積極的に関与する必要がない場合もある。
- **コミュニケーション:** 受信者の積極的な参加と反応が求められる。

生成 AI ChatGPT に製造業の情報伝達と人間同士のコミュニケーションの違いについて聞いたところ図 5-27 のような回答だった。良くできているのではないか。

違いのまとめ:

| 項目    | 製造業の情報伝達  | 人間同士のコミュニケーション |
|-------|-----------|----------------|
| 目的    | 事実の伝達     | 相互理解、協力関係の構築   |
| 手段    | 図面、文書、メール | 会話、電話、会議、チャット  |
| 特徴    | 形式的、客観的   | 個人的、主観的        |
| 重視する点 | 正確性、明瞭性   | ニュアンス、感情       |

図 5-27 製造業の情報伝達と人間同士のコミュニケーションの違い(ChatGPT)

## 5.5 建築の情報化

### 5.5.1 建築の本質と情報化

建築産業の情報化で最も注視されているのは BIM(Building Information Modeling)である)。建築BIM推進会議に参加する団体などへ行ったアンケート結果では建築BIM推進にはまだまだ「課題」の多いことが報告されている。導入しても効率化にならず逆に費用がかかる、業務負担が多い、習熟して効果を得るには5年～10年かかるなどなどが記されている。建築は芸術の一部であり製造業の製品(モノ)とは異質であり、建築情報化の進みが遅い理由と考える。しかしながら建築分野の情報化の遅れの理由は芸術性以外にもあり、その本質を考える。

まずは「芸術の一部」とした「建築」の本質を再考する。「建築」は明治時代初期における英語 Architecture の訳語である。当初の訳語は「造家」であったが、明治27年(1894)、伊藤忠太は『建築雑誌』(学会名は「造家学会」だった)で“工学ではなく総合芸術”だから「建築」が良いと主張した(図5-28)。



図 5-28 建築は「総合芸術」と主張した伊藤忠太と彼の設計「築地本願寺」(WIKIPEDIA)

日本建築学会は明治19年(1886)造家学会として創立されたが、明治30年(1897)伊藤の提案に応じて建築学会に改称された。改称には、学会の構成員がエリート建築家以上に実務を行う中堅技術者の方が多くなり、彼らの意向が影響しているとする報告がある<sup>1)</sup>。Cambridge Dictionary では Architecture は 1) the art and practice of designing and making building 2) the style in building are made とある。1) によれば Architecture は芸術的作品とそれを作り上げる過程の全てを指すようである。建築物のデザイン(設計)と建物製作(施工)の両者を含有する言葉でもある。現在の日本建築学会定款第4条(目的)には「～建築に関する学術・技術・芸術の進歩発達をはかり～」とある。色々な議論・経緯があるが日本における「建築」は「学術・技術・芸術」の総合である。

歴史的にみても、飛鳥時代から江戸時代までの大工はまさにそうだった。大工は設計・施工の両方を担っていた職種であった(図5-29)。



図 5-29 春日権現験記に描かれた大工、棟梁が全てを支配していた (WIKIPEDIA)

明治になり西洋建築が導入され、セメント・コンクリート・レンガ・鋼材・ペイントなどの新材料、シャンデリア・洋家具・暖炉などのインテリア部材、木骨煉瓦造・石及び煉瓦の組積造・鉄骨造・鉄筋コンクリート造などの新しい構造方式が導入された。従来大工棟梁で成り立っていた「建築」に、総合建設業 (General Contractor ゼネコン) が発生した。材料・部材などの多様な企業に関わるようになり、多くの作業職種 (サブコントラクター) が発生し、近年では建物維持管理に関わる企業も重要な役割を担うようになった。「建築」において芸術性は重要であり、その上に多種多様の企業が多重に渡って関与するという複雑な産業が成立した。建築のプロセスは計画・設計・施工・運営サービス・維持管理・解体であり、大手総合建設業はこれら多くの業務を包含し、更には不動産事業、エンジニアリング事業、各種サービス事業、まちづくり事業、IT 事業、海外事業と拡大し、「総合建設業」を超えて「総合まちづくり業」へと変身しつつある (図 5-30)



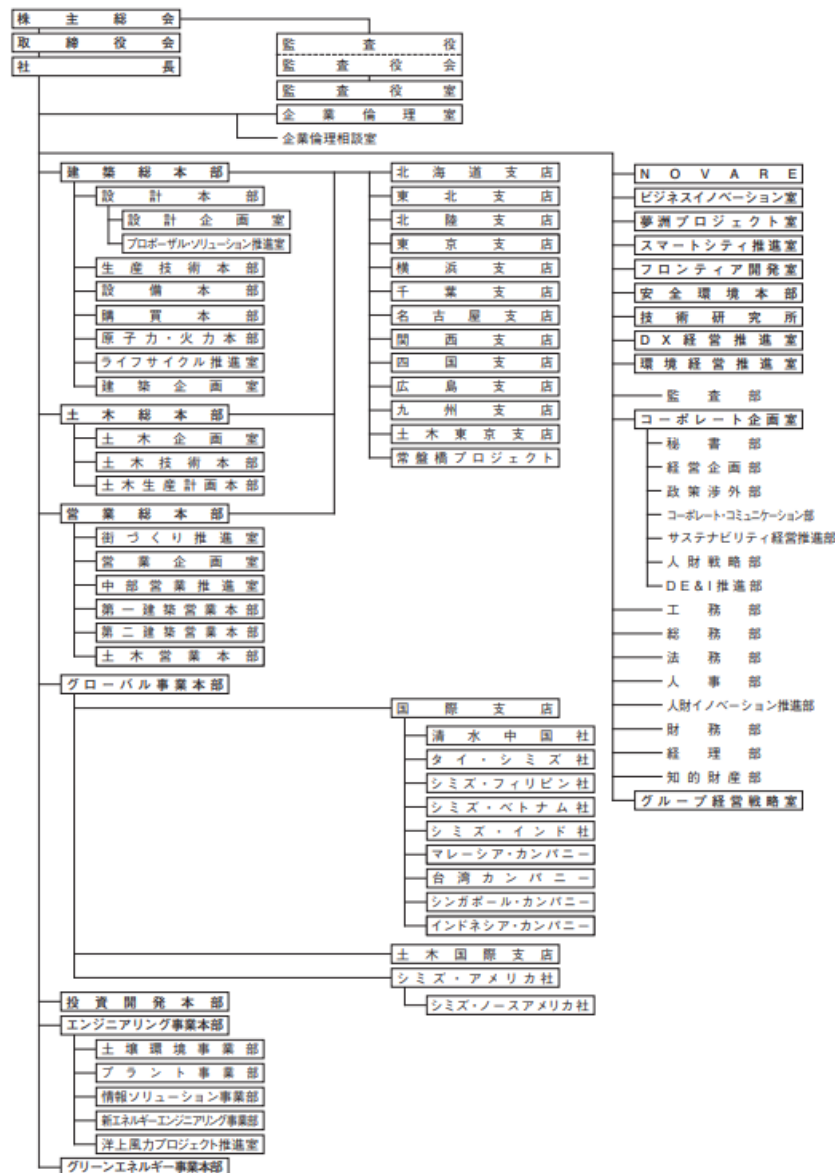


図 5-30 2025 年 4 月の清水建設機構図（清水建設提供）

設計は意匠設計・構造設計・設備設計・積算設計に分かれ、各々独立した会社が存在する（大手設計事務所の多くは総合設計事務所）。設備設計は電気と機械があり全く異なる技術体系であり、電気設備・空調設備・音響設備・医療設備・衛生設備・消防設備と異なる会社が存在する（設備ゼネコンと称される複合設備企業も存在する）。国土交通省建築 BIM 推進会議に参加している団体は 20 団体にもなっていて、関連分野・行政が多岐に渡ることを示している。建築 BIM の場合、今までは各ゼネコン、各設計事務所、各設備会社、各サブコン、各団体毎に独自にシステムが構築されていた。国土交通省が推進する建築 BIM 推進会議はこの状態にくさびを打ち、何らかの標準・統一を生み出そうとする運動である。

「建築」は「学術・技術・芸術」の総合であることを述べたが、「建築産業」の特徴には製造業に見られない特異な特徴がある。「受注産業・請負産業」である。古代の建築の主役は出入りの大工であった。発注者のご隠居さん、大店の旦那さんに日頃可愛がられて、仕事を頂いてきた。その名残は今も続いている。筆者がS建設に入社した時は社員の出入り口は勝手口であった。正門はお客様のみが出入りする場所であった。そのような状態であったから、お客様の要望は100%受け入れる雰囲気であった。契約書に従って工事を遂行すべきだが、日本では契約にないものでも発注者の意向が重視される雰囲気が長く残っていた。請負（うけまけ）と言われるゆえんである。この風潮が発注者の代理である設計者、設計監理者にも受け継がれてきた。その結果発注者の意向が突然変更になる、設計が突然変更になる、設計監理者が契約に無いことを主張するなどが起こっても、従わざるを得ない状況が良く生じる。そのしわ寄せは工程の後ろの業者により大きな負担を負わせることになる。BIMによる一気通貫はこの後工程への難題をより大きくすることに繋がる可能性がある。

