

“Interactive Design of 3D-Printable Robotic Creatures”の実装報告

岡部 誠^{1,a)}

概要：筆者は SIGGRAPH Asia 2015 で Megaro らが発表した論文、“Interactive Design of 3D-Printable Robotic Creatures”を実装し追実験を行っている。この論文の目的は、自分の好きな形で、かつ、自分の好きな動きをする歩行型のロボットを自由にデザインしたい、というものだ。提案手法を用いることで、ユーザはロボットの形と動きをデザインできる。結果のロボットは常に3次元コンピュータ・グラフィックスとして画面に表示されており、編集の度にリアルタイムに挙動が変化するため、ユーザはそれを確認しながらデザインを進めることができる。デザインが終了すると、システムは自動的に部品を3次元プリンタで出力し、ユーザはそれらとサーボモータを使ってロボットを組み立てる。

1. ユーザ・インタフェース

論文 [1] のタイトルで検索すると、インターネット上で分かりやすい動画が見られる。ロボットの動きをデザインするためのインタフェースは2種類（動画は16秒～）。1つは、ロボットの足踏みパターンをデザインするもので、これは、ある時点でどの足が地面から浮いていて欲しいかを、タイムライン上のバーで指定するというシンプルなものである。もう1つは、ロボットの進行方向（前進、横進、回転）を指定するスイッチである。

ロボットの形状をデザインするためのインタフェース（動画は1分35秒～）では、ロボットの形状は多関節な骨組みだけで表示される。ユーザは関節を表すボールをマウスでドラッグすることで、ロボットの腕の長さを調節する。また、関節がどの方向に曲がるかも、マウスで簡単に操作できる。この時、ロボットの体は左右対称なので、体の片側のみ編集すれば良い。

2. 動きの最適化

上記でユーザが指定した形状の各関節部分には、サーボモータが1つが割り当てられる。1つのロボットには、合計で数個～十数個のサーボモータが使われるが、これらのサーボモータ全てを上手く制御して、ユーザが指定した動きを実現したい。ところが、ユーザが指定した動きについての情報は、足踏みパターンと進行方向しかなく、これら

を実現するだけであれば、サーボモータの動かし方は無限に存在する。一方で、ロボットは動けば良いというものではなく、例えば、歩行の最中に倒れては困るし、また、動きはなるべくスムーズであって欲しいし、無駄な動きも少ない方が望ましい・・・、と言うような、ロボットに当然期待される制約が他にも複数存在する。ユーザの指定した情報に加えて、これらの制約を考慮した最適化問題を解くことで、最適なサーボモータの動きを計算する。この問題は逐次二次計画法を用いて計算されるが、計算コストが低いため、ユーザは編集をしながら、リアルタイムに最適化されたロボットの動きを確認することができる。

3. 組み立て

コンピュータ上で満足のいくロボットが完成したら、システムが自動的にロボットの組み立てに必要な部品を3次元プリンタから出力する。部品は、関節部分（サーボモータのカバー）と、関節を繋ぐ腕の2種類から成る。組み立ては手作業で行う。論文によれば、部品の出力から組み立てまでの工程は、数時間～数日を要したと報告されている。コンピュータ上のシミュレーションを用いて試行錯誤できることが、ロボットを効率良くデザインするために非常に重要であることを示している。

参考文献

- [1] Megaro, V., Thomaszewski, B., Nitti, M., Hilliges, O., Gross, M., Coros, S.: *Interactive Design of 3D-printable Robotic Creatures*, ACM Trans. Graph., volume 34, number 6, pp. 216:1–216:9 (2015).

¹ 静岡大学 工学部 数理システム工学科
〒432-8561 静岡県浜松市中区城北 3-5-1
^{a)} m.o@acm.org