

Tired Lamp: 人工物に疲労感を表現する試み

北野 るな^{†1,a)} 栗原 渉^{†1} 韓 旭^{†1} 阪口 紗季^{†1} 串山 久美子^{†1}

概要:近年, コミュニケーションロボットの受容性向上を目的としてロボットに動きを用いて感情を表現する研究が行われている. しかし, ロボットの感情表現動作に関する研究の多くは喜怒哀楽を中心とした基本感情の表現に止まり, それ以外の感情表現動作に関する研究は少ない. また, これまで特定の生物の外見を模したロボットを使用した研究が多く行われてきたが, それらは特定の生物に似せて作ることで本物と比べられ, 異なる部分への違和感が問題となっていた. そこで, 本研究では特定の生物の外見を模していない人工物を用いて, ロボットに「疲れ」の感情を表現することを試みる. 人工物にはデスクランプを使用し, 作成した動きを元にユーザ評価を実施した. 実験の結果, 作成した2種類の動きは疲労感を表現できることが示唆された.

1. はじめに

近年, 人とのコミュニケーションを目的としたロボットの開発が行われている. コミュニケーションロボットが人に受け入れられるためにはユーザの発話に対して適切な反応を返す必要があるとされており, コミュニケーションロボットの感情表現に関する研究が行われている [1].

一方, ロボットの感情表現に関する研究の多くは喜怒哀楽を中心とした基本感情の表現に止まり, それ以外の感情表現に関する研究は少ない. ラッセルの円環モデル [2] では感情を 28 種類に分類している. これらの中で喜怒哀楽以外も表現できるようになることでより多くの状況に対応した感情表現が可能になり, ロボットが人より自然なコミュニケーションを行えるようになると考えられる.

本研究ではラッセルの円環モデルの中の「疲れ」に着目した. 人は不完全さを感じる物に親しみを感ずるとされている [3][4]. これは心理学の分野でプラットフォーム効果 [5] と呼ばれており, 長時間稼働すると疲れてしまうという「不完全さ」をロボットに持たせることで, ロボットに対する受容性を高められると考えた. また, ロボットへの「疲れ」の表現は, 充電が必要な時などのユーザによる操作が必要な際の表現や, 夜になると眠そうにするなどの時間帯に合わせた表現に利用できると考えられる.

コミュニケーションロボットの感情表現において, これまで人や特定の動物の外見を模したロボットを使用した研究が多く行われてきた. しかし, 人や特定の動物に似せて作ることで本物と比べられ, 異なる部分への違和感

が問題となっていた [6]. 一方, 特定の生物を連想させない人工物を用いたロボットは人間や動物を模したロボットのような振る舞いへの違和感を感じにくいとされている [7]. 本研究でもこの手法を利用し, Luxo Jr. [8] で有名なデスクランプを用いて「疲れ」の感情表現を行う. デスクランプはその形状からランプシェードがロボットの頭部として擬人化され, ユーザに志向性や生き物らしさを印象付けることができるかとされており [9], ユーザにロボットが感情を表現していると認識されやすいと考えた.

ロボットの感情表現の方法として音声や表情による感情表現だけでなく, 動きによる感情表現の研究が行われている. コミュニケーションの 65% は話し方や動き, ジェスチャーなどの非言語情報によって伝えられるとされており [10], 動きは感情を伝える上で強力な手がかりになるとされている [11]. また, デスクランプのような特定の生物を模していないロボットは顔のパーツを持たない場合が多く, 表情の代わりに動きによって感情を表現する研究が多く行われている. そこで本研究ではロボットの動きによって「疲れ」を表現することとした.

本研究では「疲れ」の表現として「脱力感」と「眠気」に着目し, 2種類の動きを作成した. デスクランプのヘッド, アーム, 電球の明暗を用いて「疲れ」を表現し, 作成した動きに対してユーザ評価を行った.

