

ユーザの接触に合わせて抱き返す抱擁ロボットの開発

大西裕也^{†1} 住岡英信^{†1} 塩見昌裕^{†1}

概要: 人同士の抱擁は、身体的・精神的健康に様々な有益な効果があることから、人と抱擁できるロボットが多く提案されてきた。しかし、ほとんどのロボットはユーザに抱き返すことに着目していたため、可能な動作は腕を開閉することのみであった。筆者は先行研究で、抱擁中に人の頭部や背中を撫でたり叩いたりできるロボットを開発したが、抱擁の開始や終了は遠隔操作によって動作していた。本研究では、このロボットにユーザの接触に合わせて自動的にロボットが抱擁を開始・終了する機能を追加した。本稿ではその概要について説明する。

1. はじめに

人同士の抱擁は、身体的・精神的健康に様々な有益な効果があることが明らかになっている。抱擁を受けた人々は血圧の低下[1]や、心拍数の軽減[2]、炎症誘発性サイトカインの抑制[3]、免疫力の改善[4]といった効果が報告されている。さらに、背中に触れられる行為が、信頼関係や社会的関係性を構築することに関連があるオキシトシンの放出に影響があることも知られている[5]。しかし、抱擁は両者が親密な関係であるときに行われることが一般的である。また、近年のコロナ禍の影響で人同士がなかなか会うことができないという事例もあった。ロボットとの抱擁で同様の効果が得られるのであれば、人同士の抱擁ができないユーザにとっても有益であると考えられる。

これまでにユーザと抱擁するロボットが多く提案されてきた。ぬいぐるみの Huggable[6]や、子供を模した抱き枕の Hugvie[7]は、ユーザにとって抱きやすい小柄な大きさで設計されている。一方で、大きさの制約によりこれらのデバイスは人に抱き返すことができない。抱き返しを可能とするロボットとして、Hugbot[8]や Moffuly[9]といった着ぐるみサイズのぬいぐるみ型ロボットや、Huggiebot 2.0[10]といった人型ロボットがある。しかし、これまで提案されてきたロボットは主にユーザに抱き返すことに着目していたため、可能な動作は腕を開閉することのみであった。

筆者の先行研究[11]では、ユーザと抱擁を行いながら頭や背中に対して軽く叩く、撫でることができるロボット Moffuly2.0 を開発した。このロボットは、遠隔操作によって動作しており、適切なタイミングで抱擁することが困難であった。そこで、Moffuly2.0 の内部にタッチセンサを備えることで、ユーザがロボットに抱擁したときに同時に抱き返すことができるシステムを追加した(図1)。本稿では、その概要について記述する。

2. 抱擁ロボット

Moffuly2.0 は、着ぐるみサイズのクマを模したぬいぐる



図1 ロボットとの抱擁している様子。上図のように抱擁すると、下図のように特定の位置のタッチセンサが反応する(赤色に濃くなるほど強く触れている)

み型のロボットであり、ユーザに抱き返すこと機能を備えている。ロボットに備えられている機能について記述する。

2.1 ユーザの抱擁検出とロボットの動作

Moffuly2.0 の生地裏側にはタッチセンサが取り付けられている。このタッチセンサは、これまでウェアラブルロボット等の開発に利用していたものであり[12]、静電容量の変化によって接触を感知する布状のセンサである。このタッチセンサをロボットに合計19カ所に取り付け、ユーザがロボットのどの部位に触れたのか検出できるようにした。本研究では最初のとりかかりとして、ロボットの顔の部分と、ロボットの下部、肩甲骨にあたる左右の上背中部の4カ所全てのタッチセンサが任意の閾値を超える出力を得られた時に、ユーザがロボットに抱擁した状態として認識するように設計した。図2にロボットがユーザを抱き



ユーザ：ロボットに接近
 ロボット：腕は開いたまま

ユーザ：ロボットに抱擁
 ロボット：抱き返し開始

ユーザ：ロボットに抱擁したまま
 ロボット：抱き返し継続

ユーザ：手をはなす
 ロボット：腕が開く

図2 ロボットがユーザを抱き返す様子

返している様子を示す。ユーザが抱擁している時のみロボットが抱き返すように動作し、ユーザが抱擁していないと認識すると、ロボットの腕が開くように設計している。

2.2 抱擁中のロボットの動作

Moffuly2.0 は、抱擁中に頭や背中に対して軽く叩く機能や撫でる機能をもっている。肘関節にピッチ方向とヨー方向の2自由度、手首関節にヨー方向の1自由度のモータを両腕に備えており、肘関節のモータによって、ロボットの腕がユーザの背中や頭に触れることができる。またヨー方向のモータによって軽く叩く動作が、ピッチ方向とヨー方向のモータによって撫でる動作を可能としている。

