

空間コード化法を用いた偽形状検出に基づく複数剛体の形状計測

阿久澤陽菜[†] 船富卓哉^{††} 飯山将晃^{†††} 椋木雅之^{††} 美濃導彦^{††}[†] 京都大学工学部 ^{††} 京都大学学術情報メディアセンター ^{†††} 京都大学大学院経済学研究科

1 序論

近年、映画やゲーム等の CG を活用する分野において、実物体に則した CG モデルの需要が高まっている。物体の形状計測手法として、光切断法や空間コード化法などがよく利用されている。これらの手法では物体形状のうちのごく一部の形状 (部分形状) しか一度に獲得できないため、複数方向からの計測により得られた部分形状を統合して全体形状を得る方法が提案されている [1]。人間の手のような複数の剛体から構成される物体の各剛体の形状を獲得することを考えた場合、手の指の間など、どのような方向から観測しても計測を行えない部分 (オクルージョン) が生じる可能性がある。この問題に対し、本研究では、ある姿勢で生じていたオクルージョンを別の姿勢からの計測によって解決する。具体的には、物体の様々な姿勢において計測を行い、計測された部分形状を、計測方向だけでなく計測時の姿勢の違いまでを含めて統合することによってオクルージョンの問題を解決する。

2 異なる姿勢で計測された部分形状の統合

計測対象の姿勢を様々に変化させ、各姿勢における形状を 1 台のプロジェクタと複数台のカメラを用いた空間コード化法によって計測する。これにより、各姿勢における物体の形状は点群として得られる。

物体を構成する剛体の数を S 個とし、 K 個の異なる姿勢に対して計測を行う。得られた点群は、 S 個の剛体のうちのいずれかに属し、各点群の位置は計測に用いたカメラを基準とした座標系で表されている。物体の姿勢が変わるたびにカメラと各剛体との位置関係も変化するため、これらを補正しなければならない。そのためには点群がどの剛体に属するかの判定と、カメ

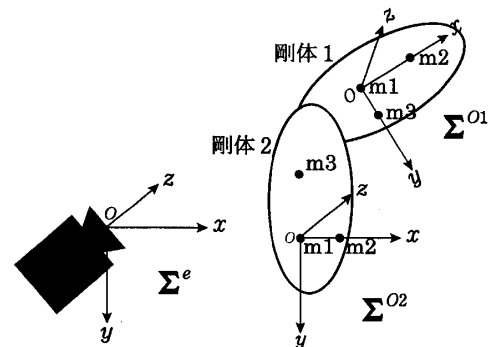


図 1: 座標系

ラと剛体との位置関係の計測が必要となる。

点群の計測に用いたカメラを基準とした座標系 (計測座標系) を Σ^e 、計測対象である各剛体を基準とした座標系 (物体座標系) を Σ^{O_s} ($s = 1, \dots, S$) と表す (図 1)。剛体 s 上に 3 点のマーカ (m_1, m_2, m_3) を付与し、 m_1 を Σ^{O_s} の原点に、 $\overline{m_1 m_2}$ を Σ^{O_s} の x 軸に、 $\overline{m_1 m_3}$ と $\overline{m_1 m_2}$ が張る平面を Σ^{O_s} の xy 平面とする。ある姿勢 t における計測装置と剛体 s の位置関係から定まる変換を $\mathbf{W}^s(t) : \Sigma^e \mapsto \Sigma^{O_s}$ と表す。この変換 $\mathbf{W}^s(t)$ は 6 自由度をもつ剛体変換行列によって表すことができる。

ある姿勢 t で、物体表面の部分形状を N_t 個の点 $p_{i,n}^e \in \Sigma^e$ ($n = 1, \dots, N_t$) として獲得したとする。仮にこれらの点がすべて剛体 s に属する場合には、 $p_{i,n}^{O_s} = \mathbf{W}^s(t)p_{i,n}^e$ の計算により、部分形状全体をその剛体変換 $\mathbf{W}^s(t)$ に基づいて補正すれば、物体座標系 Σ^{O_s} における座標 $p_{i,n}^{O_s}$ を計算することができる。

しかし、実際には、部分形状全体の中から剛体 s の形状だけを選び出し、剛体 s の剛体変換を用いて補正する必要がある。

3 偽形状の発生と検出

計測された部分形状の中から、剛体 s の形状だけを選び出すことは困難である。そこで、まず、計測された部分形状がすべて剛体 s に属していると思なして、部分形状全体を剛体 s の剛体変換を用いて補正することを試みる。このとき、部分形状のうち剛体 s に属する点群については正しく補正できるが、部分形状には剛

Shape Estimation of Multiple Objects based on Detecting False Shape with Space Encoding Method

