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

令和６年５月２３日

内閣府
科学技術・イノベーション推進事務局

目次

I. Society 5.0における将来像 4
II. 社会実装に向けた戦略 6
1. ミッション 6
2. 現状と問題点 6
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 8
(1) 5つの視点での取組 8
(2) ミッション到達に向けたシナリオ 11
4. SIPでの取組（サブ課題） 14
(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1） 14
(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（サブ課題2） 16
5. 5つの視点でのロードマップと成熟度レベル 19
(1) ロードマップ 19
(2) 本課題における成熟度レベルの整理 20
6. 対外的発信・国際的発信と連携 23
III. 研究開発計画 24
1. 研究開発に係る全体構成 24
2. 研究開発に係る実施方針 25
(1) 基本方針 25
(2) 知財戦略 26
(3) データ戦略 26
(4) 国際標準戦略 26
(5) ルール形成 27
(6) 知財戦略等に係る実施体制 27
(7) その他 28
3. 個別の研究開発テーマ 29
(1) 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 30
(2) 人協調ロボティクスにおける環境認知系基盤技術開発 34
(3) 人協調ロボティクスの移動系基盤技術開発 36
(4) 人協調ロボティクスにおける HCPS 要素技術研究開発 39
(5) 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 45
(6) 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 48
(7) 住宅・ビル等の人協調ロボティクスの社会実装技術開発 54
(8) 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 57
IV. 課題マネジメント・協力連携体制 60
1. 実施体制と役割分担 62
(1) 内閣府 62
(2) 研究推進法人・PM （担当・履歴を含む） 63
2. 府省連携 64
(1) 研究推進法人所管 66
(2) 各研究開発テーマに所管業種や国研等が関わる立場 66
(3) 社会実装に向けて関係する政策や制度を担当する立場 66
3. 産学官連携、スタートアップ 66

4. 研究開発テーマ間連携 67
5. SIP 課題間連携 67
6. データ連携 68
7. 業務の効率的な運用 68

V. 評価に係る事項 69

1. 評価の実施方針 69
（1） 評価主体 69
（2） 実施時期 69
（3） 評価項目・評価基準 69
（4） 評価結果の反映方法 70
（5） 結果の公開 70
（6） 自己点検 71
（7） 自己点検・ピアレビュー及び評価の効率化 71
2. 実施体制 71
ピアレビュー構成員 （担当・履歴を含む） 71

VI. その他の重要事項 72

根拠法令等 72

別添 SIP の要件と対応関係

I. Society 5.0 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、Society 5.0 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。

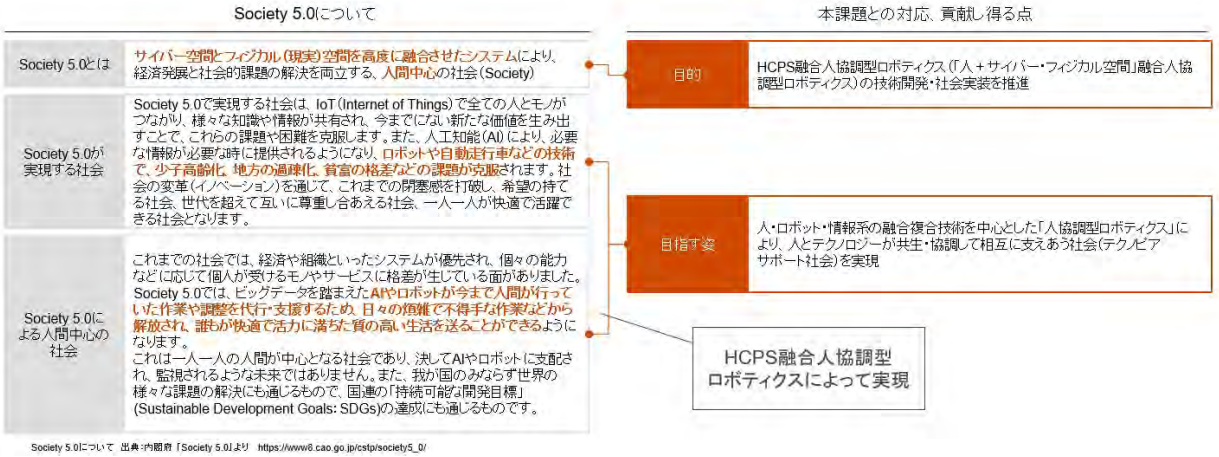
HCPS 融合人協調ロボティクスによって、従来は人のみで実施されてきた家事や労働がサイバー・フィジカル空間を通じた人とロボットとの協調で実施されることで、高齢者を抱えたり子育てなどにより生活スタイルや働き方が多様化していく中で、世代を超えた人々の自立度・自由度が高まるとともに、可処分時間を増やすことができ、心身や認知などに問題を抱える人々を含む様々な人々の多様な生き方や働き方を実現できる。

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・監視の最新事例及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はいない。同様に、EU やドイツ及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及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、Horizon2020 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、人及び生活・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。

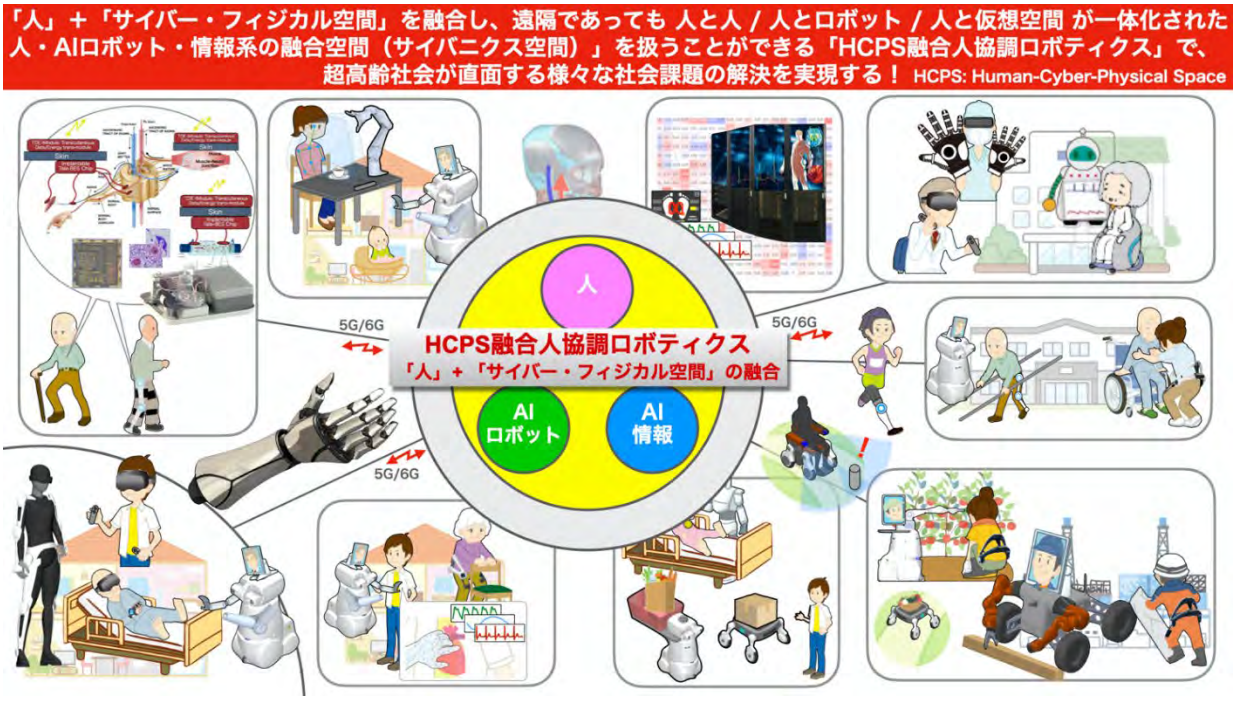
このように HCPS 融合人協調ロボティクスは、人・AI ロボット・情報系の融合技術を中核とする新領域であり、日本の技術は世界を牽引する可能性を持っている。ロボット及びロボット活用システムに関する特許動向調査によると、世界的に出願数は増加傾向にあり、日本にも主要なプレイヤーが存在することが分かっている。メタバース及び要素技術に関する特許動向調査によると出願数は飛躍的に増加している。しかしながら、メタバースを含むサイバー・フィジカル空間と、人、ロボットを組

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・情報系の融合技術を中核とした「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．Society 5.0 と本課題との対応



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。多様な領域を包括するライフイノベーションへの取り組みとして、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。

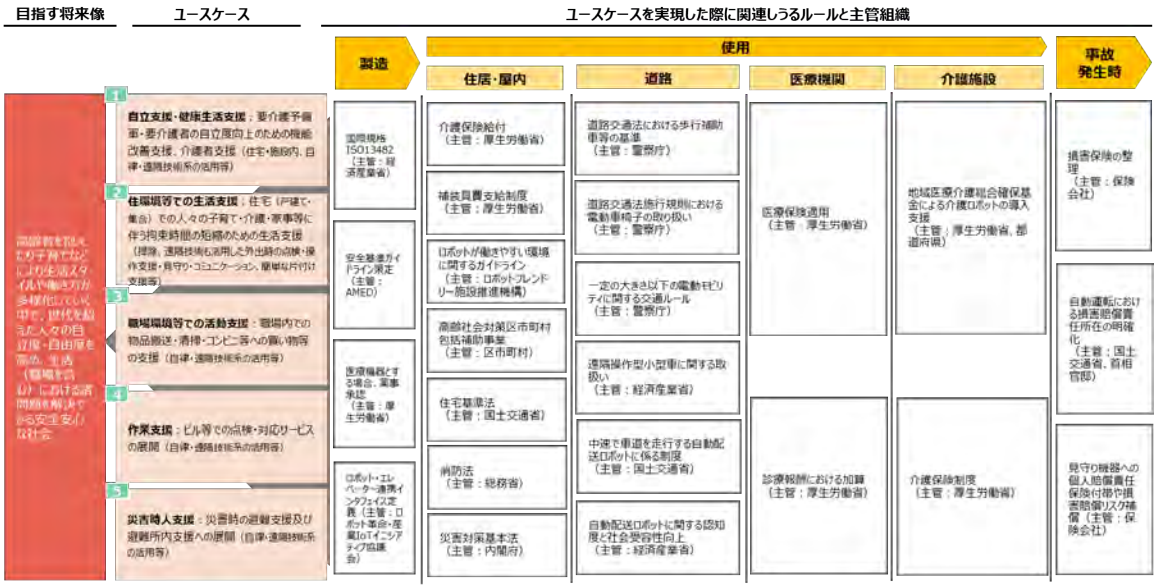
到達レベルについては、2027 年度中に、TRL：6～7 以上、BRL：6～7 以上、GRL：6 以上、SRL：6 以上、HRL：6 以上 を目指す。

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フェース（HMI）やロボティクス及び 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。



図表 II-1. 目指す将来像に関連しうるルールと主管組織

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 II-3. 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・基盤技術及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、適切な労務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・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の利用ニーズやユーザ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

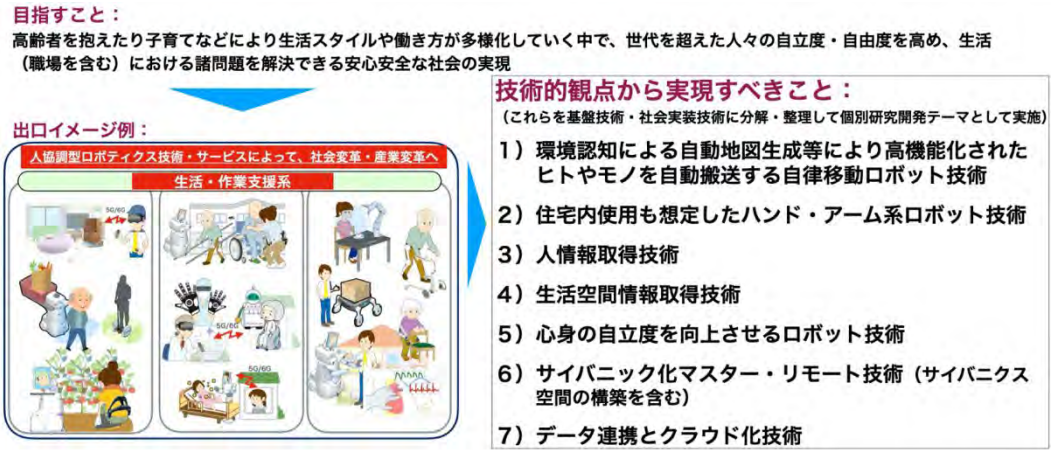
できる人材の不足、サイバー空間の構築やデータサイエンスを行うことのできるエンジニアの不足を解消する必要がある。また、相互の接続性としては、領域横断的な人材交流の機会を創出する必要がある。

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は TRL6～7 以上



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 Society 5.0 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サステイナブルな運営・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サステイナブルな運営・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推進
- 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、社会での受容性を向上
- 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（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）

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-4 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人協調ロボティクスの技術検証に加え、当該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実施していくことが必要となる。また、実際の生活空間での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、消費者にとっては接していて親しめる・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も普及の一助となっていると考えられる。

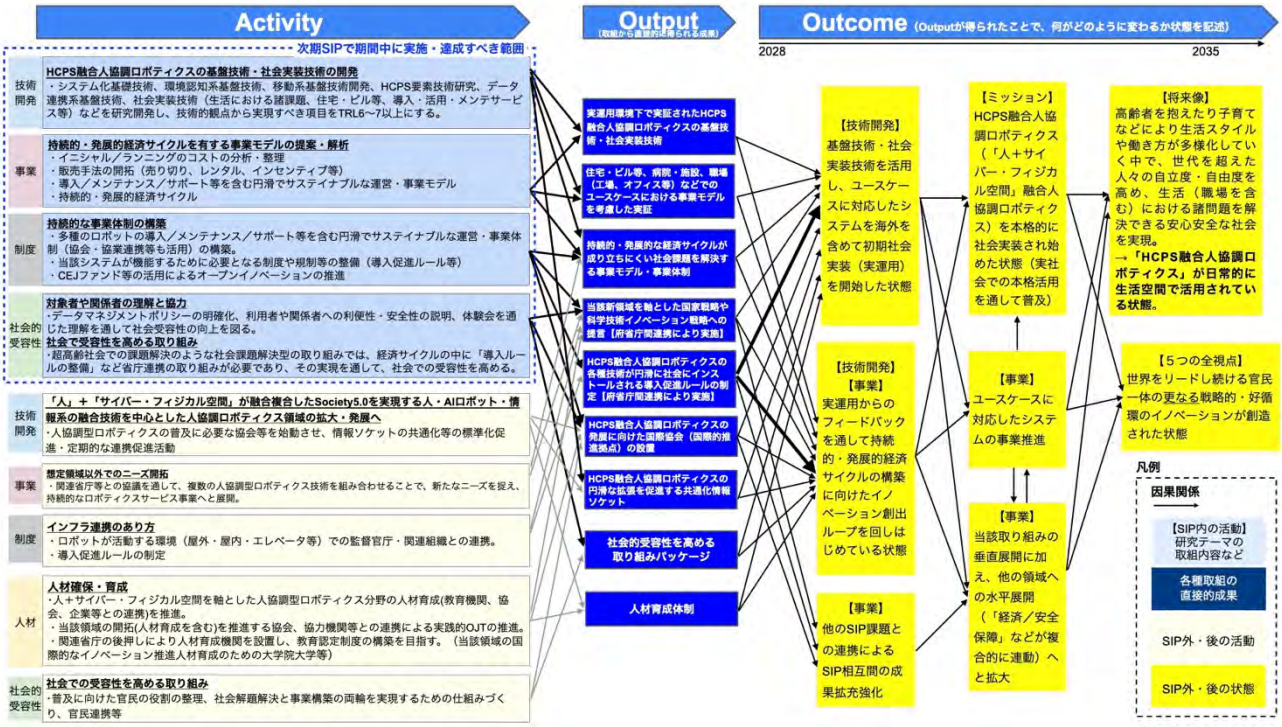
出口については、技術開発される人協調ロボティクスを活用して、様々なユースケース(適用事例)に展開してく。SIP 統括チームとの協議により、ユースケースに優先順位をつけて取り組むこととなる。図表 II-5 で示す通り、想定されるユースケースはプライオリティ順に、介護・医療の分野、住環境の分野、職場環境の分野、作業分野、災害分野となる。全ての分野において、「人」+「サイバー・フィジカル空間」が融合した HCPS 融合人協調ロボティクス技術を活用した取り組みを実施する。f

- ユースケース 1(自立支援・健康生活支援):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、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、公的支出削減等が目標
- ユースケース 2(住環境等での生活支援):屋内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・見守り・コミュニケーション、簡単な片付けの支援等)
  - 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、負担の軽減による拘束時間を 20%短縮することが目標
- ユースケース 3(職場環境等での活動支援):職場内での物品搬送・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や可処分時間の延伸を目的とし、対応領域の人の作業量 30%削減が目標
- ユースケース 4(作業支援):ビル・施設等での点検・対応サービス・手作業等への展開(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、定期点検作業の代替、労務活動での手作業等に対応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%削減が目標
- ユースケース 5(災害時人支援):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(煙の中での呼びかけ・探索等)および避難所内支援(健康管理・遠隔支援等)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(母集団のうち半数以上がプラス評価)が目標

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-6 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。



