交通運輸技術開発推進制度

令和７年度業務実績説明書

全船３次元モデル生成技術及びそれを活用した設計・建造支援システムの開発

令和８年３月

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所

海上技術安全研究所

Ⅰ. 研究開発成果の要約

作成年月	令和８年１０月
研究課題名	全船３次元モデル生成技術及びそれを活用した設計･建造支援システムの開発
研究代表者名	森下瑞生
研究期間	令和６年１１月３０日～令和８年３月３１日
研究の目的	本研究では２次元図面データから全船３次元モデルを生成する技術を利用して、３次元ベースの製品開発・設計を実現する技術開発を行う。さらに、製品開発初期段階から３次元モデルを生成し、それらを活用した設計・建造支援システムを開発する。それら開発システムによって、設計のリードタイム短縮・フロントローディング、製品への品質・安全性向上等の新たな付加価値を提供するスタートアップの設立を目指す。
研究成果の要旨	３次元ベースの製品開発・設計を実現する技術開発を実施した。製品開発初期段階から３次元モデルを生成し、それらを活用した設計・建造支援システムを開発した。本年度の成果としては、以下の４点である。 ①　２次元図面データから３次元モデルの生成技術の開発 ・ナレッジベースの図面解釈機能よりも汎用性を持たせるため機械学習を活用した詳細な３次元モデルを生成する機能を開発した。 ② Basic Design Model を活用した設計一貫システムの開発 ・３次元モデルと紐づけて、造船の溶接、塗装情報を生成・管理する機能を開発した。 ③ 建造支援システムの開発 ・搭載シミュレータと MR デバイスとの連携機能を開発し、MR デバイスの操作性に関する検証をした。残留不整（応力、撓み）の影響を NMRI-DLSA（全船構造強度評価）へ付与する機能を開発した。 ④ 事業性検討 ・開発システムの競合製品、類似製品調査を実施した。 ・開発システムの販売へ向けて事業コンセプトを整理した。
知的財産権 取得状況	
研究成果発表実績	論文発表：国内　０件、海外　０件 口頭発表：国内　１件、海外　０件 その他　：

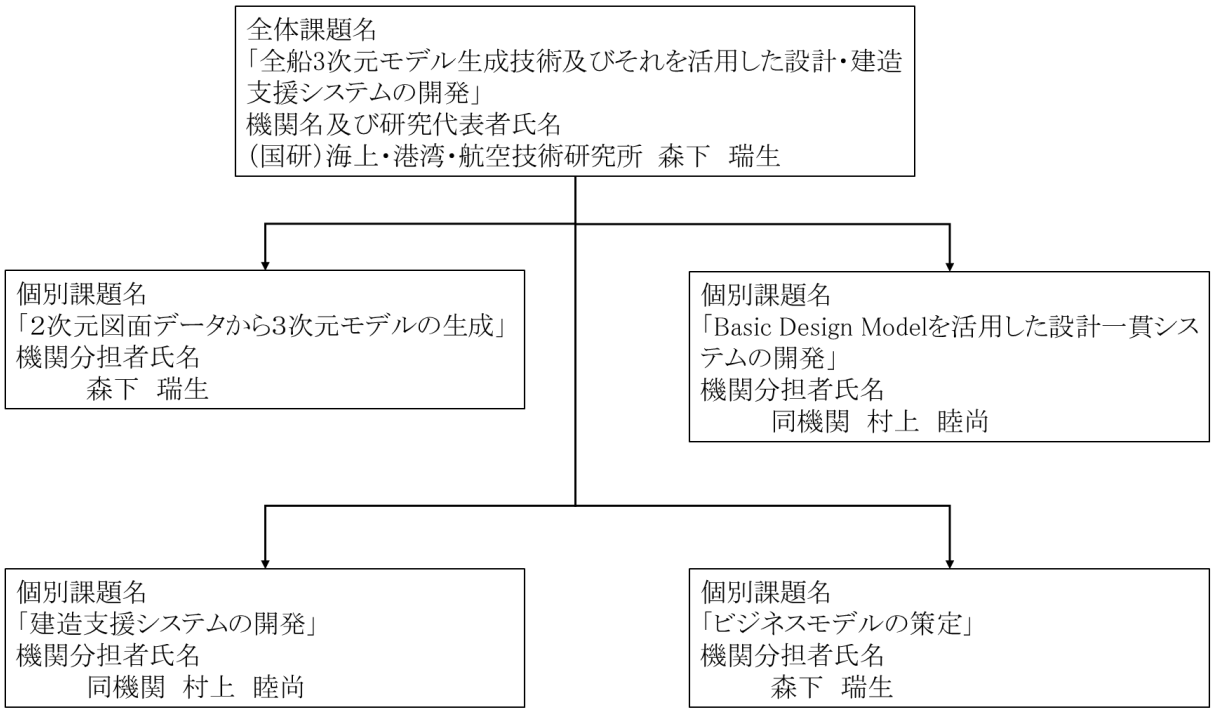
II. 研究開発の目的と実施体制

（1） 研究開発の目的

本研究では２次元図面データから全船３次元モデルを生成する技術を利用して、３次元ベースの製品開発・設計を実現する技術開発を行う。さらに、製品開発初期段階から３次元モデルを生成し、それらを活用した設計・建造支援システムを開発する。それら開発システムによって、設計のリードタイム短縮・フロントローディング、製品の品質・安全性向上等の新たな付加価値を提供するスタートアップの設立を目指す。

（2） 研究実施体制

本研究は、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所海上技術安全研究所を総括研究機関とした。担当機関の研究実施の流れを示すチャートは以下の通りである。



III. 研究開発の成果

１．序論

背景・目的

国内造船業が今後直面する問題として、人口減少、外国人労働者の受け入れなどによる造船所内の熟練者割合の減少がある。これらにより従来の現場力に頼る建造方法の見直しが急務である。さらに近年では製品の高度化、複雑化、顧客への柔軟なカスタム対応、短納期対応の要求など造船所の設計部門への負荷が高まっている。海外造船所では、設計上流工程から３次元設計を取り入れたフロントローディングを推進している中、従来通りの設計体制では今後国内造船業の競争優位性を保つのは困難である。これらの課題解決のため、設計・建造工程における省力化/自動化手法の開発に加え技術力の向上が期待されている。

現在、国内造船業は２次元図面による設計が主流であり、海外造船所のように３次元設計が普及していない場合が多い。海外造船所と足並みを揃えるために、国内でも最新の３次元設計システムを導入することも考えられるが、高額な導入費やシステム移行期間中の現場の混乱、設計上流工程から３次元モデルを作成するために上流設計担当者の入力作業量増加など、いくつか障壁がある。そこで、将来的な３次元設計への移行を目指し、まずは従来の２次元図面による設計でも３次元モデルを高速で生成し、活用できる体制構築を急ぎ、国内造船業に対して３次元設計導入の機運を高めるよう促すことが重要である。また、国内では海外と比較し中小造船所の割合が高い。事業規模の小さい造船所に対しても広く普及できるシステム開発が重要である。これらの課題を解決するために、海上技術安全研究所では、重点研究及び SBIR フェーズ１にて２次元図面データから３次元モデルを自動生成するための「全船３次元モデル生成技術」、生成した３次元モデルを設計上流から再利用するための「設計一貫システム」の開発を行ってきた。また、３次元モデルの活用先として、建造現場の安全性、作業効率の向上や建造精度・誤差と品質・費用対効果の事前検証の定量評価を実現するため、「搭載シミュレーション・作業支援技術」や「全船荷重構造解析並びに強度評価システム（NMRI-DLSA システム）」の研究開発を行ってきた（図 1)。特に「全船３次元モデル生成技術」では、基本設計の成果物である規則計算レベルの３次元モデルの自動生成機能を開発した。フェーズ１では、開発システムのニーズ調査を行い、設計リードタイム短縮の視点から、規則計算レベルの３次元モデル自動生成機能の必要性に加えて、設計工数全体の中で占める割合が大きい詳細設計レベルの全船３次元モデルを早期に取得できることが重要であると分かった。本研究では、設計のリードタイム短縮・フロントローディング、製品への品質・安全性向上等の新たな付加価値を生むことを目的として、詳細設計レベルの全船３次元モデルの生成技術の開発と生成した全船３次元モデルを新型船型船の製品開発段階から利用できる設計システムの開発、全船３次元モデルを活用した数値シミュレーション技術の開発を行う。

