

早稲田大学大学院 先進理工学研究科

博士論文概要

論文題目

ロボットの全身動作による
人間の笑い誘発に関する研究

Study on Whole Body Motion of Robot
for Making Humans Laugh

申請者

岸	竜弘
Tatsuhiko	KISHI

生命理工学専攻 バイオ・ロボティクス研究

2015年11月

近年、精神疾患の患者数が急増しており、その影響は世界の疾病負担の最大の要因といわれるまでに拡大している。ここで、笑いは抑うつ状態の抑制、不安・緊張・ストレスの緩和に効果があることが報告されている。この特徴を活用すれば、笑いは副作用の全くない精神疾患の予防・治療法となりうる。さらに、笑いはコミュニケーションにおいて相手の集中力を高め、説得に効果があることが示されており、ビジネスマンのスキルとしても注目を集めている。ただし、これらの笑いの効果はこれまで広く一般的に活用されてきたとはいえない。これは、人間が笑いを誘発するメカニズムが十分に解明されておらず、笑いのもつ効果の実証や、万人を大笑いさせる刺激の用意が困難であるためである。特に、人間の笑いを誘発する刺激の構成メカニズムは、研究例が少なかった。このメカニズム解明に向けた研究のためには、定量性・再現性のある刺激を用意することが課題であるが、ロボットを用いれば、この問題を解決できる。人間の笑い誘発メカニズムの解明を目的としたものに限定をしなければ、これまでもロボットによる人間の笑い誘発を目指した研究はいくつかの例がみられる。しかし、これらの研究はほとんどすべてが漫才やダジャレ、謎かけなど言語表現に集中していた。

一方、人間はコミュニケーションにおいて65%以上の情報を非言語表現から得ているといわれる。実際に、お笑い芸人は、表情や体の動作を中心とした非言語表現を積極的に利用している。このため、本研究ではロボットを用いた動作による笑い誘発刺激の生成メカニズムの解明に注目した。さらに、ロボット実機を用いて笑い誘発刺激を生成すれば刺激の呈示に臨場感を与えられると考えた。以上から、本研究はロボットの全身動作により定量性・再現性を備えた非言語的な笑い誘発刺激を生成し、これをロボット実機の演技で呈示することを目的とした。

本論文は、以下に示す6章から構成されている。

第1章では、序論として本研究の研究背景と目的、その意義について述べた。特に、「笑い」に関し、先行研究から明らかになっている知見をまとめ、課題を示した。さらに、関連した先行研究をまとめ、本研究の着眼点について述べた。最後に、本研究の目的と意義について述べた。

第2章における研究は、ロボットの行動・動作により笑い誘発刺激を構成するモデルの構築をめざし、以下の2点を目的に実施した。1点目はロボットの行動や動作に面白さを与える要因を特定することである。まず、人間は予想と現実にズレを感じた際に笑いを誘発するとされる。これをもとに考えると、ロボットが人間の笑いを誘発するためには、行動・動作により予想とのズレを感じさせることが必要である。予想を裏切り、印象を面白く変化させる行動・動作を生成する要因を特定するため、お笑い芸人や笑い誘発メカニズムの専門家が執筆した書籍を調査した。これらは人間が漫才や日常会話、文学作品など幅広い表現手法から面白さを感じる理由を論じたもので、書籍の分野は多岐にわたったが、物事を大

げさに表現する「誇張」、状況と矛盾した行動を取る「矛盾」、繰り返し全く同じことをする「反復」、それまでの行動の流れを急に变化させる「唐突な変化」、言葉遊びやパロディなどの「だじゃれ」の5つの構造には表現手法を問わず、高い共通性がみられた。これらを「笑いの方略」と名付けた。これらは、行動や動作に面白い印象を与えるために提唱された方略ではないが、「だじゃれ」を除く4つの方略は行動・動作を面白く変化させるために適用が可能である構造を持つ。