図表 II-4. ロジックツリー

サブ課題１：要素としての基盤技術

⇅ サブ課題間・テーマ間での一体的な研究開発

サブ課題２：社会実装技術

↓

この社会実装技術を「人協調型ロボティクス」基盤技術としてまとめる。

↓

そして、この「人協調ロボティクス基盤技術」を活用して、様々なユースケース（適用事例）へ展開していく。

ユースケースについては優先順位をつけて取り組む。

想定されるユースケース

（ビジョン、ミッションより：世代を超えた人々の自立度・自由度を高め、生活・心身等の諸問題を解決していく）

開発される人協調ロボティクスを駆使した取り組みとしてのユースケース事例（統括チームとの調整で下記のプライオリティ）：

1）自立支援・健康生活支援：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技術の展開事例、介護者支援による展開事例

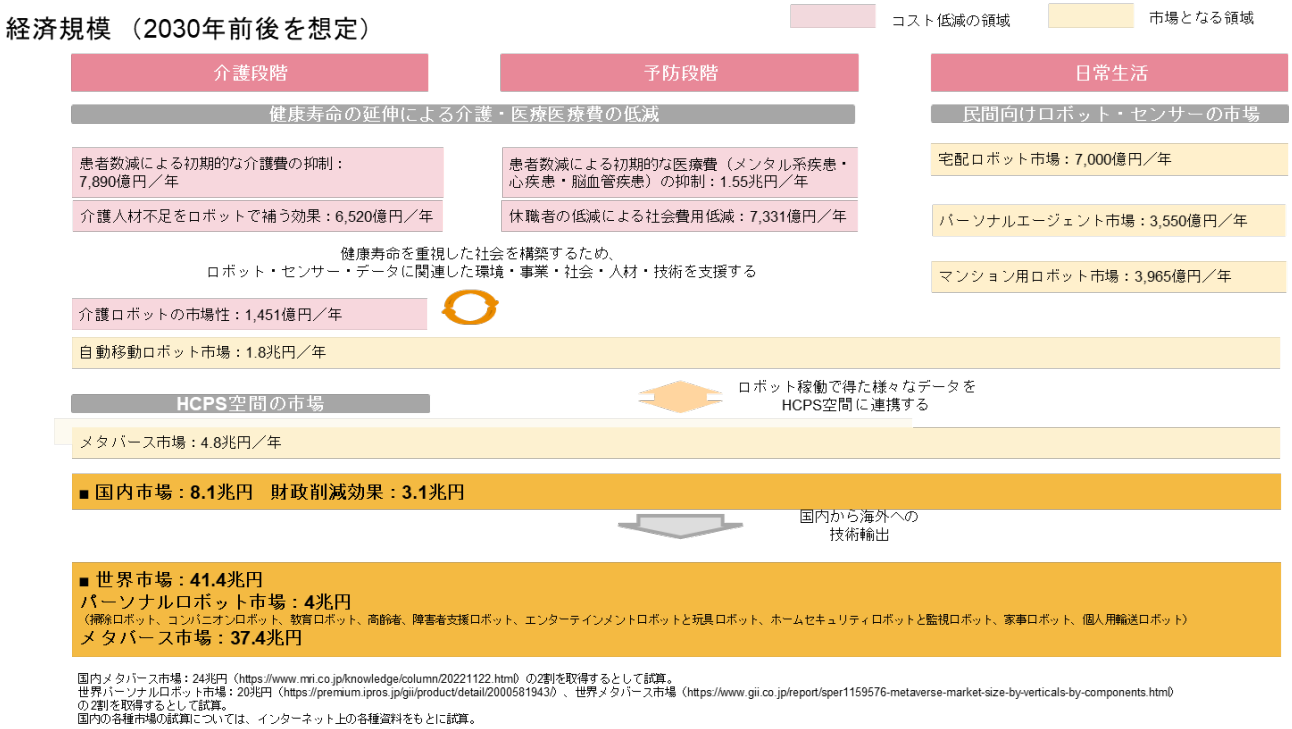
2）住環境等での生活支援：屋内での清掃、遠隔技術も活用した外出時の点検・操作支援・見守り・コミュニケーション、簡単な片付けの支援等の展開事例

3）職場環境等での活動支援：職場内での物品搬送・清掃・買い物等のサービスの展開事例

4）作業支援：ビル等での点検・作業サービス等の展開事例

5）災害時人支援：災害時の避難支援（煙の中での呼びかけ・探索等）、避難所内での健康管理・遠隔支援等への展開事例

図表 II-5.当課題の「基盤技術」の活用・展開事例としての想定ユースケース


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
介護段階
予防段階
日常生活
健康寿命の延伸による介護・医療医療費の低減
民間向けロボット・センサーの市場
患者数減による初期的な介護費の抑制：7,890億円／年
患者数減による初期的な医療費（メンタル系疾患・心疾患・脳血管疾患）の抑制：1.55兆円／年
宅配ロボット市場：7,000億円／年
介護人材不足をロボットで補う効果：6,520億円／年
休職者の低減による社会費用低減：7,331億円／年
パーソナルエージェント市場：3,550億円／年
健康寿命を重視した社会を構築するため、
ロボット・センサー・データに関連した環境・事業・社会・人材・技術を支援する
マンション用ロボット市場：3,965億円／年
介護ロボットの市場性：1,451億円／年
自動移動ロボット市場：1.8兆円／年
HCPS空間の市場
ロボット稼働で得た様々なデータを
HCPS空間に連携する
メタバース市場：4.8兆円／年
■ 国内市場：8.1兆円　財政削減効果：3.1兆円
国内から海外への
技術輸出
■ 世界市場：41.4兆円
パーソナルロボット市場：4兆円
（掃除ロボット、コンパニオンロボット、教育ロボット、高齢者、障害者支援ロボット、エンターテインメントロボットと玩具ロボット、ホームセキュリティロボットと監視ロボット、家事ロボット、個人用輸送ロボット）
メタバース市場：37.4兆円
国内メタバース市場：24兆円（https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20221122.html）の2割を取得するとして試算。
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割を取得するとして試算。
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-6. 経済規模

4. SIP での取組（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 1）

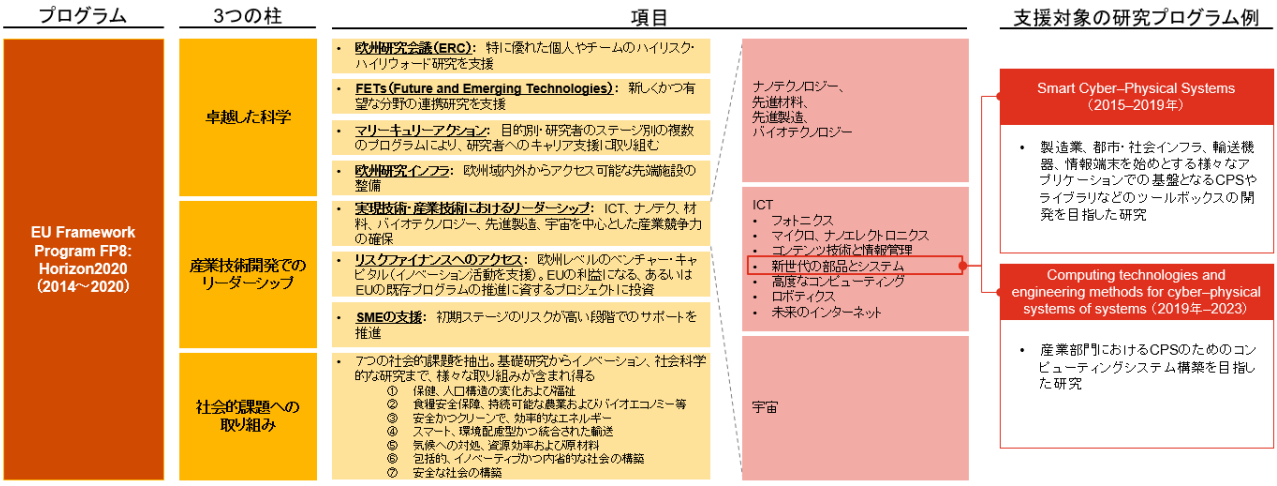
1 背景（グローバルベンチマーク等）

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、技術開発及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。

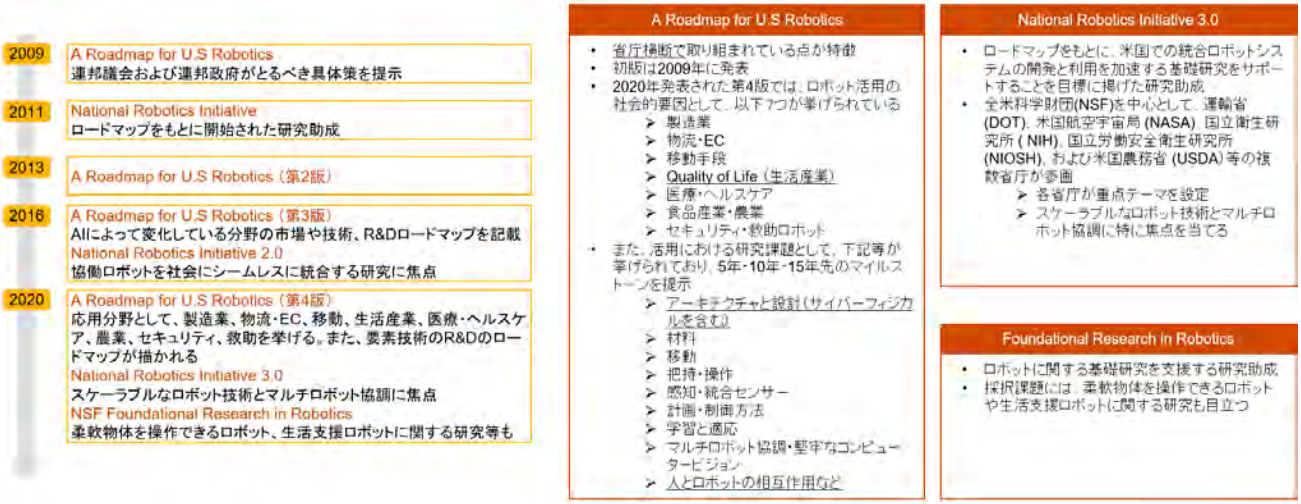
サイバーフィジカルシステム構築の重要性は高く、世界的に研究開発が推進されている。EU では、欧州委員会主導のもと「EU Framework Program（FP）：科学技術主要基盤政策」が策定されており、第 8 期に当たる Horizen2020 のもと、製造分野に焦点を当てたサイバーフィジカルシステムの構築を目的とする「Smart Cyber-Physical Systems （2015-2019 年）」「Computing technologies and engineering methods for cyber-physical systems of systems （2019 年-2023）」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、ウエ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、人及び生活・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。「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を融合する HCPS 融合人協調ロボティクスという「人情報（生理・身体・行動認知・心理等）と実空間でのロボティクスと AI ロボット技術・遠隔ロボット技術と仮想空間が一体化したサイバニック・オムニバース（サイバニックス・メタバース）」を、生活空間において世界的にも先進的な科学技術イノベーションとして実現しようとする取り組みとなっている。サイバー・フィジカル空間（メタバースを含む）の市場及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. Society 5.0 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、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。ロボット及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。



図表 II-7 .関連プロジェクト調査(EU)



図表 II-8 .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 終了時までに 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。

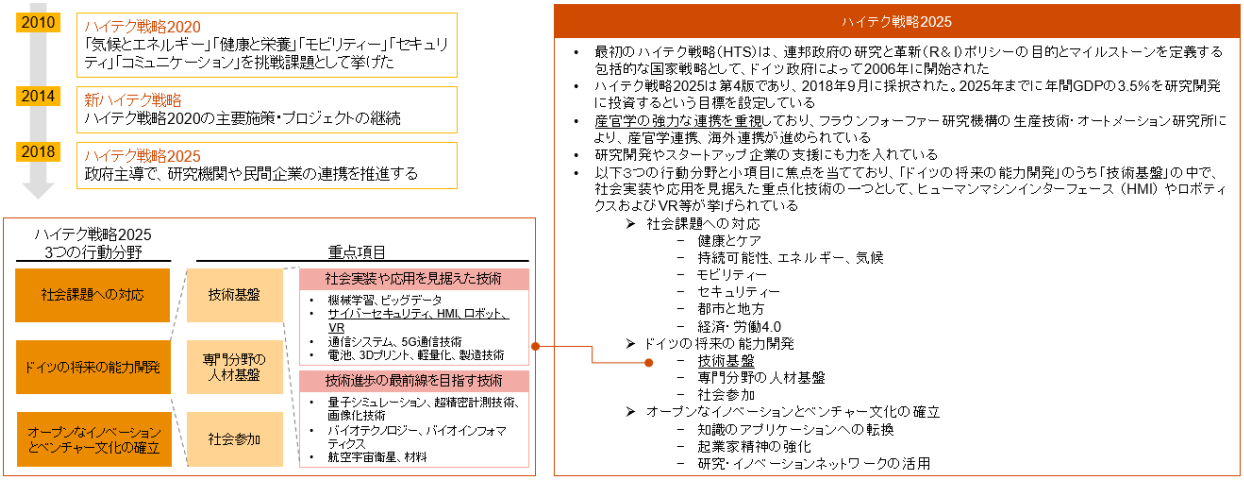
（2）　人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした HCPS 融合人協調型ロボティクスの社会実装技術開発（サブ課題 2）

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、技術開発及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（サブ課題 1）と一体的に連動させながら、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ユースケースに対応した社会実装技術を開発するものである。ロボット及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フェース（HMI）やロボティクス及び 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。「人」＋「サイバー・フィジカル空間」を融合する HCPS 融合人協調ロボティクスという「人情報（生理・身体・行動認知・心理等）と実空間でのロボティクスと AI ロボット技術・遠隔ロボット技術と仮想空間が一体化したサイバニック・オムニバース（サイバニックス・メタバース）」を、生活空間において世界的にも先進的な科学技術イノベーションとして実現しようとする取り組みであり、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

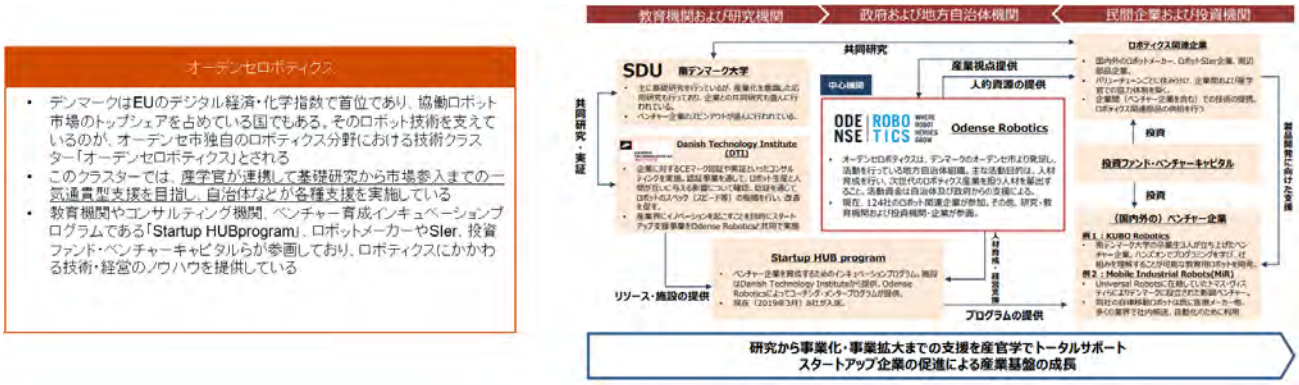
の社会実装技術は、当該新領域の産業推進にとって国際競争力のある社会実装技術として展開できると期待される。また、サブ課題 1 と当サブ課題とは、ミッション達成のために一体的に連動しながら推進されるため、好循環の新領域開拓・イノベーション推進が進化的に機能していくことが期待される。

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-9.関連プロジェクト調査(ドイツ)

図表 II-10 .関連プロジェクト調査(EU)



図表 II-11 .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 終了時までに 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。

