

# 高齢者の外出支援を目指す携帯メッセージロボットの提案

## A Simple Structure of Wearable Message-Robot for Elderly's Outing Support

米澤朋子<sup>1\*</sup> 山添大丈<sup>2</sup>  
Tomoko Yonezawa<sup>1</sup> Hirotake Yamazoe<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 関西大学

<sup>1</sup> Kansai University

<sup>2</sup> 大阪大学

<sup>2</sup> Osaka University

**Abstract:** In this paper, we introduce a wearable robot which makes physical contacts while it tells messages to the user. This robot is expected to help elderly people who need outings but have anxiety. The system makes haptic stimuli corresponding to the user's clothing and posture. We investigated two types of implementations: the first implementation combines haptic stimuli and anthropomorphic motion to express the physical contact, and the second one is a simplified system for application on smartphones to provide ubiquitous services.

## 1 はじめに

昨今の少子化，高齢化，核家族化の深刻な影響として，一人暮らしの高齢者が増加している．この中には，要介助の高齢者や，一人での外出に不安のある高齢者もいる．その一方で，外出をサポートするボランティアの不足や他人に頼ることの精神的障壁から，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．さらに，ひきこもりは，認知症などの症状の発覚を遅らせたり悪化を早めることもある．

単独の外出活動に対する不安の原因として，身体的な問題と認知的な問題が存在する．身体的な問題は，高齢になるに従い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．これに対するアプローチとして，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，認知的な問題としては，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がある．例えば，外出の要件を複数記憶して出かけても，果たされない要件を残してしまったり，知人との待ち合わせの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る．

これに対し，適切な外出支援サービスを提供するものとして，歩行ナビ [2] やトイレナビ [3] がある．これらは，位置情報を含めたユーザの情報に基づき，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，限定的なプッシュ型サービスであったり，ユーザ側から予定などを問い合わせなければならないシステムが多くを占めるため，ユーザは常にシステムを意識する必要があったり，システム操作のために煩わされることになる．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」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によって，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し，実際の介助場面においてよく行われる介助者からのスキンシップ行動を参考に，あたかも介助者がそばにいるようなサポートの実現を目指している．本稿では，以上のコンセプトに基づき製作した，腕装着型の寄り添いぬいぐるみロボット [4]，および，スマートフォンを想定した簡易メッセージロボットの設計について述べる．ユーザの上腕に装着し，触覚提示とロボットの存在およびその動作を組み合わせることでスキンシップ表現を行うシステムを紹介する．

\*連絡先：関西大学

〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1  
E-mail: yone@kansai-u.ac.jp

## 2 関連研究

携帯デバイスのための情報提示装置として、触覚提示に関する様々な研究がこれまでに行われている。振動モータによるフィードバック [8] や方向指示 [11] に関する研究や、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。これらは通知自体が身体的に伝えられ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 [14, etc.] や、愛着や感情のあるコミュニケーションやウェアラブルな触覚インタフェースに関する研究もある [12, 13]。ペットロボットに代表されるような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した。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た。

また、ロボットをメディアとしたコミュニケーション [5] 支援に関する研究 [15, etc.] 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] などが提案されている。それに対し、本研究では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提案する。

## 3 システム構成

提案システムは、パートナーのような擬人化された端末として、触覚提示部と擬人化表現ロボット部を備える。ユーザの状況やロボットの表現内容に応じ適切なスキンシップを示すために、報知表現と愛着表現の2タイプのスキンシップ表現を準備した。また、ユーザの姿勢や着衣の状況に応じて触覚提示の強度などを適切に調整するため、センサを備えている。

### 3.1 適切な装着部位に関する事前検討

スキンシップを示すウェアラブルロボットの適切な装着部位は、ユーザの好みや体格・癖などによりある程度は個人差があるものと考えられる。また、装着性や、ユーザへの直観的なスキンシップ表現の効果の高さも装着部位により異なると考えられる。外出支援時に最適な装着部位について検討するため、図1に示す a) 肩, b) 腹部, c) 上腕, d) 太ももの4か所を想定し比較検討した。装着部位を決定するための事前検討として、被験者実験によって主観評価を求めた。

