

補助事業番号 2018M-145

補助事業名 平成30年度 脳-身体-感覚器の連動発達に着目した自律型ロボットの開発

補助事業者名 大阪府立大学工学研究科航空宇宙工学分野 講師・金田さやか

1 研究の概要

宇宙探査や災害現場など、事前に環境情報を入手することが困難な未知環境において、自律的に作業目的を達成する「賢い」ロボットの実現を目指す。本研究では、ロボットの感覚器(センサ情報)を基準として、脳(学習・制御器)による行動決定を階層化する。このことにより、未知環境で自律的に目標達成する賢い行動の実現を目指す。既存の自律制御が、環境の不確かさと行動目的を独立に設計しているのに対し、本研究では不確かさの推定行動と作業目的を同時に考慮する点が特色である。

2 研究の目的と背景

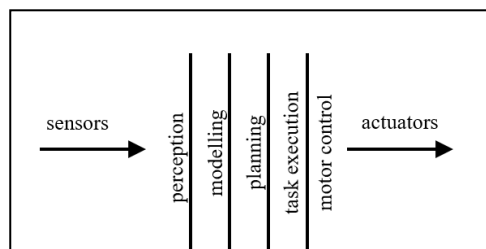
Google 社やTESLA 社により車の自動運転が実現され、ドローンを使った宅配サービスにも期待が集まっている。このように、自律機能を搭載した無人ロボットは、1 つの産業として成長しつつある。しかし、2011年に発生したフクシマの原子力発電所で作業するのは主として人間である。なぜ現状のロボットは「使えない」のか？

現状、自律機能と呼ばれるものは作業環境の詳細な情報が既知で、作業目的が明確な場合にのみ適用される。宇宙探査や災害現場といった、事前に環境地図を入手不可能な状況では遠隔操作でヒトが未知要因に対応する。

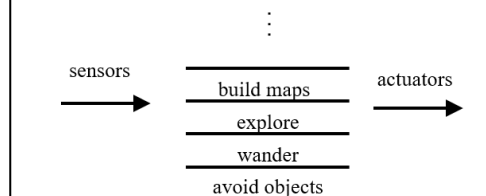
掃除ロボットに搭載されていることで有名な、ブルックスの提唱したサブサンクションアーキテクチャは、初めから**動く**ロボットとして設計され、当時の常識(センサ情報から障害物を認識し、経路生成を行い、制御入力を決定するという流れ)を覆した。実用化された唯一の自律技術といっても過言ではない。しかし、サブサンクションアーキテクチャには様々な課題が指摘されている。その中でも、多層化の基準が不明瞭であり、ロボットに動機づけ(なぜこのような行動をするのか)を実装できないといった課題が深刻である。お掃除ロボット以上のものが実用化されていない点からも、サブサンクションアーキテクチャの限界は明らかである。

3 研究内容

本事業では、サブサンクションアーキテクチャのこれらの課題を克服すべく、センサ情報に基づ

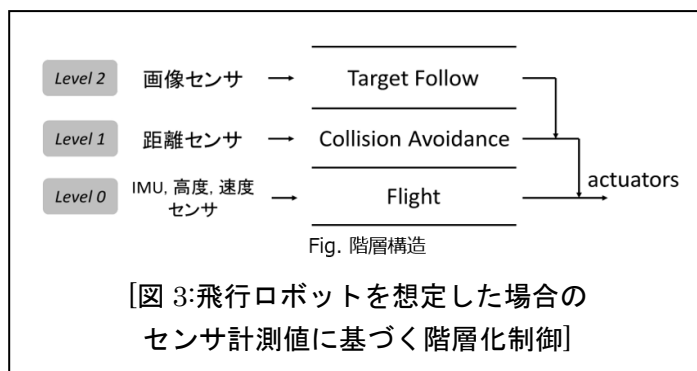


[図 1: 従来の自律制御アルゴリズム]



[図 2: サブサンクションアーキテクチャ: 一部に誤りが生じても、全体としては動作可能]

く階層的な行動決定機構の構築を提案した。この発想は、ベルンシュタインが指摘した、生物の感覚器と身体構造、そして脳の連動発達の重要性に着眼したものである。単一センサ情報から行動決定するモジュールを一まとめとして設計し、それらを複層化する。1層だと単純



な行動だが、複層となるとより複雑な行動を実現でき、効率を高めることができる。一方で、故障時など、想定外の事象にも頑強に行動生成するという利点をもたせることが期待できる。

