

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）

**人協調型ロボティクスの拡大に向けた
基盤技術・ルールの整備**

社会実装に向けた戦略及び研究開発計画（案）

令和5年1月26日

**内閣府
科学技術・イノベーション推進事務局**

目次

I. Society5.0における将来像	3
II. 社会実装に向けた戦略	5
1. ミッション	5
2. 現状と問題点	5
3. ミッション到達に向けた5つの視点での取組とシナリオ	6
(1) 5つの視点での取組	6
(2) ミッション到達に向けたシナリオ	9
4. SIPでの取組(サブ課題)	11
(1) 背景(グローバルベンチマーク等)	11
(2) 社会実装に向けたSIP期間中の達成目標	12
(3) ステージゲート等による機動的・総合的な見直しの方針	12
(4) SIP後の事業戦略(エグジット戦略)	13
5. 5つの視点でのロードマップと成熟度レベル	16
(1) ロードマップ	16
(2) 本課題における成熟度レベルの整理	17
6. 対外的発信・国際的発信と連携	20
III. 研究開発計画	21
1. 研究開発に係る全体構成	21
2. 研究開発に係る実施方針	22
(1) 基本方針	22
(2) 知財戦略	22
(3) データ戦略	22
(4) 国際標準戦略	23
(5) ルール形成	23
(6) 知財戦略等に係る実施体制	23
(7) その他	25
3. 個別の研究開発テーマ	26
(1) (研究開発名:人・AIロボット・情報系のHCPS融合技術のシステム化基礎技術開発)	27
(2) (研究開発名:人協調ロボティクスにおける環境認知系基盤技術開発)	30
(3) (研究開発名:人協調ロボティクスの移動系基盤技術開発)	32
(4) (研究開発名:人協調ロボティクスにおけるHCPS要素技術研究開発)	34
(5) (研究開発名:人協調ロボティクスのスマホアプリ・データ連携系基盤技術開発)	35
(6) (研究開発名:超高齢社会における世代を超えた人々が直面する社会課題の解決に向けたHCPS融合人協調ロボティクスの社会実装技術開発)	37
(7) (研究開発名:住宅・ビル等の人協調ロボティクスの社会実装技術開発)	41
(8) (研究開発名:生活空間での人協調ロボティクスの円滑な導入・活用・メンテサービスの社会実装技術開発)	43

(本文)

I. Society5.0における将来像

世界に類を見ない超高齢社会にある我が国の社会課題への対策は急務となっている。日本においては高齢者人口割合の増加と労働人口割合の低下が進んでおり、2025年には高齢化率30%に達すると予想されている。それに伴い、激増する高齢者や子育てなどによる生活の自由度の低下、高齢化による自立度の低下など生活における諸問題が深刻化すると考えられる。これら将来の問題を見据え、我が国では外国人労働者の雇用や各種サービスの拡充などの対策に取り組んでいるが、継続的な労働者の確保や、広域にわたる充実したサービス提供の継続等、難易度の高い課題が懸念されている。

このような状況下で、高齢者・弱者の支援や子育てなどにより生活スタイルや働き方が多様化していく中で、世代を超えた人々の自立度・自由度を高め、生活（職場を含む）における諸問題を解決できる安心安全な社会の実現が求められている。

上記の社会課題も踏まえ、Society5.0は、サイバー空間とフィジカル（現実）空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（内閣府 HP）の実現を目指している。これまでの情報社会（Society 4.0）では分野横断的な連携が不十分であるという問題があり、労働や行動範囲に年齢や障がいなどによる制約があること、少子高齢化や地方の過疎化などの課題に対して十分に対応することが困難であること等の課題があった。これに対しSociety 5.0では、IoTやAI、ロボットや自動走行車などの技術を活用してこれらの課題や困難を克服することで、希望の持てる社会、世代を超えて互いに尊重し合あえる社会、一人一人が快適で活躍できる社会を目指している。

当該SIP課題は、HCPS融合人協調ロボティクス（「人」＋「サイバー・フィジカル空間」融合人協調ロボティクス、HCPS: Human-Cyber-Physical Space）という新領域の技術開発・社会実装を推進することで、人とテクノロジーが共生・協調して相互に支えあう社会（テクノピアサポート社会）を実現することを目指しており、諸社会課題の解決に貢献し、Society 5.0の実現に大きく貢献するものである。

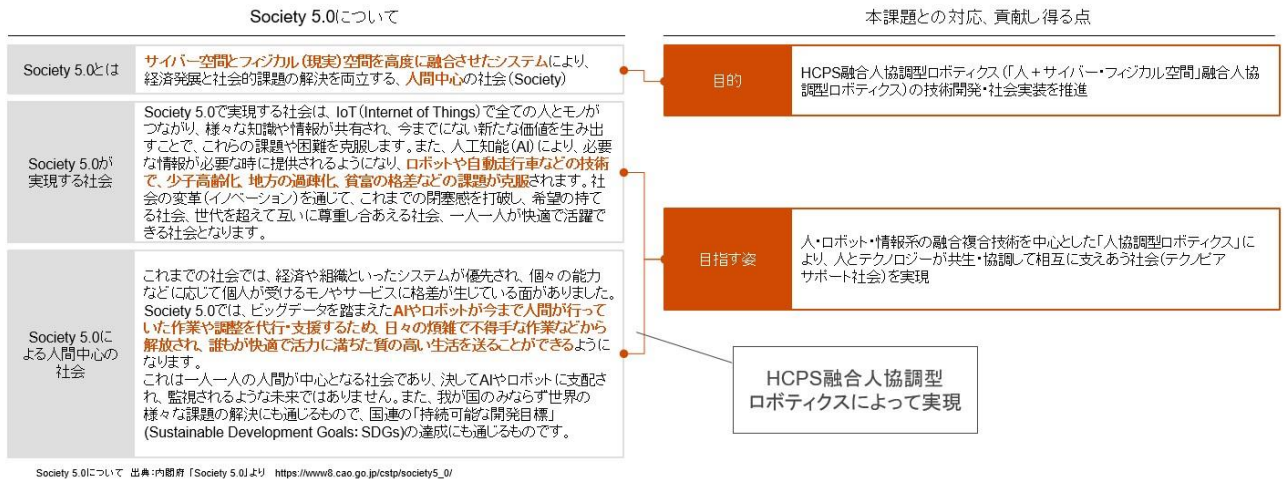
HCPS融合人協調ロボティクスによって、従来は人のみで実施されてきた家事や労働がサイバー・フィジカル空間を通じた人とロボットとの協調で実施されることで、高齢者を抱えたり子育てなどにより生活スタイルや働き方が多様化していく中で、世代を超えた人々の自立度・自由度が高まるとともに、可処分時間を増やすことができ、心身や認知などに問題を抱える人々を含む様々な人々の多様な生き方や働き方を実現できる。

ロボティクスについては、世界各国で開発が推進されている。例えば米国のロボティクスに関するロードマップ“A Roadmap for US Robotics - From Internet to Robotics 2020 Edition”の中では、今後の研究課題として、サイバーフィジカルシステムを含む「アーキテクチャと設計」、「人とロボットの協調」を含む複数の領域が挙げられており、XRを活用したロボットの制御・監視の最新事例および現実世界のデータへのアクセスの必要性についても言及されている。しかし、本課題が目指す統合的な技術領域としてのHCPS融合人協調ロボティクスに関する明確なビジョンは示されていない。同様に、EUやドイツおよび中国など諸外国においても、ロボットに関する国家戦略を掲げていたり、国家戦略の重点領域としてロボティクスおよび周辺技術を挙げていたりするが、HCPS融合人協調ロボティクスに関するビジョンを示すものではない。サイバー・フィジカル空間構築に関しては、特に製造分野において、Horizen2020やIndustry4.0のもと欧州を中心に研究開発が推進されており、その重要性の高さがわかる。これに対し本課題は、人情報や生活空間・環境情報とも連携し、人および生活・労働など人を取り巻く空間全体を取り扱う点で既存の技術とは異なる、新しい技術領域となっている。

このようにHCPS融合人協調ロボティクスは、人・AI・ロボット・情報系の融合技術の中核とする新領域であり、日本の技術は世界を牽引する可能性を持っている。ロボット及びロボット活用システムに関する特許動向調査によると、世界的に出願数は増加傾向にあり、日本にも主要なプレイヤーが存在することが分っている。メタバース及び要素技術に関する特許動向調査によると出願数は飛躍的に増加している。しかしながら、メタバースを含むサイバー・フィジカル空間と、人、ロボットを組み合わせた統合的な技術領域の特許出願数は非常に限られているため、本課題を通じてHCPS融合人協調型ロボティク

スの産業創出を促すことができれば、当該領域において日本が世界をリードできる可能性が高い。また、日本には、体に装着し人と協調するロボティクス技術において国際的にも高い競争力を有するプレイヤーが存在することが特許調査から示されており、人・AI・ロボット・情報系の融合技術の中核とした「人」+「サイバー・フィジカル空間」融合（HCPS 融合）による人協調型ロボティクスが実現できれば、世界に先駆けて我が国が本領域をリードできる土壌がある。

このように、本課題で取り上げる HCPS 融合人協調ロボティクス技術を実現することは、日本における諸社会課題の解決に貢献し Society 5.0 の実現に大きく貢献する。加えて、今後海外の諸先進諸国が直面する超高齢社会の課題解決に貢献する技術として、日本が国際的にリードする産業創生へと展開し得るものである。



図表 I-1. Society5.0 と本課題との対応

「人」+「サイバー・フィジカル空間」を融合し、遠隔であっても人と人/人とロボット/人と仮想空間が一体化された人・AIロボット・情報系の融合空間(サイバニクス空間)を扱うことができる「HCPS融合人協調ロボティクス」で、超高齢社会が直面する様々な社会課題の解決を実現する! HCPS: Human-Cyber-Physical Space



図表 I-2. 目指す出口イメージ

II. 社会実装に向けた戦略

1. ミッション

高齢者・弱者の支援や子育てなどにより生活スタイルや働き方が多様化していく中で、世代を超えた人々の自立度・自由度を高め、生活（職場を含む）における諸問題を解決できる安心安全な社会の実現に向けて、HCPS 融合人協調ロボティクス（「人」＋「サイバー・フィジカル空間」融合人協調ロボティクス）を社会実装することを目的として、当課題全体を一体的に連動させながら取り組む。2025 年度には、ミッション達成に向けて、HCPS 融合人協調ロボティクスに必要な基盤技術の到達度評価及びこの段階での基盤技術のサブ課題の関連技術を連動させたシステム化・運用技術評価など社会実装関連技術の評価を行う。また、当課題のミッションを達成するための取り組みとして、2025 年度までに「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を扱う人協調ロボティクスの推進（人材育成を含む）のための当該領域の開拓（人材育成を含む）を推進する協会（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）を始動させ、全方位的（導入促進ルール、民間保険等の整備を含む）に当課題が力強く推進力を持って機能するよう試み、2027 年度を目処にユースケースに対応したシステムについて海外を含む 10 拠点以上で社会実装・実運用を開始させる。実運用からのフィードバックを通して持続的・発展的経済サイクルの構築に向けたイノベーション創出ループが回っている状態とする。そして、2033 年度頃までには、国内外で 30 拠点以上の事業推進へと発展させ、当該取り組みの垂直展開に加え、他の領域への水平展開（「経済／安全保障」などが複合的に連動）へと拡大させる。このような好循環のスパイラルを経ながら、世界をリードし続ける官民一体の更なる戦略的イノベーションへと繋いでいく。

到達レベルについては、2027 年度中に、TRL：6～7 以上、BRL：6～7 以上、GRL：6 以上、SRL：6 以上、HRL：6 以上 を目指す。

2. 現状と問題点

本課題のような社会課題解決型の取り組みは、一般には政府が実施すべき領域であることが多く、そもそも経済サイクルが成り立ちにくいことが課題の一つである。官民が一体となって、世代を超えた人々が安心安全に生きていくための科学技術イノベーション政策の観点から、社会コストを大幅削減させる当該取り組みが必要となっているが、SIP 以前の縦割りの政策では対応できていない。高齢者・弱者の支援や子育てなどにより生活スタイルや働き方が多様化していく中で、世代を超えた人々を対象とした複合的な課題解決に向けた当該取り組みは、個別省庁では部分的にしか対応できず（図表Ⅱ-1）、省庁連携を特徴とする本 SIP で取り組むことが好ましい。

米国では、ロボティクスに関するロードマップに沿う形で省庁横断型の研究助成プログラムが実施されている。EU では EU Framework Program を策定し、AI やロボティクスを含む科学技術に関して、国を超えた大きな連携がなされている。またドイツではハイテク戦略を策定し、産官学連携や国際連携を推進しており、この中で柱とする行動分野の一つ「ドイツの将来の能力開発」のために「技術基盤」に焦点を当てており、社会実装や応用を見据えた重点化技術の一つとして、ヒューマンマシンインターフェース（HMI）やロボティクスおよび VR 等が挙げられている。「技術基盤」と並列して「専門分野の人材基盤」「社会参加」にも焦点を当て、包括的な取り組みを掲げていることも、特筆すべき点である。さらにデンマーク・オーデンセ市のロボティクス分野の技術クラスター「オーデンセロボティクス」では、産学官が連携して基礎研究から市場参入までの一気通貫支援を行っている。このように諸外国ではロボティクス関連技術について省庁横断・産官学連携による推進が進められており、日本が HCPS 融合を軸として世界をリードするためには官民一体の更なる戦略的イノベーションが必要である。

社会課題を解決しようとする取り組みでは、先進的テクノロジーでミッションを達成し社会実装を推進しようとしても、テクノロジー自体が先進的であるがゆえに市場をゼロから開拓する必要があり、適切な経済サイクルを成立させるためには、国の支援にもとづき社会実装を促進する戦略が必要となる。

目指す未来像	具体例	関連規則と主管組織					
		製造	住居・屋内	道路	医療機関	介護施設	事故発生時
高齢者を抱えたり子育てなどにより生活スタイルや働き方が多様化している中で、出生を助けた人々の自立度・自由度を高め、生活(職場を含む)における諸問題を解決できる安全安心な社会	人協調型生活支援ロボットが、介護の負担軽減や人手不足解消を実現	国際規格ISO 13482 (主管:経済産業省)	介護保険給付 (主管:厚生労働省)	道路交通法における歩行補助具等の基準 (主管:警察庁)	医療保険適用 (主管:厚生労働省)	地域医療介護総合確保基金による介護ロボットの導入支援 (主管:厚生労働省、都道府県)	損害保険の整備 (主管:保険会社)
	人協調型移動ロボットが高齢者等の在宅で快適な外出をサポートし、社会参加を促す	安全基準ガイドライン策定 (主管:AMED)	ロボットとエレベーターが通信連携するための規格、ロボット・エレベーター連携インタフェース定義 (主管:経済産業省)	道路交通法施行規則における電動車椅子の取り扱い (主管:警察庁)			
	人協調型外配送ロボットが運送業の人手不足を解消	医療機器とする場合、薬事承認 (主管:厚生労働省)	ロボットが働きやすい環境に関するガイドライン (主管:ロボットフレンドリー施設推進機構)	一定の大きさ以下の電動セビリティに関する交通ルール (主管:警察庁)			自動車における排他責任所在の明確化 (主管:国土交通省、首相官邸)
	屋内共用部での配送・整備・清掃人協調ロボットが各業務の負担を軽減し、人手不足を解消	住宅基準法 (主管:国土交通省)	高齢社会村地区村町包括補助事業 (主管:区庁町村)	遊園地型小型自動車に関する規則 (主管:経済産業省)			見守り機能への個人賠償責任補償付帯や排他権限付帯 (主管:保険会社)
人協調型みまもりサービスエンジニアメントが高齢者等を安全に守り、家族や介護者の負担を軽減	電波法 (主管:総務省)	消防法 (主管:総務省)	中速で車道を走行する自動配送ロボットに係る制度 (主管:国土交通省)	診療報酬における加算 (主管:厚生労働省)			

図表 II-1. 目指す未来像に対する現状の関連規則及び主管組織

ミッションの達成に向けて、SIP が実施する領域と関連省庁と連携して実施する領域については、「図表 III-2. 5つの視点での取組」(技術開発、事業、制度、社会的受容性、人材の5つの視点)で示すが、現時点で5つの視点から求められていることや問題点について概説する。

技術開発に関しては、安心安全な社会の実現に向けて、人協調ロボティクスの拡大に向け人協調ロボットが担う役割を明確にした上で、それらを実現するための要素技術・システム化技術・基盤技術および社会実装技術の開発が求められている。

事業に関しては、イニシャル/ランニングコストの実証を通して事業性を詳細に検証していく機会の不足、事業モデルの提案と実証を通して明確化する機会の不足、持続的・発展的な経済サイクルの形成ができていないこと、個人の多様性の中で共通ニーズの特定と開拓機会の不足、事業導入のためのコスト高などが考えられる。HCPS におけるサイバー空間で人協調ロボットを活用するためには、リアルとの代替の必然性を開拓できていないこと、持続的なビジネスモデルを構築できていないことなどの課題があり、事業導入のためのコストの検討が必要である。また、相互接続がなされたビジネスモデルが想定されていないこと、ROIが見積もられ、検証されていないこと、実証研究が少ないことがあげられる。

制度に関しては、例えば、適切な労働環境構築を省令や法令でガイドすることで、先進的科学技術の導入が促進されることへと繋がるため、関連する規則やそれぞれの産業分野の商慣習等を分析しルール整備へと繋げていく取り組みが求められている。

社会的受容性に関しては、健康寿命を延ばすことを当然とするような社会意識の不在、個人情報・プライバシーに対する懸念、介護現場の方々やご家族からの機械に対する心理的な抵抗感、ロボット・センサー・データ活用の効果、効能を知らないことによる抵抗感、個人が自分の情報を利用することに関する社会インフラの整備が途上であることなどが考えられる。HCPS 融合の「人」+「サイバー・フィジカル空間」で人協調ロボットを活用するためには、VR グラスなどのデバイスの装着性やファッション性の向上、一部の技術愛好者のみが使うなどのイメージからくる抵抗感の払拭、VR 酔いや目の疲労などの心身への負担軽減が必要である。また、相互接続された状態におけるユーザーの利用ニーズやユーザーにとってのメリットが不明瞭であることなどがあげられる。

