【ムーンショット目標１】

「2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現」
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、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現」

〇誰もが多様な社会活動に参画できるサイバネティック・アバター[1]基盤

- 2050 年までに、複数の人が遠隔操作する多数のアバターとロボットを組み合わせることによって、大規模で複雑なタスクを実行するための技術を開発し、その運用等に必要な基盤を構築する。
- 2030 年までに、1 つのタスクに対して、1 人で 10 体以上のアバターを、アバター1 体の場合と同等の速度、精度で操作できる技術を開発し、その運用等に必要な基盤を構築する。

〇サイバネティック・アバター生活

- 2050 年までに、望む人は誰でも身体的能力、認知能力及び知覚能力をトップレベルまで拡張できる技術を開発し、社会通念を踏まえた新しい生活様式を普及させる。
- 2030 年までに、望む人は誰でも特定のタスクに対して、身体的能力、認知能力及び知覚能力を拡張できる技術を開発し、社会通念を踏まえた新しい生活様式を提案する。

[1]サイバネティック・アバターは、身代わりとしてのロボットや 3D 映像等を示すアバターに加えて、人の身体的能力、認知能力及び知覚能力を拡張する ICT 技術やロボット技術を含む概念。Society 5.0 時代のサイバー・フィジカル空間で自由自在に活躍するものを目指している。

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

少子高齢化が進展し労働力不足が懸念される中で、介護や育児をする必要がある人や高齢者など、様々な背景や価値観を有する人々が、自らのライフスタイルに応じて多様な活動に参画できるようにすることが重要であり、そのためには、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現することが鍵となる。

人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現するため、図１に示すように、サイバネティック・アバター基盤とサイバネティック・アバター生活の実現を目指し、サイボーグやアバターとして知られる一連の技術を高度に活用した、人の身体的能力、認知能力及び知覚能力を拡張するための技術の研究開発を推進していく。これらを推進すべき挑戦的な研究開発の分野・領域とする。

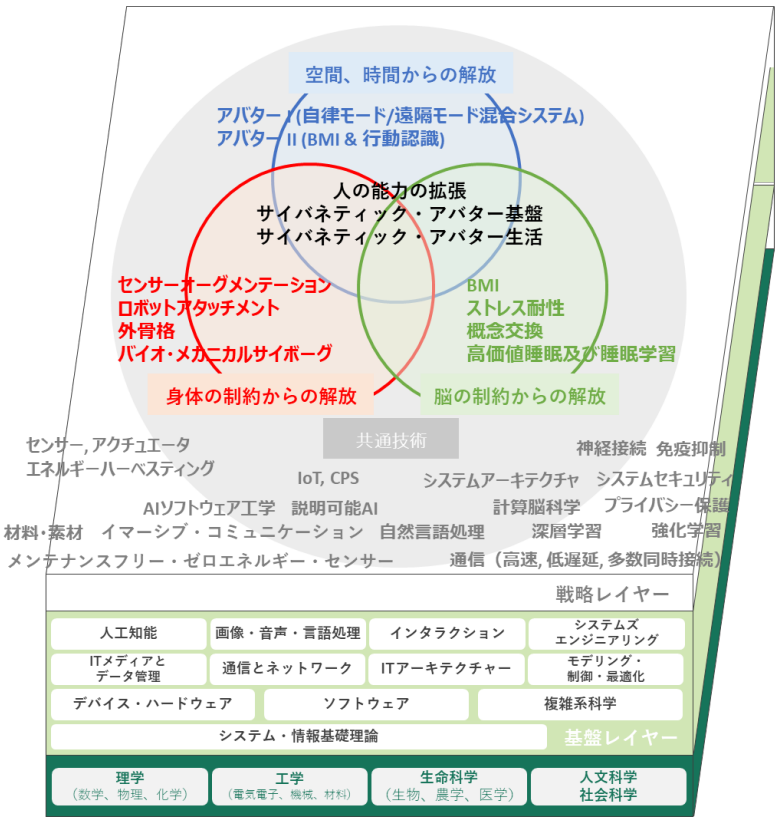

図１．人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会の実現に必要な研究開発の主な分野・領域

（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１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、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会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に活かす。

具体的には、以下のような研究開発を推進する。

＜誰もが多様な社会活動に参画できるサイバネティック・アバター基盤＞

社会の至る所に配備され、遠隔操作により様々な仕事を行うことが可能となるようなアバターやその運用等に必要な基盤を実現するための研究開発が想定される。

＜サイバネティック・アバター生活＞

身体的能力、認知能力及び知覚能力をトップレベルまで拡張できるような技術を実現するための研究開発が想定される。

サイバネティック・アバター基盤とサイバネティック・アバター生活の実現に必要な研究開発については共通するものが多いことから、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

