

直接操縦から自律制御へのオンライン移行型遠隔作業ロボットシステム 対象物体のポインティング指示と動作プリミティブによる自動作業

長谷川勉、 浦本征吾、 向井大樹、 倉爪亮、 村上剛司

On-line Transition to Autonomous Teleoperation from Master-slave Manipulation Object Identification by Pointing and Automated Execution by Task Primitive

Tsutomu HASEGAWA, Seigo URAMOTO, Daiki MUKAI, Ryou KURAZUME, Kouji MURAKAMI
Kyushu University

Abstract— We propose a method to identify pose of an object by pointing it on the monitor and using stereo vision. A symbolic command given by an operator is decomposed into several motion primitives. Collision-free path is planned using measured pose of the object. Then the task is achieved based on the planned path.

Key Words: master-slave manipulation, object identification, automated execution

1. はじめに

従来、遠隔地にあるマニピュレータの操縦には、複数の監視モニタで現場の状況を確認しながら、マスターアームで直接操縦を行うマスタ・スレーブ方式が用いられてきた。しかし限られた視野範囲、分解能しか持たない監視モニタの映像のみを頼りに、マニピュレータが障害物と衝突しないように操縦するのは熟練したオペレータでも難しい。そこで筆者らは、オペレータによる直接操縦からオンラインで自律操縦に移行させるシステムの開発を行ってきた [1]。本報告では、監視モニタ画面上でのポインティングとステレオ画像処理による作業対象の位置姿勢の同定手法、ならびに動作プリミティブと障害物回避動作計画とによる作業実行手法について述べる。

2. システム構成

システムはスレーブアームである7関節マニピュレータと、その手先付近に装備されたステレオカメラ、マスターアームとして用いる小型の3Dマウス [2]、作業環境を監視する2次元映像画面から構成される。

2.1 自由空間獲得と作業支援

マスタ・スレーブ方式による直接操縦から自律動作へのオンライン移行は、3つのフェーズから構成される。Phase1では、オペレータによる直接操縦により作業が進められる。このとき作業環境の空間構造は詳しくわかっていないため、オペレータは注意深く操縦をする必要がある。作業中にマニピュレータによって掃引された空間の構造は、マニピュレータが障害物と衝突することなく安全に通過できる空間（自由空間）として蓄積される。また、ステレオカメラによって視野内の物体の距離が計測されたとき、その物体とカメラの間の空間に障害物はない。このような空間も自由空間であり、この空間構造も同様に蓄積される。

オペレータがいくつかの作業を実行し、ある程度の空間構造を獲得すると、Phase2に移行する。マニピュレータが占有している空間がそれまでに蓄積された自由空間に含まれているかを作業中に逐次チェックし、自由空

間から外れるようであれば警告を発するなどの支援を行う。オペレータはシステムによる支援を受けながら作業を進めていく。

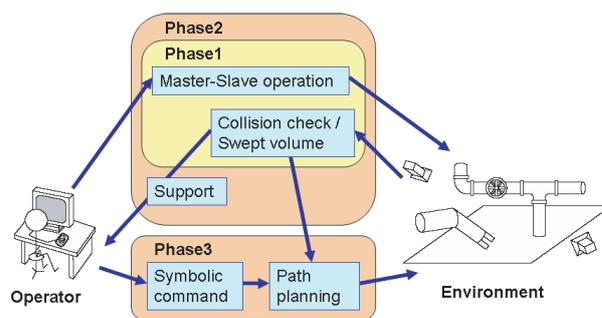


Fig.1 Outline of system

2.2 高レベルコマンドによる半自律動作

十分な空間構造を獲得できれば、システムは半自律的に作業を実行する Phase3に移行する。Phase3では、オペレータは2次元画面上で操作対象物体をポインティングし、続いてシンボリックコマンドでの作業内容の指示を与える。すると、これに基づいて作業対象の同定と作業の実行がなされる。

3. 位置姿勢同定手法

与えられたコマンドに対応して作業を実行するには、ポインティングされた対象物体の位置、姿勢の情報が必要となる。形状についてはあらかじめ物体モデルとして与えておくものとする。また他の物体と区別できる色を持っているものとする。作業現場での位置姿勢の同定法を述べる。

3.1 ステレオカメラを用いた位置計測

ステレオカメラの距離計測により、対象物体の概略位置を決定する。ステレオカメラが取得した画像をオペレータに提示し、ポインティングされた画像上の点に対応する実空間の点に対して距離計測を行う。得られた3次元位置を3.3で初期位置として用いる。

