造船 CIM のためのシステム技術*

青 山 和 浩**

System Technology for CIM in Shipbuilding*

by Kazuhiro AOYAMA**

キーワード：CAD/CAM/CAE/CAPE, CIM, Product Model, 製品モデル, プロセス・モデル, 工場モデル

1. は じ め に

一般的に、「システムとは、複数の構成要素（人、もの、情報）からなるある目的を持ったひとまとまりの集合体で、各要素が他の要素と相互関連を持っている結果、全体としてみると部分の総和以上の振る舞いを有するもの」と定義されている。ここでいうシステムには人工的なものも、非人工的なものである自然システムも含まれ、それら自体を系統立てて認識するアプローチ（手法）がシステム工学であるといわれる。また、システム工学と計算機による情報処理技術には深い関係が有り、多くの場合において計算機を利用したシステム工学的アプローチがシステム技術として認識されているといっても過言ではない。したがって、極端な表現を用いれば、システム技術とは計算機を利用して個々に独立した要素を統合化する技術であり、複数の要素技術をシステムとして有機的に結合することが目的であると理解できる。

ところで、造船におけるシステム技術とは何かについて議論する際に、対象とするシステムの目的と境界を明確にする必要がある。本稿の「造船 CIM のためのシステム技術」とは、CAD/CAM/CAE などの個々のシステムを構築する技術ではなく、それらの統合化技術について、その現状と今後について議論できればと考えていることを断っておく。

CAD/CAM/CAE のそれぞれが大きな学問領域であり、CAD が相当するデザインの分野はより概念的・総合的な世界であり、「設計とは何か」という大きな命題を解決した後に、設計のシステム化に取り組まなければ

ならないことを包含する。一方、CAM は生産全般における要素技術のシステム技術となり、それが分担すべき分野は設計と同様に非常に広範囲のものと認識できる。さらに CAE であるが、最近では CAPE (Computer Aided Production Engineering) なども提唱され、設計から生産までのすべてのエンジニアリング項目を対象としている。このように、一言で CAD/CAM/CAE と呼ぶには余りに膨大過ぎる対象であるということを認識する必要がある。当然の事ながら個々のシステム技術に関して議論することも重要であるが、本稿では、先に述べたように設計から生産までの全体をシステムとして統合化する際に重要となるポイントに焦点を絞り、個々の要素技術をサブ・システムとして認識した上での全体システムとして統合する際のシステム・アプローチの参考になれば幸いである。

2. 技術情報の高度統合化

船舶の契約・設計・建造などに係わる間接経費の大幅な削減は、日本の造船業の国際競争力を獲得・維持するための技術目標の一つとして重要な課題である。間接経費を削減するためには、広い意味における「情報の流れ」の活性化と効率化を実現する必要がある。企業内における情報の流れは、イントラネットやエクストラネットなど情報インフラの整備を基盤に、多種多様な業務システムの統合化、情報伝達技術の高度化などによって効率化されている。これらの情報化戦略は、一つの企業内だけで閉じたものにするのではなく、海運業や造船企業、関連企業、所轄官庁、船級協会等との緊密な連携によって、より活性化させ、全体的な「情報の流れ」の効率化を目標とすべきであると認識されている。

統合システムの一つ概念として CIM (Computer

*原稿受付 平成 11 年 6 月 21 日

**正 員 東京大学大学院 Member, The University of Tokyo

Integrated Manufacturing system)が提唱されて久しいが、近年では、マルチメディア・国際広域ネットワークなどを柱とした国家レベルの情報戦略が世界中で推進されている。この情報技術の一つの概念としてCALS (Commerce At Light Speed)が提唱されている。CIMの発展系としても考えられるCALSの主な目標は、過去にContinuous Acquisition and Life-cycle Supportと呼ばれたように、製品の一生に係わるあらゆる情報を統合化するために、製品の設計・製造・運用に関係する機関が共通のデータベースを使ってリアルタイムに業務を行うことである。つまり、「製品の品質と機能の顕著な向上」や「製品の一生に係わるライフサイクル・コストの削減」などの直接的な効果が期待されているシステム概念である。CALSの実現によって、例えば新規開発、仕様変更、概念設計、検索、文書化、文書変更管理などに要する工数はほぼ半減されると言われている。さらに、CALSの標準規格として、EDI(電子データ交換基準)やSTEP(製品データ交換規約)などがすでに整備されており、様々な新情報技術の導入が検討されている¹⁾。

