

# 手描き平面曲線からの 対数美的空間曲線創成システムの開発

伊丹裕美  
和歌山大学

原田利宣  
和歌山大学

一般的に、製品デザインを図面化する際、デザイナーが描いたスケッチ上の構成点を CAD 上に点列として入力し、それらを用いて平面曲線に近似する。次に投影面の異なる 2 本の平面曲線から空間曲線を合成する。しかし、デザイナーがスケッチ段階で意図した平面曲線を描けたとしても、合成後に必ずしも美しい空間曲線になるとは限らない。そこで本研究では、デザイナーが CAD 上に直接手描き入力した 2 つの投影面における平面曲線から、図面として使える美しい空間曲線を効率的に創成するシステムを開発した。また、得られた空間曲線を 2 つの投影面に再投影することにより、元の手描き平面曲線との差分が明確化し、元の曲線や合成された空間曲線の良否も判断できる。

## A generation of log-aesthetic space curves from hand-drawing plane curves

Hiromi Itami  
Wakayama University

Toshinobu Harada  
Wakayama University

Generally, when designers draw an industrial product, they first input every sets of constitutional points of curves on the sketches drawn by designers into CAD. Next, they approximate a plane spline curve using the set of points on a computer and compound a space curve from two plane curves on various projections. However, even if designers can draw a plane curve in their mind on the sketches, the compound space curve is not always a log-aesthetic space curve. Then, the aim of this study is to develop a system to efficiently make a log-aesthetic space curve from two hand-drawing plane curves drawn into a pen-display device directly. This system can also display the log-aesthetic space curve to X-Y and Y-Z projection views for checking the difference between an original hand-drawing plane curve and a plan curve projected from log-aesthetic space curve. Thus designers can evaluate quality of the original hand-drawing plane curves and modify them.

### 1. はじめに

一般的に、製品デザインを図面化する際、デザイナーが描いたスケッチ上のキーラインをデジタイザによりコンピュータに点列として入力し、それらから CAD 上で平面曲線や空間曲線に近似、フェアリングして、最終的な曲線が創成される。この工程での問題点として、デザイナーが平面的なスケッチにおいては意図した曲線を描けたとしても、その曲線の性質は必ずしも美しい空間曲線を創成するものではないことがあげられる。なぜなら、デザイナーといえども、美しい空間曲線を完全にイメージして、その曲線を 2 つの投影面（例えば、平面図と側面図、正面図と平面図など）に正しく投影しスケッチに描くことは至難の業であるからである。つまり、キーラインとなる 1 本の空間曲線は、例えば平面図と側面図という 2 枚のスケッチからそれぞれの平面曲線を抽出し、それらを合成して創成されるが、その合成によりどのような空間曲線が創成されるのかは、モデリング工程になって初めて明らかとなる。また、もし創成された空間曲線に問題があれば、モデリング工程の中で改めて 2 つの投影面の平面曲線まで戻って、試行錯誤によりそれらを微修正することが一般的に行われ、この作業に多大な工数を必要としている。

そこで、本研究では、デザイナーが描いたラフスケッチ上の曲線から、CAD データとして使える美しい空間曲

線を効率的に創成するシステムの開発を目的とした。具体的には、まず液晶ペンタブレットに表示された 2 つの投影面（上面図・側面図）にスタイラスペンで平面曲線を直接手描き入力する。次に、入力した 2 つの投影面上の平面曲線を空間曲線に合成する。さらに、求めた空間曲線を曲率単調曲線・振率単調曲線に分割し、曲率対数分布図・振率対数分布図を作成し、それぞれの曲線がどのタイプの対数美的空間曲線（視覚言語）であるのかを同定する。最後に、各視覚言語を創成し、元の曲線と置換することで美しい空間曲線をキーラインとして得ることができる。また、その空間曲線を 2 つの投影面に投影することにより、元の手描き平面曲線との差分を知ることが可能となる。場合により、再度空間曲線の創成に戻り、新たな視覚言語に創成しなおすことも直ちに行える。

### 2. 対数美的空間曲線創成アルゴリズム

ラフスケッチ上の平面曲線から、CAD データとして使える美しい空間曲線を創成するアルゴリズムの詳細を以下に述べる。また、本システムのフローを図 1 に示す。

#### 2.1 平面曲線の入力

液晶ペンタブレットに表示された [ 上面図 (X-Y 平面)・側面図 (Y-Z 平面) ] にそれぞれ手書きで平面曲線

を入力する (図1中①). スタイラスペンにより描かれた曲線上の点を, 一定時間おきに通過点として上面図・側面図からそれぞれ取得する. 上面図に入力された点列を  $I_u(p)=[X_u(p), Y_u(p)](p=0,1,2,\dots,m)$  側面図に入力された点列を  $I_s(q)=[Y_s(q), Z_s(q)](q=0,1,2,\dots,n)$  とする.

## 2.2. 空間曲線へ合成

$Y_u(p)=Y_s(q)$  となる  $p,q$  が存在する範囲で合成を行う (図1中②). 前節で取得した点列  $I_u, I_s$  をそれぞれ X-Y 座標, Y-Z 座標上の点ととらえ, 曲線の通過点を  $G=[X_u, Y_u, Z_s]$  として空間曲線を求める.

## 2.3. 多項式による空間曲線への近似

前節で合成された曲線は手描き入力した曲線を合成しているため, 誤差を含む. この誤差の影響を減らすために通過点列  $G$  から近似曲線を求める必要がある. 本研究では, 最小二乗法による多項式近似を行い, 近似曲線を求める (図1中③).

