技術資料

造船 CIM のモデリング構築*

野 本 敏 治**

CIM Modeling for Shipbuilding*

Toshiharu Nomoto**

キーワード：CIM, モデリング, 設計, 生産, PERT

私は4年程前から、造船 CIM (Computer Integrated Manufacturing) の構築の研究を始めるようになった。その間に考えたことなどを記してみたい。

1. 何をキーワードとするか

今日程、新しいキーワードが叫ばれている時代も少ない。“不確定性の時代”、“ボーダーレスの時代”、“情報戦略システムの時代”、“CAD/CAM/CAE 統合化の時代”、“CIM の時代”など多くの言葉がある。

或るシステム会社が情報戦略システムの構築を発表するということは、その会社の戦略であり、うかうかしているとのせられてしまう時代でもある。

製造業は従来から生産性向上をうたい文句として、自動化、機械化、省力化を目指して、種々の技術開発に携ってきた。ところで昨今の人手不足の世相を反映して、高齢化に対応した製造業、製造業の素人化、少人数でできる設計・生産計画、などと必ずしも生産性の向上だけでなく、多様化した目標が掲げられるようになってきている。

また、コンピュータのハードウェアの進歩に相俟って、CAD/CAM/CAE が出現し、世はまさに“コンピュータと情報化”の時代と呼べる。しかし、CAD/CAM/CAE のソフトウェアがそれぞれ独立に開発されるにつれて、情報の孤立化・孤島化の問題が生じ、統合化 (Integration) の必要性が叫ばれるようになった。

溶接学会では、その CI 標語として、“Interface and Innovative Integration”を使用しているが、CAD/CAM/CAE の世界では、Innovative でなくても、せめて

Integration を目標としている。

このような時代であるからこそ、明確な目標を持ち、その目標を達成するためのブレークスルー技術を開発し我が国の製造業の更なる発展に寄与することが必要である。

2. コンピュータ内で製品をつくること

夢のような話であるが、コンピュータ内で製品を設計・生産できるシステムは考えられないだろうか。いわゆる製造業のコンピュータ・シミュレーションである。

そのためには、コンピュータ内にどんな情報が生成され、どのような情報管理が必要であろうか。

図1には、エキスパート・システムとモデリングを示している。エキスパート・システムは設計・生産の情報を生成するものである。過去のデータ、経験、知識に基づいて情報を生み出す機能である。CAD/CAM/CAE の

図1 モデリングとエキスパートシステム

*原稿受付 平成3年3月4日

**正 員 東京大学工学部 Member, Faculty of Engineering, University of Tokyo

作り出す情報はすべてこの中に含まれるものと考えられる。ところで、情報の生成については、どの製造業においても過去に最も検討が加えられているもので、最近の人工知能の発達により急速な進歩が見えるが、ここでは特に取り挙げないことにする。

モデリングとは図中の中段部に示すように、情報を管理・保管・伝達する機能である。エキスパート・システムによって生成された情報はコンピュータ内に適宜格納され、必要な時にいつでも取り出せるように管理されなければならない。適当に情報が管理されれば、一度入力した情報は何度でもいつでも使用でき、入力作業の手間が省略できるだけでなく、情報の整合性など利点が多い。ここでは Product Model (製品モデル) の概念について触れよう。

3. 製品モデル

製品モデルという言葉が論文に使われ始めたのは 1980 年頃のころらしい。我が国では精密工学会産学協同プロジェクトの成果として、佐田らが 1985 年頃から使い始めている²⁾。この文献によると、プロダクトモデルは三つの階層から成り、それらは 1) 幾何情報から構成される Basic Model 2) 公差、組立情報、運動学的情報などから構成される Engineering Model 3) Application Model である、と説明されている。

木村の製品モデルに対する定義は以下の通りである³⁾。

1) 製造対象：対象記述(形状、寸法、公差、形状特徴、表面形状、材料など従来の図面に書かれていた情報)、設計目的、意図、設計過程、製品機能、振舞い、生産準備情報(工程、作業、素材、機械など)、管理情報

