

線画イラストにおけるカーネル SVM を用いた 閉領域の奥行き推定

昆 将太郎 金森 由博 遠藤 結城 三谷 純

筑波大学

1 はじめに

既存のアニメやイラストに奥行き情報を付加して 3D ステレオ視を実現したい、という需要がある。本研究は一枚の線画イラストの自動奥行き推定を目的とする。既存研究としてアニメの時系列画像データから奥行きを推定する研究 [1] があるが、一枚の線画イラストには時系列情報がないため適用できない。コンピュータビジョンの分野では自然画像の奥行き推定の研究が数多く行われてきた [2,3]。しかし、線画イラストには自然画像のような濃淡や模様がないため、そのままでは適用できない。

本研究では自然画像と抽象画像の両方を対象とした Jia ら [2] の手法をベースとし、白黒の線画イラストにおける、線で囲まれた閉領域に対し、互いに隣接する閉領域の間でどちらが手前か奥かを自動で判定する手法を提案する。本研究ではカーネル SVM を用いて隣接する閉領域間の相対的な前後関係を推定し、有向グラフを用いて全体の奥行き順序を決定する。局所的な推定については、閉領域の境界線およびそれらの交差点から、交差点での境界線のなす角度、境界の形状などを特徴量として抽出し、学習を行う。線画によっては境界線の離散化の影響で、交差点での境界線のなす角度の抽出がうまくいかない場合がある。本研究では交差点での境界線のなす角において 2 通りの角度を抽出し、境界線の形状が複雑なイラストに対しても精度のよい結果を出力する。また、領域が画像の縁に接する割合をパラメータとする縁特徴を新たに提案し、精度の向上を図る。

2 Jia らの手法

本研究のベースとなる Jia ら [2] の手法について説明する。まず交差点ごとに特徴量を抽出して経験則に基づいた局所的な推定を行い、有向グラフを用いて大域的な奥行きを推定する。

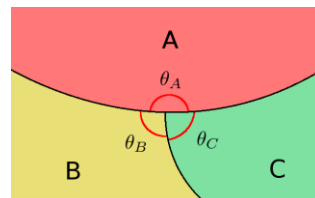


図 1: 角度特徴の例

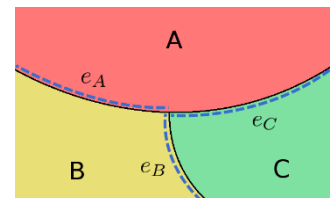


図 2: 境界特徴の例

交差点での局所的な奥行き推定には、T 字交差点から得られる角度特徴と、境界線の形状から得られる境界特徴を用いる。T 字交差点とは、図 1 に描かれるように 3 つの境界線が交差する点である。角度特徴について、ある 1 つの領域に接する 2 つの境界線のなす角が 180° であり、他の領域にそれぞれ接する 2 つの境界線のなす角が 90° であれば、経験則により、 180° の角度を占める領域が他の 2 つの領域よりも手前にあると判断する。図 1 を例にとると、領域 A の占める角度がおよそ 180° であり、領域 B, C の占める角度がそれぞれおよそ 90° であるため、領域 A は領域 B, C よりも手前にあると推定できる。次に境界特徴についても経験則により、隣接する 2 つの領域 A, B のうち、領域 A の輪郭線(図 2 の e_A)の形状が領域 B に対して凸であれば、領域 A がより手前らしい、と判定する。境界線の形状を特徴量として得るために、境界の始点から終点に向かうベクトルと、始点から境界線上の各点に向かうベクトルのなす角度を計算してヒストグラム化したものを境界特徴量として用いる。

交差点における局所的奥行き推定は経験則に基づく判断なので誤りがある場合があり、最終的な領域の奥行き順序を決めるときに矛盾が生じる可能性がある。そこで、領域間の奥行き順序を表す有向グラフを用いることによって、大域的に整合のとれた奥行き順序を推定する。領域の手前らしさを表す尤度をエッジの重みとし、奥行き推定の矛盾を削除して全体の奥行きを決定する。

3 提案手法

交差点での角度は、3 本の境界線を局所的に線分で近似して計算する。各線分の端点は、一方を交差点、他方を交差点から逆方向に数ピクセ

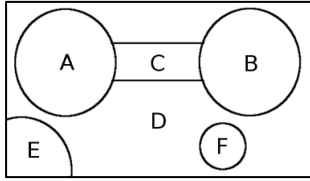


図 3: 入力する抽象画像の例

ル辿ったピクセルとする。しかし、何ピクセル辿るかによって線分の向きが変わり、角度が変動する場合がある。そこで本研究では、交差点の近くのピクセルおよび遠くのピクセルの両方を使って角度特徴を計算する。

