

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 欧州研究イノヴァ: 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、先進材料、先進製造、バイオテクノロジー 	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やクラウドなどのツールボックスの開発を目指した研究
	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、先進製造、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(イノベーション活動)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 	<ul style="list-style-type: none"> ICT <ul style="list-style-type: none"> フォトリソ 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 <ul style="list-style-type: none"> 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 	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
	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。基礎研究からイノベーション、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、イノベティブかつ内省的な社会の構築 安全な社会の構築 	宇宙	

図表 II-6 . 関連プロジェクト調査 (EU)

年	米国	EU	日本
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		
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		

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：

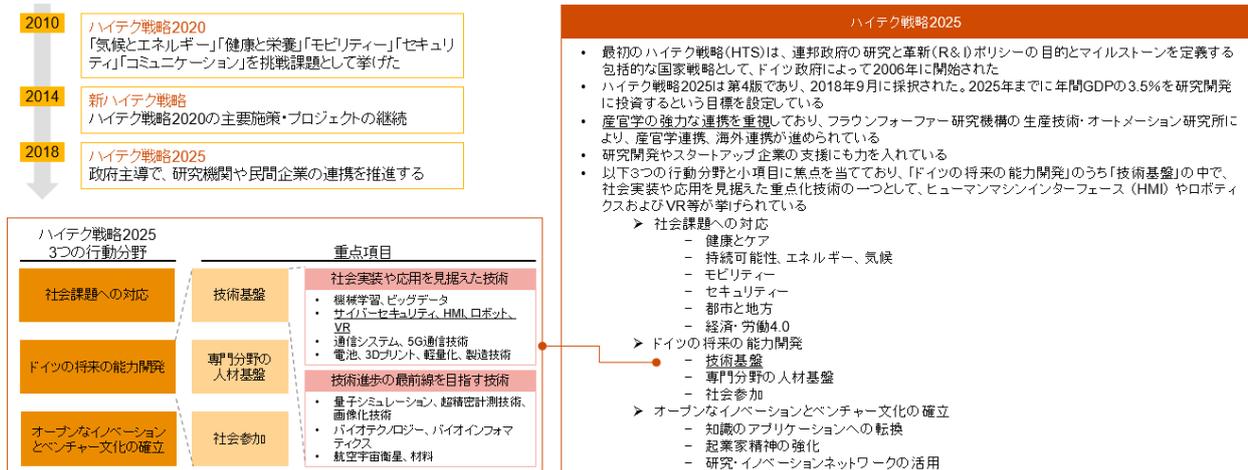
- 1) 当該科学技術の導入促進ルールの整備など社会の複合的な課題解決に向けた当該取り組みには省庁連携が必須であり、関係省庁の取り組みが当該取り組みと同期するまで、民間保険会社等とも連携して経済サイクルモデルを整えながら関連企業の努力によって開発する。一旦、新産業連携体等も機能させながら好循環イノベーションサイクルは回し始めておく。
- 2) 当該 SIP の取り組み内容を拡充させ、「人」＋「サイバー・フィジカル空間」（HCPS）の融合という日本が世界的にリードできる領域で第 5 次産業革命の中核となる融合領域（生活・職場・健康・宇宙・安全安心保障など広領域へ展開可能）でのイノベーション推進へと舵を切って、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・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）

