

## 4P-4

## 3 眼立体視を用いた曲面形状計測

伊藤 稔, 石井 明

NTT 電気通信研究所

## 1. はじめに

物体の曲面形状を得る方法として、物体に明暗パターンを投影し、パターン像を1台ないし2台のカメラで観測する方法が従来報告されているが、<sup>(1,2)</sup>パターン原画各要素の実空間座標値を予め与える必要があるため、測定前に複雑な手続きを要する上、使用できるパターンもごく簡単な直線パターン形状に限定されていた。そこで、本稿では、曲面にテクスチャパターンを投影し、その像を3角配置したTVカメラで観測し、得られた3画像間で対応点処理することにより、テクスチャエッジの3次元分布、すなわち、曲面形状を求める方法を提案する。この方法は、パターン原画の実空間座標を予め与える必要が全く無いので、測定が簡易に行え、又、対応の誤りが少ないようなパターン形状を任意に選んで使用できる利点がある。以下、先ず計測手続きを示した後、パターン形状について計測例に基づき検討する。

## 2. 計測手続き

先ず、任意の白黒テクスチャパターンのスライド原画を作り、そのパターンをスライドプロジェクタを用いて被測定物体に投影する。次に、投影パターンを3角配置した3台のカメラにより観測する。続いて、3画像(A, B 及びCとする)間の対応点処理を、次の手順で行う。(1)前処理(パターンエッジの抽出):3枚のパターン画像についてエッジ強度を求め、次いで細線化処理する。得られたパターンエッジを対応付けすべき特徴点とする。(2)初期対応点処理:画像AとB又はAとCとの間の対応点候補を抽出する。(3)対応点候補の識別:画像AとB又はAとCの各対応点候補に対し、射影直線パラメータを使って、第3のパターン画像上の予測対応点を算出し、そこに特徴点が存在すれば、それと対応点候補との類似度を算出する。(4)対応点決定:全ての対応点候補に対する類似度を比較し、予め定めたしきい値を越えかつ最も高い類似度を持つものを、真の対応点とする。以上の対応点処理の後、物体上のパターンエッジの3次元位置を3角測量法により算出する。

## 3. カメラキャリブレーション

対応点処理及び3次元位置算出にカメラパラメータ値を使うため、高精度なカメラキャリブレーションを予め行っておく必要がある。そこで、先に提案したマトリクス演算によるキャリブレーション法<sup>(4)</sup>を適用し、キャリブレーション誤差をカメラ位置0.1mm以下、方向 $5 \times 10^{-4}$  rad.以下とした。これにより、対応精度及び計測精度に与えるカメラキャリブレーションの影響を無視する事ができる。

## 4. 実験例

白黒2値パターンを被測定物体(円柱)に投影し、投影像を3台のカメラで観測してから上記の対応点処理を行った。円柱とカメラの距離は約80cm、カメラ間隔15~20cm、レンズ焦点距離16mmである。又、円柱のサイズは、底面 $5\text{cm}\phi$ 、高さ8cmである。類似度は、エッジの特徴点を中心とする $5 \times 5$ 画素の局所相関関数の逆数で表わす事とした。

図1は、横ストライプパターンを使った実験例である。Aは投影パターンの3眼画像を、Bは対応点処理結果から3角測量原理により求めた物体上の投影パターンエッジの3次元

Shape Measurement of Curved Surface using Three-View Stereo Analysis

M. Ito and A. Ishii

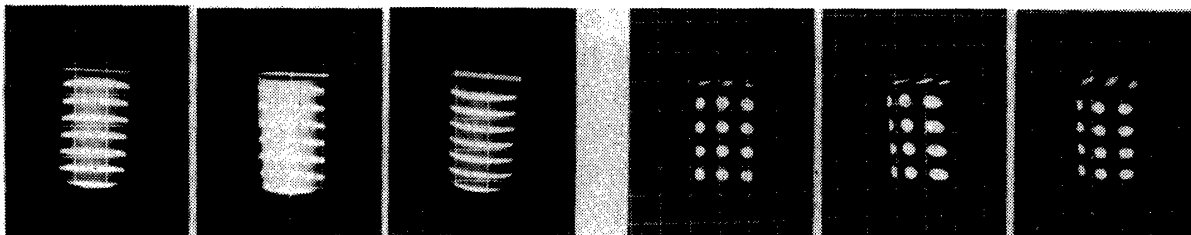
NTT Elect. Comm. Lab.

