

仮想現実技術による工程最適化

仮想現実（VR）技術は、リアルタイムでのインターアクティブ 3D 環境のシミュレーション作成に利用されている。VR 技術は、ゲーマーと同様に企業にも貴重な付加価値を与える。BMW Group の VR 実験室の国際チームは、例えばロジスティクスセクターのプロセスと安全性の最適化に利用可能なバーチャルスペースとシナリオを作成している。



VR 実験室（出所：BMW）

②スマートロジスティクス

BMW は、スマートデータ技術を利用してサプライチェーン全体のリアルタイム情報を管理している。これにより資材の供給が柔軟化し、急な変更にも迅速に対応できる。

自走式タグータレイン (Autonomous tugging train)

電気牽引車をベースとした自走式タグータレインは、レーザー信号により最も効率的なルートで工場内を自動走行する。トレインの現在地は、レーザースカナーからの 2D 測定データとリフレンスマップから計算される。渋滞がある場合は、自動的にルートを最適化する。トレインの到着は作業員のスマートウォッチに報告される。制御システムは、画面上のマップに表示される。¹⁵



自走式タグータレイン（出所：BMW）

スマート搬送ロボット

スマート搬送ロボットは、最大 0.5 トンまでの部品を A 地点から B 地点に無人搬送する。ワイヤレス送信機がその位置を決定し、自動的に最適ルートを計算する。ロボットはリサイクルされた BMW i3 バッテリーで駆動され、航続時間は 8 時間である。



スマート搬送ロボット（出所：BMW）

¹⁵ <https://www.schiller.de/en/automatic-tugging-train>

コネクテッド・ディストリビューション

コネクテッド・ディストリビューションとは、工場から出荷された車両がディーラーに到達するまで重要な情報を送受信するシステムである。配送が停止または完了したときには、車両はその現在地をモバイルフォンコネクション経由でロジスティクスセンターに報告する。

③革新的な自動化及び支援システム

革新的なオートメーションとは、従業員を支援するインテリジェントなソリューションと、ロボットの手で人間の負担を軽減する技術である。軽量ロボットには保護バリアは必要なく、従業員とシームレスな同時作業を行う。

軽量協力ロボット

協力ロボットは直接従業員とともに、負担の大きい精密作業を行う。ロボットの速度は遅く、作業員との接触などの危険が発生した場合には自動的に停止する。



軽量協力ロボット（出所：BMW）

外骨格型ロボット（Exoskeleton）

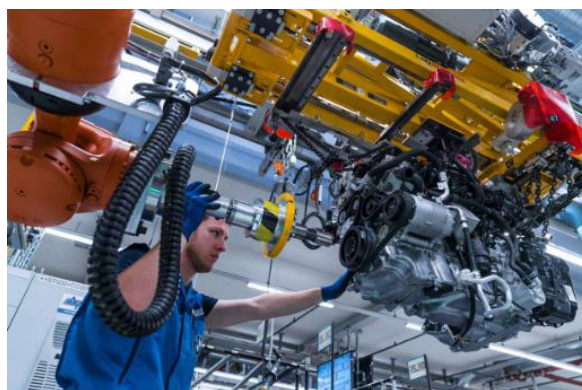
外骨格型ロボット（パワードスーツ）は、外部サポート構造として、作業員の脚、腕、背中
の機能を強化する。



外骨格ロボット（出所：BMW）

産業ロボットとの協働

今日では、従来型の大型産業ロボットと作業員が直接協働することも可能となった。もちろん安全第一で、作業員がロボットに近づき過ぎて危険な場合には、安全装置が自動的にロボットアームの動きを止める。



産業ロボットとの協働（出所：BMW）

④付加製造技術

BMW Group は、1990 年からプロトタイピングに付加製造（3D 印刷）技術を利用しており、技術は常に進化している。新たな付加製造技術を用い、パーツを 3D プリンターで製造することにより、製造時間をさらに短縮することができる。ツールを使用しない製造方法は、より経済的で柔軟な製造を実現し、部品のパーソナル化などを可能にする。

付加製造センター

ミュンヘンの BMW リサーチ&イノベーションセンター内の付加製造センターでは、小型プラスチックホルダー、デザインサンプルから試験用の金属シャシー部品まで、年間 25,000 個のプロトタイプと 100,000 個以上の部品の 3D 印刷を行っている。また、一般車両のシリーズ製造用のパーツもこの方法で製造される。

