

2024 年度 学士学位論文

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

宮城大学 事業構想学群 値値創造デザイン学類
感性情報デザインコース

22120165
中村 龍造

指導教員 佐藤 弘樹 准教授

論 文 要 旨

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

本研究では、生活環境における他者の環境評価を表現するロボットシステムを提案する。我々は日常において、人間、動植物、モノなど多様な「他者」と共存している。他者はそれぞれ独自の感覚や基準で環境を評価しているが、我々がそれを直接知ることは難しい。本システムでは、環境センサーで取得したデータを他者基準で評価し、その評価結果をロボットの身体的動作を通じて表現する。具体的には、M5StickCによるセンシングとtoio ロボットの動作制御を組み合わせ、人間（気温 18-28 °C）、猫（気温 30-38 °C）、バナナ（気温 14-20 °C、湿度 45-85%）、衣服（湿度 65% 以下）など異なる他者の環境認識を表現するシステムを実装した。コンポーネント指向アーキテクチャを採用することで、システムの拡張性と保守性を確保し、「弱いロボット」のコンセプトを取り入れた動作表現により、ユーザーに自然な気づきを与えることを目指した。自己評価および展示でのフィードバックから、動作の表現力や他者の識別性などの課題も明らかになったが、本システムは生活環境における多様な他者理解を支援する新たな手法として、今後の発展可能性を示した。介護シーン、遠隔ワーク環境、植物ケアなど具体的なユースケースへの応用可能性についても検討を行った。

宮城大学 事業構想学群 儲値創造デザイン学類 感性情報デザインコース

22120165

中村 龍造

目次

第1章 序論	4
1.1 研究背景	4
1.2 関連研究	4
1.2.1 他者視点の表現	4
In the Eyes of the Animal	4
rapotosis	4
1.2.2 環境センシング	4
1.2.3 HRI の先行事例	5
HERMITS	5
弱いロボット	5
1.3 研究目的	5
第2章 提案システム	6
2.1 システム要件	6
2.2 システム構成	6
2.2.1 システム全体の構成	6
2.2.2 ハードウェア構成	7
センシングユニット (M5StickC)	7
エージェントロボット (toio)	7
2.2.3 ソフトウェア構成	7
センシングシステム	8
評価システム	8
アクション決定システム	8
ロボット制御システム	9
第3章 実装と評価	10
3.1 実装した主体と環境データの組み合わせ	10
3.1.1 人間	10
3.1.2 猫	10
3.1.3 バナナ	10
3.1.4 衣服	11
3.2 課題と考察	11
3.2.1 他者表現に関する課題	11
3.2.2 環境センシングに関する課題	11
3.3 技術的課題と限界	11
第4章 結論と展望	13
4.1 結論	13
4.2 今後の展望	13
4.2.1 表現力の向上	13

4.2.2 技術的改善	13
4.2.3 応用展開	14
4.2.4 具体的なユースケース	14
謝辞	15
参考文献	16
参考文献	16

第1章 序論

1.1 研究背景

我々は生活環境において、人間、動植物、モノなどの多様な「他者」と共存している。他者はそれぞれ独自の感覚や基準で世界を認識しており、我々がそれを直接知ることはできない。近年、脱人間中心デザインの観点から、他者理解の重要性が指摘されている。しかしながら、他者の感覚や基準を共有することは難しく、生活環境における継続的な他者理解を支援する手法は十分に確立されていない。

同じ人間どうしであっても、個人差によって環境への評価や感覚には違いがある。このような状況において、生活空間に小さな存在が配置され、他者の感覚を代弁することで、私たちの生活をより豊かにする可能性がある。

1.2 関連研究

1.2.1 他者視点の表現

他者視点の表現に関する取り組みとして、次の2つの事例を挙げる。

In the Eyes of the Animal

In the Eyes of the Animal[1] は、動物の環世界 (Umwelt) を通して森林環境を体験する VR を用いた没入型作品である。このプロジェクトでは、森林に生息する生物の知覚システムを通して環境を探索することができる。ユクスキュルが提唱した「環世界 (Umwelt)」の概念に基づき、各生物種が独自の感覚能力と認知特性によって形成する主観的な知覚世界を表現している。

