

プラットフォーム化が進む メタバースに関する技術的考察



国立情報学研究所 教授

佐藤一郎

自己紹介: 佐藤一郎

- 国立情報学研究所・情報社会相関係・教授 / 国立大学法人総合研究大学院大学・複合科学研究科情報学専攻教授(併任)

専門: 分散システムやOS等のインフラ技術

- 学歴

- 慶應義塾大学理工学部電気工学科卒、同大学理工学研究科大学院
計算機科学専攻後期博士課程修了、博士(工学)

- 政府関連の委員他など

- デジタル庁「政策評価に関する有識者会議」座長
- JSTさきがけ「社会変革に向けたICT基盤強化」アドバイザー
- 内閣府SIPフィジカル技術「インフラ維持管理・マネジメント技術」審査・専門委員
- 経済産業省・総務省「企業のプライバシーガバナンスモデル検討会」座長
- 内閣官房パーソナルデータに関する検討会構成員 & 技術検討WG主査(2015年改正個人情報法)
- 個人情報保護委員会「匿名加工情報・仮名加工情報利活用検討会」座長(2020年改正個人情報法)
- 内閣官房・個人情報委員会・総務省行政管理局・総務省自治行政局(共管)「個人情報保護制度の見直しに関する検討会」検討会構成員(2021年改正個人情報法)
- 総務省「プラットフォームサービスに係る利用者情報の取扱いに関するWG」構成員(2022年電気通信事業法改正)
- 総務省「放送分野の視聴データの活用とプライバシー保護の在り方に関する検討会」構成員
- OECD Research Ethics working group, member
- テレビ朝日系番組「仮面ライダー・ゼロワン」(2019年9月～2020年8月)AI技術アドバイザー他



講演概要

- メタバースは、サードパーティーが提供する仮想世界やアイテムを実現するプラットフォームとして構成・運用されている。講演ではまずプラットフォームとしてのメタバースをシステム技術的側面で開設するとともに、システムの制約により、メタバースの仮想世界が現実世界とどのような違いが生じるかを概説する。次にプラットフォームとしてメタバースの諸課題について議論する。メタバースでは、スマートフォン向けアプリ市場よりも、プラットフォームの優位性が高い。それに伴う課題について議論していく。

1. メタバースの動向
2. 仮想世界に特化したプラットフォーム
3. メタバースのシステム構成を推測
4. サーバ多重化と通信遅延による非現実性
5. プラットフォームとしてのメタバース
6. メタバースを生み出す諸問題

- スライドは全部話しません
- Web3.0やNFTは本講演のスコープ外
- メタバースについて解説しますが、メタバースを全面的に肯定しているわけではありません



スティーヴンソンのSF著作では「ダイヤモンドエイジ」は話題になったけど、「スノウ・クラッシュ」は当時、話題にならなかったと記憶しております。

(ちなみにサイバースペースものでは、ウィリアム・ギブスン『ニューロマンサー』(1984年、日本語版1986年)、土郎正宗『攻殻機動隊』のヤングマガジンの連載は1989年という時代感)

メタバースとは何か

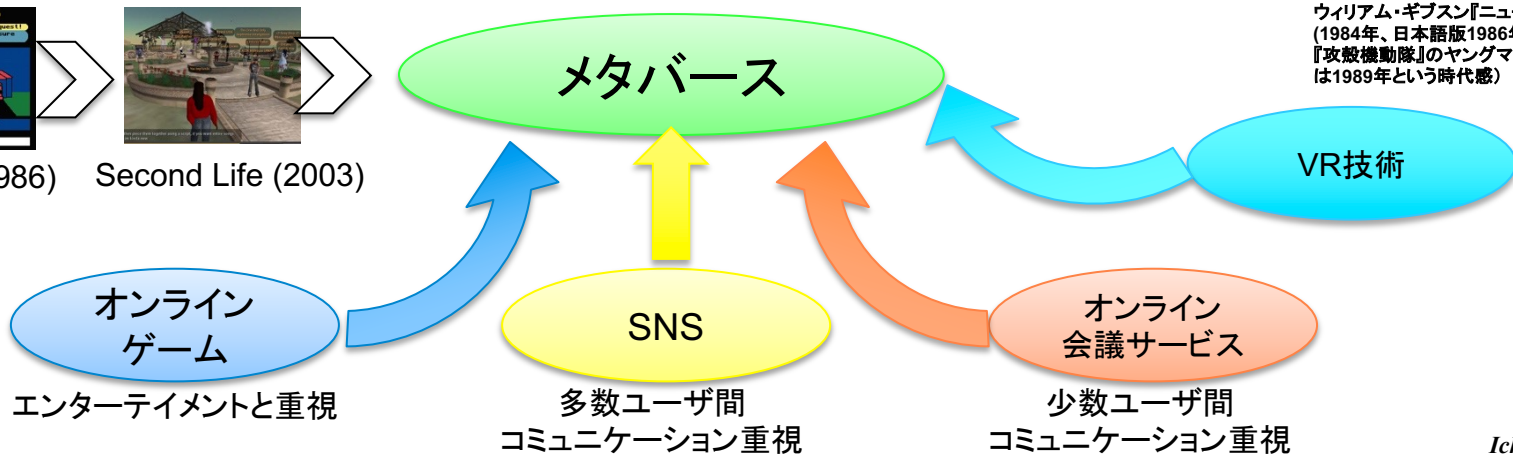
- メタバースの定義は発散状態。強いて言うと、3次元の仮想空間で、ユーザがそれぞれの目的のためにアバターを操作する環境
 - そもそもSF小説に登場した用語(技術用語ではない)
 - ニール・スティーヴンソン著「スノウ・クラッシュ」(1992)に登場する仮想空間サービスの名称
 - メタバースを語る人の立場によって違う



Habitat (1986)



Second Life (2003)



参考: Habitatの経験則

- 最初期のマルチユーザ型仮想世界「Habitat」(1986)における、仮想世界のユーザマネージメントの経験則は、現在のメタバースでもほぼ当てはまるのではないかと
- Chip Morningstar and F. Randall Farmer : “The Lessons of Lucasfilm ‘s Habitat”, 1st Annual International Conference on Cyberspace 1990.
https://web.stanford.edu/class/history34q/readings/Virtual_Worlds/LucasfilmHabitat.html
(also published in Cyberspace: First Steps, Michael Benedikt (ed.), 1990, MIT Press, Cambridge, Mass.),
- 2Dが3Dの違いはあるが、ユーザの行動とそれが引き起こす問題は変わっていないのでは



補足: Habitatはエリア(街)の管理人をアバターの選挙で選んだり、機能としてはアイテムを盗むこともできたが、窃盗行為を規約で禁止するなど、昨今、メタバースの文脈で議論されていることはHabitatで経験済みといえそう
例: メタバースの課金が従量制から固定性になるとユーザ間トラブルが多発するなど

出典: engadget: “Lucasfilm Games’ MMO ‘Habitat’ source code released”
<https://www.engadget.com/2016-07-07-lucasfilm-games-mmo-habitat-code.html>

Second Life (Linden Lab)

- 2003年8月から運用開始、一時、世界的に話題になり、日本企業も出店などを行った

- 仮想世界内の土地購入

2006年にDuran DuranがSecond Life上でコンサートを開催

- 仮想世界内の通貨をドルなどに変換可能



出典: Linden Labの
Second Lifeの紹介
ページ他

- 当時はSecond Life Massively Multiple-user Game (MMOG)と紹介されることが多かった。オンライン上で仮想世界を共有しコミュニケーションを図る点ではMMORPGと共通するが、Second Lifeにはゲームのようなゴールや目標、シナリオが存在しない。
- SecondLifeはサードパーティーが仮想世界を作成するとき、専用スクリプティングでカスタマイズできたが、限定的

Fortnite (Epic Games)

自分が負けると、自分を負かしたプレイヤーの視点に変わり、そのプレイヤーが負けると、そのプレイヤーを負かしたプレイヤーの視点になり...

- Epic Games運営のサードパーソン・シューティングゲーム
 - 基本ゲーム(バトルロイヤル形式)は無料、スキン(プレイヤーキャラクターの外見変更アイテム)や追加パック(武器など)の販売で収益を得るビジネスモデル
 - 2018年と2019年の2年間でEpic Gamesに90億ドル(約1兆円)以上の収益(Appleとの訴訟における文書より判明)
 - 通常、コンテンツはEpic Gamesが用意するが、クリエイティブモードではユーザが街や建物等を構築可能

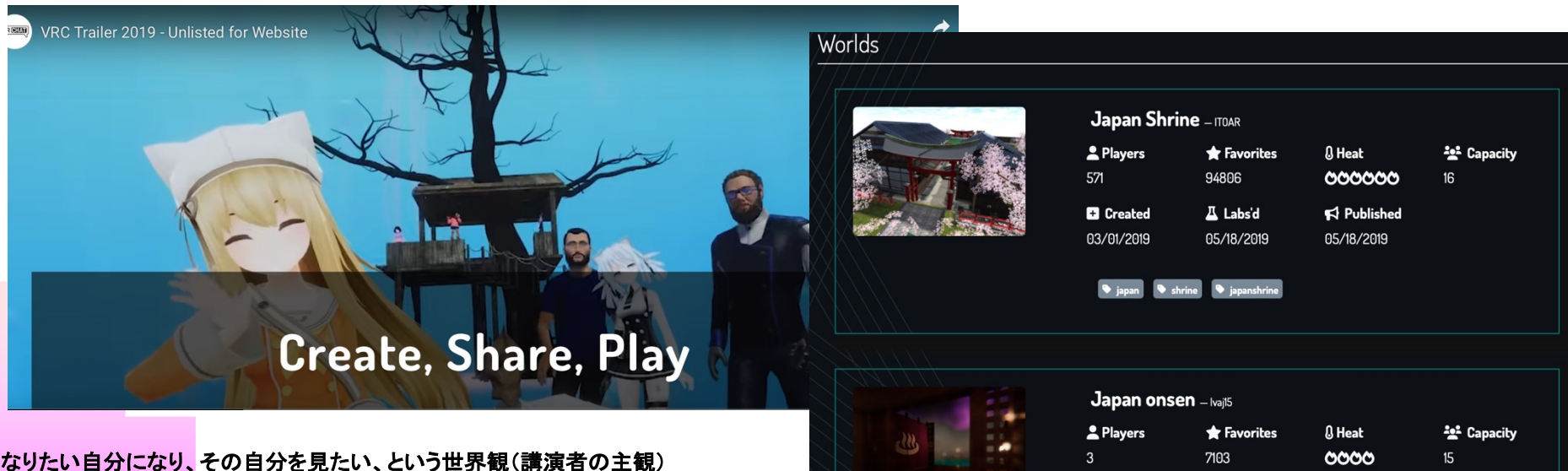


出典: Epic GamesのFortnite紹介他から



VRChat (VRChat Inc.)

- VR機器への対応が早かった、サードパーティーが作成した仮想世界を実行可能
- 特徴は3Dアバターのカスタマイズが容易
 - 仮想世界には、ユーザのアバターを眺めるための鏡が多数設置
 - VRChat上の同人的なヴァーチャル&リアルアイテム市場が形成



The image displays the VRChat interface. On the left, a virtual world is shown with a large tree and a small structure. A character with blonde hair and a white hat is in the foreground. The text "Create, Share, Play" is overlaid. On the right, a list of worlds is shown. The top world is "Japan Shrine" by ITOAR, with 571 players, 94806 favorites, and a capacity of 16. The bottom world is "Japan onsen" by IvaJIS, with 3 players, 7103 favorites, and a capacity of 15.

VRChat Trailer 2019 - Unlisted for Website

Create, Share, Play

Worlds

Worlds	Players	Favorites	Heat	Capacity
Japan Shrine - ITOAR	571	94806	000000	16
Japan onsen - IvaJIS	3	7103	0000	15

なりたい自分になり、その自分を見たい、という世界観(講演者の主観)

メタバースに日本的コンテンツが多い背景

アバターについては石井先生がすでに語り尽くされたので、サブカル的な話題を・・

- 日本人利用者は比率は高くないが、日本のアニメ(サブカル)的なアバターが多い
 - 推測: VRChatを含めてメタバースにおけるカスタムアバターには3Dモデルが必要だが
 - 海外は事業者が用意した少量かつ有料提供
 - 日本はMMD愛好者が大量の高品質な3Dモデルが無料提供
 - 日本の3Dモデルを利用するユーザ→日本アニメ的なアバターが増加→
日本アニメ好きがアバターに集まる→ (サイクル)

備考: ヴァーチャルYoutuberが盛り上がったのはMMD蓄積によるところは大きいのでは?



MMDとは、個人が開発したフリー3DCG制作ソフト
MikuMikuDanceの略称兼同ソフトの3DCGファイル形式

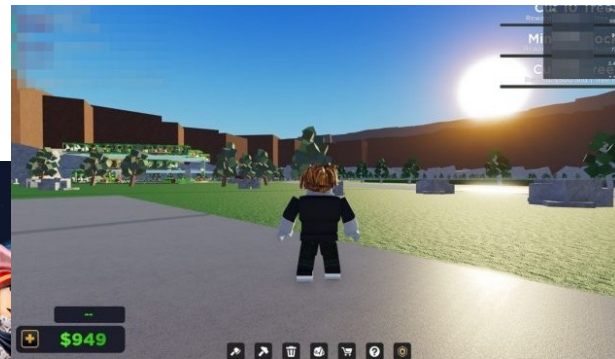
- ・ 初音ミクはクリプトン・フューチャー・メディアが2007年に発売した音声合成ソフトウェア。同ソフトのキャラクターは非営利であればほぼ自由な利用を認めて、ユーザによる歌声の利用だけでなくキャラクターを用いた創作活動をも促進
- ・ 3Dの初音ミクを作成するためのソフトウェア・コンテンツが数多く登場し、その結果、MMDなど、3Dキャラクターのデータ形式が普及



数多くあるMMD関連書籍の一例(翔泳社、晋遊舎刊)
(すみません、どれも読んでいません)

Roblox (Roblox corp.)

