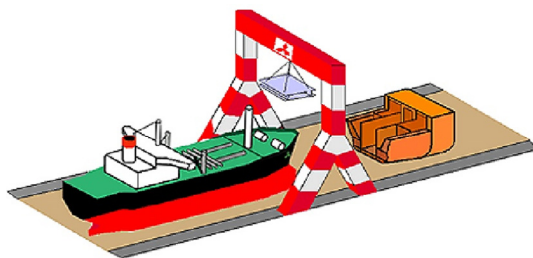


造船業におけるデジタルものづくり —3D設計による設計完成度向上と工作支援—

Digital Manufacturing in the Shipbuilding Industry



西山 浩司*1
Koji Nishiyama

頼光 元嗣*2
Genji Yorimitsu

浜田 顕弘*3
Akihiro Hamada

三森 裕司*2
Yuji Mimori

平木 常正*2
Tokimasa Hiraki

近年、製造業ではデジタルものづくりが進展しており、造船部門でも3D設計と工作での3Dモデル徹底活用の推進、ITによる設計・生産プロセス変革に取り組んでいる。造船部門での3D設計の取組みは古く、1980年代に造船用3D-CAD MATES (Mitsubishi Advanced Total Engineering system of Ships)を自社開発した。現在、実船への適用を通じながら機能改良を継続しており、基本設計から生産設計までをカバーする実用性の高い造船システムと成っている。一方、初期計画の3D化は、船舶性能計算分野でデファクトと成っている市販の造船用CAEシステムNAPAを採用しているが、当社の技術力を生かし魅力ある提案へつなげるには設計ノウハウを組み入れる必要があり、当社独自のカスタマイズにより高度な設計環境を構築し最適設計を図っている。本稿では、初期計画及び詳細設計ステージでの設計3D化による設計品質向上の取組みや工作での設計3D情報の活用について紹介する。

1. はじめに

船を構成する部品には、船体構造を構成する船殻部品と機関や荷役のプラントを構成する艀装部品があり、大型の油輪送船VLCCでは、船殻部品が約10万点、艀装部品が約20~30万点に及ぶ。こうした大物量となる船を設計段階ではいかに効率良く正確に設計するか、工作段階では設計意図に添い間違いなく製品化するかが課題である。こうした課題を解決する為に3Dモデルを中核に据えたIT活用による設計・生産プロセス変革に取り組んでいる。中でも、団塊の世代から若手技術者への世代交代を迎え設計・工作共に技術伝承や品質確保は重要な問題で有り近年重点的にIT活用による改善を進めている。

初期設計段階では、多様化するニーズを捉え、最適な提案を迅速に行えるかが重要であり特にお客様にとっては荷役量と運航コストを考え燃費効率に主眼が置かれるため、高性能な船型開発は重要な技術要素となる。この分野を支援するツールとして造船用CAEシステムNAPAをベースに初期計算システムを構築し、設計上流のデザインスパイラルを迅速に回せる高度な初期計算システムを構築し、設計の高度化と品質向上を図っている。

基本設計から生産設計段階では、自社開発の造船用3D-CAD MATESに簡便に効率良く設計できる自動設計機能やベテランの設計知識(ナレッジ)を折り込んだ各種チェック機能を使い設計品質向上を図っている。また、造船用として開発した3Dビューワは、ベテラン設計者と若手設計者が集まったのデザインレビューで活用され、設計品質向上のほか、設計検証を通じての技術伝承のツールとしても活用している。さらに、このビューワは設計から工作への情報の窓と位置付け、工作に関係する設計情報を入手できるようにしている(図1)。

