

物体表面における凹凸形状の自動抽出

はじめに

近年、3D スキャナの普及に伴い、CG モデルに点群データが用いられるようになってきている。一方、サーフェスモデルでは、凹凸表現としてバンプマッピングやディスプレイメントマッピングが用いられている。そこで、点群データに対するディスプレイメントマッピングの研究が行われている。この手法では、点群データに凹凸を表す表面形状を合成することで、点群データのディスプレイメントマッピングを実現している。しかし、予めマッピングに用いる表面形状を作成しておく必要がある。

そこで本研究では、3D スキャナを用いて取得した点群データから、表面形状を自動で抽出する手法を提案する。これにより、CG モデルの表面形状を自動で生成することができる。

提案手法

表面形状を抽出するための処理手順を図 1 に示す。

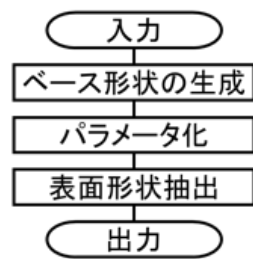


図 1 処理手順

入力形状は法線を有した 3 次元の点群データとし、出力形状は凹凸を表す表面形状とする。最初に、入力形状からベース形状を生成する。ベース形状は、入力形状の凹凸を除去した滑らかな曲面である。次に、入力形状と作成したベース形状をパラメータ化により 2 次元平面に写像する。最後に、これらのパラメータ化結果を用いて、凹凸を表す表面形状を抽出する。

ベース形状生成

ベース形状の生成には、点群の平滑化手法である APSS Filter を用いる。APSS Filter を用いることで、入力形状の凹凸を除去した滑らかな曲面を生成することができる。

パラメータ化

凹凸の情報を抽出するためには、入力形状とベース形状の対応関係が必要になる。しかし、入力形状とベース形状には点の対応関係が存在しない。そこで、パラメータ化の手法を用いて点同士に対応関係を与える。パラメータ化では、3 次元点群(xyz 座標)を 2 次元平面(uv 座標)へ写像する。パラメータ化は、Leiらの点群のパラメータ化手法をもとに行う。図 2 にパラメータ化の概要を示す。

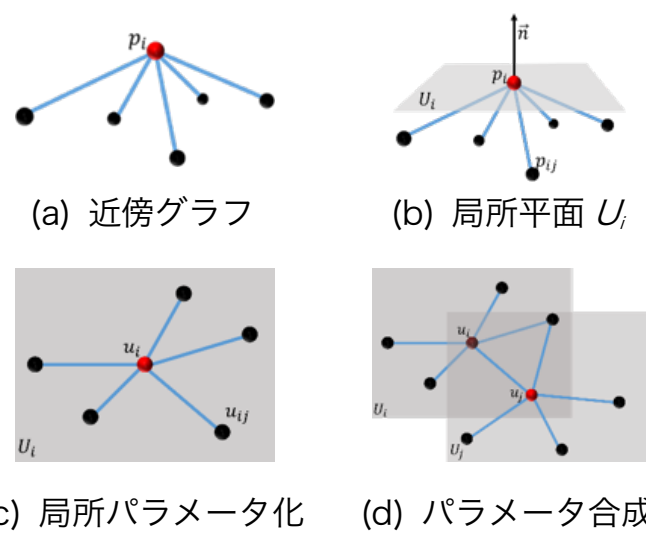


図 2 パラメータ化の概要

まず、図 2(a)のように注目点 p_i の近傍点を用いて近傍グラフを作成する。次に、同図(b)のように注目点 p_i の法線に垂直な平面 U_i を定義する。さらに、同図(c)のように、近傍グラフを平面 U_i に写像し、局所的なパラメータ化を行う。この処理を全ての頂点に対して行う。最後に、同図(d)のように頂点ごとに作成したパラメータ化結果を合成し、点群全体のパラメータ化結果を作成する。

