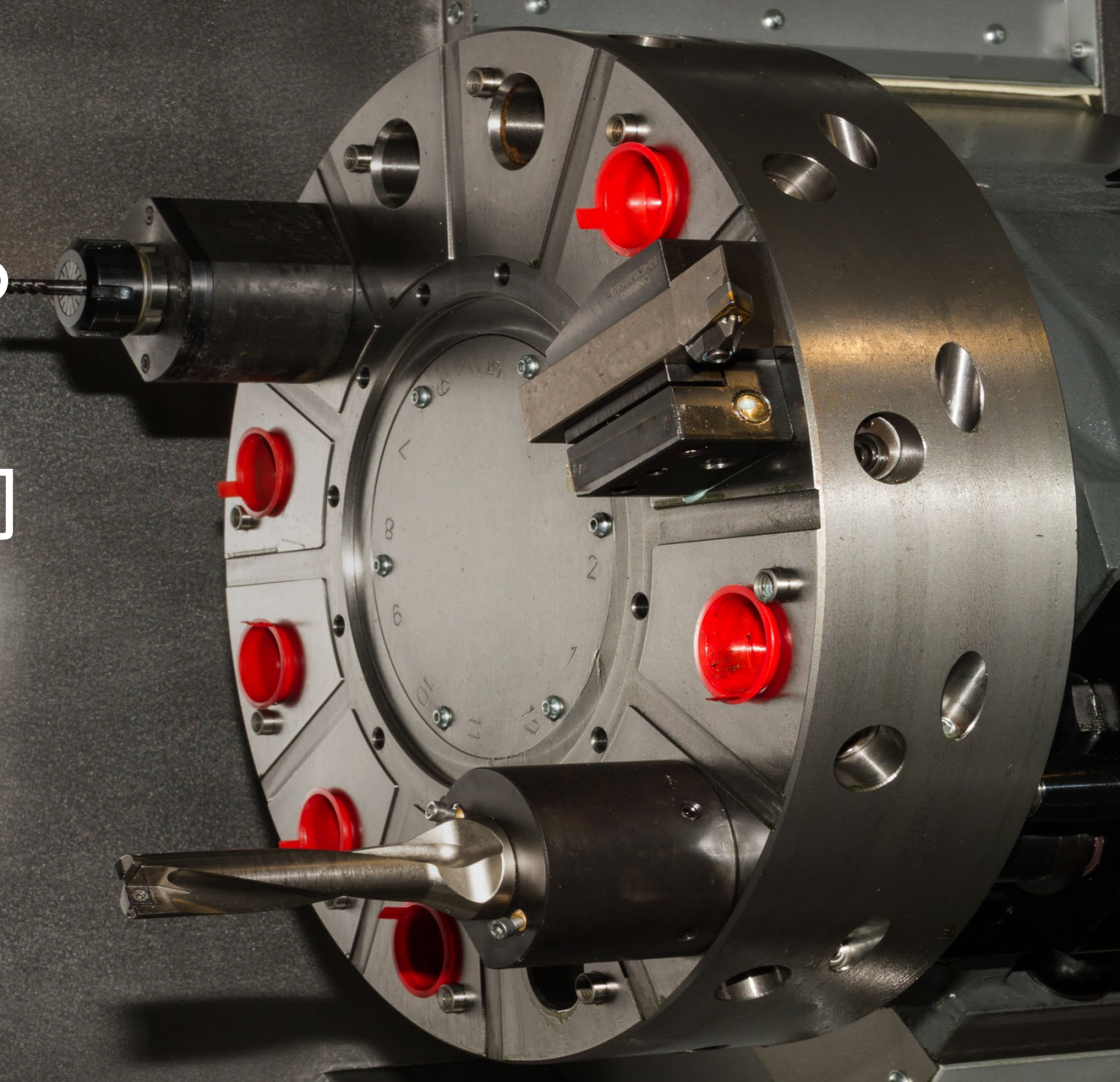




製造業における 新興・ 破壊的技術動向

KPMGジャパン

2020年9月



エグゼクティブサマリー

技術概要

適用事例

主要技術

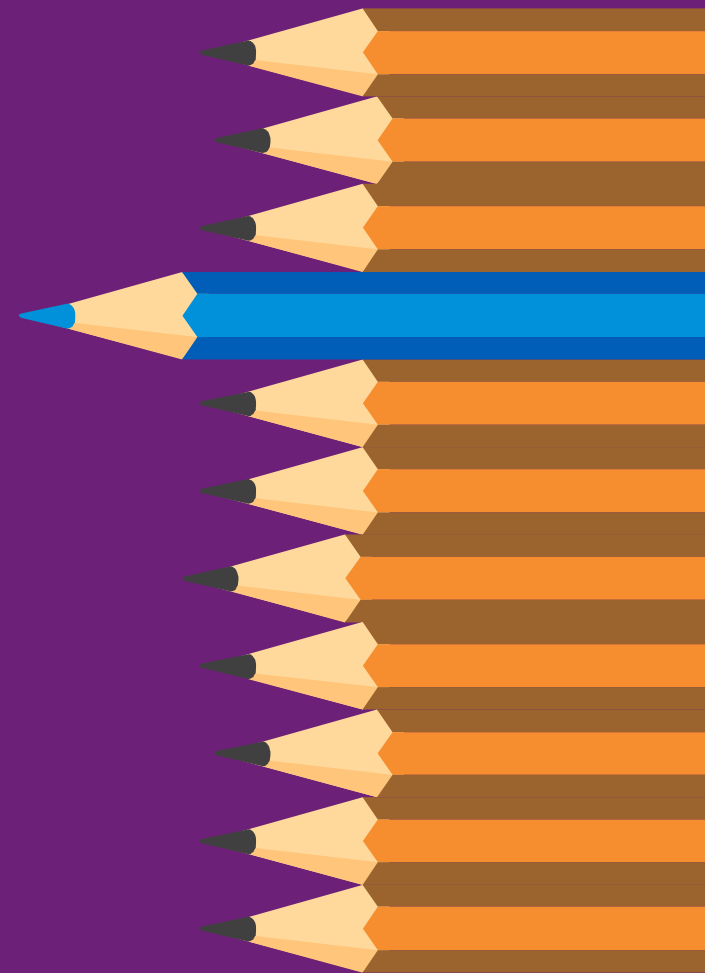
- 現在の技術
- 新興技術

浸透ドライバーおよび課題

競合環境

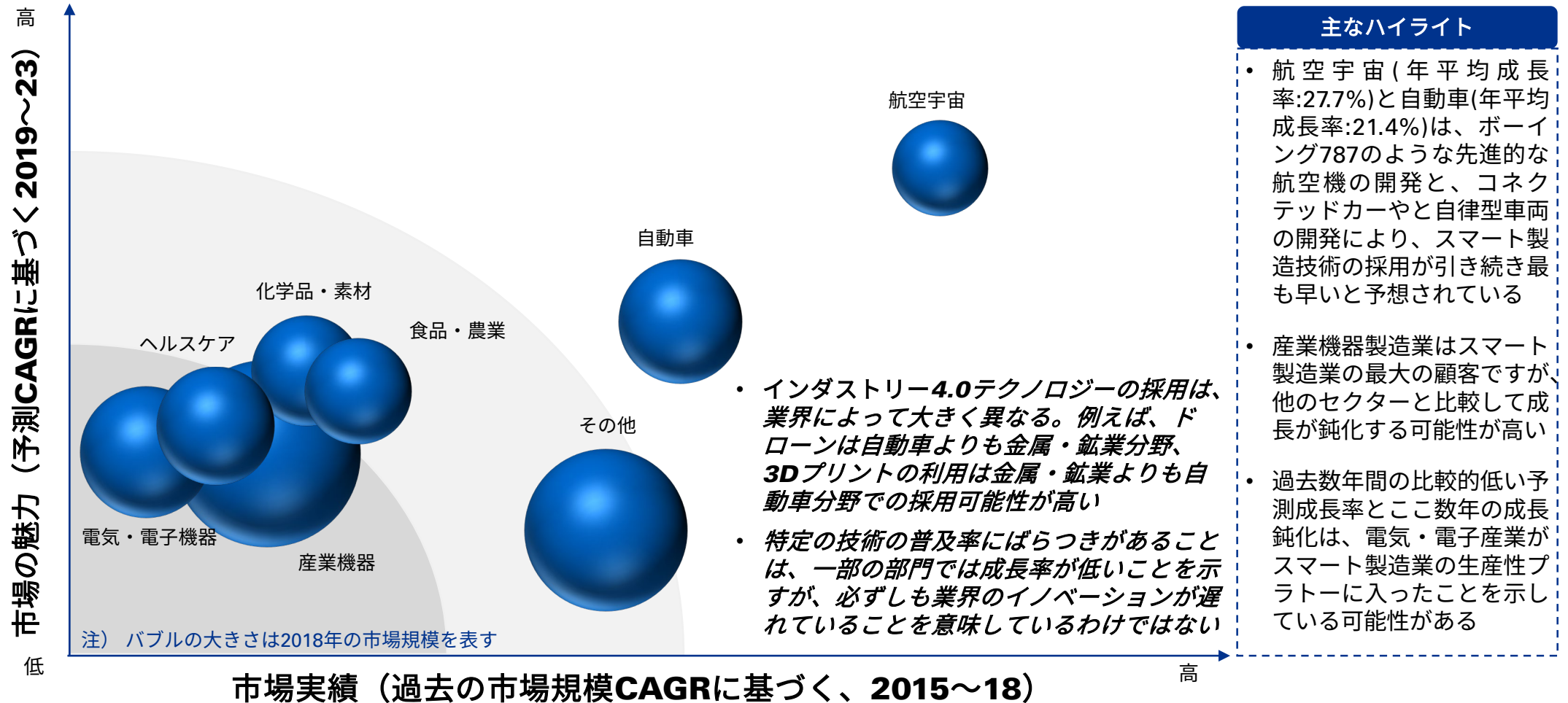
- 主要なプレイヤー
- 事例紹介

近年の動向



エグゼクティブサマリー

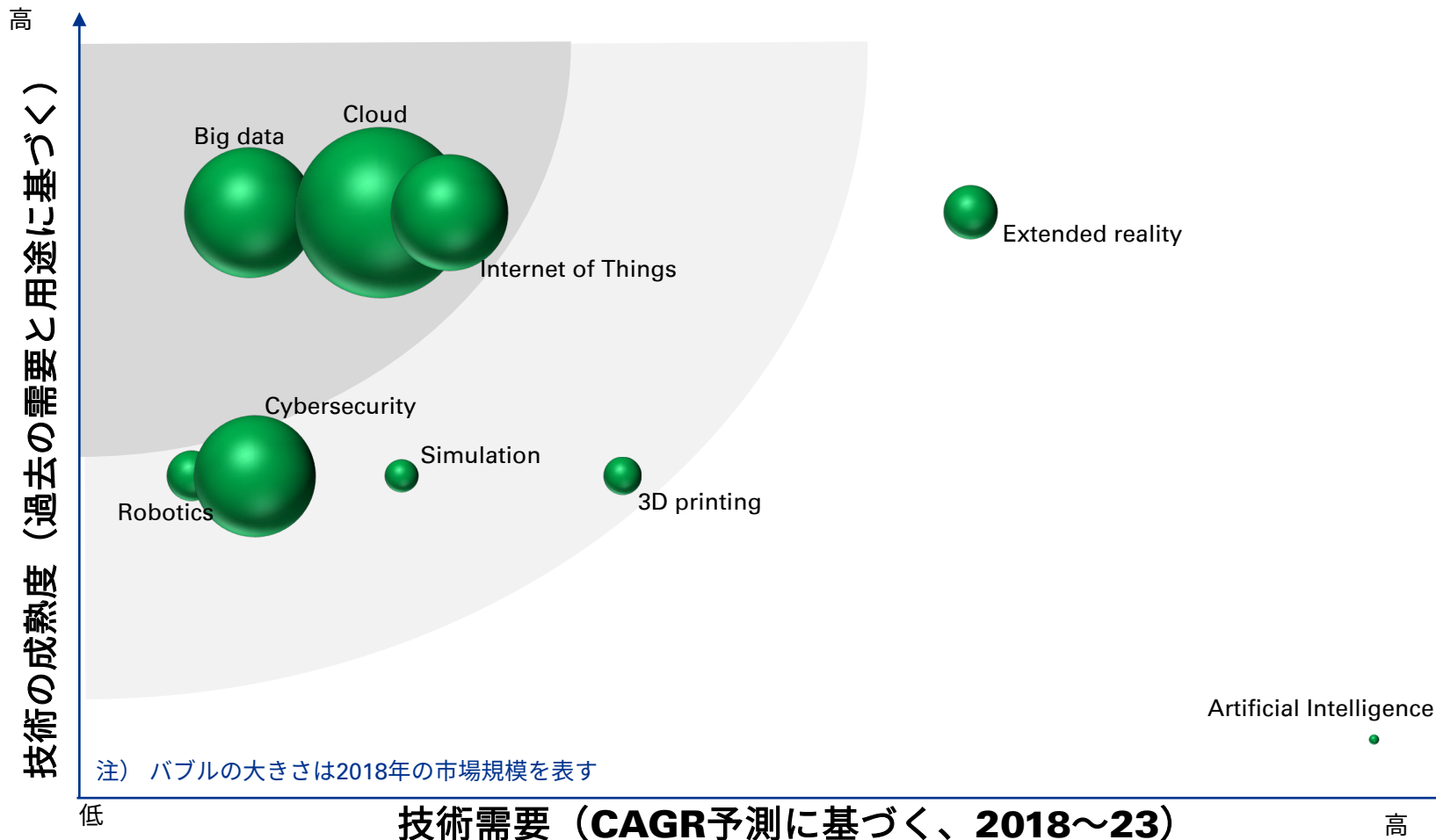
業種別インダストリー4.0の浸透率



出典: KPMGによる分析

エグゼクティブサマリー

インダストリー4.0技術における市場動向のスナップショット



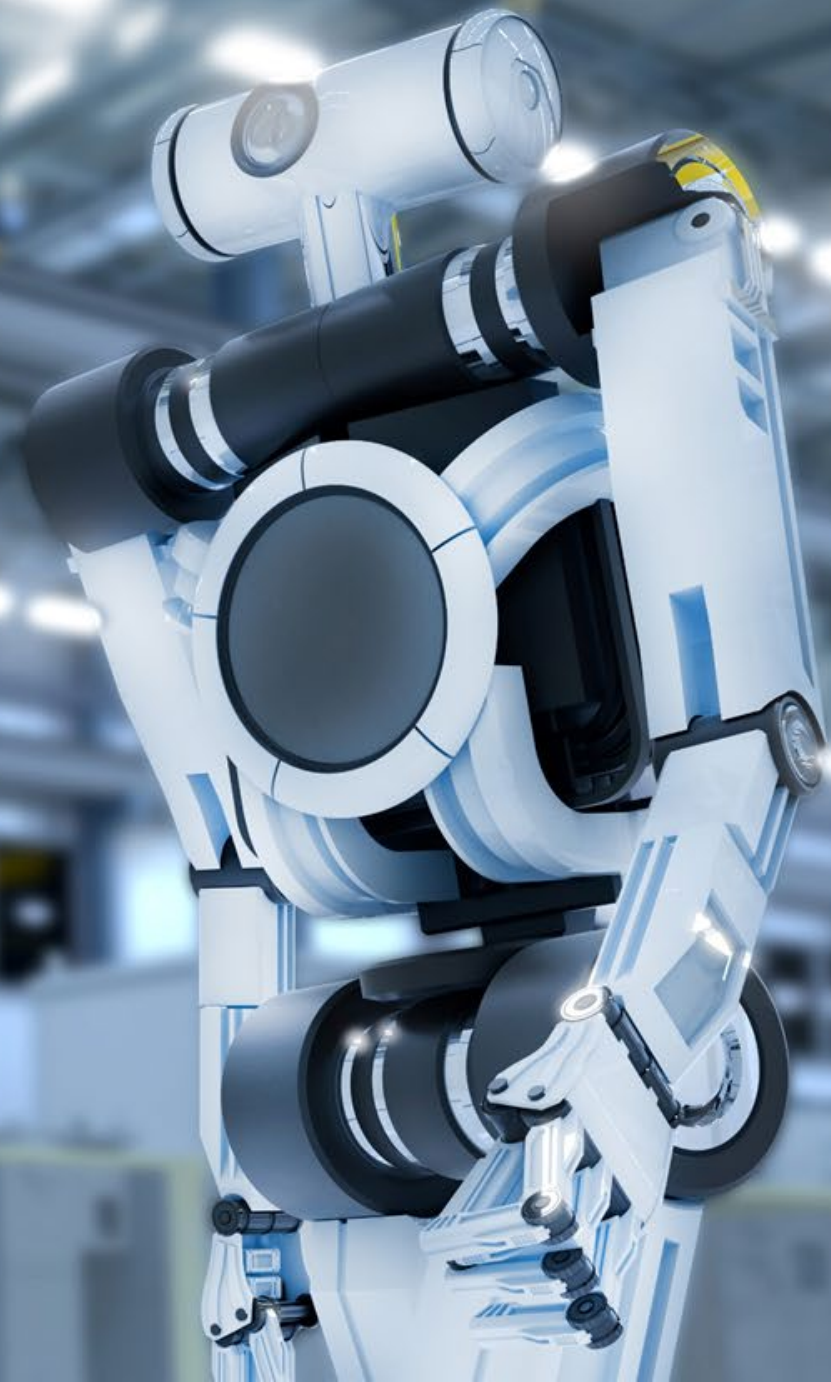
主なハイライト

- 人工知能はまだ初期段階にあり、現在のところその普及率は低い。しかし、近い将来にはCAGR52%の成長が見込まれており、拡張現実がこれに続くことが予想されている
- ビッグデータ、クラウド、IoTが製造業におけるインダストリー4.0テクノロジー市場で最大のシェアを占めているのは、データを収集し、適切なビジネス上の意思決定を行うためにデータを分析するためのセンサーの利用が増加していることが要因
- 3Dプリント、シミュレーション、ロボティクスはそれ自体は成熟した技術だが、現在コストが高く、相互運用性に課題があるため、製造業での成長は緩やかになっている

出典：KPMGによる分析



Industry4.0



Industry4.0

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

インダストリー4.0のイントロダクション

第4次産業革命であるインダストリー4.0は、製造技術における複数の情報・データ交換動向の相互接続性であり、生産ラインにおけるサイバー物理システム概念を導入している。

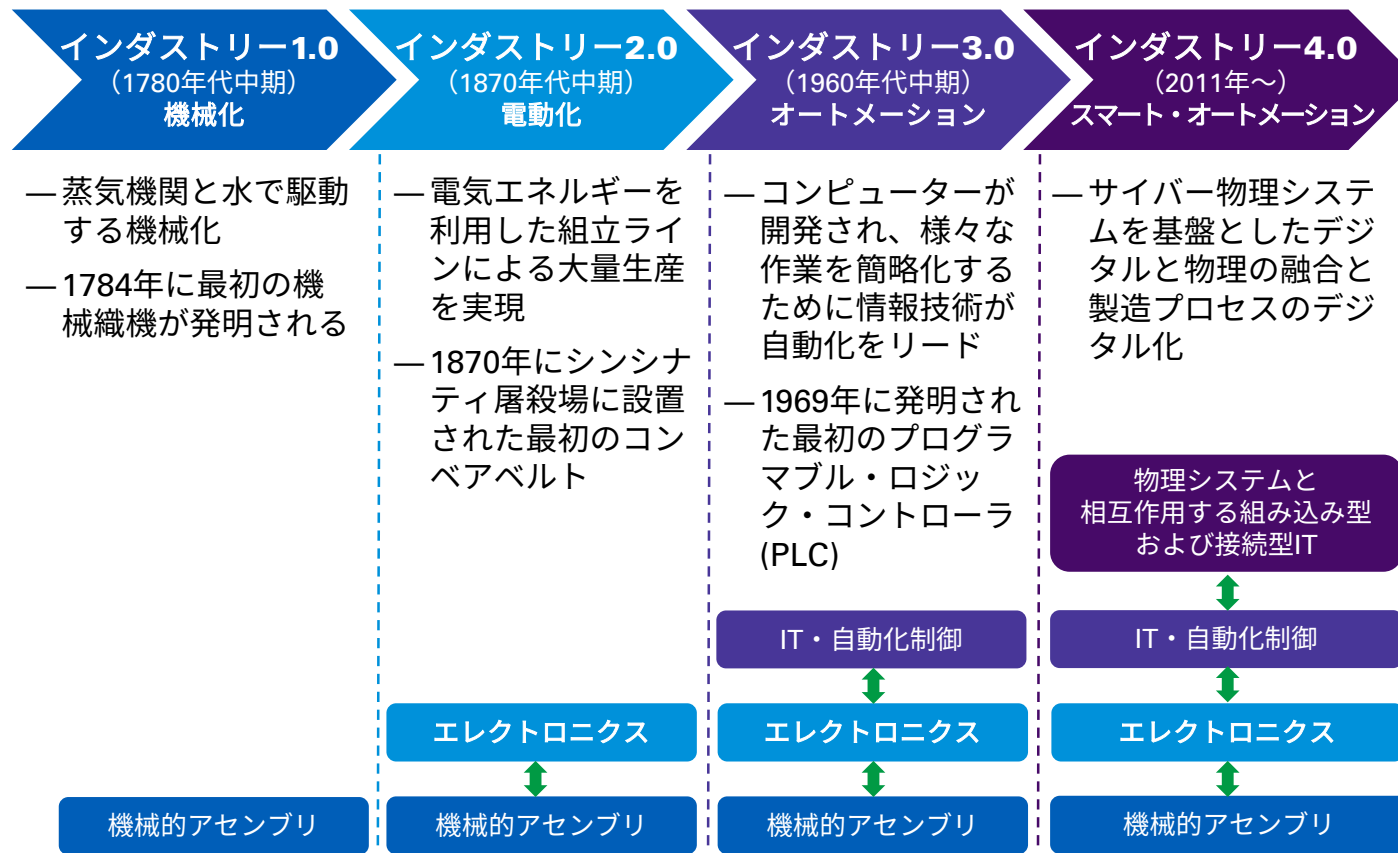


インダストリー4.0は、今日の生産、ビジネスプロセス、オペレーションをサイバーシステムへと技術的に変換すること

- 破壊的技術には、モノのインターネット、3Dプリント、クラウドコンピューティング、ビッグデータ、ロボティクス、サイバーセキュリティ、デジタルツイン、拡張現実などがある
- これらの技術を組み合わせることで、物理世界と仮想世界の統合が可能になり、ネットワーク化されたプラットフォームを介してインテリジェントなオブジェクト間の通信と対話が容易になる
- インダストリー4.0（ドイツ政府主導）、Industrial Internet of Things（GE）、Internet of Everything（Cisco）、Internet of Big Things（Caterpillar）、Internet of Things, Services & People（ABB）という用語は、この業界では互換性を持って使われている

出典：KPMGによる分析

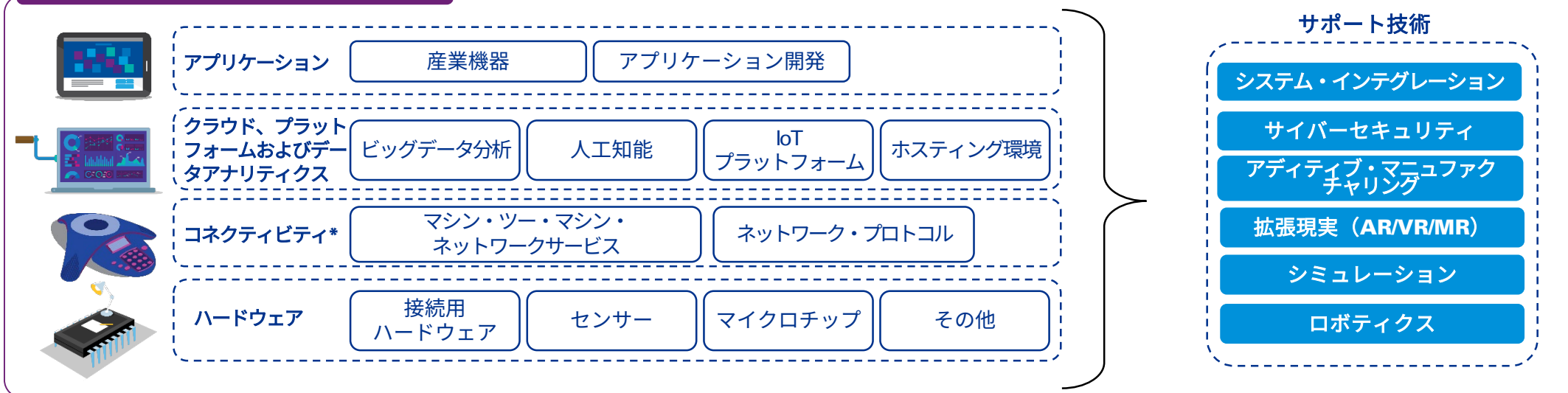
インダストリー4.0の進化



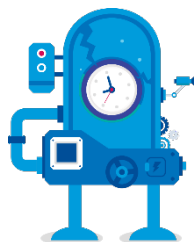
技術概要

インダストリー4.0は、幅広い技術とサポート機能を活用することによって実装され、スマートな自動化と製造を実現するために完全に一体となって動作する必要がある。

インダストリー4.0 - 構成要素



セクターフォーカス



- 重電業界は、インダストリー4.0技術の成長に大きく貢献しているセクターの1つ
 - 世界的に見ると、重電業界はインダストリー4.0技術への支出が第3位のセクターであり、年間の支出額は推定1,770億米ドルで、年間売上高の5.0%近くを占めている
- 本レポートは、産業機械製造業におけるインダストリー4.0の応用を対象としている
 - 産業機器メーカーは、生産プロセスのデジタル化をいち早く取り入れたアーリーアダプターの1つ

