

1 次資料デジタル化の効率化手法を応用した 成長型ドキュメンテーション作成研究

Cグループ：3次元資料

徐 剛 (情報理工学部)

立命館大学情報理工学部教授徐剛が担当した、「ロボット型自動立体計測システム開発」では、以下のテーマで研究を行った。

1. 鏡面や混合面の3次元点群計測
2. 3次元点群の自動統合
3. 3次元CADモデルとの全探索による3次元認識
4. 3次元スキャナを搭載した移動ロボットの自律移動
5. これらの応用システム
6. その他の研究

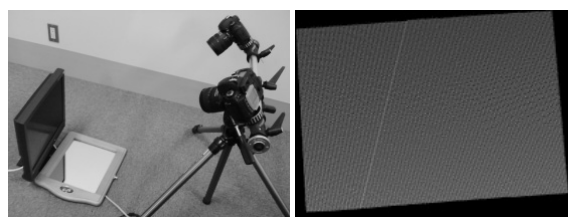
下記はそれぞれについて詳細に述べる。

1. 鏡面や混合面の3次元点群計測

従来の3次元点群計測器＝3次元スキャナはプロジェクタによって計測対象に特殊な縞模様を投射し、他の視点に置かれたカメラでその縞模様を観測することによって、3角測量の原理に基づき3次元点群計測を行うが、鏡面の場合、投射された光は特定の方向にしか反射されないため、一般的にカメラに行かないのも多い。そのため、プロジェクタではなく、ディスプレイを使う。ディスプレイが表示する縞模様は、多くの方向に行くので、必ずカメラに向かう光が存在する。その光を捉えることによって、3角測量が成立する。この原理を利用するためには、ディスプレイ上の各画素に縦方向と横方向の位相を持たせて、カメラで捕らえた光がディスプレイのどの画素から飛んできたかを特定する。

更に、鏡面と拡散の混合面に対してディスプレ

イとプロジェクタの双方を用いた3次元形状復元に関する理論を提案し実験を行った。



2. 3次元点群の自動統合

どの3次元スキャナも1回で3次元計測できるのは対象物体の一側面であり、物体の完全な3次元モデルを得るには、別々に計測された3次元点群を統合する必要がある。3次元点群の統合は異なる視点で計測された3次元点群形状間の対応づけが必要である。

実時間3次元スキャナで連続的に計測された3次元点群間の違いが小さいため、ICP(Iterative Closest Point)というアルゴリズムで逐次位置合わせが可能となるが、離散的に計測された3次元点群間の違いが大きいため、正確な初期値を要求するICPでは統合できない。そこで、位置あわせに含まれる3次元並進と3次元回転の6パラメータに対して、あらゆる可能性を調べる全探索という手法を適用し、全ての良さそうな初期値を求め、これらの初期値に対してICPを適用することにより、確実に3次元点群間の対応づけ・位置あわせを実現した。



本手法は外から中の物体の3次元形状を計測統合する場合にも、中から外の環境の3次元形状を計測統合する場合にも適用可能である。

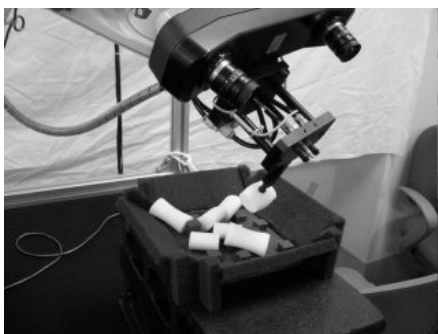
3. 3次元CADモデルとの全探索による 3次元認識

3次元認識の問題は普遍的に存在する。一度覚えた対象物の3次元モデルを持っていて、次回異なる角度から見たその対象物を同じものだと同定することを3次元認識という。

3次元モデルと、ある視点から計測された同じ物体の3次元点群との間には、3次元並進と3次元回転が存在し、それぞれ3つのパラメータで表される。3次元認識は、この6つのパラメータを探すことと等価であり、6次元探索空間の中で一つの点を探すことと等価である。この6次元探索空間において確実に解を見つけるためには、あらゆる可能性を調べる必要があり、全探索という方法しかない。一方、全探索を行うことは6乗の探索数を意味し、非常に膨大な計算量となる。

本研究では様々な工夫をすることにより、1秒以内で全探索を行うことができるようになった。その結果、対象シーンの中から、3次元モデルと同じ形状の対象物を確実に見つけ出し、その3次元位置と姿勢を出力できるようになった。この技術を利用し、移動ロボットの自律移動と産業ロボットによるピッキング・組立が可能となった。

一方、3次元点群だけでは位置あわせが一意にできない場合もある。たとえば、円柱や平面、球体はそうである。その場合、3次元点群に加えて、テクスチャ画像における特徴も活用することにより、問題を解決できた。



4. 3次元スキャナを搭載した移動ロボットの 自律移動

実時間3次元スキャナ「Kinect」を乗せた移動ロボットが、人間に追従走行する実時間制御の手法を提案し、システムを実現した。更に、移動ロボットは障害物を検知し、回避するアルゴリズムを提案し、システムを構築した。実時間3次元レンジセンサ「D-Imager」を乗せた移動ロボットが、障害物を回避しながら、建物の中の指定した部屋に自律で行くシステムを実現した。移動ロボットに搭載されているオドメータを利用しながら、オドメータに蓄積される位置姿勢誤差を、レンジセンサを使って補正するアルゴリズムを実装した結果、BKCクリエイション・コア4階の任意の指定場所に行くことができた。また、事前に地図が用意されていない場合でも、連続して計測された3次元点群を自動統合することにより、結果として環境の3次元地図を作成することができるようになった。

移動ロボットが一度見たことがある場所に再度来た場合、前回の3次元点群と今回の3次元点群を対応づけすることにより、同じ場所に来たことを確認することができる。



5. これらの応用システム

上記のA,B,C,Dの技術を使って、以下の応用システムを作成した。

ヘッドマウンティッドディスプレイ(HMD)を使用し、「D-Imager」による自己位置推定を用いたマーカレスのミックストリアリティのアルゴリズムを実現し、システムを実装し、成果を発表した。更に、手で持ったステレオカメラの3次元位置姿勢を、環境にある特徴点のみで、実時間に計算するアルゴリズムを考案し、国際会議で論文発表を行った。

実時間3次元スキャナ「D-Imager」と「Kinect」を用いた人体の3次元姿勢認識に関するHMMによる人体の動作認識アルゴリズムを提案し、その有効性を示した。



6. その他の研究

- (1) 3次元復元の精度を向上するために、高精度サブピクセルエッジの抽出に関する研究を行った。画素単位のデジタル画像に対して、0.05画素という驚くべき精度を有する手法を提案し、発表した。離散画像に対して3次曲面をフィッティングし、テーラー展開することにより、サブ画素の精度を実現した。
- (2) ステレオカメラと格子レーザによる3次元形状測定に関するアルゴリズムを提案し、実装を行って、学会発表を行った。黒色物体の形状を3次元計測しようとする、何かの投光が必要であるが、強度が強いレーザが適している。格子レーザを照射し、ステレオカメラで撮影した画像間の対応づけを行うことで、ラインレーザより多くの点で3次元計測ができる。
- (3) 1枚の画像における直方体の自動検出と3次元寸法計測に関するアルゴリズムを提案し、論文発表を行った。直方体という拘束条件を利用し、1枚の画像のみを用いて、直方体の寸法を計測した。