

疎なデプス入力と変形操作による単一画像からの 三次元形状モデリング

菊池 敬済[†] 金森 由博[‡] 三谷 純[‡]

筑波大学情報学群[†] 筑波大学システム情報系[‡]

1 はじめに

近年の研究で、単一の景観画像から三次元シーンを生成する技術が開発されてきた[1][2]. その中の多くの手法は画像中の地平線や消失線を指定することで三次元シーンを生成している. そのため、物体を近くで撮影した写真のように地面が写っていない画像ではこれらの手法で三次元シーンを生成することは難しい. このような画像の三次元シーンを生成するシステムとして、Iizuka らの疎なストローク入力によるモデル生成手法[3]があるが、一つのストローク上には一様な奥行きが与えられるため、その部分が画像に対し水平になってしまうという問題がある. 本研究では、従来のブラシストロークによる奥行きの指定に加え、ストローク上に形状変形のための制御ハンドルを設置し操作することで、ストローク上の奥行きを変化させられる手法を提案する. これによって一つのストローク上でも奥行きに変化を与えられるため、詳細なモデルを生成できる.

2 提案手法

提案手法は一枚の画像を入力とする. ユーザが手動でブラシストロークを入力し画像の奥行きを指定する操作と、入力されたストロークに対してユーザが図1のような制御ハンドルを配置し動かすことでストローク上のデプスを変化させる操作のそれぞれを使用し、対話的に三次元シーンモデルを生成する. ストロークは折れ線として表現され、制御ハンドルはその折れ線の頂点に配置できる. 制御ハンドルを二つ以上配置して奥行きを操作した場合、操作されていない制御ハンドルの奥行きは固定され、それ以外の制御ハンドルを配置できる頂点の奥行きは、ストローク上の制御ハンドル間の奥行きをそれぞれ補間するように変化する.

2.1 デプスの伝搬

デプス伝搬によるデプスマップの生成においては、Wang らの手法[4]と同様に以下の最適化計算を行う.



図 1: 制御ハンドルによる操作例. ストローク上に設置し(a), 奥行き方向に操作する(b).¹

$$\arg \min_U \sum_{i \in M} \left\| U_i - \sum_{q \in N(i)} w_{iq} U_q \right\|^2 + \sum_{i \in M} \|U_i - M_i\|^2 \quad (1)$$

ここで U は最終的なデプスマップ, $N(i)$ はピクセル i の近傍ピクセルの集合, w_{iq} は近傍ピクセル q のピクセル i に対する重み係数, M はユーザによるブラシストロークのマップである. また、重み係数 w_{iq} については、Levin らの手法[5]と同様に以下の式を用いる.

$$w_{iq} \propto \exp \left(-\frac{(Y_i - Y_q)^2}{2\sigma_q^2} \right) \quad (2)$$

ここで Y_i は入力画像の RGB 値, σ_q^2 はピクセル i の近傍の分散である. w_{iq} はピクセル i ごとの総和が 1 になるように正規化される.

また、ピクセルベースの伝搬手法では、Iizuka らの手法[3]のようなスーパーピクセルベースの手法と比べ、デプスが伝搬しにくいという問題がある. そのため、本研究では Levin らの手法[5]のような多重解像度画像を使用し、解像度の粗い画像から式(1)を適用し、それによって生成されたデプスマップを解像度の高い画像へ初期値として適用することで改善している.

2.2 制御ハンドルによる奥行きの操作

提案手法では、制御ハンドルによる奥行きの操作を、Sorkine らの手法[6]を利用して行っている. この手法で、ストローク上の各点の奥行きを計算し、その結果を 2.2 節のデプス伝搬の入力とすることでモデルを変形させる. また、制御ハンドルによって奥行きを変化させる際は、制約として奥行き方向への移動のみを許可している. これは、奥行きを操作した際にモデルが歪まないようにするためである.

2.3 背景生成と手動によるモデル修正

詳細なモデルを生成するために、Iizuka らの手

Single-Image 3D Modeling Using Sparse Depth Inputs and Deformation

Takazumi Kikuchi[†], Yoshihiro Kanamori[‡] and Jun Mitani[‡]

[†]School of Informatics, University of Tsukuba [‡]Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

法[3]における不連続箇所の推定と、遮蔽されている領域の推定を利用した。これによって、前景物によって隠れている部分を補完することができる。背景生成時には、Wang らの手法[4]で用いられている、画像の顕著性、画像のエッジ情報を元にデプスマップに重みづけを行い、画像の不連続部分を保持しつつデプスマップを平滑化する処理を行っている。また、画像で不連続となる境界部分については、自動推定のみでは想定される境界が抽出されない場合があるため、ユーザが手動で境界部分の指定を行えるようにした。その他にフリーハンド指定によるデプスの平滑化機能を実装し、滑らかに変化する部分を生成できるようにした。