## 2.4. 空間曲線の分析

前節で近似して得られた空間曲線を曲率単調曲線・振率単調曲線に分割し, 各曲率単調曲線における曲率対数分布図の傾き  $\alpha$  および各振率単調曲線における振率対数分布図の傾き  $\beta$  と視覚言語<sup>1)</sup> をデザイナーが照らし合わせ, 各曲率単調曲線・振率単調曲線を置換するのに適切な視覚言語を同定する (図1中④).

## 2.5. 対数美的空間曲線の創成・置換

多項式近似された空間曲線を, 対数美的空間曲線に置換する. 対数美的空間曲線の始点の座標値と始点からの創成方向を, 合成された曲線に合わせ, 吉田らによる曲線創成アルゴリズム<sup>2)</sup>, 萩原らによる始点と終点を指定した曲線創成アルゴリズム<sup>3)</sup> を用いて対数美的空間曲線を創成する (図1中⑤). 曲線長や曲率半径と振率半径の範囲等の曲線の性質パラメータの値はユーザが決定する.

## 2.6. 平面への空間曲線の投影

前節で創成した対数美的空間曲線を, 平面 [上面 (X-Y 平面)・側面 (Y-Z 平面)] に投影して描画する (図1中⑥). 元の手描き入力平面曲線も同時に描画し, 差分を表示する. これにより, 曲線の良否も判断することが可能となる. 再度空間曲線の創成に戻り, 新たな視覚言語に創成しなおすことも可能である.

## 3. 美的空間曲線創成システムの開発とシミュレーション

2章で述べたアルゴリズムを用いて, 美的空間曲線創成システムを開発した. 従来の方法に比べ, スケッチからキーライン創成までを2つのシステム (曲線合成/分析システム, 美的空間曲線創成システム) で行うことにより, 時間短縮と労力の軽減ができ, 効率的に対数美的空間曲線を創成できる可能性がある. 現在, 最終的に創成された対数美的空間曲線が, デザイナーの意図した曲線になっているかどうか検証中である.

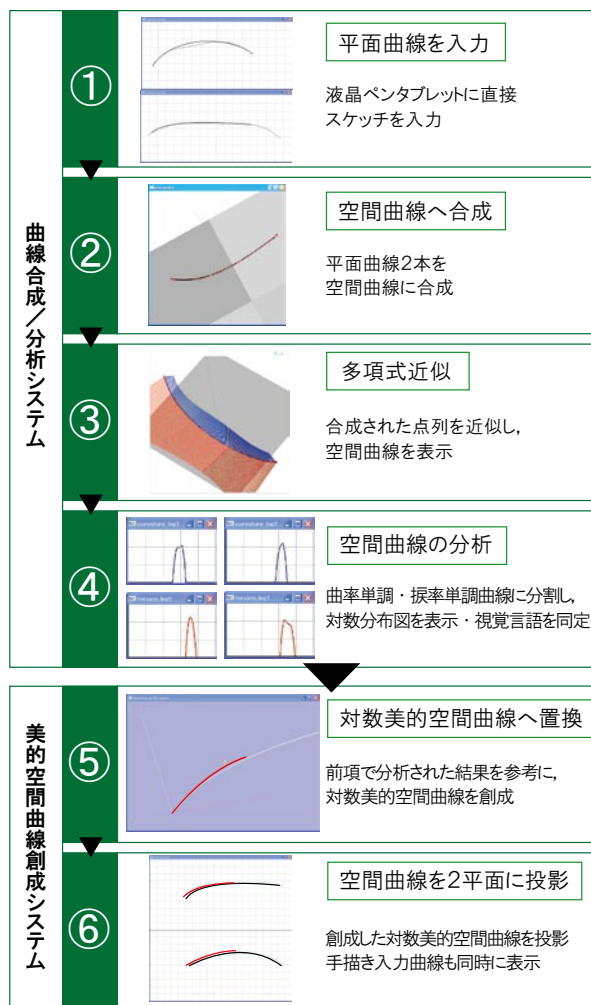


図1 本システムのフロー

## 4. まとめ

本研究では, 手描き平面曲線からの対数美的空間曲線創成システムの開発を行った.

今後の課題として以下のようなものが挙げられる.

- 1) 本システムで創成できる曲線は曲率・振率単調曲線に限られているので, 今後それらが複数接続された曲線も創成できるようにシステムを改良する必要がある.
- 2) 本システムでは, 対数美的空間曲線の創成時に用いる曲線の性質パラメータは, ユーザが決定しなければならない. しかし, どのパラメータが曲線の形状にどう影響しているのか直感的にはわからない. よって, 対数美的空間曲線創成時にユーザを補助する機能を実装する必要がある.

## 参考文献

- 1) 原田利宣, 吉本富士市, 森山真光: 魅力的な曲線とその創成アルゴリズム, 形の科学学会誌, 第13巻第3号, pp.149-158(1998).
- 2) 吉田典正, 斎藤隆文: 美しい曲線の全体像解明と対話的制御, Visual Computing/グラフィクスとCAD合同シンポジウム, 7(2008)
- 3) 萩原徹, 原田利宣: 対数美的曲面の創成アルゴリズムとVRを用いた曲面創成システムの開発, 情報処理学会研究報告, Vol2009, 採択予定 (2009)