＜誰もが多様な社会活動に参画できるサイバネティック・アバター基盤＞

1 つのタスクに対して、1 人で 10 体以上のアバターを、アバター1 体の場合と同等の速度、精度で操作できる技術を開発し、その運用等に必要な基盤を構築する。

＜サイバネティック・アバター生活＞

望む人は誰でも特定のタスクに対して、身体的能力、認知能力及び知覚能力を拡張できる技術を開発し、社会通念を踏まえた新しい生活様式を提案する。

○ 2050 年

＜誰もが多様な社会活動に参画できるサイバネティック・アバター基盤＞

複数の人が遠隔操作する多数のアバターとロボットを組み合わせることによって、大規模で複雑なタスクを実行するための技術を開発し、その運用等に必要な基盤を構築する。

＜サイバネティック・アバター生活＞

望む人は誰でも身体的能力、認知能力及び知覚能力をトップレベルまで拡張できる技術を開発し、社会通念を踏まえた新しい生活様式を普及させる。

2050 年までに人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現するためには、サイバネティック・アバター基盤とサイバネティック・アバター生活の実現が必要である。

サイバネティック・アバター基盤については、例えば、まず 1 人で複数のアバターを操作して 1 つのタスクを処理する技術を確立した上で、複数人が同時に操作できるアバターの数を増やすとともに、同時に複数のタスクを処理できるようにすることで、最終的には複数の人が多数のアバターを同時に操作して複数のタスクを処理できるようにする必要がある。このため、2030 年時点における目標を、1 つのタスクに対して、1 人で 10 体以上のアバターを、アバター 1 体の場合と同等の速度、精度で操作できる技術を開発し、その運用等に必要な基盤を構築することとする。

サイバネティック・アバター生活については、例えば、まず特定のタスクに対して身体的能力、認知能力及び知覚能力を拡張できる技術を開発した上で、最終的には身体的能力、認知能力及び知覚能力を選んだ分野のトップレベルまで拡張できる技術を開発する必要がある。このため、2030 年時点における目標を、特定のタスクに対して、身体的能力、認知能力及び知覚能力を拡張できる技術を開発することとする。

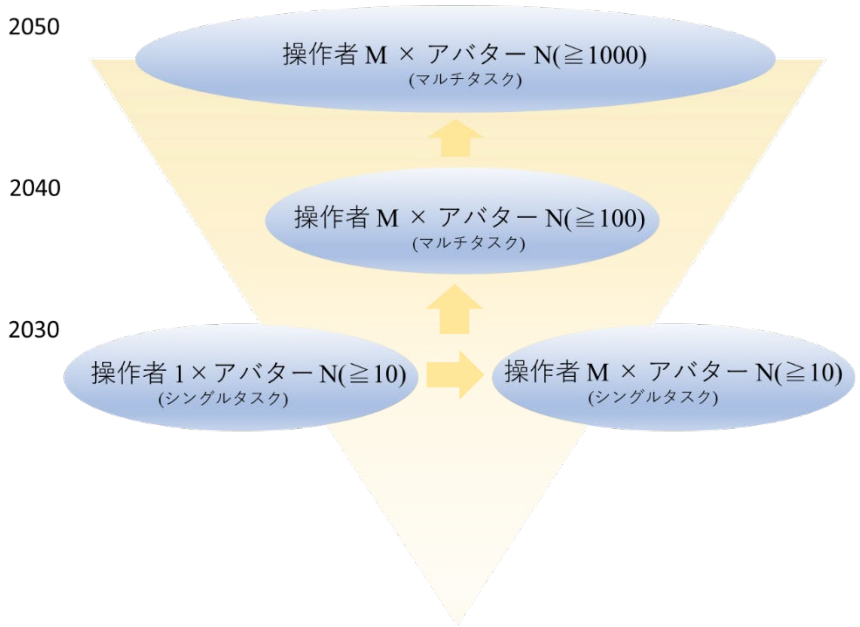

図２．サイバネティック・アバター基盤の実現に向けた研究開発の進め方の例

＜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３は、サイバネティック・アバター基盤及びサイバネティック・アバター生活を実現するために必要な要素技術を、「身体の制約からの解放」、「脳の制約からの解放」、「空間、時間の制約からの解放」に分類して示したものである。このように、材料、ロボティクス、人工知能、ライフサイエンス等の様々な研究分野において必要な技術要素の研究開発を行うとともに、それらを統合する必要があり、挑戦的な研究開発が求められる。

