

*MMRC*  
*DISCUSSION PAPER SERIES*

No. 531

データドリブンイノベーション  
—デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略—

埼玉大学人文社会科学部研究科・東京大学大学院経済学研究科  
朴 英元

2020年6月

 MONOZUKURI 東京大学ものづくり経営研究センター  
Manufacturing Management Research Center (MMRC)

ディスカッション・ペーパー・シリーズは未定稿を議論を目的として公開しているものである。  
引用・複写の際には著者の了解を得られたい。

<http://merc.e.u-tokyo.ac.jp/mmrc/dp/index.html>

---

データドリブンイノベーション  
ーデジタルトランスフォーメーション時代に  
求められる経営戦略ー

朴 英元

埼玉大学人文社会科学研究科・東京大学大学院経済学研究科

E-mail: [ywparkjp@gmail.com](mailto:ywparkjp@gmail.com)

# Data Driven Innovation: A Business Strategy for Surviving the Digital Transformation Era

YoungWon PARK

E-mail: ywparkjp@gmail.com

Abstract: Increasingly, value creation, capture and delivery require innovation across global value chain network. Yet, such value-driven business model needs a careful examination of transformation processes in the age of digital transformation. In this paper, this paper focuses on the Monozukuri companies in Japan, and analyzes the effective business strategies for digital transformation era. This paper first presents five business strategies that survive digital transformation era. This paper then suggests architectural analysis using artificial intelligence (AI). In particular, this paper emphasizes the human resources such system architect.

Key Words: Data Driven Innovation; Digital Transformation Era; Architectural analysis; System Architect

## データドリブンイノベーション

### ーデジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略ー

要約：昨今、多くの企業は、ビジネスプロセスに沿って顧客ニーズに対応する付加価値の創出と獲得に力を入れている。しかし、デジタルトランスフォーメーション時代には、そのビジネスプロセスの変革が求められる。本稿では、日本のものづくり企業にフォーカスを置き、ビッグデータを活用したデータドリブンイノベーション時代、すなわち、デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略についてまとめた。具体的に、デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略を5つにまとめて、AIを活用したアーキテクチャ分析によって、日本企業のものづくりの暗黙知を競争力として活用するための仕組みを提案している。そのために求められる人材としてシステムアーキテクトの重要性を提示している。

キーワード：データドリブンイノベーション、デジタルトランスフォーメーション時代、アーキテクチャ分析、システムアーキテクト

#### 1. はじめに

IoT (Internet of Things ;モノのインターネット) の時代を迎え、あらゆるところに設置された膨大な数のセンサーがデータを収集し、モバイルネットワーク経由でクラウドに蓄積されている。YouTube、Instagram、Facebook、Twitter などには日々、大量のメッセージや画像の投稿が行われており、ネット空間でのデータ量は指数関数的に増え、2025年には163ZB (ゼットバイト=10の21乗) に達するとされている (METI、2018)。近年、こうした背景の上で、「データは21世紀の石油」、あるいは「データは21世紀の知識経済のための重要インフラ」と表現されるように、経済・社会のあらゆる分野で、データ利活用の重要性に対する認識が高まっている (野村、2019)。さらに、ビッグデータを利活用した、新ビジネスの創出や社会課題の解決への期待が高まっている。日本政府 (経済産業省など) は、これまで事業者のデータ利活用によるビジネス創出を支援しており、製造業だけではなく、農業や医療などの分野においても先進的な取組を行う企業が登場しつつある (METI、2018)。一方で、業種・組織の壁を超えたデータの共有により生まれる新たな企業連携、新産業の創出は未だ限定的であるとされる。したがって、今後の経済の発展のためには、企業が壁を超えてデータを共有・活用し、新たな付加価値を生む取組とし

て「データドリブンイノベーション(Data Driven Innovation)」に焦点を当て、分析する研究も求められる。

データドリブンイノベーション(Data Driven Innovation)時代には、大量のデータの分析が可能になることで、勘と経験に頼る経営の是非も問われている。このようにビッグデータの時代では、従来の経験による価値、専門性の優位性、マネジメント慣行などについての長年の考え方が揺らいでいる。すなわち、現在ビッグデータは経営に革命的な変化をもたらしており、その変化に気が付かない企業、あるいはその対応に遅れる企業は、その終局は深刻かもしれない。ビッグデータは、マネジメントスタイルを一変させるばかりか、企業で必要とされるリソースの種類も劇的に変化させるため、そういった取り組みに力を入れる企業の競争優位は想像以上に大きくなるに違いない (McAfee and Brynjolfsson, 2013)。

とりわけ、これらのビッグデータ（膨大なデータ）をAI（人工知能）で分析することで、様々な知見が得られ、文字通りデータが、社会や経済、産業を変えつつあると言える。すなわちデジタルトランスフォーメーション（デジタル変革）社会になっている。デジタル変革はあらゆる社会構造を根本的に変容させている。すでに多くの分野で、デジタル変革の進行が業界の垣根を壊し、社会に多大な影響を与えつつある。しかし、そういったビッグデータの活用が企業戦略とイノベーションにどのような影響を与えているかについて十分に議論されていないのも現状である。たとえば、ある会社が従来であれば、とらえていなかったデータをIoTやAIなどの最新技術を導入することでデジタルデータを創出し、そういったビッグデータを分析することで新しい製品イノベーションやサービスを展開し、新たなソリューションビジネスモデルを展開する事例も増えている。このように、データの利活用によりイノベーションを引き起こす余地があることは、昨今広く認識されるようになり、期待も高まっている。

こうした状況を反映して、データドリブンイノベーション(Data Driven Innovation)時代を、ビッグデータによるアナリティクス 3.0 時代だという研究者もいる (Davenport, 2013)。データを分析するアナリティクス（分析力）がビジネスに取り入れられるようになったのは、1950年代のことだと言われている。それは、主に生産工程や販売、顧客などの企業内のデータを収集し、分析することで、意思決定のパフォーマンス改善につながった。しかし、こうした状況が大きく変わったのは2000年代半ばである。GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon)、あるいはGAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon+Microsoft) などのインターネットを基盤にした企業やソーシャルネットワーク企業などが、新たな種類の情報を蓄積・分析し始めた。こうしたビッグデータの分析によるデータアナリティクスの技術がGAFAM (GAFAM) などのネットワーク企業だけではなく、ものづくり企業の新たな製品やサービスづくり戦略に非常に効果的に活用されるようになりつつある。また、この現象はPorter & Heppelmann (2014) のIT（情報技術）の第3のITの波に

