

欧州造船業における最新の生産技術の 開発・導入に係る動向

2020年3月

一般社団法人 日本中小型造船工業会
一般財団法人 日本船舶技術研究協会

はじめに

2008年の金融危機を契機に新造船需要が激減し、日本、韓国、中国による熾烈な受注競争が繰り広げられてきた。2013年以降は円高の是正等を背景として、日本造船業の受注量は増加基調で推移し、2015年には国際規制適用前の駆け込み需要により、我が国の新造船受注シェアは2015年には約30%まで回復した。しかし、2016年に入ってから、世界的な船腹過剰の影響を受けて新造船の発注量は激減しており、中国・韓国における大規模な公的支援の実施もあり、日本造船業は極めて厳しい状況にある。

日本造船業は、これまで生産設備の自動化やクレーン設備の大型化等による工程短縮等の生産技術の向上を図ってきており、その生産効率は中国、韓国に比べて依然優位性があるが、今後も中国、韓国の生産性向上による追い上げが続いている状況を考慮すれば、競争力強化に向けて、IoT、AI等の情報通信技術やセンシング技術の建造工程への導入による生産効率の向上が必要不可欠である。

欧州造船業は、クルーズ客船を中心に受注量の増加が続くなど好調を維持している一方、アジアの競合国に対する生産効率の優位性を維持・拡大するため、造船工場の見える化、工作精度・品質の向上、工作・取付のスピードアップ等の取組み、また、最近注目を集める3Dプリンター、電子タグ、CAD、自動溶接等のIoT、AI等の先進技術を積極的に導入している。

我が国でも政府が2025年における生産効率を50%向上させる目標を掲げるなど、建造工程に係る新技術の開発・導入に係る必要な対策を実施している最中であるため、先行する欧州の動向について調査を実施した。

ジェトロ・ロンドン事務所（ジャパン・シップ・センター） 船舶部
（一般社団法人日本中小型造船工業会 共同事務所）
ディレクター（船舶部長）高橋 信行

目 次

第 1 章	概要	1
第 2 章	欧州主要造船所の設計・製造工程における先進技術及びイノベーション	4
2-1	欧州造船業の概況	4
2-2	Meyer Group	6
2-3	Fincantieri Group	14
2-4	Damen Group	21
2-5	Chantiers de l' Atlantique	27
2-6	他の造船所の技術	29
第 3 章	欧州主要設計、技術、エンジニアリング企業の革新的な設計・製造技術	32
3-1	Kranedonk - 溶接、切断用ロボット	33
3-2	RB3D - ウェアラブルロボットと外骨格型ロボット	34
3-3	Kongsberg - 統合システム	36
3-4	ABB - 自動運転技術	37
3-5	D Maritim - データ駆動型船舶建造技術	38
3-6	Wärtsilä - メンテナンス向けの拡張現実技術	38
3-7	Rolls-Royce Marine & NTNU - オープンシミュレーションプラットフォーム	39
3-8	I-tech - 先進材料とバイオテクノロジー	40
3-9	RAMLAB - 付加製造研究所	40
3-10	Sculpteo - 3D 印刷技術を用いた プロトタイピングとモデリング	41
3-11	Konecranes - データサイエンス研究所	41
3-12	We4Sea - デジタルツインによる設計最適化	41
3-13	BAE Systems - 船舶の 3D プロトタイプ	42
3-14	Titomic - 付加製造試験	43
3-15	Fostech - ホログラフィック・コンピューティング	43
3-16	Vranvic - セールスと顧客向けの仮想・混合現実ソリューション	44
3-17	Dassault Systèmes - 3D ソフトウェア	44
3-18	C-Job - 3D 設計モデリング	45
3-19	CADMATIC - データ駆動型造船	46

第 4 章	造船業における新技術の開発動向と導入状況	47
4-1	ロボットシステム	47
4-2	3D 印刷（付加製造）	47
4-3	先進的レーザー技術	48
4-4	先進複合材料	49
4-5	ドローンと自律走行装置	49
4-6	仮想現実と拡張現実	50
4-7	サイバーセキュリティ	54
4-8	船舶設計過程におけるバーチャルモデリングと自動化シミュレーション	54
4-9	ビッグデータ解析	54
4-10	クラウドコンピューティング	55
4-11	モノのインターネット（IoT）とマシンラーニング	56

第 1 章 概要

世界的に注目が集まっている「インダストリー4.0」の概念に含まれる技術は、造船業における建造工程や製造業における製造工程や作業の未来に大きな影響を与えると考えられる。造船業は、これまで新たな機械設備やソフトウェアを建造工程に導入し、生産性の向上に努めてきた。今日の造船業が直面している課題は、製造効率、船舶の安全性、コスト効率、エネルギー転換、環境保全等多岐にわたる。

これらの課題を解決するために、自動化技術、人間とロボットの相互関係の構築、サービスのインターネットや新デジタルビジネスモデルの導入が期待される。ビッグデータ、モノのインターネット（Internet of Things : IoT）、サイバーセキュリティ、ロボット工学、3D 印刷（付加製造）、仮想現実（VR）及び拡張現実（AR）は、設計及び建造工程を進化させるとともに、コスト削減と生産効率の改善を実現する技術だと考えられる。また、これらの技術については、建造工程の改善のみならず、部品交換やメンテナンスの効率化、船舶運航と乗組員の安全性とセキュリティの向上にも貢献することが期待されている。

欧州の造船業・船用工業は、船舶や建造技術に関して研究開発、イノベーション及びスキルへの投資に力を入れている。造船業・船用工業全体では年間売上の 9% を研究開発イノベーション活動に投資しており、欧州で最も研究開発に力を入れている産業のひとつとなっている。

例えば、Fincantieri Group は、2018 年、海事産業への先進材料の導入を目指す「Ramsses」プロジェクト、艦艇設計分野への没入型システム導入に関する「Sidran」プロジェクト、クルーズ船向け統合構造及び居住区マクロモジュールの開発に関する「Maestri」プロジェクト、スマートな建造工程へのデータ及びプロセスモデル構築に関する「ISDM」プロジェクト、及びライフサイクルパフォーマンスの現実的なシミュレーションによるデザイン過程の改良を目指す「複雑な船舶運航のシミュレーションによるバーチャル海上実験」プロジェクトなど多彩な研究開発プロジェクトを実施している。

また、Damen Group は、海事産業界で最も仮想現実（VR）の利用に積極的な企業であり、船主の発注決定への支援、建造開始以前の船舶設計パラメーターの最終決定、運航状況の再現、船員のトレーニングなどに VR 技術を用いている。

欧州の造船所は、1992 年以來、レーザー技術の開発と利用を進めており、L-SHIP、TRANSLAS、SANDWICH、DOCKLASER、InterSHIP、BESST など数々の EU 助成共同研究開発プロジェクトを実施してきた。この開発過程で、Meyer Group は欧州最大のレーザーセンターを開設している。

造船所における建造工程は、設計、エンジニアリング（製造準備）、製造、組立て、艀装である。図 1-1 は、欧州の造船所における建造工程及び各建造工程において導入されている技術の例である。

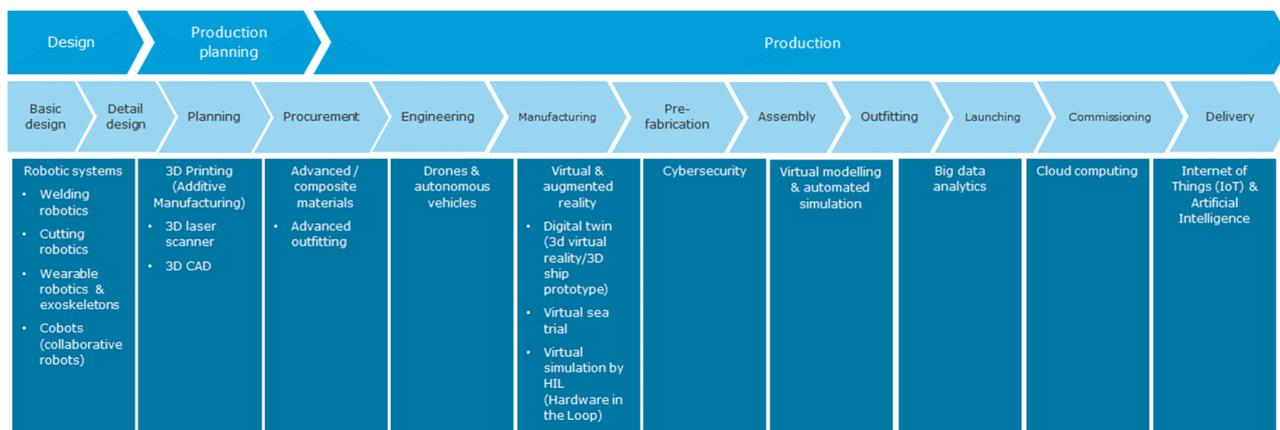


図 1-1 欧州の造船所における建造工程及び導入技術の例

造船業・船用工業以外の製造業では「インダストリー4.0」の進捗状況に関する多くの情報があるが、造船業では、「インダストリー4.0」、「造船」、「IoT」などのキーワードで検索した場合、「インダストリー4.0」技術の導入に関する情報はそれほど多くはないことは、造船業・船用工業における、新技術やイノベーションの導入が他産業に比べて困難であることを意味している。造船業・船用工業は、様々なステークホルダー（利害関係者）を持ち、多岐にわたる産業分野を包含している。そのなかでも造船業は、設備投資に莫大な費用が必要となることや、一隻建造するのに年単位の時間を要することなど、他の製造業と比較すると特殊な産業となっている。

しかしながら、過去数年間で、「インダストリー4.0」の概念は全産業に浸透し、造船業・船用工業にも大きな影響を与えている。「インダストリー4.0」に関して最も重要な2つのカテゴリーは、サイバーフィジカルシステム（cyber physical systems : CPS）とモノのインターネット（Internet of Things : IoT）である。CPSはフィジカル（物体）とソフトウェア要素を統合し、インターネットとそのユーザーに接続された製品を実現する。

図 1-2 に示すとおり、設計、建造、運航に関する情報をステークホルダーで共有することは、設計、調達、建造その他のプロセスの効率化やサプライチェーンと造船所の効果的な統合に不可欠な技術である。

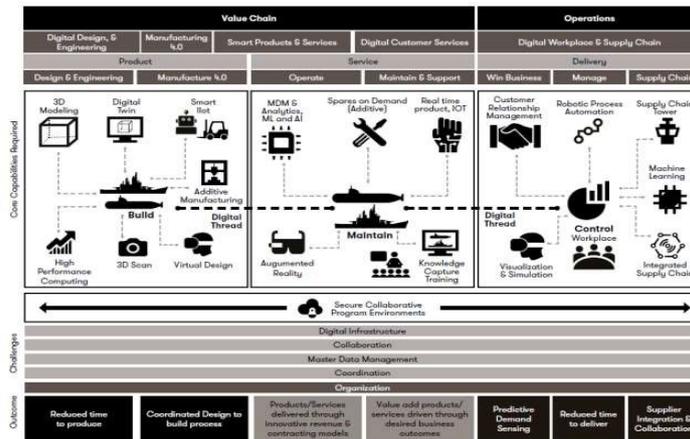


図 1-2 デジタル造船所のバリューチェーン（出所：DXC.technology）¹

造船所とそのサプライヤーの生産性を向上させるには、設計、建造、運航を含む船舶のライフサイクルの各フェーズにおける情報を造船所とサプライヤー間で共有し有効活用することが重要である。そのためには、造船所とサプライチェーンの異なるシステムを統合しなければならない。特に、汎用的な設計支援ツールである CAD システム（NX、CATIA など）と船舶に特化した設計支援ツールである（AVEVA Marine、CADMATIC、NAPA など）の間の情報共有が重要である。

造船所とサプライヤー間において、安全性に優れ効率性が高い情報共有を実現するため、EUROYARDS 会員企業（Chantiers de l'Atlantique、Damen Shipyards Group、Fincantieri、Lürssen、Meyer Werft、Naval Group、Navantia）は、データを管理する統合プラットフォームを共同開発するプロジェクト「Code Kilo」に取り組んでいる。欧州造船所は、IoT、ビッグデータ、AI に係る将来的なビジネス機会を念頭に、自社のシステム統合のみならず、業界全体での統合に向けた取り組みを進めている。このプロジェクトが成功するには、顧客、船級協会、サプライヤーを含む全ステークホルダーの協力が不可欠である。

¹ DXC.technology, Digital shipyard sounds great but what is it? – The technologies making it possible, White paper, 2018

第 2 章 欧州主要造船所の設計・建造工程における先進技術及びイノベーション

2-1 欧州造船業の概況

20 世紀の初めには、欧州の造船業は世界の商船建造を独占していた。この地位は 1950 年代に日本に奪われ、その後 1970 年代には韓国が台頭した。2000 年以降は、急速な経済成長と政府の重工業振興戦略に後押しされた中国の造船業も世界の商船建造シェアを高めている。

しかしながら、欧州の造船業は、ニッチな市場に特化しており、クルーズ船、オフショア船、レジャーヨットなど特殊な船舶の市場における建造シェアが非常に高い。調査船、フェリー、巡視艇、洋上風力発電施設の建設に使用される船舶などの特殊な船舶についても、欧州の造船所の世界シェアは高い。

造船業は、幅広い分野のサプライヤーを有しており、裾野が広い産業となっている。そのため、他の輸送機器の製造と比較すると建造工程の複雑性が高く、一品受注生産であるため、高コストで多大な時間がかかる。

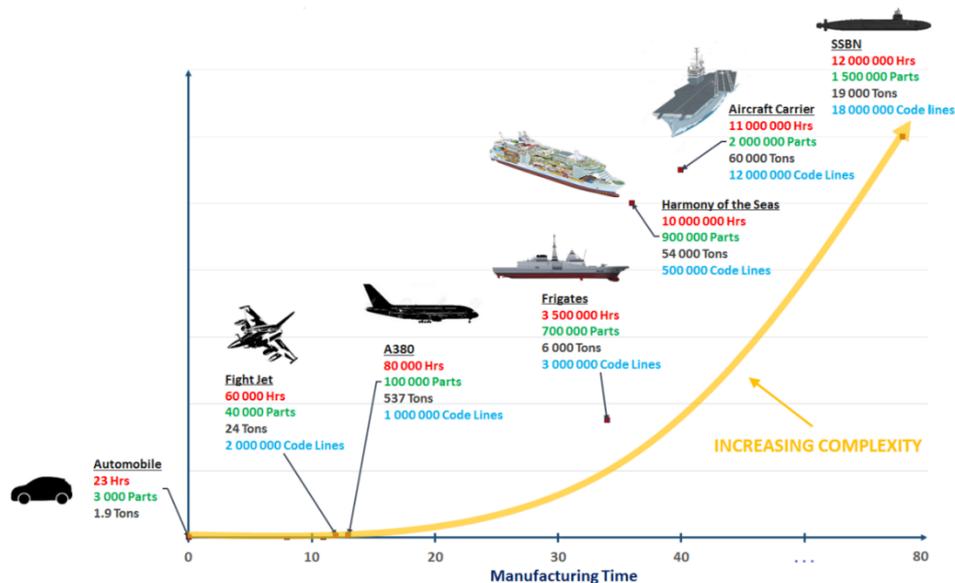


図 2-1 輸送機器の製造（建造）の複雑性（出所：SEA Europe、Fincantieri）

以前は建造工程のほとんどの作業は造船所自身が行っていたが、技術の高度化に伴いモジュール化が進んだため、造船業における舶用機器メーカーの役割の重要性が高まっている。欧州の造船所が建造する船舶では、舶用機器のコストは船価の約 50～70%、特殊船分野では 70～80%を占めると見積もられている。²

欧州内で製造を行っている舶用機器メーカーは、エンジン及び電気・電子工学部門を強みにしている企業が多い。これらのメーカーは製品の約半数を海外、特にアジアの顧

² Study on the Competitiveness of the European Shipbuilding Industry – 2009, ECORYS SCS Group, Rotterdam
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/10506/attachments/1/translations/en/renditions/native>

客向けに輸出している。欧州の船用機関メーカーの中には、顧客であるアジアの造船所の近くで製品製造を行うため、アジアのメーカーに製造ライセンスを供与している企業もある。