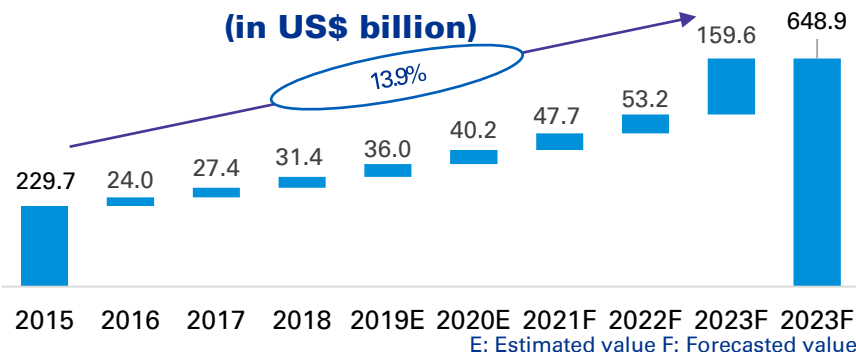
注) *ネットワークプロトコルを含む接続技術は、本レポートの対象外です。

出典： “Industry 4.0 – Opportunities and challenges of the industrial internet”, PwC, December 2014, [Link](#); “Industry 4.0 Market size, share and industry analysis”, Fortune Business Insights, March 2020, [Link](#);

マーケット概要

世界のインダストリー4.0市場は、5Gインフラの普及、モノのインターネット化の急速な普及、アジア太平洋地域の良い産業政策などを背景に、2023年までに約17.0%の年平均成長率 (CAGR)で成長すると予測されている。

Global Industry 4.0 market size,
2015-23F
(in US\$ billion)

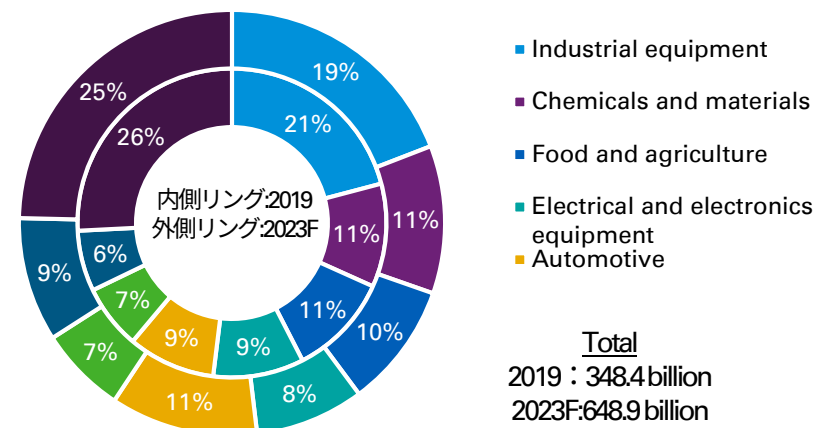


- 予測期間中の成長は、5Gインフラの展開とIoTの採用によって促進される
 - 産業用IoT市場は2023年まで平均成長率18.7%で成長し、評価額は2,194億米ドルに達すると予測される
- アジア太平洋地域は、予測期間においてインダストリー4.0アプリケーションの世界需要に対して最大の貢献者であり続けると予想され、平均成長率17.0%で成長すると予想されている
 - ASPAC地域の成長は、「メイド・イン・チャイナ2025」、「メイク・イン・インド」、「インダストリアル・バリュー・チェーン・イニシアティブ (日本)」などの政府の積極的な取組みによって後押しされると期待される
- テクノロジー企業と連携してオペレーション・エクセレンスセンター (CoE) を設立する動きは、製造業部門におけるインダストリー4.0の成長を後押しする可能性が高い

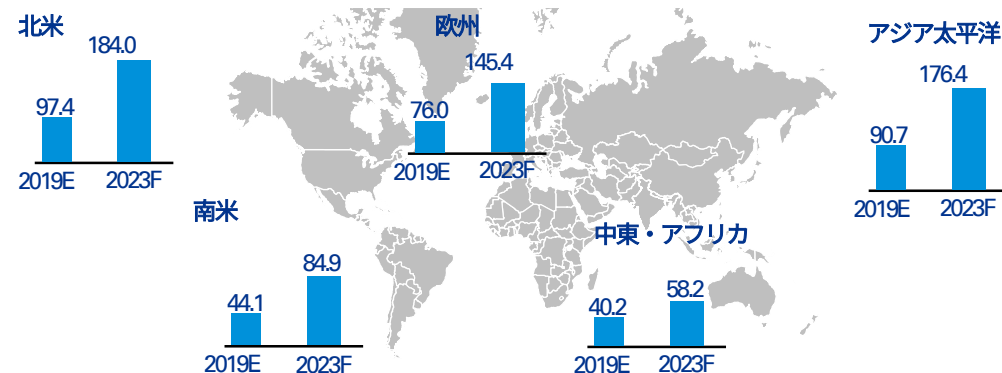
世界のインダストリー4.0市場のセクター別セグメンテーション、2019~23

主なハイライト

- 産業用機器がインダストリー4.0の需要を牽引すると予想されます。
- 自動車と航空宇宙は最も急速に成長する分野と予想されています。



地域別の世界のインダストリー4.0市場、2019~2023 (10億米ドル)



出典: "Global Smart Manufacturing Industry 4.0 (2018- 2023)", Netscribe, August 2018; "Growth Of The Global Industry 4.0 Market To Be Propelled By Increasing Adoption Of Industrial Internet of Things", Research Nester, December 2019, [Link](#);

適用事例

インダストリー4.0により、予測メンテナンス、スマート・オートメーション、サプライチェーンの最適化、品質管理、スキルギャップを埋めるトレーニングなど、多くの製造現場で高度なテクノロジーが急速に採用されている。



Note: *Frozen planning period refers to the time interval when the company does not change its supply chain strategy regardless of events or changes that impact the production negatively.

出典： “6 Tools for a Successful IoT Predictive Maintenance Program”, Hitachi Solutions, [Link](#); “Machine Vision Promises Nearly Flawless Quality Control”, Industry Week, 14 January 2020, [Link](#); “Augmented reality in quality control”, Spectral Applications, [Link](#);

Industry4.0

- 技術概要と適用事例
- 主要技術
 - 現在の技術
 - 新興技術
- 浸透ドライバーおよび課題

主要技術

インダストリー4.0は、人工知能、クラウドコンピューティング、ビッグデータ分析、モノのインターネット、ロボティクスなど、さまざまなデジタル技術を活用して実装される。

	説明	応用
人工知能	 人工知能は、機械が人間の認知能力をエミュレートし、外部データを正確に解釈し、そのデータから学習し、柔軟な適応を通じて特定の目標を達成するために学習を利用することを可能にする	 予測メンテナンス、製品品質検査、需要計画、予測製造、自動通信、生成設計
クラウドコンピューティング	 産業用クラウドコンピューティングは、コンピューティングリソースとサービスの仮想化を可能にし、センサーから収集した機械データを取り込み、分析インフラを提供	 遠隔監視、集中制御
ビッグデータ	 製造業におけるビッグデータには、生産設備やシステム、顧客関係管理 (CRM) やERPシステム、および設計データから収集されたデータが含まれる	 資産パフォーマンスの最大化、サプライチェーンの最適化、品質テストの自動化、製品設計の最適化
産業用IoT	 産業用IoTには、センサー、コンピューティングエンジン、通信技術が組み込まれたデバイスや製品が含まれ、それらが他のIoT対応デバイスや集中制御装置と通信し、相互に作用することを可能にする	 資産監視、プロセス自動化、生産の可視化、テレマティクス、デジタルツイン
ロボティクス	 インダストリー4.0の自律型スマート製造の基盤となる、様々な用途に対応したプログラム可能なロボット（コボットや自律型ロボットを含む）を現場で活用	 組立、溶接・はんだ付け、材料の取り扱い、塗布、検査・試験、梱包

出典：“Technology Scenario – Artificial Intelligence in Industrie 4.0”, Platform i4.0, March 2019, [Link](#); “Scaling AI in Manufacturing Operations”, Capgemini, December 2019, [Link](#); “How Cloud Computing Enables Modern Manufacturing”, Information Technology and Innovation Foundation, 22 June 2017, [Link](#); “Big data potential to eradicate challenges in the manufacturing industry”, Capgemini, 13 November 2018, [Link](#); “Nine Technologies Transforming Industrial Production”, BCG, [Link](#);

主要技術

拡張現実（AR/VR/MR）、シミュレーション、アディティブマニュファクチャリング、サイバーセキュリティプロトコルを活用して、運用コストを削減して効率化を図りながら、製品の全体的な生産性と品質を向上させることができる。

	説明	応用
拡張現実	 — 仮想コンテンツと物理環境を融合させ、自然に融合した現実とユーザーが関わるようにする	 — 人材育成、機械組立、遠隔トラブルシューティング、品質検査
シミュレーション	 システム内の相互依存性、制約、ダイナミクス、および変動性をモデル化し、安全な仮想環境で可能なソリューションをテストすることにより、メーカーが迅速に意思決定を行えるよう支援	 — サプライチェーンのモデル化、製品設計の最適化、レイアウト検討、トレーニング
アディティブ・マニュファクチャリング	 — 3Dプリンタを使用して、コンピュータ支援設計 (CAD) ソフトウェアからの入力に応じて、材料を何層にもわたって正確な幾何学的形状に堆積	 — ラピッドプロトタイピング、大量カスタマイズ、少量生産、ラピッドデザインイテレーション
サイバーセキュリティ	 — オペレーションテクノロジー (OT) デバイスをインターネットに接続する必要があるため、マルウェアやランサムウェアといったサイバー脅威に対して脆弱になるため、このような脅威からデバイスを保護する	 — データ損失の防止、リスクの軽減、侵害の検知

出典： “Augmented Reality Goes Industrial”, Radiant Vision Systems, 5 November 2018, [Link](#); “Betatype and Safran push AM further with improved electrical housing”, 3D Printing Media Network, 30 September 2019, [Link](#); “Knust-Godwin acquires four Renishaw metal AM systems”, 3D Printing Media Network, 9 July 2019, [Link](#); “GE Manufacturing Plant uses AnyLogic for real time decision support”, AnyLogic, [Link](#); all sources accessed on 17 April 2020;

新興技術

モニタリングの改善、機器のダウンタイムの短縮、潜在的な問題の特定、生産性の向上を目的として、無人航空機やデジタルツインの使用も複数の業界で検討されている。

デジタルツイン



- 物理システムやデバイスをデジタルで表現したもので、物理システム上に配置されたセンサーからデータを受信し、性能や潜在的な問題について正確でリアルタイムな洞察を提供することが可能
- 実際の物理システムが実際に導入される前に仮想環境でシミュレーションを実行し、設計段階で改善点を特定するために使用することもできる

用途

— 製造業や関連業界では、デジタルツインが予測メンテナンスやパフォーマンス監視に活用されている

- GE社は、性能を高め、ダウンタイム短縮を図るため、ジェットエンジンや機関車、風力タービンなどの発電設備を含む自社製品のデジタルツインを使用。同社は現在、世界中のさまざまな製品で80万組以上のデジタルツインを実装
- テスラは販売するすべての車のデジタルツインを実装しており、個々の車からのデータは常に工場に送られ、既存の問題や潜在的な問題を特定し、適正な修正を提供するために利用されている

無人航空機（ドローン）



- 製造工場内や工場外で、危険なセッティング、または大きさや、環境などの理由で人が利用できない地域や地形を監視するために利用される

用途

— 赤外線イメージング装置、センサー、防犯カメラなど、さまざまな種類のペイロードを運ぶために使用されている

- ポーランドの製紙会社は、カメラを搭載した無人機を使って自社の薬品タンクの状態の検査を開始
- ノース・アメリカン・パラジウム（NAP）は、鉱山の状態を検査し、採掘計画を立てるためにドローンを使用

出典： “Inspection of tanks in a pulp and paper mill”, Flyability, September 2016, [Link](#); “Indoor drone in underground mining: Accessing the inaccessible”, Flyability, September 2017, [Link](#); “What Is Digital Twin Technology”, Forbes, 6 March 2017, [Link](#); “The digital twin”, DXC Technology, 8 September 2016, [Link](#); all sources accessed on 24 April 2020;

Industry4.0

- 技術概要と適用事例
- 主要技術
 - 現在の技術
 - 新興技術
- 浸透ドライバーおよび課題

浸透ドライバー

オペレーションのダウンタイムとそれに関連するコストの削減が引き続き主要な動機となっている一方で、製品の生産性と品質の向上、テクノロジーの手頃な価格、顧客の期待の変化が、製造部門におけるインダストリー4.0の採用を推進している。

ダウンタイム短縮による 運用コストの削減 	生産性と品質の向上 	テクノロジーの手頃な価格 	顧客の期待 
— IoT、クラウドコンピューティング、ビッグデータ、AIによって促進された機械データの自動収集と分析は、潜在的な問題（および故障）を事前に予測し、修正するのに役立つ ➢ 予期しないダウンタイムにより、製造業では年間約500億米ドルのコストがかかり、このダウンタイムの42.0%は機器の故障に起因しているが、予知メンテナンスによって最小限に抑えることが可能 ➢ 予知メンテナンスは、機械の耐用年数を延ばすことにより、工場設備の維持費を10.0～40.0%、設備費を3.0～5.0%削減でき、2025年までに年間6300億米ドルの経済的便益をもたらす可能性がある	— 自動化により生産速度が向上し、人為的ミスが最小限に抑えられ、プロセス変数が制御システムの助けを借りて望ましい値に維持されるので、ルーチンチェックの要件が削減される ➢ 産業用メーカーは、インダストリー4.0技術の導入により、生産性を20.0～30.0%向上させることが可能 — 自動化されたロボットによる連続生産（ダークファクトリー）により、メーカーの生産性を高めることができる ➢ ファナックでは、自動化されたロボットを使用して、人の介入を最小限に抑えたダークファクトリーで月に2万2,000～2万3,000台のロボットを製造しており、非常に低いエネルギー消費量と高い生産性を実現	— ロボティクスやIoTなどの技術は、より手頃な価格になってきており、中堅・中小規模の製造業での急速な導入につながっている ➢ 産業用ロボットの価格は50.0～60.0%下落し、2025年には世界のロボット販売台数は340万台に増加すると予想されている — 産業規模で人工知能エンジンを訓練することもまた、より安価になり、インダストリー4.0技術を後押ししている ➢ AIエンジンのトレーニング費用は、2017年以降、毎年90.0%近く減少しており、今後さらに下がると予想されている	— 大量のカスタマイズ製品への需要や積極的な顧客サポートなど、顧客の期待の変化により、メーカーは生産プロセスのデジタル化を余儀なくされている ➢ GEでは、暖房・換気・空調（HVAC）システムなど様々な製品の予測メンテナンス契約を行っている — 大量のカスタマイズ部品の需要のため、メーカーの間では3Dプリントが普及している ➢ 3Dプリントされた大量のカスタマイズパーツは、世界の3Dプリント市場規模の43.0%近くを占めている

出典： “How industry 4.0 will virtually erase downtime and save you money”, Flex, 12 February 2019, [Link](#); “Unlocking performance”, Wall Street Journal, [Link](#); “The internet of things: Mapping the value, beyond the hype”, McKinsey & Company, June 2015, [Link](#); “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries”, Boston Consulting Group, 9 April 2015, [Link](#); “Industry 4.0: Digitalization for productivity and growth”, European Parliament, September 2015, [Link](#); “Modern Technology and the Dawn of Lights Out Production”, Business Town, [Link](#); “Industrial Robot Cost Declines Should Trigger Tipping Points in Demand”, Ark Invest, 17 April 2019, [Link](#); “AI Training Costs Are Improving 50x The Speed of Moore’s Law” Ark Invest, 2 April 2020, [Link](#); “GE Is Beginning To See Strong Returns On Its Industrial Internet Investments”, Forbes, 12 November 2014, [Link](#); “3D Printing: The Next Revolution in Industrial Manufacturing”, UPS, [Link](#); all sources accessed on 20 April 2020;

課題

デジタル技術に熟練した労働力の不足、レガシーシステムによる相互運用性の欠如、および適切なレベルのリスク対策を備えた高度なデジタル機器を導入するために必要とされる高い設備投資は、製造業者にとって大きな課題となっている。

熟練労働力の不足

- インダストリー4.0の導入には、製造プロセスとそれを可能にするデジタルツールを理解している労働力が必要だが、そうした労働者が著しく不足している
- 世界のC x Oの約55.0%が、現在のスキルと将来ニーズとの間に大きなミスマッチがあることを挙げており、スキルギャップが新技術導入の障壁となっている
 - 米国の製造業では、技術的なスキルが不足しているため、2028年までに240万人の雇用が埋まらないと推定されている
 - インテルの調査によると、製造業の回答者の36.0%が技術的なスキルギャップをデジタル化とインダストリー4.0の大きな脅威と考えている

高額な設備投資

- インダストリー4.0の導入を可能にする製造プロセスの変革には、自律型ロボットや人工知能を支える技術インフラへの高額な設備投資が必要
- PwCによると、46.0%近くの製造業者がスマートファクトリー実装から生じるコストと利益を定量化できておらず、それによって変革への投資が妨げられている
 - Russel Reynolds Associate (RRA) の別の調査によれば、インドの製造業では大部分(62.0%近く)が、インダストリー3.0や現在のテクノロジーの利点を余すところなく活用した後、先端技術への投資意向が明らかになっている



レガシーシステムによる相互運用性の欠如

- コンポーネント、製品、プロトコル、及びシステムからのデータを統合して、スマートファクトリーの実装を実現する必要がある
- M2M通信用に構築されていないレガシー・システムは、最新のデジタル・プラットフォームと統合するのが困難となっている
- 一部メーカーでは、ベンダーが独自仕様であるため、ERP、CRM、ビジネス・インテリジェンス・システムを統合できない状況
 - 製造業部門の回答者の約23.0%が、インダストリー4.0テクノロジーの導入に関する最大の懸念事項として、相互運用性の欠如を挙げている

サイバーセキュリティにおける懸念事項

- インダストリー4.0では、製造現場をインターネットに接続する必要があり、サイバーの脅威にさらされやすい状況になっており、適切な保護インフラの設置は、さらにコストを増加させる
- 製造工場はオフィス環境と比較して、接続されたマシンのセキュリティプロトコルが弱い傾向にあり、IT運用技術 (OT) の障害に対する脆弱性が高くなる
 - ネットワークに接続している全てのサプライヤーに対する基本セキュリティ標準を確立することは、製造企業にとって課題となる。サイバーセキュリティの実装レベルが異なるサプライヤ(主に中小企業)を多数抱えていることが要因となっている

出典： “Creating Lasting Value in the Age of AI + IoT – Futureproofing your Business”, Intel Newsroom, 12 December 2019, [Link](#); “Transforming Manufacturing in the Era of Industry 4.0: A Perspective from India”, Russel Reynolds Associates, 25 July 2019, [Link](#); “Industry 4.0: Opportunities and challenges of the Industrial Intranet”, Pricewaterhouse Coopers, [Link](#); “The cybersecurity challenge of industry 4.0”, Fujitsu, 17 December 2018, [Link](#); all sources accessed on 21 April 2020;



3D Printing



3D Printing

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

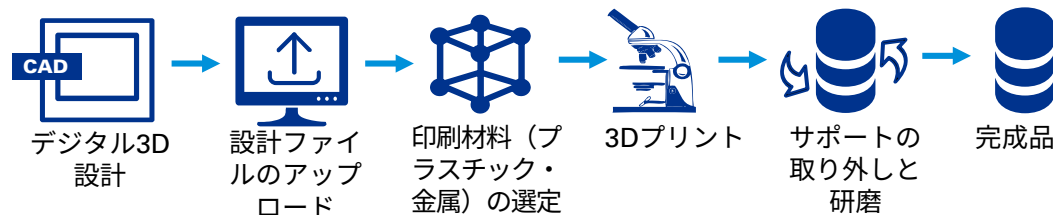
技術概要

複雑で柔軟性のあるデザインの生産、ラピッドプロトタイピング、オンデマンド印刷、廃棄物の最小化、コストの削減、サプライチェーンの最適化など、さまざまなメリットがあるため、産業界では3Dプリントの採用が増えてきている。

— 3Dプリントやアディティブマニュファクチャリングは、デジタルファイルから3次元ソリッドオブジェクトを作成するプロセスです。3Dプリントされたオブジェクトの作成は、アディティブプロセスを使用して実現している

- アディティブプロセスでは、様々な技術を用いて、対象物の断面の連続した層をスライスする。これらのスライスされたレイヤーは、必要な形状と寸法のオブジェクトを作成するために一緒に結合される

3Dプリント工程



デスクトップ型3Dプリンター

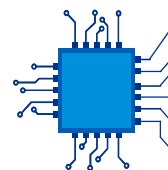
デスクトップ型3Dプリンターは、国内向けに設計されており、大規模生産には対応していない。これらのプリンターは、通常、個人、中小企業、または教育機関がトレーニングや研究目的で使用する。

産業用3Dプリンター

産業用3Dプリンターは、重工業、自動車、エレクトロニクス、航空宇宙・防衛、ヘルスケアなどの大規模な製造目的で使用されている。これらのプリンターは、印刷面積が大きく、そして、生産能力が高く、デスクトップ型3Dプリンターよりも高精度な部品を生産できる。

3Dプリンターのカテゴリー

セクターフォーカス



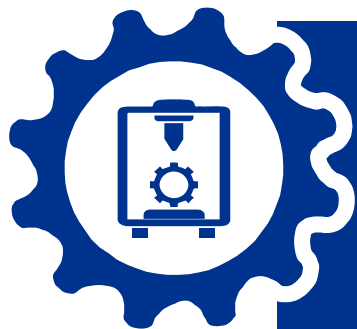
本レポートでは、電気・電子製造におけるロボティクスについて考察

- 電気・電子機器製造業では、3Dプリントが複雑な電子部品の製造に広く利用されている
- 3Dプリンターは、従来の製造方法よりも大幅に速いペースでナノサイズの電子部品を製造することが可能
- ユーザー企業は、プリント回路基板 (PCB)、アンテナ、センサーなどの部品を製造したり、電気部品を収容するための複雑な形状の部品を製造している

Source: 3D Printing Market - Growth, Trends, And Forecast (2020 - 2025), Mordor Intelligence, [Link](#); 3D printing market, Fortune Business Insights, January 2020, [Link](#); 3D printers categories and 3D printer types, ANIWA, 26 February 2020, [Link](#); Industrial FDM vs. Desktop FDM, 3D hubs, [Link](#); 3D printing pioneers: Top 10 industries utilizing Additive Manufacturing, Sculpteo, 1 February 2019, [Link](#); Industrial Applications of 3D Printing, AMFG, [Link](#); 5 Ways 3D Printing Can Transform the Electronics Industry, AMFG, [Link](#);

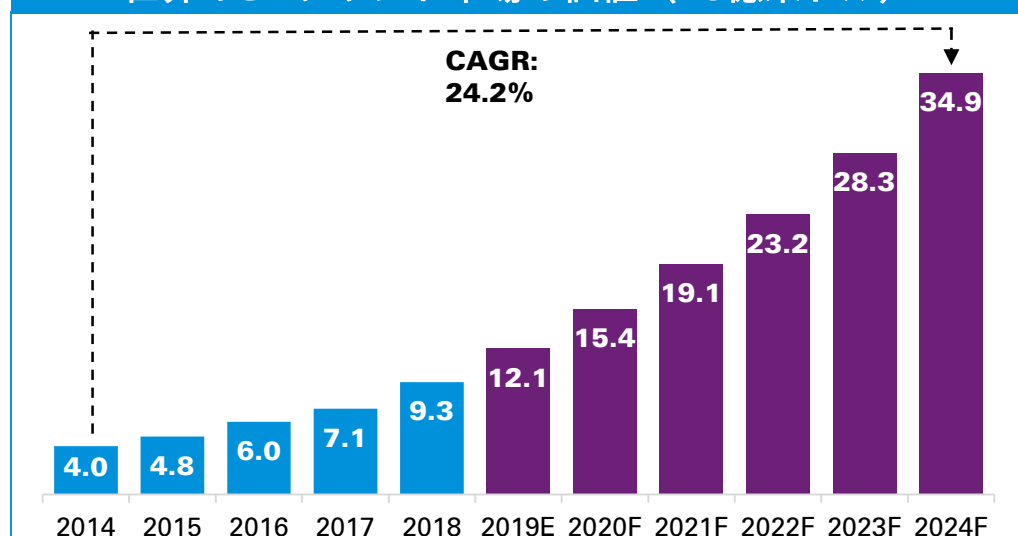
市場概要

世界の3Dプリント市場は、**2014年から24年の間に24.2%のCAGRで成長し、2024年には349億米ドルに達すると予想されている。**
3Dプリントの需要の65%以上を占めるのは、工業、電機、消費財分野となる。



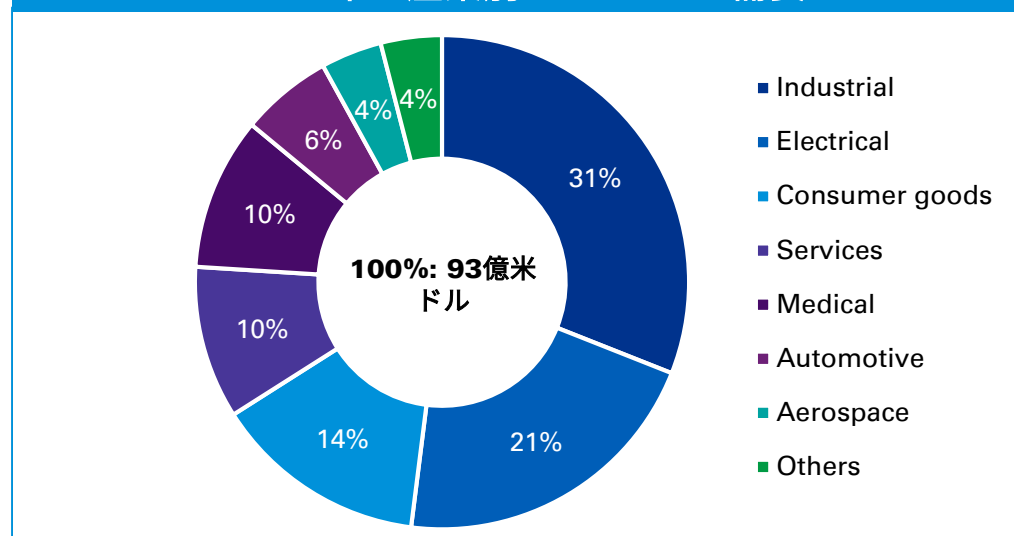
- 世界の3Dプリント市場は**2014年から18年の間に23.6%のCAGRで成長しており、2024年までは同様の速度で成長し、推定値349億米ドルに達すると予想されている**
 - 少量生産やカスタマイズされた製品に対する需要の増加、サプライチェーンの最適化、設計の柔軟性、3Dプリントの採用を促進するための取組みへの政府支出の増加などが、3Dプリント市場の成長を牽引する主要要因の1つ
 - また、3Dプリントは、材料のムダを省いたり、材料費や人件費、輸送費の最適化など様々なメリットがあるため、メーカーでも広く採用されている
- 世界的には**2018年に142万台の3Dプリンターが出荷され、2027年には804万台に達すると予測されている**
 - 米国、ドイツ、日本、中国が、3Dプリント市場で高い成長を遂げている主要な地域

