

第5部

DX実現に向けた ITシステム開発手法と技術

DXを推進するためにはビジネス環境の変化に迅速に対応できるITシステムが必要となる。また、データを分析し、顧客の真のニーズを捉えて早期にサービスを立上げ、改善を繰り返すことで顧客価値を高めていくことも重要である。

第1章では、DXを推進するために必要なITシステムのあるべき姿について紹介する。第2章では、変化に応じた迅速かつ安全なITシステムの更新や外部サービスとの連携を実現するためのITシステム開発手法・技術を紹介する。第3章では、データ利活用技術として、データ活用基盤技術、高度なデータ分析や自動化を推進するために必要となるAI技術、新たなデータ獲得手段であるIoT技術・デジタルツインを紹介する。さらに日米の企業におけるITシステム開発手法・技術およびデータ利活用技術に関するアンケート調査結果を掲載し、関連技術の活用状況や課題について論じている。

第1章

あるべきITシステムの要件

第2章

ITシステム開発手法・技術

第3章

データ利活用技術

あるべきITシステムの要件

DXを実現するためのITシステムの共通要素には、ITシステムとその開発運用の体制が変化に対して俊敏かつ柔軟に対応できる「スピード・アジリティ」、社内外の円滑かつ効率的なシステム間連携を目指す「社会最適」、データ活用を中心に据えて社内外へ新たな価値を生み出してゆく「データ活用」の三つが挙げられる（IPA「DX実践手引書 ITシステム構築編」*1より）。

① スピード・アジリティ

「スピード」は一定の機能や品質を保ったシステムをどれだけ俊敏に構想・設計・開発・運用することができるか、「アジリティ」はシステムを構想・設計・開発・運用する際に、市場や環境の変化に応じて臨機応変に軌道修正できる柔軟性を指す。「スピード・アジリティ」を実現するためのITシステム要件は、以下のとおりである。

- ・アプリケーション(≒プログラム)同士が密結合せず、機能単位で分離・独立、疎結合しており、APIなどの連携するための技術を活用して、接続/切断が容易に行えるようになっている
- ・クラウドのような「拡張(容易)性」、システム環境の立上げ/停止を俊敏に行える弾力的な基盤を備えている

② 社会最適

社会最適とは、競争領域、非競争領域を明確化し、非競争領域においてすでに社会に存在するリソース(外部サービス)を活用してビジネスを支えるシステムを構成し、そこで生まれる割り勘効果*2によって、自社のIT投資額、開発・保守体制、リスク対策費用・人員を最適化することで、リソースを競争領域へ投下してビジネスを強化することを指す。「社会最適」を実現するためのITシステム要件は、以下のとおりである。

- ・非競争領域には外部の有用なサービスを、競争領域には最先端技術を取り入れる柔軟性があり、その分野で実績のあるベンダーやサービス提供事業者と価値を生み出すためのパートナーシップを提携できる

③ データ活用

多様なデータを組み合わせた分析、また高精度な予測によってビジネスを発達させてきた事例が世界中で増えており、収集したデータに基づいた分析・予測の結果を踏まえてビジネスの意思決定や課題の解決を迅速に行っていくことが重要となる。そのためデータ活用には企業の内外のシステムからさまざまなデータを収集・加工する機能を有し、利用しやすい形でデータを蓄積・保存する機能を有する「データ活用基盤」が必要となる。「データ活用」を実現するためのITシステム要件は、以下のとおりである。

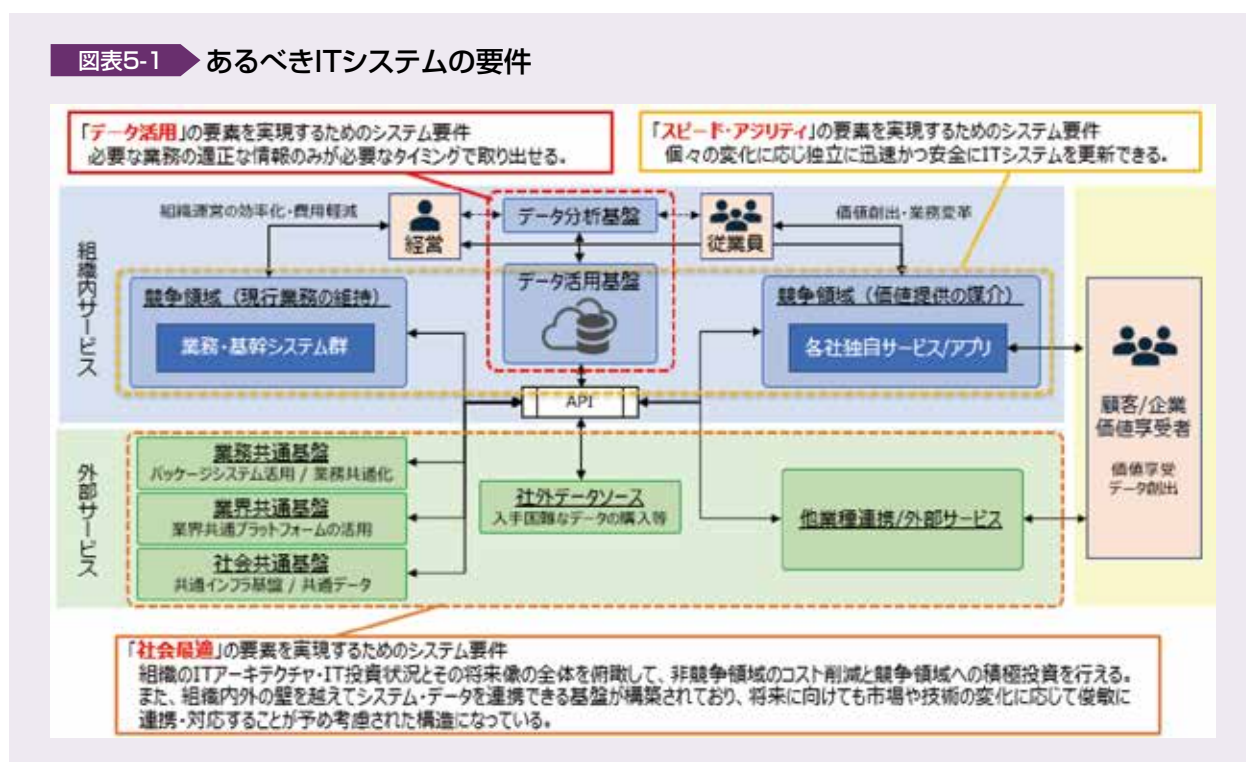
- ・データ活用基盤は社内外のさまざまなソースからの柔軟なデータ収集・蓄積が可能である
- ・収集・蓄積されるデータの品質が担保され、かつ活用しやすい状態に整理されている

* 1 DX 実践手引書 IT システム構築編 完成 第 1.0 版 <<https://www.ipa.go.jp/files/000094497.pdf>>

* 2 同じソフトウェアを複数の企業が共通で使ったり、汎用的な外部サービスを利用したりすることで、個々の企業が負担すべき開発コスト、人員、リスク対策コストが低減する効果。

- ・ 堅守すべきデータセキュリティの確保と、積極的なデータのユーザーへの開放が両立できている
- ・ データ量の増加に対応しうるキャパシティーや機能追加に耐えうる拡張性・柔軟性を持っている
- ・ データ活用基盤は疎結合で拡張性が高く、周辺システムとの連携が可能である

上記の三つの要素で示した各要件を備えるようなシステムのあり方を図表5-1に示す。



出典：DX実践手引書 ITシステム構築編 完成 第1.0版

本図表においては、社内のITシステムは組織内で独自に構成したシステムと外部のプラットフォームを活用したシステムの双方の組み合わせとして構成、組織内サービスは各企業の競争領域として、独自の価値を生み出すためのITシステム群のみとしている。それに対して、各企業の社内リソースを競争領域に注力することを目的として、非競争領域の低コスト化・効率化や、競争領域をさらに強化する目的において他社が提供するサービス等を有効活用するためのITシステム群を外部サービスとして調達する。

なお、DX実践手引書では、あるべきITシステムを実現するデータ活用、IoT、アジャイル開発、マイクロサービス、APIなどの技術要素群を整理した「スサノオ・フレームワーク」を紹介している。個別の技術については、本第5部の第2章ではスピード・アジリティを高める技術、第3章ではデータ活用に関する技術を紹介している。

ITシステム開発手法・技術

1 企画開発手法

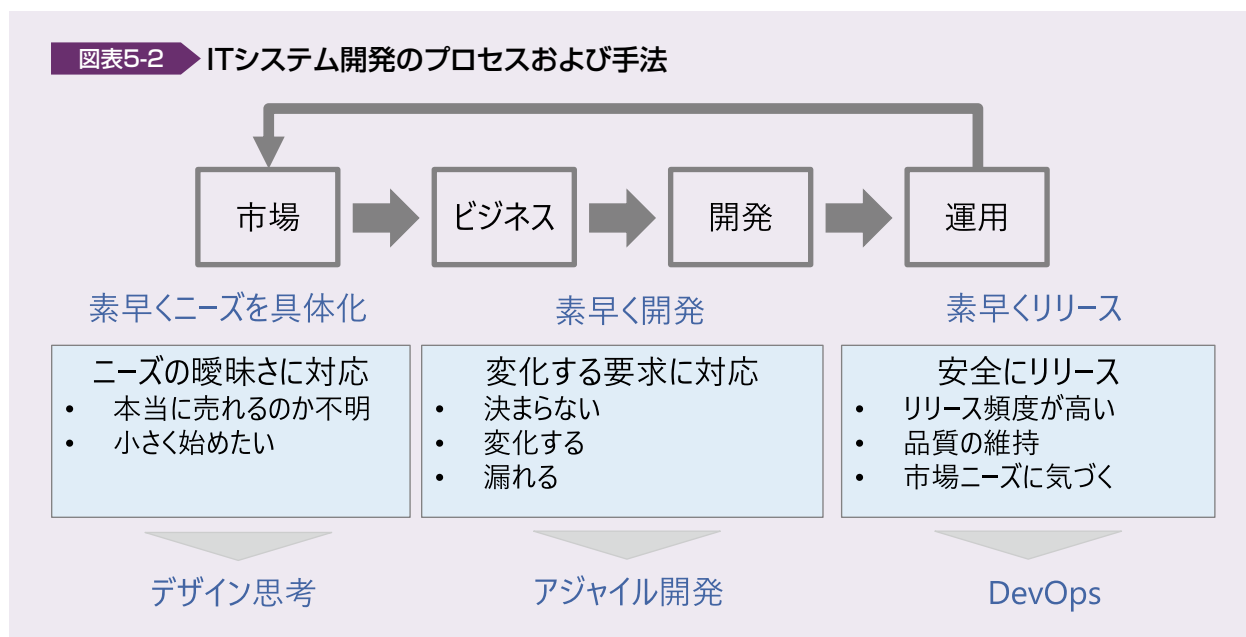
(1) 背景

変化が激しく不確実な市場環境に俊敏に対応するために、求められるデリバリースピードに対応できるITシステムとなっているかが問われる。「スピード・アジリティ」とは、一言でいえば「変化対応力」そのものである。デジタルが浸透した現在、顧客や市場へのアウトプットとして、デジタルを活用したよいビジネスアイデアを思いついても、抱えているITシステムの柔軟性がなければ、その対応へのコストは嵩み、リリースまでのスピードも落ちてゆく。サービスをリリースしたときには、すでに他社の後塵を拝すような事例も見受けられ、今後もデジタルビジネスの先進性や提供価値の格差は広がってゆくと推察される。システム単体が大きくなればなるほど、言い換えれば、一つのシステムが抱えている機能が多くなればなるほど、この要素を実現することは難しくなる傾向にある。「変化対応力」のあるITシステム構築が必要となる。

(2) DX実現に必要な開発手法概要

本項では、このような変化が激しく不断に調整が求められる市場環境の中で、「変化対応力」のあるITシステムを構築し、迅速に消費者や顧客企業へのサービスを提供できるようになるための、ITシステム開発のプロセスおよび手法を紹介する。

図表5-2 ITシステム開発のプロセスおよび手法



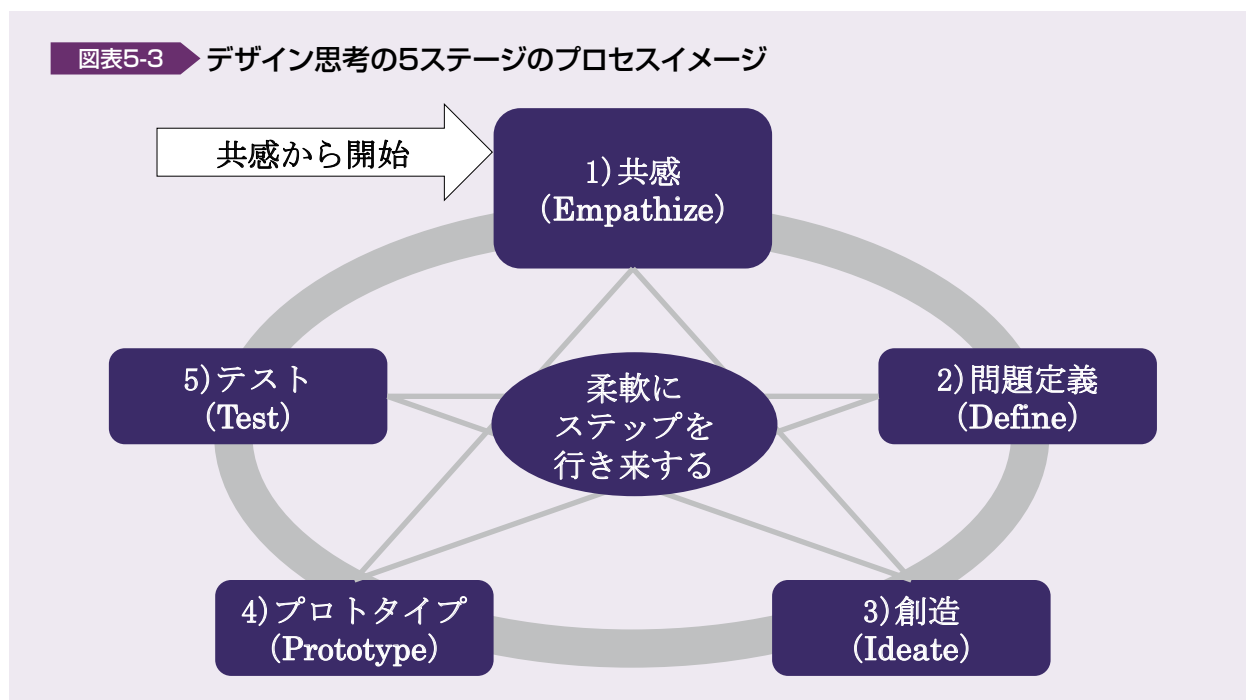
① デザイン思考

変化が激しい市場環境の中で迅速にサービスを開発する上で、顧客ニーズを具体化し、そのニーズに応えるためのサービスを構想・実現するための方法論の一つとしてデザイン思考の適用が注目されている。

デザイン思考という言葉に単一の定義はないが、デザイン思考のビジネスへの適用を推進するために1991年にIDEO（米国）を創立したDavid Kelleyはデザイン思考を「デザイナーのツールキットを利用して、人々のニーズ、テクノロジーの可能性、ビジネスの成功要件を統合するイノベーションへの人間中心のアプローチである」としている。

(ア) デザイン思考のプロセス

デザイン思考を用いたアイデア創出の具体的なプロセスの例をSAP（ドイツ）の共同創業者であるHasso Plattnerが創設した、スタンフォード大学(Stanford University、米国)のd.schoolが提唱する5ステージのプロセスを用いて説明する。^{*3} 本プロセスは、共感(Empathize)、問題定義(Define)、創造(Ideate)、プロトタイプ(Prototype)、テスト(Test)として定義されている。重要な点は、これらのステージは基準となる進め方の順番はあるものの、後ろのステージで新しい気付きやフィードバックを得た場合に、前のステージに戻る事が推奨されていることである。5ステージのプロセスイメージを図表5-3に示す。



ここからは、5ステージのプロセスについてそれぞれ具体的な内容を簡単に説明する。

1) 共感(Empathize)

このステージではユーザーを理解するために、行動をみる、インタビューを行い会話から知る、またそれらの組合せを行うことになる。具体的な事物やユーザー自身の意識に上っている事柄だけでなく、

* 3 “5 Stage in the Design Thinking Process” Interaction Design Foundation Website
 <<https://www.interactiondesign.org/literature/article/5-stages-in-the-design-thinking-process>>

行動やインタビューの理由や背景、社会や環境に対する考え方について、そのときのユーザーの感情も含めて理解する。

2) 問題定義(Define)

ユーザーが持つ真の問題の特定を行うステージであり、意味のある具体的な文章で問題を表現することがゴールである。共感のステージを通じて収集したユーザーに関するさまざまな情報を踏まえて、特徴的な気づきをチームで共有したうえで問題の統合と選択を行う。このステージを通じてさらなる気づきを得て問題を深掘りしていき、最終的には特定した問題を具体的な問題定義文にまとめて次のステージへつなげることになる。

3) 創造(Ideate)

前のステージで定義した問題を解決するアイデアを決めるステージである。十分な時間を取り、多数のアイデアを出すとともに、数個のアイデアに絞っていく。このステージでは、ブレインストーミングやマインドマップといったツールを活用しながらアイデア出しに注力し、アイデア評価は後段のステージで実施していくことになる。

4) プロトタイプ(Prototype)

創造のステージで数個に絞ったサービスのアイデアについて、チームメンバーやユーザーと具体的な会話を行うために、目に見える、体験できるプロトタイプと呼ばれるものを作り、テストに向けた準備を行う。プロトタイプは、付箋紙によるペーパープロトタイプ、画面表示だけのモック、ロールプレイの設定や台本でもよい。

5) テスト(Test)

作成したプロトタイプを活用してユーザーからフィードバックを得て、さらにユーザー理解を深めていくステージである。単純に機能の利用可否を確認するのではなく、ユーザーがどのように動くか、どのように感じるかのフィードバックを得て、新しい気づきを得ることが目的となる。

上記の5ステージを繰り返すことによりユーザーの持つ真の問題とその解決方法に近づくことが可能となる。

② アジャイル開発

アジャイル開発は、大きなゴール感をチームで共有しながら、単位プロセスを短期化し、小さな開発を繰り返す手法である。本項では、ウォーターフォール型の開発をしてきた企業がアジャイル開発を進めるにあたって、とくに注意すべき点を紹介する。なおアジャイル開発にはさまざまな枠組みや手法があるが、ここでは代表的な「スクラム」を例に取り上げて説明する。

(ア) 経営層の理解と報告

スクラムによるアジャイル開発では開発のアジリティやスピードを上げるため、ソフトウェアの実

装からテストまでを「スプリント」と呼ばれる短期間で実施する。そしてスプリントを繰り返すことで、システムを作り上げていく。問題になるのは、ウォーターフォールの考え方が抜けきらない組織長が「いつ完成するのか?」「どんな機能にいくらかかるのか?」「設計書を確認したい」などの要求をしてくるケースである。この要因として、組織長とシステム開発チームとの間に、アジャイルの理解に関する距離があることが挙げられる。

そこで、開発プロジェクトが始動する前に、役員・プロジェクト責任者・各部門長などに対して「アジャイルとはそもそも何か、その基本概念と価値観および従来手法との違い」を説明し、その有効性を理解させたり、協力者を生み出したりすることで、アジャイル開発のチームが円滑に活動できるような環境づくりを行うことを推奨する。

(イ) アジャイル領域の見極め

一般にアジャイル開発は、「ビジネスIT（収益の源泉となる中核ビジネスや対顧客価値を提供するIT）」のような俊敏性・柔軟性を重要視するシステムに向けた開発手法といわれる。しかし、「コーポレートIT（全社共通で利用する業務サービスなど）」でも、頻度の高いリリースが必要であったり、開発途中で要件変更が発生するシステムなら、アジャイル開発を導入する価値はある。

「要件が明確」「改修などの頻度が少ない」システムの場合は、ウォーターフォールで開発したほうがコスト的にも初期品質的にもよい結果が得られる可能性がある。しかし、要件が固定であっても開発技術や実装プラットフォームへの適合性の検証、導入組織の事情の変化などの発生はありうるため、反復型で段階的に検証しながらリリースすることによる優位性を考慮すべきである。

また、開発規模にも注意が必要である。一般に、適切な開発チーム（スクラムチーム）の人数は3名から9名であるが、大規模な企業情報システムの開発現場では、もっと多人数となることが多い。この場合、「大規模システムを3名から9名で対応可能な細かいシステムに分割したうえでアジャイル開発を導入する。その際、各アジャイルチームをとりまとめてマネージする大規模アジャイル手法(SAFeやLeSSなどの手法がある)を採用することも検討する」*4、といった対応が考えられる。とくに近年では大規模アジャイル手法の選択肢も増えている。スクラムの提唱者であるKen Schwaberが2015年に「Nexus」を、もう1人の提唱者であるJeff Sutherlandが2018年に「Scrum@Scale」を発表している。2019年にはプロジェクト管理の世界標準であるPMBOKを策定するPMI（米国プロジェクトマネジメント協会）が「Disciplined Agile」として、スクラムやSAFeなどの複数のフレームワークを組合せて適用する考え方を示している。

開発する大規模システムが分割可能な場合、システムの一部だけにアジャイル開発を導入する手もある。まず、システム全体をサブシステム単位または機能単位に分割し、「改修などの変化が多いと想定されるもの」と「そうでないもの」に分類する。前者はアジャイル開発とDevOps、後者はウォーターフォールと、特性に合わせて開発手法を選択するのが理想的である。

分割することが難しい場合も反復型のプロジェクト管理を取り入れてリスクを減少させ、分割リリースをしながら検証のタイミングを前倒しにした開発が望ましい。

*4 スクラムのチームのリーダーを集めた上位のチームを構成し、その上位の懸案管理（バックログ）や振り返り（レトロスペクティブ）の結果を各チームに割り振って持ち帰って反映させるという階層構造を形成することによって大規模化を実現する Scrum of Scrums という考え方が提案されている。その派生である LeSS (Large-Scale Scrum) や SAFe Scaled Agile Framework) とともに、大規模システムで適用され始めている。

なお、大規模システムのアジャイル開発は、まず小規模なアジャイル開発チームでの成功体験を得てから進めるべきである。アジャイル経験とチームの成熟度合いに合わせて、適切な形で大規模アジャイルへ展開していくことが必要である。

(ウ) プロジェクト体制

アジャイル開発に関する先進企業の経験や研究によれば、その中の役割分担の構成上も、定式化されたパターンが認められる。

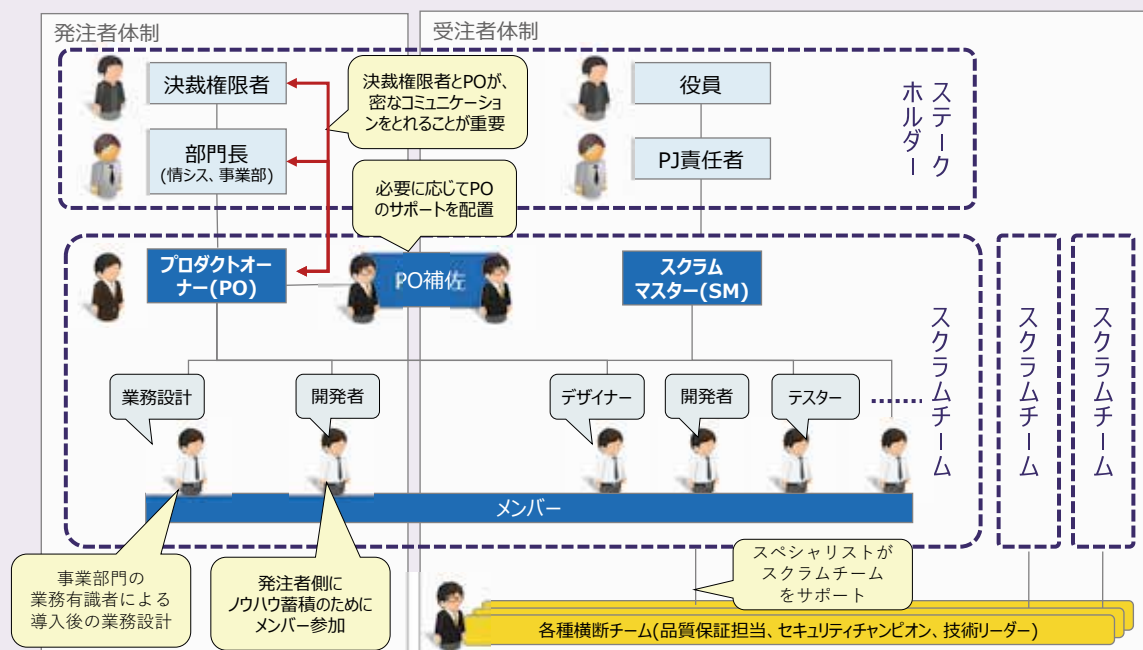
まず、組織の中核を占めるのが、プロダクトオーナー (PO) とスクラムマスター (SM) である。プロダクトオーナーは、チームにビジョンを示す最も重要な役割であり、ユーザーとの要求事項の合意や、必要機能の優先順位付け、成果物の受入れ確認など業務は多岐にわたる。その負荷を分散するため、「PO補佐(ビジネス)」、「PO補佐(システム)」を加えたPOチームを組成して業務を分担することもある。SMは、スプリントが気持ちよく自然に「回る」ように、チーム内の障害を取り除き、開発チームメンバーやプロダクトオーナーが力を出し続けられるようチーム環境の維持に努めることが大事である。

図表5-4に日本でよくみられるシステムインテグレーションの現場をイメージした構造図を示す。本図表では「開発をITベンダーが準委任契約で受託する」ケースを想定している。

ベンダーとの契約は請負ではないので、ベンダーではなく、発注者であるユーザー企業にシステム開発の責任がある。ユーザー企業は、実際の開発作業に入る前の価値探索フェーズにおいて、自らがどのような価値を求めているのか、その価値を実現するためにどのようなプロダクトを開発するのかといったビジョンを明確にする必要がある。そのうえで、開発開始後もそのビジョンを維持・改善しつつ、ビジョンに基づく迅速な意思決定を行い、開発されるプロダクトとビジョンとの間のギャップをなくすことに力を注ぐ責任がある。

アジャイル開発では、ウォーターフォール型開発に比べて、ユーザー企業には開発に対するより深いレベルでの関与が求められる。また、実際に開発を行うためには、ベンダーとユーザー企業の緊密な協働が必須となる。相互にリスペクトし、密にコミュニケーションしながらプロダクトのビジョンを共有して開発を進めることが求められる。

図表5-4 開発受注時のアジャイル/DevOpsチームの体制



(エ) 非機能要件への対応

各スクラムチームを横断的にサポートするスペシャリストの存在も重要である。とくに非機能要件に関しては、スクラムチームに十分な専門性を有した人材がない場合もあるため、チームを外から支える体制作りが大切となる。

品質保証担当とは、チームの中で、品質に関する検討をリードする役割である。アジャイル開発ではテスト駆動開発や継続的インテグレーション/継続的デリバリー (Continuous Integration; CI/Continuous Delivery; CD)に基づくテストの自動化といった手法も含めてテスト戦略も重要となり、それをリードする存在である。セキュリティチャンピオンとはチームの中で、セキュリティに関する検討をリードする役割である。最新のセキュリティ情報を収集し、企画・設計段階から脆弱性を組込んでしまいうリスクを低減するため、各段階に応じたセキュリティ対策を組込むための検討やレビューを牽引する。また、技術リーダーは自社の開発に関する技術動向を把握し、利用可能なツールやサービスを的確に見極め、チームメンバーを巻き込みながらツールの使い方を紹介し、導入や自動化を推進していく。

また、性能や拡張性などの非機能要件を検討するには、将来のビジネスの規模や環境の変化などを考慮することになるが、機能要件が固まっていくに従って明確化される部分もある。

しかし非機能要件は、後から大きな変更をすることは難しいアーキテクチャーに大きな影響を与える。そのため、アジャイル開発であってもプロジェクト初期段階で優先順位の高い非機能要件を定義し、アプリケーションの開発は非機能要件による制約を意識しながら開発することが必要である。また、非機能要件の更新が必要となった場合に対応できるように、採用するアーキテクチャーは、拡張性や柔軟性があるものを使うことが好ましい。

③ DevOps

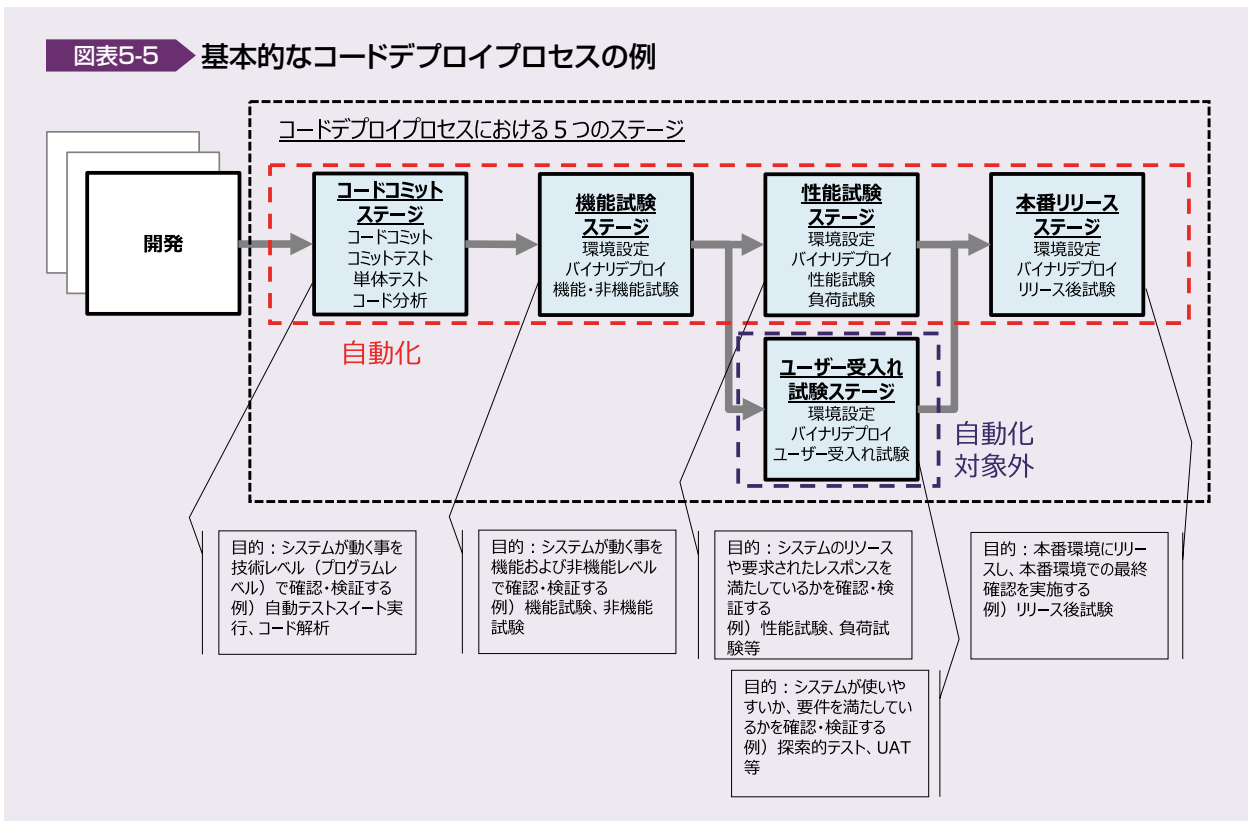
(ア) アジャイル開発とDevOps

従来の情報システム部門がDXの求めるスピードやアジリティに対応できない原因には、開発プロセスにおける「ビジネス変化と開発スピードのギャップ」「スピードを上げたい開発部門と安全性・安定性を重視する運用部門とのギャップ」という二つのギャップがあった。前者の解決手段として提案されてきたのがアジャイル開発であり、後者の解消手段として注目されているのがDevOpsである。DevOpsは、従来、分業・分断されていた開発(Dev)と運用(Ops)の担当者がそのシステムやサービスのビジネスゴールを共有し、テスト・構成管理・デプロイなどをできる限り自動化することで、スピードと品質を担保したうえで、柔軟かつ迅速な開発を目指す。

以下にDevOpsを実現するためのポイントを解説する。

(イ) コードデプロイプロセス

アジャイル開発/DevOpsにおいて自動化は、スピードとアジリティを実現する重要な要素であるが、ソフトウェア開発の各工程の担当者が個別に自動化を進め始めると、「自動化範囲の重複や欠落」「セキュリティ試験など必要なテストが不十分」「リリースの受入れ基準が不明確」といった問題が起こりかねない。こうした事態を避けるためには、ソフトウェア開発の全体プロセス設計と自動化を一貫して整備する必要がある、アジャイル開発/DevOpsで一般的に使われている「コードデプロイプロセス」を描いたうえで、それに沿って進めることが重要となる(図表5-5)。



出典：株式会社野村総合研究所における実装例を簡略化して記載

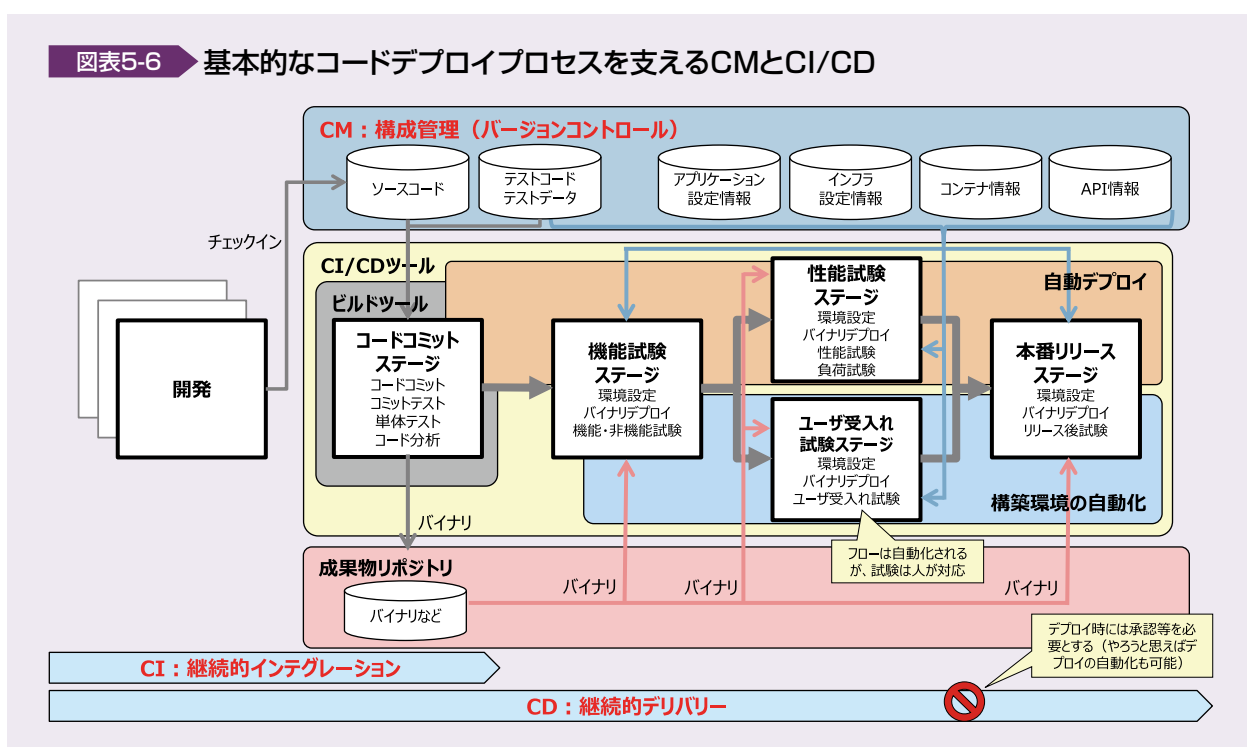
一般的に、ソフトウェアをコーディングし始めてからユーザーに提供するまでには一連の段階(プロセスステージ)に分けてソフトウェアの検証を行っていくことになる。

- ・コードコミットステージ：単体テストとコード解析を自動化し、技術レベルでの検証を行う。
- ・機能試験ステージ：機能および非機能レベルの検証を行う。
- ・ユーザー受入れ試験ステージ：実業務の確認に加え、魅力品質(使いやすさ)などのユーザー価値の検証を行う。
- ・性能試験ステージ：性能面での検証を行う。
- ・本番リリースステージ：ユーザー環境へのリリースを実施し、最終確認を行う。

コードデプロイプロセスでは、各ステージ単位での部分的なテスト作業にとどめず、可能な限り全体プロセスまで自動化するという工夫である。これにより、作業者ごとのばらつきがなく、高速に必要な検証を確実に行うことが可能になり、より高速かつ高品質な開発が可能になる。

(ウ) コードデプロイプロセスを支える二つの要素

コードデプロイプロセスのこの自動化の実現には、構成管理(Configuration Management：CM)、継続的インテグレーション/継続的デリバリー (CI/CD)という二つの要素が重要となる。これらとコードデプロイプロセスの関係を図表5-6に示す。



出典：株式会社野村総合研究所における実装例

(a) 構成管理(CM)

構成管理とは、各種の設定情報やプロジェクトの内外を含めた環境などを管理することである。ソフトウェアの検証においては想定された実行環境を設定する必要があるが、コンピュータ上で数多くのソフトウェアが連携動作する場合には、適切な環境の設定がきわめて煩雑な作業になる。そのため、各ステージで求められる適切な環境を準備できるようにしておくことで、検証やデプロイが容易になる。

(b) 継続的インテグレーション/継続的デリバリー (CI/CD)

継続的インテグレーション(CI)とは、コードコミットステージにおけるプログラムの開発と単体テストまでの検証を自動化することである。これに対して、継続的デリバリー (CD)は、CIの自動化範囲をコードコミットのステージからさらに拡大したもので、コード変更が行われた段階で、変更されたコードが実行可能なソフトウェアに自動的に組み込まれ、テストや運用環境へのリリースに向けた準備も自動的に完了することを目指す。すなわち、CI/CDとは、システム開発におけるコードコミットから各種検証、調整を経て本番環境へのデプロイまでの各工程を一つの大きなプロセスとしてつないでいくことを意味する。これにより、デプロイまでの業務負荷を大幅に下げられる。

また、CI/CDは、単に自動化による高速化を図るだけではなく、作業者ごとの解釈や誤解に基づく検証作業におけるばらつきやミスをなくし、品質を向上させるという意図がある。

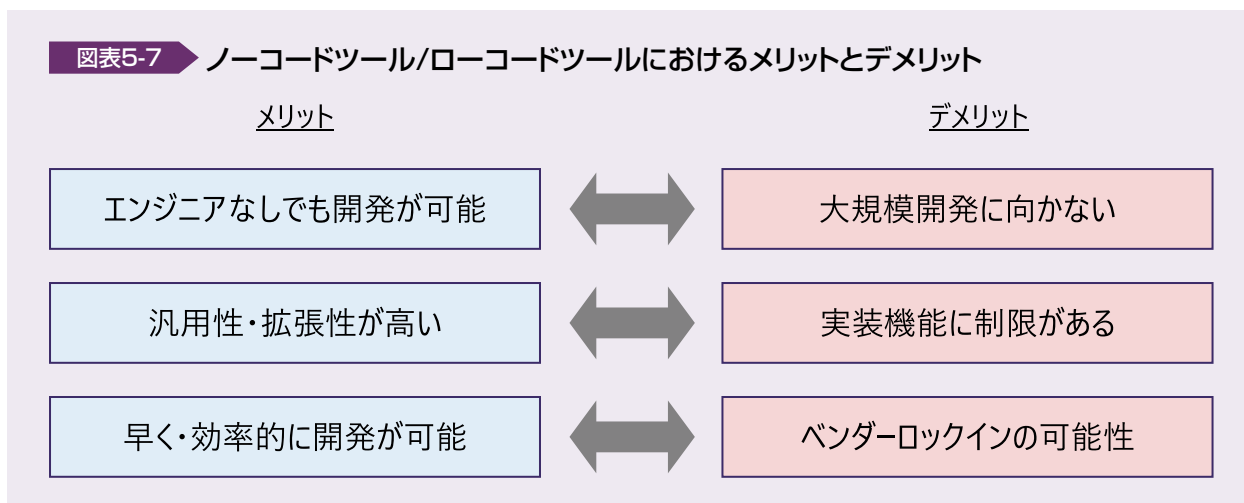
この点については三つの重要な視点がある。一つ目は可能な範囲で各種セキュリティ検証を自動化範囲内に括り込むこと、二つ目は「ユーザー受入れ試験」「機能試験」「性能試験」など人間が行うステージは自動化の対象外になるため、テスターや利用ユーザーと密接に協力し合って実態に合ったテストシナリオを作ること、三つ目は開発者が設計やコーディングの段階からテストを意識する文化を徹底することである。

④ ノーコードツール/ローコードツール

近年はアプリケーションの開発ツールとして、プログラミング言語なしで実装可能なノーコードツールや、簡単なプログラミングで実装が可能なローコードツールが注目を集めている。以前は、こうしたツールは一部のツール専門ベンダーのみが提供していたが、近年では大手ITベンダーからもツールが提供されるようになり利用が拡大している。また、開発速度を上げるための手段としての認知も高まっており、スピードとアジリティが必要とされるアジャイル/DevOpsとの相性もよい。

(ア) メリットとデメリット

一般的なノーコードツール/ローコードツールのメリットとデメリットは図表5-7のとおりである。



非エンジニアでも開発が可能になることが最大のメリットであり、業務ロジックや業務フローを熟知した業務部門主導による現場のニーズにマッチしたサービス開発も期待できる。ツールによっては、

さまざまな業務を実装するためのテンプレートも準備されており、標準的な機能に関しては汎用性・拡張性も高い。既存のシステムの維持保守に手一杯でIT人材が不足する企業においては、有益なツールである。

ただし、開発をサポートするツールであるため、他のさまざまな機能と接続する大規模な業務システム開発には向かない場合がある。たとえば、目的とするシステム実現に必要な機能が提供されていないければ、利用価値は低い。また、ライセンス費用が高額であったり、ツール間の互換性がなく、他サービスへ移行のハードルが高い製品もある。ツールの選定に際しては、これらの課題を考慮して意思決定する必要がある。

(イ) どのようなシステム開発から始めるべきか

適用対象とするシステムを検討する際には、上記のメリット・デメリットに加え利用者数やビジネスプロセスへの影響を勘案し、比較的小さいシステム開発から始めることが望ましい。国内では短期間での開発が可能でありユーザー要望への頻繁なアップデートへの対応が可能となるように、ローコード開発をアジャイル開発と組合せて部門システムを開発するケースが多くみられる。また、欧米では市民データサイエンティストの増加もあり、分析のためのデータのクレンジングや準備のためにノーコードツールやローコードツールを利用する割合が多くなっている。

(ウ) 社内の体制

利用者数の少ないチーム向けのアプリケーションをビジネス部門主導で開発する場合は、ビジネス部門における開発者の教育体制の整備やコミュニティ構築が有効である。

さらに利用者数やビジネスへの影響度合いが大きい部門のシステムなどをビジネス部門が主導して開発する場合には、個別事業部門に情報システム部門が把握していないシステムが増えていくことのないように、最高情報責任者(Chief Information Officer; CIO)や最高デジタル責任者(Chief Digital Officer; CDO)や情報システム部門が連携して、一定の方針の下で進めていく必要がある。具体的には、ガイドラインの提示や、セキュリティホールが生まれないように、システム部門によるツールの評価、セキュリティ面でのサポートが望ましい。

また、システム運用に関しては、ビジネス部門に任せるよりもIT部門が担当するほうが人員やコストの面でメリットが多い。

(3) 導入プロセス

多くの企業では旧来の開発手法を活用してITシステムを構築・運用しているため、前項までに紹介した新たな開発手法の導入を行う場合には、既存システムとの接続や既存の手法との使い分けについて留意する必要がある。導入の際のポイントを3点紹介する。

(ア) 業務への影響・リスクを考慮して導入する

新たな開発手法は一度にすべてのITシステムに対して導入するのではなく、まず、既存の業務へ影響が少ない一部のITシステムを対象とすることが考えられる。また、各手法の特性を考慮すれば、エンド

ユーザーのニーズに合わせた機能追加や改修の頻度が高いシステムや「小さく立ち上げて育てていく」ことを目指す業務のITシステムとの親和性が高い。

新たな開発手法の導入が業務に与える効果とリスクを勘案した適切な対象の選定と適用範囲の設定が大切である。

(イ) 小さい組織で立ち上げる

新たな開発手法に関するノウハウやスキルを持った要員が少ない場合、まずは、小さな組織を立ち上げ、小規模なプロジェクトを対象としてシステム運用や業務へのインパクトを計測し、業務部門や経営幹部に示していく。これにより、関係部門へのアピール、ノウハウと実績の蓄積、要員のスキルアップを図る。また、ノウハウやスキルを有する人材を雇用したり、外部企業を活用したりする方法もある。これらにより、経営層や関連部署との連携を図りつつ、徐々に関係組織の拡大を図るべきである。

(ウ) ビジネス部門を巻き込んで体制を作る

ビジネス部門を巻き込んだ体制作りを行うことも重要なポイントである。前述の開発手法の導入メリットは、ユーザー部門にビジネス価値をすばやく提供し、競合他社に対する優位性を確保することである。IT部門とビジネス部門が連携しエンドユーザーに近い要員を巻き込むことで、開発手法のコンセプトや有効活用のノウハウを共有したり、活用効果を共感することができれば、よりスムーズにDXを推進することができる。

そのためには、IT部門がビジネス部門の業務を理解し、課題を発見したり、ビジネス部門が自分たちの課題がデジタル技術によって解決できるかを判断し、提案しやすくすることも重要である。両部門の間で人材ローテーションを行うなどの工夫をしている組織も存在する。

2 システム開発技術

(1) 背景

① あるべきITシステムを実現するためのシステム開発技術

従来、エンタープライズにおけるITシステムは、強力な一台のコンピューターに一つのプログラムを実行させるという考え方で作られていた。そのため、プログラムは業務単位でモノリシックな構造をとることが多かった。モノリシックとは「一枚岩」という意味で、各サブシステムが適切に分割されず密結合な状態となっている。そのため一部のサブシステムに変更を加えた場合のシステム全体に対する影響範囲を見極めることが難しく、システム改修時に影響調査やテストに時間がかかる、開発規模が大きくなり費用がかさむ、結果として頻繁なシステム改修が困難になる、などのさまざまな問題が発生しやすいものとなっていた。

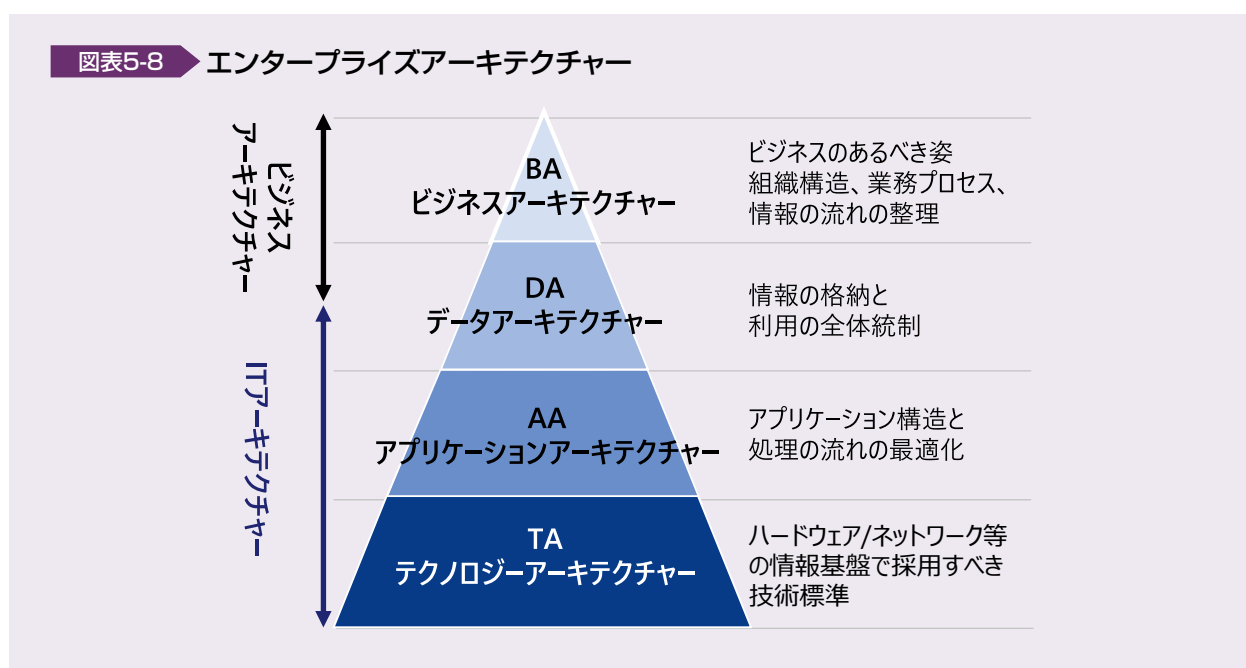
こうした課題を解決するために、独立したプログラム＝機能サービスが連携して一つのソフトウェアの全体を形作るというSOA (Service Oriented Architecture)などのコンセプトをより発展させたものとして、最近注目されているのが、後述のマイクロサービスアーキテクチャーである(後述の(2)③「マイクロサービスアーキテクチャー /API」参照)。

また、技術の進化もシステム開発のスピードを高めることに貢献している。とくにクラウドは利用したい時に必要な分のリソースを確保できるため、調達や構築に多くの時間を必要とするオンプレミスのシステムと比べ、アジャイルな環境構築が可能となる。

