

# 設計支援システム MATES の高機能化

## Development of Design Support System MATES

長崎造船所 大柴隆士\*<sup>1</sup> 矢野博久\*<sup>1</sup>

深堀修一\*<sup>1</sup>

三菱設計株式会社 梅田博\*<sup>2</sup>

当社造船部門では、設計生技一貫システム MATES (Mitsubishi Advanced Total Engineering system of Ships) を独自開発し、10 年以上にわたり実船の設計作業に適用してきた。この間、MATES は多くの運用経験に基づいて一層の設計効率化を図るべく機能拡張と改良を行い、高度な設計支援システムとして設計・生産技術部門に定着するとともに、設計情報の生産部門への供給源として造船部門 CIM の中核システムに成長した。本報ではその優れた設計支援機能の一端を紹介し、これらが基本的な開発思想に由来していること及び将来、更に発展した造船 CIM に結びついていくことを述べる。

MATES, an integrated CAD/CAM system for ships, has been in practical use in our shipyards for more than 10 years. MATES features a hull structure system and an outfitting system which covers from the basic design to production design stages. After continuous improvement based on its extensive usage in actual ship design, MATES has been developed into an advanced design support system and has now become the backbone of the CIM system in our shipyards. This paper introduces some of its advanced design support functions and its development concept.

### 1. ま え が き

当社造船部門では、設計生技一貫システム MATES (Mitsubishi Advanced Total Engineering System of Ships) を独自開発し、昭和 61 年から 10 年以上にわたり運用してきた。

MATES は設計部門の基本設計から生産設計までを効率的に行うのみならず、工作部門への情報提供を念頭に置きながら開発を進めたシステムである。

設計作業とはいわば“変更の塊”であり、効率化のためには単に入力支援だけでなく、変更そのものの支援が重要である。

MATES はこのような設計の基本的な性質を踏まえて作成されており、設計支援ができることが最大の特徴になっている。

一方近年、“造船の CIM”の一環として、工作部門の生産支援システムや現場自動化設備の拡大を推進してきたが、情報提供元である設計システムの役割は予想以上に大きくなり、MATES に要求される設計情報の質、量が飛躍的に増大している。

これに伴い、情報生成の大幅な効率化と設計精度の向上が要求され、更なる設計支援機能の強化を行っている。

また、船舶・海洋事業本部の重点施策として推進中の“設計一体運営”の構築においても、MATES はその核として位置付けられ、異なる事業所にまたがった協同設計を実現すべく機能の高度化を行っている。

長年の実船適用の中で設計者と開発者の共同作業を通して設計ノウハウを織込み、高機能化した設計支援機能が設計効率化に大きく寄与している MATES の現状を紹介する。

## 2. MATES の概要

### 2.1 目的と特徴

前述のとおり工作部門への情報提供を視野に入れながら、設計部門での情報を一貫処理し、設計の支援と省力化、自動化により設計効率化と設計期間短縮を達成することが目的である。

造船の設計では個船ごとに短期間に試行錯誤を繰り返しながら最

適設計を行うために“試行=変更”の頻度が高い。この要求に対して柔軟で効率的な対応を可能とするために多くの“修正”機能を用意している。これにより、MATES は単なる設計結果の情報入力ツールではなく、設計作業そのものを支援するシステムとなっている。

開発開始以来、修正機能を含む設計支援機能の充実に取り組んでいるが、その代表的な機能を下記に示す。

- 多様な構造や部品の自動設定機能
  - 多様な変更に対する修正機能
  - 生産設計段階の自動部品生成機能
  - 従来とはほぼ同じ手法による、設計者に違和感のない会話設計
  - 基本設計から NC データの供給までの工程で扱われる情報を統合した効率的な一貫処理機能
  - 干渉チェックや整合性チェックなどの誤作防止機能
- 一方近年、造船の競争力強化のため CIM 化を推進しているが、設計情報供給源として MATES に対する工作部門の期待も大きくなり、以下のような運用面、ソフト面での推進を行っている。
- MATES から生産支援システムへの情報の早期提供
  - 現場自動化装置の拡大に同期した関連ツール開発
  - 船種拡大に伴う関連ツール改良や部品標準拡大

