

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：24405

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2023

課題番号：22K20432

研究課題名（和文）環境適応能力解明のための知覚情報の予測に基づく行動決定機構の構築

研究課題名（英文）Construction of behavioral decision mechanism based on prediction of perceptual information for elucidation of environmental adaptability

研究代表者

金田 さやか（KANATA, Sayaka）

大阪公立大学・大学院工学研究科・講師

研究者番号：60605567

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、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的とし、環境適応能力の解明を目指した。生物が脳と身体構造、感覚器の3つを同時に発達させてきたことに着目し、目標状態をロボットの知覚（センサ）情報で規定し、自律的に適切な行動を選択する仕組みを構築することにした。環境とロボット行動の相互作用に着目し、ロボットが選択した行動、その結果現れる環境変化、さらにその変化をどうロボットが知覚するか、の一連を扱う枠組みを提案し、その実用性を検証することを目的とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

未知環境で働くロボットを実現するために、目標値をロボットの知覚情報として与える点が本研究の特徴である。知覚情報の予測が正確であることは、認識した環境とそのときの行動が期待通りであることを表す。予測のズレ要因を、行動の不確かさが環境推定の不確かさと分離せず、知覚情報の予測モデルを常に更新させ、とるべき行動の変容に結びつける。このことで、環境の不確かさと作業目的の両方を同時に議論するものである。行動計画の不確かさを定量化し、目標状態への距離と照らし合わせた行動システムを構築することで、環境の不確かさを低減と目標達成行動を結びつける枠組みを構築を目指した点が、本研究の特徴である。

研究成果の概要（英文）：The aim of this research project is to elucidate the robot's ability to adapt to its environment in order to realize a robot that can achieve its work objectives in an unknown environment. Focusing on the fact that living organisms have developed the brain, body structure, and sensory organs simultaneously, we decided to construct a mechanism to autonomously select appropriate actions by specifying the target state with the robot's sensory information. Focusing on the interaction between the environment and the robot's actions, this study examines a framework for processing a series of actions selected by the robot, the resulting changes in the environment, and how the robot perceives these changes to verify their practicality.

研究分野：制御工学

キーワード：自律移動 環境適応 階層化システム

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

AI による顔認証や音声検索の実用化，無人作業車による工事，無人口ボット車の試験運用など，ロボット技術は向上を続けている．一方で，ペットロボットは存在するが，盲導犬に代替するような盲導ロボットには至らない．有事の危険な作業もロボットではなく，人が行わなければならない．なぜ現状のロボットは「使えない」のだろうか？

2. 研究の目的

既存のロボットは埋め込み型の制御で実現されているため，事前に環境情報を取得不可能な未知環境での動作が困難であり，実用化の上で問題である．未知環境では，ゴール（行動目標）を定義すること自体が困難である．惑星探査ロボットにとってのゴールは惑星上の「どこかの」人工クレータだったり，災害救助ロボットにとってのゴールは「どこかにいるはずの」救助が必要な人間の発見であったりする．目標値を前提とした経路計画は意味がない．SLAM 技術を活用して環境地図を作成することは可能だが，人工クレータや人間の発見には技術的な飛躍がある．既存技術は環境に含まれる不確かさとロボットの作業目的とが独立して議論されてきたため，複雑な環境下で本来の作業目的を達成する適切な行動を能動的に選択するような，高次の目的達成と結びつける構造が存在しない．未知環境における作業実現のためには，ロボットの行動は環境の不確かさと作業目的の相互関係から決定されねばならない．すなわち，作業目的達成を阻害するような，環境の不確かさを推定する行動を能動的に選択する能力こそ，将来のロボットに必要な不可欠な適応能力である．

本研究は，事前情報が得られない未知環境で，目的地への移動を実現する仕組みを構築することを目的とした．環境とロボット行動の相互作用に着目し，ロボットが選択した行動，その結果現れる環境変化，さらにその変化をどうロボットが知覚するか，の一連を扱う枠組みを提案し，その実用性を検証した．

3. 研究の方法

未知環境で働くロボットを実現するために，目標値をロボットの知覚情報として与える点が本研究の特徴である．知覚情報の予測が正確であることは，認識した環境とそのときの行動が期待通りであることを表す．予測のズレ要因を，行動の不確かさか環境推定の不確かさと分離せず，知覚情報の予測モデルを常に更新させ，とるべき行動の変容に結びつける．このことで，環境の不確かさと作業目的の両方を同時に議論した．

本研究では，車輪型ロボットによる未知環境における移動問題に取り組んだ．地図はなく，対象環境における移動アルゴリズムの準備は困難であることを前提とした．独立二輪車を使って，知覚情報としてカメラを使った．具体的には，Raspberry Pi Mouse にカメラを搭載し，視覚情報から自身の状態を認識できることを実験的に検証した．実験結果より，未知の要因による制御則と行動との対応の変化に対して，適応アルゴリズムが適切に対応関係を構築しなおし，自律的に障害に対処することが可能なことを確認した．

