

# サイズの異なる2台の移動ロボットの協調動作による 小物体の運搬動作の実現

Achievement of an Operation in which a small object is transported by the cooperated operation  
of two Mobile Robots which differ in size

○ 中尾 俊哉 (岡山大学) 正 永谷 圭司 (岡山大学) 正 田中 豊 (岡山大学)

Toshiya NAKAO, Okayama University, 3-1-1, Tsushima-naka, Okayama  
Keiji NAGATANI, Okayama University Yutaka TANAKA, Okayama University

In this research, we aim to realize a cooperative motion for two different size of mobile robots. A role of the small robot is to catch target objects, and a role of the large robot is to lift up and transport the small robot. In the implementation process of the cooperative motion, we discuss merits and problems of the motion.

*Key Words:* Cooperated operation, Two Mobile Robots which differ in size

## 1 はじめに

通常、ロボットはそのサイズに応じて得意とするタスクが異なる。たとえばロボットが小型ならば、狭い場所に侵入することが可能であり、大型ならば、長距離移動に有利である。そこで、大小2台のロボットの協調動作を行うことで、単独のロボットの動作には無い様々なメリットを生み出すと考えられる。

複数ロボットの協調に関する研究には、ロボット一台では、運ぶことのできない大型物体の協調搬送の研究<sup>(1)~(3)</sup>や「他のロボットとの情報の共有」を利用した、複数移動ロボットによる環境地図の構成に関する研究<sup>(4)</sup>がある。しかし、ロボットのサイズ差によって作業分担をしつつ、協調動作を行うという研究は見受けられない。

そこで本研究では「棚の上など高所にある物体を、別の場所に運搬する」という動作を、サイズの異なる2台のロボットにより行うこととした。これにより、小型と大型の両方のロボットのメリットを生かした協調動作の利点や問題点を、実験的アプローチで検証する。

## 2 目標動作の設計

### 2.1 目標とする動作の設定と前提条件

本研究では、目標とする動作を「サイズの異なる2台のロボットが協調し、高い棚の上の物体の獲得してそれを別の場所まで運搬する動作」と設定した。この目標動作の前提条件として、対象となる棚などの位置は既知のものとする。また、対象物は棚の縁近くではなく比較的奥にあるものとする。

### 2.2 動作設計

設定した目標動作を実現するため、小型ロボットには「棚の上を走行し物体を獲得する動作」を、大型ロボットには「小型ロボットを棚の上に持ち上げる動作」、並びに「小型ロボットと物体を棚から別の場所へ運ぶ動作」を行わせることとした。これにより、以下のメリットが生まれる。

#### 1. 棚の上の広い範囲で、物体を獲得することが可能

マニピュレータによって作業を行う場合、ベースロボットからハンドが離れられないため、物体の獲得できる範囲がマニピュレータのサイズによって決まる。しかしながら独立したロボットならば、単体で走行できるため、物体が棚の端からかなり遠くにあったとしても、それを獲得して行くことが可能になる。また、棚の上で小回りが利くというメリットもある。

#### 2. 周囲にあたる危険の低減

ロボットが小型であることで、周囲にあたる危険を少なくすることができる。

目標動作は、大きく分けて対象物の獲得を行う部分と、対象物の目標地点への設置を行う部分とに分けることができる。しかしこれらの動作は、大型ロボットが小型ロボットを棚の上に運搬する動作と、小型ロボットが棚の上での対象物の運搬を行う動作の組み合わせという点で共通である。そこで本研究では、特に前半部分の対象物の獲得を行う部分に着目する。この動作を実現するために必要な要素として主に、

1. 小型ロボットを棚の上まで運搬する動作
2. 対象物の位置認識と小型ロボットの経路計画

が挙げられる。

#### 3 小型ロボットを棚の上まで運搬する動作

##### 3.1 動作の概要

本研究では、図1に示すようなパンタグラフ機構を利用することにより、小型ロボットの乗っている台の高さを棚の高さに合わせて、小型ロボットを棚の上に上げることとした。

なお、棚の高さは既知ではないため、大型ロボットに取り付けたセンサにより、その情報を得ることが必要となる。具体的な手法としては、高さを調節できるパンタグラフ台の前方に距離センサを取り付け、徐々にパンタグラフ台を上昇させつつ距離データを逐一獲得し、距離データの値が大幅に変化するところを棚の高さと認識することとした。

##### 3.2 パンタグラフ機構搭載ロボット「Pan」

本研究では、大型ロボットとして、本研究室の大野が製作したパンタグラフ機構を有する車輪移動ロボット「Pan」を利用することとした(図2)。「Pan」は独立二輪型であり、任意の経路の追従走行や、その場での回転を行うことが可能である。またパンタグラフ機構により、自身の上部の平面台の高さを初期状態の60[cm]から最高160[cm]まで変化させる能力を持っている。この平面台の上に小型ロボットを乗せることにより、小型ロボットを高所に持ち上げることが可能となる。ただし、パンタグラフ台の最大積載量は4.0[kg]なので、小型ロボットは軽量である必要がある。なお、棚の高さに合わせるための距離センサは今後搭載予定である。

