

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)  
バーチャルエコノミー拡大に向けた基盤技術・ルールの整備  
社会実装に向けた戦略及び研究開発計画(案)

令和5年1月26日

内閣府

科学技術・イノベーション推進事務局

# 目次

## I. Society5.0 における将来像

## II. 社会実装に向けた戦略

### 1. ミッション

### 2. 現状と問題点（関係省庁の施策の状況と府省連携で取り組むべき課題の整理を含む）

### 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
- ② 事業
- ③ 制度
- ④ 社会的受容性
- ⑤ 人材

#### (2) ミッション到達に向けたシナリオ

### 4. SIP での取組(サブ課題)

- (1) 背景(グローバルベンチマーク、SIP 制度との整合性等)
- (2) 社会実装に向けた SIP 期間中の達成目標
- (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
- (4) SIP 後の事業戦略(エグジット戦略)

### 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

#### (2) 本課題候補における成熟度レベルの整理

- ① TRL(技術成熟度レベル)
- ② BRL(ビジネス成熟度レベル)
- ③ GRL(ガバナンス成熟度レベル)
- ④ SRL(社会成熟度レベル)
- ⑤ HRL(人材成熟度レベル)

### 6. 対外的発信・国際的発信と連携

## III. 研究開発計画

### 1. 研究開発に係る全体構成

### 2. 研究開発に係る実施方針

#### (1) 基本方針

- ① オープン領域（グローバル化を推進する領域）
- ② クローズ領域（守るべき技術領域）

- (2) 知財戦略
- (3) データ戦略
- (4) 国際標準戦略
- (5) ルール形成
- (6) 知財戦略等に係る実施体制
  - ① 知財委員会
  - ② 知財及び知財権に関する取り決め
  - ③ バックグラウンド知財権の実施許諾
  - ④ フォアグラウンド知財権の取扱い
  - ⑤ フォアグラウンド知財権の実施許諾
  - ⑥ 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
  - ⑦ 終了時の知財権取扱いについて
  - ⑧ 国外機関等(外国籍の企業、大学、研究者等)の参加
- (7) その他

### 3. 個別の研究開発テーマ

#### (1) (研究開発名:a-1 固有感覚共有技術に関する研究)

- ① 研究開発目標
- ② 実施内容

#### (2) (研究開発名:a-2 ハプティクス技術に関する研究)

- ① 研究開発目標
- ② 実施内容

#### (3) (研究開発名:a-3 インターバースを活用したコミュニケーション技術)

- ① 研究開発目標
- ② 実施内容

#### (4) (研究開発名:a-4 インターバースを活用したヘルスケア(運動・休養・栄養)の研究と実装)

- ① 研究開発目標
- ② 実施内容

#### (5) (研究開発名:a-5 バーチャルエコノミー拡大に向けたルール・標準化等の検討)

- ① 研究開発目標
- ② 実施内容

#### (6) (研究開発名:a-6 ELSIに関する課題の抽出と対策)

- ① 研究開発目標
- ② 実施内容

#### (7) (研究開発名:a-7 インターバースのリスク低減)

- ① 研究開発目標
- ② 実施内容

#### (8) (研究開発名:b-1 デジタルツインなどバーチャルエコノミーの先駆実装エコシステムの設計と実装(スマートシティ))

① 研究開発目標

② 実施内容

(9)(研究開発名:b-2 ヘルスケアという個別ユースケースにおけるデジタルツイン活用の研究と実装)

① 研究開発目標

② 実施内容

(10)(研究開発名:b-3 街づくりという個別ユースケースにおけるデジタルツイン活用の研究と実装)

① 研究開発目標

② 実施内容

(11)(研究開発名:c-1 SDK・ソフトウェア機能コンポーネント群の開発)

① 研究開発目標

② 実施内容

(12)(研究開発名:c-2 動的なサイバー/フィジカル連携を実現する汎用プラットフォームの開発)

① 研究開発目標

② 実施内容

(13)(研究開発名:c-3 バーチャルエコノミー圏の市場メカニズムデザイン)

① 研究開発目標

② 実施内容

(14)(研究開発名:d-1 バーチャルエコノミー人材育成)

① 研究開発目標

② 実施内容

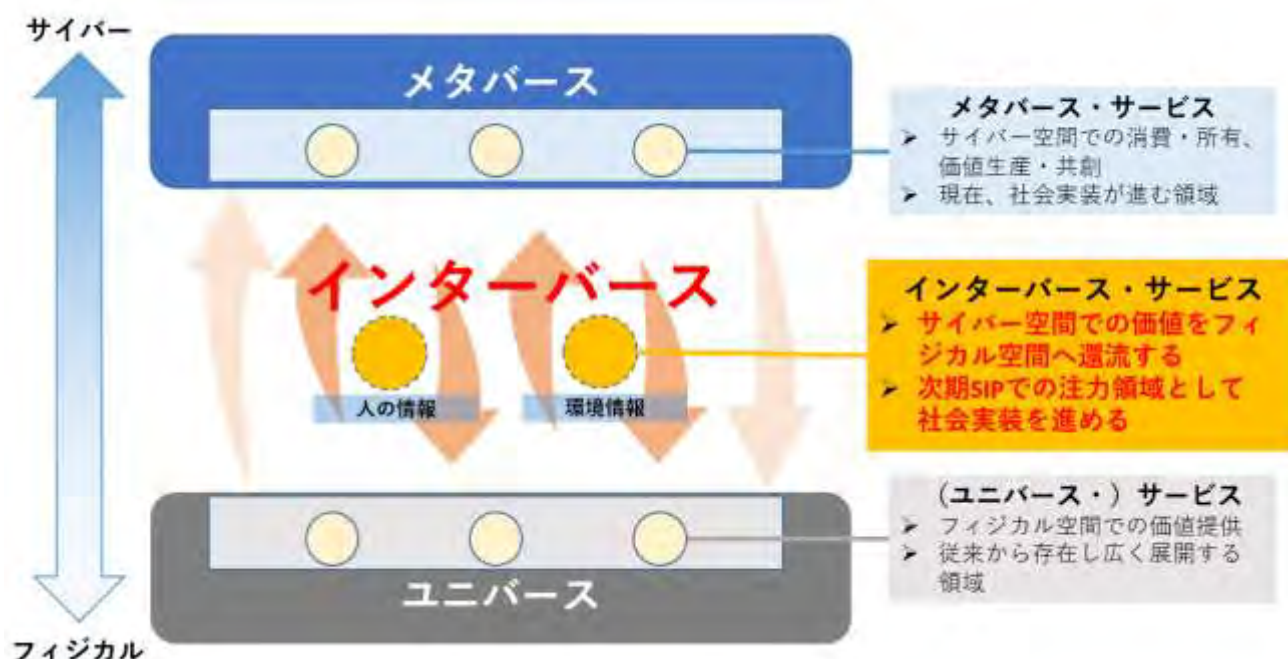
## (本文)

### I. Society5.0 における将来像

Society5.0 として目指す将来像は、サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(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(Society)である。Society5.0 を具現化するためには、防災・ヘルスケア・コミュニティ・インフラなど様々な場面においてサイバー空間とフィジカル空間が相互に連携するバーチャルエコノミー圏の創出が不可欠である。

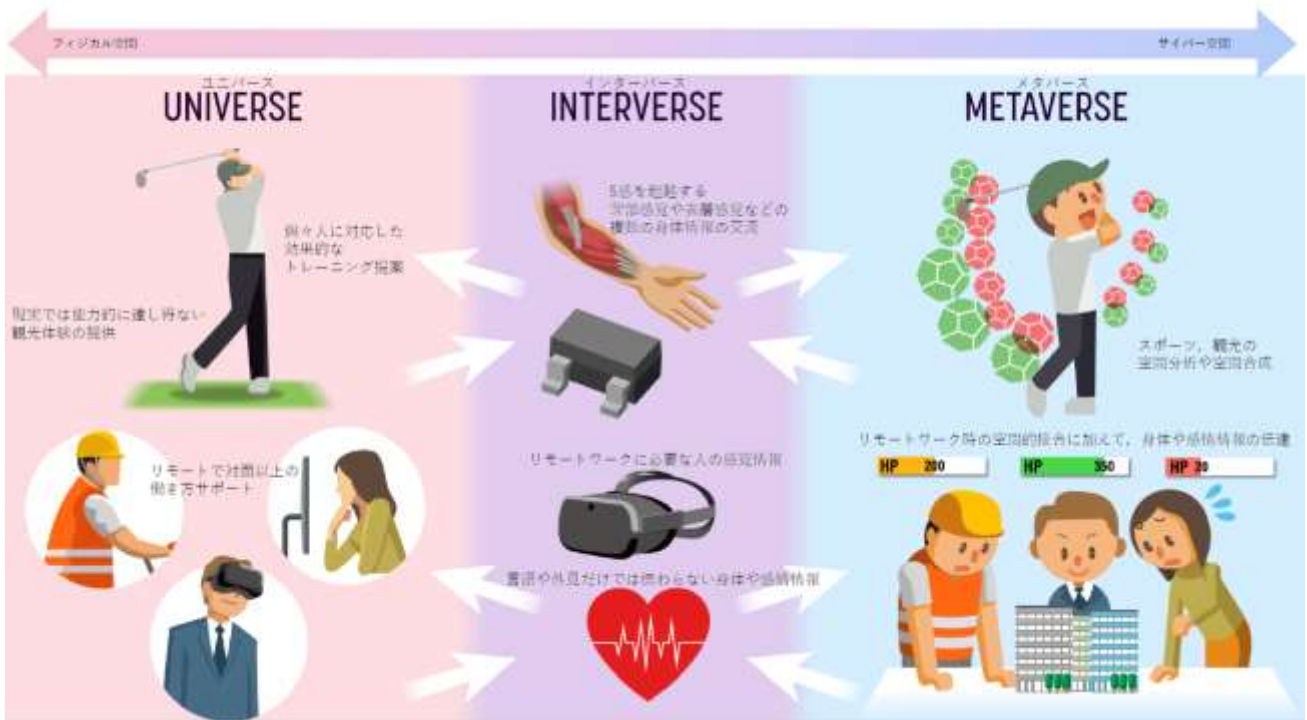
メタバースなどに代表される仮想空間サービスは、世界経済を牽引する GAFAM も参入し、今後、100 兆円を越える巨大な市場になると予測されており、現在はまさしくサイバー空間を活用した経済圏「バーチャルエコノミー」の拡大期にある。特にコロナ禍によるサイバー空間の利用者増加とそれに伴う利用者のリテラシー向上、アクセシビリティの高まりなどが仮想空間サービス市場の拡大を後押ししている。我が国としては、①情報IT企業だけでなく、IoT によってバーチャル世界とのインタラクションを担う製造業もバーチャルエコノミーの拡大に貢献しうること、②健康や介護など先駆的に抱える社会課題解決にサイバー空間や技術を活用する事例創出が見込める、③自動車、家電、センサデバイスなどフィジカル空間とのインタラクションを担うデバイス産業を有していることなどが強みになりうる。

つまり我が国の強みとは、サイバー空間、フィジカル空間双方とのインタラクションにより、フィジカル空間の身体情報をサイバー空間に持ち込み、そこで価値を生成することにとどまらず、その価値をフィジカル空間に還流させられることにあり、まさにこの「フィジカル空間への価値の還流」こそ日本の勝ち筋となりうるものである。そのため本課題候補「バーチャルエコノミー拡大に向けた基盤技術・ルールの整備」では、サイバー空間とフィジカル空間を接続するインターバースを注力領域として、従来の業界・分野の枠を超えた府省連携による基礎から社会実装までの一貫通貫の取組により、バーチャルエコノミーにおいて我が国が世界をリードすることを目指す。本課題候補はこのような技術開発やルール・制度の整備により、新たなバーチャルエコノミー圏の創出・拡大を図り、経済的発展と課題解決の両方に寄与する Society5.0 の実現の一端を担う。



図表 I-1. SIP における本課題候補の注力領域

なお、サイバー空間とフィジカル空間でやり取りされる情報としては、人起点の情報と環境起点の情報が挙げられる。人の情報及び環境情報のそれぞれについて、サイバー空間とフィジカル空間の接続が進むことにより実装されるインターバースの将来像を以下に示す。



図表 I-2. 人の情報に関するインターバースの将来イメージ

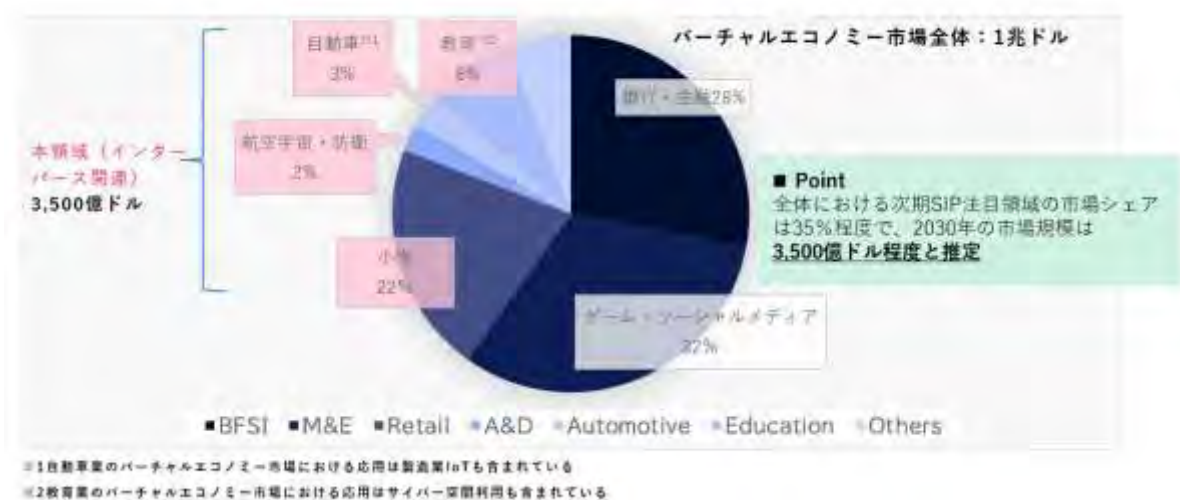


図表 I-3. 環境情報に関するインターバースの将来イメージ

## II. 社会実装に向けた戦略

### 1. ミッション

本課題候補のミッションは、サイバー空間からフィジカル空間への価値還流を通じて豊かな暮らしを実現するとともに、1.6兆円規模の国内バーチャルエコノミー圏を創出し、本領域において我が国が世界をリードすることにある。フィジカル空間での我が国の強みを活かしながら、サイバー空間利用における国際競争力の強化や国際連携、サイバー空間を活かしたリアル産業の付加価値向上、サイバー空間における利用者への弊害防止などを推進し、Society5.0の実現に寄与する。具体的な目標としては、SIP開始から10年後の2033年に、本課題候補の注目領域であるインターバースの効果により国内で7000億円規模の市場の上乗せを行い、結果的に1.6兆円規模の国内バーチャルエコノミー圏を創出する。また国内市場に留まらず、2030年頃に3500億ドル規模と推定される本領域におけるグローバル市場において、我が国が世界をリードすることを目指す。



図表 II-1. 2030年における本領域のグローバル市場規模予測

これらの市場創出までをSIPのターゲットとしているため、サイバー空間におけるフィジカル空間の体験を拡張するための技術開発をプログラムの中核とすることだけでなく、その社会実装まで見据えた標準化・ルール整備、事業開発の基盤となるユースケースの実証実験、それらを支える人材育成までもミッションの一環として捉えている。

さらに、ELSI(Ethical, Legal and Social Issues)への対策や、各種情報発信によるPublic Relationshipの構築などによる社会受容性の醸成にも取り組む。

### 2. 現状と問題点

ミッション達成に向けて、国内外のプロジェクト動向、技術開発動向、制度という3つの点からそれぞれの現状と問題点を整理する。まずバーチャルエコノミーに関わる国内外のプロジェクトの現状分析を行う。バーチャルエコノミーに関連するプロジェクトを調査・分析した結果、サイバー空間内での価値創出に関しては、国内外（特に国外）で技術開発から社会実装まで様々な取組がすでに行われている。また、バーチャルからリアルに価値を還流するプロジェクトでは、ドイツなどが製造業のIoTに関連する分野において社会実装まで多く取組を進めている。

一方、本課題候補が対象とするインターバース領域における取組は、製造業IoTを除くと国外では多く見られない。またデジタルツインに関するプロジェクトは、国内外で行われている(Project PLATEAUなど)ものの、実証実験を含む技術開発系プロジェクトに代表される萌芽的なものが多く、我が国が今後リードしていく機会が残っているものと考えられる。デジタルツインの社会実装においては、特にフィジカル空間とサイバー空間の

間をつなぐ情報基盤(ハードウェア・ソフトウェアの両方)が重要であるが、この領域に注力しているプロジェクトが国内外で手薄であり、本課題候補として取り組むべきテーマである。



図表 II-2. 国内外のバーチャルエコノミー関連主要プロジェクトのマッピング

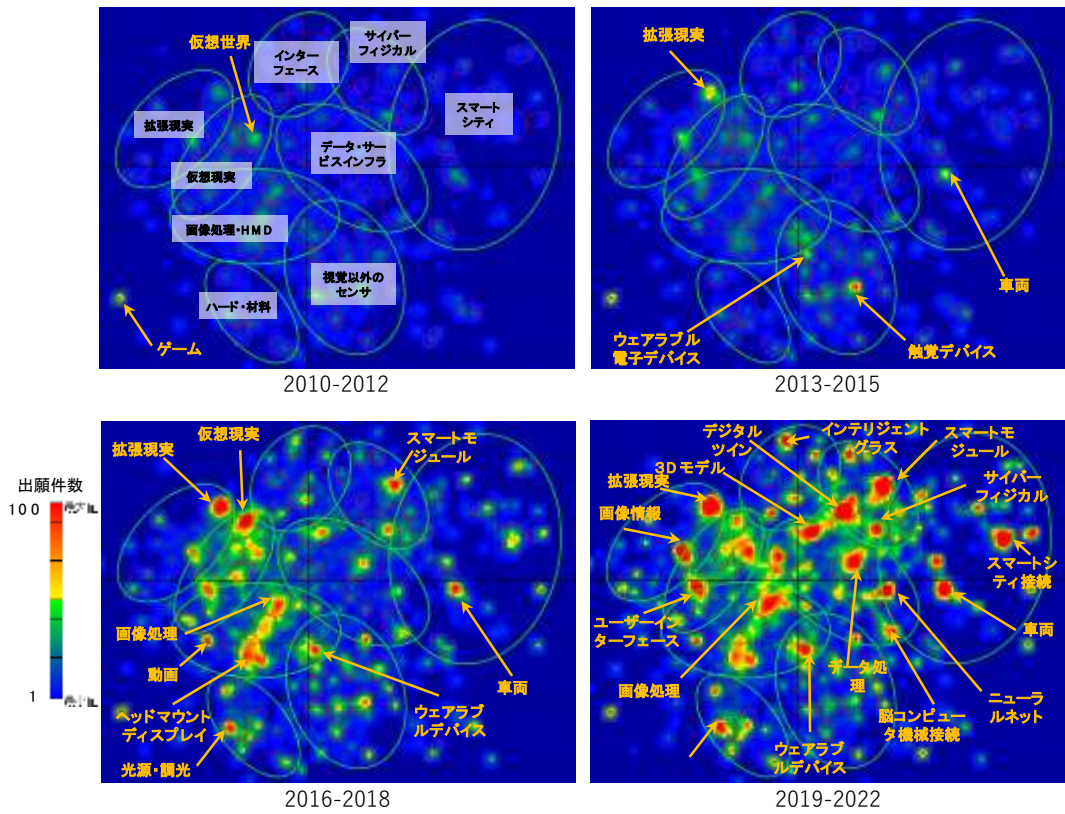
次に、バーチャルエコノミー関連のグローバルの技術動向を特許出願という観点でまとめた。2010 年以降のバーチャルエコノミー関連のグローバル特許出願を、キーワードの類似性でクラスタリングしてマップ化すると、拡張現実・仮想現実 (AR/VR)、画像処理やヘッドマウントディスプレイ、視覚以外のセンサ、デジタルツインのようなサイバーフィジカルシステムズやスマートシティの領域に大きく区分できる。

これら技術開発領域を経年推移で見ると(図表 II-3)、年代別の注目技術開発領域は、2018 年までは AR/VR 及び AR/VR に重要なヘッドマウントディスプレイ(HMD)や画像処理の分野のような個人向けのサイバー空間利用と、個々のデバイス関連の技術開発が中心であった。AR/VR、HMD や画像処理など視覚が関わるものの技術開発は既にピークを越えて減少傾向にあり、視覚と触覚以外の感覚に関するセンサ・デバイスの技術開発は 2019 年以降もそれほど活発ではない。2019 年以降はデジタルツインやスマートシティのような広域・集団でのサイバー空間利用の技術開発が活発になっており、注目技術開発領域が個人・個々から広域・集団にシフトしている。デジタルツインやスマートシティ領域の出願件数はまだピークを迎えていないことから、社会実装には解決しなければ課題がまだ多いものと考えられ、技術開発は今後さらに活発化することが予想される。

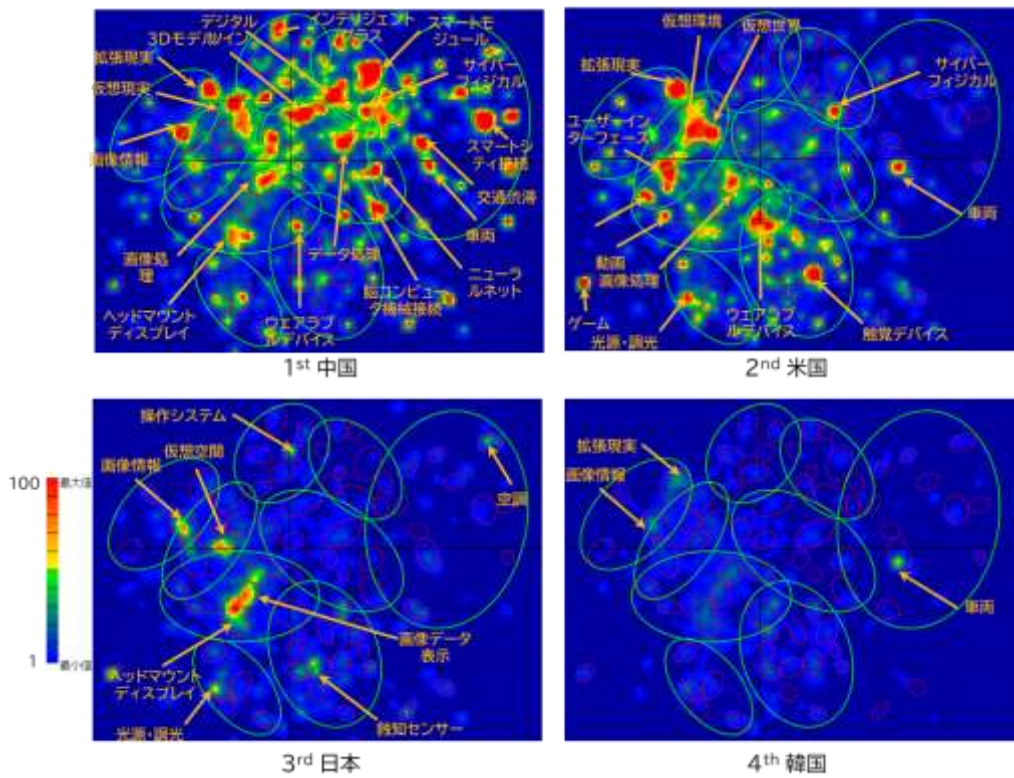
主要国別(出願人国)の出願件数の 1 位は中国、2 位は米国であり 2 強となっている。日本は 3 位であるが中国・米国との差は非常に大きい。各国の技術開発領域別の出願状況(図表 II-4)は、中国の技術開発領域は全般に広がり、特にデジタルツインやスマートシティなど広域・集団でのサイバー空間利用の技術開発に注力している。米国は集団・広域利用領域が少なく、AR/VR やウェアラブル、触覚デバイスなど個人・個別利用領域に集中している。日本は HMD や画像データ表示に集中しており、この領域では中国・米国に匹敵する。

したがって、特に技術開発分野としては、「今後さらに伸びていくと思われるデジタルツイン関連技術」及び、「世界的にまだ手薄な、センサ・デバイスを中心としたインターバース関連技術」において、バーチャルエコノミー拡大に向けて大きなギャップが存在し、SIP で注力すべき領域であると思われる。





図表 II-3. グローバル技術開発動向



図表 II-4. 主要国の技術開発状況

また、制度の観点からバーチャルエコノミー拡大に向けた共通システム・ルールとして整備が必要な項目について、「経済システム」「市場ルール」「技術標準化」「ガバナンスシステム」という4つのテーマ区分の上で整理し、洗い出した。

テーマ	サブテーマ	詳細テーマ
経済システム	バーチャル空間で創出された価値の取り扱い	デジタル資産の保有権
		知的財産権、著作権、特許・商標
		デジタル資産取引
	バーチャル空間での法律の取引	規制
テーマ	サブテーマ	詳細テーマ
市場ルール	バーチャルエコノミーの市場メカニズムデザイン	プロットフォーム規制
		競争・選択の促進 スケーラビリティ
テーマ	サブテーマ	詳細テーマ
技術標準化	Interoperability向上を目的としたフォーマットの標準化	国際的な統一規格策定に向けたステークホルダー間の調整
		個別規格開発

テーマ	サブテーマ	詳細テーマ
ガバナンスシステム	バーチャル空間内での人同士のトラブル	消費者保護、人権、安全性へのセキュリティ
		ハラスメント、いじめ、誹謗中傷
		偽情報の拡散
	リアル空間では犯罪行為となる活動のバーチャル空間内の転写	トラブル防止・対応方法の設計
		詐欺・金融犯罪、マネーロンダリング、テロ等への資金提供
		性犯罪、身体接触
	バーチャル空間内のデータ、プレーヤーの信頼性	偽造
		ヘイトクライム
		デジタルトラスト、Web3.0を用いた信頼性担保、アイデンティティ保証
	バーチャル空間内の副作用回避	個人情報開示・プライバシー
社会層への影響		
物理的健康への影響（短期） 物理的健康への影響（長期） 依存症など精神的影響		
バーチャル空間の品質管理・評価	ハードウェアの品質	
	ソフトウェア・バーチャル空間実体品質	
	バーチャル空間内の品質 ソフトウェアコンテンツ表現の審査・評価	
バーチャル空間の拡張利用にかかわる国際協調規制	特殊用途におけるバーチャル空間の品質	
	規制策定に向けた多国間調整の場 個別規制の策定	

図表 II-5. バーチャルエコノミー拡大に向けて必要な共通システム・ルール整備の項目

その上で、本課題候補で注力すべき項目の抽出に向けて、洗い出された各項目について国内外の整備に向けた取組状況を調査し、国内外の双方において取組が少ない項目及び国外で主要な取組があるも国内では取組が少ない項目を抽出した。

さらに、それらを整備に係る「必要度の高さ」「緊急度の高さ」「日本が国外への発信により大きい影響力を発揮できる可能性（国外での取組の少なさ）」という3つの視点で評価し、注力すべき項目を抽出した。

結果として、ELSI 課題をはじめとした利用者の全般的保護に関する項目、バーチャルエコノミーの市場メカニズムに関する項目、サイバー空間の品質管理・評価のルールなどが、SIP で主に取り組むべき内容であると考察される。

テーマ	サブテーマ	詳細テーマ	研究テーマ候補表	必要度	緊急度	国外への影響力の可能性
ガバナンスシステム	サイバー空間内での人同士のトラブル	ハラスメント、いじめ、誹謗中傷	○	○	○	△
		偽情報の拡散	○	○	○	△
		性犯罪、身体接触	○	○	○	△
	フィジカル空間では犯罪行為となる活動のサイバー空間内の転写	偽造	-	○	△	△
		ヘイトクライム	○	○	○	△
		デジタルトラスト、Web3.0を用いた信頼性担保、アイデンティティ保証	○	○	○	△
	サイバー空間内の副作用回避	物理的健康への影響（短期）	○	○	○	△
		物理的健康への影響（長期）	○	○	△	○
		依存症など精神的影響	○	○	△	○
	サイバー空間の品質管理・評価	ハードウェアの品質	○	○	△	○
サイバー⇔フィジカル空間実体品質		○	○	△	○	
サイバー空間内の品質		○	○	△	○	
市場ルール	バーチャルエコノミーの市場メカニズムデザイン	ソフトウェアコンテンツ表現の審査・評価	-	○	△	△
		特殊用途におけるバーチャル空間の品質	○	○	△	○
技術標準化	Interoperability向上を目的としたフォーマットの標準化	プロットフォーム規制	-	○	△	*
		競争・選択の促進 スケーラビリティ	○	○	○	△
		国際的な統一規格策定に向けたステークホルダー間の調整	-	○	△	*
		個別規格開発	-	○	△	△

(凡例)

- 国外で主要な取組ありも国内では少ない
- △ 国内で主要な取組が少ない

図表 II-6. 国内外共通システム・ルール整備を踏まえた注力すべき問題点

国内外のプロジェクト動向、技術開発動向、制度に関する動向を踏まえ、特にミッションの達成に向けて解決すべき問題点(ギャップ)として、下記の3点を抽出した。

- バーチャルエコノミー拡大のためにはバーチャルからリアルに価値を還流するための要素技術の開発が重要であるが、センサ・デバイスを中心としたインターバース関連技術の特許等が世界的に少なく対応が不可欠
- 世界的に今後伸びていくと考えられるデジタルツイン関連領域において、フィジカル空間とサイバー空間の間をつなぐ情報基盤(ハードウェア・ソフトウェアの両方)が重要であるが、この領域に注力しているプロジェクトが国内外で手薄であり、対応が不可欠
- 生体安全性の評価や対策、ELSIの検討など、安全・安心なバーチャルエコノミーの達成に必要な検討事項とその対応策のルール・標準化に関しては取組事例が少なく、対応が不可欠

上記の3つの課題について、府省横断で解決策の検討にあたる。特にルール・標準化に関しては、関係する府省やステイクホルダーが多いため、幅広い検討体制を構築する。詳細は今後検討していく。

### 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

本課題候補では、個々の技術開発に留まらず、制度の整備や人材育成、事業展開や社会的受容性の向上など、社会実装を実現することに重点を置く。なお、SIP内での取組だけではバーチャルエコノミーの拡大は達成できないため、関係省庁や関係団体や産業界との連携して取り組むべきことも含めて記載している。

