

conBear: 真空圧によって擬似的な呼吸運動の提示をする人形の提案

谷中俊介^{†1} 服部元史^{†2} 小坂崇之^{†2}

本研究では、人形を用いてユーザーに誰かと身体接触しているような感覚を与え、不安の軽減を目的としたシステム“conBear”を提案する。本システムは、人形に内蔵したウレタンスポンジを真空に圧縮することで体積を変化させ、人間の呼吸時における胸郭や腹部の動きを提示する。これにより、単独世帯が増加している社会に対し、誰かと一緒にいることによる不安の軽減を目指す。

conBear: Stuffed Toy Providing the Sense of Breathing using Vacuum Pressure

SHUNSUKE YANAKA^{†1} MOTOFUMI HATTORI^{†2}
TAKAYUKI KOSAKA^{†2}

In this study, we developed conBear with the aim of providing users with a sense of alongside someone to alleviate anxiety. The polyurethane sponge built into this system can reproduce the sensation of a human breathing by repeatedly evacuating the air and contracting similarly to a human chest during breathing. In recent years, the number of single-person households has increased. Then, we would like to alleviate anxiety by reproducing the sensation of being with a companion.

1. はじめに

人間が生きてゆくうえで、一切の不安を抱くことなく生きることが困難である。実際に、内閣府[1]は、平成26年6月における『国民生活に関する世論調査』の結果に基づき、約67%もの日本人が日常生活の中で悩みや不安を感じていることを報告している。

不安は、精神面のみならず、様々な負の影響を及ぼすと言える。入院生活を送っている小学4年生から高校3年生の小児を対象とした藤井ら[2]の研究において、夜間に覚醒する小児や、入眠までに時間を要する小児の方が不安に関する得点が高く、不安を感じている小児は十分な睡眠がとれていないという実験結果を導き出している。また、不安に関連して起こる交感神経の活動の影響や、熟睡感が低い方が不安に関する得点が高いことから、不安が睡眠の質に影響を与えていることを報告している。これらのことから、不安は睡眠不足を引き起こす要因の一つであるといえる。また、Haynesら[3]は、不安・緊張と血圧において、正の相関が見られたことを報告している。さらに、厚生労働省[4]は、平成25年の『人口動態統計』において、日本国内の死因に関し、第2位として総数の15.5%を占める心疾患を、第4位として9.3%を占める脳血管疾患を報告している。日本人の死因の約25%を占めているこれら疾患は、要因の一つとして高血圧があげられる。これらのことから、不安は

軽減すべき重大な問題と言える。

不安を軽減する手法の一つとして、オキシトシンが分泌される身体接触は、不安の軽減効果が期待できる。オキシトシンとは、視床下部や子宮、卵巣、精巣、乳腺、心臓などで作られ、分娩時における子宮平滑筋の収縮や、授乳時における乳腺胞の平滑筋の収縮による乳汁射出などをもたらす。オキシトシンに対する動物実験により、母子間での絆形成や雌雄間でのペア形成の絆に関し、その影響が報告されている[5]。さらに、Grewenら[6]は、ヒトにおいても、パートナーや配偶者との身体接触により血中のオキシトシンが増加することを報告している。またTurnerら[7]は、マッサージ後のポジティブな感情に応じて血漿中のオキシトシンが増加すること、さらにオキシトシンは幸福を感じているときに増加することを示唆している。

およそ50人の大学生を対象としたGergenら[8]の実験では、真っ暗な部屋と明るい部屋とでの人々の反応が調査された。この実験に対し、被験者達は初対面であったにも拘わらず、真っ暗な部屋では約90%が意図的に他者と身体接触を行い、また約50%は抱き合っただけの結果が報告されている。明るい部屋においては、身体接触や抱き合うことはなかった。

身体の様々な部位で作られ、精神にも影響をおよぼすオキシトシンと身体接触は、不安の軽減に結びつくと考えられる。しかし、近年の日本国内の世帯状況の変化により、身体接触を行うことが困難な状況にある。2000年～2010年において、20歳～34歳では未婚率の上昇によって配偶者や子との同居している割合が減少している。また、34歳～49歳では配偶者や子との同居率に加え、配偶者の親との同

