ネットワーク分散環境下における異種 3D-CAD の相互運用性と 異部門間の協調設計支援*

井 上 全 人^{*1}, 磯江 裕加里^{*2}, 石 川 晴 雄^{*3}

Interoperability of Heterogeneous 3D-CAD and Collaborative Design Support on Networked Distributed Design Environment

Masato INOUE^{*4}, Yukari ISOE and Haruo ISHIKAWA

^{*4} Department of Mechanical Engineering and Intelligent Systems, The University of Electro-Communications,
1-5-1 Chofugaoka, Chofu-shi, Tokyo, 182-8585 Japan

Recently, the 3D-CAD system has been generally used as a tool for design development. Design teams are spread out all over the various places, and they often design collaboratively with other design teams or analysis teams using heterogeneous 3D-CAD system. This paper proposes a network-centric solid modeling tool, Solid Modeling Browser (SMB), which can support collaborative design using heterogeneous 3D-CAD system on networked distributed design environment. With our proposed tool, designers can share in real time design information such as both geometric and non-geometric information on a networked design environment like internet, intranet, or www. In this study, we develop a prototype system based on SMB. CORBA is used as the distribution infrastructure, and exchange files called commands message are proposed to interchange data among different 3D-CAD kernels (ASIS, Parasolid). Moreover, 3D-CAD models are added to non-geometric information that is attribute information, and we propose a management/inheritance method of designer's attribute information from conceptual design to detail design. This paper discusses the effectiveness of our proposed system through some design examples.

Key Words: Design Engineering, Computer Aided Design (CAD), Concurrent Engineering, Heterogeneous 3D-CAD, Solid Modeling, Collaborative Design Support

1. 緒 言

コンカレントエンジニアリングによる設計開発においては、例えば製品の設計段階から製品のライフサイクルを検討することが求められる。すなわち、設計部門とその下流過程である製造、保守・検査、廃棄などの異部門間との協調が必要とされる。このような協調作業では、異なる場所に存在する関連企業を含む各部門がお互いの設計情報を共有してリアルタイムに相互理解をする必要がある。

一方、3D-CAD は、立体形状理解の容易性やデータ一元化による他部門との協調性、各種解析・評価ソフトウェアとのデータの共有性などの点で、近年、設計現場への導入が一般的となっている。しかしながら、3D-CAD を用いた協調作業において、異なる場所に存

在する各部門がお互いに異なる種類の 3D-CAD を使用する場合には、3D-CAD データの共有や交換に不具合が生じる場合がある⁽¹⁾。

さらに、設計プロセスのコンカレント化という観点では、設計初期段階である概念設計段階から 3D-CAD ソリッドモデリングを基礎として製品形状の設計を進めることが重要である⁽²⁾。そのためには、概念設計段階から詳細設計段階へ設計プロセスが進む際に、3D-CAD の形状情報だけでなく、設計者の設計意図である非形状情報（材質や加工法などの属性情報）を含む設計情報が継承され、正確に有効に利用される必要がある。竹内ら⁽³⁾⁽⁴⁾は、概念設計段階で考察された設計情報・意図が詳細設計段階でも有効に利用されるための基本アーキテクチャを提案している。また、五福ら⁽⁵⁾は、設計履歴や設計意図を 2D-CAD 図面に関連づけて保存・管理させることにより、設計に携わる複数の設計者との間で 2D-CAD 図面を介して相互理解することを可能としている。これらの研究は、設計情報や設計意図の管理/継承方法や表現方法に焦点を当てた

* 原稿受付 2008 年 6 月 13 日。

^{*1} 正員、電気通信大学知能機械工学科(〒182-8585 調布市調布ヶ丘 1-5-1)。

^{*2} 電気通信大学大学院知能機械工学専攻。

^{*3} 正員、フェロー、電気通信大学知能機械工学科。

E-mail: inoue@mce.uec.ac.jp

研究であり、異なる場所に存在する異部門の設計者が、異なる種類の 3D-CAD を用いて、どのように設計情報・意図を共有しながらリアルタイムに協調設計を行うのかという問題については、まだ解決されていない。一方、異種 3D-CAD でない場合には、いわゆるサーバにより設計意図などの属性情報を含めて 3D-CAD のモデルデータを一元管理することにより、協調しながら設計作業を行うことが可能である⁽⁶⁾。しかしながら、サーバである一箇所の中央コンピュータで多数のユーザやモデルを管理するため、大きなサイズのデータを共有する場合には、サーバやネットワーク負荷が大きくなる。

