

人と機械の融和による ソーシャルニーズの創造

Innovation Driven by Social Needs Through
Harmony Between Human and Machine

オムロン株式会社
技術・知財本部 副本部長
オムロン サイニックス株式会社
代表取締役社長

諏訪 正樹
Masaki Suwa



オムロンについて

オムロンは、1933年の創業以来、オートメーションのリーディングカンパニーとして、工場の自動化を中心とした制御機器、電子部品、駅の自動改札機や太陽光発電用パワーコンディショナーなどの社会システム、ヘルスケアなど多岐にわたる事業を展開し、約120の国と地域で商品・サービスを提供している。

その発展の原動力と求心力の原点は、企業理念「われわれのはたらきで われわれの生活を向上し よりよい社会をつくりましょう」である。オムロンはよりよい社会をつくるための「ソーシャルニーズ」を世に先駆けて創造してきた。具体的には、無接点近接スイッチや交通管制システム、自動改札装置などの、数々のイノベーションによる世界初の製品を生み出し、事業を通じて社会の発展と人々の生活の向上に貢献してきた。

コア技術 「センシング&コントロール+Think」

社会的課題の解決に向けてオムロンは、3年から10年先の具体的な近未来を起点としたバックキャスト型の新規事業創出に取り組んでいる。そしてそれぞれの時代に先駆けた価値を生み出すために、独自のコア技術を進化させてきた。それが、「センシング&コントロール+Think」である。

「センシング」とは現場の知見に基づき、人やモノの状態・情報から必要なデータを取得することである。「コントロール」とは、「センシング」によって得られた情報をもとに、現場に適切なソリューションを提供すること。さらに、AI、IoTなどの技術革新が進む中で、より賢く価値に変換させる必要があるという考えのもと、センシング&コントロールに「人の知恵」を表す「+Think」を新たに加えた。現場から必要な情報をとりだし(センシング)、蓄積したデータから人の知恵をプラスして機械が解析し(+Think)、現場にソリューションとして提供する(コントロール)技術は、オムロンの各事業で活かされている。

オムロンの企業哲学と、人と機械の関係性

創業者立石一真の言葉でもあり、現在のオムロンの企業哲学とおているのが、「機械にできることは機械に任せ、人間はより創造的な分野で活動を楽しむべきである」という考えである。この企業哲学を踏まえ、オムロンは人と機械の関係性について検討してきた。

社会や技術の変化と連動する形で変わりゆく「人と機械の関係性」について、オムロンは、「代替」「協働」「融和」の順に社会に浸透していくと考えている。かつての人の作業を機械に担わせる状態が「代替」であり、機械が人の目的に合わせて共に作業を行う状態が「協働」である。そして、機械が人の意図を理解し、人の可能性を広げ、より創造的な活動を行うように支援する状態が「融和」である。

人の可能性を広げる卓球ロボット 「フォルフェウス」

開発の背景と歴史

オムロンの考える人と機械の未来の関係である「人と機械の融和」をコア技術「センシング&コントロール+Think」で具現化し世の中に訴求するために、「人と機械の融和」の姿をシンボリックに表出させた機械として、卓球ロボット「フォルフェウス」を開発している^{[1]-[3]}。



フォルフェウス
紹介ページ

フォルフェウスはオムロンの考える未来とコア技術の認知を世界で高めるため2013年の中国でのプライベート展示会で初披露し、2014年CEATEC JAPANに初代の卓球ロボットを出展した。以来、毎年新機能の搭載、性能向上に向け開発を行い、進化を遂げCESなど世界中の展示会で披露し反響を得てきた。

開発当初は人と機械がラリーを継続するというシンプルな機能からスタートしたが、2016年には、プレイヤーが返球しやすいようにロボットが返球する位置を示す機能を搭載。フォルフェウス側から人がラリーを継続する手助けをすることで「最初の卓球コーチロボット」としてギネス世界記録に認定された。

2018年には「エキスパートプレイヤー&コーチ」をコンセプトにプレイヤーのレベルに合わせてカットやドライブを打ち分ける卓球ロボットとしての機能の進化と、プレイヤーの動作から改善点をアドバイスするパーソナルコーチングの機能を搭載した。

さらにCES2020では、プレイヤーのモチベーションを高めるラリーをすることのできる機能をスクウェア・エニックス社と共同研究を通じて搭載し、多くの反響を呼ぶに至った。