人材に関しては、人協調型ロボティクス分野の人材不足、現場オペレーションとロボットが担う役割の最適化を設計できる人材の不足、ロボット活用分野における UX デザイナーの不足などが考えられる。HCPS で人協調ロボットを活用するためには、人協調型ロボティクスを統合的にマネジメントできる人材の不足、サイバー空間の構築やデータサイエンスを行うことのできるエンジニアの不足を解消する必要がある。また、相互の接続性としては、領域横断的な人材交流の機会を創出する必要がある。

3. ミッション到達に向けた5つの視点での取組とシナリオ

(1) 5つの視点での取組

1 技術開発

- ・ 要素技術・基盤技術・社会実装技術の開発（SIP 内で実施）
 - 技術的観点から実現すべき項目を TRL6~7 以上にする

目指すこと：

高齢者を抱えたり子育てなどにより生活スタイルや働き方が多様化していく中で、世代を超えた人々の自立度・自由度を高め、生活（職場を含む）における諸問題を解決できる安心安全な社会の実現

出口イメージ例：

人協調型ロボティクス技術・サービスによって、社会変革・産業変革へ
生活・作業支援系

技術的観点から実現すべきこと：
(これらを基盤技術・社会実装技術に分解・整理して個別研究開発テーマとして実施)

- 1) 環境認知による自動地図生成等により高機能化されたヒトやモノを自動搬送する自律移動ロボット技術
- 2) 住宅内使用も想定したハンド・アーム系ロボット技術
- 3) 情報取得技術
- 4) 生活空間情報取得技術
- 5) 心身の自立度を向上させるロボット技術
- 6) サイバニック化マスター・リモート技術（サイバニクス空間の構築を含む）
- 7) データ連携とクラウド化技術

図表 II-2.技術的観点から実現すべき項目

- ・ 「人」＋「サイバー・フィジカル空間」が融合複合した Society5.0 を実現する人・AI ロボット・情報系の融合技術を中心とした人協調ロボティクス領域の拡大・発展へ（新産業連携体等との取組）
 - 人協調ロボティクスの普及に必要な協会等を始動させ、情報ソケットの共通化等の標準化促進・定期的な連携促進活動

2 事業

- ・ 持続的・発展的経済サイクルを有する事業モデルの提案・解析（SIP 内で実施）
 - イニシャル／ランニングのコストの分析・整理
 - 販売手法の開拓（売り切り、レンタル、インセンティブ等）
 - 導入／メンテナンス／サポート等を含む円滑で持続可能な運営・事業モデル
 - 持続的・発展的経済サイクル
- ・ 想定領域以外でのニーズ開拓（関連省庁・組織等との取組）
 - 関連省庁等との協議を通して、複数の人協調型ロボティクス技術を組み合わせることで、新たなニーズを捉え、持続的なロボティクスサービス事業へと展開。

3 制度

- ・ 持続的な事業体制の構築（SIP 内で実施）
 - 多種のロボットの導入／メンテナンス／サポート等を含む円滑で持続可能な運営・事業体制（協会・協業連携等も活用）の構築
 - 当該システムが機能するために必要となる制度や規制等の整備（導入促進ルール等）
 - 関連ファンド等の活用によるオープンイノベーションの推進
- ・ インフラ連携の在り方（関連省庁・組織等との取組）
 - ロボットが活動する環境（屋外・屋内・エレベータ等）での監督官庁・関連組織との連携
 - 導入促進ルールの制定

4 社会的受容性

- ・ 対象者や関係者の理解と協力（SIP 内で実施）
 - データマネジメントポリシーの明確化、利用者や関係者への利便性・安全性の説明、体験会を通じた理解を通して社会受容性の向上を図る
- ・ 社会での受容性を高める取り組み（SIP 内で実施）
 - 超高齢社会での課題解決のような社会課題解決型の取り組みでは、経済サイクルの中に「導入ルールの整備」など官民連携の取り組みが必要であり、その実現を通して、社会

での受容性を高める

- ・ 社会での受容性を高める取り組み（関連省庁・組織等との取組）
 - 普及に向けた官民の役割の整理、社会課題解決と事業構築の両輪を実現するための仕組みづくり、官民連携等

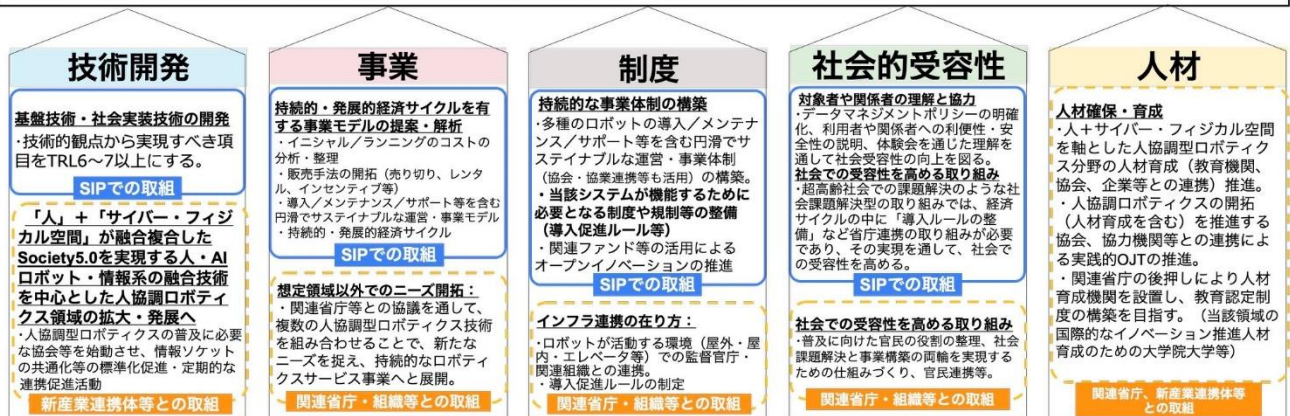
5 人材

- ・ 人材確保・育成（関連省庁・組織等との取組）
 - 人＋サイバー・フィジカル空間を軸とした人協調型ロボティクス分野の人材育成（教育機関、当該領域を推進する協会、企業等との連携）を推進
 - 当該領域の開拓（人材育成を含む）を推進する協会、協力機関等との連携による実践的OJTの推進。
 - 関連省庁の後押しにより人材育成機関を設置し、教育認定制度の構築を目指す（当該領域の国際的なイノベーション推進人材育成のための大学院大学等）

（人協調型ロボティクスの拡大に向けた基盤技術・ルール整備） 5つの視点での取組

ミッション

- ・ 高齢者を抱えたり子育てなどにより生活スタイルや働き方が多様化していく中で、世代を超えた人々の自立度・自由度を高め、生活（職場を含む）における諸問題を解決できる安心安全な社会の実現に向けて、HCPS融合人協調ロボティクス（「人＋サイバー・フィジカル空間」融合人協調ロボティクス）を社会実装することを目的として、当課題全体を一体的に運動させながら取り組む。2025年度には、ミッション達成に向けて、HCPS融合人協調ロボティクスに必要な基盤技術の到達度評価、及び、この段階での基盤技術のサブ課題の関連技術を連動させたシステム化・運用技術評価など社会実装関連技術の評価を行う。また、当課題のミッションを達成するための取り組みとして、2025年度までに「人＋サイバー・フィジカル空間」を扱う人協調ロボティクスの開拓（人材育成を含む）を推進する協会（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）を始動させ、全方位的（導入促進ルール、民間保険等の整備を含む）に当課題が力強く推進力を持って機能するよう試み、2027年度を目処にユースケースに対応したシステムを海外を含む10拠点以上で社会実装・実運用開始させる。実運用からのフィードバックを通して持続的・発展的経済サイクルの構築に向けたイノベーション創出ループが回っている状態とする。そして、2033年度頃までは、国内外で30拠点以上の事業推進へと発展させ、当該取り組みの垂直展開に加え、他の領域への水平展開（「経済／安全保障」などが複合的に連動）へと拡大させる。このような好循環のスパイラルを経ながら、世界をリードし続ける官民一体の更なる戦略的イノベーションへと繋いでいく。
- ・ 到達レベルについては、TRL：6～7以上、BRL：6～7以上、GRL：6以上、SRL：6以上、HRL：6以上を目指す。



社会実装に関わる現状・問題点

- ・ 社会課題解決型の取り組みは、一般には政府が実施すべき領域であることが多く、そもそも経済サイクルが成り立ちにくい。官民が一体となって、世代を超えた人々が安心安全に生きていくための科学技術イノベーション政策の観点から、社会コストを大幅削減させる当該取り組みが必要となっているが、SIP以前の縦割りの政策では対応できていない。
- ・ 社会課題を解決しようとする取り組みでは、先進的テクノロジーでミッションを達成し社会実装を推進しようとしても、ミッション達成が先端的であるが故に市場開拓をゼロから開始する必要があり、適切な経済サイクルを成立させるためには、パブリックセクター側に技術導入を促進する戦略が必要となる。例えば、適切な労働環境構築を省令や法令でガイドすることで、先進的科学技术の導入が促進されることへと繋がるため、関連する規則やそれぞれの産業分野の商慣習等を分析しルール整備へと繋げていく取り組みが求められている。

図表 II-3. 5つの視点での取組

(2) ミッション到達に向けたシナリオ

技術開発、事業、制度、社会的受容性、人材について、図表Ⅱ-5 ロジックツリーで Activity(取り組み内容)、Output(Activityから直接的に得られる成果)、Outcome(Outputが得られたことで、何がどのように変わるかを“状態”として記述したもの)の3段階に分け、将来像やミッション達成に向けたロジックを記述している。この中で、Outputに示された「各種技術の確立、実証、事業体制構築、戦略提言、ルール制定、協会の設立、共通化情報ソケット、社会受容性を高める取り組みパッケージ、人材育成体制構築など」を実現し、Outcomeに記載された状態を構築することで将来像へと至るミッションを達成する。

まずは、人々が価値を感じることを確実に実施できるロボットそのものの技術検証に加え、ロボットがパフォーマンスを十分発揮するための環境整備も検証していくことが必要となる。また、国内の市民生活に近い場所でロボットとの親和性づくりも行っていく必要がある。すでにレストラン等においてネコ型の自動配膳ロボットが活動し始めているが、消費者にとっては毎日接している親しめる・愛着がわくという心理的な親近感が醸成されていることが普及の一助となっていると考える。

検証するユースケースのフィールドとしては、介護・医療の分野、住宅やオフィスに近い分野、そしてこれからの発展が期待されているサイバー・フィジカル空間の活用を含む以下のユースケースイメージ案と達成目標を想定している。

- ・ ユースケース 1: 住宅における日常の生活支援（掃除、遠隔技術も活用した外出時の点検・操作支援・食事支援、簡単な片付け等）
 - 一般家庭における、子育て・介護・家事等に伴う拘束時間の短縮による人々の可処分時間の延伸を目的とし、価値に見合った家事負担の軽減による可処分時間 20%延伸を目標とする
- ・ ユースケース 2: 要介護予備軍・要介護者の自立度向上のための機能改善支援、介護者支援（住宅・施設内、自律・遠隔技術系の活用等）
 - 要介護予備軍・要介護者、施設の介護者および家庭の介護者の自立度向上、自由度向上、支援者の可処分時間の延伸、ADL (Activity of Daily Living) や QoL (Quality of Life) の改善、Well-being の向上を目的とし、自立度または自由度の 30%向上、公的支出削減、可処分時間の 20%延伸を目標とする
- ・ ユースケース 3: ビル内での物品搬送・清掃・コンビニ等への買い物等の支援（自律・遠隔技術系の活用等）
 - 適切な労働環境の構築による搬送員・清掃員の労働力不足解消、買い物等雑務の代替による労働者の自由度向上、可処分時間の延伸を目的とし、対応領域の人の作業量 50%削減を目標とする
- ・ ユースケース 4: ビル等での点検・対応サービスの展開（自律・遠隔技術系の活用等）
 - 人による目視点検やスイッチのオンオフ等、定期点検作業を代替することを目的とし、当該対象作業における人による作業量の 20%削減を目標とする
- ・ ユースケース 5: 災害時の避難支援分野への展開（自律・遠隔技術系の活用等）
 - 災害時における移動弱者（要介護・支援者、小児等）の住宅・施設等からの安全・安心な非難支援および避難所内支援を目的とし、避難成功率 30%アップ、避難所での安全・安心への貢献度 50%超を目標とする

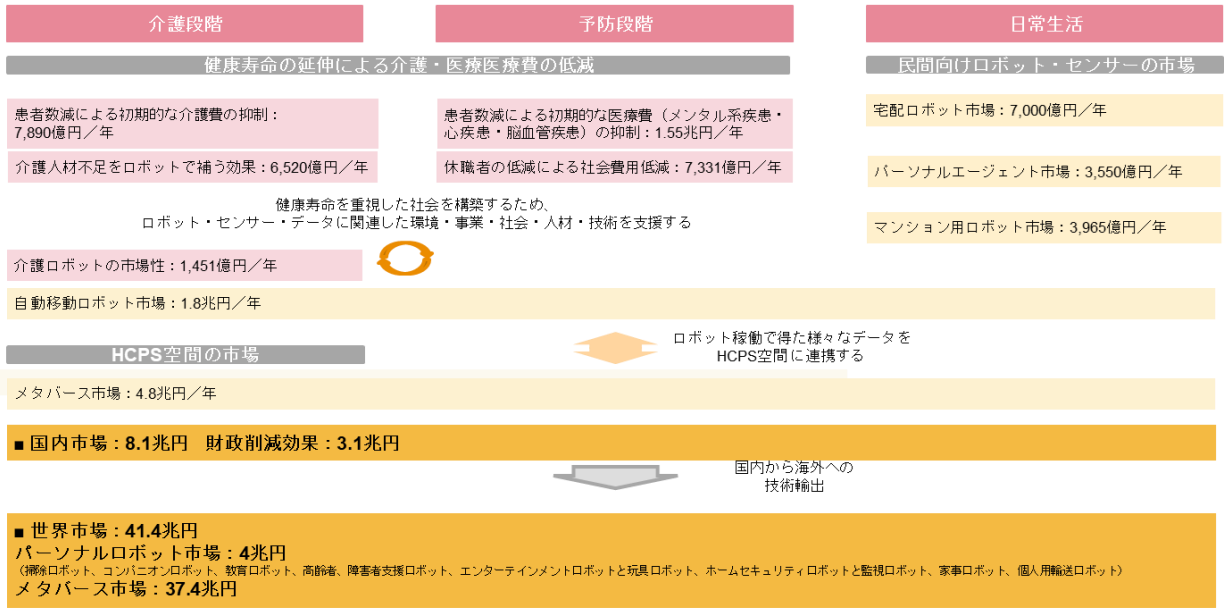
上記のユースケース案に関連した分野の社会ニーズの大きさや経済規模を図表Ⅱ-4に示す。介護段階の進行を抑制することができれば社会コストを大幅に削減でき、さらに、ビル内での物品搬送・清掃、ビル等での点検・対応サービス、住宅・オフィス・マンションあるいはその付近での自動配送・パーソナルエージェント、安心安全サービス提供などにおける新たな市場形成とそれに伴う経済サイクル形成を想定している。また、数兆～数十兆円規模の市場が想定されているリアル・バーチャルを含めた様々な人協調ロボティクスと連動できる種々のテクノロジーの活用に関する市場形成・経済サイクル構築に向けて発展させたい。

同時に、このような取り組みは、超高齢社会の課題先進国としての日本の強みともなり、世界市場を視野に、国際産業競争力のある新市場構築へと繋げられるよう社会実装を推進していく。

経済規模（2030年前後を想定）

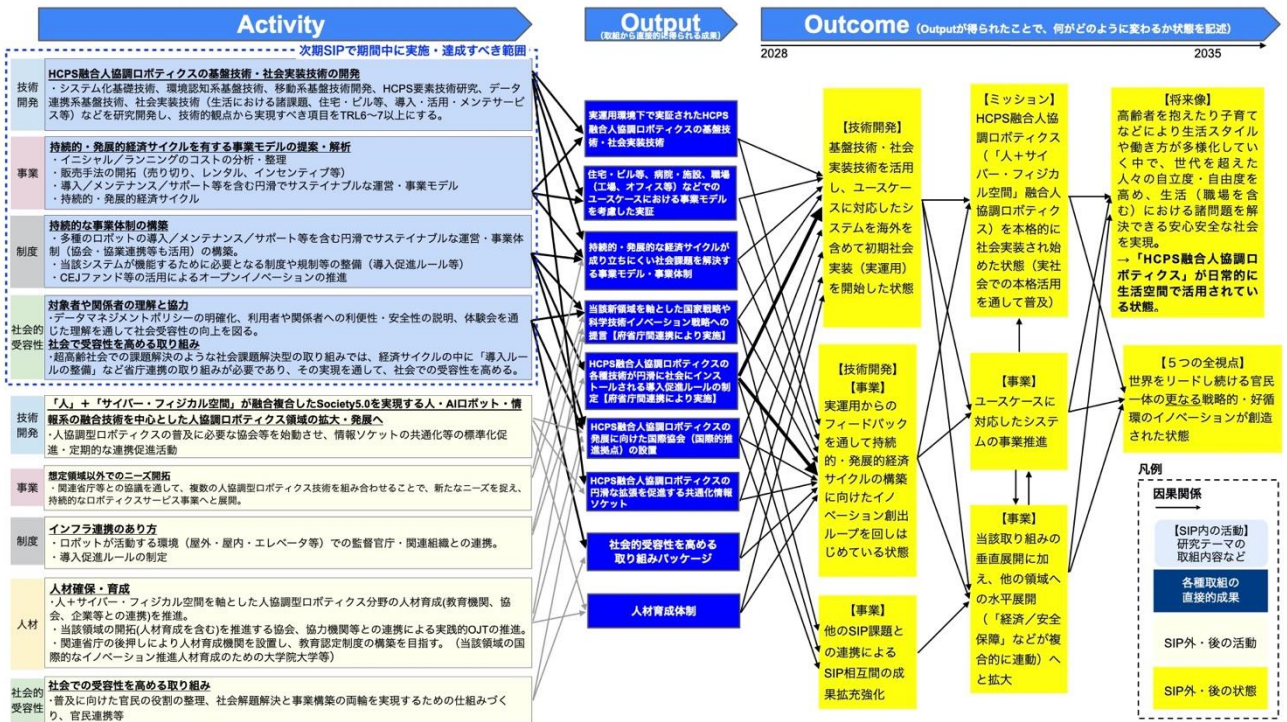
コスト低減の領域

市場となる領域



国内メタバース市場：24兆円（<https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20221122.html>）の2割を取得すると試算。
世界パーソナルロボット市場：20兆円（<https://premium.ipros.jp/gii/product/detail/2000581943/>）、世界メタバース市場（<https://www.gii.co.jp/report/sper1159576-metaverse-market-size-by-verticals-by-components.html>）の2割を取得すると試算。
国内の各種市場の試算については、インターネット上の各種資料をもとに試算。

