ノート

質感の測定技術・表現技術の研究

阿部 淑人[*]　中部　昇[**]　橋詰 史則[***]

Research of Texture Analysis and Synthesis Method used for Appearance Engineering

ABE Yoshito[*], NAKABE Noboru [**] and HASHIZUME Fuminori[***]

1. 緒　言

伝統工芸品を始めとして工業製品でも，質感が外観上重要な位置を占める製品の企画・設計から製作において，質感の測定や制御がうまく定量的に行えないため，官能的あるいは印象的に取り扱わざるを得ず様々な障害が発生している。例えば，工程間やメーカーユーザー間の意思疎通が十分できなかったり品質の安定性を定量的に計ることができなかったりということがある。

機構部品の設計・製造において 3 次元形状の寸法や強度などの共通尺度が必要なように，質感部品の設計・製造においては質感を表現する共通尺度が本来は必要である。従来は客観的な共通尺度が無いままに主観尺度のみに頼ってきたことによりコミュニケーションの齟齬が発生したり，計測・制御が属人的・官能的になるという状況に陥っていたと考えられる。従って客観的な共通尺度やデジタルデータによる質感管理体制（Texture Management System）の構築を志向し，当面の課題としてそのための質感尺度の計測技術，表現シミュレーション技術の開発を目指している。当該技術の運用によるメリットは以下のとおりである。

・ 定量的な客観尺度やコンピュータシミュレーションした精細なデジタル画像によりコミュニケーションギャップが減少する。
・ 実体の数値管理が可能になり，計算機シミュレーションとの対比が可能になる。
・ 制御条件と測定データの関連付けにより品質管理を自動化できる。
・ 生成したデジタルデータを企画・開発・製造・品質管理・販売の部門間に跨って利用できる。

一方，デメリットは以下のとおりである。

・ 客観評価のための測定器の導入が必要。
・ 既存のワークフローと異なるために導入や運用に際して心理的障壁が伴う。

工技総研でこれまでに導入した設備（多角度分光測色計とリアルタイムレンダリングシステム（高速で写実的な CG システム）により，質感測定と質感表示について一部実現のめどが立ったがまだ実現しなければならない課題が多いため 2 か年計画で研究開発を行うこととした。

2. 研究内容

本研究ではまず，実物の質感測定と仮想的な試作品の表示（CG によるデジタルプロトタイプ）のための技術を確立する。

① CAD データのない手工芸品の形状データを迅速にモデリングしパーツ化する技術の開発
② さまざまな表面修飾材料や製品パーツの質感データを迅速にサンプリングしテクスチャマップ化する技術の開発
③ デジタルプロトタイプの臨場感を高めるために背景画像を安価に取得する技術の開発

* 下越技術支援センター
** 研究開発センター
*** 企画管理室

④ ①～③のデータを用いて高品位なデジタルプロトタイプを表示する技術の開発

⑤ 表面修飾や材料製造の工程における品質制御と質感測定を実現する技術の開発

この内①~③までを 1 年目の課題として実施することとした。

2.1 形状データのモデリング

大量生産する工業製品では 3 次元 CAD が普及しているために形状データが設計時点で存在することが多いが，伝統工芸品では実体やイメージスケッチなどがあるだけで数値データが存在しないことが多い。そこで形状データのモデリング手法について 3 種類を比較検討することとした。まず第 1 は実体の 3 面写真図を元にした 3 次元モデリングツールによる方法，第 2 にはレーザースキャナによる方法，そして第 3 にはスカルプトツールによる方法である。

