



理化学研究所ガーディアンロボットプロジェクトの紹介

国立研究開発法人理化学研究所 情報統合本部 ガーディアンロボットプロジェクト

ガーディアンロボットプロジェクトは、2019年4月に発足し、人とAI・ロボットが柔軟に共存する未来社会に向け、心理学、脳科学や認知科学とAI研究の強みを相乗的に取り入れた次世代ロボット（「脳×AI」）の社会実装に向けた研究開発を推進してきた。

ガーディアンロボットは、日々家庭で人に寄り添い、人をさりげなく支援するロボットである。現在普及しつつある多くのロボットは高精度に与えられた機能を実現することを目的に開発が進んでいる一方、あらかじめプログラムされたことしかできず、まだ受け身の「道具」の域を出ていない。それでは人と長く付き合い、人に信頼される存在にはならない。

本プロジェクトでは自律して行動しながら人との言語的・非言語的なやり取りの下、人間の自主性を損ねず、人をさりげなく支援するロボットの実現を目指している。ロボットが人の真のパートナーになるには、人と同じ時間や空間を共有し、置かれた環境や支援すべき人間の状態を自ら認識し、人の意図を推測しつつ、自らの判断に基づいて行動し、人と自然なコミュニケーションができなければならない。

以下では、本プロジェクトで開発している3つのロボットの基礎的な技術を紹介する。これらのロボットは、大阪・関西万博でも 2025 年 5 月に一週間の動態展示を行った。

1. インディ/Indy

人と生活を共にする中で経験を蓄え成長していくロボット。家庭や職場など、人が活動する空間で動き回り空間を認識しながら、人の姿勢やジェスチャといった細かな動作から瞬時にその場の状況を理解することを目標に開発中。



■図1. インディ/Indy

その場の状況やユーザの表情などを認識し、ヒトの言葉も理解するだけでなく、ユーザとの対話を通して一緒に生活するユーザをさりげなくサポートしたり、健康な習慣を提案したりできる。さらに、このロボットは自身の経験に基づいて学習を続ける。

■何ができるロボットか？

▶目で見、耳で聞いた情報から人間の意図を理解し、助けてくれる。

■大阪・関西万博の動態展示では何を体験できたのか？

▶ロボットは手を挙げて呼びかけた人に気付くと応えた。相手の意見や気持ち、状況を踏まえた対話を行った。

■将来、何の役に立つのか？

▶ロボットが人と一緒に生活しながら、その人との経験を生かして、その人の生活をさりげなく支える。

家庭への進出を目指した各要素技術の統合

人が生活する環境での移動に適し、かつ、人間との自然なコミュニケーションを実現するため、子供サイズの筐体に以下記載の機能を搭載。

○複数音源に対応する音声認識

「マイクロホンアレイ（分散配置型複合マイク）」による音声データと「LiDAR（レーザーによるレーダー）」もしくは外部カメラによる画像データを組み合わせることで、複数話者（複数音源）が同時に発声しても、音声を分離して正確に認識する。用途に応じて音声認識の言語モデルに対するチューニングを実施。

○物体の関係性も含む画像認識

「可視光・距離計測カメラ」を用いて、検出した物体についての物体同士の関係性（例えば、位置関係・意味関係）を瞬時に解析し、その場の状況（シーン）を理解する。例えば、姿勢、ジェスチャその他の人の状態を認識し、注視すべき対象を推定する。

○記憶

自身の記憶を「ナラティブ」（物語）として系統的に保存、整理。この記憶を利用して個々の人や状況に合わせた行動



を選択する。

○状況に合わせた応答

オープンかつ日本語に強い言語モデル「llm-jp-3-13b*」を基盤に、その場の状況に合わせた推論、応答を行うための最適化（ファインチューニング）を独自に実施。文脈に合わせた応答を高い精度で実現した。

○高速化・小型化

「記憶」を持ち、行動制御を行うシステムを外部に配置し、ロボットとは無線ネットワークにより通信。これにより、ロボット本体内部の計算機を小型化するとともに、応答を高速化。

○ジェスチャの実装

人が生活する環境でコミュニケーションに不可欠な「ジェスチャ」を試験的に実装した。

○表情の実装

人との自然なコミュニケーションに不可欠な簡易な「表情」を実装した。

○大容量蓄電池

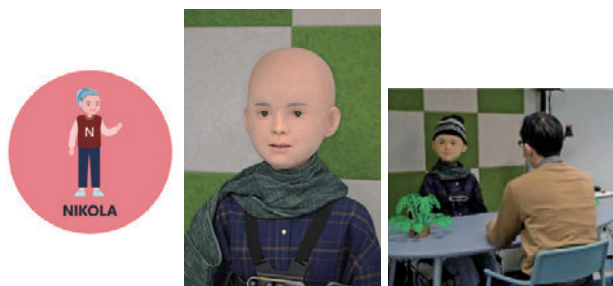
人が生活する環境での自発的な長時間の活動を実現。

○不倒性【プロトタイプバージョン（※万博では展示していない）の性質】

振り子のように重力を利用した上体のデザインを採用することで、安定かつ省エネルギーの自己復元機構とコンプライアンス（柔らかな応答性）を持つ上半身を実現。人との身体的な接触（衝突）における衝撃を軽減するとともに、柔らかな接触によるインタラクションを実現する。

2. ニコラ／Nikola

人と人とのコミュニケーションには欠かせない「表情」を宿すことで、人と感情的なやり取りができるアンドロイドを目指して開発。人には、「怒り」「喜び」「悲しみ」などの感情や、「畏怖」などという複雑な感情もある。世界に先