世界の3Dプリント市場の価値（10億米ドル）



Source: 3D Printing Market - Growth, Trends, And Forecast (2020 - 2025), Mordor Intelligence, [Link](#); 3D printing market, Fortune Business Insights, January 2020, [Link](#); 3D printers categories and 3D printer types, ANIWAA, 26 February 2020, [Link](#); Industrial FDM vs. Desktop FDM, 3D hubs, [Link](#); 3D printing pioneers: Top 10 industries utilizing Additive Manufacturing, Sculpteo, 1 February 2019, [Link](#); Industrial Applications of 3D Printing, AMFG, [Link](#); 5 Ways 3D Printing Can Transform the Electronics Industry, AMFG, [Link](#); 3D printing trends 2020, 3D Hubs, [Link](#);

2018年の産業別3Dプリント需要



適用事例

電気・電子機器製造業では、主に複雑な回路や製品の試作品を作成するために3Dプリンターが使用されています。その他の用途としては、**PCB**、アンテナ、センサー、**MID**、電磁石の製造があります。



Source: 3D Printing Complex Electronic Components Creates New Manufacturing Possibilities, engineering.com, 20 November 2019, [Link](#); 5 Ways 3D Printing Can Transform the Electronics Industry, AFMG, 3 July 2018, [Link](#); Applications, Nano Dimension, [Link](#); New Capabilities with 3D Printed MID, Nano Dimension, [Link](#); Electromagnets, Nano Dimension [Link](#); 3D Printed Circuit Boards are the Next Big Thing in Additive Manufacturing, InterestingEngineering, [Link](#); 3D Printing Takes Parts Count from 100 to 1 for Antenna, Machine Design, 23 June 2017, [Link](#); Printed Antennas, Optomec, [Link](#); 3d Printed Circuit Board:3d Printing In Electronics Industry, Precious3d, [Link](#); Additive Manufacturing vs. 3D Printing for Prototyping PCBs and Electronics, Nano Dimension, [Link](#); Sensors, Nano Dimension, [Link](#)

3D Printing

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

主要技術

3Dプリンターは、FDM、SLA、DLP、SLS、SLMなどのさまざまな技術によって実現されます。プリンターは様々な用途に使用されており、印刷する素材や部品の種類に応じて選択されている。

	説明	応用
溶融成膜モデリング (FDM)	— Fused Filament Fabrication (FFF) としても知られており、材料押出技術に基づく。フィラメントを溶かして層ごとに堆積させたものを使用して、オブジェクトを印刷	— 電気ハウジング — 形状と適合性のテスト — ジグと治具 — インベストメント鋳造パターン
ステレオリソグラフィ (SLA)	— X-Y軸上に配置されたガルバノメーターを使用。ガルバノメーターは、レーザー光を利用して、建築エリア内の樹脂の断面を選択的に硬化・固化させ、層ごとに部品を展開する	— ポリマー試作などの射出成形金型 — インベストメント鋳造 — 医療用途
デジタル光処理(DLP)	— SLAと同様の働きをする。DLPではプロジェクターの光を利用して樹脂を硬化・固化させ、部品・試作品を開発	— 概念実証プロトタイプ、エンジニアリング検証 — 高速ツーリング — 治具 — 金型と鋳造パターン
選択的レーザー焼結(SLS)	— 粉体床融着法を採用している。CO2レーザーを使用して、目的の材料の粒子を融着させて層を形成。各レイヤーは前のレイヤーの上に構築され、最終的なパーツ/プロダクトが作成される	— 風洞模型などの機能パーツ — Complex ducting (中空設計) — 金型、ジグ、治具の低ランニングパーツ生産
選択的レーザー溶融法 (SLM)	— 高出力のレーザー光を用いて金属を溶かし、金属粉末を融着させて均質な層を形成。レイヤーが印刷されると、それらは最終的な部品/製品を形成するためにリンクされる	— ブレーキキャリパーなどの機能性金属部品 — 外科用インプラントや歯科用補綴物の製造などの医療用途

Source: The 9 Different Types of 3D Printers, 3Dinsider, [Link](#); 2020 Types of 3D Printing Technology, All3DP, 7 February 2020, [Link](#); 3D Printer Types:The Complete List, Pick 3D printer, [Link](#); The 10 types of 3D Printing Technology, Medium, 20 April 2018, [Link](#); Industrial 3D printing:How does real Additive Manufacturing work?, Sculpteo, [Link](#);

主要技術

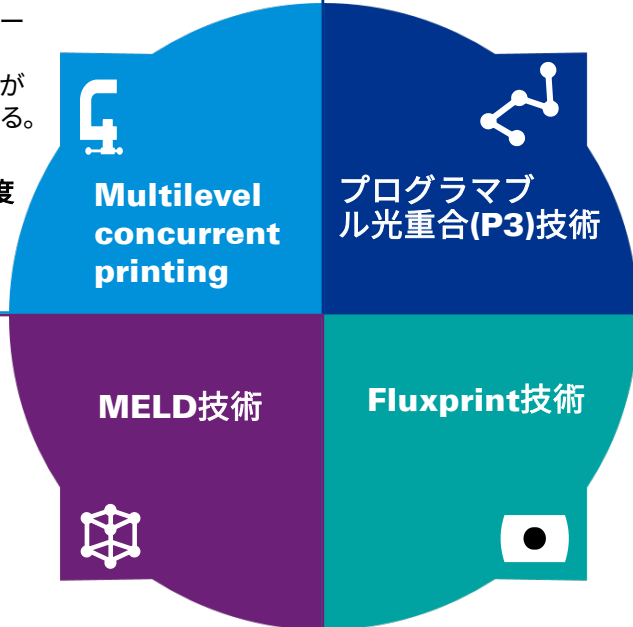
バインダ噴射、材料噴射、電子ビームなどの技術を用いたプリンターで機能部品を作成している。
しかし、**LOM**技術を用いたプリンターでは複雑な形状を作成することができず、視覚的なプロトタイプを作成するためだけに使用される。

	説明	応用
電子ビーム溶解 (EBM)	— SLMと類似。しかし、EBMは電子ビームを用いて金属粉末を所定の断面積で熔融固化する。これらの面積は、最終的なオブジェクトを形成するために構築される	— タービンブレードなどの機能パーツ — Complex ducting (中空設計) — 整形外科用インプラントなどの医療用途 — 高速プロトタイピング
バインダー ジェットティング (BJ)	— 粉体床融着法を採用。エネルギー源の代わりに液状の結合剤を使用し、粉末粒子を結合させて層を形成。このプロセスは、複数の層が印刷されてオブジェクトが完成するまで繰り返される	— 機能性金属部品 — フルカラーフィギュアと地形図 — エンジンブロック用砂型鑄造用中子及び鑄型
マテリアル ジェットティング (MJ)	— ビルドプレート上に材料の液滴を選択的に堆積させて硬化させる印刷手法。光にさらされると硬化して固化する光重合体またはワックス液滴を使用して、オブジェクトを一度に一層ずつ積み上げていく	— 宝飾品、玩具などのフルカラー商品の試作品 — 射出金型のプロトタイプ — 解剖学的モデルの作成
ラミネートオブ ジェクト製造 (LOM)	— 熱と圧力を使用して建築材料の層を融合するプロセス。その後、コンピュータ制御のブレードまたはレーザーを使用して、対象物を望む形状および寸法に切断	— 建築模型などのビジュアルプロトタイプ

Source: The 9 Different Types of 3D Printers, 3Dinsider, [Link](#); 2020 Types of 3D Printing Technology, All3DP, 7 February 2020, [Link](#); 3D Printer Types: The Complete List, Pick 3D printer, [Link](#); The 10 types of 3D Printing Technology, Medium, 20 April 2018, [Link](#); Industrial 3D printing: How does real Additive Manufacturing work?, Sculpteo, [Link](#);

新興技術

Aurora、Origin、MELD、Fortifyなどの企業は、印刷の精度と効率を向上させながら、時間と労力を削減して印刷プロセスを最適化する可能性のある高度な3Dプリンタを導入している。

— 2018年にAurora LabsによってMCPが導入された。MCP™プリンターは、パウダーベッドフュージョン技術をベースにしている。一度に1層ずつ印刷する従来のパウダーベッド技術と異なり、1回のパスで複数層を同時に印刷する ➢ MCP技術には、グリッド状の記録再生機構と複数のレーザー光という2つの要素がある ➢ 複数の層をレーザーで連続的に成膜・融着させることができ、1回のパスで複数の層を印刷することが可能になる。これにより、印刷時間の大幅な短縮を実現しています。 — 2019年2月には、1日あたり113キログラムの印刷速度を達成したと報じられた。そして、高さ10mmのチタン製六角形部品を20分で連続印刷するなど、スピードの限界を克服するためのMCPの活用法を示した	 Multilevel concurrent printing プログラマブル光重合(P3)技術 MELD技術 Fluxprint技術	— Originは2018年、プログラマブル光重合技術をベースにしたOriginOne 3Dプリンタを発表。この技術により、高スループット、後処理の軽減、印刷する材料の範囲の拡大が可能に ➢ 硬化のための専用ユニットがある他の樹脂製3Dプリンターとは異なり、硬化工程がプリンター内部に組み込まれている。これにより、後処理時間が大幅に短縮されます。 ➢ パーツは印刷時に最終プロパティの99%を達成。その後に洗浄され、強力なマイクロ波核融合ランプを使用して、最終的なUV硬化コンベアシステムに通過させる。このプロセスにかかる時間は5分未満であるため、大幅に時間節約が可能 ➢ また、OriginにはP3プロセスに最適化された約50種類の検証済み材料がある
— 2018年、MELD Manufacturing Corporationは、金属を溶かさずに3Dプリントする新技術を発表 ➢ MELDテクノロジーは、後の熱処理を必要としない完全に緻密な部品を作り出すソリッドステートプロセス ➢ このプロセスは、部品の製造とは別に、既存の部品の修理やコーティング、またはカスタムの金属合金の作成に使用することができる ➢ MELDの3Dプリンタは筐体を必要とせず、オープンな環境で処理を行う。これにより、より大きなパーツを作成できる		— Fortifyは最近、非常に強力な繊維充填部品を3Dプリントする独自の方法を導入した。FortifyのFluxprint技術により実現したこの新しい方法は、磁場を利用して部品内の繊維の配列を制御できる ➢ ポリマーとチョップドファイバーを混合し、金属コーティングで処理。その後、繊維に磁界を印加し、磁力に応じて繊維を配向させることが可能 ➢ 次に、プリンタは光を照射して、部品の1つの層を硬化させ、印刷完了までこのプロセスがレイヤーごとに繰り返される

Source: 10 Exciting 3D Printing Technologies That Have Emerged in the Last 12 Months, AMFG, 11 June 2019, [Link](#);

3D Printing

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

浸透ドライバー

設計の柔軟性、マスカスタマイゼーション能力、サプライチェーンの最適化など、**3Dプリント**が提供する利点と、様々な政府の取組みや資金調達が組み合わされて、**3Dプリント**市場の成長を牽引する主要因となっている。

カスタマイズ製品の需要増加	政府の取組み	設計の柔軟性	最適化されたサプライチェーン
			
— ここ数年、消費者の間でカスタマイズされた製品に対する需要が増加しており、OEMに市場機会を提供している ➢ YouGovの2018年の調査によると、カスタマイズエコノミーの需要は過去3年間で17%から26%に増加 — この需要に応えるため、OEM各社は3Dプリントの採用を開始	— 世界中の政府は、3Dプリントの採用を後押しするために、いくつかのイニシアチブを取り、研究開発プロジェクトへの投資を行ってきた ➢ 2016年、オランダ政府は3Dプリント関連の研究開発に1.5億米ドルの投資を発表 ➢ 2018年、オーストラリア政府はObjective 3Dと提携し、新たな3Dプリントバーチャルハブのための130万米ドル（200万豪ドル）の資金提供を発表 ➢ 2020年2月、ニューサウスウェールズ州政府は、同施設の先端材料プロセス、3Dプリント、バイオプリント能力を強化するため、The Australian National Fabrication Facility（ANFF）に135万米ドル（215万豪ドル）の資金援助を実施	— 3Dプリントにより、メーカーは以下のことが可能になります ➢ プロダクト設計を完成させる前に、何度でも設計に対してイテレーションを実行可能 ➢ 製造ラインの高額な段取り替えをすることなく、低コストで複数の試作品を生産することが可能 — 従来の方法とは異なり、3Dプリントでは次のことが可能です ➢ 複数のマテリアルを単一のオブジェクトに含めることで、色、テクスチャ、機械的特性の配列を混合して一致させることができる ➢ 幾何学形状の作成と製造	— 3Dプリントにより、メーカーは部品のオンデマンド生産により、サプライチェーンの複雑さを軽減することが可能。その結果、コスト削減や時間短縮につながり、サプライヤーへの依存度を下げることができる ➢ これにより、OEMは物流や保管コストを大幅に削減し、アフターマーケットの販売マージンを向上させることが可能に

Source: What is driving the growth in the 3D printing industry?, Metalshub, [Link](#); What Are The Advantages And Disadvantages Of 3d Printing?, TWI, [Link](#); 10 Advantages Of 3D Printing, Makerbot, [Link](#); 3D Printing Helps OEMs Deliver Mass Customization, Jabil, [Link](#); \$2 Million Funding For New 3d Printing Virtual Hub, 3D printing industry, 4 September 2018, [Link](#); 3D Printing Market by Offering, Markets and Markets, February 2019, [Link](#);

課題

装置や材料のコストの高さ、熟練した労働力の不足、3Dプリント可能な材料の入手可能性の制限などが、市場の成長に影響を与える主要な課題の1つ。

材料入手方法の限定

- 3Dプリントでは、プラスチックや金属を選択してアイテムを作成できるものの、使用可能な原材料の選択肢は網羅的ではない。これは、全ての金属やプラスチックが3Dプリントを可能にするために温度制御できるわけではないという事実に起因している
- 3Dプリント可能な素材のプロパティには多くの不整合がある。業界では、実績のある印刷パラメータと定義された仕様を持つ材料の強固なデータベースが不足している。その結果、一貫した再現性のある3Dプリントプロセスを実現することが難しくなっている

人材の専門知識不足

- 現在、業界は3Dプリント技術のケイパビリティを理解するという点で知識のギャップに直面している。3Dプリントの利用には、コンピュータによる設計、3Dプリンターの運用・保守の理解、原材料の準備や管理など、様々なスキルが必要となる
 - 業界全体の基準がないため、安定した有能な人材の育成・創出が難しい状況



初期投資費用

- 3Dプリント機器や材料のコストは高価。さらに、企業はソフトウェアの調達、従業員への教育、後処理装置の購入、3Dプリント設備の設置などを行う必要がある
- 3Dプリントは変動費であり、他の製造方法と異なり、量産時に単位当たりのコストが下がることはない。また、3Dプリンターを使用して医療用モデルなど特定の製品を大量に生産することに伴うコストも高くなる

制限されたビルドサイズ

- 3Dプリンターでは、印刷可能なパーツのサイズを制限する小さな印刷用のチャンバーがあるために、「単一の大きなコンポーネント」を作成できない
- 大きなパーツは別々にプリントし、製造後に結合する必要があるため、生産にかかるコストや時間の増加につながる可能性がある。また、溶接や機械的接合などの従来の工程で部品を接合するため、手作業が必要となる

Source: Top Challenges to Widespread 3D Printing Adoption, Stratasys, [Link](#); Top 3D Printing Challenges:How to Overcome Them, Jabil, [Link](#); 10 of the Biggest Challenges in Scaling Additive Manufacturing for Production, AMFG, [Link](#); 5 of the Biggest Challenges Facing Manufacturers in 3D Printing, Apple rubber, [Link](#)

3D Printing

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

市場の主要プレイヤー

Stratasys、3D Systems、Protolabs、Materialise、SLM、ExOneは、航空宇宙、防衛、自動車、消費者製品、医療機器、電子機器、石油・ガスなどの様々な業界に3Dプリントサービスとソリューションを提供するトップ10企業の一角。

主要なプレイヤー	機能性と対象産業	主顧客
Stratasys	- 製品ポートフォリオには、炭素繊維、エラストマー、FDMおよびポリジェット材料の印刷が可能なFDM、ステレオリソグラフィおよびポリジェット3Dプリンタが含まれる - 同社の3Dプリンターは、製造、治具、部品製造、ラピッドプロトタイピング、複合工具など様々な用途で使用する - 対象産業：航空宇宙、自動車、消費財、歯科、医療、教育、鉄道	ボルボ、フォード、ホンダ、エアバス、シーメンス、ロッキード・マーチン、アウディ、グーグル、ポラリス
3D Systems	- プラスチックおよび金属製の3Dプリンタ、印刷材料、オンデマンド製造サービス、スキャナ、エンドツーエンド製造ソフトウェアのポートフォリオを提供 - 製品用途は、3Dスキャン、設計・エンジニアリング、製造、医療専門など。 - 対象産業：航空宇宙・防衛、自動車、ヘルスケア、歯科、教育・訓練、耐久財	Hybrid Technologies, Protocast-JLC, B & J Specialty, Inc., James Boag's, LGM, Confederate Motors, Daimler, Renault Sport Formula One Team, Capristo Exhaust Systems GmbH
Protolabs	- カスタムプロトタイプとオンデマンド生産部品の世界最速のメーカー 3Dプリント、CNC加工、板金、射出成形のカスタムパーツを少量生産し、試作品や小ロット生産に対応 - 対象産業：航空宇宙・防衛、自動車、家電、産業機器、医療	Lockheed Martin, PepsiCo, OVR Technology, Parker Hannifin, Brunswick Boats
Materialise	- ラピッドプロトタイピング、デザイン&エンジニアリング、アディティブマニュファクチャリングなど、さまざまなソフトウェアソリューションと3Dプリントサービスを提供 - 対象産業：航空宇宙、建築、アート&ファッション、自動車、CAD/PLM、消費財、ヘルスケア、機械・設備	Röchling Automotive, Samsonite, Peugeot, Adidas, Volvo, Philips, Sambon Precision & Electronics
SLM Solutions	- 金属製3Dプリンターのメーカーで、ソフトウェアソリューションも提供。選択的レーザー溶解の分野における機械と統合システムソリューションの開発、組立、販売に注力 - 対象産業：航空宇宙、自動車、エネルギー、工具、医療、歯科	ASCO Industries n.v., Hirschvogel Automotive Group, Rosswag GmbH, Etteplan Oyj, Rolls Royce
ExOne	- バインダージェット技術と工業用素材を活用した3Dプリントシステムとサービスを提供 - 同社のシステムは、様々な金属やセラミックの機能部品を直接印刷できるほか、砂型 casting の中子や鋳型を間接的なプロセスで印刷することも可能 - 対象産業：航空宇宙、自動車、装飾、防衛、鋳造、重機、医療・歯科、石油・ガス、ポンプ・油圧、研究開発	MiMtechnik GmbH, Shapeways, HV3DWorks

Source: About us, Stratasys, [Link](#); 3D Systems, [Link](#); Protolabs, [Link](#); Materialise, [Link](#); SLM Solutions AG, [Link](#); ExOne, [Link](#); 10 Top 3D Printing Companies, Investing News, 6 November 2019, [Link](#); List of Top 10 3D Printing Service Companies in The World, pick3dprinter, [Link](#); Three of the Biggest 3D Printing Companies, Investopedia, 31 October 2019, [Link](#)

ケーススタディ

シーメンスは、3Dプリント技術を用いて、ヨーロッパのESD規格に準拠した材料を使用し、エレクトロニクス工場で複雑な部品を製造。Harris Corporationは、Nano Dimensionの3Dプリンタを使用して複雑なRF回路を1枚のプリントで製造し、製造時間を大幅に短縮。

 対象企業	 課題/ねらい	 リューション	 得られた成果
Siemens — SiemensAGは、電化、自動化、デジタル化に重点を置くグローバル企業 — Siemens Manufacturing-Karlsruhe (MF-K) サイトは、主にプロセス自動化、産業用通信機器、識別機器、および顧客専用の産業用PC向け製品の製造に取り組んでいる	— MF-K内のイノベーション研究所では、3Dプリント技術を用いたソリューションのテストと開発を行っている — MF-Kは電子工場として、静電気に敏感な部品を扱っており、使用中に静電気放電(ESD)によって破損したり、破壊されたりする可能性がある — 3Dプリンタと材料をESD規格に適合させる必要がある	— 欧州のESD規格に準拠し、信頼性と再現性の高い3Dプリントを可能にするStratasys社のFortus 450mc™とABS-ESD7™ 素材を選択 — Fortus 450mcは、Siemensがイノベーションラボで開発、テスト、統合された自動化ソリューション用の高性能熱可塑性プラスチックから耐久性と寸法安定性に優れた添加剤コンポーネントを製造するのに有用となっている — StratasysのFDMシステムとPolyJetシステムは、アセンブリ固定具、製品に依存したトレイ、ロボットグリッパーの製造に成功	— 生産システムの複雑性を低減 — スループット時間の短縮と費用対効果の向上 — 設計の自由度が高く、コンパクトな構造物の印刷に対応
HARRIS — Harris Corporation (L3Harris Technologies) は、無線機器、戦術無線機、電子システムを製造するアメリカのテクノロジー企業	— 従来の製造方法を使用して無線周波数 (RF) 回路を製造することは、複雑で多段階のプロセスであり、高コストとなる — 電子線および通信システム用RF回路の専門家として、Harrisはこれらのデバイスの移動性とパフォーマンスを向上させたいと考えている	— 3DプリントRFシステム用のマルチマテリアルDragonFly Pro 3Dプリンタを活用するために、Nano Dimensionとの連携を選択 — ナノディメンション技術により、1枚のプリントでRF回路の設計・製造が可能となった — Nano Dimension社の銀ナノ粒子導電性インクとその誘電体インクを使用して、101x38x3mmの回路を印刷するのにかかった時間はわずか10時間 — 3DプリントRF回路は従来のRF回路と同様の性能を示した	— プロトタイプ作成の時間とコストを削減 — 生産の複雑さを軽減し、1回の印刷で回路を生産可能

Source: Harris Corp. and Nano Dimension successfully 3D print RF circuit, 3D printing media and network, 7 November 2018, [Link](#); Siemens AG in Karlsruhe uses 3D printing to develop innovative automation solutions, Stratasys, [Link](#);

3D Printing

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

近年の動向: 3Dプリント企業

3D Systems、ExOne、Materialiseは、3Dプリント技術を発展させるため、他のさまざまな業界企業と提携している。

主な動向（2019年1月~2020年4月）				
企業	日付	カテゴリー	内容	出典
3D Systems	2020年1月	共同開発契約	— イスラエルのバイオプリンティング材料開発会社CollPlant社との共同開発契約を発表。サードパーティの協力者のための細胞と骨格のバイオプリンティングソリューションの作成を目指している。	リンク
	2019年8月	提携	— 3D SystemsとGF Machining Solutionsは、共同ブランドの添加剤製造システムを中華圏に導入するための継続的なパートナーシップの拡大を発表。	リンク
ExOne	2019年11月	協業	— Elnik SystemsおよびDSH Technologiesと共同で、バインダージェット方式を用いて3Dプリントされた金属の焼結の標準化を図る。	リンク
	2019年6月	提携	— Siemensと提携し、ソフトウェアと自動化技術のDigital Enterprise PortfolioをExOne社のS-Max Pro 3Dプリンタに統合。	リンク
	2019年5月	協業	— Sandvik Additive Manufacturingとの材料提携により、先進的なバインダージェット製造技術を開発することを発表。	リンク
	2019年2月	協業	— Catalysis Additive Toolingとの共同で、低~中量生産部品の3Dプリント金型用の新プロセスを開発したことを発表。	リンク
Materialise	2019年5月	戦略的提携	— Hewlett-Packard (HP)との戦略的提携を強化し、HPの新しい3Dプリントソリューションである「Jet Fusion 5200」及び「Jet Fusion 500/300」を、Materialiseの「Build Processor」及び「Magics 3 D Print Suite」と統合。	リンク
	2018年11月	製品・ソリューション開発・発売	— 3Dプリントの生産性向上と効率化を実現するソフトウェアプラットフォーム「Magics 23」のリリースを発表。	リンク
	2018年7月	出資	— BASFは、3Dプリント用の材料とソフトウェアの最適化における両社の協力関係を拡大するため、Materialiseに2500万米ドルを出資することを発表。	リンク

近年の動向: 3Dプリント企業

新たな3Dプリントサービスを開始することでポートフォリオを拡大し、顧客により高度な印刷機能を提供。
また、**Stratasys**社は、**Vulcan Labs**社と**Evolve Additive**社を分社化。

主な動向（2019年1月~2020年4月）				
企業	日付	カテゴリー	内容	出典
Protolabs	2019年10月	製品・ソリューション開発・発売	— 設計技術者が、製品と同じ素材を使った試作品を開発、テストできるようにすることを目的に、ヨーロッパの顧客向けに新しいポリプロピレン (PP) 3Dプリントサービスを開始。	リンク
	2019年9月	製品・ソリューション開発・発売	— 新しいCarbon Digital Light Synthesis™ 技術により、量産部品を対象とした産業用3Dプリント機能を拡張。	リンク
SLM Solutions	2019年12月	協業	— Honeywellと共同で、厚さを増した印刷を可能にする新しいアディティブ・マニファクチャリング用パラメータを認定。	リンク
	2019年11月	提携	— SLM SolutionsとDivergent Technologiesは、次世代のアディティブ・マニファクチャリング製造機を購入し、戦略的パートナーシップをさらに深めていくための予備的合意書を締結。	リンク
	2019年3月	提携	— スーパーカー用の複数の部品を3Dプリントで作成するためBugatiと提携。	リンク
Stratasys	2019年10月	製品・ソリューション開発・発売	— 新型のデジタル解剖学3Dプリンタを導入し、機能解剖学モデルに超現実的なシミュレーションとリアリズムをもたらした。	リンク
	2018年4月	分社化	— Vulcan Labs, Inc.とEvolve Additive Solutionsの分社化とその後の独立した2つの事業体の設立を発表。	リンク
	2018年4月	協業	— StratasysとPhoenix Analysis & Design Technologies, Inc.は共同で、NASAの深宇宙探査機「Orion」の3Dプリント部品を提供するロッキード・マーチン・スペースとの協業を発表。	リンク