表 2-1 欧州主要造船所の新技術の概要

造船所	技術及び研究開発プロジェクト
Meyer Group ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 欧州最大のレーザーセンター「Laserzentrum」を開設 ・ 自動曲げ・フランジ加工機 ・ CATIA コンピューターソフトウェア：船舶設計を最適化する 3D 製図を作成 ・ TESS (The Extended Simulation Support System) 材料フローシステム：造船所内の全資材の流れをブルートゥース技術で管理するシステム ・ DIOMAR 研究開発プロジェクト：厚さ 30 mm までの鋼板の溶接が可能な高出力ダイオードレーザーの開発 ・ レーザー溶接 I-Core サンドイッチパネル ・ 仮想現実 (VR) ルーム
Fincantieri Group イタリア	<ul style="list-style-type: none"> ・ “RAMSSES”：先進材料の海事産業への導入を目指すプロジェクト ・ “Sidran”：艦艇分野の没入型設計支援システム <p>“Maestri”：クルーズ船向け統合構造とマクロ・アコモデーション・モジュール</p> <p>“ISDM”：船舶のスマート建造のためのデータ及びプロセスモデル</p> <p>VISTA (Virtual sea trial by simulating complex marine operations)：ライフサイクルパフォーマンスの現実的なシミュレーションのための方法とモデルによる設計過程の改良</p>
Damen Group オランダ	<p>3D 印刷されたプロペラ「WAAMPeller」</p> <p>仮想現実 (VR) 技術</p> <p>Hardware in the Loop (HIL) シミュレーション</p> <p>ソフトウェアツール「Sandy」：無料のオンライン浚渫作業計算ツール</p> <p>空気潤滑式内陸水路船「Ecoliner」</p> <p>バーチャル曳航水槽</p> <p>「Damen Safety Glass」</p> <p>造船所のペーパーレス化</p>
Chantiers de l'Atlantique (旧 STX Europe) フランス	<p>Solid Sail：耐久性が高く操縦が容易な格納式複合材製セイル</p> <p>環境保護プロジェクト「PACBOAT」：2022 年に竣工予定の MSC Cruises 向け World クラスクルーズ船 4 隻の第 1 船に新型燃料電池を搭載する。</p>
Navantia (艦艇建造所) スペイン	<p>3D VR 技術によるデジタルツイン</p> <p>3DCABINS</p> <p>ADIBUQE</p> <p>拡張現実 (AR) を利用した品質管理</p>
Royal IHC オランダ	<p>レーザー外装 (cladding) マシン</p>

2-2 Meyer Group

Meyer Group は、豪華クルーズ船に加え、ROPAX フェリー、RORO 船、旅客船、ガスタンカー、家畜運搬船を建造している。

Meyer Group は以下の造船所を所有し、経営を行っている。

- ・ Meyer Werft (ドイツ・パーペンブルク) : 現在の年間建造能力は大型クルーズ船 2 隻及び小型クルーズ船 1 隻、総トン数 400,000 トンである。20,000～180,000 総トンの船舶を建造。
- ・ Meyer Turku (フィンランド・トゥルク) : 2020 年までに年間製造能力を大型クルーズ船 2 隻、40,000 総トンに拡張する。100,000 総トン以上の船舶を建造。
- ・ Neptun Werft (ドイツ・ロストック・ヴァルネミュンデ) : 浮体式エンジンルームユニットを製造し、上記 2 造船所をサポートする。また、最大 15,000 総トンまでのクルーズ船を建造。



図 2-2 ドイツとフィンランドの Meyer グループ造船所

2-2-1 革新的な造船技術

Meyer グループの造船所の特徴は、(1) 高度にモジュール化された建造、(2) 効率化された工程、(3) 高品質、(4) 計画通りの船舶の引き渡しと工程である。³

Meyer Werft は近代的な建造設備を持ち、パーペンブルク造船所などでは天候に左右されない屋内建造を行っている。一方、フィンランドのトゥルク造船所は屋外ドックで建造を行っている。

³ <https://breakingwaves.fi/2019/09/27/meyer-going-strong-both-in-finland-and-germany/>



図 2-3 Meyer パーペンブルク造船所の屋内建造設備

パーペンブルクとトゥルクの両造船所は、1994 年以來、レーザー溶接技術を使用している。同グループが開設した欧州最大のレーザーセンター「Laserzentrum」は、出力 12kW の大型レーザーシステム 6 基を持つ。資格を持つ熟練技術者が、エックス線などの映像技術を用いて溶接過程を監視している。



図 2-4 欧州最大のレーザーセンター「Laserzentrum」

Meyer グループの造船所は、高効率の自動曲げ・フランジ加工機を使用している。



図 2-5 自動曲げ・フランジ加工機

ブロック組み立てには、600 トン及び 800 トンクレーンを使用し、柔軟性の高い作業を行っている。ブロックは建造ドックの近くで製造され、予め艀装が行われる。その後、クレーンで建造ドックに運ばれ、船体に溶接される。Meyer Werft では、ブロックを水平ではなく、垂直に積み重ねる工法をとっている。

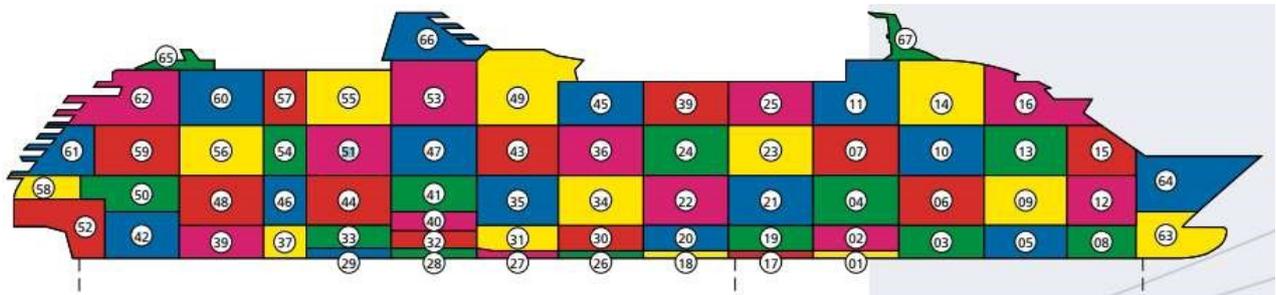


図 2-6 ブロックの組立て方法：大型クルーズ船の鋼製ブロック（最大 800 トン）

パーペンブルク造船所における建造工程は、建造ブロック工法を採用している。1 隻の船舶は最大 800 トンのブロック約 70 個で構成されている。船用機器も、できる限り船舶に搭載以前に組み立てられる。モジュール（ブロック）を事前に個別製造することにより、船舶の建造は効率的に行われる。

造船所内の全作業現場では、コンピューター支援設計（CAD）技術、および計画、建造、製造（PLM）技術が利用されている。Meyer グループは、航空機産業の協力により、船舶設計最適化のため 3D 製図を行うコンピューターソフトウェア「CATIA」を導入した。同ソフトウェアは、造船所の特殊な要望に応えるために、Dassault Systemes と IBM がさらなる共同開発を行っている。

造船所のレイアウトは、様々な工程間の距離ができるだけ短くなるように設計されている。これは、組織の迅速な意思決定方法と造船所内の物理的距離の両方を示している。

ジャスト・イン・タイム：

保管スペースとコストを最小化するコンピューター化されたロジスティクス。

TESS（拡張シミュレーション支援システム）：bluetooth を用いた造船所内の資材フローシステム。各資材・部品が、必要な時に、必要な場所と人に運ばれる。資材の輸送距離は最短となり、ジャスト・イン・タイムの供給が可能で、時間の無駄を最小化する。

建造の質を向上させ、シンプル化するために、Meyer Werft は仮想現実ルームを開発し、エンジニアが計画段階で完全な鋼材モデルや機器などの構造要素を分析できるようにしている。これにより、船舶の建造前の段階で、技術的に整合が取れない点などを検討し、整合が取れない場合はその原因を検討することが可能となった。



図 2-7 Meyer Werft の仮想現実ルーム

Meyer Werft は、Laser Zentrum Hannover（LZH）、Held Systems Deutschland、Laserline とともに、ドイツ連邦政府が支援する研究開発プロジェクト「DIOMAR」に参加した。同プロジェクトでは、連続波長モードの最大出力 60kW のダイオードレーザービーム線源を開発し、造船用及び船用の厚さ 30mm までの鋼板の高品質な高速溶接を行う。その目的は、従来のサブマージアーク溶接方法と比較した場合のコスト削減、圧鋼板の加工の質の向上、労力のかかる開先加工作業の排除である。



図 2-8 研究開発プロジェクト「DIOMAR」:

高品質な高速溶接のための最大出力 60kW のダイオードレーザービーム線源を開発。

Meyer Werft は、排出削減、高度な環境管理システム、汚染防止などの環境保全の取り組みを数十年前から進めている。



図 2-9 レーザー技術を利用した船体建造（ドイツ・パーペンブルク）

Meyer Group は、船舶設計、キャビン製造、空調システム、インテリア、ターンキー配管製造、塗装などの専門業務に関する完全子会社を保有している。

2-2-2 レーザー溶接技術の利点

欧州の造船所は、1992 年以來、数々の EU 支援研究プロジェクト（L-SHIP、TRANSLAS、SANDWICH、DOCKLASER、InterSHIP、BESST など）を通じてレーザー技術の開発と導入を進めてきており、現在も研究開発が続けられている。造船業におけるレーザー技術利用の主な利点は以下の通りである。

- ・高速で安定した頑強な溶接工程により、信頼性と効率が向上し、また入熱が少ないため歪と再加工が大幅に減少する。レーザー溶接技術の導入により、生産性が 100% 以上向上した造船所もある。
- ・造船所の作業環境の安全性が大幅に向上する。
- ・レーザー溶接された構造は従来よりも疲労耐性が高いため、船舶のライフタイムを通じてメンテナンスと修繕の必要が減少し、同時に船舶の安全性も向上する。
- ・レーザー溶接された接続部の冶金関連特性の利点により、大型クルーズ船などの船体構造への薄鋼板の利用に関する自由度が向上する。ペイロード比の増加は、海運からの排出削減と、鋼板、溶接材料、輸送用燃料などの原材料の削減につながる。



図 2-10 世界最大級のレーザー溶接設備：

Meyer Werft パーペブルク造船所において 2010 年以來利用されているディスクレーザー及び CO2 レーザー突合せ溶接及び隅肉溶接用パネルライン（30m × 30m）

1990 年初頭には、既にレーザー溶接が競争力を強化する可能性が認識されており、Meyer Werft は、1994～1998 年期に実施された国家支援プロジェクトで、レーザー溶接方法の総合的な研究開発を行い、新軽量「I-Core」パネルを開発した。I-Core 技術は、クルーズ船の階段踊り場や壁などの構造に利用可能である。

Meyer Group は、レーザー溶接技術をいち早く取り入れた海事企業である。



図 2-11 レーザー溶接された「I-Core」サンドイッチパネル

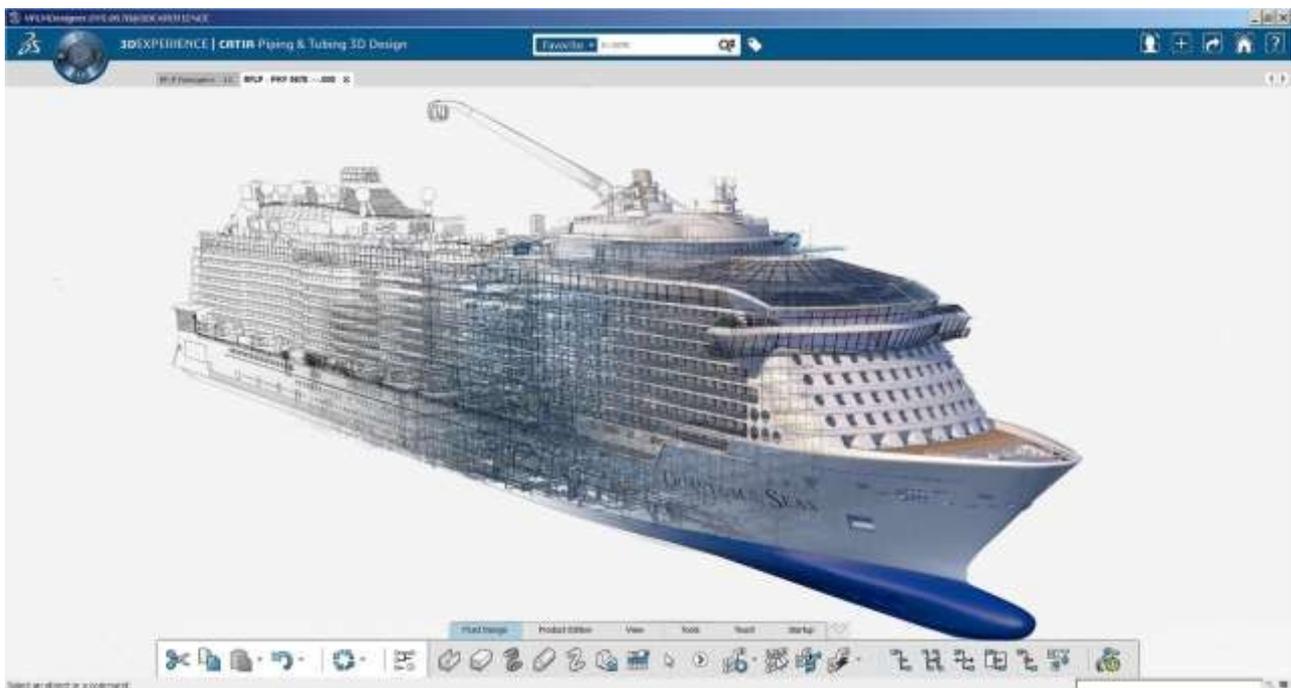


図 2-12 Meyer Werft の「3D EXPERIENCE」技術

2-3 Fincantieri Group

1959年創業のFincantieri – Cantieri Navali Italianiは、欧州最大の造船企業で、世界第4位の造船企業であると認識されている。現在、ほぼ全ての大陸に造船拠点を持ち、クルーズ船、ヨット、商船、プラットフォーム支援船、艦艇の建造を行っている。2013年には、複雑なオフショア補給船（OSV）の設計・建造を専門とするノルウェーVardを買収した。Vardは、欧州、ブラジル、ベトナムに9造船所を持つ。2017年9月には、Fincantieri Groupは、STX France（現Chantiers de l'Atlantique）と、同社の株式51%の買収に合意した。この取引に関しては、現在EU欧州委員会が反トラストの調査を行っている。

Fincantieriは、高度で高付加価値のあらゆる船種の建造におけるグローバルリーダーのひとつであり、常に国家レベル（技術クラスター「Transporti Italia 2020」及び「Blue Italian Growth」）、欧州レベル（EU水上輸送技術プラットフォーム及び業界団体Sea Europe）の他企業・組織と共同でイノベーションの開発と促進を支援している。同グループは、欧州造船業の競争力を目指して中・長期的な船用技術開発を主導している。

Fincantieriは、「スマートヤード」の実現に向けて、必要となる設計・建造工程の改良すべき点を特定している。その主目的は、安全性と生産性の改善である。コンピューターモデル、バーチャル製品製造、付加製造、ロボット工学、ロジスティックス、品質管理などの導入が、造船所のインダストリー4.0を実現することを考えている。

Fincantieriが2018年に実施した研究開発プロジェクトは、海事産業への先進素材の導入を目指す「Ramsses」プロジェクト、艦艇建造に没入型設計システムの導入を目指す「Sidran」プロジェクト、クルーズ船の統合構造とマクロ居住区モジュールに関する「Maestri」プロジェクト、スマートな船舶建造へのデータおよびプロセスモデルに関する「ISDM」プロジェクト、ライフサイクルパフォーマンスの現実的なシミュレーションの手法、モデルを用いて設計過程を改良する「複雑な船舶運航のシミュレーションによるバーチャル海上実験」プロジェクトなどである。⁴