- 3D仮想世界の作成と実行の仕組みを提供し、ユーザが作成した仮想世界ゲームをプレイ
- ユーザの多くは16歳未満といわれ、ユーザ未成年が作成した仮想世界も多い模様
 - 年間合計2,000万のゲームが開発ツール(Roblox Studio)で作成
 - コンテンツ販売手数料は高いといわれる(独自通貨から現金への変換レート)?



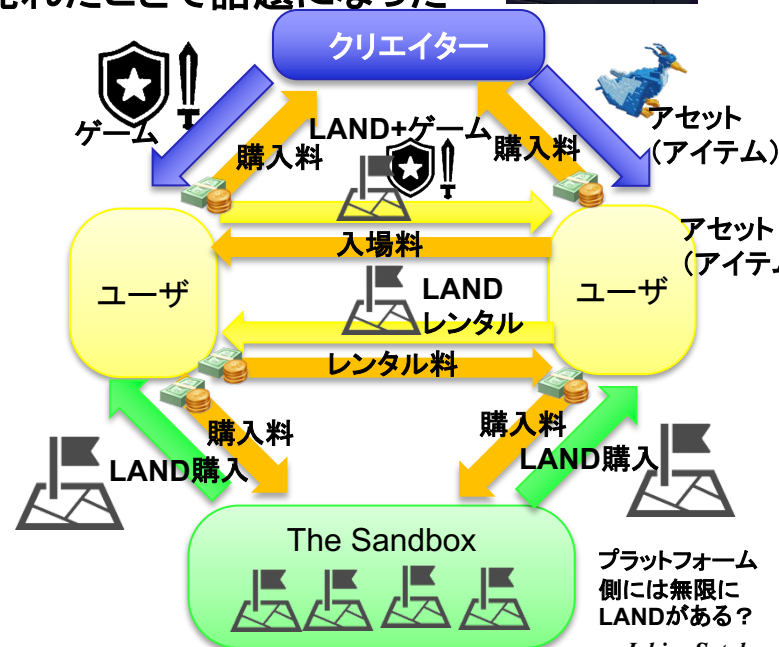
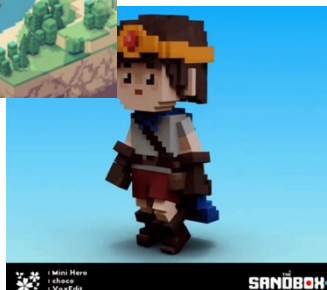
各仮想世界の収容人数は一人から数百人

子供市場を抑えた、ユーザ作成ゲームの市場、
ノリは小学生向けギャグマンガ的という印象(講演者の主観)

The SandBox (PIXOWL Inc.)

- ボクセルと呼ばれる角ばった要素で世界、アバター、アイテム他が表される世界
 - ユーザが作成したアイテムやゲームを販売したり、土地(LAND)から入場料
 - NFTで土地の売買可能で、土地(LAND)が高額で売れたことで話題になった
 - 独自通貨(SAND)はリアルなお金に変換可能

コンテンツ作成ツール
VoxEdit

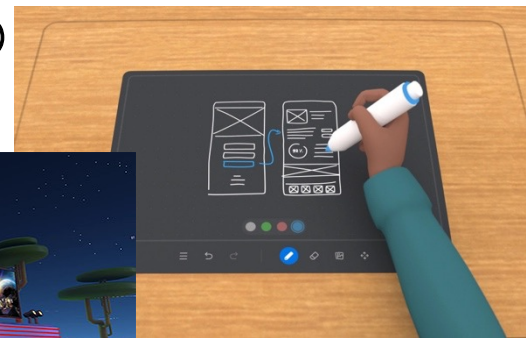


Horizon (Meta)



メタバースにおける人気のVR型
ヘッドマウントディスプレイ(HMD)で
あるOculus QuestはMetaの子会
社が製品開発

- 会議など業務利用も見据えたメタバース
 - VR-HMDの利用が前提(一般のディスプレイでも利用できるが)
 - 他のメタバースと比べると、法的情報は整備されている



プラットフォーム化するメタバース

メタバースはサードパーティーが作成した仮想世界の実現プラットフォーム

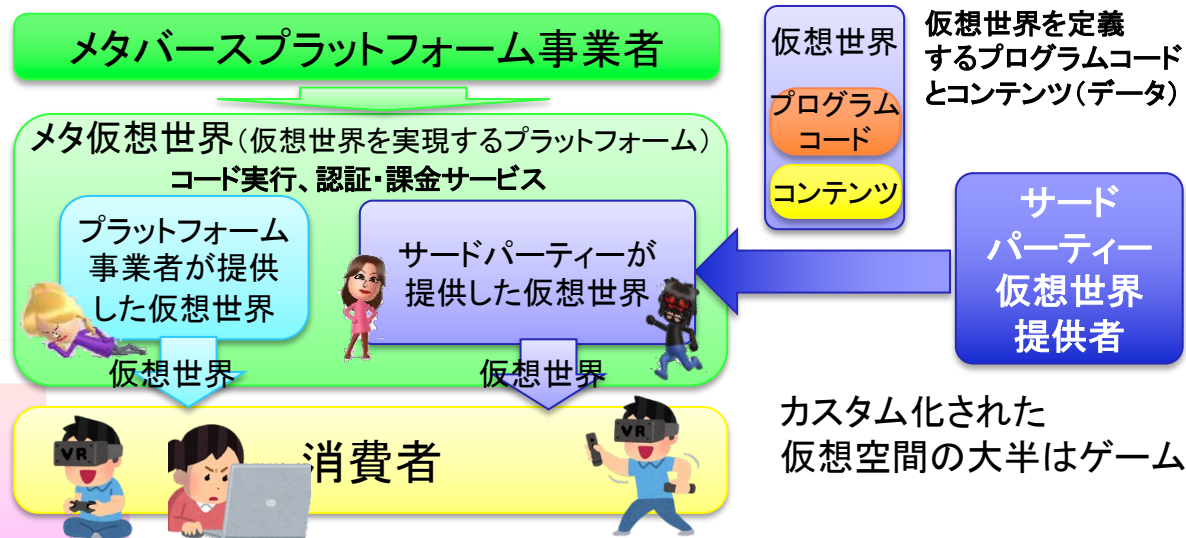


国立情報学研究所 教授

佐藤一郎

プラットフォーム化するメタバース

- いまどきのメタバースは、派手な3D仮想空間やアバターに着目されがちだが
 - **外部事業者により作成・カスタム化された仮想空間**（画像や音、仮想世界をカスタマイズするプログラムコードなど）を実現する**メタな仮想世界であり、それを消費者に提供するプラットフォーム**
 - **各カスタム仮想世界はコンテンツデータとプログラムコードから構成**

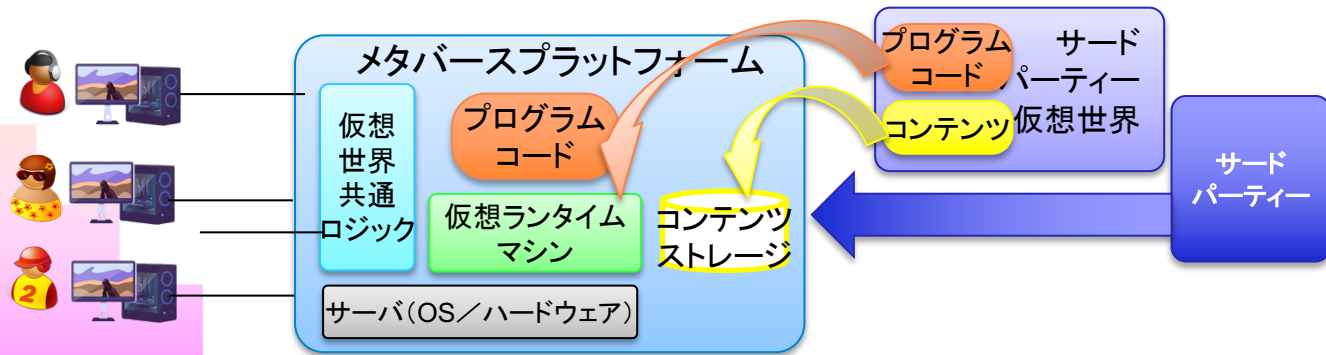


- **仮想世界の定義は、3次元データだけでなく、プログラムコードを含む**
 - **アクションなどはプログラムコードの方が表現しやすい**

メタ仮想世界(造語)は、仮想世界のコンテンツの表示やプログラムコードを実行するプラットフォーム

仮想世界の実現

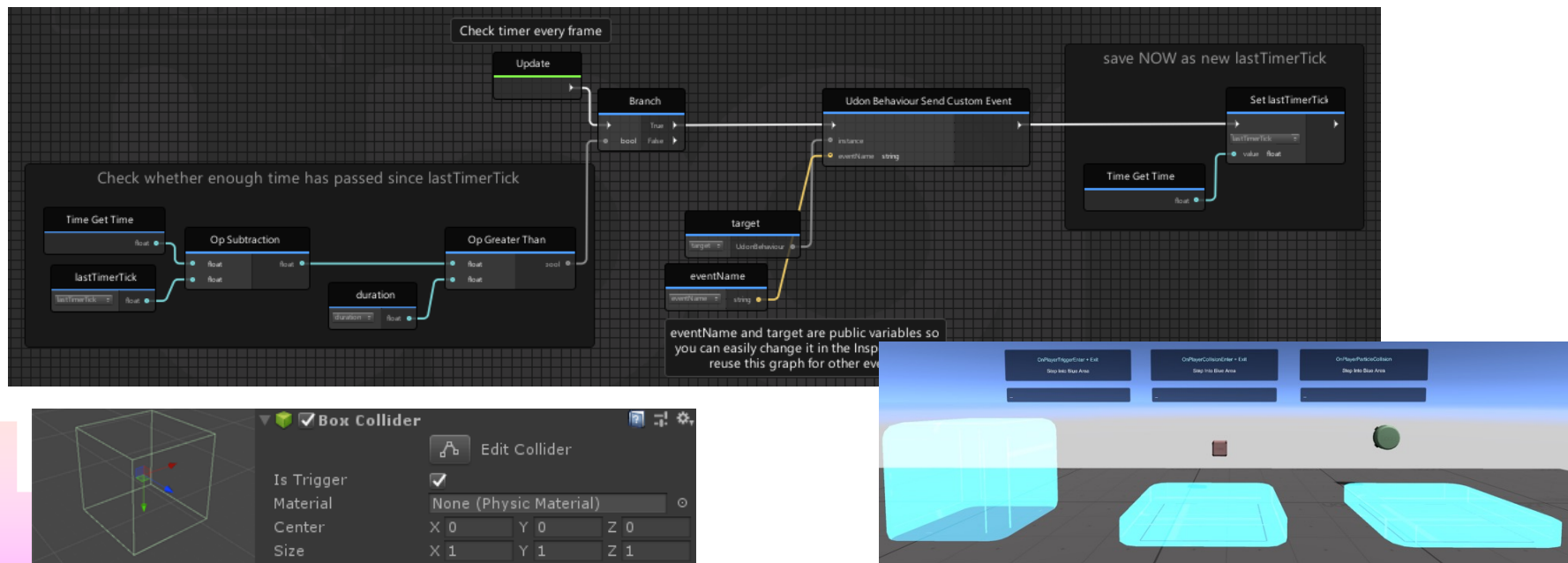
- 仮想世界は画像データなどのコンテンツとプログラムコードから構成される
- サードパーティーが仮想世界を作成のビジュアルプログラミングによる開発環境を提供
 - 開発環境を作成できるプログラムコード範囲を絞ることでセキュリティを確保
 - プラットフォームが開発した仮想世界の方が機能がなくなる可能性がある
- プラットフォームはサードパーティーが開発した、プログラムコードを含む仮想世界を実現
 - プログラムコードをソースコードとバイナリーコードの中間形式にすることで、セキュリティ検査と実行速度を両立
 - プログラムの実行環境もプラットフォームとサードパーティーでは違ってくる可能性はある



仮想ランタイム向けコードは、抽象的なコンピュータを動かすための命令。実行には仮想ランタイム向けコードを解釈・実行する仮想マシンが必要。例: Java言語バイトコード