本事例は VR 体験に限定されており、実際の生活環境で、継続的に他者理解を支援することは困難である。また動物の知覚を一時的な没入体験としてのみ提示しており、長期的な相互作用の可能性については考慮されていない。

rapotosis

衣服における他者表現の事例としては、rapotosis[2] が挙げられる。本事例では、ロボットや web サービスを用いて、一定期間使用されていない衣服が自律的に「自殺」するプロセスを表現している。具体的な実装としては、ハンガーから服が自動的に落下する装置や、衣服が SNS を通してユーザにメッセージを送信する機能。所有者の同意を得た後に自動的に出品される仕組みや、新しい所有者が決まると自走するダンボールで回収されるシステムから構成される。

本事例では表現対象が特定の衣服という限定的な対象にのみ焦点を当てており、より広範な他者の感覚表現には至っていない。

1.2.2 環境センシング

環境センシングシステムでは、個々人基準の環境評価の重要性が示されている [3]。環境センシングシステムは、湿度、CO₂、CO、PM2.5、VOCs などの環境パラメータを測定し、居住環境の質を継続的に監視する。しかし、これらの情報はアプリケーションの視覚的 UI を通じて一方的に表示されることが多く、利用者とシステム間の双方向的なインタラクションや、身体的動作による環境情報の表現と理解を促す事例は限られている。また、多くの既存システムは実験室や管理された環境で評価されており、実際のフィールド環境における IAQ パラメータの信頼性の高い意思決定、評価、測定に課題が残る。

1.2.3 HRI の先行事例

本研究に関連するロボットインターラクションの先行事例として、次の 2 点を挙げる。

HERMITS

HERMITS[4] は、同一の自走式ロボットに対して「シェル」と呼ばれる外装を切り替えることで、異なる機能を提供する試みである。これらのシェルはロボットの移動能力を利用して動的に再構成される。HERMITS のアプローチはシンプルなロボットを用いて、多様な相互作用機能をもたらす新しい TUI の可能性を示している。

本研究では、この考え方をソフトウェア的に実装し、同一のロボットハードウェアで多様な「他者」を表現することを目指した。

弱いロボット

岡田らの提案する「弱いロボット」[5] は、あえて「弱さ」を表現する動作をデザインすることで、人間を積極的にタスク遂行に取り入れるロボットである。ロボットの完全性や自律性を追求するのではなく、むしろ「不完全さ」や「弱さ」を意図的にデザインに取り入れることで、人間との関係性を強化することを狙っている。例えば、「ゴミ箱ロボット」[6] は一人ではゴミを拾えないが、子どもたちのアシストを引き出すことで結果的にゴミを収集できる。また「Talking-Ally」[6] は会話の中で言い淀みや言い直しを活用し、聞き手と相互に会話の調整を行う。これらのロボットは「個体」としての能力を抑制しながらも、周囲との「関係」を通じて豊かな相互作用を生み出している。本研究では、この「弱さ」の表現を取り入れ、自然な形で人間の注意を喚起する手法を検討した。

1.3 研究目的

本研究では、生活空間における他者の環境評価を表現するロボットシステムを提案する。センサーで取得した環境データを他者基準で評価し、その評価結果をロボットの身体的動作を通じて表現する。生活空間にロボットを分散配置することで、継続的に他者を表現し続けることを目指す。また、他者の表現手段を身体的動作として同一のロボットで多様な他者表現を可能とする。

図 1.1 のような、身の回りで他者の感覚を代弁する小型ロボットが活動するシステムを実装することで、人間と他者の相互理解を促進し、多様な存在が共存する生活空間の実現に貢献する。

