【ムーンショット目標３】

「2050 年までに、AI とロボットの共進化により、自ら学習･行動し人と共生するロボットを実現」

研究開発構想

令和２年２月
文 部 科 学 省

１．ムーンショット目標

文部科学省は、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）を研究推進法人として、ムーンショット目標（令和２年１月 23 日総合科学技術・イノベーション会議決定）のうち、以下の目標の達成に向けて研究開発に取り組む。

＜ムーンショット目標＞
「2050 年までに、AI とロボットの共進化により、自ら学習･行動し人と共生するロボットを実現」

- 2050 年までに、人が違和感を持たない、人と同等以上な身体能力をもち、人生に寄り添って一緒に成長する AI ロボットを開発する。
- 2030 年までに、一定のルールの下で一緒に行動して 90%以上の人が違和感を持たない AI ロボットを開発する。

- 2050 年までに、自然科学の領域において、自ら思考・行動し、自動的に科学的原理・解法の発見を目指す AI ロボットシステムを開発する。
- 2030 年までに、特定の問題に対して自動的に科学的原理・解法の発見を目指す AI ロボットを開発する。

- 2050 年までに、人が活動することが難しい環境で、自律的に判断し、自ら活動し成長する AI ロボットを開発する。
- 2030 年までに、特定の状況において人の監督の下で自律的に動作する AI ロボットを開発する。

２．研究開発の方向性

ムーンショット国際シンポジウム（令和元年 12 月 17、18 日開催）での議論を踏まえ、現時点での研究開発の方向性を以下のとおりとする。

（１）挑戦的研究開発を推進すべき分野・領域

少子高齢化が進展する中で、危険な現場や人手不足の現場における労働、人類のフロンティア開発、生活のサポートなど、社会のあらゆる場面においてロボットを活用できるようにすることが重要であり、そのためには、AI とロボットの共進化によって、自ら学習・行動するロボットを実現することが鍵となる。

自ら学習・行動する AI ロボットを実現するためには、ロボットがセンシングにより入力した感覚情報を、AI が情動・注意・共感の情報として受け取り、知識・意図・学習として記憶し、それに従って認識・判断・制御を行い、運動情報を出力することにより、ロボットがアクチュエーションを実行するという、AI とロボットが協調した一連の動作を実現することが必要である。

