

車両ロボットによる荷物の探索と吊り上げ

2019SC008 萩野慎太郎

指導教員：大石泰章

1 はじめに

近年、飲食業界における人材不足解消やコスト削減のために、料理や食器を運ぶ配膳ロボットの実用化が大きく進展している [1]. 特に [2] では、アームを使用して食器の配膳・下膳を人間の手助けなしに行うロボットを紹介している. このロボットは一定の範囲内であれば任意の場所に置かれた食器を掴む動作が可能であり、人間がロボットに食器を載せる必要がない.

本研究では、このロボットを参考にレゴを用いてアームを装備した車両ロボットを製作し、荷物回収の自動化をどこまでできるのか検証する. レゴを使用する理由としては距離センサやジャイロセンサが使用でき、さらに [3] を参考にしてアームの組立てができるためである. ただし荷物を掴む動作は荷物を吊り上げる動作で代替する.

2 使用機器

2.1 車両ロボットの基本構造

本研究ではレゴマインドストーム ロボットキット [3] と、レゴスパイクプライム [4] を使ってアームを装備した車両ロボットを作成し、使用する. 車両ロボットの外見を図 1 に示す. 本車両ロボットは [4] に記載されている車両ロボットを基本構造として、[3] に記載されている荷物運搬ロボット「M.V.P.」のアームを追加したものである. 車両ロボットは後方の左右に車輪がついている (図 2). 左輪と右輪はそれぞれ独立にモータで回転させることができ、逆方向に回転させることで、その場で旋回することが可能である.

また、車両の前側にアームがついており、荷物を引っかけて吊り上げることが可能である (図 3). アームはモータを動かすことによって図 1 の状態から図 3 のように伸ばすことができる. 図 3 のようにアームを伸ばした状態で荷物までの約 15cm の距離に近づき、アーム先端のフックを荷物についたひもに引っかけて、アームを縮ませれば荷物を吊り上げることができる.

2.2 使用するセンサ

本研究で用いる車両ロボットは 2 種類のセンサを利用する.

1 つ目は距離センサである. 距離センサは前方の物体との距離を計測する. 4cm から 200cm までの検出範囲を 1cm の精度で検出でき、これにより荷物までの距離が設定した値以下になったときに車両ロボットを止めるといった動きが可能である. 図 1 に示すように、車両ロボットの前方に 3 つ、アームの根本に 1 つ、計 4 つ設置した. 前方のセンサを左から順に「A」「B」「C」とし、アームの根本のセンサを「D」とする. 距離センサ「A」「B」「C」は荷物を発見、回収

する動作に用い、「D」は荷物を回収できたか確かめる動作に用いる.

2 つ目はジャイロセンサである. ジャイロセンサは図 1, 2 のハブと記された部品の中に収められており、角速度を測定し、これを積分することで、車両ロボットの回転角度を測ることができる. これにより、指定した角度まで曲がるといった動作を実現できる.

2.3 吊り上げる荷物

本研究で車両ロボットが吊り上げて運搬する荷物を図 4 に示す. 荷物の上にひもが張られており、これに車両ロボットのフックを引っかけることで、荷物を吊り上げることができる. ひもが張られた部分の横幅は約 6cm であり、縦幅は約 3.5cm である.

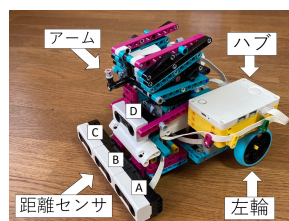


図 1 車両ロボットの外見 (前方左側から見たところ)

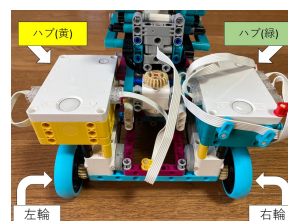


図 2 車両ロボットの外見 (後方から見たところ)

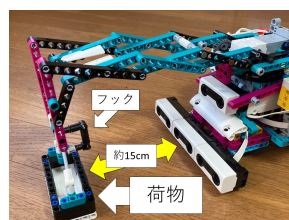


図 3 アームの部分

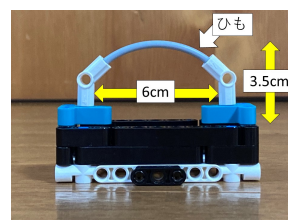


図 4 荷物

3 問題の設定とアプローチ

3.1 問題の設定

車両ロボット周辺の一定の範囲内に、荷物が置いてあるときに、これを探して吊り上げ、運搬するという問題を考える.

具体的には図 5 の通り、車両ロボットの車軸の中心を中心とする半径 45cm の円と半径 20cm の円に挟まれたドーナツ型の領域内の任意の場所に荷物を置く. ただし、半径 70cm の円の中に壁や障害物がないことを前提とし、荷物はひもの向きが円の半径に対しておおそ垂直になるように置くものとする. 車両ロボットはその場を旋回し、距離センサを使って荷物を見つけるとともに、荷物までの距離を調整し、アームを伸ばして荷物を吊り上げる.

