鑄造部品開発におけるデジタルエンジニアリング

Digital engineering in development of casting parts

村田 雅史*

Masafumi MURATA*

1. はじめに

企業の競争力のひとつに市場のニーズの変化に迅速に対応できる製品開発力をあげることができる。これをものづくりの場で捉えたと製品の設計から製作にいたる工程をスムーズに進めることができ、かつ設計変更や日程変更に対応できるシステムを持つことである。しかし、現実には設計の繰返しなどのロスを生じている。

このロスを抑えるためにたとえばコンピュータシミュレーションにより設計段階で不具合の発生を予測し対策を施すことで、実際の試作の回数を減らす取組みが行われている。さらに最近では三次元 CAD（コンピュータ支援設計：Computer Aided Design）の普及により、製品開発全般にわたり情報技術を利用した効率化が行われるようになってきている。たとえば製品開発期間を 50% 以上短縮した事例がある^{1),2)}。このような取組みをデジタルエンジニアリングと呼び、その範囲は事例により異なるが、取組む目的は下記のことにある。

1) 情報技術の活用により可能な限りタスク（処理）を仮想化、自動化し開発期間を短縮する。

2) それにより生じる時間を人はより知的な業務に充てることで開発のレベルアップを目指す。

今回解説するデジタルエンジニアリングの全体像を模式的に図 1 に示した。大きく 2 つの領域がある。三次元 CAD モデルを中心とする設計段階のゾーンと現物を中心とするゾーンである。この 2 つについて概要を説明する。

まず、最初の設計段階のゾーンであるが、ここでは三次元 CAD モデルを利用し、CAE（コンピュータ支援エンジニアリング：Computer Aided Engineering）や、ラピッドプロトタイプング＝RP（迅速試作：Rapid Prototyping）により設計品質を向上させ、また CAM（コンピュータ支援製造：Computer Aided Manufacturing）機能や CAT（コンピュータ支援検査：Computer Aided Testing）機能により型製作や製品検査に用いるデータを作成する。これらの業務が利用する三次元 CAD モデルやデータは共有化されているため、設計の変更にも柔軟に対処できることが特徴である。このように製品開発の各業務を共同で実行することをコンカレントエンジニアリング（CE: Concurrent Engineering）やサイマルテニアスエンジニアリング（SE: Simultaneous Engineering）と呼ぶ。

一方、製作段階のゾーンでは設計段階で出力したデータにより型加工や形状検査を行う。また、デジタイザや X 線 CT（X-Ray Computed Tomography）スキャナにより現物の形状をデジタル化しこれを設計の三次元 CAD モデルと比較する

図1 デジタルエンジニアリングの全体像

* ダイハツ工業株式会社 第一生産技術部 鑄造生技室（〒520-2593 滋賀県蒲生郡竜王町大字山之上 2910）。Daihatsu Motor Co., Ltd. Foundry & Machine Engineering Div. Foundry Engineering Dept. (2910 Yamanoue, Ryuo-cho, Gamo-gun, SHIGA 520-2593).
E-mail: Masafumi_Murata@mail.daihatsu.co.jp
受理日：平成 16 年 4 月 1 日

こともできる。さらにはこの現物のデジタルデータをマスターモデルとして利用することもできる。この現物を出発点とする流れをリバースエンジニアリング (RE) と呼んでいる。

以上デジタルエンジニアリングについて大きく分けた2つのゾーンについて主に鋳造部品の開発を例として第2章と第3章に分けて述べることにする。

2. 三次元 CAD によるデジタルエンジニアリング

2.1 三次元 CAD

2.1.1 ソリッドモデル

デジタルエンジニアリングにおいて従来の設計図面にあたるものが三次元 CAD モデルである。三次元 CAD モデルの形状表現方法にはワイヤーフレームモデル、サーフェスモデルおよびソリッドモデルがある。ワイヤーフレームモデルは三次元形状を線で表現し、サーフェスモデルは面で表現している。そしてソリッドモデルは面で形状を表現し、かつ面のどちら側に物体があるかの情報を持ち、あいまいな部分 (数学的に矛盾しない形状) がないのが特徴である。つまり、ソリッドモデルは鋳造品のように中身が詰まったモデルである。また、形状にあいまいさが不存在ため次のような長短所がある。

