

strategy&

Part of the PwC network

MACHINE LEARNING SIMULATIONS
/ Wind Tunnel Test /

大変革時代の 自動車開発 における DXの進め方



著者紹介

Dr. Christian Foltz

PwC Strategy&のパートナーで、デュッセルドルフを拠点とする。オペレーション部門をリードし、主に自動車業界向けにイノベーションと開発を支援し、コンサルティング経験は23年に及ぶ。

Dr. Alexander Timmer

PwC Strategy&のディレクターで、デュッセルドルフを拠点とする。主に自動車業界のグローバルOEMやサプライヤーに対して技術戦略を支援。特に、成長戦略とGo-To-Market戦略、エンジニアリング効率プログラム、そして組織変革戦略などに携わる。

Andreas Wild

PwC Strategy&のシニアアソシエイトで、ミュンヘンを拠点とする。主に自動車業界のグローバルOEM企業やそのサプライヤー向けの成長戦略やターンアラウンド経営などに携わる。

Manuel Hohmann

PwC Strategy&のシニアアソシエイトで、フランクフルトを拠点とする。主に自動車業界のグローバルOEMとサプライヤーを支援し、特に生産と研究開発におけるビジネスプロセスの最適化に携わる。

Martin Gerhardus

PwC Strategy&のシニアアソシエイトで、デュッセルドルフを拠点とする。主に自動車およびテクノロジー業界のグローバルOEMやサプライヤー向けに、技術戦略やR&Dトランスフォーメーションなどの支援を行う。

問い合わせ先

PwCコンサルティング合同会社 ストラテジーコンサルティング(Strategy&)

〒100-0004

東京都千代田区大手町1丁目2-1 Otemachi Oneタワー

代表Tel:03-6257-0700 Fax:03-6257-0701

jp_cons_strategy-info-mbx@pwc.com

<http://www.strategyand.pwc.com/jp>

監訳者紹介

北川 友彦(きたがわ・ともひこ) tomohiko.t.kitagawa@pwc.com

PwCコンサルティング、Strategy&のパートナー。自動車、機械製造業や部品・素材などの産業財分野を中心に、事業戦略、営業・マーケティング戦略、組織・オペレーション改革などのテーマについて、多様なコンサルティング経験を有する。

阿部 健太郎(あべ・けんたろう) kentaro.abe@pwc.com

PwCコンサルティング、Strategy&のディレクター。自動車・自動車部品、総合電機、保険、総合商社等の産業を中心に、主に次世代モビリティに関する事業企画・実行支援、海外進出支援などのテーマについて、多様なコンサルティング経験を有する。

寺島 克也(てらしま・かつや) katsuya.terashima@pwc.com

PwCコンサルティングのディレクター。製造業のR&D領域を中心としたコンサルティング業務に20年以上従事。業務・組織改革、各種ベンチマーク、技術戦略立案、MBD / MBSEプロセス構築、PLMを含む基幹システムの導入など、数多くの支援を実施し、自動車業界をはじめ主要な日本企業における多様な経験を有する。

渡辺 智宏(わたなべ・ともひろ) tomohiro.w.watanabe@pwc.com

PwCコンサルティングのディレクター。製造業のR&D領域における業務・組織改革、事業・技術戦略立案、新規事業開発、PLMシステム導入などのコンサルティングに数多く携わる。特に組立系製造業全般に強みを持つ。

エグゼクティブサマリー

電動化、コネクテッド化、自動運転化への対応に伴い、自動車メーカーの研究開発(R&D)費用は大幅に増加している。2011年以降、自動車メーカーの生産台数や売上高は増加し続けてきたが、欧米では売上を凌ぐ勢いで研究開発の支出が増加している^{*1}。2019年頃から始まった景気後退が、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響で加速しており、2020年の世界の大手自動車メーカー(OEM)15社の自動車販売台数は8年ぶりに縮小した。Strategy&は、2023年までは販売台数、利益ともに2019年水準を下回ると予測している。

厳しい市場環境のもとでは、研究開発の効率化が強く求められる。しかし、自動車メーカーにとって、永久に競合他社に遅れを取るリスクがあるCASE(コネクテッド<Connected>)、自動運転<Autonomous>)、シェアリング<Shared>)、電動化<Electric>)への投資を削減することは難しいと言える。そのような中での朗報は、支出を調整し、製品開発プロセスの主要フェーズをより迅速化し、費用対効果を高めることができるデジタルツールが存在することである。

急速に変化する業界で優位に立つために、欧州の自動車メーカーは過去10年間で米国やアジアの競合よりもはるかに多くの額を研究開発に費やしてきた。欧州での研究開発費は2011年から2019年で75%増加し、420億ユーロに達した。同期間の米国OEMの支出は30%増の130億ユーロ、アジアは33%増の280億ユーロだった。3地域の上位15社の売上高は、2011年から2019年の間にそれぞれ55%、18%、40%増加した。

このような時代にOEMが研究開発業務をより費用対効果の高いものにするにはどうすればよいか。これを示すために私たちは、効率性の向上に最も影響を与える5つの最先端デジタル技術を特定した。「人工知能(AI)」、「仮想 / 拡張 / 混合現実(VR / AR / MR)」、「ブロックチェーン(BC)」、「製品ライフサイクルマネジメント(PLM)」、「アディティブ マニュファクチャリング(AM、3D造形)」の5つである(次ページの図表1参照)。

規模、戦略、リスク許容度に応じて、OEMを3つの異なるタイプに分類することができ、研究開発のプロセスをデジタル化することで見込まれる改善効果は、それぞれ以下の通りである。

- 「デジタルディスラプター」は、5つの最先端技術すべてのユースケースを使用することで2025年までに23% (コスト12%、時間11%) の効率改善が可能。
- 「ファストフォロワー」は、最も成熟したユースケースを用いて12% (コスト7%、時間で5%) の効率改善が可能。「ファストフォロワー」には2025年までにまずAI、VR、AMの技術を成熟レベルにすることが求められる。BCとPLMはその後になる見込み。
- 「セーフドライバー」は、効率化するために最も成熟かつ成功の見込みのあるユースケースに注力することになる。研究開発の中で最もコストのかかるフェーズに適用され、9% (コスト5%、時間4%) が効率改善される見込み。

