

スリット投影による動画像からの物体の3次元形状復元

5D-6

岡崎 礼貴 日置 尋久 品川 嘉久

東京大学

1 導入

物体を撮影したビデオ画像を用いて、その形状を全体的に復元することは、さまざまな分野で必要とされている問題である。ここでは、物体をいろいろな方向から撮影した時系列画像を用いて、カメラの相対的な運動の算出と物体全体の形状復元を随時行い、それらを用いて物体の形状を復元する方法について論じる。

従来の研究では、時系列画像のお互いの対応を取るためには、特徴点を用いていることが多い[2]。しかし、実際には物体の特徴によっては特徴点の抽出が困難であったり、特徴点の照合誤りが生じ易かったりするために、形状復元がきわめて難しくなるものもある。この問題を解決するために、特徴点を利用せずに時系列画像の対応付けを行う方法を提案する。

2 アルゴリズム

本研究では、スリットを投影した画像を用いることで、一枚の画像からまずその画面に映し出された部分の物体の形状を復元し、その形状の起伏を利用して各局所形状間の対応付けを行う。

実用に際しては、測定する物体は動かさずに、カメラを任意に動かすことによって画像を得た上で、カメラの運動を抽出することが望ましいが、この実験ではカメラを固定して、物体をある軸に対して回転させ、その形状を復元する。

2.1 標定（画像から三次元座標への変換）

まず、カメラとスリットの投影機を固定する。使用したスリット投影機は、モアレ縞を投影するためのもので、光の明るさも強くスリット光も平行と見なせる。

最初に大きさが既知の物体を撮影して、カメラ座標系と実際の座標系との対応を求め、スリットを平行投影と近似した場合のその方程式を求める。この標定により、ある物体をこのカメラ～スリット系に置いたときにスリットの投影された位置の正確な座標がもとめられ、局所的な形状を容易に復元することができる。また、既知の物

3D Object Reconstruction from Time-varying Images Obtained by Projecting Slits
Hiroyoshi Okazaki, Hirohisa Hioki, and Yoshihisa Shinagawa
The University of Tokyo

体を回転させた画像を撮ることで、回転運動の変換行列を求めることができる[1]。

ここで、未知の物体を回転させて撮影する。最終的に形状を照合して全体が復元できればよいので、スリットは物体全体を覆い尽くして投影されている必要はない。むしろ、平行線状のスリットが物体全体を覆い尽くすように投影されている場合、どのスリットが画面上でどの位置に映されているのかを特定するのが困難になる。そこで、スリットの本数を制限し、物体に必ず全てのスリットが写っているという条件をつけ加えることで、スリットの特定という問題を回避する。余り大きな回転角を取ると対応を取ることができなくなるので、ある画像から次の画像に移るまでの回転角は実際にはある上限値を越えないという条件を課す。

2.2 対応づけ

以上のようにしてそれぞれの画像に対応した局所的な形状が復元された後、それらを利用して対応づけを行う。

形状や色彩、材質などの特徴を利用せずに復元するために、局所的な形状のデータを利用して対応付けをする。すなわち、2枚の画像から復元した形状を照合するには、一方の形状を回転させてもう一方の形状と重ね合わせ、誤差を最小とする回転角を探すことになる。

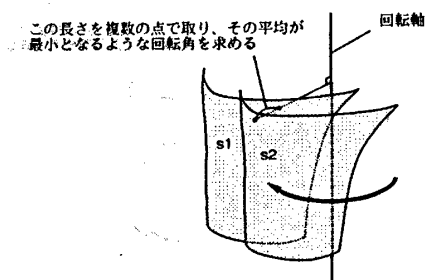


図1: 照合と対応づけ

形状が合致しているかどうかの判定には、回転軸からの物体への距離を用いる。2つの復元された形状 s1、s2 に関して、s2 を回転させて s1 に重ね合わせて、重なっている部分の数箇所に関して、回転軸から垂線をおろし、s1、s2 の表面と交わる点までの距離をそれぞれ計る。2つの物体までの距離の差をこのようにして各箇所で求め、その平均値が最小となるような回転角を探索する。