なお、SIP実施前の段階では2.の現状と問題点を踏まえ、一定の仮説の下で取組を抽出することになるが、実施段階では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。

#### (1) 5つの視点での取組

##### ① 技術開発

- ・ 身体性インターバース技術の開発(SIP内で実施):フィジカル空間への価値提供を促進する研究開発
- ・ オープンアーバンデジタルツイン研究開発(SIP内で実施):オープンアーバンデジタルツイン実現のためのセンサなど、横断的技術開発
- ・ 技術の横展開(産業界との連携により実施):他領域への横展開における、個別サービス向け技術開発

##### ② 事業

- ・ 市場デザイン(SIP内で実施):市場メカニズムデザインを検討
- ・ 個別ユースケースの実装(SIP内で実施):ヘルスケアや街づくりなど個別ケースでのインターバース体験の設計・実装
- ・ メタバース・サービスの実装(産業界との連携により実施):メタバース・サービスを提供する基盤及びサービスの実装

### ③ 制度

- ・ ルール・標準化(SIP 内で実施):サイバー空間の相互接続性やデータ連携技術などの開発・実装及び推進体制の構築
- ・ インターバース・サービスインフラ整備におけるデータ連携(SIP 内で実施):サイバー空間とフィジカル空間とのシームレスなデータ連携を実現
- ・ リスク低減(SIP 内で実施):生体安全性、中毒性などへの評価手法と対策の確立
- ・ トラスト(他府省との連携により実施):サイバー空間上でのトラストの確保

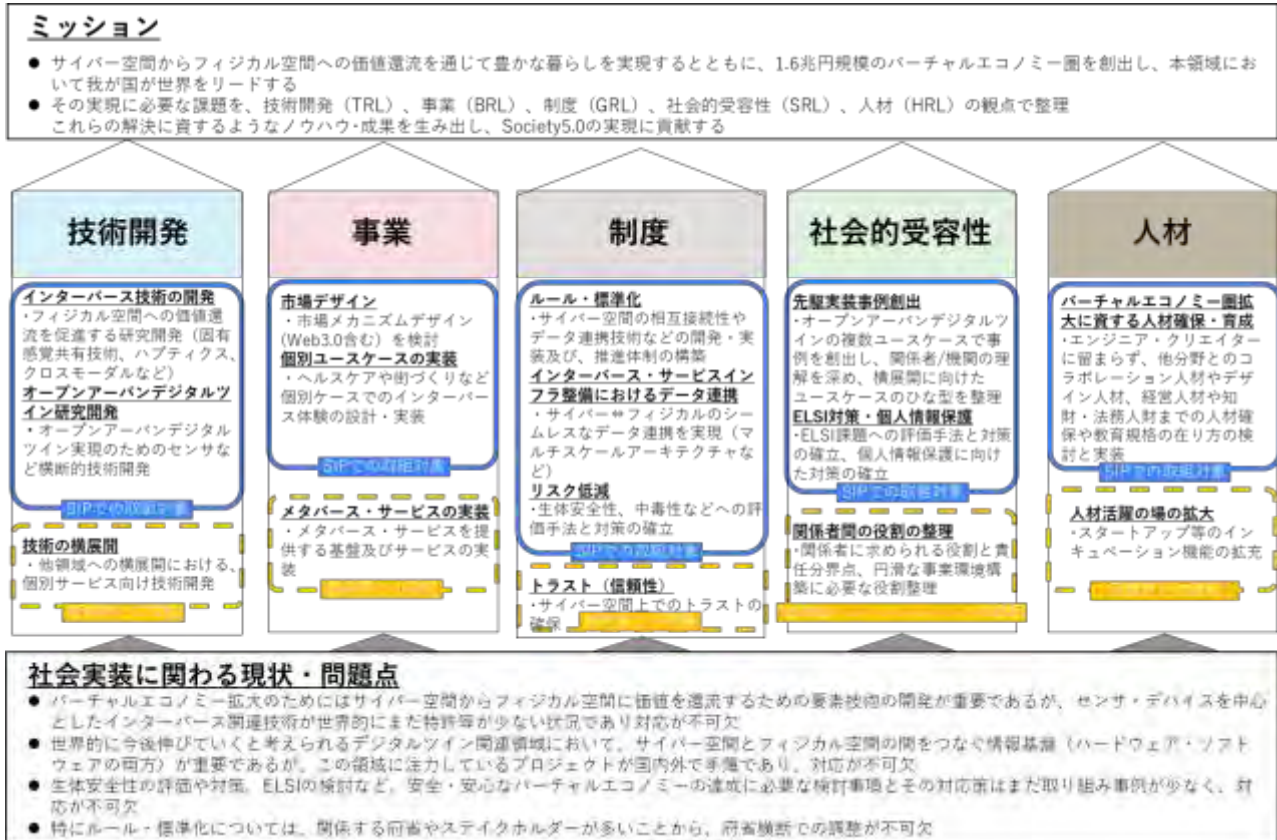
### ④ 社会的受容性

- ・ 先駆実装事例創出(SIP 内で実施):オープンアーバンデジタルツインの複数ユースケースでの事例創出により関係者/機関の理解を深め横展開に向けたユースケースのひな型を整理
- ・ ELSI 対策・個人情報保護(SIP 内で実施):ELSI 課題への評価手法と対策の確立、個人情報保護に向けた対策の確立
- ・ 関係者間の役割の整理(他府省・ムーンショットとの連携により実施):関係者に求められる役割と責任分界点、円滑な事業展開環境構築に必要な役割整理

### ⑤ 人材

- ・ バーチャルエコノミー圏拡大に資する人材確保・育成(SIP 内で実施):エンジニア・クリエイターに留まらず、他分野とのコラボレーション人材やデザイン人材、経営人材や知財・法務人財までの人材確保や教育規格の在り方の検討と実装
- ・ 人材活躍の場の拡大(産業界との連携により実施):スタートアップ等のインキュベーション機能の拡充

前述したミッションと、そのミッションに向けた 5 つの視点からの取組、社会実装に関わる現状・問題点についての整理を行った図を下記に示す。

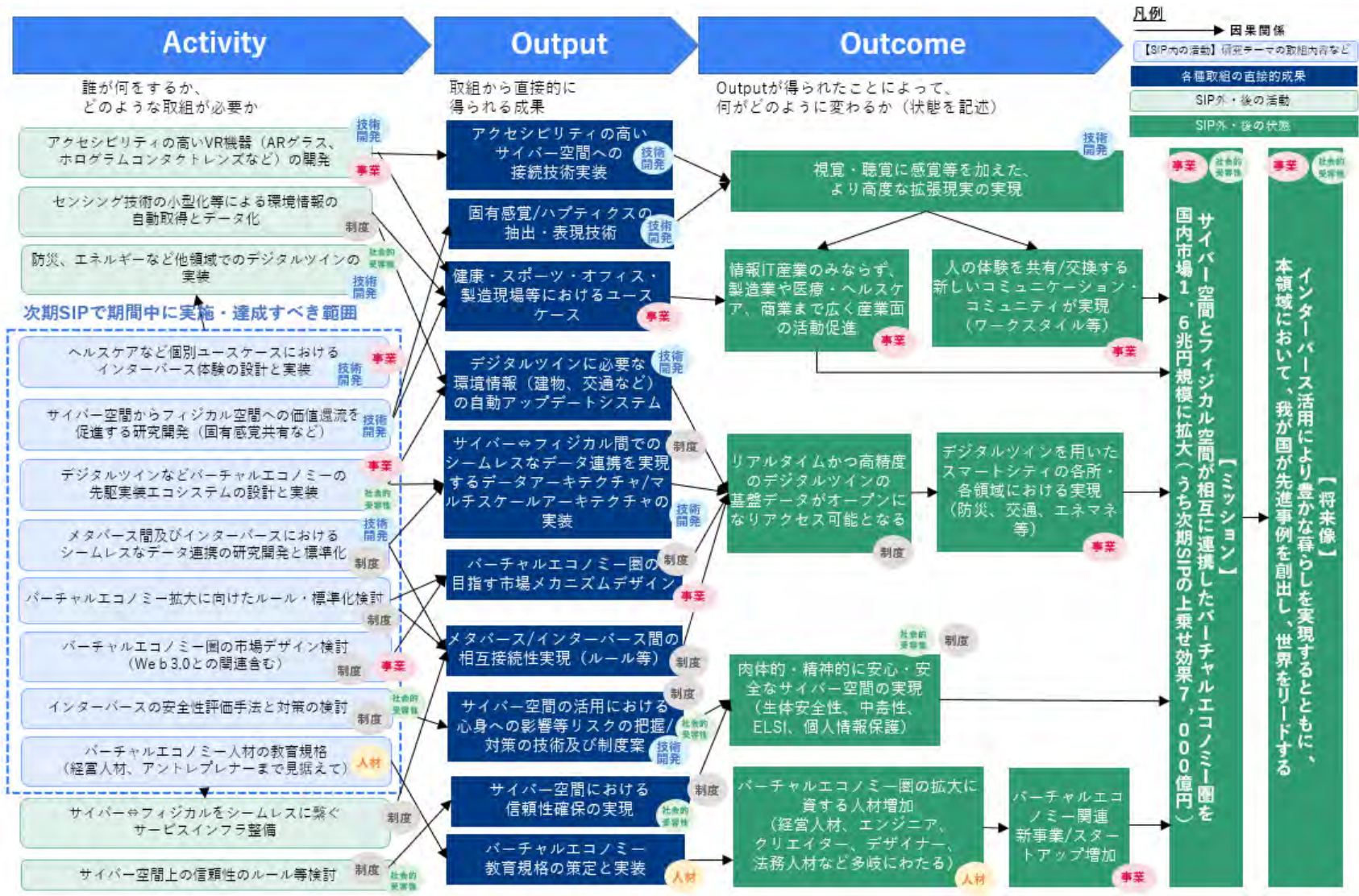


図表 II-7. 5つの視点での取組

## (2) ミッション到達に向けたシナリオ

サイバー空間とフィジカル空間が相互に連携したバーチャルエコノミー圏を国内市場1.6兆円規模に拡大（うちSIPの上乗せ効果7000億円）という本ミッション到達のために、下記のロジックツリーに示すシナリオを想定している。SIP期間中に実施・達成すべき技術開発（身体性インターネット関連技術開発、オープンアーバンデジタルツイン関連技術開発）や、ルール整備・事業開発などに加え、防災、エネルギーなどの他のSIP課題候補におけるデジタルツインの実装などを行うことで、デジタルツインに必要な環境情報、リアルからバーチャルへの価値還流のユースケース（技術だけでなく、制度、市場メカニズムに至るまで）までが成果として得られる。また経営人材まで見据えたバーチャルエコノミー人材の教育規格なども成果として得られる。

これらの直接的な成果より、「情報IT産業のみならず、ヘルスケア、商業まで広く産業面でのインターネットの応用促進」、「人の体験を共有/交換する新しいコミュニケーション・コミュニティが実現（ワークスタイルまで含む）」、「デジタルツインを用いたスマートシティの各所・各領域における実現（防災、交通、エネルギーマネジメントなど）」、「肉体的・精神的に安心・安全なサイバー空間の実現（生体安全性、中毒性、ELSI、個人情報保護）」、「バーチャルエコノミー圏の拡大に資する人材増加（経営人材、エンジニア、クリエイター、デザイナー、法務人材など多岐にわたる）」などの変化が起こり、最終的なミッションに到達するというシナリオを描いている。



図表 II-8. ロジックツリー

#### 4. SIP での取組(サブ課題)

SIP 内では技術開発のみならず、人材育成から事業開発まで多岐にわたる事項を実施する。またバーチャルエコノミーの特徴として、社会実装の際のスケールが、ヘルスケアやオフィスなど人中心のサービスの場合と、街づくりやモビリティなど都市中心のサービスの場合で大きく異なることが指摘できる。スケールの違いによって、データの取得方法や分析方法、またデータの活用方法(例:人に対するフィードバックをかけていく、人流のシミュレーションなど)も大きく異なってくる。そこで本課題候補では、スケール別に大きくサブ課題を分けることで、社会実装を効果的に進めていくこととする。人のスケール(数メートル規模)を対象とした「身体性インターバス技術」をサブ課題 A、都市のスケール(数キロメートル以上の規模)を対象とした「オープンアーバンデジタルツイン」をサブ課題 B として実施する。

一方で、社会実装時のスケール(人レベル、都市レベル)に関わらず共通した課題も想定される。そこで「インターバス・サービスインフラ」、「インターバス人材育成」という2つの課題を、それぞれサブ課題 C、サブ課題 D として実施する。下記に各サブ課題とその概要について記載する。



図表 II-9. SIP で行うサブ課題

##### 【サブ課題 A: 身体性インターバス技術】

サイバー空間からフィジカル空間への価値還流をするために必須の技術であるが、現状は技術動向的にも特許件数が少なく、大規模プロジェクトもまだ少ない発展途上段階であり、我が国の競争優位性を生む可能性がある領域であるため、SIP で取り組む。具体的には、バーチャルエコノミー拡大に向けたルール・標準化等の検討や、ELSI に関する課題抽出と対策、身体性インターバスのリスク軽減(中毒性・生体安全性)、固有感覚共有技術やハプティクス技術、霧気伝達技術の開発に加え、ユースケースとしてのヘルスケア、コミュニケーションサービスへの実装を行う。

##### 【サブ課題 B: オープンアーバンデジタルツイン】

Society5.0 に直結するだけでなく、デジタルツインに関する技術開発は世界的にも活発化し今後も増加傾向にある重要な領域であり、SIP として取り組む。具体的には、デジタルツインなどバーチャルエコノミーの先駆

実装エコシステムの設計と実装に加え、ヘルスケアのユースケース(パーソナルデータと都市データを活用したヘルスケアエコシステムの設計と実装)、街づくりのユースケース(街づくりという個別ユースケースにおけるインターバース体験の設計と実装)を行う。

【サブ課題 C: インターバース・サービスインフラ】

バーチャルエコノミー拡大のためには、特にフィジカル空間とサイバー空間の間をつなぐ情報基盤(ハードウェア・ソフトウェアの両方)が重要であるが、この領域に注力しているプロジェクト等が国内外で手薄であるため、SIP として取り組む。具体的には、SDK・ソフトウェア機能コンポーネント群の研究開発、モノと情報がつながり続ける3D デジタル汎用記述・アーキテクチャ技術開発に加え、バーチャルエコノミー圏の市場メカニズムデザインまでも含めて検討する。

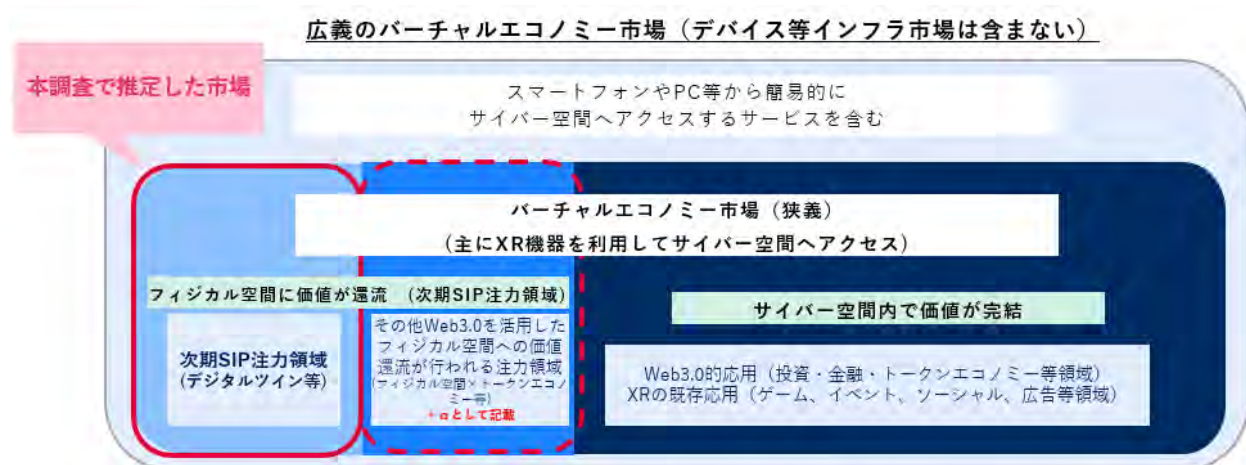
【サブ課題 D: バーチャルエコノミーを支える人材育成】

バーチャルエコノミーを支える人材育成の全体構想検討を行い、バーチャルエコノミー教育規格検討や実装を行う。

(1) 背景(グローバルベンチマーク等)

本課題候補のミッションである「フィジカル空間での我が国の強みを生かしながら、サイバー空間利用における国際競争力の強化や国際連携、サイバー空間を生かしたリアル産業の付加価値向上、サイバー空間における利用者への弊害防止などを推進し、Society5.0の実現に寄与すること」、「SIP 開始から10年後の2033年において国内市場で1.6兆円規模のバーチャルエコノミー圏を創出、特に注力領域であるインターバースの効果により7000億円規模を上乗せすること」に向けて、具体的にどのような市場を創造していくのかについて市場調査等から考察する。

まず、バーチャルエコノミー全体における本課題候補の注力領域の位置づけについて整理を行ったのが下図である。本課題候補ではサイバー空間内で価値の大半が完結する領域(ゲーム、投資等)については、検討対象に含まず、フィジカル空間への価値還流が行われる領域(主に身体性インターバース領域やデジタルツイン領域)を注力領域とする。またWeb3.0のコンセプトに近いリアルへの価値還流が行われる領域(ゲーミフィケーションやリアルへの価値還流可能なトークンエコノミー等)に関しては、今後市場が伸びていくことが想定されるものの、今回は「+α」としての記載とした。



図表 II-10. SIP 注力領域の概要

推定に向け、日本標準産業分類をベースに各産業におけるバーチャルエコノミー事例を整理し、本注力領



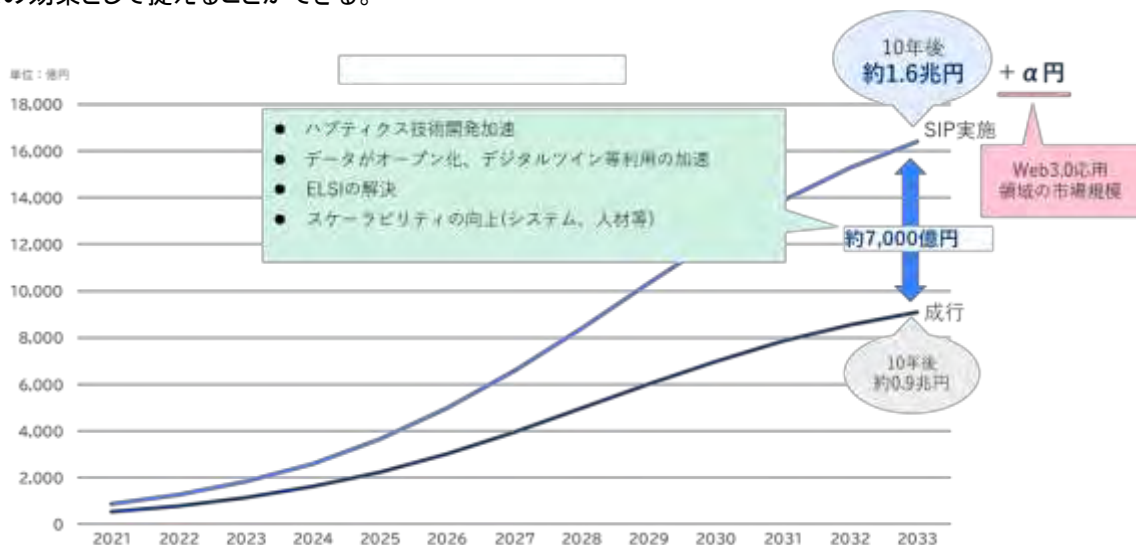
域における 2022 年時点での活用方法を整理した。サイバー空間の活用は主に教育・研修向けの用途、コミュニティ(オフィス・対顧客)に加え、生産・製造関連、デジタルツインを活用したシミュレーション、エンタメ的価値の付与など大きく7つに分類することができる。

大分類	中分類	詳細内容
教育・研修	①教育・研修	✓ 個人学習や企業・組織の研修資料として活用
	②コミュニティ(オフィス含む)	✓ コミュニティ内でのコミュニケーション円滑化のために活用
コミュニケーション	③対顧客コミュニケーション	✓ 対顧客コミュニケーションを円滑にするために活用(サイバー空間の活用によりイメージアップを図るといった取り組みも含む)
	④業務効率化	✓ VR/AR等を利用して業務を効率化するために活用(デジタルツイン上でのシミュレーション結果を活用した効率化は含まない)
生産・製造関連	⑤遠隔操作	✓ ロボット等と併せて利用し、サイバー空間で行う作業をフィジカル空間にも反映 ✓ アクセス性向上や危険性が高い業務を行うために活用
	⑥デジタルツインを活用したシミュレーション	✓ デジタルツイン上での演算処理によりシミュレーションを実施 ✓ また、デジタルツイン上の利用者の行動結果を活用する場合も存在
エンタメ・行動変容	⑦エンタメ的価値の付与	✓ サイバー空間を活用することで、観光・見学等のエンタメ的要素を付与するために活用 ✓ また、娯楽産業でエンタメ的価値を高めるために活用

図表 II-11. リアルに価値を還流するサイバー空間の現状の活用分類

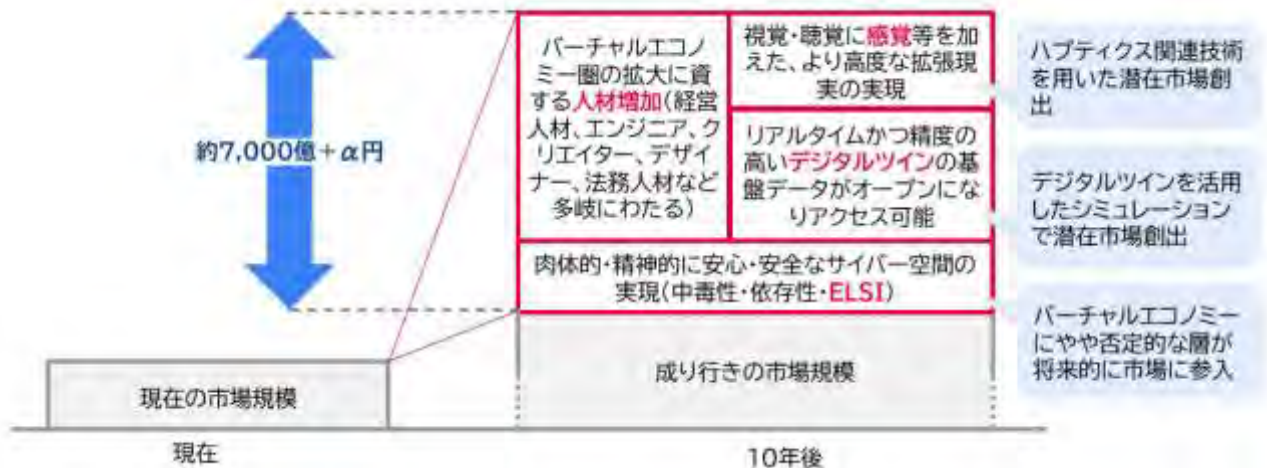
本課題候補の注力領域に限定したバーチャルエコノミーの国内市場規模は、2033 年には成行シナリオ(本課題候補を行っていない場合)で約 0.9 兆円であるが、本課題候補によるインターパース技術の進展、ELSI への対応、人材の確保等の効果により、約 1.6 兆円まで拡大することが予想され、ここにさらに前述した Web3.0 応用領域の市場規模が加わることが想定される。

この本課題候補の実施シナリオと成行シナリオとの差分である約 7000 億円分を、本課題候補の実行する際の効果として捉えることができる。



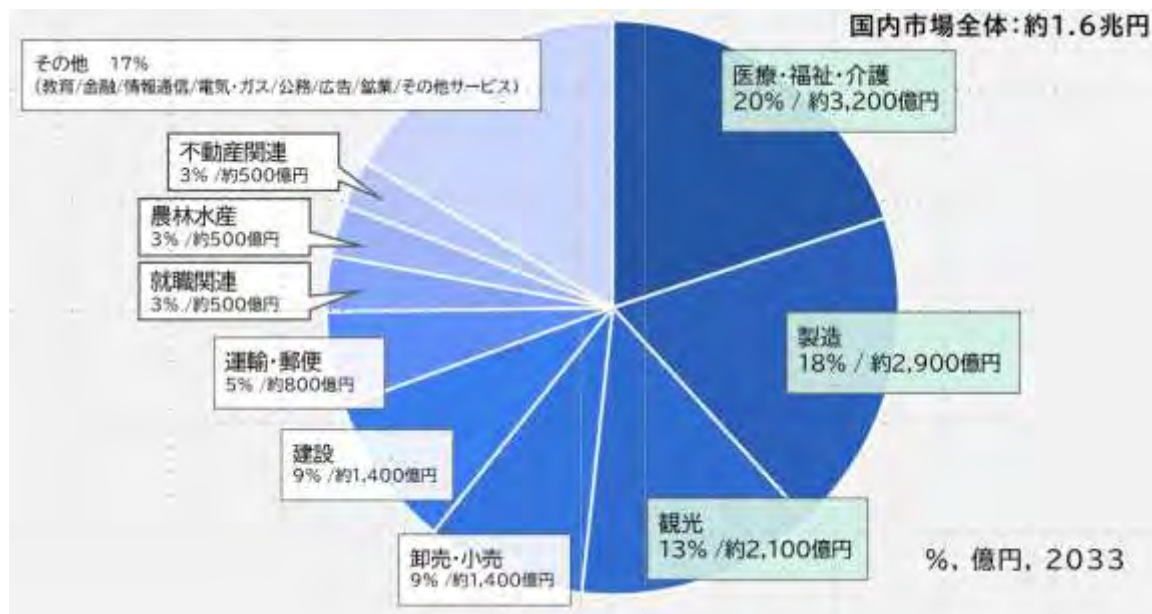
図表 II-12. 本課題候補の注力領域の国内市場規模推定

この市場の上乗せに資する要因についての概要を下図にまとめた。主にハプティクスなどインターバースを促進させる技術のサービス化、デジタルツインを活用したシミュレーションによる市場創出、ELSI によるバーチャルエコノミーの普及促進効果、それらを支えるバーチャルエコノミー人材の創出などにより、市場の上乗せ効果がもたらされると想定される。特に、インターバース促進技術・サービス分野、デジタルツイン関連分野に関しては近年スタートアップの動きも出てきていることも鑑み、今後期待される分野として考えられる。



図表 II-13. SIP 注力領域の国内市場規模の拡大

なお、この 2033 年における国内市場の産業別シェアについて下記に示す。医療やヘルスケア分野、製造業、観光や小売などにおけるバーチャルエコノミー活用が進んでいくと予測される。

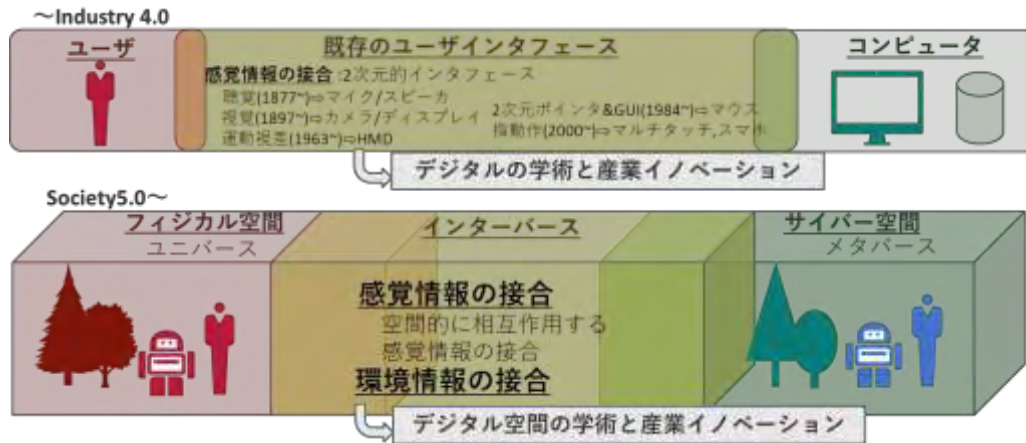


図表 II-14. SIP 注力領域 産業別国内市場規模推定(2033年)

以上が、本課題候補のミッションの全体に関する背景である。これらを踏まえつつ、個々のサブ課題の背景について述べる。

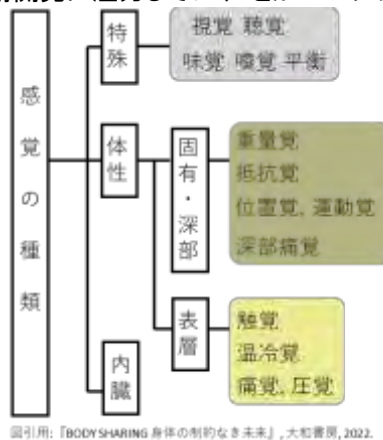
【サブ課題 A: 身体性インターバース技術の背景】

フィジカル空間とサイバー空間を接続するインタフェースであるインターバースの技術的進化には、既存の 2 次元的なインタフェースではなく、「空間的に相互作用する感覚情報の接合」が必要となる。



図表 II-15. インターバースに必要な技術的進化

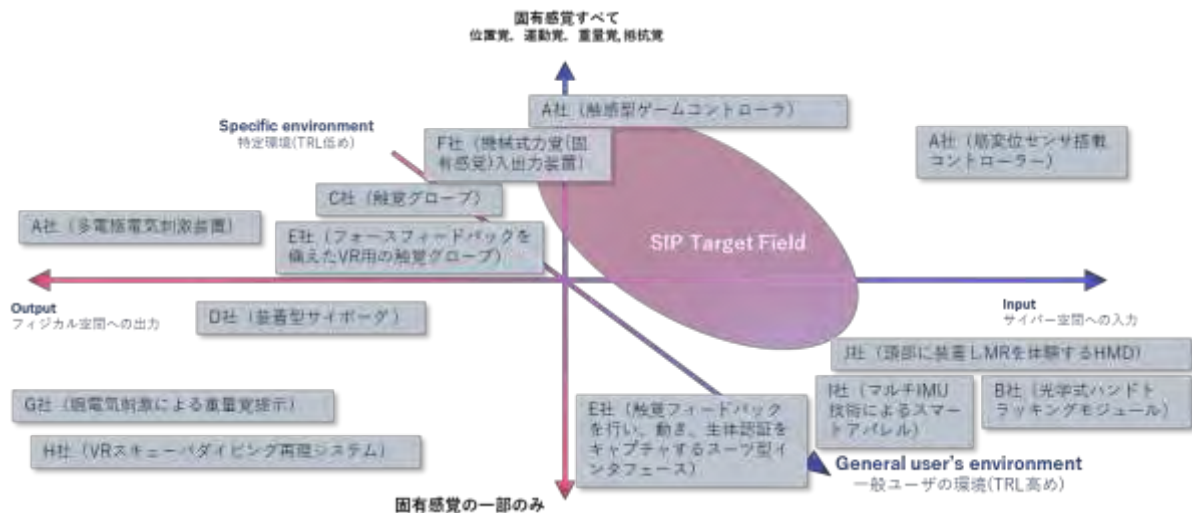
なお、感覚には大きく分けて、視覚・聴覚などの特殊感覚、固有感覚や触覚などの体性感覚などが挙げられるが、空間に相互作用する感覚情報の接合を実現するためには、発展途上かつインターバース領域で極めて重要となる体性感覚に関する技術開発に注力していくことが SIP には求められる。



図引用: 『BODY-SHARING 身体の制約なき未来』, 大和書房, 2022.

