

推薦論文

操作者の笑い声に基づく 遠隔操作型アンドロイドの笑い動作生成

船山 智^{1,2,a)} 港 隆史² 石井 カルロス 寿憲² 石黒 浩^{1,2}

受付日 2016年6月7日, 採録日 2017年1月10日

概要: 遠隔操作型アンドロイドは強い存在感を伝達するコミュニケーションメディアであるが, 動作自由度の制約により人間と同様に動くことができず, 人の動作を複製する遠隔操作方法では不自然な振舞いとなることがある. 本論文ではコミュニケーション中の重要な要素である“笑い”に注目し, 限られた自由度の中で動きの誇張によって自然に見える笑い動作を設計し, その有効性を複数種類のアンドロイドを用いて検証した. また, 操作者の笑い声を認識するシステムを開発し, 操作者の笑い声に合わせて自動的に笑い動作を付加する遠隔操作システムの実用性を検証した.

キーワード: アンドロイド, 遠隔操作, 笑い, 誇張, 笑い声検出

Speech Driven Laughter Generation of Teleoperated Android

TOMO FUNAYAMA^{1,2,a)} TAKASHI MINATO² CARLOS T. ISHI² HIROSHI ISHIGURO^{1,2}

Received: June 7, 2016, Accepted: January 10, 2017

Abstract: Teleoperated androids are developed as communication media which can share strong human presence. However, android cannot move like humans since the degrees of freedom are limited. Therefore, a behavior of android is not always natural. In this paper, we focus on “laughter”, that is an important expression in communication. We designed exaggerated laughter motion of android, and developed an automatic laughter generation system of teleoperated android. Psychological experiments verified the effectiveness of proposed method, and also the results suggested the exaggeration should depend on the appearance of android.

Keywords: Android, teleoperation, laughter, exaggeration, laughter detection

1. はじめに

近年, 人と人のコミュニケーションはますます多様化してきており, 電話や E メールなどの通信メディアを用いることで, 時間や場所を問わず誰かとコミュニケーションをとることができる. そのような通信メディアの 1 つとして遠隔操作型アンドロイドが開発されている [1] (図 1). これらは電話と同様に音声による対話が可能であるとともに

に, アンドロイドが操作者と同期した動作を行うため, 対話者にとってはまるで操作者と対面しているかのように感じられる. また, 実体があり触れることもできるため, 他のメディアと比べ対話相手の存在感を強く感じることができ.

遠隔操作型ロボットに操作者と同期した動作をさせるためには, 操作者の動作を計測し同様の動作となるようにロボットの関節角を動かす動作複製手法を用いるのが一般的である. しかし動作複製手法では, アンドロイドの動作が不自然に感じられることがある. その理由の 1 つとして, 操作者の音声から期待されるアンドロイドの動作と実際の

¹ 大阪大学大学院基礎工学研究科
Osaka University, Graduate School of Engineering Science,
Toyonaka, Osaka 560-8531, Japan

² 国際電気通信基礎技術研究所, ATR
Advanced Telecommunications Research Institute International,
Keihanna Science City, Kyoto 619-0288, Japan

a) funayama.tomo@irl.sys.es.osaka-u.ac.jp

本論文の内容は 2015 年 9 月の支部大会にて報告され, 支部長により情報処理学会論文誌ジャーナルへの掲載が推薦された論文である.

アンドロイドの動作の不一致がある。この不一致が起こる原因の1つは、アンドロイドの動作自由度が人間よりも少ないことである。

アンドロイドの動かせる関節軸は、人間と比較して少ないため人間と同様に動くことができない（アンドロイドの動作自由度の詳細については2章で記述する）。すなわち、操作者の動作を計測し、複製したとしても、その動作をアンドロイドで完全に再現できるわけではない。たとえば、遠隔操作型アンドロイドであるテレノイドの顔内部には目と口を動かすアクチュエータしか存在しないため、操作者が笑顔を作りながら笑い声を出した場合、テレノイドの声は笑い声だが、表情は笑顔でないという状態が生じる（テレノイドの可動部分は図3を参照）。このようなハードウェアの制約により、音声と動作の不一致が生じている。

この音声と動作の不一致を解決するために、音声からの動作自動生成手法を提案する。不十分な自由度による動作の制約を解決する方法として、単純にアンドロイドのアクチュエータを増やすことが考えられる。しかし、アンドロイド内部のスペースや配置の問題でアクチュエータを増やせないことが多い。そこで、操作者の音声に合わせて、アンドロイドにとっての自然な動作を限られた自由度の下で生成する、すなわち、笑い声から期待される自然な動作を自動的にアンドロイドに付加することで、この問題を解決する。

本研究では、従来手法で不自然となっている動作の1つとして、アンドロイドの笑いに取り組む。笑いは対話において頻出するものであり、笑っている人の心的状態を伝えるだけでなく、場の雰囲気や良くなる効果などがある。しかし、音声から期待される動作とアンドロイドの笑い動作の不一致が生じると、操作者が笑うことで対話者に悪い印象を与えてしまう可能性がある。これは対話メディアとして致命的であり、その改善は不可欠である。また、自然な笑い動作が生成できれば、自律ロボットの笑い表現においても利用できる技術となる。したがって本論文では、遠隔操作型アンドロイドにおいて、笑い声と同期した笑い動作を自動生成するシステムの開発を目指す。この目的を達成するための大きな課題は、動作自由度の制約があるアンド

ロイドで自然な（対話者が期待するような）笑い動作を表現する方法と、操作者が笑っていることを音声情報から検出する方法の開発である。前者については、人の笑い動作からアンドロイドでも表現できる動き成分を抽出し、それを誇張した動作で表現する手法を提案する。そして、心理実験により本手法で自然な笑い動作が生成できることを検証する。後者については、笑い声の音響モデルを作成することで、音声認識エンジンを用いて笑い声を自動で検出する手法を提案する。そして、開発した笑い自動生成システムの実用性を心理実験により検証する。

2. 遠隔操作型アンドロイド

本章では、検証実験で用いる遠隔操作型アンドロイドのジェミノイドとテレノイド、および遠隔操作システムについて説明する。

2.1 遠隔操作型アンドロイドの概要

2.1.1 ジェミノイド

ジェミノイドは実在の人間に非常に近い見かけをしたアンドロイドであり、本論文の検証実験では40歳代の男性をモデルとしたジェミノイド HI-2 を使用した（図2(a)）。ジェミノイド HI-2 は全身に空気圧駆動のアクチュエータが50個配置されており、人間のような柔軟な動作が可能である（図2(b)）。しかし、空気圧駆動アクチュエータではサーボモータほどの素早く細かい動作ができないという欠点がある。

2.1.2 テレノイド

テレノイドは、人間の最小限のデザインをコンセプトとして開発されたアンドロイドである（図3）。この性別も年齢も分からないような中立的なデザインにより、誰が操作していてもロボットに操作者の姿を想像でき、見かけから想像される音声とテレノイドの音声（操作者の音声）との不一致が生じない。自由度についても、コミュニケーション上最低限必要だと考えられる9つのアクチュエータが配置されている（図3）。アクチュエータにはサーボモータを用いている。



図1 遠隔操作型アンドロイド

Fig. 1 Teleoperated android.