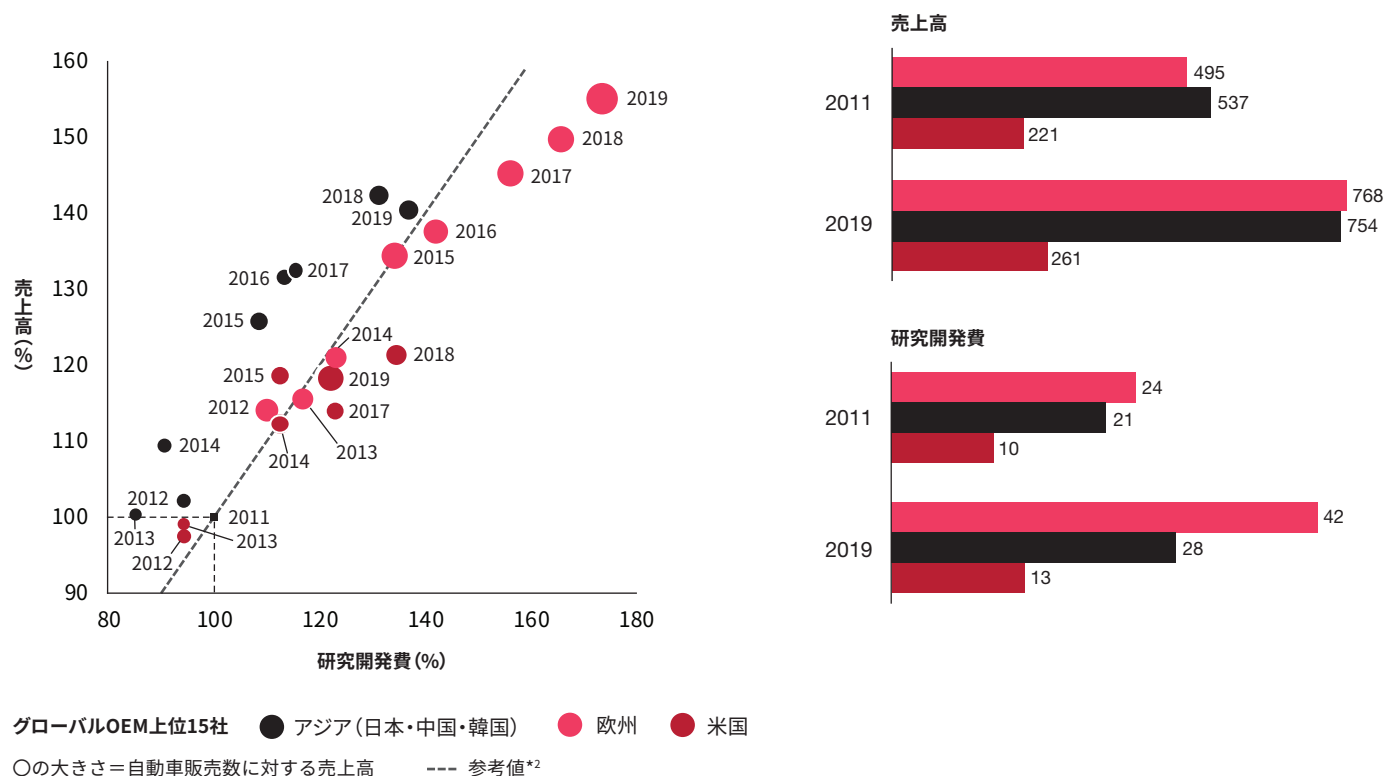
^{*1} : 2011年以降アジア全体では研究開発の支出を上回る売上高となっていたが、世界の大手自動車メーカー(OEM)15社に含まれる日系自動車メーカーも同様の傾向にある

図表1

グローバルOEM上位15社*1の研究開発投資の実施状況(単位:10億ユーロ)

参考値*2(%)に対する売上高と研究開発費の増減

多くの地域で研究開発費が売上高を上回るペースで増加、利益率を圧迫



*1: 2017年自動車生産台数ベースのグローバルOEM上位15社

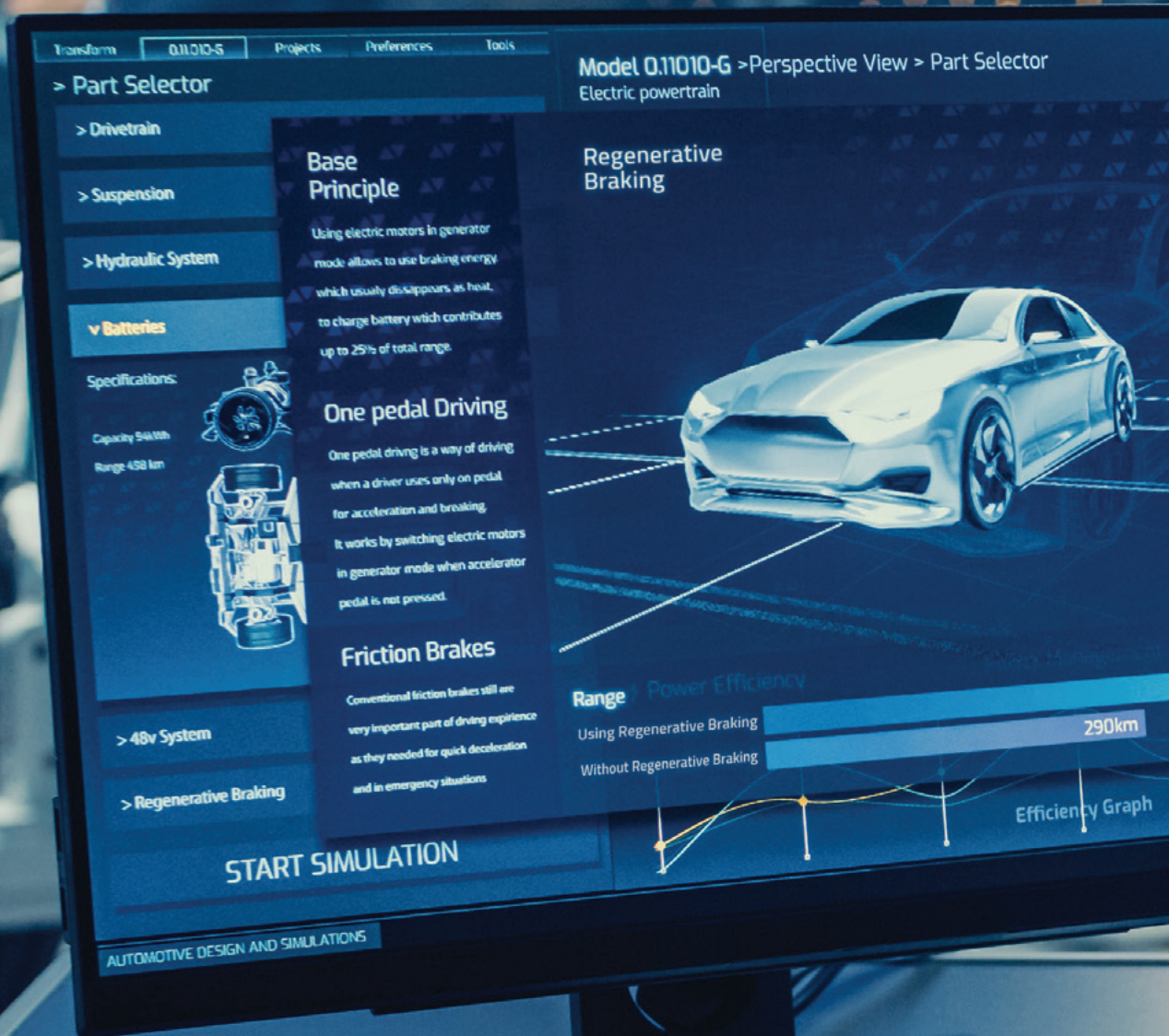
アジア: ホンダ、現代・起亜自動車、マツダ、日産、トヨタ、吉利、上海汽車 欧州: FCA、Renault、PSA、BMW、ダイムラー、フォルクスワーゲン 米国: Ford、GM