補足: VRChatの開発環境

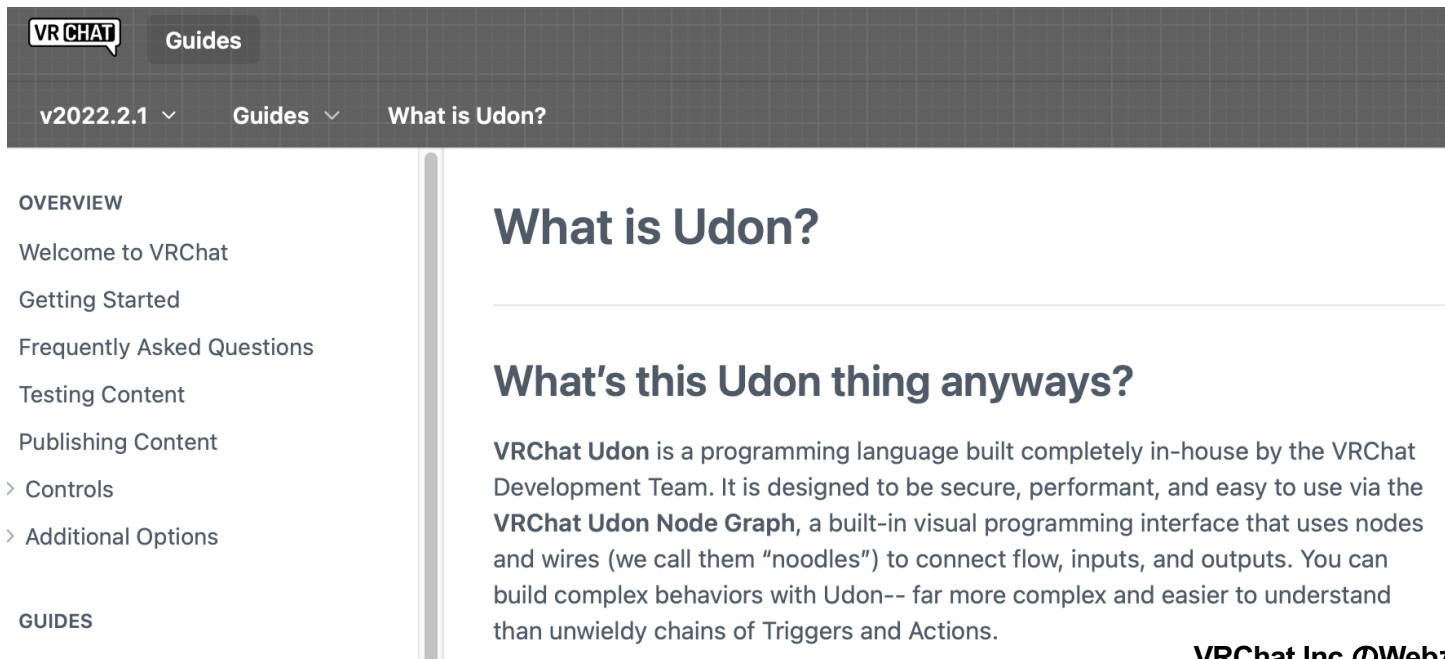
- VRChatはヴィジュアルプログラミング環境(VRChat Udon)を提供し、ユーザは仮想世界を独自コンテンツデータに加えて、プログラムコードでカスタマイズ可能



補足: VRChat Udon

■ Udonはうどん

- a built-in visual programming interface that uses nodes and wires (we call them “noodles”) to connect flow, inputs, and outputs. You can build complex behaviors with Udon

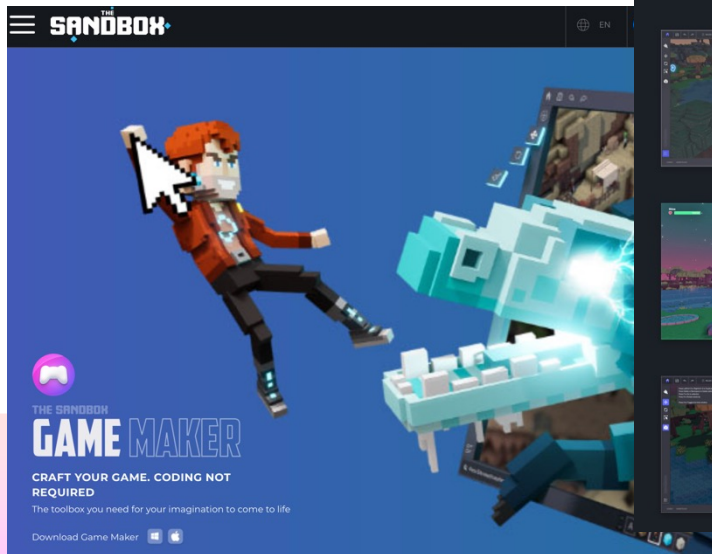


補足: The Sandboxの開発環境

■ No-code visual programming

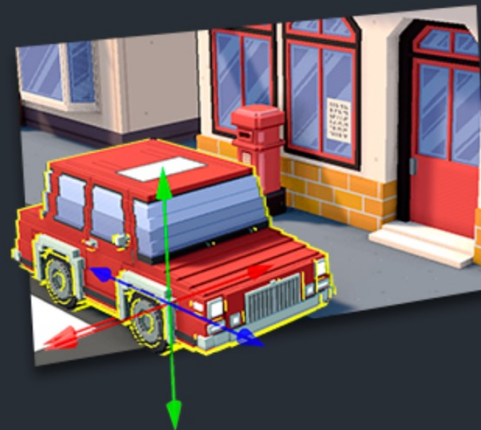
Building games for the Metaverse

Anyone can build 3D games for free. No coding required. Contribute to a vast metaverse, filled with amazing creations and experiences.



No Code Required

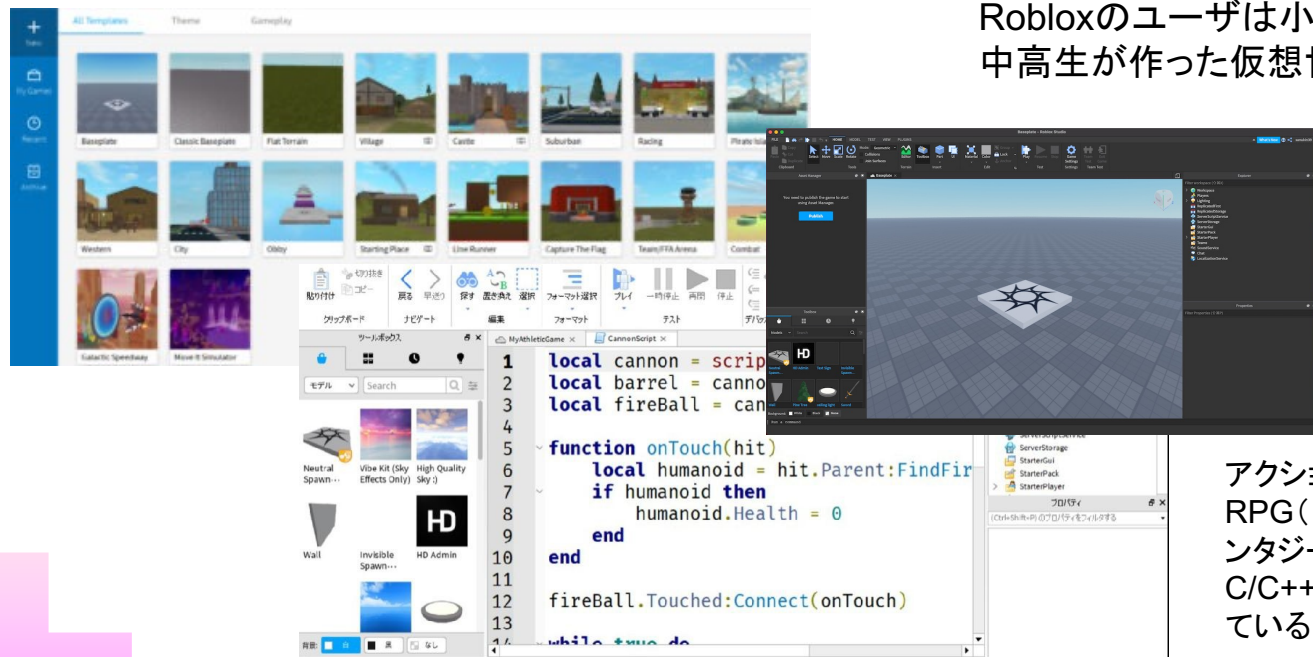
Easy to learn. It is simple and intuitive to create behaviors and edit attributes



補足: Roblox Studio

- 開発ツール及び画面設定テンプレートが提供され、具体的なアクションはLua言語で記述

Robloxのユーザは小中学生が多いとされ、
中高生が作った仮想世界も多いといわれる



RobloxはLua言語で
記述できるが、Lua言
語の一部機能を制限

アクション要素の少ない商用オンライン
RPG(ドラゴンクエストXやファイナルファン
タジー14など)は要高速処理な部分は
C/C++、それ以外はLuaで記述といわれ
ている

補足：メジャーな開発言語がいいとは限らない

- 開発者が多いプログラミング言語を採用した方がソフトウェア開発には有利といいといわれるが
 - メタバースプラットフォームはメジャー言語の導入を避けているのではないか（推測）
 - メジャーなプログラミング言語の問題
 - その言語を習熟した開発者に有利、逆に新参の開発者（≡素人）には不利
 - 新しいソフトウェアの多くは新参の開発者によってもたらせる
 - ベテランのソフトウェア開発者は既存のソフトウェアに囚われ気味
 - 習熟者が少ないプログラミング言語は、既存開発者に有利とならず、新参の開発者の参入を促せる
- 例：AppleはiPhoneやiPadの開発にマイナー言語を採用
 - Objective-C（C++と同程度に古い言語だが、マイナーな言語）
 - Swift 言語に移行（2014年にApple独自かつ新しい言語）
 - 推測だが、Appleは新参の開発者の参入を狙った可能性がある

メタバースのシステム構成

MMOゲームからメタバースのシステムを推測する



国立情報学研究所 教授

佐藤一郎

メタバースのシステム構成

- 既存メタバースプラットフォームのシステム構成に関する情報は公表されていない
 - サードパーティにおける仮想世界の開発の都合だけでなく、プラットフォームが提供する仮想世界との公平な競争のためにも、情報に格差を持たせるべきではない
- MMOゲームなどの類似処理のシステム構成から推測するしかない
 - システムはソフトウェアで定義されているが、多様な物理的制約（通信遅延、入出力処理性能など）があり、システム構成や設計において選択の余地はい（逆に言うと要件からシステム構成を予測できる）
- メタバースのプラットフォームに求められるシステム機能
 - ユーザ認証・課金処理
 - 仮想世界のモデル化・実現
 - 分析処理・ログ管理
 - 描画処理（仮想世界及びアバータの描画）
 - クライアント端末との通信処理
 - アイテムなどの販売

本講演でいうシステム構成はIT用語ではシステムアーキテクチャに相当する。これはレッシングなどのアーキテクチャとの混同を避けるため

システム開発では既存システムを継承

- 新しいシステムでも、類似した要件の既存システムを真似ることが大半
 - 既存のソフトウェアは使い回せると開発コストを削減できる
 - 稼働実績のある既存システムは諸問題が解決済みが多い
 - セキュリティ上、稼働実績があるシステムの方が安心
 - クラウドを使う場合、特殊なハードウェアは使えず、システム構成が制約
- メタバースの場合、要件が類似した既存システムはMassively Multiple-user Online (MMO)ゲーム
 - メタバースのシステム構成や機能はMMOゲームと類似
 - 実際、有名MMOゲームFortniteはメタバースとして紹介されることが多い
- メタバースにはMMOゲームにない特徴もある
 - サードパーティーが作った3D仮想空間(コンテンツ+プログラムコード)を実現し、ユーザに提供することは、MMOゲームにない特徴となる(仮想空間に特化したPaaS)

情報システムが
変わらない背景

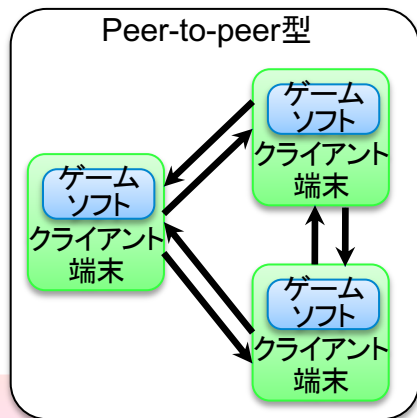
補足：MO、MMO、そしてメタバースのシステム要件

- ゲームの論理構造(ざっくりとした分類であり、個々のサービスによって分類に当てはまらないケースも多々ある)

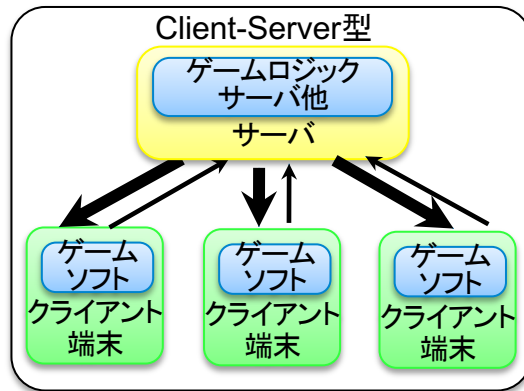
	MOゲーム型	MMOゲーム型	メタバース型
ユーザ数	少人数	多数	多数、ただし各仮想世界は少人数
ユーザ増減	固定的	変動	変動
ユーザ間関係	格闘など濃密な相互作用	ソーシャルな活動	コミュニケーション
プレイ時間	数分～数十分	数ヶ月	数ヶ月(もっと長い?)
通信遅延	50ミリ秒(概算)	100ミリ秒(概算)	仮想世界の内容に依存
接続当たり通信帯域	大きい	比較的小さい	大きい
端末性能差影響	大きい	小さくすることもできる	小さい
端末種別	高性能パソコン	パソコン、スマホ	パソコン(+VR機器)
ユーザ間金銭取引	少ない	多い	多い
ゲーム形態	格闘、レース、FPS	大戦、コミュニケーション	仮想世界を楽しむ

補足: オンラインゲームのシステム構成の変遷

- オンラインゲームの技術要件によりシステム構成は変遷
 - 通信トラフィックと遅延の低減、不正対策などが重要
 - クライアント端末の性能差をどうカバーするか



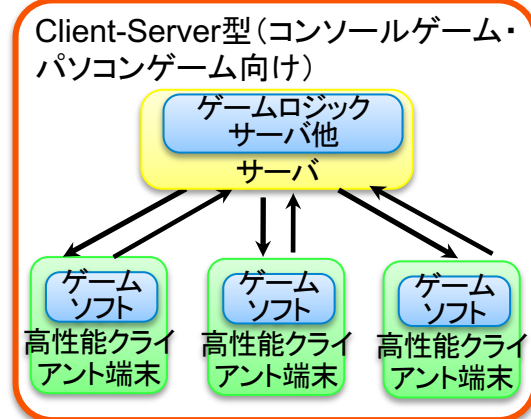
課題: NATやファイアーウォール越えができないと使えない、ソフト改変などの不正の対処が困難、ユーザ数増加への対応が困難