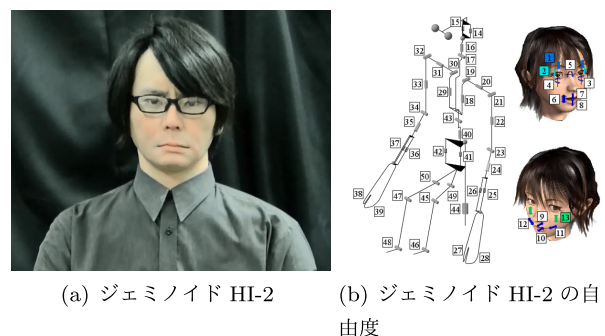


図2 ジェミノイド HI-2

Fig. 2 Geminoid HI-2.

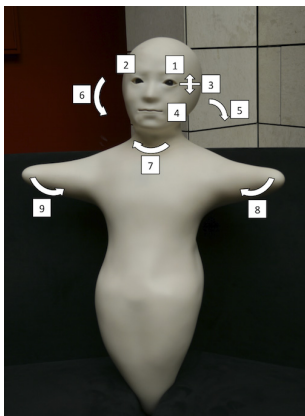


図 3 テレノイドとその自由度

Fig. 3 Telenoid and its kinematics.

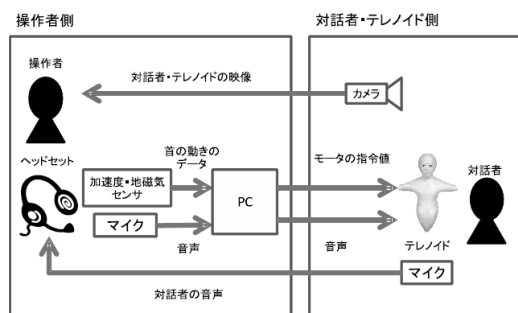


図 4 アンドロイドの遠隔操作システム

Fig. 4 Teleoperation system of android.

2.2 遠隔操作システム

アンドロイドの遠隔操作システムを図 4 に示す。図ではアンドロイドとしてテレノイドを描いているが、ジェミノイドにおいても同様のシステムである。このシステムでは、操作者の動きの中で、アンドロイドで再現できる動きだけをアンドロイドに複製する。具体的には操作者の首と口の動きである。IMU (Inertia Measurement Unit) を搭載したヘッドセットを用いて操作者の頭部動作を計測し、アンドロイドの頭部が同様の動作となるように首のアクチュエータに指令値を送信する。口の動きは、操作者の音声から口の形状を推定するシステム [2] を用いて生成する。

また、ヘッドセットのマイクとスピーカをアンドロイド側のスピーカとマイクに接続することで音声通話が可能である (テレノイドにはスピーカが内蔵されているが、ジェミノイドはされておらず、ジェミノイドの背後にスピーカを設置する)。操作者はカメラ画像を通して、アンドロイド側の様子を観察することができる。

3. アンドロイドの笑い動作のデザイン

アンドロイドは人間に近い見かけを持つが、その動作自由度は人間のそれよりも乏しい。本研究では、制限された自由度の下で自然な笑いを表現する手法として、アニメーションと文楽人形に関する先行研究で述べられている誇張

表現を参考にし、アンドロイドの誇張した笑い動作を設計する。

3.1 アニメーションにおける誇張表現

アニメーションでは、キャラクターが現実の物理法則を無視した動きをすることが多い。キャラクターの動きを誇張して描写することで、動作の分かりやすさや自然さ、躍動感を生み出している。

アニメーターの描く誇張動作をコンピュータで自動生成する研究は様々に行われている。北爪ら [3] はアニメーションにおける誇張動作生成手法を以下のように分類している。

- (1) 角度制御による動作誇張手法 [4]
- (2) 軌跡制御による動作誇張手法 [5]
- (3) 加速度制御による動作誇張手法 [6]
- (4) タイミング制御による動作誇張手法 [7]
- (5) カトゥーンプラー [8]

(2), (3), (4) は人間のモーションキャプチャデータを、(1) はキーフレームによる補間アニメーションを誇張元としている。(5) のカトゥーンプラーは非写実的な 3D アニメーションに動きの効果を生成する手法であり、上記のどちらも誇張元とすることができる。(2), (3), (4) から分かるように、アニメーションでは現実の人間とまったく同じ動作では表現として不十分であり、人間にはないような誇張された動作が必要とされている。人間ではない存在として、アンドロイドでも誇張された動作が有効だと考えられる。

3.2 文楽人形における誇張表現

文楽人形は日本の古典芸能である人形浄瑠璃で使用されている人形であり、人間である人形遣いが動かすことで演目を演じる。文楽人形は顔の表情が変化しないが、全身動作によって多様な感情を表現する。

中川 [9] は、アニメーションの感情表現の動きを文楽人形で実演する実験を行い、あるアニメーションの 1 シーンにおいて文楽人形の動作量がアニメーションの登場人物よりも、首の動きが 4 倍、動作角度が 1.8 倍、上下の動きが 2.5 倍、手の動きが 36 倍であったことを報告している。このことから、表情のない文楽人形はアニメーション以上に誇張された動作で感情を表現していることが分かる。文楽人形は少ない関節軸数による動きの不足を誇張動作で補えているといえる。また、中川は文楽人形の感情と動作の規則を抽出し、その感情表現動作をロボットに応用している。そのなかで、幸・喜びの感情動作は、笑うときに“上下に震え、時折上方向を向く”としている。

3.3 アンドロイドにおける笑い動作のデザイン

前述の例から、制限された動きを誇張した動作で補えると考えられる。そこで、文楽人形に利用されている動作角

度と動作量を誇張する手法を，アンドロイドの笑い動作に利用する．すなわち自由度不足による表情などの乏しさを全身動作で補うことを考える．

アンドロイドの笑い動作を設計するうえで，まず人間の笑い動作を調べた．対面対話を行っている人間の映像を解析したところ，人間の笑いにとともなう動作として身体全体の上下方向の振動が多く観察された．この動きは，笑い声の発声時に肺や腹部が伸縮することにより起こるものであり，様々な笑い動作の中でも共通に現れる動きであると考えられる．また，文楽人形の笑い表現についても上下方向の震えが報告されている [9] ため，この上下方向の振動動作をアンドロイドの笑い動作として生成する．ジェミノイドでは肩などの身体のアクチュエータを多数動かして振動させることができるが，テレノイドでも可能な動作とするため，頭部の上下振動で表現することとする．

人間のこの振動動作は発声により胴体部分で起こると考えられ，その振動に付随する頭部動作の角度は非常に小さい．そこで，この頭部の動作量を明らかに大きくした誇張動作を生成する．動作量の増加による誇張方法としては，操作者の頭部の動作角度を一定倍数大きくする方法が考えられる．しかしこの方法では，非常に小さい動作角度の動作の場合，一定倍大きくしたところで，なお小さい角度の動作のままである．ここでは，動作角度が明らかに大きくなったことを知覚させるために，操作者の頭部動作とは異なる，頭部を上下方向に大きく動かす動作を事前に用意し，それを遠隔操作されたロボットの動作に重畳する．すなわち，本実験では動作の誇張を，あらかじめ準備した大きな動作を操作者動作に重畳することと定義し，その有効性を検証する．この誇張動作により，アンドロイドの表情の乏しさを文楽人形のように補い，自然な笑い動作を表現する．誇張動作の動作角度の大きさは，使用するそれぞれのロボットで不自然にならない程度の大きな動作角度に調整した．上下方向に動かす回数は，上記で観測された多くの笑い声の長さに合うように 2 回とした．

