

# メタバースのシステム構成論

メタバースプラットフォーム実装に関する資料はないが、  
インフラ系技術者視点で仮想世界の裏側を推測してみる



国立情報学研究所 教授

佐藤一郎

総務省・情報通信政策研究所・情報通信法学研究会・AI分科会(令和4年度第1回、2022年6月29日)向け資料

# 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

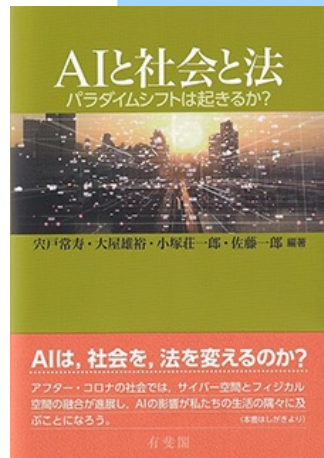
- 学歴

- 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

専門:分散システムやOS等のインフラ技術



情報通信法学研究会の関連では、奥戸先生、大屋先生、小塚先生と共著で有斐閣から本を出させていただいています

# 講演概要

- メタバー스는注目されている。3D仮想世界やアバター、暗号通貨的な資産管理に注目が集まっているが、メタバー스는ITシステムである以上、そのシステム構成に依存する。メタバー스의システム構成は公表されていないことから、オンラインゲームなどの関連技術を参考にしながら、メタバー스의実装技術やITアーキテクチャを推測する。プラットフォーム化が進んでいる商用メタバー스의現状を概説するとともに、メタバー스独自の自然法則、今後想定される新しい問題やそれに関わる法制度について議論していく。

## 1. イントロ編

- メタバー스의動向
- 仮想世界に特化したプラットフォーム

## 2. 技術編

- メタバー스의システム構成を予測する
- サーバ多重化が仮想世界を性格づける
- 通信遅延が生み出す非現実性

## 3. 法制度編

- メタバー스를生み出す諸問題

## 4. まとめ

- スライドは全部話しません
- 法学系研究会と承知していますが、技術的な事項も説明しています(口頭で補足します)
- IT関連は技術依存しており、その技術はIT関連の法制度においても重要と考えております。
- Web3.0やNFTは本講演のスコープ外
- メタバー스について解説しますが、メタバー스를全面的に肯定しているわけではありません

# はじめに

- 法制度的な論点は、ITシステムの技術とは直接関係しないともいえるが
  - メタバースにおける諸問題の多くは、ユーザの活動からもたらされるが
    - **メタバースを実現するシステム側の制約が生み出す問題は少なくない**
  - システム的な制約が生み出す諸問題はシステムから見ないとわからない
    - 法制度分科会ですが、そのシステム的な制約に関する技術の話をしませ
- 技術屋的視点をご紹介するののも一つの機会のはず
  - 例えば憲法学者レッシグ教授のアーキテクチャ論は、そもそもアーキテクチャという言葉が指している対象が大きく違うということに加えて、実際のITシステムは物理法則を含む技術的制約や、非技術的要件に制約されており、例えばその設計などの自由度は狭いのが実状

# メタバースの歴史から現在

3D仮想世界やアバターからメタバースをしてみる



国立情報学研究所 教授

佐藤一郎

# メタバースへ流れ

- 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
  - メタバースといっても、いろいろな方向性



Habitat (1986)



Second Life (2003)

オンライン  
ゲーム

エンターテインメントと重視

メタバース

SNS

多数ユーザ間  
コミュニケーション重視

オンライン  
会議サービス

少数ユーザ間  
コミュニケーション重視



『スノウ・クラッシュ』(日本語訳、早川書房)

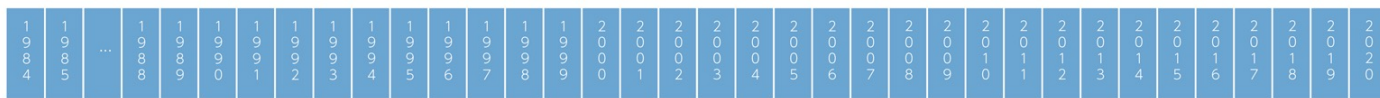
スティーヴンソンのSF著作では「ダイヤモンドエイジ」は話題になったけど、「スノウ・クラッシュ」は当時話題にならなかったと記憶しております。

(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)



2021年Facebookはメタバースの注力を発表し、社名をMetaに変更

# メタバースに至る経緯 と周辺技術動向



コミュニケーション	電子メール	○ パソコン通信における電子メール	○ Hotmail	○ Yahoo!メール	○ Gmail	○ Outlook.com						
	メッセージャー	○: 同期型 (リアルタイムでコミュニケーションや動画視聴等を行う形態) ○: 非同期型 (即座に対応する必要がないコミュニケーションや、リアルタイムではない動画視聴等の形態)	○ ICQ	○ Yahoo!メッセージャー	○ mixiメッセージ	○ Facebookメッセージャー						
	SNS		○ AOLインスタント・メッセージャー	○ Skype	○ Windows Live Messenger	○ カカオトーク	○ Instagram Direct					
	掲示板・ブログ	○ みゆきネット	○ 前略プロフィール	○ mixi	○ Facebook	○ 755	○ Mastodon					
	仮想交流空間	○ Habitat	○ Habitat II	○ エリシウム	○ J-チャット	○ セカンドライフ	○ VRChat	○ cluster				
	オンライン・携帯・スマホゲーム		○ ウルティマオンライン、Dragon's Dream (MMORPG)	○ ファイナルファンタジーXI (MMORPG)	○ Napster	○ Winny	○ モバゲータウン	○ バスル&ドラゴンズ	○ ポケモンGO			
	音楽、動画共有・投稿・閲覧		○ My-Melody (muzie)	○ ねとらじ	○ YouTube	○ ニコニコ生放送	○ Ustream	○ ツイキャス	○ LINE LIVE	○ TikTok		
コンテンツ視聴		○ MP3開発	○ 着メロ	○ Bitmusic	○ iTunes	○ 着うた	○ GyaO	○ iTunes Music Store	○ Vine	○ Twitterアプリ上のライブ配信	○ SHOWROOM	○ Instagram Live
固定回線		○ JUNETの運用開始	○ パソコン通信の民間利用開始	○ WIDEプロジェクト開始	○ 定額ADSL	○ 接続サービス開始	○ モバイル端末利用率がパソコン利用率を超える	○ Netflix	○ Apple Music	○ Spotify, AbemaTV	○ 音楽配信売上高で定額制の売上高がダウンロードを超える (世界)	
		○ 商用インターネット接続サービス開始	○ダイヤルアップIP接続サービス開始	○インターネット常時接続サービス	○FTTH接続サービス開始	○ADSL接続サービス開始						
移動回線		○ISDN回線のサービス開始	○CATVインターネット接続サービス									
			○パケット定額サービス開始	○パケ・ホーダイサービス開始								
		第1世代移動通信システム	第2世代 (数Kbps)	第3世代 (384Kbps)	第3.5世代 (14Mbps)	第4世代 (110Mbps)	第5世代					

出典「インターネットの普及の推移と主要なコミュニケーションサービスの開始時期」(総務省2019年度通信白書より)

## 参考: Habitatの経験則

日本国内版Habitatは  
1990年のFM Towns用Habitatから

- 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
  - 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](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>



# 参考: 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
- 仮想世界内の通貨をドルなどに変換可能

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



## SECOND LIFE™



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



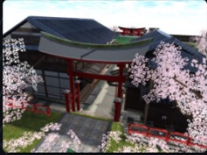

# VRChat (VRChat Inc.)

- 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

VRChat Trailer 2019 - Unlisted for Website

Create, Share, Play

Worlds

Worlds	Players	Favorites	Heat	Capacity
 <p><b>Japan Shrine</b> - ITOAR</p> <p>Created: 03/01/2019 Labs'd: 05/18/2019 Published: 05/18/2019</p> <p>tags: japan shrine japanshrine</p>	571	94806	🔥🔥🔥🔥🔥	16
 <p><b>Japan onsen</b> - IvaJ15</p>	3	7103	🔥🔥🔥	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

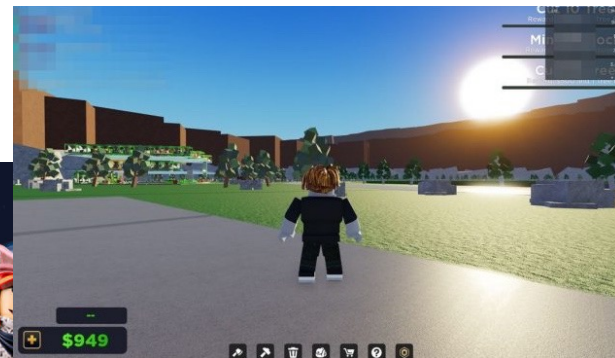
- 初音ミクはクリプトン・フューチャー・メディアが2007年に発売した音声合成ソフトウェア。同ソフトのキャラクターは非営利であればほぼ自由な利用を認めて、ユーザによる歌声の利用だけでなくキャラクターを用いた創作活動をも促進
- 3Dの初音ミクを作成するためのソフトウェア・コンテンツが数多く登場し、その結果、MMDなど、3Dキャラクターのデータ形式が普及



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お高いといわれる(独自通貨から現金への変換レート)?



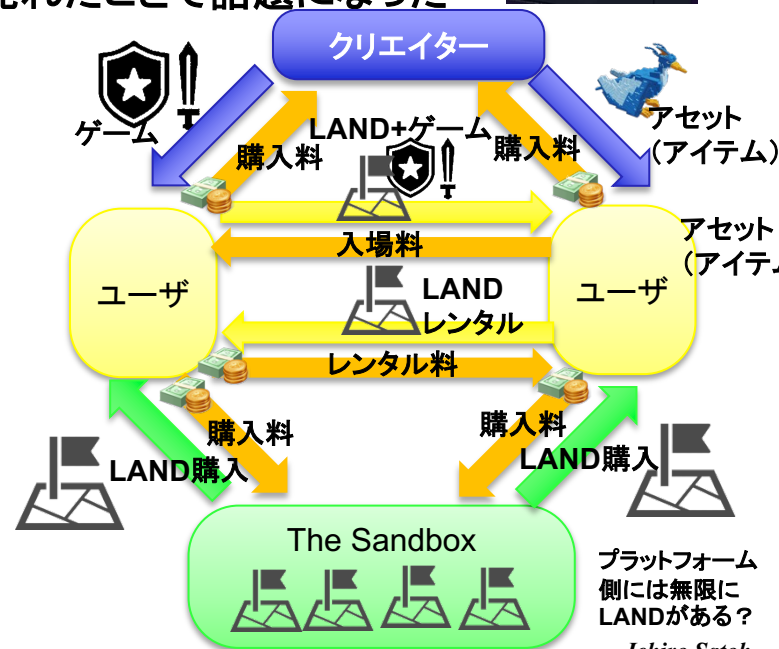
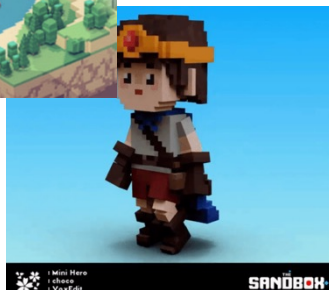
各仮想世界の収容人数は一人から数百人

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

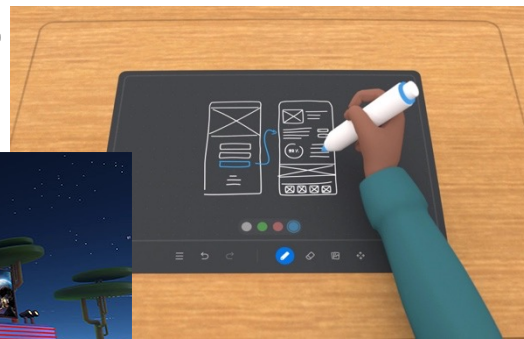


# Horizon (Meta)



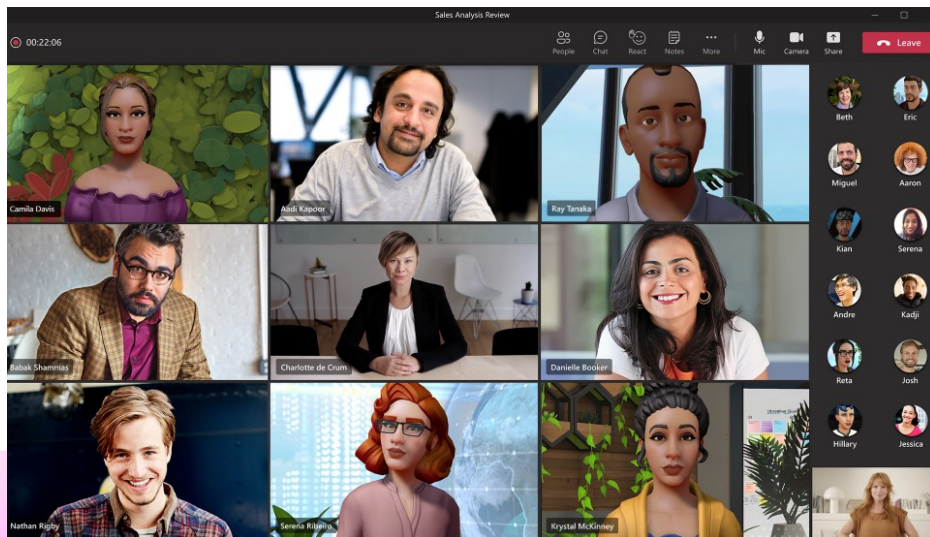
メタバースにおける人気のVR型ヘッドマウントディスプレイ(HMD)であるOculus QuestはMetaの子会社が製品開発

