

ユーザーとの持続的つながりを形成する バイオフィードバックを行うロボットシステムの提案

日大生産工(院) ○菊池 俊行 日大生産工 柳澤 一機

1. 緒言

近年、ウェアラブルデバイスによる心拍計測が可能となったことで、ヘルスケアを目的としたバイオフィードバック(BioFeedBack:以降BFB)が期待されている。BFBとは、通常知覚できない(あるいは知覚することが困難な)生理活動の状態を適当な工学手段によって検出し、その情報を知覚できるように呈示することにより、訓練を通じてその生理活動の随意制御を可能とする技法のことである。ヘルスケアを目的としたBFBにおいては、心拍情報を基にストレスと密接な関係がある自律神経の活動をフィードバックし、ストレス管理やリラクゼーションの促進に活用している。

横須賀らは、心拍間隔(R-R Interval:以降RRI)からRMSSDを算出することでストレスを評価し、BFBを行うパートナーロボットFlaboを開発した。Flaboはユーザのストレス状態をフィードバックすることで、適切なストレス状態を維持することを目的としている¹⁾。

しかし、Koayらは、人間はロボットから繰り返し提示される感覚的情報に対して慣れてしまい、それに対する興味や注意は減衰していくと述べている²⁾。高橋は、従来のエージェントとユーザにおけるつながりについての研究は、主にユーザとエージェントの短時間の対面でのやりとりで焦点を当てた実験が多かったことを指摘しており、今後は長期的に人間と共に生活できるエージェントのデザインが重要だと述べている³⁾。このような状況において、ロボットが人間との関係を長期的に維持するためには、ユーザの関心や意識が徐々に薄れていくことのないよう、単なる感覚的な刺激の繰り返し以上の工夫が必要である。

また、高橋はエージェント(ロボット)と人間が持続的なつながりを長期的に形成するためには、後述する感覚から寄り添うこと、物語から寄り添うことが重要であることを指摘している³⁾。

そこで本研究では、パートナーロボットの開発のためにユーザとの持続的なつながりを形成するロボットシステムを提案する。具体的には、「自分の日常と交わる物語」の設定をおこなったロボットシステムの構築を目指す。

2. 心拍情報による自律神経指標

BFBに利用するストレスを評価するための方法として、心拍情報であるRRIを用いるものがある。RRIとは、心臓が一度拍動してから次に拍動するまでの間隔を計測したものである。自律神経系は、交感神経と副交感神経の2つに分かれ、これらがバランスを取ることで心身の状態を調整している。交感神経は、ストレスや興奮時に優位になり、RRIは短く、揺らぎが小さくなる傾向があり、副交感神経は、疲れや眠気などのリラックス時に優位になり、RRIは長く、揺らぎが大きくなるといった傾向がある¹⁾。

このように交感神経が優位な状態では高ストレス状態となり、副交感神経が優位な場合には、低ストレス状態となる。つまりRRIの変動を分析することで、ストレスの程度やその変化を非侵襲的に把握することが可能となる。RRI からストレス評価を行うための解析方法は複数存在しており、今回は短時間での解析に対応できるRMSSDという副交感神経活動の指標を利用する¹⁾。

3. ロボットシステムのコンセプト

ユーザとの持続的なつながりを形成するロボットシステムには複数の条件がある。高橋は感覚から寄り添い、物語から寄り添うという「自分の日常と交わる物語」の設定が重要であると述べている³⁾。初めに強い印象を与える感覚的な体験は時間とともに減衰するが、物語的な情報と結びつくことで長期的に記憶に残る。これにより、ロボットは日常の一部として認識される。以下に、感覚と物語それぞれから寄り添うロボットの実例を示し、提案システムのコンセプトを提示する。

3.1 感覚から寄り添う

感覚から寄り添う方法として、ユーザの左手に住むエージェントの存在感を表現する「FinU」がある⁴⁾。このシステムは2つの装置で成り立っており、1つ目の設置型装置で豊かな五感体験を提供し、2つ目の携帯型装置で振動によってエージェントの存在感をユーザに間接的に伝えることによって、存在を感じ、心理的な効果を生み出すことを期待するものである。

Proposal for a robot system that provides biofeedback to establish a sustainable connection with the user

