

## 異なる4視点で任意の濃淡パターンが現れるレリーフの作成

小澤 卓也 五位淵 竜也 斎藤 隆文

東京農工大学 大学院生物システム応用科学府

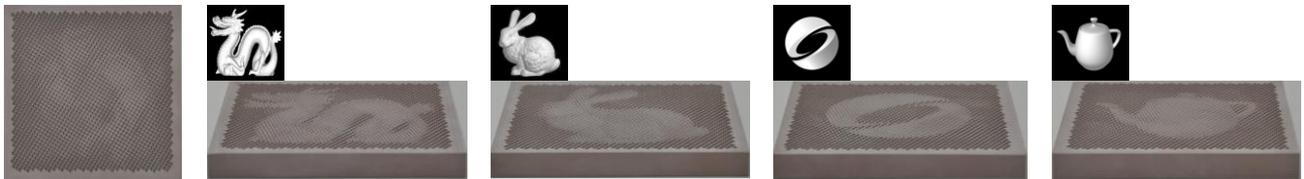


図1 異なる4視点で任意の濃淡パターンが現れるレリーフ

## 1. はじめに

物体の表面に光を当てたときの反射の仕方は、物体の素材自体の特性と物体表面の微細形状で決まる。本研究では、視点方向の変化に応じて異なる模様陰影が浮かび上がるようなレリーフの作成手法を提案する。本研究では、NC 切削機によりレリーフを実際に作成し、3次元モデルとの比較、評価を行う。

光を当てることで任意の模様をつくる研究はいくつか行われている。光の屈折によって模様を投影する透明物体の設計[1]や、光を当てる方向を変えることで異なる模様が浮かび上がるレリーフの作成[2]、表面に彫った円筒状の穴の深さの制御によって模様ができるレリーフの作成[3]、光を当てる方向を変えることで異なる影絵ができる物体の設計[4]等が行われている。

## 2. 提案手法

## 2.1 Alexa らの手法

[2]は、Alexa らによる、傾きの異なる三角パッチで表面を構成することで、光を当てる方向の変化に応じてそれぞれ異なる2つの濃淡模様の陰影を浮かび上がらせる表面形状の作成手法であったが、この手法には、1方向から当てた光で浮かび上がる模様に、もう他方向の光で浮かび上がるはずの模様が映り込み、入力した模様が再現されないという問題があった。Alexa らの手法の前提条件である「全ての面に光が当たること」「全ての面を観測者が見ていること」により、光源方向ごとに独立に表面の明るさを制御できないことが原因と考えた。そこで、本研究では、直線型の彫り込みを施すことで表面に「遮蔽部分」を作り、視点ごとに独立に表面の明るさを制御できる表面形状の作成を目指す。

## 2.2 特殊な彫り込み形状による手法

本研究では、視点位置によって異なる輝度値を持つような特殊な彫り込み形状の提案を行い、彫り込みをレリーフ表面上に規則的に配置することで、4方向の視点によってそれぞれ異なる模様が浮かび上がるようなレリーフを作成する。

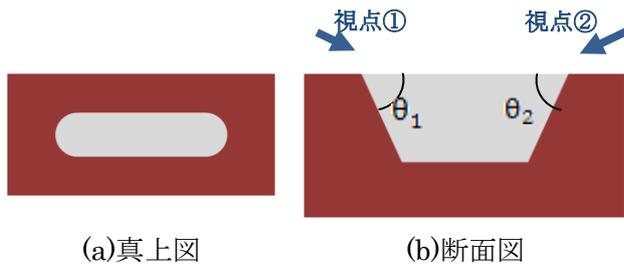
まず、図2のような直線状の彫り込みについて考える。この彫り込みに上から光を当て2方向から見たとき、異なる面が見える。物体表面の明るさは、視点方向と表面法線のなす角によって変化するため、二つの傾斜角度 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ を与えることにより、視点ごとに独立に表面の明るさを制御することが可能となる。

二つの直線状の彫り込みを垂直に組み合わせることで、図3のような十字型の彫り込みができる。この彫り込み形状は、四つの傾斜面を持つため、4方向からの見え方を独立に制御可能と考えられる。具体的な彫り込み形状の大きさは、表面に配置できる彫り込みの数および観測者がレリーフ表面を見るときにの俯角をもとに決定した。図4のように、十字型の彫り込み形状を1方向から見たときの彫り込みの平均輝度を1画素とみなし、奥の傾斜面の傾きによって輝度を制御する。手前の傾斜面は完全に遮蔽されるが、他の視点の輝度を制御する両端の傾斜面は完全に遮蔽されないため、ノイズとなる。図4のように、彫り込みの平均的な明るさは、両端の傾斜角度の影響を大きく受けないと考えられるが、ノイズの軽減は考えていく必要がある。

