

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560387

研究課題名(和文)心身の健康増進を目的とした笑い測定システムの開発とロボットによる笑わせ刺激

研究課題名(英文)Laughter Detector and Laughter Stimuli Using Robot Technology Towards Physical and Mental Health Enhancement

研究代表者

橋本 健二 (HASHIMOTO, Kenji)

早稲田大学・高等研究所・助教

研究者番号：10449340

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)：「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いる。しかし、人間の笑い誘発メカニズムは未解明であり、効率的な笑い誘発刺激の作成は難しい。そこで本研究では、ロボット技術を用いることで、定量的な笑い誘発刺激と笑い反応の測定システムの開発を目的とする。笑い測定システムとしては、筋電センサと慣性センサを利用するものを開発し、74%という精度で笑いの検出を実現した。笑わせ刺激としては、高速度・広可動域を実現可能なヒューマノイドロボットの腕部を開発し、高速度・広可動域を伴ったロボットの全身動作が人の笑い誘発に効果的であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：Laughter is attracting research attention because it enhances health by treating or preventing mental diseases. However, laughter has not been used effectively in healthcare because the mechanism of laughter is complicated. In this research we developed a laughter detector and laughter stimuli using robot technology to clarify the mechanism how humans experience humor from stimuli. A non-invasive multisensory system for laughter detection was developed. As laughter stimuli, we focused on the exaggerated arm motion widely used in slapsticks and silent comedy films. The required specification for a humanoid robot was calculated from slapstick skits by human comedians. New arms for the humanoid robot were developed with a novel mechanism that includes lightweight joints driven by a flexible shaft and joints with high output power driven by a twin-motor mechanism. The results of experimental evaluation show that the quick-and-wide motion is effective at making humans laugh.

研究分野：ロボット工学

キーワード：笑い ロボティクス 心身の健康

### 1. 研究開始当初の背景

働き手世代に見られるストレス性疾患やうつ病、高齢者に見られる認知症など、精神疾患の患者数は年々増加傾向にある。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いる。しかし、人間の笑い誘発メカニズムは未解明であり、効率的な笑い誘発刺激の作成は難しい。

そこで、研究代表者はロボット技術を用いることで、定量的な笑い誘発刺激が作成でき、笑い反応の定量計測も可能になると考えるに至った。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、心身の健康増進を目指し、ロボットによる人間の笑い誘発とその反応である笑いの定量的な測定システムを開発することを目的とする。

具体的には下記2つの項目を開発する。

- (1) 笑い測定システム
- (2) ロボットによる笑わせ刺激

### 3. 研究の方法

#### (1) 笑い測定システム

笑いを定量的に計測する先行研究としては筋電センサによる「笑い測定器」(関西大学)、マイクログフォンによる「爆笑計」(大阪電気通信大学)、表情を読み取るものなどがある。しかし、これらのセンサは体動やししゃべり声を誤検出するため、検出精度は低かった。さらに、「作り笑い」や「愛想笑い」など心から笑っていないものも誤検出してしまふという課題があった。

そこで、笑い発生時の横隔膜の動作を取得する筋電センサと身体全体の動作を取得するIMU(加速度センサ、角速度センサ)のデータを統合し、笑いの強度をリアルタイムに測定可能なシステムを開発した。

#### (2) ロボットによる笑わせ刺激

研究代表者は、これまでに2足ヒューマノイドロボット KOBIAN の全身表現による人間の笑い誘発を確認してきたが、半数以上の被験者の笑いを誘発できたロボットの動きは少数にとどまった。この原因として考えられる問題に、ハードウェアによる動作の制約があった。そこで、人間のお笑い芸人が活発に行っている腕を誇張して速く、大きく動かす動作を取り入れることで、2足ヒューマノイドロボットの全身動作による人間の笑い誘発をより効率的にすることを目標に、高速度・広可動域をもつヒューマノイドロボット腕部を開発した。