以上これまでの研究成果と造船所でのニーズ調査の結果から、SBIR フェーズ２では以下の３つを研究課題として設定する。

①　２次元図面データから３次元モデルの生成

SBIR フェーズ１では、主に規則計算レベルの３次元モデル生成技術を開発した。フェーズ１のニーズ調査によると、国内造船会社では、規則計算レベルの３次元モデルを３次元 CAD で作成している事例もあるが、詳細設計では依然として２次元 CAD を用いているようである。フェーズ２では詳細設計レベルの２次元図面データも３次元モデル上に取り込めるように機能拡張をする。

②　Basic Design Model を活用した設計一貫システムの開発

前記①「全船３次元モデル生成技術」により、既存の２次元 CAD 完成図面を基に各社独自の“Basic Design Model”を取得することが可能となる。Basic Design Model の要件として、新型船型開発に適用可能なパラメータ設計機能の実装を目指しており、SBIR フェーズ１ではそのための基礎検討を行った。フェーズ２では、新型船型開発の初期段階から３次元モデルを活用した設計を可能とする設計一貫システムを開発する。

③　建造支援システムの開発

３次元モデルの活用先として「搭載シミュレーション・作業支援技術」、「NMRI-DLSA システム」がある。「搭載シミュレーション・作業支援技術」により、工作誤差を有するブロックの搭載シミュレーションを現場の進捗に合わせリアルタイムで実施し、安全かつ効率の良い最適な作業手順をスマートグラス等により現場の作業員がその場で選択・判断することができる。また、「NMRI-DLSA システム」への３次元モデルの活用としては、既に運航中の船についても過去の図面データから全船モデルを生成し、構造強度評価を実施することができる。これらのシミュレーションにより得られた情報は運航中の船のデジタルツイン等の活用はもとより、設計部へフィードバックすることでより良い製品開発につなげる。

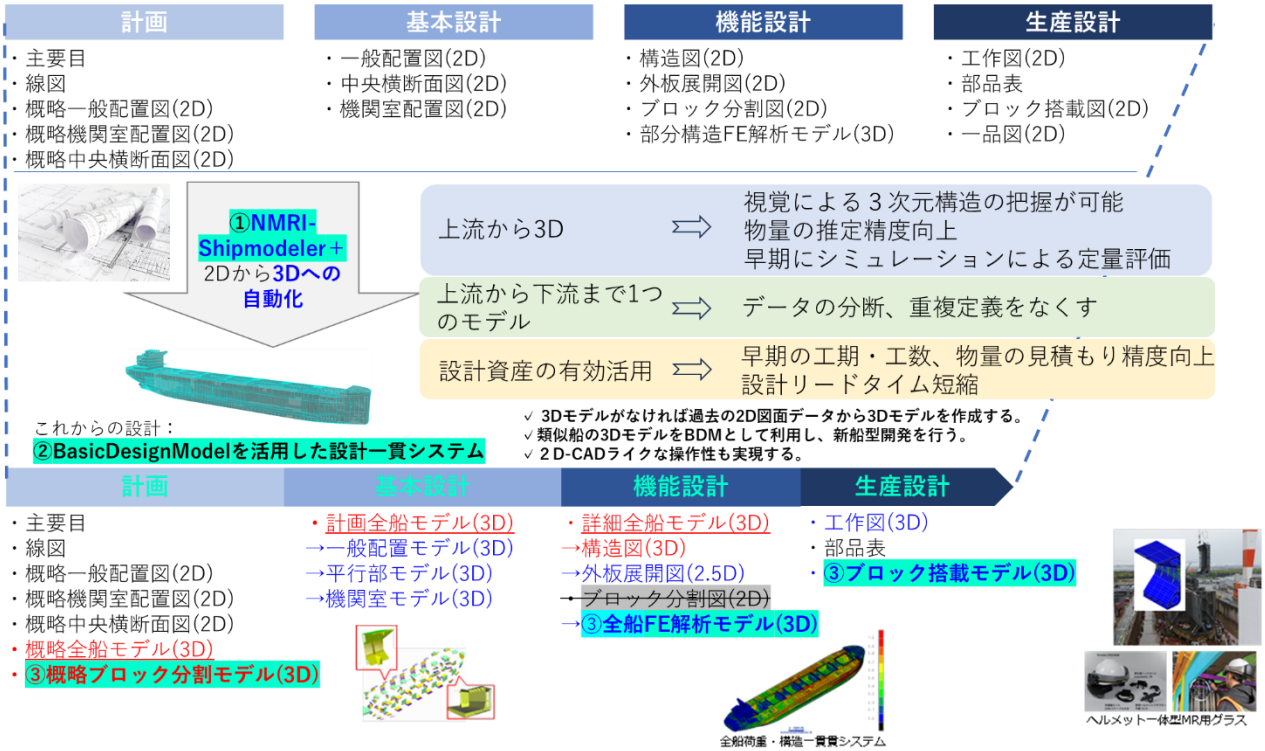


図１　研究概要

２．成果

①　２次元図面データから３次元モデルの生成

本研究では、既存の ShipModeler[1)]では対応しきれなかった、２次元図面データから詳細設計レベルの３次元モデルを生成する機能を開発した。特に、設計変更時など CAD 上での編集を可能とするため、３次元 CAD の API コードを自動生成する手法を構築した。本機能は、DXF 形式の図面データを入力とし、図面内に含まれる構造情報を解析することで、船体構造モデル生成用 API コードを自動生成するものである。DXF 図面には、構造部材を示すテキスト情報（例：PR、BKT）と、形状を構成する幾何情報（線分、円弧等）が含まれている。本機能ではこれらの情報を統合的に解析し、構造部材（Profile、Bracket、

Slot）として認識した上で、各部材に対応する API コードを生成する。２次元図面（DXF）から詳細な３次元モデルを自動生成するため、ルールベースによる図面情報の抽出と、ナレッジベースによる構造情報の解釈・補完を組み合わせた手法を開発した。

まず、ルールベース処理により、DXF 図面に含まれるテキスト、線分、円弧等の幾何情報を解析し、部材名称、寸法、材質、形状及び配置位置など、図面から直接取得可能な情報を抽出する。また、幾何要素の接続関係や形状的特徴に基づき、Profile（形鋼）、Bracket（ブラケット）、Slot（スロット）等の部材候補を識別し、これらの情報を中間データとして構造化する。

一方、３次元 CAD モデルの生成には、図面から直接取得できる情報に加え、部材間の接続関係、基準面、取付面、部材の向きなど、CAD API の仕様に応じた情報が必要となる。これらは２次元図面に明示されていない場合が多く、単純な幾何計算や固定的なルールだけでは決定が困難である。そこで、部材の幾何的特徴や周辺部材との位置関係、造船構造に関する知識を活用し、接続先部材や API パラメータを推定・補完する仕組みを構築した。

最終的に、抽出・補完された構造情報を CAD API の仕様に対応付け、部材ごとの API コードを生成する。これにより、２次元図面の幾何情報を、部材間の関係性を含む編集可能な３次元 CAD モデルへ変換することを目指した。本機能の有効性を確認するため、DXF ファイルを入力として検証を行った。本検証では、板内に存在するスロット形状、カラープレート、ブラケットを対象とした。