フォルフェウスの構成と開発体制

フォルフェウスのシステム概略構成を図1に示す。



図1 フォルフェウスの概略構成

フォルフェウスは、「人と機械の融和」を我々のコア技術で具現化することで、現実感をもって訴求するため、特殊な機器は用いていない。産業用ロボットなど産業用途として一般的に使われる機器で構成されている。

ピンポン球(以下、ピン球)の3次元位置の計測には、製品の検査などで使用されている産業用カメラを用いている。またラケットを振るロボットには、ワークの高速搬送などに使用されるパラレルリンクロボットを活用している。ロボット及びラケット駆動部分には、ベルトコンベアの駆動などで使用されるサーボシステムを用いており、PLC(Programmable Logic Controller)を用いて1ms周期で制御位置指令の更新を行って動作させている。これらはすべて自社で既に商品として販売しているものである。

フォルフェウスの開発は、技術・知財本部の若手社

員を中心に行っており、開発リーダーや開発者を入れ替えながら実行している。これは、「人と機械の融和」をどのように世の中に対して訴求するのか?ということコンセプトやアイデアレベルから考える創造力と、展示会というターゲットに対して開発を完遂させるという実行力を養う「鍛錬の場」としても活用しているからである。また、我々のコア技術を用いて具現化することに加えて、「人と機械の融和」を実現するための新たな技術については広く世の中の大学や企業とも議論し、共同研究などによるオープンイノベーションによっても技術を進化させている。

6代目フォルフェウスの技術

次にCES2020で、初披露した6代目フォルフェウス(図2)のプレイヤーのモチベーションを高めるラリーを組み立てる機能の搭載について詳細を説明する^[4]。



図2 CES2020で初展示した第6世代フォルフェウス

我々は「人と機械の融和」を卓球ロボットで具現化するためには、主に下記の2つの技術が必要であると考えている。

①ロボットが卓球タスクを実現する技術

例: 高速高精度なピン球の計測技術
高速高精度なロボット制御技術など

②人を理解し、人に介入する技術

例: 動作解析技術、感情推定技術
ヒューマンマシンインタラクション技術など

特に、②に関しては、コンピュータビジョン、認知心理学、及びエンターテインメント等の広い分野で研究

が進められている領域である。人の行動変容にはモチベーションを引き出すことが重要であると考えられており、その実現手法として、ゲーミフィケーションなどが最近注目されている。

「人と機械の融和」の具現化をさらに進めるべく、我々は、人の可能性を広げ人が最大限のパフォーマンスを発揮しそのことが人の成長を加速させる要因の仮説として、「モチベーションを高く維持させること」に着目した。

これまでの卓球ロボットは、人の成長のためにはまずロボット側の卓球性能を上げることが重要と考え①に注力して技術開発を進めてきており、初心者から上級者まで幅広い技能の方と卓球ラリーを行うことができるようになってきた。また、人を理解する部分では、2016年に人の動作から技能を判定し、それに合わせてラリーを行う機能を搭載することで、人のレベルに合わせたラリーができるようになった。しかしながら、人のレベルに合わせてラリーを続けるだけでは、結果として人と卓球ロボットの単調なラリーが続くことになり退屈してしまう場合があった。

そこで、人が退屈することなくラリーを継続するモチベーションを維持・向上させるために、我々はロボットが体験者の卓球技能や感情に合わせて、自律的にラリーの難易度(球速・コース・回転など)を調節する必要があると考えた。

人の感情推定に関する研究は、ヒューマンマシンインタラクションの分野で広く行われている。推定手法は大きく2つに分類することができ、表情や瞳孔の変化などの表層情報から推定する手法と心拍数や脳波などの深層情報から推定する手法から成る。また、スポーツにおいては、パフォーマンスとこのような感情を推定する指標には強い相関があると考えられる。そこで、表層情報、深層情報、及び卓球のラリーの情報を組み合わせることで感情を推定することを試みた。

感情モデルとしては、快/不快の指標と覚醒/鎮静の指標の2つで表現されるラッセルの円環モデルを採用し、ラリーの継続回数、人の打球速度、人の笑顔度、真顔度と、脈拍変動値、及び瞬目数を用いて快/不快の指標と覚醒/鎮静の指標を算出した。これを、Sad(不快・鎮静)、Angry(不快・覚醒)、Relaxed(快・鎮静)、Happy(快・覚醒)とあてはめ4象限の感情マップとして表現した(図3)。

