

H-060

エピテーゼ固定支援のための顔の時系列形状復元  
Time Series Reconstruction of Facial Shape for  
Support Fixation of Facial Prosthesis

西田 武司<sup>†</sup> 池田 聖<sup>†</sup> 井村 誠孝<sup>†</sup> 安室 喜弘<sup>†</sup> 眞鍋 佳嗣<sup>†</sup> 千原 國宏<sup>†</sup>

Takeshi NISHIDA<sup>†</sup>, Sei IKEDA<sup>†</sup>, Masataka IMURA<sup>†</sup>, Yoshihiro YASUMURO<sup>†</sup>,

Yoshitsugu MANABE<sup>†</sup>, and Kunihiro CHIHARA<sup>†</sup>

## 1. はじめに

病気や事故で顔面や顎の一部が失われた実質欠損に対する治療では、エピテーゼと呼ばれる身体部位を模した人工物(多くはシリコン製)を作成し、欠損部位を埋める処置がなされることがある[1]。エピテーゼが安定して接合されるためには、顔の動きの少ない部位でエピテーゼが固定される必要がある。エピテーゼを固定する上で重要な情報は、「顔の3次元形状」と「顔の動かない部位」の2つの情報であるが、顔の表面形状や顔の動かない部位は、欠損部位の大きさや形状によって変化するため、個人の欠損状態に応じた形状のエピテーゼを作成しなければならない。上記の2つの情報を得るために、本研究では顔の3次元形状の時系列変化を復元する。

顔の3次元形状の時系列変化を復元可能な従来手法は、複数のカメラを使うパッシブステレオ方式とパターン光を投影するアクティブステレオ方式の2つに大別できる。パッシブステレオ方式では、カメラを複数台並べ、対象物を異なる位置から撮影し、各カメラにおいて識別できる対象物の対応点を求めることで、3角測量の原理から各点の奥行きが計算できる。しかし、パッシブステレオ方式では顔表面上のテクスチャの少ない部分では、正確な対応点計算が難しく、また微細な形状の変化を得ることが難しい。

アクティブステレオ方式を利用して時系列的に形状を復元する手法を述べる。対象に投影するカラーパターンを変化させながら、対象の反復動作を撮影しシーンを復元する手法[2]がある。この手法では対象が反復動作をするシーンしか復元することができない。一般的に反復動作ではない対象の時系列形状を復元するためには、マルチスリットを利用した手法が用いられることが多く、対象物体に応じたマルチスリットパターンを投影し、フレームごとに投影されたスリットを追跡する手法[3]、カラーマルチスリットとカメラを用いて形状を復元する

手法[4][5]が挙げられる。これらの手法では、スリットの追跡における誤対応の回避手法が特徴で、パターンのコード化、スリットへの色付けがされている。しかし、コード化するためにはスリット幅を広げる必要があり、スリットの色付けでは対象物体に対するスリットの配色が制限され、復元精度が低下するという問題がある。

本研究では表情変化による顔の動いていない部位、動きの小さい部位を検出するために時系列的に変化する顔形状の復元手法を提案する。顔の微細な形状変化を得るために、グレイコードパターン投影法[6]と同じ空間分解能を有するマルチスリットを用いたパターン投影法を併用する。グレイコードパターン投影法では形状変化を復元することはできないが、パターン光の投影回数によって空間分解能が決定でき、グレイコードパターン投影法で得られた初期フレームの顔形状を基準として、そこからスリットの移動をテンプレートマッチングにより追跡する。マッチングの際に起こる誤対応を軽減するためには、顔のなめらかさ生かして、ラベリングにより連結する画素が同一スリットであるという制約を用いる。顔の時系列変化に対応して取得した形状を利用して顔の動いていない部位、顔の動きの少ない部位の検出を行い、エピテーゼを固定する位置を提示できる非拘束なシステムの構築を目指す。

## 2. 時系列形状復元と顔の動かない部位の検出

提案手法では、以下の手順により顔の動かない部位を検出する。

- (1) 初期形状復元
- (2) スリット追跡により時系列形状復元
  - (a) 動作した顔画像の二値化
  - (b) スリットのラベリング
  - (c) スリットの追跡
  - (d) 時系列形状の復元
- (3) 動きの少ない部位の検出

### (1) 初期形状復元

カメラで認識できるスリットの最小幅を分解能としたスリットパターンを用いたグレイコードパターン投影法を行う。広い幅のスリットを投影するときは、白1色パターンのときの輝度と黒1色パターンのときの輝度の中央値を各画素で求め、二値化の閾値とする。幅の狭いスリットのときは、各画素の近傍2画素を局所領域として、領域内での判別分析法[7]より二値化する。以上の二値

