

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2013

課題番号：22246018

研究課題名(和文) デジタルシボ設計ツールに関する研究

研究課題名(英文) Study on Digital Design Methods for Leather Texture on Plastic Parts

研究代表者

鈴木 宏正 (Suzuki, Hiromasa)

東京大学・先端科学技術研究センター・教授

研究者番号：40187761

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 37,100,000円、(間接経費) 11,130,000円

研究成果の概要(和文)：プラスチック部品の表面に凹凸を付けた加飾模様であるシボは、従来手作業によって金型表面にエッチング加工を施して製作されてきたが、化学的な処理であるために、シボ形状の細部までをきめ細かく制御することができなかった。意匠性の高いシボを実現するために、シボのデザインから加工までを一貫してコンピュータで行うデジタルシボ技術の開発が進んでいる。その中でもシボ模様のデータを現物の皮革などの表面凹凸をスキャンして取得する技術について、X線CTスキャンの高精度化による方法によってスキャンし、さらにそのスキャンデータから大面積のシボデータを合成する手法を開発し、実製品への適用まで行った。

研究成果の概要(英文)：Leather texturing is one of the surface decoration technologies for plastic parts. This manufacturing process has been dependent on manual work using chemical etching for graving textures on die surfaces. It hinders generation of aesthetic decoration. Recently NC milling machines are applied using digital 3D data of the leather textures. In this study methods for generating texture data by scanning real leather samples with an X-rays CT scanning system (XCT) was proposed. We developed a method to improve scanning accuracy of XCT and also a method to extend the scanned texture data of a limited area to arbitrary larger areas needed to cover a part surface to be decorated. For the former issue, we found artifact is critical factor for the accuracy and was reduced by our new correction method. For the latter we extended a texture synthesis method to be optimal for leather textures. Leather texture data was applied to a real manufacturing to produce cases of mobile phones made of plastic.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：シボ 産業用X線CT 3次元スキャンング テクスチャシンセシス

### 1. 研究開始当初の背景

シボとは樹脂製品の表面に付される微細な凹凸模様であり、機能性・意匠性を向上させるため用いられている加飾である。シボの加飾には、その方法を問わず、元となる型への加工(シボ加工)が必要となる。このシボ加工工程は長いリードタイムやデザイン性の限界から製作工程のデジタル化の研究が進められている。特に微小径の工具を用いて金型表面に直接シボ模様を機械加工することができるようになり、また、そのためのCAMソフトウェアも開発されている。したがって、シボの微細な3次元データがあれば、このようなシボの金型加工を行うことができるようになってきている。本研究では、デザインの難しい革シボを中心に、シボ加工に必要なシボ構造の合成・展開に関する研究を行っている。これにより、小さなサンプルが得られれば任意の大きさのデータが得られる。シボ模様は非常に微細なので、サンプルの取得方法として表面粗さ測定器を用いたが、この測定法では測定可能な材質に制限が多く、計測時間の長さも問題となっており、上記のシボ作成プロセスのボトルネックとなっていた。

### 2. 研究の目的

本研究ではX線CTスキャナーを用いたサンプル画像の取得方を提案する。CTを利用することで測定できるサンプルの種類を広げ、測定時間を短縮することが期待される。

○シボ計測ツール 本研究では最も付加価値の高い革シボを主たる対象とする。革シボデータは、本物の皮革を元に作成する。そのためには本革表面の凹凸を計測しデジタル化する必要がある。この凹凸の空間周波数を考慮すると数 $10\mu\text{m}$ 程度の間隔で、また高さも数 $\mu\text{m}$ の分解能で計測する必要がある。シボの高さデータはモノクロ画像として扱える。計測法には、光学式によるものと接触式によるものがあるが両方ともに問題があり、本研究では、近年技術が進歩しているX線CT装置を利用した。ただし、X線CT装置の計測精度が低いので、本研究では高精度化手法を研究目的とした。

○シボ合成ツール 理想的には、シボを貼り付ける金型全面を覆うような面積のシボデータがあればよいが、大面積の計測は困難で、また本革のサンプルは場所によってシボの模様が異なるため、デザイナはその一部だけを指定することが多く、そもそもサンプルが金型全面の面積を持つことはない。今はシボデザイナが手作業で大きな面積のデータを作成しているが、非常に困難な作業となっている。そこで、デザイナの指定した小部分から大面積のシボデータを自動的に合成することができれば極めて有用である。このような技術はCG(Computer Graphics)の分野でテクスチャ合成として研究されているが、本応用に適用できるだけの品質、すなわち、自然に近い革シボ模様を合成するには至っていない。