- 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



# オンライン会議サービスからメタバースへ

- オンライン会議で、カメラ画像に映った顔でなく、アバターを代わりに描画するサービス
- 主流となるサービスはまだない
  - 例: マイクロソフト Mesh for Microsoft Teams (オンライン会議サービスTeamsにアバター機能を追加)



参考:メタバースの実現に必要な技術が一番揃っているのはおそらく、Meta(Facebook)ではなく、Microsoftと推測しますが、Teamsに加えてMojang Studiosは同社の人気ゲームMinecraftにメタバース的機能があるぐらい





# 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

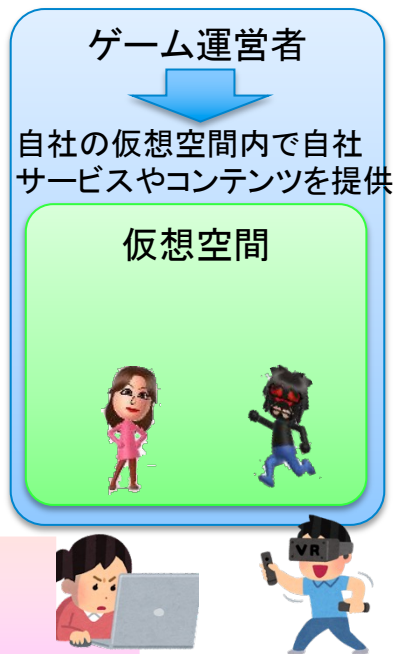


国立情報学研究所 教授

佐藤一郎

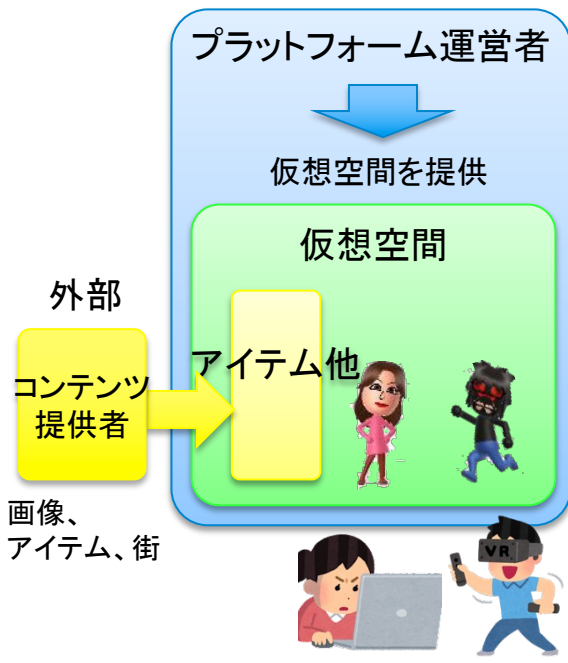
# オンラインゲームからメタバースへ

## ■ オンラインゲーム (どうぶつの森他)



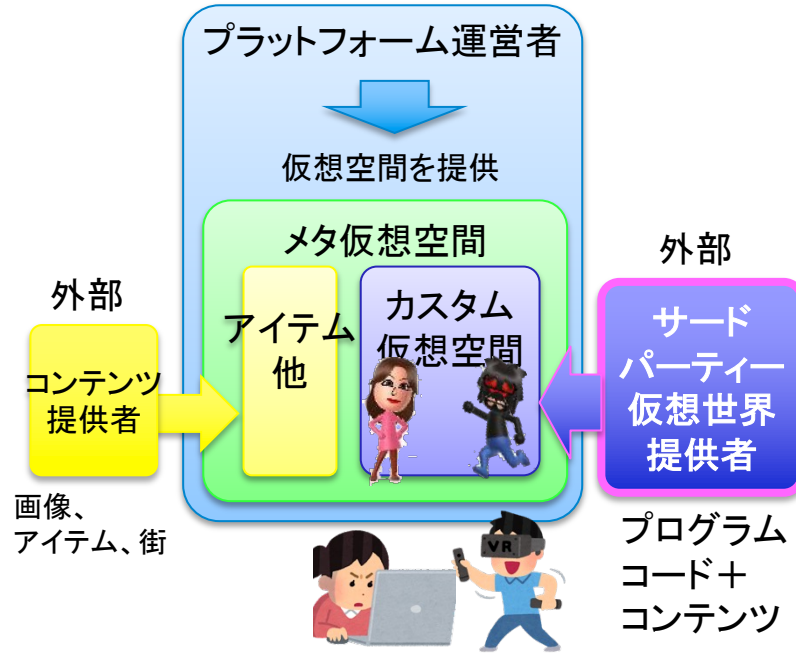
## ■ 事業者に向けた 仮想空間

## ■ 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

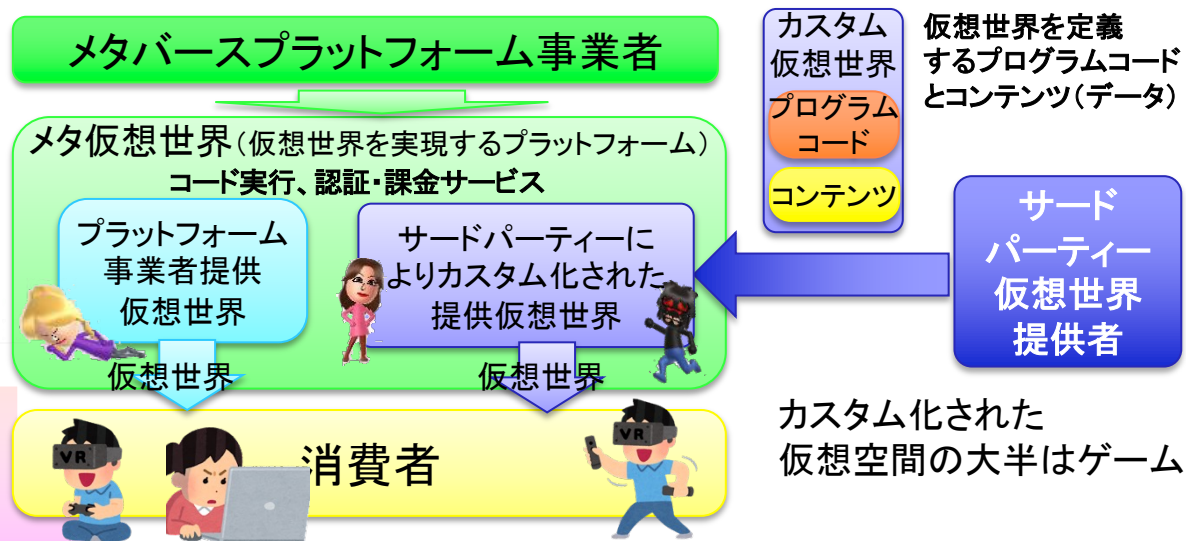
## ■ いまどきのメタバース (VRChat、The Sandbox、Roblox他)



## ■ 外部事業者による仮想世界を を実現するメタな仮想空間

# 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

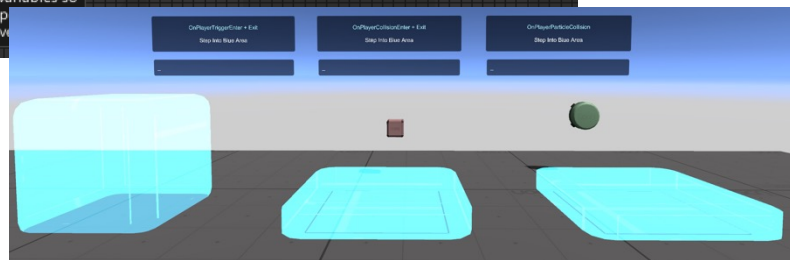
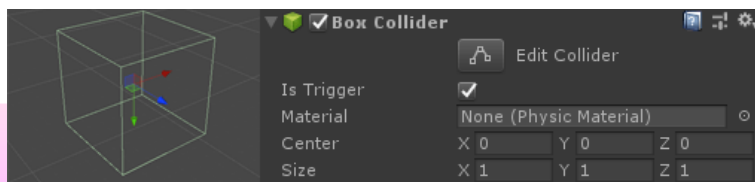
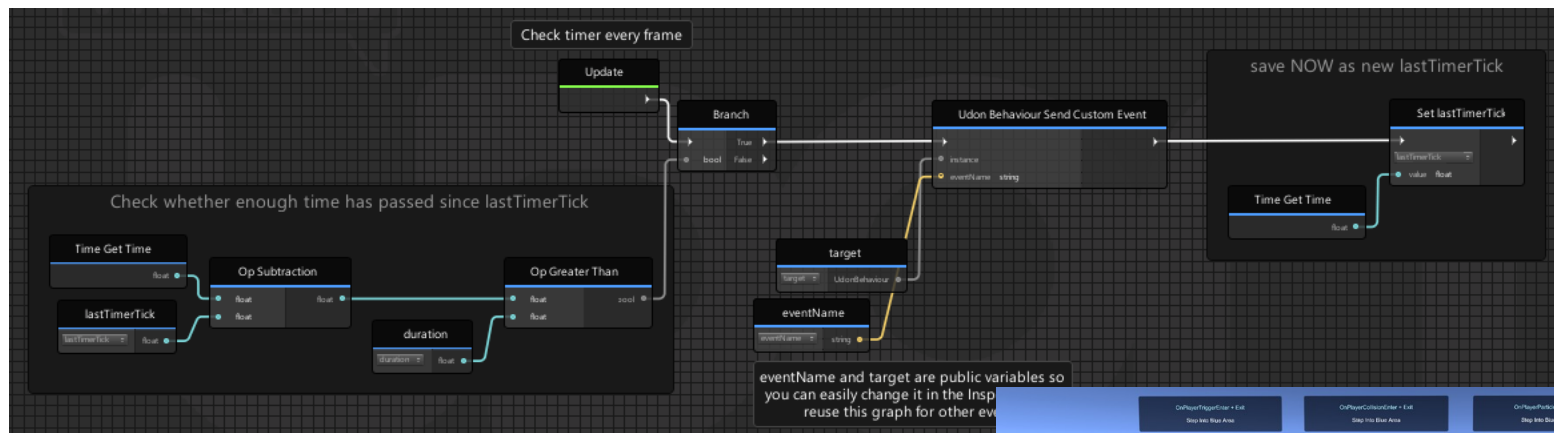


メタバースはシステムの観点では外部コードを実行するという点で、仮想空間に特化したPlatform as a Service (PaaS)というべき

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

# VRChatの開発環境

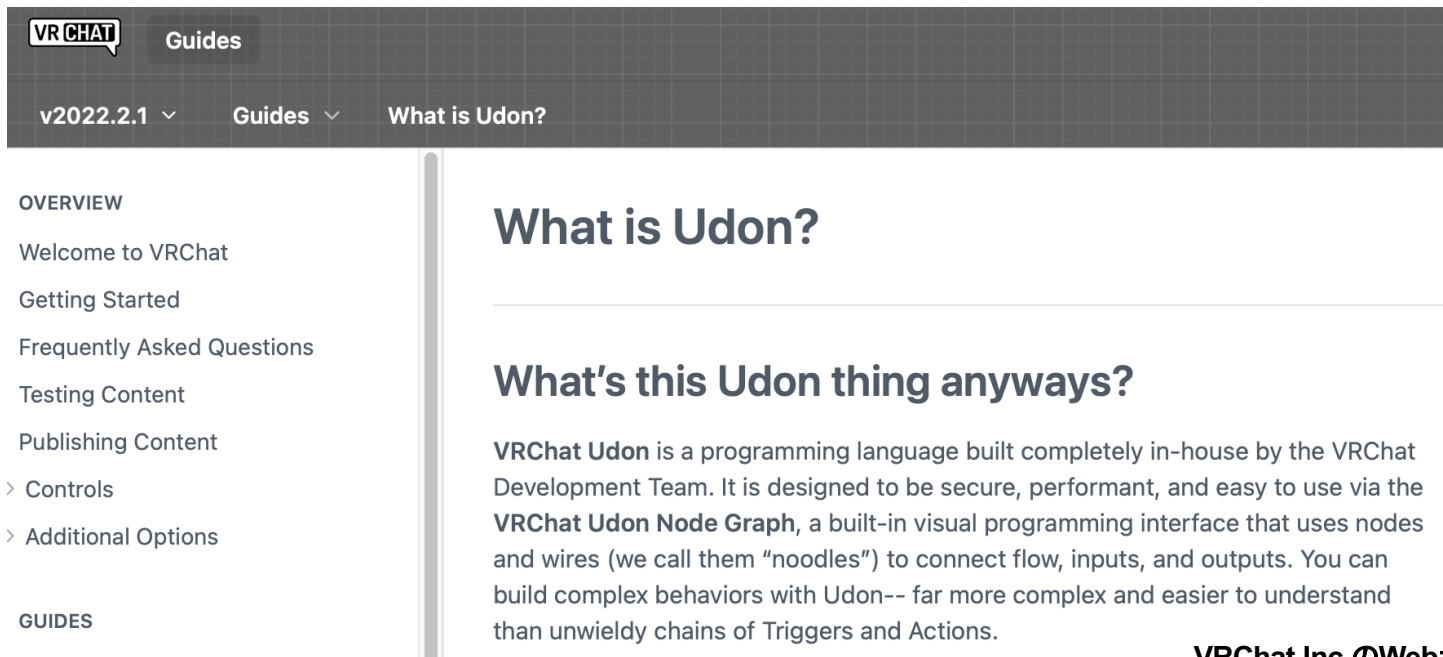
- VRChatはビジュアルプログラミング環境(VRChat Udon)を提供し、ユーザは仮想世界を独自コンテンツデータに加えて、プログラムコードでカスタマイズ可能



# 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



VRCHAT Guides

v2022.2.1 Guides What is Udon?

