

# 装着型ぬいぐるみロボットのための 空気圧アクチュエータアレイによる触覚表現手法

山添 大丈<sup>1,a)</sup> 米澤 朋子<sup>2,b)</sup>

**概要:** 本稿では、装着型ぬいぐるみロボットのための空気圧アクチュエータアレイによる触覚提示機構とそれを用いた触覚表現について述べる。これまでに我々は主に高齢者の外出時の支援を行うことを目指し、装着型ぬいぐるみロボットによる触覚提示について研究を進めてきたが、提示できる触覚表現の種類が限られるという問題があった。そこで本稿では、様々な触覚表現が可能な手法として、複数の空気圧アクチュエータからなる触覚提示機構を提案する。

## Tactile Expressions Using Pneumatic Actuator Array for Wearable Stuffed-toy Robot

HIROTAKE YAMAZOE<sup>1,a)</sup> TOMOKO YONEZAWA<sup>2,b)</sup>

**Abstract:** In this paper, we propose a mechanism for displaying tactile expressions using pneumatic actuator array for wearable stuffed-toy robot. We have been researching a wearable stuffed-toy robot for supporting elderly people, however, the robot had problem of limited types of tactile expressions. This paper proposes a pneumatic actuator array based mechanism that can show various tactile expressions.

### 1. はじめに

少子化、高齢化、核家族化の進行に伴い、一人暮らしの高齢者が増加している。そういった高齢者の中には、要介助の高齢者や、単独での外出が不安な高齢者も多く存在している。一方で、外出をサポートするボランティア数は十分とは言えず、さらに、他人を頼ることへの精神的障壁から、単独行動ができる高齢者であっても、結果的に家の中にひきこもってしまうこともある。ひきこもりにより、認知症などの症状の進行が早まるなど、多くの問題を生じる。

単独での外出活動に対する不安の原因には、身体的問題と認知的問題が存在する。身体的問題は、高齢になるに従って身体機能が低下することで、けがを負ったり障がい

を残す危険があることに起因する。この問題に対するアプローチとしては、パワースーツなどの身体機能の補完 [1] が挙げられる。一方、認知的問題としては、脳機能障害や高齢による物忘れや、継続的な意識保持の難しさなどが挙げられる。これらの問題により、例えば、複数の用件がある外出において、全ての用件が済まないまま帰ってきてしまったり、待ち合わせ等の行くべき場所を思い出せない、または辿りつけないといった問題が起こりうる。

これに対し、外出支援サービスを提供することを目指し、歩行状況における様々なナビゲーションシステムが提案されている [2], [3]。これらのシステムでは、ユーザに関する情報（主に位置情報）に基づき、ネットワークを介したサービスをスマートフォンなどで実現するもので、高齢者や障がい者の外出中の迷いを軽減することが期待される。しかし、ユーザ側から予定などを問い合わせなければならないなど、ユーザは常にシステムを意識する必要がある。他人に気遣うことなく快適で安心な外出支援のためには、寄り添い、見守りながら、適切にメッセージを伝える「介助者」

<sup>1</sup> 立命館大学情報理工学部  
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan

<sup>2</sup> 関西大学総合情報学部  
Faculty of Informatics, Kansai University, Takatsuki, Osaka 560-1095, Japan

a) yamazoe@fc.ritsumeiji.ac.jp

b) yone@kansai-u.ac.jp



図 1 提案システム  
Fig. 1 Proposed system



図 2 装着型ぬいぐるみロボット  
Fig. 2 Wearable stuffed-toy robot

のような役割を果たすシステムが必要と考えられる。

そこで我々は、腕に抱き付く形の寄り添い型ウェアラブルロボットを提案し、スキンシップ表現を通じた様々なメッセージの伝達を実現することを目指してきた [4], [5]. その中で、外出時にロボットがユーザの行動を支援する上では方向提示機能が重要と考え、被服牽引による方向提示についても検討を進めてきた [6].

本稿では、これらの触覚提示をさらに拡張し、腕装着型の寄り添いぬいぐるみロボットのための触覚表現手法について提案する。

## 2. 関連研究

携帯デバイスにおける情報提示方法として、触覚提示に関する様々な研究が行われている。振動モータによるフィードバック [7] や方向指示 [8], 皮膚触覚に引きずる感覚を与えたり [9], 牽引力提示デバイスに関する研究 [10] など、様々な触覚提示手法が提案されている。これらの研究では、振動等の触覚提示により、通知や方向などの情報を身体的に伝えることを狙いとしている。

