

1010 家庭内作業モデルに記述されたアプローチ経路を利用した ホームロボットの移動経路生成

Path Planning for a Home Robot Utilizing Approach Path Based on Housework Model

学 平岡 大輝 (都市大)
正 佐藤 大祐 (都市大)

学 滝本 将大 (都市大)
正 金宮 好和 (都市大)

Daiki HIRAOKA, Tokyo City University

Masahiro TAKIMOTO, Tokyo City University

Daisuke SATO, Tokyo City University, Tamazutsumi 1-28-1, Setagaya-ku, Tokyo

Yoshikazu KANAMIYA (D. N. Nenchev), Tokyo City University

Key Words: Home robot, Housework Model, Approach

1 緒言

家庭内で動作するホームロボットにおいて、家庭内作業の範囲拡大のために、移動機構は重要な要素となる。我々は、一般家庭に普及するように機能とコストのバランスを考慮し、モジュール化されたホームロボットを開発している。現在、我々のホームロボットの移動機構は、独立二輪駆動である。この機構の特徴は安定性が高く、制御が容易であり、安価であることが挙げられる。しかし、車軸方向に移動できず、位置姿勢の調整が容易ではない。そのため、目標位置姿勢のみ与えた場合、移動経路によっては目標を実現できない場合がある。

移動ロボットは内界センサのオドメトリで自己位置推定をする場合、滑りなどによる累積誤差が生じる。移動性能の向上のために、外界センサによる自己位置推定 [1] が多く研究されている。この多くはレーザーレンジファインダや、Global Positioning System (GPS)、通信装置などを用いることで移動性能を維持している。しかし、ホームロボットは室内を移動するため、屋外のような広範囲の情報を取得するセンサは必要ない。また、複数の通信装置を設置することは、ユーザにとって高コストになるため、普及の妨げになる。また、このような自己位置推定をしても、数 cm の誤差が生じるために、高精度の移動は難しい。

ここで物体に作業実現のための、移動経路および精度について考える。作業位置姿勢は、作業対象や内容に依存して

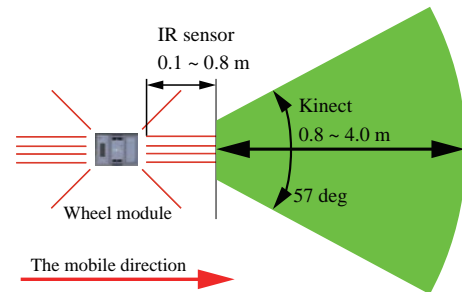


Fig. 2: Detection range of Kinect and the infrared (IR) sensor.

いる。また、作業位置姿勢により、その移動経路は限定される。例えば朝食準備作業において、冷蔵庫から物体を取り出す場合を考えると、作業内容は冷蔵庫に作業可能な位置姿勢へのアプローチ、扉を開閉、物体の取得となる。加えて、我々のホームロボットの移動機構は独立二輪駆動であるから、移動経路も限定できる。これらことから、物体の作業のための移動経路は、作業に依存する。この移動経路を利用することで、高精度の移動が可能だと考えられる。

本稿では移動経路が作業に依存することに着目し、作業情報を記述した、アプローチ軌道を含む家庭内作業モデルを作成し、これを利用することでこの問題を解決する。

2 モジューラーホームロボット

我々は、家事代行作業を実現する最小限の構成を実現するために、機能単位でモジュール化されたシステムを用いた、モジューラーホームロボットを開発している。このモジューラーホームロボットは主に独立二輪駆動型のホイールモジュール、7自由度のアームモジュール、グリップモジュール、センサモジュールで構成される。

センサモジュールは、移動時の障害物検知のために導入した。これは、深度センサを搭載した Microsoft 社製の Kinect for Xbox360、シャープ社製の赤外線センサ GP2D12 で構成される。Fig. 2 にセンサの取得範囲を示す。Kinect の深度センサで 0.8 ~ 4.0 m、赤外線センサで 0.1 ~ 0.8 m の範囲の障害物を検知する。

2.1 移動動作生成システム

Kinect で検知した障害物を回避するために、移動ロボットののための C++オープンソースライブラリである Mobile Robot Programming Toolkit (MRPT) [2] を導入

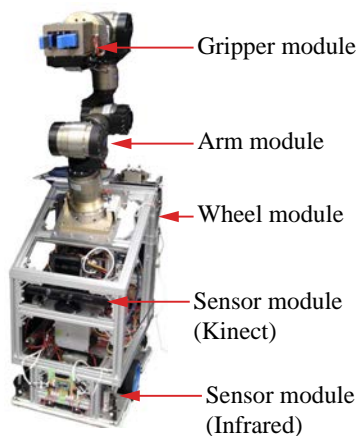


Fig. 1: The modular home robot.