2. 関連事例

不完全さを利用したコミュニケーションロボットの事例として「弱いロボット」の開発が行われている. 「弱いロボット」にはたどたどしい発話をするコミュニケーションロボット「トーキング・アリー」 [12] や, 喃語のような独

^{†1} 東京都立大学大学院システムデザイン研究科

^{a)} kitano-runa@ed.tmu.ac.jp

自の言語「もこ語」を話すロボット「NICOBO」[13]が挙げられる。これらの事例は発話が十分に行えないことでロボットに弱さや不完全さを与え、他者のアシストを引き出すことを目的としているが、「疲れ」の感情表現によってロボットに不完全さを与えることには着目していない。

デスクランプを用いたロボットに関する研究として、本所からはユーザに解釈を委ねたミニマルな社会性を持つランプ型ロボット「Lumos」を提案している [7]。また、Nowackaらは動作表現によって様々な情報提示を行うデスクランプ型ロボットを提案している [14]。しかし、これらの研究は主にデスクワーク時の使用を目的としており、コミュニケーションロボットとしての感情表現を目的としていない。

特定の生物を模していない人工物を用いて、動きによって感情表現を行う研究として、デスクランプを使った研究 [15][16] や、ドローン [6] を使った研究が挙げられる。しかし、これらの研究で表現されている感情は喜怒哀楽を中心とした基本感情に限定されている。また、柴田ら [17] は布製の直方体型エージェントに対してラッセルの円環モデルを用いて、どのような動きがどのような感情を表現しているように見えるかを調査した。しかし、柴田らはエージェントの曖昧性の高い動きによってユーザが自身に都合良くエージェントに共感された感じることを目的としている。その為、一つの動きで複数の感情を表現できる結果となっており、「疲れ」などの特定の感情がどのような動きによって表現できるかを明らかにしていない。本研究ではラッセルの円環モデルを元に、基本感情以外の感情として「疲れ」の表現を試みる。

3. 設計

3.1 疲労感のある動き

人が疲れた際にする動きとして、うとうとと船を漕ぐような眠気のある動きや、椅子や壁にぐったりと寄りかかるような脱力感のある動きが考えられる。そこで本研究では「疲れ」の表現として「眠気」に着目した「うとうとするランプ」と「脱力感」に着目した「うなだれるランプ」の2種類のランプを制作した。

3.2 実装

ランプを動かすために、うとうとするランプではヘッド (図 1)、うなだれるランプではアーム (図 2) にサーボモータを取り付けた。ヘッド内の光源部分にはテープ LED を使用し、サーボモータと併せて Arduino Uno を用いて制御する。日常的に使用しているランプに近い見た目にする事を意識し、アーム部分は市販ランプのアームを流用した。ヘッドや土台部分は 3D プリンタを用いて出力し、電子部品と合わせて配線・組み立てを行った (図 3)。

