

多自由度アームに搭載した光走査型距離センサによる 対象認識と環境モデリング

山崎公俊 小島光晴 岡田慧 稲葉雅幸 (東大)

Objects Recognition and Environment Modeling by a Laser Range Finder Mounted on a Robotic Arm

*Kimitoshi YAMAZAKI, Mitsuharu KOJIMA, Kei OKADA and Masayuki INABA
(The University of Tokyo)

Abstract— The robots which have many degrees of freedoms are expected to work in real environment. In this paper, we propose an approach that a robot has compact LRF on the tip of the arm and utilizes it for object recognition and environment modeling. We insist that such sensor system is useful for the robot because the sensor can measure no texture region or no light condition with high reliability. In our experiments, one application of object recognition is introduced which is difficult for only image sensors.

Key Words: Compact LRF, manipulator, environment scan

1. はじめに

多くの関節自由度を持つロボットには、我々の生活する環境下で、様々な作業を行わせることが期待できる。特に、ヒューマノイドロボットは人間に近い構造を持ち、人間の代替としての活躍することが期待できる、

そのようなロボットにとって、環境認識能力は極めて重要である。そのため従来から、ロボットに種々のセンサを利用して環境情報を取得し、それに応じた動作に反映させる研究が多く行われてきた。

移動型ロボットへの搭載に適したセンサとして、カメラがある。一般に、カメラ画像から得られる情報量は多く、それは環境認識などへの適用が期待できる。ただし、カメラは受動センサであり、例えば信頼性の高い三次元環境計測を行うには、対象や環境を選ぶ傾向が強い。すなわち、照明の不十分な環境や、模様を持たない対象に対しては、現状の技術では十分なパフォーマンスを期待するのは難しい。一方、光走査型距離センサは、対象までの距離情報を直接計測できる能動型センサである。TOF方式や位相差方式により、模様のない物体や暗闇でも計測が可能である [1][2]。ただし、その計測範囲は一般的に狭く、また、カメラと比較してセンサ自体が大きく重くなる傾向がある。

しかし近年、アクチュエータ、センサともに小型・軽量化・高性能化が進み、動き自由度の高いアーム先端などにも搭載可能な能動型センサが製品化されるようになった。そこで本研究では、実環境で動作するロボットの多自由度アームに測域センサを取り付け、環境計測に利用する方法を提案する。測域センサは、計測範囲は狭いがデータの信頼性が高いという特徴があり、これをロボットが動かしやすい位置に設置することで、従来カメラのみでは困難であった物体認識を例に上げ、有効性と将来性を示す。

2. 手先に搭載した測域センサによる 環境能動センシングのアプローチ

2.1 ロボットによる外界センシング

実環境で動作し作業を行うロボットには、外界センシング機能が不可欠である。そして、そのセンシング方法は、目的によって様々である。ここでは、ナビゲーションのためのセンシングと、小型物体認識のような局所環境認識に対するセンシングについて考察する。

前者のナビゲーションでは、移動の障害となるような構造物などを信頼性高く計測・認識することが求められる。従来、カメラを用いたり、LRFを用いる方法が提案されている [4]。後者の局所環境認識では、その結果が物体操作などへ利用されることが多いため、必要な計測情報を適切なセンシング動作で獲得することが求められる。すなわち、広範囲で計測を行う必要はなく、その後の動作に必要な箇所、例えば把持動作でハンドが物体と接する位置などを、効率よく、信頼性高く計測する必要がある。

2.2 多自由度アームに搭載した測域センサの利点

多自由度アームの先端へ測域センサを搭載することで、双方の目的に対して柔軟に対応可能になると考えられる。測域センサは、カメラと比較して計測範囲が狭く、情報量も少ないが、信頼性の高い三次元計測が行える利点がある。そこで、ロボットアームの先端に搭載した測域センサを上述のセンシングに適用することを考えると、下記のような利用が期待できる。