^{†1} 神奈川工科大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kanagawa Institute of Technology

^{†2} 神奈川工科大学

Kanagawa Institute of Technology

居率も減少している[9]. 厚生労働省[10]は,平成 26 年の『国民生活基礎調査』の結果に基づき単独世帯の割合が増加していることを報告している. 1986 年においては単独世帯の割合は全体の 18.2%であったことに對し, 年々の増加によって 2014 年では 27.1%にまで至り, 全体の 4 分の 1 以上が単独世帯であることを示している. さらに, 平均世帯人員に對しても, 1986 年では 3.22 人であったことに對し, 年々の減少によって 2014 年では 2.49 人にまで減少していることを報告している. 比較的に身体接触を行いやすい相手である家族との同居が減少していることから, 近年では日常的に身体接触を行うことは困難であると言える.

そこで本研究では, 人形を用いてユーザに誰かと身体接触しているような感覚を与え, 不安の軽減を目的とした人形 “conBear” を提案する (図 1).

2. 関連研究

これまで自律型・非自律型ロボットを生物の代替物として扱う研究はさかんに行われている. Shibata ら[11]によるアザラシ型ロボット “Paro” は, 福祉施設におけるアニマル・セラピーの代替物として用いられている. 小児病棟で行われたロボット・セラピーの実験では, Paro を用いることで気分の改善や, 両親と一緒にいない際の不安を軽減していた結果を導き出している. また, 一つの触覚センサと 1 自由度の棒の挙動であっても, 動き方, 外観, 人が持つ意図などによって, システムに対する人の主観的解釈に複雑さをもたらすことが可能であると述べている[12].

坂本ら[13]は, 存在感を「まさに, ここにいる」という強い感覚と定義し, 人間の「存在感」を伝達するための遠隔操作型アンドロイド・ロボットシステムを開発している. 実存する人間をモデルとし, 人に酷似した外観を持つロボット “Geminoid HI-1” と遠隔操作システムに對し, 既存メディアである電話やテレビ電話と比較して, より存在感を抱くという実験結果を導き出している.

ある対象の代替物としてロボットを用いた際, 人が意識しているのはロボット自身なのか, ロボットによって代替されている対象なのかという疑問が生じる. これに對し山岡ら[14]は, 遠隔操作型のロボットと人が相互作用する際, 人はロボット自身と相互作用しているのか, 背後の操作者と相互作用しているのかを検証している. 過半数以上の被験者はロボット自身と相互作用していると感じ, また, その被験者らがロボットに感じた楽しさは, ロボットが自律的に動作しているか, 操作者によって操作されているか, その事前知識に影響されていなかった結果を導き出している. その実験結果に對し, ロボットならではの視覚的な存在感による可能性を報告している.

このように, 代替物に関する研究はさかんに提案されているが, 代替物や代替物を介した人とのコミュニケーション



図 1 本システムを使用している様子

Figure 1 Using the system.

ンを目的としているものが主であり, 使用中にユーザが主として意識を注ぐ対象はその代替物である. そのため, たとえば家族や恋人とともに本を読む, 映画を鑑賞するといった, 相手以外の対象に主として意識が注がれている状況においては, これらの代替物を用いてもその存在感を与えることは難しい. ユーザへ話しかけるなど, 意味内容をもった言語によるバーバルな情報の提示は, 別の対象へと注がれているユーザの意識に對し阻害や妨害行為となるおそれがある. また, 表情や視線や身振りなどのノンバーバルな情報の提示も, 代替物へと意識が注がれておらず注目されていない状況においては, 不向きであると考えられる. そこでわれわれは, ユーザに誰かと身体接触しているような感覚を与える人形の開発をするにあたり, 呼吸時の胸郭や腹部の動き, 鼓動, 体温など, 生理的な情報に着目した. 我々は, バーバルな情報でもノンバーバルな情報でもなく, およそ意味内容が込められていない生理的な情報を提示することによって, たとえユーザが別のものに意識を注いでいたとしても, 「まさに, ここにいる」という存在感を与えることが可能な代替物を目指し, 開発を行った.