この平均値は、ちょうど合致する地点で最小となり、その近傍においては正確な角度からずれるほどこの値は大きくなるので、最初は照合させる角度は大まかに変化させ、最適な解に近いと思われる角度の近傍をさらに細かい角度で区切って調べるという手法を用いる。

既に回転軸を一つの座標軸とした座標系に変換する行列が求まっているので、局所的な形状データを回転させたり、座標軸からの距離を求めたりする手続きは容易なものとなる。

照合時にスリット投影によって測定されていない点の座標が必要になった場合には、座標軸からの表面への距離を、近傍の測定点から内分によって求める。

3 結論

以上のような手法を用いることによって、物体に、頂点やエッジなどの特徴的な点や、色彩、反射率など位置を特定する助けとなるものがなくても、局所的形状同士に対応付けが可能で、物体全体の形状を復元することができる。回転軸に対して対称性が高い物体に対しては機能しないが、これは時系列画像を用いる限り他の手法を用いても避けられない。それ以外の物体に対しては、どのような形状の物体に対しても大きな計算量の変化がなく形状の復元をする事ができる。

4 将来課題

今後、測定誤差に対する解析を進めていく。

ここで示した実験においては、回転軸が一定で、この軸を標定によって求めるという方法を取ったが、軸が一定でない場合にも局所的な形状情報からの照合の方法を適用することは可能である。この時は、照合のアルゴリズムはより複雑なものが要求される。今後は、任意の位置にカメラが動くことで得られた時系列画像から形状を復元する方法について、研究を進める予定である。

参考文献

- [1] Berthold Klaus Paul Horn. "Robot Vision". The MIT Press, McGraw-Hill Book Company, 1986.
- [2] 金出 武雄、コンラッド ポールマン、森田 俊彦. "因子分解法による物体形状とカメラ運動の復元". 電子情報通信学会論文誌 '93/8 Vol. J76-D-II No. 8, 1993.

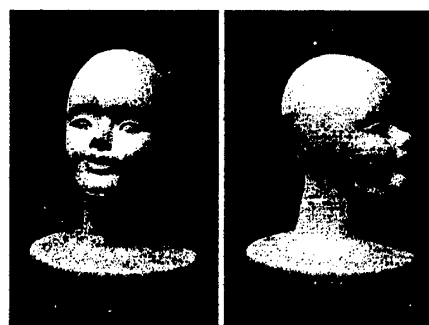


図 2: 三次元形状復元の対象

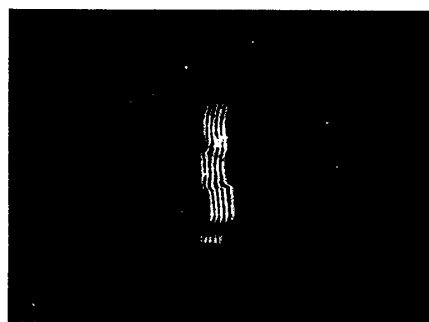


図 3: スリットの照射

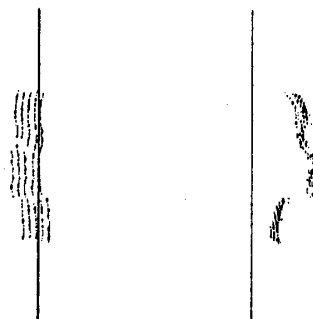


図 4: 1枚の画像から復元された局所的形状 (データ点のプロット、縦線は回転軸)

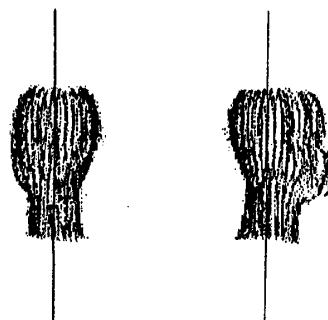


図 5: 図 4 のようなデータの集合から復元された形状 (データ点のプロット、縦線は回転軸)