

光源方向により異なる4つの模様が現れるレリーフの作成

佐藤 恵理[†] 斎藤 隆文[‡]

[†]東京農工大学 工学部情報工学科

[‡]東京農工大学 大学院生物システム応用科学府

1. 背景と目的

レリーフとは、平らな面に模様が浮き出すように彫りあげた彫刻を指す。これらは美術品のほか、肖像や地図、硬貨、家具や建築物の装飾としても利用され、日常でもたびたび目にするものである。近年では、NC切削機や3Dプリンタなどの機器の発達により、ノミやタガネ、鋸などを用いた彫刻の技術を持たない人でも、レリーフの作成が可能になった。

また、物体の見え方は視点や光源、物体の形状や物体表面の材質によって決定される。このような、物体の見え方に関する要素の情報を元に画像を生成するレンダリング技術に関する研究は、これまでも多く行われてきた。

本研究では、この逆問題に着目する。具体的には、まず、あらかじめ設定した4つの光源方向のそれぞれに、対応する物体の見え方を入力画像として与える。この設定した各光源方向から光を照射したとき、入力画像と同様見え方を再現する形状の情報を取得し、この形状を作成する手法を提案する。

2. 関連研究と問題点

複数の光源方向から照らされたとき、各光源方向に対応する画像を表示するレリーフの作成手法に関する先行研究として、Alexaらの手法[1]やBermanoらの手法[2]などが挙げられる。

これらの研究は、いずれも、表示する画像の数の少なさやコントラストの低さ、他方向の表示画像の映り込みによるノイズなどの問題を抱えている。本研究では、新たな提案手法により、これらの問題の解決を目指す。

3. 提案手法

本研究では、レリーフ表面に4つの小斜面と、それらを囲む壁で構成される微細形状(図2)を配置することにより、光源方向ごとに光の反射を制御し、模様を形成する。この壁の高さはすべて一定であり、小斜面は壁より低く彫り込む。この彫り込み形状によって、他の方向からの光線を遮蔽し、映り込みによるノイズを低減させる効果が期待できる。

以下に、提案手法の詳細を述べる。

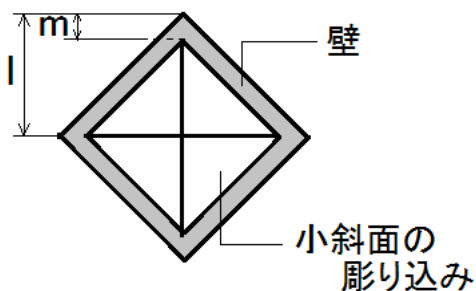


図2 微細形状の俯瞰図

3.1 光源方向ごとに独立した反射の制御

光源方向ごとの光の反射は、微細形状の持つ小斜面の角度によって制御される。光線の仰角を θ とすると、光線を反射させる斜面はレリーフ表面から $\theta \sim \pi/2$ の間に存在する(図3)。この条件によって、各小斜面は対応する方向以外から光線を受けることがないため、他方向からの光線に依存することなく扱うことができる。

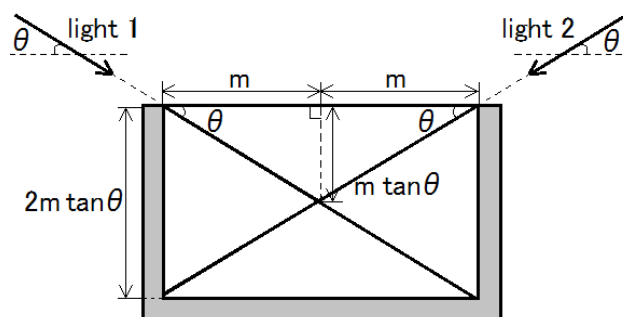


図3 微細形状の断面図

Relief pattern with four different images depending on lighting direction

Eri SATO[†], Takafumi SAITO[‡]

[†]Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

[‡]Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

3.2 小斜面による明るさの制御

ある方向から光線が入射する斜面の明るさは、その斜面の角度によって決定される。斜面の角度が光線に対して垂直に近づくほど、光源方向から見た斜面の見かけ上の面積は大きくなり、斜面は明るく見える。逆に、斜面の角度が光線に対して平行に近づくほど、光源方向から見た斜面の見かけ上の面積は小さくなり、斜面は暗く見える。

