

# 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

22120165 中村龍造  
(指導教員：佐藤宏樹)

## 1. まえがき

IoT やセンシング技術の進展により、人間の生活空間はより快適で効率的なものとなっている。しかしながら現状の IoT システムは、多くの場合システムを中心であるはずの人間を障害物のようにみなしている [1]。また人間どうしであっても、身体的差異や文化、価値観などの違いによって、同じ環境であってもそれを快適と感じるかどうかには個人差がある。

本システムでは、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主体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。

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の機会創出を目指す。

## 2. 関連研究と課題

環境センシング分野では、IoT やセンサー技術の発展により、室内環境の継続的なモニタリングが可能となっている [2]。また、屋内環境品質に関して、Coulby ら [3] は客観的データだけでなく、個々人の主観による評価も必要であると指摘している。

Human Robot Interaction の分野では、Breazeal[4] が現実世界で活動するロボットのあり方について、単一でタスクを遂行するのではなく、人間と協働してタスクを遂行するパートナーとしてのあり方を提示している。

環境データの表現手法については、可視化にはモバイルアプリやウェブ上での情報提示がほとんどであり [2]、ロボットの動きを用いたものは少ない。

こうした情報提示の形に加え、Dezeen[5] による、ユクスキュルの「環世界」の概念と VR を組み合わせて、「他者」が知覚する世界を表現したものもある。生物の身体的な「環世界」のみならず、ソン [6] の作品では、非生物を「他者」として、「使用されていない服が自動で売られる」という処理を「服の死」という振る舞いとして表現している。渡邊ら [7] はこのような情報技術や言語、文化などの差異を「情報環世界」と呼んでいる。

以上から本研究では、人間、動植物、非生物など、様々な「他者」を基準に、それらから見た環境の快・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。

## 3. システム要件

本システムの開発にあたって、次の3点を要件とする。

- ロボット：自身が代弁する「他者」の特徴が動きに現れている
- 評価システム：「他者」基準の評価が適切に行われる
- 全体：ユーザー自身とそれ以外との環境の受け取り方の違いを体験することができる

### 3.1 全体のフロー

システム全体は、ユーザー、環境、センサー、ロボット、本システムの5つの間で動作する。システム全体のフローを図1に示す。

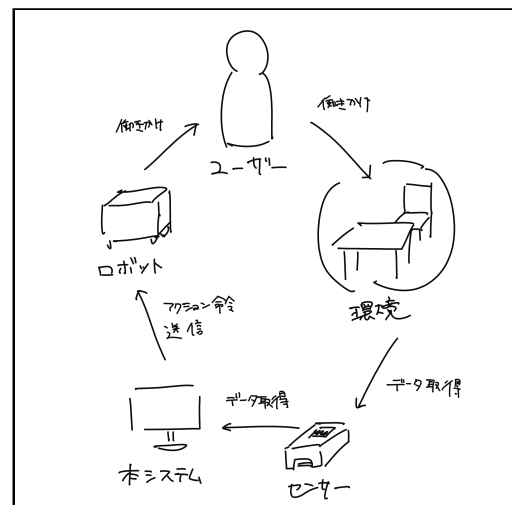


Fig.1 システム全体のフロー図

はじめに本システムが、センサーを通じて生活空間の環境データを取得する。「他者」を基準とした評価、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。それを見た人間が環境や「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システムとなっている。

## 4. 本システムの実装

本システムは、センシングシステム、評価システム、アクション生成システム、ロボット制御システムから構成される。本システムの構造を図2に示す。

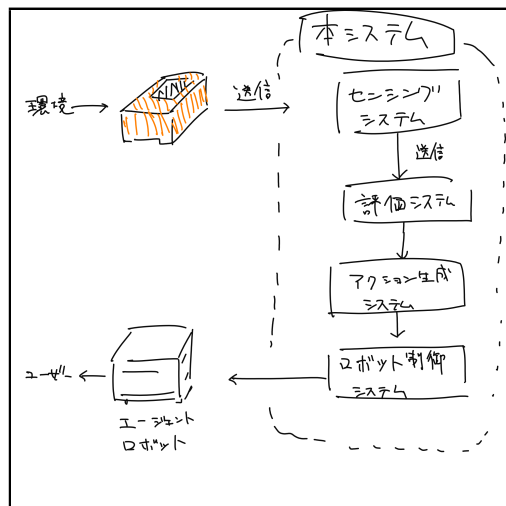


Fig.2 本システムの構造図

センシングシステムは、センサ側とクライアント側の 2 つの部分から構成される。センサ側では環境データの取得と、シリアル通信での送信を行う。

評価システムでは、センサが取得した環境データのうち、自身が評価するデータを取得し、評価結果を返す。

評価データは、環境評価のスコアを持っている。スコア決定では、はじめに各主体ごとの気温や湿度といった環境データの適正值を設定する。環境データが適正值の範囲内であれば、スコアは 0 となる。適正值の範囲外だった場合、適正值より低ければ負のスコアを、高ければ正のスコアを返す。