*1 船舶・海洋事業本部船舶・海洋生産設計部課長

*2 船舶・海洋事業本部船舶・海洋生産設計部

*3 船舶・海洋事業本部船舶・海洋生産設計部主席技師

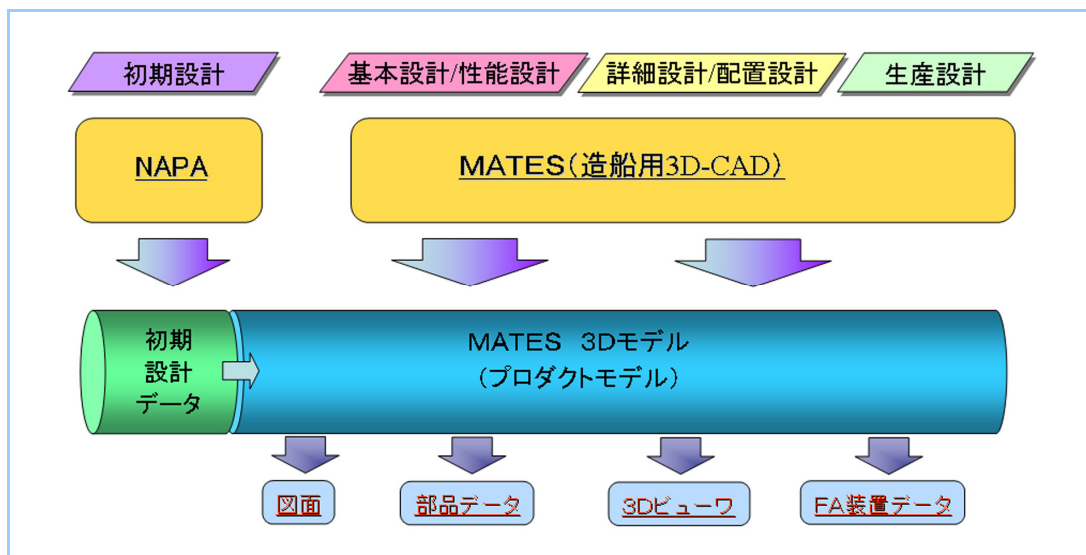


図1 造船システムの構成

2. 初期計画3D化による設計品質向上

造船部門の性能計算分野では3D設計ツールとして市販の造船用CAEシステムNAPAを採用している。NAPAは欧州を中心に国内外の造船所、船級協会、設計コンサルタントなどで幅広く活用されているシステムである。多様化するニーズや環境対策を含む各種ルールにも対応し、魅力ある船型を開発して提案するには、当社独自の設計手法や設計ノウハウを折り込む必要から、自社カスタマイズを行うことで設計上流のデザインスパイラルを迅速に回せる高度な初期計算システムを構築し、設計の最適化と品質向上を図っている。

近年、CFD計算機能が公開されたことを機に、更なる高機能化を図っており代表的な取組内容を以下に紹介する。

2.1 CFD計算 Manager

CFD計算は、従来より計画設計部門でもニーズはあったが、ツールの操作性や環境構築が難しく汎用性に乏しく、主に研究部門での船型開発に利用されていた。近年、NAPAのCFD計算機能が公開され、設計者が使用する環境でも簡便にCFD計算が行えるようになり、これを機に設計初期の引合段階での利用を目指すこととなった。

引合対応力を増す船型開発としては、短期間に多様な船型パターンを検討し、より最適な船型を素早く開発することが重視される。CFD計算 Managerは、設計者が意図する条件をミス無く入力できるようにパラメータ化を図り、判断を迅速にできることに主眼を置いてカスタマイズを行った。また、出力も設計者が内容を分析し速やかに判断できるように形式化した。

2.2 最適化 Manager

初期計画作業では、一義的に船型を開発する事はできない。お客様のニーズや各種ルールなどの条件を織り込みながら、高性能な船型を開発していく必要があり、その流れは主要目の設定、船型検討、馬力計算、配置検討、積付計算、コスト推定などの諸検討を繰り返し、時にはトレードオフも行いながら最適な船型を設計していく。その様子を示した設計スパイラルを図2に示す。図では、中心が最適設計点を示すが、実際には時間の制約などによって、最適点近くで、検討を終えているケースも多い。また、ベテラン設計者の大量退職に伴い、設計知識の織込みが不足しての船型開発能力の低下も危惧されている。

