

陰影情報を用いた手書きスケッチの3次元形状制御法

安随晋太郎 松田浩一 亀田昌志 土井章男

岩手県立大学ソフトウェア情報学部

1 はじめに

近年、工業製品や家電製品といった製品開発のために企業は CAD(Computer Aided Design)や CAM(Computer Aided Manufacture)システムを導入し、意匠デザイン作業の効率化を図っている。しかし、意匠デザイン工程の全てが CAD/CAM でコンピュータ化されたわけではなく、意匠デザインの初期プロセスであるラフスケッチの段階では、漠然としたアイデアを描くといった特性から、ほとんど適用されていない。

そのため、デザインの発想段階を支援するための手書きスケッチによる3次元形状入力の手法が提案されており、主に輪郭による形状の制御を行なっている。

Teddy[1]では入力した輪郭から形状の膨らみを推測することで3次元形状を生成し、形状を修正することにより物体を構築する手法であるが、形状の厚みは輪郭幅から自動的に計算されるため、ユーザが制御することは不可能である。また、輪郭線だけでなく、陰影の位置と濃度を利用して形状の厚みや凹凸を制御する鈴木ら[2]の手法では、陰影の分布と濃度のみを利用して陰影形状情報を利用しておらず、形状の厚みの制御には独自に決定したパラメータを用いていた。

そこで本研究では、球体を対象とし、手描きで描かれた球の陰の分布形状を基に、ユーザの意図する球体の厚みを制御する手法を提案する。

提案手法では、手描きで描かれた陰の分布形状に対して回帰分析を行ない、理想陰分布から得られた関係式にあてはめることにより、ユーザの意図に近い付け厚みパラメータを得ることを目的とした。

2 理想陰分布の分析

本節では、手描き陰の分布の角度(以下、陰角度)および分布形状の湾曲率(以下、陰形状曲率)による、球の厚み制御のための関係式を求める。

ここで、陰を含んだラフスケッチでは特徴を表す陰の最も濃度の高い部分のみを記述し、デザインにおいては球全体への陰影の重ね描きによ

Sphere Shape Control Method with Handdrawn Shading
Shintaro ANZUI, Koichi Matsuda, Masashi KAMEDA, Akio DOI
(Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University, Japan)

り球体の形状が決定することに着目し、関係式を作成した。

形状制御プロセスはスケッチを二値化して得られた陰形状(以下、特徴陰)に対して、回帰分析で得られた(1)陰角度、(2)陰形状曲率、から厚みを推測する。

2.1 角度と高さの相関分析

陰の角度と高さの相関を求めるため、OpenGLを用いて右上45度の光源から照らした理想的な球体を用意した。その陰のうち、濃度の高い特徴陰を二値化により抽出する。抽出した陰を表す画素を点群とし、回帰直線により分布を近似する。この近似直線式の角度を求め、これを陰角度とする(図1-a)。

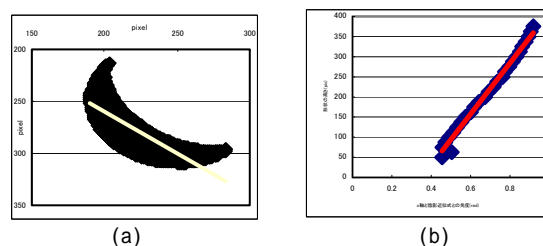


図1 球体の陰に対する回帰直線(a)、陰角度と高さの相関(b)

ここで、半径を100pixelに固定し、高さを25pixelから375pixelまで、12.5pixelごとに変化させたときの陰角度を求め、高さとの相関を算出したところ、回帰直線 $y = 634.15x - 222.49$ が求まり、これを球体の高さとの相関関数とした(図1-b)。

2.2 陰形状曲率と高さの相関分析

陰形状曲率を用いて形状の高さの算出を行なう。陰形状曲率と高さの相関は以下の手順で求める。(1)陰角度がx軸に重なるように陰形状を回転させる、(2)回転後の特徴陰に対し、2次の回帰曲線を求める、(3)近似された二次曲線式と陰形状の交わる二点を端点とし、端点間を結んだ線分から最も遠い二次近似曲線上の点を最遠点と定義し、端点間線分の距離をL、端点間線分と最遠点との線分の距離をHとして、LとHとの比 $C (=H/L)$ を陰形状曲率と定義する(図2)。