図表 II-4. 経済規模



図表 II-5. ロジックツリー

4. SIPでの取組（サブ課題）

人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした HCPS 融合人協調型ロボティクスの基盤技術開発（サブ課題1）

(1) 背景（グローバルベンチマーク等）

本課題は、人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を軸とし、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」（HCPS）が融合した HCPS 融合人協調ロボティクスという新領域開拓を推進するため、技術開発および社会実装を推進するものである。当サブ課題は、そのうち基盤技術開発を行うものである。

サイバーフィジカルシステム構築の重要性は高く、世界的に研究開発が推進されている。EU では、欧州委員会主導のもと「EU Framework Program (FP)：科学技術主要基盤政策」が策定されており、第8期に当たる Horizon2020 のもと、製造分野に焦点を当てたサイバーフィジカルシステムの構築を目的とする「Smart Cyber-Physical Systems（2015-2019年）」「Computing technologies and engineering methods for cyber-physical systems of systems（2019年-2023）」が実施されてきた。いずれも Horizon 2020 の第二の柱「産業技術開発でのリーダーシップ」にて取り組まれており、製造分野を対象とする。ドイツでは、デジタル化により産業の効率化やビジネスモデルの変化を目指す Industry 4.0 が2011年に発表され、2030年社会実装に向けて「自律性」「相互運用性」「持続可能性」という3つの戦略的行動分野が設定されている。製造分野においてサイバーフィジカルシステムの活用とその緊密な相互接続を実現させることを重視し、シミュレーション基盤技術の高度化やデータベースの基盤整備、標準化と規格化の推進技術に取り組んできた。その後、人間の視点や社会・環境の観点から「人間中心（ヒューマン・セントリック）」「持続可能性（サステナビリティ）」「回復力（レジリエンス）」をキーコンセプトとした Industry 5.0 が2021年1月に欧州委員会から発表され、協働ロボット、ウェアラブルロボットによる作業補助や遠隔化も視野に入れているが、Industry 4.0と同様に製造分野に焦点を当てている。

これらに対し本課題は、人情報や生活空間・環境情報とも連携し、人および生活・労働など人を取り巻く空間全体を取り扱う点で既存の技術とは異なる、新しい技術領域である。サイバー・フィジカル空間（メタバースを含む）の市場およびロボットの市場は今後成長が期待される一方で、サイバー・フィジカル空間と人・ロボティクスを組み合わせた統合的な HCPS 融合技術領域は、「I. Society5.0における将来像」にて述べたように黎明期にある新技術であり、グローバルでの特許出願数も限られている。また、HCPS 融合技術に関するビジョンを打ち出している国はまだ見られない（2023年1月時点）。新技術領域である HCPS 融合人協調型ロボティクスの産業創出を促すことができれば、当該領域において世界をリードできる可能性がある。また、日本にはロボティクスなどの技術において国際的にも高い競争力を有するプレイヤーが存在することが特許調査から示されており、サイバー・フィジカル空間とロボティクス領域との連携が実現できれば本領域をリードできる土壌がある。

このような新領域において、その基盤となる技術の開発は重要性が高い。例えば米国におけるロボティクスに関するロードマップのうち2020年に発表された第4版では、研究課題として、アーキテクチャと設計（サイバーフィジカルシステム、材料設計、製造技術を含む）、移動、把持・操作、感知・統合センサー、計画・制御方法、学習と適応、マルチロボット協調・堅牢なコンピュータービジョン、人とロボットの協調といった基盤技術領域を挙げており、これに沿う形で“National Robotics Initiative”という大規模な省庁横断型の研究助成プログラムを実施している。ロボットおよびサイバーフィジカルシステムに関する基盤技術の開発の必要性が高いことがわかる。HCPS 融合人協調ロボティクスという新領域開拓においても、それをリードしていくべき我が国において基盤技術に取り組む重要性は高く、当該新領域の産業推進にとって国際競争力のある基盤技術群として展開できることが期待される。

プログラム	3つの柱	項目	支援対象の研究プログラム例	
EU Framework Program FP8: Horizon2020 (2014~2020)	卓越した科学	<ul style="list-style-type: none"> 欧州研究会議(ERC): 特に優れた個人やチームのハイリスク・ハイリワード研究を支援 FETs(Future and Emerging Technologies): 新しくかつ有望な分野の連携研究を支援 Marie Skłodowska Curie: 目的別・研究者のステータス別の複数のプログラムにより、研究者へのキャリア支援に取り組む 欧州研究インフラ: 欧州域内外からアクセス可能な先端施設の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ナノテクノロジー、先端材料、先端製造、バイオテクノロジー ICT <ul style="list-style-type: none"> フォトニクス マイクロ、ナノエレクトロニクス コンテンツ技術と情報管理 新世代の部品とシステム 高度なコンピューティング ロボティクス 未来のインターネット 宇宙 	<ul style="list-style-type: none"> Smart Cyber-Physical Systems (2015-2019年) <ul style="list-style-type: none"> 製造業、都市・社会インフラ、輸送機器、情報端末を始めとする様々なアプリケーションでの基盤となるCPSやライブラリなどのツールボックスの開発を目指した研究 Computing technologies and engineering methods for cyber-physical systems of systems (2019年-2023) <ul style="list-style-type: none"> 産業部門におけるCPSのためのコンピューティングシステム構築を目指した研究
	産業技術開発でのリーダーシップ	<ul style="list-style-type: none"> 実用技術・産業技術におけるリーダーシップ: ICT、ナノテク、材料、バイオテクノロジー、先端製造、宇宙を中心とした産業競争力の確保 リスクファイナンスへのアクセス: 欧州レベルのベンチャー・キャピタル(インベション)活動を支援。EUの利益となる、あるいはEUの既存プログラムの推進に資するプロジェクトに投資 SMEの支援: 初期ステージのリスクが高い段階でのサポートを推進 		
	社会的課題への取り組み	<ul style="list-style-type: none"> 7つの社会的課題を抽出。基礎研究からインベション、社会科学的研究まで、様々な取り組みが含まれる <ol style="list-style-type: none"> 健康、人口構造の変化および福祉 食糧安全保障、持続可能な農業およびバイオエコノミー等 安全かつクリーンで、効率的なエネルギー スマート、環境配慮型かつ統合された輸送 気候への対応、資源効率および原材料 包括的、インペーティブかつ内省的な社会の構築 安全な社会の構築 		

図表 II-6 . 関連プロジェクト調査 (EU)

年	主要なプロジェクト/ロードマップ	A Roadmap for U.S Robotics (要約)	National Robotics Initiative 3.0 (要約)
2009	A Roadmap for U.S Robotics 連邦議会および連邦政府がとるべき具体策を提示	<ul style="list-style-type: none"> 省庁横断で取り組まれている点の特徴 初版は2009年に発表 2020年発表された第4版では、ロボット活用の社会的要因として、以下7つが挙げられている <ul style="list-style-type: none"> 製造業 物流・EC 移動手段 Quality of Life (生活産業) 医療・ヘルスケア 食品産業・農業 セキュリティ・救助ロボット また、活用における研究課題として、下記等が挙げられており、5年・10年・15年先のマイルストーンを提示 <ul style="list-style-type: none"> アーキテクチャと設計(サイバーフィジカルを含む) 材料 移動 把持・操作 感知・統合センサー 計画・制御方法 学習と適応 マルチロボット協調・堅牢なコンピューターバージョン 人とロボットの相互作用など 	<ul style="list-style-type: none"> ロードマップをもとに、米国での統合ロボットシステムの開発と利用を加速する基礎研究をサポートすることを目標に掲げた研究助成 全米科学財団(NSF)を中心として、運輸省(DOT)、米国航空宇宙局(NASA)、国立衛生研究所(NIH)、国立労働安全衛生研究所(NIOSH)、および米国農務省(USDA)等の複数省庁が参画 <ul style="list-style-type: none"> 各省庁が重点テーマを設定 スケーラブルなロボット技術とマルチロボット協調に特に焦点を当てる
2011	National Robotics Initiative ロードマップをもとに開始された研究助成		
2013	A Roadmap for U.S Robotics (第2版)		
2016	A Roadmap for U.S Robotics (第3版) AIによって変化している分野の市場や技術、R&Dロードマップを記載 National Robotics Initiative 2.0 協働ロボットを社会にシームレスに統合する研究に焦点		
2020	A Roadmap for U.S Robotics (第4版) 応用分野として、製造業、物流・EC、移動、生活産業、医療・ヘルスケア、農業、セキュリティ、救助を挙げる。また、要素技術のR&Dのロードマップが描かれる National Robotics Initiative 3.0 スケーラブルなロボット技術とマルチロボット協調に焦点 NSF Foundational Research in Robotics 柔軟物体を操作できるロボット、生活支援ロボットに関する研究等も		<ul style="list-style-type: none"> Foundational Research in Robotics <ul style="list-style-type: none"> ロボットに関する基礎研究を支援する研究助成 採択課題には、柔軟物体を操作できるロボットや生活支援ロボットに関する研究も目立つ

図表 II-7 . 関連プロジェクト調査 (米国)

(2) 社会実装に向けた SIP 期間中の達成目標

当該サブ課題は、「人」+「サイバー・フィジカル空間」が融合した HCPS 融合人協調ロボティクス課題全体のミッション (SIP 終了時まで TRL6~7 以上、BRL6~7 以上) 達成に向けた基盤技術系の開発テーマをまとめたものとして位置づけられる。社会実装関連技術のサブ課題と連動させた取り組みによって、当サブ課題の中で社会実装への取り組みが可能な個別研究開発テーマについては持続的・発展的な経済サイクルが形成できるよう事業モデルを提案・解析・実証することを目指し、技術開発及び事業開発の達成目標を TRL6~7 以上、BRL6~7 以上とする。要素技術開発を行う個別研究開発テーマ 4 は、個別に TRL・BRL を評価する取り組みとはせず、他の研究開発テーマと連動しながら有用な水準でロボティクス連動できることを目標とする。

(3) ステージゲート等による機動的・総合的な見直しの方針

2025 年度に実施予定とする。ステージゲートでは、ミッション達成に向けて、HCPS 融合人協調ロボティクスに必要な基盤技術の到達度評価、及び、この段階での基盤技術のサブ課題の関連技術を連動させたシステム化・運用技術評価など社会実装関連技術の評価を行う。また、当該課題のミッションを達成するための取り組みとして、2025 年度までに「人」+「サイバー・フィジカル空間」を扱う人協調ロボティクスの推進のための当該領域の開拓 (人材育成を含む) を推進

する協会（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）を始動させ、全方的に当課題が力強く推進力を持って機能するよう取り組む。また、ステージゲート以外の時期にも、随時、短い期間での開発・試作・評価サイクルを実現するためにオンデマンドでのコンペ方式を採用することで技術開発の効率性を最大化する。

(4) SIP 後の事業戦略（エグジット戦略）

当該 SIP 後には、人とテクノロジーが相互に支援し合いながら人々の自立度・自由度を高め、生活（職場を含む）における諸問題を解決できる「人」＋「サイバー・フィジカル空間」（HCPS）が融合した HCPS 融合人協調ロボティクスの基盤が社会実装された段階となっている。

事業戦略：

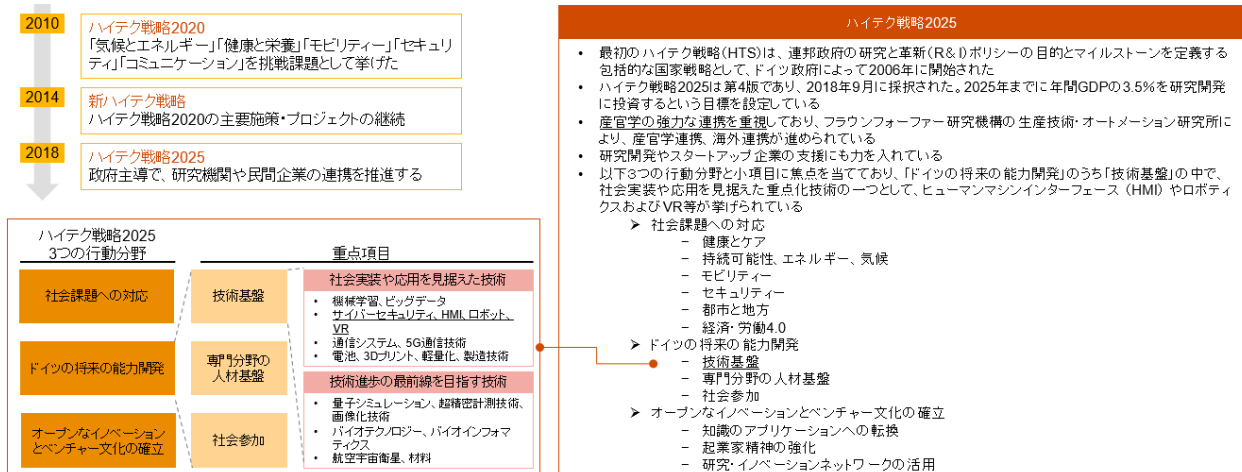
- 1) 当該科学技術の導入促進ルールの整備など社会の複合的な課題解決に向けた当該取り組みには省庁連携が必須であり、関係省庁の取り組みが当該取り組みと同期するまで、民間保険会社等とも連携して経済サイクルモデルを整えながら関連企業の努力によって開発する。一旦、新産業連携体等も機能させながら好循環イノベーションサイクルは回し始めておく。
- 2) 当該 SIP の取り組み内容を拡充させ、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」（HCPS）の融合という日本が世界的にリードできる領域で第 5 次産業革命の中核となる融合領域（生活・職場・健康・宇宙・安全安心保障など広領域へ展開可能）でのイノベーション推進へと舵を切って、大型予算・長期の各省庁相乗り複合型の官民一体の骨太国家プロジェクトとして立ち上げることを提言する。
- 3) 拡充・強化された第 5 次産業革命の中核となる融合領域を開拓する「サイバニクス国際イノベーション人材育成機関」を設置する。
- 4) 上記を連動させて展開することで、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」（HCPS）が融合した未来社会を構築するための事業推進と、世界規模で産業競争力のある好循環のイノベーション・エコサイクルが組み込まれた官民一体型の大型事業となるよう取り組んでいく。科学技術イノベーション立国として、社会課題を解決する科学技術の開拓、科学技術の社会へのインストール、超高齢社会での諸課題の解決による社会コストの大幅削減、効果的な経済サイクルの実現、先進的な科学技術の輸出産業化・ライセンス化が実現される取り組みへと繋いでいく。

人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした HCPS 融合人協調型ロボティクスの社会実装技術開発（サブ課題 2）

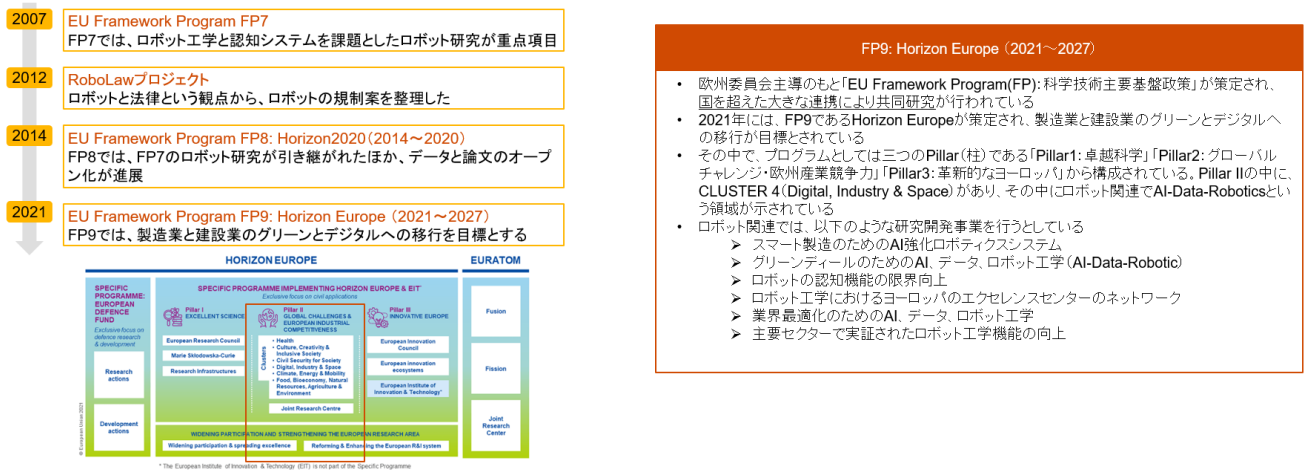
(1) 背景（グローバルベンチマーク等）

本課題は、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」（HCPS）が融合した HCPS 融合人協調ロボティクスという新領域開拓を推進するため、技術開発および社会実装を推進するものであり、当サブ課題は、基盤技術と一体的に連動させながら社会実装技術を開発するものである。ロボットおよびサイバーフィジカルシステムに関する社会実装技術の開発は、必要なものとして世界的に推進されている。例えばドイツではハイテク戦略を策定しており、焦点を当てる 3 つの行動分野のうち一つに「ドイツの将来の能力開発」があり、その中に「技術基盤」がある。社会実装や応用を見据えた重点化技術として、ヒューマンマシンインターフェース（HMI）やロボティクスおよび VR 等が挙げられている。HCPS 融合人協調ロボティクスについても、住宅やビルを含む生活空間に実装し、円滑な導入・活用・メンテナンスを行っていくことは、HCPS 融合技術を社会に定着させ、社会課題解決と経済サイクル成立を両立させるために必要である。世界的にも先進的な取り組みであり、当課題のミッションが達成されれば、先進諸国が直面する超高齢社会の課題解決へと繋がり、国際的にリードする産業創生へと展開できるため、当サブ課題での HCPS 融合人協調ロボティクスの社会実装技術は、当該新領域の産業推進にとって国際競争力のある社会実装技術として展開できると期待される。また、サブ課題 1 と当サブ課題とは、ミッション達成のために一体的に連動しながら推進されるため、好循環の新領域開拓・イノベーション推進が進化的に機能していくことが期待される。