3.4 ロボットに期待される動作

ロボットは SF などの創作作品の中にたびたび登場するため，我々はロボットを見たときに，そのロボットの機能や動きについてある期待を持つ．特に，アンドロイドのような人間に酷似した見かけを持つロボットの場合，人に近い機能や振舞いが期待される．しかし，実際の機能が期待を下回った場合，我々はそのロボットに失望したり不自然に感じたりすることで，印象が悪くなると考えられる．

小松ら [10] は，ユーザがエージェントに対してインタラクション前にいただいた印象と実際のインタラクションを通じて感じた印象の差を「適応ギャップ」と定義し，適応ギャップが印象変化に与える影響について報告している．彼らの報告では，適応ギャップが負，つまり事前に予想し

ていた機能よりも実際のロボットの機能が低かった場合，ロボットに対する印象が悪くなり，その逆に適応ギャップが正の場合には印象が良くなることが確認されている．ロボットの動作も機能の一部と考えると，アンドロイドの動作が不自然に感じられる現象は，この適応ギャップと同様のものだと考えられる．

また，Nowak ら [11] は CG アバタエージェントを用いた対話実験を行い，エージェントの擬人化度合いから期待されるほどエージェントが動かなかった場合，エージェントの存在感が低下することを示唆している．つまり，エージェントの見かけが人間に近づくほど，より人間らしい動作をするはずだという期待が生じ，その期待と実際の動きとのギャップがエージェントの印象に影響を与えている．

これらの先行研究から，インタラクション前にいただく印象がアンドロイドの見かけから想起されると考えると，アンドロイドの見かけの人間らしさが動作の印象評価に強く影響すると考えられる．しかし複数種類のアンドロイドでは見かけの違いだけではなく，アクチュエータの違いによる動作角度の大きさや動作追従性の違いなどもあるため，見かけ要因による差のみを検証することはできない．これは一般的に他のロボットでも同様であるため，本論文では見かけや動作などの機能が異なるロボットを複数種類用いて，誇張した笑い動作を自動的に付加する手法が，ロボットに依存せずに有効に働くことを明らかにする．

4. 実験 1：誇張した笑い動作の有効性検証

4.1 実験目的

本実験では，笑い声に同期して提案した笑い動作をアンドロイドが表出することで，自然な印象を与えることができることを検証する．そこで，遠隔操作による対話を行っているアンドロイドの映像を見て，対話中のアンドロイドの印象を評価する被験者実験を行った．前述したように，ロボットの見かけによって期待される笑い動作が変わる，すなわち誇張動作がロボットによっては有効に働かない可能性が考えられるため，ジェミノイドとテレノイドの 2 体のアンドロイドを用いて実験することで，ロボットに依存せずに提案手法が有効であることを確認する．本実験で検証する仮説は下記のとおりである．

仮説

操作者の笑い動作を複製する場合と比較して，笑い声に適した（制約された自由度で誇張した）笑い動作を自動的に付加することで，操作者の動作とは異なるにもかかわらず，アンドロイドのより自然な笑いを表現できる．

4.2 実験手法

4.2.1 条件

本実験では，被験者が遠隔操作型アンドロイドと人が対

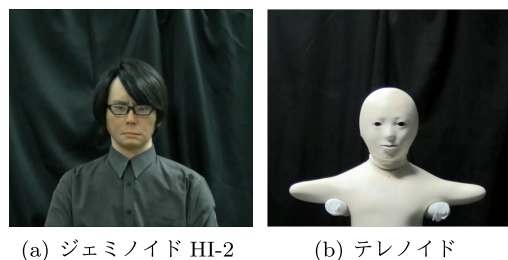


図 5 実験に用いた映像画像

Fig. 5 Video clips for experimental stimuli.

表 1 各映像の条件

Table 1 Experimental conditions.

ロボット要因/動作要因	複製動作のみ	生成動作付加
ジェミノイド	G1	G2
テレノイド	T1	T2

話している状況のビデオを見てアンドロイドの印象を評価する．被験者間で対話内容やアンドロイドの動作を統制するため，笑い声の自動認識は行わず，あらかじめ用意した対話音声の笑い声に手でラベルを付け，音声再生時に笑い声部分で笑い動作を表出する．対話データとして，実験協力者（操作者）が操作するテレノイドと実験者（対話者）との対話を記録したものを用意した．ここでは，2章で述べた遠隔操作システムを用いた．記録したデータは操作者と対話者のそれぞれの音声と操作者の頭部動作である．このデータを用いて，操作者と対話者の対話を異なるアンドロイド（ロボット要因），および異なる動作方法（動作要因）で再現する．複製動作のみの条件では，2章で述べた遠隔操作システムを用いてアンドロイドを制御する．笑い動作付加条件では，さらに笑い声に同期して3章でデザインした笑い動作を重畳してアンドロイドを制御する．これらの条件で制御したアンドロイドと対話者との対話を再現した映像を用意した．それぞれの映像は，アンドロイドの正面から撮影した（図5）．映像には操作されたアンドロイドのみ映っているが，操作者と対話者の両者の音声がかかるので，映像を見ることで操作されたアンドロイドと他者が対話していることが分かる．本実験では，表1に示すようにG1, G2, T1, T2の合計4条件の映像を用意した．

付加する笑い動作は，首のピッチ軸（上下方向）の動きのみで実装されている．笑い動作付加条件では，首のロール軸（左右に傾げる方向）とヨー軸（左右を向く方向）の動きは，笑い声の間も操作者の動作をそのまま複製する．これにより，笑い声の部分の動作とそれ以外の動作が滑らかに接続される．

ジェミノイドは頭部以外も可動するが，自由度の少ないテレノイドと動きの複雑さを統制するため，複製する動きは操作者の頭部の動きのみとした．また，笑いに必要不可欠である表情は，4条件すべてにおいて笑い声に同期してアンドロイドの動作に付加した．ジェミノイド条件では，

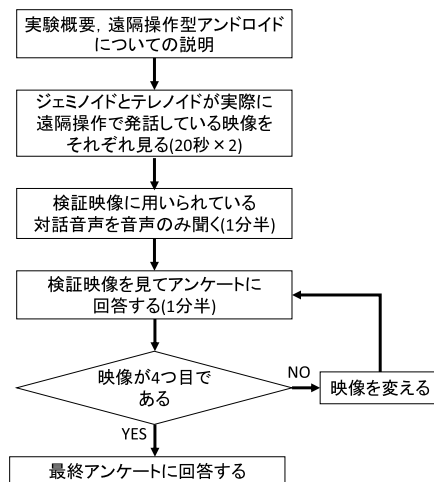


図 6 実験手順

Fig. 6 Experimental procedure.

