

# 自律着脱動作を可能とするアームモジュール用 インターフェースの開発

松本愛 佐藤大祐 金宮好和（都市大）

## 1. 緒言

家庭内作業において、作業ごとに必要となる基本的な機能はある程度決まっている。例えば、ホームロボットがキッチンやクローゼットなど限定された範囲内で作業する場合は、物体操作機能に小範囲の移動機能があれば十分である。そこで我々は、必要な機能ごとにモジュール化されたホームロボットによる家庭内作業の実現を目指して、研究開発を行っている [1]。

その特徴の一つとして、アームモジュールを他のモジュールから自律着脱・独立移動させ、効率的な作業を実現させるため、アームモジュールの固定機構にエアロックを用いて自律着脱・独立移動動作を実現した [2]。しかし、アームモジュール先端の重量と固定機構の装置が大きいことが問題となった。

本稿では、関節動作による固定が可能なインターフェース機構であるフィクスチャモジュールとアタッチメントを設計し、これらを利用した運動制御システムを構築して、アームモジュールによる自律着脱動作を実現する。

## 2. モジュラーホームロボット

モジュラーホームロボットの構成のプロトタイプを図 1 に示す。7 自由度のアームモジュールと独立二輪駆動のホイールモジュールを主な構成要素としており、モバイルマニピュレータの状態のとき、アームモジュールの制御装置はベースモジュールである。

アームモジュールは、ジョイントモジュールとして採用した SCHUNK 社製のモータ Rotary module PRL 80, PRL 100 により構成されている。自由度は人間の腕と同様に 7 自由度であり、構成としては S-R-S マニピュレータとなっている。また、4 番目の関節を中心に対称な構成であり、ベース部と手先部が反転しても運動学が変わらないため、アーム単体で独立移動

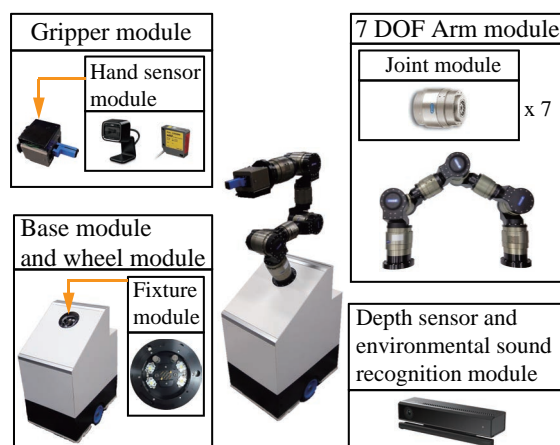


図 1 モジュラーホームロボットのハードウェア構成

が可能となる。

### 2.1 フィクスチャモジュール

設計したインターフェース機構である、フィクスチャモジュールとアタッチメントの構成要素を図 2 に示す。フィクスチャモジュールは、モバイルベースや天井に取り付けられ、アタッチメントはアームモジュールの両端に取り付けられる。

インターフェース機構同士の固定方法は、空圧ではなく、アタッチメントをフィクスチャモジュールに挿入し、アタッチメントを回転させることで行う。アタッチメントにはリング、フィクスチャモジュールには 3 枚の羽根が設けてあり、アタッチメントが回転することにより、リングと羽根が噛みあい、軸周りの回転以外の 5 自由度を固定する。残りの 1 自由度の回転方向の運動を固定するために、フィクスチャモジュールからアタッチメントに対し固定ピンを挿入する。固定ピンの挿入は図 2 (a) に示すソレノイドにより行う。

## 3. アームモジュールの自律着脱を考慮したロボットシステム

アームモジュールとホイールモジュールが分離して、それぞれ独立して動作するときのシステム構成は、図 4 のようになっている。モバイルマニピュレータのときのホイールモジュールとアームモジュールの制御装置はベースモジュール、図 4 のときのアームモジュールの制御装置はフィクスチャモジュール、ホイールモジュールの制御装置はベースモジュールとなる。

## 4. インターフェース機構を用いた自律着脱システムの構成

### 4.1 ハードウェアシステム

フィクスチャモジュールの主な構成要素は、独立移動の際の制御装置となる Raspberry Pi、インターフェース機構の回転方向の固定を行うためのソレノイド、照明として使用する際の LED ライトである。LED ライ

