

3D 技術の統合化による 総合的モノづくり支援システムに関する研究 (第3報)

— デジタルモックアップによる製品開発プロセスの合理化・効率化 —

秋本 梨恵・中村 聖名・串田 賢一・河野 裕・阿部 治・宮本 博永・萩原 義人

Research on Construction of Product Development Support System by Integration of 3D Equipment (3rd Report)

— Rationalization and Efficiency Improvement on Product Development by Digital Mock-up —

Rie AKIMOTO, Masana NAKAMURA, Ken-ichi KUSHIDA, Hiroshi KONO
Osamu ABE, Hironaga MIYAMOTO and Yoshihito HAGIHARA

要 約

モノづくりにおける三次元機器の高度利用促進のため、平成 18～19 年度に引き続き CG⇔CAD 間におけるデータ交換について、対象となるアプリケーションを拡大し検証を行った。その結果、新たに追加検証を行った Maya, SolidWorks, Inventor において、検証済みの核となるアプリケーション群との効率的なデータ交換が可能となる条件を明らかにした。

また、実物から取得した三次元座標値及びデジタルカメラからの画像をもとにテクスチャの三次元形状を再現する方法について検討を行った。マテリアルライブラリを 30 種に拡充するとともに、マテリアルの立体サンプルの作成を行った。

1. 緒 言

本研究は、中小製造業に求められる迅速かつ高品質なモノづくりに欠かすことのできない様々な三次元機器間の横断的活用を可能とすることで、設計～デザイン～試作～解析・評価等の各工程を一本化（直結）した足腰の強い三次元モノづくりを行うことを可能とし、中小製造業のモノづくり活動の高度化に資することを目的として平成 18 年度から実施している。

平成 18 年度は、三次元機器間でのデータ交換の中核をなす CG⇔CAD 間でのデータ交換について、データ交換が確実に行える交換ルートを確立することを目的とし、統計処理により代表性が高いと判断された CATIA (V5), Rhinoceros (3.0sb5), 3dsmax (8.0) の 3 つのアプリケーション間でのデータ交換テストを行った。この結果、主として STEP (AP203) 形式を介することによって良好なデータ交換ができること、また不具合のあるときには互いに補完し合うことで変換効率を上げられることを確認した。

平成 19 年度は、PC 用マウスの外装設計をモデルケースとして、前年度に検証した交換ルートを用いて各アプリケーションでの編集を加えながらデータ交換を行い、モデリング業務をシェアし合うことができるか、また、

この過程において面質評価、加工性・安全性等の検討、試作等が行えるよう、CAE, RP 等の他の三次元機器へデータを出すことができるかどうかについて検証を行った。この結果、各アプリケーション固有のモデリングコマンドによる編集を行った場合においても、主として STEP (AP203) 形式を介することで良好なデータ交換が可能であることが確認できた。また、CAE, CAM, RP, リアルタイムレンダラーのそれぞれへのデータ出力についても確認を行い、これらの作業の中から得られた知見を三次元機器間でデータ交換を行う際のモデルデータ作成の留意点としてまとめた。

本報では、より幅広いデータ交換のケースに対応することを目的に、平成 18～19 年度に検証を行った CATIA ⇔Rhinoceros⇔3dsmax を核として、他の主要な三次元アプリケーションとのデータ交換について追加検証を行った。

また、製品のデザイン検討等に有用なリアルかつ効率的なモックアップの作成を目的として、CG シミュレーションのためのマテリアルライブラリの構築と、テクスチャを適用したモデルの立体造形出力について検討を行った。

2. 検証方法

2-1 データ交換範囲の拡大検証

平成 20 年度に検証したデータ交換ルート (CATIA, Rhinoceros, 3dsmax) を核に, 追加検証を行うアプリケーションとして Maya(2008), SolidWorks(2008), Inventor(2008)を選定し, データ交換の検証を行った. 検証には, 平成 18 年度の検証に用いた様々な形状特徴を持つモデルデータの中から 32 種と平成 19 年度研究で作成した PC 用マウスのソリッド化後のモデルデータを用いた. 検証に用いた形状の抜粋を図 1 に示す.