*2: 2011年の売上高、研究開発費、車両1台当たりの収益を各地域のベースライン(100%)とし、それ以降は2011年との比率で示す。

出所: Bloomberg、IHS Markit分析、Strategy&分析

OEMは、デジタル化されたプロセスへの信頼が高まるにつれ、3つのタイプの間の行き来が容易になる。本レポートでは、効率を最大化するために、製品開発プロセスの各フェーズでどのユースケースを活用することができるかを詳しく見ていく。また、この

後紹介していくユースケースの一部は、いくつかのOEMにすでに採用されているが、製品開発プロセスに沿って下流から上流まで一貫性をもって展開することで、さらなる効率化の可能性を秘めている。



第1章

研究開発のための最先端デジタル技術 — 正しい選択をする

顧客ニーズの変化、環境規制、破壊的な技術革新に対応するため、自動車の製造コストはますます上がっていく。Strategy&の「デジタル自動車レポート2020^{*1}」によると、電動パワートレインと自動運転関連は、2030年までに材料費が20～40%増加すると予測されている。ソフトウェアの割合が拡大していくことを考慮すると、特にテストと検証フェーズの開発はより複雑になるだろう。

図表2が示すように、製品開発プロセス（PCP）の中で最もコストのかかるフェーズは、概念設計と量産準備（新車のコンセプトが承認されてから生産が

開始されるまでの間）である。これらを合わせると、コストは全体の77%、時間は全体の65%を占めることとなる。なお、これら数値は米国、欧州、アジアの大手自動車メーカー20社の開発プロセスを基に算出されている（次ページ図表2参照）。

業界の専門家にインタビューを実施したところ、PCP全体の効率を向上させる可能性が高い5つの最先端デジタル技術が明らかとなった。次に、それぞれについて3つの潜在的なユースケースを抽出し、10の製品開発マイルストーンのどこで有効かをマッピングした。そして最後に、各技術の成熟度と、時間とコストの削減の余地について分析を行った。



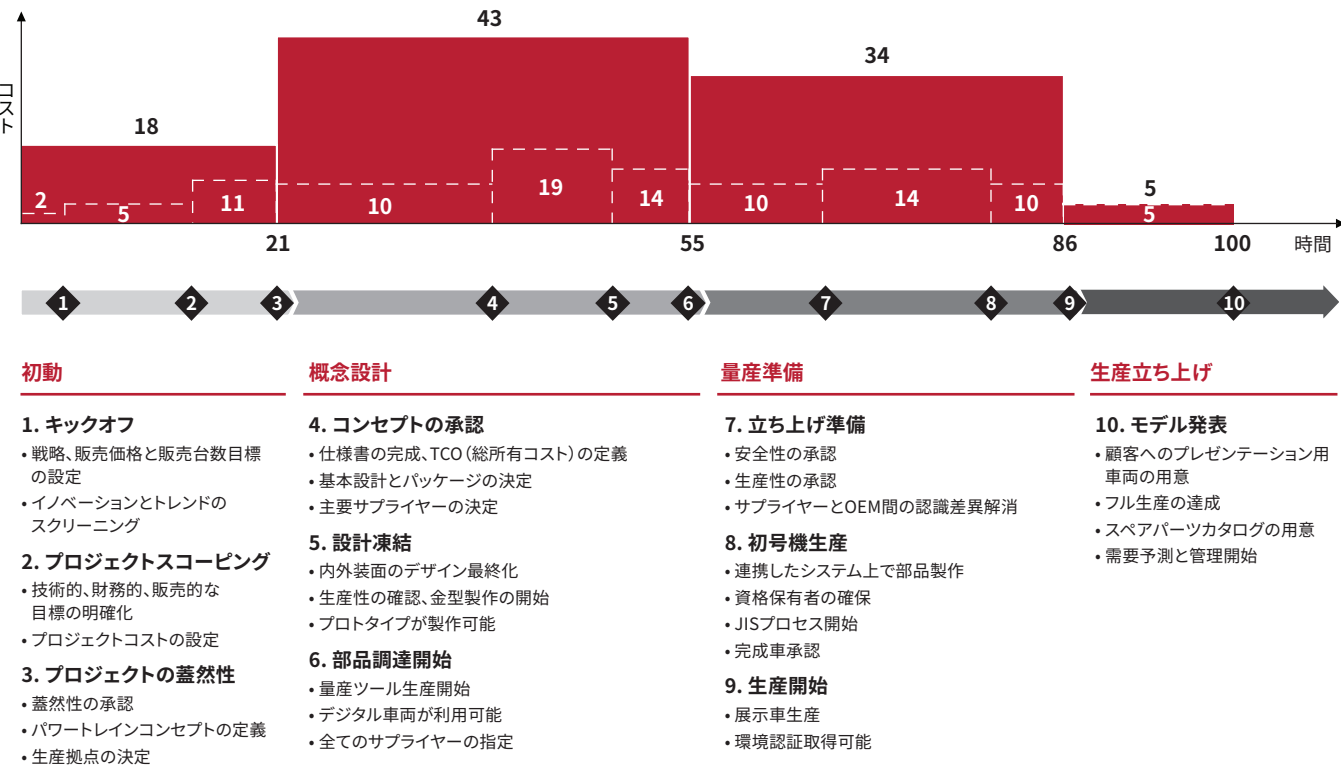
COVID-19を経験したことで、デジタルツールの活用についてより一層深く考えるようになった。私たちのビジョンは、仮想空間を中心とした車両の開発とテスト、そして生産のシミュレーションだ。

