

# 環境情報のセンシングを用いた他者の環境評価を表現するロボットシステム

## 1. はじめに

生活空間において我々は、人間以外にも多くの存在と共存している。それらは独自の感覚や基準で環境を捉えているが、その感覚を直接共有することはできない。

本稿では、取得した環境データに対して、人間、動植物、非生物などといった複数の他者からの評価基準を設定し、評価結果をロボットの身体的動作を通して表現するシステム(以下「本システム」)を提案する。本システムを通じて、ユーザーが他者にとっての快適さを知り、他者への理解、関心を深めることで、多様な存在との対話機会の創出を目指す。

## 2. 関連研究と課題

他者視点の表現に関する取り組みとしては、VRによる体験の共有や [1]、服の自立的な意思決定を表現した事例 [2] がある。しかしこれらの手法は一時的な体験や特定の対象に限定されており、生活空間で継続的に他者視点の理解を促すことは難しい。人間を対象とした場合でも、環境評価には個人差があり、客観的指標による評価のみならず、主観での評価を取り入れる必要がある [3]。

## 3. システム要件

上記の課題を踏まえ、本研究では人間、動植物、非生物などの他者を基準に、他者から見た環境の快・不快をロボットの身体的動作で表現するシステムを開発する。ロボットという物理的な存在によって、他者基準の評価を継続的に表現し、ユーザーの他者への理解を深めることを目指す。本システムの開発にあたり次の3点を要件とする。

**継続的な表現：** 生活空間において、ロボットが常に存在し続けることで、環境変化に応じた他者の評価を途切れることなく表現できること

**多様な他者の表現：** 人間、動植物、非生物など様々な他の環境評価基準を設定し、それぞれの特徴を反映した動作で表現できること

**日常的な理解支援：** ユーザーが特別な操作をすることなく、生活空間における他者との環境認識の違いを自然に理解できること

## 3.1 全体のフロー

本システムは、ユーザー、環境、センサー、ロボット、本システムの5部からなる。システム全体のフローを図1に示す。はじめに本システムが、センサーを用いて生活空間の環境データを取得する。次に他者を基準とした評価に

応じて、快・不快をアピールするなどの行動命令を現実空間のロボットに送信する。ロボットは行動命令に従って人間にアピールする。それを見た人が環境や他者に対して働きかけることで、他者にとってより快適な環境を得る。

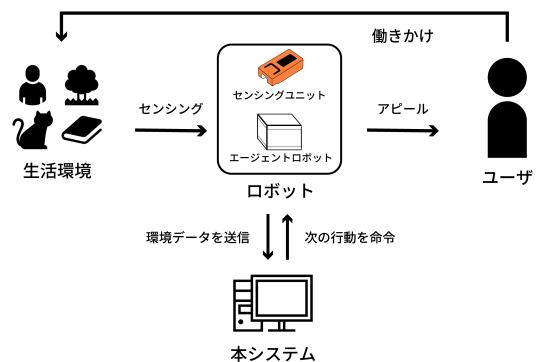


図.1 システム全体のフロー図

## 4. ロボットシステムの実装

本システムは、センシング、評価、アクション生成、ロボット制御の5つのシステムから構成される。ハードウェアは、センシングデバイスにM5StickC(M5Stack社)、ロボットにtoio(SONY社)を用いた。はじめに各主体(人間、動物、物体など)について、その対象にとって最適な環境条件を設定する。この条件に基づき、環境センサーから得られた測定値と最適条件との差異を評価し、ロボットの動作を決定する。本システムの概要を図2に示す。

### 4.1 センシングシステムと評価システム

センシングシステムは、センサーから送信されたデータを受け取り、以後のシステムにデータを提供する。評価システムでは、センサーシステムから環境データを取得・評価し、評価データを生成する。評価データは、環境データと評価基準値との差をスコアとして所持している。対象データの評価では、例えば人間に適した気温であれば18~24°Cなどと、あらかじめ対象データの主体にとって最適な範囲を設定する。現在の気温が最適範囲から外れた場合、上回れば正の、下回れば負のスコアをもった評価データを生成する。システム開発者は評価主体とその評価対象ごとに、個別の評価システムを実装する必要がある。

