

メタバースにおける先端技術の活用

MRI 三菱総合研究所

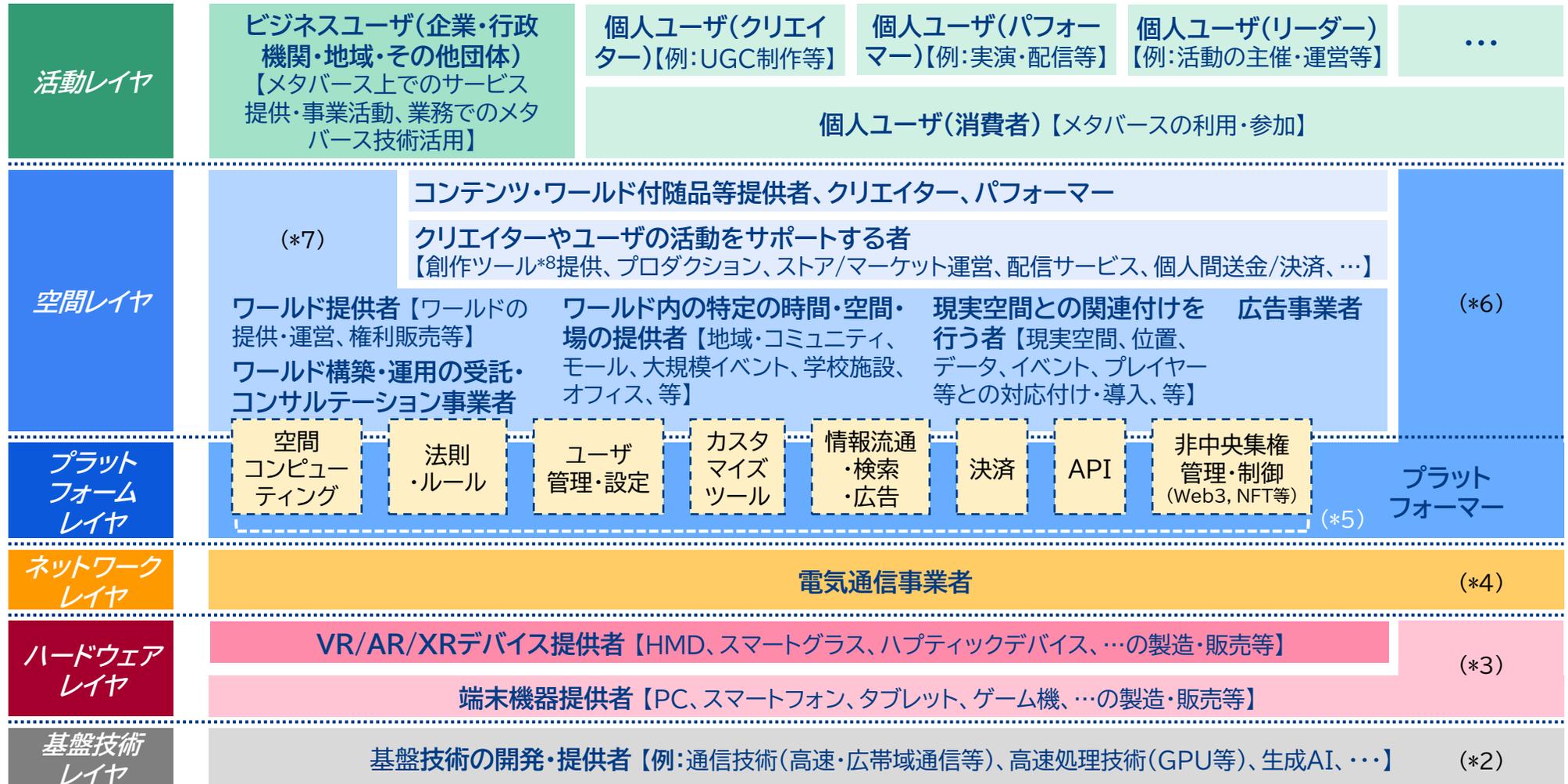
2025年4月24日

モビリティ・通信事業本部 デジタルコンテンツ・データ戦略グループ

I. メタバースに関連する主な技術

ステークホルダーの整理【再掲】

- メタバースのステークホルダーについて、主に市場構造・産業構造に着目して整理した*1。



*1 現時点での市場構造・産業構造に基づいて整理した(ステークホルダーが提供する機能を整理したもので、複数の機能を組合せて提供するプレイヤーも少なくない)

