

長期間活動を前提とした移動マニピュレータの作業能力の獲得

○野上和幹(信州大学大学院総合理工学研究科), 長濱虎太郎, 山崎公俊(信州大学工学部)

要旨: 本稿では, 長期間活動に基づいてロボットに作業能力を獲得させ, 移動を伴う有益な作業をおこなわせる手法について述べる. 提案手法は, 経験地図の自動構築と人からの作業教示を組み合わせ, ロボットに作業実行のための判断能力を持たせる. 片付けタスクを対象としたシミュレーションをおこない, 提案手法の有効性を示す.

キーワード: 長期間活動, モバイルマニピュレーション, 自律ロボット

1. はじめに

生活環境などで作業をおこなう自律型ロボットには, あらかじめ決められた動作を繰り返すだけではなく, 周囲環境の変化に応じた臨機応変な対応が求められる. それを実現するためには, 環境に何かしらの変化が生じた場合にロボットにそれを検知させ, その結果に基づいて, 適切に作業を実行させる必要がある. しかしながら, 様々な環境変化をすべて想定し, それに対応できるようなロボットシステムを人手で実装することは困難である. このことから, ロボット自身が自律的に環境を動き回り, オペレータが必要に応じて指示をすることで, 人間の意図を反映させながらロボットの作業能力を獲得していくアプローチが考えられる. このようなアプローチは, 長期間活動というキーワードの下で, これまでにも検討されてきている[1].

本研究の目的は, 長期間活動に基づいてロボットに作業能力を獲得させ, 有益な作業をおこなわせる方法の提案である. 対象とするロボットは, 移動台車の上にロボットアームを搭載した, いわゆる移動マニピュレータである. 従来の長期間活動においては, long-term autonomy などのキーワードの下で研究が進められている. Wolfram ら [2] は, 人がいる環境での博物館の案内ロボットを実現した. Nick ら [3] は, 日常環境で長期間自律的にタスクを行わせることで能力の向上を図った. 一方で, 移動マニピュレータを対象とした研究は少ない. しかしながら, 移動マニピュレータには作業空間を大きく移動する能力のみならず, 物体操作の能力がある. よって, その両方を生かすような作業が期待できる.

2. 長期間活動における動作経験の活用

2.1. 長期間活動のコンセプト

一般家庭のような屋内環境に1台のロボット(移動マニピュレータ)が存在しているとする. ロボットは人間の指示を受けて, 物品を把持・運搬するなどの物体操作をすることができる. また, 特に人間からの指示を受けていない時間帯には, 部屋内を巡回するなどして, 状態監視をしたり情報収集をしたりする機能があるとする.

上述のようなロボットには, 次のような作業が期待できる.

- 本来の置き場所ではない位置に物品があった場合に, それを元の位置に戻す.
- 埃や液体で汚れている部分を掃除する.

- 使用者が来る前に, 物品を使用者の所望の配置にしておく.

すなわち, あるタイミングで人間が一度物体操作を教示しておけば, 以後は明示的に指示をしなくとも, 部屋の環境を保持したり, 人間の準備時間を削減することができる.

2.2. 本研究のアプローチ

前節で述べたようなロボットを実現するには種々の機能が必要である. 本研究では, 自己位置推定, 物体認識, 動作計画などの基本的な機能はあるものとして, さらに「人からの教示によって作業する機能」と「巡回して状態監視や情報収集をおこなう機能」を用意する. そして, それらの機能を組み合わせることで, ロボットが自律的に片づけ等の物体操作をおこなう仕組みを提案する.

長期間活動において重要なことは, ロボットが収集した周囲の情報を, どのような形式のデータで保持しておくかである. 本研究では, 物品の取り置きを主な対象としているため, ロボットが動き回る領域の空間的な地図に物品情報を加える形式が望ましいと考えられる. 以後, これを経験地図と呼ぶ.

一方で, 人間からの指示を受けて物体操作をおこなう機能も必要である. そこで, ロボットのカメラで撮影した画像上で把持対象物品を指示するなどして, 物体操作を容易に教示できるようにしておく.

3. 経験地図の構築とタスクの教示

3.1. 地図表現について

経験地図の表現にグリッドマップを用いる. これは空間を格子(グリッド)状に分割し, 各グリッドに物体が存在しているか否かを確率的に表現することができる. 図1に簡単な例を示す.

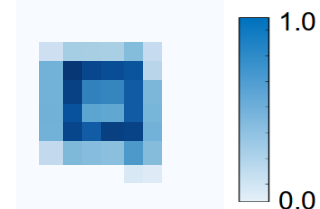


図1 グリッドマップの例

3.2. 経験地図の構築

目的のマニピュレーションタスクをこなすためには, 操作すべき物体を検出する必要がある. そこ

で、長期的に屋内を巡回することで収集したデータから生成した参照環境の地図(参照地図)と現在の環境を示した地図(現在地図)との差分をとることで、参照環境に無い物体を操作対象として抽出する。これを差分地図とする。また、これら3つを合わせて経験地図とする。

