

アルゴリズムック・ロボットデザインの開発 — ロボットの動作評価に基づく構造選択手法—

1. 背景

ロボットに求められる形態や機能は多岐にわたり、幅広い分野でそれぞれの要求や課題に合ったロボットが活用されている。それらのロボットを設計・開発していくためには、求められる仕様に沿って、形状や機構のデザインを行っていくが、様々なアクチュエータや機構が存在し、動きのあるロボットに対して、求められる要求に最も適したデザインや機構を設計していくことは難しい。また、デジタルファブリケーション機器の普及により、個人レベルでのモノづくりがより活発になっているが、複雑なロボット設計は依然として熟練者でなければ難しいという課題がある。

一方で、近年のコンピューティング能力の向上によって、シミュレーション上でロボットを動かすことや、強化学習を用いて動作を学習させることなどが可能であり、実際に製作する前に予め様々なシミュレーションを行うことが出来る。また、製品デザインや工業デザイン、建築などの静的なデザインに対して、アルゴリズムック・デザインやジェネレーティブデザイン、コンピューショナルデザイン等の設計手法が用いられており、それらのデザイン手法を動きのあるロボットにも応用することで、複雑なロボット設計がより容易になるとともに、それぞれのロボットに求められる最適な設計やデザインが可能になると考えられる。

2. 目的

本プロジェクトでは、ロボットのデザインや機構に、アルゴリズムック・デザイン手法を応用し、ロボットやアクチュエータの動きや動作を考慮しながら、様々な制約下でそれぞれのロボットに求められる最適な構造とデザインを得ることを目的とした、アルゴリズムック・ロボットデザイン手法の提案と開発を行う。

また、本手法で得られる結果を、パラメトリック・デザインを用いてシミュレーション上での抽象的なモデルから詳細なモデルへと変換し、実機製作を行うことで、シミュレーションから実機製作までの一連のロボット開発を行うことを目的とする。

3. 開発の内容

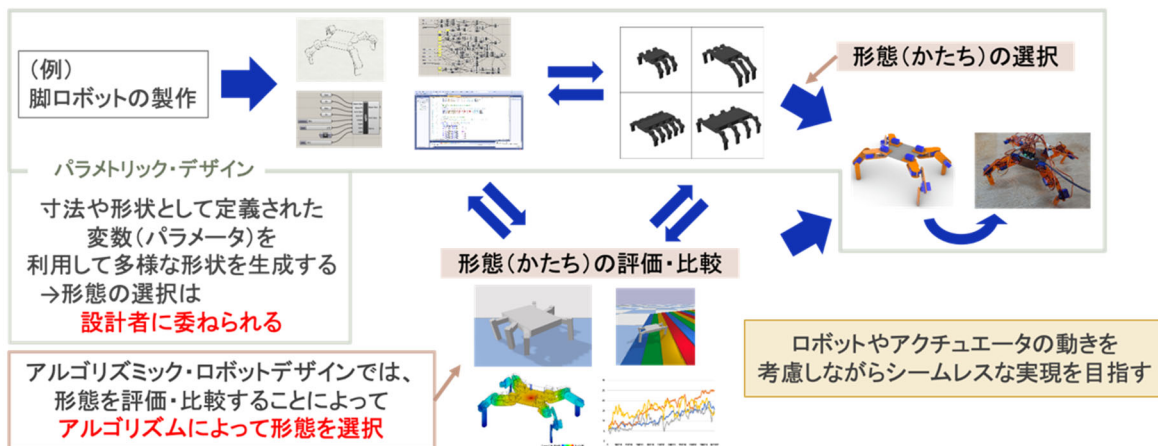


図 1:アルゴリズムック・ロボットデザイン手法 構成図

本プロジェクトでは、図 1 に示すアルゴリズムック・ロボットデザイン手法のサイクルを実行するための Grasshopper のプラグインや DLL を開発することにより、ロボットの形状を変化させながら動きを与え、評価することが可能となった。

これらのシステム構成は図 2 のようになっており、Python から DLL を呼び出すことでモデルの形状変化や、物理シミュレーションの PyBullet を用いての評価や最適化が可能になっている。また、設計ソフトである Rhinoceros と Grasshopper 及び PyBullet を連携させることで、ロボットのデザインや構造をパラメータによって変化させながらリアルタイムにシミュレーション結果を確認できるとともに、シミュレーション上で得られる結果を実機製作へとつなげていくことが可能である。