#### ハードウェアの要求仕様の検討

まず、KOBIAN 腕部で問題となっていた動作速度、可動域を向上させることが笑い誘発に効果的であるかを検証した。動作速度と可

動域の異なるロボットを用意し、それぞれにネタ動作をさせ、印象を比較した。この際、ハードウェアの条件の異なるロボットを実際に用意することは難しいため、本実験はCGにより条件の異なるロボットを再現し、動作の印象を比較した。この実験には被験者15名(男性8名、女性7名)が参加し、平均年齢は21.4歳(S.D.:0.53)である。

本実験において有効性を確認する項目は、動作速度の向上、可動域を拡大するための各自由度の可動角の拡大とした。動作速度の向上、可動角の拡大の範囲は実験に使用したすべてのネタが実現可能な値とした。さらに、KOBIAN の腕部の自由度に肩付け根 Roll、肩付け根 Yaw を追加する効果も検討することとした。これは、ロボットにこれらの自由度を搭載すると肩全体を上下、前後に動作させることが可能になり、肩をすばめたり、肩を上げたりすることで腕の可動域を違和感なく向上できると考えたためである。これらを考慮し、この実験では肩の付け根を明示的に動かしていることが確認できること、腕部を速く・大きく動かしていることを基準に3つのネタを選定して使用した。それぞれ、小島よしお(サンミュージックプロダクション)の「そんなの関係ねえ」、2700(よしもとクリエイティブ・エージェンシー)の「右肘左肘交互に見て」、ザ・ドリフターズ(イザワオフィス)の「ひげダンス」から数十秒程度を抜粋した。

実験はねたごとに項目(動作速度の向上、可動角の向上、肩付け根 Roll の追加、肩付け根 Yaw の追加)すべてを KOBIAN に実装したことを仮定したロボットにより表現される「基準動画」と、このロボットから1つの項目の実装をとりやめ、それ以外の項目はすべて実装したロボットにより表現される「比較動画」を連続で見てもらい、印象の違いを比較した。

3つのネタの評価値を項目ごとに平均した結果から、可動速度の減少に伴い、「面白さ」、「自然さ」、「親近感」の評価値が有意に減少することが分かり、可動速度の向上がハードウェアの改良にあたり特に効果的であることが分かった。さらに、各関節の可動角の向上と肩付け根 Roll 軸および Yaw 軸の自由度の追加による腕部の可動域の拡大も笑い誘発への有効性が示唆された。

#### ハードウェアの設計・製作

予備実験の結果からハードウェアの数値的な要求仕様を定めた。人間とロボットは関節配置が異なるため、要求仕様の算出には予備実験と同様、CGでお笑い芸人のネタを再現し、この動作に必要な動作速度、可動域を測定する方法をとった。使用したネタは、改良後のハードウェアでお笑い芸人が行っているあらゆるネタを再現できることを目標に、予備実験に用いたねたに加え、腕部を高速度かつ大きく動かすねたを追加した。これらは原西孝幸(よしもとクリエイティブ・エー

ジェンシー)の「なるほど」、パッション屋良(マセキ芸能社)のものまね、エド・はるみ(よしもとクエイティブ・エージェンシー)の「ゲー」である。これらのネタを実現できることを考え、速度・加速度の要求仕様を定めた。また、これらのネタの実現性と人間の腕の可動角を考慮し、可動角の要求仕様も定めた。

これらの要求仕様を満たすためには、腕部全体の大幅な軽量化・高出力化が必要であった。特に肩付け根には大きなトルクを出力することが求められたので、2つのモータを並列に接続して1つの自由度を駆動するダブルモータを採用した。腕先に近い上腕 Yaw 軸、肘 Pitch 軸は腕部全体の慣性モーメントを抑えるため、特に軽量化が求められた。このため、これらの関節を駆動するモータは体幹に設置し、フレキシブルシャフトにより各関節までトルクを伝達する方式を用いた。また、本研究においては腕部の大きな動作のみに注目するため、肩付け根および上腕部の性能を優先させ、動作させる部位の小さい手首・手は軽量化を目的に自由度のない樹脂製の軽量の剛体とした。設計した機体の全体像を図1に示す。