独系OEM、研究開発担当役員

^{*1}：Strategy&, 2021. 「デジタル自動車レポート2020 ポストパンデミックの世界の針路」

図表2
製品開発プロセス (PCP) での総コストと時間の分配

PCPで最も高いコストは、概念設計と量産準備フェーズ



出所：グローバル大手OEM20社のPCP分析による基礎コストを基に、Strategy&が専門家調査を実施して検証

5つの最先端デジタル技術と代表的なユースケース

人工知能 (AI)



- 販売予測分析：過去のトレンドを踏まえて、販売台数や特別仕様車（パノラマサンルーフなど）の割合を正確に予測
- 衝突テストシミュレーション：最適なコンポーネント設計とパッケージングを計算
- 電子制御ユニット (ECU) のパラメータ設定：ECUに自動化パラメータを設定することで、物理的なテストの回数を削減

仮想 / 拡張 / 混合現実 (VR / AR / MR、 以下VRと略記)



- CAVE^{*1}上での概念設計：開発の初期フェーズでは、図面やクレイモデルではなく、没入型VRを使用して仮想的な空間で設計
- バイタル車両テスト：ホロデッキ（設計者やエンジニアが新車のバイタルモデルの周りを歩き回って評価する空間）上でコンポーネントテストや検証を実施
- 部品デザイン評価：部品を製造する前に、MRを用いて内装やツールを光学的に評価

ブロックチェーン (BC)



- コンプライアンスのためのソフトウェア資格：先進運転支援システム (ADAS) およびソフトウェア検証に使用されるデータが正しいことを保証
- スペア部品の追跡：スペア部品の出所を保障
- リコール追跡（トレーサビリティ）：不良部品または欠陥のあるソフトウェアを搭載している車両を識別

製品ライフサイクルマネジメント (PLM)



- デジタルツイン：製品開発中に、世界中のチームメンバーがリアルタイムでアクセスできるような車両のデジタルレプリカを作成
- 高度なフィードバックの実装：既存と新規のテストおよびフィールドデータを一貫して使用
- クラウドPLM：効率的なコラボレーションとタスクの自動化を実現するクラウドベースの統合開発プラットフォームを構築

アディティブ マニファクチャリング (AM、3D造形)



- 生産工具の製造：3Dプリンティングにより（プレ）量産用の工具・治具を造形
- ラピッドプロトタイピング：コンポーネントの物理的なプロトタイプを迅速に生成
- 機能的な統合：複数の機能を持つ個々のコンポーネント開発を実現

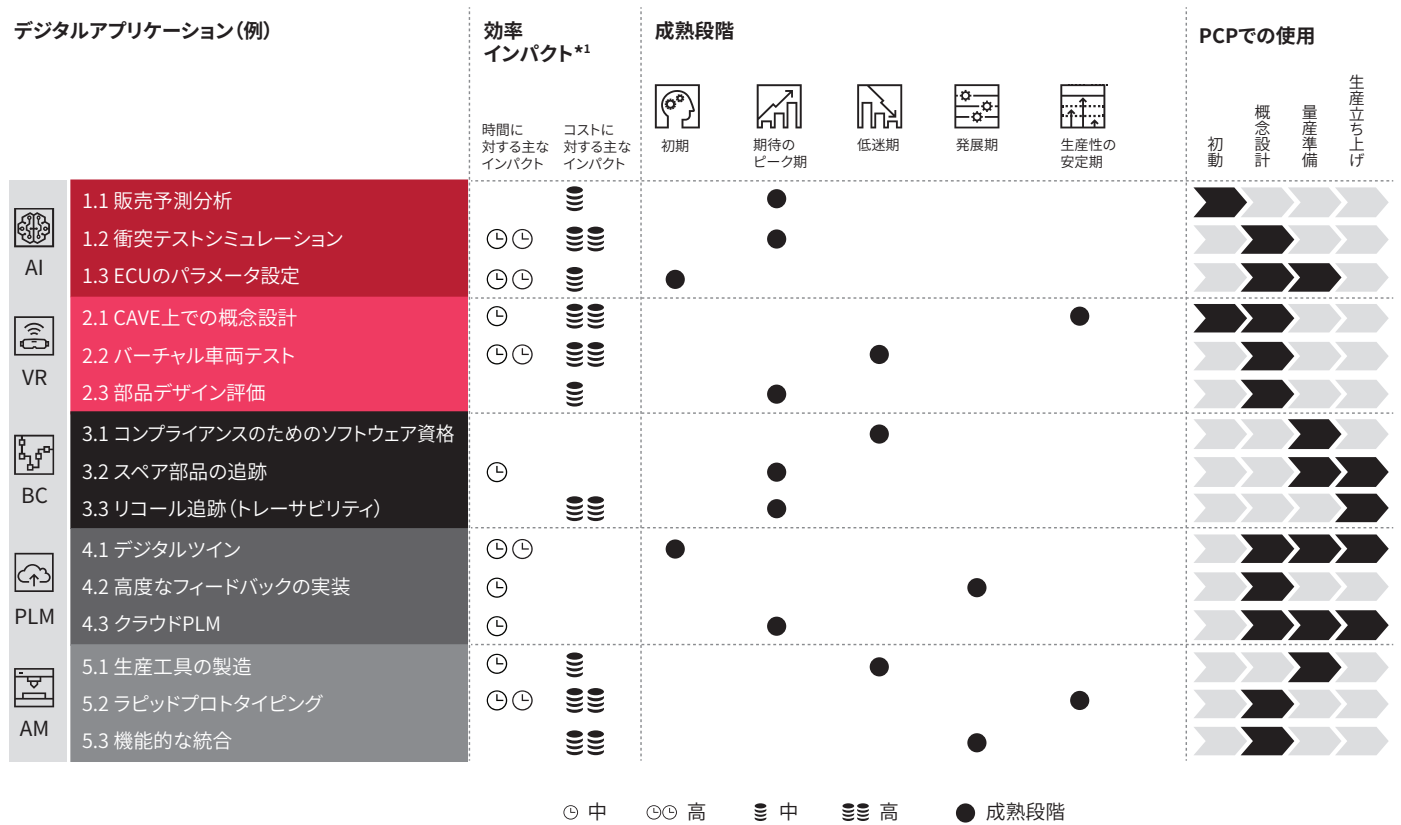
^{*1}：CAVE (A Cave Automatic Virtual Environment) は室内の3～6面に画像や映像を投影する没入型VR環境である。Cruz-Neira et al., 1992. The CAVE audio visual experience automatic virtual environment. Communications of the ACM, 64-74参照