アクション生成システムでは、主体と対象データに応じて、スコアごとに対応するアクションを生成する。パターンに応じて、生成するアクションの分岐を設定する。

アクションの生成にあたり、本システムでは 1 つのアクションを、「Action」と「Motion」という 2 種類のデータで処理している。Motion はロボットの詳細な動作命令および動作完了に必要なインターバルの情報を持つ。Action は 1 つのアクションに必要な一連の Motion をキューとして持ち、ロボットは送られた Action の最も古い Motion から逐次実行する。

またサンプルとして実装したアクションでは、岡田ら [8] の提唱する『弱いロボット』の概念を取り入れ、よたよたとした動きで『弱さ』を演出することで、ユーザーをシステムフローに効果的に取り入れることを狙った。

ハードウェアは、センシングデバイスに M5StickC を、ロボットに toio を選定した。

## 5. 本システムの制約

本システムの適用可能な範囲について、以下の制約が存在する。

物理的な制約として、使用するセンサーごとの測定可能範囲がある。Bluetooth 等の通信を利用する場合、ロボット、センサーの活動範囲も利用する通信方式に影響される。一方エージェントの動作には一定の広さが必要であ

り、複数の「他者」表現をする場合にはさらに多くの空間が求められる。また、システムは室内環境に限定されており、屋外での利用は想定していない。さらに、電源供給が必要でバッテリー駆動時間にも制限がある。

対象とする「他者」に関する制約については、環境データで評価可能で、評価基準が明確に設定でき、客観的なデータが入手可能な主体に限定される。

システムの表現力については、使用するロボットで表現可能な動作の範囲や、同時に制御可能な台数、動作パターンの種類に制限がある。

ユーザー側の制約としては、システムの意図を理解でき、ロボットの動作を観察できる位置に必要があり、環境調整が可能な権限を持つユーザーであることが求められる。

データ処理に関しては、データ取得から表現までの遅延というリアルタイム性や、評価基準の更新頻度、同時に処理可能なセンサーデータの数に制約がある。

## 6. 今後の展望

今後の展望として、以下のような方向性が考えられる。アクションデザインの観点からは、ロボット同士の共同イベントの実装、より自然な動作パターンの設計を検討する必要がある。センシング面においては、快・不快をより適切に表現可能なデータの選定を行うとともに、取得データのノイズ除去による明確な変化の知覚を実現することが求められる。ハードウェアに関しては、異なるロボットプラットフォームへの weak-toio システムの実装、および HERMITS に見られるようなハードウェアの改造による機能拡張が考えられる。さらに、Mixed Reality 技術との統合により、キャラクターや動作のデザインの自由度を向上させるなど、異分野との融合による新たな展開も期待される。

## 7. あとがき

本研究では、環境データを「他者」の視点から評価し、ロボットの身体的動作を通じて表現するシステムを開発した。M5StickC と toio を用いたプロトタイプシステムの実装により、「他者」にとっての快・不快を直感的に理解できるインタフェースを実現した。特に、『弱いロボット』の概念を取り入れることで、ユーザーを自然にシステムフローに組み込むことができた。

今後は、より多様な「他者」の表現や、ロボット同士の協調動作の実装など、システムの拡張を進めていく。

## 参考文献

- [1] Vitaly Petrov, Konstantin Mikhaylov, Dmitri Moltchanov, Sergey Andreev, Gabor Fodor, Johan Torsner, Halim Yanikomeroglu, Markku Juntti, and Yevgeni Koucheryavy. When IoT keeps people in the loop: A path towards a new global utility. *IEEE Communications Magazine*, Vol. 57, No. 1, pp. 114–121, 2018.

- [2] Jagriti Saini, Maitreyee Dutta, and Gonçalo Marques. Indoor air quality monitoring systems based on internet of things: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, Vol. 17, No. 14, p. 4942, 2020.
- [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] C. Breazeal. Social interactions in HRI: The robot view. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, Vol. 34, No. 2, pp. 181–186, May 2004.
- [5] Virtual reality presents a forest from an animal’s perspective. <https://www.dezeen.com/2015/11/02/in-the-eyes-of-the-animal-virtual-reality-installation-marshmallow-laser-feast-abandon-normal-devices-festival-england/>, November 2015.
- [6] 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).
- [7] 淳司渡邊, 亜紗伊藤, ドミニクチェン, 壽人緒方, 有那塚田. 情報環世界, 第1巻. NTT 出版, April 2019.
- [8] 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.