

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26540137

研究課題名(和文)「笑い」を通じた人間とロボットの社会的インタラクションの実現

研究課題名(英文) Social Human-Robot Interaction through Laughter

## 研究代表者

高西 淳夫 (Takanishi, Atsuo)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：50179462

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、人間とロボットの社会的インタラクション、特にロボットから人間の心理への積極的な働きかけの実現を目的とした研究を行った。研究期間を通じ、等身大2足ヒューマノイドのハードウェアとソフトウェアを開発し、センサ入力に対し大げさに反応を返す視覚刺激を通して人間に面白い印象を与えるロボットを実現した。さらに、触覚刺激によって人間の笑いを誘発するくすぐりロボット、人間の笑い状態を定量取得するセンサを開発した。

研究成果の概要(英文)：Social human-robot interaction, especially a robot that changes human inner state actively is focused in this research. Through this research, firstly the robot that returns exaggerated reaction to human input is achieved by development of hardware and software of a life-size humanoid robot. In addition, tickling robots that makes humans laugh by physical stimuli and sensors that can evaluate human laughter reaction quantitatively are also developed.

研究分野：ロボット工学

キーワード：笑い ロボティクス インタラクション

### 1. 研究開始当初の背景

人間とロボットの円滑な社会的インタラクションを実現させるためには、相互の心理状態へのやり取りが不可欠であるが、特に人間の心理への積極的な働きかけを実現させるロボットはほとんどない。本研究ではロボットが人間の心理に積極的に働きかける手段として「笑い」に注目した。

笑いに注目した理由として、人間は「笑う」ことで心理状態をポジティブに変化させることが示唆されていることがある。これに加え、相手の心理状態を推測することで起こる社会的インタラクションの典型といえる「誘い笑い」が存在することは「笑い」がインタラクション研究の好例と言える特徴をもつことを示すものであるといえる。

また、「笑い」の反応が生理学的に読み取りやすい不随意反応であるということが挙げられる。この特徴を活かし、人間の笑い状態を定量的に評価することができれば、ロボットが人間に与えた影響の定量評価が期待できると考えられた。

さらに、「笑い」が精神疾患への治療・予防効果があるといわれている。精神疾患は世界の疾病負担の最大の要因であるとされる。日本でも患者数は急増しており5大疾病中最大の患者数を持つに至っている。ここで、抗うつ状態の抑制、不安・緊張・痛みの緩和、痴呆症状進行の抑制、ストレス軽減など「笑い」の心理的な健康増進効果を示唆する研究結果は、医学や心理学を中心に多数報告されており、人間の笑いを誘発できるロボットの実現は、これ自体が大きな意義を持つ。

### 2. 研究の目的

ロボットが「笑い」を通じ人間とインタラクションするためには、まず人間の笑い誘発を実現させることが必要となる。これまでも人間の笑い誘発を実現したロボットには漫才や言葉遊びの例があるが、これらのロボットによる芸はロボット同士で完結するもので、人間とのインタラクション中の人間の笑い誘発に注目したものではなかった。さらに、これらのロボットの芸はすべて言語表現によるものであった。しかし、言語情報は一般的に受け手の言語・文化背景に依存している。我々は幅広い人々の笑いを誘発できる可能性を持つものとしてロボット全身動作を通じた非言語表現による笑い誘発に注目した。

従って、本研究の第一の目的を人間とのインタラクション中の全身動作による非言語表現によって人間の笑いを誘発するロボットを実現させることとした。

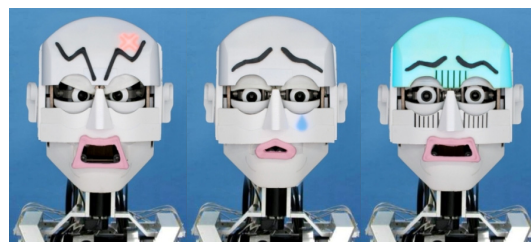
### 3. 研究の方法

全身動作によって視覚的に人間の笑いを誘発するロボットを実現させるため、本研究の開始までに文献調査によってロボットが面白い全身動作を実現させるための方法論

に関する予備的な調査を実施していた。この調査の中では、動作に面白い印象を与える方法論を直接言及したものはなかったものの、幅広い表現手法に共通した刺激に面白い印象を与える手法として大げさに表現する「誇張」や同じことを繰り返す「反復」、「矛盾」、「唐突な変化」などの特徴があることがわかっていった。