すべての技術は、成熟するに伴いリスクとリターンのトレードオフがある。つまり、アプリケーションが成熟すればするほど、実装するためのリスク、コスト、時間は少なくなっていく、多くのユーザーに利用されることでアプリケーションは改善されていく。

しかし、すでに成熟した技術を採用するということは、先行する競合の後を追うことになってしまうのであり、アプリケーションを使用する最初の会社にならない限り、競合他社に対して優位性を得ることが難しくなる(図表3参照)。

図表3
デジタル技術・アプリケーションごとの時間・コスト効率インパクトと成熟度

AI、VR、AMは高い効率化が見込める / AMは技術成熟度が高い



*1：Strategy&と業界有識者の評価に基づく
出所：Strategy&分析

ケーススタディ

エンドツーエンドの開発プラットフォーム

クラウドベースの開発プラットフォームを利用して
自動運転機能の開発時間を短縮

最近の調査によると、主要OEMは、製品ライフサイクルマネジメント (PLM) システムなどをクラウドベースの開発プラットフォームに移行した場合、先進運転支援システム (ADAS) の開発効率にどれほどの影響を与えるかに関心を持っていることが明らかとなっている。このようなデジタル開発プラットフォームは、エンドツーエンドのワークフローを可視化し、同時作業、リアルタイムフィードバック、継続的な統合とテストを可能にする。また、「テストと検証」「ソフトウェア開発」「コンプライアンス管理」の3領域において、開発コストと時間を削減する十分な余地があり、中でも「テストと検証」に最も削減の可能性が高いことが明らかとなっている。クラウドベースのPLMを含む開発プラットフォームは、以下の目的で使用される。

- テストデータとトレーニングデータの収集とシナリオ生成の最適化
- データ管理の効率化
- 各種シミュレーションの自動化と実行
- テストからのリアルタイムフィードバックの活用

これにより、システム要件 (What) と実装およびテストケース (How) を直接紐づけ、エンドツーエンドのトレーサビリティを可能にする。OEMは、要件が実装されているかどうかを自動的にチェックするこ

とができ、バグ修正のリードタイムが大幅に短縮される。

また、「ソフトウェア開発」においても開発コストと時間を大幅に削減できる余地がある。開発プラットフォームは、開発プロセス全体で「DevOps (Development and Operations : ソフトウェアの開発部門と運用部門が連携する手法)」のような現代的なアジャイル手法の使用を可能にし、作業の重複や矛盾を減らし、手動プロセスの自動化を可能にする。DevOpsの目的は、車両のソフトウェアを継続的に統合・展開することで開発のスピードを上げ、ミスを減らし、バグ修正にかかる時間を短縮することである。

そして、「コンプライアンス管理」についても、クラウドベースの開発プラットフォームによって、機能安全を説明するためのコンプライアンス報告書作成といった複雑なマニュアル作業を自動化できるため、コストの大幅な削減が見込まれる。また、AIにテストデータやトレーニングデータを読み込ませることで、データ収集時の品質チェックを自動化できる。なお、AIによるチェックは今後の規制で必須になることが予想されている。

以上をまとめると、OEMは、クラウドベースの開発プラットフォームを使用することで、直近の画像ベースのADASプロジェクト開発コストが大幅に削減できたと推測される。