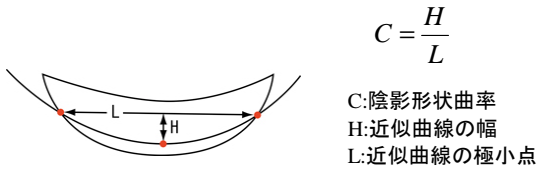


図 2 陰形状曲率の定義

さらに陰角度の算出方法と同様に高さを 25pixel から 375pixel まで 12.5pixel ずつ変化させたときの陰形状曲率を算出し、高さと陰形状曲率の相関を 2 次の回帰曲線 $y = \pm \sqrt{\frac{0.253 - x}{4 \times 10^{-6}}}$ により求めた (図 3)。

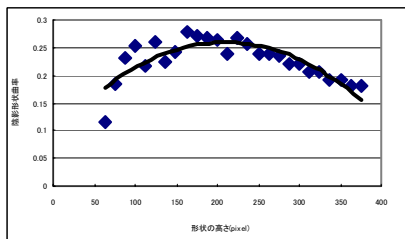


図 3 陰形状と球体の高さの相関

3 実験

本節では陰角度関数と陰形状曲率関数を用いて 14 枚のスケッチに適用した結果を示す(図 4)。対象とするスケッチサンプルはスケッチやデッサンのテキストから抜粋したもの合計 14 枚を用いた。まず、対象となるスケッチをスキャナで読み込み、背景や影などを取り除く。その後、球体に対して二値化を行なう。生成した球体の適合率は、基本球体との高さの比較で行ない、相対誤差により求めた。

3.1 特徴陰影角度関数の適用

実験の第一段階として前処理を行ったサンプルに対してまず陰角度関数を適用する。評価には相対誤差を利用した。サンプル全てにそれぞれ提案手法を適用したところ、球体として認識できる相対誤差が 40%未満のものは 14 枚中 10 枚、平均相対誤差 23%であった。その中で平均誤差が 11%であった適用例を示す(図 4 - a)。残りの 4 枚は球体として認識できない、形状の高さが負になるというものであった。

3.2 特徴陰影曲率関数の適用

次に第二段階として球体を生成できなかった 4 枚のサンプルスケッチに対して陰形状曲率を適

用したところ、4 枚中 3 枚を相対誤差 40%未満に改善できた。その中で平均誤差が 60%から 23%に改善された適用例を示す(図 4 - b)

結果として第一段階で陰角度関数のみを適用した場合、全体の平均相対誤差が 36%であったのに対し、第二段階で陰形状曲率関数を併用することにより、全体の平均相対誤差を 25%にまで改善されたことを確認できた。



(a) “鉛筆画初級レッスン” [3] 相対誤差11%



(b) “パースの描き方” [4] 相対誤差23%

図 4 実際のスケッチへの適用例

4 おわりに

本稿では、陰情報を用いた球体の 3 次元形状制御法の提案を行った。提案手法ではスケッチ等で描かれる球体形状を表している特徴陰に注目し、特徴陰の角度、特徴陰の陰形状曲率を用いて、陰影から形状の高さを制御する方法を提案した。特徴陰の利用により、スケッチとして描かれた陰情報のみで平均相対誤差を 25%の 3 次元球体形状を生成することを可能とした。

今後の課題は、高さ方向だけでなく、奥行き方向の厚み制御を陰により行なうことである。

参考文献

- [1] 五十嵐建夫, 松岡聡, 田中英彦, “Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design”, Proceedings of ACM SIGGRAPH '99, pp.409-416, ACM Press, 1999.
- [2] 鈴木俊博, 松田浩一, 近藤邦雄, “手描きスケッチにおける陰影表現を用いた 3 次元形状制御方法”, 情報処理学会, グラフィクスと CAD 研究会 2002-CG-108, 108-2, pp.7-12, 2002.
- [3] 視覚デザイン研究所編, “鉛筆画初級レッスン”, 視覚デザイン研究所, pp.12, 1999.
- [4] 近藤達雄, “ドローイング”, 美術出版社, pp.96, 2000.