Toshiyuki KIKUCHI and kazuki YANAGISAWA

提案するロボットシステムには、BFBシステムの一部を持ち運べるようにし、エージェントの存在を感じさせる。

3.2 物語から寄り添う

物語から寄り添う方法として、バックストーリーが設定されたロボットが、人間との対話を通じて物語を共に発展させるものがある⁵⁾。物語を自動生成し続けるシステムを導入し、ロボットのバックストーリーを日々更新することで、持続的な興味を生み出すアプローチに注目している。大規模言語モデル(LLM)を用いてバックストーリーを生成し、逐次アップデートすることで、ロボットの動作や発言の背後にある目的や機能が明確にならないようにし、ロボット自体が物語の中で生きていると認識させることによって、長期的な興味を引き出すことを狙っている。

提案するロボットシステムには、そのロボットが存在しうる根拠として生まれたバックストーリーの設定を行う。

4. ロボットシステムの概要

提案するロボットのシステム概要をFig.1に示す。想定している利用対象者は健全な20代の男女である。提案するロボットシステムは2つのモジュールに分かれそれぞれBFBロボットとモバイルロボットと呼称する。

4.1 BFBロボット

BFB時には、BFBロボットにモバイルロボットを組み合わせで構築し、ストレスの高低をフィードバックする。BFBは初めに、ユーザの生体情報を心拍センサを通じてRaspberry Piが取得し、そのデータを基にRMSSDを算出する。その結果はモバイルロボットのESP32に送信され、音や光を利用してフィードバックを行う。BFBロボットは机上に設置できる大きさで、BFB時にはモバイルユニットの格納と電源供給機能を担う。

4.2 モバイルロボット

持ち運び時はモバイルロボットのみを使用する。BFBロボットからモバイルロボットを取り外し持ち歩き、ユーザの行動をMPU6050(加速度センサ)を用いて取得し、データをESP32に送信、そのデータからスピーカーやLED、ディスプレイによって簡易的な感情表現を行う。モバイルユニットは、80mm×50mm×80mmと小型で軽量、乾電池駆動であり、BFBロボットから離れて動作可能で持ち歩くことが可能である。

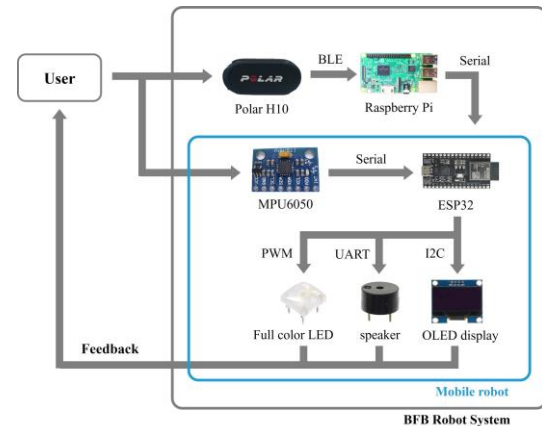


Fig.1 提案するロボットのシステム図

5. 結言

本研究では、ユーザとの持続的なつながりを形成するロボットシステムを提案した。このシステムは、モバイルロボットとBFBロボットの2つの要素から構成されている。今後は、ロボットのバックストーリーの設定や提案したロボットシステムを完成させ、実験を通じて長期的なユーザとエージェントのつながりについての効果検証を行う予定である。

参考文献

- 1) 横須賀晴鷹 他, VDT作業時のストレスをフィードバックする小型パートナーロボット Flaboの開発, ヒューマンインターフェースシンポジウム2024, (2024), 1T-D5.
- 2) Kheng Lee Koay et al, Living with Robots: Investigating the Habituation Effect in Participants' Preferences During a Longitudinal Human-Robot Interaction Study, RO-MAN 2007 - The 16th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, (2007), pp. 564-569.
- 3) 高橋英之, 人に優しいロボットのデザイン, 福村出版株式会社, (2022).
- 4) Asuka Minami et al, The Neighbor in My Left Hand: Development and Evaluation of an Integrative Agent System With Two Different Devices, in IEEE Access, vol. 9, (2021), pp. 98317-98326.
- 5) 大道麻由 他, 物語を生きるロボット~対話と大規模言語モデルを用いたロボットのバックストーリーの生成~, 情報処理学会研究報告, HCI-206, Vol.2024-HCI-206, No.41, (2024), pp.1-6.