OVERVIEW

- Welcome to VRChat
- Getting Started
- Frequently Asked Questions
- Testing Content
- Publishing Content
- > Controls
- > Additional Options

GUIDES

## What is Udon?

### What's this Udon thing anyways?

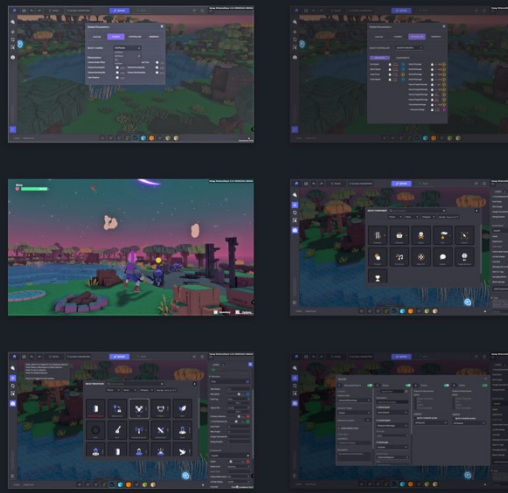
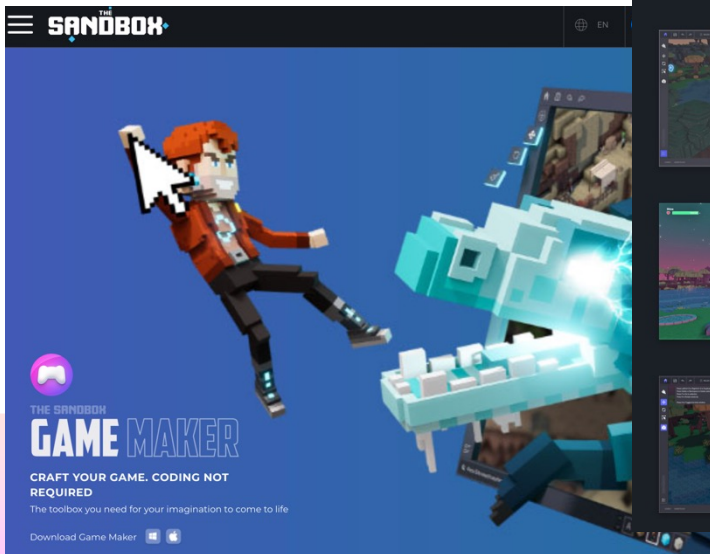
VRChat Udon is a programming language built completely in-house by the VRChat Development Team. It is designed to be secure, performant, and easy to use via the **VRChat Udon Node Graph**, a built-in visual programming interface that uses nodes and wires (we call them “noodles”) to connect flow, inputs, and outputs. You can build complex behaviors with Udon-- far more complex and easier to understand than unwieldy chains of Triggers and Actions.

# The Sandboxの開発環境

- No-code visual programming

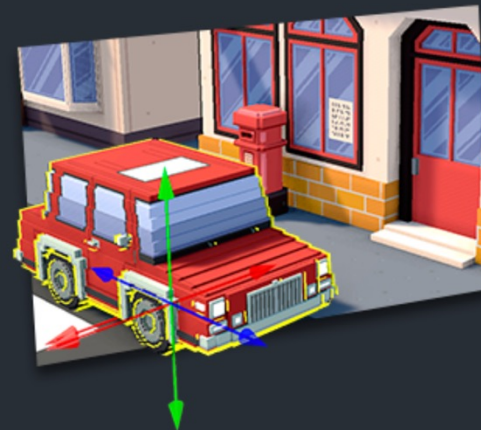
## Building games for the Metaverse

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



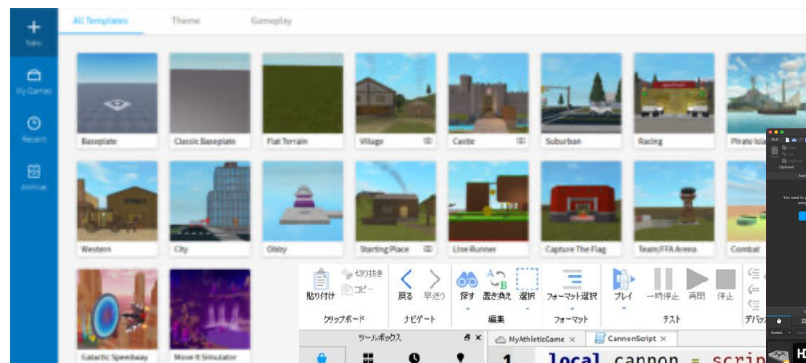
## No Code Required

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

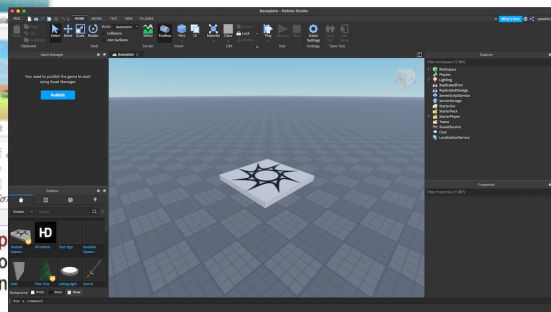


# Roblox Studio

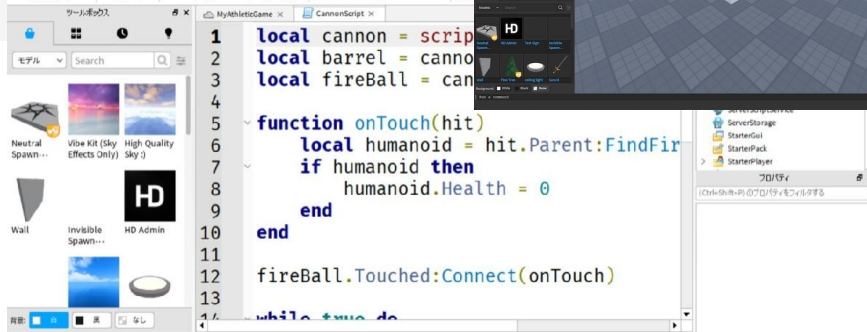
- 開発ツール及び画面設定テンプレートが提供され、具体的なアクションはLua言語で記述



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



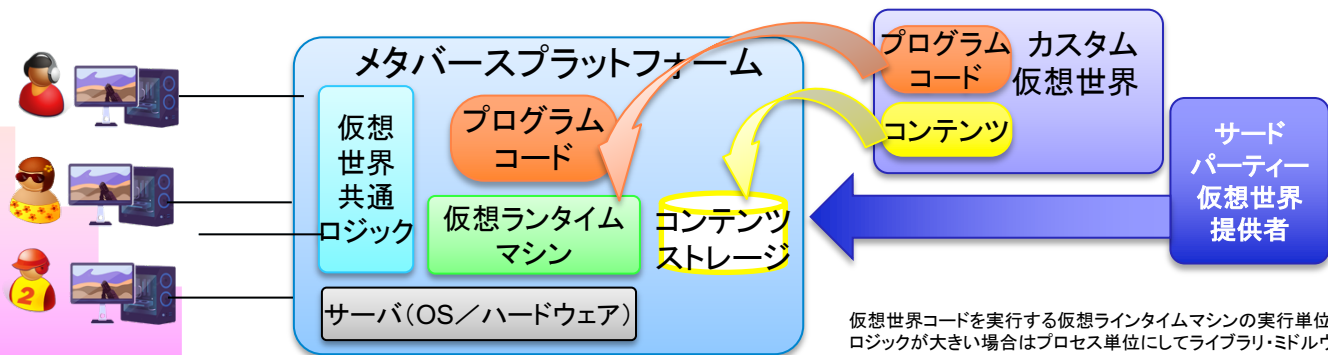
RobloxはLua言語で  
記述できるが、Lua言  
語の一部機能を制限



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

# カスタム仮想世界の実現

- サードパーティーなどが作成するカスタマイズされた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カスタマイズするための開発支援環境を提供
  - 多くはビジュアルプログラミングによる開発環境だが、仮想ランタイム向けコードに変換してから実行される
    - 理由:ハードウェアの相違を吸収でき、コードの事前・実行中のセキュリティ検証が容易
  - セキュリティ及び性能的な理由から、プログラミング言語的な機能の一部を制限
  - カスタム仮想世界の実現するときに必要なサーバ性能が予測しやすいことも要件



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



# 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**

# ゲームとルール、そしてレッシング的アーキテクチャ

- サードパーティーによるカスタム仮想空間の大半はゲーム
  - ゲームというのは、守るべきルールの中で競うこと
- **ゲームを作れる＝ルールを作れること**
  - ルールの定義はプログラムによって行っている
  - **仮想世界ごとにルールを作るということは、恣意的なルールも作れることになる**
- ITのアーキテクチャではなく、レッシング的なアーキテクチャ論で、メタバースプラットフォームを捉えると
  - **各仮想世界はユーザに独自のルールを課すことができる**
  - **メタバースプラットフォームが提供するメタな仮想世界(仮想世界を実現する仕組み)は、ルールを提供できるアーキテクチャを規定・実現する意味でメタアーキテクチャとなる**

備考: IT系コミュニティでレッシング的なアーキテクチャ論が話題にならないのは、同アーキテクチャ論のアーキテクチャと呼ぶ対象が非常に広く、ITにおけるアーキテクチャと乖離していることと、アーキテクチャ論が想定するようなシステムの自由度があるとはいえないことが背景ではないか

# 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

# メタバースを実現するシステムに求められること

- メタバースでは、アバターがユーザに成り代わって、3D仮想世界で様々な活動をする
  - 3D仮想世界やアバターの実現が重要になるが
    - 3D仮想世界やアバターの実現技術自体はゲームで数多くの実績がある状態
  - MMOゲームと同様に、多数ユーザの同時参加を想定したシステム構成が必要
    - ゲーム同様の高い描画・レスポンス性能
    - 多数ユーザの同時参加可能にする仕組みが、仮想世界の特性に影響
  - MMOを含むオンラインゲームと同様に通信遅延の影響を隠蔽することが重要
    - 通信遅延が仮想世界に非現実性を生じさせる
- メタバースは、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)

Massively Multiple-user  
Online (MMO)ゲーム

# 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

# メタバースのシステム構成

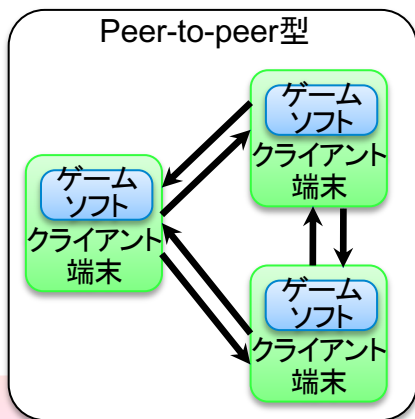
- 既存メタバースプラットフォームのシステム構成は公表されていない
  - MMOゲームなどの類似処理のシステム構成から推測するしかない
  - システムはソフトウェアで定義されているが、多様な物理的制約（通信遅延、入出力処理性能など）があり、システム構成や設計において選択の余地は少なく、レッシングがいうような自由度はない（逆に言うと設計に自由度が少ないからシステム構成を予測できる）
- メタバースのプラットフォームに求められるシステム機能
  - ユーザ認証・課金処理
  - 仮想世界のモデル化・実現
  - 分析処理・ログ管理
  - 描画処理（仮想世界及びアバータの描画）
  - クライアント端末との通信処理
  - アイテムなどの販売

- MMOゲームの場合
  - 対戦管理
  - 対戦結果集計処理なども必要となる

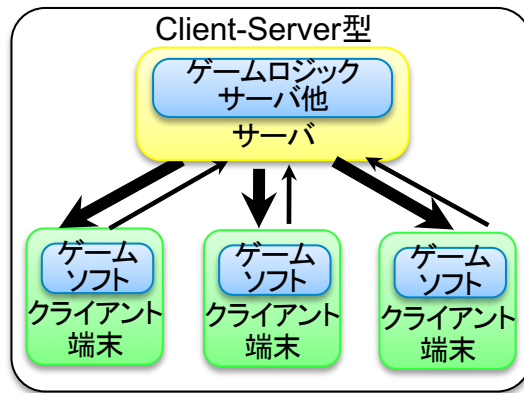
レッシングのアーキテクチャという用語を広い意味で使うが、アーキテクチャ論におけるプラットフォーム議論では設計と要件定義の混同があるようにみえる

# 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



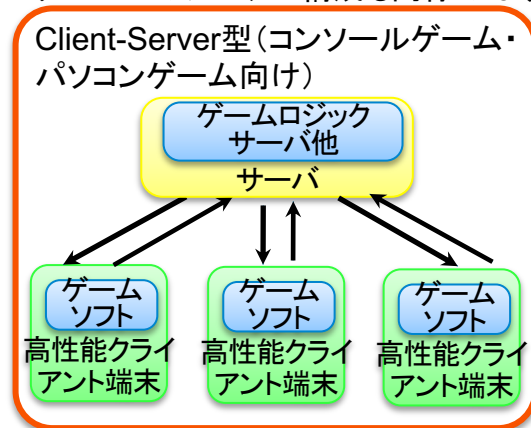
課題: NATやファイアーウォール越えができないと使えない、ソフト改変などの不正の対処が困難、ユーザ数増加への対応が困難