5. 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。

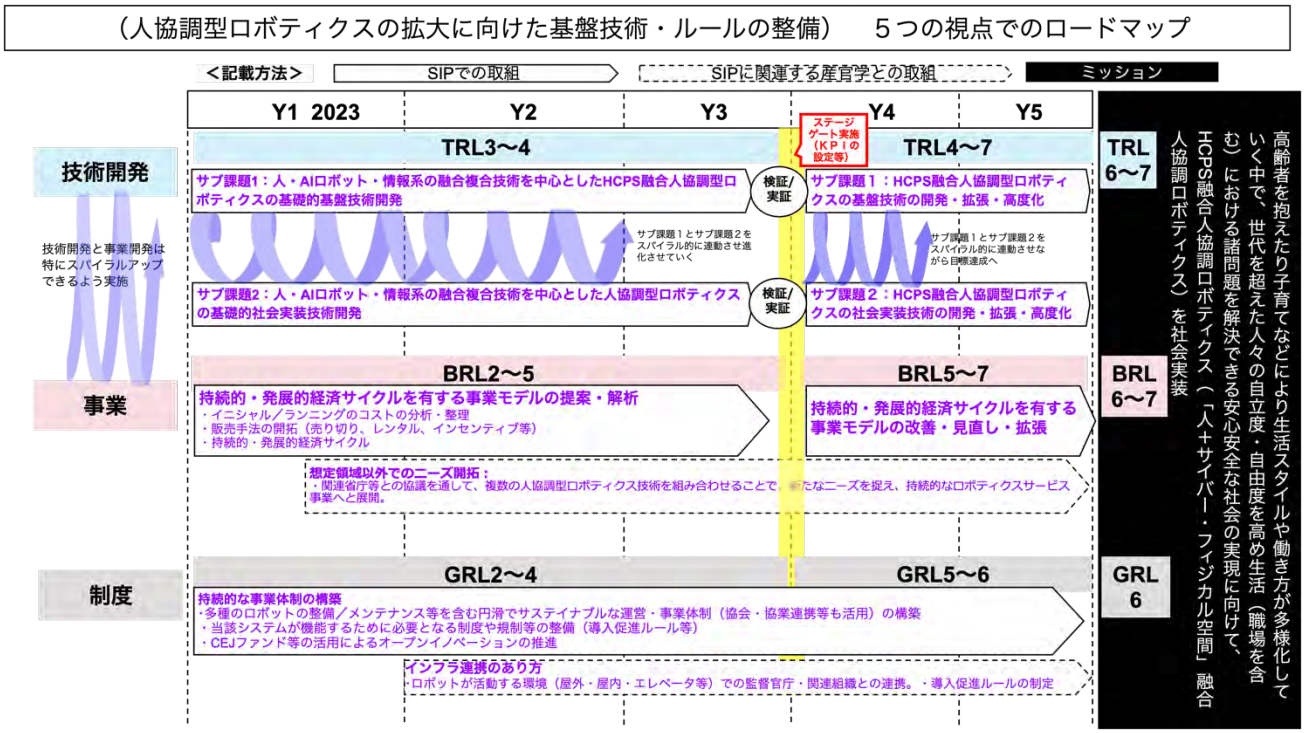
事業については、ステージゲート実施前までに BRL2～5 を目指し、持続的・発展的経済サイクルを有する事業モデルの提案・解析を実施する。ステージゲート実施後は、BRL5～7 を目指し、持続的・発展的経済サイクルを有する事業モデルの改善・見直し・拡張を実施する。また、想定領域以外でのニーズ開拓については、関連省庁等との協議を通じて、複数の人協調型ロボティクス技術を組み合わせることで持続的なロボティクスサービス事業への展開を狙う。

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。

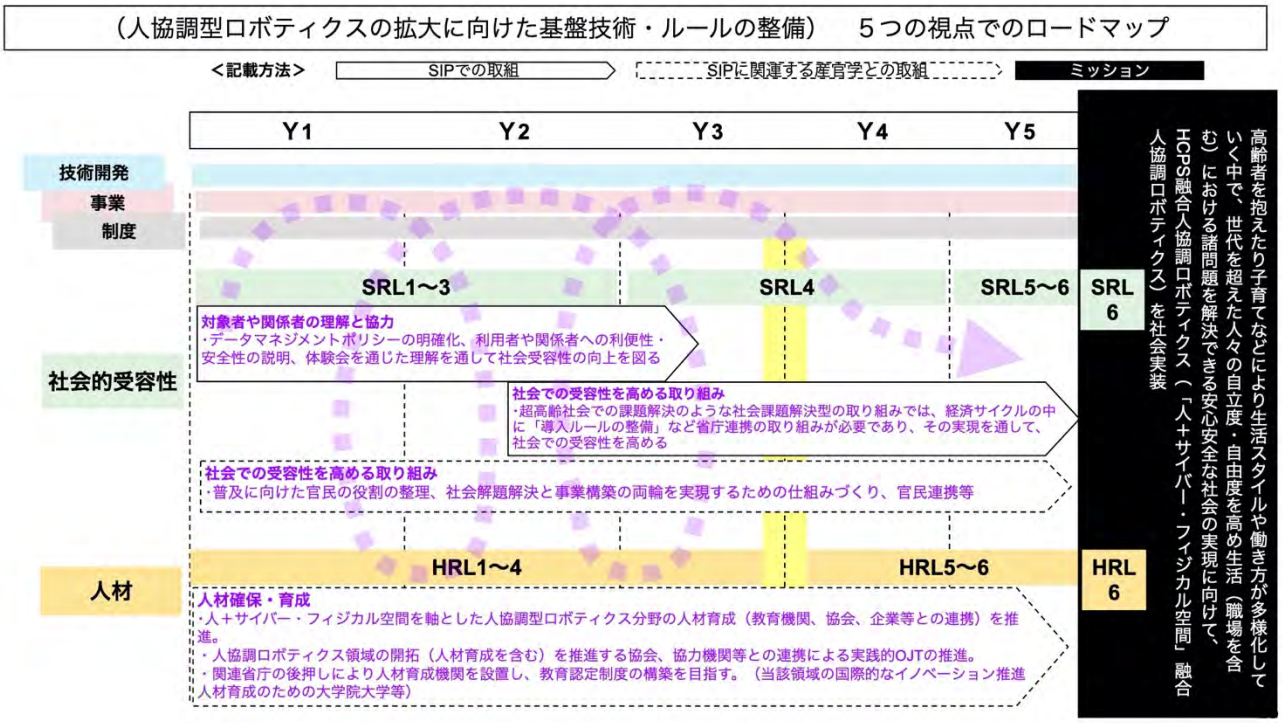
社会的受容性については、初めの 2 年で SRL1～3 を目指し、対象者や関係者の理解と協力を得られるように活動する。2 年目の途中からは、社会で受容性を高める取り組みを実施し、最終的に 5 年間で SRL5～6 を目指す。また、社会での受容性高める官民連携での役割等の整理は継続的に実施する。

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。



図表 II-12 ．ロードマップ①



図表 II-13 . ロードマップ②

（2） 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。

	TRL	
1	基礎研究	科学的な基本原理・現象・知識が発見された状態
2	仮説	原理・現象の定式化、概念の基本的特性の定義化等の応用的な研究を通じて、技術コンセプトや実用的な用途と利用者にとっての価値に関する仮説が立てられている状態
3	検証	技術コンセプトの実現可能性や技術用途の実用性が、実験、分析、シミュレーション等によって検証された状態。実用性が確認されるまで仮説と検証が繰り返されている状態。
4	研究室レベルでの初期テスト	制御された環境下において、要素技術の基本的な機能・性能が実証された状態。
5	想定使用環境でのテスト	模擬的な運用環境下において、要素技術が満たすべき機能・性能が実証された状態
6	実証（システム）	実運用環境下において、要求水準を満たすシステム*の機能・性能が実証された状態。 *システム：要素技術以外の構成要素を含む、サービスや製品としての機能を完備した要素群
7	生産計画	サービスや製品の供給に係る全ての詳細な技術情報が揃い、生産計画が策定された状態。（生産ラインの諸元、設計仕様等）
8	スケール（パイロットライン）	初期の顧客需要を満たす、サービスや製品を供給することが可能な状態
9	安定供給	全ての顧客要望を満たす、サービスや製品を安定的に供給することが可能な状態

コアの発見 現状分析 → コンセプト化（仮説化） → 概念検証 → 初期テスト → 中間テスト → 実証 → スケール詳細計画 → スケール → 社会への浸透

基礎 / 応用（次期SIP主対象） / 実装

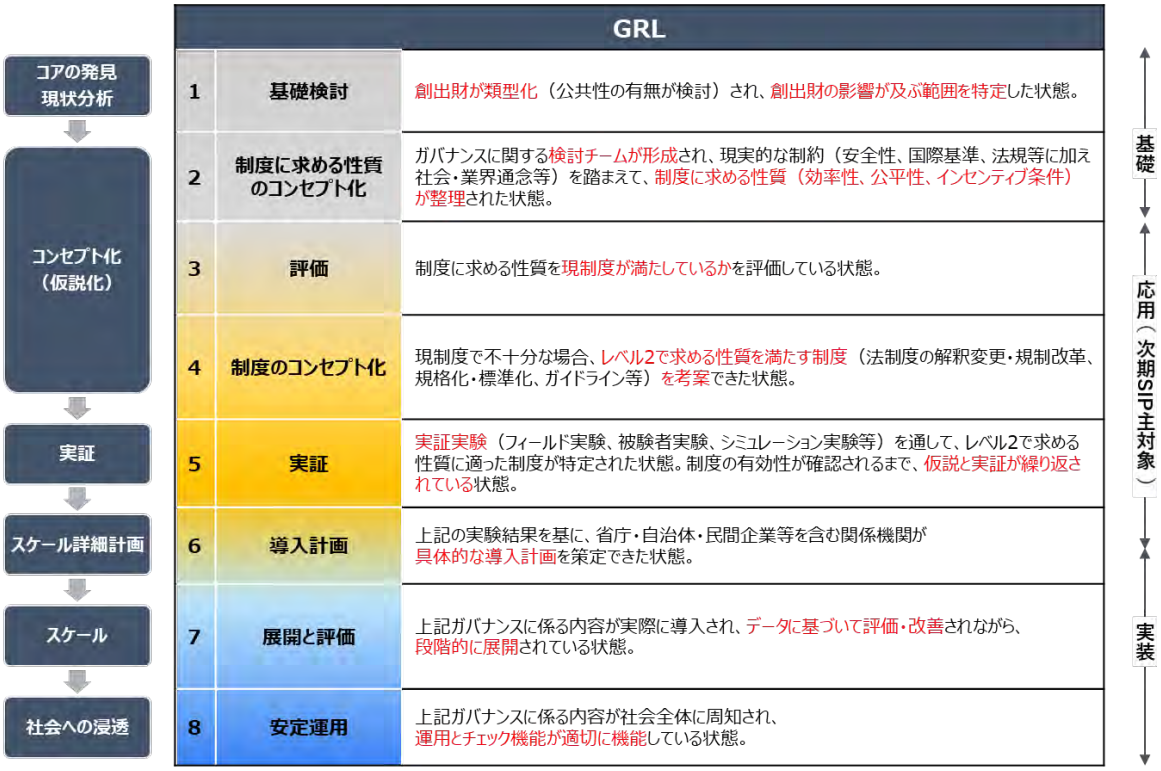
図表 II-14. TRL 整理表

	BRL	
1	基礎研究	潜在的課題、顧客、解決方法等が発見された状態。（任意の現場における観察・体験、エスノグラフィー等）
2	仮説	課題と顧客が明確化され、提供価値（解決策の優位性）、リターン・コスト等の事業モデルに関する仮説が立てられている状態。（ビジネスモデルキャンバス等）
3	検証	事業モデルの仮説が顧客にとって有望であることがペーパープロトタイプ※、プレゼンテーション、インタビュー、アンケート等のテストで検証された状態。顧客価値が確認されるまで仮説と検証が繰り返されている状態。※模型的な試作品
4	実用最小限の初期テスト	一部で旧技術を使用した限定的な機能を有する試作品を用いた疑似体験によって、提供価値が想定顧客にとって有用であることが実証された状態。顧客価値が確認されるまで仮説、検証、初期テストが繰り返されている状態。
5	想定顧客のフィードバックテスト	想定顧客からフィードバックを得ながら、顧客要望を満たす機能・性能が定義・設計され、その設計条件で事業モデルの妥当性が実証された状態。
6	実証	サービスや製品が実際に初期顧客に提供され、設計した条件で事業モデルの成立性や高い顧客満足度が実証された状態。
7	事業計画	上記の事業モデルを基にした、事業ロードマップ、投資計画、収益予測等を含む事業計画が策定された状態。
8	スケール	定期的な顧客からフィードバックをもとにサービスや製品が改善されている状態。サービスや製品が、新規顧客に展開可能な根拠がある状態。
9	安定成長	プロダクトおよび提供者が良く知られ、売上高等が健全に成長する状態。

コアの発見 現状分析 → コンセプト化（仮説化） → 概念検証 → 初期テスト → 中間テスト → 実証 → スケール詳細計画 → スケール → 社会への浸透

基礎 / 応用（次期SIP主対象） / 実装

図表 II-15. BRL 整理表



慶應義塾大学 栗野研究室 ご提案

図表 II-16. GRL 整理表

慶應義塾大学 栗野研究室 ご提案

図表 II-17. SRL 整理表

図表 II-18. HRL 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

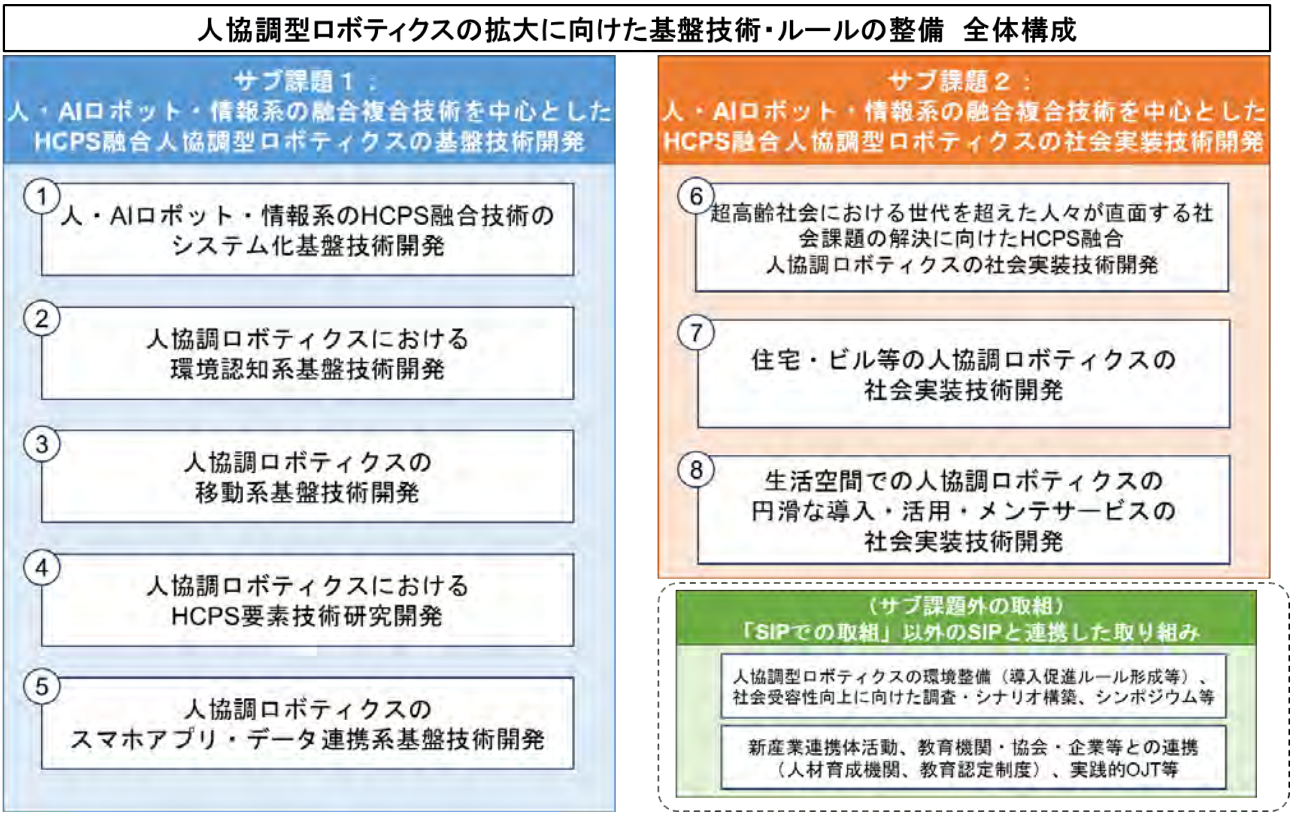
本課題である人協調型ロボティクスの拡大に向けた基盤技術・ルールの整備には 2 点のサブ課題とそれに紐づく研究開発テーマ、そしてサブ課題外の「SIP での取組」以外の SIP と連携した取り組みという構成で成り立っている。

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礎技術開発、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盤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

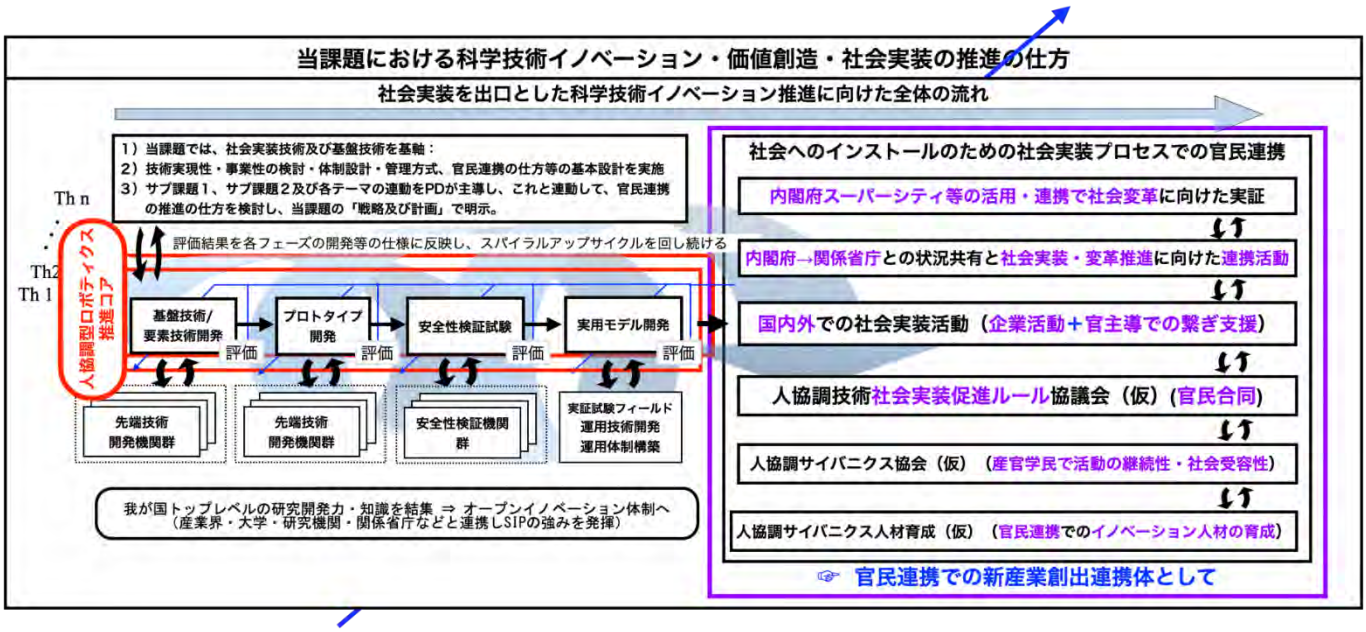
(1) 基本方針

基本方針はオープン&クローズ戦略である。製造業のグローバリゼーションを積極的に活用し、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。