近年の動向: 電機・電気機器メーカー

シーメンス、住友、シュナイダーなどの電気・電子製品メーカーは、アディティブ・マニュファクチャリング能力を拡大するために、他の3Dプリンティング企業とパートナーシップを結んでいる。三菱電機は、製造業の生産性向上を目的とした独自の3Dプリントシステムを発売。

主な動向（2018年1月～2020年4月）

企業	日付	カテゴリー	内容	出典
Bosch	2019年7月	製品・ソリューション開発・発売	— アディティブマニュファクチャリングによる部品を製造し、同社の3Dプリント機能を拡大することを目的としたスタートアップとして、新たな子会社のCeres iAMを投入。	リンク
三菱電機	2018年10月	製品・ソリューション開発・発売	— 「ドットフォーミング」 Direct Energy Deposition (DED) による新しい精密金属印刷の開発を発表。この新システムは、自動車や航空宇宙産業向けのニアフィニッシュ部品の製造で生産性の向上が期待されている。	リンク
Schneider Electric	2018年6月	提携	— Platinum 3 DおよびProdwaysと提携し、工業製品の開発サイクルを加速させるために3Dプリント技術を取り入れる	リンク
Siemens	2019年11月	買収	— アディティブ・マニュファクチャリング能力を拡大するため、Atlas 3D, Incの買収契約を締結。	リンク
	2018年6月	提携	— SiemensとHPは、アディティブ・マニュファクチャリングと3D設計のさらなる革新に向けて提携を拡大。両社は今後、Siemens PLM software及びHP MFJ printing technologyのユーザーに高度な機能を提供することで、フルカラー3Dプリントや設計へのアクセス性を高めていく。	リンク
住友商事	2020年1月	出資	— アディティブ・マニュファクチャリング分野でのポートフォリオ拡大のため、Elementum 3D, Inc.への出資を発表。	リンク

KPMG

AR/VR



AR/VR

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

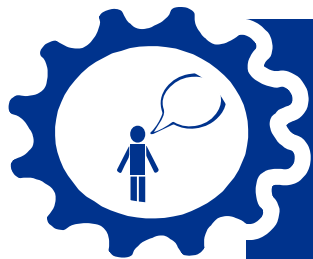
— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

技術概要

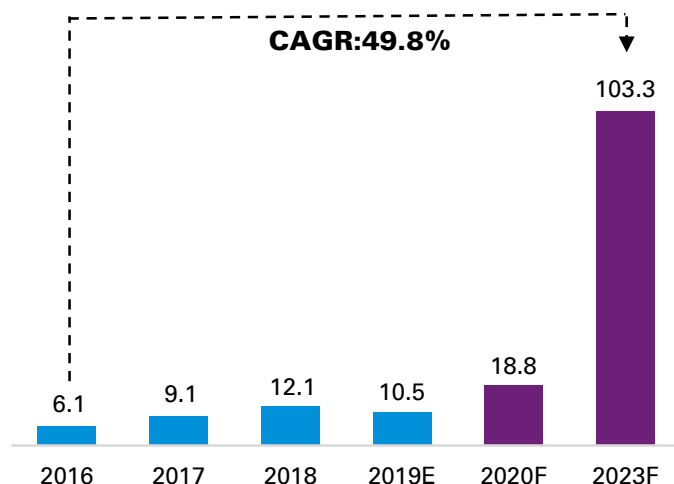
世界におけるAR/VRへの支出は、製造業および医療、物流等の業界における需要の増加に伴い、**2016年から2023年にかけてCAGR 49.8%**で急増し、**1,033億米ドル**に達すると予想されている。



定義

- 拡張現実（Augmented Reality, AR）は、コンピュータにより生成される、人との対話性を備えた3次元環境を意味する。この仮想世界は、ユーザーが異なる視点から世界を観察することを可能にし、その過程で、ユーザーには実世界の様子がわかることはない
- 仮想現実（Virtual Reality, VR）は、デジタルコンテンツと分析を実世界に重ね合わせることによって、ユーザーの実世界を拡大する技術。VRとは異なり、実世界を視覚的な環境に置き換えるものではなく、ユーザーは周囲の様子を把握できる

世界におけるAR/VR投資額 2016～23（予想）
（億米ドル）



E:Estimates; F:Forecasted

Source: "Worldwide Spending on Augmented and Virtual Reality Expected to Reach \$18.8 Billion in 2020, According to IDC", IDC, [Link](#); "Augmented reality and virtual reality market", Markets and Markets, [Link](#); "Augmented reality and virtual reality market", Fortune Business Insight, [Link](#); Forecast augmented (AR) and virtual reality (VR) market size worldwide from 2016 to 2020, Statista, [Link](#); all sources accessed on 28 April 2020

マーケット概要

- 世界におけるAR/VRへの支出は、下記の要因により、**2019年から2023年にかけてCAGR 77.0%**で増加し、**1,033億米ドル**に達すると予想されている
 - AR/VR技術に対する需要が最も高いゲーム産業でのAR/VRデバイスの応用
 - 研修、マーケティング等様々な用途を目的とした、製造、物流、医療、自動車産業での導入
 - AR/VRのグラフィック、計算、コンテンツ、センサー、およびディスプレイの急速な技術進歩
- 世界におけるAR/VRへの支出は、**2019年から2020年にかけて約78.5%**増加し、**188億米ドル**に達すると予想されている
 - 2020年の投資額は、小売業が15億米ドル、個別生産製造業が14億米ドルと見込まれており、最も支出の多い産業となっている
 - 地域別投資額では、中国の58億米ドル、米国の51億米ドル、西欧の33億米ドルが最多となる予想
 - 予想期間中のAR/VR支出の3分の2近くをハードウェアが占め、ソフトウェアとサービスが次ぐことが予想されている

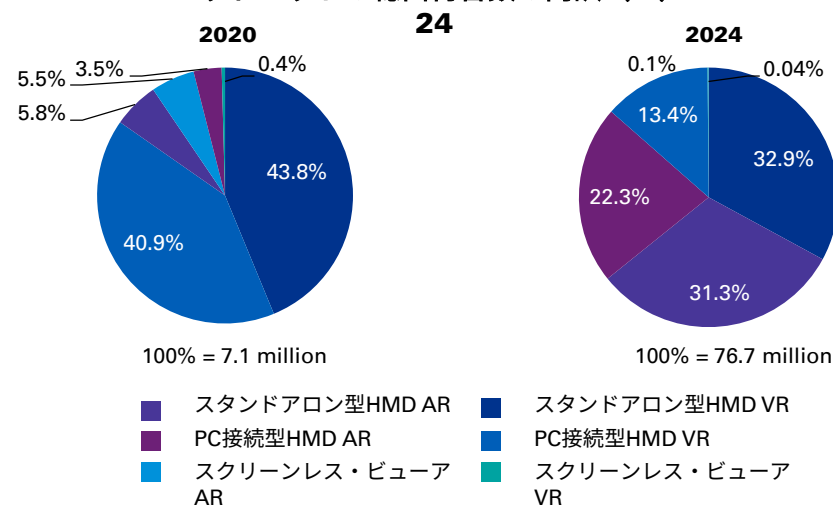
技術概要

AR/VRヘッドセットの総出荷台数は、**2020年に710万台、2024年に7,670万台に達すると見込まれており、**
そのうちスタンドアロン型HMD VRとテザー型HMD ARが総出荷台数の大部分を占めることが予想されている。



- AR/VR市場は様々なハードウェアセクターから構成されており、AR/VRヘッドセットは広い意味でのAR/VR市場の成長基調にあるものの1つ
- AR/VRヘッドセットは、スクリーンレス・ビューア、スタンドアロン型HMD（ヘッドマウントディスプレイ）、PC接続型HMDの3種類に大別される

AR/VRヘッドセットの総出荷台数の内訳（%）2020～



AR/VRヘッドセットの種類

- **スクリーンレス・ビューア**：スマートフォンを使ったAR/VR体験に使用。ユーザーは自分のスマートフォンをヘッドセットに挿入して、目の前のスクリーンを見ることが可能
- **スタンドアロン型HMD**：このデバイスには、プロセッサ、センサー、バッテリー、ストレージメモリ、ディスプレイが組み込まれているため、コンピュータやスマートフォンに接続する必要がない
 - Hololens2がスタンドアロン型ARヘッドセット、Oculus Goがスタンドアロン型VRヘッドセットの例
- **PC接続型HMD**：ヘッドセットをHDMIケーブルまたはUSBでコンピュータに物理的に接続して使用するテクノロジー
 - North社の次世代FocalsがPC接続型ARヘッドセット、HTC ViveがPC接続型VRヘッドセットの例

セクターフォーカス

- 重工業におけるAR/VR技術の導入が急増する理由として、下記が挙げられる
 - 保守点検が容易に
 - 品質管理の効率化
 - 複雑な組立作業等の合理化



本スタディでは、重工業における
AR/VRについて考察

Source: "How AR and VR are transforming training in manufacturing", Control Engineering, [Link](#); "Augmented Reality and Virtual Reality in manufacturing and industry", Arts, [Link](#); "Worldwide Spending on Augmented and Virtual Reality Expected to Reach \$18.8 Billion in 2020, According to IDC", IDC, [Link](#); "Augmented reality and virtual reality market size is expected to reach US\$571.4 billion by 2025", PR Newswire, [Link](#); "AR and VR headsets will see shipments decline", IDC, [Link](#) all sources accessed on 28 April 2020

適用事例

重工業では、複雑な組立手順の簡素化、品質チェック、安全性の確保、作業者の教育、機械のメンテナンス状況の評価、設計と仮想プロトタイプの作成等にAR/VRが使用される。

- 重工業におけるの製造活動には、複雑な組立部品を短時間で配置する作業がある

- AR技術は、100%の精度と高速スピードで製品の組立を実施する際に有用な技術。当技術の使用により、組立ライン作業者の作業を簡素化し、製品組み立てのやり直しによるコストを最小限に抑えることができる

組立作業の
合理化

安全性

- VR技術は、製造設備内の危険、リスク、潜在的脅威を、発生前に検出するために使用され、作業者の安全を確保する

- AR/VRは、機械の品質とパフォーマンスの評価にも使用される。品質保証担当者が、様々な部品や組立部品の画像を撮影

- それらの画像を、ARオーバーレイを使ってサプライヤーが提供する画像と比較
- 品質保証担当者は、仕様外の特性を確認することで、機械または部品品質を迅速に評価することが可能

品質保証

作業者の教育

- 製造プロセスの複雑な細部すべてについて、従業員を指導するために独自の研修ツールを作成

- 例えば、作業者は、AR対応のゴーグルやVRヘッドセットを使い、機械の修理方法を手順ごとに目や耳で学習することができる。これにより、マニュアルを読む手間が省け、マニュアルの理解に苦労することも少なくなる。

- AR/VRツールは機械の保守要件の調査にも使用される。ARデバイスは、点検修理または保守が必要な機器またはハードウェアがある場合に保守担当者に通知を出す。よって、従来の推測手順が不要になり、より迅速な修理と復旧が可能になる

機械の
メンテナンス

3D設計および
仮想プロトタイプ
の作成

- 重工メーカーでは、VRを活用することで、物理的なプロトタイプを作成することなく、製品の外観や設計を詳細に明示

- VR技術は、製品設計の実現可能性を迅速に評価し、重機の製造前に検出。これにより、メーカーがマーケティング活動により多くの時間を費やすことが可能になる

Source: "Usage of AR and VR within heavy industry", Versotek, [Link](#); "Augmented reality and virtual reality trends and use cases in IIoT", I scoop, [Link](#); "AR-VR and its use in manufacturing", Efficient Manufacturing", [Link](#); "The state of immersive technology", I Flexion, [Link](#); "Trends in plant maintenance and manufacturing: the rise of AR & VR", Better Business in Industrial, [Link](#); all sources accessed on 16 April 2020

AR/VR

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

主要技術

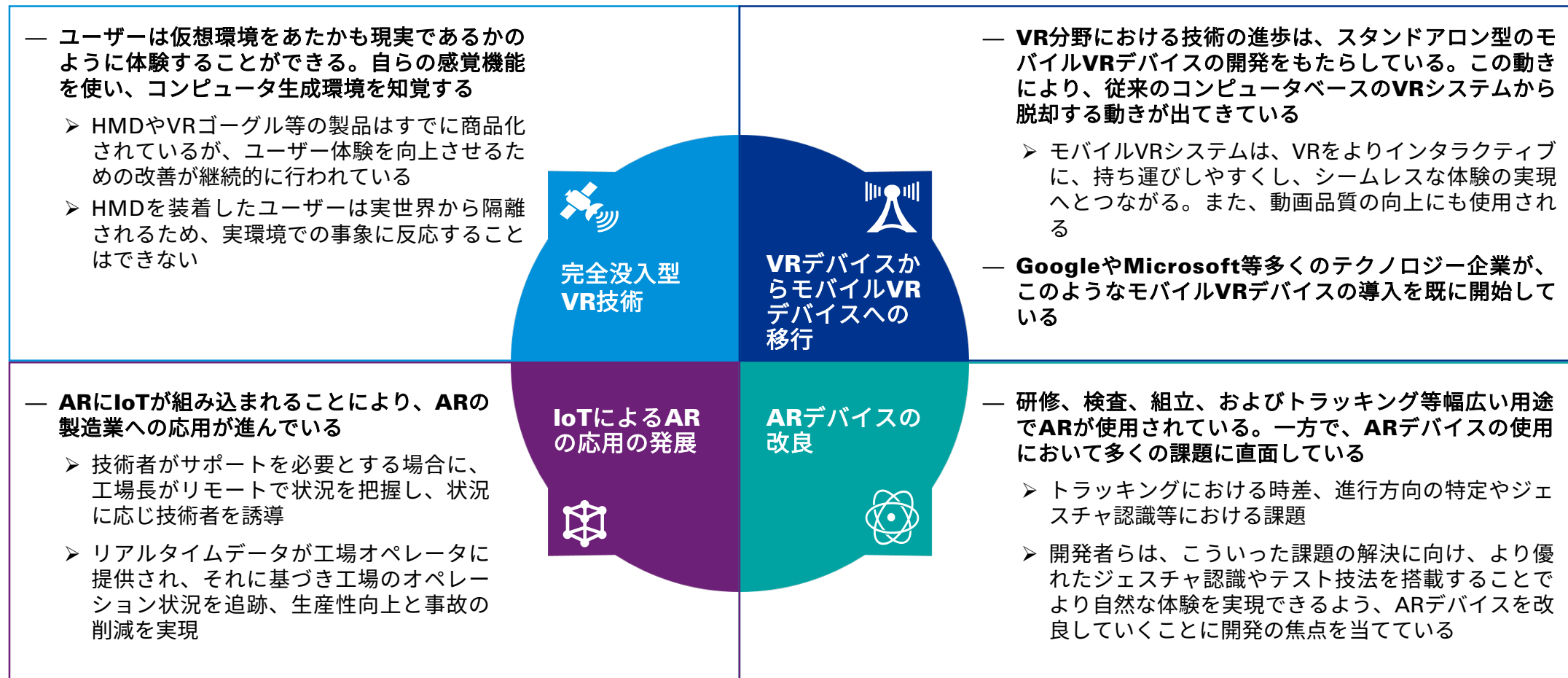
VR分野では現在、半没入型技術と非没入型技術が、AR分野では、マーカーレス型、マーカー型、投影型、およびSuperimposition型技術が使用されている。

	説明	応用
VR	半没入型技術 — ユーザーは、実世界の物理的物体、視覚、聴覚、匂いおよび触覚に接続され状態で、3次元仮想環境を観察することができる ➢ 高解像度ディスプレイ、投影システム、シャッタ眼鏡が、この技術の例	— 航空機用タービンエンジンの異なる部品の組立
	非没入型技術 — ユーザーに仮想環境に没入している感覚を与えることなく、模擬環境を提供 — ユーザーは実世界の状況を制御し、周囲にある聴覚、視覚、触覚系システムを利用。例：コンピュータ生成環境を表示するディスプレイの使用	— 仮想製品の多角度からの視覚化と設計
AR	マーカーレス型AR — 位置ベースの技術で、GPS、コンパス、ジャイロ스코プ、加速度計を使ってユーザーの位置情報を捉え、マップを生成し、ナビゲーションサポートを可能にする	— 壁、モノ等の位置検知
	マーカー型AR — カメラの前にあるモノを識別し、それに関する情報を画面上に表示 — この技術を使うことで、物理的な物体をスキャンし、その物体の精密な3Dモデルを観察することができる	— メンテナンス問題の解決 — 検査プロセスの実施
	投影型AR — 実世界においてデジタル画像を投影する技術で、投影画像は物理的な物体上にマッピングされる — 画像投影にスマートフォンや装着型ARを使用せずに、可視光カメラに深度カメラ等の3Dセンシングシステムとを組み合わせたマシンビジョン技術を使用	— 設計評価 — ハイブリッド結合およびハイブリッドモデリング — 成形部品の目視検査、およびスポット溶接の精度向上
	重畳表示型AR — 元の画像を完全または部分的に置換え、置換え後の物体の画像を表示	— 製品および工場レイアウト、保守・修理活動の設計

Source: "Projected augmented reality", Cantina, [Link](#); "Marker-based vs markerless", Business 2 community, [Link](#); "03Different types of augmented reality", Digit, [Link](#); "Augmented reality marker based to aid Inspection and maintenance process in automotive industry", International Journal of Engineering and Advanced Technology, [Link](#); "Projection-based augmented reality in engineering applications", Research Gate, [Link](#) all accessed on 20 April 2020

新興技術

技術の進歩は、完全没入型技術**VR**の開発、コンピュータベースからモバイル**VR**デバイスへの移行、より高度かつ改善された**AR**の応用および**IoT**と**AR**のコラボレーションをもたらす。



Source: "5 Breakthroughs coming soon in augmented and virtual reality", Singularity Hub, [Link](#); "Augmented reality (AR) trends: the past, present & future predictions for 2019", towards data science, [Link](#); all accessed on 21 April 2020

AR/VR

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

浸透ドライバー

AR/VRの成長の主要因には、仮想工場を推進する技術の進歩、5G技術の大規模導入、運用コストの最小化、製造ライフサイクルのさまざまな段階での効率性の向上等が挙げられる。

仮想工場への移行	5Gネットワークの導入	他業務におけるコスト削減	製造の各段階における効率性の向上
			
— 急速な技術の進歩により、製造業は徐々に仮想工場モデルへと移行しつつある ➢ 仮想工場とは、物理環境のデジタル・レプリカを使用することにより製造チェーンの活動が管理される製造施設を指す — AR/VRツールを多数導入することで実現される環境 ➢ 製造設備にVRゴーグルを接続し、製造ラインの各設備をリモートでモニタリング	— 5Gネットワークを広範囲で導入することで、AR/VRデバイスの展開を加速することができる — 5G技術により待ち時間の短縮と高い信頼性が実現され、製造業において重要なアプリケーションをサポートできる — 5G技術は、製造業におけるAR/VRの応用を下記の面からサポート ➢ 変更に対する柔軟性向上、コストの削減、生産、再設定、レイアウト変更に要するリードタイムの短縮 ➢ 5Gネットワークを通じた、ディスプレイアプリケーションの動画品質およびデータ速度の向上	— 製造業のさまざまな活動にAR/VRを取り入れることで、コスト削減につながる ➢ AR/VRの使用による、1つの仮想プロトタイプのみで修正を入れるだけでよく、複数の仮想プロトタイプの作成が容易に。この場合、複数のフルスケールモデルの作成は不要 ➢ その他、採用、研修、インフラ等の領域における、AR/VRの使用によるコスト削減	— AR/VRソリューションを使用すると、実世界での実行前であっても、製造プロセスをシミュレーションし、改善することができる ➢ AR/VRデバイスの導入による、機械の予防保全。これにより、故障を減少させ、ダウンタイムを回避し、製造装置の生産時間を増加 ➢ 設計、計画、機械加工等の作業を、当初から最適に実行。これにより、作業の反復や修正の必要性を減少させ、プロセスの効率性を向上

Source: How Virtual Reality is Changing the Manufacturing Game”, CMT, [Link](#); “How AR/VR will change the reality of manufacturing?”, Pluto Men, [Link](#); “The virtual factory of the future”, Altran, [Link](#); “5G for manufacturing”, Ericsson, [Link](#); “How 5G will affect augmented reality and virtual reality”, ZD Net, [Link](#); all sources accessed on 17 April 2020

課題

熟練労働者の不足、**AR/VR**デバイスコストの高さ、安全性への懸念、適切かつ高品質のコンテンツの欠如等の要因により、**AR/VR**の広範な導入が制限されている。

熟練労働力の不足

- 世界における製造業では、**2030年までに800万人以上**の労働者不足に直面し、それにより約**6,070億米ドル**の損失が生じることが予想されている
- **AR/VR**のような先端技術の急速な発展に伴い、十分な訓練を受けた熟練労働者の必要性が高まっている実態
 - AR/VRデバイスの操作方法に関する専門知識が不足しているため、そういった技術をフルに活用することが困難になり、ひいては労力や時間の浪費につながる懸念

コンテンツの不足

- **AR**開発者は質の高いコンテンツ不足という課題に直面。**AR**導入を成功へと導くには、**AR**の利用を想定しているプロジェクトについて、**AR**の使用事例と**3D**モデルを見つける必要がある。
- メーカーでは、必要なデータの取得と収集において、さらなる課題に直面している
 - 多くの工場には、製造から20年以上経過した設備や機械があり、こういった機械設備は相互に接続されておらず、データを収集する設備が欠如

高い導入コスト

- **AR/VR**システムを導入するには、異なる構成部分を導入する必要があり、メーカーでコスト負担が発生する
 - マーカー型ARのコストは、3Dモデル化されたモノの相互作用あたり約5,000米ドルから1万米ドルであり、また、本格的なARアプリケーションの開発に使用される装着型AR製品の価格は5万~10万米ドルになる

安全性への懸念

- 多くのメーカーが、サイバー攻撃や**AR/VR**アプリケーションの安全性を懸念し、**AR/VR**の導入に抵抗を示している
- **AR/VR**システムが攻撃を受けた場合、工場全体の活動が妨害される他、重要なデータが流出する恐れもある
- マルウェアやプライバシーのリスクに加え、**AR/VR**デバイスの広範な使用により労働者に健康上のリスクをもたらす可能性もある
 - AR/VRヘッドセットの長時間使用による頭痛や首への負担、および有害な光源にさらされる可能性



Source: "Augmented reality & virtual reality", Synechron, [Link](#); "The challenges to implementing AR in enterprise", Gigabit, [Link](#); "Obstacles for the use of AR/VR in the manufacturing industry", Zuhlke, [Link](#); "5 challenges to mainstream AR adoption", Allerin, [Link](#); all sources accessed on 22 April 2020

AR/VR

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

主要プレイヤー

AR/VR市場は、Scope AR、Inglobe Technologies、Microsoft、Autodesk、Eon Reality等の企業が首位を固める市場。

主要なプレイヤー	機能性と対象産業	主顧客
Scope AR	— 米国を拠点とし、フィールドメンテナンス、製造、トレーニングなどの分野を中心に、産業界の顧客にARソリューションと製品を提供 — 単一ARプラットフォームであるWorkLink上での作業指示やリモート支援の提供が専門 — 対象産業：産業機械、電気事業、製造業、	Caterpillar、Lockheed Martin、Unilever、Prince Castle、Beckton Dickinson等
Inglobe Technologies	— 2008年に設立され、イタリアを拠点の企業で、ARソリューションと知覚コンピューティングシステムの開発が専門。 — 開発者向けツール、エンドユーザー向け製品、カスタマイズされたソリューションも提供 — 技術開発で首位に立つため、Autodesk、Microsoft、Cisco、Maxon等と提携	Sony、Novartis、Intel、Ikea、Foster + Partners、Ford、Gensler、Embraer、Huawei等
Microsoft	— 企業向けのさまざまなAR/VRベースのソフトウェアおよびハードウェアソリューションを開発および製造、ならびに、ライセンス供与も実施 — 対象産業：製造、自動車、ヘルスケア、小売・消費財、金融サービス等	Bentley、Thyssenkrupp、Johnson Controls、Good Year、Brembo等
Autodesk	— 米国を拠点に、AR/VR技術用ソフトウェアを提供。提供するAR/VRソフトウェアの大部分が、設計関連の用途に特化。 — 対象産業：建築、エンジニアリング、建設、自動車、メディア、エンターテインメント、ライフサイエンス、教育等	Starbucks、Siemens、Fruehauf、Kolb Design Technology、Staud Studios、Briggs Automotive Company等
Eon reality	— 米国に拠点を置くAR/VRソフトウェアのプロバイダであり、顧客向けトレーニングソリューションの提供が専門分野	Boeing、Microsoft、Lexus、Cornell University等

Source: “Company website”, Scope AR, [Link](#); “Company website”, Inglobe Technologies, [Link](#); “Company website”, Auto Desk, [Link](#); “Company website”, Eon Reality, [Link](#); “Company website”, Microsoft, [Link](#); all sources accessed as on 23 April 2020

ケーススタディ

CaterpillarはScope ARとの提携を通じ、リモートベースARアプリケーションの活用して、機械のメンテナンス作業の効率化およびダウンタイムコストの削減を企図。CNH Industrialは、Virtualisと提携してVRシステムを導入し、自社の設計能力を強化。VR会議機能等を活用。

 対象企業	 課題/ねらい	 リューション	 得られた成果
Caterpillar — 米国を拠点とする企業で、建設関連機器の設計、エンジニアリング、製造が専門	— 機器の修理やメンテナンスの問題に直面し、解決を企図 ➢ 自社の事業活動において、リモート支援サービスを利用することを企図	— Scope ARはCaterpillarに、ライブビデオストリーミング、音声、ライブアンテーション、スクリーン共有、ホワイトボード等のサービスを含む、ARベースのリモートサポートプラットフォームを提供	— 「Scope ARとの提携により、当社のオペレータとディーラーは、高水準のリモート・サポートを利用できるようになりました。このサポートにより、世界中の数百万の作業現場で、理解度が大幅に向上し、ダウンタイムコストが削減されることでしょう。」 Lonny Johnson (Caterpillar社 チームリーダー)
CNH — 米国を拠点に、農業・建設機械を設計・生産・販売	— VRシステムを利用し、設計の共同評価、製造プロセスの様々な側面へのVRの取り入れを企図	— VRシステムを活用するため、テクノロジー企業のVirtualisと提携、11台の統合型VRシステムを購入 ➢ 「Virtualis ActiveWalls」や、「ActiveSpaces」として知られるHMD、3D TVシステム等を社内の数か所に設置 — これらのVRシステムを使うことで、仮想モデルにおける自然な動きの最大化し、VRにより可能となる機能の活用、組立プロセス等の分析が可能に	— 「私たちは、設計の共同評価を実施するため、仮想現実システムを日常的に使用しています。チームを国外の同僚とつながることができたため、海外出張が減り、開発スケジュールが短縮されました。」 Kezhun Li (CNH社、デジタルプロトタイピング・シミュレーション部門長)

