

# ポストコロナとVR

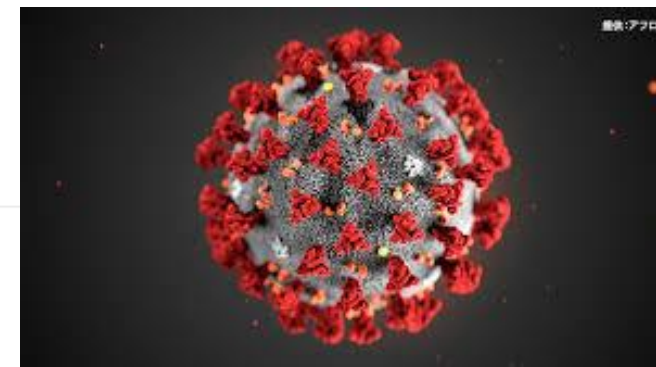
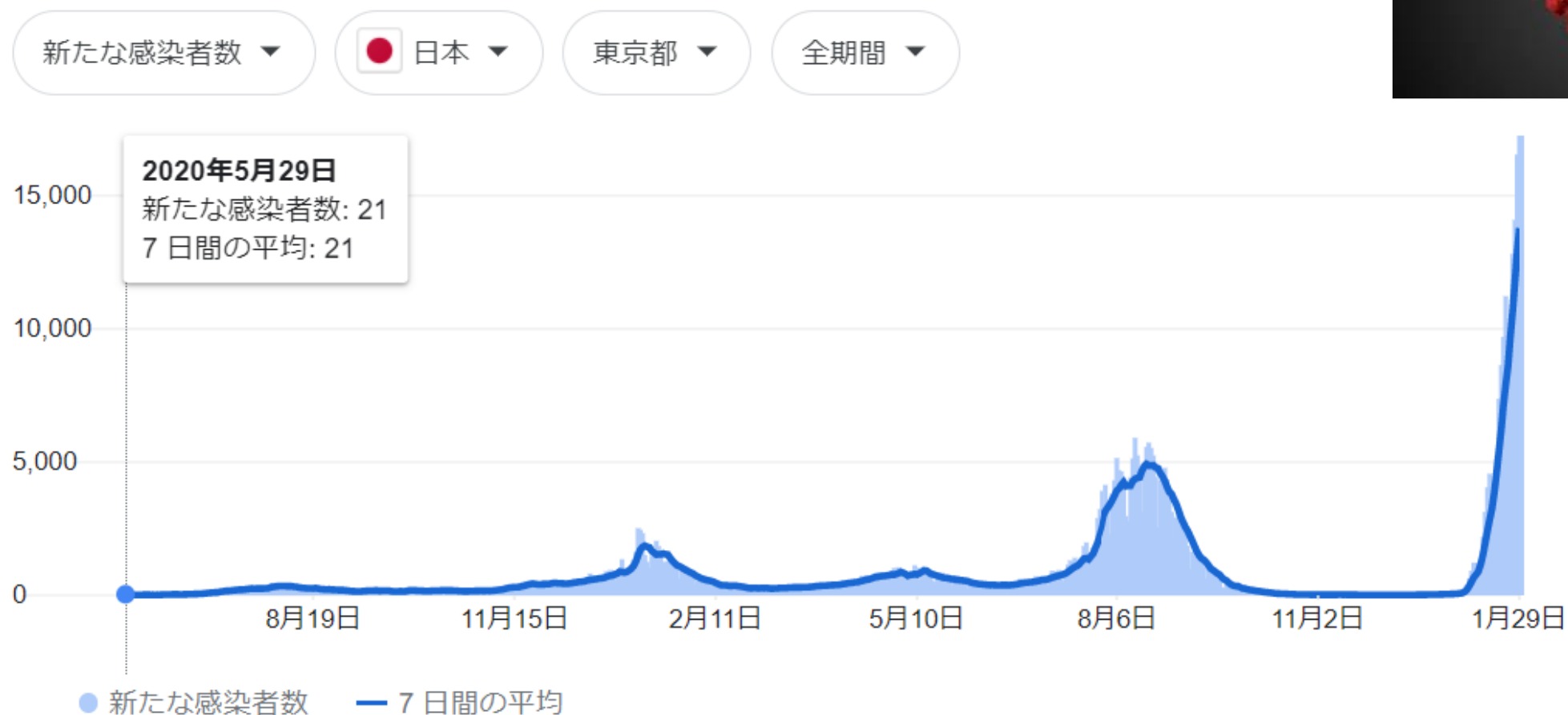
2022年2月3日