図 2: システム構成

次に、開発したアルゴリズムック・ロボットデザイン手法を実際のロボット製作で検証するために、図 3 の凹凸のある不整地での車輪型ロボットを対象に適用した。

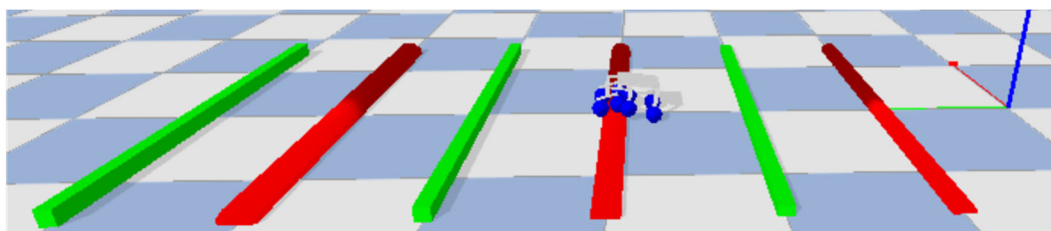


図 3: 凹凸のある不整地の環境

今回の車輪型ロボットは、図 4 のような二分木の構造となっており、それぞれの接続部分の長さなどをパラメータとして与えることができ、また、それぞれの接続部分は自由に動くようになっている。

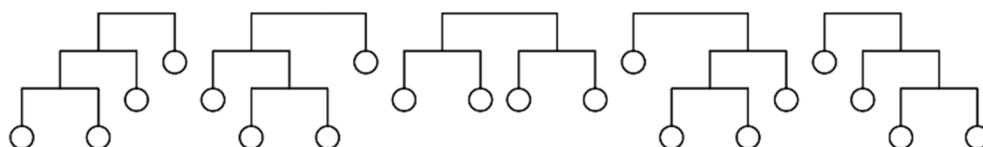


図 4: 車輪型ロボットの構造

このような一定の法則のもとで生成される様々なモデルの中から、今回は、6 つの車輪等の条件を設けて、図 3 のような凹凸のある不整地をどれだけ長くかつ早く走行できるかどうかを評価として与え、遺伝的アルゴリズムによって、最適化していくとともに、大量に評価されたモデルの中から、最も評価が高いものを選択する。その後、パラメトリック・デザインで

事前に定義されているアクチュエータや部品を適用することで、詳細なモデルへと変換を行い、得られた部品を 3D プリンタで製作を行った。これらの過程を表しているものが図 5 であり、実際に走行している様子が図 6 である。このように、最終的な形状に関しては人間が決めることはなく、アルゴリズムによって大量の選択肢の中から最も評価の高いモデルを選択することが出来ている。

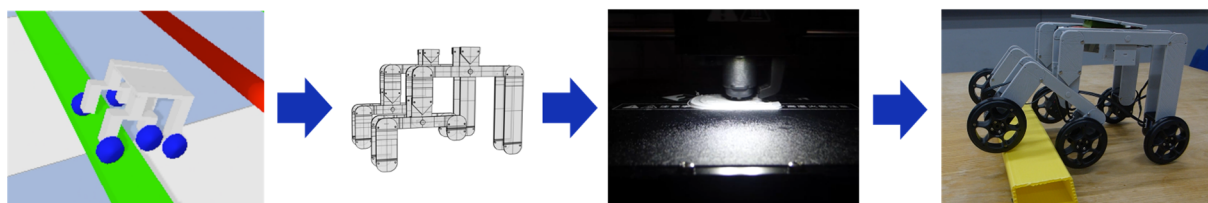


図 5: 車輪型ロボットへの適用

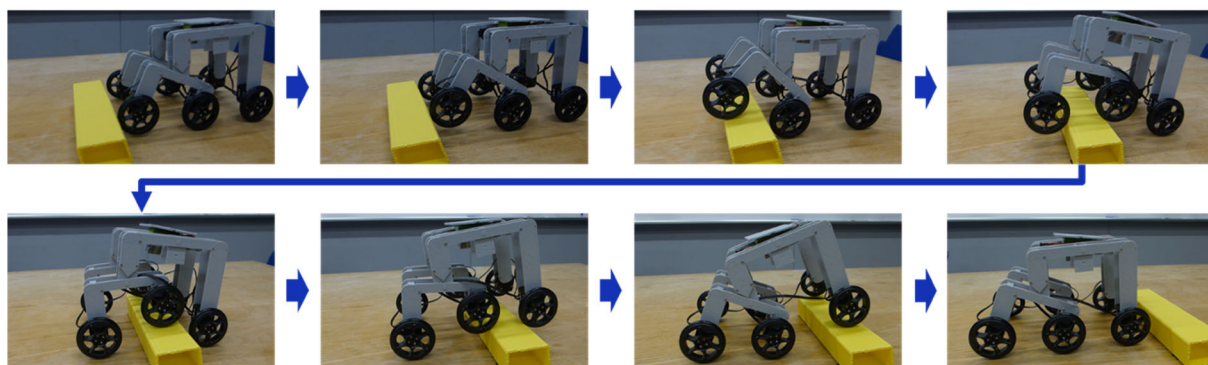


図 6: 車輪型ロボット走行風景

以上のように、車輪型ロボットにアルゴリズムック・ロボットデザイン手法を適用することで、シミュレーションから実機製作までを行い、有用性を検証することが出来た。

一方で、車輪型ロボット以外のロボットについても、アルゴリズムック・ロボットデザイン手法の適用の考察に取り組み、図 7 のように、脚の本数や長さを変化させたモデルの生成を行った。