1) 長所: シミュレーションモデルへの変換や、モデル同士の干渉評価など製品開発における用途が広い。

2) 短所: あいまいさが存在しないモデリングをしようとするれば、複雑な形状を入力できない場合がある。

この長所を活かした技術がデジタルエンジニアリングには多い。一方、その短所を解決する答えは次章で述べる X 線 CT スキャナなどによるリバースエンジニアリングがひとつの解である。

2.1.2 三次元 CAD モデルの種類

複数の部品により構成される製品の場合各部品についてモデルを作成していく。またひとつの鋳造部品を捉えた場合も部品としての完成品である製品モデル、機械加工前の鋳造モデルおよび型モデルなどいくつかの派生モデルが存在する (表 1)。

これらのモデルに加え仕様書など文書も含めて形状や寸法などのデータを相互に関連付けることができる。このモデルや文書群を一元管理するシステムを PDM (Product Data Management) と呼ぶ。これはあるモデルや文書を変更した場合、他のモデルや文書の関連する形状や寸法が自動的に変更されるということである。しかも設計や生産技術など各部署が離れている場合でも LAN (構内通信網: Local Area Network) 経由で随時それぞれのモデルや文書を確認することができる。したがって、ある部署が不都合を見つけたらただちに設計変更の見直しを要求することが可能である。ただし、そのような変更は関連するモデルにおいて矛盾しないようにあらかじめモデルを作成しておく必要がある。このような矛盾を起こさないためにそれらのモデリングに関わる担当者が密に情報を交換する必要がある。また、三次元 CAD ソフトウェアの販売者とコンサルティング契約を締結し、三次元 CAD モデリングに習熟した技術者の指導を受けるのも選択肢のひとつである。図 2 はアルミニウムダイカスト部品

表 1 ひとつの部品開発で作成する三次元 CAD モデルの例

種 類	モデルの内容
基本モデル	機能評価に必要な最小限の形状
型 モ デ ル	鋳型の形状
鋳造モデル	抜き勾配, 角 R を含む鋳造後の形状
製品モデル	鋳造材を機械加工した形状

図 2 三次元 CAD モデルの例

表 2 三次元 CAD 用コンピュータ仕様例 (2003 年)

項 目	仕 様
OS (オペレーティングシステム)	Windows 2000
CPU	Xeon 2.8 GHz 2 個
メモ リ	2 GB
グラフィックボード	描画能力 (三角形の表示能力) 6000 万トライアングル/秒

(ミッションケース) の金型と鋳造品の三次元 CAD モデルのイメージである。

2.1.3 三次元 CAD システムの導入事例

本節では自動車エンジンの鋳造部品の生産準備を担当している筆者の所属部門における三次元 CAD モデル作成のためのシステムの導入事例を紹介する。

この三次元 CAD システムはコンピュータと三次元 CAD ソフトウェアからなる。まずコンピュータはモデル化する製品の規模や複雑さにより最適な CPU, メモリ, グラフィックボードの搭載数量や処理能力が異なる。例として 2003 年度

に表2のような仕様のコンピュータを導入している。CPUを2個搭載しているのは、シミュレーションを実行させながら、報告書を作成するなどの並行作業を行いやすくするためである。なお、コンピュータは頻繁にモデルチェンジが行われるため3年間など定期的に更新できるリース契約による導入が選択肢のひとつである。

次に三次元CADソフトウェアの導入後のモデル作成方法修得について述べる。これはまずソフトウェア販売者による講習を受講しソフトウェアの操作方法を学んだ後、簡単な部品のモデル作成を経験しながら徐々に技能を向上させている。ひとつの製品のモデル作成ができるようになるには約1年を要するが、鋳造品として製造可能な適切な抜き勾配や伸び尺を織込んだモデルを作成できるようになるには、さらに2~3年間の経験が必要である。