ロボットやぬいぐるみの研究において, デバイスの破損やこれによるユーザの怪我を防止することを目的とし, 機構に柔らかい素材を用いているものは多く存在する[15]. また, 高瀬ら[16]は, 破損やそれに伴う事故だけでなく, ぬいぐるみロボットにおける外見に反した硬い触り心地がユーザに違和感を生じさせ, ロボットとのインタラクションを敬遠させる要因となりかねないことから, 柔らかい素材を用いている.

これらのことから, 不安の軽減を目的とし, ユーザに誰

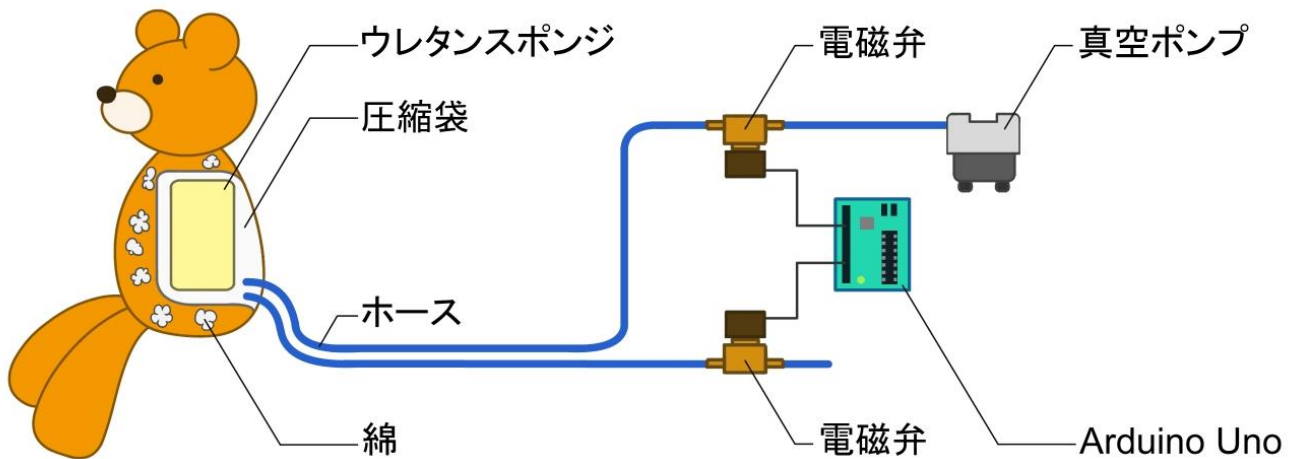


図 2 システム構成図
Figure 2 System configuration.

かと身体接触しているような感覚を与える人形を開発するにあたり、ユーザが身体接触しても怪我や苦痛を与えないために、素材には柔らかいものを用いた。

3. 真空圧によって呼吸運動を模した人形

conBear は、人形を用いてユーザに誰かと身体接触しているような感覚を与え、不安の軽減を目的としたシステムである。本章では開発した人形の仕組みを述べる。

3.1 提示する生理的な情報の選定と手法

呼吸時の胸部や腹部の動きを、柔らかい素材である風船の膨張と収縮を用いて提示している研究がある[17]。われわれもこれまでの研究[18]において、風船を用いることで呼吸時の胸部や腹部の動きを模してきた。さらにこれに対し、ユーザの不安に及ぼす影響に関する実験を行い、呼吸時の胸部や腹部の動きを提示することは、不安の軽減効果を示唆する結果となった。そこで本研究では、呼吸時の胸部や腹部の動き、鼓動、体温など様々な生理的な情報のなかから、呼吸時の胸部や腹部の動きを提示することにした。しかし呼吸時の胸部や腹部の動きを提示するうえで、風船は、一方で柔らかいという利点があげられるが、他方、高弾性体であるため外力を加えると大きくひずんでしまう欠点がある。この高弾性の性質により、風船はロボットや人形の芯を維持しづらく、また、ロボットや人形の外見からは不自然な弾む感触をユーザに与える。さらに膨らませた風船は内部の圧力が大気圧よりも高いため、子どもが乱暴に扱い風船が破損した場合、破裂する危険性がある。