BIMで最も注目されているのは最後の工程の維持管理である。不動産管理ITソフトをビジネスにするプロパティデータバンク社の板谷敏正氏は「設計者や建設関係者は“維持管理”とひとまとめに捉える傾向がある」と嘆いている。不動産管理は実はかなり多様である。不動産は住宅などの個人所有のものと公共不動産、民間所有不動産がある。公共不動産には基盤的なインフラと事業用がある。民間不動産も賃貸事業を目的とした投資用不動産と企業が事業に活用する事業用（企業不動産）がある。その各々に戦略的側面、建設・運用・施設管理の側面があり、不動産管理は複雑・多様である。不動産管理の内容は時間経過とともに変化し、一つの建物空間にも複数の情報が関連する。プロパティデータバンク社ではこれらに対応するソフトによるクラウドサービスを行っている(図5-31)。

|                              | 民間                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                             | 公共                                                                                                                                                    |                          |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                              | 投資用不動産                                                                                                                                                                                                         | 事業用不動産                                                                                                                                                                                                      | 公共(事業用)                                                                                                                                               | 公共(基盤)                   |
| 財務戦略<br>資金調達<br>投資戦略<br>売却戦略 | <b>アセットマネジメント</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>●投資スキーム構築</li> <li>●適宜方針・戦略策定</li> <li>●資金調達</li> <li>●不動産取得・売却</li> <li>●ポートフォリオ管理</li> <li>●不動産リスク管理</li> <li>●リスク選定</li> <li>●投資計画立案・実施</li> </ul> | <b>CREマネジメント</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>●特許権(IT・不動産)</li> <li>●不動産売却戦略</li> <li>●資金調達・投資スキーム</li> <li>●関係者を含む資金運用</li> </ul>                                                                | <b>PREマネジメント</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>●特許権(公有資産)</li> <li>●関係者を含む資金運用</li> <li>●資金調達・投資スキーム</li> <li>(IT・IT・ファンド活用)</li> </ul>      |                          |
| 不動産<br>取得<br>計画・建設           |                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>●民間・公共施設</li> <li>●企業・官公庁施設</li> <li>●施設・設備</li> <li>●ポートフォリオ管理</li> <li>●不動産リスク管理</li> <li>●パートナー選定</li> <li>●投資計画立案・実施</li> <li>●資金管理</li> <li>●IT・IT管理</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>●公営・官公庁施設</li> <li>●施設・設備</li> <li>●ポートフォリオ管理</li> <li>●リスク管理</li> <li>●パートナー選定</li> <li>●投資計画立案・実施</li> </ul> |                          |
| 不動産<br>運用管理                  | <b>プロパティマネジメント</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>●ビル・運営計画</li> <li>●コスト管理・設備管理</li> <li>●エネルギー管理</li> <li>●テナント管理業務</li> <li>●設計・設計管理</li> <li>●施設再投資</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>●ワークプレイス戦略</li> <li>●施設管理・設備管理</li> <li>●エネルギー管理</li> <li>●設備管理</li> <li>●IT・IT管理</li> </ul>                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>●ワークプレイス戦略</li> <li>●施設管理・設備管理</li> <li>●エネルギー管理</li> <li>●設備管理</li> <li>●IT・IT管理</li> </ul>                   | <b>土木アセット<br/>マネジメント</b> |
| 施設・設備<br>管理                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>●設備管理業務</li> <li>●設備・設備業務</li> <li>●設備・設備業務</li> </ul>                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                       |                          |

図 5-31 民間法人と公的法人の不動産管理に関する業務体系（板谷敏正氏提供）

「建築」の芸術的側面と「建築産業」「不動産管理」の複雑多様さは今後も変わることは

ないと考える。従って建築 BIM の完全一貫通貫の完成は至難の業である。「建築」は「学術・技術・芸術」の総合であるとするれば、革新性を求めて「他と異なることをしたい」と言う思想がベースにある。この思想を無視して、全てを統一して一貫通貫にしようとする努力は大きな困難を伴うと推測される。建築とは、異なる目的・異なる慣習・異なる規則を持つ関係者の共同作業である。完全一貫通貫を求めずに、標準化する範囲、標準化出来る範囲、統一することの出来る範囲を限定し、他は自由な発展に任せるべきではなかろうか。例えば BIM の標準部品（ライブラリー）を作る、詳細度を規定する、統一作業ステップを定める等である。あるレベルの標準・基準が定められれば、各ステップを繋ぐ作業、異なるソフトを繋ぐ作業などをビジネスとして行う企業が発生する可能性がある。現在でも建築 BIM のコンサルタント会社は多数存在し、BIM の導入・教育・運用支援・人材派遣などを行っているが、特定のソフトに限定しているケースが多い。BIM ソフトを横断して、BIM 関連作業の全てを扱う BIM ゼネコン、個別ステップ（設備・構造・施工・維持管理・運用）を扱う BIM 会社が期待される。建築情報学会の YOUTUBE による連続対談シリーズの第 26 回までをざっと視聴した。多くの出演者は海外の大学で教育・研究の経験をし、海外でビジネス経験をしている。第 24 回～第 26 回は出演者には外国人がおり、対談は英語であった。出演者には建築学科卒業以外（機械学科、産業機械情報、環境情報、コンピュータサイエンスなど）も多い。大手ゼネコンや大手設計事務所の現役の人も出演し、各社が先端のデジタル技術に力を入れて居る様子がうかがえる。大学での教職とベンチャー経営を平行して行っている人も多い。コンピュータデザインは意匠に限らず、構造系、設備系、環境系、都市計画系と多彩である。コンピューテーションデザイナーの杉原聡氏の発言は驚異的であった。コンピュータデザインのために独自の CAD を開発、独自のソフトを作成、ソフト作成時のコーディングで何かの形がひらめくと言う。建築の芸術性はデジタル時代に大きく花開いているようである。

### 5.5.2 建築の情報化と製造業の情報化

コンピュータやインターネットの開発・活用は 1960 年代前後から始まった。情報化時代の始まりに対し、建築業界の技術的対応は、IT 機器の建物側の環境整備が主たるものであった。コンピュータなどの電子機器から発生する熱の処理、有線で機器間を接続するための空間構成、電波の外部漏れを防ぐ電磁シールド技術の開発など、コンピュータを始めとする情報系機器の活用・保全のための空間環境技術の開発であった。建築行為（設計・施工）のために情報システムを活用する技術の開発は遅れて開始された。

多くの産業で IOT が取り入れられ、CPS 的活用が行われているが、建築産業の情報化、IOT 活用では CPS 的活用は非常に少ない。建築産業で何故情報化が遅れたのか、IOT 時代になっても何故 CPS 的活用が少ないのかについて検討し、今後の情報化、IOT 活用、DX の方向について検討してみたい。そのために建築技術の発展の歴史（些か筆者の趣味の分野に偏るが）を振り返り、歴史的に見て何が建築技術開発のドライブ要素であったか、古代以

来建築では情報伝達はどのような方法によっていたかを考えてみる。そこから建築における情報活用は他産業と何が異なるか、異なる要因は何かを検討し、建築の情報技術開発の今後の在り方を検討してみたい。

日本建築技術の粋の頂点である桂離宮から建築とは何かを考えてみる。桂離宮には幾つかの建物がある。月見台を持つ古書院・中書院・新御殿の美しさは格別である。この書院は月を楽しむために建てられたもので、王朝文化・貴族文化の象徴であり、風雅を楽しむ豊かな教養に溢れている。世界に一つしかない文化であり、製造業の大量生産商品（モノ）とは対極にある造形品である。この書院の軒は月を長く見る事が出来るように、通常の軒先よりも極端に短くされている。常識にとらわれない自由奔放な設計である。飛鳥時代以来、建物の設計・施工に関わる棟梁の技術は口伝・秘伝で伝承された。そのため大工達の技術は不揃いであった。江戸時代初期、大工達の技術の不揃いを統一するために、木割り・規矩術が完成された。この二つの技術は意匠設計（デザイン）・木造工事（施工）の基本技術であり、工事の生産性向上のための技術でもあった。多くの寸法の部材を持つ大型工事を良品質・短工期で完成させるのにはこの二つの技術は必須の技術であった。桂離宮の書院も木割り、規矩術と言う大工の技術によって完成されたが、それに囚われない自由さが建築美を創り出している。桂離宮の美しさは書院以上に、庭園と配置された茶室の美である。桂離宮の庭園は、ブルーノ・タウトが評したごとく、世界のすべての人々が愛する日本の建設技術である。日本庭園の始まりは神の象徴である磐座で、自然物に神が宿ると言うのは縄文時代以来の日本列島人の宗教心である。（図 5-32）



図 5-32 日本建築美の極致 桂離宮

建設物は人類生存のための覆いとしてだけではなく、宗教行為、権威を示す行為、精神生活を豊かにするため、文化・芸術を楽しむため、地域を豊かにするために建設されてきた。各々、個性豊かであり、如何に他と異なるかが基本にあり、繰り返し大量生産される製造業の製品（モノ）とは全く異質である。建設技術の歴史を振り返ると、寸法測定技術、作図技術、接合技術、切断技術、構造技術、掘削技術、運搬技術、楊重技術で、情報を伝える技術と言う概念はない。作図された図面、口伝が建設情報伝達の手段であった。

建築設計の情報化の発展を振り返ってみる。意匠・デザインは芸術の分野で I T に馴染ま

ないという意見は、今でも意匠設計者の間にはあるのではないか。建築は意匠設計・デザインから始まるので、この思想が建築における情報化の遅れ要因の一つではないか。筆者の大学時代、設計作業は製図版にT定規をあて、鉛筆で書いたものにカラス口で墨入れするという時代であった。その後ドラフターで製図するという時代に進歩し、IT技術の出現によりCADが出現した。世界初のCADソフトウェアは、1963年、マサチューセッツ工科大学のIvan Sutherland博士が作成した「Sketchpad」で、1982年、John WalkerがAutodesk社を設立し、パソコン向けCADソフトウェア「AutoCAD」を発売した。AutoCADは建築業界での利用を想定していたので、建築業界に広く普及した。現在盛んに活用されるようになった建築BIMでもAutodesk社が優勢である。

施工分野の生産性向上には多くの施策があるが、その基本は省人化である。建設分野での情報技術活用は米国のエンジニアリング会社が早い。その場合も情報化システムを採用することによってどの程度省人化できるかが、採用決定要因であった。国土交通省は「情報化施工推進戦略」を2008年にとりまとめた。2015年に建設現場でのICT導入を測量・設計・施工・管理の全プロセスに広げるとし、2016年「i-Construction～建設現場の生産革命～」を策定し建設施工の情報化が本格的に開始された。しかしながらこれらのほとんどは土木工事に関するものであった。そこで建築ICT革命として「建築BIM推進会議」が国土交通省によって設置された。建築の生産プロセス（設計・施工・維持管理）を通し手生産性向上を図るとしているが、IOTやCPSについては語られていない

