曲面を導入した造船のための製品定義システムの研究

—— 造船 CIM のための設計・生産情報獲得支援システムの構築 (その 5) ——

正員 野 本 敏 治* 正員 ハ リ ヤ ン ト**

Application of Curved Surface in Ship Product Definition System for Shipbuilding
Computer Aided Information Aquisition System of
Design and Manufaturing in Shipbuilding (Part 5)

by Toshiharu Nomoto, *Member* Hariyanto, *Member*

Summary

In order to make more progress in Product Definition System for Shipbuilding, curved surface is discussed in this paper. The aims of this paper are 1) to introduce B-spline surface to define ship hull surface and 2) to make clear the concept of plate thickness in our CIM system.

The concepts of geometrical model (curves, surfaces) and product model (part, connection, assembly block) are discussed to implement the system. Especially, data structure due to NIAM (Nijssen Information Analysis Methodology) diagram is used in product model.

The system is composed from 1) outer shell surface generator 2) structural design generator 3) Part generator 4) Assembly simulator and 5) Element design. Some examples are shown in this paper.

1. は じ め に

著者らは本研究シリーズ (その 3) において, Product Definition Spiral の概念を導入した³⁾。CAD/CAM/CAE の統合化システムである造船 CIM の構築のためには, ①構造機能の創出 ②構造の部分化 ③構造の構築 の 3 分野にまたがる製品定義システム (Product Definition System) ばどのような機能を有しているかが重要であることを議論してきた。

ところで造船 CIM 構築のためには多くの解決すべき問題があり, 多くの仕事が残されたままである。システム構築の側面からは造船業で取り扱う莫大な情報量を, 現実問題としてリアルタイム処理することが可能であるか否かも重要な問題である。しかし我々造船技術者にとって, 船舶工学におけるモデル化 (Modeling) が次世代 CAD/CAM/CAE システムに対してどの程度適合するものかの検討の方がより重要のように思われる。

著者らは既に, 極く単純な箱形船の構造設計から始まり, カット機能を用いた部品化, アセンブリ機能を用いた

組立へと進行するモデルフローを定義し, この流れによって一品設計・生産計画などのプロダクト情報を獲得する支援システムを構築している。

本研究では次に解決すべき問題として, 自由曲面で構成されている船体の特徴をモデルとして表現することに取組み, 曲面を導入した船体の製品定義システムについて研究した。また, 次世代造船 CIM が完成されるまでには船舶工学の分野で数種類に亘る製品定義システムが提案され, それらについて利害得失が議論されるべきであると著者らは考えている。そのような意味も含めて本研究では情報構造記述のために, NIAM (Nijssen Information Analysis Methodology) diagram を用い, その有用性についても言及した。

なお本論文では 3~5 章において本研究の基礎概念について述べ, 6~10 章では具体的に本システムがどのように構築されているかを述べる。また本システムは Sun SPARC Station 上において, オブジェクト指向言語 Smalltalk-80 で記述している。

2. 本研究の目的

船体表面は曲面によって構成されていることは議論をするまでもない。そこで本研究では著者らによる既報のシス

* 東京大学工学部

** 東京大学工学系大学院

テム¹⁾²⁾³⁾に曲面を導入し、より現実に近い船舶の製品定義システムを作成することを目的とした。

まず第一に以下の項目を検討した。

- 曲線・曲面を用いた船体形状の表現。
- 曲面を有する船体の構造設計の表現。
- 曲線を用いた部材の接合情報の表現。

次に以下にまとめた部材の板厚の概念を明確にした。

- モールド面の概念の導入。
- モールド面と板厚の関係の表現。
- 板厚の影響を考えた部品設計。

以上の結果として、Lines offset から船体モデルを定義し、船体外板形状、パラメトリックな構造設計、部材分割、ブロック分割、アセンブリ・シミュレーション、スロット・スカラップ形状の生成、一品図生成などの機能を統合化したシステムである Ship Product Definition System を構築することを本研究の目的とする。

3. 形状モデル (Geometrical Modeling)