Source: "Scope AR and Caterpillar deliver first augmented reality-based remote support platform for heavy industry", Utility Contractor, [Link](#); "CNH case study", Virtualis, [Link](#); all sources accessed on 24 April 2020

AR/VR

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

近年の動向 — AR/VRプロバイダ

2018年4月から2020年4月にかけて、さまざまなAR/VR企業が製品ポートフォリオを拡大し、顧客に高度なアプリケーションを提供するために、多くの協力関係を締結。

主な動向（2018年4月～2020年4月）

会社名	年月	形式	内容	Source
Scope AR	2019年12月	買収	ARテクノロジー企業WakingAppを買収し、ARナレッジプラットフォームWorkLinkを開発。	Link
	2019年3月	資金調達	工業労働者向けのエンタープライズARソリューションを拡張するための資金として、シリーズAで970万米ドルを調達。	Link
	2018年5月	製品開発	リアルタイムのリモート支援とARによるスマートガイドの両方を1つのアプリケーションで利用できるプラットフォームを開発する計画を発表。	Link
	2018年3月	製品強化	自社のリモート支援エンタープライズアプリケーションにGoogleのARCoreを追加搭載し、モバイルAR機能を追加。	Link
Autodesk	2018年11月	協業	Unity Technologiesとの協業関係を延長し、自動車、建築、エンジニアリング等の業界におけるVR体験の提供を企図。	Link

近年の動向 — AR/VRプロバイダ

AR製品の開発者であるVuzixは、ARスマートグラス等の製品の開発に関する専門知識をさらに深めるため、他のテクノロジー企業と多くの協業関係を結んでいる。

主な動向（2018年4月～2020年4月）

会社名	年月	形式	内容	Source
Vuzix	2020年1月	製品強化	• 企業向け新型スマートグラス「M4000」を発表。ARの高度な機能が搭載された、より高品質なヘッドアップディスプレイを提供	Link
	2019年10月	提携	• ARエンタープライズソリューションのプロバイダであるLibrestream Technologiesとの提携を延長し、Vuzix M3000 XLおよびM4000スマートグラス向けソフトウェアの開発をサポート。	Link
	2018年10月	提携	• ARソフトウェア開発会社のWakingAppと提携。VuzixによるARスマートグラス製品の開発をサポートする目的で、WakingAppがARクリエイタープラットフォームを提供。	Link

近年の動向 — 産業機械メーカー

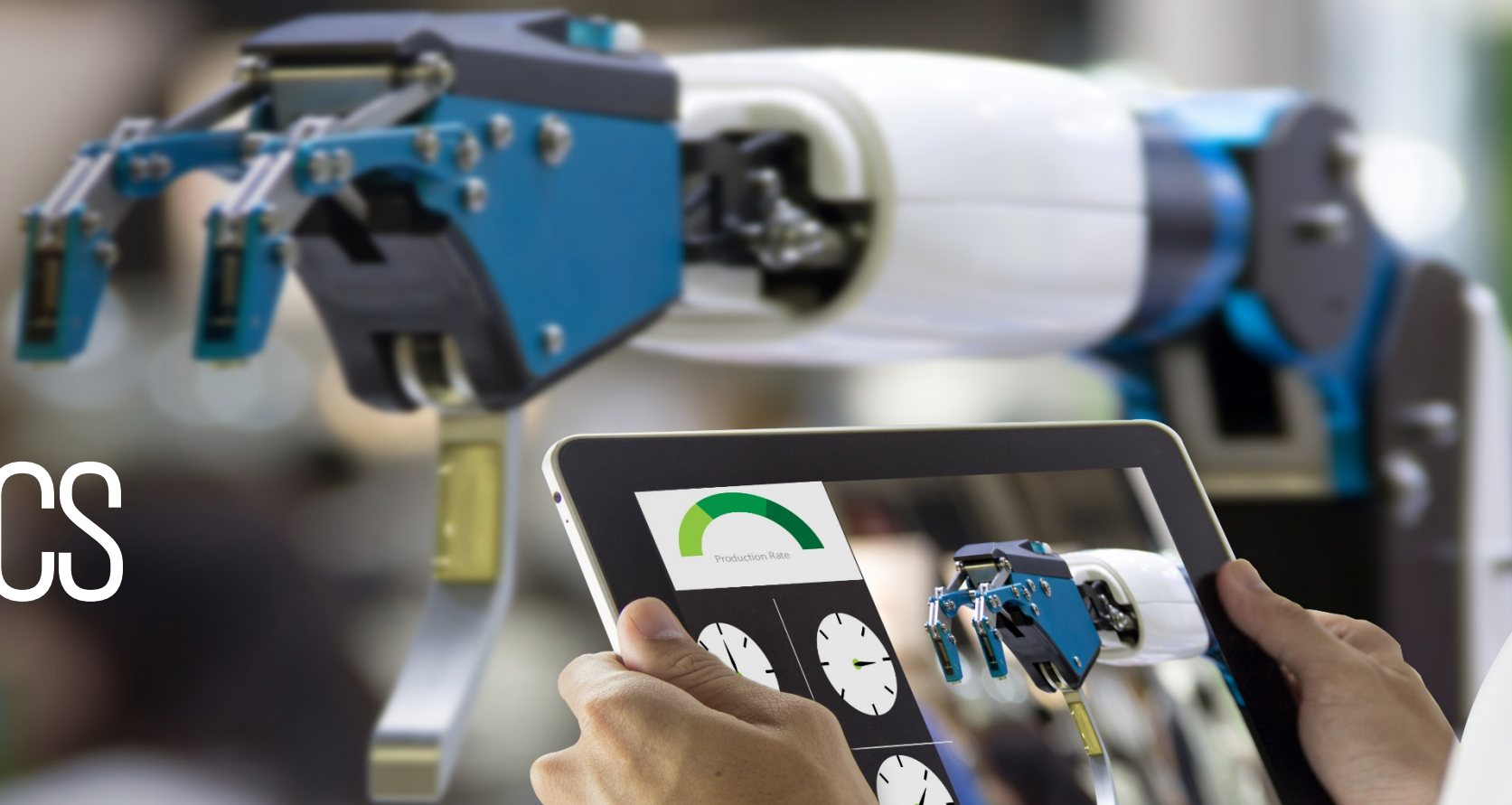
Caterpillar、コマツ、Liebherrを含む多くの重機メーカーで、従業員の教育、業務プロセスの合理化、製品のバーチャルディスプレイの提供を目的に、**AR/VR技術**を導入。

主な動向（2018年4月～2020年4月）

会社名	年月	形式	内容	Source
Caterpillar	2020年4月	製品開発	Procter&Gamble (P&G) やLockheed Martinと共同で、ARハードウェアとソフトウェアのガイドライン開発のプロジェクトを発足。ガイドラインのねらいは、ARテクノロジー企業による、産業ユーザー向け製品開発の支援。	Link
	2019年2月	製品開発	新しいVR安全性研修モジュールである、Cat Safety VRを導入。従業員が同僚とコミュニケーションをとり、業界特有の危険を特定する方法を学習する場として、仮想の4車線の地方幹線道路建設現場での体験を提供。	Link
コマツ	2020年3月	製品開発	建設現場向けソリューション「スマートコンストラクション」に、新たに複数のIoTデバイスとアプリケーションを導入。その1つであるAR技術を用いたアプリケーションでは、完成地形や施工途中の3D地形データをタブレット等を用いて現況地形と重ね合わせ、現場の作業進捗の視覚化を実現。	Link
Liebherr	2019年11月	製品開発	仮想建設現場をあらゆる角度から見ることができ、重量物運搬およびマテリアルハンドリングソリューションの製品ライン全体を仮想的に探索することができるARアプリケーションを立ち上げ。	Link
	2018年4月	製品開発	VRを利用してあらゆる角度から作業現場を見ることができるクレーン作業計画作成ソフトを導入。	Link



Robotics



Robotics

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

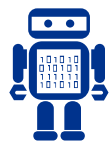
— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

技術概要

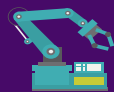
産業用ロボットの機能は発展を続けており、貨物の取扱いや一定の作業を行う従来のロボットから、作業現場でも安全に機能することのできる新型のロボットへと進化している。それにも関わらず、従来型ロボットが市場シェアの約97%も占めていた。



- 工業生産において、ロボティクスは、マテリアルハンドリングから最終製品の包装に至るまで広く使用されています。ロボティクスの使用により、反復的で危険かつ単調な作業を作業者が実施せずに済む
- 製造オペレーションでロボティクスを使用することで、人的エラーの減少、生産量の増加、製造サイクルの短縮につながる
- 多関節ロボット、デルタロボット、デカルトロボット等の従来の産業用ロボットは、50年以上にわたって市場で活躍。一方、協働型ロボットの導入率は、ここ10年間でようやく増加し始めた

産業用ロボット

産業オートメーション用に使用可能であり、3軸以上でのプログラミング、自動制御、リプログラミングが可能な多目的のマニピュレータロボット



ロボットの分類



移動型ロボット

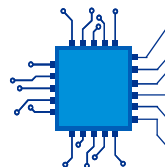
作業現場内を移動可能なロボット



協働型ロボット

共有作業場内で人間と直接対話するように設計されたロボット

セクターフォーカス



本スタディでは、**電気・電子製品製造**におけるロボティクスについて考察

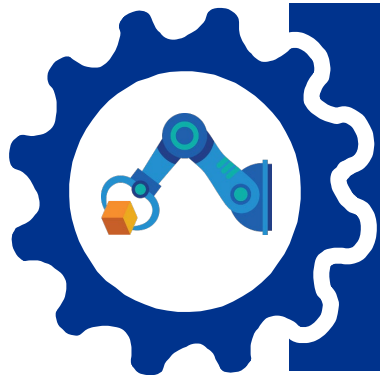
- **2018年のロボット導入台数は105,570台で、ロボット市場全体の25%を電気・電子産業が占めている** (IFR (国際ロボット連盟) の「**World Robotics 2019, Industrial Robots**」レポートより)
 - ロボットの導入では自動車産業に次いで世界第2位の産業
 - 電気・電子産業におけるロボット導入台数は、2013年来、CAGR 24%で増加

Note: ※ロボット導入数には、ソフトウェアや周辺機器は含まない。

Source: “Industrial robots - definition and classification”, IFR, 2016, [Link](#); “Executive Summary World Robotics 2019 Industrial Robots”, IFR, 2019, [Link](#); “World Robotics Report: Global Sales of Robots Hit \$16.5B in 2018”, Robotics Business Review, 22 February 2018, [Link](#); “Industrial Robotics Market Growth is Driven by Electronics Manufacturing”, Robotics Online, 14 November 2017, [Link](#); “Industrial Robotics Market”, MarketsandMarkets, 20 January 2020, [Link](#); “Automation boom in electrical /electronics industry drives 30% increase in sales of industrial robots”, IFR, 20 January 2020, [Link](#); all accessed on 6 April 2020

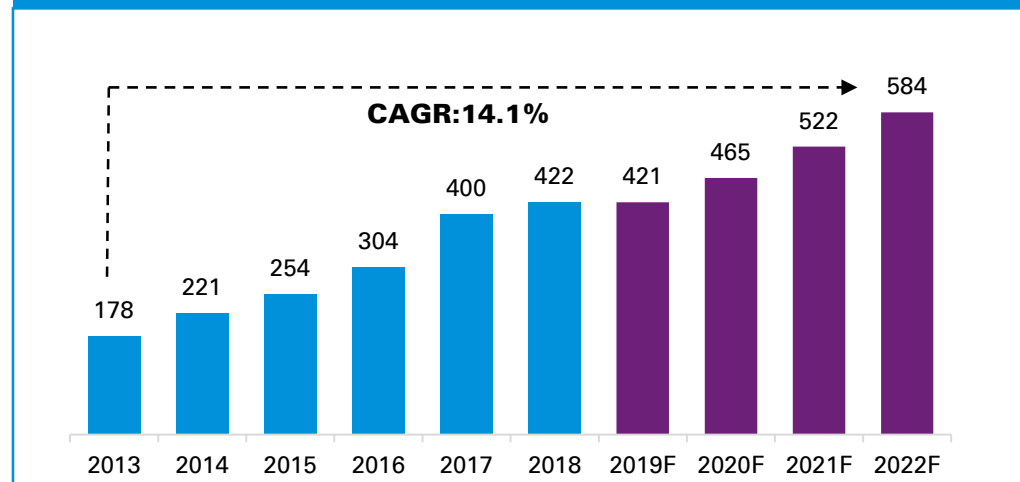
市場概要

自動化への企業の関心の高まりとロボティクス産業における継続的な技術進歩により、多数の業界でロボットの需要が継続的に増加。



- IFR（国際ロボット連盟）のWorld Robotics Reportによると、2018年の世界のロボット導入による年間売上高※は165億米ドルに達した。ソフトウェア、周辺機器、システムエンジニアリングを含めると、約500億米ドルに達したとのこと
- 2018年には、主要5市場（中国、日本、米国、韓国、ドイツ）が世界の導入台数の74%を占めた
- 世界のロボット導入台数※は、2018年の422,271件から、2022年には583,520件に達する見込み。市場を牽引するのは、人手不足による自動化の推進と業務の効率化です
- 協働型ロボット導入台数※については、2017年の11,000台から2018年の14,000台に増加し、2018年は全体の3.3%を協働型ロボットが、残りは主に、従来の産業用ロボットが占めた

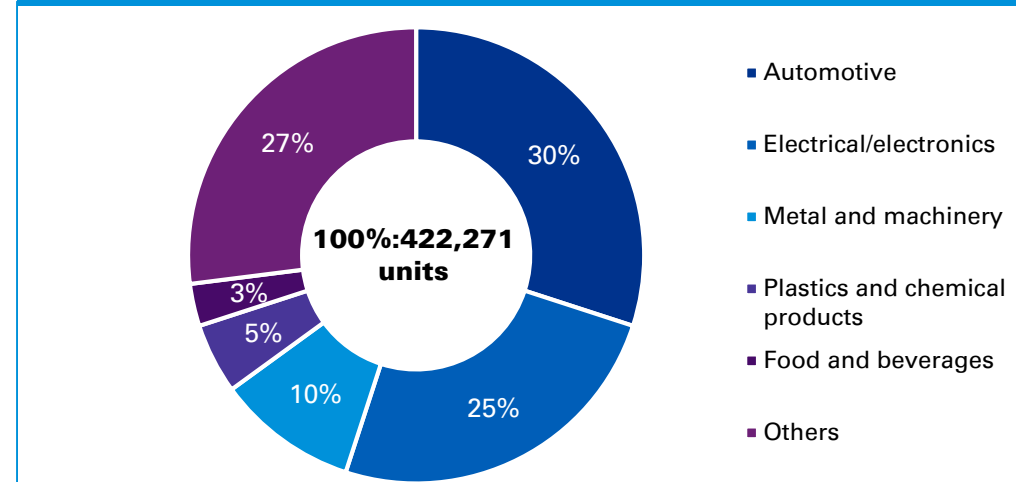
世界における産業用ロボットの年間供給台数予測（2013~22年）（千台）



Note: ※ロボット導入数には、ソフトウェアや周辺機器は含まない。

Source: "Executive Summary World Robotics 2019 Industrial Robots", IFR, 2019, [Link](#); "The Benefits of Automating Production Lines with Robots", Robotics Tomorrow, 22 February 2018, [Link](#); "Industrial Robotics Market Growth is Driven by Electronics Manufacturing", Robotics Online, 14 November 2017, [Link](#); "Industrial Robots: Robot Investment Reaches Record 16.5 billion USD", IFR, 18 September 2019 [Link](#); "Automation boom in electrical/electronics industry drives 30% increase in sales of industrial robots", IFR, 20 January 2020, [Link](#); all accessed on 6 April 2020

産業用ロボットの業界別年間導入台数（2018年）



適用事例

ロボットは、溶接、組立、梱包・ラベリング、パレタイジング、耐久性検査・試験等、プログラミングされたさまざまな作業を製造現場で実施。

- ロボットは小さな物体を正確に配置することができ、自動化された生産ラインの効果向上のための製品設計変更に対応する。ロボットによる自動化は、視覚システムと力覚センサーシステムにより可能となる
 - 視覚システムは、コンベアから部品をピックアップさせ、視覚の働きにより別の部品に合うよう調整する
 - 力覚センサーシステムは、はめ込みや固く締める作業等の組立作業に有用

組立

検査および
試験

- ロボットは、機械の視覚システムを利用しながら、品質管理のための検査および試験プロセスを実施
 - 視覚ベースの検査および試験の実施により、画像ベースの検査が可能となる。視覚技術を使用することで、ロボットは部品の形状を正確に測定し認識することができる
 - ロボットにAI機能が組み込まれたことで、作業現場における誤差に対処するようオペレータに促す等、必要な意思決定を行うだけの知能を持つまでに進化しつつある

- 生産ラインにおける単調かつ危険な作業を自動化することができます。製造プロセスにおけるマテリアルハンドリングの、効率性、柔軟性、および信頼性の向上を目的に使用される
- 部品の選択、部品の移動、パッキング、荷物の積み降ろし、機械への材料投入等、製造現場における製品製造の一連の流れもマテリアルハンドリングに含まれる

マテリアル
ハンドリング

塗布

- 塗布ロボットは塗装、接着、接着剤塗布、噴霧に使用される
 - 部品上に塗布材料を投下または流し込む速度を向上
 - アーク溶接、接着ビード塗布、円周塗布、ドット状塗布等の作業における、液体塗布の精度を向上

- 電気・電子産業では、電子プリント回路基板や電子部品の溶接やはんだ付けに、自動はんだ付けロボットが使われており、はんだ付けの精度と品質の向上につながっている

溶接および
はんだ付け

梱包

- ピッキング、包装、およびパレタイジング専用ロボット等を使った梱包自動化が進められている

Source: "Robotics in electronics manufacturing", Acieta, as on 6 April 2020, [Link](#); "The Rise of Industrial and Collaborative Robots in the Electronics Industry", Robotics Online, 23 April 2019, [Link](#); "Robots in manufacturing applications", Manufacturing Tomorrow, 8 February 2016, [Link](#); "Automatic welding", Keyence, as on 6 April 2020, [Link](#); "Industrial robot applications", RobotWorx, as on 6 April 2020, [Link](#); all accessed on 6 April 2020, "Assembly robotics", Acieta, as on 6 April 2020, [Link](#); "How Robotic Inspection and Testing is Proficient in Electronics Manufacturing?", Sastra Robotics, 7 May 2018, [Link](#); all accessed on 6 April 2020

Robotics

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

主要技術

多関節ロボット、デルタロボット、デカルトロボット、スカラロボット、円筒座標型ロボット等、多様な形態のロボットが、組立、解体、マテリアルハンドリング、梱包等、製造用途で広く使用されている。

	説明	応用
多関節ロボット	— 単純な2関節構造から、相互作用する10以上の関節を持った構造まで、異なる構造の回転関節から成るロボット。柔軟性があり、前後に曲げることが可能	— 溶接、組立、シーリング、マテリアルハンドリング、ピッキング、切断、塗装、噴霧
デルタロボット	— 3本のアームがユニバーサルジョイントを介してベースプラットフォームに接続された平行ロボット	— 梱包、高精度組立、マテリアルハンドリング
デカルト(直角座標型)ロボット	— 互いに90度の角度をなしている3主軸による制御構造を持ちます。これらの軸は直線で移動するため、ロボットの制御が単純である	— シーリングおよびハンドリング — スペースの限られた場所でも有用
スカラロボット※	— 人間の腕をモデルとしており、同様の動作が可能です。X、Y、Zの3つの軸があり、Z軸を中心とした回転運動によってロボットは腕を伸ばすことができる	— ピック&プレイス（組立作業） — パレタイジングおよびマシンローディング
円筒座標型ロボット	— ベースには回転関節を、リンクの接続に角柱状関節※を各々少なくとも1つ装備しており、回転関節の関節軸を中心に回転し、直動関節は直線状に動作する	— 組立作業 — スポット溶接 — 工作機械およびダイカストマシンのハンドリング

Note: ※スカラロボット：選択的コンプライアンスアセンブリロボットアーム、※直動関節：1つの軸に沿った相対運動を可能にする、2つのモノをつなぐ関節

Source: “The What, Why and How of Delta Robots”, Engineering, 15 March 2018, [Link](#); “What are the Different Types of Industrial Robots and Their Applications?”, Process solution, 1 October 2018, [Link](#); “What Are The Main Types Of Robots?”, RobotWorx, as on 7 April 2020, [Link](#); all accessed on 7 April 2020

主要技術

製造現場では、梱包や原材料のハンドリング等のさまざまな用途に、産業用、協働型、移動型ロボットが使用されています。着用型ロボット、エクソスケルトンは、労働者が着用することで、ロボットの力を借りながら作業を完了させることができる。

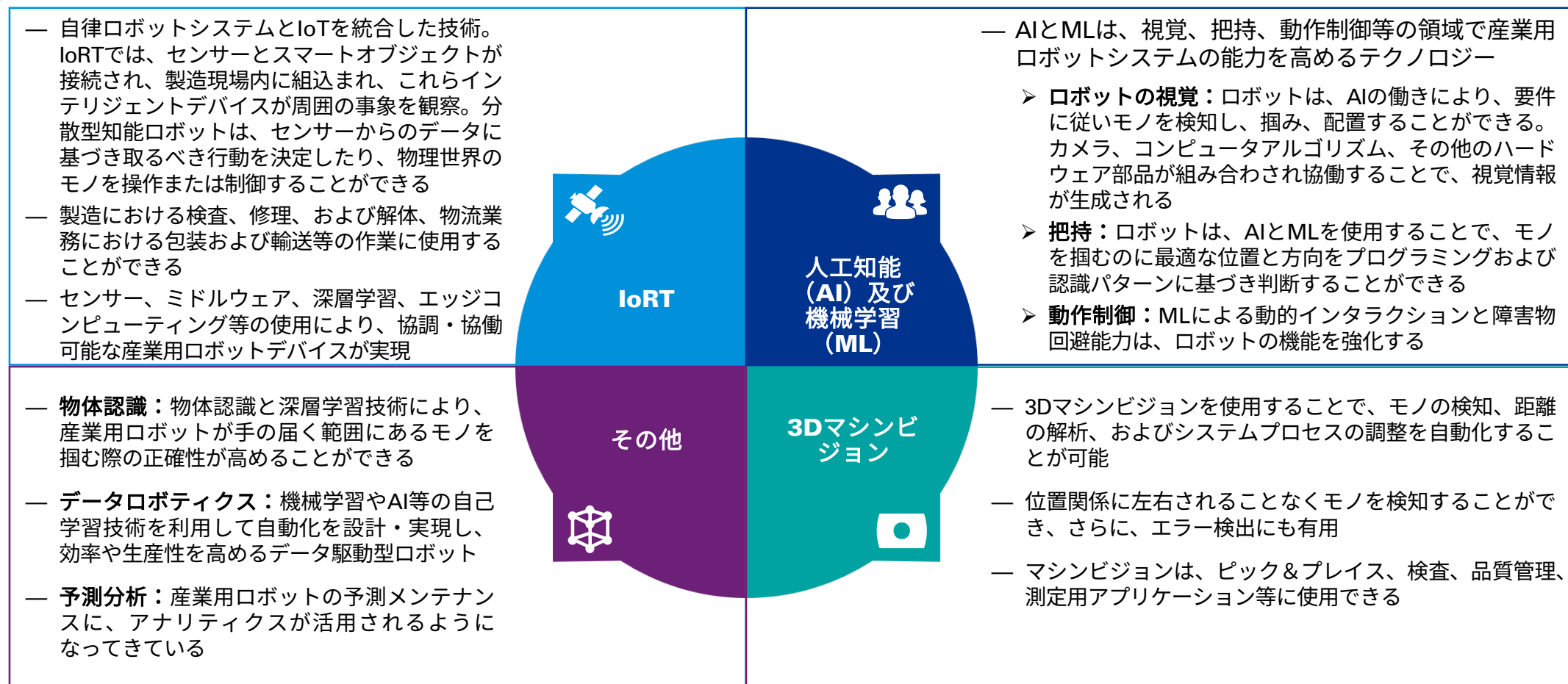
	説明	応用
極座標型ロボット	— アームが、捻回可能な関節、および、2つの回転関節と1つの直動関節を組合せた関節でベースにつながれた球体ロボット	— 工作機械のハンドリング — スポット溶接
コボット	— 人間と直接対話が可能。プログラミングが容易で、機械学習機能を備えることも可能。自律移動ナビゲーションシステムを通じて協働することもできる	— 機械管理 — 梱包およびパレタイジング — 品質検査
無人搬送車 (AGV)	— コンピュータ制御の車輪付ロードキャリア（1台または複数）で構成されるロボット。床のマーカーに沿って移動したり、視覚やレーザーを使い移動	— 原材料ハンドリング — 仕掛品の移動 — 部品・工具の搬送 — 完成品の移動と廃棄物のリサイクル
自律型協働ロボット (AMRs) ※	— オペレータによる直接の監視なく、作業現場内を動き回るものと、所定経路のみを移動するものがある	— ピッキング — 材料の移動 — フリート管理（位置と可用性に応じた、必要な作業に最適なロボットの選択）
エクソスケルトン	— 着用可能なロボットで、人間の体につなげられ、反復作業による労働者の負担を軽減	— サポート人員の移動

Note: ※AGVとAMRの違い：AMRにはセンサーと内蔵コンピューターが搭載されており、動作環境の把握、マップを使用した動的なナビゲーションが可能。一方、AGVは、通常は地面に埋め込まれたワイヤまたは磁石に沿って、固定経路を移動。※着用型ロボットとは、小さな力で大きな力を出すために、人間の手足の身体機能を高め、サポートする技術を持ったロボット。