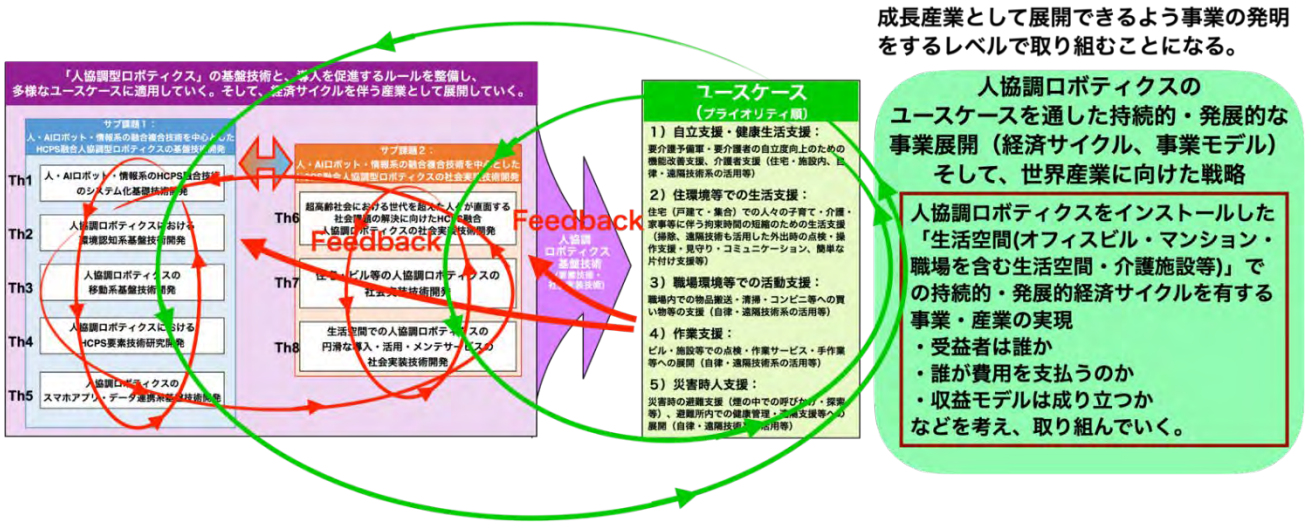
一方で、技術価値への高度な理解から技術開発の開始前から価値の源泉となる技術の選定及び保護にも取り組む。この点がクローズ戦略となる。なお、価値の源泉となる技術とは、HCPS 融合人協調ロボティクスという新領域開拓を推進する基盤技術開発において中核となる人・AI ロボット・情報系の融合技術を指し、世界トップの状況にある。

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Ⅲ-2 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、出口の科学技術イノベーション・価値創造・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。また、図表Ⅲ-3 に示す通り、ユースケースを通した持続的・発展的な経済サイクル・事業モデルづくりの取り組みとテーマ間連携の取り組みに対するフィードバックループを構成し、事業の発明をするレベルで取り組んでいき、人協調ロボティクスを世界産業へと育てていく。



図表 Ⅲ-2. 科学技術イノベーション・価値創造・社会実装の推進の仕方



図表 III-3. ユースケースを通した事業展開とテーマ間連携とのフィードバック

(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

当課題の HCPS 融合人協調ロボティクスの各種技術群は、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

当課題の HCPS 融合人協調ロボティクスの各種技術群は、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 17 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

- 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。超高齢化、子育て、人手不足などへの対応により生活や働き方の変化が強いられていく中で、世代を超えた人々の自立度・自由度を高め、生活・心身等の諸問題を解決できる安心安全な社会の実現に向けて、健康状態、身体機能、認知機能、心理などに問題を抱える人々や広く社会で働く人々を対象に多様な領域を包括するライフイノベーションへの取り組みとして、、人とサイバー・フィジカル空間が高度に融合した人協調ロボティクス（HCPS 融合人協調ロボティクス）の基盤技術・社会実装技術の開発、円滑な社会実装を促進するための環境整備（導入促進ルールの整備）等を実施することを通じて、住宅を含む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：自立支援・健康生活支援
  - 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、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）
  - 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可能性あり

- ユースケース 2： 住環境等での生活支援
  - 住宅（戸建て・集合）での人々の子育て・介護・家事等に伴う拘束時間の短縮のための生活支援（掃除、遠隔技術も活用した外出時の点検・操作支援・見守り・コミュニケーション、簡単な片付け支援等）
  - 対象：子育て中の家族、高齢者・要介護者を支援する家族・介護者、遠隔地にいる家族等
  - 達成目標：拘束時間の短縮

  ・・・KPI 案：負担の軽減による拘束時間の 20%短縮（→ 新たな労働資源へ）
  - 検討事項：経済的価値の創出シナリオの府省連携による検討が必要、および、JETRO 等を介した各国への展開支援策の検討が必要となる可能性あり

- ユースケース 3： 職場環境等での活動支援
  - 職場内での物品搬送・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：職場、労働現場の対象者
  - 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

  ・・・KPI 案：対応領域の人の作業量の 30%削減
  - 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可能性あり

- ユースケース 4： 作業支援
  - ビル・施設等での点検・対応サービス・手作業等への展開（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、自律・遠隔技術系での労務活動への対応（多様な観点からのライフイノベーションを含む）

- 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、手作業等を対象として、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、薬剤の遠隔処方が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可能性あり

- ユースケース 5: 災害時人支援
  - 災害時の避難支援および避難所内支援への展開（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）および避難所内の避難者
  - 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（煙の中での呼びかけ・探索等）、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→屋外）、避難所内支援（健康管理、充電ステーション、通信代行、医師・サポータとの遠隔ケア支援（身体状態等安全確認、ケア等））

・・・KPI 案：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がプラス評価）

- 検討事項：安全保障案件と連動させた検討が必要となる可能性あり

（1） 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

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 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、及びロボットの市場は今後成長が期待される一方で、「I. Society 5.0 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、及び、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、これらを生理・身体・行動認知・心理等の人情報と統合する人・AI ロボット・情報系の HCPS 融合技術として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なハンド・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及び 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及び 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的アプローチで分析できる技術であること（臨床心理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・オムニバース、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。

3 実施体制

主たる実施体制について、該当する研究開発機関は下記の通りである。

研究開発責任者　国立大学法人筑波大学 システム情報系 准教授 河本 浩明
共同研究機関　―

4 研究開発に係る工程表

図表 III-4. 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の工程表

5　予算配分額

2024 年度　100 百万円

6　過年度までの進捗状況

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:

搭乗型移動ロボットへの LiDAR、及びビジョンシステムによる環境認識情報，及びマップ情報の取得のためのシステム統合の仕様を検討，及び，搭乗用の自律移動ロボットでの搭乗者のバイタル信号を計測するためのセンサの仕様を検討した。

2)　住宅内使用を想定したハンド・アーム系ロボット技術:

生活空間で扱うハンド・アーム系システムについて、画像による認識から、人情報を活用したハンド・アーム系ロボットの動作生成に必要な制御則の開発を模擬環境下で行い基本性能の確認をした。

3)　動作やバイタルなどの人情報取得技術:

可視光、赤外によるカメラをベースとした顔情報の「非接触センシング」に向け、顔の位置、姿勢変化による計測精度の確認、及び試作機に向けた仕様を決定した。

4)　心身の自立度を向上させるロボット技術:

装着型サイボーグ HAL の使用時のデータから、機械学習を使って身体機能の向上を把握するためのデータ解析を進め、HAL から得られるデータと歩行機能向上の関係性を明らかにした。

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):

ハンド・アーム系ロボットとパーソナルモビリティを準備するとともに、各要素を統合した検証用

機体の構築を進めた。

2024 年度は、1)～5)の各開発項目に対して、他の課題との連携を行いながら、要素技術を統合しシステム化によるプロトタイプを開発し、計測・制御に関する基本性能を確認した。2025 年度は、ユースケースを考慮した模擬環境にてプロトタイプが動作することを確認し、研究室レベルに相当する TRL3～4 に到達すると共に、実運用環境下での課題を抽出する。2026 年度～2027 年度は、実運用環境下で実証試験を通して、各システムの改善を実施し、最終的に、各システムに対して、TRL6～7 を達成する。

(2) 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、屋外活動及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する。
- ロボット系システムに搭載できるサイズで実現する。

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

人協調のロボティクス領域における認知系の環境情報については、空間や対象物を捉えるだけでなく、人とのインタラクションが重要となるため、人情報（身体・生理等）を含む環境認知領域の基盤技術開発が狙いであり、本テーマでは、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フェース／プロトコルの構築
  - ➢ 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、及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　実施体制

主たる実施体制について、該当する研究開発機関は下記の通りである。

研究開発責任者　国立大学法人筑波大学 システム情報系 准教授 河本 浩明
共同研究機関　―

4　研究開発に係る工程表

（作成中）

5　予算配分額

2024 年度 50 百万円

6　過年度までの進捗状況

（なし）

(3) 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、人及びモノの住宅・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、本課題及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、配送自動化及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、高齢者及び要介護・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、その社会的及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。

屋外及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・解析及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）における環境自体の 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する。
- 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フェース／プロトコルとして構築する。

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フェース／プロトコルの構築
  - 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、及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。

3　実施体制

主たる実施体制について、該当する研究開発機関は下記の通りである。

研究開発責任者　　パナソニック ホールディングス株式会社　安藤 健
共同研究機関　　一般財団法人日本品質保証機構

4　研究開発に係る工程表

図表 III-5. 人協調ロボティクスの移動系基盤技術開発の工程表

5　予算配分額

2024 年度　107 百万円

6　過年度までの進捗状況

安全機能とモバイルベースの開発において、屋外の歩行者環境において必要な走行要求仕様や安全制御部のユニット化の設定に向けて、国際ロボット展（2023/11）に自律移動プラットフォーム（PF）のコンセプトを展示した。展示会において、お客様の安全性や屋外走行に関するご要望を確認、提示した仕様について概ね整合していることを確認した。モバイルベースの原理試作機を開発、公道走行可能な遠隔操作型小型車への適用を狙い、試作完了した。

また、開発するモバイルベースを活用した移動ロボット普及に向けて、日本産業分類から広く抽出し、前提となるユースケースを7つ設定、さらに各々のユースケースを具体化することで、モバイルベースに必要な共通機能を整理した。この結果を元に関連する安全規格を抽出、危険源をリストアップして一覧を作成した。合わせて、リスクアセスメントの前提として仕様上の制約、環境条件を整理した。抽出したユースケースと、当課題で想定しているユースケースとの対応付け（位置付けの確認）は、PD が主導する人協調型ロボティクス推進コアの打ち合わせへの参加を通じて PD と密に連携し実施していく。

2024 年度以降は、研究目標として、人共存下で移動するロボットについて、その使用用途や稼働場所等に対して適切に仕様を設定した、安全に走行可能なモバイルベースを構築する。特に、必須の安全機能については、国際規格で定められた機能安全レベルに準拠し、使用用途や稼働場所等に対応できるようにする。また、搬送ロボットメーカーや SIer などが活用可能なように外部との連携用のインタフェースやプロトコル等を設計する。また、社会に普及させるために、第三者がモバイルベースを各アプリケーションに仕立てる際に必要となるリスクアセスメント、安全機能の仕様化や実現方法、それらを開発する開発者能力の力量向上に向けた教育といった施策を検討する。

■ 国際ロボット展（2023/11）に自律移動プラットフォーム（PF）のコンセプトを展示
■ 安全性や屋外走行に関するご要望を確認、今後、機能安全ボード・PF開発を推進

■ モバイルベースとして、自律移動PFの試作機を開発
まずは公道走行可能な遠隔操作型小型車への適用を狙い、試作完了
（評価に先行着手）

自律移動PF（モバイルベース）の外観

遠隔操作型小型車への適用を念頭に、
試作完了（評価着手）

■ 機能安全ボードの提供を見据え、搭載機能の整理や他社情報の収集を開始

機能安全ボードが提供する5機能

図表 III-6. 2023 年度モバイルベースの開発

■ 前提となるユースケースを設定、規格を元にリスク整理し、リスクアセスメントを作成

① 日本産業分類から広く抽出し、
7つのユースケースを選択

#	分類*	ユースケース
1	H　運輸業，郵便業	倉庫内物流
2	E　製造業	工場内物流
3	I　卸売業，小売業	商業施設内案内・搬送
4	H　運輸業，郵便業	商業施設内人運送（屋内）
5	N　生活関連サービス業，娯楽業	観光地やテーマパーク内での移動
6	P　医療，福祉	病院・介護施設内人運送
7	H　運輸業，郵便業	遠隔操作型小型車

② ユースケースを具体化
共通機能を整理
・移動
・環境検知
・ロボット間連携

③ 関連規格を整理、危険源一覧を作成、リスクを整理

図表 III-7. 2023 年度安全機能実現方法及び教育施策の検討

（4）　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られており、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、人協調ロボティクスの安全運用等の技術開発に取り組む。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、社会実装に求められる安全技術・ルールの整備等の取り組みを含め、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を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。

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、要素技術単体でみ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考える。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社会実装に求められる安全技術・ルールの整備等を含む研究開発を実施し、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。

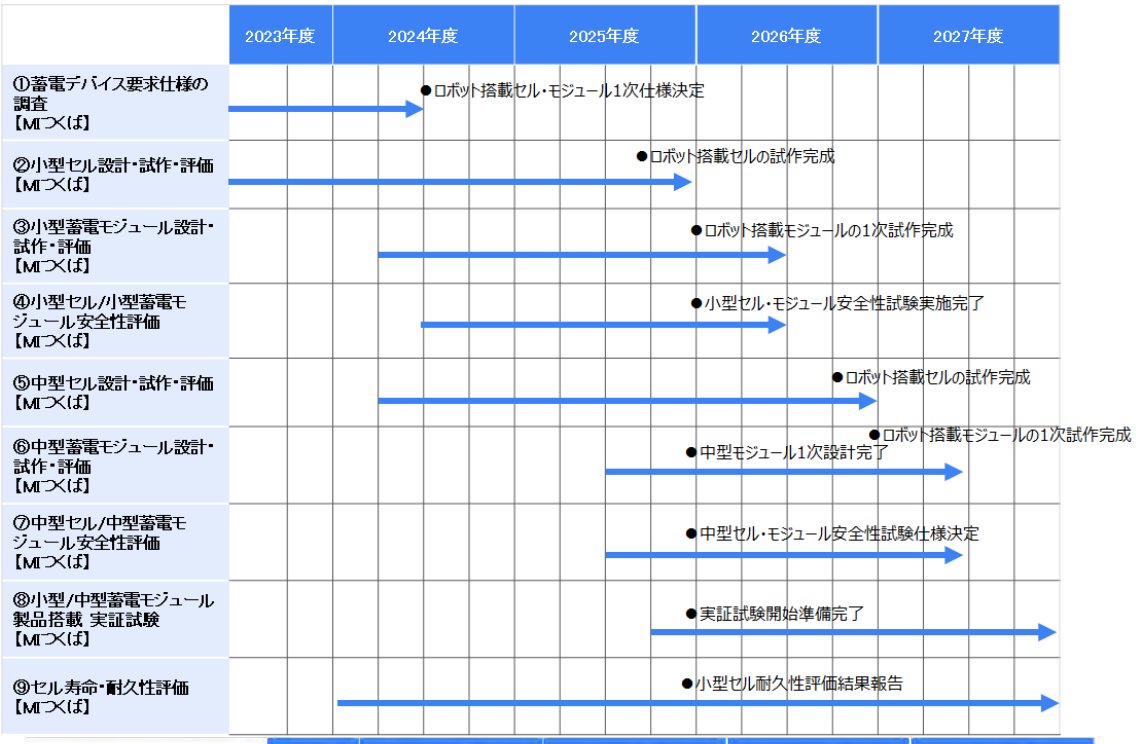
- 社会実装に求められる安全技術・ルールの整備
  - 当課題における他のテーマ（当該要素技術開発も含む）、及び、それらを統合したシステムを想定した安全技術・ルールの整備の取り組みを実施すること。