2点目はこの「笑いの方略」をもととしたロボットの行動・動作を面白く変化させるモデルの構築と評価である。まず、ロボットの行動・動作の生成は「環境認識」、「行動生成」、「動作生成」の3つの段階から構成されるが、これらの各段階に「笑いの方略」を当てはめることで、自然な印象を与える行動・動作を笑い誘発刺激へと変化させるモデルを提案した。

第3章における研究は、「誇張」方略を適用した「動作生成」による笑い誘発刺激の生成のため、以下の2点を目的に実施した。1点目は「誇張」した動作に対応したハードウェアの開発である。本研究では、特に表現に重要な腕部と表情を誇張して表現できるハードウェアを開発した。腕部の動作による誇張表現を実現させるため、お笑い芸人の演技中の腕部の動作を解析し、要求仕様を定めた。この結果、手先の到達範囲の拡大と、動作の高速化が必要であることがわかった。手先の到達範囲を拡大するために、腕部の各関節の可動角を拡大するとともに、肩付け根部に人間の鎖骨に相当するYaw軸、Roll軸の2自由度を追加し、研究のベースとなったロボットに比べ、手先の可到達範囲を2.3倍に拡大した。さらに、高速動作を実現するため、軽量かつ高出力な腕部を開発した。肩付け根Roll軸には2つのモータの出力を統合して1つの関節を動作させる高出力な機構を搭載した。上腕Yaw軸、肘Pitch軸にはモータを胴体に配置し、フレキシブルシャフトにより動力を関節まで伝達する機構を用いることで軽量化を図った。これらにより旧ハードウェアとの比較で45%の軽量化を達成し、各関節平均の速度において4.5倍、加速度において2.2倍の高速動作を実現した。このようにして開発したKOBIAN-RIIIをさらに改良した。外観を向上し、パラレルリンク機構の採用により広可動域・高速動作を実現した手首を持つKOBIAN-RIVを開発し腕部全体での動作による誇張表現を実現させた。表情の誇張表現に関しては、漫画表現を参考に「漫符」と呼ばれるマーク表現をLEDフレキシブルディスプレイと外装内で薄板をスライドさせる機構を開発し、感情の誇張表現を実現した。

2点目はロボットの動作を構成するパラメータの変化による「誇張」動作の生成と評価である。第1の段階として、ロボットの動作の速さ・大きさをお笑い芸人と同等程度まで「誇張」することは主観的な面白さを有意に上昇させることを示した。第2の段階として、人間の芸人の演技を、元の演技を超えて「誇張」した速度で表現させ、印象を調査した。この結果、演技の速さを1/2倍速、1倍速、

2倍速に変化させると速度の上昇に伴い、段階的に面白さが上昇した。これらは、動作の「誇張」表現で定量的な笑い誘発刺激が生成できることを示していた。

第4章における研究は、「矛盾」方略を適用した「行動生成」における笑い誘発刺激の生成のため、以下の2点を目的に実施した。1点目は状況とロボットの行動・動作の「矛盾」の程度を連続的に変化させる手法の開発である。本研究では、演者としてのロボットに「キャラ」を持たせ、「キャラ」に起因した行動・動作生成により状況との「矛盾」の程度を変化させた。人間の性格の根幹に位置する「気質」のモデルのうち、心理学で一般的に用いられる「ビッグファイブ理論」の要素のうち、長時間のインタラクションを経なくても読み取ることができると考えられる「外向性」と「神経症的傾向」の2つの要素の大小によって「穏やか」「社交的」「神経質」「悲観的」の4つのキャラを定義した。先行研究および役者の演技の解析から、この2軸に「姿勢」、「動作の大きさ」、「動作の速さ」が関連を持つことが示された。これらをもとに作成されたロボットの全身動作による演技から、被験者に意図した通りの気質の傾向が読み取られたことが確認された。

2点目は、ロボットのキャラ表現に基づく状況と「矛盾」した行動による笑い誘発刺激の生成と評価である。本研究では中身の分からない箱を探るネガティブな状況を設定し、これに対し様々なキャラを持つロボットに演技を行わせた。この結果、ロボットが状況と矛盾したポジティブな演技を行った際に印象が有意に面白くなることが確認された。これは、「矛盾」方略に基づく行動生成によって定量的な笑い誘発刺激が生成できることを示していた。