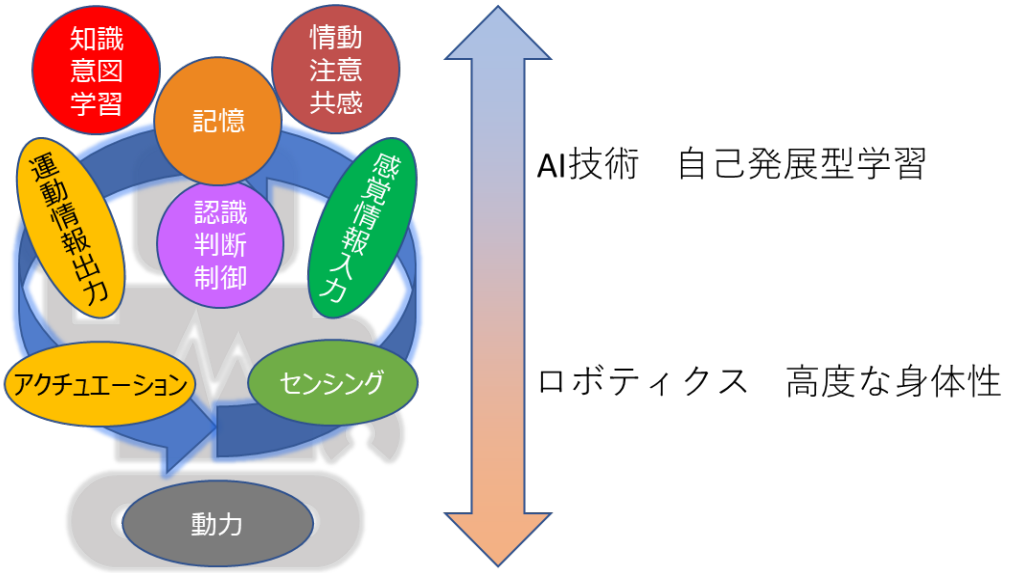


図１．自ら学習・行動する AI ロボット

これを実現するためには、図２に示すような技術要素を研究開発しつつ融合し、共進化させていく必要がある。これらが推進すべき挑戦的な研究開発の分野・領域である。

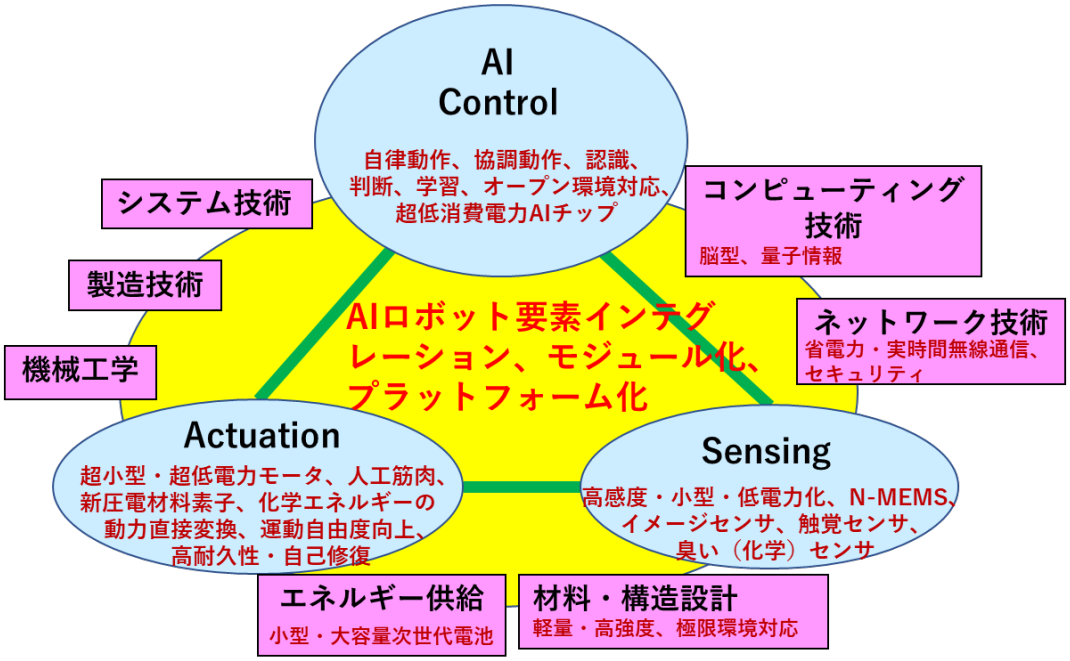


図２．自ら学習・行動する AI ロボットの実現に必要な研究開発の主な分野・領域

（２）目標達成に当たっての研究課題

ムーンショット型研究開発プログラムにおいては、図２に示す通り推進すべき挑戦的な研究開発の分野・領域を定め、ムーンショット目標である、自ら学習・行動する AI ロボットの実現に貢献する挑戦的な研究開発を進める。なお、最も効率的かつ効果的な手段を取り得るよう、最新の科学的動向を調査し研究開発の推進に活かす。

具体的には、以下のような研究開発を推進する。

①人が生活の中で違和感なく接することができ、自ら学習・行動し成長することにより、個々に最適なサポートを提供し、人の QOL の向上を行うことが可能となる AI ロボットの開発が想定される。

②今まで人が行っていた実験や作業を代替し、膨大な可能性を非常に速く探索・選択することで、自律的に科学的原理・解法を発見する AI ロボットシステムの開発が想定される。なお、ここで開発される AI 技術については、①や③の AI ロボットの実現にも活用できるものとする。

③人が活動するには危険な場所（宇宙、災害現場、高所、深海等）や今後人手が足りなくなる場所（建設業や農林水産業の現場等）等で、人の代わりに仕事を行う AI ロボットの開発が想定される。

①～③のいずれも AI とロボットの融合・共進化を志向した研究開発であり、基盤的な AI 技術、ロボット技術等の研究開発については十分に連携しながら進めることとする。