また，飛行ロボットとして，クアドロータヘリコプタを対象とした階層化制御の仕組みを再検討した．これまでに提案したセンサ情報を基準とした階層化制御では，最下層に複数のセンサ情報を必要としていた．これに対し，行動目標を与えるブロックと実際の行動を生成するブロックに分割することで，単一層が単一のセンサ情報を必要とする形に改善できた．

4. 研究成果

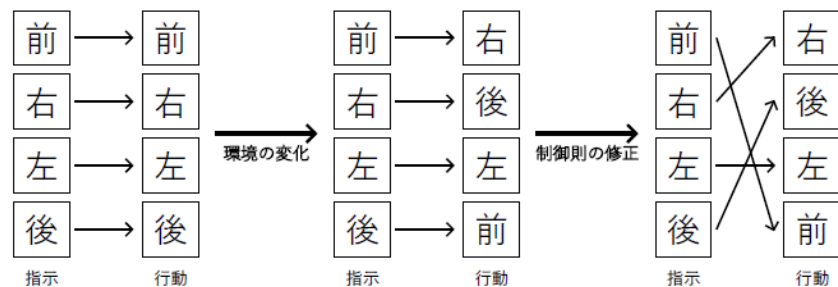
これまで、センサ情報から直接ロボット行動に結びつける制御則を設計してきた。これは、ロボットの感覚器から行動へと直結するため、反射的行動と意味づけることができる。本サブ課題では、センサベースト階層化制御に学習器を追加することを検討した。

本稿で想定する機体は、前後動作と回転動作ができる機体である。機体前方にはカメラが取り付けられており、このカメラを用いて周辺の環境を画像として取得することが可能である。機体には事前に「前進」「時計回り」「反時計回り」「後進」制御則とそれらに対応する入力コマンドを作成しておく。この機体は事前に環境の情報を得られず、機体にとって未知の環境と想定する。この機体が活動する環境は、室内かつ静的で障害物のない平坦な場所と仮定する。

Fig. 1 に示すような制御則の変化、つまり未知の要因によって事前に設計した制御則に対する入力コマンドの対応関係が入れ替わった状態を、機体に発生する障害として考える。1つの例として、前進の制御入力値を与えたが何かしらの障害によって機体が時計回りに回転することが挙げられる。ここで画像認識によって機体が自身の状態を認識し、入れ替わった対応関係を調整することで未知環境へ適応する手段について考えた。

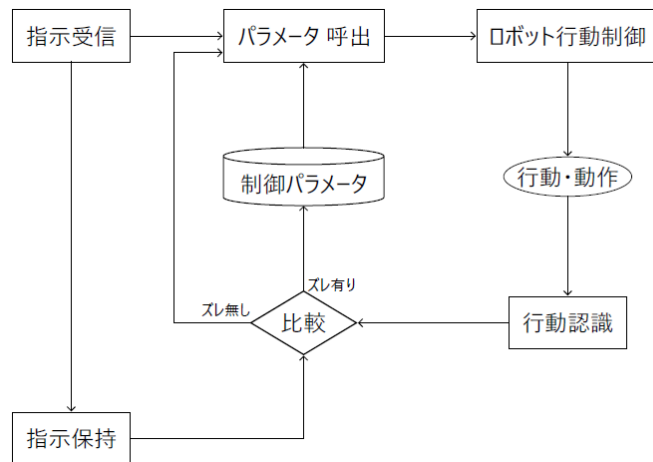
まず、ロボットの行動と知覚情報との関連を学習させた。つぎに、新たな環境へ適応するように制御則を変える枠組みを構築した。Fig. 2 は、行動の状態認識と機体の行動分類を用いた適応アルゴリズムをフローチャートとして表したものである。まず、機体に対する指示と、認識した行動を比較する。機体に対する指示と認識した行動が一致する場合は何もしない。しかし、機体に対する指示と認識が一致しない場合は動きを打ち消すように制御入力に修正を加える。この修正を繰り返すことで、指示と行動が一致するように制御則を適応させることとした。

学習器として画像認識を搭載し、機体の状態認識と環境の変化に伴う制御則の変化に対する調整方法について提案した。また、提案法が実際に実機でも利



[Fig. 1 学習による制御則の修正実現]

用可能であることを実験によって示した。結果として、学習器を追加したことでセンサから得られる視覚情報から移動型ロボットの状態を学習器で認識し行動として反映させる、間接的な行動が実現可能であることを示した。



[Fig. 2 知覚情報の予測と実際との比較から行動修正するアルゴリズム]

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 池上隆史, 金田さやか, 下村卓
2. 発表標題 視覚情報に基づく環境変化に応じた制御則の自律調整法の提案
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2023
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪公立大学航空宇宙工学分野制御グループ https://www.aero.osakafu-u.ac.jp/as/shimomura/

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------