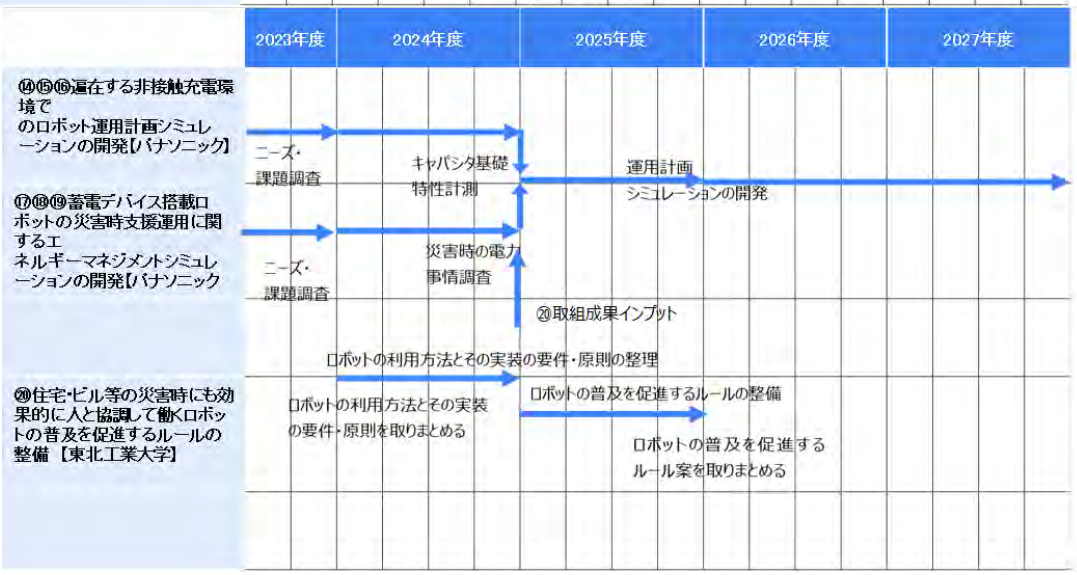
3　実施体制

主たる実施体制について、該当する研究開発機関は下記の通りである。

研究開発責任者	国立研究開発法人産業技術総合研究所　情報・人間工学領域 インダストリアル CPS 研究センター ディペンダブルシステム研究チーム 研究チーム長　藤原　清司
共同研究機関	株式会社マテリアルイノベーションつくば パナソニックホールディングス株式会社

4　研究開発に係る工程表





図表 III-8. 人協調ロボティクスにおける HCPS 要素技術研究開発の工程表

5　予算配分額

2024 年度　170 百万円

6　過年度までの進捗状況

グラフェン/CNT 複合材料を正極に使用した小型標準サイズ（素子寸法 30mm 角）の G-LIC（リチウムイオンキャパシタ）セルを作製し評価を実施した。主にエージング条件の最適化により、正極比容量 130F/g、時定数 1.5ΩF を確認した。また、エネルギー密度向上を目的としたセル小型化のため、構成部品の見直しと製造装置、金型、治具の改善に取り組んでいる。

ロボット搭載に適した蓄電デバイス特性の調査として、既存の電池仕様を調査した。電池容量と稼働時間の関係から、必要な給電サイクルの分析を行っている。またモジュール化を想定し、評価用充放電装置、電気化学評価測定器など導入した。

革新的な高安全性電解液の開発については、超高濃度水系電解液（LiTFSI0.7BETI0.32H2O)を用いたモデル電池（正極：LiCoO2、負極：Li4Ti5O12）組成検討を実施した。モリブデン正極集電箔では安定性が向上したが、従来品に容量・サイクル安定性で劣る。分析のため顕微ラマン分光装置の導入と立ち上げを行った。

安全課題に関しては、非接触給電の国際標準規格及び既存の非接触給電モジュールについて調査を実施した。非接触充電及びロボットバッテリーの災害時支援に関するニーズや課題調査、ユースケースを抽出し、非接触充電実験環境の構築などを実施した。

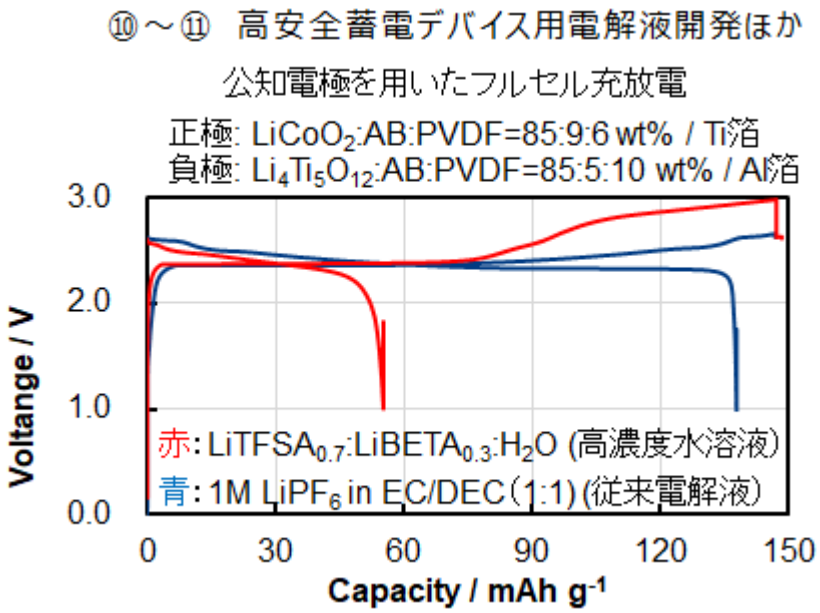
2024 年度以降は、小型 G-LIC セルの性能向上に継続して取り組み、直列モジュールの設計、試作、コンソ内評価、劣化耐久試験を実施する。ロボット用新規形状セルを設計し、2025 年度モジュール化する。2026 年度よりロボット搭載での実証試験に繋げる。

劣化解析装置により電極の化学構造変化を調査し、安定的な電極組成を見出す。イオン液体を用いた試作セルの釘刺し試験、ARC による熱安定性評価を行う。

安全要件をとりまとめ、評価用ロボットの試作・実験を通し安全評価手法を構築する。

キャパシタ特性と災害時電力状況の調査、運用シミュレータ設計。ロボット想定の要件・原則を取りまとめる。委員会を組織し、2025 年度にはロボットの普及を促進するルール案を取りまとめる。

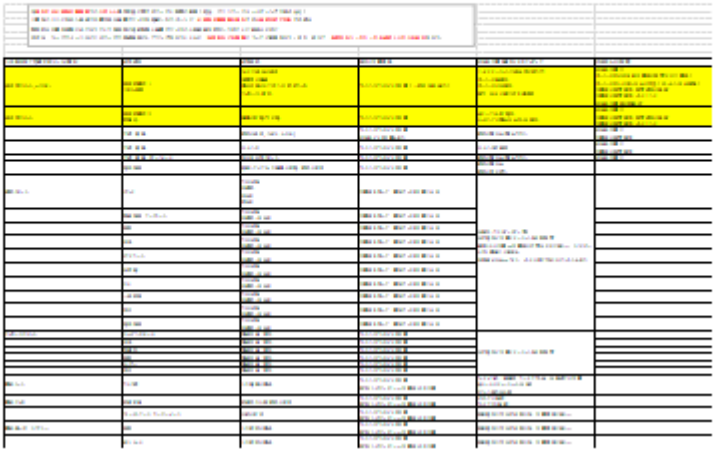
図表 III-9. 小型蓄電モジュールの検討状況



図表 III-10.高安全蓄電デバイス用電解液の開発状況

⑫～⑲　遍在する非接触充電環境でのロボット運用ほか

◇非接触充電環境でのロボット運用
計画に関するユースケース抽出



図表 III-11. 偏在する非接触充電環境化でのロボット運用の検討状況

(5)　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、かつてのスパ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ー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、及び、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する。
- 「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連携を行うことができる情報基盤を構築する。

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、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、ゲームやエンター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、及び、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の開発
    - ユーザ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、疎結合で部品や API 等を容易に変更、追加可能な設計思想を用いること。
    - 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連携を行うことができる基盤の構築
    - 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の獲得

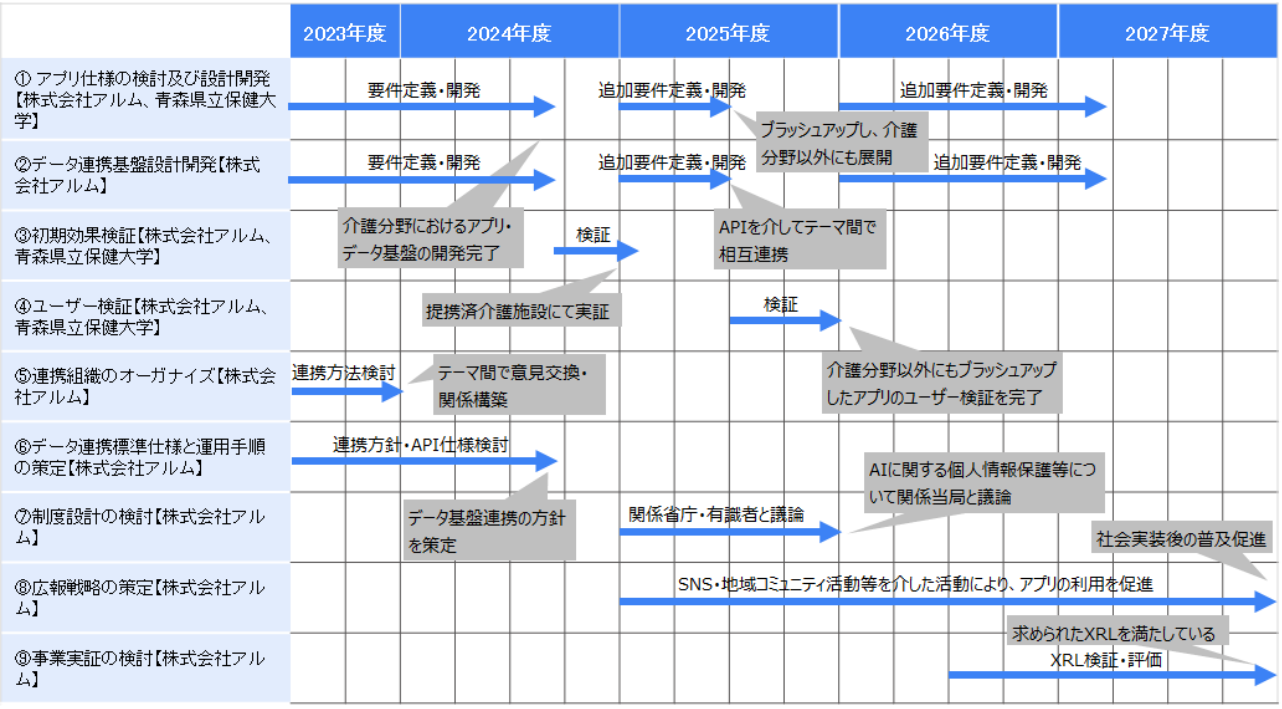
- 他のテーマと連携し、データを扱う際のインタフェース／プロトコル等を含む情報ソケットを共通化させ連動しながら研究開発を実施すること。

3 実施体制

主たる実施体制について、該当する研究開発機関は下記の通りである。

研究開発責任者　株式会社アルム　風間　正博
共同研究機関　—

4 研究開発に係る工程表



図表 III-12. 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工程表

5 予算配分額

2024 年度　88 百万円

6 過年度までの進捗状況

2023 年度は、当初の予定どおり、「①アプリ仕様の検討及び設計開発」「②データ連携基盤設計開発」「⑤連携組織のオーガナイズ／⑥データ連携標準仕様と運用手順の策定」を実施した。

①アプリ開発にあたり、想定されうるあらゆるユースケースのうち、まずは一つを絞って開発することとし、本邦の社会的課題である超高齢社会に焦点を当て、介護支援分野において高齢者及び介護実施者をターゲットとすることとした。目的達成のためにフィールド試験の場が必要と考えられたことから、介護施設 2 箇所と提携関係を構築し、プロトタイプを制作した上で、入居者と施設職員

に対する実地調査を完了し、現在は具体的な要件定義のための議論を進めている段階である。

②テーマ間連携を見据えたデータ基盤構築に必要な要素を抽出し、それぞれの要素の関係性を整理することを目的として、まずは社内で使用するためのデータ基盤を整備し、その後 API で各テーマ間と連携する方針で開発することを確認した。社内においては、対話キャラクターAI のプロトタイプを Web アプリとして起動する部分までは 2023 年度に完成した。

⑤⑥は一体的に進めることとし、まずはテーマ 6 の開発チームと議論し、センシングやロボットとデータ基盤のインタフェース仕様の共有に向けた方針を合意し、相互にプロジェクト進捗状況を共有することを確認した。また、2024 年 3 月に実施された事業者 WG において、サブ課題 1 及びその他のサブ課題の関係者と意見交換を行い、今後秘密保持契約等を締結した上で、密に連携する予定である。また、株式会社アルムが SIP 第 3 期「統合型ヘルスケアシステムの構築」のテーマ B-4 を受託していることから、当該テーマで開発する「見守り AI」との連携ポイントを明らかにした上で、実証フィールドの共通化や自治体営業体制の連携強化について確認した。

2024 年度以降は、アプリをひとつのプロダクトとして落とし込むために、必要な要件を固めていく。具体的には、フロントエンドの機能設計・デザイン、バックエンドのサーバー構成・API 構築等。前者は専門家や施設入所者等からヒアリングしながらブラッシュアップし、後者は Web アプリサーバー・AI エンジン・キャラクターエンジンによって各要素を統合して動作させる予定である。

その上で、介護分野に焦点を当てたアプリを完成させ、実際の利用シーンに即したフィールドで実証を行う計画である。それと並行しながら、介護以外の分野についても機能を拡張する計画であるため、当課題で想定しているユースケースに対応できるよう、PD が主導する人協調型ロボティクス推進コアの打ち合わせへの参加を通じて PD と密に連携し、各テーマと議論しながら本アプリに必要な機能を固めていく。

（6） 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」に対しては人一人当たりの生産性を高める（拘束時間の短縮）、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介護者・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ユースケースに対応した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
- 人情報（生理・身体・行動認知・心理等）と統合された 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人情報の非侵襲での取得・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、サブ課題 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（サブ課題 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・能力及び社会実装実績・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 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、サブ課題 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・データ連携とクラウド化技術、要素技術、等）及びサブ課題 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）での拘束時間短縮のための生活

支援（掃除、遠隔技術も活用した外出時の点検・操作支援・見守り・コミュニケーション、簡単な片付けの支援等）、、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及び介護者支援、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 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）サブ課題 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）及びサブ課題 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）での子育て・介護・家事等に伴う拘束時間短縮のための生活支援（掃除、遠隔技術も活用した外出時の点検・操作支援・見守り・コミュニケーション、簡単な片付けの支

援等）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職場内での物品搬送・清掃・コンビニ等への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・施設等での点検・対応サービス・手作業等へ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試験の準備ができること。
- 人情報（生理・身体・行動認知・心理等）と統合された 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）の研究開発
  - 自律移動に加えて、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。
  - サイバニクス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クス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。

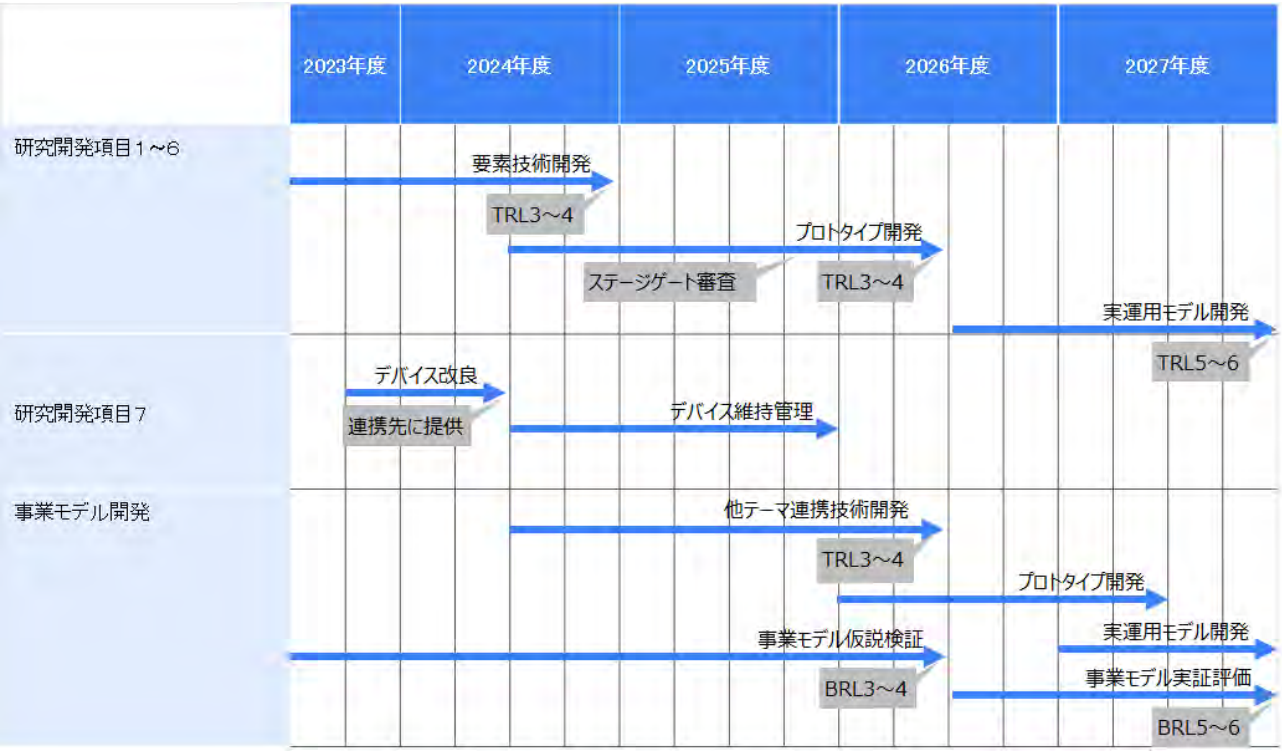
3 実施体制

主たる実施体制について、該当する研究開発機関は下記の通りである。

事業名	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
研究開発責任者	CYBERDYNE 株式会社　原 大雅
共同研究機関	―