本研究では、設計作業が 3D-CAD ソリッドモデリングを基礎にして行われること、および各部門が分散ネットワーク環境下に存在していることを前提とする。そして、前述の問題点を解決するための手法として筆者らが提案したソリッドモデリングブラウザの考え方⁽⁷⁾⁽⁸⁾の一連研究として、3D-CAD ソリッドモデル要素の識別法を新たに提案することにより、異種 3D-CAD の相互運用が可能なプロトタイプシステムの開発を行う。さらに、ソリッドモデリングブラウザに属性情報付与支援機能を加え、設計者の設計意図である非形状情報を属性情報として 3D-CAD ソリッドモデルに付与することにより、異部門間の協調設計支援が可能なシステムを提案する。

2. 異部門間の協調設計支援

2・1 基本機能 3D-CAD を基本としたネットワーク分散環境下での異部門間協調設計を実現する設計支援システムを開発するためには、本来的におもに以下の機能を満たす必要がある。

- (1) ネットワーク分散環境下の異種 3D-CAD 間でソリッドモデル（個別 CAD に特有な機能に基づく作成モデルを除く）の共有ができること。
- (2) 協調設計参加 CAD モデルに関して、自己モデル、相手モデルおよび全体モデルの共有ができること。
- (3) 3D-CAD データを送受信する際に、ネットワークへの通信量高負荷を伴わないこと。
- (4) ソリッドモデルの構築、編集のプロセスと結果を動的に、リアルタイムに通信・共有できること。
- (5) ソリッドモデルの要素（面や線など）ごとに関連する属性情報の付与・修正、共有ができること。
- (6) ソリッドモデルの構築、編集に伴って、属性情報が継承されること。
- (7) ソリッドモデルの構築や属性情報の入力、それらの編集の履歴と結果の管理が可能であること。

これらの機能の基本は、ネットワークを介して、設計属性情報を付加した 3D-CAD データを共有・交換することである。本研究では、上記の機能をもつ協調設計支援の手法の第一段階としての提案とそれに基づいたプロトタイプシステムの開発を行う。

2・2 異種 3D-CAD データの共有方法の問題点

ネットワーク分散環境下の設計者と他部門の設計者あるいは担当者が協調して設計作業を進めるためには、異種 3D-CAD データの共有が重要となる。現状の異種 3D-CAD データの共有方法には、ネットワーク利用の 3D ビューアを用いる方法、中間ファイル、ダイレクトトランスレータによりデータを変換する方法、およびカーネルフォーマットを用いる方法がある。しかしながら、モデリングを相互運用することで設計プロセス全体のコンカレント化を図るためには以下の問題点が挙げられる。

まず、インターネット環境、特に Web ブラウザを利用して 3D-CAD データを表示する 3D ビューアは、一般にモデリング環境を持たず、デザインレビューなどの検証用の機能であるため、異部門の設計者間で同時並行的にモデルを変更・修正することができない。

一方、特定のシステムに依存することなく 3D-CAD データを表現可能な中間ファイルの代表例には、IGES (Initial Graphics Exchange Specification) や STEP (Standard for Exchange of Product Model Data) などがある⁽⁹⁾。これらの中間ファイルを介在させて 3D-CAD データの交換を行う際には、許容精度の問題、表現形式の違い、データ交換規格の問題などにより、不具合が生じることがある。さらに、送り手と受け手の 3D-CAD システム間で、直接的にデータ変換するダイレクトトランスレータは、各 3D-CAD システム（異なるバージョンも含めて）の組み合わせごとにトランスレータを開発する必要があるため、その組合せ数は膨大となる。

最後に、モデリングに必要なサーフェスデータ、位相データ、3D 編集処理のためのデータを管理するためのライブラリであるカーネルが同じである 3D-CAD の場合には、似通ったデータ構造・特徴を持つため、カーネルのフォーマットを利用したデータの受け渡しが可能となる。しかし、属性情報など、各 3D-CAD が独自に付加している情報に関しては、カーネルフォーマットでは受け渡しができない。

