

吐息と腹部運動の共通制御による発声や呼吸表現をする 生物的なぬいぐるみロボットの提案

Stuffed-toy Robot like Living Being with Breathing and Utterance Based on Ventral Motion Control

吉田 直人† Naoto Yoshida 中谷 友香梨† Yukari Nakatani
久保嶋 健人‡ Kento Kuboshima 米澤 朋子‡ Tomoko Yonezawa

1. はじめに

人間同士のコミュニケーションにおいては、言語情報と共に、非言語情報を用いて相手に情報を伝達する^[1]。また、意識的・無意識的に相手を観察し、その様子から相手の状態を推測する。そして同一の空間の中で相手の身体情報を得ることによって、生きた相手がそこにいるという「生物的存在感」を感じ取る。

生物的存在感は、その物体や生物とのコミュニケーションに大きな影響を与える。生物的存在感は相手の親しみやすさを向上させる可能性がある。また、自然な会話を誘発したり、安心感を高めたりするなど円滑なコミュニケーションには欠かせない。そのため、様々な手法を用いた、存在感の伝達・表現手法が検討されている^[2,3]。

生物的存在感の伝達手法として、生理現象の表現があげられる。状況に応じて人間の体には様々な生理現象が生じる。これらの生理現象から、その人の状態や感情が推測できる。この生理現象をロボットに表現させることによって、ロボットの感情を生起させることができると考える。外部の状況に合わせて変化する生理現象と内部状態が、ロボットの生きている感覚をユーザに与える可能性がある^[4]。その一つとして、呼吸が注目されている。

呼吸は最も基本的な生理現象の一つである。また、生物が生命を維持するために必要不可欠な生理現象である。呼吸が止まることはその生命が死ぬこと（あるいは、死んでいる状態）を指す。このことから、生物としての表現に呼吸は欠かせない。呼吸は外界の空気を肺に出し入れすることで行われる。空気を取り込み、排出することで腹部が上下し、これによって我々は肺の膨張・収縮、つまり呼吸を認識することが可能である。また、空気の外界からの取り込み・排出は口を通じて行われる。そのため、口から排出される吐息や空気が発する音を感じ取ることによっても、その生物が呼吸を行っていることを認識できる。

このように、呼吸における腹部運動と吐息は一体的な関係にある。腹部運動によって呼吸を視覚的に認識すると同時に、口からの吐息を触覚的に感じることで、ユーザがぬいぐるみロボットの状態をより認識しやすくなる可能性がある。また発声に伴っても呼吸は発生する。発声を続けるためには、呼吸が不可欠である。そのため、人間と会話するロボットに人間と同じような振る舞いをさせるためには、視覚的、触覚的に呼吸を認識させるだけでなく、ロボットに肺の中の空気量に合わせた呼吸や発声をさせなければならない。しかしながら、腹部運動と吐息を一体的に制御す

るロボットの研究は行われていない。本研究では、これら腹部運動と吐息の共通制御が可能なぬいぐるみロボットを提案する。提案システムでは、ユーザはぬいぐるみロボットの吐息を皮膚で感じる事が可能であり、また腹部に触れ、腹部を目視することで、腹部の膨張収縮を認識することもできる。

このぬいぐるみロボットを用いて、ロボットの呼吸がユーザの安心感に与える影響と、呼吸の仕方が生きている感覚に与える影響について検証を行う。

2. 関連研究

吉田ら^[5]は、ユーザの吐く息を検出し、人工的な肺を同期させ、稼働することで、生きているリアリティを感じさせることを目的に「Ikitomical Model2」を提案した。

Ikitomical Model2 では、臓器が体外にある＝死という状態にも関わらず、体験するユーザが自らの呼吸に同期して躍動する臓器に直接触れることによって、独特の気持ち悪さとともに、自己の生命の存在を外在化した装置から感じさせることを狙っている。本研究では、人間とロボットの1対1のコミュニケーションにおいて、ロボットの生きている感じを表現することを目的としており、自己の臓器を複製したように感じさせることや、気持ち悪さによるリアリティの表現は対象としないが、生きているリアリティの表現手法として肺の膨張収縮が有効である可能性を示唆している。

谷中ら^[6]は腹部の膨張、収縮と音声によるいびきを提示する動物の外見を持つ抱き枕「ZZZoo Pillows」を提案した。いびきの提示により安心感を与えることで、睡眠不足の解



図1 ぬいぐるみロボットの外観
Figure 1 Appearance of Stuffed-toy Robot.

