

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

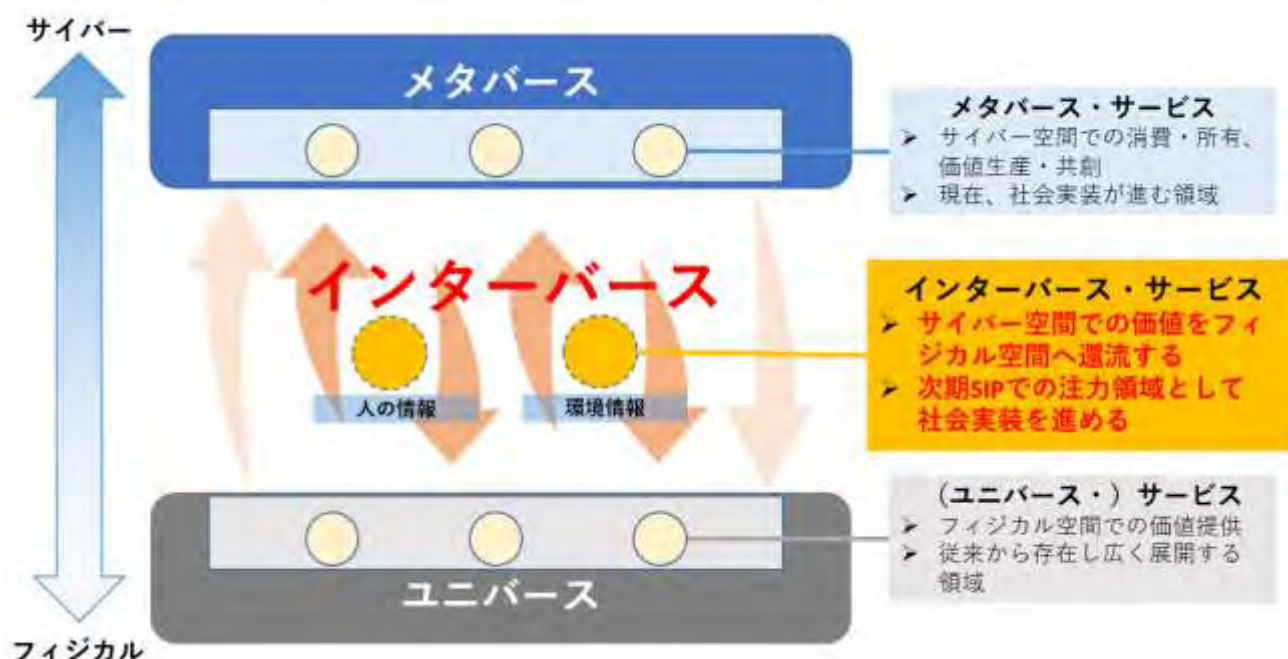
(本文)

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。

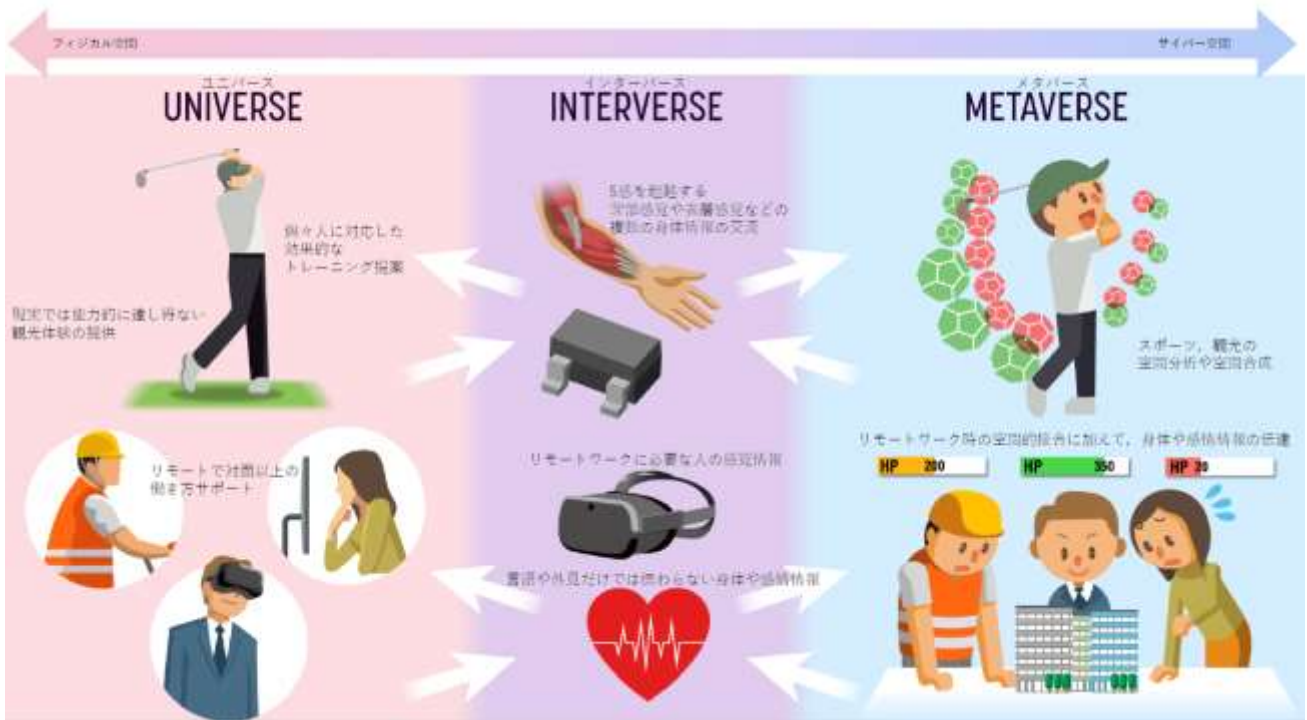
メタバースなどに代表される仮想空間サービスは、世界経済を牽引する GAFAM も参入し、今後、100 兆円を越える巨大な市場になると予測されており、現在はまさしくサイバー空間を活用した経済圏「バーチャルエコノミー」の拡大期にある。特にコロナ禍によるサイバー空間の利用者増加とそれに伴う利用者のリテラシー向上、アクセシビリティの高まりなどが仮想空間サービス市場の拡大を後押ししている。我が国としては、①情報IT企業だけでなく、IoT によってバーチャル世界とのインタラクションを担う製造業もバーチャルエコノミーの拡大に貢献しうること、②健康や介護など先駆的に抱える社会課題解決にサイバー空間や技術を活用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