3. ソリッドモデリングブラウザ

2・2 節で述べた問題点を解決するための新たな手法として、筆者らは図 1 に示すソリッドモデリングブラ

Fig. 1 Overview of solid modeling browser

ウザの考え方を提案した⁽⁷⁾⁽⁸⁾。考え方の基本は、サーバによる一元管理ではなく、複数のユーザが対等の関係で協調関係を構成するブラウザである。図1に示すように、ネットワーク環境下において複数の異種 3D-CAD が分散している場合に、ネットワークを介して、それぞれの 3D-CAD のユーザがお互いに作成したソリッドモデルのデータをお互いの端末同士でやりとりが可能となる。それらのユーザ（図1のユーザ A, B）がデータの共有をする場合には、まず、お互いの端末を起動し、そのうえで、ユーザ A がユーザ B にモデルの要求をすると、ユーザ B が保持しているモデルがユーザ A に自動送信される。この場合には、ソリッドモデリングブラウザを用いることにより、端末設計者は他部門の設計者や技術者との間にソリッドモデルを共有し、モデル修正のための意見を得ながら、設計案の修正・構築を動的に、リアルタイムに進めることができる。

ソリッドモデリングブラウザでは、2・1 節で述べた機能を達成するために、コマンドメッセージと呼ばれる中間ファイル、独自の 3D-CAD モデル要素識別法、CORBA (Common Object Request Broker Architecture) に準拠した分散処理技術を用いる。CORBA とは、OMG (Object Management Group) が定めた分散環境におけるオブジェクト通信の基盤技術で、プラットフォーム、プログラミング言語に依存することなくオブジェクト間の通信を可能にする機構である⁽⁹⁾。これにより、インターフェースを定義する言語 (IDL) と、クライアントが共通に利用するインターフェース (ORB) とを利用して通信の実現が可能となる。

3・1 コマンドメッセージ

2.1 節(1)の機能は、3D-CAD の各開発企業の特徴的 GUI を持つ CAD で実現する第一段階として、個別 3D-CAD (カーネル) のモデリング機能や属性情報付与機能の各種機能をブラウザに用意したソリッドモデリングコマンドによって起動し、起動のコマンドメッセージのファイル (中間ファイル) を他の端末のブラウザに送信することで実現する。つまり、異なる 3D-CAD (カーネル) でもブラウザが共通のモデリング機能コマンドや属性情報付与機能コマンドを有しているため、お互いにデータを共有し、編集することが可能となる。コマンドメッセージは、ユーザの端末ごとに蓄積・管理されるため、ユーザがデータの共有を必要とするときのみソリッドモデリングブラウザを起動させればよい。コマンドメッセージの情報は、3D-CAD データそのものではなく、モデリングの際に実行したブラウザのコマンド、入力したパラメータ、指定した要素のみから構成される。例えば、円筒を作成する場合のコマンドメッセージは、「円筒作成コマンド、半径 高さ、指定要素」となる。したがって、3D-CAD データに含まれる要素、要素同士の関係、要素の座標データなどという 3D-CAD データそのものを中間ファイルとする従来手法と比べて、データ量は相当小さくなる。コマンドメッセージの履歴が管理されていれば、他の設計者が作成したモデルやそのプロセスを確認することができ、さらに、追加編集を行うことが可能となる。したがって、ソリッドモデリングブラウザにおいては、作成された 3D-CAD モデルを記録しているファイルよりも、コマンドメッセージの履歴

およびその管理が重要である。

3D-CAD のコマンドを異種の 3D-CAD でも認識・処理できるようにするためには、ソリッドモデルの要素識別も必要である。本研究では、3D-CAD の要素識別のために付与されている番号 (ID) をモデルごとに統一させた ID (グローバル ID と呼ぶ) として定義する。すなわち、各 3D-CAD により付与されているモデルの ID (ローカル ID と呼ぶ) とソリッドモデリングブラウザにより定義したグローバル ID をマッピングする。

3・2 ソリッドモデリングブラウザで扱うモデル
ソリッドモデリングブラウザにより形状的なデータとして表現されるモデルは、図 1 に示すように、グローバルモデル、ローカルモデル、およびリモートモデルから構成される。

