

# 複数の主曲線抽出アルゴリズムを搭載した 自動ペン入れシステムの開発

黒岩 直子<sup>†</sup> 藤代 一成<sup>‡</sup>

お茶の水女子大学 理学部 情報科学科<sup>†</sup>

東北大学 流体科学研究所<sup>‡</sup>

## 1 背景と目的

イラストを描く場合に、鉛筆で描いた下絵をペンでなぞって清書をする作業を「ペン入れ (tracing)」とよぶ。紙面上だけでなく、コンピュータの画面上における清書の作業もここではペン入れとよぶことにする。

紙面上・画面上のどちらにおいても、ペン入れ作業において望ましい線画が得られない場合が発生する。これは、複数の短いストロークで構成されるラフスケッチから1本の主曲線 (principal curve) を抽出する際に、自分の意図しない主曲線を抽出した場合に起こると考えられる。主曲線が意図したものであるかどうかはユーザの主観によるため、対話的な操作が必要である。

そこで本研究では、複数の主曲線抽出アルゴリズムをユーザが対話的に選択可能にすることで、ユーザの望む主曲線を抽出する自動ペン入れシステムを開発する。

文献 [1] では、ユーザの入力したストロークを時系列にそって処理し、主曲線を抽出する。しかしこの逐次的な手法では、ラフスケッチの線分が残らないため、完成したラフスケッチに対して清書を行うというペン入れの概念に適さない。また、ラフスケッチと得られた線画を比較しながら評価することが困難である。さらに、この手法は局部的に主曲線を抽出するものであり、ラフスケッチを大局的にとらえて清書を行う手法ではない。

本システムでは、完成したラフスケッチに主曲線抽出アルゴリズムを適用し、線画を得る。得られた線画をユーザ自身が比較・評価し、さらに修正を加えるなど、対話的に処理が行えるようなシステムを目指す。

## 2 システムの概要

本システムでは、ペン入れの概念を生かすため、手動でのペン入れ作業と同様に、逐次的ではなくラフスケッチの完成時に清書を行う。ユーザの入力したラフスケッチに主曲線抽出アルゴリズムを適用し、線画を得る。その際、ラフスケッチを大

局的にとらえた主曲線の抽出を可能にする。ラフスケッチは短いストロークの重ね合わせで描画され、陰影などの輪郭線以外の線は描画されないものと定義する。

得られた線画が望ましいかどうかの判断はユーザの主観によるので、明確な基準がない。そのため、本システムでは複数の主曲線抽出アルゴリズムを実装する。そして、ユーザが選択したアルゴリズムから得られた線画をユーザ自身が比較・評価することを可能にする。システムの処理の流れを図1に示す。

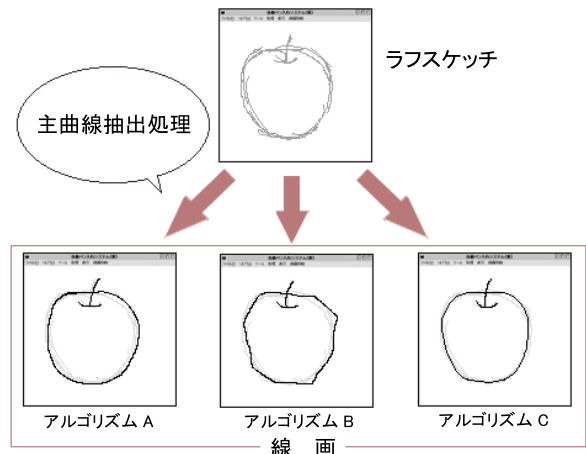


図1: ペン入れ処理の流れ

ラフスケッチと線画の比較・評価を容易にするため、ラフスケッチの線群を直接修正して主曲線を得るのではなく、線画は別レイヤ上に描画し、線画とラフスケッチの切り替え表示を可能にする。さらに、線のエイリアスの有無・太さの調整や筆圧検知などの機能を実装する。また、生成された線画およびラフスケッチをビットマップ画像として出力し、他のグラフィックソフトでの利用を可能にする。

## 3 主曲線抽出アルゴリズム

本研究で提案する主曲線抽出アルゴリズムを説明する。Hilditchの細線化アルゴリズムの応用や逐次清書法で使用している特徴点結合法、ベクトル場の流線を利用する手法、多角形からB-Spline曲線を求めるアルゴリズム [2] の応用、筆圧検知デ

Development of an Automatic Tracing System Using Multiple Principal Curve Extraction Algorithms

<sup>†</sup>Naoko Kuroiwa, Department of Information Sciences, Ochanomizu University

<sup>‡</sup>Issei Fujishiro, Institute of Fluid Science, Tohoku University

パイスからの情報を利用する手法など、さまざまな主曲線抽出アルゴリズムの実現を目指す。

### 3.1 細線化アルゴリズムの応用

アルゴリズムの一例として、Hilditchの細線化アルゴリズム [3] を応用する手法を考える。細線化アルゴリズムは図形画素の連結領域について太さ1ピクセルの芯線を抽出する手法である。そのため、ストロークが連結していない場合には途切れた線が抽出される。これを防ぐために、ストロークの集合から塗りつぶし多角形を作成し、その多角形に対して細線化アルゴリズムを適用する。図2にその実行例を示す。