造船業界においてもCALS実現の可能性を具体的に検討するために、商談、設計、承認などの業務に係わる情報交換技術の開発を目的としたNCALSや造船機器メーカーを主体とした機器データのネットワーク上での利用を検討する造船WEBなど、様々なシステム技術が検討されている²⁾。一方、それらのシステムの中核として期待される造船CIMの開発プロジェクトとして「高度造船CIMプロジェクト」³⁾も実施(平成9年~11年度)されている。また、著者も野本敏治教授と共に、造船CIMのプロトタイプ・システムであるSODAS(System Of Design and Assembly for Shipbuilding)⁴⁾の研究・開発を行っている。

3. システム開発とモデル化

計算機を利用したシステムを実際に構築する際には、モデルの構築は必要不可欠な課題となる。システムを構築する前に、解決すべき問題が十分にモデル化されていなければ計算機の能力を十分利用することができないだけでなく、計算機を利用すること自体が意味をなさない。

モデルとは、ある種の問題を解決しようとする場合、要求する解(問題に対する解)を得るために必要となる思考的な支援を提供する表現であるとされる。また、そのようなモデルを作り出す活動を一般にモデル化(モデリング)と呼び、このモデル化如何によって要求する解の導出が左右されることになる⁵⁾ことが特徴である。

現状の情報技術では、計算機の内部に現実そのものを表現することは不可能であり、現実のある一面を表現することが課題となる。その現実の一面の表現がモデルで

あり、計算機はそのモデルに対して適切な情報処理を行い問題解決を支援するのである。したがって、計算機の支援によって、複雑な活動を円滑に、かつ効率的に推進するためには、「計算機はどのような問題を解決すべきか、解決すべきでないか」を検討し、各々の活動が有する問題を解決するための十分な情報の量と質を持ったモデルを構築する必要がある。

以上に述べたように、ある目的に即して実世界を徹底的にモデル化することによって、実世界に対する理解を全てモデルの世界に対する理解に置換することが考えられる。このように実世界をモデル化して利用する概念は「モデルベース」と提唱されている⁶⁾。また、モデルベースの概念の基に構築されたシステムはモデルベース・システムと認識することができる。このシステムの実現により、計算機の高い処理能力を有効に利用することによって計算機シミュレーションなどが期待できる⁷⁾。

また、設計・生産システムが目的とするような大規模なシステム統合を実現するためには、複数のシステムを単なるインターフェイスの統合によって解決するのではなく、モデルベース・システムの考え方に即して考えることが有効であると考えることができる。つまり、徹底的にモデル化する概念にしたがって、造船に必要な全ての対象や事象(設計活動、生産活動など)を計算機内にモデル表現することを考えるということを意味する。

4. 造船の設計・生産モデル

造船における諸活動は様々な分野や業務によって成り立ち、活動に必要な情報の生成、伝達、処理が適切に行われる。対象とする情報の量は膨大であるため、計算機を利用して情報の生成、伝達、処理を支援することは重要な課題であることは言うまでも無い。

ところで、製品として実体化するための活動である設計・生産活動で扱われる情報は、大きく以下の四つの項目に分けることが可能であると整理されている⁸⁾。

- 1) 製造対象の情報(設計要求、設計仕様、製品図面、製品性能、製造工程など)
- 2) 製造管理の情報(生産計画、生産実績、在庫、受注、出荷など)
- 3) 製造過程の情報(設計手順、生産準備手順など)
- 4) 製造資源・環境の情報(技術データ、生産設備など)

以上の情報を、計算機によって処理するためには、先に述べたように計算機が理解可能なモデルを構築する必要がある。ここで、造船において実際に存在する物に対応する情報としては、「設計・生産の対象である船舶」、「生産活動を展開する造船工場」などの情報を挙げることができる。この船舶や造船工場に関する情報は、製造対象の情報と製造資源・環境の情報に対応するものである。したがって、それらの情報をモデルとして定義する必要があることが理解できる。

さらに、それらの情報を生成したり利用したりするために必要となる情報処理に着目すると、製造管理の情報と製造過程の情報は、製造対象と製造環境の情報を利用した処理機能によって生成される情報であると考えることができる。したがって、これらの製造管理や製造過程の情報は情報処理に密接に関係する情報として捉えることができ、設計・生産過程を表現するモデルを提案する必要性が理解できる。図1に、本稿で議論するシステム技術の基盤となる対象・過程・環境の各モデル間の構成関係を示す。