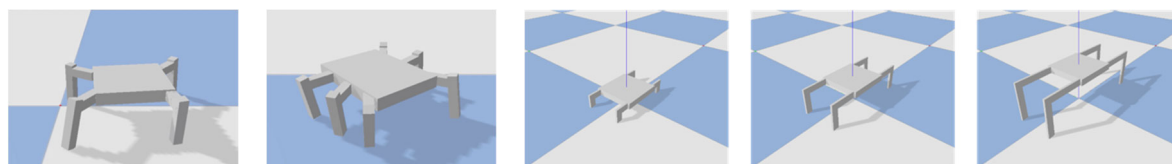


図 7: 脚ロボットのモデル

車輪型ロボットとは異なり、それぞれのモデルに合わせた最適な動作があると考えられることから、強化学習を適用しての比較の取り組み等を行ったが、脚の到達範囲と比例して結果が良くなるなど、なかなか現状のパラメータ設定のモデルでは本手法の適用に適していないことがわかった。

したがって、今回は、脚ロボットのパラメトリック・デザインによる静的なオブジェクトをスキ

ヤンした上で脚ロボット化の製作に取り組んだ。

図 8 のようにパラメータを調整しながら、製作を行い、最終的には図 9 のように完成させることが出来たが、実際に取り付ける際の固定方法や、配線、バッテリー等で、モデルを手で修正する必要があるなど、なかなか全てを自動的に行うにはまだまだ課題が多いことがわかった。

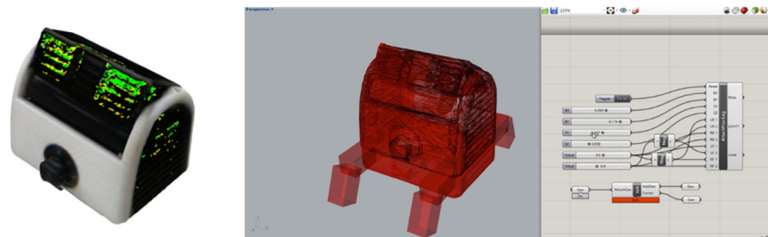


図 8: スキャンしたオブジェクトへのパラメータによる取り付け調整

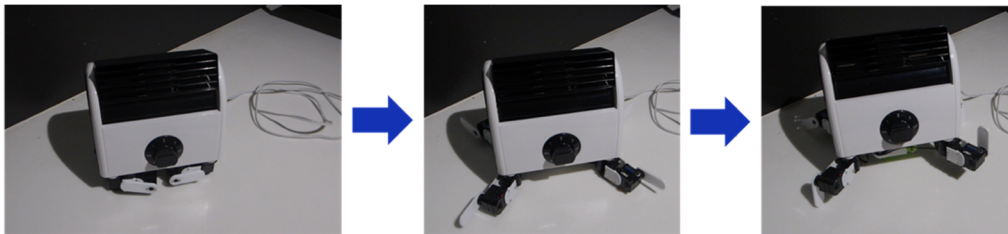


図 9: オブジェクトに取り付けた脚ロボット

以上のように、アルゴリズムック・ロボットデザイン手法を実行するコンポーネント等を開発するとともに、車輪型ロボットへの本手法の適用と、脚ロボットへのパラメトリック・デザインを用いてそれぞれ実機製作を行うことで、課題の考察や有用性の検証を行った。

4. 従来の技術(または機能)との相違

ロボット開発において、強度等の静的なオブジェクトに対しての分析手法は数多くあるものの、ロボットなどの動きのあるものに対して、形状そのものを変化させながら、動きに適した構造等を求めることは難しい。しかしながら、本プロジェクトで開発した手法を用いることで、パラメトリックに様々なモデルを生成するとともにロボットの動作評価に基づく構造の選択を行うことが可能になった。

また、ロボットのシミュレーションを行うために、従来は一つずつシミュレーション用のモデルを製作し、PyBullet や ROS 等で動かすなど、ハードルが高いものであったが、今回、開発したコンポーネントを用いることで、パラメトリックにモデルを変更できるとともに、初心者でもシミュレーション上でロボットを動かしながら、ロボット製作につなげていくことが出来るようになった。

5. 期待される効果

本プロジェクトでは、動きを考慮したロボット設計・製作を可能にした。今回は、車輪型ロボ

ットへの適用となったが、様々な種類のロボットへ応用先を見つけて取り組んでいくことで、人間が行う設計だけでは得られない最適化されたロボットや斬新なものが生まれると期待する。また、初心者でも簡単に設計が出来るようになるなど、ロボット設計・製作の促進に期待する。

6. 普及(または活用)の見通し

本プロジェクトでは、モデルの可視化や操作に Rhinoceros や Grasshopper を用いているため、今回開発したものを元により汎用的に改良を行った上で、今後 Rhinoceros と Grasshopper のコミュニティである「Food4Rhino」等で公開を行うことで、ロボット設計・製作がより身近なものとして活用されてほしい。

7. クリエータ名(所属)

秀島 裕樹(慶應義塾大学 環境情報学部)