本システムでは、3次元空間におけるモデリングを定義しており、モデリングの際に基本となる形状表現に使用した形状オブジェクトを以下に示す。アルファベットで記述したものはオブジェクトの基となるクラスを示し、() 内にそのクラスが持つ変数を示している。

3.1 点の表現 Point 3 dimension

点 Point (x, y, z)。形状表現のベースとなる3次元空間に存在する点をオブジェクトとして定義した。また、その点が所属する座標系は、Fig. 1 に示すように船体に固定したグローバル座標と部材に固定したローカル座標の2種類定義しており、グローバル座標とローカル座標との位置関係を表現するためにリファレンス点を定義し異なる座標系の関係を記述する。

3.2 線の表現 Curves

- 直線 Line (startPoint, endPoint)。直線オブジェクト Line には始点 (startPoint) と終点 (endPoint) を定義する。この2つの点オブジェクトを利用して稜線の方法ベクトルを記述し、また、2つの点の距離より稜線の長さを付加する。
- ポリゴン線 LinearFit (collectionOfPoints)。連続す

Fig. 1 Coordinate and Reference Point.

Fig. 2 A Line and a Curve.

る線群を表現するオブジェクトである。定義した線群を構成する点オブジェクトの集合 (collection of Points) を情報として持つ。

- 曲線 Spline (collectionOfPoints, step)。自由曲線を3次元 B-スプラインで定義した。点オブジェクトの集合 (collection of Points) である P_i から自由曲線を計算し曲線オブジェクトを定義する。点の間の Segment 数は Step (t) で表現する。(Fig. 2)

Fig. 3 Configuration of Slot.

$$P_i(t)=[T][N][G]$$

ただし,

$P_i(0)$: 点の集合 collectionOfPoints

[T]: パラメータ parameter form

[N]: 基底関数 generalized form

[G]: 制御点 control points

- d. 円弧 Arc (centerPoint, centerLine, startPoint, endPoint, radius, degree, clockwise). 円弧を表現するオブジェクト Arc は中心点(centerPoint)や半径

(radius) などの変数で構成され, 任意の位置で円弧形状を作成する。

- e. スロット Slot (radius 1, radius 2, crossSection) ロンジのスロット形状を表現する Slot オブジェクトは円弧オブジェクトと断面形状(crossSection)から構成される。これにより横部材の交差部にスロット形状を作成できる。スロット形状を Fig. 3 に示す。

3.3 面の表現 Surfaces

文献4)を参考にして, 面を5つの種類に分類し, 各々を以下のように定義した。(Fig. 4 参照)

Fig. 4 Five (5) kinds of Surfaces.

STRAIGHT SWEEP SURFACE

STRAIGHT SWEEP SURFACE WITH ROTATED CROSS SECTION

CURVED SWEEP SURFACE

CURVED SWEEP SURFACE WITH ROTATED CROSS SECTION

Fig. 5 Sweep Surface.

a. 平面 Plane

イ. 直線境界の平面 Lines boundary Plane (collectionOfPoints). 平面を構成する稜線がすべて直線である面。点の集合として直線を作る。

ロ. マルチカーブ境界の平面 Multi curves boundary Plane (collectionOfCurves). 平面を構成する稜線が曲線・直線等々であるもの。構成する稜線

CURVED SURFACE

Fig. 6 Curved Surface.

を表現する曲線・直線オブジェクトの集合で表現されている。

b. スウィープ面 Sweep Surface

スウィープ面は型鋼を定義するために用いる。型鋼の断面形状 (crossSection), 接合線情報, 型鋼の取り付け角度 (degree) などの情報をもつ。

イ. 直線スウィープ面 Line Sweep Surface (crossSection, aLine, degree, interval)。このオブジェクトは直線ロング部材に使用する。

ロ. 曲線スウィープ面 Curve Sweep Surface (crossSection, aCurve, degree, interval)。取り付け線が曲線の型鋼に使用するオブジェクトである。

Fig. 5 に曲線の型鋼の例を示す。

c. 曲面 Spline Surface

(collectionOf (collectionOfPoints))。

船体外板のような自由曲面を表現するオブジェクトを定義することはこの論文の目的の一つである。点 $P(ij)$ の集合が自由曲面を定義する。具体的にはフレーム・ライン上に定義された点オブジェクト集合マトリックスが曲面を表現する⁵⁾。(Fig. 6)

$$P_{ij}(t, u) = [T][N][G][M][U]$$

Fig. 7 NIAM (Nijssen Information Analysis Methodology) diagram.