Source: “AMRs vs. AGVs: The Difference Between a Robot and a Guided Vehicle”, Fetch Robotics, as on 8 April 2020, [Link](#); “Robotic exoskeletons: Coming to a factory, warehouse or army near you, soon”, JDNet, 10 December 2019, [Link](#); “7 Common Applications for Cobots”, MachineDesign, 18 January 2018, [Link](#); “What Are The Main Types Of Robots?”, RobotWorx, as on 7 April 2020, [Link](#); all accessed on 8 April 2020

新興技術

AI、機械学習、IoT等のデジタル技術は、ロボットの能力を高め、企業全体の生産性向上に貢献。



Source: "How AI Robot Will Revolutionize Manufacturing", Towards Data Science, 6 November 2019, [Link](#); "The Industrial Robots of Tomorrow Under Development Today", Robotics Online Blog, 27 December 2018, [Link](#); "Machine Learning in Robotics – 5 Modern Applications", EMERO, 14 March 2020, [Link](#); "Applying Artificial Intelligence and Machine Learning in Robotics", Robotics Online, 26 June 2018, [Link](#); "Leveraging the future of artificial intelligence with robotic vision and computer vision technology", Analytics Insight, 26 October 2018, [Link](#); "Smart Manufacturing Looks to Advances in 3D Machine Vision", Machine Design, 9 February 2019, [Link](#); "AI boosts predictive maintenance of industrial robots", Process Industry Forum, as on 8 April 2020, [Link](#); all accessed on 8 April 2020

Robotics

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

浸透ドライバー

製造業では、生産性への関心の高まり、ロボットコストの減少、熟練労働者の不足により、ロボットおよび自動化ソリューションの導入が増加している。

生産設備の自動化に向けた 取組みの活発化 	ロボット価格の低下 	労働力の不足 	技術進歩 
— 自動化、品質向上に向けた取組み、および生産性の向上に対する需要が高まりにより、メーカーでは生産プロセスへのロボットの導入を進められており、ロボットの利用は年々増加 ➢ 2018年時点では、製造業における平均ロボット密度は、従業員1万人当たり99台 ➢ 平均ロボット密度は欧州が114台で最も多く、次いで、米州の99台、アジア・オーストラリアの91台となっている ➢ 2013年から2018年までのロボット密度の年平均成長率は、アジアで16%、アメリカで9%、ヨーロッパで6%	— ロボットの需要の増加がロボット生産の急増につながり、その結果、ロボット価格が低下 ➢ さらに、ロボットの導入や、コンピュータによる視覚、機械学習、および新しいセンシング機能とロボットの統合に関連するコストも減少 ➢ ARKの調査によると、産業用ロボットのコストは2025年までに50~60%下がることが予想されている	— 人件費の上昇、労働者の離職率の増加、および人手不足を抱え、メーカーは製造プロセスへのロボティクスの導入とプロセス自動化を検討している ➢ 世界的な製造業での人手不足は、2030年までに800万人を超えることが予想されている ➢ 製造技術者協会（Society of Manufacturing Engineers、SME）も、メーカーの89%が熟練労働者の確保に困難を感じていると報告しており、その原因として、労働者年齢の高まり、定年退職、製造業への興味の欠如が挙げられている。ロボティクスの導入は、メーカーが人手不足に対処するための解決策の1つとなり得る	— ロボットの種類、大きさ、能力が増加しているため、生産プロセスでの使用に対する需要が高まっている ➢ 例えば、スマートロボット、人間とロボットの協働等は、技術の進歩によるロボティクスの成長を示す例 — 研究者たちは、ロボットがリアルタイムで反応できるようにする方法にも注目している。スマートエンドエフェクタ、視覚技術、音声およびジェスチャ認識等が、困難な作業の自動化を可能にする

Source: "Industrial Robot Cost Declines Should Trigger Tipping Points in Demand", ARK Invest, 17 April 2019, [Link](#); "Top Trends Robotics 2020", IFR, 19 February 2020, [Link](#); "Global Manufacturing Labor Shortages", Global Edge, 6 February 2020, [Link](#); "How Robotics are Automating a Solution to the Labor Shortage & Growing Customer Demands.", Robotics Tomorrow, 23 May 2019, [Link](#); "Executive Summary World Robotics 2019 Industrial Robots", IFR, 2019, [Link](#); all accessed on 9 April 2020

課題

メーカーの製造現場での産業用ロボットの導入においては、従業員の適切なスキルの不足、安全性と相互運用性の問題、および導入コストの高さ等の財務面および物流面での課題が発生する可能性がある。

熟練労働力の不足

- **SCM World Future of Supply Chain**の調査では、**2025年**までに、工場労働者に最も関連性の高い将来のスキルの1つとして、高度なロボティクスの知識が求められるようになる
 - キャリアアドバイスサイト「Plotr」によると、英国のロボティクス関連の仕事の52%は、スキル不足のために埋めるのが難しいといわれている
 - こういったスキルギャップは、従業員の教育や、適切な資格と経験を持つ新入社員を採用することで埋めることが可能だが、メーカーにおいて追加コストを負担することになる

産業用ロボットの相互運用性の問題

- ロボット、機械、センサーおよびプラットフォーム間の効果的な通信およびデータ交換を可能にする相互運用可能なハードウェアおよびソフトウェアが欠如しているため、依然、課題を抱えている
 - 相互運用性を阻む障壁には、データフォーマットやデータ基準の一貫性、IoTにおける接続性、異なるバージョンのソフトウェアの互換性の欠如等が挙げられる



高い導入コスト

- 産業用ロボットには多額の先行投資が必要だが、価格は着実に下がっている。高コストのため、製造設備にロボットを導入できるのは大手メーカーに限られる。これは中小企業にとっては大きな課題です。
 - 期待収益を得て初期投資を回収するには、販売量と生産量がともに安定している必要があり、それ自体が多くの製造業者にとって課題

安全性への懸念

- ロボットの活用は事故の可能性を増大させるため、その活用に関し安全性への懸念を高めることとなる
 - 2015年、ドイツのフォルクスワーゲン工場では、ロボットに金属板に押し付けられた作業員が死亡
 - OSHA（米国労働安全衛生局）によると、1984年以降、職場におけるロボット関連の死傷事故は40件発生
- そのため、メーカーでは作業現場に多くの予防措置を導入し、産業用ロボットの導入に際し厳しい安全規制をすべて遵守する必要がある

Source: "The Biggest Challenges Manufacturers Face in Industrial Robot Implementation", Robotics Online Blog, 17 July 2018, [Link](#); "3 Challenges Manufacturers Face When Implementing Robotics", Robotiq, 27 February 2017, [Link](#); "Automation Creates Need for New Skills, Roles for Manufacturing Employees", SCM World, 15 October 2019, [Link](#); "Interoperability in Smart Manufacturing: Research Challenges", MDPI, 11 February 2019, [Link](#); "10 Biggest Challenges in Robotics", The Robot Report, 2 February 2018, [Link](#); "How to Benefit from the Robotic Skill Shortage", ROBOTIQ, 5 May 2016, [Link](#); "How dangerous are robotics to workplace safety, really?", ISHN, 15 November 2019, [Link](#); "Robot kills man at Volkswagen plant in Germany", The Telegraph, 2 July 2015, [Link](#); all accessed on 10 April 2020

Robotics

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

主要なプレーヤー

ABB、Fanuc、KUKA、三菱電機ロボット事業部、安川電気のMotomanは、産業用ロボット市場における主要なプレーヤーであり、さまざまな産業向けにロボットおよび工場自動化ソリューションを提供している。

主要なプレーヤー	機能性と対象産業	主顧客
ABB	— 世界各地で40万台以上のロボットの導入を手掛けた、産業用ロボット、ロボットソフトウェア、機器、および総合アプリケーションソリューションの大手サプライヤー — 溶接、マテリアルハンドリング、機械管理、塗装、ピッキング、梱包、パレタイジング、小型部品の組立自動化等さまざまな用途で、ロボットや自動化技術を提供 — 対象産業：自動車、電気・電子、食品・飲料、鋳造・鍛造、金属加工、包装・パレタイジング、プラスチック、太陽電池、木材、物流ソリューション、ヘルスケア	Foxconn、Rapoo、Qisda、CEJN、Apotea、Array Pklastics、INACORE、Olofsfors等。
FANUC	— 世界で60万台以上のロボットの導入を手掛けた、産業用ロボット、付属品、ソフトウェアの大手プロバイダ — ロボット生産キャパシティは月7,000台で、多関節ロボット、デルタロボット、パレタイジングロボット、スカラロボット、協働型ロボット等を生産供給。 — 対象産業：航空宇宙、自動車、電子、医療、プラスチック、板金	Audi、ツガミ、Engineered Machined Products、Jefferson Smurfit Corporation、Hardinge、Marshall Machines Limited 等
KUKA	— 産業用ロボットや工場自動化ソリューションを提供。アーク溶接、組立、ハンドリング、レーザ溶接、スポット溶接、パッケージング/パレタイジング等さまざまな用途の産業用ロボットを提供。 — 対象産業：自動車、Eコマース、電子、エネルギー、医療、消費財、金属統	Miele、Siemens、ALNEA-ZEUS、Daimler、AMAG Pharmaceuticals、Hannex等
三菱電機	— 三菱電機はロボット事業部を通じてFAソリューションを提供。高速・高精度なパフォーマンスを実現するセル生産用産業用ロボット「MELFA」を提供 — 対象産業：自動車、電気・電子、エネルギー、食品・飲料	Amber Precision Instruments、Climaveneta、Kang Yong Electric等
安川電気	— アーク溶接、組立、塗装、塗布、材料切断・ハンドリング、材料除去、スポット溶接等のさまざまな用途で、産業用ロボットによる自動化ソリューションを提供 — 150以上の異なる産業用アーム、デルタロボット、スカラロボット、協働型ロボットモデルを展開し、世界画地で40万台以上の産業用ロボットを導入 — 対象産業：自動車、電気・電子、化学/プラスチック、クレーン/ホイスト、木材加工、食品ラボの自動化、エレベーター、海運・海洋、金属加工、繊維	SICO Inc.、HIROTEC、Red Devil等

Source: "company website", FANUC, [Link](#); "company website", Yaskawa, [Link](#); "company website", ABB, [Link](#); "company website", KUKA, [Link](#); "company website", Mitsubishi Electric, [Link](#); as on 14 April 2020

ケーススタディ

Qisdaは、ロボットを導入することで生産プロセス全体の生産性、柔軟性、品質を向上させた。一方、ALNEAは、KUKA KR AGILUSロボットによる部品の選択はんだ付けにおいて、誤差の低減と生産所要時間の短縮を実現。

 対象企業	 課題/ねらい	 ソリューション	 得られた成果
Qisda — 消費者、商業、医療、および産業用の電子製品のオリジナル設計および装置メーカー — 1984年設立、本社は台湾	— 生産環境の複雑さが増したことにより、課題に直面 — 連続大量生産から、高度にカスタマイズされた製品製造へと移行を進めていたため、製品の多様性、柔軟性、品質の工場に注力	— 製品の組立、試験、梱包を実施する自社生産工場に、ABB社製ロボットを導入 — ABB社製ロボットにより、下記業務を実施 ➢ オペレータが投入する部品の組立 ➢ モニタの背面にカバーをねじで設置 ➢ 接続ポートのテスト ➢ 視覚機能による部品の確認 ➢ 安定性と精度の高いデバイス配置	— 高度なスキルを要さない手作業を51%削減 — 生産性管理の強化により生産性を74%向上 — 労働災害発生率の低下 — 床面積あたりの生産量を52%向上
Alnea — ポーランドを拠点に、半自動および全自動の機械製造装置、電気製造装置および空気圧式製造装置やそれらの試験装置を設計、製造	— はんだ付けに必要な材料の提供、正確な配置、作業領域外へのはんだ飛散防止等、全プロセスのパラメータにアクセス可能なはんだ付け制御装置の新バージョンの開発に注力 — はんだ付けプロセスの精度向上、エラー発生源の排除、時間短縮を目的に、KUKA社と共同開発を実施	— コンパクトサイズの6軸ロボット「KUKA KR AGILUS」は、はんだ付け作業や部品の配置を正確に行うことで、ALNEAの制御装置の開発に貢献 — KUKAロボットによるプロセスモニタリングと修正を通じ、エラーを回避 — また、はんだごての動作を制御し、基板を定位置に固定 — 選択はんだ付けプロセスでは、KUKAロボットが部品の投入と配置のモニタリングや、外部機器の制御等のパラメータをモニタリング	— 生産所要時間を50%短縮 — はんだ付け精度が向上 — エラー発生源を排除

Source: “Qisda”, ABB, 1 April 2018, [Link](#); “Alnea”, KUKA, 1 July 2016, [Link](#); Accessed on 14 April 2020

Robotics

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

近年の動向 — ロボットメーカー

市場での競争力を維持するために、ロボットメーカーはさまざまな製品を発売し、製品機能を向上させるために他のテクノロジープレーヤーと提携

主な動向（2018年4月～2020年4月）				
会社名	年月	形式	内容	Source
ABB	2020年2月	提携	AIスタートアップのCovariantと提携し、何千種もの物体から対象を選び掴むことのできるロボットを開発	Link
	2019年11月	製品/ソリューション開発・発売	ABBのロボット・離散自動化学業部の一部門であるB&Rは、自動化ポートフォリオにABBロボットを統合することを公表し、完全統合型マシンセントリック・ロボティクスソリューションを発表	Link
	2018年10月	設備投資	中国・上海市において1.5億米ドルを投資し、先端自動化ロボット工場を建設し、オンサイトの研究開発センターを拡張。デジタルソリューションとAIの発展の加速を企図	Link
Techman Robot Inc.	2018年6月	戦略的提携	オムロン と戦略的提携を結び、次世代の協働型ロボットを開発	Link
FANUC	2019年12月	提携	Soft Roboticsと提携し、世界における統合型ソフトロボットソリューションの導入を加速、食料品業界にも展開	Link
	2018年6月	設備投資	CNCシステムと工場自動化装置の製造も実施されているAuburn Hillsにあるロボット工場に、5,100万米ドルを投資し、ロボットのステージング用設備とライトアSEMBリ（簡易組立）用設備を建設する計画を発	Link
Universal Robots	2019年9月	戦略的提携	Columbia/Okura LLCとの戦略的提携により、協働型ロボットによるパレタイジング向けに幅広いロボットパレタイジングソリューションを提供	Link
Sepro Group	2018年5月	提携	Universal Robotsと提携し、Cobotを開発	Link

近年の動向 — ロボットメーカー

三菱電機は、買収による商品開発とスマート製造技術の強化に力を入れている。一方、エプソンは、提携プログラムを導入して売上を伸ばしている。

主な動向（2018年4月～2020年4月）				
会社名	年月	形式	内容	Source
KUKA	2020年1月	製品/ソリューション開発・発売	30kg～70kgまでの積載に対応した産業用ロボット「KR IonTec」を発売。 — 必要床面積を30%、外形を10%縮小することで、スペースの削減を実現	Link
三菱電機	2018年6月	提携	三菱電機（中国）有限公司と三菱電機オートメーション（中国）有限公司は、知能製造を推進する研究所である計測技術経済研究所（ITEI）と提携	Link
	2019年5月	買収/合併/JV	製造、工業、ビル自動化市場向けのSCADA、IoT、モバイル、アナリティクス、クラウドソフトウェア等を手掛ける米国のソフトウェア企業、Iconics, Inc.の全株式を取得し、三菱電機グループの100%子会社化 — 買収により、工場自動化技術の強化を企図	Link
	2019年5月	買収/合併/JV	スマート製造ソリューションを強化するためのモーションプランニング技術を開発するRealtime Roboticsの株式を取得（株式保有率は非公開）	Link
	2019年11月	製品/ソリューション開発・発売	e-F@ctory AllianceのパートナーであるCodian Roboticsと共同で、デルタロボットシリーズを含む、MELFA多関節アームとSCARAロボットの機能を拡張。ピック&プレイス作業のスピードアップを実現	Link
EPSON Robots	2019年8月	提携	エプソン・アドバンテージ・パートナー・プログラムの一環として「AutomateEliteSM Authorized System Integrator Program」を発表し売上の拡大を企図。また、顧客のアプリケーションに適したシステム・インテグレータを提供	Link

近年の動向 — 電気・電子機器メーカー

電気・電子機器メーカーでは、生産設備の自動化による生産性の向上と、労働者をロボットに置き換えることによる効率化に注力。

主な動向（2018年4月～2020年4月）				
会社名	年月	形式	内容	Source
General Electric (GE)	2019年10月	生産プロセスの自動化	全事業部でロボティック・プロセスオートメーション（RPA）を実施する変革を実行。300以上の生産工程が自動化済み	Link
Huawei	2019年8月	生産プロセスの自動化	目視検査、ラベル付け、箱詰め等を行う工場労働者を80%削減し、ロボットや機械を配置 — 部品を正確に取り付けるため、ABB社製ロボットアームを使用	Link
日立	2019年3月	提携	Hitachi Industrial Equipment Systemsは、生産ラインの自動化用ロボットの事業を強化するため、ロボットシステムインテグレーターであるKECと提携	Link
Lenovo	2019年2月	出資	2016年以来、AI、ロボット、クラウドコンピューティングのスタートアップに投資。2016年には、新興技術への投資に5億米ドルを充当 — その一環で、6本足ロボットHexaを開発したVincrossに1,000万米ドルを出資	Link
Foxconn	2018年6月	自動化技術への投資	工場でのロボットや自動化技術の導入数をさらに増加させるため、自動化技術に40億米ドルを投資する計画 — 2016年に自動化により1棟の工場で6万人の人員削減を実施したとのこと。2018年には、パネル部門Innoluxが、製造における自動化を拡大する取組みの一環として、1万人超の人員削減計画を発表。2020年中に製造設備の30%を自動化し、将来的にはすべての人間をロボットに置き換えることを企図	Link
Schneider Electric	2018年4月	提携	Stäubliとの提携を通じ、Schneider ElectricのEcoStruxureシステムのアーキテクチャとプラットフォームに、StäubliのTSシリーズ4軸スカルロボットを統合	Link



Simulation



Simulation

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

技術概要

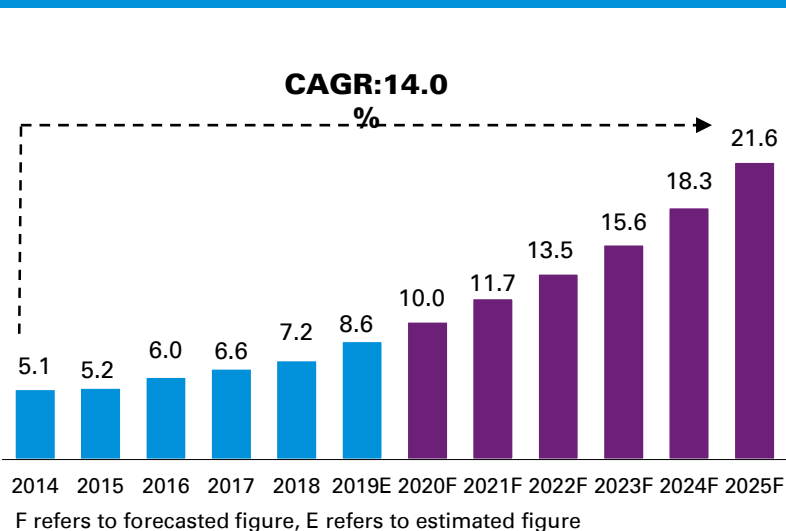
シミュレーションソフトウェア市場は、**2014年から2025年にCAGR 14%で成長し、2025年までに216億米ドルに達することが予想されている。**
これは、航空宇宙・防衛、製造等さまざまな産業で需要が急増したことに起因。



シミュレーション技術とは

- 銀行での日常業務、組み立てラインの運転、病院やコールセンターでの人員の割り当て等、既存または検討/開発中システムの動作を模擬する再現モデル
- プロセス変更や「仮定」シナリオの影響を検証する際に、視覚情報の使用により適切な意思決定を促す、エビデンスベースのアプローチ

シミュレーションソフトウェアのグローバル市場規模 2014年～2025年（予想）（単位：10億米ドル）



Source: "What is simulation", Simul8, [Link](#); "Simulation software market size, share & trends analysis report by component", Grand View Research, [Link](#); "Automotive simulation market size", GMI Insights, [Link](#); all sources accessed on 29 April 2020

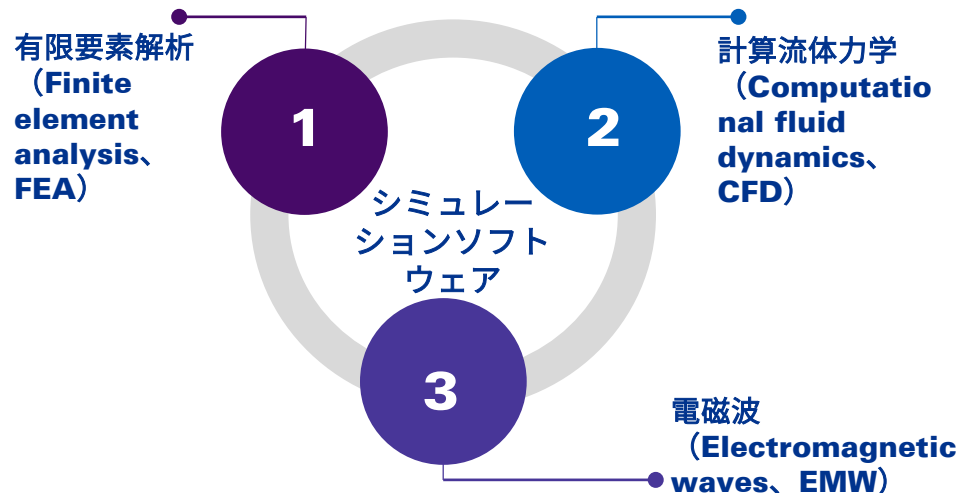
マーケット概要

- シミュレーションソフトウェアのグローバル市場は、以下の要因により、**2014年から2025年にかけて成長することが見込まれている**
 - 持続可能でエネルギー効率の高い製品に対する需要の増加。例えば、自動車会社がCO2排出量を削減するために適切な車両プロトタイプの見極めをする際に、シミュレーションツールが有用
 - 航空宇宙・防衛、自動車、製造、ヘルスケア等、様々な分野における、シミュレーションソフトウェアやツールの導入の増加。これは主に、シミュレーションソフトウェアがもたらす便益
 - 複数のプロトタイプを開発して仮想テストを行うことで、製造コストの削減に役立つ
 - また、生産工程においてエラーを防止し、不良品の発生やそれに伴うコストの回避が可能
- **2018年のシミュレーションソフトウェアのグローバル市場では、自動車産業が25%弱のシェアを占め、次いで航空宇宙・防衛産業、電気・電子産業となっている**
 - 自動運転車と電気自動車の出現に伴い、OEMでは、これらの自動車の効率性と有効性の検証に現実環境を用いたシミュレーションを実施しており、これが自動車シミュレーションの成長を促進

技術概要

シミュレーションソフトウェア市場は、**FEA**、**EMW**、**CFD**に大別され、これらは、自動車、電子、航空宇宙・防衛等、様々な分野で使用されている。

シミュレーションソフトウェア市場の構成



- **FEA**：数値的手法である有限要素法を用いた物理現象のシミュレーション。物理的なプロトタイプの数減らし、設計段階でコンポーネントを最適化することで、高品質な製品の開発をサポート
 - FEAは、自動車、航空宇宙・防衛、電子等の産業において、製品の品質、性能、設計のテストに広く使用
- **CFD**：数百万の数値計算を実行して液体や気体の流れをシミュレーションする技術。通常、設計プロセスの早い段階で実行され、最初のプロトタイプが作成される前であっても実行される
 - 実用場面としては、自動車エンジンのガソリン燃焼、シェールガスの生成における化学溶液の孔内移動、ジェットエンジンのタービン内の気流、及びプリント回路板部品間の熱伝達等の解析が挙げられる
- **EMW**：電磁気的挙動の解析におけるコンピュータシミュレーションの利用
 - より迅速かつコスト効率の高い方法による電気および電子製品の設計をサポート。このため、電気・電子分野で積極的に利用されている

セクター別の焦点



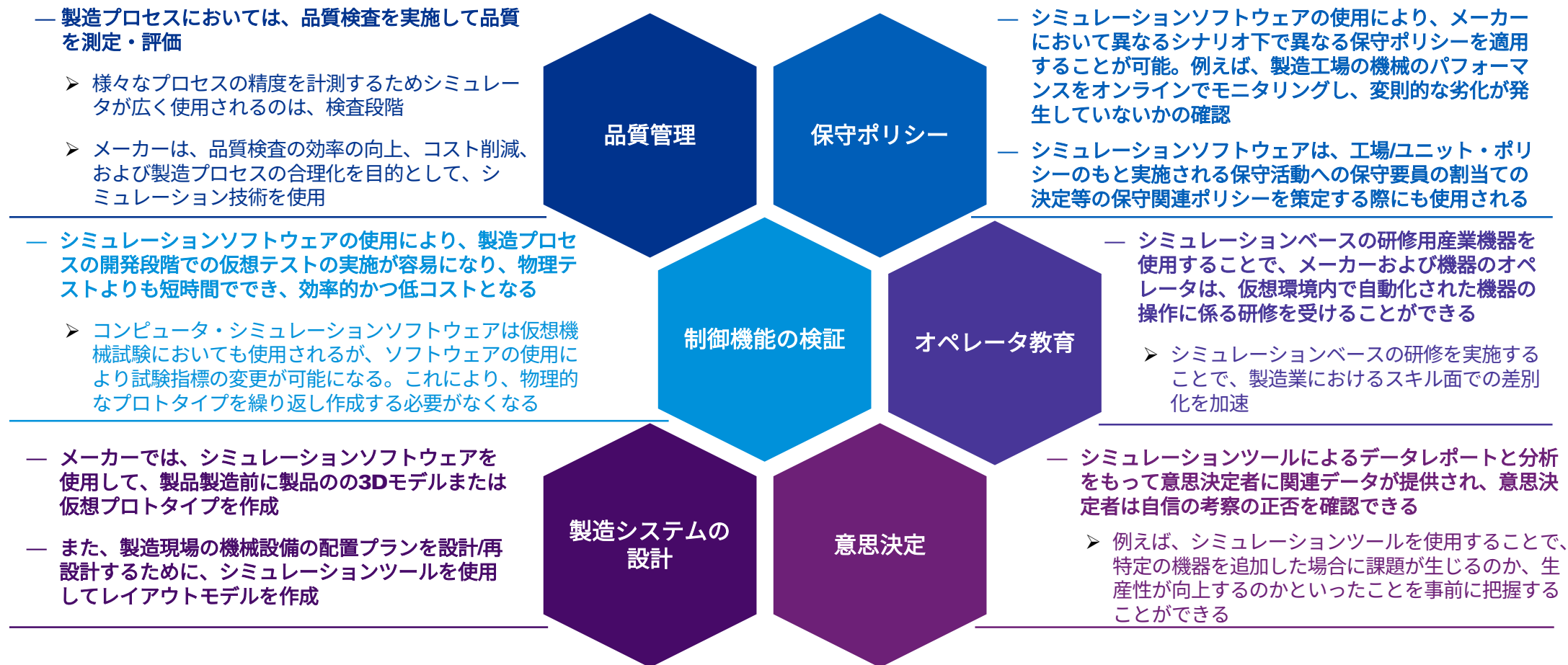
本スタディでは、**産業機械製造業**におけるシミュレーションについて考察

- ・ シミュレーション技術の成長の主要因の1つは、下記の理由による、産業機械分野における当該技術の導入の増加
 - 研修に使用するシミュレーションソフトウェアに対する需要の増加
 - 意思決定における利用
 - 製造プロセスの向上のための利用
 - 製品設計等における利用

