報告

ロボティクスの新しい潮流とロボットデザインの関係

Relationship between New Trends in Robotics and Robot Design

星野 裕之　HOSHINO Hiroyuki

デジタルハリウッド大学 准教授
Digital Hollywood University, Associate Professor

デザインの中でもロボットを対象としたロボットデザインは未来と過去、フィクションとリアルが入り乱れたユニークなジャンルと言える。ロボットデザイナーは存在するがそれがアニメーション向けのフィクションロボットを指すのか、研究開発実験向けのリアルロボットを指すのかは一見分からない。プロダクトデザインではなくコンセプトデザインでもない、ロボットデザインの創発と製造過程を、新しいロボットの潮流と共に紹介する。

キーワード：ロボットデザイン、プロトタイピング、SF、未来

1. ロボットデザインの特徴

ロボットデザインには、フィクションとリアルが存在する。産業ロボットはリアルに属し、アニメやゲームのロボットはフィクションに属している。さらにサイエンスが存在しリアルとフィクションとの間は一概には切り離せず、テクノロジーの発達や実現性によって領域が変化する。よってフィクションとリアルの配分、また時間軸、実現性を鑑みポジショニングしロボットデザインを行う必要がある。

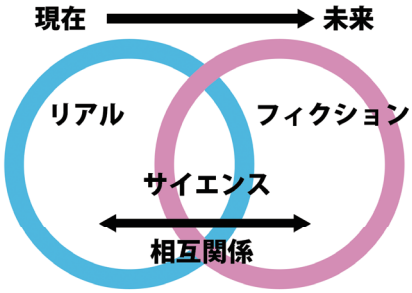


図1：ロボットデザインポジションマップ

2. ロボットデザインのテーマ模索

2.1 近年のロボティクスの潮流

BOSTON DYNAMICS社を代表とした４脚ロボットが多く発表されている。近年の犬型の４脚ロボットの性能向上には目覚ましい物があり、現在ではプラントや建設現場を見回り階段を上り下りし、警備や環境センシングに使用できるほどである。

図2：BOSTON DYNAMICS社「Spot」[1]

また、柔らかい身体を持ち柔らかい制御を行うソフトロボティクス分野が注目されている。人間との物理的距離が今まで以上に近い協働協調ロボットが生活へと入っていく過程で必須と考えられている。柔らかい身体を持ち柔らかい制御を行う。今までの固いロボットには難しかった用途を可能にする新しいロボティクスの分野である。

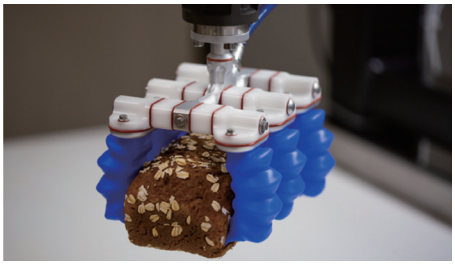


図3：GROUND社「mGrip」[2]

図4：株式会社アールティ「人型協働ロボットFoodly」[3]

４脚歩行ロボット、ソフトロボティクスの２点をロボティクスの新しい潮流とし、ロボットデザイン、プロトタイピングのテーマとする。

2.2 ソフトロボティクスとロボットデザインとの関係

著者は山形大学が主催するコンソーシアム、SOFUMO(Soft Matter Robotics)にブランドデザインで参加をしている過程でソフトロボティクスの大きな可能性を教えられた。柔らかい身体と制御はもちろんだが、時間経過による身体の変化を利用し環境配慮が成された生分解性ロボットや時間経過によって自ら構築が進み完成する4Dロボットなどである。

©2021 Digital Hollywood University

さらにSOFUMOシンポジウムへ登壇した際に、高分子化学、有機材料、ロボット工学、生物学、スポーツ科学の素晴らしい研究者と意見を交わすことができた。山形大学多田隈理一郎先生のSNSで大いに注目された球状歯車機構や、東京工業大学鈴森康一先生のソフトロボティクス研究や、イグノーベル賞を受賞した近畿大学中垣俊之先生の粘菌研究や、筋肉体操で著名な近畿大学谷本道哉先生のバイオメカニクスなど、大いに驚かされ感銘を受ける試みばかりであった。

図5：「第４回ソフトロボット創生シンポジウム」ポスター[4]

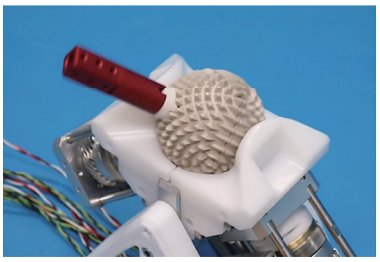


図6：山形大学多田隈研究室「球状歯車機構」[5]