付加製造センターは、BMW Group のベンチャーキャピタル BMW i Ventures とともに、画期的な技術を開発するスタートアップ企業及び新企業への投資を行っている。

サイドインジケーターのカスタム化

カーシェアリングサービス

「DriveNow」用の MINI のパーソナル化したサイドインジケーターは、3D プリンターで製造されている。ドイツの顧客は、ソーシャルメディアのキャンペーンの一環として 100 台の MINI の名前を選んだ。



MINI の 3D 印刷製造された名前付きサイドインジケーター（出所：BMW）

シリーズ部品の 3D 印刷製造

BMW は、2010 年に小規模なシリーズ部品の 3D 印刷製造を開始した。このとき製造されたウォーターポンプホイールは、今でもドイツツーリングカー選手権 (DTM) 用自動車に搭載されている。続いて 2012 年には、3D プリンターによる Rolls-Royce 向けのプラスチック部品のシリーズ製造を開始した。BMW i8 Roadster も 2017 年以來、3D プリンターでシリーズ製造された金属部品を使用している。



3D 印刷製造されたウォーターポンプホイール
(出所：BMW)

カスタム化された組立補助器具

3D 印刷は、自動車組立作業を行う従業員のカスタム化された親指保護器具の製造にも利用されている。この柔軟性のある組立補助器具は、各作業員の手の形にフィットするようにカスタム化され、親指の関節への負担を軽減する。



3D 印刷製造された親指保護器具 (出所：BMW)

米国スパータンバーグ工場

1992 年、ドイツ BMW Group は、米国サウスカロライナ州にドイツ国外初の完全製造工場を建設する計画を発表した。BMW は 6 億ドルを投資し、当時自動車産業の最短記録となる僅か 23 か月で工場建設から最初の自動車製造を開始した。BMW Manufacturing 社スパータンバーグ工場の 1994 年の製造開始以来の生産台数は 470 万台を超える。

その後 BMW Group は、106 億ドルを投資し、5 回にわたって同工場の拡張を行った。現在、同工場は 11,000 人を雇用し、サウスカロライナ州から 40 社の一次サプライヤー、全米からは 300 社のサプライヤーが関与している。2017 年には、さらに 6 億ドル規模の設備の近代化を行った。

同工場は 2 シフト体制で BMW X シリーズを製造しており、1 日の生産台数は 1,500 台以上である。うち 70% を鉄道でチャールストン港その他の南部の港に輸送し、125 か国に輸出している。

近代的なスパータンバーク工場は、99%の溶接作業が自動化された車体工場、240 基のロボットが車体を 5 回塗装する 145,000 m²の塗装工場、高度に自動化され、カスタム化にも柔軟に対応する組立工場、1 台につき 20,000 個の部品を取り扱い、世界最大級の水素燃料電池駆動の資材輸送システムを持つロジスティクスセンター、2015 年以來 45,000 基以上のハイブリッド車向けをはじめとする自動車用高圧バッテリーを製造しているバッテリー工場から構成される。

革新的な製造技術

スパータンバーク工場では、BMW Group の製造工程デジタル化、イノベーション戦略に沿った新製造技術の導入を進めている。以下はその例である。

Titan ロボット

車体工場では、2,000 基以上のハイテク精密ロボットが利用されている。Titan ロボットは、1,000kg を取り扱う能力を持つドイツ Kuka 社の 6 軸ロボットである。同ロボットの利用により、製造エリアのコンベアシステムの必要がなくなる。Titan ロボットは、アンダーボディー全体を持ち上げ、スタッド溶接台の上に搭載し、全スタッドが溶接されるまで、アンダーボディーをステーションからステーションに移動させる。Titan を利用した工程は迅速で柔軟性が高い。スパータンバーク工場は、Titan ロボットを利用している数少ない自動車工場のひとつである。



Titan ロボット (出所: BMW)

スキャナーグローブ

組立とロジスティクス部門では、数百人の作業員が作業の効率化と高速化のためにウェアラブル技術を利用している。ドイツのスタートアップ企業と共同で、BMW は従来のガン型スキャナーの代替となるスキャナーグローブを開発した。このスマートグローブは、手の甲部分にバーコードスキャナーが装着されている。作業員は両手を自由に使うことができるため、効率、品質、プロセス、快適性が向上する。



スキャナーグローブ (出所: BMW)

