

H-022

写実的レンダリングに向けた Time-Varying Mesh の表面属性推定

Surface Properties Estimation for Time-Varying Meshes

畢 微†
Wei Bi

山崎 俊彦†
Toshihiko Yamasaki

相澤 清晴†, †
Kiyoharu Aizawa

1. まえがき

近年、複数台の同期カメラの映像を元に、実世界の人物などを表現できる TVM (Time-Varying Mesh, 3次元動的映像) に関する研究が盛んになりつつある。3次元映像である TVM は、任意の視点から視聴することができ、映像制作、仮想博物館や、医療、教育など広い分野での応用が期待されている。

TVM の表面属性においては、形状やテクスチャ、反射特性などがあるが、表面形状が基本であると考えられる。これまで、多視点画像から TVM の形状復元については、さまざまな手法が提案されている。視体積交差法[1], Silhouettes と Template に基づく方法[2][3]は、低い計算量で形状復元の基本として最も用いられてきた。しかし、単なる視体積交差法などでは、被写体表面の Silhouettes で捕えられない形状を復元できないという欠点があるので、さらに表面形状を整形する手法が必要となる。

このような表面形状を整形する方法としては、被写体のテクスチャの変化による整形方法や、ステレオマッチングによる整形方法[1], 反射特性による整形方法[2]などの手法が提案されてきた。しかし、テクスチャの変化がすくない領域に対して、テクスチャの変化による整形方法を用いて正確な形状を求めるとは困難である。ステレオマッチングによる整形方法では、2台の隣接カメラ間で対応画素を探すので、数多く(何十台)のカメラを密に並べる必要がある。ステレオマッチングによる整形方法では、精度高い表面微細形状が求められるが、計算コストがかなり高く、複雑な反射を持つ表面に対して、形状を求めることは困難である。

そこで本稿では、複数台の同期カメラの映像を元に生成した精度低い TVM の整形を目的として、Optical flow から表面 Normal を推定することによって TVM の表面微細形状復元手法を提案する。Optical flow から TVM を整形するのは、カメラの台数と位置を相対的に自由に設置でき、複雑な反射特性を持つ表面においても対応できると考える。

2. Optical flow から TVM 表面微細形状の推定

Optical flow に被写体の構造情報を含んでいるため、被写体の表面運動の Optical flow から表面 Normal を推定することができる[4]。これは structure from motion と呼ばれ、数多くの研究で用いられてきた。本節では、本稿における TVM 整形へ利用した Optical flow から表面微細形状を推定

する手法について説明する。

2.1 表面 Normal の推定

複数台のカメラがあるが、一つずつ処理する。世界をその一台のカメラを中心としての球面座標系で示す。

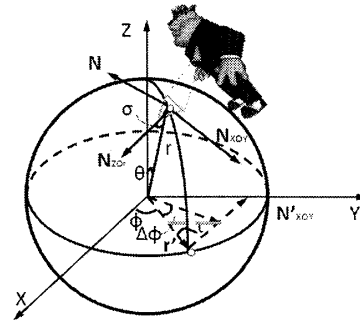


図1: 表面 Normal の推定

図1に示すように、被写体表面の運動点は (ϕ, θ, r) で表示できる。そして、 $(\delta, \epsilon) = (d\phi/dt, d\theta/dt)$ はこの運動点の球面座標系での ϕ と θ 方向の角速度である。この点の表面 Normal の N をお互いに垂直する方向、 N_{zor} (面 ZOr に) と N_{xoy} (面 XOY に) に分ける。赤い線を引くと、

$$\frac{\rho}{r} = \tan(\Delta\phi) \approx \Delta\phi$$

$$\frac{\rho}{\Delta r} = \tan\tau$$

よって、

$$r\Delta\phi = \Delta r \tan\tau, \cot\tau = \left[\frac{1}{r} \right] \frac{\partial r}{\partial \phi}$$

同じように、

$$r\Delta\theta = \Delta r \tan\sigma, \cot\sigma = \left[\frac{1}{r} \right] \frac{\partial r}{\partial \theta}$$

を得る。 $r, \epsilon, \phi, \theta$ の関係によって、

$$\sigma = \operatorname{arccot} \left[\cot\theta - \frac{\partial(\ln\epsilon)}{\partial\theta} \right]$$

$$\tau = \operatorname{arccot} \left[-\frac{\partial(\ln\epsilon)}{\partial\phi} \right]$$

以上の二つの式の中で、各角度と変化値が Optical flow で計算できるので、後 σ と τ によって N を求められる。

2.2 被写体表面までの距離の推定

普通、Optical flow から、表面 Normal を推定できるが、他の情報を加えない場合には、カメラから被写体表面までの距離を推定することができない。TVM の表面微細形状を求めるため、被写体表面までの距離の推定が必要となる複数台の同期カメラの映像を元に、実世界の人物などを表現できる TVM では、幾何的な特徴があるので、その特徴によって、カメラから被写体表面までの距離を推定することができるようになった。

†東京大学大学院 情報理工学系研究科
Department of Information and Communication Engineering,
The University of Tokyo

‡東京大学大学院 情報学環・学際情報学府
Interfaculty Initiative in Information Studies, Interdisciplinary
Information Studies, The University of Tokyo

