

# 視覚言語を用いたラフスケッチからの図面作成支援システムの開発

河野 正之<sup>†</sup>原田 利宣<sup>‡</sup>和歌山大学大学院<sup>†</sup>  
システム工学研究科和歌山大学<sup>‡</sup>  
システム工学部

## 1. はじめに

工業製品の外形形状設計図に使用する曲線を創成する際、まずデザイナーが描いたスケッチからデジタイザを用いてスケッチの主要な曲線を構成する点列データを抽出する。次に、得られたデータをもとにCADシステム上で曲線に近似する。最後に近似曲線に対しフェアリング[注1]を行い、図面に利用可能な美しい曲線を創成する。ここで、フェアリングに多くの労力を必要とすることが問題点として挙げられる。フェアリング作業は膨大な時間を要する。しかし、フェアリングの効率化を図るシステムはほとんど提案されていない。

そこで、本研究では、デザイナーが描いたラフスケッチからフェアリングされた曲線と同程度の美しい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、まずデザイナーが描いた重なったラフスケッチ上の曲線における濃淡の中央線を求める。次に、求めた中央線を曲率単調曲線に分割し、各部位における曲率変化の規則性を分析したのち、規則性に基づいた最適な視覚言語に置換する。最後に、置換した視覚言語どうしを美しく接続する。

## 2. 濃淡中央線の抽出

現状の図面化工程では、まずデザイナーは外形形状を吟味するように線を重ねながらラフスケッチを描き、それをもとに1本の美しい曲線によりファイナルスケッチを描く。その後、清書上をある間隔でピックアップしていき、得られた点列データの座標をCADシステムを用いて曲線へと近似する。それに対し、本研究ではラフスケッチレベルのスケッチをコンピュータに入力し、各画素の色を256階調のグレースケールデータに変換したのち（以降、これを原画像と呼ぶ）、画像処理手法ならびに提案手法を用いて1本の曲線を抽出する。ここで、デザイナーの描いたスケッチを観察した結果、ラフスケッチを構成する線群の濃く重なった部分を清書線が通る傾向が見られた。そこで、線群の濃淡データを利用して曲線を抽出する。得られた曲線は濃淡中央線と呼ぶ。以下に濃淡中央線を抽出するフローを示す。

- 1) ラフスケッチにおける中心線を抽出し、多項式近似する。
- 2) 近似多項式を利用して濃淡中央線を抽出する。

### 2.1. 中心線の抽出と多項式近似

中心線を抽出するため、画像を2値化したのちHilditchの細線化法[注2]を用いて細線化する。だが、単に2値化を

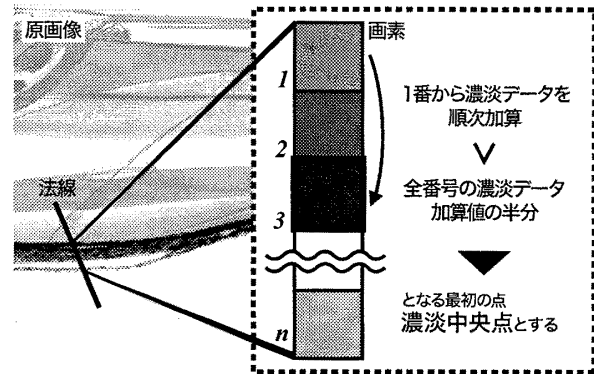


図1 濃淡中央線の抽出

行い細線化しただけでは、中心線が枝分かれすることがあるため、膨張・収縮処理を用いてノイズを除去したのち細線化を行い中心線を抽出する。その後、中心線を多項式近似する。