② あるべきITシステムを実現するための構成要素の位置付け

あるべきITシステムを実現するための構成要素の位置付けは、EA（Enterprise Architecture）の構造を把握すると理解しやすい。EAは2000年頃に流行ったフレームワークで、上からビジネス、データ、アプリケーション、テクノロジーの四つのアーキテクチャー階層から成る。経営戦略とITシステムの一貫性を維持し、全体最適化を実現するのに有効な手段である。

DX実現に求められるあるべきITシステムを実現するためには、ビジネスアーキテクチャーの変化に即応できるアプリケーションアーキテクチャーやテクノロジーアーキテクチャーが必要となっている。本項では、テクノロジーアーキテクチャーの構成要素としての「クラウド」と「コンテナ」、アプリケーションアーキテクチャーの構成要素としての「マイクロサービスアーキテクチャー/API（Application Programming Interface）」について説明する。



(2) 技術概要

① クラウド（クラウドコンピューティング）

(ア) クラウドの概要

クラウドコンピューティングという言葉は2006年に当時Google（米国）のCEOであったEric Schmidtが提唱したものである。変化対応力のあるシステム基盤に必要な要素として、拡張が容易であることと、環境構築やその停止が容易かつ俊敏であることが挙げられる。現在のところ、クラウドの活用はこれらの要素を満たす有効な手段であると考えられる。

クラウドコンピューティングは、共用のコンピューティングリソース（ネットワーク、サーバー、ストレージ、アプリケーション、サービス）の集積に、どこからでも、簡便に、必要に応じて、ネットワーク経

由でアクセスすることを可能とするモデルであり、最小限の利用手続またはサービスプロバイダーとのやりとりで速やかに割当てられ、提供されるものである。このクラウドモデルは五つの基本的な特徴（「オンデマンド・セルフサービス」「幅広いネットワークアクセス」「リソースの共用」「スピーディな拡張性」「サービスが計測可能であること」）、三つのサービスモデル（「SaaS」「PaaS」「IaaS」）、および四つの実装モデル（「プライベートクラウド」「コミュニティクラウド」「パブリッククラウド」「ハイブリッドクラウド」）によって構成される*5。

（イ）クラウドの形態

クラウドには、特定の組織専用提供される「プライベートクラウド」、広く一般向けに提供されるクラウドを他の組織と共有利用する「パブリッククラウド」がある。また、オンプレミスあるいはプライベートクラウドとパブリッククラウドを組合せた「ハイブリッドクラウド」、複数のパブリッククラウドを組合せた「マルチクラウド」などの利用形態が存在する。

またクラウドは、どのレイヤーをクラウド事業者が提供するかによって、複数のサービスの提供形態に分類できる。主なクラウドサービスの提供形態を図表5-9、図表5-10に示す。

図表5-9 主なクラウドのサービス提供形態

凡例				
利用者管理		クラウド事業者管理		
オンプレミス	IaaS Infrastructure as a Service	PaaS Platform as a Service	SaaS Software as a Service	
アプリケーション	アプリケーション	アプリケーション	アプリケーション	
ミドルウェア	ミドルウェア	ミドルウェア	ミドルウェア	
OS	OS	OS	OS	
ハードウェア	ハードウェア	ハードウェア	ハードウェア	

* 5 The NIST Definition of Cloud Computing
 <<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>>

図表5-10 各クラウドサービスパターンの概要*6

クラウドサービスパターン	概要
IaaS (Infrastructure as a Service)	利用者に、CPU機能、ストレージ、ネットワークその他の基礎的な情報システムの構築に係るリソースが提供されるもの。利用者は、そのリソース上にOSや任意機能(情報セキュリティ機能を含む。)を構築することが可能である。
PaaS (Platform as a Service)	IaaSのサービスに加えて、OS、基本的機能、開発環境や運用管理環境などもサービスとして提供されるもの。利用者は、基本機能などを組合せることにより情報システムを構築する。
SaaS (Software as a Service)	利用者に、特定の業務系のアプリケーション、コミュニケーションなどの機能、運用管理系の機能、開発系の機能、セキュリティ系の機能などがサービスとして提供される。利用者は、アプリケーションの機能の利用者として設定、利用はするが、アプリケーションのカスタマイズはできない場合が多い。一般的に、利用量に応じた料金設定となっていることが多い。

(ウ) クラウドの利用のメリット

「政府情報システムにおけるクラウドサービスの適切な利用に係る基本方針」*7の内容をもとに主にパブリッククラウド利用のメリットを整理したものを図表5-11に示す。

図表5-11 クラウドの利用のメリット

概要	
効率性の向上	クラウドサービスでは、多くの利用者が使用するリソースを共有するため、一利用者当たりの費用負担は軽減される。また、クラウドサービスは、多くの場合、多様な基本機能があらかじめ提供されているため、導入時間を短縮することが可能となる。
セキュリティ水準の向上	多くのクラウドサービスは、一定水準の情報セキュリティ機能を基本機能として提供しつつ、より高度な情報セキュリティ機能の追加も可能となっている。また、世界的に認知されたクラウドセキュリティ認証などを有するクラウドサービスについては、強固な情報セキュリティ機能を基本機能として提供している。多くの情報システムにおいては、オンプレミス環境で情報セキュリティ機能を個々に構築するよりも、クラウドサービスを利用する方が、その激しい競争環境下での新しい技術の積極的な採用と規模の経済から、効率的に情報セキュリティレベルを向上させることが期待される。
技術革新対応力の向上	クラウドサービスにおいては、技術革新による新しい機能(たとえば、ソーシャルメディア、モバイルデバイス、分析ツールなどへの対応)が随時追加される。そのため、クラウドサービスを利用することで、最新技術を活用し、試行することが容易となる。
可用性の向上	クラウドサービスにおいては、仮想化などの技術活用により、複数の物理/仮想サーバーなどのリソースを統合されたリソースとして利用でき、さらに、個別のシステムに必要なリソースは、統合されたリソースの中で柔軟に構成を変更することができる。その結果、24時間365日の稼働を目的とした場合でも過剰な投資を行うことなく、個々の物理的なリソースの障害などがもたらす情報システム全体への悪影響を極小化しつつ、大規模災害の発生時にも継続運用が可能となるなど、情報システム全体の可用性を向上させることができる。
柔軟性の向上	クラウドサービスは、リソースの追加、変更などが容易となっており、数ヶ月の試行運用といった短期間のサービス利用にも適している。また、一般に汎用サービス化した機能の組合せを変更するなどの対応によって、新たな機能の追加のみならず、業務の見直しなどの対応が比較的簡易に可能となるほか、従量制に基づく価格設定や価格体系が公表されていることも一般的である。

* 6 「政府情報システムにおけるクラウドサービスの利用に係る基本方針」各府省情報化統括責任者（CIO）連絡会議 <https://cio.go.jp/sites/default/files/uploads/documents/cloud_policy_20210330.pdf>

* 7 「政府情報システムにおけるクラウドサービスの利用に係る基本方針」各府省情報化統括責任者（CIO）連絡会議 <https://cio.go.jp/sites/default/files/uploads/documents/cloud_policy_20210330.pdf>

以上のように、クラウドには多くのケースでメリットがあり、近年では、システム構築を行う際にクラウドの利用を優先する「クラウドファースト」やシステム構築を行う際には、クラウドの利用を第1候補(デフォルト)とする「クラウド・バイ・デフォルト」という考え方も広がっている。

さらにクラウドの価値を最大限活用したシステムという意味あい「クラウドネイティブ」という言葉も使われ始めている。クラウドネイティブを推進する「Cloud Native Computing Foundation (CNCF)」では、クラウドネイティブ技術は、パブリッククラウド、プライベートクラウドやそれらを組合せたハイブリッドクラウドなどの近代的でダイナミックな環境において、スケーラブルなアプリケーションを構築および実行するための能力を組織にもたらすとしており、そのアプローチの代表例に、コンテナ、サービスメッシュ、マイクロサービス、イミューダブルインフラストラクチャ、および宣言型APIを挙げている。また、クラウドネイティブの実現のためには、技術だけではなく文化や組織の変革も必要であるとしており、イベントを通じた啓発、トレーニングコースの開発など、多方面に活動を拡げている。

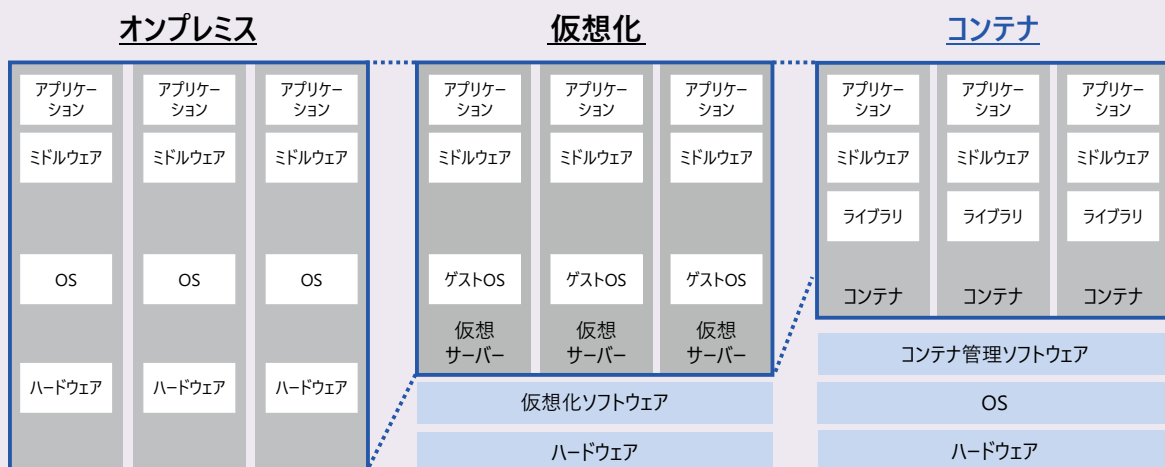
② コンテナ

(ア) コンテナの概要

コンテナは、OSを含まない形でアプリケーションの実行環境をパッケージ化したものである(図表5-12)。「コンテナ」のフォーマットやランタイムの業界標準策定を目的として設立されたイニシアチブであるOpen Container Initiative (OCI)は、コンテナを「『隔離とリソース制限を設定可能なプロセス実行』を提供する一つの環境」としている。コンテナは他のコンテナからファイルシステムやプロセスが隔離され、利用可能なCPUリソースなどに制限がかけられる。そのため、コンテナ内で実行されるプロセスは他のコンテナ内で実行されるプロセスとは独立した実行環境を有することができる。

コンテナは、サーバー仮想化よりも高速に実行環境を構築したり、移行・起動・削除することが可能であり、より早くシステムを開発し顧客に届けるというビジネスニーズに応えるための技術として注目が集まっている。

図表5-12 コンテナ概要



(イ) コンテナの特徴

コンテナイメージ内にはOSが含まれず、アプリケーションやミドルウェアを稼働させる最低限のライブラリのみでよいため、仮想化環境よりも軽量となり、管理も容易で、構築や廃棄も迅速に行うことができる。また、コンテナは、オンプレミスやクラウドを問わずさまざまな環境で稼働できるうえ、稼働環境の可搬性が高いという特徴を持つため、開発環境で開発したアプリケーションが本番環境で動かないリスクを軽減できる。

また、実運用で多数のコンテナを稼働させる場合、管理のツール(コンテナオーケストレーションツール)を用いることで、実行処理の負荷を複数のホストを跨いで管理するなどの高度な調整を行うことができる。

③ マイクロサービスアーキテクチャー / API

(ア) マイクロサービスアーキテクチャーの概要

アジャイル開発やDevOpsによる高速開発を支えるためアプリケーションアーキテクチャーとして注目されているものがマイクロサービスアーキテクチャーである。マイクロサービスアーキテクチャーは「あるサブシステムでの変更が、他のサブシステムにおよびにくくする」ことを目的に、APIによる疎結合化を強く推し進めたアーキテクチャーである。マイクロサービスアーキテクチャーは2014年にJames LewisとMartin Fowlerによって提唱され^{*8}、図表5-13に示す九つの特徴を持つとされる。

図表5-13 マイクロサービスアーキテクチャーの九つの特徴

1. サービスによるコンポーネント化 Componentization via Services	6. 非中央集権的なデータ管理 Decentralized Data Management
2. ビジネス機能に基づいたチーム編成 Organized around Business Capabilities	7. インフラの自動化 Infrastructure Automation
3. プロジェクトではなく製品と捉えた開発・運用 Products not Projects	8. 障害発生を前提とした設計 Design for failure
4. スマートエンドポイントとシングルパイプ Smart endpoints and dumb pipes	9. 進化的な設計 Evolutionary Design
5. 非中央集権的な言語やツールの選択 Decentralized Governance	

(イ) マイクロサービスアーキテクチャー活用のポイントと留意点

マイクロサービスアーキテクチャー活用におけるポイントと留意点を下記に示す。

(a) APIによる疎結合化

マイクロサービスアーキテクチャーは、小規模かつ軽量で互いに独立した複数のサービスを組合せて、システムを実現するという開発コンセプトである。各サービスはAPIを通じて連携し、全体として

* 8 “Microservices” <<https://martinfowler.com/articles/microservices.html>>

一つのシステムとして動作する。APIで規定されたとおりの挙動を保証する限りにおいて、呼び出される側のサービスの改修は自由に実施可能となるため、システムの改修頻度も高められる。また、新旧のAPIを併用することによって、サービスに対する仕様変更の影響を最小限に抑えることもできる。

(b) 個々のサービスに閉じたデータ格納

マイクロサービスアーキテクチャーは分散システムであり、各サービスが独自にデータベースを管理する。あるサービスが他のサービスのデータベースにアクセスする場合は、そのサービスが提供するAPIを経由してデータを操作する。

モノリシックなシステムではしばしば複数のサービス間でデータベースを共有するように実装されるが、この場合、データベースへ修正を加える際に他サービスに与える影響を見極めることが難しくなる。しかし、データベースを共有せず、その操作をAPI経由に限定することで、スキーマやデータベースの実装を他サービスから分離でき、サービス間の疎結合な状態を保つことができる。

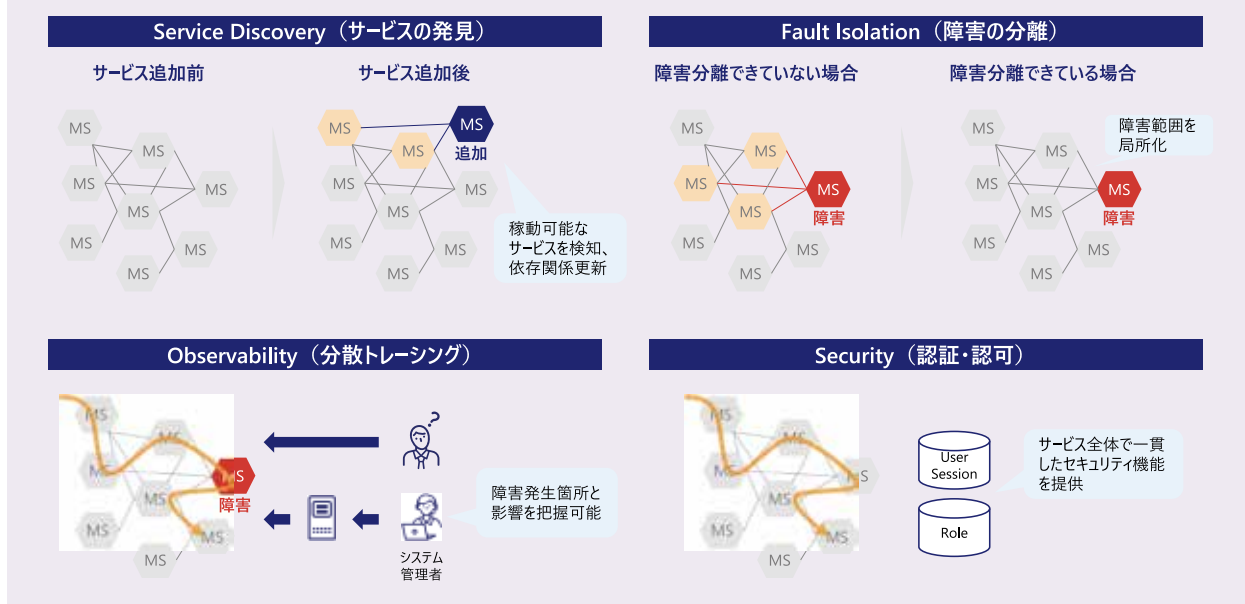
(c) データ内容の一貫性に対する注意点

通信障害によりシステム全体が機能不全になることを避けるように考えられているマイクロサービスアーキテクチャーでは、分散型システムの原理上、システム内において各サービスが矛盾したデータベース状態を保持してしまう可能性がある。システム内での矛盾状態を解消するために、各サービスの状態を確認できなかった段階で更新のキャンセルを行う方法や、問題があれば更新を打ち消す方法などにより、問題を緩和できる。しかし、一定時間経過後に最終的な一貫性が担保される結果整合性は担保されるものの即時整合性は担保されない。厳密なデータベースの整合性の確保は容易ではない。トランザクションレベルにおいても、障害発生時に各サービス間の処理を正しく実行するために補償トランザクションが必要になり、複雑な制御が必要になるという課題がある。

(ウ) マイクロサービスアーキテクチャーの構成要素

マイクロサービスアーキテクチャーの実現に必要な構成要素として重要なものは、コンテナとサービスメッシュである。各サービスを実装するためにコンテナを用いることにより、アプリケーションの可搬性と自由度が上がり、デプロイの容易性を高めることができる。サービスメッシュは各サービス間で行われる通信を支えるネットワークサービスである。主に、サービスの発見(サービスがデプロイされる度に依存関係にあるサービスを調査し、システム側で適切な接続先を決定する)、障害の分離(通信障害が起きた時に他のAPIを遮断し、波及を防止する)、分散トレーシング(サービス間の通信内容を監視、追跡して問題発生時に発生個所の特定等を支援する)、認証・認可(セッション情報やアクセス権限などを一元管理する)といった役割を担う。

図表5-14 サービスメッシュ



④ レガシーシステム刷新

ITシステムを長期間運用している場合、機能の追加・改修の繰り返しにより以下のような課題を抱える場合がある。

- ・技術面で著しく老朽化している
- ・ブラックボックス化している
- ・肥大化・複雑化している

上記のような「レガシーシステム」は、古い技術を扱える人材の補充が困難、構造が不明で改修や機能追加が困難、運用保守コストが増大するなどの問題が生じる。DXの足かせになることも懸念されるため、移行の対応を検討していくことが望ましい。

なお、レガシーシステム刷新の進め方については(3)④「レガシーシステム刷新の進め方」で後述する。

(3) 導入プロセス、事例

ここでは、(2)で説明したクラウド、コンテナ、マイクロサービスアーキテクチャー/APIおよびレガシーシステム刷新の導入プロセスの説明および事例紹介を行う。

① クラウド導入の進め方

(ア) クラウド活用方針策定

クラウド導入を進める際には、まずは、企業のクラウド活用に関する方針をまとめ、社内で合意する必要がある。具体的には、クラウド活用対象とするシステム種別や取り扱うデータ、セキュリティ、ガバナンスなどの活用方針、利用規定を定める。クラウド活用方針の策定においては、現在の予算計画や企業ルールとの適合性が問題になりやすい。たとえば、クラウドが従量課金であるために従来の調達プロセスと合致しない場合や、自社のルールでデータ管理場所の現地監査を定めているのにクラウド運営

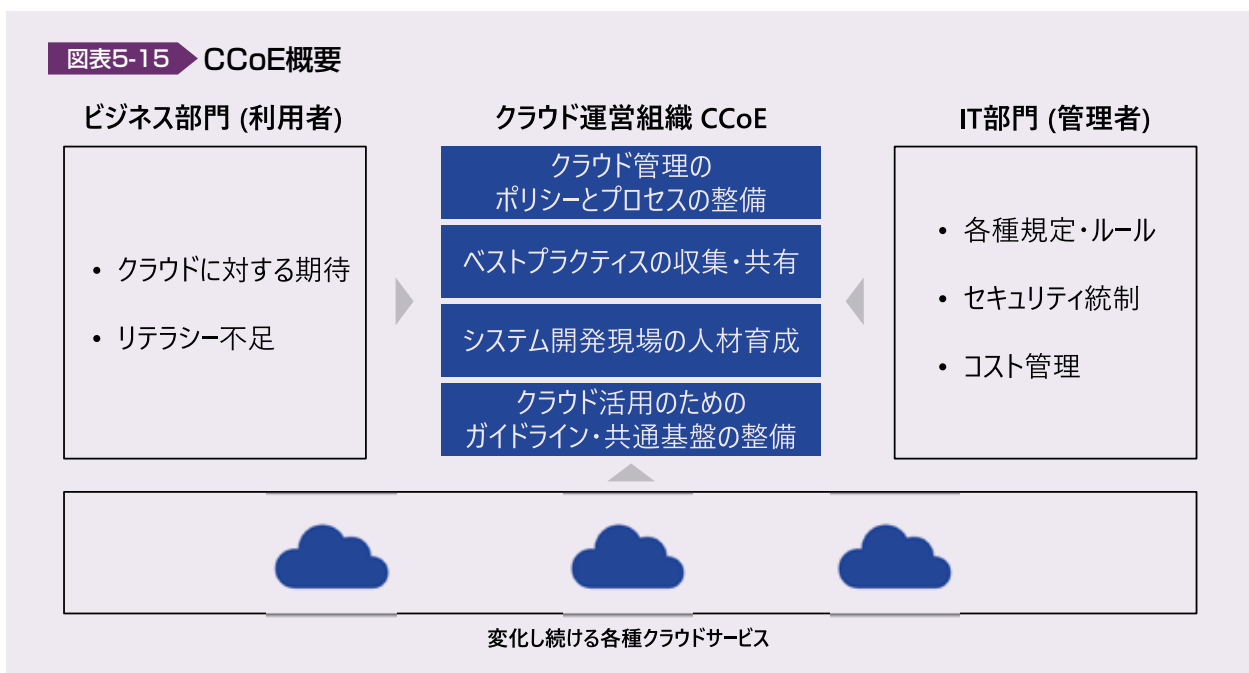
企業が現地監査を受け入れていない場合などである。基本的にはクラウドを考慮したものに社内ルールを改訂することになるが、定額サービスの利用や現地調査を証明書で代替するなどの運用でカバーするといった対策も考えられる。

(イ) クラウドへの移行

サービスメニューやサービスレベル、移行のしやすさ、セキュリティレベル、コスト見込みなどから利用するクラウドプラットフォームを選定する。次に、クラウド移行の進め方を検討する。まずは、クラウド活用方針に従い、クラウドに移行するシステムを選定し、その後、移行形態(プライベートクラウドかパブリッククラウドか、IaaS、PaaS、SaaSのどれを選ぶか)を決定する。次は移行作業であるが、その前に概念検証(Proof of Concept; PoC)の実施を推奨する。少数の個別システムについて先行してクラウド移行を進め、クラウド活用方針の妥当性や、選定したクラウドプラットフォームの性能や信頼性を検証することが望ましい。

(ウ) クラウド移行後の運用に関する検討

クラウドは日々進化を続けるため、クラウド移行後も活用方針の見直しが必要である。またクラウドは、利用する側にも特定のスキルが必要であり、進化するクラウドに追従可能な人材の育成も必要となる。そのような状況に対応するため、クラウド関連の状況と情報を把握し、対応を進めるための専門部署(Cloud Center of Excellence; CCoE)(図表5-15)を導入する企業も出てきている。



② コンテナ導入の進め方

(ア) コンテナ活用方針策定

コンテナ導入においても、クラウド同様、コンテナ活用方針をまとめることが望ましい。コンテナ化の対象システムの検討、オンプレミス継続/クラウド活用、コンテナオーケストレーションツールの選定などをとりまとめる。コンテナ導入は、単体で検討を進めるよりも、前述のクラウド導入も含めた、企業全体のITインフラ検討の一環として進める必要がある。

(イ) コンテナ実行環境、移行方式の決定

コンテナについては、ツールが数多く提供されているため、コンテナ活用方針に基づいて最適なものを選ぶという作業が中心となる。コンテナ技術はまだ比較的新しい技術であり、実行環境・ツールも日々変化していくと見込まれるため、業界動向や採用事例をもとに選定する。なお、実際のコンテナ導入にあたっては、コンテナ導入のベストプラクティスを参考にすることが望ましい。また、米国国立標準技術研究所(National Institute of Standards and Technology; NIST、米国)は2017年にコンテナセキュリティガイド*⁹を発行しており、コンテナに関連する潜在的なセキュリティリスクと、リスクに対処するための推奨事項を提供している。

(ウ) 概念検証

コンテナについても、導入前に概念検証の実施を推奨する。コンテナ環境上で業務サービスを提供しているケースを想定し、構築・テスト・リリースに関してコンテナ環境特有の要素を洗い出す。とくに、コンテナは構成管理の機能を包含しているためIaC (Infrastructure as Code)やCI/CDといった自動化と相性がよい技術なので、これら自動化関連技術を組合せて想定どおりの効果を得ることができるか、検証を行うことが望ましい。また、性能や耐障害性といった非機能要件の観点での検証を行い、業務サービスが実用に耐えうるかの検証も合わせて行う。

③ マイクロサービスアーキテクチャー / API 導入の進め方

(ア) マイクロサービス化の始め方

マイクロサービスアーキテクチャーの導入の例として、Netflix (米国)を取り上げる。モノリシックなシステムに対して100人以上の開発者が書いたプログラムを集めて2週間に一度本番リリースする状況に限界を覚え、マイクロサービスアーキテクチャーに辿り着いたとされる。導入は一部の対象から徐々に適用範囲を広げるアプローチをとり、小さなプロジェクトを重ねて取組を洗練させていった結果、今では同社のサービスは多数のマイクロサービスで構成されている。Netflixの取組は絶対的なものではないが、開発の不確実性を下げるためのPoCの実施や、小さく始めて徐々に適用範囲を拡大するスモールスタートのアプローチの好例と考えられる。

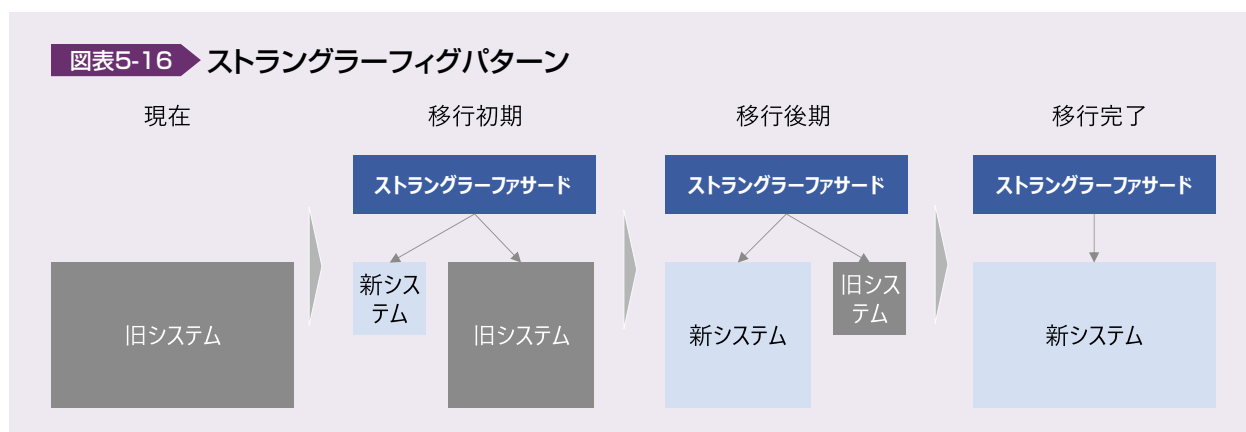
(イ) システムと体制の段階的移行

マイクロサービスアーキテクチャーの導入によって、開発スピードが高速化されるが、それに合わせて、それぞれの業務を最高速でこなせるようなシステム開発・運用体制の変更も要請される。

マイクロサービスアーキテクチャーの導入はそもそも漸進的なシステム開発であり、したがって、システム再構築も、従来の一括でのシステム切替えではなく、段階的に切替えていくことが有力な選択肢となる。段階的な切替え方式としては、まずシステム間連携を担うゲートウェイ(ストラングラーファサード)を通じて内部システム間で連携を行う方式にシステム全体を切替えてから、徐々にシステムを切替えていくやり方(ストラングラーフィグパターン、またはストラングラーアプリケーションパターン

* 9 “Application Container Security Guide (SP 800-190)”, NIST Website
<<https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-190/final>>

ン)がよく知られている。^{*10}



(ウ) 複合的な推進

マイクロサービスアーキテクチャーをITアーキテクチャーの観点だけで取組むことは推奨されない。アジャイル開発やDevOpsの採用、CI/CD環境の導入などと合わせて開発スピードを高めていくための手段であることは強く意識するべきである。また、市場や利用者の変化に追従するために設計時にすべてを確定させることは困難であるため、システム開発の内製化や、システム開発会社との契約体系の見直しが必要になる可能性もある。社内の組織運用も、小規模化、自律化が望ましい。このように、マイクロサービスアーキテクチャーは会社組織の機能や運用を改革するさまざまな取組と組み合わせり、複合的に推進されていくことで効果をより発揮するのである。

④ レガシーシステム刷新の進め方

レガシーシステムの刷新においては、まず、現状のITシステムを分析し、機能ごとに以下の四つの観点で評価することが、出発点となる。

- (a)：頻繁に変更が発生する機能は再構築
- (b)：変更されたり、新たに必要な機能は適宜追加
- (c)：肥大化したシステムの中に不要な機能があれば廃棄
- (d)：あまり更新が発生しない機能は現状維持

「頻繁に変更が発生する機能」については、変更に対して迅速・柔軟な対応を可能とするため、アプリケーションの構造を見直し、新たなITシステムへ再構築を行う。また、「新たに必要となる機能」は、保守性を考慮し、再構築したITシステムへ、適宜追加する。さらに、「不要な機能」は廃棄、「あまり更新が発生しない機能」は現状維持を行いながら、「ITシステムのあるべき姿」へ移行する。

レガシーシステムの刷新には、現行システムを一度に移行する場合と段階的に移行する場合がある。移行に要する期間や体制、ビジネス上の方針などから段階的に移行する方針をとった場合、移行手法の一つとして「ストラングラーフィグパターン(前項参照)」が挙げられる。これにより、各機能のユーザーへの影響を緩和しながら、段階的な移行が可能となる。

詳しくは、IPA「DX実践手引書 ITシステム構築編 完成 第1.0版」および「DX実践手引書 ITシステ

* 10 ストラングラーフィグ (Strangler Fig: 絞め殺しの木) は他の植物などに巻きつき、絞め殺すように成長する植物。徐々に機能を置き換えていくパターンであることからこの名称で呼ばれる。

ム構築編 レガシーシステム刷新ハンドブック」*11を参照願いたい。

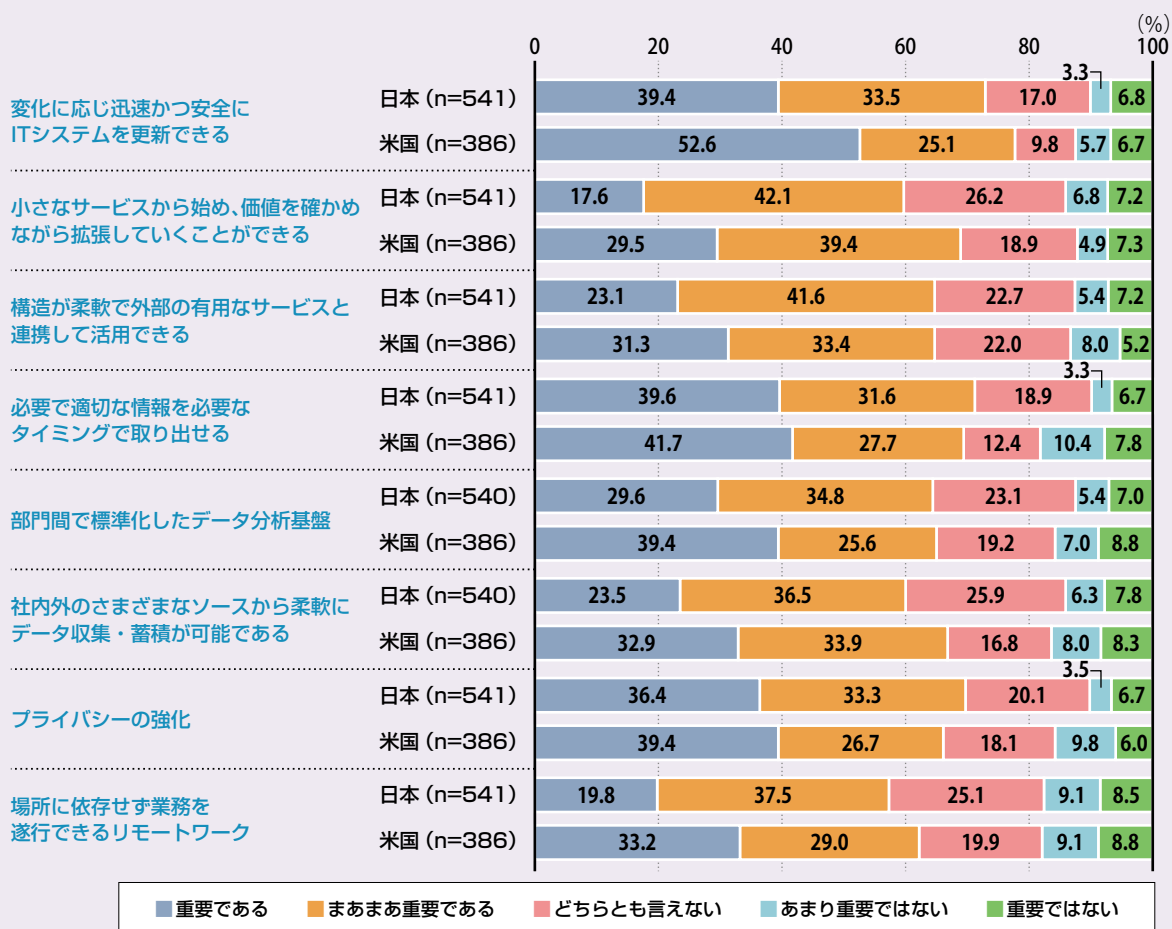
3 開発手法・技術の活用状況と課題

本節では、前節までに紹介した手法・技術についてのアンケート調査を日米企業に対して実施し、それらの活用状況や導入課題を把握するとともに、活用の方向性を検討した結果を説明する。

(1) ビジネスニーズに対応するために重要なITシステムの機能

企業の環境変化への対応や新サービスの短期間での立ち上げ、といったビジネスニーズに対応するためには、企業のITシステムにはスピード・アジリティや社会最適、データ活用を実現する機能が求められる。図表5-17は、このITシステムに求められる機能について、各社の「重要度」を尋ねたものである。日米で「重要である」と回答した割合で差が大きい項目は「場所に依存せず業務を遂行できるリモートワーク」「変化に応じ迅速かつ安全にITシステムを更新できる」「小さなサービスから始め、価値を確かめながら拡張していくことができる」となっている。

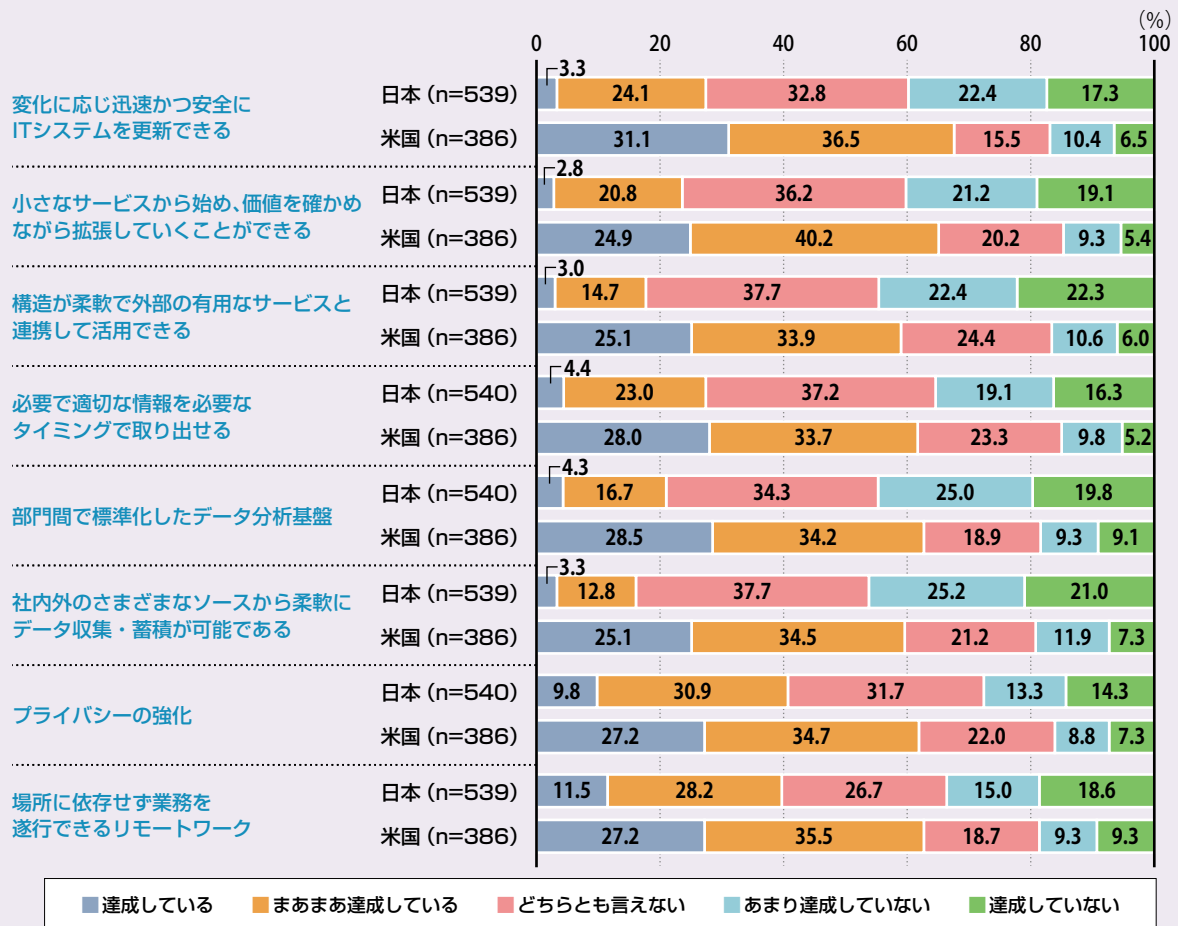
図表5-17 ビジネスニーズに対応するためにITシステムに求められる機能(重要度)



* 11 <https://www.ipa.go.jp/files/000089583.pdf>

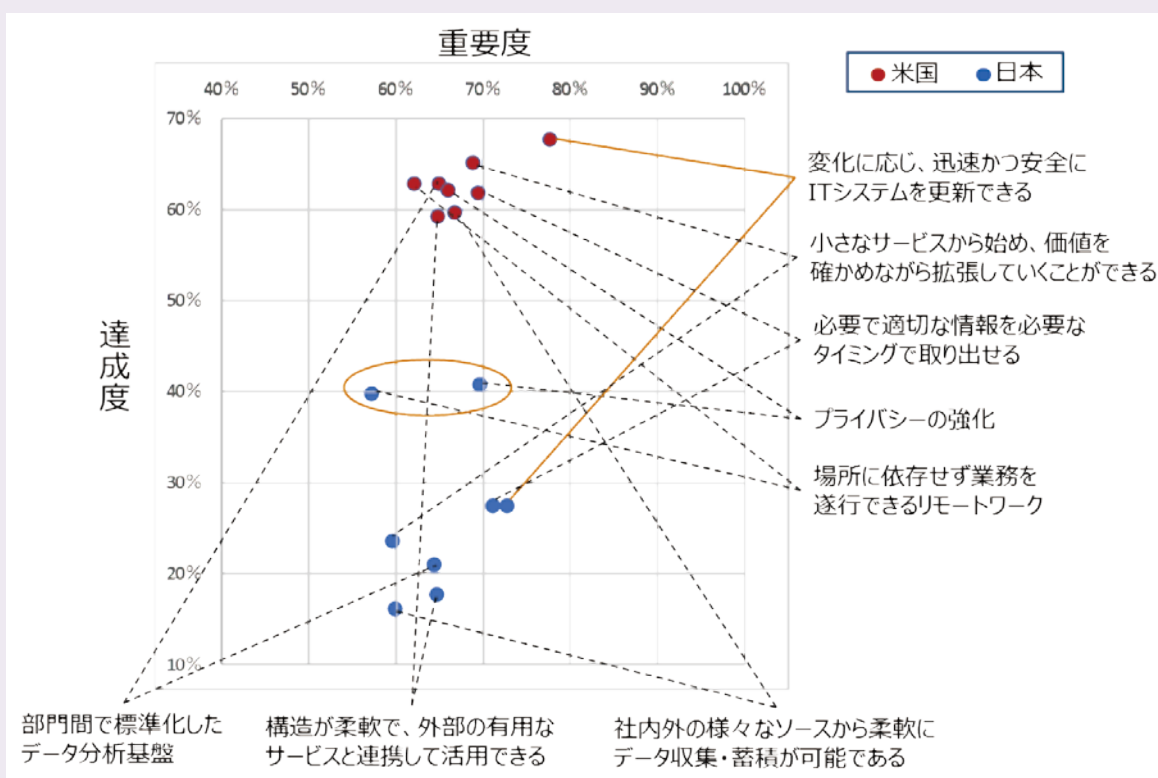
図表5-18は、前述のビジネスニーズに対応するためにITシステムに求められる機能について、各社の「達成度」を尋ねたものである。「達成している」「まあまあ達成している」の合計は、米国では6割から7割半ばに対して日本では多くの項目で2割弱から4割程度である。前述のDXを実現するためのITシステムに求められる重要な要素である「スピード・アジリティ」「社会最適」「データ活用」の観点からみても、今後の改善が必要となる。

図表5-18 ビジネスニーズに対応するためにITシステムに求められる機能(達成度)



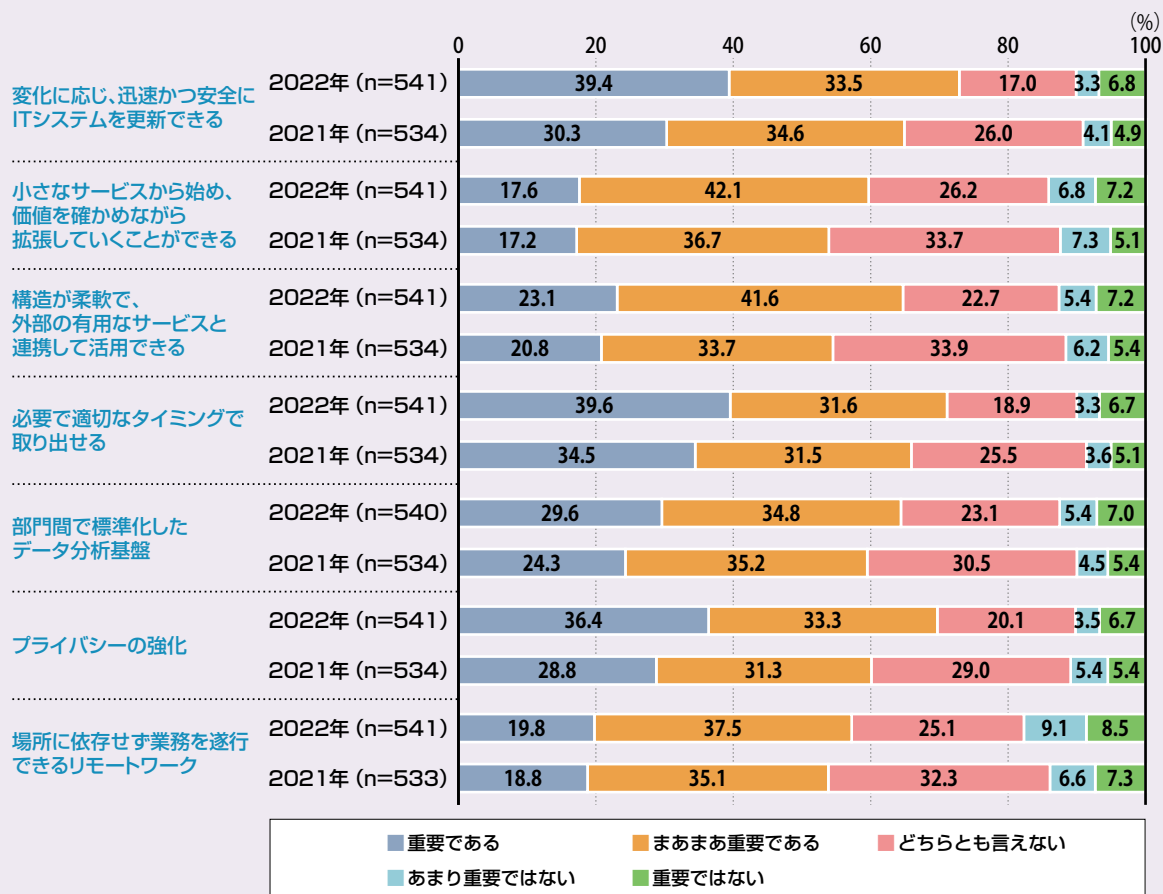
図表5-19は、前述の「重要度」と「達成度」の二つの観点でビジネスニーズに対応するためにITシステムに求められる各機能の状況を合わせてみたものである。日米とも総じて重要度が高いにも関わらず、日本は「プライバシーの強化」「場所に依存せず業務を遂行できるリモートワーク」を除き、米国より達成度が低いことは課題である。米国で重要度・達成度が最も高い「変化に応じ、迅速かつ安全にITシステムを更新できる」は日本でも重要度は最も高いが達成度は低く、DXに必要なスピード・アジリティの観点ではとくに改善が求められる。なお、重要度は「重要である」「まあまあ重要である」の合計、達成度は「達成している」「まあまあ達成している」の合計であらわしている。

図表5-19 ビジネスニーズに対応するためにITシステムに求められる機能(重要度・達成度)



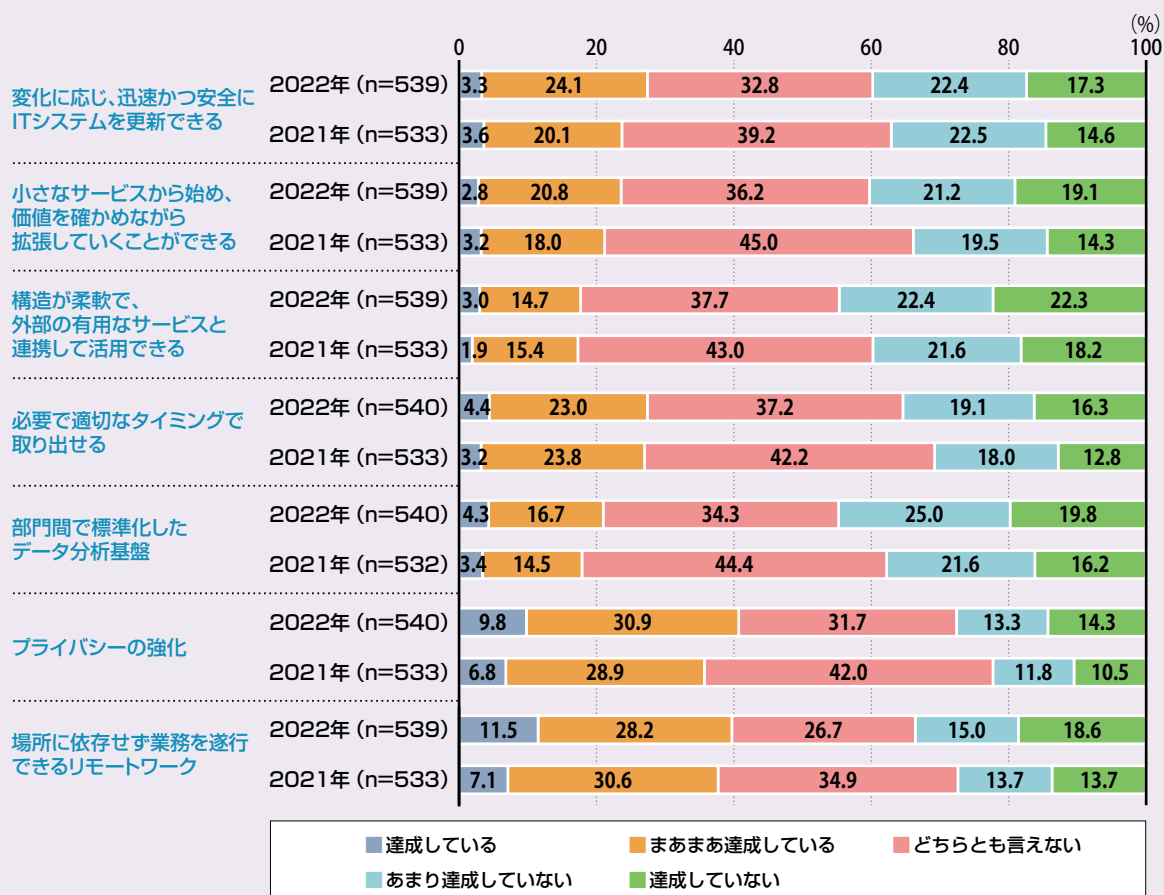
図表5-20にビジネスニーズに対応するためにITシステムに求められる機能(重要度)、図表5-21に同(達成度)の日本の経年比較を示す。図表5-20をみると重要度が増加している項目が多いが、図表5-21をみるとプライバシーとリモートワーク以外は達成度が低いままである。他の項目は、アジャイルやデータ利活用に関するものであり、達成度の向上が望まれる。

図表5-20 ビジネスニーズに対応するためにITシステムに求められる機能(重要度：日本経年)