3 結果

図2に本手法での出力結果と、Iizukaらの手法[3]との比較を示す。入力画像のサイズは、400×248である。図2(a)の入力においては、図中の丸で囲った部分が制御ハンドルで、右の制御ハンドルを画像に対して手前側に動かしている。図2(c)は、図2(a)の入力に似せて入力したものである。図2(e)と図2(f)を比較すると、図2(e)はモデルの下端が元の画像方向とほぼ平行で不自然に見えるのに対し、図2(f)は制御ハンドルによる奥行き操作により、下部に角度が付いたことで図2(e)に比べ自然な見た目となっている。以上から、少ないストローク入力で、詳細なモデルを生成できることがわかった。

4 まとめ

本稿では、ユーザが入力したブラシストローク上に制御ハンドルを配置し奥行き方向にハンドルを操作することで、一つのストローク上でモデルの奥行きに変化を持たせることができる手法を提案した。これにより、既存手法よりも少ないストローク入力で詳細なモデルを生成できるようになった。

今後の展望に関して、現在のシステムでは、画像サイズが大きくなるとデプスマップの最適化計算に時間がかかり、インタラクティブな操作がしづらくなる問題がある。改善策として、デプスの最適化計算を行う際に領域分割を行い、奥行きを変化させた領域付近のデプスマップのみを再計算することで、計算時間が改善されるのではないかと考えている。また、製作したシステムに対するユーザテストを行い、UIの向上を図りたい。

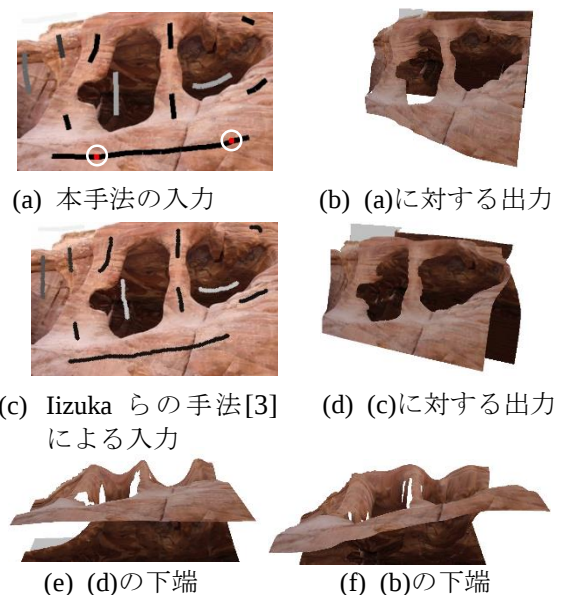


図 2: 本手法と Iizuka らの手法[3]の出力の比較¹

参考文献

- [1] Youichi Horry, Ken-Ichi Anjyo, Kiyoshi Arai. "Tour Into the Picture: Using a spidery mesh user interface to make animation from a single image", Proc. SIGGRAPH 97, 225-232, 1997.
- [2] D. Hoiem, A.A. Efros, and M. Hebert, "Automatic Photo Pop-up", ACM Transactions on Graphics (Proc. of ACM SIGGRAPH 2005), 24, 3, 577-584, 2005.
- [3] Satoshi Iizuka, Yuki Endo, Yoshihiro Kanamori, Jun Mitani, and Yukio Fukui. "Efficient Depth Propagation for Constructing a Layered Depth Image from a Single Image". Computer Graphics Forum (Proc. of Pacific Graphics 2014), 33, 7, 279-288, 2014.
- [4] Wang, O. and Lang, M. and Frei, M. and Hornung, A. and Smolic, A. and Gross, M. "StereoBrush: interactive 2D to 3D conversion using discontinuous warps", Proceedings of the Eighth Eurographics Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling, 47-54, 2011.
- [5] Anat Levin, Dani Lischinski, and Yair Weiss. "Colorization using optimization", ACM Transactions on Graphics (Proc. of ACM SIGGRAPH 2004), 23, 3, 689-694, 2004.
- [6] O. Sorkine, D. Cohen-Or, Y. Lipman, M. Alexa, C. Rössl, and H.-P. Seidel. "Laplacian surface editing", Eurographics Symposium on Geometry Processing, 175-184, 2004.

¹ 入力画像の出典: "Colours of Petra"

(<https://www.flickr.com/photos/adjourned/4700417347/>),
by Magnus Franklin, licensed under CC BY 2.0.
(<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>)