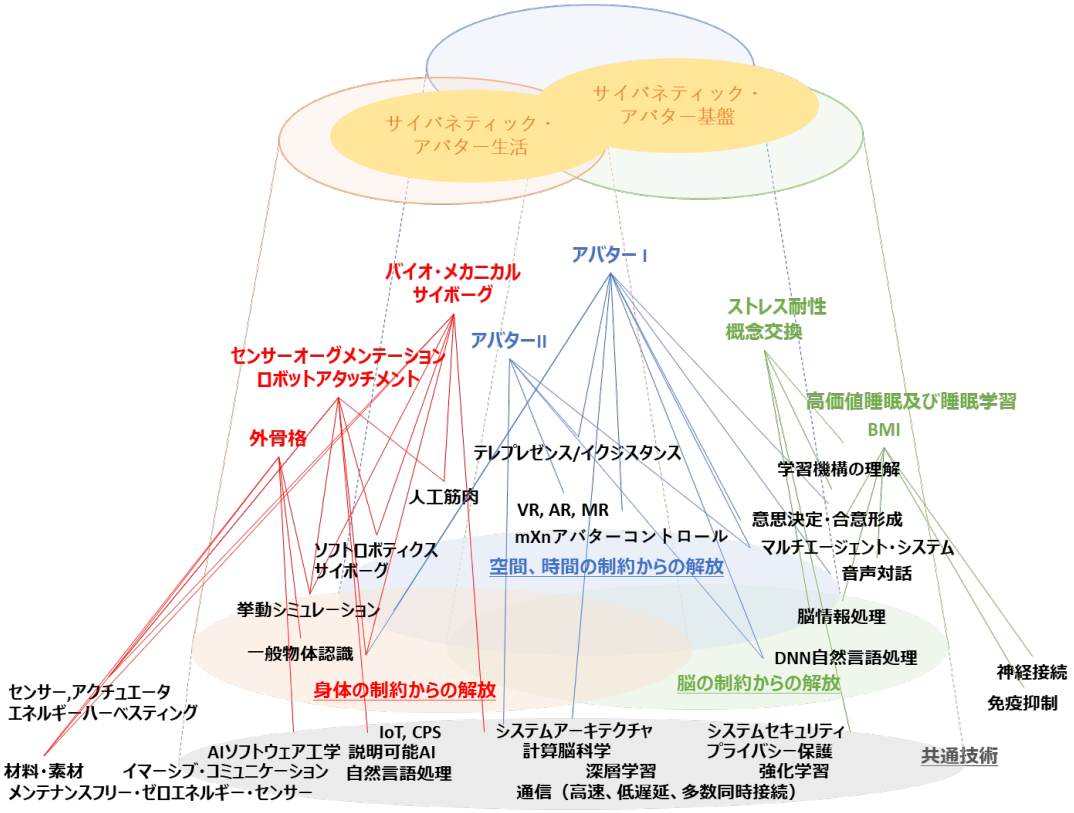

図３．サイバネティック・アバター基盤、サイバネティック・アバター生活に関連する主な分野・技術群の構造

（２）関連する研究開発の動向

関連する技術の動向を図４に示す。これらの技術は、人の計算能力や記憶力を補助し、空間や時間の壁を越え、人の身体を補うために発明され、開発されてきた。

こうした基本的かつ汎用的な共通技術をベースに、身体、脳、空間、時間の制約を軽減し、あるいはそれらの能力を更に拡張・強化するための応用技術と、それらを利用したシステムやサービスが社会に提供されてきた。

