

単眼ベース 3次元スキャナ向け SFS² アルゴリズムの提案*

3R-3

松本 幸則 リッタール・ディテール 杉本 和英 荒川 勉†
三洋電機(株) 東京情報通信研究所 †

1 はじめに

近年、コンピュータ上で3次元画像の取り扱いが極めて一般的になっている。しかし、3次元データ入力時の問題として、1:多大な労力が必要、2:装置が大規模かつ高価という点が指摘されている。

われわれは、簡便かつコンパクトな3次元画像入力装置として、単眼カメラを用いた3次元スキャナ“Cyber-Modeler”を開発してきた[1, 2, 3, 4]。“CyberModeler”では、形状再構成の基本アルゴリズムがShape-from-Silhouette[5, 6]に基づいていることから、対象物体に対し、1:凸形状であること、あるいは、2:凹形状部分に関しては輪郭として観測できること、という制約があった。

今回、上記の対象物体形状制約を解消し汎用性を高めるため、新たに多眼ステレオアルゴリズムとシルエット法を組み合わせた新しいアルゴリズム“Shape-from-Silhouette/Stereo(SFS²)”を提案する。また、その初期評価結果について報告する。

2 システム構成

本3次元スキャナは、回転テーブル、カメラ、およびPC(Personal Computer)からなる(図1)。ここではスリット光やレーザ光など特殊な光源は不要であり、極めてコンパクトな構成となっている。

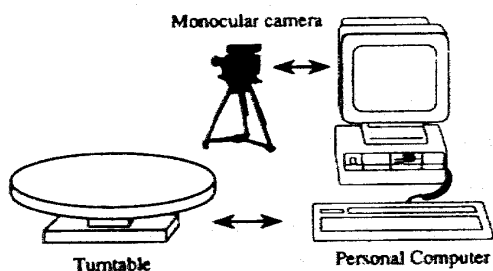


図1: システム構成

3 アルゴリズム

本3次元スキャナは、輪郭線からの3次元形状再構成アルゴリズム[5, 6]を基本とし、1:キャリブレーション、2:画像入力、3:シルエット抽出、4:形状モデリング、5:テクスチャモデリング、のステップからなる。今回提

*SFS² Algorithm for Three-dimensional Scanner Based on Monoscopic Camera

†Yukinori MATSUMOTO, Dieter RITTER, Kazuhide SUGIMOTO, Tsutomu ARAKAWA

‡Tokyo Information & Communication Research Center, SANYO Electric Co., Ltd.

案するSFS²アルゴリズムは上記第4ステップに関するものであり、以下のサブステップからなる¹⁾。

- (a) シルエットポーティングによる概略形状抽出
 - (b) ステレオエラーポーティングによる詳細形状抽出
- 以下、各ステップについて説明する。

3.1 シルエットポーティングによる概略形状抽出

本ステップでは、シルエット生成ステップを経て得られた複数のシルエット画像をもとに、ボクセル空間へポーティング処理(図2)し、これに関値処理を施すことで対象物体の存在する3次元領域を決定する。

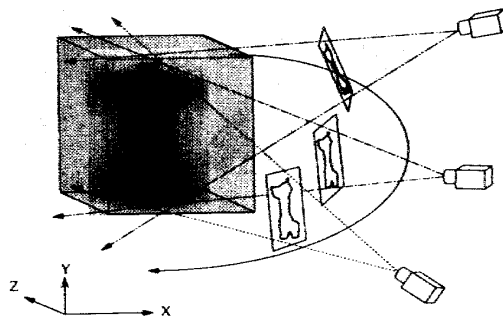


図2: シルエットポーティングの概念図

3.2 テクスチャエラーポーティングによる詳細形状抽出

対象物体がシルエット輪郭として観測できない凹形状部分を含む場合、シルエットポーティングのみでは不正確な形状モデリング結果となる。そこで、対象物体の表面に十分なテクスチャ情報があることを前提に、以下に述べる新しいテクスチャエラーポーティングアルゴリズムを適用する。なお、本アルゴリズムはボクセル空間上でのシルエットポーティングによる概略形状抽出を前提にし、また、テクスチャエラーはステレオマッチングの拡張であることから、本アルゴリズムを“Shape-from-Silhouette/Stereo(SFS²)”と呼ぶ。