### 2.2 範囲

造船の作業の中で MATES は基本設計から詳細設計及び生産設計までの設計情報の生成部分を担っている。範囲を図 1 に示す。MATES の構成は船殻システムと艀(ぎ)装システム及びその間をつなぐ諸機能から成立っている。構成を図 2 に示す。

## 3. 高度な設計支援機能

MATES の主要な機能の一部を以下に示す。

### 3.1 船殻システム

#### 3.1.1 自動設定機能・関連変更の自動調整機能

船殻設計者は、船殻の枠図を見て頭に浮かんだ複数の構造パターンの中から最適なものを選び、構造を決定している。これは、隣

\*1 造船管理部システムグループ主務

\*2 構造グループタスクマネージャ

出力される情報 主要機能	基本仕様	見積	基本図	詳細図	部品図	注文図	製品
計画設計	計画システム (MARINE)						
基本設計							
詳細設計							
生産設計							
資材発注						資材供給システム	
工 作							生産支援システム

図1 MATESの範囲 MATESは基本設計、詳細設計、生産設計の範囲をカバーする。  
Design works covered by MATES

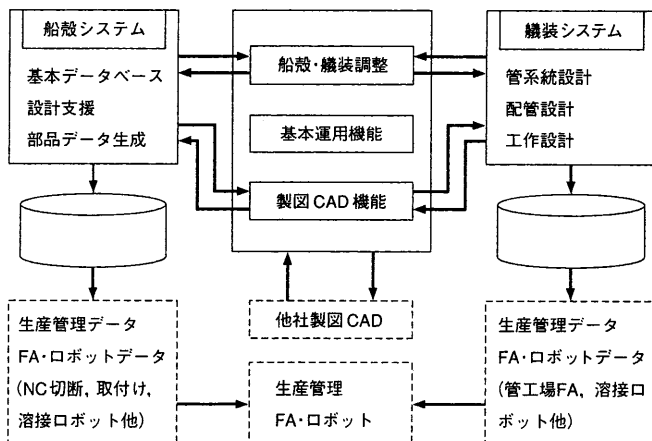


図2 MATESの構成 実線のとおり船殻システム、機装システム及びそれらを接続するシステムから成る。  
Components of MATES

り合う船殻構造の位置関係に基づき経験や標準を駆使して形状や部品などを決定する細かな作業である。また、設計の過程で多くの変更が行われるが、一部材の変更は関連する多くの部材や構造に影響を与えるため、矛盾なく修正するには細心の注意を払う必要がある。

設計者の負担を軽減して確実に正確な構造を設計するためには、設計作業をシステム化し、自動設定・関連変更の自動調整機能を提供する必要がある。このため、基本コマンド以外に基本設計での広範囲な構造単位の設定と変更を取扱う AUTO-IIシステムと詳細設計での部品一品ごとの設定と変更を行う AUTO コマンドを提供している。

#### (1) 自動設定・変更調整機能 (AUTO-IIシステム)

AUTO-IIシステムでは設計者のイメージに基づき設計を行う機能を提供している。例えば補強材配置を行う場合、システムが提示するパターン図からイメージに合った補強材配置パターンを選択すると、システムがパターンに従って補強材をけた構造の外部環境に合せて配置する。

設計データベースには、採用されたパターン記号とパラメータ数値及び互いの要素の依存関係が保存されており、試行錯誤による変更や、流用設計などの効率的な設計支援機能も実現している。