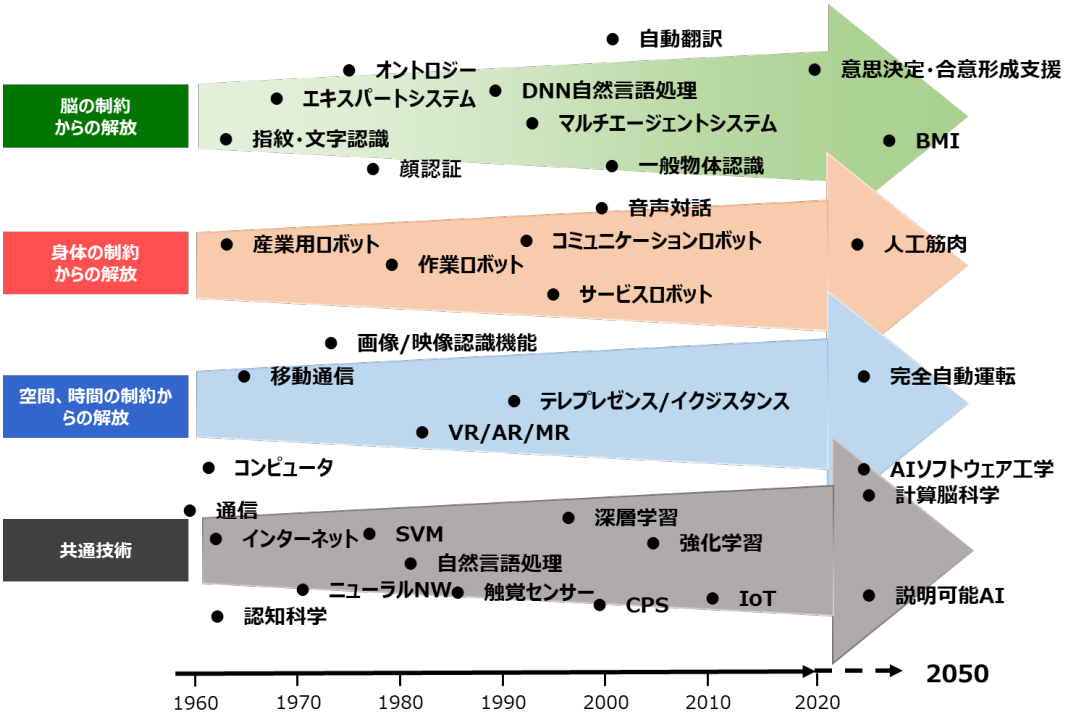

図４．これまでの関連する研究開発の動向

人の能力を拡張し、身体、脳、空間、時間の制約から人を解放するという観点からは、計算脳科学や機械学習の新理論が特に重要であり、それらの理論に裏付けされた新しい応用の開発が必須である。また、人との関わりが非常に強いため、社会との関係、意志決定・合意形成、人工知能の安全性などにも注意を払う必要がある。

さらには、同様の観点からは、生活支援・福祉・医療ロボットも重要である。これまで我が国が最先端を走ってきた工業用ロボットとは異なり、これら人を相手にするサービスロボットには、優しさや柔らかさ、臨機応変さなど新たな特性を持たせなければならない。そのためにも、ソフトロボティクスや、生物規範型ロボティクスなどの基礎的な研究領域が重要である。

（３）日本の強み、海外の動向

図５に、人の能力拡張に関する国際会議である Augmented Human International Conference における国別発表数の年次推移を示す。

我が国は高い存在感を示しており、我が国において研究コミュニティが形成、充実されつつあることが見て取れる。

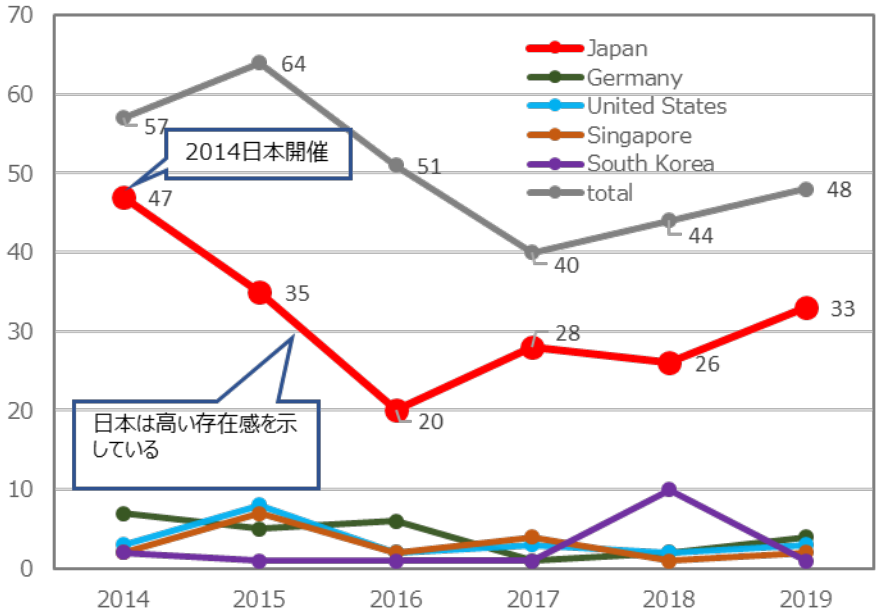

図５．Augmented Human International Conference における国別発表数
（出典）エルゼビア Scopus カスタムデータを元に JST 作成
※国際共同発表については重複カウントしている。