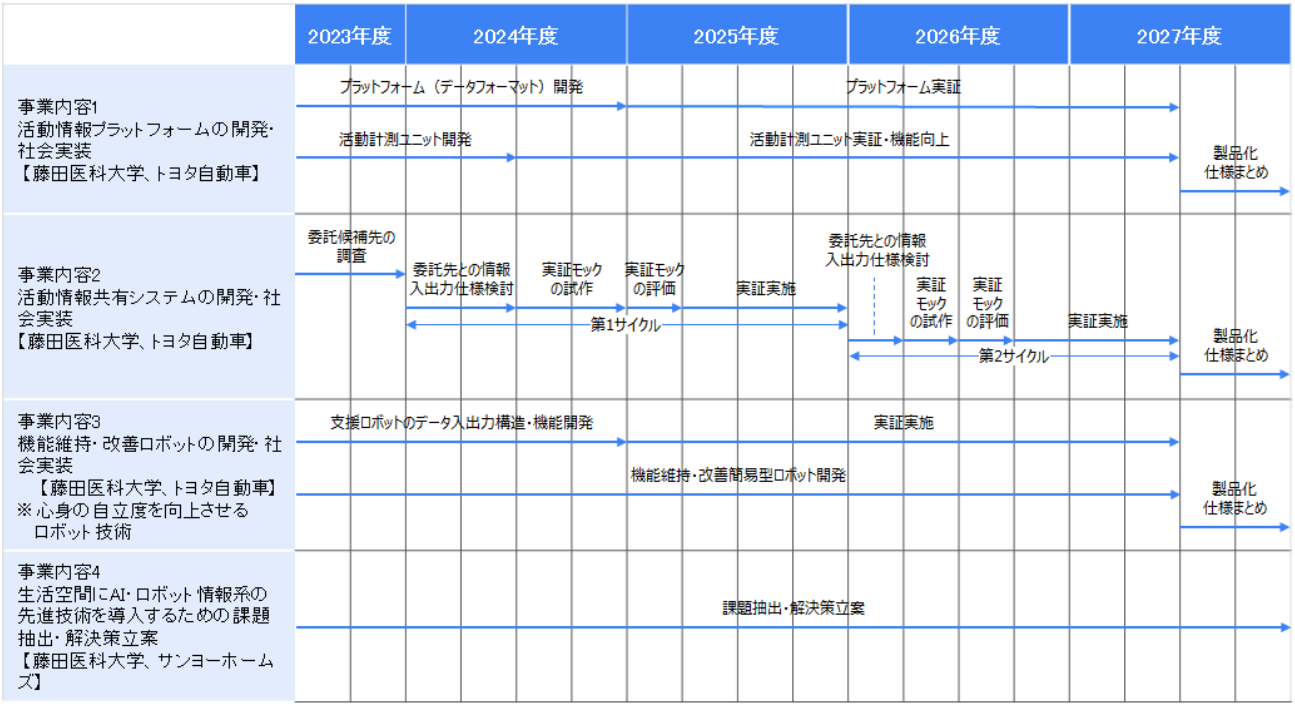
事業名	ヒトの活動を支え育むHCPS融合人協調ロボティクスの社会実装技術開発
研究開発責任者	学校法人藤田学園　藤田医科大学　大高 洋平
共同研究機関	トヨタ自動車株式会社 サンヨーホームズ株式会社

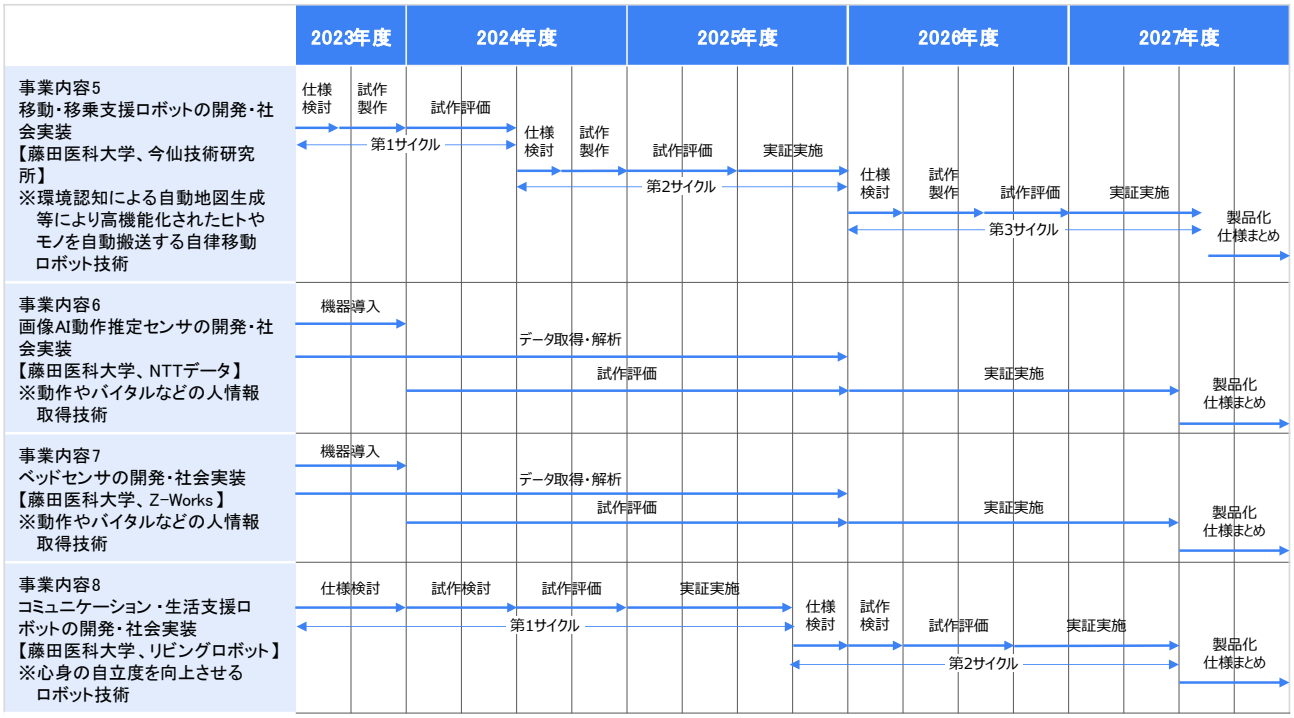
4　研究開発に係る工程表



図表 III-13. 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工程表

研究開発項目１：屋内外の人・環境認知によるサイバニック化自律移動ロボット技術
研究開発項目２：人情報と連動するサイバニック化ハンド・アーム系ロボット技術
研究開発項目３：心身の機能改善・自立度向上を実現するサイバニクス技術
研究開発項目４：人協調のための人情報（生理・身体系情報を含む）を捉えるサイバニクス技術
研究開発項目５：サイバニクス空間を扱うサイバニック化マスター・リモート技術
研究開発項目６：心理士をつくる
研究開発項目７：小型生体モニタリング機器を用いた職業ドライバー包括支援と輸送安全性向上





図表 III-14. ヒトの活動を支え育むHCPS融合人協調ロボティクスの社会実装技術開発の工程表

5　予算配分額

2024 年度　398 百万円

6　過年度までの進捗状況

i.　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

各研究開発項目について、PD と更に詳細を詰めながら、他テーマの事業担当者と連携強化を進

め、個々の基盤技術や要素技術の研究開発に留まらず、経済サイクルが成り立つ社会実装を出口としてバックキャストによって基盤技術開発と連動した社会実装技術開発を推進している。

当該年度は、各要素技術の小型化や小型ハンド・アーム系ロボット、サイバニック化マスター・リモート技術、屋外における自律走行技術等の仕様検討及び要素技術検証用プロトタイプ等の開発が順調に進んでいる。各研究開発項目の TRL を高めながら、到達できる技術水準を見極めながら、他事業者やエンドユーザーとの打ち合わせを重ね、ユースケースの検討も並行して進めている。

また、SIP 課題「スマートモビリティプラットフォームの構築」との SIP 課題間連携による職業ドライバーの包括的支援と輸送の安全性向上のための研究開発を進め、職業ドライバーの well-being と輸送の安全性とカーボンニュートラルへの貢献権を最大化する包括的連携方策の開発について連携を進めている。

2024 年度以降は、想定されるユースケース等において必要となる基盤技術や要素技術の研究開発を進め、各研究開発項目を組み合わせたプロトタイプを開発し実環境での検証を実施し、実運用モデルの開発を推進していき、TRL5～6 を達成していく。当該 SIP 課題として、PD、他事業者と連携内容を明確化しながら、ユースケース及び事業モデルについて検討を進め、人協調ロボティクスの基盤技術を確立し、適用事例へと展開し、BRL5～6 を達成していく。将来的には、欧州、米国、アジアを中心に各国との連携強化を進め、国内外における事業として発展させていく計画である。

ii. ヒトの活動を支え育む HCPS 融合人協調ロボティクスの社会実装技術開発

ユースケースのひとつである「自立支援・健康生活支援」を想定した HCPS 融合人協調ロボティクスの社会実装技術の開発を、複数の実例（要素技術）の社会実装を通して実施する。2023 年度は各要素技術の仕様検討、評価、試作製作を中心に実施した。「自律移動ロボット技術」については、生活空間での容易かつ安全な移動と移乗を実現する車いす型ロボットを開発しており、試作機を製作した（2024 年度第一四半期までに完成予定）。「人情報取得技術」については、2 種類の非接触センシングシステムを開発しており、60 床のテストベッドへの機器導入が完了し、データ取得を開始した。「心身の自立度を向上させるロボット技術」については、手指を対象とした簡易型機能維持・改善ロボットとコミュニケーション・生活支援ロボットを開発しており、それぞれ仕様が決定し、コミュニケーション・生活支援ロボットの試作プログラムを実装した。各要素技術から計測されたデータを”意味のある活用可能な情報”に変換・統合する仕組みについては、多様な目的で活用するためのデータフォーマット及びデータ入出力構造の仕様検討を進めた。情報をさまざまな場所・場面で利活用できるように共有する仕組みについては、要件を整理し、委託候補先を調査した。

2024 年度以降は、2025 年度までにヒトを対象とした実証を行うことを目指す。「自律移動ロボット技術」と「心身の自立度を向上させるロボット技術」については、試作機の評価及び仕様の再検討に取り組む。「人情報取得技術」については、データ取得及び解析に取り組む。計測されたデータを変換・統合する仕組みについては、多様な目的で活用するためのデータフォーマット及びデータ入出力構造の仕様を検討し、2025 年度から実証を実施する。情報をさまざまな場所・場面で利活用できるように共有する仕組みについては、実証モックを試作し、2025 年度から評価及び実証を実施する。並行して、他テーマとの連携等にも取り組み、HCPS 融合人協調ロボティクスの社会実装を目指す。

（7） 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ー、ロボットユーザ企業、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・情報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、及び、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

本テーマでは、物の開発ではなく、デベロッパー等による具体的な社会実装（事業モデル、持続的・発展的な経済サイクル形成等）の企画・開発（これ自体を事業として推進）に取り組むことが狙いであり、このような指針にしたがって、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。

3　実施体制

主たる実施体制について、該当する研究開発機関は下記の通りである。

事業名	住宅・ビル等人協調ロボティクスの社会実装技術開発
研究開発責任者	株式会社セック　中本 啓之
共同研究機関	川崎重工業株式会社 国立研究開発法人産業技術総合研究所 名城大学 株式会社キビテク

事業名	リゾートホテル等へのロボット導入により業務効率化とホスピタリティ向上の研究開発
研究開発責任者	株式会社 HESTA 大倉　上山 雄人
共同研究機関	—

4　研究開発に係る工程表

（作成中）

5　　予算配分額

2024 年度　162 百万円

6　　過年度までの進捗状況

i.　　住宅・ビル等人協調ロボティクスの社会実装技術開発

2023 年度には、事業(BRL)について、マンション事業者を対象として、マンション事業者とビジネスモデルを検討している。併せて、商業施設でのビジネスに関する議論を実施中である。その他、実証実験先及びビジネスモデルを検討中である。

技術開発(TRL)に関して、マンション事業を対象にマンションにおけるロボットでの荷物受け取り等の受付業務、清掃業務等のための PF の技術開発及び試作を実施中である。

また、デジタル空間構築技術として、社会実装時のロボットの運用を考慮した粒度の異なる複雑なシステムのシミュレーションを効率的に実行する手法及び環境を検討中である。

人材(HRL)に関して、人材育成のガイドラインを設立するにあたり、人協働マニピュレーションについて、RRI の仕様に準拠したシステムを実機に構築し、検証を実施中である。検討した結果は、RRI にフィードバックしていく予定である。

2024 年度以降には、マンション事業者や従業員からのヒアリングから得られた課題を整理し、ビジネスモデルの検討を深化させ、具体的なニーズに基づくサービスの実証を行っていく。また、商業施設等との議論を継続し、実証実験先、ビジネスモデルの検討、及び実証を目指す。これらを通して、2025 年度までに BRL2～5 及び SRL1～3 を達成する。

また、想定する実証実験の内容に関わる現在の法律や制度、規格等を洗い出し、評価する。必要であれば新しい制度を提言することで 2025 年度までに GRL2～4 を達成する。

前述の実証を実施するにあたり、各社の開発する要素技術を検証し、単体での機能を確認する。動作に問題ないことを検証し、TRL3～4 を達成する。

ii.　　リゾートホテル等へのロボット導入により業務効率化とホスピタリティ向上の研究開発

（なし）

(8)　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マ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で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り組みとなっており、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

本テーマでは、物の開発ではなく、本課題で開発される各種技術（人協調ロボティクス）を導入しようとする環境に、円滑に導入し、活用できるようにし、トラブルがあれば現場対応するサポータを中心として、「円滑な導入・活用・メンテサービス」を日常的に実施できる役割（これ自体を事業として推進）を担うことが狙いであり、このような指針にしたがって、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を目的として、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。