- カメラから被写体までの距離を推定する手順

(1) Optical flow で Normal を推定する画素(x, y)毎に対して、一時的な距離 r (初期値が精度低い TVM 表面点との距離にする) を与える。

(2) 前述した $r\Delta\phi = \Delta r \tan\tau$ を用いて、

$$\frac{r}{\Delta r} = \frac{\tan\tau}{\Delta\phi}$$

に変形し、この式を条件として、r を最適化する。

(3) r を初期値から、少しずつ Visual Hull 内部へ押し込みながら (2) の条件によって、r の値を更新し、最適な r を求める。ここで、普通の精度低い TVM 表面点との距離が実際の距離より短いと仮定する。

(4) (3) で r の最適な値が求まらない場合は、r を初期値に戻し、逆の方向へ変更しながら、(2) の条件によって、r を最適化する。

(5) (4) でも r の最適な値を求めない場合は、(2) の最小差での位置を r の値にする。

3. 実験と処理の流れ

3.1 実験

CG モデルを対象として、仮想カメラと光源を設置しデータをとり、シミュレーション実験を行った (図2)。

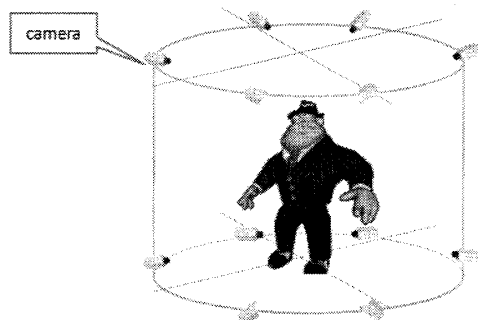


図2：仮想CGを用いた実験環境

3.2 処理の流れ

図3に実験の処理の流れを示す。

(1) 複数台のカメラの映像を元に、精度低い TVM モデルを作成する。ここで、視体積交差法[1]に基づき、精度低い TVM モデルを作成する。

(2) Optical flow によって、表面 Normal を推定する。

(3) 2.2 のように、カメラから被写体までの距離を推定する。

(4) 精度低い TVM モデルを整形する。

(5) 整形した TVM モデルを滑らかにする。

4. まとめ

本論文では、反射特性とカメラ位置や数などの要求があまりない Optical flow から表面 Normal を推定するによって TVM の表面微細形状復元手法を提案した。この表面微細形状に基づき、テクスチャ処理や表面反射特性の推定の準備になると考える。

5. 謝辞

本論文で使用した CG モデルは参考文献の[5]を受けたものである。

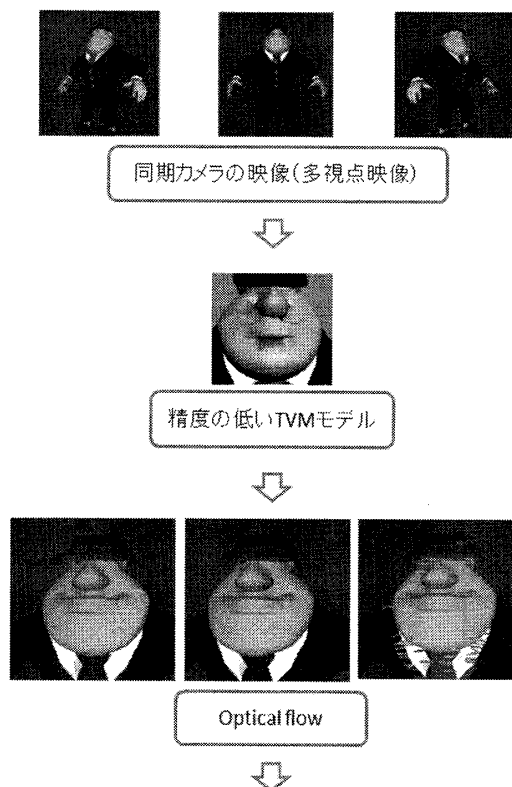


図3：処理の流れ

6. 参考文献

- [1] K. Tomiyama, M. Katayama, Y. Iwadate, and H. Imaizumi, "A Dynamic 3D Object Generating Algorithm from Multiple Viewpoints Using the Volume Intersection and Stereo Matching Methods", ITE vol. 58, no. 6, pp. 797-806, June 2004.
- [2] C. Theoloalt, N. Ahmed, H. Lensch, M. Magnor, H.P. Seidel, "Seeing People in Different Light - Joint Shape, Motion, and Reflectance Capture", IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS, vol. 13, no. 4, pp. 663-674, June-August 2007.
- [3] D. Vlasic, I. Baran, W. Matusiky, J. Popovic, "Articulated Mesh Animation from Multi-view Silhouettes", ACM Transactions on Graphics (TOG), Vol. 27, Issue 3, August 2008.
- [4] W.F. Clocksin, "Perception of Surface Slant and Edge Labels from Optical Flow: A Computational Approach", Perception, vol. 9, no. 3, pp. 253-269, 1980.
- [5] D. Shreiner, E. Angel, V. Shreiner, "An Interactive Introduction to OpenGL Programming", ACM SIGGRAPH 2004 Course Notes, Article No.: 30, 2004.