頬と口角を上げ，口を開ける動作，テレノイド条件では，口を開ける動作のみ付加した．ジェミノイドのみ表情を付加している理由は，表情による笑いの表出を最大限行ったうえで，笑い動作を重畳することの有効性を検証するためである．また，口を開ける動作を加えた理由は，文献[2]で生成された口唇動作のみでは口の開きが小さく，笑ったときのように大きく開かないためである．

4.2.2 対話音声について

対話映像における対話内容は，文学部（操作者）と理学部（対話者）の大学生2人による，互いの趣味に関するものである．対話の長さは約90秒，対話中に操作者が笑う回数は7回で，いずれも話の内容がおかしくて生じた笑いである．

4.2.3 実験手順

実験手順を図6に示す．検証映像の前にアンドロイドの映像を見せることにより，アンドロイドの見た目や動きに慣れさせる．馴化用の映像も，対話中の操作者の動作を再現したアンドロイドの映像である．正面から撮影したもので，操作者は検証映像での操作者と同一である．各被験者は，4条件の映像を評価する（4回映像を見る）が，各映像の対話内容はすべて同一である．そのため，被験者は1回目ではどこで笑いが起こるか分からないが，2回目以降は笑いが起きるタイミングが予測できてしまう．この点について統制するため，検証映像を見る前に，映像に使われている音声のみを被験者に聞かせ，どの条件においても対話内容が既知であるようにした．

対話音声を聞かせる前に，対話が文学部と理学部の大学生2人によるものであることを説明し，さらに検証映像を見る前に文学部の人間がアンドロイドを遠隔操作していることを説明した．これにより，映像中のどちらの音声も操作者の音声であるかが明確になるようにした．映像を見る順序は，被験者間でカウンターバランスをとった．

4.3 主観評価

印象評価として、下記の項目について各映像を観察した後に回答させた。

- (1) ロボットの動作は自然でしたか。
- (2) ロボットは相手の話を聞いていましたか。
- (3) ロボットは笑っているように見えましたか。
- (4) ロボットの傾き頻度はどうでしたか。
- (5) ロボットの印象は良かったですか。
- (6) ロボットがどのような感情を持っていると感じましたか。

項目(1)から(5)は7段階評価とし、(1)、(2)、(3)の項目については1が“まったくそう思わない”，7が“非常にそう思う”である。項目(4)は1が“少ない”，7が“多い”，項目(5)は1が“悪い”，7が“良い”である。いずれも4点がどちらでもない中立の点数である。(2)と(4)の項目は被験者に笑いの評価をしているという意識を与えないためのダミーの項目である。

また、項目(6)には複数回答可能な選択肢を用意した。選択肢は、嬉しさ・悲しさ・楽しさ・怒り・愉快さ・つまらなさ・嫌悪・驚き・その他(自由記述)とした。

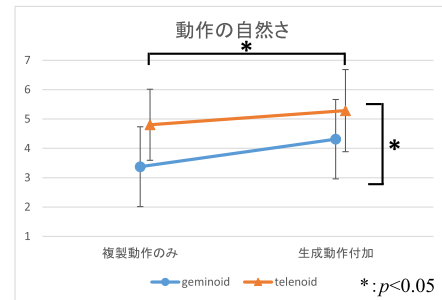
最後のアンケートでは、対話内容(音声)が十分理解できるものであったかどうかを7段階で評価させた。

4.4 実験結果

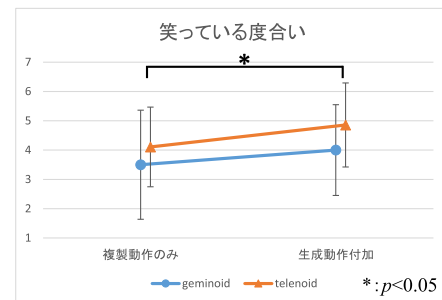
被験者は20歳から23歳までの16人(男性12人、女性4人)、平均年齢は21.8歳(標準偏差1.0歳)の大学生である。アンケートの項目のうち、ダミー設問を除いた(1)、(3)、(5)の項目について回答データを解析した。各条件の項目ごとの平均値を図7に示す。

図7より3つの項目すべてにおいて、ジェミノイドとテレノイド双方で動作付加条件の方が平均評価値が高い結果となった。また、総じてジェミノイドよりもテレノイドの方が評価点が高いことが分かる。この差が統計的に有意であるかどうかを確認するため、4群のデータに対してロボット要因と動作要因の2要因分散分析を行った。その結果を表2に示す。

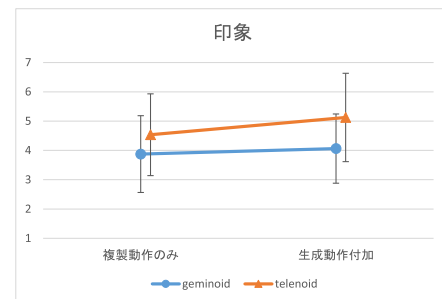
まず、3つの項目すべてにおいて交互作用は見られなかったため、ロボットによる動作付加効果の差はなかったといえる。次に、それぞれの項目について要因の主効果を確認する。動作の自然さについては、有意水準5%でロボット要因と動作要因の双方の主効果が確かめられた。すなわち、笑い動作を付加した方が動作が自然であるといえる。また、ロボット要因の主効果があったということは、笑い動作を付加するかにかかわらず、テレノイドの方が動作がより自然であったことを意味する。これに関しては、付加した笑い動作に関係なくジェミノイドの実際の動きが、期待する動きに達していなかったと考えられる。この原因について次節で詳しく考察する。アンドロイドが笑っているように



(a) 動作の自然さ



(b) 笑っている度合い



(c) 印象

図7 各項目の2要因のプロット図

Fig. 7 Average scores of four conditions.

見えたかの評価については、動作要因のみ有意水準5%で主効果が確かめられた。アンドロイドの印象については、どちらの要因についても主効果は確かめられなかった。以上の結果より、操作者の笑い声に同期して、制約された自由度で誇張した笑い動作を自動的に表出することが、操作者の動作複製のみよりも自然な笑いを表現でき、対話相手に笑いを伝えやすいことが確認された。すなわち、誇張動作により、笑うときに表情や動きが乏しかった不自然さを補えたといえる。また、どちらのアンドロイドでも笑い動作付加による評価向上が見られたことから、提案手法がロボットに依存せずに有効であることが確かめられた。特にテレノイドについては、笑っているように見えたかの評価点数が複製動作のみでは中立点(4点)以下であったのに対し、提案手法では中立点以上になっており、表情がまったくない不自然さを解消できたと考えられる。

アンドロイドが表現している感情(項目(6))の結果を図8に示す。笑いに関係があると考えられる嬉しさ、楽しさ、愉快さの回答数がT1よりもT2で多くなっている。

表 2 評価項目ごとの 2 要因分散分析の結果 (*: $p < 0.05$)Table 2 Result of two-way ANOVA (*: $p < 0.05$).

動作の自然さ				
	自由度	平方和	F 値	p 値
ロボット要因	1	12.25	5.14	0.0386*
誤差	15	35.75		
動作要因	1	9	7.941	0.013*
誤差	15	17		
交互作用	1	0.562	0.584	0.456
誤差	15	14.437		
笑っている度合い				
ロボット要因	1	1.56	0.447	0.514
誤差	15	52.44		
動作要因	1	7.563	74.642	0.0479*
誤差	15	24.437		
交互作用	1	0.562	0.584	0.456
誤差	15	14.437		
印象				
ロボット要因	1	4.0	1.6	0.225
誤差	15	37.5		
動作要因	1	3.062	2.976	0.105
誤差	15	15.437		
交互作用	1	1.0	1.034	0.325
誤差	15	14.5		

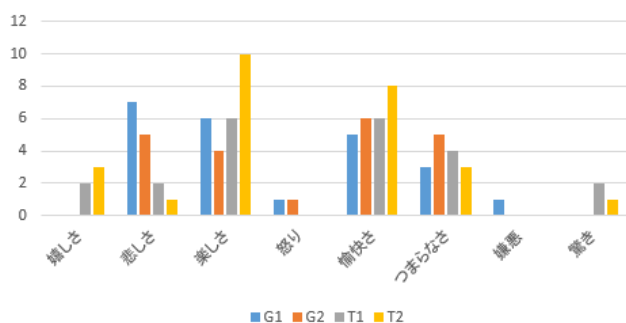


図 8 ロボットが持っていると感じた感情の回答人数

Fig. 8 Number of votes to the emotion of the android.