これらのことから、本研究では生理的な情報として呼吸時の胸部や腹部の動きを提示することにし、その動きを、ウレタンスポンジを真空中に圧縮した状態と非圧縮状態との体積変化によって提示する。

3.2 システム構成

本システムには、人間の呼吸時における胸部や腹部の動きを模すために、圧縮袋によって密閉したウレタンスポンジが内蔵されている。本システムの構成を、図 2 に示す。

圧縮袋によって密閉したウレタンスポンジから、真空ポンプによって空気を排出し、圧縮を行う。ウレタンスポンジを非圧縮にする際は、真空ポンプによる空気の排出を停止し、外気を自然に吸入している。Arduino Uno によって電磁弁を制御し、空気の排出と吸入を切り替えることで、ウレタンスポンジの圧縮と非圧縮を行っている(図 3)。空気の排出および吸入を行うホースには、空気の排出や吸入時に、圧縮袋や布などが詰まりホースの口を塞ぐことのないよう、放射状に隙間をあけた器具を取り付けている(図 4)。

本システムにおける呼吸の速さおよび吸気と呼気に関するリズムの割合は、成人の平均的な呼吸の速さや割合[19]に基づいている。成人の安静時の呼吸は、平均して 1 分間あたり 12 回~18 回の速さで行われている。さらに、われわれのこれまでの研究において、呼吸時の胸部や腹部の動きやいびきの音などを一定の速さで提示すると、ユー



(a) (b)
図 3 ウレタンスポンジの体積の比較
(a) 圧縮時 (b) 非圧縮時

Figure 3 Comparing the amount of volume in the polyurethane sponge.

(a) With substantial compression (b) With little compression



図 4 ホースに取り付けた器具
Figure 4 Hose attachment.

ザに“機械的”という印象を与える事例があった。これらのことから、本システムでは呼吸の速さに対し、1分間に12回～18回の範囲でゆらぎをもたせ、人形に内蔵したウレタンスポンジを制御することにした。また、成人の吸気と呼気に関するリズムの割合は、ほぼ1対3である。このことから、本システムにおける吸入と排出に関するリズムの割合に対しても、1対3の割合で制御することにした。

3.3 人形の外観

不安の軽減を目的とした本システムに対し、人形の外観を決定するため、外観によって抱く不安や安心感に関する調査を行った。

およそ成人と同じ大きさの人形を使用し、外観と安心感に関するアンケートを実施した。回答者は、大学1年生～2年生である10代および20代の男女140名（男性131名、女性9名）。設問では、およそ同じ大きさの人型の人形と動物型の人形を図示し、「どちらの人形といた方が安心感を抱

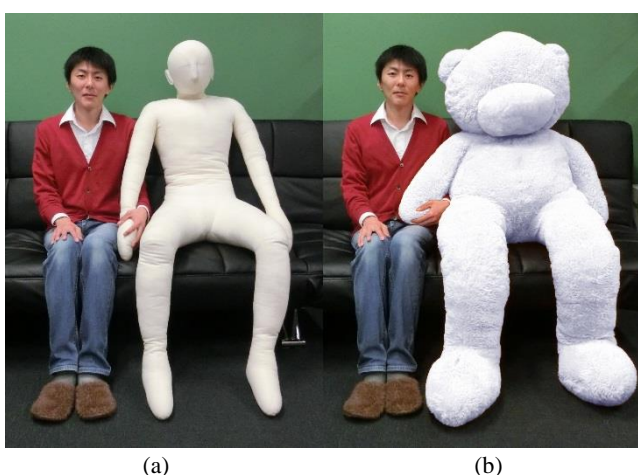


図 5 設問で図示した人形
(a) 人型の人形 (b) 動物型の人形
Figure 5 Stuffed toy shown in questionnaire.
(a) Human type (b) Animal type