3.2 荷物を見つけるまでの動作

荷物を見つけるまでの動作を図6に示す。車両ロボットの初期位置の正面方向を「0」で示す。まずその場で反時計回りに旋回する。距離センサ「A」と「B」が「距離25cm未満」なる出力を与えた場合、「荷物を見つけた」と判断し、荷物を吊り上げる動作を始める。これについては3.3節で説明する。荷物を見つけることのないまま360°旋回した場合、次は時計回りに旋回し、距離センサ「A」と「B」の代わりに「B」と「C」を使用して判断する。再び荷物を見つけることのないまま360°旋回した場合、指定の範囲内に荷物はなかったと判断し、動作を終了する。なお荷物を見つける判定に距離センサを2つ使用するのは、距離センサ出力における雑音の影響を減らすためである。実際、距離センサが一瞬だけ極端に誤った値を出力することがあり、距離センサを1つだけ使って判定を行うと意図しない場所で停止することが多い。

3.3 荷物を見つけた後の動作

3.2節にて荷物を見つけた後の動作を図6を使って説明する。車両ロボットは反時計回りに旋回していたものとする。時計回りに旋回していた場合の動作も、動作の向きが逆になるだけで同様である。距離センサ「A」と「B」が「距離25cm未満」なる出力を与えた後、まずその場で停止する。この位置を「荷物の右端」と考え、そのときの正面方向を「1」とする。続いて、車両ロボットを再び反時計回りに旋回させ、今度は荷物から離れた距離センサ「A」と「B」が「距離50cm以上」なる出力を与えたときに再び停止する。この位置を「荷物の左端」と考え、そのときの正面方向を「2」とする。続いて車両ロボットを時計回りに旋回させ「1」と「2」の中間の方向を向かせる。このときの正面方向を「3」とする。

3.4 荷物を吊り上げる動作

「3」の方向まで旋回した後は、荷物を吊り上げる動作に入る。まず距離センサ「B」を使って荷物までの距離を測定し、その結果に基づいて車両ロボットを前方または後方に5cm単位で動かして、距離が20cm以上30cm未満になるようにする。次にアームを伸ばし、そのままの状態25cmから先程後退した距離を付け加えた距離（前進した場合は差し引いた距離）だけ前進し、荷物をフックに引っかけ、アームを縮ませて荷物を吊り上げる。次に25cm後退しアームの根本にある距離センサ「D」（図1）で荷物の有無を判定する。距離センサ「D」が15cm未満の値であれば荷物を回収したとみなし、「0」の方向に戻り動作を終了する。もし距離センサ「D」の値が15cm以上だった場合は再び反時計回りに旋回を開始し、3.2節の動作に戻る。

4 実行結果

荷物を置く領域内の図6の「0」から反時計回りに約135°、中心から約25cmの場所に荷物を置いた場合の実行

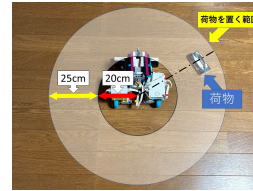


図5 荷物を置く範囲

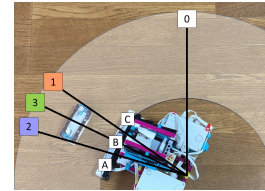


図6 荷物の探索の手順

結果を図7に示す。図7のアルファベット順に手順が進行する。初めに車両ロボットは図6の「0」の方向を向いており(a)、反時計回りに旋回して「1」の方向を向いた(b)。次に「2」の方向を向いた(c)。次に、「3」の方向を向いた(d)。次に15cm後退して荷物から約20cmまで離れた後にアームを伸ばし(e)-(f)、40cm直進して荷物をフックに引っかけた(g)。次にアームを縮めて荷物を吊り上げた(h)。最後に車両ロボットは25cm後退し、時計回りに旋回を行い、初期状態に戻って動作を終了した(i)-(j)。このように車両ロボットは期待された通りの動作を行った。

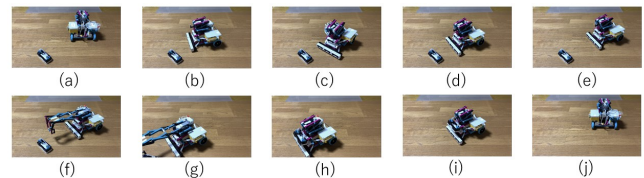


図7 実行結果

5 おわりに

レゴを使って車両ロボットを製作し、図5のドーナツ型の領域内に置かれた荷物の探索、発見、回収を行わせた。実験の結果、その場で360°旋回して荷物を回収することに成功した。

今後の課題として次のことが考えられる。この機材は色を識別するカラーセンサを使用することが可能である。これを併用することで回収する荷物の判別や、回収後に所定の場所へ運搬するといった動きが可能になると考える。

参考文献

- [1] 野中 朋美, 新村 猛, 藤井 信忠: 「レストランにおけるサービス配膳ロボット導入による従業員満足と生産計画に関する一考察」, 第34回人工知能学会全国大会論文集, 熊本, 2020年6月。
- [2] 配膳・下膳の完全無人化を実現するスマイルロボティクスの全自動ロボット「ACUR-C」, <https://robot.mirai-media.net/acur-c/>
- [3] レゴマインドストーム ロボットキット, <https://www.lego.com/ja-jp/themes/mindstorms/about>
- [4] レゴ® エデュケーション SPIKE™ プライム, <https://afrel.co.jp/product/spike/>