ただし

$P_{ij}(0, 0)$: 点集合マトリックス (Collection of (collectionOfPoints...))

[T] & [U]: パラメータ parameter form

[N] & [M]: 基底関数 generalized form

[G]: 制御点集合 net of control points

この曲面は Cutting 機能 (5 章に述べる) によって分割可能である。しかし分割した曲面のデータは再びマトリックス構造で表現される必要がある。

4. 製品モデル (Product Model)

製品モデルの定義において用いた各オブジェクトは NIAM (Nijssen Information Analysis Methodology) ダイアグラムで説明される⁶⁾⁷⁾。Fig. 7 には NIAM ダイア

グラムで記述された情報の関係を表した。本論文では製品モデルの種類は「部材」と「接合」と「アセンブリブロック」であり、以下に示す。

4.1 部材 Part

部材は船体構造を構成するものである。部材の情報は部材の NIAM ダイアグラム (Fig. 8) で記述される、部材のデータ構造を以下に示す。

- 部材の名前 PartName
- 面形状は 5 種類の面のどれか一つで定義されている。定義した面形状は部材のモールド面形状として定義している。

- リファレンス点 ReferencePoint

部材の形状情報はローカル座標で定義し、船体固定のグローバル座標との関係を示すためにリファレンス

Fig. 8 NIAM diagram of Part Object.

点を定義する。

d. 接合情報 CollectionOfConnection

定義した本部材と接合関係にある部材との接合情報を表現する。

- e. スロットとスカラップ
- f. 面の法線方向と板厚
- g. 材料

システムとしては、部材のデータ構造を明確にすることが非常に重要なことである。以上の情報(a~g)によって、全部材のデータに関する多くの新しい情報(例えば部材の重量、重心、一品図など)も獲得することができる。

4.2 接合 Connection

接合オブジェクトは接合関係にある二つの部材の接合情報を定義している。接合情報の NIAM ダイアグラムを Fig. 9 に示す。

- a. 接合情報の名前 ConnectionName は接合している二つ部材の名前である。
- b. 接合線 ConnectionLine は線の表現(3.2)で定義されたもので表現されなければならない。例えば直線、

ポリゴン線、曲線で表現する。

c. リファレンス点 ReferencePoint

部材オブジェクトの定義と同じである。

d. 接合のタイプ Butt-Joint と T-Joint との区別。

接合情報は部材の分割、アセンブリング、一品図生成などのために必要である。

4.3 アセンブリブロック Assembly Block

アセンブリブロックは部材の集合で中間製品を記述するオブジェクトである。アセンブリブロックの NIAM ダイアグラムを Fig. 10 に示す。

a. アセンブリブロックの名前 BlockName

b. 部材の集合 CollectionofPart

アセンブリブロックを構成している部材オブジェクトの集合。

c. サブアセンブリブロックの集合

Collection of Sub-Assembly Block

アセンブリブロックを構成しているアセンブリングオブジェクトの集合。

本システムでは部材の集合としてのアセンブリブロックの他に、部材とサブアセンブリブロックとの組合せ或はサ

Fig. 9 NIAM diagram of Connection Object.

Fig. 10 NIAM diagram of Assembly Block Object.