そこで、設計スパイラルの検討を自動化し、遺伝子アルゴリズムと組み合わせて、最適点をシステム的に見つけ出す仕組みを構築し、迅速に最適設計点を見つけ出すことができる最適化 Managerを開発した。結果、従来、数パターンの検討に1週間を要していたのが、一夜で1000近くのパターンを検討できるようになり、効率的に最適船型を導き出すことができるようになった。

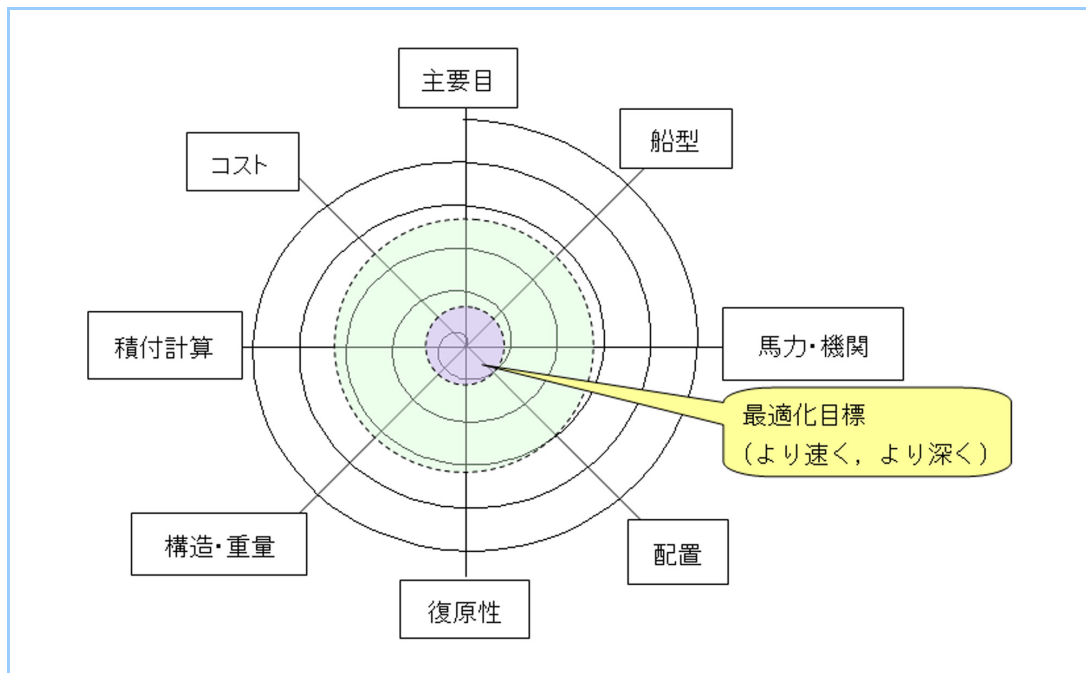


図2 設計スパイラル

初期検討における設計スパイラルのイメージ図，中心が最適点を示す。

最適化システムを使うことにより，機械的な検討が自動化され，設計者は，空いた時間を技術的な検討などに振り分けることができるようになり，結果的に船型開発能力の向上，設計品質の向上へとつながる。

以上のように，市販3Dソフトに当社で長年，培ってきた設計手順とノウハウを折り込み，CFD計算，最適化計算システムを構築し，初期計画作業の迅速化，最適化レベルの向上，高い性能/品質を有する船型開発を引合段階で具現化できるようになった。

3. 3D-CAD MATES による設計品質向上

当社建造船では，基本設計から生産設計の各ステージで造船用3D-CAD MATES を適用している。MATESの基盤は船という製品の3次元設計情報を格納するプロダクトモデルである。このプロダクトモデルは設計の進捗に合せ詳細化されていくが，この設計データの品質は，設計自身の信頼性はもちろんのこと，船殻部材などの部品精度や工作ステージで使う生産情報へ直結する重要なものである。本章では団塊の世代から若年設計者への世代交代に向けての設計技術伝承と設計レビューによる品質向上の取組みについて紹介する。

