

③緊急レスポンス・リカバリー船

2. 船舶設計へのリーン・プロダクト開発 (Lean Product Development) 手法の応用 (クオリティ向上、コスト削減、市場化促進、サービスとデータを活用したモジュラー設計)
3. 商船市場向けの IoT ベースのソリューション開発 (IoT i-Captain システムの改良バージョンの開発支援)

上記の3船種のフィージビリティは、CFD技術と構造シミュレーションを用いて検証される。

LINCOLN プロジェクトは、ミラノ技術学校 (Politecnico di Milano) が主導し、イタリア、スペイン、ギリシャ、キプロス、ドイツ、ノルウェーから、大学、研究所、ソフトウェア企業、海事技術コンサルタント、小型船造船所等 16 企業・組織が参加している。

LINCOLN プロジェクトは、他の研究開発プロジェクト (HOLISHIP、SHIPLY S 等) と協力し、欧州の海事研究開発と科学組織との連携を強化することを目的の一つとしている。

3.10 NAVAIS

2018 年には、欧州委員会が助成する新造船研究開発プロジェクト「NAVAIS」が開始された。同プロジェクトは、2018 年 6 月 1 日に欧州委員会のイノベーション&ネットワーク執行機関 INEA との補助金契約に調印し、正式に発足した。

NAVAIS プロジェクトは、船舶設計及び製造ネットワークの効率と柔軟性の向上を目的としている。プロジェクト実施期間は 4 年間で、「Horizon 2020」プログラムを通じて EU が 650 万ユーロ (760 万ドル) を拠出している。

プロジェクトでは、プラットフォームベースのモジュラー製品開発戦略により造船の効率化と柔軟性を実現する。フランス Dassault Systemes が開発した統合ビジネスプラットフォーム「3DEXPERIENCE」*を採用し、ローカル旅客車両フェリーや多目的作業船等の小型船を研究対象とする。

NAVAIS プロジェクトの成果としては、リードタイムの短縮、クオリティの均一化、設計製造コストの削減、サプライチェーンの統合改善等が期待されている。

プロジェクトには 16 企業・組織が参加し、コーディネーターは、オランダのホルクムに本社を置く造船グループ Damen Shipyards とオランダ海事技術研究所 Netherlands Maritime Technology (NMT) が担当する。他の 14 参加企業・組織のうち 4 社は Damen Group の子会社である (Marine Design Engineering Mykolayiv (ウクライナ)、Damen Galati Shipyard (ルーマニア)、Marine Engineering Galati (ルーマニア)、Damen Schelde Naval Shipbuilding (オランダ))。

他の 10 企業・組織は、Bureau Veritas Marine & Offshore (フランス)、MARIN (オランダ海事研究所)、Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (ベルギー)、デルフト工科大学 (オランダ)、Dassault Systemes (フランス)、Eekels Technology (オランダ)、

Heliox（オランダ）、Schunk Bahn- und Industrietechnik（ドイツ）、Center of Maritime Technologies（ドイツ）、SEA Europe（ベルギー）である。

Damen Group は、次のように述べている。「NAVAIS プロジェクトの作業は、Damen の造船哲学に沿ったものである。Damen は長年に亘り、標準化された造船プログラムに従って船舶の設計と建造を行い、最短時間で競争力のある価格の船舶を顧客に提供してきた実績がある。Damen は、この経験を NAVAIS プロジェクトのコーディネーターとして活かし、欧州造船産業の支援と海運の持続性向上に貢献することを願っている。」

* Dassault Systemes は、2017 年に Damen に「3DEXPERIENCE」ポートフォリオを供給した。同システムは、要求、規則、プロジェクトプランニングをコネクトする完全なトレーサビリティを持つデジタルプラットフォームである。データは全ビジネスユニットから収集され、再利用が可能である。これにより、迅速な設計変更が容易となり、設計初期段階において製造計画を決定し、決められたスケジュールとコストにおける引渡しを実現するためのサプライヤーとの連携が容易になる。さらに、同システムはアフターセールスサービスや新製品、新設計の開発を支援する。

「3DEXPERIENCE」システムの採用は、Damen Shipyards のビジネス拡張に対応するものである。同社は、市場要求を満たすために製品（船舶）ポートフォリオを拡大している。世界中のエンジニアリング拠点、造船拠点、サプライヤーと統一した情報や手法を共有し、ポートフォリオを効率的に管理し、顧客のニーズに効率的に対応するために、オペレーションのデジタル化を進めている。

