

3次元形状モデル生成のための多視点距離データの位置合せ

6G-4

下鍋 忠

岩佐 英彦

横矢 直和

竹村 治雄

奈良先端科学技術大学院大学

1 はじめに

多視点から得られた複数の距離データを統合し物体の3次元形状モデルを獲得するためには、まず、複数の距離データの位置合せを行う必要がある。位置合せとは、異った座標系で表現された距離データを基準となる座標系へ変換するための変換パラメータを推定する処理である。2つの距離データ間の位置合せに関してはこれまで広く研究が行われており、比較的精度良く位置合せが行える手法が提案されている [1]。しかし、これらの方法を3つ以上の距離データの統合へ適用した場合、2つの距離データ間の位置合せ誤差の累積によって、全体としての位置合せ誤差が大きくなってしまいう問題がある。この問題に対処するためには、複数の距離データ間の位置合せを並行的に行い、全体としての位置合せ誤差を最小化する方法が必要である。

Gannonら [2] は、Chenら [3] の手法を複数の距離データに適用できるように一般化し位置合せを行っているが、入力として1方向から得られる直交座標系で表現された距離データのみを対象としている。本稿では、様々な形式の距離データを扱えるようにするとともに、入力データの信頼性を考慮した位置合せ誤差関数を新たに定義し、その最小化によってより精度良く変換パラメータを推定する手法を提案する。

2 複数の距離データの位置合せ

本手法では、任意の形式の複数の距離データを入力とし、全体としての位置合せ誤差を最小化するようにある程度の精度で求められた初期変換パラメータを補正することを目的としている。

本手法は以下のような手順で行われる。

(1) 前処理

- 初期変換パラメータを求める。
- 距離データをメッシュデータへ変換する。

(2) 複数のメッシュデータと初期変換パラメータを入力として補正することで初期変換パラメータの精度を上げる。

Registration of Multiview Range Data for Building a 3D Model

Tadashi Shimonabe, Hidehiko Iwasa, Naokazu Yokoya and Haruo Takemura

Nara Institute of Science and Technology (NAIST)
8916-5 Takayama, Ikoma, Nara 630-01, Japan

2.1 初期変換パラメータの獲得

まず、手動により共通の観測領域を有する2つの距離データ間の対応点を3組以上指定し、SVD法 [4] により変換パラメータを求める。SVD法とは、対応づけられた点間の距離の二乗誤差の和を最小化する変換パラメータを求める手法である。それをもとに、1つの入力距離データの座標系を基準座標系とし、他の距離データの座標系から基準座標系への変換パラメータを求め、初期変換パラメータとする。

2.2 メッシュデータへの変換

一般に、距離データの表現方法は、その計測方法によって、円筒座標系で表現された全周計測距離データと1方向から観測された直交座標系で表現された距離データの2種類に分けられる。そこで、様々な入力データの形式を扱うために、前処理として距離データをメッシュデータに変換する。メッシュデータとは、格子状の離散点として得られる距離データを三角パッチ化したあと、頂点のリストとその接続関係で表現されるデータである。

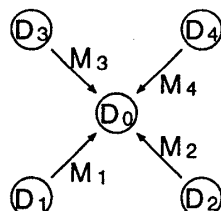


図1: 複数距離データの関係

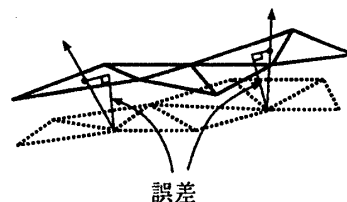


図2: 対応する三角パッチ

2.3 補正処理

ここでは、前処理によって得られた N 個のメッシュデータ ($D_i; i=0 \dots N-1$) をもとに、基準座標系として設定した D_0 の座標系への初期変換パラメータ ($M_i; i=0 \dots N-1$) を補正していく。

具体的には以下のようなアルゴリズムで実現される (図1)。

- 以下の処理をメッシュデータ $D_i (i=1 \dots N-1)$ に対して行う。

(1) メッシュデータ D_i を変換パラメータ $T = M_j^{-1} M_i$ により他のメッシュデータ $D_j (j \neq i)$ の座標系へ変換し、 D_i の各頂点に対応する D_j 上の三角パッチを求める。

(2) (1) で求めた対応をもとに計算された位置合せ誤差関数を最小化する微小変換行列 ΔT を

線形最小二乗法で求める。

(3) 変換パラメータを更新する ($M_i = \Delta T M_i$)。

以上の処理を ΔT が単位行列に十分近づくまで繰り返す。以下では、ステップ (1)、(2) について詳しく述べる。

2.3.1 対応する三角パッチの決定

図2に示すように、各頂点における法線方向の直線と交わる他のメッシュデータ上の三角パッチを対応する三角パッチとし、各頂点と対応する三角パッチとの距離を位置合せ誤差として定義する。

