

# これからのデジタルトランスフォー メーション政策と空間変容

須藤 修

東京財団政策研究所 研究主幹  
中央大学ELSIセンター 所長  
中央大学国際情報学部 教授  
東京大学 名誉教授



東京財団政策研究所  
THE TOKYO FOUNDATION FOR POLICY RESEARCH

# 日本におけるDXの社会的インパクトに関する研究

研究代表: 須藤 修

- 総合科学技術・イノベーション会議は、サイバー空間とフィジカル空間を融合したデジタルな社会基盤(CPS)を構築し、高齢化問題、環境問題、感染症パンデミックなどの深刻な社会的課題の解決、オール・インクルーシブで新たな社会発展を構想すべきだと述べている。これこそが、日本のDX(Digital Transformation)の核心といえよう。
- しかし、日本におけるDXは主要なIT先進国の取り組みと比較して遅れが目立っている。他のIT先進諸国に比べて、DXの基礎であるクラウド投資が順調とは言えない。
- 本研究では、データ標準化、クラウド基盤の在り方、オープンAPIとデータ疎結合のあり方について実証実験を行い、セキュリティ政策、個人データ政策、メタバース、Web3.0の在り方について検討する。アジャイルなデジタル・ガバナンスの在り方、次世代IT人材育成政策も提案したいと考えている。そしてSDGs、地域社会の発展に貢献しようと考えている。

# DX

デジタルトランスフォーメーション

参考

2004年、DXの概念をはじめて提唱したのは、スウェーデンの研究者、エリック・ストルターマンであった。

エリック・ストルターマンが2004年にはじめてDX、すなわち、デジタル・トランスフォーメーションという概念を唱えたのだが、最も重要な意味は、デジタル技術で人々の生活や人生を豊かにしようということである。



<デジタルトランスフォーメーション (DX) の定義> 2019年

「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」と述べ、デジタル技術を用いて企業の抜本的改革を行う手法を提示した。

# DX サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合

サイバー空間においてAIがさまざまなデータを分析、それをもとに推論し、フィジカル空間にフィードバック。

これまでの情報社会(4.0)



Society 5.0



# オードリー・タンIT担当閣僚との対話

2021年4月23日（金）

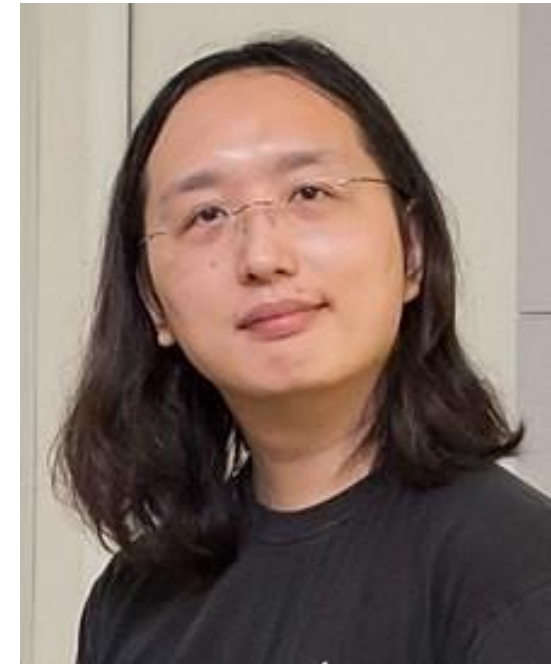
## ■オードリー・タン氏の発言は、世界中で注目されている。

✓これからのイノベーションは、**Digital Social Innovation**でなければならない。

✓**試行錯誤**の中から新たな道を見出すべきである。  
パターン化した思考法には創造性はない！

✓**オープンAPI**は必須である！

✓求めるべきは、Smart Cityではなく、**Smart Citizen**である。



ウィキメディア・コモンズより  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Audrey\\_Tang\\_in\\_2015\\_\(cropped\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Audrey_Tang_in_2015_(cropped).jpg)



# 若い力への期待 (GPAI国内委員会資料より)

## Privacy Enhancing Technologies : PETs AIとプライバシー : 秘密計算



### 略歴

- 1993年、愛知県生まれ
- 名古屋大学在籍中にエンジニア活動を経て、2018年にAcompanyを創業
- 2020年から秘密計算の実用化に注力
- 2021年に「日本から世界を変える30歳未満の30人」Forbes 30 Under 30 JAPANに選出
- 2022年に、Asia版のForbes 30 Under 30にも選出



### 会社概要

会社名 | 株式会社Acompany

設立 | 2018年6月20日

所在地 | 愛知県名古屋市

従業員 | 38名 (役員・従業員含む)