3.11 HOLISHIP（船舶設計とライフサイクルを通じた全体論的最適化）

大規模プロジェクトである HOLISHIP(Holistic Optimisation of Ship Design and Operation for Lifecycle)プロジェクトは、欧州で建造される船舶の構造の複雑化と海運を取り巻く規則と規制の増加への対応を目指している。その焦点は、船舶設計とオペレーションに関し、船舶の生涯を通じた統合された「全体論的」なアプローチを採用した次世代船の開発である。

EU は、1,140 万ユーロ（1,300 万ドル）を「Horizon 2020」プログラムから拠出する。プロジェクトは、ハンブルク実験水槽（HSVA）が主導し、西欧から企業、研究所、大学等 40 企業・組織が参加している。参加企業・組織には、造船所、船社、船級協会、船舶設計企業、専門技術企業を含む。プロジェクトは、2016 年 9 月末に開始され、2020 年 9 月 30 日までに完了の予定である。

HOLISHIP プロジェクトは、先進パラメトリック・モデリングツールと統合ソフトウェアプラットフォームを基礎とし、造船工学の主要技術の全てを網羅する。これにより、船舶及び全てのオペレーションシステムのパラメトリックな多目的最適化が可能となる。

HOLISHIP プロジェクトが採用する統合モデルは、最新の CAE 技術を用い、技術経済データベース、計算及び最適化モジュール、バーチャル船舶フレームワーク（Virtual Vessel

Framework) 内のソフトウェアツールを統合する。これにより、実際の建造を開始する前に、全ての船内システム及び部品を含めた船舶のバーチャル試験が可能となる。ライフサイクルパフォーマンスの評価は、最適な艤装の詳細に関する知識を増加させる。この点は、特に、新造船の艤装が重要度を高めている欧州造船所に役立つ知識となる。

HOLISHIP プロジェクトでは、ソフトウェアツールの統合、ワークフローの処理、デジタルモックアップとデモンストレーターの開発に関し、実績のある2種類の設計ソフトウェアプラットフォームを利用する。多様な船種をカバーする合計9隻の実証船の開発が予定されている。最初の実証船はROPAX フェリーである。同船では、開発関連コストと効率的で頑強な船舶設計の分析方法として、「サービスとしてのソフトウェア」(Software as a Service : SaaS) と呼ばれるビジネスモデルの可能性を検証する。

プロジェクトは、以下の3つの作業クラスターから構成される。

- ① ツールの開発：設計段階毎の手法とソフトウェアツールを開発し、HOLISHIP 統合設計プラットフォームの自動化機能に適用する。
- ② ソフトウェアの統合：上記クラスター①で開発されたソフトウェアツールを HOLISHIP 設計プラットフォームとバーチャル船舶フレームワークに統合する。
- ③ アプリケーション、実証船：統合ソフトウェアプラットフォームを実証船の設計とオペレーションに適用する。

実施期間4年間のHOLISHIPプロジェクトの目標は以下のとおりである。

- 改善された統合設計ツールの利用による設計コストと所要時間を15%以上削減。
- 設計と手順を改善し、リードタイムを短縮し、建造と組立てを容易にすることによる製造コストの削減。
- 生涯的アプローチによるライフサイクルコストの20%削減とオペレーションのパフォーマンス改善。
- 複雑な機械モデリングとシミュレーションの革新的統合ソリューションである、HOLISHIP プラットフォームの採用による複雑なシステムの評価と統合に要する時間の短縮。
- ツールとプラットフォームを利用し、船体、推進機器、機械装置ソリューションの統合システムの可能性を最大化することにより、設計の初期段階においてエネルギー効率を改善。
- 「多目的最適化」による船舶の安全性向上。

3.12 SHIPLYS (船舶のライフサイクル・ソフトウェアソリューション)

実施期間3年のSHIPLYS (Ship Lifecycle Software Solutions) プロジェクトの目的は、船舶設計・建造に要する時間とコストを削減することにより、欧州の中小企業の競争力を向上させることである。主目的は、設計の初期段階で使用される現行のソフトウェアと互換性のあるライフサイクルツールと高速バーチャル・プロトタイプツールの開発と統合である。開発

された新総合ソフトウェアソリューションは、新造船又はレトロフィット契約の入札時に造船所及び設計企業を支援する。

2016年7月に開始され、2019年9月に完了予定のSHIPLYSプロジェクトは、EUが「Horizon 2020」プログラムから予算の100%を拠出している。プロジェクトには、欧州7か国から2つの造船所、スペイン Astilleros de Santander 及び英国 Ferguson Marine Engineering を含む12企業・組織が参加し、コーディネーターは英国の溶接研究機関 Welding Institute である。