3.2.1 うとうとするランプの動き

ランプのヘッドに取り付けたサーボモータを動かし、図

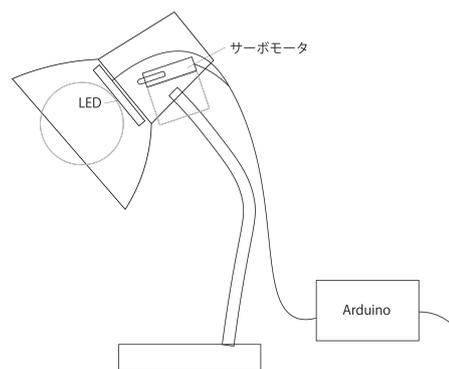


図 1 うとうとするランプのシステム図

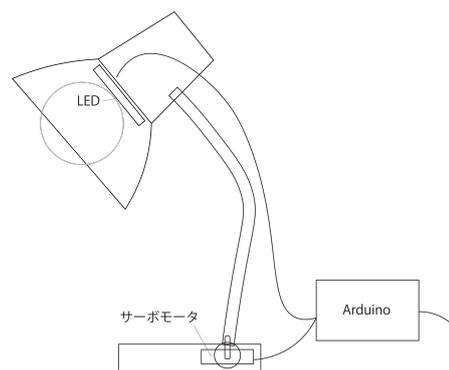


図 2 うなだれるランプのシステム図



図 3 2種類のランプの外観

4のように、ランダムにヘッドを下向きにゆっくりと大きく傾けた後、さらに素早く少しだけ下向きに傾け、最後に素早く元の位置に戻す動きを「眠気」を表現する動きとした。その際、不規則にうとうとと船を漕ぐような動きを再現するため、首振りを行う角度、速度、間隔が毎回異なるようにランダム性を持たせた。具体的には、まず $18^\circ/s$ の速さで $8\sim 14^\circ$ ヘッドを下向きに傾け、その後 $100\sim 166^\circ/s$ の速さでさらに $5\sim 9^\circ$ ヘッドを下向きに傾け、最後に $520\sim 780^\circ/s$ の速さで最初の角度までヘッドを上向きに傾ける。この動きを2~4秒間の間隔を開けて繰り返す。また、ヘッドが下向きに傾く動きに合わせて電球の明るさを徐々に暗くし、ヘッドが傾きが最も小さい時に電球が最も明るく、ヘッドの傾きが最も大きい時に電球が暗転する。

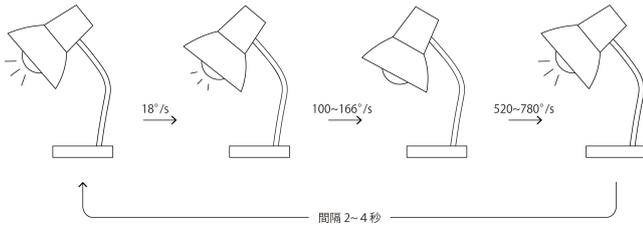


図4 うとうとするランプの動き

3.2.2 うなだれるランプの動き

ランプのアームに取り付けたサーボモータを動かし、図5のように、アームが4秒間かけて一定速度で前方に55°傾く動きを「脱力感」を表現する動きとした。また、アームが前方に倒れる動きに合わせて電球の明るさを徐々に暗くし、アームの傾きが最も小さい時に電球が最も明るく、アームの傾きが最も大きい時に電球が暗転する。

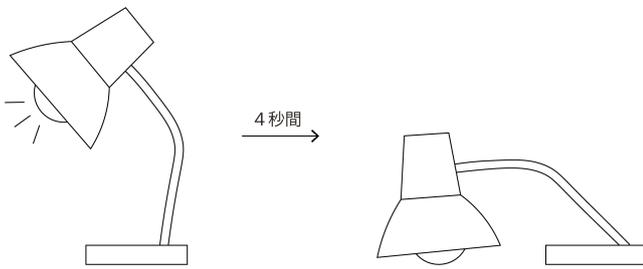


図5 うなだれるランプの動き

4. 実験

20代の学生6名を対象に、作成した2種類の動きが「疲れ」の感情を表現しているように感じるかを調査する実験を行った。ラッセルの円環モデルの中で、疲労感のある感情は覚醒度の低い tired (疲れ), sleepy (眠気), droopy (けだるい) の3つであると考えられる。作成した動きに対してこれらの感情の評価が高くなると予想される。また、うとうとするランプの動きは「眠気」に着目した為、sleepy の評価が最も高くなると予想される。そして、うなだれるランプの動きは「脱力感」に着目した為、「たれていいる」や「しおれている」を意味する droopy の評価が最も高くなると予想される。

4.1 実験方法

本実験では柴田ら [17] が行った実験の手法を参考とした。実験では1つのランプの動きを見た後に、そのランプがどのような感情を表現しているように見えるかをアンケートに回答してもらい、それを2種類のランプそれぞれに対して行った。この際、うとうとするランプは首振りを行って5往復行うことで一回の動きとした。また、実験の前に一度2種類の動きを確認する準備フェーズを設け、その後本番の実験を行うこととした。順序効果を考慮し、参加者ご