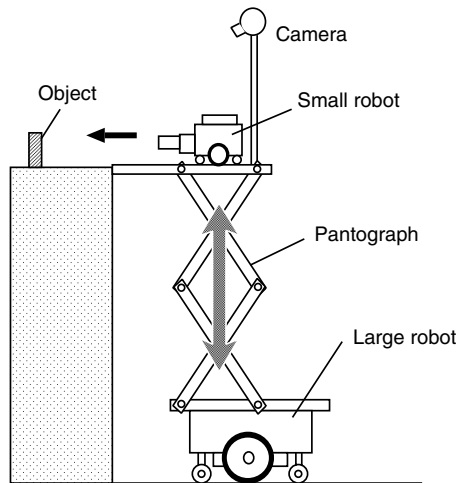


Fig. 1 Image of cooperative motion



Fig. 2 Pan

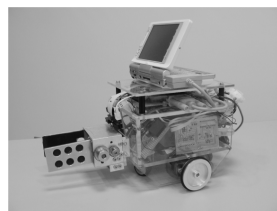


Fig. 3 小型移動ロボット

#### 4 小型ロボットの経路計画と対象物の把持

##### 4.1 ハンド搭載車輪小型移動ロボット

本研究では、対象物把持を行う小型ロボットとして、前方部にロボットハンドを搭載した小型ロボットを製作した(図3)。このロボットは独立2輪型であり、任意の経路の追従走行や、その場での旋回をおこなうことが可能である。また意志決定を行うコントローラには、SHARP製のPDA「Zaurus」、モータ制御コントローラに日立製のマイコン「H8S/2633」、さらに自作のモータドライバを搭載した。

このZaurus,H8S/2633には、本研究で開発した、車輪型移動ロボット用走行制御ソフトウェア「NAK-kit」が組み込まれている。これは、本研究室で入江<sup>(5)</sup>によって整備された車輪型移動ロボット用走行制御ソフトウェア「Mon-kit」を参考にして、Zaurus上で実行できる走行コマンド群を整備したものである。この走行コマンドを利用することで、ロボットを任意の経路で追従走行させることが可能である。なお、走行プログラムの実行ファイルの作成は、Linux PC を利用したクロスコンパイルにより行う。

##### 4.2 USBカメラを用いた目標物体の発見と位置情報の送信

目標動作実現のためには、対象物の位置情報ならびに自己位置情報を獲得するシステムが必要になる。そこで本研究では、大型ロボットのUSBカメラを用いて、画像情報を獲得し、これを処理することで目標対象物ならびに小型移動ロボットの位置を算出することとした。この結果はTCP/IP通信を用いて小型移動ロボットに送信される。対象物の位置情報を受け取った小型移動ロボットは、その情報を元に対象物の経路計画を作成し、それを実行して対象物を把持し、元の位置まで帰還する。

##### 4.3 基礎実験

上述の動作を行うため、大型ロボット上でなく机上に設置したUSBカメラを用いた小型移動ロボットの実験を行った。実

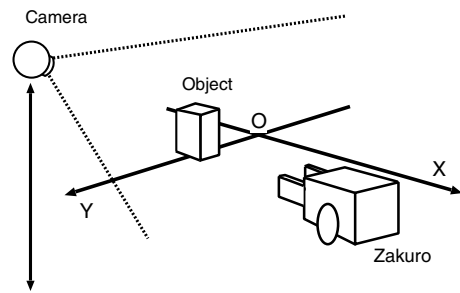


Fig. 4 Image of experiment

験の概観を図4に示す。この実験では、USBカメラ、小型移動ロボットの位置姿勢はオドメトリを用いて獲得するものとする。また色判別により対象物の認識を行い、二値化を行うことで、なお画像中の対象物の位置を割り出すことが可能となる。画像中の対象物の位置から実空間へのマッピングは、Tsaiのキャリブレーション手法を利用する。

動作結果より、ロボットの初期姿勢と対象物がほぼ同じ直線上にある場合、対象物の手前での停止、把持を行うことができたが、遠くなるに従って、成功率が低下した。また、L字走行を行った後に把持動作を行わせたところ、把持は成功しなかった。

この原因は、Tsaiのキャリブレーションによる対象物の位置誤差と、オドメトリによるロボットの自己位置推定の誤差が影響していると考えられる。したがって、視覚等による小型ロボットの自己位置推定は、必須であるといえる。

#### 5 まとめと今後の課題

本研究では、二台のロボットがそのサイズ差によって作業負担をしながら、協調動作を行うことによりタスクを効率良く実現することを目指し、「棚の上などの高所にある物体を獲得し、それを別の机の上まで運搬する」という動作の設計を行った。

また基礎実験として行ったUSBカメラによる小型移動ロボットの対象物獲得実験では、対象物の位置誤差やロボットの自己位置推定誤差などにより、対象物の位置情報のやり取りを行うだけでは、対象物の獲得が困難であることが確認された。そこで、今後の課題として、小型移動ロボットに点滅するLEDを搭載し、背景差分法を利用することで、大型ロボットに搭載したUSBカメラを使った小型移動ロボットの自己位置の修正を考えている。また、全体の動作を統合し、目標動作を実現する予定である。

##### 【参考文献】

- (1) 小菅 一弘,大住 智弘,千葉 晋彦:”単一物体を操る複数移動ロボットの分散協調制御”日本ロボット学会誌,vol.16,no.1,pp.87-95,1998
- (2) 太田 順,武藤 康彦,新井 民夫:”2台の移動ロボットの協調による搬送制御”日本ロボット学会誌 vol.14,no.2,pp.263-270,1996
- (3) 大隅 久,野尻 尚,:”2台の移動ロボットの協調による搬送制御”日本ロボット学会誌 vol.19,no.6,pp.744-752,2001
- (4) 出原 進一,八木 康史,谷内田 正彦:”複数移動ロボットにより観測された環境地図の統合”日本ロボット学会誌 vol.15,no.3,pp.439-447,1997
- (5) 入江 雅洋:”PC/AT 互換機を用いた自律移動ロボットシステムの構築と走行制御に関する研究”,ロボティクス・メカトロニクス講演会,2001/06