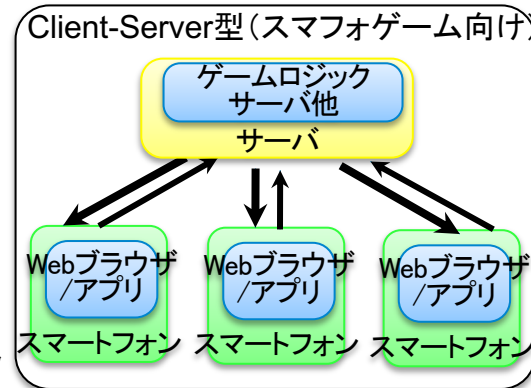
課題: 通信トラフィックと通信の増加、サーバが高負荷になりやすい

最近のサーバ管理はGoogle Stadia、Amazon Lunaなどのクラウド上のオンラインゲームサービスを利用することも多い

メタバースのシステム構成も同様のはず

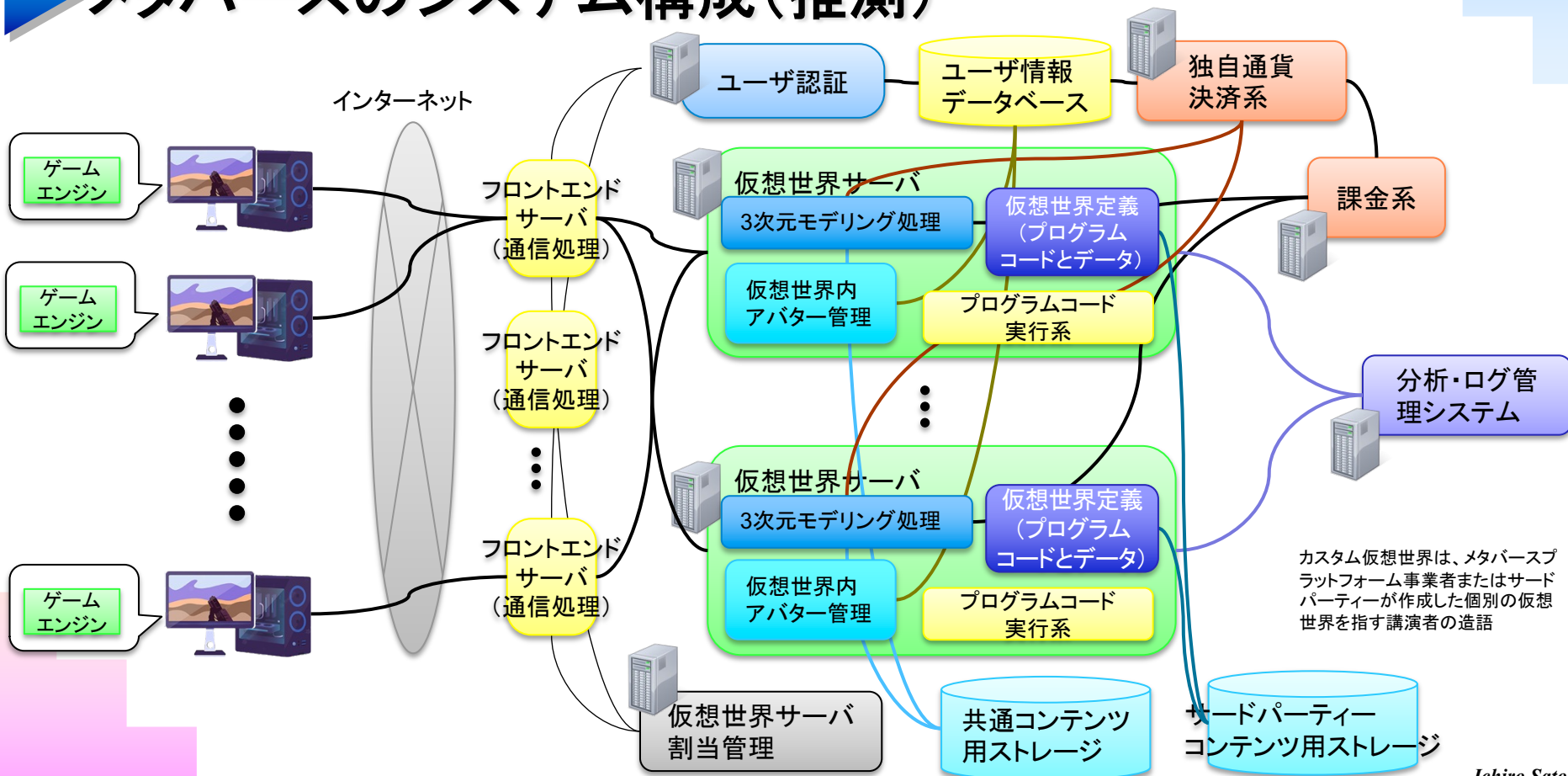


課題: クライアント端末の処理能力で不公平が起きる



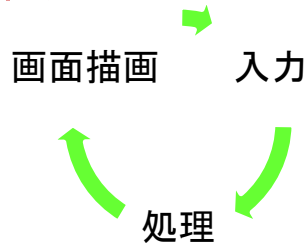
課題: 通信トラフィックを下げるために通信データ量を削減が必要

メタバースのシステム構成(推測)



メタバースの描画処理

- メタバースにおけるクライアント端末は、Client-Server型（後述）構成オインラインゲームのクライアント端末と機能的差異は少ない
 - 3次元ゲームを実現する汎用ソフトウェア（ゲームエンジン）を利用するメタバースも多い
 - 1秒間に60回表示（16ミリ秒）が描画
- 通信輻輳をなどをさけるために、通信のデータ量は大きくできない
 - 3次元データは量が多いことから、サーバは仮想世界やアバター、アイテムの3次元モデリングまでを行い、描画処理（レンダリングなど）はクライアント端末に任せる
 - クライアント端末はサーバからモデリング情報を受け取り、描画することに成り、処理が類似
 - 共通機能のソフトウェアをゲームエンジンとして提供



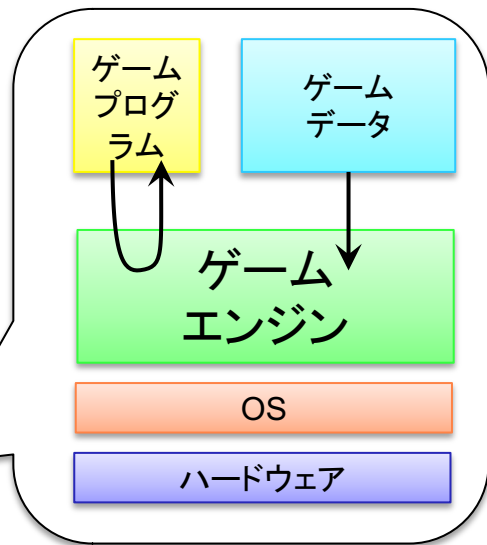
補足：ゲームエンジン

■ ゲームソフトウェアの共通処理を集めたソフトウェア

- プログラムからAPIなどを通じて呼び出されるプログラム群として提供されるものや、ミドルウェアとして動作するケースもある

■ 提供される機能

- 仮想空間構築（主に3D世界の構築）
- キャラクターやアイテム管理
- 描画処理（仮想空間上でキャラクターなどを描画）
- 物理シミュレーション（落下や爆発などの挙動を再現）
- ネットワーク機能（P2PまたはC/S接続）
- サウンド機能
- ハードウェアの相違の吸収
- ゲームのテスト支援
- （VR機器の対応）



メタバースは既存のゲームエンジンを利用することが多い

補足: 仮想世界の実現: ゲームエンジン

- 仮想世界の構築・描画は既存ゲームエンジンの利用が多い。先駆けFPSゲームのDoom用の(汎用)ゲームエンジンが先駆けとされ、いまは以下の二つの有力
 - **Unreal Engine** (Epic Games):
 - Epic Gamesが開発したFirst-Person Shooting (FPS)の3DゲームであるUnreal用に作られた3次元空間ゲームのレンダリング、コリジョン判定、ネットワーク管理する統合ソフトウェア、多様なハードウェアで稼働
 - ゲーム以外にテレビ用アニメーション制作や建築シミュレーションに利用、メタバースではFortniteが利用
 - **Unity** (Unity Technologies)
 - 2D及び3Dゲーム開発・実行され、描画などの多様な機能を提供し、多様なハードウェアで稼働できる、ソフトウェア、ネットワーク機能も拡張できる、C#言語で拡張、取り扱いが容易
 - ポケモンGo、ドラゴンクエストVIII(スマフォ版)、原神他、メタバースではVRChat他が利用
- ・ 独自のゲームエンジンが多かったが、CG処理が高度化やネットワークに対応したゲームエンジンの開発予算・時間が確保が困難となり、上記の二つに収斂した状況。ただし、日本の国内大手ゲーム会社はいまも自社ゲームエンジンを使うところはある。
- ・ 有力ゲームエンジンはゲーム以外に、建築や医療などのシミュレーションにも外販

Unreal Engineのコア部分はEpic Gamesの創業者Timothy Dean Sweeneyが一人で(少なくとも最近まで)開発していたらしい(53億ドルの純資産をお持ちと言われています)



出典: Epic GamesのUnreal Engineの紹介から



出典: Unity TechnologiesのUnity製品の紹介から Ichiro Satoh

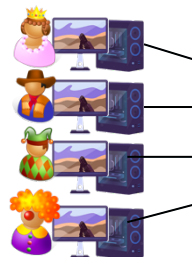
MMOゲームにおける ゲームサーバの割り当て

- 一つのサーバで仮想世界全体を実現するのは性能的に困難であり、複数サーバを利用することになるが、各サーバへの割り当て方は複数ある

仮想世界を複製



① ユーザ分割 & 仮想世界複製



ユーザ数が減ったときに過疎化しやすい

ユーザをグループ分けし、各グループと複製した仮想世界をサーバに固定的に割り当てる



多重化された仮想世界にユーザは固定的に割り当てられる

相違な複製仮想世界のユーザは会えない

仮想世界

ゲームサーバ

共通仮想世界ロジック

仮想世界内
アバター管理

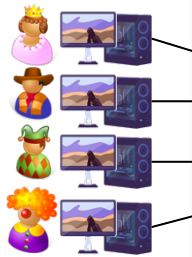
コンテンツ
ストレージ

ユーザ情報
データベース

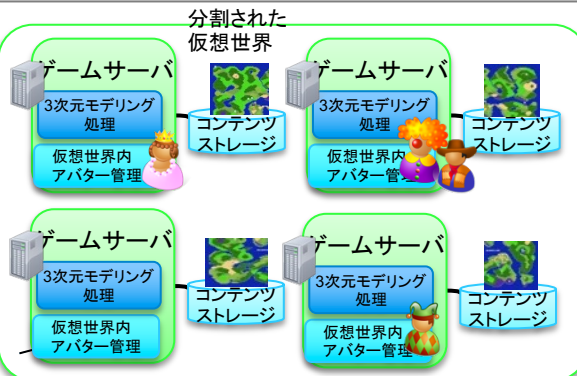
仮想世界を分割



② 仮想世界分割



分割した仮想空間をサーバに割り当て、ユーザは滞在する分割仮想空間のサーバに動的に割り当てる



仮想世界が局所的に混むときは負荷分散ができない

ユーザ情報
データベース

- MMOゲームの場合、ユーザ交流は広くならないので、

①でよいMMOゲームはそれなりにある

②はユーザの集中を考慮して分割する必要がある

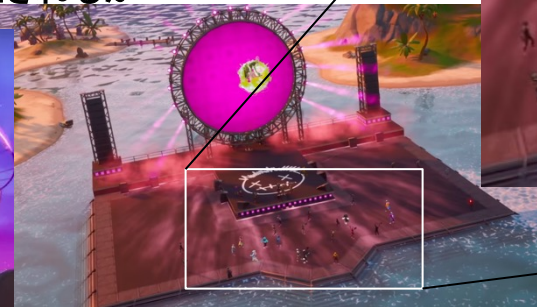
人が多い仮想世界でも過疎化

■ 人気の仮想世界では複製が多数作られ、多数のサーバで実現

■ 複製された仮想世界は独立であり、別世界であり

- 別の仮想世界にいるアバター（ユーザ）との相互作用には制限がかかる

Travis ScottがFortnite上で行ったLiveでは2020年4月24日は同時接続数者数は1230万とされるが



出典: Travis Scott and Fortnite Present: Astronomical (Youtube)



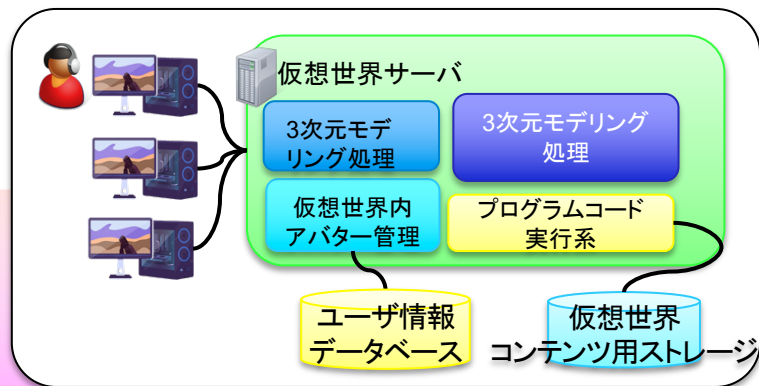
仮想世界の映像を見る限り閑散

おそらくEpicはこのイベントのために数万台のサーバを使ったはず(AWSから?)