グローバルモデルは設計対象全体を表すモデルであり、全てのコマンドメッセージを読み込んだ場合に生成されるモデルである。すなわち、グローバルモデルは、いわゆるサーバにより一元管理されるのではなく、各端末によるメッセージにより管理・生成されるため、常に形状を直接的に表現するデータとして保持されている必要はない。

ローカルモデルは、ソリッドモデリングブラウザにおいて各端末が受け持つモデルである。すなわち、ある設計者が担当している部分を表すモデルであり、従来のスタンドアロンなソリッドモデリングツールが扱うモデルと同列である。すなわち、ローカルモデルは各端末が使用している 3D-CAD (カーネル) により作成、管理されており、端末ごとにデータ表現が異なっても問題ない。

一方、リモートモデルは、グローバルモデルからユーザ自らのローカルモデルを除いた情報のうち、ユーザが必要なモデルのみを生成した情報である。すなわち、自らの受け持つモデルに影響を与えるモデルなど、ある設計者にとって必要なモデルとして生成されたモデルである。リモートモデルは、ユーザが必要なモデルを保持する他ユーザへ要求すると、要求を受けた他ユーザが作成したローカルモデルをユーザへ送信し、それをユーザが受信することにより作成される。したがって、例えば設計作業に関与しているが、自ら設計自体は行わない解析者等の技術者は、ローカルモデルを持たずにリモートモデルのみを持つこととなる。ここで、ユーザがリモートモデルとして受信したモデルは、ユーザの端末にコマンドメッセージとして蓄積されるため、つぎにデータの共有を行う場合には、ローカルモデルとして扱われる。コマンドメッセージの履歴管理は、各ユーザが行うものとする。

Fig. 2 Format of body ID

3・3 3D-CAD モデル要素識別法 本研究で新たに定義したグローバル ID を用いた CAD モデル要素識別法について述べる。ソリッドモデリングブラウザでは、コマンドメッセージを読み込むことによりソリッドモデルを作成する。そのため、ID による要素の指定が重要となる。本研究では、幾何的に連結されている要素のまとまりであるエンティティ (ソリッド、フェイス、エッジ) ごとに独自のグローバル ID を付与する。各要素に付与するグローバル ID は、ボディ ID とエンティティ ID から構成される。

ボディ ID は、3D-CAD モデルに一つずつ固有に付与される ID である。ここで、ソリッドモデリングブラウザを用いている各ユーザのローカルモデルを識別すること、ユーザがローカルモデルとして作成しているモデルが複数ある場合にはそれらのモデルを識別することが必要である。また、同一画面上にローカルモデル、リモートモデルの両方を表示し、新たなモデリング画面を開いても ID の独自性が失われないようにする必要がある。そこで、図 2 に示すように、一つの 3D-CAD モデルごとに付与するボディ ID をコンピュータ名とパート名を合わせた文字列で構成した。パート名には、各ユーザが担当しているモデルの名前を入力する。これにより、モデルの作成者を特定でき、同一のボディ ID を有する 3D-CAD モデルを同時に複数個存在させずにモデルを特定できる。

一方、エンティティ ID は、すべての要素ごとに付与される ID であり、要素ごとにソリッド ID、フェイス ID、エッジ ID と呼ぶ (これらの総称をエンティティ ID と呼ぶ)。ここで、ユーザが使用しているソリッドモデリングカーネルの違いなどの環境に依存しない ID 決定方法とするために、モデルの以下の幾何学的な情報に注目した (図 3)。これらは通常の 3D-CAD (カーネル) では等しく有する標準的機能である。

- (1) 要素のバウンディングボックス (要素が存在する絶対座標系に平行な領域の範囲)。これにより面と稜線を囲む座標を算出する。
- (2) 稜線に隣接する面。これにより稜線を特定する。

Fig. 3 Bounding box and normal vector

(3) 面の法線ベクトル. これにより同一のバウンディングボックスをもつ面を特定する.

