Wavelet 解析に基づく意匠曲線の再構成

宇田川　隆之　　田代　裕子　　高橋　時市郎　　齊藤　剛
東京電機大学

1 はじめに

意匠性の高い外観形状をもつ工業製品では，製品そのものの機能や性能とともに，その形状が商品としての価値を左右する大きな要因となっている．特に，曲面に基づく形状においては，ハイライトや映り込みに歪のない高い品位が要求される．この要求を満たす曲面を構成するためには，曲面上の曲率分布を制御する必要がある．曲率分布の乱れは，映り込み等により，見た目で容易に感知される反面，曲面式の２次微分要素に依存するために，その制御は容易ではない．一方，意匠設計の初期段階では，形状として特徴的な部分をデザイナの感性に基づきデザインすることに重きがおかれ，全体的な形状は次段階で種々の評価基準により再構成される．

本研究は，既存の曲面から，意匠曲面として利用し得る高品位曲面を再構成することを目的としている．本報告では，この方法として Wavelet 変換・逆変換を用い，既存曲線から曲率が滑らかに変化する曲線を再構成する方法を述べる．さらに，本手法を曲面構成に応用し，３次元スキャナによる計測データから滑らかな曲面が再構成できることを報告する．

２ Wavelet 変換

本手法では，空間曲線上の点列を時系列データと見なし，それらにフィルタを作用させることにより滑らかな曲線を構成する．一般的な信号解析の手法としてフーリエ変換があるが，時間情報が失われてしまう．本法では，点間距離が時間に相当し，これを均一にすることは，形状保持の点から好ましくない．これに対し、Wavelet 解析は時間に関する情報を失わずに対象データを解析することができる。

Wavelet 解析における原系列を $f(x)$ 、Mother Wavelet を $\psi(x)$ 、レベル j の Wavelet 係数を d^j と定義すると変換と逆変換のプロセスは次式となる．このプロセスにより多重解像度解析を実現できる。

$$d_k^{(j)} = 2^j \int_{-\infty}^{\infty} \overline{\psi(2^j x - k)} f(x) dx$$

$$f(x) \approx \sum_j \sum_k d_k^{(j)} \psi(2^j x - k)$$

Reconstruction of Design Curve Based on Wavelet Analysis
Takayuki UDAGAWA, Yuko TASHIRO
Tokiichiro TAKAHASHI, Tsuyoshi SAITOH
(Tokyo Denki Univ.,2-2 Kanda ,Chiyoda-ku,Tokyo,101-8457)

3 手法概要

3.1 対象となる曲線

図１の曲線を例に再構成の手法を示す．図１は，曲線と共に，曲線上の各点における曲率半径を示したものである．本例の曲線は，曲率分布が単調でなく，意匠曲線としては好ましくない．この曲線から離散的に制御点を取り出し，Wavelet を用いて曲率が単調に変化する曲線を再構成する．

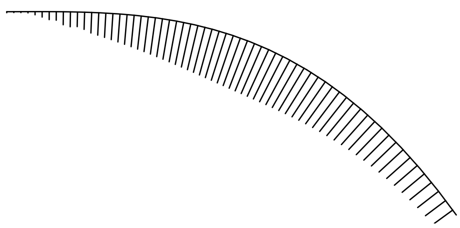

図１　対象となる曲線と曲率分布パターン

基底関数として広く利用されている Daubechies Wavelet 関数を用いる。この関数を用いて対象データ点群を高次・低次それぞれの Wavelet 変換を行う。これにより原系列は Wavelet 係数に変換され、それぞれの次数における高レベル成分を取り除く。その後、Wavelet 逆変換を行い原系列に戻す。

3.2 曲線の分割

Wavelet 解析と行うために，点列を幾つかグループに分割する必要がある．その例を図２に示す．分割には Sturges の公式を用いる。データ点数をＮとすると、分割数ｎは以下のように表現される。

$$n = 1 + \frac{\log N}{\log 2}$$

3.3 Wavelet 逆変換結果の適用

曲線を数分割後、曲線の各区間に対して低次の Wavelet 逆変換の結果を適用し、始点・終点付近には高次の Wavelet 逆変換の結果を重畳させる。これは対象曲線の形状を維持しつつ、なおかつ曲率を単調化させるための手法である。曲率を変化させるということは曲線形状が変化することであり、変換前後で形状に差が生じる。この差を最小にするため元の曲線の始点・終点付近に元の曲線形状に近い高次 Wavelet 逆変換による結果を適用する。