5. 対象のモデル化：製品モデル (Product Model)

従来では二次元 CAD が主流となって、製図作業の計算機支援を実現化していたが、最近では、三次元 CAD ソフトも充実し、容易に三次元の形状モデルを計算機内部に定義することが可能となっている。この三次元形状モデルの定義によって、現実に近い製品の形状に関する情報を計算機内部に表現することが可能となっている。しかし、そもそも形状モデリングは、実世界に存在する製品を形状の側面から表現することによって計算機内に製品を表現するアプローチであるがため、形状モデルとして表現されるものは製品の部分的情報である形状情報のみであることは否定できない。したがって、属性情報を陽に記述する属性モデル、製品の構成要素間の関係を記述する Entity-Relationship Model (ERM) などの様々なモデルが提唱され、製品情報を様々な角度から表現することが可能な表現方法の実現が試みられている。

設計作業は製品に対する要求仕様を製品という実体に変換する活動であり、製品に関する様々な情報の付加が行われる。しかし、形状モデルを用いた形状情報は、設計結果のみを表現した情報でしかないため、設計の際に考慮された全ての情報を表現したものではないと指摘される。したがって、製品の設計過程における計算機の支援を実現するためには、製品として完成された最終結果である形状のみを計算機内に記述するのではなく、設計の過程で考慮されているが、製品の表面には直接現れない情報を記述する必要があるものと考えられている。このような製品の幅広い情報の記述によって、計算機による統合化された設計・生産システムにおいて扱われるべき製品の情報を統一的に管理することが可能になると期待できる。この製品に関する情報を記述するモデルは、製品モデル (Product Model) と一般的に呼ばれている。

6. プロダクト主体からプロセス主体へ

設計・生産活動のすべての活動においては、時間の経過に伴って様々な局面が存在し、その都度、その局面に応じた多様な思考錯誤、判断が実施される。これらを実施する際には何らかの情報が必須であり、その情報は局

図1 対象・過程・環境の構成

面の移り変わりに応じて様々変化するという特性が存在する。

田浦は、設計におけるプロセスの進行に伴って生成される情報を「プロダクト情報」、プロセスにともなって顕在化された情報を「プロセス情報」⁹⁾と定義している。「プロダクト情報」は、設計や開発のプロセスでのスケッチやレイアウト図、検討結果などの中間成果物、および最終図面や検討書などの最終成果物などが相当し、「プロセス情報」はプロダクト情報の変遷に関する情報として捉えることができる。

従来では、モノづくりの効率化に重点をおき、設計の最終アウトプットであるプロダクト情報を重視してきた。その結果として、プロセスの集積である活動をプロダクト情報を中心に捉えてきた。これは、これまでのシステム構築の主眼が、システムの利用によって得られる最終的な情報生成に置かれ、その情報を如何に効率よく生成するかが検討されてきたからであると理解できる。

ところで最近では、設計・生産活動の極めて上流におけるシステムの利用の必要性が叫ばれている。これは、より競争力のある製品を短期間で設計・生産するニーズから出されたものである。この要求に応えるためには、最終段階における情報生成だけでなく、真の意味で設計・生産の全域に亘るシステム・アプローチが重要であり、プロセス・モデルは鍵を握っている。

7. システムの統合化とプロセス・モデル

設計という活動において、プロセスの進行に伴ってどのような「プロダクト情報」が生成され、その「プロダクト情報」を変遷させるためにはどのような「プロセス情報」が必要であるかが十分に検討されていないことは問題である。プロセス・モデルと対象を表現する製品モデルの相関を考えると、製品モデルは目的に応じて様々に変化することが重要であり、プロセス・モデルはその変化を

どの様に表現するかを十分に検討する必要がある。

情報の生成過程や利用過程を重視し、設計・生産活動を様々なプロセスの集合体であると考えた場合、様々なプロセスに応じた種々の情報処理が要求される。情報処理は、処理目的を満足する処理方法を選定し、処理モデルを生成する必要がある。処理モデルに基づいて、様々な情報から処理に必要な情報を抽出し、処理条件を選定し、処理を実行することによって必要な情報を生成する。

複数のシステムの統合化を考える上で、製品モデルは統合的な情報管理を司るモデルとして有効であるが、多種多様なシステムの統合化を考え、設計・生産活動を広範囲に考慮するためには、プロダクト情報よりもプロセス情報に重点を置き、システムの構築を考える必要がある。計算機を利用した情報処理を有効に利用するためには、活動を構成する「目的」「行為」「評価」を十分に整理し、活動の対象となるモデルと関連付けて表現することが必要である。

