

点対称カメラ配置を利用した3次元形状復元の基礎的検討

5 A B - 5

島貫正治 佐藤寛幸 赤塚孝雄
山形大学工学部

1 はじめに

近年、急速に仮想空間の利用が広まりつつある。このとき、現実空間に存在するオブジェクトを、どのようにして仮想空間に取り込むかは、ひとつの大きな課題であり、これまで3次元形状計測方法として、複数の画像を用いた受動的な方法がいくつか報告されている[1, 2, 3]。これらの方法は、いずれも既知のカメラ位置から撮像した複数枚の画像を対応点を用いることなく逆投影することにより、その3次元形状を復元するものである。対応点を用いないことにより、対応点問題という大きな問題を回避してはいるものの、正確な形状復元のために必要な画像枚数が増加している。そこでここでは、対象物のほぼ中心に原点を想定して、点対称にカメラを配置し、それを利用して対応付けを行い、その画像中心からの距離関係からその対応点の3次元位置を決定する方法を提案する。

2 原理

実際のカメらは、平行投影ではなく、透視変換である。そのため、同じ物体を表側と裏側から眺めた場合、平行投影ならば全く同じシルエットが見えるはずが、透視変換ではカメラとの距離に応じたシルエットとなる。もし、シルエットの最外郭点（以後、リム点と呼ぶ）が、オブジェクトの同じ点をとらえているとすると、その3次元的位置は、撮像された画像の中心からの角度をパラメータとして考えて、同じ角度を持つ点に対応点であり、その画像中心からの距離の比で、決定できる。つまり、撮像された画像中心を原点とする極座標として考えると、その半径座標値の比で決定できる。図1に本方法の原理図を示す。(a)のように、1枚の長方形の板をカメラに対し斜めに置き、その両側からカメラA,Bで撮像したとする。それぞれのカメラから撮像されたものが、(b),(c)である。(b)は、わ

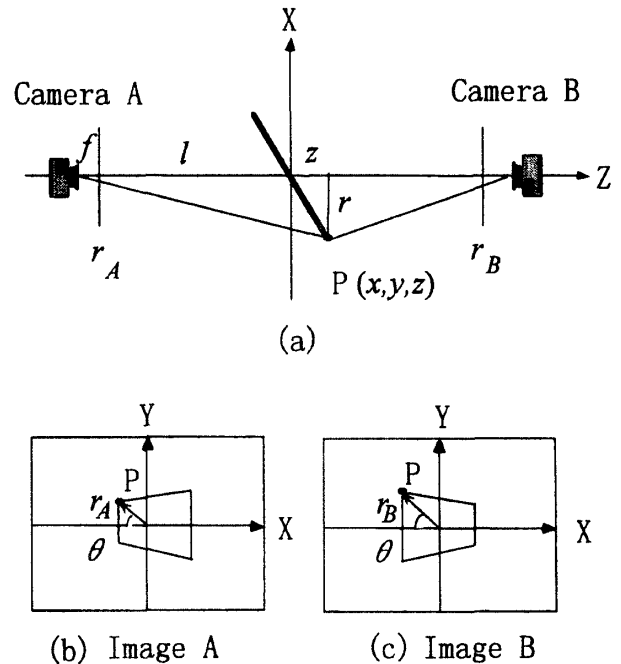


図1: 原理図

かりやすくするため、撮像されたものを左右反転して示した。) この図において、撮像された画像の座標系をX,Y軸とし、画像の垂直方向（カメラのレンズの中心線方向）をZ軸としている。fをカメラの焦点距離、lをカメラからオブジェクト中心（点対称の中心になる点）までの距離、r_A,r_Bをそれぞれ、各カメラで撮像した画像の中心からの対応点P（中心から同じ角度thetaのリム点）までの距離とすると、3次元的位置（中心からカメラ方向への距離zとカメラの中心線を結んだ直線（Z軸）からの距離r）は、以下の式で表される。

$$z = \frac{r_B - r_A}{r_B + r_A} l \tag{1}$$

$$r = \frac{2r_A r_B}{r_B + r_A} \frac{l}{f} \tag{2}$$

3次元空間の直交座標には、次式により変換できる。

$$x = r \cos \theta, y = r \sin \theta \tag{3}$$

An experimental study on 3D shape extraction from 2D images using symmetric camera location, Masaharu Shimanuki, Hiroyuki Sato and Takao Akatsuka, Faculty of Engineering, Yamagata University.