2.1.4 三次元CADシステムの運用

三次元CADシステムのコンピュータやソフトウェアの故障修理や操作についての質問をしたり、あるいはバージョンアップを受けるにはメーカーやソフトウェア販売者と保守契約を結ぶ必要がある。年間保守契約料は購入価格の10数%である。特にソフトウェアの場合はバージョンアップを行わないと、たとえば取引先のデータのバージョンが上の場合、互換性がない場合があるので注意が必要である。

一方、三次元CADモデルのデータは前述の保守契約によって補償されないので独自に対策しておく必要がある。もし故意や過失によりデータを失えば最悪の場合企業活動が停止に至る。このようなことを避けるためにはデータのバックアップが有効である。バックアップの方法にはDATやAITなどテープメディアによる方法や、本サーバのデータをコピーする第2のサーバを設置する方法などがある。

2.2 コンピュータシミュレーション (CAE)

製品開発期間を遅延させる大きな要因のひとつが機能や品質上の不具合である。これを設計段階で見つけ出し、対策するにはコンピュータシミュレーションの利用が有効である。いわゆるCAEである。たとえば、鋳造の分野では凝固解析や湯流れ解析を企業が利用し成果を上げている³⁾。また最近では最適化手法との組合せで複数の設計変数の組合せから最良の条件を見つけ出す方法も行われている⁴⁾。CAO (コンピュータ支援最適化: Computer Aided Optimization) と呼ぶ手法である。

以前はこのコンピュータシミュレーションのモデルを単独で作成していたが、三次元CADモデルを利用することで効率的に作成できるようになった。実際にはシミュレーションソフトウェアの自動メッシュ分割機能を利用するのであるが、その機能はSTL (Standard Triangulation Language) 形式のモデルに対応している場合が多い。STL形式は図3のようにモデルの表面を大小の三角形で覆うことで近似した三次元モデルの表現方法である。

2.2.1 鋳造シミュレーション事例

図4はミッションケース (アルミニウム合金ダイカスト品) の湯流れ解析の例である。矢印の部分に空気を多く巻込んだ溶湯が集まることがわかったため、オーバーフローを設け、空気を多く巻込んだ溶湯を逃がすようにした。

図3 三次元CADモデルのSTLの変換

図4 湯流れシミュレーションの例

2.3 ラピッドプロトタイピング

三次元CADでもコンピュータの画面上でモデルの確認は可能であるが、実体化すればより直感的に問題点を検出できる効果がある。ラピッドプロトタイピングは三次元CADモデルから短時間で同じ形状の実体を制作する方法である。その代表的な方式の光造型の制作工程を図5に示しラピッドプロトタイピングの原理を説明する。まず、三次元CADモデルからスライスデータ (断面形状) を十分な狭い間隔で読み取る。そのスライスデータにより実体のスライスを作成する。これは光硬化性樹脂にレーザ光線をスライスデータに倣って照射することで実現している。このスライスの作成を最下層から最上層まで硬化物を載せたテーブルをスライスごとに降下させながら行くと実体モデルが完成する。他にラピッドプロトタイピングの材料とスライス作成方法には粉末を焼結する方法^{5), 6)} やシートを切断する方法⁷⁾ などがある。図6はヘッドシリンダの光造型モデルである。

図5 ラピッドプロトタイピングの原理

図6 光造型モデル

図7 NC加工シミュレーション

2.4 三次元モデルからのCAMデータ作成

従来二次元の製品図から型図面を設計し、これに基づいて型加工データを作成していたが、これでは開発期間の短縮に処できない。さらに、製品形状が複雑になればこれを三次元化し適切な型割りを間違いなく設計するのはますます困難になる。

しかし、デジタルエンジニアリングでは型モデルも同時に作成している。しかも三次元CADソフトウェアの機能により型の割面や抜き勾配の検証も可能である。そしてその型モデルを基にNC加工をシミュレートし適切な加工データを出力することができる。こうすれば、迅速に型加工に移行できるだけでなく、設計変更にも柔軟に対応できる。