外骨格型ベスト

BMW スパータンバーグ工場は、外骨格型ロボットを頭上作業に用いた世界初の自動車工場である。現行の外骨格型ロボットは、革新的なウェアラブルベストで、頭上作業を行う作業員のストレスと疲労を大幅に軽減する。各作業員の身体に合わせたこの特殊ベストは、腕への荷重を体幹に移動させ、負荷を均等に分散させることによりストレスを軽減する。また、作業員の腕の機能をサポートし、強化する。作業員はベスト着用中も身体を自由に動かすことができる。BMW は現在数種類の外骨格型ロボットの試験を行っており、この分野で業界をリードしている。



外骨格型ベスト（出所：BMW）

プラグロボット

車体が塗装工場内を移動する場合、りん酸塗装中の液体塗料を逃すために、アンダーボディーには数十か所の穴が開けられている。車体が組立工程に移動する前にプラグで穴をふさぐ作業の大部分は、ABB ロボットが行っている。

車体がセルに入ると、ロボットはプログラムされた塞ぐべき穴の画像を撮影する。ロボットは穴の丸みをチェックし、正しいプラグを選ぶ。プラグを差し込んだ後は、再び画像を撮影し、プラグが正確に装着されたことを確認する。同ロボットは、車体1台の75個の穴の80～95%にプラグを装着する。

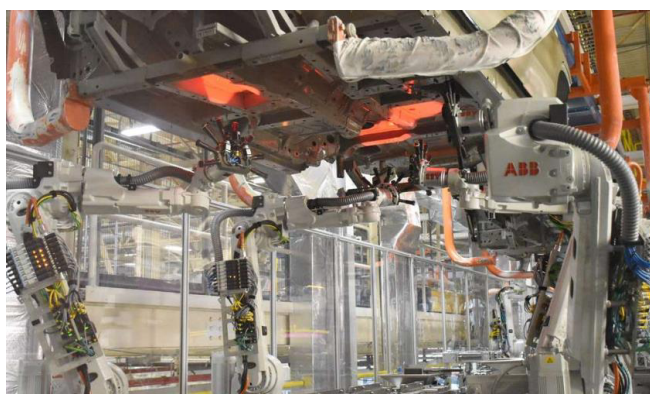


ABB プラグロボット（出所：BMW）

4.6 BAE Systems(イギリス)

企業概要

BAE Systems plc は、国防、セキュリティー、航空産業関連の事業を持つ英国の多国籍企業である。ロンドンとファーンバラ (Farnborough) に本社を置く同社は、欧州最大の軍事関連企業で、子会社の米国 BAE Systems Inc. を含め、世界でも最大手企業のひとつである。主な市場は、英国、サウジアラビア、オーストラリアである。

同社は、1999 年に General Electric Company plc (GEC) の子会社である国防電子機器メーカー及び艦艇造船所である英国 Marconi Electronic Systems (MES) と民間・軍事航空機製造企業 British Aerospace (BAe) の合併により誕生した、世界 40 か国に総従業員 85,800 人を持つ年間売上 184 億ポンド (2018 年) の企業である。

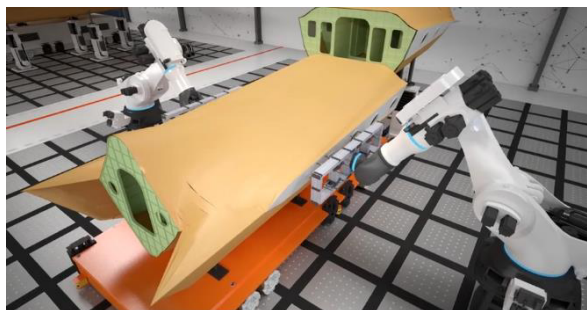
BAE Systems Military Air & Information (MAI、旧 Military Air Solutions (MAS)) は、2011 年に誕生した BAE Systems の軍用固定翼機設計、開発、製造部門で、度重なる企業合併により、English Electric Company、De Havilland、British Aircraft Corporation、Avro、Blackburn Aircraft、Hawker Siddeley、Bristol Aeroplane Company などの事業を受け継いでいる。主な顧客は、英国空軍、サウジ空軍、米国海軍、インド空軍である。

MAI は英国ランカシャー州ウォートン (Warton) を本拠とし、同州の 2 拠点で戦闘機 Eurofighter Typhoon、Hawk、Harrier、Panavia Tornado などの製造、試験、アップグレードを行っている。

