

## 相対的深度情報グラフを用いた線画像の差し込み編集法

伊藤諒悟 齋藤豪 森合遼

東京工業大学 情報理工学院

## 1 はじめに

線画像は対象物体の輪郭線などを描画したものであり、特徴となる要素が少ない。そのため、コンピュータに線画像内の3次元形状を推定させることは難しい。一方で、人間はT字結節点から相対的な前後関係を把握することができ、そこから線画像の3次元形状を解釈することができる[1, 2, 3]。

本稿では、線画像内でT字結節点に基づいた局所的な前後関係を自動推定し、グラフ構造を構成して広域な相対深度情報を構築する手法を提案する。本稿で作成するグラフ構造は相対的な前後関係を表現するため、絶対的な前後関係を求めてそれをグラフとして表現する従来手法[2, 3]と異なり、巡回を許容する。また、このグラフ構造を用いてイラストの差し込みを行う手法を提案し、作成した広域な相対深度情報が有用であることを示す。

## 2 相対深度グラフ作成法

本手法では、T字結節点における局所的な深度情報を広げた「疑似相対深度画像」をはじめに作成する。この画像は、入力となる線画像について、各T字結節点における局所的な深度情報をU-Net[4]を基にした図2のモデルを用いて推定し、これらを繰り返して再配置して膨張した後に鮮鋭化することで得られる。ここで作成する疑似相対深度画像の画素値は、T字結節点に基づいた相対的な前後関係の強さを表す。

次に入力線画像と、疑似相対深度画像を入力とし、線画像内に存在する面同士の前後関係を表す「相対深度グラフ」と名付けたグラフ構造を作成する。

まずは線画像に対してWangらの手法[5]を用いてスーパーピクセルを適用する。スーパーピクセルを適用して似た画素値のピクセルを小領域としてグループ化することで、後の処理の計算を高速に行うことができる。つぎにスーパーピクセルを、面を構成するものと線を構成するものに分離し、面を構成するスーパーピクセルに対して線を超えないような隣接関係を作成

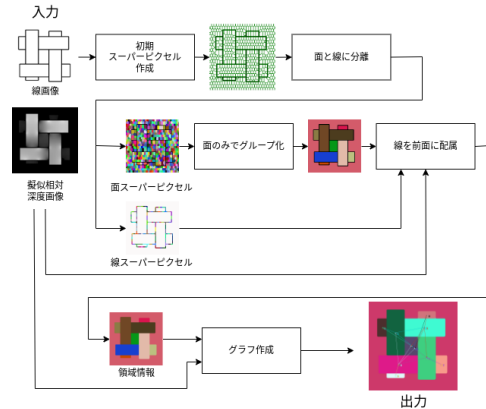


図1: 相対深度グラフ作成手法概要

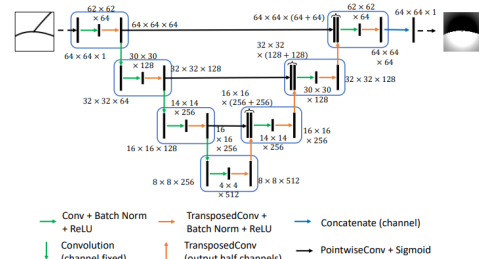


図2: 局所的な深度画像パッチ作成モデル

する。この隣接関係を用いて、flood fill アルゴリズムにより隣接関係をたどり、面スーパーピクセルを更にグループ化することで、線画像内の面に対して領域分割を行う。その後、線スーパーピクセルを、隣接している面のうち前面側に結合させる。前面側か後面側かは疑似相対深度画像の画素値を比較することで判定する。

ここまでの処理により線画像内の領域について、疑似相対深度画像に関する画素値の統計量をとることができる。本稿では、T字結節点に基づく領域隣接関係によりグラフ構造を構築する。このグラフは図3のとおり、線画像中の領域をノードとして、領域同士での相対的な前後関係をエッジとした有向グラフである。

## 3 線画像の差し込み編集手法

作成した相対深度グラフの応用としてイラストの差し込み編集手法を提案する。ここで差し込むイラストを動かす際、線をまたいで隣接する領域間で遮蔽が発生する場合があることを利用する。

Insertion Operation for Line Drawings Using Relative Depth Graph

Ryogo Ito  
Suguru Saito  
Ryo Moriai

School of Computing, Tokyo Institute of Technology

**Algorithm 1** 差し込むイラスト  $img_2$  上のピクセル  $pix$  のマスク更新判定

**Input:** 差し込むイラスト  $img_2$  の  $pix$  でのマスク  $mask$  と領域情報  $old\_region$  と、差し込まれるイラスト  $img_1$  の相対深度グラフ  $G$  と  $pix$  が新に重なった領域  $new\_region$