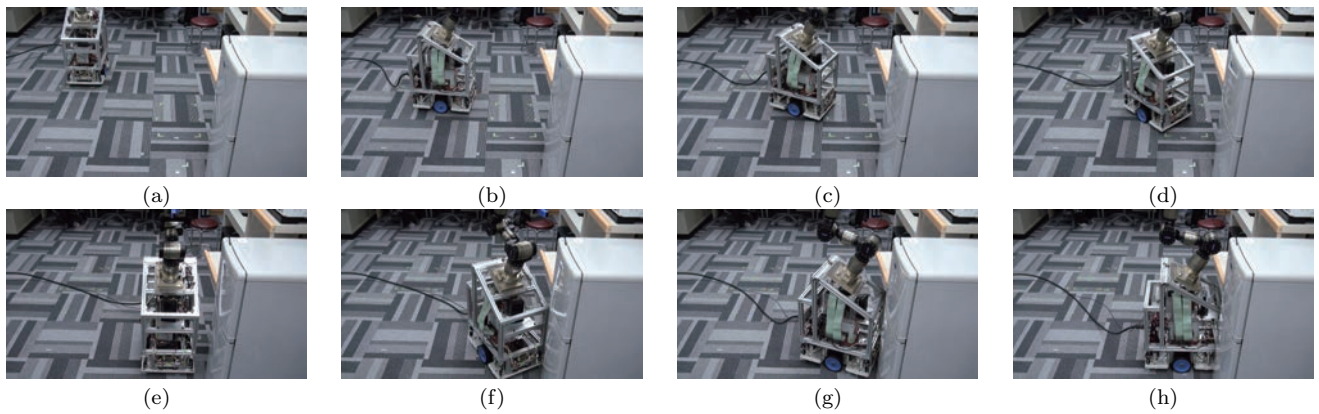


Fig. 4: The result of approach: (a) start position, (b) obstacle avoidance, (c) approach to microwave oven, (d) circle path, (e) work position for microwave oven, (f) approach to toaster, (g) turn and (h) work position for toaster.

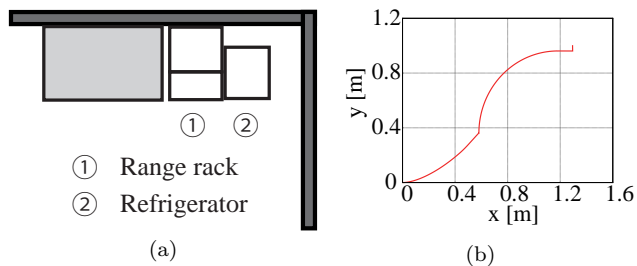


Fig. 3: Approach of a virtual kitchen: (a) map and (b) position.

した．MRPT は，軌道生成，障害物回避などの機能を有する移動ロボットのためのオープンソースライブラリである．軌道生成および障害物回避は，MRPT の軌道生成システム reactive navigation system [3] により生成される．これは，占有格子地図によるオフラインでの計算と，深度センサにより物体を検知し，物体が存在しない方向へ速度を出力するオンラインの計算の両方が可能なシステムである．このシステムは，ロボットの姿勢を無視するため，アプローチ経路と組み合わせて利用する．

3 家庭内作業モデル

モジュラーホームロボットは家庭内で作業するために，家庭内環境の情報を得る必要がある．我々の先行研究で，日用品に対する把持と操作のための情報を記述した，知識モデル [4] がある．これに作業内容と，アプローチ経路を加えたものを，家庭内作業モデルと呼ぶこととする．

3.1 家庭内作業に依存したアプローチ経路

家庭内作業の内容により，作業可能な位置姿勢が決定する．また，独立二輪駆動による移動では，車軸方向に移動できないため，停止時の姿勢を考慮して移動する必要がある．このように，アプローチ経路は，家庭内作業の内容に依存しており，作業内容ごとに移動経路を限定できる．

3.2 アプローチ開始位置の算出

作業物体へのアプローチは，アプローチ開始位置まで障害物回避を含む移動をした後，アプローチ経路により姿勢を考慮して移動する．アプローチ開始位置は，作業物体に対する作業位置姿勢，障害物回避に用いるセンサの取得範囲，ロボットの形状から算出した物体と衝突しない空間を

条件に算出する．

4 アプローチ経路生成実験

家庭内作業モデルに記述されたアプローチモデルを利用し，複数の家具へのアプローチ経路生成実験を行った．Fig. 3 に実験に使用した仮想的なキッチン地図を示す．アプローチする家具は冷蔵庫，レンジラックである．レンジラックには，電子レンジとトースターの二つの調理器具が設置されている．家庭内作業として朝食準備作業を与え，アプローチ経路を生成した．

4.1 実験条件

障害物回避には Fig. 3 を占有格子地図に変換して用いた．また Fig. 2 より，Kinect を障害物回避で用いることを想定し，深度センサの取得範囲は 0.8～4.0 m であるから，アプローチ開始位置は物体から 0.8 m の位置とした．

4.2 実験結果

Fig. 4 にそれぞれの家具へのアプローチ結果を示す．このように，それぞれ家具に対してアプローチ経路を算出し，連続したアプローチを実現することができた．

5 結言

モジュラーホームロボットの家庭内作業実現のために，家庭内作業モデルを提案し，それに記述されたアプローチ経路を用いて，物体に対して作業を実行できる位置姿勢への移動を実現した．また，朝食準備作業における，複数の家具への連続したアプローチを実現した．

文 献

- [1] 友納正裕，“移動ロボットのための確率的な自己位置推定と地図構築”，日本ロボット学会誌，vol. 29(5)，pp. 423–426，2011.
- [2] (2014, Jan. 13) MRPT [Online]. Available: <http://www.mrpt.org>
- [3] Jose-Luis Blanco, Javier Gonzalez, Juan-Antonio Fernandez-Madrigal, “Extending obstacle avoidance methods through multiple parameter-space transformations,” in *Auton Robot*, vol. 24(1), pp. 29–48, 2008.
- [4] Yohei Shiraki, Kazuyuki Nagata, Natsuki Yamanobe, Akira Nakamura, Kensuke Harada, D. Sato, and D. N. Nenchev, “Modeling of Everyday Objects for Semantic Grasp,” in *IEEE Int. Symp. RO-MAN*, 2014, pp. 750–755.