

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、適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知能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適用はさらに広がり、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、ロボットの適用はさらに広がり、条件付き（レベル3）自動運転車、配送用2足歩行ロボット、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・決定して動作する知能ロボットが、家庭用ロボットや人型ロボットとして開発され、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った存在になると期待が高まっている。またVRやハプティック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3つの観点で捉えることができる（図2-2-1）。

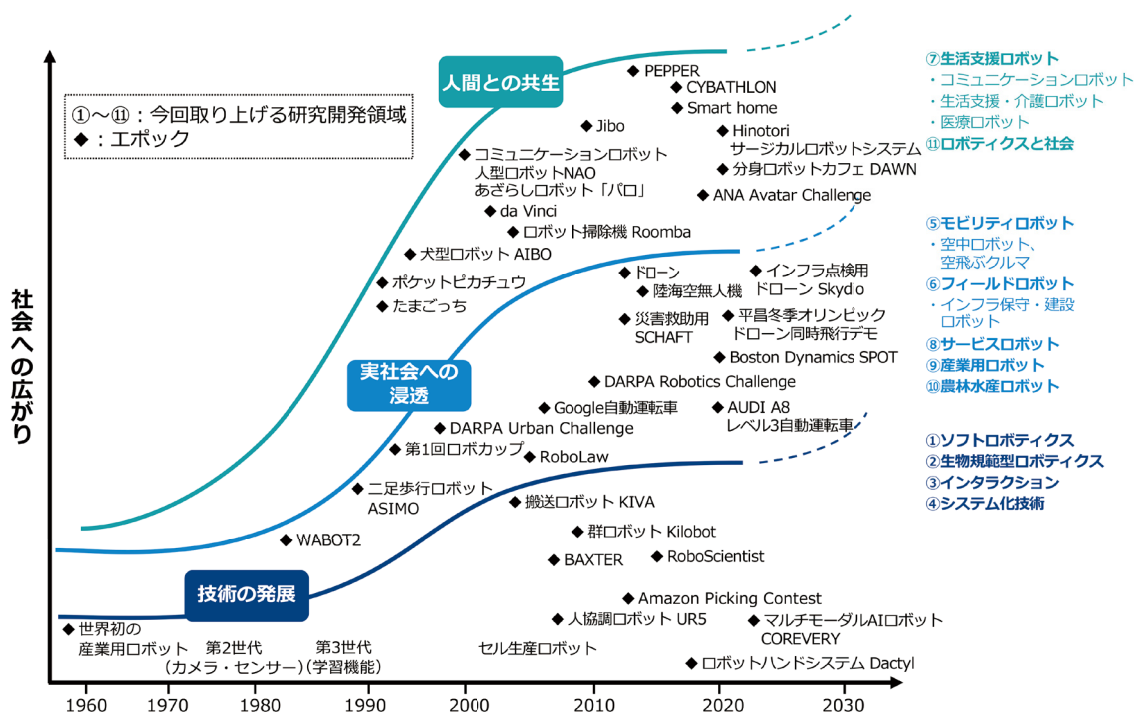


図2-2-1 ロボティクスの俯瞰図（時系列）

また、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、人と直接振れ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づけられる。

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、機能コンポーネント・統合化技術、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う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）。

① ソフトロボティクス

環境変化に対する適応性は、生物の最も重要な特徴の1つであり、生物の身体が有する柔らかさはそこに大きく寄与していると考えられる。ソフトロボティクスは、このような柔らかさに注目し、従来の「硬い」ロボットが苦手とする環境への適応を実現するロボティクス分野である。生物的な柔らかさを実現する技術の確立と、柔らかな適応的知能の実現に向けた理論の構築が本研究開発領域における重要な両輪と考えられる。