*2 メタバースの機能やサービスを実現する上で重要・不可欠な基盤技術群のレイヤ

*3 PCやスマートフォン等を用いてメタバースを体験する場合(専用デバイスを用いない場合)

*4 電気通信事業者が他のレイヤの事業を行う場合もある

*5 プラットフォームやワールドが提供する主な機能(必ずしもすべてが提供されているとは限らない)

*6 プラットフォーマーがワールド、コンテンツ・付随品、クリエイターマーケット等も提供する場合

*7 ワールドがコンテンツ・付随品、クリエイターマーケット等も提供する場合

*8 プラットフォームやワールドでは提供されていないツール(例えばUGC創作用等だがこれに限らない)

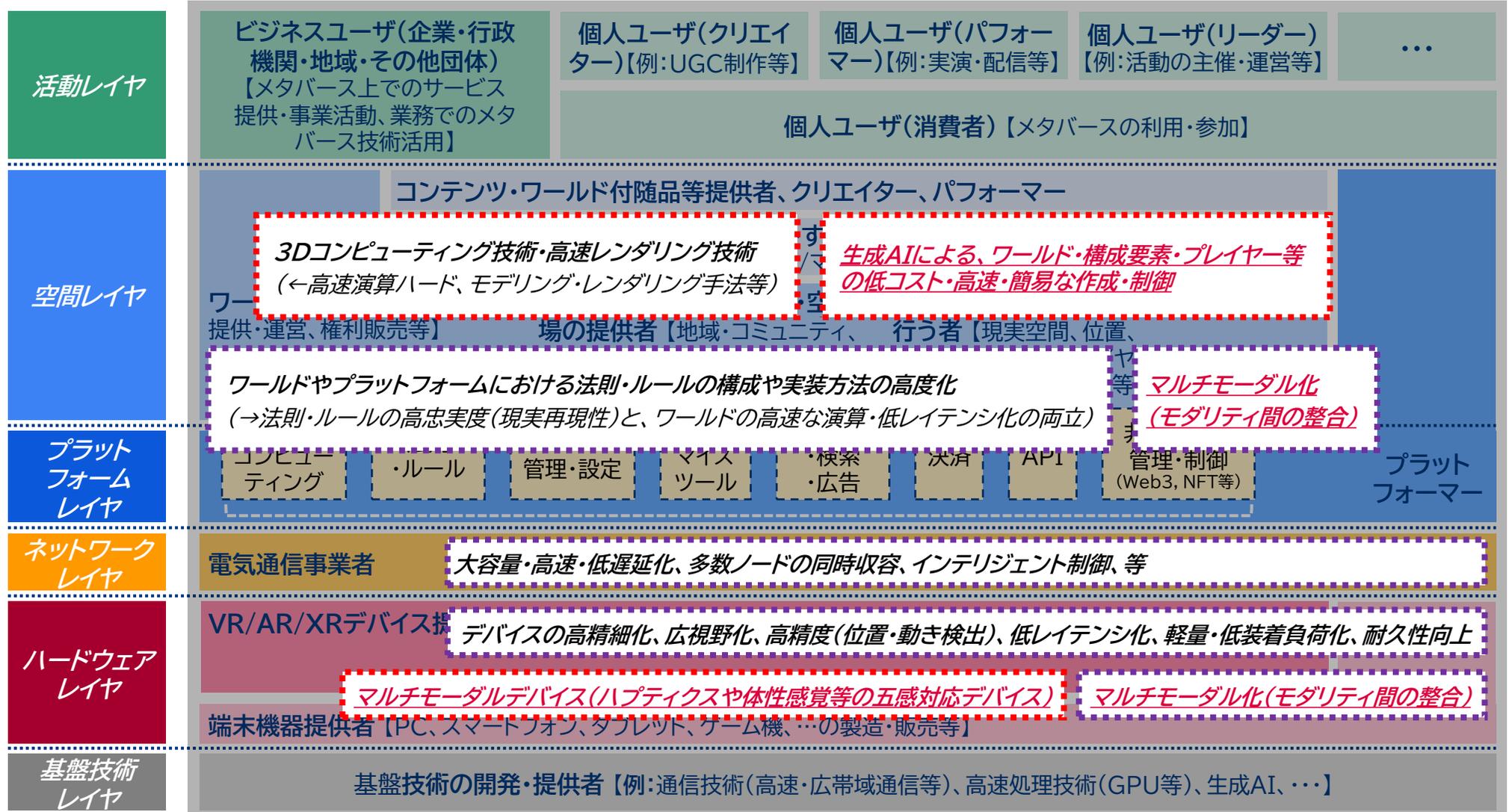
I. メタバースに関連する主な技術

開発・活用の対象技術

求められる技術開発の方向性

メタバースにおける技術開発・活用動向

- メタバースにおける主な技術開発・活用の動向について、ステークホルダーと関連づけて整理した。



★ 以下では、「ハプティクス」及び「AI」について、利用動向、効果・メリット、課題を検討した。

(「メタバースの原則」の主要な対象者であるプラットフォーム・ワールド提供者との関連の深さ、利用の急速な拡大、メタバースの特徴の構成要素、等を考慮)

まとめ

- メタバースにおけるハプティクス及びAIの活用について、データの取扱いを巡る課題はインターネット空間における課題と共通する(下図の下線部)が、取得・分析されるデータのマルチモーダル化、分析結果のユーザへのインプットが臨場感を伴う没入環境で行われることを踏まえると、課題がより深刻化する可能性が高い。