とに動きを見せる順番を交互に入れ替えた。

アンケートはラッセルの円環モデル (図6) の28種類の感情それぞれに対する5段階 (1: まったく感じない~5: とても感じる) での評価と自由記述の2項目とした。原著のラッセルの円環モデルのみでは28種類の感情を表す単語の中に、意味がわかりづらい単語がある可能性を考慮し、各単語の横には江川ら [18] が用いた各単語の和訳を表示した。また、参加者に英単語同士の違いを明確に理解してもらうため、各英単語のより詳細な和訳を記載した別紙を配布した。詳細な和訳には、ジーニアス英和辞典第5版 [19] に記載された各単語の語義を使用した。

実験は静かな部屋で行うこととした。図7のように2種類のランプを机の上に並べて設置し、参加者にはランプの動きを見る際は、正面から見るように伝えた。

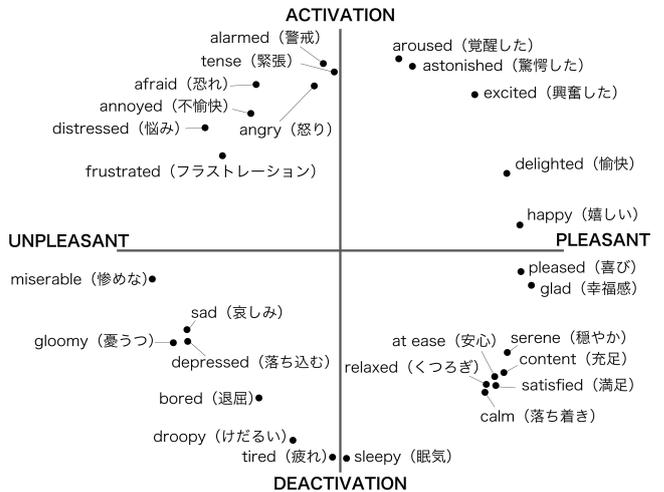


図6 ラッセルの円環モデル



図7 実験環境の様子

5. 結果と考察

5.1 実験結果

2種類のランプに関して、それぞれの実験結果における各感情の評定平均値を図8、図9に示す。うとうとするランプ(図8)では、sleepy(4.83)の評価が最も高く、次いでtired(3.83), astonished(3.67)の順に評価が高い結果となった。うなだれるランプ(図9)では、depressed(4.83)の評価が最も高い結果となった。また、depressed以外に評定平均値が4.00以上であった感情はtired(4.67), sleepy(4.17), droopy(4.00), gloomy(4.00), sad(4.00)の5つであった。

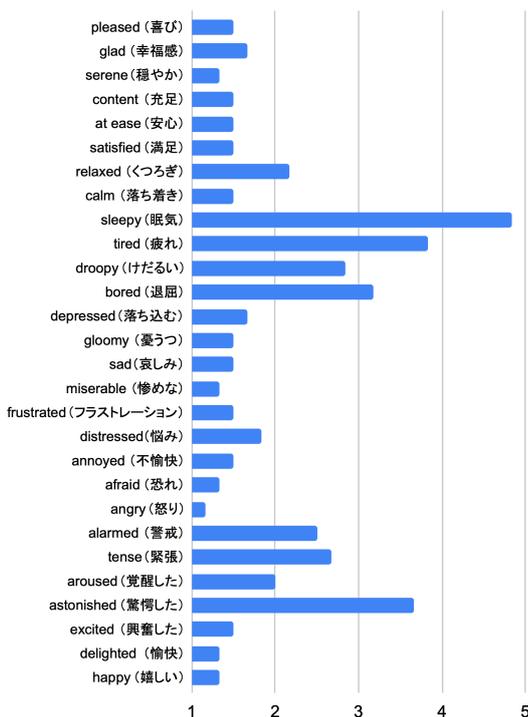


図8 うとうとするランプの実験結果

5.2 うとうとするランプについての考察

うとうとするランプでは、sleepyやtiredの評価が高いことから、うとうとするランプの動きは疲労感を表現できていると考えられる。また、sleepyの感情がtiredと比べて評価が高いことから、「疲れ」の感情だけでなく、人が眠い時にするうとうとした船を漕ぐような「眠気」の感情も表現できたと考えられる。一方、sleepy, tiredに次いでastonished(驚愕した)の評価も高かった。また、自由記述では「ランプが寝落ちしそうになってなんとか耐えている感じと、驚くことを言われてハッとしている感じの2つの見え方があると思った」といった内容の記述が見受けられた。このことから、うとうとするランプの動きは眠気のある動きだけでなく、驚いている動きと捉えられる可能性があることが示唆された。

