

実世界指向の 3D 形状データ変換手法の提案

土肥雅志† 三谷純‡ 西原清一‡ 福井幸男‡

†筑波大学第三学群情報学類 ‡筑波大学大学院システム情報工学研究科

1. はじめに

近年では、計算機の性能の向上により 3D 形状データを扱うことが容易になった。個人が作成した形状データも増え、ウェブ上で形状データを検索できるシステムも存在する。しかし、これらの用途は画面に表示するだけに限られることが多い。そこで、これらの形状を実物として製造することで、さらなるデータの有効活用が可能と考えられる。3D 形状を実際に手に触れられる形で制作する方法としては、積層技術などの先端技術を用いる方法、または紙や板などの身近な素材を用いる方法が考えられる。本稿では、後者に挙げた、身近な素材で目的の形を作ることを対象とする。

ところで、これらの形状データは画面に表示することを目的として作成されているため、そのままでは実際にものを作るのに適さないことが多い（形状表面に小さな穴や溝が存在していたり、面同士が交差している場合など）。そこで本研究では、板状の素材から実物を作る場合に、これらの形状に由来する問題を自動的に修正するシステムの構築を目的とする。

提案手法では、素材の厚みを無視できるものとし、ボクセルによる形状表現を経由したポリゴンモデルの修正処理を行った。

2. 既存研究

上記の問題を解決するシステムとして[1]が挙げられる。このシステムは、入力形状の表面を位相的に閉じた形状として作り直し、また内部にある余分な形状を削除するものである。これにより形状表面の穴や溝、交差している面を自動的に解消することができる。このシステムはボクセル化と形状再建で大きく分けることができ、またそれぞれを 3 パートずつで区切ることで計 6 パートにより構成される。以下にその概要を示す。

- ① 形状を八分木によりボクセルで表現する。八分木はセルの中に複数の面がある場合にそのセルを八等分し、それぞれのセルに同じ処理を繰り返すことで必要な部分のみを細かくボクセル表現する手法である。

- ② 八分木を①に条件を追加することでさらに分割する。追加される条件とは、形状の境界辺がセル内にあれば分割、つまり穴や溝周辺を細密にボクセル化することと、異なる面を含んだセルが隣同士である場合に分割、つまり形状の隙間を確実にボクセル化することである。
- ③ 境界辺を含むボクセルに対してモルフォロジー演算を行うことで、形状表面の小さい穴や溝をふさぐ。また、最も外側のセルから空のセルに対してモルフォロジー演算を行い、形状の外側と内側を区別する。これにより内部の余分な形状は以後考慮されなくなる。
- ④ 隣接した形状を含むセルの情報から新しく面を作成する。またセル内に新たに頂点を発生させ、面に対応付ける。この時点では頂点の詳細な位置は決定しない。
- ⑤ ④で作成された頂点の位置を決定する。セルの中心からセル内の元の形状で最も近い位置を割り当てる。
- ⑥ 元の形状で穴や溝だった位置には⑤で頂点の位置を決定する形状が存在しないため、そのような頂点の位置をスムージングフィルタによって決定する。また、四角形面を三角形面に分割する際に、より元形状に近い形状になるように分割する。

このシステムにより、面が交差していたり、溝や穴によって宙に浮いた部品がある場合などの制作するうえで位相的に適切でない形状（以降は単に不適切な形状と表す）の問題は取り除くことができるが、紙のような板状の素材を用いて作成する場合に問題が生じる。例えば一枚の面で構成される形状があった場合、[1]のシステムに適応すると位相的に閉じた形状になるため、二枚の両面として出力されてしまう。そのため、図 1 の黒線で表すような、本来板状の素材であれば一枚で済むところを、青線の二枚で構成することになり無駄が生じてしまう。

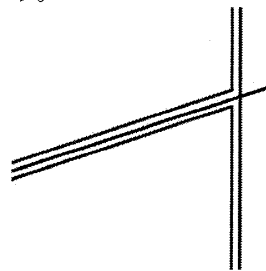


図 1：従来のシステムの出力結果

A 3D data processing method for making real objects

Masashi DOHI†, Jun MITANI‡, Seiichi NISHIHARA‡, Yukio FUKUI‡

†College of Information Sciences, University of Tsukuba
‡Department of Computer Science, University of Tsukuba

3. 提案手法

[1]のシステムを元に、④⑤を変更することで板状の素材に適した形状を出力するシステムを目指す。まず、③で外側に区別された空のセルを”outside”(図2では水色)、中身のあるセルを”full”(図2では黄色)とする。そして四辺を”full”セルで囲まれたセルグリッドの辺と、”outside”セルに隣接したセルグリッドの頂点のペアごとに **piercing point** (図2では赤)を作成する。**piercing point** は新しい面(図2では緑)の連結性と周辺の新しい頂点(図2では青)の情報を保有し、最終的にこれを元に新たな面を作成する。