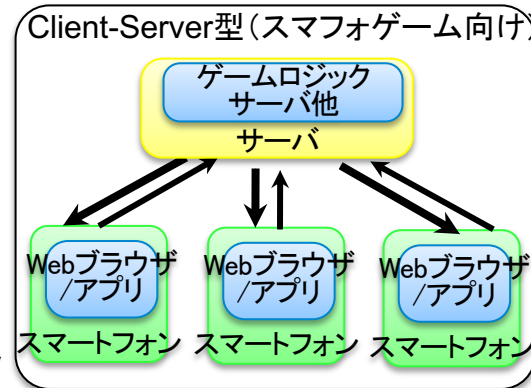
課題: 通信トラフィックと通信の増加、サーバが高負荷になりやすい

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

# アーキテクチャ的方向性

## ■ ITにおけるアーキテクチャ的構造

	Peer-to-peer型	Client-Server型
ユーザ数	2~10人程度	1人~多数
ゲーム形態	ユーザ間対戦	ユーザ間対戦、ミッション完遂
端末性能依存	高い	低くすることもできる
プレイ時間	数時間	数分から数ヶ月
端末種別	パソコン	スマホ、パソコン
通信遅延	短い	長い
通信帯域	小さい	大きい
不正行為	容易	困難

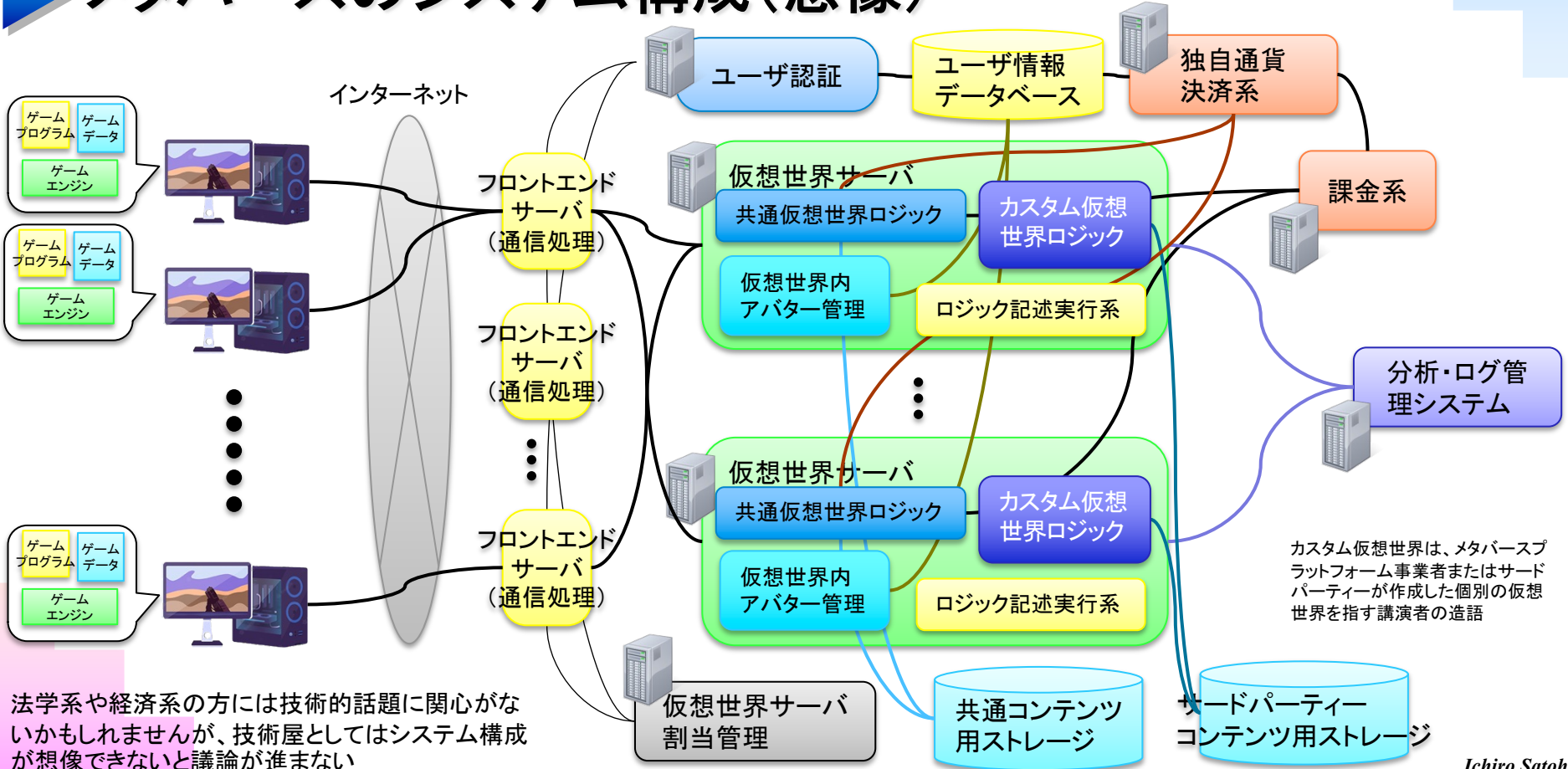
- 備考: 非代替性トークン(NFT)はPeer-to-peer型の非集中管理(分散管理)向け
- 一方、メタバースの実装はClient-Server型による集中管理構成となり、アーキテクチャ的にはミスマッチな状態
- このほか、複数メタバース同士を連携する構成ならば、NFTによる証明は有用な状況もあるかもしれないが、現状、メタバース間連携は進んでいない

備考: ITにおけるアーキテクチャは、物理構成に依存し、コンピュータやネットワーク性能、アプリケーション要件、運用の都合などの強い制約下で、設計・構築されるのが実状



メタバースのシステム構成に関する情報はないので、MMOゲームを参考に想像。従って、全体としての構成が重要。一方、名称と詳細はシステムに依存するはず

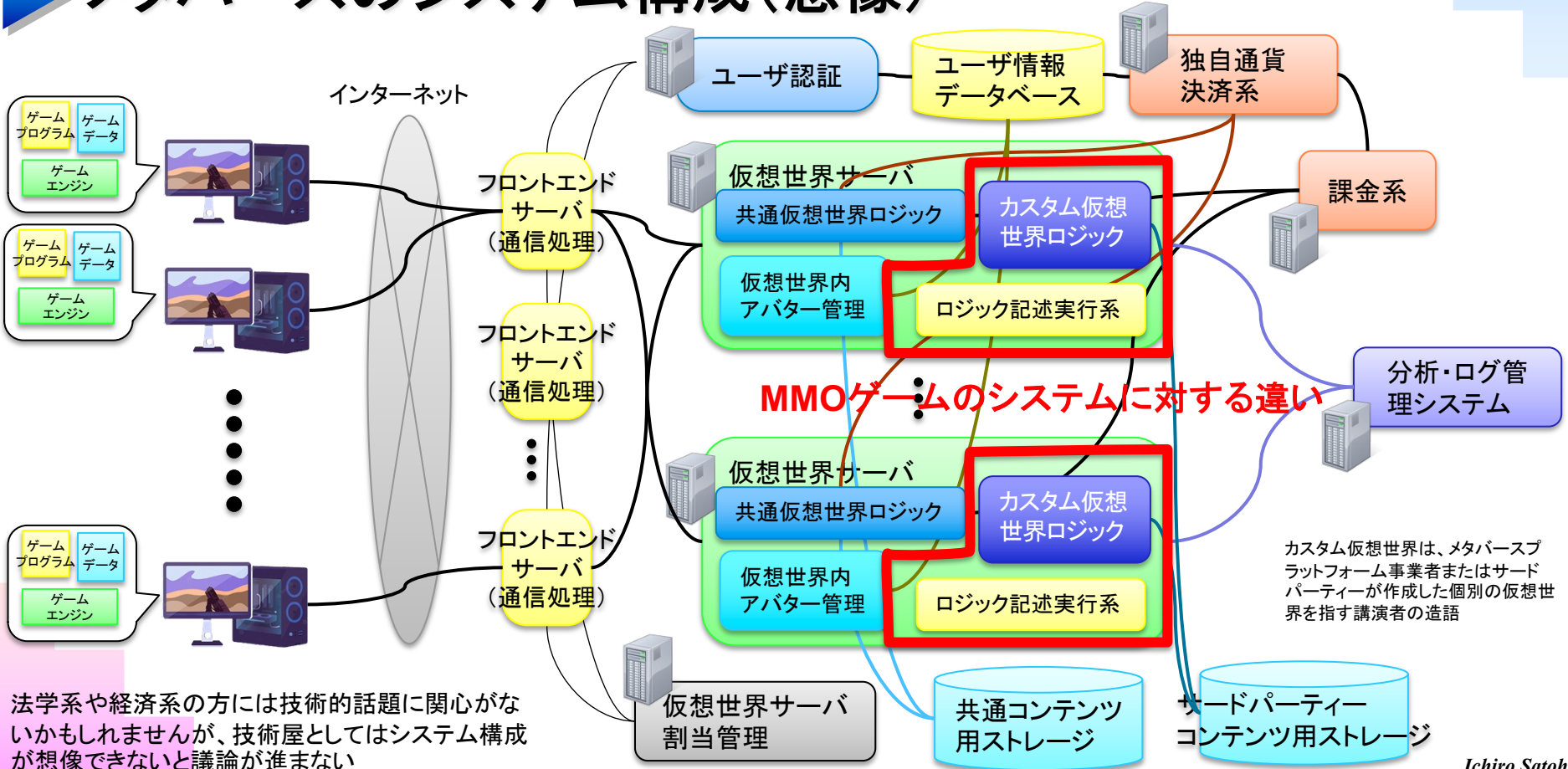
# メタバースのシステム構成(想像)



法学系や経済系の方には技術的話題に関心がないかもしれませんが、技術屋としてはシステム構成が想像できないと議論が進まない

メタバースのシステム構成に関する情報はないので、MMOゲームを参考に想像。従って、全体としての構成が重要。一方、名称と詳細はシステムに依存するはず

# メタバースのシステム構成(想像)



法学系や経済系の方には技術的話題に関心がないかもしれませんが、技術屋としてはシステム構成が想像できないと議論が進まない

## メタバースとMMOゲームのシステム的な違い

- メタバースのシステム要件・機能はMMOゲームと重なるが、いくつか相違点(下記)がある
    - サードパーティーが作成した仮想世界(コンテンツ+ロジック)の実現
    - メタバースの特性に応じた仮想世界の複製による負荷分散
    - メタバースの特性に応じた通信遅延の隠蔽
- メタバースにおける仮想世界の特性にも影響

# メタバースにおける時間的要求

## ■ ゲーム同様に、メタバースもレスポンス性能が最重要

- 状況を表示して、ユーザに認知させ、判断して、その判断通りに入力させることに尽きる

## ■ 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
- 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

- 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、誤魔化すともいう)

認識

判断

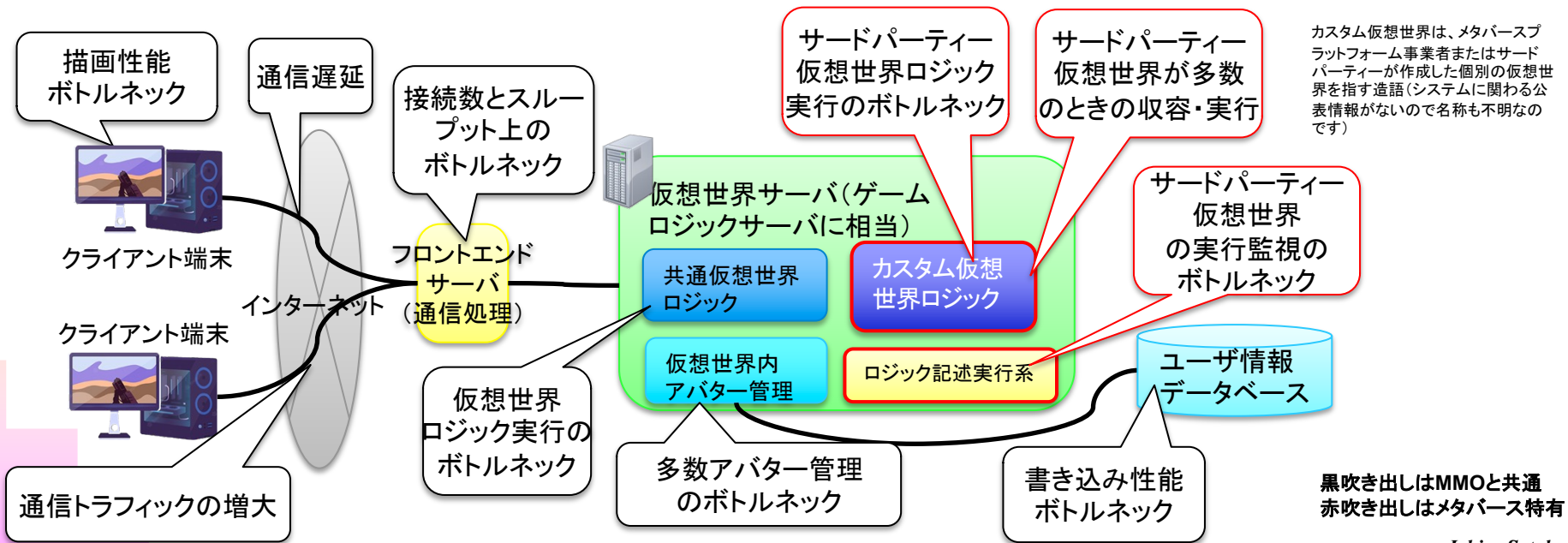
操作

自動車の運転と同様にゲームやメタバースのプレーは、認知・判断・操作のサイクル

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

# メタバース実装システムの性能的ボトルネック

- メタバース実装システムのボトルネックとMMOゲームシステムのボトルネックは重なる
  - ただし、メタバースはサードパーティーが作成した仮想世界コンテンツやロジックの管理・実行が求められ、特にそのロジックの実行は特徴的なボトルネックになる