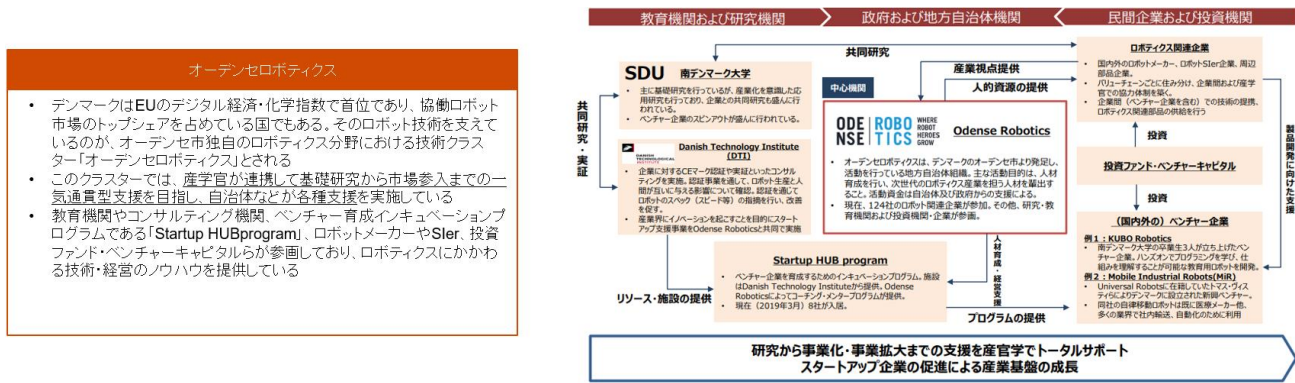
世代を超えた人々を対象とした複合的な課題解決に向けた当該取り組みは、個別省庁では部分的にしか対応できず、省庁連携を特徴とする内閣府のSIP制度で取り組むことが最も整合性が良い。また、当課題のミッション達成に伴う社会実装では省庁連携が必須となる多様な課題が顕在化してくる可能性が高く、これを適宜、CSTIや内閣府が推進する我が国の科学技術・イノベーション政策や制度設計等にフィードバックできることも、当サブ課題の位置付けとしてSIP制度と整合性が高い。また、中国では国家戦略としてロボット領域の強化、EUではEU Framework Programが策定され、国を超えた大きな連携の実施、デンマークでは産官学が連携して基礎研究から市場参入までの一気通貫支援を行うなど、官民が一体となって社会実装を進めて行くことが重要である。



図表 II-8. 関連プロジェクト調査 (ドイツ)



図表 II-9 . 関連プロジェクト調査 (EU)



図表 II-10 . 関連プロジェクト調査 (デンマーク)

(2) 社会実装に向けた SIP 期間中の達成目標

当該サブ課題は、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」が融合した HCPS 融合人協調ロボティクス課題全体のミッション (SIP 終了時まで TRL6~7 以上、BRL6~7 以上) 達成に向けた社会実装技術系の開発テーマをまとめたものとして位置づけられる。当該サブ課題の社会実装に向けた技術開発・事業開発、及び、基盤技術のサブ課題 (要素技術開発も含む) と連動させた取り組みなど、持続的・発展的な経済サイクルが形成できるよう事業モデルを提案・解析・実証することを目指し、技術開発及び事業開発の達成目標を TRL6~7 以上、BRL6~7 以上とする。

(3) ステージゲート等による機動的・総合的な見直しの方針

2025 年度に実施予定とする。ステージゲートでは、ミッション達成に向けて、HCPS 融合人協調ロボティクスに必要な基盤技術の到達度評価、及び、この段階での基盤技術のサブ課題の関連技術を連動させたシステム化・運用技術評価など社会実装関連技術の評価を行う。また、当該課題のミッションを達成するための取り組みとして、2025 年度までに「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を扱う人協調ロボティクスの推進のための当該領域の開拓 (人材育成を含む) を推進する協会 (新産業推進連携体: 関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等) を始動させ、全方位的に当該課題が力強く推進力を持って機能するよう取り組む。また、ステージゲート以外の時期にも、随時、短い期間での開発・試作・評価サイクルを実現するためにオンデマンドでのコンペ方式を採用することで技術開発の効率性を最大化する

(4) SIP 後の事業戦略 (エグジット戦略)

当該 SIP 後には、人とテクノロジーが相互に支援し合いながら人々の自立度・自由度を高め、生活 (職場を含む) における諸問題を解決できる「人」＋「サイバー・フィジカル空間」(HCPS) が融合した HCPS 融合人協調ロボティクスの基盤が社会実装された段階となっている。

事業戦略:

- 1) 当該科学技術の導入促進ルールを整備など社会の複合的な課題解決に向けた当該取り組みには省庁連携が必須であり、関係省庁の取り組みが当該取り組みと同期するまで、民間保険会社等とも連携して経済サイクルモデルを整えながら関連企業の努力によって開発する。一旦、新産業連携体等も機能させながら好循環イノベーションサイクルは回し始めておく。
- 2) 当該 SIP の取り組み内容を拡充させ、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」(HCPS) の融合という日本が世界的にリードできる領域で第 5 次産業革命の中核となる融合領域 (生活・職場・健康・宇宙・安全安心保障など広領域へ展開可能) でのイノベーション推進へと舵を切って、大型予算・長期の各省庁相乗り複合型の官民一体の骨太国家プロジェクトとして立ち上げることを提言する。
- 3) 拡充・強化された第 5 次産業革命の中核となる融合領域を開拓する「サイバニクス国際イノベーション人材育成機関」を設置する。

4) 上記を連動させて展開することで、「人」+「サイバー・フィジカル空間」(HCPS)が融合した未来社会を構築するための事業推進と、世界規模で産業競争力のある好循環のイノベーション・エコシステムが組み込まれた官民一体型の大型事業となるよう取り組んでいく。科学技術イノベーション立国として、社会課題を解決する科学技術の開拓、科学技術の社会へのインストール、超高齢社会での諸課題の解決による社会コストの大幅削減、効果的な経済サイクルの実現、先進的な科学技術の輸出産業化・ライセンス化が実現される取り組みへと繋いでいく。

2. 5つの視点でのロードマップと成熟度レベル

(1) ロードマップ

技術開発と事業は特にスパイラルアップできるように連動させながら実施する。技術開発については、ステージゲート実施前までにTRL3~4を目指し、人・AIロボット・情報系の融合複合技術を中心とした、HCPS融合人協調型ロボティクスの基礎的基盤技術開発及び人協調型ロボティクスの基礎的社会実装技術開発を実施する。ステージゲート実施後は、TRL4~7を目指し、基盤技術と社会実装技術の開発・拡張・高度化を実施する。

(2) 事業については、ステージゲート実施前までにBRL2~5を目指し、持続的・発展的経済サイクルを有する事業モデルの提案・解析を実施する。ステージゲート実施後は、BRL5~7を目指し、持続的・発展的経済サイクルを有する事業モデルの改善・見直し・拡張を実施する。また、想定領域以外でのニーズ開拓については、関連省庁等との協議を通じて、複数の人協調型ロボティクス技術を組み合わせることで持続的なロボティクスサービス事業への展開を狙う。

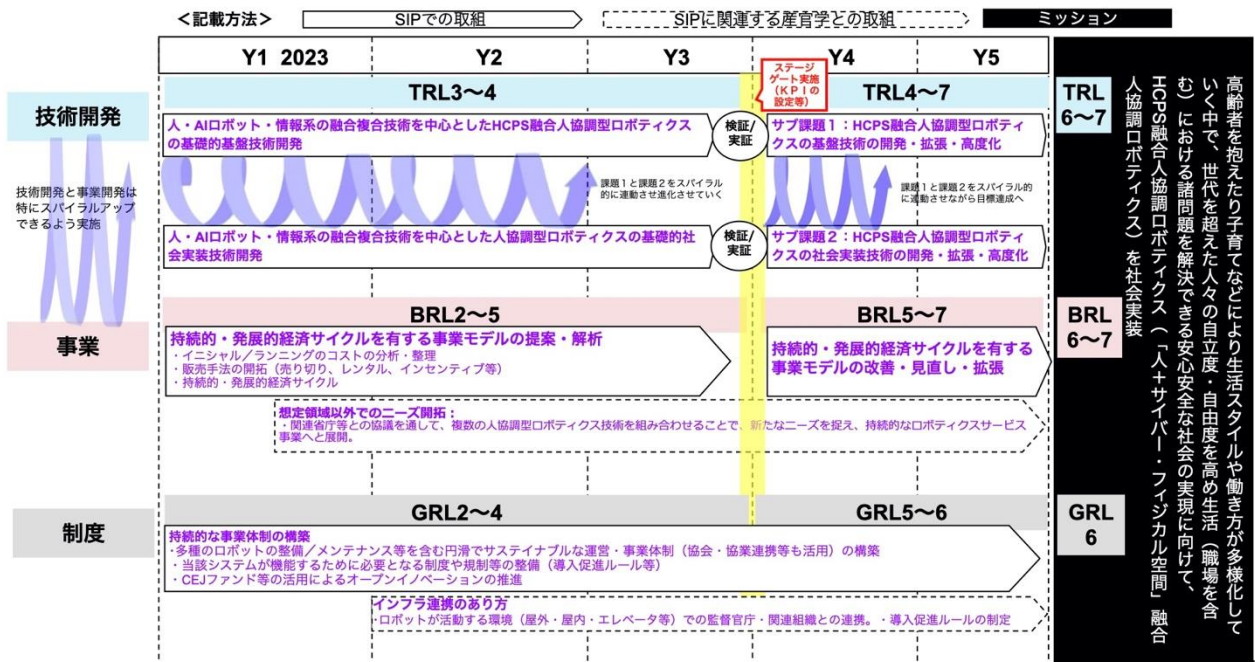
制度については、ステージゲート実施前までにGRL2~4を目指し、持続的な事業体制を構築する。ステージゲート実施後は、GRL5~6を目指す。また、インフラ連携のあり方として、ロボットが活動する環境での監督官庁・関連組織との連携、導入ルールの制定をする。

社会的受容性については、初めの2年でSRL1~3を目指し、対象者や関係者の理解と協力を得られるように活動する。2年目の途中からは、社会で受容性を高める取り組みを実施し、最終的に5年間でSRL5~6を目指す。また、社会での受容性を高める官民連携での役割等の整理は継続的に実施する。

人材については、ステージゲートまでにHRL1~4を目指し、最終的に5年間でHRL5~6を目指す。人+サイバー・フィジカル空間を軸とした人協調ロボティクス分野の人材育成を推進し、当該領域の開拓(人材育成を含む)を推進する協会の設立や、関連省庁の後押しによる人材育成機関の設置し、教育認定制度の構築を目指す。

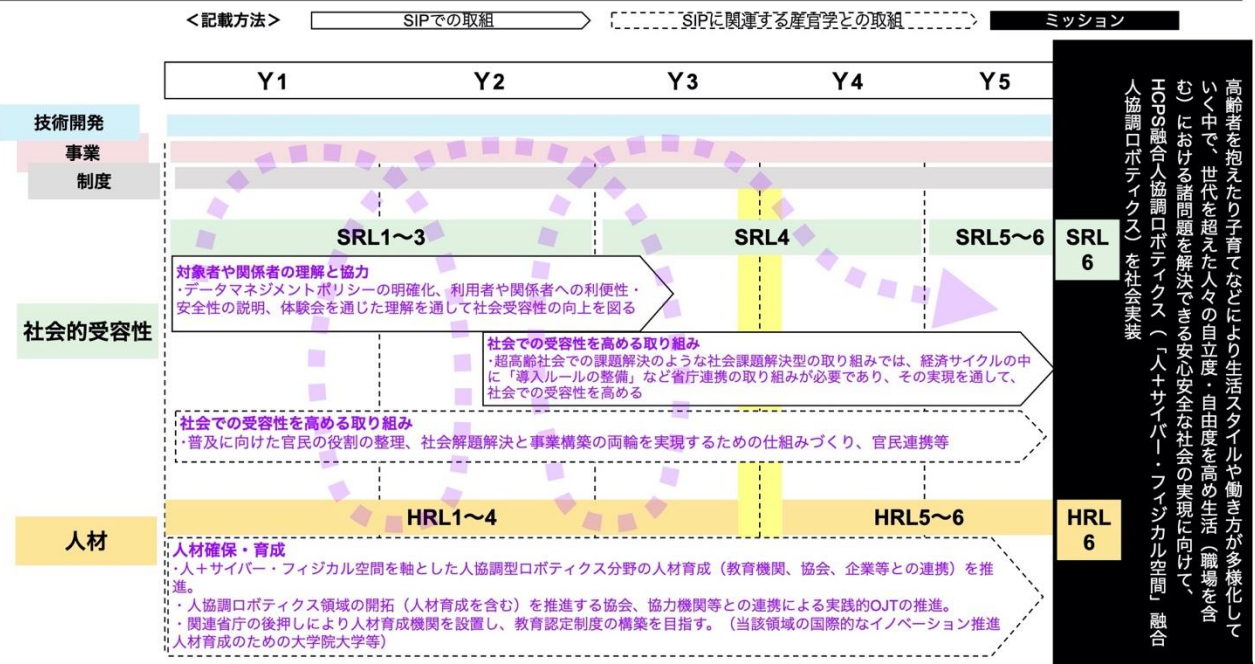
なお、SIP実施前の段階では、一定の仮説の下で取組を抽出し、ロードマップを作成することになるが、実施段階でSIPでの取組の進捗状況や関係省庁等との連携状況などを踏まえアップデートしていくことが想定される。

(人協調型ロボティクスの拡大に向けた基盤技術・ルールの整備) 5つの視点でのロードマップ



図表 II-11 . ロードマップ①

(人協調型ロボティクスの拡大に向けた基盤技術・ルールの整備) 5つの視点でのロードマップ



図表 II-12 . ロードマップ②

(3) 本課題における成熟度レベルの整理

XRLについては、GB指定の定義を踏襲する形で評価を実施する。





慶應義塾大学 栗野研究室 ご提案



慶應義塾大学 栗野研究室 ご提案



慶應義塾大学 栗野研究室 ご提案

図表 II-13. XRL 整理表

6. 対外的発信・国際的発信と連携

PD のネットワークを最大限活用し、SIP 期間中から積極的な対外的発信・国際的発信に取り組む。また、国際的な連携については、当課題の成果を活用し、国内外での社会実装・事業推進へと発展させ、SIP 終了後 5 年後の 2033 年頃までには、当該取り組みの垂直展開に加え、他の領域への水平展開（「経済／安全保障」などが複合的に連動）へと拡大させる好循環のスパイラルを経ながら、世界をリードし続ける官民一体の更なる戦略的イノベーションへと繋いでいくことを目指している。

対外的発信は、事業化への取り組みの可能性を有する組織が将来の連携候補となってもらえるよう PD を中心に内閣府・研究推進法人と連携した取り組みとして積極的に日常的に実施する。当課題の人・AI ロボット・情報系の融合技術を軸とした HCPS 人協調ロボティクスの普及推進活動、シンポジウムやワークショップの開催、ウェブサイトやその他オンライン広報などを行う。

国際的発信は、国際シンポジウムの開催や PD が行う講演などの場での当該 SIP についての最新状況の社会への発信活動として実施する。

連携については、当該テーマ・技術に興味関心を持つ国内外機関との各種連携もミッション達成に向けた全体戦略に沿うように調整しながら、適宜実施する。

III. 研究開発計画

1. 研究開発に係る全体構成

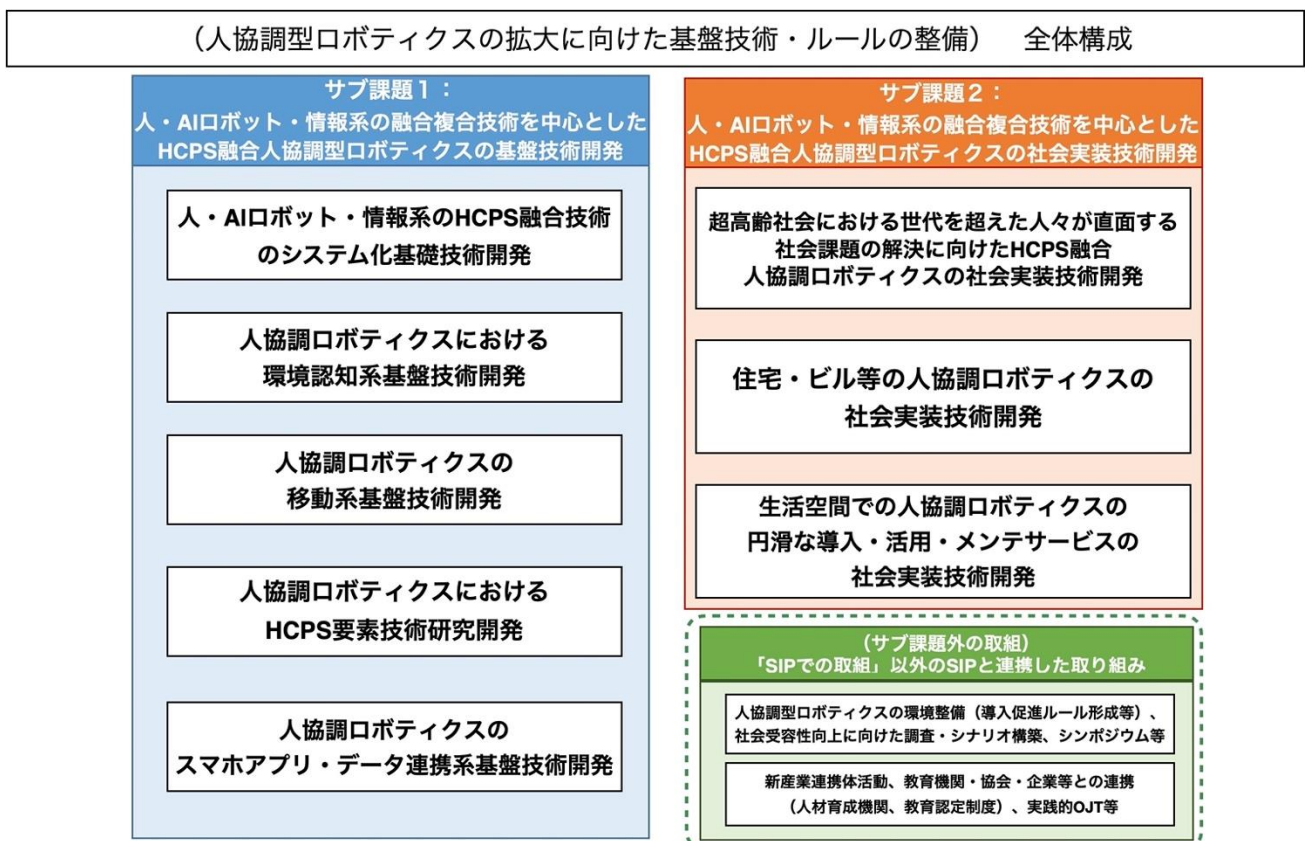
本課題である人協調型ロボティクスの拡大に向けた基盤技術・ルールの整備には2点のサブ課題とそれに紐づく研究開発テーマ、そしてサブ課題外の「SIPでの取組」以外のSIPと連携した取り組みという構成で成り立っている。