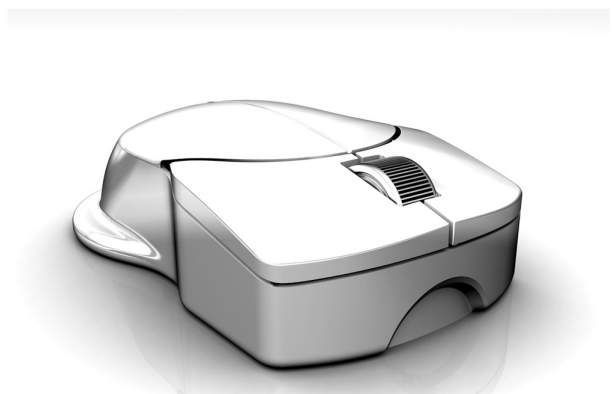


図 1 検証に使用したモデル (抜粋)

検証は次の手順で行った.

- ・ 検証済データ交換ルートのアプリケーション (Rhinoceros 4.0SR5b) から中間ファイル形式 STEP (AP203), IGES (各出力先に対応したフレーバリング) で形状データをエクスポート
- ・ 追加検証を行う各アプリケーション (Maya, SolidWorks, Inventor) にてインポート
- ・ インポート後のデータの検証
- ・ 形状に破綻がありインポートした各アプリケーションで修復が可能な場合は修復を実行
- ・ インポート時と同じファイル形式でエクスポート
- ・ Rhinoceros にてインポート, 元データとの比較

データ交換の検証は, インポート後のモデルを目視中心に行い, 形状の破綻や不正面の生成, ソリッド化の可否については各アプリケーションでコマンドチェックを

行った.

平成 19 年度までにデータ交換検証を行ったルートと本報で検証を行った CG・CAD データ交換の対応関係は図 2 のとおりである.

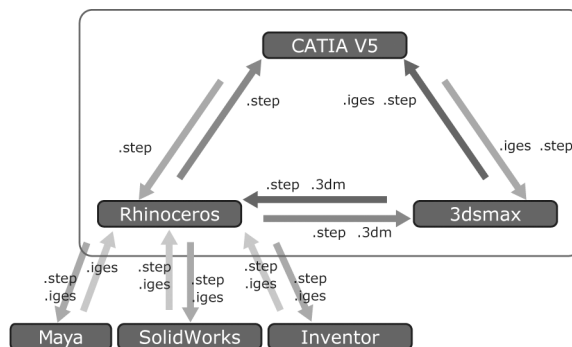


図 2 データ交換の中間フォーマット対応図

2-2 非 CAD データの三次元データ化

製品開発においては, CAD データ化されていない実物の形状を取得し三次元データ化を図るリバースエンジニアリングにより, デザインや設計変更の効率化を図ることが期待されている. 実物からのデータ作成は, 形状を 3D スキャンで取得~取得データからポリゴン面作成というプロセスで行われる. 本研究では, より実物に忠実なモックアップの作成を目的として, マテリアライブラリと連動したテクスチャの造形出力による再現を試みた. 図 3 に示す日本インダストリアルデザイナー協会 (JIDA) から発行されているシボのテクスチャサンプルを試料に, テクスチャの取得~三次元面データ生成~三次元造形装置による立体出力を行った.



図 3 テクスチャ試料 (JIDA サンプル)

テクスチャの取得~面生成には, 以下の 3 つの方法を用いて, 比較を行った.