ない。ここではシボ合成の要件を明らかにし、それらの手法を拡張しシボに特化した方法を開発する。

### 3. 研究の方法

#### ○革シボ計測方法

本研究では、サンプルは本革など平面状のものと仮定した。デジタルデータ化したいシボの実物サンプルを、最終的に高さデータを256階調のグレースケールで表した白黒濃淡画像に変換する。皮革サンプルは、撮像時の精度向上・加工の容易さから一度シリコンに転写してから測定する。CTスキャナーによって得られたボリュームデータは、まずマーチングキューブ(MC)法によって等値面のメッシュにする。次に、高さを求めるために基準面を設定し、高さをリサンプリングして256階調のグレースケールへ正規化することによってシボデータを得た。シリコンへの転写によって表面付近の構造が複雑なサンプルであってもシボ模様の抽出を可能とした。

#### ○高精度化の問題

シボデータとして製品に適用するには、計測データの精度が重要となる。上記の方法でXCTにより計測した場合には、特に分解能の不足と画質の問題があった。分解能については、超解像度法を適用することも考えたが、むしろ倍率をあげて多数回の計測を行うことでカバーできることが分かった。一方、画質については、いわゆるアーチファクト、特に、平板的な部分ではビームハードニングアーチファクトの影響が大きいことが分かり、その補正が必要であった。既存の線形化によるビームハードニングアーチファクトの補正ではワークの材質等の事前情報あるいは寸法既知のものに対しての事前計測が必要である。また、再投影による補正ではCT再構成を繰り返し行う必要があるため、計算時間が長くなりがちである。そこで本研究では、「ワークの投影が全てデテクタ範囲内に収まっている場合、そのCT値の合計は各投影で等しくなるはずである」という保存則を用いた単一材質限定の新たなサイノグラムの補正法を提案した。この手法を用いることにより、事前情報を必要としない簡便で高速なCT画像の補正が可能となった。

#### ○シボ合成

小面積のシボデータから大面積のデータを合成するには、既存手法で最も性能の良いAppearance-space法をベースとした。これはシボ画像とともに、その特徴画像として距離画像とエンボス画像を追加し、合計で三つの画像から合成するものである。この方法の合成画像においては、つなぎ目や単調反復がないというような最低条件は満たすが、自然感のような品質は十分でなかった。そこで、デザイナと検討を重ね、合成されたシボの自然感を向上させるためには、シボの構造的特徴が保持されていることや、その構造に多様

性があることが求められことが分かった。そこで、上記手法で持ちこたべき補助画像の種類を様々に変化させて合成実験を行い、元画像を反転したものやスケールしたものを加える方法を開発した。また、革シボの谷の線が自然に流れていることや、その流れを制御するための手法を開発した。

#### 4. 研究成果

以上述べたような手法を用いて、シボサンプルの XCT 計測から、シボテクスチャの取得、大面積のシボの合成、さらには企業の協力を得て金型加工と部品の成型実験を行った。以下ではその結果の一部を紹介する。

図1の例は、合成されたシボ画像の様子を示している。実際にはこの10分の1程度の程度の計測データから合成が行われている。このような合成計算は大規模に行うことが可能で、図2はA0まで拡大を行った例である。シボ模様はほぼ実寸で合成されているので、このまま製品にてきようすることができ

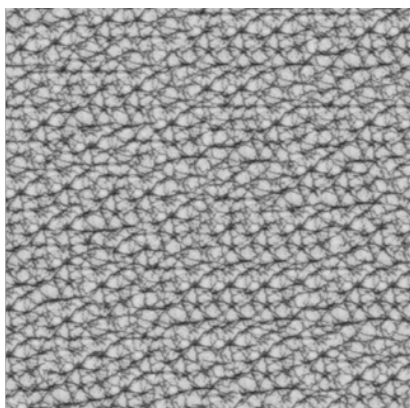


図1 合成されたシボデータの様子



図2 大面積へのシボ合成

る。図3は製品CADのデータにこのシボ模様を付加して表示を行ったものである。計算されたシボデータの品質を評価するために行ったものである。表示には、元のシボサンプルの光学特性を計測したデータを利用し、形状データとして合成されたシボデータを用いている。さらに、このシボデータから、非常に微小な三角形の多面体データを作成し、金型表面にNC加工を行い金型と成形品を作成した様子を図4に示す。このように実際のNC加工にも耐えるデータの品質があることを示すことができた。図5は、シボデータを企業に提供し、実際の製品に適用した例である。スマートフォンのケースに適用した。