† 関西大学大学院, Kansai University Graduate School

‡ 関西大学, Kansai University

消を目的とする。この研究においては、ユーザが肌で呼吸を感じられるような吐息の提示は行われていない。また、提案システムを用いたユーザの安心感の変化は検証されていないが、ぬいぐるみのような無生物であっても、呼吸を提示することによってペットに触れている時のような安心感をユーザに与えられる可能性はある。

そこで本研究においては、腹部運動と同期した吐息提示によってよりリアルな呼吸を再現し、ユーザがそれらを体験することによって受ける安心感の度合いについて評価を行った。

3. システム

3.1. ぬいぐるみロボットの設計

図 1 にシステムの外観を示す。本システムは呼吸の制御、発声、体温の調節、心拍の提示を行うことが可能である。呼吸の制御は、肺への空気の送り込みと、蓄積した空気の口からの排出を共通制御することで実現する。腹部に取り付けたセンサによって、肺内の空気の量を検出することで、過剰な膨張を避けることが出来る。また、肺内の空気の蓄積量を変化させることで、呼吸の 1 ストロークあたりの時間を変化させることができる。同時に、強く腹部を押した際に肺の中の空気を口から排出することも可能である。

外装には市販のクマのぬいぐるみを用いた。コンピュータや体外の制御装置とロボット内蔵のデバイスとの通信用のケーブルは、ぬいぐるみの背面から差し込んだ。空気を排出する管は、ぬいぐるみの口の縫い目の下から取り出し、口の形状に合わせて先端を斜めに切り落とした(図 2)。

擬似的な肺は腹内部に配置されているので、呼吸時に腹が膨らみ、または縮む様子を再現することが可能である(図 3)。またスピーカを口の裏側に設置することで、ユーザが耳を口元に近づけると、声と息を同時に感じる事が出来る。発声を行っている状態だけでなく、座っているだけの状態やユーザとふれあっている状態でも、途絶えることなく呼吸を続け、息や腹部の膨張収縮を行い続けることで、生きている状態の継続的な表現を試みる。様々な状態の心拍や体温を表現するデバイスも体内に備えることによって、外見上は市販のぬいぐるみのまま、生理現象の表現を行うことができる。

3.2. システム構成

システム構成を図 4 に示す。システムは音声構成部と、ロボット制御部、ロボット構成デバイス、各種センサから成る。

ぬいぐるみロボットの高さは約 18 センチメートルである。ぬいぐるみロボット内部には、ロボット構成デバイスが内蔵されている。ロボット構成デバイスは、肺を模した風船、エアーポンプ(定格: DC6V 230mA, エアフロー: 2L/分, 圧力: 400mmHg), ソレノイドバルブ(定格: DC6V 90mA) 圧力センサから成る呼吸制御デバイス、振動モータを用いた心拍表現デバイス、フィルムヒータを用いた体温表現デバイス、小型スピーカを用いた発声装置によって構成される。また、人間との物理的なインタラクションを想定して頭部と腕部先端に圧力センサを備える。ロボット制御部にはマイコン Arduino¹を用いる。また、音声を検出し吐息を発生させるための音声情報を生成する音声構成部から成る。音声構成部は Processing²によって実行され、リアル通信を用いて、Arduino に音声情報が送られる。

構成部各装置の配置を図 5 に示す。エアーポンプはぬいぐるみロボットの頭部に内蔵され、風船による人工肺はぬ



図 2 口の構造
Figure 2 Structure of mouth.

【膨張時】



【収縮時】

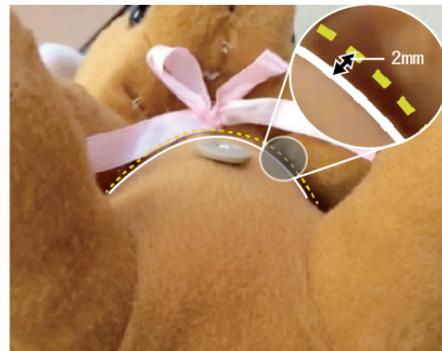


図 3 腹部の膨張収縮

Figure 3 Expansion and contraction of abdominal.