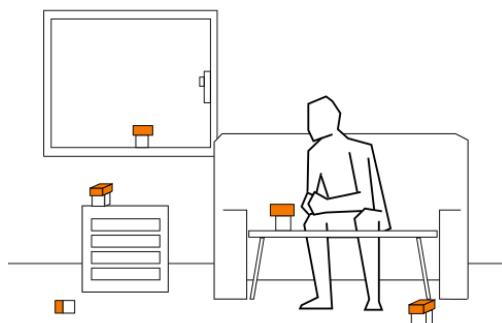


図 1.1 本システムの構想図。
生活空間に分散配置された小型ロボットが他者の感覚を代弁する。

第2章 提案システム

2.1 システム要件

研究目的を踏まえ、本システムの要件として以下の3点を設定した

1. 生活環境で継続的に他者の環境評価を表現できること
2. 多様な他者を表現できること
3. 特別な操作なしでの自然な他者理解を支援できること

2.2 システム構成

本システムは以下の要素から構成される

2.2.1 システム全体の構成

本システムの全体処理フローは、以下の4つのフェーズから構成される。

1. センシングフェーズ：環境センサーが環境データを取得し、ロボットシステムに送信する
2. 評価フェーズ：受信した環境データを「他者」個別の基準で評価し、環境に対する評価結果を出力する
3. アクション決定フェーズ：評価結果に基づき、「他者」の状態を表現するアクションを決定する
4. 実行フェーズ：決定されたアクションをロボットに送信し、実行する

このサイクルは継続的に実行され、環境の変化に応じてリアルタイムに「他者」の状態が表現される仕組みとなっている。システム全体のフロー図を図2.1に示す。

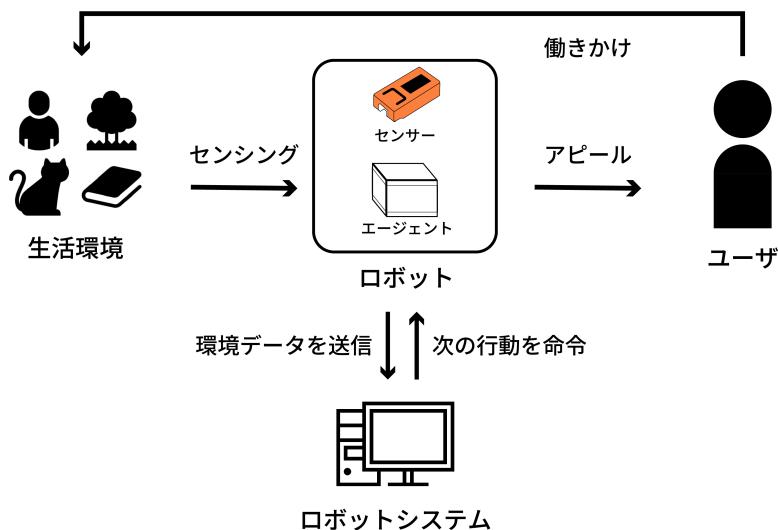


図2.1 システム全体のフロー図。センシングフェーズ、評価フェーズ、アクション決定フェーズ、実行フェーズの4つのフェーズから構成される。

2.2.2 ハードウェア構成

本システムのハードウェアは、センシングユニットとエージェントロボットから構成される。センシングユニットは環境データの取得およびロボットシステムへの送信を行い、エージェントロボットはアクション決定フェーズで決定されたアクションを実行する。

センシングユニット（M5StickC）

本研究ではセンシングユニットとして M5StickC(M5Stack 社)[7] を使用した。選定の主な理由は以下の技術的要因に基づく。

- **スタンドアロン性能**：独立したマイクロコントローラとして機能し、外部 PC などに依存せずに長時間のセンシングが可能
- **高い拡張性**：複数のセンサーモジュールが使用可能であり、多様な環境データを対象としうる
- **コンパクトな形状**：小型・軽量であり、生活空間内の様々な場所に設置可能なほか、エージェントロボットへの積載が可能
- **無線通信**：Wi-Fi、Bluetooth などの無線通信機能を内蔵し、システム内のデータ連携が容易
- **開発環境**：Arduino IDE や PlatformIO を用いた標準的な開発環境が整備されている

エージェントロボット（toio）

エージェントロボットには toio(SONY 社)[8] を使用した。理由は次の技術的要件を満たしていたためである。

- **位置認識能力**：専用マット上のパターン読み取りにより高精度な位置・方向認識が可能
- **マルチモーダルな表現能力**：移動、LED による色表現、音声出力など、複数のモダリティによる表現が可能
- **スケーラビリティ**：複数台を同時制御するスマートロボットとしての利用が可能
- **豊富な開発環境**：Unity、JavaScript、Python など複数の開発言語やフレームワークとの互換性が高い
- **先行研究の存在**：HERMITS[4] のような先行研究が存在する。