以上の情報を用いてソリッド, フェイス, エッジの順番に 1 から CAD モデル要素に ID 番号を付与する. ソリッド ID は, ボディ ID により特定できる. 一方, フェイス ID は, バウンディングボックスにより昇順に並べかえる. 具体的には, 図 3(a) に示すようなソリッドが作成された場合, つまり, 複数の面が同時に生成された場合には, 各面に対して定義できるバウンディングボックスを求め, その頂点の座標値について, x, y, z 座標順の優先順番で大小関係を比較して並びかえる. 例えば, 図中の面 A と面 B の場合には, 面 A の最小 x 座標値 x_0 と面 B の最小 x 座標値 x_1 を比較して, 座標値の小さい面 A, 面 B の順番に並べ, 座標値が同一の場合は y 座標で順番を決める. この手順によりすべての面を昇順に並べることでフェイス ID を決定する. 同一のバウンディングボックスをもつ面が存在する場合には, 図 3(b) に示すように面の法線ベクトルを用いて特定する. エッジ ID は, 稜線ごとに隣接する面に番号をふり, 番号の昇順に並び替え, 同じ隣接面で構成される稜線が存在する場合には, バウンディングボックスを用いて特定する.

4. 属性情報の管理

概念設計段階で検討された属性情報がソリッドモデルの各要素に付与される際に, それらの情報間で矛盾が生じていないかを設計者が確認しながら設計作業を行えることが設計作業の効率化につながると考えられる. また, 概念設計段階では, 非常に単純な線 (エッジ) や面 (フェイス) の状態であっても, サブアセンブリや部品を表している場合がある. 例えば, 概念設計段階で一本の線が一つの軸を表しており, その一本の線に軸として持つべき属性情報 (材質や加工法など, ソリッドあるいはフェイスとしての属性情報) が設定されている場合には, これらの属性情報が設計の下流段階である詳細設計段階でも有効に利用されることが求められる⁽³⁾⁽⁴⁾. モデルに付与した属性情報は,

ソリッドモデリングブラウザにより異なる 3D-CAD 間でも共有されるが, そのうえでモデルに関して各種の編集が行われてもその属性情報が正確に継承されることが必要である. そこで, これらの要件を満たした属性情報の管理方法について述べる.

4・1 属性情報同士の関連性

4・1・1 密接な特性的関係にある属性情報

材質と表面粗さ, 硬度, 加工法, 熱処理, 表面処理や, 表面粗さと加工法, 表面処理, そして, 公差とはめあいのように属性情報間に密接な特性的関係の場合がある⁽³⁾. このような属性情報間については, 片方の属性が変更された場合はもう一方の属性を削除するか, 保持するかをユーザが選択できるようにする. 例えば, ユーザ A がモデルの材質と加工法の属性情報を入力したが, 設計過程が進み, ユーザ A が初期に入力した材質を変更した場合には, 材質と特性的関係がある加工法の属性情報を削除するのかどうかを選択できる.

4・1・2 要素間の幾何関係に対する属性情報

平行度, 同軸度, 同心度, 直角度, 傾斜度などの属性情報は, 要素間の幾何関係に対する情報であるため, 二つ以上の要素に付与されて始めて意味をなす情報である. このような属性情報については, 情報のどれか一つが変更されると, 関連する属性情報の存在をユーザに提示し, それでも変更するかをユーザが選択する.

4・2 属性情報の継承

4・2・1 要素の形態が変化した場合の属性情報の継承

概念設計段階でモデルが具現化される過程では, 線 (エッジ) が面 (フェイス) に, フェイスがソリッドなどに変化することがある⁽⁴⁾. 例えば, 最初は線で表現されていた要素を円筒などに具現化していく場合の属性の継承について考察する. この場合, 線を直接編集して円筒を作成することはまれで, 新たな円筒を作成すると考えられる. そこで, 属性抽出機能を開発した. これにより, 選択した要素に付与されている属性を全て抽出し, 新たに選択した要素に属性を継承する. この際, ソリッドは材質, フェイスは表面粗さ, エッジは公差やはめあいなどと, 属性ごとに継承する要素を判断しながら継承できるようにする.

4・2・2 要素のマージに伴う属性情報の継承

異なる属性情報を持つ要素同士をユナイト (結合), インターセクト (交差) といったマージ (併合) を実行する場合, 先に選択した要素に付与されている情報を保持し, もう一方の情報は削除する. この際, 保持される情報, 削除される情報をユーザに表示し確認を促す. これによって, ユーザが残したい属性を確認しながら作業を進めることとする.