図7はNC加工シミュレーションのイメージである。

2.5 三次元形状検査プログラムの作成

実際に製品を製作するとその形状がモデル通りにできているかを検査することになる。三次元形状の場合、主に三次元

座標測定器（CMM: Coordinate Measuring Machine）により測定する。三次元座標測定器はプローブと呼ぶ測定端子を物体に接触させることで、その点の三次元的位置を測定する装置である。物体の形状が複雑になると測定点数が増加し、また量産製品の場合、今後同じ測定を繰り返すことになるため、自動的に測定を行うプログラムを組んでおくことになる。そのプログラムは、プローブが移動中に製品に干渉してはならないし、誤差評価のために測定点の正の座標値を記憶させておく必要がある。従来は二次元図面を読み取ったり、現物を測定しながらその軌跡をプログラムとして記録させるなどしていた。しかし、デジタルエンジニアリングでは基本的に設計を三次元化するためそれに対応できるプログラム作成方法が必要になってくる。

この三次元座標測定プログラムを三次元CADモデル上で作成できるのがオフラインティーチングソフトウェアである。これは三次元モデルをコンピュータの仮想空間内で実際の測定時のように配置し、測定点とプローブの通過経路を入力する。もしプローブと製品が干渉すればソフトウェアが警告するので回避を指示する。測定点と干渉のないプローブ経路ができればプログラムをフロッピーディスクやLAN経由などで三次元座標測定器に転送し測定を実行する。

一般的にオフラインティーチングソフトウェアは三次元座標測定プログラムをその国際標準規格であるDMIS (Dimensional Measuring Interface Standard) で作成する。したがって三次元座標測定器がDMIS対応ならオフライン

図8 三次元測定オフラインティーチング

ティーチングソフトの利用が可能である。また三次元測定器固有のプログラムに対応するソフトウェアもある。ただし、三次元測定器ごとに DMIS フォーマットの細かな仕様の相違があることがあり、その解決が必要になる場合がある。

図8はミッションケースのオフラインティーチングにおけるプローブ動作シミュレーションのイメージである。

3. 現物によるデジタルエンジニアリング

前章では三次元 CAD モデルを中核として設計や生産準備業務を効率化することを述べたが、あらゆる形状を簡単に三次元 CAD モデルに入力できるわけではない。特に微妙な形状が目的機能に影響する部品には三次元 CAD のみによるデジタルエンジニアリングは活用できなくなる。

このような部品をデジタルエンジニアリングを利用して開発するには、現物モデルの形状をデジタルデータ化することが必要になる。しかし複雑な形状は、限られた点を測定するだけでは十分な精度で形状を表現できない。このような場合、非接触式の三次元デジタイザ（座標読み取り機）を利用すれば写真機のように一度に形状データを収集することができる。収集するデータは形状を表現できる程度の緻密な点群であり、各点が三次元位置情報を持つ。また後述する X 線 CT スキャナを利用すれば製品を破壊することなく、内部も含めた製品形状を点群データとして取得することが可能である。

こうすれば従来はプロトタイプで終わっていた複雑な形状も繰返し再現可能な技術として三次元 CAD モデルに織込むことが可能になる⁸⁾。このような製品開発の流れをリバースエンジニアリングと呼ぶ。本節では現物から三次元デジタイ

図9 三次元デジタイザ撮影風景

図10 撮影データ

ザや X 線 CT スキャナを利用し三次元形状をデジタルデータ化しこれを利用する技術の概要と事例を述べていくことにする。

3.1 三次元デジタイザ

三次元デジタイザには接触式と非接触式があるが、ここでは短時間で複雑な形状を取込む目的から非接触式について述べることにする。測定原理はレーザ光線を照射しその反射光から三角測量の原理により位置を求める光学式や規則的な縞模様の光を曲面に当てると生じるモアレ縞により評価するモアレ法などがある⁹⁾。一般的に測定精度は1回の測定範囲が狭いほど高くなる。測定範囲が狭い場合は複数回撮影しそれらを貼合せて全体の形状を作る。この操作は機器に付属のソフトウェアで可能な場合が多い。また、取込む点群は大容量のデータになるのでこれを扱うコンピュータは高性能なものが必要である。

