

# 自由視点から撮った画像からの 三次元自動モデリングに関する検討

由良 俊樹    加藤 誠巳  
(上智大学理工学部)

## 1. まえがき

現在、一般のユーザが複雑な 3DCG を作成しようとする場合、非常に多くの労力を要する。その労力を軽減するために、画像から三次元モデルを復元する、イメージ・ベースド・モデリングが多く研究されている。しかし多くのシステムではユーザの手動による特徴点の対応付けにより三次元復元を行っており、この方法ではまだユーザの負担を減少させたとは言いがたい。

本稿では、これらの負担を減少させるために自由視点から撮った画像から、ユーザによる特徴点の対応付けなどの必要をなくした三次元復元手法について検討した結果について述べる。

## 2. システムの概要

本システムでは、ユーザが自由視点から撮った複数枚の画像を用意し、画像間の特徴点の抽出および対応付けを自動的に行い、エピポーラ幾何を用いることで三次元モデルを自動的に復元することを目指している。

## 3. 画像の対応付け

### 3.1 特徴点抽出

特徴点抽出には、Zuniga-Haralick 作用素<sup>[1]</sup>を用いている。作用素の評価式は以下の通りである。

$$\text{Zuniga-Haralick} = \frac{f_{xx}f_y^2 + f_{yy}f_x^2 - 2f_{xy}f_xf_y}{(f_x^2 + f_y^2)^{3/2}}$$

( $f_x$  は注目画素の  $x$  方向の微分、 $f_{xx}$  は 2 階微分を表す)

### 3.2 テンプレートマッチング<sup>[2]</sup>

特徴点の自動的な対応付けは正規化相関係数によるテンプレートマッチングを用いて実現している。

$$R[x, y] = \frac{A}{BC}$$

An Automatic 3D Model Reconstruction Method  
Using a Plurality of Images Taken at Arbitrary  
Viewpoints  
Toshiki YURA, Masami KATO  
Sophia University

$$A = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (W[x+i, y+j] - \bar{W})(T[i, j] - \bar{T})$$

$$B = \sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (W[x+i, y+j] - \bar{W})^2}$$

$$C = \sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (T[i, j] - \bar{T})^2}$$

$R$ : 正規化相関係数     $W$ : 画像の輝度値

$\bar{W}$ : 画像の探索窓内の輝度値の平均

$T$ : テンプレート、サイズは  $M \times N$

$\bar{T}$ : テンプレートの探索窓内の輝度値の平均

### 3.3 誤った対応の除去法

テンプレートマッチングの際、テンプレートサイズと正規化相関係数の閾値を一意に決めてしまうと、全てが正しい対応になるとは限らない。そこで、テンプレートサイズは  $3 \times 3$ 、 $5 \times 5$ 、 $7 \times 7$  の三種類とし、まず  $7 \times 7$  を試して対応数が多ければそのままとし、少なければ  $5 \times 5$ 、さらに少なければ  $3 \times 3$  にする、というように対応数の個数で定める。また、以下のような方法で閾値を決定し、誤った対応を除去している。

**Step1:** マッチングの際、相関係数の閾値をできるだけ大きくすることで、マッチングの条件を厳しくし、正しい対応を多く残す。

**Step2:** Step1 より画像間の特徴点のオプティカルフローを求め、その長さ・傾きをグループ分けし、最も数の多いグループを正しい対応の長さ・傾きとする。

**Step3:** 再びマッチングを行い、相関係数の閾値をできるだけ小さくすることで、マッチングの条件を緩くし、正誤を問わず対応を多くする。

**Step4:** Step2 で求めたグループの長さ・傾きに含まれるもののみを正しい対応と判定する。

Step1 における閾値は、全ての対応での相関係数を求め、その中でも 0.9 以上の値の個数を求めて、係数が高いほうから 0.9 以上の個数の 10% が入る部分を閾値と定めた (図 1 参照)。

