

新しいサービス市場を切りひらく ロボティクスソリューション

馬場 淳史
Baba Atsushi

影広 達彦
Kagehiro Tatsuhiko

腰塚 久洋
Koshizuka Hisahiro

戸上 真人
Togami Masahito

吉内 英也
Yoshiuchi Hideya

近年、少子高齢化をはじめとする社会課題の解決手段として、ロボティクスへの期待が高まっている。IoT時代には、あらゆる情報や知識がサイバー空間に蓄積され、それらを活用して実空間で動作するロボティクスによるサービス市場創生の可能性が広がる。

今回、顧客との協創によるサービス事業の創生を推進する

ため、新型の人間共生ロボットEMIEW3と、ロボットの知能処理と多拠点・複数ロボットの運用監視・制御を遠隔で行うロボティクスIT基盤を開発した。これを用いて、顧客と共同で実証実験を行い、サービスロボティクスの事業化を推進するとともに、ロボットが収集するデータを活用したデジタルソリューションをめざす。

1. はじめに

近年、労働生産性の向上などの社会課題の解決に向けて、ロボティクスへの期待が世界的に高まっている。製造業では、1970年代から産業用ロボットの導入が進み、近年ではIoT (Internet of Things) による生産性向上が推進されている。一方、今後の少子高齢化を考えると、サービス業での労働生産性の向上が重要となる。

日立グループのロボティクスの歴史は、1960年代の原子力用サーボマニピュレータに始まり、開発された技術は、半導体検査装置や金融端末などのメカトロニクス製品から原子力などの極限環境向けロボットまで広く適用されてきた¹⁾。また、研究開発においては、先進的なロボティクスは技術開発のピークと位置づけられ、自律制御や知能処理などの技術開発が推進されてきた^{2)~4)}。

将来の社会課題や技術開発の状況を踏まえ、今後のロボティクス事業の展開を考えると、新市場の創生が期待できるサービスロボティクス分野にイノベーションのチャンスがあると言える。そこで今回、サービスロボティクス事業を創生していくため、新型の人間共生ロボットEMIEW (Excellent Mobility and Interactive Existence as Workmate) 3とロボットIT基盤を開発した。

本稿では、事業創生に向けた技術開発と顧客協創に向けた取り組みについて述べる。

2. IoT時代のロボティクスソリューション

モノのインターネット化が進むIoT時代には、あらゆる情報や知識がサイバー空間に蓄積されており、これを利用して実空間で動作するロボットによるサービスが可能となる(図1参照)。

つまり、ロボットがITシステムのインタフェースとしてデータや情報を入出力することで、商品やマニュアルなどの業務情報や施設情報を活用して、高度なサービスをタイムリーに提供することができるようになる。さらには、監視カメラやデジタルサイネージなどの設備との連携や、得られたデータをAI (Artificial Intelligence) と連携して学習・分析することによる、デジタルソリューションの提供が可能となる。

そこで本開発では、顧客との課題共有、ソリューション案の構築、さらには顧客の環境での実証試験を推進し、サービスロボティクス事業を創生していくために必要なロボットとシステムを新たに構築した。

まず、ロボットは、顧客の環境での安定動作や安全性を実現するために、基本設計から刷新した。また、システムについては、以前から拡張性を考慮し、認識やコミュニケーションなど高度な知能処理をロボット外部のクラウド上で実行するリモートブレインを開発してきたが、これを拡張して業務システムと連携したサービスを提供可能とした。さらに、多拠点・複数台のロボットの運用監視・制御