### 2.2. 濃淡中央線

前節で求めた中心線の近似多項式を利用して原画像から濃淡データを抽出する。まず、近似曲線上に等間隔に点を取り、それらの点における法線を求める。その後、作成した法線を使用して原画像から濃淡データを抽出する。ある法線を近似曲線上に作成し、法線によって切り取られる線幅上の画素数を $n$ としたとき、切り取られた画素それぞれに対して順番に1~ $n$ 番まで番号をつける。その後、一度全番号の画素が持つ濃淡データを加算し保存する。次に再度1番から順に濃淡データを加算していき、先ほど保存した値の半分以上の位置での画素を濃淡中央点と名付け、画素座標を保存する(図1)。この操作を法線すべてに対して行い、求めた濃淡中央線の点列の近似曲線を濃淡中央線とする。

## 3. 濃淡中央線の視覚言語への置換

現状の図面化工程では、コンピュータ上で曲線を創成した後、ノイズを取り除くためフェアリングを行う。同様に、前章で創成された濃淡中央線もノイズを含む可能性があるためフェアリングする必要がある。しかし、人の手でフェアリングを行うと前述のとおり効率が悪い。そこで、曲線創成における視覚言語[注3]を利用してフェアリングの代わりとなる手法を提案する。具体的には、濃淡中央線の持つ曲率変化の規則性を分析し、分析結果をもとに同様の規則性をもつノイズのない視覚言語を新たに創成し、最後に濃淡中央線を創成した視覚言語に置換する。

### 3.1. 視覚言語の同定

工業製品における曲線の美しい曲率変化の規則性はすでに原田ら(1994)によって解明されている[注3]。本研究では、その中で提案されている「曲率対数分布図」を用いて曲

## Development of Design Drawing System from sketches using Visual Languages

Masayuki Kono<sup>†</sup>, Toshinobu Harada<sup>‡</sup>
<sup>†</sup>Graduate School of Systems Engineering, Graduate School of Wakayama University.

<sup>‡</sup>Faculty of Systems Engineering, Wakayama University.

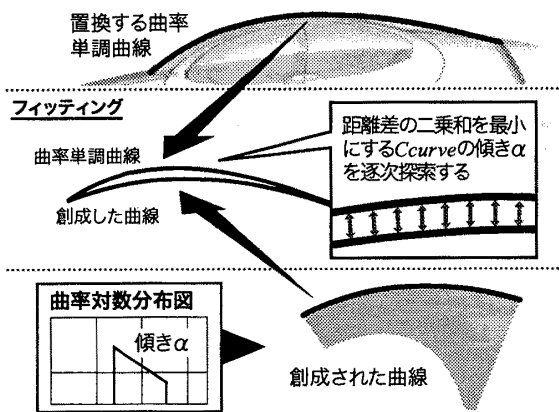


図2 傾き $\alpha$ の探索アルゴリズム

線を分析する。分析結果に表れるヒストグラムの頂点を結んだ線は *C curve* と呼ばれ、*C curve* の傾き $\alpha$ は分析した曲線における曲率変化の規則性を示す。また、曲線における曲率変化の規則性は5つのタイプに分類できることも確かめられており、この5つのタイプの曲線群を曲線における視覚言語としている。なお、この手法は曲率単調曲線（曲率が曲線の端点からもう一方の端点に様に増加 [減少] するもの）しか扱えない。

そこで、得られた濃淡中央線を曲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 *C curve* の傾き $\alpha$ と体系化された曲率変化の規則性を照らし合わせ、各曲率単調曲線を置換するのに最も適切な視覚言語を同定する [注4]。

### 3.2. 視覚言語への置換

前節での結果をもとに、各曲率単調曲線を視覚言語に置換し元の位置に再配置する。視覚言語を創成する手法は既に提案されており、発生させる視覚言語の曲線長、*C curve* の傾き $\alpha$ 、曲率半径の最大値と最小値を設定すれば創成することができる。その際、曲線長は一意に定まるが、*C curve* の傾き $\alpha$ や曲率半径の最大値・最小値は一意に定まらない場合が多い。そこで、まず曲率半径の最大値・最小値をユーザで定義したのち、指定した傾きの範囲内で逐次 $\alpha$ の値を変化させ曲線を発生させる。その後、置換前の曲率単調曲線と最も距離差の小さい曲線を創成した $\alpha$ の値を採用し曲線を創成する (図2)。尚、傾きの範囲は任意に指定できる。