SHIPLYS は、以下の方法により欧州の中小規模の造船所、船社、設計企業を支援し、欧州造船所の競争力を改善することを目的としている。

- 設計と製造に要する時間とコストを削減する能力の改善。
- バーチャル・プロトタイピング（仮想試作）を利用した、より優れた船舶を確実に製造する能力の開発。
- 生涯コスト分析、環境性評価、リスク評価、最終的な処理方法等増加する要求に対応。

要求される機能性を実現するための計算とモデリングは、特に、限られた資金、ソフトウェアツール、専門スタッフしか持たない中小企業や造船所にとって難しく時間を要する作業である。また、異なる設計段階において互換性のないツールとフォーマット間のデータ統合は困難である。さらに、中小企業が利用できる造船用ライフサイクルモデリング技術がないため、SHIPLYS プロジェクトでは以下のような課題に取り組む。

ユーザーの多様なニーズを分析した結果、SHIPLYS プロジェクトは以下の要素を統合することを決定した。

- IST ツール：コンセプトデザインツール（担当：IST）
- RSET：コンパートメントアレンジメント向けツール（担当：BMT）
- CAFÉ：3D デザインツール（担当：BVB）
- LR SEASAFE：復原性計算（担当：LR）
- RulesCalc：スカントリングの決定（担当：LR）
- Topgallant：造船所向け製造シミュレーション・ソフトウェア（担当：AES）
- LCT ツール：ライフサイクル分析（担当：ストラスクライド大学）

初期船舶設計に関する以下3件のシナリオが、SHIPLYS ソフトウェアの機能性試験の基礎となった。

- 短距離フェリーの新型ハイブリッド推進システムの最適化
- リスクベースのライフサイクル評価を活用した船舶設計概念の開発
- ライフサイクルコストとリスク評価を活用したレトロフィットの早期計画とコスト配分の決定支援ソフトウェアの開発

SHIPLYS プロジェクトの総予算614万ユーロ（700万ドル）は、全てEUの「Horizon 2020」プログラムからの助成金で賄われている。この最大限の助成は、中小企業の競争力強化とい

う EU 戦略の重要性を反映している。EU 域内の造船業は、300 以上の造船所と 9,000 社以上の下請企業を持ち、その多くは中小企業である。

3.13 MAROFF プログラム

ノルウェーは、船舶所有、造船、船用製品、技術の分野において国際海事産業で高い評価を受けている。その海事産業は輸出が中心である。ノルウェーの海事産業は、市場環境の変化と市場要求に柔軟に対応し、再編する能力を持っている。そのため、ノルウェーは、コストの高い国でありながら、依然として造船を行っている数少ない国の一つとなっている。

ノルウェーの造船業と関連産業は、地域、地方の経済、雇用、価値創造に非常に重要な役割を持っている。海事産業は、ノルウェーのオフショア石油ガス資源の開発による新たなビジネス機会を活用し、オフショア機器、オフショア支援船、サブシー船の全分野における世界のリーダーとなった。

今後のビジネス機会としては、洋上風力発電、海象条件の厳しい大水深海域における石油ガス開発支援船、オフショア養殖漁業、海底採掘、小型探検クルーズ船、深海漁業向け漁船、調査船、遠隔操作船、自律航行船等の分野を想定している。

ノルウェー・リサーチカウンシルは、次のように述べている。「ノルウェーが海事国家としての高い地位を保持するためには、研究開発イノベーション (RDI) への投資の大幅増加が不可欠である。共同研究、知識移転、技術交換を通じた海事関連イノベーションは、新たな海洋産業やビジネスセクターのポテンシャルを開拓する機会を提供する。これらの産業のシナジー効果をフル活用するには、団結した戦略的努力が必要である。」

ノルウェーは、海事研究への EU 補助金は十分ではないと考えており、ノルウェーの海事研究の重要性を考えると、大規模な国家補助が必要となっている。

MAROFF プログラム (Innovation Programme for Maritime Activities and Offshore Operations) は、ノルウェー・リサーチカウンシルの海事産業及び研究パートナーの技術研究及びイノベーションを支援するための主要プログラムである。究極的な目的は、価値創造を促進することである。プログラムの対象となるのは、漁業、オフショア産業を含む特殊船をカバーする船社、造船所、サービス企業、船用機器・システム企業である。

MAROFF プログラムで創造される価値としては、①競争力の向上、②産業再編能力の強化、③研究開発機関と企業の提携と知識交換の促進、が考えられている。

プログラム内の研究開発活動は、以下のようなテーマと科学分野における新たな能力とイノベーションの開発を支援する。

- 漁船、オフショア船、厳しい自然環境に対応する船舶等の特殊船分野におけるビジネス機会の開発
- 自律航行船、遠隔操作船の開発

- 設計、製造から技術、販売、サービスを含む造船の全バリューチェーンにおけるデジタルトランスフォーメーション
- 海事技術とオペレーションの「グリーン化」
- 海上の安全とセキュリティの強化
- 北極海、高緯度海域向けの技術とシステムの開発