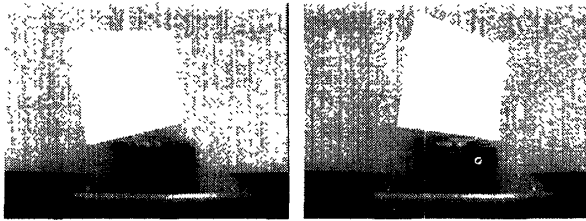


図 2: 撮像された対の画像 (板)

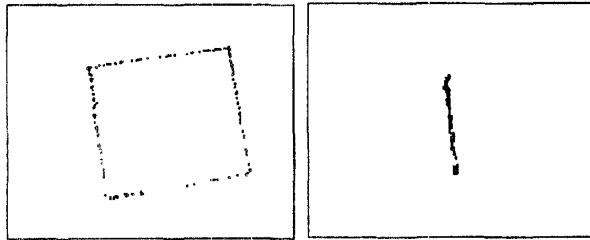


図 3: 実験結果 (板)

3 実験結果

本実験では、カメラ 2 台を使用するかわりに、CCD カメラを 1 台用意し、被対象物を回転ステージに載せ、それを 180 度回転した。このとき、カメラのレンズ中心線の延長は、回転ステージの中心軸と直角に交わるように調整した。

今回の実験では、まず、1 枚の薄い板を若干傾けて配置し、被対象物とした。この装置により撮像されたものを、図 2 に示す。(画像サイズ: 640x480) これら 2 枚の画像は、撮像されたそのままの画像で、原理図のように片方を左右反転してはいない。この画像から、リム点を抽出し、先に述べた方法で形状復元した。対応点は、極座標の角度を 0.1 度で量子化して対応点とした。復元した結果を角度を変え表示したものが、図 3 である。撮像した板の縦横比が 1.16 であるのに対し、復元された板の縦横比は 1.14 (図 3 (a)) であり、ほぼ正しく形状が復元されたことが分かる。また、図 3 (b) は復元された板を横から見たもので、ほぼ一直線となっていることがわかる。

次に、図 4 のように 1 枚の薄い板を折り曲げ、扇形に広げたものを被対象物とした。こちらも左右反転はしていない。形状復元した結果が、図 5 である。図 4 の左側の画像において、左側の部分 (面積の小さい方) の折り曲げ角度が 125 度、右側の部分 (面積の大きい方) の折り曲げ角度が 135 度であるのに対し、復元されたオブジェクトの角度は、それぞれ 122 度、140 度であった。

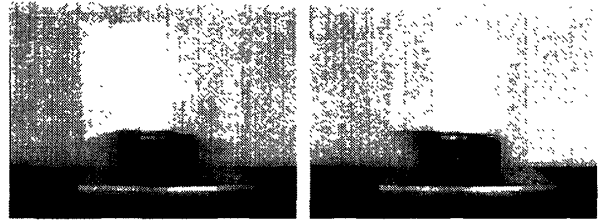


図 4: 撮像された対の画像 (3 面の板)

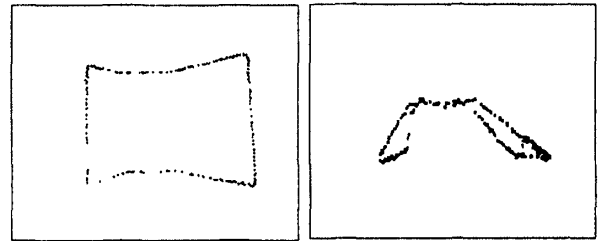


図 5: 実験結果 (3 面の板)

4 まとめ

点对称配置を用いたカメラセットにより、対応点検索が容易になり、それから 3 次元形状を復元することができた。特に、薄い板でリム点が必ず対応していたので、精度よく形状が復元できた。一般のオブジェクトの場合、誤った対応点としてその 3 次元位置が決定されてしまう場合が生ずるが、複数のカメラセット用い検証することにより排除できるアルゴリズムを開発中である。つまり、1 つのセットから復元された点を他のセットから撮像された画像に投影し、その点がシルエット内に存在しなければ、それは誤りの点として除去するものである。これをもとに、複雑な形への応用など、本方法の制限や限界、カメラセット数の増加による復元精度の改善度、などについて今後さらに検討を進めたい。また、本方法ではリム点のみしか復元できないため、リム点とまらない他の特徴点の 3 次元位置復元については、Voting 法^[1, 2, 3] など、他の復元方法と融合した方法を検討している。

参考文献

- [1] 浜野 他, "すい体型視線を用いた空間への Voting による 3 次元環境情報抽出手法," 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J76-D-II, No.1, pp.50-58 (1993-01).
- [2] 川戸慎二郎, "空間への 2 段階投票による 3 次元情報の抽出," 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J77-D-II, No.12, pp.2334-2341 (1994-12).
- [3] 松島 他, "視線の逆投影線の交点ポーティングによる多眼 3 次元形状復元," 画像電子学会, Vol.24, No.5, pp.533-540 (1995).