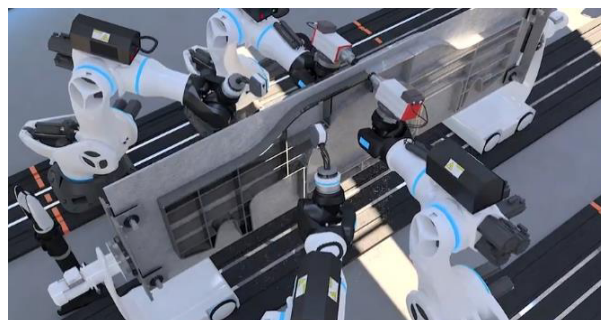
ファクトリー・オブ・ザ・フューチャー

BAE Systems は、ランカシャー州ウォートンの戦闘機製造拠点を、付加製造、協力ロボット、拡張現実などの最新技術を駆使した先進的製造技術のショーケースである「ファクトリー・オブ・ザ・フューチャー」とする計画を進めている。

既に主力となる戦闘機 Typhoon の製造工程では、未来の製造工場への一歩として、作業のデジタルインストラクションなどの技術の導入を開始している。¹⁶

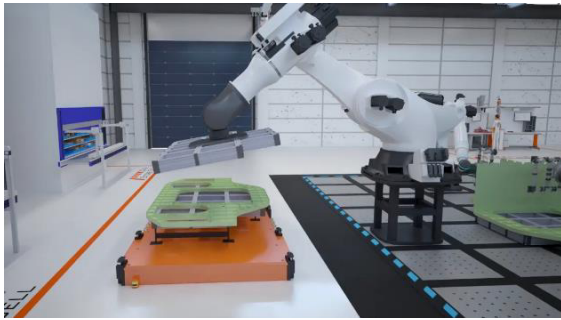


ロボットアームによる組立作業
(出所：BAE Systems)

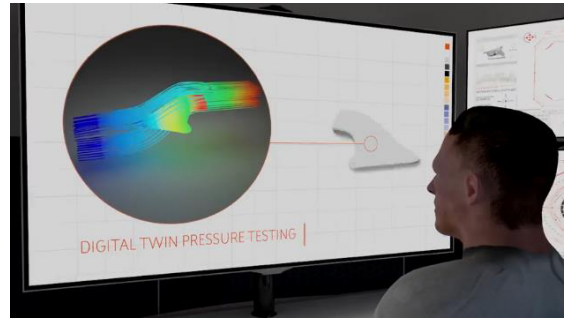


ロボットアームによる製造作業
(出所：BAE Systems)

¹⁶ <https://www.baesystems.com/en/feature/factory-of-the-future>



ロボットによる部品搬送（出所：BAE Systems）



デジタルツイン（出所：BAE Systems）

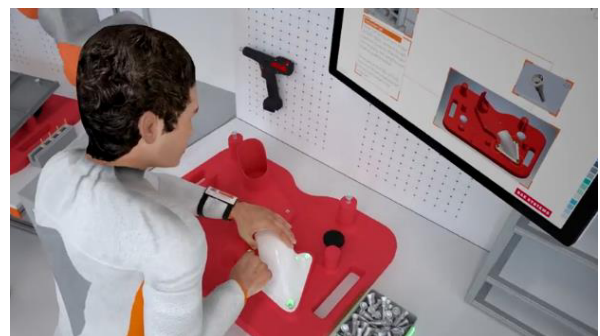
協力ワークステーション

協力ワークステーション (collaborative workstation) は、この未来の工場の中心的な機能のひとつである。ワークステーションには、幅広いデジタル技術が搭載されており、エンジニアは高度な作業を効率的に進めることができ、製造工程の付加価値を高める。統合センサーが各作業員を認識し、ワイヤレス技術を通じて自動的に最適化された個人プロフィールをダウンロードし、各ユーザーの経験に応じて作業の合図と指導を与え、作業の安全な実行を支援する。

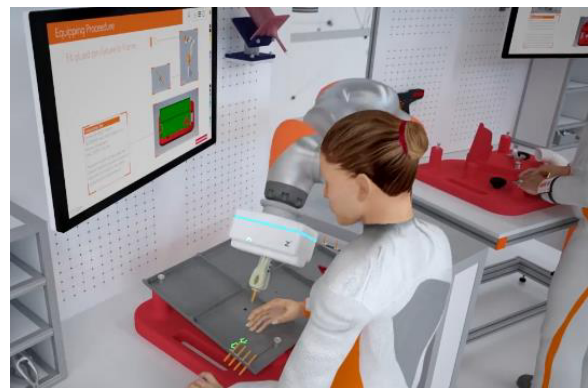
ワークステーションの組立支援機能は、光を利用したピックアップ (pick by light) 技術により、製造工程でユーザーが正しい部品または消耗品をピックアップするように光線で指示を与える。また、センサー駆動の協力ロボット (コボット) アームが、最新戦闘機のハイテクシステムの製造を安全かつシームレスに行うことを支援する。