イノベーションプロジェクトへの最新の補助金申請は2018年半ばに開始され、応募締切りは2019年9月12日である。総額1億5,000万ノルウェークローネ（NOK、1,830万ドル）が、2019年半ばに開始予定のプロジェクトに分配される。プロジェクト実施期間は最大4年間である。約4,000万NOK（490万ドル）は、特殊船の研究プロジェクトに割り当てられている。

MAROFF内のイノベーションプロジェクトは、通常プロジェクト予算総額の25～50%に相当する年間100万～400万NOK（120,000～480,000ドル）の補助金を支給される。大企業の場合、補助金はプロジェクト総額の40%を上限とする。

2018年半ばには、ノルウェー・リサーチカウンシルとシンガポール海事研究所の協力合意による助成プロジェクトへの募集も開始された。承認されたプロジェクトには、総額1,500万NOK（180万ドル）が支給される。応募締切りは2018年9月12日である。

このプロジェクト補助金の支給対象は、ノルウェーとシンガポールの共同研究グループ（大学、研究機関）である。ノルウェーからの参加組織・企業にはノルウェー・リサーチカウンシルが、シンガポールからの参加組織・企業にはシンガポール海事研究所がそれぞれ補助金を支給する。他の国際的研究機関も参加可能ではあるが、資金は各自で調達しなければならない。

補助金獲得のための優先分野は、海事産業のデジタル化、自律航行船及び関連システム、「グリーン」な海事技術である。

4 生産性向上に向けた企業の取り組み事例

特に製造業において生産性向上に向けた取り組みを行う主要企業として、Siemens(ドイツ)、Lamborghini(イタリア)、Audi(ドイツ)、KUKA(ドイツ)、BMW(ドイツ)、BAE Systems(イギリス)の取り組みを紹介する。

4.1 Siemens(ドイツ)

企業概要

バイエルン州ミュンヘンに本社を置く1847年創業のSiemensは、電信機製造企業から発展し、現在では情報通信、電力関連、交通・運輸、医療、防衛、生産設備、家電製品等の製造、及びシステムソリューション事業などを行うグローバルサプライヤーである。

近年は、特に電化、自動化、デジタル化事業に力を入れており、最新のソフトウェア、信頼性の高い自動化技術、製品ライフサイクルを通じたサービスを含めた「インダストリー4.0」関連のソリューションを提供している。

同社の企業向けデジタル化概念である「デジタルエンタープライズ」は、ソフトウェアとオートメーションソリューションを包括したSiemens独自のポートフォリオである。Siemensは、この「デジタルエンタープライズ」概念を活用して、顧客企業だけでなく、多数の自社生産設備のデジタル転換、即ち「スマートファクトリー」化を進めている。

Siemens全社の2019年度の売上は868億ユーロ、従業員数は全世界で385,000人(30%がドイツ国内)である。うち45,000人が研究開発に従事し、取得特許数は68,000件を超える。現在の研究開発活動の焦点は、人工知能(AI)、IoT、デジタルツイン、付加製造、サイバーセキュリティなどである。

4.1.1 「スマートファクトリー」アンベルク電子製品工場

1989年設立のバイエルン州アンベルク電子製品工場(Electronics Works Amberg:EWA、従業員数1,250人)は、Siemensのインダストリー4.0戦略を代表する「スマートファクトリー」である。



アンベルク電子製品工場(出所:Siemens)

同工場では、1日350回の生産切換え（チェンジオーバー）を行い、1日約120種の製品バリエーションと年間1,700万個のSiemensのオートメーションシステム関連の電子部品・製品の製造を行っている。生産工程の最適化には、1日約5,000万件のプロセス及びプロダクトデータを収集、処理する必要がある¹。さらに、人工知能（AI）、インダストリアルエッジコンピューティング、クラウドソリューションなどの先進技術が、柔軟性、効率、信頼性の高い製造工程を実現する。

無駄の排除、継続的な学習、工程の複雑さ軽減というリーン方式の概念と、情報フローの効率化、リアルタイムでの情報透明性という「デジタルエンタープライズ」概念を統合した、さらに柔軟で効率的な生産体制により、複雑な製品の開発から市場化までのリードタイムを短縮し、競争力を維持することが、その目的である。