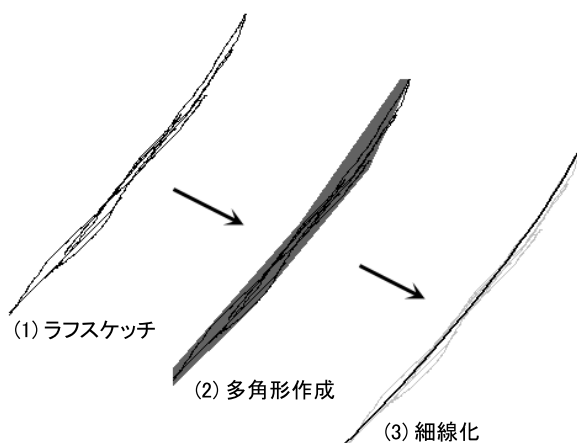


図 2: 細線化アルゴリズムを応用した主曲線抽出

### 3.2 特徴点結合法

さらに、特徴点結合法を用いた主曲線抽出を考える。ストロークの線分ごとに特徴点列をもとめ、線分の重なりなどを考慮してその点列を結合して新たな特徴点列を生成する。そして得られた点列を自然スプライン曲線で結ぶ方法である。図3にその実行例を示す。

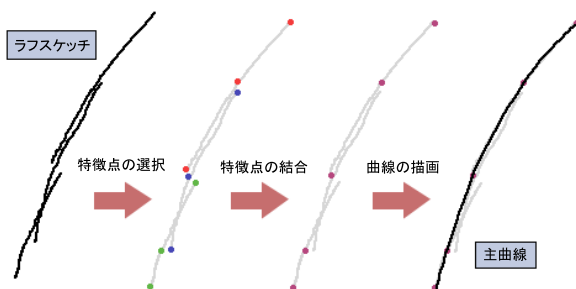


図 3: 特徴点結合法を利用した主曲線抽出

## 4 実装

実装環境として、Windows の PC (CPU : Pentium4 , 1.4GHz , RAM : 256MB) , 開発言語に VisualC++ を用いた。入力には Wacom 社製 intuos2 のペンタブレットを使用した。ユーザがマウスやペンタブレットなどの入力デバイスを用いて自由にラフスケッチを描くためのエディタ (図3) を開発した。エディタは、ストロークを描画する鉛

筆ツールと修正のための消しゴムツールの機能をもつ。鉛筆ツールでラフスケッチを描画後、ツールバーのボタンを押すと主曲線抽出が行われる。また、表示は線画のみ・ラフスケッチのみ・両方と切り替えることが可能である。さらに、ラフスケッチと描画された線画に位置のずれが生じた場合、ピクセル単位で補正する機能も実装した。

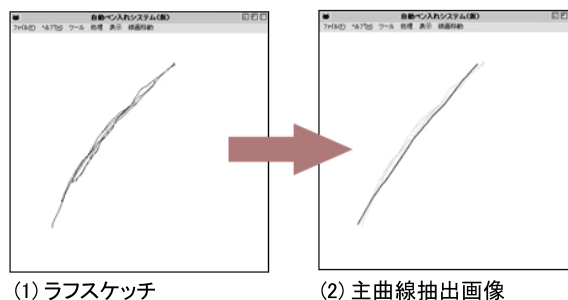


図 4: エディタのインターフェース

現時点では、システムに細線化アルゴリズムを用いた主曲線抽出を実装しているが、多角形の頂点をストロークの端点で定義したため、望むように主曲線が抽出されない場合がある。そのため、多角形の生成方法の改良が必要である。

## 5 まとめと今後の課題

本稿では、複数の主曲線抽出アルゴリズムを用いて自動的にペン入れを行うシステムを提案した。そして、ラフスケッチに最も近い線画の生成を目標とするため、ユーザが対話的にアルゴリズムを選択し、ペン入れを行う機能を検討した。ラフスケッチと得られた線画をユーザ自身が対話的に比較・評価し、ユーザにとって望ましい線画を得ることを目指す。

今後は、多数の主曲線抽出アルゴリズムを検討していくとともに、システムの実装および評価を行う。ユーザの作成したラフスケッチに対しツールバーから複数の主曲線抽出アルゴリズムを選択・実行する機能を設計し、実装中である。その際、抽出過程の表示の有無をユーザが選択できるようにする予定である。

また、ラフスケッチと得られた線画の間の誤差を定量化し、線画の精度を評価する際の目安として利用することを考えていきたい。

## 参考文献

- [1] 松田 浩一, 近藤 邦雄: 「手書き入力のための時系列情報を利用した逐次清書法」, 情報処理学会論文誌 Vol. 40, No. 2, pp. 594 - 601, 1999 年 2 月
- [2] Chaikin, G.M.: " An Algorithm for High-Speed Curve Generation, " *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 3, pp. 346 - 349, 1974.
- [3] 安居院 猛, 長尾 智晴: C 言語による画像処理入門, 昭晃堂, 2000 年 11 月