

風呂を掃除するタコ型ロボットとシミュレータの開発 ー日常にロボットが溶けこむ社会を目指してー

1 背景

現在、自律化した機械システムの身近な環境への普及が進んでいる。既に高速道路などの一定条件下では自動運転の車が公道を走っており、家庭環境に目を向ければ、PFNの全自動お片付けロボット、iRobot社のRoombaやBraavaなど、掃除ロボットの開発も著しい。

これらの、社会における機械システム普及の原動力の一端はコビキタスコンピューティングの概念にあると私は考えており、本プロジェクトは、偏在するコンピュータに身体が伴った時ありとあらゆる環境にロボットが存在し活動する社会が到来する、との構想の下、ユースケースの1つとして浴室環境で活動するソフトロボットを開発するものである。

経済産業省産業機械課による「ロボットと共存する安全安心な社会システムの構築に向けて」と題した報告書では、生活支援ロボットの実用化の課題として対人安全の技術や基準が確立されておらず、このまま市場に委ねているだけでは、本質的な普及が望めないことが指摘されている。

この解決の一案として、本質安全の観点から、ロボットの身体構成を柔らかい材料で製作し、かつ軽量にすることを私は考えた。しかしソフトロボットの従来研究において、床や壁面も歩行可能な移動性能と、物体把持などの機能性を両立した例はない。なぜ多くのソフトロボットにおいて移動性能の欠如や機能性不足が生じるかといえば、そのような多機能なソフトロボットのハードウェア設計および開発がそもそも難しいこと、加えて、仮に開発したとしても非線形な圧縮性流体の制御をどう実現するのかといったソフトウェア面での未解決な問題が散見されるからである。

2 目的

このような現状に対して、幅広い移動性能を持ち、かつ物体把持などの機能性を持つソフトロボットのハードウェア設計の指針を示すこと、そのハードウェアを環境で動作させるためのソフトウェア開発の指針を打ち出すことが必要である。

本プロジェクトでは、柔軟な体構造を持ち吸盤によって壁に張り付き足を巻き付けて物体を把持するタコを模倣して、吸着性能を持つ多自由度ソフトアクチュエータを冗長に備えたタコ型ソフトロボットを設計、開発する。また、ソフトロボットを制御するうえで強化学習を用いることが将来的に有効であろうとの認識のもと、その足掛かりとなる基本的な歩行パターンの動作計画およびその組み込み制御を実現させることを目的とした。

本プロジェクト期間中では、身近な課題解決として風呂掃除に焦点をあてて開発を試みた。浴室で掃除を行うタコ型ロボットのイメージを図1に示す。浴室乾燥機能のない浴室において風呂掃除をさぼると床や壁に付着した水分が蒸発し水垢が残るため、日常的に取り組む必要があるが、風呂掃除は時間もかかり大変である。多

くの人々が家事労働の中で最も大変だと感じているのが風呂掃除であり，その自動化家電に需要があることが分かっている．



図 1: 浴室で掃除を行うタコ型ロボットのイメージ

そこで，浴室環境の掃除の自動化を目的として開発されるタコ型ロボット OCTO (Original Cleaning Tender Octopus-type robot) は，以下の 3 つの要件を備えている．

1. 人に安全であること
2. 壁や天井に対する吸着性能を持つこと
3. 物体を把持して，拭き掃除などが可能であること

これらの要件を満たして開発された OCTO は，水分が付着した場所へ移動し，スポンジの把持とアクチュエータの湾曲を組み合わせ，床や浴槽壁面の拭き掃除を行うことが可能である．

開発したプロトタイプが実際に浴室掃除を行う様子を見せることで，将来，日常的にロボットが生活空間に存在するイメージを，広く大衆に持ってもらうことも重要な目的である．

3 開発の内容

3 つの空気室を持ち，曲げ 2 自由度・伸縮 1 自由度の根元アクチュエータ (図 2) ，1 つの空気室を持ち，曲げ 1 自由度の先端アクチュエータ (図 3) ，先端に付着した 16 個の吸盤を製作するゴム成形のための型を CAD で設計し，3D プリンタで印刷した．

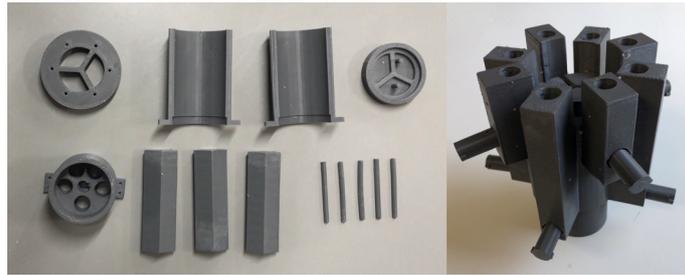


図 2: 根元アクチュエータ成形の型



図 3: 先端アクチュエータ成形の型

根元アクチュエータは Ecoflex 0030 (Smooth-On,Inc) , 先端アクチュエータは Dragon Skin 30 (Smooth-On,Inc) , 吸盤は Dragon Skin Fx Pro (Smooth-On,Inc) で製作し, これらを一体化することで吸着機能を持つ多自由度ソフトアクチュエータ (タコ足アクチュエータ) を開発した. タコ足アクチュエータを冗長に持つのが タコ型ロボットである (図 4) .