図２に入力として用いた DXF 図面を示す。本図面には複数の部材が含まれており、本システムによりこれらを解析し、対応する API コードの生成を行った。

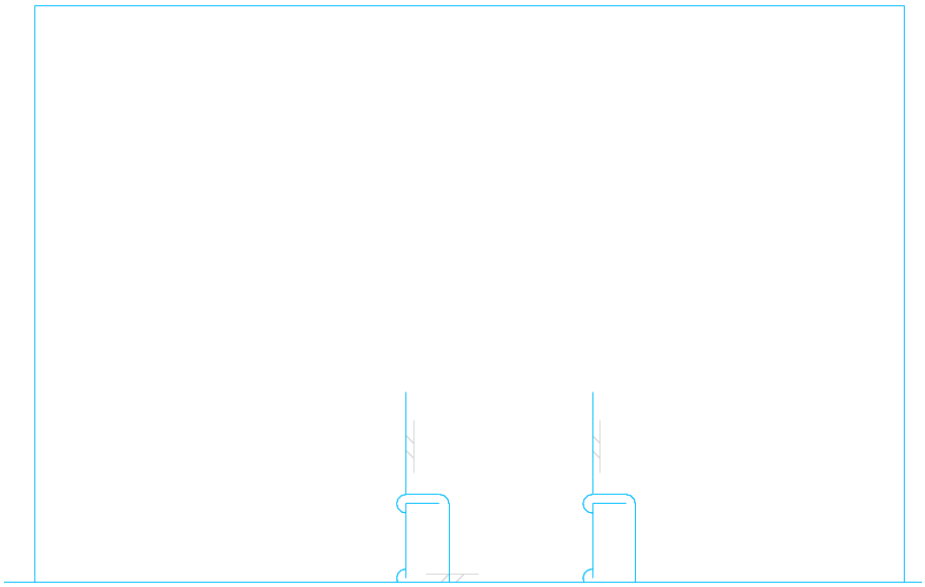


図２　　入力した DXF 図面

生成された API コードを用いて３次元モデルを構築し、その結果を図３に示す。本モデルが CAD 上で適切に生成されることを確認するとともに、生成されたモデルが編集可能であるかについても検証を行った。

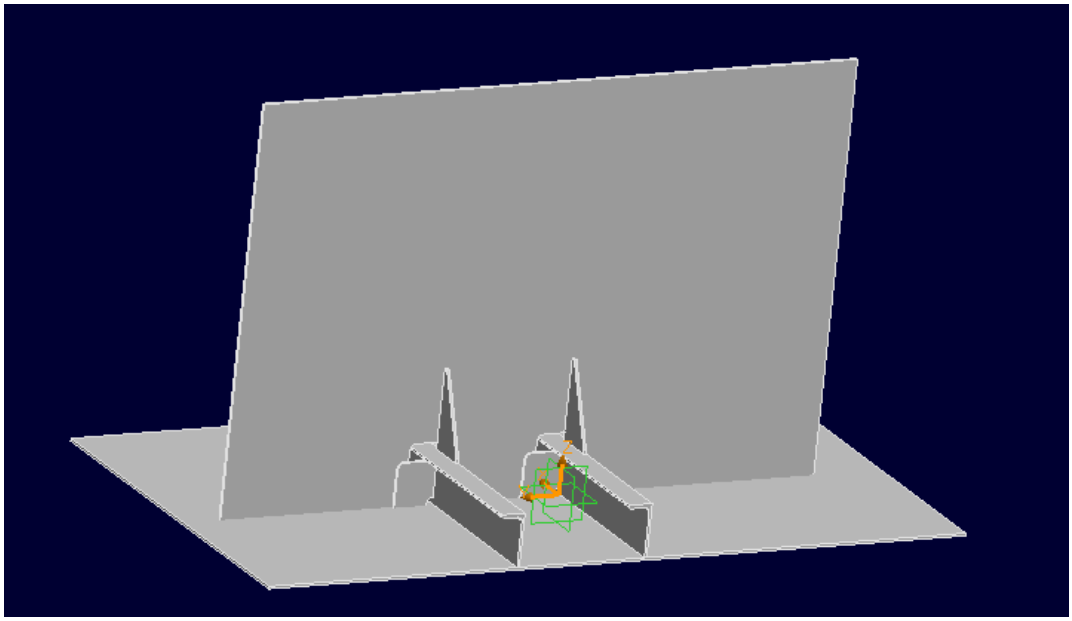


図３　API コードから生成した３次元モデル

生成結果を利用者が確認し、必要に応じて形状・配置を補正できるよう、図４に示す GUI による表示・編集機能も整備した。自動生成だけに依存せず、人手による修正を受け入れることで、図面表現のばらつきや認識困難な箇所にも対応できる。

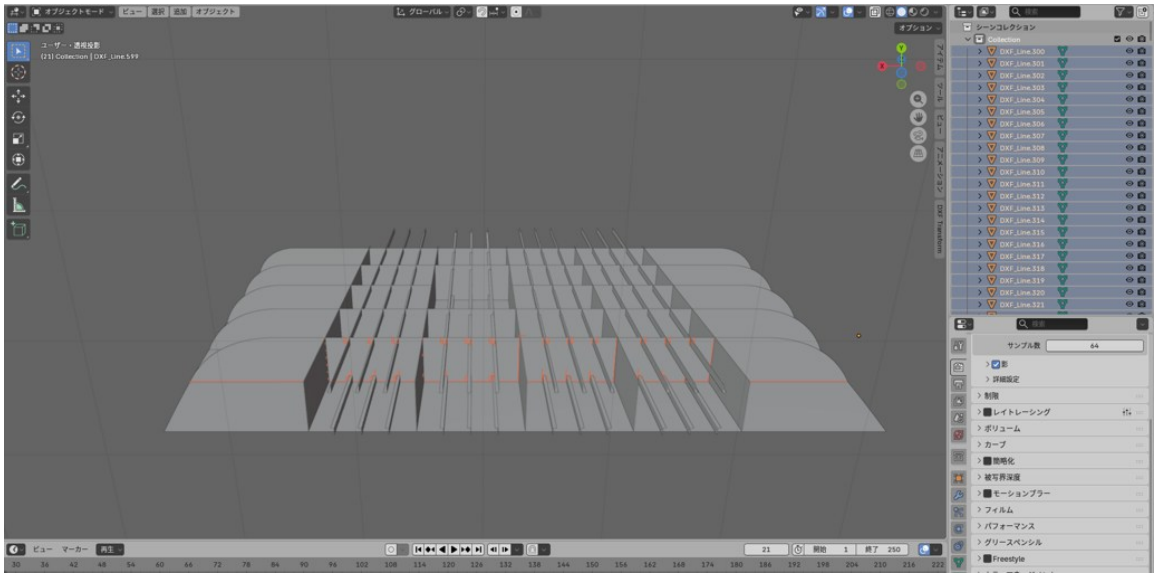


図４　GUI イメージ

これらの機能を通じて、部材情報の抽出から３次元形状の生成までを自動で処理できることを示した。図５の生成例は、２次元図面を起点に詳細形状を取り込んだ船体の二重底モデルである。

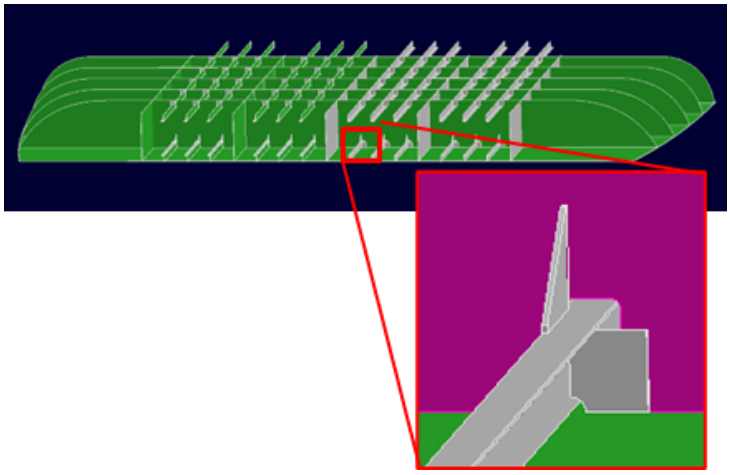


図５　生成された３次元モデル

②　Basic Design Model を活用した設計一貫システムの開発

本研究では、図６に示すように既存船の設計データを新たな船舶の設計に再利用するため、Basic Design Model を核とした設計一貫システムを開発した。本システムでは、２次元図面を起点として、計画・基本設計から詳細設計に至る各段階の設計情報を順次取り込み、部材の形状・属性だけでなく、部材間の接続関係を含む３次元モデルを構築する。さらに、パラメトリックな設計変更機能を備えるとともに、溶接・塗装等の生産情報を付加することで、設計から生産設計まで一貫して活用可能なプロダクトモデルを生成する。これにより、既存設計資産の再利用による設計工数の削減と、設計のフロントローディングを目指す。