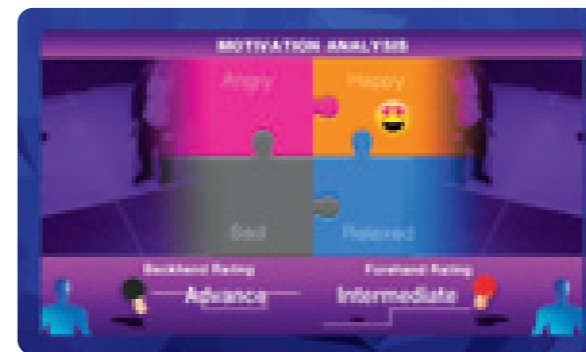


図3 4象限の感情マップ

この感情マップを用いて、フォルフェウスの返球において、返球位置と速度を変化させることで、人がラリーを継続するためのモチベーションを向上させることができるかを検証した。人の感情を常時推定し、Happyにするため、ロボットの返球計画を変化させた。この部分についてはスクウェア・エニックス社との共同研究により実施した。

1スイング前からの感情の推移を大きく3パターンに分類し変化を観察した。

- ①快指数と覚醒指数がともに増加する (Happyに向かう)
- ②快指数が増加し、覚醒指数が減少する (Relaxedに向かう)
- ③快指数が減少する (Sad, Angryに向かう)

①は現状の返球計画が人にとってちょうど良く、ラリー継続に対するモチベーションが向上している状態であると推測されるため、返球計画を変えずに継続する。②は現状の返球計画を簡単に感じており、退屈になっている状態であると推測されるので、ここでは取って返球速度を増加させる。③は現状のラリーを困難であると感じており、不安を感じている状態であると推測されるため、前述とは逆に返球速度を減少させる。また、一定回数②あるいは③が継続する場合は、返球コースを切り替えることで、単調さを無くし、継続してラリーを行うためのモチベーションの向上を試みる。

このような考えで開発した機能を、卓球初心者27名に、今回開発した機能ありと、機能無し(目標返球位置、速度は固定)の場合でそれぞれ5分間ラリー後、その後下記の3項目に関してアンケートを取得した。

- ①どちらが気持ちよくラリーできたか
- ②どちらが集中してラリーできたか
- ③どちらともう一度ラリーしたいか

気持ちよくラリーができたかについては、連続したラリーができる機能なしに高い傾向がみられた(63%)。一方で、機能なしと比較し、機能ありの方が集中してラリーでき(96%)、どちらともう一度ラリーしたいかにおいて機能ありがラリー継続のモチベーションが高い傾向がみられた(81%)。

フォルフェウスの今後の方向性

6代目フォルフェウスでは、人と卓球ラリーを継続することに対するモチベーションを向上させるインタラクション機能の開発を行った。また非接触で取得された人の動作や生体情報から、技能と感情を推定し、モチベーションを高める返球を実装した。

この開発においては、モチベーションを高めるラリーを実現するためにこれまでのオムロンとはバックグラウンドが全く異なる「ゲームにおけるAI」の概念を取り入れる開発を実施した。

新しい人と機械の関係を実現していくには、このような異分野の技術も重要と考えている。「人と機械の融和」を世の中に問うために、コンセプトや概念で終わることなく、実際に動く形で仮説検証を行っていくことが重要であり、そのためにはオープンイノベーションの積極的活用が不可欠である。

今後も、「人と機械の融和」の更なる訴求に向け、「人と人」、「人と機械」の関係性に着目し、ラリーを通じてその関係性をよりよくするインタラクションを開発していく。

フォルフェウスを通じて培ってきた考えや技術要素は、「機械にできることは機械に任せ、人はより創造的な活動を楽しむべきである」という創業者の企業哲学を実現し今後のモノづくりや、ヘルスケアなど様々な領域においても必要となるものであると考えている。

「フォルフェウス」の技術をFA事業領域で活用

製造現場の課題

先に述べたフォルフェウスの技術は、オムロンの制御機器事業で、モノづくり現場の課題解決に活用され

ている。現在、製造現場では、CASEやEV、5Gに代表される業界の変化に起因して、「作るモノ・作り方」、「作る場所」「作るヒト」といったニーズの変化が加速している。熟練工の不足や少子高齢化に伴う人手不足、作業者の高齢化といった製造現場の課題も深刻化しており、このような製造業の課題はグローバルでも起こっている。

例えば米国では、経済の成熟化に伴って、就業者がサービス業といった第三次産業に移行したことなどから、オペレーターとエンジニアの高い離職率が製造業の質を高める障害になっている^[5]。アジアでも、タイやインドネシアでは人件費の高止まりと低失業率により、良質な労働者やエンジニアの確保が難しく、インドでも同様に、従業員の賃金上昇に加え、質の高い現場人財を十分に確保し、定着させることが、製造業の事業展開において課題になっている^{[6]~[8]}。