IOT時代のキーワードは、技術的にはCPS・DigitalTwin・アーキテクチャ・Big Data・Deep Learningであり、ビジネス的にはプラットフォーム・Servitization・DXである。IOTは通常、測定対象物（Things）にセンサーを設置して情報を発信させる。CPSでは測定対象物は一つ（点的）で、閉じたフィードバックグループで特定部品の最適化を達成するのが目的である。一方、建設産業の工事対象（道路・都市・各種施設と周辺）におけるIOTの対象物は線的、面的、空間的、時間軸的と多次元である。製造業においてIOTでセンシングされる主たる対象物はモノ（Things）で、IOT活用の主要目的は生産性向上・部分最適化である。サブコントラクター、例えば鉄骨ファブリーケーターなどの鉄骨製作では製造業としてのIOT・CSP活用が期待される（図5-33）。施設の維持管理でも今後IOTによるCPS的活用が期待される。

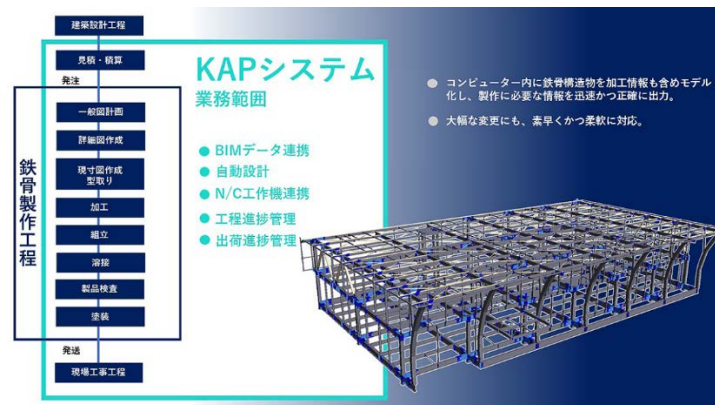


図 5-33 鉄骨ファブリケーター 日本ファブテック社の KAP システム  
(写真提供 日本ファブテック社)

一方建設産業が扱う範囲は広く、モノ以外に人（移動・位置・動き）、人情報（五感・満足度・好み・ニーズ）、波動、温度、湿度、放射線、照度、流量、流速、地震波、津波、各種環境情報など多様である。データの蓄積とフィードバック（CPS）のみならず、多地点のセンサーから同時あるいは逐次発信されるデータの解析精度と速度、リアルタイムな情報発信が要求される。このような状況が建築における IOT 設置の目的であるため、IOT 活用は CPS 以上に、DigitalTwin 的活用、建築 BIM と IOT との連動などが期待される。都市や空間の CPS は 4 次元、DigitalTwin 的、スマートシティは建築産業での IOT・BIM・DigitalTwin の活躍の場である。建築は工学部にありながら「建築工学」と言わず「建築学科」と呼んできた歴史がある。建築は工学であるが、芸術の一部であるという考えは今も有力である。芸術であるが故に IT による設計は馴染まないという見解は根強い。有名建築家は建物のスケッチを描き、助手がそのスケッチを物差しで測定し図面にしたという逸話も残っている（図 5-34）。



図 5-34 谷口吉郎設計の千鳥ヶ淵戦没者墓苑  
(筆者もパースの色塗りを手伝った)



建設物は人類生存のための覆いとしてだけではなく、宗教行為、権威を示す行為、精神生活を豊かにするため、文化・芸術を楽しむため、地域を豊かにするために、人々の生活を豊かにするために建設されてきた。個性豊かであり、如何に他と異なるかが基本にあり、製造業の製品（モノ）とは全く異質である。一品生産で独自性を重視した建築と製造業の大量生産する製品「モノ」とは基本的な違いがある。しかしながら、建築生産は製作であり、IOT・CPS の積極的に活用を検討すべきである。施設の維持管理での建築 BIM 活用では IOT・CPS は重要技術と考える。

## 5.6 まちづくりと情報化

### 5.6.1 まちづくりの基本

筆者は日本建築学会にパネルディスカッション「2050年の低炭素社会に向けた都市・建築の方向性を探るクロストーク」を提案した。建築学会や日本都市計画学会の「環境を考慮した都市再生」に関連した全ての委員会が参集して意見交換・提言しようとする提案であった。筆者の提言は既に本論で記した、建築学会の特別調査委員会成果と、それ以前に新都市ハウジング協会が創設した「都市居住環境研究会」の成果を踏まえたものであった。街づくりへの筆者の提言は6つあるがその代表的なものは以下である。

1. IT などの科学技術偏重から脱却し自然・文化・景観・歴史・心・生活態度・コミュニケーションを重視すべし。
2. 国とは山・海・川・湖・森・都市・地域・街・人の集合であり、国家として自然生態系保全、都市緑化、風の道、水の道、
3. CO<sub>2</sub> やエネルギー議論では再生エネルギーなどの要素技術などのみで議論すべきではない。自然の活用、京町家の生活態度、自然と一体型の建築なども議論すべき。

近年50年間の世界の平均気温上昇は0.6℃—0.7℃程度であるが日本列島に人類が渡って来てから現在までには6℃から8℃の気温変化を経ている。最も暖かかった青森県の三内丸山の時代（6000年前）には海面が上昇し群馬県館林や栃木県栃木市まで海が入り込んでいた。人々は大きな広場や建物に集まって祭りを行っていた。山内丸山時代よりも4℃程寒かった秋田県大湯環状列石の時代（3000年前）には人々は食料を求めて分散居住していたが、それでも年に数回環状列石に集まって祭をしていた。（図5-35）





図 5-35 縄文時代、人々は暑い時も寒い時も集まってコミュニティを保った

どんな時代でも街にはコミュニティの場が必要である。現代人が縄文人と同じ生活することは出来ないが、豊かな生活を求めて何でも科学技術に頼ることは止めるべきである。現在でも京都の町家では「ほどほど」「折り合い」「つろくする」など、暑さ寒さを伝統的な暮らし方でしのいでいる。涼しく見せる・感ずる工夫をしている。(図 5-36)



図 5-36 技術を使わず、物理的に暑くても涼しく感じる工夫

何でも IT,なんでも DX ではない「近代文明からの脱却、豊かさからのパラダイムシフト」も重要である。

## 5.6.2 まち・まちづくりに必要な情報技術

今後の都市・町・町の運営やまちづくりに必要は情報技術を列挙してみる。

### 1) 情報収集・分析・可視化

- 地理情報システム (GIS) (人口分布、土地利用、交通網、防災情報を統合的に管理)
- ビックデータ解析 (人々の流れ、消費動向、交通状況などを把握)
- IOT プラットフォーム (交通量、気温、湿度、エネルギー消費量などを監視・分

析)

- オープンデータ（行政機関などが保有する公共データ公開。企業や住民が自由に活用。新たなサービスやアプリ開発、地域課題の解決に活用）
- シミュレーション技術（都市開発や交通計画などの将来予測）

## 2) 情報共有・コミュニケーション

- 地域 SNS・コミュニティプラットフォーム（イベント告知、生活情報共有、地域課題議論）
- デジタルサイネージ（電子看板）（地域情報、行政情報、広告などを発信）
- **防災情報システム**（避難情報、被害状況、ライフライン情報などを配信）
- **行政情報ポータルサイトアプリ**：（行政サービスの情報、手続き案内、イベント情報）
- オンライン会議・コラボレーションツール

## 3) 都市機能の効率化・スマート化

- スマートグリッド（電力供給の最適化、再生可能エネルギー導入促進）
- スマートモビリティ（自動運転、 MaaS (Mobility as a Service) など、次世代の移動手段やサービスを統合的に管理・運用するシステム）
- スマートパーキング
- スマートゴミ収集
- キャッシュレス決済システム

これらの IT システムはまちづくり DX のステップ 1.2 に該当するが、ゼネコン・不動産業がこれらの IT ビジネスに参入すれば DX ステップ 3 になる。

### 5.6.3 スマートシティ

まちづくりの DX で最も注目すべきはスマートシティである。2013 年 6 月「建設関連産業のビジネスチャンスを探る」を標榜した「スマートハウス スマートシティ フォーラム」が開催された。基調講演は柏木孝夫 東京工業大学特命教授で、現在の日本の電力エネルギーの状況、政府の電力・エネルギー戦略について話された。パネリストは住宅メーカー、電機メーカー、中小工務店、UR 都市機構、ゼネコンと多彩で大変盛り上がった議論がなされた。福岡の中小工務店「エコワークス」の小山貴史社長は環境省が進める「うちエコ診断」と「家庭エコ診断士」を紹介した。この診断は建設関連の多くの企業が活用でき、スマートハウス普及に役立つと期待された。

近年の「スマートハウス」「スマートシティ」論は、IT・センサー・太陽光発電など科学技術一色である。「住まい」と「街」は科学技術の活用と同時に、文化・自然・伝統技術・

景観・コミュニティ・地域の特徴を考慮して構成されるべきであるとの議論が行われた。アクティープテクノロジー・パッシブテクノロジーのバランスしたデザインでなされるべきであるともされた。パネルディスカッションではこのような趣旨の議論がなされ、多くの実例が報告された。「住まいづくり」と「まちづくり」は裾野の広い産業である。参加された建設関連産業の人々にも多くのスマートシティのビジネスチャンスが期待された。

2019年6月21日に閣議決定された「統合イノベーション戦略2019」等において、スマートシティの事業推進にあたり、官民の連携プラットフォームの構築を行うことが明記された。内閣府、総務省、経済産業省、国土交通省は、スマートシティの取組を官民連携で加速するため、企業、大学・研究機関、地方公共団体、関係府省等を会員とする「スマートシティ官民連携プラットフォーム」を設立された。会員サポートとして、① 事業支援 ②分科会 ③マッチング支援 ④普及促進活動 等を掲げた。参加した企業の分類を図5-37に示す。建設業の参加もかなりみられる。