サブ課題はロボットの基盤技術開発面・社会実装技術開発面を考慮し、サブ課題1「人・AIロボット・情報系の融合複合技術を中心としたHCPS融合人協調型ロボティクスの基盤技術開発」、サブ課題2「人・AIロボット・情報系の融合複合技術を中心としたHCPS融合人協調型ロボティクスの社会実装技術開発」を設定している。

それぞれの研究開発テーマであるが、サブ課題1では人・AIロボット・情報系のHCPS融合技術のシステム化基盤技術開発、人協調ロボティクスにおける環境認知系基盤技術開発、人協調ロボティクスの移動系基盤技術開発、人協調ロボティクスにおけるHCPS要素技術研究開発、人協調ロボティクスのスマホアプリ・データ連携系基盤技術開発の5点を設定しており、人協調ロボティクス領域における基礎技術開発を行うものとする。

サブ課題2では超高齢社会における世代を超えた人々が直面する社会課題の解決に向けたHCPS融合人協調ロボティクスの社会実装技術開発、住宅・ビル等の人協調ロボティクスの社会実装技術開発、生活空間での人協調ロボティクスの円滑な導入・活用・メンテサービスの社会実装技術開発の3点を設定しており、人協調ロボティクス領域における社会実装技術開発を行うものとする。

サブ課題外では人協調型ロボティクスの環境整備（導入促進ルール形成等）・社会受容性向上に向けた調査・シナリオ構築・シンポジウム等、新産業連携体活動（シンポジウム、会議等）、教育機関・協会・企業等との連携（人材育成機関、教育認定制度）、実践的OJT等を設定しており、「SIPでの取組」以外のSIPと連携した取り組みとして行うものとする。



図表 III-1. 研究開発の全体像

2. 研究開発に係る実施方針

(1) 基本方針

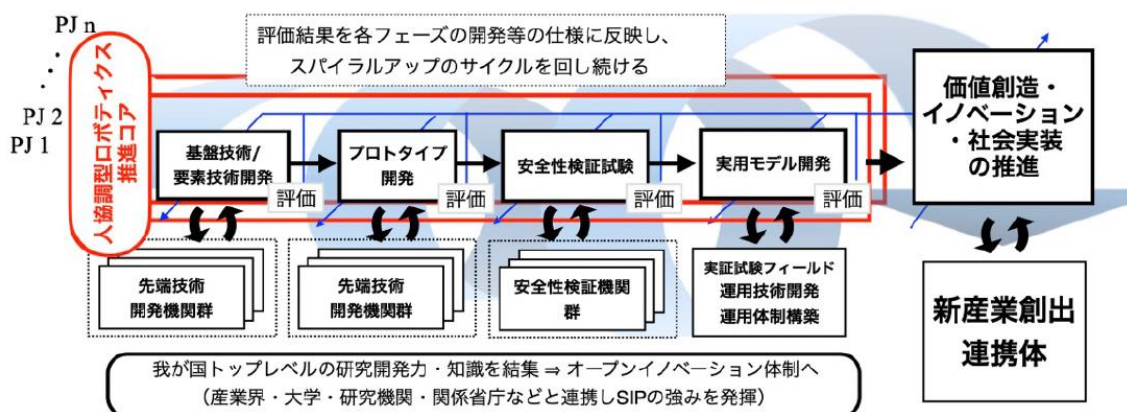
基本方針はオープン&クローズ戦略である。製造業のグローバル化を積極的に活用し、世界中の知識・知恵を集めながら技術開発を行い、開発した自社/自国の技術を活用した製品を戦略的に普及させることを基本とした経済サイクルの仕組みづくりに取り組む。この点はオープン戦略となる。

一方で、技術価値への高度な理解から技術開発の開始前から価値の源泉となる技術の選定及び保護にも取り組む。この点がクローズ戦略となる。なお、価値の源泉となる技術とは、HCPS 融合人協調ロボティクスという新領域開拓を推進する基盤技術開発において中核となる人・AI ロボット・情報系の融合技術を指し、世界トップの状況にある。

オープン&クローズ戦略を展開して当課題のミッションを達成することで、先進諸国が直面する超高齢社会の課題解決へと繋がり、国際的にリードする産業創生に発展させることができる。

また、上記の戦略に加え、当該課題の研究開発では、図表「全体戦略の枠組み」に記載されている開発・評価フェーズにスパイラルアップとフィードバックの構造を有する推進方針で研究開発を推進し、社会実装・事業化へと展開していくことで、出口の価値創造・イノベーション・社会実装の推進を機動的に実施することを可能とする特徴的な基本方針を採用する。

スパイラルアップとフィードバックの構造を有する前述の全体戦略の枠組み



図表 III-2 . 全体戦略の枠組み

(2) 知財戦略

知財戦略は主に「オープン&クローズ戦略」とする。現在世界トップの状況にある HCPS 融合人協調ロボティクスの基盤技術開発における中核技術は、日本の産業競争力やイノベーション推進力を高めるために、知的財産を保護する必要がある。そのためには積極的な特許申請を行うと共に、他国の知的財産権の状況を把握しながら、クロスライセンスが発生する可能性も加味して知財戦略を定期的に検討・更新する必要がある。

(3) データ戦略

人協調型ロボティクスに関するデータは、組織ではなく個人の許諾に応じて利用できる方針を採用する。組織等が利用する際には、利用目的と価値について所有する個人の合意のもとで使用されるスキームの適用を目指し、取り扱うデータについては、セキュアな通信経路の確保やデータの暗号化などを念頭において、人協調ロボティクスにおけるデータを扱う基盤技術や社会実装技術の研究開発参画機関や情報ソケットの利用による共通化を促進する関連協会における調整等を行う。

サイバーセキュリティに関連する省庁、プロジェクト含め全テーマを相互に連動させ、ミッション達

成の手段として機能するデータ運用基盤開発を実現する。適宜、技術・到達状況・利用状況を精査・評価・調整しながら高い国際競争力を有する技術として進化させ、官民一体の国家プロジェクトへとエグジットさせる。

(4) 国際標準戦略

当サブ課題での HCPS 融合人協調ロボティクスの基盤技術群は、当該新領域の産業推進にとって国際競争力のある基盤技術群としての展開が SIP 後には期待されることから、SIP 期間中は適宜、技術・到達状況を精査・調整しながら高い国際競争力を有する技術として進化させていく。官民一体の更なる国家プロジェクトへとエグジットさせる方針である。国際標準戦略は技術・到達状況を見ながら、標準化する技術に応じた戦略をたて、適正に応じてデジュール標準、フォーラム標準、デファクト標準を採用して計画を立てることが望ましい。認証された標準は、HCPS 融合人協調ロボティクスの基盤技術群の国際展開推進に活用する。

(5) ルール形成

当サブ課題での HCPS 融合人協調ロボティクスの基盤技術群は、新領域開拓を推進する基盤技術である。円滑な社会実装のためにも、SIP 後の事業戦略として「当該科学技術の導入促進ルールの整備」などの取り組みを策定しており、SIP 期間中でも技術・到達状況を見ながら国内における各種ルール、基準、ガイドライン、法制度等のルール形成への取り組みを行う。

(6) 知財戦略等に係る実施体制

1 実施体制

- 知財委員会を組織して実施体制を構築するとともに、国外機関等（外国籍の企業、大学、研究者等）の参加についても方針を定める。

2 知財委員会

- 課題または課題を構成する研究項目ごとに、知財委員会を研究推進法人等または選定した研究責任者の所属機関（委託先）に置く。
- 知財委員会は、研究開発成果に関する論文発表及び知財権の権利化・秘匿化・公表の方針決定等のほか、必要に応じ知財権の実施許諾に関する調整等を行う。
- 知財委員会は、原則として PD または PD の代理人、主要な関係者、専門家等から構成する。
- 知財委員会の詳細な運営方法等は、知財委員会を設置する機関において定める。

3 知財及び知財権に関する取り決め

- 研究推進法人等は、秘密保持、バックグラウンド知財権（研究責任者やその所属機関等が、プログラム参加前から保有していた知財権及びプログラム参加後に SIP の事業費によらず取得した知財権）、フォアグラウンド知財権（プログラムの中で SIP の事業費により発生した知財権）の扱い等について、予め委託先との契約等により定めておく。

4 バックグラウンド知財権の実施許諾

- 他のプログラム参加者へのバックグラウンド知財権の実施許諾は、知財の権利者が定める条

件に従い（（注）あるいは、「プログラム参加者間の合意に従い」）、知財の権利者が許諾可能とする。

- 当該条件などの知財の権利者の対応が、SIP の推進（研究開発のみならず、成果の実用化・事業化を含む）に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

5 フォアグラウンド知財権の取扱い

- フォアグラウンド知財権は、原則として産業技術力強化法第 179 条第 1 項を適用し、発明者である研究責任者の所属機関（委託先）に帰属させる。
- 再委託先等が発明し、再委託先等に知財権を帰属させる時は、知財委員会による承諾を必要とする。その際、知財委員会は条件を付すことができる。
- 知財の権利者に事業化の意志が乏しい場合、知財委員会は、積極的に事業化を目指す者による知財権の保有、積極的に事業化を目指す者への実施権の設定を推奨する。
- 参加期間中に脱退する者に対しては、当該参加期間中に SIP の事業費により得た成果（複数年度参加の場合は、参加当初からのすべての成果）の全部または一部に関して、脱退時に研究推進法人等が無償譲渡させること及び実施権を設定できることとする。
- 知財の出願・維持等にかかる費用は、原則として知財の権利者による負担とする。共同出願の場合は、持ち分比率及び、費用負担は、共同出願者による協議によって定める。

6 フォアグラウンド知財権の実施許諾

- 他のプログラム参加者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、知財の権利者が定める条件に従い（（注）あるいは「プログラム参加者間の合意に従い」）、知財の権利者が許諾可能とする。
- 第三者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、プログラム参加者よりも有利な条件にはしない範囲で知財の権利者が定める条件に従い、知財の権利者が許諾可能とする。
- 当該条件等の知財の権利者の対応が SIP の推進（研究開発のみならず、成果の実用化・事業化を含む）に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

7 フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転の承諾

- 産業技術力強化法第 17 条第 1 項第 4 号に基づき、フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転には、合併・分割による移転の場合や子会社・親会社への知財権の移転、専用実施権の設定・移転の場合等（以下、「合併等に伴う知財権の移転等の場合等」という。）を除き、研究推進法人等の承認を必要とする。
- 合併等に伴う知財権の移転等の場合等には、知財の権利者は研究推進法人等との契約に基づき、研究推進法人等の承認を必要とする。
- 合併等に伴う知財権の移転等の後であっても研究推進法人は当該知財権にかかる再実施権付実施権を保有可能とする。当該条件を受け入れられない場合、移転を認めない。

8 終了時の知財権取扱いについて

- 研究開発終了時に、保有希望者がいない知財権等については、知財委員会において対応（放棄、又は、研究推進法人等による承継）を協議する。

9 国外機関等（外国籍の企業、大学、研究者等）の参加

- 当該国外機関等の参加が課題推進上必要な場合、参加を可能とする。
- 適切な執行管理の観点から、研究開発の受託等にかかる事務処理が可能な窓口又は代理人が国内に存在することを原則とする。
- 国外機関等については、知財権は研究推進法人等と国外機関等の共有とする。

(7) その他

特になし

3. 個別の研究開発テーマ

当課題のビジョン（社会課題、背景、目指すもの等）：

世界に類を見ない超高齢社会にある我が国の社会課題への対策は急務となっている。高齢者を抱えたり子育てなどにより生活スタイルや働き方が多様化していく中で、世代を超えた人々の自立度・自由度を高め、生活（職場を含む）における諸問題を解決できる安心安全な社会の実現に向けて、人協調ロボット技術が担う役割を明確にし、それらを実現するための要素技術・基盤技術・社会実装技術を開発するとともに、当該技術が十分に機能するために必要な環境整備（導入促進ルール等の整備）等を実施することを通じて、住宅を中心とした生活空間へのロボット導入モデルと経済サイクルを伴う社会実装モデルを確立し、人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を軸とした人協調型ロボティクス社会の実現を目指す。

人・AI ロボット・情報系の HCPS 融合ロボティクス技術による社会課題の解決に向けたユースケースの例：人情報を捉え人とロボットが実空間でも仮想空間でも協調しながら安心安全・適切に支援する展開事例

● ユースケース 1：

- 住宅（戸建て・集合）での可処分時間増加のための生活支援（掃除、遠隔技術も活用した外出時の点検・操作支援、簡単な片付け等）
- 対象：一般家庭、子育て中の家族、高齢者・要介護者を支援する家族、遠隔地にいる家族
- 達成目標：可処分時間の延伸
 - ・ ・ ・ KPI 案：価値に見合った家事負担の軽減による可処分時間の延伸 20%
- 検討事項：経済的価値の創出シナリオ、JETRO 等を介した各国への展開支援策の検討が必要となるかもしれない

● ユースケース 2：

- 要介護予備軍・要介護者の自立度向上のための機能改善支援、介護者支援（住宅・施設内、自律・遠隔技術系の活用等）
- 対象：要介護予備軍の高齢者、要介護者が、1) 増加、2) 自立生活が困難、3) 介護者不足という社会問題を解決するため、a) 要介護予備軍の高齢者、要介護者、b) 施設の介護者、c) 家庭の介護者
- 達成目標：自立度向上、自由度向上、支援者の可処分時間の延伸、QoL/ADL の改善、高齢者・障害者の well-being 向上
 - ・ ・ ・ KPI 案：自立度または自由度向上 30%（→ 公的支出の削減へ）
可処分時間の延伸 20%（→ 新たな労働資源へ）
- 検討事項：JETRO 等を介した各国への展開支援策の検討が必要となるかもしれない

● ユースケース 3：

- ビル内での物品搬送・清掃・コンビニ等への買い物等の支援（自律・遠隔技術系の活用等）
- 対象：オフィス展開を対象として
- 達成目標：・搬送員・清掃員等の労働者不足への対応、コンビニへの買い物対応 → 適切な労働環境構築、労働者の自由度向上、労働者の可処分時間の延伸、適切な労働環境の実現
 - ・ ・ ・ KPI 案：対応領域の人の作業量削減 30%
- 検討事項：JETRO 等を介した各国への展開支援策の検討が必要となるかもしれない

● ユースケース 4：

- ビル等での点検・対応サービスの展開（自律・遠隔技術系の活用等）
- 対象：ビル等の日常的な点検と簡単なトラブル対応を対象として
- 達成目標：人による定期点検作業の中で目視作業、スイッチのオンオフ的作業を対象として、当課題の技術で実現
 - ・ ・ ・ KPI 案：対応作業が実現できることを検証したのち、当該対象作業における人による作業量を削減 20%（検証施設）
- 検討事項：人による定期点検作業がルール（行政的、業界的）となっている点検作業を、当該技術によって実施できるかについての検討（遠隔診断が実現され、薬剤の遠隔処方を実現されてきた背景もあり、遠隔作業のルール・規制改革の検討）が必要となるかもしれない。各国の点検領域におけるルール等への対応を JETRO 等の政府・政府関連機関を通じて調査することが必要となるかもしれない

● ユースケース 5 :

- 災害時の避難支援への展開（自律・遠隔技術系の活用等）
- 対象：災害時における移動弱者（要介護・要支援者、小児等）の住宅・施設等からの安全・安心な避難支援を対象
- 達成目標：地震や火災の際の避難時に、避難マップに従いどのように避難するかのガイド、日常データと災害箇所から避難経路の提案、移動弱者の自動避難（部屋→フロア→階段 or エレベーター→屋外）、避難所内支援（充電ステーション、通信代行、医師・サポーターとの遠隔ケア支援（身体状態等安全確認、ケア等））
 - ・ ・ ・ KPI 案：各種機能検証後、従来と比較して避難成功率 30%アップ（検証施設にて）、避難所での安全安心への貢献度が 50%以上（母集団のうち半数以上でプラス評価、6段階評価）
- 検討事項：安全保障案件と連動させて検討が必要となるかもしれない

(1) (研究開発名：人・AI ロボット・情報系の HCPS 融合技術のシステム化基礎技術開発)