2.2 質感データのサンプリング

実体を使わないで外観のデザインレビューを的確に行うためにはリアリティの高い CG が不可欠であり,形状データと併せて質感データ(テクスチャマップ）がないと写実的 CG は生成できない。そこで本研究では実体のテストピースを撮像した画像をもとにカラーマップ（拡散反射画像)，グロスマップ （鏡面反射画像)，ノーマルマップ （法線方向画像）の 3 テクスチャマップを自動生成するシステムを開発することとした。撮像サブシステムと分析サブシステム，合成サブシステムが必要であるが，現時点では撮像サブシステムの設計を完了し製作中であり，また合成サブシステムについては 2 種のソフトウェアが実装済みである。分析サブシステムは実画像を元にテクスチャマップ計算機合成するためのパラメータを抽出するソフトウェアであり現在設計中である。

2.3 背景画像の取得

外観のデザインレビューのために臨場感を高めるには写実性の高い製造物 CG が実背景に溶け込んでいる必要がある。大規模な映像プロダクションでは数百万円~数千万円程度のパノラマカメラ例えば PanoScan®や SceneCam®，iStar®などを用いて周囲の背景画像を取得しているが今回はより安価で簡便な方法を模索することとし，デジタルカメラ NEX-5N とパノラマ雲台 Panoland による方法と 3 眼式パノラマカメラ GiroCam による方法を比較検討した。

3. 本年度の成果

3.1 形状モデリング手法の比較検討結果

3 次元モデリングツールとしては，造形分野で普及している Rhinoceros®を用いて実証を行った。手順としては実体の 3 面写真を撮影してそれをツール上の最下位レイヤーに貼付して，外形を直線や円弧あるいは NURBS 曲線や Bezier 曲線などでトレースした後に立体化するということを，パーツごとに繰り返して全体をモデリングした。幾何学的な形状や単純な形状であれば比較的簡単に済み，パーツ毎の分解も容易であるというメリットがある。また，実体がなくとも形状イメージが確定していればモデリングが可能である。図 1 にビアカップとティーポットのモデリング結果のワイヤーフレーム画像を示す。

3 次元スキャナとしては非接触式のレーザースキャナや接触式の CNC 測定器あるいはハイブリッド式など多様にあるが，本用途では寸法精度的にそれほど要求が高くないことから簡便で安価なことを優先して簡易式のレーザースキャナ NextEngine® HD Pro を用いて実証を行った。NextEngine は投光部と受光部の入った小型ボックス 3D Scanner HD Pro と，回転ステージ MultiDrive，点群データ編集ソフト ScanStudio HD Pro からなるレーザースキャニングシステムである PC にソフトウェアをインストールして USB インターフェースで接続し起動すると自動でステージを回転させながら順次点群データを取り込み断片的な点群データを合成して形

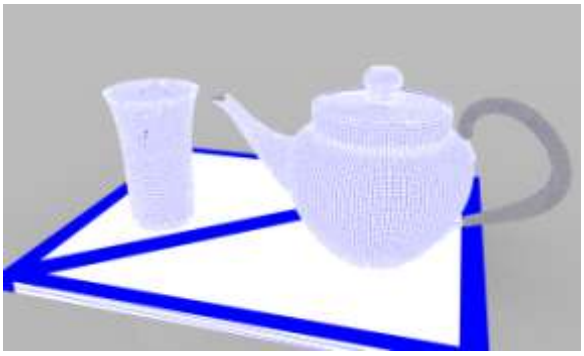

図 1　Rhinoceros によるモデリング結果

図 2　NextEngine によるモデリング

図 3　NextEngine による急須のモデリング結果

状データを生成する。急須程度の小型物であればオートスキャンが可能であるため手軽に形状モデリングができるというメリットがあるが，一体構造で表面修飾が複数異なるような製品の場合にはパーツに分解する編集操作が必要である。また金属光沢を有するような材料あるいはガラスのような透明な材料については取得が困難であるというデメリットもある。光沢材料などの場合には表面に防汗スプレイ（例えば AG^{+} など）などの白色微粉末を噴霧するとスキャン性が向上する。図 2 と図 3 に NextEngine によるモデリング途中の様子とモデリング結果を示す。