図表 II-16. 感覚の種類と本課題候補における注力領域

体性感覚の中でも、人が空間的な相互作用で使用する感覚である「固有感覚」はインターバースの実現において重要である。しかし現在、「固有感覚」に係る技術については固有感覚全てを入出力できるインターフェースが確立されておらず、重量覚・抵抗覚や位置覚・運動覚に関する技術も不足している。よってこれらの技術開発がインターバース技術進化の鍵となりうる。



図表 II-17. 固有感覚技術に係る類似動向及びポジショニングマップ

なお、インターバース技術普及の肝となる安全性に関しては、従来の研究ではメカニズムの理解にとどまっておらず、サイバー空間利用における安全性のための介入手法や行動変容技術に関する研究は見られず、これらの取組が SIP として重要であると思われる。

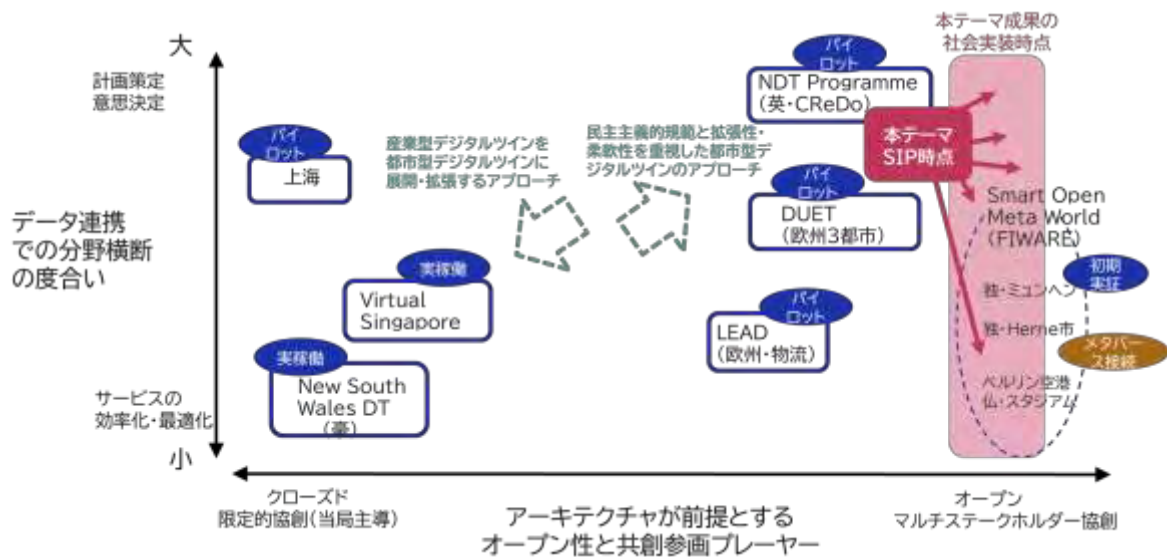
学術研究：SNSでの誹謗中傷・炎上	学術研究：ネット依存
<ul style="list-style-type: none"> <li>インターネットやSNSで誹謗中傷や炎上に関するユーザの個人属性として、平均年収が高く、年齢が若い男性である傾向が強い。また、学歴やネット利用時間と誹謗中傷や炎上への関与は関係がない (田中・山口, ネット炎上の研究, 2016)</li> <li>炎上により、株価等の企業価値が大きく下落する (Adachi &amp; Takeda, SSRN Electronic Journal, 2014)</li> <li>高い頻度で炎上に関与するユーザが存在し、そのユーザは他ユーザよりも大きなネットワークを構築している (小山ら, 人工知能学会, 2019)</li> <li>SNS等で誹謗中傷などを行う「ネット荒らし」は、サディズム傾向やダーグトライアド(マキャベリアニズム、サイコパス、自己顕性傾向を特徴した個人特性)の性格特性を持つ (Backels et al., Personality &amp; Individual Differences, 2014)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ネット依存は薬物等の中毒・依存とは異なり、ある特定の行動(例えば、ギャンブル)に対する依存である。行動情癖 (behavioral addiction) と呼ばれている (Cudo &amp; Zabieleka-Mendyk, Psychiatr; Pol, 2019)</li> <li>ネット依存は薬物依存等と同じように報酬系(ドーパミン作用等)に関わる脳領域が関係している (Soak, et al., Aust N Z J Psychiatry, 2015)</li> <li>ネット依存に陥る人の心理状態として、孤独感、疲労感、抑うつと関連がある (伊藤, 臨床教育心理学研究, 2009)</li> <li>ネット依存に陥る人の生活習慣として、睡眠が不十分、食生活の乱れと関連がある (榎戸ら, 総合健診, 2006)</li> <li>日本の大学生の8.5%はネット依存傾向が高く、56.6%は中程度のネット依存傾向にある (八木, 四天王寺大学紀要, 2017)</li> </ul>

図表 II-18. インターバースの安全性に関連する主な学術研究

【サブ課題 B: オープンアーバンデジタルツインの背景】

「オープンアーバンデジタルツイン」は、デジタルツインを活用してスマートシティを目指す自治体及び参画する企業にとって、また我が国において地域が相互に繋がりがつつサイバー空間を活用する上で不可欠な技術であり、広範囲にわたる横断的な活用が期待されている。

先行する都市型デジタルツインは、産業デジタルツインと類似の中央集権的アプローチで運営の効率化を追求している。近年、欧州では市民主権・グリーン変革に向け疎結合・分散型の都市デジタルツイン実証が進行中であり、日本の SCRA とも整合している。



図表 II-19. 都市型デジタルツインの開発動向

【サブ課題 C: インターパス・サービスインフラの背景】

サイバー空間の活用に向けて、現状ではデータ形態や時空間スケールが異なる各産業領域が断絶した形で検討を進めている。こうした断絶によるサイロ化及び連携基盤の発散を防ぐためには、相互利用や産業間のデータ連携に資する「SDK・ソフトウェア機能コンポーネント群の研究開発」及び「モノと情報がつながり続ける3D デジタル汎用記述・アーキテクチャ技術開発」、またそれらを基にした体系構築と市場メカニズムのデザインが必要となる。

特に現時点において国外で領域横断的な形式でのデジタル記述の体系整理・統合や新しい汎用動的体系構築の取組は顕在化していないため、国内の開発推進体制を構築することで、当該分野において世界トップ水準の技術力を確保することが可能となると考えられる。「モノと情報がつながり続ける3D デジタル汎用記述・アーキテクチャ技術開発」が成功することにより、異なる空間記述間の仕様連携と体系化・全体最適化が進み、あらゆるフィジカル空間の情報のデジタル化が可能となり、最終的には機械学習、コンテンツ開発、情報の多重化による二次価値生成の加速を促すものとなる。

	米中型	欧州型	日本型
体制概要	巨大IT企業が単独で開発	EU主導でSocial good/ecoを目的に活動	企業連合型 (現時点では存在しない)
メリット	圧倒的な技術力と資金力の投下が可能	「正しい」目的のため、ルール作りを先行して行う	データの寡占が起きない →データがオープン化される 社会的メリットがある
デメリット・注意点	すべてのデータが1社に集中することへの社会的懸念と揺り戻しがある	技術・資金の集中が起きにくい	仮想実装都市として現実の都市を提供できる座組が必要 →大規模展示会等の利活用

-建設・都市開発関連でC-P連携を行おうとしたKaterra, Sidewalk Labs (Google傘下)はそれぞれ倒産・縮小  
中国Alibaba, Tencentはステルス化(非公開型)に進んでいる

IFC(IBM)  
GDPR(個人情報保護)  
FIWARE(スマートシティ)  
など各ドメインの情報規格標準化

★日本型で進めるべき  
企業が適合できれば日本も  
世界トップの技術力を持つ

図表 II-20. デジタル記述の汎用動的体系構築に向けた国際動向と日本が取るべき方針

【サブ課題 D: バーチャルエコノミーを支える人材育成の背景】

バーチャルエコノミーの拡大に向けては、新領域市場のエコシステム創造を行っていくことが重要であり、技術開発はもとより、コンテンツ開発やサービス開発までも付加価値の源泉となる。よってエンジニアリング人材に加え、コンテンツクリエイターやサービス開発人材、さらには経営人材など多様な人材の確保が必要になってくる。

国内におけるバーチャルエコノミー関連の教育の現状をマッピングすると下図になる。教育の内容は、技術関連とコンテンツ開発が中心となっているため、多様な人材の確保・育成のためにはサービス開発や経営人材まで含めた教育規格を検討していく必要がある。

特に SIP の注力領域であるインターバースに関しては、製造業などフィジカル空間に関連する企業群が参画する領域でもあり、この企業群がコンテンツ開発やサービス開発まで乗り出すことで、インターバースに関する付加価値を大きく向上させることができると考えられる。よって、今までバーチャルエコノミーに参画してこなかった製造業等の企業が、インターバース的な付加価値を加えたサービス開発を展開できるようになるための教育コンテンツまで含めて検討する。



図表 II-21. 国内における現状のバーチャルエコノミー関連教育

(2) 社会実装に向けた SIP 期間中の達成目標

SIP 終了時(SIP 期間後に限らず、期間中にエグジットする場合も含む)の最終目標をサブ課題毎に設定した。なお、各目標の最後に記載している TRL、BRL、SRL、GRL、HRL の定義については後述の「(2) 本課題候補における成熟度レベルの整理」にて整理している。

【サブ課題 A の達成目標】

- ・ 2025 年度までに身体性インターバースのキーとなる基盤技術/横断技術を開発し、複数のインターバース・サービスのユースケースに実装する【TRL5、BRL5、HRL5】

- ・ SIP 終了後も、身体性インターバースの基盤技術/横断技術が、ローンチパートナー企業・スタートアップに継続的に利用される【TRL7、BRL7、HRL7】
- ・ 2027 年度までに ELSI の検討・対策まで含んだ標準化・ルール形成を進め、バーチャルエコノミー拡大に必要なルール・標準化の実装を行う【GRL6、SRL7】

#### 【サブ課題 B の達成目標】

- ・ 2025 年度までにオープンアーバンデジタルツインのキーとなる基盤技術/横断技術を開発し、複数ユースケースで実装、事例創出する【TRL5、BRL5、SRL5、HRL5】
- ・ 2025 年度までに、オープンアーバンデジタルツイン拡大のためのコンソーシアムを設立し、SIP 終了後、自律的かつ持続的に運営される状態にする【SRL7】
- ・ SIP 終了後も、オープンアーバンデジタルツインの基盤技術/横断技術が、ローンチパートナー企業・スタートアップに継続的に利用される【TRL7、BRL8、SRL7、HRL7】
- ・ 2027 年度までに、オープンアーバンデジタルツインに不可欠な個人情報保護に関する検討を実施し、関係省庁と調整の上制度導入計画を決定する【GRL6】

#### 【サブ課題 C の達成目標】

- ・ 2025 年度までに、SDK・ソフトウェア機能コンポーネント群及びマルチスケールアーキテクチャを複数のユースケースで実装する【TRL5、BRL5、SRL5】
- ・ SIP 終了後も、SDK・ソフトウェア機能コンポーネント群及びアーキテクチャ技術がローンチパートナー企業・スタートアップに継続的に利用される【TRL7、BRL8、SRL7】
- ・ 2025 年度までに、ネットワーク効果を組み込んだ市場メカニズムを検討し、関係省庁と調整の上 2027 年度までに制度導入計画を決定する【GRL6】

#### 【サブ課題 D の達成目標】

- ・ 2024 年度までに、バーチャルエコノミー教育規格を作成【HRL5】
- ・ 2027 年度までに、バーチャルエコノミー教育規格を用いたカリキュラムを複数の教育機関・スタートアップで提供【HRL6】
- ・ SIP 終了後も、バーチャルエコノミー教育規格が、参画教育機関及びスタートアップに継続的に利用される【HRL7】

### (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

本課題候補全体の方針としては、研究開発開始時点（計画策定時）で設定した各種 XRL における達成度に基づき、各年終了時点でその達成具合を考慮しつつ、必要に応じて随時研究開発計画の見直しを実施する。

またサブ課題 A、サブ課題 B、サブ課題 C、サブ課題 D ともに 2025 年の 3 年目において中間評価を実施し、一定の社会実装への目途がついた研究開発テーマに関しては、本事業での開発・実装を終了して次の段階に移行することも検討することとする。また、当初の想定と異なる場合には、外部環境等も勘案し、機動的・総合的な見直しを実施する。

### (4) SIP 後の事業戦略(エグジット戦略)

SIP 期間終了後(2028 年以降)の更なる社会実装推進のための事業戦略は以下のとおりである。

#### 【サブ課題 A】

- ・ 関連企業・スタートアップを中心に社会実装を展開(一部の技術については、関係省庁の補助金で更なる研究開発を実施)

#### 【サブ課題 B】

- ・ 自治体及び関連企業を中心に事業開発を継続

#### 【サブ課題 C】

- ・ 関係府省及び各種ステイクホルダー等からなるコンソーシアムにより運営することを検討

#### 【サブ課題 D】

- ・ 関係府省の支援を得つつ、各種教育機関やスタートアップにより運営

サブ課題 A については、本課題候補に参画した企業やスタートアップを中心に、開発技術を活用したサービスの社会実装を行い、新たな市場を創出することを狙う。サブ課題 B については、開発したオープンアーバンデジタルツイン技術を自治体及び関連企業が実際に活用し、新たな行政サービス・インフラサービスなどを創出していくことによる事業開発の継続を狙う。サブ課題 C については、本課題候補に参画した大学や企業、自治体及び関係府省によるコンソーシアムを形成し、本情報基盤の運営や横展開を担うことを想定している。サブ課題 D については、開発したバーチャルエコノミーを支える人材育成のための教育規格等を活用し、各種教育機関やスタートアップによりカリキュラム化して進めていくことが期待される。

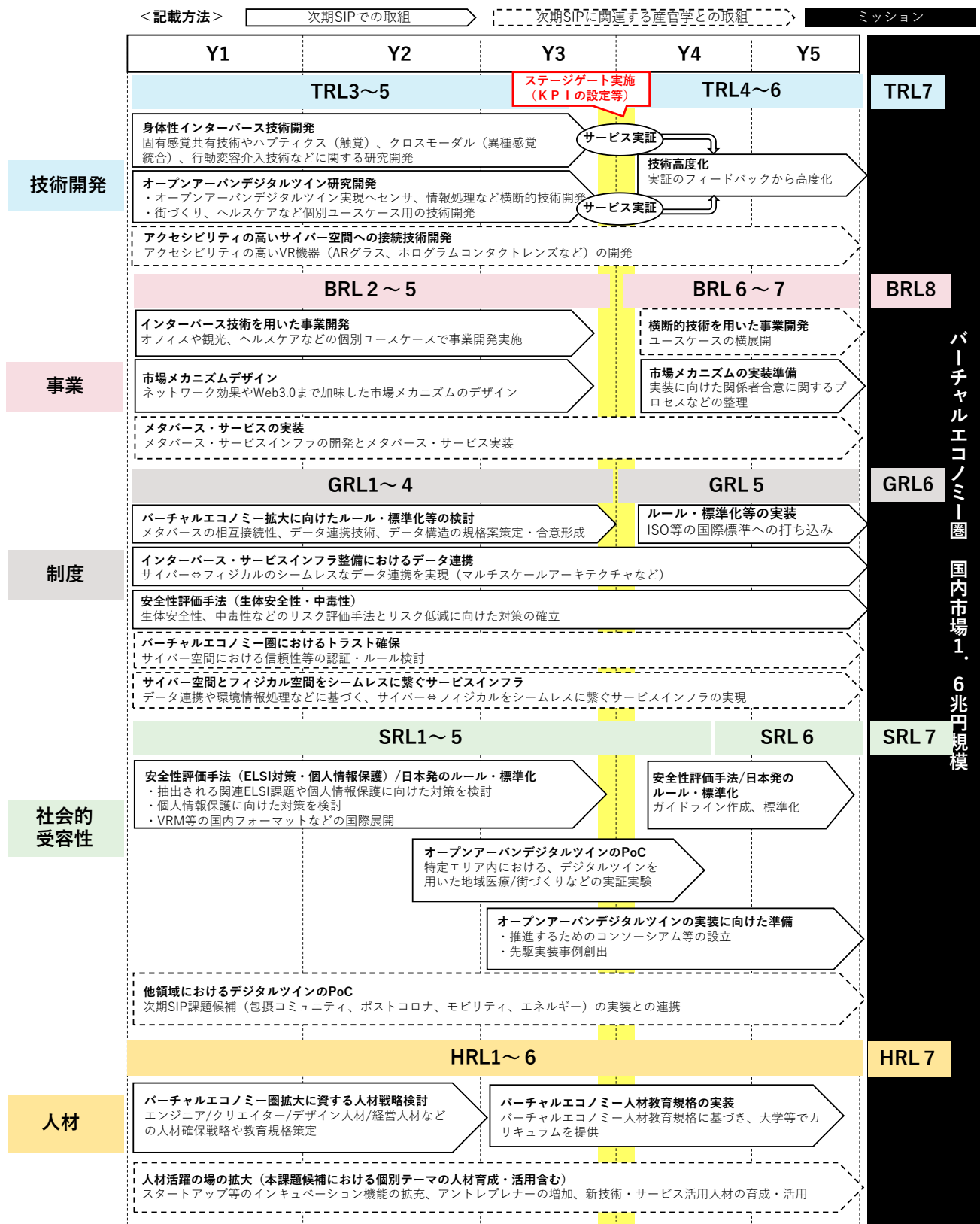
## 5. 5つの視点でのロードマップと成熟度レベル

### (1) ロードマップ

サイバー空間とフィジカル空間が相互に連携したバーチャルエコノミー圏を国内市場 1.6 兆円規模に拡大(うち SIP の上乗せ効果 7000 億円)という本ミッション到達のためのロードマップを、技術開発、事業、制度、社会的受容性、人材に区分して記載を行った。

なお、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を想定している。





図表 II-22. ロードマップ

## (2) 本課題候補における成熟度レベルの整理

本課題候補では、5つの視点に基づくXRLを以下のように定義する。ロードマップには、ここで定義したXRL

を記載している。

### ① TRL (技術成熟度レベル)

本課題候補では開発した要素技術を社会実装することに重きを置く。いくつかのユースケースで要求水準を満たした上で、SIP 後に横展開していくことを想定している。

本課題候補では、技術コンセプトの仮説・検証を繰り返す TRL3 から開始し、SIP 終了後の横展開に繋がられるよう TRL7 までの到達を目指す。

レベル	共通定義	本課題候補での定義
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

図表 II-23. TRL 整理表

## ② BRL（ビジネス成熟度レベル）

本課題候補を社会実装した結果として、バーチャルエコノミーの市場が形成され、市場参加者が相互に価値を評価・流通している状態を創出する。したがって、本課題候補では、現状では仮説（BRL2）～初期テスト（BRL4）の段階にある萌芽的な事業案・ユースケースを取り扱い、市場メカニズムが自律的に作用し、サービスの改善・拡大が発生する状態（BRL8）まで成長させる。なお、デジタルツイン等の公共性の高い研究テーマも取り扱う想定であるため、対象となる顧客には、企業だけでなく自治体・公的機関も含むこととする。

レベル	共通定義		本課題候補での定義
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）	同左
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）	同左。顧客には企業だけでなく、自治体、公的機関を含む
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	同左
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	同左
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	同左
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	同左
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	同左
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	同左
9	安定成長	プロダクト及び提供者が良く知られ、売上高等が健全に成長する状態	同左

図表 II-24. BRL 整理表

### ③ GRL (ガバナンス成熟度レベル)

本課題候補は、出口戦略の一環として、国際標準化戦略やガイドラインの制定を検討する予定である。特にガバナンスに関連する内容としては、サイバー空間で新たに取得可能になる環境情報の取り扱いや、生体安全性・中毒性等の評価が挙げられ、これらの取組は本課題候補を通じて生まれたサービスが社会に受容されるための必要条件になり得る。

本課題候補はバーチャルエコノミーという新規性の高い分野をテーマにしていることから、例に挙げた論点について、基礎検討(GRL1)～制度のコンセプト化(GRL4)といったレベルから議論を開始し、最終的にはバーチャルエコノミーへの参加者が具体的な導入計画を策定できるレベル(GRL6)にまで引き上げる。

レベル	共通定義	本課題候補での定義	
1	基礎検討	創出財が類型化(公共性の有無が検討)され、創出財の影響が及ぶ範囲を特定した状態	同左
2	制度に求める性質のコンセプト化	ガバナンスに関する検討チームが形成され、現実的な制約(安全性、国際基準、法規等に加え社会・業界通念等)を踏まえて、制度に求める性質(効率性、公平性、インセンティブ条件)が整理された状態	同左
3	評価	制度に求める性質を現制度が満たしているかを評価している状態	同左
4	制度のコンセプト化	現制度で不十分な場合、レベル2で求める性質を満たす制度(法制度の解釈変更・規制改革、規格化・標準化、ガイドライン等)を考案できた状態	同左
5	実証	実証実験(フィールド実験、被験者実験、シミュレーション実験等)を通して、レベル2で求める性質に適った制度が特定された状態。制度の有効性が確認されるまで、仮説と実証が繰り返されている状態	ユースケースにおける実証実験を通して、レベル2で求める性質に適った制度が特定された状態。制度の有効性が確認されるまで、仮説と実証が繰り返されている状態
6	導入計画	上記の実験結果を基に、省庁・自治体・民間企業等を含む関係機関が具体的な導入計画を策定できた状態	同左
7	展開と評価	上記ガバナンスに係る内容が実際に導入され、データに基づいて評価・改善されながら、段階的に展開されている状態	同左
8	安定運用	上記ガバナンスに係る内容が社会全体に周知され、運用とチェック機能が適切に機能している状態	同左

図表 II-25. GRL 整理表

#### ④ SRL (社会成熟度レベル)

SRL では、バーチャルエコノミーの市場参加者だけでなく、それを取り巻くコミュニティや関連企業も含めた社会全体を想定する。

本課題候補では、社会実装のユースケースとして複数の領域で実証実験を推進する(現状では、ヘルスケアや街づくりを想定)。これらのユースケースは既に活動が開始されていることが想定され、現状で基礎検討(SRL1)～実証(SRL5)のレベルを、普及計画が実行されているレベル(SRL7)まで成長させる。

レベル	共通定義	本課題候補での定義
1	基礎検討	創出財によって実現される社会像やその意義が示され、全ての人々に直接的に与えるリターン・コスト(倫理性・公平性を含む)が金銭・非金銭の両面から検討された状態
2	仮説	創出財が与えるリターンへの理解度、コストの許容度、実装の実現可能性を高めるための施策について仮説が立てられている状態
3	検証	初期実装コミュニティの人々にとって、上記の施策が有効であることが、プレゼンテーション、インタビュー、アンケート等で検証されている状態。施策の有効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	初期検討	初期実装コミュニティの人々のリターンへの理解度、コストへの許容度を高める施策が(消費体験、消費疑似体験、説明会等)検討された状態
5	実証	初期実装コミュニティに上記の施策を実施・検証し、人々がリターン・コストを含めて創出財の受け入れを許容した状態
6	普及計画	実証から得たフィードバックやデータを検証し、施策を改善しながら、より一般的にコミュニティの人々が創出財を許容するための普及計画が策定された状態
7	スケール	上記の普及計画が実行され、創出財が、コミュニティに合わせて修正・再発明されながら、創出財の受け入れが許容される範囲が拡大している状態
8	市場への浸透	創出財が、最終的に目標とするスケールで受容され、継続的に生産・消費(利用)されている状態

図表 II-26. SRL 整理表

### ⑤ HRL (人材成熟度レベル)

本課題候補では、バーチャルエコノミー拡大の基盤となる、人材育成にも取り組む。社会実装に際し、エンジニア、クリエイター、デザイン人材、経営人材のような多様なスキルを持つ人材が必要になる。

現状まず、必要となるコア人材のスキル要素の検討(HRL1)から開始し、市場を維持・発展させるための人材を生み出し、適切にマッチングするためのエコシステムが整備された状態(HRL7)に到達することを目指す。

レベル	共通定義	本課題候補での定義	
1	基礎検討	創出財を作り出すうえで必要となるコア人材 <sup>*</sup> のスキル要素が検討された状態。 <sup>*</sup> 財の特長に係るスキルを保有する人材	同左
2	仮説	コア人材のスキル要素に加え、事業モデルの実施に必要なスキル要素群の仮説が立てられた状態。目的に賛同し、スキル要素群や事業領域に精通した人材等でのチームング、育成(学びなおし)等の対応策の仮説が立てられた状態	同左
3	検証	シミュレーションや実業務(OJT)等を通じて、上記の仮説や対応策(スキル要素群の過不足、チームングの適正等)が検証されている状態。有効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	同左
4	初期テスト	初期テストの実施を通して、上記の仮説や対応策が検討され、必要に応じて実装に重要な人材が補充された状態。育成(学びなおし)等の対応策が上記に連動して実施されている状態	同左
5	実証	実証試験の実施を通して、上記の仮説や対応策が検討され、必要に応じて実装に重要な人材が補充された状態。育成(学びなおし)等の対応策が上記に連動して実施されている状態	同左
6	実施計画	当該領域において必要な人材のスキル要素群と必要量、教育方針と手段、マッチング手法が明らかになり、実施に向けた計画が策定された状態	同左
7	スケール	当該領域において必要な人材の教育環境の整備が進むとともに、それら人材が社会で最適にマッチングされながら活躍の場が広がる状態	同左
8	安定的な人材輩出	当該領域において必要な人材の輩出が社会全体で行われ、適切な活用がなされている状態。また、スキル要素群の高度化が図られている状態	同左

図表 II-27. HRL 整理表

## 6. 対外的発信・国際的発信と連携

本課題候補において構築した、新たな身体性インターバース技術やオープンアーバンデジタルツイン技術に関するその成果を披露するイベントの開催や、SNS、HP 等を通じて、個々の取組の内容や成果を対外的に発信する。

SNS や HP においては英語での発信も行い、バーチャルエコノミーに関連する国際展示会等が開催される場合には我が国のモデルケースとして出展を行う、海外からの視察を積極的に受け入れるなど、国際発信も強化する。特に、2025 年に開催が予定されている大阪・関西万博も利用可能性を積極的に検討し、国外への対外的な発信の場とすると同時に、国内企業間の連携強化といった効果も期待する。

## III. 研究開発計画

### 1. 研究開発に係る全体構成

本課題候補の研究開発テーマの内容について、全体像を記載する。前述したように、課題全体としては、サイバー空間とフィジカル空間を接続するインターバースを注力領域とし、サブ課題としては、【サブ課題 A: 身体性インターバース技術】、【サブ課題 B: オープンアーバンデジタルツイン】、【サブ課題 C: インターバース・サービスインフラ】、【サブ課題 D: バーチャルエコノミーを支える人材育成】に取り組むこととしている。

サブ課題 A の中には、技術開発としてインターバースに欠かせない固有感覚共有技術(a-1)やハプティクス技術(a-2)、ガバナンス関連としてルール・標準化等の検討(a-5)、また社会受容度向上のための ELSI 対策(a-6)やインターバースのリスク低減(a-7)を行い、ユースケースとしてオフィスなどにおけるコミュニケーション(a-3)やヘルスケア(a-4)をテーマとしてサービス分野に踏み込んだ横断的技術開発も行う。

サブ課題 B としては、横断的な技術開発課題として、スマートシティ全体に応用可能なエコシステムの設計と実装を行う(b-1)。それに加え、特定領域のユースケースとして、今後活用が期待されるヘルスケア(b-2)と、街づくり(b-3)を研究開発テーマとして実装する。

サブ課題 C は、インターバースのサービスインフラをテーマに、特にフィジカル空間とサイバー空間の間をつなぐ情報基盤(ハードウェア・ソフトウェアの両方)の中でも、基盤技術となる、SDK・ソフトウェア機能コンポーネント群の開発(c-1)、マルチスケールアーキテクチャをはじめとした、動的なサイバー・フィジカル連携を実現する汎用プラットフォーム開発(c-2)を実施する。それらに加え、ネットワーク効果を発揮する市場メカニズムデザインの設計(c-3)も研究開発テーマとする。

サブ課題 D に関しては、バーチャルエコノミー圏を拡大していくためには、エンジニアやクリエイターはもとより、サービスデザイン人材や経営人材、また他分野とのコラボレーションをデザインできる人材が必要不可欠である。しかし、バーチャルエコノミー領域において必要とされるスキルの把握や教育規格はまだ検討が十分でないため、これらの人材育成に関する内容をサブ課題テーマとして取り組む(d-1)。



図表 III-1. 研究開発等の全体像

## 2. 研究開発に係る実施方針

### (1) 基本方針

本課題候補では、サイバー空間とフィジカル空間を接続するインターバースを注力領域として、従来の業界・分野の枠を超えた基礎から社会実装まで一貫通貫した府省・産学官連携の取組により、バーチャルエコノミーにおいて我が国が世界をリードすることを目指す。そのために実施予定の研究開発テーマ（後述）に共通する実施方針として、オープン&クローズ戦略<sup>1</sup>の考え方を踏まえ、国内企業及びユーザが利益を享受することのできる海外と国内の競争・協調環境を構築する。具体的には、公開・供与・標準化することによってネットワーク効果が生まれ、市場拡大に資する要素（サイバー空間とのインターフェース等）をオープンとし、事業化に直結するノウハウの扱いは開発者に委ね、研究開発のフレキシビリティを担保することを想定している。