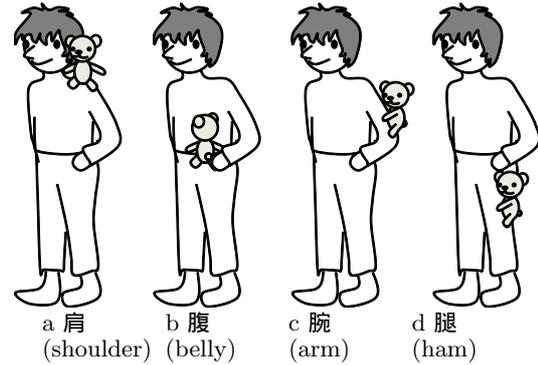


図 1: 想定した装着部位

表 1: 事前検討の評価項目

Q1:	ロボットを見やすい
Q2:	ロボットが自分を見ているように感じる
Q3:	ロボットに愛着を感じる
Q4:	ロボットから自分への愛着を感じる
Q5:	ロボットを身につけて歩きやすい
Q6:	ロボットとともに過ごしている感覚がある
Q7:	ロボットとともにいて安心感がある
Q8:	ロボットが安心感を持っているように感じる
Q9:	ロボットを邪魔に感じる

表 3: 順位づけ得点の集計結果

場所	a 肩	b 腹	c 腕	d 腿
score	13	16	23	8

先行研究において肩のり装着型ロボット [17] が提案されている。しかし我々は本システムの焦点を、

- ユーザのコミュニケーションメディアとしてのロボット
- 主体的に感情表現を行う擬人化された存在
- ウェアラブルな使用を想定した装着性能

に当てた。これらの焦点に基づき評価項目を準備し、被験者実験を行った。

9名の被験者は、表1に示す評価項目についてそれぞれ、5: あてはまる, 4: どちらかというにあてはまる, 3: どちらでもない, 2: どちらかというにあてはまらない, 1: あてはまらないとして、5段階評価を行った。またさらに、4つの装着部位に対し、好ましい装着部位の順位をつけた。

9名の評定平均である means opinion scores (MOS, as shown) を図2に示す。また、反復測定2要因分散分析の結果を表2に示す。表3には順位づけの結果を示す。一位を4点、二位を3点、三位を2点、四位を1点として、6名の回答を得た。

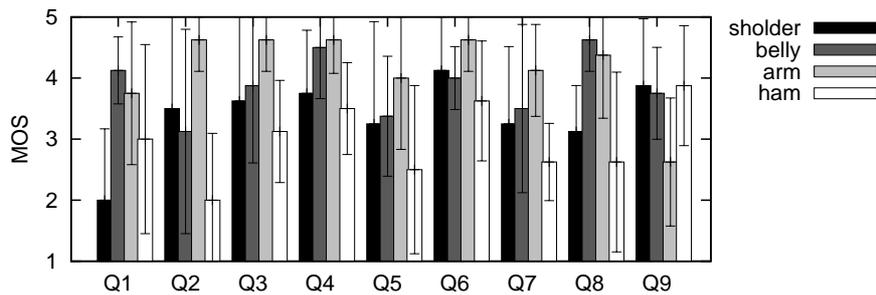


図 2: 事前検討における評価結果

表 2: 事前検討の評価に対する 2 要因分散分析

	$F$	$p$	significance in post-hoc test
Q1	7.62	<.01**	shoulder-{belly,arm}
Q2	8.18	<.01**	arm-ham
Q3	4.72	=.01**	arm-{shoulder, ham}
Q4	5.44	<.01**	arm-{shoulder, ham}, belly-ham
Q5	3.49	.030**	arm-ham
Q6	2.51	.083 $\Delta$	—————
Q7	5.41	<.01**	arm-ham
Q8	12.5	<.01**	ham-{arm,belly}, shoulder-{belly,arm}
Q9	5.65	<.01**	arm-{shoulder,belly,ham}

MOS および順位得点の双方の実験結果より、全体的な傾向として、上腕への装着が 4 種類の装着部位の中で最も評価が高かった。5 段階評価を行った評価項目のうち、Q3, Q4, Q6, Q7, Q8 は感覚や感情に関連する評価項目で、Q1, Q2, Q5, Q9 は実利用に関連する評価項目だと考えられる。Q9 は否定的な評価項目であるが、上腕への装着における評価値が最も低かった。その他の項目に関して、全体的に上腕または腹部への装着に対する評価が高いことがわかる。詳細にみていくと、ロボット自身の感覚である Q4 および Q8 において、腹部への装着に対する評価が高いことがわかる。つまり、ロボット自身の安心や愛着を示すには、腹部も比較的评价が高い。しかし、ユーザの快適さや実用性の面からは、上腕が適しているといえる結果になった。よって本システムにおける外出支援パートナーとしての位置付けを考慮し、ユーザの上腕への装着を決定した。