十字型の彫り込みを表面に配置する方法を考える。配置方法を決定する上で注意すべき3点がある。まず、掘り込みの傾斜面により濃淡模様を表現したいため、表面上の切削加工を施さない領域を極力小さくする必要があること。二つ目は、解像度の高い陰影を浮かび上がらせるために、より多くの十字型の掘り込み形状を表面上に配置する必要があること。三つ目は、

隣り合った掘り込み形状間の壁の部分の破損の恐れを考慮して配置すること。以上のことから、図5のような配置方法を採用した。

一つの十字型の彫り込みが持つ一つの傾斜面が1方向から見たときの濃淡模様の1画素であるため、配置方法をもとに四つの入力画像から標本化し、標本点の輝度値から傾斜面の角度を決定し、切削する。



(a)真上図 (b)断面図  
図2 直線型の彫り込み

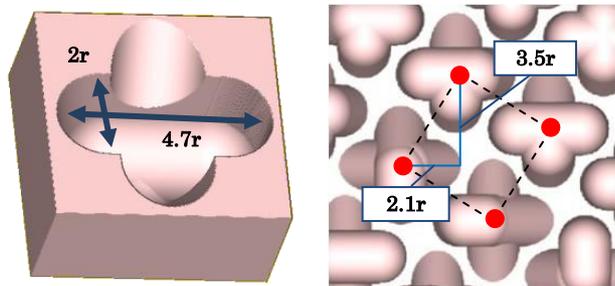


図3 十字型の彫り込み 図5 彫り込みの配置

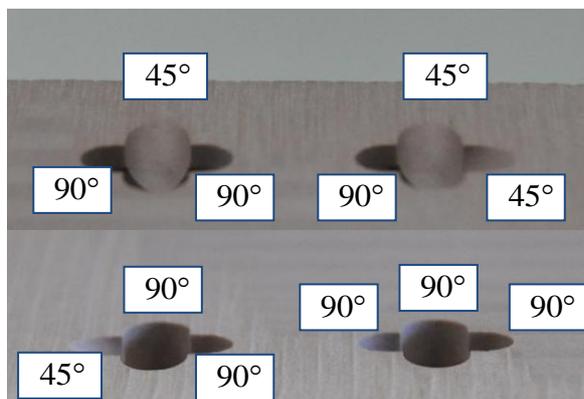


図4 ある方向から見た十字型の彫り込み

### 2.3 レリーフ切削の目標

レリーフ切削の目標としては、より入力画像に近い濃淡模様を浮かび上がらせるため、「高解像度の濃淡模様が浮かび上がること」「高コントラストの濃淡模様が浮かび上がること」「他視点で浮かび上がるはずの模様が映り込まないこと」という三つが挙げられる。レリーフ切削において、レリーフの材質や彫り込みの具体的な形状などといった決定すべきパラメータ

がいくつかあるが、目標を踏まえ最適パラメータを検討していく。

### 3. 結果

前述の三つの目標のうち「解像度」「コントラスト」を踏まえ、切削した。解像度は、切削に用いるエンドミルの半径の大きさに依存し、小さいほど高い解像度の濃淡模様が得られる。エンドミルの半径を3.0,1.5,1.0,0.5[mm]の4種類とし、ケミカルウッドを切削したところ、半径0.5[mm]のエンドミルで切削した場合に、コントラストの低下が見られた。原因は、近隣の彫り込み形状間の壁が薄いために光が透過した可能性、削った表面が荒くなった可能性の二つが考えられる。エンドミルは、半径1.0[mm]以上のものが解像度およびコントラストの観点から適しているとわかった。

半径1.0[mm]のボールエンドミルで200[mm]×200[mm]×20[mm]のケミカルウッドを切削した。レリーフを4方向から見た結果を図1に示した。

### 4. おわりに

本稿では、4視点で異なる模様が浮かび上がるレリーフを作成する手法について述べた。今後の課題は二つ挙げられる。一つは、コントラストの向上である。表面の素材の拡散反射成分および鏡面反射成分の影響を受けるため、表面の材質と色を検討する必要がある。二つ目は、他視点での模様の映り込みである。彫り込みの形状によるものなので、具体的な形状の見直しが必要である。

### 参考文献

- [1] M. Papas, W. Jarosz, W. Jakob, S.Rusinkiewicz, W. Matusik, Tim Weyrich, Goal-based Caustics. Computer Graphics Forum (Proceedings of Eurographics) 30,2.
- [2] M. Alexa, W. Matusik, Reliefs as Images. ACM Transactions on Graphics Vol.29, No.4 (Proc. SIGGRAPH 2010), Article 60 (2009).
- [3] M. Alexa, W. Matusik, Images from Self-Occlusion. Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging, pp.17-24 (2011).
- [4] N.J. Mitra, M. Pauly, Shadow art. ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH Asia) Vol.28, No.5(2010).