資本金 | 238,999,500円 ※資本準備金を含む

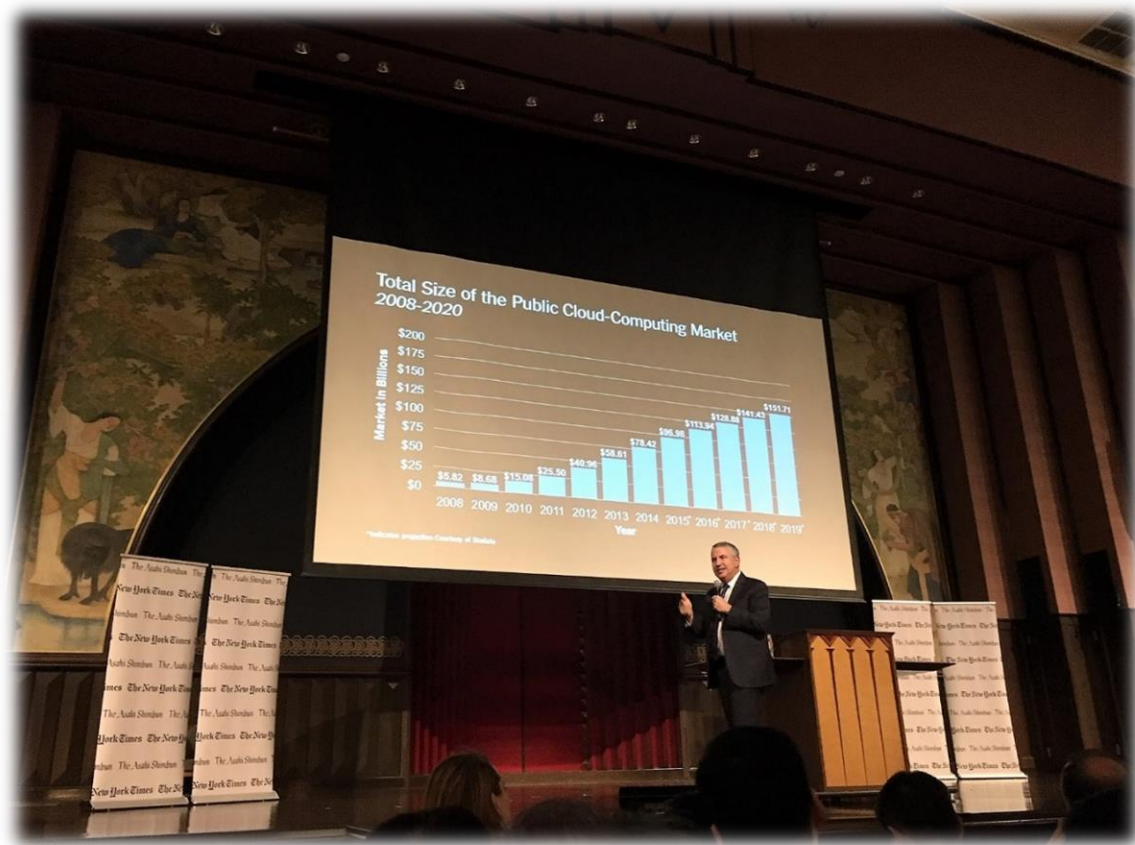
主要投資家 |

認定 |



STRICTLY CONFIDENTIAL  
COPYRIGHT ©Acompany Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED.