なお、様々な知見やアイデアを採り入れ、ステージゲートを設けて評価をしながら、目標の達成に向けた研究開発を推進することとする。

また、研究成果を円滑に社会実装する観点から、倫理的・法制度的・社会的課題について様々な分野の研究者が参画できるような体制を検討することとする。

（３）目標達成に向けた研究開発の方向性

○ 2030 年

①一定のルールの下で一緒に行動して 90%以上の人が違和感を持たない AI ロボットを開発する。

②特定の問題に対して自動的に科学的原理・解法の発見を目指す AI ロボットを開発する。

③特定の状況において人の監督の下で自律的に動作する AI ロボットを開発する。

○ 2050 年

①人が違和感を持たない、人と同等以上な身体能力をもち、人生に寄り添って一緒に成長する AI ロボットを開発する。

②自然科学の領域において、自ら思考・行動し、自動的に科学的原理・解法の発見を目指す AI ロボットシステムを開発する。

③人が活動することが難しい環境で、自律的に判断し、自ら活動し成長する AI ロボットを開発する。

2050 年までに自ら学習・行動し成長するロボットを実現するためには、技術要素を開発しつつ、それらの融合・共進化を経て、モジュール化・システム化を達成することが必要となる。これらを迅速に達成するためには、サービスの現場や産業界が必要とするロボット技術やロボット機能の要求に対し、それらを実現するために有望と考えられる技術要素を集め、それらを融合・共進化するための研究開発を推進し、その機能性を確認するプラットフォームを構築することが有効と考えられる。図３に、本研究開発構想の実現によりムーンショット目標

の達成を目指すための研究開発の進め方を示す。

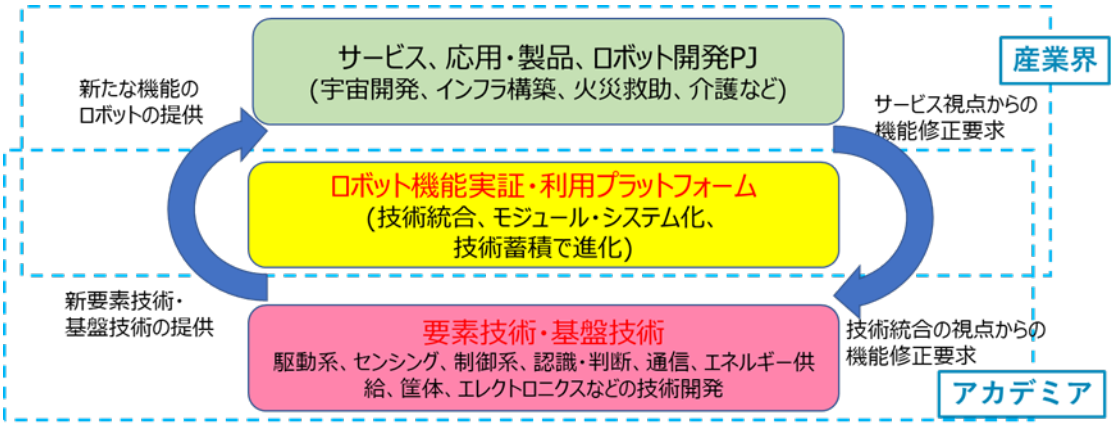


図３．自ら学習・行動する AI ロボットの実現に向けた研究開発の進め方

＜参考：目標達成に向けた分析＞

ムーンショット国際シンポジウムの Initiative Report において分析された内容を、要約して以下に示す。

（１）目標に関連する分野・技術群の構造

図４において、自ら学習・行動する AI ロボットの実現に関連する技術群を示した。本目標においては、必要な技術要素の研究開発を行うとともに、それらを統合して利活用する必要があり、挑戦的な研究開発が求められる。