3.1 詳細設計における自動チェック機能

設計3D 情報を活用し，技術伝承をよりスムーズに進められる様，MATES の知識化は，現在2つの手法で取り組んでいる。1つは熟練作業者のノウハウ(ナレッジ)のデータベース化，もう1つは単純チェック作業の自動化である。

熟練作業者のノウハウ(ナレッジ)の大部分は，設計チェックリストとして明文化されており，基本的にトラブル事例のフィードバックが基盤となっている。設計チェックリストは，トラブルの再発防止対策として設計支援システムに蓄積され，現在も増え続けている。MATES の知識化ではこの蓄積されたノウハウを整理・分析し，自動チェック可能な項目を洗い出し，システム化する取組みを行なった。例えば，通路の通行性や機器のメンテナンス性，防火・漏電防止対策として機器周辺に油や水の配管が適正に設置されているかなどの自動チェックをシステム化している。

もう一つの詳細設計の単純チェック作業は，他設計情報とのチェックなど，“必ずしなければならないチェック”が，時間的に相当のウエイトを占めている。例えば，系統図との整合やメーカ図等との取り合いのチェック等である。これらの単純チェックは，系統や機器情報のデータベース化に

より、自動チェックを可能とした。これにより設計者ルーチンワークが削減され、ひいては設計完成度を向上させる他の取組みや熟練作業者と若手との技術伝承の機会が増えることにもつながった。

MATES の知識化は、今後も更に拡大し、設計完成度向上と技術伝承に有効な機能として発展させる予定である。

3.2 設計レビューによる品質向上と技術伝承

詳細設計から生産設計に設計情報を渡す前には、3D ビューワを用いた“図上パトロール”なる詳細設計チェックを目的としたレビュー会を開催し、複眼的なチェックを行なっている(図3)。



図3 図上パトロールの様子

設計・工作 ベテラン・若手が同じ目線で設計図面を3D パトロール

この方法は、従来2D 図面を用いての設計レビューと比べ、図面解読スキルが十分でない若手設計者でも、物の位置関係を直感的に把握でき、これまでの2D 図面解読よりも、格段に効率よくこれから作るブロックの完成状態を容易にイメージできる。

完成状態を容易に把握できることから、自動で行うシステマ的なチェック(干渉チェックや先に述べた設計チェック)では、発見できなかった改善点を見つけることが可能となり、更なる設計品質の向上に寄与している。また、“図上パトロール”で熟練作業者と若手が同じ視点で、議論を交すことにより、若手の技術向上の一助になる事も期待される。

4. 工作現場での3次元設計情報活用

設計で構築されたMATESの3D情報は、工作現場でも広く活用されている。ITを活用した生産プロセス変革の主なものとして、造船用3次元ビューワと鋼板用プリンター(NC 印字装置)を以下に紹介する。

4.1 造船用3D ビューワの活用

MATESの3次元設計情報を工作現場で活用するためのツールとして、造船用3Dビューワを開発した。従来は複数の設計図面(2次元)から、構造や配置を頭の中でモデリングし図面解読を行っていたが、3Dビューワを使うことで若手作業者の図面読解力を補い、熟練作業者和同じ形状をイメージする事ができる。また、作業を行う前に、完成状態をイメージアップし事前検討することで、適切な段取りや作業が可能となり生産性が向上している。このビューワは造船専用として開発しており、造船作業に合った操作性と情報表示を用意している点が、市販の3Dビューワと大きく異なる。

PDAや携帯電話を使った携帯用3Dビューワの開発も行っている。これは、造船用3Dビューワを“設計の窓”とし、“いつでも・どこでも3次元設計情報を取り出し活用できる”作業環境を目指した取組みである。3Dモデルは元より、電子図面やBOMから部品の手配情報及び物揃え情報を、欲しい時に3Dビューワから取り出し活用することで、更なる生産性向上を目指している。