図 4: 開発したタコ型ソフトロボット

タコ型ソフトロボットは, 外部に設けた空気圧システム (図 5) より圧縮空気を供給することで動作し, 真空ポンプで空気を吸い込み吸盤と壁面間の空間を減圧す

ることで壁に吸着する。空気圧システムは AVR マイコンに書き込まれたプログラムによって制御される。

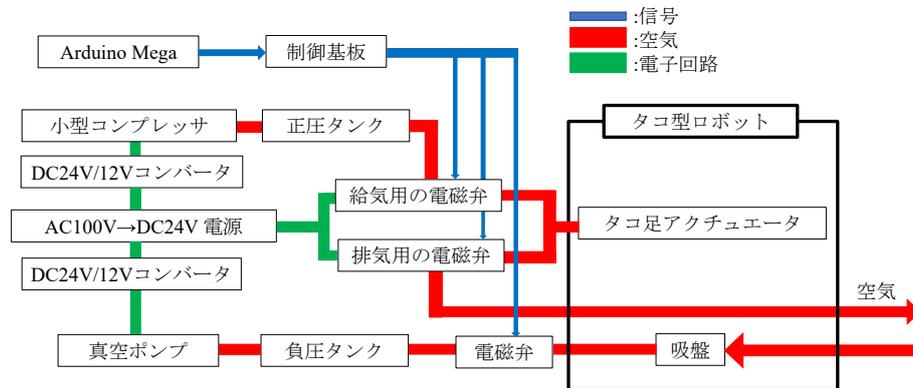


図 5: 空気圧システムの概略図

タコ型ソフトロボットは床を歩き、その場で旋回し、任意の場所へ移動する。実際にスポンジを把持して床（図 6）や、浴槽の壁面（図 7）を拭き掃除することが可能である。

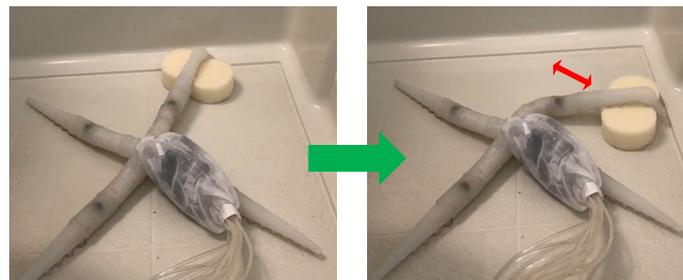


図 6: スポンジで床を拭き掃除する様子

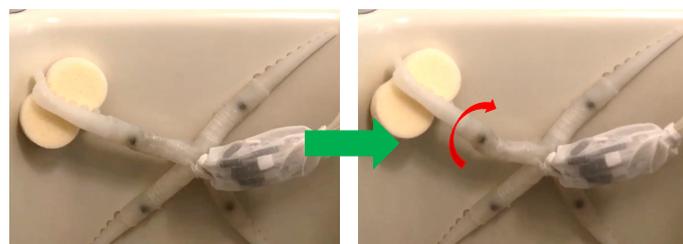


図 7: スポンジで浴槽の壁面を拭き掃除する様子

4 従来の技術との相違

吸着性能を備えた曲げ 1 自由度アクチュエータで構成される壁面歩行可能なヤモリ型ソフトロボットの研究があるが、壁に吸着した状態で物体を把持したり、運搬

したり、作業をすることは出来ない。構造も材料特性も異なる2種類のアクチュエータが接続されたタコ足アクチュエータを考案することで、吸着機能と、歩行性能と、物体把持を両立させた。

5 期待される効果

浴室掃除をロボットに代行してもらうことで家事労働に費やしていた時間が他の有意義な時間へと変化し、ユーザのより快適な暮らしを実現する。

安全で事故も起こりにくいいため、ユーザは安心してロボットの導入を検討できる。

浴室の拭き掃除など家庭内で使用される日常ロボットとしての側面に加え、電子回路・基盤・モータなどを搭載せず全身をゴム材料で構成されたソフトロボットは、水中・極低温・原子炉といった電磁環境など、様々な環境に対して適応し、活動可能である。

また、建造物の窓面の拭き掃除や、工場内における物資の運搬など、が可能な安全ロボットとしての応用が考えられる。

6 普及の見通し

将来的に、水分のふき取りだけでなく洗剤をつけて掃除を行うソフトロボットが開発されることで、実用化への展開を期待したい。

また、基本的な構造や制御システムは同様にして小型化されることで、人体の内部で治療や検査を行うロボットといった医療への応用が期待できる。

また、原子炉のような通常のロボットが誤作動を起こす環境でも動作することから、点検や物資の運搬を人や既存のロボットに代わって遂行することを期待する。

これらの実用的な応用の他に、当初からタコ型ロボットそのものが欲しい、かわいいの声を多く戴いていたので日常お役立ちロボットとしてペットのような立ち位置を狙うのも、面白い。

本プロジェクトが提案する、当たり前のようにロボットと人が共存する社会 Vision にも合致している。

7 クリエータ名（所属）

- 原田 慧（東京農工大学 工学部 機械システム工学科）