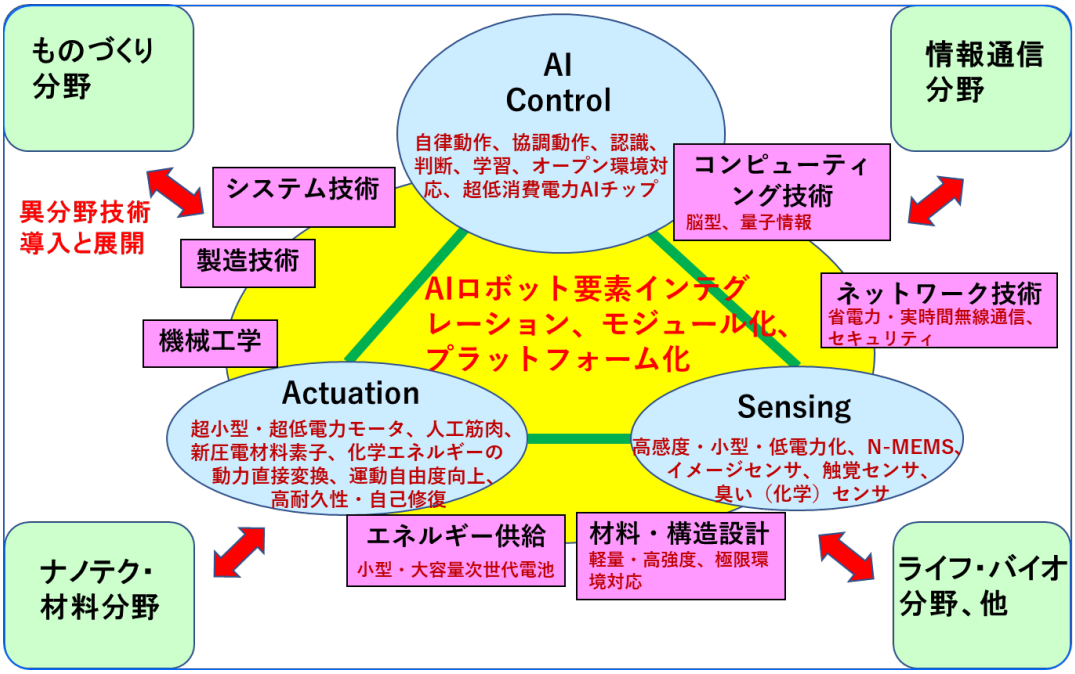


図４．自ら学習・行動する AI ロボットに関連する主な分野・技術群の構造

（２）関連する研究開発の動向

図５に、AI 技術とロボット技術の進展を示す。

第 1 次 AI ブーム（1950 年代後半から 1960 年代）に AI に関わる基礎的概念が提案され、AI が新しい学問分野として立ち上がった。第 2 次 AI ブーム（1980 年代）では、人手で辞書・ルールを構築・活用するアプローチが主流となり、エキスパートシステム、指紋・文字認識、辞書・ルールベース自然言語処理等（カナ漢字変換等）が実用化された。現在は第 3 次の AI ブームを迎え、インターネットやコンピューティングパワーの拡大を背景として、一部のタスクでは人間に追いつき／上回る性能を示し、様々な AI 応用システムとして社会に普及し始めている。また、センサー、IoT（Internet of Things）デバイスの高度化と普及によって、様々な場面で実世界ビッグデータが得られるようになった。このような実世界ビックデータの収集・解析技術は、実世界で起きる現象・活動の状況を

精緻かつリアルタイムに把握・予測するための技術としても期待される。

ロボット技術は、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、画像認識や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てきた。また人間や動物の運動能力を模倣するロボットも登場し、1990 年代になると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 年代に入ってロボットの適用は更に広がり、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 年代には一段と進歩した AI を搭載し自らの行動を判断、決定し動作する家庭用ロボットや人型ロボットなどの知能ロボットが、人間と知的なインタラクションが可能なパートナーとなる存在として期待が高まっている。

ムーンショット型研究開発プログラムでは、2050 年に向けて、AI 技術とロボット技術との融合・共進化のための研究開発を推進し、ムーンショット目標の達成を目指す。