3　実施体制

主たる実施体制について、該当する研究開発機関は下記の通りである。

研究開発責任者　株式会社パソナグループ　小沢 達也
共同研究機関　―

4　研究開発に係る工程表

（作成中）

5　予算配分額

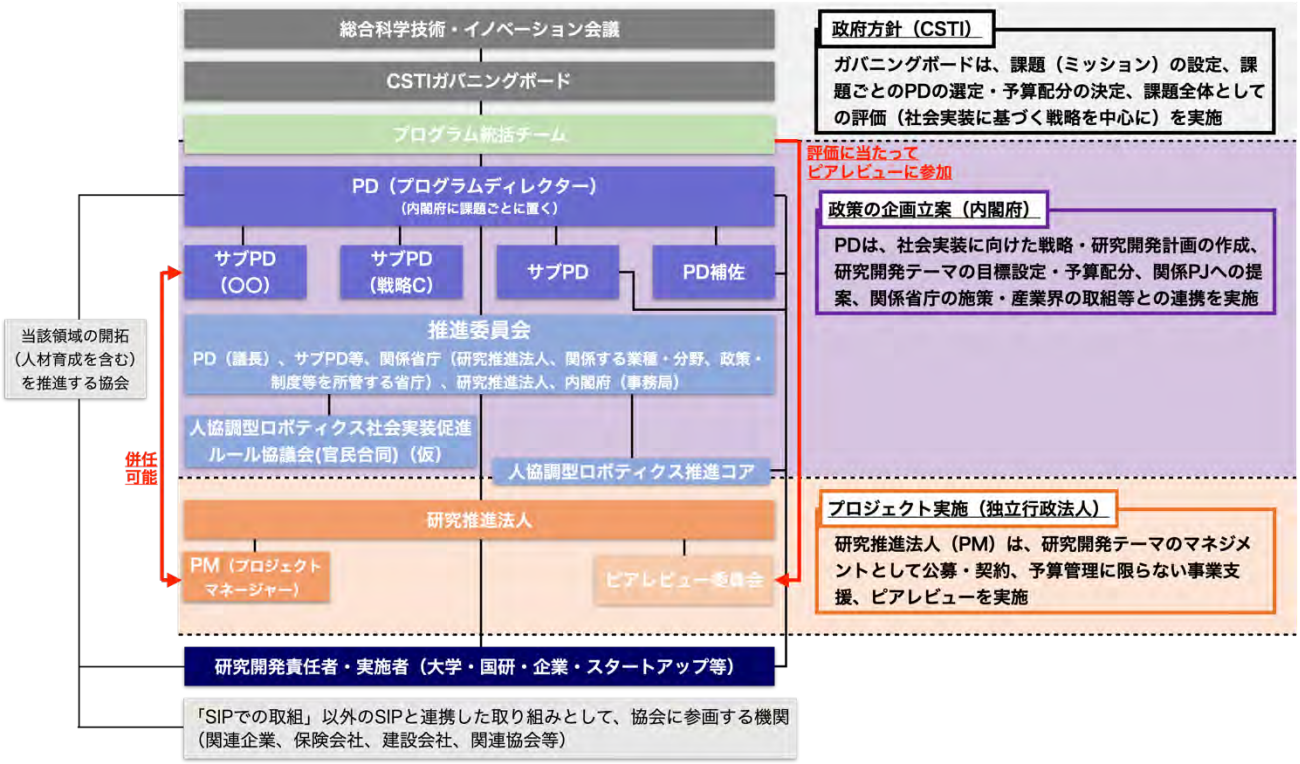
2024 年度　50 百万円

6　過年度までの進捗状況

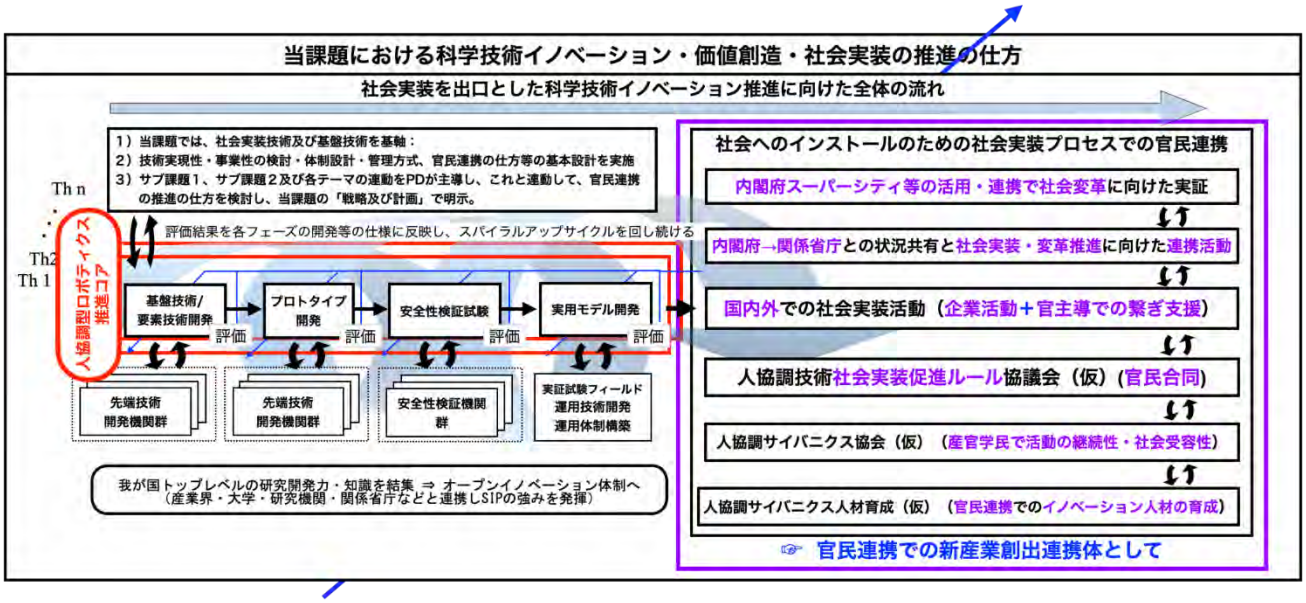
（なし）

Ⅳ. 課題マネジメント・協力連携体制

これまでの SIP を踏まえて、SIP 第 3 期では技術開発のみならず、多角的な視点から社会変革に向けた取り組みを推進するため、図表 Ⅳ-1.に示すように政府方針：ガバニングボード（CSTI）、政策の企画立案：PD・サブ PD・推進委員会等（内閣府）、プロジェクト実施：研究推進法人の 3 レイヤーによるマネジメント体制を構築する。各レイヤーは、独立または一方的に関与するものではなく、相互に関連するものであり、コミュニケーションを取りながら進める。内閣府に課題ごとに設置される推進委員会(議長:PD)の下に、PD と一体となって日常的に全体戦略・SIP 事業推進を機動的に実施する組織「人協調型ロボティクス推進コア」を設け、ミッション達成に向けて PD の能力をフル活用できる体制を作る。また、「人協調型ロボティクス社会実装促進ルール協議会(仮)」に、社会実装の障害となる諸問題を官民が合同で話し合う場をテーマごとに設け、実効性のある産学／府省連携を図る。さらに、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、全方位的に当課題が力強く推進力を持って機能するよう取り組む。



図表 Ⅳ-1 .実施体制



図表 IV-2．科学技術イノベーション・価値創造・社会実装の推進の仕方（再掲）

主体	役割
ガバニングボード	制度設計、課題・PD の選定、課題ごとの予算配分、課題全体としての評価を担う（政府方針）
PD	研究推進法人の機能を生かし研究開発を推進しつつ、社会実装に向けた戦略及び研究開発計画の作成、研究開発テーマの目標設定・予算配分、他の SIP 課題との連携、関係省庁・産業界の取組との連携、PRISM など他の施策の活用など社会実装に向けた取組の推進を担う（政策の企画立案）
研究推進法人	研究開発テーマのマネジメントとして、公募、契約、予算管理に限らない事業支援、ピアレビューを担う（プロジェクト実施）
サブ PD	課題運営にあたって PD を多方面から補完する業務を担う
PD 補佐	PD の業務の補佐を担う
プログラム統括チーム	ピアレビューと連携して横断的観点からの課題評価、及び制度設計などプログラム全体の方針検討、進捗管理、課題間の連携促進等を担う
PM	研究推進法人が有するプロジェクトマネジメント機能や研究開発機能を活かし、効率的、効果的に研究開発テーマのマネジメントを担う
研究開発責任者・実施者	個別研究開発テーマの実施責任、及び実施を担う

関係省庁	当課題における推進委員会の構成員であり、各取組に関係する業種・分野、政策・制度等を所管する中での当課題に必要な連携を担う
その他設置する会議体（推進委員会）など	推進委員会：PD が担う政策の企画立案への各種取組の推進を担う。PD、サブ PD 等、関係省庁、研究推進法人、内閣府（事務局）から構成される
外部機関（調査分析機関）	研究推進法人の PD 支援業務などを担う
当該領域の開拓（人材育成を含む）を推進する協会	「人」+「サイバー・フィジカル空間」を扱う人協調型ロボティクス推進のための協会。全方位的に課題を推進する役割を担う
人協調型ロボティクス推進コア	期間内でのミッション達成に向けて PD の能力をフル活用し全体戦略・SIP 事業推進を機動的に行うため、PD を中心に実務を担うメンバーがフェーズや調整内容に応じてオンデマンドで参加する組織として構成する。PD 補佐では補えない範囲の各種調整等を PD と一体となって日常的に実施する役割を担う
人協調型ロボティクス社会実装促進ルール協議会（官民合同）（仮）	社会実装の障害となる諸問題を官民が合同で話し合う場をテーマごとに設け、実効性のある産学／府省連携を推進する役割を担う

図表 IV-3 .役割分担表

1. 実施体制と役割分担

（1） 内閣府

① PD

氏名：山海 嘉之
所属：筑波大学 システム情報系教授／
サイバニクス研究センター研究統括／
未来社会工学開発研究センター（F-MIRAI）センター長、
CYBERDYNE 株式会社 代表取締役社長/CEO

②　サブ PD （担当・履歴を含む）

氏名：神藤 富雄
所属：株式会社 IBLC 顧問（元 JST 内閣府 ImPACT PM 補佐）
期間：2023 年 4 月～
担当：当該事業推進・統括担当、PD 代理

氏名：比留川 博久
所属：産業技術総合研究所 名誉リサーチャー／九州工業大学 特命教授
期間：2023 年 5 月～
担当：省庁・府省連携推進担当

PD 補佐

氏名：桜井 尊
所属：CYBERDYNE 株式会社 CEO 補佐兼研究開発部門研究員／
　　筑波大学サイバニクス研究センター 客員研究員
期間：2023 年 5 月～
担当：PD 補佐

③　課題担当 （履歴を含む）

氏名	所属・職位	期間
鈴木　淳	科学技術イノベーション推進事務局・企画官	2023 年 4 月～2023 年 7 月
山口　達也	科学技術イノベーション推進事務局・企画官	2023 年 7 月～
山川　秀充	科学技術イノベーション推進事務局・政策調査員	2023 年 4 月～2024 年 3 月
津田　俊介	科学技術イノベーション推進事務局・政策調査員	2024 年 4 月～

（2）　研究推進法人・PM （担当・履歴を含む）

①　研究推進法人の名称

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

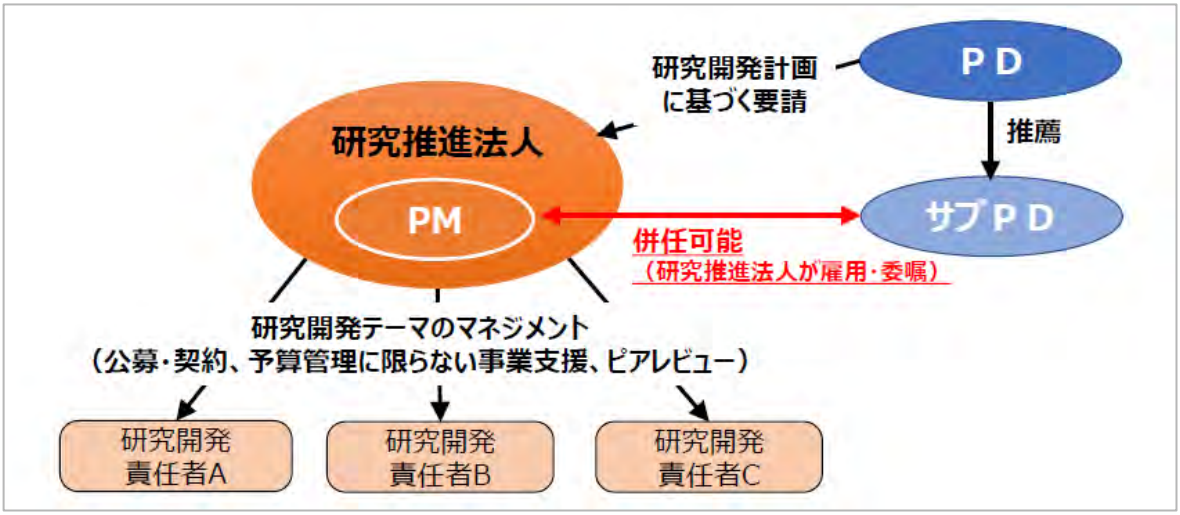
②　PM その他の担当者 （担当・履歴を含む）

PM

氏名：関根 久
所属：行政書士関根久法務事務所
期間：2023 年 8 月～
担当：PM

SIP 第 3 期においては、研究推進法人が有するプロジェクトマネジメント機能や研究開発機能を活かし、効率的、効果的に研究開発テーマのマネジメントを実施する。具体的には、以下の 3 つである。

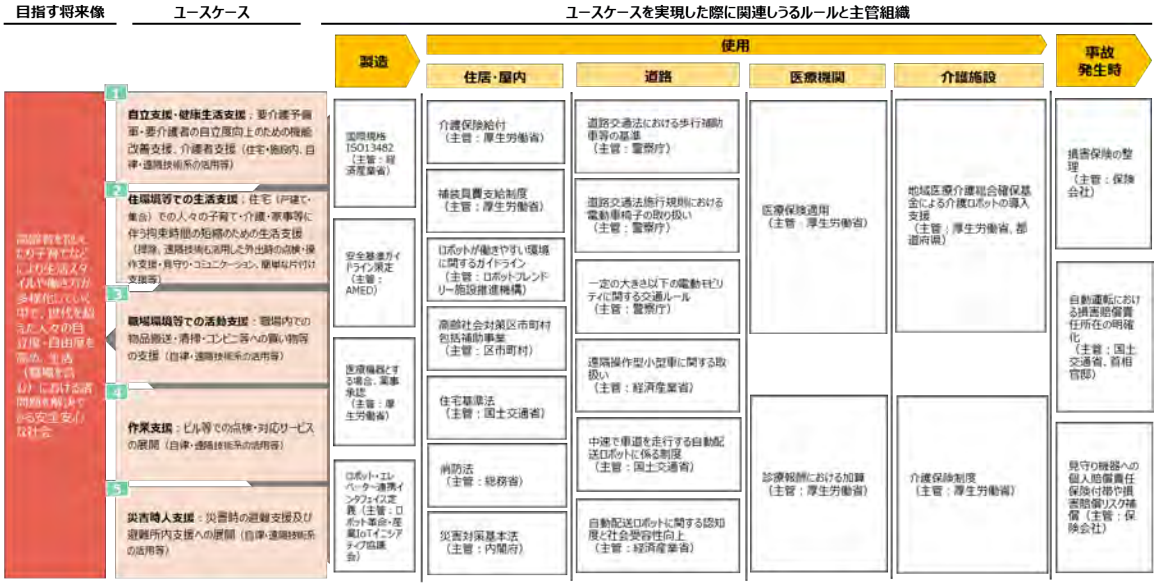
- 研究推進法人は研究開発テーマのマネジメントとして、公募・契約、資金管理、ピアレビューにとどまらず、事業支援を行う機関として位置付ける。
- 事業支援に当たっては、国研等が有する知見、研究インフラ、ネットワークを活用するものとする。また、利益相反に配慮しつつ、自らの研究開発とのシナジーがある形で事業を推進できるようにする（ガバニングボードの審議、パブリックコメントを経て、研究開発計画に自らの研究開発テーマが位置づけられた場合には自ら実施可能）。
- 研究推進法人にプロジェクトマネジャー（PM）を置き、PM が主体となって研究開発テーマのマネジメントを実施する。



図表 IV-4 .研究推進法人の実施体制

2.　府省連携

当課題は、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の、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）における複合的な諸課題の解決に向けた取り組みであり、個別省庁では部分的にしか対応できず（（再掲）図表 IV-5.目指す将来像に関連しうるルールと主管組織）、省庁連携を特徴とする本 SIP で取り組むことが好ましい。



図表 IV-5 .目指す将来像に関連しうるルールと主管組織

府省連携の取り組み内容を XRL の 5 つの視点から記載する。

- 技術
  - 技術開発で得られる成果のうち、他の SIP 課題におけるニーズと合致する成果については、当該の PD・課題担当と連携することで、相互に成果を展開し合うことによる相乗効果が見込まれるため、連携先の他の SIP 課題の研究推進法人を所管する省庁と当該人協調ロボティクスに参画している省庁・担当部局との連携・調整を推進していく

- 事業
  - 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、新たなニーズを喚起し、持続的なロボティクスサービスを提供

- 制度
  - ロボットが活動する環境（屋外・屋内・エレベーター等）での監督官庁全テーマを相互に連動させ、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
  - 関連組織との連携

- 社会的受容性
  - 社会での受容性を高める官民連携での役割等の整理を前提に、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

- 人材
  - 関係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）

連携している関係省庁とその担当課と関係省庁が担う役割は、以下の通りである。

(1) 研究推進法人所管

経済産業省

(2) 各研究開発テーマに所管業種や国研等が関わる立場

各研究開発テーマの技術・到達状況により関係省庁各所が関わる可能性がある。

関係省庁一覧

- 経済産業省 製造産業局 産業機械課 ロボット政策室
- 経済産業省 国際標準課
- 厚生労働省 医政局 医薬産業振興・医療情報企画課
- 厚生労働省 老健局 高齢者支援課
- 国土交通省 総合政策局 物流政策課
- 国土交通省 住宅局 住宅生産課
- 国土交通省 住宅局 建築企画担当
- 消防庁(検討状況に応じて追加される可能性あり)
- 文部科学省(検討状況に応じて追加される可能性あり)

(3) 社会実装に向けて関係する政策や制度を担当する立場

当課題の進捗状況により関係省庁各所が関わる可能性がある。

関係省庁一覧

- 経済産業省 製造産業局 産業機械課 ロボット政策室
- 経済産業省 国際標準課
- 厚生労働省 医政局 医薬産業振興・医療情報企画課
- 厚生労働省 老健局 高齢者支援課
- 国土交通省 総合政策局 物流政策課
- 国土交通省 住宅局 住宅生産課
- 国土交通省 住宅局 建築企画担当
- 消防庁(検討状況に応じて追加される可能性あり)
- 文部科学省(検討状況に応じて追加される可能性あり)

3. 産学官連携、スタートアップ

当課題では、HCPS(人＋サイバー・フィジカル空間)融合人協調ロボティクスの社会実装実現に向けて、産学官が連携しながらプログラムを推進する方針の下、推進委員会及び推進コアを配置した実施体制を構築する。スタートアップの参加については、HCPS 融合人協調ロボティクスの社会実装実現への貢献度が高く期待される組織の参加を積極的に促すとともに、必要に応じて内閣府が推進するスタートアップ事業創出特別枠予算の活用が可能かどうかの検討も行う。本体制の下、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、個別研究テーマの検討においては、複数の領域の取りまとめが可能な機関の参画や有望な技術を有するスタートアップの巻き込み等の工夫によって、効果的に課題をマネジメントできる体制とする。

- **マッチングファンドに係る方針と内容**

SIP 第 3 期では、業界をまたぐ協調領域の拡大を図り、研究リソースの効率的活用や研究開発投資の拡大、さらには国際ルール形成・国際標準化、ベンチャー等での事業創出機会の提供を目指していることから、協調領域を拡大することが、民間研究投資を促すことにつながると考えられる。一方で、SIP の研究テーマ自体は協調領域について国費で実施されるものの、民間企業側での参画にあたっては、基本的に企業にも 50%の負担を求めるものとする。