第2章

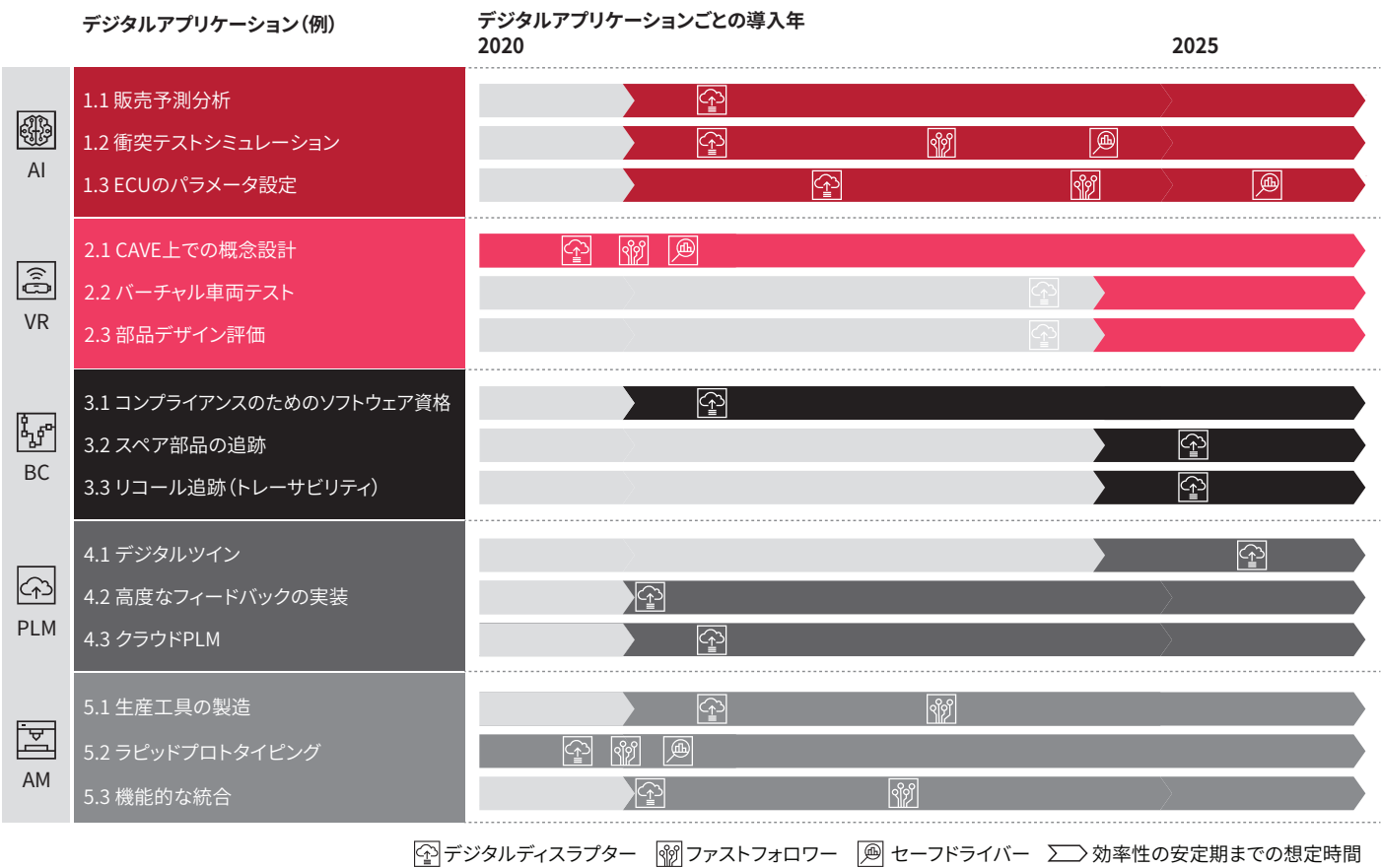
デジタル化までの道のりー各組織にとってどの道が最適なのか？

研究開発のデジタル化の「適切な」レベルは、各OEMのコストおよび時間の削減目標だけでなく、技術リスク許容度や組織トップの関与度合いによって

決まる。従って、OEMが上述のユースケースを以下の時間軸で導入することを推奨する(図表4参照)。
OEMは、技術成熟度(図表3参照)や製品開発プロセス(PCP)で期待する効果に基づいて、採用するデジタル技術とユースケースを選択しなければならない。

図表4
デジタル技術・アプリケーションごとの推奨導入時期

自動車OEMはデジタルアプリケーションを順次実装



注：「デジタルディスラプター」、「ファストフォロワー」、「セーフドライバー」は、デジタルアプリケーションの導入に対する積極性に基づくOEMの分類。詳細は次ページ参照
出所：Strategy&分析

これらの基準に基づき、Strategy&は研究開発のデジタル化に向けてOEMを以下3つのタイプに設定した。OEMは、タイプを選択した後、全体的なイノベーション戦略やテクノロジーサプライヤーとの

協業状況を常にレビューし、各要素がうまく連携していることを確認しなければならない。なお、デジタルプロセスに慣れてくると、タイプを変更することも可能である。

デジタルディスラプター



自社の研究の一環として、技術成熟度が未熟な段階から最先端技術を採用・開拓し、5つの技術のさまざまなユースケースを活用するOEM

ファストフォロワー



製品開発プロセスに沿って5つの技術すべてのユースケースを採用し、デジタルディスラプターよりも小さな効率向上を享受するOEM

セーフドライバー

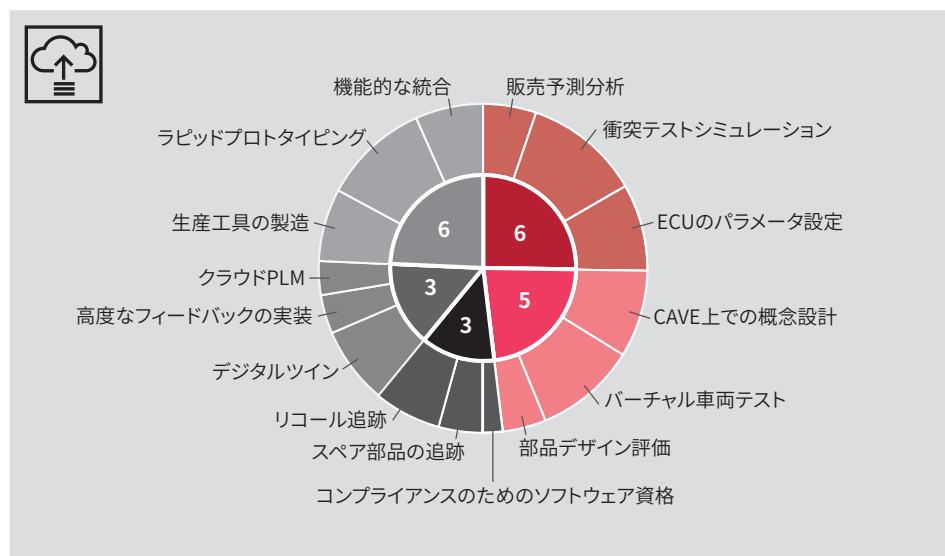


すでに成熟しており、高効率化が実証されているAI、VR、AM技術のみを採用するOEM

図表5

デジタルディスラプターは、5つのデジタル技術をすべて活用して、23%の効率改善を実現

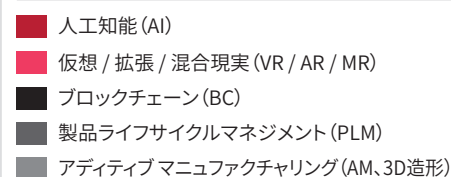
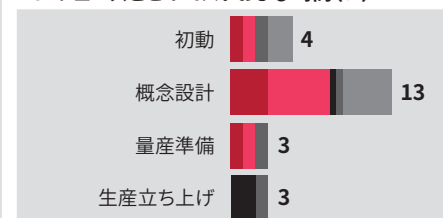
2025年での技術・デジタルアプリケーション別のコストおよび時間削減(%)



効率性タイプ別削減(%)



PCPフェーズごとのコストおよび時間削減(%)



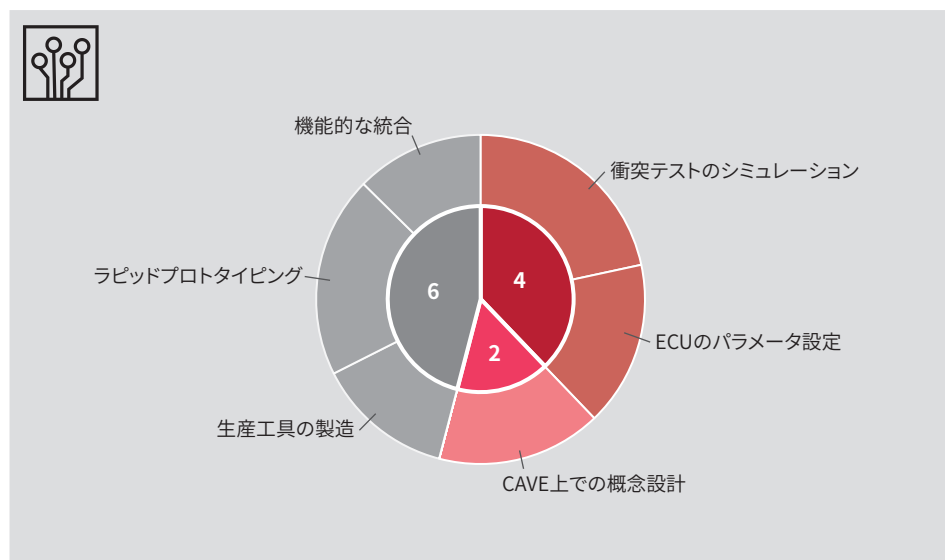
注：最初のアプリケーションは2021年に実施されるため、2020年時点では効率化されていない