以下は、アンベルク電子製品工場に導入された最新デジタル技術の例である。



タブレット端末によるロボット工程管理（出所：Siemens）

産業用クラウド「MindSphere」

「MindSphere」はSiemensの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で、製品、プラント、システム、そしてマシンをつなげ、モノのインターネット（IoT）が生成する膨大なデータの活用と高度な分析を可能にする。

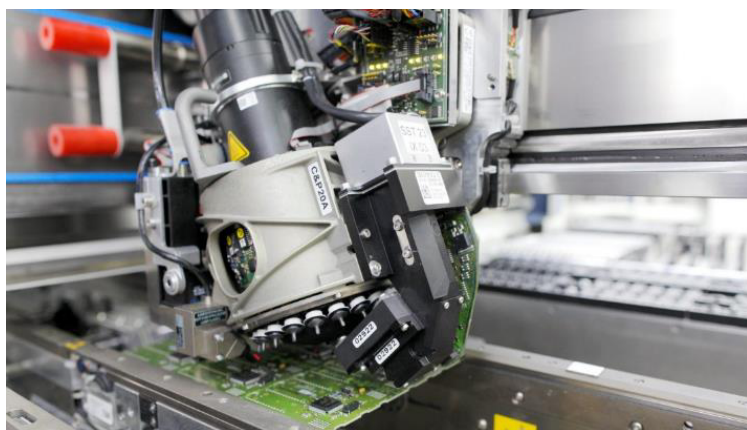
OEM企業やアプリケーション開発企業は、オープンインターフェイスでこのプラットフォームにアクセスし、機械、工具、産業ロボット、コンプレッサーやポンプなどの産業機器のオンライン監視情報を自社の製品分析や研究開発に活用することが可能である。また、実際のデータを利用して工場のデジタルモデルを作成することもできる。さらに、以前は2時間かかった工作機械のリプログラミングが僅か1分で完了する。

「MindSphere」はデータの保存だけではなく、オートメーション、インダストリアルエッジ、クラウドコンピューティングのシームレスなインターアクションが行われるエンド to エンドのデジタル環境を構築する。

¹ Welcome to Electronics Works Amberg (EWA), Investors & Analysts – Site Visit EWA | September 29, 2015, Siemens

インダストリアルエッジコンピューティングと AI

エッジコンピューティングにより、データは作成された地点で瞬時に処理される。例として、アンベルク工場では、プリント基板(PCB)製造でエッジコンピューティングを活用している。プリント基板の検査には、1台 500,000 ユーロのエックス線装置の代わりに AI 制御モデルが基板の不具合を発見し、製造ラインの最終検査が必要か否かを判断する。クローズドループ解析を用い、このデータは瞬時に生産工程に反映される。



ロボットと AI によるプリント基板 (PBC) の製造と検査 (出所 : Siemens)

早期警告システム

クローズドループ分析とインダストリアルエッジ技術はミリング工程にも活用されている。ミリング主軸はミリングダストにより正常に作動しない場合があるが、原因解明は困難であった。現在では、エッジコンピューティングと AI を組み合わせ、予測的メンテナンスを行っている。

「Performance Insight」アプリケーションにより、この結果は MindSphere のユーザーに提供される。工場オペレーターはシステム障害が発生する 12~36 時間前に現状を知り、事前に対応することが可能となる。

デジタルツインと概念実証 (Proof of concept : PoC)

デジタルツインの導入は、コントローラ部品を目標サイクルタイムである 8 秒で製造することを可能にした。当初は 11 秒であったサイクルタイム短縮のために、Siemens の技術者は、デジタルツインを用いて最適な動作をしていないマシンモジュールを最適化された部品と交換し、シミュレーションを行った。これにより目標サイクルタイムが達成され、PoC が確認された。

サイバーセキュリティ

アンベルク工場は、カスタム化されたセキュリティソリューションで、工場全体のネットワークインフラへのサイバー攻撃のリスクを最小化している。



サイバーセキュリティー概念（出所：Siemens）

デジタルエンタープライズ

アンベルク工場では、ハードウェア及びソフトウェアソリューション、コミュニケーション、サイバーセキュリティー、サービスが最適にコーディネートされている。エンド to エンドの水平及び垂直統合により、製造工程のシーケンスはシームレスであり、Siemens の「デジタルエンタープライズ」ソリューションの好例として、未来のデジタル化をリードしている。²

「MindSphere」をはじめとする以下のような数々のイノベーションの導入により、アンベルク工場の生産性は 10 倍増加し、不良率は Siemens が目指すゼロに近い 100 万機会分の 10 (10 dpmo) となった。³