2.3.2 位置合せ誤差関数

一般にレンジファインダによる計測では、各計測点での法線ベクトルとカメラ方向ベクトルのなす角が大きい程、計測誤差が大きくなると考えられる。そこで、単純な位置合せ誤差の二乗和ではなく2つのベクトルの内積を重み係数とした加重和として位置合せ誤差関数を定義することで、計測誤差が小さい領域での距離データをより重視した位置合せが可能となる。

実際の位置合せ誤差関数を以下のように定義する。

$$Err_i = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{P_i-1} w_{p(i,k)} d^2(M_j^{-1} M_i p(i,k), S_{(j,k)})$$

$p(i,k)$: D_i 上の点

P_i : D_i 上の頂点の個数

$S_{(j,k)}$: $p(i,k)$ に対応する D_j 上の三角パッチ

$d^2(\cdot, \cdot)$: $p(j,l)$ を D_j の座標系へ変換した点と $S_{(j,k)}$ との距離の二乗

$w_{p(i,k)}$: $p(i,k)$ の法線ベクトルとカメラ方向ベクトルの内積

3 実験結果

提案手法の有効性を検証するために、全周計測、1方向計測(4方向から計測)の2種類のレンジファインダを用いた実験を行った。図3は、木彫りの犬についての、円筒座標系で表現された全周計測距離データ1つと全周計測距離データでは計測できない足の内側を計測するために4方向から計測した直交座標系距離データの1つである。

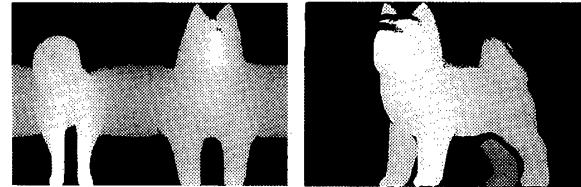
図4に、位置合せ結果から5つのデータを重ねて、視点の位置を変えてシェーディングした結果を示す。また、位置合せ誤差関数の定義において計測誤差を考慮した場合と計測誤差を考慮しない場合の位置合せ誤差の分布を図5に示す。計測誤差を考慮した位置合せ誤差関数を定義することにより、位置合せ誤差の小さい点の数が増加しており、位置合せの精度が向上していることがわかる。

4 まとめ

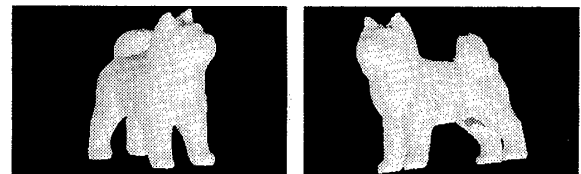
本稿では、様々な形式の距離データを扱えるようにするために、距離データをメッシュデータに変換

し、メッシュデータによって補正処理を行う手法を提案した。また、計測誤差を考慮した位置合せ誤差関数を定義することにより、より精度の良い位置合せが行えることを示した。

今後は、様々な形状の物体に対して実験を行い、位置合せ誤差関数のさらなる改善を試みる。



(a) 円筒座標系データ (b) 直交座標系データ
図3: 入力距離データ



(a) 視点1 (b) 視点2

図4: 位置合せ結果

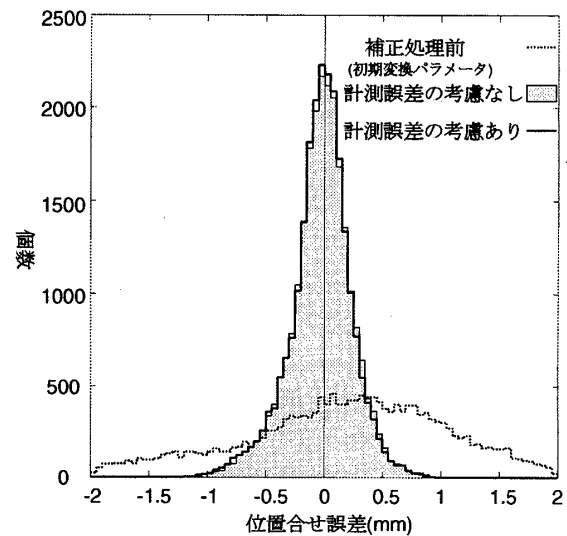


図5: 位置合せ誤差の分布

参考文献

- [1] T. Masuda and N. Yokoya. "A Robust Method for Registration and Segmentation of Multiple Range Images". *CVIU*, Vol. 61, No. 3, pp. 295-307, May 1995.
- [2] H. Gagnon, M. Soucy, R. Bergevin, and D. Laurendeau. "Registration of Multiple Range Views for Automatic 3-D Model Building". *Proc. IEEE CVPR'94*, pp. 581-586, June 1994.
- [3] Y. Chen and G. Medioni. "Object modeling by registration of multiple range images". *Image and Vision Computing*, Vol. 10, No. 3, pp. 145-155, 1992.
- [4] B. K. P. Horn. "Closed-form solution of absolute orientation using unit quaternions". *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 4, No. 4, pp. 629-642, Apr. 1987.