Fig. 4 Attribute information addition

5. システムの実装および実行例

5・1 システムの実装 図1に示したソリッドモデリングブラウザをMicrosoft社のWindows環境に実装した。代表的な市販カーネルとしてSpatial社のACISとUGS社のParasolidを用い、これらのカーネルに対応した3Dモデリングツールとして、ACIS HOOPS App WizardとP/S Workshopをそれぞれ用いた。本報では、異種3D-CADの相互運用性に関する基本的考えを確認するために、現在、多くの3D-CADが使用されるWindows環境で実装したが、CORBA準拠による分散処理技術を用いることにより、将来的にOS環境の違いも吸収するシステムへ拡張できる可能性を有する。直方体や円筒等のモデル作成、回転や平行移動等のモデル操作、ユナイต์やインターセクト等のモデルブーリアン演算という基本的なモデリングに必要な機能は、これらのツールによりそれぞれのカーネルのライブラリを用いて、すべてソリッドモデリングブラウザに実装した。

ユーザがブラウザのモデリング機能を用いて生成したローカルモデルは、その操作の履歴からなるコマンドメッセージとしてCORBAオブジェクトにより送信され、他ユーザはリモートモデルとしてそのモデルを共有する。逆に、ユーザが他の3D-CADからコマンドメッセージを受け取ると、それを読み込み、リモートモデルを作成することによりモデルを共有する。

5・2 実行例

5・2・1 属性情報付与 シャフトホルダを例題として、その詳細設計といえる段階での3D-CADモデ

リングと属性情報付与の実行例を示す。ユーザがシャフトホルダをモデリングし(図4(a))、属性情報として、材質をSS400、表面粗さを6.3Sと入力した(図4(b))。その結果、表面粗さと密接な関係にあるとした材質が既に付与されているため、材質を削除するかそのまま付与しておくかをユーザに選択させる画面が表示された(図4(c))。材質の属性情報を保持した結果、図4(d)のように属性情報が確認できた。これにより、設計者は3D-CADに与えた属性情報間に矛盾がないかどうかを確認しながらモデリングを行うことが可能となる。

5・2・2 属性情報の抽出・継承 シャフトのモデリングを例題として、概念設計段階から詳細化に至る過程など、設計進展過程における属性情報の抽出と継承の機能としての実行例を示す。はじめに、概念設計段階で設計者がシャフトを線(エッジ)1本で表現したとする(図5(a))。つぎに、シャフトに必要な属性情報として材質(SUJ2)、加工法(円筒研削)を考えた場合には、これらの情報を線に付与した(図5(b))。なお、表面粗さは設定の必要性のない場合を想定し、入力せずに空白にした。

さらに、線で表現していたシャフトを円筒で具現化し(図5(c))、線から抽出した属性情報を円筒に継承した(図5(d))。属性情報の継承の際には、それぞれの属性情報ごとに継承される要素の形態(ソリッド、フェイス、エッジ)が、システムにより正しく指定される。例えば、加工法の情報は、フェイスには継承されるが、ソリッドには継承されない。図5(e)に示すように、線で表現されたシャフトに付与した属性情報が円筒のシャフトに継承されていることが確認された。

Fig. 5 Extraction and inheritance of attribute information

Fig. 6 Local models by designer A (ACIS)

Fig. 7 Local models by designer B (Parasolid)

Fig. 8 Sent/received model and attribute information

あいクラッチの部品類（滑り輪，カラー，ボルト）のモデリングを担当し（図 7），協調しながら設計を行うこととする。ここでの協調設計は，システムの説明のための仮想的なものであり，実際の設計を前提としたものではない。

まず，2 人の設計者がお互いに担当する部品のモデリングを行うとともに，3D-CAD モデルに属性情報を付加した。図 8 (a) に設計者 A が組み合わせた部品とその属性情報を示す。設計者 B がコマンドメッセージを受信すると，図 8 (b) に示すように，設計者 A のモデリング結果をリモートモデルとして受信し，属性情

5・2・3 異種 3D-CAD の相互運用 異なる 3D-CAD カーネルを使用している 2 人の設計者（設計者 A，設計者 B）が異なる場所で協調しながら，かみあいクラッチをモデリングするという例題に本システムを適用した。ここで，設計者 A（ACIS カーネル側）はかみあいクラッチの駆動側，従動側を担当し（図 6），設計者 B（Parasolid カーネル側）はシャフトとかみ