⁴ Fincantieri Annual Report 2018

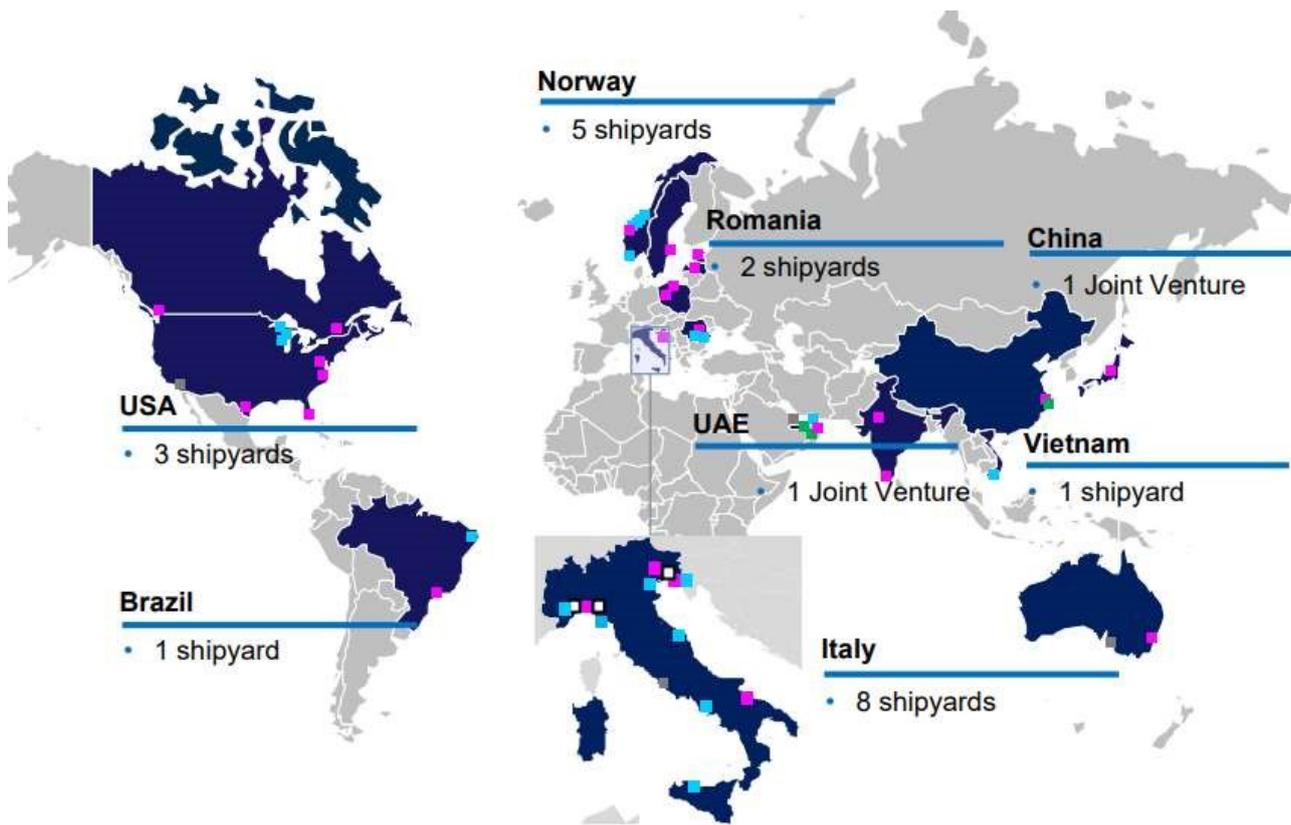


図 2-13 Fincantieri Group の 4 大陸の 20 造船所

2-3-1 革新的な造船技術

イノベーションは、顧客中心主義、一貫性、人、安全性とともに Fincantieri Group の価値観のコアとなる項目である。同グループは、技術的イノベーションにより、製品と手法の絶え間ない改良を行っている。

同グループは、2030 年までの競争力向上に向けた研究開発イノベーション戦略の 5 つの柱として、①サステナビリティとエネルギー効率 (Green Ships)、②船舶のデジタル化 (Smart Ships)、③船舶の自動化 (Autonomous Ships)、④効率的、安全でサステナブルな建造設備と工程 (Smart Yards)、⑤「ブルーエコノミー」の成長のための革新的ソリューション導入 (Smart Offshore Infrastructures) を挙げている。これらのビジョンは同グループの 2018～2022 年期のサステナビリティ計画にも含まれている。

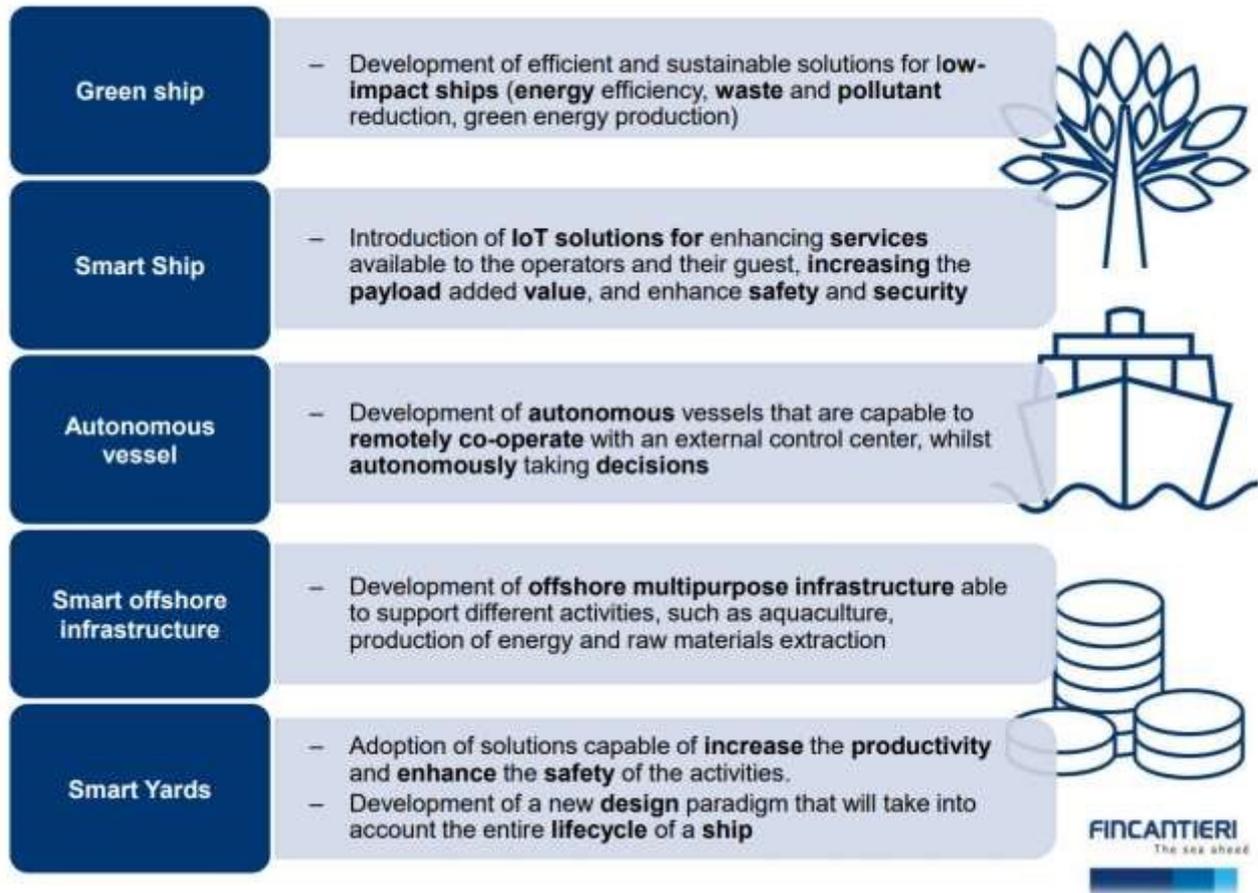


図 2-14 Fincantieri Group の 2030 年までの競争力向上へのビジョン

「Smart Yards」ビジョンの目標は以下の通りである。

- ・インダストリー4.0 技術の導入により、生産性を 50%向上させる。同時にサイバーセキュリティの脆弱性を防止する。
- ・高付加価値製造活動を 100%監視する。
- ・建造・保守工程における安全性を確保し、事故をゼロとする。
- ・作業員にベーシックな健康モニター装置を装備させ、救命装置の数を増やす。

Fincantieri Group は、新たなコンセプトの絶え間ない研究を行い、そのビジネスにイノベーションを促進し、サプライヤーと協力してビジネス成長を実現する革新的なソリューションを開発、市場トレンドを予測するための技術のメガトレンドをモニタリングしている。これらのプロセスは、海事産業からかけ離れたセクターを含む産業界の新たな技術を発見する「技術偵察」活動により支援されている。

同グループのイノベーションプロセスは、同社の全競争的研究を行う研究所「Cetena」が支援する。Cetena の主な役割は、流体力学、革新的な構造と材料、エネルギー効率、排出制限、安全性、意思決定ツール、操船ミューレーターの開発、海上及び実験室試験などである。

2-3-2 研究開発の動向

Fincantieri Group は、90 件以上の自己資金による研究開発プロジェクトに加え、欧州、国、地域レベルの公的資金によるプロジェクトにも参加している。研究開発の課題の複雑さを考慮すると、プロジェクトは、効果を最大化するために各分野におけるリーダー的企業・組織と共同で行う場合が多くなる。2018 年に Fincantieri Group が実施した革新的プロジェクトは以下の通りである。

Smart Yards (スマートヤード) :

Fincantieri は、未来のスマートヤード実現のための設計・建造段階の改善分野を特定している。その主目的は、安全性と生産性の向上である。コンピューターモデル、バーチャル製品製造、付加製造、ロボット工学、ロジスティックス、品質管理などの導入が、造船所のインダストリー4.0 を実現する。今後、船舶の設計、製造から解撤までのライフサイクル管理の重要性はさらに増してゆく。また、革新的でコスト効率の高い製造技術と手法が開発される。特に、溶接加工技術の改良が焦点となる。

Fincantieri は、EU 助成研究開発プロジェクト「RAMSSES」(Realisation and Demonstration of Advanced Material Solutions for Sustainable and Efficient Ships) を実施している。プロジェクトでは、軽量、高性能の新材料を利用し、素材の積層により 3D 製品を製造する付加製造技術により、空洞型プロペラブレードの試作機を製造した。試作機に続き、コンテナ船向けにフルスケールの空洞ブレードプロペラを開発中である。

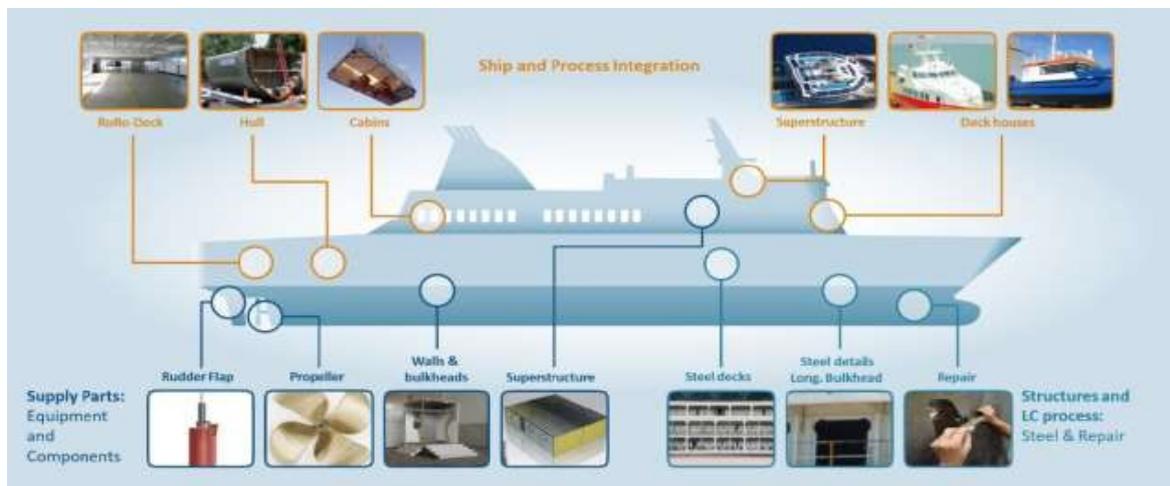


図 2-15 RAMSSES プロジェクトの試作機⁵

⁵ RAMSSES – Realisation and Demonstration of Advanced Material Solutions for Sustainable and Efficient Ships. Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, Vienna, Austria

「Sidran」プロジェクト：

船舶の設計見直しに没入型システムを導入する。イタリアのフリウリ・ベネチア・ジュリア州が支援するプロジェクトで、トリエステ大学と共同で設計見直し手法を改善する。没入型仮想現実を利用して、CAD で作成された 3D 製図を遠隔的にも視覚化し、関係者全員が設計された部分の形態と詳細を即座に見ることができる。

「Maestri」プロジェクト：

イタリアのフリウリ・ベネチア・ジュリア州政府が支援するクルーズ船向け統合構造とマクロ・アコモデーション・モジュールの開発プロジェクト。既存クルーズ船のキャビン／トン数比率の高さを克服する設計及び技術の開発を行う。新たなアコモデーション・モジュールを開発し、トン数に影響を与えることなくキャビン数を増やすことを目標としている。

「ISDM」プロジェクト：

イタリア経済開発省が支援するスマート船舶向けのデータ及びプロセスモデルの開発。効率、効果を向上させる設計プロセスの統合を行い、下流部門（サプライチェーン、調達、製造、アフターセールス）との関係を強化する。同時に、支援技術システムの近代化も課題としている。

「VISTA」プロジェクト：

ノルウェーリサーチカウンシルが支援する複雑な運航のシミュレーションによるデジタル海上試験方法の開発。ライフサイクルパフォーマンスの現実的なシミュレーションにより、設計プロセスを改良する。

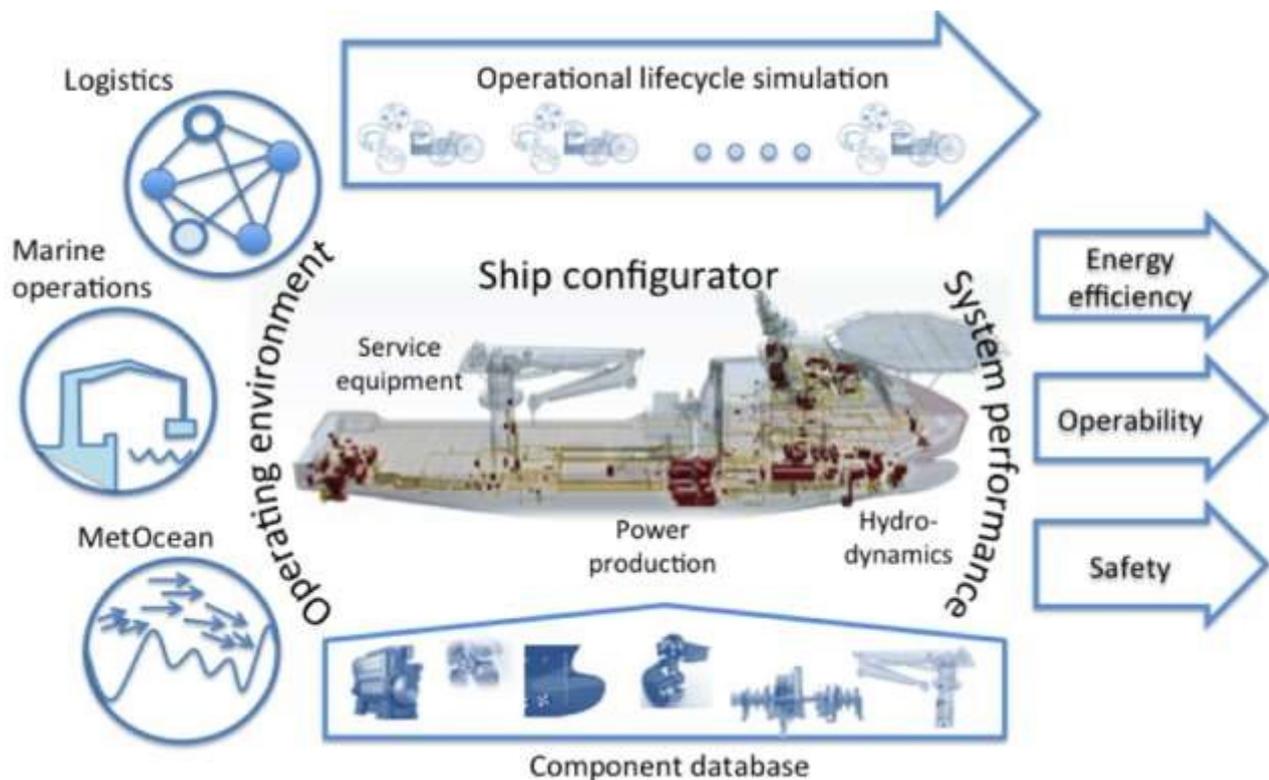


図 2-16 「VISTA」プロジェクトの概念。VARD の設計者は、船舶のライフサイクルパフォーマンスを通じたシステムのパフォーマンスの迅速なシミュレーション、分析、比較を行う。(出所: Sintef.no)

Green Ship (グリーンシップ) :

「グリーン化」はイノベーション及び市場における長年の主要課題であり、一般世論に重要な影響を与える課題でもある。クルーズ船社の業界団体である CLIA (Cruise Lines International Association) は、今世紀末までに海運からの排出をゼロにするという国際海事機関 (IMO) の目標を受け、最近、全クルーズ船からのカーボン排出量を 2030 年までに 40%削減するとの公式発表を行った。Fincantieri は、「Green Ship」をこのビジョンの焦点と位置付けており、2018 年の活動はこれを裏付けている。最近受注した新造及び改造プロジェクトでは、LNG、バッテリー、最新の汚染削減技術及びエネルギー削減技術などの高度な技術を採用している。Fincantieri は、船内サブシステムを含めた総合的なアプローチによる船舶のエネルギー効率と排出性能の改善を継続している。今後の活動は、大気中及び水中への排出の削減、船内廃棄物管理・処理システムに関するさらなるイノベーション、騒音と振動の削減などを優先課題としている。さらに、再生可能エネルギーなどのグリーンな燃料への転換を支援しており、燃料電池、高性能素材、エコ設計 (環境に配慮した設計、ライフサイクル管理) などの導入による非カーボン化を進めている。