位置を示す。結果Bから、ほぼ30%の誤対応の発生が見られる。縦ストライプパターンを投影した場合もほぼ同じ結果が得られた。このような誤対応は、2画像間で得られる誤った対応点候補に対する予測対応点がエッジ又はエッジ近傍に来ることが多いことによる。従って、誤対応を避けるにはストライプ間隔を広くする必要があり、それにより空間分解能が低下する。図2は、円形パターンを同じ円柱に投影した実験例を示す。Aは3眼画像を、Bは3次元位置算出結果を示す。この例では誤対応の発生が殆ど見られない。円形マークのエッジ方向が360度に渡って分布するため、エッジ方向の差により誤った対応点候補に対する類似度が著しく低下し、誤対応を容易に識別できる。

5. まとめ

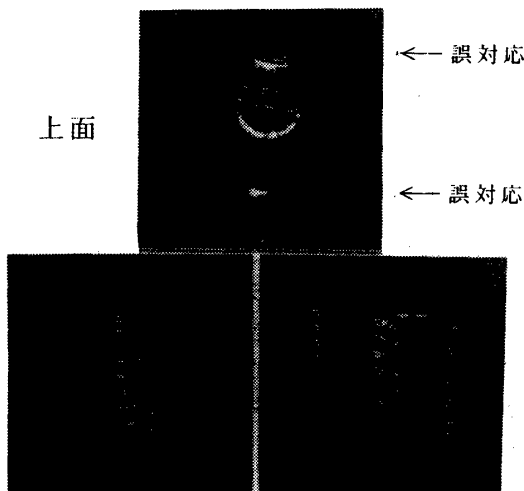
曲面物体に直線ストライプ又は円形のパターンを投影し、パターンエッジの3次元位置を3眼立体視法を用いて計測した。ストライプパターンでは誤対応が発生し易いが、広範囲のエッジ方向を持つ円形パターンを使うことにより誤対応を大幅に避けられる事が分った。本方法は、パターン原画各要素の3次元位置に関する情報を全く必要としないので任意形状のテクスチャパターンを使える事ができ、この為、曲面形状を簡易に高分解能で計測することができる。

(参考文献) (1) 山本, 佐藤, 井口; 昭60信学全大, 1985, (2) 越後, 谷内田; 情処CV研究会34-4, 1985, (3) M.Ito,A.Ishii;IEEE Trans PAMI, 8,4,524-532,1986 (4) M.Ito,A.Ishii;CVPR'86, Miami Beach,1986



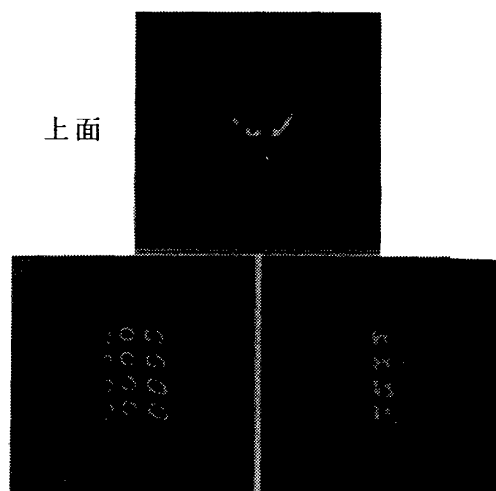
左 右 上  
A 3眼画像

左 右 上  
A 3眼画像



正面 側面  
B エッジの3次元分布

図1 実験例1



正面 側面  
B エッジの3次元分布

図2 実験例2