

平成 30 年 6 月 24 日現在

機関番号：32689

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H07264

研究課題名（和文）漫画・アニメ調の視覚・聴覚表現によるロボットの全身動作の誇張

研究課題名（英文）Emphasis on the impression of whole-body robot motion using manga and animation expression

研究代表者

岸 竜弘（Kishi, Tatsuhiro）

早稲田大学・理工学術院総合研究所（理工学研究所）・その他（招聘研究員）

研究者番号：10778054

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ロボットの全身動作の意図を分かりやすくするためのアニメ・漫画的な視覚・聴覚を通じた誇張表現の開発を目的とした。まず、視覚的表現として「快度」と「覚醒度」により連続的に変化する図形の形状と動作によってロボットの内心の感情を表現させ、これをロボットの胸部に表示する手法を開発した。また、聴覚的表現としてロボットの感情を表現したり動作の印象を強調する効果音を選定した。評価実験の結果、これらの単体、また組み合わせによってロボットの動作の印象を誇張することができることを確認した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to develop visual and auditory exaggeration methods in order to achieve easy to understand whole body robot motion motivated by manga and animation expression. First, we developed a visual exaggeration method by expressing robot's real emotions on the display placed on its chest. On the display, group of marks are moving around. The shape and motion of the mark is continuously changing with "degree of pleasure" and "degree of awareness". In addition, we selected effect sounds expressing emotions of robot as auditory exaggeration method of motion and emotion of robot. From the result of the evaluation experiments, we confirmed that the impression of the motion of robot can be exaggerated by these single exaggeration method and combination of them.

研究分野：ロボット工学

キーワード：ヒューマノイドロボット 漫画 アニメ 誇張 効果音 ディスプレイ 感情 動作

1. 研究開始当初の背景

高齢社会において、働き手世代の減少、高齢者の増加は大きな問題である。ロボットはこれまでのように工場などで人間の単純作業を代替するだけでなく、介護・医療の分野をはじめ、人間の生活空間内で人間を心身から支援することが求められるようになる。このようなロボットは人間とのコミュニケーションを通じたサービスの提供が不可欠である。特に、人間はコミュニケーションの中で、65%以上の情報を表情や身振り、音韻などの非言語情報から得ている。

これまで、ロボットは人間に近い表現を追い求めるのではなく、漫画やアニメなどに見られる人間の表出を誇張した表現を利用することで、人間に対し読み取りやすい表現を実現できることを主張し、実際にこの方針に従ってハードウェアの開発と評価を行ってきた。具体的には、ロボットの表情表現に漫画と呼ばれる怒りの血管や悲しみの涙などのマーク表現を加えることで、基本6感情平均で90%を超える高い感情認識率を持つロボット頭部を開発した(図1)。

これまで、大多数のロボットの表情やジェスチャなどの非言語表現は人間に自然な印象を与えることを目的とするためロボットの表現を可能な限り人間に近づけることを目的に開発されてきた。これらのロボットは人間そのものの解明に用いる場合には有用である。一方、表情を例に挙げて考えると人間は顔面に多数の表情筋を持ち、これらによって皮膚を変形させることで表情を表出しているが、注視点は眉・瞼・唇に集中することが報告されており、ロボットが内部状態を表現する、という用途であれば多数の筋肉やこれに伴う皮膚の動作を表現することは冗長であると考えられる。実際に、申請者が開発したロボット頭部は皮膚を持たず、眉・瞼・唇のみを変形させることで駆動されるが、人間の表情を超えた感情認識率を実現している。このように、本研究はシンボリックな表現を積極的に利用することに着目する点、さらに、人間の表現をシンボリックな形に変化させるだけでなく、アニメや漫画などに見られるマークや効果音といった誇張表現の手法を導入することに特色がある。