2.2.3 ソフトウェア構成

本システムのソフトウェアは、Unity 環境で実装され、以下の 4 つの主要コンポーネントから構成される。ソフトウェア部分の構成図を図 2.2 に示す。

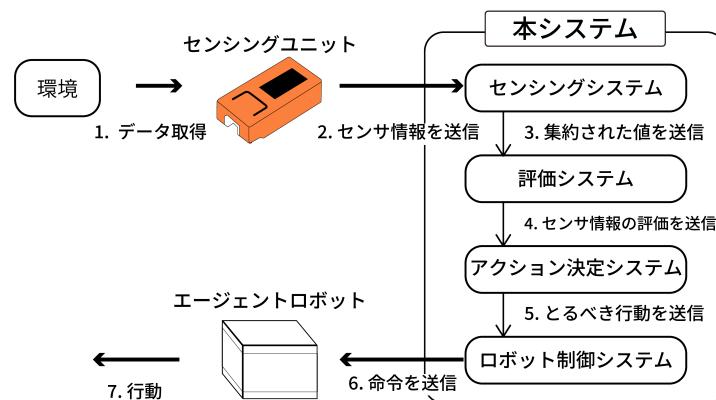


図 2.2

1. センシングシステム：環境データの取得と処理
2. 評価システム：「他者」基準での環境データの評価
3. アクション決定システム：評価結果に基づく動作の決定
4. ロボット制御システム：決定された動作の実行

各コンポーネントは独立して機能しながらも連携して動作し、システム全体としての柔軟性と拡張性を確保している。以下、各コンポーネントの詳細について説明する。

センシングシステム

センシングシステムは、M5StickC に接続された環境センサーからのデータ取得とその処理を担当する。

- 環境データ（温度、湿度など）を Bluetooth 通信（ポートレート：9600）で受信
- 受信データのデシリアル化と構造化
- センサーインターフェースの抽象化により、異なる種類のセンサーの追加が容易な設計
- PlatformIO を用いた開発環境での実装

センサーからのデータは、Unity アプリケーション内で SerialHandler コンポーネントにより受信・処理され、評価システムへと渡される。

評価システム

評価システムは、センシングシステムから受け取った環境データを「他者」固有の基準で評価し、結果を生成する。

- 環境データと「他者」ごとの最適値との差分を計算
- 評価結果は Result 構造体として生成され、以下の情報を含む：
 - Score : 環境データの評価スコア（適正値からの偏差）
 - Unit : 評価対象のデータ単位（°C、% など）
 - Message : 評価結果に関する説明メッセージ
- 評価基準値は Unity エディタ上で調整可能な設計
- 複数の環境データを評価する場合、各データの重要度を設定し総合スコアを算出

例えば、猫の適温評価では、猫にとっての快適温度（30～38 °C）を基準とし、現在の温度がこの範囲から外れるほど、スコアが増加する設計となっている。このスコアはアクション決定システムによって、動作の種類や強度の決定に使用される。

アクション決定システム

アクション決定システムは、評価システムから受け取ったスコアに基づいて、「他者」の状態を表現するための適切なアクションを決定する。

- スコア値に応じたアクションパターンの選択
- アクションデータは Action 構造体として管理され、以下の要素を含む：
 - モーター制御命令のキュー（移動、回転など）
 - 音声出力命令のキュー
 - LED 制御命令のキュー
 - 次の動作命令までの時間

- アクション全体の完了に必要な時間
- アクションの同期制御機能（タイミング調整、シーケンス管理）
- ActionLibrary による再利用可能なアクションパターンの管理

ActionLibrary は、基本的なアクション（前進、回転、停止など）を組み合わせた複合アクションを定義・保存する機能を提供する。これにより、新しい「他者」パターンの追加時に、既存のアクションを再利用したり、新しいアクションを容易に追加することが可能となっている。

ロボット制御システム

ロボット制御システムは、アクション決定システムから受け取ったアクション命令を toio ロボットに適切に送信し、実行を管理する。

- Unity 用 toio SDK ライブラリを活用した toio の制御
- アクション命令のキュー管理（FIFO 方式で古いアクションから順次実行）
- アクション完了時の次アクション要求機能（アクション決定システムへのフィードバック）
- アクション間のインターバル調整機能
 - ユーザーにとって適切な頻度でのアクション実行
 - バッテリー消費の最適化