ロボットデザインはソフトロボティクスの台頭を踏まえどのように変化するのだろうか。躯体デザインから見た仮説をいくつか挙げる。

・個体差を許容する
・時間経過による変化を受け入れる
・工学、化学、生物学との境が薄くなる

プロダクトデザインでは不変性や同一性が求められていたが、ソフトロボティクス以後では大きく概念が変わると考える。個体差があり時間経過で変化する生物的なロボットである。もちろん現状では工学、化学、生物学は融和してない、フィクションの世界ではバイオプリンティングによる生物プリントなどが提案されているが、リアルでの生体ロボットの実現にはまだまだ時間がかかると考える。

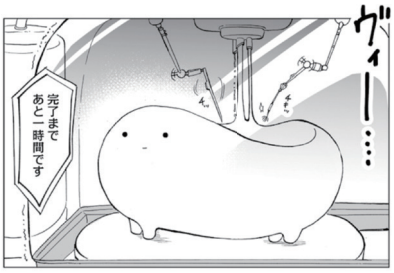


図7：迷子「プリンタニア・ニッポン」[6]

ソフトロボットの台頭がフィクションを刺激し、現実へと様々な提案を行っている。もちろんロボットデザインも今までのプロダクトデザインの系譜から離れ、生体をデザインする新しい領域へと踏み込み始めるのであろう。よってソフトロボットが闊歩する近未来を想定したロボットデザインが次代の潮流と考える。

では現状、「プリンタニア・ニッポン」のようなソフト４脚歩行ロボットの製造は可能だろうか。エネルギー、アクチュエーターなど様々な観点から難しいだろう。例を挙げるとソフトロボットで代表的なエア駆動式アクチュエーターにはコンプレッサーが現状必須で大きく重く、さらにオングリッド電力からは離れられない。物語内で登場するバイオプリンティングも、もちろんフィクションの産物である。よってフィクションを中心としながらソフトロボティクスのデザインエッセンスを備え、将来的に生物的構造へ置き換わるイメージを持った４脚ロボットをプロトタイピングする。

2.3 フィクションでのソフトロボットの特徴と系譜

ロボットの大きな特徴の一つである関節に着目する。フィクションにしてもノンフィクションにしても現在のロボットは概ね回転軸を持ち、外見上関節を露出させている。しかし人体をはじめとする動物は明確な軸中心を持たないスライド軸に近い関節構造であり、また外皮を備えワンスキン構造であることから関節構造を認識できない外見である。

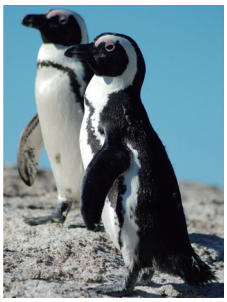


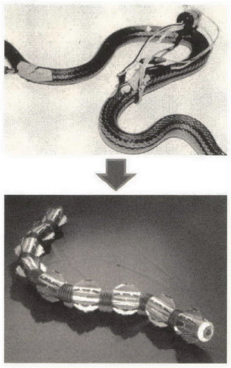
図8：Wikipediaより「ケープペンギン」

またロボットデザインの系譜に着目する。カレル・チャペックが1920年に戯曲で人型ロボットを想起してから産業用ロボットが実現するまでの数十年、フィクションでは様々なロボットが描かれてきた。生物と機械は古典ロボット表現では同一に扱われており、異星人や深海生物などとロボットは概ね同義だったのだろう。その後機械的なモチーフが工学により果たされロボットデザインのテーゼとなっていったと考える。昆虫やタコなどの生物をモチーフとして多用した触手状のロボット表現は姿を消し、異星人など生物への表現へと推移した。

図9：野田昌宏「図説 ロボット- 野田SF コレクション」[7]

今回はソフトロボットの機構的特徴であるワンスキン構造を採用し、過去のロボット表現に数多くありながら現在ではあまり用いられないパイプ状の外皮を持ったロボットデザインをソフトロボティクスの原始として採用する。

また研究開発では、生物を参考にするバイオミメティクス（生物模倣）がしばしば取り入れられるが、特にソフトロボティクスこそバイオミメティクスが大きな役割と影響を果たしている。



1-5　ヘビの運動を解析した結果に基づいて開発されたヘビ型ロボット（東京工業大学・広瀬茂男教授提供）

図10：鈴森 康一「ロボットはなぜ生き物に似てしまうのか」[8]

アクチュエーターを内包しパイプ状の外皮を備えるデザインを検討する。入手性が良く駆動トルクや制御の容易さ、屈曲性から選定したパーツのサイズから甲長300mmほどの中型ヒョウモンガメをモチーフとしている。

図11：Wikipediaより「ヒョウモンガメ」

3. プロトタイピング

3.1 歩行実現性の確認

想定したサイズ、重量バランスでの歩行が可能かプロトタイピングを行う。手早くイメージしたボリュームが実現可能なのかをスタディするために、入手性の良いプラレールを使用しジョイントを3Dプリントし構成した。結果的に足が長い、また重心が高いと歩行が困難であることが分かった。

図12：高重心で歩行困難な1stプロトタイプ

また外皮にするパイプの調達選定、屈曲性能のテストを行った。エアコン向け、オートバイ向け、配管工事向けなど多様なパイプを調達し屈曲性能のテストを行った。結果的に配管工事向けダクトパイプ以外は全て45度を超える屈曲では抵抗が大きく適さないことが分かった。