- ・ 精密表面形状測定機による測定値→座標値の点群データ化→点群処理による面生成
- ・ 精密表面形状測定機による測定値→グレースケール画像化→ディスプレイメントマップによる面生成
- ・ デジタルカメラ撮影画像→グレースケール化→ディスプレイメントマップによる面生成

ディスプレイメントマップは, 形状に貼ったテクスチャの画像をもとに, モデルの面頂点を移動して形状に凹凸をつける方法であり, 主に CG 分野で使用されている. ここでは, 工業製品の試作においてテクスチャのリアル

な立体再現を効率的に行う目的で用いた。

表面形状の測定には、超精密表面形状・あらし測定機（株）ミットヨ社製・CS-H5000CNC）を、テクスチャの立体出力には、インクジェット式の三次元造形装置（SolidScape R66）を使用した。

2-3 マテリアライブラリ拡充，立体出力

平成 19 年度にデータ化した 20 種のマテリアルサンプルをもとに、CG シミュレーションのための設定を検証し、材質の反射や透明度，色のバリエーションについて拡充を図った。また、2-2 のテクスチャの取得～造形装置による立体出力のプロセスを用いて、マテリアルのシボの粗さや深さを再現したリアルモデルサンプルを作成した。

3. 結果および考察

3-1 データ交換範囲の拡大検証

データ交換検証の結果について、PC 用マウスのソリッド化後のモデルをサンプルとして検証した結果の抜粋を図 4 に、各アプリケーションでのインポート例を図 5 に示す。

		出力形式(⇔Rhinceros)		
		STEP	IGES	.3dm .sldprt
Maya	import	○	○	—
	export	—	○	—
SolidWorks	import	○	○	◎
	export	◎	△	△
Inventor	import	○	○	—
	export	○	△	—

◎:問題なし・ソリッド状態で交換可能 ○問題なし(微修正含む)
△ソリッド化に難あり ×データ交換不可

図 4 データ交換結果 (PC 用マウスの例)

同様に他の 32 種の形状についてもデータ交換を行い、破綻やデータの変質を確認した結果から、次のとおり考察した。

- 追加検証を行った 3 つのアプリケーション (Maya, SolidWorks, Inventor) に対して、今回テストした基本的な形状では、主として STEP (AP203) 形式を用いることで形状のデータ交換を良好に行うことができた。
- IGES 形式でのデータ交換では、概ね形状を保持したデータ交換を行うことはできたが、面が分割されてしまうことにより、SolidWorks, Inventor からの出力データでソリッド化が困難になるケースが見られた。
- インポート後のモデルに破綻が見られるケースは、元の形状が回転体で作成された形状、曲面上の回転

体や球によるループ状のトリムエッジ，フィレットの交差面，等に集中して見られた。これらのエラーは今回テストした形状においてはインポート先の各アプリケーションで問題点を特定し形状修復が可能であったが，モデリング時に留意することでエラーを低減することが可能と考えられる。

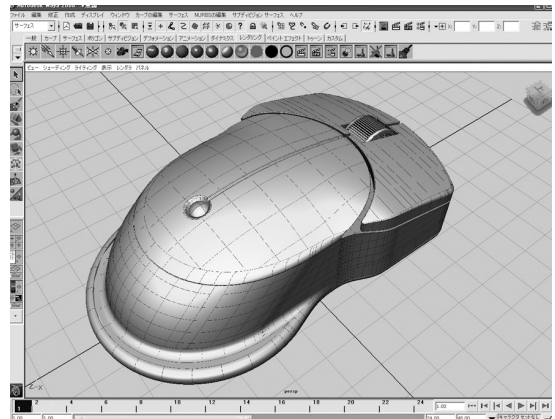


図 5-1 Maya でのインポート例 (STEP 形式)

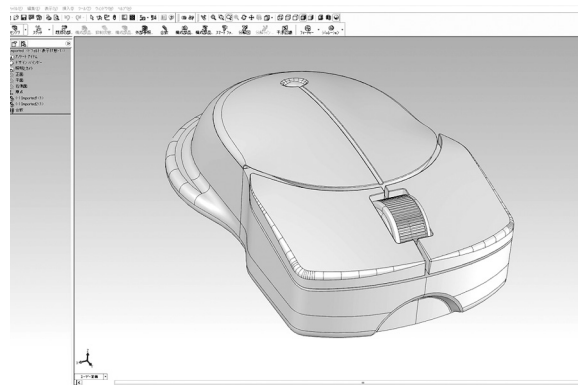


図 5-2 SolidWorks でのインポート例 (STEP 形式)

