

2.2 ロボティクス

ロボティクス分野は、高い自律性を持つ機械や機械と人間の緊密な相互作用を実現することで、安心安全でQoLの高い生活をもたらす新たな社会システムの形成に貢献する研究開発領域からなる。センサーやアクチュエーターなどのハードウェア技術の進歩に加え、深層学習や強化学習などの機械学習手法を認識や制御に導入することで、非定型な環境での作業や人との協調作業などが可能となり、活用領域が多様な分野へと拡大しつつある。

近代的なロボットの研究開発の歴史を振り返る。ロボットは、1962年の産業用ロボットに始まり工場内の工程の自動化の実現を目指し、パターン認識による自動位置決め機能や移動軌跡の学習機能を実装することで、定型的な作業を正確に休まず実施できるレベルになった。さらにこれらの技術の発展により、複雑な非定型作業や協調作業が可能となりつつある。90年代になると工場働く産業ロボットだけでなく、一般社会や家庭で働くサービスロボットの研究開発が盛んになった。2000年代に入るとロボットの活用は広がり、手術支援ロボットやロボット掃除機も開発された。また、2010年代末には、ロボットの活用はさらに広がり、条件付き（レベル3）自動運転車、配送用ロボット、インフラ点検用ドローンが実用化された。また、一段と進歩した人工知能を搭載し、自らの行動を判断・決定して動作する智能ロボットが、人間と知的なインタラクションが可能なパートナーと言うべき存在になると期待が高まっている。また、メタバースなどVRやハプティクス技術によるアバターを介した新たな共生も登場している。以上のトレンドは、技術の発展、実社会への浸透、および、人間との共生という三つの観点で捉えることができる（図2-2-1）。

2.2
俯瞰区分と研究開発領域
ロボティクス

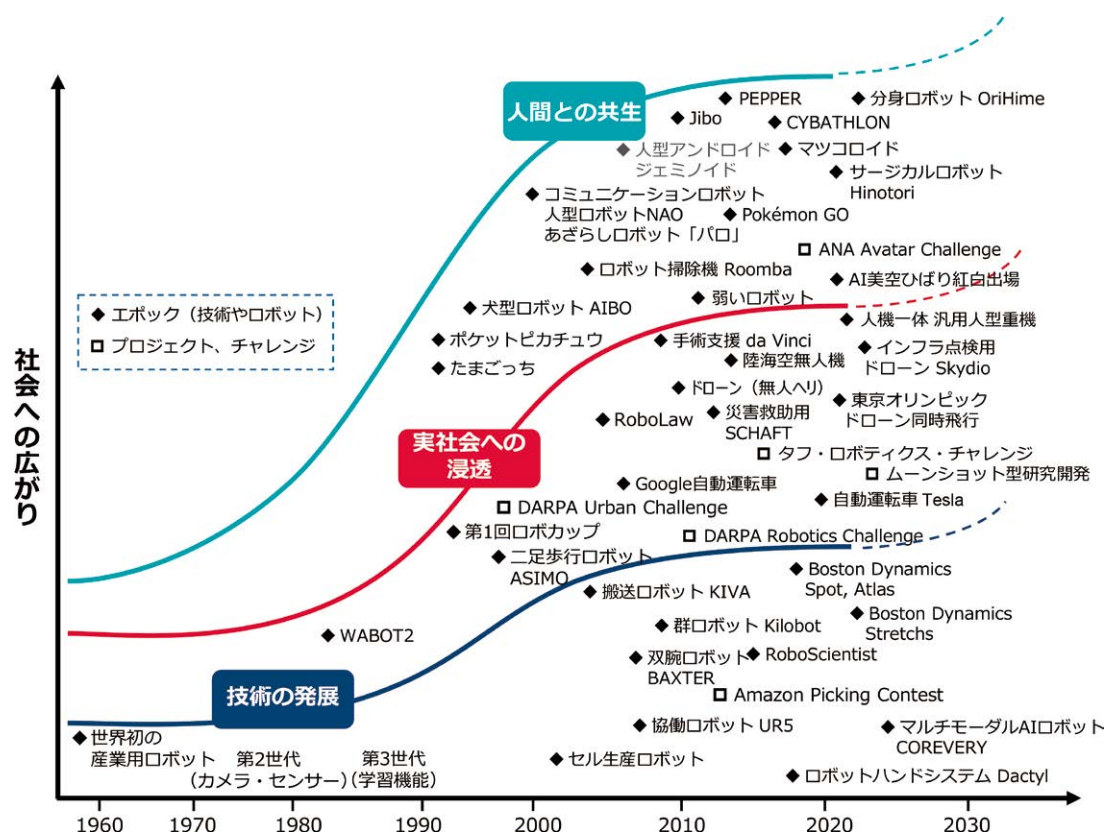


図2-2-1 ロボティクスの研究開発のトレンド

また、ロボティクスはwith/postコロナ社会への対応として、触診などを含むオンライン医療、テレプレゼンスロボットを介した拡張テレワークなど、人と直接接する業務や複数人の密接な連携を必要とする業務のテレワーク化を実現するための重要な基礎技術として位置付けられる。