※選択肢「社内外のさまざまなソースから柔軟にデータ収集・蓄積が可能である」は2022年度調査のみのため、除外

図表5-21 ビジネスニーズに対応するためにITシステムに求められる機能(達成度：日本経年)

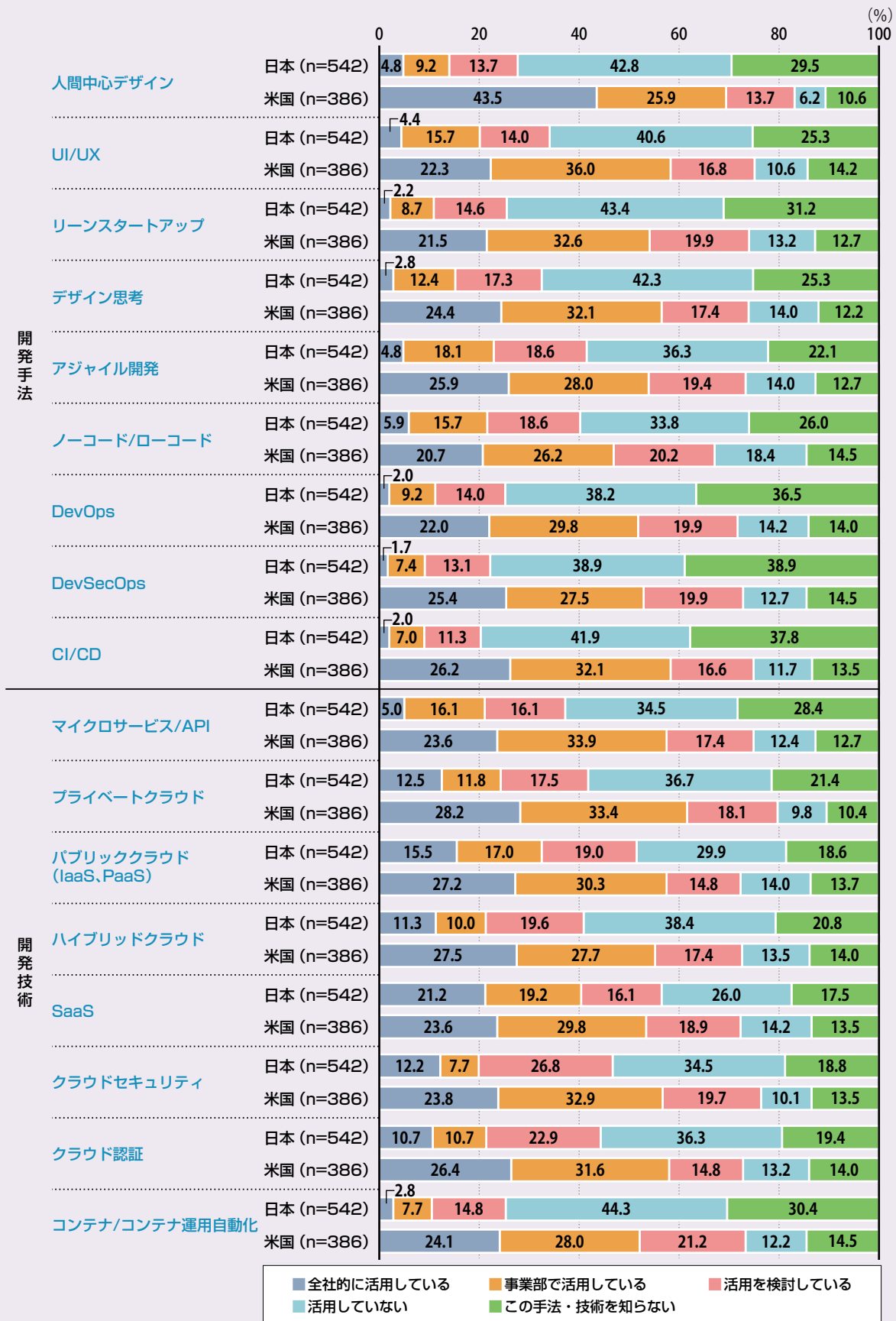


※選択肢「社内外のさまざまなソースから柔軟にデータ収集・蓄積が可能である」は2022年度調査のみのため、除外

(2) 開発手法・技術の活用状況

図表5-22は、ITシステムの開発手法・技術の活用状況である。開発手法の活用状況(「全社的に活用している」「事業部で活用している」の合計値)をみると、米国が5割から8割に対して、日本はおおむね1割から2割とどの項目においても日米差が大きい。開発技術の活用状況としては米国が5割から6割に対して日本は2割から4割である。開発技術の中で日本の活用状況の割合が高いのは「SaaS」「パブリッククラウド」であり、自らがIT資産を構築・所有しないでサービスを利用する、という形態は拡大していることがみてとれる。その一方、マイクロサービス、コンテナなどを活用する割合は、1割から2割にとどまり、新たな開発技術の活用度合いが低いことがわかる。日本企業において新たな開発手法・技術の活用が進まない背景として、人材の「量」「質」の不足などの課題やユーザー企業・ベンダー企業双方が相互依存関係に慣れて新たな開発手法や技術の採用や変革に消極的、などの理由により従来型の手法・技術から脱却できないことが考えられる。

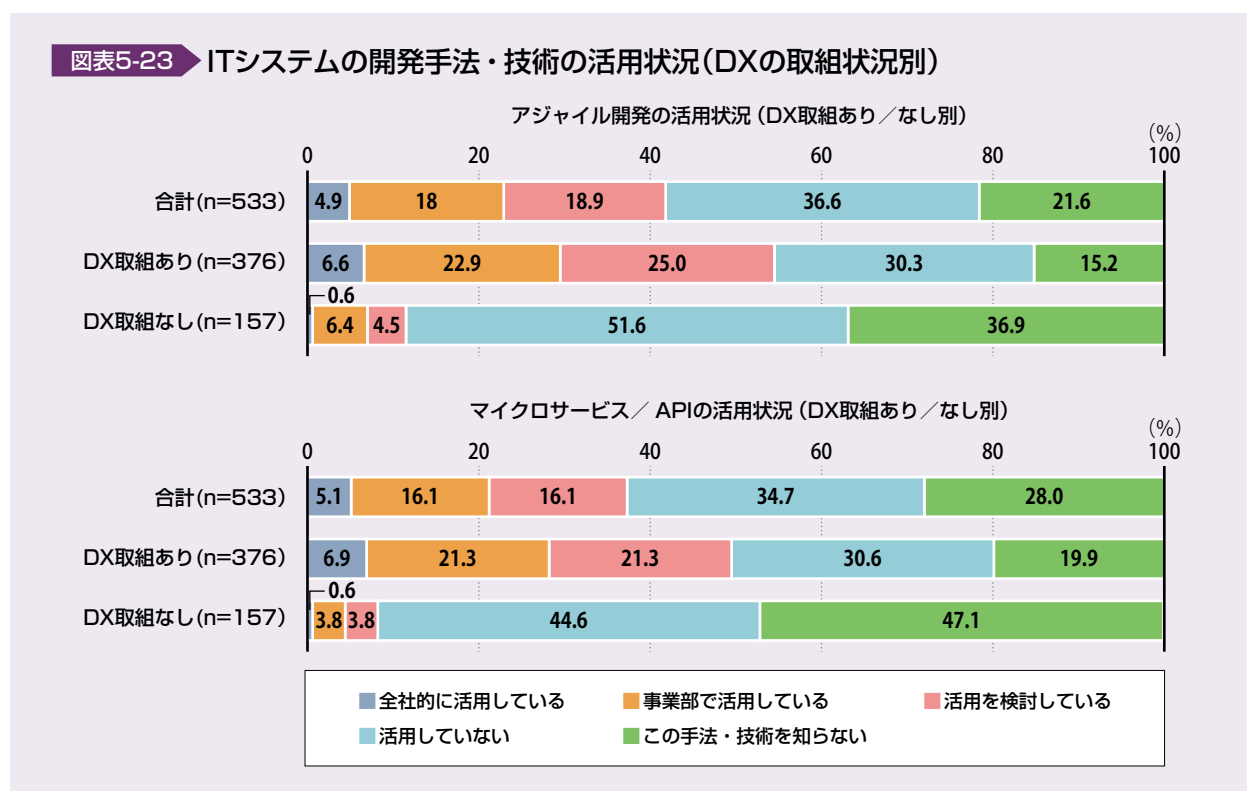
図表5-22 ITシステムの開発手法・技術の活用状況



「全社的に活用している」「事業部で活用している」の合計値でみると、日本の上位3項目は「SaaS」(40.4%)、「パブリッククラウド(IaaS、PaaS)」(32.5%)、「プライベートクラウド」(24.4%)であり日本でもクラウドの活用が浸透しつつあるとみられる。米国の上位3項目は「人間中心デザイン」(69.4%)、「プライベートクラウド」(61.6%)、「UI/UX」(58.3%)、「CI/CD」(58.3%)であった。

日本では「この手法・技術を知らない」の割合が17.5%から38.9%であり、米国の10.4%から14.5%と比較して高い。しかし、2021年度調査は25.7%から44.9%であり、「この手法・技術を知らない」と回答した企業の割合は減少している。

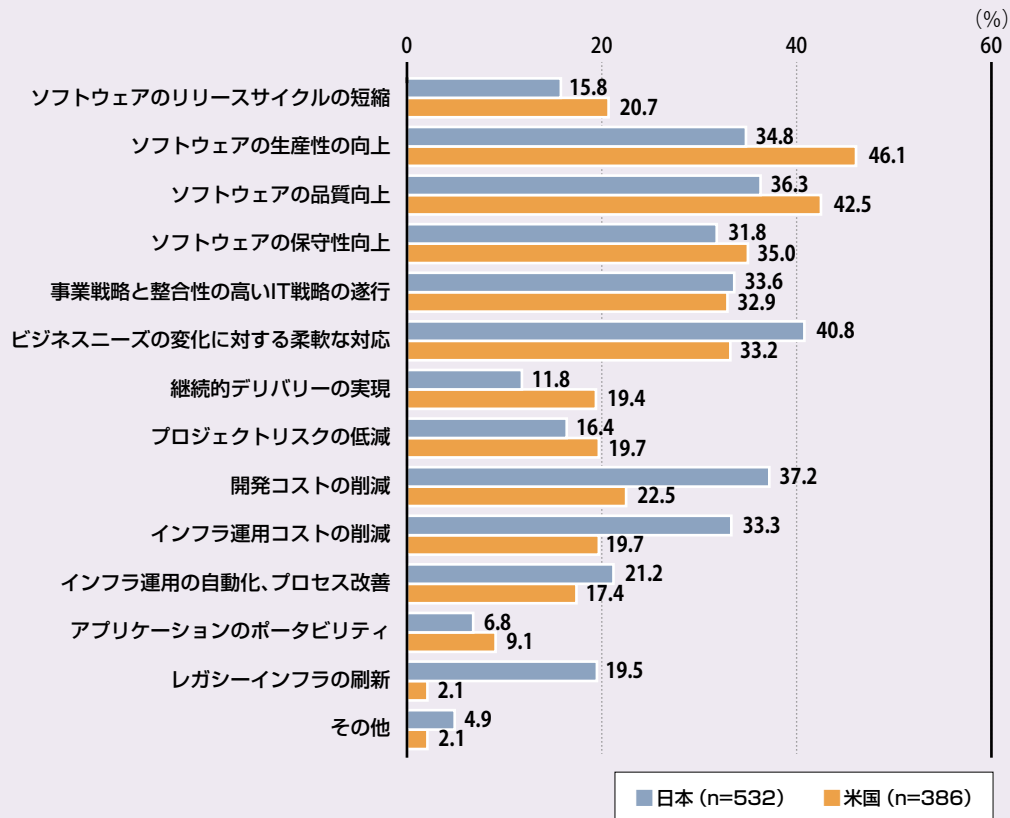
図表5-23は、前掲の「ITシステムの開発手法・技術の活用状況」の「アジャイル開発」「マイクロサービス/API」について、日本の企業がDXに取り組んでいるか(DX取組あり)、取組んでいないか(DX取組なし)の回答結果で比較をしたものである。どちらの活用状況も、「取組なし」の企業が10%未満であるのに対して「取組あり」の企業は約30%となっており、DXの取組状況によって手法・技術の活用度合いも進んでいくことがみて取れる。なお、企業がDXに取り組んでいるとは2022年度調査で「全社戦略に基づき、全社的にDXに取り組んでいる」「全社戦略に基づき、一部の部門においてDXに取り組んでいる」「部署ごとに個別でDXに取り組んでいる」のいずれかと回答した結果に基づく。同様に取組んでいないとは「取組んでいない」と回答した結果に基づく。



※DXの取組の設問における選択肢「創業よりデジタル事業をメイン事業としている」および「わからない」の回答を除外して集計しているため、合計は図表5-22と一致しない。

図表5-24は、前掲の「ITシステムの開発手法・技術の活用状況」に示した手法・技術の導入目的を尋ねたものである。日米の差で比較してみた場合、日本は「レガシーインフラの刷新」「開発コストの削減」「インフラ運用コストの削減」などコスト削減が目的とする項目の割合が高い。それに対して米国は「ソフトウェアの生産性の向上」「ソフトウェアの品質向上」「ソフトウェアの保守性向上」などソフトウェアの改善を目的とする項目の割合が高い。

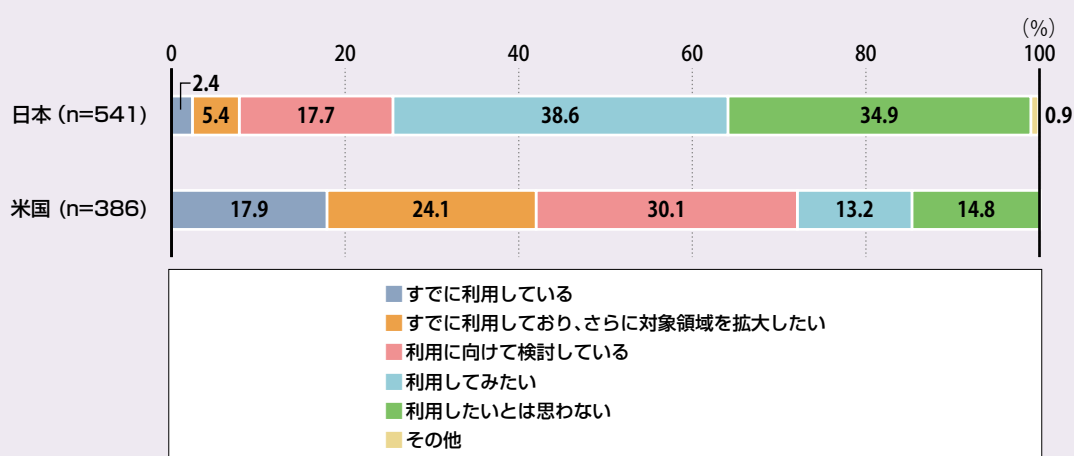
図表5-24 ITシステムの開発手法・技術の導入目的(複数回答)



(3) 共通プラットフォームの利用意向

経済産業省「DXレポート2.1」では、目指すべきデジタル産業の業界構造形態の一つとして、個別業界の共通プラットフォームや、業界横断の共通プラットフォームを挙げている。今回の調査では、「共通プラットフォーム」を「企業が経営資源を競争領域に集中するため、自社の強みとは関係の薄い協調領域を業界内の他社と合意形成してプラットフォーム化することで、IT投資の効果を高めることが期待される」と定義し、その利用意向について聞いている(図表5-25)。利用企業の割合(「すでに利用している」「すでに利用しており、さらに対象領域を拡大したい」の合計)は、米国の42.0%に対し、日本は7.8%であり、米国の2割にも満たない状況である。

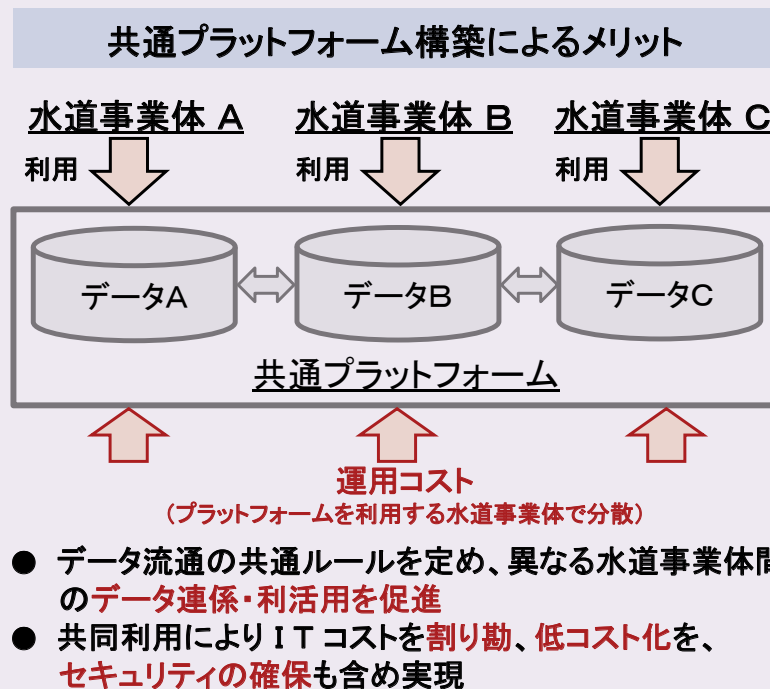
図表5-25 共通プラットフォームの利用意向



こうした共通プラットフォームの導入は、一般的に、コストセンターを共通化して個社の負担を抑えるだけではない。共通の接続方法やデータの扱いが確立していくと、その部分を共通に担うITシステムは十分な競争環境の下で合理的な費用を実現できると考えられることから、二重の合理化効果が見込まれる。しかしながら、実際にこれを実装するには、業界内の各社間で、個社の事情によりどこが共通化すべきかの理解が異なったり、共通プラットフォームのビジネスモデルや負担水準の設定がしにくかったり、また、短期的には自社のITシステムの改修コストがメリットを上回ってしまうことがあるなど、課題はいくつもある。

現在日本においても経済産業省の主導のもと、水道事業における共通プラットフォーム構築が推進されているが(図表5-26)、これは公開された共通の接続方法などに沿った共通プラットフォームの実装を目指す事業であり、上記の考え方を実現していく先駆的プロジェクトである。もちろん、共通プラットフォームの構築のあり方はこれに限らないが、こうした考え方に鑑みても、また米国の調査結果を踏まえても、今後、日本においても、さまざまな形で共通プラットフォームの活用が重要になるのではないかと。

図表5-26 共通プラットフォーム構築によるメリット例(社会インフラ部門：水道)^{*12}



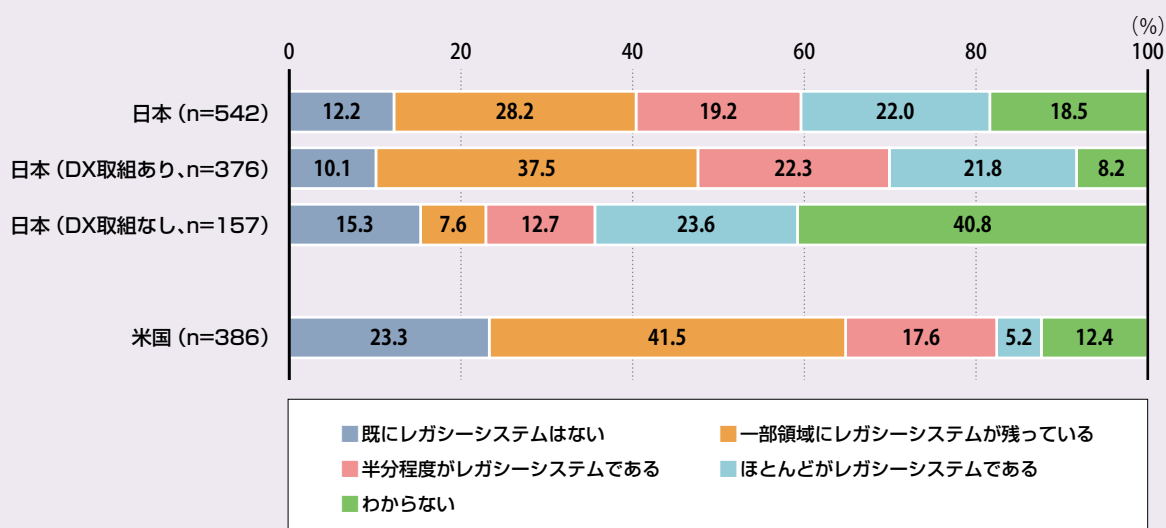
(4) 老朽化した既存ITシステム(レガシーシステム)の状況と課題

老朽化した既存ITシステム(レガシーシステム)は、DX推進の足かせになる場合があり、2022年度調査では、新たにレガシーシステムの状況と課題に関する設問を追加している。

図表5-27は、回答企業におけるレガシーシステムの状況を尋ねたものである。半分以上レガシーシステムが残っている割合(「半分程度がレガシーシステムである」「ほとんどがレガシーシステムである」の合計)でみると、米国の22.8%に対して日本は41.2%であり、日本企業におけるレガシー刷新の遅れがうかがえる。日本で「DX取組なし」の企業は「わからない」が40.8%に対して「DX取組あり」の企業は「わからない」が8.2%でありDXの取組がレガシーシステムの把握と刷新のきっかけの一つになっていると推察される。

* 12 「デジタル時代の新たなIT政策大綱(案)」の概要 内閣官房情報通信技術(IT)総合戦略室 令和元年6月

図表5-27 レガシーシステムの状況

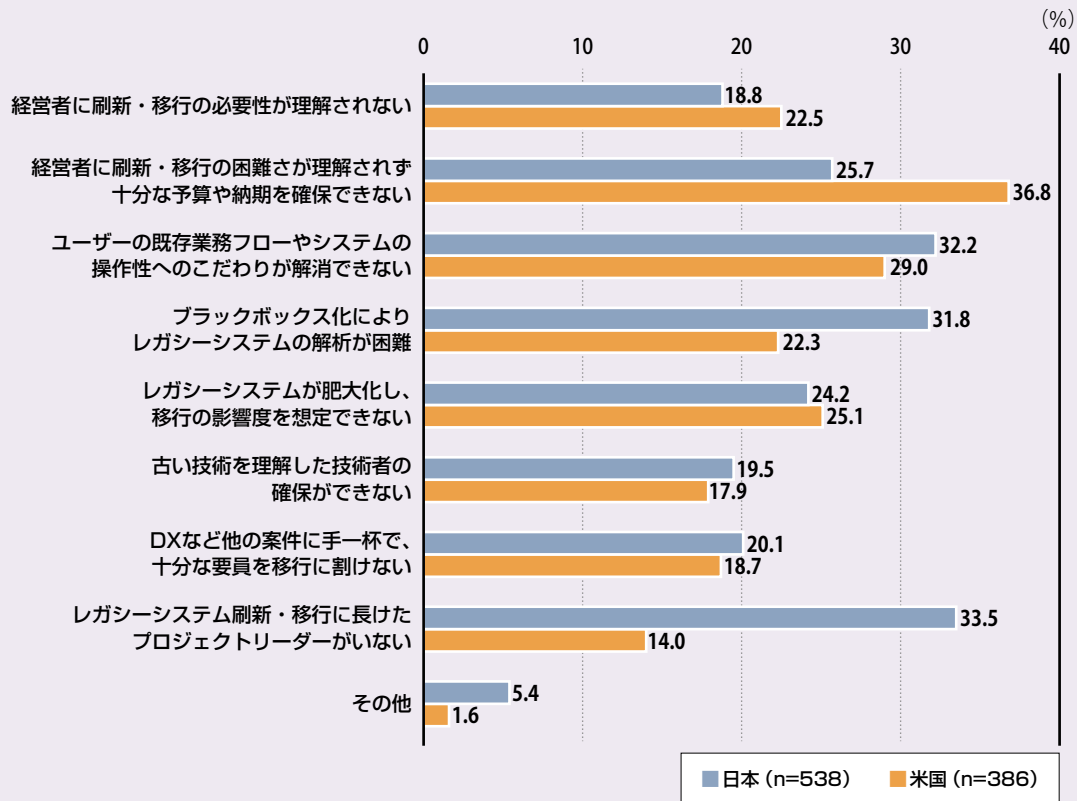


※DXの取組の設問における選択肢「創業よりデジタル事業をメイン事業としている」「わからない」の回答を除外して集計しているため、DX取組あり／なしのn値の合計が日本のn値と一致しない。

図表5-28はレガシーシステムの課題を尋ねたものである。日本では「レガシーシステム刷新・移行に長けたプロジェクトリーダーがいない」の割合が33.5%と最も高く米国の2倍以上となっている。これに「ユーザーの既存業務フローやシステムの操作性へのこだわりが解消できない」「ブラックボックス化によりレガシーシステムの解析が困難」が続く。

米国では「経営者に刷新・移行の困難さが理解されず十分な予算や納期を確保できない」が36.8%と最も高く、日本の25.7%よりも10ポイント以上高い。しかし、同じ「経営者」に関する選択肢である「経営者に刷新・移行の必要性が理解されない」は22.5%と相対的に低い。「ユーザーの既存業務フローやシステムの操作性へのこだわりが解消できない」が29.0%、「レガシーシステムが肥大化し、移行の影響度を想定できない」が25.1%で続く。

図表5-28 レガシーシステムの課題(複数回答)



(5) まとめ

DXに関連する開発手法・技術に関し、日本企業は米国企業に比べ活用が遅れている。開発手法に関しては、とくにスピード・アジリティ向上に必要となる開発手法の活用が遅れている。新たな開発技術に関しては、SaaS、クラウドといった外部サービスの活用が進んでいる状況がみられるが、DXに適した開発技術は米国企業に比べ活用が遅れている。

また、DX推進の足かせになるレガシーシステムについて米国企業と比べて日本企業は残存する割合が高くレガシーシステム刷新の遅れがうかがえる。

これらの状況を踏まえると、自社や組織における競争・非競争領域の見極めを行い、競争領域の強化と非競争領域のコスト削減、それを迅速にITシステムに実装するために必要となる開発手法・技術の積極的な活用が望まれる。

第3章

データ活用技術

本章では、サービスの高度化や新たな価値創造の実現に向けて、社内外のさまざまなデータを収集し、分析しやすい形に整形・蓄積し、活用を行うためのシステム基盤の構築に必要な「データ活用基盤技術」にAIやIoTなどの技術を加えたデータ活用技術全般について紹介する。

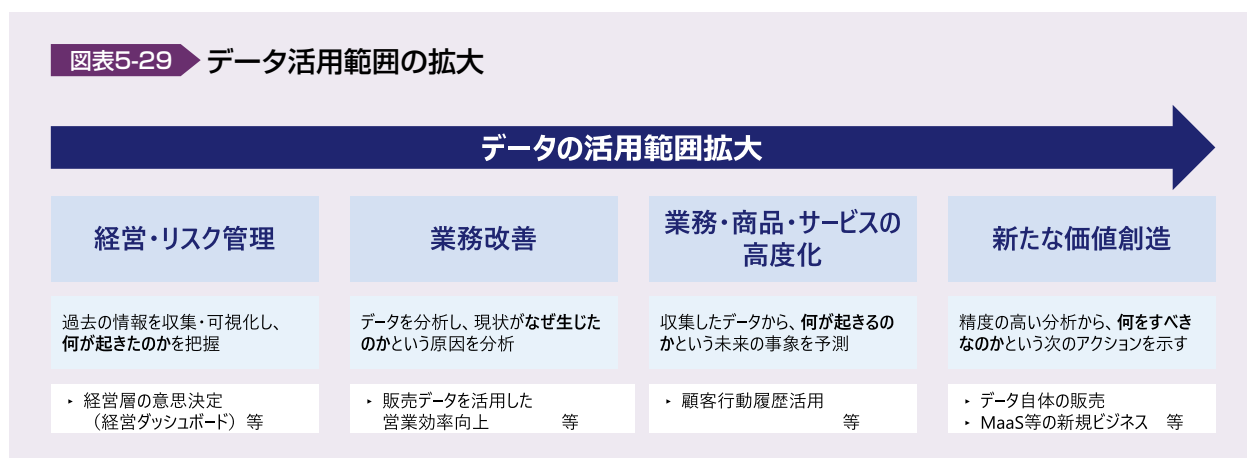
1 データ活用基盤技術

(1) 背景

(ア) ビジネスニーズ

ITの技術革新により、従来のビジネスモデルを変革する新規参入者が続々と登場している。そういった激しい環境変化の中、既存業務の効率化だけでは企業の競争力を維持するのは難しく、新たな価値創造に企業の競争力の源泉は移りつつある。市場や消費者の変化についていき競争力を維持するため、企業のデータの活用範囲も、自社の経営・リスク管理や業務改善から、業務・商品・サービスの高度化やデータから新しい価値を創造することへ拡大してきている。

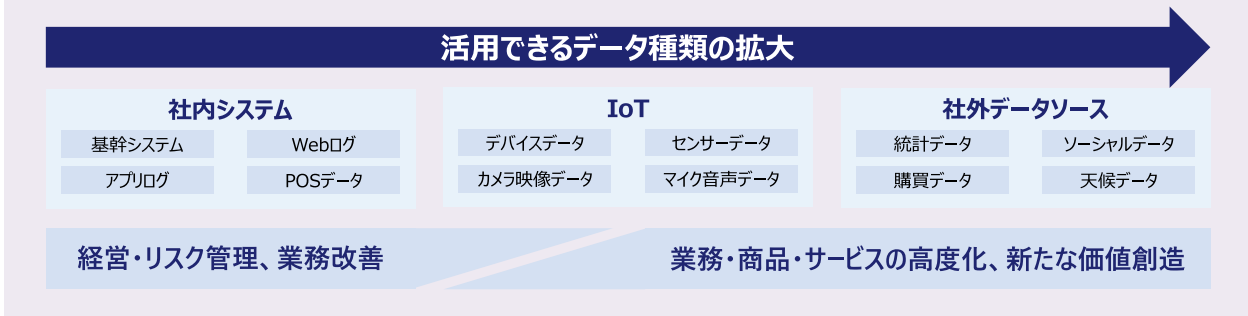
図表5-29 データ活用範囲の拡大



データを分析してビジネスに活用することは以前から行われてきたが、昨今のデータの活用範囲拡大の背景には、ビジネスニーズはもとより、活用できるデータの種類が増えたことも大きい(図表5-30)。社内システムに格納されたデータだけでなく、設備や機器などからのIoT(Internet of Things、センサーを活用しさまざまな場所にあるモノからデータを取得するコンセプト)データや社外データといったさまざまな情報を収集・活用できるようになった。

その結果、社内システムのデータだけでは実現できなかったような、サービスの高度化や新たな価値創造が期待されている。

図表5-30 活用できるデータ種類の拡大



このようなデータ活用を実現するプラットフォームとして、必要性が高まりつつあるのが「データ活用基盤」である。データ活用基盤は、サービスの高度化や新たな価値創造の実現に向けて、社内外のさまざまなデータを収集し、分析しやすい形に整形・蓄積し、活用を行うシステム群を指す。

(イ) 課題

近年のデータ活用において特徴的なのは、ビジネス環境変化に応じて、必要なデータや分析手法が頻繁に変わることである。用途や優先順位に応じて必要な機能を実装し、機能を順次拡張する方針やそれが可能な構造とすることが重要である。また、データ活用基盤の全体像(2)技術概要参照)をおさえたうえで、どのようなデータを活用したいのかというデータ構造(図表5-31)や、どのようにそのデータを取り扱いたいのかという処理方式(図表5-32)の観点を踏まえ、自社のデータ活用基盤に必要な機能や技術を取捨選択することが重要となる。

図表5-31 データ構造の種類

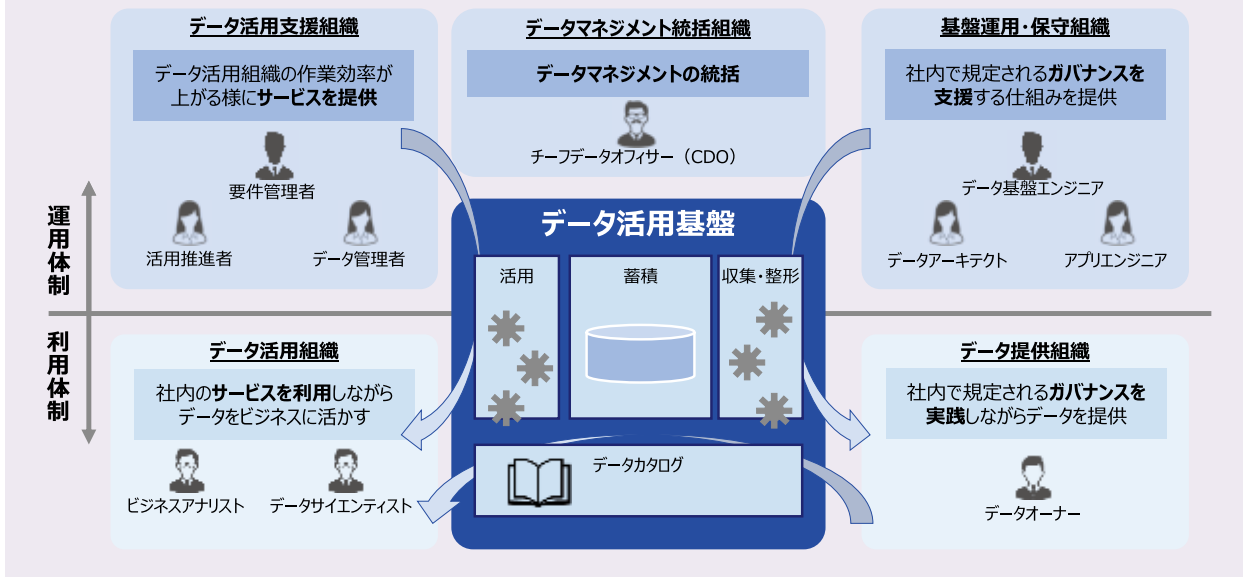
種類	概要	例
構造化データ	データ構造を定義してリレーショナルモデルを基にしたデータベースに格納できるデータ	顧客・品目等のマスターデータ など
非構造化データ	文書や画像の様にデータ構造の定義が困難なデータ	画像、動画、ドキュメント など

図表5-32 処理方式の種類

種類	概要	例
バッチ	一定期間データを蓄積してからまとめて処理する方式	財務会計データの支払処理 など
リアルタイム	時系列に発生するデータを連続的に処理する方式	IoTセンサーのリアルタイム分析など

また、企業全体の最適なデータ活用に向けては、データ活用基盤の提供だけでは不十分であり、データ活用を組織に浸透させ、統制をかけることも必要である。したがって、企業のデータ活用をサポート・推進する体制(図表5-33)や、ルールやプロセスもあわせて整備しなくてはならない。とくにデータの利活用を適切に遂行するためには、データアーキテクチャーを定めてそれに則ってデータモデルなどを作成する役割を担うデータアーキテクトが必要不可欠となる。

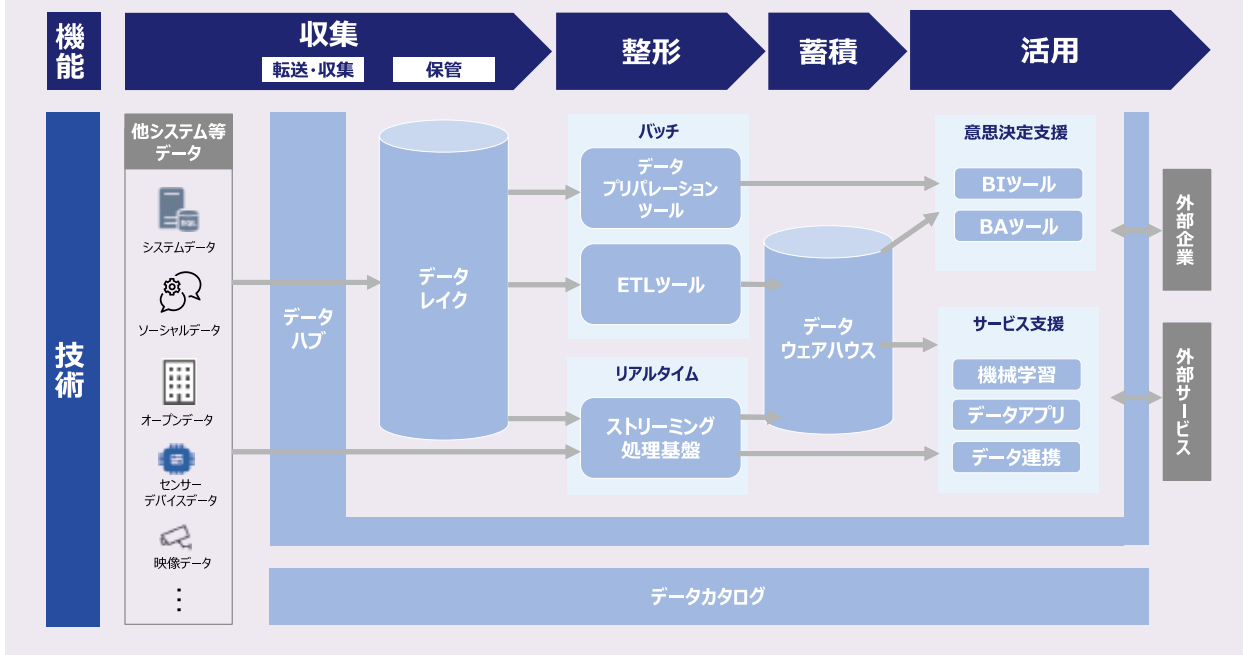
図表5-33 データ活用体制イメージ



(2) 技術概要

本項では、まずデータ活用基盤の全体像として、データ活用基盤に必要な機能とその機能を実現するための技術について、技術間の流れがわかるような形で示す(図表5-34)。次に、その全体像に含まれる各機能の概要(図表5-35)、および各技術の概要(図表5-36)を示す。そのうえで、個々の技術ごとに、それぞれ概要、特徴、ポイントに分けて紹介する。

図表5-34 データ活用基盤の全体像



図表5-35 データ活用基盤の機能概要

機能		説明
収集	転送・収集	データ元のシステムやIoT機器などのデバイスを管理・監視し、各種データ元が生成・蓄積するデータを収集する機能。
	保管	データ元から収集したデータ(ローデータや生データと一般的に呼ばれる)を保管する機能。
整形		収集したデータに対して、扱いやすい、扱って問題ない形に整形する機能。具体的には、データ形式変換、表記のばらつき整形、データ重複排除やセキュリティ対策としての匿名加工処理などを実施する。
蓄積		整形の済んだ加工データを保持・保管する機能。
活用		データを活用するための機能。単なる可視化から分析、機械学習、データ連携など、目的により必要な機能は異なる。また、データのメタデータ管理など、データを正しく、効率的に活用するための支援機能などもある。

図表5-36 データ活用基盤の技術概要

機能		技術	説明
収集	転送・収集	データハブ (ア)	社内外のさまざまなシステムとデータ活用基盤を接続し、データソースやデータレイク、データウェアハウス間でのデータ送信を行うための仕組み。
	保管	データレイク (イ)	多様なデータソースからデータの加工や変換をせずに、元の形式のままデータを保存する領域。
整形		データプリパレーション ツール(ウ)	技術的なスキルを持っていない分析者やビジネスユーザーが、簡単に迅速にデータの確認や整形を行うためのツール。
		ETLツール (エ)	さまざまなデータソースから分析を開始するために必要となるさまざまなデータの整形をバッチで自動処理するツール。
		ストリーム処理基盤 (オ)	IoT機器などから発生する大量のデータを溜めずにリアルタイムで処理、活用するための仕組み。
蓄積		データウェアハウス (カ)	加工済みの構造化データを目的別に蓄積するための領域。複数のデータソースから集めたデータを活用して分析を行うための保存場所となる。
活用		データカタログ (キ)	データの意味や構造、作られ方のようなデータに付随する情報をメタデータといい、メタデータを管理する仕組み。
		BIツール	Business Intelligenceツールの略。データプリパレーションツールやETLツールで整形されたデータを可視化し、意思決定に活用するツール。
		BAツール	Business Analyticsツールの略。データプリパレーションツールやETLツールで整形されたデータをインプットに分析処理を行い、統計分析や予測、最適化を行うツール。
		機械学習	システムが大量の学習データをインプットに学習を繰り返すことによって、ルールやパターンを導き出し、判別や予測などを行う技術。
		データ連携	集計や分析、機械学習した結果などに関する、外部企業や外部サービスなどへの連携。

(ア) データハブ

(a) 概要

データハブとは、社内外のさまざまなシステムとデータ活用基盤を接続し、データソースやデータレイク(後述)、データウェアハウス(後述)間でのデータ連携を行うための仕組みである。

データ活用を進めるうえで、データ活用基盤はさまざまなシステムと連携してデータを収集・提供する必要がある。そこで、データ活用基盤内外のデータの受渡しを一元管理し、インターフェースを削減・統一するためにデータハブが必要とされている。

(b) 特徴

さまざまなシステムからデータを収集するにあたり、IoT機器や、クラウド上のシステム、パッケージソフト、ホストシステムなど、さまざまなシステムと接続できなければならない。接続するシステムに応じて取りうるデータ連携方式は異なるため、データハブは、必要なデータ連携方式を備える必要がある。主なデータ連携方式を図表5-37に示す。

図表5-37 主なデータ連携方式概要

データ連携方式	概要説明
API連携	外部とデータを連携するアプリケーションにより、データを連携する方式。ゲートウェイ機能により、アクセス制御等のセキュリティが確保される。
ファイル連携	ファイルの受け渡しによってデータを連携する方式。データを一括して転送するバッチ処理によって転送される。FTPやSCP等のプロトコルが利用される。
メッセージ連携	メッセージ単位でデータを連携する方式。送信データは受信者が取りだすまでキューと呼ばれる領域に保存される。メッセージ指向ミドルウェア等で管理される。
DB連携	データベースに直接接続し、データを連携する方式。テーブル構造の変更により、既存の参照元の設定変更が必要になるなど、データ連携に影響が出る可能性がある。

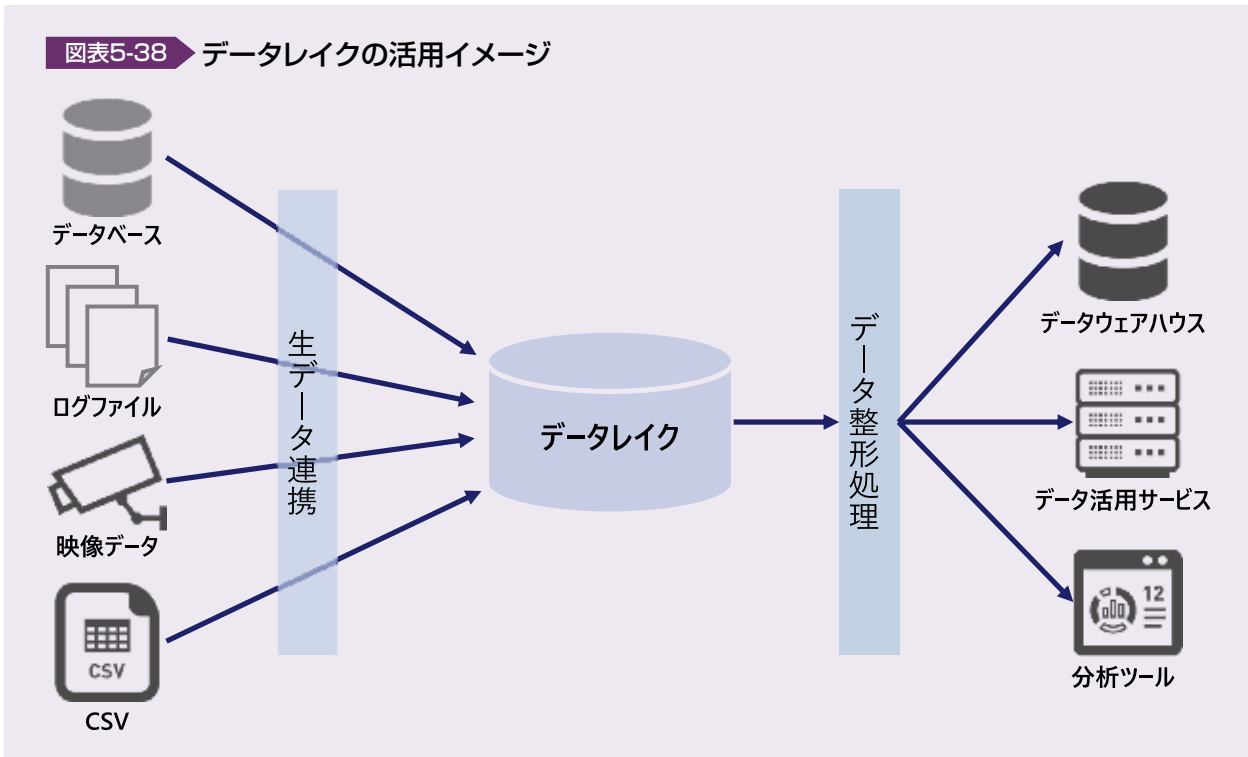
データハブは、データの連携のみでなく、接続する機器の管理機能も備えている。IoT機器を監視して故障を検知する機能や、接続する機器やシステムの認証を行う機能、各システムからのアクセスログなどの監査証跡を取得する機能など、データ連携を効率的・安全に行うための機能も備える。

(イ) データレイク

(a) 概要

データレイクとは、多様なデータソースからデータの加工や変換をせずに、元の形式のままデータを保存するデータストアである。データ活用基盤で扱うデータは、一度データレイクに集約され、目的に応じて各システムが必要なデータを取り出して加工・変換して活用する流れ(図表5-38)となる。

図表5-38 データレイクの活用イメージ



(b) 特徴

データレイクでは、行と列で構成された構造化データに加え、画像や動画、音声などの非構造化データも取り扱うことが大きな特徴である。すべてのデータをそのままの形式で保存できるため、データを事前に構造化する必要がない。膨大なデータを扱う場合、必要なデータを事前に選別することは難しい。将来的に必要となる可能性があるデータを保管するためにも、データレイクの必要性が高まっている。

また、年々扱うデータ種別やデータボリュームが増え続けるため、データレイクは膨大なデータを蓄積することが求められる。一般的に、オンプレミスで同様の仕組みを実現する場合、実現のコストが高額となることが多い。そのため、クラウドベンダーが提供するオブジェクトストレージサービスを活用して、データレイクを構成することが多い。データソース側で適切にデータが管理されている場合や、リアルタイムでデータを分析したい場合は、データレイクに保管せずに各システムに直接連携する構成を取るなど、データレイクに保管するデータ量を減らす考慮も重要となる。

(ウ) データプリパレーションツール

(a) 概要

データプリパレーションは、直訳するとデータの準備であり、分析に必要な形にデータを整形することを指す。データプリパレーションツールとは、プログラミングやデータベース操作といった技術的なスキルを持っていない分析者やビジネスユーザーが、簡単に迅速にデータの確認や整形を行うためのツールとなる。

データ分析・活用の民主化(一部の技術者だけがデータ分析・活用するのではなく、非技術者などもデータ分析・活用を行う状況が望ましいとする原則)を目指す企業が増える中、データプリパレーションツールはビジネス部門におけるデータ活用を促進できる技術として注目を集めている。

(b) 特徴

データプリパレーションツールは、分析者やビジネスユーザーが、データの分布を把握し、試行錯誤を繰り返しながらデータの整形仕様を決めていくという使い方を想定している。そのため、データの中身を確認するための機能があり、またスクリプトを書くことなく、整形処理をUIで簡易に作りこむことができる。

図表5-39 データプリパレーションツールの主な機能

機能名	説明
データ接続	データベースやファイルに接続し、目的のデータを取得する機能。
データ確認	取得したデータの分布や、整形処理前後のデータを確認する機能。
データ整形	欠損データの補完や、表記ゆれの修正、データの分割、重複データや外れ値データの削除などといったデータを整形する機能。ツールにより整形パターンは限られる。
データ結合	指定する条件のもと、複数のデータを結合する機能。

なお、バッチでの整形処理を担うツールとしては、ETLツールも存在する。ETLツールとは、利用者や用途が図表5-40のように異なる(ETLツールについては、次項を参照)。

図表5-40 データプリパレーションツールとETLツールの比較

観点	データプリパレーションツール	ETLツール
利用者	分析者、ビジネスユーザー (プログラミングやデータベース操作といった技術的なスキルは必要でない)	ITエンジニア (プログラミングやデータベース操作といった技術的なスキルが必要)
用途	データの分布を把握し、試行錯誤を繰り返しながらデータ加工の仕様を決めていく。 決めた仕様に沿ってデータを整形する。	定義されたシステム処理のワークフローやスクリプトに沿って定期的に自動でデータを整形し、データウェアハウスへ格納する。

(エ) ETLツール

(a) 概要

ETLは、Extract (抽出)、Transform (変換)、Load (格納)の略である。ETLツールはさまざまなデータソースからデータを抽出したうえで、分析や活用しやすい形へ整形し、データウェアハウスなどへ格納するという一連の処理を、人手を介さずバッチで定期的に自動処理させるためのツールとなる。

(b) 特徴

ETLツールは、ITエンジニアが、データ分析者やビジネスユーザーなどからのデータ整形要件に沿って、ETL開発画面上で処理の流れや整形内容などに関するワークフローやスクリプトを作成し、その内容に沿ってデータを整形することを想定している。そのため、データ整形要件や仕様自体を定めるためのデータの確認機能はとくにない。一方、整形処理については、スクリプトを作成するなどにより、きめ細かなデータ整形要件への対応が可能となっている。

図表5-41 ETLツールの主な機能

機能名	説明
データ接続	データベースやファイルに接続し、目的のデータを取得する機能。
データ整形	欠損データの補完や、表記ゆれの修正、データの分割、重複データや外れ値データの削除などといったデータを整形する機能。 スクリプトの記述などにより、きめ細かな整形処理を行うことが可能。
データ結合	指定する条件のもと、複数のデータを結合する機能。
データ格納	整形、結合したデータをデータウェアハウスへ格納する機能。