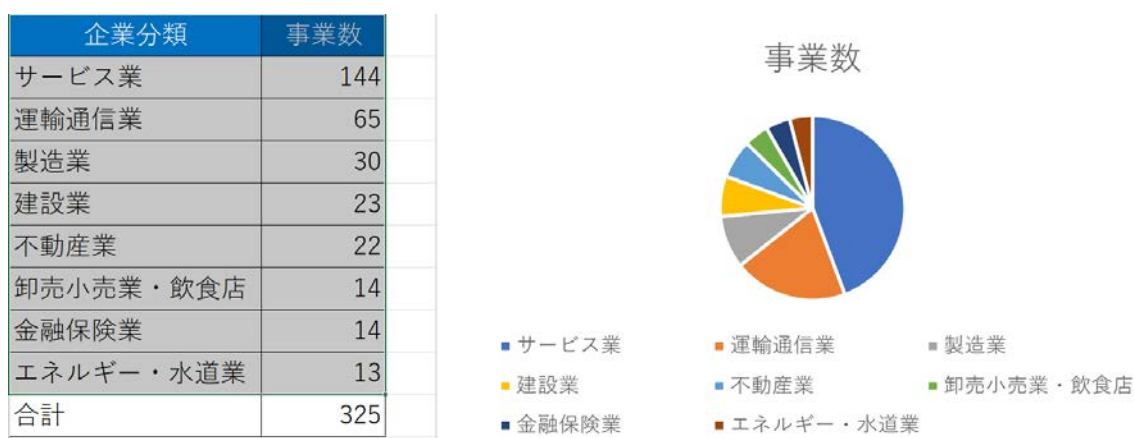


図 5-37 「スマートシティ官民連携プラットフォーム」に参加した企業分析

このプラットフォームに参加している企業のスマートシティ事業も一覧として紹介されているが、非常に限られた内容になっている。現状の日本のスマートシティの多くは、まちづくり全体を根本的に変革するまでには至らず、都市機能やサービスの一部に IT や IoT 技術を導入するに留まっているケースが多い。

「まちづくりの極一部を IT 化、IoT 化している」と言える理由は、

- 1) 限定的な領域での導入: エネルギー管理、交通管理、防犯カメラの設置、行政手続きのオンライン化など、特定の分野に限定された技術導入が多い傾向があります。都市全体の包括的なビジョンに基づいた、分野横断的なデータ連携やサービス統合が進んでいる例はまだ少ないです。

- 2) 実証実験の段階: 多くのプロジェクトが実証実験の段階であり、本格的な社会実装やスケールアップには至っていません。技術的な検証や効果測定が中心で、住民生活への広範な影響や持続可能性の検証はこれからという段階です。
- 3) 既存の都市構造へのアドオン: 既存の都市構造や社会システムを大きく変えるのではなく、既存の枠組みの中に IT や IoT 技術を部分的に追加するアプローチが多いです。真の意味でのスマートな都市設計、例えば、歩行者中心の街づくりや分散型エネルギーシステムの導入といった抜本的な変革はまだ少ないです。
- 4) 住民参加の不足: 技術導入の議論が先行し、住民のニーズや意見が十分に反映されていないプロジェクトも見られます。住民が主体的に関わるまちづくりという視点が弱い場合があります。

まちづくりに本格的に役立ってはいないと言える理由は、

1. 課題解決への貢献が限定的: 少子高齢化、人口減少、地域経済の衰退といった日本の多くの地域が抱える根本的な課題に対して、スマートシティ技術が直接的かつ大きなインパクトを与えている事例はまだ少ない。
- 2) 生活実感としての変化が乏しい: 一部の住民にとっては利便性が向上しているかもしれないが、多くの住民にとって、スマートシティ化による日常生活の変化はまだ限定的である。
- 3) 投資対効果の不明確さ: 多額の投資が行われている一方で、それが地域経済の活性化や住民福祉の向上にどれほど貢献しているのか、定量的な評価が難しい。

## 5.7 DX ステップ論批判

DX の議論では 3 ステップ論が主流だったが、最近は 4 ステップ論が主張されるようになった。ステップ 1 は紙媒体からデジタル化へ、ステップ 2 はデジタル化により生産システムの革新による生産性向上など、ステップ 3 はデジタル化の延長で新しいビジネスを創造、ステップ 4 はデジタル化により他産業が参入すると言う論である。更に日本企業はようやくステップ 1、さらにはステップ 2 へ進んだ企業もあるがステップ 3 は少ないと言う議論・論調が多かった。日経電子版の DXTREND では日本企業の DX 状況を取り上げ、ステップ 3 に進んだ企業もあると報道した。その中の一つに三菱地所があり、委員会で説明を受けた。三菱地所は人流情報の分析などを行っているが、そのデータは大丸有のテナントに提供し、テナントが大丸有地域から逃げないように考えている。人流データで三菱地所が新ビジネスを創造するのではなく、テナントビジネス・大家ビジネスのレベルアップをしようとしている。三菱地所にとっては大丸有の大家ビジネスが本来のビジネスである。

同じような経営方針の企業は他にもある。秋田今野商店は種麴・酵母・乳酸菌を販売する会社である。創業者は大阪高等工業学校醸造科(現・大阪大学工学部)に学び、明治 43 年京都で醸造材料商・合名会社今野商店を設立。以来、日本の発酵文化を支えている。創業以来「技術が資本」を合い言葉に多くの優良種麴・酵母・乳酸菌・酵素剤等を醸造界に供給し続

けているが、この会社は発酵食品の製造販売は手掛けない。発酵食品会社に役立つ発酵研究に多くの資金とエネルギーを投入している。秋田今野商店は研究室・バイオインキュベーションセンターを持ち、各種先端デジタル技術を活用して、種麴・酵母・乳酸菌・酵素剤の研究開発を重ねている。これらで得られた情報は惜しげもなく公表している。これらの経営方針は創業以来の社訓である。(図 5-38,39,40)



図 5-38 明治 43 年創業の秋田今野商店  
(写真提供 秋田今野商店代表取締役社長 今野 宏氏)



図 5-39 秋田今野商店の研究室とバイオインキュベーションセンター  
(写真提供 秋田今野商店代表取締役社長 今野 宏氏)





図 5-40 微生物利用に関する最新情報を発信し続ける定期刊行誌「温故知新」  
(写真提供 秋田今野商店代表取締役社長 今野 宏氏)

企業が新しいビジネス分野に参入するきっかけは Dx が進んだと言うよりも、本業ビジネスが失われたケースが多い。最初に記したが、富士フィルムはフィルムビジネスが消滅の危機になったためである。医薬品ビジネスに参入できたのは DX の進展ではなく、写真フィルム製造に活用していたファインケミカル・ナノ粒子技術の力が大きい。

まちづくりや情報の歴史について色々検討してみた。確定した結論ではないが、以下のようない言えるのではないかと推測する。「製造業のような工業分野には DX 論が適用可能なケースがありうるが、まちづくりのように人間やそのコミュニティが主役となるビジネスには DX のステップ 3，ステップ 4 の適用は難しい（図 3-60）。DX 論が適用できるのはステップ 2 までで、日本企業の DX のレベルは批判されるものではない。

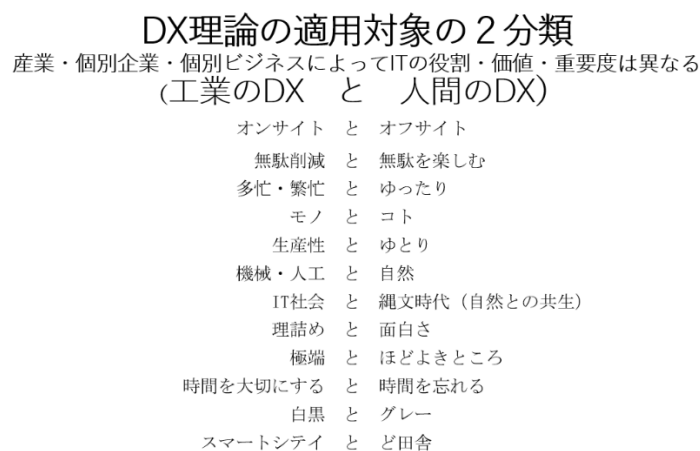


図 3-60 DX 論の適用対象

## 第6章 DXによるビジネスモデル変革の重要性

玄場 公規

### 6.1 はじめに

本研究会では今年度もデジタルトランスフォーメーション（DX）の先進事例を分析し、今後の日本企業の競争優位の確立に向けた課題について議論を行った。いずれの事例も高度な技術を活用した業務の効率化が実現しており、その点では日本における先進事例であることは間違いない。しかしながら、情報技術の活用により、「できること」に焦点が当てられている事例が多く、活用後の「儲ける仕組み」であるビジネスモデルの変革を実現した事例が少ないことが課題であることが明らかになった。

確かに DX の導入は近年の日本企業にとって重要な経営課題である。しかしながら、情報処理推進機構の調査によれば、本研究の議論と同じように日本企業は、デジタイゼーションやデジタルライゼーションの領域での成果はあがっているものの、顧客価値創出やビジネスモデルの変革といったトランスフォーメーションのレベルの成果創出は不十分であるとしている。そのため、本来の目的「X=変革」に向けてさらなる取組の深化が必要であると指摘されている（独立行政法人情報処理推進機構「DX 白書」2023[1]）。さらに日本で DX に取組んでいる企業の割合は 2021 年度調査の 55.8%から 2022 年度調査は 69.3%に増加し、2022 年度調査の米国の 77.9%に近づいており、この 1 年で DX に取組む企業の割合は増加している。しかしながら、全社戦略に基づいて DX に取組んでいる割合は米国が 68.1%に対して日本が 54.2%となっており、全社横断での組織的な取組を進めていく必要があるとされる。さらに先進技術の活用に関しても米国企業は先進技術への感度が高く、DX に必要な「先んじて挑戦し失敗からも学ぶ」というやり方で、いち早く DX を進めており、日本企業はマインドシフトや取組方の見直しが必要であると結論付けている。