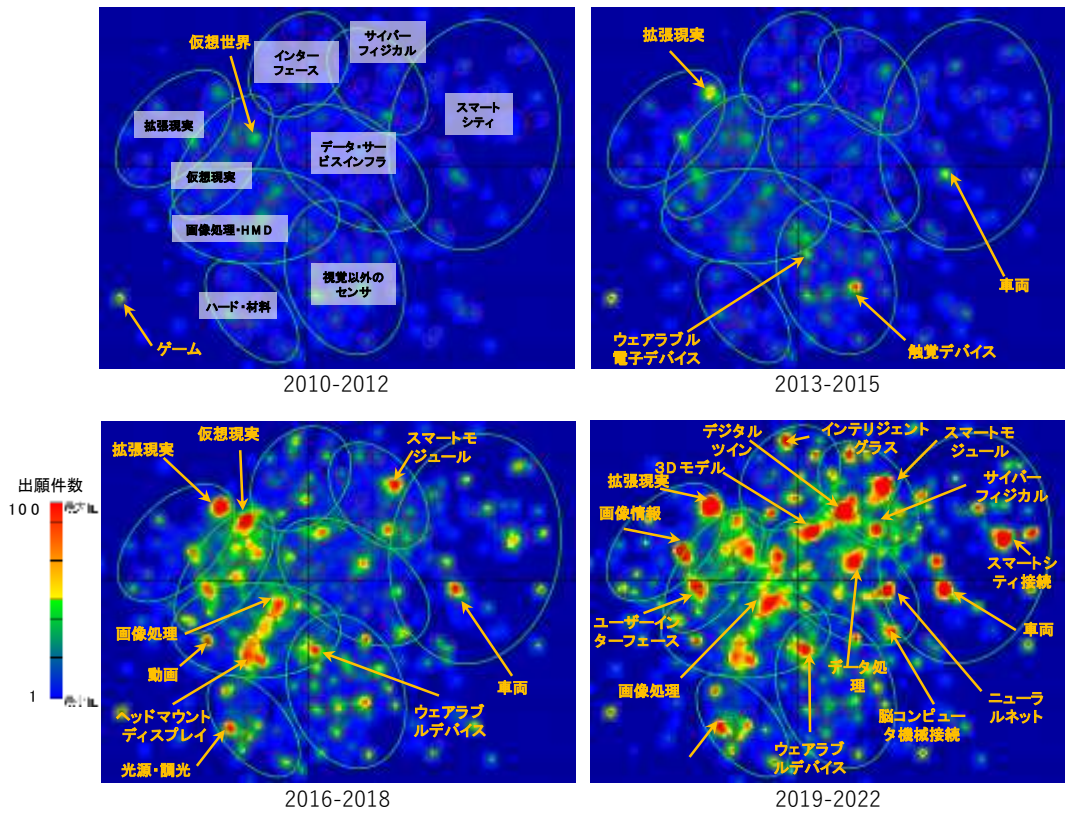
図表 II-2. 国内外のバーチャルエコミー関連主要プロジェクトのマップング

次に、バーチャルエコ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。

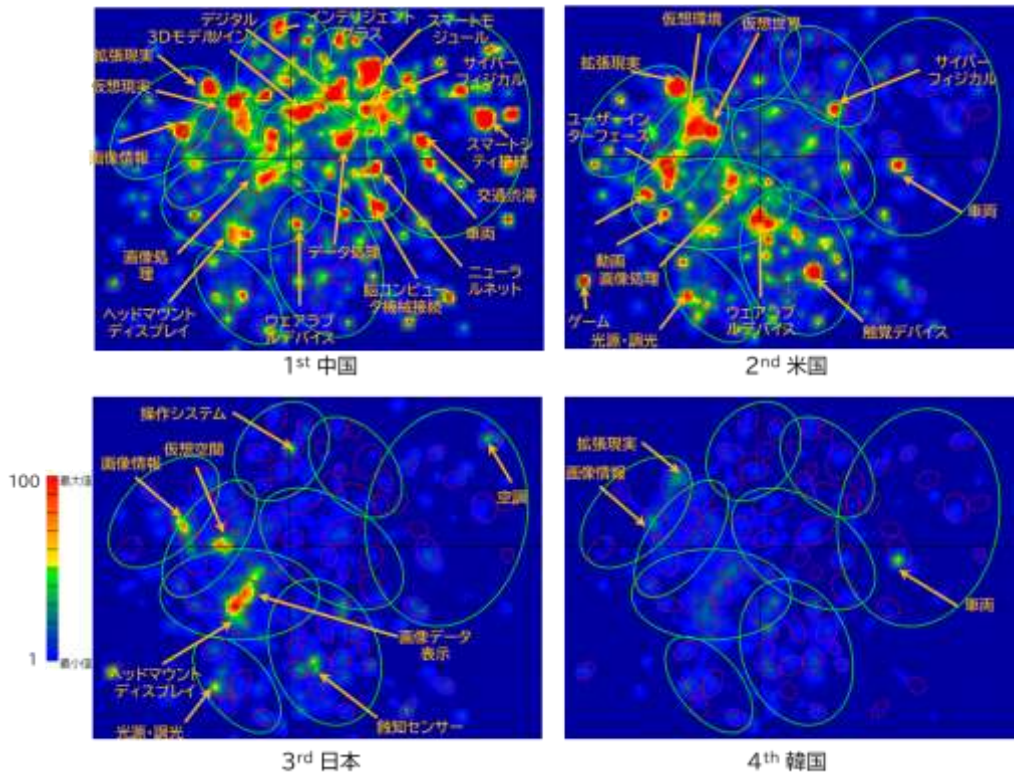
これら技術開発領域を経年推移で見ると(図表 II-3)、年代別の注目技術開発領域は、2018 年までは AR/VR 及び AR/VR に重要なヘッドマウントディスプレイ(HMD)や画像処理の分野のような個人向けのサイバー空間利用と、個々のデバイス関連の技術開発が中心であった。AR/VR、HMD や画像処理など視覚が関わるものの技術開発は既にピークを越えて減少傾向にあり、視覚と触覚以外の感覚に関するセンサ・デバイスの技術開発は 2019 年以降もそれほど活発ではない。2019 年以降はデジタルツインやスマートシティのような広域・集団でのサイバー空間利用の技術開発が活発になっており、注目技術開発領域が個人・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）		
バーチャル空間の品質管理・評価	物理的健康への影響（長期）	
	依存症など精神的影響	
	ハードウェアの品質	
バーチャル空間の拡張利用にかかわる国際協調規制	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	
		特殊用途におけるバーチャル空間の品質
		個別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	○	○	△	○
		プロットフォーム規制	-	○	△	△
技術標準化	Interoperability向上を目的としたフォーマットの標準化	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