2節で述べた Jia ら [2] の手法では奥行きを判断できない場合がある。例えば図3の領域Cと領域Dでは、T字交差点における角度がどちらもおよそ 90° であり、2つの領域が挟む境界線の形状も直線であるため、どちらが手前か奥かを判定することができない。そこで、本研究ではこれまでに挙げた特徴量に、新たに提案する縁特徴を組み合わせて奥行きを推定する。アニメなどの線画イラストでは、画像の縁に接する領域は背景などの奥側の領域であることが多い、という経験則に基づいて特徴の抽出を行う。実際に図3では、領域Dは縁の全体に接しているため、領域A, B, Cより奥である可能性が高い。

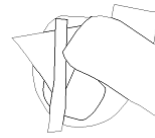
さらに、領域Dと領域Eのように交差点が存在しない境界線を挟んだ2つの領域については特徴量の抽出ができず、どちらの領域が手前か奥かを推定することができない。そこで、本研究では境界線の両端が画像の縁に接している場合は領域の縁に接する点を交差点と仮定し、特徴量を抽出する。また、領域Dと領域Fのように2つの領域が包含関係にある場合は学習による推定を行わず、囲まれている領域Fが囲んでいる領域Dより手前にあると定める。

本研究では、これまでに挙げた角度特徴、境界特徴、縁特徴の3つを線画イラストから抽出し、局所的奥行き推定を行う。Jia らは奥行き推定に構造化 SVM を用いたが、本研究ではカーネル SVM を用いる。

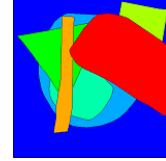
また、大域的奥行き推定における有向グラフにおいて、サイクルが発生した場合、Jia らと同様に貪欲法によって重みの小さいエッジを削除する。

4 実験

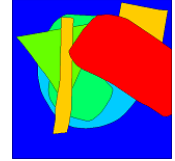
実験を行うにあたり、2つのデータセットを用意した。1つは複数の手描きの図形の並び順や座標、大きさなど変えながら線画とその奥行きデータを自動生成した簡易データセット(Sim)、もう1つは Liu ら [1] の論文に掲載されている奥行



入力画像



正解画像



Ours

図 4: 簡易データセットの奥行き推定結果



入力画像



正解画像



Ours

図 5: アニメデータセットの奥行き推定結果

表 1: 各データセットにおける精度 (%)

	Near	Far	Com	Ours
Sim	87.1	91.4	91.3	94.3
Anime	80.0	81.6	83.1	86.3

きデータから生成したアニメデータセット (Anime) である。また、実験で使用する特徴量を次のように定義する。交差点の近くのピクセルを用いた角度特徴と境界特徴の組み合わせを **Near**、交差点の遠くのピクセルを用いた角度特徴と境界特徴の組み合わせを **Far**、2つの角度特徴と境界特徴の組み合わせを **Com**、**Com** と縁特徴の組み合わせを **Ours** とする。精度の算出方法については Jia ら [2] と同様に、推定結果と正解画像を比べて、隣接する2つの領域の奥行き関係が正しくラベル付けされているかを判断する。定性的な結果を図4と図5に、定量的な結果を表1に示す。正解画像および推定結果では、領域が手前にあるほど赤く、奥にあるほど青くなる。表1において、提案手法である **Ours** は、両方のデータセットにおいて、**Near**, **Far**, **Com** と比べて精度の向上が確認できた。

5 まとめ

本研究では Jia ら [2] の手法をベースにし、新たな特徴量を取り入れた奥行き推定についてのアルゴリズムを提案した。データセットを作成して実験を行い、提案手法が高い精度を示すことを確認した。

参考文献

- [1] Liu et al., "Stereoscopizing cel animations," ACM Trans. on Graph., Vol. 32, No. 6, pp. 223:1-223:10, 2013.
- [2] Jia et al., "A Learning Based Framework for Depth Ordering," In Proc. of CVPR, pp. 294-301, 2012.
- [3] Hoiem et al., "Recovering Occlusion Boundaries from a Single Image," IJCV, Vol. 91, No. 3, pp. 328-346, 2011.