

# 線画の平仮名から不可能図形の自動生成

森 充宏<sup>†</sup> 村木 祐太<sup>†</sup> 小堀 研一<sup>†</sup>  
 大阪工業大学 情報科学研究科 情報科学専攻<sup>†</sup>

## 1. はじめに

錯視には、広告や看板に用いられているように注目を集め、印象に残る効果がある。錯視の一種である不可能図形は、視覚的に立体的な投影図として認識できるが、現実には存在できない図形であり、多くは輪郭線と中心線で構成され形状を維持しやすい。ここで、不可能図形の例を図1に示す。

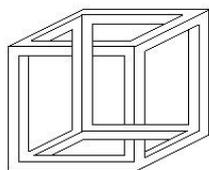


図1 ネッカーの立方体

そこで、文字を印象的にデザインするレタリングに不可能図形の錯視を加えることで、文字の形状を維持しつつより印象的な文字に変更できると期待される。提案手法では、ひらがなを対象として処理を加える。まず、入力された線画文字から輪郭と部位を検出し、それらを用いて投影図を作成する。その後、投影図に対して不可能図形になる条件を反映し変形することで、印象的な文字を出力する。

## 2. 提案手法

### 2.1 概要

まず、図1のように不可能図形は中心線と輪郭線で構成される傾向がある。そのため、入力された線画の平仮名から中心線と輪郭線を生成する。その後、文字から交点や始点終点等の部位検出を行い、その情報から画数ごとに分割する。また、部位検出で得られた部位毎に奥行きを付与することにより、投影図を作成する。最後に、投影図に対して不可能図形となる2種類の条件を反映することにより、出力の不可能図形を生成する。

### 2.2 中心線・輪郭線生成

中心線・輪郭線生成では、入力された線画文字に対してNWG法<sup>[1]</sup>を基とした細線化を行う。細線化結果を中心線として用いる。また、不可能図形は直線で構成されている図形が多いため、曲線を含む細線化結果と直線近似した細線化結果の両方に対して

この後の処理を行う。細線化結果に対して、輪郭線を生成するために文字の大きさに合わせたフィルタサイズで膨張処理を行う。フィルタサイズは、文字の縦幅と横幅を比較して大きい値を用いて決定する。膨張処理の後、周囲1画素分の輪郭を抽出する。このとき、図2に示すような疑似輪郭が発生する。そこで、文字の直角部分を算出し、先程決定したフィルタサイズ分だけ除去する。生成した中心線と輪郭線を合成した結果を図3に示す。



図2 疑似輪郭



図3 合成結果

### 2.3 部位検出

図3の疑似輪郭を除去した結果に対して処理を加えるために入力された線画文字から、部位ごとに検出する。検出する部位は図4に示す始点終点、交点、変曲点の3種類である。変曲点とは、直線近似ありなし両方にある線の途中で直前と直後の点の角度の差分が90度未満の点である。また、得られた始点終点の情報から藤本らの手法<sup>[2]</sup>を用いて、画数ごとに分解する。

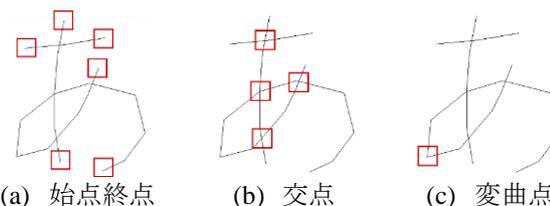


図4 検出部位

### 2.4 投影図変換

3種類の部位に対して、投影図を作成できるように奥行きを付与する。始点の場合、まず斜めに並列しているため、並んでいる延長線上の手前か奥に奥行きの方向を決定する点を定める。奥行きの方向を奥にした場合に加える処理の流れを図5に示す。

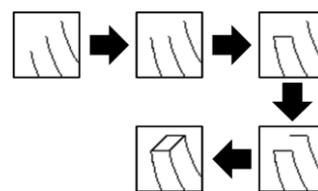


図5 奥行き生成の流れ

Automatic Generation of Impossible Shapes from Hiragana in Line Drawings  
 Mitsuhiro Mori<sup>†</sup> Yuta Muraki<sup>†</sup> Kenichi Kobori<sup>†</sup>  
 Osaka Institute of Technology Graduate School of Information Science and Technology<sup>†</sup>