図６に、人の能力拡張技術に関連する個別の要素技術をキーワードとして、世界全体の文献数（国際会議 Proceedings の発表数）を横軸に、そのうちの日本のシェアを縦軸にプロットし、日本の強み弱みを抽出した。特に、点線で囲んだ分野は、日本の強みが見られる５つの分野を示している。我が国は、国際的な科学賞を受賞するなど研究の質においても世界をリードしている。これらの要素技術はムーンショット目標達成の重要な基盤であると考えられる。

図７は、人の能力拡張において重要な要素技術になると考えられる BMI を加えた合計６分野について、各国（各要素技術における発表数上位４か国）発表件数の年次推移をグラフにまとめたものである。

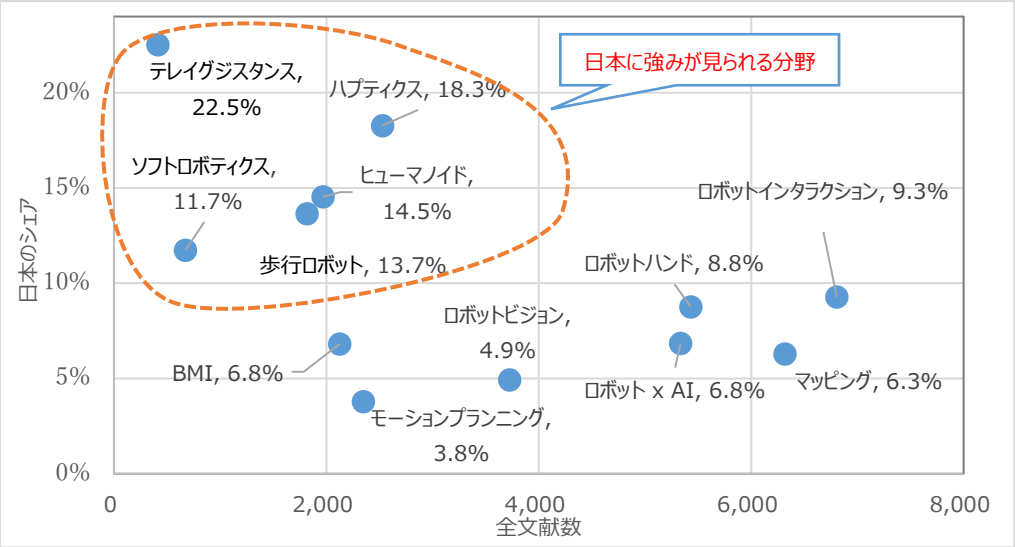

図６．人の能力拡張関係キーワードごとの全文献数と日本のシェア(2016-2018)