「笑い」はこれらの方法によって予想と現実の間にズレを生じさせた際に発生されるものであるとされている。本研究では、視覚刺激の表出に等身大の2足ヒューマノイドロボットを利用することとしたが、人間はヒューマノイドロボットに人間らしい動作を予想すると考えられる。ここで、上記に挙げた方法論のうちロボットがもともとの動作を「誇張」することによって予想の裏切りを実現させる手法は、文脈や周りの環境などのコンテキストによらず、比較的単純に実現できると考えられた。したがって、本研究ではロボットが誇張した全身動作を実現させることによって人間の笑いを誘発する手法に注目した。

ロボットが誇張した全身動作を実現させるためには、まず誇張した表現を実現させるロボットのハードウェアの開発が必要となる。人間はコミュニケーションの中で特に相手の表情と腕部の動きに注目することがわかっている。このため、本研究では誇張した表情による感情表現が可能な頭部と高速・広可動域によって誇張した表現に対応した腕部の開発に取り組んだ。ロボット頭部に関しては、フルカラーLEDシートを開発して外装に組み込み、漫画にみられる涙や血管のマークによる表現を表示させ、表情に付加することによって誇張した感情表現を実現させた(図1)。



(a) 怒り (b) 悲しみ (c) 恐れ

図1 漫符を含んだ誇張した感情表出が可能なロボット頭部

腕部に関しては、大きな動作を実現させるため、肩付け根に人間の鎖骨に相当する関節を付加し、各関節の可動域を向上させることで旧ハードウェアに比べ2.3倍の可動域を達成した。さらに、高速動作を実現させるため、まず弾性体によりトルクを伝達する機構を組み込むことで腕部から重量物であるモータを廃する機構を開発し、軽量な腕部を実現させた。さらに、肩付け根には2つのモータを並列動作させて1つの関節を動作させる機構を開発し、出力を向上させた。これらの機

構を組み込むことで、旧ハードウェアに比べ4.5倍の速度を達成した。

次に、これらのハードウェアにより実現された誇張表現の笑い誘発への効果を検証する実験を行った。ロボットにお笑い芸人のねた動作を再現させ、この際の動作速度およびロボットの動作の大きさをそれぞれ大小2段階に変化させた。この結果、速度を上昇させるごとに、動作の大きさを大きくするごとに印象が面白く変化することが確認された。特に、動作が遅く、小さいものに比べ、動作が速く、大きいものは有意に面白さが上昇することが確認された。この結果はロボットが動作を誇張することが人間の笑い誘発に有効であることを示したものであるといえた。

これらの知見を統合してインタラクション中の人間の笑い誘発に取り組んだ。CG分野の先行研究を参考にして、ロボットの手先の始点から終点までの移動の前後に、終点から逆方向に一度戻る「予備動作」と終点を行き過ぎる「フォロースルー（行き過ぎ）」を加えるアルゴリズムを開発した（図2）。このアルゴリズムを利用し、人間がロボットの目の前で風船を爆発させたことに対し、大げさな手の上げ方で誇張したリアクションを返すシナリオを設定した。印象調査の結果から、誇張したリアクションは誇張しないもの比べて面白い印象を与えていることが確認された。

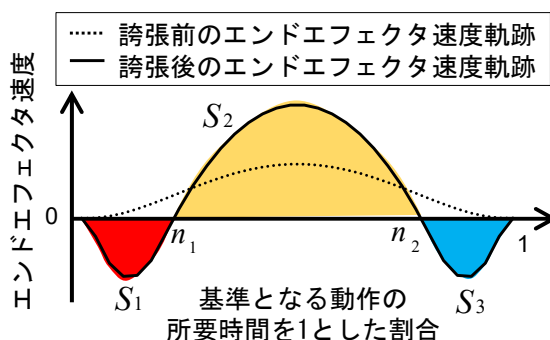
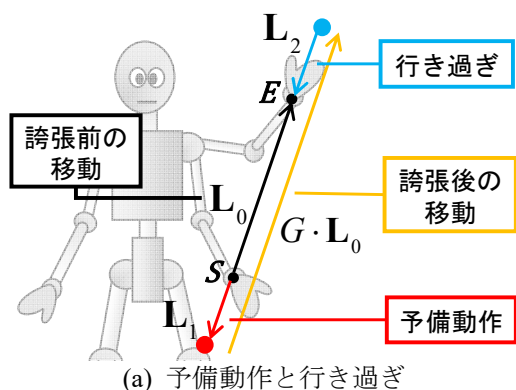


