

自律移動マニピュレータによるエレベータ昇降動作の実現

A motion of taking elevators for autonomous mobile manipulator

○ 正 永谷 圭司 (岡山大学) 松浦 伸悟 (岡山大学) 正 田中 豊 (岡山大学)

Keiji NAGATANI, Okayama University, 3-1-1, Tsushima-naka, Okayama

Shingo MATSUURA, OkayamaUniveristy Yutaka TANAKA, Okayama Univeristy

This research's aim is to realize a motion of taking elevators for autonomous mobile manipulator. This motion is very useful for mobile robots as one of the traveling methods between floors. It requires three important functions that mobile robots should have. The first function is a navigation, the second is to press an elevator button, and the third is to recognize elevator's arrival. In this article, we explain details of these functions, and also report a result of experiment in real environment.

Key Words: Position adjustment, Navigation, Image processing

1 はじめに

近年、高齢化社会に伴い、屋内環境のバリアフリー化が進められている。これらの屋内環境においては、エレベータでの昇降動作が、人間だけでなく車輪型の移動ロボットにとっても有効的な移動手段となり得る。そこで、本研究では、移動マニピュレータの自律的なエレベータ昇降動作を目標タスクに設定し、研究を進めることとした。

ロボットが、エレベータの昇降動作を行うには、以下に示す3つの機能が必要となる。その機能とは、屋内を走行するための「ナビゲーション」、エレベータを呼ぶための「エレベータボタンを押す機能」、エレベータに乗降するための「エレベータ到着の認識」である。

本研究では、これらの機能を実ロボットに実装し、エレベータの昇降動作を実現することで、目標タスクの実現を図る。

2 タスクの設定・分析

2.1 タスクの設定と条件

本研究では、目標タスクを「ロボットに行き先を指示して、その階までエレベータを利用し移動する動作の実現」と設定した。ただし、本研究では、以下に示す条件を付加する。

- あるエレベータの環境には一切手を加えない
- 走行する屋内環境は既知である
- エレベータに車椅子用のボタンが設置されている
- 人のエレベータへの乗り降りはないものとする

特に、本研究では、エレベータの昇降動作そのものに着目しているため、タスクの動作環境内に、人は存在しないものとした。

2.2 タスクの分析

エレベータを利用する際、人間と同様に、ロボットが行う一連の動作は以下ようになる。

1. エレベータのある場所まで移動する
2. ボタンを押してエレベータが来るのを待つ
3. エレベータ到着後、エレベータに乗り込み目的とする階のボタンを押す
4. 目的の階に到着するのを待つ
5. 到着後、エレベータから降りる

この一連の動作をロボットが行うには、大きく分けて以下に示す3つの機能が必要となる。

- ナビゲーション
- エレベータボタンを押す機能
- エレベータ到着の認識

これら各機能を実現することで、目標タスクの実現を目指す。

2.3 対象とするロボット

以上の分析をふまえ、本研究で用いるロボットに、筆者らの研究室で整備を進めている移動マニピュレータを利用することとした。このロボットの概観を Fig.3 に示し、以下に各ロボットの構成の概略を示す。

1. ベースロボット

エレベータ内など限られた狭い空間においても、効率良く移動を行うために、全方向移動車のメカナムホイールを用いている。また、各車輪にはエンコーダが取り付けられており、オドメトリによる自己位置推定を行うことができる。

2. マニピュレータ

ボタン押しの操作などを実現するため、ベースロボット上に、三菱の MOVEMASTER EX RV-M1 を搭載している。

3. 各種センサ

マニピュレータの手先に、PSD センサ (赤外線距離計測器)、CCD カメラ、触覚センサ (本研究にて製作) を搭載している。また、ロボットの前面には、外界の距離情報を獲得する際に用いる PB9-01 (測距式障害物検出センサ) が設置されている。

3 ナビゲーション

「ナビゲーション」は、移動ロボットが屋内外を自律走行するために重要な機能である。本研究では、既知環境におけるナビゲーションを実現するために、入江らが構築した走行コマンド⁽⁴⁾を用いることとした。この走行コマンドは、オドメトリ情報を利用し、ロボットに与えた線分列上を走行させる機能を有する。ただし、ここでオドメトリに生ずる誤差が問題となる。特に、メカナムホイールを利用した場合、ここに生ずる誤差は非常に大きくなる。そのため、外界センサを利用したロボットの位置修正を随時行う必要がある。

本研究では、位置修正用の外界センサとして、測距式障害物検出センサ PB9-01 を用いることとした。このセンサは、前方 162° の範囲にある障害物までの距離と、ステップ角を約 1.8° 間隔で合計 91 個のデータを取得することができる。そこで、廊下の壁やエレベータ周囲の壁を利用し、ベースロボットの位置修正を行うこととした。

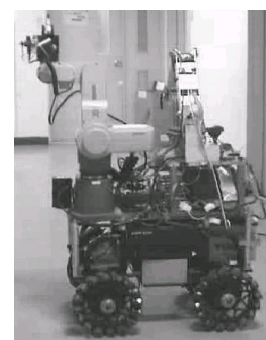


Fig. 1 Target robot

まず、PB9-01によって、ロボット周辺の壁を示す点データを獲得する。次に、この点データ上にある壁線を示す直線データをハフ変換・投票を用いて導出する。ただし、PB9-01には、測距誤差が含まれる。また、対象とする環境は、複数の壁面で構成されることが多い。そこで、本研究では、投票にある程度の幅を持たせ、さらに、ある一定の角度をなす複数本の直線について、同時に投票結果を数えることとした。エレベータ前の廊下におけるセンサ情報と、壁面がマッチした様子を Fig.2 に示す(ただし、エレベータの前の壁の配置については、Fig.3を参照。)この手法を用いることで、環境中の壁情報の抽出が大幅に向上した。