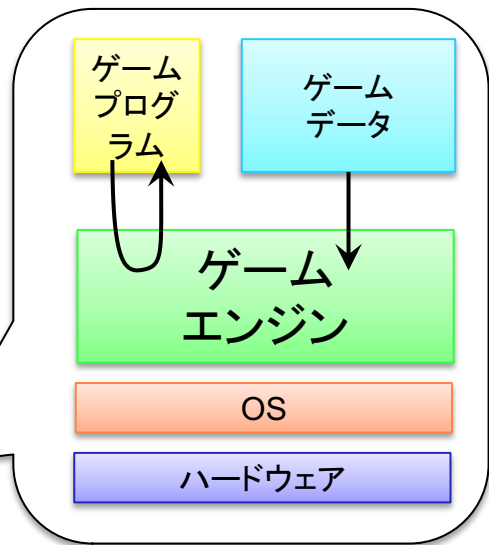
# メタバースの描画処理

- **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**
  - **3D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**
    - **ひとつの仮想世界が3Dゲームのひとつのゲーム空間に相当**
    - **1秒間に60回表示(16ミリ秒)が描画**
- **描画におけるメタバースの特徴**
  - **仮想世界に存在するアバター数変動することから、描画処理量が確定困難**
    - **ひとつの仮想世界で同時存在可能なアバター数を数十個以下に限定(例:VRChat他)**
      - **それ超えるアバターの入場を制限するか、その仮想世界を複製(後述)**
  - **メタバース上で多様なゲームを提供するために、特定ゲームの要件に最適化できない**
    - **メタバース上のゲームは、ゲーム内容をメタバースの制約に合わせることになる**

技術的補足: サーバ側の情報を描画するために通信遅延が大きく影響。このためTCPを使わず(TCPはパケットロスの際に遅延が大きい)、UDPを利用して、パケットロス・遅延時に到着を待たず、次のパケットの情報を描画

## 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ま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が)



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



# 描画性能ボトルネックの低減

描画はクライアント端末側ソフトウェア(ゲームエンジン)によって行われる

## ■ クライアント端末側のボトルネック

- SSDやHDDから描画データの読み込み
- 3次元データを画面描画データに変換

通信トラフィックを減らすためにサーバは抽象度の高いデータ(3次元のフレームデータとテクスチャ)をクライアント端末に送信することがあり、その場合、抽象度の高いデータを描画データへの変換処理は複雑かつ高負荷になりがち

## ■ ボトルネックの低減手法(MMOゲームと同じ)

- 極力GPUに処理させる、VRAMを効率的に利用
- 描画をサボる
  - 描画対象となるアバター数を減らす、またはシルエットなど描画を簡素化
    - 例:MMOFPSの場合、描画対象の選ぶ
      - クライアント端末のユーザのアバターが攻撃した度合い(Hate値)が大きいアバター(Non-Player Character, NPC)はやり返すとして優先的に描画

# 仮想世界の複製

仮想世界の配置・複製が、仮想世界の特性に影響

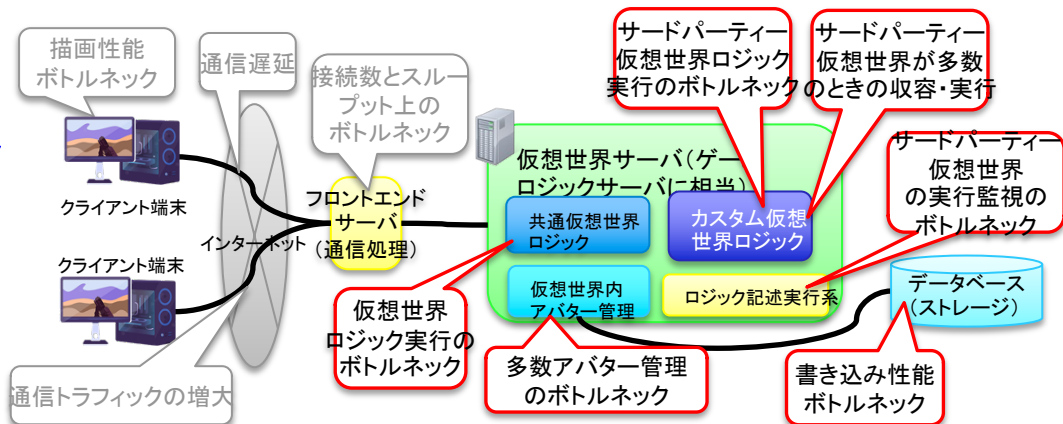


国立情報学研究所 教授

佐藤一郎

# 多数ユーザに対応するには

- 描画処理の多くをクライアント端末に任せるにしてもサーバ側は仮想世界のロジック実行や、アバター管理(位置や状態、相互作用)やクライアント端末との通信などの処理が多い



メタバースプラットフォームにおける性能的ボトルネック

- 多数のユーザ、高度な仮想世界を実現するには高い処理性能が必要

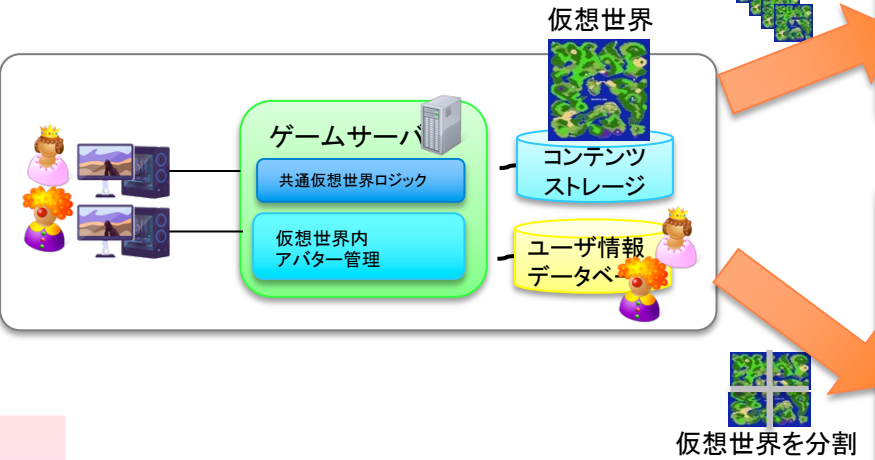
- サーバのスケールアウト  
(処理を行うサーバ数を増やす)

- メタバースの場合、追加サーバへの仮想世界の割り当て方が、仮想世界の特性に影響する

講演者の研究者としての専門は複数サーバによる高信頼化技術ですが、今回は時間の都合からデータ複製を含む高信頼化に伴う諸問題はスルーします

# 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



## ① ユーザ分割 & 仮想世界複製



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

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

## ② 仮想世界分割



仮想世界が局所的に混むときは荷分散ができない

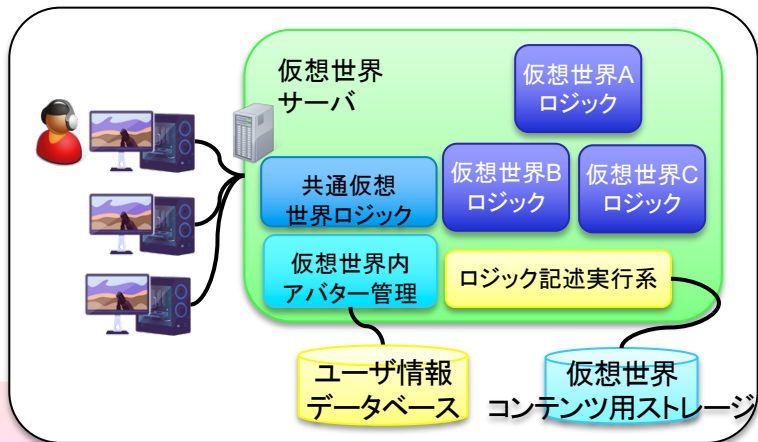
ユーザ情報データベース

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

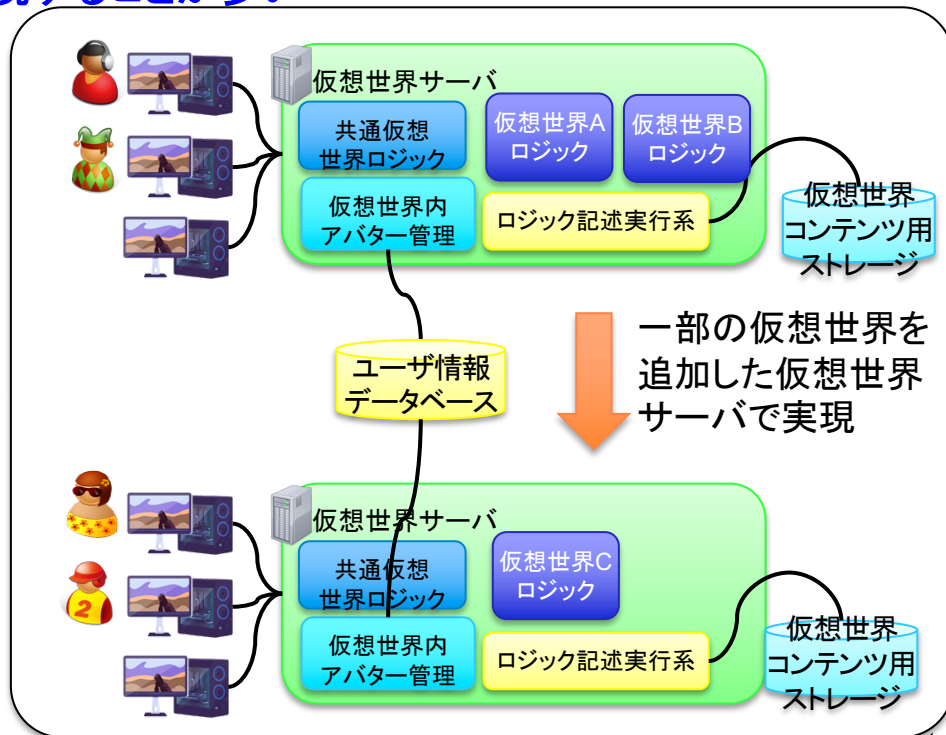
- MMOゲームの場合、ユーザ交流は広くならないので、
- ①でよいMMOゲームはそれなりにある
- ②はユーザの集中を考慮して分割する必要がある

# 仮想世界のサーバへの割り当て

- メタバースは複数の仮想世界から構成されるが、ユーザは多様な仮想世界に行けるべき
  - ひとつの仮想世界はひとつのサーバで実現することが多い
  - 仮想世界はその処理量を考慮してサーバに割り当てる



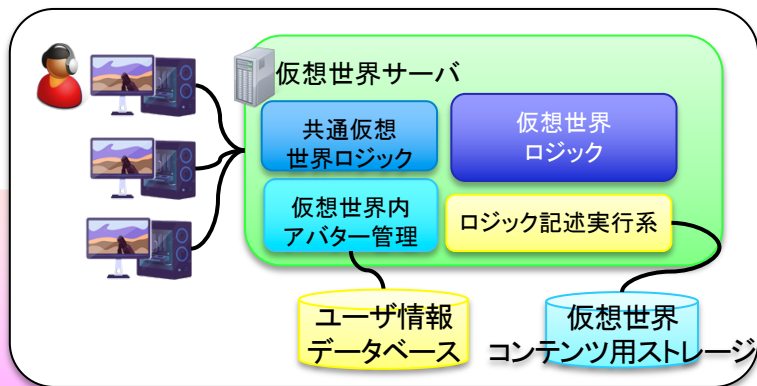
再割り当て



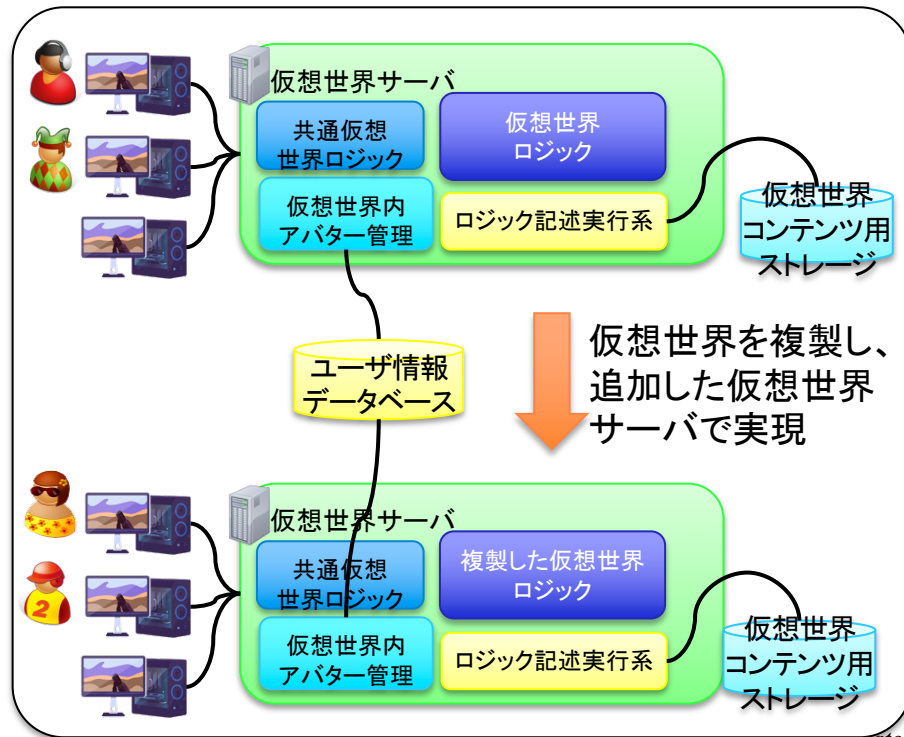
ユーザ数に応じて仮想世界を実行するサーバを、仮想世界を動かしたまま変更・集約できるべきだが、実行中の配置換え・複製は難しい(モバイルエージェント系技術を使えば可能ですが…)