東京大学先端科学技術研究センター サービスVRプロジェクト

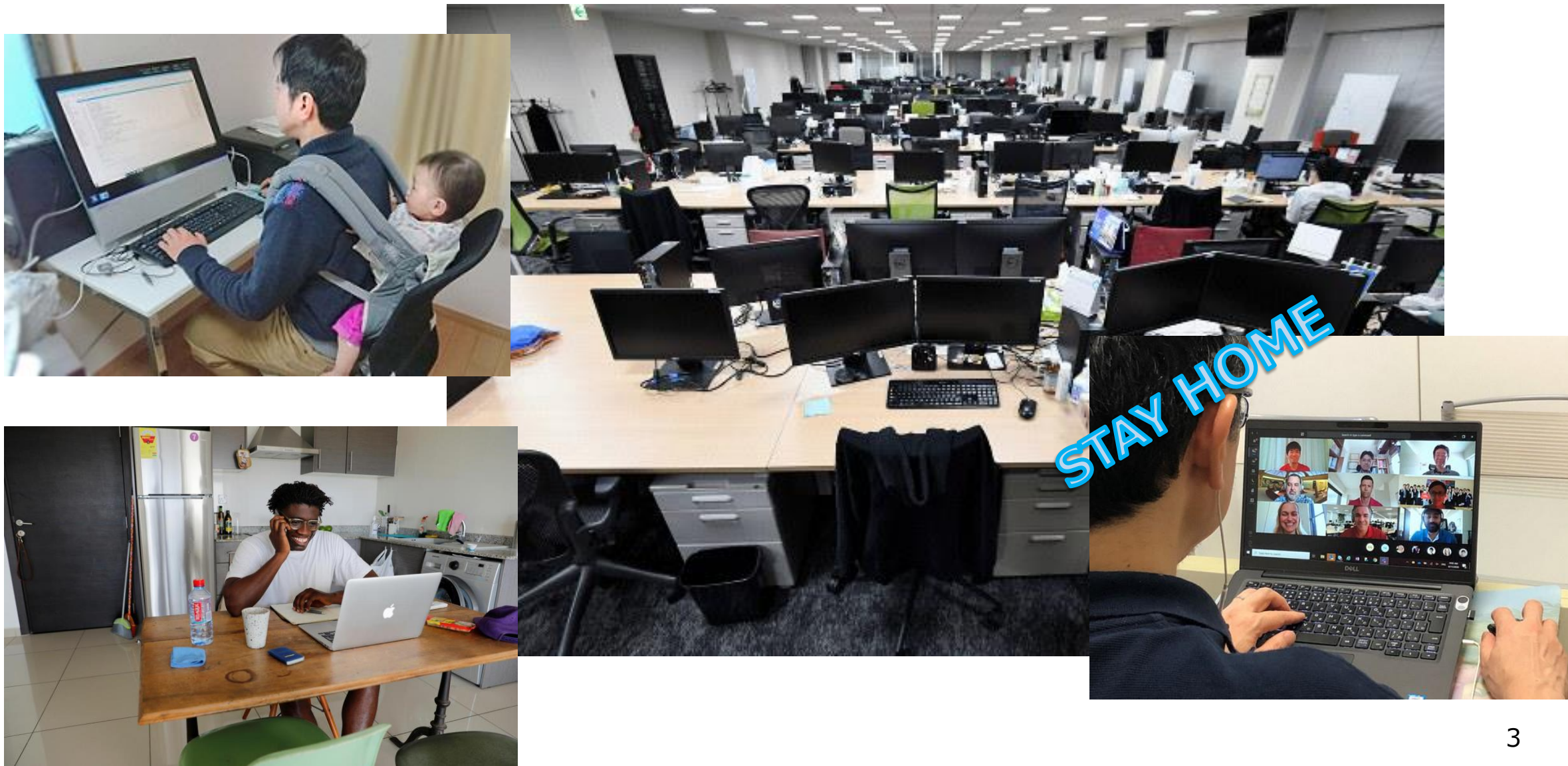
廣瀬 通孝

# ■ 新型コロナ禍の影響は続き、新しい日常、新しい社会の構築が求められている。

提供元: [JHU CSSE COVID-19 Data](#) · 最終更新: 2 日前



## ■ 在宅勤務の急激な普及: オンラインリテラシーの急速な向上





# ■ 