ロボット制御システムは、toio SDK が提供する低レベルな制御機能（モーター制御、LED 制御、音声出力など）を抽象化し、他のコンポーネントからアクセスしやすいインターフェースを提供している。また、ロボットの現在位置や状態を監視し、アクションの実行状況をフィードバックする機能も備えている。

第3章 実装と評価

3.1 実装した主体と環境データの組み合わせ

本システムは、人間や動植物、モノなどといった多様な他者を表現可能とすることを目指す。本システムが表現可能な他者の範囲を示すため、本研究では、4種の「他者」と環境データの組み合わせを実装した。表3.1に実装したパターンの概要を示す。

表3.1 実装した他者-環境データの対応表

他者	環境データ	アクション
人間	気温	快適時は周囲を歩き回り、不快時は暑がる、寒がるような動作を行う
動物(猫)	気温	快適時は香座座りするようにじっとする。不快時は激しく動く
食品(バナナ)	気温, 湿度	快適時は穏やかに動き、不快時はノロノロと動いて腐敗を表現
衣服	湿度	クローゼット内でユーザの注意を引く

以下、各パターンの詳細について説明する。

3.1.1 人間

- 評価対象：気温（18-28 °C）[9]
- 動作パターン：
 - 快適時：周囲を歩き回る
 - 不快時（暑い）：激しい動作
 - 不快時（寒い）：身体を震わせる

3.1.2 猫

- 評価対象：気温（30-38 °C）[10]
- 動作パターン：
 - 快適時：何もしない
 - 不快時（暑い）：激しい動作
 - 不快時（寒い）：身体を震わせる

3.1.3 バナナ

- 評価対象：
 - 気温：14-20 °C
 - 相対湿度：45-85%[11]
- 動作パターン：3段階の状態表現
 - 快適時：黄色のLEDを点灯しながら前進する
 - 要注意時：音と橙色のLEDを点灯させながら前進する
 - 警戒時：音声と赤色のLEDを点灯させながら回転する

3.1.4 衣服

- 評価対象：相対湿度（65% 以下）[12]
- 動作パターン：
 - 快適時：前進して 2 回転
 - 要注意時：向きを変えながら前進
 - 警戒時：不規則に動きながら音と LED を点灯

3.2 課題と考察

本システムの実装後、自己評価および卒業展示での来場者からのフィードバックを得た。図 3.1 に示すように、各「他者」のパターンを実装し動作確認を行い、以下のような課題が明らかになった：

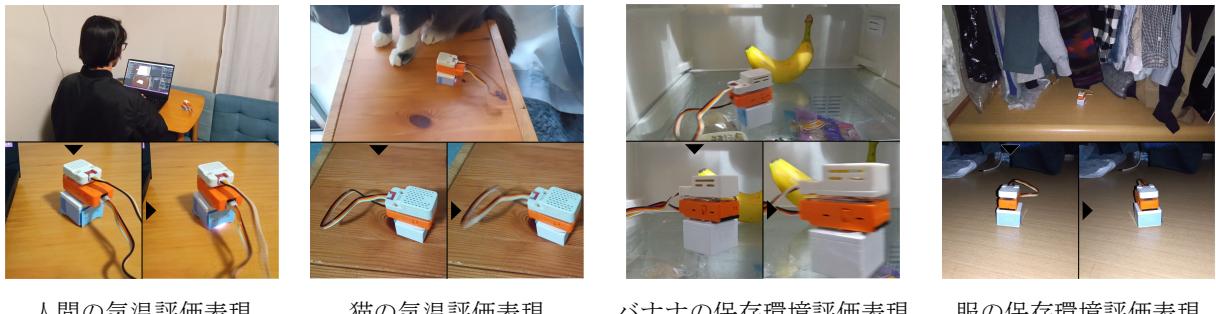


図 3.1 システム実装の様子

3.2.1 他者表現に関する課題

- 動作の表現力**：「弱いロボット」のコンセプトを目指したが、実際の動きは機械的で硬い印象となった。フィードバックとして「もっと滑らかな動きが欲しい」との意見があった。
- 他者の識別性**：「動きで伝える」ことを検証するには、外見による先入観を排除する工夫が必要である。
- 通知の適切性**：「快適な環境では警告不要なので動かなくてもよいのでは」という意見もあり、環境状態と動作の対応関係の設計にはさらなる検討が必要である。

