

触れると体表面の柔らかさが変化するセラピーロボットの開発

○安田 元樹 (筑波大学 大学院 システム情報工学研究科),

田中 文英 (筑波大学 システム情報系 知能機能工学域)

Development of a Therapy Robot that Changes the Softness of its Body Surface According to User's Touch

○Motoki YASUDA (Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba),
and Fumihide TANAKA (Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba)

Abstract: Previous studies tried to investigate what elements enhanced the therapy effect of robots. However, whether the therapy effect is improved by changing the viscoelasticity on the body surface of the robot according to the user's touch has not been investigated. This research aims to develop a therapy robot that changes the softness of the body surface when being touched.

1. はじめに

セラピーロボットとは、動物と触れ合うことによってストレス軽減効果などをもたらすアニマルセラピーから着想を得たセラピー療法のことである。ロボットセラピーは、アニマルセラピーに比べると生きた動物を扱わないため、導入が容易であることがメリットとして挙げられる。先行研究では、動物型ロボットと触れ合うことでストレス軽減効果があることが明らかになっている¹。これまでのセラピーロボットは、開発者が動物に近づけるようにデザインされるのみであった。しかし最近では、セラピー効果をもたらす要素が何であるかが詳しく調べられている。林らは、見た目は同じであるが、片方はクッションのようにやわらかいロボット、もう片方はプラスチックでできた硬いロボットの2つを比較することで、セラピー効果を高めるためにはやわらかい触感が重要であると報告している²。

しかし、ロボットの体表面における粘弾性が、ユーザ接触に応じて変化することでセラピー効果が向上するかどうかはまだ調べられていない。既存研究によって、やわらかいものに触れることで、ストレス軽減効果があるオキシトシンが分泌されることが明らかになっている³。このことから、やわらかいものに触れ合うこと自体にストレス軽減効果があるが、一度、触れ合うことに飽きてしまうとその後のセラピー効果が期待できない。触れ合うモチベーションを向上させるための手法の1つとして、触れると体表面の柔らかさが変化するロボットが考えられる。単一の柔らかさを持つロボットでは、いずれは触り心地に飽きてしまうが、触れると柔らかさが変化するロボットでは、触ったことに対するリアクションが得られることで飽きにくくなると考えられる。また、様々な柔らかさに変化することによって、それぞれのユーザーの好みにあった柔

らかさに変化させることも可能である。

そこで本研究は、触れると体表面の柔らかさが変化するセラピーロボットを開発することを目的とし、約36℃を超えると可逆的に粘弾性が高まる温度応答性ゲルを用いることで柔らかさの変化を実現する。加熱と冷却の両方が行えるペルチェ素子と温度センサを用いることでゲルの温度調整を行い、圧力センサによってロボットへの接触動作を検知することで、触れると柔らかさが変化する機能を実現する。

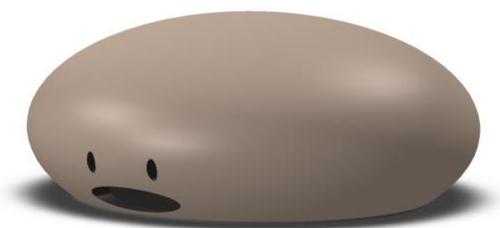


Fig 1 ロボットの外観のイメージ図

2. ロボット概要

この章では、作成予定のセラピーロボットについて論じる。ロボットの外観のイメージ図を Fig 1 に示す。本研究で作成するロボットは、既存の動物の形に似せず、シンプルな丸いクッションのような形状で、シンプルな造形による顔を持ち、背中部分をクッションを押し込むように触れ合うインタラクションを想定してデザインした。クッション部分の直径は20cm程度である。ロボットの体表面は全てシリコンゴムで覆われていて、温度応答性ゲルによって柔らかさが変化する部分はロボットの背中部分のみである。

2.1 ロボットの構成

ロボットの内部構成のイメージ図を Fig 2 に示す。シリコンゴム製の外部シェルと、プラスチック製の内部シェルによって囲まれた空間に温度応答性ゲルを配置する。ゲル部の厚さは2cm程度である。この時、ユーザは外部シェルのシリコンゴムを介して温度応答性ゲルに触れるため、外部シェルのシリコンゴムは、厚さを1mm程度に薄くし、十分な伸縮性のあるものを用いることで温度応答性ゲルの柔らかさを損なわないものとして、Smooth-On社のDRAGON SKIN 10を用いる。

次に、内部シェルに配置したペルチェ素子を用いることで温度応答性ゲルの温度調整を行い、温度応答性ゲルの柔らかさを変化させる。ペルチェ素子とは電流を流すことによって素子の両面に温度差が生じ、熱移動を発生させるものである。電流の向きを変えることで素子両面の熱移動の向きが変わるため、加熱と冷却の両方を行うことが可能である。外部シェルの内側に温度センサを配置することでゲルの温度を制御する。また、このペルチェ素子で冷却を行う際は、ペルチェ素子の放熱を行う必要があるため、内部シェルの内側にアルミニウム製のヒートシンクとDCファンを配置した。空気の流れは、ロボットの尻尾側から吸気し、まるでロボットが呼吸しているかのようにロボット頭部の口から排気を行う。外部シェルを押し込んだ際に起こるゲルの圧力の変化を内部シェル表面に配置した圧力センサによって検知することで、ユーザの接触動作を検知する。

