

アクションプリミティブを用いた移動マニピュレータの動作設計 -エレベータ昇降動作とドア開け動作への適用-

岡山大学大学院 自然科学研究科 ○吉田 昌弘, 永谷 圭司, 田中 豊

Motion Design and Implementation for Mobile Manipulator using Action Primitive

-Application of the Motion of Taking Elevator and Opening Door -

○ Masahiro YOSHIDA, Keiji NAGATANI and Yutaka TANAKA, Okayama University

Abstract: In this research, we apply a programming-style “Action Primitive” (that enables a robot to design or redesign a motion sequence flexibly) to our autonomous mobile manipulator. In this paper, we describe motion design of (1) navigation between floors using elevator and (2) the door opening motion, and report our implementation status.

1 はじめに

近年, 家庭や病院, 公共施設等で作業を行うロボットの開発が期待されている. このような人が存在する環境において, ロボットが自律的に作業を行うには, 目標動作の遂行の失敗や, 人からの作業命令の変更といった事態に対処する能力が要求される.

そこで本研究では「アクションプリミティブ」という動作要素を単位とするプログラミング手法 [1] を利用し, エレベータを用いたフロア間移動動作 [2] およびドア開け動作 [1] の実現を目指すこととした. この手法を利用することで, 目標動作の実行に失敗した場合のリカバリーや, 命令が変更および追加された場合の動作列の再計画が可能となり, 実環境におけるロバストな動作実現が期待できる. 本稿では, 目標動作を実現するために必要なアクションプリミティブの検討と, 現在までの実装状況について述べる.

2 アクションプリミティブの概要

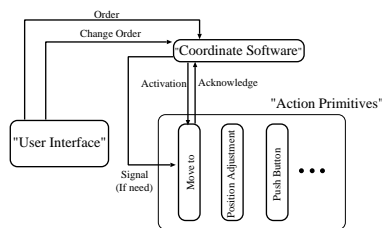


Fig. 1: An overview of action primitive

本研究で利用する「アクションプリミティブを用いたプログラミングアーキテクチャの構成」を Fig.1 に示す. このアーキテクチャは, 以下に示す 3 部より構成されている.

- ユーザーインターフェース
ユーザーインターフェース部は, 人から指定されたタスクや命令変更を受け付け, その内容を意思決定プログラムに送信する.
- アクションプリミティブ
アクションプリミティブとは, ロボットの目標動作を時間経過に沿って動作のまとまり毎に分割した, 各要素動作を実現するプログラム単位である.
アクションプリミティブは, 上位の意思決定プログラムから動作パラメータと環境モデルを受け取り, 動作を開始する. 各アクションプリミティブは, センサ

フィードバックにより動作修正を行いながら目的の動作を遂行する. 各動作の終了条件が満たされたときにはアクトレッジ “OK”, また, 動作の継続が不可能であると判断したときには, アクトレッジ “Fail” を意思決定プログラムに返し, 動作を終了する. また, 意思決定プログラムから, 動作停止シグナルを受け取った場合, 直ちに実行中の動作を停止する作業を行い, アクトレッジ “Stop” を返す.

- 意思決定プログラム
目標タスクを実行するためのアクションプリミティブ列を生成するのが意志決定プログラムである.
まず, 予め起こり得る事態を予測し, 人がアクションプリミティブ遷移表をオフラインで作成する. 意志決定プログラムは, このアクションプリミティブ遷移表上でサーチを行い, アクションプリミティブ列を生成し, 各アクションプリミティブを順次実行する.
アクションプリミティブからアクトレッジ “Fail”, または “Stop” が返ってきた場合, 意志決定プログラムは, その状態を開始状態とし, 新たなアクションプリミティブのシーケンスを作成する. また, ユーザーインターフェースから命令変更が送られてきた場合, 動作再計画の必要があれば, 実行中のアクションプリミティブに停止シグナルを送信する.

3 エレベータ昇降への適用と実装

本章では, エレベータ昇降動作に必要な各アクションプリミティブについて以下に説明する. なおエレベータ昇降動作を実現するためのアクションプリミティブ遷移表を Table.1 に示す.

Table. 1: Procedure of motion

	Action Primitive	(OK)	(Fail)	(Stop)
0	Start	1	1	—
1	経路追従走行	2	10	—
2	エレベータ前での位置・姿勢の修正	3	2	—
3	ボタン位置の認識と押し動作	4	2	3
4	ボタン押しとエレベータ到着認識	5	3	3
5	エレベータへの乗り込み	6	2	2
6	ボタン位置認識と押し動作	7	6	—
7	ボタン押しとエレベータ到着認識	8	6	—
8	エレベータ降り	9	10	1
9	Goal	—	—	—
10	Give up	—	—	—