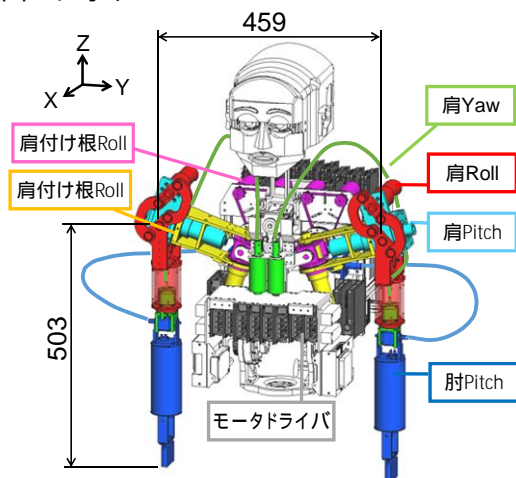


図1 開発したロボットの腕部

腕部の中で最も根元側にあり、ネタ動作中にも高速な動作を求められる肩付け根 Roll の関節にかかるトルクは最大で 39.6[Nm]、速度は最大で 125[rpm]であった。しかし、モータ1つでこの仕様を満たすためには大型のモータに大きなトルクを発揮させる必要があり、モータおよびモータドライバが肥大化する。このため、出力 80[W]のモータ2台を並列に接続し、2台のモータの出力を1本のタイミングベルトで統合して1つの関節に入力する「ダブルモータ」駆動を用いた。関節の制御は片方のモータのエンコーダの値から関節の位置を取得、位置の偏差からモータが出力すべき速度、トルクを計算し、2つのモータに同じトルク指令値を入力することで行う。

腕先に近い上腕 Yaw 軸、肘 Pitch 軸は腕部全体の慣性モーメントを抑えるため、特に軽

量化が求められた。軽量化のためには、要素部品のうち特に重量がかさむモータを関節付近に配置せず、腕部のより根元側または腕部の外に配置し、関節まで何らかの手段によりトルクを伝達することが効果的である。しかし、一般的なトルクの伝達手法として用いられているワイヤまたはベルトでは伝達トルクが不足する。また、リンク機構は中間の経路が複雑かつ要求された可動角が大きいため使用できない。したがって、経路を自由に設定でき、比較的大きなトルクを伝達できる要素部品である「フレキシブルシャフト」を採用した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 笑い測定システム

腹直筋と横隔膜の生理学的変化と動きを計測するため、筋電センサとIMUを剣状突起部とへそ部に固定し、さらに肋間筋の活動も計測するために、筋電センサを第8肋間と第9肋間の間に固定し、笑い反応時のデータを計測した(図2)。複数のセンサ情報を解析する手法としては、一般的な周波数解析を用いた。解析の結果、74%という高い精度で笑いの検出を実現した。

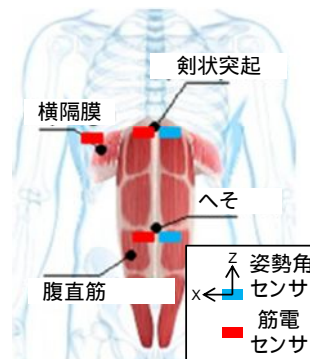


図2 笑い測定システム

##### (2) ロボットによる笑わせ刺激

開発した上肢による高速度・広可動域を伴ったロボットの全身動作が人の笑い誘発にどのような影響を与えるかを調査する実験を行った。完成したロボットに速さや動きの大きさの条件を変化させたネタ動作を行わせ、印象の変化を調べた。実験には18名(男性9名および女性9名、平均年齢23.3歳、S.D. 8.02)の被験者が参加した。

被験者にはそれぞれのロボットの動作を見た後でアンケートにより印象を回答してもらった。調査した項目は予備実験と同じく「面白さ」、「自然さ」と「親近感」に加え、予備実験で特に印象への影響が大きかったロボットの動きの速さとの関連が密接であると考えられる「躍動感」、「新鮮さ」、「危険度」を追加した6つとし、1から4の4段階で評価してもらった。

