

曲面稜線による意匠曲面の特徴解析と評価

3T-2

東京電機大学 ○渡辺由美子 斉藤 剛 豊田工業大学 東 正毅

1 はじめに

近年、工業製品の外形形状には、意匠性の高い高品位な曲面が要求され、曲面創成には、形状設計CADシステムが不可欠なものとなっている。このようなCADシステムを用いて曲面生成を行う場合、計算機内に作られたモデルが設計者の意図を満たしているかを評価する方法や道具、そして、満たすように形状修正するための方法が必要となる。

筆者らは、これらを目的として、曲面上に定義される特徴量の分布状況を可視化する方法として、曲面稜線を導入した¹⁾。特徴量として、高さ、曲率、反射光輝度などを用いて、曲面の持つ性質の解明を行ってきた¹⁾。さらに、意匠曲面の評価に重要な特徴量である断面曲率とその稜線、および、曲面に光を当てたときにできる陰影境界が形成するシルエットパターンとその稜線を用いた曲面評価についても報告した²⁾。

本報告では、曲面の形状制御の方法の一つとして曲面を定義する制御点を移動させた場合、稜線がどのように変化するかについて定性的・定量的に検討する。具体的には、稜線そのものの曲がり具合を定量化し、さらに制御点移動に伴う稜線の変化を数値化する。

2 等断面曲率線・シルエット線とその稜線

本稿では、特徴線として、意匠曲面評価に重要な線である等断面曲率線とシルエット線を用いる。これらの特徴量自体の定義と性質の詳細は、すでに報告したので、本節では特徴量の概要を示すにとどめる。

等断面曲率線：曲面をある平面で切断することにより生成される曲線の曲率を断面曲率と呼ぶ。

シルエットパターン：曲面に平行光線を当てたときにできる陰影境界をシルエットと呼び、光を一定方向に移動させることによりできるシルエット群をシルエット

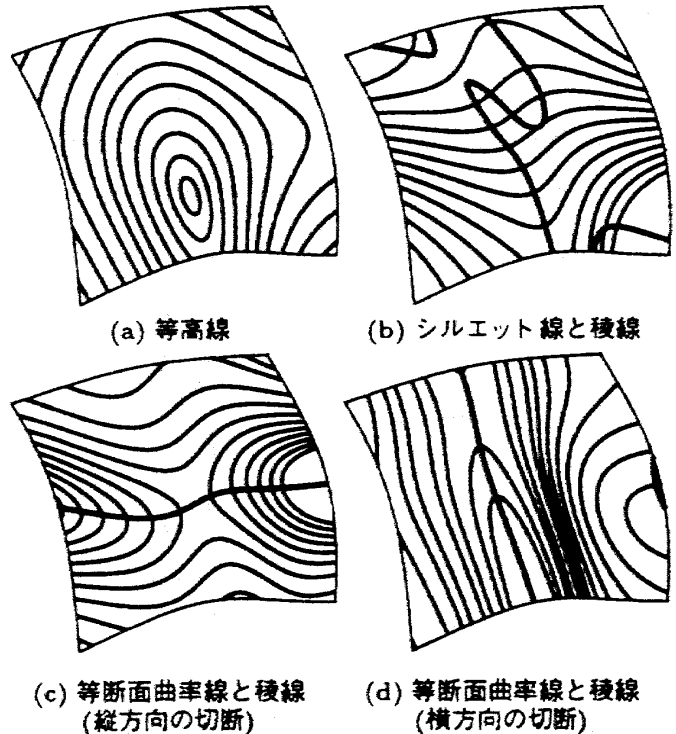


図1：等値線とその稜線

パターンと呼ぶ。

稜線：特徴量が定義されるとその傾斜が定義でき¹⁾、これら2つから、等値線上でその変化が極値を持つ点の軌跡として定義される¹⁾。

図1に例を示す。(a)は形状を示す等高線、(b)はシルエット線とその稜線、(c)は縦方向の切断した場合の等断面曲率線とその稜線、(d)は横方向に切断した場合の等断面曲率線とその稜線である。

3 制御点移動と稜線の変化

本節では、制御点の移動により形状制御を行った場合、稜線がどのように変化するかについて述べる。例を図3、4に示すが、これらは稜線の変化が分かるように真上から射影した図である。制御点網を図2に示す。

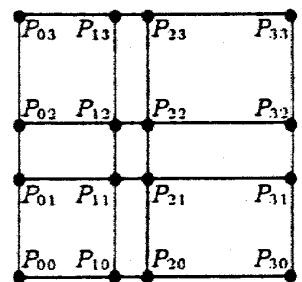


図2：Bézier制御網

図3は、制御点 P_{12} を制御辺 $P_{13}P_{12}$ の長さが85%と

Analysis and Evaluation of Aesthetic Surfaces by Surface Edges

Yumiko WATANABE Tsuyoshi SAITOH

(Tokyo Denki Univ., 2-2 Kanda, Chiyoda-ku, Tokyo, 101)

Masatake HIGASHI

(Toyota Technological Institute,

2-12-1, Hisakara, Tempaku-ku, Nagoya, 468)