3. 考察と今後の展望

本研究では、ユーザがロボットに抱擁したことを認識し、ロボットがユーザに抱き返すシステムを開発した。これらのシステムはロボットの内部に取り付けたタッチセンサによって実現しているが、本研究で使用したタッチセンサは一部のみであった。また、抱擁中のロボットの撫でや叩きの動作の開始や終了に関しては、遠隔操作のままであった。そのため、ロボットの抱擁中の動作が開始されると、ユーザがロボットから離れたくなっても抱擁を中断することはできない。今後は全てのタッチセンサを用いて、抱擁中のユーザの状態を認識できるようにし、ユーザの行動をリアルタイムに適応できるようにする必要がある。

さらに、タッチセンサによってユーザの抱擁状態は認識できるようになりつつあるが、身長や体型などのユーザの身体情報はロボットからはわからないままである。現段階では、キャリブレーションを通じて、ユーザの頭部の位置や、ロボットの抱擁の強度が適切な位置に動くように設計

しているが、これらの情報も他のセンサなどを使うことによって解決する必要があると考えられる。

4. 展示

開発したロボットと抱擁するデモンストレーションを展示する。ロボットに多くの来訪者が触れるため、体験が終了する度にアルコール消毒を行う。また、ユーザの顔がロボットに触れるため、マスクを着けたまま体験してもらう。ユーザの顔に触れるロボットの口鼻の部分は、取り外しが可能な生地となっており、来訪者ごとに生地を入れ替える予定である。

謝辞 本研究は JST CREST JPMJCR18A1 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] Kathleen C Light, Karen M Grewen, Janet A Amico, 2005. More frequent partner hugs and higher oxytocin levels are linked to lower blood pressure and heart rate in premenopausal women. *Biol Psychol.* 69(1), pp. 5-21.
- [2] Grewen, K. M., Anderson, B. J., Girdler, S. S., and Light, K. C., "Warm partner contact is related to lower cardiovascular reactivity," *Behavioral medicine*, 2003, vol. 29, no. 3, pp. 123-130.
- [3] Lisa J. van Raalte and Kory Floyd, 2020. Daily Hugging Predicts Lower Levels of Two Proinflammatory Cytokines. *Western Journal of Communication*, 85:4, 487-506.
- [4] Cohen, S., Janicki-Deverts, D., Turner, R. B., and Doyle, W. J., "Does hugging provide stress-buffering social support? A study of susceptibility to upper respiratory infection and illness," *Psychological science*, 2015, vol. 26, no. 2, pp. 135-147.
- [5] Bartz, J. A., Zaki, J., Bolger, N., and Ochsner, K. N., "Social effects of oxytocin in humans: context and person matter," *Trends in cognitive sciences*, 2011, vol. 15, no. 7, pp. 301-309.
- [6] Walter D.S., Jeff L., Cynthia B., Louis B., Levi L. and Michael W., "Design of a Therapeutic Robotic Companion for Relational, Affective Touch," *International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp.408-415, 2005.
- [7] Yamazaki R., Christensen L., Skov K., Chang C.C., Damholdt F.M., Sumioka H., Nishio S. and Ishiguro H., "Intimacy in Phone Conversations: Anxiety Reduction for Danish Seniors with Hugvie," *Frontiers in Psychology* 7, pp.537-546, 2016.
- [8] Hedayati H., Bhaduri S., Sumner T., Szafir D. and Gross D.M., "HugBot: A soft robot designed to give human-like hugs," *International Conference on Interaction Design and Children*, pp.556-561, 2019.
- [9] Shiomi S., Nakata A., Kanbara M. and Hagita N., "Robot Reciprocation of Hugs Increases Both Interacting Times and Self-disclosures," *International Journal of Social Robotics*, Vol.13, pp.353-361, 2021.
- [10] Block E.A., Christen S., Gassert R., Hilliges O., Kuchenbecker J.K., "The Six Hug Commandments: Design and Evaluation of a Human-Sized Hugging Robot with Visual and Haptic Perception", *International Conference on Human-Robot Interaction*, pp. 380-388, 2021.
- [11] 大西裕也, 住岡英信, 塩見昌裕, "ユーザの状況に適した抱擁時の撫で・叩き動作の探索" *インタラクシオン* 2022, 2D16
- [12] 住岡英信, 港隆史, 塩見昌裕, "ソーシャルタッチのためのセンサースーツの開発とその応用," *インタラクシオン* 2020, pp. 1B-37.