Source: "What is simulation", Simul8, [Link](#); "Global simulation software market to generate \$10.03 billion by 2025", Globe News Wire, [Link](#); "Computational fluid dynamics", MSC Software, [Link](#); "Global finite element analysis (FEA) software market outlook 2016-2024", Gold Stein Research, [Link](#); "Computational fluid dynamics (CFD)", Market Watch, [Link](#) all sources accessed on 29 April 2020

適用事例

産業機械の分野では、品質評価、保守ポリシーの立案、制御機能の検証、オペレータの教育、製造システムの設計、適切な意思決定を目的として、シミュレーション技術が広く使用されている。



Source: ““Applications of simulation for integrated logistics”, University of Houston, [Link](#); “Simulation in the industrial machinery”, SimulationX, [Link](#); “Manufacturing Process Planning & Simulation”, Siemens, [Link](#); “Industrial Equipment Simulators”, E spaces, [Link](#); “Virtual testing”, Crane Engineering, [Link](#); “Simulation in the design and operation of manufacturing systems: state of the art and new trends”, Research Gate, [Link](#); all sources accessed on 3 April 2020

Simulation

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

主要技術

シミュレーションには、コンピュータ支援設計、コンピュータ支援エンジニアリング、コンピュータ支援製造、コンピュータ支援プロセスプランニング、デジタルモックアップ等、あらゆるテクノロジーが使用されている。

	説明	応用
コンピュータ支援設計 (CAD)	- 設計の作成、修正、分析、および最適化を実施するための図面・設計ソフトウェア - 今後の技術開発は、ジェスチャーや音声コマンドのような直感的な機能の追加により、滑らかなヒューマンコンピュータインタフェースを実現することに焦点が当てられる	- 自動車のエンジニアリングプロセスと3D設計 - 自動車部品の仮想可視化
コンピュータ支援エンジニアリング (CAE)	- 設計の変更が製品の実際のパフォーマンスに与える影響を予測する際に有用 - 部品や組み立て部品の強固かつ高度なパフォーマンスを確実にします。	自動車、航空宇宙等各産業における製品最適化
コンピュータ支援製造 (CAM)	ソフトウェアアプリケーションを使用した図面とデータの分析から詳細な指示 (Gコード) を作成する方法で、自動ツールを生み出す技術。例えば、2Dデジタル図面に基づきレーザーまたは切断工具に指示を出し、求められる設計通りに異なる部品を切断することができる	- 自動機器の制御 - アプリケーションのモデリングと検証
コンピュータ支援プロセスプランニング (CAPP)	- 設計と製造をつなぐ技術で、設計された部品を製造するためのプロセスプランニングにコンピュータ技術を使用 - エンジニアの日々の事務作業を軽減することに焦点を当てたシステム - プロセスプランニング機能を自動化することで、プロセスプランの一貫性を保つ	製品から、その形状、寸法、耐久性、表面の状態等の情報抽出
デジタルモックアップ (DMU)	- 複数の3Dモデルで構成されており、このモデルを使いシステムの機械的構造を仮想プロトタイプに組み込んで、共同製品の設計を作成 - 機器の3Dモデルを事前に解析することで、製造開始前の問題発見と解決が可能	- 組み立て工程・インタフェース間の検査 - レイアウトの検証

Source: "Simulation in the design and operation of manufacturing systems: state of the art and new trends", Research Gate, [Link](#); "Computer Aided Process Planning", Science Direct, [Link](#); "CAD for Automotive Industry", Polosoft Technologies, [Link](#); "Computer Aided Process Planning", Science Direct, [Link](#); all sources accessed on 6 April 2020

主要技術

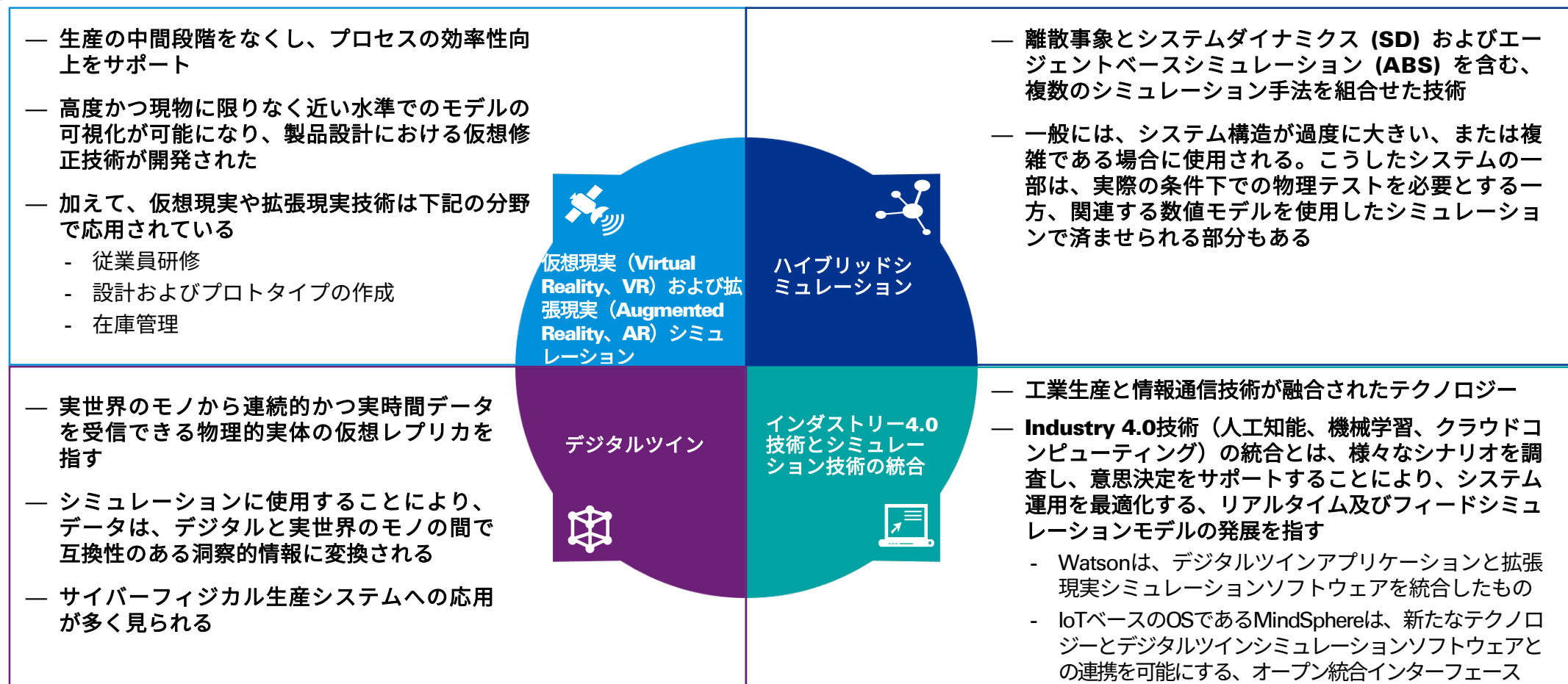
シミュレーション技術の応用は、データ収集、プロセス管理、従業員管理から在庫分析や設計に至るまで、製造における大部分の領域で見られます。

	説明	応用
物質循環のシミュレーション	製造設備内で動く部分のモーションパスを自動的に生成することで、材料のハンドリング、物流業務、機器のハンドリング、および人員要件を最適化	生産システムの調整による影響についての事前調査。進行中の生産を妨げることなく実施可能
プロセスシミュレーション	- モデルを使用して既存または検討/開発中の生産システムのオペレーションを複製 - 製造プロセスの各ステップをシミュレーションし、プロセスプランニングにおける意思決定を円滑にするため、製品やプロセスの開発に要する時間とコストの削減につながる	- 物質循環と在庫分析の向上 - 製造ライン間の均衡確保
レイアウトプランニング・シミュレーション	- 製造現場において、パフォーマンスに影響する機械設備の配置プランを設計または再設計する際に有用 - 工場模型内の移動、ウォークスルー、検査等が可能な3Dで作成	論理的関連性のある工程を互いに近くに配置する、製造施設内の作業場の配置換え
人間工学シミュレーション	- 人間のニーズに対応/適合する形で作業場、製品、システムを設計または配列するプロセスを指す - 体位、光、気温等の労働条件を人間の特性に適応させる際に有用なテクノロジー	設計段階での人間工学的リスクの特定
製造実行システム (MES)	- 製造プロセスを改善するソリューションを提供するIT対応システムで形成 - 例えば、各プロセスのモデルをMESにリンクさせることで、実際の生産プロセスに依拠することなく、開発段階でMESの構成を検証することが可能	- データの取得 - プロセス管理 - 従業員・リソース管理 - 研修

Source: "Simulation in the design and operation of manufacturing systems: state of the art and new trends", Research Gate, [Link](#); "Simulate logistics and material flow for improved system performance".Siemens, [Link](#); "all sources accessed on 7 April 2020

新興技術

仮想現実や拡張現実、ハイブリッドシミュレーション、デジタルツイン、およびインダストリー4.0技術等のさまざまな新興技術がシミュレーション技術と統合されて、より高度な仮想プロトタイプの開発、より優れた従業員研修等を可能にしている。



Source: "Simulation in the design and operation of manufacturing systems: state of the art and new trends", Research Gate, [Link](#); "AR and VR In Manufacturing: Use Cases And Benefits", AVR Sport, [Link](#); "Hybrid simulation for complex manufacturing value- chain environments", Science Direct, [Link](#); all sources accessed on 7 April 2020

Simulation

- 技術概要と適用事例

- 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

- 浸透ドライバーおよび課題

- 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

- 近年の動向

浸透ドライバー

製造プロセスにおけるシミュレーションの導入が進んでいる要因には、効率的で将来に対応可能な生産設備の必要性が高まっていること、デジタルツインの使用が進んでいること、エネルギー効率への注目が高まっていること、および複雑なプロセスの簡略化が実現できること等がある。

デジタルでフレキシブルな生産設備 を視野に入れたパラダイムへの変遷



- 世界中で、生産設備構造のデジタル化、仮想化、資源効率化が進んでいます。これに伴う無駄の削減、材料分留りの向上、エネルギー消費の削減を実現する方法を特定することを目的として、シミュレーションツールがの導入が広がっている
- 生産設備のフレキシビリティを実現するためには、先端技術のプロトタイプ化に適切なシミュレーションツールが必要（IoT、ロボティクス等）。そのため、シミュレータの使用が増加している

シミュレーションをデジタルツイン 技術に応用する試みの広まり



- デジタルツインの作成を目的としたシミュレーション技術の導入に注力する企業が増加。シミュレーション技術の高度化に伴い、センサからの実世界の動作データを用いた実環境でのシミュレーションを実現する試みが進展
 - デジタルツイン市場は、2019年から2025年にかけてCAGR 37.8%で成長し、2025年までに358億米ドルに達することが予想されている
 - デジタルツインの作成にシミュレーションが使われていることから、デジタルツイン市場の成長はシミュレーションソフトウェアに対する需要の高まりにつながる事が予想される

エネルギー効率の向上に向けた 取組みの活発化



- 最終消費部門のエネルギー消費のうち、精錬、鉱業、製造業、農業及び建設業から構成される産業部門による消費量が最大となっている（2018年：50%超）
- エネルギー使用を最適化することを目的としたエネルギー需要の予測およびエネルギー分析にエネルギーシミュレーションツールが使用されている

複雑なプロセスの簡略化



- よりスマートで、効率的で、高度な製品に対する需要の高まりに伴い、製造プロセスは複雑さを増している
- 多くのメーカーで、製造プロセスを簡略化し、仮想プロトタイプ of the 構築により効率的にパフォーマンスを検証するため、シミュレーション技術をオペレーションに組み込んでいる
- また、シミュレータは製品ライフサイクル全体での使用が可能。メーカーでは、ソフトウェアが生み出す戦略的価値の活用を進める動きが広がっている

Source: "Simulation Drives Advanced Manufacturing Trends", SME, [Link](#); "Technology and Innovation for the Future of Production: Accelerating Value Creation", We Forum, [Link](#); "Global simulation software market to generate \$10.03 billion by 2025: AMR", Globe Newswire, [Link](#); "Industrial sector energy consumption", EIA, [Link](#); "A review of energy simulation tools for the manufacturing sector", Science Direct, [Link](#); all sources accessed on 8 April 2020

課題

工業製造業におけるシミュレーションソフトウェアの普及を促進するには、十分な訓練を受けた労働者の不足、多額の導入コスト、問題解決サイクルの長期化、データ収集プロセスにおける標準化の欠如等、さまざまな問題を克服する必要がある。

十分なスキルを持ち十分な訓練を受けた労働力の不足

- 世界の製造業は、2020年には200万人超、2030年には790万人超が人材不足に直面する予想されており、特にシミュレーション等新興分野での人材不足がその要因となっている
- CAD/CAMやその他のソフトウェアのアプリケーションに熟達し、CAD図面の作成等のスキルを習得している必要がある

財務的制約

- シミュレーションソフトの導入には、ソフト、ハード、メンテナンスの3方面のコストの増加が伴う
 - 高度で複雑な製造プロセスおよび製品には、高性能で高価な中央処理装置（CPU）を要する高性能シミュレーション技術の応用が必要
 - 複雑なシミュレーションソフトウェアの契約およびメンテナンスのコストは非常に高い結果、大企業を中心とした導入に留まっている



問題解決サイクルの長期化

- 製造するか否かの意思決定に実施される、シミュレーションモデルの設計、収集、構築、実行、分析は、時間を要するプロセス
 - 分析サイクル数を理想回数から減らすことで、シミュレーションモデルの様々なフェーズで効率性が向上
 - 高価なシミュレーションソフトウェアを導入する際には、より良いリターンを保証する効率性の高いシミュレーションモデルが必要

データ収集－時間のかかるプロセス

- データ収集は、実世界システムを再現するシミュレータの精度を左右する重要な要素
- データ収集は、連携されてない時間のかかる作業であり、その情報源は、観察結果の収集などの一次情報源やパンフレット、報告書などの二次情報源を含め様々
- データ収集が標準化されずに実施されると、シミュレーションモデルにおいて誤差、重複、一貫性の欠如等の問題につながり、当該ソフトウェアを広範におよび導入することに対する不信感が生じる

Source: “Global Manufacturing Labor Shortages”, Global Edge, [Link](#); “The Impact of Simulation and the Future of Manufacturing”, Machine Design, [Link](#); “Challenges of data acquisition for simulation models of production systems in need of standards”, Proceedings of the 2018 Winter Simulation Conference, [Link](#); “Grand Challenges in Modeling and Simulation of Complex Manufacturing Systems”, Research Gate, [Link](#); all sources accessed on 9 April 2020

Simulation

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

主要なプレイヤー

シミュレーションソフトウェア市場は、**Altair Engineering**、**Ansys**、**Autodesk**、**Bentley Systems**、**Dassault Systemes**等の大手企業が首位を固める市場。

主要なプレイヤー	機能性と対象産業	主顧客
Altair Engineering	— 米国に拠点を置くグローバルテクノロジー企業で、製品開発、高性能コンピューティング、データ分析などの分野で、コンピュータ支援エンジニアリング (CAE) シミュレーションソフトウェアソリューションを専門に提供 — 対象産業：航空宇宙、建築、エンジニアリング・建設、自動車・運輸、消費財、電子、エネルギー、金融サービス、政府・教育、ヘルスケア、重工業、ライフサイエンス、海洋・造船、小売業	General Motors Corporation、Siemens、Aeronautical Development Agency、Bentley Motors、Benteler Automotive、BMW、Caterpillar、Chevron等
Ansys	— 米国に本社を置くAnsysは、実世界のシナリオにおける製品設計の挙動を予測するエンジニアリングシミュレーションソフトウェアの開発とマーケティングに注力 — 対象産業：自動車、航空宇宙・防衛、建設、消費財、エネルギー、ヘルスケア、ハイテク、産業機器・回転機械、物質・化学処理	Rheem Manufacturing Company、Baker Hughes、Buhler Motor、Electro Motive、ENI、Ford、Fraunhofer、General Electric、Mahindra Rise等
Autodesk	— 米国に拠点を置く3D設計、エンジニアリング、エンターテインメントソフトウェア会社。機械的シミュレーション、計算流体力学、プラスチック射出成形、および複合材の成形のためのソフトウェアの開発にも注力 — 対象産業：建築、製造、エンターテインメント、自動車、政府、公共事業、電気通信	Aston Martin、Tesla Motors、Primera Plastics、三菱自動車、General Motors、Daimler、BMW等
Bentley Systems	— 米国に本社を置くBentley Systemsは、インフラの設計と構築のためのコンピュータソフトウェアを開発、製造、ライセンス、販売するソフトウェア開発会社 — また、CADなどの技術を活用したシミュレーションソフトウェアも開発 — 対象産業：建設、通信、個別製造、電気・ガス事業、政府、鉱業、石油・ガス、発電、プロセス製造、輸送、上下水道	DPR Construction、Sterling Engineering、PMA Consultants、Barge、Waggoner、Summer、Cannon等
Dassault Systems	— フランスを拠点とするソフトウェア会社で、3D設計、3Dデジタルモックアップ (DMU)、および製品ライフサイクル管理ソフトウェアの開発が専門分野 — 多数のプロセス統合ツールと最適化ツールから成るシミュレーションポートフォリオを保有 — 対象産業：輸送・モビリティ、航空宇宙・防衛、海洋、産業機器、ホーム・ライフスタイル、消費財・小売、ライフサイエンス、エネルギー・物質、建設	Contechs、DS Automobiles、Miele、Northwestern Engineering Corporation、Royal Enfield、Kobelco Construction Machinery、Knust Godwin等

Source: "About", Altair Engineering company website, [Link](#); "Client list", Altair Hyper works, [Link](#); "About", Ansys, [Link](#); "Featured customers", Ansys, [Link](#); "Simulation", Autodesk, [Link](#); "Products", Bentley Systems, [Link](#); "About", Dassault Systemes, [Link](#); "Industries", Dassault Systemes, [Link](#); "Customer Stories", Dassault Systemes, [Link](#); all sources accessed on 9 April 2020

ケーススタディ

CNH Industrialでは、騒音負担の低減に必要な機器設計の変更を解析するため、シーメンスでは、デジタルツインの開発を容易にするため、シミュレーション技術が使用された。

 対象企業	 課題/ねらい	 ソリューション	 得られた成果
CNH Industrial — CNH Industrialは、国際市場において資本財の設計、製造、流通を手掛けるオランダの企業	— 従来は、建設機械の騒音負担の低減のための設計アプローチの評価に物理テストを実施していたため、複数のプロトタイプを作成 — プロトタイプの作成にあたり、ファンを外部から調達していたが、配達までに数週間または数か月かかることもあり、時間とコストの無駄が発生	— 問題解決に向け、MSC Softwareが開発したシミュレーションソフトウェアACTRANを導入 — これにより、ファンの改良点が判明。CFDモデルの変更、シミュレーションの再実施、新しい騒音シミュレーションの実施を通じて、代替ファン設計のパフォーマンスのシミュレーションを実現。	— ファンの騒音の低減に必要な改良が明らかに — シミュレーションは物理テストよりも包括性に優れることを実証 — より迅速な騒音要件への対応と新設計において一定の騒音パフォーマンスの実現が可能に
Siemens — Siemensはドイツの製造会社で、主に、ガスタービン、発電機、ガス・ディーゼルエンジン、仮想発電所（Virtual power plants、VPP）等を製造	— 新しい航空転用型ガスタービンの発売を開始。このタービンの開発業務の一部は外部で実施されたため、そのパフォーマンスとメンテナンスの面で多くの課題に直面 — また、エクセルベースの予測ツールを使用して問題解決にあたったものの、データ量が膨大で、エクセル分析は困難であることが判明	— より強固な分析機能を利用したデジタルツインATOM（Agent-based Turbine Operations & Maintenance）を開発。シミュレーションには、AnyLogicのシミュレーションツールを使用	— 下記の機能を搭載したATOMツインシミュレーションモデルを開発 ➢ システムKPI（主要業績評価指標）の取得および予測 ➢ フリートおよびメンテナンス設備のオペレーションの視覚化 ➢ ボトルネックの特定 ➢ 仮定シナリオおよび詳細シナリオ分析を実施し、十分な情報に基づく意思決定を促進

Source: “ATOM: digital twin of Siemens gas turbine fleet operations”, AnyLogic, [Link](#); “Energy”, Siemens, [Link](#); “Case Study:CNH Industrial”, MSC Software, [Link](#); all sources accessed as on 14 April 2020

Simulation

— 技術概要と適用事例

— 主要技術

- 現在の技術
- 新興技術

— 浸透ドライバーおよび課題

— 競合環境

- 主要なプレイヤー
- ケーススタディ

— 近年の動向

近年の動向 – シミュレーションソフトウェア開発会社 (1/2)

製品ポートフォリオを拡大し、市場での競争力を維持することを目的として、大手シミュレーション開発会社は近年、さまざまな企業を買収。

主な動向（2018年4月～2020年4月）

会社名	年月	形式	内容	Source
Altair Engineering	2019年11月	買収	・ バルクシミュレーション用離散要素法（Discrete Element Method、DEM）ソフトウェア開発会社、DEM solutionsを買収。	Link
	2019年4月	買収	・ Cambridge Collaborativeから、高周波ノイズ・振動予測技術であるSEAMソフトウェアを取得することを発表。	Link
	2018年10月	買収	・ 設計者、設計エンジニア、シミュレーションアナリストによる製品設計の向上をサポートするシミュレーション技術を開発する、SIMSOLIDを買収。	Link
	2018年10月	協業	・ Oracleとの協業を拡大し、Oracleのクラウドインフラ上で数値流体力学（Computational Fluid Dynamics、CFD）テクノロジーを提供、拡張性の高いテクノロジーを低コストで実現。	Link
	2018年5月	買収	・ NvidiaのCudaアプリケーションおよびその他設計プロセス改善のための数値シミュレーション技術の開発者である、FluiDynaを買収。	Link
Ansys	2020年3月	買収	・ 自動運転車等の次世代の課題に対するソリューション提供を目的としたフォトリソグラフィ設計およびシミュレーションツールを開発する企業の買収に係る最終合意を締結。	Link
	2020年1月	協業	・ コネクテッドカーと自動運転車向けのリアルタイムOSの開発を目的として、Blackberryとの協業開発事業を発足。自律システムの安全性、信頼性を高め、開発コストを削減を企図。	Link

近年の動向 – シミュレーションソフトウェア開発会社 (2/2)

また、同時期に、多くのシミュレーションソフトウェア開発会社が、シミュレーションソフトウェアの開発に先端技術を応用することを目的として、他のテクノロジー企業と協業。

主な動向（2018年4月～2020年4月）

会社名	年月	形式	内容	Source
Ansys	2020年1月	協業	• 将来の自動運転車や自動運転車用の危険察知技術の開発を目的として、Flir Systemsと協業。Flir SystemsがセンサをAnsysのシミュレータに統合し、熱カメラの設計を仮想的にモデル化、テスト、検証を実施することを企図。	Link
	2019年11月	提携	• シミュレーションベースの、製品、プロセス、製造のデジタルツインの開発を実施する顧客の支援を目的として、Rockwell Automationと提携。	Link
	2019年10月	買収	• シミュレーションプロセス統合および設計最適化技術のプロバイダであるDynardoの買収に係る最終合意を締結。	Link
	2019年6月	協業	• 自動運転用シミュレーションツールチェーンの開発を目的として、BMWと協業。	Link
	2018年5月	買収	• 自動運転シミュレーション技術のポートフォリオ強化を目的として、Optisを買収。	Link
Bentley Systems	2019年10月	買収	• モビリティ・デジタルツインの実現を目的として、グローバルなモビリティシミュレーションおよび分析ソフトウェアのプロバイダであるCitibrasと、3Dおよびモバイルマッピング・ソフトウェアのプロバイダであるGeospatial Technologiesを買収。	Link
	2018年10月	買収	• 歩行者シミュレーションソフトウェアのプロバイダであるLegionの買収を発表。	Link

近年の動向 — 産業機械メーカー

産業機械メーカーは、新製品の開発や既存製品の改良にシミュレーションソフトウェアを活用。

主な動向（2018年4月～2020年4月）

会社名	年月	形式	内容	Source
Caterpillar	2019年6月	製品強化	Catシミュレータと呼ばれる、仮想現実研修製品の販売を開始。高速道路建設の訓練に使用を目的とした高度なドーザシステム。	Link
Parker Hannifin	2020年1月	製品強化	中空系型フィルター膜の研究開発力をさらに高めることを目的として、コンピュータシミュレーションとモデリングを駆使し、パフォーマンス予測と過酷な環境下でのテストを経て、実世界での使用へと展開。	Link
	2018年9月	製品強化	Automation Manager 1.4のソフトウェアアップデートをリリース。機械製造中の不確実性（どのデバイスを選択すべきか、機械がどう作動すべきか等）を低減する、新しいシミュレーション機能を追加。	Link
CNH Industrial	2019年10月	製品開発	インテリジェントキャブシミュレータを使用した高度な農業機械、New Holland Genesis T8を開発、導入。	Link
Linde	2019年11月	協業	- 産業ガス会社であるLindeが、航空宇宙産業および自動車産業で使用するアルミニウム合金の開発を目的として、技術会社のOerlikonおよびミュンヘン工科大学と協業。 - Oerlikonがビッグデータのシミュレーション分析を利用を通じ、新たな物質の製造および利用可能な物質のパフォーマンスの最適化に必要なソリューションの開発を企図。	Link