出所：Strategy&分析

図表6

ファストフォロワーは、5つのデジタル技術の中で最も成熟したユースケースに焦点を当て、12%の効率改善を実現

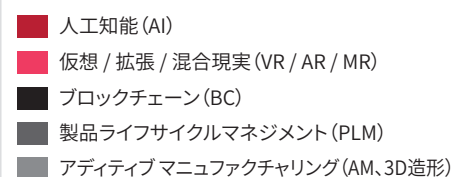
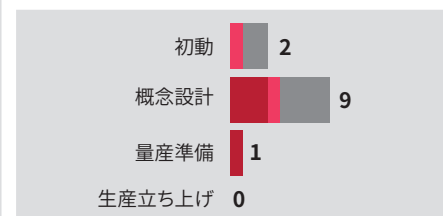
2025年での技術・デジタルアプリケーション別のコストおよび時間削減(%)



効率性タイプ別削減(%)



PCPフェーズごとのコストおよび時間削減(%)



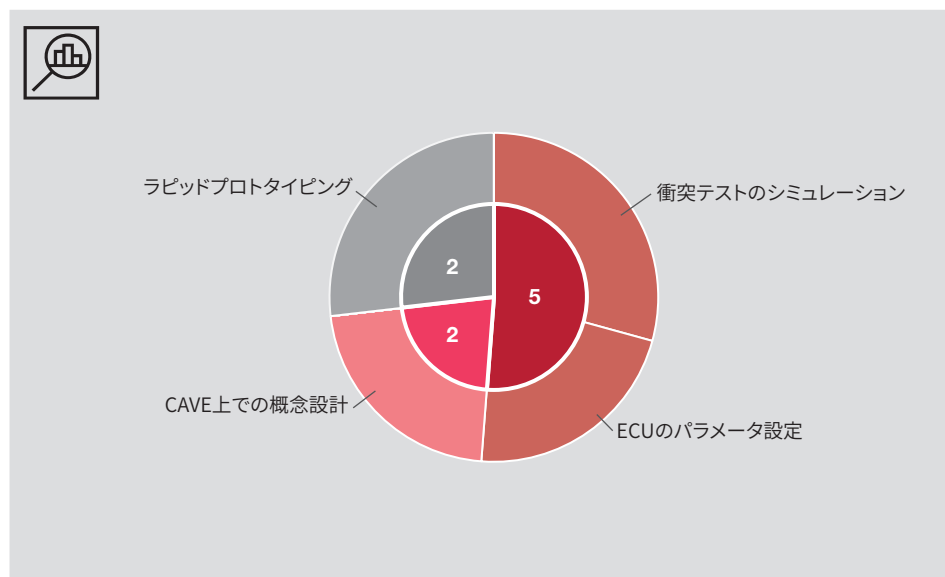
注：最初のアプリケーションは2021年に実施されるため、2020年時点では効率化されていない

出所：Strategy&分析

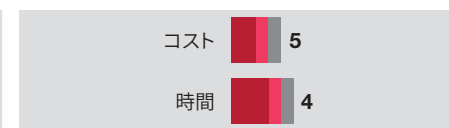
図表7

セーフドライバーは、成熟したAI、VR、AMのユースケースのみを活用して、2025年までに効率を9%向上

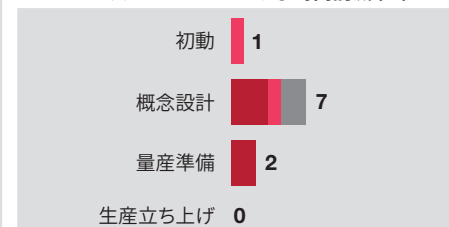
2025年での技術・デジタルアプリケーション別のコストおよび時間削減 (%)



効率性タイプ別削減 (%)



PCPフェーズごとのコストおよび時間削減 (%)



- 人工知能 (AI)
- 仮想 / 拡張 / 混合現実 (VR / AR / MR)
- ブロックチェーン (BC)
- 製品ライフサイクルマネジメント (PLM)
- アディティブ マニュファクチャリング (AM、3D造形)

注：最初のアプリケーションは2021年に実施されるため、2020年時点では効率化されていない

出所：Strategy&分析



第3章

研究開発のデジタル化を現実のものにする

自動車メーカーは、3タイプ（デジタルディスラプター、ファストフォロワー、セーフドライバー）のいずれになるかを決めた後、人材、組織、プロセス、ITの4つの重点分野に取り組まなければならない。

人材

研究開発をデジタル化することで、多様なバックグラウンドを持つ部門横断的なチームが取り組む、テクノロジードリブンのプロジェクトが増加する。そのため、OEMは既存従業員のアップスキリングに加えて、デジタル人材の獲得に取り組む必要がある。革新的なキャリアモデルとインセンティブの提供により、ソフトウェア企業との人材獲得競争の優位に立つことができる。

組織

新たにデジタル化された研究開発ツールを最大限に活用するには、OEMはソフトウェア企業で取り入れられているようなアジャイルな働き方を採用する必要がある。そうすることで、従業員が挑戦や失敗を恐れない企業文化が醸成され、失敗から学ぶ習慣が定着する。

プロセス

OEMは、デジタルトラストを推進するために、データセキュリティのリーダーとなることを目指すべきである。さらに、上述した研究開発の効率化の効果を十分に享受するためには、サプライヤーとITシステムをより強く連携させる必要がある。