ブアセンブリブロックとサブアセンブリブロックとの組合せにより、アセンブリブロックを定義することができる。アセンブリブロックの中には組立て順序に関する情報を管理しており、ユーザーはアセンブリ・シミュレーション機能を使って自由にアセンブリブロックを作成することができる。

5. Cutting 機能

本システムはオブジェクトを分割するために Cutting 機能を有している。以下に形状モデルと部材モデルと接合モデルをカットする機能の考え方を示す。なおこのシステムでは Cutting 機能の Cut 面は平面としている。

5.1 形状モデルの Cutting

形状モデルには直線、曲線、平面、スウィープ面及び曲面がある。これらすべての形状がカットされなければならない。Fig. 2 に直線および曲線のカットの機構を示す。直線はカット面で正確にカットされるが曲線はカット面に対して対峙する 2 個の点の間隔を直線補間して、近似的に直線のカットしている。

Fig. 4 に 5 種類の面のカット機構を示す。曲面はフレームラインに平行な平面 (X 座標=コンスタント) でカットできるばかりでなく、あらゆる平面でカットすることが可能である。ただしカットによって分割された曲面のデータは再びマトリクス表示可能な点オブジェクトの集合を作成可能でなければならない。

5.2 部材の Cutting

部材情報は 4.1 に述べたように部材名、形状情報、接合情報で表現されており、各々の情報を矛盾なくカットする必要がある。Fig. 11 に部材の Cutting 機能を簡単に説明する。

- 形状情報 (mouldSurface, slot, scallop) は平面でカットすることができる。
- 形状以外の情報 (PartName, blockName など) もカットしなければならない。例えば PartA を分割すると、PartName "A" は "A-" と "A+" のようになる。
- 分割によって他の部材へ新たな情報を記述する。例えば部材を切る時に分割した接合情報に關係する部材は接合情報を変更する必要がある。
- 分割によって継承される情報もある。

例えば板厚、面の法線方向、材料などである。

5.3 接合の Cutting

接合情報は 4.2 に述べたように接合名、接合線、接合のタイプなどで表現されており、以下に示したようにカットする。

- 接合線 (ConnectionLine) は形状をカットする。
- 形状外の情報をカットしなければならない。例えば接合名のカット (connectionName)。
- 継承情報もある。

Fig. 11 Cutting Function of a Part Object.

6. 船体外板形状モデル

前章までは本研究で考慮している基本概念について述べてきた。後半の本章からは、これらの概念の上に構築した本システムに関して具体的事例を述べる。

本システムでは Product Definition Spiral をできるだけスムーズに廻ることができるように設計されている。まず最初にシステムは船体の Lines Offset Data を読み込むことから始まる。基本計画で定義された Lines Offset Data を読み込んで、船体モデルを定義する。

- 船体モデルの名前
- Lines Offsets (Fig. 12 を参照のこと)
 - BodyLines $y(i, j)$
 - WaterLines $z(j)$
 - StationNumber $x(i)$

Lines Offsets から船体を平面的に表現した線図の情報として正面図を出力することもできる。また入力した船体情報の 3 次元データを用いて、B-スプライン曲面で定義した船体外板を形状モデルとして表現することも可能である。この場合、船体外板は一つの B-スプライン曲面形状として表現している。曲面を表現するスプラインは制御点を作成するためのステップ数を増減することによって、制御点の間に新たな制御点数を増減させることが可能である。

なお、B-スプライン曲面で定義した船体外板形状の精度に関する検討は行っていない。

Fig. 13 Hull Surface used Cutting Function.

座標)を用いて生成する。

2) トランス・リング構造の設計

トランス・リングは TransBulkhead と同じようにフレーム・ナンバーでまず位置 (X 座標値) を指定する。トランス・リング構造はパラメトリック・デザインとなっているので、各パラメータを入力する。

RingParameter ($d1, d2, d3, \dots, dn$)

入力した数値によってリングの構造を形成する面を生成し、期待する構造を設計する。設計変更をする場合はこのパラメータを変更することによって対応する。設定したパラメータを Fig. 14 に示す。

3) ロンジ部材の設計

強度上ロンジ材が必要な所にロンジを生成する。ロンジの生成は平面上にでも曲面上にでも可能である。ロンジ断面 (crossSection) を決めるためにスイープ面を使用する。ロンジを以下のように生成する。

ロンジの接合線を規定するために面の Cutting 機能を使用し、接合線を生成する。例えば Side Shell のロンジは Z 座標 = constant により定義する。また Bottom

Plate のロンジは Y 座標 = constant によって定義する。ロンジの断面形状は 2 次的に設計する。ロンジの倒れ角の情報も入力しなければならない。ロンジの設計例を Fig. 15 に示す。