3.1 経路追従走行

本アクションプリミティブでは、意思決定プログラムから走行経路を受取り、自律走行動作を実行する。

3.2 エレベータ前での位置・姿勢の修正

本アクションプリミティブでは、エレベータを呼ぶボタンを押す前に、エレベータに対するロボットの位置・姿勢の誤差修正動作を行う。まずロボットの前方にとりつけた距離センサを用いて、エレベータ周辺の距離データを取得し (Fig.2(a))、あらかじめ保持してあるテンプレートエリア (Fig.2の長方形群) のフィッティングを行う (Fig.2(b))。これより、エレベータに対するロボットの相対位置・姿勢を認識し、ロボットの自己位置修正動作を行う。なお、本アクションプリミティブは、このフィッティングに失敗したとき、アクノレッジ “Fail” を返す。

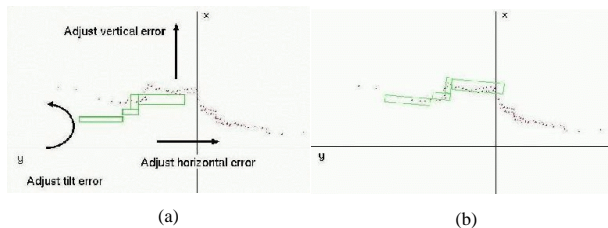


Fig. 2: (a)Sensing data (b)The fitting result

3.3 ボタン位置の認識と押し動作

本アクションプリミティブでは、エレベータボタンを押す動作を行う。まず手先に搭載した視覚センサにより、エレベータボタンの画像を獲得する。この画像にテンプレートマッチング手法を利用して、目標ボタンの位置を検出し、手先がそのボタン中心となるように修正し、ボタンを押す動作を行う。なお、ボタンと手先の接触は、触覚センサにより認識する。マッチングに失敗した場合には、マニピュレータを動かし、近辺の画像情報を用いて同様の動作を行い、さらにマッチングに失敗した場合は、アクノレッジ “Fail” を返す。

3.4 ボタン押しとエレベータ到着の認識

本アクションプリミティブでは、エレベータのボタン押しの認識および、到着の認識を行う。この認識には、「押した後にボタンのランプが点灯する」というエレベータの特徴を利用する。具体的には、ボタンを押す前と、後の画像をそれぞれ2値化し、閾値以上の輝度値を有する領域の面積を比較する。押した後の画像の面積が十分に大きければ、ボタンを押せたものと認識する。一方、差分が小さい場合は、アクノレッジ “Fail” を返す。



Fig. 3: Pushing the button

一方、到着認識も同様に、「到着したらランプが消灯しドアが開く」という特徴を利用する。まず、距離センサを用いてドアの開放を認識し、かつランプの消灯を認識した際に、アクノレッジ “OK” を返す。

3.5 エレベータへの乗りこみ

本アクションプリミティブでは、エレベータに乗り込む動作を行う。まず、乗り込む直前に、エレベータ内の状態を距離センサによりスキャンし、人がロボットの走行の妨害となる位置にいるかどうかを判断する。もし、人が存在する場合は、音声により、その場から移動するように指示を出す。数秒たつてその人が移動しない場合は、乗り込み不可能と判断して、アクノレッジ “Fail” を返す。

3.6 実装状況

これまでに、上述した各アクションプリミティブの個々の実装は完了している。また、ロボットが動作の実行に失敗した場合や、行き先が変更になった場合の再計画を行う枠組みの構築を現在進めている。

4 ドア開け動作への適用と実装

4.1 ドアノブの把持動作

本アクションプリミティブでは、ハンドでドアノブの把持を行う。まず、視覚センサから得られた画像に対して、ドアノブ画像のテンプレートマッチングを行い、これを用いてドアノブの位置を認識してノブを掴み、回すという動作を行う。テンプレートマッチングに失敗したとき、アクノレッジ “Fail” を返す。

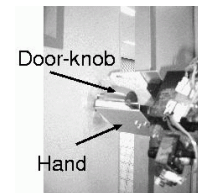


Fig. 4: Grasping the door-knob

4.2 ドアの通り抜け動作

本アクションプリミティブでは、マニピュレータでドアノブを把持しつつ、ロボットを走行させ、ドアの通り抜け動作を行う。まず、ドアの各傾き角に対するベースロボットの位置と、マニピュレータが取るべき姿勢をオフラインで計画しておく。動作実行時には、この計画に従ってベースロボットとマニピュレータを制御することで通り抜け動作を行う。

4.3 実装状況

現在、ドアノブの把持動作のみ実装が行われており、ドアの通り抜け動作の実装を現在進めている。

5 まとめ

本稿では、アクションプリミティブを用いた動作設計をエレベータ昇降動作とドア開け動作に適用した例を紹介した。今後の課題は、ドア開け動作を実現し、全ての要素動作の統合を行うことである。

参考文献

- [1] 永谷圭司, 油田信一, “タスクオリエンテッドアプローチによる自律移動マニピュレータの研究 — ドアの通り抜けを含む屋内の自律走行の実現—”, 日本ロボット学会誌, Vol.17 No.6, pp.111-121 (1999-09)
- [2] 吉田 昌弘, 永谷 圭司, 田中 豊:” 自律移動マニピュレータによるエレベータを用いたフロア間移動の実現 アクションプリミティブによる動作設計と実装 ”, ロボティクス・メカトロニクス講演会'04 予稿集, 2A1-L1-53 (2004-06)