このように DX は米国の方が進んでおり、特にビジネスに直結した成果が認められるとの指摘は少なくない。この点、後ほど述べるように、近年の日本企業のビジネス展開には課題があり、収益性の低下が課題であることを主張する既存研究は多い。

もちろん日本企業は今でも高い技術力を有しており、魅力的な製品を提供し続ける能力は十分保持していると考えられる。そのため、研究開発投資及び設備投資の効率性が下がっているからと言って、安易に「投資額を減らす」という経営判断は、従来蓄積してきた技術力を低下させることに直結する。このような問題意識から、筆者も共同研究者となった日本及び米国の製造企業の研究開発投資及び設備投資と収益性との関係を長期に分析し、売上高研究開発費比率の高い企業ほど収益性が低い傾向にあることを明らかにした（今橋ら、2023）[2]、（鈴木、2023）[3]）。これらの研究成果が明らかにすることは、日本企業のみならず、米国企業においても、研究開発投資と収益性は負の関係にあり、また、多くの年度で設備投資でも負の関係にあるということである。すなわち、投資効率の低下は両国の企業ともに認



められる現象である。その中で一部の米国企業は世界の市場を席卷する企業が表れていることも事実であり、研究開発投資及び設備投資を安易に放棄するのではなく、今後、DXを中心に戦略的に積極的な投資が不可欠であるという考え方が重要であると考えられる。

## 6.2 イノベーションの不確実性

DXは高度な情報技術を活用して効率化の実現のみならず、ビジネスモデルの変革も含めた儲かる仕組みが求められている。いわば、効率化を超えて新しいイノベーションの創出が必要になる。ただし、イノベーションの創出による経営成果を得るまでの過程においては様々な不確実性があり、以下のような高度な戦略的マネジメントが不可欠であることが指摘されている。

### 6.2.1 イノベーション創出過程の不確実性

「イノベーション」の創出による収益を実現するまでには時間もコストがかかり、成功に至るまでには様々な不確実性があると指摘されている。代表的な不確実性として、アウーは、イノベーションには、①技術のリスク②市場のリスク③ビジネスモデルのリスクの3種類のリスクがあると指摘した(アウー 2006[4])。そして、これらのリスクが大きいため、必然的に、企業の経営者は、イノベーションへの投資の決断を躊躇する傾向があると主張している。

技術開発へ多額の投資をしても、これが高度な技術開発であればあるほど、必ず成功するとは限らない。これが技術のリスクである。また、技術開発が成功して製品やサービスの商業化に結び付いても、それが新しく画期的であるほど顧客の理解がついてこられず、売れないことが考えられる。これが市場のリスクと言える。さらに、製品やサービスが売れたとしても、数多くの企業が参入し、すぐに価格競争となり、十分な投資回収ができないこともある。あるいは、サプライヤーからの調達コスト、顧客に提供するまでの流通コストなども重なり、売上がたっても十分な収益が得られないこともある。これがビジネスモデルのリスクである。

このようにイノベーションが画期的であるほど、その創出を目指したプロセスは、本質的にリスクの高い投資活動である。この点、従来の日本企業は、これらのリスクが相対的に低く、そのリスクが十分認識されていなかったかもしれない。特に欧米企業がフロンランナーの時代であれば、既に、欧米企業がイノベーションで成功している例を学ぶことができる。先進的な欧米企業がどのような製品をどのような市場で売上を上げているのか、また、その製品をどのようなビジネスモデルで収益を上げることができるのかということが事前に分かる。この場合には、市場のリスク、ビジネスモデルのリスクは低い。もちろん、それでも技術のリスクは残るが、優秀な技術者により、日本企業はこのリスクを乗り越えることができた。この場合、技術者は、明確な研究開発目標が与えられており、その目標を早く達成することがイノベーション実現のための必要十分条件であったと考えられる。

しかし、現在の日本企業は高度な技術力を持ち先進的な製品・サービスを目指すフロント

ランナーになった。もちろん、これ自体は素晴らしいが、フロントランナーになったために、画期的な製品・サービスを提供することになり、技術のリスク以外にも、市場のリスク及びビジネスモデルのリスクにさらされる。また、逆に、日本企業を追いかける新興国企業は、日本企業の技術、市場とビジネスモデルを学ぶことができ、収益を得ることが比較的容易になる。それゆえに、日本企業は、より新しい高度な技術開発に挑まざるを得ず、あるいは、より新しい市場の開拓や新しいビジネスモデルを創出することが必要となり、結果として、イノベーションのリスクは、大きくなる傾向にあると言える。

### 6.2.2 試行錯誤のプロセス

イノベーションの実現に至るプロセスに様々な不確実性があるのであれば、当然の帰結として、ある程度の失敗を許容する「試行錯誤」を前提としたマネジメントが不可欠になる。もちろん、試行錯誤の目的は失敗から学習することにある。そのため、イノベーションにおける試行錯誤のプロセスは、「試行の積み重ねによって問題の解決に至ることから生じる学習」（小野寺ら（2018）[5]）あるいは「目標は明確ではあるが、そこにいたる「道筋」がわからないときに種々の思考の「方法」を試して「失敗」を繰り返しながらも目標に到達しようとする行動」（丹羽、2010[6]）であるとされている。

失敗を前提とした学習プロセスである試行錯誤の重要性は、後に紹介する、できるだけ早く試行と検証を行う「デザイン思考」の実践プロセスと整合的である。また、異分野の人材を選抜して徹底的な潜在需要の探索し、プロトタイプの検証により医療機器分野のイノベーションを創出しているスタンフォード大学の先進的な取り組みの考え方にも通じるものである。

もちろん、全ての業務で試行錯誤をする必要はない。丹羽は、定常的に操業していて失敗を最小にしたい高度の技術的組織やシステムを運用する場合には敢えて試行錯誤をさせてはいけませんが、未知の分野に挑戦する場合には、マネージャーが部下に対して試行錯誤を推奨すべきであると指摘している（丹羽 2018[7]）。まずは、イノベーションあるいは新規事業を創出しようとするチームのリーダーやマネージャーが試行錯誤のマネジメントの重要性を認識すること、そして、未知の新しい領域を開拓する場合には積極的に試行錯誤を推奨するマネジメントが求められる。

なお、未知の分野の開拓とは必ずしも技術開発のみを対象とするものではない。新しいサービスを提供する場合や新しいビジネスモデルを構築する場合でも、未知の分野に挑戦するのであれば、試行錯誤を推奨するマネジメントが不可欠と考えられる。DXによるビジネスモデルの変革においても試行錯誤を前提とした戦略的マネジメントが求められるはずである。

### 6.2.3 日本企業の DX 事例

上記のようにイノベーション創出に至るまでの不確実性として①技術のリスク②市場の

リスク③ビジネスモデルのリスクがある。この点、日本企業の DX の事例の多くは先進的な情報技術を活用して効率化「できる」ことを重視した事例が多いのではないだろうか。本来であれば、DX によって「市場に大きく受け入れられて」売り上げが向上し、「儲かるビジネスモデル」の創出を伴うことが望ましい。もちろん、これは決して簡単ではない。後述のように潜在需要を探索し、その需要を満たす先進技術を合わせ、市場開拓とビジネスモデルを試行錯誤することが不可欠である。特に 3 つめのビジネスモデルの創出についてはイノベーション研究上においても様々な課題があることが指摘されている。

### 6.3 ビジネスモデルの重要性

新しいビジネスモデルの創出は重要なイノベーション類型の一つである。ただし、ビジネスモデルとは、端的に「事業の仕組み」であり、どのような事業もビジネスモデルがある。また、自社と同業他社の事業を比較しても、多くの場合、ビジネスモデルは同じであることが多い。この点、もし、新しいビジネスモデルが顧客にとって魅力的であり、それが他社に模倣困難であれば、他社との差別化が可能になり、競争優位が確立できる。

Chesbrough (2010) [8]は、優れたビジネスモデルの中で用いられる平凡な技術は、平凡なビジネスモデルを通じて活用される優れた技術よりも価値があるかもしれないと指摘し、ビジネスモデルの重要性を強調している。その上で、企業は新しいアイデアやテクノロジーを探索するための大規模な資源やプロセスを有しているかもしれないが、多くの場合、ビジネスモデルを革新する能力はほとんどないと主張する。

その一方で、ビジネスモデルは決して不可解なものではなく、むしろ、分かりやすいストーリーであることが重要であり、また、仮説を持って始めるものの、必要に応じて修正を繰り返す試行錯誤が不可欠との指摘がある (Magretta 2002) [9]。すなわち、新しいビジネスモデルは他社との差別化に繋がる可能性はあるとしても、顧客や従業員に訴求するためには、そのビジネスモデルが一般に理解されやすいことが重要である。

以上のようにビジネスモデルの創出はイノベーションとしての重要であるが、成功するビジネスモデルは簡単に見いだせない以上、試行錯誤のマネジメントが必要である。実際に業界の平均的な業績の企業でありながら、ビジネスモデルのイノベーションを実現した企業の経営者へのインタビューを行った研究がある。それによると、当初はビジネスモデルのイノベーションを創出しようと意図していた訳ではないものの、想定していなかった予期せぬ要因がきっかけとなり、試行錯誤でビジネスモデルを発展させていったとされている (Laudien 2016) [10]。

ただし、技術開発についての不確実性に関する研究はあるものの、ビジネスモデルの不確実性に関する研究は数少なく、その戦略的マネジメントや経営者の意思決定に関する研究は今後の課題と考えられている (Schneckenberg et al. 2016) [11]。DX によるビジネスモデルの変革は、製造企業のみならず、サービス企業も含めて日本企業において今後の重要な経営課題であることは間違いない。もちろん、成功した新しいビジネスモデルを創出しても、す