4) スロットとスカラップの設計

更に設計を詳細化する。例えばロンジは多くのトランス部材と交差する。その処理としてトランスにはスロットを生成する必要がある。ロンジの断面形状を使用して、スロットの形状を生成する。また溶接線は部材と干渉する時にスカラップを設けなければならない。スロットとスカラップとの設計を Fig. 15 に示す。

以上の 1~4) のように構造を設計するために船体外板形状設計、トランスバルクヘッド及びロンジバルクヘッドの設計、トランス・リング設計、ロンジ設計、部材の外郭形状設計が必要である。パラメータとして内部構造を設計変更する場合にはパラメータを変更すればよい。構造設計例を Fig. 16 に示す。

8. 部材生成 (Part Generator)

構造設計が終了すると、次に具体的に「部材」オブジェクト、「接合」オブジェクトを生成しなければならない。4 章で述べた Fig. 8 の「部材」情報はオブジェクト指向言語における「クラス」の概念に対応し、この章で述べる「部材」オブジェクトはより具体的な記述である「インスタンス」の生成の作業である。

構造設計終了時点では船体構造を記述するパラメータが主体となり部材の形状情報が定義されているにすぎないが、製品定義に必要な「部材」、「接合」及び「アセンブリブロック」オブジェクト (Fig. 8, 9, 10 に示されている) は生成していない。「部材」オブジェクトを作成するためには前章までに作成された情報を可能な限り有効利用することが望ましい。そこで前章までに規定された設計情報を用

Fig. 14 Design for Transverse Rings Structure.

DESIGN FOR LONGITUDINAL MEMBER

LONGITUDINAL OF HULL

NUMBER OF LONGITUDINAL = 3

MODIFY:

TYPE : (I, L, T,)

SIZE OF CROSS SECTION : (X, Y)

NORMAL ANGLE FROM BASE CURVED SURFACE

INTERVAL OF ANGLE BETWEEN

START AND END OF CURVE

Z = CONSTANT

DESIGN FOR SLOT & SCALLOP

Fig.15 Design for Longitudinal Members, Slot and Scallop.

いて自動的に「部材」オブジェクトを定義するために、本システムでは部材ジェネレータを作成した。以下部材ジェネレータには符号 G と番号を付記する。

8.1 Initial-step

Initial-step では Fig. 8 に示す部材オブジェクトの名前、モールド面、板厚などを書き込むことによって「部材」インスタンスを作成する。ここに記述する項目は部材の特性であり、他の部材との関係はない。まず、部材を他の部材と区別するために部材名を決定し、部材のインスタンスを生成する。さらに、船体構造モデル上のモールド面で規定した構造形状情報をベースとして部材の形状情報を生成する。具体的には以下の記述によってモールド面とリファレンス点が生成される。

Part name：部材に名前を付ける。(G 1)

mould surface：構造設計モデルからモールド面の情

報を読み込む。(G 2)

referencePoint：リファレンス点を作る。(G 3)

すべての部材について以上の操作を繰り返す。

部材情報を管理するために、本システムではすべての部材を PartList に書き込む。(この操作を以下のように示す。)

PartList add：一つの部材について

PartList addAll：複数の部材を纏めたものについて次に、部材の材料を定義する。Part List から部材を呼び出し材料を入力する。以下のように入力する。

PartList

name：部材の名前

material：部材の材料を入力する。(G 4)

部材の板厚に関する情報は部材の形状定義に使用したモールド面に対する方向と、スカラーで定義した板厚で表現

Fig. 16 Parametric Design for Ship Structures.