# 世界の重要な動向

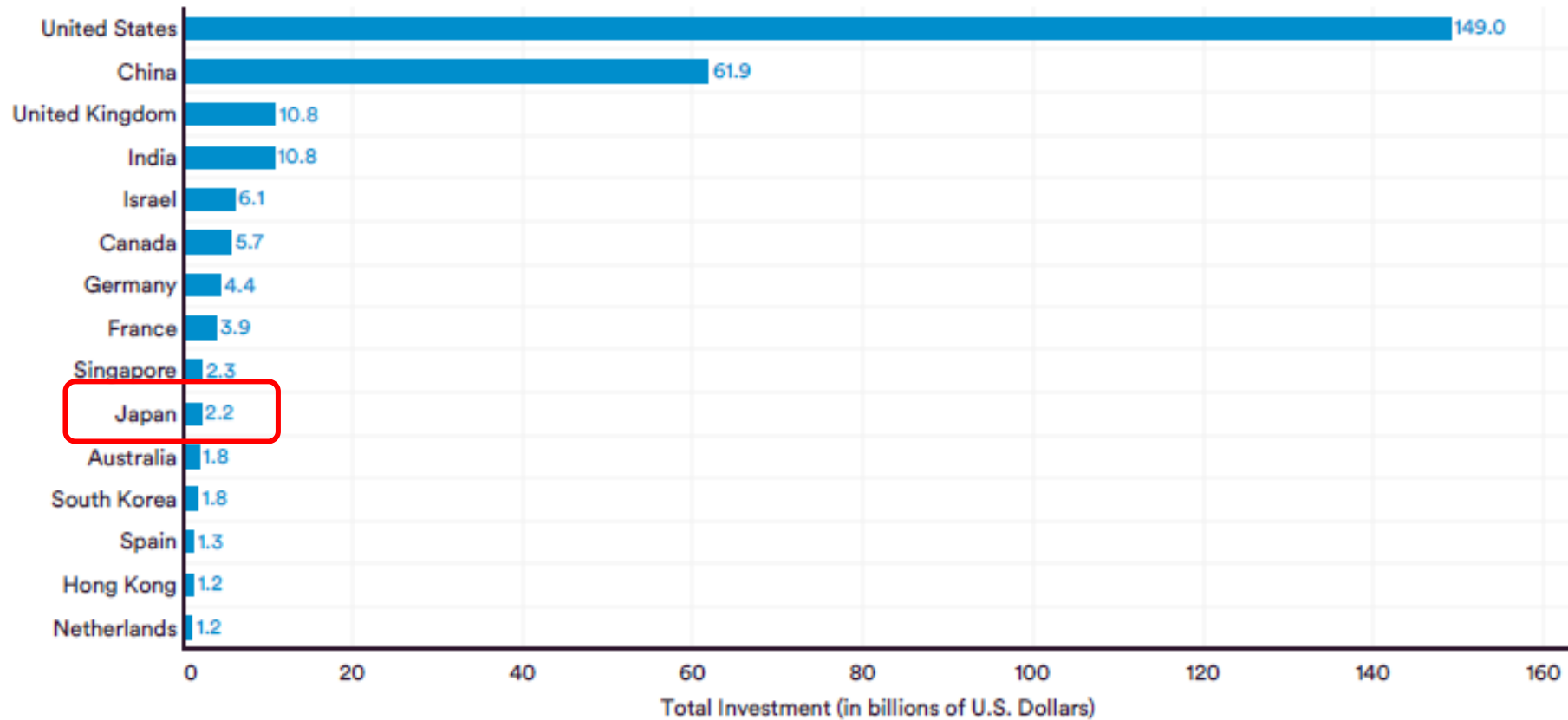


2008年以降、クラウド・コンピューティング、Web2.0のインパクトは大きかった。

# AI Index Report 2022, Stanford Univ. Human-centered AI Institute

## PRIVATE INVESTMENT in AI by GEOGRAPHIC AREA, 2013–21

Source: NetBase Quid, 2021 | Chart: 2022 AI Index Report

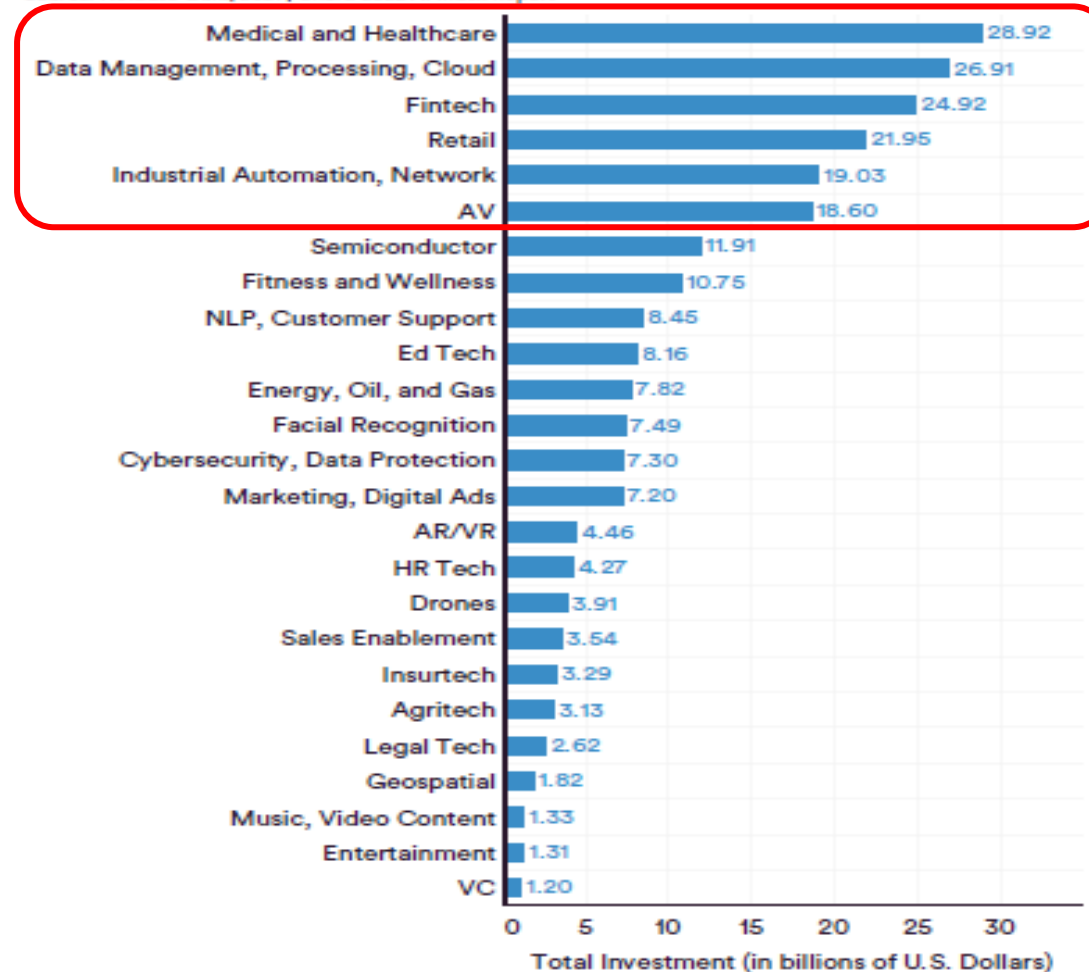




# AI Index Report 2022, Stanford Univ. Human-centered AI Institute

**PRIVATE INVESTMENT in AI by FOCUS AREA, 2017-21 (SUM)**

Source: NetBase Quid, 2021 | Chart: 2022 AI Index Report

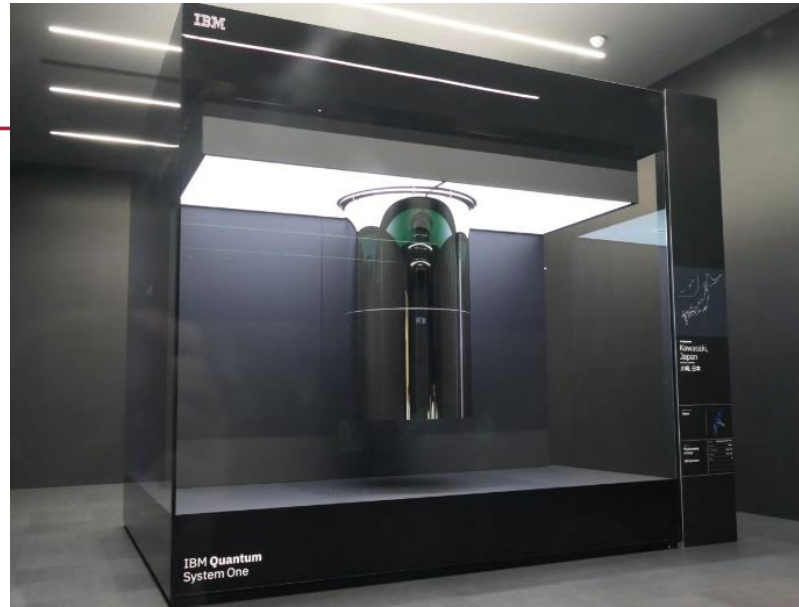


# Quantum Computer

IBM、Google、中国研究機関など高度な競争を展開

- ✓ Googleは50qbitsの量子コンピュータがスパコンで1万年要する計算を200秒で達成した（Nature誌、2019年）。その後、53qbitsも実現。
- ✓ IBMは2019年10月中旬に53qbitsのデバイスを実装した。
- ✓ 2020年12月3日、中国科学技術大学はGoogleのような超伝導チップではなく、光子を用いて開発した量子コンピュータ「九章」が世界最速のスーパーコンピュータである「富岳」で6億年かかるタスクを200秒で実行したと発表。なお、超伝導チップデバイスにおいても62qbitsを実現した。
- ✓ IBMは2021年11月16日、127qbitsの「Eagleプロセッサ」を発表した。
- ✓ IBMは2022年には433qbitsのOsprey、2023年には1120qbitsのCondorの実現を発表している。
- ✓ 中国は2029年に100万qbitsの達成を目指している。