いぐるみロボットの腹部に内蔵される。エアーポンプと風船はシリコンチューブで繋がれる。またシリコンチューブは中間あたりで分岐し、口の空気排出口に繋がるソレノイドバルブに接続される。スピーカはぬいぐるみロボットの口の上、鼻の裏側に設置される。スピーカにはオーディオジャックが取り付けられ、PCの音声出力から音声を出力することが可能である。風船の膨らみを検出する圧力センサは腹部中央の裏側に設置され、表側から衣類用のボタンを使って留められる。振動モータは首に留められたリボンの裏側に設置される。フィルムヒータはぬいぐるみロボットの胴体に手を回して持った際に温度を感じられ、腹部の風

¹ Arduino <http://www.arduino.cc/>

² Processing2 <https://www.processing.org/>

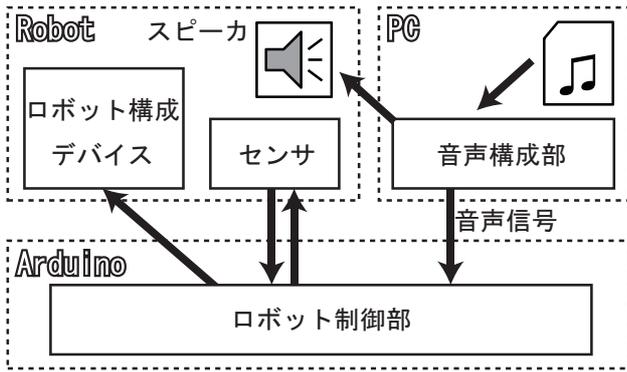


図4 処理の流れ
Figure 4 System flow.

船の膨張収縮に干渉しないよう、ぬいぐるみロボットの脇腹辺りから背側にかけて配置される。ぬいぐるみロボットのサイズの制約によって、Arduino は体外に設置し、各装置のケーブルを束ねて背中から取り出し Arduino と接続する。

3.3. システム制御

ロボットの状態は発話状態と待機状態、インタラクション状態に分けられる。通常状態では、体温と心拍、呼吸のテンポは一定に保たれている。通常状態において、音声入力があると、音声に合わせた呼吸が開始され発話状態となる。発話状態において肺内の空気が全て排出される状態を防ぐため、肺内の空気量が一定の値を下回った場合に、500 ミリ秒以上音声入力が無い状態が続くと、ロボット制御部は音声構成部に音声を一時停止する情報を送信する。この場合、肺内の空気が初期値まで回復すると発声が再開される。1000 ミリ秒以上音声入力が無い状態が続いた場合には、通常状態に戻る。通常状態におけるぬいぐるみロボ

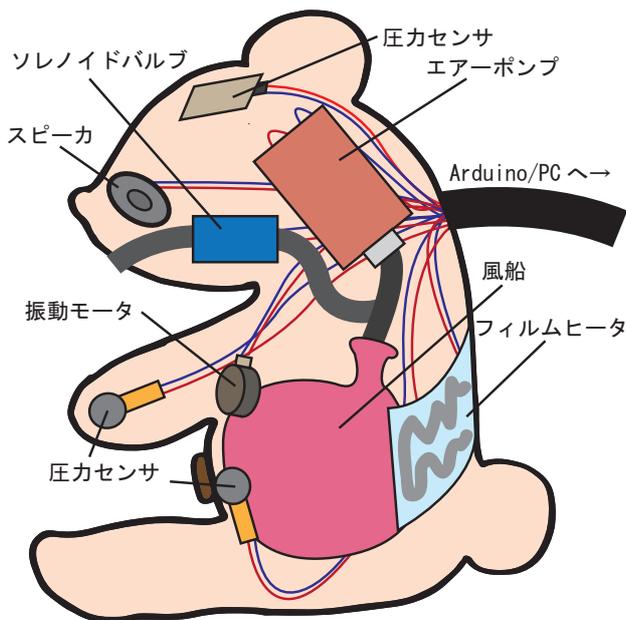


図5 ロボット内部の配置
Figure 5 Placement of the robot inside.