ぐに模倣されてしまうことが課題である。特にサービス分野においては、事業形態に数多くの選択肢があり、どのようなビジネスモデルが良いのか判断に迷う場合が多いと考えられる。この点、幡鎌（2014）[12]は、サービス分野のイノベーション創出において、新しいビジネスモデルを構築できれば、ゲームチェンジャーとして業界に非連続的な変化をもたらすような大きなブレークスルーを生み、社会・経済に大きな発展をもたらすことが期待できると主張している。そして、製造業と異なり、サービス企業では、研究開発部門を有する企業は極めて少ないため、新しいサービスや新しいビジネスモデルの創造は、一般に現場の従業員が主導する必要があるとあり、顧客視点がより重要で、現場の発想・気づきに基づく発明が多くなると主張している。

イノベーション戦略に関する概念として良く知られている破壊的イノベーションを提示したクリステンセンも共著の文献において、ヘルスケアサービスが未だに高価で十分に多くの人に届けられていないのはビジネスモデルのイノベーションが欠落しているからであり、技術の進展とビジネスモデルが適切に組み合わせることが必要だと指摘している（Hwang et al. 2007）[13]。さらに Chesbrough もビジネスモデルの重要性を端的に次のように指摘している（Chesbrough 2007）[14]。すなわち、「「イノベーション」とは、企業が大規模な研究室に投資し、見つけられる最も優秀な人材を雇い、新しい製品が登場するのを辛抱強く待つ必要があることを意味していたが、今は違う。これら新製品の開発や流通のコストは大幅に上昇（例として新薬の開発、半導体製造施設の建設など）しており、製品の寿命が短いと優れた技術でさえも満足のいく利益を得ることができない。そのため、イノベーションには、単なる技術革新あるいは研究開発のみならず、ビジネスモデルを含める必要がある」としている。

このように今やビジネスモデルの創出はイノベーション創出における大きな課題でありながら、その一方でイノベーション研究においてもビジネスモデルに関する戦略的マネジメントについては十分研究されていないことが指摘されている。ただし、成功するマネジメントがあまり明らかになっていないからこそ、これからビジネスモデルを創出する企業にとって他社からの模倣が困難であり、大きな機会があるとも言える。以下では単純ではあるが、イノベーション創出のマネジメントの一例として、潜在需要を探索し、その潜在需要を解決するソリューションを提供するイノベーションを試行錯誤して提案するマネジメント手法を紹介したい。

## 6.4 潜在需要探索

### 6.4.1 潜在需要探索の必要性

本研究会では、児玉座長が DX のサイクル論を提示している（図 6-1）。本章で議論しているように日本における DX 先進事例は、高度な情報技術を活用して効率化が実現しており、Digital Disruption は達成しているものの、新しいビジネスモデルの創出に実現しておらず、少なくとも Porting Operation には到達している事例は乏しいと考えられる。それは、

その前段階である Connectivity Articulation が実現できていないためではないだろうか。2023年度の本研究会の報告書にて、児玉座長は、Connectivity Articulation の段階において、「如何にコネクティビティを明確化 (articulate) できるかの重要性が明らかになる。特に、デジタル・イノベーションが次から次に発生する段階になると、ダイナミック・ケイパビリティ (DC) を超える、コネクティビティ・アーティキュレーション (connectivity articulation) の能力が不可欠になると言えよう」と指摘している。もちろん、単に情報技術を組み合わせれば DX が成功したとは言えない。顧客満足を高め、収益性の高いビジネスモデルの変革を実現する情報技術の統合が不可欠である。

図 6-1 によれば、Digital Disruption から Connectivity Articulation に至るには、新しい価値の創出 (Value Cration) が必要であることが提示されている。新しい価値の創出のためには、まず、顧客の新しい価値が何であるかの探索が十分に行われていることが不可欠である。すなわち、Connectivity Articulation の実現のためには、顧客の潜在需要の探索が不可欠であり、それこそが新しいイノベーションの創出に不可欠である。

既にイノベーションに関する既存研究においては、イノベーション創出における潜在需要探索の重要性が極めて重要であることが指摘されている。以下では潜在需要探索の重要性とそれをイノベーション創出に結びつけるマネジメント手法について議論する。

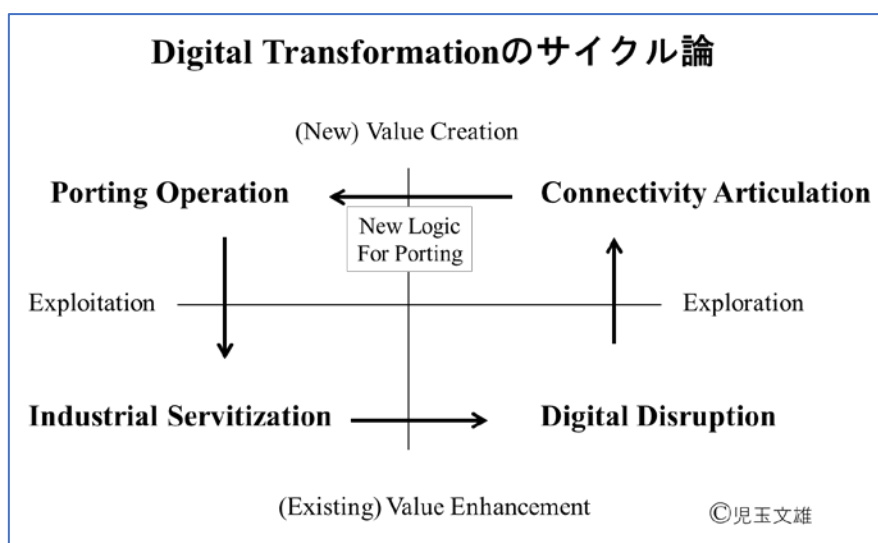


図 6-1 Digital Transformation のサイクル論

#### 6.4.2 デザイン思考

デザインシンキングあるいはデザイン思考は、一般にも知られている手法であるが、イノベーション創出のための試行錯誤を早期に行い、顧客の課題を定義し、それを解決するアプローチを検討するマネジメント手法として提案された。具体的にはデザイン思考は創造的な

課題解決のため、以下の 5 つのステップで顧客の課題解決をすべきであると提案されている（スタンフォード大学ハッソ・プラットナー・デザイン研究所 2012）[15]。以下、抜粋して、そのステップを示す。

①共感

意味あるイノベーションを起こすため、ユーザーを理解し、ユーザーの生活に関心を持つ。特にユーザーの生活環境を観察することが重要である。

②問題定義

正しい問題設定こそが、正しい解決策を生み出す唯一の方法である。意味があり、行動を起こすための問題定義文を作る。

③創造

可能性を最大限に広げるためにアイデア創出を行う。問題の解決策を提案するが、そのアプローチは一つではない。

④プロトタイプ

解決策を考えるためにプロトタイプを作り、学ぶために試す。提示されたソリューションのアイデアを具体的に構想していく。

⑤テスト

テストは、自分の解決策とユーザーについて学ぶための機会である。想定顧客・関係者のコメントからフィードバックを得る。

まずは最初のステップとして、顧客の潜在需要を探索することが必要不可欠であることが指摘されている。デザイン思考によるイノベーション創出プロセスは、単純なようであるが、ポイントは、ユーザーの観察による問題定義を行い、可能な限りの多くのアプローチを議論し、ソリューションを提案することにある。そして、ソリューションのプロトタイプを作ることにより早期にソリューションのアイデアを試行錯誤することにあると考えられる。さらに、その試行錯誤の結果をフィードバックして、提案したソリューションを改善するか、あるいは別のソリューションを早期に検討する。正にイノベーション創出のために試行錯誤を徹底的に行うことを提案している。

#### 6.4.3 潜在需要と技術シーズの掛け合わせ

DX では高度な情報技術を活用することにより実現できる。ただ、それをイノベーション創出に結びつけるためには潜在需要の探索が重要である。例えば、筆者は具体的なイノベーションを検討する一つの試行として、端的に潜在需要を横軸に 3 つ、将来期待される技術シーズを提示して、それぞれ交差する分野で強制発想することを提案したい。実際に筆者が主催する新規事業のワークショップにおいても、3 つの潜在需要と 3 つの技術シーズを掛け合わせることで興味深い新製品・新サービスのアイデアが複数提示された。



重要なポイントとして、潜在需要と技術シーズは別々に検討することである。両者を関連付けて検討しては強制発想の意味がない。もちろん、別々に考えると、潜在需要と技術シーズが簡単に関連付けられないことがある。ただ、簡単に関連付けられないからこそ、意外な製品やサービスを思いつくという強制発想の意義がある。

これは単純な方法ではあるが、イノベーションを創出するために有志の数人でも良いので、時間を取って積極的に議論行する価値はあると考えている。自分自身や家族なども重要な消費者の一人であり、改めて検討すると潜在需要に関するアイデアは数多く出てくることが期待できる。

#### 6.4.4 スタンフォード大学の先進事例

上記のような潜在需要の探索とシーズの組み合わせという単純な議論によって、画期的なイノベーションのアイデアなど出ないと言われるかもしれない。しかしながら、実際に様々な分野の専門家が集まって、徹底的な現場観察を元に潜在需要を特定し、自由闊達な議論を積極的に行うことによって、イノベーションが次々と創出されている先進事例がある。

スタンフォード大学では、ヘルスケア分野におけるイノベーションをリードする人材の育成をミッションに掲げた「biodesign program (以下、バイオデザイン・プログラム)」と呼ばれる学際的教育プログラムが2001年から行われている。このプログラムは、医学・工学・ビジネス分野の知識を融合し、イノベーションをリードする人材の育成を目的とした先進的な教育プログラムとして世界的に有名であり、米国の有力大学のみならず、欧州、東南アジア、そして、日本の大学でも類似のプログラムが実施されている。バイオデザイン・プログラムでは、異なる専門分野の知識を持つ人材がフェローとして採用される。フェローがチームを編成し、10ヶ月間にわたる徹底的な医療現場の観察と観察結果に基づく潜在需要開拓に向けた積極的な議論を行い、潜在需要を満たすためのデバイスやソフトウェアの提案、そして初期開発にいたるまでの一連のサイクルが教育プログラムとして実行される。