特に、本課題候補においては、世界におけるポジショニングが重要であり、GAFAM等の海外企業が既に市場参入している中で、国内の研究活動・事業活動が競争力を発揮できる領域・サービスを見極め、海外の巨大企業にも優位な形で「クローズ」な技術領域を確立することが急務である。なお、I章で示したとおり、「自動車、家電、センサデバイスなどフィジカル空間とのインタラクションを担うデバイス産業」は我が国の強みである

<sup>1</sup> 小川紘一「オープン&クローズ戦略」によれば、「オープン」とは、製造業のグローバル化を積極的に活用しながら、世界中の知識・知恵を集め、そしてまた自社/自国の技術と製品を戦略的に普及させる仕組みづくりである。「クローズ」とは、価値の源泉として守るべき技術領域を事前に決め、これを自社の外あるいは自国の外に伝播させない仕組みづくりである。この2つを組み合わせながら、大量普及と高収益をグローバル市場で同時実現させるのがオープン&クローズ戦略である。



ものの、同様の強みをもつ国及び企業も存在し得る。その場合には、該当する国及び企業の最新動向を注視し、協調しながらサービスを展開することもあり得る。

一方で、課題名に「エコノミー」という単語が入っているように、サイバー空間は既に参加者同士が価値を生産し、経済活動を実現する場所へと変化している。その意味においては、いかに多くのユーザ及び企業が参加可能か、そのためには、どこまでの技術・ルールを「オープン」とし、国際標準化やルール形成を促進していくか、といった点も同時に重要な論点となる。

上記のとおり、日本が世界市場の中で優位性を確立し、国内企業及びユーザに有益な環境を構築するためには、「オープン領域」と「クローズ領域」の両輪が必須であり、その見極めと体制構築が本課題候補を運営する上での基本方針となる。

### ① オープン領域（グローバル化を推進する領域）

近年の研究開発・事業開発においては、データ利活用を起点としたオープンイノベーションが重視されており、研究機関や民間企業が利用できるデータの質・量・流通速度が、事業の推進力に直結する。すなわち、国際競争力の新たな源泉として「データ活用」という要素が加わったことになり、オープン&クローズ戦略（特にオープン戦略）としても、「データ活用」が検討の対象となるのは必然である。

メタバースサービスの構成要素は、A.サービスインフラと B.流通データの 2 つに大別できるが、A.サービスインフラのうち、オープンとすべき領域は、「プラットフォームや SDK の提供（有料または無料）」と「サイバー空間同士・サイバー空間とフィジカル空間を繋ぐインターフェース」である。

また、B.流通データについても、仮想空間内で人の行動情報と環境情報がセットになったビッグデータをオープンとする。サイバー空間内では、「人が環境から刺激を受けた情報を取得しやすい」「物理的な条件や産業ドメインを超えてデータ統合が可能」という点で、従来の（フィジカル空間の）ビッグデータよりも潜在的な価値が大きい。このデータをオープンとすれば、マーケティング領域やヘルスケア領域などからの需要は大きいと考えられ、プラットフォームとしてのネットワーク効果が期待される。

なお、オープン領域を指定する上で注意すべきなのは、グローバル化及び市場拡大を意識するあまり、国内企業及びユーザの利益に繋がらず、結果として国内ユーザが海外サービスに流出することである。そのような状態に陥ることを防ぐため、上記テーマを開発・公開していく際には、「どの国の、どのようなユーザが、どのような利益・メリットを享受することになるか」の事前検討に加え、研究期間中のモニタリングを行うことを想定している。

### ② クローズ領域（守るべき技術領域）

一方で、クローズとする領域は、前述の分類に従えば、A.サービスインフラのうち「センサ等の研究開発・制御に関するノウハウ」であり、B.流通データのうち「価値の源泉となるデータの組み合わせ」や「ビッグデータの分析技術・それによる提供サービス」になる。

特に、前者の「センサ等の研究開発・制御に関するノウハウ」については、現状においても日本の強みであると考えられ、自動車・家電・センサ等の産業を中心として、国内企業の競争優位性を向上させる。

なお、クローズ領域を指定する上で注意すべきなのは、情報を秘匿し、競争を阻害することで生じる技術の発展スピードの鈍化である。本課題候補では、連携技術・ルール面での部分的なオープン化によって国際的な相互作用を促すだけでなく、国内のベンチャー企業も含む柔軟な産学官連携によって技術開発のスピードを向上させる。

## (2) 知財戦略

本課題候補における知財戦略にかかる論点は、オープン&クローズ戦略におけるオープン領域とクローズ領域を見極めた上で、①クローズ領域をどのように知財で守るのか、②オープン領域ではオープンの方法（有償/無償ライセンス、標準必須特許等）を見越してどのような知財が必要となるのか、の 2 点である。

論点①については、バーチャルエコノミーでは、技術のみならず、アバターなど様々なデザイン、コンテンツなども保護する必要がある。特許権のみならず、デザインは意匠権、コンテンツは著作権、さらにブランド構築のための商標権、第三者に漏れる恐れが低い製造プロセスはノウハウとして秘匿（営業秘密）するなど、複数の知財権をミックスさせ、かつ抜け道がない特許網を構築して、創出した知財を保護する。重要な知財はグロ

ーバルで知財権を取得する必要もある。

論点②については、特定少数企業にライセンスする場合と、大多数がアクセスする標準化団体やパテントプールに先導的に加わりオープンにする場合とで必要となる知財は異なる。前者であれば、ライセンシーの事業領域における知財権保有は必須であるが、後者であれば知財権は必要としないケースもあるため、標準化戦略と一体となって、標準化提案や論文発表、複数の知財権の取得などの選択肢から方針を決定する。

委託先の知財権者は、基本方針と上記 2 つの論点を踏まえて、知財の取得方法・ライセンス方法等を検討する。

### (3) データ戦略

本課題候補のデータ戦略として重要なのは、「法規制を考慮したデータ収集・利用」「持続可能なプラットフォームの構築」「メタバース間の連携を可能にするデータ構造」である。

まず、データ収集・利用について、海外進出も視野にデータ利活用を成立させるため、個人情報保護に関する国内の規制(デジタル社会形成整備法等)だけでなく、一般データ保護規則(GDPR)、デジタル市場法(DMA)、デジタルサービス法(DSA)といった海外(特にEU)の動向を反映させる。また、パーソナルデータを利用する研究開発テーマにおいては同意取得やデータ主権を考慮する必要がある。

加えて、メタバースの発展によって新たに生まれる課題、すなわち、フィジカル空間ではこれまで意識されてこなかったデータの帰属に関しても注意が必要である。例えば、サイバー空間内での行動データは個人情報にあたるが、その行動が発生した時点での環境データを個人情報とするのか、また、(個人情報である)行動データと環境データを紐づけた場合には個人情報となるのか、といった論点は、今後議論していく必要がある(フィジカル空間では環境データを網羅的に取得することが現実的でなくこれまでは議論の対象とならなかった)。この行動データと環境データを紐づけた分析こそが、バーチャルエコノミーにおいてはサービスの価値の源泉の1つであるため、この課題に関する国際的な動向に着目し、標準化の取組に率先して参加する。

次に、プラットフォームを構築する際、プラットフォームの継続性を担保する必要がある。そのためは、ユーザにとって価値のあるサービスを提供し続ける仕組みが重要で、集約・統合されたデータを二次的に分析・予測するようなサービス開発を促進する体制の構築・取り組みの注視を徹底する。

最後に、本課題候補で生み出される価値をより多くの市場に流通させるため、メタバース間の連携を可能にするデータ構造を検討する。そのためは、汎用的なデータ規格に適切な領域を設定した上で、データを統合・提供する仕組みを構築する必要がある。

### (4) 国際標準戦略

まず、(4)国際標準戦略及び(5)ルール形成を検討する前提条件として、バーチャルエコノミーが社会実装されるまでに発生する技術規格やサービス内の課題は、多種多様かつ多量であることが想定され、その全てを本課題候補の中で検討・解決することは現実的に困難である点を考慮する必要がある。この前提を踏まえ、本課題候補では、既存の会議体(海外を含む)の動向を調査し、業界横断的な標準化・ルールの検討については、そのような会議体に従い、本課題候補に特異的なテーマについてのみ、積極的な提案活動を通じて主導権を握ることを目指す。また、推進委員会または各研究テーマの実施者が、既存の取組と接点を持ち、検討状況を共有したり、本課題候補で生じた課題を持ち込んだりできるような関係性を構築する。

上記の基本方針の中で、国際標準の検討に参加することは、インターバース・サービスを開始するための入り口に位置する。サイバー空間の利活用は、ユーザ同士のコミュニケーションによって活性化されるものであるが、AI 技術の発達によって言語の障壁が小さくなった影響で、グローバル市場でネットワーク効果を生み出すことが必須の状況になりつつある。したがって、日本においても国内に閉じたサービスでは競争力がなく、サービス検討の段階から、グローバル市場を見据えた設計、すなわち、国際標準への準拠及び提案が必須となる。

本課題候補において、国際標準への準拠及び提案が必要な領域は、①バーチャルエコノミーの市場自体を整備するための基準(技術的な拡張可能性・社会受容性)と②バーチャルエコノミーの出口戦略を評価するための基準である。

前者①の基準としては、「サイバー空間の相互接続性・データ連携技術」と「生体安全性・中毒性等の評価・対策」が挙げられる。「サイバー空間の相互接続性・データ連携技術」は、サイバー空間(メタバース)同士の

相互接続性、データ連携技術、データ構造の規格案の策定及び合意形成までを本課題候補の中で実施する。また、バーチャルエコノミーには多数の消費者が参加し、企業と消費者間だけでなく、消費者同士の間でも経済活動が形成される。したがって、消費者の保護に関するルールの検討・形成が重要となる。また「生体安全性・中毒性等の評価・対策」は、サービスの信頼性を高めるだけでなく、社会的受容性に大きな影響をもたらすため、国際標準化を視野に幅広く検討する。

後者②については、バーチャルエコノミーを利用したサービスを、「SDGs の達成にどれほど貢献しているか」という観点で評価する尺度を検討する。こうしたサービスの評価尺度に関しても国際標準化を目指すことで、プラットフォームを運営する立場としての国際的な優位性を確保する。

## (5) ルール形成

ルール形成は、前項で述べた国際標準とは対照的に、サービス開始後に発生した個々の課題に対して、適切な対応策(認可・禁止等)を設定していくべきである。なぜなら、サービスが普及する前段階でルールの全体像を描いても、ステイクホルダーに受け入れられないおそれがあり、また、自由なイノベーションを阻害しかねないためである。したがって、バーチャルエコノミーのサービスが拡大していくにつれて、必要なルールを検討し、ガイドラインをバージョンアップしていくことを基本方針とする。

具体的には、バーチャルエコノミー内部の安全性・公平性を担保し、ユーザーを保護するためのガイドラインを検討する。例として、サイバー空間におけるコンテンツ品質を一定に保つ基準の策定や、犯罪行為を未然に防ぐようなルール作りが挙げられる。

加えて、バーチャルエコノミー周辺のステイクホルダーを巻き込むためのルール作りも必要である。例えば、コンテンツクリエイターを認証制度などで評価する仕組みを策定することで、コンテンツの作成依頼がスムーズになるだけでなく、クリエイター育成といった新たな事業も生まれ、バーチャルエコノミーを中心とした産業が形成されると考えられる。

## (6) 知財戦略等に係る実施体制

### ① 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・公表等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。

### ② 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。

### ③ 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。

#### ④ 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。

#### ⑤ 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。

#### ⑥ 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。

#### ⑦ 終了時の知財権取扱いについて

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

#### ⑧ 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

#### (1) (研究開発名:a-1 固有感覚共有技術に関する研究)

サイバー空間からフィジカル空間への価値還流には、空間情報と体験情報の相互交換が重要となる。フィジカル空間とサイバー空間を接合するインターパースの技術的進化には、既存の2次元的なインターフェースではなく、「空間的に相互作用する感覚情報の接合」が必要となる。この感覚情報の接合技術を確立するのが本研究開発テーマである。

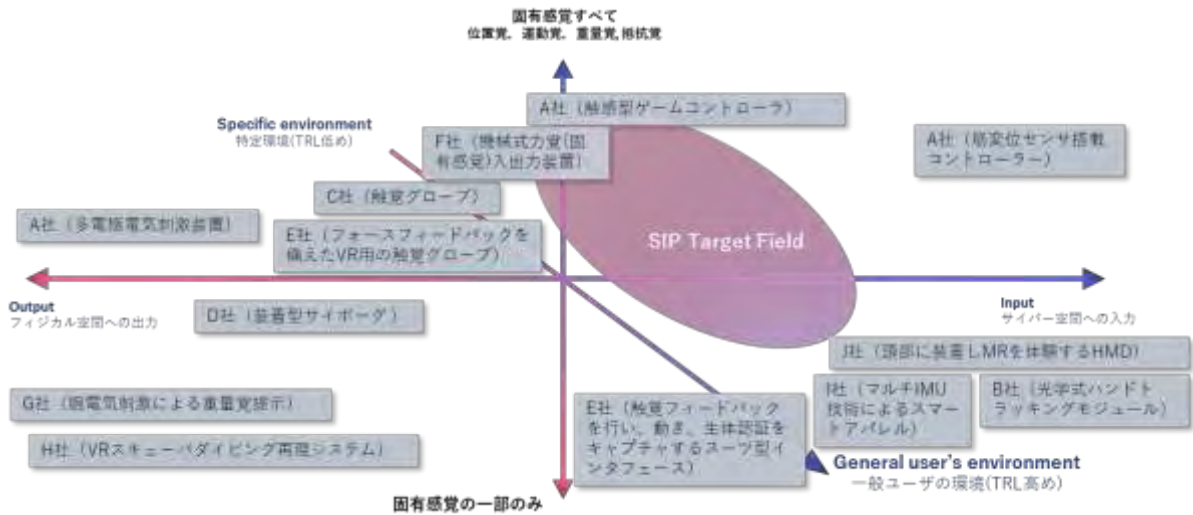
ヒトが空間に作用するために使用している感覚は、深部感覚とも言われる「固有感覚」(図表 III-4 参照)である。この「固有感覚」が、抵抗感、重量感、位置姿勢感を司る。そのため、「空間的に相互作用する感覚情報の接合」においては、人が空間的な相互作用で使用する感覚である「固有感覚」が重要であり、サイバー空間への固有感覚の入力技術、フィジカル空間への固有感覚の出力技術の発展が切望されている。しかしながら、現在、「固有感覚」に係る技術については、グローバル市場において、固有感覚すべてを入出力できるインターフェースが確立されていない。また、特に、「全身の重量覚と抵抗覚の入力技術」、及び「全身の位置覚と運動覚の出力技術」が不足している。

以上のことから、全身の重量覚と抵抗覚の入力技術、全身の位置覚と運動覚の出力技術の確立が望まれ、それらの技術の社会実装のためには技術確立のみならず、活用分野拡大に向けたユースケース実証や安全確保等に向けた規格策定が必要となる。

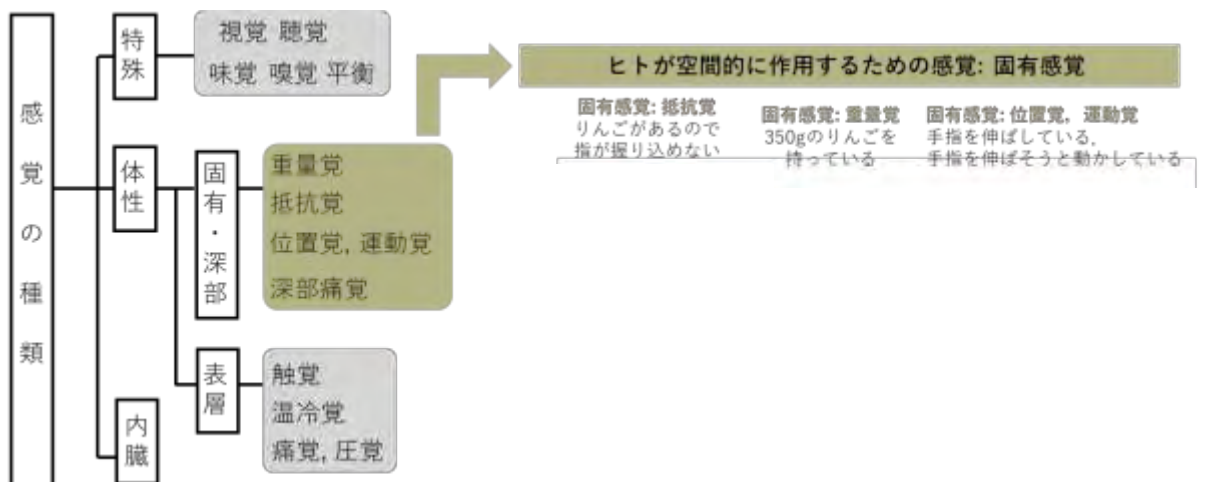
なお、もう一つの重要な感覚である表層感覚(触覚、力覚等)については、研究開発テーマ a-2 で取り上げることとする。



図表 III-2. インターパースに必要な技術的進化

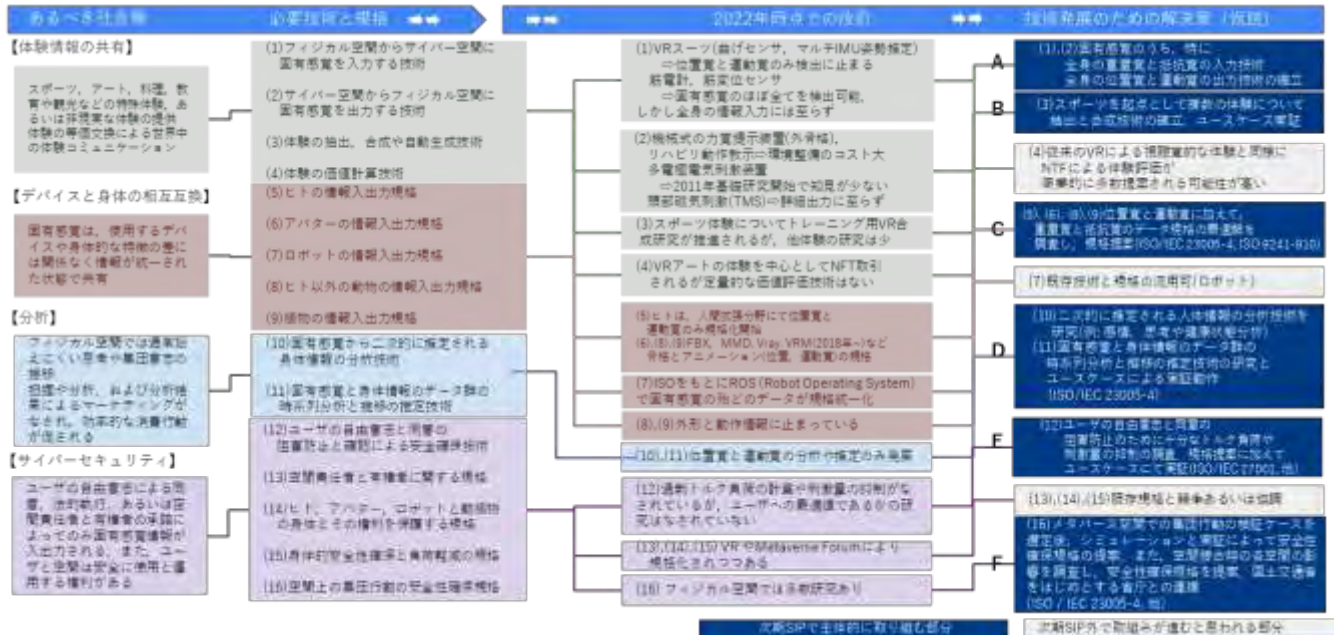


図表 III-3. 固有感覚に係る技術開発の状況



図表 III-4. 感覚の種類と本課題候補における注力領域

下図に示す通り、固有感覚に係る技術として、16種類の技術が現在検討されているが、そのうち11種の進展によって統合的技術革新が促進される。あわせて、国際優位性確保や産業貢献も期待され、我が国における固有感覚に係る市場拡大に繋がる。



図表 III-5. 本技術に関する全体像

① 研究開発目標

目標アウトプット(KPI)を、全身の固有感覚の入出力技術、体験合成、固有感覚 2 次データ分析と提示に係る技術の確立、さらには調査とユースケースによる様々なデバイス間連携、安全性確保や国際優位性を保つための規格提案として定める。目標アウトカム(KGI)は、複数企業によるプラットフォームの商用利用と、サイバー空間経由により、サービスにおいてユーザの満足度や生産性を向上させることとする。

[研究開発目標]

1. 体験情報の共有と分析

固有感覚のうち、特に全身の重量覚と抵抗覚の入力技術と全身の位置覚と運動覚の出力技術の確立を行ったうえで、スポーツを起点として複数の体験について抽出と合成技術の確立を行い、ユースケース実証を実施する。併せて、人体情報の分析技術を研究や体験抽出合成システム開発を行う。技術開発に関しては、TRL3→TRL7~8 に向向上を目指す。

2. デバイスと身体との相互互換及びサイバーセキュリティ

以下の 3 つの観点から規格提案を行う。制度に関しては GRL2→GRL6、社会的受容性に関しては SRL1→SRL6 に向向上させることを目指す。

- I 位置覚と運動覚に加えて、重量覚と抵抗覚のデータ規格の最適解を調査し、規格提案
- II ユーザの自由意志と同意の阻害防止のために十分なトルク負荷や刺激量抑制調査を基に、規格提案
- III サイバー空間での集団行動の検証ケースを選定後、シミュレーションと実証により安全性確保規格提案

3. 固有感覚を用いた事業開発

スポーツや観光農業などの複数種類の体験共有が BtoC 向けに提供され、ユースケースを通じたマネタイズ可能な状態のビジネスモデルと付随する技術とサービスの開発を行う。事業開発については BRL2→BRL7 に向向上させることを目指す。

4. 人材育成

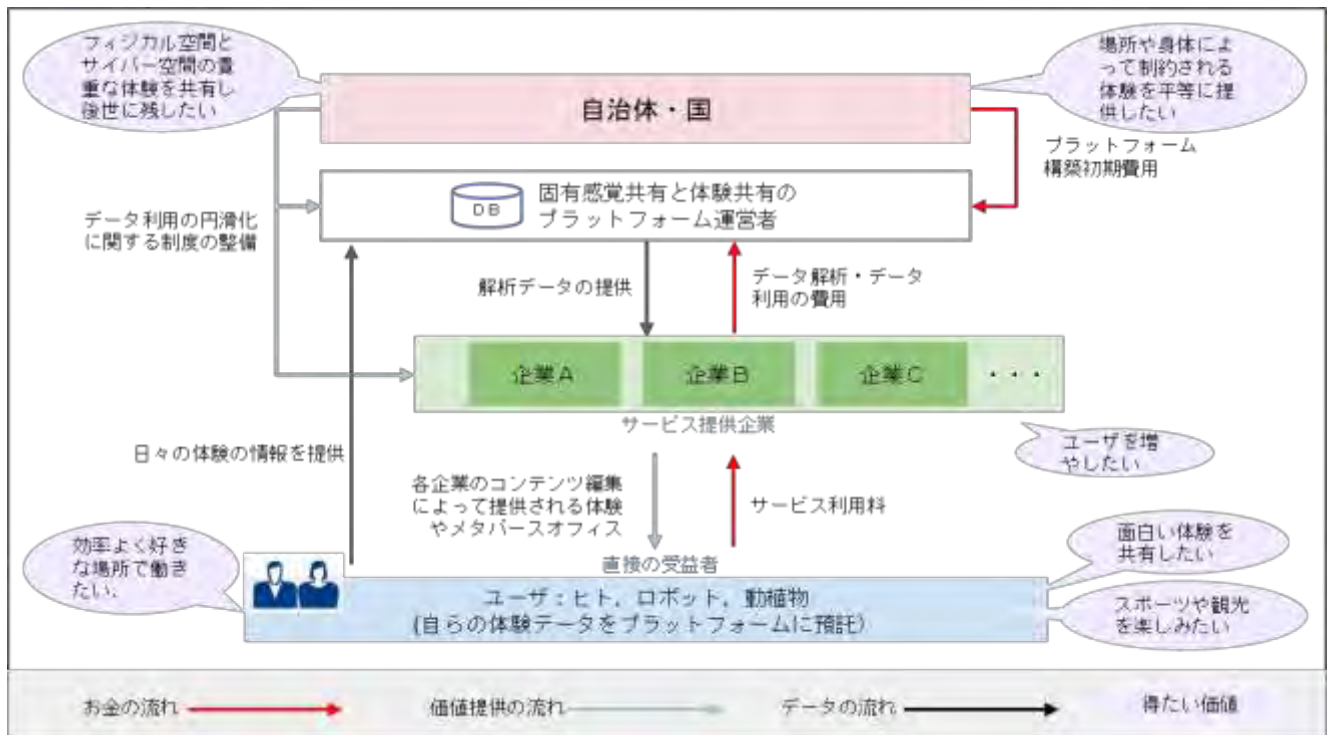
プラットフォーム利用のための人材育成の拡充、人材評価・認定等の仕組み構築やサイバーセキュリティ人材育成講座の開講によりサイバーセキュリティ人材の増加を行う。  
人材については、HRL6→8に向上させることを目指す。

## ② 実施内容

以下を念頭に置いて、本研究を実施する。

- A) 固有感覚のうち、特に全身の重量覚と抵抗覚の入力技術、全身の位置覚と運動覚の出力技術の確立
- B) スポーツなどを起点とした複数の体験について、抽出と合成技術の確立及びユースケース実証
- C) 位置覚と運動覚に加えて、重量覚と抵抗覚のデータ規格の最適解を調査し、規格提案
- D) 二次的に推定される人体情報の分析技術を研究(例:感情、思考や健康状態分析)し、固有感覚と身体情報のデータ群の時系列分析と推移の推定技術の研究とユースケースによる実証動作
- E) ユーザの自由意志と同意の阻害防止のために十分なトルク負荷や刺激量の抑制の調査を行い、それを基にした規格提案に加えてユースケースにて実証
- F) サイバー空間での集団行動の検証ケースを選定後、シミュレーションと実証によって安全性確保規格の提案。また、空間接合時の各空間の影響を調査し、安全性確保規格を提案。関連府省との連携

「固有感覚共有技術」の社会実装イメージの運用フェーズのイメージを以下に示す。



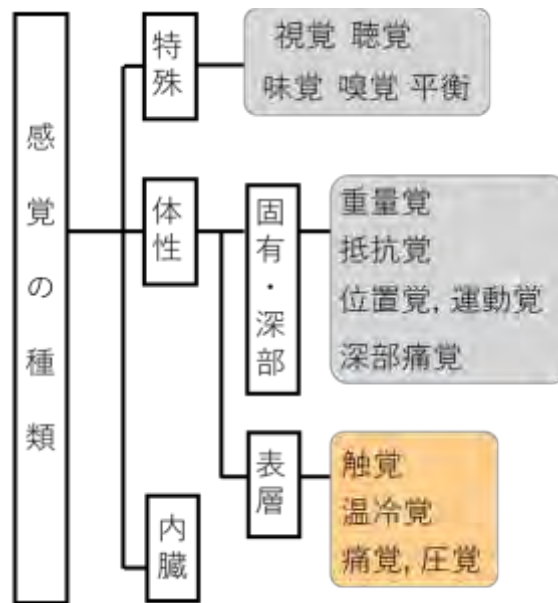
図表 III-6. 「固有感覚共有技術」の社会実装運用フェーズ(イメージ)



## (2) (研究開発名:a-2 ハプティクス技術に関する研究)

遠隔やVR空間における商品・サービス開発において、触力感に関する感性的価値の潜在的ニーズは非常に高い。現在広く行われている物理試作は人、原材料、輸送などのコスト高騰によるコストの増加のみならず、廃棄を伴うなどカーボンニュートラル、SDGs、サステナビリティの観点からも望ましくない。一方で触力感をデジタル化して伝達する技術(ハプティクス技術)は、コンピュータ内で作成されたデジタルデータによって触感・力感を予測・生成することを可能とする。つまり、サイバー空間で欲しいプロダクトをフィジカル空間で手に入れる、サイバー空間で体験してからリアル施設を訪れる、などの体験をつくりだすことが可能となる。ハプティクス(触力感)を実現する技術は必要不可欠と言える。

そこで本課題候補では、ハプティクス(触力感)をキーワードに、デジタルオブジェクトと物理製品を繋げるスキームを創出するための「ハプティクス技術」を開発するとともに、ハプティクスを実現するためのプラットフォーム開発と人材育成を行い、バーチャル空間からフィジカル空間への価値還流を促す。



図表 III-7. 感覚の種類と本課題候補における注力領域

あるべき社会像	社会課題	解決の方向性	解決策（仮説）
物理とバーチャルの価値が接続された社会	<b>【物理とメタの乖離】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>メタバースにおける価値が物理世界の価値と乖離している</li> </ul> <b>【サービスの偏り】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>物理サービスは立地に大きく依存する</li> <li>情報プラットフォームはGAFAM等の既存メガプレーヤーの影響力が非常に強い</li> <li>ハプティクスの価値が認識されておらず、マーケットが存在しない</li> </ul>	<b>視聴覚を補う「ハプティクス（触力覚）」情報の活用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>GAFAMが握る視覚・聴覚以外のデータ取得と活用</li> <li>ハプティクス情報の価値を高めるユーザーデータの収集と活用</li> <li>ハプティクス情報のマーケティングへの活用</li> <li>ハプティクス情報を活用した訓練、教育、学びの促進</li> </ul>	<b>【技術・検証】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>触感センシング／フィードバック技術</li> <li>運動センシング／フィードバック技術</li> <li>材料や表面加工をカバーしたデジタルハプティクスデザイン支援ツール</li> <li>ハプティクス情報に関するユーザーデータを活用した製品や体験のパーソナライズサービス開発</li> <li>ハプティクス情報の提供による金銭的価値を算出する経済学的検証</li> </ul>
サステナブル社会の実現を後押しするメタバース環境	<b>【従来型のプロダクト開発プロセスによるロス】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>上流の企画・設計工程と下流の開発テスト工程のフローの分断</li> <li>DX化がすすまず、物理試作を繰り返すものづくり現場</li> </ul>	<b>メタ世界で生成されたデータをもとに物理プロダクトをつくりあげる開発スキームと基準づくり</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>メタバースで気に入った製品を物理世界でも手に入れる仕組み</li> <li>低コストなパーソナライズサービス</li> <li>物理世界の心身の健康をメタバースで支援</li> </ul>	<b>【人材・標準】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>メタオブジェクトから物理プロダクトを一気通貫して製作できるデジタル人材育成</li> <li>物理世界の理解を促進するデジタルハプティクスコンテンツ製作人材</li> <li>デジタルハプティクスの概念を理解し起業できる人材育成</li> </ul>
個人の違いを理解、尊重、活用できる社会	<b>【視聴覚への過度の依存】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>視覚・聴覚情報を過度に重視し、それ以外の感性・嗜好が軽視されたプロモーション</li> <li>視聴覚に頼った遠隔コミュニケーションによる意思疎通の限界</li> </ul> <b>【ユーザーデータの非活用】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>ユーザーデータの主な使われ方は広告であり、よりよいプロダクト開発への活用が不十分</li> </ul>		