同グループが 2018 年に行ったプロジェクトは、革新的なエネルギー回収システムの開発による「エネルギー効率化」、廃棄物をエネルギーに転換するシステムの開発による「船内廃棄物から熱への転換」、燃料電池を主エネルギー源とするクルーズ船の開発を目指す「革新的な発電」、新技術開発のための 25m の新実験室の開設を含む「低環

境負荷技術開発」、環境負荷低減を目指す「エネルギー効率化と船内電力バランスの最適化」、エネルギー効率と排出削減への全体的アプローチの導入を目指す「サステナブルな船舶設計プログラム」、異なる設計のスタビライザーのエネルギー効率への影響を評価する「次世代スタビライザー」である。

Smart Ship and Autonomous Vessel (スマートシップ及び自動運航船) :

IoT (モノのインターネット) 及びスマートデバイスは全産業に普及しており、造船業もこの「インテリジェント」革命の例外ではない。船舶の航行及び船内活動に使用されるセンサー、監視システム、支援システムは、船舶の付加価値を向上させ、またグローバルな安全性を改善する。事故発生頻度を低減する設計や運航方法、事故発生後の船舶のサバイバル能力を向上させるレジリエンス性能など、安全性向上を目指す事故防止手法の研究を行う。さらに、先進技術の導入により、プロセスの最適化と自動化を促進し、関連コストを削減する。現在、造船業の最も興味深いチャレンジは、輻輳港湾内の操船などすべての水域で自動運航を行う、ある程度の大きさの船舶の開発である。その中心となる新技術は、複数の異なるシステムを統合し、自動的に運転を制御し、操船を行うシステムである。同時に、あらゆるスマートな船及び自動運航船は、ハッカーの攻撃を阻止する非常に高度な IT セキュリティシステムを必要とする。

同グループが 2018 年に行った主要プロジェクトは、乗客向けのデジタルソリューションとツールの開発を目指す「E-Cabin」、運航計画評価への拡張現実 (AR) の利用を研究する「E-Navigation」、船内の安全性向上を目指す「Secure Platform」、無人システムの統合と海上における状況認識 (situational awareness) 概念の導入を目指す「Ocean2020」、幅広い航海機器と通信機器の統合を目指す「Integrated Bridge (SeaQ Bridge)」、サイバーセキュリティの様々な側面を研究する「Cyber」、である。

スマートオフショアインフラ :

オフショア産業は急速に変化しており、Fincantieri はその変化のリーダーとなることを目指す。その変化は、新たなビジネスモデルと海洋環境の効果的な利用へのニーズ、および海洋の作業と生活など異なる利用法に適応するプラットフォーム構造の開発によって促進されている。多目的プラットフォームは、養殖業、エネルギー製造、原材料と炭化水素の抽出など多様な活動を同時にサポートする。また、プラットフォームはエネルギーや原料の貯蔵にも利用される。プラットフォームのモジュラー構造は、そのライフサイクルにおいて、個々のモジュールを追加または解体するなどニーズに合わせた変化に対応し、オフショア活動の総合的な効率を向上させる。オフショア活動の増加、およびさらに遠隔海域への活動の移動により、人員と材料の移動を効率的に支援するインフラへの必要性がさらに高まる。

Fincantieri Group が 2018 年に行った主要研究開発プロジェクトは、モジュール型の浮体式オフショアプラットフォームのコンセプトを開発する「モジュール型製造プラットフォーム」プロジェクト、および大水深海域または遠隔海域におけるオフショア活動の商業的ポテンシャルと戦略的参入機会を評価する「深海掘削」プロジェクトである。

2-4 Damen Group

オランダ南部ホルクム（Gorinchem）に本社を置く Damen Group は、オランダの防衛、造船、エンジニアリングコングロメイトである。グループ全体で、年間約 200 隻のタグボート、オフショア船、高速船、高速フェリー、ポンツーン、バージ、浚渫船、特殊船、艦艇、ヨット、浮体式乾ドックなどを建造している。また、フェリー構造、ポンツーン、栈橋などのモジュールの製造も行っている。商船分野では、沿岸船、コンテナ船、重量物船、内陸用貨物船、液体ガス運搬船、多目的船、油送船、RORO 船などを建造している。

Damen Group は、世界に 30 か所以上の造船所を保有しており、うち約 14 か所はオランダ国内にある。また、6 か国に 15 か所の修繕・改造専門ヤードを持つ。

同グループは、「Damen Standard」と呼ばれるユニークな標準船型建造により、実績のある革新的な船舶を競争力のある価格で市場に提供している。「Damen Standard」の標準型船体は、顧客のニーズに合わせた変更が可能である。同グループは、「Damen Standard」の利点として以下を挙げている。

- ・顧客要求への迅速な対応
- ・競争力のある価格設定
- ・在庫船による短時間での引き渡し
- ・信頼性の高い実績のある技術
- ・絶え間ない製品の開発
- ・船舶、乗員、スペアパーツ、機器の交換が容易
- ・低いメンテナンスコスト
- ・保証された性能
- ・業界標準としての船型
- ・中古船の高い売却価格

「Damen Standard」船型は、浚渫船、クルー輸送船、オフショアプラットフォーム補給船、巡視船、タグボート、クレーンバージなど小型で高性能な船舶が多い。



図 2-17 Damen Group の造船所分布

Damen Group は、「Damen Digital」戦略により、同グループは世界の自社拠点とセグメントのイノベーションと開発活動を集約し、さらに統一性のあるデジタル化を進めている。これにより、製品改良を加速し、顧客のコスト削減にもつながる。

2-4-1 革新的な造船技術

Damen は標準化された造船方法で知られ、その利点は、迅速な引き渡し、競争力のある価格設定、実績のある技術とパフォーマンスなどである。同時に、多くの実験的で革新的な船用技術のパイオニアでもある。

Damen Group は、現在、自動運航タグボートの開発を進めている。また、型式承認を取得した世界初の 3D 印刷プロペラを開発した。

同グループは、イノベーションだけではなく、既存設計の改良も継続している。他社の建造ブロックとは異なり、完全に独立したオペレーションが可能なプレハブのブロックを建造している。

創業以来、Damen は 6,000 隻以上の船舶のデータを収集しているが、その方法は大きく進化している。現在では、海運産業のニーズの絶え間ない変化に対応する船舶設計改良のために、シリーズ建造船の全データを収集している。

海事産業の技術進歩に伴い、Damen のような造船企業は新規参入企業との競合が予想される。Caterpillar、Wärtsilä、Kongsberg をはじめとする従来の船用メーカーが今後は船主となる可能性があり、この場合、Damen のような伝統的な造船企業は、造船業で最も利益率の低い船体のみでの建造所となるかも知れない。この事態を避けるために、Damen は顧客、サプライヤー、海事産業以外の企業とのイノベーションプロジェクトを積極的に推進している。伝統的なビジネスの価値観を超え、いくつかの研究開発プロジェクトは競合他社と共同で行っている。

Damen Group は、環境負荷低減を目指した製品と製造方法の改良を行っている。これには、設計の最適化、より環境性の高い製造方法、日常作業における従業員の環境性への認識の促進などが焦点となっている。

また、同グループは、提供する船用製品・技術の幅を広げている。絶え間ない研究開発の成果の例としては、バラスト水処理技術「InvaSave」、高性能フェンダー「FCS 2610」の改良、軽量高速船向けの複合材の最適化、新複合材の効率的な製造技術の開発、クルーとエンジニアが主甲板上から船舶のシステムを監視・制御することが可能な統合自動化システムの改良などが挙げられる。

2-4-2 開発動向

Damen Group は、海事業界の仮想現実（VR）技術の利用のパイオニアとなっている。船主の発注決定への支援から、建造開始以前の船舶設計パラメーターの最終決定、物理的に異なる複数のロケーションからの船舶の同時バーチャルツアー、VR を用いた船舶モデルによるトレーニングによるコスト削減まで、VR 技術は多くの利点と可能性を提供する。



図 2-18 Damen Group は、造船への VR 技術及び AR 技術導入を進めている。

自動車産業にヒントを得て、Damen Group は「ハードウェアインザループ (Hardware In The Loop : HIL)」手法を、オーストラリア海軍向け「MV Sycamore」及び Bibby Marine Services 向け「Bibby WaveMaster 1」の建造プロジェクトに採用した。HIL は、機械またはシステムの物理的部分をシミュレーションで置き換える手法である。これにより、建造開始以前に、システム統合や制御設計の試験や改良を行うことが可能となる。DSpace シミュレーター (サービスプロバイダー) を部品試験用の通常ソフトウェアと同時に使用することで、Damen Group はエラーを防ぐだけでなく、船舶の性能を大幅に改善した。HIL 手法により、インターフェイスやソフトウェア機能性の問題点は開発段階で解決することができ、建造中及び試験中の問題発生リスクは大幅に軽減される。よって高コストのエラーを防ぐと同時に性能と安全性の向上が可能となる。

Damen は、顧客のトレーニングへのニーズを支援するために、独自の HIL 分析手法を開発した。

浚渫船の顧客に対しては、Damen は、浚渫作業のコストを計算する無料オンラインソフトウェアツール「Sandy」を開発し、浚渫業者が請け負う作業毎に様々な要素を組み合わせた時間のかかる計算を行う必要をなくした。

Damen Group は、世界初の型式認証を取得した 3D 印刷プロペラを開発した 2017 年に実施された産業プロジェクトの参加企業のひとつである。もうひとつの参加企業 RAMLAB は、Valk 溶接システムと Autodesk ソフトウェアを用いて、ニッケルアルミニウム青銅合金からワイヤーアーク付加製造法 (Wire Arc Additional Manufacturing)、即ち 3D 印刷でプロペラを製造し、その頭文字から「WAAMPeller」と名付けた。



図 2-19 3D 印刷されたプロペラ（出所：Damen）

Damen 内の様々なプロダクトグループは、長年デジタル化の進展に注目してきたが、Damen は「Damen Digital」の設立により、社内のデジタル化作業を統合し、初めて組織化した。その目的は、Damen 建造船のシステムや機器からの全データを収集するゲートウェイの構築である。Damen は、この情報を分析し、船舶の性能とコスト効率改善のための設計最適化に利用する。

その例としては、燃料消費動向の遠隔監視がある。収集された情報は、将来的に低排出、低コストの船舶設計に利用される。また、機器のパフォーマンスを遠隔監視し、その機器が特定作業に最適か否かを確認することができる。

Damen は、これらの情報を利用して建造工程を最適化する。さらに、デジタル監視は、燃料の品質を監視することによりメンテナンス間隔を決定し、定期メンテナンス計画の正確性を向上させる。

自動車産業では、同様の手法により部品やパーツの疲労に関する知識を分析し、コスト削減と稼働時間の最大化に大きな成功を収めている。Damen は、顧客と密接に協力し、Damen Digital の開発を進めている。

その他のイノベーションプロジェクトの例は以下の通りである。

- ・バーチャル曳航水槽（Virtual Towing Tank）を開発。船体の設計過程を最適化し、低コストで迅速、かつ精密な設計を行う。

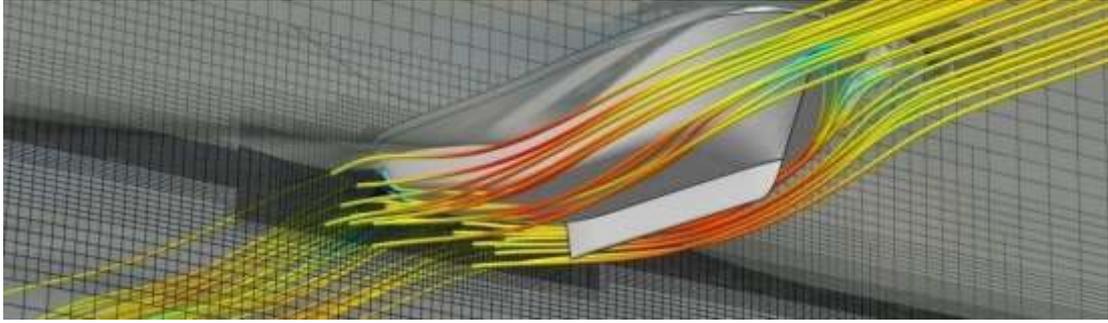


図 2-20 バーチャル曳航水槽（Virtual Towing Tank）プロジェクト（出所：Damen）

- ・Damen は、顧客及び認証試験企業 TÜV Rheinland と共同で、自動車の安全ガラスを参考にした「Damen Safety」ガラスを開発した。開発されたガラスは、2 枚のガラスの間にフォイルを挟んだ合わせガラスで、フォイルが割れたガラスの破片を捕らえる役割を果たす。



図 2-21 安全ガラス「Damen Safety」

- ・Damen は、オランダ及び欧州の研究開発プロジェクトに参加し、新型空気潤滑式内陸船「Ecoliner」を開発した。「Ecoliner」は、空気の層で潤滑を行うことにより船体の摩擦抵抗を低減する。Damen はこの概念の特許を取得した。モデル実験及び実船実験では、燃料消費量の 15%削減が可能であることが判明した。
- ・現行の研究開発プロジェクトは、空洞（air cavity）概念を利用した新システムの実用化及び経済的なフィジビリティ研究である。同概念は、オランダのデルフト工科大学が特許を取得している。基礎研究の結果は良好で、同概念は船舶の動

揺に強く、船体構造への影響が少ないため、幅広い利用が可能であるとされている。既存船への採用も可能である。

- **Damen** は、ヒューマンエラーの防止と生産性向上を目的としたペーパーレスヤードプロジェクトを実施中である。このプロジェクトは、生産技術への拡張現実（AR）導入の第一歩でもある。スマートフォンまたはタブレットのアプリを経由し、AR 技術を利用して、採寸されたパイプの形状を 1mm 以内の誤差で得ることができる。このようなプロセスのデジタル化により、手動の採寸やスケッチによるエラーを防ぐことができる。

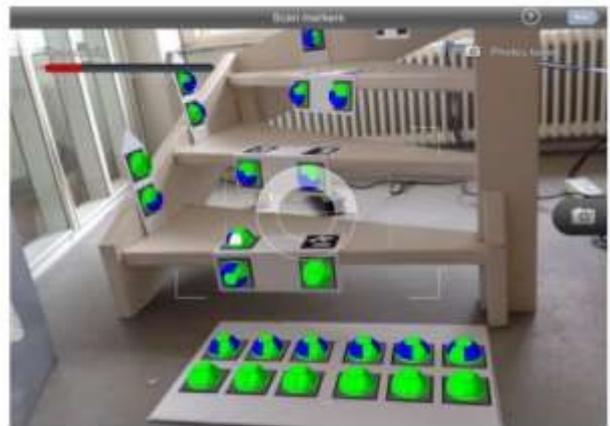


図 2-22 Damen のペーパーレスヤードプロジェクト。生産技術に AR 技術を導入。

(出所 : Damen)

- **Damen** は、効果的な新ソリューション開発のための複合材料のイノベーションに関する研究開発プロジェクト「Bluenose」を実施中である。造船は変化しており、その効率化は不可欠である。船体の構造材料の選択は、船舶の性能に大きく影響する。従来の鋼材ではなく複合材で建造された船舶は、最大 30%の軽量化が可能で、燃料消費量とコストが大幅に低下する。**Damen** をはじめとする造船所は、高速船やヨットなどの全長 25m までの小型船には既に複合材を利用している。しかしながら、大型船への複合材の利用は、比較的新しい研究分野である。
- **Bluenose** プロジェクトでは、新業界標準につながる試験データベースを開発した。**Damen** は、船級協会 **Bureau Veritas** と共同で、新標準とガイドラインの制定への提案を準備している。また、両社は、**Bluenose** プロジェクトの成果を **RAMSSES** プロジェクトに利用し、EU 全体への恩恵となる先進材料に関する研究開発を支援している。
- **Bluenose** プロジェクトでは、以下のような相互作用のあるテーマの研究を行っている。
 - 波浪曲げモーメント
 - スラミング
 - 部分安全係数法

- ・ 第一原理構造設計
- ・ 製造技術
- ・ 防火設計
- ・ 品質保証
- ・ 騒音及び振動
- ・ 断熱

長さ 80m、高さ 6m の大型船体の建造をベースとした製造技術の研究成果は非常に有望である。この研究の成果としては、複合材を使用した船体の品質と強度が確認された。現在大型船の複合材使用に関する船級規定がないため、同プロジェクトは新たな船級の制定への知識ベースを提供する。