情報通信は、ワクチンなどの医学的な生存戦略技術と同等あるいはそれ以上に有効な生存戦略技術である。



NII 教育機関DXシンポ 東大総長講演



Virtual Conference Room

FaceBook



VR学会



バーチャルマーケット・バーチャルサイエンスフォーラム

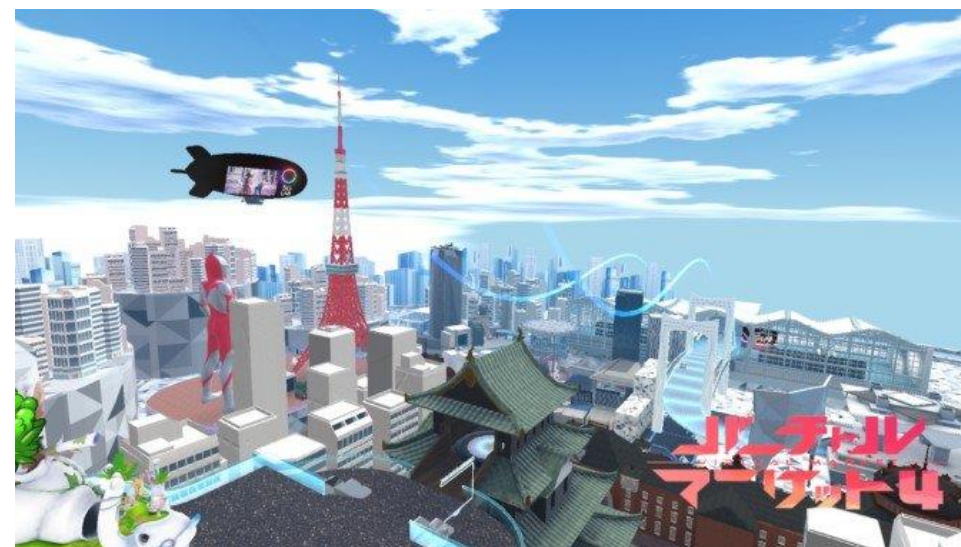
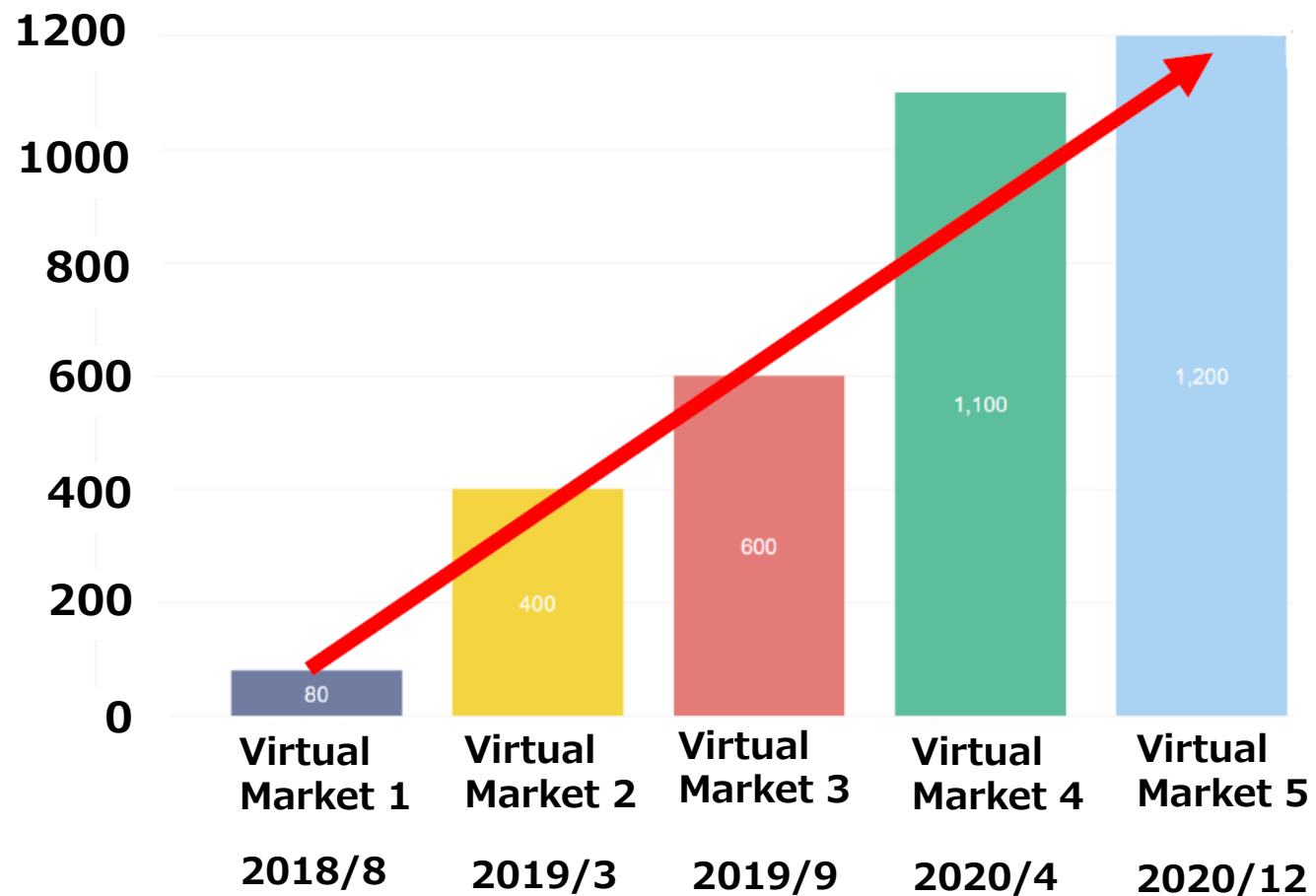