## データドリブンイノベーション：デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略

密接にかかわる。彼らによると、第1のITの波は、1960-1970年代における個別活動の自動化を意味しており、たとえば、コンピュータによる自動注文処理からCAD、MRPに至るまでのバリューチェーンの中での自動化プロセスを指している。次に、第2のITの波は、1980-1990年代におけるインターネットの登場によるITドリブントランスフォーメーションを指しており、個別活動間の調整を可能にし、グローバルサプライチェーン（GSC）を劇的に変えたと分析している。しかし、前の2つの波の時代では、ITによる生産性革新が起きたものの、製品自体への影響はあまりなかったが、2000年代以降の第3のITの波によって、ハードウェアとソフトウェア、そしてクラウドが融合した形で既存のバリューチェーンのビジネスモデルを根底から揺るがしていると提言している。彼らが提示しているスマート製品はIoT時代の新しい付加価値を生み出しているとも言える。さらに、Porter& Heppelmann(2015)では、コネクティビティをもつスマート製品（SCP: smart-connected products）は、3つのコア要素を持っていると主張している。すなわち、メカ・エレキのような物理的コンポーネント（physical components）、センサー、マイコン、データストレージ、制御（controls）、ソフト、組込みOS（embedded operating system）、デジタルUI（ユーザーインターフェース）のようなスマートコンポーネント（smart components）、そしてポート、アンテナ、プロトコル、製品とクラウドの間でコミュニケーションを可能にするネットワークのようなコネクティビティコンポーネント（connectivity components）の3要素である。彼らはこうしたスマート製品（SCP: smart-connected products）のインフラとしてDT（Digital Twin；デジタルツイン）の考え方を提示している。このコンセプトは、2006年米国National Science Foundation(NSF)で公表したCPS（Cyber-Physical System；サイバーフィジカルシステム）の考え方と全く同じである。CPSは、製品とその生産プロセスに関わる現実世界（フィジカル空間）でのセンサーネットワークが生み出す膨大な観測データなどの情報について、クラウドのようなサイバー空間の強力なコンピューティング能力と結びつけ数値化し定量的に分析することで、これまで技能者（ベテラン）の暗黙知（経験と勘とこつ）に頼っていた事象を効率化し、より高度な社会を実現するために、あらゆる社会システムの効率化、新産業の創出、知的生産性の向上、生産プロセスの圧倒的な効率化による生産性の改善などを目指すシステムである。こうしたDT、CPSシステムは、IoT、Industry4.0に代表されるデジタルトランスフォーメーション時代の必然的なインフラシステムとして言われている。こうしたデジタルインフラシステムの構築によってデジタルデータ（情報）によるイノベーションが社内だけではなく、あらゆる企業の連携による新しいエコシステムの出現とビジネスモデルを形成するようになると考えられる（Park, 2017; Jacobides, 2018; Jacobides et al., 2018; Jacobides, 2019）。

本稿では、日本のものづくり企業にフォーカスを置き、ビッグデータを活用したデータドリブンイノベーション（Data Driven Innovation）時代、すなわち、デジタルトランスフォーメーション

時代に求められる経営戦略についてまとめる。とりわけ、従来の日本ものづくり企業は、高いものづくり技術を社内に蓄積するクローズドイノベーションを行ってきた。しかし、2000年代後半以降、団塊世代の退職による技能伝承が喫緊の課題である、1990年代バブル以降、若手採用がうまく進まず、クローズドイノベーションの継続に課題が漏出されつつある（朴・福澤、2020）。デジタルトランスフォーメーション時代におけるデータドリブンイノベーション(Data Driven Innovation)戦略は、そういった日本企業の当面の課題にも対処できる処方箋になると考えられる。

## 2. デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略

### 2.1 人工物の複雑化とシステム思考

IoT時代に競争優位のものづくりの実現と新製品を素早く開発するためには、顧客ニーズに対応した製品企画をはじめ、製品開発・設計から購買、製造、販売、流通、サービスまでのビジネスプロセスを統合することが求められている（Fukuzawa et al., 2019；福澤ほか、2019）。とりわけ、全体のビジネスプロセスの中でもほとんどの付加価値を実現するのが製品開発と生産プロセスである。とりわけ、ものづくりに制御系が大きな影響を与えており、複雑性を増している。たとえば、自動車・デジタル機器・精密機械・産業設備など、人工物としての機械製品が複雑化していく中、メカ・エレキ・ソフトの開発プロセス等が効果的に連動されていないことによって、新製品開発の生産性、リードタイム、設計品質などへの悪影響が問題視されるようになってきた（藤本・朴、2013；朴、2014）。言い換えれば、従来は、メカニズム主体の製品アーキテクチャに対する製品開発から、IoT時代の近年は、ソフトウェアおよびエレキの比重が向上し、それにより、製品開発プロジェクトがますます複雑化してきたともいえる（朴ほか、2018）。

相互連携の不良の原因は、主に設計上流段階でメカ設計エンジニアによる機能分析が不十分なため適切な割振りがうまくいかない、あるいはメカ・エレキ・ソフトの相互のコミュニケーション不足などが原因とされている。その要因として、制御系のエレキ設計やソフト開発は機能設計を重視し、被制御系のメカ設計は構造設計を重視する設計風土の違いがその背景にある。

日本ものづくり産業を支えている自動車産業、プロセス産業、産業機器においてもこうした複雑性の問題が存在する。例えば、高級自動車には多くのECU (Engine Control Unit) が組み込まれ、メカ・エレキ・ソフトの相互のコミュニケーション不足が課題となっている。また、今後、自動車が衝突被害軽減ブレーキ（自動ブレーキ）などの機能を装備し、自動運転の世界に進化することで、ますますこうした複雑性の問題がメカ・エレキ・ソフトの相互のコミュニケーションに大きく影響を与えると推測できる。最近はやっている自動運転の世界になると、ますますこうした複雑性の問題が浮き彫りになっている（朴、2014；Park, 2017）。したがって、今後の自動

## データドリブンイノベーション：デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略

車産業では、複雑性の増加によるシステムオブシステムズ (System of Systems) の実現が重要になりつつある。これまではシステムズ・エンジニアリングでは、複雑なイノベーションを実現する手法として活用することが多かった。昨今、多くの日本企業も海外輸入のシステムズ・エンジニアリング手法に関心を示しており、メカ・エレキ・ソフトの相互のコミュニケーションを可能にするアーキテクチャ分析と欧米提案のソリューションを統合した IT ソリューションが日本の統合型ものづくりをより強く支えていくと考えられる。それゆえ、人工物の複雑化の時代には、システム思考・デザイン思考の考え方がより重要になってくる。

### 2.2 デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略

GAFAM (GAFAM) をはじめ、2010 年代の Uber、Airbnb などは始まりに過ぎない。創造的破壊者の前で日本企業のデジタル戦略が問われている。デジタルトランスフォーメーション (Digital transformation) とは、「Information Communication Technology (ICT) 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」という概念である。2004 年にスウェーデンのウメオ大学のエリック・ストルターマン教授が提唱したコンセプトである。デジタル化の第 1 フェーズは IT 利用による業務プロセスの強化、第 2 フェーズは IT による業務の置き換え、そして第 3 フェーズは業務が ICT へ、ICT が業務へとシームレスに変換される状態である。従来はサイエンス・フィクションの世界であった仕組みが人工知能 (AI) やロボティクス等の ICT 技術の革新により部分的に実現されるようになり、現実世界と仮想世界が区別なく存在する社会 (デジタルツイン) へと発展するようになった。このような新しい時代を迎えるにあたり、企業のデジタル化におけるデジタルトランスフォーメーション経営が注目されるようになった (朴、2017; レイヤーズコンサルティング、2017)。しかし、企業によってデジタルトランスフォーメーション戦略は異なる。たとえば、Google と Tesla の自動運転戦略は異なると言われている。アルゴリズム開発と適用 (走る曲がる止まる) 技術開発の違いにより、同じ技術でも開発方向性は異なってくる。そのため、昨今、日本のモノづくり企業においてもデジタルトランスフォーメーション時代の対応戦略が求められる。本稿では、デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略として、下記の 5 つの戦略を提示したい。

第一に、情報 (information) のデジタル化である。自社の情報・ナレッジ (設備情報とベテランなどの人間系情報) をデジタル化し、設備と業務プロセスを連結させる。かくして、個人知から組織知へと進化していくデジタルインフラの土台を作ることになる。究極的には、後述するように、本稿で提案するアーキテクチャ分析を活用することによってナレッジデータベース (Knowledge DB) を構築することが可能になれば、日本のものづくりを支えたベテランのものづくりの暗黙知の技能伝承が実現できるようになる。