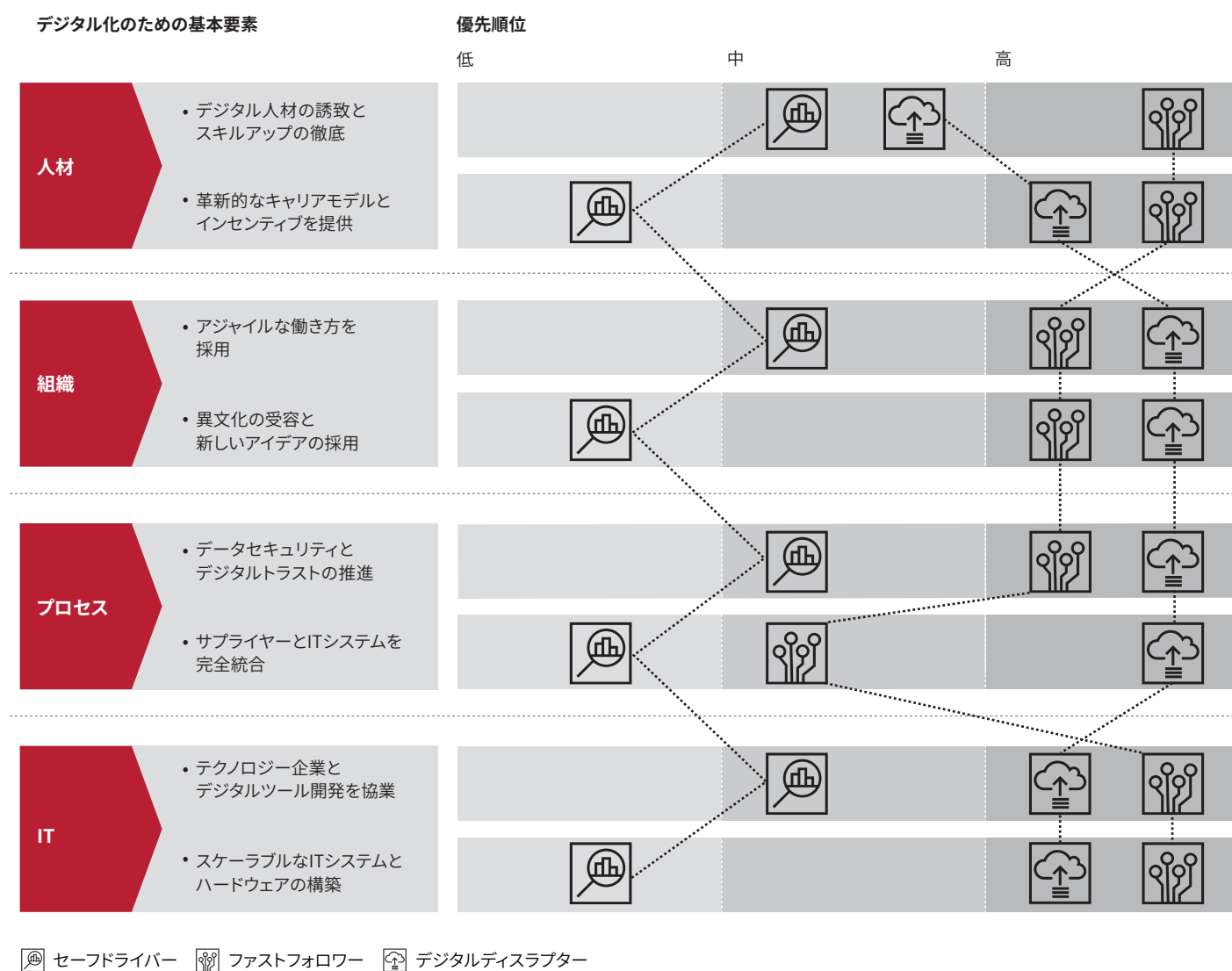
IT

OEMは、デジタルツールを開発するために、テクノロジー企業との協業を検討すべきである。成熟したユースケースの実装に集中する企業は、外部パートナーとの戦略的な協力関係を検討すべきである。一方、すべてのユースケースの実装を計画している企業は、社内でのデジタルツール開発能力を構築すべきである。また、いずれの場合でも、スケーラブルなITシステムおよびハードウェアサポートの構築に努めるべきである。

IT企業に関しては、すでに協業の事例は多い。例えば、自動車クラウド（フォルクスワーゲンとマイクロソフト）、生産クラウド（フォルクスワーゲンとアマゾンウェブサービス）、データドリブンマーケティング（ダイムラーとセールスフォース）、自動運転のための仮想コンピューティングアーキテクチャ（メルセデスとエヌビディア）、デジタルトランスフォーメーション（BMWとアリババ）である。もちろん、これら

の協業には、適切な体制と新規または変更されたプロセスが必要である。さらに、従業員は、クラウドベースのコラボレーションツールや、マニュアル作業を迅速化するためのロボット・プロセス・オートメーション（RPA）のような支援ツールを使用するなど、自らの働き方を適応させながら、トランスフォーメーションを推進しなければならない。

図表8
研究開発のデジタル化を成功させるためのアクション



出所：Strategy&分析

OEMタイプ別の優先すべき取り組み

デジタルディスラプター



- 自社の研究の一環として、すべてのPCPでデジタルイネーブラーの開拓を推進し、デジタルトラストをリードする
- サプライヤーとITシステムを統合し、デジタル技術の可能性を最大限に活用する
- 常にコストに注視し、費用を回収できる見込みがないアイデアは採用しない

ファストフォロワー



- テクノロジー企業と提携し、すべてのPCPでデジタルアプリケーションを実装する
- デジタルイネーブラーの可能性を最大化させるために組織と能力を見直す
- デジタル分野に傑出した人材にとって「居場所」となるべく、従業員のアップスキリングを徹底的に推進する

セーフドライバー



- 熟練者との知識ギャップを埋めるために、成熟したデジタル技術を概念設計と量産準備フェーズで取り入れるところから始める
- 適した人材を採用し、既存従業員のアップスキリングを強化する
- スケーラブルなITシステムを構築する

Strategy&

Strategy&は、他にはないポジションから、クライアントにとって最適な将来を実現するための支援を行う、グローバルな戦略コンサルティングチームです。そのポジションは他社にはない差別化の上に成り立っており、支援内容はクライアントのニーズに応じたテイラーメイドなものです。PwCの一員として、私たちは日々、成長の中核である、勝つための仕組みを提供しています。圧倒的な先見力と、具体性の高いノウハウ、テクノロジー、そしてグローバルな規模を融合させ、クライアントが、これまで以上に変革力に富み、即座に実行に移せる戦略を策定できるよう支援しています。

グローバルなプロフェッショナル・サービスにおいて唯一の大規模な戦略コンサルティング部門である Strategy&は、クライアントが目指すべき方向を示し、最適な方法を選択し、実現させる方法を提示すべく、戦略策定のケイパビリティをPwCの最前線のチームに提供しています。

その結果は、可能性を最大化するために強力だけでなく、効果的に実現できるような実践的アプローチであり、信頼性の高い戦略プロセスです。今日の変革が明日の成果を再定義するような戦略です。ビジョンを現実のものへと作り上げる戦略です。“It’s strategy, made real.”戦略が現実のものになるのです。

www.strategyand.pwc.com/jp