例えば、一本の補強材の配置パラメータ値を変更する場合、その補強材に端部を接する他の補強材も移動に追従させ、さら

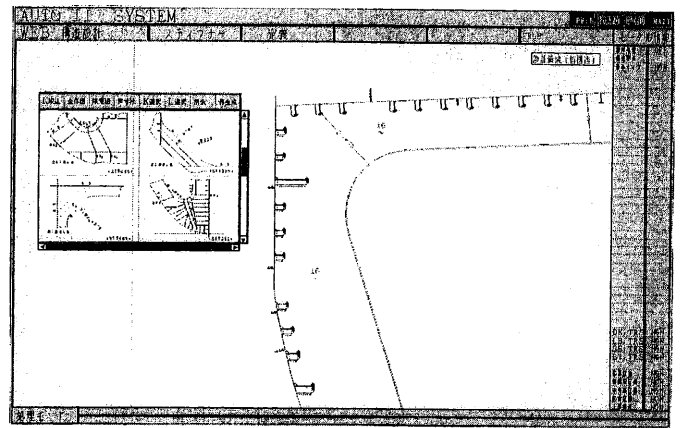


図3 AUTO-IIの入力画面 パターンの選択により設計者のイメージを基に設計を行うことができる。  
AUTO-II system

に、追従変更された補強材に端部を接する補強材も移動に追従させていき、お互いの要素の依存関係がなくなる最後の部材まで変更の影響を処理できる。AUTO-IIシステムで桁(けた)構造上に補強材を配置する場合での入力画面例を図3に示す。

#### (2) 自動設定・変更調整機能 (AUTO コマンド)

AUTO コマンドでは一品ごとの部品詳細形状の自動設定や自動調整を行う機能を提供している。補強材に適用する場合は、基本図で設計された補強材の配置、サイズ、端部固着記号を設計条件として、補強材の両端に取合う貫通縦通部材や桁部材の面材などの構造部材の状態を判断し、システムで準備した設計基準と設計標準に従って部品端部の詳細な形状、補強材の取付け角度、端部の切欠きなどのデータを自動設定する。

設計の途中では取合う相手構造が変動しており、ある時点の環境条件で詳細形状を設定しても結果的に設計ミスとなる場合がある。例えば、設定後、面材の幅寸法が変化すると、補強材の端部形状の修正が必要であり、また、貫通縦通材が変化すると、端部の切欠きのタイプかサイズの変更が必要である。このように相互に関係する構造を常に見張り、矛盾なく自動調整する機能が必要である。AUTO コマンドは自動設定よりも、この自動調整機能を重視して開発されている。AUTO コマンドを使って定義・変更を行うと、その影響範囲内の関係部品についてデータ矛盾発生の自動検査が行われ、矛盾があれば自動的に矛盾が解消される。詳細設計では対象となるデータが多種、多量であるため、この機能による矛盾のない構造設計の支援効果は非常に大きい。

#### 3.1.2 設計操作

従来の設計スタイルである机上での二次元図面によるモールドラインベースの設計と同等のインタフェースで三次元モデルを構築することを実現し、設計者の利用を容易にした。

船殻データベースは三次元の面形状を表現する「構造面」と、この構造面を二次元に投影した「構造図面」の二階層構造であるが、設計者は二次元の構造図面に対して従来の図面に対する設計と同様の操作を行い三次元的な船殻構造を表現できる。また、会話作業を効率よく行うためにレスポンスを考慮した構造であり、良好な操作性を確保している。