ワークステーションには、再構成可能な多機能技術、3D印刷技術、拡張現実、自動製造技術などが組み込まれる予定である。

この新デジタルファクトリー概念は、BAE Systems、英国シェフィールド大学先進製造技術研究センター及び Siemens の密接な協力の成果である。Siemens はクラウドベースのオープン IoT オペレーティングシステム「MindSphere」を提供している。BAE Systems は、これまで行ってきたロボット技術への投資に加え、最新技術の導入により、同社の将来的な戦闘機製造の生産性、品質、安全性を向上させることを目的としている。



デジタル画像による作業指示
（出所：BAE Systems）



光線による作業指示（出所：BAE Systems）

これに関連して、BAE Systems は、2017 年、英ランカシャー州サムルズベリー (Samlesbury) に開設した新製品プロセス開発センターにおいて、戦闘機の製造工程を加速し、コストを削減するために、3D 印刷技術と仮想現実 (VR) 技術の研究を行っている。また、同拠点に併設されたスキル&ナレッジアカデミーでは、キャリアトレーニングプログラムの一部としてロボット工学を取り入れている。¹⁷

3D 印刷技術

BAE Systems は、20 年以上前に付加製造技術の研究を開始し、現在では戦闘機 Typhoon の標準部品の製造に導入している。

また、将来的には Typhoon を代替する次世代戦闘機 Tempest の新技術概念のラピッドプロトタイプングにも利用している。

2019 年 8 月には、BAE Systems は、3D 印刷業界最大手の米国 Stratasys との関係強化にも合意している。BAE Systems は 2006 年以来 Stratasys の顧客で、同社の PolyJet 技術と FEM (熱溶解積層法) ベースの付加製造技術を導入している。この合意では、両社は開発中または開発計画中の新技術への相互アクセスを認めている。¹⁸

さらに、BAE Systems は、2020 年 1 月に英国の大手付加製造技術企業 Renishaw とのパートナーシップの強化に合意し、知識とアイデアの交換に関してさらにオープンな協力体制の構築を目指している。BAE Systems は、限られた予算内でイノベーションと技術開発を加速するためには、戦略的な共同技術開発が不可欠であると述べている。

IoT プラットフォーム

一方、米国 BAE Systems では、全社的な製造工程の自動化、標準化計画の一環として、2018 年、米国内の製造拠点に IoT プラットフォームを導入した。同プラットフォームは、米国 Boeing の子会社 Tapestry Solutions の ESI (enterprise sensor integration) ソフトウェアプラットフォームである。

このプラットフォームは、製造現場の人、プロセス、データ、サプライチェーン及び製造管理活動を接続する。技術非依存型 (technology agnostic) であるため、あらゆる数のセンサー、デバイス、「モノ」をプラグインすることができ、資産とワークフロープロセスを監視、制御する。これらは低出力広域 (LPWA) コネクティビティー技術によって接続される。

同プラットフォームは、RFID センサーとリーダー、複数の企業資産計画 (ERP) システム及び資産管理システムを統合する。

Boeing 社自身も、このプラットフォームを 50 か所以上の製造拠点に導入し、組み立て時間の短縮、資産のレシートと支払いの自動化、在庫管理の改良、全体的な安全性と品質の向上を行っている。Tapestry Solutions は、プラットフォーム導入後 1 年間で、Boeing は 1 億ドルのコスト削減を実現したと述べている。

¹⁷ <https://www.aero-mag.com/cobots-set-aid-bae-systems-factory-future/>

¹⁸ <https://www.aero-mag.com/bae-systems-and-stratasys-increase-collaboration/>

この報告書はボートレースの交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

欧州における生産・製造新技術に関する調査
(2019年度 特別調査)

2020年(令和2年)3月発行

発行 日本船舶輸出組合
〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-15-12
日本ガス協会ビル3階
TEL 03-6206-1663 FAX 03-3597-7800

JAPAN SHIP CENTRE (JETRO London)
MidCity Place, 71 High Holborn,
London WC1V 6AL, United Kingdom

一般財団法人 日本船舶技術研究協会
〒107-0052 東京都港区赤坂2-10-9 ラウンドクロス赤坂
TEL 03-5575-6426 FAX 03-5114-8941

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。