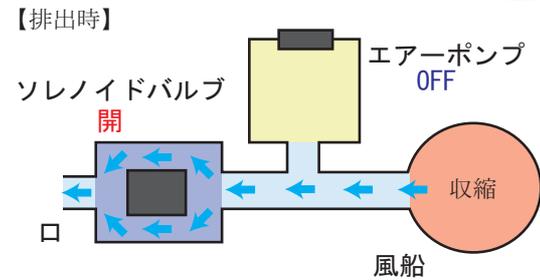
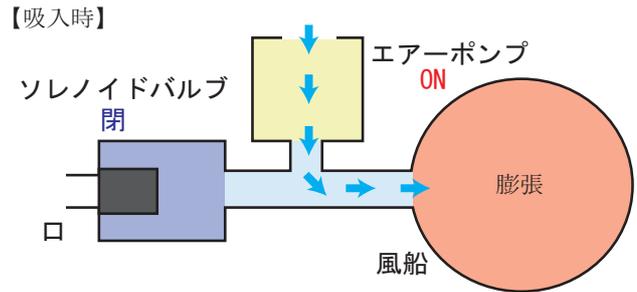


図6 装置内部の空気の流れ
Figure 6 Flow of air inside the device.

ットの呼吸のテンポは、一般的な成人男性の呼吸テンポであるおよそ毎分 16~19 回とする^[7]。

ユーザがぬいぐるみロボットの頭を撫でたり、腕を掴んだりすることにより、頭部、腕部先端の圧力センサの値が上昇するとインタラクション状態になる。インタラクション状態においては、入力された圧力センサの部位とその値に合わせて、呼吸、心拍のテンポ、体温の各パラメータを設定することが可能である。例えば、ユーザがぬいぐるみロボットの頭部をやさしく撫でることで、呼吸、心拍を遅くし、ぬいぐるみロボットのリラックス状態を表現する。また腕を強く掴むことで、呼吸、心拍を早くし、体温を上げ、ぬいぐるみロボットの緊張状態を表現する。

3.3.1. 呼吸制御

呼吸時の空気の流れを図 7 に示す。ぬいぐるみロボットの呼吸は、エアープンプによる肺への空気の送り込みと、ソレノイドバルブによる口からの吐息を制御することによって実現する。肺内の空気が減少すると、風船と接触している腹部の圧力センサの値が低下する。圧力センサの値が一定値を下回ると、エアープンプによる風船への空気の注入が開始される。同時にソレノイドバルブが排出側の栓を閉じることによって、風船内に空気が蓄積される。逆に、肺内の空気が増加すると、腹部の圧力センサの値が増加する。圧力センサの値が一定値を上回ると、エアープンプによる風船への空気の注入が停止される。同時にソレノイドバルブが排出側の栓を開くことによって、風船内の空気がぬいぐるみロボットの口から排出される。

3.3.2. 発声ともなう吐息制御

図 7 に音声構成部における音声の処理の流れを示す。ぬいぐるみロボットの発話音声は合成音声生成ソフトウェア³を用いて生成した音声ファイル (44100Hz) を用いる。音声構成部のシステムに音声ファイルを入力すると、PC よ

³ Text to Speech API <http://www.oddcast.com/>

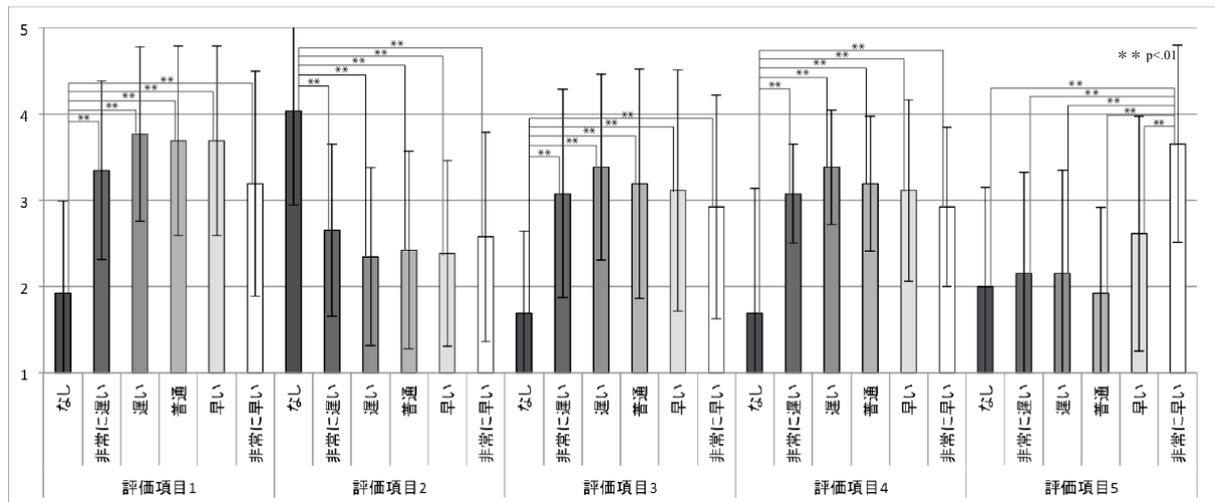


図 8 実験 1：主観評価の結果
Figure 8 Analysis of Variance for Exp.1.