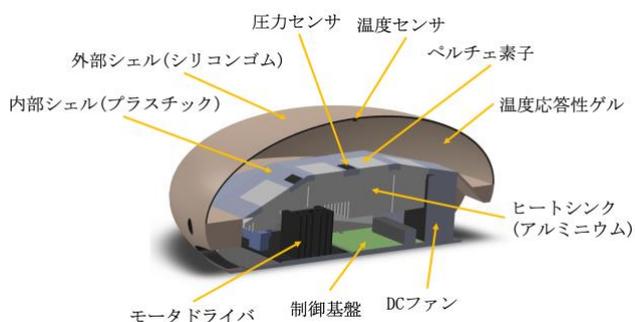


Fig 2 ロボットの構成部品のイメージ図

2.2 温度応答性ゲル

温度応答性ゲルとは、N-イソプロピルアクリルアミドを主原料とした高分子のことである。一定の温度(約30°C)以下の非活性化状態では親水性を示し、ゲルが水を多く含むことによって、ゲルの粘弾性は低くなり、加熱すると活性化状態となり親水性が低下し、ゲルの含水率が低下することで粘弾性が高くなる。先行研究では、状態変化が起こる温度やゲルの粘弾性を調節す

ることで、タッチディスプレイの触覚提示や関節の保護のためのサポーターとして応用されたものが提案されている^{4,5}。Geltouch⁴に用いられた温度応答性ゲルは約32°C以上で透明から白色になって粘弾性が高まり、非活性化状態と活性化状態とで硬さが25倍異なると記述されており、Skin Morph⁵では、約36°C以上で透明から白色になって粘弾性が高まり、非活性化状態と活性化状態とで硬さが10倍異なると記述されている。

これらの先行研究で用いられた温度応答性ゲルは、N-イソプロピルアクリルアミド(NIPAM)、アクリルアミド(Acryl)、N,N-メチレンビスアクリルアミド(MBA)、ペルオキシフタ硫酸アンモニウム(APS)、テトラメチルエチレンジアミン(TEMED)の合計5種類の原料を混ぜ合わせることで作成されており、この原料の配分を調節することで両状態におけるゲルの粘弾性や、状態変化が起こる温度が変化することが報告されている。Skin Morphの粘弾性が変化する温度が約36°CとGeltouchに比べて高くなっているのは、アクリルアミドの働きによるものである。また先行研究では、実際に使用されたものも含めて10種類の温度応答性ゲルの化学組成が公開されている⁵。Geltouchに用いられた温度応答性ゲルの化学組成は、NIPAMが2g、Acrylが0g、MBAが2mg、APSが0.05g、TEMEDが150 μ Lとなっている。Skin Morphに用いられた温度応答性ゲルの化学組成は、NIPAMが1.88g、Acrylが0.12g、MBAが6mg、APSが0.5g、TEMEDが150 μ Lとなっている。ゲルの作成手順は、先程述べた原料を順に純水に溶かし、4°C以下に冷蔵してゲルの重合反応が完了するまで待つ。

我々は、先行研究にて公開された化学組成と作成手順を参考にしながら、温度応答性ゲルを実際に試作し、温度による状態変化の様子を見ながら、本研究で用いる温度応答性ゲルとして最適なものを調査した。先行研究の記述通り、MBAの割合が大きくなると、出来上がるゲルは硬くなることや、Acrylの割合が大きくなると、ゲルの状態変化が起こる温度が高くなることが確認された。本研究では、常に人の手に触れられるセラピーロボットを想定しているため、手の暖かさによるゲルの状態変化の影響を避けるために、ゲルの粘弾性が変化する温度は36°Cとした。ロボットに用いるゲルが柔らかすぎると、ロボットの上部から押し込むように触れた際に、手が内部シェルまで押し込まれてしまい、内部シェルの硬さを感じてしまうと考えられる。そのため、ゲルの硬さは、ロボット上部から押し込むように触れた際に、手が内部シェルに触れない程度の柔らかさとなるように、ゲル部分の厚さも考慮しながら調整する。

3. まとめ

本稿では、セラピーロボットにおける、触れると体表面の柔らかさが変化するセラピーロボットを開発することを目的とし、作成するセラピーロボットの提案を行った。今後の展望として、今回提案したロボットを実際に試作し、柔らかさが変化しないロボットと比べることで、柔らかさが変化することによって生じるセラピー効果の検証を行う予定である。

4. 謝辞

本研究は、科研費・基盤研究(A)「高齢者の社会的孤立を抑制する物理エージェントの研究(課題番号19H01112)」の支援を受けて行われた。

5. 参考文献

- [1] Wada, Kazuyoshi, et al. : Effects of robot-assisted activity for elderly people and nurses at a day service center, Proceedings of the IEEE, 92, 11, 1780-1788 (2004)
- [2] 林里奈, 加藤昇平 : ロボット・セラピーにおける柔らかい触感の重要性, 日本感性工学会論文誌, 18, 1, 23-29 (2019)
- [3] 山口創 : 身体接触によるこころの癒し, 全日本鍼灸学会雑誌, 64, 3, 132-140 (2014)
- [4] MIRUCHNA, Viktor, et al. : Geltouch: Localized tactile feedback through thin, programmable gel, Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology, 3-10 (2015)
- [5] Kao, Hsin-Liu Cindy, et al. : Skinmorph: texture-tunable on-skin interface through thin, programmable gel, Proceedings of the 2018 ACM International Symposium on Wearable Computers, 196-203 (2018)