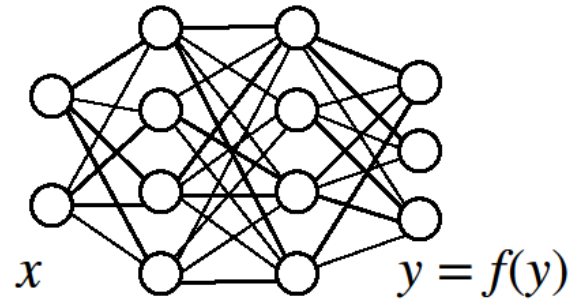
# KAWASAKI : IBM Quantum System One



- 今回設置したSystem Oneは、IBMのゲート型商用量子コンピュータとして稼働が最も安定している、**27qbitsの量子チップ「Falcon」**を搭載している。IBMが米国外に設置する商用量子コンピュータとしては、ドイツのフラウンホーファー研究機構のものに次いで2番目となる。
- 東京大学はkawasakiの活用に向けて、企業、公的団体や大学など研究機関と協力していくが、まずはQII協議会の加盟企業による活用が進められることになる。現時点で、QII協議会の加盟企業は、JSR、DIC、東芝、トヨタ自動車、日本IBM、日立製作所、みずほフィナンシャルグループ、三菱ケミカル、三菱UFJフィナンシャル・グループ、ソニーグループ、三井住友信託銀行の11社となっている。(MONOist, 20210728 <https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2107/28/news062.html>)
- マシンの心臓部は、直径80cmの銀色の筒内部の底にある。ここに量子計算を行う「量子ビット」があり、筒の上部にある冷凍機によって約0.01K（ケルビン、セ氏約-273.16度）というほぼ“絶対零度”まで冷却される。(IT media News, 20210727 <https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2107/27/news121.html>)

# 量子×機械学習

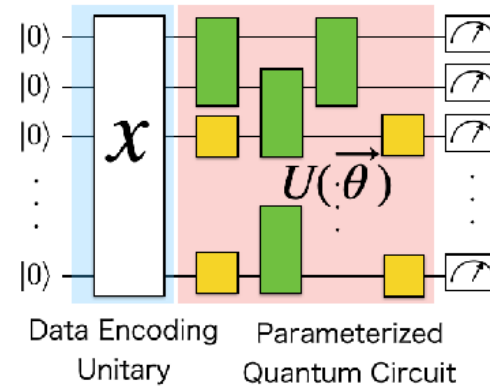
ニューラルネットワーク



ニューラルネットワークの代わりにパラメータ付き量子回路からの出力をモデルとして、教師あり機械学習

量子回路学習(Mitarai'18) **Top1%論文**

NISQデバイスの最初の機械学習への応用



$$U(\vec{\theta})|\Psi(\vec{x})\rangle$$

$$y(x, \theta) = \langle \Psi(\vec{x}) | U^\dagger(\vec{\theta}) A U(\vec{\theta}) | \Psi(\vec{x}) \rangle$$

損失関数

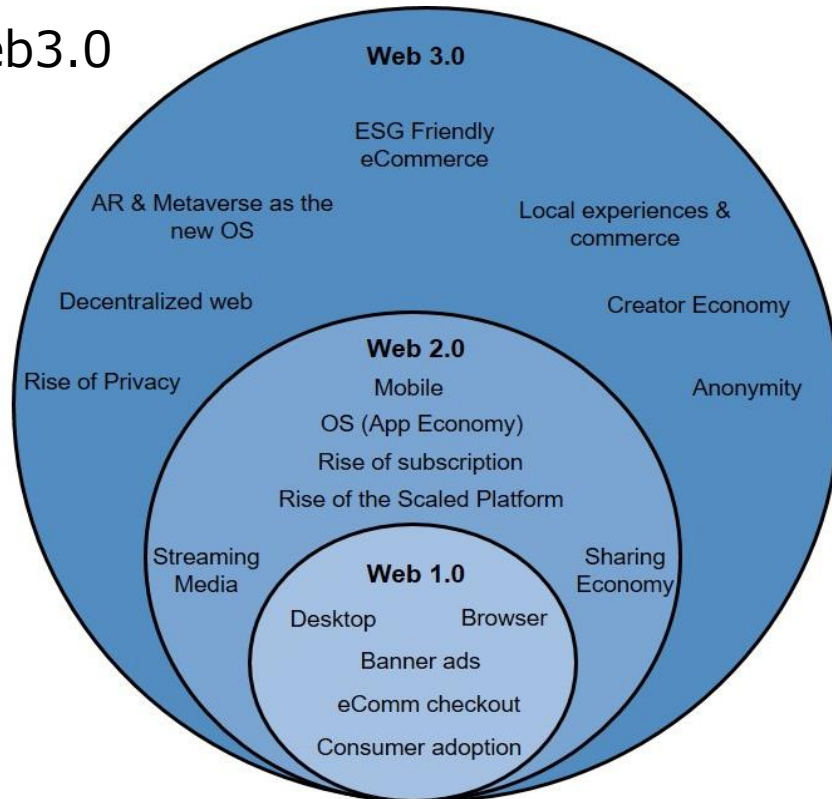
$$L = \sum_i (y_{\text{teacher}}^{(i)} - y(x^{(i)}, \vec{\theta}))^2$$

**Boolean**変数などはうまく処理できるものと考えられる。  
(須藤コメント)

藤井啓祐 大阪大学基礎工学研究科教授  
総務省「AIネットワーク社会推進会議」での講演(2021/10/27)

# メタバース革命あるいはWeb3.0

Web3.0



(資料) Goldman Sachs「Framing the Future of Web 3.0」(2021年12月)

メタバース



(資料) <https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2021/11/26/5554.html>



