

4 D-3

多視点レンジデータの統合

河井良浩 吉見隆 大島正毅
電子技術総合研究所

1.はじめに

3次元形状の認識に向けて、レンジファインダを用いた研究が近年盛んに行なわれている^{[1],[2]}。レンジデータは精度良く形状データが得られるため、正確なモデルを構築するのに利用できるが、一方向からのデータでは物体全体の形状を観察できない。そのため、オクルージョン部分や裏側部分などを測定するために多方向からデータを取り、統合する必要がある。この多視点レンジデータを統合する手法を開発している^[3]。

レンジデータの獲得には電総研で開発したレーザーレンジファインダ^[4]を用い、複数方向から物体を計測する。このデータをオクルージョンの影響を受けづらい領域を基にマッチングを行ない、対応する領域間のずれが最小となるような繰り返し処理を行なうことで、より正確な統合ができることを述べる。なお、対象物体として、オクルージョンが生じやすく、従来扱われていない植物(花)を用いている。

2.処理手順

2.1 データ獲得

対象物体(図1)のレンジデータは図2であり、各点は3次元座標値を有する。データは視点方向が大幅に変化しない程度に移動した別の観測点から計測し、これを繰り返して、複数方向からのレンジデータを得る。

2.2 前処理

各データにおいて互いに距離の近い点に同一ラベルを付け、ノイズ除去と簡単な領域のセグメンテーションを行なう。この分割された領域のうち、他視点からのデータでも見える確率の高いもの、つまり領域対応に関して信頼性の高いと考えられる領域をいくつか選択する。具体的には、カメラ方向に近いもの(前面にある領域)は他の領域によるオクルージョンの影響が少ないと考えられるので、そのような領域を選択する。

そして、選択した各領域について、面積、法線分布、重心、隣接関係等の特徴量を計算する。

2.3 領域照合と移動パラメータの初期値計算

2.2で求めた各領域の重心を用いて、2つのデータの

領域対応を求める。領域の重心位置などは他視点から得られたものとは若干のずれがあるが、大幅に変わるものではない。故に初期値を求めるため、重心を用いたマッチングを行なう。

まず2つのデータの領域間の対応表を作成し、0で初期化しておく。それぞれのデータから3つの領域を選び、その重心で3角形を構成する。この3角形が相似なもの(各領域の面積比も含めて)を探し、これらの領域を対応する領域の組を見つけ(図3)、対応表中の該当欄に度数を加算(+1)する。これを繰り返して対応数の多いものを一致する領域とする。これにより2つのデータ間の領域対応が求まる。

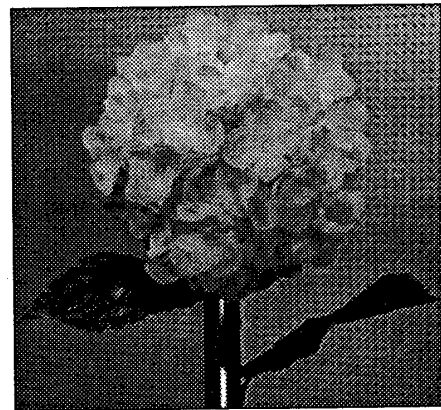


図1 対象物体(あじさい)



図2 レンジデータ

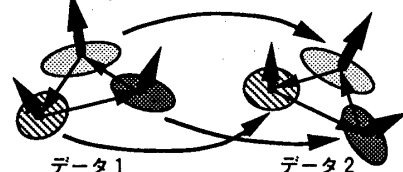


図3 領域対応

Integration of Multiple Range Data

Yoshihiro KAWAI, Takashi YOSHIMI, Masaki OSHIMA
Electrotechnical Laboratory

次に各データの重心が一致するようにすることで、移動パラメータの初期値を計算する。まず回転移動成分 R_0 を $\sum_{i,j} |R_0(v_{1i} - v_{1j}) - (v_{2i} - v_{2j})|^2$ (v_{ab} :データaの領域bの重心ベクトル)の評価関数を用いて、最小二乗法の繰り返し処理で求め、次に平行移動成分 t_0 を計算する($x' = R_0 x + t_0$)。