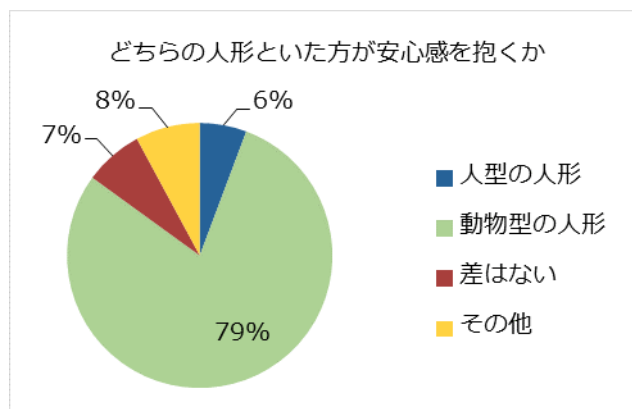


図 6 アンケート結果
Figure 6 Questionnaire results.

くか」を尋ねた。アンケートにて図示した人形を図5に示す。図示する人形に対し、各人形の表情、装飾物、色の違いによる影響を除外するため、画像加工により各人形から表情、装飾物を取り除き、人形の色も白色で統一して示した。また図示する人形の材質に対しては、動物型の人形は動物として不自然でないよう毛で覆われたものを扱い、他方、人型の人形は、人として不自然でないよう表面が毛で覆われていない人形を用いた。図示した人型と動物型の人形に対する「どちらの人形といた方が安心感を抱くか」という設問において、79%が動物型の人形と回答した(図6)。

これらのことから、ユーザの不安を軽減することを目的とした本システムにおいて、人形の外観を動物にした。

4. 実験：圧力の変化による排出と吸入の検証

本システムは、内蔵したウレタンスポンジに対し圧縮と非圧縮を行い、その体積の変化によって、人間の呼吸時における胸郭や腹部の動きを提示している。ウレタンスポンジの圧縮と非圧縮の制御は、成人の平均的な呼吸の速さに基づいて行っており、空気の排出や吸入によってウレタンスポンジに加わる圧力の観点からは、制御を行っていない。そのため、排出と吸入する空気の量に偏りが生じていた場合、ウレタンスポンジが圧縮されたままの状態や、非圧縮のままの状態になり、体積が変化しなくなるおそれがある。

このことから、本システム稼働時の圧縮袋内部における圧力の変化を検証した。

このことから、本システム稼働時における、圧縮袋内部の圧力変化を検証した。

4.1 実験の概要

本システムの圧縮袋内部に、圧力センサ（Interlink Electronics 社、FSR-406）を設置し、システム稼働時における圧縮袋内部の圧力変化を検証した。

4.2 実験結果

計測した圧縮袋内部の圧力に対し、その一部を図7に示

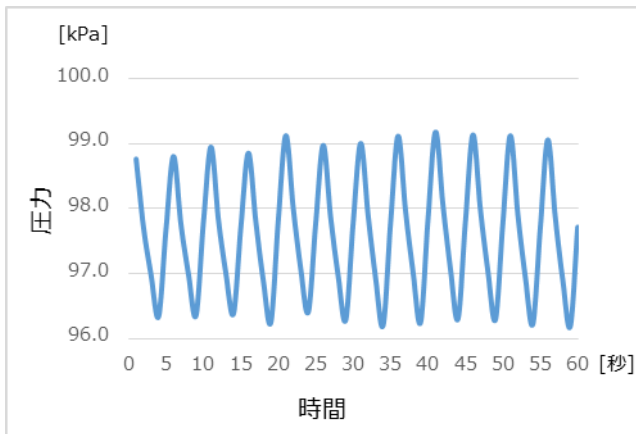


図 7 実験結果

Figure 7 Experimental results.