する。

PartList

- name：部材の名前
- thick：部材の板厚を入力する。(G 5)
- mould：板厚をとる方向を入力する。(G 6)

Initial-step では G 1, G 2, G 3, G 4, G 5, G 6 は構造設計から自動的に生成することができる。

8.2 Relation step

この step では接合情報やスロット・スカラップを生成する。すなわち他部材との関係情報を生成することになる。部材 A と部材 B との接合情報は以下のように生成される。Part List

- partA：部材 A
- partB：部材 B
- partAedgeAt：部材 A の edge を接合線にする (G 7)

〈部材スロットとスカラップの生成〉

部材 A にロンジ部材 B によるスロットを開ける場合はスロット形状情報 (radius 1, radius 2, crossSection) を入力することが必要である。また部材にスカラップを開ける場合はスカラップを設ける位置及び円弧の半径を入力することが必要である。具体的には

PartList

- intersectionPart：Part：部材 A
- longitudinalPart：部材 B
- slotAt：部材の edge
- radius1：半径 1
- radius 2：半径 2 (G 8)

PartList

- intersectionPart：部材 A
- scallopAt：部材 A の点

radius：円弧の半径 (G 9)

8.3 Division-step

この step では既に生成された部材を部品に分割する Cutting 機能を示している。本システムでは一枚のデッキというような単一部材をカットする機能と数個の Part からなるブロックをカットする機能とがある。曲がり板、曲がりロンジも平面で分割することができる。

1) 単一部材の分割

実際の部材を定義するために、部材サイズとして大きな部材をカットすることができる。カットしてできた部材に対して板厚を入力することが可能である。この機能が動作すると各部材は G 1 から G 9 までは自動的に生成する。単一部材の分割を Fig. 17 に示す。具体的には次のように表現される。

PartList

- name：部材の名前
- cutterFace：平面

2) ブロックの分割

Fig. 8 に示したように部材オブジェクトにはブロックの名前を持たなければならない。そこで、PartList からブロックの名前をキーにして Part の集合を呼び出して、各部材を平面でカットすると、形状情報のみでなく形状以外の情報もカットされると同時に新たな接合情報が付加される。この過程を以下のように表現する。

PartList

- blockName：ブロックの名前
- cutterFace：平面

本システムにおいて実際にブロック分割を行った例を Fig. 17 に示す。部材生成が完了すると部材は小片部品にまで分割されたことになっている。

9. アセンブリ・シミュレータ

前章で生成された部材を順番に集めることがアセンブリングであり、Fig. 10 に示すアセンブリブロックを生成することにあたる。先ず最初にアセンブリブロック名を入力して Fig. 10 に示したアセンブリブロックオブジェクトを用意する。次にこのアセンブリブロックに入力すべき部材を PartList から呼び出し、アセンブリブロックに入力する。さらに次の部材を PartList から呼び出しアセンブリブロックに追加することもできる。

このような過程をすべてのアセンブリブロックに適用し、AssemblyList を作成する。

なお新しいアセンブリブロックを生成する場合、部材のみからでなく、部材とサブアセンブリブロックとの組合せ、或はアセンブリブロック同志の組合せなどによって定義することもできる。

アセンブリブロックのデータは AssemblyList によって

Fig. 17 Cutting Function of Part and Block.

管理される。AssemblyList からブロック Tree, アセンブリ PERT (Program Evaluation and Review Technique) ダイアグラムを生成することができる。本システムにおけるアセンブリングの一例を Fig. 18 に示す。

10. 一品図生成

外板曲面を定義し、構造設計、その後に NIAM ダイアグラムを用いて、部材オブジェクト、接合関係オブジェクト及びアセンブリブロック・オブジェクトを定義した。ここではこれらの情報をもとに一品図を生成する。

10.1 スロット・スカラップを有する部品外形情報

NIAM ダイアグラムの部材オブジェクトから surface, slot, scallop 及び thickness を考慮すると、Fig. 19 に示すような部品の外形情報を得ることができる。またこの情報はソリッドモデルとしても使用可能である。具体的には、

PartList computeEffectOfSlot

PartList computeEffectOfScallop

10.2 板厚を考慮した部品設計

本システムではモールド面を用いて構造設計をし、そのあと部材オブジェクトに板厚などの情報が格納されている。したがって、Fig. 20 に示すような隅肉溶接 (元来接合線は一本の線) の場合、種々分割による板厚を入力した後、形状的に矛盾の無い部品設計をする必要がある。