ETLツールでは、ワークフローを可視化しながら処理を作りこめる開発画面などが用意されていることから、自前で整形処理を開発することと比較して、開発工数・期間の削減が期待できる。また、開発した処理は自動で定期実行されることから、人為的なミスによるデータ品質の低下を防ぐことができる。

ただし、ETLツールを使用するためには、プログラミングやデータベース操作といった技術的なスキルが要求されるため、基本的にはITエンジニアが開発することになる。そのため、データプリパレーションツールと比較すると、データ分析者やビジネスユーザーが整形データを利用できるまでには時間がかかる。

(オ) ストリーム処理基盤

(a) 概要

ストリーム処理基盤とは、WebサイトやIoT機器などから絶えず発生するデータをリアルタイムで処理するための仕組みとなる。リアルタイムで処理した結果は、データウェアハウスへ格納して活用したり、そのまま機械学習やデータアプリで活用したりする。

従来は大量のまとまったデータをバッチで定期的に処理することが多かったが、よりリアルタイムでのデータ活用ニーズが増えてきていることや、大容量のデータをすべて蓄積してはコストと効果が見合わないなどの理由からストリーム処理基盤のニーズが高まっている。

前者は、たとえばWebサイト上のユーザー行動をリアルタイムで捉えてのレコメンデーションや、IoTデータからのリアルタイムでのダッシュボード表示や異常検知などがあげられる。後者は、たとえば映像データそのものではなく特定の物体検出の結果のみ保存することや、特定のイベントが発生した時刻の映像データのみ保存するなどがあげられる。

(b) 特徴

大量の保管データを溜め込み定期的に処理するバッチ処理と比較して、データを溜めずに発生するデータを随時、短時間で処理するのがストリーム処理の特徴である。バッチで処理を行うデータプリパレーションツールやETLツールに対し、ストリーム処理基盤では、リアルタイムでの集計や判定を行い、集計や判定結果をそのままデータアプリなどで活用し、不要なデータは破棄する。

ストリーム処理には、画像データの物体検出などといった一つのデータごとに処理するだけでよい場合もあれば、IoT機器からのデータが一定時間内でしきい値を超えるなど複数のデータをまとめて

集計・判定が必要となる場合もある。後者は時系列を意識した処理を行う必要があり、ウィンドウ集計と呼ばれる。

図表5-42 ストリーム処理とバッチ処理の比較

観点	ストリーム処理	バッチ処理
処理対象	随時発生するデータ(フローデータ)	大量の保管データ(ストックデータ)
処理タイミング	随時	定期(日次、月次など)
処理時間	数ミリ秒~数秒	数分~数時間

(カ) データウェアハウス(DWH)

(a) 概要

データウェアハウスも、データレイクと同様に、さまざまなデータを統合し蓄積するための技術であるが、その位置づけは異なる。「データの倉庫」という名前のおり、複数のデータソースから集めたデータを整理、加工して保管し、活用・分析を行うための領域となる。蓄積されているデータを、意思決定のためのレポートや機械学習等を利用した分析にそのまま活用することができる。データレイクには生データを、データウェアハウスには目的別の加工データを保存するという共存関係になる。

(b) 特徴

データウェアハウスは、汎用的なデータベースとは異なり、膨大なデータの分析に特化した仕組みになっているところが大きな特徴である。主なデータストアの特徴を図表5-43に示す。

ストレージ容量の大きいデータウェアハウスでは、長期間の明細データを時系列に保管することが可能であり、過去の履歴を含めた詳細な情報を分析・活用することが可能となる。また、データベースはテーブルの列全体を読み込んで処理を行うが、データウェアハウスは必要な列のみを選択して処理を行うため、大量のデータでも高速に分析を行える。データウェアハウスは、オンプレミスの分散処理基盤を利用した構築のほか、近年ではクラウドベンダーが提供するマネージドサービスを利用し、容易に構築・運用することが可能となっている。

図表5-43 データストアの特徴比較

	データレイク	データウェアハウス	汎用的なデータベース
データ形式	構造化・非構造化データ	構造化データ	
保管するデータ	用途未確定含む生データ	用途が明確な加工済みデータ	
扱えるデータ量	極大	大	小

(キ) データカタログ

(a) 概要

データの値そのものではなく、そのデータの意味や構造、特性などといった、データに関する付随情報をメタデータという。そのメタデータを登録・管理し、データ利用者に公開する仕組みを、データカタログという。データ分析・活用の民主化を目指す企業が増える中、データカタログはビジネス部門も含めた企業全体のデータ活用を促進し、その品質を確保する技術として注目を集めている。

(b) 特徴

データカタログでは、大きくメタデータを登録・管理する機能と検索・参照する機能がある。

データカタログの導入により、メタデータの自動収集や一元管理といったメタデータ登録・管理負荷の軽減や、さまざまな切り口でメタデータの検索・参照が可能となる。

図表5-44 データカタログの主な機能

機能名	説明
メタデータ登録・管理	メタデータを登録・管理する機能。ツールによって、データ構造やデータリネージなど一部のメタデータを自動的に登録・最新化してくれるものや、項目名などからAI技術などにより自動的にメタデータ候補を提示してくれるものもある。
メタデータ検索・参照	データ活用・分析に必要なデータが存在するかどうかや、そのデータを活用するにあたって把握しておくべきメタデータを検索・参照する機能。

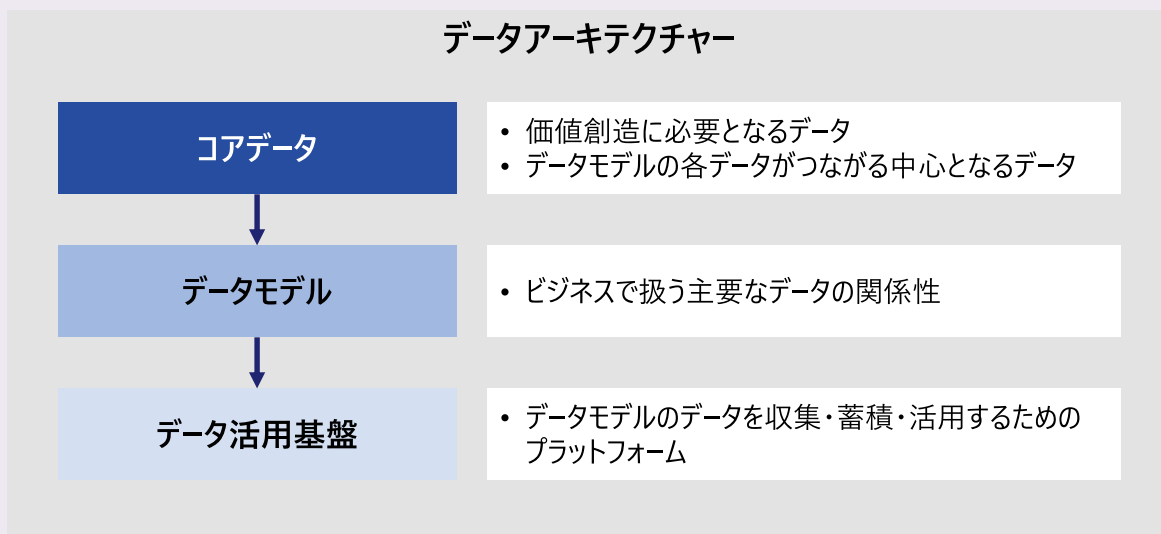
(3) 導入プロセス

(ア) 導入プロセス概要

データ活用基盤の導入を検討する際、まずはデータアーキテクチャーを定義することが重要である。データアーキテクチャーは、ビジネスの中心となるコアデータと、コアデータを中心に構成されるデータモデル、そして、データモデルで表現されるデータを活用するためのデータ活用基盤の3要素からなる(図表5-45)。

コアデータとは、ビジネスで活用するさまざまなデータの中心に位置付けられるデータであり、コアデータを中心に各データがつながる。ビジネス目標の達成に向け、データから価値創造を行うために必要不可欠なデータとして定義される。データモデルとは、データの構造や関係性を整理した概念図である。コアデータを中心に、ビジネスで活用するデータ間の関係性が表現される。データモデルを整理・共有することで、データの関係性の共通理解を持つことが可能となる。データ活用基盤とは、ビジネスに必要なデータを収集、蓄積して活用するためのプラットフォームである。

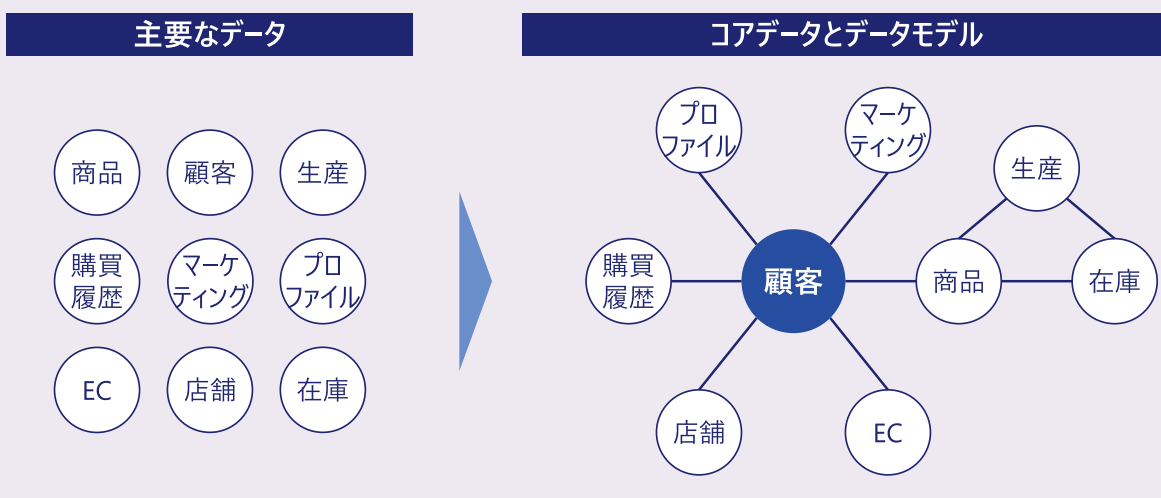
図表5-45 データアーキテクチャーの概要



データアーキテクチャーはデータ活用を進める中で、ビジネスの変化に合わせて、柔軟に対応させていくことが重要である。コアデータとデータモデルをベースとして、データ活用基盤が整理されなければならない。

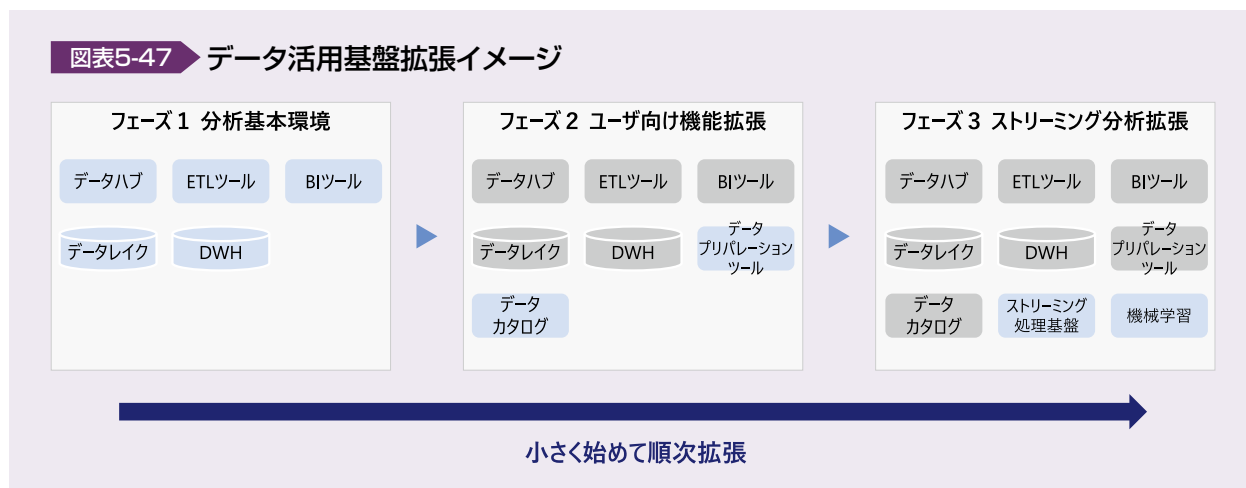
コアデータは、自社のビジネスやサービスに必要なデータを整理したうえで、価値創造に必要なデータを見極め定義する。たとえば、さまざまな商品を扱う小売業の場合、ビジネスで扱うデータは、商品や店舗、顧客、購買履歴などが考えられる。その際、顧客視点に立って価値創造を進める場合、コアデータは顧客となる。定義したコアデータを中心に、それぞれのデータの関係性を整理することで、データモデルが構成される(図表5-46)。このデータモデルに則したデータを扱う基盤を構築することで、顧客の行動を捉え、顧客理解を深めることが可能となる。

図表5-46 コアデータとデータモデルイメージ



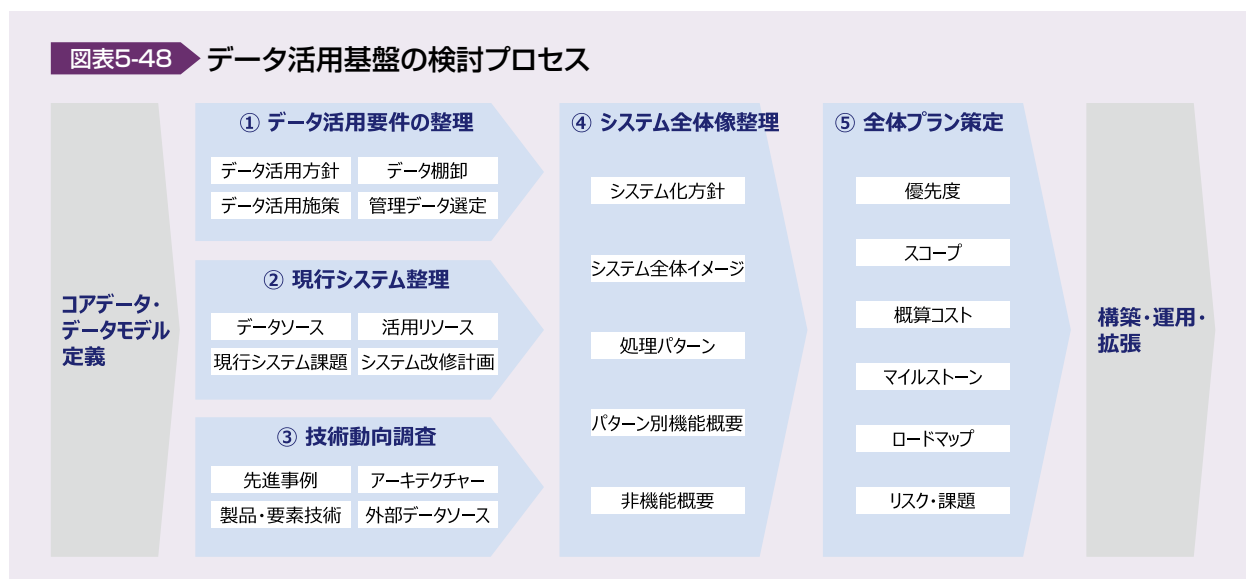
データ活用基盤の構築は、スモールスタートのアプローチが望ましい。とくにこれからデータ活用に取り組む企業においては、最初から完璧なデータ活用基盤を構築するのではなく、必要な機能に絞って素早く構築し、徐々に拡張していくアプローチが適している。

たとえば、まずは社内の既存システムのデータを収集・蓄積し、構造化データの活用が行える基本的な環境を整える。次に、データ分析が社内に浸透してきたタイミングで、社内ユーザーが独自で分析するための機能を強化する。さらに、IoT機器の導入が進んできたタイミングで、ストリーミング処理や非構造化データを活用する機能を強化するなど、必要に応じて順次拡張していく進め方となる(図表5-47)。



(イ) データ活用基盤の検討プロセス

データ活用基盤の構築は、データ活用要件を定め、システム全体像を整理し、システム構築の全体プランを整理して進めていく。このとき、現行システムの状況や、技術動向・事例を踏まえて、検討を進めることが望ましい。検討の進め方を、以下の五つのタスクで整理する(図表5-48)。



(a) データ活用要件の整理

自社におけるデータ活用の目的や方針を整理し、具体的な活用用途から必要となるデータを整理する。既存システムが保有するデータ資産の棚卸を行い、データ分析に活用するデータの選定やデータの特性を整理する。また、データ分析施策やデータを活用した新サービスを検討し、データ活用の要件を具体化する。それらの整理・検討結果を踏まえ、データ活用基盤で扱うデータの範囲やデータのライフサイクル、セキュリティ要件などの満たすべき要件を整理する。また、今後必要となるデータボリュームについても整理を行い、費用試算のインプットとする。

(b) 現行システム整理

自社の現行システムや現状の課題、活用できるリソース、データソースとなりうるシステムを整理し、データ活用基盤と連携またはデータ活用基盤の一部として活用する既存システムの範囲を整理する。これらの整理結果は、データ活用基盤の全体像やロードマップ策定のインプットとなる。データソースとなるシステムを踏まえ、データ活用基盤として備えるべきインターフェースを検討し、既存システムの改修計画を踏まえ、データ活用基盤構築スケジュールの検討を行う。

(c) 技術動向調査

必要に応じて、直近の技術トレンドやデータ活用事例を調査し、データ活用基盤検討に取り込むべき示唆を抽出していく。トレンドに沿った技術を活用することで、コストを抑えて長期にわたって活用できるプラットフォームを構成していくことが重要となる。技術領域の変化のスピードは速いため、随時トレンドを調査し、情報をアップデートすることが望ましい。また、近年、オープンデータや購入可能なデータなど、外部のデータを取入れて活用できるサービスが出てきている。社外のデータソースの活用も視野に入れ、外部環境の調査を行うことが重要となる。

(d) システム全体像整理

ここまでの検討結果を踏まえ、システム化の方針やシステム全体構成を検討する。処理パターン別の機能要素や非機能の方針を定め、データ活用基盤に求める要件を具体化していく。管理するデータの種別や処理方式に基づき、データフローの定義や必要なデータストアの選定を行う。また、自社の組織構造を考慮して、データ活用基盤の運用方針を定める。それらの各種要件を踏まえて、データ活用基盤の全体構成イメージを描いていく。

(e) 全体プラン策定

データ活用要件に基づき、各機能要素構築の優先順位を整理する。機能構築・データ活用のロードマップを定め、各スコープの概算コスト算出やリスク・課題の整理を行う。スモールスタートで迅速に構築を進めるために、優先順位に基づいて、構築の計画を検討することが重要となる。

これら五つのタスクにより、データ活用基盤の構築計画を定め、計画に沿って順次構築を進めていく。ただし、前述のとおり、ビジネスの状況やデータ活用ニーズに合わせて、データ活用基盤の機能の見直しを図っていく必要がある。整理した計画をベースに、要件や全体像をアップデートし、柔軟に拡張していくことが求められる。

データの仮想統合による意思決定の迅速化

独立行政法人情報処理推進機構 社会基盤センター イノベーション推進部
主任 安田 央奈

1. 部門の隔たりによるデータ利活用推進上の課題

データ利活用において、データに基づいた意思決定をビジネスに活用するデータ利用者側と、データ活用基盤を構築・運用するデータ供給者側は、多くの企業ではビジネス部門とIT部門で業務が分担されている。利用者側にとってこの部門の隔たりはデータ利活用促進の制約となっている。利用者がデータを直接的に利用することが難しく分析対象が供給者からのデータに限定されるため、利用者は組織内に存在する他の有益なデータを見逃す可能性がある。また、要求の伝達やデータの受渡に日数がかかり必要なタイミングでのデータ供給を逃し、新たに活用したいデータの機動的な利用が難しい。

データ利活用を促進するうえでのこのような課題に対し、分析の質を向上させる有益なデータの迅速な入手をビジネス部門内のセルフサービスによる処理で完結できるデータ管理手法の需要が高まっている。

2. 長いプロセスを経る従来型のデータ統合

しかし、IT部門の関与なしにビジネス部門のみで有益なデータを迅速に入手することは容易ではない。深い洞察を得るにはデータ統合が必要だからである。データ統合とは、異なるソースからデータを収集し、用途に合わせて組合せ一貫した形式に統一するデータの管理手

法である。限られた単一データの分析では得られない新しい洞察やより深い洞察が得られ、収益向上などのさらなる価値創出につながる可能性がある。たとえば、Bosch Group（ドイツ）の電動工具販売部門は主な販路が直売ではないため顧客データが限られていたが、社内からCRMシステムやウェブサイトに関するデータ、社外の広告会社のデータなど、多数のソースから関連するデータを統合させ、得られた分析結果から顧客へのより適切なレコメンドを行い、ニュースレターの開封率を70%に向上させた*1。

データ統合の管理プロセスでは、それぞれのソースからのデータの収集、保管、整形・統合、蓄積といったデータ処理を行う各種データマネジメントツールと、それらを運用管理できる技術的スキルが必要とされる。具体的には、各種システムから収集したデータを保管するデータレイクや、必要なデータの抽出・変換・ロードを行い、統合データを作成するETLツールやデータプリパレーションツール、作成した各統合データを蓄積するデータウェアハウスなどを活用してデータパイプラインの構築と管理を行えるデータベース言語やプログラミング言語のスキルが必要となる。このようなスキルを持つ人材やソリューションといった技術リソースはIT部門に集約されるのが一般的である。

近年は、ハイブリッドクラウドやマルチクラウドによるデータソースとなるシステムの分散化やデータ利活用の活発化による分析用途

* 1 <https://tealium.com/resource/case-study/bosch-power-tools-personalise-user-journey-and-improve-marketing-efficiency/>

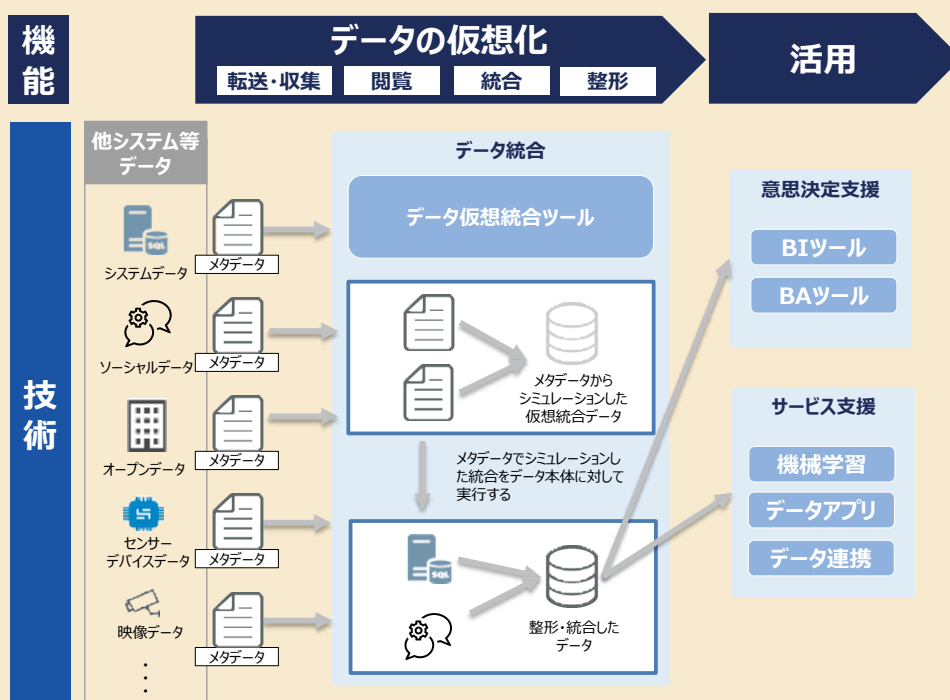
の多様化によってパイプラインの構築や改修の数が増加する傾向にあることから、従来のようにデータ自体の収集、保管、整形・統合、蓄積のパイプライン構築を行うデータ統合を行っている場合、手間やコストが嵩み、データ利活用を促進するほどビジネス部門側のデータに対する要求とその変化に機動的に対応することができない状態となってしまう。

3. メタデータを活用した仮想統合

従来型のデータ統合では統合対象とするデータの追加要求に対して迅速に対応できないため、メタデータの活用によるデータ統合のセルフサービスが新たに活用されはじめている。メタデータとは、データ自体の意味・構造などといったデータに関する付随情報である。データにどのような内容が含まれるのかを示す意味的なメタデータや、データの生成から現在までの更新履歴やデータへのアクセス権限

などに関するメタデータは、どのデータが利用許可されている最新版であるかの判断材料にもなる。このようなメタデータを活用することで、データ自体の構造や状況を仮想的に捉えて可視化したビューを作成したり、ビュー上で統合データを作成したり、いわゆる仮想統合が可能となる。仮想統合を実現するためのデータ活用基盤の全体像を図表に示す。仮想統合ではデータ仮想統合ツールに搭載されているコネクタなどを通じて、オンプレミス環境や各種クラウドサービス上のデータからメタデータを収集する。収集したメタデータの情報からデータの概要を再現し、ローコード・ノーコードによる操作で整形処理のシミュレーションを行う。データの仮想統合ツールには、整形処理のシミュレーションをもとに物理的な統合データを作成する機能を有するものもある。そのため、データソースの追加や新たな統合データの作成にも機動的に対応し、数分から数時間で必要なデータが入手できる。

仮想統合のデータ活用基盤の全体像



つまり、メタデータの活用による仮想統合では、事前のパイプラインの構築なしに各種データソースに対するビューを獲得し、ビュー上で統合シミュレーションの再現を経て比較的容易に整形・統合したデータを作成するため、分析の質を向上させるデータの迅速な入手をビジネス部門内のセルフサービスによる処理で実現することが可能となる。ただし、データの仮想統合は手軽さや機動性の高さといったメ

リットがある反面、その手軽さは仮想統合ツールにあらかじめ搭載されたコネクタやデータ処理機能に依存し、マイナーなアプリや複雑な処理はサポートされていない場合がある。そのため、導入時には自社のデータ基盤と相互運用が可能なサポート状況か現状や今後のアップデートを確認したり、従来のデータパイプラインと併用するなど、既存のデータ活用基盤と上手く連携させることが重要となってくる。

2 AI技術

(1) 背景

① AIの現状

深層学習を中心としたAI技術の進展により、これまで技術的に困難であった課題が解決されビジネスの領域においてAI技術の利用が拡大している。さらに最近では、自然言語処理分野の研究開発が著しく進展し、その成果が自然言語の枠組みを超えてモダリティ^{*13}へと広がり、汎用的なAIの登場の期待を高めている。また、最先端で研究開発が進められている大規模自然言語モデルも、さまざまな分野への横展開において必要となる再学習の負担が大幅に軽減されるなど、その応用と実用性に大きな可能性を秘めていることが明らかになっている。

実環境とのインタラクションを含むAIの応用分野では、ロボットへの応用が注目されている。Czinger（米国）は、AIによる部品設計とエージェント化したロボットにより自動車の製造を行うことで自動車製造を変革しようとしているほか、Amazon（米国）は、在庫管理と効率的な梱包作業に効果的なAIとロボティクスを活用している。Googleは、「Shortening the Sim to Real Gap」と題してロボットの進化を示し、その中で、RetinaGAN^{*14}によってSim2RealとReal2Simを繰り返し、現実とシミュレーションをつなぐことでロボットが環境を理解、行動する姿を示した。今後、コンピュータビジョン、自然言語処理、ロボティクスをAIが融合させ、ロボットが次のステップへ進化すると期待されている。

本節では、現在注目すべきAI技術の紹介を行うとともにAI導入により大きな変革が認められる事例を紹介する。なお、AIの歴史やこれまでのAI技術に関しては「DX白書2021」付録第1部や「AI白書2020」の解説などを参照されたい。

(2) 技術概要・技術動向

本項では、まず深層学習の技術的な特徴について説明する。つぎに先進技術として大規模自然言語モデルと関連技術、MI（Materials Informatics）、物理学などへの応用事例を紹介する。

① 技術概要

(ア) 深層学習の特性

深層学習においては、単純化した神経細胞を元にしたネットワーク構造であるニューラルネットワークが基になっている。深層と呼ばれる所以は、入力層と出力層のあいだの中間層（いわゆる隠れ層）が複数（現在では数百から数万層になることも一般的）であるため、Geoffrey Hinton、Yoshua Bengio、Yann LeCunがディープラーニングと呼んだことにある^{*15}。

* 13 モダリティとは情報を表すが、AIではとくに情報の種類、テキスト、画像、音声などを示す。

* 14 RetinaGANは、物体検出後に物体の情報、構造や位置が変わらないように画像生成を行うことでシミュレーションから現実へ（Sim2Real）の変換を行う。<<https://arxiv.org/abs/2011.03148>>

* 15 Geoffrey Hinton、Yoshua Bengio、Yann LeCunは初期のころからニューラルネットワークの高い能力を見通していた。GPUの進化により多層ネットワークの駆動に必要なコンピューター能力が実現した2010年以降、次々に高ベンチマークの研究結果を発表して世界を驚かせた。

深層学習の数理解析面の重要な特徴の一つにオーバーパラメトリゼーションがある。これは学習器である深層ネットワークのパラメーター数がデータ数を大幅に上回っており、原理的にすべてのパラメーターを学習することはできないということを意味する。この特徴も大きな成功をもたらすための一つの要因になっている。

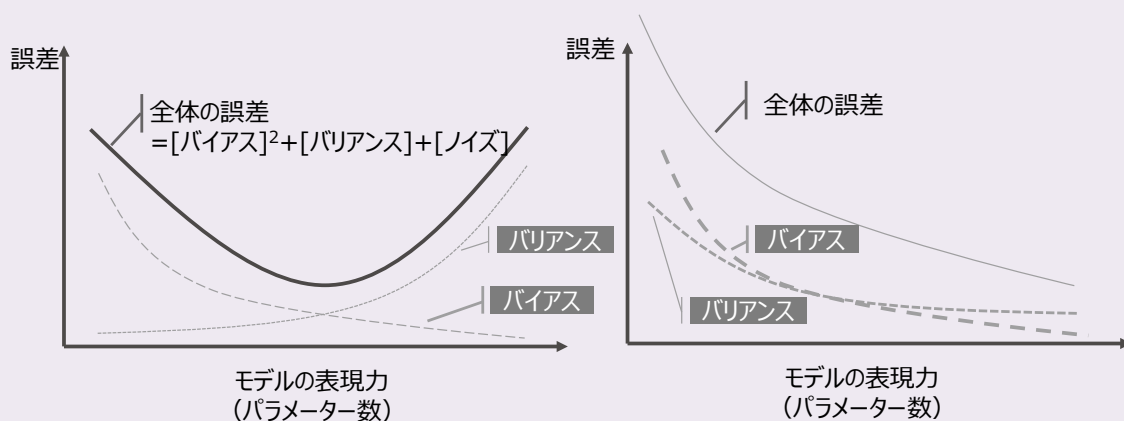
(a) スケーリング効果

深層学習ではパラメーター数、データ数、計算パワーの増大が高性能化に結び付いていることからスケーリング効果(物体の代表寸法が変わると、これに作用する各種影響や物体そのものの特性が変わること)成立の可能性が議論されている。

深層学習の性能を見定めるポイントの一つとして性能限界が挙げられる。最近の解析によれば、その性能の伸びはほぼ指数関数的であり、現在のところ上限はないといってよい。とくにNTK^{*16}をはじめとする統計神経モデルから解析、考察されたネットワーク上のパラメーターは、ランダムに選択された初期値近辺で最適化が進むことを示しており、暗黙的な正則化^{*17}はかなり強く働くといえる。少なくともパラメーター数、データ数、それを処理する計算パワーの3要素に関しては今後も桁レベルで増大することが予想される。

機械学習にはモデルとの誤差を考えるうえで重要なバリエーションとバイアスという要素が存在する。バリエーションとはばらつき誤差のことであり、ノイズ成分を含んでいるデータを学習することでノイズまで学習することで生じる。バイアスはモデルから得られる予測値が真値とどのくらいずれているかの偏り誤差のことである。一般には、学習不足ではバイアスが大きく、学習のし過ぎ(過学習)ではバリエーションが大きくなる。ところが深層学習では、両者は学習すればするほど小さくなることを見出されており、深層学習のスケール則の根幹を支える解析結果の一つである。

図表5-49 バイアスとバリエーションについて通常の機械学習(左)と深層学習(右)



出典：各種の文献情報を基にIPA作成

* 16 Neural Tangent Kernel の略、簡単には関数空間で深層学習を解析する方法。

* 17 正則化は機械学習での学習時にパラメーターが過学習するのを防ぐための手法。一般的にはある種の罰則項を加えることで学習誤差が最小値近辺から外れないようにする。暗黙的な正則化とは、明示的に罰則項を設けているわけではないが、自動的に学習誤差が最小値付近にとどまることを示す。

(b) プロンプト学習

大規模自然言語モデルへの質問時に簡単な例示を与えるなどの工夫をすることで、よりの確な推論を得る手法をプロンプトエンジニアリングとよぶ。これまでの機械学習では、課題ごとにタスクを決定したうえで、設計・製作することが一般的であった。ところが、プロンプトエンジニアリングを用いることにより、大規模自然言語モデルを作成することで各タスクに展開することが可能となった。しかも、各タスクに展開するための手順は、モデル内にある変数の簡単な調整を行うのみである。そのため、その方法は非常に簡単で、数例の入出力の組合せを教示するだけでよく、しかもその教示を自然言語で行うことができる。このプロンプトエンジニアリングの手法を適用した学習はプロンプト学習と呼ばれ、AIの利用方法を変える可能性を秘めている。

(イ) データセットの拡充によるコンピュータビジョンの利用拡大

大規模言語モデルは汎用AIへの道を開きつつあるが、その学習には膨大なデータ、計算パワー、学習時間が必要となる。一方で、実際の業務においては目的のタスクに限定した課題解決が行われるだけでよく、特定のタスクに限定したデータによるAI利用が主流である。

しかし、コンピュータビジョンの領域においては、幅広い利用シーンを考慮した学習データの拡充が進んでおり、実務にも活用され始めている。たとえばAmazonのロジスティクスでは、従来センサー群で認識していた処理をカメラによる認識のみで行っている。また、手書きの書類をデジタル化する際には、これまでは文字認識が主流であったが、注目領域推定技術の進化に伴い、現在は図を含めて多様なデジタル化とそれに伴う処理が可能となってきた。たとえば請求管理業務では、クレーム対応や請求の振り分けのみではなく、手書き情報のデジタル化により請求管理監査へのシームレスな接続や不正請求のリアルタイム検出にまで適用が広がっている。

② 技術動向

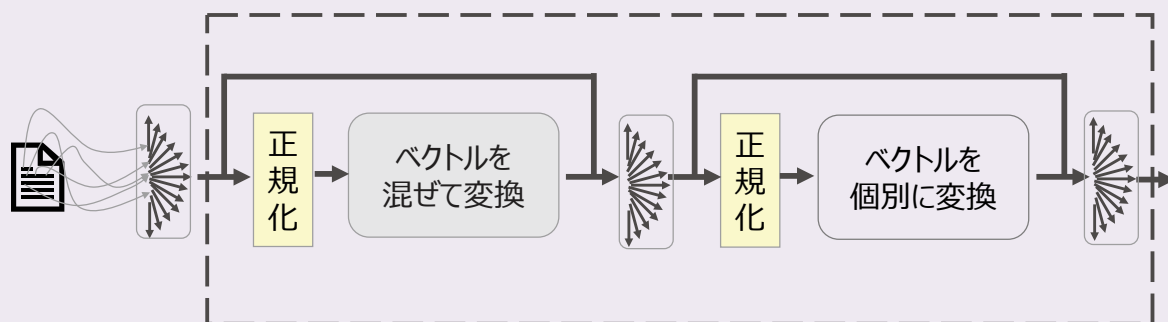
(ア) 大規模自然言語モデルと関連技術

(a) 大規模自然言語モデル(LLM : Large Language Model)

OpenAIによるGPT-3*¹⁸の発表とともに注目を集めたのが、大規模自然言語モデルである。GPT-3は570GBのデータで学習した1,750億パラメーターを有するモデルである。通常、自然言語モデルはテキストを中心とした自然言語処理のために構築されている。しかし、本モデルは、明示的に学習させていない四則演算能力や画像の追加学習と組み合わせることによって、テキストキャプションの生成、テキストからイメージの生成などにも機能することが示された。つまり、これまで専用のモデルが必要であった領域において、一つのモデルで、しかも高品質な結果を出力できる高性能なモデルが実現したといえる。モデルの中核には、Transformerと呼ばれる技術を使用しており、GPUによる効率的かつ大規模なパラメーターシステムの実現方法も世の中に示したことになる。Transformerの基本的構成について、以下の図表5-50に示す。オンメモリのすべてのデータをベクトルとして扱い、あるベクトルとその他のすべてのベクトルとの関係の計算、ベクトル自身の更新の二つを行っていることになり、深層学習時代の「全結合」的な計算と考えることもできる。

* 18 GPT-3 <<https://openai.com/blog/gpt-3-apps/>>

図表5-50 Transformerの本質的な働き(概略)



出典：Transformerの最前線^{*19}を基にIPA作成

(b) マルチモーダル対応していく自然言語アプリケーション

LaMDA^{*20} (Language Model for Dialogue Applications:対話(会話)アプリケーション用の言語モデル)は、大規模自然言語モデルを対話に応用したものである。注目すべき点は、会話の中で頻繁に変化するトピックへの柔軟な追従と、場面に応じて妥当な応答を生成して返答することである。さらにMUM (Multitask Unified Model)によりテキストに限らず画像、音声などのほか、マルチモーダルでの学習を利用することで、「夕日が綺麗な海岸沿いのルート」や「富士山が目に入るルート」と指示をすることも可能になる。

これを動画に適用すると、動画内のシーン検索をテキストで行うことが可能となる。たとえば「夕暮れのサバンナでライオンの雄叫び」をみたいというリクエストができる。

同等の技術を具体的なアプリケーション搭載という形で目指した例がAdobe MAX 2022^{*21}の中で次期Sneaks (新機能の実験的搭載)の機能として紹介された。同社の動画編集ソフトPremiere上での画像の切り貼り、背景の変更、対象人物の行動生成は、すべて自動による直感的な操作のみで行われ、編集後は痕跡がまったく残らない。

また、この中で紹介されたProject Blink^{*22}は、テキストエディターでテキストを扱うように動画のカット編集を可能にする。動画編集は、時間軸という動画特有の特性があり、編集に経験と慣れを必要とするのと同時に手間が生じる。そこで動画内での発言内容と話者などを解析することで、テキストデータと紐付け、編集作業を容易にする。いわば動画をマルチモーダルなデータとして扱うことで、テキストインターフェースによって簡単にシーンカット・編集が可能となる。動画の文字起こしツールによるテキストを確認しながら、そのテキストを利用して編集する、テキストインターフェースで動画を編集するという次世代のデモとなっている。

(c) Foundation Models

スタンフォード大学(Stanford University、米国)は大規模言語モデルの発表後、同モデルの持つ汎用的な可能性に気づき、Foundation Modelsと名付けて、汎用AIの実現方法の有力な選択肢の一つとして

* 19 https://speakerdeck.com/yushiku/20220608_ssii_transformer

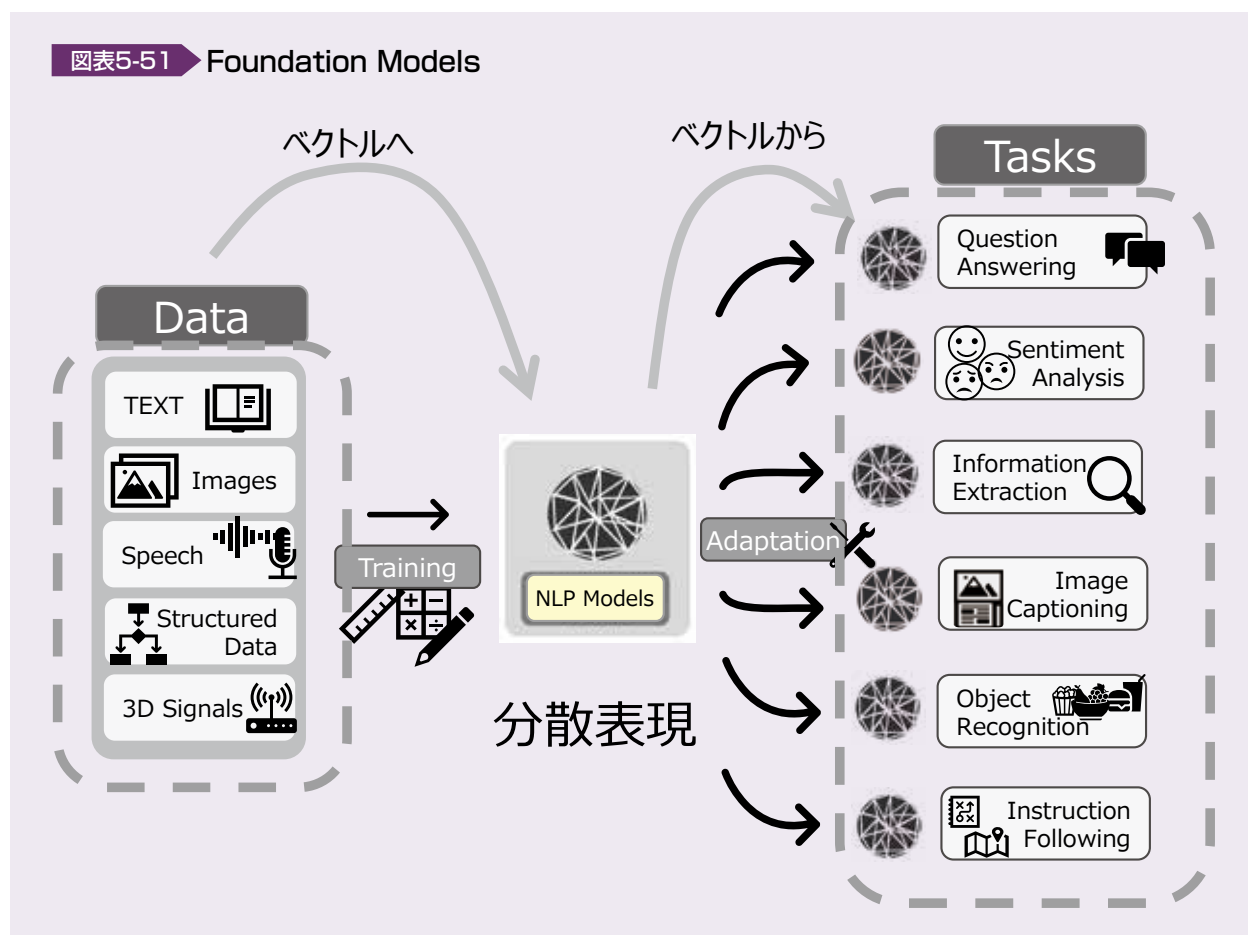
* 20 LaMDA: Language Models for Dialog Applications <<https://arxiv.org/abs/2201.08239>>

* 21 <<https://www.adobe.com/max.html>><<https://maxjapan.adobe.com/>>

* 22 Project Blink <<https://labs.adobe.com/projects/blink/>>

取組んでいる。Foundation Modelsで特筆すべき点は、入出力のマルチモーダル特性である。

コアとなる自然言語モデルは今のところテキスト学習を主として形成されるが、その後の入出力対象としては画像、音声だけではなくあらゆる入力信号、多種多様なセンサー信号が含まれる。ロボティクス分野では、ロボットが実環境で動作する際にも、自然言語モデルを介することで環境を自ら認識、モデル化することが期待されており、人に指示するような曖昧さを含んでも問題なく指示に従い動作するような実世界インタラクションとして提案されている。



出典：On the Opportunities and Risks of Foundation Modelsを基にIPA作成

Gartner（米国）のHype Cycle for Emerging Technologies^{*23}によれば、2022年8月時点で、すでにFoundation Modelsは最初の頂点に達しようとしており、産業応用に対する期待の高まりを示唆している。

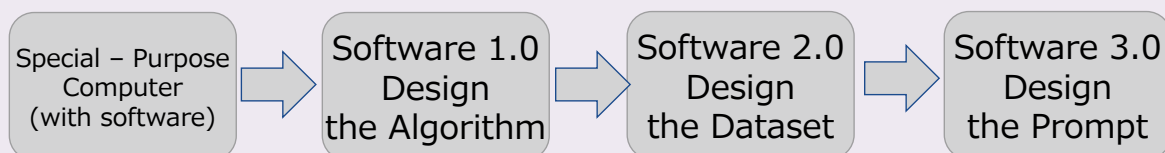
スタンフォード大学は、Foundation Modelsがプログラミングパラダイムの変化を促すとしており、Software3.0という位置付けでプロンプト学習を重要視している。大規模モデルとペアになるのはプロンプト学習によるFew-Shot Learning^{*24}であり、質問と回答のペアを例示することにより、大規模モデ

* 23 <https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-the-2022-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies#:~:text=What's%20New%20in%20the%202022%20Gartner%20Hype%20Cycle%20for%20Emerging%20Technologies&text=Emerging%20technologies%20for%202022%20fit,automation%2C%20and%20optimized%20technologist%20delivery.>

* 24 対話型のインターフェースを使用し数例の例示による追加学習する方法。一般的にはこのような学習方法をプロンプト学習という。

ルに対象タスクにおける入出力関係を教示することでタスクオリエンテッドな入出力動作を決定させる。教示により大規模モデル内にある膨大な関係性から入出力に関係する部分のみを抜き出すことになる。基本的にはプロンプト学習では自然言語で入出力を教示すればよいが、実際にはコツが必要であり、そのコツを身につけることで非常に詳細な動作を指定することが可能となる。そのため、今後従来のプログラマーに加えて、プロンプトエンジニア(プロンプター)が必要になるという考え方もある。

図表5-52 ▶ プログラミングパラダイムの変遷



出典：スタンフォード大学の各種の報告を基にIPA作成

(d) Text2Image、Image2Text (ベクトルを介したモダリティの変換)^{*25}

Foundation Modelsでは、大規模自然言語モデルを「中核」としており、潜在空間でのモノ、コトを分散表現として扱っている。そのため、他のモダリティデータをテキストに変換することにより、分散表現として同様に扱う処理が増えている。テキストの画像変換に関しては、当初GANを利用した方法の報告が相次いだ。GANの不安定さに起因する生成画像の歪みが消せないことからdiffusion法に切り替わり、画像の質が大きく向上した。

とくにStable Diffusion^{*26}は、2022年8月に無償公開されたText2Imageの実装であるが、その画像生成能力の高さから大きな話題となった。Text2Imageでは一般的にテキストのキーワードをプロンプトで入力する。自分の思いどおりの画像を生成するためには細かな記述法が必要となっており、新しいプログラム記述におけるプロンプト記述の重要性がうかがえる。

Latent Diffusion^{*27}をベースとした本モデルは、非常に大規模なデータセットであるLAION-5Bを用いてトレーニングされている。最近の傾向としてたとえばGoogleのImagenやOpenAI^{*28}のGLIDE、DALL・E-2など最新の画像生成モデルは、発表および論文による発表はあるものの、DALL・E発表時のようなデモの公開は行っていない。これはその表現力があまりにも高機能であり、その生成画像が与える社会的な影響が大きすぎ、十分な検討ができていないためである。

Stable Diffusionを開発しているStability AI (英国)は、同社独自の判断を行い、ユーザーに平等な使用機会を与えることが最重要であるとの判断から学習済みモデルを公開している。2022年10月に1億100万米ドルの資金調達をしたとの発表があったが、同社のオープンな姿勢も評価されたと考えられる。

また、Whisper^{*29}では、シーケンスでの弱教師学習を行うことで音声から直接音声への変換を成

* 25 テキストを入力して画像を生成する text2image 技術の後、異なるモダリティ間でのやり取りが注目されている。現在ほぼすべてのモダリティ間の変換ができる。

* 26 Stable Diffusion Demo <<https://huggingface.co/spaces/stabilityai/stable-diffusion>>

* 27 High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models. <<https://arxiv.org/abs/2112.10752>>

* 28 <https://openai.com/>

* 29 Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision. <<https://cdn.openai.com/papers/whisper.pdf>>

功させ、テキストを介することなく翻訳が可能になった。同様の技術にMeta AI^{*30}のUST (Universal Speech Translator)^{*31}がある。文字を持たない言語であっても翻訳ができることから、翻訳サービスの制限がまた一つ取り除かれた。今後は、テキストを介さない学習によって得られた分散表現モデルと通常のテキストを用いた分散表現モデルとの比較も進むことになる。

このように大規模自然言語モデルを使用すれば、さまざまなモダリティがベクトルを介してほかのモダリティに変換される、つまりモダリティ X をモダリティ Y へ高品質に変換することを可能にした。同時に、このような高品質でしかも簡単に生成できる画像や動画に関して、フェイク^{*32}をどう扱うのかという社会的な問題から目を背けられない状況をもたらしている。

(イ) 物理・化学をモデルとして取り込む深層学習

(a) Materials Informatics: MI

AlphaFold2^{*33}は、タンパク質構造解析に革命をもたらしたAIシステムである。

タンパク質構造解析は、構造生物学という分野の成立と同時に非常に大きなテーマであるため、世界中の専門家が積極的にその解析に挑んできた経緯がある。この分野ではベンチマークとしてタンパク質構造予測コンテストCritical Assessment of protein Structure Prediction (CASP)が2年おきに開催されており(2022年は第15回)、構造予測の精度を競う。具体的には数十個のアミノ酸配列から正解のタンパク質構造を予測する。この分野は、いくつかのブレイクスルーもあったが、専門家からすれば順当な改良であった。