2-5 Chantiers de l'Atlantique

フランスのサン＝ナゼールに位置する Chantiers de l'Atlantique は、欧州最大級の造船所のひとつであり、幅広い商船、艦艇、旅客船の建造を行っている、同造船所は、ナント近郊のロワール川河口の大西洋へのアクセスが可能な位置にあり、大型船の出入が容易である。当初は Alstom の所有であったが、Alstom の造船部門を買収した Aker Group の所有となった。その後、韓国 STX Corporation が Aker Yard を買収し、Chantiers de l'Atlantique は STX Europe の一部となったが、2016 年の STX Corporation の破綻後、社名を元の Chantiers de l'Atlantique に戻した。現在、イタリア Fincantieri が同造船所の 50% 株式買収の意向を表明しており、EU 競争当局が独占禁止法の調査を行っている。

スマートヤード 2020

Chantiers de l'Atlantique は、研究開発プロジェクト「PACBOAT」を実施中である。プロジェクトでは、2022 年竣工予定の MSC Cruises の World クラスクルーズ船 4 隻の第 1 船に、新たな燃料電池技術を搭載して試験を行う。出力 50kW の試験機は、World クラスクルーズ船の使用燃料である液化天然ガス（LNG）を利用して電気と熱を製造する。Chantiers de l'Atlantique が主導する PACBOAT プロジェクトでは、CEA が開発した特許技術である最新の SOFC 技術を用いる。同プロジェクトは、フランス政府の「未来への投資プログラム（PIA）」が出資し、フランス環境エネルギー管理庁（ADEME）が支援している。同プロジェクトは、Chantiers de l'Atlantique が 2008 年に開始した、船舶のエネルギー効率と環境性の向上を目指す「Ecorizon®」研究開発プログラムの一部である。石油ガスその他のエネルギー産業向けの生産、輸送、貯蔵インフラの設計、建造、運用を行うフランスの国際企業 Entrepose Group が、試作機の設計と製造を担当し、大手船級協会 Bureau Veritas が試作機の搭載と運転の認証を行う。

Ecorizon® プログラムで開発された他のソリューションと同様、PACBOAT プロジェクトの革新的なソリューションは、2030 年、2050 年までの将来的な排出規制値を

満たすものである。また、欧州を初のカーボンニュートラル大陸とすることを目指す EU 欧州委員会の戦略に沿ったゼロ排出船実現への重要な技術的進歩でもある。

2-5-1 革新的な造船技術

Chantiers de l'Atlantique は、他の欧州造船所の多くと同様に、漸増的な製造技術の改善を行っている。特筆すべき新技術はないが、いくつかの改良点を以下に概説する。

同造船所は、1968 年から使用していた 750 トンガントリークレーンを、新しい 1,050 トンクレーンと交換する。新クレーンは、超大型ブロックの設置に使用される 1,400 トンの大型ガントリークレーンに追加されることとなり、さらに大型化する船舶の建造に向けてクレーン能力は増加する。

同造船所は、最近、「Atlantique+」と名付けられた新たなサービス、ソリューション、システムのシリーズを発表した。クルーズ船のライフサイクルを通じたサービス、メンテナンス、近代化における長年の経験を活かし、「Atlantique+®」は、エネルギー／環境、オペレーション、ゲストエクスペリエンスという 3 つの主要分野に関する革新的で効果的なソリューションを提供する。エネルギー／環境分野では、Atlantique+® Ecorizon® サービスはクルーズ船運航企業が大幅にエネルギーを削減し、環境負荷を軽減することを支援する。このサービスでは、エネルギー効率評価とウィークリーエネルギー効率監視を提供する。Ecorizon®により、顧客の船隊は、2018 年に平均 16%の省エネを達成している。

エネルギー消費量と排出削減技術のもうひとつの例は、頑丈で操作が容易な格納可能可動式複合材製帆「Solid Sail」である。同造船所が開発したこのソリューションは、現在 Ponant 社のクルーズ船上で試験中であるが、有望な成果を上げている。

また、Chantiers de l'Atlantique は、革新的なセーリングクルーズ船の新バージョン「Silenseas+」を開発した。「Silenseas®」は、「Solid Sail」システムによる帆推進とデュアルフュエルエンジンの両方で推進されるハイブリッドクルーズ船である。同造船所は、「Silenseas®」を改良した「Silenseas+」の 2 つの船型、「Silenseas 190」（7 デッキ、旅客 300 人、全長 190m）と「Silenseas 210」（8 デッキ、旅客 300 人、全長 210m）を発表した。両船型は 4,350 m²の帆面積を持ち、15 ノット以上の風速で排出なしに航行する。

2-6 他の造船所の技術

2-6-1 Navantia – 艦艇建造における 3D 印刷

スペインの国営艦艇造船所 Navantia は、「Shipyards 4.0」(「ASTILLERO 4.0」)プログラムにより造船所の近代化を行っている。同造船所は、スペイン国防省から付加製造技術を利用した F-110 型フリゲート 5 隻の建造を受注した。サイバーセキュリティーに加え、インダストリー 4.0 を利用した 3D 印刷部品を搭載した初の船隊となる。

デジタルツイン、「ASTILLERO 4.0」:

同造船所は、高度に統合された制御及びシミュレーションシステムを利用してフリゲート 5 隻を建造する。これには、センサー、アンテナ、新ハイブリッドプロペラシステム、将来的な指向性エネルギー兵器搭載用の無人車両が含まれる。Navantia は Siemens と技術提携し、同社の「Xcelerator」技術を利用する。両社はガリシアに海軍技術研究所「CESENA」(Center of Excellence of the Naval Industry)を設立し、造船所のデジタル化を促進する計画である。品質管理を含む多様なアプリケーションに拡張現実 (AR) 技術を導入する。また、3D コンピューター支援設計 (CAD) モデルを実物に重畳し、検査官が効率的に違いを発見できるようにする。3D カメラが実物をスキャンし、物理的構造をデジタル化することにより、AR 技術はユーザーのヘッドセットに問題個所を表示する。これにより、品質管理プロセスが大幅にシンプル化する。

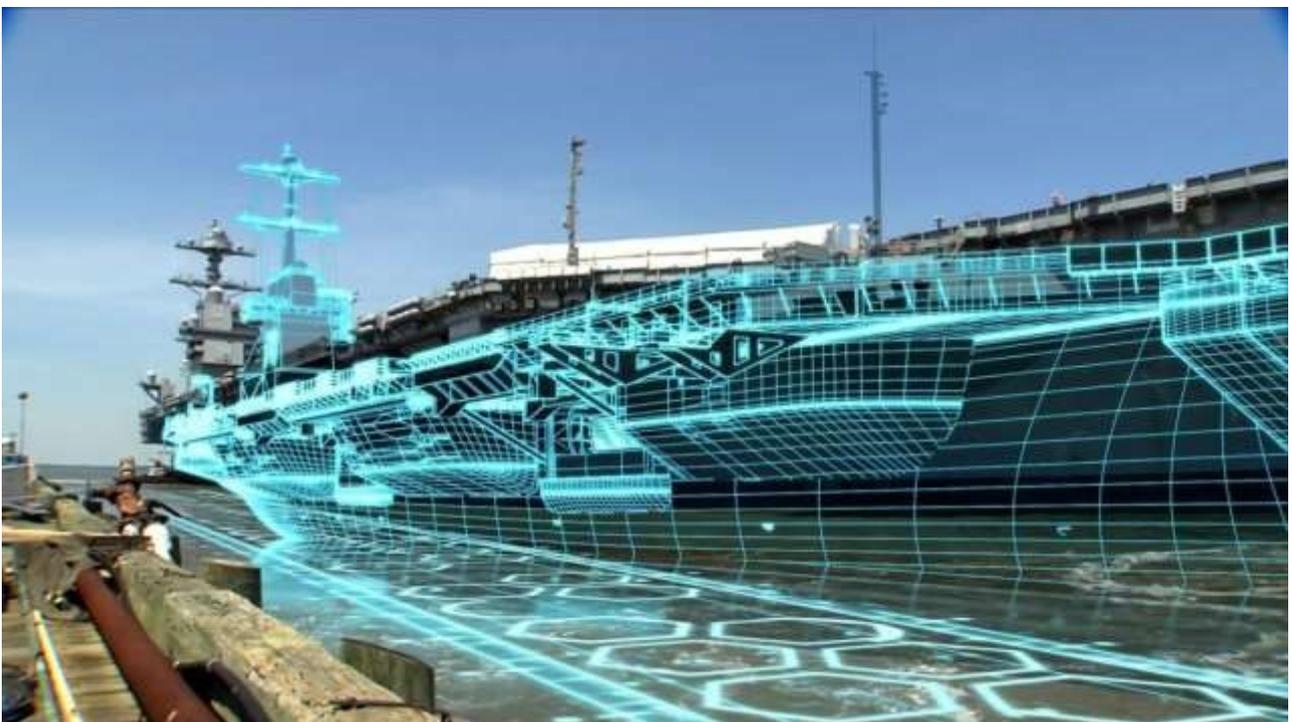


図 2-23 Navantia の AR 技術

また、Navantia は、INNANOMAT (Materials and Nanotechnology Innovation) と共同で、スエズマックス型石油タンカー「Monte Udala」で 3D 印刷されたパーツの海上試験を開始した。同造船所はこの目的のために、大型船部品用 3D プリンター「S-Discovery」を開発した。海上試験用には、Monte Udala の換気システムのグリル 2 基を 3D 印刷製造し、従来の 25kg のステンレス製グリルが、3.5kg のカーボンファイバー強化 ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) 樹脂製グリルで代替された。パーツ製造のリードタイムは 5 日から 3 時間に短縮され、3D 印刷パーツの製造コストは僅か 122 ドルで、ステンレス製パーツよりも 17% 安価である。

さらに、Navantia は、モジュール型トイレと船内換気用格子の 3D 印刷製造を行うプロジェクト「3DCABINS」を実施した。3D 印刷された製品は、従来製品よりも 50% 軽量化した。



図 2-24 3DCabin の製造

また、同造船所は、3D 印刷プロセスの同社のサプライチェーンへの統合を目指すプロジェクト「ADIBUQE」も開始した。

2-6-2 レーザークラディングマシン

オランダの大手造船所 Royal IHC は、性能を向上させ、運転コストを低下させる技術と製品のイノベーションで知られている。同社は年間収益の約 3% を研究開発に充てており、オランダ企業の研究開発のトップ 15 位内にランクされている。

同社の従業員 200 人以上は、社内研究所 IHC MTI に所属している。開発された最新製品のひとつは、油圧シリンダー向けの鋼製またはステンレス製ピストンロッドをクラッド（貼り合わせ）するレーザークラディングマシンである。レーザー技術は精度が高く、環境負荷も少ない。

合金を貼り合わせることにより、異なる種類のクラディング素材の利用の幅を広げ、現在オフショア産業で使用されている船体のセラミックコーティングを代替する可能性がある。

この技術はサプライチェーンの短縮にもつながり、クラディング加工の品質を高め、輸送中の損傷も少ない。このため、将来的に大きな恩恵が期待されるサステナブルなソリューションである。

開発されたマシンのベースは旋盤である。ピストンロッドの回転に合わせてレーザーユニットが動き、クラッド加工を行う。溶接の最高速度は分速 200m である。通常、分速を 20m 前後に設定することで、層の厚さの制御が容易となる。マシンは、超希薄状態で 30 ミクロメートルかそれ以下の厚さの層のコーティングが可能である。加工精度が増し、効率と環境性も向上する。

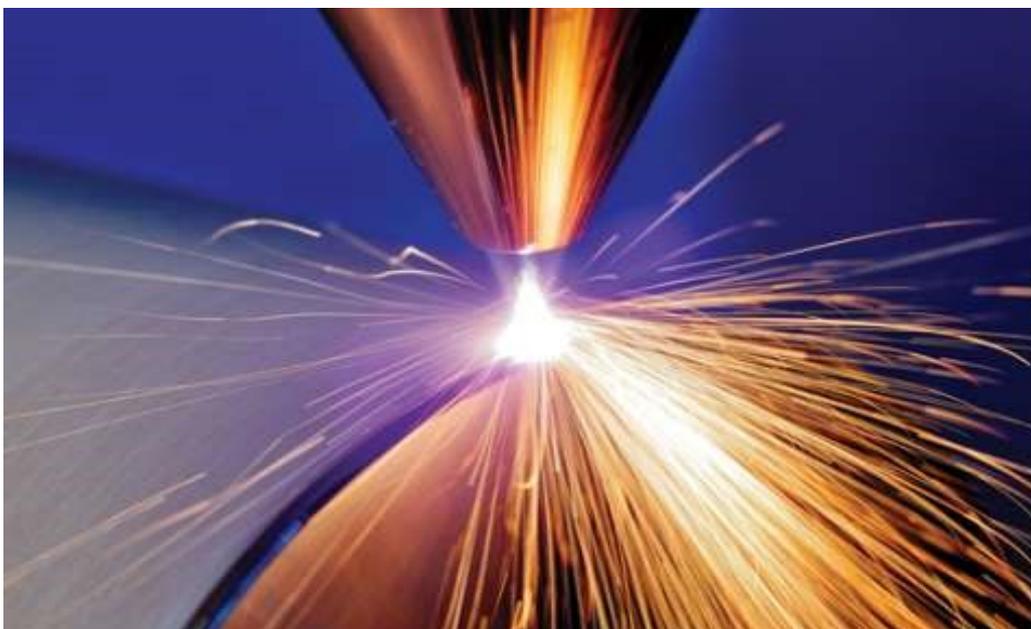


図 2-25 レーザークラディングマシン

第 3 章 欧州主要設計、技術、エンジニアリング企業の革新的な設計・製造技術

欧州の造船所の多くは、各種サービス及び製品のプロバイダー、ときには競合他社と共同で、共同研究開発プロジェクトや他産業からの経験を通じて、造船技術の効率化と生産性拡大を目指した革新的手法や製造技術の開発を進めている。

設計と技術の多くは、共同産業プロジェクトその他の公的資金による支援プロジェクトを通じて開発または試験過程にある。デジタル化に関連する技術としては、人工知能（AI）、仮想現実（VR）、IoT、船舶の効率化などが、本章で示すように様々な造船企業により開発、試験されている。

特筆すべき開発動向の例としては、以下が挙げられる。

- ・造船用 CAD/CAM/CAE⁶設計への人工知能の応用
- ・エンジニアリング用オープンソースプログラミングフレームワーク「OpenCalc」
- ・船舶設計過程における自動ジオメトリー及びメタデータ変換
- ・船体表面設計におけるパラメトリック発生とインターアクティブ操作の統合
- ・造船におけるシミュレーションによる構造設計
- ・造船用鋼材組立のコスト予測システム
- ・多機能船舶設計への VR ソフトウェアの導入
- ・モジュール型船舶設計のモデルベースの手法
- ・デジタルツイン構築のためのデータ駆動型反復手法の導入
- ・デジタルデータ駆動型造船の無製図化製造（実世界のエンジニアリングのごく初期段階における 2D/3D グラフィックスの利用。しかしながら、紙製製図の代替としてのタブレット利用に留まっている。）
- ・重要な船体構造の長期疲労監視へのデジタルツイン導入
- ・多目的サンプリング、メタモデリング、最適化による流体力学設計手法
- ・戦略的造船所計画の離散事象シミュレーション（工程全体の改善のため、離散事象シミュレーション（Discrete Event Simulations : DES）を開発し、進行中の建造作業に適用する。DES はシミュレーションベースの設計を利用し、VR 技術により作業戦略計画を効率化し、生産性を大幅に向上する。）
- ・船舶設計への仮想現実（VR）技術の導入

造船と船舶のイノベーションの多くは、欧州企業が主導している。本章では、以下の欧州企業の特筆すべき技術開発動向を概説する。

⁶ CAD – Computer Aided Designs/ CAM – Computer Aided Manufacturing/ CAE – Computer Aided Engineering

表 3-1 造船に係る主な製造技術

技術企業／設計企業／エンジニアリング企業	技術
Kranedonk	溶接、切断ロボット
RB3D	ウェアラブルロボット、外骨格型ロボット
Kongsberg	統合システム
ABB	自律運転
3D Maritim	データ駆動型船舶建造
Wärtsilä	船舶メンテナンス向け拡張現実（AR）技術
Rolls-Royce Marine & NTNU	オープンシミュレーションプラットフォーム
I-tech	先進材料とバイオテクノロジー: Selektope®
RAMLAB	付加製造研究所
Sculpteo	プロトタイピングとモデリング向け 3D 印刷
Konecranes	データサイエンス研究所
We4Sea	設計最適化のためのデジタルツイン
BAE systems	3D 船舶プロトタイプ
Titomic	付加製造試験
Fostech	ホログラフィックコンピューター
Vranvic	セールスと顧客向けの仮想現実及び混合現実ソリューション
Dassault Systèmes' 3DEXPERIENCE	3D ソフトウェア
C-Job	3D 設計とモデリング
CADNATIC	データ駆動型造船