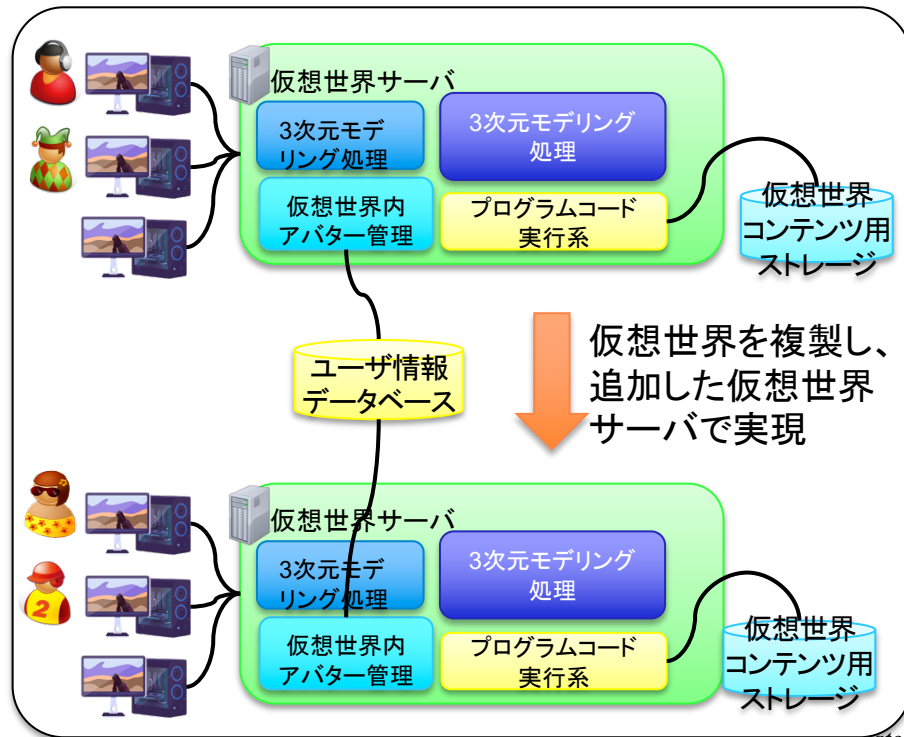
仮想空間では大勢が一カ所に集まらない → 集団のパワー(大衆集会等)は形成されない

メタバースにおける仮想世界の複製

- ひとつの仮想世界はひとつのサーバで実現されるが、性能的な限界があり、**仮想世界への入場者数に上限**を設けている(例:100人以下)
- それを超える人数を収容するときは、**仮想世界を複製して、別のサーバで実現**するしかない
 - **同じ仮想世界でも複製された仮想世界は独立**
 - **ユーザ数は多いのに仮想世界は過疎化**



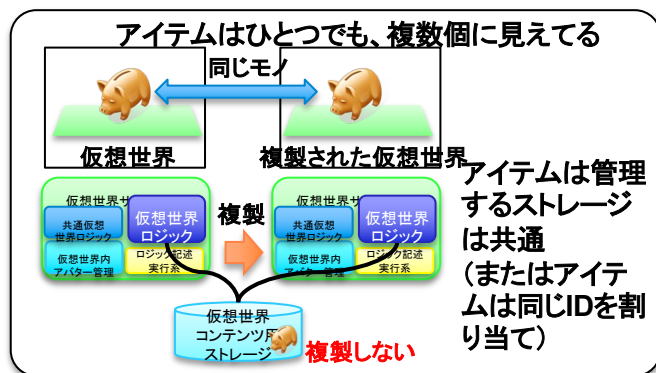
複製



複製仮想世界における存在性

- メタバースでは処理負荷低減手法により、仮想アイテムや土地の資産的特性が変わる

複製
方式①



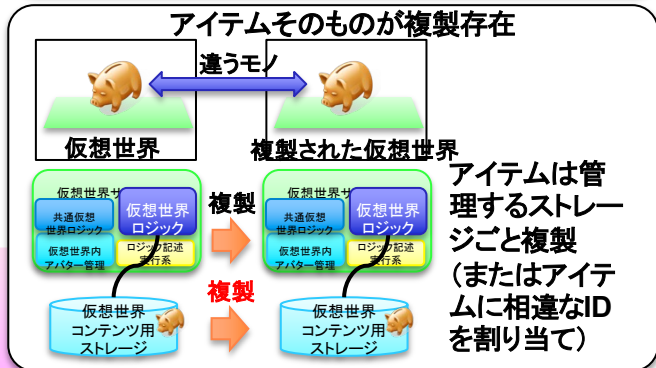
- ひとつの対象が複数仮想世界に存在

- 片方の仮想世界でその対象を操作・削除すると、別の仮想世界の対象も操作・削除される
- 片方の仮想世界でアイテムが取られると、別の仮想世界では忽然と消える

- 対象をそれぞれの仮想世界に存在

- 片方の仮想世界でその対象を操作・削除しても、別の仮想世界の対象はそのまま
- 仮想世界の複製というシステム側の都合で、対象の個数が増える

複製
方式②

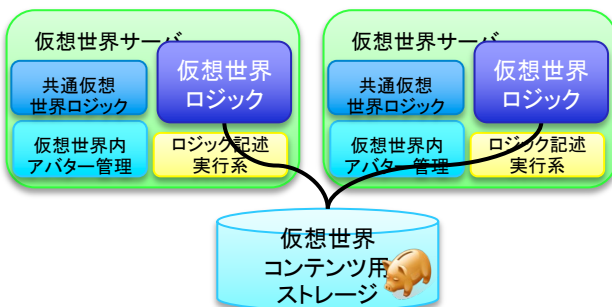
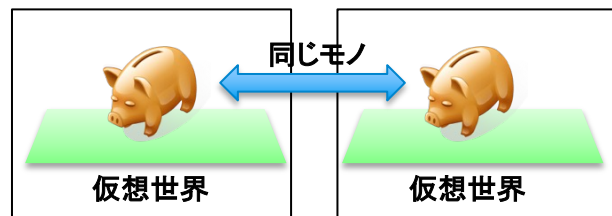


仮想世界の複製による影響

- 仮想世界の複製では、仮想世界上のアイテムなども複製されうる

複製方式①

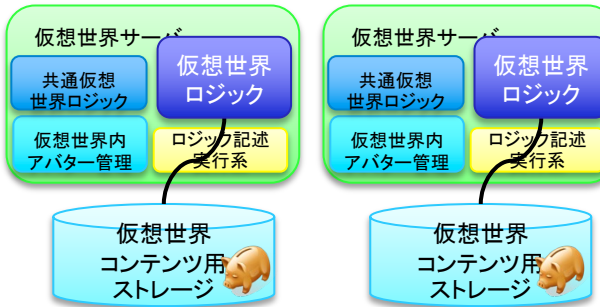
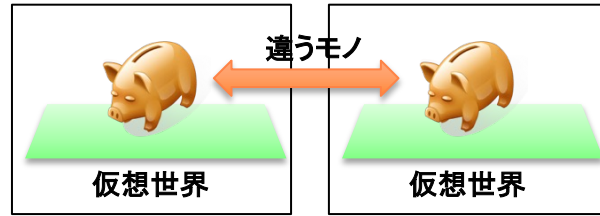
アイテムはひとつでも、複数個に見えてる



アイテムは管理するストレージは共通
(またはアイテムは同じIDを割り当て)

複製方式②

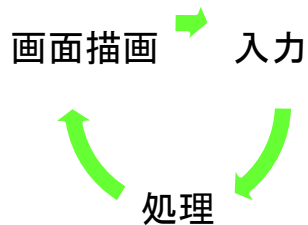
アイテムそのものが複製存在



アイテムは管理するストレージごと複製
(またはアイテムに相違なIDを割り当て)

メタバースでは処理負荷低減手法により、仮想アイテムや土地の資産性が変わる

メタバースにおける時間的要求



■ メタバースにおける時間的要求

- 高性能かつ高品質なインタラクティブな操作と描画には
 - ゲームと同様に、1秒間に60回表示(16ミリ秒)が描画が求められる
- しかし、インターネット経由の通信の遅延は数ミリ秒(国内)～数百ミリ秒(海外)
 - 求められる通信遅延よりも、実際の通信遅延は大きくなるときは、各種工夫で遅延の影響を隠蔽する(ユーザに気がつかせないようにする)

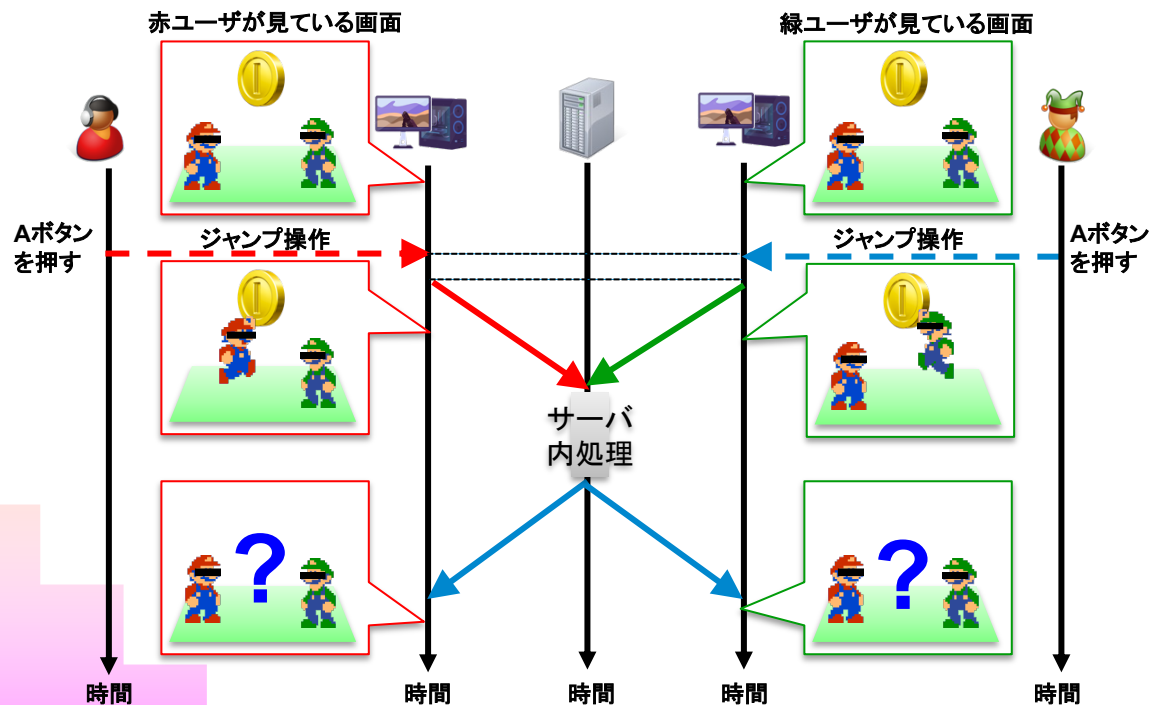
■ 通信遅延に関する要求

オンラインゲーム種別	通信遅延の要求
格闘ゲームやカーレース	20ミリ秒以下
FPS的対戦ゲーム	100ミリ秒以下
アクション性が少ないゲーム	数100ミリ秒
将棋やチェスなどターン型ゲーム	1秒以下

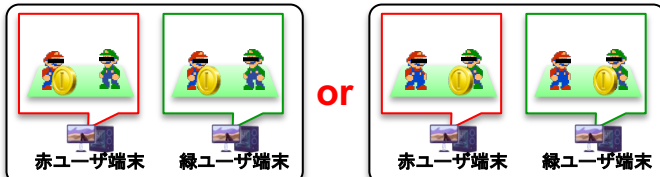
**メタバースの場合は
通信遅延要求は、
数100ミリ秒程度で
はないか**

アイテムデュープ問題

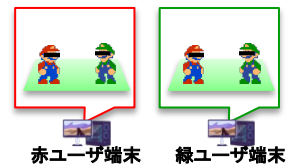
■ サーバに操作を伝える前に画面描画



解決策① (システムがサイコロを振って、一方に渡す)



解決策②
(公平に無効)



解決策③
(公平に有効)



アイテムの取り合いでも、ユーザー同士の協調により両者が取れうる



補足：通信遅延がもたらす非現実性

- メタバースは通信遅延という物理的制約の影響を大きく受ける
 - 端末とサーバの二者関係でも描画内容とサーバ側の状態には時間的なズレが常に生じる
 - 通信の完了を待っていると、レスポンス性能が下がる
- 通信の完了を待たずに描画
 - 通信遅延の影響を隠すが、それで不整合・不公平を生む
 - 仮想世界の状態(所有的な状態他)に影響
 - 損した感覚や不公平感はユーザの不信を招きやすい