り音声が出力され、ぬいぐるみロボットに内蔵されたスピーカから音声が出る。同時に周波数分析のための分析窓幅 1024 で高速フーリエ変換 (FFT) を行う。5000Hz までの声の帯域における総和を計算し、0 から 127 までの 128 段階で出力する。次に、他の帯域の基本帯周波数帯の強さをノーマライズする。音声の強さを強調するため、二乗値を適用した。生の音声信号の FFT 結果の実数部分を xFFT とした。音声分析に用いた式を式 (1) に示す。

$$\frac{(\sum_{i=0}^{127} xFFT_i)^2}{\sum_{i=128}^{511} xFFT_i} \quad (1)$$

ロボット制御部は検出した音声信号をシリアル通信により受信し、ソレノイドバルブが排出側の栓を開放しロボットの口から空気を放出する。同時にエアポンプによる肺への空気の注入を停止する。また音声入力がない状態の信号を受信すると、ソレノイドバルブが空気の放出を止め、発声によって減少した肺内の空気量を回復するためエアポンプが肺に空気を注入する。

4. 呼吸表現の有効性に関する実験

本システムでは、吐息と腹部運動の共通制御により、ユーザに視覚と触覚でぬいぐるみロボットの呼吸を認識させ

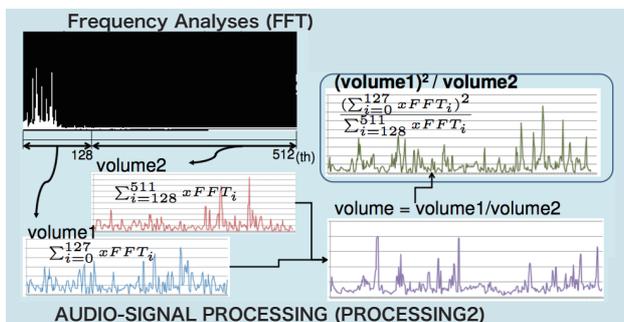


図 7 音声構成部における音声分析
Figure 7 Analysis of Voice in Audio-signal Processing Part.

る。本稿では、吐息と腹部運動の共通制御によるぬいぐるみロボットの呼吸がユーザに与える影響と、呼吸のテンポによる生きている感覚の変化に着目して検証を行う。呼吸のみの効果を測るため、実験では体温と心拍については対象とせず、呼吸による評価のみに着目した。

また今後、呼吸のテンポの変化によって、ぬいぐるみロボットの異なる状態を表現する研究への予備的検討として、呼吸のテンポによる生死の状態提示の可能性を評価する。

4.1. 実験 1：ぬいぐるみロボットの呼吸が安心感に与える印象評価

目的：ぬいぐるみロボットの呼吸における吐息と腹部の膨張収縮を同時に感じることで、ユーザの安心感に与える影響を評価する。

仮説：ぬいぐるみロボットの呼吸における吐息と腹部の膨張収縮を同時に感じることで、生物らしさが向上し、ユーザはペットのような安心感を得る。

参加者：19 歳から 22 歳の情報系学生 26 名 (男性 16 名、女性 10 名)。

実験条件：ぬいぐるみロボットの位置の遠-近 (far-near)、呼吸の有-無 (BRATH-breath) の 2 要因 4 条件で行った。全ての条件で、ユーザはぬいぐるみロボットを両手で包むように持ち、ぬいぐるみロボットと向かい合うような向きで固定した。ぬいぐるみロボットの位置が遠い [far] 条件は、腕を伸ばしてぬいぐるみロボットを持った状態で、ユーザの顔とぬいぐるみロボットの距離はおおよそ 30 [cm] ~ 50 [cm] である。ぬいぐるみロボットの位置が近い [near] 条件は、腕を曲げてぬいぐるみロボットを持った状態で、ユーザの顔とぬいぐるみロボットの距離はおおよそ 5 [cm] ~ 20 [cm] である。ぬいぐるみロボットの呼吸有り [BREATH] 条件におけるぬいぐるみロボットの呼吸のテンポはおおよそ毎分 16~19 回である。

実験手順：ユーザには、ぬいぐるみロボットの評価を行ってもらう実験であると事前に教示した。ぬいぐるみロボットの持ち方を説明した後、ぬいぐるみロボットを手を持ってから 20 秒間観察を行った。観察終了後、実験参加者は「ぬいぐるみロボットの行動を観察した時のあなたの状態」についての評価項目に回答した。これを条件を変え 4

表 1 実験 1：主観評価の分析結果
Table 1 Analysis of Variance for Exp.1.