一方、ロボットやエージェントからの愛着表現や注意・意識を行動により表す研究 [11] や、愛着や感情のあるコミュニケーションにおける装着型の触覚インタフェースに関する研究も存在する [12], [13]. ペットロボットに代表されるユーザからのスキンシップインタラクションに関しても取り扱われてきている。これに対し、我々は特に、擬人化表現となるロボットの動きと触覚通知表現を組み合わせることで、触覚通知を擬人化し「ロボットからの」スキンシップ表現を実現することを目指してきた。これにより、報知表現に愛着や注意誘導力をもたせることを狙っている。

また、ロボットをメディアとしたコミュニケーション [14] 支援に関する研究 [15] から、情報提示端末としてのウェアラブルロボットとして手乗り型 [16] や肩乗り型 [17], 携帯型 [18] などが提案されてきている。これまでに我々は、装着型ぬいぐるみロボットによる高齢者支援を目指し、研究を進めており、介助者のように腕に手を添えるような状況を想定したウェアラブル触覚提示ロボットを目指してい

る [4], [5].

本研究では、これまでに提案してきた触覚提示に加え、様々な触覚表現を実現することを目指し、空気圧アクチュエータアレイを用いた触覚提示機構とその駆動方法について述べる。

## 3. 装着型ぬいぐるみロボット

本節では、これまでに提案してきた装着型ぬいぐるみロボットについて紹介する [4] (図 2).

ぬいぐるみ内部のロボットは、3 自由度を持っている(頭部 2 自由度, 左腕 1 自由度). ぬいぐるみロボットの左腕は、ユーザの腕に触れるように動くが、ロボットが腕に触れている感覚をユーザに感じさせるため、ロボットの左手の位置に振動モータを搭載している。さらに、ロボットをユーザの腕に装着するためのベルトには、圧力アクチュエータ、ペルチェ素子などを内蔵する。また、ぬいぐるみロボット内には、スピーカと 3 軸加速度・コンパスを搭載しており、ユーザ(とロボット)の行動検出に用いる。

この装着型ロボットにおける表現として、人間同士のコミュニケーションにおける表現と同様に「報知表現 (*notification*)」と「愛着表現 (*affection*)」を組み合わせることが重要と考えた [4]. ここで、図 2 のロボットでは、触覚提示のための圧力アクチュエータとして血圧計のカフを利用してため、提示できる触覚表現の種類が限られるという問題があった。

そこで本稿では、様々な触覚表現が可能な手法を実現することを目指し、空気圧アクチュエータアレイによる触覚提示について述べる。

## 4. 装着型ロボットからの触覚提示

本節では、提案する装着型ぬいぐるみロボットのための触覚提示機構とその駆動方法について述べる。

図 3 に触覚提示機構の構成を示す。空気圧アクチュエータ 4 個からなるアレイ構造となっている。図 1 に示すように、装着型ロボットの装着部分になっておりユーザの上腕に装着する。また以下の駆動方法の説明では、図 3 中のア

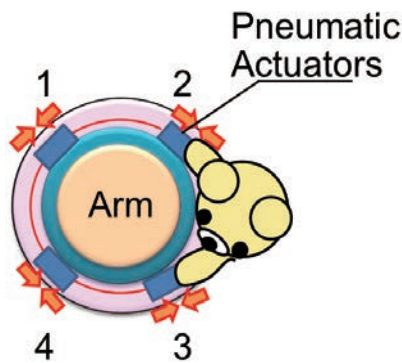


図 3 空気圧アクチュエータアレイによる触覚提示機構  
Fig. 3 Tactile expression mechanism

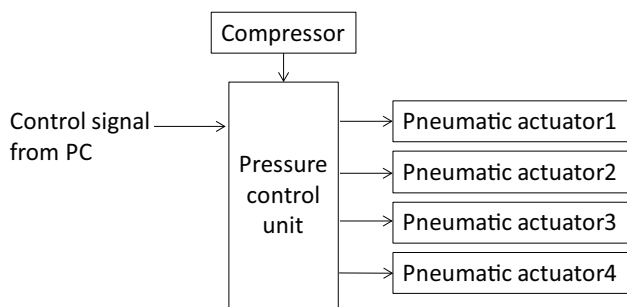


図 4 触覚提示機構のシステム構成

Fig. 4 System configuration of tactile expression mechanism

表 1 提案する触覚表現と駆動パターン

Table 1 Motion patterns of tactile expressions

表現	詳細分類	駆動パターン
報知	方向指示	提示方向のアクチュエータを 1~2 個駆動
	注意誘引	腕先位置のアクチュエータを断続的に駆動
愛着	抱き着く	同時にすべてのアクチュエータを駆動
	なでる	前後 2 個ずつまたは弧状に反復駆動
	ぶら下がる	内側 2 個から全体、後に外側 2 個の駆動