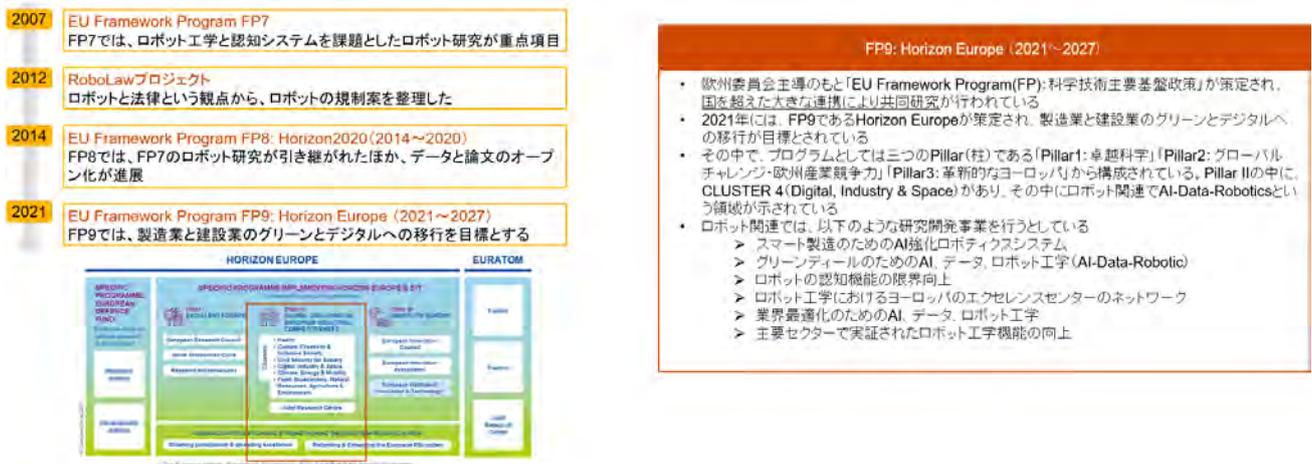
(1) 背景（グローバルベンチマーク等）

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。

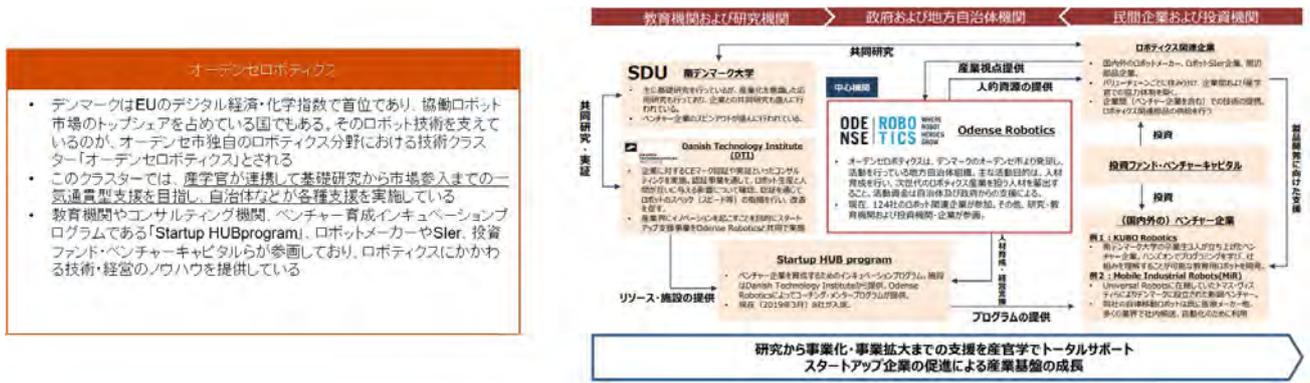
世代を超えた人々を対象とした複合的な課題解決に向けた当該取り組みは、個別省庁では部分的にしか対応できず、省庁連携を特徴とする内閣府の SIP 制度で取り組むことが最も整合性が良い。また、当該課題のミッション達成に伴う社会実装では省庁連携が必須となる多様な課題が顕在化してくる可能性が高く、これを適宜、CSTI や内閣府が推進する我が国の科学技術・イノベーション政策や制度設計等にフィードバックできることも、当サブ課題の位置付けとして SIP 制度と整合性が高い。また、中国では国家戦略としてロボット領域の強化、EUではEU Framework Program が策定され、国を超えた大きな連携の実施、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。