評価項目	位置 [far/near]		呼吸 [BREATH/breath]		交互作用
	F(A)	p(A)	F(B)	p(B)	
(1)	21.973	.0001****	0.081	.7780	.0549+
(2)	1.194	.2849	2.254	.1458	.3191
(3)	5.774	.0240*	.112	.7407	.2325
(5)	6.562	.0168*	7.103	.0133*	.1046

回繰り返した。条件は全て順序交差にて行った。

評価項目：実験参加者は、以下の評価項目に 5 段階 (1: あてはまらない 2: まああてはまらない 3: どちらでもない 4: まああてはまる 5: あてはまる) で主観評価を行った。

- (1) あなたは穏やかな気分になった。
- (2) 不安定な気分になった。
- (3) 落ちついた気分になった。
- (4) あなたはストレスのある状態だった。

実験結果：図 8 に主観評価の結果を、表 1 に 2 要因反復測定分散分析の結果を示す (+ p<.10, * p<.05, ** p<.01, *** p<.005, **** p<.001)。

評価項目 1, 2 は被験者の安心感に関する評価で、実験参加者とぬいぐるみロボットの距離にのみ有意差を得た。

評価項目 3, 4 はぬいぐるみロボットによるリラックス効果に関する評価である。評価項目 3 では、実験参加者とぬいぐるみロボットの距離にのみ有意差を得た。評価項目 4 では、実験参加者とぬいぐるみロボットの距離と呼吸の有無に有意差を得た。

これらの結果より、ぬいぐるみロボットとの距離は安心感やリラックス効果に影響を与え、ユーザに穏やかな気分になったと感じさせる効果があることが分かった。一方で、ぬいぐるみロボットの呼吸は、安心感を与えたり、気分を落ち着かせたりする効果は無いものの、ぬいぐるみロボットの吐息を顔の皮膚で感じることでユーザにストレスを感じる状態にする影響があることが分かった。

4.2. 実験 2：呼吸のテンポによる生物感に関する印象評価

目的：ぬいぐるみロボットの呼吸のテンポを変化させ、生物的な呼吸に最適なテンポを検証する。また今後、呼吸のテンポの変化によって、ぬいぐるみロボットの異なる状態を表現する研究への予備的検討として、呼吸のテンポの変化による生死の状態提示の可能性を評価する。

仮説：ぬいぐるみロボットの呼吸が人間の一般的な呼吸テンポに近いほど、ぬいぐるみロボットの生きている感覚が高まる。また、非常に遅い呼吸テンポはぬいぐるみロボットが「死んでいる状態」を表し、非常に速い呼吸テンポにおいては、ぬいぐるみロボットの「死にそうな状態」を表す。

参加者：19 歳から 22 歳の情報系学生 26 名 (男性 16 名, 女性 10 名) で行った。

実験条件：ぬいぐるみロボットの呼吸テンポは、なし：毎分 0 回, 非常に遅い：毎分 3 回, 遅い：毎分 9~10 回, 普通：毎分 16~19 回, 早い：毎分 23~25 回, 非常に早い：毎分 56~60 回の 6 条件で行った。全ての条件で、ユーザはぬいぐるみロボットを両手で包むように持ち、ぬいぐるみロボットと向かい合うような向きで固定した。ぬいぐるみロボットは腕を曲げて持ち、ユーザの顔とぬいぐるみロボットの距離はおおよそ 5[cm]~10[cm]とした。

実験手順：ユーザには、ぬいぐるみロボットの評価を行ってもらった実験であると事前に教示した。ぬいぐるみロボットの持ち方を説明した後、ぬいぐるみロボットを手にとってから 20 秒間観察を行う。観察終了後、実験参加者に「ぬいぐるみロボットの状態」についての評価項目に回答をさせた。条件を変えこれを 6 回繰り返した。条件は全て順序交差にて行った。

評価項目：実験参加者は、以下の評価項目に 5 段階 (1: あてはまらない 2: まああてはまらない 3: どちらでもない 4: まああてはまる 5: あてはまる) で主観評価を行った。