- また、ステークホルダーが多様化しているところ、「VR酔い」の回避・軽減や相互運用性強化に向けて、プラットフォーマーやワールド提供者に限られないマルチステークホルダーでの議論の場が必要。

メタバースにおけるハプティクスの活用

メタバースにおけるAIの活用

利用動向

ゲームや業務トレーニング等での臨場感・没入感の演出、ユーザの行動・操作の正確性向上

メタバースのユースケース全般での仮想環境の現実感・応答性の強化、効率的な構築・運用、ユーザ体験のパーソナライゼーション

課題

- ① 視覚や体性感覚等のモダリティ間の不整合による「VR酔い」
- ② 感覚再現の精度・正確性の不足

- ① パーソナルデータ漏洩・侵害リスクの深刻化(データ入力関連)
- ② ユーザが誘導されるリスクの深刻化(データ出力関連)
- ③ 相互運用性やガバナンスに関するマルチステークホルダーによる議論の不足

考えられる対応方針

- ハプティクスに関する人間の認知機構の解明、効果的なハプティクス刺激の作成・提示方法の研究開発
- ハプティックデバイスの研究開発(高精細・高精度で汎用的に利用できるデバイスに加え、手軽に使えるものも望まれる)
- 「VR酔い」の回避・軽減等へのモダリティ間の整合に向けた、マルチステークホルダー(デバイス提供者、プラットフォーマー、ワールド提供者、ユーザ…)での対策・取組

- マルチモーダルなパーソナルデータの適切な取扱い(例:既存制度の遵守、適切な取扱慣行・技術的対応等)の調査・研究
- 没入環境でAIのアウトプットがユーザに提示されることに関する認知科学も含めた具体的・実証的な調査・研究、影響評価
- 相互運用性やガバナンスに関するマルチステークホルダー(AI開発者・提供者・利用者、デバイス提供者、プラットフォーマー、ワールド提供者、ユーザ…)での議論

