

3次元形状データの線画表示における破線化防止法

安田優[†] 山口泰[‡]

東京大学大学院学際情報学府[†]

東京大学大学院情報学環[‡]

1 はじめに

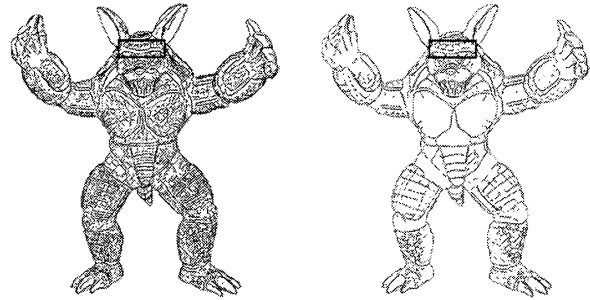
ノンフォトリアリスティックレンダリング (NPR : Non-Photorealistic Rendering) の中でも、線画生成を目的とした研究は特に盛んに行われている。文化財保護や美術品修復の現場では、専門家が対象物の線画を描き、その作業における重要な資料として活用している。同時に、レーザレンジセンサなどの計測機器でそれらの3次元形状を取得する作業も行われているので、そうして得られたメッシュモデルから、計算機で線画を生成することは有意義な課題であると言える。

2 背景

これまで、メッシュモデルの形状を分かりやすく示すための線を求めて、数多くの研究が行われ、線で形状特徴を効果的に捉えることが可能となってきた [1]。しかし、そうした手法において、特定されたすべての位置に線を描いてしまうと、図 1 (a) のように余計な線ばかりが現れて、むしろ形状の情報を正しく伝えられないことが多い。そこで、どの手法においても、描画線を構成する点毎に各手法で用いている幾何学的特徴量を算出し、それを任意に設定された閾値と比較することで、質の高い線だけを残すようなフィルタリングが行われている (図 1 (b))。しかし、余計な線を描かないようにすると、図 1 の青矩形領域にあるように、今度は描かれるべき線までもが途切れてしまうといった問題が確認されている。

3 破線

本研究では、このようにして表示される線の一部が欠けてしまうことを「破線化」と呼び、そうした線のことを「破線」と呼ぶことにする。破線化の原因は、先の例を含めて、主に次の2つが考えられる。



(a) 閾値が小さい場合 (b) 閾値が大きい場合
図 1: フィルタリング時の閾値による変化 (Valleys)

3.1 フィルタリングによる破線

ひとつめは、フィルタリング時に用いる閾値の設定が生み出す破線である。図 1 で見えている線は、実際は、図 2 のようなメッシュモデルの面上に描かれた短い線の集合である。フィルタリングによってこの線の一部だけが取り除かれてしまい、その結果、破線として認識されるようになる。

3.2 ノイズによる破線

ふたつめは、入力とされるメッシュデータのノイズが生み出す破線である。これは、既存手法の頑健性の問題であり、凹凸の激しい位置では曲率を始めとする各種の幾何学的特徴量を精確に算出することができず、そもそも、結果として線が描かれなかったものである。

4 目的

DeCarlo ら [2] は、自らが提案する手法の中に Canny [3] の *Hysteresis Thresholding* を導入することで、「フィルタリングによる破線」を防ぐ成果を上げた。これに

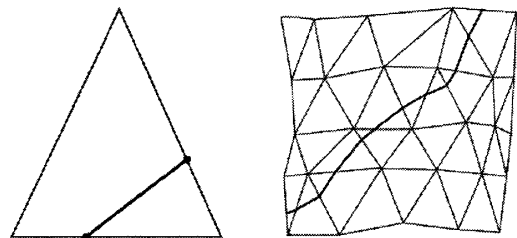


図 2: メッシュモデル上に描かれている線

Connecting Fragmented Lines in 3D Line Drawing

Yu YASUDA[†], Yasushi YAMAGUCHI[‡]

[†]The University of Tokyo, Graduate School of Interdisciplinary Information Studies