クチュエータ番号を用いる。

アクチュエータとしては、空気圧アクチュエータ (SQUSE PM-10RF) を利用した。このアクチュエータは圧力が加わると縮まるものである。また、本アクチュエータの利用にあたっては、コンプレッサ (SQUSE ACP-100) と圧力制御ユニット (SQUSE PCM-200) が必要であり、触覚提示機構の全体の構成は、図 4 の通りである。

これまでに、この機構を用いた方向提示について提案してきたが、本稿では、方向提示を含む様々な触覚表現について提案する。以下では、表 1 に示すように、報知表現として方向指示と注意誘引の 2 種類の表現、愛着表現として 3 種類の表現について述べる。

#### 4.1 報知表現

まず、提案機構を用いた報知表現として、方向提示表現と注意誘引表現について説明する。

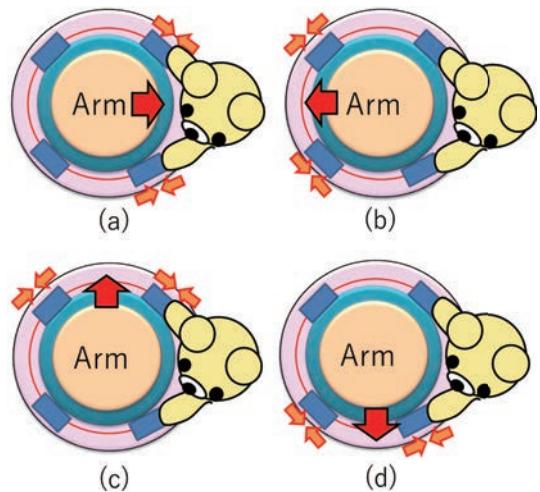


図 5 方向提示のためのモーションデザイン

Fig. 5 Motion designs for direction indication

方向提示表現では、提示する方向の皮膚上をつまむまたはつかむような刺激を生成することを狙う。図 5 に方向提示のためのモーションデザインの例を示す。これらの方向提示の基本部分については、文献 [6] などで提案したものである。図 5 の例では、ぬいぐるみ方向 (図 5 a) を提示するときには 2 と 3 を駆動、反対方向の場合 (図 5 b) には 1 と 4 を駆動することで、方向提示を実現している。斜め方向の提示の場合、1ヶ所のみ駆動とする。また、これ以外にも方向提示を変化させることで強調的な刺激を生成するため、ぬいぐるみ方向の提示において 2,3 の短い駆動と 1,4 の長い駆動、といった駆動パターンも準備している。今後、検証実験により、適切な駆動時間・タイミングについて検討を進めていく。

装着型ロボットによる外出時の支援においては、「ここでこっちに曲がる」といった際に報知表現の一つである方向提示表現は必須である。しかし、装着型ロボットにおいては、ロボットの重量・自由度などの制約より、ロボット自身の腕や手の機械制御によって直接的に方向を指示することは難しい。そのため、提案手法のような装着部位からの直接的な刺激によって触覚表現を与え、方向提示をする手法は有用かつ重要と考えている。

注意誘引表現としては、ぬいぐるみロボットの腕先位置のアクチュエータ 1 または 4 のみを断続的に駆動することにより、右手/左手でユーザの腕をギュ、ギュとつかむような表現を実現する。この表現は、手でトントンとたたく表現 [4] のように、ぬいぐるみロボットからユーザの注意を引き付ける際に利用できるものと考えている。

#### 4.2 愛着表現

次に、提案機構による愛着表現について述べる。愛着表現としては、表 1 に示す 3 種類を考えている。

1 つ目は、ぬいぐるみロボットがユーザの腕に「ぎゅっ」

と抱きつくような表現であり、全てのアクチュエータを駆動することにより実現する。

2つ目は、ぬいぐるみロボットがユーザの腕を「なでる」ような表現であり、1,2の駆動と3,4の駆動を繰り返すことにより実現する。また、「なでる」のより強い表現として、(2,3)-(1,2)-1-(1,2)-(2,3)-(3,4)-4-(3,4)という駆動パターンの繰り返しにより、ぬいぐるみロボットが左右に揺れているような表現も準備している。

3つ目は、ぬいぐるみがぶら下がって腕(服)をひっぱるような表現であり、(1,4)-(1,2,3,4)-(2,3)の順に駆動することにより実現する。

これらの愛着表現を通じて、ユーザの状況に応じたロボットの反応を生成することで、ユーザとぬいぐるみロボットとの関係性を向上させることを狙っている。愛着表現に関しても、今後、実験を通じて、適切なデザインの検討と共に、駆動タイミング等の詳細な触覚提示の有効性について確認を進めていく。