1. メタバースにおけるハプティクス活用 (1)利用動向

- 現状ではゲームや業務用のトレーニング、医療等の専門分野での利用などがみられる。ただし、専用のデバイスが必要であることや、提示できるハプティクスの種類・態様や身体部位の限定性、感覚再現の精度・安定性の不足、触覚に加え、力覚や体性感覚^{*1}といった知覚・認知機能に関する研究も途上であること、などから利用事例はまだ少ないといえる。

利用動向(例)

※ 研究開発段階のものも多い

メタバースにおいて使用されるハプティックデバイスの例

● ゲーム等での活用

- ゲームやエンタメ体験(3Dシアター等)において、ユーザに働く加速度感覚や力覚、オブジェクトの触覚等も表示することにより、臨場感・没入感を向上させる。

● 業務用アプリケーションでの活用

- 建設機械や医療機器における遠隔操作において、力覚・触覚(反発力や物体表面の手触り・テクスチャ等)を表示することにより、操作の精度・繊細度を向上させる。
- 製造現場、プラントなどで臨場感のある社員研修、実地訓練、技能実習等を行う。

● 専門的分野での活用

- 遠隔手術・内視鏡手術において、力覚フィードバックを行うことで、より繊細な手術操作が可能になる
- 箱庭療法、園芸療法等での活用(箱庭や植物の触覚や振動等を提示することでよりリアルな体験を提示し、治療効果を高める)

● 感覚代行、「特徴」「雰囲気」等の伝送・共有

- 聴覚障害者が振動と光によって音の特徴を感じるためのデバイス
- 視覚障がい者がスポーツ観戦時に他のユーザと“盛り上がり”を共有するという試み(空気の入ったボールを握るとその感覚が伝達される)

※ デバイスの種類により、提示できる感覚やその特徴も異なる。



出典: Yi Tang他, "Advancing haptic interfaces for immersive experiences in the metaverse"

*1 体性感覚は、温度覚、圧覚、痛覚、温度覚、痒覚、力覚(皮膚表面で感じるもの)などの皮膚感覚(皮膚表面の感覚)と、加速度感覚、回転感覚、振動感覚、力覚(身体内部で感じるもの)などの深部感覚(筋や腱、関節など身体内部の感覚)の総称。ただし内臓感覚は含まれない。狭義のハプティクス(触覚)は体性感覚に含まれるが、例えばハプティックデバイスという場合には体性感覚も含まれていることも多い。

1. メタバーズにおけるハプティクス活用 (2)効果・メリットと課題

- メリットとして、臨場感・没入感の向上や、動作・行為の感覚の再現・共有がある一方、現状では①視覚や体性感覚等のモダリティ間の不整合による「VR酔い」、②感覚再現の精度・正確性の不足が課題。

ハプティクス利用の効果・メリット	
臨場感・没入感の向上	臨場感・没入感を高め、リアルな体験を提供できる。 その結果、ユーザの満足感や治療等の効果の向上も期待される。
動作・行為の感覚の再現・共有	遠隔操作や業務向けトレーニングなど、手指の実際の操作、身体の実際の動作・行動が重要な用途の場合には必須。 触覚や力覚が操作の正確性や精度・繊細さを確保する上で非常に重要。

ハプティクス利用の課題	
VR酔い	モダリティ間の不整合(特に、視覚と体性感覚(加速度感覚等)の不整合)により乗り物酔いのような症状が出ることもある。 発症には個人差もあるが、人間の認知機構(例:ベクシヨン)の影響、視覚情報と体性感覚情報の精度の違い、タイミングの違い(同期していない)といったシステム側の原因、視覚コンテンツにおける動きの激しさといったコンテンツ側の原因も考えられる。
感覚再現の精度・正確性の不足	エンターテインメント/アミューズメント分野では演出として実際と異なる強度の刺激を与える場合もあると考えられるが、本格的な業務トレーニングに広く使われていくためには、実際と同等の刺激を与えることが重要であり、刺激の強さや精度、態様、品質の正確性が必要。