#### 3.1.3 データベースの有効利用

作成されたデータベースは船殻構造を正確に表現しており、これを利用したアプリケーションを多数用意し設計作業の効率化に

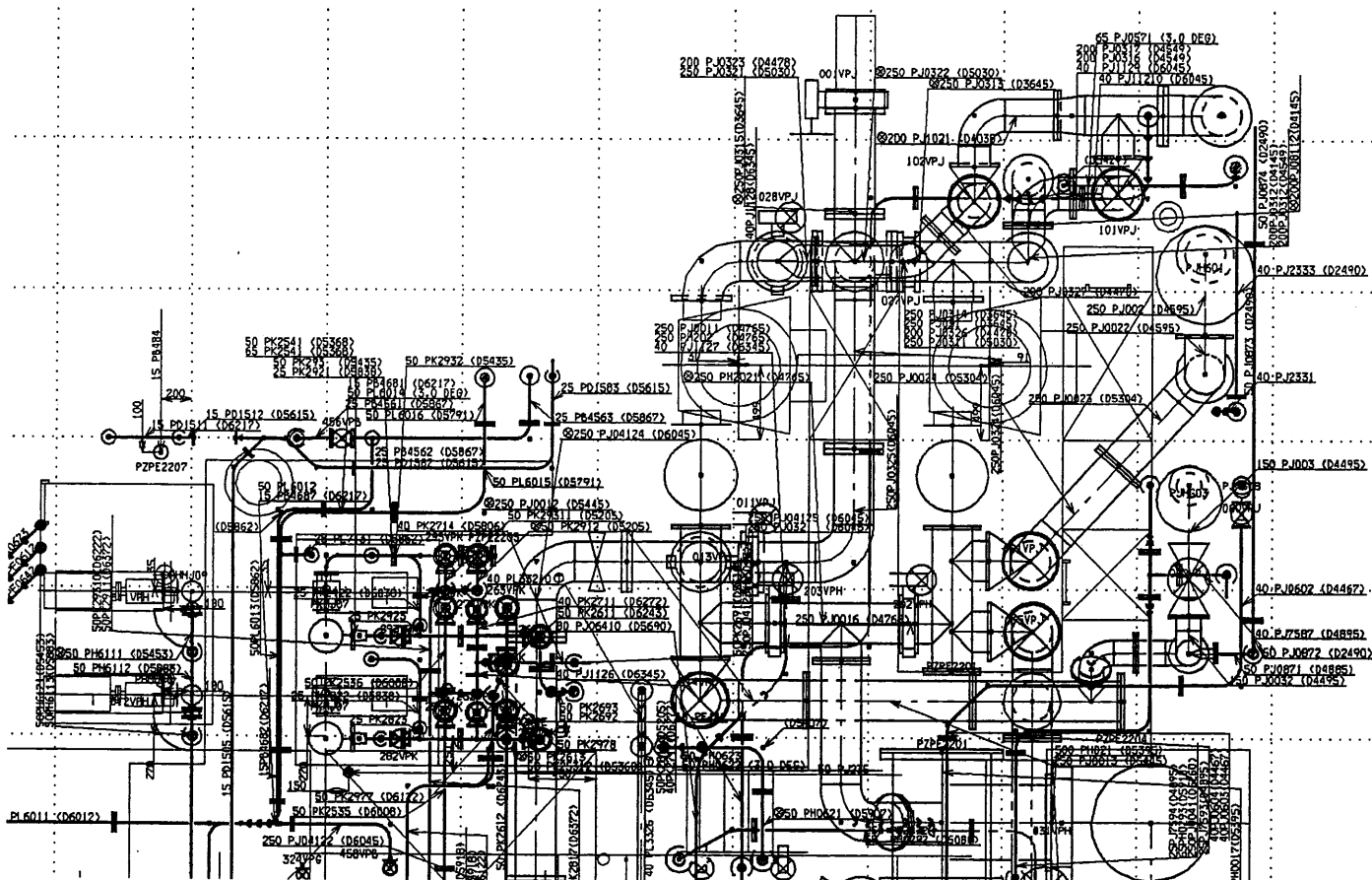


図4 自動作画図面 図面は自動的に所要情報を付して出力される。  
Drawings automatically generated from 3D model

寄与している。その例を以下に示す。

- 応力解析用に船殻構造の FEM 構造モデルを自動生成
- 構造部材の座屈解析や任意横断面位置の縦強度計算
- タンクの容積・重心位置計算

### 3.2 艦装システム

#### 3.2.1 管系統情報の配管情報への展開

配管を中心として管系統設計から配管設計、生産設計までシステム化を推進している。艦装設計者は管系統設計から生産設計まで同一配管ラインの場合、同一の管系統情報を守る必要があるが、この作業は神経を使う作業であり、特に、変更発生時には抜けが生じて誤作の原因になる煩わしい作業である。管系統情報の伝達をシステム化して配置設計者や生産設計者の労力を軽減した。

まず、管系統設計では、配管設計や生産設計で必要とされる材質、肉厚などの属性情報を調整しているが、すべての属性情報が設定されて始めて配置設計に情報を渡して良いという判断を下せるように、属性入力が済めば色が変わるようにしている。

また、管系統情報が変更されたとき、任意の時点で配管設計などに自動的に反映できるようにしている。例えば、配管の圧力が  $5 \text{ kgf/cm}^2$  から  $10 \text{ kgf/cm}^2$  に変更されたとき、配置設計に取込めば部品の面間や管切断長が変化するなどである。