図5の最後に加えた奥行き部分とその線の終点部分に付与する。しかし、途中に変曲点が存在する場合、終点部分に付与するのではなく変曲点部分に付与する。この場合、本来の終点では始点の処理をもう一度行う。処理を加えた結果を図6に示す。



図6 投影図

### 2.5 不可能図形変換

不可能図形になる2種類の条件を用いて不可能図形に変形する。1種類目は前後関係の入れ替えを用いる。1画に複数交点が存在する場合、始点から終点の間前後関係を交互に調整することで、不可能図形に変形できる。そのため、交点部分でどちらの線が前に来るかを決定し、3次スプライン曲線を用いて不足部分を補完する。前後関係の入れ替えを反映した結果を図7に示す。次に、2種類目は変曲点部分に着目する。変曲点部分は現在、同図に示すように分割されている。そこで、違和感が残らないように繋げる必要がある。このとき、奥行き部分同士が繋がらないようにすることで、不可能図形として変形できる。その結果を図8に示す。



図7 不可能図形1



図8 不可能図形2

## 3. 実験と考察

### 3.1 実験

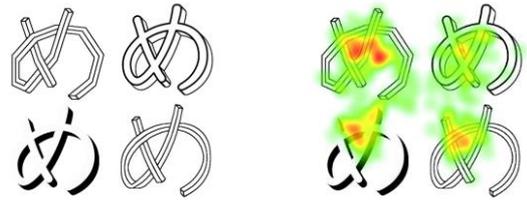
実験1では、不可能図形を正確に生成できているか確認するために、図形が現実存在できるかを判断できる杉原の手法<sup>[1]</sup>を用いて実験を行った。図8と図9の3種類の出力結果を用いたところ、同図(b)のみ現実存在できる図形であると判断された。



(a) 「か」の不可能図形 (b) 「つ」の不可能図形  
図9 出力結果

実験2では、不可能図形の錯視を加えることで印象的な文字を生成できているかを確認するために、男女20名に対して視線計測装置 Tobii Pro ナノ<sup>[4]</sup>を用いて実験を行った。図10(a)に示す4種類のレタリ

ングされた文字を並べた画像を見てもらい、どの文字が最も視線を集めたかを検証した。Tobii Pro ラボ<sup>[5]</sup>を用いて、20人の視線情報をヒートマップとして出力した結果を図10(b)に示す。



(a) 元画像 (b) ヒートマップ

図10 実験画像

### 3.2 考察

実験1では、交点が複数ある平仮名や変曲点が含まれている平仮名では、不可能図形に変形できていることがわかった。しかし、交点と変曲点を含まない平仮名は不可能図形に変形できていない。そのため、そのような平仮名に対しては文字の形状を損なうことになるが、直線近似を行うことにより変曲点を生成することで解決できると考えられる。

実験2では、図10(b)の結果から左上に最も視線が集中していることがわかる。このことから、本手法は印象的な文字を生成できていると考えられるが、配置による優位性がある可能性があるため、異なる配置でも確認する必要がある。

## 4. おわりに

本研究では、平仮名に対して不可能図形の錯視を加えることにより、印象的な文字を生成する手法を提案した。実験より、制限はあるが平仮名を不可能図形に変形できることが確認できた。しかし、不可能図形に変形できていない平仮名も存在するため、その平仮名に対しては更なる手法の検討が必要である。また、今後の展望として漢字やカタカナ等の文字に対しても生成手法を検討することが挙げられる。

### 参考文献

- [1]Rafael C. Carrasco, and Mikel L. Forcada, "A note on the Nagendrapsad-Wang-Gupta thinning algorithm.", *Pattern Recognition Letters* 16.5, pp. 539-541, (1995).
- [2]藤本真作, 奥田誠二, 逢坂一正, 小野敏郎, "書道ロボットに関する研究: 平仮名文字の書き順生成と軌道計画", *岡山理科大学紀要A* 第41号, pp. 139-147, (2005).
- [3]K.Sugihara, "A Necessary and Sufficient Condition for a Picture to Represent a Polyhedral Scene", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*6[5], pp. 578-586, (1984).
- [4]Tobii Pro ナノ, < <https://www.tobiiipro.com/ja/product-listing/tobii-pro-nano/> >.
- [5]Tobii Pro ラボ, < <https://www.tobiiipro.com/ja/product-listing/tobii-pro-lab/> >.