

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 高 琪琪

本論文は3次元メッシュデータからの特徴線抽出を扱ったものである。メッシュデータは、微小な多角形（多くの場合は三角形のみ）からなる形状データであり、近年一般化してきた3Dスキャナによって得られる計測データや、3Dプリンタで出力するための入力データとして利用される形状表現である。一方、形状データの特徴線とは、形状に見られる特徴的な線の総称である。たとえば、周囲より高い場所を結ぶ山線や、逆に低い場所を結ぶ谷線などのほか、特定の位置や方向から観察した際に見られる輪郭線などが特徴線と考えられる。特徴線は対象形状の領域分割に用いられ、ユーザに形状の特徴を示す線画などに利用されるもので、3次元形状の特徴を示す重要な情報と考えられる。

本論文で主に扱われている特徴線は、形状の特徴量の極値を結ぶもので、最大主曲率の極大点を考えれば山線、最小主曲率の極小点を考えると谷線が相当する。このような極値を結ぶ特徴線の場合、メッシュの頂点座標にノイズが含まれる場合やメッシュの三角形形状が不揃いな場合などに、不要な特徴線が検出されたり、求めるべき特徴線が途切れたり、特徴線が歪んだりすることが避けられなかった。本論文は、これらの問題が生じる原因を明らかにするとともに、その対応策を検討することによって、従来よりも安定した特徴線抽出の実現を目指したものである。

本論文は全6章から構成されている。まず、第1章では、上に述べた問題点を整理している。まず、メッシュデータを対象とするためメッシュ稜線上で極値をとる点を求め、その点列によって特徴線が表現されること、ノイズ除去のための平滑化によって細かな形状が失われやすい低解像度のメッシュデータの扱いが困難なこと、特徴線として抽出する形状の細かさはユーザが目的に応じて選択すべきことなどが指摘されている。また本論文の議論の対象は個々の特徴線の抽出であり、特徴線の交点など複数の特徴線が存在する場合は扱わないこと、議論を簡潔にするために山線と谷線を主たる題材とすることが述べられている。

第2章では、これまでの特徴線抽出法について説明している。メッシュ上の各点において求められる形状特徴量（たとえば主曲率）と形状特徴量の臨界方向（たとえば主方向）のペアによって、臨界方向上で極値を取る点を算出することで特徴線抽出を実現している。さらに、曲面の形状特徴量として、主曲率などの微分特徴量と遮蔽率などの積分特徴量があることが述べられている。

第3章では抽出される特徴線の途切れや歪みを議論している。まず既存手法を用いた場合に特徴線の途切れや歪みが発生する場所を観察することによって、その原因を検討している。具体的には、特徴線とメッシュ稜線が近接してほぼ平行となる場所では、メッシュ稜線と臨界方向がほぼ垂直になるために極値の存在判定に失敗して途切れが生じること、さらに特徴線付近の三角形メッシュの形状が不揃いになると特徴線に歪みが生じることが明らかにされている。この問題を解決するために、頂点の近傍における形状特徴量から、頂点に最も近い特徴線とメッシュ稜線の交点として特徴点を求める手法を提案している。長らく用いられていたメッシュ稜線上の特徴点算出法の問題点を解析し、その解決策を示したことは大きな成果と言える。

第4章では不必要な特徴線抽出を避ける方法について議論している。まず、特徴線を描きたくない曲面領域において、ノイズが特徴線と誤判定されることを指摘している。具体的には、平面や球面など主方向の定義できない曲面や、円筒面や円錐面のように主方向はあるものの主曲率は一定となる曲面などに、微小な凹凸が入ることによって山線や谷線として判定される問題がある。次に、抽出したい特徴の細かさに関する議論がなされ、連続な曲面の中で極値をとる場所として抽出される特徴線と曲面の不連続な場所に現れる特徴線があることが示されている。具体的には、前者は放物柱面上の山線や谷線、後者は滑らかな2つの面

の交線などが相当する．続いてユーザの目的に応じて，対象となるメッシュデータの領域を分類することで，不要な特徴線を除去したり，特徴線抽出の範囲を制御したりすることを提案している．さらに，メッシュ上の各頂点における微分特徴量と積分特徴量を利用した領域の分類方法や，近接した特徴線の分離手法などが示されている．曲面の各領域を分類することで特徴線抽出を制御するという考え方や，微分特徴量と積分特徴量を併用した曲面領域の分類法，近接した特徴線の分離法などは，これまでにない新しい提案であり，その独創性を評価できる．

第5章では，第3章と第4章で提案された手法を組み合わせることによって，従来の手法に見られた不要な線を取り除くことに成功するとともに，個々の特徴線も途切れや歪みの少ないものが得られることを示している．また提案された手法では，特徴線自体を直接的に取捨選択するのではなく，曲面領域を分類することによって抽出される特徴線を制御している．そこで曲面領域の分類によって結果として得られる特徴線の傾向について，実験結果をもとに議論している．最後に第6章において，本論文の結論を述べている．

以上のように本論文は，メッシュデータにおける形状特徴量の極値によって定義される特徴線の抽出法について，これまでの手法の問題点を解析するとともに，曲面領域の分類という新たな特徴線抽出の制御法を提案し，それぞれに対応した新たな手法の開発に成功している．メッシュデータの特徴線抽出についての新しい考え方を示したものであり高く評価される．したがって，本審査委員会は博士(学術)の学位を授与するにふさわしいものと認定する．