図表 III-8. 本技術に関する全体像

## ① 研究開発目標

「ハプティクス技術の開発」「ハプティクス技術を活用したサービス開発」「物理とサイバー空間の感性をつなぐ人材育成」の3つの観点で研究開発目標を設定する。これらの、技術開発、規格化、商用化といったエコシステム構築により、サイバー空間での満足度や生産性を向上させることを目指す。

### [研究開発目標]

#### 1.ハプティクス技術の開発

##### 1-1: 触覚センシング／フィードバック技術

物理サンプルの滑り、振動、圧力分布情報等を計測できるデバイス開発(TRL5→7)であったり、デジタルオブジェクトデータからの触感・振動予測(TRL3→7)、所望の触覚情報をもつオブジェクトデータの生成(TRL3→6)を行う。また、デジタルオブジェクトデータの触覚をフィードバックできるデバイス(TRL3→7)や、触感を物理世界で製作するスキーム構築(TRL3→6)の開発を目指す。

##### 1-2: 運動センシング／フィードバック技術

人に負担をかけることなく運動をセンシングできる技術(TRL4→6)や、人の身体的・心的負荷の計測ならびに評価、予測技術(TRL4→6)、ウェアラブル力覚フィードバック技術(TRL4→6)の開発を目指す。

##### 1-3: ユーザーデータを活用した製品のパーソナライズ技術

ユーザーデータと触感データの紐づけがされた拡張ハプティクスデータベースの作成(TRL2→5)、ユーザーデータに基づくフィードバック情報のパーソナライズ(TRL2→5)、ユーザの身体能力に応じたパーソナライズドコーチング(TRL4→7)を実施する。

#### 2.ハプティクス技術を活用したサービス開発

ハプティクス情報を用いたデジタルエクスペリエンス技術(TRL4→7)を開発したうえで、デジタルエクスペリエンス技術が活用されたサイバー空間ショールーム(TRL2→6)を構築する。また、力感・負担感の予測に基づくデジタルオブジェクトデザイン支援(TRL3→5)やハプティクス情報の提供による金銭的価値を算出する経済学的検証(TRL3→5)も併せて実施する。

#### 3.デジタルハプティクスコンソーシアムの設立

デジタルハプティクスツールのユーザ候補となる個人、企業、団体から構成されるコンソーシアムの構築と

実績づくりを行う。(GRL1→5)

4. デジタルサーフェスハードウェア事業モデルの検討

スタートアップ企業等が POC としての触覚デバイスを開発することと事業化の支援を行う。(BRL2→6)

5. 物理(フィジカル)とサイバー空間の感性をつなぐ人材育成

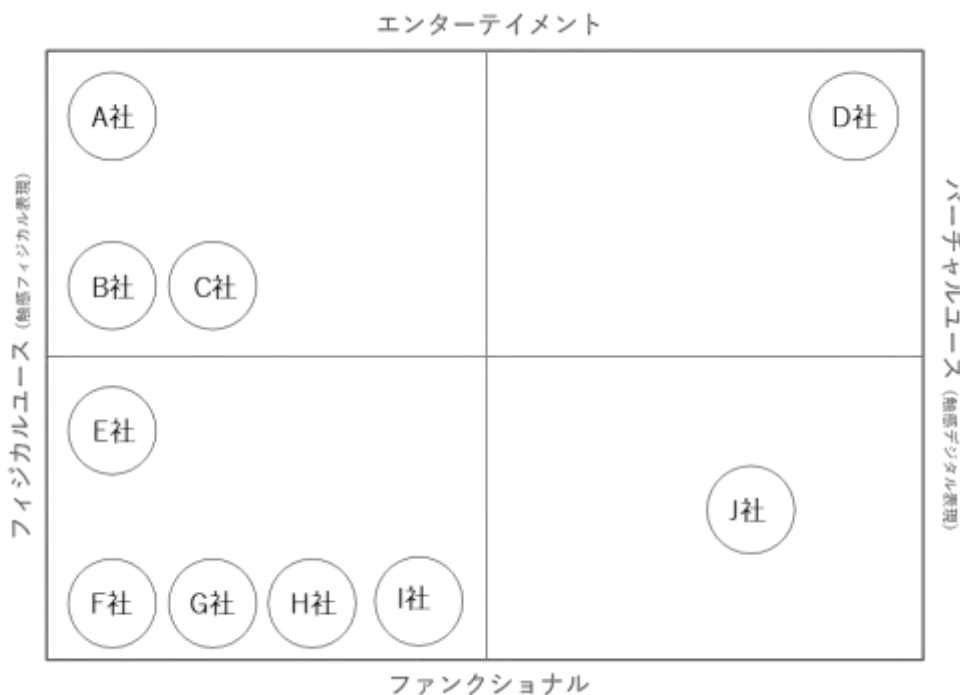
サイバー空間とフィジカル空間をつなぐコンテンツデザインができる人材育成と標準づくり(HRL1→5)、ハプティクス概念を理解し起業できる人材育成(HRL1→5)を目指す。

② 実施内容

ハプティクス伝達に関する従来の技術は、主に①エンターテイメント/ファンクショナル、②バーチャルユース/フィジカルユースの軸に分けて考えることができる。

図表Ⅲ-9中のD社によるサイバー空間からの触覚フィードバック技術は、サイバー空間における体験向上のためのデバイスといえる。一方、F社等は自動車や情報機器の操作性を高める機器としての触覚フィードバック技術を、A社等はアミューズメント施設での体験を高めるための触覚フィードバック技術を開発している。

しかし、これらはいずれも各象限に限られた狭い範囲への活用を狙ったものであり、サイバー空間の内部で価値が完結している。サイバー空間とサイバー空間を繋ぐ役目を担うプラットフォームを軸に、サイバー空間ハプティクス技術を開発することが、リアルの価値とバーチャルの価値をつなげる役目をはたす上で重要である。さらに、ハプティクス分野は技術ならびに市場が成長途中であり、ハプティクスの技術・知識を持つ人材育成のみならず技術を活用した事業化・起業を積極的に推し進め、様々なステイクホルダーを巻き込んだ取り組みが必要である。



図表 Ⅲ-9. ハプティクス関連技術の動向

上記を踏まえ、本研究では、ハプティクスに関連する機能や価値を設計できるデジタルプラットフォームとして、基礎的技術である①デジタルサーフェス、開発品の設計を支援する②デジタルプロダクト、体験的価値の向上を目指す③デジタルエクスペリエンスの3レイヤーの開発体制を念頭に置いて、検討を進める。

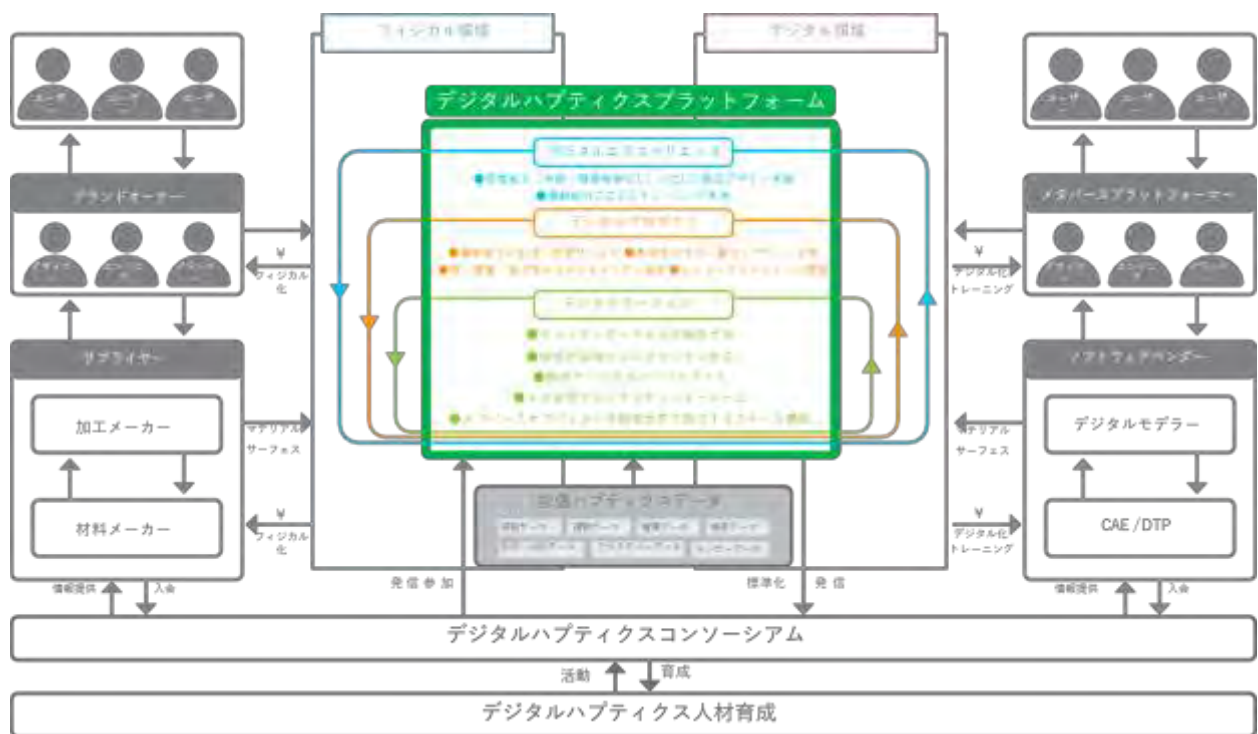
①デジタルサーフェスプラットフォームは、触感や質感を産み出すテクスチャをデジタル空間で設計するため

の支援プラットフォームであり、従来 CAD など専門的なソフトウェア上でしかできなかったデジタルオブジェクト設計を、より手軽に体験できるようにすることを目指す。

②デジタルプロダクトプラットフォームは、デジタルサーフェスプラットフォームで生成したオブジェクトを具体的・実用的なシチュエーションで利用できるようにするものである。利用者、環境、状況などに応じてカスタマイズされたプロダクトを、まずはサイバー空間で手軽に体験し、必要に応じてリアルでも同じものを手に入れる体験を作り出すことを目指す。

③デジタルエクスペリエンスプラットフォームは、ハプティクス体験的価値を前面に押し出したサービスを提供するための支援ツールであり、オブジェクト単品でなくその複合環境をサイバー空間で体験したり、個人の感覚・運動能力にパーソナライズされた製品やエンターテインメントを選んだりできる場を提供することを目指す。

「ハプティクス技術」の社会実装後の運用フェーズのイメージを以下に示す。

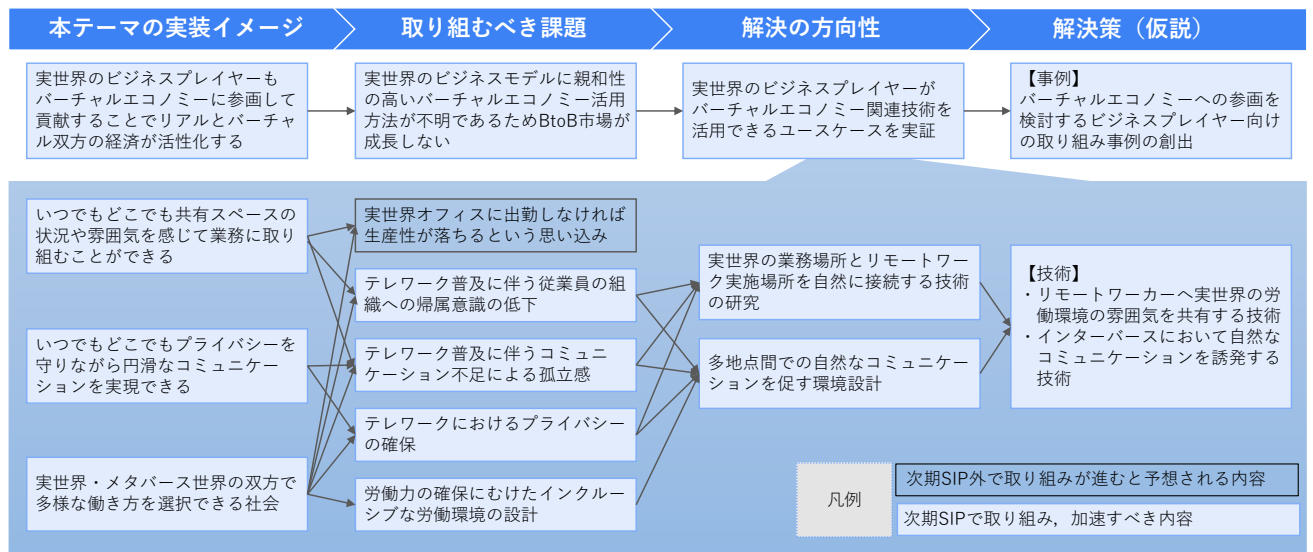


図表 III-10. 「ハプティクス技術」の社会実装イメージ

### (3) (研究開発名:a-3 インターバースを活用したコミュニケーション技術)

バーチャルエコノミー拡大のためには、現在の多くのサイバー空間ビジネスが対象としている BtoC サービスだけではなく、BtoB サービス分野へ応用を広げるためのユースケース開発も重要である。その1つである、雰囲気伝達技術などに代表されるコミュニケーション関連の技術は、インターバース技術のコアとなるフィジカル空間・サイバー空間の融合技術であると同時に、リモートコミュニケーションにおける孤立感などの問題解決を支援する要素技術でもある。よって、インターバースを活用したコミュニケーション技術を研究開発テーマとし、特にリモートコミュニケーションのユースケースとなりうる雰囲気伝達技術の開発に取り組む。

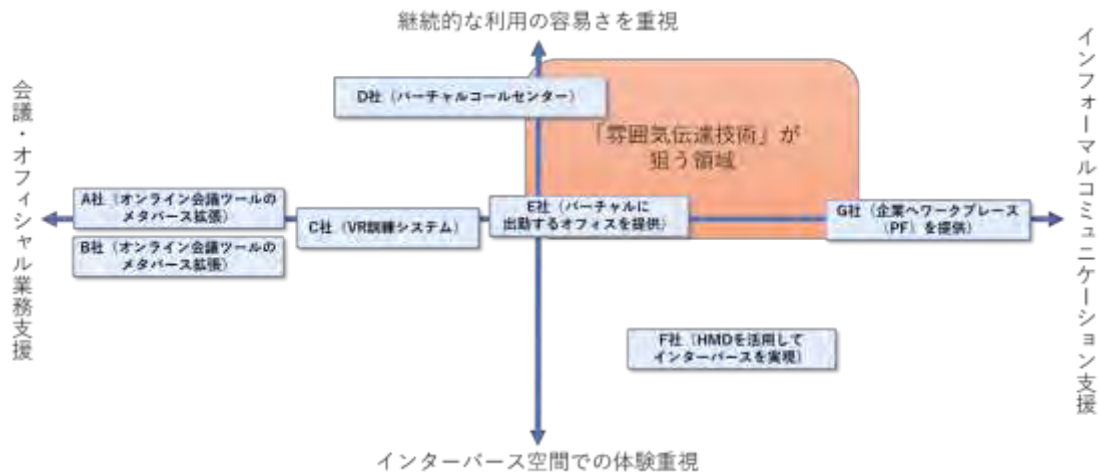
本研究開発テーマは、未来の働き方や社会参画の検討といった、SIP の他領域との連携も想定される。



図表 III-11. 本研究開発テーマの概要

具体的にはオフィスの雰囲気情報(音・動き・非言語情報等)を計測してサイバー空間に再現するとともに、サイバー空間での人の活動をフィジカル空間のオフィスに反映することで、相互の状況を把握・共有しつつ双方向のコミュニケーションを可能にするプラットフォームの PoC を構築することを想定している。また、事業化に向けてワークエンゲージメント、組織の一体感・帰属意識、生産性等への効果を検証する。また他の産業応用も併せて検討する。

なお、現状でもテレワークのシステムなどが実装されているが、インフォーマルコミュニケーションに関しては、これからの発展が見込める領域であり、特に SIP として注力していくことを想定している。



図表 III-12. インターバース関連コミュニケーションサービスのポジショニングマップ

### ① 研究開発目標

本研究開発テーマについては、以下を目標として想定している。これらを達成することにより、企業等における新時代のコミュニケーションを実装し、各企業から新サービスやイノベーションが起こる環境が整うことを目指す。加えて、我が国を起点として、新たなコミュニケーションサービスが企業等から創出されていくことも狙う。

#### [研究開発目標]

##### 1. オフィスでのサービス導入に向けた実証

オフィスを事例とした PoC を構築しプロジェクトメンバーで検証することで 2024 年度までに TRL4 に到達。常時運用の開始、ローンチパートナーへの試験的導入により 2025 年度までに TRL5 に到達。2027 年までにローンチパートナーの現場における常時運用の実証を実施することで TRL6 に到達することを目指す。

##### 2. オフィス DX サービスの事例創出

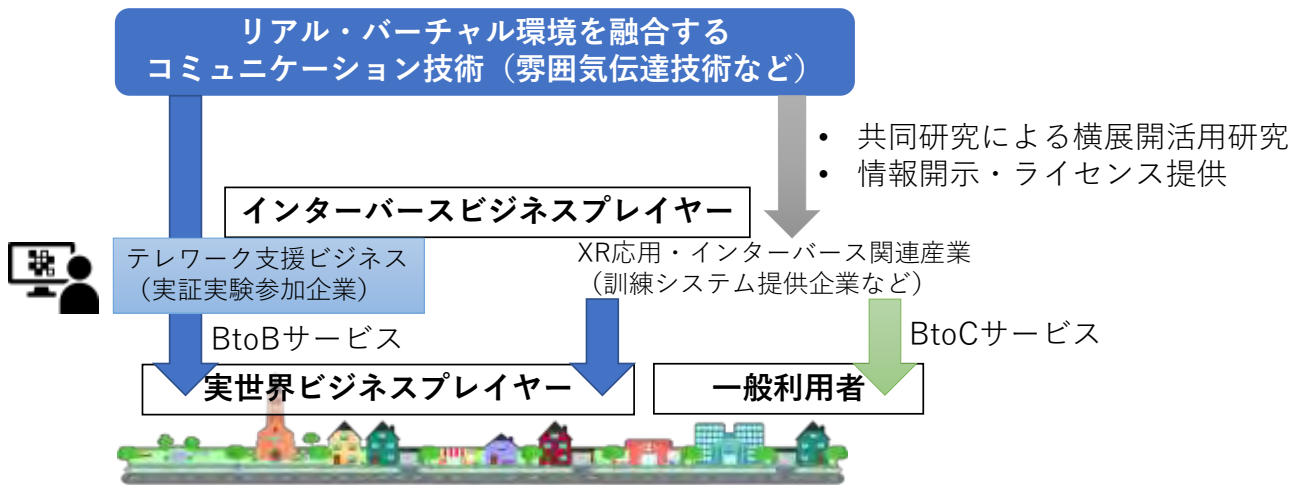
雰囲気伝達技術を用いてテレワークを支援するオフィス DX サービスの事例創出を目指す。前述 TRL 検証時に BRL に関する評価を進めることで、2024 年度のプロジェクトメンバー検証により BRL4 に到達。2025 年度におけるメンバーによる常時運用とローンチパートナーへの試験的導入段階で BRL5 に到達。2027 年までのローンチパートナーとの実証で導入・運用コストや顧客満足度の調査を通して BRL6 から BRL7 にまで到達することを目指す。

### ② 実施内容

本研究開発テーマの実施内容は、雰囲気伝達技術の PoC 構築などを想定している。特に応用事例としてニーズの高いオフィス業務のテレワーク支援を設定し、テレワークにおけるコミュニケーション不足を解消する基盤として雰囲気伝達技術の研究開発を実施する。

この基盤技術を用いてフィジカル空間のオフィスとバーチャルオフィスを融合するインターバースオフィスの PoC を構築するとともに、構築した PoC 環境を用いて実験室レベル、社内実証レベル、ローンチパートナーレベルと段階的に実証を進めていく。技術的な検証指標として主観評価及びインターバースで得られたデータによるコミュニケーション増加量を設定して評価を勧めるとともに、ビジネス化の課題についても PoC 実証で明らかにし、対応策について検討する。

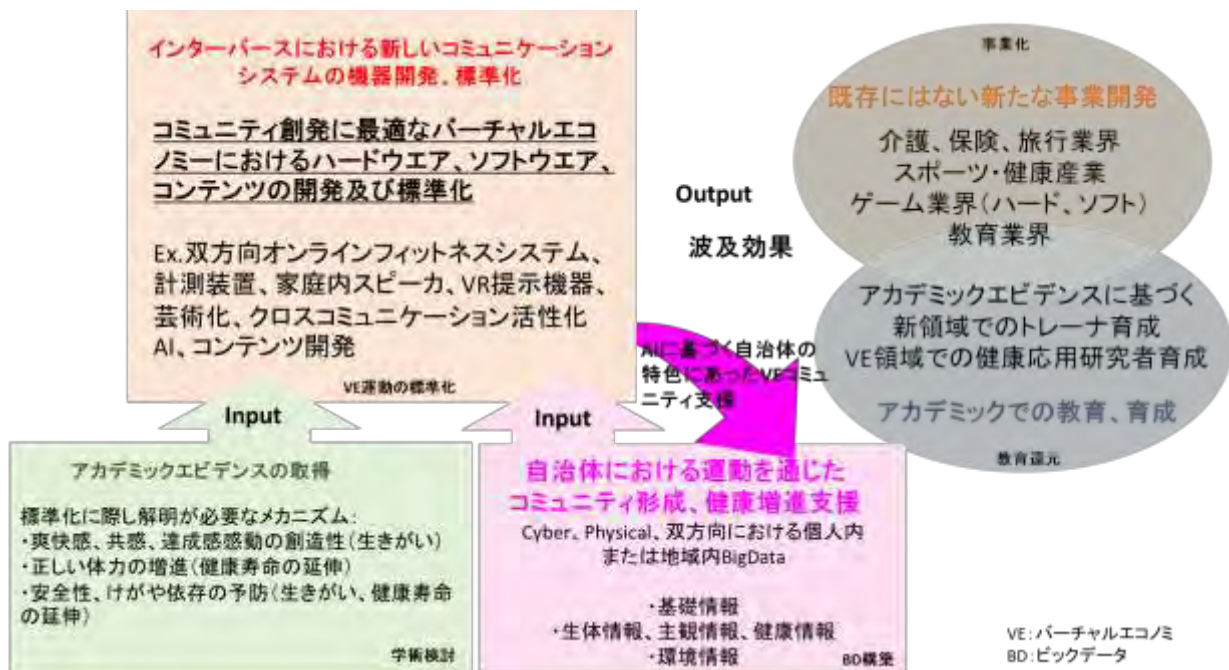
本研究開発テーマの成果である、コミュニケーション技術(雰囲気伝達技術など)の社会実装時の運用フェーズのイメージを以下に示す。



図表 III-13. インターバスを活用したコミュニケーション技術の社会実装イメージ

#### (4) (研究開発名:a-4 インターバースを活用したヘルスケア(運動・休養・栄養)の研究と実装)

深刻な少子高齢化社会に直面する日本社会では、団塊ジュニア世代が高齢化することによって生じる 2040 年問題が迫っており、「現役世代の急減」、「社会保障給付費の増加」、「医療・介護のニーズが増える一方で医師・介護士の不足」が危惧されている。第 6 期科学技術基本計画においては、「一人ひとりの多様な幸せ (well-being) が実現できる社会」、「人生 100 年時代に生涯にわたり生き生きと社会参加し続けられる環境の実現」、「人々が夢を持ち続け、コミュニティにおける自らの存在を常に肯定し活躍できる社会の実現」を目指しており、それらを実現するための技術開発・仕組みづくりが求められている。



図表 III-14. 本研究開発テーマの概要イメージ

##### ① 研究開発目標

バーチャルエコノミー拡大に必要な「インターバースを活用したヘルスケア(運動・休養・栄養)の研究と実装」の研究開発として、以下を目標として想定

[研究開発目標]

- ハードウェア、ソフトウェア、コンテンツの開発・標準化及び事業開発  
コミュニティ創発に最適なバーチャルエコノミーにおけるハードウェア、ソフトウェア、コンテンツの開発及び標準化を行う。2024 年度までに TRL3 に到達、模擬的な運用環境下での実証を通じて 2026 年度までに TRL6、BRL6 に到達、既存にはない新たな事業開発(介護、保険、旅行業界、スポーツ・健康産業等)を行い 2027 年度までに BRL7 まで到達することを目指す。

##### ② 実施内容

本研究開発テーマでは、以下を主な実施内容とする。運動・食事等の取組以外にも、精神面(こころ)の評価、マルチメディアコミュニケーション技術の開発を通じて、インターバースにおける新しいコミュニケーションを可能とするシステム統合機器の開発等を実施する。また、これらはアカデミックエビデンスの習得、並びに前述の技術開発のみならず、社会実装に向けて、自治体での実証及び事業化の検討、関連する人材の育成に



についても検討を行う。

- A) 運動・休養・栄養の変革による創発型コミュニティの実現
- B) マルチモーダル技術の活用
- C) 運動中・休養中のセンシングや履歴から効果的にパフォーマンスを向上させる介入方法

また上記に加え、特にリスク軽減のために下記も研究開発テーマの実施内容として考えている。

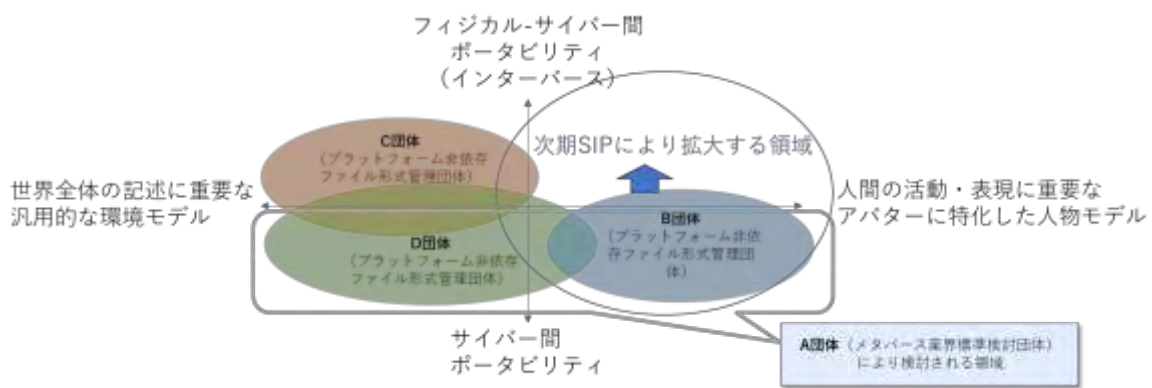
- D) 中毒性や怪我リスクの評価や介入方法

### (5) (研究開発名:a-5 バーチャルエコノミー拡大に向けたルール・標準化等の検討)

バーチャルエコノミー拡大のためには、「Ⅲ章 1.研究開発に係る全体構成」で述べたように、ガバナンスに関するルール・標準化等の検討が必要不可欠である。ルール・標準化等の検討を進めるためにはコンテンツ・サービス提供者の拡大、及び利用者拡大が必要になる。

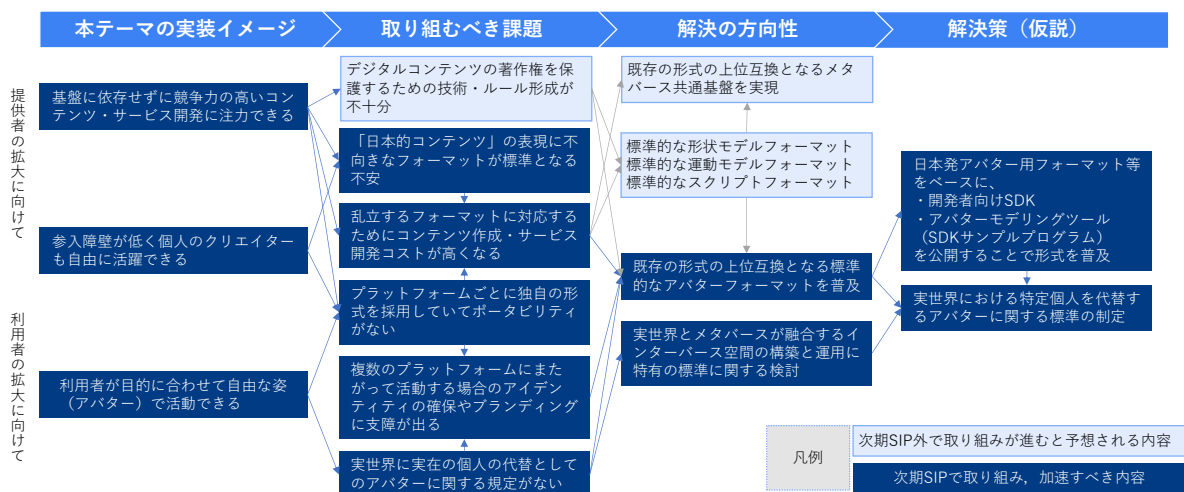
コンテンツ・サービス提供者の拡大に向けては、標準フォーマットの活用によるコンテンツ作成コストの低減や、ポータビリティの確保による「プラットフォームによる囲い込み」の不安解消など、参入障壁となるコストの低減が必要である。また利用者拡大に向けては、利便性の向上・体験価値の拡大を実現する標準アバター形式が必要であり、そのためのポータビリティの確保による選択肢の拡大やアバター利用に対する合意形成などを検討していく必要がある。