4  
Hikky



# ■ バーチャルマーケットの市場規模は急速に拡張しつつある。

From the materials of HIKKY, a VR corporation



1. 平成のVR
2. VRには何ができるのか  
体験すること  
感情に作用する  
空間を超える
3. ポストコロナのVR
4. メタバース
5. モビリティ・ゼロ

平成のVR



VPL (1989)



J. Lanier



米空軍 VCASS (1982)



米航空宇宙局 (NASA) VIEW (1987)

「バーチャルリアリティ」とは、コンピュータの作り出した空間の中に入り込み、そこでいろいろな体験をしようという技術のこと。その名前が社会に登場したのは1989年のことであるが、ルーツは宇宙航空技術である。



## VR技術における3つの 重要なキーワード

Data Glove



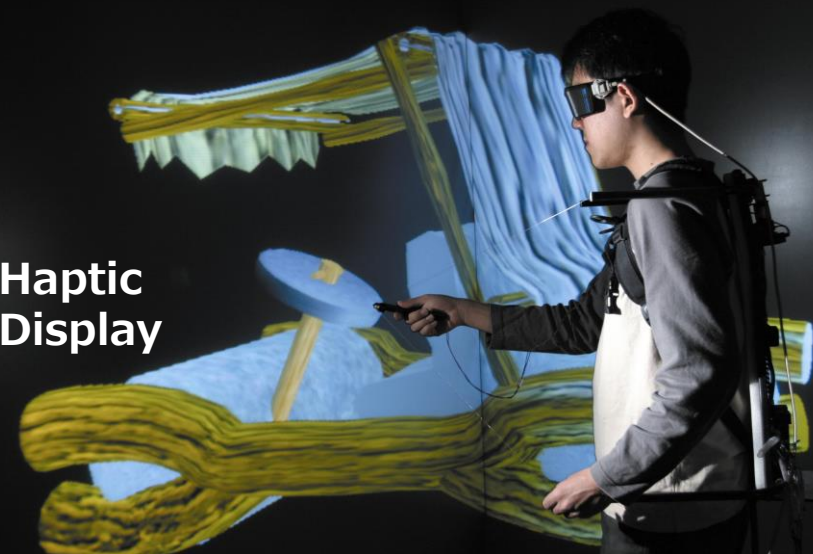
インタラクション：（約束事のない操作）



HMD : Head Mounted Display

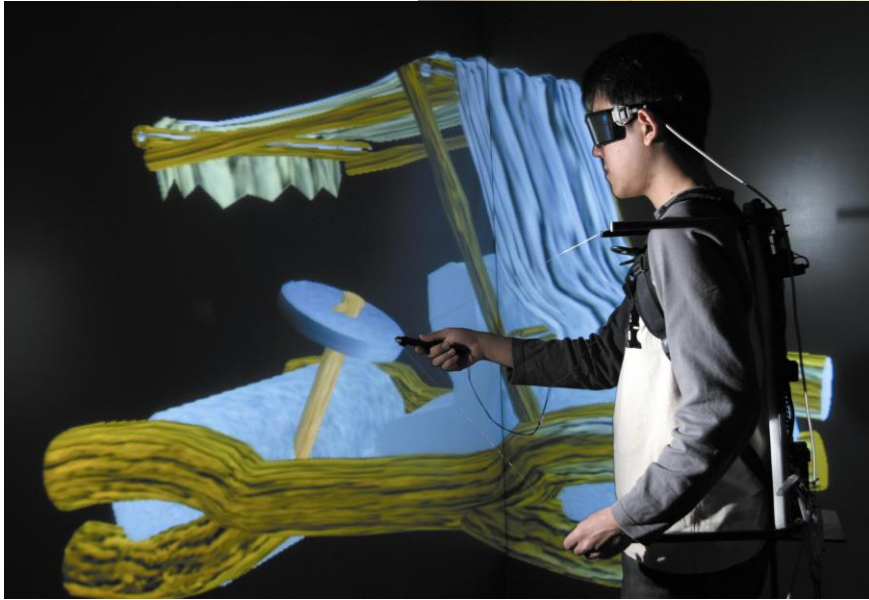
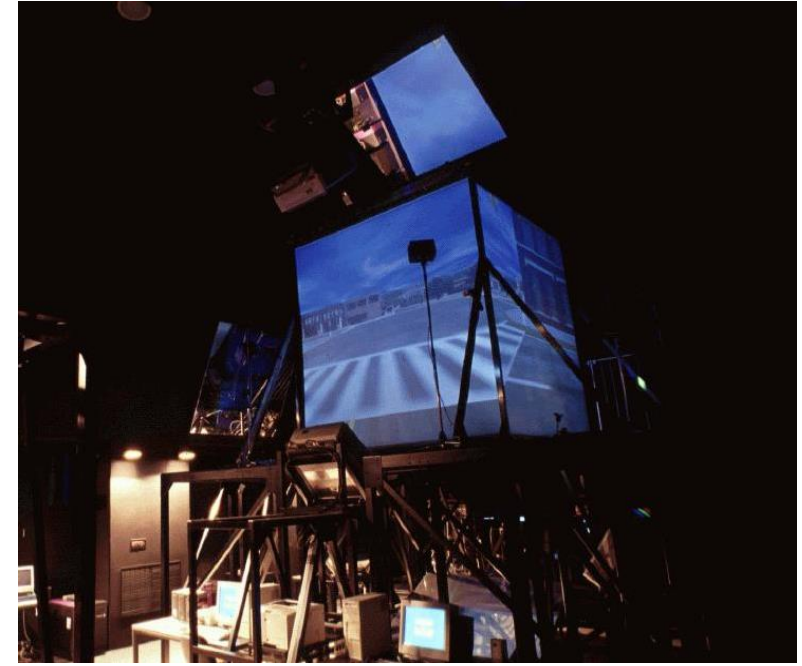
臨場感：（VR空間への没入）

Haptic  
Display



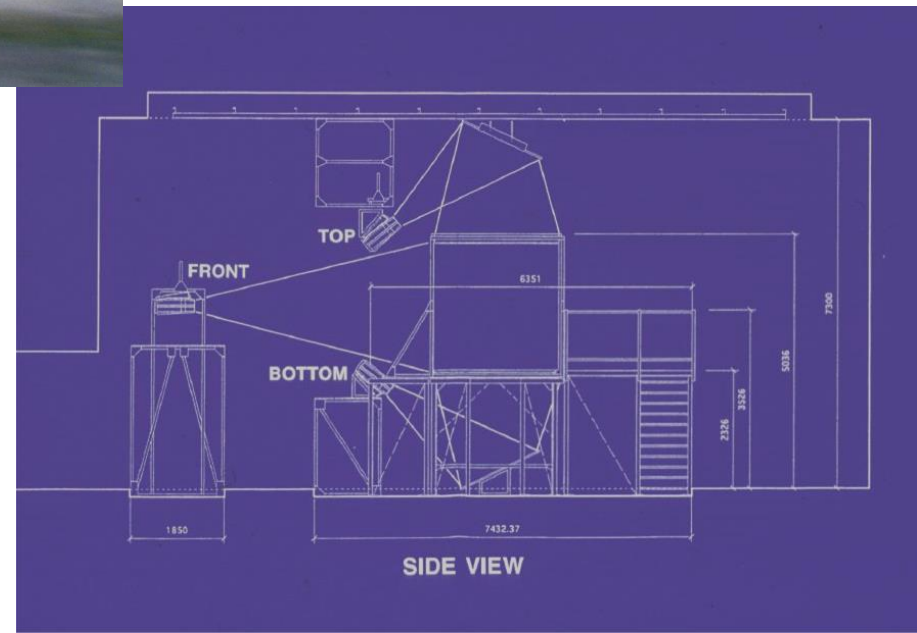
多感覚操作：（いろいろな感覚モードを  