3-1 Kranedonk - 溶接、切断用ロボット

造船には、設計から建造まで無数の工程があるが、いくつかの作業は、作業員にとって非常に危険で過酷である。作業現場の安全性向上と組立工程の効率化を目指し、溶接、切断その他の鋼材関連の作業は徐々にスマートなロボットに代替されつつある。

オランダ Kranendonk 社は、プロファイル切断とパネル溶接の専門企業である。CAD ベースの自動パネル溶接ガントリーを利用することにより、プレプログラミング、コンフィギュレーション、カスタム化が不必要となる。



図 3-1 Kranendonk の造船向けソリューション（出所：Kranendonk）

造船用の 3D サブアセンブリー製造は、その操作特性により自動化が困難である。この問題を克服し、製造効率を高めるため、Kranendonk は自社ソフトウェア「RinasWeld」を利用し、稼働時間の長いロボット型パネル溶接ラインを開発した。CAD システムと製造自動化システムのダイレクトインターフェイスにより、運転時間の最大 90% のアーク溶接が可能となった。固定型パネル溶接ガントリーが大型作業エリアを移動して連続的な溶接を行い、時間を節約する。さらに、安定性と作動能力が高く、あらゆるサイズの鋼板に柔軟に対応する。ソフトウェアは自動的に溶接部を検知し、事前に決定された溶接データを適用する。従ってあらゆるパネルと形状の高品質の溶接が可能となる。

韓国造船所現代重工業（HHI）及び大宇造船海洋（DSME）は、溶接時間短縮と建造コスト削減のためにロボット型溶接アームを導入している。HHI は、ロボット型アームと似た 670 kg の産業用ロボットを利用し、船体前部と後部の鋼板の曲げ加工と溶接を行っている。同ロボットは独立した設計ソフトウェアで制御される。HHI は、同ロボットの導入により、溶接時間が 3 分の 1 に短縮され、年間 940 万ドル程度のコスト削減につながったとしている。

2016 年以來、DSME は 16 kg のロボット型アーム「Caddy」5 基を、砕氷型天然ガス運搬船の鋼製部品の溶接に利用し、1 隻あたり 420 万ドルの建造コスト削減を実現した。この成功は、14.5kg の小型溶接ロボットの開発につながった。

3-2 RB3D – ウェアラブルロボットと外骨格型ロボット

他の製造業と同様、造船業においても自動化技術とロボットシステムは建造工程近代化のカギとなっている。溶接、ブラスト、重量物吊り上げその他の作業を行うロボットは、造船所の人手不足の解消に役立ち、同時に危険な作業を行う作業員の安全性向上にもつながる。また、造船業は常に重量物の吊り上げと大型部品組立の必要がある。重量物吊り上げ作業の大部分は大型機械と輸送機器によって行われるが、いくつかの作業は人間が手作業で行う必要があり、作業員の負傷のリスクは高い。

多くの工業作業は、重い手動工具によって行われ、作業員の筋骨格負傷や極度疲労の原因となる。2001年、フランス RB3D 社は、ウェアラブルロボットと外骨格型ロボットの製造を開始した。現在では、鉄鋼、自動車、航空機、ロジスティクス、防衛、プラスチック、農作物食品、機械などの各産業向けにロボット供給の実績がある。

工業では、負荷運搬が最も頻繁に行われる作業である。負荷運搬作業を簡易化するため、RB3D はパワー外骨格型ロボット (powered exoskeleton) を設計、開発し、数 kg から 100kg までの物体を簡単に運べるようにした。

この強度強化装置により、さらに生産性の高いツールを使用した効率的な作業が可能となる。



図 3-2 RB3D「Hercule」ロボット

造船業におけるロボットの導入例を以下に示す。欧州造船所もロボットを幅広く利用しているが、公開された情報は少ない。

- ・世界最大手の造船所で主要ロボットメーカーでもある韓国現代重工業 (HHI) は、2013 年以來、造船所に小型溶接ロボットを導入している。溶接アームを伸ばした状態で 50cm×50cm×15cm のロボットは、人間がアクセスできない場所でも作業が可能で、6 本のアームが人間とほぼ同様のスピードで溶接作業を行う。ロボットの磁力式ボディはパネルや天井に吸着でき、一人の作業員が同時に 3 基を操作することにより、生産性は 3 倍に増加する。また、HHI は、鋼板切断、ブラスト、塗装作業へのロボット導入のためのソフトウェアを開発中である。
- ・韓国大宇造船海洋 (DSME) も、ウェアラブルロボット「Iron Man」を導入し、作業員の生産性向上と重量物を持ち上げることによる筋骨格負傷の防止を目指している。



図 3-3 ウェアラブルロボット「Iron Man」(出所：DSME)

3-3 Kongsberg – 統合システム

ノルウェーを本拠とする Kongsberg は、深海、デジタル、防衛、商船、石油・ガス、漁業、航空宇宙など多くのセクター向けのサービスと製品を提供している。イノベーションは、常に同社のカルチャーの中心である。同社は海洋技術の大手企業で、ビジネスの 80% が海洋向けソリューション関連である。Yara 社と共同開発した世界初の完全電気推進自動運航コンテナ船「Yara Birkeland」は、Kongsberg の先進的なビジョンとイノベーションの一例である。

Kongsberg は、Kongsberg Maritime、Kongsberg Defence and Aerospace、Kongsberg Digital の事業を持ち、それぞれの産業の需要に対応している。また、世界にいくつかの子会社を持ち、様々な顧客向けのビジネスを展開している。

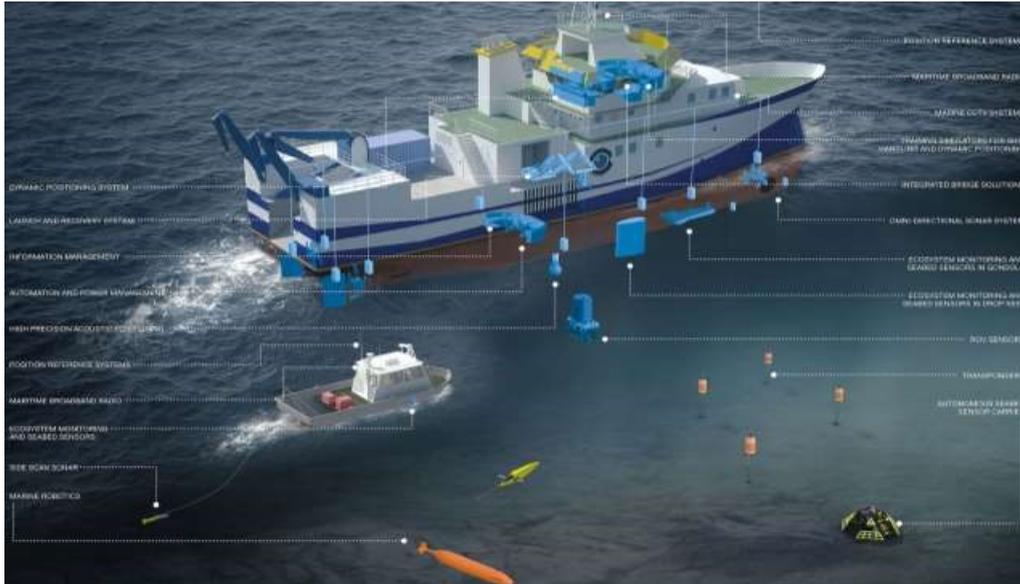


図 3-4 Kongsberg は海洋産業に統合システムを提供（出所：Kongsberg）

世界の船隊の約半数は、Kongsberg の製品またはサービスを利用している。同社の船用及び海洋構造物向け自動化システムは、世界の造船所の多くで使用されている。

Kongsberg は、本報告書の焦点である造船技術の改良には直接関与していないが、同社設計の船型は欧州造船所に広く利用されている。同社の専門は、従来型の商船、ROPAX、漁船、オフショア船、調査船、海洋構造物向けの統合システムを開発、提供することである。Kongsberg Maritime は、高度なマッピング、サーベイ、ソナー、水中通信、海洋ロボット（無人船、自動海中船）関連の製品とシステム、及び荷役、推進、電気、自動化、制御関連のソリューションを提供している。同社のシステムは、海事技術全般の効率と安全性を向上させる。また、造船業向けのターンキー設計とエンジニアリングサービスを提供する能力がある。

同社の主要市場は、大型漁業、オフショア、造船、エネルギー開発・製造産業である。エネルギー産業向けには、探査船用の高性能水中技術及びポジショニング技術とシステムを提供している。フィールド開発分野では、同社は、アウトプットを最大化し、ダウンタイムを最小化するソフトウェアとハードウェアの開発と、革新的ソリューションと特殊アプリケーションを持つオフショア船の建造を支援している。海上輸送船、漁船、オフショア船向けには、甲板機器、推進機器、航海機器、自動化機器、トレーニング、安全ソリューション、自動運航ソリューションなどを提供している。

3-4 ABB – 自動運転技術

スイス - スウェーデンの多国籍企業 ABB は、海事産業を含む産業のデジタル化を推進するリーダー企業である。海事セクター向けには、ABB は船用自動化ソフトウェア、コンテナ荷役向け自動化・電気システム、バルクシステム、ドリルシステム、ダイナミック AC(DAC)、電気推進、船用及びエネルギー貯蔵用電化製品、統合オペレーション

システム、船内 DC 網、発電及び配電、陸上電気供給、マイクログリッド、排熱回収システムなどを提供している。

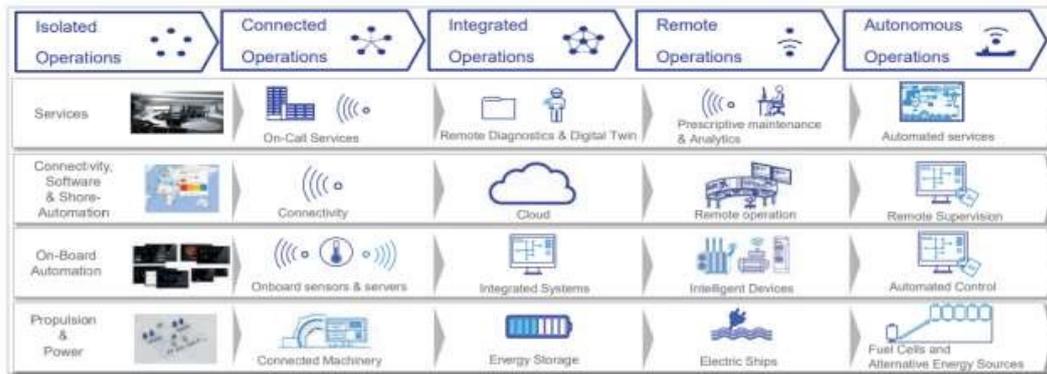


図 3-5 ABB の自動運転への 5 ステップ（出所：ABB）

過去 2 年間、海事産業はデジタル化、自動化、電化、排出削減などを急速に進めている。ABB のような OEM 企業は、海事産業へのソリューション提供に焦点を当て、船舶とその運航の近代化へのイノベーションを数多く開発している。

造船業に関しては、ABB は静止形周波数変換装置（排出、汚染、騒音を低減）、ディーゼル発電を代替する電力網などの環境にやさしい電化ソリューションを多くの造船所に提供している。

3-5 D Maritim – データ駆動型船舶建造技術

建造工程の進展と変更の監視は、データベース内の文書の多さから困難な作業である。建造工程の現状を把握する仮想現実を利用したアプリケーションとラピッドプロトタイプングの役割は、現実と仮想世界の高精度のデータ交換である。

ドイツの 3D Maritim 社は、船体の各要素に焦点を当て、ポイントデータを設計データに変換、データベース内のジオメトリックデータ、リアルタイム測定値、予測モデルとの偏差の計算を統合する。

同社の 3D Maritim フォーラムは、造船、運航、オフショア及び船用技術への 3D コンピュータグラフィックスの導入に興味を持つ全関係者へのコンタクトポイントを提供している。

3-6 Wärtsilä – メンテナンス向けの拡張現実技術

大型船運航の複雑な問題は、専門家の知識が必要な場合が多いが、修理やサービスの専門家は物理的に現場に常駐しているわけではない。フィンランドを本拠とする Wärtsilä は、インターネット、Bluetooth、カメラ、マイクを内蔵した拡張現実（AR）眼鏡を開発し、現場のエンジニアに対し、スペアパーツ製造拠点とメンテナンスユニットの専門家が遠隔支援を行う。AR 眼鏡には予防的機能があり、エンジニアが船舶を検査した場合に現在及び可能性のある問題を警告し、さらに問題解決方法をステ

ップバイステップで指示する。これによりエンジニアは船舶のよりよいメンテナンス状態を維持することができる。Wärtsiläはこのガイダンス手法に関するARウェアラブルの実証試験を行い、この手法が効率化に寄与し、ドックや造船所における全体的な安全性を向上させると評価している。



図 3-6 Wärtsilä Seals & Bearings の AR スマート眼鏡

3-7 Rolls-Royce Marine & NTNU - オープンシミュレーションプラットフォーム

船舶のライフサイクルの中で、運転効率に影響するソフトウェアまたはハードウェア部品の交換、部品その他の要素の交換が必要な場合がある。デジタルツイン技術は、他の船舶の運航データを参考に実船のデジタルコピーにシミュレーションを行うことにより、実世界における特定の変化また変更を予測する。

英国を本拠とする Rolls-Royce Marine は、ノルウェー工科大学（NTNU）及び韓国現代重工業と共同で、デジタルツインモデルの作成を標準化するオープンソースプラットフォーム「Open Simulation Platform (OSP)」を開発した。同プラットフォームは、クラウドコンピューティングとマシンラーニング技術を用いて変化をシミュレーションし、船舶のパフォーマンスに影響する要素を特定する。これらの標準は、IT システムを統一し、船隊管理を支援し、各船のパフォーマンスの比較を容易にする。

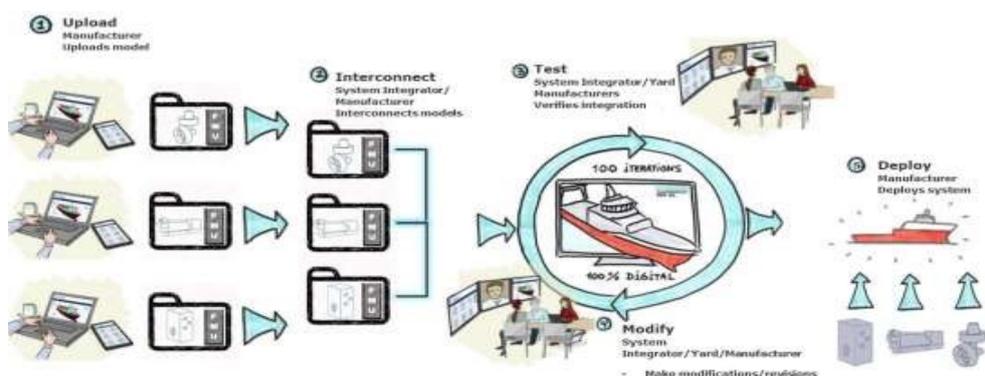


図 3-7 オープンシミュレーションプラットフォーム

(出所: www.opensimulationplatform.com)

3-8 I-tech – 先進材料とバイオテクノロジー

造船業は、常に船舶のエネルギー効率化と競争力向上の方法を模索している。船体表面の塗装、構造部品、船体構造などへの先進材料の採用は、船舶を軽量化し、ドラッグを軽減、燃料消費量を削減する。

スウェーデンの I-tech 社は、船用、造船セクター向けバイオ技術製品の専門企業である。提供製品のひとつ「Selektope®」は強力な生物付着防止機能を持つユニークな船用防汚塗料向けの成分である。船用塗料メーカーは、最新のフジツボ防止機能を持つ同技術を既存または将来の製品に採用し、独自のイノベーションを提供することができる。



図 3-8 Selektope の船体防汚ソリューション「I-tech」(出所：www.selektope.com)

3-9 RAMLAB – 付加製造研究所

すべての船用部品の 3D 印刷製造が可能なのではないが、部品のメンテナンスと修理作業には 3D 印刷が導入されつつあり、製造工程の自動化とコスト効率向上に寄与している。最も利用されている 3D 印刷技術のひとつは粉末焼結積層造形法で、レーザーまたは電子ビームを用いて粉末を焼結し、積層構造や部品を製造する。オランダの RAMLAB は、ロッテルダム港が設立した付加製造研究所である。同研究所では、6 軸のロボットアームを用いて造船用スペアパーツ及び小型、大型の船用部品を製造している。