2.4 移動パラメータの計算

2.3で求めた R_0, t_0 を初期値としてずれが最小になるように繰り返し処理を行ない、 R, t を計算する。

まず各領域の重心付近の点から2次曲面 $z = f(x, y)$ (z は手前方向)をフィットする。

データ1: R, t で移動した点により、 $f_1(x, y)$ を計算。

データ2: $f_2(x, y)$ を計算(この曲面は固定)。

ずれの評価関数 E を次のように定義する。

$$E = \sum w_r \sum |f_1(x, y) - f_2(x, y)|^2 \quad (w_r \text{は領域} r \text{への重み})$$

この E について、 $\frac{\partial E}{\partial \eta} = 0$ ($\eta = \theta_x, \theta_y, \theta_z, t_x, t_y, t_z$)となる時、

E は最小となる。実際これが全て0にはならないので、

$$\eta_{i+1} = \eta_i + \kappa \frac{\partial E}{\partial \eta}(\eta_i) \quad (i \text{は繰り返し回数})$$

$$\frac{\partial E}{\partial \eta} = 2 \sum (f_1 - f_2) \frac{\partial f_1}{\partial \eta}$$

で、 η の値を更新していく。 κ は E が振動、発散した場合、値を半分にしてそのようなことが起きないように自動的に決定される。

更新した η で R, t を計算し、データ1を移動して面フィットを行ない、処理を繰り返す。

この繰り返し処理の終了条件は、1) $E \approx 0$, 2) $\Delta E \approx 0$, 3) 繰り返し回数が規定値を越えたときのいずれかを満たしたときである。

この処理により回転移動成分 R 、平行移動成分 t を決定する。

2.5 データ統合

隣接した各データについて、上記のような手法で座標変換パラメータを求める。隣接していないものは隣接したデータを経由していくことで、その間の R, t を計算する。そしてあるデータの座標系を基準としてデータを座標変換し、統合していく。

3. 実験結果

図1に示すあじさいを左から右へ7度程度移動しながら、9つのデータを取り、それらを統合した結果を示す。領域マッチングは簡単なものであるが、このような複雑な物体に対しても安定しており、選択された20領域の内6~10領域がマッチした。あるデータ間で重心のマッチングから初期移動パラメータ(R_0, t_0)を求めた例は、

$(R_0, t_0) = (-0.38^\circ, 7.19^\circ, -1.18^\circ, -29.39\text{mm}, 0.36\text{mm}, 12.39\text{mm})$ となる。そしてこの初期値を評価関数 E を用いた繰り返し処理を行なうことで、最終的に

$(R, t) = (-0.16^\circ, 7.35^\circ, -0.71^\circ, -29.10\text{mm}, 0.35\text{mm}, 12.25\text{mm})$ となった。[3]では(R_0, t_0)により統合した結果を示したが、今回この繰り返し処理を加えることで、データ間の統合後のずれは減少した。これにより観測点が離れたデータを統合する際のずれも少なくなった。図4は9つのデータを統合したもので、一方向では見えなかった左右の部分が表されている。

4. まとめ

本研究では形状が複雑な花を対象物体として選び、実験を行なった。このような対象物においても、複数方向から得たデータを、オクルージョンの影響が少ない領域を基にマッチングし、ずれが最小となるような繰り返し処理を行なうことで、一方向からでは得られない部分のデータを得られることを示した。現在は統合したデータは点の集まりというlow levelなデータ形式であるが、今後このようなフレキシブルな物体の3次元データをどのように表現し、モデル化すべきかを検討しなければならない。

参考文献

- [1] J.P.Brady, N.Nandhakumar and J.K.Aggarwal: "Recent progress in object recognition from range data", image and vision computing, vol.7, no.4, pp.295-307, nov. 1989
- [2] I.S.Kweon and T.Kanade: "High Resolution Terrain Map from Multiple Sensor Data", IEEE IROS'90, pp.127-134, 1990
- [3] 河井, 大島: "レンジデータによる3次元モデル構築", 1990年電子情報通信学会秋季全国大会, D-400, 1990
- [4] 吉見, 植芝, 大島: "複数光源レンジファインダシステム", 信学技報, PRU89-61, 1989



図4 統合結果