す。図 7 は、圧力センサで取得した値を、絶対真空を 0kPa とし、大気圧を 101.3kPa とした絶対圧で表記している。本システムにおいては、真空ポンプによって空気を排出し、人間の呼吸に対する呼気を提示している際に、値が小さくなる。

図 7 の実験結果が示すように、本システム稼働時における圧縮袋内部の圧力変化は、およそ一定の範囲で変化していた。ウレタンスポンジの圧縮と非圧縮の制御は、呼吸の速さの観点から行っており、ウレタンスポンジに加わる圧力の観点からは制御を行っていない。しかし、圧縮袋内部の圧力は、圧縮状態や非圧縮状態に偏ることなく、一定の範囲で変化し続けていることが確認できた。

このことから、排出と吸入する空気の量に偏りはなく、ウレタンスポンジの体積が変化しつづけていると考えられる。

5. おわりに

本稿では、ユーザに誰かと身体接触をしているような感覚を与え、不安を軽減することを目的とした“conBear”の開発を行った。呼吸時の胸郭や腹部の動きを提示することで、誰かと身体接触をしているような感覚を与え、不安の軽減を目指した。

今後の課題として、生理的指標と心理的指標の両側面から不安の軽減効果の検証を行う予定である。不安の軽減効果の検証を行うにあたり、被験者に不安の情動を喚起させる負荷刺激が必要となる。これに対し、実験室環境における情動喚起手段として、映像刺激は比較的強い情動を喚起し、また非侵襲である利点があればよい。映像刺激によって、不安など特定の情動を喚起させる研究もさかんに行われている[20][21][22]。さらに本多ら[23]は、映像刺激を用いた実験において、心拍や指の皮膚温度に有意な変化が生じたことを報告している。これらのことから、負荷刺激として、実際に先行研究にて不安の情動を喚起することが立

証された映像を用い、生理的指標として心拍や皮膚温度を用いた実験を行う予定である。さらに、隈元ら[24]は、痛みや不安と鼻部皮膚温度との関連性に対し、心理的指標として State-Trait Anxiety Inventory (以下、STAI と略す) 状態不安尺度も用いて実験を行っている。その結果、痛みや不安によって鼻部皮膚温度が有意に低下し、痛みや不安が減少すると鼻部皮膚温度も上昇することを報告している。われわれは擬似的な身体接触によって不安の軽減を目的としており、日常的により行われやすい身体接触として、手で触れる、手を握りあうといった行為が考えられる。日常の中で実際に起こりうる身体接触を考慮した実験を行ってゆくうえで、皮膚温度の測定は、指に機器を取り付け測定するよりも、鼻部に機器を取り付け測定の方が、身体接触および皮膚温の測定の両観点から適していると考えられる。このことから、生理的指標としての皮膚温度には、鼻部皮膚温度を用いて実験を行う予定である。また、心理的指標には、隈元ら[24]と同様に、STAI 状態不安尺度を用いる予定である。