プラットフォームとしてメタバース における非技術的な課題

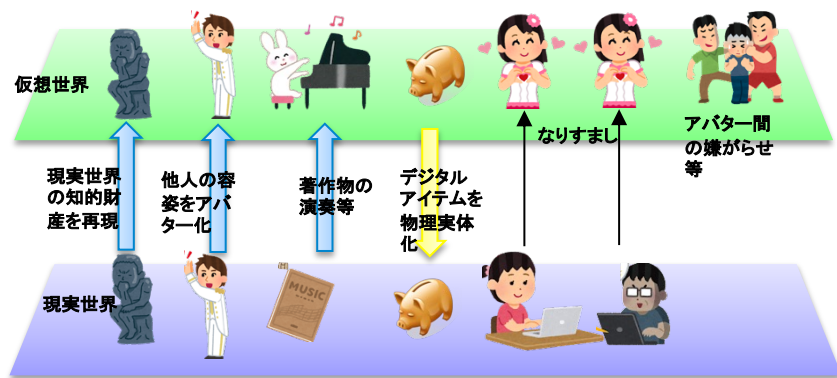


国立情報学研究所 教授

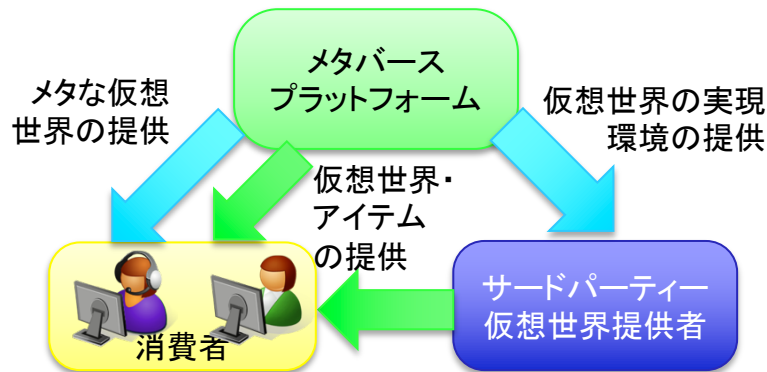
佐藤一郎

メタバースプラットフォームに関わる諸問題

- **メタバースで指摘される非技術的問題の多くは**
 - 仮想世界内で起きる問題と、
 - 現実世界と仮想世界間で起きる問題に着目
もちろん、これらも重要ですが



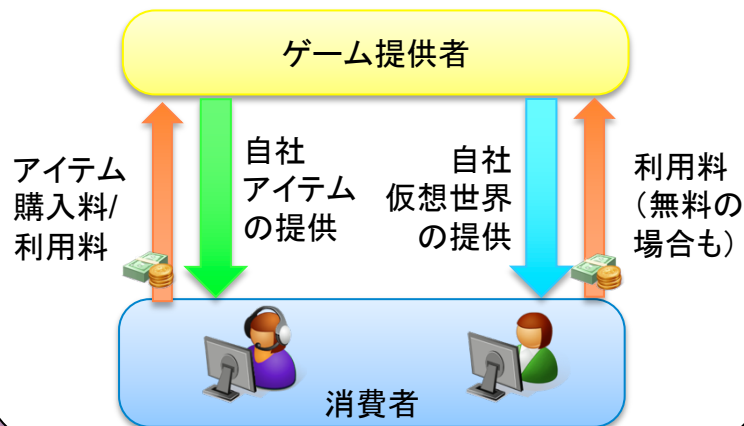
- **メタバースがプラットフォームである以上、下記における法的な問題も注目すべき**
 - プラットフォームと消費者の関係
 - 消費者とサードパーティー仮想世界提供者の関係
 - サードパーティー仮想世界提供者とプラットフォームの関係



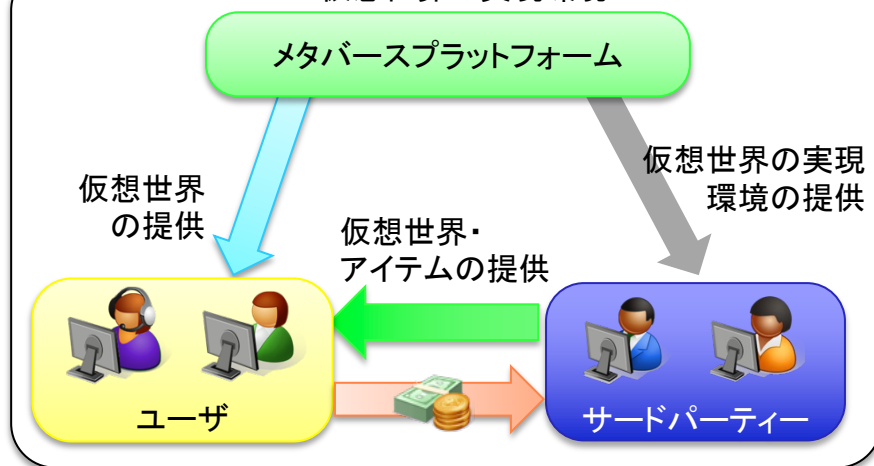
補足：メタバースとMMOゲームの違い

- オンラインゲーム(MMOゲームを含む)は、ゲーム提供者の自前コンテンツを消費者に提供
 - メタバース事業者はプラットフォーマーとして、消費者だけでなく、サードパーティーに対してカスタマイズした仮想世界(コンテンツデータ+プログラムコード)を実現し、自社の仮想世界とともに消費者に提供するための**メタな仮想世界**(プラットフォーム)を提供

オンラインゲームのビジネスモデル

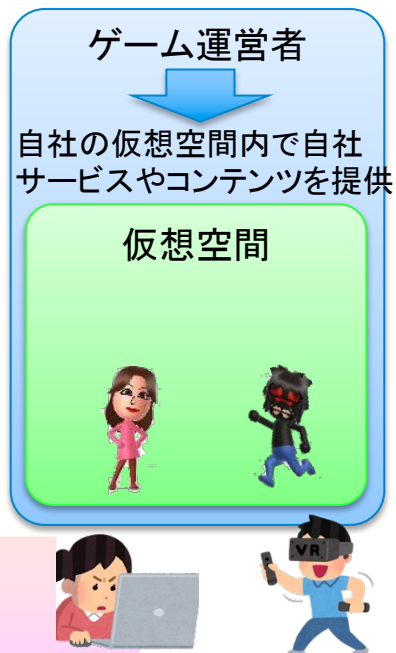


仮想世界の実現環境



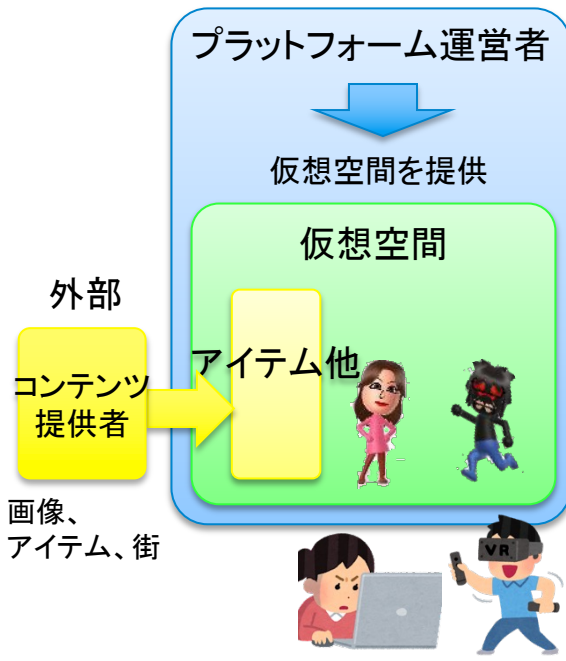
補足: オンラインゲームからメタバースへ

■ オンラインゲーム (どうぶつの森他)



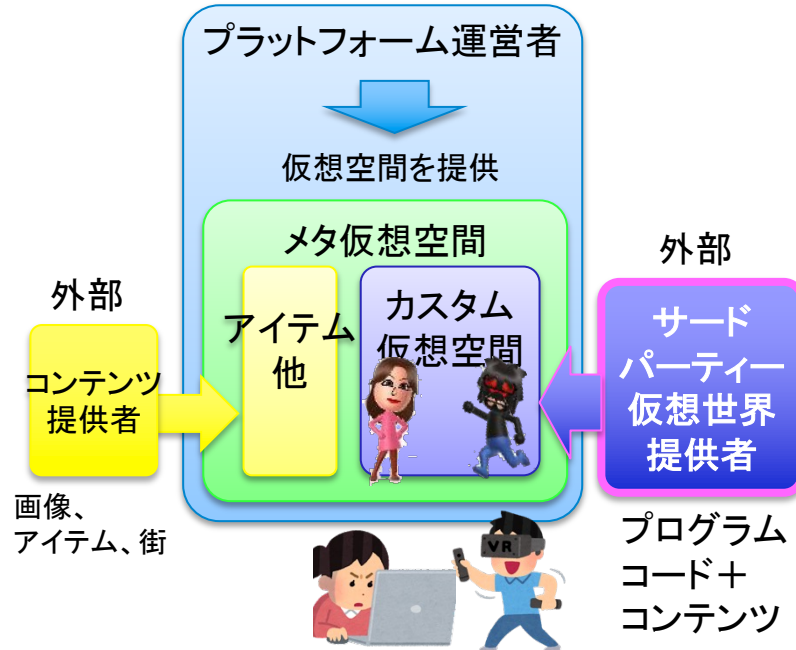
■ 事業者に向けた仮想空間

■ 旧世代的なメタバース (Fortnite他)



■ 外部事業者によるコンテンツも提供する仮想空間

■ いまどきのメタバース (VRChat、The Sandbox、Roblox他)



■ 外部事業者による仮想世界を実現するメタな仮想空間

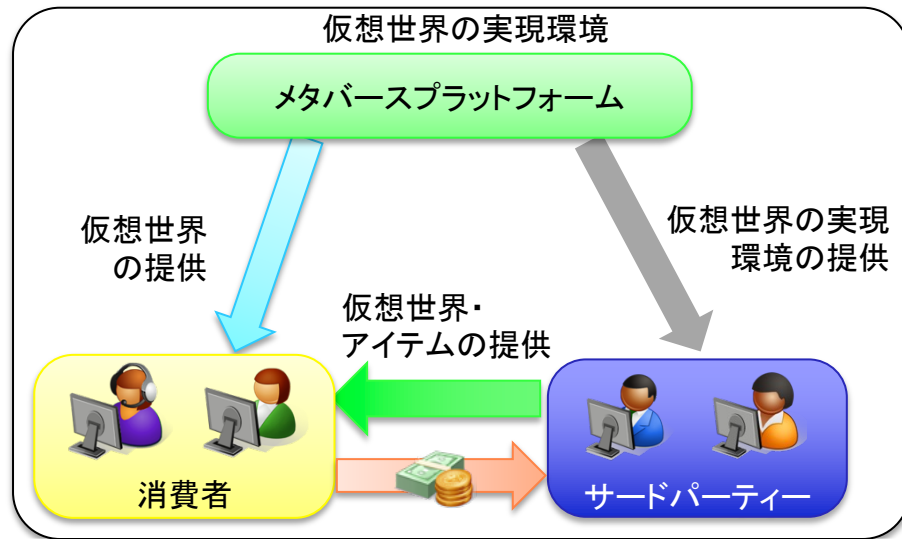
メタバースにおけるビジネスモデル(概念的)

■ メタバースプラットフォーム事業者

- 多くのメタバースでは消費者は無料で利用
- メタバースプラットフォーム事業者は自社仮想世界とアイテムを提供
- サードパーティーに対して仮想世界の実現環境(メタ仮想世界)を提供
- サードパーティーの売上から手数料を徴収(ストアの手数料とメタな仮想世界の利用料)

■ サードパーティー仮想世界提供者

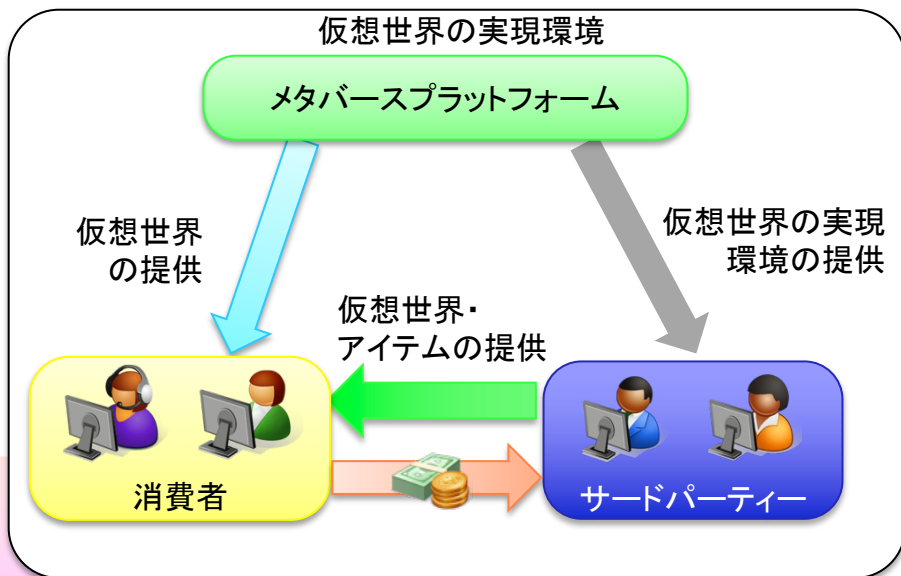
- 仮想世界の作成・提供
- 消費者から仮想世界の利用料、アイテムの販売料を受け取る
- 利用料と販売料から所定手数料をメタバースプラットフォーム事業者に支払う