Fig. 21 に示すように、モールド面で記述された形状モデルが接合線を介して接合する部材の板厚の影響を受けて、次第に一品図となっていく過程を自動設計している。形状補正と同時に接合情報の補正も同時に行われていることに

注意しなければならない。なお、以上の処理によって生成した一品図は、ソリッドモデルによる表現であり、NIAM ダイアグラムの記述から容易にソリッドモデルに変換できることを示している。システム上の具体的な記述は以下の通りである。

PartList computeEffectOfThickness

10.3 溶接開先の表現

具体例として Fig. 21 を説明する。2 章で既に述べたように、隅肉溶接による板厚の補正の他に突合せ溶接における開先形状、及び板厚差が大きい場合のスカーフについての情報も入力でき、形状処理が可能である。何故なら、部材の形状情報が既に述べたようにソリッドモデルに変換されているためである。具体的には以下のように生成する。

PartList computeSolidName: 部材の名前に対してソリッド・モデルを生成する

11. 結 論

本研究では従来の著者らのシステムに曲線、曲面を導入し、それに伴う問題点を明確にすることを目的とした。また情報管理手法として、NIAM ダイアグラムを使用し、その有用性を確認することも副次的な目的とした。

以下に本研究で得られた結論を示す。

- 1) 曲線及び曲面を 3 次元 B-スプラインで表現することができ、船体外板設計に適用することができた。
- 2) 上記の 3 次元 B-スプラインで表現した曲線及び曲面を、Cutting 機能でカットすることができた。
- 3) 3 次元 B-スプライン曲面で、外側を規定した船体ブ

Fig. 18 Assembly Simulaltion.

Fig. 19 Contour for Slot and Scallop.

Fig. 20 Effect of T-joint in Design.

Fig. 21 Thickness effect in T-Joint and Butt-Joint.

ロックの内部に構造設計をすることができた。

- 4) 構造設計ではモールド面を定義し、モールド面を用いて板厚を定義することができた。
- 5) Cutting 機能として単一部材の Cutting 機能とブロックの Cutting 機能の 2 種類の機能を設けた。
- 6) NIAM ダイアグラムを用いて、「部材」、「接合」及び「アセンブリブロック」オブジェクトを定義することができた。
- 7) 上記オブジェクトから一品図作成のための設計情報（例えば隣接部材の板厚の影響を考慮することなど）

を取り出すことができた。特に T-Joint 及び Butt-Joint 等、溶接継手の情報に対してはサーフェスモデルから容易にソリッドモデルに変換できることがわかった。

おわりに、本研究をすすめるにあたり、東京大学工学部船舶海洋工学科野本研究室の皆さんからは有益なアドバイスを頂きました。特に青山和浩氏からは、モデリングに関する多大なる示唆をいただきました。ここに謝意を表します。また、本研究は科学研究費(総合研究(A))の援助を受けていることを付記し感謝します。

参考文献

- 1) 野本敏治, 青山和浩, 田畑光敏: 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 年 12 月, pp. 425-433.
- 2) 野本敏治, 片山真一, 青山和浩, 杉本晃: 製品モデルを用いた工作情報の獲得手法の検討—造船 CIM ための設計・生産情報獲得支援システムの構築 (その 2), 日本造船学会論文集第 168 号, 1990 年 12 月, pp. 619-626.
- 3) 野本敏治, 青山和浩: タンカーの設計, 生産支援システムの構築に関する研究—造船 CIM のための設計・生産情報獲得支援システムの構築 (その 3), 日本造船学会論文集第 169 号, 1990 年 5 月, pp. 509-518.
- 4) 造船におけるシステム技術: 日本造船学会システム技術委員会第 I 部会, 1984 年 11 月, pp. 92-94.
- 5) David F. Rogers. J. Alan Adams: Mathematical Element for Computer Graphics McGrawHill, 1990.
- 6) Olin H. Bray: CIM The Data Management Strategy, Digital Press, 1988, pp. 77-99.
- 7) John Kloetzel and Dan Billingsley NIDDESC: Meeting the Data Exchange Challenge Through a Cooperative Effort, Journal of Ship Production, Vol. 6, No. 2, May 1990, pp. 125-137.