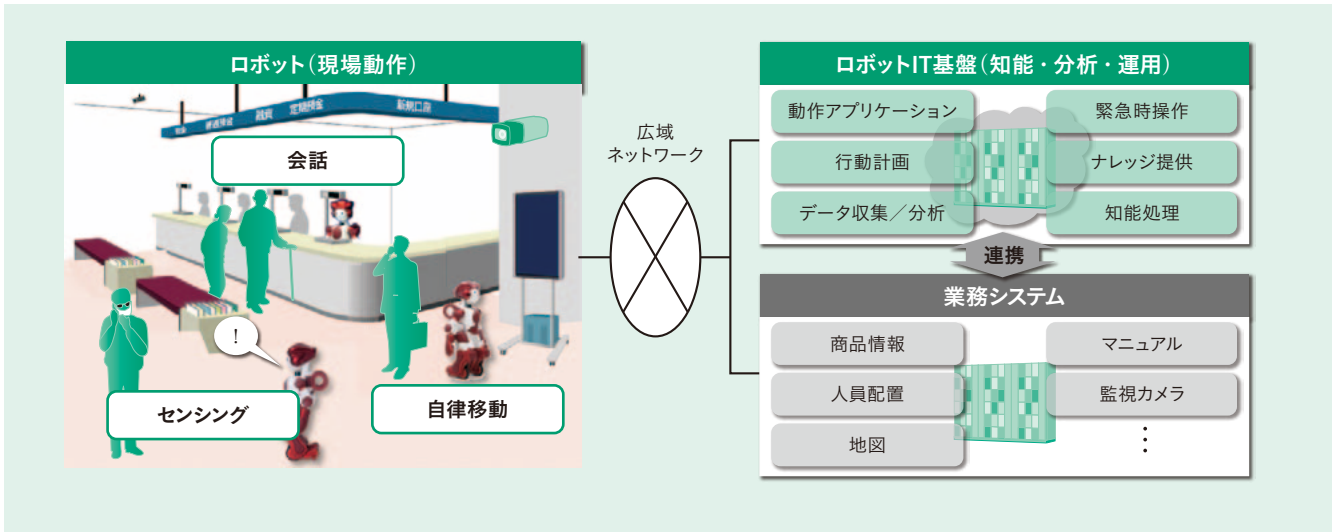


図1 | サービスロボティクスシステムの概要

現場動作を行うロボットが移動して会話やセンシングを行い、クラウド上のロボットIT基盤や業務システムと連携して現場でさまざまなサービスを提供する。

を一括して行うマザーブレインを加えたロボットIT基盤を新たに開発した。

以下、各技術の開発内容と、顧客協創による事業化への取り組みを述べる。

2.1 人間共生ロボット: EMIEW3

日立は、豊かなコミュニケーション能力を持ち、人と安全に共存できるサービスロボットの実現をめざし、2005年に発表した「EMIEW」以来、人間と共生するロボットの開発を推進してきた。

初代のEMIEWは、大人程度の身長、重量で、人と同じ空間で人に合わせた速さで動けるように、フットプリントが小さく機敏に移動できる倒立二輪移動機構を採用し、内

蔵ジャイロセンサーで計測した機体の傾きに応じて車輪を駆動し、安定走行を実現した³⁾。これにより、2005年日本国際博覧会(愛・地球博)において、クラウン(道化師)とのパフォーマンスショーを完遂した。

EMIEW2では、オフィスでの使用を想定した実用的な身長、かつ、万が一の衝突時の本質安全を考慮し、リモートブレイン構成での身長80 cm・重量14 kgという小型軽量ボディを実現した。そして、自ら生成した地図を用いた自律走行機能や、安定かつスムーズな走行を実現するアクティブサスペンション機構、機体にかかる外力を予測して姿勢制御する機能、死角から人が飛び出す危険を予測して回避する機能、Webやネットワークカメラと連携し、物体認識や物体探索を行う機能などを開発し、ロボットの機

EMIEW3の構成と主な仕様

| | |
|------------|---------------|
| 身長 | 90 cm |
| 重量 | 15 kg |
| 最大移動速度 | 6 km/h |
| 乗り越え可能段差 | 15 mm |
| 電池 | Li-Fe |
| 1充電での稼働時間 | 3時間 |
| 関節数：頭 | 3 |
| ：腕(手) | 5(1)×2 |
| ：脚 | 3×2 |
| リモートブレイン接続 | 無線LAN 11a/g/n |

転倒復帰の様子

注：略語説明 EMIEW (Excellent Mobility and Interactive Existence as Workmate), Li-Fe (リチウムフェライト), LAN (Local Area Network)

図2 | EMIEW3の概要と特徴

身長90 cm、重量15 kgの小型軽量ボディに実装されたデバイスを活用し、コミュニケーションを取りながらサービスを提供する。万が一、転倒した場合でもロボット自身で立ち上がる転倒時復帰機能を有する。

能を高度化してきた。

今回開発したEMIEW3では、顧客環境での運用を想定し、従来に増して安全で安定的な動作のための開発を行った。これまでの人親和性の高いデザイン、サイズを踏襲し、従来同様の機動性を保持しつつ、従来よりも安定性を増した四輪移動機構を採用した。さらに、万が一転倒した場合においても、EMIEW3自身が自動で復帰し、タスクに戻ることができるように、内蔵ジャイロセンサーで転倒時の状態（仰向け、うつ伏せ、横方向）を検出し、各状態に応じた復帰動作を行い、立位状態に復帰する転倒時復帰機能を開発した（図2参照）。