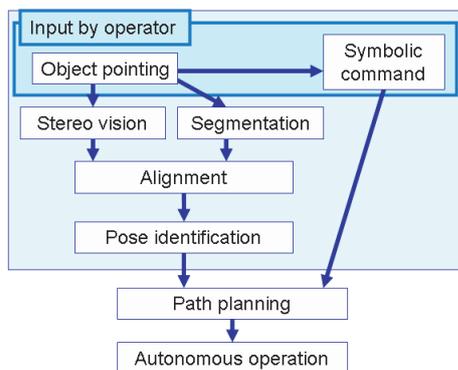


Fig.2 Process flow of pose identification and symbolic command execution

3.2 セグメンテーションによる対象物体形状抽出

ステレオカメラから得られた画像より、ポインティングされた点の色に基づいたカラーセグメンテーションを実行する。得られた領域を対象物体の2D形状とする。

3.3 対象物体の2D画像と3Dモデルの位置合わせによる位置姿勢同定

2D3D Alignment は次のようにして物体の2D画像と3Dモデルの位置合わせを行う。まず2D画像の輪郭線に対して距離場を設定する。次に3Dモデルを画像平面への投影した際の輪郭線が画像から得られた輪郭と一致するように3Dモデルの並進、回転移動を繰り返し収束させる [3]。計算が収束したときの3Dモデルの位置姿勢を作業空間における対象物体の位置姿勢とする。

3.4 実験

実験環境は縦方向、横方向に延びるパイプと、パイプに取り付けられた赤いバルブから構成される (Fig.3)。作業対象物体をこの赤いバルブに設定し、ポインティング、セグメンテーション、位置合わせを行った。

1. ステレオカメラを用いた位置計測
ステレオカメラを用いた距離測定の精度は物体表面の様相が大きく影響する。物体表面の様相が単調であったり逆に規則的であったりすると、距離測定に大きな誤差が発生する。しかし距離情報を色の濃淡画像に変換して画面に表示することで、オペレータが誤差の有無を確認しながら作業を進めることができる (Fig.4(a))。
実験環境におけるバルブの場合、ハンドルやネックの部分の対応付けがとれず距離測定がなされていない。しかしボディでは距離測定が可能な点があり、これをもってバルブの距離とした。
2. セグメンテーションによる対象物体形状抽出
ポインティングによりバルブの形状が画像より抽出された。(Fig.4(b))
3. 位置合わせによる位置姿勢同定
オペレータがある程度目標に近い姿勢を初期値として設定することで、2D3D Alignment の計算が収束した。これによりバルブの位置姿勢を求めることができた。(Fig.5)

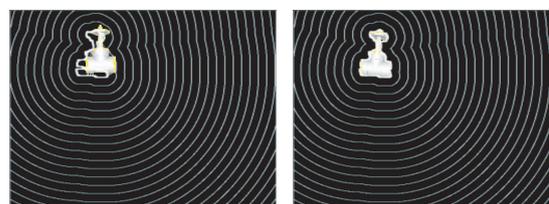


Fig.3 image captured by stereo camera



(a) depth image (b) color segmented image

Fig.4 depth image and color segmented image



(a) before alignment (b) after alignment

Fig.5 2D3D Alignment

4. 動作プリミティブの障害物回避動作計画

Phase3で与えられたシンボリックコマンドは、複数の動作プリミティブに分解される。個々の動作プリミティブそれぞれに対し、Phase1, Phase2で獲得した自由空間情報と同定された対象物体の位置姿勢に基づいて障害物回避動作計画を実行する。

5. 結び

監視モニタ画面上でのポインティングとステレオ画像処理による位置同定手法、さらに対象物体の2次元形状と、その3Dモデルとの位置合わせにより姿勢同定を行う手法を提案した。また単純な環境を設定して実験を行い、位置姿勢の同定が行われることを確認した。物体の位置姿勢から動作プリミティブの障害物回避動作計画を実行し、目的の作業を行わせることができる。

参考文献

- [1] 長谷川勉, 中川公輔, 村上剛司, “遠隔マニピュレータの作業空間構造獲得と障害物回避動作計画”, 日本ロボット学会誌, Vol.22, No.4, pp.515-518, 2004
- [2] <http://www.3dconnexion.com/spacemouseplus.htm>
- [3] 岩下友美, 倉爪亮, 小西晃造, 中本将彦, 橋爪誠, 長谷川勉, “2次元距離場を用いた3次元幾何モデルと濃淡画像の高速な位置合わせ”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J88-D2, pp1889-1899, 2005