# 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**



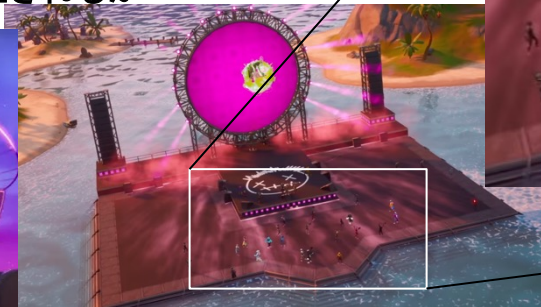
複製



# 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?)

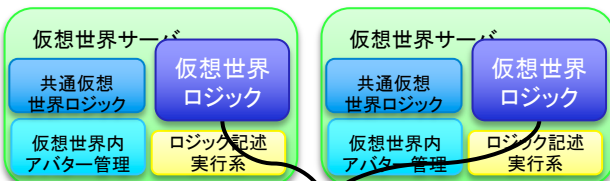
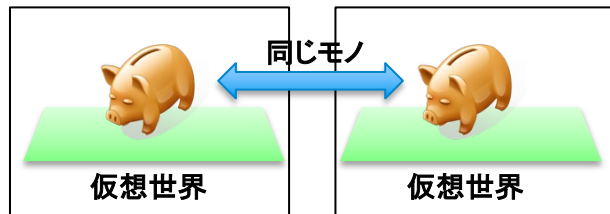
仮想空間では大勢が一カ所に集まらない → 集団のパワー(大衆集会等)は形成されない

# 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

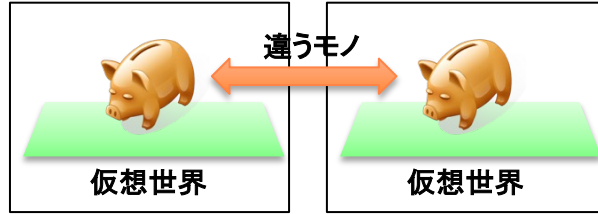
アイテムはひとつでも、複数個に見える



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)

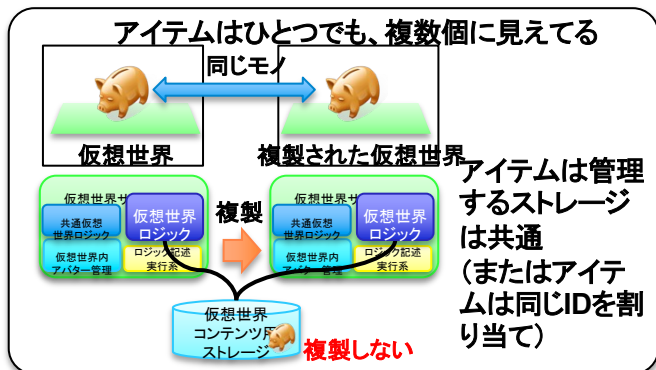
メタバースでは処理負荷低減手法により、仮想アイテムや土地の資産性が変わる



# 複製仮想世界における存在性

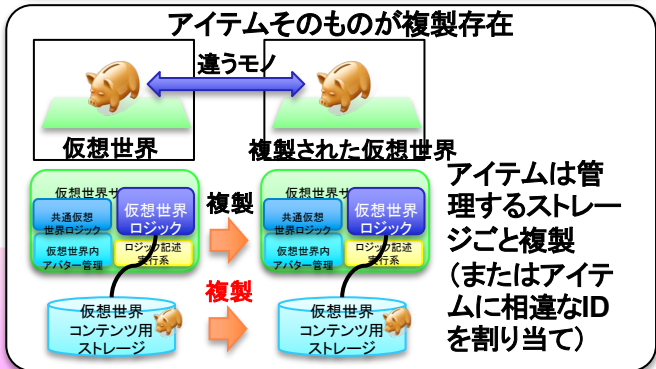
- **メタバースでは処理負荷低減手法により、仮想アイテムや土地の資産的特性が変わる**

複製  
方式①



- ひとつの対象が相違な仮想世界に存在
  - 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
    - **ただし、同時に操作・削除されるとは限らない**

複製  
方式②



- 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
  - 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

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られるが、仮想世界におけるコンテンツの表示や存在そのものの複製制限できるとは限らない

それに加えてNFTは誰でも発行できる

# メタバースと現実世界の相違

通信遅延が生み出す非現実性

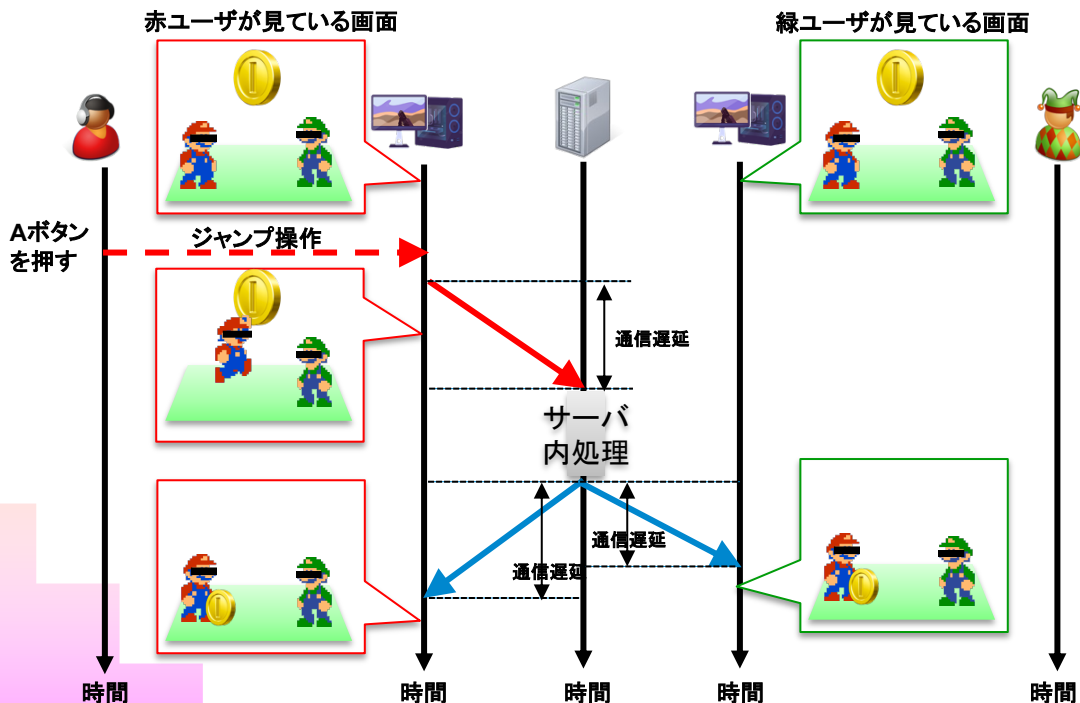


国立情報学研究所 教授

佐藤一郎

# 通信遅延と描画

- 通信遅延があっても、見え方と実態に差が出ないケース



クライアント端末からサーバにユーザー操作を伝えるメッセージに対する返信を待たずに描画を始める



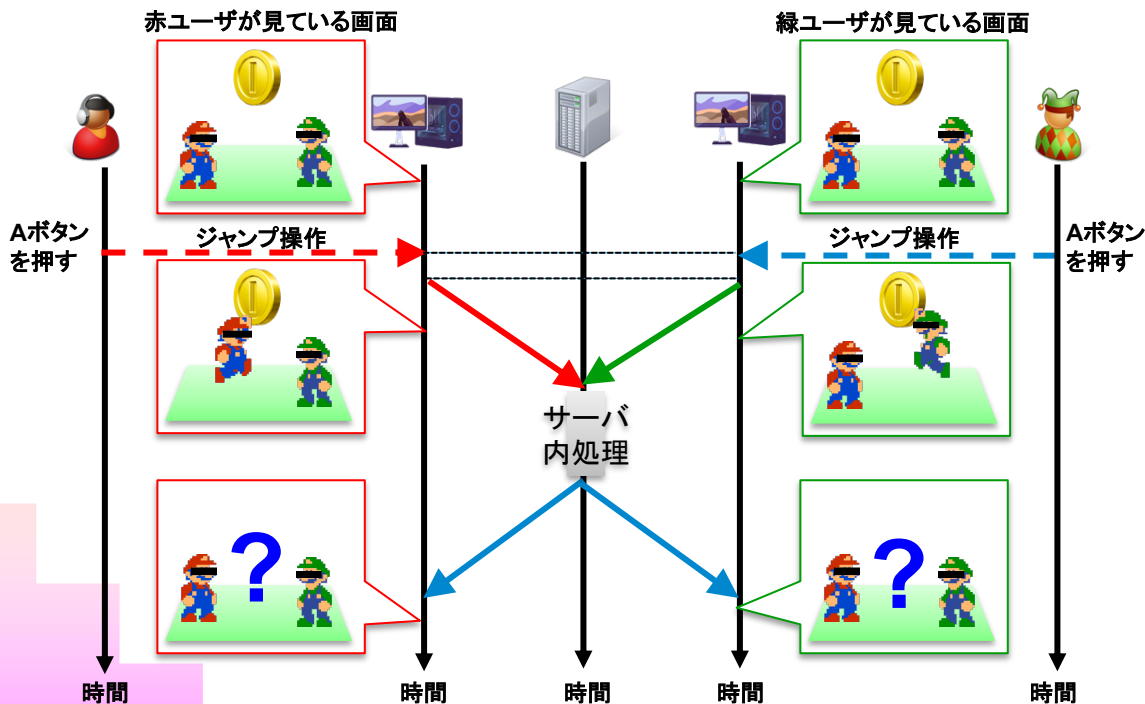
クライアント端末が画面と、サーバ側の状態にはずれが出る

このケースは問題なし

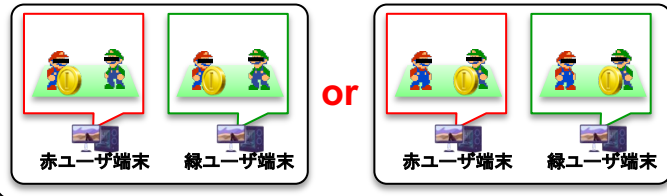
- インターネットを介した通信は数ミリ秒から数百ミリ秒の通信遅延が生じる
- なお、画面描画は16ミリ秒間隔で操作・状態を反映

# 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（左右はサイコロを振る、アイテム数は同じ）



or

解決策②  
(公平に無効)



or

解決策③  
(公平に有効)