### 3.3. 視覚言語の接続

最後に置換した視覚言語どうしを再接続する。単に曲線を滑らかに接続する手法は既に提案されている。しかし、現状では曲率半径の値ならびに曲率変化を考慮した接続方法は提案されていない。そこで、7次ベジェ曲線を利用して対話的に接続曲線を創成する手法を考案した。なお、連続条件としてC3連続より形状に柔軟性のあるG3連続を採用した。接続を行うにあたり、接続曲線の両端点における曲率半径の値を一致させる必要がある。ある曲線を $P(t)=[x(t), y(t)]$ 、接続曲線を $Q(s)=[x(s), y(s)]$ とすると、G3連続よりそれぞれの微分値は式(1)となる。さらに、曲率半径の算出式に代入すると式(2)となる。曲率半径の値を一致させるため、式(3)を満たすよう係数を設定すればG3連続かつ両端点の曲率半径が一致した接続曲線が創成できる。そこで、変数をリアルタイムに変化させ接続前の曲率変化に則った接続曲線に対話的に創成することとした。その結果、視覚言語どうしを

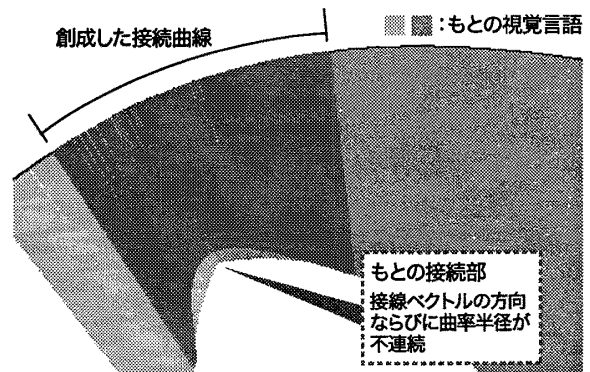


図3 視覚言語の接続実行結果

曲率半径の値ならびに曲率変化を考慮して接続することができた (図3)。

$$Q'(s) = aP'(t), \quad Q''(s) = bP''(t), \quad Q'''(s) = cP'''(t) \quad (式1)$$

ただし、 $a, b, c$ : 係数

$$\frac{1}{K} = \frac{\sqrt{a}}{b} \cdot \frac{\sqrt{\{x'(t)^2 + y'(t)^2\}^3}}{\{x'(t)y''(t) - x''(t)y'(t)\}} \quad (式2)$$

$K$ : 曲率

$$\frac{\sqrt{a}}{b} = 1 \quad \text{より、} \quad a = b^2 \quad (式3)$$

## 4. まとめ

本研究では以下に示す成果と今後の課題が得られた。

- 1) ラフスケッチから図面に利用可能な曲線を創成できた。これにより作業効率が格段に向上すると考えられる。また、同条件を与えれば簡単に実行結果を再現することも可能である。
- 2) 現システムでは、視覚言語の同定、接続曲線におけるパラメータの決定などの判断に専門的な能力やノウハウを必要とする。
- 3) 今後、現在の手作業によるフェアリングと提案システムを用いた場合とで、創成されたキーラインの違いや作業効率の違いを比較検証する必要がある。

## 注および参考文献

- 1) フェアリングとは、測定誤差によって曲率半径が逆方向を向いている箇所を同一方向に修正する作業のことをいう。
- 2) C.J.Hilditch: Linear Skeletons from Square Cupboards, Machine Intelligence, Vol.4, 403-420, 1969
- 3) 原田利宣, 森典彦, 杉山和雄: 曲線の性質に関する定量化研究, デザイン学研究, Vol.40, No.6, pp.9-16, 1994
- 4) 河野正之, 原田利宣: 図面への適用を考慮した視覚言語を用いたラフスケッチの清書化, 2008 (accepted)