使ったインタフェース）

# CABIN (Computer Augmented Booth for Image Navigation)



This Immersive Projection Technology (IPT) had 5 stereo screens and could provide wide view field of more than 270 degrees.

Laminated tempered glass was used for the floor screen.



## 最初のVRから30年が経過し、VR技術は第2世代に突入しつつある

- 技術の世代交代が進み、驚異的な高性能化低廉化が進んだほか、周辺技術（特にネットワーク環境）も格段の進化を遂げた。

第0世代VR技術



第1世代VR技術



第2世代VR技術

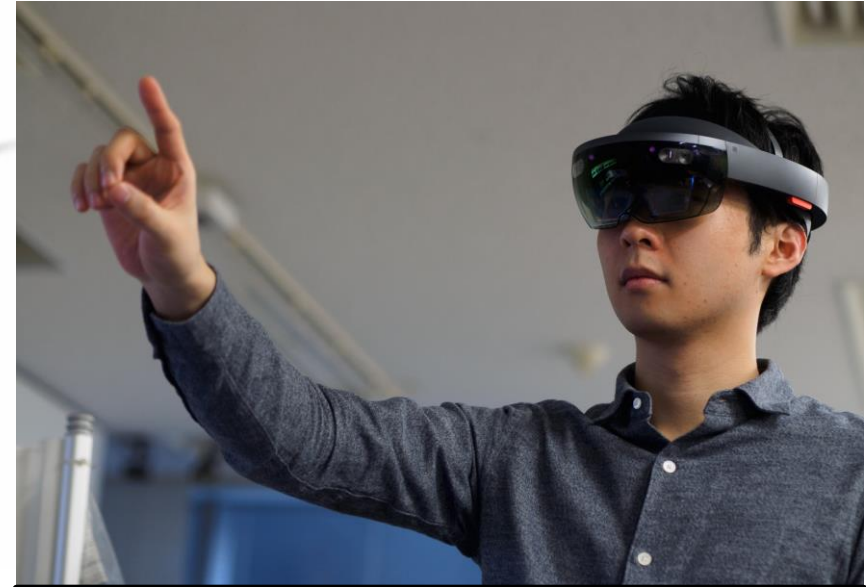




最近の  
HMD



Sony PlayStationVR



Microsoft HoloLens



Oculus Rift



iPhone X + ARkit



**平成のVR： 製造業のVR**

**令和のVR： サービス業のVR**

VRの応用展開先として、これまではCAD/CAM関連分野、遠隔製造など、製造業関連の分野が話題の中心となってきたが、VRが第2世代を迎えようとする今、我が国の産業構造は様変わりし、サービス産業が産業における役割を増しつつある。