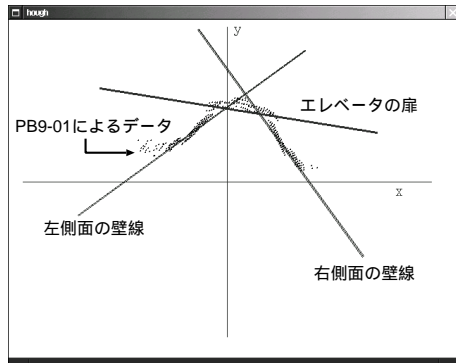


Fig. 2 Position adjustment

以上の導出した環境情報を基に自己位置・姿勢を推定し、ロボットの位置・姿勢の修正を行う。

4 エレベータのボタンを押す機能

走行系のオドメトリには、ある程度の誤差が含まれるため、「エレベータボタンを押す機能」を実現するためには、別のセンサを用いて、ボタン位置を認識する必要がある。本研究では、視覚センサとテンプレートマッチングを用いてボタン位置を認識することとした。ただし、カメラとボタンとの距離誤差が大きければ、テンプレートの大きさが異なってしまう、マッチングに失敗してしまう。そこで、手先に搭載した PSD センサを利用して、ボタンまでの距離を測ることとした。

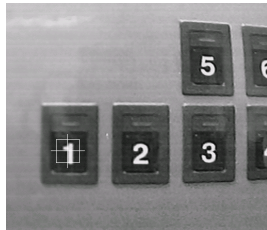


Fig. 3 Button is matched

次に、ロボットは、手先に対するボタンの相対位置を認識した後、マニピュレータの位置を修正し、ボタン押しの動作を行う。さらに、ボタンを押す際に、手先がボタンに接触するのを認識するため、手先に取り付ける触覚センサも製作した。

5 エレベータ到着の認識

「エレベータ到着の認識」は、ロボットが、エレベータへの乗降動作へと移るために欠くことのできない機能である。この機能は、扉の開閉の認識により実現可能であるが、この場合、エレベータの内部で、目標とは別の階で扉が開いてしまうケースには対応できない。そこで、エレベータのボタンが押された後、そのボタンの示す階に到着するまで、ボタンが点灯し続けるというエレベータの共通仕様を利用し、エレベータの到着を認識することとした。なお、点灯の認識は、画像特徴量の抽出を用いて、カメラで取得した画像中の最明点の座標を認識することで行う。

6 動作実験

以上の各機能を実ロボットに実装し、エレベータの昇降動作を行うタスクの実現を行った。実験環境としては、岡山大学大学院棟を想定した。目標とした動作は、7階エレベータ前を出発し目的の3階の部屋まで行き、再びエレベータを利用し出発地点まで戻ってくるというものである。ロボットの走行する経路及びセンシングポイントを Fig.4 に示す。I, J 地点間の走行は、両側の壁を認識しながら廊下の真中に位置するように修正しながら走行する。J 地点では、壁との距離を測定し、I 地点では、廊下の角を利用し自己位置の推定及び修正を行う。また、K, L 地点では、エレベータの入り口の壁形状を利用し、自己位置の修正を行い、ボタンを押すことのできる位置までロボットは移動する。

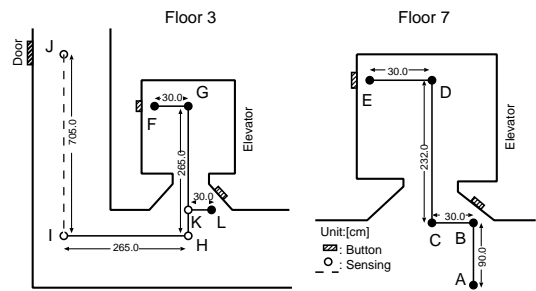


Fig. 4 Environment of experiment

6.1 結果と考察

動作実験を行った結果、約 70 パーセントの割合で動作は成功し、エレベータの昇降動作を実現することができた。これにより、ロボットが、エレベータ昇降を行うために必要とする各機能「ナビゲーション」「エレベータのボタンを押す機能」「エレベータ到着の認識」の有効性が確認できた。

残り 30 パーセントの失敗例としては、エレベータ前での自己位置の修正動作に失敗し、上手くボタンを押せない場合が挙げられる。これにより、ベースロボットの修正動作の精度をできる限り向上させる必要があると考えられる。

7 まとめと今後の課題

本稿では、ロボットがエレベータの昇降動作を行うのに必要とする各機能を挙げ、それぞれの機能を画像処理、ハフ変換・投票、また触覚センサを用いることで実ロボットに実装した。さらに、エレベータの昇降動作実験を行い各機能の有効性を確かめた。今後の課題としては、修正動作の精度向上、人や障害物への対応動作、より広範囲に渡る動作の実現が挙げられる。

【参考文献】

- (1) 富沢 哲雄, 大矢 晃久, 油田 信一: "自律移動マニピュレータによる遠隔図書館閲覧システムの構築", ロボティクス・メカトロニクス講演会誌, 2002
- (2) 吉川 毅, 橋場 参生, 鈴木 慎一, 本間 稔規, 澤山 一博, 池田 宗司, 深谷 健一, 河口 忠雄: "福祉施設における自律移動運搬ロボットの開発" 北海道立工業試験場報告, No.299
- (3) 高濱 孝安, 永谷圭司, 田中 豊: "ランドマーク情報を積極的に獲得する移動マニピュレータの屋内ナビゲーション", ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2002
- (4) 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
- (5) 立花 智史: "メカナムホイールを用いた全方向移動車のナビゲーションの研究", ボティクス・メカトロニクス講演会, 2000/05