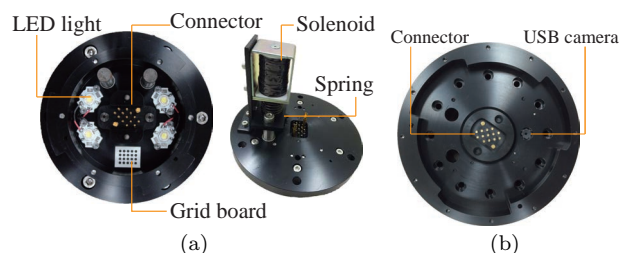


図 2 インターフェース機構の構成要素: (a) フィクスチャモジュール (b) アタッチメント

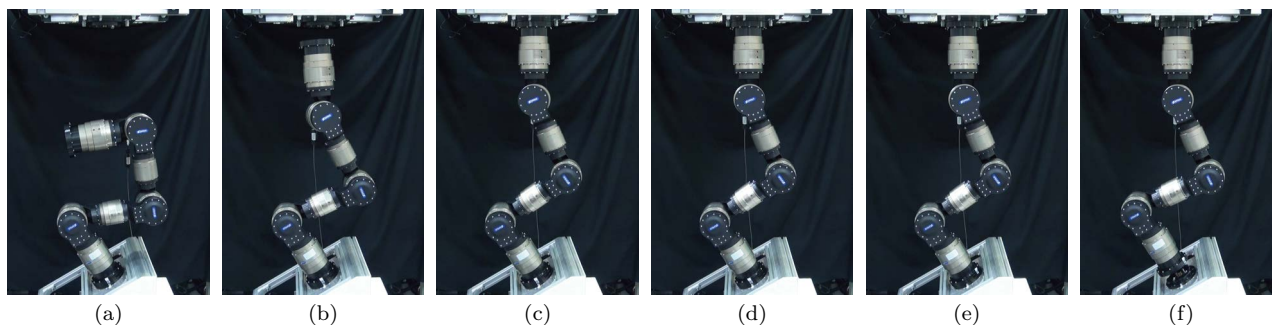


図3 アームモジュールの自律着脱動作の流れ: (a) 初期姿勢 (b) アタッチメントに搭載された USB カメラでフィクスチャモジュールの位置・姿勢をセンシング (c) アタッチメントをフィクスチャモジュールに挿入 (d) アタッチメントを回転させてフィクスチャモジュールに固定 (e) 根元のアタッチメントを回転 (f) 根元のアタッチメントをフィクスチャモジュールから引き抜く

トは、フィクスチャを明るさ調整できる照明装置として使用するため、LED ドライバを用いて制御する。また、アタッチメントには、フィクスチャモジュールの位置・姿勢を測るため、USB カメラが搭載されている。

#### 4.2 制御システム

独立移動時の制御システムを図4に示す。

アームモジュールの着脱時の制御の流れは以下の通りである。

1. 手先位置をフィクスチャモジュール付近に動作させ、アタッチメントに搭載されたカメラでグリッドボードの位置・姿勢をセンシング
2.  $\pm 0.2$  mm 以内の誤差に収まるように位置・姿勢を推定するため、フィクスチャモジュールの 45 mm・40 mm・38 mm 手前まで近付いて再度センシング
3. アタッチメントをフィクスチャモジュールへ挿入
4. アタッチメントとフィクスチャモジュールをはめ合わせるとき、エンコーダの値を見て変化しなくなったら各モータに速度ゼロ指令を送信
5. ベースモジュールとフィクスチャモジュールのソケット通信の確立を行い、ベースモジュールから制御装置の切り替えを知らせる信号を送信
6. フィクスチャモジュールは、ソレノイドのタッチスイッチが押されていることを確認してからアームモジュールの制御開始

フィクスチャモジュールの位置・姿勢推定は、アタッチメントに搭載されている USB カメラとフィクスチャモジュールに貼られているグリッドボードを用いて、OpenCV により処理を行う。また、センシング時は、Raspberry Pi から Pulse Width Modulation (PWM) 制御を行うことにより LED ライトの明るさを制御する。

#### 5. アームモジュールの自律着脱動作の基礎実験

本実験では、キッチンの吊り戸棚など低い天井にアームモジュールの根元を固定して作業させることを想定し、床面から 165 cm のところにフィクスチャモジュールを取り付けた。フィクスチャモジュールはアルミフレームに組み付けて固定している。フィクスチャモジュールの制御、また、アームモジュールが乗り移ったときの制御装置は、Raspberry Pi2 Model B を使用した。モバイルマニピュレータの状態から上部に取り付け

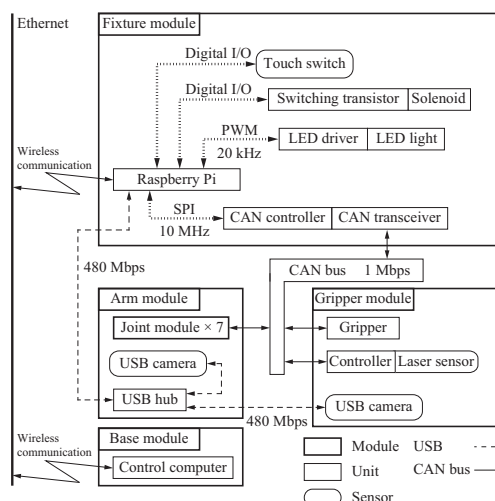


図4 アームモジュール独立動作時の制御システム

たフィクスチャモジュールに乗り移るため、フィクスチャモジュールが取り付けられている付近にロボットが移動してきた状態から実験をはじめます。フィクスチャモジュールがどこに取り付けてあるかは、あらかじめ部屋の大域的な情報をロボットに与えるため、分かっているものとする。

実験結果を図3に示す。これらの結果から、フィクスチャモジュールとアタッチメントを用いた自律着脱の基本動作を確認した。

#### 6. 結言

本稿では、自律着脱可能なアームモジュール両端のインターフェース機構について、その概要と実機による自律着脱の基礎動作の実現から、本インターフェースの有効性を示した。

#### 参考文献

- [1] T. Tsuchiya, Y. Shiraki, S. Sekido, A. Yamamoto, D. Sato, and D. N. Nenchev, "Modular Home Robot System Based on the MMM Concept—Design Instance with Detachable Symmetric Arm Module," in *Proc. IEEE/ASME Int. Conf. Adv. Intell. Mechatron.*, 2013, pp. 280–285.
- [2] 松本愛, 関戸佐知, 根井学, 佐藤大祐, 金宮好和: "モジュラーホームロボットのためのアームモジュールの自律着脱・独立移動の実現", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 論文集, 2015.