2.2 ロボット知能処理システム：リモートブレイン

人間共生型のサービスロボティクスの実現に向けては、音声、画像、言語処理などの知能処理の高度化が必要となる。リモートブレイン型のシステム構成では、ロボット本体の軽量化、豊富な計算リソースの活用による知能処理性能向上、外部システムと連動した機能拡張が可能である。

人間環境でロボットが対話するためには、さまざまな雑音や残響など不要な音が存在する環境で、音声を正しく認識することが必要になる。日立は、これまで複数のマイクロフォンを用いて、不要な音を除去する音源分離技術の研究開発を進めてきた⁶⁾。EMIEW3は、14個のマイクロフォンアレイを用いた音源分離をリモートブレイン上で実行し、会話する相手の音声のみを強調して取り出し、雑音環境でも正しく音声を認識することができる⁵⁾。さらに、リモートブレイン構成とすることで、商品カタログやマニュアルなどの業務情報とシステム連携できるようになっており、人との対話のために業務情報を用いた掘り下げ型の質問応答フローを、ロボットのオペレータの負担を増やすことなく自動的に生成することが可能となっている。これにより、ロボットの音声対話機能を顧客の課題に応じて対応



図3 | コミュニケーション技術の概要

複数のマイクロフォンを用いて、雑音環境でも人の声を認識できる。また、業務・商品情報から対話フローを自動生成することができる。

させることができる（図3参照）。

また、リモートブレイン構成の特長である外部システムとの連携機能により、監視カメラとも連携できる。例えば、環境内に置き忘れた時計を多数のカメラからの画像情報を使って自動的に見つけ出すとともに、EMIEW3の移動性を生かして、置き忘れた場所まで案内することが可能となっている⁴⁾。

2.3 ロボット運用監視システム：マザーブレイン

EMIEW3によるサービスが実用化され、さまざまな業種の顧客の施設においてサービスの提供が始まると、ロボットの稼働率の向上、安定した運用、周囲の人間の安全性の確保が重要となる。また、複数台のロボットを連携させたサービスを提供することも重要である。今回の開発においては、多拠点・複数台のロボットの監視・制御・保守を一括して行うロボット運用監視システムに取り組んでいる⁷⁾。

ロボット運用監視システムの機器監視、遠隔操作、データ共有の特長を以下に示す（図4参照）。

まず、機器監視については、多拠点に設置されたロボット、リモートブレイン、カメラ、各種センサーなどの情報を収集し、これらを統合監視する機能を有する。例えば、ロボットや他の機器に障害が発生した場合、これを素早く運用者に通知して早期復旧につなげることができる。遠隔操作については、センサー・カメラなどによって障害・緊

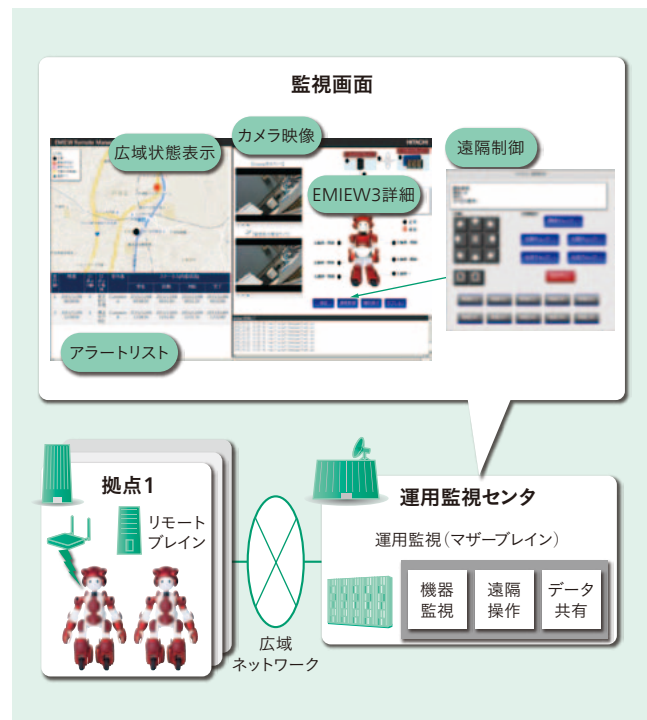


図4 | ロボット運用監視システムの概要

多拠点・複数台のロボットや機器の情報を収集して統合監視を行う。障害が発生した場合には、遠隔操作によってシステム可用性を高める。

急事態を検出した場合、ロボットを監視運用センターから遠隔操作することで、障害発生時の復旧動作、緊急時の強制停止機能など、システムの可用性を高めることができる。また、データ共有については、ロボットが人間に対して行ったサービスの結果を別のロボットに伝達・共有することで、複数のロボットが連携したシームレスなサービスを提供する。

