

衣服を介した視覚・触覚提示可能な腹部装着型ウェアラブルロボットの提案

山本 匠* 吉村 凜* 杉浦裕太*

概要. ウェアラブルロボットは人間の身体に装着するようにデザインされたロボットであり、その身体性を活かした様々な提案例がある。本研究では、衣服を用いて視覚・触覚提示可能な腹部装着型ウェアラブルロボットを提案する。ユーザはこのロボットを装着し上から衣服を着用すると、ロボットに搭載されたLEDディスプレイを用いて衣服上にLED光を透過させ、ロボットの動作と合わせて着用者・非着用者に視覚提示することができる。また、ロボットの動作によってユーザの衣服が引っ張られ、着用者に触覚フィードバックを付与する。本稿では、作成したプロトタイプとアプリケーション例について述べる。

1 はじめに

人間の身体に装着して使用されるウェアラブルロボットは、その身体性を活かした様々な用途での利用が提案されている。例えば、実世界での作業支援 [8]、皮膚表面への触覚フィードバック [7]、着用者の感情の拡張 [4]、非着用者とのコミュニケーション [5] などの目的での利用が提案されている。装着箇所に関しては、肩 [5]、手 [3]、腕 [8]、背中 [6] など様々な箇所に装着されるロボットが提案されている。しかし、これらのウェアラブルロボットとユーザが着用する衣服を組み合わせたインタラクションは提案されていなかった。

本研究では、腹部装着型ウェアラブルロボットを用いた衣服を介した視覚・触覚提示手法を提案する。提案するロボットと、その着用方法を図1に示す。ユーザはロボットを腹部に装着し（図1(a)）、その上から衣服を着用する（図1(b)）。ロボットにはLEDディスプレイが搭載されており（図1(c)）、物理的なロボットの動きとLEDディスプレイから衣服への透過光によって視覚提示を行う。また、ロボットの動きにより衣服を引っ張ることで、着用者に触覚提示を与えることもできる。本稿では、作成したプロトタイプとこのロボットデザインを用いたアプリケーション例について述べる。

2 デザイン

本研究では、衣服を介して視覚・触覚提示可能な腹部装着型ウェアラブルロボットを提案する。このロボットのデザインは漫画、アニメ、映画、ドラマシリーズである「ど根性ガエル」[9]に登場するキャラクター「ピョン吉」から着想を得ている。ピョン吉は服にプリントされたキャラクターだが、装着者・



図 1. 提案する腹部装着型ウェアラブルロボットとその装着方法

非装着者と会話したり、服を引っ張って非着用者を振り回したりする。また、人間と同じように他者とともに成長し、着用者の相棒のような存在になっている。

このデザインの利点として、ロボットを動作・LEDを点灯させる時以外はロボットの身体を衣服を用いて隠すことができ、周囲から目立たない。また衣服を変更することでロボット全体の印象も変更することも可能である。

3 プロトタイプ

本研究ではプロトタイプの実装を行った。腹部に装着するロボットとして、既存の2足歩行ロボット(KHR-3HV22 Ver.3, 近藤科学)を使用した。このロボットは22個のサーボモータが搭載されている。ユーザはこのロボットを頭が下向きになるように着用する。ロボットの足裏にはLEDマトリクス(Fusing Kitronik ZIP Tile, Kitronik)が付けられており、衣服をLED光が透過することで視覚提示が可能である。ロボットはKHR-3HV22を制御するためのマイクロコントローラであるRCB-4HV, LEDマトリクスはMicrobitに接続される。それぞれがPCとシリアル通信することで、PCからLEDマトリクスとロボットを制御することが可能である。