# Web2.0メタバースへの様々な企業の参入

Web2.0のゲーム界では、メタバース空間を構築し始めている。  
⇒アーティストや教育機関と連携し、仮想体験を構築。

フォートナイトで開催された DJ Marshmelloのコンサート  
1100万人が参加し、2700万回再生された。



Date Announced	Platform	Category	Name
Feb-19	Fortnite	Concert	DJ Marshmello
Jul-19	Roblox	Entertainment	Stranger Things
Jul-19	Fortnite	Entertainment	Stranger Things
Jul-19	Roblox	Sports	Liverpool FC
Aug-19	Roblox	Sports	NFL
Nov-19	Roblox	Entertainment	Star Wars
Dec-19	Fortnite	Entertainment	Star Wars
Mar-20	Roblox	Other	Dr. Who Items
Apr-20	Fortnite	Entertainment	Punk'd
Apr-20	Minecraft	Concert	Nether Meant
Apr-20	Fortnite	Concert	Travis Scott
May-20	Minecraft	Music Festival	Block by Blockwest
May-20	Minecraft	Education	Cal Poly Graduation
Aug-20	Fortnite	Entertainment	Marvel
Aug-20	Fortnite	Entertainment	Tenet
Sep-20	Roblox	Music	Ava's Launch Party
Nov-20	Roblox	Concert	Lil Nas X
Jan-21	Fortnite	Entertainment	Terminator
Apr-21	Minecraft	Education/Music	College Green
May-21	Roblox	Fashion	Gucci
May-21	Roblox	Music	Zara Launch Party
Jun-21	Roblox	Entertainment	Stranger Things
Jul-21	Roblox	Music	Sony
Aug-21	Roblox	Music	KSI launch party
Aug-21	Fortnite	Music Tour	The Rift Tour ft. Ariana Grande
Aug-21	Fortnite	Concert	J Balvin
Sep-21	Roblox	Fashion	Vans
Sep-21	Fortnite	Fashion	Balenciaga
Sep-21	Roblox	Concert	21 Pilots
Sep-21	Roblox	Concert	(Qīshū) Launch Party
Sep-21	Roblox	Concert	Listening Parties
Oct-21	Fortnite	Entertainment	Batman
Oct-21	Roblox	Music Festival	Electric Daisy Concert
Oct-21	Fortnite	Concerts	Soundwave
Nov-21	Fortnite	Fashion	Moncler
Nov-21	Roblox	Concert	Verdes Concert
Nov-21	Roblox	Fashion	Nike
Nov-21	Roblox	Fashion	Fashion Award

参考 : 上原志織作成「国際情報学部須藤ゼミ 討論資料」

# MRの実用利用 → メタバース革命

MRは、コンピュータ表示を同時に見る業務(紹介、協力作業)等に活用されます。

- MRは顧客と同じ画像を見ることができ、紹介作業に適しています。
- 建設現場においては、現実の壁にコンピューター画像による壁内の配水、配電の様子を示すことができます。
- MRでは、体内の骨の状態を表示することができ、整形外科手術のトレーニングに活用することができます。
- 複数人で同じ画像を見することで、協力作業のトレーニングも可能になります。

MRによって壁内部の配水、配電を紹介する様子



【出所】小柳建設 - Microsoft HoloLens を活用した Holostruction  
【日本マイクロソフト株式会社】  
<https://www.youtube.com/watch?v=TmDHZ-NMQe0>

MRによって整形外科手術のトレーニングをする様子



【出所】[Microsoft HoloLens] 日本の Mixed Reality  
パートナーとソリューション 【日本マイクロソフト株式会社】  
<https://www.youtube.com/watch?v=KK42C6OqJvQ>

# 「日本経済新聞」2022年3月7日付け朝刊

---

フィリップ・ローズデール氏 (リンデンラボ創業者)

- 仮想空間の最大の特徴は周囲に他人が「居る」ことだ。検索や動画視聴などネット上のほとんどの活動は独りで進行する。
- 仮にフェイスブックのように人々の行動を四六時中監視し、利用時間を増やすため表示情報を操作し、クリック率の高いターゲット広告で収入を最大化するモデルで運営されたら恐ろしい。SNS上のクリックや書き込みよりはるかに生身の人間に近いアバターの一挙手一投足が常に監視され、人々を分断するように情報が操作されるような世界は存在を許すべきでない。

# Goldman Sachs, Framing the Future of Web3.0

## 2021/12

- ✓ ブロックチェーンは、暗号資産（仮想通貨）から始まり、2017年以降、銀行からより分散型の用途に広がっている。
- ✓ ブロックチェーンは、TCP/IPとHTMLが「1990年代にインターネットを生み出した」以来の最も破壊的な技術トレンドの1つであると考えている。
- ✓ 「現時点では予測しがたいが、ユーザーIDの中央集権的コントロールに依存している企業は、ブロックチェーンの普及によってビジネスモデルの維持が困難になる可能性が高い」。

□ Web3.0メタバースにおいて、AIは、AR、MR、VR、ブロックチェーン、NFTなどとの連携によって新たなフェーズに入ってきているといえよう。

Goldman Sachs | Research | EQUITY RESEARCH | December 10, 2021 | 12:12 AM EST

### Framing the Future of Web 3.0

METaverse EDITION

In our view, the global Internet is in the middle to late innings of the innovation curve of Web 2.0 (the shift from desktop to mobile computing & from local to cloud storage) and the "leaders" of this wave of the Internet are now firmly established. In framing the next wave of computing (Web 3.0), we see the potential for dramatic shifts in industry structure (decentralized, more local/niche/targeted) that could impact current investor perceptions of platform moat/strength, industry input costs, possible headwinds to monetization driven by personalization and potential for shifting media & commerce trends. One element of Web 3.0 that has recently captured media & investor attention is the "Metaverse" – a term that has taken on many meanings but with common themes around virtual and immersive experiences, online communities and the creator economy. In the report, we examine how the gaming/media landscape has already shown some key elements as to how the Metaverse might evolve and how themes such as decentralized web activity & virtual experiences could become hallmarks of many of the next wave of computing in Web 3.0.

Eric Sheridan | Michael Ng, CFA | Lane Czura | Alexandra Steiger | Alex Vigilante, CFA | Katherine Campagna  
+1 212 343-8883 | +1 212 302-8618 | +1 212 343-8892 | +49 89 7532-3037 | +1 212 304-1878 | +1 212 302-1151  
eric.sheridan@gs.com | michael.ng@gs.com | lane.czura@gs.com | alexandra.steiger@gs.com | alex.vigilante@gs.com | katherine.a.campagna@gs.com  
Goldman Sachs & Co. LLC | Goldman Sachs & Co. LLC | Goldman Sachs & Co. LLC | Goldman Sachs Bank Europe SE | Goldman Sachs & Co. LLC | Goldman Sachs & Co. LLC

# Web2.0とWeb3.0の違い

出所 「Web3 (Web3.0) とは何か？」 Gartner, (<https://www.gartner.co.jp/ja/articles/what-is-web3>) (最終閲覧日:2022年7月18日)