【研究開発テーマの概要と課題・サブ課題との関係】

世界に類を見ない超高齢社会にある我が国の社会課題への対策は急務となっている。高齢者を抱えたり子育てなどにより生活スタイルや働き方が多様化していく中で、世代を超えた人々の自立度・自由度を高め、生活（職場を含む）における諸問題を解決できる安心安全な社会の実現が求められている。当サブ課題は、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」が融合した HCPS 融合人協調ロボティクス課題全体のミッション（SIP 終了時までには TRL6~7 以上、BRL6~7 以上）達成に向けた基盤技術系の開発テーマをまとめたものとして位置づけられる。

サイバー・フィジカル空間（メタバースを含む）の市場、およびロボットの市場は今後成長が期待される一方で、「I. Society5.0 における将来像」にて述べたように、サイバー・フィジカル空間とロボティクス、人とロボティクスを組み合わせた統合的な技術領域は、黎明期にあり、グローバルでの特許出願数も限られている。また、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を融合した HCPS 融合技術に関するビジョンを打ち出している国はまだ見られない（2023 年 1 月時点）。他国をしのぐ超高齢社会として課題先進国の様相を呈している日本が、これらの社会課題の解決策として HCPS 融合人協調型ロボティクスの産業創出を促すことができれば、当該領域において世界をリードできる可能性がある。また、日本にはロボティクスなどの技術において国際的にも高い競争力を有するプレイヤーが存在することが特許調査から示されており、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を融合した HCPS 融合人協調ロボティクス技術が実現できれば本領域を国際的にリードできる状況にある。

世代を超えた人々の自立度・自由度を高めるためには、それぞれのユースケースに対応

できる基盤技術の拡充が重要となるが、生活（職場を含む）における諸問題の解決に向けて、課題全体の目標を達成するためにバックキャストさせることで基盤技術を以下の1)～5)の分野の研究開発に絞り込み（更に RFI、有識者、関連業界からの情報も参考）、人協調ロボティクスで開拓する基盤技術領域の研究開発を推進する。1) 環境認知による自動地図生成等により高機能化されたヒトやモノを自動搬送する自律移動ロボット技術、2) 住宅内使用も想定したハンド・アーム系ロボット技術、3) 動作やバイタルなどの人情報取得技術、4) 心身の自立度を向上させるロボット技術、5) サイバニック化マスター・リモート技術（サイバニクス空間の構築を含む）、等。

これらの基盤技術の中で、環境認知系、移動系、要素技術系、スマホアプリ・データ連携系については、共通の基盤技術として展開できるため個別テーマとして準備し研究開発を推進する。本テーマでは、これら1)～5)の基盤技術をシステム化するための基礎技術開発が必要となるため、「人・AI ロボット・情報系の HCPS 融合技術のシステム化基礎技術開発」を行う。実施組織に関しては、これら1)～5)の全領域の基礎技術の研究開発実績・能力、および、これらを統合したシステム化に関する基礎的研究開発実績・能力を有することが求められる。

当課題は超高齢社会が直面する社会課題の解決のため、人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした HCPS 融合人協調型ロボティクスという新たな市場を創り出す取り組みであり、民間企業にとってもリスクを抱えた挑戦となる。特に、本テーマは「人・AI ロボット・情報系の HCPS 融合技術のシステム化基礎技術」の研究開発を行うものであり、新領域の開拓に必要となる手探りでの基礎技術研究開発・検証、これらを統合するために必要となるシステム化基礎技術に関する基礎的研究開発であり、超高齢社会における世代を超えた人々の自立度・自由度を高め生活（職場を含む）における諸問題を解決できる社会の実現を目指す当課題の基礎を支える取り組みとして、大学等を中心とした産学官連携により国費を投じて取り組んでいく必要がある。

1 研究開発目標

現時点では開拓段階にある人・AI ロボット・情報系の HCPS 融合技術のシステム化基礎技術に関して、1) 環境認知による自動地図生成等により高機能化されたヒトやモノを自動搬送する自律移動ロボット技術、2) 住宅内使用も想定したハンド・アーム系ロボット技術、3) 動作やバイタルなどの人情報取得技術、4) 心身の自立度を向上させるロボット技術、5) サイバニック化マスター・リモート技術（サイバニクス空間の構築を含む）の分野を個別技術としてではなく人・AI ロボット・情報系の HCPS 融合技術を実験室レベルで実現し、これら1)～5)の研究開発技術を、他のテーマ、サブ課題間で連動させながら展開できるよう統合化・融合化の仕組みを確立する。

当テーマの目標である「人・AI ロボット・情報系の HCPS 融合技術のシステム化のための基礎技術の研究開発」に関する取り組み実績・ビジョン等については、世界的にリードしており、国際競争力を有している。

以下の研究開発目標にもとづき研究開発を推進する。

- 2025 年度には、想定する生活空間での実証を踏まえた HCPS 融合人協調ロボティクスに必要なシステム化基礎技術の到達度として、この時点では TRL3～4 を達成する。
- 2025 年度までに「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を扱う HCPS 人協調ロボティクス領域の開拓（人材育成を含む）を推進する協会（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）のステークホルダーとして連携し、TRL3～4 の充実に加え、当課題全体の取り組みとして、環境整備の視点での到達レベル GRL2～4、社会受容性 SRL3～4、人材育成の HRL1～4 の到達度を充実にさせる。
- 2027 年度を目処に当課題全体の取り組みとして海外を含む 10 拠点以上の評価フィールドで社会実装・実運用評価できるように、本テーマでの基礎技術の到達については

- 2027年度までにはTRL4～7を達成する。
- SIP終了時点でTRL6～7以上を達成する。

2 実施内容

事例として示されているユースケースを想定し、下記の1)～5)を統合した「人・AIロボット・情報系のHCPS融合技術のシステム化基礎技術」について、それぞれで示される技術水準を満たせるよう研究開発を実施する。

- 1) 環境認知による自動地図生成等により高機能化されたヒトやモノを自動搬送する自律移動ロボット技術：
LiDARだけではなくビジョンシステムとしての環境認知機能を備え、人やモノを載せることができる可搬重量の性能をもち、生活空間での障害物や段差などがあれば安全対応ができ、人搭乗者の情報を取得しながら身体状態を捉えることのできる自律移動ロボット技術であること。
- 2) 住宅内使用も想定したハンド・アーム系ロボット技術：
把持した際の物体の重心状態や硬さ柔らかさがわかり、片手で持ち運びができる軽量のハンド・アーム系であり、アーム・ハンド系単独で物体認知ができ、更に、人情報と連動してマスター・リモートシステムとして利用できるロボット技術であること。
- 3) 動作やバイタルなどの人情報取得技術：
人情報（物理的な情報（動作・行動情報））を非接触センシングおよびwearableセンシングによって計測でき、これら情報と同期した生理的な人情報（生体電位情報（心電・脳波・筋電）、脈拍、体温、SpO2、呼吸、気道音の情報）を非接触センシングおよびwearableセンシングによって計測でき、また、wearableに関してはセンシングスーツとして構成し計測できる技術であること。そして、これらの情報がワイヤレスでIoH/IoT（ヒトとモノのインターネット）情報として情報空間にデータ転送できる技術であること。
- 4) 心身の自立度を向上させるロボット技術：
人情報（動作・行動系、生活系、脳神経系、生理系、筋系、心理系）と一体的に連動し身体面の機能を改善させることで自立度を向上させることができるロボット技術であること、そして、心身という観点から心理面での状態変化を臨床心理学的アプローチで分析できる技術であること（臨床心理学的アプローチを技術化する際には臨床心理士を介入させること）。更に、身体機能と心理機能の両機能の改善に資することができるよう展開できる技術であること。
- 5) サイバニック化マスター・リモート技術（サイバニクス空間の構築を含む）：
物理空間（フィジカル空間）におけるマスター・リモート技術だけではなく、人情報（脳神経系・生理系由来の生体電位情報、動作情報、体温、脈拍など）と連動した情報の授受をマスター・リモート技術として構築し、このマスター・リモート技術を用いて、物理空間と物理空間を相互に繋ぐと共に、物理空間と仮想空間を相互に繋ぐことで、「人と人／人とロボット／人と仮想空間が一体化された人・AIロボット・情報系の融合空間（サイバニクス空間：サイバニック・メタバース）」を扱うことができるサイバニック化マスター・リモート技術であること。

(2) (研究開発名：人協調ロボティクスにおける環境認知系基盤技術開発)

本研究開発テーマは、人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした人協調型ロボティクスの基盤技術開発（サブ課題1）において、人協調ロボティクスにおける環境認知系基盤技術開発を行うものである。本課題が目指す将来像においては、同じ生活空間内で人とロボットが協調・協働することになり、そのためには環境認知系基盤技術は欠くことのできない重要な要素となる。

すでに社会実装が進んでいる産業用ロボットが工場等において作業を行う際にも環境認知技術は必要であるが、商業用施設内の点検や清掃・物品運搬・清掃・雑務、住居における生活支援、屋外活動および災害救助現場等においては、モノの位置が一定ではない、あるいは人や動物が突発的に出現するケースが多く考えられ、そのような環境でロボットを安全に運用するためには、環境認知技術の重要性と需要はさらに増すことになる。

イレギュラーな環境においても対応を可能にするためには、既存の環境認知技術も活用しながら、研究開発テーマ「人・AI ロボット・情報系の HCPS 融合技術のシステム化基礎技術開発」ほか全てのテーマを相互に連動させ、サイバー空間と連動させていくことが必要になる。加えて、環境変化に対して臨機応変に対応できるためには、人協調ロボットに搭載して運用していくことが必要になる。

このような背景から本研究開発テーマにおいては、環境認知系基盤技術の開発を目的とし、生活空間で使用できるビジョン系技術を中心に、以下の基盤技術の研究開発を実施する。

- 集合住宅等の住宅内や生活空間における人（身体状態を含む）、壁、通路、ドア、テーブル、椅子、歩道、横断歩道などに関する情報を認知
- ロボット系システムに搭載できるサイズで実現

当課題は、人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした HCPS 融合人協調型ロボティクスという新たな市場を創り出す取り組みであるため、現状の市場調査方式での解析では未市場への対応は難しいため、バックキャスト手法によって、開拓領域の絞り込み、ユースケースを想定した新市場創成・新価値創造、基盤技術の役割としての他領域への展開・価値創造などを行なっている。超高齢社会における社会課題を解決する取り組みは、パブリックセクターが本来は取り組むことが通常であり、民間企業がパブリックセクターの取り組みを推進する場合には経済サイクルを成立させるためのビジネスクリエーションが難しい。しかし、社会課題の解決に向けた取り組みについては、情熱のある公器としての企業の参画に期待し、官民連携で推進していくことは科学技術イノベーション戦略の観点からも極めて重要である。本テーマは、HCPS 融合人協調ロボティクスの中で不可欠となる環境認知系基盤技術開発を行うものであり、住居・産業現場・移動・配送・災害対応等の社会課題対応も含め幅広い場面で活用可能な技術であることから、国費を投じるに相応しいものであると考える。

1 研究開発目標

人協調ロボティクスにおける環境認知系基盤技術開発については、生活空間のあらゆる場面における環境情報の取得を目指すものだが、LiDAR やカメラを通じた屋外での環境認知は現状では自動車を中心に実装が進んでいるものの、屋内を含む生活空間全体での環境認知技術は世界的に見ても開拓段階であり、特に、ビジョン系での環境認知技術はCMOS レベルから画像処理レベルそして知能処理レベルへと繋がる重要な開拓領域となっている。我が国は、ビジョン系技術については高い水準を誇っているが、レンズ、CMOS、電子画像処理レベルで閉じられるのではなく、雑多な生活空間における環境認知技術まで引き上げることが非常に

重要であり、人とサイバー・フィジカル空間を融合する HCPS 融合ロボティクスが必要とする環境認知系基盤技術は、我が国の強みを大きく強化させる取り組みになるものであり、本課題の本テーマで求められる環境認知系基盤技術を実現することは、国際的にも高い競争力を持つものである。レンズ、CMOS、電子画像処理レベルでは世界的にも高い水準であり、目標とする技術の実現可能性は高い。また、サブ課題1の各テーマ、サブ課題2の各テーマと連動させることで当該技術開発の強化・進化が期待できる。

以下の研究開発目標にもとづき研究開発を推進する。

- 2025 年度までには、ロボット系システムに搭載可能なサイズで集合住宅等の住宅内や生活空間における人（身体状態を含む）、壁、通路、ドア、テーブル、椅子、歩道、横断歩道などに関する情報を認知する技術を開発し、基盤技術の到達度としては TRL3~4 を達成する。この技術を想定する生活空間での実証を踏まえた HCPS 融合人協調ロボティクスに使用することが可能なレベルで成立させる。
- 2025 年度までに「人」+「サイバー・フィジカル空間」を扱う HCPS 人協調ロボティクス領域の開拓（人材育成を含む）を推進する協会（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）のステークホルダーとして連携し、TRL3~4 の達成度を充実させる。
- 2027 年度を目処に当課題全体の取り組みとして海外を含む 10 拠点以上の評価フィールドで社会実装・実運用評価できるように、本テーマでの基礎技術の到達については 2027 年度までには TRL4~7 を達成する。
- SIP 終了時点で TRL6~7 以上を達成する。

2 実施内容

人協調ロボティクスにおける環境認知系基盤技術の開発を行う。具体的には、以下のような基盤技術の研究開発を実施する。

- 集合住宅等の住宅内を含む、生活空間における人（身体状態を含む）、壁、通路、ドア、テーブル、椅子、歩道、横断歩道などに関する情報の認知技術
 - 取り扱うデータに関する情報セキュリティや個人情報保護について考慮すること
 - レーザーを使用する場合には安全性を確保できること
- ロボット系システムに搭載可能なユニット／モジュールの開発
 - 生活空間に配置・移動するロボットに実装可能なサイズ・重量のユニット／モジュールであること
- 当課題の中核となる「人」+「サイバー・フィジカル空間」（HCPS）の融合技術と連動できる標準化されたインターフェース／プロトコルと連携可能なこと
 - 生活空間内の人、モノ、建物、道路等に関するあらゆる環境情報のサイバニクス空間への連携、および同空間上で構成したマップ情報のロボットへの連携が可能であること
 - 必要に応じて遠隔操作にも対応できること

全ての研究開発テーマを相互に連動させ、ミッション達成にとって意味のある成果が得られるようにする。

(3) (研究開発名：人協調ロボティクスの移動系基盤技術開発)

本研究開発テーマは、人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした人協調型ロボティクスの基盤技術開発（サブ課題1）において、人協調ロボティクスにおける移動系基盤技術開発を行うものである。社会生活においては、人およびモノの住宅・ビル等での屋内・屋外での低速で安全な移動は不可欠であり、本課題およびサブ課題に対する移動系基盤技術の貢献度は高い。

労働人口減少と労働力不足の社会課題を低減・解消するために、配送自動化および病院内あるいは商業施設内での物品搬送効率化の需要は高く、有識者、ユーザーへのヒアリングにおいても人協調ロボティクスを活用したいと多数の声が挙げられているところである。過疎地や中山間地における買い物弱者への対応としての自動配送も、高齢化が進む日本において需要が益々高まると予想される。また、モノだけではなく人の移動についても需要は高い。移動に困難を抱える高齢者は多く、日常生活品（食料、雑貨等）を買い物に出かけたり、地域のコミュニティや地域の医院に出向いたりすることができないなど社会問題化している。当課題が実現しようとする HCPS 融合人協調ロボティクス技術を用いれば自律移動だけではなくリモートからの介入も可能であるため安全安心に住宅内外・施設内外を行き来でき、このような移動弱者を包含する超高齢社会にとってその需要は非常に高い。本課題が目指す将来像においては、高齢者および要介護・要支援者等の自立生活困難者の移動を支援することで社会参画を促し、経済サイクルを成立させることを目指しており、その社会的および経済的意義は大きい。また、災害時の移動弱者（要介護・要支援者等、高齢者、幼児等）の避難手段確保も社会的に重要性が高い課題である。

屋外および屋内の配送ロボットの実証は国内外でも始まっているが、モノ及び人の移動においては安全確保や人との親和性を考慮したインタラクションが重要であり、既存技術を活用しつつも HCPS 融合技術と連動し、データの蓄積・解析およびシミュレーションを介してフィジカル空間に反映させることが重要である。また、このような人情報と連動した移動系技術と生活空間（屋内・屋外、歩道、ショッピングセンターなど）における環境自体 IoT 化技術とが融合することで、HCPS 融合人協調ロボティクスが構成する人・AI ロボット・情報系の融合空間（サイバニクス空間）が充実し、ヒトやモノの移動がより安全安心により高度に構築されていくことになる。

このような背景から本研究開発テーマにおいては、人協調ロボティクスの移動系基盤技術の開発を目的とし、以下を実施する。

- 人や物品を適切なサイズで安全に可搬できるモバイルベースを構築
- 当課題の中核となる「人」＋「サイバー・フィジカル空間」（HCPS）の融合技術と連動できる標準化されたインターフェース／プロトコルとして構築

本テーマは、HCPS 融合人協調ロボティクスという新領域の中で不可欠となる移動系基盤技術開発を行うものであり、上述のように今後ますます増えると想定される移動弱者に係る様々な社会課題の解決に大きく貢献するものであり、国費を投じるに相応しいものであると考える。

1 研究開発目標

人協調ロボティクスにおける移動系基盤技術開発については、HCPS と連動した生活空間における人協調ロボットの自律移動を実現するものだが、マスターリモートとの連動、人情報・環境情報利用との連動等により、移動系技術に新たな展開が期待できる。こうした動きは海外でも芽生えつつあるが、かろうじて日本がリードしている状況にあり、国際戦略的にも本研究テーマは重要である。

以下の研究開発目標にもとづき研究開発を推進する。

- 2025 年度には、想定する生活空間での実証を踏まえた HCPS 融合人協調ロボティクスに必要なモバイルベースの構築を行い、基盤技術の到達度として、TRL3～4 を達成す

- 2025年度までに「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を扱うHCPS人協調ロボティクス領域の開拓（人材育成を含む）を推進する協会（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）のステークホルダーとして連携し、TRL3～4の達成度を充実させる。
- 2027年度を目処に当該課題全体の取り組みとして海外を含む10拠点以上の評価フィールドで社会実装・実運用評価できるように、本テーマでの基盤技術の到達については2027年度までにはTRL4～7を達成する。
- SIP終了時点でTRL6～7以上を達成する。