以下で示すロボットの動作は Heart To Heart 4

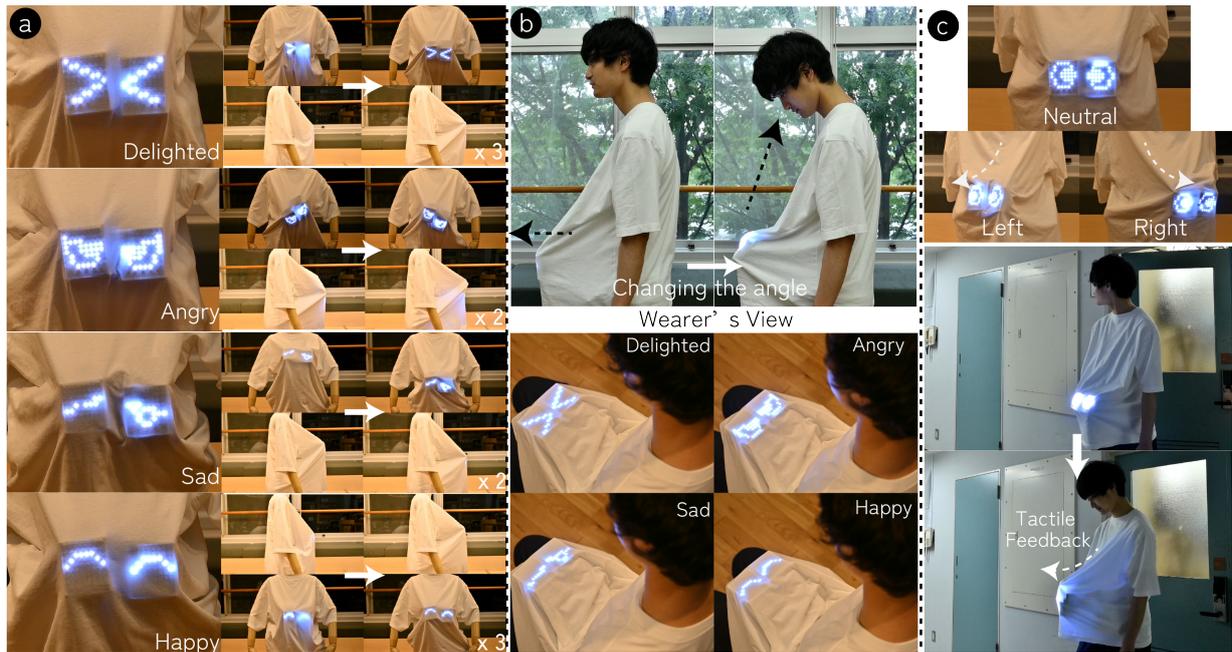


図 2. アプリケーション: (a) 着用者の感情拡張 (b) ロボットから着用者への感情表現 (c) ナビゲーション

(HTH4) を用いてデザインされた。HTH4はKHR-3HV22などのロボットをコーディングなしで直感的に制御するためのソフトウェアであり、教示機能を使ってモーションデータを作成することができる。

4 アプリケーション

着用者の感情拡張: 図 2 (a) に示す通り、喜怒哀楽に対応するロボットの動きと LED ディスプレイのパターンをデザインした。ロボットを着用することで、着用者の感情を拡張させることができ、円滑なコミュニケーションを促進することができる。

ロボットから着用者への感情表現: 図 2 (b) に示すように、足の角度を変更することで LED ディスプレイの角度を変更することができ、非着用者だけではなく着用者に対して感情表現を行うことができる。これにより、着用者はロボット自身とコミュニケーションを取ることができる。

ナビゲーション: ロボットは足の角度を水平方向にも変更することができる。図 2 (c) に示すように着用者に対して左右の方向を提示し、道案内などのナビゲーションを行うことができる。

5 議論・制約・今後の課題

本研究では、ロボットとしてKHR-3HV22を使用した。このロボットのサイズは401.05 mm × 194.4 mm × 129 mm と大きく着用すると服が膨らんでしまうように見える。さらに重量も約 1800g と重く、これによって着用者が日常生活の中で動きにくくなる。今後は、日常生活で使用しているときに目

立たないように、[1] のような折りたたみ可能な機構を有する軽量な専用のロボットを実装する。

ロボットを装着する部位として腹部を選択した。衣服を介した視覚・触覚提示が可能なロボットは、腹部だけではなく、腕などにも応用可能であると考えられる。今後は異なる身体部位に応じてロボットを実装することを検討する。

本研究では LED マトリックスを用いて衣服に光を透過させることで視覚提示を行う。[2] で調査されているように、LED を通す布の材質には限りがあり、利用可能な衣服には制約がある。また、衣服を動かすすぎると衣服の生地が伸びてしまう可能性もある。

本研究では、ユーザからのフィードバックや、感情表現や方向誘導を評価するユーザスタディは未実施である。今後は装着したユーザからのフィードバックの収集に加え、感情表現や方向誘導が可能な実験を通じて評価していく。