同様の研究例としては顔色の表出、目が飛び出す表現、アニメの表現に特有な髪の毛の変形で表現を行うロボット頭部などが見られる。一方、我々のこれまでの研究を含め従来の研究に共通した問題点として以下の点が挙げられる。まずアニメ・漫画的な視覚を利用した誇張表現は全て表情に関するものである。体の部位の動きを誇張する流線と呼ばれる残像による表現、腕や体の変形、色の变化など腕や体を使った全身動作にアニメ・漫画的な誇張表現を導入したロボットはみられない。また、それぞれのロボットの表現機能は顔色や漫画の表現、目が飛び出す表現、髪の毛の動作による表現など異なった単

一の表現を目的として開発され、共通性がない。さらに、これらの表現の内容はそれぞれの研究者の主観によって事前に定義されたもので、表現の内容と動作の関連を定義したモデルに基づいたものではない。したがってこれらの表現はロボットのハードウェアに依存している。これらの表現を定義するモデルが構築されることは、複雑な構成を持つヒューマノイドロボットだけでなく、より単純なロボットや画面上のエージェントにもその知見の利用が可能となり、人間の生活を支援する機械一般のサービス能力を向上させることに貢献すると期待される。

また、上記のように視覚的な表現はいくつかの研究例が見られるものの、漫画やアニメに見られる効果音に代表される聴覚的な表現を取り入れた研究はみられない。

2. 研究の目的

本研究は、以上を踏まえ表情だけでなくロボットの全身動作にアニメ・漫画的な視覚・聴覚を通じた誇張表現を積極的に取り入れることで、これまでになく意図が読み取りやすいロボットの全身表現を実現させることを目的とした。

3. 研究の方法

上記の目的を達成するため、本研究ではまずロボットの全身表現の印象を誇張するために有用と考えられるアニメ・漫画的な表現をリストアップし、選定した。さらに、視覚表現、聴覚表現それぞれについてロボットの動作の印象を誇張する表現手法を開発した。最後に、これらをロボットの全身動作と合わせて提示することで、提案手法がロボットの全身動作の印象を誇張するうえで有用であるかどうかを評価した。

本研究は我々が開発を進めてきた2足歩行ヒューマノイドロボット KOBIAN-RIV (図1) 上で実施した。このロボットは表情に27自由度、首部4自由度、片腕9自由度、体幹・腰3自由度、片脚6自由度の全身64自由度をもつ。このロボットを用いることで表情やロボットの全身の姿勢などと提案するアニメ・漫画的な誇張手法の組み合わせの効果が検証できる。

4. 研究成果

4.1 ロボットの全身表現との統合に有効な視覚・聴覚を通じたアニメ・漫画的な誇張表現の選定

研究の第一段階として、ロボットの全身表現のために有効なアニメ・漫画的な誇張した表現手法を主に文献調査から収集し、リストアップした。この結果、これらの表現は心情表現を誇張するものと動作の印象を誇張するものとして涙や血管などのマークによる「漫画」による表現、漫画やアニメーションの背景の色や動きなどによる雰囲気やキャ

ラクターの心情の表現、「ガーン」という音や心拍音を表す「ドクドク」という効果音による表現などがみられることがわかった。さらに、動作の印象を誇張するものとしては腕や足などが高速に動作した際、線で残像を描く「流線」と呼ばれる表現、腕や脚の形状を引き伸ばしたり、太さを変化させたり、手や足の先端部の大きさを変化させる表現、「ヒュッ」という音などで風切り音を出力する表現などがみられることがわかった。

これらのうち、視覚表現についてはモデル化が容易で、連続的に幅広い状態が表現可能であることに注目し、ロボットの胸部ディスプレイにロボットの本心の感情を表現することに取り組んだ。聴覚表現については典型例として効果音に着目、ロボットの心情を誇張する効果音とロボットの動作を誇張する効果音を付加した際の印象を調査することとした。