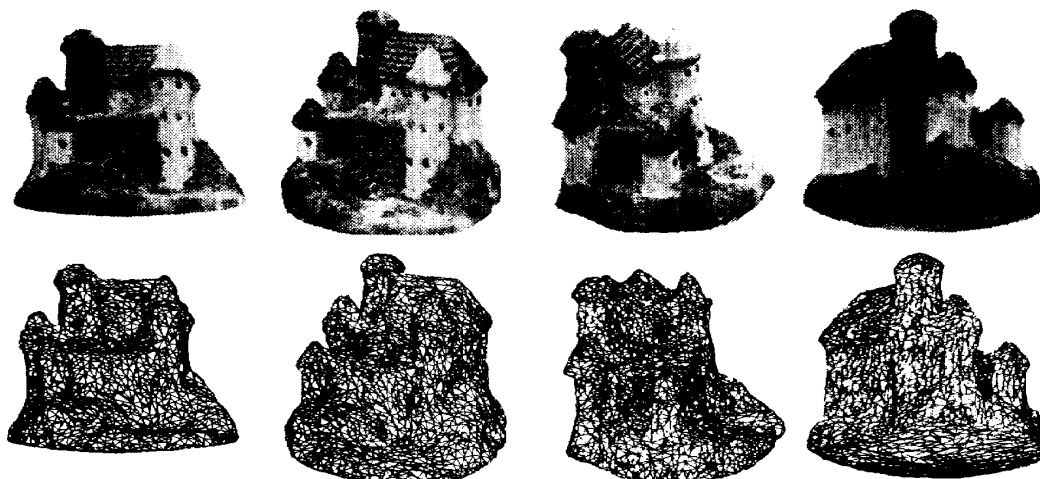
アルゴリズム概要を以下に示す。なお、入力画像として、対象物体を全方向から撮影した画像群を前提としている。

1. 基準画像1枚と複数の参照画像を決定(基準画像は各撮影視点に対応した画像、参照画像はその近傍視点に対応した画像)
2. 概略形状内のボクセルを基準画像および各参照画像に逆投影。
3. 各投影点を含む矩形領域間でブロックマッチング。
4. ブロックマッチング結果をボクセルに累積。
5. ボクセル空間に対し、撮影視点から基準画像の各画素を通る光線を発し、各光線上で最良のブロックマッチング結果を呈示するボクセルを抽出。

¹⁾4を除く各ステップについては文献[1, 2, 4, 3]を参照されたい。



図 3: 原画像例

図 4: SFS² によるモデリング結果

6. 上記ボクセルの奥行きに基づき奥行きマップ画像を生成。

上記に従い、各撮影視点からの奥行きマップをすべて生成後、これらを統合することで最終形状を得る。

4 実験結果

陶器製の城モデルを対象とし、本アルゴリズムを適用して3次元データを作成した。図3に原画像(物体画像)を、図4にSFS²によるモデリング結果(ワイヤフレームデータおよびテクスチャマップデータ)を示す。カメラはほぼ水平に設置し、640×480ドットの解像度で画像入力した。また、回転テーブルは10度刻みに回転し、全部で36枚の画像を用いている。生成モデルのポリゴン数は9518である。

この対象物は、シルエットとして観測できない凹形状部分をもつため、従来のShape-from-Silhouetteでは正確な形状抽出が困難なものであった。図4から、SFS²本アルゴリズムが極めて有効で、実用的な形状精度を実現することが分かる。

5 おわりに

多眼ステレオアルゴリズムとシルエット法を組み合わせた新しいアルゴリズム“Shape-from-Silhouette/Stereo(SFS²)”を提案した。本アルゴリズムは、単眼カメラを用いた、3次元スキャナに適用することで、簡易かつコンパクトな3次元スキャナを実現すると共に、その対象物形状の制約を大幅に緩和するものである。

SFS²アルゴリズムはシルエット情報を用いて、ボクセル空間内での対象物体の概略形状を求めた後、テクスチャエラ情報をボクセル空間に投票することで、詳細形状抽出を行なうものである。実験の結果、十分なテク

スチャ情報を持つ物体に対しては実用的精度で形状推定が可能であることがわかった。

今後、処理時間の短縮を図ると共に、回転テーブル不要な極めてコンパクトなスキャナを開発する予定である。

謝辞

本スキャナの開発に際し、プログラミングに協力頂いた茂木健氏、藤村恒太氏(三洋電機)に深謝する。

参考文献

- [1] 松本, 寺崎, 杉本, 荒川: “単眼カメラを用いた3次元スキャナ”, 第53回情処全大, pp.2-285-286, 1996
- [2] Y.Matsumoto, H.Terasaki, K.Sugimoto, T.Arakawa: “A Portable Three-dimensional Digitizer”, Proc. Int. Conf. Recent Advances in 3D Imaging and Modeling, pp. 197-204, 1997
- [3] D.Ritter, Y.Matsumoto, K.Sugimoto, T.Arakawa: “Reliable Localization of a “Flying-TV-Camera” in 3D for Shape Reconstruction”, 第55回情処全大, pp.2-180-181, 1997
- [4] 松本, リッター, 杉本, 荒川: “単眼カメラを用いたコンパクト3Dスキャナ — Hough変換の適用 —”, 第55回情処全大, pp.2-182-183, 1997
- [5] P.Giblin and R.Weiss: “Reconstruction of Surface from Profiles”, ICCV, pp.136-144, 1987
- [6] J.Y.Zheng and F.Kishino: “3D Models from Contours: Further Identification of Unexposed Areas”, ICPR, pp.349-353, 1992