Step2 におけるグループ分けの方法は、長さお

よび傾きの平均と標準偏差を求め、平均±標準偏差内にあるものを正しい対応のグループとして、そのグループ内の平均±標準偏差を幅として持たせている。

Step3 における閾値は、Step1 と同様に係数が高いほうから 0.9 以上の個数の 90%が入る部分を閾値と定めた。

後述の通り Eight-Point Algorithm により三次元復元を行うので、8 点以上の正しい対応が必要となる。

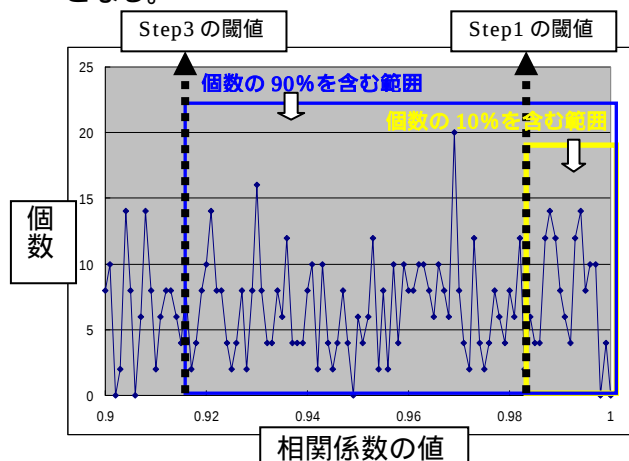


図 1 閾値の設定方法



図 2 画像間の特徴点の対応付け

## 4. 三次元復元

### 4.1 エピポーラ幾何

画像と空間中の注視点の幾何関係をエピポーラ幾何と呼ぶ。本来は両眼立体視の対応付けの問題を解決するために考案されたものであるが、こ

こでは画像間の座標の対応を与えることにより、画像間の幾何関係を算出し、それにより注視点の三次元座標を復元するのに利用する<sup>[3]</sup>。

### 4.2 三次元復元

画像 1 の  $i$  番目の点  $m_i(u_i, v_i)$  と画像 2 における対応点  $m'_i(u'_i, v'_i)$  はエピポーラ方程式  $\tilde{m}_i^T F \tilde{m}'_i = 0$  を満たす。ここで、 $\tilde{m}$  および  $\tilde{m}'$  は、 $\tilde{m} = (u, v, 1)^T$  のように要素 1 を加えた拡張ベクトルである。また、 $F$  は基礎行列であり、基礎行列は Eight-Point Algorithm により算出している。基礎行列と撮影したカメラの内部変数より特徴点の三次元座標を復元する。

## 5. 実行結果



図 3 実行結果

## 6. むすび

本稿では、自由視点から撮った複数枚画像からの自動三次元モデルの復元手法に関して検討を行った。そのとき、特徴点間の自動的な対応付けの際に、オプティカルフローの長さや傾きを用いることで誤対応を除去して正しい対応のみを残すことができた。ただし、現在は画像間で非常に大きな変化がある画像に関しては適用できない。その解決法としては RANSAC<sup>[4]</sup>や最小メジアン法<sup>[4]</sup>があげられ、今後提案した手法とそれらの比較・検討が必要となる。また、現時点ではテクスチャは元画像をモデルに直接貼り付けてしまっているので、画像を射影変換してから貼り付ける必要がある。

最後に、有益な御助言を戴いた本学 e-LAB/マルチメディア・ラボの諸氏に謝意を表する。

### 参考文献

- [1] 金澤, 金谷: “コンピュータビジョンのための画像の特徴点の抽出,” 電子情報通信学会誌, Vol.87, No.12, pp.1043-1048(2004-12) .
- [2] 小林, 出村, 橋本, 斎藤: “小惑星形状モデリングと衝突地形,” 日本惑星科学会誌「遊・星・人」第 13 巻, 2 号, pp.80-86(2004) .
- [3] 徐, 辻: “三次元ビジョン,” 共立出版, 1998 年 .
- [4] 金澤, 金谷: “2 画像間の特徴点対応の自動探索,” 日本工業出版「画像ラボ」, pp.20-23(2004-11) .