笑いにも様々な感情が考えられる（楽しい笑いだけでなく、卑下するような笑いもある）が、この結果により自動付加した笑い動作が、話の内容に一致した楽しさ、愉快さが伝わる表現であったことが分かる。

次に、付加した動作が誇張された動作になっていることを確認する。操作者と各ロボットの笑い声区間の頭部ピッチ軸の平均動作量（ピッチ軸の振幅ではなくピッチ軸が回転した量）を表 3 に示す。複製動作条件では、笑い声区間の動作量はジェミノイドが 2.9 度、テレノイドが 5.6 度（7 回の笑いの平均値）であった。それに対し笑い動作付加条件では、ジェミノイドが約 7.1 度、テレノイドが 24.3 度であり、複製動作条件よりも動きが誇張されていることが分かる。また、操作者の実際の笑い声区間での動作量は 5.0 度であったため、操作者の動作よりも大きな動きとなって

表 3 笑い声区間の頭部動作のピッチ方向の平均動作量（度）

Table 3 Traveled angles of head pitch motion during laughing speech sound.

	複製動作	生成動作
操作者	5.0	
ジェミノイド	2.9	7.1
テレノイド	5.6	24.3

いる。ジェミノイドの動作量がテレノイドよりも小さくなっているのは、アクチュエータの違いによる動作追従性の違いによるものである。

笑い動作付加条件では、笑い動作時のピッチ軸の動きはすべての笑いで同じものであるが、ロール軸とヨー軸は操作者頭部のロール方向、ヨー方向の動きが複製されているため、頭部全体としてはすべての笑いにおいてまったく同じ動作となるわけではない。したがって、同じ動きが繰り返されているという不自然さは生じていないと考えられる。

また、最終アンケートで対話音声が十分理解できたかを 7 段階で評価させた結果、平均値が 6.25 であったことから音声の内容自体には評価するうえで問題はなかったと考えられる。

4.5 考察

ジェミノイドは頬と口角による表情を付加したため、テレノイドよりも笑っているように見えると考えられるが、映像 G1 の評価は 3 項目とも中立点（4 点）以下であった。感情の回答結果を見ると、悲しさの感情を答えた人数が T1 で 2 人、T2 で 1 人であるのに対し、G1 では 7 人、G2 では 5 人であった。これは、ジェミノイド HI-2 のデザインによるものと考えられる。ジェミノイド HI-2 のデフォルトの表情は険しい表情であり、加えて頬と口角の変化が少なかったことから、表情が快感情以外へのバイアスを与えてしまった可能性がある。

またジェミノイドの評価値を見ると、提案手法により向上しているとはいえ、テレノイドよりも低い得点となっている。笑い動作の付加の有無にかかわらず評価が低いため、ジェミノイドの表情が不十分であり、その変化が期待されたほどではなかったと考えられる。さらに、今回の検証映像では大学生の対話音声を用いたことで、ジェミノイドの見かけとの不一致が生じている。印象の自由記述回答では、“学生のように見えない”という回答があった。このように、不十分な自由度の表情による影響や見かけ年齢と音声から想像される年齢の不一致が、自然さのロボット要因の主効果に影響している可能性がある。

テレノイドは、その見かけからジェミノイドほど複雑な動きを期待されないため、少ない動作でも不自然さはなく、さらに誇張した頭部動作で期待を満たし、動作の自然な印象を与えたと考えられる。特に、表情のなさを動作で

補えたことは、テレノイドのような関節軸数が制限されたロボットの表現として誇張表現が有用であることを示していると考えられる。また、ロボットの設計において、見かけのデザインによって構造上の制約から生じる不自然さを解決することも考えられる。

上記の考察から、アンドロイドに対して期待する動作は、その見かけに依存することが考えられる。誇張のさせ方についても同じことがいえる可能性がある。図 7 を見ると、有意差はないが、動作の自然さについては、ジェミノイドの方が笑い動作付加時の評価値増加量が大きく、笑っているように見えた度合いや印象については、テレノイドの方が増加量が多い。本実験ではどちらのアンドロイドにも同じ誇張方法の笑い動作を付加したが、期待される誇張方法も見かけによって異なることが推測される。異なる方法の誇張動作で評価を比較し、この点について確認することが今後必要である。

また、テレノイドがジェミノイドよりも高い評価を得た理由として、アクチュエータの違いも考えられる。テレノイドは、ジェミノイドの空気圧駆動アクチュエータとは異なる、サーボモータをアクチュエータとして使用している。空気圧駆動アクチュエータでは、素早く細かい動作の再現性が低いが、サーボモータではそのような動作を表現できるため、素早く細かい動作が表現できる点で、テレノイドの方が自然な笑い動作の印象を与えた可能性がある。

5. 笑い声自動検出システムの開発

4 章で述べた笑い動作を実際の遠隔操作で自動生成するためには、操作者が笑っていることを自動で検出する必要がある。本章では、笑い声検出についての従来研究を紹介し、笑い声自動検出システムの開発について説明する。

5.1 音声入力による遠隔操作型ロボットの動作生成研究

Ishi ら [2] は、操作者音声からそれに同期した遠隔操作型アンドロイドの口唇動作を生成する手法を提案し、提案手法が画像認識やモーションキャプチャによる操作者の動作複製手法よりもより自然な動作生成が可能であることを示した。たとえば、操作者があまり口を動かさずに発話した場合、従来手法で複製するだけではアンドロイドの口唇動作は乏しくなる。しかし提案手法は、操作者の口唇動作とは無関係に音声に同期した口唇動作をアンドロイドで表出するため、より自然であるという評価を得たと考えられる。このことは、アンドロイドの音声と口唇動作の同期を明確に表現することの重要性を示している。

また、境ら [12] はロボットの遠隔操作において、操作者音声の談話機能に適合した傾きなどの頭部動作を自動生成するシステムを開発し、テレノイドを用いてその有効性を示した。この遠隔操作システムでは、図 4 に示すように、操作者はディスプレイを見ながら相手と対話することにな

るため、頭部動作が対面対話時よりも減少すると考えられる。そこで、音声の言語的意味と一致する頭部動作を自動生成することで、アンドロイドの動作をより適切にすることができたと考えられる。このことは、アンドロイドの動作と操作者の音声の言語的意味との一致が重要であることを示している。また、この研究では談話機能の認識率が十分でなく、談話機能に対応しない頭部動作が付加されたとしても、アンドロイドの印象は悪化しないことが示されている。音声と同期した動作がある程度高い割合で適切に表現されていれば、誤ったタイミングで頭部動作が付加されても印象は悪化しない（何か別の意味の頭部動作と解釈される）と考えられる。

これらの先行研究から、音声とのタイミング、言語的意味の一致が実現されていれば、アンドロイドの動きが操作者の動きと同一でなくても、自然な動きとなることが分かる。したがって、笑い声から笑いを認識し、それに同期する笑い動作を付加する方法は意義があると考えられる。また、音声データはノイズが多く、一般的に認識精度を高めるのは困難であるが、認識誤りによる動作の誤付加があったとしても、大きな印象悪化は生じないと期待できる。さらに、音声情報のみを用いることで、簡単なインタフェースで遠隔操作できるシステムを実現することができる。