第二に、オペレーション(operation)のデジタル化である。顧客と自社のエコシステムに関わるすべてのシステム、すなわち開発(CAD, PLM)、財務、会計、人事管理(ERP)、顧客管理(CRM)、サプライヤ・物流管理(SCM)などのすべての業務システムをデジタル化し、統合すべきである。すでに、藤本・朴(2015)は、こうした統合システムのフレームワークとして、グローバル統合型ものづくり IT システム (GIMIS; Global Integrated Manufacturing Information System)を提案した。

第三に、人材(workforce)のデジタル化である。機械と人を教える(Teach Machine、Teach people)ことが重要になってくる。企業が保有したデータを入力してマシンラーニングで人工知能(AI)のレベルを高めて、そして運用する人を教えるべきである。究極的に、デジタル人材の育成である。

第四に、最新デジタル技術導入のためのオープンイノベーションである。Google の深層学習(Deep Learning;ディープラーニング)などの外部の AI 技術を素早く導入する仕組み(最新技術の探索・センシング能力と活用能力)が求められる。Google、Facebook、Amazon などの最新の AI アルゴリズムを導入するか、あるいは AI ベンチャーを活用するオープンイノベーションの仕組みが求められる。

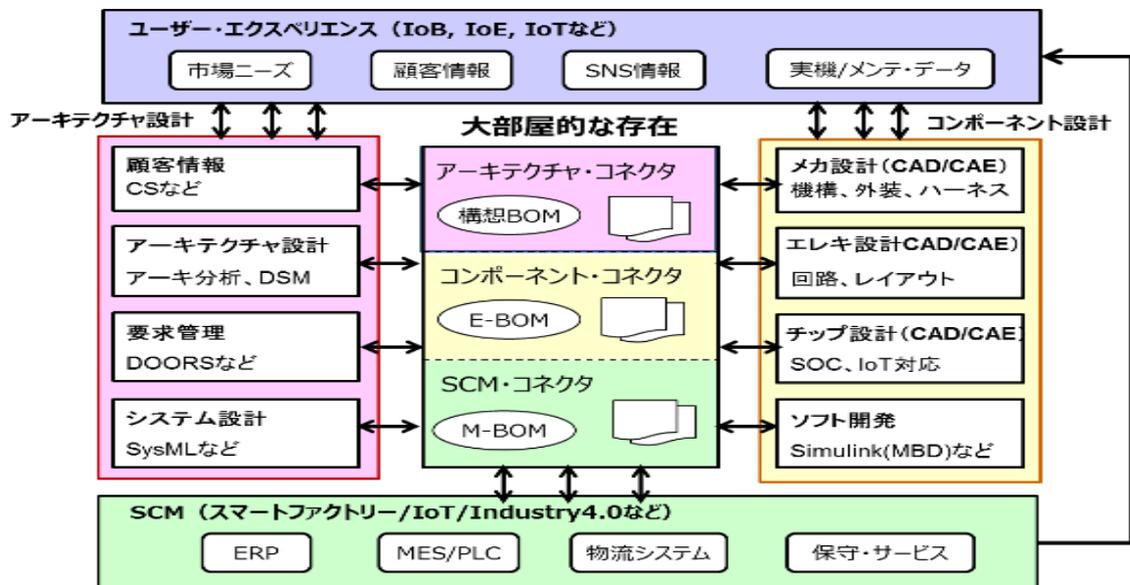
第五に、個人知を組織知にまとめる人材(チェンジ・エージェント; change agent)と組織を新設することも肝要である。本稿で提案するアーキテクチャ分析戦略を統括するシステムアーキテクトの育成と経営陣直属のアーキテクチャ室を設置することによってこれは実現できる。

先述したように、日本企業の中でもエンジニアリングチェーンとサプライチェーンを統合するための手法開発が重要な課題となっている。しかし、現在、エンジニアリングチェーンとサプライチェーンを統合するシステムを提供している IT ソリューション企業は全く見当たらない。一方、情報ツールのユーザー側に相当する製造企業では、異なる IT ソリューション企業が提供する様々な情報ツールが対象とする用途・機能・仕様・操作法・使用データ・利用環境等を熟知して、業務プロセスに応じて適切に各種情報ツールを使い分けている活用事例は皆無である。藤本・朴(2015)では、こうしたビジネスプロセスの統合とメカ・エレキ・ソフトの統合による複雑な製品開発に対応するための試みとして、アーキテクチャ分析をインターフェースとして、欧米のベストプラクティスを入れ込んだ各種 IT ツールを統合することによって理想的な IoT 技術を活用したデジタルインフラを提案している(朴ほか、2018)。その仕組みを図 1 に示す。次世代デジタルインフラは、複雑化が進むメカ・エレ・ソフトの相互のコミュニケーションを高めることを狙ったフレームワークである(玉木、2019)。具体的には、製品のアーキテクチャ設計(顧客情報、製品アーキテクチャ分析、要求管理、システム設計など)とコンポーネント設計(メカ設計・エレキ設計・チップ設計・ソフト開発など)や SCM (Supply Chain Management) との間に、デジ

## データドリブンイノベーション：デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略

リアルタイムで交流する大部屋の存在の場（製品アーキテクチャコネクタ、コンポーネントコネクタ、SCMコネクタ）を設け、顧客ニーズや要求仕様に見合った最適で効率的な製品の設計・開発や生産・物流・販売・サービスを目指している。また、製品のアーキテクチャ設計を行うことで、市場ニーズを素早くセンシングするユーザエクスペリエンス能力を高めることが出来る。すなわち、IoT技術を用いて、アーキテクチャ分析を通して市場ニーズを素早くセンシングするユーザー・エクスペリエンス能力を高め、さらに従来の異なる思想のメカ・エレキ・ソフトツールの統合によるシステム・エンジニアリングを実現できる、次世代デジタルインフラとしてのシステムである。

図1. アーキテクチャ分析によるビジネスプロセスの統合



一方、日本の統合型ものづくりのベースは、現場の暗黙知の集合体であり、それをいかに見える化できるかも非常に重要な課題の一つである(三澤、2007；藤本・朴、2015)。製品開発から製品生産に至る高度なすり合わせを可能とする技能・ノウハウが各現場に膨大に蓄積されてきた(朴・福澤、2020)。このような技能・ノウハウは社内の先輩から後輩に「組織内の技能伝承」(OJT；On-The-Job Training)により伝えられることが一般的であった。高度成長時代には、日本の独特な組織的スキル伝承および組織学習システムとして定着した。しかし、2007年以後に開発・生産現場でこのようなものづくりのノウハウを蓄積したエンジニアたちが大量に退職することで、日本特有の暗黙知スキル伝承に危機が迫った。これを加速させた一つの要因は、バブル経済の崩壊以降、新規採用が抑えられたことにより、次世代を担うはずの若手社員の比率が低いことである(朴・福澤、2020)。そのため、従来の「組織内のスキル伝承」(OJT)による伝統的なものづく

り学習システムが根底から揺らいでいる。その対応策として考えられるのが、人工知能（AI）の活用である。AIによる機械学習の手法としては、ニューラルネットワークによる深層学習（Deep Learning）をはじめとして、古くから使われてきた重回帰分析、深層学習（Deep Learning）登場の直前まで強力なAI手法として使われた決定木という手法、さらにそれを発展させたものとしてランダムフォレスト、ベイジアンネットワークなどがある（野口、2019）。ただ、AIにデータを与えさえすれば、人間が何をしなくても、コンピュータが自動的に学習して賢くなるわけではない。どのように学習するかは、人間が考えて、機械学習の仕組みを事細かくに決める必要がある。間違ったデータによる機械学習システムは、「ガーベジ・イン・ガーベジ・アウト（GIGO: Garbage In Garbage Out）」に陥ってしまう危険性を孕んでいる。また間違っデータの活用と会社を防ぐために、フィードバック制御の仕組みを構築すべきである。

