

# 視覚的形狀操作において実物体表面質感を毀損しない ステレオ投影の基礎検討

An Investigation of Stereo Projection Technique for Visually Deforming Physical Surface without Degrading Surface Textures

奥谷 凧 岩井 大輔 佐藤 宏介  
Nagisa Okutani Daisuke Iwai Kosuke Sato

大阪大学大学院基礎工学研究科  
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

Projection based product-design systems have been developed to improve the efficiency of industrial design process. In case of shape design, a stereo projection is promising method to modify the visual shape on a fixed shaped physical object. Because of low spatial resolution and the dynamic range, it is difficult to represent high quality textures by the current commercial projectors. In this paper, to overcome the difficulties, we proposed a simple shape deforming method with emboss processed texture surfaces (“SHIBO” in Japanese) instead of Lambertian surfaces. We develop a application system in the proposed idea for leather bag design, and for car interior design, ex. dash board. We found the experimental maximum visual deformation by the stereo projection.

## 1. はじめに

工業デザイン過程では、クレイモデル等のモックアップを試作し、最終的なデザインの決定を行う手法が一般であるが、モックアップの作成には費用や時間がかかってしまい効率的とは言いがたい。近年ではモックアップ製作工程を減らすべく、複合現実感技術を用いた様々なデザイン支援システムの研究が行われている。そのなかでもプロジェクションマッピングにより、実物体を視覚的の形状を操作するステレオ投影技術 [Hisada 2006] は、製品の「ボリューム感」や「味わい」などを損なうことなく製品デザイン工程を効率化することが期待できる。

しかし、プロジェクタの空間解像度およびダイナミックレンジには限界があり、投影映像のみでシボ（皮革表面に表れるしわ模様）等の微細な表面質感の高品位な再現は困難である。シボ等の表面質感は製品の高級感やソフト感等の感性品質を決定する要因の一つであり、製品デザインにおいて重要である。そこで本研究では、プロジェクタを用いたデザイン支援システムにおいて、現在のプロジェクタの空間解像度では再現困難な表面質感の表現を可能とすることを目的とする。

自動車のダッシュボードのデザイン検討への利用を想定した。自動車のダッシュボードには高級感を生むためにシボ加工が用いられており、ダッシュボードのデザイン検討においてシボの表現は必要不可欠である。

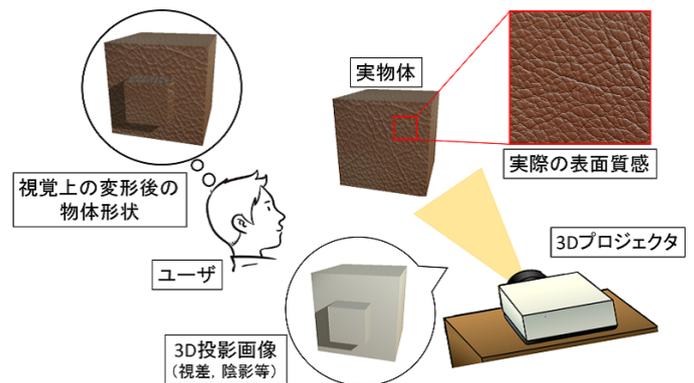


図 1: 提案手法の概要

## 2. 提案手法

本研究では、我々は投影対象実物体の表面質感を利用することにより目的の達成を試みた。表現したい表面質感をもつ実物体を投影対象とすることで、久田らのステレオ投影技術により投影対象の形状を視覚的に変形させる手法を提案する (図 1)。久田らのステレオ投影技術とは両眼視差・運動視差や陰影・コントラスト等を考慮し、投影対象の形状を視覚的に変形するプロジェクションマッピング技術である。この手法により、実物体の表面質感を保持したまま視覚的の形状を操作し、デザイン支援に役立つ。

## 3. 有効性検証

提案手法により視覚的な形状操作と高い表面質感の表示を両立することができるのかを検証するために、試作システムを作成し、検証実験を行った。本研究で試作したシステムでは

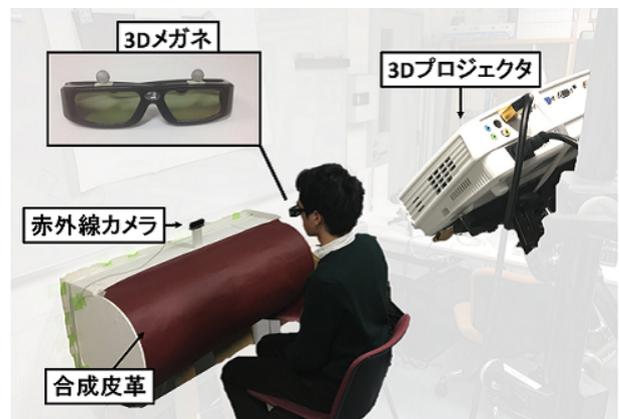


図 2: 試作システムの外観

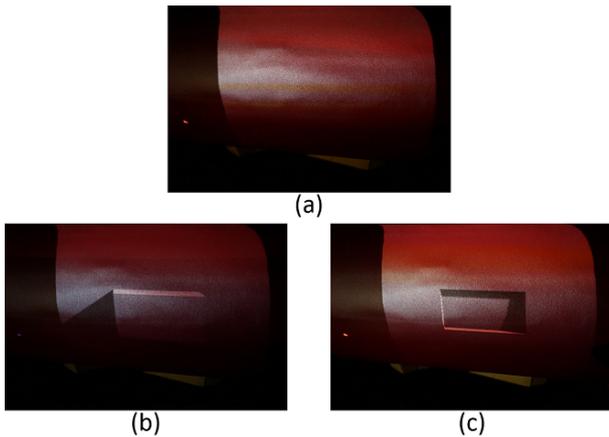


図 3: 重畳投影による変形例 ( (a): 変形なし (b): +20 mm 変形 (c): -20 mm 変形 )