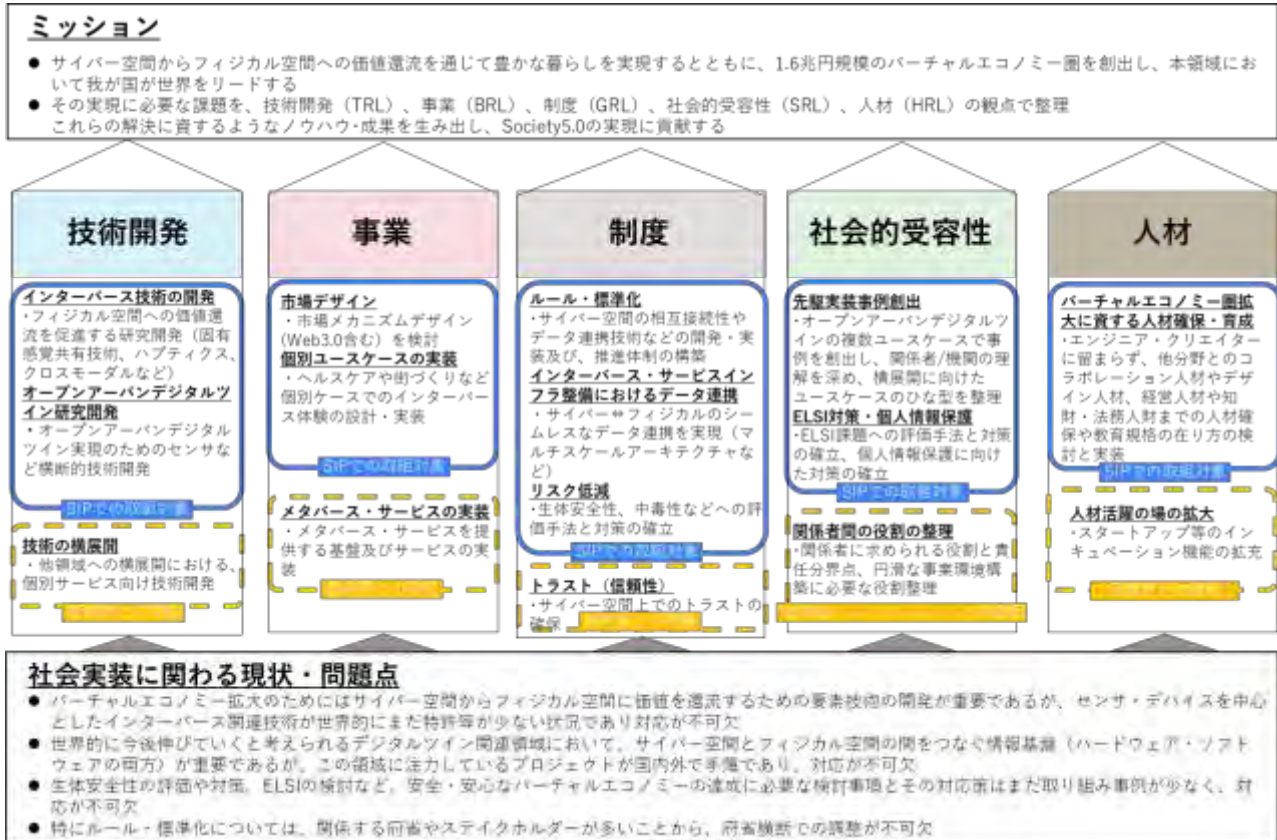
④ 社会的受容性

- ・ 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・法務人材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。