まず、ロボットの移動中には、例えば進行方向にセンサを向けて計測すれば良いし、危険と判断されるところがあれば、即座にその方向へセンサを向けて、対処することが期待できる。一方、物体の姿勢認識については、あらかじめ絞り込んだ計測領域に対して、スキャン面をどのように当てるべきか、といったプランニングを介すことで、動き自由度の高い測域センサが

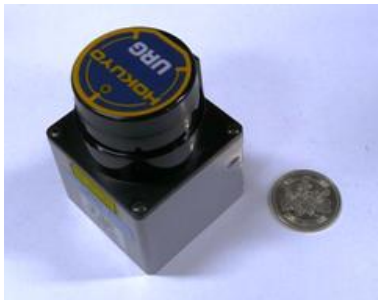


Fig.1 SOKUIKI sensor

有効に利用できる」と期待される。このとき、物体の裏側にセンサを回しこんで計測する、といった動作も可能になるため、ロボットが能動的に外界センシングを行うことの意義が、一層向上すると考えられる。また、計測のためのセンサ配置プランニングといった課題を解決することで、ロボットの自律性が高まり、より複雑な環境で、物体操作などのタスクを遂行可能になると期待できる。

2.3 構成例

2.3.1 測域センサ

図1は、北陽電機社製の測域センサ「URG-04LX」である[1]。幅50mm×50mm、高さ70mm、160gと小型・軽量なため、近年、多くのロボットに搭載され、地図構築などに利用されている。測域センサの利点の一つは、模様のない壁からも距離データを取得可能なことである。これは、カメラ画像を利用した方法では、一般的に困難である。

2.3.2 ロボットへの取り付け

本研究では、測域センサを容易に動かしやすい場所として、ロボットのアームの先端に取り付けることを提案する。図2は、その例である。ここでは、上半身ヒューマノイド「HRP2V」の片腕、手の甲の部分に取り付け、7自由度アームの動作に応じてスキャン面を変更可能にする。

なお、このロボットには、アームの先端以外にも、外界センサが搭載されている。具体的には、頭部に搭載された二眼カメラである。これらのセンサを適切に利用し、最大限の効果を得ることを目指す。

3. アームの動作性能を考慮した測域センサの利用法

本章では、二種類の測域センサの利用法を提案する。

3.1 物体認識機能のアシスト

本提案のポイントは、動かしやすい位置にとりつけた測域センサを適所で利用できることである。すなわち、他のセンサで対応可能な場合は、測域センサは補助として用いても良い。

例えば、カラーカメラはデータ量が豊富なため、日常環境内での物体の発見・識別などの用途に向いている。ただし、観測対象と背景の見た目が似ている場合や、対象に模様がないう場合には、十分な結果が得られ

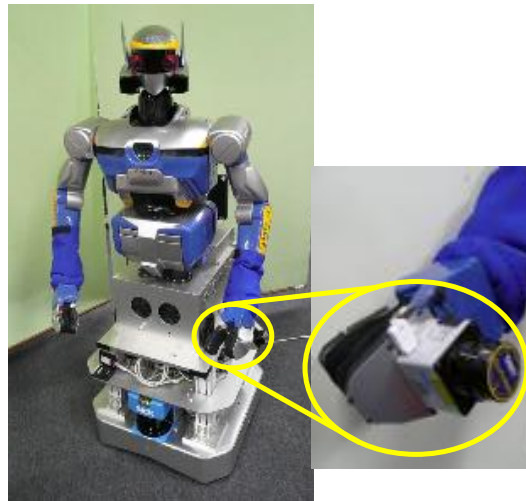


Fig.2 LRF mounted on a hand

ない場合がある。一方、測域センサには、データの信頼性が高いという特徴がある。例えば、模様のない物体についても測距を行うことができる。このことから、例えば実環境を動作するロボットに、ある物体を発見させるタスクを想定した場合、対象の特定や大まかな位置決め、形状獲得の初期段階などでカメラを利用し、位置の補正情報獲得、画像からは得られなかった部分の形状獲得などを測域センサで行う。このとき、測域センサで計測する範囲は、カメラ画像の処理結果を利用すればかなり特定できるため、アームの動作量は極力減らせると考えられる。