出典：各種文献([1]～[4])に基づき三菱総合研究所作成

※メタバーズにおけるハプティクス活用について、特有の社会的影響を及ぼしている具体的事例の提示が調査として総務省から求められていたが、調査の結果、特筆すべきものはまだあまりないとみられるので、文献調査から想定され得る効果・メリットと課題を整理した。

II.メタバースにおける先端技術の活用

2.メタバースにおけるAI活用 (1)利用動向

- メタバースにおいて、AIはワールドや空間、アバター、プレイヤー、オブジェクトやコンテンツ、コミュニケーション、サービス運用、広告宣伝など幅広く利用されている。

AIの利用対象	AIの利用目的
ワールド、空間	<ul style="list-style-type: none"> ・リアルで臨場感・没入感のあるワールド、空間の生成 ・デジタルデータ(例:地図、CADデータ等)と実写画像・映像の自然な合成 ・ワールド、空間の自動的または効率的な生成 ・ワールド、空間の制御(例:低レイテンシーな制御モデル、インテリジェントな制御モデル、シームレスな接続・統合) ・ワールド、空間のユーザに合わせたパーソナライゼーション(ニーズ分析・把握、ユーザの行動・嗜好の学習、ダイナミックなパーソナライゼーション) ・複数モダリティ情報の相互の整合性確保・維持
アバター	<ul style="list-style-type: none"> ・リアルなアバターの生成 ・アバターの自動的または効率的な生成 ・アバターにおけるインテリジェントな機能(例:アバターによる顔認識、アバターのインテリジェント・半自律的な制御、自然な動作、等) ・デジタルデータ(アバターモデル)と実写画像・映像(顔画像等)の自然な合成 ・ユーザに合わせたアバターのパーソナライゼーション(ニーズ分析・把握、ユーザの行動・嗜好の学習)
プレイヤー	<ul style="list-style-type: none"> ・リアルなNPCの生成 ・NPCの自動的または効率的な生成 ・NPCにおけるインテリジェントな機能(例:インテリジェントな制御、自律的なNPC、自然な動作、自然なコミュニケーション・インタラクションの実現、等) ・ユーザニーズに即したNPCのパーソナライゼーション(ニーズ分析・把握、ユーザの行動・嗜好の学習)
オブジェクト、コンテンツ	<ul style="list-style-type: none"> ・リアルで臨場感・没入感のあるオブジェクトの生成 ・デジタルデータ(例:地図、CADデータ等)と実写画像・映像の自然な合成 ・オブジェクト、コンテンツの自動的または効率的な生成 ・ユーザニーズに即したオブジェクト、コンテンツのパーソナライゼーション(ニーズ分析・把握、ユーザの行動・嗜好の学習)
コミュニケーション	<ul style="list-style-type: none"> ・同時通訳による多言語間コミュニケーション
サービス運用	<ul style="list-style-type: none"> ・セキュリティインシデント及び予兆の検出・防止(学習も含む) ・ユーザの不正行為の検出・防止(学習も含む) ・コンテンツモデレーション(学習も含む) ・AIによる対話型カスタマーサービス・サポート ・メタバースシステムの自動運用・管理(例:ダウンタイムの最小化、リソース配分の最適化、ワールド内のデジタル資産管理)
広告宣伝	<ul style="list-style-type: none"> ・ユーザ・ユーザ行動の分析、セグメント化・ターゲティング

出典:各種文献([5]~[8])に基づき三菱総合研究所作成

2. メタバースにおけるAI活用 (2)効果・メリットと課題

- 効果・メリットは多岐にわたる一方で、①パーソナルデータ漏洩・侵害リスクの深刻化、②ユーザが誘導されるリスクの深刻化、③相互運用性やガバナンスに関するマルチステークホルダーによる議論の不足が課題。