図13：屈曲性能テスト

以上を踏まえCADにてレイアウト、設計を行い3Dプリント造形へ進みトライ＆エラーが始まる。まず問題となったのは重量である。重いと脚のサーボモーターのトルク許容値を超え歩かないことが分かった。各パーツの強度を保ちながら軽量化への再設計を繰り返し、胴体構造をモジュール化しFDM式3Dプリンターによる製造へ最適化することで歩行可能となった。

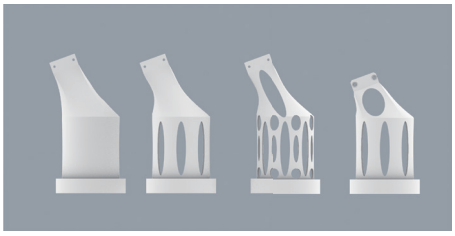


図14：CADによる脚部軽量化設計過程

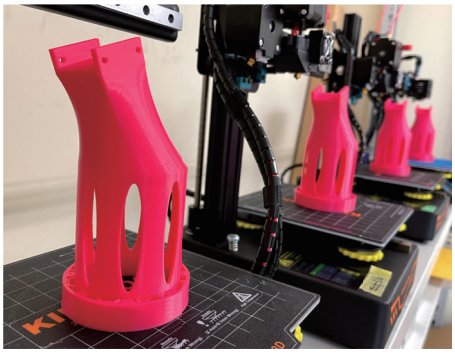


図15：3Dプリンターによる脚部造形

次に問題となったのがサーボモーターの廃熱である。歩行に際して駆動するサーボモーターからは熱が発生するが、パイプ状の外皮があることで熱がこもり熱許容値を超え停止を繰り返した。これは胴体部へ空冷用ファンを設置し解消した。パイプ状の外皮が適切なエアフローを作り、どのような脚形状でもエアフローを妨げないことが分かった。

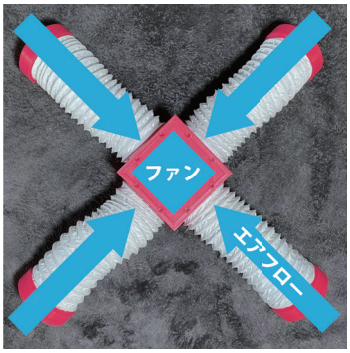


図16：サーボモーターの廃熱

これらの課題を改善し停止することなく歩行動作を行えるようになったが、歩行移動はできなかった。観察をすると床と足先の摩擦によって想定した足さばきができていない。形状を変更し、弾性素材などを試し、最終的には形状を変更した足先を制作し解消した。さらに歩行モーションによる影響が大きいことから、生体模倣を行いあらためてカメを参考にしたモーションを制作しテストを繰り返した。

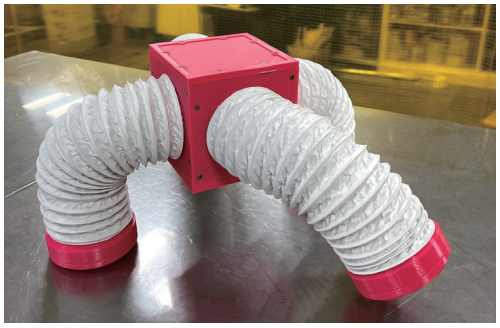


図17：4脚歩行ロボットの歩行モーションテスト

4. 総括

フィクションまたはリアルから、ソフトロボットの外観を引用した4脚歩行ロボットのロボットデザインとプロトタイピングが完成した。ソフトロボティクスの文脈を活用することで機構構造の新規性は薄いが、新たなロボットデザインのスタイリングを手に入れることに成功したと考える。今後もフィクション、リアル、サイエンスのそれぞれの観点からロボティクスの発展と拡大解釈がなされ、ロボットデザインも共に歩みを進めることになるだろう。

参考文献

[1] Boston Dynamics: "Spot" https://www.bostondynamics.com/spot (参照2021年7月31日).
[2] GROUND株式会社 "mGrip" https://groundinc.co.jp/solution/mgrip/ (参照2021年7月31日).
[3] 株式会社アールティ: "人型協働ロボットFoodly" https://rt-net.jp/service/foodly/ (参照2021年7月31日).
[4] 第4回ソフトロボット創世シンポジウム（OPERA-新学術　3領域　融合シンポジウム）https://peatix.com/event/1819987(参照2021年7月31日).
[5] 山形大学多田隈研究室「球状歯車機構」 http://tadakuma.yz.yamagata-u.ac.jp/index.html(参照2021年7月31日).
[6] 迷子:『プリンタニア・ニッポン』Webメディア・マトグロッソ株式会社イースト・プレス（2019年）, 第1話1頁.
[7] 野田昌宏:『図説 ロボット-野田SFコレクション』河出書房新社（2000年）, 表紙.
[8] 鈴森康一:『ロボットはなぜ生き物に似てしまうのか』講談社（2012年）, 18頁.