Haruna AKUZAWA[†], Takuya FUNATOMI^{††}, Masaaki HIYAMA^{†††}, Masayuki MUKUNOKI^{††}, and Michihiko MINOH^{††}[†]Faculty of Engineering, Kyoto University^{††}Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University^{†††}Graduate School of Economics, Kyoto University

akuzawa@mm.media.kyoto-u.ac.jp

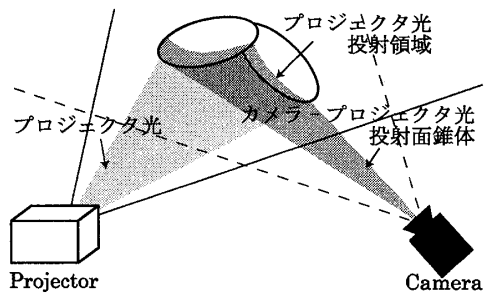


図 2: カメラ-プロジェクタ光投射面錐体

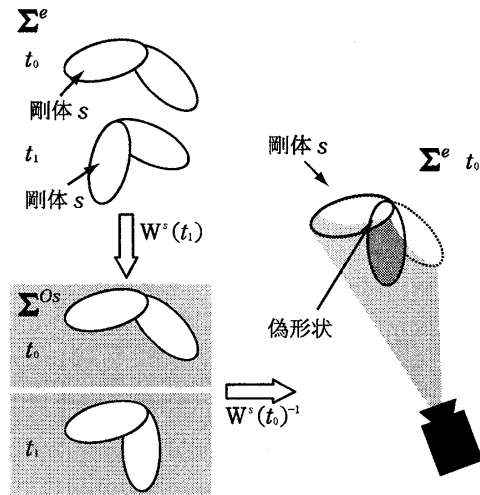


図 3: 偽形状の発生と検出

体 s とは異なる他の剛体から獲得された形状も含まれるため、これらも剛体 s の剛体変換で補正されてしまうこととなる。その結果、剛体 s 以外の剛体の形状は、その剛体が本来存在し得ない座標に補正されてしまう。このように誤って補正されてしまった点群のことを偽形状と呼ぶ。

本研究では、三次元形状計測の手法に空間コード化法を利用し、カメラ-プロジェクタ光投射面錐体 (図 2) と呼ぶ物体が存在しないことが計測の過程から明らかとなった空間を求める。カメラ-プロジェクタ光投射面錐体は、カメラの投影中心と、物体表面のうちプロジェクタ光が投射されている領域 (プロジェクタ光投射領域) 上の任意の点を結ぶ線分の集合からなる錐体状の空間である。

この空間は、各カメラからプロジェクタ光が照射された領域までの距離によって構成される距離画像として表現することができる。この距離画像は計測で得られた点群を各カメラの計測座標系に変換することで生成することができるが、点群が疎であるため、プロジェクタが投影された領域すべてをカバーすることができない。そのため、まず点群をカメラ画像平面上に投影して得られた二次元の点群に対してドローン網を構築

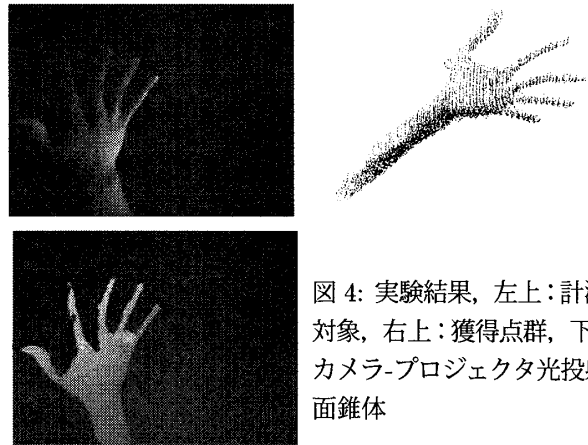


図 4: 実験結果, 左上: 計測対象, 右上: 獲得点群, 下: カメラ-プロジェクタ光投射面錐体

し、点群間の隣接関係を得る。次に、この隣接関係を元に点群がない画素での、プロジェクタ光投影領域までの距離を補間する。補正された点群を同様にカメラ中心座標系に変換したとき、距離画像の奥行きよりもカメラに近い部分に位置する点は偽形状であると判定することができる。

複数のカメラを物体を取り囲むように配置して計測を行えば、物体を取り囲むようにカメラ-プロジェクタ光投射面錐体が獲得できる。各姿勢で計測された点群に対して、 $W^1(t), \dots, W^S(t)$ を用いて補正を試みた。補正後の点群のうち、一度でもカメラ-プロジェクタ光投射面錐体の内部に含まれた点群を偽形状と判断し、除去したものを正しい形状として獲得する。

4 実験

以上の手法を用いて人間の手に対して計測を行い、獲得された点群より構築されたカメラ-プロジェクタ光投射面錐体を図 4 に示す。今後、このカメラ-プロジェクタ光投射面錐体を用いて偽形状の検出を行う予定である。

5 結論

本論文では、空間コード化法を用いて偽形状の検出を行うことで、複数剛体からなる物体の各剛体の形状を計測する手法を提案した。

謝辞 本研究の一部は科研費 (20700157) の助成を受けたものである。

参考文献

[1] M. Wheeler, Y. Sato and K. Ikeuchi, "Consensus surfaces for modeling 3d objects from multiple range images," In Proc. International Conference on Computer Vision, January 1998.