プロトコル関連	Web2.0	Web3.0
信頼モデル	中央集権型	分散型
データ管理	個人データのアクセスに制限がかかることがある。	個人が必要な時に、自分のデータをコントロールできる。
ユーザー インタフェース	Web、ソーシャルネットワーク、 モバイル・アプリ	分散型アプリ (dApps) など
支払いシステム	中央の銀行などの金融機関やネットワーク によって、中央で一括管理される。	中央集約的なコントロールはなく、 支払いの必要な仲介機関も介在しない。
ビジネスモデル	App StoreやGoogle Playなど、 中央集権的	非中央集権化の進行 モバイルOS/アプリストアの 流通モデルが崩壊する可能性



---

AI、DX、メタバース、Web3.0など、新たなデジタル・ワールドのガバナンスの在り方はどのように考えるべきだろうか？

## “How to value data in a world with AI”

### ローラ・フェルトキャンプ 氏

(コロンビア大学 教授)

- AIを活用してデータからナレッジを生産することでより多くの価値が創出される。データ量が爆発的に伸びる中、企業の価値は保有しているデータ量で決まる。米国の大企業が成長している要因は、有形資産ではなく、保有しているデータという無形資産が膨大になっているからである。企業価値を高めるには、AIによるデータ価値の最大化が大きな鍵を握っている。
- データ活用は、データ集約性と労働集約性によって成果が変わる。データを管理する労働者、古い技術スキルを持つ労働者を最適な比率で雇用した上で、将来を見据え、AIを活用してナレッジを生成する労働者の雇用を増やす労働ミックスが不可欠となる。実際に採用率をみると、ここ数年、AIワーカーの伸び率は、古い技術スキル労働者、データ管理者を上回っている。

日本経済新聞2022年3月31日夕刊

## “AI, globalization, and the future of work”

〈聞き手〉 関口 和一 氏（株式会社MM総研 代表取締役所長、元日本経済新聞社論説委員）

リチャード・ボールドウィン氏  
（ジュネーブ国際高等問題研究所教授）

- デジタル技術は、最初はなかなか進まず、あるときから極端に成長し始め、そこでディスラプション（破壊的創造）が起きる。
- 未来では、ソフトウェア・ロボットで自動化できる仕事は、人の手を離れる。新興市場の安価な労働力に任せられる仕事は、オフショアされるであろう。しかし、倫理、創造性、好奇心、モチベーションなど、人間的で複雑なものに関するビッグデータを収集することは、リモート・インテリジェンスやAIには困難である。
- 簿記や会計、一定の法律業務など、自動化できる仕事は比較的早くロボットに置き換わる一方で、競争力のある労働者はより多くの機会を得る。
- 政府には、労働者の再適応を支援する再教育や移転支援など、積極的な労働市場政策が求められる。