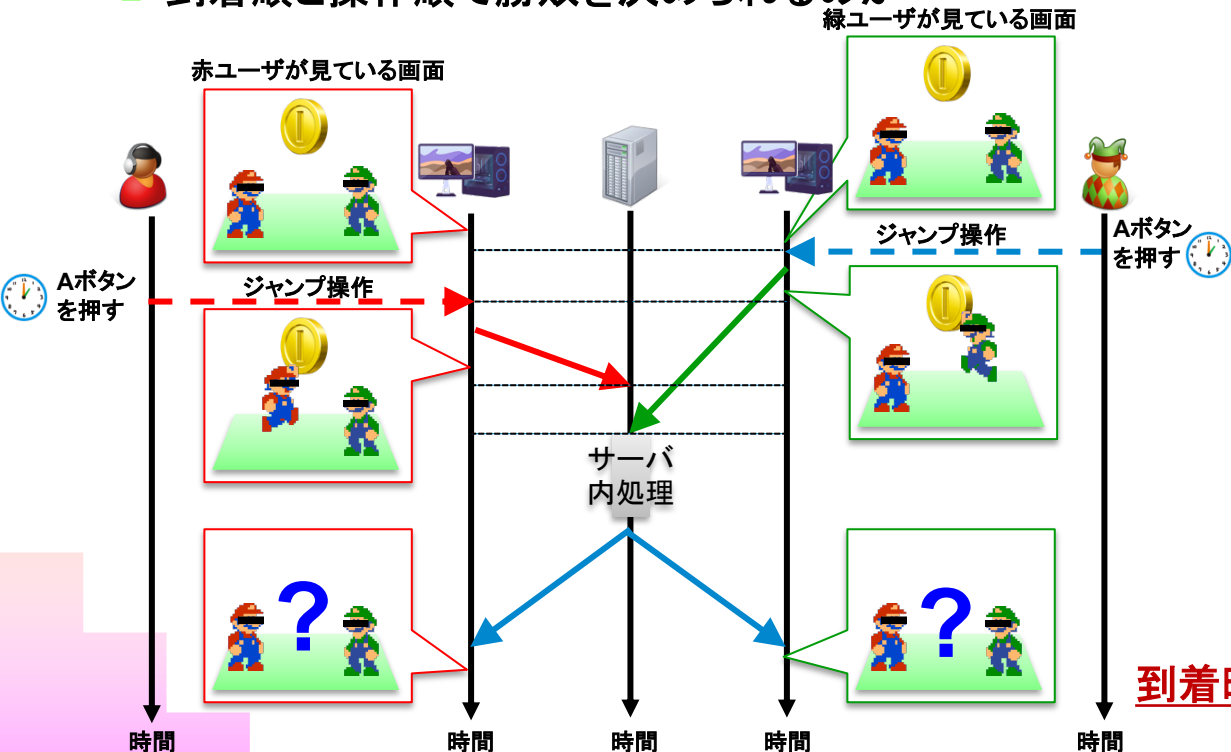


アイテムの取り合いでも、ユーザー同士の協調により両者が取れうる

# 到着順と操作順

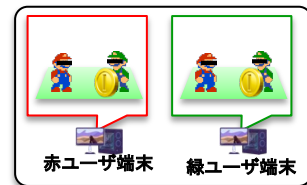
問題としては分散トランザクションに関わるが、ここではメタバースの場合に限定

## ■ 到着順と操作順で勝敗を決められるのか



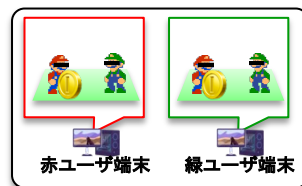
## クライアント端末の操作時刻で判断

- 端末の時計精度は高くない
- 時刻詐称が起きうる



## サーバへの到着順で判断

- 通信遅延は変動
- 通信遅延が大きいユーザーは不利



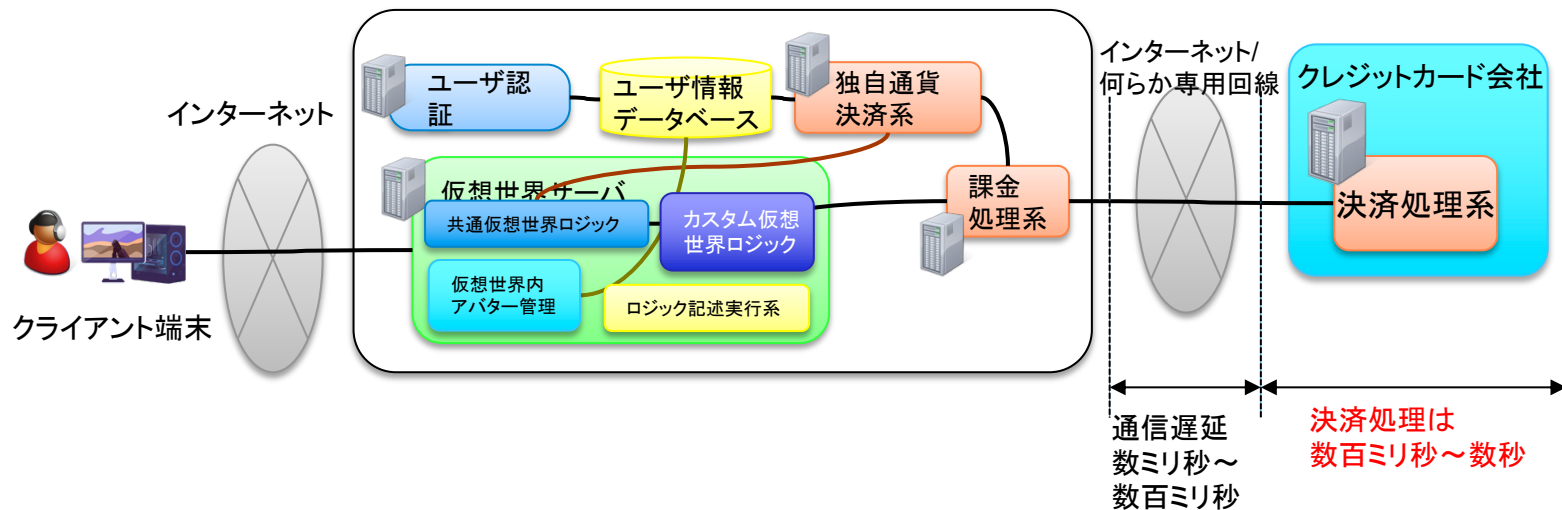
**到着時間差が小さい場合は同時として扱う**

# 通信遅延がもたらす非現実性

- メタバーズ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
  - サーバ以外の要素(他ユーザ、変化する環境他)が絡むと通信遅延は恒久的ズレを生む
  - 通信遅延が大きいユーザが不利になることは合理的といえるのか
- 通信遅延の影響を最小化するが、その最小化策で別の不整合・不公平を生む
  - 仮想世界の状態(所有権の移転他)に影響
  - 損じた感覚や不公平感はユーザの不信を招きやすい

# 独自通貨をやりたくてやっているとは限らない

- The Sandboxのように独自通貨やNFTの経済圏化したメタバースもありますが、MMOゲームやメタバースが独自通貨を導入するのは決済速度の高速化が遠因



- クレジット決済の処理時間は長く、メタバースやMMOゲームにはミスマッチ
- 通常は独自通貨による高速決済を行い、クレジットカード決済は事前・事後に行う

# メタバースと法制度

法学者の皆様方にお任せしたい内容



国立情報学研究所 教授

佐藤一郎



# ▶ アバターに関わる高度な問題

- アバター周辺は下記の重要な発表がありましたので、ここではスルーさせていただきます
  - 情報通信法学研究会AI分科会（令和3年度第1回会合、令和3年6月29日(火)）
    - 「“分人”型社会とAI」（武田（英）構成員発表）  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/kenkyu/hougakuken/02iicp01\\_04000271.html](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/hougakuken/02iicp01_04000271.html)
  - 情報通信法学研究会AI分科会（令和3年度第2回会合、令和4年1月27日）
    - AIとプライバシー ムーンショット型研究開発事業の研究紹介（石井構成員発表）  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/kenkyu/hougakuken/02iicp01\\_04000271\\_00004.html](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/hougakuken/02iicp01_04000271_00004.html)

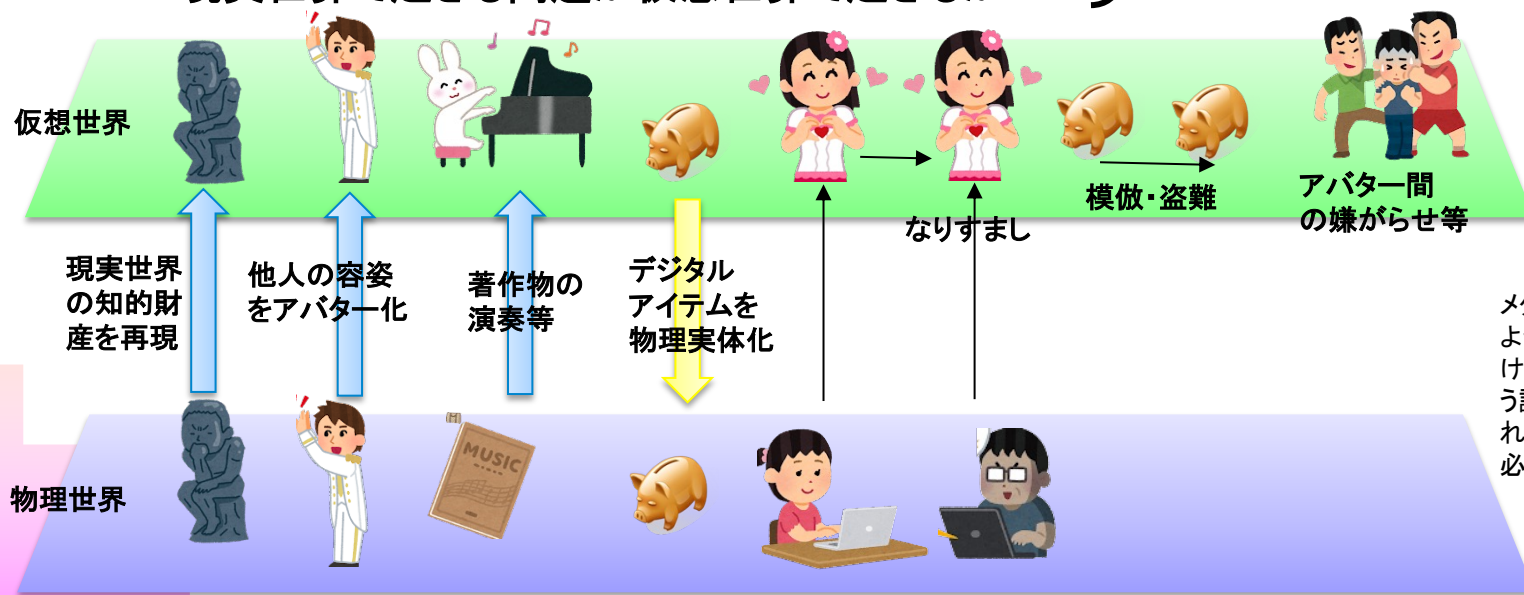
# メタバースに関わる法律上の問題に関する指摘

## ■ 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

もちろん、重要とは思いますが



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はず

## 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、ここでは問題背景と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**、メタバーズ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ズ)
  - **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起きるか否かの整理は必要

- 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不可能・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
      - 気に入くないこと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、盗難は難しい
    - 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

もちろん、いじめや嫌がらせなどは起きえますが

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と

## 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もいえるが
  - 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

ゲームに  
求められるルール

コードが規定するルール

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



# ▶ 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

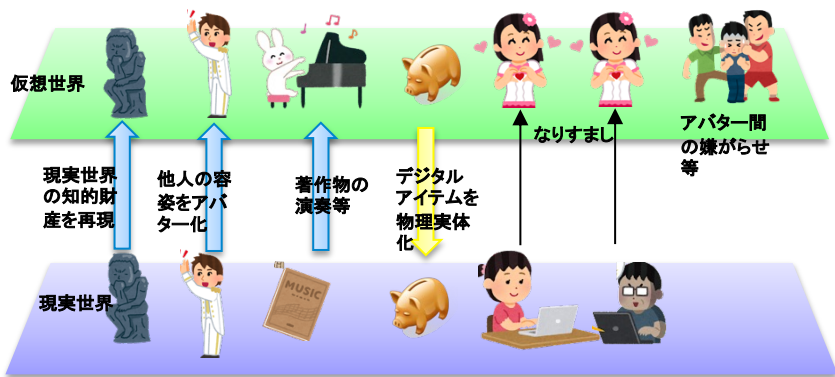
## ■ ルールの決め方

- 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

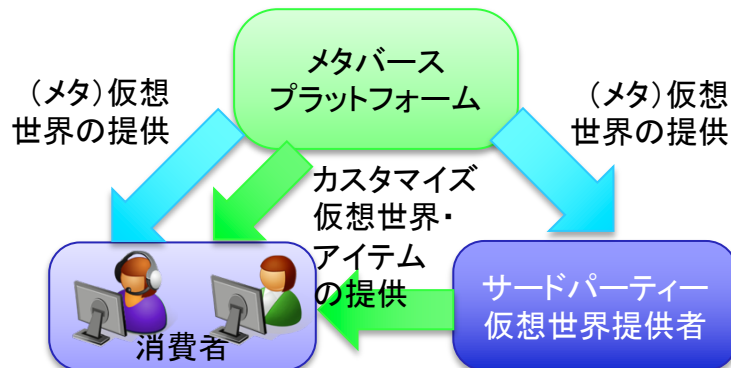
適切なルールを適切に遵守させないと、メタバースは無秩序化するか、ゲーム提供サービスで終わる

# メタバースプラットフォームに関する諸問題

- **メタバースに関する法的問題の指摘の多くは**
    - 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

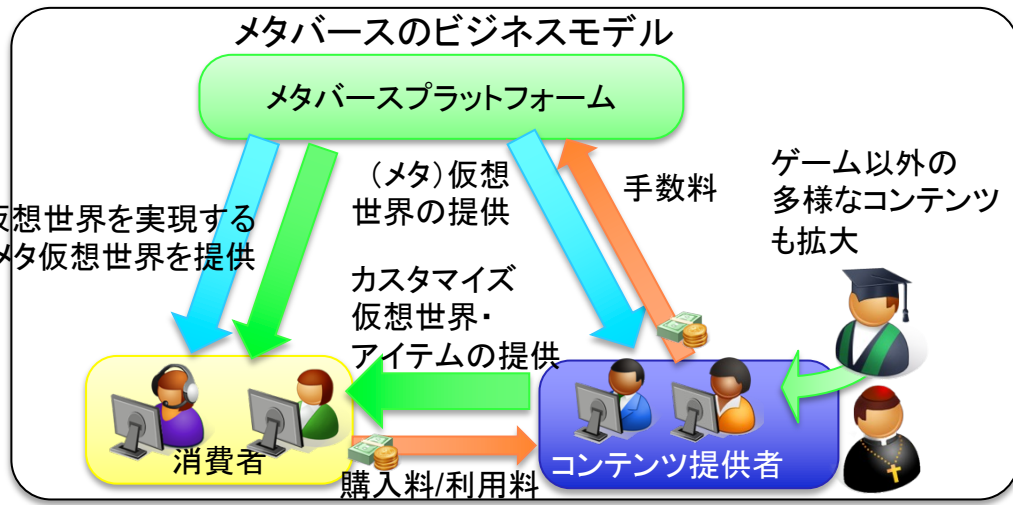
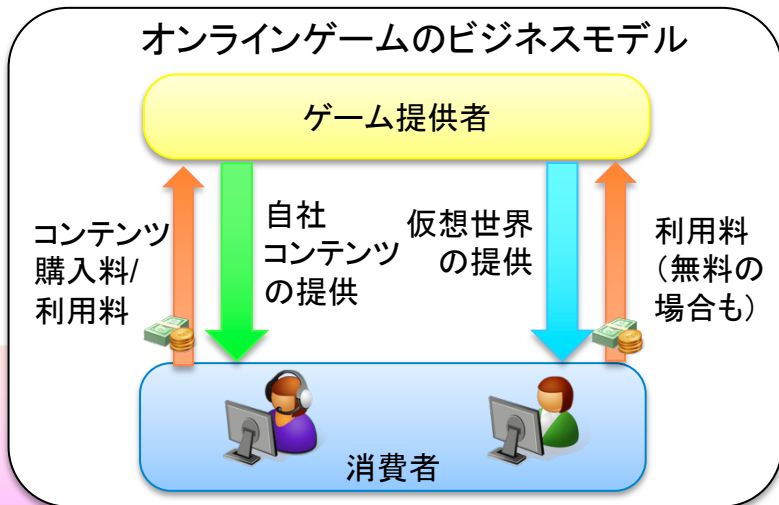