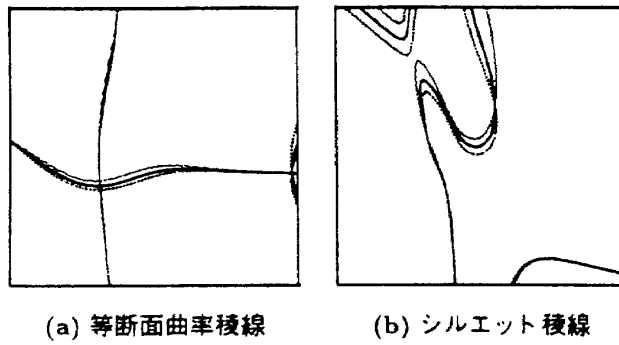


図3：制御点の位置変化による稜線の比較

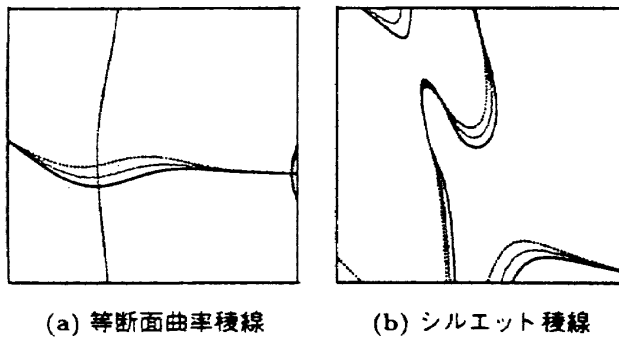


図4：制御点の高さ変化による稜線の比較

なるように移動させた場合と、115%になるようにした場合の各々について、等断面曲率線の稜線を描いたものである。前者を薄線で、後者を点線で示した。また、移動前の稜線を細実線で示した。図中、左右方向の曲線群が縦方向の切断により作られる稜線であり、上下方向の曲線群が横方向で切断した場合の稜線である。また(b)は、シルエット稜線の変化を示す。

一方、図4は、制御点P₁₁の高さを95%、90%に移動した場合であり、各曲線の表現は前例と同じである。これらの図から、移動制御点付近の挙動は、制御点移動に伴う曲面変化とほぼ一致していることが分かる。

4 稜線と曲面評価

単純な形状の多くは、稜線が現れないか、もし現れるならばその稜線は単純な形状である。また、設計形状では、断面曲率のパターンに乱れが少なくなるようにし、そのような曲面は、稜線が曲りくねっていない。このように、稜線の曲がり具合は、曲面の評価に関係があるので、稜線の曲がり具合を定量化する。

稜線をスプライン曲線と考え、曲線の曲がり具合を、そこに貯えられる擬似弾性エネルギーの近似値で定量化する。以下で、その方法を述べる。

本研究では、稜線を微分方程式の数値解法でトレースしている。各ステップで求められる曲面上の点を

表1：稜線の曲がり具合の数値化

	断面(縦)	断面(横)	シルエット
移動前	2.062349	0.065574	68.822895
位置(85%)	2.260867	0.060119	65.926037
(115%)	1.707131	0.059646	44.587771
高さ(95%)	1.685336	0.064615	51.342001
(90%)	1.490118	0.066171	45.403262

表2：稜線の変化量の数値化

	断面(縦)	断面(横)	シルエット
位置(85%)	0.012485	0.002774	0.028012
(115%)	0.010520	0.002801	0.018112
高さ(95%)	0.018865	0.000444	0.021030
(90%)	0.037467	0.000888	0.049898

q_{i-1}, q_i, q_{i+1} とし、この区間を、路長 $ds = (|q_{i-1} - q_i| + |q_{i+1} - q_i|)/2$ 、曲率 $\kappa = \text{angle}(q_{i-1} - q_i, q_{i+1} - q_i)/ds$ の曲線と仮定する。このとき、その区間の擬似弾性エネルギーは、 $\kappa^2 \cdot ds$ で近似できる。その曲線が直線となる時は0であり、単位円の半周の場合は π となる。図3、4で示した制御例での具体的な数値を表1に示す。表より、曲がり具合は、移動量にほぼ比例していることがわかる。

5 稜線変化の定量化

次いで、制御点の移動に伴う稜線変化を定量化する。2つの曲線の「類似度」の尺度は、種々報告されているが、本法では、2曲線間の面積とする。これを厳密に求めるのは困難であるので、トレース時に求まる点列から面積の近似値を求めた。図3、4の場合の具体例を表2に示す。

6 まとめ

本稿では、制御点の移動に伴う稜線の変化を定性的に示すとともに、その変化量の定量化を試みた。その結果、移動量と変化量は、ほぼ比例している結果が得られた。これらは、曲面自体の評価や制御量の決定に有用な量と考える。今後の課題として、制御量の決定法と美的意匠性の定量的評価法の確立がある。

参考文献

- 1) 渡辺, 斉藤, 東:「曲面稜線による意匠曲面の解析と特徴表示」Visual Computing グラフィクスとCAD 合同シンポジウム, 1997.6
- 2) 渡辺, 斉藤, 東:「曲面稜線による意匠曲面の特徴解析」情報処理学会秋期大会, 1997.9.