5.2 笑い声自動検出システムの開発

音声からの笑い声検出は、これまでに様々な手法が試されている。Truong ら [13] は笑い声の検出に、GMM と SVM を組み合わせた分類手法を提案した。この研究では、3%程度の等価エラー率（EER）を実現している。Knox ら [14] はニューラルネットワークを用いた笑い声の検出手法を提案し、7.9%の EER を実現している。また、Knox ら [15] は MLP と HMM のハイブリッドシステムを提案し、5.4%の EER を実現している。しかしこれらは、あらかじめ人間の手によって切り分けられた音声データで、かつ笑いか否かの 2 クラス分類でテストを行った結果である。

アンドロイドの遠隔操作中に笑い動作を自動生成するためには、連続した音声入力からリアルタイムで笑い声を検出するシステムが必要である。そこで、本研究ではオープンソースである汎用大語彙連続音声認識エンジン Julius [16] を利用し、作成した笑い声の音響モデルを Julius に組み込むことで、目的のシステムを実現する。なお、本研究では笑い声の開始箇所を検出を目標とする。

5.2.1 笑い声の音響モデルと学習データ

Julius で使用する音響モデルは隠れマルコフモデル（HMM）であり、HTK [17] を用いて笑い声の HMM を作成した。モデルの学習データは、自然対話データベース [18] の音声データから抽出した独立した笑い声のデータ合計 1153 個であり、学習に用いた特徴量は、12 MFCC（メル周波数ケプストラム）、12 delta-MFCC、1 delta-power

表 4 笑い声の音声データの分類とそのデータ数

Table 4 Classification of laughter and the sample size in each class.

性別	男性			女性		
長さ (ms)/種類	ha	hu	sc	ha	hu	sc
～400	-	32	21	13	39	57
400～700	16	11	82	66	80	148
700～1000	19	-	62	63	33	93
1000～	31	-	68	116	19	84

```

S: NO_B HMMLOOP NO_E
S: NO_B HMMLOOP NOISE NO_E
S: NO_B LAUGHLOOP NO_E
S: NO_B LAUGHLOOP NOISE NO_E
S: NO_B LOOP NO_E
S: NO_B LOOP NOISE NO_E

LOOP: LOOP LAUGHLOOP
LOOP: LOOP HMMLOOP
LOOP: LAUGHLOOP
LOOP: HMMLOOP
HMMLOOP: HMMLOOP HMM
HMMLOOP: HMM
LAUGHLOOP: LAUGHLOOP LAUGH
LAUGHLOOP: LAUGH

```

図 9 笑い声を含んだ Julius の記述文法

Fig. 9 Grammar definition format including LAUGH.

の 25 次元とした。MFCC は笑い声検出の従来研究にも共通して使用されており、笑い声を検出するうえで有効な音響特徴である。モデルを作成するにあたって、笑い声の音声データを性別、種類、長さによって分類し、別々にモデルを作成した。作成したモデルの種類と学習に用いたデータ数を表 4 に示す。ここで、笑い声の種類である“ha”は「ハハハハハ」のように「ハ」の音を基にした笑い声，“hu”は「フフッ」のように「フ」の音を基にした笑い声，“sc”は schwa の略であり，“ha”にも“hu”にも属さないような微妙な音の笑い声である。また、長さによる分類は HMM の状態数を変えるためであり、状態数はそれぞれ短いものから 4, 6, 8, 10 とした。

Julius で笑い声を検出するために、Julius に付属する通常発話の音素の音響モデルと作成した笑い声のモデルから音声認識結果を出力する記述文法を用いた (図 9)。LAUGH が今回作成した笑い声の各モデルであり、HMM は五十音の音節すべてを定義した。音節は、Julius に付属する音素モデルを用いて、「か=k a」のような単純な音素の組合せで定義した。この文法により、笑いだけの音声区間でなく発話途中から笑った音声区間についても、その笑い声の開始箇所を検出することが可能となる。

5.2.2 笑い声自動検出システム

作成した音響モデルを使用した Julius の笑い声検出は、笑い声でない箇所を笑い声と誤検出することが多く、その誤検出を少なくするために音声のパワー情報を合わせて利用するシステムを開発した (図 10)。

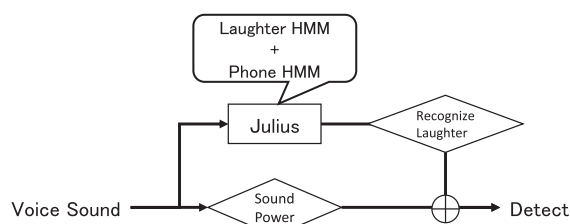


図 10 笑い声自動検出システムの概要

Fig. 10 Overview of laughter detection system.

表 5 笑い声検出のテスト結果

Table 5 Result of laughter detection test.

人物	男性 A	男性 B	女性	合計
笑い声のラベル数	40	17	24	81
正しく検出した数	34	12	20	66
誤って検出した数	3	6	3	12
precision	0.92	0.67	0.86	0.85
recall	0.85	0.70	0.83	0.81

Julius の認識結果で笑い声の誤認識が多い原因としては、音響モデルのミスマッチが考えられる。本実装では Julius 付属の音素音響モデルと作成した笑い声モデルの学習データがまったく異なるため、それぞれのモデル群の特徴量が一樣ではない。これについては、笑い声のモデルに用いたデータと同じデータベースの音声データから音素音響モデルを作成することで解決できると考えられる。Julius の認識精度を向上させることができれば、音声のパワー情報を用いる必要もなくなり、より高い精度で幅広い笑い声を検出できると考えられる。これらは今後の課題である。

5.2.3 精度検証

開発した笑い声自動検出システムの精度を検証するため、学習データに含まれない人物の笑い声のデータを用いてテストを行った。テストデータの笑い箇所については、一般被験者 3 人がラベリングした結果から多数決方式で決定した。テストデータは男性 2 人、女性 1 人の笑い声で、それぞれの笑い声の数とテスト結果を表 5 に示す。合計した適合率 (precision) と再現率 (recall) の結果はそれぞれ 85% と 81% であり、笑い動作の自動生成に実用的に使える精度だと考えられる。

6. 実験 2：笑いの自動生成システムの評価

開発した笑い声自動検出システムで笑い声を検出したときに、3 章で述べた笑い動作をアンドロイドに付加するシステムを構築し、上述の精度で実用的に利用できるかどうかを検証した。評価方法として、4 章の評価実験と同様に、遠隔操作で対話を行っているアンドロイドの映像を被験者が見て印象評価する実験を行った。

6.1 実験目的

操作者の笑い声に同期して笑い動作を付加することの有

効性は4章で検証済みである．ここでは，笑い検出に誤りがあったとしてもアンドロイドの動きの自然さが悪化しないことを確認し，実用的に意味のあるシステムであることを明らかにする．また，4章では確認しなかった笑い声と笑い動作のタイミングの一致の意義について検証する．操作者の複製動作のみではアンドロイドの動作が不自然となる理由が，単にアンドロイドの動作が少ないためであれば，笑い声に関係なく何らかの動作を付加するだけでも自然さが向上する可能性がある．もしそれが正しければ，笑いを認識する必要がない．タイミングが一致しないと自然さが悪化することを確認し，本システムの意義を検証する．

6.2 実験条件

遠隔操作システムによる操作者の複製動作に，検出した笑いに同期するように笑い動作を付加した条件（条件A）と，笑い動作を付加するタイミングを遅らせた条件（条件B）の2条件の映像を用意した．この2条件を比較することでシステム実用性を検証する．条件Bで遅らせる時間は6秒とした．本実験で用いる対話データにおいて，遅らせた笑い動作が偶然別の笑い声と同期することがないように設定した．遠隔操作システムに付加する笑い動作は，4章で述べたものと同じである．本実験ではアンドロイドの見かけの影響は調査しないため，ジェミノイドHI-2のみを使用した．実験1でテレノイドの方が自然さや笑っている度合いでより高い評価を得ているため，より評価の低かったジェミノイドHI-2においても自然さなどの印象が向上することを示すことで，ロボットによらず自動生成システムが有効に働くことを検証する．また，対話データは実験協力者（操作者）が操作するジェミノイドHI-2と実験者（対話者）の対話を記録したものをを用いた．