まず、先述したように、データサイエンティストの育成は、先述したシステムアーキテクトの育成と同じ考えである。たとえば、近年はやっているのが、Kaggleなどの仕組みである。企業はこの仕組みを活用することで、データサイエンティストやシステムアーキテクト人材を育成することが可能になっている。2010年にアメリカで設立されたKaggleでは、世界中の企業や研究者がデータを投稿し、世界中の統計家やデータ分析家はその最適モデルを競い合う、予測モデリング及び分析手法関連プラットフォーム及びその運営会社である。モデル作成にクラウドソーシング手法が採用される理由としては、いかなる予測モデリング課題には無数の戦略が適用可能であり、どの分析手法が最も効果的であるか事前に把握することは不可能であることに拠るとされる。Kaggleには、Kernelsというセクションがあり、データサイエンティストが手法を公開している。こうした手法を比べてみると、AIを活用した機械学習システムも、アートあるいは職人芸に近いともいえるだろう（野口、2019）。この仕組みの上では、同じデータセットを用いるにもかかわらず、データの処理や用いるモデルによって参加者の成績には大きな差が出る。このようにデータを最大限活用できる人材を育成することが喫緊の課題である。

次に、フィードバック制御について説明する。デジタル社会では、規模の経済とネットワーク外部性の効果だけではなく、フィードバック効果が大いに働いていると言われている（Mayer-Schoenberger & Ramge, 2018）。ここでのフィードバック効果は、規模の効果やネットワーク効果とも関連があるが、コンピュータシステムが学習用にフィードバックデータを使う時に発生する。グーグルの検索欄に間違っ単語を入力すると、自動的に補正してくれる機能があり、間違っ入力すると、正しい綴りを提案してくれる。しかし、グーグルも、利用者のフィードバック行為によって自社のスペルチェッカーの機能を向上させている。IBMの人工知能であるワットソンも、様々な癌などの診断件数が増えるにしたがって特定癌などの検出精度が高まっている。このように最も人気の製品やサービスは、それだけ多くのデータが得られるため、改善率も高くなるのが

## データドリブンイノベーション：デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略

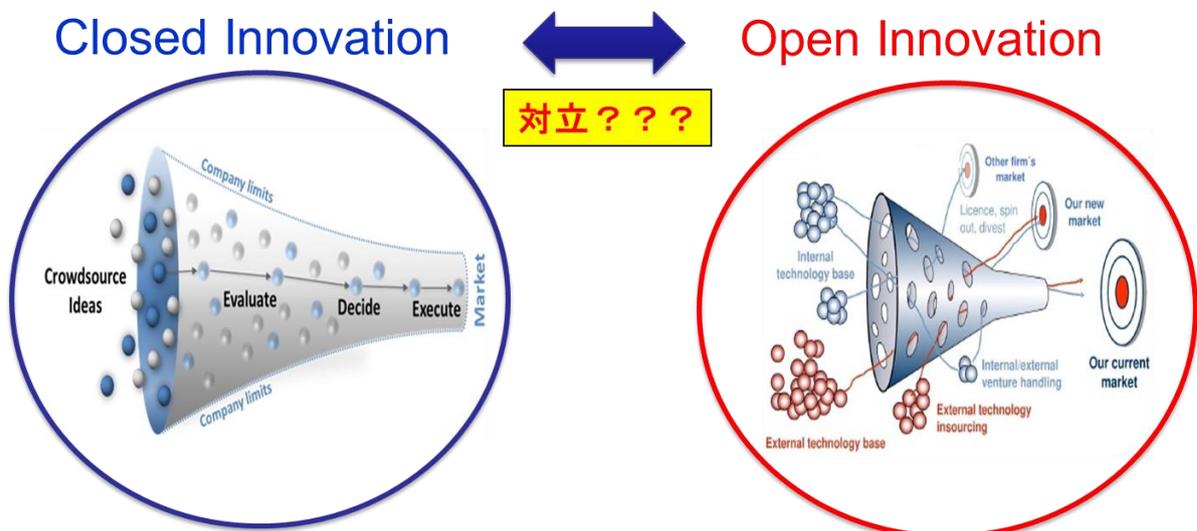
フィードバック効果である。その意味では、デジタル時代のイノベーションとは、画期的なアイデアではなく、いかに多くのフィードバックデータを集められるかにかかっていると言えるだろう。したがって、データドリブンイノベーション時代には、データサイエンティスト（システムアーキテクト）の育成と機械と人間の間のフィードバック制御が重要になってくる。

### 3. クローズドオープンビジネスモデル (Closed-Open Business Model)

#### 3.1 クローズドイノベーションとオープンイノベーションは対立するのか

グローバルでし烈な競争・協調環境では、自社の強い経営リソース（テクノロジーコンピタンスなど）を自社のコア・コンピタンスにするクローズドイノベーション（Closed Innovation）も重要である（Park&Hong, 2012）。一方、目まぐるしく変化する環境に対応するために機敏に外部のリソースを活用したオープンイノベーション（Open Innovation）も求められる。先述したように、とくに、日本企業の高いモノづくり能力に鑑み、従来の日本企業らしいクローズドイノベーションを追求しつつ、Chesbrough(2003)など欧米研究者が提案しているオープンイノベーションを同時に追求することが求められている。

図2. クローズドイノベーションとオープンイノベーションの関係



(出所) Chesbrough, H. W. (2003)修正

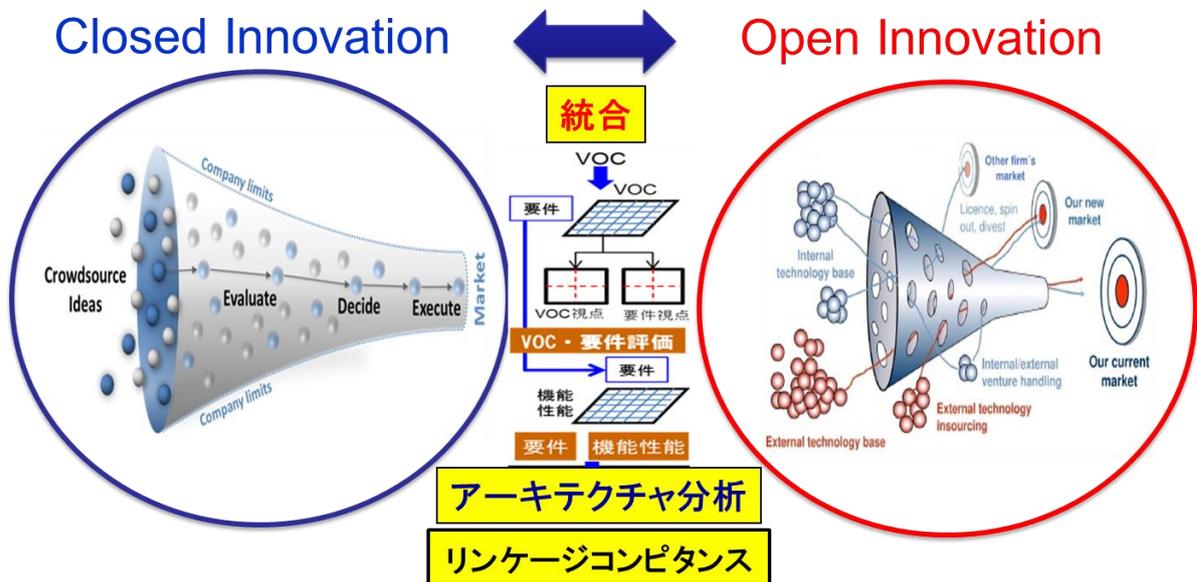
むしろ、図2に示すように、二つのコンセプトは相反しており、両立させることは至難の業であるが、クローズドイノベーションとオープンイノベーションはそれぞれの強みがあることを受