2 実施内容

人協調ロボティクスにおける移動系基盤技術開発の開発を行う。具体的には、以下のような基盤技術の研究開発を実施する。

- 人や物品を適切なサイズで安全に可搬できるモバイルベースの構築
 - 生活空間内を柔軟かつ円滑に移動可能なサイズであること
 - 十分な数の人・物品を落下等の危険なく安全に運搬できること
 - 人に衝突しても安全な軽量・柔軟素材を活用した筐体であること
 - 屋外での利用も想定した構造であること
- 当課題の中核となる「人」＋「サイバー・フィジカル空間」（HCPS）の融合技術と連動できる標準化されたインターフェース／プロトコルと連携可能なこと
 - 生活空間内の人、モノ、建物、道路等に関するあらゆる環境情報のサイバニクス空間への連携、および同空間上で構成したマップ情報のロボットへの連携が可能であること
 - サイバニクス空間上で構成したマップ情報に基づくロボティクスの自律移動が可能であること
 - 必要に応じて遠隔操作にも対応できること

(4) (研究開発名：人協調ロボティクスにおける HCPS 要素技術研究開発)

本研究開発テーマは、人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした人協調型ロボティクスの基盤技術開発（サブ課題1）において、人協調ロボティクスにおける HCPS 要素技術研究開発を行うものである。ロボティクス分野の海外動向からも要素技術の研究開発に力が入れており、当該課題のテーマとしても人協調ロボティクスを構成する特に重要な要素として、安心安全な高性能バッテリー、低消費電力半導体等の技術を取り上げる。これらが他のテーマと連動しながら有用な水準でロボティクス連動できることを目標として、HCPS 融合人協調ロボティクス領域での用途に適した効果的で安全安心な HCPS 要素技術の研究開発を実施する。全テーマを相互連動させ、ミッション達成に意味のある成果が得られるようにする。

HCPS 融合人協調型ロボティクスを社会実装し、活用していくためには、ロボティクスを構成する要素技術の人協調環境に適応できるように高度化する必要がある。例えばバッテリーでは、人体との接触や非常時の二次災害防止を考えると、発熱・発火の危険性が世界的にも極めて低く、充放電の能力が高く、長寿命で安全安心なバッテリーのニーズは非常に高い。安心してロボットが人と一緒にエレベータに乗ることが可能となる。半導体に関しては、ロボットへの搭載や wearable なセンサ系への搭載など各種 HCPS 用途に適した情報授受・小型・軽量・低消費電力等の機能が求められる。

当課題で取り組む要素技術は超高齢社会が直面する社会課題の解決のため、人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした HCPS 融合人協調型ロボティクスという新たな市場を創り出す取り組みであり、民間企業にとってもリスクを抱えた挑戦となる。特に、本テーマは「人協調ロボティクスにおける HCPS 要素技術」の研究開発を行うものであり、それぞれの要素技術は全体システムの構成要素であるため、一層市場が見えにくい領域であり、国費を投じて取り組んでいく必要がある。

1 研究開発目標

人協調ロボティクスにおける HCPS 要素技術研究開発については、HCPS 融合人協調ロボティクスを構成する要素技術を統合した際に安全かつ高機能なシステムを実現できるように各要素技術の研究開発を推進するものだが、要素技術単体で見ると元々日本が国際的に競争力を有する領域が多く、HCPS 融合人協調ロボティクスという新規性の高い出口イメージを想定しながら研究開発を進めることで更なる競争力の向上に寄与するものとする。また、いずれの要素技術も進化してきており、SIP でテーマとして取り上げることによりさらに加速することができるため、本研究開発目標の実現可能性は十分にある。

以下の研究開発目標にもとづき研究開発を推進する。

- 2025年度には、プロトタイプの実証を踏まえた HCPS 融合人協調ロボティクスに必要な各要素技術の到達度として、TRL3～4を達成する。
- 2025年度までに「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を扱う HCPS 人協調ロボティクス領域の開拓（人材育成を含む）を推進する協会（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）のステークホルダーとして連携し、TRL3～4の充実に加え、当該課題全体の取り組みとして、環境整備の視点での到達レベル GRL2～4、社会受容性 SRL3～4、人材育成の HRL1～4の到達度を充実させる。
- 2027年度を目処に当該課題全体の取り組みとして海外を含む10拠点以上の評価フィールドで社会実装・実運用評価できるように、本テーマでの要素技術の到達については2027年度までにはTRL4～7を達成する。
- SIP終了時点でTRL6～7以上を達成する。

2 実施内容

人協調ロボティクスにおける HCPS 要素技術研究開発を行う。他のテーマと連動しながら有用な水準でロボティクス連動できることを目標として研究開発を実施し、全テーマを相互連動させてミッション達成に意味のある成果が得られるようにする。具体的には下記を含む。

- 安全な高性能バッテリーの開発
 - HCPS（人＋サイバー・フィジカル空間）融合人協調ロボティクス領域において、人々の生活空間内で安全安心に利用できる技術であること
 - 日常生活空間で急速かつ頻繁に充放電を行うことが可能な技術であること
 - 長寿命で利用できるバッテリー技術であること
 - サイズについては超小型から中型までカバーできる技術であること
 - 人に接触あるいは近いところで使用されるケースも想定されるため、発熱による火傷や発火による燃焼リスクについても考慮された技術であること
- 低消費電力半導体の開発
 - HCPS 融合人協調ロボティクス領域において、ユースケースの用途に適した情報授受が可能であり、多様な筐体（ロボットへの搭載や wearable なセンサ系を含む）に実装が可能な半導体技術であること
 - 電力消費が極めて低い半導体であり、以下のいずれかに該当する技術であること
 - ◇ モータの駆動を行うためのパワー半導体
 - ◇ モータの制御を行うためのロジック半導体
 - ◇ 環境認知を行うためのセンサー半導体

(5) (研究開発名：人協調ロボティクスのスマホアプリ・データ連携系基盤技術開発)

本研究開発テーマは、人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした人協調型ロボティクスの基盤技術開発（サブ課題 1）において、人協調ロボティクスのスマホアプリ・データ連携系基盤技術開発を行うものである。HCPS 融合人協調ロボティクスの活用領域が拡大された将来像の実現に向けて、人が情報空間に簡便にアクセスすることのできる優れたインタフェースとして実社会の中で機能しているスマホアプリの開発とマルチモーダルなデータ連携系の基盤技術開発は、欠くことのできない重要な技術開発テーマとなる。

アプリを追加することによって様々な用途で利用できるスマホは、かつてのパソコンの性能を有する高度な技術の塊であり、この情報端末を人々が積極的・継続的に利用している理由は、優れたユーザビリティのインタフェースや、購買意欲を高めるなどユーザへ何かしらの行動を喚起するよう促す情報提示の工夫や、ゲームなど人の欲求の分析に基づくエンタテインメント的手法などがスマホアプリに組み込まれているためである。総務省の通信利用動向調査によると、2020 年のスマートフォンの世帯普及率は 86.8%、モバイル端末全体（携帯電話・PHS 及びスマートフォン）の世帯普及率は 96.8%であることがわかっている。

このように普及率が高く人との親和性が高いスマホアプリ、および、マルチモーダルなデータ連携系情報基盤の技術開発を実施することは、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を融合した人協調ロボティクスの社会実装・普及のために非常に重要である。

このような背景から本研究開発テーマにおいては、人協調ロボティクスのスマホアプリ・データ連携系基盤技術開発を目的とし、以下を実施する。

- エンタテインメント的手法等の導入により積極的・継続的な利用を促進できるインタフェースのアプリを開発
- 「人」＋「サイバー・フィジカル空間」（HCPS）における人情報、環境情報、ロボット情報等のマルチモーダルなデータを連携できる情報基盤を構築

当課題は、人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした HCPS 融合人協調型ロボ

ティクスという新たな市場を創り出す取り組みであるため、バックキャスト手法によって、開拓領域の絞り込み、ユースケースを想定した新市場創成・新価値創造、基盤技術の役割としての他領域への展開・価値創造などを行なっている。超高齢社会における社会課題を解決する取り組みは、パブリックセクターが本来は取り組むことが通常であり、民間企業がパブリックセクターの取り組みを推進する場合には経済サイクルを成立させるためのビジネスクリエーションが難しい。しかし、社会課題の解決に向けた取り組みについては、情熱のある公器としての企業の参画に期待し、官民連携で推進していくことは科学技術イノベーション戦略の観点からも極めて重要である。さらに中長期的には、サイバー空間に蓄積したデータを人々の健康増進に繋げる取り組みや、自治体等と連携することにより公共サービス等の社会的意義があり公共性の高い用途に活用する取り組みなどへと展開させることができるテーマであることから、国費を投じるに相応しいものであると考える。

1 研究開発目標

HCPS 融合人協調ロボティクスにおけるスマホアプリ・データ連携系基盤技術開発については、生活空間の人・環境・ロボット等に関する多様なデータを取得し、情報基盤上でマルチモーダルにデータ連携させるとともに、ユーザーの積極的・継続的な利用を促すインタフェースを有するスマホアプリを実現するものであるが、自治体、医療機関・介護施設等のパブリックセクターで扱われる領域でのエビデンスと信頼関係に基づいた取り組みと、ゲームやエンタテインメント領域での人の欲求の分析に基づいた取り組みを組み合わせることによって、利用者から支持される利便性の高い官民連携のスマホアプリ・データ連携系基盤は新規性が高く、国際的にも競争力を持つことが可能である。当該スマホアプリやデータ連携系基盤は、ユーザからのフィードバックを経ながら、インタフェースやサービスを改善し開発・構築・運用のサイクルを常に回し続けることが重要である。

以下の研究開発目標にもとづき研究開発を推進する。

- 2025 年度までには、スマホアプリ開発、および、データ連携系開発を推進し、基盤技術の到達度としては、この時点では TRL3~4 を達成する。
- 2025 年度までに「人」+「サイバー・フィジカル空間」を扱う HCPS 融合人協調ロボティクス領域の開拓（人材育成を含む）を推進する協会（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）のステークホルダーとして連携し、TRL3~4 の達成度を充実させる。
- 2027 年度を目処に当課題全体の取り組みとして国内外の 10 拠点以上の評価フィールドで社会実装・実運用評価できるように、本テーマでの基盤技術の到達度については 2027 年度までに TRL4~7 を達成する。
- SIP 終了時点で TRL6~7 以上を達成する。

2 実施内容

当テーマの人協調ロボティクスにおけるスマホアプリ・データ連携系基盤技術に関連するユースケースや参画する組織によって想定される新たなユースケースの検討を踏まえ、以下の要件を満たせるよう社会実装技術開発を実施する。

- 1) エンターテインメント的手法等の導入により積極的・継続的な利用を促進できるインタフェースのアプリを開発できること
 - ユーザーに楽しんで利用してもらうことが可能な技術であること
 - ユーザビリティを意識した UI/UX が実装され、使い勝手の良い技術であること
 - 複数の OS やスマートフォン、タブレットに対応できること
 - クラウド上で一般的に利用されるソフトウェア群の各種技術等を採用し、疎結合

- データによるエビデンスの構築が求められる医療分野・介護分野や、社会課題を扱うパブリックセクターで利用することができるスマホアプリの開発に長けていること
- 2) 「人」＋「サイバー・フィジカル空間」(HCPS)における人・環境・ロボット等のマルチモーダルなデータを連携できる基盤を構築できること
 - 蓄積した複数データの連携が行えること
 - 医療分野や介護分野で扱われるデータ、自治体が保有するデータ、日常生活で生じる個人データ等、個人のデータの取り扱いが問題なく行える実績を有すること
- 3) データ連携は他の全テーマと相互に連動させる必要があり、ミッション達成に意味のある成果が得られるようにすること
 - 他のテーマと連携し、データを扱う際のインタフェース／プロトコル等を含む情報ソケットを共通化させ連動しながら研究開発を実施すること

(6) (研究開発名：超高齢社会における世代を超えた人々が直面する社会課題の解決に向けた HCPS 融合人協調ロボティクスの社会実装技術開発)

世界に類を見ない超高齢社会にある我が国の社会課題への対策は急務となっている。日本は2007年にすでに超高齢社会に到達しており、2025年には約30%、2060年には約40%にまで上昇することが推定されている。これらに伴い生産年齢人口は年々減り続け、2065年には約5割に低下するというリサーチ結果も存在する。また、高齢者の増加によって公的負担も増加の一途をたどり、2040年度には社会保障費が2018年度との比較で約6割上昇するとも言われている。これらを解決するための方策としては、「生産年齢人口の減少」に対しては一人当たりの生産性を高める(可処分時間を増やす)、あるいは人の作業を支援すること、「社会保障費の増加」に対しては高齢者・弱者を支援するための公的負担を軽減する、あるいは人の健康増進に寄与して要支援者の人数を抑制することが挙げられる。このように、高齢者・弱者の支援や子育てなどにより生活スタイルや働き方が多様化していく中で、世代を超えた人々の自立度・自由度を高め、生活(職場を含む)における諸問題を解決できる安心安全な社会の実現が求められている。当サブ課題では、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」(HCPS)が融合したHCPS融合人協調ロボティクスという新領域開拓を推進するサブ課題1と一体的に連動させながら社会実装技術を開発する。HCPS融合人協調ロボティクスの社会実装は世界的にも先進的な取り組みであり、当該新領域の産業創出・推進にとって国際競争力のある取り組みとして展開できると期待される。また、サブ課題1と当サブ課題とは、ミッション達成のために一体的に連動しながら推進されるため、好循環の新領域開拓・イノベーション推進が進化的に機能していくことが期待される。そのためには(1)～(5)に挙げた基盤技術がシステムとして統合され、人々の生活空間に実装されるとともに、システム全体として適切に機能することが不可欠となるため、当該社会実装に資する技術を開発することが非常に重要となる。

HCPS融合人協調ロボティクスは上記の特徴によってこれらのいずれの方策にも活用し得る技術群となっているが、その技術群を社会課題の解決に繋げるためには、以下のような社会実装の取り組みが求められる。

- 人々の存在する住宅、施設、職場等様々な生活空間への適用
- 人・AI ロボット・情報系が融合したサイバニクス空間を通じた生活空間における HCPS 融合マスター・リモート制御技術(サイバニック化マスター・リモート技術)の活用
- HCPS融合人協調ロボティクスを通じた個人情報の非侵襲による取得・活用
- 高齢者や交通弱者の自立度・自由度を向上させる当課題の他の関連技術との連動

本研究開発テーマは、課題全体においては他の研究開発テーマとして挙げられている各基盤技

術を統合しつつ、人協調ロボティクスが適切に機能することを前提として人々の生活空間に実装するための社会実装技術という位置づけであり、「サブ課題 2（社会実装技術）」の中では社会課題の解決を促すことを担保する技術と位置づけている。また、本テーマでは、生活（職場を含む）における諸問題の解決に向けて、課題全体の目標を達成するために想定されるユースケースに共通の基盤技術に基づいてバックキャストさせることで、課題 1 の各テーマと連動させて取り組み内容を絞り込み（更に RFI、有識者、関連業界からの情報も参考）、人協調ロボティクスで開拓する基盤技術領域（課題 1）と連動させながら「超高齢社会における世代を超えた人々が直面する社会課題の解決に向けた HCPS 融合人協調ロボティクスの社会実装技術開発」を行う。実施組織に関しては、このような「HCPS 融合人協調ロボティクスの社会実装技術」の研究開発実績・能力および社会実装実績・能力を有することが求められる。

当課題は人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした HCPS 融合人協調型ロボティクスという新たな市場を創り出す取り組みであるため、現状の市場調査方式での解析では未市場への対応は難しいとされるが、市場調査を並行して実施して状況を明確化させながら、バックキャスト手法によって開拓領域を絞り込み、想定されるユースケースに対して、新市場創成・新価値創造、基盤技術の他領域への展開などを推進する。超高齢社会における社会課題を解決する取り組みは、社会の課題であるためパブリックセクター（政府や自治体）が本来は取り組むことになるが、急速に変化する社会が抱える社会課題に対応するためには「官民連携」により取り組んでいく必要がある。民間企業がパブリックセクター側の取り組みを推進する場合には、一般に経済サイクルを成立させるためのビジネスクリエーションが難しいとされる。情熱のある公器としての企業が参画することで、当課題が目標とする社会課題の解決に向けて官民連携で取り組み難題を乗り越えていくことが望ましく、科学技術イノベーション戦略の観点からも極めて重要である。当課題は、公的費用の支出削減、未市場領域を新市場として創成、他領域との連携による更なるイノベーション創出などが期待できる取り組みであり、超高齢社会が直面する社会課題を解決するための重要な取り組みとして位置付けられ、民間企業が行なう既存市場への参入とは大きく異なるため、国費を投じて推進する価値がある。

1 研究開発目標

当該サブ課題は、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」が融合した HCPS 融合人協調ロボティクス課題全体のミッション（SIP 終了時までには TRL6～7 以上、BRL6～7 以上）達成に向けた社会実装技術系の開発テーマをまとめたものとして位置づけられる。本テーマにおいては、超高齢社会における世代を超えた人々が直面する社会課題の解決に向けた HCPS 融合人協調ロボティクスの社会実装技術開発を行う。本テーマでは、課題 1 で進められる HCPS 融合人協調ロボティクスの基盤技術（環境認知による自動地図生成等により高機能化されたヒトやモノを自動搬送する自律移動ロボット技術、住宅内使用も想定したハンド・アーム系ロボット技術、3）動作やバイタルなどの人情報取得技術、生活空間情報取得技術、心身の自立度を向上させるロボット技術、サイバニク化マスター・リモート技術（サイバニクス空間の構築を含む）、スマホアプリ・データ連携とクラウド化技術、要素技術、等）および課題 2 の他のテーマなど全テーマを相互に連動させながら、ミッション達成に意味のある成果が得られるよう社会実装技術を研究開発する。