（出典）エルゼビア Scopus カスタムデータを元に JST 作成

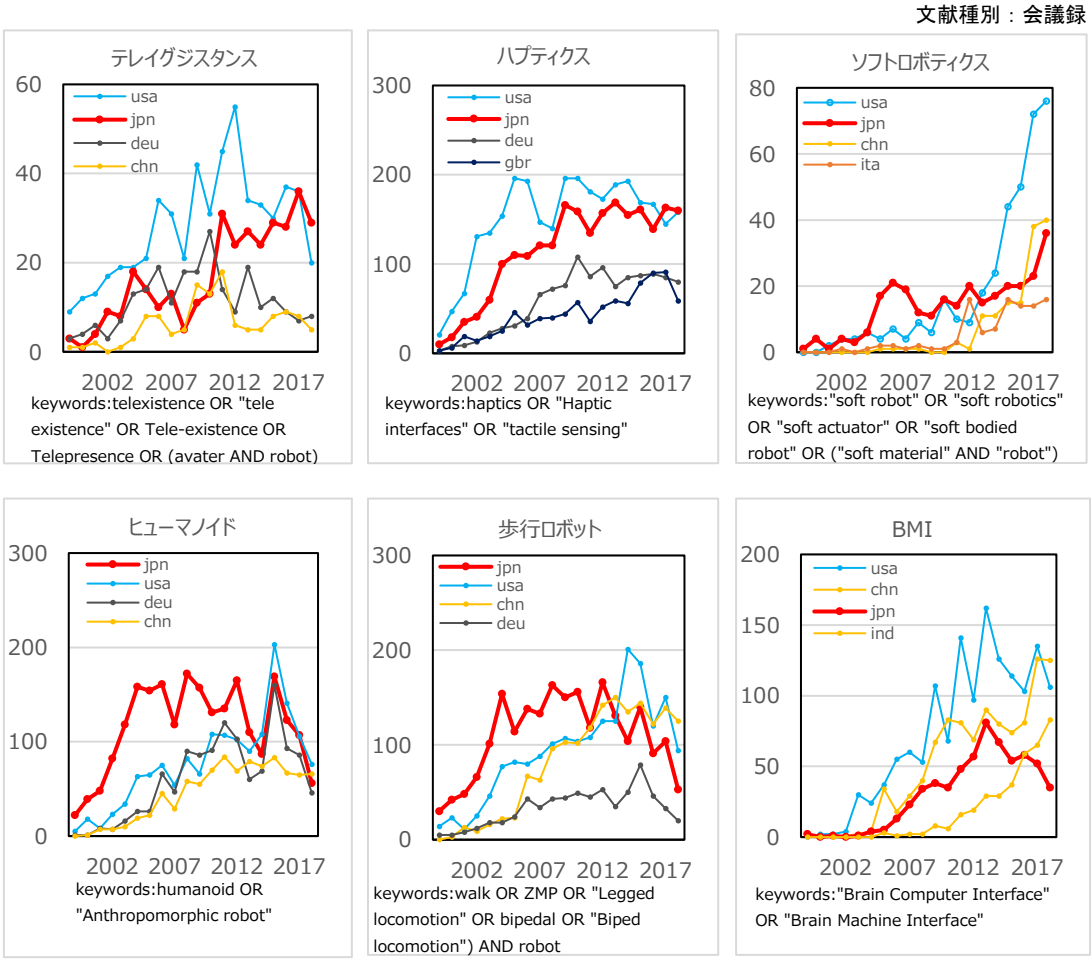

図７．人の能力拡張関係キーワードごとの文献動向

（出典）エルゼビア Scopus カスタムデータを元に JST 作成

表１は、CRDS 研究開発の俯瞰報告書より、関連する技術分野の国際比較をまとめたものである。BMI の基盤となる「計算脳科学」について、我が国は基礎研究において強みを発揮している。DecNef 法、京による全脳シミュレーション等、脳情報処理を計測･理解するための基本的手法の創出を主導してきた。国として脳科学の基礎研究プロジェクトを多階層で推進し、Brain/MINDS 等、国際的にも認知されている。

「生活支援ロボット」は、以前から我が国の強みであったロボット技術に、人との共生に向けた人間行動の適切な理解や適切な介入といったインタラクション技術が有機的に連携する必要がある分野である。

対人親和性の向上、新材料を用いたロボット要素技術の開発などの基礎研究において、我が国は強みを発揮している。

「ソフトロボティクス」は、将来のテレイグジスタンスロボットが、人と同等以上の多自由度、柔軟性を有し、人と生活空間を共有するための基盤技術として重要である。2014 年創刊の Softrobotics 誌がロボット関連誌でトップのインパクトファクターを示すとともに、国際会議 IEEE RoboSoft が 2018 年に発足し、世界的に当該分野は急速に発展しつつある。

我が国は、2000 年代には先駆的な研究例があるにも関わらず、現状では米国や欧州の急速な研究の拡大に十分追随できていない状態にあるが、2017 年に日本ロボット学会　ソフトロボティクス研究専門委員会が設立され、科研費新学術領域「ソフトロボット学」(2018～2022)が発足するなど、今後研究が加速するものと期待される。

表１．関連する技術分野の国際比較

	国･地域	日本		米国		欧州		中国	
	フェーズ	基礎研究	応用研究･開発	基礎研究	応用研究･開発	基礎研究	応用研究･開発	基礎研究	応用研究･開発
計算脳科学	現状	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	○
	トレンド	→	→	→	→	→	→	↗	↗
生活支援ロボット	現状	◎	○	○	◎	◎	◎	△	○
	トレンド	↗	↗	→	↗	↗	↗	↗	↗
ソフトロボティクス	現状	○	○	◎	◎	○	○	△	×
	トレンド	→	→	↗	→	→	→	→	→

（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）

（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