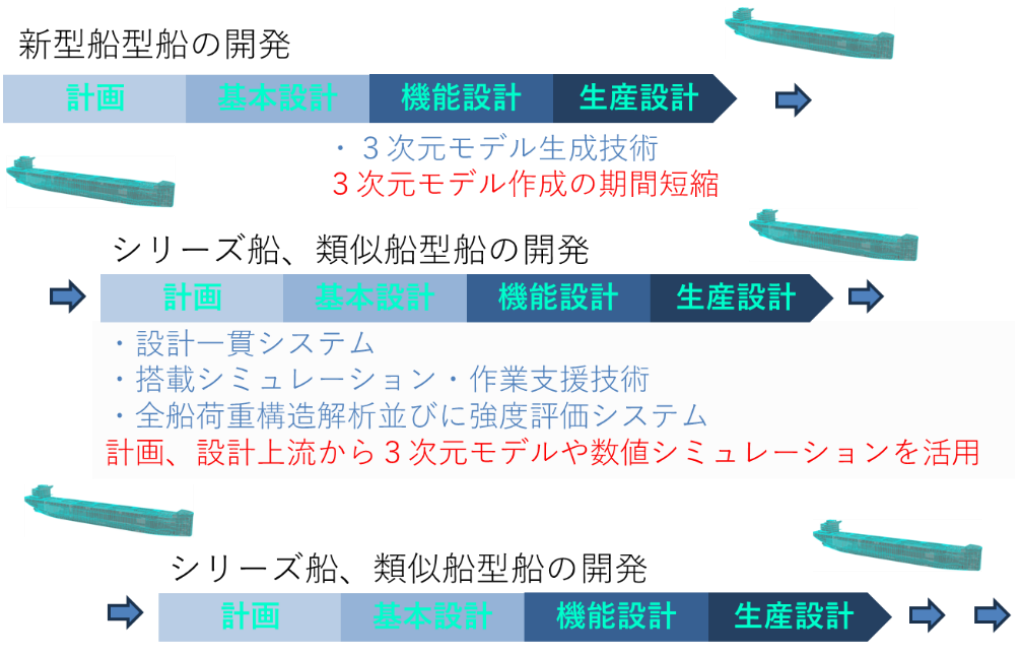


図６　設計一貫システムによる設計プロセスのイメージ

パラメトリックな設計変更機能を実現するため、まず、船体構造を構成する部材の形状や配置、接続関係を定義したひな型となる３次元モデルを作成した（図７）。このひな型モデルでは、主要な寸法をパラメータとして設定し、その変更に応じて３次元形状を更新できる仕組みを構築した。具体的な設計変

更の一例として、ひな型モデルの開口部の幅を変更した結果を図８に示す。開口部の寸法パラメータを変更することで、３次元モデルの形状を変更できることを確認した。これにより、既存船の設計モデルをひな型として再利用し、設計条件に応じた形状変更を効率的に行うことが可能となる。

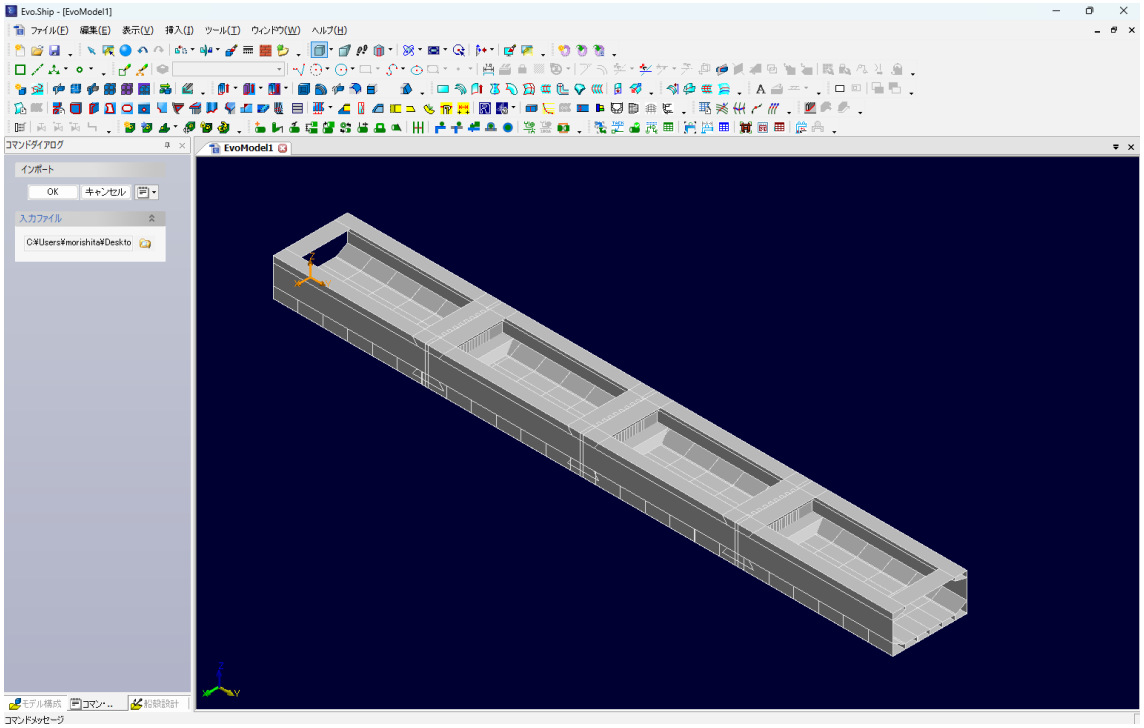


図７　船体３次元モデルのひな型

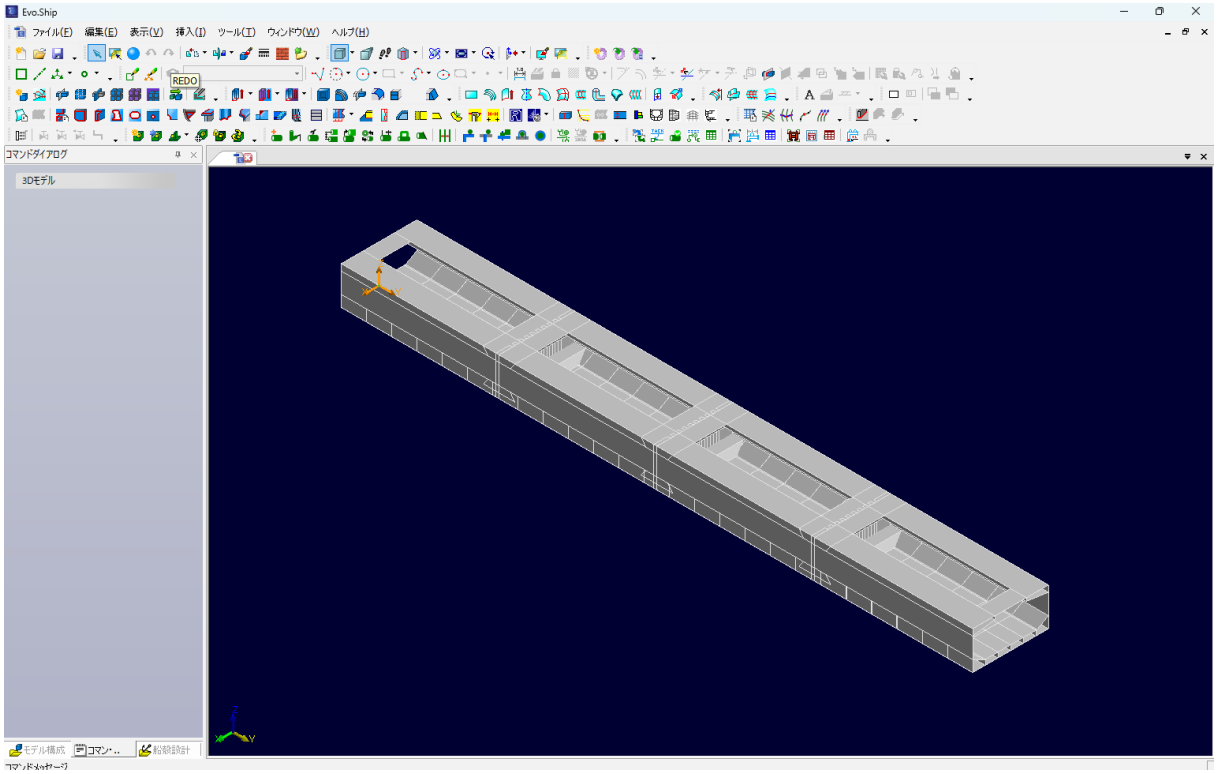


図８　ひな型モデルの開口部の幅を変更したモデル

さらに、図９に示す３次元の製品形状と生産に必要な属性を関連付ける機能を開発した。溶接については、接合対象や溶接位置をモデル上で管理する仕組みを検討し、設計情報から施工情報への展開を図った。