### 3.1 試作システム

試作システムの外観を図 2 に示す。シボ加工された合成皮革を貼り付けた円筒面を設置し、ユーザには再帰性反射マーカのついた 3D 眼鏡を装着させ円柱の中心から約 400 mm 離れたところに座らせる。そして赤外線カメラによりユーザの視点位置を取得し、それをもとに投影画像を作成し 3D プロジェクタにより投影を行う。

### 3.2 実験内容

被験者に曲面の一部が前後に変形する仮想像を提示する。基本形状中心部の奥行きを基準に、曲面から被験者へ膨らむ方向を+とした。曲面を 0 mm, +20 mm, -20 mm 変形させた様子を図 3 に示す。

実験の手順について述べる。変形量を+10 mm から増やしていき、変形量が 10 mm 増えるごとに変形部分に表面質感であるシボがついているように見えるかを被験者に確認した。被験者が「シボがついているように見えない」、または「変形箇所を立体視できない」と答えたところで変形量の増加を止めた。同様の確認を - 方向においても行う。

### 3.3 実験結果と考察

変形量ごとの変形部分にシボがついているように見えると答えた被験者の割合を図 4 に示す。この結果から、変形箇所にシボがついて見える変形量には限界があることが分かった。また、10 人中 8 人の被験者が変形箇所にシボがついているように見えなくなるより先に立体視ができなくなった。このことから、試作システムにおいて可能な範囲内であれば提案手法が有効であると考えられる。

また、変形量が+10 mm, +20 mm のとき、シボがついているように見えないと答えた被験者がいた。被験者からの自由回答から、光の鏡面反射による問題が原因として考えられる。シボ加工された合成皮革を投影対象にするため、拡散表面の白色実物体を投影対象とする従来手法よりも鏡面反射が強くなる。それにより、立体視に必要な投影像のエッジやコントラストが減少してしまい、陰影が少ない変形量+10 mm,+20 mm において被験者の立体視が困難になっていると考えられる。

一方、鏡面反射により提示したい映像を正確に提示できない観測位置が存在することがわかった。このことはあらゆる観測位置からデザインを評価する必要があるデザイン決定の際に課題となる。解決方法として、複数台プロジェクタを用意し鏡面反射の生じないプロジェクタを対象の各部位で選択するという方法等が考えられる。

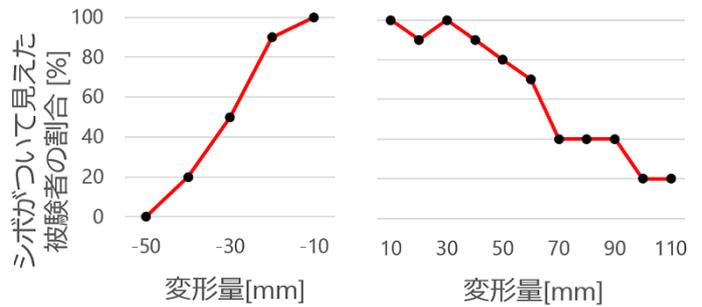


図 4: 変形量ごとの変形箇所にシボがついているように見えた被験者の割合



(a) 外観 (b) ユーザ視点

図 5: アプリケーションの使用風景

## 4. 応用

提案手法により視覚的な形状操作と高い表面質感の表示を両立する可能であることが分かった。そこで、投影対象のシボの質感を保ったまま革靴のデザイン変更を行うアプリケーションを作成した。作成したシステムの使用風景を図 5 に示す。スクリーン上のボタンとスライダーをマウスにより操作することで靴の形状、大きさ、模様、色の変更を行うことができた。

実装により靴の生地にシボがついて見えることが確認された。これにより他の革製品や表面質感が重要な役割を担う製品にも提案手法が利用可能だと考えられる。今後、投影対象の形状を操作するアプリケーションを作成し、提案手法の実用例を増やしていく。

## 5. おわりに

本論文では、プロジェクション方式によるデザイン支援システムの課題の克服を対象とした。先行研究にて投影により実物体の視覚的に形状を操作するシステムは提案されていたが、投影対象が白色実物体であるためプロジェクタの空間解像度及びダイナミックレンジを超えるような、繊細な表面質感を表現することが困難であった。そこで、投影対象を表現したい表面質感を持つ実物体とすることで形状操作後も表面質感を表現する手法を提案し、実験にて提案手法の有効性を調べた。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 15H05925 の助成を受けたものである。

## 参考文献

[Hisada 2006] Masaru Hisada, Keiko Yamamoto, Ichiro Kanaya, and Kousuke Satou: Free-form shape design system using stereoscopic projector-hyperreal 2.0. In SICE-ICASE, 2006. International Joint Conference, pp. 4832-4835. IEEE, 2006.