- **メタバースがプラットフォームである以上、下記における法的な問題も注目すべき**
  - プラットフォームと消費者の関係
  - 消費者とサードパーティー仮想世界提供者の関係
  - サードパーティー仮想世界提供者とプラットフォームの関係



# プラットフォームとしてのメタバース

- 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
- メタバースはプラットフォームとして、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



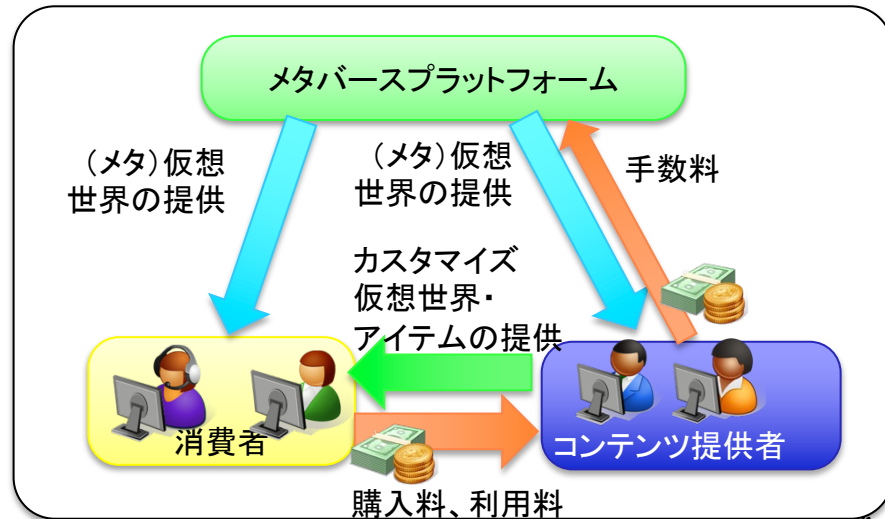
# メタバースにおけるビジネスモデル

## ■ 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前アイテム販売
- 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
- サードパーティー仮想世界提供者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

- カスタマイズした仮想世界の作成
- メタ仮想世界を通じて消費者にカスタマイズ仮想世界を提供
- 消費者からカスタマイズ仮想世界の利用料、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



# 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.

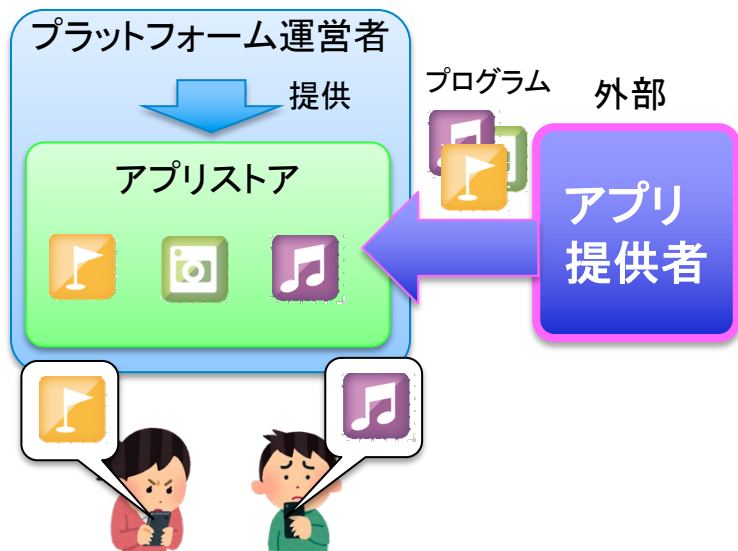
“In-World Items” means digital items (such as consumables, wearables, or equipment for avatars within the virtual worlds of Horizon Worlds.

# 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

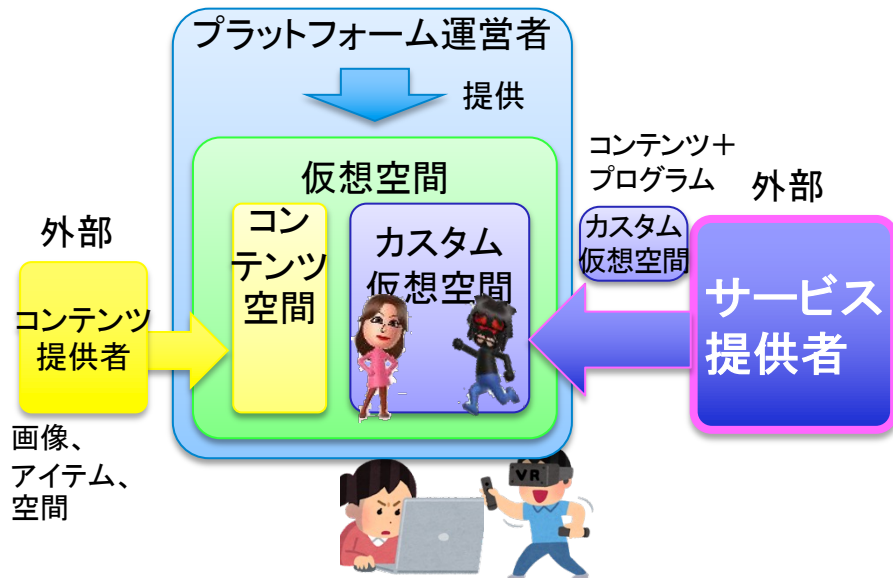
# 既存のプラットフォームとの類似性

## ■ スマートフォンアプリのマーケット



- プラットフォーマーが提供する的是アプリとユーザのマッチング及びアプリの販売環境

## ■ メタバースプラットフォーム



- プラットフォーマーが提供する的是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

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



## プラットフォームの透明性

- スマフォアプリはプラットフォームが課す手数料などが問題だったが、アプリを利用において、**アプリ提供者のサーバなどにアクセスを通じてダウンロード数を把握できた**
  - **メタバースの手数料はスマフォアプリと同等または高額**
- **メタバースの場合、コンテンツ提供者は利用状況を把握するのは困難**
  - **コンテンツ提供者が作成した仮想世界やアイテムは、メタバース内で実行・表示されるため、コンテンツ提供者を含めて外部から利用状況は見えない**
    - **プラットフォーム側のいうことを信じるしかない**

非代替性トークン(NFT)は仮想世界やアイテムに一意で代替不可能な識別子を関連付けられるが、仮想世界やアイテムの提供や実行そのものはNFTとは独立であり、利用状況をみえるようにはしてくれとは限らないのではないか

# 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も容易になる**
    - 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**

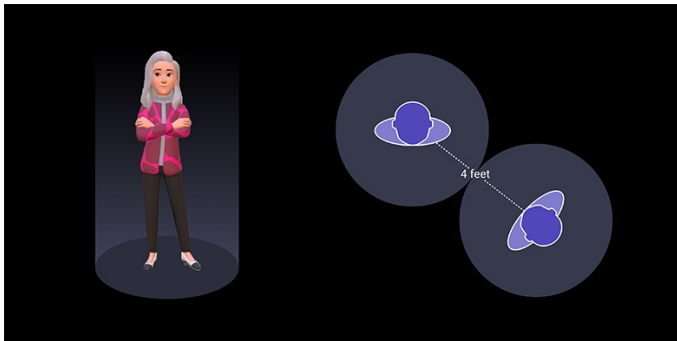
BANとは問題のあるユーザや業者を排除すること、オンラインゲームでは不正行為を行ったユーザは参加停止される

# 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の保護**
  - 武田先生、石井先生の講演でも指摘されていましたが、アバターの労働に関わる問題
  - 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(下請法の適用範囲外?)

# 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



- レッジ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

## 技術屋視点でアバター境界線を見る

- 技術屋視点ではいうと、Metaのアバター境界線機能はありがたい
  - アバター同士の距離が短いと、アバター同士の相互作用が密となり、相互作用が多様化して、さらに描画が複雑化する
  - 境界線機能により、アバター同士が離れていてくれれば相互作用の種類を限定され、処理負荷も減る
- 逆に言うと技術屋は、処理を多様化したり、複雑化する改変は強く嫌がる
  - 処理が多様・複雑だと運用もたいへんになる
    - そして処理が遅くなったり、トラブルになると怒られ、さらにそれを修正するのは、企画担当者ではなく、技術屋だから
- 実際、便利な機能でも、実装がたいへん、運用がたいへんな場合は排除される

# 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**



# Q&A

# メタバースは今後、伸びるのか

今後のICTセクターの消費電力の増加を考えると、メタバースで浮かれている場合なのか、という率直な疑問

表 14 国内 ICT インフラストラクチャの消費電力の現状と将来予測

Domestic		2018	2030	2050
Datacenter		TWh/Y	TWh/Y	TWh/Y
	server	7	62	9,600
	storage	2	13	857倍
	switch	0.1	0.6	6.4倍
	power supply	5	13	2,600
	<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>90</b>	<b>12,000</b>
Network				
	Core	1	2	231
	Metro	4	13	1,510
	Access	18	78	7,000
	<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>93</b>	<b>9,000</b>

表 15 世界 ICT インフラストラクチャの消費電力の現状と将来予測

Global		2018	2030	2050
Datacenter		TWh/Y	TWh/Y	TWh/Y
	server	113	2,190	384,000
	storage	27	150	2,630倍
	switch	1	16	15.7倍
	power supply	43	100	66,000
	<b>Total</b>	<b>190</b>	<b>3,000</b>	<b>500,000</b>
Network				
	Core	25	42	4,900
	Metro	90	260	31,400
	Access	370	2,100	220,000
	<b>Total</b>	<b>490</b>	<b>2,400</b>	<b>260,000</b>

出典: 科学技術振興機構(JST)  
「情報化社会の進展がエネルギー消費  
に与える影響(Vol.3)」より(2021.2)

2020年国内電力消費1000TWh程度

将来的には、通信トラフィックおよび計算量制限が求められる状況もありえる  
そのときメタバースも対象になりえるのではないか



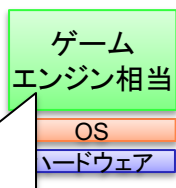
## 補足：仮想世界とルール(1/2)

- IT的な意味におけるシステムアーキテクチャは、ソフトウェアによる部分も多く、自由度が高いように見えるが、そのシステムの技術的制約に加えて、アプリケーション要件があり、その設計などにおいて自由度は高いとは言い難い
- ゲームを提供する仮想世界は多いが、そもそもゲームは、ルールを決めてユーザに競わせる
  - 仮想世界でゲームを提供できるということは、仮想世界はルールを作れることになる
  - 同時に仮想世界は恣意的なルールも作れることになる
- 各仮想世界を実現するメタ仮想世界は、それが実現する各仮想世界を支配するが
  - 例えばゲームエンジンまたはゲームロジックが実現する物理シミュレーション機能は、ゲーム空間、つまり仮想世界の物理法則をメタ的に決めていているといえる
  - 一般のルールをメタ仮想世界を規定することは技術的な課題があり、そもそも(メタ)仮想世界における一般的なルールの規定の仕方も技術的に解決されているとはいえない

## 補足：仮想世界とルール(2/2)

### ■ レジューのアーキテクチャ論の文脈で考える

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)

共通仮想世界  
ロジック

カスタム仮想  
世界ロジック

仮想世界内  
アバター管理

ロジック記述実行系

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 Satoh*

- 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?)

## 非技術的なこと

- **メタバースはMMOゲームより孤独になるのでは**
    - オンラインだけのコミュニティは親しくなれない
      - **共通の話題や共通の目的がないと会話は成立しない**
        - Facebookは現実世界を反映、Twitterは一方向的に発するだけで話題の共有は希薄
      - MMOゲームはリアルでは知らない人同士が親しくなれる
        - **共通のミッション、共通の話題があるので会話ができるから**
    - **メタバース全体には共通ミッションはない**
      - **比較的ユーザ間の関係性が濃いとされるVRChatは、アバターの容姿が共通の話題？**
  
  - **メタバースは楽園指向とお金儲けが目立つ状況**
    - **楽園指向: なりたい自分になる、過ごしたい世界で過ごす**
      - **現実から逃避したいけど、一人で生きていくのは辛い**
      - **(メタバース上の)各仮想世界は隔離された空間**
- } → 宗教的なことが増える？
- **金儲け: (自粛)**