AI利用の効果・メリット		AI利用の課題	
ユーザの分析、ワールドやユーザ体験のパーソナライゼーション	ユーザの行動や傾向に関する分析を高度化し、ワールドでの環境やインタラクションをユーザ個人の好みに合わせて調整し、より魅力的で没入感のある体験を生み出す。	パーソナルデータ漏洩・侵害リスクの深刻化	ヘッドマウントディスプレイやハプティックデバイスから収集される生理、心理、行動などのマルチモーダルなデータをAIが分析できるようになることにより、漏洩や侵害のリスクがインターネット空間よりも深刻化しうる。
仮想環境の強化	インテリジェントなアルゴリズムを用いて、ワールドの臨場感や応答性を向上させる。	ユーザ誘導リスクの深刻化	上述のとおり分析された結果が、AIやハプティクスを活用により臨場感、没入感を増した環境でユーザにインプットされるため、人間による悪意やAIの恣意に基づくインプットによるユーザの誘導リスクがインターネット空間よりも深刻化しうると考えられる(が、この点について現時点で具体的・実証的な研究はない)。
スケーラビリティ	仮想環境をより効果的に管理・拡張することで、ユーザ数の増加や複雑なインタラクションに対応できるようになる。	マルチステークホルダーによる議論の不足	ユーザを含むサードパーティが開発・チューニングしたAIのメタバース上での活用に関する相互運用性やガバナンスの在り方を考える上では、様々なステークホルダーによる議論が不可欠であるが、現状そうした場がない。
ルーチン業務の自動化	反復的なタスクや大量・迅速に処理することが求められるタスクを自動化することで、サービス運営を円滑にし、また人的リソースをサービス開発やシステム改良等に集中できる。		

出典：各種文献(「効果・メリット」は主に[5]、課題は[5]～[8])に基づき三菱総合研究所作成

※ メタバースにおけるAI活用について、特有の社会的影響を及ぼしている具体的事例の提示が調査として総務省から求められていたが、調査の結果、特筆すべきものはまだあまりないとみられるので、文献調査から想定され得る効果・メリットと課題を整理した。))

II. メタバースにおける先端技術の活用

参考：一般的なAI活用の流れにおける主体の対応(AI事業者ガイドライン)