図9はシリンダヘッドのポート中子金型の撮影風景である。ポート中子とはエンジンのヘッドシリンダ部の吸気または排気経路を形づくるための鋳型の一種であり、金型に砂を充てんし焼結させることで造型している。この事例に取上げた金型では吸気ポートと排気ポートの同一形状が各1組並んでおり、それらの同一性を評価することが撮影の目的である。撮影では金型の反射むらを防止するために白色の粉末を評価面に塗布した。なお、この粉末は撮影後にエアブローにより除去することができる。撮影は数秒間で終わるが、一方向の場合、陰になり撮影できない面ができるため複数の方向から撮影し、ソフトウェア上でそれらのデータを貼合せた。

撮影すると図10のような点群データを得ることができる。なお、この点群データは各近傍の点同士を結び三角形を張る

図 11 形状誤差評価結果

表 3 産業用 X 線 CT スキャナの仕様例

項 目	仕 様
撮 影 方 式	トランスレート／ローテート方式
X 線管電圧	450kV
撮 影 視 野	直径 600 mm/300 mm 2 モード
画像解像度	512×512/1012×1012 2 モード
画素データ	符号付き 14 ビット
透 過 能 力	アルミニウム合金 300 mm

ことでコンピュータ画面上に滑らかな面として表示できている。このように近傍の点同士を結び多角形を張ることをポリゴン化と呼んでいる。この図 10 には同じ形状が左右に並んでおり点群評価ソフトウェア上で片方の形状を基準としもう一方の形状を重ね合せ、2つの形状の距離差を評価した結果が図 11 である。図 11 では距離差 0.1 mm 以上の領域を色分け表示している。

3.2 X 線 CT スキャナ

3.2.1 X 線 CT スキャナの構造と管理

X 線 CT スキャナは複数の方向から X 線を照射して得た X 線吸収量データから断面画像を得る装置である。産業用 X 線 CT スキャナの一例（仕様を表 3 に示す）をもとに構造を説明する。図 12 は撮影テーブルを上部から見た X 線 CT スキャナの構造であり、図 13 は実際の X 線 CT スキャナの撮影テーブルを前方から見た写真である。この方式はトランスレート／ローテート方式（TR）といい、試料テーブルが X 線発生装置と X 線吸収量検出器の間を往復する。往復の折り返し位置ではテーブルが回転し 180° の間の多方向からの X 線吸収量データを検出器で得られるようにしている。そして収集した X 線吸収量データをコンピュータ内で断面上の分布に再構成し、画像化している。撮影時間は 1 断面あたり約 60 秒である。ただし撮影時間については X 線 CT スキャナ

図 12 X 線 CT スキャナの撮影方式（TR 方式）

図 13 産業用 X 線 CT スキャナの内部

の撮影方式、撮影モード（データ収集量や画像解像度など）やコンピュータ処理能力により変化する。

ところで X 線は試料の密度に比例して吸収量が増えるため大型製品や鉄など高密度の製品を扱う場合は X 線出力の高い装置が必要になる。たとえば X 線出力 450 kV の装置でアルミニウム合金の試料を撮影する場合、鮮明な画像を得られる肉厚は 300 mm 程度までである。なお、X 線管出力が 1000 kV 未満の場合 X 線作業主任者を選任し、それを超える場合放射線取扱主任者の設置が法律により義務付けられている。事例の装置の場合は 450 kV であるので、X 線作業主任者を選任している。

なお X 線 CT 撮影装置全体は金属製の部屋に収められており、規定以上の放射線が漏洩しないような対策が施されている（図 14）。

さらに、作業者の放射線被曝状況を管理するため以下のことを実施している。

- 1) 作業者は被曝量の記録のためフィルムバッジを携帯する。
 - 2) 装置周辺の放射線の量を定期的に測定し記録している。
 - 3) 作業者は特殊健康診断を定期的に受診している。
- 以上のことは電離放射線障害防止規則（電離則）にもとづいている。