日本経済新聞2022年3月31日夕刊

# メタバースが開く未来：独自経済圏にも期待

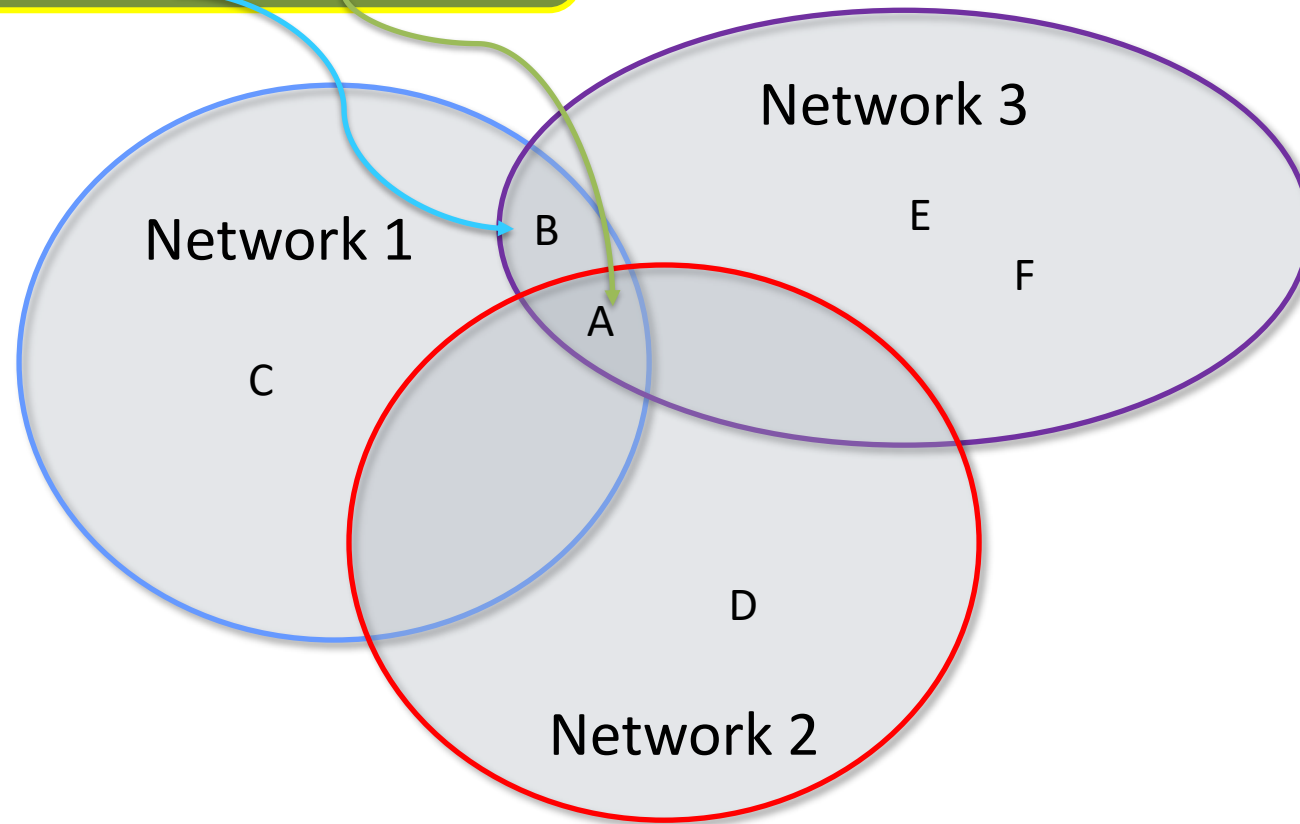
稲見昌彦 東京大学教授

---

- 加藤直人『メタバース さよならアトムの時代』(集英社・2022年)
- 同書が掲げるメタバースの条件でユニークなのは、よくある定義に「身体性」と「自己組織化」を加えたことだ。
- 前者は、画像や音声を作り出すメタバースの環境の中にいるユーザーが、その世界における身体を所有したかのような感覚を持つことを指す。起業前には引きこもりで、インターネットにどっぷり浸(つ)かっていた加藤は、その時に不満だった身体性の欠如がメタバースでは回復されると主張する。
- もう1つの「自己組織化」とは、メタバースではプラットフォームの提供者から独立してユーザーが独自の活動を展開し、自律的に経済が発展していくことだ。加藤は、クリエイターが中心となったメタバース版の第1次～3次産業が立ち上がり、いずれはリアルな産業を凌(しの)ぐほどに育つという。
- 『日本経済新聞』2022年4月9日付け朝刊

# Compound Networks and Participation into Multiple Networks

## Self-organization



須藤修『複合的ネットワーク社会』有斐閣、1995

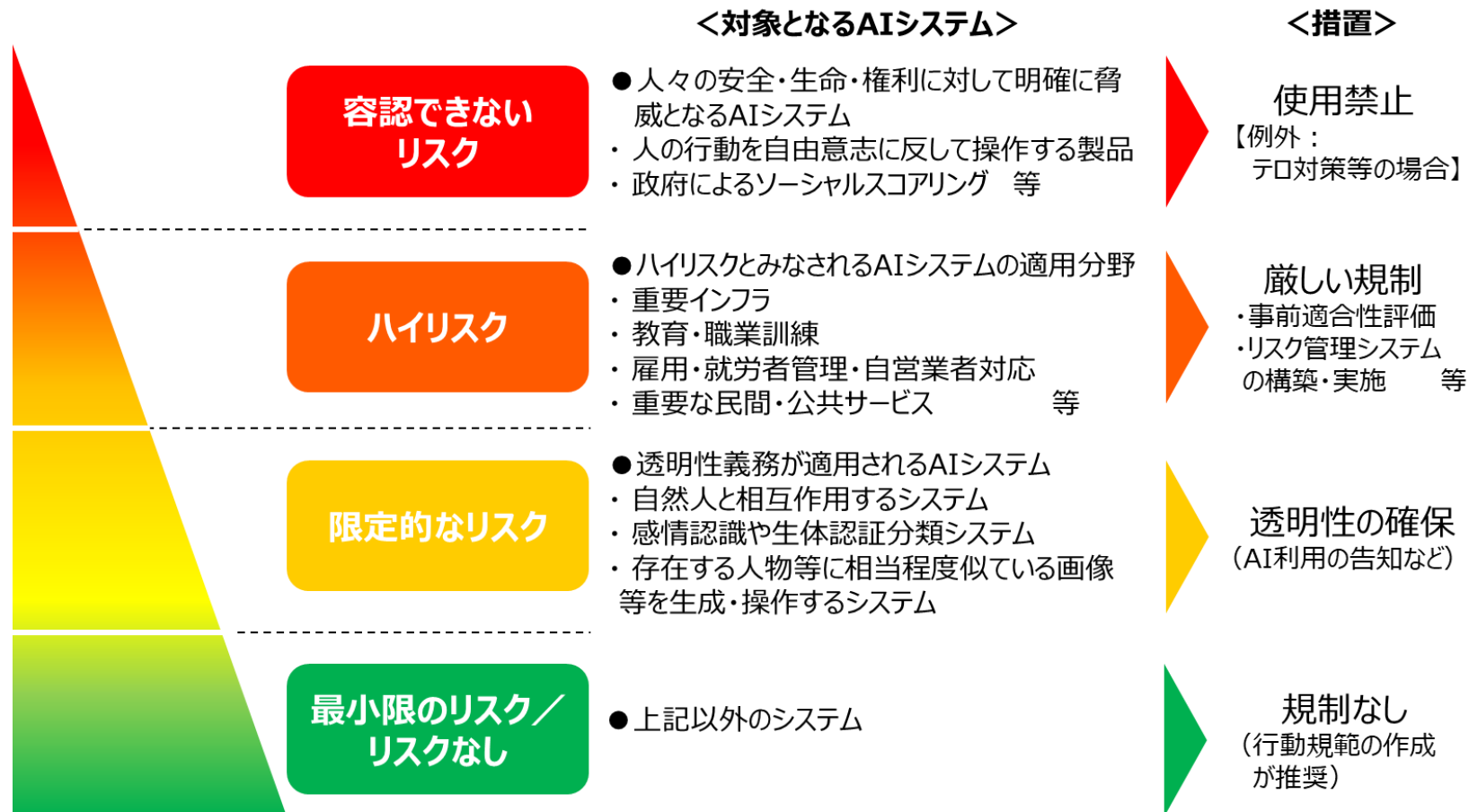
Osamu Sudoh ed., *Digital Economy and Social Design*, Springer, 2005 (English)



# EUのAI規制案 「人工知能に関する調和の取れたルールを定める規則の提案」

出所： 総務省「AIネットワーク社会推進会議」資料

- EU委員会は、2021年4月に、AI規制案を公表。
- リスクベース・アプローチに基づいて、AIシステムのリスクを目的や用途等によって4つに分類し、それぞれのリスクに応じた規制の導入等を提案。