予備実験においては、肩の付け根が明示的に動いていることに注意し、評価に用いたネタを選定した。しかし、予備実験では被験者

が肩の付け根の自由度の有無ではなくロボットの動作を速さ・大きさという2要因から評価しているという結果が示唆された。したがって、この実験では速く、大きな動きをより際立たせるネタを再選定した。具体的には、キンタロー。(松竹芸能)の「元AKB48の前田敦子さんのものまね」、原西孝幸(よしもとクリエイティブエージェンシー)の「なるほど」、パッション屋良(マセキ芸能社)のものまねを数十秒程度抜粋したものである。本実験では速度・可動域をそれぞれ2段階(芸人のネタ通りの速度・可動域, 改良前のKOBIANのハードウェアの制約を受けた速度・可動域)に変化させ、これらの組み合わせから合計4つの条件でロボットに上記3つのネタ動作を行わせ、印象の違いを調べた。4つの条件の動画すべてを1人の被験者に見せると印象に対して刺激に対する慣れによる影響が大きくなることが考えられたため、被験者を2群に分け、それぞれの被験者に異なる3つの条件の動画を提示する方法を取った。被験者には各条件のロボットのネタ動画を一本ずつ見た後、それぞれの印象を回答してもらった。結果を図3に示す。

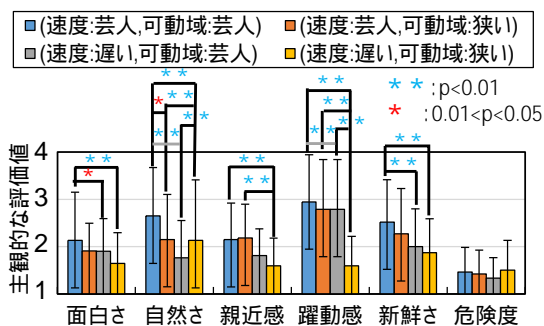


図3 速度と可動域の違いによる印象

まず、改良前後のロボットの表現力の変化をみるために「速度：芸人，可動域：芸人」のネタ動作と「速度：遅い，可動域：狭い」のネタ動作に対する印象を比較すると、「危険度」を除く5つの項目で有意な差がみられた。これにより、本研究を通じてロボット腕部の可動速度，可動域を向上させたことでネタ動作の印象がより「自然」に、「新鮮」に感じられ、またより高い「親近感」と「躍動感」を感じられるようになり、ネタ動作がより「面白く」感じられることが分かった。これは、本研究を通じて行われたロボット腕部の動作の速度・可動域の向上が有効であることを示している。

また、それぞれの条件による印象の変化をみると、まず「速度：芸人，可動域：芸人」と「速度：遅い，可動域：芸人」および「速度：芸人，可動域：狭い」と「速度：遅い，可動域：狭い」の間の比較から、速度の変化によって、多くの項目で有意に印象が変化していることが分かる。一方で、「速度：芸人，可動域：芸人」と「速度：芸人，可動域：狭い」および「速度：遅い，可動域：芸人」と「速度：遅い，可動域：狭い」の間の比較か

ら可動域の変化においては特に「自然さ」の印象が有意に変化していることが分かる。このことから、ロボットの全身動作により人間の笑い誘発を行うためには、特に速い速度でネタを行うことが重要であり、また「自然な」印象を与えるためには可動角度を人間並みに広くすることも重要であることが分かる。

今後は、軽量のロボットの前腕部を開発し、今回の研究で示された成果を手首・手を用いた表現へ拡張したい。

## 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計4件)

岸竜弘, 二木元, 柳野浩志, 下村宗一郎, コセンティノ・サラ, 野澤隆司, 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, 東京電機大学(東京都), 2015年9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, “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, 東京ビッグサイト(東京都), 2014年12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, “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, 九州産業大学(福岡県), 2014年9月。

Sarah Cosentino, Susanne Burger, Lara Martin, Florian Metz, Tatsuhiro Kishi, Kenji Hashimoto, Salvatore Sessa, Massimiliano Zecca and Atsuo Takanishi, “A Multisensory Non-Invasive System for Laughter Analysis,” Proceedings of the 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Chicago (USA), August, 2014.

〔その他〕

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

橋本 健二 (HASHIMOTO, Kenji)

早稲田大学・高等研究所・助教

研究者番号: 10449340