スカルプトツールとはコンピュータのタッチパネルディスプレイなどを用いて仮想的に粘土細工のように形状を造形する CG ツールで自然物などの形状モデリングに適している。Avatar などの映画に登場する動植物の CG に多用されている。比較的安価で普及しているツールとして ZBrush®を用いて実証を行った。なお ZBrush はスカルプト単体のツールでなく通常の 3 次元モデリングやレンダリングもできる統合 3 次元 CG ツールである。http://oakcorp.net/zbrush/zbrush/features/ZBrush4R5/index.php の業界事例をみればわかるとおり，複雑な造形物の形状をはじめとして生体医療関連や工芸品の造形などを効率的にデータ化できる能力があることがわかる。金工や彫刻などの工芸品の造形に通じるところがあるため新商品の企画・設計時のモデリングに適していると考えられる。若干操作性が独特なため慣れるには時間が必要である。図 4 に片口のモデリング結果例を示す。

前述の通り 3 種類のモデリング手法について比較検討を行ったがそれぞれ一長一短があり，次のように用途によって使い分けることが現実的であることが分かった。比較的簡易形状で定番的な製品の場合には通常の 3 次元モデリングツールを用いるのが適している。表面修飾が複数に分かれることなく単一のテクスチャで表現できる物体であって複雑形状（ただし，できるだけ凹部のない形状）については，レーザースキャナを用いるのが適している。また，企画設計時に試行錯誤的に造形を行うにはスカルプトツールを用いるのが適している。

図 4　ZBrush による片口のモデリング結果

3.2　テクスチャマップの分析合成システム

テクスチャマップを生成するために実材料を撮像して分析合成するシステムの撮像サブシステムの概略を図 5 に示す。アクリルドーム（半球）の内面を硫酸バリウムでコーティングし下方から高演色性 LED ライト（CCS-INC 製自然光 LED，EXLN-NW022050E11JK）で照らして完全拡散灯とし，上方の開口部から FoveonX3 撮像方式でカラーモザイク処理のないデジタルカメラ DP1 Merrill で撮像することで拡散反射画像を得る。その他に方位照明を備えていてそれぞれを点灯・消灯することで陰影を取得して鏡面反射画像や凹凸画像を得る。図 5 に淡色で示した下方のランプが拡散照明用，濃色で示した上方のランプが方位照明用である。テストピースはドームの中心下方に配置する。

画像の分析合成サブシステムのうち分析部分については，現在設計中で合成サブシステムは 2 種類を実装した。図 6 には鎚起銅器のために生成したカラーマップとノーマルマップの例を示す。図 7 に図 1 にテクスチャマップを適用した CG 画像例を示す。

図 5　撮像サブシステムの概略

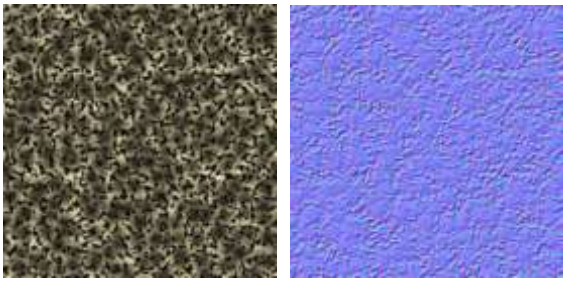

図 6　テクスチャマップの例

3.3　背景画像の取得

安価に背景画像（360°×180°）を取得する方法としてパノラマ雲台にデジタルカメラを装着して複数枚画像を撮像して合成する方法と研究期間中に新発売されたため急遽入手した 3 眼式パノラマカメラで自動生成する方法を比較検討した。結論としては 3 眼式を当面採用することにした。図 8 にパノラマ画像例を示す。

4.　結　　言

本研究の初年度は，写実的な CG による外観のデザインレビューを実現するために形状モデリングと質感サンプリング，背景画像取得について技術開発を行い，実現の見通しが立った。

図 7　人工テクスチャを適用した CG 画像の例

図 8　パノラマ画像の例

図 9　パノラマ背景に CG を合成した例