---

EUのAI法規制案は、はたしてWeb3.0  
の世界と両立できるのだろうか？

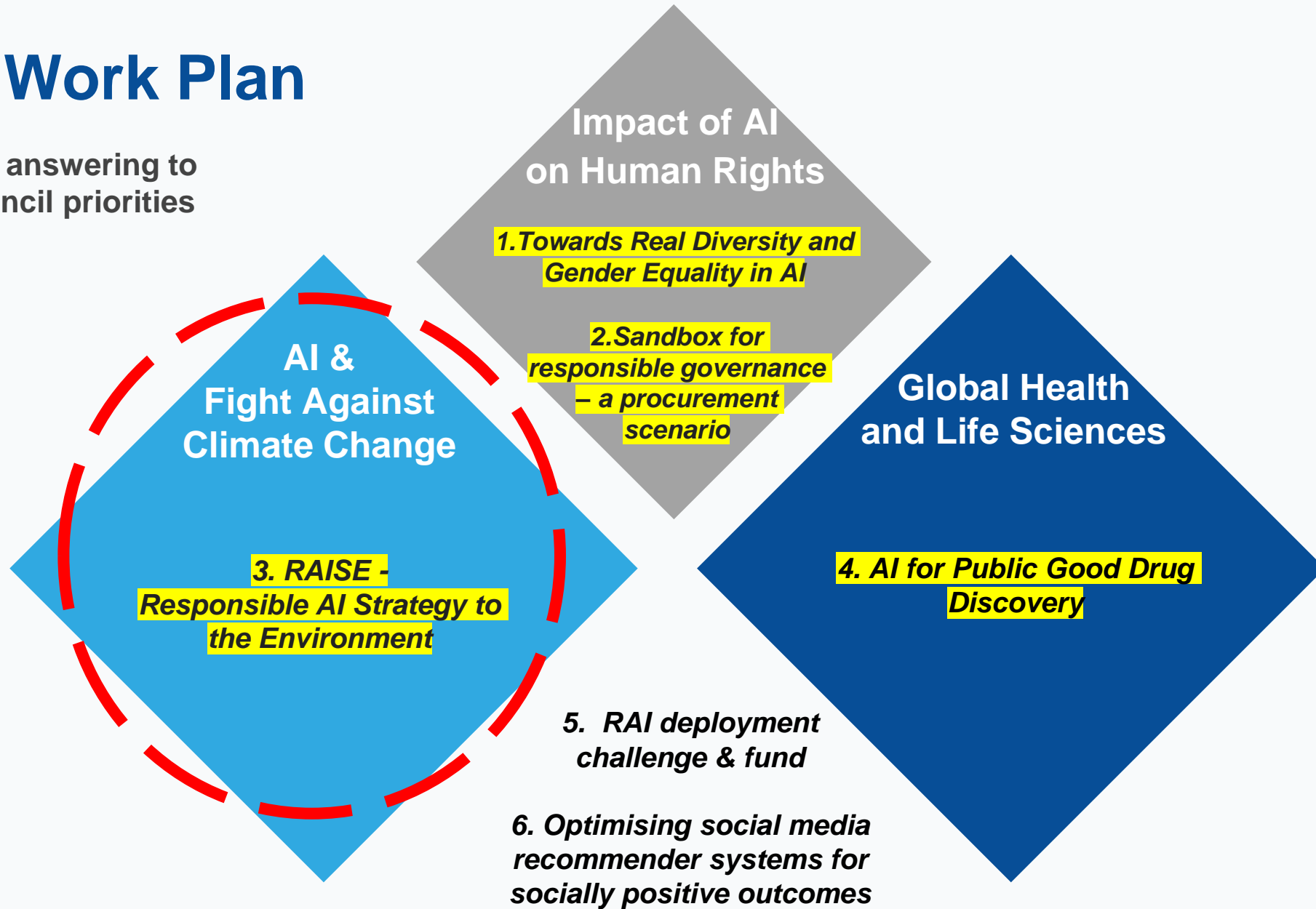
# Responsible AI Working Group

June 2022 Meeting

須藤修は、GPAI Responsible AI Working Groupの委員です。

# 2023 Work Plan

6 Projects answering to Top 3 Council priorities



# Why focus on environmental impacts of AI compute?

- AI can be a key enabler for economic growth, but it's development and use can have **negative environmental impacts**.
- Accurate **measures of environmental impacts** are needed to inform **policy decisions**.
- However, **AI specific measures of such impacts are still not widely available**.

28

The collage features three news articles. The top article is from Forbes, dated June 17, 2020, titled 'Deep Learning's Carbon Emissions Problem' by Rob Toews. The middle article is from The Guardian, dated September 18, 2021, titled 'Green light: The computer chip industry has a dirty climate secret' by Pádraig Belton. The bottom article is from MIT Press Reader, titled 'The Staggering Ecological Impacts of Computation and the Cloud' by Steven Gonzalez Monserrate. To the right of the Forbes article is a screenshot of the MIT Technology Review article 'Training a single AI model can emit as much carbon as five cars in their lifetimes'.

出典:

Forbes (<https://www.forbes.com/sites/robtoews/2020/06/17/deep-learnings-climate-change-problem/?sh=3dcf8a4e6b43>)、  
The Guardian (<https://www.theguardian.com/environment/2021/sep/18/semiconductor-silicon-chips-carbon-footprint-climate>)、  
The MIT Press Reader (<https://thereader.mitpress.mit.edu/the-staggering-ecological-impacts-of-computation-and-the-cloud/>)、  
MIT Technology Review (<https://www.technologyreview.com/2019/06/06/239031/training-a-single-ai-model-can-emit-as-much-carbon-as-five-cars-in-their-lifetimes/>)



# 中央大学 ELSIセンターの事業

AI、5G、6G、クラウド、メタバース、Web3.0等  
高度な情報テクノロジーを社会実装する際に生じる諸課題の解決



- 市民
- 企業
- 行政機関
- 研究機関

すべてのステークホルダーの  
パートナーシップ

# 東京財団政策研究所DX研究と 中央大学ELSIセンターの連携

デジタル革命の進展により、世界は大きな変動を経験しつつあります。世界中で莫大な情報が生成され、計り知れない価値を生み出すとともに、新たな懸念や課題も生起しています。

いまこそ、英智を集め、情報科学技術、生命科学技術に代表される先進的な科学技術の発展可能性を見据えつつ、社会が抱えている諸課題の解決に努力し、新たな規範や新たなルールの形成について熟考し、**差別のないダイバシティを尊重した社会パラダイムを構想する**ことが求められています。

**東京財団政策研究所DX研究チームと中央大学ELSIセンターは、デジタル革命によってもたらされる新たな社会発展の一翼を担う取り組みを行うべく、積極的な活動を展開します。**科学技術の高度な発展に関与するすべてのステークホルダーとの連携をもとに、DXイノベーションの在り方と新たなガバナンスを積極的に提案しようと思えます。