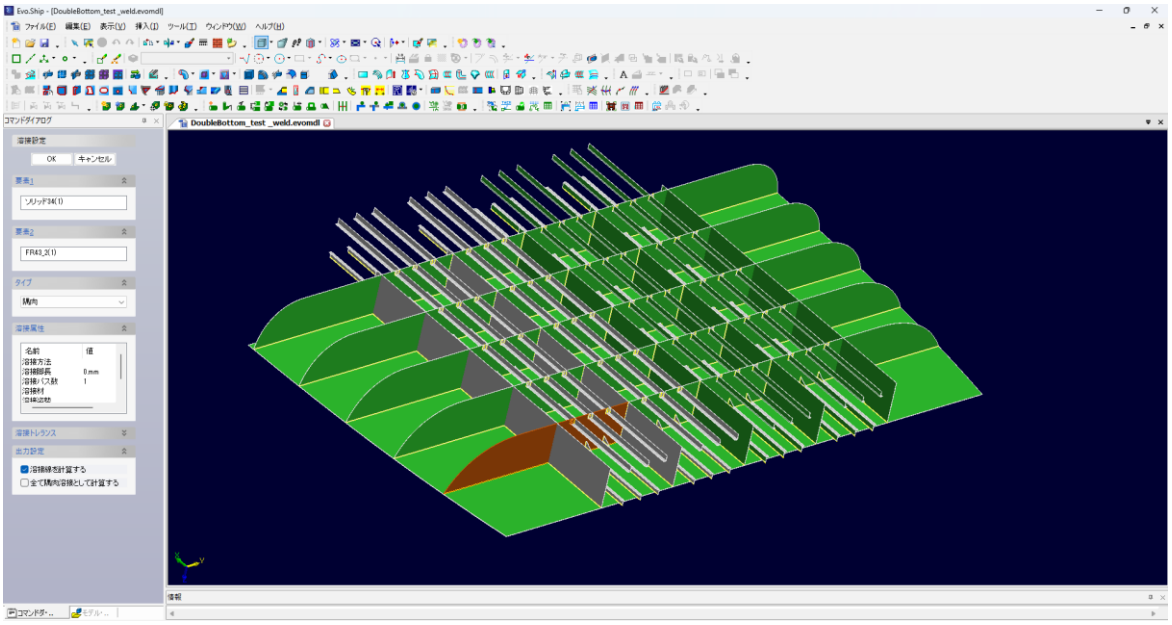


図９　溶接情報

塗装についても、図１０で示すように船体の構造部位と面情報を基に対象領域を識別し、塗装条件を付与する機能を開発した。塗装仕様は部位ごとにマスタデータ（図１１）として保持し、このマスタデータを取り込むことで、塗装対象領域に対して、塗料の種類、塗装回数、膜厚などの属性情報を定義することができる。

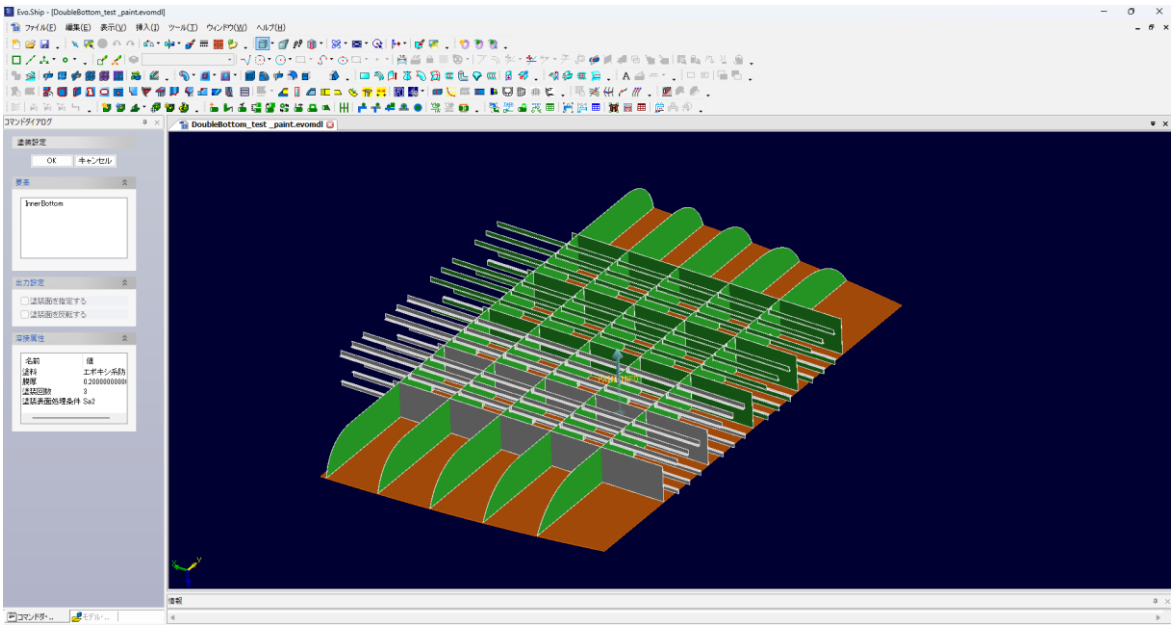


図１０　塗装情報

船体部位別 塗装仕様マスタ

part_code	body_part	surface_treatment	primer_paint	primer_thickness_um	coat1_paint	coat1_thickness_um	coat2_paint	coat2_thickness_um	coat3_paint	coat3_thickness_um	coat4_paint	coat4_thickness_um	coat5_paint	coat5_thickness_um	total_thickness_um	paint_count
OUT_BOTTOM	船底部	ブラスト法 Sa 2.5	EP 赤茶色	20	TE	125	TE	125	VBS	50	AF	35	AF	50	385	5
OUT_WATERLINE	水線部外装部	ブラスト法 Sa 2.5	EP 赤茶色	20	HBEP	100	HBEP	100	GEP	40					240	3
EXPOSED_DECK	暴露甲板	ブラスト法 Sa 2.5	EP 赤茶色	20	HBEP	100	HBEP	100	NSEP	50					250	3
SUPERSTRUCTURE	上部構造物	ブラスト法 Sa 2.5	EP 赤茶色	20	HBEP	100	HBEP	100	GAP	40					240	3
ENGINE_ROOM	機関室	ブラスト法 Sa 2.5	EP 赤茶色	20	AP	35	AUC	35	NYAP	30					100	3
FRESH_WATER_TANK	飲料水タンク	ブラスト法 Sa 2.5	EP 赤茶色	20	BS	20	TOBP	80	TOBP	80	TOBP	80			260	4
BALLAST_TANK	バラストタンク	ブラスト法 Sa 2.5	EP 赤茶色	20	HBEP	100	HBEP	100							200	2
LUBE_OIL_TANK	潤滑油タンク	ブラスト法 Sa 2.5	EP 赤茶色	20											0	0
CRUDE_OIL_TANK	原油タンク	ブラスト法 Sa 2.5	EP 赤茶色	20	HBEP	100	HBEP	100							200	2

図１１　塗装マスタ

塗装対象面に対して塗装マスタデータを簡単にリンクできる図１２の GUI 機能を開発した。Blender[2)]を用いて３次元モデル上の指定位置を起点として対象サーフェスを抽出する機能を開発した。モデルの幾何情報に基づき塗装対象を抽出し、GUI 上で指定する仕様情報と組み合わせて生産情報を生成する一連の処理を確認した。