- (1) ぬいぐるみロボットは生物のようだ。
- (2) ぬいぐるみロボットは生物のようではない。
- (3) ぬいぐるみロボットは生きている。
- (4) ぬいぐるみロボットは死んでいる。
- (5) ぬいぐるみロボットは死にそうである。

実験結果：

図 9 に主観評価の結果を示す。

評価項目 1, 2 はぬいぐるみロボットが生物だと感じるかに関する評価である。いずれも呼吸なしと呼吸ありの間に有意差を得た。

評価項目 3, 4 はぬいぐるみロボットの生きている感覚に関する評価である。いずれも呼吸なしと呼吸ありの間に有意差を得た。

評価項目 5 は呼吸による具体的なぬいぐるみロボットの状態について、ぬいぐるみロボットのが「死にそう」であるかの評価である。「呼吸なし」と「非常に早い」、呼吸がある場合の「非常に遅い」から「早い」と「非常に早い」の間に有意差を得た。

これらの結果より、ぬいぐるみロボットは呼吸のありなしの間で生物感の違いを感じる事が分かった。また、呼吸ありなしの間で生きていると感じる感覚の違いがあることが分かった。ぬいぐるみロボットの状態については、呼吸が非常に早い場合に「死にそう」であると感じる事が分かった。

5. 考察

5.1. ぬいぐるみロボットの呼吸による安心感に関する考察

実験参加者がぬいぐるみロボットの呼吸から安心感を得られず、ストレスを感じた理由として、ぬいぐるみロボットとの距離とぬいぐるみロボットの抱き方の設定が影響した可能性がある。実験条件においては、より呼吸の息づかいを感じるために、ぬいぐるみロボットとの距離を 5cm~10cm と非常に近い距離に設定した。それに加え、顔を向き合わせて持つことによって、実験参加者の顔に正面から

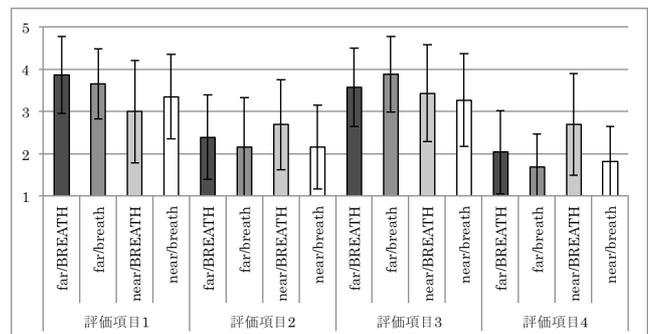


図 9 実験 2：主観評価の結果
Figure 9 Analysis of Variance for Exp.2.

吐息がかかるような位置となった。このような状況に実験参加者が不慣れであった上、実験に用いたぬいぐるみロボットを見るのが初めてだったために、緊張を感じたのではないかと考えられる。

一方で、ぬいぐるみロボットを生きているように感じ、その呼吸を肌で感じることによって気持ち悪さを感じたという見方もできる。人間同士であっても、普段から慣れ親しんでいる人でなければ、そこまで顔を接近させるような状況は少ない。実験参加者がぬいぐるみロボットの腹部運動と一体となった呼吸から生物らしさを感じ、初対面の生きた生物の吐息が顔にかかるという状況が不快感を生じさせた可能性が考えられる。4.2の実験において、実験参加者は呼吸ありの場合に生物らしさが増したことから、生きている感覚がユーザのストレスに影響した可能性もある。

今後、ぬいぐるみロボットの位置や親しさ、持つ位置や抱き方による不快感や気持ち悪さについての評価を行うことで、ロボットの生物らしさとストレスの関係を明らかにする必要がある。

5.2. 呼吸のテンポによる生物感に関する考察

ぬいぐるみロボットの呼吸は、生物的な表現として適切であると言える。また、ぬいぐるみロボットが生きているようにユーザに感じさせるために呼吸は有効であると言える。一方で、異なる呼吸のテンポの間でぬいぐるみロボットの生きている感覚に有意差は見られず、生きている感覚を最も与える呼吸テンポを明らかにすることは出来なかった。つまり、ユーザはぬいぐるみロボットの呼吸を感じさせれば、ぬいぐるみロボットを生きているように感じるということが出来る。しかし、実験に用いた呼吸テンポの範囲を超えるような、よりゆっくりとした長いストロークの呼吸をユーザが感じた場合、ぬいぐるみロボットの生きている感覚が変化する可能性も考えられるため、検証が必要である。