オムロンのモノづくり現場革新の取り組み

グローバルなモノづくり現場が直面するこれら課題を解決すべく、オムロンの制御機器事業では歴史的に育んできたオートメーションを事業の中心に、世界の製造業の生産性向上に貢献してきた。独自のコンセプト“i-Automation!”を掲げ、技術とソリューションでお

客様のモノづくり現場にイノベーションを起こすことを目指している。

i-Automation!の「i」は「innovation(革新)」で、製造現場の自動化を革新する3つの「i」のイノベーションで構成されている。すなわち、世界最多のラインナップを誇る制御機器群をソリューションとしてすりあわせることで、極めてスムーズで高精度、かつ高速な制御を実現する「integrated(制御進化)」、製造現場のあらゆる制御機器をAI、IoT化することで、機械自らが学習し、進化することで止まらないラインを作る「intelligent(知能化)」、そして人と機械の新しい協調の姿を実現する「interactive」である。

「interactive」では、フォルフュウスがプレイヤーとの相互理解で人の可能性を最大限まで高めてくれるように、モノづくり現場で機械が人の動きや考えを理解し、サポートするなど、人と機械が互いに補完しあう関係を目指している。この未来のモノづくり現場の姿を、フォルフュウスを構成するオムロン製の産業用ロボットや制御機器をすり合わせたソリューションで、製造現場に落とし込むことで、グローバルで深刻化する課題を解決していく。

例えば、生産品目に応じた柔軟な作業が要求され、円滑な稼働には熟練作業員の高いスキルと知見が欠

かせない変種変量ライン。我々は、人手に頼った多岐にわたる作業を効率化し、需要変動や非常事態に柔軟に対応しながら生産性を最大化できる自動化ラインで解決を目指している。



図5 人と機械が協調し、柔軟性と生産性を両立した生産ライン

具体的には、組み立てや検査工程では人と協調ロボットが作業を分担する、柔軟性と生産性を両立した生産ラインがあげられる。協調ロボットが作業者と作業者の間に入ることで、3密を避けた現場を作り、作業者の安全を確保すると同時に、生産性の確保にも貢献する。さらに、機械が作業者をサポートすることで、作業者のモチベーションを引き出し、生産性向上や早期育成へとつなげていく。また、人や障害物を検知し、ぶつかることなく自由自在に動くモバイルロボットの上にアーム型協調ロボットを搭載した移動型作業ロボット「モバイルマニピュレーター」が部品棚と作業工程間の部品搬送を完全自動化。作業者との協働を安心・安全に実現する。

別の例では、5Gの大容量・高速性を活かして製造設備のデータや、作業者の作業動線や動きを撮影した映像データなどを収集し、AIで解析する。その結果、熟練者との違いを作業者へリアルタイムにフィードバックすることで、生産性の向上と早期習熟をサポートし、モチベーションを向上させるような新たな人と機械の協調をめざす。



図6
モバイルマニピュレーター



動画: 5G/AI/IoTによる
リアルタイムコーチング

まとめ

今後の展望

近未来的で、生産現場で人と機械の強みを活かしつつ、機械が人の能力を最大限に引き出す「融和」の世界は、もう手の届くところまで来ている。これからもオムロンは、社会に貢献できる価値を最大限に生み出すべくコア技術の強化と進化に取り組んでいく。今後も人の持つ可能性を広げ、人が活躍できる技術の創出を継続していく。また、その技術を製造業の現場に落とし込み、機械が自律的に動き、人をサポートすることで、作業もワクワクできるような、新たなモノづくりを提案していく。引き続き我々は、企業理念の実践のもと、社会の変化をいち早く捉え、事業を通じて社会的課題を解決していくことで、よりよい社会、人が輝く豊かな社会の実現に貢献していく所存である。