同工場は、2018 年のドイツのインダストリー 4.0 アワードのスマートファクトリー部門賞を受賞した。

4.1.2 ロボット化されたバッテリーモジュール工場（ノルウェー）

2019 年 1 月、Siemens は、ノルウェー北西部トロンハイムに、約 1 億ノルウェークローネ（約 12 億円）を投資した高度に自動化されたバッテリーモジュール製造工業を正式に開設した。

安全で信頼性が高いバッテリーソリューションは世界的に需要が増加しており、特に環境意識の高いノルウェーでは、近年低排出の完全バッテリー駆動またはバッテリーハイブリッド駆動の内航フェリーが急速に増加している。Siemens は、船用バッテリー需要は 2024 年までに倍増すると予測している。

同工場では、船用、オフショア市場向けの将来的な需要増加に備え、8 基のロボットステーションから構成されるデジタル化された生産工程が、1 日 1 シフト当たり 55 基のバッテリーモジュールを製造している。現在の年間生産能力は 300MWh であるが、今後の能力拡大により、製造された年間 300~400MWh のバッテリーは、150~200 隻の電気フェリーを駆動することが

²<https://new.siemens.com/global/en/company/stories/industry/electronics-digitalenterprise-futuretechnologies.html>

³<https://internetofbusiness.com/success-stories-five-companies-smart-factories-can-learn/>

可能である。フェリーに加え、漁船、養殖作業船、オフショアリグなどへのバッテリー採用も増加傾向にある。⁴

新工場には、11基の KUKA 産業ロボットと多数のオムロン製自動搬送モバイルロボット (AGV) が導入され、人間の関与は最小限 (常駐 3 人) である。同工場では、バッテリー製造工程だけではなく、配送された部品の梱包を解く作業から完成したバッテリーの試験までの工程全体が完全に自動化されている。バッテリー1基はバッテリーモジュール9個で構成され、バッテリーモジュールは28個のバッテリーセルで構成されている。

ノルウェーは、海運の電化ソリューションで世界をリードしており、現在バッテリーの主要市場となっている。Siemensに加え、2019年9月にベルゲンに新工場を開設したバッテリー製造の最大手企業であるカナダ Corvus、その他数社がノルウェー国内におけるバッテリー製造を行っている。

Siemens はトロンハイムに電化ソリューション及びハイブリッドソリューションに関する技術研究所を設置しており、ノルウェー国内の需要に対応すると同時に、グローバル市場の成長を見据えている。



ロボットによるバッテリー製造 (出所: Siemens)



自動搬送モバイルロボット (AGV) (出所: TU)

⁴<https://www.kuka.com/en-se/industries/solutions-database/2019/02/batterifabrik-i-trondheim>

4.1.3 Materials Solutions の付加製造工場（英国）

2006年設立のMaterials Solutions社は、英国ウースターを本拠とする付加製造（AM）技術の専門企業で、発電、石油・ガス、航空機、自動車及びモータースポーツなど幅広い産業向けの付加製造製品とサービスを提供している。同社は選択的レーザー融解（Selective Laser Melting：SLM）技術による積層造形法を用いて、超耐熱合金製などの高性能金属部品を製造するAM業界のパイオニア企業のひとつである。

Materials Solutionsは、2016年にSiemensがデジタル化戦略の一環として85%株式を買収し、同社のグローバル付加製造・サービス部門の一部となった。Materials Solutionsは、Siemens向けには、ガスタービンブレードなど高温部品やスペアパーツの製造実績がある。

付加製造と3D印刷は同義語として使用される場合が多いが、Materials Solutions社は付加製造と3D印刷の違いとして、3D印刷は主に顧客プレゼン向け部品のラピッドプロトタイプング、即ち基本概念の3Dモックアップを作成することであり、付加製造とはその3Dオブジェクトを、金属またはプラスチックなどの材料を用いた積層により、実際に使用可能な部品として製造することである、と区別している。

2018年9月、Siemensは270万ポンド（約38.3億円）を投資し、英国内で15か所目のSiemens工場となるMaterials Solutionsの新工場をウースターに開設した。同社は、以前は実験室で数人のエンジニアが数基の3Dプリンターを使用して行っていた小規模な付加製造を、50基以上のプリンターを使用した工場における高品質の工業レベルのシリーズ生産に引き上げることを目的としている。同社ウースター拠点の敷地面積は4,500㎡に倍増し、50人以上の新規雇用につながっている。



Materials Solutions のAM工場（出所：TCT Magazine）

「スマートファクトリー」となる同工場では、デジタル技術を最大に活用し、完全なエンドtoエンドプロセスを構築するために、以下のようなSiemensのPLM（製品ライフサイクル管理）ソリューション「デジタルエンタープライズ」のソフトウェアベースのツールを採用している。