4. 2 視覚を通じたアニメ・漫画的な誇張表現の構築

多くの漫画では、登場人物の背景に抽象的な模様を描いたり、吹き出しの形状を変化させたりすることによって本心の感情を直接表現する例がある。ここから着想を受け、本研究ではロボットに搭載したディスプレイに抽象的な映像を映して感情を直接表現することとした。本心の感情は「胸中」の感情などと同義であることから、胸部と関連が深いと考えられるため、ディスプレイはロボットの胸部に設置した。感情には強度があり、連続的に変化するものである。そのため、ディスプレイに感情を映し出すにあたり、表示内容を感情と関連した連続的な変数に基づいて変化させれば、感情を網羅的に表現可能になると考えた。

感情を定義する変数としては、「覚醒度」と「快度」の2変数に基づくものが一般的である。本研究でもこの定義を採用した。覚醒度と快度によって定義された感情を網羅的に表現するため、「多数の物体が群れをなす



図1 KOBIAN-RIV

映像」による新たな表現手法を開発した。ここで、覚醒度の高さは、群れの各個体の動きの速さにより表現した。快度は群れの各個体の形状と色によって表現した。

開発した手法において、群れをなす個体の移動の方向、速度は他の個体が多くいる方向に向かう「結合」の規則、近づきすぎた他の個体から離れる「引き離し」の規則、各個体をディスプレイの中心に集める規則の3つの規則により計算した。形状に関しては各個体の形状を24角形とし、その偶数番目の頂点と中心の距離の変化によって、快度による形状変化を実現した。色に関しては、先行研究から快の印象を与える黄赤と不快の印象を与える黒を群れの各個体を塗りつぶす色とした。ディスプレイの背景は各個体の色と調和する色で塗りつぶした。中間状態は各個体の色・背景の色ともにRGB値をそれぞれ線形補間することで変色させた。ただし、ニュートラル感情を表す際の各個体および背景の色をともに白とした(図2)。

ここで、本研究で提案したディスプレイの表現である「動きの速さ」による覚醒度の表現、「形状・色」による快度の表現が正しく認識されるかを評価する実験を行った。群れの各個体の「動きの速さ」と「形状・色」をそれぞれ5段階で変化させた合計25種類を実験参加者の方にランダムな順番で見せ、「覚醒度」と「快度」の高さの印象を回答してもらった。結果から、群れの各個体の動きの速さを速くすると、覚醒度の評価値が有意に上昇していること、群れの各個体の形状と色を変化させると、快度が有意に変化していることがわかった。したがって、各個体の移動速度、形状と色の変化で、覚醒度および快度を意図の通り表現できたことがわかった。

4. 3 聴覚を通じたアニメ・漫画的な誇張した表現の構築

聴覚的なアニメ・漫画調の誇張表現についてはこれらを網羅的にまとめた文献などは見つけることができなかったものの、典型例として効果音に着目し、ロボットの心情を誇

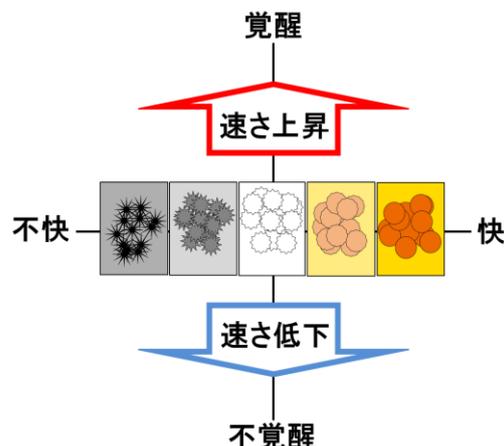


図2 覚醒度・快度と表現の対応

張する効果音とロボットの動作を誇張する効果音を付加した際の印象を調査した。ロボットの心情を誇張する効果音については陽の感情を表現する「クイズの正解音」の効果音、陰の感情を表現する「トッカータとフータニ短調」の効果音をそれぞれ選定した。

ロボットの動作を誇張する効果音については、動作にあわせて再生する際、音源定位の観点から違和感なく出力できること、音源位置の変化による効果が来たことから動作部位に直接音源を配置する必要があると考えられた。本研究では動作範囲、速度が最も大きい腕部動作に着目、腕部動作に関連した効果音を再生することとした。このため、音源としてロボット手部に直接搭載可能な小型スピーカユニットを開発した。