図 3-9 RAMLAB の溶接機械は 2m × 2m までの金属物体の 3D 印刷が可能。

3-10 Sculpteo –3D 印刷技術を用いた プロトタイピングとモデリング

フランス Sculpteo 社は、設計者が CAD 環境から直接詳細なミニチュアモデルを表示することを可能にするエンドツーエンドプロトタイピングソリューションを提供している。同社の技術は、コスト効率の高い付加製造技術と複雑な CAD（コンピューター支援設計）3D モデルを組み合わせ、船舶エンジニアが自らの設計能力と作業を関係者に紹介することができるようにする。同技術は、付加製造工程の管理に必要な全ツールをクラウドベースのプラットフォームに統合している。工程には、ファイル分析と修理、3D レビューツール、ファイルの最適化、見積もり作成、3D ネスティング、パートトラッキング、プリンター管理、後処理管理などが含まれる。

3-11 Konecranes – データサイエンス研究所

フィンランド Konecranes は、揚重能力数 10kg の鎖巻揚機から揚重能力 2,000 トン、レール全長 210m のゴライアスガントリークレーンまで幅広い造船所向け揚重装置の製品群を提供している。同社のクレーンは、気温が零下の北極圏から砂嵐と灼熱の砂漠環境まであらゆる気候に位置する造船所における信頼性を持つ。

Konecranes は造船所と共同で社内研究開発を行い、製品の改良、新技術導入、設計のイノベーションを常に継続している。同社製品は、ブレーキパワー（軸出力）フィードバックシステムを標準搭載し、エネルギーコスト削減と環境保全を推進している。



図 3-10 フィンランド Meyer Turku 造船所の Konecranes（出所：Meyer Turku）

Konecranes は、フランス・リヨンにデータサイエンス研究所を設立し、産業インターネットを利用した製品、サービス、オペレーションのデジタル化を加速している。

3-12 We4Sea – デジタルツインによる設計最適化

設計段階で船舶の性能と運航効率を予測することは、造船所と船主にとって大きな価値がある。ビッグデータ解析を利用すれば、デジタルモデル段階における船舶の性能を

シミュレーションし、予測することが可能である。このようなデジタルモデルは、業界ではデジタルツインと呼ばれる。

オランダの We4Sea 社は、対象船の予想される運航プロファイル、または類似船との比較データをベースにした複雑なデータ解析ツールを用いたシミュレーションソフトウェアを開発中である。開発されるソフトウェアは、船舶の燃料効率のシミュレーションを行い、予測する。従って船舶の排出量の予測もできる。同技術は、造船所や船主が投資のリターンを予測し、またエネルギー消費量や運航性能を知った上で意思決定を行うことを支援する。

3-13 BAE Systems – 船舶の 3D プロトタイプ

英国に本社を置く BAE Systems は、英国の艦艇建造向けの 3D 視覚化技術によりフルスケールの船舶の 3D プロトタイプを作成し、バーチャル建造と試験を行っている。同社の英国グラスゴー、プリマス、ブリストルの 3 拠点の視覚化施設では、レーザートラッキングシステム (laser tracking system) とインターアクティブ杖 (interactive wand) とともに同技術を利用し、オペレーターはあらゆる角度から船舶設計を見ることが可能で、特定のエリア、機器、システムを迅速かつ簡単に検証することができる。このソリューションは、ヘッドセットを用いて人間の視線で 3D 環境を調整し、より現実的な効果を実現している。



図 3-11 建造工程における 3D 技術の利用

3-14 Titomic – 付加製造試験

イタリア造船所 Fincantieri は、同社のオーストラリア拠点を通じてオーストラリアの付加製造企業 Titomic と、同社の「Kinetic Fusion」技術を Fincantieri の建造工程に使用する合意を締結した。

この合意の一環として、Titomic は、付加製造手法を用いて、Fincantieri が使用する合金（ASTM 国際基準に準じる）に要求される機械的、化学的特性に関する各種試験、即ち硬度、強度、多孔率、化学分析を行う。試験の目的は、Titomic の付加製造技術の材料特性、性能、コストに関する情報の提供である。



図 3-12 Titomic の「Kinetic Fusion」技術（出所：Titomic）

3-15 Fostech – ホログラフィック・コンピューティング

拡張現実（AR）は、デジタルシミュレーションと実世界環境が出会う可能性を提供している。従って職場のガイダンスが AR の最も人気のある利用法である。造船業では、現場の作業員と技術者に AR ヘッドセットを装着させ、組立方法を映し出して指導するなどの有効な利用法がある。ノルウェー Fostech 社は、建造、組立工程において作業員と技術者を支援する AR 及び混合現実ソリューションを開発した。これらのソリューションは、Microsoft の HoloLens 技術を利用し、販売、営業、教育、トレーニング、サービス、メンテナンス、オペレーションなどの実世界の機能を仮想現実とブレンドしたイメージのアプリケーションを作成する。



図 3-13 Microsoft HoloLens ヘッドセットを用いた Fostech 技術（出所：Fostech）

3-16 Vranvic – セールスと顧客向けの仮想・混合現実ソリューション

仮想現実（VR）技術は、造船の安全面及び実用面における利用以外に、顧客となりえる船主・船社に対する船舶設計のプレゼンテーションにも用いられている。多くの船舶は顧客要望に合わせた設計が必要であるため、プレゼンテーションは重要であり、VR 技術を用いたプレゼンテーションは、セールスとサービス契約の獲得につながる可能性がある。

スペインのスタートアップ企業 Vranvic 社は、造船を含む多くの産業に仮想現実（VR）及び混合現実（MR）ソリューションを提供している。同社のプラットフォーム「Vranvic Shipyard」は、造船所の営業部門の契約獲得やプロジェクトマネージャーの作業日程の決定など多くの機能を支援する。また、この柔軟性の高いソリューションにより、顧客は建造開始以前に船内配置の設計変更などを決定することができる。



図 3-14 Vranvic の仮想現実・混合現実ソリューション

3-17 Dassault Systèmes - 3D ソフトウェア

3D 設計ソフトウェアのリーディング企業のひとつである Dassault Systèmes は、「3D Digital Mock Up」及び「Product Lifecycle Management (PLM)」ソリューションを提供している。同社の 3D プラットフォーム「3DEXPERIENCE」は、Damen Group が造船及びオフショア産業のオペレーションのデジタル化に利用している。

同社の「Designed for Sea」、「Winning Bid for Sea」、「Optimized Production for Sea」、「On Time to Sea」などの海事産業向けソリューションは、販売、営業、設計、エンジニアリング、製造、サービスなどの分野における経験を統合するものである。

3DEXPERIENCE プラットフォームは、Damen Shipyards に統一されたデジタル環境を提供している。このデジタル環境は、要求、規制、プロジェクト計画などをつ

なぎ、トレーサビリティを与える。また、全事業部門からのデータを収集、再利用し、設計変更への迅速な対応、設計段階における建造計画の決定、船舶引き渡しとコスト厳守のためのサプライヤーとの協力などを支援する。3DEXPERIENCE プラットフォームを利用して、Damen は造船プログラムと製品群を効果的に管理し、アフターセールスや新製品開発を促進する。

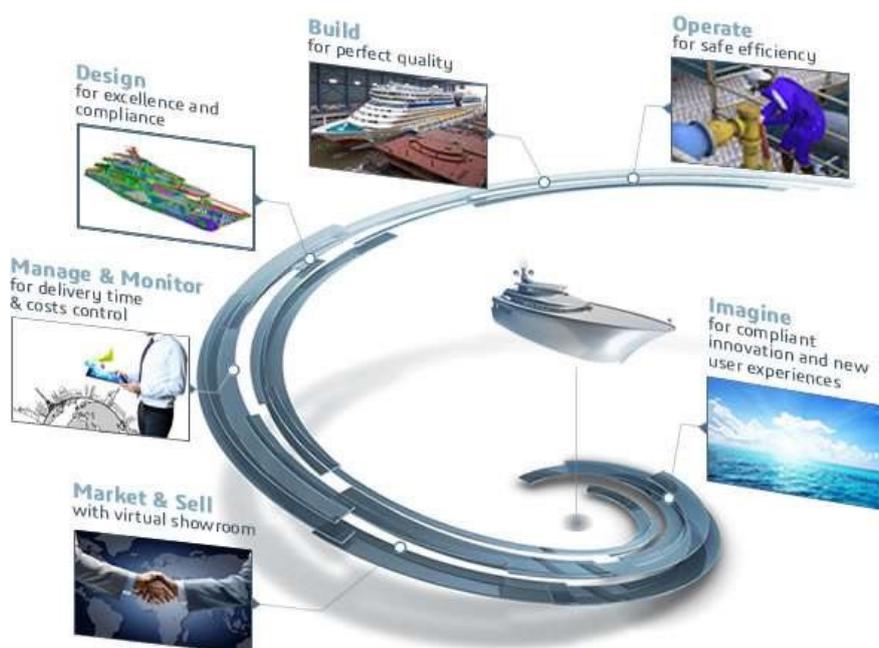


図 3-15 Dassault System の「3DExperience」

3-18 C-Job – 3D 設計モデリング

独立系船舶設計企業 C-Job Naval Architects 傘下の C-Job Nikolayev は、造船所向けの 3D 基本設計モデリング及び細部エンジニアリングを提供している。同社は CADMATIC のソリューションを用い、基本及び機能設計を支援する。この手法は、C-Job Naval Architects が設計したソリューションを基礎に、CADMATIC を用いて 3D モデリングプロセスをさらに開発する。また、設計者は、設計チームが複数のプ

プロジェクトで協力し、同時作業を行うことのできる CADMATIC の分散型設計システムを用いる。

近年、C-Job Nikolayev のポートフォリオでは、レーザースキャンされたデータをインプットしたエンジニアリングプロジェクトが大幅に増加している。C-Job Nikolayev は、2018～2019 年期中に、20 件以上のポイントクラウド設計を提供している。ポイントクラウドの利用は、クライアントの設備の調査を効率化するだけでなく、最終的な 3D モデルの精度を高める。

船内機関配置要求に関するクライアントからのレーザースキャンされたデータを用いた新造船設計には課題が多い。船は 1 隻ごとに異なるが、クライアントの経験と実績を利用することは賢明な選択である。ドキュメンテーション開発時には、あらゆる変化に迅速かつ効率的に対応しなければならない。ポイントクラウドの利用により、既存船のモデルに基づくプロジェクトの正確性が高まり、インストール中の予期しない変更を避けることができる。

3-19 CADMATIC – データ駆動型造船

Cadmatic は、約 20 年前に初代 3D ビュアー「eBrowser」の導入とともにデジタル化を開始した。同技術は、製図数を大幅に減少させることにより、設計・建造工程を改善する。造船業向けのデータ駆動型ソリューションには、「eShare」、「eGo」などがある。

「eShare」は、2D 製図の 3D モデル、各種オブジェクト属性、建造、調達、資産管理データベースに保存された追加的データ及び外部データを含むプロジェクト関連の全情報の「シングル 3D ウィンドウ」である。「eShare」は、組立、建造工程におけるオブジェクトの状態を視覚化し、例としては、ユーザーは、オブジェクトの情報のアップデート、適切なパイプの発見、エラーの発見などを行うことができる。

「eGo」は、「eShare」サーバーからの全ての 3D モデルと 2D ドキュメンテーションへのオフラインアクセスを可能にし、ユーザーはプロジェクトデータを作業現場で活用することができる。

「eShare for HoloLens」は、CADMATIC の「eShare」と「Microsoft HoloLens」のインターフェイスを可能にするアプリである。同ソリューションにより、デジタル 3D モデルが実世界環境に存在するという拡張現実を用いた新たなインターアクティブ設計・エンジニアリングが可能となる。これにはサーバーから 3D モデルをローディングし、オフラインで使用できるツール、そのモデルをスケール化、移動し、実物体と整列、属性データを表示、計測を行うなどの各種ツールが含まれている。

「eShare for HoloLens」は、プロジェクトと設計の見直し、建造工程の監督支援、設計プロジェクトとの比較などに利用される。また、ユーザーは、同ソリューションを、将来的なプロジェクト設計の船主・船社との検討、設計プロジェクト中の人間工学の改良、メンテナンスと運転に関するトレーニングなどに活用することができる。

第4章 造船業における新技術の開発動向と導入状況

本章では、造船業における主要技術の開発、進展状況と導入の動向を概説する。また、他産業の先進技術とその実績を述べる。

4-1 ロボットシステム

造船業においてもロボットは以前から利用されてきたが、近年のトレンドとしては、建造工程の効率化、安全性の向上だけでなく、熟練作業員の人材不足に対応するために、その重要性は増している。

建造工程は、大きく分けて設計、切断、溶接、組立、研削、塗装から成る。建造工程の中では、溶接が最もコストと時間がかかる重要な工程である。溶接工程効率化のためにロボットが利用されており、船体の溶接作業の生産性を大きく改善し、同時に作業員の筋骨格障害のリスクを軽減している。

他の産業と同様に、自動化技術とロボットシステムは近代的な造船所で幅広く利用されている。溶接、研削、楊重などの作業を行うロボットは、造船所の人手不足を補完し、作業員にとって最も危険で報われない作業を肩代わりしている。

造船業へのロボット導入とセンサーシステムや人工知能などの技術が複雑化するとともに、造船所は作業を最適化するために自動化技術のカスタマイズを進めている。

危険な作業に従事する作業員の肉体的ストレスを軽減するために、作業員が着用できる造船作業用の外骨格型ロボットが開発され、日本や韓国の造船所で利用されている。

造船は人間の労働力が必要なセクターであるが、造船企業はロボット技術、自動化技術の活用方法を模索している。

他の製造業と同様に、造船所においても協力ロボット（cobot）が様々な作業を行う光景を見かけることが多くなっている。協力ロボットの利用は年々増加している。デンマーク企業 Universal Robot は、製造ラインに 12 人が働いている企業の場合、協力ロボットにより生産性は 50% 向上すると述べている。⁷

4-2 3D 印刷（付加製造）

他産業と同様に、造船業でも 3D 印刷技術の利用は年々増加している。

市場化された 3D 印刷技術を利用したソリューションの例としては、3D プリンターで印刷された初の船用プロペラである Damen の「WAAMPeller」がある。また、スペイン国営造船所 Navantia の研究開発プロジェクト「3DCABINS」では、製品を 3D 印刷することにより 50% の軽量化を実現した。Navantia は、もうひとつのプロジェクト「ADIBUQE」も開始している。米国の拡張現実（AR）のパイオニア企業 Index AR Solutions は、Newport News Shipbuilding（NNS）の VR 技術を利用

⁷ <https://fathom.world/the-rise-of-the-maritime-cobot/>

した新ツール「ShipSpace」の開発に協力した。同ツールは、設計者、エンジニア、その他の関係者の船舶設計案の評価と効率的なコミュニケーションを支援する。

顧客要求の増加と革新的技術と材料の開発により、建造工程の改良とその経済性の重要性はさらに増している。付加製造のような技術は、組立作業へのロボット技術導入とともに、造船業の生産性と競争力を向上させ、再び高付加価値の製造業となる機会を提供している。

このような変化のカギとなるのは、技術とビジネスイノベーションを開発し、統合する能力である。これには、建造工程及びロジスティクスに情報技術を応用する情報科学、生産性、安全性、品質を向上させる自動化及びインテリジェントシステム、概念設計から製造までのリードタイムを短縮するシミュレーション及び視覚化技術などがある。

製造技術の進歩は、製品開発とサポートの全ての分野におけるイノベーションの高レベル化、コスト削減、重量と複雑さの低減を実現する。長期的には、部品と製品の製造は必要な場所またはその近くで行われるようになる。船内での3D印刷製造の試験は既に行われており、4D印刷、ナノ技術、ロボットなどの将来的な開発は、特定ミッションのニーズに合わせた自動運転装置の印刷を実現する可能性がある。

4-3 先進的レーザー技術

Meyer Werft のロストックの同社製造拠点の拡張では、レーザー技術の導入が焦点となった。同様に、米国造船所 Ingalls Shipbuilding の「未来の造船所」プロジェクト、フランス STX 造船所の近代化に際しても、レーザー技術は中心的な要素であった。STX 造船所は造船設備の近代化により、2016年には当時の最大規模のクルーズ船「Harmony of the Seas」の建造を実現した。

造船所は、巨大な鋼製船舶の建造にレーザーハイブリッド溶接技術を利用している。Meyer Werft のロストック拠点では、欧州で最も先進的なレーザーハイブリッド溶接プラントを持ち、高度に自動化されたプロセスにより、最大 400 m² (25×16m) の大型鋼板を製造している。材料の厚さと溶接作業によるが、造船の規模を考えると、1分間に 1～3m という溶接速度は非常に興味深い。このような速度は、ドライドックにおける作業を 40%スピードアップする。