け入れ、両者の良さをどのように調整し合い、融合させるかが今日の企業戦略に問われる課題であると言える。

そのため、本稿では、クローズドイノベーションとオープンイノベーションを統合するために、アーキテクチャ分析手法を提案している。詳細は次節で述べるが、この手法は、自社の高い既存のテクノロジーを分析し、すり合わせの度合いの高いコア技術はクローズドエリアにプロテクトし、コア部品として育てていくが、モジュラー要素の高いエリアは外部にアウトソーシングして、自社のコア・コンピタンスに集中できるようにする (Park, 2017)。さらに、外部環境 (顧客および技術トレンドなど) の変化をセンシングして、機敏に新しい顧客ニーズの変化や新技術のネタを受け入れることで新しい技術開発やイノベーションを実現させる。このアーキテクチャ分析を活用することによってすべての企業はクローズドイノベーションとオープンイノベーションの統合が可能になる。

筆者はそういった理想的な均衡点としてリンケージコンピタンスの概念を提示している (Park&Hong, 2012 ; Park, 2017)。このようにアーキテクチャ分析によって本来相反するとされている両手利き組織・戦略 (ambidextrous organization/strategy) を実現することになる。

図 3. アーキテクチャ分析によるクローズド・オープンイノベーションの統合



### 3.2 個人知と組織知：AI による組織知の進化

## データドリブンイノベーション：デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略

組織において、「データ」→「情報」→「知識」、それも個人としての「知識」でなく、組織としての「知識」、すなわち、組織知となることが重要である。Nonaka and Takeuchi (1995) は知識創造活動に注目したナレッジ・マネジメントの枠組みとして SECI モデルを提示した。個人が持つ暗黙的な知識（暗黙知）は、「共同化」(Socialization)、「表出化」(Externalization)、「連結化」(Combination)、「内面化」(Internalization) という 4 つの変換プロセスを経ることで、集団や組織の共有の知識（形式知）となると考えられる。「共同化」とは、経験の共有によって、人から人へと暗黙知を移転することである。「表出化」は、暗黙知を言葉に表現して参加メンバーで共有化することである。「連結化」は、言葉に置き換えられた知を組み合わせた再配置したりして、新しい知を創造することである。そして「内面化」は、表出化された知や連結化した知を、自らのノウハウあるいはスキルとして体得することである。Nonaka and Takeuchi (1995) の暗黙知は、主観的・身体的な非言語的、非形式的な知識であり、個人的経験、熟練技能、組織文化、風土などの形で存在しており、仕事の素早く、正確な遂行を支えており、直感的に適切な問題状況の解釈を導くことができる（楠見、2012）。しかし、暗黙知だけでは業績を上げられず、暗黙知と形式知の変換プロセスをよく回せる能力が重要になってくる（Sternberg et al., 2000; Nonaka and Takeuchi, 1995; 楠見、2012）。こうした暗黙知と形式知の変換プロセスに関わり、仕事の熟達化を支える実践知の重要性に着目している研究者もいる（Sternberg, 1985; Sternberg et al., 2000; 楠見、2012）。Sternberg (1985) によると、実践的知能は日常生活の文脈において問題を解決するために、経験を通して学んだ知識を適用・活用し、実行・達成を支える知能である。反対の概念は、分析的知能である。したがって、実践知は、経験から実践の中に埋め込まれた暗黙知を獲得し、仕事における課題解決にその知識を適用する能力を支えている。かくして、実践的知能の優れた人は、暗黙知を獲得し、活用することに優れているとされる（楠見、2012）。人が新しい仕事環境に適応し、優れた業績を上げられるためには、暗黙知を獲得することも重要であるが、さらに、仕事において、優れた実践ができる人は、暗黙知を持っており、その暗黙知が仕事の成功のカギを握り、仕事環境によって異なることを自覚している人であり、暗黙知を環境から積極的に探さないといけないことを知っている人ともいえる（Cianciola et al., 2006）。

同様に、ものづくりのベテラン（エキスパート）のようにあらゆるエリアでプロフェッショナルとなるためには、経験が重要であり、そういった豊かな経験に基づく能力をディープスマート（Deep Smart）と言われている（Leonard and Swap, 2005; Leonard, Swap and Barton, 2014）脳科学の研究によると、経験は脳の構造を変える。経験は新しい情報を脳の特定の部位に暗号化して取り込み、その部位の構造を変えるとされる。将来取り出して使える記憶を脳に定着させるのは、間接的な経験よりも直接的な経験のほうが効果的である。

本稿で取りあげているものづくりのベテランのもっている能力もディープスマートの一種である。類似している例をあげると、外科医は、あくまでも実践を重んじ、才能を信用しない。外科医にいちばん重要な才能は、訓練を積む才能である。すなわち、練習をいとわない姿勢こそ、一般人と名外科医、チェリスト、トップセールスマン、ものづくりのベテラン（熟練工など）との違いを生むのである。とくに、単なる同じことを機械的に繰り返すだけではなく、折に触れて経験を振り返りながら意識的に課題をこなす計画的練習が重要だと言われている。ただ、経験による学習には、いくつかの限界があるとされる（Leonard and Swap, 2005）。第一に、土台となるレセプターのない人物をシミュレーションなり実際の経験なりにどっぷり浸らせてもほとんど意味がない。それは、経験から得る情報を評価できないからである。第二に、あらゆる学習体験について言えるように、学習者がモチベーションをもっていないと効果が薄いからである。第三に、先述のフィードバック効果でも触れたように、成績に関するフィードバックがないとあまり効果がないからである。第四に、あらゆるシナリオを予測することは不可能なので、どんなに念入りに作成したシミュレーションといえども、成功を保証してはくれないからである。第五に、シミュレーションを集中して行くと、思わぬ影響が生じる場合があるからである。

ここで、より注目したいのは、レセプターの役割である。レセプターとは、その人のもっている基本的な考え方や内容的知識、過去の経験を反映した神経構造である（Leonard and Swap, 2005）。レセプターがないと、情報は単なる情報に過ぎない。経験に基づく複雑な知識を吸収するには、新しい情報が脳のレセプター（受容体）と結合する必要がある。レセプターがないと、新しいメッセージや情報は脳の構造に取り込まれず、理解不能ないし意味不明のままになってしまいがちである。したがって、新しい知識を吸収するには、脳内にしかるべきレセプターが存在すべきである。言い換えれば、新しい経験を受け入れる心理状態にあり、あらかじめ十分な精神的土台をもっている必要がある。その土台がないと、新しい情報はただの情報にとどまり、知識に転換しなくなるのである。TPS（トヨタ生産システム）などのものづくりの知識はすべてオープン化されているが、すべての企業が簡単に吸収できるわけでもない。なぜなら、TPSに関する知識は基本的に暗黙のものであり、時間をかけて直接の経験を通じて学んでいくものだからである。ここで、暗黙知の移転においてコーチング（教える先生の役割）の重要性を考える必要がある。移転しようとする知識の暗黙度が高いと、コーチングの成功の妨げになる。製造のプロセスは標準化・マニュアル化されているので、知識の移転は簡単そうに思われがちであるが、このようにものづくりの知識移転が難しいのにはいくつかの理由がある（Leonard and Swap, 2005）。第一に、経験を言葉にするのが難しいからである。第二に、エキスパート（ベテラン）がその知識を言葉で表現しようとしたことがないからである。第三に、知識を暗黙のままにしておきたいと思うエキスパート（ベテラン）がいるからである。第四に、その分野の知識が未発達したからであ