そのCASPに大きな変化をもたらしたのが2018年のCASP13におけるAlphaFoldである。すでに深層学習がCASPの参加者にも利用されていた中で圧倒的な予測スコアが提示された。そしてCASP14に登場したのがAlphaFold2であり、出題された問題の64%が実験で決定された構造と完全に一致し、追加の24%についてもほぼ一致と認定された。この結果は歴史的な快挙ともいえる結果であり、圧倒的な正確さでの優勝となった。従来のAlphaFoldとAlphaFold2の大きな違いは、AlphaFold2ではEvoformerと呼ばれるいわば構造生物学用のTransformerが導入されていることである。Transformerの特徴は、大規模メモリ内のデータ全体に対して、データの潜在空間内での全体と部分の両者を混ぜ合わせたベクトルを最適化、いわば全体の中での部分の関係の学習と対象ベクトル自身の最適化の二つの学習を繰り返すことであり、これをタンパク質の構造決定に応用したのがEvoformerとなる。

Evoformerは、MSA (Multiple Sequence Alignment)^{*34}表現とペア表現を扱う。MSA表現が主鎖と側鎖の角度、つまり二つの鎖間での2面角情報を扱い、ペア表現で二つの残基の空間的な位置情報、残基間の距離を扱う。前者がアミノ酸全体の構成を扱い、後者がアミノ酸残基にかかる位置情報を扱っておりTransformerと類似した構成で実現されている。この方法は必要なデータがメモリ上にある場合には、効率的な総当たりにより必要なデータ構造をモデルに手渡ししており、Transformerと同様の演算上

* 30 <https://ai.facebook.com/>

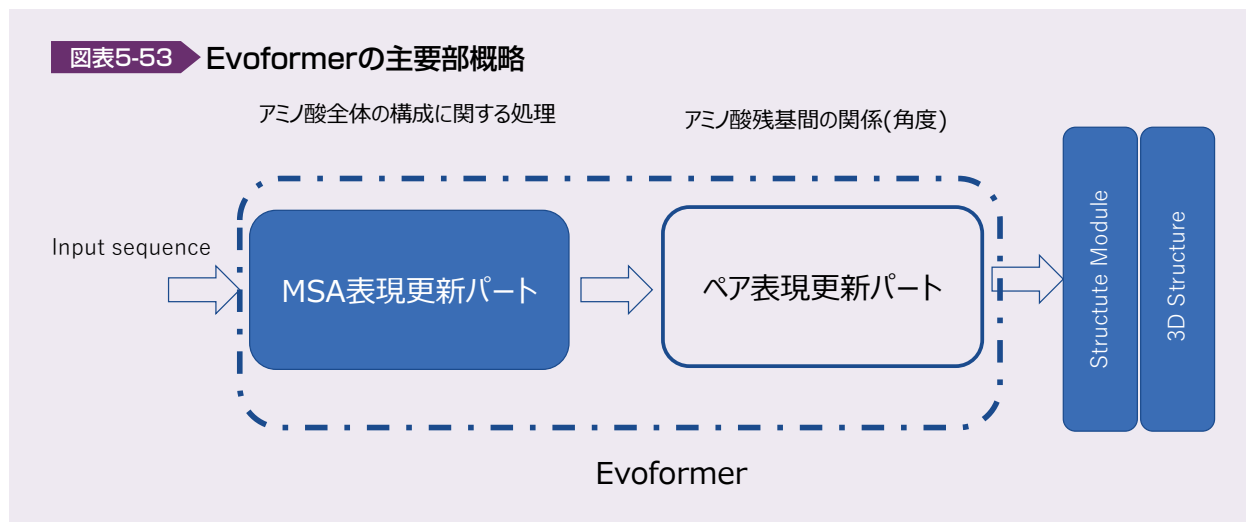
* 31 <https://www.youtube.com/watch?v=LH7tUQMtJX4>

* 32 とくに問題となる一つの例は、画像や動画において、コンテンツ内の人物の顔や表情、声などを別人のものに入れ替え、実際には行っていない言動を入れ替えた人間が行っているかのようにみせるケースがある。

* 33 Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold.
<<https://www.nature.com/articles/s41586-021-03819-2>>

* 34 日本語では多重配列整列となり3本以上の配列を進化的な対応関係に従って並べることによって機能的な重要部位の検出や特徴の中心となるモチーフの発見など分子系統解析の第一ステップとして不可欠なステップ。

の利点を享受できている。図表5-53に簡略化したEvoformerを示す。Transformerの図(図表5-50)と比較すると非常に似ていることがわかる。



出典：Highly accurate protein structure prediction with AlphaFoldを基にIPA作成

(b) 物理と深層学習^{*35}

深層ニューラルネットワークはすべての関数を近似できることが証明されており、この特性はニューラルネットワークによる「関数の万能近似性」と呼ばれる。そこで物理空間として深層ニューラルネットワークを使用することで、たとえば場の近似や系全体のシミュレーションと法則の確認など、幅広い利用方法が考えられる。深層学習を実験環境として、物理学の各現象を再現、解析するという取組が日本では比較的早くから積極的に取組まれてきた。

深層学習を構成しているニューラルネットワークは統計力学におけるスピングラス・モデルとの対比から、物理、とりわけ統計物理の分野では比較的古くからその性質を解析されてきた。別の言い方をすれば物理学の基礎的な考え方からニューラルネットワークが導かれるということもできる。より専門的な言葉を選ぶのであれば、物理学を特徴づけるのはハミルトニアンであるが、深層学習を始め機械学習を特徴づけるのもハミルトニアンだからである。

深層学習の登場でより多様なハミルトニアンを表現できるため、力学系に始まり、相転移、量子多体系、超弦理論、量子電磁力学(Quantum electrodynamics; QED)、量子色力学(Quantum chromodynamics; QCD)およびそこから創発する時空など、さまざまな物理学の分野での利用が進んでいる。

(c) 行列計算と深層学習

行列計算の高速化に対しても深層学習は大きな貢献をもたらした。行列の乗算は繰り返し計算が多く、50年以上前の1969年に発表されたシュトラッセンのアルゴリズム以降、事実上進展がない。しかし、行列の乗算は古典的なニューラルネットワークから科学計算まで、多くのシステムで必ず行われる計算過程であり、ニューラルネットワークの発展である現在の深層学習でもその計算は重要な位置付けとなる。

* 35 Deep Learning for Physical Sciences. NeurIPS2017 <<https://dl4physicalsciences.github.io/>>
ディープラーニングと物理学 講談社 2019

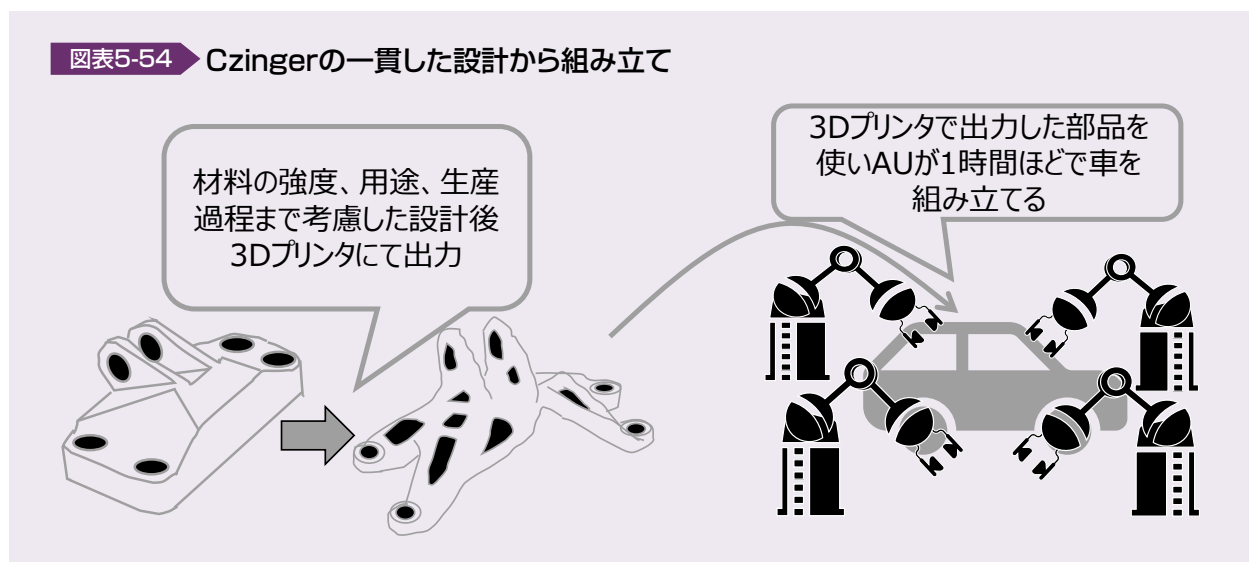
AlphaTensor^{*36}は、ゲームで大きな成果を生み出した深層強化学習を有限因子空間内で行列を低ランクに落とすことで効率的な計算を行うためのテンソル分解をみつけるというゲームに適用し、多くの行列サイズで従来の計算効率を上回るアルゴリズムを発見した。さらにAlphaTensorは行列乗算のための最先端のアルゴリズムを発見するだけでなく、強化学習の報酬に実行時間を取り入れることでハードウェアでの実行時に行列乗算を最適化し実用的な計算効率の向上ももたらしている。

(3) 導入プロセス、事例

① AIとロボットによる自動車製造の革新（デジタル時代の自動車製造）

自動車の部品には、安全性の観点から必要十分な強度と移動に要するエネルギーの効率化のための重量の軽減化が求められる。従来、既存材料であれば、両者がバランスする範囲が経験的にわかるため、その範囲で設計試作を行っていたのに対し、Czinger（米国）は製作工程も含めて、AIが部品を設計する。そのため上流から下流までの全工程も条件として取り入れ、AIは部品の性質、性格を考慮して設計する。設計にはトポロジー最適化と呼ばれる手法が使われている。これにより従来よりも正確に引っ張りおよび加重方向を考慮し、同時に限りなく軽量化を目指した部品群を設計することが可能となった。

すべての部品を3Dプリンターで製作するため、原材料の無駄もほとんどない。できあがった部品は、AU（automated unit）と呼ばれる0.0004インチ以内のずれで部品を取付けられるロボットユニットによって1時間で組立てられる。AUを使用するためには15メートル四方のエリアがあれば十分である。AUに取り付けられているロボットアームは複数の機能を持ち、お互いのアームが何を行っているのかを知って、動作するようになっている。



出典：Czingerの各種発表を基にIPA作成

各アームには複数の目的があり、その目的にしたがって一斉にシャーシに組み付けを行う。そして各アームは、ほかのすべてのアームが何をしているかを常に把握しているためぶつかることはなく、最短時間で組立てが終了することになる。システム全体は一つのまとまりを構成しているため、目的の変

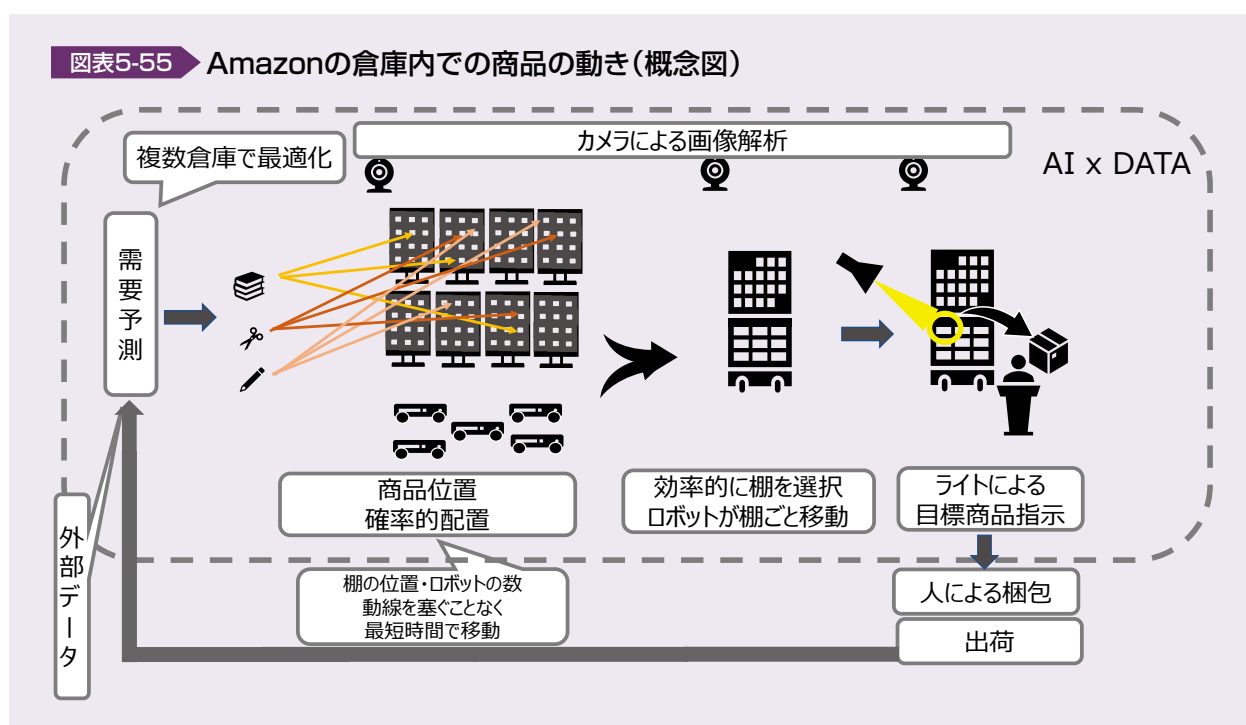
* 36 Discovering faster matrix multiplication algorithms with reinforcement learning.
 <<https://www.nature.com/articles/s41586-022-05172-4>>

更、すなわち車種の変更の際には、構成をつかさどるシステムに変更手続を行えば即座にAUの動作が変更されるため、従来のようなラインの変更手続は不要となる。

② AIとロボットによる最適化された梱包作業

(ア) ロボットと人間を連携させる倉庫管理

Amazon（米国）は、需用予測と倉庫内での商品配置、移動などにAIを活用している。需要の高い商品を分散配置し、どのロボットでも移動可能にする。ロボットは目的のラックの下に潜り込み、そのラックを移動させ、梱包している人間のところに運ぶ。梱包担当の前にラックが運ばれると梱包に必要な商品があるケースの位置を明るいライトで照らしだし、担当に知らせる。担当はそのライトに当てられたケースから商品を取り出し梱包段ボールに移す。梱包担当の前にラックを移動させるために、カメラと映像解析によりラックの分散度合いとロボットの数と時間との最適化、経路でのぶつかり、混み具合を考慮した配置の最適化が行われる。



出典：Amazonに関する各種報道を基にIPA作成

(イ) ビルトインで使用できるロボットAIシステム

Cargo Cove（米国）の例はAmazonとは対極的で、既存の大規模な倉庫にAIシステムを組込んでいる。フロリダ州ジャクソンビルの施設をeコマース用に最適化するため、inVia Robotics（米国）の一連のソリューションを導入するとしている。同社のシステムは、inVia PickMateの導入によりCargo Coveの倉庫作業員の生産性を2倍にし、その後inVia Pickerロボットの追加により生産性が4倍になると試算されている。

inVia PickMateは、AIを搭載したソフトウェアinVia Logicを活用し、集荷から出荷梱包まで、倉庫内の最も効率的なルートで作業員を誘導する。Cargo Coveの在庫配置を支援し、動的な労働力の割当てを使用して生産性を向上させる。つまりAIを使用して顧客の倉庫をマッピングし、フルフィルメントプロセスで商品を移動させる最も効率的な経路と、各作業を行う理想的な作業員との連携を目的とする。

作業員は既存の手持ちの小型端末の直感的なインターフェースを使用し、これらの経路をステップバイステップで指示し、注文箱に正確な商品に移すことになる。現場に導入するには、現場労働者の反発などを含めて解決しなければならない。そこでまず、実際の現場にロボット(ピッカー)を含めたソリューションを導入して、現場の労働者とともロボットピッカーの効率的な運用を実現する。AIと人との協調により大規模倉庫であってもビルトインによるインテリジェント化を数週間で可能にした。

③ 保険の世界と AI

Anadolu Sigorta (トルコ)はトルコの老舗の保険会社であり、総合的な保険事業を手掛けている。彼らはSNS分析にグラフ理論を適用し、機械学習と統計データを駆使することで保険金に絡む犯罪防止に大きな成果を示した。予測システムはリアルタイムで不正や詐欺を検出し、ROI (投資収益率)はわずか一年で210%になったという。

自動車保険では過失相殺の決定など、現場の写真と現場のメモをたよりに詳細なメモ記述によって当時の状況を整理する必要がある。図面は手書きであるためテキストと記号と図面が混在することになり、これらを適切に処理する必要があるため人間が対応していた。しかし最近のAIによる画像認識技術は十分な学習さえできれば、識別能力は人間を越える部分もあり正確で迅速な処理が可能である。手書きの書類、たとえば図面とそれに手書きで追記入するビジネスシーンにおいてもAIは活用拡大を期待されている。

④ 早期ワクチン設計およびタンパク質解析によるリスク評価

mRNA (メッセンジャー RNA)を使用したワクチン開発技術で知られるBioNTech (ドイツ)ではAIを使用した新型コロナウイルス感染症の変異ウイルスの予測を行っている。この技術開発はAIスタートアップ企業のInstaDeep (英国)と協力しており、WHO (World Health Organization: 世界保健機関)が13の亜種に対して潜在的な危険性を示す2か月前に、それらのうちの12種を検出している。オミクロン株に関しては遺伝子配列が利用可能になった即日にその危険性を識別している。InstaDeepの技術はTransformerベースでタンパク質の設計に特化したBERTモデルを構築している。このモデルを使用しいわゆるIn-Silicoとよばれるコンピューター上で実験を行う。

mRNAワクチン設計のうえで重要な意味を持つスパイク(S)タンパク質の変異は、抗体への耐性に直接影響を与えるため、迅速にこの変異を捉えることは最も重要な点となる。同社のタンパク質の設計に特化したBERTモデルは、配列の迅速な解析、設計、その性質の分析を可能にしているため、既存のSARS-CoV-2のデータが登録されているGISAID (インフルエンザウイルスなどの共有データベース)のデータを学習に使用することでウイルス変異のリスクを評価できるようにした。新規に報告されるSARS-CoV-2の亜種データは長くても一日で潜在的な危険度を識別することができる。同時に危険度が高いと評価されるものに関しては、既存ワクチンの効果推定と新規ワクチンの設計へと引き継がれる。このように早期ワクチン設計およびタンパク質解析によるリスク評価が可能となっている。

⑤ 自動コード生成の最先端 Github Copilot、PaLM の実装

コード生成の領域においてもAIの活用が進んでいる。AIによるコーディング支援ツールである

Github（米国）のCopilotは、たとえば、コメントとして実行したい機能の記述「Get A…」を行い、その記述を元にしたfunctionの指定「func getA…」と記述すると、その先を自動的にコード生成や補完する機能を提供する。Copilotは必要な変数の宣言や制御構文、戻り値の記述まで一連のコードあるいは選択肢を提示する。

元となっているのはOpenAIが開発した120億パラメーターのコード生成AIのCodexである。Codexを開発するために、OpenAIは事前トレーニングされたGPT-3モデルからソフトウェアのコードを分離した。自然言語の学習に加え、5,400万の公開GitHubリポジトリからPythonコードファイルを収集し、最終的なデータセットは159GBになっている。

GoogleのPaLM（Pathways Language Model）^{*37}もコード生成が可能である。具体的にはコメントからのコードを生成、あるプログラミング言語から他のプログラミング言語への翻訳、コンパイルエラーの修正などのタスクが実行できるとしている。

Codexはオープンソースではないが、類似のオープンソースプロジェクトも存在する。2021年、MicrosoftはBERTをベースとするコード生成モデルのCodeBERTをオープンソース化した。2022年8月、NovelAI（米国）はGPT-JをベースにしたモデルのGenjiを発売している。

(4) まとめ

最近公開された論文^{*38}によれば、現在のAIおよびML関係の論文は世界中で毎月4,000本公開されており、汎用AIへの道筋も示され始めるなど研究開発が大きく進展している。また、その成果は、AIの活用分野の拡がりや企業によるAI活用につながっている。先行する企業では、最新のAIの導入を進めており、業務効率化や事業革新に成果を上げる中、企業におけるAI活用では「導入する、しない」という判断ではなく、AIの導入・活用により成果を出すとともに、活用の拡大・深化に向けて継続的な投資を行うという視点が重要となる。

本項で紹介した大規模自然言語モデルなどの動向を踏まえると、今後はさらに画像認識の高度化と自然言語モデルの発展が中心となり、従来よりも高度なAIの導入が容易になっていく可能性がある。今後、企業ではこうしたAI技術の発展を踏まえつつ、ビジネスの中でのAI活用やビジネススキームの再構成や変革を進めていくことが求められよう。

また、AIとの関係が深いデータを扱う技術の進展も注目される。クラウドでGPUを扱う場合でも80GBのオンメモリを可能にするオプションがあり、すでに、大規模言語モデルもクラウドで構築できる環境が整っている。最近では数百TBのデータを高速に処理する実装が公開されるなど、事実上、ローカルにあるすべてのデータを一括で扱い、学習できる環境が整いつつある。データを扱う技術の進展は、大量なデータの高速な処理が必要となるAI技術の進展に不可欠であり、今後データを扱う技術の発展を注視する必要がある。

* 37 PaLM: Scaling Language Modeling with Pathways. <<https://arxiv.org/abs/2204.02311>>

* 38 Predicting the Future of AI with AI: High-quality link prediction in an exponentially growing knowledge network <<https://arxiv.org/abs/2210.00881>>

コラム

DXとAI

札幌市立大学 学長 中島 秀之

AIという視点からDXがどう見えているかについて語る。

データのオンライン化

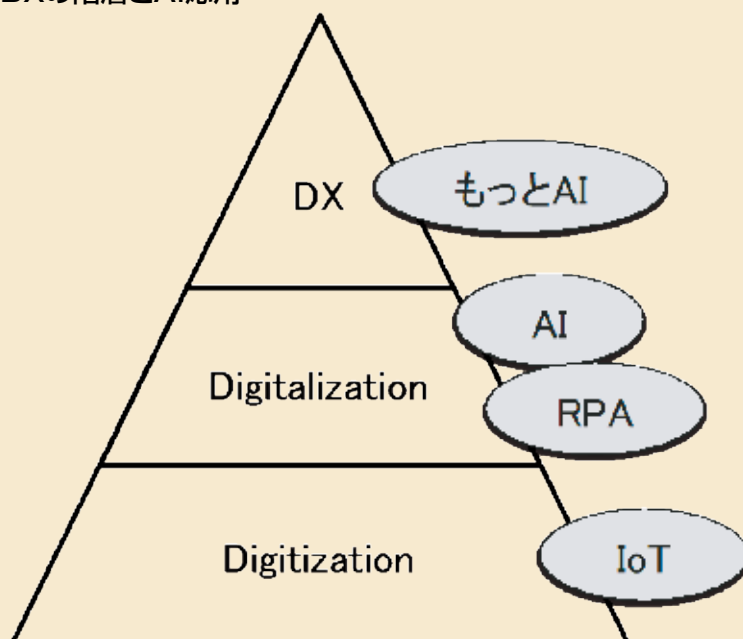
DXの前提となるのはDigitizationである。デジタルであることが本質だとは思っていないが、データがオンラインになってコンピュータ処理ができる状態であることを巷ではDigitizationと呼んでいる。全てのものがインターネットに接続されているIoT (Internet of Things)環境だと言っても良い。日本ではこの前提が満足されている分野はまだ少ない。恥ずかしながら我が大学でもwordなどオンラインで作成した文書をわざわざ印刷して回覧していたりする。紙媒体を、デジタルに対比した形でアナログと呼ぶ人がいるが、それは本質

を外した呼称だと思う。^{*1}ここでデジタルとアナログの違いを真剣に議論することはしないが、本質はデジタル化ではなくオンライン化である。文字はデジタルである。しかしDXと言う呼称が定着してしまっているので、本項でもデータのオンライン化をデジタル化と呼ぶことにする。これには深層学習が扱う画像などのアナログデータも含まれているが、現実世界をアナログ、それをデジカメなどで撮影しオンライン化したものをデジタルと呼ぶことにする(ややこしい)。

データの自動処理

オンライン化のメリットは、そのデータがそのままコンピュータで処理できることである。これをDigitalizationと呼んでいる。さまざまな

図1 DXの階層とAI応用



* 1 紙幣の発明はある意味で金のデジタル化であった。価値を、紙に印刷された数値で表していたのだから。

データどうしを紐付けしたり、他の作業のトリガーにしたりできるRPA (Robotic Process Automation) もDigitalizationの一つである。一歩進んで、ここにAIによる知的処理を持ち込むこともできよう。現在使われているAIは深層学習をベースとしたものが多いが、学習のためには大量のデータを必要とするのでIoT環境(つまりデータのオンライン化)がないと真価を発揮できない。Googleは随分前から「データは力である」という主張の下に大量のデータを取得するためにGmailなどを無償公開している。全世界で飛び交うメールが全てGoogleの学習データとして使われている(と思う)。その結果、自動翻訳などが実用レベルに近づいてきた。

データ分析による業務の効率化も考えられる。いくつかの先進的バス会社では乗客の乗降データを分析し、路線や停留所位置、時刻表などを見直し、営業改善に役立てている。

システムの再デザイン

デジタル化と、デジタルデータの自動処理というお膳立てが済んだところでDigital Transformationが可能となる。^{*2}これはAIやIT (以後AIT)が使えることを前提に、処理プロセス自体を再デザインすることである。企業のサービスや行政など、現在の社会の仕組みはコンピュータのなかった時代に作られている。AITを使えば人間を経ずに回る効率の良いシステムがデザインできる。

AIを使ったDXの例は様々考えられるが、以下にいくつか挙げておく。(注：人的夢想なので社会実装した場合の責任は持てない。社会学者による検証を待つ)

コンビニ：中国などでは顔認証を利用したレジなしコンビニがあるそうである。店に入って必要な品物をピックアップし、そのまま出ていけば精算が済むというものである。レジの自動化ではなく、レジをなくしたところがDXといえるだろう。そういう意味ではamazonが購買のDXの先駆けかもしれない。

納税：現在、e-Taxと称して確定申告書の税額計算と提出の部分がデジタル化されている。しかしながら、源泉徴収票は相変わらず紙に印刷して送られてきて、納税者がe-Taxシステムに手動入力している。この部分のRPAが望まれる。例外的に、ふるさと納税のサイトでは年間の全ての納税をまとめたデジタルデータを作る機能を持ったものがあり、そのデータを送ってもらって読み込ませればふるさと納税分のリストの作成と控除額の自動計算が行われる。しかしながらすべての手順を始動するのは相変わらず人間である。DXの初歩としては、e-Taxのサイトに入れば源泉徴収票の原案ができており、納税者はそれをチェックし、必要な修正(必要経費^{*3}など)を加えるだけで済むようにしてほしい。

国政：現在の選挙から国会での議論まで、国政の全てが旧来の方式で営まれている。インターネットを活用すれば在宅投票も可能だし、そもそも代議員を選んで国会で議論してもらわなくても全員参加の議論が可能である。もちろん、優秀な司会者(おそらくAI)は必須である。多くの発言をまとめ、議論の構造を示すシステ

* 2 Digitization や digitalization も DX の一部だと主張する人もいるが、私は間違いだと思う。ましてや digitization のみを DX と称して実施し、それで満足するのはとんでもない矮小化だと思う。

* 3 マイナンバーがあるのだから必要経費も自動計算できるようにならないだろうか？

ムがないと成立しないと思うが、民意の反映という意味では代議員性より遥かに効率的であろう。

経済：通貨や決済のDXは既に始まっている。たとえばネットティング(netting)。外国為替取引などにおいて、取引の当事者間で、債権と債務を相殺し決済を行うことで金銭の授受を帳簿上で相殺するため実際の決済額は小さくなり、送金や外国為替手数料の削減などが見込まれる。現在は当事者同士の、人間が追える範囲の取引に限られているようだが、AIによるマッチングを駆使して銀行ごと、あるいは世界的に自動的に相殺を行えば送金量とそれに伴う手数料は激減するであろう。

ビットコイン(最近では暗号資産と呼ばれることが多い)は通貨の概念を根底から覆す仕組みである。国家の権威を背景とした、ドルや円という貨幣と異なり、国家はもちろんのこと銀行などを通さずに個人間で取引が可能で、送金などの手数料などがほとんど不要になる。^{*4}ただ、今のところ実際に貨幣を置き換えるという勢いは持っていないようである。

交通：一部のバス会社^{*5}では運行データを解析し(digitalization)、それに基づいて停留所位置やダイヤを変更した例がある。限定された形ではあるが小規模のDXと呼べないこともない。

交通に関してはMaaS (Mobility as a

Service)^{*6}という用語が提案され、近年一般化している。これは既存の様々なモビリティ(電車、バス、タクシーなど)を統一的に扱うサービスの提供により、ユーザはそのサービスにアクセスするだけで、予約や決済が可能になるというものである。

我々はモビリティ自体の統合を目指している。つまり、公共交通のDXに取り組んでいる。地域内の公共交通車両をAIで最適制御すれば高いモビリティが実現できる。全ての車両が固定路線やダイヤを持たず、デマンドに応じて乗合運行することを目指している。モビリティが効率化されれば、その上に様々なサービス(飲食、ショッピング、医療など)を乗せることができる。

DXの阻害要因

以上でDXに至る技術的側面を明らかにしたのだが、現実問題としては社会習慣や法律の壁が立ちはだかつており、技術だけでは解決できないものも多い。社会の慣性とも呼ぶべきものである。たとえばAIの導入や業務の効率化により人員削減が可能になったとしても、日本社会では直ちに首は切れそうにないので、それが導入の障害となる。社会全体の流動性の確保が必須である。

法律による障壁としては、かつて、インターネットの黎明期にネットワーク上で通信を転

* 4 ゴルゴ13「最終通過の攻防」(2014年作品。SPコミックス201巻(2021)にも収録)。もちろんこれはエンターテインメントを目的とするコミックであるから正確性を保証するものではないが、ビットコインの仕組みと、それが銀行に与える衝撃が描かれている。

* 5 埼玉県川越市のイーグルバスと北海道帯広市の十勝バス。

* 6 "MaaS"という用語を我々が知ることになったのは以下の修士論文による。2014年のことである：
Sonja Heikkila, Mobility as a Service - A Proposal for Action for the Public Administration: Case Helsinki, Master's Thesis of Aalto University, Civil and Environmental Engineering, 2014

送することが郵便法違反に問われたことが思い出される。以下の交通の問題も同様である。

もう一つの問題は(法律に基づいた)行政組織の固定化である。我々株式会社未来シェアは公共交通のDXに取り組み、タクシーとバスの融合による、現状より利便性の高いシステムを目指しているが、バスやタクシーなどの公共交通は法的に厳密に定義・区別されていて融合ができない。これは両業界が互いに侵食せず、また周囲の業種からも侵食されないように保護することが目的である。監督官庁はこれらの業界の維持に責任を持つが、ユーザの利便性は国土交通省の所掌範囲外だということである。バスやタクシーの業界もこの行政による保護に依存しきっている。一部のタクシー業者が、「(新しいモビリティが)タクシーより便利になっては困る」と平気で発言できるのもその表

れであろう。^{*7}

つまり、行政は旧来のシステムを守るために動いており、新しいシステムを導入してユーザの利便性を高めることは眼中にない。ユーザ保護を目的とした消費者庁ができたのは画期的なことであるが、その力は限定的である。デジタル庁も社会全体のデジタル改革を主導するというのであればこのような課題にも積極的に対応いただきたい。

AIによる技術の発展は指数関数的であると言われている。新しい技術を利用可能にするためには法律の変更を伴うことが多い(たとえばドローンや自動運転など)が、法律の方は国会で制定されるため、年間に何件といった線形の変化しかできない。このままでは技術と法律の乖離がますます大きくなって行くに違いない。法制度自体のDXが必要であろう。

* 7 岩村龍一、中島秀之、松原仁、野田五十樹、松舘渉：新しいモビリティ導入に対する公共交通業界の反応、情報処理学会論文誌デジタルプラクティス (TDP) 3 (2) :69-75、2022

3 IoT・デジタルツイン

(1) 背景

外部環境の変化に適切に対応するため、企業はデータを収集・分析し事業の改善や新規価値創造に取り組んでいる。このようなデータ利活用の基盤となるデータ獲得手段として、IoT (Internet of Things: モノのインターネット)の重要性がいっそう高まっている。本節では、IoTの解説に加え、IoTと密接な関係があり近年活用の幅が広がっているデータ利活用技術として、デジタルツインについても解説を行う。

(2) 技術概要

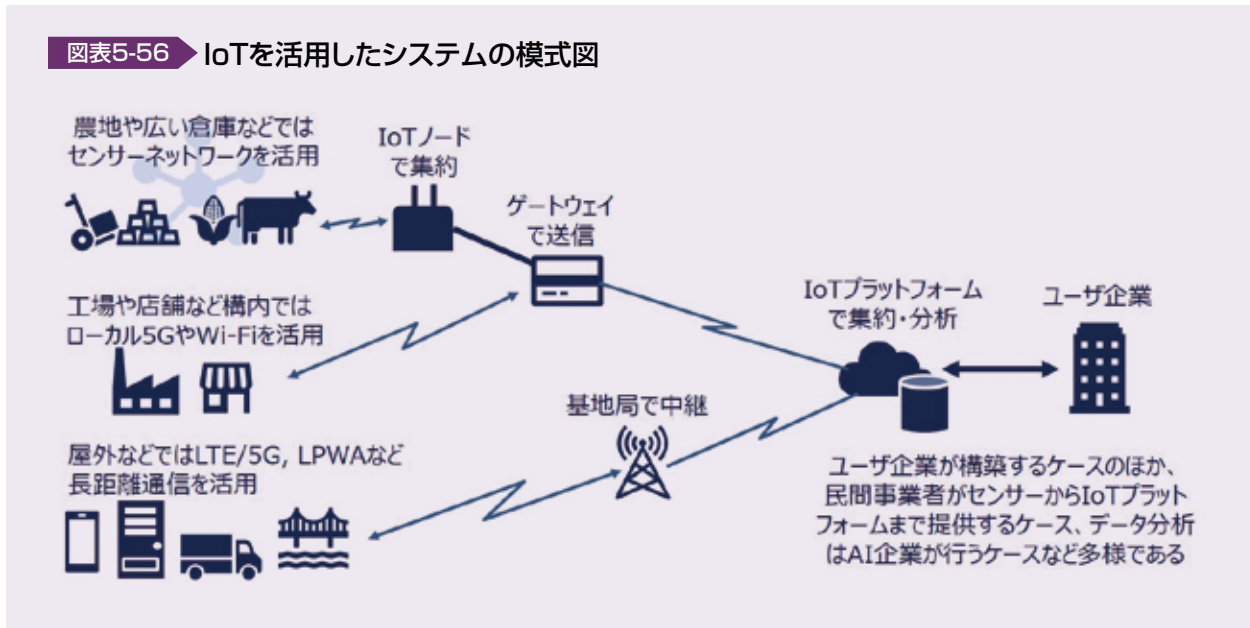
① IoT

IoTとは、インターネットなどのネットワークにコンピューター類のみならずセンサーやカメラなどのさまざまな物が接続され、データ収集や相互にやり取りすること、またそのような仕組みを指す。IoTを活用することで、センサーなどから取得したデータの収集や、末端機器へのフィードバックをリアルタイムに行うことが可能になる。たとえば、作物の状態をカメラ映像やセンサーを用いてリアルタイムに監視し、肥料や水の量を調整したり、工作機械の稼働状況や温度などのデータをセンサーから収集し、異常を検知・予測したりその機械の稼働を最適化したりするといった活用がすでに広く行われている。また、製品にIoTセンサーを搭載し、製品の状態や顧客による製品の利用状況・利用頻度などのデータを収集・分析することで保守サービスの品質向上や各顧客向けにカスタマイズしたサービスの提供を行っている事例も多い。

センサーやネットワーク、コンピューティングなど、IoTの各構成要素の技術向上によって、以前より安価に大量かつ多種多様なデータを収集できるようになった。さらに、IoTによって収集されたデータに対し、近年発達しているAIなどのデータ利活用技術を用いて分析・予測・シミュレーションを行うことが可能になった。最近では、業務プロセスの最適化や従業員の生産性向上、顧客の価値向上やロイヤリティの向上などを目的として、IoTは農業、医療、製造、流通・小売などさまざまな業界で、大企業を中心に幅広い規模の企業で導入が進んでいる。

IoTを用いたシステムの構成は、末端の機器にセンサーを搭載して機器自身やその周辺環境などのデータを取得し、用途に応じた種々の通信を介してIoTゲートウェイやIoTプラットフォームなどを経由したのち、クラウドやサーバーでそれらのデータを分析する形が一般的である(図表5-56)。また、サーバーでの分析結果を受け、制御・操作といった形で末端の機器へフィードバックを行うことも多い。IoTに関連し、近年注目されている技術である5G・ローカル5Gとエッジコンピューティングについては「DX白書2021」で取り上げたため、本白書では解説を省略する。「DX白書2021」の「第4部 第2章 3(2) 1) 5G・ローカル5G」および「同 2) エッジコンピューティング」を参照されたい。

図表5-56 IoTを活用したシステムの模式図



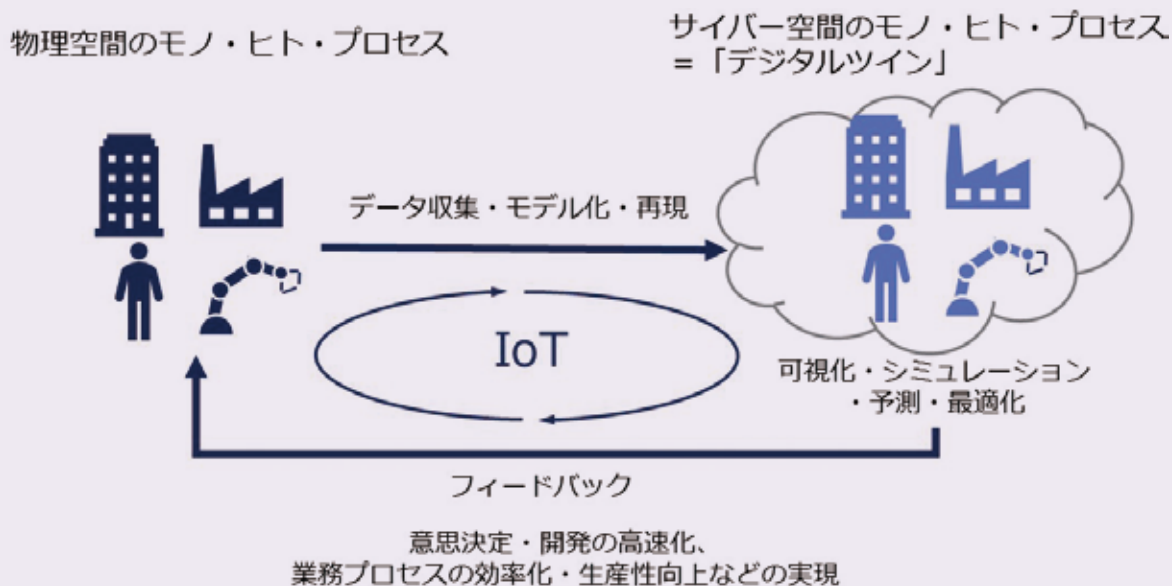
また、近年顧客や従業員の行動など、ヒトに関するデータが収集対象となっていることは重要なトレンドである。都市部における人流データのように、スマートフォンなどの個人端末もデータ収集に活用されている。ウェアラブル端末などから取得した健康状態のデータをもとに個人の生活習慣の改善を勧めるといったヘルスケア業界の例のように、企業の顧客データなどから得た知見を個人にフィードバックし、助言・注意を行うIoTの使い方も注目されている。

IoTの活用では、機密情報のような企業内部の重要なデータや、顧客・利用者のプライバシーに関わるデータを収集することが多い。IoTに求められるセキュリティとプライバシー保護の水準は高まっている点に注意が必要である。

② デジタルツイン

デジタルツインとは物理空間に存在するモノやヒト、プロセスなどをサイバー空間に双子のように再現したもの、あるいはそれを活用したシステムを指す(図表5-57)。物理空間のモノや現象をサイバー空間でモデル化・再現することは以前から行われてきたが、多様でリアルタイムなデータをサイバー空間へ反映する点がデジタルツインの特徴である。時間とともに変化する対象やその周囲の環境の状態をサイバー空間内のデジタルツインにリアルタイムに反映するためにはIoTによるセンサーデータ収集が重要となる。デジタルツインの構築において、IoTは不可欠ともいえる重要な要素技術である。

図表5-57 デジタルツイン



デジタルツインとして再現する対象は個々の機器にとどまらず、顧客、工場、建築物、都市・交通網、組織、サプライチェーン、業務・製造プロセスなど多岐にわたる。たとえば、機器の形や運動を3Dモデルにより再現するケースや、工場・建築物・都市の3Dモデル上に稼働状況や建築の進捗、交通状況などのデータを可視化するケース、小売店での消費者の移動経路など顧客に関するデータを収集・可視化するケース、業務システムからイベントログを取得し業務プロセスをグラフやフローチャートとして可視化するケースなどがあげられる。このように、事例ごとに対象をサイバー空間内に再現する方法もさまざまである。3Dモデルを用いる場合、従来はゲーム作成専用のツールであった汎用ゲームエンジンを非ゲーム分野で活用し、物理エンジンを用いた物体の運動の再現・シミュレーションや、光の描写の改善による写実的な表現などを実現するケースもあり、注目を集めている。

サイバー空間に構築されたデジタルツインは、グラフや3Dモデルによる可視化だけでなく、予測・シミュレーション・最適化といった高度な分析にも用いられる。たとえば、工場生産ラインの変更や都市計画など、物理空間で試行錯誤を重ねるには多大なコストや時間が必要となる場合がある。そこで実物の作成に先立ってサイバー空間上にデジタルツインを構築し、デジタルツインを用いてシミュレーション・分析・最適化を行い、その結果を物理空間へフィードバックすることで、コストや時間を短縮し、設計や生産などの効率化・最適化が可能になるのである。また、シミュレーション同様にさまざまな条件・環境をサイバー空間上で表現することで、機械学習における学習用データを生成する事例も近年現れている。

(3) 事例・導入プロセス

① 事例

(ア) IoT

(a) ITとOTの連携

機器のモニタリング・運用・制御といったOT (Operational Technology)領域もIoTプラットフォームに連携され、ITとOTが統合されるようになりつつある。この潮流は以前から存在したが、新型コロナウイルス感染症の拡大によって、機器の稼働状況を遠隔監視する必要性が高まり、統合が加速している。日立製作所は、自社の大みか事業所において、作業員・製品ごとに用意したRFID (Radio Frequency Identification)タグや作業台に設置したカメラから収集した現場の稼働データを用いて製造ラインの進捗管理や分析を行うなど、IoTやデータ分析技術を用いてIT・OTを統合した。同工場におけるバリューチェーン全体の最適化や高度化の取組が評価され、2020年にはグローバルな非営利団体である世界経済フォーラムによって、先進的な工場「Lighthouse」に日本企業の工場としては初めて選出されている。

これまでOT環境はインターネットなどの外部ネットワークから切り離されていた。しかし、OT・ITの統合においては、OT環境が外部のネットワークと接続されるため、セキュリティの確保は非常に重要となる。また統合に際しては、安定して稼働することが優先されてきたOTと最新の脅威に対応することが優先されるITとの文化の違いも大きく、注意が必要である。

(b) AIを用いた分析・予測

AIを用いてIoTから取得したデータを分析し、予測や最適化、その結果を踏まえた機器へのフィードバックを行うことで、製品の品質向上や障害の予防などの効果が見込まれる。収集データの可視化による現状の把握に加え、AIなどの活用により未来の状況を予測できるようになったという点は重要である。取得・蓄積したデータを適切に処理し、企業内外で共有することによる価値創出も期待されている。

AI技術の発達により、これまでは計算機での分析が難しかった画像や音声などのデータの活用が可能になったことで、IoTセンサーによってこれらのデータを収集する事例が増えている。たとえば、製品の異常や人の危険な行動(危険な機械への接近など)の検知などを目的とした画像処理に用いる入力画像の取得において、IoTが活用されている。

リアルタイム性を高めることを目的に、末端の機器・製品(エッジ)でのAIの活用も始まっている。たとえば、高レベルの自動運転において、車載カメラや各種センサーから危険な状況を認識し、機器のブレーキなどの操作を自動で行う場合、可能な限り早い操作開始が求められる。このような場合、事前の学習によって生成したAIモデルを自動運転車に搭載し、データの送受信を介さずに状況認識・操作を行うことで応答を早め、安全性を高めることができる。また、エッジで生データに対し匿名化などの処理を行い、プライバシーに関わる情報を含まないデータのみをサーバーへ送信することで、セキュリティの向上も見込める。例として、株式会社そごう・西武では、2022年4月からエッジAIを活用した顧客分析の実証実験を始めている。カメラ映像から各フロアへの来店人数や顧客の属性を推定するにあたり、エッジAIプラットフォームを開発・提供する日本のスタートアップ企業であるIdeinのプラットフォームActcastを活用し、エッジAIを搭載したカメラ内で生データを処理して、必要最低限の情報だけをクラウドへ送信することで顧客のプライバシーに配慮している。取得データを売場施策へ活用す

るほか、将来的には購買データと組合わせた行動分析を想定している。

(イ) デジタルツイン

(a) 工場・建築物などにおける可視化・最適化

国内でのデジタルツインの活用は、製造業における活用を中心に広まりつつある。工場内の機器・機械に加えヒトの情報も取り込んでデジタルツインを構築する取組も進んでいる。

日本国内では、ダイキン工業株式会社が、大阪府に堺製作所臨海工場を建造し、2020年ごろから工場のデジタルツインを活用して生産管理を行っている。工場内の設備をネットワークでつなぎ、センサーから設備や作業員に関するデータを収集して生産状態を可視化し、設備異常や作業員の作業の遅れを予測し、それらに対する事前対応を行うことで、生産の停滞によるロスを低減している。

Amazon Robotics（米国）は、Amazonの物流拠点の一部に、自走式ロボットが商品の載ったパレットを下から持ち上げ、配送作業員のもとへ運ぶシステムを導入している。このシステムの導入によって、以前と比べ遥かに多くの在庫を建物内に保管し、効率的かつ安全に在庫を移動することを可能にしている。このシステムを拡張するにあたり、デジタルツインが活用されている。NVIDIA（米国）のプラットフォームNVIDIA Omniverseを活用し、倉庫のデジタルツインを作成して、倉庫建設前やレイアウト更新前のシミュレーションを行うことで、倉庫設計の最適化・ダウンタイムの減少につなげているのである。また、サイバー空間上で生成した写実的な画像データを使用し、荷物の自動仕分けに用いる画像認識モデルの再学習を行うことで、学習時間の短縮・モデルの精度向上も実現している。

(b) スマートシティの実現に向けた取組

公的機関と企業、大学などが連携したスマートシティの取組が国内外で進んでおり、都市のデジタルツインがその取組において重要な役割を果たしている。国内では、国土交通省が主導するプロジェクト「PLATEAU」によって、全国56都市の3D都市モデルが整備・オープンデータ化されている。このプロジェクトでは、モニタリングや防災シミュレーションなど、企業・自治体による実証実験が進められており、新たなソリューション創出が期待されている。他にも、東京都の「デジタルツイン実現プロジェクト」をはじめとした自治体主導の取組や、企業を中心とした取組が国内各地で始まっており、注目を集めている。

国外でも、各国で都市をデジタルツイン化し、スマートシティの実現を目指す試みが始まっている*³⁹。2020年に、51world（中国）はEpic Games（米国）が提供する汎用ゲームエンジンであるUnreal Engineを活用し、衛星・ドローン・センサーから収集したデータをもとに、上海の都市全体の複製をサイバー空間に作成した。この事例では、収集データをほぼリアルタイムに反映するデジタルツインの作成が計画されており、ビルシステムの遠隔制御や交通状況の監視、新規開発計画の市民への可視化が可能になる。使用されるデータは匿名化されており、個人をトラッキングせずにより広範なトレンドを把握することを目的としている。また、汎用ゲームエンジンを活用してリアルタイムレンダリングを行い、自然光のシミュレーションや3Dモデルの写実化を実現している。

以上のように、自治体や企業主導での取組が国内外で進んでいる。ユーザー企業はこのようなスマー

* 39 東京都「デジタルツインの社会実装に向けたロードマップ 初版」（2022年3月）、p.12 から p.13
<https://info.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/docs/roadmap/roadmap_docs.pdf>

トシティの取組を注視し、自社事業での活用や取組への参画を検討していくべきだろう。

(c) その他

今日では、デジタルツインの対象は広がっており、もはや特定の産業のみに関係する技術ではなくなりつつある。Lufthansa Cityline（ドイツ）では、Celonis（ドイツ・米国）の提供するプロセスマイニングツール^{*40}を用いて、空港地上業務のプロセスを可視化し、離陸時間の遅れにつながる非効率なプロセスを特定して継続的に改善した。この取組によって離陸時間の厳守率が向上したうえ、離陸前の搭乗ゲート閉鎖時間を遅らせることが可能になり、顧客体験が向上した。この事例のように、業務プロセスや組織の活動を再現・シミュレーションする取組は、あらゆる業界に適用されうるため、今後普及していく可能性がある。

また、国内では株式会社NTTデータが、車両走行データやSNS解析データ、GPSデータなどのロケーションビッグデータを用いた調査・分析を行う日本のスタートアップ企業である株式会社ナイトレイと協業し、街に滞在する人々のデジタルツインの開発を2022年10月にスタートしている。具体的な取組内容としては、地域生活者や観光客の行動を再現・予測することで、イベント実施時の経済的効果の予測、渋滞・混雑の発生予測や混雑緩和施策のシミュレーションを行う。この事例では地方自治体や観光業、小売業、飲食業での活用を想定しているように、国内でもデジタルツインを活用できる産業が広がりつつある。