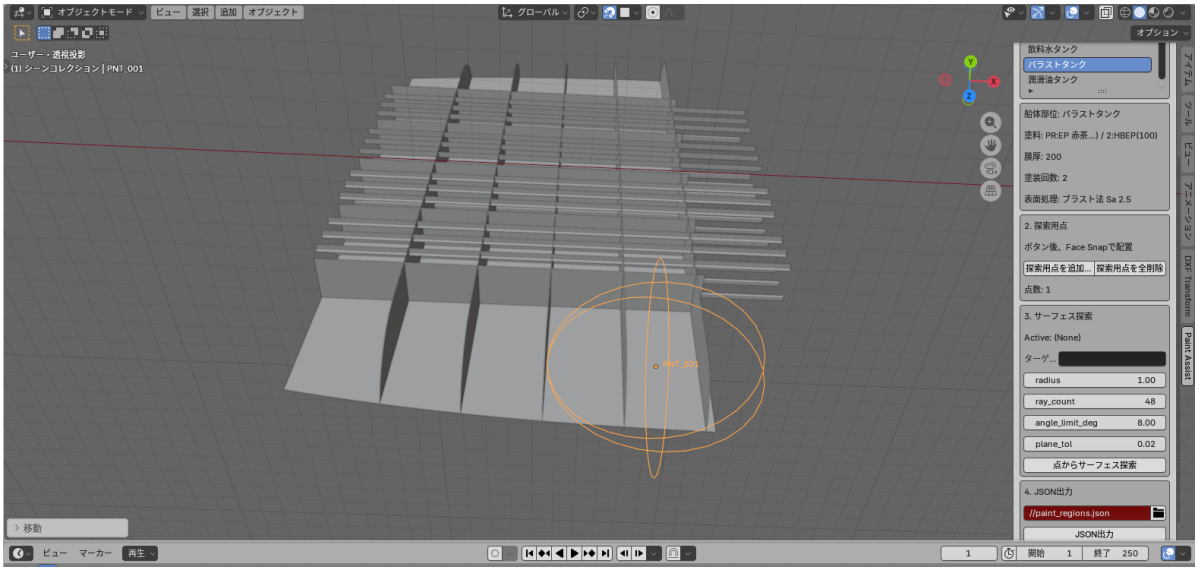


図１２　塗装面の探索

③　建造支援システムの開発

３次元モデルの活用先として「搭載シミュレーション・作業支援技術」（図１３）、「NMRI-DLSA システム」（図１４）がある。「搭載シミュレーション・作業支援技術」により、工作誤差を有するブロックの搭載シミュレーションを現場の進捗に合わせリアルタイムで実施し、安全かつ効率の良い最適な作業手順をスマートグラス等により現場の作業員がその場で選択・判断することができる。また、「NMRI-DLSA システム」への３次元モデルの活用としては、既に運航中の船についても過去の図面データから全船モデルを生成し、構造強度評価を実施することができる。これらのシミュレーションにより得られた情報は運航中の船のデジタルツイン等の活用はもとより、設計部へフィードバックすることでより良い製品開発につなげる。

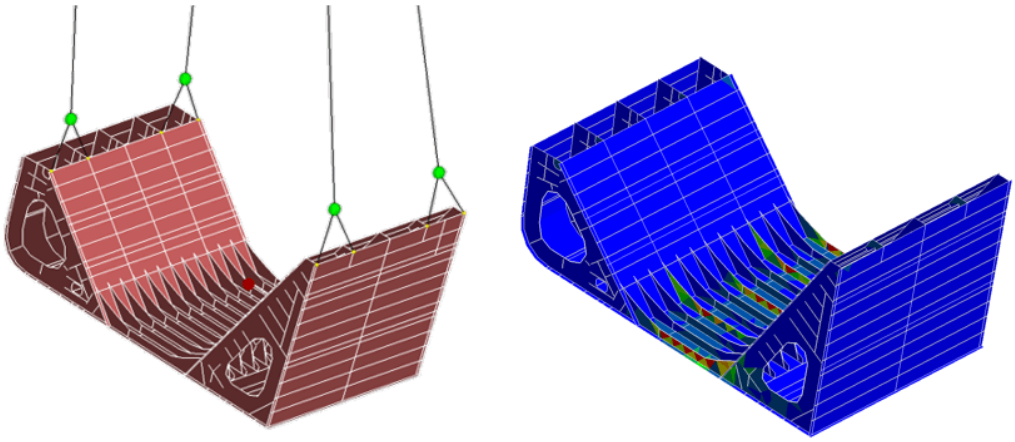


図１３　搭載シミュレーション

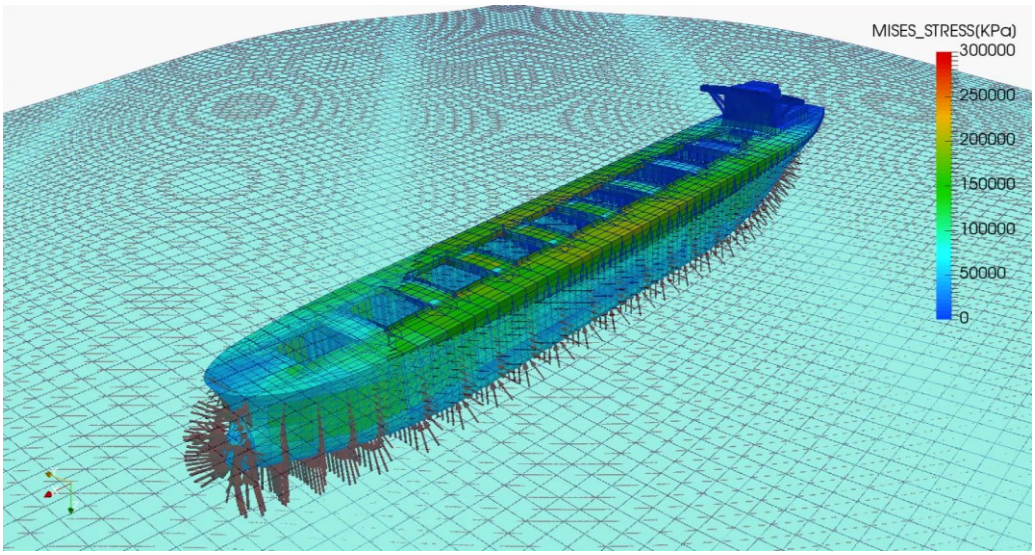


図１４　NMRI-DLSA システム [3)]

SBIR フェーズ１で、工作誤差を有するブロック搭載時の接合による残留不整（応力、撓み）を数値計算によって再現する機能を開発した。フェーズ２では、残留不整（応力、撓み）の影響を NMRI-DLSA（全船構造強度評価）へ付与する機能を開発した。残留不整（応力、撓み）の影響をシミュレーションする手順は次の通りである。まずは図１５のように搭載ブロックを準備する。搭載ブロックの接合順序は GUI 上で設定することができる。図　１６及び１７には、設定したブロック搭載順序に基づく、搭載イメージを示す。ブロックの製作誤差は図１８のように設定することができる。図１９にはシミュレーション結果を示す。製作誤差のあるブロックを接合することにより、初期不整が生じている。ここで得られた初期不整値を NMRI-DLSA の初期値として付与でき、構造強度に与えるブロック製作誤差の影響を定量的に評価することが可能となる。