## データドリブンイノベーション：デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略

る。たとえば、2020年6月現在、COVID-19治療薬やワクチン開発が世界の人々の期待通りに進んでいないように、バイオテクノロジー分野でも、開発の初期段階では、細胞を培養基の中にとれくらいの期間置いておけばいいかは、個々の研究者の判断ないし経験の違いに頼ることが大いにある。そのため、東京大学モノづくり経営研究センター（MMRC）は、ものづくりインストラクターを育成し、こうしたモノづくり知識の伝承の課題解決に力を入れている。

一方、よく知られているように、知識の移転がうまくいくケースは、学習者に吸収能力があるからだと言われている（Cohen&Levinthal, 1990）。すなわち、もともとある程度の知識を蓄えている人のほうが新しい知識をよく吸収できると言えよう。人間は経験を通じてレセプターを発達させることにより、情報を知識に転換できるので、ものづくりインストラクターなどのコーチ（インストラクター）は、常に学習者のレセプターを念頭に置いてメッセージを決定し、学習プロセスを調整する必要があるのである。

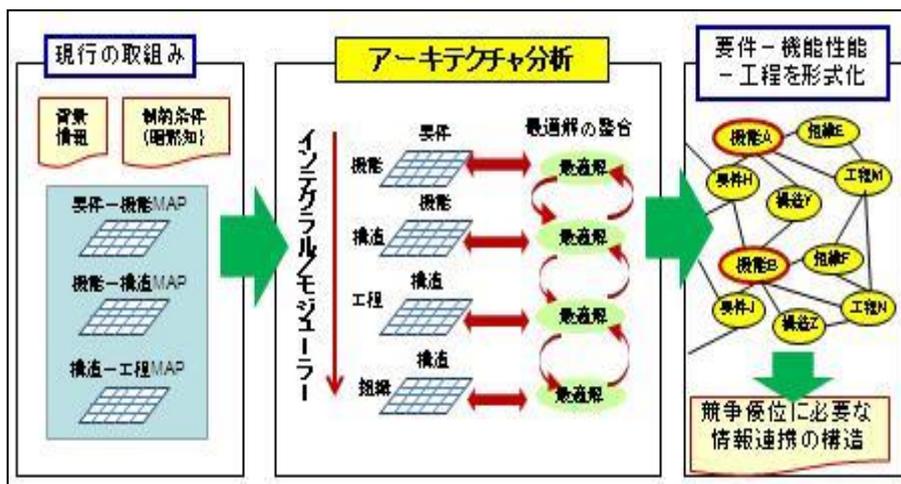
このようにものづくりのベテラン（エキスパート）の持つ優れた能力であるものづくりのディープスマートを生み出せるのは本質的に経験だけであり、技能伝承のために必須不可欠なレセプターを育むのに必要なのは、直接の経験の積み重ねしかないが、今の日本のものづくりの現状を考えるとすれば、のんきでその経験をさせる余裕があるわけではない。したがって、その代案として考えられるのが、「指導のもとでの経験」を可能にするプロセスを促進・構築することである（Leonard and Swap, 2005）。指導のもとでの練習は、学習者のパフォーマンスを振り返るのを助け、フィードバックを受けられるようにする。そのため、ものづくりの知識を教えるコーチ（インストラクター）は、学習者自信が思いもよらなかったスキルを習得する必要性を見出し、経験の分布のギャップを埋めるための練習を促し、建設的なフィードバックをおこなって、将来の練習を導くことができる。

このように日本のものづくりは、優れた社内のコーチ（インストラクター）あるいは社外のものづくりインストラクターの指導を受けて、ものづくりの暗黙知と技能の伝承が行われてきた。いうまでもなく、アナログ時代にこうした知識・技能伝承のプロセスが日本のものづくりの競争力を支えてきたと言っても過言ではない。しかし、デジタル時代には、長い時間をかけて従来のアナログ方針の知識・技能伝承は難しい。そのため、筆者はアーキテクチャ分析によってその学習を早めるプロセスを提案している（Park, 2017）。

アーキテクチャ分析は、競争優位なものづくりを目指した分析モデルで、「グローバルな市場で勝負出来る新しいビジネスモデルづくり」や「競争優位が強いものづくりの改善及び維持」のために活用することが出来る（藤本・朴、2015；Park, 2017）。例えば、日本の技術者（設計者）に起業家のマインドを持たせ、現地のマクロ経済やカスタマー（エンドユーザー）スタイルの感性を持つことが出来れば、新しい市場を狙った要件－機能性能－構造（部品／ユニット、モジュ

ール) - 工程情報をすり合わせた商品化を行うことが出来るだろう。しかし、日本の技術者(設計エンジニア)に起業家のマインドを持ち現地のマクロ経済やカスタマースタイルの感性を持たせることは非常に難しいことである。そこで、筆者が提案しているアーキテクチャ分析から得た形式化した情報と日本人が持つ堅実な思考力と洞察力を統合し、現地のカスタマーの外部制約や社内の内部制約(トレードオフ)を日々観察し感性を磨くことで、今まで10年かかった起業家のマインドを持つ技術者(スーパーエンジニア)の育成が2-3年で出来る可能性を秘めている。

図4. アーキテクチャ分析の全体像



また、日本企業は暗黙の内に自前の技術力や生産力によりカスタマーニーズの商品化を行うことで、結果を予測し商品化の意思決定を行ってきた。しかし、グローバルな市場で勝負する新しいビジネスモデルづくりには、自前の技術力・生産力で商品化すれば勝算が見込めるのか？それともグループ会社を含む社内外の技術力や生産力との連携で商品化すれば勝算が見込めるのか？結果を予測するシミュレーション能力やスピーディーな意思決定を行うためのロジック形成が求められる。そのため、アーキテクチャ分析モデルを活用して、現地のカスタマーのセンシングをもとにしたニーズの把握、海外を含む社内外の技術力や生産力の把握、何を「make」し何を「buy」し何処で「assembly」といった予測シミュレーションするためのアーキテクチャ情報とスピーディーに意思決定するための最適なロジックを形式化しないといけない。

とくに、グローバル競争が激しさを増す中で、スピーディーなイノベーション、新しい付加価値を生み出すビジネスモデルづくりが求められている。新しいビジネスモデルづくりを行うには、「顧客とものづくり」、「商品戦略と技術力」、「技術力と部品」の「連鎖」が重要である(藤本・朴, 2015)。こういった「連鎖」の視点で現行の「技術力(性能重視)に偏ったビジネスモデル」

**データドリブンイノベーション：デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略**

を捉えると、日本企業のビジネスモデルづくりの課題である「意識が低いカスタマーコンピタンス」、「意識過剰なテクノロジーコンピタンス」、「技術力が競争優位に繋がらないリンケージコンピタンス」では、新しいビジネスモデルづくりの要素となる「顧客とものづくり」、「商品戦略と技術力」、「技術力と部品」などの「情報連鎖」が上手く機能していないことが大きな要因であると推測できる（Park&Hong, 2012；藤本・朴, 2015；Park, 2017）。