製造業のVRとは、物のシミュレーションが大きな役割を演じるが、サービス業では人を相手にする場合が多く、人を包含するVRの体系が必要となる。VR教育研究センターでも、人を含む教育訓練システムの重要性を認識しており、サービス産業において有用なVR技術、例えば、サービスシミュレータ等についての研究パワーを増強することとした。

## ■ 製造業VR

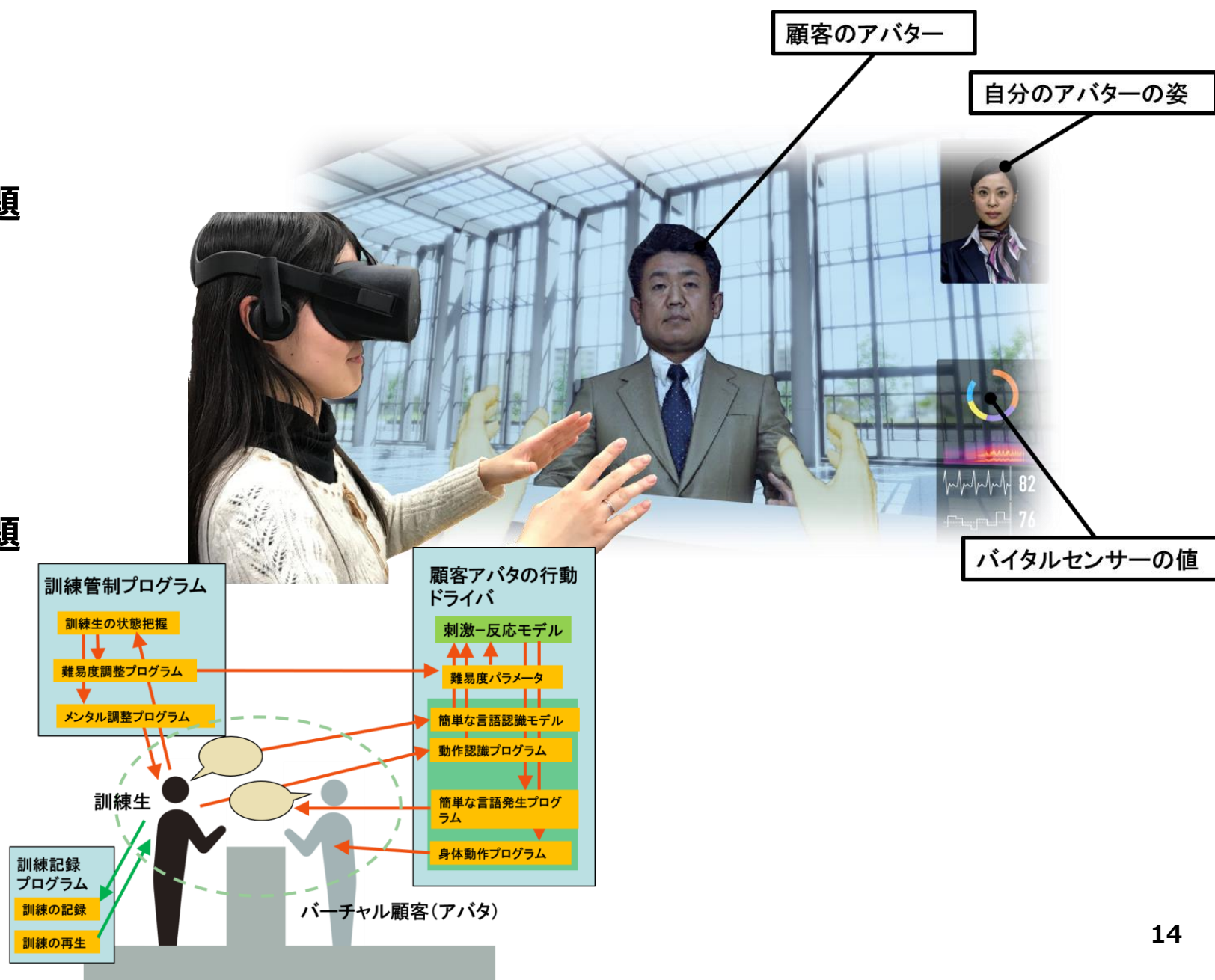
物が対象

対物スキルが重要問題

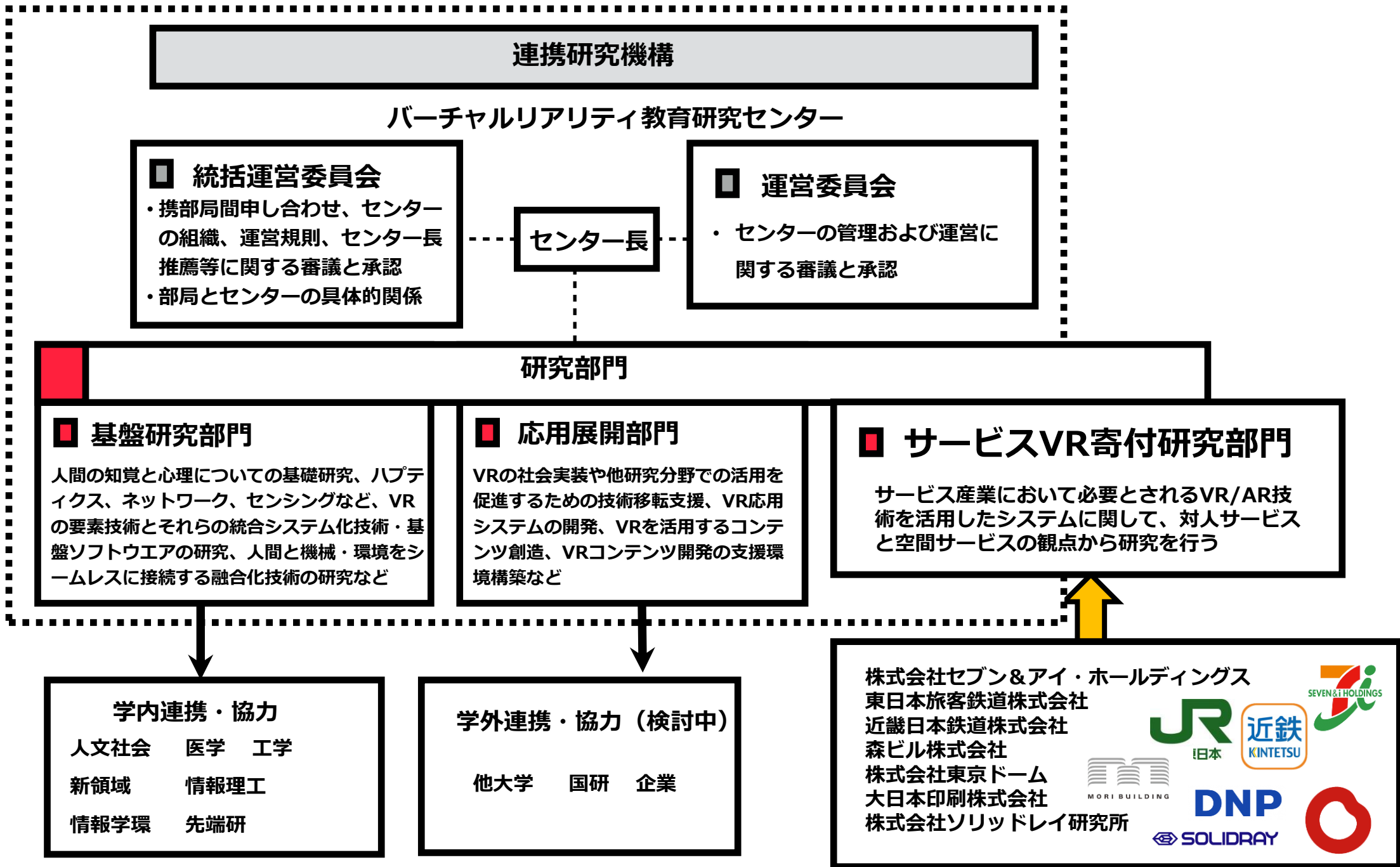
## ■ サービス業VR


人が対象

対人スキルが重要問題









**VRには何が  
できるのか**

- 1. 体験する**
- 2. 空間を超える**
- 3. 時間を超える**
- 4. 感情に作用する**

体験すること



■ VRは体験を合成することのできる技術である



Experience inside of a body

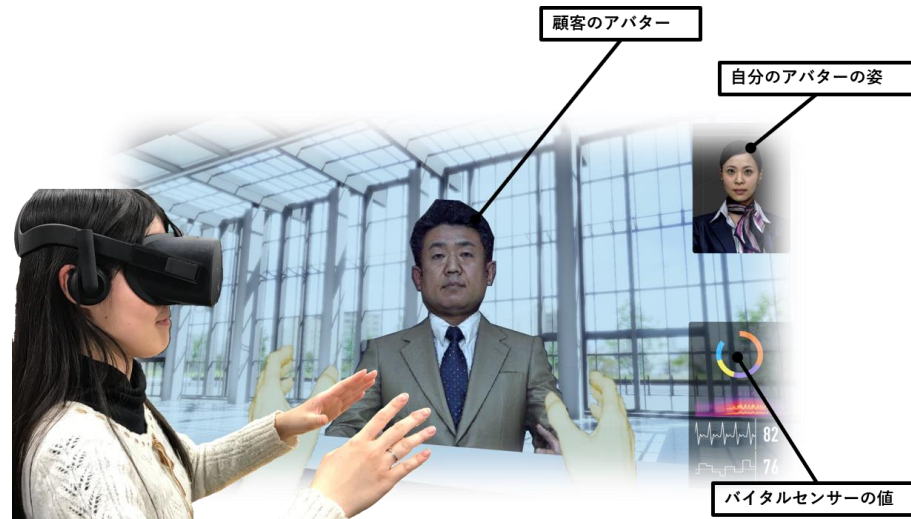


Experience the distant space

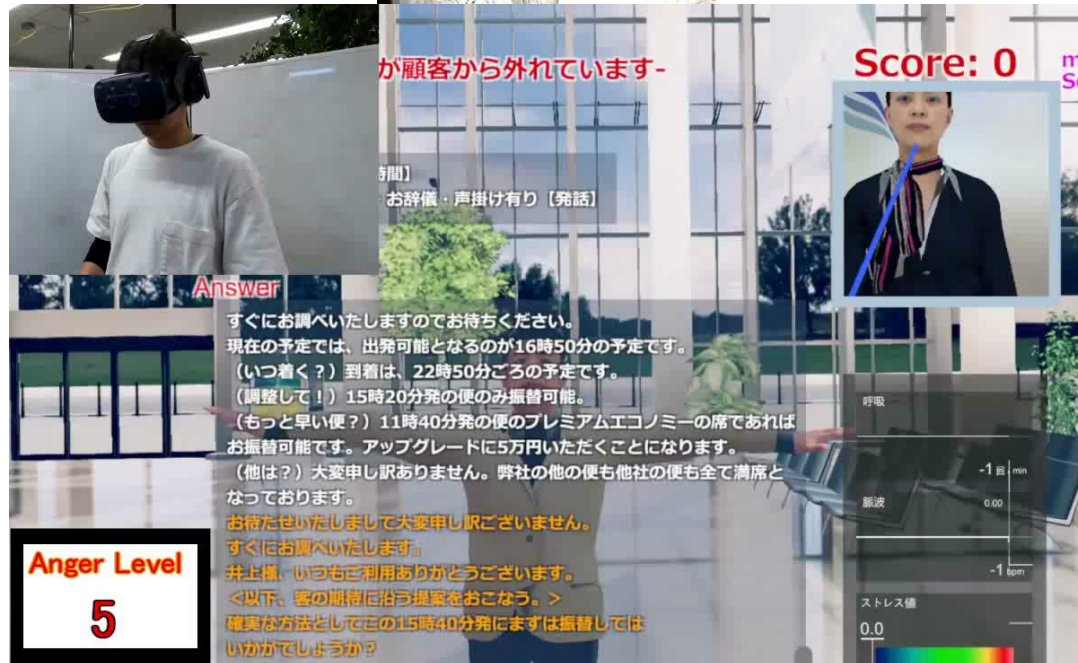


Experience the past

# ■ VRは様々な体験型の教育訓練に使うことができる。



消防士トレーナー(横浜市消防局.)



サービスVRトレーナー VRセンター+産総研



PCR 検査のVRトレーナー (台湾 HTC)