#### 3.2.2 自動作画

艦装配置設計者は頭の中で三次元的な配置設計を行いつつ二次元図面を作成している。図面作成は約束事が多く、経験が必要であるが、MATES では三次元配置のみ行えば二次元図面を自動的に出図できるようにして設計者の作図の負担を軽減した。

自動作画では配管同士の隠線処理と取付け情報の表示を行って

いる。二次元取付図に表示される取付け情報は、機器や配管座標値のほか、管口径、取付区分、管番号、取付け高さ及び傾斜角度などがあり、自動作画機能により図形の描かれていない空白部分に表示される。この際、複数配管は一括して表記、主管は一箇所で表記、立ち上がり管の上下判定など作図上の設計者の習慣を織込み実用化した。配管設計時の二次元図面の例を図4に示す。

#### 3.2.3 既存情報の利用

造船の設計では常にタイプシップを念頭に置いて設計を行うが、前番船で作成された配置設計を自番船で利用することにより、設計の第一次案を得ることができるようにしている。この機能には作業領域全体を流用する機能と機器周り配管などを標準モジュールファイルに登録し、これを取込むことにより機器、配管、床板などを流用する機能がある。この際、自番船に適した管属性が取込まれ、管の配置や形状も自動的に修正される。

#### 3.2.4 自動管割り

配管の管割り作業は艦装設計の中でも重要な作業の一つである。この作業は従来、熟練者により実施されてきたが、熟練者の減少に伴い知識が次第に消散しつつある。MATES では知識を標準化し自動化を図った。区画指示による区画端部での分割、枝管を考えた枝先分割、溶接代を考えた部品接続点での分割、曲げ加工制限による分割、めっき槽など表面加工制限による分割など設備や工法の工作条件を工作標準ファイルに登録し、検索することにより対象管一品ごとに自動管割りを行う。

### 3.3 船殻・艦装共通システム

#### 3.3.1 三次元表示用モデル

従来、設計情報の伝達は図面で行われていた。造船の図面は長

い歴史の中で作られた独特の約束を持っており、内容を理解できるようになるまでに時間が掛かる。MATESの船殻や艤装システムで作成されたデータベースから三次元表示用モデルを生成し表示を行い直観的に設計したものが分かるようにすることで、設計及び工作部門での構造の理解を早め、作業を効率化し誤作防止を図っている。設計部門では船殻構造や艤装品を同一画面上で三次元表示することにより、配置や干渉、通行性、作業性などの検討に利用し、工作部門では塗装や配管作業指示図の作成などに利用されている。三次元表示の例を図5に示す。

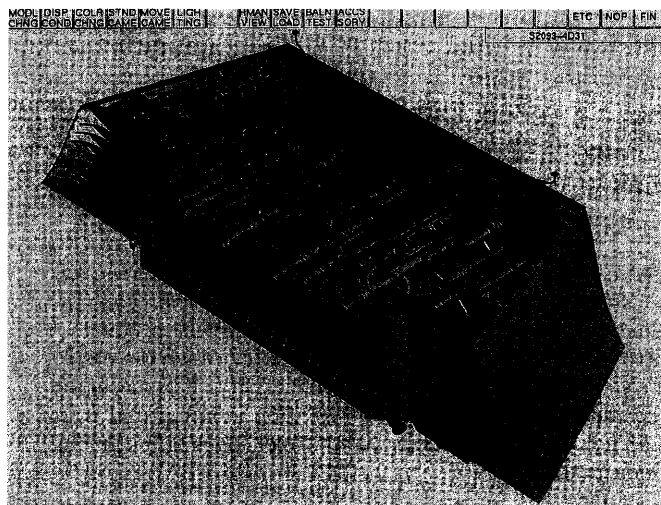


図5 三次元表示例 船殻と艤装システムで作成されたデータベースから三次元表示し、設計・工作の効率化を行っている。  
Isometric view of 3D model

### 3.3.2 船殻・艤装間情報交換

船殻と艤装は互に関係先の最新情報を参照しながら設計を行っているが、設計者は自分の判断で必要な情報だけを取捨選択することで確実な設計を行うことができる。船殻・艤装間の情報交換のために以下の3機能が用意されている。