したがって、製品アーキテクチャをベースとしたアーキテクチャ分析により現行の「顧客とものづくり」、「商品戦略と技術力」、「技術力と部品」などの「情報連鎖」を顧客ニーズの側面と技術力の側面を連携横断させて分析評価することで、日本企業が抱えているビジネスモデルづくりの課題である「意識が低いカスタマーコンピタンス」、「意識過剰なテクノロジーコンピタンス」、「技術力が競争優位に繋がらないリンケージコンピタンス」の解決策を導き出すことが出来る。

多くの企業は、製品アーキテクチャとして「インテグラル」「モジュラー」の設計思想のもと、カスタマーニーズから創り出す「商品化イメージづくり」、商品化要件を具現化する「商品コンセプトづくり」、商品コンセプトにそった機能性能を創り出す「商品設計や量産」を行っている。

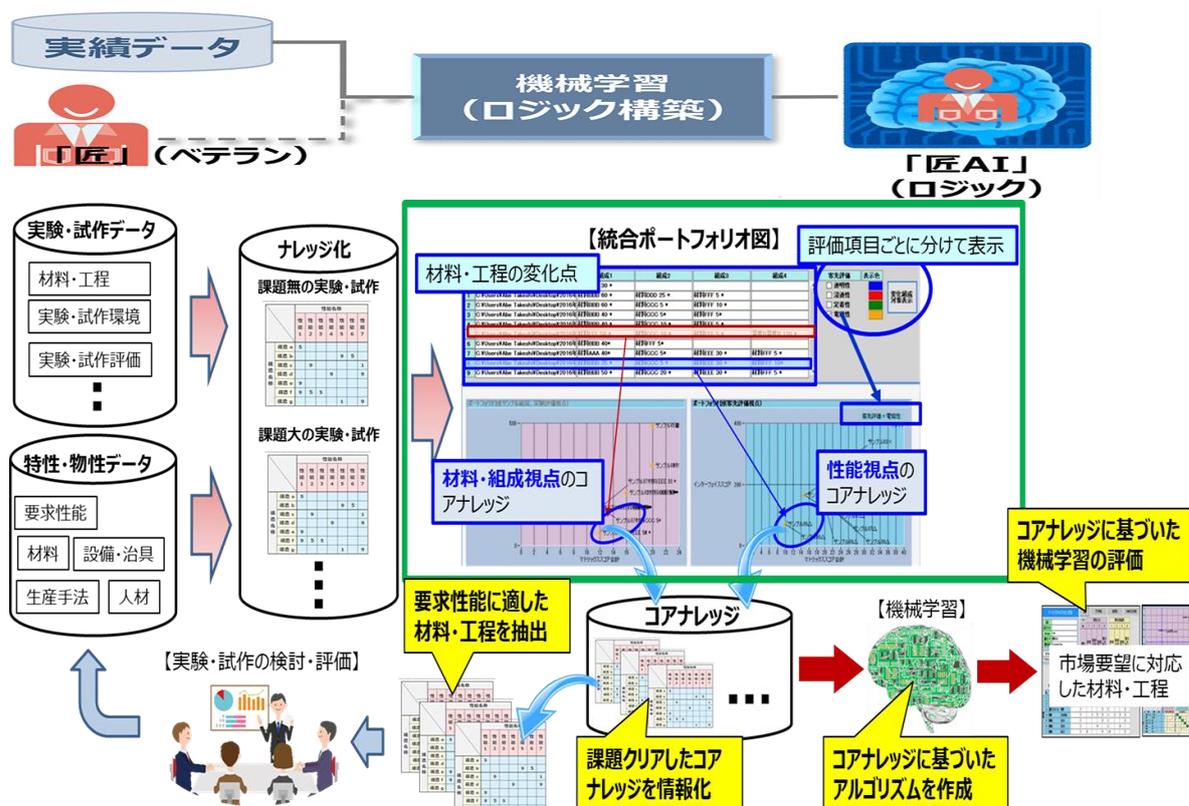
製品アーキテクチャ分析では、そういった設計思想やそれぞれの領域で創り出される「商品化要件」「機能性能」「部品や工程」情報を連携させて、新しいビジネスモデルづくりのフレームワークである「カスタマーコンピタンス」、「テクノロジーコンピタンス」、「リンケージコンピタンス」の視点で、商品の整合性を体系化や商品化にむけた情報の網羅性や制約（トレードオフ）バランスの偏り度合いを形式化（見える化）を行い、現状の課題解決策を分析評価することが出来る（藤本・朴, 2015；Park, 2017）。かくして、アーキテクチャ分析により、図5に示すようにリンケージコンピタンスを達成するための組織知構築が実現できると確信している。

図5. アーキテクチャ分析によるリンケージコンピタンスの実現

|      |     | 3つのコンピタンス   |  |              |
|------|-----|-------------|--|--------------|
|      |     | カスタマーコンピタンス | リンケージコンピタンス  | テクノロジーコンピタンス |
| 知識活用 | 個人知 | 顧客力の活用      | <p>The diagram illustrates the architectural analysis process. At the top, 'VOC' (Voice of Customer) is shown with arrows pointing down to '要件' (Requirements). Below this, 'VOC視点' (VOC perspective) and '要件視点' (Requirements perspective) are shown as two interconnected boxes. A central box labeled 'VOC - 要件評価' (VOC - Requirements Evaluation) is connected to both. Below this, '機能性能' (Functional Performance) is shown with arrows pointing up to '要件' (Requirements). At the bottom, '要件' (Requirements) and '機能性能' (Functional Performance) are shown as two interconnected boxes. The entire process is labeled 'アーキテクチャ分析' (Architectural Analysis) in red text.</p> | 技術力の活用       |
|      | 組織知 | 顧客力のレバレッジ   |  | 技術力のレバレッジ    |

さらに、AI 時代には、素早い組織知の進化が重要である。筆者は、日本のものづくりのディープスマートこそ、これからの日本のものづくりの競争力と考えており、IoT 時代のデジタルトランスフォーメーションに対応する組織知の進化のためには、AI ツールを活用した①ものづくりのコアナレッジのアルゴリズム化と②ものづくりのコアナレッジに基づいた機械学習の評価がカギとなると思われる。先述したように、デジタル時代のイノベーションでは、画期的なアイデアが求められるが、より一層重要なのは、いかに多くのフィードバックデータを集めて、全体の最適なプロセスを判断するデータサイエンティスト（システムアーキテクト）の育成であろう。したがって、データドリブンイノベーション時代には、アーキテクチャ分析によるビッグデータの融合と AI アルゴリズムによる従来のものづくりベテランのディープスマートを組織知として進化させるデータサイエンティスト（システムアーキテクト）の育成と機械と人間の間のフィードバック制御が重要になってくると考えられる。

図 6. AI による組織知の進化



### 4. まとめ

昨今、多くの企業は、ビジネスプロセスに沿って顧客ニーズに対応する付加価値の創出と獲得に力を入れている。しかし、デジタルトランスフォーメーション時代には、そのビジネスプロセスの変革が求められる。従来の日本ものづくり企業は、高いものづくり技術を社内に蓄積するクローズドイノベーションを行ってきた。しかし、2000年代後半以降、団塊世代の退職による技能伝承が喫緊の課題である、1990年代バブル以降、若手採用がうまく進まず、クローズドイノベーションの継続に課題が漏出されつつある。本稿では、日本のものづくり企業が置かれた現状を踏まえ、ビッグデータを活用したデータドリブンイノベーション時代、すなわち、デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略についてまとめた。