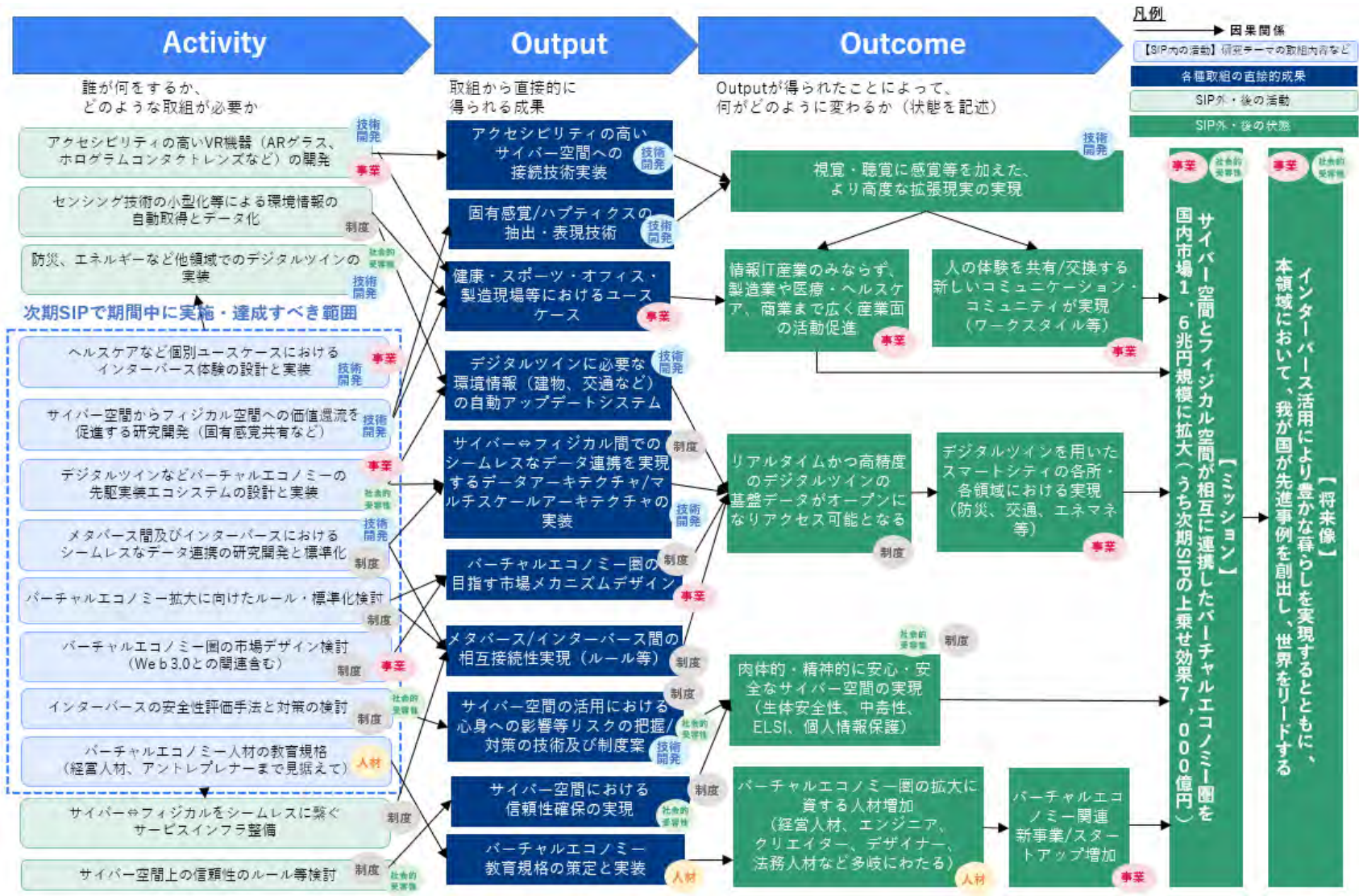


図表 II-7. 5つの視点での取組

(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。

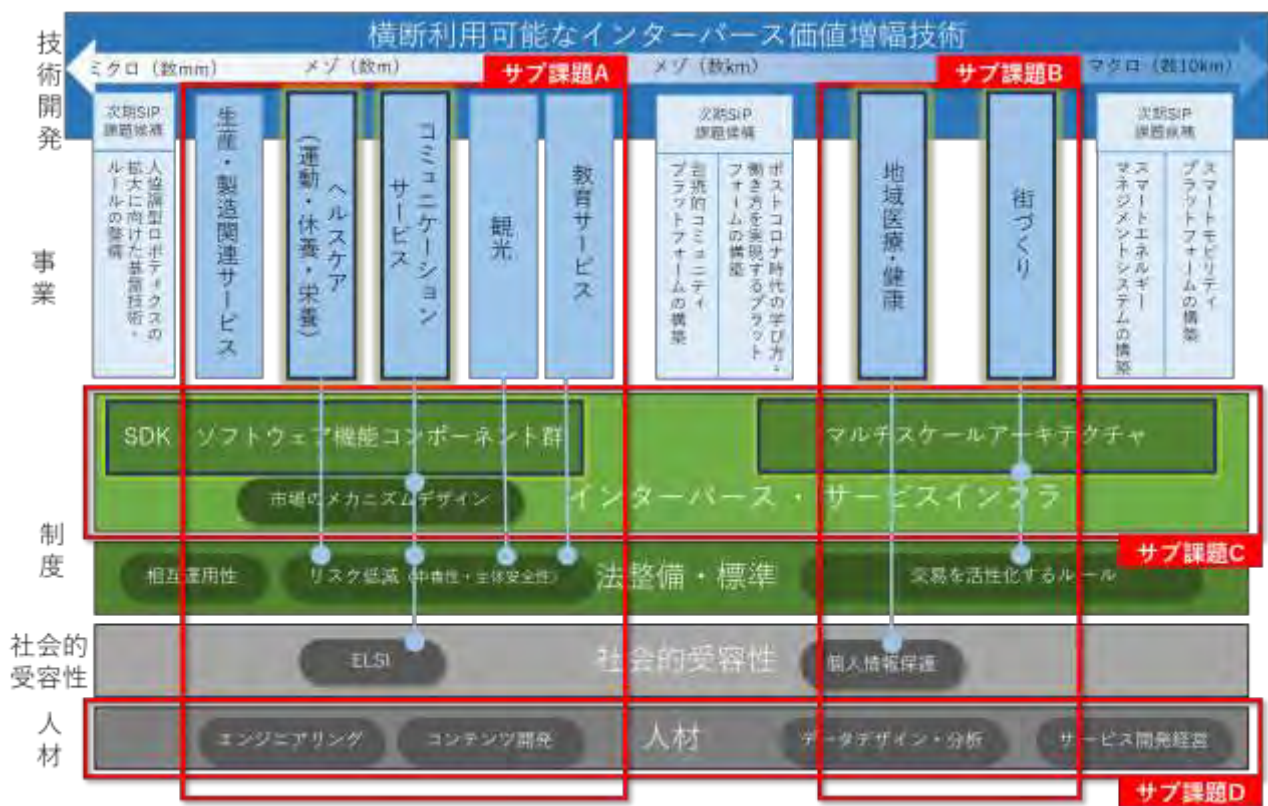


図表 II-8. ロジックツリー

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。

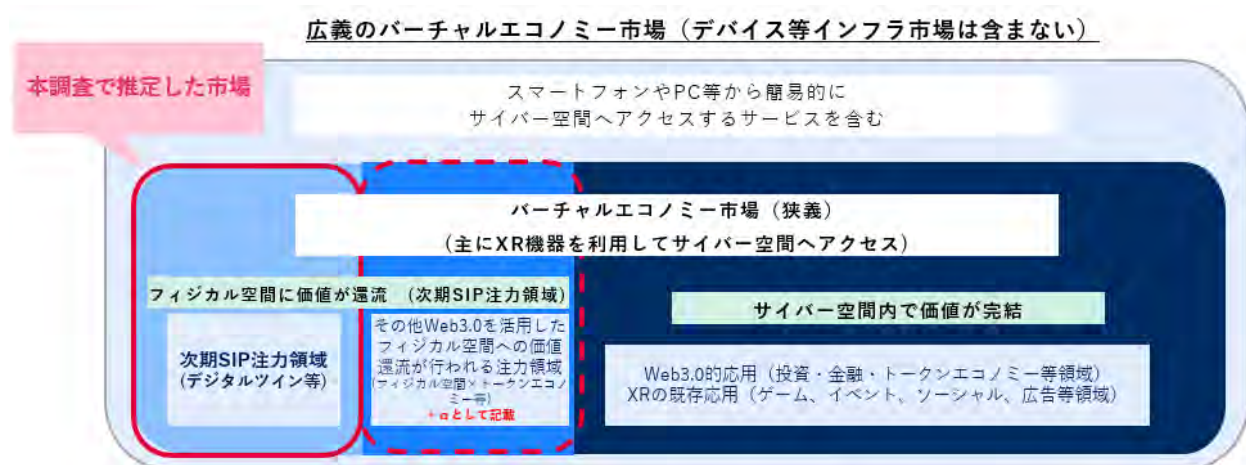