本システムが人の不安や情動に与える影響の調査を行い、単独世帯が増加している社会に対し、誰かと一緒にいることによる不安の軽減を目指す。

参考文献

- 1) 内閣府 国民生活に関する世論調査, <http://survey.gov-online.go.jp/h26/h26-life/index.html>
- 2) 藤井加那子, 草場ヒフミ, 野間口千香穂: 入院中の思春期患児の睡眠の特徴と不安との関連, 南九州看護研究史, Vol.5, No.1, pp.29-36(2007).
- 3) Haynes SG, Levine S, Scotch N, Feinleib M, Kannel WB: The relationship of psychosocial factors to coronary heart disease in the Framingham study. I. methods and risk factors, American Journal Epidemiology, Vol.107, No.5, pp.362-383(1978).
- 4) 厚生労働省平成 25 年 (2013) 人口動態統計 (確定数) の概況, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei13/index.html>
- 5) 西森克彦: 絆, そして浮気の行動神経内分泌学: 哺乳動物のペア形成と下垂体後葉ホルモン系, 生体の科学, Vol.66, No.1, pp.66-71(2015).
- 6) Grewen, K.M., Girdler, S.S., Amico, J., Light, K.C.: Effects of partner support on resting oxytocin, cortisol, norepinephrine, and blood pressure before and after warm partner contact, Psychosomatic medicine, Vol.67, No.4, pp.531-538(2005).
- 7) Turner, R.A., Altemus, M., Enos, T., Cooper, B., McGuinness, T.: Preliminary research on plasma oxytocin in normal cycling women: Investigating emotion and interpersonal distress, Psychiatry Interpersonal & Biological Processes, Vol.62, No.2, pp.97-113(1999).
- 8) Gergen, K.J., Gergen, M.M., and Barton, W.H.: Deviance in the dark, Psychology Today, pp.129-130(1973).
- 9) 岩井紀子: JGSS-2000~2010 からみた家族の現状と変化, 家族社会学研究, Vol.23, No.1, pp.30-42(2011).
- 10) 厚生労働省 調査の概要, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa14/index.html>
- 11) T. Shibata, et al.: Mental commit robot and its application to therapy of children, IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, Vol.2, pp.1053-1058(2001).
- 12) 柴田崇徳: 人の心を癒すメンタルコミットロボット, 日本ロボット学会誌, No.17, No.7, pp.943-946(1999).

- 13) 坂本大介, 神田崇行, 小野哲雄, 石黒浩, 萩田紀博: 遠隔存在感メディアとしてのアンドロイド・ロボットの可能性, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.12, pp.3729-3738(2007).
- 14) 山岡史享, 神田崇行, 石黒浩, 萩田紀博: 遠隔操作型コミュニケーションロボットとのインタラクションにおける印象評価, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.11, pp.3577-3587(2007).
- 15) 高瀬裕, 山下洋平, 石川達也, 椎名美奈, 三武裕玄, 長谷川晶一: 多様な身体動作が可能な芯まで柔らかいぬいぐるみロボット, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.18, No.3, pp.327-336(2013).
- 16) 小林一也, 吉海智晃, 後藤健文, 稲葉雅幸: 柔軟性多層分布外装と関節脱臼復帰機構を備えたロボットの点灯・転落時衝撃吸収自己保護行動の実現, 日本ロボット学会誌, Vol. 31, No. 4, pp. 416-423(2013).
- 17) 中田亨: ペット動物の対人心理作用能力のロボットにおける構築, 東京大学大学院工学研究科博士後期課程先端工学専攻博士論文, (2001).
- 18) S. Yanaka, T. Kosaka and M. Hattori.: ZZZoo pillows: sense of sleeping alongside somebody, ACM SIGGRAPH Asia 2013 Emerging Technologies, Article No.17(2013).
- 19) 小野寺綾子, 陣内泰子: 成人内科 I, 中央法規(2011).
- 20) Gross, J. J. & Levenson, R. W.: Emotion elicitation using films, *Cognition and Emotion*, Vol.9, pp.87-108(1995).
- 21) 野口素子, 佐藤弥, 吉川左紀子: 情動喚起刺激としての映像: 日本人被験者による評定実験, 電子情報通信学会技術研究報告.HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎 Vol.104, No.745, pp.1-6(2005).
- 22) Alexandre Schaefer, Frederic Nilsb, Xavier Sanchezc & Pierre Philippotb: Assessing the effectiveness of a large database of emotion-eliciting films: A new tool for emotion researchers, *Cognition and Emotion*, Vol.24, No.7, pp.1153-1172(2010).
- 23) 本多麻子, 正木宏明, 山崎勝男: 情動喚起刺激が自律神経系の反応特異性に及ぼす影響, *Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, Vol.20, No.1, pp.9-17(2002).
- 24) 隈元美貴子, 柳田元継, 保富貞宏ら: ストレスおよびその回復の評価法に関する研究—鼻部皮膚温度と知覚レベルおよび心理状態—, *小児歯科学雑誌*, Vol.46, No.5, pp.578-584(2008).