本俯瞰区分では図2-2-2に示すように、ロボティクスの研究開発領域を応用領域、統合化技術・共通機能、および、基盤技術のスタックに整理した。その上で今回の俯瞰報告書では、1) 技術の革新性やその技術への期待の急速な高まりに注目し、ロボティクスに革新的変化をもたらし得る新興領域を明確化すること、2) 社会からの要請や国のビジョンとの整合性に着目し、これらの実現に向けて必要となる技術開発領域とその発展の方向性を明確化すること、3) 人々のライフスタイル・ワークスタイルや社会・産業構造の変革とSDGsを含む社会課題解決に貢献すること、の三つの観点から、以下の11の研究開発領域を採り上げることとした。なお、ロボティクスにおける基盤技術である「認知発達ロボティクス」については、2.1 人工知能・ビッグデータにて論じている（2.1.8 認知発達ロボティクス）。

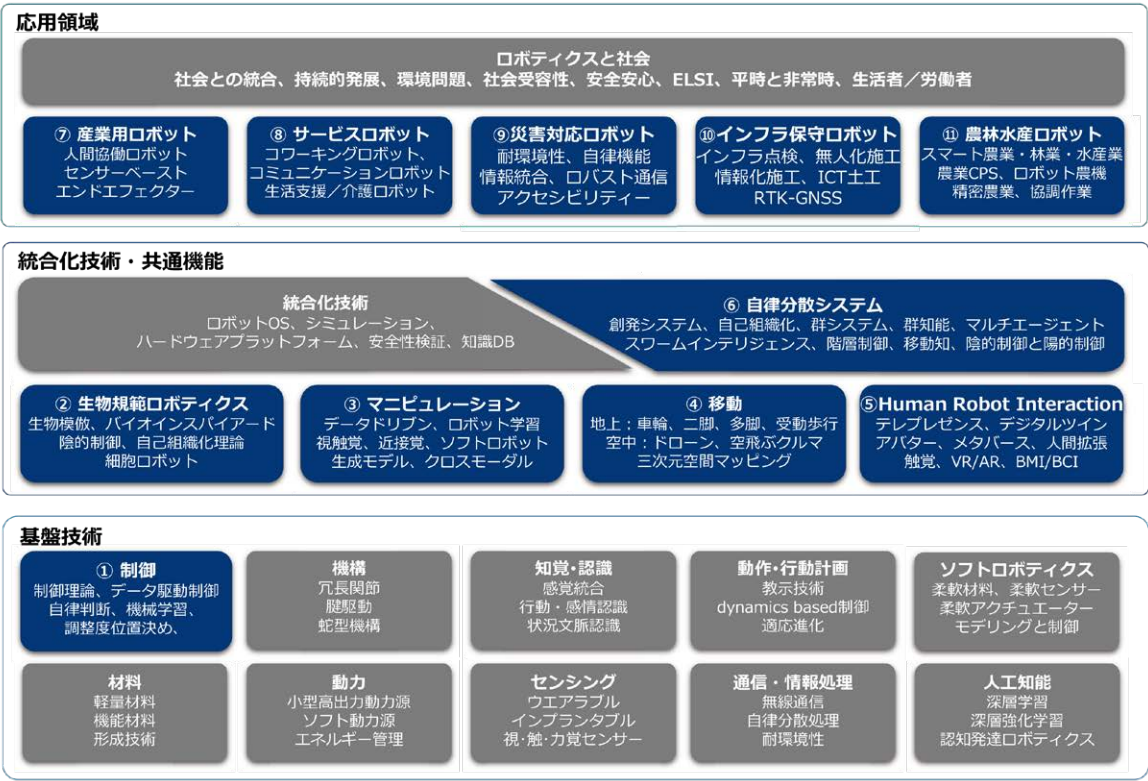


図 2-2-2 ロボティクスの俯瞰図

1 制御

ロボットの制御に関わる研究開発領域である。ロボットの制御とは指令生成により入力を決め、環境の変化を外乱として検出し、その外乱に対する修正項を入力に反映させて目的である出力を得るように速度と力を制御することである。制御の三要素である入力、外乱、出力があるシステム構成になっているという意味ではロボット制御系は特別なものではない。しかし、目標が単純な位置決めとは限らないこと、環境の変化に対する動作修正も単純なロボタ性の追求で終わらないこと等は通常の制御システムとは異なり、環境の変化に適応するための自律性をも含んでいるのが特徴である。

② 生物規範型ロボティクス

生物は、進化という壮大な試行錯誤の過程を通して、優れた機能や能力、構造を獲得してきた。生物規範型ロボティクスは、生物に内在する優れた機能や能力、構造をロボットの設計過程に積極的に取り入れ、発現する性能の向上を図ることを指向する研究開発領域である。広義には、バイオメティクス（生物模倣）と捉えることができる。エマージングなトピックとして、生体もしくは生体材料からできた部品と人工物からできた部品を組み合わせるバイオハイブリッド・ロボティクスを特記した。