筆者も共著となっているヤングら(2014)[16]の報告によれば、スタンフォード大学からの公募によって参加メンバーは採用される。プログラム開始は毎年8月からとなっており、最初の月はオリエンテーションの期間に充てられ、その後、原則として4名のチームが組織され、スタンフォード大学病院内の医療現場にて徹底的な観察を行う。1か月の徹底観察による多くの「気づき」を元に、積極的な議論を通じて潜在的な課題・需要がリストアップされる。

ヤングらによれば、バイオデザインの最大の特徴は、メンバーの選抜とチーム作りにある。特筆すべきは、フェローの選抜段階から意図的に多様な分野の人材を想定し、異なる能力を適切なマネジメントにより1つのチームに融合させることを明確に意図している点である。具体的には、イノベーション創出には、(1)「作る(builder)」、(2)「調べる(researcher)」、(3)「診る(clinician)」、(4)「まとめる(organizer)」という4つの能力(能力者)が必要であると定義し、各チームにこれらの能力を有する4人で1組のチームを組成する。このよう

な具体的な能力を明確に定義し、その能力を有した人材のチームを編成するからこそ、独創的な気付きから潜在需要を開拓できると考えられる。

このような採用を取って行っている背景としては、同質の知識を持った人材ばかりでは、アイデア創出に限界があると考えているためである。この点では前述のダイバーシティ・イノベーションの実践であるとも言える。日本のことわざでも、「三人寄れば文殊の知恵」と良く言われるが、異なる専門や異なる考え方を持った人材が集まることはイノベーション創出に重要と考えているのである。

バイオデザインは、先進的な「教育」プログラムを標榜しているが、これによるイノベーション創出の成果も卓越している 2020 年 3 月時点のバイオデザインの WEB サイトには、その成果が公表されている (<http://biodesign.stanford.edu/our-impact.html>)。前述のように 2001 年からプログラムは開始されているが、2020 年までの約 20 年間で 173 人のメンバーが修了している。そして、このプログラムの成果から 50 の新しいヘルスケア企業が設立され、約 780 億円 (7.72 億ドル) の資金調達が行われている。その結果、1,141 人の正規雇用を実現し、70% の企業が現時点でも活動し、20% の企業を買収された。そして、何よりも約 273 万人の患者が救われたことが公表されている。この点については、素晴らしい成果であると評価できる。

## 6.5 結論

DX 対応は日本企業にとって喫緊の課題である。この点、高度な情報技術の活用による効率化を実現した先進事例は日本でも数多く紹介されている。しかしながら、特に顧客価値創出やビジネスモデルの変革といったトランスフォーメーションのレベルの成果創出は不十分であるとされている。特にビジネスモデルの創出はイノベーション創出における重要な課題であることは多くの既存研究により指摘されており、本章では、ビジネスモデル創出のための試行錯誤のマネジメントの重要性を議論した。また、顧客に新しいビジネスを創出するために Connectivity Articulation が不可欠であり、そのためにも潜在需要探索を十分に行うことが求められ、また、実際に潜在需要の徹底的な探索によってイノベーション創出が実現されている先進事例を紹介した。

政府の支援策として DX 投資促進税制が 2024 年度から改訂されて延長となった。この制度の適用を受けるためには単なるデジタル投資 (D) を行うだけでなく、変革 (X) が計画に含まれることが不可欠とされている。特に「デジタル人材の育成・確保の取組や、成長性の高い海外市場の獲得を含めた国内外での売上上昇につながる「攻め」の DX を行っていないと計画認定されない」ことが明記されている。

今後、日本企業においては DX によって、売上上昇に加えて、可能であれば新しいビジネスモデルの創出によって、儲かる事業の仕組みが構築されることが期待される。そのためには、本章で記載したように潜在需要の探索とそれを解決するソリューションを試行錯誤する戦略的マネジメントが不可欠であると考えられる。

## 参考文献

- [1]独立行政法人情報処理推進機構「DX 白書」2023
- [2]今橋裕、鈴木貴之、玄場公規「コロナ禍をふまえた日本製造企業の研究開発投資及び設備投資と収益性の定量分析」日本経営システム学会第 71 回全国研究発表大会論文集、2023
- [3] 鈴木貴之、今橋裕、玄場公規「米国企業の研究開発・設備投資と収益性の実証分析」日本経営システム学会第 70 回全国大会講演論文集、2023
- [4]ジョルジュ・アウー（2006）イノベーション・パラドックス：技術立国復活への解』ファーストプレス
- [5]小野寺玲子・仙石慎太郎（2018）「試行錯誤におけるテクノロジーの活用：医療・医薬産業における事例」『研究 技術 計画』Vol. 33, No. 3, pp. 230-242
- [6]丹羽清（2010）『イノベーション実践論』東京大学出版会
- [7]丹羽清（2018）「試行錯誤のマネジメント」『研究 技術 計画』Vol. 33, No. 3, pp. 212-215
- [8]Chesbrough H. (2010) Business model innovation: opportunities and barriers, Long range planning, 2010. 43(2-3), pp.354-363
- [9] Magretta J. (2002) Why Business Models Matter, Harvard Business Review, 2002, June, pp86-92.
- [10] Laudien SM. and Daxbock B. (2016) Business model innovation processes of average market players: a qualitative-empirical analysis, R&D Management, 47(3), pp. 420-430
- [11] Schneckenberg D., Velamuri VK., Comberg C., Spieth P. (2016) Business model innovation and decision making: uncovering mechanisms for coping with uncertainty, R&D Management, 47 (3) , pp. 404-419
- [12]幡鎌博（2014）「サービスイノベーションのためのビジネスモデル構築方法」29 巻 4 号、pp. 249-262
- [13] Hwang J. and Christensen M C. (2007) Disruptive Innovation In Health Care Delivery: A Framework For Business-Model Innovation, Health Affairs, 27, 5, pp. 1329-1335.
- [14]Chesbrough H. (2007a) Business model innovation: it's not just about technology anymore", Strategy & Leadership, 35(6) pp. 12-17
- [15]スタンフォード大学ハッソ・ブラットナー・デザイン研究所、一般社団法人デザイン思考研究所編、柏野尊徳・中村珠希訳（2012）『スタンフォード・デザイン・ガイドーデザイン思考 5 つのステップー』デザイン思考研究所
- [16]ヤング吉原麻里子・玄場公規・玉田俊平太（2014）「学際性を重視したイノベーション教育の先進事例：スタンフォード大学Biodesignプログラム」『研究 技術 計画』29(2\_3), pp. 160-178.

## 第7章 地球温暖化問題 再考

岡松 壯三郎

### 7.1 実態の把握

地球温暖化ガスに関するアウトラインは以下の通り。

\* その影響は

- ・ グリーンランド・南極の氷床の崩壊
- ・ 永久凍土の大規模な融解
- ・ 熱帯サンゴ礁の死滅・熱波・洪水・干ばつ
- ・ 海面上昇により失われる小島嶼など

\* 先進国の温暖化ガスの排出量は一人当たりでも減少している。

\* 他方、途上国の多くは人口増と経済発展でエネルギーの需要の伸びが続き、削減のためには先進国からの資金的・技術的支援が必要。

\* わが国で 2022 年度の電力の 3 割超を石炭火力が占めるのは、原電の再稼働が進まないために石炭火力（と LNG 火力）に頼らざるを得ないから。

### 7.2 対応

温暖化ガス対策としては、以下が挙げられる。

\* 温暖化ガス排出をゼロに向けての脱炭素化の継続が必要。

\* 具体的な温暖化対策

#### エネルギーの転換

- ・ 再エネ、原子力などの脱炭素効果の高い電源を最大限に活用。
- ・ 経過手段として LNG 火力を活用するとともに、水素・アンモニア、CCUS（Carbon dioxide Capture Utilization and Storage）等を活用した火力の脱炭素化をすすめ、非効率な石炭火力のフェードアウトを促進。
- ・ 脱炭素化が難しい分野においては水素等 CCUS の活用が必要。

\* エネルギー自給率は、日本 15% で先進国中最低水準

\* 世界の原発 40 年\*超が 4 割（173 基） 日本は 40 年\*超 2 割（7 基）

\*注：「40 年ルール」規制法の規定 原子力規制委員会が認める場合は規定の特別点検に合格したら 1 回限り 20 年延長できる

\* COP29（24/11）の最大の議題は途上国支援

＝先進国から途上国へ拠出する「気候資金」＝2035 年までに少なくとも年 3000 億ドルの目標 民間資金などを含めて 1 兆 3000 億ドルをめざす

\* 各国は 25 年 2 月までに 35 年までの国連に削減目標を提出

\* そもそも電力需要は人口減に伴い減少してきたが、他方 AI などが増加してきている

## 【参考】2040年度におけるエネルギー需給の見通し

※数値は暫定値であり、  
今後変動し得る。

- 2040年度エネルギー需給の見通しは、諸外国における分析手法も参考としながら、様々な不確実性が存在することを念頭に、複数のシナリオを用いた一定の幅として提示。

|                         | 2023年度<br>(速報値)    | 2040年度<br>(見通し)   |
|-------------------------|--------------------|-------------------|
| エネルギー自給率                | 15.2%              | 3～4割程度            |
| 発電電力量                   | 9854億kWh           | 1.1～1.2兆<br>kWh程度 |
| 電源構成                    |                    |                   |
| 再エネ                     | 22.9%              | 4～5割程度            |
| 太陽光                     | 9.8%               | 23～29%程度          |
| 風力                      | 1.1%               | 4～8%程度            |
| 水力                      | 7.6%               | 8～10%程度           |
| 地熱                      | 0.3%               | 1～2%程度            |
| バイオマス                   | 4.1%               | 5～6%程度            |
| 原子力                     | 8.5%               | 2割程度              |
| 火力                      | 68.6%              | 3～4割程度            |
| 最終エネルギー消費量              | 3.0億kL             | 2.6～2.7億kL程度      |
| 温室効果ガス削減割合<br>(2013年度比) | 22.9%<br>※2022年度実績 | 73%               |