4.2 鋼板用プリンターの活用

設計の図面情報を、鋼板用プリンター (NC 印字装置) を使い鋼板に直接印字することで、鉄艦品や艦装品の取付け作業の効率化を進めている。作業者としては、取り付ける部品の手配番号と取り付け位置が足元の船殻構造に書いてあり、図面の読み取りやマーキング作業無しで配材・取り付け作業を行うことができる。

5. MATES 基盤拡張による市販ソフトとの連携強化

MATES はこれまでもオープン化を指向し、各種市販ソフトとの連携を行ってきた。現在、形状表現の高精度化とソリッドモデルを媒介とした市販アプリケーションとの連携を強化するために、ソリッド幾何カーネルの導入による CAD 基盤の拡張を進めている。

ソリッドの持つ精緻形状データと、MATES の持つ豊富な造船属性データとを組み合わせることで、より高度なアプリケーション連携が可能となる。MATES オープン化の概念図を図4に示す。

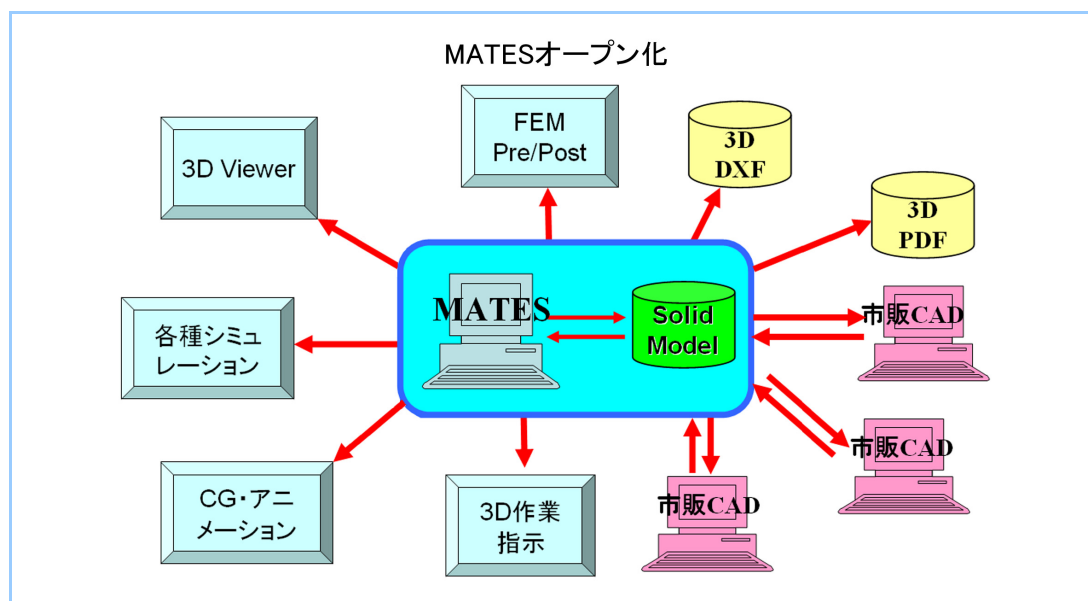


図4 MATES オープン化概念図

6. まとめ

本稿では、造船における初期計画段階から詳細設計ステージでの3次元設計による設計品質向上及び工作現場への3D設計情報提供への取組みを紹介した。3D製品情報モデルは設計や工作で今後ますます重要性を増すと考えられる。

今後は、アジア圏を中心とした新興造船所との競争が更に激化すると考えられ短工期化や製造コスト低減へどん欲に取り組んでいく必要がある。汎用性に優れ高度な市販ソフトと長年に渡り設計ノウハウを蓄積してきた社内開発ソフトをうまく連携させながら更なる設計・工作の品質向上と業務改善へ3D設計を活用していく予定である。