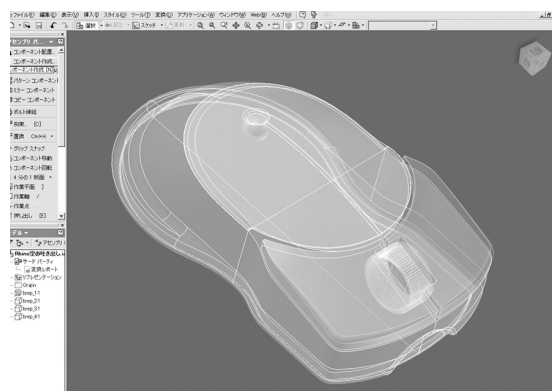


図 5-3 Inventor でのインポート例 (STEP 形式)

- Maya からのエクスポートでは、STEP 形式が使用できないため、IGES 形式での出力を行った。データを Rhinceros でインポートしたところ、検証した

形状においてはすべて再ソリッド化が可能であった。

- Solidworks⇔Rhino 間ではそれぞれのネイティブ形式 (.3sm, .sldprt) でのデータ交換が可能であるが、PC 用マウスの形状で検証したところ、STEP 形式と比較して不正面や再ソリッド化の妨げとなるエッジの変質が発生した。この2つのアプリケーション間においては現状では STEP 形式を用いる方が形状の破綻・変質を低減できると考えられる。

各アプリケーションで編集を施した場合のデータの互換性やヒーリングアプリケーションを用いたデータの最適化や修復については、本報では検証を行っていないため、今後様々な事例の検証が必要と考えられる。

3-2 非 CAD データの三次元データ化

テクスチャサンプル試料表面の表面形状測定により得られた三次元座標値をもとに点群データを作成し、点群処理のアプリケーションを用いてポリゴン面を生成～CAD へのエクスポート～STL 出力～三次元造形装置による立体出力を行った。測定値の抜粋と得られた点群データを図 6-1 に示す。

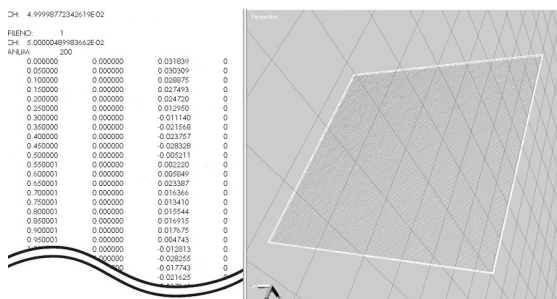


図 6-1 三次元座標値と点群データ

測定値のデータから点群データを作成する際には、z 軸方向に極端に外れた点については簡易的なプログラムを作成し位置の自動修正を行った。点群処理アプリケーションにより作成したテクスチャ面の画像を図 6-2 に示す。

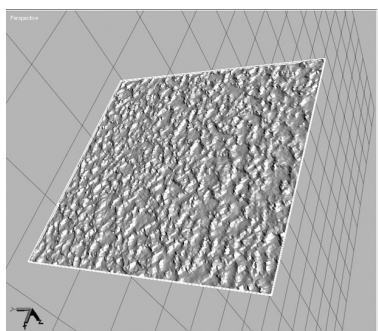


図 6-2 点群処理によるポリゴン面作成

また、同様の測定値をグレースケール化し画像に変換したものと、テクスチャサンプル試料をデジタルカメラにより直接撮影し、画像をグレースケール化したものを図 7 に、画像をもとに CG アプリケーション (3ds max) を用いてディスプレイメントマップを適用したモデルと、各モデルを立体造形出力したサンプルの表面写真を図 8 に示す。