現在は下図に示すように、世界全体の記述に重要な環境モデルにおける国際標準化活動などが活発化している。一方、日本はアバターデータ形式の国際標準化活動などが先行しており、この既存の取組と連携して標準化やルール形成を進めることは重要である。特に SIP 領域のインターバースにおいては、人間の活動・表現に重要なアバターに特化した人物モデルの部分は未検討であるため、研究開発テーマの主たる領域として設定した。



図表 III-15. バーチャルエコノミーの標準化に関するポジショニングマップ

そして、その具体的な研究開発では、まずフィジカル空間における特定個人を代替するアバターという日本の強みが活かせる可能性が高い国際標準規格の制定に取り組む。加えて、日本発アバター用フォーマットと国際主要プラットフォームの互換性確保のための SDK 開発にも取り組むことを想定している。課題から解決策（仮説）までのロジックについて整理したものを下記に示す。



図表 III-16. 本研究開発テーマの概要

## ① 研究開発目標

本研究開発テーマの目標を、「日本の強み(日本発アバター記述形式・コンテンツ・インターバースなど)を活かす国際標準規格の制定」と、「日本発のフォーマットと国際主要プラットフォームの互換性確保のための SDK の開発」の 2 つに定める。

まず、「日本の強み(日本発アバター記述形式・コンテンツ・インターバースなど)を活かす国際標準規格の制定」に関する具体的な取組として、アバター記述形式の制作実績に基づいて日本が規格作成を提案し、各国と協調した国際標準化や、日本のコンテンツ産業が参入しやすいように IP 保護が可能な規格について検討する。また、フィジカル空間とサイバー空間を融合するインターバースの構築・運用時に特有の課題について整理し、環境及びアバターを記述するデータ形式の標準に反映することを目指す。

また「日本発のフォーマットと国際主要プラットフォームの互換性確保のための SDK の開発」に関しては、SDK 普及促進のためのサンプルアプリとしてのオーサリングツールの開発などを中心に考えている。その後、採用プラットフォーム数やアバター利用者数における市場占有率をあげていくことを目指す。

これらを実装することにより、日本産業が強みを活かすことのできるバーチャルエコノミー市場形成の一端となることを考えている。

具体的な指標としては、下記を想定。

[研究開発目標]

- 1.日本の強み(日本発アバター記述形式・コンテンツ・インターバースなど)を活かす国際標準規格の制定  
2027 年度までに国内委員会及び国際 WG での議論を進め IS の FDIS 採択を目指す。
- 2.日本発のフォーマットと国際主要プラットフォームの互換性確保のための SDK 開発  
SDK により開発効率が向上することを模擬的運用環境下において実証する TRL5 到達を目指す。また、ユーザーや関係者へのアンケート等により SDK の活用度を確認し SRL5 到達を目指す。

## ② 実施内容

「日本の強み(日本発アバター記述形式・コンテンツ・インターバースなど)を活かす国際標準規格の制定」に関しては、一般公開仕様書(PAS)の発行に向けた活動と、アバター形式の品質評価に関する国際標準策定に向けた活動を推進していく。アバターを記述するフォーマットについて、各種サイバー空間プラットフォーム間の相互運用性や、記述可能な表現力を客観的に評価するための評価指標値を設計することで、競合となるアバター形式との比較、改良を可能にする。また評価方法も国際標準として承認を得ることを目指す。また、環境やアバターを記述するフォーマットの IP を保護する仕組みの導入についても検討を行う。さらに実環境と融合するインターバース構築・運用に特有の課題を整理した後、環境やアバターを記述するフォーマットに必要な要素を設計する。

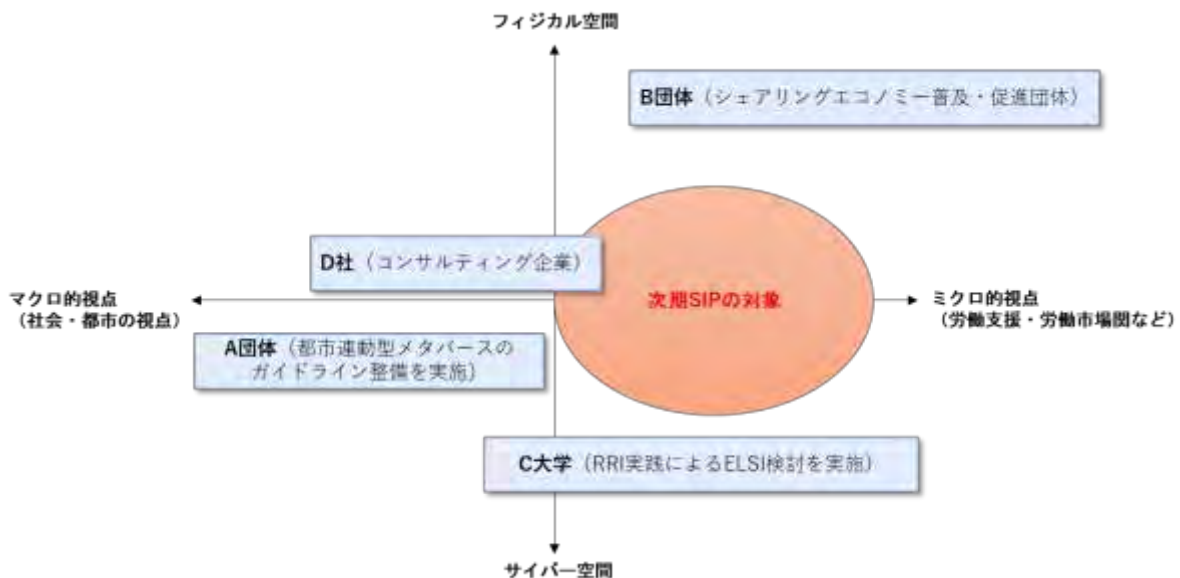
「日本発のフォーマットと国際主要プラットフォームの互換性確保のための SDK 開発」に関しては、まず VRM を利用するプラットフォームの拡大に向け、オープンソースで利用可能な SDK を開発する。さらに VRM を利用するユーザーの獲得に向け、無料公開されるオーサリングツールを作成して公開することまで実施する予定である。また、世界に先駆けていくためには、フォーマット等の国際的認知度・国際普及が肝になるため、普及を促進するための国際普及活動も実施していく予定である。

## (6) (研究開発名 : a-6 ELSI に関する課題の抽出と対策)

新しい市場を生み出すインターバース技術への一般ユーザーの社会的受容性を高めるためには、科学的手法に基づいて ELSI を抽出し、安心安全に利用するためのルールや法制度整備を検討することが重要になってくる。

インターバースの ELSI を考える際は、現在のサイバー空間で検討されている ELSI が起点になる。サイバー空間における知的財産や所有、新たなハラスメントに関する議論は既に行われているが、それらの課題はそのままインターバースにも継承されると考えられる。これらの課題に加え、インターバース特有の新たな課題も存在する。例えばアバターを用いた働き方など、労働に関する領域はバーチャルエコノミーが発展するに伴い、新たな課題とされる可能性が高い。

上記を踏まえ、既存の関連取組を下記にマッピングする。サイバー空間における既存の ELSI 検討としては、「人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会における ELSI」、「都市運動型メタバース運用時における ELSI」など、社会や都市といったマクロな視点での検討は行われている一方、バーチャルエコノミー内における新たな労働などミクロな ELSI の領域についてはあまり検討されていない。よって、本研究テーマでは、インターバース技術によっておこる新たな ELSI に関する課題、中でも新たな労働などのミクロな領域について検討していく。



図表 III-17. ELSI 検討に関するポジショニングマップ

### ① 研究開発目標

ELSI の検討及び RRI 実践手法として、以下を目標として設定する。これらの目標に取り組むことで、安心安全にバーチャルエコノミーを利用するためのルールや法制度整備を実現し、最終的にはバーチャルエコノミーに参画するステイクホルダーの増加を図る。

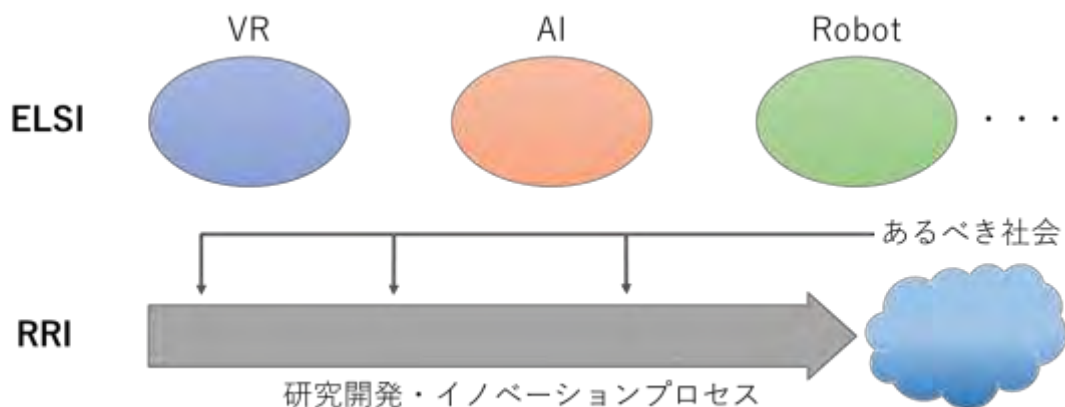
#### [研究開発目標]

##### 1. ELSI 検討に基づく社会的受容性・環境整備

ELSI 検討を行い、加えて対策を提案し実践する。これらを通して、2027 年度までに TRL5 到達を目指す。また、バーチャルエコノミーの拡大で生じる ELSI に関する調査の年次公開・アンケート調査により GRL5、SRL5 到達を目指す。

## ② 実施内容

本課題候補では、バーチャルエコノミーの拡大に伴う参入プレイヤーの急増、既存領域との多様な連携により、新たな ELSI 課題が生じることが想定される。よって、技術と社会状況の急激な変化へ対応するため、目指すべき社会像や価値(観)から逆算して、科学技術開発・イノベーションを効果的に推進するために倫理的・法的・社会的側面に関わる検討や実践を要請、研究開発の変革、転換しつつ発展させていくという RRI (Responsible Research and Innovation) 活動と ELSI の検討を並行して行っていく。



CRDS：ELSI から RRI への展開から考える科学技術・イノベーションの変革 -政策・ファンディング・研究開発の横断的取り組みの強化に向けて- (2022)

図表 III-18. RRI を活用した ELSI 検討イメージ

なお想定される成果として、下記の3点が挙げられる。

- ・RRI 活動の実践を通じた望ましいプラットフォームのあり方についてのガイドライン策定
- ・継続的な技術・社会動向調査結果の提示
- ・標準化・ルール形成に向けた各種案の作成

「RRI 活動の実践を通じた望ましいプラットフォームのあり方についてのガイドライン策定」に関しては、検討に資するユースケースを他のテーマから選定し、事業者にとっての利益だけでなく社会全体の最適化に資する視点を考慮し、抽出された ELSI の整理及び対応策の整理(技術要件化等)を行う。

また、「継続的な技術・社会動向調査結果の提示」に関しては、倫理面についての検討項目、法整備についての検討項目を列挙することも想定している。

本研究開発テーマの社会実装時には、業界団体等が ELSI を応用したガイドライン・ルールの検討や Web サイトなどでの公開・運用を継続して行っていくことを想定している。また本業界団体等は、インターバース関連企業に対する定期的な調査により得られた知見の社会実装の進捗をモニタリングして新たに顕在化するインターバース特有の課題を解決し、より安全・快適なインターバース空間提供の制度設計を行うというサイクルを回し続けていくことも期待される。



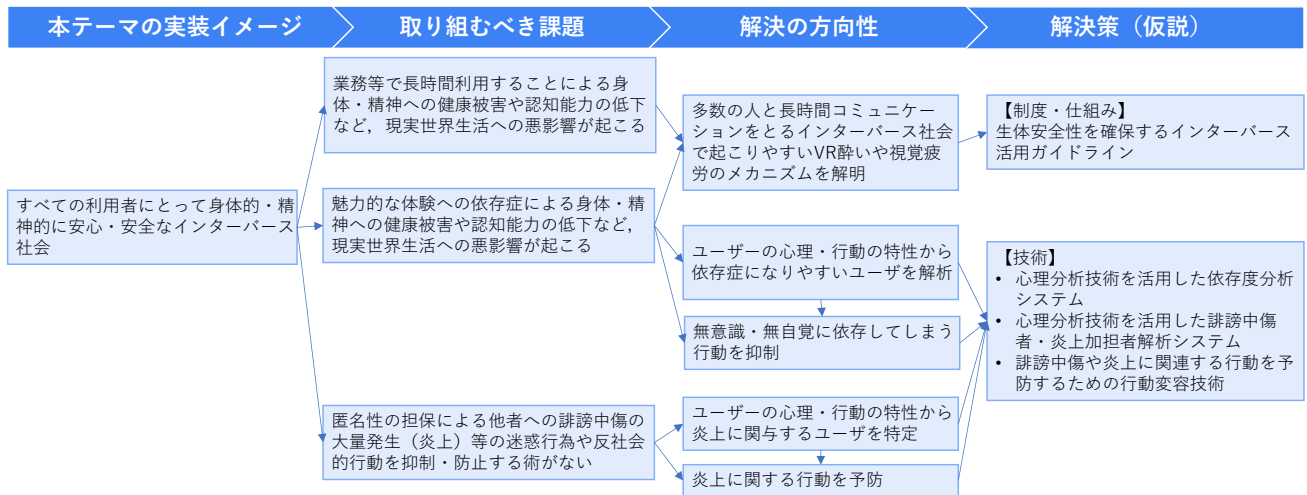
図表 III-19. ELSI に関する研究の社会実装イメージ

## (7) (研究開発名:a-7 インターバースのリスク低減)

バーチャルエコノミー拡大のためには、新しい市場となるインターバース技術への一般ユーザーの社会的受容性を高めることが重要である。インターバース技術は、XR 技術利用、SNS 利用の両方の側面を持っている。そこで ELSI の検討を行う研究開発テーマ a-6 に加え、XR 技術の生体安全性、SNS 利用に関する心理的・社会的安全性といったインターバース実装時の安全性についても検討し、インターバースを安心・安全に利用するためのルールの検討、技術の開発が重要となる。よって、インターバースのリスク低減を研究開発テーマとして実施する。

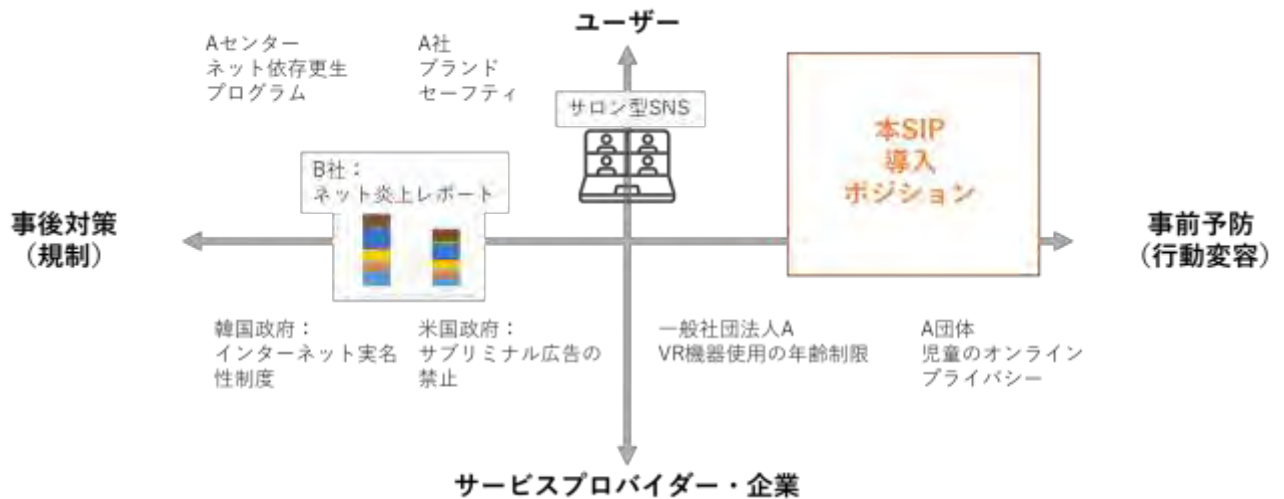
インターバースのリスク低減に取り組むにあたり、コンテンツ・サービス提供者に関しては人間工学的知見に基づくインターバース環境での労働災害リスクの低減などが具体的なテーマとなる。

また、利用者に関して安全性の向上・体験価値の拡大がテーマとして考えられるが、具体的には、①人間工学的知見に基づく安心・安全なコンテンツ・サービス利用環境整備、②認知・社会心理学的知見に基づく安心・安全なコンテンツ・サービス利用環境整備、③人間工学的知見に基づく安心・安全なインターバース労働環境整備が挙げられる。特に②においては、「炎上」などのトラブルを予測して防止する介入技術や、仮想空間への依存を予測する技術が必要である。



図表 III-20. 本研究開発テーマの概要

本研究テーマに関する既存取組を以下に示す。現在 SNS やオンラインゲームで取られている安全対策は、事件・事故が起きた「後」に規制やルールによって対応するという方法である。よって、SIP としては、インターバースで生じる問題・課題を「事前」に予防することを主要な領域として取り組む必要があると考えている。その際、プロバイダとユーザの両方に適用できるように技術開発を行うことが必要である。



図表 III-21. インターバースのリスク低減検討に関するポジショニングマップ

### ① 研究開発目標

本研究開発テーマに関する定量的・定性的な目標として、以下の4点を想定する。これらを実現することで、最終的には、安心・安全なバーチャルエコノミー圏を実現し、バーチャルエコノミーへの参画者の増加を図る。

#### [研究開発目標]

1. インターバース関連事業者向け安全性ガイドラインの策定  
バーチャルエコノミーの拡大で生じる各種の安全性に関する調査報告書の年次公開・アンケート調査によりTRL5 到達を目指す。
2. 心理特性を活用した誹謗中傷者・炎上加担者解析システム  
誹謗中傷や炎上に関与するユーザの心理的特性を推定するモデルの研究開発で 2025 年度までに TRL3 に到達し、現行の SNS で使用可能なプロトタイプを作成により 2026 年度までに TRL4 に到達。2027 年までにはサイバー空間で検証し TRL5 到達を目指す。
3. 誹謗中傷や炎上に関連する行動を予防するための行動変容技術  
介入手法の研究開発を通して 2025 年度までに TRL4 に到達。2027 年までにはサイバー空間で検証し TRL5 到達を目指す。
4. 心理分析技術を活用したサイバー空間依存分析システム  
ネット依存者(行動嗜癖)の心理的特性を推定するモデルを開発し 2025 年度までに TRL3 に到達。現行の SNS やオンラインゲームで使用可能なプロトタイプを作成により 2026 年度までに TRL4 に到達。2027 年までには別プロジェクト等で開発されるサイバー空間で検証し TRL5 到達を目指す。

### ② 実施内容

本研究開発テーマでは、下記の3つを実施する。

- A) 生体安全性に関する研究
- B) 心理的安全性に関する研究
- C) ガイドライン策定

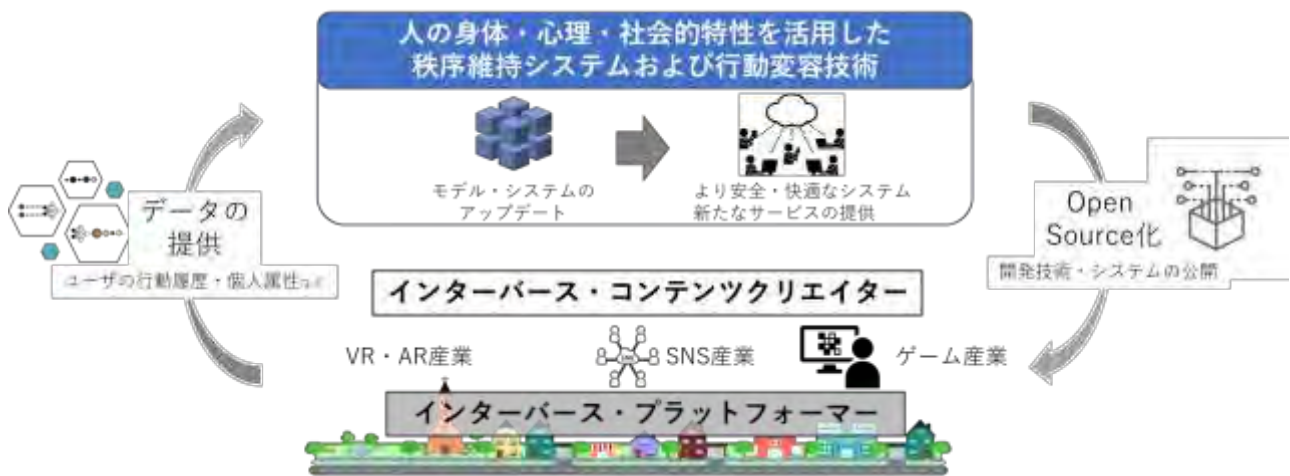


A は、バーチャルエコノミーにおける生体影響軽減手法の研究開発であり、具体的には、a)利用形態調査、b)予備計測・評価方法の確立、c)生体影響の大規模計測、d)生体影響の要因分析、e)要因改善手法の設計と評価が挙げられる。

B は、a)心理特性を活用した誹謗中傷者・炎上加担者解析システムの開発、b)誹謗中傷や炎上に関連する行動を予防するための行動変容技術の開発、c)心理分析技術を活用したサイバー空間依存分析システムの開発、d)体験後のフィジカル空間の身体認知やアイデンティティに及ぼす影響を考慮したリアリティレベルの設計手法の開発である。

C は、生体安全性と心理的安全性に関する研究の成果に基づいた標準化・ルール形成に向けた各種原案の作成を行う。

本研究開発テーマの成果は、人の身体・心理・社会的特性を活用した秩序維持システム及び行動変容技術である。開発技術はオープンソース化を行うことを想定しており、本システム・技術を利用する企業からユーザの行動履歴データを取得し、本システム・技術をアップデートしていく。また、新たに顕在化するインターバース特有の課題を解決し、より安全・快適なインターバース空間を構築していく循環を回していくことを目指す。

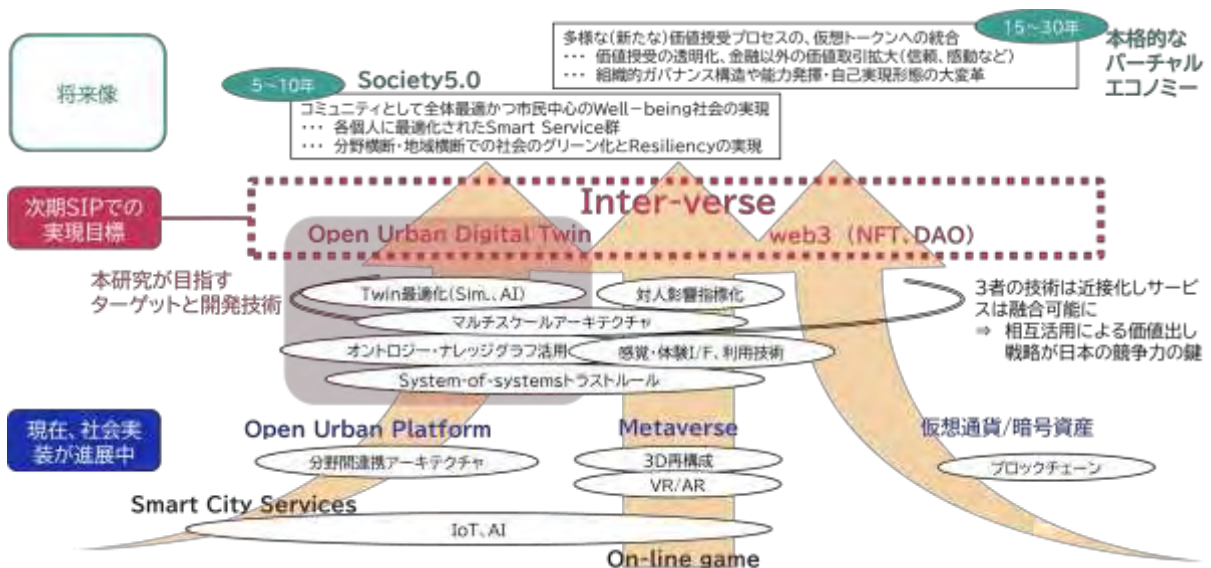


図表 III-22. インターバースのリスク低減の社会実装イメージ

## (8) (研究開発名:b-1 デジタルツインなどバーチャルエコノミーの先駆実装エコシステムの設計と実装(スマートシティ))

現在社会実装が進展しつつある「スマートシティ」「サイバー空間」「仮想通貨/暗号資産」は、従来はそれぞれが別個のイノベーションとして社会的価値の創造に貢献してきたが、近年ではこれらの技術は近接化し、サービスは融合可能になっている。したがって、これらのサービスの相互活用による価値創出に向けた戦略が日本の競争力の鍵となるため、フィジカル空間とサイバー空間にまたがるサービス創造を目指す領域「インターバース」に、オープンアーバンデジタルツインの検討が必要となる。

スマートシティ分野に関しては、これまで第2期SIPにおいて分野や地域を超えたデータ利活用を可能とするスマートシティレファレンスアーキテクチャが整備されてきたが、SIPでは第2期SIP成果を継承したオープンなアーキテクチャ上で、都市におけるデジタル変革のステージをさらに一段高めた仮想空間上で都市計画最適化や意思決定を行う都市型デジタルツインの実現を目指す。さらに、都市型デジタルツインが最適化指針を与えることと併行して、インターバースサービスが個々の市民の感性や人格的側面に直接働きかけることで、より人間中心型のグリーン変革とコミュニティレジリエンス促進を実現することができる。



図表 III-23. 本研究開発テーマの位置づけ

### ① 研究開発目標

現在世界的に都市型デジタルツインの実証と実装が急ピッチで進行している。この環境下で我が国が国際標準化やルールメイキングでのプレゼンスを維持し発揮するために、データインフラ整備や社会的合意形成・法制度改革や人材拡充がこれから本格化しつつある実際の地域コミュニティではなく、まずは大学経営・大学キャンパスを都市型デジタルツイン技術のユースケース実証の場として価値検証・産学連携サービス創成・人材育成等を行う先駆実装エコシステム形成のアプローチを採り、SIP 実施期間の後半から実際の地域に対する成果展開を強化することで国際競争力確保とスムーズな社会実装を両立させる。

「デジタルツインなどバーチャルエコノミーの先駆実装エコシステムの設計と実装(スマートシティ)」における研究開発として、①デジタルツイン版のスマートシティ向けエンタープライズアーキテクチャの開発と重要仕様の標準化、②前述の①に依拠したEBPMを適用し、(大学の)重要経営課題の解決ユースケース創出、③データ利活用・変革アーキテクト・新規起業を実地ベースで行なう大学院コースの設置という3つを目標として設定する。

具体的な指標としては、下記を想定。

[研究開発目標]

## 1. デジタルツイン版 のスマートシティ向けエンタープライズアーキテクチャの開発と重要仕様の標準化

### 1-1. 都市型デジタルツイン向け情報マネジメント

現行の SCRF が提供するデータ連携の相互運用性とオープン性を継承しつつ、本格的なサイバー空間活用に対応可能な都市型デジタルツイン向け情報マネジメント技術を開発及び集積し、システム動作と機能が②で選定された課題解決に有効であることを示す。これにより、TRL7、BRL7 を目指す。

### 1-2. サイバー空間最適化とマルチスケール化

都市型デジタルツイン及びサイバー空間連携下でのサイバー空間最適化技術とマルチスケール化技術を「～km レベル」環境に対して開発実証し、社会実装環境時の有効応用ドメインと適用範囲を明確化する。これにより TRL5、BRL5 を目指す。

### 1-3. 既存標準を超える部分の明確化と標準化向けユースケース整備

全体システムアーキテクチャとデータアーキテクチャに関し既存標準を超える部分の明確化と標準化向けユースケースを整備する。なお、既存標準活用部分については該当する標準の市場採用強化における日本の貢献を拡大する。これにより、GRL5 を目指す。

## 2. 前述の 1. に依拠した EBPM を適用し、(大学の)重要経営課題の解決ユースケース創出

### 2-1. 大学の課題解決実証

大学に先行実装した分野横断デジタルツインの活用による経営戦略・意思決定レベルでの課題解決の実証。これにより、SRL6 を目指す。

### 2-2. 課題解決体制の構築

大学を検証の場とした都市型デジタルツイン活用での課題解決を推進する学・産・官の推進協力体制の構築。これにより、BRL5、GRL6 を目指す。

### 2-3. 政策・制度の具体化

大学での価値検証を波及させ、地域スマートシティ活動を都市型デジタルツインにアップグレードする政策の具体化。これにより、BRL4、GRL4 を目指す。

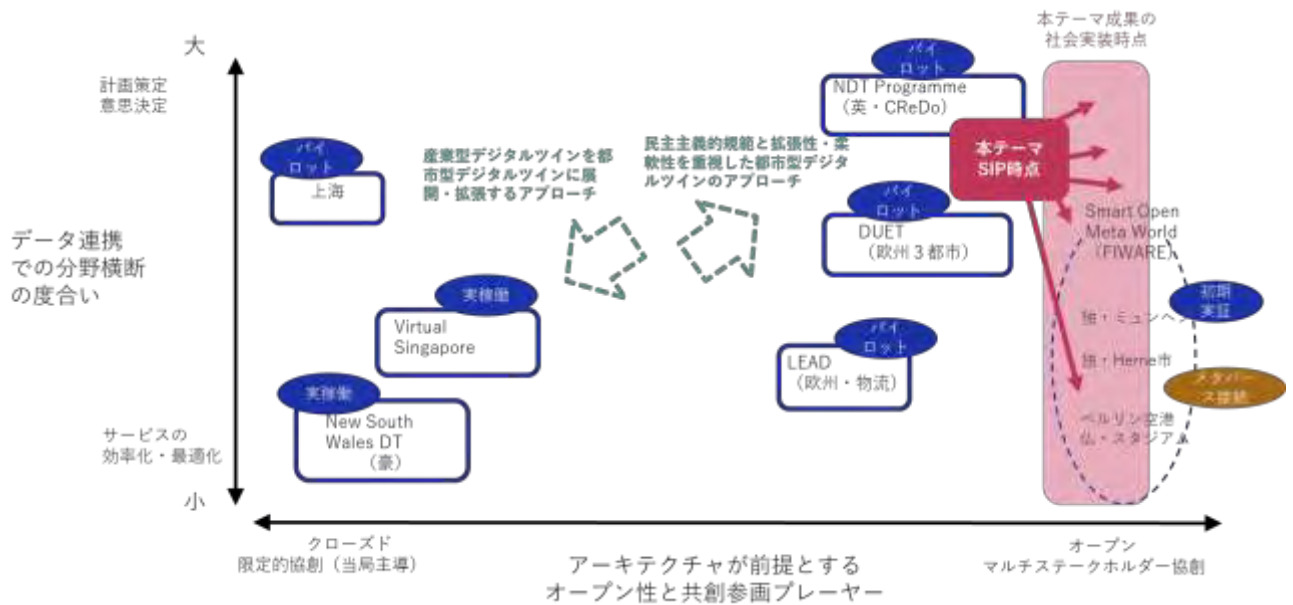
## 3. データ利活用・変革アーキテクト・新規起業を実地ベースで行なう大学院コースの設置

