

レーブグラフを用いた多面体の展開図作成

岩泉 朋樹 西尾 孝治 小堀 研一

大阪工業大学

1. はじめに

計算機上の多面体は、操作性やディスプレイの制限から、形状を誤認したり実物と比べ受ける印象が異なったりする場合がある。そこで、実際に手に取って見ることができるよう、展開図の作成[1]が求められている。

面が互いに交差しないような多面体の展開図は、展開パターンの全探索を行うことで作成できる。しかし、面数の多い多面体においては展開パターン数が爆発的に増えるため、全探索は現実的な方法ではない。そこで、本稿では、全探索を行わずに形状の位相的な骨格を表現するレーブグラフを指標として用いて、組み立てやすい一枚の展開図を作成する手法を提案する。

2. レーブグラフの生成

3次元形状をZ軸に沿ってX-Y平面に平行な面で切っていくとき、切り口である等高線が閉曲線から1点へと変異する点がある。これらの点は臨界点とよばれ、等高線が生成される極大点、併合するサドル点、消滅する極小点が存在する。図1にトーラスの例を示す。等高線で囲まれた領域を頂点对応させ、等高線の上下の繋がりを辺で表したグラフはレーブグラフとよばれる。本稿では、境界表現モデルの頂点と区別するために、レーブグラフの頂点をノードとよぶことにする。

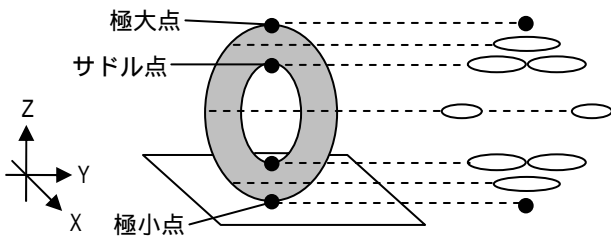


図1 トーラスの等高線と臨界点

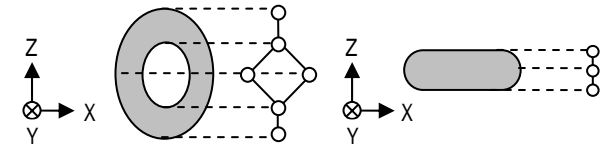
本手法でのレーブグラフの生成には、臨界点の特定を容易にするために、境界表現モデルを2値ボクセルに変換したものを用いる。

このとき、解像度は形状のオイラー標数が変わらない程度に設定する。また、変換する空間の領域は、境界表現モデルの外接直方体より大きくする。これは、以後の処理において確実に形状の外部となる領域を確保するためである。

2.1 ノードの生成

X-Y平面に平行な面でZ軸の正方向へボクセルごとにスキャンを行う。このときの各平面において連結するボクセル群を連結成分とよび、そのうちのある1つのボクセルをノードとする。また、Z軸方向で隣接する連結成分において、それらのノード間に繋がりをもち、レーブグラフを生成する。連結数が1のノードは極大点または極小点であるが、本手法ではこの2点を特に区別する必要がないため、あわせて端点とよぶことにする。また、連結数が3以上のノードはサドル点となる。このようにして生成したレーブグラフを図2(a)に示す。

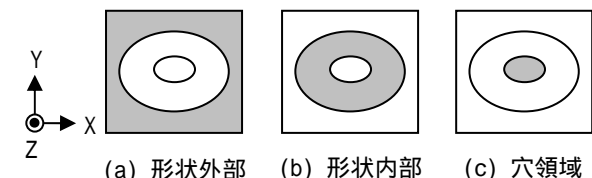
しかし、同図(b)に示すトーラスのように、Z軸方向からしか貫通穴が見えない場合、レーブグラフが正しく得られない。このとき、オイラー標数より求められる種数と、レーブグラフに存在するサイクルの数が一致しないため、サイクルを作る必要がある。



(a) 貫通穴が見える場合 (b) 貫通穴が見えない場合

図2 同一形状の配置によるレーブグラフの違い

まず、図3に示すようにX-Y平面に平行な面上の連結成分を、形状外部、形状内部、穴領域の3つの領域に分類する。形状外部はボクセル空間の端に隣接する領域とし、形状内部はボクセル内部の領域とする。形状外部、形状内部ともに属さない領域を穴領域とする。



(a) 形状外部 (b) 形状内部 (c) 穴領域

図3 トーラスの3つの領域

“Generation of Developments of Triangular Polyhedral Models using Reeb Graph”
Tomoki Iwaizumi, Koji Nishio, Ken-ichi Kobori.
Osaka Institute of Technology