8. 設計・生産環境のモデル化

製品の設計・生産活動を展開する場のモデルとして設計・生産環境モデルを定義することが考えられる。製品モデルが、この環境モデルの中に存在するものとし、設計・生産活動がプロセスモデルによって表現される。この表現によって得られる情報を利用することによって設計および計画を立案することを考えるものである。

製品モデルが個々の製品（個別の船体構造）を対象にすることに対して、設計・生産環境モデルは、設計・生産活動の客体である製品を区別なく対象とすることが必要である。したがって、設計・生産活動の対象となる製品とは別に独立したモデルであることが重要である。また、時間軸を考慮した設計・生産プロセス情報（四次元情報）の生成・管理を司る機能が必要である。例えば、協調設計のシステム支援においても設計環境の情報は重要であり、生産環境では円滑に生産が実施されるための実施作業のスケジュール管理が必要である。

現実の生産活動は、限られた生産環境（設備、労働力によって構成される環境）に於いて行われている。生産環境は生産活動に対して影響を与え、最終的には生産対象にまでその影響を与えるものである。したがって、生産活動が実際に行われる生産環境を計算機内に表現する必要がある。造船工場自体や、工場内における生産設備と作業者等の生産活動を実際に行う生産環境に直接関係する情報を計算機内に表現するモデルとして工場モデルを定義する必要がある。

工場モデルは、生産活動が実行される環境である工場に於て、使用される生産機械、その他の設備、材料、人

的資源（作業者）等の情報をモデル表現したものである。このモデルを利用して、製品を実体化するための様々な検討が可能となり、生産計画機能によって得られる生産情報を詳細に決定することが可能になる。また、モデル化された生産環境にとっては、生産活動における作業情報を生産情報として獲得することができる。この定義によって、計算機内の生産活動の表現は、製品モデル、プロセスモデル、工場モデルによる製品情報・生産情報のやり取りによって表現されることになり、計算機による生産活動のシミュレーションが可能となる。

9. ま と め

情報化技術の発達に伴って、設計・生産で必要な情報は効率的に統合管理され、必要なときに必要な情報が容易に参照できる環境が創造される。この環境は、人を排除するものではなく、むしろ人を暖かく包み込み、人の能力を最大限に引き出す環境となる。つまり、情報技術によって業務の効率化が実現化され、効率化によって得られた時間は、人が創造的な活動に費やされるであろう。この時間の生成こそがコスト競争力ではない真の技術競争力を産み出す源であり、将来の造船業は大切に確保する努力が必要であると考えられる。統合化設計・生産システムにおいては、計算機や自動化装置と如何に人間が融合し、協調的に最適な目標を見出していくかを検討することが重要であり、そのためにも、今現在、人は何を行っており、理想として何を処理すべきであるかを十分に吟味し、システムの構築に取り組む必要があると考えられる。

参 考 文 献

- 1) (社)日本造船学会 将来技術検討委員会、海運・造船統合情報システムと先進安全船、将来技術検討委員会(Phase II) 報告書、1997. 9.
- 2) 秦憲雄・田淵寛、造船・船用工業連携のための情報技術、造船技術と造船海運業の展開、日本造船学会情報技術研究委員会シンポジウムテキスト、1998. 12.
- 3) 雨宮俊幸・尊田雅弘、ACIMの課題と現状、造船技術と造船海運業の展開、日本造船学会情報技術研究委員会シンポジウムテキスト、1998. 12.
- 4) 野本敏治、造船におけるシステム技術、溶接学会誌、Vol. 66 No. 1, 1997, 28-32.
- 5) 米澤明憲・柴山悦哉、岩波講座ソフトウェア科学 17: モデルと表現、岩波書店、1992.
- 6) 木村文彦、CIMにおけるCAD/CAMの新展開、第2回国際CIMシンポジウム論文集、1992.
- 7) 伊藤健・田辺智良、造船CIMの現状、造船技術と造船海運業の展開、日本造船学会情報技術研究委員会シンポジウムテキスト、1998. 12.
- 8) 鈴木宏正、プロダクトモデリングとインテリジェントCAD、インテリジェントCAD(下)、朝倉書店、1989.
- 9) 田浦俊春、プロセス知の視点、新工学知Ⅰ: 技術知の位相、東京大学出版会、1997.