図 14 産業用 X 線 CT スキャナの外観

黒丸:空気部の画素 白丸:材質部の画素 白三角:境界部

図 15 画像からの試料形状抽出の模式図

3.2.2 X 線 CT 画像の用途

これまで産業用 X 線 CT スキャナは内部欠陥検査用に開発されてきた。しかし、X 線 CT 画像は断層の密度情報であり、これを積み重ねれば三次元形状を構成することができる。ちょうど 2.3 節で解説したラピッドプロトタイピングがスライスを積み重ねて三次元の実体モデルを制作したのと似ている。このため実体モデルから三次元形状を取込みシミュレーション¹⁰⁾やラピッドプロトタイピングによる複製モデルの作製¹¹⁾を行う事例を最近見ることができるようになった。そして撮影速度の速いリバースエンジニアリング用途の X 線 CT スキャナの開発も行われるようになった¹²⁾。

次項では三次元形状を構成する方法を解説し、さらにトランスミッションケースの三次元形状検査の事例を紹介する。

3.2.3 X 線 CT 画像からの三次元モデルの構成方法

ここでは X 線 CT 画像を積み重ね、物体の三次元モデルを構成する例を述べる。

まず 1 枚の断層画像に注目するとそこに分布するピクセル (Pixel, 画素) の値は撮影面の密度分布に対応している。

適切な閾値を指定すれば試料形状の輪郭を点として抽出することができる。例として円筒形の試料を 8×8 ピクセルの解像度で撮影する場合を考える。この場合 64 個のピクセルはある閾値を境に空間部 (図 15 中黒丸) と材質部 (図 15 中白丸) に分けることができる。ここで材質部のピクセルを結び正方形の集合として試料の断面形状を表現できるようになる。この場合解像度を高くすると、より実際の形状に近づけることができる。さらに右図のように境界部のピクセル間でそれ

図 16 マーチンキューブ法のパターン

らの値から線形補間でちょうど閾値にあたる位置を求め (図 15 の右図三角マーク)、それらを利用して境界部の形状を埋めていくと、さらに実際の形状に近づけることができる。

次に断層画像を撮影面と垂直な方向に積み重ねていく場合を考える。この場合前述のピクセルが縦方向にも並ぶことになる。そして近傍の 8 つのピクセルを頂点とする直方体の領域を考えることにしこれをセルと呼ぶことにする。このセルの場合もピクセル位置の値から二次元の場合のように線形補間を利用して閾値にあたる位置を求めれば試料の三次元形状を点群として構成できる。

さらに隣接する点群を三角形でつなげばポリゴンデータにすることができる。三角形の張り方は、1 つのセルで見た場合閾値の分布パターンは対称なものをひとつとした場合図 16 に示す 15 のパターンのいずれかになるので、それぞれの例に倣って三角形を張ればよい。これをマーチンキューブ法と呼ぶ¹³⁾。

3.2.4 形状評価事例

トランスミッションケースの形状評価事例を紹介する。

撮影した断層画像は直径 300 mm の視野を横 512 画素、縦 512 画素の正方形画像に再構成したものであり、これを断層と垂直な方向に 1 mm 間隔で 200 枚撮影している。したがってひとつのセルは X 軸、Y 軸は 0.586 mm 間隔、Z 軸は 1 mm 間隔となる。輪郭の閾値を 0 としてポリゴンデータを作成した (図 17)。

図 17 ポリゴンモデル

図 18 形状誤差評価結果

図 19 肉厚評価事例

正規のモデルである三次元 CAD モデルとポリゴンデータを点群処理ソフトウェアに取込み両者の位置関係を合せた。具体的には次の 6 点で合せた。平面を決定する 3 つの基準点と軸を決定する 2 つの基準点と原点を決定する 1 つの基準点である。位置合せ方法は他にも両者の誤差が平均的に最小になる配置を自動的に求めるベストフィットなどがある。図 18 が誤差評価算結果である。なおいくつかの事例の評価結果について接触式の三次元座標測定器の結果と比較したところ概ね ± 0.1 以内の差であった。