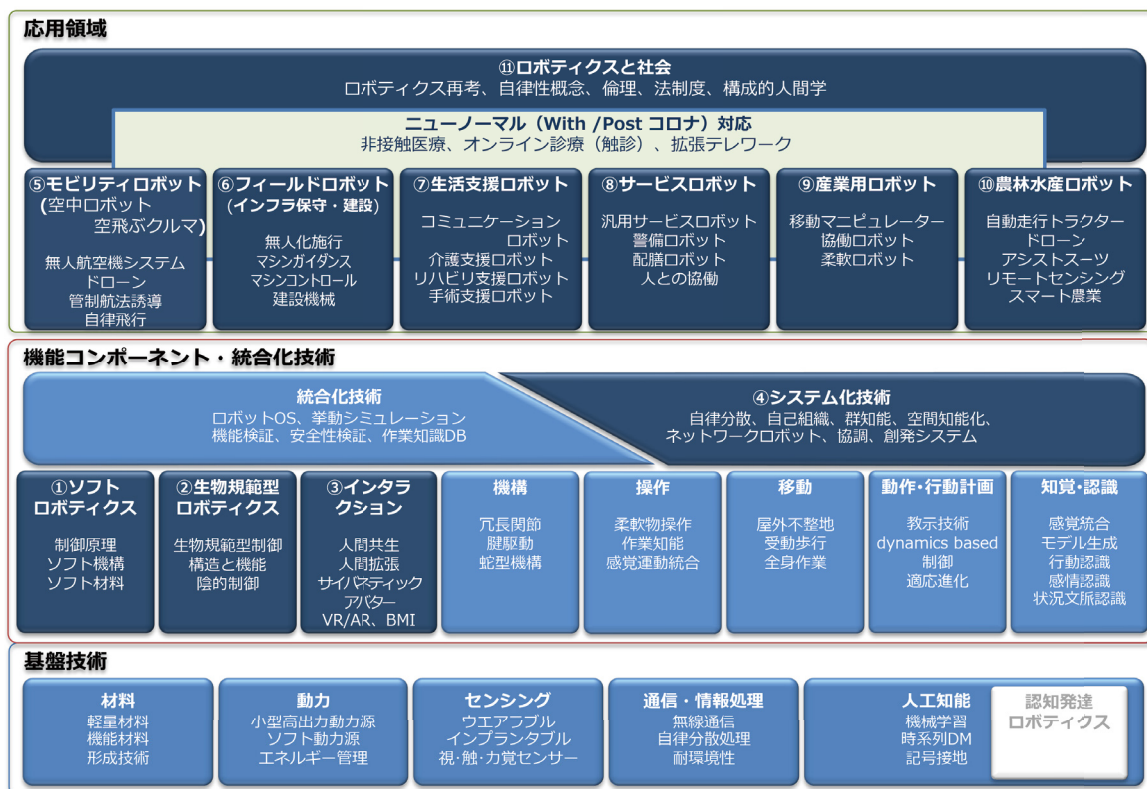


図2-2-2 ロボティクスの俯瞰図（構造）

② 生物規範型ロボティクス

生物は、進化過程という壮大な試行錯誤の場を通して、優れた機能や能力、構造を獲得してきた。これらの中には、未だわれわれが知り得ぬ非自明なカラクリが潜んでいるはずである。生物規範型ロボティクス (bio-inspired robotics) 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志向する研究開発領域である。広義には、バイオミメティクスと捉えることができる。一方で、生物規範型ロボティクスの分野における従来の研究開発は、生物の皮相的な模倣の域から抜け出していないものが多く、本研究開発領域のあり方や戦略を考えることが求められている。

③ インタラクション

インタラクションは、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。現在のVR / ARなどのヒューマンインターフェース技術は主に視聴覚情報のみを用いているが、近年の「Society 5.0」においては、各種のセンサーやスマートデバイスがつながったIoTの技術などを使って、物理空間と情報空間を別ものとして扱うのではなく、これらの空間の間を自由自在に行き来したり、統合したりするなど、本研究開発領域に求められるものも拡大している。

④ システム化技術

ロボット技術は、システムインテグレーション技術である。ロボットシステムは、複数の要素から構成されるため、その要素をいかに統合し、システムとして連携して機能させるかが重要である。ロボットシステムには、単体のロボットにおける構成要素のみならず、複数台のロボットや機器、およびそれらの組み合わせ、さらには環境に設置するセンシングデバイス、記憶装置、情報処理装置、情報提示装置、動作モジュールなどをすべて要素として含む。これらの要素群を連携させ機能させるための技術がシステム化技術である。

⑤ モビリティロボット (空中ロボット、空飛ぶクルマ)