② 導入プロセス

(ア) 導入手法

IoTの導入においては、スモールスタートのアプローチが役に立つ。シンプルな構成であれば、センサーとシングルボードコンピューターなどを活用して安価にIoTを導入可能であり、中小企業でも十分に活用が検討できる。また、多くの業種・業界に向けてIoTプラットフォーム・ツールが国内外の企業から広く提供され、相互連携が進んでいる。IoTを導入する際、これらを活用することで、導入・運用コストや導入までにかかる時間を抑えられる可能性がある。

デジタルツインの構築においても、スモールスタートは有効な手段である。デジタルツインの導入において、たとえば、初めから多くの種類のデータをデジタルツインに反映してシミュレーションを行うのではなく、ニーズに対し迅速な影響を与えられるよう、最小限のデータの可視化などからスタートし、徐々に拡張していくのである。また、デジタルツインの構築対象や産業によって、製造業向けのIoTプラットフォームが拡張されたものや、CAD/CAEツールとの関わりが深く3Dモデルの扱いに重点を置いたもの、プロセスマイニングツールから派生したものなど、多くのデジタルツインプラットフォームが存在する。デジタルツインによって再現する対象を見極め、必要に応じてデジタルツインプラットフォームを活用することも有用だろう。

(イ) 複合的技術であることによる導入・運用上の障害

「技術概要」の項で説明したように、IoTはセンサー・無線/有線通信・IoTゲートウェイ・IoTプラットフォームなど、複数の構成要素からなる複合的技術である。それゆえに技術的な複雑さがプロジェク

* 40 業務活動のログを取得・分析し、業務プロセスの可視化・ボトルネックの抽出を行うツール。

トの障害となることも多い。たとえば、複数の構成要素のうち一部の設定変更・交換を行った場合に他の部分で意図しない影響が出てしまう可能性がある。運用中にIoTを用いたシステムに障害が発生した場合にも、その対応は容易ではない。2022年度調査におけるIoT導入課題についてのアンケート結果(図表5-83)からは、2021年度調査と同様米国では「複合的な技術であるため利用が難しい」が最も高い回答率となっており、主要なIoT導入課題として捉えられていることが読み取れる。日本企業の回答率も低くなく、今後IoTが国内でより普及するにつれて、この複雑さが米国同様に導入・運用上の障害として顕在化する可能性がある。この問題を回避するため、各構成要素のテストだけでなく、連携するシステムも含めたシステム全体のテストを行うことが重要である。また、障害発生時の対応や責任者についても、あらかじめ明確にしておくことが望ましいだろう。

デジタルツインは、IoTをはじめとしたデータ活用技術を組み合わせることによって作成され、構成要素が非常に多い。デジタルツインへのデータの反映がリアルタイムに行われるため、たとえば一部のセンサーから得た誤った測定結果がすぐに分析結果に反映されてしまうことも想定され、注意が必要である。

(ウ) セキュリティ

IoTの利用に際して、情報セキュリティはきわめて重要となる。IoT機器で扱う社内機密やプライバシーに関わる情報の流出のリスクがあるほか、外部からの攻撃の影響が医療機器や工作機械といった機器の制御にまで及んだ場合、人命に関わる事故を引き起こす可能性もあるためである。実際に、機器乗っ取り型ウイルスによってIoT機器を狙う攻撃は継続しており^{*41}、対策が必要である。たとえば、処理能力が低いために、対策レベルを高くできなかったIoTセンサーなどのデバイスが攻撃を受け、そのデバイスから他の機器やシステム全体に影響が広がるといったケースが考えられる。このようなケースに対しては、異常な状態を検知し、当該機器やシステムをネットワークから切り離すなどの対策を事前に講じる必要がある。IoT機能を搭載した製品を顧客が利用する場合、セキュリティに関するアップデートを周知する、遠隔でアップデートを行うようにするなど、場合に依じた脅威分析を行い、各種ガイドラインなどを参照し適切に対策を行う必要がある。

デジタルツインにおいては、IoTと同様、外部からの攻撃により物理世界の機器などのコントロールを失うリスクがあるだけでなく、攻撃により改ざんされたデータが仮想空間上のデジタルツインに反映されることで分析やシミュレーションの結果が歪められ、誤ったビジネス上の判断を下してしまうリスクが存在する。また、多様なデータが集約されることから、情報流出リスクにはいっそう注意が必要となる。

(4) まとめ

IoTの構成要素や、関連するデータ活用技術の進歩により、IoTが生み出す価値は高まっている。AIの進歩により、データからこれまで以上の知見を得られるようになったことに加え、画像や音声などこれまで自動処理が容易ではなかったデータも積極的に収集されるようになった。現在のトレンドと

* 41 独立行政法人情報処理推進機構「情報セキュリティ白書 2022」(2022年7月15日)、P.173
<<https://www.ipa.go.jp/files/000100472.pdf>>

して、データ利活用においてヒトに関連するデータの重要性が増していることを見逃してはならない。設備などのモノについてのデータに加え、従業員・顧客などについてのデータもIoTシステムによって収集されるようになってきている。収集されたデータは分析・予測に用いられ、その結果が物理世界へフィードバックされて製品やサービスの改善などに役立てられている。データ利活用がさらに重要となる今後の社会において、IoTはその基盤としてイノベーションを支えていくと期待される。

2022年度調査におけるデジタルツインの構築・活用状況についてのアンケート結果では、「デジタルツインを構築・活用していない」との回答が米国企業では15.3%だったのに対し、日本企業では58.0%と活用状況に大きな差がみられる(図表5-84)。しかし、今後5年で世界でのデジタルツインの市場規模が現在の10倍以上に成長するとの予測もされており^{*42}、デジタルツインの重要性は増していくと考えられる。デジタルツインの活用の幅は広く、さまざまな業界での活用検討が求められるだろう。

4 データ利活用の状況と課題

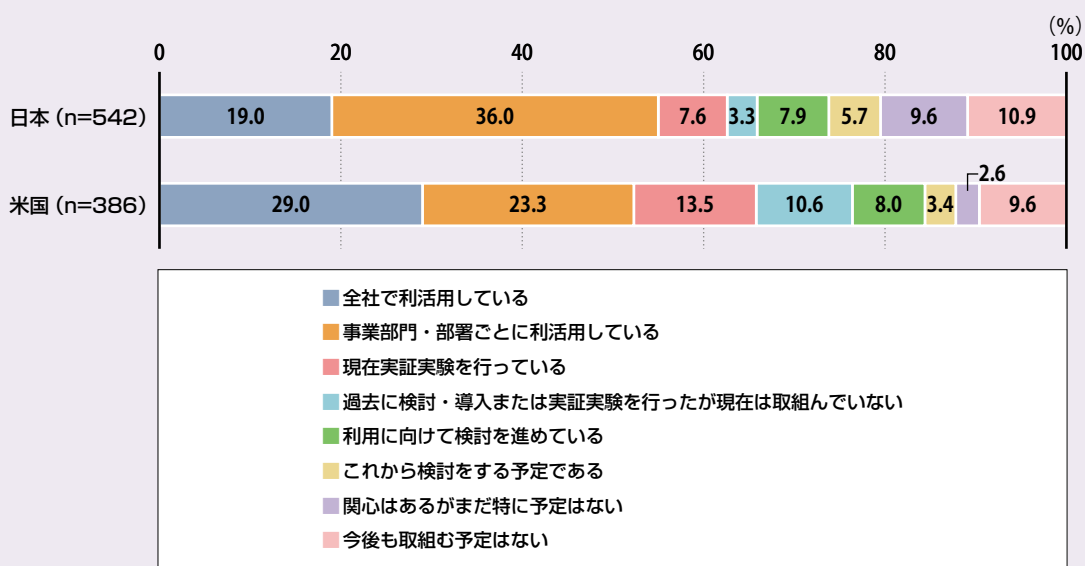
本節は、企業のデータ利活用技術(AI、IoTを含む)に関する現状や課題の日米比較を行うことで、日本企業のデータ利活用促進のポイントを探る。

(1) データ利活用技術

図表5-58は、データ利活用の状況を尋ねたものである。「全社で利活用している」「事業部門・部署ごとに利活用している」の合計をみると米国より日本のほうが高く、データ利活用は進んでいる。ただし日本は「全社で利活用している」割合は米国と比べて低く、また取組む予定がない企業の割合(「関心はあるがまだ特に予定はない」「今後も取組む予定はない」の合計)も約20%を示し、データ利活用への取組が二極化する傾向がみられる。こうした企業にはDXに不可欠であるデータ利活用に対するマインドチェンジが求められる。

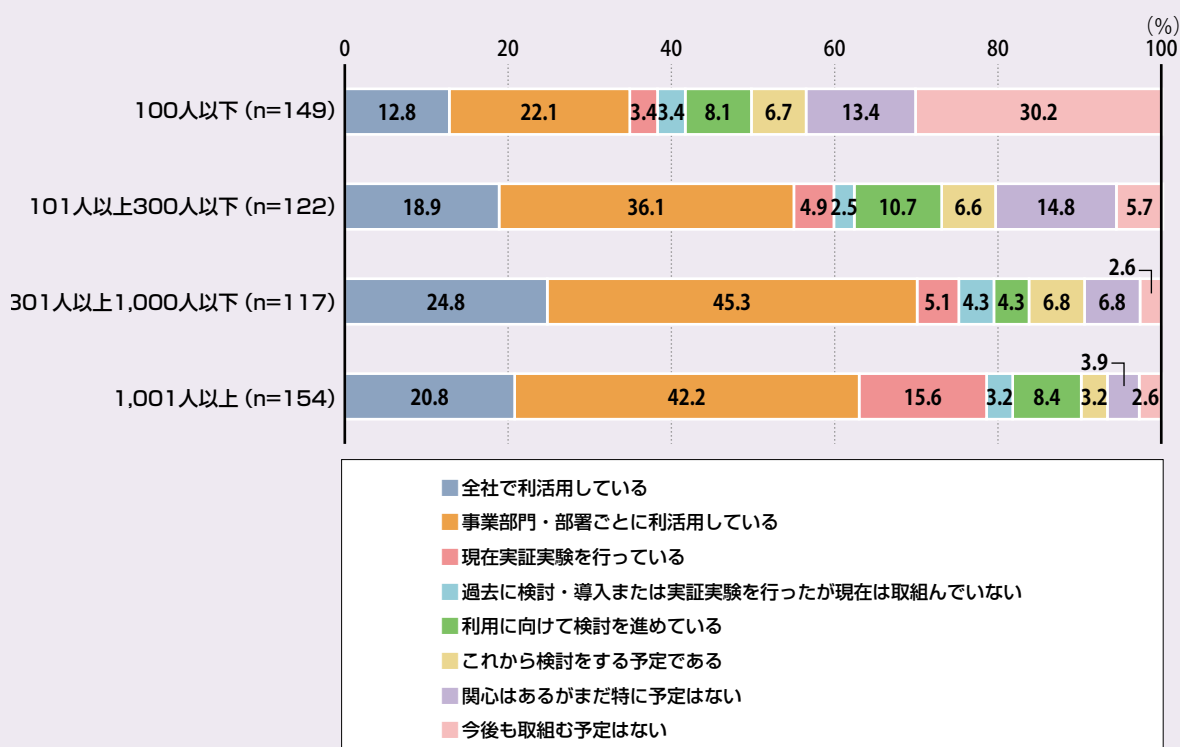
* 42 <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html>

図表5-58 データの利活用の状況(日米比較)



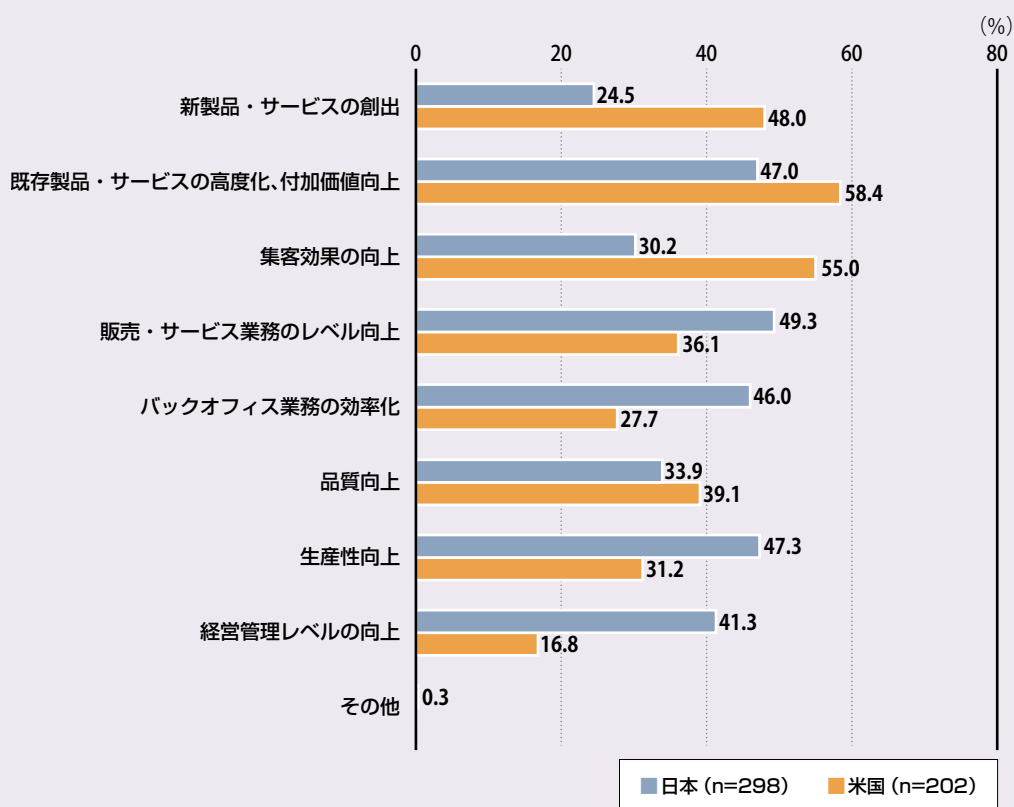
図表5-59は、日本企業のデータ利活用の状況を従業員規模別でみたものである。規模が大きい企業ほどデータの利活用をしている割合が高い傾向だが、最も進んでいるのは301人以上1,000人以下の企業となっている。また、規模が小さい企業では「今後も取組む予定はない」が30.2%と突出している。

図表5-59 データの利活用の状況(日本企業：従業員規模別)



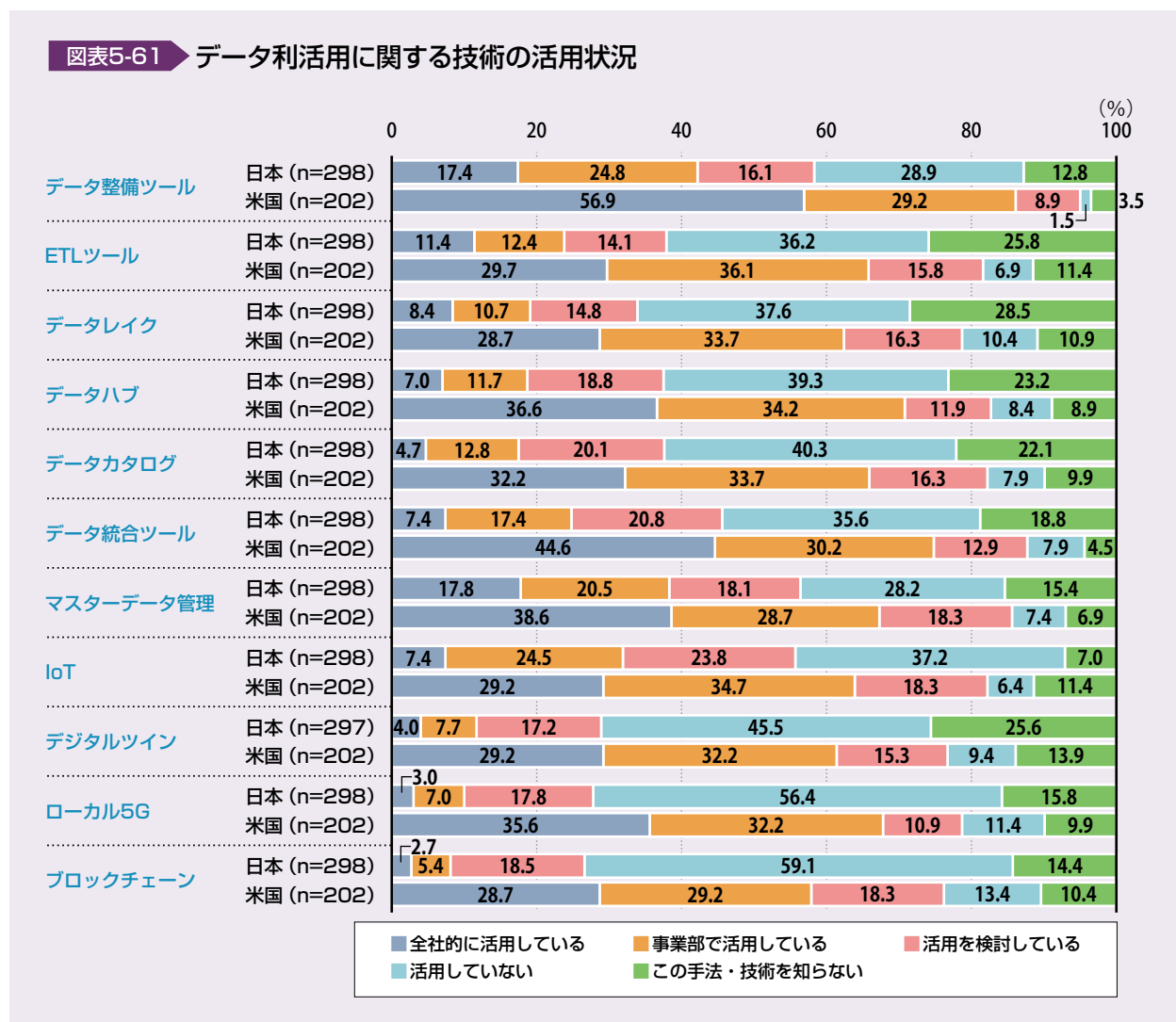
図表5-60は、データ利活用に取り組む目的を尋ねたものである。日米の差が大きい項目のうち、日本が高い上位3項目は「経営管理レベルの向上」「バックオフィス業務の効率化」「生産性向上」である。米国が高い上位3項目は「集客効果の向上」「新製品・サービスの創出」「既存製品・サービスの高度化、付加価値向上」である。全体的に、顧客価値の向上に関する目的を回答する割合が米国で高く、業務効率化は日本で高い、という傾向が見られる。また、後述の「AIの導入目的」(図表5-72)においても、米国では「新サービスの創出」「新製品の創出」「既存サービスの高度化、付加価値向上」「既存製品の高度化、付加価値向上」「集客効果の向上」の回答が高く、顧客価値の向上を重視している傾向がみられる。

図表5-60 データ利活用に取り組む目的(複数回答)



※前掲「データの利活用の状況」で「全社で導入している」「事業部門・部署ごとに利活用している」を選択した企業が対象

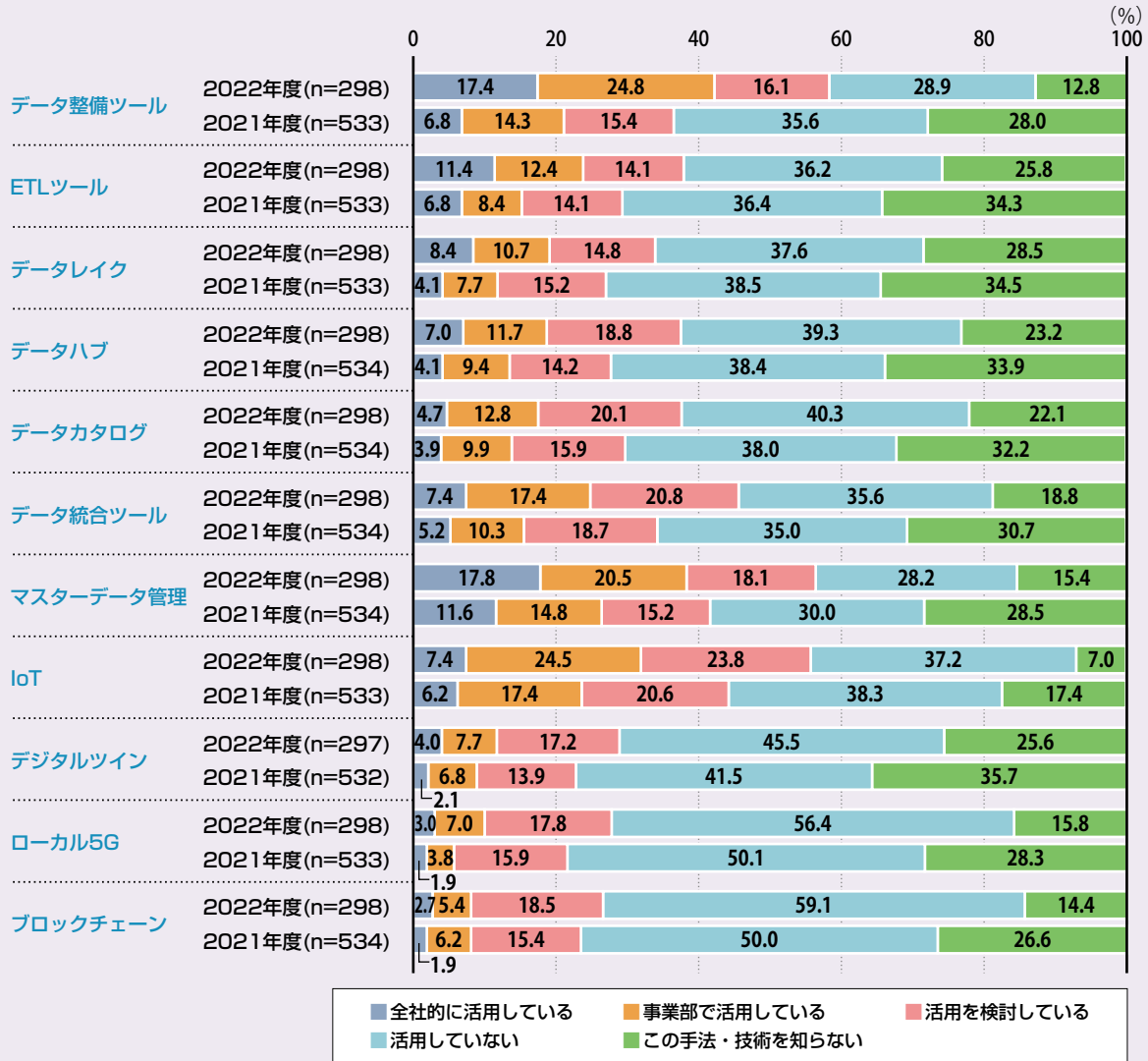
図表5-61は、データ利活用に関する技術の活用状況を尋ねたものである。「ITシステムの開発手法・技術の活用状況」(図表5-22)と同様、すべての技術において日米差は大きい。「全社的に活用している」「事業部で活用している」の合計でみると、日本の上位3項目は「データ整備ツール」(42.3%)、「マスターデータ管理」(38.3%)、「IoT」(31.9%)、米国企業の上位3項目は「データ整備ツール」(86.1%)、「データ統合ツール」(74.8%)、「データハブ」(70.8%)である。日本は前述の「データの利活用の状況」(図表5-58)においても「全社で利活用している」割合が米国と比べて低いことから、日本企業はまだデータ利活用の基礎段階であり、米国企業は複数のデータを統合して利活用する段階に至っていると考えられる。



※「データの利活用の状況」(図表5-58)で「全社で導入している」「事業部門・部署ごとに利活用している」を選択した企業が対象

図表5-62は日本におけるデータ利活用に関する技術の活用状況の経年比較である。「この手法・技術を知らない」の割合が2021年度調査よりも総じて減少していることがわかる。

図表5-62 データ利活用に関する技術の活用状況(日本企業の経年比較)

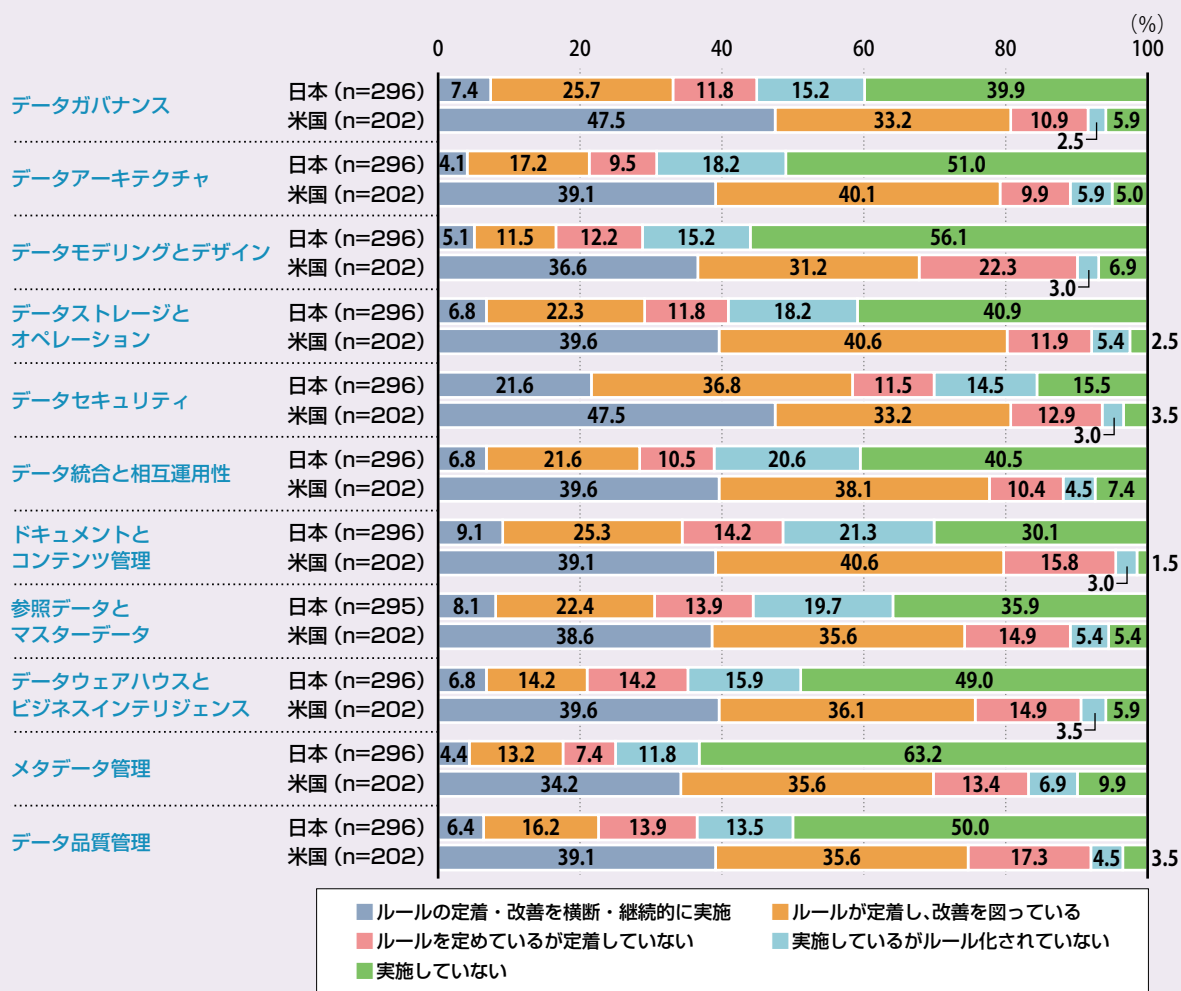


※2022年度は「データの利活用の状況」(図表5-58)で「全社で導入している」「事業部門・部署ごとに利活用している」を選択した企業が対象。2021年度は全回答者が対象。

図表5-63は、データガバナンス、データアーキテクチャーなどのデータ利活用に関連した項目について、体系化・ルール化し取組を行っているかを尋ねたものである。なお、アンケート項目は、データ利活用に関する国際的な標準であるDMBOK 2.0 (Data Management Body of Knowledge) の11の知識領域(取組み領域)に基づく定義から引用している(図表5-64)。

「ルールの定着・改善を横断・継続的に実施」「ルールが定着し、改善を図っている」の合計をみると、米国の割合が約7割から8割に対して日本は「データセキュリティ」(58.4%)以外は約2割から3割と全般的に取組が進んでいない。また、いずれの項目においても、日本では「実施していない」という回答が高く、「データアーキテクチャ」「データモデリングとデザイン」「メタデータ管理」「データ品質管理」の4項目で「実施していない」割合が50%以上となっている。これはデータの全体的・体系的な取組が進んでいないとも捉えられることから、早急に改善すべき課題と考えられる。

図表5-63 データ利活用を進めるためのルール化の状況



※「データの利活用の状況」(図表5-58)で「全社で導入している」「事業部門・部署ごとに利活用している」を選択した企業が対象

図表5-64 DMBOK 2.0の11の知識領域

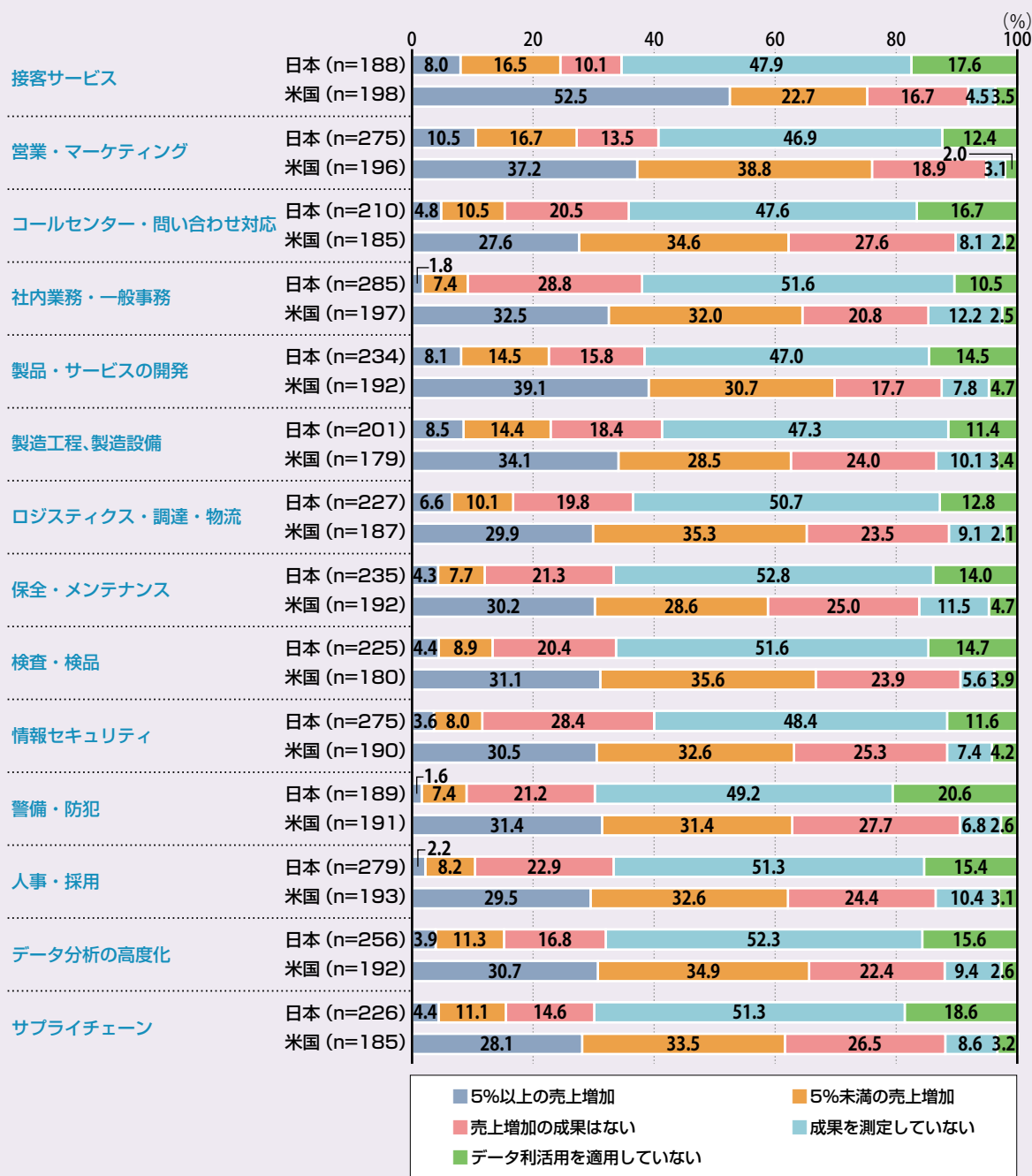
	取組み領域	定義
1	データガバナンス	データ管理のための戦略や組織体制を整備し、ルールに基づくPDCAサイクルの運営状況を監督すること
2	データアーキテクチャ	データ利活用のための要件を明確にし、当該要件を満たすデータの全体的な配置図を設計し維持すること
3	データモデリングとデザイン	データの中身およびデータ間の関係性を整理するための管理手続きを定め実行すること
4	データストレージとオペレーション	データを適時適切に正しい状態で利用するためにデータベース技術を理解した上で、データオペレーションに関する管理手続きを定め実行すること
5	データセキュリティ	データの重要性に応じて適切な認証と権限付与を行い、アクセスをコントロールすること
6	データ統合と相互運用性	アプリケーションや組織内および組織間におけるデータの移動と統合を実現するために、計画・分析、設計、実装を行うこと
7	ドキュメントとコンテンツ管理	ドキュメントおよびコンテンツ(構造化されていないデータ)について、生成・取得・利用・保管・廃棄のライフサイクルにわたり管理手続きを定め実行すること
8	参照データとマスターデータ	データ品質を管理しデータの統合や横断的な利用を促進するために必要となるマスターデータおよび参照データに関する管理手続きを定め実行すること
9	データウェアハウスとビジネスインテリジェンス	さまざまなデータを使いやすい形で収集し、示唆を提供するために計画・分析、設計、実装を行うこと
10	メタデータ管理	メタデータ(データの種類や属性を表現するためのデータ)を定義し利用できるようにするための管理手続きを定め実行すること
11	データ品質管理	組織内で利用されるデータの品質を測定・評価・改善するための手続きを定め実行すること

※DMBOK 2.0を基にIPA作成

図表5-65は、データ利活用による売上増加の効果を尋ねたものである。米国ではすべての領域で6割から7割半ばの割合で効果がある(「5%以上の売上増加」「5%未満の売上増加」の合計)としているのに対して日本で効果があるとしている割合は1割半ばから3割弱であり総じて低い。また、「成果を測定していない」としている割合が日本では総じて5割前後となっており、成果の測定から始めることが必要と考えられる。データ利活用に関する技術の活用状況において日本企業は「データ整備ツール」「マスターデータ管理」のようなデータ利活用の基礎段階であるのに対して、米国企業は「データハブ」「データ統合ツール」のような複数のデータを統合して利活用する段階に至っており、その差が効果創出の差につながっていると考えられる。

またデータ整備・管理・流通において、日本企業は人材、システム、文化と、さまざまな課題が存在しており、データ利活用による効果創出に至っていないと考えられる。

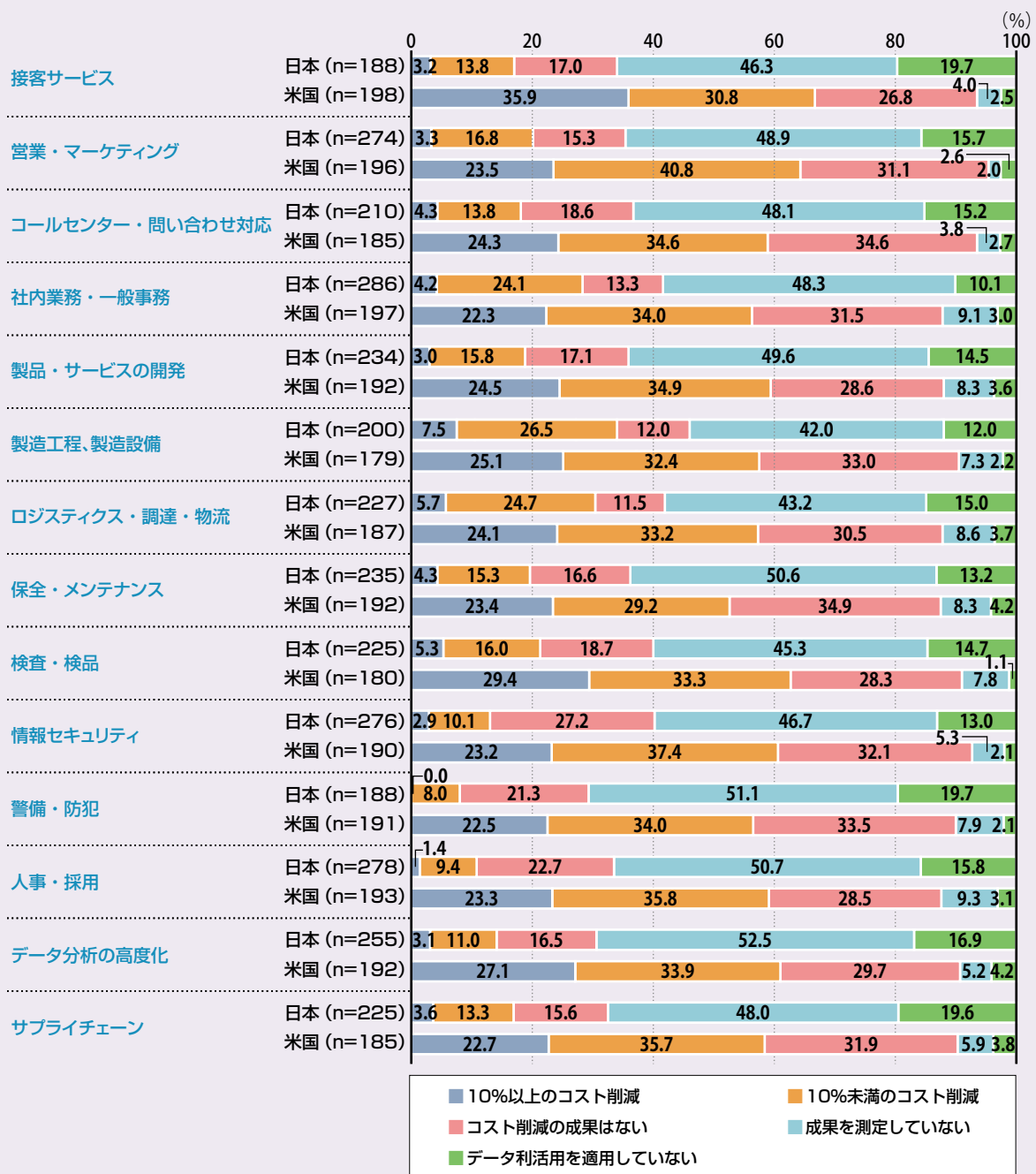
図表5-65 データ利活用による「売上増加」効果



※「データの利活用の状況」(図表5-58)で「全社で導入している」「事業部門・部署ごとに利活用している」を選択した企業が対象
 ※選択肢「この業務は弊社にない」を除外して集計

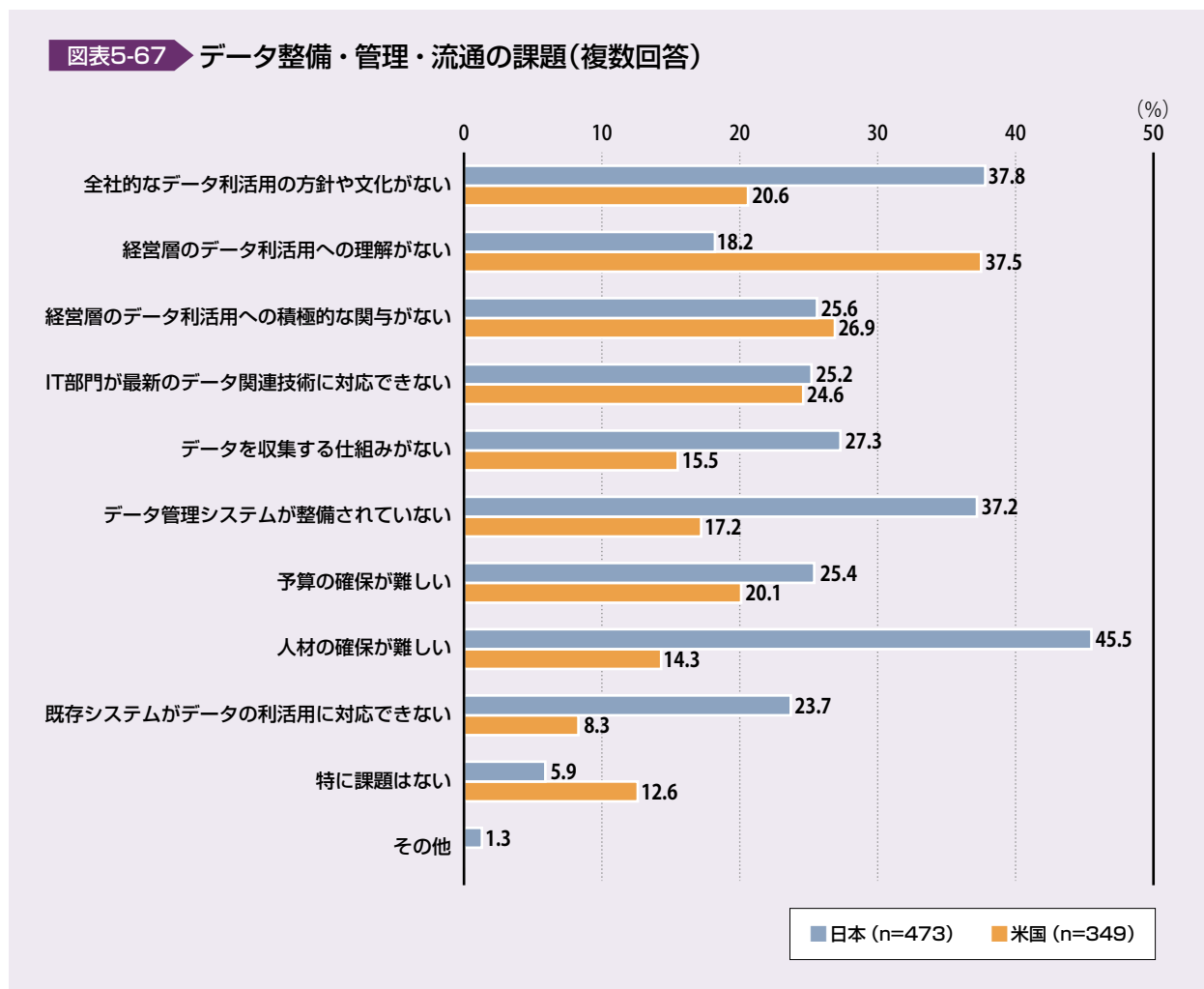
図表5-66はデータ利活用による「コスト削減」の効果を尋ねたものである。米国では最小でも52.6%（保全・メンテナンス）、最大では66.7%（接客サービス）の企業でコスト削減効果（「10%以上のコスト削減」「10%未満のコスト削減」の合計）があるとされている。これに対して日本では、3割を超えたのは「製造工程、製造設備」（34.0%）と「ロジスティクス・調達・物流」（30.4%）のみであり、コスト削減効果は米国と比較して総じて低い。また、「成果を測定していない」に関しては、米国では2.0%から9.3%であるのに対して、日本では42.0%から52.5%となっており、売上増加効果と同様に成果の測定から始める必要がある。

図表5-66 データ利活用による「コスト削減」効果



※「データの利活用の状況」(図表5-58)で「全社で導入している」「事業部門・部署ごとに利活用している」を選択した企業が対象
 ※選択肢「この業務は弊社にない」を除外して集計

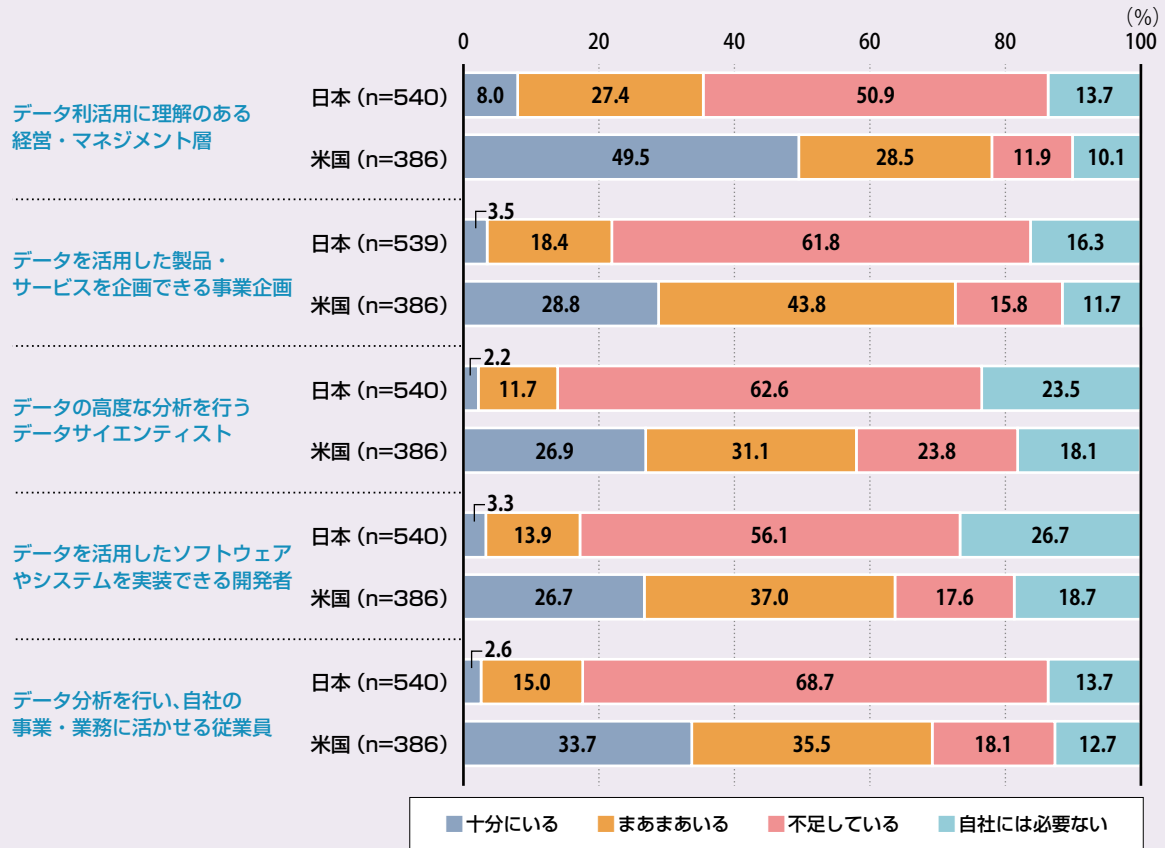
図表5-67は、データ整備・管理・流通の課題を尋ねたものである。ほとんどの項目に対して日本のほうが課題としている割合が高い。米国のほうが課題の回答率が高いもののうち、日本との差が大きいものは「経営層のデータ利活用への理解がない」「経営層のデータ利活用への積極的な関与がない」であり、いずれも経営層の課題である。日本のほうが課題の回答率が高いもののうち、米国との差が大きいものは「人材の確保が難しい」「データ管理システムが整備されていない」「全社的なデータ利活用の方針や文化がない」が挙げられ、人材、システム、文化と、さまざまな課題が存在している状況がうかがえる。



※「データの利活用の状況」(図表5-58)で「今後も取組む予定はない」以外を選択した企業に尋ねた。

図表5-68は、データ利活用に関連する人材の充足度を尋ねたものである。日本では、すべての項目で「不足している」が5割を超えており、データ利活用に関連する人材の不足は深刻である。