低音は音源定位が不可能とされるため、主部から再生するべき周波数帯域の要求仕様を 100Hz~20kHz とした。20Hz~100Hz の低音部は、心情を表現するスピーカとあわせて胴体に搭載した。音圧の要求仕様は、会話音圧の 2 倍の 66 dB とした。

手部に搭載可能な大きさの範囲において市販のスピーカユニット単体では周波数帯域・音圧要求仕様を満たすものは見つからなかったため、容積は 0.05L、ベント穴径 1.8mm、ベント長さは 12.5mm としたバスレフ型のスピーカボックスを開発した。スピーカボックス単体の予備的な評価において、開発したスピーカボックスは 83.2Hz~20kHz までの周波数帯域で要求音圧を満たすことが確認された。ロボットの腕部動作を誇張する効果音は風を切る音の効果音を選定した。

ここで、開発したスピーカから効果音を再生することで、ロボットの動作の印象を誇張することができるかを評価する実験を行った。ロボットが両手を上げる動作とともに「ヒュッ」という風を切る音の効果音を付加し、この有無における印象の変化を調査した。この結果、効果音を付加することによって動作の印象のうち「躍動感」主観的な「速さ」の印象が有意に上昇したことが確認され、効果音の負荷によってロボットの動作の印象が誇張できることを確認した。

4. 4 視覚・聴覚を通じたアニメ・漫画的な誇張表現のロボットの全身動作との統合と評価

ロボットの頭部による表情表出と本研究に



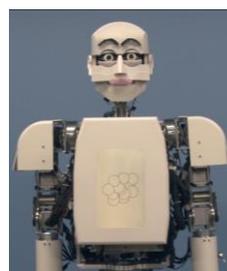
図 3 開発したスピーカ搭載手部

より開発されたロボットの胸部ディスプレイによる感情表出、効果音の再生を同時に行い、これらの表現内容の組み合わせによりロボットの感情表現が誇張されるかを評価する実験を行った。この実験の参加者は 33 人（男 15 人、女 18 人）であり、その平均年齢は 20.9 歳（S.D. 2.27 歳）であった。

この実験は、ロボットの上半身を映した動画をスクリーンに等身大になるよう投影し、それを見た実験参加者に印象を回答してもらう方法で行った。動画の内容は、ロボットの表情・ディスプレイともにニュートラル感情を表現している状態から、それぞれある感情の表現へ約 1 秒で遷移するものとした。表情は喜び・悲しみの 2 種類を用意した。これに加え、胸部ディスプレイは「喜び」では覚醒度・快度ともに高い状態に変化するもの、「悲しみ」では覚醒度・快度ともに低い状態に変化するもの、それぞれニュートラルのまま変化しないものを用意した（図 4）。効果音は 4.3 で選定した、陽と陰の感情を表現する効果音の再生の有無をそれぞれ用意した。これら 2 種類の表情それぞれに関しディスプレイによる感情表現と効果音の生成の有無を組み合わせ合わせた合計 8 種類の動画を実験参加者にランダムな順番で提示した。

それぞれの動画に対し、実験参加者がロボットがどの感情を表現していると考えたかを回答してもらった。回答はの 7 つの選択肢（「喜び」「怒り」「悲しみ」「恐れ」「驚き」「嫌悪」「その他」）から選択してもらった。

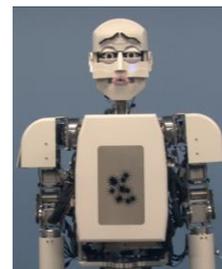
実験の結果を図 5(a),(b)に示す。まず「喜び」の表情に関しては、表情のみの感情認識率に対し、画面の表現、効果音のそれぞれ単体を加えたものの認識率が上昇したことから、表情にこれらの誇張表現を加えることで全体としてロボットの感情が読み取りやすくな



