

デザイナーの経験に則した曲線の再構築方法

多喜 大祐[†] 齋藤 隆文[‡]

[†]東京農工大学 工学部情報工学科

[‡]東京農工大学 大学院生物システム応用科学府

1 背景と目的

工業製品の意匠形状デザインには恒常的な需要が存在している。これは、美しいデザインはその製品に機能や性能以外の価値を付加してくれるからである。しかし、CAD を用いて曲線や曲面をデザインするにはプロのデザイナーでさえ多大な労力と時間が必要であるとされる。その理由の一つとして、既存の CAD による曲線の生成や編集の操作過程がプロのデザイナーの経験や直観にそぐわないことが挙げられる。本研究ではその一例として、曲線の「再構築」という操作に着目する。現状の再構築操作を改良し、デザイナーの経験や直観に則った手法の提案・開発を本研究の目的とする。

2 曲線の再構築

本章では、曲線の再構築操作の概要と現状の問題点を説明する。

2.1 再構築操作の概要

本稿で対象とする曲線の再構築とは、「入力された曲線の形状をできるだけ保ちながら、指定された個数の制御点と次数をもつ曲線に自動で変換する操作」である。

デザイナーが再構築を行う目的は、曲率が不連続な曲線(図 1.入力曲線 A)の曲率連続性を得る場合や、少ない制御点ではこれ以上詳細な曲線制御ができないために制御点を増やす場合などがある。

2.2 現状の再構築の問題点

1 章で、曲線の生成や編集の操作過程がプロのデザイナーの経験や直観にそぐわない、という CAD を使った工業デザイン一般の問題点を指摘した。この問題は再構築にもあてはまる。

プロのデザイナーは自分の経験から培ったデザイン指針を持っている[1]。これを本稿では「経験や直観」と呼ぶ。

具体的には、

- 曲率の大きなどことでは制御点を密に、曲率の小さなどころでは制御点を疎に配置
- 直線を制御する時は直線上に制御点を配置などがある。

しかし、この経験や直観に現状の再構築の出力結果が則っていない。現状の再構築の出力結果の例を示す(図 1 参照)。黒色の曲線が実際の曲線を表し、赤色の曲線はその点における曲率の大きさを長さで表したものである。入力曲線 A を再構築した結果が出力曲線 B であり、出力曲線 B に注目すると、制御点の配置は無秩序で曲線の端点では制御点同士が不自然に隣接していることがわかる。また、左端点で曲率が波打っており、これらはデザイナーの経験や直観と乖離している。

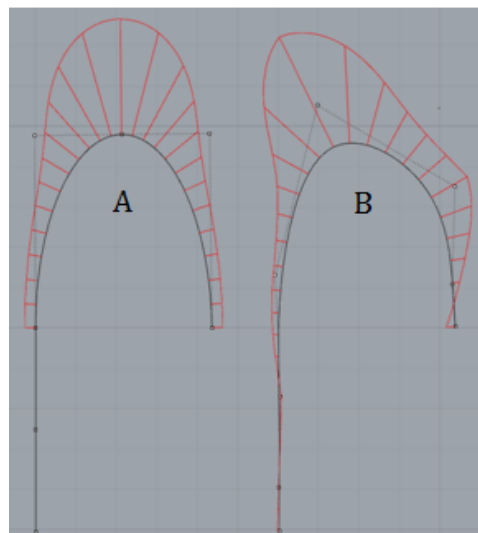


図 1.入力曲線 A と出力曲線 B

3.提案手法

本章では 2 章で述べた経験や直観に則り、かつ、デザイナーにとって使いやすい再構築手法を提案する。

提案手法の大まかな流れは、1.入力曲線上に指定された数の制御点を再配置する。2.再配置した制御点群を自動で動かし、出力曲線を入力曲線に近づける。という操作を行い再構築を実現する。以下で手法の詳細を述べる。

A rebuild method based on designer's experiences
Daisuke TAKI[†], Takafumi SAITO[‡]