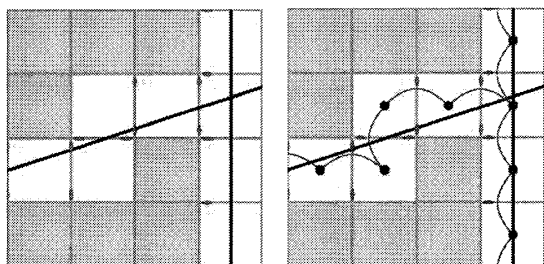


図2: 入力形状のボクセル情報(左)とそれに基づく新しい頂点と新しい面(右)

次に各”full”セルに新しい頂点を作成し、近くの **piercing point** と結びつける。頂点がすべて格納された **piercing point** は新しい面を作成する。

このとき、図2の横に伸びている形状のように一枚の面で構成されるべき形状は、すべての **piercing point** を面にしてしまうと両面になってしまう。そこで、同じ頂点の集合から作成される面が複数あった場合は、新たに作成する面を一つに限定することで両面を回避する。作成される面の選択方法は、法線の方向で統一する。

続いて、セルごとに作成した新たな頂点の位置を決めるが、これは[1]のシステムと同じように、セル内にある面が一枚、二枚そして三枚以上の場合で分けて位置決定を行う。

このとき、図3のような入力形状であった場合、セルに発生する頂点を一つに限定しているために形状が歪んでしまう(図3(中央))。

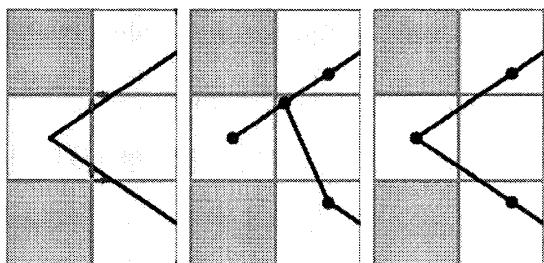


図3: 入力形状(左)、歪みの発生した形状(中央)、改善後の形状(右)

このようなことが起こる条件は、セル内に複数の面が存在し、またその交線がセル外に存在する場合である。この条件下では、セル内の頂点を、交線が存在する他のセルの頂点に結合する。その際に、結合する頂点を参照している **piercing point** が、結合

される頂点を参照するように変更する。図3(右)では、中央右のセルの頂点を、中央左のセルの頂点に結合している。この操作によって形状のゆがみを回避できる。

4. 結果と考察

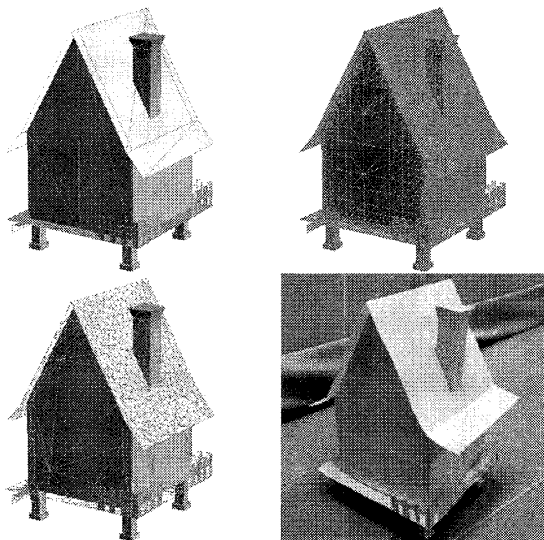


図4: 入力形状(左上)、提案手法による出力形状(右上)、メッシュ削減後の形状(左下)、紙による作成結果(右下)

評価実験では、不適切な形状を提案手法により修正し、実際に紙を用いて作成した。図4の入力形状は、煙突が屋根の面を突き抜けており、面の交差が発生しているため、このままでは不適切である。図4の出力形状では不適切な点は解消されており、また余分となる重面を回避している。その後、そのままではメッシュが多いため、Edge Collapseによる簡単なメッシュ削減を行った。メッシュ削減では、形状を歪ませない範囲で短い辺を順に削除するという単純なものであるため、削減後に面の反転が生じてしまった。そのため、形状の展開図を作成する前に30分ほどの手作業によるメッシュ操作が必要になった。これより、メッシュ削減システムを改善する必要がある。また提案手法自体にも、ある平面上にある複数の面を一つの面に置き換えるなど、板状の素材をより効果的にいかせるような改善が考えられる。

5. まとめ

本研究では、板状の素材を用いて3D形状を実体化する際の、不適切な形状を修正するシステムを作成した。今後は第4章で示した提案手法の改善と、メッシュ削減システムの改善を行う。

参考文献

- [1] Stephan Bischoff, Darko Pavic, Leif Kobbelt, "Automatic restoration of polygon models", ACM Transactions on Graphics, Vol.24, No.4, pp.1332-1352, 2005.
- [2] Tao Ju, Frank Losasso, Scott Schaefer, Joe Warren, "Dual Contouring of Hermite Data", Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp.339-346, 2002