# ■ Flight simulators are one of the ancestors of VR



**Link Trainer a.k.a. "Pilot Trainer"**  
(1929 -- )



**Edwin A. Link (1904-1981)**



**The Super Cockpit**  
(1982, U.S. Air Force)

## VR体験/訓練が実体験より良いところ

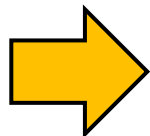
1. 危険な状況を安いコストで体験できる
2. 時間をさかのぼって、やり直すことができる
3. 物事のエッセンスを凝縮して体験できる
4. 視点を変えての体験ができるため、一人称以上の体験ができる
5. 訓練中の出来事を細大漏らさず記録することができる
6. 訓練の難易度を自由に変化でき、訓練のモチベーションを維持できる。

# ■ VR訓練の導入例とその比較

## 航空会社のフライトシミュレーター(実用化済)についての試算

### • 実機訓練

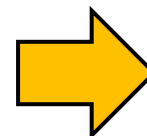
- 航空機：300億円
- 1回のフライト(訓練)：100~1000万円
- 機体整備費，人件費，空港使用料金などなど



2.4年が6か月短縮  
数千万の費用が半減

### • フルフライトシミュレーター

- シミュレータ本体：1000万~1億円(多めに見積)
- 1回のフライト(訓練)：数十万円(電気代くらい)
- 大型機材は安全のためのメンテナンスがいくらか必要



### • VRシミュレーター

- VR本体：数十万
- 1回のフライト(訓練)：1000円(電気代くらい)
- VRデバイスのメンテナンスがたまに必要

?