一方、呼吸テンポによって実験参加者が感じる、生きている感覚の意味合いに変化を与えているという可能性も考えられる。ぬいぐるみロボットが死にそうであるかどうかを問う評価項目では、非常に早いテンポの呼吸が他のテンポよりも有意に高かった。このことから、生きているとは感じているが、その詳細な状態を推測するにあたって、呼吸のテンポが重要である可能性を示している。そのため、呼吸テンポを変化させた上で、ユーザが推測するぬいぐるみロボットの状態を評価することが求められる。

5.3. システム全体の考察

現在のぬいぐるみロボットの構成で実現可能な範囲の呼吸テンポで実験を行った結果、吐息と腹部運動の共通制御によって、ユーザに生きているような感覚を与えることができた。また心拍や体温などの生理現象を表現することで、より多くのぬいぐるみロボットの状態の表現が可能になると考えられる。一方で、使用方法によっては、ユーザに不快感を与える可能性も示唆された。そのため、初対面のユーザに親近感を与えるようなインタラクションの設計などが必要となる可能性もある。また現状では、ぬいぐるみロボット本体と、制御部やコンピュータと接続するケーブル類が必要で、今後具体的な活用シーンに合わせた改良が必要である。

6. おわりに

本研究では、生理現象の一つである呼吸に着目し、吐息と腹部運動の共通制御によるぬいぐるみロボットの呼吸を実装し、ユーザが肌で吐息を感じ、腹部の動きを確認できるぬいぐるみロボットを提案した。

また、ぬいぐるみロボットの呼吸がユーザの安心感に与える影響と、呼吸のしかたによって生きている感覚に与える影響について検証し考察した。

その結果、ぬいぐるみロボットの呼吸によってユーザはぬいぐるみロボットが生物であるように感じ、生きている感覚を得られることが分かった。一方で、ぬいぐるみロボットの呼吸はユーザにストレスを与え、不快感を与える可能性も明らかになった。

今後、呼吸のテンポによって、どのようなぬいぐるみロボットの生きている状態を示すことが出来るか検証するとともに、ユーザに親近感を与えながら、生物らしさを感じさせるぬいぐるみロボットのインタラクションについて検討する。

謝辞

本研究は、科研費 24300047 および科研費 2570002 の助成の一部を受け実施したものである。

参考文献

- [1] Kendon, Adam, Thomas A. Sebeok, and Jean Umiker-Sebeok, eds. *Nonverbal communication, interaction, and gesture: selections from Semiotica*. Vol. 41. Walter de Gruyter, 1981.
- [2] Sakamoto, D., Kanda, T., Ono, T., Ishiguro, H., & Hagita, N. Android as a telecommunication medium with a human-like presence. In *Human-Robot Interaction (HRI), 2007 2nd ACM/IEEE International Conference*, pp. 193-200, 2007.
- [3] Bainbridge, W. A., Hart, J., Kim, E. S., & Scassellati, B. The effect of presence on human-robot interaction. In *Robot and Human Interactive Communication. ROMAN 2008, The 17th IEEE International Symposium*, pp. 701-706, 2008.
- [4] Yonezawa, T., Meng, X., Yoshida, N., & Nakatani, Y. (2014, March). Involuntary expression of embodied robot adopting goose bumps. In *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, pp. 322-323, 2014.
- [5] 吉田侑矢, 吉田直人, 松田智嗣, 荻野正樹, 米澤朋子. Ikitomical Model2: 酸素を運ぶ呼吸と心拍の内臓表現による生きているリアリティ. *エンターテイメントコンピューティング 2013*, pp.85-90, 2013.
- [6] Yanaka, S., Kosaka, T., & Hattori, M. ZZZoo pillows: sense of sleeping alongside somebody. In *SIGGRAPH Asia 2013 Emerging Technologies*, p. 17, 2013.
- [7] 西田佳史, 武田正資, 森武俊, 溝口博, 佐藤知正. 圧力センサによる睡眠中の呼吸・体位の無侵襲・無拘束な計測. *日本ロボット学会誌*, 16(5), pp705-711, 1998.
- [8] Yuka Nagata, Naoto Yoshida, Tomoko Yonezawa. Ikitomical Model: Extended Body Sensation through a Cardiovascular Robot. *HRI2013 demo, D20, 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction* (pp. 322-323). ACM.