

プロジェクタ-カメラシステムによる 3 次元形状計測のための適応的投影手法

情報システム工学研究室

1. はじめに

光学的手法による非接触式の 3 次元形状計測技術は製造業界でのモデリングや文化財のアーカイブなど様々な分野で活用されている。プロジェクタ-カメラシステムによる形状計測は比較的簡便な機材で構成でき、並列計算環境やハードウェアの向上により、処理速度、分解能では優れているが、信頼性において他の計測方法に劣る面がある。本研究では、プロジェクタの投影手法を計測対象の形状や色に合わせてシステム的に対応することで、プロジェクタ-カメラシステムによる計測の信頼性を向上させる手法を提案する。

2. 提案システム

本研究では、実時間ステレオカメラを用いた形状計測においてステレオマッチングに適した視覚的特徴を能動的に与えるためにプロジェクタによる投影を積極的に利用し、投影内容を最適化するシステムを構築する。カメラとプロジェクタの視線方向を同一座標系でキャリブレーションしておき、計測データを部分ごとに評価し、投影内容のコントラストや粒度を部分的に自動修正して対象の特徴に適応した形状計測を行うものである。

2.1 ブロックマッチング

ステレオ計測は 2 台のカメラで 2 枚 1 組の画像間で対応点を検索し、対応関係から三角測量により 3 次元計測する計測法である。図 1 のように左カメラ画像中の点 P_L を中心に B_L のようなブロック状に部分画像を切り出し、右画像中で最も類似度が高い B_R を求め B_R の中心点 P_R を点 P_L の対応点とする。このとき、類似度は式 (1) が最小になれば、類似度が高いと判断する。

$$E = \sum_{i=-K}^K \sum_{j=-L}^L |f_L(x+i, y+j) - f_R(x+i, y+j)| \quad (1)$$

このとき、類似度に差がでなければ誤マッチングの原因になる可能性がある。また、類似度が一定以上の値ならば、信頼性が低いので対応点を検出せず、欠落点として黒く表示される。

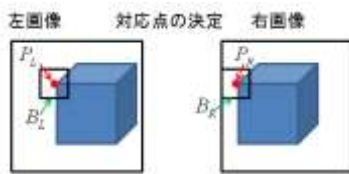


図 1. ブロックマッチング

2.2 キャリブレーション

ステレオマッチングによる 3 次元計測によって、カメラ座標系と物体座標系との座標変換が可能である。物体座標系からプロジェクタ座標系への変換をあらかじめ求めておくことでカメラ座標系とプロジェクタ座標系との対応関係を求めることができる。このキャリブレーション結果を利用し、信頼性の低い計測部分に対応するプロジェクタ画像上の座標を求め、対応する座標への投影画像を更新する。

2.3 評価値

計測品質を向上させるために、ブロックマッチングにおける誤対応を考慮した計測結果の評価が必要である。本研究では計測データの欠落個所の分布と計測表面の連続性によりこの評価を行う。前者は面積当たりの欠落頻度、後者は近似平面からの二乗誤差を尺度として用いる。この 2 つの点を同時に評価するため、両者に重みづけした和を用いた。計測物体表面の近似平面は、

シス 06-80 西澤 啓悟 シス 06-106 村居 尚樹
 $ax+by+cz-1=0$ とし、N 点の計測点に対して (2) 式により係数 a, b, c を求め、近似誤差を評価に用いた。

$$J = \sum_{\alpha=1}^N (ax_{\alpha} + by_{\alpha} + cz_{\alpha} - 1)^2 + wm \rightarrow \min \quad (2)$$

3. 実験

3.1 実験条件

両眼カメラには Bumblebee2 (PointGrey 製 : VGA 解像度)、プロジェクタには DATA PROJECTOR XP-S58 (Casio 製 : SXGA 解像度) を使用した。まずカメラとプロジェクタを固定し、カメラ座標系とプロジェクタ座標系を対応付けるキャリブレーションを行った。測定対象には白い箱と黒い箱を上下に積み重ね面の向きに変化をつけた。用意した投影画像は局所的に 2 種類のコントラストを選択できるランダムドットである。対象領域はカメラ画像において手動で指定した。指定した領域を図 3 の①~③に示す。

3.2 結果

図 2 は、計測結果の距離分布を明度で表した画像である。欠落点も黒で表示している。①, ②の部分はそれぞれ、より低コントラスト画像、高コントラスト画像に投影内容が自動更新され、計測結果における欠落点が減少している。③は比較的良好な計測領域であったため、システムも投影画像を更新しなかった。①については計測表面の連続性の評価値が少し下がる傾向が見られた。これは急な角度の面を測るには、解像度が限られていることが一因と考えられる。-



図 2. 投影画像更新前 (左) と更新後 (右) の計測結果



図 3. プロジェクタ画像の様子 (別カメラで撮影)

4. まとめ

本研究では、ステレオカメラを用いた形状計測においてステレオマッチングに適した視覚的特徴を能動的に与えるためにプロジェクタによる投影を積極的に利用し、投影内容を最適化する手法について提案し、実験により効果を確認した。今後の課題として、投影画像の更新方法のバリエーションの検討、改善対象領域の自動検出などが挙げられる。

参考文献

- (1) 安居院猛 長尾智晴 共著, C 言語による画像処理入門, 昭晃堂, (2000)
- (2) 井口征士 佐藤宏介 共著, 三次元画像計測, 昭晃堂. (1990)