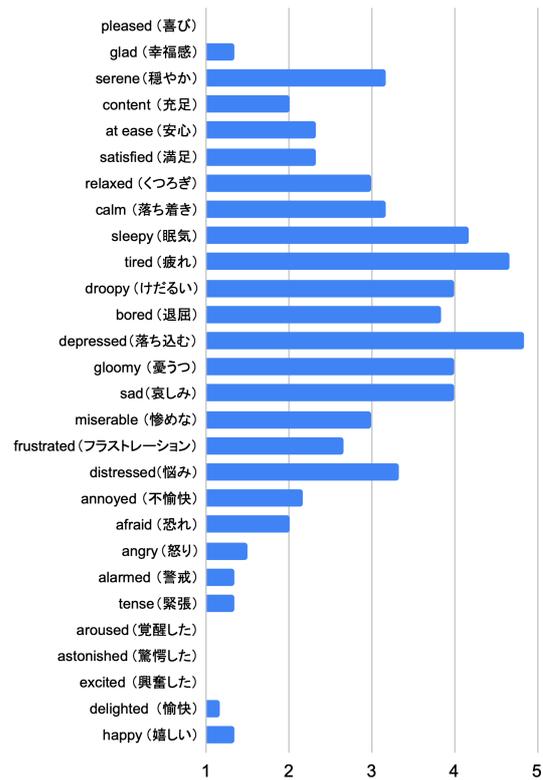


図9 うとうとするランプの実験結果

5.3 うなだれるランプについての考察

うなだれるランプでは、tired, sleepy, droopyの評価が高い結果となった。したがって、うなだれるランプの動きは疲労感を表現できていると考えられる。しかし、droopyの評価がtiredやsleepyの評価よりも低いことから、「疲れ」の感情を表現できる一方、より具体的な「脱力感」を表現することはできていないと考えられる。また、tired, sleepy, droopy以外にもdepressed(落ち込む)やgloomy(憂うつ), sad(哀しみ)の評価も高かった。このことから、うなだれるランプの動きは快度と覚醒度が低い感情(ラッセルの円環モデルの第3象限)を表現できる一方、疲労感のある感情のみを表現することはできていないと考えられる。

柴田ら[17]は前方に倒れる動きが快度の低い感情(ラッセルの円環モデルの第2,3象限)を表現しているように感じられることを示した。しかし、本研究では前方に倒れる動きが快度と覚醒度が低い感情を表現しているように感じられるという実験結果が得られた。このことから、人工物の形状や電球の明暗の有無によってロボットに表現されていると感じる感情が変わる可能性があると考えられる。

6. おわりに

本稿ではデスクランプを用いて「疲れ」の感情を表現する動きとして「眠気」と「脱力感」に着目した。そして、「うとうとするランプ」と「うなだれるランプ」の2種類の

動きを作成し、ユーザ評価を行った。実験の結果、作成した2種類の動きは疲労感を表現できていることが示唆された。また、うとうとするランプの動きは疲れや眠気の感情を表現できる一方、眠気と驚きの2つの見え方ができる可能性も示唆された。うなだれるランプの動きでは快度と覚醒度が低い感情を表現できる一方、疲労感のある感情や脱力感のみを表現することはできないことが示唆された。そして、先行研究と比較して、同じ動きでも表現される感情が異なることから、人工物の形状や電球の明暗が加わることでロボットに表現されていると感じる感情が変わる可能性が示唆された。

本稿では、作成した2種類の動きで疲労感を表現できることが示唆された一方、作成した動きのどのような要素が疲労感の表現に影響を与えているかを明らかにすることはできていない。今後は、動きの速度や間隔、人工物の形状や電球の有無を変え、具体的にどのようなパラメータが疲労感の表現に影響を与えるのかを明らかにしたい。