2) 製造過程：設計手順、生産準備手順

3) 製造資源：設計関連データ、生産資源(生産設備、素材など)、管理関連データ

以上述べたようにプロダクトモデルの情報は莫大なものであり、現状で大型溶接構造物のプロダクトモデルが完成している訳でもなく、現在は未だ模索の段階といえる。

4. 造船 CIM のためのモデリングの一例

ここでは、造船 CIM のためのモデリングの一例を示すが、モデリングとは“設計から生産まで一貫して使用できる単一モデルを作ること”という意味で捉えている。

図 2 に本システムの全容が示されている。設計では船体が板と骨とから成立っているものと理解している。したがって、板や骨の幾何学的情報を有すること及び、板や骨は接合情報によって“ついている”という概念を

設計から生産計画まで一貫して使用できる単一モデル

設計 幾何情報(板・骨の情報)
接合情報(ついているという情報)

接合情報 C

(板厚・板寸法・配置は Expert System or Expert が決定する)

生産計画 カット機能 → 部品化
アセンブリ機能 → 統合化・組立

カットによる接合情報付加

アセンブリ組立の過程で 設備(クレーン・溶接機)情報付加
作業(溶接姿勢・条件)

一品図 生産準備の simulation 可能
一品生産の simulation

図 2 造船の製品モデル

有することとした。図中では、板 A と板 B の幾何情報の他に、板 A と板 B は接合情報 C によって結合されていると考えている。

設計が終了すると、次は生産計画の段階に入る。先ず連続体として設計された船体はカット機能によって、部品化されるものとした。すなわち図の構造体がカット面でカットされると、板 A は板 A-1 と板 A-2 に分割されると同時に、板 A-1 と板 A-2 との接合線に接合情報が新たに生成される。カット機能が繰返し適用されると、船体は比較的小規模なブロックと呼ばれる中間製品となる。

次にアセンブリ機能を使って組立て作業を行う。組立ての過程では、クレーン、溶接機などの設備の情報、及び溶接条件、溶接姿勢、開先、伸ばしなどの作業に関する情報を入力する。アセンブリの途中、幾何情報などよりシステムはブロックの重量、重心を計算するばかりでなく、板 A は接合情報 C を介して板 B と結合していることなどを教えてくれる。

以上のような過程を経ながら、生産準備のシミュレーションを実施し、部品図を作成するための情報をコンピュータ内に獲得し、格納するように設計されている。

5. 本システムによるシミュレーション

具体例によってシミュレーションの結果を示す。(詳細

図3バルクキャリアーの設計

図5アセンブリ機能による組立て

は文献4)を参照のこと)図3はバルクキャリアーの平行部の設計例である。長さL, 幅B, 深さDを入力する

と, システムは船級協会ルールなどを参考として, 適当な設計をする。(実はこの部分はエキスパート・システム

図6 対話形式による工作情報付加

図7 PERT 図

図8 プロダクトスパイラル

となっている。)この構造はシステム内では、3次元情報として理解され、面形状やその位置などの幾何学的情報は当然のことであるが、部材と部材とが“ついている”という接合情報を既に有している。

図4には、船体構造をカットしていく過程を示している。カット面を指定しさえすれば、構造物はカットされ、カット面には新たな接合情報が付加される。

次に図4に示されたブロックを製作するアセンブリング過程を図5に示す。このブロックを製作する工作手順を入力すると、システム内に用意されている、設備モデル、及び作業モデルが作動し、システムからはどんな設備を使用するか、どんな作業をするかを対話形式で問い合わせてくる。現在のところ、本システムでは、設備モデルとしては、リフマグ、吊りピース及びクレーンの3種と、5種類の溶接機が用意されている。また作業モデルとしては、1)部材の移動用設備の設置、2)実際の移動、3)部材の位置出し(セット)及び4)溶接作業の4種である。図6には実際に入力作業をしている状況を示す。

