

論文の内容の要旨

論文題目 単機能モジュールの分散配置によるその場構築可能なロボットシステム

氏名 松本 高斉

将来、ロボットが人間と共存する空間において様々な作業を担うことが期待されている。この実現のため、作業の内容と環境を想定し、センサやアクチュエータを可能な限り搭載した高機能なロボットを用いて作業の自動化を図るアプローチがこれまでとられてきた。しかし、実際の作業内容と環境は多様であり、特定のセンサとアクチュエータのみを固定的に装備するロボットを様々な作業に適用することは大変困難である。この問題を解決するため、ロボット設計の異なるアプローチとしてモジュール型ロボットが提案されている。モジュール型ロボットとは、一般にセンサやアクチュエータなどのハードウェアやそれらの制御用ソフトウェアなどをロボットの機能の単位として規格化し、機能の構成変更が可能なアーキテクチャを持つロボットを指す。このロボットの機能の単位をモジュールと呼ぶ。

本研究ではセンサやアクチュエータなどの機能をモジュールとして環境や物体に分散配置し、それらの機能の組み合わせにより作業に適したロボットシステムをその場で構築する方針をとる。具体的には車輪による移動機能のみを備えるモジュール(以下車輪モジュール)とカメラによる観測機能のみを備えるモジュール(以下カメラモジュール)の組み合わせにより搬送を目的としたロボットシステムを提案する。分散配置されたモジュールを一つのロボットシステムとして動作させるためには以下の問題の解決が必要である。

1. 複数のモジュールによる制御系の構築
2. 分散配置された各モジュール間の位置・姿勢の同定
3. モジュールにより構成されたロボットシステムの操作

作業に応じてモジュール間が互いに通信し、制御系をなすためには、各モジュールがどのモジュールとどのような通信を行うのかといった通信を決定する必要がある。またモジュールの組み合わせや配置が目的とする作業を実現可能な構成か否かを保障する必要がある。この問題を解決するため、目的とする作業毎にモジュール間の通信をペトリネットにより表現することで、制御系の構築を図る。ペトリネットは各モジュールの動作を表すモジュールレイヤと各モジュールの機能を呼び出すアプリケーションレイヤに分かれており、このアプリケーションレイヤのペトリネットにモジュールの組み合わせや配置が作業に適切か否かを調べる機構を設ける。これに従い、アプリケーションレイヤのペトリネットを変更することで他の作業に対応する枠組みを提案する。

また、分散配置された各モジュールが協調して作業を行うためには互いの位置・姿勢を同定する必要がある。モジュール間の位置・姿勢の同定に関しては、ロボットシステムを構成するアクチュエータによる運動を行い、運動に伴うロボットシステムの状態変化をセンサにより観測することでセンサモジュールとアクチュエータモジュール間の位置・姿勢の同定を行う手法を提案する。より具体的には点光源によるマーカを取り付けた車輪モジュールの運動とその運動時の点光源の軌跡をカメラモジュールにより観測することで、車輪モジュールとカメラモジュール間の相対位置・姿勢を未知パラメータとするパラメータ同定を行う。この手法により特殊な計測機器を用いることなく、高速にモジュール間の位置・姿勢の同定が可能となる。

また未知環境にモジュールを分散配置してロボットシステムを構成する場合、モジュールが完全自律的に作業を行うことは困難である。そのため、モジュールにより得られる情報を操作者に伝え、また操作者がモジュールに作業を提示するためのインターフェイスの提案を行う。操作者が環境中に配置された複数のカメラモジュールから送信される画像をもとに車輪モジュールを操作する場合を想定し、複数画像の関係を操作者に提示し、また操作者は画像における環境の特徴をシステムに提示することで作業を実行するインターフェイスの提案を行う。

以上の各要素にもとづきロボットシステムを構築し、実験により有効性を示した。