- リアルタイムロケーションシステム：資本設備と在庫状況を追跡し、作業の進捗状況とロケーションをリアルタイムで確認する。

- 「MindSphere」クラウドアプリケーション：工場環境と機器を常時監視する。
- NX 設計ソフトウェア：製品の製造方法を開発し、製造工程のシミュレーションを行う。

ハードウェアとしては、当初は EOS 及び Renishaw 製の金属 AM 装置 17 基で始動するが、5 年以内には 50 基以上の装置を稼働させる計画である。2019 年には大型金属粉末ブラスト・仕上げ装置「Guyson Euroblast 8」などの自動化システムを導入し、手作業で行われていた製品の加工・後処理能力を向上させた。金属材料は、中二階レベルからスマートホッパーにより AM 装置に自動的にフィードされる。無人搬送ユニットも導入される予定である。工場施設は、今後の生産拡大に対応するため、余裕のある設計となっている。

このようにデジタル化された一貫生産により、サプライチェーン全体のリードタイム、品質、コストの管理が容易になる。同工場では引き続き顧客向けのプロトタイプ製造も行うが、航空機、自動車などのセクター向けには高品質部品のシリーズ生産に移行する計画である。AM 製造は、現時点では高コストがネックとなっているが、AM 製造の工業化と生産規模の拡大によりコストは低下すると同社は予想している。

AM 技術のポテンシャルを示す最近のプロジェクトとしては、100 年前に製造されたビンテージカー Ruston Hornsby のステアリングボックスを、リバースエンジニアリング技術を用いてオリジナルの設計図なしに再生産した。最新のスキャン技術により、壊れたステアリングボックスのパーツをデジタル再現し、AM 製造用のモデルを作成した。このように、AM 技術は従来の方法で製造できない部品の設計、製造に用いることが可能である。⁵

Materials Solutions は、80 社以上の顧客企業向けに 5,000 個以上の AM 部品を製造した実績があり、Siemens は 2025 年までに 200 個以上の金属部品の型式承認を取得する計画である。

6

2019 年 10 月には、Siemens と Material Solutions は、米国フロリダ州オーランドに、主に Siemens のエネルギー事業向けのソリューション開発を行う先進付加製造センターを設立した。



AM 製造で再現された Ruston Hornsby ステアリングボックス
(出所：TCT Magazine)

⁵<https://ingenuity.siemens.com/2018/12/from-the-lab-to-the-shop-floor-a-journey-to-industrialisation/>

⁶<https://www.tctmagazine.com/3d-printing-news/inside-siemens-uk-3d-printing-smart-factory-1/>

4.2 Automobili Lamborghini (イタリア)

企業概要

1963年にFerruccio Lamborghiniが設立したAutomobili Lamborghiniは、イタリアのボローニャ県サンタガータボロニエーゼ (Sant'Agata Bolognese) に本拠とする高級スポーツカーメーカーである。1999年以来、同社はドイツVolkswagen Group傘下のAudi Group内のブランドとして、現在本社工場でLamborghini Huracán、Lamborghini Urus、Lamborghini Aventadorを製造している。同社製品の三大市場は、米国、英国、日本である。

2018年は、新本社工場の建設による生産能力の拡大と2018年7月にデリバリーを開始した新モデルUrusの成功により、Lamborghiniは前年比51%増、同社史上最高記録となる5,750台(2017年:3,815台)を販売した。売上も前年比40%増の14億1,500万ユーロであった。Urusの製造開始に伴い、正規従業員数は1,754人(2016年:1,415人)に増加している。同社は、4年間連続でイタリアの「トップ・エンプロイヤー」に選ばれている。

Lamborghiniはイタリア本社に研究開発部門を持つが、本社以外の研究開発組織としては、米国シアトルに先進複合材構造研究所(Advanced Composite Structures Laboratory:ACSL)がある。同研究所では、Boeing社と共同で自動車及び航空機向けの軽量先進複合材料の開発を行っている。Lamborghiniは、30年前から同社製品にカーボンファイバー強化ポリマーを採用している。「Forged Composite®」は、Lamborghiniと米国Callaway Golf Companyが、ACSLで共同開発した複合材料技術である。

新「スマートファクトリー」

2018年、Lamborghiniは、本社所在地であるサンタガータボロニエーゼに、世界初の「スーパー・スポーツ・ユーティリティ・ビークル(SSUV)」となるLamborghini Urusの製造に特化した新工場と関連施設を稼働させた。これにより本社の生産設備は、80,000 m²から160,000 m²へと倍増し、同社の生産能力も年間7,000台へと拡大した。