参考文献

- [1] 山野美咲, 薄井達也, 橋本稔: 情動同調に基づく人間とロボットのインタラクション手法の提案, HAI シンポジウム 2008, 2D-4 (2008).
- [2] Russell, J. A.: A Circumplex Model of Affect, *J. Pers. Soc. Psychol.*, Vol. 39, No. 6, pp. 1161–1178 (1980).
- [3] 仁藤大貴, 串山久美子: 逃げるロボットの揺れによる印象変化の検証, インタラクション 2022 論文集, 4D09, pp. 550–553 (2022).
- [4] Mirnig, N., Stollnberger, G., Miksch, M., Stadler, S., Giuliani, M. and Tscheligi, M.: To err is robot: How humans assess and act toward an erroneous social robot, *Front. Robot. AI*, Vol. 4 (2017).
- [5] Aronson, E., Willerman, B. and Floyd, J.: The effect of a pratfall on increasing interpersonal attractiveness, *Psychon. Sci.*, Vol. 4, No. 6, pp. 227–228 (1966).
- [6] 日永田智絵, 工藤俊亮, 末廣尚士: 飛行型ロボットによる情動表現動作に向けた動作要素の抽出, 日本ロボット学会誌, Vol. 37, No. 9, pp. 856–863 (2019).
- [7] 本所然, 加藤祐介, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男: 人との共生に向けたロボプロジェクト〈Lumos〉の提案, HAI シンポジウム 2022, P-41 (2022).
- [8] Studios, P. A.: Luxo Jr., <<https://www.pixar.com/luxo-jr>>. 参照日: 2022-7-27.
- [9] 高橋きなり, 巽将司, 大島直樹, 長谷川孔明, 岡田美智男: もしもランプが生きていたら...: 傍らに居る存在としての〈Lumos〉について, HAI シンポジウム 2020, P-53 (2020).
- [10] Birdwhistell, R. L.: *Kinesics and context: Essays on Body Motion Communication*, University of Pennsylvania press (2010).
- [11] Vargas, M. F.: *Louder than words : an introduction to nonverbal communication*, Iowa State University Press (1986). (石丸正訳: 非言語 (ノンバーバル) コミュニケーション, 新潮選書 (1987)).
- [12] 岡田美智男: 人とかかわりを指向する〈弱いロボット〉とその展開, 日本ロボット学会誌, Vol. 34, No. 5, pp. 299–303 (2016).
- [13] Makuake(マクアケ): 【パナソニック開発】気ままな同居人口ロボット「ニコボ」。寝言やオナラまで。、<<https://www.makuake.com/project/nicobo/>>. 参照日: 2022-7-27.
- [14] Nowacka, D., Wolf, K., Costanza, E. and Kirk, D.: Working with an Autonomous Interface: Exploring the Output Space of an Interactive Desktop Lamp, *Proceedings of the Twelfth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '18, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1–10 (2018).
- [15] Gerlinghaus, F., Pierce, B., Metzler, T., Jowers, I., Shea, K. and Cheng, G.: Design and emotional expressiveness of Gertie (An open hardware robotic desk lamp), *2012 IEEE RO-MAN: The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, IEEE (2012). read.
- [16] Ramesh, S., Sugunan, N., Alekh, V. and Rao, B.: Design and Emotional Evaluation of Pepe Jr: A Cost-Effective Platform For Human Robot Interaction Studies, *2018 IEEE Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER)* (2018).
- [17] 柴田万里那, 大西俊輝, 呉健朗, 宮田章裕: 柔らかい物体の動きによる共感表現方法の効果, 情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 1, pp. 26–34 (2021).
- [18] 江川翔一, 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎: 情動評価のためのラッセルの円環モデルに基づく感情重心推定手法の提案, 日本感性工学会論文誌, Vol. 18, No. 3, pp. 187–193 (2019).
- [19] 南出康世: ジーニアス英和辞典 第5版, 大修館書店 (2014).