第5章では、研究を通して実現されたロボットの動作による笑い誘発刺激生成の意義を以下の観点から考察した。第1に、本研究を通じ、ロボットの動作による定量性・再現性をもつ笑い誘発刺激が実現されたことを確認した。第2に、実験を通じロボット実機の演技がCGアニメーションやお笑い芸人の演技以上に面白く受け取られることを確認した。これは、ロボットの演技を笑い誘発メカニズム解明のために利用する妥当性を示すものと考えられた。第3に、ロボット実機による笑い誘発刺激を直接観察すると、ビデオに記録したものの間接的な観察よりも、ロボットの動作が速く・新鮮な印象を与えることを確認した。これはロボット実機を用いた笑い誘発刺激の生成の有効性を示すものであった。

第6章では結論と今後の展望を述べた。

以上のように、ロボットの全身動作により定量性・再現性のある笑い誘発刺激を生成するモデルを構築した。さらに、誇張表現が可能なハードウェアの開発により、ロボット実機で笑い誘発を直接被験者に呈示する手法を確立した。本研究の成果は、心理学、社会学をはじめ、幅広い分野の研究者に人間の笑い誘発メカニズム解明のための新たなツールを提供するだけでなく、人間の笑いを誘発する機能を付加することで、ロボットの活躍の場を広げることに貢献するものである。

早稲田大学 博士 (工学) 学位申請 研究業績書

氏名 岸 竜弘 印

(2016年 2月 現在)

種 類 別	題 名	発 表 ・ 発 行 掲 載 誌 名	発 表 ・ 発 行 年 月	連 名 者 (申 請 者 含 む)
a. 論文				
○	Development of a Humorous Humanoid Robot Capable of Quick-and-Wide Arm Motion	Robotics and Automation Letters, IEEE	掲載決定	岸竜弘, 下村宗一郎, 二木元 柳野浩志, 八原昌亨 Sarah Cosentino 野澤隆司, 橋本健二 高西淳夫
○	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, pp. 2608–2613	2014年9月	岸竜弘, 二木元, Gabriele Trovato, 遠藤信綱, Matthieu Destephe, Sarah Cosentino, 橋本健二, 高西淳夫
	A Robotic Head that Displays Japanese 'Manga' Marks	Proceedings of the ROMANSY-2014 XX CISM-IFTToMM SYMPOSIUM on Theory and Practice of Robots and Manipulators, pp. 245-253	2014年6月	岸竜弘, 二木元, Gabriele Trovato, 遠藤信綱, Matthieu Destephe, Sarah Cosentino, 橋本健二, 高西淳夫
○	Bipedal humanoid robot that makes humans laugh with use of the method of comedy and affects their psychological state actively	Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 1965–1970	2014年5月	岸竜弘, 遠藤信綱, 野澤隆司, 大谷拓也, Sarah Cosentino, Massimiliano Zecca, 橋本健二, 高西淳夫
	Does an infectious laugh occur between a robot and humans?	Proceedings of the International Conference: Going Beyond the Laboratory	2014年2月	岸竜弘, 二木元, 下村宗一郎, Sarah Cosentino, Massimiliano Zecca, 野澤隆司, 橋本健二, 高西淳夫
	Human-humanoid robot social interaction: Laughter	Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp. 1396–1401	2013年12月	Sarah Cosentino, 岸竜弘, Massimiliano Zecca, Salvatore Sessa, Luca Bartolomeo, 橋本健二, 野澤隆司, 高西淳夫
	Cross-Cultural Perspectives on Emotion Expressive Humanoid Robotic Head: Recognition of Facial Expressions and Symbols	International Journal of Social Robotics, Vol. 5, Issue 4, pp. 515-527	2013年11月	Gabriele Trovato, 岸竜弘, 遠藤信綱, Massimiliano Zecca, 橋本健二, 高西淳夫