(参考) 新たなエネルギー需給見通しでは、2040年度73%削減実現に至る場合に加え、実現に至らないリスクシナリオ（61%削減）も参考値として提示。  
73%削減に至る場合の2040年度における天然ガスの一次エネルギー供給量は5300～6100万トン程度だが、リスクシナリオでは7400万トン程度の見通し。9

図 7-1 2040 年度におけるエネルギー需給見通し

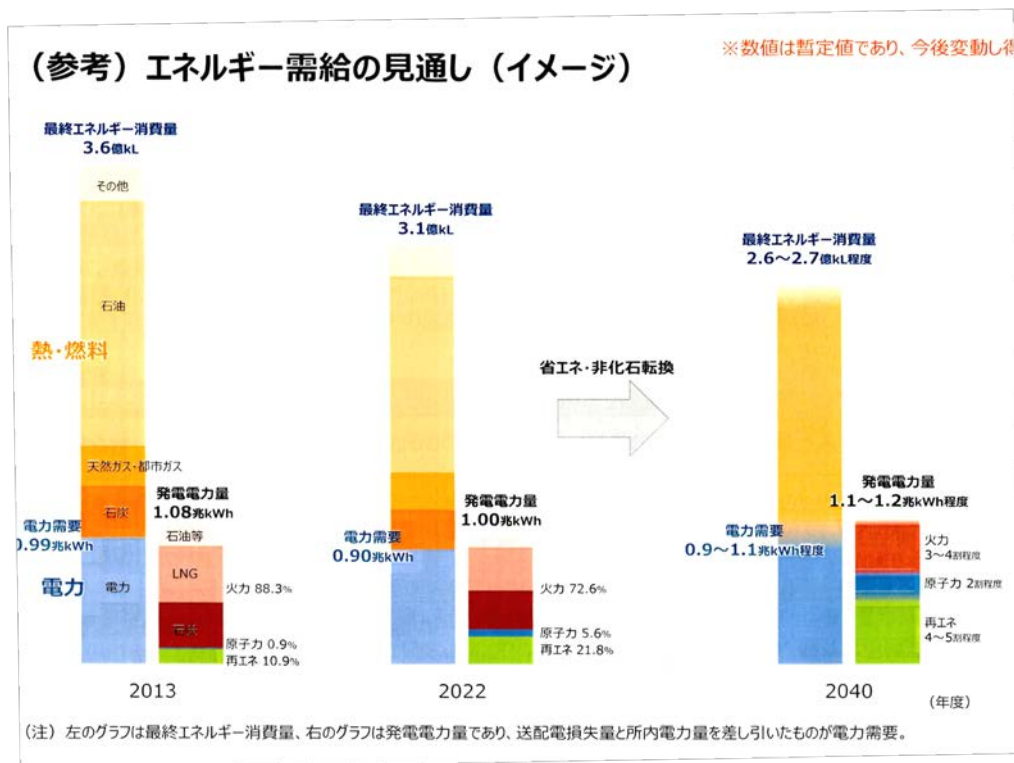


図 7-2 エネルギー需給の見通し (推移)

### 7.3 将来図

将来の展望としては、以下が挙げられる。

- \* 電力の安定供給 vs 脱炭素社会の実現 の両立は困難な課題である
- \* 原発は震災前に 54 基稼働していたが、再稼働したのは 14 基のみ  
輸入の化石燃料費 26 兆円は、自動車や機械の輸出で稼いだ黒字の大半を打ち消すもの  
(2023 年)
- \* 主要 7 개국 (G7) は 2022 年に電力部門の脱炭素時期を 2035 年と決定  
参考：日本の太陽光発電コストは 1 kw 時あたり 9,9 円＝世界の約 2 倍  
陸上風力は約 3 倍で、再エネは安いという常識は日本では通用しない。
- \* 再エネを基幹電源にするには蓄電池の大量導入が不可欠であり、蓄電池を 2030 年に  
2022 年比 6,5 倍にする必要がある。しかし、その蓄電池は、日本は民間任せで政府の  
支援が出遅れていることに加え、まだ海外より高コストである
- \* 高性能「蓄電池」の開発が待たれるが、燃えやすいという弱点に課題

## 国連気候変動枠組条約第29回締約国会議（COP29）結果概要

### 日時・場所等

日時：2024年11月11日（月）～11月24日（日）※ 2日延長  
場所：バクー（アゼルバイジャン共和国）  
議長：ムフタル・ババエフ 環境天然資源大臣



### 会合の成果（ポイント）

- 第2週には**浅尾環境大臣が参加**。ナショナルステートメントでは、「NDC実施と透明性向上に向けた共同行動」を発表。また、「透明性閣僚イベント」を議長国であるアゼルバイジャンと共催。
- 浅尾大臣は、気候資金、緩和対策、パリ協定第 6 条についての閣僚級交渉のほか、ボデスタ米国大統領上級補佐官、劉振民（リウ・ジェミン）中国気候変動問題担当特使等の各国閣僚、グテーレス国連事務総長とバイ会談を実施。
- 会議では、**気候資金に関する新規合同数値目標（NCQG）**について、「**2035年までに少なくとも年間3,000億ドル**」の途上国支援目標を決定（MDBによる支援、途上国による支援を含む）。また、**全てのアクターに対し**、全ての公的及び民間の資金源からの**途上国向けの気候行動に対する資金を2035年までに年間1.3兆ドル以上に拡大**するため、共に行動することを求める旨決定。
- 国際的に協力して削減・除去対策を実施するパリ協定 **第6条の詳細ルールが決定し、完全運用化**。我が国は、クレジットの記録や報告を行う登録簿間の接続等の具体的な提案を行い、議論に貢献した。
- **緩和（温室効果ガスの排出削減）**については、「緩和作業計画」において議論した、都市や建物の脱炭素化に資する解決策（地方公共団体との連携強化等）について、各国の異なる事情に応じた自主的な取組の重要性を確認した。

図 7-3 COP29 結果概要

## 6. 脱炭素電源の拡大と系統整備（続き）

### <原子力>

- 原子力は、優れた**安定供給性、技術自給率**を有し、**他電源と遜色ないコスト水準で変動も少なく**、また、**一定出力で安定的に発電可能**等の特長を有する。こうした特性は**データセンターや半導体工場等の新たな需要ニーズにも合致**することも踏まえ、国民からの信頼確保に努め、安全性の確保を大前提に、必要な規模を持続的に活用していく。
- **立地地域との共生に向けた政策や国民各層とのコミュニケーションの深化・充実、核燃料サイクル・廃炉・最終処分**といった**バックエンドプロセスの加速化**を進める。
- 再稼働については、安全性の確保を大前提に、**産業界の連携、国が前面に立った理解活動、原子力防災対策等、再稼働の加速に向け官民を挙げて取り組む**。
- 新たな安全メカニズムを組み込んだ**次世代革新炉の開発・設置**については、地域の産業や雇用の維持・発展に寄与し、地域の理解が得られるものに限り、**廃炉を決定した原子力発電所を有する事業者の原子力発電所のサイト内での次世代革新炉への建て替え**を対象として、六ヶ所再処理工場の竣工等の**バックエンド問題の進展も踏まえつつ具体化を進めていく**。その他の開発などは、各地域における再稼働状況や理解確保等の進展等、今後の状況を踏まえて検討していく。
- **次世代革新炉（革新軽水炉・小型軽水炉・高速炉・高温ガス炉・核融合）の研究開発等**を進めるとともに、**サプライチェーン・人材の維持・強化**に取り組む。

### <火力>

- 火力は、温室効果ガスを排出するという課題もある一方、足下の供給の7割を満たす**供給力、再エネ等による出力変動等**を補う**調整力**、系統の安定性を保つ**慣性力・同期化力**等として、重要な役割を担っている。
- 足下の電力需給も予断を許さない中、火力全体で**安定供給に必要な発電容量（kW）を維持・確保しつつ、非効率な石炭火力を中心に発電量（kWh）を減らしていく**。具体的には、**トランジション手段としてのLNG火力の確保**、水素・アンモニア、CCUS等を活用した**火力の脱炭素化**を進めるとともに、**予備電源制度**等の措置について不断の検討を行う。

\* CCUS : Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage (二酸化炭素回収・有効利用・貯留) 5

図 7-4 脱炭素電源の拡大と系統整備

\* 温暖化の原因である温室効果ガスの大半は下記の部門で、その内訳は

発電所などのエネルギー転換部門：4割強

産業部門：3割弱　うち約4割鉄鋼、2割弱化学工業

運輸部門：約2割

\* 脱炭素化クリーンエネルギーの発電量としては、原子力は水力に次ぎ、風力・太陽光より多く、重要な役割を果たす。

\* エネルギー自給率（15％）を上げるために国産エネルギーの拡大・促進が必要であり、これは新規雇用の創出にも寄与する。

\* 次世代原子炉として小型モジュール炉（SMR）が有望との期待

\* 第7次エネルギー基本計画（2025年2月18日閣議決定）のポイント

- ・再生可能エネルギーと原子力など脱炭素効果の高い電源を最大限活用
- ・廃炉原発を電力会社の別の敷地内で次世代革新炉へ建て替え可能に
- ・徹底した省エネの重要性は不変
- ・火力は非効率な石炭火力を中心に縮小。具体的な個別割合は明示せず
- ・ペロブスカイト太陽電池\*や排他的経済水域などでの浮体式洋上風力の導入を拡大

\*注：軽くて薄く曲げられる特性があり、ビルの壁面など設置可能な場所が多い。



**\* トランプ・エネルギー緊急事態宣言 (25/1/20)**

- \* バイデンを「気候過剰主義」者と批判し、国連気候変動枠組みであるパリ協定からの再離脱を図る（＝化石燃料を復活させる）
- \* 再生可能エネルギーへの政府支援を大幅に縮小
- \* 国内化石燃料を「掘って、掘って、掘りまくる」と宣言
- \* 温暖化の影響とみられる異常気象が常態化し、ハリケーン、竜巻、山火事などの被害が頻発の恐れあり
- \* 途上国の脱炭素化の一大支援国だが、この資金拠出を拒む構え