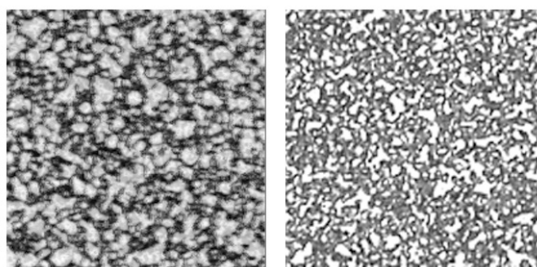


図 7 テクスチャ画像 (左: 測定値 右: デジカメ)

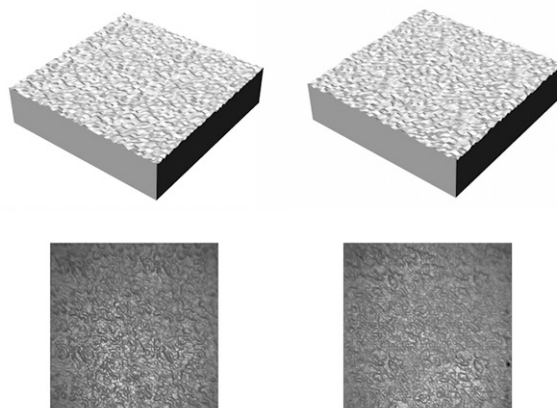


図 8 テクスチャモデル (左: 測定値 右: デジカメ)

測定値からの点群データ、測定値からのグレースケール画像、デジタルカメラ画像からのグレースケール画像のそれぞれをもとに造形した3つのサンプルを観察したところ、点群データをもとにしたサンプルが最も試料に近いテクスチャを得られたが、グレースケール画像～ディスプレイメントマップの適用により得られたサンプルも見た目や感触を確認する目的に適う程度の再現は、可能であった。表面形状測定機を用いて精密に座標値を取得できる範囲は現状では小さな面積に限られるため、大きな面や曲面にテクスチャを再現しようとする場合には、ディスプレイメントマップによる再現方法が現実的である。より再現性を高めるためには、テクスチャ画像の加工やディスプレイ適用時の設定値をコントロールする際に、測定値点群から得られた面を参照することが有効と考えられる。

3-3 マテリアルライブラリ拡充, 立体出力

マテリアルライブラリの拡充により新たに作成した CG シミュレーションサンプルの一例を図 9 に示す. これらを含む CG 上のマテリアルを計 30 種作成した.

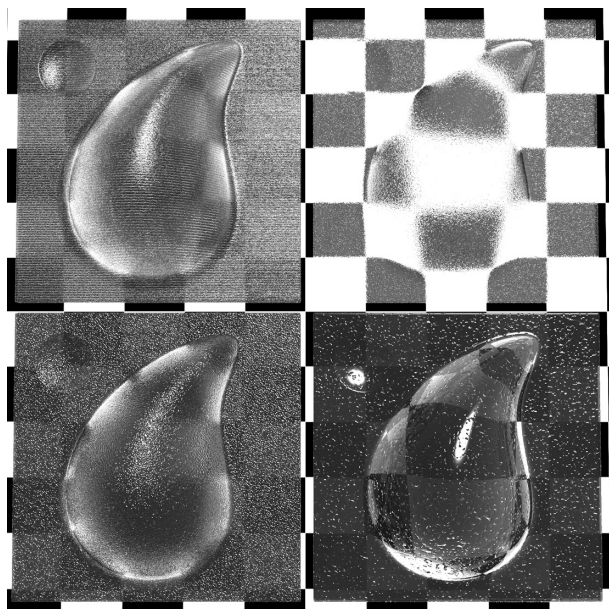


図 9-1 マテリアルサンプル (透明材)