### 3.2 ロボットのプロトタイプ

人間同士のコミュニケーションにおいて、何らかの伝達事項を伝えやすくする表現行為（報知表現, *notification*）や、愛着や感情を伝えるという表現行為（愛着表現, *affection*）がある。エージェントやロボットがこ

れらの双方を織り交ぜた表現を行うことで、より人間らしいコミュニケーションを示せると考えた。

高齢者の外出をさりげなく支援するためには、例えばトイレのタイミングなどは、いきなり音声を発せず、抱きつく・たたくなど、あらかじめユーザの注意を引き付けてから、こっそりさりげなく伝えることが望ましい。しかし、緊急情報の伝達では、情報自体を伝えるスピードや強さが必要であるため、音声とスキンシップ表現が同時に行われることがのぞましい。一方、愛着を示す表現は、ユーザを安心させたり、ユーザとの信頼関係を築く際に何気なく示され、情報の内容自体には重要性を持たせないこととした。

報知表現と愛着表現の双方をスキンシップで表すため、それぞれに対して擬人化された動きと触覚刺激を組み合わせ提示するシステムとした。報知表現として、ロボットは腕を動かすと同時に、ユーザに振動刺激を提示する。また、愛着表現として、ロボットはユーザの顔を見上げながら、ユーザの腕を締め付ける触覚提示をし、抱き着いているように見せかける。

図 3 に装着型ロボットの構成を示す。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する。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、左手 1 自由度）。ロボットをユーザの腕に装着する

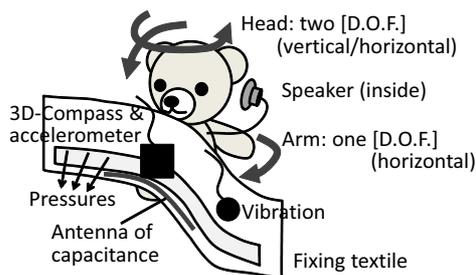


図 3: システムの構成



図 4: 装着時の外観

ためのベルトには、圧力アクチュエータとユーザの服の厚さを計測するためのアンテナを内蔵する。ユーザとロボットの行動を検出するため、3軸加速度・コンパスをロボット内に搭載する。これら全てのセンサおよびアクチュエータは AVR マイコンを通じて、小型 PC に接続されている。

このロボットシステムを実際に装着している様子を図 4 に示す。ロボットを含むユーザ装着部は約 350g であり、ユーザの動作を妨げないものとなっている。しかし、小型 PC 部は約 400g となっているため、ユーザは PC を内蔵した肩掛けポシェットを装着する必要がある。ぬいぐるみロボットは身長 21cm で、頭部が大きいデザインであり、注意誘導動作などを通じて十分存在感を表すことができる。

提案ロボットは服の上から装着する。そのため、ユーザに適切に触覚提示するためには、アクチュエータの動作の強さや時間を、服の厚さに応じて調整する必要がある。そこで提案システムでは、タッチパネルやテルミンなどで用いられているように、人体とロボット(アンテナ)間の静電容量を用いて、服の厚さ(人体との距離)を測定する。静電容量を直接するのは困難であるため、人体-アンテナ間の静電容量からなる発振器を構成し、その周波数の変化として静電容量を測定した。ここで、服の厚さを  $d$ 、発振周波数を  $f$  とすると、次式が成立する。

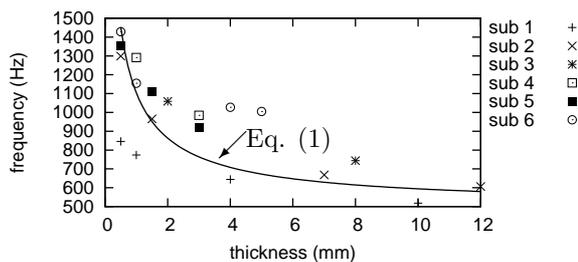


図 5: 衣服の厚みに応じた静電容量

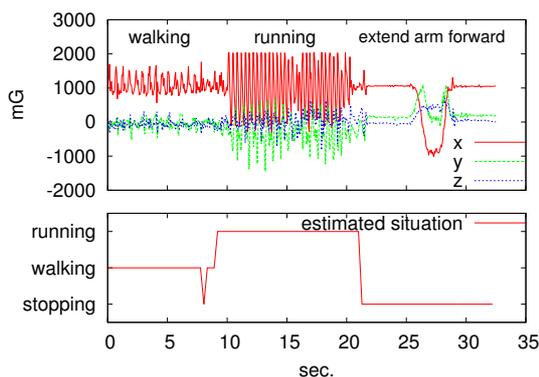


図 6: 加速度センサから推定された状況例

$$f = (\alpha + d)/(\beta + \gamma d) \quad (1)$$

ここで、 $\alpha, \beta, \gamma$  は、発振器の構成から決定されるパラメータである。結果(図 5)より、服の厚さが発振周波数として測定できていることがわかる。得られた服の厚さに基づき、触覚提示の強さ・時間が適切に制御される。