6 結論

本研究では、腹部装着型ウェアラブルロボットによる衣服を介した視覚・触覚提示手法を提案した。実際に既存の二足歩行ロボットと LED マトリックスを用いたプロトタイプと、実現可能なアプリケーションについて示した。今後はプロトタイプの改良と、ユーザ実験による評価を行う。

謝辞

本研究の一部は、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2123 の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] Z. Ding, S. Yoshida, T. Torii, and H. Xie. XLimb: Wearable Robot Arm with Storable and Extendable Mechanisms. In *12th Augmented Human International Conference, AH2021*, New York, NY, USA, 2021. Association for Computing Machinery.
- [2] A. A. R. Irudayaraj, R. Agarwal, N. Joshi, A. Gupta, O. Abari, and D. Vogel. PocketView: Through-Fabric Information Displays. In *The 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '21*, p. 511–523, New York, NY, USA, 2021. Association for Computing Machinery.
- [3] M. Ogata, Y. Sugiura, H. Osawa, and M. Imai. Pygmy: A ring-shaped robotic device for storytelling. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 9(12):4619–4629, 2013.
- [4] Y. Suyama and T. Baba. Extail: A Kinetic Inconspicuous Wearable Hair Extension Device. In *Adjunct Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '22 Adjunct*, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery.
- [5] Y. Tsumaki, Y. Fujita, A. Kasai, C. Sato, D. Nenchev, and M. Uchiyama. Telecommunicator: a novel robot system for human communications. In *Proceedings. 11th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 35–40, 2002.
- [6] N. Yamamura, D. Uriu, M. Muramatsu, Y. Kamiyama, Z. Kashino, S. Sakamoto, N. Tanaka, T. Tanigawa, A. Onishi, S. Yoshida, S. Yamanaka, and M. Inami. Social Digital Cyborgs: The Collaborative Design Process of JIZAI ARMS. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '23*, New York, NY, USA, 2023. Association for Computing Machinery.
- [7] H. Yamazoe and T. Yonezawa. A Tactile Expression Mechanism Using Pneumatic Actuator Array for Notification from Wearable Robots. In V. G. Duffy ed., *Digital Human Modeling. Applications in Health, Safety, Ergonomics, and Risk Management: Ergonomics and Design*, pp. 466–475, Cham, 2017. Springer International Publishing.
- [8] S. Yoshida, T. Sasaki, Z. Kashino, and M. Inami. TOMURA: A Mountable Hand-Shaped Interface for Versatile Interactions. In *Proceedings of the Augmented Humans International Conference 2023, AHs '23*, p. 243–254, New York, NY, USA, 2023. Association for Computing Machinery.
- [9] Y. Yoshizawa. *The Gutsy Frog*. Syueisya, 1970–1976.

未来ビジョン

本研究は、ロボットを腹部に装着した後に、上から衣服を装着し、LED マトリックスとロボットの動作を用いて衣服を介した視覚・触覚提示を行う。本研究では先述の通り「ど根性ガエル」[9]に登場するキャラクター「ピョン吉」から着想を得ている。ピョン吉は服上で生き続けるキャラクターだが、装着者と共に行動し、着用者や非装着者とコミュニケーションを取り、時には服を引っ張って非着用者を振り回したりするなど、着用者の相棒のような存在になっている。ユーザにとって親しみのある衣服を介して情報提示を行うことで、ピョン吉のように着用者が着用するロボットに対して愛着を持つことが可能であると考えている。

また、このデザインの利点として、ロボットを動作・LED を点灯させる時以外はロボットの身体を衣服を用いて隠すことができ、周囲

から目立たない。多くの既存のウェアブルロボットでは、ロボットの駆動部のモータ・筐体が見える状態であり、しばしば我々の生活空間に存在しているとユーザに異質感を与え、日常に溶け込むデザインとなっていない。本研究で製作したプロトタイプでは、ロボットの筐体が大きく服が膨らんでしまい非着用者から見ると目立ってしまう。また重量も重く装着したユーザに対する負荷も大きい。しかし将来的に小型化・軽量化されることで、ユーザの身体に装着される際に周囲から目立たなくなり、装着者も自然に装着できるようになる。それにより必要とされていない際には周囲から目立たないようにし、情報提示が必要な際には存在感を有した提示を行うことができる。ロボットとしての存在感を感じさせながらも、生活空間に溶け込む、いわばアンビエントな性質を兼ね備えたウェアブルロボットを実現することを目指している。