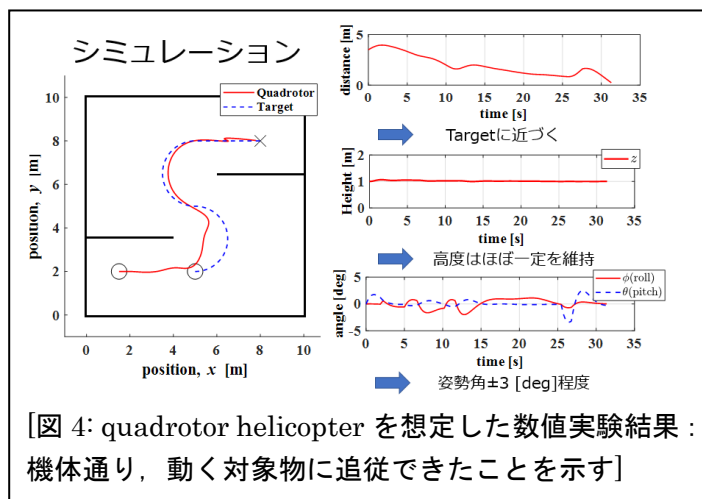
題材として車輪型ロボットによる地図なしでの移動実現および飛行ロボットへのアルゴリズム適用を検討した。車輪型ロボットは4輪独立ステアリング駆動式全方位移動台車ロボット「4WDSローバー」を用い、飛行ロボットには自作のquadrotor helicopterを用いることを想定した。

- (1) ミミズロボットの実証には、圧力センサを機体周りに取り付ける。移動機構は各車輪の回転角速度とし、圧力センサの出力から適切な方向変換を生成するレベルを構築・実証した。
- (2) 昆虫ロボットの実証には、距離センサ(URG-04LX)を追加し、
- (3) 動物ロボットの実証には、安価なwebカメラを搭載した。

接触センサの情報から行動決定する機構について、簡単な実機実験を行った。カメラ情報から速度推定するアルゴリズムについても、機械学習に基づく手法で推定可能であることを確認した。

さらに、飛行ロボットについては、速度センサ、高度センサ、慣性センサの搭載を想定して、ホバリング(空中静止)するようなアルゴリズムを検討し、数値実験により制御性能の検証を行った。図4に数値実験結果を示す。本研究室HPもご覧ください:

<http://www.aero.osakafu-u.ac.jp/as/shimomura/research/themes/>



4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究は、災害現場などの未知環境において作業目的を達成するロボットの実現を目標としている。生物が脳と身体構造、受容器の3つを同時に発達させてきたことに着目し、センサ情報に応じて行動選択機構を階層化することにより、上位の目的達成のために、下位の目的達成は無視した行動選択を実現する仕組みを構築する。提案法が未知環境で自律的に「賢い」行動を選択できる機能であることを示す。

本研究の成果は、広く一般の方への利益となる。災害時、迅速かつ詳細な情報収集は人命救助、安全な復旧活動のために必要不可欠である。本来ロボットにやってほしい作業(単調な繰り返し、危険が伴う作業、過酷な環境)をロボットに任せることで、ヒトでなければならない場(心のつながりを作る、臨機応変な対応、教育や福祉の面)により多くの労力を配分できるようになる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者はこれまで、不確かさの推定と作業目的は独立に議論できないことに着眼し、未知環境の不確かさを減少させる行動を能動的に選択する行動の発現を目指してきた。本研究では、センサ情報と学習・制御器を同時に考慮することで、不確かさと作業目的に応じた行動選択の実現を図った。行動決定機構を階層化することで、低次の行動で単調だが確実な行動が実現でき、想定外の事象に対しても頑強に「移動」を実現できる仕組みであると考えている。本研究で、車輪型ロボット以外にも、飛行型ロボットへの適用検討まで着手することができ、今後も提案アルゴリズムの適用性・発展性について議論する余地があることを明らかにできた。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

・熊澤良哉, 金田さやか, 下村 卓: センサ情報に基づく階層化制御システムの提案, ロボティクス・メカトロニクス講演会(2018年6月, 北九州)講演集 CD-ROM, 1A1-G11(4 Pages)

・松下 英暉, 金田さやか, 下村 卓: 自律型無人ヘリコプタのためのQuaternionによる姿勢推定の精度検証, 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2018(2018年11月, 富山), 講演論文集 USB, GS01-11 (4 pages).

・大林 宏次郎, 金田 さやか, 下村 卓: Quadrotor Helicopter のための階層化制御システムの提案, 第 63 回システム制御情報学会研究発表講演会, 電子データ, GSb03-3 pp. 1454-1458.

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

6. に記載した発表文献

(2) (1)以外で当事業において作成したもの

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 大阪府立大学(オオサカフリツダイガク)

住 所: 〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-1

担 当 者: 講師・金田さやか(カナタサヤカ)

担 当 部 署: 工学研究科航空宇宙工学分野(コウガクケンキュウカ コウクウウチュウコウガクブンヤ)

E - m a i l: kanata@aero.osakafu-u.ac.jp

U R L: <http://www.aero.osakafu-u.ac.jp/as/shimomura/>