このように対話形式で入力作業を続けると、ブロック製作途中の中間製品の部品リスト及びブロック製作のための作業リストが自動的にシステム内に作成されるだけでなく、図7に示すようなPERT図(Program Evaluation and Review Technique図)やCPM図(Critical Path Method図)が獲得される。

このような過程はまさに船体の設計から生産計画まで

のシミュレーションであり、設計の初期段階で入力した長さL、幅B、深さDにより設計された情報が設備や作業の情報を問い合わせながら、設計・生産に必要な情報を新たに獲得していくところが理解されるであろう。

図8は著者の提案する製品を製作するためのProduct Spiralである。このスパイラルは1)構造機能の創出、2)構造の部品化、及び3)構造の構築の3領域から成立ち、構造設計、ブロック分割、アセンブリングなどこのスパイラル上を進みながら製品の生産情報が明確化されていくことを示している。

6. 他産業のコンピュータによる統合化

自動車産業、コンピュータ産業、航空機産業、原動産業など、いくつかの先端産業では既に情報の統合化には著しい進歩が見られるようである。

ところが、情報の統合化の問題は企業の生き残り作戦の第一戦であるため、秘密の部分が多く、その概念の説明がされるのみである。

筆者が知ることできた他産業のシステムは米国の軍用飛行機の製造業であるノースロップ社のB-2 Product Definition Systemただ一つである。1980年から1989年までの10年間に要したこのシステムの開発には1000億円を超える費用がかかったと聞く。以下にいくつかのキーワードを記す。1) Single Master Database、2) 莫大なアプリケーションソフト(既に開発されていたソ

フト)との結合, 3)形状情報のみならず, ビジネスやドキュメンテーションも作成, 4)紙の図面を必要としないシステムを構築, 5) 14の Part Family から構成されている。6) Synchronized Integrated Data Management

以上を概観すると, 構造物の CIM 化の動きは非常に大きな課題であり, challenging なものであるといえる。

7. 新しい学問体系の誕生へ向けて

筆者が造船 CIM の研究をはじめてまもなく, 我が造船業はシステム化が遅れていると感じた。従来の造船業の作業をシステム化すれば良いという訳けではない。コンピュータ化するに当って, 設計・生産活動の見直しもされなければならない。万が一造船業以外でも, システム化に遅れている分野があればこのことを是非心に留めていただきたい。

東大の吉川は設計には新しい言語体系が必要であるという信念から“一般設計学”という概念を打ち出した⁹⁾。その詳細は文献に譲るとして, 我々溶接・接合或いは生

産に携わる者は生産の新しい学問体系を目指さなければならない。船舶, 橋梁, 自動車, コンピュータなどどんな製品にも適用可能な“一般生産学”を誕生させてこそ, 真の意味で溶接学会の Interface and Inovative Integration が達成されるのではないだろうか。

参考文献

- 1) J. Encarnacao and F. L. Krause: File Structures and Data Base for CAD, North-Holland, (1982)
- 2) T. Sata et al.: Designing Machine Assembly Structure Using Geometric Constrains in Product Modelling, Annals of the CIRP, Vol. 34 No. 1 (1985)
- 3) 木村文彦: 人工知能ハンドブック, 第二章, オーム社 (1990)
- 4) 野本敏治, 青山和浩他: 造船 CIM のための設計・生産情報獲得支援システムの構築, 日本造船学会論文集, 166号(1989), 168号(1990), 169号(1991)
- 5) 吉川弘之, 富山哲男: インテリジェント CAD (上), 朝倉書店 (1989)

国際会議案内

会議名: Fifth International Conference on the Joining Materials (JOM-5)

会場: デンマーク国ヘルシンガー

会期: 1991年5月10日~12日

主催者: European Institute for the Joining Materials (JOM)

- テーマ
1. Control and automation of arc welding processes
 2. Joining of advaced materials and advanced joining processes
 3. Welding and joing of modern structural steels

問合先: Mrs. Anni Christensen, JOM Institute, Ingeniorhojskolen Helsingor Teknikum, Rasmus Lmidsems Vej 50, DK-3000 Helsingor, DENMARK (fax. +45 42 10 70 36)