3.2.5 肉厚検査事例

X 線 CT 画像により撮影され構成した三次元モデルから肉厚を評価することもできる。図 19 はミッションケースの事例である。矢印で示した箇所が基準に対し薄い肉と判定された。図に切断画像を加えたが、実際に肉薄であることがわかる。従来はこのような深い場所は製品を切断し、測定していたが、時間がかかりまたすべての肉厚を評価することは困難であったし、また不慣れた検査担当者では見逃す可能性もあった。しかし、このように自動化できれば、評価時間の短

縮だけでなく、判定基準を適切に設定することで人による検出能力の差を押さえ込むことができる。

3.2.6 シミュレーションモデルへの利用事例

図 20 は三次元 CAD モデルがない旧式のシリンダヘッドについて、X 線 CT スキャナによる三次元モデルを利用してシミュレーション（凝固解析）を行った事例である。図の左が鋳造品、中が STL モデルそして右が凝固時間分布である。この場合三次元 CAD によりモデルを作成すると最短でも 1 週間必要であった。しかし、X 線 CT スキャナを利用することで 2 日間のうちにシミュレーション結果を出力することができた。

3.2.7 X 線 CT スキャナによるポリゴンモデル利用の注意点

現物のデジタルデータの利用において最も困るのがデータの容量が大きいため処理に時間がかかることである。ミッションケースではモデル全体の三角形は 293 万枚に達する。同じ部品を三次元 CAD モデルから STL 変換したものが 29 万 3 千枚であるから 10 倍である。三次元 CAD の場合は形状

8

図 20 シミュレーション事例

の複雑さに応じてソフトウェアが三角形の大きさを調整するからである。筆者の部門においても、事例に取上げたミッションケースの処理があまりにも遅いためコンピュータのメモリを 1GB から 2GB に増やしている。したがって、このような膨大な点群データを処理するシステムを導入する際には実際に扱う部品や試料による事前検証が必要である。

4. おわりに

デジタルエンジニアリングについて鑄造部品開発の事例をまじえてその内容を大まかに紹介した。ひとつは三次元 CAD モデルを中核として業務の効率化を目指す流れであり、もうひとつはこれとは逆の現物をもとに設計を構築あるいは修正するリバースエンジニアリングである。現在のデジタルエンジニアリングの主流は三次元 CAD を中心とした流れである。しかし、市場のニーズに応えようとすれば様々な形状を扱う必要があり、まだ完全ではない三次元 CAD の形状表現能力を補完する技術が必要になる。それにふさわしいのがリバースエンジニアリング技術である。ただ、非接触デジタイザや X 線 CT スキャナといった設備は高価であり、また膨大なデータをストレスなく処理するには上級のコンピュータが必要である。したがってリバースエンジニアリングはまだ普及レベルとはいえない。このため、現在のデジタルエンジニア

リングは、技術の不完全さ、コストや処理能力に課題があり、製品開発のすべてに適用できるには至っていない。しかしながらシステムの枠組みはできていることから、あとは各技術の完成度向上が必要になってくると考える。この解説がきっかけとなりデジタルエンジニアリングへの関心が増え、それぞれの技術の完成度が向上するようなことになれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 新井功一, 飯島良治: 鑄造工学, **74** (2002), 533.
- 2) 安達範久: 最近の IT 革新を鑄造業に活かす (技術講習会テキスト), 鑄造工学会 (2001), 21.
- 3) 吉田 勝: 日経デジタルエンジニアリング, **56** (2002), 98.
- 4) 吉田 勝: 日経デジタルエンジニアリング, **60** (2002), 36.
- 5) 早野誠治: 鑄造工学, **75** (2002), 853.
- 6) 前田寿彦: 鑄造工学, **75** (2002), 853.
- 7) 黒崎徹平: 鑄造工学, **75** (2002), 846.
- 8) 栗津義雅: 非破壊検査, **50** (2001), 714.
- 9) 宮原俊介: 日経デジタルエンジニアリング, **4** (1998), 187.
- 10) 村田雅史: 非破壊検査, **50** (2001), 711.
- 11) 坂下勝則: 非破壊検査, **50** (2001), 704.
- 12) 藤井正司: 非破壊検査, **50** (2001), 698.
- 13) 周藤安造: 医学における三次元画像処理, コロナ社, (1995), 76.