【サブ課題 D: バーチャルエコノミーを支える人材育成】

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

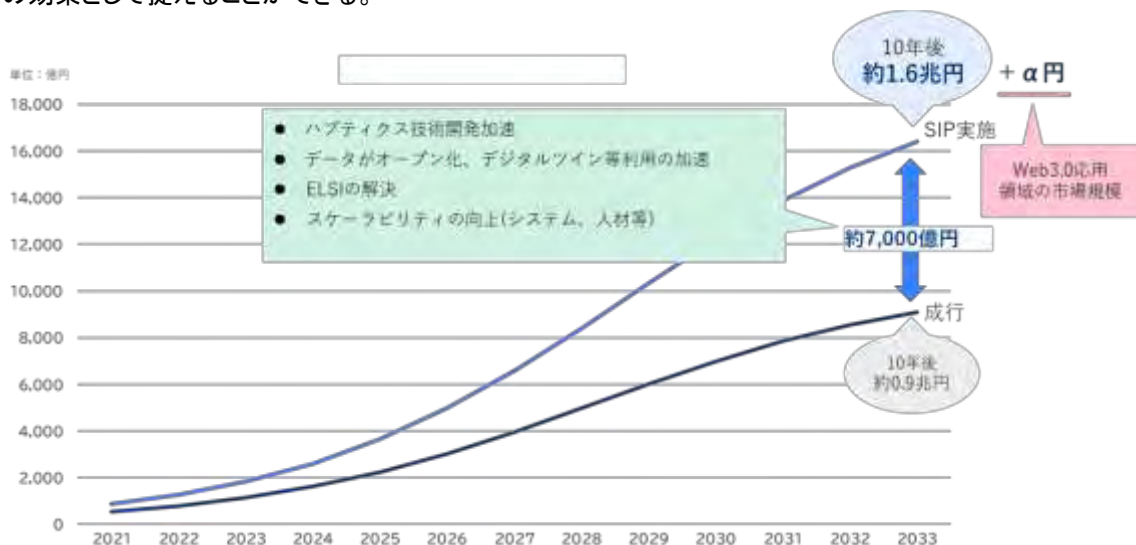
域における 2022 年時点での活用方法を整理した。サイバー空間の活用は主に教育・研修向けの用途、コミュニティ(オフィス・対顧客)に加え、生産・製造関連、デジタルツインを活用したシミュレーション、エンタメ的価値の付与など大きく7つに分類することができる。

