

手持ちカメラによる屋外点群データへのテクスチャマッピング

情報システム工学研究室

シス 05-43 高橋 裕介

シス 05-74 林 到太

1. はじめに

現在、高性能な光学式レーザレンジファインダなどの 3D スキャナを用い、大規模な遺跡や都市景観をモデル化する試みが盛んに行われている。前者は文化財の保存や破損の際修復の基準として利用され、後者は地形測量や景観シミュレーションに利用されている。

計測された形状情報を写実的に表示するには、写真を形状モデルに貼り付けるテクスチャマッピングが有効である。一般に、テクスチャマッピングには、形状計測装置とカメラを正確に校正し、双方を固定して使用する必要がある。しかし、遺跡の狭隘部には計測装置の死角ができ、計測データに欠落部分が含まれることも多い。また、都市部での計測では、人、車等が写り込むことがあり、テクスチャ用の画像を撮り直す必要がある。

本研究では、自由な視点から取得した画像をテクスチャとして利用することを目的として、計測装置とは校正していないビデオカメラで別途撮影した映像から形状情報を復元し、計測データと対応させることにより、既存の 3 次元データに対して色情報を補完する手法を提案する。

2. 提案手法

カメラ映像から被写体の 3 次元形状を復元する手法として SFM(structure from motion)がある[1]。ビデオカメラ映像からフレーム毎の特徴点の動きを追跡し、エピポーラ幾何に基づいてカメラの軌跡と特徴点の 3 次元座標を求めるものである。

本研究では、SFM を利用し、カメラ画像から被写体の 3 次元情報とカメラの 3 次元位置を復元する。復元された 3 次元情報と計測装置から取得した 3 次元データとを統合することによって、カメラ画像上に計測装置データを投影し、テクスチャマッピングに必要な対応付けが可能となる。SFM によってカメラ画像から復元された 3 次元情報と、計測装置データとの統合には、適切な座標変換を求める必要がある。本研究では、最急降下法により対応付けの二乗誤差を最小にする座標変換要素を求める。

2.1 エピポーラ幾何

3 次元空間上のある一点を複数の視点から撮影した画像間にはエピポーラ幾何という幾何関係が存在する[1]。3 次元空間上の点を M、それに対応した画像上の点を x、x' とする。回転行列 R、並進ベクトル t とすると、2 枚の画像の座標系には、

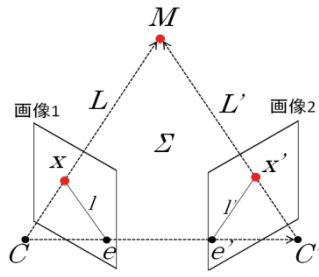


図 1. エピポーラ幾何

$$\tilde{x}^T(t \times (R\tilde{x}' + t)) = 0 \quad (1)$$

の関係がある。E = [t]_xR と表現すると、

$$\tilde{x}^T(t \times (R\tilde{x}' + t)) = \tilde{x}^T[t]_x(R\tilde{x}' + t) = \tilde{x}^T E \tilde{x}' = 0 \quad (2)$$

E にはカメラの回転と平行移動のパラメータが含まれ基本行列と呼ばれる。また、F = A^{-T}E A⁻¹ とすると、

$$\tilde{x}^T E \tilde{x}' = \tilde{m}^T F \tilde{m}' = 0 \quad (3)$$

この式をエピポーラ方程式といい、この関係から空間上のある 1 点の 3 次元座標を復元する。連続するビデオカメラフレームから画像対を多数用いることで、被写体の特徴点と各フレームを撮影したときのカメラの位置姿勢を 3 次元空間に復元することができる。

2.2 座標系の変換

カメラ座標系 P' を計測装置座標系 P に変換するため、回転、平行移動、スケールの拡大縮小を行う変換行列 C を求める必要がある。

$$P = CP' \quad (4)$$

3 次元の場合、行列 C には、回転×3、並進×3、スケール×1 の計 7 つの変数が要素として含まれる。P と P' の対応を複数与え、行列 C の各変数を最急降下法により算出する。

3. 実験

3.1 使用機材と実験手順

3D スキャナ (Riegl 社, LMS-Z420i) で景観の 3 次元形状を取得後、計測結果を CG で表示し、形状情報の欠落部分を確認した。欠落部分を実際にビデオカメラ (SONY 社, HDR-XR520V) で撮影した。2d3 社のソフトウェア (boujou bullet) を使用し、カメラ映像から特徴点の動きを分析し、特徴点とカメラ位置の 3 次元座標を復元した。3D スキャナデータとの対応付けを行い、最急降下法で変換行列を求め、座標統合後、3D スキャナデータの欠落部周辺の頂点でポリゴンを作成し、カメラ映像のテクスチャをマッピングした。



(a) 3 次元復元された特徴点 (白) (b) テクスチャ用ビデオフレーム

図 2. 使用したデータ

3.2 実験結果と考察

3D スキャナで得たデータに映像から復元した特徴点を対応させた。5 点を手動で選択、対応させ、平均残差 26.5 [mm] で座標を統合させる変換を求めることができた。結果として、3D スキャナデータでは木の陰になっていた建物の壁面にテクスチャマッピングで色情報を与えることができた。マッピングを行う際テクスチャの違和感を軽減するため、使用するフレームの色を修正することで自然な結果を得た。変換行列が求まった為、復元されたカメラと特徴点の位置関係を 3D スキャナ座標上で表現することを試みた。3D スキャナで得たデータに、ビデオカメラの撮影位置から測定対象を表示させ、欠落部分を見ても自然に補えることが確認できた。



図 3. テクスチャマッピング前後の比較

4. 結論

本研究では、映像から復元した形状と計測装置座標との対応を求め、最適なフレームをテクスチャとして用いることで未測定部分に自然な色情報を補完する手法を提案した。今後の課題としては、対応誤差の少ない撮影条件や手法の検討や平面以外での面に対するテクスチャマッピング手法が挙げられる。

参考文献

[1] 徐剛, 写真から作る 3 次元 CG, 近代科学社, (2001)