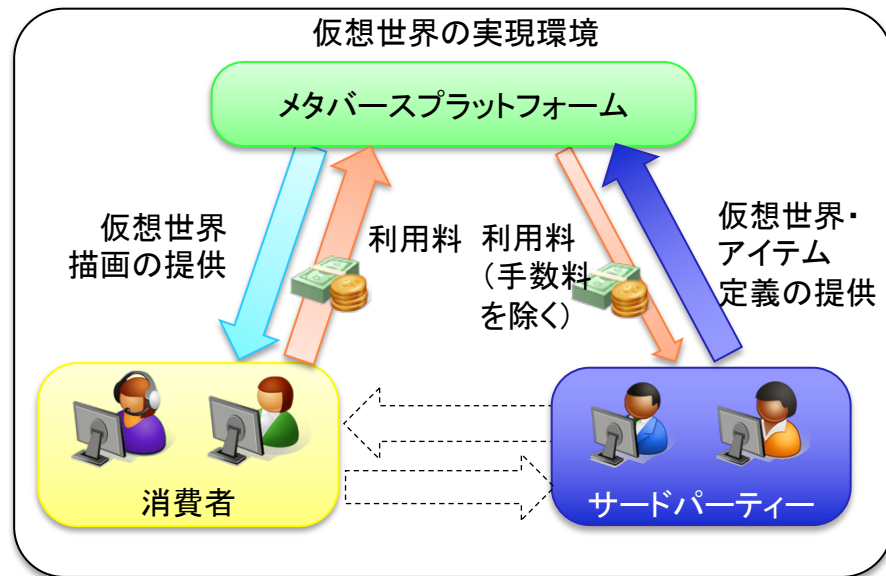
プラットフォームとしてのメタバース

- プラットフォーマーによる仮想世界だけでなく、サードパーティーによる仮想世界やアイテムなどを消費者(ユーザ)に提供

■ 概念的な3者の関係



■ 実際のな3者の関係

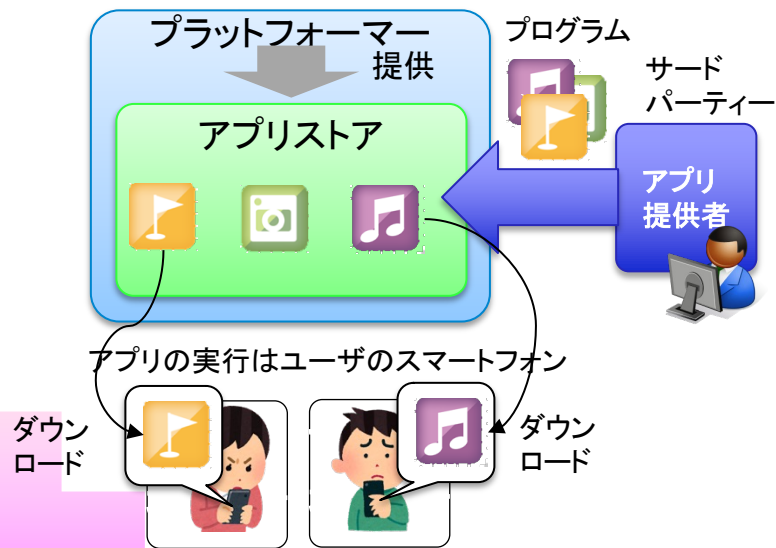


実際には消費者は仮想世界やアイテムの利用料をプラットフォームに支払い、プラットフォームは手数料を取り、サードパーティーに払う

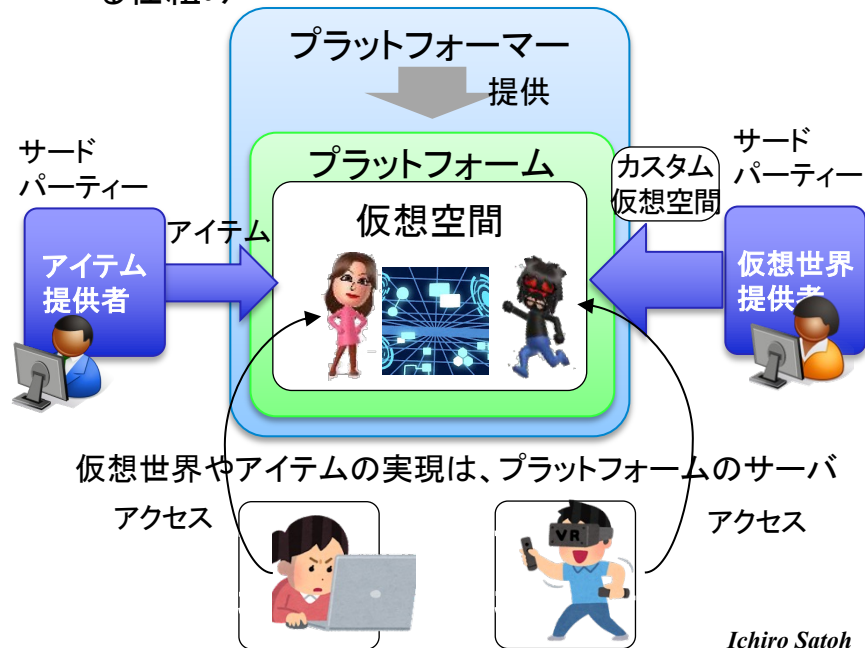
スマートフォンとメタバースの対比

両者プラットフォームはよく似た構図だが、メタバースプラットフォームの支配力はより大きい

- スマートフォンアプリのマーケットのプラットフォーム
 - プラットフォーマーが提供するのはアプリとユーザのマッチング及びアプリの販売環境



- メタバースのプラットフォーム
 - プラットフォーマーが提供するのは仮想空間及び外部事業者の独自仮想空間を提供する仕組み





プラットフォームの優位性(1/2)

■ 透明性が低い

- サードパーティーが提供する仮想世界やアイテムはサーバで処理されるため、サードパーティーは利用状況が見えない
- その仮想世界を実現するサーバの性能などはわからない、プラットフォームによる仮想世界とサーバ性能を差別化されていてもわからない

■ 閉じた環境

- スマートフォンのアプリは外部サーバに接続するため、その接続から利用状況(ダウンロード数)が見えたが、多くのメタバースの仮想世界では外部へ接続を許していない



プラットフォームの優位性(2/2)

■ 機能制限

- プラットフォームは仮想世界の機能を変更することで、多様な制限・変更ができる。
例えば仮想世界を無重力にすることも、仮想世界に広告用板を立てることもできる

■ 恣意的誘導

- 各仮想世界への誘導する推奨や検索はプラットフォームによる恣意的な運用があっても、その発見は容易とはいえない

■ 手数料・権利関係

- プラットフォーム側はサードパーティーの提供した仮想世界やアイテムの手数料や権利関係に対して優位な契約を求めがち



Horizon Worlds (Meta)の手数料

- Meta Horizon Worldsの場合、販売手数料はストアが**30%**、メタバースプラットフォームが**17%**を取る(参考: AppleのiOSアプリの販売の手数料は30%)

We're beginning to test several new tools that will enable creators to experiment with different ways to monetize what they're building in Horizon Worlds, and we're working directly with creators to imagine new ways to earn money. Creators will earn revenue from purchases people make in their worlds, subject to any relevant hardware platform fee, and a Horizon Worlds fee which is 25 percent of the remainder.

For example, if a creator sells an item for \$1.00, then the Meta Quest Store fee would be \$0.30 and the Horizon Platform fee would be \$0.17, leaving \$0.53 for the Creator before any applicable taxes.

MetaのWebより “What fees does Meta charge on Horizon Worlds purchases?”

メタバースプラットフォームの手数料

- 多くのメタバースが、ユーザには無料提供だが、ユーザがコンテンツ提供者の仮想世界やアイテムを購入・利用において、コンテンツ提供者から手数料を得ている
 - 講演者の調べ方が悪いという側面は否定しないが、Meta Horizon Worldsが手数料がよくわからない
 - サードパーティーの売上はメタバースの独自通貨であり、その独自通貨から現金への交換で
 - 独自通貨から現金への交換レートはRobloxが設定
 - 例Roblox: コンテンツ収入は独自通貨(Robux)。ただし、独自通貨から現金への交換レートはRobloxが設定。さらに大きくレートを変えたことがある
 - \$.0025/R\$ (which comes out to \$125 USD for 50,000 Robux)から
 - \$.0035/R\$ (which comes out to \$175 USD for 50,000 Robux)へ変更(2017.3)
- スマートフォンアプリなどのプラットフォームでは、コンテンツ提供者がプラットフォームに支払う手数料が問題になっているが、メタバースでは独自通貨から現金の交換レートも問題になるのではないかと



メタバースにおける規定

- 今後、メタバース、クリエイター、ユーザの経済的・法的な関係性が問題になるのでは

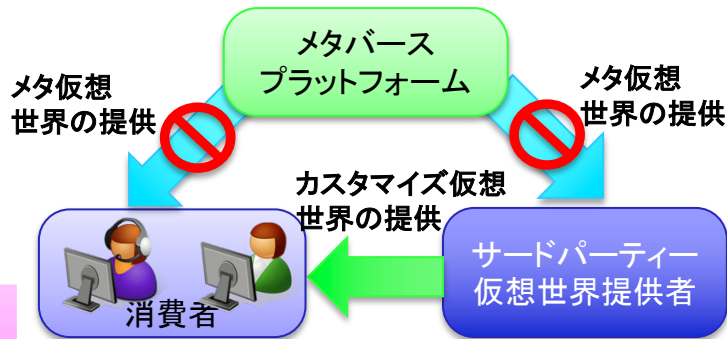
Metaの”Horizon Worlds User In-World Purchase Terms”より

5. Meta Use Rights. You hereby acknowledge that Meta retains the right to use any In-World Items as part of any materials for the marketing, advertising, or promotion of Horizon Worlds, in any media or distribution channel now known or hereafter developed.

“In-World Items” means digital items (such as consumables, wearables, or equipment for avatars within the virtual worlds of Horizon Worlds.

メタバースプラットフォームがユーザをBANする

- 既存プラットフォームでは、スマホアプリ開発者やECサイト出店者のBANは頻繁に起きていたが、**ユーザのBANは少ないはず**
 - **メタバースプラットフォームでは、サードパーティーの仮想世界提供者だけでなく、ユーザのBANも容易かつ対象になりやすい**
 - ユーザ認証だけでなく、アバターの活動もメタバースプラットフォーム側で実現
 - ユーザの行動は仮想世界に影響する
 - ユーザが販売・提供側になりえる
- **BANする理由も生じやすい**



既存のプラットフォーム規制は、プラットフォーム事業者と第三者（スマホアプリ提供者やECサイト出店者）だが、**メタバースプラットフォームの規制を考えると、ユーザとプラットフォーム事業者関係も重要となるはず**

メタバースではユーザは常に消費者といえるのか

- メタバースでは、ユーザもクリエイターとなりうる
 - アイテムを作成し、仮想世界上で他ユーザに提供・販売
 - ユーザが容易に仮想世界を作成・提供できる
- マーケットプレイス以外に、アバター同士が仮想世界においてアイテムを売買できる
 - その場合のユーザ保護の法律とは(アイテム売買はアイテムのデータに関する契約?)
 - アバターのユーザは、事業者なのか、消費者なのかは不明確
 - 消費者契約法は、事業者と消費者の関係が前提で、消費者同士の契約は対象外
 - 未成年者が年齢を成年と詐称して契約を行った場合の取り扱い
- 仮想世界で働くユーザ
 - アバターは労働者になりえるが、その場合、消費者といえるのか



メタバースとデータポータビリティ

- SNSなどのデータポータビリティと同様に、**メタバースに対してもデータポータビリティを求める動きは出る**だろう
- 一方、メタバースの場合は、ユーザが違うサービスに乗り換えるのではなく、**複数のメタバースを日常的に渡り歩く状況**も想定され、SNSなどのデータポータビリティは相違する
- (メタバース間) **移動の自由に相当する権利が生まれる可能性**はある
 - アバターの外見に加えて、集めたアイテムの取り扱いも重要になる
 - 技術的にはメタバース間移動はデータの移行ではなく、データの共有となる
 - 国籍や居住地に相当するメタバースが生じるのかも興味がある問題

メタバースとプライバシー



国立情報学研究所 教授

佐藤一郎

メタバースにおける個人に関わるデータの収集

- メタバースにおけるパーソナルデータの取得は下記の二つに分けるべき
 - 仮想世界における監視
 - アバターの行動は仮想世界から絶え間なく、強い監視を受けることになる
 - アバターは(メタ)仮想世界により実現されており、その監視を制限することは困難
 - VR機器による監視
 - VR機器内センサーにより、個人本人も気がつかない特徴や特性を収集可能
 - 視線を推定できれば、関心事などを推測できる
 - 究極のパノプティコン

前者の問題がしばしば議論されているが、後者の方が深刻といえる



仮想世界における労働

■ 強力な監視性

- 仮想世界で働く者は、アバターの行動履歴やVR機器の利用状況から、雇用側から絶え間なく、強い監視を受ける可能性があり、その是非は考えるべき
 - 雇用側だけでなく、同様に国家による監視も容易になる
 - プライベートな仮想空間の再定義を迫られるのではないか
- VR機器を通じた知覚的・認知的な能力を人事評価などに利用していいかも疑問（究極のパノプティコン）

■ 仮想世界内の労働者の保護

- メタバース内で働いている人は労働者になるのか（労働基準法の適用範囲外？）
- 依頼主が事業者であっても、仮想世界では個人と事業者は区別できず、個人同士の関係となると下請法の適用範囲外になる

補足: VR装置の是非

- VR装置は仮想世界への没入感を与えます
 - VR酔い(ある種の乗り物酔い)による違和感、疲労感、吐き気、めまい、また目や頭、首などの疲れがしばしば問題視される
 - VRヘッドマウントディスプレイなどにより、周囲に対して注意が散漫となり、本人及び周囲の人・物(家具など)に対して事故を引き起こす可能性
 - 現実に対する認知能力などが未発達な子供への影響
 - 視線トラッキングなどのVR機器内センサーによるデータの不適切な利用
- 多くのメタバースはVR装置なしでも使えることから、メタバースとVR装置をセットで見るのは適切とはいえない