遠隔飛行、自動飛行、自律飛行により空中を飛行し、ミッションを遂行できる空中ロボットに関して、飛行体としての機体本体、飛行制御システム、遠隔操作やデータ送信のための通信システム、複数の飛行体の安全で効率的な飛行を可能とする運航管理システムを包括した領域を研究開発領域として定義する。無人航空機システム (UAS: Unmanned Aircraft System) と呼ばれることもあるが、機体が大型し、人を運ぶことができるほどのペイロード能力を持つ機体「空飛ぶクルマ」と呼ばれることもある。「空飛ぶクルマ」に関しては操縦士が搭乗する場合は、航空機の扱いとなるため、ここでは、UASと同様に、操縦士は遠隔で操作、または自動・自律操縦するものを対象とする。

⑥ フィールドロボット (インフラ保守・建設)

日本では、インフラの維持管理・更新の作業の自動化、災害発生時の災害調査や応急復旧は重要な課題であり、これらを遠隔から実施するためのシステムの研究開発が進められている。一方、建設分野においては、ICTやロボット工学を用いた、建設における自動化や省人化が期待されており、そのための研究開発が進められている。これらのインフラ保守・建設ロボット分野では、問題解決型の研究開発が幅広く行われている。いずれも、対象とする環境が屋外であるため、不整地走行性能、センサーのロバスト性、機器の耐環境性能が求められる。そのため、多くの発展が期待される研究開発領域である。

⑦ 生活支援ロボット

生活支援に関わる応用ドメインで利用されているロボットについて、「コミュニケーション」、「生活支援・介護」、「医療」の3つの観点から取り上げる。

コミュニケーションロボットは、人々と社会的なインタラクション、会話、触れ合いなどを行う機能を持つロボットであり、生活支援・介護や医療ドメインでは、高齢化、人手不足といった社会問題を背景に、ロボットの潜在的なニーズが高く、さまざまな応用方法が研究開発において模索されている。

生活支援・介護ロボットは、日常生活動作（ADL）や調理・掃除などの日常生活活動を対象とした自立支援、社会参加支援、介護者や家族の負担軽減、介護事業者の生産性向上のための技術開発が対象となるロボットである。

医療ロボットは、医師や医療スタッフによる疾病の診断や治療、予防行為を支援するためのロボットシステムである。センシングやナビゲーション、多数の医療機器のネットワーク統合、高速大容量通信や人工知能といった基盤的な技術の発達によって、医療ロボットにより得られる医療の質がさらに高まることが期待される。

⑧ サービスロボット

サービスロボットとは、汎用的な産業用ロボット以外のロボット全般を指すことが多く、明確に定義されているものではないが、本稿においては日常生活の支援や小売業など第三次産業においていわゆる「サービス」を提供するロボットについて論じる。例えば、家庭における清掃ロボット、公共施設等における警備ロボット、店舗等における接客ロボットや配膳ロボット等が対象となる。人へのサービスを提供するロボット分野であることから、ユーザとの距離が近いことに起因する「安全性」や、自ら考え、認識、判断する「自律性」などの技術確立を課題とした研究開発領域である。

⑨ 産業用ロボット

産業用ロボットは、製造業で利用されるロボットに関する研究開発領域である。利用分野として、従来からロボットが導入されている重工業、自動車産業、電気電子産業に限定せず、食品産業など新しいロボット利用分野も対象となる。ものづくりを想定しているので、最終的には実用化、事業化に結び付く要素技術開発とシステム技術開発が目的となる。

⑩ 農林水産ロボット

我が国の農林水産業は、就業者の減少と高齢化により労働力不足が深刻である。多くの作業が炎天下や急斜面等の過酷な労働環境であるため、ロボットを活用した省力化、省人化技術のニーズが高まっている。他方、世界では今後人口の増加とともに地球温暖化、干ばつ、砂漠化など地球環境の過酷化が進行する中で、農林水産業において人に代わるロボットが必要不可欠との認識である。本研究開発領域では農林水産ロボット、特に最も技術開発が進んでいる農業を中心にその最新の技術動向とともに今後の発展方向について述べる。

⑪ ロボティクスと社会

近年の人工知能やロボット技術の進展に伴い、社会におけるロボットの役割を明確に意識したロボットの設計論が望まれる。本稿では、これらの課題を扱う上で、最初に、ロボティクスをさまざまな学問分野が

ら構成されるtrans-disciplinary（超域）として再考する。次に、人と相互作用するロボットの設計論の哲学的背景を概観する。そして、社会における自律性の意味を問いなおし、共生社会における倫理のあり方を議論する。最後に法制度の面から社会制度改革への提言につなげる。

2.2

俯瞰区分と研究開発領域 ロボティクス