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題 名	発 表 ・ 発 行 掲 載 誌 名	発 表 ・ 発 行 年 月	連 名 者 (申 請 者 含 む)
a. 論文 の続き				
	Impression survey of the emotion expression humanoid robot with mental model based dynamic emotions	Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 1663–1668	2013年5月	岸竜弘, 児嶋卓也, 遠藤信綱, Matthieu Destephe, 大谷拓也, Lorenzo Jamone, Przemek Kryczka, Gabriele Trovato, 橋本健二, Sarah Cosentino, 高西淳夫
○	顔面各部の広い可動域および顔色により豊かな表情表現が可能な2足ヒューマノイドロボット頭部の開発	日本ロボット学会誌, vol. 31, no. 4, pp. 424–434	2013年5月	岸竜弘, 遠藤信綱, 大谷拓也, Przemek Kryczka, 橋本健二, 中田圭, 高西淳夫
	Generation of humanoid robot's facial expressions for context-aware communication	International Journal of Humanoid Robotics, Vol. 10, Issue 01, 23 pages	2013年3月	Gabriele Trovato, Massimiliano Zecca, 岸竜弘, 遠藤信綱, 橋本健二, 高西淳夫
	Development of expressive robotic head for bipedal humanoid robot	Proceedings of the 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 4584–4589	2012年10月	岸竜弘, 大谷拓也, 遠藤信綱, Przemek Kryczka, 橋本健二, 中田圭, 高西淳夫
	Development of Expressive Robotic Head for Bipedal Humanoid Robot with Wide Moveable Range of Facial Parts, Facial Color	Proceedings of the 19th symposium on robot design, dynamics, and control, pp. 151–158	2012年6月	岸竜弘, 大谷拓也, 遠藤信綱, Przemek Kryczka, 橋本健二, 中田圭, 高西淳夫
	他9件			
c. 講演				
	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3報: 気質に基づいたロボットのキャラ表現)	第33回日本ロボット学会 学術講演会予稿集, 3J1-07	2015年9月	岸竜弘, 二木元, 柳野浩志, 下村宗一郎, Sarah Cosentino, 野澤孝司, 三輪洋靖, 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	2015年9月	柳野 浩志, 岸竜弘, 二木元, 下村宗一郎, Sarah Cosentino, 野澤孝司, 橋本健二, 高西 淳夫

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題 名	発表・発行掲載誌名	発表・発行年月	連名者(申請者含む)
c. 講演 の続き				
	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	2014年12月	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
	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	2014年9月	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
	日本の漫画に特有な"漫符"を用いたロボット表情の文化的背景による印象の変化	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2014, 2A1-L01	2014年5月	岸竜弘, 二木元, Torovato Gabriele, Sarah Cosentino, 橋本健二, 高西淳夫
	笑い方策を利用した2足ヒューマノイドロボットによる人間の笑い誘発と心理状態への積極的な働きかけ	日本ロボット学会第31回記念学術講演会予稿集, 1C3-06	2013年9月	岸竜弘, 遠藤信綱, 大谷拓也, Sarah Cosentino, 野澤隆司, Massimiliano Zecca, 橋本健二, 高西淳夫
	Human-robot emotional interaction: Laughter	日本ロボット学会第31回記念学術講演会予稿集, 2S1-04	2013年9月	Sarah Cosentino, 岸竜弘, Massimiliano Zecca, Salvatore Sessa, Luca Bartolomeo, 橋本健二, 野澤隆司, 高西淳夫
	高い情動表出能力を有する2足ヒューマノイドロボット頭部の開発	日本ロボット学会第29回学術講演会予稿集, 1J3-7	2011年9月	岸竜弘, 遠藤信綱, 大谷拓也, Przemyslaw Kryczka, 橋本健二, 中田圭, 高西淳夫
	他4件			
e. その他				
特許	移動ロボット 及び先端ツール	特願 2014-263528		