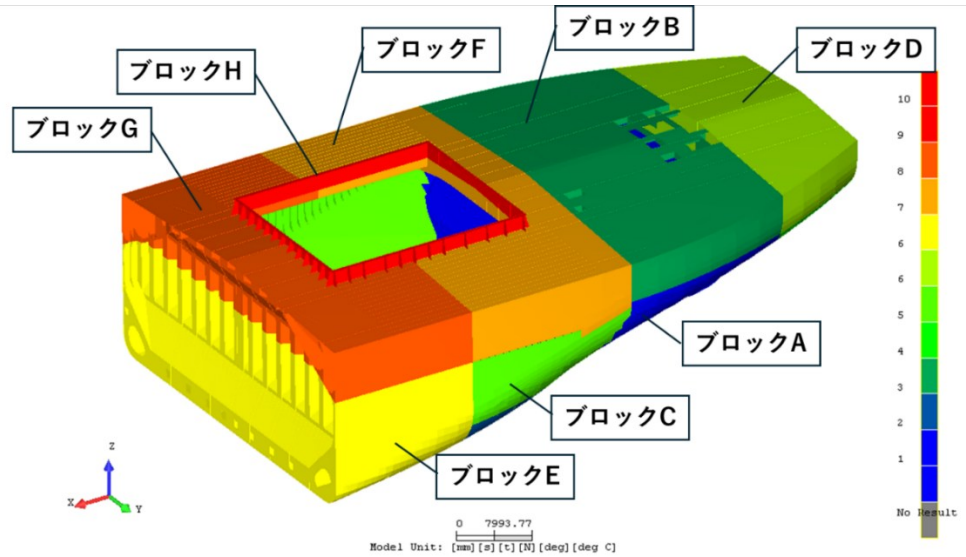


図１５　接合順序設定

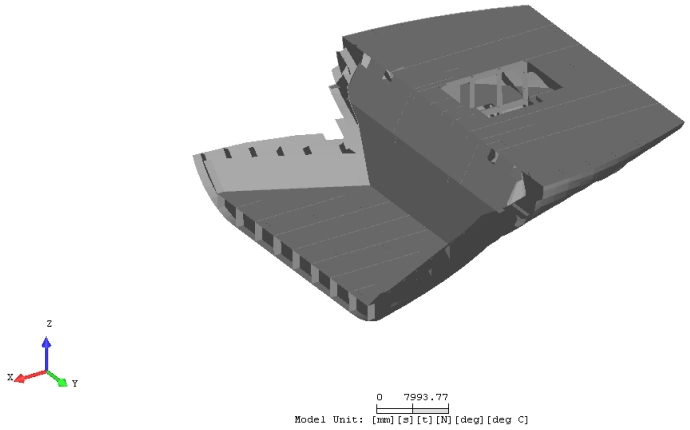


図１６　ブロック A の搭載

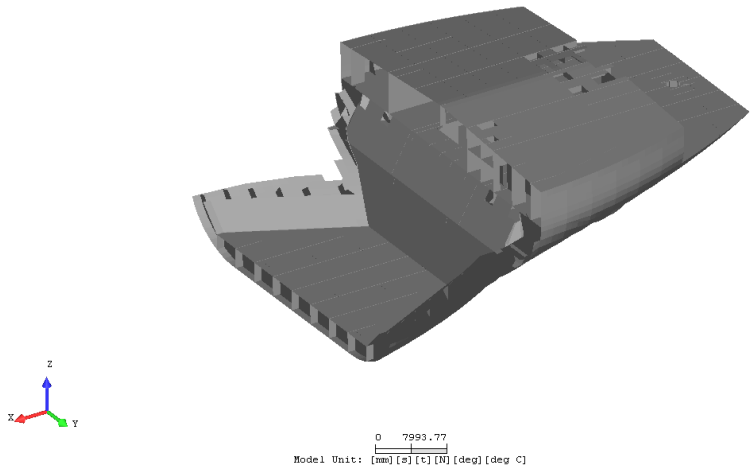


図１７　ブロック B の搭載

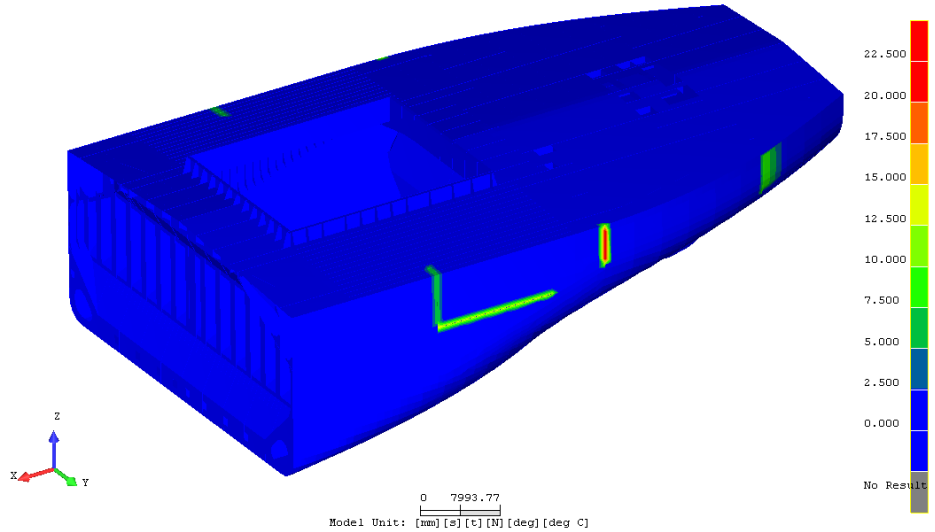


図１８　ブロック製作誤差

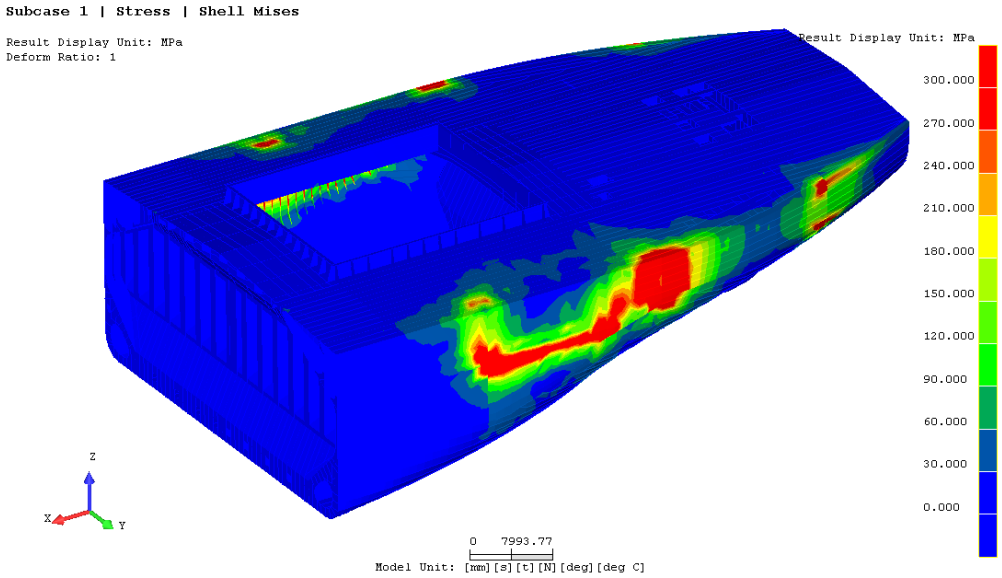


図１９　初期不整（応力）

SBIR フェーズ１で、プロトタイプシステムによる MR デバイス上での操作感の検討及び開発項目の整理を行った。フェーズ２では搭載シミュレータの解析結果を MR デバイスで確認できる機能として、視野・視点の変更速度の高速化、工作現場でのデバイス操作性・機能の向上を行った。

図２０に MR デバイス上で確認できる搭載シミュレーションの結果を示す。図中の映像は、船体の内部構造の応力コンターを表示しており、ユーザは MR デバイスで自由に視点を切り替えて、応力の分布状態を把握することができる。

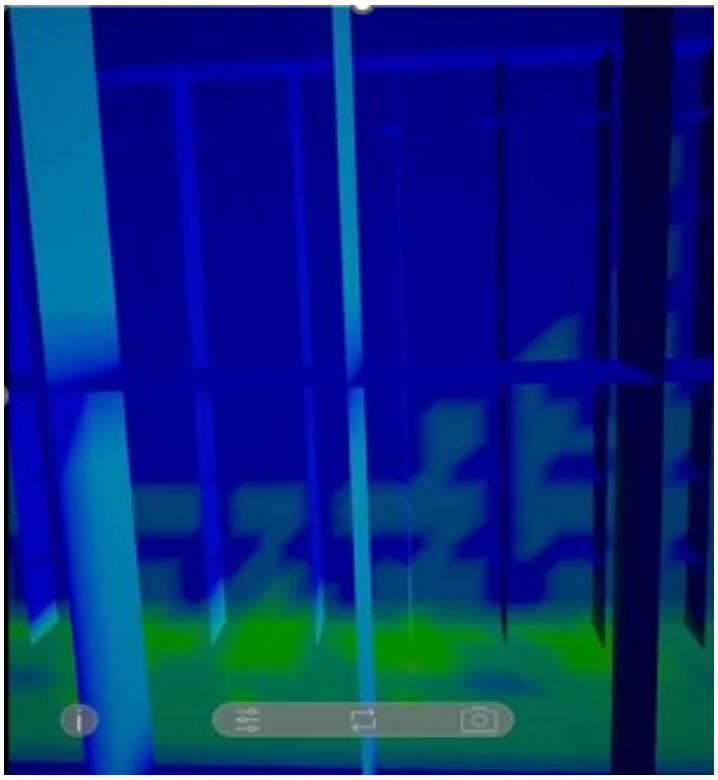


図２０　MR デバイス情報映像

④　事業性検討

事業コンセプトの一案として、海上技術安全研究所が開発した技術モジュールを中核とし、既存の CAD、CAE システムと連携させて提供する事業形態を検討している。提供方法としては、海上技術安全研究所が直接販売又はライセンス提供を行う形態に加え、パートナーベンダーが既存システムへ組み込み、関連製品と一体で販売する形態も想定している。図２１に事業コンセプトの概略を示す。