3. 顧客協創への取り組み

サービスロボティクス事業については、当面、BtoB (Business to Business) の形態を前提に事業化を推進する予定である。ロボットに興味があるが、活用方法やメリットが明確でない顧客も多い。

このような場合、日立が有するNEXPERIENCEという手法を適用し、顧客と共にワークショップを開催して課題やビジョンを共有する。次に、顧客現場での実証実験について検討する。その際にロボット機能の事前検証や試作を行う場として、茨城県ひたちなか市にロボティクス協創ルームを新設した(図5参照)。ここには、EMIEW3や動作検証環境が整備されており、日立の研究者と顧客がインタラクティブにサービスロボティクスの開発を進めることができる。その後、顧客の現場で実証実験を行い、その結果から得られた現場のニーズや知見を生かしてシステムを改善し、サービスの実運用にたどりつくことができると考えている。

現在、接客、案内、警備などのニーズを持つ複数の顧客と議論を進めている。ロボットには、多言語での対話、新商品への迅速な対応、現場状況の変化に対する適切な案内などが期待されており、熟練者や特定の従業員にしかできない高度な業務を誰にでもできるようにする能力拡張のために使いたいという要望も多い。ロボットが業務補完することで顧客満足度を高められれば、売上向上につながる期待が大きい。この期待に応えるべく、顧客との協創を進めていく。



図5 | ロボティクス協創ルーム

茨城県ひたちなか市の研究開発拠点に新設したロボティクス協創ルームを示す。顧客との協創により、ロボット活用サービスの開発を行う。

4. おわりに

本稿では、ロボティクスに対する研究開発の取り組みと今後の展望を述べた。

世界的にロボットやAIをはじめとするロボット関連技術の実用化が進められている中で、新しい市場が生まれようとしている。この機を捉え、将来の社会課題の解決に向け、IoT時代のロボティクスソリューションを提供することで社会イノベーション事業の拡大に貢献していく。

参考文献など

- 1) 日立のロボット開発の歴史,
http://www.hitachi.co.jp/rd/portal/highlight/robotics/history/1960_70.html
- 2) 細田:人間共生ロボット開発への取り組み, 日立評論, 90, 9, 774~779 (2008.9)
- 3) 中村, 外: 制約条件を考慮した車輪型倒立振り機構の位相平面を用いた移動計画手法, 計測自動制御学会論文集, 50, 6, 455~460 (2014.6)
- 4) 平松, 外: 環境情報構造化を用いた人間共生ロボット“EMIEW2”の物体探索, 情報科学技術フォーラム講演論文集, 12 (3), 517~518 (2013.8)
- 5) 住吉, 外: マイクロフォンアレイに基づく雑音除去による人間共生ロボットEMIEW2の頑健な音声認識, 電子情報通信学会技術研究報告, EA, 応用音響, 112 (125), 47~52 (2012.7)
- 6) M. Togami et al.: Optimized Speech Dereverberation From Probabilistic Perspective for Time Varying Acoustic Transfer Function, IEEE. Trans. ASLP, vol.21, Issue.7, 1369-1380 (2013.3)
- 7) 下川, 外: ネットワークロボット向け情報収集方式の一検討, 電子情報通信学会総合大会 (2016.3)

執筆者紹介



馬場 淳史
日立製作所 研究開発グループ 機械イノベーションセンター
ロボティクス研究部 所属
現在、ロボティクスの研究開発に従事
博士(工学)
IEEE会員, 日本原子力学会会員



影広 達彦
日立製作所 研究開発グループ 東京社会イノベーション協創センター
顧客協創プロジェクト 所属
現在、産業とロボティクスに関する顧客協創に従事
博士(工学)
電子情報通信学会会員, 情報処理学会会員



腰塚 久洋
日立製作所 研究開発グループ 機械イノベーションセンター
ロボティクス研究部 所属
現在、ロボティクスの研究開発に従事
日本機械学会会員



戸上 真人
日立製作所 研究開発グループ システムイノベーションセンター
メディア研究部 所属
現在、ロボット知能処理の研究開発に従事
博士(工学)
IEEE会員, 人工知能学会会員, 日本音響学会会員,
電子情報通信学会会員



吉内 英也
日立製作所 研究開発グループ 情報通信イノベーションセンター
ネットワーク研究部 所属
現在、マルチロボットの統合監視・制御技術の研究開発に従事
IEEE会員, 情報処理学会会員