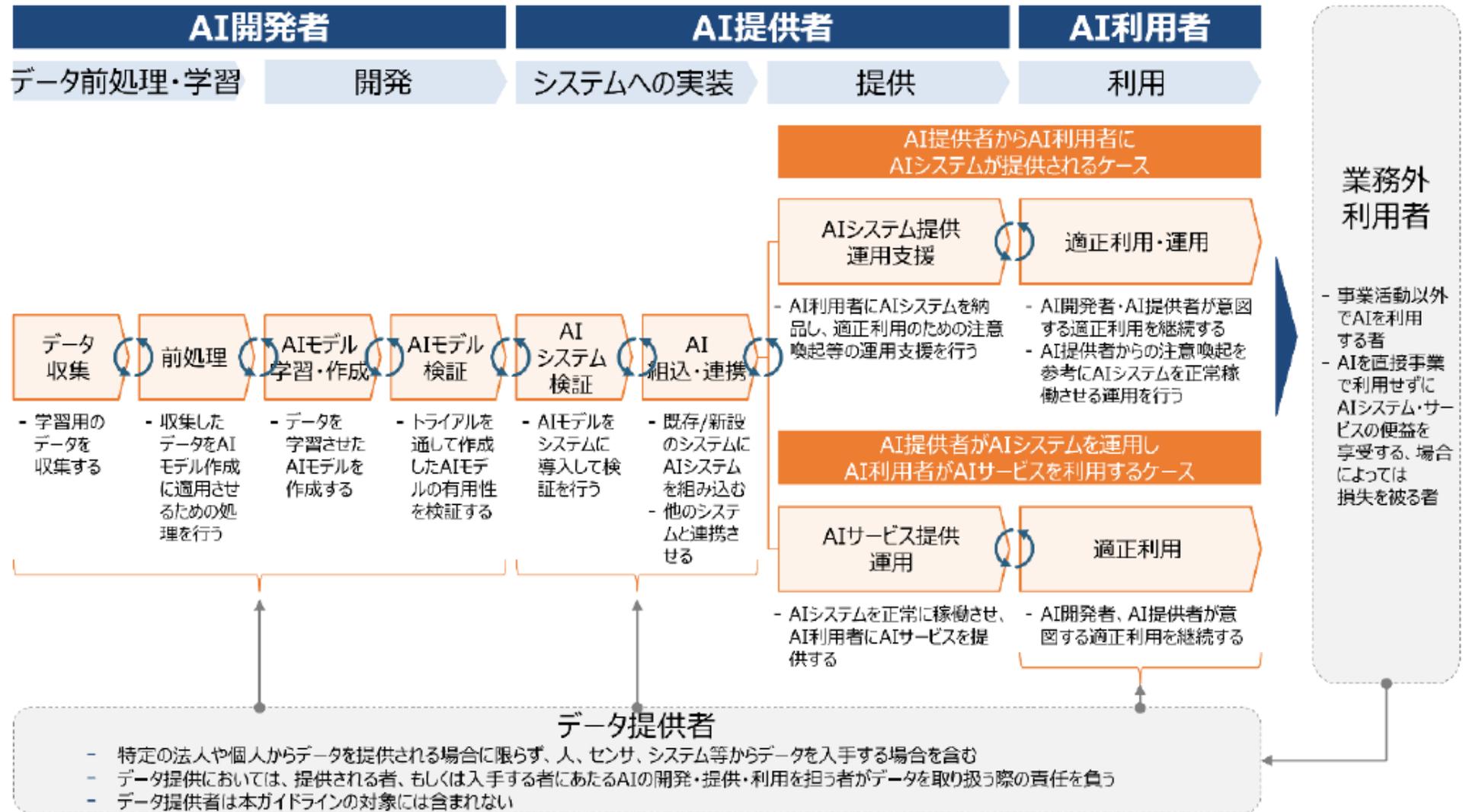


図 3. 一般的な AI 活用の流れにおける主体の対応

参考資料

【ハプティクス関係】

- [1] Yi Tang 他, "Advancing haptic interfaces for immersive experiences in the metaverse", <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2666998624001728>
- [2] Chongyang Chen, Yao-Yu Wang, Kem Z.K. Zhang, Fenghua Xie, "Excessive use in the metaverse: The role of multisensory interaction", <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167923624002239>
- [3] Panagiotis Kourtesis, "A Comprehensive Review of Multimodal XR Applications, Risks, and Ethical Challenges in the Metaverse", <https://www.mdpi.com/2414-4088/8/11/98>
- [4] Pierre Bérastégui, "Working in the metaverse: what are the risks? A rapid review of the literature", https://www.etui.org/sites/default/files/2024-02/Working%20in%20the%20metaverse-what%20are%20the%20risks-A%20rapid%20review%20of%20the%20literature_2024.pdf

【AI関係】

- [5] Vitaliy Basiuk, Alissa Adams, "AI in the Metaverse – How Work, Cases, Challenges", <https://evacodes.com/blog/ai-in-the-metaverse>
- [6] Ibrahim Kazeem, "Generative AI in the Metaverse: Challenges and Opportunities in the Virtual World", <https://www.dxtalks.com/blog/news-2/generative-ai-in-the-metaverse-challenges-and-opportunities-in-the-virtual-world-414>
- [7] Council of Europe, Committee on culture, science, education and media, "Risks and opportunities of the metaverse", <https://rm.coe.int/risks-and-opportunities-of-the-metaverse/1680b0ef4c>
- [8] Mona M. Soliman, Eman Ahmed, Ashraf Darwish, Aboul Ella Hassanien, "Artificial intelligence powered Metaverse: analysis, challenges and future perspectives", <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-023-10641-x>

その知と歩もう。

MRI 三菱総合研究所