- 艤装システムで配置設計を行うために船殻データを背景図用モデルに変換して読込む機能。読込む際に艤装設計者は必要な構造と表示要素を指定できる。
- 船殻と配管の三次元干渉チェックのため船殻データと艤装データを干渉用モデルにして変換して読込む機能。読込む際に設計者は必要な領域や部材を指定できる。
- 船殻システムで船殻構造に艤装用孔をあけるために艤装システムから孔データを読込む機能。船殻設計者は孔の設定可否判断を加えることができる。

## 4. 工作部門との接続

“造船のCIM”の一環としてMATESの設計情報を有効に利用した生産管理システムと現場自動化設備への情報提供機能からなる独自の生産支援システムを開発、実用化した。

MATESから溶接長・重量・重心・配管長などの管理物量を編集し、生産管理システムに渡すことにより工作部門の幅広い管理や最適化支援に使用する。また、MATESから出力される精度の良い設計情報を用いて、組立装置や配材、取付け、溶接ロボットなどの現場自動化装置を動かすことで大幅な生産性向上を図っている。工作部門へのこれら情報提供はすべてLANを経由して行われ、情報提供時間の短縮が実現されている。

## 5. 設計一体運営の構築に向けた展開

設計一体運営は、長崎、神戸、下関の三つの当社主力造船所で電子データを利用した共同設計である。MATESの全面適用による設計効率の大幅向上及びネットワークを介して一体化した設計陣の有効活用と総合力発揮をねらいとして、平成9年から逐次導入を開始し、平成10年度から全面開始の予定である。

### 5.1 ねらい

船舶の設計は船種や受注量により作業の繁閑が激しい。従来は、単一事業所内での繁閑調整を行ってきたが、MATESで作成した設計情報をネットワークを介して3事業所で交換し、同時進行で設計作業を分担することにより設計の繁閑を調整する。また、各事業所では得意な船種を建造しており、設計部には該当の船種に得意な設計者がいる。他事業所が得意とする船種を自事業所で設計する際、ネットワークを介して他事業所の設計者が自事業所にいるかのように能力を提供できるようにする。

### 5.2 実現方法

設計途上における作業指示や相談などのために、ネットワークを介して図面や文書をお互いに修正・加筆するコミュニケーション支援機能を提供する。各事業所間では設備や工法が異なり設計標準や設計方法に差がある。これらの相違を埋めるため、事業所間で相手先事業所の最新の標準を利用できる機能を提供する。

### 5.3 今後の発展

設計部門や工作部門だけでなく引合いから運航までを含む広範囲な企業活動のすべての情報共有化を目標として、CALS（生産・調達・運用支援統合情報システム）活動が世界規模で取組まれている。国内では通産省の指導下で“NCALS”（日本CALS）が活動し、また、（財）シップ・アンド・オーシャン財団及び複数造船会社による“高度造船CIM”が活動している。

設計一体運営＝事業所間設計情報の共有は、この先駆的な試みとみなされる。今後、複数企業間で情報共有が進むものと予想されるが、その際、他企業のシステムとの間で情報交換を行うことができるようにMATESの機能を更に拡張していく。

## 6. 結 論

以上に、設計支援システムとして高機能化されたMATESの現状と新しい展開を述べた。MATESは長年の設計者と開発者の共同作業を通じて、基本図段階からNCデータ生成までの設計支援機能を実現した。このことにより設計作業の効率化が進み、設計者が常にシステムを利用した設計効率化の達成を考えるようになり、設計部門の体質が大きく変わった。また、MATESが提供する設計情報に基づき造船のCIM化が推進され、工作部門の生産管理や現場自動化設備の拡大が大きく前進した。今後、設計一体運営の構築を中心とする設計支援機能の一層の強化を行い、造船所における情報の発信源としてMATESの充実を図る。

さらに、造船で必要とされている工法や建造のシミュレーションを行うためには、設計初期段階の未確定情報も含めた情報の接続が必要であり、設計から工作部門までの造船業全体を表現し、人間の思考過程や作業手順までを織込んだ柔軟なプロダクトモデルの検討を行う必要がある。また、複数事業所のみならず複数企業間での情報交換も必要となる。

今後は、MATESシステムを核としてこれら新しい分野との融合、ソフトランディングを実現していく。