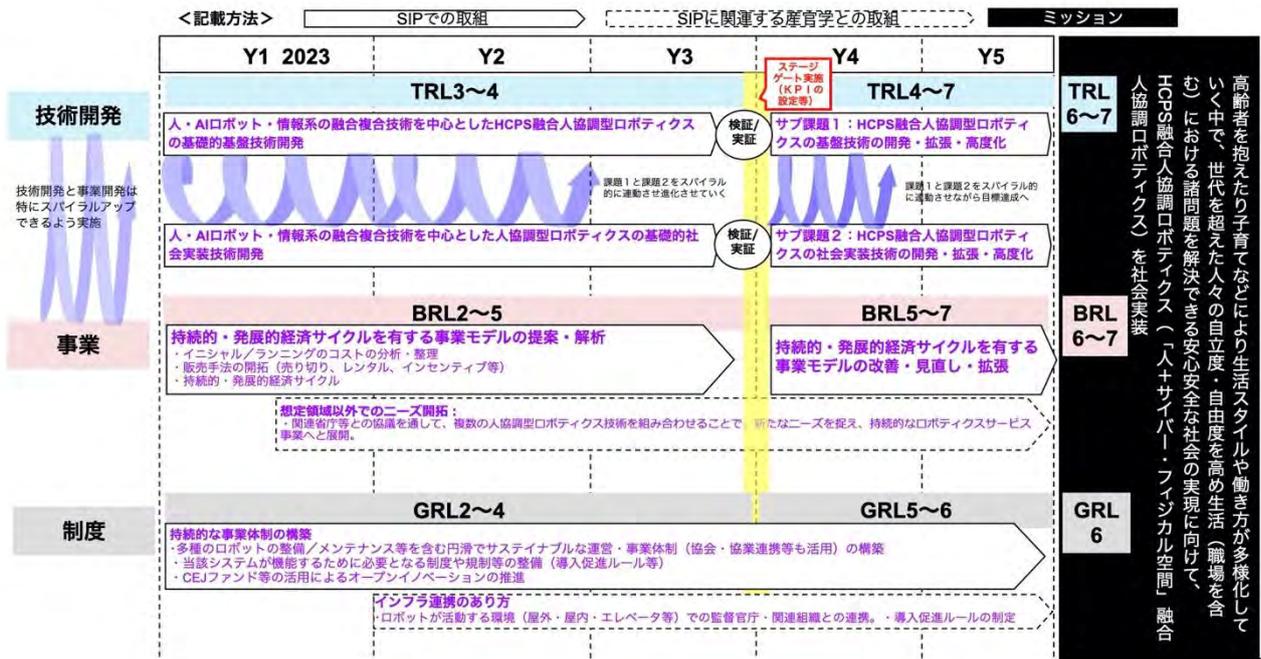
制度については、ステージゲート実施前までにGRL2~4を目指し、持続的な事業体制を構築する。ステージゲート実施後は、GRL5~6を目指す。また、インフラ連携のあり方として、ロボットが活動する環境での監督官庁・関連組織との連携、導入ルールの制定をする。

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。

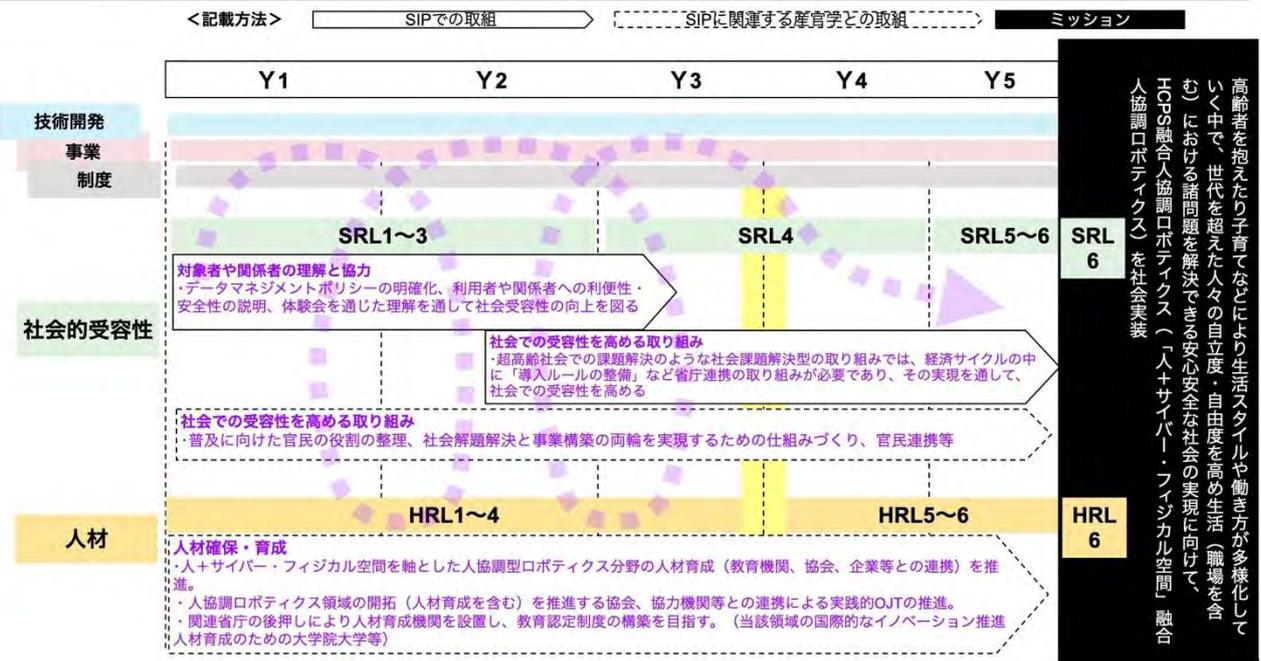
なお、SIP実施前の段階では、一定の仮説の下で取組を抽出し、ロードマップを作成することになるが、実施段階でSIPでの取組の進捗状況や関係省庁等との連携状況などを踏まえアップデートしていくことが想定される。

(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。



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

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。



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