図3 合成されたシボデータによるデザインモデルの表示



図4 合成されたシボデータによる金型加工



図5 スマートフォンに適用した例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ① Haitham Shammaa, Hiromasa Suzuki, and Yutaka Ohtake, "Creeping Contours: A Multilabel Image Segmentation Method for Extracting Boundary Surfaces of Parts in Volumetric Images," ASME Journal of Computing and Information Science in Engineering (Vol.11, Issue.1), 2011
- ② 長井長慧、大竹豊、鈴木宏正、グラフカットによる異常値耐性のある陰関数曲面生成法、情報処理学会論文誌、52(7), 2308-2317, 2011-07-15, 2011
- ③ Hishida H, Suzuki H, Michikawa T, Ohtake Y, Oota S, T Image Segmentation Using FEM with Optimized Boundary Condition. PLoS ONE 7(2): e31116. 2012
- ④ Daiki Yamanaka, Yutaka Ohtake, Hiromasa Suzuki, The Sinogram Polygonizer for Reconstructing 3D Shapes, IEEE TVCG, Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 19 no. 11, pp. 1911-1922, DOI: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TVCG.2013.87>
- ⑤ OHTAKE Yutaka, SUZUKI Hiromasa, Edge detection based multi-material interface extraction on industrial CT volumes, to appear in SCIENCE CHINA Information Sciences, Sci. China Inf. Sci., 2013, 56 (9), pp.1-9, doi:10.1007/s11432-013-4987-2
- ⑥ Yukie Nagai, Yutaka Ohtake, Hideo Yokota, Hiromasa Suzuki, Boundary-representable partition of unity for image magnification, Science China Information Sciences November 2013, Volume 56, Issue 11, pp 1-12, 2013
- ⑦ Takashi Michikawa, Masaki Moriguchi, Hiromasa Suzuki, Feature-preserving Outermost-surface Polygonization from CT images, Computer-Aided Design and Applications, Vol. 11, No. 2, pages 239-243, 2014, DOI:10.1080/16864360.2014.846098

[学会発表] (計6件)

- ① 村上明稔, 鈴木宏正, 大竹豊, 道川隆士, X線 CT からの 3D 画像を用いた表面凹凸テクスチャーの抽出, G74, 2011 年度精密工学会秋季大会講演論文集, 2011
- ② Niizaka,T., Ohtake,Y., Michikawa,T., Suzuki,H.: Multi-material Volume Segmentation for Isosurfacing Using Overlapped Label Propagation, WSCG'2011 - 19-th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision'2011, pp. 41-48, 2011
- ③ Takahiro Nishihata, Yutaka Ohtake, Hiromasa Suzuki, Masaki Moriguchi, Non-Iterative Data-Driven Beam-Harding Correction for Single Material Object, Proc. Conference on Industrial Computed Tomography (ICT), University of Applied Sciences Upper Austria, Campus Wels FH OO Forshungs & Entwicklungs GmbH, ISBN 978-3-8440-1281-1, pp.135-142, 201, 2012/9/19-2012/9/21
- ④ Yutaka Ohtake and Hiromasa Suzuki, Edge Detection Based Multi-material Interface Extraction on Industrial CT Volumes, Proc. 2012 Asian Conference on Design and Digital Engineering (ACDDE 2012), Dec. 6th-8th, 2012, Hilton Niseko Village Hotel, Hokkaido, Japan, 100080
- ⑤ Hiromasa Suzuki, Hiroyuki Hishida, Takashi Michikawa, Yutaka Ohtake, Satoshi, Oota, Naomichi Ogihara, Osamu Kondo, CT Image Segmentation for Bone Structures Using Image-based FEM, Proceedings of the 2012 International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH), to be published from Springer, (accepted) 2013
- ⑥ Takashi Michikawa, Hiromasa Suzuki, Hiroyuki Hishida, Kouichi Inagaki and Takeshi Nakamura, Efficient Void Extraction from CT Images, Proc. 1st International Conference on Tomography of Materials and Structures (ICTMS 2013), July 1-5, 2013, Ghent, pp. 175-179, ISBN 978-9-4619713-0-2

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 2 件）

名称：線投影画像補正装置及びX線投影画像補正方法

発明者：竹豊、西畑貴博、鈴木宏正

権利者：国立大学法人東京大学

種類：特許

番号：特願 2012-089386

出願年月日：2013/3/28

国内外の別：国際

名称：画像解析装置及びプログラム

発明者：菱田寛之、稲垣宏一、中村武志、山内雄太、鈴木宏正、道川隆士、大竹豊

権利者：東京大学

種類：特許

番号：2013-204596

出願年月日：2013/9/30

国内外の別：国内

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

○ホームページ等

<https://sites.google.com/site/fdenghome/>

○障害者向特別講義：高付加価値化のためのデジタルデザイン、DO IT Japan、東京大学先端科学技術研究センター、バリアフリー部門、2012年8月2日

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鈴木 宏正 (SUZUKI, Hiromasa)

東京大学・先端科学技術研究センター・教授

研究者番号：40187761

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者