■図2. ニコラ／Nikola

駆けてこれらの表情を実装したNikolaは、人の複雑な表情を真似ることができる。例えば、「畏怖」の表情を、人がするのとロボットがするのとで人の受け止め方にはどんな違いがあるのか。そんな問いを私たちに投げかけ続けるロボットである。

■何ができるロボットか？

▶目元や口元など、顔の細かい表情を作れる。

■大阪・関西万博の動態展示では何を体験できたのか？

▶ロボットと会話しながら、「あと一歩で電車に乗れなかったとき」など、具体的なシーンを想定し、そのときのリアルな表情を見ることができた。

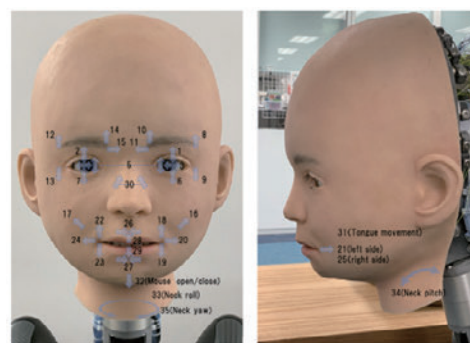
■将来、何の役に立つのか？

▶感情的に関わることで、さりげなく人の気持ちを心地よくしてくれる会話相手になる。

○人の表情筋の動きの再現

心理学と解剖学の知見に基づいて人の表情筋と同じ動きが出せるよう設計したアクチュエーター（空気圧で動く「モーター」）を小さな頭部内に実装した。

アクチュエーターの数は35個と世界最大級の多さ。



■図3. 人の表情筋の動きの再現

○人が認識可能な感情表現

人が容易に認識できる感情表出がロボットでもできることを、世界に先駆けて実証。

2022年、まずは「基本6感情（怒りや驚きといったシンプルな感情）」について発表。

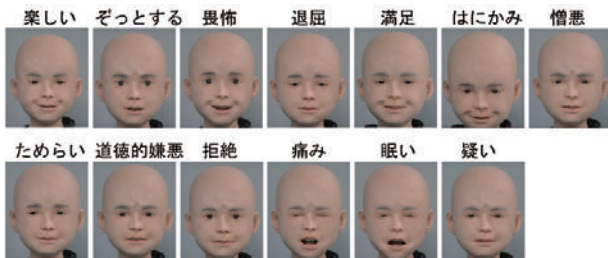
- 2022年2月10日報道発表「ヒトのように表情をつくれるアンドロイドを開発」

* 2024年9月25日「LLM-jp-3 1.8B・3.7B・13Bの公開」（国立情報学研究所 大規模言語モデル研究開発センター）



2025年には、13の「複雑感情」についても発表。

- 2025年1月24日「Diel前訪問研究員らの論文がScientific Reportsに採択されました」



■図4. 人が認識可能な感情表現

○目の動きの再現

人の対話状況に依存した視線行動、人の個性に依存した視線行動をモデル化し、モデルに従って目を動かすことで人間らしい自然な視線行動を実現。

○頭部の動きの再現

ロボットの発話音声に同期してリアルタイムにロボット頭部のうなずき動作を生成するシステムを実装。

○口の動きの再現

ロボットの発話音声に同期してリアルタイムにロボットの口唇動作を生成するシステムを実装。

3. エアトロ／Aetro

腕や足に装着して使うロボット。人が動くとき、人の筋肉は少し前に「電気信号」を発している。その信号こそが、人の「こうしたい」という気持ちの反映であると想定。その「気持ち」をくみ取って、人がしたい動作を、人の動きを邪魔することなく、さりげなくサポート。そんなロボットを目指している。決まった動作やゆっくりとした動作をアシストするロボットはこれまでもあったが、エアトロは装着した人の筋肉の電気信号を読み取り、人がしたい動作を推定することで、その動作を瞬時にサポートするのが特徴である。



■図5. エアトロ／Aetro

■何ができるロボットか？

- ▶装着型アシストロボットで、腕の力を出すときに、人間の力が足りないのを助けてくれる。

■大阪・関西万博の動態展示では何を体験できたのか？

- ▶ボールを投げようとする、ロボットがそれを素早く読み取って必要な力でアシストしてくれるのを体験できた。

■将来、何の役に立つのか？

- ▶身体機能が低下しても、残っている自分の力を生かしながら、生活できる。

○自律的補助

筋電やカメラ情報を用いて装着者の動作意図を推定し、ヒトの動作に合わせてロボットが支援動作を生成。

○空気圧人工筋による動作補助

油圧や電動モーターではなく空気圧人工筋を用いることで、動作力を確保しつつ軽量化や静音性を実現。

さらに、無制御時には外部からの力で簡単に関節を動かすことができる（モーター駆動の場合は、無制御時に外部からの力で簡単に動かすことは困難）。

○動作補助具の軽量化

動作補助を行う機体に軽量のフレームを用い、空気圧人工筋による駆動により、装着部分を軽量化。

○俊敏な動作の補助

意図推定結果に合わせて事前に導出した制御則を適切に組み合わせることで、動作補助駆動を瞬時に生成。

2025年5月20日（火）～26日（月）、「EXPO 2025 大阪・関西万博」にて、開発中の3種類のロボットを展示し、約7,000人が来場した。様々なバックグラウンドを持つ人々が訪れた万博は、ロボットへの多様な反応を集める絶好の機会となった。会期中、来場者のうち約700人がロボットを体験しアンケートにも答える実証実験に参加し、これまでガーディアンロボットプロジェクトが行った中で最も大規模なロボット実証実験となった。この出展で得られた来場者とロボットとの対話やアンケートから得られたデータは、今後の研究に生かしていく。こころを感じるロボットが人と生きる未来に近づくために挑戦は続く。