既存大学組織にて好適な部局を選定の上、前記の推進協力団体が参画した人材育成プログラムを開発し追加。これにより、HRL5 を目指す。

## ② 実施内容

「オープンアーバンデジタルツイン」については、デジタルツインを活用してスマートシティを目指す自治体及び参画する企業にとって、また我が国が地域相互に繋がりサイバー空間を活用する上で不可欠な技術であり、広範囲にわたって横断的に活用できる技術分野となりうる。

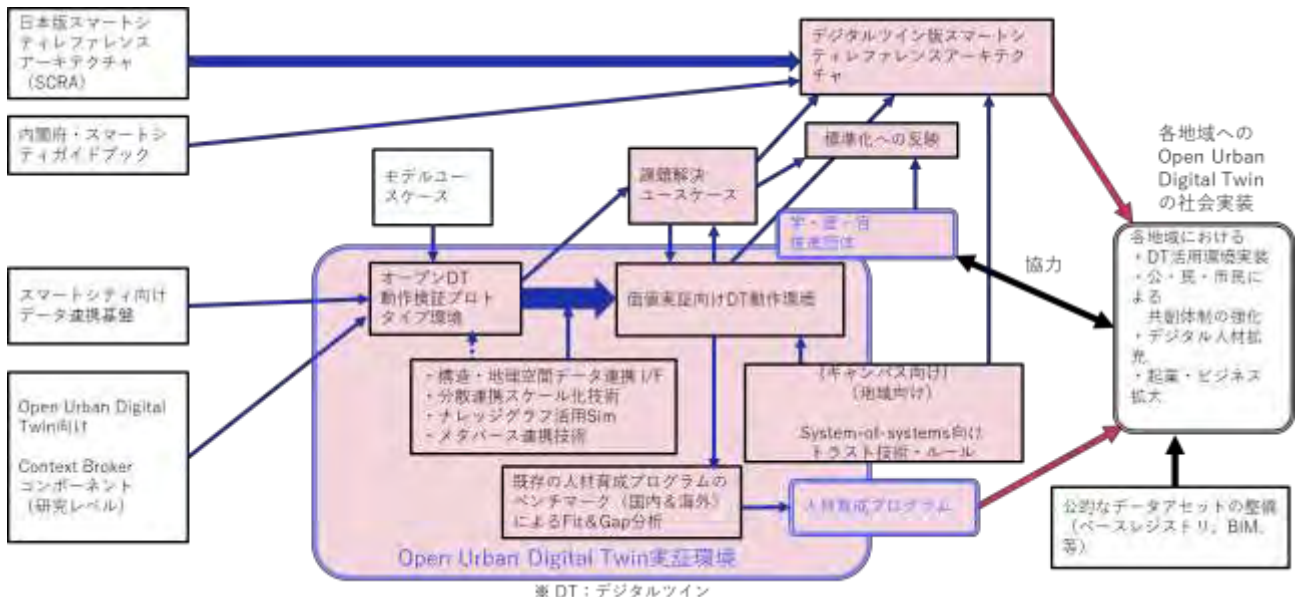
先行する都市型デジタルツインは、産業デジタルツインと類似の中央集権的アプローチで運営の効率化を追求している。また、近年、欧州では市民主権・グリーン変革に向け疎結合・分散型の都市デジタルツイン実証が進行中であり、日本の SCRA とも整合している。



図表 III-24. 都市型デジタルツインの開発動向

上記の「都市型デジタルツインの開発動向」を踏まえ、スマートシティ分野でサイバー空間からリアルへの価値環流を高めるデジタルツイン(疎結合型で逐次スケール可能なマルチステイクホルダー向けの都市型デジタルツイン)技術を開発し、地域運営の全体最適化と市民生活の充実の両立を可能とすることを旨とする。

この目的に必要な技術群を開発するとともに、社会実装の先駆エコシステムとして大学のキャンパス経営課題に対する有効性実証で産官学が協働する体制を作り、早期の技術価値検証による国際標準化での地位を強化しつつ、アーキテクト人材・起業人材の育成を図る。これら成果を反映したデジタルツイン版スマートシティレファレンスアーキテクチャを策定し、日本各地域への社会実装のガイドラインとする。



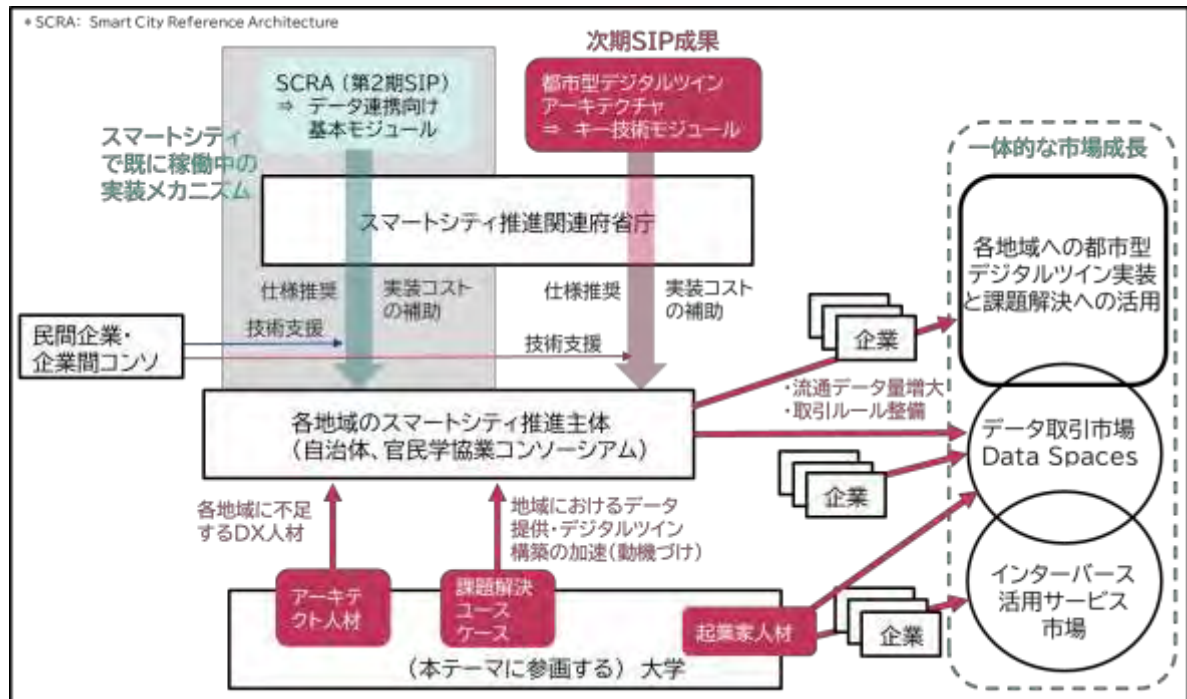
図表 III-25. 実施内容(図中のピンク色の箇所が SIP での実施内容)

想定する成果は以下の通り。

- ・現行の SCRF が提供するデータ連携の相互運用性とオープン性を継承しつつ、本格的なサイバー空

- 間活用に対応可能な都市型デジタルツイン向け情報マネジメント技術とレファレンスアーキテクチャ
- 都市型デジタルツイン及びサイバー空間連携下での仮想空間最適化技術とマルチスケール化技術
- 大学に先行実装した分野横断デジタルツインの活用による経営戦略・意思決定レベルでの課題解決ユースケース
- 上記を活用した技術標準化とルール作りにおける日本の地位向上
- 上記の技術検証とユースケースづくりを大学にて実地に行うことによる、アーキテクト及び起業家に関する若手人材育成

SIP における「オープンアーバンデジタルツイン」の社会実装メカニズムは、(1)各地域における我が国全体で共通なデジタルインフラ(情報基盤)の整備、(2)地域のデジタル変革を担う人的・ビジネス的なエコシステムづくりと人材拡充、の両面から進める必要があり、下図のような社会実装の仕組みを想定している。



図表 III-26. 本研究開発テーマの社会実装イメージ

## (9) (研究開発名:b-2 ヘルスケアという個別ユースケースにおけるデジタルツイン活用の研究と実装)

GAFAM 等の世界的大企業が仮想空間サービスに参入する現状において、本課題候補は「フィジカル空間への価値の還元」を我が国の勝ち筋と定義している。新型コロナウイルス感染症の流行を皮切りに、フィジカル空間の一部機能をサイバー空間へ移行したサービス(オンライン診療や健康食の宅配サービス等)が増加し、フィジカル空間とサイバー空間の連携により価値を還元する仕組みの構築がより重要となった。

また、我が国は医療・健康の分野で先駆的に社会課題を抱えており、この分野でバーチャルエコノミーのユースケースを創出できれば、世界に対して優位性を確保できる( I 章参照)。加えて、本課題候補は、「業界・分野の枠を超えた連携を活かし、基礎研究から社会実装まで一貫通貫で取り組む」ことを目標としている。以上を踏まえると、「健康・介護の分野でフィジカル空間への価値還元のユースケースを、業界を超えた連携で社会実装まで実現すること」、が重要な取組となる。

一方で、これらを実現するためには、以下のような課題が存在する。

- ・ 医療・健康の分野:要配慮個人情報、利活用目的に応じて、正確に・安全に取り扱う必要がある。また、医療・健康データが、各サービス事業者に蓄積されており、各個人の単位で集約できていない
- ・ フィジカル空間への価値還元:価値を享受する一般市民からフィードバックを受けながら、スピード感を持ってサービスを開発する必要がある
- ・ 業界を超えた連携による社会実装:サービス事業者に限らず、医療機関、研究機関、自治体、ベンチャー企業等の幅広い事業連携が必要になる

上記の課題を解決するため、本テーマでは、以下の3点を目的として研究開発を推進する。

- ・ フィジカル空間に分散している個々人の医療・健康データを、サイバー空間に集約するためのプラットフォームの構築
- ・ 収集した医療・健康データを容易に分析できるエコシステムの構築
- ・ サイバー空間で創出した価値を還元し、一般市民と共にサービスを開発する実証フィールドの構築。また、具体的なヘルスケアサービス・行政サービスの開発

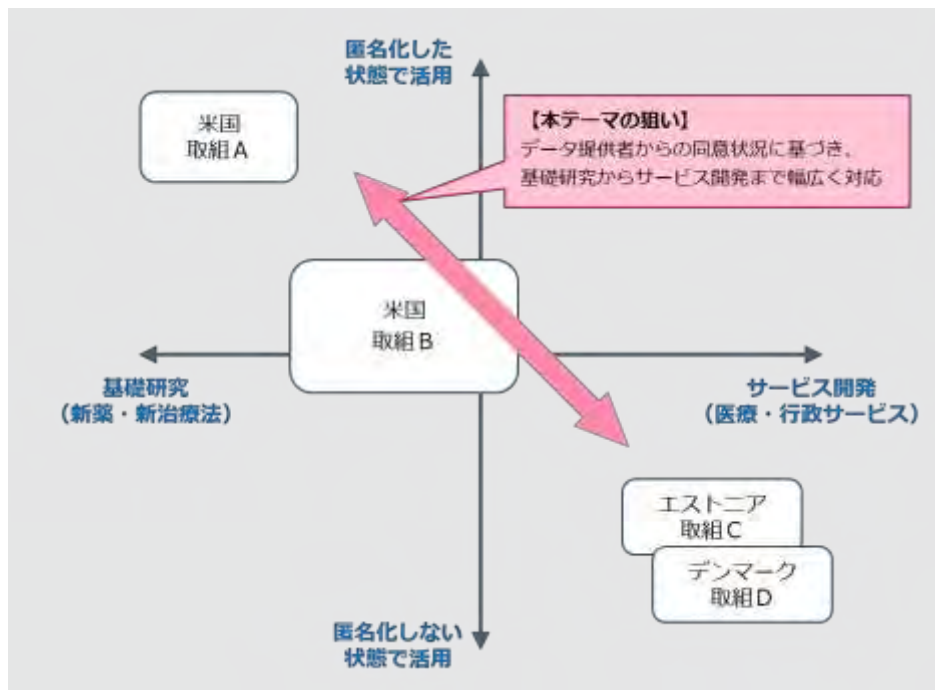
また、本テーマによって創出される付加価値によって、下表に挙げる社会課題の解決が促進される。

健康・介護分野の社会課題とその解決方針	サイバー空間で創出される付加価値(例)
【高齢化による働き手減少・社会保障費の増大】 →病気の予防・早期発見、健康寿命の延伸	最適な運動・睡眠・食事の提案 ・ 過去の医療・健康情報に基づく将来予測 ・ ありがたい姿の維持・実現に向けた行動支援
	いきいきと働き続けられる仕事とのマッチング ・ 治療内容、リハビリ内容の考慮 ・ 健康状態、ライフスタイルに適した仕事の探索
【生活水準・居住地域による医療格差】 →場所を限定しない健康・医療サービスの提供	個々人に適した医療リソースとのマッチング ・ 個人の症状、生活様式を踏まえ、在宅診療・かかりつけ医・病院等のリソースを最適化
	遠隔地・自宅からの治験参加 ・ 治験実施医療機関へ通院せずに治験に参加
【現状では治療困難な疾病への対応】 →新治療法・新薬の効率的な開発	治療可能な範囲の拡大 ・ 低侵襲治療の開発、副作用の回避 ・ アンメットメディカルニーズの高い領域における創薬を加速
	治療用アプリの効率的な開発

健康・介護分野の社会課題と その解決方針	サイバー空間で創出される付加価値(例)
	・ 生活と治療を両立するアプリのアルゴリズム開発を加速

図表 III-27. 創出される価値と社会課題

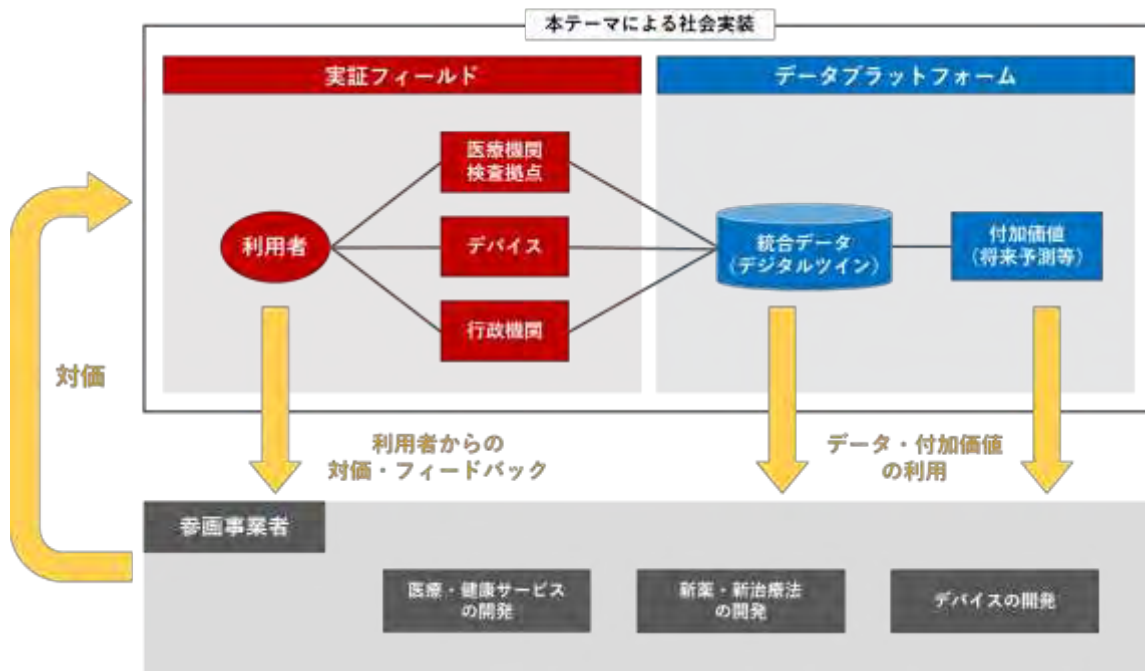
海外には、本テーマのように医療・健康データを集約・活用する取り組みが既に存在する。一方で、下図に示すとおり、「匿名化されたデータベースを基礎研究に活用する事例」と「匿名化されていない医療・健康データが医療機関・行政機関に共有される事例」が単独で存在している状態にある。本テーマの狙いは、データ提供者からの同意状況を正確に制御することで、研究開発から医療・行政・民間サービスまでを広くカバーすることである。すなわち、「提供者から同意が得られない場合は、匿名化して基礎研究に活用し」、「提供者から同意が得られた場合は、提供者起点の医療・行政・民間サービスに展開する」といった柔軟性を実現する。



図表 III-28. 類似取組のポジショニング

### ① 研究開発目標

本研究開発テーマの目標は、デジタルツインの個別ユースケースとして、ヘルスケア領域で事業を確立することである。具体的には、下図に示すようなエコシステムが継続的に成立し、参画事業者が持続的にメリット(実証フィールド及びデータプラットフォームの利活用)を得られる状態を構築する。また、そのようなメリットが提示できれば、実証フィールドやデータプラットフォームの収益も確保され、さらなる機能拡充や全国展開にも発展できる。



図表 III-29. 本テーマの社会実装イメージ

また、「ミッション到達に向けた5つの視点」に従い、研究開発目標の詳細を下表に示す。

[研究開発目標]

観点	目標レベル	達成すべき状態
技術開発 (TRL)	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>EMR/PHR、その他サービスのデータを連携し、サイバー空間で分析する仕組みが構築されている</li> <li>以下の技術の実用性が検証されている <ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性保証に向けた、個人同意管理とトラストの確保 (情報提供者が情報の提供/停止を管理できる、トレーサビリティと信頼性の確保)</li> <li>あらゆる情報及び軸での層別化</li> <li>時系列データによる将来予測</li> </ul> </li> </ul>
事業 (BRL)	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビジネスモデルが以下の観点で検証されている <ol style="list-style-type: none"> <li>自社事業の価値向上を目的として、参画事業者が、プラットフォームを活用し、サービスを開発できる</li> <li>一般の生活者が、上記サービスを利用し、評価できる</li> <li>1.と2.を通じて、プラットフォームの収益性が確認できる (参画事業者がプラットフォームを有償利用することの確認)</li> <li>実証フィールド及びプラットフォームを活用して開発されたサービスが、全国でも利用できる</li> </ol> </li> </ul>
制度 (GRL)	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビジネス開発を行う上で必要な、以下のガイドラインが整備されている <ul style="list-style-type: none"> <li>改正個人情報保護法と整合するガイドライン</li> <li>データ活用における倫理基準</li> <li>利用事業者におけるセキュリティ管理基準</li> <li>データの標準仕様、それに準じたバリデーションの手法</li> </ul> </li> </ul>
社会的受容性 (SRL)	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>サービス利用者に対するアンケート調査によって、以下の項目の社会的受容性が検証されている <ul style="list-style-type: none"> <li>自身の医療データをプラットフォームに流通させること</li> <li>生活の中でのバイタルデータを、センサ・デバイス等で取得すること</li> </ul> </li> </ul>



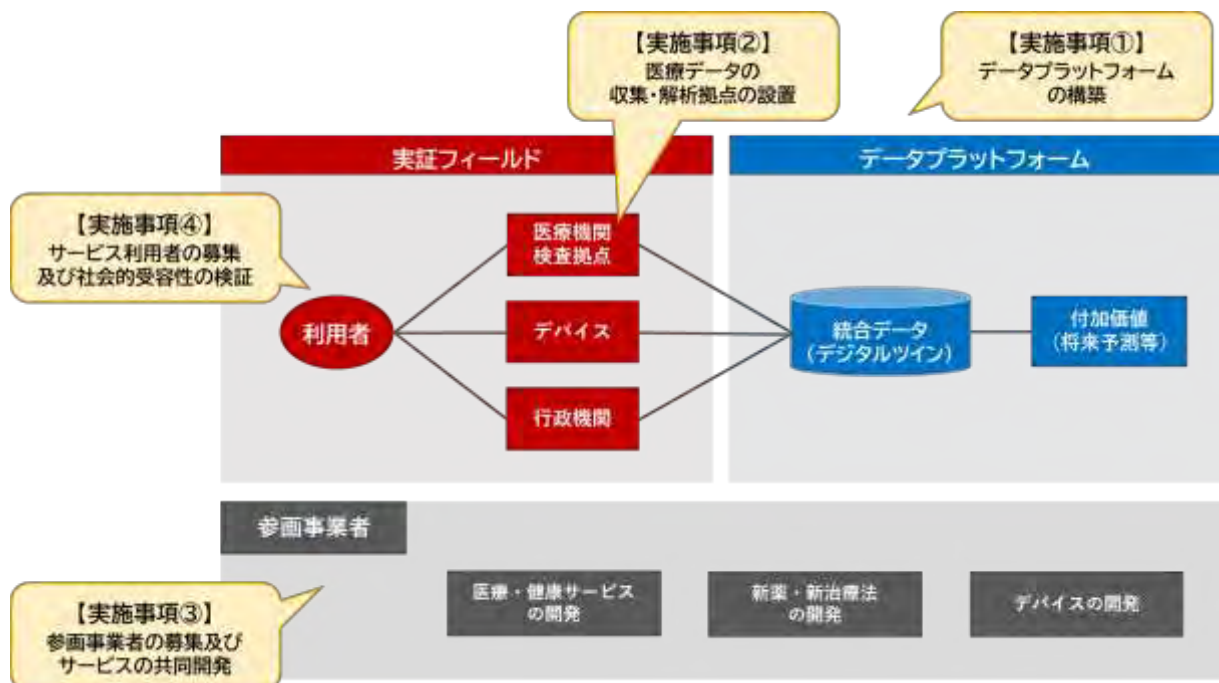
観点	目標レベル	達成すべき状態
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 自身の生活のために、取得したデータを利用すること</li> <li>➢ 事業者が、取得したデータをサービス開発・事業開発のために利用すること</li> </ul>
人材育成 (HRL)	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実証フィールド・プラットフォームを活用してサービスを開発する中で、以下の人材が育成されている <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 医療・ヘルスケアの事業者間連携によるサービス開発をプロデュースできる人材</li> <li>➢ 医療・ヘルスケアの知識が豊富なデータサイエンティスト</li> <li>➢ 生活者にサービス利用を促進する IT コンシェルジュ・健康アンバサダー</li> </ul> </li> </ul>

図表 III-30. 研究開発目標

## ② 実施内容

前述の研究開発目標を達成するため、本テーマでは以下の 5 点を実施する。

- ・ 【実施事項①】 本人の同意に基づき健康・医療データが流通し、データの階層化・将来予測・信頼性担保等の機能を持つプラットフォームの開発
- ・ 【実施事項②】 医療データを収集・解析する拠点の設置
- ・ 【実施事項③】 プラットフォーム参画事業者の募集及びサービスの共同開発
- ・ 【実施事項④】 サービス利用者(生活者)の募集及び社会的受容性の検証
- ・ 【実施事項⑤】 サービス実証から得た経験やノウハウを資料化及び教育方法の整備

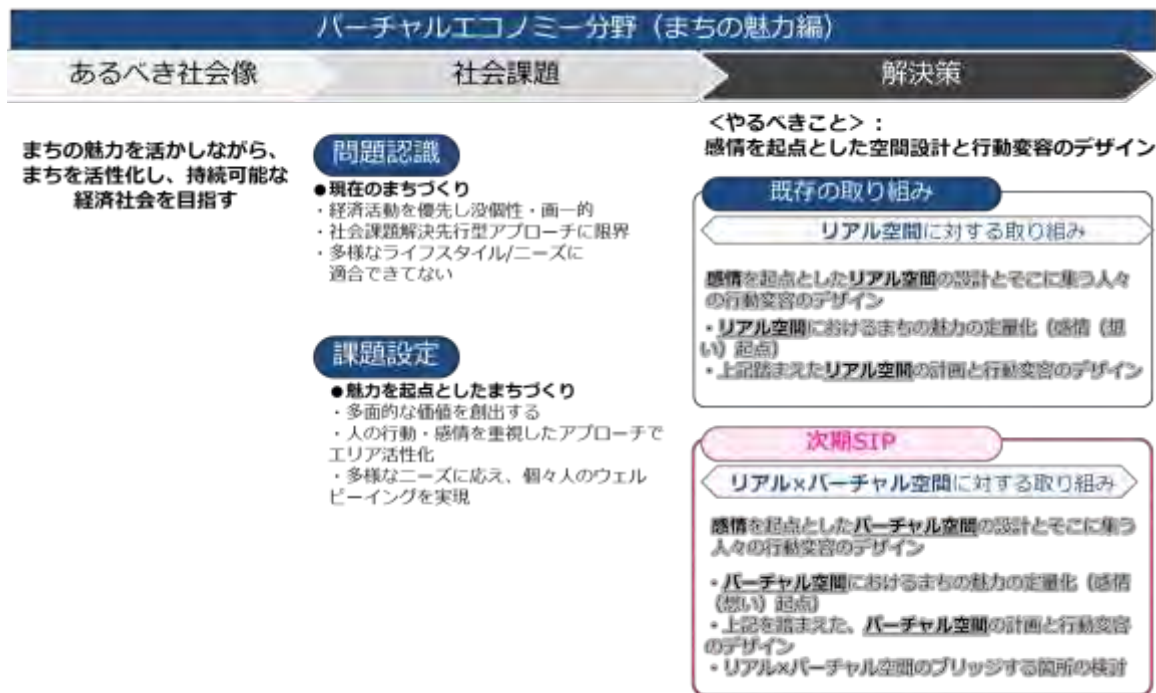


図表 III-31. 本テーマの実施事項

## (10) (研究開発名:b-3 まちの魅力づくりに活用するためのデジタルツイン技術等の研究と実装)

現行のまちづくりでは経済活動が優先され、没個性・画一的なものになっている。また、社会課題解決先行型のアプローチの限界が見えつつあり、現代の多様なライフスタイル・ニーズに適合できていない。そこで、多面的な価値を創出し、多様なニーズに応えた個々人のウェルビーイングを実現するためにも、その地域の持つ個性的な魅力を起点とし、人の行動・感情を重視したアプローチによる、まちづくりを行うことが重要である。また、デベロッパーや小売業、各自治体等からのまちづくりの対するニーズ、個別ユースケースとして、オープンかつ洗練されたデジタルツインの活用により、まちの魅力度向上を図ることは、本ミッションにとって重要である。

よって、本研究テーマでは、感情を起点としたフィジカル空間とサイバー空間の接続設計と人々の行動変容をデザインするための指標等の開発と社会実装を目指す。



図表 III-32. 本研究開発テーマの概要

### ① 研究開発目標

バーチャルエコノミー拡大に必要な「まちの魅力づくりに活用するためのデジタルツイン技術等の研究と実装」として、以下を目標として設定する。

[研究開発目標]

#### 1. デジタルツイン技術等の活用型事業における開発・実装の推進

「感情を起点とした空間設計と行動変容のデザイン」、「フィジカル／サイバー空間連携のためのデジタルツイン技術等の検討と方策」を行う。2024年度までにTRL4に到達、事業モデルの検討・検証を通じて2026年度までにTRL6、BRL3に到達、既存にはない新たな事業開発を2027年度までにBRL5まで到達することを目指す。

### ② 実施内容

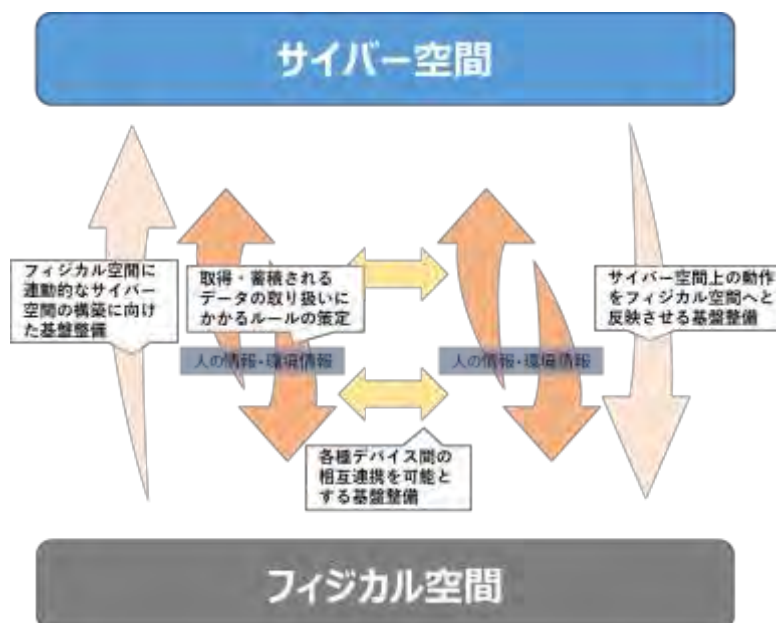
本研究開発テーマでは、以下を主な実施内容とする。人の行動・感情を重視したまちの魅力度づくりに向け、人の感情の類型化・定量化の手法構築、人の行動・活動の整理、まちの特徴の定量化を行う。アカデミックな検討、並びに技術開発のみならず、社会実装に向けて事業モデルやセキュリティ等、各種人材の育成に

についても検討を行う。

- A) 感情を起点とした空間設計と行動変容のデザイン
  - A-1. 感情の類型化・定量化(フィジカル／サイバー空間)
  - A-2. 行動・活動の整理(フィジカル／サイバー空間)
  - A-3. まちの特徴の定量化(フィジカル／サイバー空間)
- B) フィジカル／サイバー空間連携のためのデジタルツイン技術等の検討と方策