人情報を捉え、人とロボットが実空間でも仮想空間でも協調しながら安心安全・適切に支援する展開事例として想定されるユースケース（事例：住宅（戸建て・集合）での可処分時間増加のための生活支援（掃除、遠隔技術も活用した外出時の点検・操作支援・食事支援、簡単な片付け等）、要介護予備軍・要介護者の自立度向上のための機能改善支援および介護者支援、人協調ロボティクスによるビル内でのサービス支援（物品搬送・清掃・飲料サーブ・ビル内買い物等）、ビル等での点検・対応サービスの支援、災害時の避難支援など）に適用できるように、社会実装技術の開発、評価フィールドの関係組織との円滑な連携、必要に応じて国際標準規格・各種ルール等への適合などを実施する。

当課題のミッションを達成するための取り組みとして、2025 年度までに「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を扱う HCPS 融合人協調ロボティクス領域の開拓を推進する（人材育成を含む）協会等（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）を始動させ、全方位

的（導入促進ルール、民間保険等の整備を含む）に当課題が力強く推進力を持って機能するよう試み、2027年度を目処に、事例として想定されるユースケースに対応したシステムを海外を含む10拠点以上で社会実装・実運用評価を開始させることができる社会実装技術の研究開発を目標とする。

ステージゲートとして、サブ課題1の各テーマ、及び、サブ課題2の各テーマ、その他取り組みとも連動させ、2025年度中にTRL3~4/BRL2~5、2027年度中にTRL4~7/BRL5~7を達成させる。

本研究開発テーマは、超高齢社会に係る社会課題の解決に向けたHCPS融合人協調ロボティクスの社会実装技術という位置づけだが、超高齢社会の課題先進国である日本で先行した実証・社会実装を行うことができればその成功モデルの輸出も可能となるなど、国際的にも競争力を持つことができる。本テーマの社会実装技術の研究開発目標設定に関しては、他のテーマとの連携や後述する協会等による関連するステークホルダーを巻き込んだ推進にもなっており、その実現可能性は高い。

- 2025年度には、想定する生活空間での実証を踏まえたHCPS融合人協調ロボティクスの社会実装技術の評価を行う。この時点ではTRL3~4を達成する。
- 2025年度までに「人」+「サイバー・フィジカル空間」を扱うHCPS融合人協調ロボティクス領域の開拓（人材育成を含む）を推進する協会（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）を始動させ、ステークホルダーを巻き込み当該社会実装技術により評価フィールドで社会実装を実現する。
- 2027年度を目処にユースケースに対応したシステムを、国内外10拠点以上で社会実装・実運用評価を開始させる。この時点ではTRL4~7を達成する。
- SIP終了時点でTRL6~7以上、BRL6~7以上を達成する。

2 実施内容

事例として示されているユースケースを想定し、超高齢社会における世代を超えた人々が直面する社会課題の解決に向けたHCPS融合人協調ロボティクスの社会実装技術開発の実施内容については、

- 1) 課題1で進められるHCPS融合人協調ロボティクスの基盤技術（環境認知による自動地図生成等により高機能化されたヒトやモノを自動搬送する自律移動ロボット技術、住宅内使用も想定したハンド・アーム系ロボット技術、動作やバイタルなどの人情取得技術、生活空間情報取得技術、心身の自立度を向上させるロボット技術、サイバニック化マスター・リモート技術（サイバニクス空間の構築を含む）、スマホアプリ・データ連携、クラウド化技術、要素技術、等）および課題2の他のテーマなど全テーマを相互に連動させながら、ミッション達成に意味のある成果が得られるよう社会実装技術を研究開発すること。
- 2) 人情取得を捉え人とロボットが実空間でも仮想空間でも協調しながら安心安全・適切に支援する展開事例として想定されるユースケースに適用できることを前提に、評価フィールドにおいて以下を実施すること。
- 3) 住宅（戸建て・集合）での可処分時間増加のための生活支援（掃除、遠隔技術も活用した外出時の点検・操作支援・食事支援、簡単な片付け等）を可能とする社会実装技術であること。
- 4) 要介護予備軍・要介護者の自立度向上のための機能改善支援、介護者支援を可能とする社会実装技術であること。
- 5) 人協調ロボティクスによるビル内での物品搬送・清掃・コーヒーサーバー・コンビニ買い物等のサービス支援を可能とする社会実装技術であること。
- 6) ビル等での点検・対応サービスの支援を可能とする社会実装技術であること。
- 7) 災害時における移動弱者（要介護・要支援者、小児等）の住宅・施設等からの安全・安心な避難支援を可能とする社会実装技術であること。
- 8) 評価フィールドの関係組織との円滑な連携、必要に応じて国際標準規格・各種ルール等へ

の適合などを実施できること。

- 9) 2025 年度までに「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を扱う人協調ロボティクス領域の開拓（人材育成を含む）をする協会等を始動させ、ステークホルダーを巻き込み当該社会実装技術を推進すること。
- 10) 2027 年度を目処に、事例として想定したユースケースに対応した HCPS 人協調ロボティクス技術を海外を含む 10 拠点以上で社会実装・実運用評価を開始させること。

超高齢社会に係る社会課題の解決の促進という目的を前提として、以下のような社会実装技術の研究開発を実施する。

- HCPS 人協調ロボティクスを住宅、施設、職場等様々な生活空間に適用するための各基盤技術の統合を含むシステム研究開発
 - 環境認知系基盤技術、移動系基盤技術、スマホアプリ・データ連携系基盤技術を統合し、実際の利用シーンを想定した実証実験の準備ができること
- サイバニクス空間を通じた生活空間内に存在する多様なロボットの一体的なリモート制御技術（サイバニック化マスター・リモート技術）の研究開発
 - 自立移動に加えて、必要に応じてリモート制御が可能であること
 - ロボットを通じて双方向にコミュニケーションがとれること
 - サイバニック空間でのオペレーションを記録し、活用可能な状態を構築できること
- 非侵襲を前提とした人情報・生活空間情報取得・活用技術の研究開発
 - ロボットの先端や個別のデバイスなどから人情報・生活空間情報を取得可能なこと
 - 取得したデータから異常値が見つかった場合等に他システムにアラートを通知できるような仕組みを構築できること
 - 体温や血圧などの生体情報に加えて、画像から得られる情報についてデータ分析が可能な状態を構築できること
- 高齢者や交通弱者の自立度・自由度を向上させる当課題の他の関連技術との連動
 - 装着型デバイスとデータ連動し、データの見える化やサイバニック空間を通じたリモートでの装着支援などの仕組みを構築できること

実施にあたっては、持続的・発展的な経済サイクルが成立する事業モデルの開発を含む社会実装技術の研究開発を想定する。全ての研究開発テーマを相互に連動させ、ミッション達成にとって意味のある成果が得られるようにする。また、他のテーマとの間で好循環のスパイラルができるよう、適宜、技術・到達状況を精査・調整しながら高い国際競争力を有する技術として進化させ、官民一体の更なる国家プロジェクトへとエグジットさせる。

(7) (研究開発名：住宅・ビル等の人協調ロボティクスの社会実装技術開発)

本課題では住宅・ビル・施設を含む人々の生活空間を対象としており、広範囲かつ変数の多い生活空間においては、HCPS 融合人協調ロボティクスの技術の適応力、対象空間の環境状況、運用ルール、導入支援等によって、導入・活用される水準が異なってくる。全てをロボット系技術に任せるのではなく、環境を戦略的に整備することで、技術的に難題とされていたことが容易に実現できてしまうこともある。このような環境とロボティクスが円滑に連携できる取り組みは、当課題で研究開発した HCPS 融合人協調ロボット技術が、住宅・ビル・施設を含む生活空間で効果的に機能する重要な成功要因の一つとなる。また、パブリックセクターと企業による官民連携でのルール整備の取り組みを促進することも重要である。

ロボティクス分野の社会実装に向けた官民連携の取り組みとして、経済産業省やデベロッパ一、ロボットユーザー企業、ロボットシステムインテグレータ企業等が連携し、ロボットフレンドリーな環境の実現を目指すための「一般社団法人ロボットフレンドリー施設推進機構」が設立され、官民でエレベータ連携やセキュリティ連携（ドア開閉等）の取り組みが推進されている。この「ロボットフレンドリーな環境」の適用範囲を職場も含む生活空間に拡大させ、住宅・ビル（集合住宅、オフィスビル等）、施設等において当該人協調ロボティクスが移動しやすくなるようなバリアフリー設計、トイレのドアの幅（間口の広さ）の設計、すれ違いがしやすい廊下、場所や利用状況などの情報化に資するタグやQRコードの配置等、ロボットが機能しやすくなるように環境側の整備を進めることで、ロボットの仕様についての要求水準を必要以上に高くすることなく様々な工夫によって社会実装への効率を高めることが可能となる。

本テーマは、サブ課題1の各テーマとサブ課題2の各テーマが連動して構築される HCPS 融合人協調ロボティクスが、住宅・ビル・施設を含む生活空間の環境と連動させる社会実装技術として位置づけられる。これは、環境とロボティクスが物理的・情動的に連動し効果的に生活空間に実装されていくための社会実装技術であり、サブ課題2（社会実装技術）の中では住宅、ビル、施設等の生活空間内に安全かつ円滑に導入する役割を担うものである。

また、本テーマは広範囲の生活空間に対する人協調ロボティクスの実装を目的とした社会実装技術の研究開発を対象としており、公共性が高く多様なステークホルダーを巻き込んだ取り組みが必要となる。人協調ロボティクスの実装に伴う社会課題の解決を見据えた公共性の高い活動である一方、民間企業としての経済サイクルの成立を前提とした事業モデル構築の難易度が高いものであるため、国費を投じるに相応しいテーマである。

1 研究開発目標

当テーマでは、人々が多くの時間を過ごす住宅・ビル（集合住宅、オフィスビル等）、施設等での HCPS 融合人協調ロボティクスの社会実装を目標としている。人協調ロボティクス技術を生活（職場を含む）空間へと活用範囲を拡大していくための取り組みとして、住宅・ビル等を企画・開発する段階から当該 HCPS 人協調ロボティクス技術による社会課題への解決策を盛り込むことで、住宅・ビル等の新たな価値創造に繋がる「社会実装技術開発」を実施する。

当テーマでは、トイレ、家電系、ドア等の生活で利用される機器を他のテーマと連動させて有用な水準でロボティクス連動できるよう環境側を整備すること、および、超高齢社会の課題解決に繋がるよう社会実装できることを目標とする。

人を中心とした HCPS 融合の概念や取り組み実績等は、我が国が世界的にリードしているものであり、それぞれのユースケースを想定し有用な水準でロボティクス連動させる取り組みは国際競争力を有する。また、本テーマはTRLの観点に加え、テーマ内でBRLの観点を明確に目標に含めることで社会実装に向けた工夫が盛り込まれた戦略的なテーマ設定となっている。上述のサブ課題2の背景に示された他国のロボティクスに関する政策やロードマップにおいても、社会課題の解決策の社会実装を目指す取り組みを「技術開発」に明示的に位置づけて推進する取り組みは見受けられず、当テーマは科学技術イノベーション政策の面においても特徴的であり国際競争力をもつ取り組みとなる。

以下の研究開発目標に基づき、「住宅・ビル等の人協調ロボティクスの社会実装技術開発」を推進する。

- 2025 年度には、想定する生活空間での実証を踏まえた HCPS 人協調ロボティクスの社会実装技術の到達度として TRL3～4 を達成する。
- 2025 年度までに「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を扱う HCPS 融合人協調ロボティクス領域の開拓（人材育成を含む）を推進する協会（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）のステークホルダーとして連携し、TRL3～4 の達成度を充実させる。
- 2027 年度を目処に当該課題全体の取り組みとして国内外 10 拠点以上の評価フィールドで社会実装・実運用評価できるように、本テーマの社会実装技術の到達度については2027 年度までには TRL4～7 を達成する。
- SIP 終了時点で TRL6～7 以上を達成する。

2 実施内容

住宅・ビル（集合住宅、オフィスビル等）、施設等に人協調ロボティクスが導入されやすい環境・ロボットフレンドリー環境の構築により社会実装を推進する社会実装技術開発を行なう。事例として示されているユースケースや参画する組織によって想定される新たなユースケースの検討を踏まえ、以下の要件を満たせるよう社会実装技術開発を実施する。

- 1) 生活（職場を含む）の場である住宅・ビル（集合住宅、オフィスビル等）、施設等のトイレ、家電系、ドア等の機器が有用な水準でロボティクス連動できるよう、ロボットフレンドリー環境を踏まえ、住宅・ビル・施設等の企画・開発に組み込むこと。
- 2) ユースケースを見据え、社会実装を担う組織として持続的・発展的な経済サイクルが成り立つ事業モデル開発に主体的に取り組み、住宅・ビル等で HCPS 融合人協調ロボティクスを活用することで社会課題の解決に繋がるという、新たな社会的な役割や新価値を創造する取り組みとして事業モデル開発が実施されること。
- 3) HCPS 融合人協調ロボティクスの普及に必要な情報ソケットの共通化や連携促進活動や人材の育成などを担う協会や人協調ロボティクス社会実装促進ルール協議会（官民合同）（仮）などとの連携活動にも取り組むこと。

(8) (研究開発名：生活空間での人協調ロボティクスの円滑な導入・活用・メンテサービスの社会実装技術開発)

新たな科学技術が社会に投入される場合には、そのような科学技術自体の到達水準のみならず、これらを円滑に社会にインストールしていくための導入促進ルール等の整備も重要とされるが、実際には、対象とする生活空間（住宅・集合住宅、ビル、施設等）に合わせて円滑に導入できるようにしたり、ユースケースに応じて適切に活用できるよう工夫したり、安心安全に継続して利用できるようメンテナンスをしたりするなどの導入・活用・メンテサービスに関する社会実装技術が必要となる。工場で活躍する工業用ロボットのようなシステムティックな生産現場分野であっても、その導入・利用・メンテに関してはSIerの存在が欠かせない。産業分野で活躍する工業用ロボットの普及が促進された重要な要因としてロボットSIerの存在が挙げられている。

当サブ課題では、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」(HCPS)が融合したHCPS融合人協調ロボティクスという新領域開拓を推進するサブ課題1と一体的に連動させながら社会実装技術を開発を推進する。本テーマでは、適宜、生活空間でのHCPS融合人協調ロボティクスの円滑な導入・活用・メンテサービスに求められる要件を相互にフィードバックさせながら、様々な生活空間に円滑に導入され効果的に活用され安心安全に継続利用できるようメンテナンスまでを一体的に扱うことができる「生活空間でのHCPS融合人協調ロボティクスの円滑な導入・活用・メンテサービスの社会実装技術」の研究開発を行う。生活空間でのHCPS融合人協調ロボティクスの円滑な導入・活用・メンテサービス導入・活用・メンテサービスには、各種HCPS技術の利用に精通し、ユースケースに応じて柔軟にシステム構成を調整し、人材供給に必要な仕組み・教育を体系化し社会実装技術として整備する必要がある。そのため、実施組織に関しては、多様な領域の開拓に際して、業務分析、導入・活用・メンテサービスに関する仕組みづくり、教育システム、マニュアル化などの実績を有することが望ましい。HCPS融合人協調ロボティクス領域は新領域となるため、リスクを抱えながらも参画できる組織が望ましい。

本課題で取扱う人協調ロボティクスのような先進的な科学技術を適切に社会（市場、公共分野）に定着させ、継続的・発展的な展開を可能とする当該社会実装技術は重要であり、ユーザにサービスを提供する企業や自治体にとってそのニーズは非常に高いものと考えられる。

また本テーマは人協調ロボティクスの導入・活用・メンテナンスといった新規性の高いサービスの社会実装技術の研究開発を対象としており、官民を巻き込んだ多様なステークホルダーの関与が必要となるうえ、民間企業としての経済サイクルの成立を前提とした事業モデル構築の難易度が非常に高いものであるため、国費を投じるに相応しいテーマであると考えられる。

1 研究開発目標

本テーマは、生活空間でのHCPS融合人協調ロボティクスの円滑な導入・活用・メンテサービスの社会実装技術開発を推進するものであるが、新たな領域である「生活空間」でのHCPS融合人協調ロボティクスの産業創造の礎となる人材の育成を含む導入・活用・メンテサービスが実現できれば世界的に見ても前例のない取組みとなり、国際的にも競争力を持つことが可能と考える。他のテーマとの連携や後述する協会等による多様なステークホルダーを巻き込んだ取組みとなっており、その実現可能性は高い。

- 2025年度には、想定する生活空間での実証を踏まえたHCPS融合人協調ロボティクスの社会実装技術の評価を行う。この時点ではTRL3～4を達成する。
- 2025年度までに「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を扱うHCPS融合人協調ロボティクス領域の開拓（人材育成を含む）を推進する協会（新産業推進連携体：関連企業、保険会社、建設会社、関連協会等）を始動させ、ステークホルダーを巻き込み当該社会実装技術により評価フィールドで社会実装を実現する。
- 2027年度を目処にユースケースに対応したシステムを、国内外10拠点以上で社会実装・実運用評価を開始させる。この時点ではTRL4～7を達成する。
- SIP終了時点でTRL6～7以上、BRL6～7以上を達成する。

2 実施内容

生活空間での HCPS 融合人協調ロボティクスの円滑な導入・活用・メンテナンスサービスの実現といった目的を前提として、以下のような社会実装技術の研究開発を実施する。

- 関連業界の分析にもとづくユースケースの開発
 - 生活空間での HCPS 融合人協調ロボティクスのユースケースの開発が実施できること
- 各ユースケースにおいて円滑な導入・活用・メンテナンスを実施するための体系的な運用手順（プログラム）の開発・展開
 - HCPS 融合人協調ロボティクスを導入するうえで、導入からメンテナンスまでのフローを設計できること
 - HCPS 融合人協調ロボティクス運用の SLA のモデル案を検討するなどして、導入・運用・メンテナンスサービスに至る手順を設計できること
 - 確立した運用手順（プログラム）を横展開可能にできること

全ての研究開発テーマを相互に連動させ、ミッション達成にとって意味のある成果が得られるようにする。また、他のテーマとの間で好循環のスパイラルができるよう、適宜、技術・到達状況を精査・調整しながら高い国際競争力を有する技術として進化させ、官民一体の更なる国家プロジェクトへとエグジットさせる。