図2 誇張した手先位置軌道の生成

さらに、人間の笑い誘発の手段を多様化する方法としてくすぐりによる触覚刺激を通じ人間の笑い誘発を実現させるロボットの開発にも取り組んだ。先行研究から人間が最

もくすぐったさを感じるとされる脇の下を揉むロボット（図3）、足裏を撫でるロボット（図4）、脇腹を撫でるロボットをそれぞれ開発した。特に脇の下を揉むロボットについては半数以上の被験者の笑い誘発を確認し、ロボットのくすぐりによっても人間の笑い誘発が実現できることが確認された。

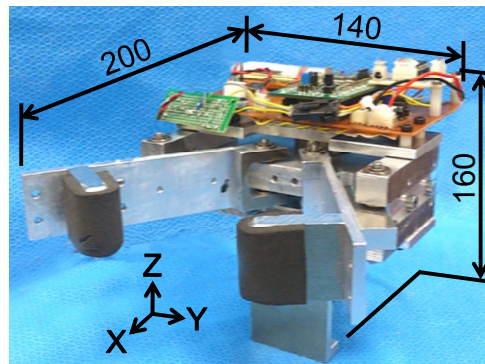


図3 脇の下を揉むくすぐりロボット

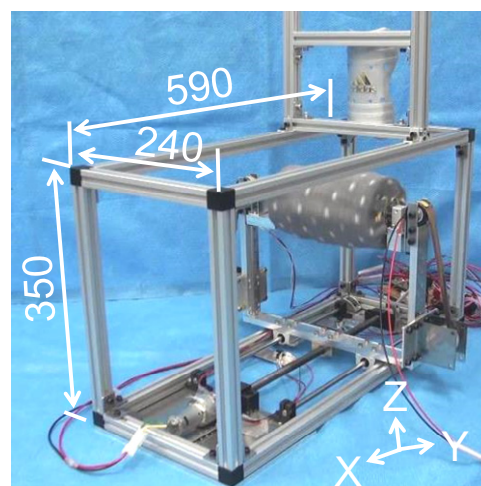


図4 足裏の撫でを通じたくすぐりロボット

#### 4. 研究成果

本研究を通じ、まず人間の笑い誘発のため誇張した全身表現に対応したロボットのハードウェアを開発した。特に、涙や血管などのマーク表現である「漫符」を含んだ誇張した感情表現が可能なロボット頭部、高速動作と広可動域により誇張した動作が可能なロボット腕部を開発した。次に、印象評価実験を通じ、これらの誇張した動作が人間の笑い誘発のために有効であることを確認した。これらの知見を統合し、インタラクション中の刺激の入力に対し誇張したリアクションを返すロボットを実現させた。インタラクション中にも誇張した動作は笑い誘発に有効であることが確認され、ロボットがインタラクション中に人間の笑いを誘発するために誇張した動作を行うという提案手法の有効性を確認することができた。

さらに、ロボットの動作という視覚刺激だけでなく、くすぐりを通じた触覚刺激による人間の笑い誘発にも取り組んだ。脇の下を揉むロボット、足裏を撫でるロボット、わき腹

を揉むロボットを開発し、これらのロボットによる刺激を入力することで人間の笑いが誘発されたことが確認された。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Tatsuhiko Kishi, Souichiro Shimomura, Hajime Futaki, Hiroshi Yanagino, Masaaki Yahara, Sarah Cosentino, Takashi Nozawa, Kenji Hashimoto, Atsuo Takanishi, “Development of a Humorous Humanoid Robot Capable of Quick-and-Wide Arm Motion,” IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 1, Issue 2, pp. 1081-1088, July, 2016. (査読有)  
DOI: 10.1109/LRA.2016.2530871

[学会発表] (計 10 件)