(a)無感情



(b)喜び



(c)悲しみ

図 4 表情とディスプレイの表現

ったといえる。また、誇張表現による効果は画面による本心の感情の表現の方が効果音よりも高いことがわかる。さらに、画面による表現と効果音による表現を両方加えたものが最も感情認識率が高くなったことから、これらの表現は組み合わせによって更なる誇張効果を生んでいるといえる。

一方で、「悲しみ」の表情に関しては表情のみの感情認識率に対し、効果音の表現の単体を加えたものの認識率が上昇したものの、画面の表現を加えたものの認識率は逆に下がった。4.2 で説明した通り画面の表示内容は「悲しみ」に相当する快度、覚醒度と認識されているため、この結果は表情、画面がどちらも同じ感情を表現している場合にも、これらの組み合わせによって認識率は必ずしも上昇しないことを示しているといえる。ただし「悲しみ」の表情においては画面の有無にかかわらず効果音は感情認識率を上昇させる効果があったといえる。

以上のように、本研究で開発したアニメ・漫画調の表現手法によって視覚的表現手法においてはロボットの本心の感情を胸のディスプレイに表示することによってロボットの動作による感情表現を、聴覚的表現手法においては感情を誇張する効果音によってロボットの動作による感情表現を、動作を誇張する効果音によってロボットの動作の躍動感、主観的な速さの印象を誇張することができたことが確認された。これらは提案手法の有効性を示したものであるといえる。ただし、4.4 の実験の結果に示した通り、これらの表現はロボットの表現に対し単純に足し合わせて効果が出るものではなく、動作と誇張表現との組み合わせや誇張表現同士の組み合わせによって印象が変化することが確認された。今後、ロボットの様々な表現に最適な誇張表現を自動的に選択するためには、ロボットの動作と誇張表現の適切な組み合

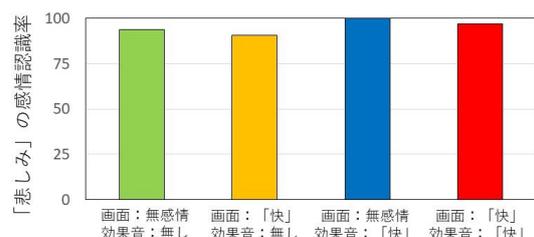
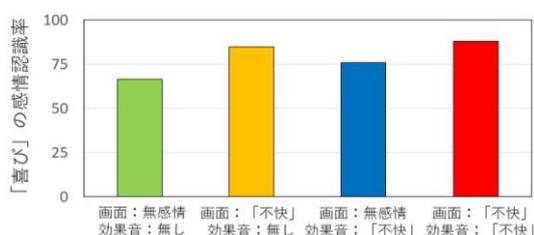


図5 ディスプレイと効果音の表現の有無による感情認識率の変化

わせ方関しさらに検討が必要である。

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, 査読有, Vol. 1, Iss. 2, pp. 1081-1088, 2016.

〔学会発表〕(計 3 件)

1. 加藤健太郎, 岸 竜弘, 柳野浩志, 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8報: ロボットの胸部ディスプレイによる本心の表現),” 第35回 日本ロボット学会学術講演会, 2017.

2. Tatsuhiko Kishi, Takaashi 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 RubbingUnderarm,” The 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robotics and Systems (IROS2016), 2016.

3. 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, 2016.

〔図書〕(計 1 件)

1. Tatsuhiko Kishi, Kenji Hashimoto and Atsuo Takanishi, “Humanoid Robotics: A Reference Human Like Face and Head Mechanism,” Springer Netherlands, 26pages, 2017.

〔その他〕

ホームページ等

全身を用いた情動表出が可能な2足歩行ヒューマノイドロボット KOBIAN-RIV

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

岸 竜弘 (KISHI, Tatsuhiko)

早稲田大学・理工学研究所・招聘研究員
研究者番号: 10778054