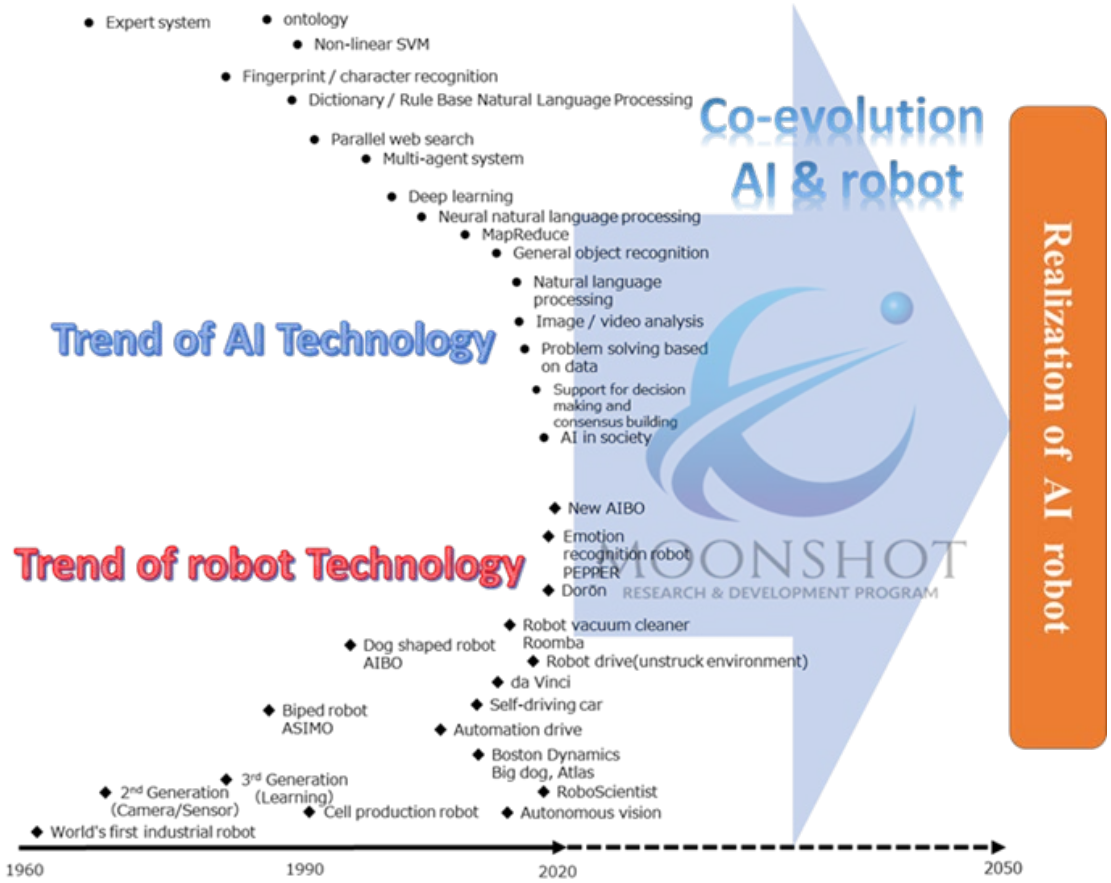


図５．AI 及びロボットに関する技術動向

（出典）JST CRDS 研究開発の俯瞰報告書 システム・情報科学技術分野（2019 年）を元に作成

（３）日本の強み、海外の動向

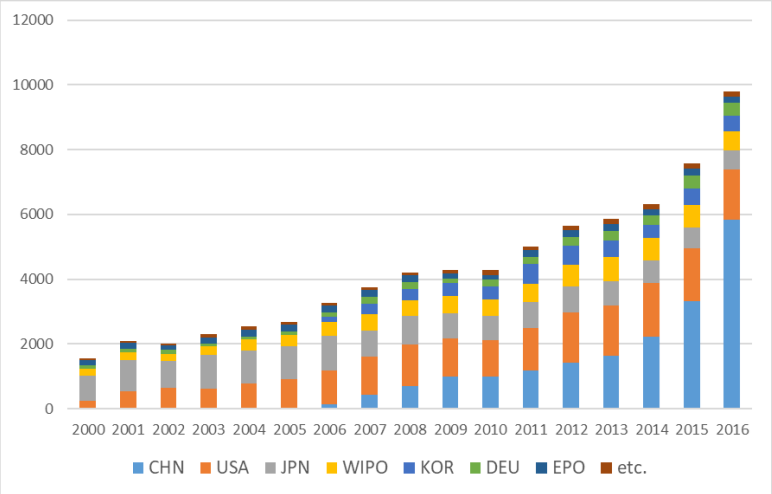
① 特許出願、論文発表の動向

図６に、AI 技術とロボット技術の両技術が含まれる国別特許出願数を示す。

出願数は世界的に 2000 年以降増え続けているが、2015 年と 2016 年の出願数を見ると、2014 年までに比べて増加率が上がっている。

このことから、産業界では、この分野が注目されていることがうかがえる。

近年日本の出願数は減少しているが、特許出願の総数は、中国、米国に次いで日本は第３位となっており、依然日本のこの分野での産業競争力は高いと考えられる。



RANK	Country / Institution	Number
1	CHN	18,956
2	USA	18,721
3	JPN	14,255
4	WIPO	8,022
5	KOR	4,775
6	DEU	3,398
7	EPO	3,207