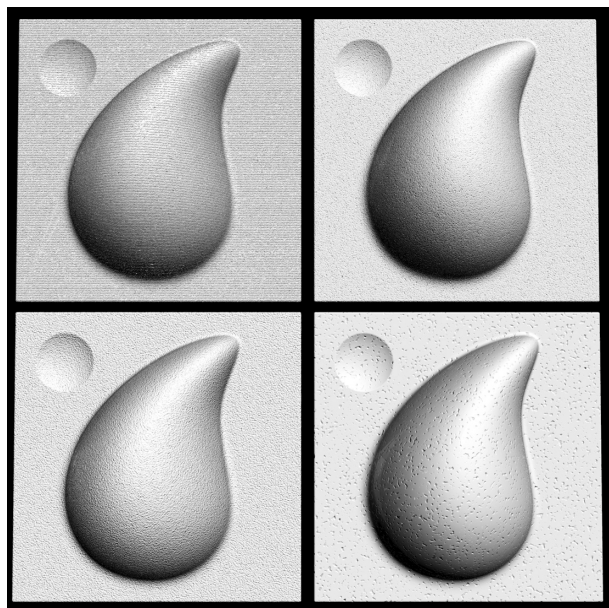


図 9-2 マテリアルサンプル (マット材)

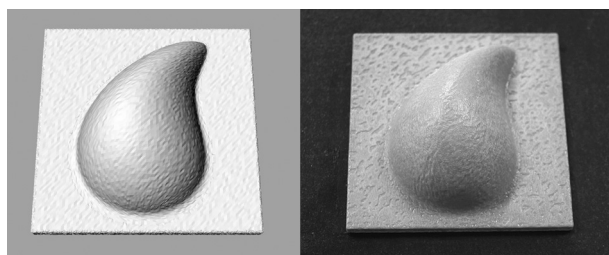


図 10 テクスチャ適用モデルと立体造形サンプル

また 3-2 で検証したテクスチャ取得方法のうち, デジタルカメラ画像をもとにしたディスプレイメントマップによる方法を用いてテクスチャを立体化し, 三次元造形装置で出力したサンプルを図 10 に示す. この方法により曲面を有する形状モデルに対してもテクスチャの立体再現が可能であることが検証できた. 課題として, ディスプレイメントマップによる変形を行う場合, メモリや CPU の負荷が大きく, 本稿ではディスプレイの詳細な設定値についての検証が十分に行えなかった. また, 今回のような複数の曲面からなる形状の場合, マップ適用前のメッシュが適切に分割されていることが必要であり, 今回のケースではメッシュの調整が十分でなかったために複雑な曲面を組み合わせた形状ではテクスチャの歪みなどが生じる. マップ適用前のメッシュの最適化については別途方法を検討する必要がある.

4. 結 言

平成 18~19 年度に検証した CATIA⇔Rhino⇔3dsmax のデータ交換ルートを核として新たに 3 種のアプリケーションを対象にデータ交換の検証を行い, 幅広いデータ交換ネットワークの確立を図った.

マテリアルライブラリについては, 反射や透過性, 色のバリエーションを拡充するとともに, 実物からのテクスチャ取得~再現方法について検討を行い, テクスチャを再現したマテリアルの立体出力サンプルを作成した.

本研究により, 業種・工程を問わず CG, CAD, CAM, CAE, RP 等の三次元データの相互活用を可能とするためのデータ交換に関する基礎資料が得られた. 今後は, 最新のアプリケーションの動向等も視野に継続的に実際の製品のデータ交換事例を蓄積することで, さらに幅広い三次元機器活用の環境を整備することが可能と考えられる.

参考文献

- 1) 串田 賢一, 秋本 梨恵, 荒井潤一, 萩原茂, 阿部治, 宮本博永, 佐野正明, 矢崎徹, 森信也, 吉田健太郎 : 山梨県工業技術センター研究報告, No.21, p.38-45(2007)
- 2) 串田 賢一, 秋本 梨恵, 荒井潤一, 萩原茂, 阿部治, 宮本博永, 佐野正明, 矢崎徹, 森信也, 吉田健太郎 : 山梨県工業技術センター研究報告, No.22, p.21-26(2008)