

博士論文要旨

論文題名：ヘビ型ロボットにおける環境支援型マニピュレーション

立命館大学大学院理工学研究科
機械システム専攻博士課程後期課程レイエス ピナー ファビアン エウヘニオ
REYES PINNER FABIAN EUGENIO

ロボット工学における現実的なアプリケーションは、移動と操作の両方に使用できるロボットを必要とします。蛇方ロボットは、構造化されていない環境での歩行作業のための多くの約束を示しているが、操作策動におけるそれらの使用に関する多くの研究はありません。

蛇方ロボットを使用して物体を操作する場合、考慮する必要があるいくつかの要因があります。蛇方ロボットは、ロボットアームとは異なり、ベースを備えていないため、滑る可能性があります。さらに、蛇方ロボットは環境とより多くの接触をします。例えば、2D 蛇方ロボットは常に地面と腹に接触して摩擦力を作り出します。環境の影響を考慮する必要があります。しかしながら、この余分なインタラクションがどのように操作タスクにおける蛇方ロボットに影響を与えるかは研究されていない。オブジェクトの操作を助けたり、妨げたりしますか？さらに、我々は、物体を操作するのに最も最適なロボットの構成のセットが存在しなければならないと推測する。

この論文では、多体系モデリングと微分幾何学のツールを用いて、操作タスクに用いられる蛇方ロボットを解析するための完全なフレームワークを開発する。モデルは、環境との余分な相互作用、およびロボットと操作対象の両方の慣性パラメータを考慮することができます。解析結果は、7 関節蛇方ロボットを用いたシミュレーションおよび実験により検証される。

オブジェクトに与えられた力を最大にし、その加速度を最大にするヘビロボットの最適姿勢の集合が存在することが分かる。これらの姿勢は、蛇方ロボットの中心の極座標でパラメータ化されます。したがって、これらの最適姿勢は、関節の数に関係なく、蛇方ロボットに適用されます。システムの動きを調べるために、滑り率と呼ばれるオブジェクトの滑りと蛇方ロボットの滑りに関する新しいメトリックが提案されている。理想的と考えると、蛇方ロボットと地面との間の摩擦力は、物体の加速度にほとんど影響を与えないが、蛇方ロボットの滑りを低減するのに重要な影響を及ぼすことが分かった。

提示された結果は、操作を含むタスクでヘビロボットを使用するのに役立つ可能性があります。最適な姿勢の集合が見つかるので、これを使用してより良い制御戦略を立てることができます。さらに、提案された滑り率は、操作される物体の加速度を最大にするか、または蛇方ロボットの滑りを最小にする制御戦略を作るのに役立ち得る。

Abstract of Doctoral Thesis

Title : Environment-Aided Manipulation (EAM) with Snake Robots

Doctoral Program in Advanced Mechanical Engineering and Robotics
Graduate School of Science and Engineering
Ritsumeikan University

レイエス ピナー ファビアン エウヘニオ
REYES PINNER FABIAN EUGENIO

Realistic applications in robotics demand robots that can both be used for locomotion and manipulation. Snake robots have shown a lot of promise for locomotion tasks in unstructured environments, however, there is not much research regarding their use in manipulation tasks.

When a snake robot is used to manipulate an object there are several factors that need to be considered. A snake robot does not have a base, unlike a robotic arm, and may slip. Additionally, the snake robot has more contacts with the environment. For example a 2D snake robot is always contacting the ground with its belly, creating friction forces. The influence of the environment must be considered. However, it has not been studied how this extra interaction affects the snake robot in manipulation tasks. Does it help or hinder the manipulation of an object? Additionally, we conjecture there must be a set of configurations of the robot that must be optimal for manipulating an object.

In this thesis, using tools of multi-body system modeling and differential geometry, a complete framework for analyzing snake robots used in manipulation tasks is developed. The model can consider the extra interaction with the environment, and also the inertial parameters of both the robot and object to be manipulated. The analytical results are verified with simulations and experiments using a 7-joint snake robot.

It is found that there is a set of optimal postures of the snake robot that maximize the force imparted onto the object, therefore maximizing its acceleration. These postures are parameterized with the polar coordinates of the COM of the snake robot. Therefore, these optimal postures apply to any snake robot, regardless of its number of joints. To study the motion of the system, a new metric relating the slippage of the object and slippage of the snake robot, called *slippage ratio* is proposed. It is found that the friction forces between the snake robot and ground, even when consider ideal, has little effect on the acceleration of the object, but have a significant impact in reducing the slippage of the snake robot.

The results presented may help to use snake robots in tasks involving manipulation. Since a set of optimal postures is found, this can be used to formulate better control strategies. Additionally, the slippage ratio proposed can help to make control strategies that either maximize the acceleration of object to be manipulated, or minimize slippage of the snake robot.