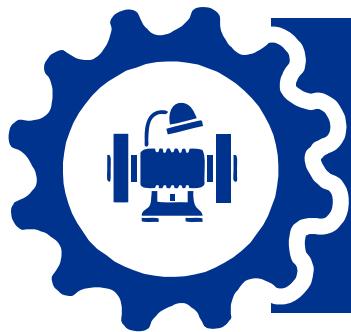
Product-Service Systems

Product-Service Systems

- 技術概要
- 主要技術
- 浸透ドライバーおよび課題
- 競合環境
 - ケーススタディ

技術概要

多くのメーカーは、競争の激しい環境下で事業を継続し、絶えず変化する顧客の需要に対応していくため、製品販売中心のビジネスモデルからPSSへの移行を進めている。



- 「**Product-Service System (PSS)**」とは、「製品とサービスを統合する形で組み合わせたビジネス形態」と定義し得るビジネスモデル
- 製品販売だけでなく、様々な形態の製品サービスシステムを提供することで事業を発展させようと、サービス化に力を入れるメーカーが増えている
 - FutureBridgeによると、エンジニアリング企業の75%が、将来的にはサービスを提供することがビジネスの不可欠な要素となると考えている。メーカーは、顧客に成果ベースのサービスパッケージを提供することに対して対価を受け取る。
 - 製品とサービスを組み合わせることで、メーカーは顧客との関係を構築し、より高い利益率と環境負荷の低減を実現することが可能

製品志向型

製品/用途に関連するサービスを付帯した製品の販売



用途志向型

製品の共有/リース/レンタル、製品プーリング、従量課金型サービス

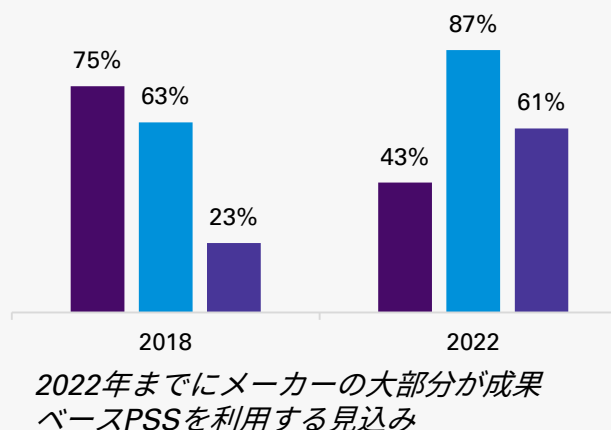


成果志向型

製品を所有する必要性の排除。サービス提供者が求められる成果を提供-業務委託



メーカーによるPSSの利用割合予想



セクターフォーカス



本スタディでは、**産業機械製造業**におけるPSSについて考察

- 機器の識別、タイミング評価、状態や使用状況のモニタリングと予測、適応制御、最適化などの機能を管理するために、IoT、クラウドコンピューティング、分析などの新技術とともにPSSモデルを採用
- 産業機械メーカーの大部分が、2022年までに生産量・成果ベースのPSSの割合を増加させることが予想されている

Source: "Product-as-a-Service, the Shifting Model in Industrial Machinery", FutureBridge, 2018, [Link](#); "How Manufacturers Can Manage the Shift to Product-as-a-Service Offerings", StiboSystems, 20 April 2017, [Link](#); "Moving from Product to Product-as-a-Service", Engineering, 11 January 2019, [Link](#); "Smart Product-Service Systems (Smart PSS) in Industrial Firms: A Literature Review", ScienceDirect, 14 March 2018, [Link](#); "Servitization in Manufacturing Firms: Exploring Possible Relations Between the Product-Service Systems Offered by Highly Servitized Manufacturing Firms and the Market Environments in which they Operate", LTH, June 2019, [Link](#); all accessed on 28 April 2020

技術概要

PSSビジネスモデルは、製品とサービスを組み合わせた利用を可能にし、予測メンテナンス、機械のダウンタイムの削減、生産性の最大化を容易にします。製品とサービスの組み合わせには、プーリング、共有、リース、業務委託等がある。

製品志向型

製品関連サービス

メーカーは、製品提供に加え、製品使用の段階で求められるサービスも提供

- 契約に基づく、製造者による保守サービスの提供

製品関連アドバイス

最も効率的な使い方をベンダーが助言

- 製品販売者による、製品の使用方法に関するトレーニングの提供、物流面/最大効率を得るための工場での製品の配置に関するアドバイスの提供など、製品の最適な使用方法に関するアドバイス提供

用途志向型

製品リース

製品提供者が製品の所有者であり、保守、修理、および制御の責任を負います。借り手は製品の使用に対して定額料金を支払い、製品への無制限かつ個別の利用権を有する

- ロールホーム、CNCミル、メタルベンダー、レーザーカッター等のリース

製品のレンタルまたは共有

製品リースと同様であるものの、使用者には無制限かつ個別の利用権はなく、未使用時に他者も利用可能。使用者は、使用に応じ代金を支払う

- 掘削機、バックホーローダー、クローラドーザ、クレーン、コンクリートポンプ、コンパクタ、コンクリートミキサー等製品のレンタル

製品プーリング

製品の同時使用

- エネルギーや副資材の複数使用者による使用

成果志向型

業務委託

事業活動の一部を外部に委託。受託者が製品を所有し、製品関連サービスを提供

- 機器の保守サービスの外部委託

従量課金型サービス

使用者は製品を購入せず、使用度合に応じて製品による成果のみに対して代金を支払う

- ケーザー社等による、自社のコンプレッサーによる従量課金型サービス

機能的成果

サービス提供者は顧客に対し、成果を約束。製品は二次的な位置づけにある

- 第三者メーカーによる製造サービス。製造過程で使用する製品の種類は問われない

技術がもたらす潜在的メリット

業績のモニタリングおよび改善

実際のパフォーマンスをデジタルツインモデルと比較、最適化の機会を提供

リモートモニタリングとスマートコネクティビティ

製造現場で製品をモニタリングし実際のパフォーマンスを確認、さらに、リモートモニタリングにより、潜在的な品質問題、変更すべき設計、強化すべき機能を明らかに

予測メンテナンス

機械の作動状況のモニタリングにより、部品の故障を正確に予測することが可能に

スマート投資とリスク削減

顧客は製品ではなくサービスを購入することにより、設備投資を削減/回避

Source: "How Manufacturers Can Manage the Shift to Product-as-a-Service Offerings", StiboSystems, 20 April 2017, [Link](#); "Product-as-a-Service, the Shifting Model in Industrial Machinery", FutureBridge, 2018, [Link](#); "Moving from Product to Product-as-a-Service", Engineering, 11 January 2019, [Link](#); "Smart Product-Service Systems (Smart PSS) in Industrial Firms: A Literature Review", ScienceDirect, 14 March 2018, [Link](#); all accessed on 28 April 2020

Product-Service System

- 技術概要
- 主要技術
- 浸透ドライバーおよび課題
- 競合環境
 - ケーススタディ

PSSを可能にする主要技術

IIoT、高度なデータ分析、AR/VR等のテクノロジーは、PSSの導入や顧客に付加価値のあるサービスを提供することを目的として、多くの製造者により広く使用されている。

Industrial Internet of Things (IIoT)



- IIoTは、製造機器、モニタリングツール等のテクノロジーを、より大規模なエンタープライズITフレームワークに接続
- リアルタイムデータを分析エンジンに送り込み、顧客の行動パターンや製品の使用状況に関する重要な情報をメーカーに提供し、サプライチェーンの効率改善を支援。また、リモート通信も可能
- IIoTにより、顧客側環境を継続的にモニタリングすることが可能となり、新たな付加価値の機会発見につながる。モバイル・アプリケーションとリンクされるため、メーカー側における十分なモビリティと最終顧客側の柔軟性が確保される

データ分析



- 高度なデータ分析により、メーカーは予測メンテナンスサービスの提供等、顧客体験とサービス提供の品質を高め、付加価値のある分野を発見することができる
 - 予測分析は、機械・機器のメンテナンスパターンを明らかにし、故障が発生し得る状況を予測
 - 予測分析は、その分析結果に基づいた対応を促す意思決定をサポート
 - 記述分析では、診断テクノロジーを使用して、機械機器の現在の状態を把握

拡張現実 (AR) と 仮想現実 (VR)



- ARとVRにより、製品や機械の多様なバリエーションをデジタルで可視化できるため、使用者の利便性を高め、メーカーにおける開発コストを削減することが可能
- ARとVRを利用することで、メーカー側で製品への付加価値サービスとしてのカスタマイズが可能となり、顧客は自社のニーズに応じてカスタマイズされた製品を視覚化した上でオーダーできる

Source: How is servitization reshaping the future of manufacturing: An executive's guide, BirlaSoft, [Link](#); How Innovation in Business and Technology is Driving Servitization, Infosys, [Link](#); Servitization, The Manufacturer, [Link](#); Digital technologies and their impacts on servitization strategies, Researchgate, May 2016, [Link](#); How digitalization enables servitization, Infosys, [Link](#); Integrating Product-Service Systems into the manufacturing industry: Industry 4.0 perspectives, Sciencedirect, [Link](#); Why Adopting The Right Technology Is Crucial To Making Servitization A Reality, Synchro, [Link](#); IOT And Servitization In Manufacturing-A Quick Guide To Key Technology Enablers, the ERP insights, September 2015, [Link](#); What's Servitization and How it can Help Manufacturers, Infosys, [Link](#);

PSSを可能にする主要技術

クラウドベースの製造オペレーションでは、全ての製造関係者が場所や時を問わずデータにアクセスできるため、サービスを提供の新たな機会の分析と特定が可能。また、ブロックチェーンは、製品保証等の重要なサービス分野において、迅速かつ安全で不正のない取引を可能にする。

クラウドベース の製造 オペレーション



- 生産効率の向上と、コスト効率の高い方法で製品をサービスとして提供することが可能
- 場所や技術的な制約を受けることなく、企業全体の関係者が製造データにアクセスが可能。使用者自身による分析が可能となり、自社の活動分野での新しいサービスの提供機会を発見できる
- クラウドコンピューティングを利用することにより、メーカーは大量の実績データにアクセスでき、機器の消費状況や顧客の行動パターン等の重要な情報を得ることができる。クラウド上で統合されたデータが高度な分析に利用され、保有資産のパフォーマンスに関する有益な情報が生成される

ブロックチェーン



- 分散台帳技術によって実現されるコンセンサスアルゴリズムによって意思決定プロセスを合理化することで、PSSをサポート。製品保証管理などの重要な分野において、迅速かつ安全で不正のないプロセスを顧客に提供することができる
- 分散台帳技術は、製品の原産地とその状態、保管、輸送に関する正確な情報を得る際に有益。当該データは全利害関係者に共有され、持続可能な購買の意思決定を促進
- ブロックチェーンがIoT等の他の技術と融合されることにより、複数の複雑なサプライチェーンネットワークにわたる高水準の検証、信頼性、データの透明性を実現可能となり、それによって、原産地の可視性と持続可能性を高める

Source: The Future Of Servitization: Technologies that will make a difference, University of Cambridge, [Link](#); Can IoT help manufacturers adopt the servitization model? Techwire Asia, 12 July 2019, [Link](#); How Digital Workflows Enable Manufacturing Servitization, Servicenow, [Link](#);

Product-Service System

- 技術概要
- 主要技術
- 浸透ドライバーおよび課題
- 競合環境
 - ケーススタディ

浸透ドライバー

収入源の拡大、製品パフォーマンスや競争優位性の向上、環境負荷の低減等が、企業によるビジネス・モデルの変革や、PSSの導入の主要要素として挙げられる。



新たな収入源の創出

—メーカーがPSSを導入することにより、高付加価値のサービスの提供、顧客が直面する問題の解決、より良い顧客体験の提供を通じ、新たな収入源の創出が可能



製品 パフォーマンスの改善

- PSSモデルでは、製品の所有権は、保守、修理、およびオーバーホールの責任を負うメーカー/製品提供者に残る
 - PSS提供者は、プロアクティブな製品保守を実施することで、保守の効率と有効性を向上できる。
 - 製品パフォーマンスが向上し、製品のライフサイクル全体を通じたコストの削減につながる



競争優位性

- PSSは、顧客に提供するサービスによる差別化により競争優位性を獲得することを可能にする
 - 製品のアップグレード、改修、引取り等のサービスを提供することで、より多くの価値を創出することができる
 - 顧客のニーズに合わせて製品やサービスを組み合わせたり、さまざまな決済方法を用意することによるカスタマイズも可能



データへのアクセス

- PSS提供者は、IoT等の技術を利用することで、顧客データにリアルタイムでアクセスできる
 - 顧客の利用パターンに関する情報を得て、パーソナライズされたサービスの提供が可能
 - 販売サイクルを超えた製品についても、その作動状況や状態に関するリアルタイムの情報のモニタリングが可能



環境負荷の低減

- PSSを通じ、市場への製品投入量（リース、レンタル、共有等による）を削減し、材料・エネルギー消費量の削減、使用による環境への負荷の低減、廃棄物の削減に貢献することも可能
- PSSは、消費者が意識的な購買決定を行い、消費パターンを変えすことで環境への負荷全般を最小限に抑えることを可能にする

Source: The Future Of Servitization: Technologies That Will Make A Difference, University of Cambridge, [Link](#); What's Servitization and How it can Help Manufacturers, Infosys, [Link](#); Why Servitization is an increasingly critical strategy for manufacturing firms, BMASI, [Link](#); Product-Service Systems, Lund University, [Link](#); Implications of the Transition to a Product-Service System on the Business Model, Galway-Mayo Institute of Technology, [Link](#); Towards a framework for developing product/service systems, Luleå University of Technology, [Link](#); Product-service system – PSS: a study of business drivers, Research Gate, June 2013, [Link](#); New report identifies success drivers for manufacturing servitization, The Manufacturer, 11 Jan 2017, [Link](#);

課題

企業は、自社のビジネスモデルとサプライチェーンを再定義し、ITシステムと機能をアップグレードした上で、PSSを導入する必要がある。
また、顧客に統合サービスモデルを受け入れてもらうことも、大きな課題。

事業モデルの再定義

- メーカーにおいて柱となるビジネスモデルは、製品を生産し販売すること。PSSモデルを導入するには、戦略と業務を含む全体的なビジネスモデルを再定義が必要
- OEMは、従来の製造文化を克服し、組織構造を見直して、機能別チームから製品ラインベースのチームへと移行する必要がある



従業員の能力・スキルの向上

- PSS戦略を取り入れるには、組織が新たなサービス空間で競争できるよう新たな機能を獲得する必要がある
- 従業員は、顧客のニーズに合わせてさまざまなサービスを設計するスキルを習得する必要がある



ITインフラのアップグレード

- PSSは、IoT、データ分析、人工知能等のさまざまなテクノロジーを用いて構築される。これらのテクノロジーを導入した上で、統合されたサービスを顧客に提供するプラットフォームを構築する必要がある
- 手作業の業務と既存のワークフローをデジタル化および自動化するには、既存のITインフラをアップグレードする必要がある、コストの増加につながる



供給ネットワークの再定義

- 従来の製造モデルは、営業拠点、販売店およびアフターサービスや保守サービスを担うサービス提供者等のパートナー事業者のネットワークで構成されていた
- PSSモデルは、メーカーは供給ネットワーク全体を再定義が必要となる。これは、統合サービスの種類に合わせ、一部の既存/新規機能を外注するか、社内整備が必要となる
- 仕入先業者もPSSモデル下でも事業を継続する機能を維持するため、ビジネスモデルとコアコンピタンスを改変する必要がある。



顧客の理解を得る

- PSSは顧客にとって比較的新しい概念であるため、統合サービスやそれに伴う決済方法を検討することの意義を理解できていない。
- 統合サービスのさまざまなメリットを顧客に伝え認識させ、顧客の理解を得ることで、PSSの導入をよりスムーズに進める必要がある



Source: Overcoming the product-service model adoption obstacles, ScienceDirect, [Link](#); The Practical Challenges of Servitized Manufacture, Cranfield University, [Link](#); Identifying and Overcoming Key Servitization Challenges, TCS, February 2018, [Link](#); You are not alone: The top 10 challenges of servitization, LinkedIn, 13 April 2016, [Link](#); Planning for Servitization success, Infosys, [Link](#); Challenges in transforming manufacturing organisations into product-service providers, Cranfield University, [Link](#); Eight challenges of servitisation for the configuration, measurement and management of organisations, Manchester Metropolitan University, [Link](#);

Product-Service System

- 技術概要
- 主要技術
- 浸透ドライバーおよび課題
- 競合環境
 - ケーススタディ

ケーススタディ

産業機械メーカーは、顧客との関係強化とサービスをコア資産に組み合わせることで競争力を獲得することを企図し、PPSモデルの導入を進めている。

 対象企業	 課題/ねらい	 ソリューション	 得られた成果
Kaeser Kompressoren — 圧縮空気を用いた生産・業務プロセスに使用される製品、サービス、システムを提供 — 1919年設立、本社はドイツ	— エアコンプレッサー業界のユーザーニーズの変化に対応するため、従来のビジネスモデルを変革する必要性	— エアーコンプレッサーを購入せず、使用した圧縮空気のみを購入できる従量料金モデルを導入 — ケーザー社はまた、圧縮空気システムにセンサーを設置し、予測メンテナンスを実施するためのパフォーマンスデータを取得	— エアコンプレッサーの予測メンテナンスによるサービスコストの削減 — 顧客との長期的パートナーシップの構築
Packsize — 材料の製造およびオンデマンド包装システムの提供 — 1999年設立、本社は米国	— 梱包材の無駄について顧客がクレーム	— パックサイズ社はビジネスモデルを変更し、顧客のニーズに合わせて注文ごとにカスタマイズした箱を提供。これにより、輸送、過剰な包装材、製品の損傷、返品、廃棄によるコストが削減され、全体で約35%のコスト削減を達成 — パックサイズ社はまた、包装機を無料で提供したが、独自のZ折り段ボール材のみを課金対象とした	— これにより、顧客が使用するダンボール箱の平均サイズを20%削減 — エアー緩衝材使用量については60%削減 — 何千もの同一の箱ではなく、注文ごとのニーズにあった箱を入手

Source: "Product-as-a-Service, the Shifting Model in Industrial Machinery", FutureBridge, 2018, [Link](#); accessed on 28 April 2020

ケーススタディ

キャタピラー社は、PSSモデルを導入して変化を続ける顧客ニーズに対応、さらに、機器のパフォーマンスデータを収集し、次期モデルの設計を改良。
 ヒルティ社は、月額料金式のPaaS（Platform as a Service）モデルを導入し、利益率の改善と継続的な収益源へと発展。

 対象企業	 課題/ねらい	 ソリューション	 得られた成果
Caterpillar — 米国の建設機械機器会社 — コア製品に付随するサービスを多数提供	— スペア部品売上高の30~50%を、OEM部品以外の安価な部品のアフターマーケットでの販売が占め、全体の売上高に影響を及ぼしていた — アフターサービスの質の標準化を図り、第三者による買収を回避する必要性を認識	— コア製品よりも顧客側での成果に重点を置いた成長戦略を導入 ➢ サービス提供、顧客の期待、サービス設計の観点からサービス品質を確認。また、アフターサービスのニーズに基づき顧客を区分 ➢ 機器のパフォーマンスをモニタリングし、予測メンテナンスサービスを提供するためのテレマティクス等のテクノロジーを導入	— テレマティクスによりリモートモニタリングを行い、パフォーマンス動向を把握することで、機械設計に関しより適切な意思決定を促進 — 統合ソリューションによりアフターサービス内容を拡充
Hilti — 建設、ビルメンテナンス、エネルギー、製造業向け製品の開発、製造、販売	— 中国・極東市場の競争激化により利益率が低下 — サービス提供の重要性およびカスタマイズされたソリューションに対する需要が高まったことを受け、ビジネスモデルを変更	— 顧客が使用するツールの所有権を維持したまま、固定月額料金のフリート管理ソリューションの提供を開始。顧客が支払う月額料金で、ツール使用、サービス、修理に係るコストを賄うモデルとした — ON!Trackと呼ばれる、包括的資産管理ソリューションと、修理、保守、校正サービス等からなるLifetime Serviceを提供	— 月額料金式フリート管理ソリューションによる収入と利益の増加を達成 — 100,000超の顧客に百万を超える工具をリース

Source: "Product-as-a-Service, the Shifting Model in Industrial Machinery", FutureBridge, 2018, [Link](#); "Servitization in Manufacturing Firms: Exploring Possible Relations Between the Product-Service Systems Offered by Highly Servitized Manufacturing Firms and the Market Environments in which they Operate", LTH, June 2019, [Link](#); all accessed on 28 April 2020

ケーススタディ

Dürrグループは、顧客の機器のダウンタイムの回避をサポートする、サービスベースのビジネスモデルを導入。
シンドラー社は、設備をデジタルでモニタリングし、ダウンタイムとコストの削減に貢献。

 対象企業	 課題/ねらい	 ソリューション	 得られた成果
Dürr Group — ドイツに本社を置く機械・プラントエンジニアリング会社。組立、シール、接着、コンベアに使用される機械に加え、検査設備をも提供。	— 製造業での実生産に使用する設備を提供。市場競争の激化に伴い、サービス提供に重点を移行 — 機器が作動しなくなる問題に直面。顧客満足度を高めるため、PSSモデルを導入する必要性が発生	— 統合性を重視したPSSを提供し、設備の長期的な稼働率と効率性の維持を目的とした設備の適切な取り扱いについて顧客をサポート — リモートモニタリングによりトラブルシューティングを実施。機器のパフォーマンス向上とシステムの詳細にわたる調整を可能にする最適化・分析・評価サービスとして提供	— スペアパーツ、修理サービス、保守サービスを通じて、顧客の機器のダウンタイムの回避をサポート — リモートトラブルシューティングを実施 — 機器が作動しなくなる問題を削減/防止 — 顧客満足度が向上
Schindler — スイスのシンドラー社はエスカレーター、動く歩道、エレベーターを製造	— 保守費用の増大に直面。また、設備の状態の維持や保守業務の管理において問題に直面	— ダウンタイムとコストを削減するため、設備の保守にインテリジェンスを導入することに注力。作動中の製品の状態を関しするため、コールやセンサーからデータを収集 — GE Digitalの協力のもと、劣化や故障の防止を目的とし、エレベーターとエスカレーターにセンサーを追加設置し、所謂「ee-IoT」を構築 — ビル所有者に、エレベーターや階段の利用者数に関するデータを販売し、賃料の最適化をサポート	— 時間内の車両可用性を向上 — 設備の稼働可能時間を向上 — ダウンタイムとコストを削減

Source: “Asset performance management:Three IIoT case studies from GE Digital”, Enterprise IoT Insights, 2018, [Link](#); “Servitization in Manufacturing Firms:Exploring Possible Relations Between the Product-Service Systems Offered by Highly Servitized Manufacturing Firms and the Market Environments in which they Operate”, LTH, June 2019, [Link](#); all accessed on 28 April 2020

添付資料

添付資料

定義	
離散事象シミュレーション (Discrete event simulation 、 DES)	主に、スケジューリング問題の解決、効率性向上、生産システムの安定性分析の実施、無人搬送車 (automated guided vehicles、AGV) を用いた輸送システムの設計を目的とした製造システムの設計に使用される手法。
システムダイナミクス (System dynamics 、 SD)	人、製品、またはイベントの個々の特性等システムの詳細を無視して、複雑なシステムの概要を捉えるモデリング手法。
エージェントベース・シミュレーション (Agent based simulation 、 ABS)	ABSは、システムをモデル化する手法であり、自律的かつ相互作用する「エージェント」により構成される。複数のエージェントの挙動と相互作用を同時にシミュレートし、複雑な現象を再現し予測する。

Source: "What is system dynamics modeling?", Anylogic, [Link](#); "Introductory tutorial: Agent-based modeling and simulation", IEEE Explore, [Link](#); "What is Agent-Based Simulation", IGI Global, [Link](#); "Discrete Event Simulation", Science Direct, [Link](#); all sources accessed on 15 April 2020

Contacts

KPMGジャパン 製造セクター メンバー紹介

株式会社 KPMG FAS

岡本 准
パートナー
jun.okamoto@jp.kpmg.com

宮本 常雄
パートナー
tsuneo.miyamoto@jp.kpmg.com

村瀬 信康
ディレクター
nobuyasu.murase@jp.kpmg.com

有限責任 あずさ監査法人

河野 祐
パートナー
yu.kohno@jp.kpmg.com

林 博文
パートナー
hirofumi.hayashi@jp.kpmg.com

紀平 聡志
パートナー
satoshi.kihira@jp.kpmg.com

木村 一也
ディレクター
kazuya.kimura@jp.kpmg.com

KPMGコンサルティング株式会社

河野 雄貴
パートナー
yuki.kono@jp.kpmg.com

大谷 誠
パートナー
makoto.otani@jp.kpmg.com

吉田 浩章
ディレクター
hiroaki.yoshida@jp.kpmg.com

千田 尚子
ディレクター
naoko.chida@jp.kpmg.com

KPMG税理士法人

河崎 元孝
パートナー
mototaka.kawasaki@jp.kpmg.com

KPMGジャパン
セクター統轄室
Sector-Japan@jp.kpmg.com





本冊子は、KPMGインターナショナルが2020年6月に調査した「Emerging technologies in the industrial manufacturing sector」を翻訳したものです。

ここに記載されている情報はあくまで一般的なものであり、特定の個人や組織が置かれている状況に対応するものではありません。私たちは、的確な情報をタイムリーに提供するように努めておりますが、情報を受け取られた時点及びそれ以降においての正確さは保証の限りではありません。何らかの行動を取られる場合は、ここにある情報のみを根拠とせず、プロフェッショナルが特定の状況を綿密に調査した上で提案する適切なアドバイスをもとにご判断ください。

© 2020 KPMG Global Services Private Limited, a company incorporated under the laws of India and a member firm of the KPMG network of independent member firms affiliated with KPMG International Cooperative, a Swiss entity. All rights reserved.

© 2020 KPMG AZSA LLC, a limited liability audit corporation incorporated under the Japanese Certified Public Accountants Law and a member firm of the KPMG network of independent member firms affiliated with KPMG International Cooperative ("KPMG International"), a Swiss entity. All rights reserved.

The KPMG name and logo are registered trademarks or trademarks of KPMG International.