当課題において、マッチングファンド方式を適用した場合に、民間事業のどの範囲を含めるか、また、どのように費用を算定するかについては、本事業に参画を予定する民間事業者の意見を聞きながら、SIP 第 3 期開始後から順次検討を行う。当課題が実現する研究テーマの社会実装の類型によっては、マッチングファンド方式による負担とすることが難しいケースも想定されるため、研究テーマの類型や性質に応じて、個別に判断を行うこととする。

なお、マッチングファンドは広く社会実装に向けた産業界での取組を促す仕組みとして捉え、共同研究に限らず、事業モデルの構築、産業界の人材の確保・育成なども対象として含めるものとする。

4. 研究開発テーマ間連携

当課題は 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）の社会実装を目的として、その実現のために人・AI ロボット・情報系の融合複合技術を中心とした人協調ロボティクスの技術開発を図表Ⅱ-5 に示す通り、要素技術としての基盤技術（サブ課題 1）及び社会実装技術（サブ課題 2）の観点から実施し、各サブ課題内に複数の研究開発テーマが存在するとともに、各研究開発テーマを補完する位置付けとしてサブ課題外の「SIP での取組」以外の SIP と連携した取り組みを行う。サブ課題 1 とサブ課題 2 をスパイラル的に連動させ進化させていくことにより、目的達成のためにサブ課題 1、サブ課題 2、サブ課題外の取り組みは、相互連携してシナジーを発揮する（図表Ⅱ-12. ロードマップ①、図表Ⅱ-13. ロードマップ②）。また、個別の研究開発テーマが目的達成のための要素技術開発であることから、研究開発テーマ間においても研究開発を通して連携やシナジー効果について、検討・実施が行われる（図表Ⅲ-3. ユースケースを通した事業展開とテーマ間連携とのフィードバック）。

5. SIP 課題間連携

当課題は人・AI ロボット・情報系の融合複合技術（HCPS 融合技術）を軸とした人協調型ロボティクス社会の実現を目指すものであり、他の SIP 課題との連携が不可欠となる。例えば、

「スマートモビリティプラットフォームの構築」

- 小型生体モニタリング機器を用いた職業ドライバーの包括的支援と輸送の安全性向上のための研究開発（テーマ 6 の取り組みの一部として実施）
- 生活空間（歩道系）でのスマートモビリティの搭乗者の身体状態のチェック、歩道領域での人・環境の安全チェック、交通弱者対応、安全管理など（検討中）

「統合型ヘルスケアシステム」

- 患者の生活のリアルタイム可視化によるインシデントリスク判定アルゴリズムの自動アップデートシステム及び自動服薬管理システムの開発（テーマ 5 の取り組みとの連携内容を検討中）

「スマートインフラマネジメントシステムの構築」「スマート防災ネットワークの構築」

- 災害時など有事対応技術としての適用：当課題の各種技術で施設等からの安全避難支援、避難時の安全安心、サイバニック化遠隔操作技術など（テーマ 4 の取り組みとの連携可能性を検討中）

「海洋安全保障プラットフォームの構築」

－ 生活空間における高度な環境認知技術を、海底での高精度なマップ作成・自己位置推定に活用、サイバニック化遠隔操作技術、充電回数 50 万回の電池の AUV 適用など（検討中）

人協調ロボティクスの研究開発の進展に伴い他の SIP 課題との連携を随時行い、最適な技術の組み合わせを模索していく。

6. データ連携

データ戦略を実現するために、個別の研究開発テーマ間や他 SIP 課題間でのデータ連携を実施する。例えば、人情報や生活空間情報をサイバニクス空間（AI による解析を含む）を通して、ビルやスマートモビリティと連動することで、異常なふるまいの検知や、自律移動のサポート等を可能とする。また、災害発生時等には、サイバニック遠隔操作を実施することで、高度な避難誘導が可能となり、横展開可能なデータを蓄積していく。そのため、他テーマと連携する際には、データ通信フォーマットやプロトコルを共通化することで開発コストの削減や開発の効率化を狙う必要がある。

PD 会議や GB 等でデータ連携の相談・要請があった場合には、当課題内で対応可否及び対応内容を検討して、相談・要請元に回答する。

人協調型ロボティクスにおいては、データのリアルタイムの相互接続プロトコルの確立を目指して、領域をまたぐ共通仕様や共通プロトコルを整備し、問題が発生した場合の責任の所在を明らかにする。

7. 業務の効率的な運用

オンラインツールは会議ツール、共有ツール、及びその他業務の効率的な運用に資するツールの活用を適宜行う。

会議ツールは Teams、Zoom 等のオンライン会議を実施できるツールであり、これを使用することにより場所的・時間的制限をなるべく排しての効率的な会議運営を実現する。具体的には、オンライン会議ツールによる開催を想定した日程調整の打診を進め、現地参加者及びオンライン参加者双方がスムーズな発言を行えるよう、事前に音声テスト等を行う中で、適切な音響環境を構築、する想定である。

共有ツールはクラウドまたはウェブ上などで書類や資料のファイルを共有できるツールであり、これを必要に応じて使用することにより組織及びチーム間での円滑なファイルの連携による効率的な作業進行を実現する。具体的には、共有ツール上にファイルをアップロードし、アップロードされたファイルをダウンロードすることで、より簡易的にファイルの授受を可能にする想定である。

その他のツールは、適宜本プロジェクトで必要に応じて、参加省庁及び組織同士が相談の上、導入・運用を行う。

V. 評価に係る事項

1. 評価の実施方針

(1) 評価主体

- ガバニングボードが、評価委員会を設置し、PD 及び研究推進法人等による自己点検や研究推進法人等が実施する専門的観点からの技術・事業評価（以下「ピアレビュー」という。）の結果（事前評価及び追跡評価の場合にはそれらに準ずる情報。）に基づき、評価を行う。
- 研究推進法人はピアレビューの実施の前にピアレビューを実施する外部有識者の選定についてガバニングボードの承認を得るものとする。
- プログラム統括チームはピアレビューに参加し、専門的観点からの意見を踏まえ、制度的・課題横断的観点からの評価意見をまとめるものとする。
- プログラム統括チームは評価委員会に対して、ピアレビューの結果を報告するとともに、制度的・課題横断的観点からの評価意見を提出するものとする。
- 評価委員会は、プログラム統括チームからの報告等を踏まえ、評価を行い、評価案をとりまとめ、ガバニングボードに報告するものとする。

(2) 実施時期

- 課題評価の実施時期の区分は、事前評価、毎年度末の評価（ただし、課題開始後３年目の年度末までに行う評価は「中間評価」。）及び最終評価とする。
- 終了後、必要に応じて追跡評価を行う。
- 上記のほか、必要に応じて年度途中等に評価を行うことも可能とする。

(3) 評価項目・評価基準

- 「国の研究開発評価に関する大綱的指針（平成 28 年 12 月 21 日、内閣総理大臣決定）」を踏まえ、必要性、効率性、有効性等を評価する観点から、以下の評価項目・評価基準とする。達成・未達の判定のみに終わらず、その原因・要因等の分析や改善方策の提案等も行う。

A).課題目標の達成度と社会実装

- 課題目標の達成と社会実装に係る評価項目・評価基準は下表のとおりとする。
- ミッションの明確化から個別の研究開発テーマの設定に至る計画・テーマ設定に係る評価（A－2 から A－4 まで）と、個別の研究開発テーマの達成度から研究成果の社会実装に至る進捗状況等に係る評価（A－5 から A－7 まで）を一体的に実施することで、PDCA サイクルを回し、各段階での進捗状況等を踏まえ、継続的かつ迅速（アジャイル）に計画・テーマ設定の見直しを行う。

A-1	意義の重要性、SIP制度との整合性	・課題全体を俯瞰的にとらえ、Society5.0の実現に向けて将来像を描いているか。
		・技術開発のみならずルール整備やシステム構築などに必要な戦略が検討され、SIP制度との整合性が図れているか。
		・SIP第3期課題として必要な「要件」（SIP運用指針別紙）を満たしているか。
A-2	ミッションの明確化	・将来像の実現に向けたミッションが明確となっているか。
		・関係省庁を巻き込んだ協力体制の下に、課題の解決方法が特定され、ミッション遂行が実現可能なものであるか。
A-3	目標設定・全体ロードマップ、その他の社会実装に向けた	・ミッションを達成するために、現状と課題を調査し、ロジックツリー等を活用し、社会実装に向けて、技術だけでなく、事業、制度、社会的受容性、人材を含む5つの視点で、必要な取組を抽出されているか。
		・抽出した取組について、既存の産学官での取組を把握した上で、SIPの要件及び本評価基準を踏まえ、SIPの研究開発テーマを特定しているか。
		・SIP終了時の達成目標が設定されており、実現可能なものであるか（なお、SIP期間中において目標は常に見直し、アジャイルな修正も可とする。）
		・SIPの研究開発テーマを含む必要な取組について、社会実装に向けたロードマップを作成し、技術だけでなく、事業、制度、社会的受容性、人材を含む5つの視点で、戦略的でかつ明確になっているか。また、これら5つの視点の成熟度レベルを活用しながら、指標が計測量として用いられ、進捗度が可視化されているか。
		・データプラットフォームの標準化戦略を見据え、全体のデータアーキテクチャーを見据えたデータ戦略は設定されているか。
		・スタートアップに関する戦略は設定されているか。
A-4	個別の研究開発テーマの設定及びその目標と裏付けの明確さ	・RFIの内容を吟味し、個別の研究開発テーマの設定が決め打ちではなく、社会課題を基に一定の範囲から絞り込まれているか。
		・個別の研究開発テーマの設定は国際競争力調査や、市場・ニーズ調査、有識者や関係者へのヒアリングなど、エビデンスベースでの理由で裏打ちされているか。
		・個別の研究開発テーマの目標及び工程表は明確であり、実現可能なものであるか。
		・個別の研究開発テーマの目標は課題全体の目標(A-3)を満足しているか。
A-5	研究開発テーマの設定目標に対する達成度	・個別の研究開発テーマについて、当該年度の設定目標に対する達成度（進捗状況）は計画通りか。（計画変更となった場合、当該進捗状況に至る理由を含む。）
		・得られた成果の新規の学術的・技術的価値は何か。
		・得られた成果は課題全体の目標に対してどの程度貢献しているか。
A-6	社会実装に向けた取組状況	・知財戦略や国際標準戦略などを含む事業戦略、規制改革等の制度面の戦略、社会的受容性の向上や人材の戦略は設定され、その取組状況は計画通りか。（計画変更となった場合、当該進捗状況に至る理由を含む。）
		・データ戦略の取組状況は計画通りか。（計画変更となった場合、当該進捗状況に至る理由を含む。）
		・スタートアップに関する戦略の取組状況は計画通りか。（計画変更となった場合、当該進捗状況に至る理由を含む。）
A-7	研究成果の社会実装及び波及効果の見込み	・研究成果によって見込まれる効果あるいは波及効果が明確であるか。
		（科学技術の進展、新製品・新サービス等への展開、市場への浸透や社会的受容性への影響、政策への貢献、人材育成への貢献など。定量的表現が望ましい。）
		・(A-5)(A-6)を踏まえて、技術、事業、制度、社会的受容性、人材の5つの視点からロジックツリー等を用いて研究成果の社会実装への道筋が明確に示されているか。
		・開発する技術の優劣に関する国際比較、当該技術の強み・弱み分析、国際技術動向の中での位置づけなど、グローバルベンチマークの結果が示されているか。
A-8	対外的発信・国際的発信と連携	・課題の意義や成果に関して効果的な対外的発信の計画が検討され、実施されているか。
		・国際的な情報発信や連携の取組の進捗はあるか。
A-9	その他	・課題の特性や状況に応じ、上記の(A-1)～(A-8)以外に、課題目標の達成度と社会実装の観点から評価すべきこと（プラス評価になること）があれば追加可。

（4） 評価結果の反映方法

○ 各年度の年度末評価は、前年度の進捗状況等や当該年度での事業計画に関して行い、次年度以降の戦略及び計画等に反映させる。必要に応じ、研究開発テーマの絞込みや追加について意見を述べる。

○ 中間評価においてステージゲートを実施し、各課題における個々の研究開発テーマにおいて、ユーザ視点からの評価を行う。具体的には、①ユーザを特定されず、マッチングファンド方式の適用や関係省庁における政策的な貢献など社会実装の体制構築が見込めないものについては、原則として継続を認めない、②目標を大幅に上回る成果が得られ、ユーザからの期待が大きく、社会実装を加速すべきものについては、予算の重点配分を求める、などユーザ視点からの評価を行うこととする。

○ 最終評価は、最終年度までの実績に関して行い、終了後のフォローアップ等に反映させる。

○ 追跡評価は、各課題の成果の社会実装の進捗に関して行い、改善方策の提案等を行う。

（5） 結果の公開

○ 評価結果は原則として公開する。

○ 評価委員会及びガバニングボードは、非公開の研究開発情報等も扱うため、非公開とす

る。

(6) 自己点検

- ○ 課題評価の前に、PD、研究推進法人等及び各研究開発責任者による自己点検並びに研究推進法人等によるピアレビューを実施し、その結果をガバニングボードに報告するものとする。
- ○ 研究開発責任者による自己点検は、研究開発テーマの目標に基づき、研究開発や実用化・事業化の進捗状況について行う。
- ○ 研究推進法人等による自己点検は、予算の管理、研究開発テーマの進捗管理、研究開発テーマの実施支援など研究推進法人等のマネジメント業務について行う。
- ○ PD による自己点検は、(3)の評価項目・評価基準を準用し、研究開発責任者及び研究推進法人等による自己点検の結果や、関係省庁や産業界における社会実装に向けた取組状況を踏まえ、実施する。
- ○ 研究推進法人等によるピアレビューは、エビデンス及びグローバルな視点に基づいて、各研究開発テーマの実施内容及び実施体制等が SIP として実施することに適したものになっているか、研究開発テーマの目標に基づき研究開発や実用化・事業化に向けた取組が適切に進められているどうか等について、研究推進法人等に設けられた外部有識者が行う。また、遅くとも中間評価の時期までには各研究開発テーマについてユーザを特定し、ユーザからの意見も踏まえた評価(ユーザレビュー)を行うこととする。

(7) 自己点検・ピアレビュー及び評価の効率化

- ○ 課題の自己点検及び評価を毎年度行うことを考慮して、自己点検及び評価は効率的に行う。

2. 実施体制

ピアレビュー構成員 (担当・履歴を含む)

氏名	所属 役職	
大須賀 公一	大阪大学大学院工学研究科 教授	2023 年 9 月～
住川 雅晴	一般社団法人つくばグローバル・イノベーション推進機構 理事長	2023 年 9 月～
髙尾 洋之	東京慈恵会医科大学先端医療情報技術研究部 部長/准教授	2023 年 9 月～
西澤 民夫	一般社団法人オープンイノベーション促進協議会 代表理事	2023 年 9 月～
濱田 敏彰	関西大学 客員教授	2023 年 9 月～
山口 香	筑波大学体育系 教授	2023 年 9 月～
山崎 直子	合同会社 Fly to the Future 代表社員	2023 年 9 月～
山田 陽滋	豊田工業高等専門学校 校長	2023 年 9 月～
米倉 誠一郎	法政大学大学院イノベーションマネジメント研究科 教授	2023 年 9 月～
渡辺 捷昭	学校法人藤田学園 理事	2023 年 9 月～

Ⅵ. その他の重要事項

根拠法令等

本件は、内閣府設置法（平成 11 年法律第 89 号）第 4 条第 3 項第 7 号の 3、科学技術イノベーション創造推進費に関する基本方針（令和 4 年 12 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議）、戦略的イノベーション創造プログラム運用指針（令和 4 年 12 月 23 日、総合科学技術・イノベーション会議ガバニングボード）に基づき実施する。

別添　SIP の要件と対応関係

Society 5.0 の実現を目指すもの	P4 Society 5.0 における将来像
社会的課題の解決や日本経済・産業競争力にとって重要な分野であること	P6 社会実装に向けた戦略
基礎研究から社会実装までを見据えた一気通貫の研究開発を推進するものであること	P8 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 P18 ロードマップ
府省連携が不可欠な分野横断的な取組であって、関係府省の事業との重複がなく、連携体制が構築され、各府省所管分野の関係者と協力して推進するものであること	P6 現状と問題点 P63 府省連携
技術だけでなく、事業、制度、社会的受容性、人材に必要な視点から社会実装に向けた戦略を有していること	P8 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 P11 ロジックツリー P23 研究開発に係る全体構成 P63 府省連携
社会実装に向けた戦略において、ステージゲート（2～3 年目でのテーマ設定の見直し）・エグジット戦略（SIP 終了後の推進体制）が明確であること	サブ課題 1 P14 ステージゲート等による機動的・総合的な見直しの方針 P15 SIP 後の事業戦略（エグジット戦略） サブ課題 2 P17 ステージゲート等による機動的・総合的な見直しの方針 P17 SIP 後の事業戦略（エグジット戦略）
オープン・クローズ戦略を踏まえて知財戦略、国際標準戦略、データ戦略、規制改革等の手段が明確になっていること	P24　研究開発に係る実施方針　基本方針、知財戦略、データ戦略、国際標準戦略、ルール形成、知財戦略等に係る実施体制
産学官連携体制が構築され、マッチングファンドなどの民間企業等の積極的な貢献が得られ、研究開発の成果を参加企業が実用化・事業化につなげる仕組みを有していること	P66 マッチングファンドに係る方針と内容
スタートアップの参画に積極的に取り組むものであること	P65 産学官連携、スタートアップ