3.3. タスクの教示

ロボットが片付けタスクを行う際に、過去に経験のない物体はどう扱えばよいのか最初の時点ではわからない。そこで、新規のマニピュレーションタスクを加えたい場合は、人手で一度だけ教示を行う。

手順は次のとおりである。ロボットがある物品を検出したとき、その物品が初めて扱うものであった場合は、教示者が片付け場所を指定し、そこに物品を置く。その際に指定した座標情報をデータファイルに書き込み、保存する。二回目以降は、そこから情報を読み込むことで同様のタスクをこなすことができる。

4. 検証実験

4.1. シミュレーション環境

検証機として、トヨタ自動車株式会社に製造されている HSR(Human Support Robot)のシミュレーション環境を用いた。この環境では、HSRの自己位置推定機能と動作計画機能はすでに実装されており、手先目標位置を世界座標系で指定すると、ロボットは台車とアームの動きをその場で生成し、動作することができる。また、HSRの頭部には三次元距離画像センサ(Xtion Pro Live)が搭載されており、カラー画像および深度画像を仮想的に撮影することが可能である。よって、物体操作の教示については、カラー画像上で物体を指示することで実現した。

4.2. 検証内容

図2に示す環境にて、ロボットに片付け対象物品を検出・把持させ、事前に教示した片付け先に置く一連の動作を行わせる。対象の検出については、3.2節で述べた手法にて生成した差分地図の各グリッドの値と事前に定めた閾値を用いて判定を行った。また、把持動作は、センサより得られた点群情報から対象の点群のみを切り出し、重心座標を求めることで把持位置を決定することで実現した。なお、本検証では地図のグリッドサイズは0.1[m]とした。

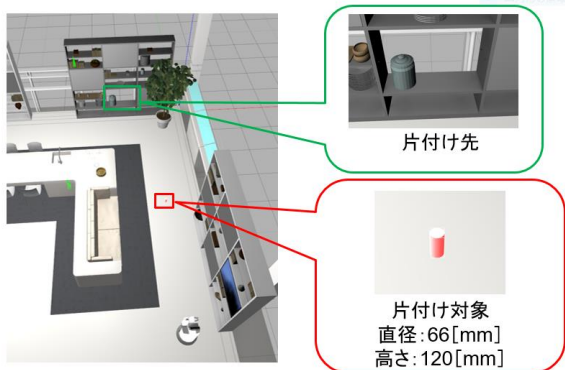


図2 検証環境

4.3. 検証結果

生成した経験地図を図3に示す。経験地図を用いて操作対象を検出できることを確認した。また、対象物品の把持、事前に教示した片付け先に物品を置くタスクが実現できることを確認した。図4に片付けタスク終了時の状態を示す。

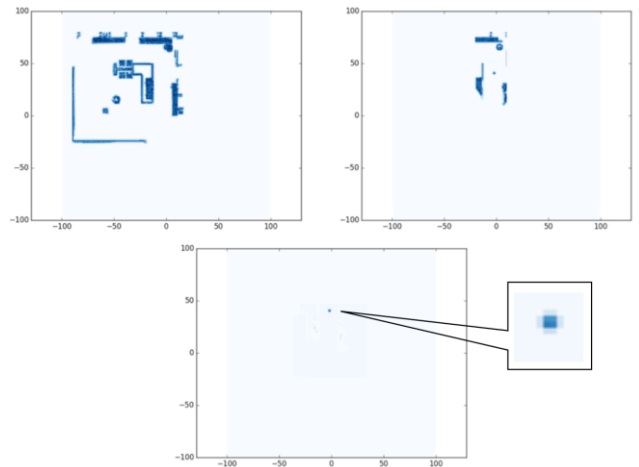


図3 経験地図

左上：参照地図，右上：現在地図，下：差分地図

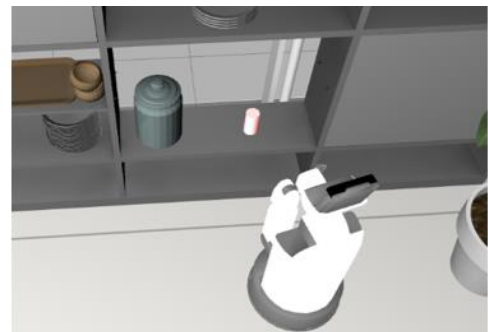


図4 タスク終了時の状態

5. まとめ

本稿では、長期間で活動する移動マニピュレータに作業を教示することで、タスクをこなす能力を付加させていくシステムについて述べた。さらに、片付けタスクの検証を行い、提案手法が有効な手段となることを確認した。今後は長期的な環境の変化を参照地図に適用する方法や、その他のタスクの検討を行っていき、長期間活動での検証を行う。

謝辞 シミュレータの使用を許可いただいたトヨタ自動車株式会社の諸氏に感謝する。

参考文献

- [1] L.Kunze, 他, Artificial Intelligence for Long-Term Robot Autonomy: A Survey, IEEE, 2018.
- [2] W.Burgard, 他, The Interactive Museum Tour-Guide Robotics, AAAI, 1998.
- [3] N.Hawes, 他, The STRANDS Project: Long-Term Autonomy in Everyday Environments, IEEE RAM, 2016.