2000年から2016年の累計数

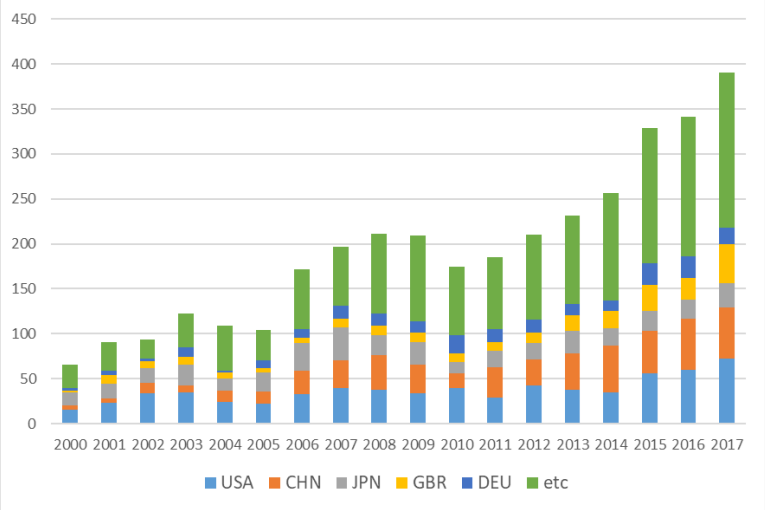
図６．国別特許出願数

（出典）Derwent Innovation™ での検索結果を元に NEDO TSC 作成（2018 年）

図７に AI 技術とロボット技術との両技術が含まれる論文発表動向を示す。論文数は 2007 年以降で、一旦論文数は減少したものの、2010 年以降は増加している。

知的財産権と同様に、この分野が科学コミュニティにおいても注目されている分野であることがうかがえる。

国別に見ると、特許出願数と同様に日本の累積数は第３位となっている。



RANK	Country / Institution	Number
1	USA	670
2	CHN	513
3	JPN	384
4	GBR	240
5	DEU	221

2000年から2017年の累計数

図７．国別論文発表数

（出典）Web of Science™ での検索結果を元に NEDO TSC 作成（2018 年）

論文数、特許出願数ともに、AI ロボットの分野では増加しており、世界的に注目されている分野の一つであるといえる。

② 要素技術の国際比較

AI・ロボットを構成する要素技術の現時点での国際比較を表１に示す。

米国は、基礎研究、応用研究開発とも全般的に優位が顕著である。AI を中心にした産業界と DARPA、NSF など大型な研究開発投資を受けられる研究者層が厚いためと思われる。

また、欧州は、局所的にではあるが基礎研究が強い。米国のような巨大 IT 企業が不在なため応用研究開発が弱い。

近年、中国の伸びが著しく、これは、中国政府の国策による研究開発投資と国内の巨大 IT 産業が、米国への留学生を活用して、基礎研究と応用研究開発の双方に地道に力をつけていることが背景にある。

一方、日本は AI による技術革新に遅れ気味である。しかし、この表にはないが、特に産業用ロボットの分野におけるシステム化や、製品化時にこれらの技術を、相互に微妙な調整を行うことで、本来の性能を発揮させる、いわゆるすり合わせの技術で圧倒的な競争力を誇っている。

表１．AI 及びロボットに関する技術動向

		センシング	感覚情報入力 情動・注意・共感		知識・意図・学習		認識・判断 運動情報出力		制御	アクチュエーション・動力
国	フェーズ	MEMS	画像・ 映像解析	自然言語 処理	機械学習	データに基づく問題解決	生物規範型ロボティクス	意思決定・ 合意形成支援	システム化技術*	ロボット基盤技術
日本	基礎研究	○→	○↗	○→	○↗	○→	△↗	○↗	◎→	○→
	応用研究・開発	○→	◎→	○↗	○↗	○↗	△→	○↗	○↗	○→
米国	基礎研究	◎→	◎→	◎→	◎↗	◎→	△↗	◎↗	◎→	◎↗
	応用研究・開発	◎↗	◎↗	◎↗	◎↗	◎↗	○↗	◎↗	◎↗	◎→
欧州	基礎研究	○→	◎↗	○→	○→	○→	○↗	◎↗	◎→	○→
	応用研究・開発	◎↗	○↗	○→	○↗	○→	○↗	◎↗	○→	○→
中国	基礎研究	○↗	○↗	◎↗	○↗	○→	△→	○↗	○↗	△→
	応用研究・開発	○↗	◎↗	◎↗	◎↗	◎↗	○↗	△→	○↗	△→

（出典）CRDS 研究開発の俯瞰報告書 システム・情報科学技術分野（2019 年）

（註 1）フェーズ　基礎研究フェーズ　：大学・国研などでの基礎研究の範囲
応用研究・開発フェーズ　：技術開発（プロトタイプの開発含む）の範囲

（註 2）現状　※我が国の現状を基準にした相対評価ではなく、絶対評価である。
◎：特に顕著な活動・成果が見えている、○：顕著な活動・成果が見えている、
△：顕著な活動・成果が見えていない、×：活動・成果が見えていない

（註 3）トレンド　↗：上昇傾向、　→：現状維持、　↘：下降傾向