また、開発システムの事業展開にあたっては、今回開発した各機能を単独のソフトウェア製品として提供するのではなく、既存の CAD、CAE システムのモジュールとして組み込み、関連製品とセットで提供する形態を基本とする。これにより、ユーザは既存の設計・解析業務フローを大きく変更することなく、本研究成果を実務へ導入できることが期待される。

本事業における役割分担としては、海上技術安全研究所がコアモジュールの開発および維持を担い、システム組み込みや GUI 開発、営業・販売活動については、必要に応じてパートナーベンダーと連携して実施する。また、販売形態に応じて、ソフトウェア購入費やライセンス費の配分についても整理する。

海上技術安全研究所が開発したモジュールについては、導入後のサポートおよび個別カスタマイズを海上技術安全研究所が担当することを基本とする。ただし、ユーザ要件や導入先システムとの整合性、開発規模等に応じて、必要がある場合にはベンダーへ実装・対応を依頼し、連携して対応する体制を構築する。さらに、当該モジュールを継続的に利用する場合には、ライセンス契約に基づき年間保守費用を支払う形態を想定している。年間保守費用の具体的な金額については、提供機能の範囲、サポート内容、カスタマイズ対応の条件等を踏まえて今後検討する予定である。一方で、買い切り型での提供も選択肢として考えられるが、その場合には継続的な保守対応および個別カスタマイズは原則として含まれないものとする。

以上の方針により、研究成果を実務環境へ円滑に導入するとともに、持続的な運用・改良が可能な事業

モデルの構築を目指す。

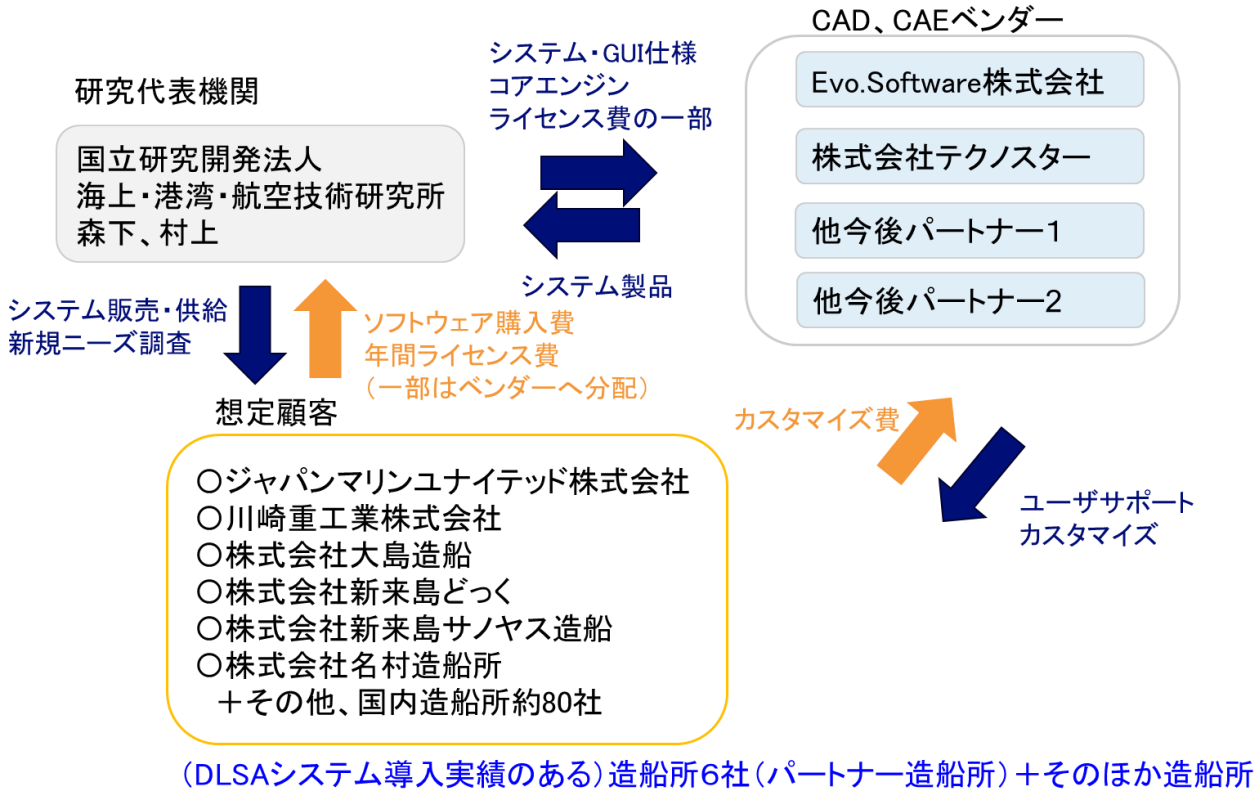


図２１　事業コンセプト

３．結論

本研究では、設計リードタイムの短縮、フロントローディングの推進、製品の品質・安全性向上等の新たな付加価値の創出を目的として、２次元図面データから全船３次元モデルを生成する技術を活用し、３次元ベースの製品開発・設計を実現するための技術開発を行った。さらに、製品開発初期段階から３次元モデルを生成し、それらを活用した設計・建造支援システムの開発を進めた。以下に、フェーズ２における主な成果を示す。

①　２次元図面データから３次元モデルの生成

・部材自動識別機能に加え、配置情報についても自動的に定義できるよう機能拡張を行った。

②　Basic Design Model を活用した設計一貫システムの開発

・２次元図面データを３次元 CAD 上で編集可能なデータとしてインポートする機能拡張を行った。

・Basic Design Model のプロトタイプとして、パラメータ設計が可能な船体モデルを作成した。

③　建造支援システムの開発

・搭載シミュレータと MR デバイスとの連携機能を開発し、MR デバイスの操作性に関する検証を実施した。

④　事業性検討

・競合製品及び類似製品の調査を実施した。

・開発システムの事業コンセプトについて検討した。

以上より、本研究を通じて、２次元図面を起点として３次元モデルを生成・活用し、設計から建造支援に至る一連のプロセスを高度化するための基盤技術を整備した。今後は、各機能の精度向上及び相互連

携の強化を図ることで、造船分野における実務適用性の高い設計・建造支援システムとして発展させていくことが期待される。

４．知的財産権取得状況

特許出願　０件

５．研究成果発表実績

１）論文発表

国内　0 件、海外　0 件

２）口頭発表

国内　1 件、海外　0 件

・森下瑞生：設計初期段階における船体３次元モデルの取得に向けた２次元図面の活用と３次元モデル自動生成手法の開発，第６７回日本船舶海洋工学会東部支部構造研究会，2025.

３）その他（研究内容報告書、機関誌発表、プレス発表等）

・森下瑞生：２次元図面と自然言語の意味解釈に基づく船殻３次元モデリング自動化手法の検討，海上技術安全研究所報告第２５巻，2025.

６．参考文献

1) 牧 美津栄，岸本 研一，松原 広平，稲井 智明，藤井 壽裕，藤田 大輔：船体直接強度解析のための包括的 CAE モデリングシステム（TSM）の開発，日本船舶海洋工学会講演会論文集，2016 年，p．393-398.
2) Blender Foundation: Blender-a 3D modelling and rendering package, Blender Foundation, Amsterdam, 2023. Available at: https://www.blender.org/
3) 岡正義：船体構造デジタルツイン構築のためのデータ同化技術，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第 34 号，p.133-136.