[‡]The University of Tokyo, Interfaculty Initiative in Information Studies

{yasuda, yama}@graco.c.u-tokyo.ac.jp

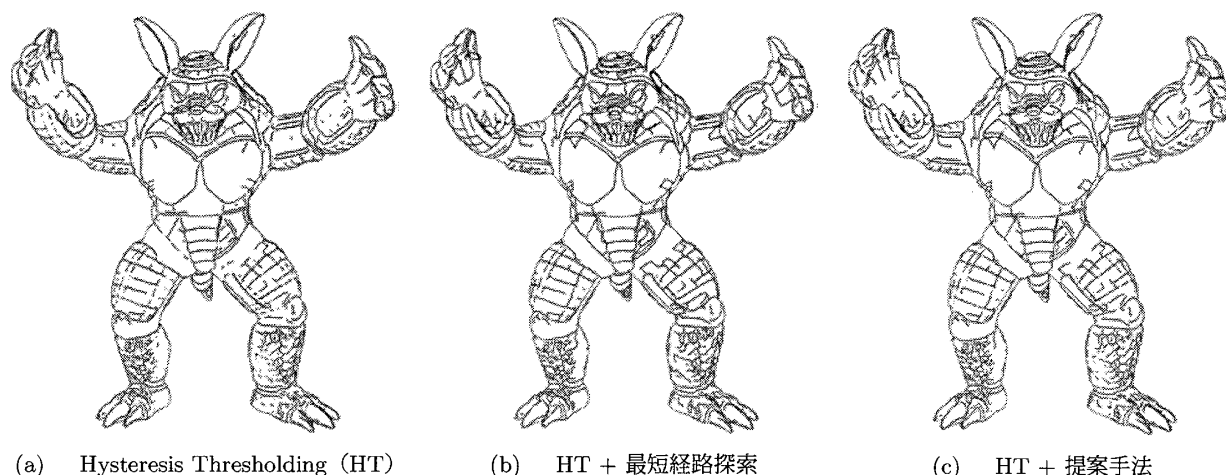


図 3: 実行結果 (Valleys)

対し、本研究では、こうした破線化問題の中でも、特に未解決とされている「ノイズによる破線」に注目し、既存の線画生成手法を対象とした破線化防止法を考案する。

5 提案手法

ノイズによる破線を解決するには、何もない状態から新たに線を生み出さなくてはならない。このとき、破線を改善する最も単純な方法として考えられるのは、ある線の端点とそこから最短距離にある別の線の端点を結びつけることである。しかし、単純に距離だけで接続してしまった場合、中には思わぬ方向にある線と繋がってしまうことは容易に予想できる。そこで、本研究では、最短経路探索に対して、それが線を結ぶ方向として適切な方向に向っているかどうかを曲率方向で確認する操作を加えることにする。

例えば、既存手法の中でも Valleys [1] を例に取って考える。Valleys は、最小主曲率方向に直交して描かれる。すなわち、図 2 のように面の上にひとつできた経路に対して、その方向と面の最大主曲率方向のなす角を調べて、それが任意の角度よりも大きくなった場合、Valleys が延長されるべき方向に沿った最短経路はないとして、また別の線の端点に対する最短経路探索に移行する。これを自分を除くすべての線の端点に対して行い、その中で最短となる端点に対して接続を行う。

6 評価

図 3 を見ると、Hysteresis Thresholding によって破線化が緩和された線画に対しても、提案手法を適用することでさらに破線が改善されていることが分かる (図 3 (c))。また、曲率方向を考慮した最短経路探索を行

うことによって、単純な最短経路探索で端点を接続した場合と比較して、不自然な線の接続なく破線を防止できていることが見て取れる (図 3 (b))。

7 おわりに

今回、評価にて示した画像はただか Valleys (principal curvature) に対して提案手法を適用した結果である。「曲率方向」という話からすると、Suggestive Contours (radial curvature) [2] や Apparent Ridges (view-dependent curvature) [4] といった様々な線画生成手法と曲率が定義されており、今後は、こうした既存手法に対しても、体系的に提案手法が適用できるものなのか実験を重ねていく必要がある。

参考文献

- [1] Yutaka Ohtake, Alexander Belyaev, and Hans-Peter Seidel. Ridge-valley lines on meshes via implicit surface fitting. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2004*, August 2004.
- [2] Doug DeCarlo, Adam Finkelstein, Szymon Rusinkiewicz, and Anthony Santella. Suggestive contours for conveying shape. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2003*, July 2003.
- [3] J. F. Canny. A computational approach to edge detection. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, Vol. 8, No. 6, pp. 679–698, 1986.
- [4] Tilke Judd, Frédo Durand, and Edward Adelson. Apparent ridges for line drawing. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2007*, July 2007.