Fig. 9 Global model by designers A and B

Fig. 10 Modification model by designer A (ACIS)

Fig. 11 Updated model by designer B (Parasolid)

報を確認できた。つぎに、お互いのコマンドメッセージを送受信した結果、2人の設計者のモデリング結果が組み合わさったかみあいクラッチの全体モデルをグローバルモデルとして確認できた(図9)。

さらに、受信したモデルに対して追加編集を行った。ここでは、多部門が共通して関わる部品は、多部門の担当者がさまざまな観点から検討する必要があるため、主担当でない設計者もモデルを編集する場合を想定した。設計者Bがモデリングしたシャフトを設計者Aが変更した結果を図10に示す。設計者Aの変更結果を設計者Bが受信すると、図11のように結果を確認できる。以上のように、異なる3D-CADカーネルを用いた複数の設計者が3D-CADモデルを共有し、協調しながら設計を行えることが可能となった。

6. 結 言

本研究では、ネットワーク分散環境下で異なる種類の3D-CAD間においても相互運用が可能なソリッドモデリングブラウザのプロトタイプシステムの開発を行った。本システムでは、CORBAを用いて分散処理を行い、コマンドメッセージと呼ぶ独自の中間ファイルを提案することにより、異種3D-CAD(カーネル)モデルのデータの交換を可能とした。さらに、3D-CADモデルに付与した属性情報の管理の一方法を提案し、

例えば概念設計段階で付与した属性情報を詳細設計段階へ継承することを可能とした。また、異なる市販カーネルを用いてシステムを実装し、適用事例を通じて、異部門間の協調設計支援システムとしての可能性を示した。

今後の課題として、モデルの編集や共有の連鎖によるモデル管理の複雑化に対応し、モデルの編集権限やコマンドメッセージの編集履歴を管理する方法を検討する。また、モデル編集を行ったという情報を関連する他の担当者に伝える仕組みを検討することにより、よりリアルタイムに相互運用が可能なシステムに拡張する必要がある。さらに、提案したシステムの3D-CAD各社GUIへの実装方法についても検討していく。

文 献

- (1) Kodera, T., Technical Issues of 3D CAD Data Exchange, *Journal of Japan Society for Design Engineering*, Vol. 39, No. 6 (2004), pp. 289-294.
- (2) Ishikawa, H., Yuki, H., and Miyazaki, S., Design Information Modeling in 3-D CAD System for Concurrent Engineering and its Application to Evaluation of Assemblability/Disassemblability in Conceptual Design, *Concurrent Engineering: Research and Applications*, Vol. 8, No. 1 (2000), pp. 24-31.
- (3) Takeuchi, K., Tsumaya, A., Wakamatsu, H., and Arai, E., Integrated Model for Computer Aided Design Process with Design Information and Intention (1st Report, Basic Architecture of Integrated Model), *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol. 71, No. 710 (2005), pp. 241-248.
- (4) Takeuchi, K., Tsumaya, A., Wakamatsu, H., and Arai, E., Integrated Model for Computer Aided Design Process with Design Information and Intention (2nd Report, Computer Aided Break-Down Design Process), *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol. 71, No. 710 (2005), pp. 249-256.
- (5) Gofuku, A., Sugino, T., and Ito, K., A CAD Relating Design Intention with Figures, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol. 71, No. 701 (2005), pp. 335-342.
- (6) Toyota Caelum, Inc. "Caelum XXen". Products Lineup. (online), available from <<http://www.caelum.co.jp/en/product/index.php>>, (accessed 2008-5-30).
- (7) Ishikawa, H., Nahm, Y.-E., and Wu, D., Solid Modeling Process and Collaborative Design Support on Networked Design Environment, *Proceedings of the 19th Design Symposium*, No. 01-13 (2001-7), pp. 25-28.
- (8) Ishikawa, H. and Nahm, Y.-E., Network-Centric Solid Modeling Process with both Geometric and Non-Geometric Information Sharing Capability, *Proceedings of the 11th Design & Systems Conference*, No. 01-35 (2001-11), pp. 5-8.
- (9) Nakamura, M., Nakajima, K., and Konishi, O., The Workflow Approach for Distributed CAD Environment, *Technical Report of the Institute of Electronics Information and Communication Engineers*, (2001), pp. 25-32.