新生産設備には、Urus専用の新組立ライン、全Lamborghiniモデル用の最終検査部門、最高のエネルギー効率と環境性を持つ新設計のオフィスビルが含まれる。また、新試験トラック、新ロジスティクスセンター(倉庫)、新トリジェネレーション発電施設、新エネルギーハブも併設されている。

新工場と付属施設の建設には、社外から600社、3,600人が参加し、18か月という短期間で行われた。この工場拡張作業中にも既存の生産体制は維持され、2016年には前年比7%増のセールスを記録した。新工場を含めた本社の製造設備は環境的にサステナブルで、カーボンニュートラル認証を取得している。



本社新製造施設全景（出所：Lamborghini）

この未来的な新工場は、「インダストリー4.0」概念に基づいている。まず、新モデル Urus の開発には、対象となる顧客市場を特定した。対象市場セグメントのニーズと志向性を完全に理解し、Lamborghini は、コンサルティング企業 KPMG の協力を得て、新工場、技術、プロセスがどのように機能し、顧客と企業にどのような価値をもたらすかを優先的に考慮した総合的な「インダストリー4.0」戦略を打ち出した。デジタル技術はそれを実現するための手段として用いられた。

続いて KPMG は、Lamborghini の「インダストリー4.0」戦略目的に沿った、全工程を管理する IT プラットフォームを開発した。新工場は、デジタルセンサーと協ロボットを導入した高度なモジュラー設計である。⁷

最高水準の「インダストリー4.0」を実現した同工場では、ロボット同士、またロボットと高いスキルを持つ Lamborghini の作業員が共同で作業を行うという、仮想世界と実際の製造工程が融合した環境を構築している。製造される各車体は、自走式ロボット (automatic guided vehicles : AGV) により、工場内の必要な作業が行われるワークアイランド間を自動的に移動する。

工場内各所の電子監視、データ収集と報告は瞬時に行われ、作業員は製造現場で、またはあらゆるロケーションから、タブレットを用いて製造工程を遠隔制御することができる。これにより紙の書類の必要性が完全になくなる。

新工場は、生産体制の柔軟化、情報へのアクセス性向上、システム同士の相互接続などの利点を提供している。また、人間がコントロールする新製造技術が作業を支援することにより、現場の熟練工のプロフェッショナリズムを強化する。

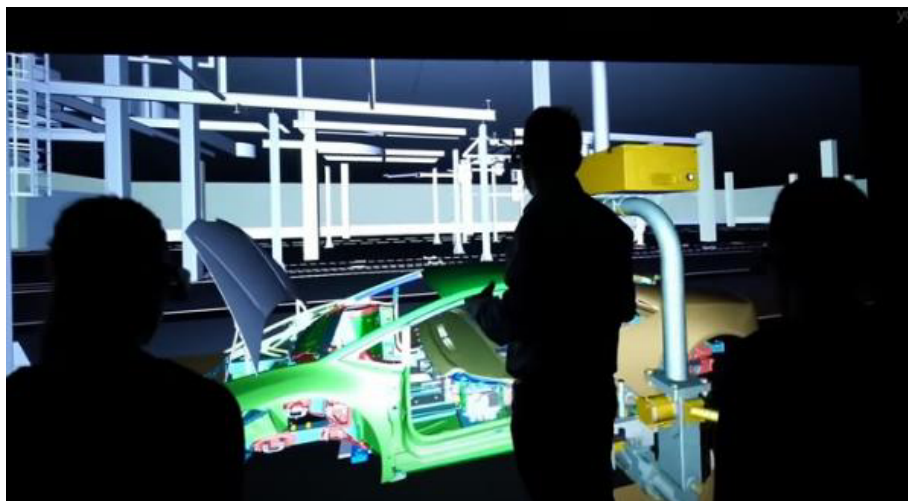
⁷ <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2018/11/industry-4-0-case-studies.html>

新生産方式「Manifattura Lamborghini」

Lamborghini は、「Manifattura Lamborghini」（ランボルギーニ生産方式）と名付けたこの新生産体制・方式は、高級自動車製造の新たなモデルとなるものであると述べている。同方式の基本的な特徴は、以下の4点である。

①職人の技（クラフトマンシップ）の保護

作業工程に革新的技術を統合することにより、熟練工のクラフトマンシップを保護し、最適化する。最高の品質水準の維持と同時に、製品のカスタム化を促進する。



VR ルーム（出所：Cars BOOM⁸）

②能力と専門性の最適化

デジタル化は、作業員がタッチスクリーンにより、相互接続されたシステムからの製造情報に容易にアクセスすることを可能にする。



（出所：Car BOOM⁹）

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=nyjf8e1nmzU>