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

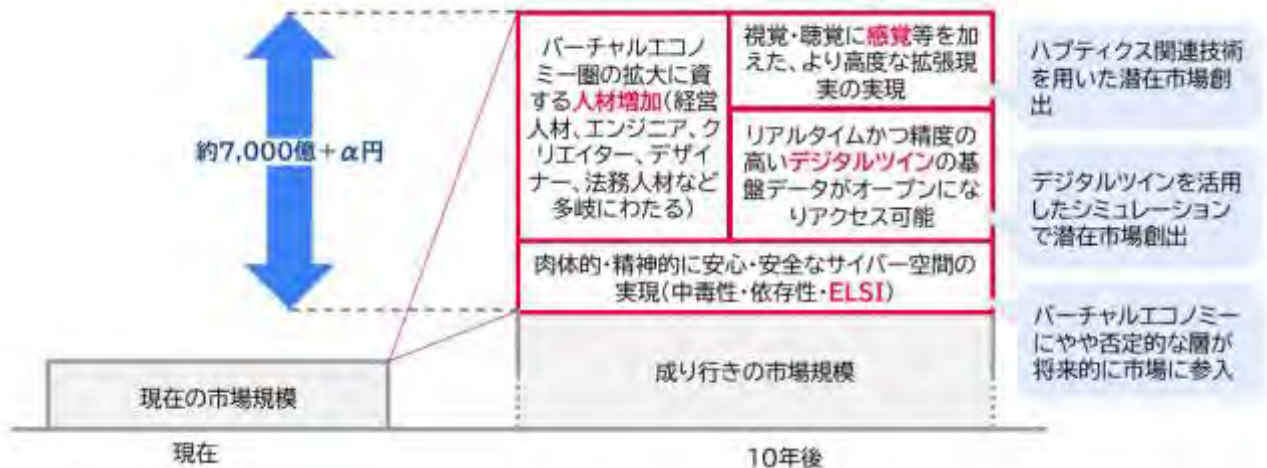
本課題候補の注力領域に限定したバーチャルエコノミーの国内市場規模は、2033 年には成行シナリオ(本課題候補を行っていない場合)で約 0.9 兆円であるが、本課題候補によるインターパース技術の進展、ELSI への対応、人材の確保等の効果により、約 1.6 兆円まで拡大することが予想され、ここにさらに前述した Web3.0 応用領域の市場規模が加わることが想定される。