[†] Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

[‡] Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

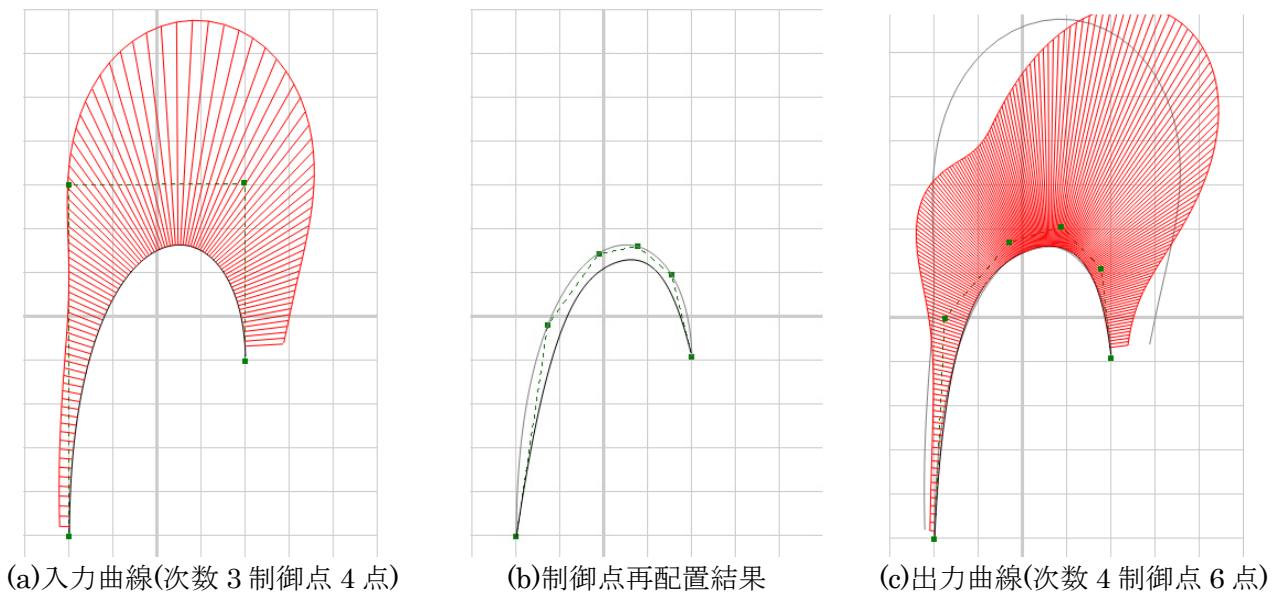


図 2.再構築の結果例

3.1 制御点の再配置

曲率が大ききところでは制御点を密に、小さきところでは制御点を疎に配置するため、制御点間の(曲率+1/a)の和が一定になるように制御点を入力曲線上に再配置する(図 2(b)参照)。ここで

$$a = \text{入力曲線の長さ} l \times \text{定数} R (R \neq 0)$$

である。

3.2 制御点群の移動のための最適化問題

入力曲線と出力曲線の差を最小にする最適化問題を解くことで、最終的な出力曲線を得る。つまり、入力曲線と出力曲線の差を目的関数とする最適化問題を解くことになる。制約条件として、各制御点は入力曲線の対応する法線上しか動けないものとする。

目的関数 C として、現状では、入力曲線と出力曲線の対応する 2 点 P_i, P'_i の距離 $d(P_i, P'_i)$ の二乗和を用いている(式(1))。

$$C = \sum d^2(P_i, P'_i) \quad \dots(1)$$

4 実験結果と考察

本章では、提案手法の実験結果と考察を示す。

4.1 実験結果

次数 3 制御点数 4 の入力曲線(図 2(a)参照)を、次数 4 制御点数 6 の曲線に再構築する。図 2(b)は制御点の再配置を行った結果を示したもので、これらの制御点群を法線方向に動かして、入力曲線と出力曲線の座標の差を最小にする最適化問題を解く。最終的に得られた再構築後の出力曲線を図 2(c)に示す。

4.2 考察

出力曲線を見てみると、制御点の配置の疎密は入力曲線の曲率の大小に則っていることがわかる。端点の不自然な隣接も無い。しかし、曲率の振る舞いという観点から考察すると出力曲線の曲率は単調変化しておらず、美しい曲線とは言い難いことがわかる。これは、本稿の実験において最適化問題における目的関数を 2 曲線の座標の距離の和としたからだと考えられる。これを改善するには、目的関数に曲率変化を加味する(例えば[2])ことが必要である。

5 おわりに

本項ではデザイナの経験に則した曲線再構築手法について述べた。

今後は目的関数の変更、最適化アルゴリズムの改良を進めていく。加えて、デザイナのデザイン指針が今後の調査で新たにわかることも予想される。新たに判明したデザイン指針にも順次対応していくことでさらにデザイナにとって使いやすい手法を目指したい。

謝辞： 本研究の一部は、科研費 23300034、26330149 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 西井, “工業デザイナーが 3DCAD 上で描く意図した形状の定性的調査”, 2014 年度日本図学会春季大会(福岡)学術講演文集
- [2] Weishi Li, Shuhong Xu, Jianmin Zheng, Gang Zhao”Target Curvature driven fairing algorithm for planar cubic B-spline curves”, Computer Aided Geometric Design 21 (2004) 499–513