レーザー技術とプラズマ技術の補完—研究の進歩

造船所では、プラズマ技術で裁断された鋼板をレーザー溶接システムで溶接する。30,000°C 近くのプラズマはアーク内で高圧製造され、厚い金属板を溶解させる。その後、液体金属は、ガスで溶断される。このプロセスは高速でコスト効率が高いが、レーザー切断と比べて不利な点もある。フォーカスがないため切断面が粗く、また多くの場合、高熱により、切断面の仕上げが必要である。このような理由から、薄い鋼板の切断にはレーザーが使用されることが多い。大手メーカーは、レーザーとプラズマの切断技術が効果的に補完しあう技術のさらなる開発を進めている。効率化を目指す場合、造船所はレーザー技術を使用する。現在進行中の共同研究開発プロジェクト「DIOMAR」(Thick Metal Sheet Welding by High-Power Diode Lasers for Maritime

Applications : 船用厚鋼板の高出力ダイオードレーザーによる溶接) では、Laser Zentrum Hannover、Laserline、Held Systems、Meyer Werft が、厚さ 30mm までの鋼板の新たなレーザー溶接技術の共同開発を行っている。プロジェクトでは、連続レーザー発振モードで最大出力 60kW のダイオードレーザー源を完全レーザー溶接技術の核としている。このプロセスでは、時間とコストのかかる止端部の仕上げの必要がなくなる。

4-4 先進複合材料

造船業は、グローバルな造船市場において自社船舶設計の競争力を高めるために、エネルギー効率向上の方法を常に模索している。船体塗装、構造部品、船殻への先進材料の採用により、船舶は軽量化し、ドラッグが低減する。その結果、燃料消費も減少する。

先進材料とは、特定の物理的または機能的特性を持つようにエンジニアリングされた全ての材料である。金属、セラミック、ポリマー及び複合材料などの先進材料は、ナノスケールで設計されるが、大型構造においても強度、硬度、耐久性、その他の有益な特性を実現する。12 か国からの 36 企業・組織が参加する共同研究開発プロジェクト「RAMSSES」(The Realisation and Demonstration of Advanced Material Solutions for Sustainable and Efficient Ships : サステナブルで効率的な船舶のための先進材料ソリューションの実現と実証) は、2017 年 6 月に開始された。プロジェクトの目的は、船体が複合材で構成される全長 70m の船舶を開発し、実際の波浪状況下で実船実験を行うことである。

スウェーデンのスタートアップ企業 I-tech (現在 Nasdaq First North に上場) は、造船業・船用工業向けバイオテクノロジー製品の専門企業である。同社のソリューションのひとつである Selektope® は、船体に高い防汚性能を発揮するバイオ忌避剤となるユニークな防汚塗料成分である。この最新技術はフジツボの付着防止に効果的で、船用塗料メーカーが既存及び将来的な市場要求に応えるイノベーションの開発に役立つ成分である。

4-5 ドローンと自律走行装置

ドローン技術と自律走行装置の重要性は、将来的にはさらに増すと考えられる。造船業も様々な建造工程の効率化のためにこれらの技術の導入を開始している。ポーランドの修繕所 Remontowa は、船体内部空間の検査にこれらの技術を利用している。

ドローンシステムのさらなる自律化により、船舶の検査のコストは下がる。船舶の 3D モデルを予めロードした完全自律型ドローンは、人間のオペレーターなしに船舶の検査を行い、必要な箇所で停止して詳細なビデオや画像を撮影する。

ハイブリッド型ドローンは、水上及び水中両方の検査を行う機能を持ち、ドローンと ROV (遠隔操作型無人潜水機) のギャップを埋める。



図 4-1 Navantia 造船所のドローン⁸

4-6 仮想現実と拡張現実

船舶は、複数のシステムと機器が統合された複雑で高価なプラットフォームである。厳しい競争環境の中で、不必要なコストを避けるためには、設計と建造工程の監視と見直しが不可欠である。初期設計段階において船舶モデルのバーチャルナビゲーションが可能な高度ツールは、プロジェクト管理と意思決定を迅速化、効率化する。

あらゆる船種の設計及び建造のための CAD システムの利用を拡大し、仮想現実 (VR) 環境で使用することは、技術の進歩とともに可能となった。造船における VR 技術の利用は目新しいものではないが、ソフトウェアとハードウェアの改良とともに利用の幅はさらに広がっている。

VR は、設計／モデルを、最終決定の前に安全で共同的に評価、分析、シミュレーション、視覚化するツールである。さらに、VR ソリューションは、プロジェクトの見直し、内容の検査と試験、画期的なソリューションの開発などの目的でも利用可能である。全て 1 対 1 スケールモデルで表現されるため、エンジニアリング作業には非常に有益である。ユーザーはフルサイズの 3D 環境でモデルを見ることにより、システム形状を人間工学的に正確に実感することができる。

現在、造船所では設計部門が VR 技術を最も利用していると考えられるが、最もコストの高いエラーが発生する製造部門への導入も必要である。

造船業における VR アプリケーションは、建造開始以前に設計パラメーターの最終決定を行うための手法として有効である。2D または 3D 製図では想像しにくい部分も、バーチャル船では細部を見逃すことがなくなる。これにより建造も効率化される。さらに、設計者、エンジニア、プロジェクト管理者、またはエンドユーザーなど複数のユーザーが同時に同じ VR 環境にアクセスし、バーチャル船でインターアクションを行うことも可能である。

最新のデジタル設計・評価ツールは、船舶の特性を安全に予測するために不可欠である。エンジニアリングまたは設計の変更が船舶全体に与える影響の評価も、シミュレーションや視覚化技術により以前よりも格段に安全で容易に行うことができる。このような理由により、VR ツールのさらなる改良は、造船ソフトウェア開発者の最も重要な作業のひとつである。

⁸ <http://infodron.es/id/2018/03/01/noticia-navantia-usara-drones-astilleros.html>

船舶設計と建造への VR 技術の導入には課題もある。特に、異質のデータ構造（複数の discrete authoring systems）の処理もそのひとつである。また、分散型共同プロジェクトの建造と詳細設計段階における協力と議論、及び開発・建造段階におけるサプライヤーと顧客のインターアクション（設計・建造及び複雑なシステムと機器に必要な時間とコストへの圧力が原因となる）も検討されるべき課題である。

造船業における塗装と溶接作業は、現場環境の悪さから作業員の離職が多いため、常に新たな人材が必要な部門である。塗装と溶接は困難な作業であるが、船舶建造で最も重要な作業のひとつでもある。これらの工程は、建造スケジュールに影響するだけでなく、建造される船舶の品質にも直接関係する作業である。従って、広い面積を均一の厚さに塗装し、また精度の高い溶接を行うことのできる作業員を育成することも重要である。

VR 技術は、計画及び計画変更プロセスを大幅に簡易化し、現実的な計画の作成と維持に役に立つ技術である。船舶建造工程のシミュレーションモデルは、物理的な建造作業と工程管理に関する意思決定の両方をとらえたものである。VR 技術は、造船設備の全体像、作業員、必要な作業を特定することができる。VR 技術は、船舶建造に必要な時間配分と人員配分を計算する。また、作業の遅延や中断により発生するコストとこのような問題を解決するために最も効果的なマネジメント方法の決定を支援する。

現在のシミュレーターはシンプルな物体の動きしか処理できないが、将来的には、機器、形態の動き、複雑で連続的な動き、部品の着脱、表示された事前情報、PLM 関連情報などを処理することが可能となる。

現在、Damen は、フリッシングンの Damen Schelde Naval Shipbuilding で建造するオランダ海軍のホラント級哨戒艦（OPV）向けの VR 技術の有効性に関する研究を行っている。Damen は、CAD 製図を VR 環境に変換するシステムを用い、コントロールルーム、船台、右舷操舵機関室を作成した。

拡張現実（AR）は VR よりもさらに利点が多い。AR は、ERP、PLM、PDM、MM など他のシステムからの関連データに簡単にアクセスできるため、処理速度が速い。また、そのデータを必要な場所に表示する。これにより、建造工程における製図のアップデートの信頼性が高まる。

VR と AR は相互補完する。VR はエンジニアリング、トレーニング、セールスに適している。AR は、これらの分野に加え、実際の日常のオペレーションに適している。世界のどこかの船で作業をする技術者とオフィスにいる技術者が、直接対話することが可能となり、特に予防的メンテナンスや安全性と品質管理を向上させる拡張現実警告（augmented warnings）に有益である。



図 4-2 VR 技術を応用した設計と建造（出所：DCNS）



図 4-3 AR 技術（出所：Index AR Solutions）

デンマークの船舶設計企業 Knud E Hansen は、エンジニア、設計者、船主が初期設計段階から建造中までの新造船の中の「乗船体験」ができる 3D 変換エンジンである VR ツール「ShipSpace」を開発した。同社のツールでは、造船所が複数の 3D モデルを完全な 3D 環境に変換し、デジタルバージョンの船中を「歩く」ことができる。



図 4-4 3D VR ツール「ShipSpace」

VR/AR 技術の開発と導入に関する問題は、現段階では同技術がユーザーフレンドリーではないことである。CAD から VR への変換には時間がかかる。また、AR 眼鏡の多くは、ユーザーがどこにいるか、何を見ているかがわかりづらい。

Damen 造船所は、同技術の造船現場の作業工程や設計部門への導入方法を研究中である。

もうひとつの課題は価格である。市場には比較的安価な装置もあるが、ハードウェアは高価で、それに加えソフトウェア、機器の設置、VR/AR ルームの調整、トレーニングなどにもコストがかかる。

上記に加え、VR/AR 作成には船舶の高度な 3D モデルの開発が必要である。ひとつのモデルに必要な全情報を組み込むことは難しく、1 隻の新造船建造プロジェクトに複数の CAD システムが使用される場合もある。

さらに、VR/AR ソリューションの人間工学的な面への配慮も重要である。3D 眼鏡の長時間の使用は目に負担がかかり、ライトのない状態で立ったまま頻繁にスクリーンを見つめることは快適ではない。

VR シミュレーションに必要なデータの入手に関しては、サプライヤーとの協力が不可欠である。

Damen 造船所は、今後 2~5 年以内に VR 技術アプリケーションの利用の本格化を予定しているが、実際には予定よりも早い可能性もある。AR 技術に関しては、アプリケーションの複雑度にもよるが、2~7 年以内の導入を計画している。

4-7 サイバーセキュリティ

サイバーセキュリティへの脅威は範囲が広がり、複雑化している。その結果、海運とオフショア事業の安全性管理には、サイバーセキュリティの確保が重要事項となっている。船舶運航の脆弱性とサイバー攻撃には様々なシナリオが考えられ、リスク管理にはサイバーセキュリティの多面的な保護が必要である。

船舶のデジタルシステムは複雑化しており、システム、乗員、乗客への安全リスクは増加している。十分に機能するサイバーセキュリティの壁の構築が不可欠である。

DNV GL はサイバーセキュリティに関する船級ノーテーションを開発し、運航中及び建造中の船舶設計の主要機能に統合されたサイバーセキュリティレベルのベースラインを定めている。最近、DNV GL は、韓国の主要造船所で建造される LPG 運搬船の設計に対し、世界初のサイバーセキュリティ（アドバンスド）船級の基本承認（Approval in Principle : AiP）を授与した。この AiP は、当該船の設計が DNV GL のサイバーセキュリティ要求を完全に満たしていることを示す。

4-8 船舶設計過程におけるバーチャルモデリングと自動化シミュレーション

多様な産業では、遠隔制御及び自己制御部品と運転に関する効果的なアルゴリズムの開発と試験が進んでいる。海事産業では、この開発は無人機関室から近い将来には無人及び自動運航船の実現に向けて続けられている。このような自律化システムの理解、トレーニング、認証には、大規模なシミュレーションと複雑な運航シナリオが必要となり、デジタルツイン船の作成が不可欠である。

4-9 ビッグデータ解析

ビッグデータ解析とは、ビッグデータを分析し、隠されたパターン、相関性、市場トレンドその他の役に立つ情報を見つけるプロセスである。今日作成される膨大な量のデータは、従来のアプリケーションでは処理しきれない。ビッグデータ解析の重要性は、造船業でも増加している。しかしながら、それにはデータを分析しビッグデータを活用する特殊なスキルが必要である。

船舶の性能と運航効率を設計段階で予測する能力は、造船所及び船舶運航者にとって大きな価値がある。ビッグデータ解析により、船舶のデジタルモデル、即ちデジタルツイン内にのみ存在するこのような指標をシミュレーションし、予測することが可能となる。オランダのスタートアップ企業 We4Sea BV は、対象船の予想される運航プロファイルまたは類似船舶の運航データに基づく複雑なデータ解析ツールを利用し、同船の燃料効率と排出量を予測するシミュレーションソフトウェアを開発した。これにより、造船所は、投資収益率やエネルギー消費及び運航効率に関する予測を踏まえた船舶設計の決定が可能となる。

処理能力の向上とストレージスペースの価格低下により、ビッグデータ解析は多くの関係者が利用可能な技術となった。また、ソフトウェア、アルゴリズム、統計手法のイノベーションと開発により、多くのソフトウェアが無料で利用可能となったため、デー

タ分析のコストは大幅に低下し、これらの技術をプロセスするスキルを持つ誰もが導入できるツールとなった。

4-10 クラウドコンピューティング

近年のクラウドコンピューティングの進化により、インターネットを通じたサーバーからのスケーラブルでコスト効率の高いデータの処理とストレージが可能となった。大量のデータのストレージと保護、及び効率的で大容量のコンピューティング能力のあらゆる産業向けサービスにアクセスし、それぞれのニーズに合わせたさらなる開発が可能である。

このような進展は、造船業の複数のステークホルダーが協力できるプラットフォームソリューションの開発につながっている。その一例は、「**Maritime Connectivity Platform (MCP)**」である。MCP は、利用可能な複数のコミュニケーションシステムを通じて認可された海事関係者（ステークホルダー）が、効率的で信頼性の高いシームレスな電子情報を相互交換することができるコミュニケーションフレームワークである。もうひとつの例は、**DNV GL** の「**Veracity**」プラットフォームである。関係者は、同プラットフォームを利用し、海事産業からの運航データを分析、制御、共有することができる。

Fincantieri は、グローバルな造船需要に対応するために、**IBM** のハイブリッドクラウドソリューションを採用し、新造船の設計、建造、引渡しを効率化に努めている。

クルーズ船及び艦艇のグローバルな需要増加により、**Fincantieri** は、設計、建造、引渡しのプロセスを管理する自社の新統合船舶設計建造システムを管理する近代的なグローバル **IT** インフラの構築が必要となった。このコストと時間がかかるプロセスには、迅速なプロビジョニング能力、順応性、セキュリティーが要求される。

ミラノを含む世界 50 か所にクラウドデータセンターを持ち、企業向けクラウドサービスに実績のある **IBM** は、**Fincantieri** のグローバルな成長目標達成を可能にする最新の **IT** インフラを提供している。

Fincantieri は、グローバルハイブリッドクラウドインフラ構築のために、多数の競合サービスから **IBM Cloud** を選んだ。同ハイブリッドインフラは、**Fincantieri** の自社データセンター13 か所をミラノの **IBM Cloud** データセンターと接続することにより、フォールトトレランス（**fault tolerance**：構成部品の一部が故障しても正常に処理を続行する能力）が高く、安全性の高い企業サービスレベルを持つ高可用性ハイブリッドクラウドを構築する。

柔軟性が高く、スケーラブルな新グローバル **IT** インフラの造船業界への導入に加え、**Fincantieri** は **IBM** に将来的にも対応するクラウドソリューションを求めている。**Fincantieri** は、船型開発、造船効率、そして船主に新たなサービスを提供するための競争力を維持する戦略を持つ。**Confindustria** 社の **Roland Berger** をはじめとする業界アナリストは、クラウドコンピューティングは、**IoT** とインダストリー4.0 の「スマートファクトリー」構築の不可欠な構成要素であると述べている。**IBM Cloud**

の導入により、Fincantieri はグローバルなスケールのインダストリー4.0 への転換の先駆者となっている。

4-11 モノのインターネット（IoT）とマシンラーニング

船舶の建造工程からは膨大な量のデータが発生し、これまではこれらの全データをリアルタイムで入手することは不可能であると考えられていた。モノのインターネット（IoT）の存在とともに、インターネットに接続したシンプルな小型プロセッサの登場により、それが可能となった。

AI とマシンラーニングは、大量のデータをベースとした「スマートシステム」の導入に利用されている。これらのシステムは、映像認識から複雑な制御アルゴリズムまで幅広い用途に利用することができる。デジタルツインシミュレーションモデルは、このようなアルゴリズムを実証するために使用できる



図 4-5 造船向け IoT

この報告書は、ポートルース事業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。

欧州造船業における最新の生産技術の開発・導入に係る動向

2020年（令和2年）3月発行

発行 一般社団法人 日本中小型造船工業会

〒100-0013 東京都千代田区霞が関3-8-1 虎ノ門三井ビルディング
TEL 03-3502-2063 FAX 03-3503-1479

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。