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。



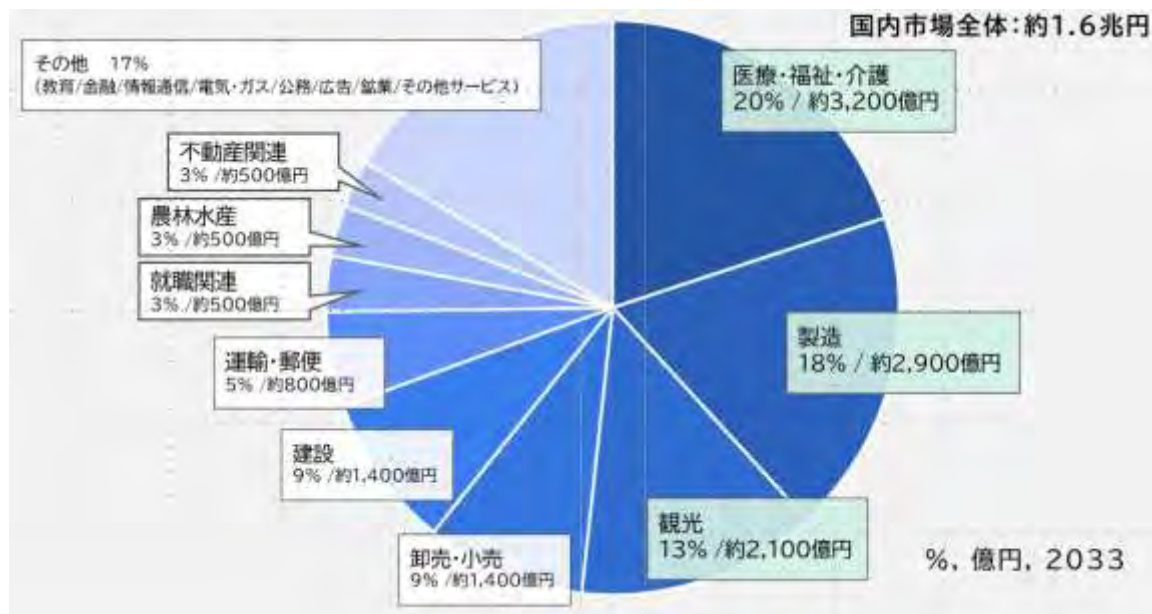
図表 II-12. 本課題候補の注力領域の国内市場規模推定

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。

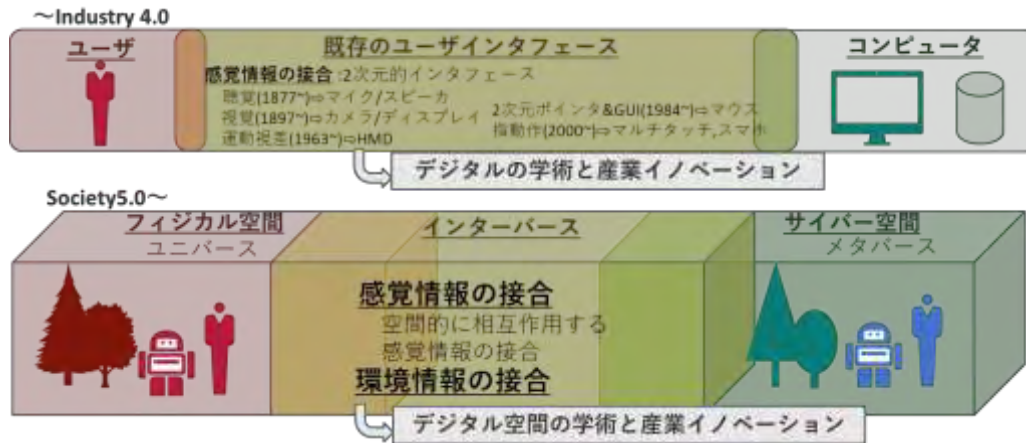


図表 II-14. SIP 注力領域 産業別国内市場規模推定(2033年)