6.3 対話音声と笑い声について

対話内容は，大学院生の2人（先輩と後輩）による対話である．対話の長さは約2分でそのうち操作者（後輩学生）の笑い回数は7回であった．この7回のうち，システムが正しく笑いを検出できたのは5回であった．また，システムが誤って笑いを検出した（笑っていないのに笑いと検出した）回数は1回であった．ほぼ表5に示す認識精度に従う結果である．

6.4 実験手順・評価指標

実験手順を図11に示す．4章で行った実験と同様に，アンドロイドや対話内容への馴化を行う．各被験者は2条件とも評価するが，映像を見る順序は被験者間でカウンターバランスをとった．被験者にアンケートで回答させる主観評価の評価指標については4章で示したのと同じである．

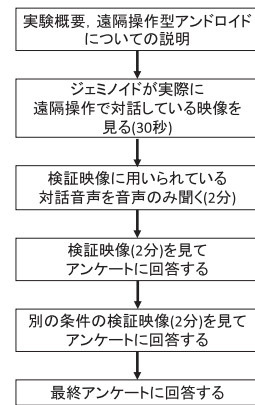
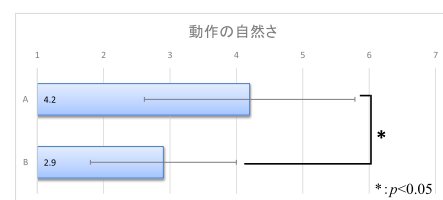
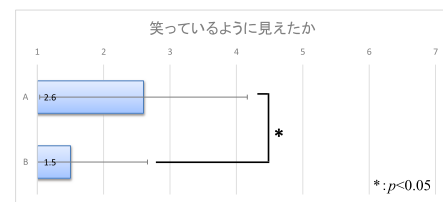


図 11 実験手順

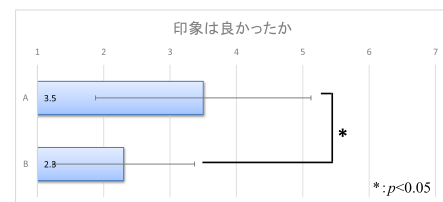
Fig. 11 Experimental procedure.



(a) 動作の自然さ (Naturalness in motion)



(b) 笑っている度合い (To what degree the androids look laughing)



(c) 印象 (Impression)

図 12 各設問回答の平均値棒グラフ（エラーバーは標準偏差を示す）

Fig. 12 Average scores of two conditions.

6.5 実験結果

被験者は18歳から31歳までの26人（男性14人，女性12人）で，平均年齢は22.0歳（標準偏差2.8歳）であった．アンケートの項目のうち，ダミー設問を除いた(1)，(3)，(5)の項目について回答データを解析した．ここでは被験者間で比較を行うために，最初に見た映像の回答のみを解析に使用した．各条件の項目ごとの平均値を図12に示す．

条件間の得点の差を検定するにあたり，シャピロの正規性検定によりデータ分布に正規性が認められた場合には対応なしのt検定を，認められなかった場合にはウィルコクソンの順位和検定を用いた．動作の自然さの項目について

は、データ分布に正規性が認められたため t 検定を行ったところ、有意水準 5% で条件 A が有意に得点が高いことが示された ($t(24) = 2.48$, $p = 0.021$)。また、笑っている度合いと印象の項目についてはデータ分布に正規性が認められなかったため、ウィルコクソンの順位和検定を行ったところ、いずれも有意水準 5% で条件 A が有意に得点が高いことが示された (笑っている度合い $Z = 2.45$, $p = 0.014$, 印象 $Z = 2.00$, $p = 0.045$)。

条件 A の動作の自然さの平均得点は 4.2 であり、検出誤りや誤ったタイミングでの笑いの付加があるにもかかわらず、実験 1 の結果と比較しても自然さは悪化していない。この結果から、音声情報から笑いを検出して自動的に笑い動作を付加する方法が実用的にも使えることが示された。ただし、笑っている度合いの評価値が低いため、なおその改善が必要である。これらの評価値が低い原因については次節で考察する。また、条件 A と B を比較した結果から、笑い声に同期して笑い動作を表出する方が、同期しない場合より自然さが向上することが分かった。単に首の上下振動の動作を加えてアンドロイドの動作を増やすだけでは、自然さ向上において不十分である。これより、笑い声に同期して笑い動作を付加することが、自然さを向上させるのに有効であることを確かめることができた。

6.6 考察

笑っている度合いの評価値を見ると、条件 A でも平均 2.6 点で、中立点である 4 点を大きく下回っている。実験 1 では、笑い動作を付加したジェミノイドの笑っている度合いの評価値は 4.0 点であった。本実験では実験 1 と同じ動作を使ったため、動き方自体の問題ではないと考えられる。この低評価の原因として考えられるのは、笑い動作を付加するタイミングである。実験 1 では笑いのタイミングは人手のラベリングにより決定しているが、本実験システムの検出タイミングがそれよりもずれている可能性がある。そのわずかなズレが評価に影響したのではないかと考えられる。

本実験で生成した笑い動作は 1 種類のみであったが、より豊かな感情を表現するためには、笑い声に合わせて動作を変えることが必要である。たとえば、操作者が愛想笑い程度のつもりで笑ったにもかかわらず、アンドロイドが大笑いしているように見えてしまうと、操作者の意図と異なり不適切な動作となる。したがって、笑い声を検出するだけでなく、笑いの種類を分類した認識を行い、その種類に応じた笑い表現が必要となる。

本論文で提案した動作自動生成手法による遠隔操作の半自律化は、遠隔操作型アンドロイドの動作を改善できる利点があるが問題点も存在する。アンドロイドの遠隔操作では、操作者がアンドロイドを自分の身体のように感じられる身体感覚転移と呼ばれる現象がある [19]。この現象は、

操作者が自分と同様に動くアンドロイドを見ることで、アンドロイドを自分の身体の一部であるかのように感じられる現象である。これにより操作者も対話者と対面しているかのように感じるができるため、既存メディアと比較した際の大きな利点となっている。しかし、提案手法によりアンドロイドが操作者と異なる動作をすることで、この操作者の身体感覚転移が弱まる可能性がある。したがって今後は、どこまで動作を自動生成しても操作者の身体感覚転移を損なわないのかについても考慮する必要がある。複製動作と自動生成動作のバランスも含めて遠隔操作の半自律化について研究を進める必要がある。

7. 結論

本論文では遠隔操作型アンドロイドにおいて、制限された動作自由度のために操作者の動きが再現できないという問題点に着目し、限られた自由度で音声に適合する動きを誇張すれば、操作者と異なる動作であってもアンドロイドの自然な動作を実現できることを提案した。そして、従来の遠隔操作で特に問題であった笑い表出を一例として上記アイデアの有効性を検証し、それに基づいた遠隔操作システムを構築してその効果を検証した。