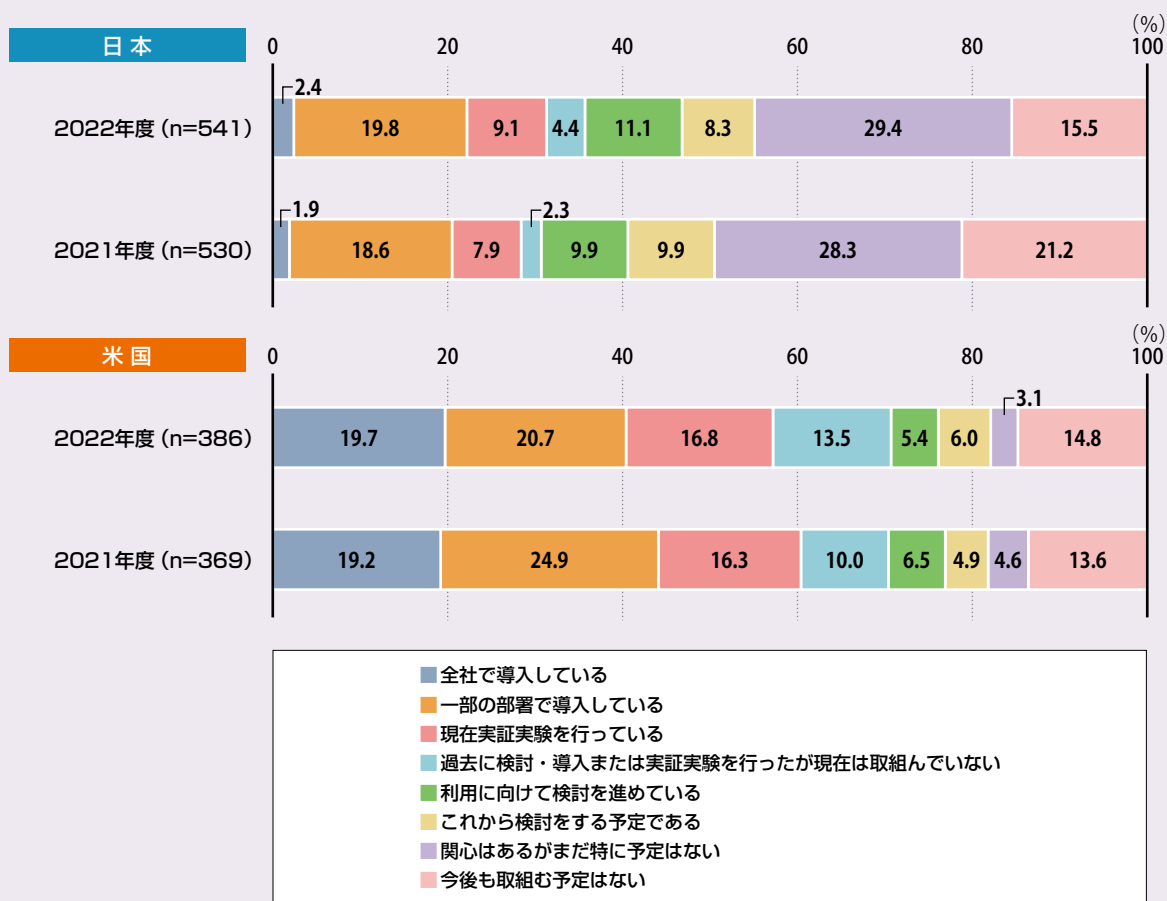
図表5-68 データ利活用に関連する人材



(2) AI技術

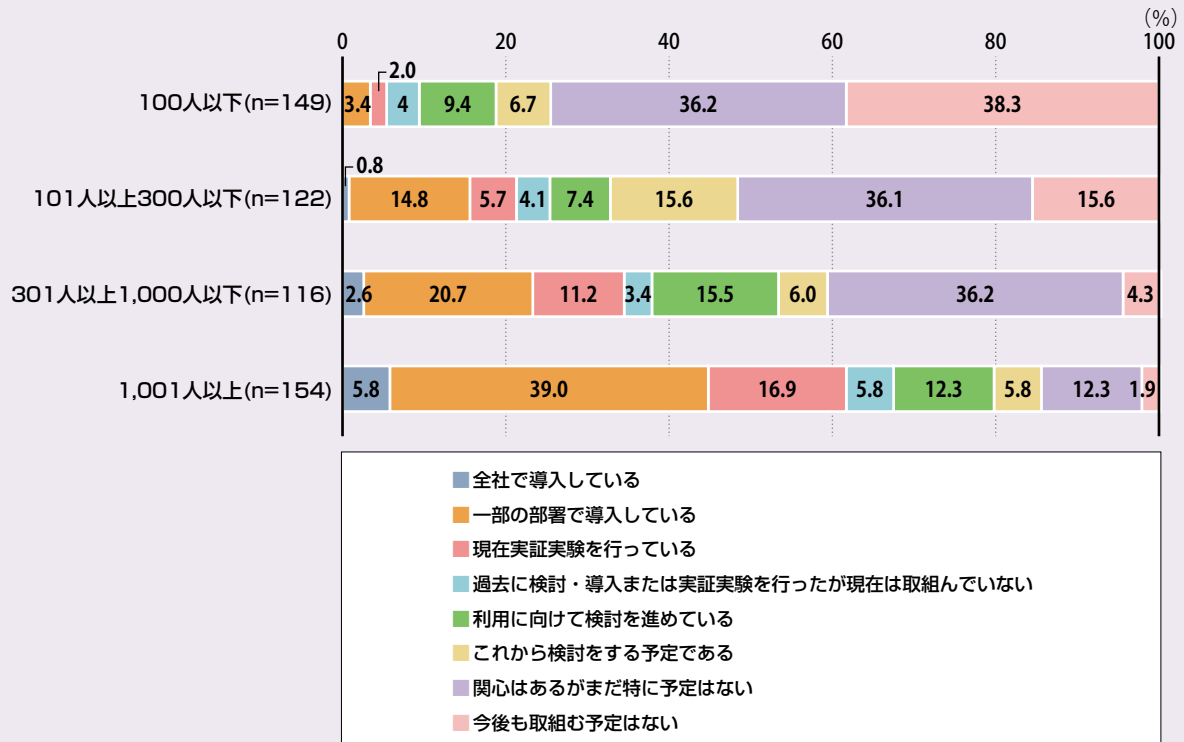
図表5-69はAIの利活用の状況を尋ねたものである。日本企業はAI導入率(「全社で導入している」「一部の部署で導入している」の合計)が22.2%であり、同40.4%である米国企業とは、2021年度調査同様、差が大きい。後述のAIの導入課題(図表5-75)において、日本は「自社内でAIへの理解が不足している」「AI人材が不足している」などが、導入が進まない要因として考えられる。

図表5-69 AIの利活用の状況(日米比較)

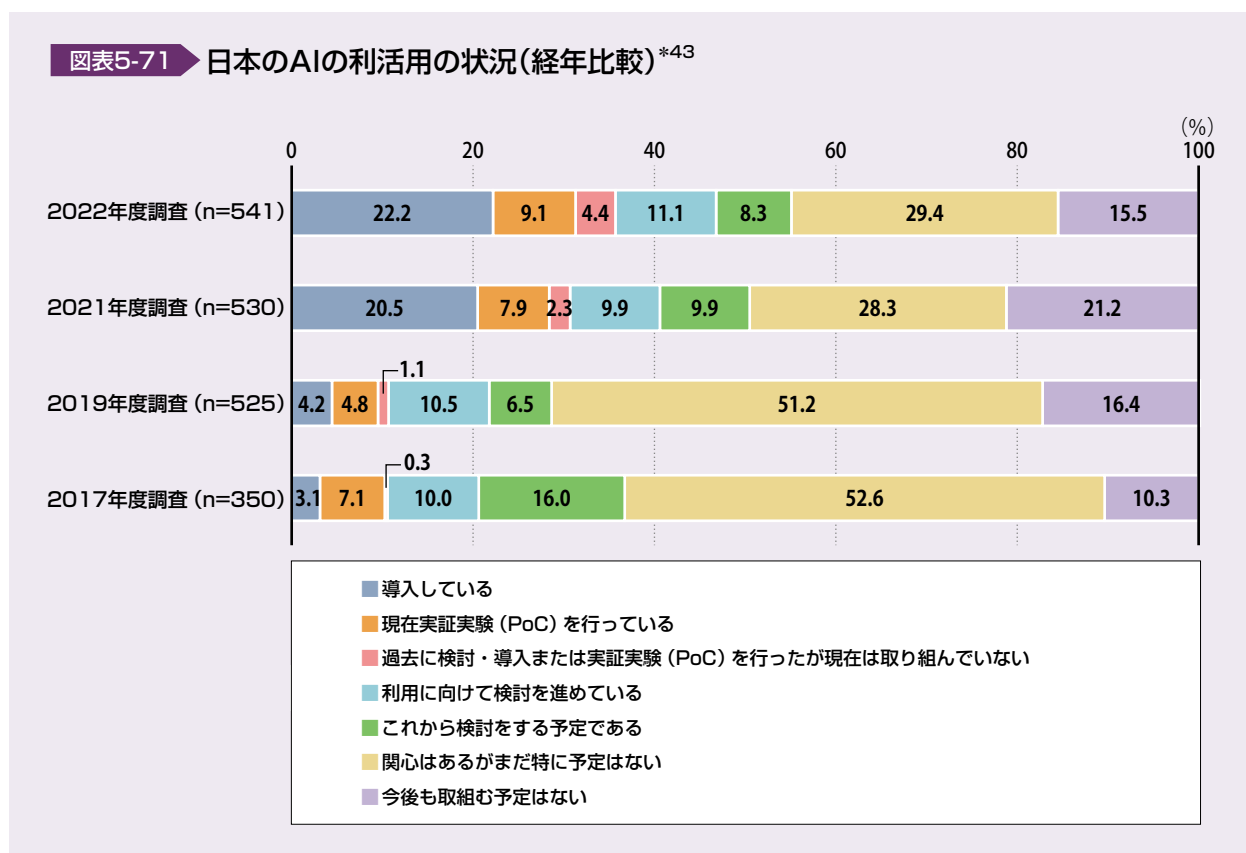


図表5-70は、日本企業のAIの利活用の状況を従業員規模別にみたものである。従業員規模が大きい企業ほどAI導入率が高い傾向が明確にあらわれている。

図表5-70 AIの利活用の状況(日本企業：従業員規模別)



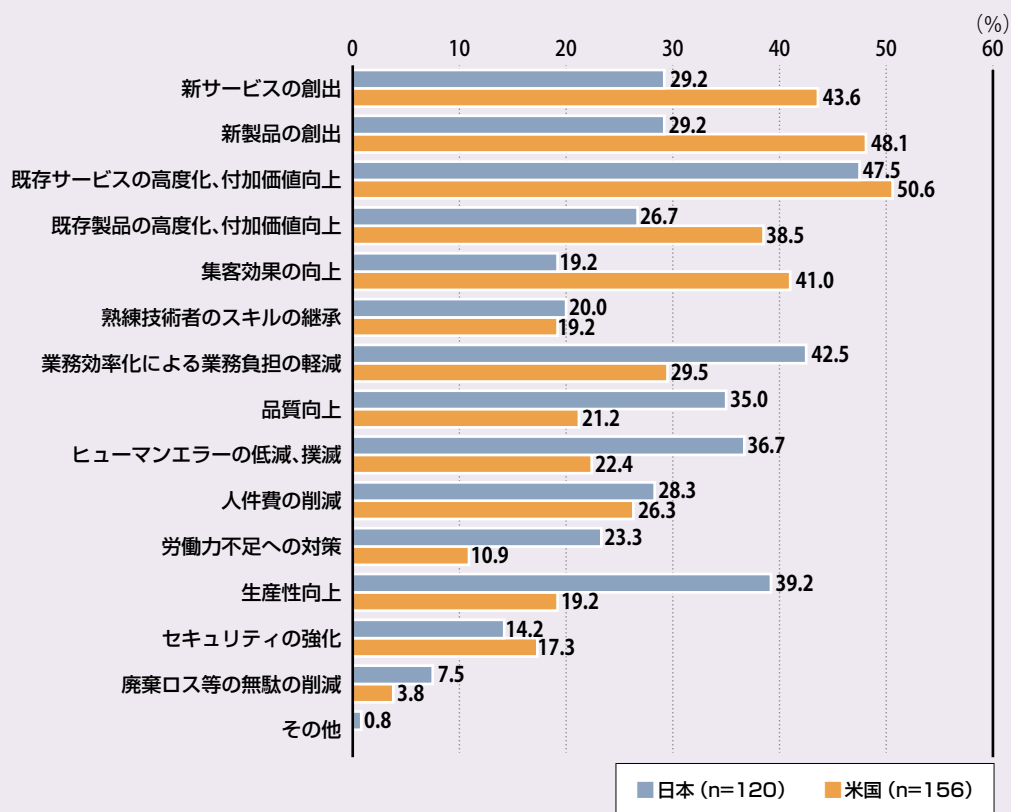
図表5-71は日本企業におけるAIの利活用の状況の経年変化である。2019年度調査から2021年度調査にかけて急増したAI利活用の伸びは鈍化している。



* 43 2019年度調査は「AI白書2020」、2017年度調査は「AI白書2019」を参照
 <https://www.ipa.go.jp/ikc/publish/ai_hakusyo.html>

図表5-72は、AIを導入している企業に導入目的を尋ねたものである。日米の差が大きい項目のうち米国のほうが高い項目の上位3位は「集客効果の向上」「新製品の創出」「新サービスの創出」であり、顧客価値の向上に関する項目が高い。日本のほうが高い項目の上位3位は「生産性向上」「ヒューマンエラーの低減、撲滅」「品質向上」であり、業務改善に関する項目が米国より高い。今後はAIの取組を業務改善などデジタルライゼーションから顧客価値の向上などデジタルトランスフォーメーションに段階的に発展させていくことが必要となる。

図表5-72 AIの導入目的(複数回答)

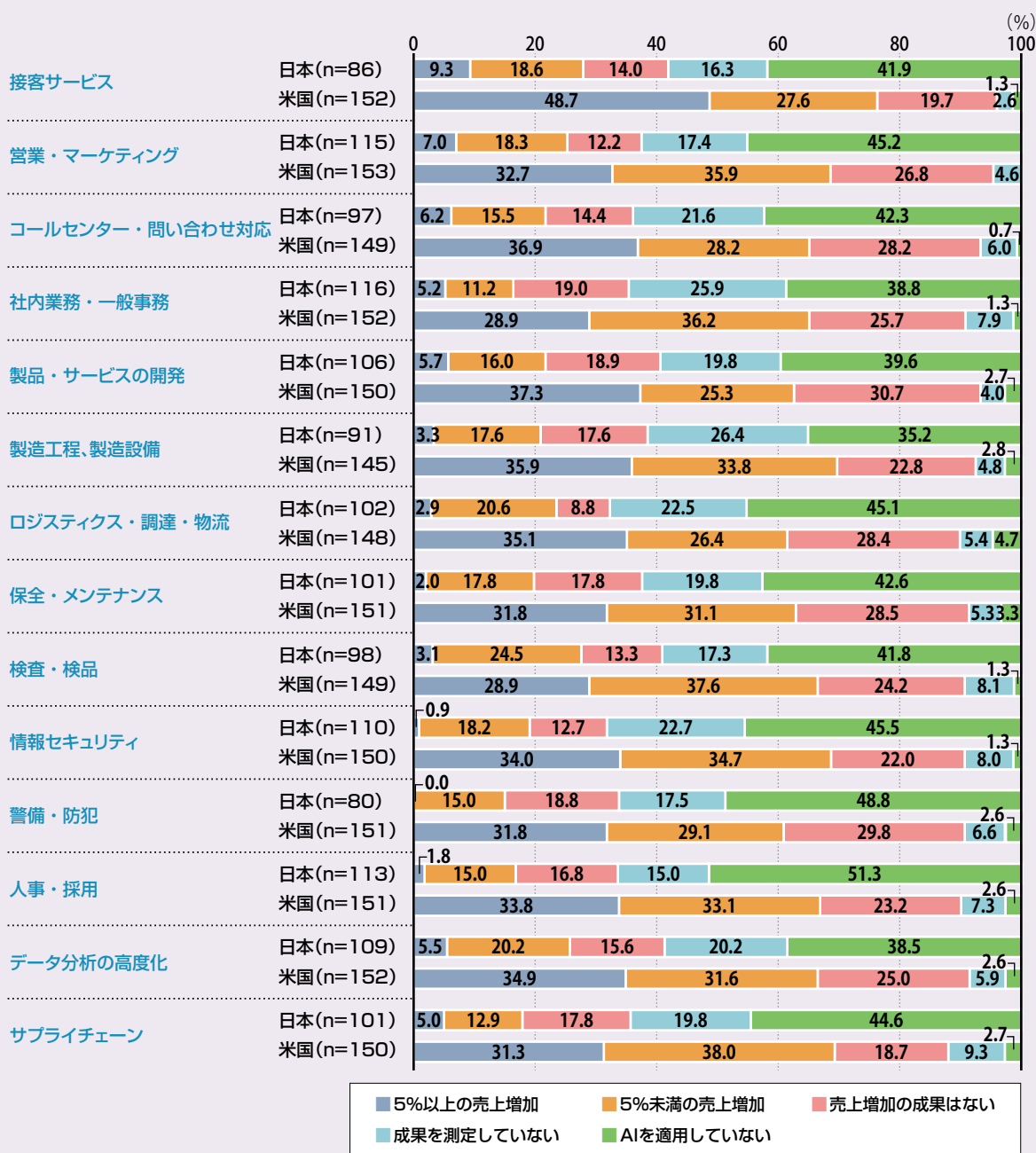


※「AIの利活用の状況」(図表5-70)において、「全社で導入している」「一部の部署で導入している」企業に尋ねた。

図表5-73は、AIを導入している企業に「売上増加」効果について尋ねたものである。米国では、最小でも60.9%（警備・防犯）、最大では76.3%（接客サービス）の企業で売上増加効果（「5%以上の売上増加」「5%未満の売上増加」の合計）があるとしている。これに対して日本では、最小で15.0%（警備・防犯）、最大で27.9%（接客サービス）であり、前掲の「データ利活用による「売上増加」効果」と同様に、米国と比較して総じて低い結果となっている。

後述の「AI導入課題」において、日本企業はAIへの理解、人材、費用と、さまざまな課題が存在しており、AI活用による効果創出に至っていないと考えられる。

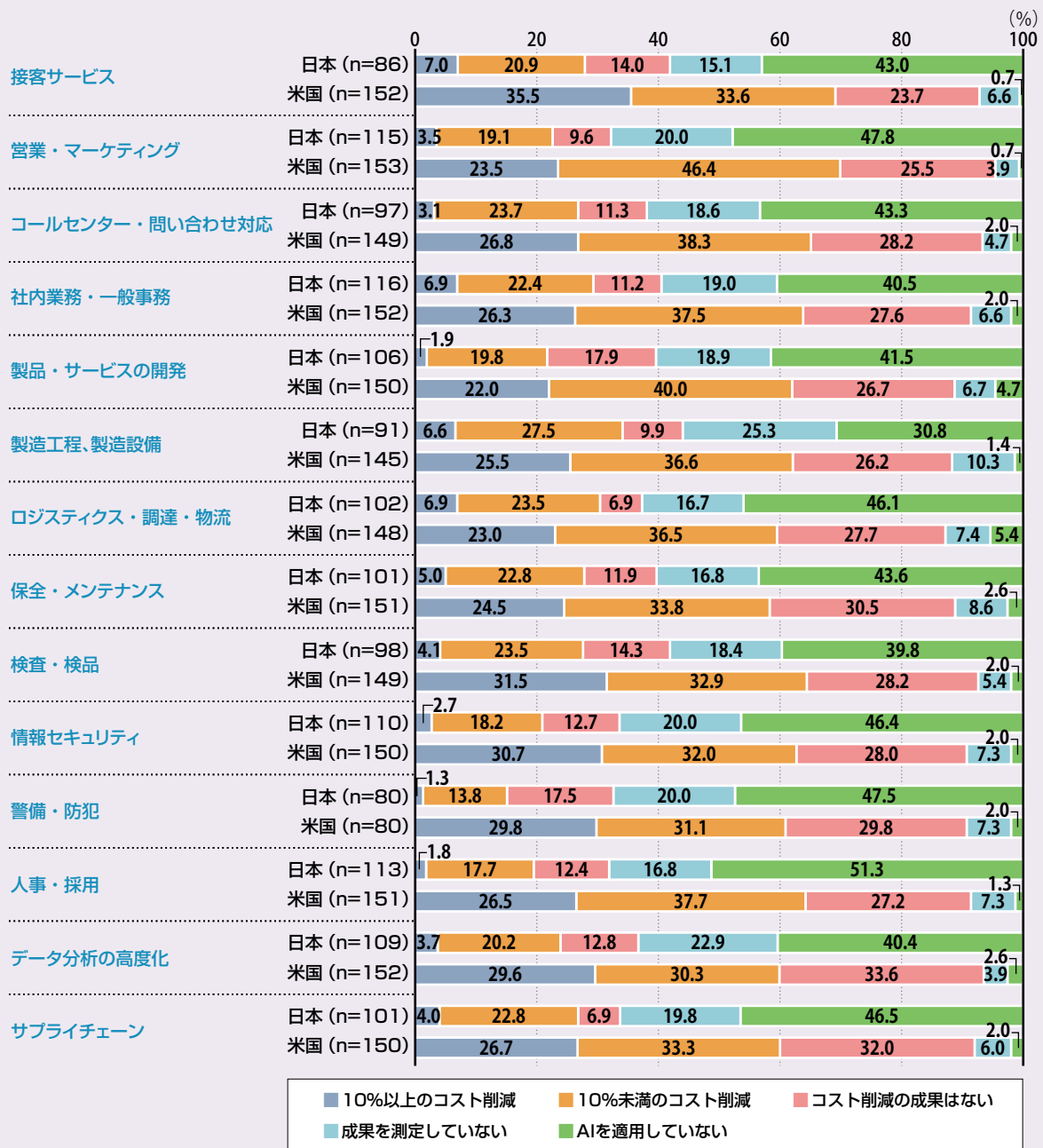
図表5-73 AI導入による「売上増加」効果



※「AIの利活用の状況」(図表5-70)において、「全社で導入している」「一部の部署で導入している」企業に尋ねた。

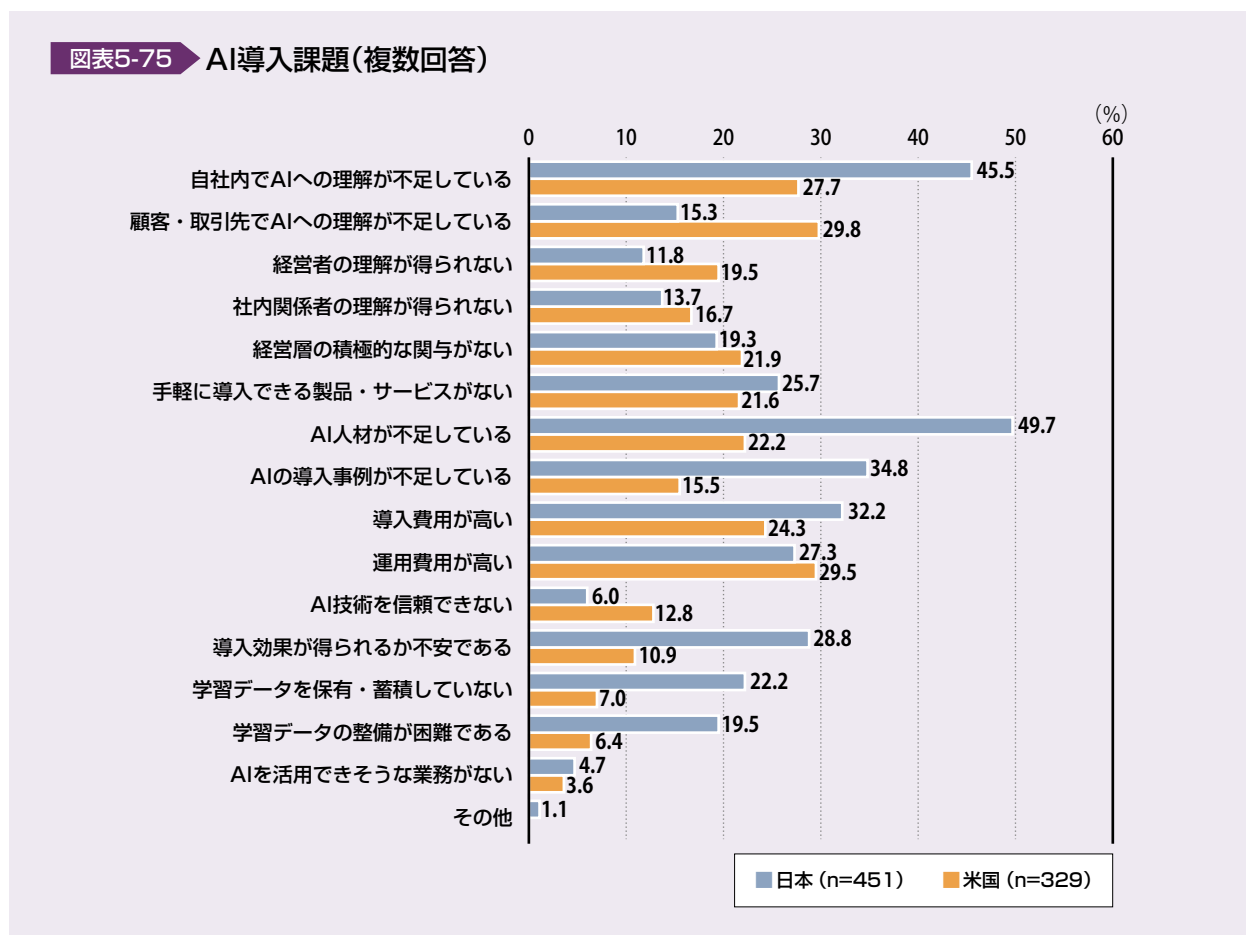
図表5-74は、AIを導入している企業に「コスト削減」効果の有無を尋ねたものである。米国では、最小でも58.3%（保全・メンテナンス）、最大では69.6%（営業・マーケティング）の企業でコスト削減効果（「10%以上のコスト削減」「10%未満のコスト削減」の合計）があるとされている。これに対して日本では、最小で15.0%（警備・防犯）、最大で34.1%（製造工程、製造設備）である。「10%以上のコスト削減」は米国と比較して総じて低く、前掲の「AIの導入目的」では業務改善に関する項目が多いにも関わらず、大幅なコスト削減にはつながっていない状況がうかがえる。

図表5-74 AI導入による「コスト削減」効果



※「AIの利活用の状況」(図表5-70)において、「全社で導入している」「一部の部署で導入している」企業に尋ねた。

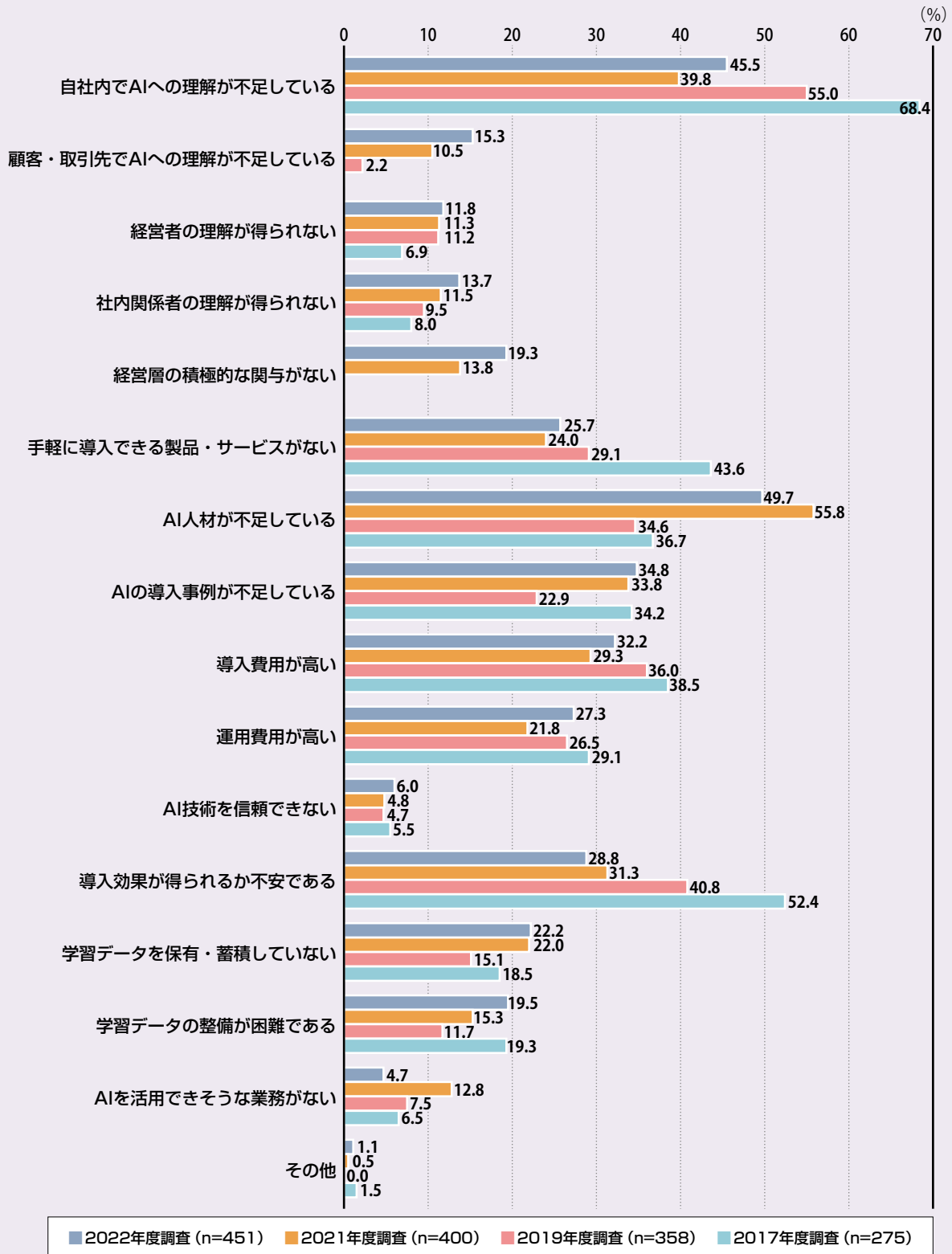
図表5-75は、AI導入課題について尋ねたものである。米国のほうが回答率が高いもののうち、日本との差が大きいものは「顧客・取引先でAIへの理解が不足している」「経営者の理解が得られない」「AI技術を信頼できない」が挙げられ、経営者や顧客の理解に関するものである。日本のほうが回答率が高いもののうち、米国との差が大きいものは「AI人材が不足している」「AIの導入事例が不足している」「導入効果が得られるか不安である」であり、AI人材や導入の意思決定に関する項目が上位となっている。



※「AIの利活用の状況」(図表5-70)において「今後も取組む予定はない」と回答した企業を除く全企業に尋ねた。

図表5-76は、AI導入課題について、2017年度調査から2022年度調査の結果を比較したものである。2022年度調査および2021年度調査では「AI人材が不足している」を課題とする企業が最も多いが、2022年度調査結果は2021年度調査結果よりも6ポイント強減少している。2017年度調査結果の上位3項目であった「自社内でAIへの理解が不足している」「導入効果が得られるか不安である」「手軽に導入できる製品・サービスがない」を課題とする企業はおおむね減少傾向にある。しかし、「自社内でAIへの理解が不足している」を課題とする企業については2021年度調査から5ポイント強、増加している。

図表5-76 AI導入課題(日本企業の経年比較、複数回答)

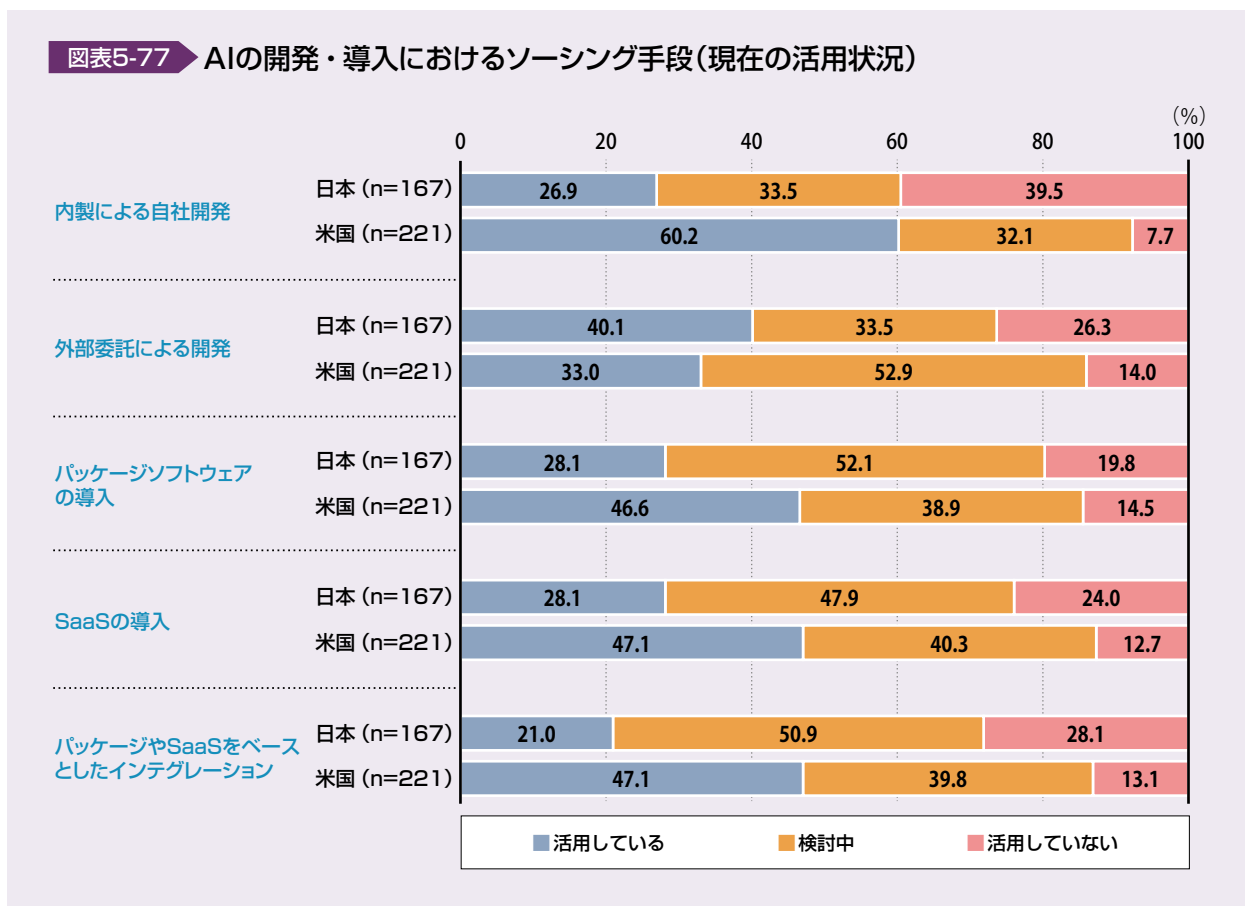


※2022年度調査および2021年度調査は「AIの利活用の状況」(図表5-70)に「今後も取組む予定はない」企業を除く全企業、2019年度調査と2017年度調査は「AIについて検討中／関心あり」の企業が対象。

※「顧客・取引先で…」は2019年度調査から追加。「経営層の積極的な関与がない」は2021年度調査から追加。

※2019年度調査は「AI白書2020」、2017年度調査は「AI白書2019」を参照。

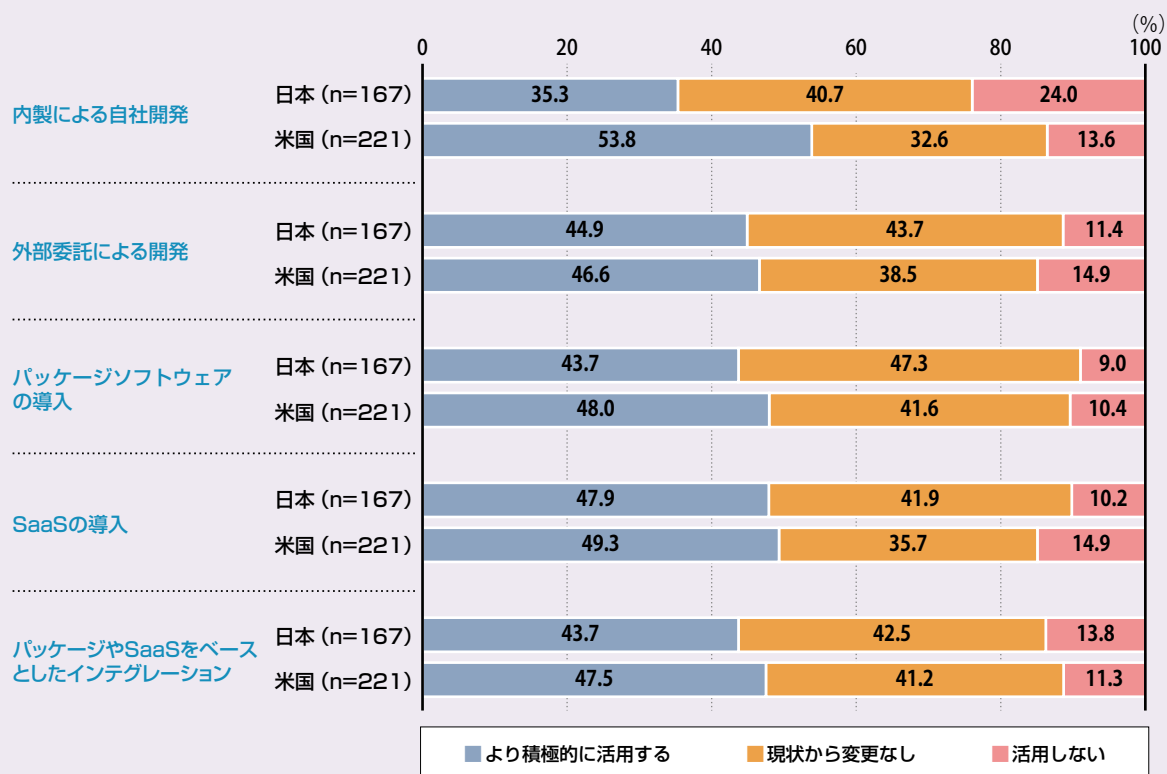
図表5-77は、AIの開発・導入におけるソーシング手段(現在の活用状況)を尋ねたものである。各項目において日米の差が大きくとくに「内製による自社開発」の差が大きい。



※「AIの利活用の状況」(図表5-70)において「全社で導入している」「一部の部署で導入している」「現在実証実験を行っている」と回答した企業が対象

図表5-78は、AIの開発・導入におけるソーシング手段(今後の予定)を尋ねたものである。図表5-77の現在の状況と比較して、日本は「より積極的に活用する」が総じて増加、「活用しない」は総じて大幅に減少しており、今後は多様なソーシング手段の活用が見込まれる。

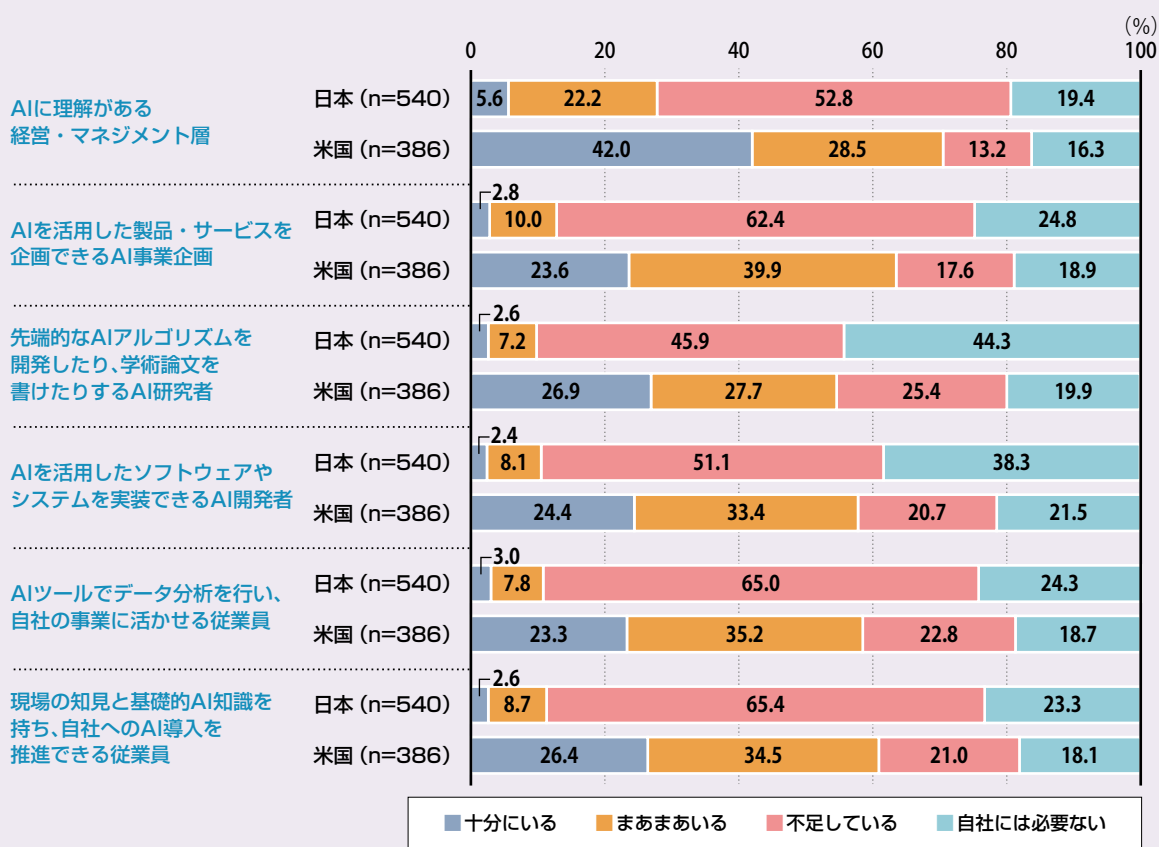
図表5-78 AIの開発・導入におけるソーシング手段(今後の予定)



※「AIの利活用の状況」(図表5-70)において「今後も取組む予定はない」と回答した企業を除く全企業に尋ねた。

図表5-79は、AI人材の充足度を尋ねたものである。米国では最小でも13.2%（AIに理解がある経営・マネジメント層）、最大では25.4%（AI研究者）の企業が「不足している」としている。これに対して日本では最小で45.9%（AI研究者）、65.4%（現場の知見と基礎的AI知識を持ち、自社へのAI導入を推進できる従業員）であり前掲の「AI導入課題」(図表5-75)で日本企業の最大の課題であったAI人材不足は、職種に限らない課題であることがわかる。なお、「自社には必要ない」でみると、日本では「AI研究者」が44.3%で米国より24.4ポイント、「AI開発者」が38.3%で米国より16.8ポイント高い。これは、「AI開発・導入のソーシング手段(図表5-77)において、「内製による自社開発」が米国では60.2%に対して日本は26.9%と低いため、「自社には必要ない」の比率が高くなっていると考えられる。

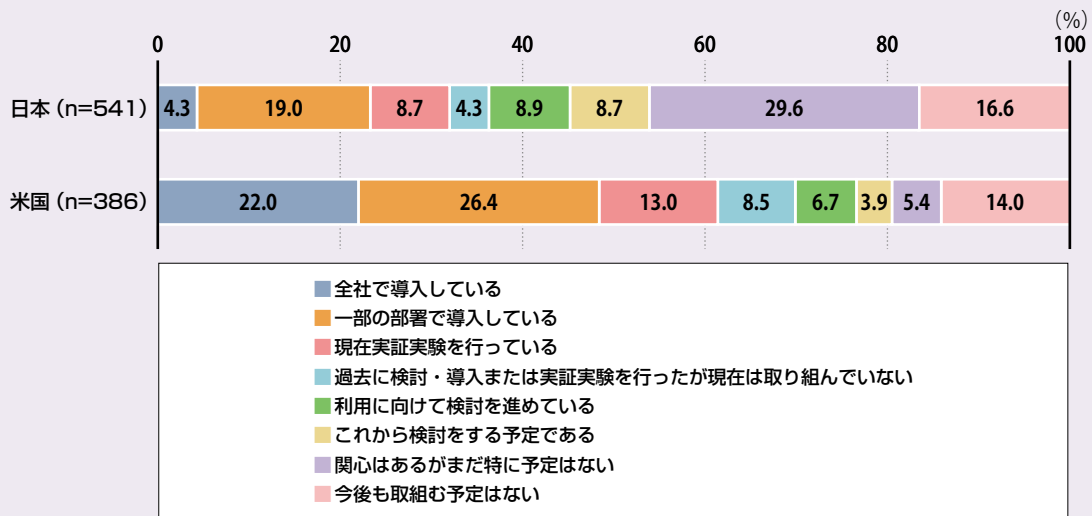
図表5-79 AI人材の充足度



(3) IoT技術・デジタルツイン

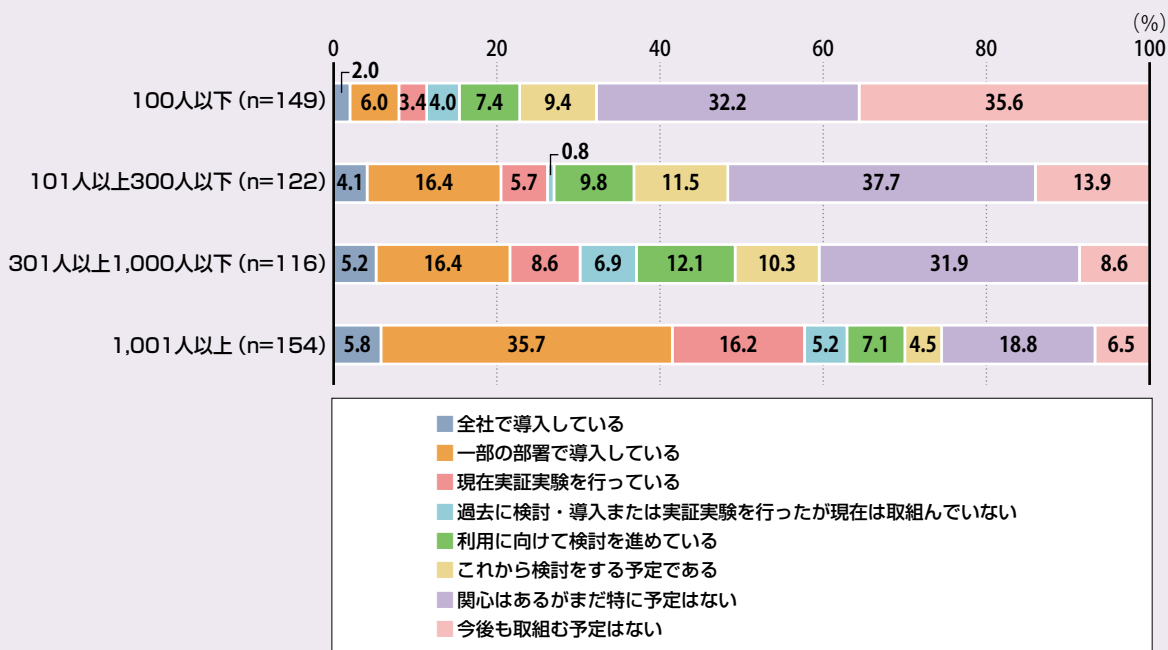
図表5-80は、IoTの利活用の状況について尋ねたものである。IoTを全社または一部で導入している割合は、米国が48.4%であるのに対し、日本は23.3%にとどまっており、米国に比べIoTの取組が遅れている。後述のIoTの導入課題(図表5-83)において、日本企業の回答率が高い「IoTに関する自社の理解が不足している」「人材の確保が難しい」「予算の確保が難しい」などが導入が進まない要因として考えられる。

図表5-80 IoTの利活用の状況



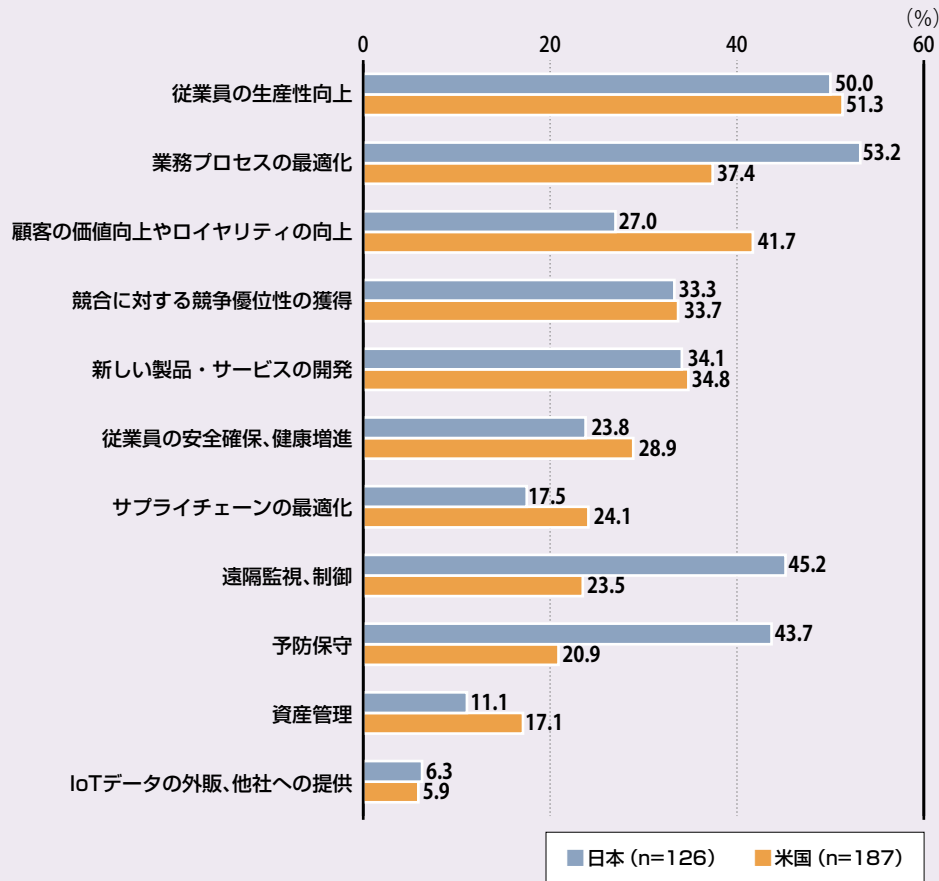
図表5-81は、日本企業のIoTの活用状況を従業員規模別にみたものである。AI同様、従業員規模が大きい企業ほど導入率が高い傾向があらわれている。

図表5-81 IoTの活用状況(日本企業：従業員規模別)