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。

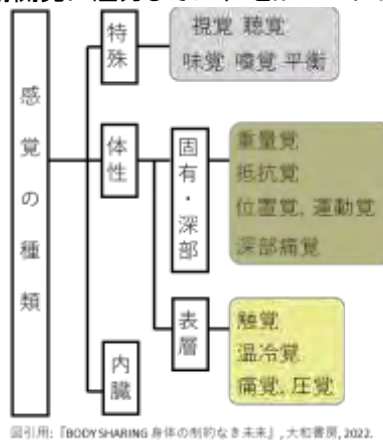
【サブ課題 A: 身体性インターバース技術の背景】

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

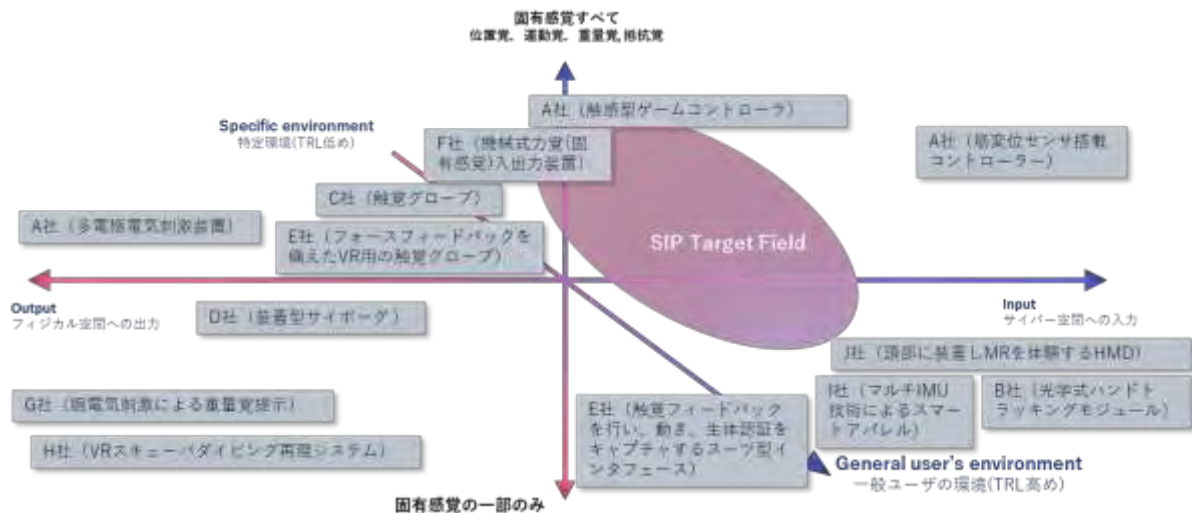
なお、感覚には大きく分けて、視覚・聴覚などの特殊感覚、固有感覚や触覚などの体性感覚などが挙げられるが、空間に相互作用する感覚情報の接合を実現するためには、発展途上かつインターバース領域で極めて重要となる体性感覚に関する技術開発に注力していくことが SIP には求められる。



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。

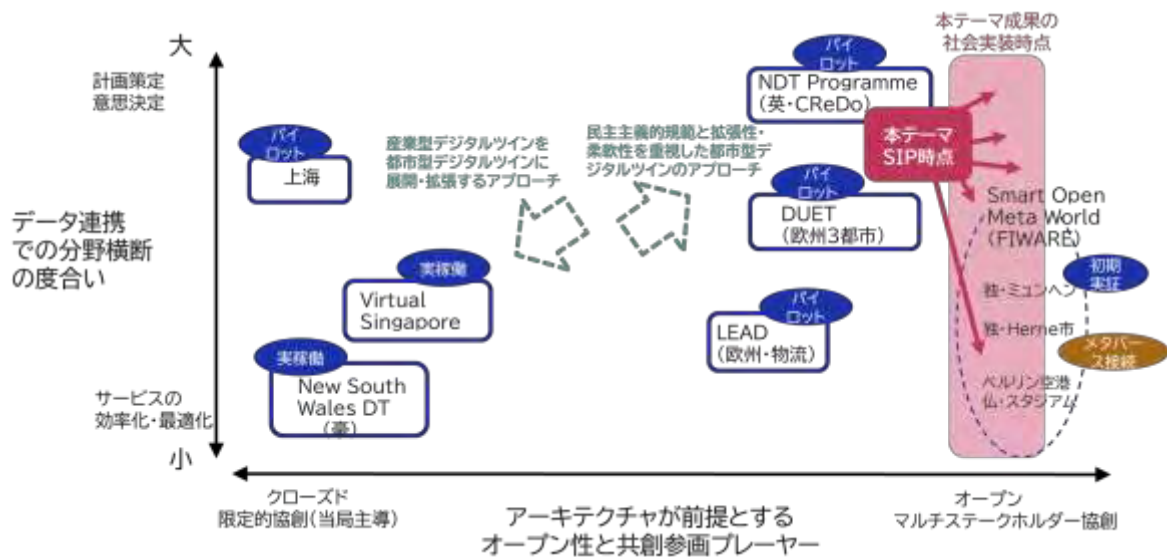
学術研究：SNSでの誹謗中傷・炎上	学術研究：ネット依存
<ul style="list-style-type: none"> インターネットやSNSで誹謗中傷や炎上に関するユーザの個人属性として、平均年収が高く、年齢が若い男性である傾向が強い。また、学歴やネット利用時間と誹謗中傷や炎上への関与は関係がない (田中・山口, ネット炎上の研究, 2016) 炎上により、株価等の企業価値が大きく下落する (Adachi & Takeda, SSRN Electronic Journal, 2014) 高い頻度で炎上に関与するユーザが存在し、そのユーザは他ユーザよりも大きなネットワークを構築している (小山ら, 人工知能学会, 2019) 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 & Individual Differences, 2014) 	<ul style="list-style-type: none"> 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 & Zabieleka-Mendyk, Psychiatr; Pol, 2019) 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) 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) 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) 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)

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(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 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。