表面形状の抽出

提案手法では、入力形状とベース形状のパラメータ化結果をもとに表面形状の抽出を行う。まず、ベース形状の点を注目点とし、その点に uv 空間上で最も距離が近い点を入力形状から検出する。次に、図 3(a)のように xyz 空間上で凹凸の高さを算出する。これには、まず同図(b)のように注目点であるベース点から入力点へのベクトル v を算出する。次に、ベクトルと入力点の法線ベクトル n を用いて凹凸の高さ h を算出する。

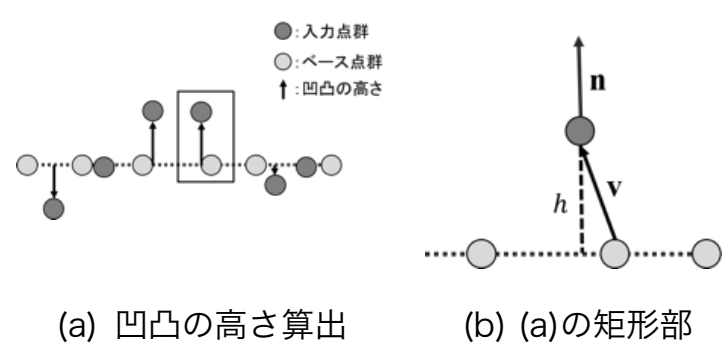


図 3 高さの算出

最後に、図 4 のように算出した内積の値をベース形状の対応する頂点に付与する。この処理を行うことで、平面に対して凹凸情報が付与された表面形状を抽出することができる。



図 4 パラメータ化結果に凹凸情報を付与した例

実験と考察

3D スキャナで取得した点群データから表面形状を抽出する実験を行った。表面形状の抽出結果を図 5 に示す。同図(a)は入力に用いた点群データであり、同図(b)は入力形状から作成したベース形状である。また、同図(c)は表面形状を抽出した結果である。なお、点数は 239,462 点である。

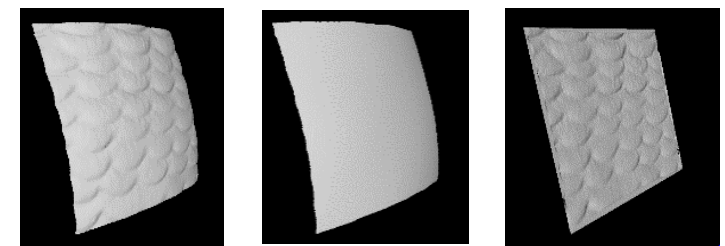


図 5 表面形状の抽出結果

次に、抽出した表面形状の有用性を確認するため、抽出した表面形状を他の形状にマッピングする実験を行った。マッピング結果を図 6 に示す。なお、点数は 105,664 点である。



図 6 表面形状を他の形状にマッピング

図 5 より、入力形状にある表面形状を抽出できていることがわかる。また、図 6 より表面形状にある凹凸を他の形状においても表現できている。しかし、図 7(a)のように入力形状に大きな凹凸が存在する場合、同図(b)のような結果となり、本来ならば平面で表現されるべき部分が逆に反った曲面で表現されている。これは、ベース形状を生成する際、大きな凹凸部分が入力形状に存在すると、凹凸に影響され意図しないベース形状を生成していることが原因であると考えられる。この問題を解決するため、ベース形状の生成手法を改善することが必要であると考えられる。

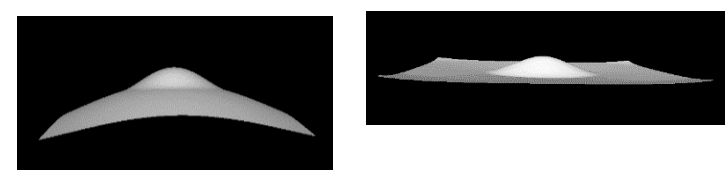


図 7 意図しない凹凸の抽出例

おわりに

本研究では、3D スキャナを用いて取得した点群データからその表面形状を抽出する手法の提案を行った。これは、APSS Filter を用いたベース形状の生成とパラメータ化を用いた表面形状の抽出手法により実現した。今後の課題として、ベース形状の生成手法を改善することが挙げられる。