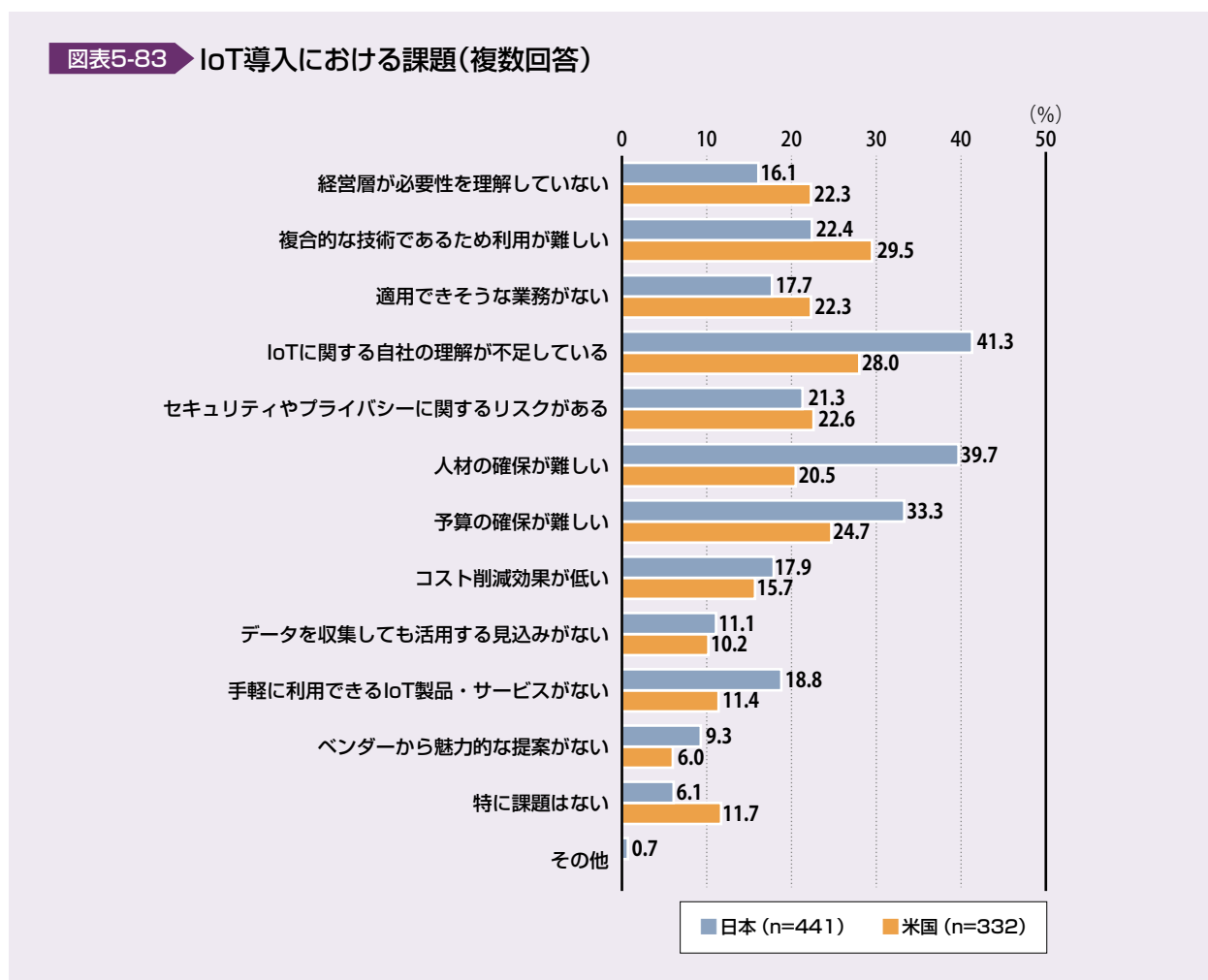
図表5-82は、IoTを導入する目的について尋ねたものである。日本は「予防保守」「遠隔監視、制御」など保守・管理業務に関する項目が米国と比べてとくに高くなっている。一方、「顧客の価値向上やロイヤリティの向上」「サプライチェーンの最適化」などの割合は低く、社内外のシステム間連携を含めた「社会最適」や競争領域の強化を進めていく必要がある。

図表5-82 IoTの導入目的(複数回答)



※「IoTの利活用の状況」(図表5-81)において、「全社で導入している」「一部の部署で導入している」企業に尋ねた。

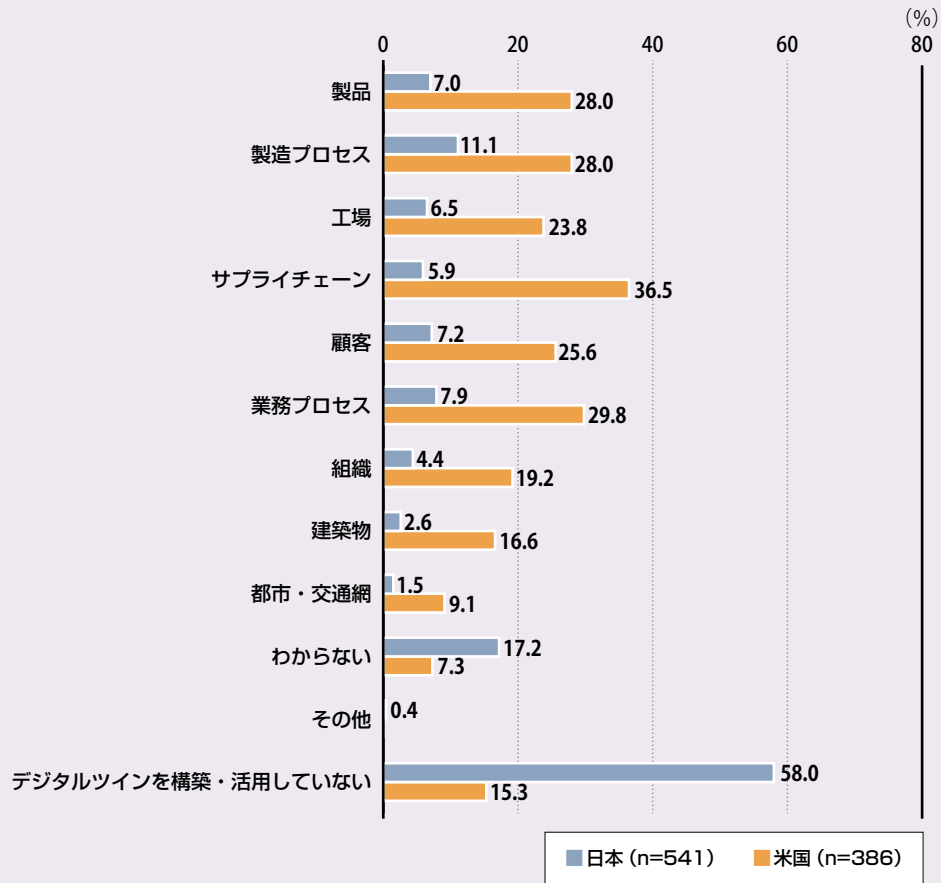
図表5-83は、IoTを導入する上での課題を尋ねたものである。日米の差が大きい項目で米国のほうが回答率が高いものは「複合的な技術であるため利用が難しい」「経営層が必要性を理解していない」「適用できそうな業務がない」が挙げられる。日本のほうが回答率の高いもののうち、米国との差が大きいものは「人材の確保が難しい」「IoTに関する自社の理解が不足している」「予算の確保が難しい」であり、人材、リテラシー、予算と、多くの領域で課題を抱えている状況である。



※「IoTの利活用の状況」(図表5-81)で「今後も取組む予定はない」以外を選択した企業に尋ねた。

図表5-84は、デジタルツインの構築・活用に関して尋ねたものである。米国ではさまざまな領域で2割から3割の活用がされているのに対して、日本における活用は1割以下となっている。またデジタルツインを構築・活用していない企業は、日本で58.0%、米国では15.3%となっており、日米で大きな差がある。

図表5-84 デジタルツインの構築・活用(複数回答)



(4) まとめ

データ活用技術については、日本企業はデータの利活用は進んでいるものの売上増加やコスト削減など成果の創出にはまだ至っておらず、成果の測定もしていない企業が5割となっている。また、日本企業によるAI・IoTの利活用は米国企業と比べて遅れており、その導入目的において日本は業務効率化、米国は顧客価値の向上という違いがみて取れる。日本企業がデータ利活用やAI導入で成果を創出できていない理由として人材、システム、文化と、さまざまな課題が存在していることがアンケート結果から考えられる。

日本企業は導入目的を社内向けのデジタルライゼーションから顧客・社外に向けた価値向上のデジタルライゼーションの段階への展開と、データの利活用やAIの取組領域の拡大と取組成果を測定し取組の改善・成果創出につなげていくことが必要となる。

1. DX戦略とデジタル技術活用

商船三井のDX戦略

商船三井グループは自社の変革を通じて「安全」や「環境」などの社会課題の解決に寄与するためのアクションプランを定めた「MOL Sustainability Plan」(サステナビリティ計画)を2022年4月に公開している。同計画に基づき社会に「安全」や「環境」といった観点で価値を提供するために、デジタル技術を積極的に活用している。たとえば、運航効率化によりCO₂排出量を削減し環境負荷を軽減する取組や、業務の効率化・高度化をさらに加速させることで安全運航に寄与するといったデジタルを用いた取組により、サステナビリティ課題の解決に寄与する。

これらの取組推進にデジタル技術は必要不可欠である。たとえば、海上のDX推進組織であるスマート SHIPPING 推進部において柱となっているのが、2018年から進めているFOCUSプロジェクトである。運航船に関わる船舶の機関データ、船速や航跡など、様々なデータを収集し、安全運行と環境負荷軽減に活かしている。

デジタル技術活用のための組織

2022年4月にDX推進組織として「DX共創ユニット」を立上げた。人員規模は約40名で、商船三井ならびに情報システム子会社である商船三井システムズの人員約半々で構成される。従来からデジタル・ICTの取組は進めていたが、現業部門と一体となりDX推進をさらに加速すべく同ユニットを設立した。同ユニットは、陸上や海上における業務効率化ならびに現業部門での業務課題の解決を図るべくプロジェクト化支援や推進を担っている。部門名の「共創」には、現業部門と「共に」DXを推進し成果を「創り」上げていくという思いが込められている。

システム開発体制は柔軟に内外製の判断を行っている。外部の力を活用したほうが効果的、合理的な部分は外部に委託し、内製すべきシステムは社内に対応している。たとえば、従来基幹システムは上述の商船三井システムズが開発していたが、このたびSaaS型のSAP S/4HANA Cloud並びに海運会社・用船者向け運航管理システムVeson IMOS Platformの導入を検討し、2022年度4月より基幹システム「SURF」として両システムの稼働を開始した。50年来自社開発の基幹システムを使い続けてきた商船三井にとっては、「Fit to Standard^{*1}」の考え方で業務の標準化や合理化を進めると同時にレガシーからの脱却を目指すことは大きな決断となった。海外拠点の外国人社員からは独自システムはかえって使いにくいといった意見も上がっており、現業部門のキーパーソンを早い段階から巻き込むなどの工夫を行いながら、世界標準となっているシステムの導入に至った。

2. DXソリューションおよび開発手法や技術

FOCUSプロジェクト実現前は、海上と陸上での当時の通信技術や本船上の設備の関係で情報共有が課題であった。船舶から必要なデータをメールで送り、陸の管理側でシステムに読み込ませていたため、タイムラグが生じ、船舶管理や安全運航の強化におけるリアルタイムでの対応が困難であった。FOCUSプロジェクトでは、1隻あたり1万点に及ぶセンサーから収集したビッグデータを陸に送り、情報共有を行う仕組みを構築している。当時、業界では1時間間隔でのデータ送信が主流であったが、細かく状況や傾向を把握可能にするため、わずか1分間隔としてリアルタイム性を重視した。陸上からモニ

* 1 Fit to Standard：アドオン開発を行わず業務を標準機能に合わせるERPの導入手法

タリングや運航効率化支援を行えるほか、今後は海上で乗務員が直感的に操作できるアプリも開発し、ヒューマンエラーの低減にもつなげる。

荷主との情報共有システムには2020年に提供を開始した「Lighthouse」がある。ドライバルク船^{*2}の顧客を対象とした情報提供プラットフォームで、貨物情報や運航スケジュールなどを顧客である荷主が参照できる。

先進技術活用事例

商船三井では、AI等の先端技術を業務に活用している。AIの活用事例を二つ挙げると、一つ目は海運市況の予測の高度化である。世界の貨物船の積載状態や運航、為替、燃料価格、資源市場などのデータを元に2、3ヶ月先の海運市況を独自に予測し、先々の傭船^{*3}計画に活かす。二つ目は、数理最適化技術を使った自動車運搬船の配船と貨物積付けの最適化である。かつて自動車は日本から海外への輸出が中心だったが、現在は生産地、消費地が多岐にわたり輸送パターンは複雑化している。また、積載方法は車高や重量などの条件によって決めなくてはならない。熟練者のノウハウで行っていたこれらの業務について、AIを活用することで効率化と最適化を図っている。それぞれの案件で大学と連携し、産学連携により課題解決に取り組んでいる。

ブロックチェーンの活用事例としては、2017年から、ブロックチェーン技術を活用した貿易情報連携基盤実現に向けたコンソーシアムに参画している。

3. FOCUSプロジェクトでのデータ活用

FOCUSプロジェクトでの今後のデータ活用方針は、まず、環境への影響の管理である。本船性能を精微に分析し、効率運航を深度化することにより、燃料消費量の削減、CO₂排出量削減を進める。次いで船舶管理会社のスタッフと乗組員とのコミュニケーションでの活用である。現場の問題に一番近い乗組員と陸上のスタッフが同じデータを共有してディスカッションすることで、的確な対処ができるようにする。さらに、大きなテーマとしては予兆保全もある。故障などが起きる前に察知してアラートを上げるなど、機関のトラブルを未然に防ぐことができる仕組みの実現に取り組んでいる。

4. 成果指標とガバナンス

「MOL Sustainability Plan」で掲げた五つの課題「Safety & Value」「Environment」「Human & Community」「Innovation」「Governance」それぞれの領域で成果指標を設けている。半期または四半期等、定期的に指標の測定と評価を行い、都度戦略やKPIの見直しなども行っている。五つのカテゴリに対して全社で100程度のKPIがある。デジタルに関する指標としては、FOCUSプロジェクトに関するものがあるほか、技術開発・DX推進体制等に対しても成果指標を設定している。

* 2 ドライバルク船：鉄鉱石、石炭などの資源を大量に梱包せずばら積みで運送する船舶

* 3 傭船：運送のために船舶を借り入れること

1. DX戦略とデジタル技術活用

世界の「医・食・住」の課題解決に貢献する

トプコンは「医・食・住」に関する社会的課題を解決し、豊かな社会づくりに貢献することを経営理念に掲げる。売上の8割を海外事業から得ているが、事業領域である(医)ヘルスケア、(食)農業、(住)建設業は、高齢化や人口増加、また労働力不足など世界的に課題を抱えている一方で、デジタル化や自動化が遅れている。

そこで、技術力を活かした革新的なハードウェア(モノ)を開発することはもちろん、ソリューション(コト)として提供することにも注力し、これらの業界のデジタル化や自動化による生産性や品質の向上を支援する。DXという表現がまだなかった1990年代後半から継続して行っているトプコンの事業戦略であり、今でいうDXに相当する取組を20年以上推進している。

デジタル技術活用のための組織

ソリューションを提供するにあたり、ハードウェアの開発・製造に加え、ソフトウェア開発力の強化が課題となった。人材への対応として、二つの施策を打った。一つ目は海外の開発リソースの活用である。米国などに拠点を設け、ITエンジニアを採用し、ここ5年から6年ほど組織の拡充を行っている。二つ目は迅速に人員や技術を獲得できるM&Aである。海外で、トプコンの事業領域に十分知見のある技術ベンチャー企業の買収を行っている。

コアとなるシステムの開発はこれらの組織を使って自社で行う体制となっており、後述の眼疾患早期スクリーニング(健診)ソリューションは、現地IT人材の採用で強化した米国のグループ会社と、眼鏡店向けのソリューションを保有していたフィンランド企業のM&Aにより、両社の協業によって開発した。また、オープンイノベーションとして画像認識技術を持つスタートアップ企業の技術も活用している。

2. DXソリューションおよび開発手法や技術

眼疾患早期スクリーニング(健診)ソリューションを実現

DXソリューションの代表例となるのが、「医」の領域での眼疾患早期スクリーニング(健診)ソリューションである。眼疾患には、緑内障のように初期段階では自覚症状がないまま悪化する病気があり、定期的な検診による早期発見が求められる。しかし目にトラブルを感じた時しか眼科医に行かない人は多い。そこで、メガネやコンタクトレンズの購入などで利用する眼鏡店やドラッグストアなどの身近な場所や「かかりつけ医」で健診を行えるソリューションを構築した。

トプコンの機器では、熟練者でない医療スタッフでも眼底写真やOCT画像などが撮影できるフルオート機能を実装している。トプコンのハードウェアデバイスで撮影した画像をデジタル管理し、医師が別の場所で診断を行う遠隔診断や、トプコンとは別の会社により開発されたソフトウェア(例：Digital Diagnostics Inc.社のソフトウェア“IDx-DR”等)と、トプコンのハードウェアデバイスを組み合わせ、当該ソフトウェアデバイスによるAI診断も可能となった。日本では法令により医師以外の診療行為は認められていないが、米国などをターゲットとし、事業展開を加速させている。「住(建設)」の領域でも、建設現場において測量、設計、施工、検査など多くの工程で様々な企業が関与するワークフローを3Dデジタルデータで一元管理し連携するソリューションなどを提供している。

眼疾患早期スクリーニング(健診)ソリューション概念図



出典：株式会社トプコン

先端技術活用状況

眼疾患早期スクリーニング(健診)ソリューションではAIによる自動診断技術のために、トプコンのハードウェアデバイスが採用された。AIの教師データにはばらつきがない画像が必要だが、トプコンの機器はフルオートでの撮影が可能であるため均一な撮影条件による画像データが取得でき、AI診断の実現に貢献した。

また、強みを保つ技術には、GNSS (Global Navigation Satellite System)^{*1}受信機の製造もある。誤差数ミリから数センチといった精密さで位置を測定できる。この技術を使った建機や農機の高品位な自動制御システムを提供できるのは、世界でもトプコンを含めて3社のみである。

3. データの利活用

眼疾患早期スクリーニング(健診)ソリューションで扱うデータは、トプコンが長年医療機器事業で培った知見により、各国・地域の薬事法などの法制度に準拠しセキュリティや品質の管理を行っている。昨今はクラウドのデータへの規制が強まってきており、個人情報や域内で管理するなどコンプライアンスに十分留意している。

また、画像やスキャンデータなど、高精度化によるデータ量の増加に対応する技術開発に重点を置いている。たとえば、レーザースキャンデータに対する処理では、クラウドとエッジの処理の組み合わせの工夫を行うなどである。

4. 成果指標とガバナンス

トプコンにおいては現業部門の事業の進捗がDXの取組となるため、中期経営計画での売上や利益など事業計画がDX戦略の成果指標そのものになる。ハードウェア(モノ)の販売だけではないソリューション(コト)に関する売上は重要な指標の一つとなる。

* 1 GNSS：全球測位衛星システム（米国のGPS、日本の準天頂衛星（QZSS）、ロシアのGLONASS、欧州連合のGalileo等の衛星測位システムの総称）

* 2 トプコンのハードウェアデバイス“TRC-NW400”と、他社製ソフトウェア（例：Digital Diagnostics Inc.社のソフトウェア“IDX-DR”など）の組合せにより、ソフトウェア側が実現。日本は対象地域外。

* 3 トプコンハードウェアデバイスで撮影した画像をデジタル管理し、医師が別の場所で診断を行う。

* 4 日本においては医師不在の眼鏡店およびドラッグストア等は対象外。

1. DX戦略とデジタル技術活用

AI外観検査の自主開発へ

当社は油圧装置のメンテナンスを行っているが、今後、油圧の需要が減少傾向にあることや、既存顧客の油圧装置のメンテナンスをしっかりと提供していくためには、新たなビジネスが必要になると考えた。そこで外観検査装置を製作するようになったが、その発展形としてAIによる画像処理技術へ注力している。

具体的にはアメリカのCOGNEX社の画像処理システムを、大手中堅企業を中心に導入しており、並行して、自社オリジナルのAIシステム「CLAVI」を開発している。COGNEX社のシステムは中小企業にとっては高額であり、中小企業には負担が大きい。しかしCLAVIはスマートフォンやMRグラスに特化しており大きな設備投資がなく、初期投資20万円、月額2万円からという低価格なサブスクリプション型のものとなっている。CLAVIを通じて、中小企業にも生産性の向上に貢献していきたいと考えている。

IT人材は外部から

AI外観検査システムは自社開発している。IT人材は外部からの採用・登用を重視している。具体的には、AI外観検査システムを開発しているR-Visionの事業部長も会社を経営している、外部人材である。また、タイのカセサート大学やパンヤピワット大学とMOUを結び、インターンシップを受け入れ、その中から直接雇用しており、現地に1名、日本に5名がそうした経緯で入社した。なお、カセサート大学にはLABOを開発しており、開発を行っている。くわえて、地元の九州工業大学大学院とタッグを組み、事業再構築補助金を活用しながらCLAVIのバージョンアップを行っている。これも、外部人材を登用した取組である。

R-Vision事業部は英語によるコミュニケーション、失敗容認の文化があるのに対し、既存のメンテナンス事業部は安全第一、職人気質、現場優先、失敗不可といった文化と正反対の風土を持っている。前者は考えや構想をデスクにおいていかに効率よく行うか、後者は現場への駆付け時間や休止時間をいかに短縮するかが重要である。以前は同じ敷地内だったが、意識の違いが顕著なことから、現在、R-Vision事業部は小倉駅構内の街中、メンテナンス事業部は郊外の工業地帯と異なる場所に位置する。しかし、今後は現場の状況についてネットを介して見る遠隔メンテナンスなどを行っていくため、現場を持つ既存の事業とAI画像処理などの開発とを融合していくことを目指していく考えである。

2. DXソリューションおよび開発手法や技術

AI外観検査システムは、自社開発した画像処理エンジンを搭載する「CLAVI」と、米国COGNEX社が開発したVision Pro Deep Learningの2種類がある。AI外観検査は画像処理エンジンの性能以上に、照明の良し悪しが結果に大きく影響する。当社は照明に関するノウハウを持っており、競争優位性を確保している。また、CLAVIはスマートフォンへの実装も可能にしたことで、中小企業等でも低価格で手軽に導入できる商品となっている。

CLAVIは、開発基盤としてGCP（Google Cloud Platform）を活用している。画像処理エンジンの開発にあたっては、オープンソースを使いつつもプログラミングはオリジナリティを出している。なお、開発にあたっては、最終的なゴールを共有したうえで社員にマイルストーンを示し、各社員はアジャイル開発を行っている。また、GitHubを利用しプログラムの進捗情報を全社員が把握していることから、プ

プロジェクト進行に遅延等が発生した場合、臨機応変に技術者を再配置することができるようになっている。

3. データの利活用

ディープラーニングで外観検査を行うには大量の画像データが必要となるが、CLAVIの画像はデータベース化されており、欠陥部分について学習データが蓄積されている。顧客がCLAVIで推論する際、顧客自身が持つデータだけではなく、CLAVI側でもつデータを加えることでより深い分析が可能になる。その意味で既存データの利活用は大切な観点である。

いずれは、すべての画像データを共有化できるようにしたいと考えている。現段階では金属の欠陥に関するデータが中心であるが、さまざまな材質についてデータベースを整備していくことが今後の課題になる。

また、社内システムのデータ利活用という観点では、見積、販売、会計や給与といった基幹システムは、従来は連携がとれておらずバラバラに動いており、その連携を課題としていたが、現在は連携できるような形にしている。

くわえて、今後、遠隔メンテナンスをすることを想定して、生産管理システムの導入を検討している。そこでは、ドキュメントデータや図面データ、動画データを紐づけして受注番号から検索できるようなものにし、5年後10年後と経過したときに、過去のデータをすぐに見つけられるように準備を進めている。

4. 成果評価とガバナンス

経営目線ではCLAVIについては、アカウント数をKPIとして設定している。とはいえ、CLAVIはまだ実証実験段階でもあるため、実施については今後からとなっている。

1. DX戦略とデジタル技術活用

2016年9月にMassMutualは、Babson Capital Management、Wood Creek Capital Management、Cornerstone Real Estate Advisers、および Baring Asset Managementを合併し、Barings として1社に統合した。この5社合併に伴うシステム統合は特徴的なDXの取組である。

MassMutualはさまざまな金融サービス会社を所有し、各社が似通った顧客層をターゲットにしていたにも関わらず、それぞれ独立して事業を行っていたため、商品をクロスセルするような努力は行わず、営業チーム、経営チーム、オペレーティングモデル、技術、ビジネスカバレッジなどの観点で、各社がバラバラに稼働していた。そこで、同社では中核業務から技術活用に至るまで、単一のオペレーションモデルに最適化するため、ブランド統合も含めた大規模な変革プログラムを実行した。

具体的には、5社統合とDXを、一つのプロジェクトにまとめ、組織体制の最高レベルにPMO（プロジェクトマネジメントオフィス）を設置した。また、技術的な側面まで踏み込んで全体的な取組を管理するDX担当者を任命した。このDX担当者は、現在から未来にわたる変革戦略を検討する役割を担った。

5社の中にはM&Aで獲得した会社もあり、プロセスが分断されアプリケーションが乱立するといった非効率的な状況だった。そのため、合併にあたっては、インフラ、ネットワーク、コミュニケーション、アプリケーションなど、ビジネスの基盤となるシステムをすべて見直した。

BaringsがこのようなDXを行うというニュースが発表されると、支援したいというオファーが殺到した。Baringsが選択したのは、企業統合のレベルでは大手コンサル企業、技術の部分では、利用できる技術を偏見なく理解したいと考え、大手企業からニッチなプレイヤーまで時間をかけて話合いを行い、最終的にはニッチな企業と契約した。自社との整合性の高い適切なパートナーを精査したことは重要なポイントである。

2. DXソリューションおよび開発手法や技術

デザイン思考については、Ernst & Young（英国）のイノベーションセンターで、長い時間をかけてコンセプトを学んだ。デザイン思考により、技術系ではない現場の人材がデジタルという観点で発想できるようになるとともに、ビジネスプロセスを最適化するためのアイデアを獲得できた。デザイン思考の活用の拡大は、社内のデジタル資産を統合的に管理する役目を担うチームであるデジタルプロダクトマネジメント(DPM)が主導した。

また、金融業界には常に革新が起り陳腐化が早く、テクノロジーの変化にも対処しなくてはならない。DX戦略は、技術やデータの活用戦略と密接な関係に置くことで、強力に変革を進めることができる。技術の進化に沿った好例としてブロックチェーンがある。分散型金融とは何か、自社のビジネスにどう活用できるかを考え、今ではブロックチェーンはDXの取組みやプロセスの構成要素となっている。

レガシーインフラストラクチャーから、クラウドへと移行するうえで、物理的なマシンで稼働するアプリケーションの移行が課題となった。クラウドに移行するためにはアプリケーションがクラウド対応である必要があるが、カスタム開発されていたアプリケーションは、レガシーテクノロジーでさまざまな修正やアップグレードが施されていたため、クラウド対応にするための再開発が必要であった。

そして、最大の課題はデータレベルにあり、膨大な量のデータをクラウド環境に移行しなくてはならなかった。地理的にも分散しているデータを単に移行するだけでなく、地域の規制対応も維持したうえで、グローバルでのデータへのアクセス性も確保する必要がある。最初に移行を開始した韓国では、

すべてのPII (Personally Identifiable Information; 個人を特定できる情報) データは韓国国外には出せないという規制がある一方で、グローバル組織はデータへのアクセスを必要としており、戦略的にこれをどう実現するかを検討する必要があった。

また、ビジネス部門では、サードパーティ製のアプリケーションをカスタマイズして利用していたため、SaaSへの移行時にそれらのカスタマイズされた部分が大きな問題となって、クラウド移行は困難であった。たくさんアプリケーションがあったため、クラウド以降の準備は非常にゆっくり進められた。

物理的なデータセンターも統合された環境に変えていく必要があり、新しい環境下で、物理的な機器のアップグレードや多くの仮想化を行った。データセンターの規模を縮小し、米国東部、ヨーロッパ中部、アジアパシフィックの3カ所に絞ることで、コストは多少増えたが、クラウド移行への中間的なステップとなり、クラウド移行が非常に効率的に行えることとなった。最終的には、30%程度が完全にクラウドに移行され、その30%のほとんどがデータである。残り70%はアプリケーションとそこから生み出されたデータで、新しいチーフデータアナリティクスオフィサーのもとに、データオペレーティングモデルを作り変え、データサイエンス組織のためのクラウドを実装し、プロセスをクラウドに移行し、AI、自然言語処理、機械学習などを行っている。

3. データの利活用

データの活用はどの企業にとってもチャレンジとなる。データは人材に次いで社内で二番目に価値のある資産と考える。

データプロバイダーから購入したデータ、社内で生成されたデータなど、膨大なデータが存在していたが、5社統合前は、データそのものが社内で信頼されておらず、データの所有者がコピーを作成し独自に修正を加えることもあった。そこで、統合後にはデータを資産として管理するために、強固なポリシーを設定し、データに対する信頼性を高める必要があった。その成果として、データの継続性と一貫性を担保しつつ正確なデータを幅広く活用できるようになった。

また、統合前は5社が独立して事業を行っていたため、グループ全体の商品ラインナップを組み合わせたマルチな投資ポートフォリオを提供する能力がなかった。統合によって投資に関する全データを単一のデータレイクに統合することで、不動産、債権、代替投資など複数の資産を組み合わせた投資戦略を顧客に提供できるようになった。

データを武器として利用すれば競争優位性を得られる。タイムリーな意思決定やビジネスオペレーションの最適化がその一例である。セールスマーケティング部門では、顧客のプロファイルや関心事、競合がアプローチしている顧客、自社のパフォーマンスに関するデータをもとに、手応えがある見込み客を獲得できるようになり、成約率を高めることができた。

同様の成功事例は商業不動産投資部門にもある。データ活用以前は、社内外から得たグローバルな商業不動産の巨大な目録に対して、確率の高い投資資産を特定し機会損失を防ぐことが課題となっていた。アナリストに精度の高いデータセットを提供し機械学習などの技術を使うことで、より有望なポートフォリオを選択できるようになった。このアプローチはDXの出発点となった取組みである。

AIは、アルゴリズム取引、HFT (High Frequency Trading; 超高速取引)、モデルドリブン投資の分野で使われている。Baringsの機関投資家向け資産マネージャーも、債券、不動産、代替投資にAIなどの技術を活用している。組織全体で、AIを適用していこうという動きが進んでいる。新製品開発にも適用されている。ただし、AIなどのツールが提供する機能は、効率化、最適化を求める方に向けられており、投資決定を行う部分ではない。資産の取引、売買などの意思決定プロセスはまだ人間が行っている。

1. DXの推進体制

DX推進体制

ビジネスのすべてのステップでデジタルファーストにしなければならない。顧客との対話の各ステップでのDXも必要と考え、30カ国のカスタマーサービス担当者や海外営業担当者が集まったクロスファンクショナルチーム（cross-functional team：機能横断チーム）をDigital CoEに設置した。Digital CoEには、100%専従している各機能分野のビジネスリーダーに加え、広い範囲のチーム（50%稼働）が存在していた。セールスディレクターは100%委員会に参加していた。私も100%委員会に参加した。IT側からは、サプライチェーンディレクターがいた。セールスディレクターはカスタマーエクスペリエンスディレクターに指名され、サプライチェーンディレクターは、各ステップを追跡調査していたことから、トラック&トレースディレクター（track and trace）に指名された。現場と兼務する者がいるため、いつでも直ちにデジタルの実証実験を本番のビジネスで試すことができるようになった。

たとえば、炎天下の運送業務の改善のためにロボットやドライバーレスのフォークリフトを活用するアイデアを思いついたら、すぐにビジネスオペレーションに落とし込み、確認する。失敗するなら早く失敗し、同時に早く学ぶ。成功すれば、ゲームチェンジャーとなり、差別化要因になるのである。

2. 技術活用の推進

技術活用の視点

技術には、本社や営業所で活用する情報技術（IT）と工場などで活用する運用技術（OT）がある。ITとOTによりデジタルの力を最大限に広げ、投資効果を最大限に発揮できると考え、ビジネスにとって重要な、アップタイム、スループット、信頼性、品質、およびオンタイム・イン・フル（on-time in-full：オンタイムで注文を完全に満たすこと）などの要素に焦点を当てた。自社のベースラインに対して、業界標準は何%か。業界標準をクリアしていたら、次のステップに進むのか。業界で最高の数値で稼働しているのであれば、なぜ、自社が一番になれないのか。ビジネスにとっての重要項目を測定し、定量化するようになってから、テクノロジースタック全体の中で、デジタル戦略の重要性がいっそう、高まった。

ソリューション開発は、構想設計段階ではユーザーエクスペリエンスの観点から、デザイン思考を取入れている。またシナリオプランニングも何度か行った。テクノロジーやベンダーの選定を終え、実証実験の段になると、アジャイルに取組んだ。スプリントやユーザーストーリーを検討し、ウォーターフォールではなく柔軟に行う方法を模索し始めるようになった。DevOpsでは、Microsoft AzureプラットフォームのAzure DevOpsを使用し、すべてのユーザープリントをAzure DevOpsに入れ、「Azureに存在しないものはプロジェクトとみなさない」という方針を徹底している。さらに、設計、構築、テスト、デプロイのサイクルに適応し3週間ごとにすべてのサイクルを実施し、本番環境へ移行していった。

PoC実施のプロセス

実証実験（PoC：Proof of Concept）は3ヶ月のスプリントで成功、失敗を見極めていった。短期間で成功すれば、決定権が拡大し、予算規模も増加した。AWSやAzureを利用していたため、実験費用は2万ドルから3万ドル程度に抑えられた。さらに、デジタルツインの実験を行おうとしたところ、MicrosoftやAmazonから資金の提供を受けることができた。ベンダーはデジタルプラットフォームを先行的に実現し、様々な企業に販売していくことを望んでおり、そのためのシードマネーであろう。

自社には、PoC評価の体系的なプロセスがあり、アイデアの採用後に、以下のGateを通過するという

ものである。

Gate 0：アイデア出しの段階。100以上のアイデアから追求する価値のあるものを10件ほど選定。

Gate 1：さまざまなテクノロジーやツール、そして課題を解決する方法を検討。

Gate 2：ビジネス上の問題を確定し専門ベンダーを探索。

Gate 3：PoC実施。

Gate 3で成功すれば、同じ機能分野のバイスプレジデントやリーダーを全員集めてGate 4に進むことができる。パターン認識、人工知能、機械学習など、未知の領域が多々あるが、このプロセスを経ることによって、不確実なものにも安心して取り組めるようになっている。

3. 技術の利活用

マイクロサービスの導入

マイクロサービスにも着手している。マイクロサービスは自律的なコンポーネントであり、さまざまな方法で実証実験に使うことができる。マイクロサービスをコンテナ化し、よりプラグアンドプレイに対応できるようにし、様々な実証実験に役立つオブジェクトのメニューを作り始めた。常時、10件くらいの実験を進行していたが、3、4件は成功し、6、7件は失敗するというのが通常の成功率である。しかし、成功した3、4件は、ゲームチェンジャーとなり、タウンホールミーティングや投資家フォーラムでも話題になった。一方、失敗した6、7件は、貴重な教訓となった。会社としてはマイクロサービスの疎結合をどのように確保するか、つまり、ハードコーディングせず、あまり限定的でないマイクロサービスを実現する方法を求めていた。マイクロサービスは柔軟でアジャイルであるため、実験が失敗しても分解して別の実験に利用することができるためである。

4. データの利活用

データは新しい石油であり、DXにおいて最も重要である。しかし、データだけではあまり意味がなく、コンテキストが重要である。我々は、工場で生成されるテラバイト単位のデータを取得していたが、あまりにも膨大で扱い方がわからなかった。そこで、機械学習などを使い、データが語るパターンを理解しようとした。生データは有用ではないが、キュレーションされたデータであれば、ビジネスロジックやデジタル変換ツールを使ってデータをモデル化し、洞察を得て、意思決定を行うことも可能になる。サイロ化されていたデータを製造クラウドに集約し、データを最適化している。それがスケールを生むのである。

Nordea (フィンランド)

1. Nordeaの概要

Nordeaは、9百万人を超える個人顧客と50万を超える企業顧客を持つ大手銀行であり、デジタル化にも力を入れている。2017年時点でDX戦略を発表しており、個人顧客向けには、主にモバイルを軸とした顧客接点の強化とプロセスに自動化による効率アップと顧客満足の両立を、そして、ビジネス顧客向けにはペイメント等、パートナーシップによる新市場向けサービスの共同開発、KYC等の導入による自動化などを目標としている。^{*1}

2. DX取組の進め方

デジタルトランスフォーメーションがビジネス戦略の中核でなければ、真のデジタルトランスフォーメーションは起こりえず、成功もありえない。CIOやCTOだけが、ビジネスにサービスを提供する技術的な状況を変えようとしても、デジタルトランスフォーメーションはうまくいかず、それはデジタルトランスフォーメーションとはいえない。デジタルトランスフォーメーションは、ビジネスから生まれる必要がある。変化を受け入れるためのビジネス戦略には、さまざまな背景がある。競争環境は変化しており、新規参入企業は、従来企業とは異なるビジネスを行い、異なる顧客エクスペリエンスを提供し、より効率的にビジネスを行っている。新規参入企業はデジタルソリューションを導入している。ビジネスの実行方法が変化している。そして、多くの効率向上は、社内プロセスのデジタル化によってもたらされるが、それはビジネスサイドからもたらされる必要がある。

プロダクト担当者、IT担当者、顧客エクスペリエンスの専門家、データアナリストが協力して、顧客に提供するコンセプトを定義し、これを実現する方法を見つけることが、今求められている。そのために必要な技術的なアーキテクチャは何か？プラットフォームの準備はできているのか？これらのプロダクトを生産するためのデータはあるのか？これらのコンピテンシーをまとめた仮想組織や実行組織を作らない限り、DXで成功することは難しい。バーチャルな組織で構わないが、さまざまな役割・機能の人たちが一緒に仕事をし、プロダクトオーナーに報告する。小規模のチームを編成し、小規模に実行する。そして、アジャイルフレームワークを使い、スクラムチームを作り、それらチームを集約すれば、大型スケールの複数チームを組織化できる。

アジャイルフレームワークを組織内に拡大するためにScaled Agile Framework (SAFe)を使い、戦略的ロードマップと結びつけながら、チームをプログラムに、プログラムをバリューストリームに関連付けた。このように、コンピテンシーと明確なアーキテクチャのロードマップを組み合わせることで、技術レベルで物事が進み、それに準拠したビジネスプロダクトやソリューションが価値を発揮することが可能となる。

3. システム開発について

ビジネス、デザイン、データ、テクノロジーを融合したデジタルバンキング部門を構築している。デジタルバンキング部門にエンド・ツー・エンドのテクノロジーを入れる必要はない。デジタルソリューションの観点から、バックエンドに着手する必要はなく、フロントエンドの開発とミドルレイヤーを統合すればよい。データも同様である。ウェブ・アナリストはデータを使い、プロダクト単位でアルゴリズムやAPIを作成する。それらはデータを核とした活動の一要素である。一方、データ活用の中核は、データトランスフォーメーションユニットを設置し、IT部門の機能をその中に入れ、プロダクトとIT

* 1 <https://www.nordea.com/en/doc/nordea-transformation-2017-10-27.pptx>

の関与を実現することだ。

フロントエンドとミドルレイヤーで顧客とのやり取りを可能にするためには、アーキテクチャのアップデートやマイクロサービスアーキテクチャが必要であり、すべてのWebサービスのために新しいテクノロジーを導入した。他の銀行の例では、コアテクノロジーが新しいアーキテクチャのニーズを満たしていなかったため、新たなコアテクノロジーをゼロから構築し、それが軌道に乗ったら新しい仕組みに顧客を移行させるというやり方をしている。APIを使った小さなデジタルサービスを作り、フロントエンドのエクスペリエンス、そしていくつかのデータベースサービスを作る。これら三つがあれば、レガシーテクノロジーを使い続けることができるので、それでもよい。古いバックエンドシステムとの統合は今でも見られる。

4. データ利活用について

顧客とのデジタルによるやり取りや取引の集計データへのアクセスにより、顧客データから価値を引出し、学習する機能は、今やどのビジネスでも利用できるようになっており、これは大きなビジネスを生み出す機会である。現在では、銀行がデジタルで顧客と接するポイントは、毎月何億という単位で生じている。アドバイザーを通じてビジネスを展開する従来の方法に頼っていた頃は、それは数万人規模にとどまった。デジタルでのやり取りだからこそ、チャンスがある。そして、社内データをこれまでとは違う方法で使い、加工し、ターゲットを絞ったメッセージやキャンペーン、オファーの洞察を得ることが可能になる。

しかしデータ活用の観点で銀行の従業員の意識を変えるのは難しく、彼らはまだ「銀行は銀行」という感覚を持っている。私たちはDXの第1段階である、デジタルによるビジネスの効率化は完了したが、デジタルビジネスを行うことは第2段階となる。私たちはデータをビジネスオペレーションの中核に据える第2段階を始めている。大手の銀行はインターネットやモバイルアプリのセルフサービスの実装が終わっているため、皆、この新しい分野に目を向け始めている。より多くのデータが生成され、人工知能がそのデータを活用し、ソリューションが作られる。そうすることでビジネス全体が変わるとともに、オペレーションのプロセスも変わってくる。これがDXの第2段階である。

データをめぐる法的環境も大きく変化している。データ利用に関して顧客の同意を求める規制は、管理が非常に厳しくなっている。顧客は銀行を信頼し続けている。顧客にデータ利用の同意を求めると、ほとんどの場合、「イエス」との回答が得られる。顧客の行動や取引を基に、他のビジネスチャンスを見出すことができるため、私たちのデータにデータを追加し、充実させられる企業とパートナーシップを組んでいる。データを洞察に変換できれば、それが宝だと信じている。また、第三者企業がより良い商品を販売できるような洞察を提供することもチャンスになるかもしれない。このフェーズでは、データコンピテンシーへの投資が非常に重要である。

5. 第2段階に向けたスケジュール

ロードマップは設定できても、期限を固守することはできない。まず、何をするのか、次に何を行うか、3番目に何を行うかを決めている。最初のデリバリーイタレーションの計画は18カ月の予定であったが、すべてをデリバリーするには36カ月かかってしまった。次のイタレーションでは見積りがより正確になる。さまざまな取組のためのキャパシティは安定していても、予算は毎年交渉する。3年間のロードマップがあれば、80%は3年間で完了する。もちろん完了していないものもある。2年目に再度やり直す。3年以上のタイムラインを考えてもそれは時間とPowerPointの無駄である。

1. DX戦略とデジタル技術活用

新しいテクノロジーが市場に登場するたびに、多くの企業は新しいテクノロジーがもたらすトランスフォーメーションの能力を見るのではなく、そのテクノロジーを中心とした組織を作るという対応をしてしまう。DXを行う企業は、戦略立案を始める前に新しいテクノロジーで何ができるのか、ストラテジストとテクノロジストの間の緊密なコラボレーションが必要である。

デンマークでは、政府が1980年代後半にデジタル化に関する戦略を初めて策定し強力で推進したことで、あらゆる産業でDXが加速し、小さな商店でさえもデジタル決済を導入するなど、最近では、ほぼすべての分野・機能が完全にデジタル化されている。しかし、デジタルテクノロジーをかなり早くから導入したことで、それが今レガシーシステムになり、再びトランスフォーメーションや入替えの時期が来ている。DXは、継続的なプロセスであり完了することはない。

2. DXソリューションおよび開発手法や技術

デンマークでは、すべての業務でクラウド移行がみられる。とくに金融サービスにおいては、リッチインターフェースやAPIレイヤーがコンプライアンスや報告に役立つことが、クラウドベースのサービスの主要なドライバーになっている。コンプライアンスと規制要件は常に強化されているが、クラウド環境に移行することで、増加する規制と報告の負担を軽減することができる。従来のメインフレームでは、すべてがサイロ化され、実際に持っているデータの全体像を誰も把握することができなかった。しかし、古いテクノロジーを取り除くのは容易ではない。とくに金融サービス分野では、まだ大量のメインフレームが稼働している。最近では、新規事業開発や新サービスのクラウド化だけでなく、基幹システムのクラウド化も始まっている。

メインフレームからクラウドへと移行するには二つのアプローチがある。まったく新しい環境を並行して開発し、2、3年後に新しい環境が出来あがればすべての問題が解決される、というアプローチと、もう一つはもっと緩やかなアプローチもある。世の中は常に動いているため、トレンドは後者のアプローチに傾きつつある。

北欧の大手銀行の一つであるNordeaは、多数の銀行が合併したコングロマリットであり、それまでの個々の銀行システムをそのまま使い続けてきた。数年前にバンキングシステム全体を大規模システムに置換えるため、数十億デンマーククローネをかけて7年かけて実施されるプロジェクトの実施を決定した。しかし、その7年の間に世の中が動いてしまうことがすでに問題視されている。新システムを開発する間もコンプライアンスは遵守する必要があり、新システムに対する要件も常に変化するため、さらにコストがかかり、管理も難しくなってくる点が課題となっている。

そのため、今のトレンドは、新環境で稼働させやすいものを特定し、そこから始めて、それが終わったら次のものに移るといった段階的なアプローチである。

また、ソリューション開発手法としてはアジャイルが最も大きなトレンドになっている。現在、大手銀行で行われている多くのトランスフォーメーションについて、「アジャイル」あるいは「トライブ (tribes)」と称する部門を設定しているが、それだけで、銀行員のマインドセットが変わるわけではない。レガシーはテクノロジーの問題だけでなく、マインドセットの問題でもある。大手金融機関の多くの役職に、レガシーな考え方をする人たちが就いている。彼らはアジャイルを受け入れているが、必ずしも正しい方法で受け入れているとは限らない。完全に受け入れるには、一世代かかるかもしれない。しかし、中途半端なアジャイルの導入であっても、多くの社員にとっては改善と言えるだろう。

アジャイルを導入する場合、通常、テクノロジーサイドから始まり、徐々にビジネスサイドを巻き込んでいく。テクノロジー部門がアジャイルで仕事をするためには、ビジネスサイドからの継続的なフィードバックが必要である。いったんビジネスサイドがフィードバックに関与し始めると、それを好むようになる。ビジネスサイドは、より深く関与し、実践していると感じ、アジャイルのやり方が広がっていく。さらに、銀行のビジネスサイドの担当者とテクノロジーサイドの担当者の境界があいまいになるケースも少なくない。

そして、金融サービスではオーケストレーションが大きな意味を持つ。いくつかの異なる機能のコンパートメントに関してオーケストレーションを行う。古いメインフレーム上にある特殊サービスもあれば、最新のクラウド環境にあるサービスもある。たとえば、銀行や法人顧客にとって、以前は決済の方法は数が少なかったが、今では多くの選択肢がある。インテリジェントなオーケストレーションは、さまざまな選択肢を可能にするだけでなく、それを改善し、効率を向上させることができるため優先度が高い。そして、その次が、マイクロサービスである。小規模なFinTechの中には、狭い範囲のサービスに特化している企業がある。たとえば、最近EU指令で、顧客が海外でVISAやMasterCardを使うたびに、銀行は顧客に為替レートと銀行が追加する手数料を通知する必要があることが規定された。そのような情報サービスに特化した企業がいくつか出てきている。

3. デジタルテクノロジー実装までの意思決定

たとえば、ブロックチェーンは、大手銀行のイノベーション部門や戦略部門から始まることが多い。ほとんどの銀行や企業には、動きの速いアジャイル部門がテクノロジーをテストすることが許されているため、通常、意思決定ゲートはあまり設定されていない。

FinTechやスタートアップの課題は、初期のトライアルやPoCから、実際に統合へと進む段階にある。新たなテクノロジーを取り入れ、それがイノベーションチームから、オペレーション、コンプライアンス、そして調達チームへと進む過程は、スタートアップにとっても銀行にとっても労力を要する。あるイギリスのスタートアップは、大手銀行のDXプロジェクトの新テクノロジー導入で合意していたが、銀行から数か月間何の連絡もなかったため、銀行は諦めたと判断して別のプロジェクトに取組み始めた。ところが、6か月後に銀行から、システム統合の準備ができたと連絡を受けた。その時点でスタートアップはすでに別のプロジェクトに取組んでいた。6か月は銀行にとって短い時間だが、スタートアップにとってプロジェクトは、週単位で進む。このように、テクノロジーの統合と導入のプロセスの面で、まだ大手銀行とスタートアップの間には断絶がある。

4. 大手銀行でのイノベーション実践

私がみた中で銀行がイノベーションを成功させた最もよい例は、オーストリアのエルステ銀行 (Erste Bank) である。当時、他の多くの銀行と同様に、エルステ銀行もイノベーション部門を設立し、新しい取組のために優秀な人材を何人か採用し配置した。しかし、そのイノベーション部門は銀行内の他の部門とは完全に切り離されていた。そこで、エルステ銀行では、各ビジネス部門の中にユニットを設定した。このユニットの責任は、あくまでもテクノロジーの統合と接続であった。つまり、イノベーション部門のアイデアをビジネス部門に送り込み、またその逆も行っていた。動きの速いイノベーション部門とそうでない調達部門では、互いのやり方を採用することに否定的である。そのため、既存の体制と速いスピードで動く組織間の橋渡しができる適切な媒体を置くことが重要になる。

5. 銀行による業界共通のテクノロジープラットフォーム

銀行がコンソーシアムを組むのは、デンマークの銀行の歴史の一部である。狭い国土の割に、非常に多数の銀行が存在するのは、そのためである。デンマークの人口は560万人だが、100近い銀行がデンマークでビジネスを行っている。そして、それらの銀行はすべて、五つのデータセンターのいずれかで、ビジネスを行っている。2大銀行がそれぞれ独自のデータセンターを持ち、その他の銀行は他の三つのデータセンターを共有することでインフラとコストをシェアしている。

コンソーシアム方式は、1960年代に銀行がデジタル化されて以来、デンマークの銀行業務の一部となっており、その方式は今も国境を越えて使用・適用されている。たとえば、現在、北欧全体でP27 Nordic Payments Platformというコンソーシアムがあり、北欧圏、汎北欧(pan-Nordic)、クロスボーダー、クロス通貨、リアルタイムの決済インフラを構築している。