参考文献

- [1]山田圭佑. 卓球ラリーロボット—人と機械の融和を目指して—. 電気学会誌. 2017, Vol.137, No.2, p.81-84
- [2]仁科有貴, 諏訪正樹, 川出雅人. 卓球ロボットにおける画像センシング技術・AI技術活用. O plus E.2017, Vol.39, No.12, p.1195-1200
- [3]浅井恭平, 中山雅宗, 八瀬哲志. ピン球の回転速度を考慮することで高精度な返球が可能な卓球ロボットシステムの開発. OMRON TECHNICS. 2019, Vol.51, No.1, p.174-179
- [4]中山雅宗, 栗栖崇紀, 水野野太, 三宅陽一郎, 八瀬哲志. プレイヤーのモチベーションコントロールを実現する卓球ロボットシステム. OMRON TECHNICS. 2021, Vol.53, No.1, p.34-41
- [5]経済産業省. 第二章我が国ものづくり産業が直面する課題. 2011年版ものづくり白書 https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2011/pdf/honbun02_01_00.pdf
- [6]岩垂好彦. 製造業の変容がASEANの経済成長に与える影響と企業戦略の方向性. 知的資産創造2018年6月号 p.68-83
- [7]経済産業省 貿易経済協力局. インド製造業の人材育成について-JIM&JECプロジェクト. 2020. https://www.meti.go.jp/policy/external_economy/cooperation/oda/pdf/JIMJEC.pdf
- [8]JETRO. 従業員の賃金上昇が最大の課題、人材育成・確保が重要(インド). 2019.04.26 現地発!アジア・オセアニア進出日系企業の今 <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2019/0501/538b0bd0ed3efc65.html>

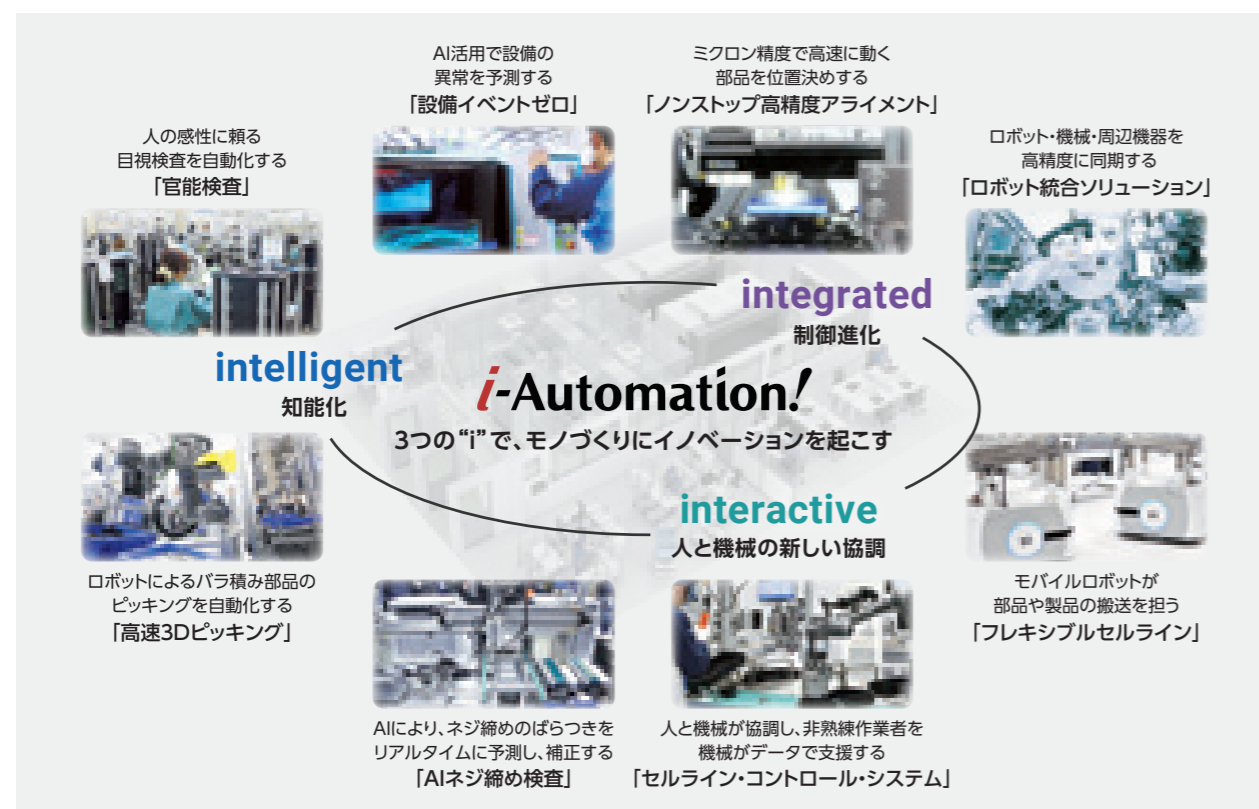


図4 オムロンのモノづくり革新コンセプトi-Automation!