<sup>†</sup>奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

<sup>†</sup> Graduate School of Information Science,

Nara Institute of Science and Technology

<sup>†</sup> 関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科

<sup>†</sup> Faculty of Environmental and Urban Engineering,

Kansai University

化手法を用いて、グレイコードパターン投影法により得られた形状を初期形状とする。

## (2) スリット追跡による時系列形状復元

(a) 動作した顔画像の二値化では、処理(1)で述べた狭い幅のスリットのときの二値化手法を適用し、局部的に顔の動作を撮影した画像を二値化する。(b)スリットのラベリングでは、二値化された画像をラベリングすることによりスリットの各曲線の連結関係を算出する。(c)スリットの追跡では、前フレームでのスリットのラベルと現フレームの注目スリットのラベルを対応付ける。現フレーム上での各画素に対して  $1 \times 5$  画素のスリットに垂直な縦長のウィンドウを用いて、輝度差の二乗和が最小となる対応点を探索する。この際に、ラベリング結果を参照し、同一ラベルのスリットに前フレームにおいて異なるラベルのスリットが対応づいている場合は、その対応を修正する。(d)時系列形状の復元では、スリットを追跡することで得られたスリット番号を用いて、各フレームで形状を復元する。

## (3) 動きの少ない部位の検出

各フレームの顔の時系列形状から顔の動きの少ない部位を得る。各フレームで得られる3次元座標を比較し、顔における動きの変化を得る。

## 3. 予備実験

予備実験では、提案手法の有効性を検証するためにまず処理(2)(b)のラベリングを使用しない場合におけるスリットの探索結果を示す。本実験では、9種類のグレイコードパターン光を被験者の顔に投影して初期形状を得て、同じ空間分解能でのマルチスリットパターンによるテンプレートマッチングにより時系列形状の復元を行った。被験者には、静止状態から口を開ける動きをさせた。図1に示すように、20フレーム目では口元の周りの形状が変化しているが、スリットが大きく動く部分でスリットの誤対応が発生し、復元形状になめらかさは見られなかった。

次に、図2に示すようにラベリングを使用した場合の形状を復元した結果を示す。グレイコードパターン投影法で顔全体に投影されたパターンからスリット番号を得る。一番細かいパターンが投影された顔の表面のみをラベリングし、ラベリング付けされた連結スリットは同じスリット番号を持つという制約のもとで初期形状を復元した。ラベリングによる顔の表面形状の復元において、なめらかな形状を得ることができた。スリットの追跡による顔のなめらかさを表現するためにはラベリングを利用したスリットの誤対応の軽減が求められる。

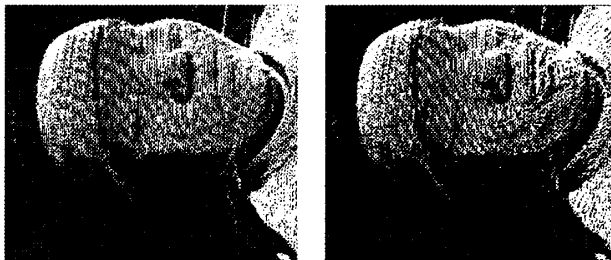


図1 グレイコードパターン投影法を用いた初期形状と提案手法の処理(2)(c)を用いて復元した20フレーム目の形状



図2 グレイコードパターン投影法を用いた初期形状と提案手法の処理(2)(b)スリットのラベリングを用いて復元した顔の表面初期形状

## 4. おわりに

本発表では、顔にエピテーゼを固定する際に重要となる顔の動きの少ない部位、顔の動きの少ない部位を検出するために、顔の表情変化に対応して顔の時系列形状を復元する手法を提案した。予備実験において提案手法を用いて、初期フレームに対してグレイコードパターン投影法を利用して求めた形状と同じ空間分解能を有する時系列形状を復元した。ラベリングを使用せずに復元した時系列形状ではスリットの追跡段階でスリットの誤対応が発生し、復元形状では顔のなめらかさが失われた。今後は、スリット追跡の際にテンプレートマッチングと顔表面に対するラベリングを複合的に用いることでスリットの誤対応を軽減し、顔のなめらかさを表現した顔の時系列形状の復元を目指す。

## 文 献

- [1] 山口, “エピテーゼのワックス造形に使用するナビゲーションシステム”, 顔顔面補綴学会誌, 29巻2号, pp. 43-48, 2006.
- [2] X. Yi and D. G. Aliaga, “Dense Depth and Color Acquisition of Repetitive Motions,” Proc. 6th Int. Conf. on 3-D Digital Imaging and Modeling, pp. 141-148, 2007.
- [3] O. Hall-Holt and S. Rusinkiewicz, “Stripe Boundary Codes for Real-Time Structured-Light Range Scanning of Moving Objects,” Proc. 8th Int. Conf. on Computer Vision, Vol. 2, pp. 359-366, 2001.
- [4] 荒井, “色スリットを用いた両眼ステレオによる時系列三次元顔面形状計測”, 電子情報通信学会収録誌, Vol. 105, no. 302, pp. 65-70, 2005.
- [5] L. Zhang, B. Curless and S. Seitz, “Rapid Shape Acquisition Using Color Structured Light and Multi-pass Dynamic Programming,” Proc. 1th Int. Symp. 3D Data Processing Visualization and Transmission, pp. 24-36, 2002.
- [6] S. Inokuchi, K. Sato and F. Matsuda, “Range Imaging System For 3D Object Recognition,” Proc. 7th Int. Conf. on Pattern Recognition, pp. 806-808, 1984.
- [7] 大津, “判別および最小2乗基準に基づく自動しきい値選定法”, 電子通信学会論文誌, Vol. 63, no. 4, pp. 349-356, 1980.