3.2.2 環境センシングに関する課題

- 個人差への対応**：最適な環境の基準には個人差があり、一律の基準では適切な表現ができない可能性がある。
 - 対応策：リアルタイムに基準を調整可能なインターフェースの実装
- 空間的整合性**：移動する他者はセンシング位置と他者の位置が一致しない問題がある。
 - 対応策：空間的な変化が小さい環境データを中心に評価、または複数センサーの配置
- 時間変化への対応**：時間経過で最適条件が変化する他者は、即時的な評価では表現しきることができない。
 - 対応策：環境データの長期記録と分析、それに伴う評価基準の動的調整

3.3 技術的課題と限界

本システムの開発・検証過程で明らかになった技術的課題と限界を以下に整理する。

- 通信の安定性**：Bluetooth 通信に依存しているため、物理的障害物による通信不安定や接続範囲の制限があ

る。WiFi 通信への移行やメッシュネットワークの採用が考えられる。

2. バッテリー持続時間 : M5StickC のバッテリー持続時間は最適化しても数時間程度であり、長期運用には外部電源の検討が必要となる。センサユニットの動作検証結果を表 3.2 に示す。
3. 衝突と動作空間 : toio の動作には一定の空間が必要であり、狭い場所では衝突によって動けなくなる可能性がある。衝突検知アルゴリズムを実装したが、toio 本体に一定以上の速度で衝突が起こらないと反応しない制約がある。
4. 動作の硬さ : 「弱いロボット」として自然な「よたよた」とした動きを実現するのは技術的に難しく、細かい動きの組み合わせと調整が必要である。
 - toio の動作は基本的に「前進」「回転」「停止」などの離散的なコマンドの組み合わせで構成される
 - 「よたよた」のような微妙な動きは、これらを細かく組み合わせる必要がある
 - 不規則性を出しすぎると「よたよた」ではなく病的な動きに見えてしまう可能性
5. 外見の識別 : 実装したロボットの外見が同一であるため、どの「他者」を表現しているかの識別が難しい。
6. 同時制御数の制限 : 現状のシステムアーキテクチャでは同時に制御できるロボットの数に制限があり、多数の「他者」を同時に表現することは困難である。

表 3.2 センサユニットの動作時間検証結果

センサー構成	起動時間	スリープ時間	画面輝度	備考
M5StickC+ENV II	57 分	10 秒	1	標準設定
M5StickC+ENV II	86 分	30 秒	0	powerSaveOn 関数を使用
M5StickC+CO2L	38 分	5 秒	0	標準設定
M5StickC+CO2L	55 分	30 秒	0	powerSaveOn 関数を使用

第4章 結論と展望

4.1 結論

本研究では、生活環境における他者の環境評価を表現するロボットシステムを提案・実装した。センサーによる環境データの取得、他者基準での評価、ロボットによる動作表現を組み合わせることで、継続的な他者理解の支援を可能とするシステムを構築した。

具体的には、人間、猫、バナナ、衣服といった異なる「他者」の環境認識を表現するシステムを実装し、それぞれの「他者」特有の環境評価基準と適切な動作パターンを設計した。これにより、同一のロボットハードウェアで多様な「他者」の表現を可能にした。人間（気温 18-28 °C）、猫（気温 30-38 °C）、バナナ（気温 14-20 °C、湿度 45-85%）、衣服（湿度 65% 以下）といった異なる最適環境条件に基づいて評価を行い、その結果を「弱いロボット」のコンセプトを取り入れた動作で表現することで、ユーザーに自然な気づきを与えることを目指した。

実装の過程では、M5StickC をセンシングユニットとして活用し、toio ロボットによる動作表現を実現した。コンポーネント指向アーキテクチャの採用により、システムの拡張性と保守性を確保し、様々な「他者」パターンの追加を容易にした。

技術的な課題や動作表現の限界は残るもの、本システムは生活環境における他者理解を継続的に支援する新たな手法として、人間と他者の相互理解を促進し、多様な存在が共存する生活空間の実現可能性を示した。