また提案ロボットは、ユーザの行動や状況によっても、その振る舞いを変化させる。例えば、ユーザがロボットを見やすいように腕を動かした場合には、ロボットはユーザの顔の方を向く。ユーザが歩行中、または走っているときには、何もせず腕にしがみつく。このような振る舞いを実現するため、3軸加速度・コンパスのデータに基づき、センサデータに対し短時間フーリエ変換(STFT)を適用することで、ユーザの状況を推定する。図 6 に「歩行中」「走行中」「静止」の3状態の推定について、センサデータと推定結果を示す。これらの推定結果も利用することで、ロボットは状況に応じた適切な振る舞いを行うことが可能となる。

### 3.3 デザインの簡略化による再構成

前節で紹介したロボットは、いくつかのアクチュエータが搭載されているため、様々な振る舞い・触覚提示

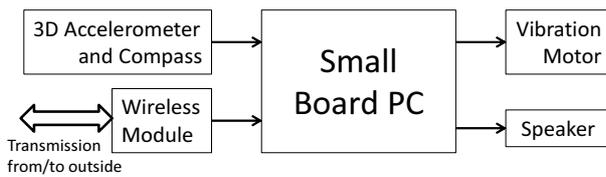


図 7: 簡略化システム構成



図 8: 簡略化システムの外観

が可能であるが、一方で、実際の高齢者や障がい者が長期にわたり利用することを考えると、現在のロボットは、特に頑丈さの面で十分なものとはなっていない。そこで、外出支援サービスに必要な機能を持ちつつ、頑健なロボットを実現するため、簡略化したシステムを設計した。

簡略化システムを構成する際には、スマートフォンなど汎用性の高いデバイスを適用することを視野に入れた。よって、アクチュエータとしては、触覚提示のための振動モータとスピーカのみとし、ユーザの状況把握用のセンサとして、3軸加速度・コンパスを搭載している。これらアクチュエータ・センサは、小型ボードPCである Raspberry Pi に接続されており、アクチュエータ・センサの制御を行う。また、無線 LAN を通じて、外部から制御することも可能となっている(図 7)。

簡易化システムの外観を図 8 に示す。ロボットやセンサ、PC、バッテリー等の総重量は約 250g であり、実利用を想定するとユーザ動作は妨げられない。また、身長は 18cm となっており、簡易化前よりも軽く、かつ存在感があまり減少していない状態を実現した。

## 4 おわりに

本稿では、高齢者などの外出を支援するロボットとして、ユーザの上腕取付型の携帯メッセージロボットを提案した。加速度センサを備え、ユーザの状況に応じたメッセージ伝達方法を図ることで、外出時に寄り添う介助者のようなわかりやすいスキンシップ表現を狙った。今後、簡略化システムを用いて高齢者を対象

とした実験を行うことで、提案システムの有効性を評価していく予定である。

## 謝辞

本研究は一部科研費 24300047, 25700021, 20700106 および関西大学若手研究者育成経費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] A. Tsuji, T. Yonezawa, H. Yamazoe, S. Abe, N. Kuwahara, and K. Morimoto, “Proposal and Evaluation of the Toilet Timing Suggestion Method for the Elderly,” *ICCI\*CC 12*, pp.178–185, 2012.
- [3] 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.
- [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] B. R. Duffy. Anthropomorphism and the social robot. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3):177–190, 2003.
- [6] D. Moore. ‘it’s like a gold medal and it’s mine’ - dolls in dementia care. *J. Dementia Care*, 9(6):20–22, 2001.
- [7] L. Goldman, Counseling With Children in Contemporary Society, *J. Mental Health Counseling*, 26(2):168–187, 2004.
- [8] M. Fukumoto and T. Sugimura, Active click: tactile feedback for touch panels, *CHI’01 extended abstracts*, pp.121–122, 2001.
- [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] A. Cassinelli, C. Reynolds, and M. Ishikawa. Augmenting spatial awareness with haptic radar, *ISWC’06*, pp.61–64, 2006.

- [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] H. Kozima, Infanoid: A babybot that explores the social environment, In *Socially Intelligent Agents*, pp.157–164, 2002.
- [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 ROMAN'12 Workshop*, pp. 15–16, 2012.