- ① Tatsuhiko Kishi, Takashi Nozawa, Ai Nibori, Hajime Futaki, Yusaku Miura, Megumi Shina, Kei Matsuki, Hiroshi Yanagino, Sarah Cosentino, Kenji Hashimoto and Atsuo Takanishi, “One DoF Robotic Hand That Makes Human Laugh by Tickling through Rubbing Underarm,” Proceedings of the 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2016), pp. 404-409, Daejeon, Korea, October, 2016.
- ② 岸竜弘, 下村宗一郎, 柳野浩志, 金子勲矩, 野澤孝司, 橋本健二, 高西淳夫, “笑いを通じた人間とロボットのインタラクションに関する研究 (第7報: 刺激の入力に対するロボットの誇張したリアクションの生成),” 日本ロボット学会第34回記念学術講演会予稿集, 1W2-05, 山形県, 2016年9月.
- ③ 岸竜弘, 野澤孝司, 黒岩大典, 下村宗一郎, 鐘ティティ, 河合雅央, 日塔和宏, 野村幸暉, 横山裕也, Salvatore Sessa, 橋本健二, 高西淳夫, “笑いを通じた人間とロボットのインタラクションに関する研究 (第5報: 足裏の撫でを通じたくすぐりロボットの開発),” LIFE2016 予稿集, pp. 111-114, 宮城県, 2016年9月.
- ④ 岸竜弘, 野澤孝司, 黒岩大典, 下村宗一郎, 鐘ティティ, 河合雅央, 日塔和宏, 野村幸暉, 横山裕也, Salvatore Sessa, 橋本健二, 高西淳夫, “笑いを通じた人間とロボットのインタラクションに関する研究 (第4報: 肋骨の撫でを通じたくすぐりロボットの開発),” 2016年度日本IFTToMM 会議 第22回シンポジウム予稿集, pp. 43-50, 東京都, 2016年7月.
- ⑤ 柳野浩志, 岸竜弘, 二木元, 下村宗一郎, コセンティノ・サラ, 野澤孝司, 橋本健二, 高西淳夫, “笑いを通じた人間とロボットのインタラクションに関する研究 (第2報: 高速動作が可能な腕部の開発および動作速度と面白さの関係),” 第

33回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3J1-06, 東京都, 2015年9月.

- ⑥ Atsuo Takanishi, “Humanoid Robotics and Its Application,” 2014 IEEE International Conference Robotics and Biomimetics (招待講演), Bali, Indonesia, Decembr, 2014.
- ⑦ 下村宗一郎, 岸竜弘, 二木元, 柳野浩志, 八原昌亨, Sarah Cosentino, 野澤孝司, 橋本健二, 高西淳夫, “笑いを通じた人間とロボットのインタラクションに関する研究 (第1報: 高速度・広可動域を実現した2足ヒューマノイドロボット上腕部の開発),” 第15回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会予稿集, pp. 2298-2303, 東京都, 2014年12月.
- ⑧ Tatsuhiko Kishi, Hajime Futaki, Gabriele Trovato, Nobutsuna Endo, Matthieu Destephe, Sarah Cosentino, Kenji Hashimoto and Atsuo Takanishi, “Development of a Comic Mark Based Expressive Robotic Head Adapted to Japanese Cultural Background,” Proceedings of the 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2014), pp. 2608-2613, Chicago, IL, USA, September, 2014.
- ⑨ 岸竜弘, 野澤孝司, 新堀亜衣, 二木元, 三浦祐作, 吉田圭佑, 椎名恵, 松木慧, 柳野浩志, Sarah Cosentino, 橋本健二, 高西淳夫, “揉み動作によるくすぐりで人間の笑いを誘発する一自由度ロボットハンドの開発,” 第32回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3E2-05, 福岡県, 2014年9月.
- ⑩ Atsuo Takanishi, “Humanoid Robotics and History and Culture of Japan - Comparison between Western Countries and Japan through the View of Humanoid,” 2nd International Conference on Universal Village (招待講演), Boston, USA, June 2014.

[その他]

受賞

JTCF Novel Technology Paper Award for Amusement Culture Finalist, 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2016), October, 2016.

ホームページ等

[http://www.takanishi.mech.waseda.ac.jp/top/research/kobian/KOBIAN-RIV/index\\_j.htm](http://www.takanishi.mech.waseda.ac.jp/top/research/kobian/KOBIAN-RIV/index_j.htm)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

高西 淳夫 (TAKANISHI, Atsuo)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号: 5 0 1 7 9 4 6 2