4.2 今後の展望

本研究を通じて明らかになった課題を踏まえ、今後の展開として以下の点について研究を進める。

4.2.1 表現力の向上

- アクションデザインの改良
 - 「弱いロボット風アクションジェネレーター」の開発
 - 「よたよた」動作のパラメータ化と細かな調整を可能にするツール
 - 「弱さ」を表現するための動きパターンライブラリの拡充
- 視覚的識別の改善
 - 同一ハードウェアで異なる「他者」を識別するための視覚的手がかり
 - 単純な外装の変更や色による識別など、最小限の変更で認識を助ける工夫
- ロボット間の協調動作
 - 複数のロボットが連携して一つの「他者」を表現する手法の開発
 - 異なる「他者」間のインタラクション表現

4.2.2 技術的改善

- センシング手法の改善
 - 空間分布を考慮したセンシング手法の開発
 - 長期的なデータ収集と分析による評価基準の動的調整
 - バッテリー持続時間の延長（外部電源の活用、消費電力の最適化）
- 通信の安定性向上
 - Bluetooth 通信の安定化、または WiFi 通信への移行

- メッシュネットワークの採用による広範囲での安定した通信の実現
- **衝突回避アルゴリズムの改良**
 - より高精度な障害物検知と回避機能の実装
 - 生活空間での安定した動作の実現

4.2.3 応用展開

- **パーソナライズ機能の実装**
 - ユーザー個人の環境評価基準を学習し、適応するシステムの開発
 - リアルタイムに基準を調整可能なインターフェースの実装
- **情報システムとの連携**
 - システム状態やイベントの通知手段としての活用
 - デジタルネイチャーの文脈における「他者」概念の拡張
 - 情報環世界と物理環世界の橋渡し役としての機能
- **異なるハードウェアによる新たな体験の創出**
 - より表現力の高いロボットプラットフォームへの応用
 - キャラクター化による親しみやすさの向上

4.2.4 具体的なユースケース

本システムは以下のような具体的なユースケースでの活用が考えられる：

- 介護シーン**：介護者が作業中でも、高齢者の部屋の環境を監視し、必要に応じて介護者に通知するエージェントとして機能する。通知は機械的なアラートではなく、ロボットの「よたよた」とした動きで自然な気づきを促す。
- 遠隔ワーク環境**：在宅勤務中、子供部屋など別の部屋の環境を監視し、異常があれば作業中の親に通知する。
- 植物ケア**：植物の視点から見た適切な環境（光、温度、湿度、CO₂濃度など）を表現し、人間に世話を促す。
- 食品保存**：冷蔵庫や保存庫内の食品の視点から、適切な保存環境を表現する。例えばバナナなど特定の食品に適した温度・湿度条件を「他者」として表現する。

これらのユースケースは、従来の機械的なセンサー通知システムとは異なり、「他者」の視点を通じた感覚的な理解を促進する。本研究で提案したシステムは、生活空間における多様な存在との共生を支援する新たなインターラクションの可能性を示すものである。

謝辞

本稿の執筆および研究にあたって、ご指導いただいた佐藤弘樹先生に深く感謝いたします。

2025年3月19日
宮城大学 事業構想学群 価値創造デザイン学類
感性情報デザインコース
中村龍造

参考文献

- 1) In the Eyes of the Animal. <https://marshmallowlaserfeast.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.
- 3) 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.
- 4) HERMITS | Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3379337.3415831>.
- 5) 美智男岡田. □ 弱いロボット □ の思考, 第 1 卷. 講談社, 第 1 版, June 2017.
- 6) 岡田美智男. ゴミ箱ロボット—関係論的なロボットの目指すもの. 計測と制御, Vol. 51, No. 8, pp. 753–758, 2012.
- 7) M5StickC. <https://www.switch-science.com/products/6350>.
- 8) 小さなキューブ型ロボットトイ・toio（トイオ）. <https://toio.io>.
- 9) 建築物環境衛生管理基準について | 厚生労働省. <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/>.
- 10) 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.
- 11) バナナの保存方法 | Dole (ドールジャパン). <https://www.dole.co.jp/lp/jp/magazine/banana/preservation/>.
- 12) 【クローゼットの湿気対策】おすすめの除湿剤のタイプは? <https://products.st-c.co.jp/column/14369/>.