3.2 能動計測による環境モデリング

多自由度アームの先端に測域センサを取り付けると、ロボットが日常的に移動している最中に腕を動かすことで、周囲の情報を蓄積できるとも考えられる。

例えば、ロボットが離れたところにある物体を発見し、そこまで近づく動作を考える。このとき、ロボットは移動中にも対象を注視しておくべきであり、そのような目的にはカメラが適している。なぜなら、カメラは広い視野が確保できるため、センサの方位が多少ずれても、注視対象を見失う確率が低いからである。

ただし、実環境を移動するロボットには、他の物体や人間など、周囲にも配慮する必要がある。このため、従来よく行われるのは、床面付近の高さで水平スキャンを行うように測域センサを搭載する方式である。これは、台車側の移動を考える限り極めて有効に働くが、複雑な肢体を持つロボットにとっては不十分である、なぜなら、そのようなロボットの衝突回避などを考えた場合、三次元的な情報が必須だからである。

そこで、対象の注視をカメラで行うのとは別に、常にアームを動かしながら、環境情報を蓄積する。これは、本来の注視という動作目的を侵害するものではなく、あくまでサブルーチンとして行う。ただし、危険だと思われる部分があれば、そこに集中的にセンサを向ける、といった展開も考えておく。なお、ロボットの移動中には、アームに何かしらの動きがあるほうが

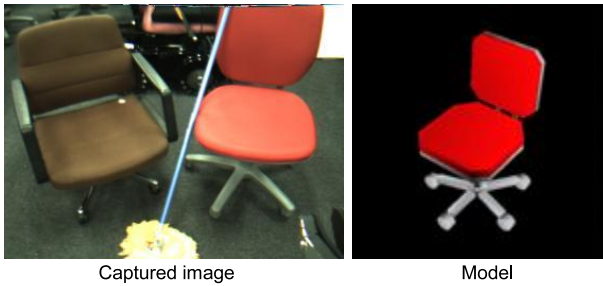


Fig.3 Captured image and chair model



Fig.4 Reconstructed 3D feature points

自然に見えるとの指摘もある。

4. 画像ベース物体認識との比較実験

測域センサの計測結果を物体認識 [3] へ利用する実験を行った。

4.1 準備

図 2 は、実験で用いたヒューマノイドロボットである。上半身は川田工業製の HRP-2、下半身は全方位車両で構成されており、左腕の先端に測域センサが取り付けられている。また、頭部にはステレオカメラが取り付けられており、画像特徴点ベースの疎な三次元形状が獲得可能である。

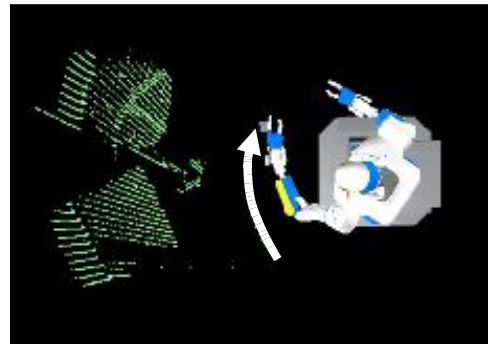
計測対象として、図 3 に示すような赤い椅子を用いた。実験目的は、ロボットから見た椅子の姿勢認識である。椅子は、ロボットの前方 1.5m 程度の場所に設置し、他にもいくつかの物体を設置した。椅子の三次元モデルをあらかじめ定義しておき、実際の観測データへ当てはめる実験を行った。