PICO 4



Meta Quest 2



VIVE Pro 2

メタバースにおける非技術的な課題



国立情報学研究所 教授

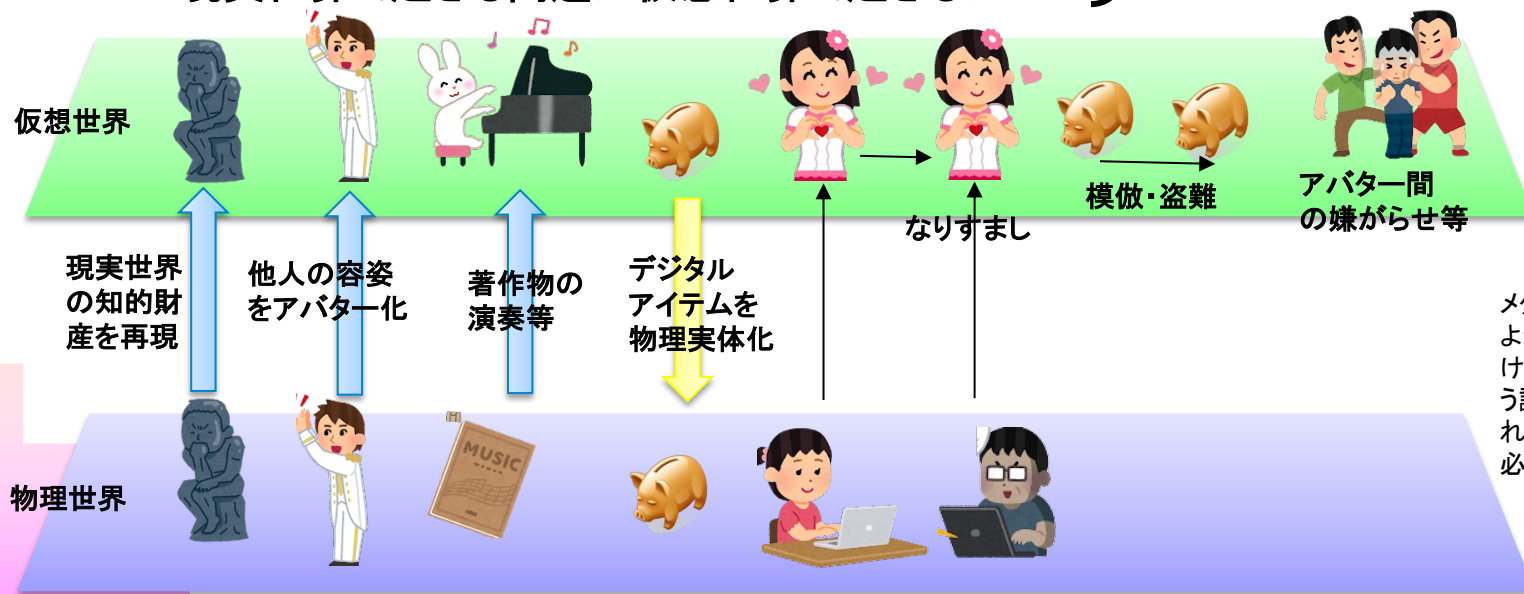
佐藤一郎

メタバースにおいてよく知られる問題

■ メタバースに関わる法的問題に関する指摘の多くは、知的財産や所有に関わる問題に集中

- 現実世界と仮想世界間で起きる権利関係的問題
- 仮想世界中のアイテムやアバターに関わる問題
- 現実世界で起きる問題が仮想世界で起きるか

大半はオンライン
ゲームや、ヴァー
チャルYoutubeなど
でも起きていた問題



メタバースが現実世界を再現しようとする限り、現実世界におけるトラブルも持ち込まれるという議論もあるが、仮想世界でそれらが起きるか否かの整理は必要はらず

よく知られるメタバースの諸問題(1/2)

■ 現実世界の対象を仮想世界に持ち込んだときに起きる問題

- 現実世界の人、モノ、デザイン、著作物、商標を仮想世界上でアイテム化した
 - 著作物や商標をメタバース上で再現した場合(再現した本人の私用または販売)
- 著作物となる楽曲・映像等をメタバースで再生・演奏・送信
 - メタバースにおける私的使用とは、その私的使用の範囲は？ 非営利といえるのか？
- 現実世界の他人の顔を自分のアバターに貼った(→肖像権の問題、個人情報？)
- 現実世界のタレントの顔を元にした顔データを売った(→パブリシティ権の問題、個人情報？)

■ 仮想世界の対象を現実世界に持ち込んだときに起きる問題

- 仮想世界上の他人のアイテムやアバターを現実世界でグッズ化(リアル化した本人の私用または販売)
- 仮想世界上で撮影した画像を現実世界で再現、Web等に掲載(写り込みを含む)



よく知られるメタバースの諸問題(2/2)

- 仮想世界中のアイテムやアバターに関わるに問題
 - 他者のアバターのなりすまし
 - 他者のアバターのうち、ファッションなどの部分を模倣(どこまで許容される?)
 - アイテムの模倣、複製、さらにその販売
- その他
 - メタバース内通貨の位置づけ(金融商品取引法や資金決済法の関係性)
 - 所有とNFTに関わる諸問題
 - アバターの活動を詳細に記録・利用することの是非

個別問題は興味深いですが、ここではプラットフォーム問題を考えたい

アイテムや土地はデータにすぎない

個別問題は興味深いですが、問題背景も重要なはず

- 仮想世界上のアイテムや土地などの対象物の所有や売買における諸問題が指摘されているが
- そもそも**仮想世界のアイテムや土地はデータ(無体物)にすぎず**、メタバースがそのデータをアイテムや土地のように見せかけているだけ
 - **データが、著作物を含む知的財産になるのであれば、知的財産権が生じる**
(ただし、そのデータを著作物等となるように見せているのもメタバース)
 - **それ以外のデータについては、それが表すアイテムや土地を、あたかも現実世界の有体物のように所有や売買したいのであれば、そのデータに関わる契約が必要となるのではないか**

システムによるアイテムや土地の複製

- メタバースでは負荷分散のために仮想世界そのものを複製したり、通信遅延の影響を避けるためにアイテムなどを複製することがある
 - 複製される仮想世界に著作物が含まれる場合や、そのアイテムが著作物の場合、メタバースのシステム側の都合で著作物が複製されることになり、知的財産権に関する整理が不可欠
 - 知的所有権が生じないアイテムや土地について、契約によりあたかも所有や売買のように扱う場合、その契約ではシステム側の複製を考慮する必要がある
 - 非代替性トークン(NFT)はコンテンツに一意かつ代替不可能な識別子を関連付ける仕組みとなるが、仮想世界上のコンテンツ表示・存在に関する複製を制限できるとは限らない

メタバースでも起きる現実問題と、起きない問題

メタバースが現実世界を再現しようとする場合、現実世界においてトラブルとされる行為や状況も持ち込まれることになるが、仮想世界でそれらがすべからく起きるとは限らない

- 現実世界では法律で禁止されているが、仮想世界で起きうる行為・状況
 - 誹謗中傷、詐欺、模倣、つきまとい、いじめなど
- 現実世界では法律で禁止されているが、仮想世界では技術的に困難な行為・状況
 - アバターやアイテム、空間に対する傷害や殺人、器物破損、放火など
 - 対象に関するデータへのセキュリティ攻撃が伴えばその対象を破壊できるが、通常は仮想世界のロジックに破壊等による影響を反映させるロジックがない限りは破壊できない
 - 気に入らない人や建物があっても、暴力的な排除ができない世界
 - アイテムの複製や模倣は容易だが、盗難は技術的に困難
 - メタバースにおける所有は、アイテムに関するデータとユーザの関係性を表す情報であり、その所有を奪うにはセキュリティ的攻撃により、その情報の書き換えが必要

仮想世界では、セキュリティ的攻撃が、現実世界の暴力的なことの位置づけになるのではないか

メタバースには警察がない

- ルールは権力とセットでないと機能しないとみえるが
 - 仮想世界でルールを強制しているのは仮想世界やメタバースのプログラムコード
 - プログラムコードで規定できるルールは限定的だが、仮想世界がゲームを提供する場合、ゲームのルールは単純であり、プログラムコードによりその仮想世界に必要なルールを規定できるかもしれない
 - しかし、一般の仮想世界の場合、仮想世界を規定するプログラムコードを規定ルールでは、その仮想世界に求められるルールをすべて規定できるとは限らない
- プログラムコードで規定できないルールについては、ユーザにそのルールを遵守させる、何らかの仕組み(≒権力)が必要となるのではないか

ゲームは限定された状況かつ

狭いルール中でゲームに競い合う

コードが規定するルール

ゲームに求められるルール ほぼ一致

仮想世界はユーザ活動に自由度が高い

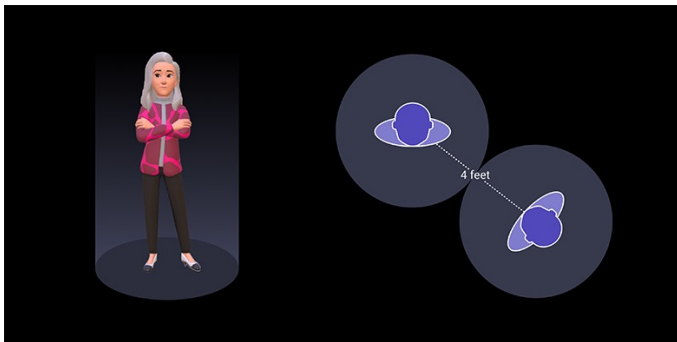
仮想世界に求められるルール

一部しかカバーしない

コードが規定するルール

個人境界線(Meta)

- アバターに対する纏わり付くアバター問題
 - MetaのHorizonでは**自分のアバターと他の利用者のアバターとの間にある約4フィート(約1.2メートル)の距離に境界線(個人境界線)を設定可能**
 - 自分のアバターと、友達リストにない他の利用者のアバターとの距離は約4フィート以上(デフォルト)
 - 自分のアバターと他のすべての利用者のアバターとの距離が約4フィート
 - 約4フィートの個人境界線は作らない



- レッシング的なアーキテクチャによる規制の一例といえるが、技術的にはアバター同士が仮想世界上で重ならないので、アバターの状態管理と描画処理が簡素化となる

仮想世界のルール決め方

■ ルールの見せ方

- プログラムコードでルールが規定されるのであれば、そのコードをルールとして見せることも求められる(技術の問題)
- プログラムコード以外で規定されるルールについても表現・見せ方が重要

■ ルールの決め方

- 現状、可能世界ごとに恣意的にルールを決めている状況
- メタ仮想世界(メタバースプラットフォーム)が仮想世界に技術的に課せるルールは限定的ではないか
- 法律が適切な手続きにより制定されるように、仮想世界のルール作りに民主的な手続きを導入する仮想世界が出てくる可能性はあるだろう

適切なルールを適切に遵守させないと、メタバースは無秩序化するか、ゲーム提供サービスで終わる

補足: レッシング的アーキテクチャ論の文脈で考える

■ レッシング的アーキテクチャとルール

クライアント端末



三次元空間やアバターの描画、物理シミュレーションなどのカスタマイズできる機能性を有する

例: 要件により、3次元空間を2次元空間として描画したり、無重力状態にもできるが、それが望まれた空間とは限らない

IT的なアーキテクチャ(システム構成など)は要件だけでなく、技術的に制約が大きい



仮想世界サーバ(ゲームロジックサーバに相当)

3次元モデリング

仮想世界定義

仮想世界内
アバター管理

プログラムコード
実行系

ゲームがルールを規定できるように仮想世界のルールを自由に規定できるはず。

自由にルールができることと、仮想世界に望まれるルールを規定できるかは別問題

- 各仮想世界は、メタ仮想世界(共通仮想世界ロジック、共通仮想世界アバター管理、仮想世界ロジック記述の実行形)を通じて実現される
- このためメタ仮想世界は各仮想世界にベースとなるルールを規定できることになる
- しかし、多様な仮想世界に共通な単純なルールまでとなり、高度な共通ルールは規定は、技術的にも難しいのではないか

定義できる共通ルールの例、Metaの個人境界線?

各仮想世界がメタ仮想世界の共通ルールを遵守しているか否かの判定は、各仮想世界の①実行前に判定する方法と、②実行中に判定する方法、③実行後に判定する方法がある。①は判定範囲が狭く、②は実行コストが大きく、③は違反時に何らかのペナルティを課す仕組みがないと機能しないと想像される。

Ichiro Sato

■ ゲームは極めて限定された空間であり、ユーザの行動も限定され、さらにゲームのルールは単純であり、プログラムコードやそれに関わる設定を通じて、各仮想世界のルールを定義し、執行できるかもしれない

■ 一般の仮想空間の場合、ユーザの活動も多様であり、ルールも多様かつ複雑となり、もはやプログラムコードや設定では定義しきれず、何らかの方法で外部的にルールを与え、そのルールを守らせる、何らかの仕組みが必要になるはず(Habitatの経験則に戻る?)



まとめ

- メタバースのシステム構成を推測
 - メタバースは、サードパーティーが提供した仮想空間のコードとコンテンツを実行し、消費者に仮想世界を提供するプラットフォーム
 - MMOゲームと類似したシステム構成だが、サードパーティーによる仮想世界の実現などに特徴
 - 実装システムの負荷分散や通信遅延が仮想世界の特性に大きく影響する
- メタバースプラットフォームの法的問題
 - メタバースプラットフォームは既存のプラットフォームと比べて、外部事業者だけでなく、ユーザに対しても支配的になりえる
 - アイテムやアバターはデータに過ぎず、その所有や売買は現実世界と相違する
 - メタバースで起きうる諸問題を予測し、それを解決・低減手法を議論しておくべき