### 4.2 アクション生成システム

アクション生成システムでは、評価システムから取得した評価データをもとに、評価に応じたアクション命令をロボット制御システムへ送る。アクション開発者は、主体お

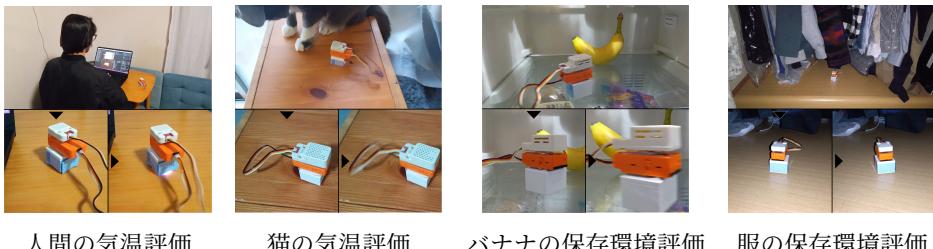


図.4 システム動作検証の様子

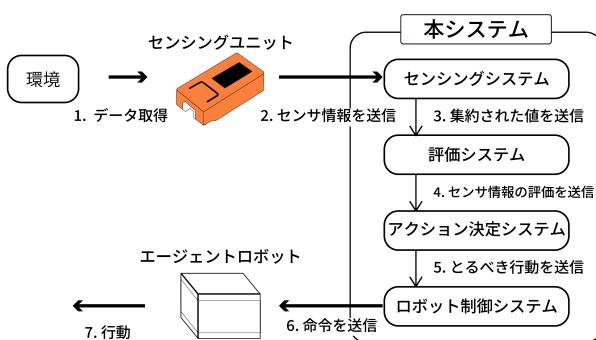


図.2 システムの概要

より対象の環境データごとにアクションを予め作成する必要がある。本システムのアクションは、岡田ら [4] の「弱いロボット」の概念を取り入れてデザインした。環境が快適でない場合のアクションとして、直線的に移動せず、わずかに蛇行しながら進んだり、時折立ち止まつたりする動きを実装した。不安定な動きによって、ロボットが困っているような印象を与え、ユーザーが環境を確認し、調整するきっかけとなることを期待している。動作イメージを図3に示す。

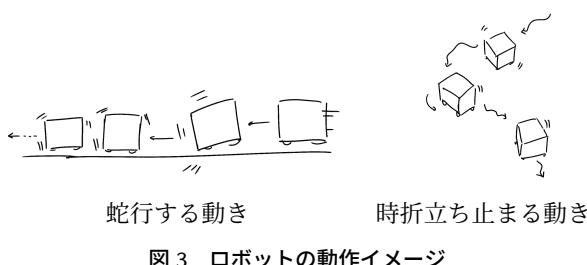


図.3 ロボットの動作イメージ

## 5. システムの動作検証

### 5.1 評価主体の設定

本システムによってロボットが動作している様子を図4に示す。今回の動作検証では、人間、猫、バナナ、服の4種を評価主体とした。

人間は、気温 18~28°Cを最適環境条件とした。快適時には直線的な移動、不快時には蛇行移動や激しい移動によってユーザーへのアピールを行う。猫については、気温 30~38°C[5] を最適環境条件とした。快適時はじっとして動かず、不快時には不規則な軌道や頻繁な方向転換でユーザーへアピールする。バナナについては、気温 14~20°C、相対湿度 45~85%を最適環境条件とし、快適時は定点でのゆっくりな回転、不快時にはランダムな往復運動を行う。これらの動作パターンは、環境条件からの逸脱度に応じて

変化する。服の最適環境条件は相対湿度 65%以下であることとした。ロボットをクローゼット内に配置すると想定して動作を作成し、不快時には激しい動作によってユーザーの注意を引き、クローゼットを開けさせ、換気を促すことを狙った。

### 5.2 考察

本システムの動作検証によって、3点の課題が明らかになった。第一に、人間をはじめ、快・不快の基準には個人差があることが分かった。個人差や状況による快適条件の変動に動的に対応するため、ユーザーがリアルタイムに評価基準を調整できるインターフェースの実装が求められる。第二に、猫などの移動する主体の評価では、センシング位置と主体の位置が一致しないという問題が生じた。主体の追跡は困難であるため、温度や湿度など、空間的な変化が緩やかな環境要因を中心評価を行い、人間の近傍でアピールする方式への変更を検討する必要がある。第三に、バナナや服のような主体の場合、時間経過による最適条件の変化に対応できていないことが判明した。そのため現在のような即時的な評価だけでなく、環境データの長期的な記録と分析機能を実装し、対象の状態変化に応じた評価基準の調整が必要である。

### 6. まとめと今後の展望

今後の展開として、ロボット間の協調動作の実装や、より正確な環境評価のためのセンシング手法の改善が考えられる。さらに、異なるセンサーやロボットを組み合わせることで、新たなユーザー体験の創出が期待できる。

### 7. 参考文献

- [1] In the Eyes of the Animal. <https://marshmallowfeast.com/project/in-the-eyes-of-the-animal/>.
- [2] ソンヨンア「感情のデザインから探究する、モノの循環やモノへの愛着」 | Fashion Tech News. [https://fashiontechnews.zozo.com/research/young\\_ah\\_seong](https://fashiontechnews.zozo.com/research/young_ah_seong).
- [3] Graham Coulby, Adrian Clear, Oliver Jones, and Alan Godfrey. A scoping review of technological approaches to environmental monitoring. *International journal of environmental research and public health*, Vol. 17, No. 11, p. 3995, 2020.
- [4] 美智男岡田. 「弱いロボット」の思考, 第1巻. 講談社, 第1版, June 2017.
- [5] Judith L. Stella and Candace C. Croney. Environmental Aspects of Domestic Cat Care and Management: Implications for Cat Welfare. *The Scientific World Journal*, Vol. 2016, p. 6296315, 2016.