本稿では、具体的に、デジタルトランスフォーメーション時代に求められる経営戦略を5つにまとめて、こうした統合システムのフレームワークとして、グローバル統合型ものづくり IT システム (GIMIS; Global Integrated Manufacturing Information System) を提案した。また、AI を活用したアーキテクチャ分析によって、日本企業のものづくりの暗黙知を競争力として活用するための仕組みを提案した。そして、そのために求められる人材としてシステムアーキテクトの重要性を提示している。本稿で提示しているデジタルトランスフォーメーション時代におけるデータドリブンイノベーション(Data Driven Innovation)戦略が、日本企業の当面の課題にも対処できる処方箋になることを期待したい。

### 参考文献

- Chesbrough, H. W. (2003) *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business Review Press.
- Cianciola, A. T., Matthew, C., Sternberg, R. J. & Wagner, R. K. (2006) Tacit knowledge, practical intelligence and experts, In K. A. Ericsson, N. C. Charness, P. J. Feltovich & R. R. Hoffman (Eds.) *Cambridge Hand book of Expertise and Expert Performance*, New York, NY : Cambridge University Press, pp.21-30.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990) Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), pp.128-152.
- Davenport, T. H. (2013) *Analytics 3.0*, Harvard Business Review, December 2013 Issue (<https://hbr.org/2013/12/analytics-30>)
- Fujimoto, T. (2006) "Architecture-based Comparative Advantage in Japan and Asia," *MMRC Discussion Paper 94*, pp.1-8.

- Fukuzawa, M., Sugie, R., Park, Y., W., Shi, J., & Park, Y., J. (2019) Utilization of Internet of Things (IoT) and Information Integration: A Case Study of Japanese Firms. The 15th International Symposium on Global Manufacturing and China, September 7-8, Hangzhou, China, 2019.
- Hong, P. and Park, Y.W. (2014) Building Network Capabilities in Turbulent Competitive Environments: Business Success Stories from the BRICs, Taylor & Francis LLC.
- Jacobides, M. (2019) Designing Digital Ecosystems. In Jacobides, M. et.al. Platforms and Ecosystems: Enabling the Digital Economy, Briefing Paper, World Economic Forum.  
([http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Digital\\_Platforms\\_and\\_Ecosystems\\_2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Digital_Platforms_and_Ecosystems_2019.pdf))
- Jacobides, M. (2018) Why the digital revolution and disruptive ecosystems will push us to leverage our humanity, 10th Global Peter Drucker Forum, November 29 & 30, 2018 (Vienna, Austria).
- Jacobides, M., Cennamo, C., & Gawer, A. (2018) Towards a Theory of Ecosystems. Strategic Management Journal, 39(8), pp.2255-2276.
- Leonard. D. and Swap, W. (2005) Deep Smarts: How to Cultivate and Transfer Business Wisdom. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Leonard. D., Swap, W. and Barton, G. (2014) Critical Knowledge Transfer: Tools for Managing Your Company's Deep Smarts. Harvard Business Review Press
- Mayer-Schoenberger, Viktor and Ramge, Thomas (2018) 『Reinventing Capitalism in the Age of Big Data』 Basic Books
- McAfee, A. and Brynjolfsson, E. (2012) Big Data: The Management Revolution, Harvard Business Review, October 2012 Issue (<https://hbr.org/2012/10/big-data-the-management-revolution>)
- Nonaka, I. and Takeuchi, H. (1995) The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation(『知識創造企業』東洋経済新報社, 1996)
- Park, Y. W., Fukuzawa, M. & Huang, W. (2019) Diffusion of Manufacturing Knowledge in the Digital Era : Investigation of Regional Manufacturing Schools in Japan, The 15th International Symposium on Global Manufacturing and China, September 7-8, Hangzhou, China.
- Park, Y.W. and Fujimoto, T. (2018) Chapter 10. Balancing standardization and integration in ICT systems, Springer, Fujimoto, T and Ikuine, F. (ed.), Evolution of Industries and Firms: Capability Building and Demand Creation, pp.299-311
- Park, Y.W. and Hong, P. (2017) Reshoring Strategy: Case Illustrations of Japanese Manufacturing Firms, Alessandra Vecchi (ed.), Reshoring of Manufacturing:

- Drivers, Opportunities, and Challenges, Springer, pp.143-161.
- Park, Y.W. and Hong, P. (2012) Building Network Capabilities in Turbulent Competitive Environments: Practices of Global Firms from Korea and Japan, Taylor & Francis LLC.
- Park, Y.W. and Hong, P. (2019) Creative Innovative Firms from Japan: A Benchmark Inquiry into Firms from Three Rival Nations, Springer.
- Park, Y.W. (2017) Building a Sustainable Global Strategy: A Framework of core competence, Product Architecture, Supply Chain Management and IT Strategy, NOVA Science Publishers.
- Park, Y.W. (2017) Business Architecture Strategy and Platform-Based Ecosystem, Springer.
- Park, Y.W., Hong, P., and Fujimoto, T. (2017) Chapter 2. Literature Survey, Fujimoto, T and Heller, D.A. (ed.), Industries and Disasters: Building Robust and Competitive Supply Chains: Building Robust and Competitive Supply Chain, NOVA Science Publishers, pp.31-60.
- Porter, M. E. and Heppelmann, J.E. (2014) How Smart, Connected Products Are Transforming Competition, Harvard Business Review, November 2014 Issue (<https://hbr.org/2014/11/how-smart-connected-products-are-transforming-competition>)
- Porter, M. E. and Heppelmann, J.E. (2015) How Smart, Connected Products Are Transforming Companies, Harvard Business Review, October 2015 Issue (<https://hbr.org/2015/10/how-smart-connected-products-are-transforming-companies>)
- Sternberg, R. J. (1985). Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence. Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J., Forsythe, G. B., Hedlund, J., Horvath, J. A., Wagner, R. K., Williams, W. M., Snook, S. A., & Grigorenko, E. L. (2000). Practical intelligence in everyday life. Cambridge University Press.
- Thomke, S. and T. Fujimoto (2000), “The Effect of Front-Loading Problem Solving on Product Development Performance,” *The Journal of Product Innovation Management*, vol. 17, no. 2, pp.128-142.
- 玉木欽也(編) (2019) 『未来戦略デザイン・ビジネスプロデューサー (スマート製品サービスとプラットフォーム・サービス)』博進堂
- 藤本隆宏・朴英元 (2013) 第6章「人工物の複雑化と設計プロセス」, 藤本隆宏 (編) 人工物複

- 
- 雑化の時代:設計立国日本の産業競争力」、有斐閣, pp. 193-216.
- 藤本隆宏・朴英元 (2015) 『ケースで解明 ITを活かすものづくり』日本経済新聞出版社.
- 楠見孝 (2012) 「実践知と熟達者とは」金井壽宏・楠見孝(編) 『実践知:エキスパートの知性』有斐閣, pp. 3-31.
- 福澤光啓, 梶江亮介, 朴英元, 石瑾 (2019) バリューチェーンにおける IT システム活用の実証分析: ものづくり企業 4 社の事例, JOMSA 第 11 回全国研究発表大会, 2019 年 9 月 6 日, 東京経済大学.
- 朴英元・藤本隆宏・阿部武志 (2010) 「統合型ものづくりと IT システム」MMRC ディスカッションペーパー 302
- 朴英元・福澤光啓 (2020) 地域におけるものづくり産業の活性化と政策課題, JCM, No. 319 (Spring), pp. 10-15.
- 朴英元・福澤光啓・黄巍 (2020) 「デジタル時代におけるものづくり知識の拡散と成果:ものづくり地域スクール調査に基づいて」MMRC ディスカッションペーパー 521
- 野口悠紀雄 (2019) 『データ資本主義 21 世紀ゴールドラッシュの勝者は誰か』日本経済新聞出版
- 野中郁次郎・竹中弘高 (1996) 『知識創造企業』(東洋経済新報社)