次に、穴領域のレーブグラフを生成する。その各端点が形状外部領域と隣接する場合、Z 軸に平行かつ、形状内部領域と穴領域に交差する面で切断する。このときの切断面を図 4(a)の破線で、断面図を同図(b)に示す。そして、同図(b)中の右側に示すようにどちらか一方の輪郭に沿うようにノードを生成しサイクルを作る。

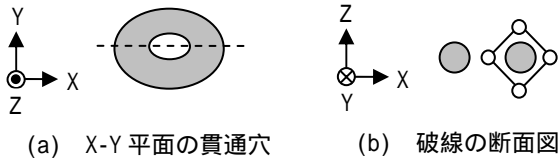


図4 断面図のサイクル

2.2 不要ノードの削除

生成されたレーブグラフには、局所的な位相構造も含まれるため、そのままでは展開図作成に向かない。そこで、サドル点から端点までのノード数が少ないものは小さな突起として捉え、この突起の構成ノードを削除する。また、ハンドルを備えた形状において、貫通穴に沿うサイクルだけを利用するため、サイクルを構成しないノードは全て削除する。

2.3 境界表現モデルへの割り当て

本手法では、展開図を作成する指標としてレーブグラフを用いる。そこで、各ノードを境界表現モデルの最も近い頂点に割り当てる。このとき、ノード間の繋がりをもとに、境界表現モデルを構成する稜線で割り当てられた頂点間を繋ぐ。

3. 展開図の作成方法

本手法では、三角形で構成される境界表現モデルを扱う。なお、すでに展開した面を展開面とよぶことにする。

まず、レーブグラフが割り当てられた稜線をもつ面と、その面の稜線を共有する面を展開する。これにより、形状の位相的な骨格にもとづいた深さ優先探索による初期の展開面を作成する。

次に、初期の展開面に隣接する面から順に、展開面と共有する稜線の長さ、展開面との干渉を考慮し展開していく。このとき、共有するどの稜線から展開しても干渉する面が存在する場合、この面に隣接する展開面の展開を取り消す。その後、他の共有する稜線から展開を行い、展開図を作成する。これにより、初期の展開面をもとに幅優先探索を行う。

本手法は、初期の展開面を木構造の根とすると、接続する各枝の長さを短くするような展開方法であり、展開図に外接する長方形をより小さくすることができる。これにより、枝の先や葉以外の部分において、面が複雑に入り組まない組み立てやすい展開図が作成できる。

4. 実験

本手法により展開図を作成した。作成結果を図 5 に示す。

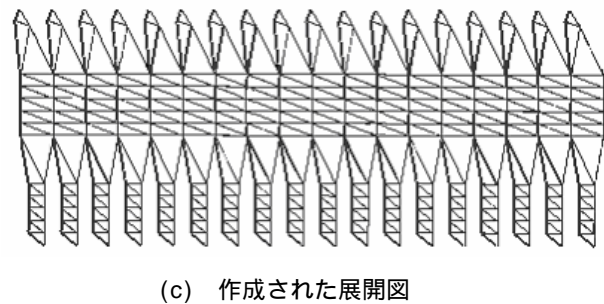
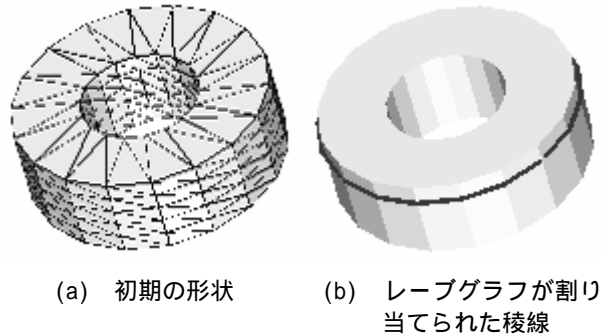


図5 本手法により作成したトーラスの展開図

実験結果より、展開図に外接する長方形を小さくすることができ、また複雑に入り組んだ展開図になっていないことが確認できた。

5. おわりに

形状の位相的な骨格を表現するレーブグラフを用いて展開図作成を行った。また、作成した展開図が複雑に入り組んだものにならないことを確認した。

今後の課題として、組み立てやすさのより定量的な評価法と、展開図作成の幅優先探索においてより効率の良い展開方法が挙げられる。

参考文献

- [1] 三谷 純 他, “3次元ポリゴンモデルの展開図作成”, 情報処理学会研究報告, pp. 13 - 18, 1999.