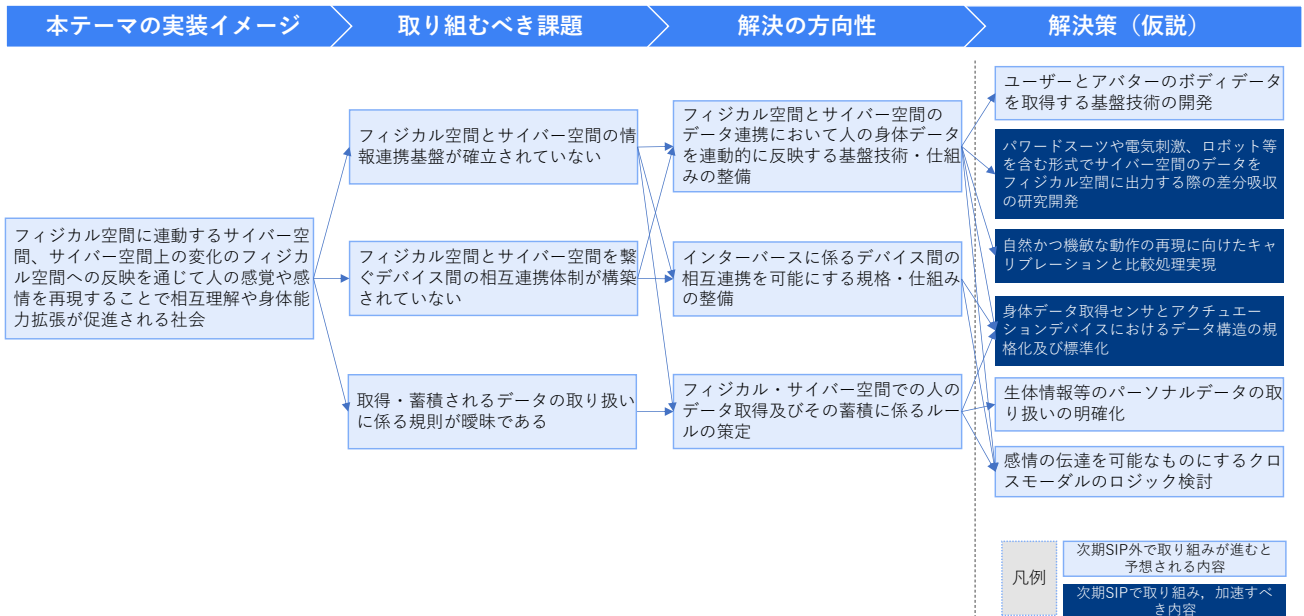
### (11) (研究開発名:c-1 SDK・ソフトウェア機能コンポーネント群の開発)

バーチャルエコノミー拡大のためには、ハード及びソフトの両面におけるフィジカル空間とサイバー空間の接続や、デバイス間の相互連携を可能にする情報基盤が重要であるが、この領域に注力しているプロジェクト等は国内外で限定的である。情報基盤の開発・整備を進めるためには、フィジカル空間からデータを取得し蓄積する連動的なサイバー空間、及びサイバー空間上の動作をフィジカル空間へ反映させる基盤となり、かつフィジカル空間とサイバー空間の接続を担う各種デバイス間の相互連携を可能とする技術や仕組みの整備が必要となる。また、取得・蓄積されるデータの取り扱いに係るルール策定も必要となる。よって本課題候補では、SDK(ソフトウェア開発キット)・ソフトウェア機能コンポーネント群の開発をテーマとして実施することとする。



図表 III-33. バーチャルエコノミー拡大に係る基盤整備において必要となる検討項目イメージ

また、バーチャルエコノミーにおいて目指される社会像と現状とのギャップからこれらの取組が抽出されるプロセスについて以下に図示する。



図表 III-34. 本研究開発テーマの概要

以下に、本研究開発テーマの類似プロジェクトのポジショニングマップを示す。現行の国内外におけるサイバー空間とデバイスを接合する基盤に関するプロジェクトは、全体の件数が限定的であることに加え、汎用性・実用性が高い複数デバイス・複数空間に対応し、かつ具体的・物理的な実装イメージに則したプロジェクトという形式をとるものはさらに少ない。日本が国内外のバーチャルエコノミー拡大をけん引していくためには、この領域を対象として検討を進める必要がある。



図表 III-35. バーチャルエコノミーの基盤構築検討に係るポジショニングマップ

これらを踏まえ、本課題候補では、一体的なバーチャルエコノミーの拡大や成果の国外への発信を踏まえ、以下の2点に取り組む。

- ・ フィジカル空間とサイバー空間のシームレスな情報連携に向けたキャリブレーション、比較処理、差分吸収の研究
- ・ センサーとアクチュエーションデバイスのデータセットの標準化

## ① 研究開発目標

本研究開発テーマでは「フィジカル空間とサイバー空間のシームレスな情報連携に向けたキャリブレーション、比較処理、差分吸収の研究」及び「センサーとアクチュエーションデバイスのデータセットの標準化」の2つの項目において、下記の通り研究開発目標を設定している。

### [研究開発目標]

#### 1.フィジカル空間とサイバー空間のシームレスな情報連携に向けた研究

SIP 期間中に、キャリブレーション、比較処理、差分吸収の研究を踏まえたフィジカル空間とサイバー空間のシームレスな情報連携に基づくサービスインフラ及び SDK を実装し、SIP 終了後もローンチパートナー・スタートアップ企業に継続的に利用される状態を目指す。これにより、TRL7 到達を目標とする。

#### 2.センサーとアクチュエーションデバイスのデータセットの標準化

SIP 期間中に、インターバースに係るデータ構造規格の策定・国際標準化を目指す。これにより、GRL6 到達を目標とする。

## ② 実施内容

本研究開発テーマでは、以下の内容を実施する。

- A) フィジカル空間とサイバー空間のシームレスな情報連携に向けた研究
- B) センサーとアクチュエーションデバイスのデータセットの標準化

A においては、フィジカル空間における自然かつ機敏な動作を運動的に再現する際に必要となるキャリブレーションと比較処理の実現に資する技術的研究開発を行うほか、パワードスーツや電気刺激、ロボット等を含む形式でサイバー空間のデータをフィジカル空間に出力する際に必要となる差分吸収の研究開発を進める。

B においては、身体データの取得におけるセンサと、サイバー空間の身体データをフィジカル空間へと出力するアクチュエーションデバイスに関し、データ構造の規格化及び標準化を進めることで、各空間及びデバイスの間の相互連携を可能とする。

以下に、本研究開発テーマを基にし、インターバースにおけるサービスインフラの基盤となる技術・仕組みの整備が進み社会実装された際のイメージを示す。

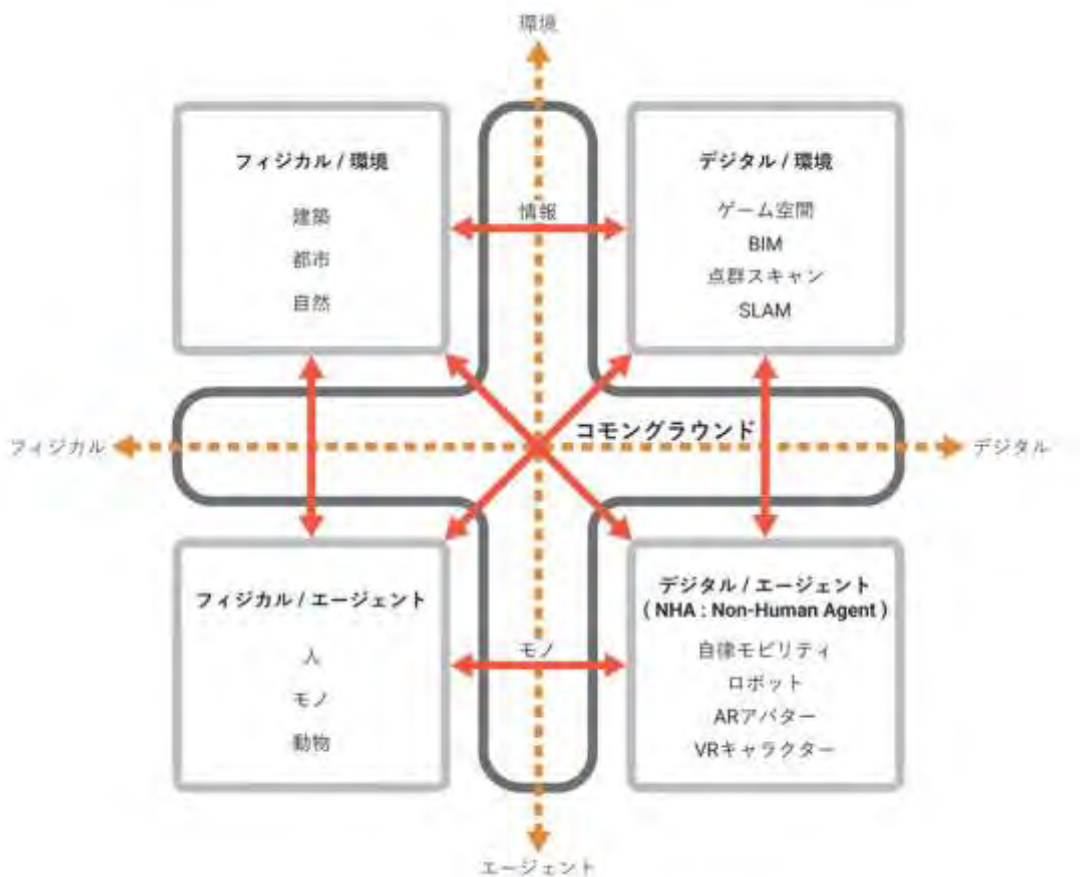


図表 III-36. 本テーマの想定成果を踏まえたバーチャルエコノミー基盤の社会実装イメージ

(12) (研究開発名:c-2 動的なサイバー/フィジカル連携を実現する汎用プラットフォームの開発)

サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合するためには、両者をデータで繋ぐ情報基盤(プラットフォーム)の存在が非常に重要である。また、国内外の技術開発動向を見ても、デジタルツイン関連領域に注力しているプロジェクトは手薄であり、我が国が世界市場をリードする機会となり得る(詳細はⅡ. 2. 現状と問題点を参照のこと)。

サイバー空間とフィジカル空間における情報の所在を、エージェント/環境という視点も含めて区別すると、下図のような4象限で表現できる(図中ではサイバー空間を「デジタル」と記載)。例えば、昨今急速に整備が進められているデジタルツインは、「フィジカル/環境」の情報を「デジタル/環境」に複製し、「デジタル/エージェント」が利用することを想定している。



図表 III-37. サイバー空間とフィジカル空間の連携<sup>2</sup>

このような視点で情報の所在を捉えたとき、各区分に存在するデータの連携・統合には以下のような課題が存在する。

- ・ 「デジタル/環境」においてデータを記述する際、様々な空間・時間スケールの記述体系が独立して存在しており、十分な相互利用ができていない(具体例は以下のとおり)。
- ✓ GISのような都市スケールで静的な記述

<sup>2</sup> 東京大学生産技術研究所 5 部 豊田研究室, 「エージェントと環境、フィジカルとデジタルによる四象限」, 2022 年 12 月 26 日参照, <https://commonground.iis.u-tokyo.ac.jp/research/independent/107/>

- ✓ BIMのようなミリ単位のスケールで静的な記述
- ✓ AR/VRのような人間が認知可能なスケールでリアルタイム性のある記述
- ✓ ブロックチェーンのような空間性を持たない領域
- ・ 産業ドメインによって、上記のデータ形式・時空間スケールが異なるため、異なる産業間でのデータ蓄積・相互利用が進まない。
- ・ 将来的に 4 象限の間で相互的なデータ連携を検討する際、各区分に属する記述体系やエージェントの仕様ごとに連携方式を整備することになり、組合せが発散してしまう。
- ・ 「デジタル／環境」←→「フィジカル／エージェント」間、「フィジカル／環境」←→「デジタル／エージェント」間、「デジタル／環境」←→「デジタル／エージェント」間の連携技術は、世界的に見ても取り組みが少ない(なお、「デジタル／環境」←→「フィジカル／環境」間は PLATEAU、「デジタル／エージェント」←→「フィジカル／エージェント」間は RobotOS 等で検討されている)。

上記の課題の解決策として、本研究開発テーマでは、「産業ドメインや時空間スケールによって分断されているデータ記述体系を統合し、汎用かつ多様なエージェントに可読な状態を提供するプラットフォームの構築」に取り組む。本取り組みによって想定される成果(SIP 終了後も含む)は、以下のとおりである。

1. 空間記述データが汎用かつ多様なエージェントにより可読になる(本研究開発の直接的な成果)
2. 個別産業内での参入コストが低下する
3. 異なる産業のデータがプラットフォーム上に蓄積される
4. 異なる空間記述間の連携と体系化・全体最適化が進む(特に、身体情報と空間情報)
5. フィジカル空間のあらゆる情報(トランザクション)がデジタル化される
6. フィジカル空間の情報における機械学習・コンテンツ開発・情報の多量化による、二次的な付加価値の生成が促進される

上記のシナリオのうち、「5.フィジカル空間のあらゆる情報(トランザクション)がデジタル化される」状態へいかに早く到達するかが重要であり、そのためには、推進体制に工夫が必要である。網羅的なサイバー/フィジカル連携を実現するためには、体系化・実装に多額の費用を要し、単独の事業者で達成することは難しい。したがって、複数企業が連携し、本課題候補のような国家プロジェクトの枠組みも活用しながら、社会課題として取り組む必要がある。このような枠組みには、資金的な問題の解決だけでなく、データの寡占が発生しないというメリットも存在する。この点において、米中型や欧州型の体制と比較しても、我が国の優位性が確保できる(下表)。

	米中型	欧州型	日本型
体制概要	巨大IT企業が単独で開発	EU主導でSocial good/ecoを目的に活動	企業連合型 (現時点では存在しない)
メリット	圧倒的な技術力と資金力の投下が可能	「正しい」目的のため、ルール作りを先行して行う	データの寡占が起きない →データがオープン化される 社会的メリットがある
デメリット・注意点	すべてのデータが1社に集中することへの社会的懸念と揺り戻しがある	技術・資金の集中が起きにくい	仮想実装都市として現実の都市を提供できる座組が必要 →大規模展示会等の利活用

・建設・都市開発関連でC-P連携を行おうとしたKaterra, Sidewalk Labs (Google傘下)はそれぞれ倒産・縮小  
 ・中国Alibaba, Tencentはステルス化(非公開型)に進んでいる

IFC(BIM)  
 GDPR(個人情報保護)  
 FIWARE(スマートシティ)  
 など各ドメインの情報規格標準化

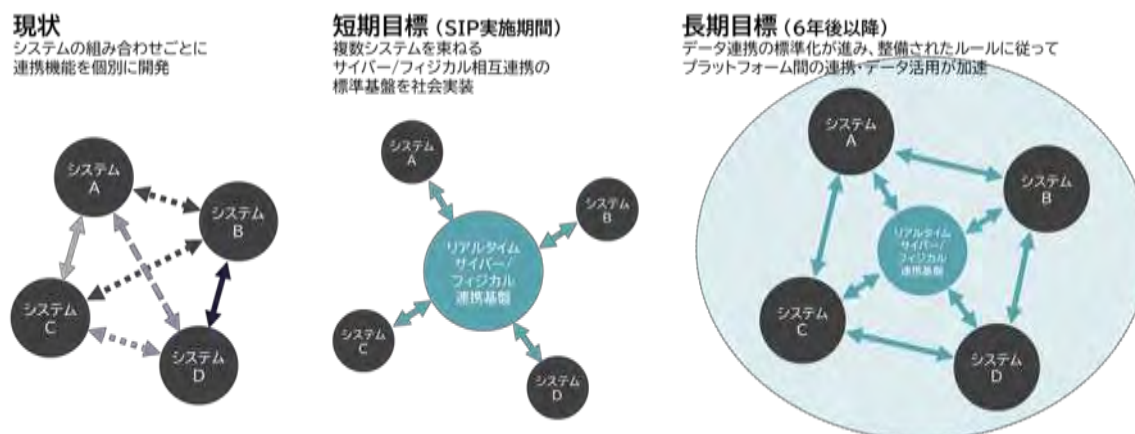
★日本型で進めるべき  
 企業が適合できれば日本も  
 世界トップの技術力を持つ

図表 III-38. 研究開発の推進体制(再掲)



## ① 研究開発目標

本研究開発テーマの目標は、SIP 実施期間中に、複数のシステムを束ねるサイバー/フィジカル相互連携の標準基盤を社会実装することである。また、SIP 期間の終了後には、さらにデータ連携の標準化が進行し、プラットフォームを利用するシステム同士の連携・相互利用が促進されている状態を目指す。



図表 III-39. 本テーマの研究開発目標

詳細な目標は、下記を現状想定している。

### [研究開発目標]

- ・ 2027 年度までに、構築されたプラットフォーム上において、複数の分野(教育・医療・イベント等)のアプリケーション事業を実装する。これにより、TRL7、BRL6、SRL6 到達を目標とする。
- ・ SIP 期間の終了後も、プラットフォームを利用する事業者が増加し、継続的に利用される状態を目指す。これにより、TRL7、BRL7、SRL7 到達を目標とする。

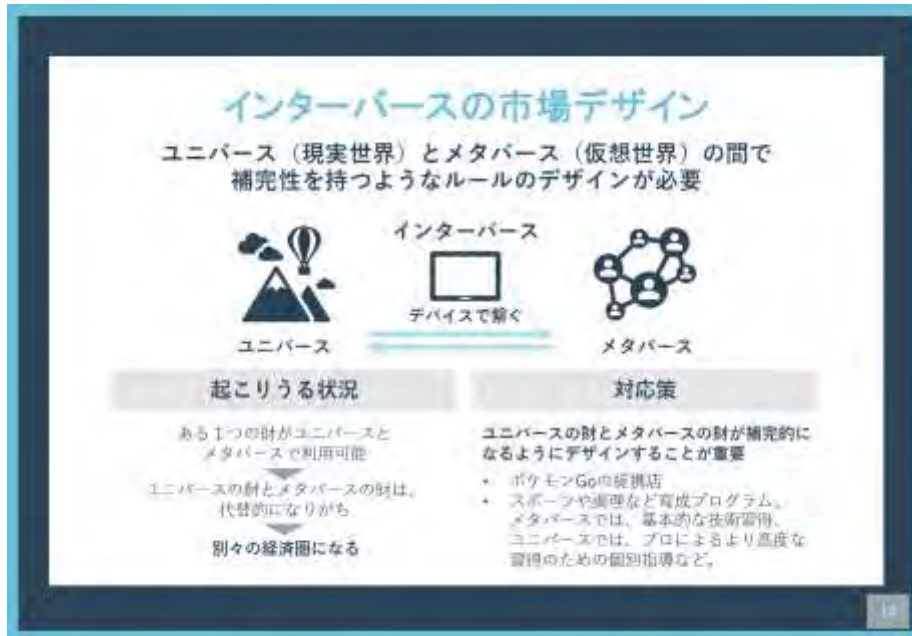
## ② 実施内容

本研究開発テーマでは、以下の 3 点を主な実施内容とする。これらの取組みを通じ、基礎研究の開発からスタートし、最終的には民間事業者によって自走可能なエコシステムへの発展までを目指す。

- A) バーチャルエージェント向け及びフィジカルエージェント向けの技術開発
- B) 大規模展示会や大規模イベントの利活用(海外拠点・地方都市との接続実装等)
- C) プラットフォームの開発・運用及びコンソーシアムの整備

### (13) (研究開発名:c-3 バーチャルエコノミー圏の市場メカニズムデザイン)

バーチャルエコノミー拡大のためには、市場の特徴に合わせた取引ルールを早期からデザインしておくことが重要である。インターバースの領域においては、フィジカル空間(現実世界)とサイバー空間(仮想世界)との間で、補完性を持つような市場ルールのデザインが必要になってくる。



慶應義塾大学 栗野盛光先生公演資料 @HARCS2022より引用

図表 III-40. 市場に合わせた取引ルール

インターバース上には多数のプラットフォームが作られることが想像され、うち成功するプラットフォームが複数創出されることがバーチャルエコノミーの拡大につながる。このプラットフォーム運営の鍵となるのは、市場の厚み、混雑の解消、安心安全などであり、特に市場の厚みを出すためのネットワーク効果を活用する市場デザイン手法を意識的に取り込むことが重要となる。

## プラットフォームの成否を決める条件

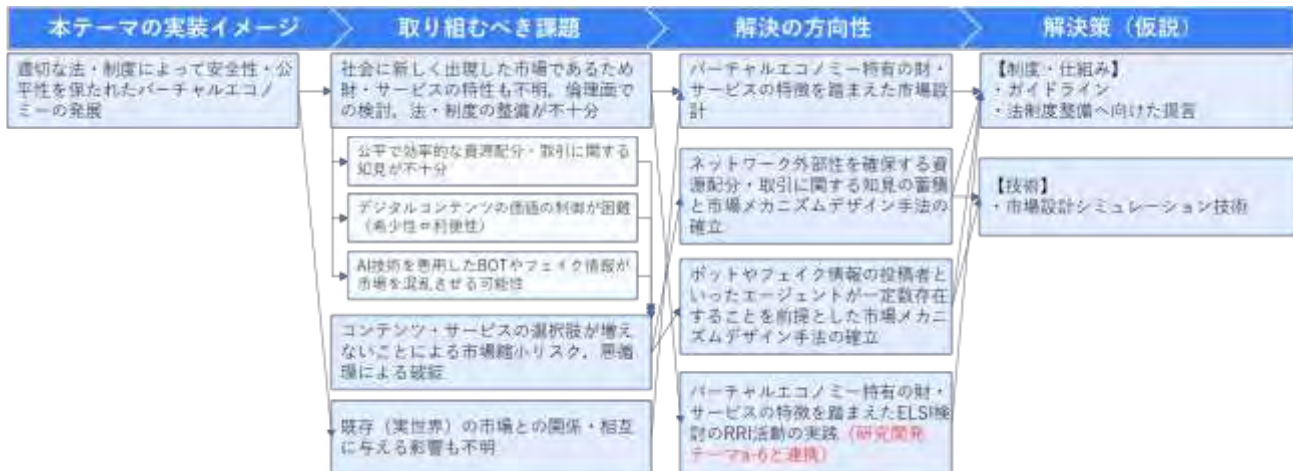
データ分析は第一歩、ルールのデザインが重要である。



慶應義塾大学 栗野盛光先生公演資料 @HARCS2022より引用

図表 III-41. 現状想定される市場形成のポイント

そこで、本研究開発テーマでは、バーチャルエコノミーと実世界を繋ぐインターバース経済圏の提供者・利用者を増やし、ネットワーク効果を発揮する市場メカニズムを設計することを目指す。同時に、フィジカル空間世界とサイバー空間世界の市場が補完性を持つようなプラットフォーム運営に関するルールも設計していく。経済学的知見に基づき設計されたルールをシミュレーションと実証実験を用いて検証すると同時に、技術の発展と社会実装に伴って生じる倫理的・法的・社会的課題を並行して検討する研究を実施し、これらをまとめたガイドラインとして公開する。なお、研究開発テーマ a-6 の ELSI に関する課題の抽出と対策の成果も鑑みて、市場デザインを行っていく。ELSI に関する課題からは、各インターバースが分断されるのではなく、相互に互恵関係になるような市場デザインや調停基盤の構築が求められると考えられる。



図表 III-42. 本研究開発テーマの概要

## ① 研究開発目標

市場メカニズムデザイン手法として、以下を目標として設定する。

### [研究開発目標]

#### 1.市場メカニズムのデザイン設計

事業前半で経済学的方法論に基づく仮説のシミュレーター検証により TRL4 に到達、2027 年までにプロジェクト内のテーマと連携することで TRL6 到達を目指す。

また、サイバー空間・インターバースプラットフォームエコシステム事業者向けガイドラインの策定・公開（GRL6、SRL6）を目指す。

## ② 実施内容

本研究開発テーマでは、下記の3つを実施する。

- A) 経済学的知見の整理
- B) シミュレーションによる仮説検証
- C) RRI 活動の実践的研究

A に関しては、フィジカル空間の経済との類似性からの仮説構築、フィジカル空間の経済との相違点からの仮説構築を行う。

B に関しては、人間以外のエージェントを含む経済活動のシミュレーション、シミュレーションによる財・サービスに対する価値・資源の分配ルール評価を実施する。

C に関しては、研究開発テーマ a-6 の ELSI に関する課題の抽出と対策と連動して進めていくとともに、関係者参加によるデザインワークショップなどに代表される共創アプローチを実施することを想定している。

なおネットワーク効果が重要なサービス市場では、理論上、初期段階からある程度の利用者数や提供者数を確保しないと「参加しない」ことが全利用者・提供者にとって利益最大の解となるナッシュ均衡に陥ることとなる。一方、初期段階からある程度の利用者数や提供者数を確保できれば「参加可能な人数全員が参加する」ことが全利用者・提供者にとって利益最大の解となるため、フィジカル空間とサイバー空間の財に補完性を持たせることで、融合した経済圏となるように市場ルールを設計するなどの工夫により、初期段階からある程度の利用者数や提供者数を確保することを目指す。

#### (14) (研究開発名:d-1 バーチャルエコノミー人材育成)

Ⅱ章「4.SIP での取組(サブ課題)」でも述べたが、バーチャルエコノミーの拡大に向けては、新領域市場のエコシステム創造を行っていくことが重要であり、技術開発はもとより、コンテンツ開発やサービス開発までも付加価値の源泉となる。よってエンジニアリング人材に加え、コンテンツクリエイターやサービス開発人材、果ては経営人材など多様な人材の確保が必要になってくる。国内におけるバーチャルエコノミー関連の教育の現状をマッピングすると下図になる。例えば、日本バーチャルリアリティ学会が実施しているVR技術者認定講習会では、サイバー空間のモデリング技術から脳神経系に至るまで広く学ぶことができる。

このように技術関連とコンテンツ開発を学習できる場はある程度整備されているが、サービス開発や新事業開発スキルなどを学ぶ環境はまだ整備されていないため、多様な人材の確保・育成のための教育規格を検討していくことが必要である。よってバーチャルエコノミー人材育成を研究開発テーマとして設定した。



図表 III-43. 国内における現状のバーチャルエコノミー関連教育(再掲)

特に SIP の注力領域であるインターバースに関しては、製造業などフィジカル空間に関連する企業群が参画する領域でもあり、この企業群がコンテンツ開発やサービス開発まで乗り出すことで、インターバースに関する付加価値を大きく向上させることができると考えられる。よって、今までバーチャルエコノミーに参画してこなかった製造業等の企業が、インターバース的な付加価値を加えたサービス開発を展開できるようになるための教育コンテンツまでを含めた人材育成・確保について検討する。

##### ① 研究開発目標

前述したように、バーチャルエコノミー拡大に必要な人材は、XRクリエイターの育成(育成カリキュラム・資格認証)やエンジニアに加え、インターバースのデザイン/技術開発ができる人材、モビリティやエネルギーなどに代表される他領域とのコラボをデザインできる人材育成が目標となる。加えて、インターバース関連のサービス開発や、その事業化などまでを担う経営人材育成や、インターバースに関する知財・財務等の人材育成、法律あるいは自治体や政府として技術理解できる人材育成までも目標とする。

これらのスキルや知見を統合的に学べるバーチャルエコノミー教育規格が SIP 終了後に社会実装されていることを目指し、以下を目標として設定した。

##### [研究開発目標]

- 1.教育規格の策定・展開

2024 年度までに、バーチャルエコノミー教育規格を作成し、2027 年度までに、バーチャルエコノミー教育規格を用いたカリキュラムを複数の教育機関・スタートアップで提供される。これにより、HRL6 到達を目指す。また、SIP 終了後も、バーチャルエコノミー教育規格が、参画教育機関及びスタートアップに継続的に利用される状況(HRL7)を目指す。

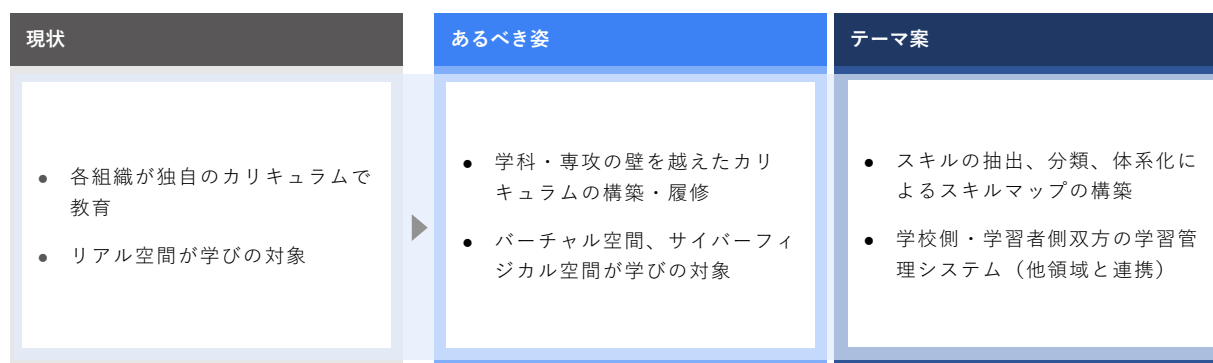
## ② 実施内容

バーチャルエコノミー教育規格の開発及びバーチャルエコノミー活用人材の育成を本研究開発テーマの2本柱とする。バーチャルエコノミー教育規格を開発しつつ、試験的運用として人材開発・発掘を開始する。特に他領域機とのコラボレーション人材の育成までを見据えると、学科・専攻の壁を超えたカリキュラムの構築が重要になってくる。

バーチャルエコノミー教育規格や具体的な教育プログラムの開発に向けて、まず必要とする人材像の整理を行う。目指す社会像と現状とのギャップを踏まえ、「どのような機能が必要になるのか」を整理し、その上で「どのような知見・能力・技術等を有する人材が必要になるのか」を整理する。

次に、必要な機能と人材像から、機能を想定通り果たすための能力要件を定義する。その後、各機能が役割を果たすために必要な能力要件をもとに、機能ごとにスキルカテゴリとスキルチェック項目の整理を行う。

なお教育に関するサイバー空間の活用に関して、他の SIP 課題と連携して進めていくことも想定している。



図表 III-44. バーチャルエコノミー人材育成の背景