ここで、図4の灰色の小斜面について考える。この小斜面に対応する光源方向は L_A , L_B の2つである。この小斜面を立体的に捉えたものを図6に示す。

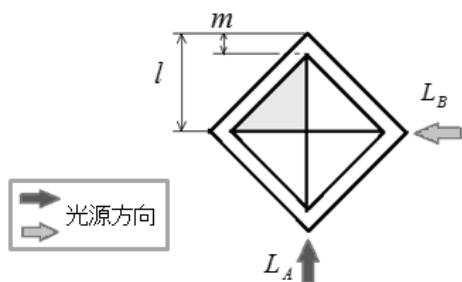


図4 小斜面と対応する光源方向

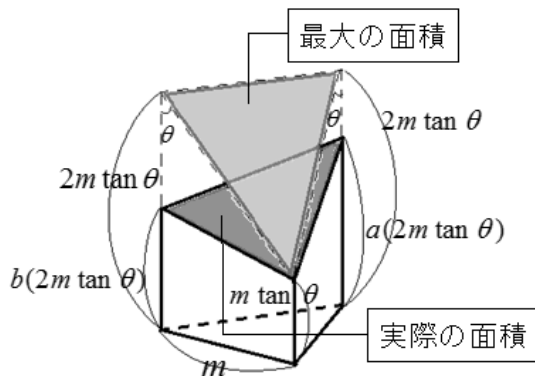


図5 斜面の面積(1)

このとき、3.1節で述べた条件を満たす面積が最大の小斜面が最も明るくなる。この明るさを1とすると、最大の面積と実際の面積を図6のように表したとき、光源方向 L_A から照らされた斜面の明るさ L は次の式(1)で求めることができる。

$$L = a \frac{d}{c+d} = \frac{a^2}{(1-b)+a} \quad \dots(1)$$

同様に、光源方向 L_B から照らされたときの L は式(2)で表される。

$$L = \frac{b^2}{(1-a)+b} \quad \dots(1)$$

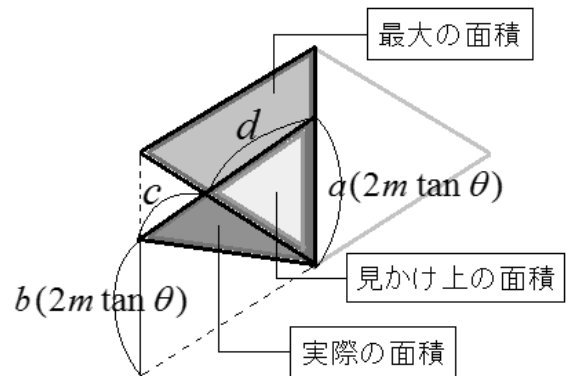


図6 斜面の面積(2)

3.3 微細形状の配置

微細形状の1つ1つは、真上から見たときに正方形に見える。この正方形の各辺を、正方形のレリーフの各辺に対し 45° 傾けて配置する。このとき、微細形状の左上、右上、左下、右下の4か所に隙間が生じる。この隙間に、図3に示すように左上は小斜面Dと、右上は小斜面Cと、左下は小斜面Bと、右下は小斜面Aと同じ小斜面を配置する(図7)。このようにすることで、微細形状は、レリーフ表面を隙間なく埋めるように並べられる。

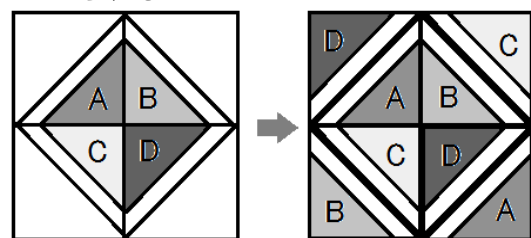


図7 微細形状の配置

4. おわりに

本稿では、光源方向により異なる4つの模様が現れるレリーフの作成手法について述べた。この研究は現時点では試作品を作るに至っていない。今後は、実際に設計したレリーフを制作し、既存手法の問題の改善がどの程度達成されるか確認しつつ、改良を加える。

参考文献

- [1] Alexa, M., Matusik, W.: Reliefs as images. ACM Transactions on Graphics, Vol.29, No.4, 60:1-60:7(2010).
- [2] Bermano, A., Baran, I., Alexa, M., Matusik, W.: ShadowPix: Multiple Images from Self Shadowing. Comput. Graph. Forum, Vol.31, No.2, 593-602 (2012).