4.2 姿勢認識実験

まず、画像特徴点の三次元復元結果を用いて、物体の位置決めをした例を図 4 に示す。左上の画像では抽出された特徴点を重畳している。また、左右の画像で対応の取れた特徴点を三次元復元した結果を、下部赤点で示している。この対象では、台座や背もたれの部分に模様が少ないため、ステレオカメラの結果だけでは特徴が足りず、十分な姿勢認識ができなかった。ま



Side view



Top view

Fig.5 Scan result

た、モップの柄の部分に影響され、復元結果が正しく得られなかった。その結果、椅子の位置決め失敗した。

一方、図 5 に、測域センサでの計測結果を示す。スキャン面を縦にし、腕を図 5 右の矢印の方向に動かしながら計測した。この結果に対し、椅子のモデルを当てはめた結果が図 6 である。良好な結果が得られていることがわかる。

なお、この測域センサは、黒い物体を測距しづらいという特徴がある。例えば、図 4 に移りこんでいる左側の椅子の肘置き部分からはデータが得られないことが判った。一方、画像処理でエッジ検出を行うと、この肘置き部分からははっきりとした線分が得られた。このような実験から、カメラと測域センサを併用すれば、様々な物体認識が十分行えるとの所感を得た。

5. まとめ

本研究では、多自由度アームの先端に取り付けた測域センサの利用して、環境のモデリングや、環境中の物体認識へ利用する方法を提案した。計測範囲は狭いがデータの信頼性が高い、という特徴を持つ能動型センサをロボットが動かしやすい位置に取り付け、従来、カメラだけでは困難であった物体認識問題などへ適用し、有効性を示した。

今後は、測域センサの計測を効率的に行うために、アームの動作プランニングについて考察し、他のセンサとの併用をさらに検討することで、有用性を示していく。

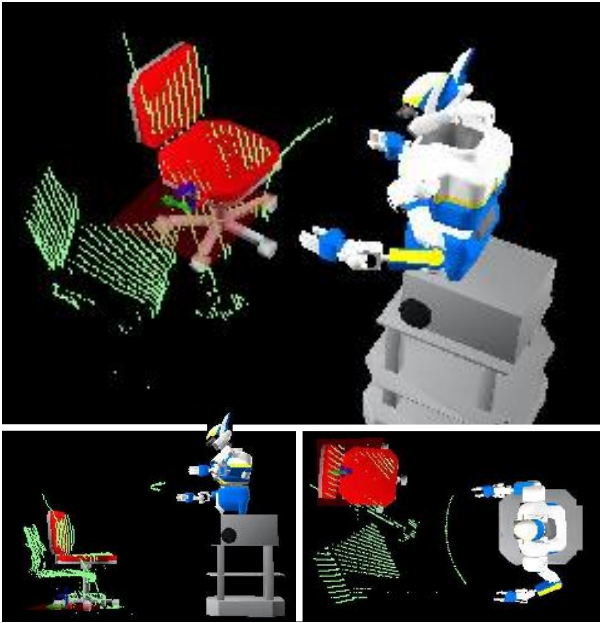


Fig.6 Recognition result

謝辞

この研究は、文部科学省「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成：少子高齢社会と人を支えるIRT 基盤の創出」で行われたものである。

- [1] 北陽電機株式会社 URG シリーズ www.hokuyo-aut.co.jp/02sensor/07scanner/urg.html
- [2] SICK LMS200 <http://www.sick.com/at/produkte/produktkataloge/auto/lasermesssystemeindoor/de.html>
- [3] 岡田, 小島, 佐川, 市野, 稲葉: 「ヒューマノイドによる日常道具利用行動の実現のための環境モデルに基づく注視と計画」, ロボティクス・メカトロニクス講演会'06, 2A1-D23, 2006.
- [4] G.N. DeSouza and A.C. Kak: "Vision for Mobile Robot Navigation: A Survey", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.2, pp.237-267, 2002.