アンドロイドの笑い動作として、首のピッチ軸の振動的動きを誇張した（操作者より振幅を大きくした）動きを提案し、その動作を用いた方が、操作者の複製動作より自然な動作となることを明らかにした。また、異なる種類のアンドロイドを用いることで、ロボットに依存せずに提案手法が有効であることを示し、かつ適切な誇張方法がアンドロイドの見かけに依存することを示唆した。今後の課題として見かけに適した誇張方法を検証する必要がある。

この笑い動作を遠隔操作中に自動生成するために、操作者音声から笑いを検出し、それに同期するように自動的に笑い動作を付加するシステムを開発した。検証実験から、笑い検出は十分な精度を有しており、笑いの検出誤りがある程度あるにもかかわらずアンドロイドの自然な笑いが表出できることが示された。音声に基づいて笑い動作を自動生成するシステムが実用的にも意義があることを明らかにした。

本実験では、笑いの種類に合わせた動きの笑い表出や、笑い声の検出タイミングの精度が不十分であった。また、笑い以外の表出においても誇張動作の付加が有効であるかの検証も不十分である。今後は、これらの改善に取り組み、実用的な半自動遠隔操作システムの開発を進める。

謝辞 本研究の一部は、JST, CREST および JST, ERATO の一環として行われたものである。

参考文献

- [1] 西尾修一, 石黒 浩: 人として人とつながるロボット研究, 電子情報通信学会誌, Vol.91, No.5, pp.411-416 (2008).

- [2] Ishi, C.T., Liu, C., Ishiguro, H. and Hagita, N.: Evaluation of formant-based lip motion generation in tele-operated humanoid robots, *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp.2377-2382 (2012).
- [3] 北爪剛志, 脇田龍平, 館野 圭, 今野俊博, 近藤邦雄: アニメーションの動作分類と誇張制御手法, 日本図学会, Vol.41, No.1, pp.187-190 (2007).
- [4] Kobayashi, M., Kondo, K. and Sato, H.: Emphasized Expressions Using Motion Filter in Creating Animation, *ICECGDG Conference*, Vol.2, pp.451-454 (1998).
- [5] 初山和秀, 近藤邦雄: 3D キャラクタアニメーションのための動作誇張モデル, 情報処理学会第 64 回全国大会, pp.847-848 (2002).
- [6] Koie, Y., Kondo, K. and Konma, T.: Motion Emphasis Filter for Making Mental Motion of 3D Characters, *Siggraph 2004 Sketch* (2004).
- [7] 館野 圭, 近藤邦雄, 今野俊博: タイミング制御による誇張動作生成手法, 日本図学会 2006 年度大会論文集 (2006).
- [8] Obayashi, S., Kondo, K. and Konma, T.: Non-Photorealistic Motion Blur for 3D Animation, *Siggraph 2005 Sketch* (2005).
- [9] 中川志信: 人間共存型ロボットにおける最適なモーションデザイン基本法則の抽出, 大阪芸術大学紀要 (2013).
- [10] 小松孝徳, 山田誠二: 適応ギャップがユーザのエージェントに対する印象変化に与える影響, HAI シンポジウム 2008 (2008).
- [11] Nowak, K.L. and Biocca, F.: The Effect of the Agency and Anthropomorphism on Users' Sense of Telepresence, Copresence, and Social Presence in Virtual Environments, *Presence*, Vol.12, No.5, pp.481-494 (2003).
- [12] 境くりま, 石井 カルロス寿憲, 港 隆史, 石黒 浩: 発話者の音声に対応する動作生成と遠隔操作ロボットへの動作の付加効果, 人工知能学会, Vol.94, No.1, pp.86-93 (2011).
- [13] Truong, P.K. and van Leeuwen, D.A.: Automatic discrimination between laughter and speech, *Speech Communication*, Vol.49, pp.144-158 (2007).
- [14] Knox, T.M. and Nikki, M.: Automatic laughter detection using neural networks, *INTERSPEECH* (2007).
- [15] Knox, T.M., Nelson, M. and Nikki, M.: Getting the last laugh: Automatic laughter segmentation in meetings, *INTERSPEECH* (2008).
- [16] Lee, A., Kawahara, T. and Shikano, K.: Julius - an Open Source Real-Time Large Vocabulary Recognition Engine, *EUROSPEECH*, pp.1691-1694 (2001).
- [17] HTK, available from (<http://htk.eng.cam.ac.uk/>).
- [18] Ishi, C.T., Liu, C., Ishiguro, H. and Hagita, N.: Head motions during dialogue speech and nod timing control in humanoid robots, *HumanRobot Interaction*, pp.293-300 (2010).
- [19] 渡辺哲矢, 西尾修一, 小川浩平, 石黒 浩: 遠隔操作によるアンドロイドへの身体感覚の転移, 電子情報通信学術論文誌, Vol.94, No.1, pp.86-93 (2011).

推薦文

関西支部では支部大会において優れた内容の論文に対し推薦論文を選定することとした。そこで、支部大会で発表された論文のうち 6 ページに満たないものを除く 24 件を対象とし、各セッションの座長および実行委員から広く推薦を集めて候補論文を選出した。各論文に対し事後評価者 2 名の評価を加え、実行委員会による審議を経て 2 件の推

薦論文候補を決定した。本論文は、遠隔操作型アンドロイドにおける感情表現に着目し、操作者が笑った際に、操作者の笑い動作とは異なる代替動作を付加することで表現を補えることを示している。その有用性は高く評価できるものであり、推薦論文にふさわしいと判断した。

(関西支部支部長 安本慶一)



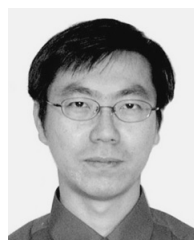
船山 智

2015 年大阪大学基礎工学部システム科学科卒業。現在、同大学大学院修士課程在学中。ATR 石黒浩特別研究所学外実習生。



港 隆史

2001 年 11 月大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻博士後期課程単位修得退学。同年 12 月科学技術振興事業団研究員。2002 年 9 月大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻助手。2006 年 6 月 JST ER-ATO 浅田共創知能システムプロジェクト研究員。2011 年 1 月より ATR 石黒浩特別研究所研究員となり、現在に至る。博士 (工学)。



石井 カルロス 寿憲

1996 年 ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica) 電子工学科卒業。1998 年同大学大学院電気通信工学科修士課程修了。1998 年文部省の留学生として東京大学大学院に入学。2001 年東京大学大学院電子情報工学科博士課程修了。工学博士。2002 年 JST/CREST ESP プロジェクトの研究員として、ATR 人間情報科学研究所にて音声情報処理の研究に従事。2005 年 ATR 知能ロボティクス研究所の研究員としてコミュニケーションロボットを対象とした音声情報処理の研究に従事。2013 年同研究所の音環境知能研究室長として、音環境知能の研究にも従事。ISCA, 日本音響学会, 日本ロボット学会各会員。



石黒 浩 (正会員)

1991 年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻修了。同年山梨大学工学部情報工学科助手，1992 年大阪大学基礎工学部システム工学科助手。1994 年京都大学大学院工学研究科情報工学専攻助教授。この間，1998 年より 1 年

間カリフォルニア大学サンディエゴ校客員研究員。2000 年和歌山大学システム工学部情報通信システム学科助教授。2001 年より同大学教授。2002 年 10 月より大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻教授。1999 年より，ATR 知能映像研究所客員研究員。現在，大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻教授。ATR 石黒浩特別研究所所長（客員）（ATR フェロー）。工学博士。知能ロボット，アンドロイドロボット，センサネットワークの研究に興味を持つ。人工知能学会，電子情報通信学会，IEEE，AAAI 各会員。