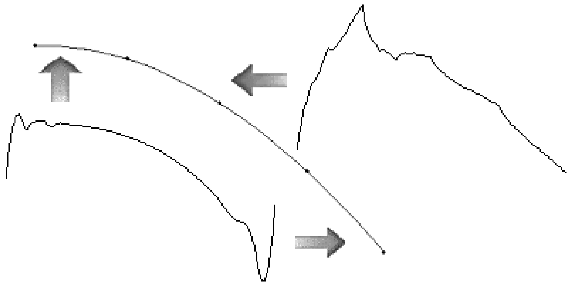

図２　変換結果の適用

3.4 曲線の生成とその評価

各分割した区間ごとの点座標の平均値を求め、その平均座標を Bezier 曲線の制御点とする。この制御点により構成した Bezier 曲線とその曲率分布をそれぞれ図３に示す。

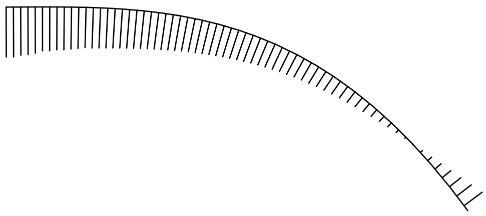

図３　再構成した曲線と曲率分布パターン

4. フェアリングへの応用

本手法のフェアリングへ適用例を示す．曲線形状の設計初期段階では，曲線セグメントを曲率連続として接続させることは困難である．曲率が不連続である２セグメントから，本手法を用いて曲率変化が滑らかな曲線を再構成した例が図４である．

5 曲面構成への応用

前述した曲線構成手法を，曲面構成に適用した例を示す．図５(左)はコーヒーカップを３次元スキャナにより読み取った形状である．計測点列に対して本手法を適用し，再構成した形状が図５(右)である．図６に，特徴的な部分を拡大し，本手法により，滑らかな曲線・曲面が再構成されたことを示した．

6 まとめ

本報告では，Wavelet 解析を用いた曲線再構成法を提案し，これにより，曲率分布の乱れた曲線から，滑らかな曲率変化をもつ曲線が再構成できることを示した．さらに，曲面再構成への適用例を示し，本手法の有効性を示した．今後の課題として，曲率パターンを指定した曲線構成法の検討などがある．

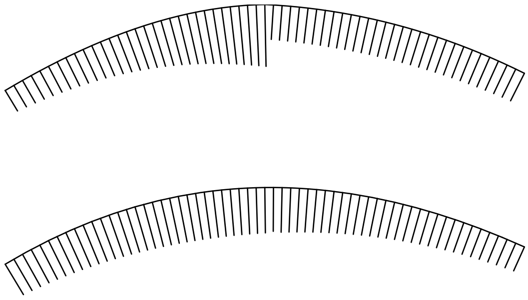

図４　フェアリングによる曲線の再構成例

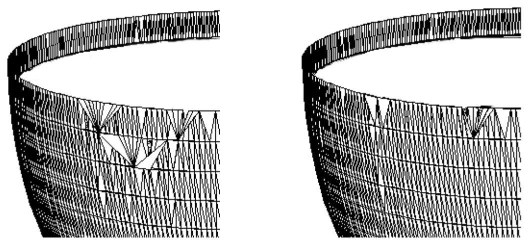

図５　再構成前（左）と再構成後（右）

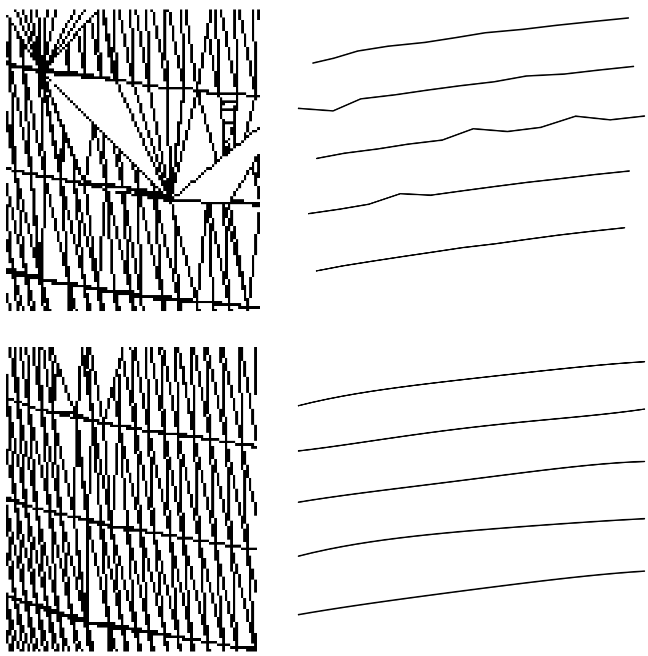

図６　再構成した曲面拡大図

参考文献

[1] 金井　理,伊達　宏明,岸波　建史：自由曲線の多重解像度近似における再帰分割法とウェーブレット変換法の相互関係,精密工学会春季全国大会論文集,pp.68(1999)

[2] 桜井　明,新井　勉　訳：ウェーブレット入門,東京電機大学出版局(1993)