③ マニピュレーション

ロボットが、人間の手作業であるピッキング、ハンドリングなどの物体操作をするために必要なセンサー、認識アルゴリズム、行動計画、ハンド機構などの基盤技術の研究、ならびに基盤技術の統合・応用に関する研究開発である。人間の手の機能や作業の解明などの学術的な知識の創出を目指す活動も含む。

④ 移動（地上）

ロボットの移動機能に関する研究分野である。物理的な機構としては主に車輪機構と脚機構（2脚、4脚）に大別されるが、上半身に腕を持ち物体環境操作が可能な人型ロボットも含まれる。移動には、与えられた軌道を追従する移動制御に加え、現在位置から目標位置までの軌道を生成する移動計画の技術が必要になるなど、移動にまつわる研究開発領域は、機構、制御、計画認識、および知能の研究も含まれる。

⑤ Human Robot Interaction

物理空間・情報空間での人間の経験や表現を豊かにすることに役立つシステムを構築するための研究開発領域である。ロボティクス分野においては、人間との交流、協働、行動支援等を意図したロボットの外部認識・意思決定モデルの構築、素材や機構の開発、ユーザビリティ評価といった研究が行われている。近年は、ユーザーの分身または身体の一部と考えるなど、ロボットの捉え方を柔軟に解釈したインタラクション研究開発が活発化しており、その対象は情報空間上のアバターにも及ぶ。

⑥ 自律分散システム

生物の世界では個体が群れになって全体として意図を持って行動しているように見える生物の集団行動は、工学的には自律システムとして捉えることができる。このようなシステムを自律分散システムと言う。広義的には、そのシステムに隠されている制御メカニズムを明らかにし、大規模な人工システムや社会システムなどの人工物の制御に役立てるための研究開発領域であるが、本稿ではロボットに焦点を当てて記述する。

⑦ 産業用ロボット

産業用ロボットは、自動車産業、電気電子産業など、主に製造業で自動化を目的として利用されるロボットに関する研究開発領域である。近年は食品産業などの新たな分野や高度な作業、中小企業への導入が求められ、従来のような繰り返し再生による大量生産ではなく状況に応じた柔軟なシステムの開発の重要性が増している。本領域はそのようなトレンドへの対応を目的として、ものづくりのための高度な要素技術開発、システムインテグレーション技術の高度化などの研究開発を実施する領域である。

⑧ サービスロボット

サービスロボットは、人へのサービスを提供するロボットである。本稿では、基本日常生活動作や調理・掃除などの手段的日常生活動作の質的向上や社会的弱者の自立支援を目的とした生活支援・介護ロボット、小売業や宿泊、飲食サービス業などで客や従業員と同じ場所で共に働くコワーキングロボット、および、人と社会的なインタラクション、会話、触れ合いなどを行うコミュニケーションロボットについて論じる。特徴

として、ユーザーとの距離が近いことに起因する安全性の確保や、自ら考え、認識、判断する自律性などの技術の確立を課題とした研究開発領域である。

⑨ 災害対応ロボット

地震、津波、集中豪雨による水害、台風による暴風雨、山崩れ・地滑り、森林火事、竜巻、火山噴火、土石流、雪崩、未知のウイルスによる感染症などの自然災害がある。また、工場でのプラント事故、原子力発電所の事故、公共交通機関での事故、テロによる事故、火災などの人為災害が世界で頻繁に発生している。これらの災害現場に人間が入っていくには大きなリスクがある。本領域は、人間の代わりに災害直後の現場に進出し、情報収集や人命救助などの緊急対応や災害からの復旧復興に関わるタスクを極限環境で遂行するロボット（災害対応ロボット）に関わる研究開発領域である。

⑩ インフラ保守ロボット

わが国では、高度経済成長期に集中的に整備された膨大な社会資本が老朽化したため、インフラの維持管理・更新が急務であるが、若年就業者数の減少や熟練技術者の不足といった問題がある。この問題を解決するため、ICTやロボット工学を適用した、建設機械やインフラ点検の自動化・省人化技術に関する研究開発が進められている。本領域は、新技術の創出ではなく、既存のロボット技術を建設分野に適用し、フィールド分野における新たな価値創出の実現を目指すものである。

⑪ 農林水産ロボット

わが国の農林水産業を取り巻く環境は大きく変化しており、地域資源の最大活用、脱炭素化、労力軽減・生産性向上等の実現に向け、農林水産業へのロボティクスの導入が強く求められている。また、世界の農林水産業においても、現場の効率化や労働力不足の他、地球温暖化、干ばつ、環境負荷低減への対応の中で、人に代わって自動で作業を行うロボットの開発が進行している。本領域は、農業（施設園芸、露地栽培、果樹栽培）、林業、水産業に対して、地域資源の最大活用、脱炭素化、労力軽減・生産性向上等の実現するためのロボット技術の研究開発動向を述べる。