## 5. おわりに

本稿では、ユーザの上腕に装着する装着型ぬいぐるみロボットのための空気圧アクチュエータアレイによる触覚提示機構とその駆動方法を提案した。提案機構は、4つの空気圧アクチュエータを連結させたアレイ構造となっており、装着型ロボットの装着部分としてユーザの上腕に装着する。これまでの研究に基づき、「報知表現」と「愛着表現」を組み合わせて利用することを想定し、報知表現として方向提示表現と注意誘引表現の2種類、愛着表現として抱きつく、なでる、ぶら下がるの3種類を実装した。

今後、本稿で提案した触覚表現について実験を行うとともに、アクチュエータ間の駆動タイミングの違いや強度差も踏まえながら、適切な駆動パターンについて検討を進めていく。

謝辞 本研究は、科研費15H01698, 25730114, 25700021の助成を受け実施したものである。

## 参考文献

- [1] K. Suzuki, G. Mito, H. Kawamoto, Y. Hasegawa, and Y. Sankai: Intention-Based Walking Support for Paraplegia Patients with Robot Suit HAL, *Advanced Robotics*, Vol.21, No.12, pp.1441-1469, 2007.
- [2] H. Kaminoyama, T. Matsuo, F. Hattori, K. Susami, N. Kuwahara, and S. Abe, "Walk navigation system using photographs for people with dementia," Proc. of Human interface 2007: Part II, pp.1039-1049, 2007.
- [3] A. Tsuji, T. Yonezawa, H. Yamazoe, S. Abe, N. Kuwahara, and K. Morimoto, "Proposal and Evaluation of Toilet Timing Suggestion Methods for the Elderly", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 5, No. 10, pp.140-145, 2014
- [4] T. Yonezawa and H. Yamazoe, Wearable partner agent with anthropomorphic physical contact with awareness of clothing and posture. *ISWC13*, pp.77-80, 2013.

- [5] H. Yamazoe and T. Yonezawa, Simplification of Wearable Message Robot with Physical Contact for Elderly's Outing Support. *HAI2014*, pp.35-38, 2014.
- [6] H. Yamazoe and T. Yonezawa, Direction indication mechanism by tugging on user's clothing for a wearable message robot. *ICAT-EGVE2015*, 2015.
- [7] M. Fukumoto and T. Sugimura, Active click: tactile feedback for touch panels, *CHI'01 extended abstracts*, pp.121-122, 2001.
- [8] A. Cassinelli, C. Reynolds, and M. Ishikawa. Augmenting spatial awareness with haptic radar, *ISWC'06*, pp.61-64, 2006.
- [9] H. Yano, M. Yoshie, H. Iwata, Development of a non-grounded haptic interface using the gyro effect, *HAPTICS2003*, pp. 32-39, 2003.
- [10] T. Amemiya and H. Sugiyama, Haptic handheld wayfinder with pseudo-attraction force for pedestrians with visual impairments, *Proc. of ASSETS09*, pp.107-114, 2009.
- [11] H. Kozima, Infanoid: A babybot that explores the social environment, In *Socially Intelligent Agents*, pp.157-164, 2002.
- [12] L. Bonanni, C. Vaucelle, J. Lieberman, and O. Zuckerman, Taptap: a haptic wearable for asynchronous distributed touch therapy, *CHI'06 extended abstracts*, pp. 580-585, 2006.
- [13] R. Wang, F. Quek, D. Tatar, J.K.S. Teh, A.D. Cheok, Keep in Touch: Channel, Expectation and Experience, *CHI '12*, pp.139-148, 2012.
- [14] B. R. Duffy. Anthropomorphism and the social robot. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3):177-190, 2003.
- [15] D. Sekiguchi, M. Inami, S. Tachi, Robotphone: Rui for interpersonal communication, *Proc. CHI01 Extended Abstracts*, pp.277-278, 2001.
- [16] 大隅俊宏, 藤本健太, 桑山裕基, 野田誠人, 大澤博隆, 篠沢一彦, 今井倫太, "ブログからロボットの動作コンテンツを生成するシステム TENORI の提案," 人工知能学会全国大会, 1B2-3, 2009.
- [17] T. Kashiwabara, H. Osawa, K. Shinozawa, M. Imai, TEROOS: a wearable avatar to enhance joint activities, *Proc. CHI12*, pp.2001-2004, 2012.
- [18] T. Minato, H. Sumioka, S Nishio, and H. Ishiguro, Studying the Influence of Handheld Robotic Media on Social Communications, *Social Robotic Telepresence in RO-MAN'12 Workshop*, pp. 15-16, 2012.