- 1: **if**  $new\_region$  is 手前側 than  $old\_region$  **then**
- 2:      $level = G.longest\_path(new\_region, old\_region)$
- 3:      $mask+ = level$
- 4: **else if**  $old\_region$  is 手前側 than  $new\_region$  **then**
- 5:      $level = G.longest\_path(new\_region, old\_region)$
- 6:      $mask = \min(mask - level, 0)$
- 7: **end if**

**Output:**  $mask$

差し込むイラストの全ピクセルはマスク値とどの領域上かの情報を持ち、そのピクセルがどれほど後ろ側にあるかのレベルを持っている。このマスク値は、対応するピクセルが差し込まれるイラスト上の線を超える毎に判定により更新される。ここでの判定は、そのピクセルが動く前と動いた後の領域間で、何段階の深度関係の差があるかを相対深度グラフの最長経路をたどることで求める Algorithm 1 により行う。差し込むイラストが隠れるか否かはマスク値によって決まり、値が0でなければそのピクセルは表示されず、0であればそのピクセルは表示される。これにより、もともと最背面で隠れているイラストは隠れつづけ、最前面のイラストは描画され続ける。また、隠れる差し込みが発生する際は隠蔽を開始し、現れ出る際は隠蔽を解除する。

4 評価

4.1 相対深度グラフ作成結果

入力画像に対して作成した疑似相対深度画像と相対深度グラフを図3に示す。図3によりT字結節点に基づいて線画像中の面における前後関係を正しくグラフ化していることが分かる。

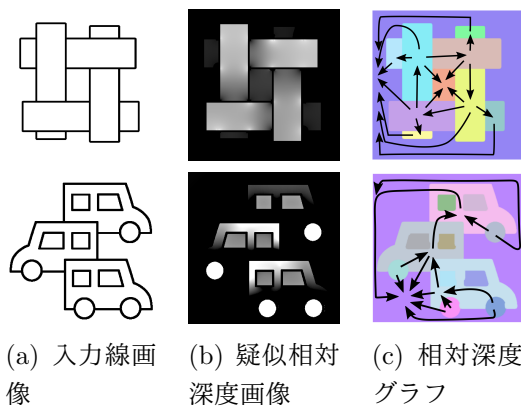


図3: 各線画像について作成した疑似相対深度画像と相対深度グラフ

4.2 線画像の差し込み結果

作成した相対深度グラフを用いてイラストの差し込みを行った結果を図4に示す。図4により差し込み方向により結果が変わっていることから、マスク更新での前後関係比較が正しく行えていることが分かる。

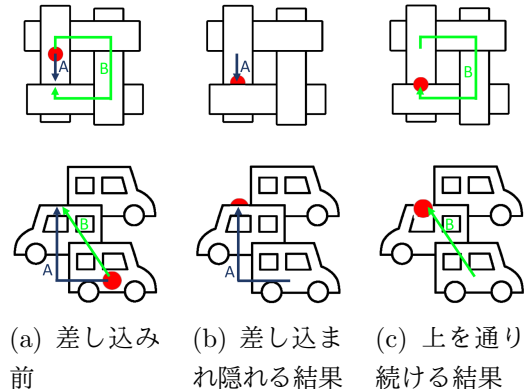


図4: イラスト差し込み結果

5 まとめ

本稿ではT字結節点に基づいて局所的な前後関係を推定して拵げた相対深度グラフを作成し、その応用としてイラストの差し込みを行う手法を提案した。結果に示すとおり、入力線画像に対してグラフを作成し、その前後情報を利用した差し込み編集を実現できた。今後の課題としてはT字結節点以外が生む前後情報を利用することが挙げられる。

参考文献

- [1] Mariella Dimiccoli and Philippe Salembier. Exploiting t-junctions for depth segregation in single images. In *2009 IEEE ICASSP*, pp. 1229–1232, 2009.
- [2] Xueting Liu, et al. Stereoscopizing cel animations. *ACM Trans. Graph.*, Vol. 32, No. 6, 2013.
- [3] 昆将太郎ほか. 一枚の線画イラストにおける閉領域の奥行き推定. 情報処理学会研究報告, Vol.2018-CG-172, No.13, pp.1-8, 2018.
- [4] Olaf Ronneberger, et al. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *MICCAI 2015*, pp. 234–241, Cham, 2015. Springer International Publishing.
- [5] Jie Wang and Xiaoqiang Wang. Vcells: Simple and efficient superpixels using edge-weighted centroidal voronoi tessellations. *IEEE Transactions on PAMI*, Vol. 34, No. 6, pp. 1241–1247, 2012.