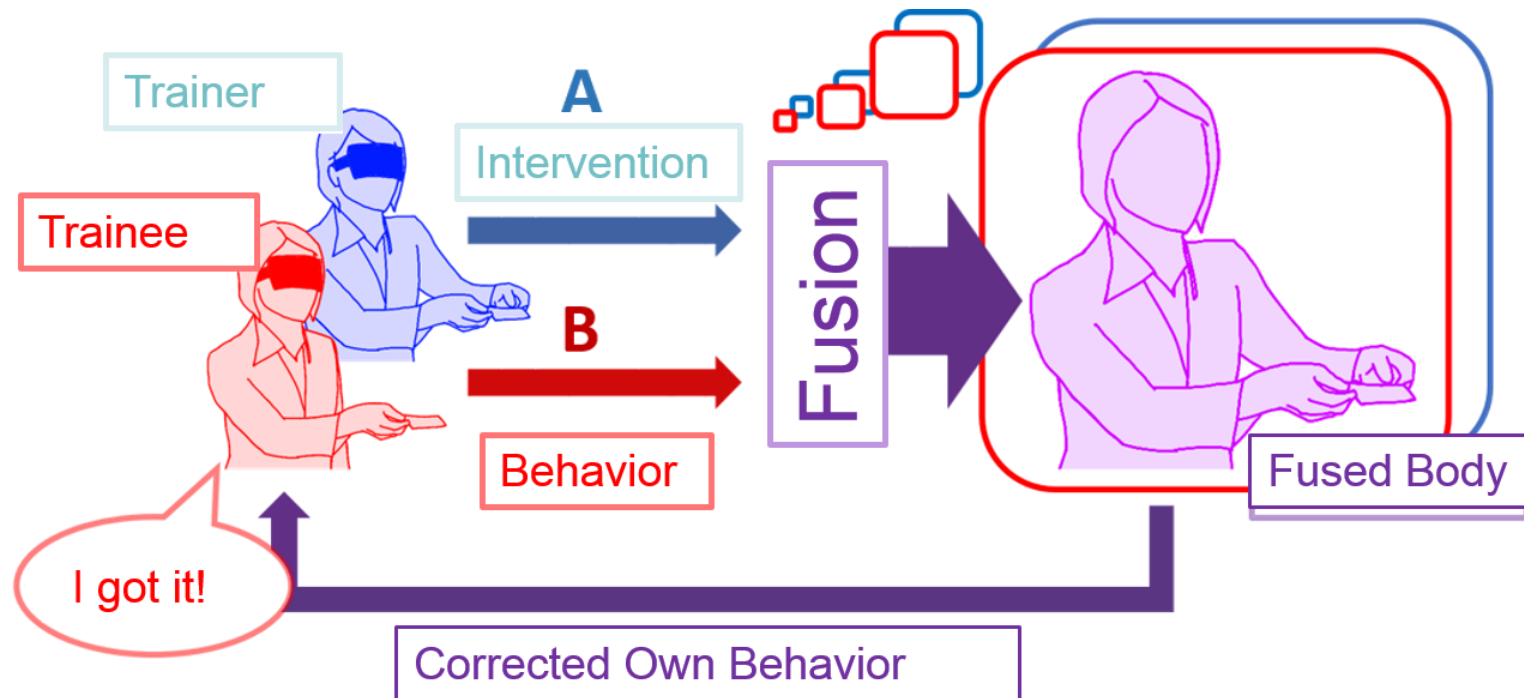




## 4. 視点を変えての体験ができるため、一人称以上の体験ができる

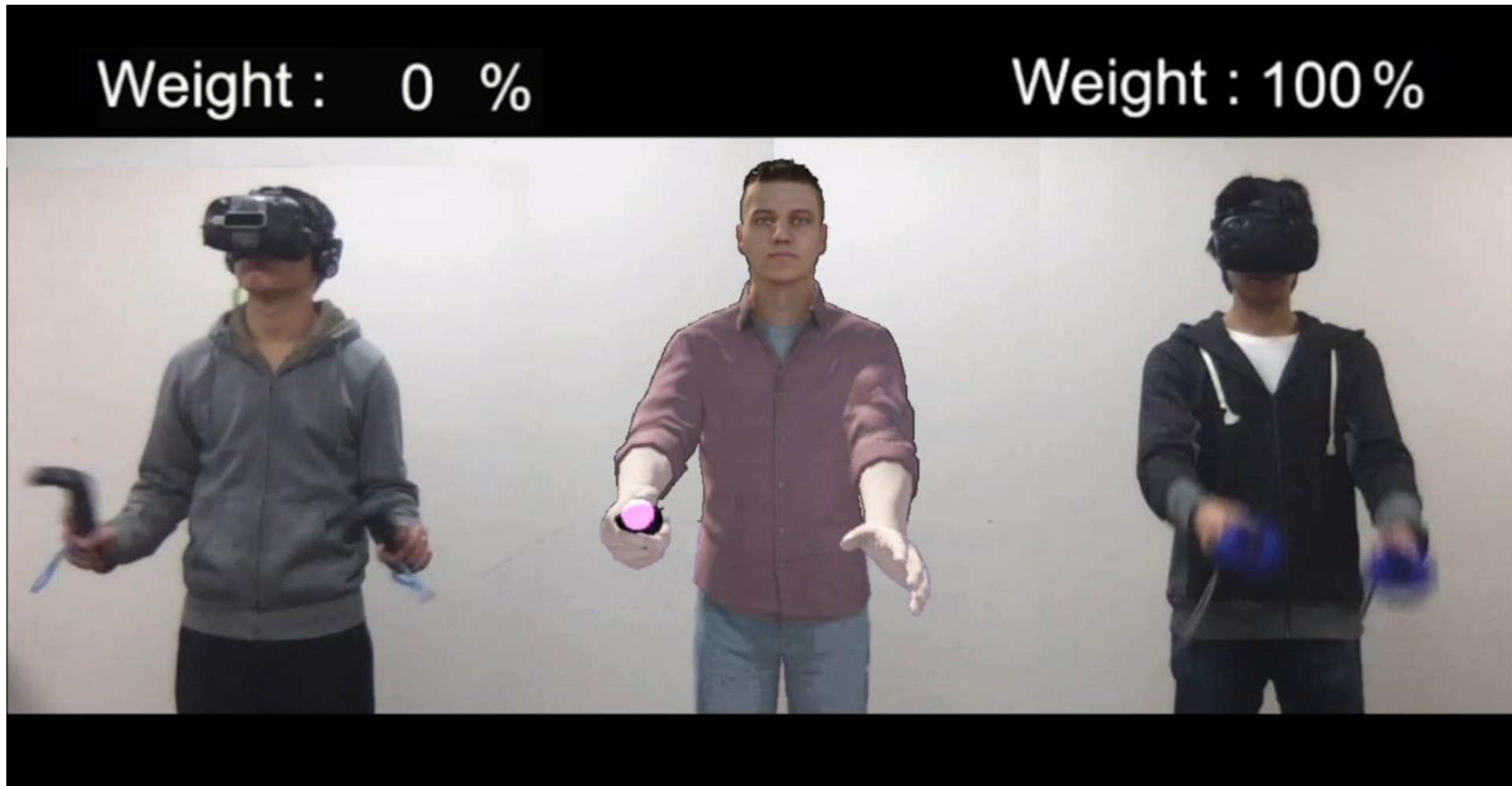
### ■ 融合身体

バーチャルリアリティでは複数人が一つの身体(融合身体)を使用して私(I)でも我々(We)でもある状態で身体運動を遂行できる環境を構成できる [submitted to TVCG]



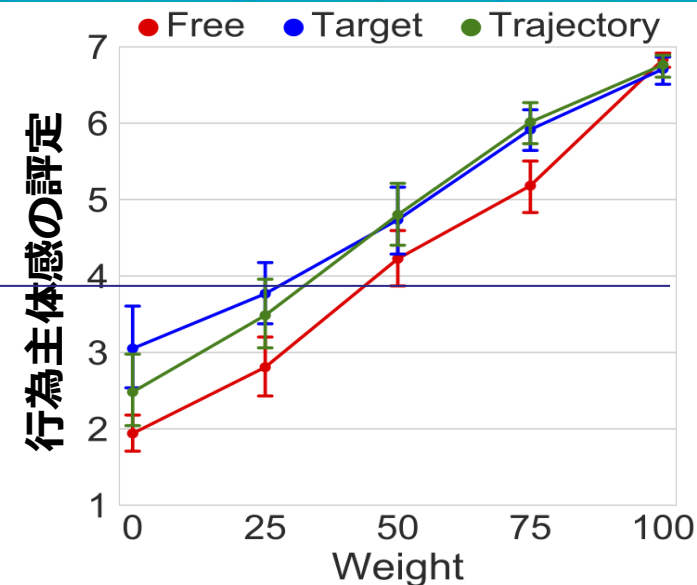
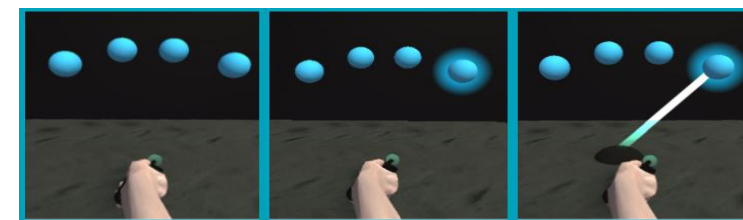
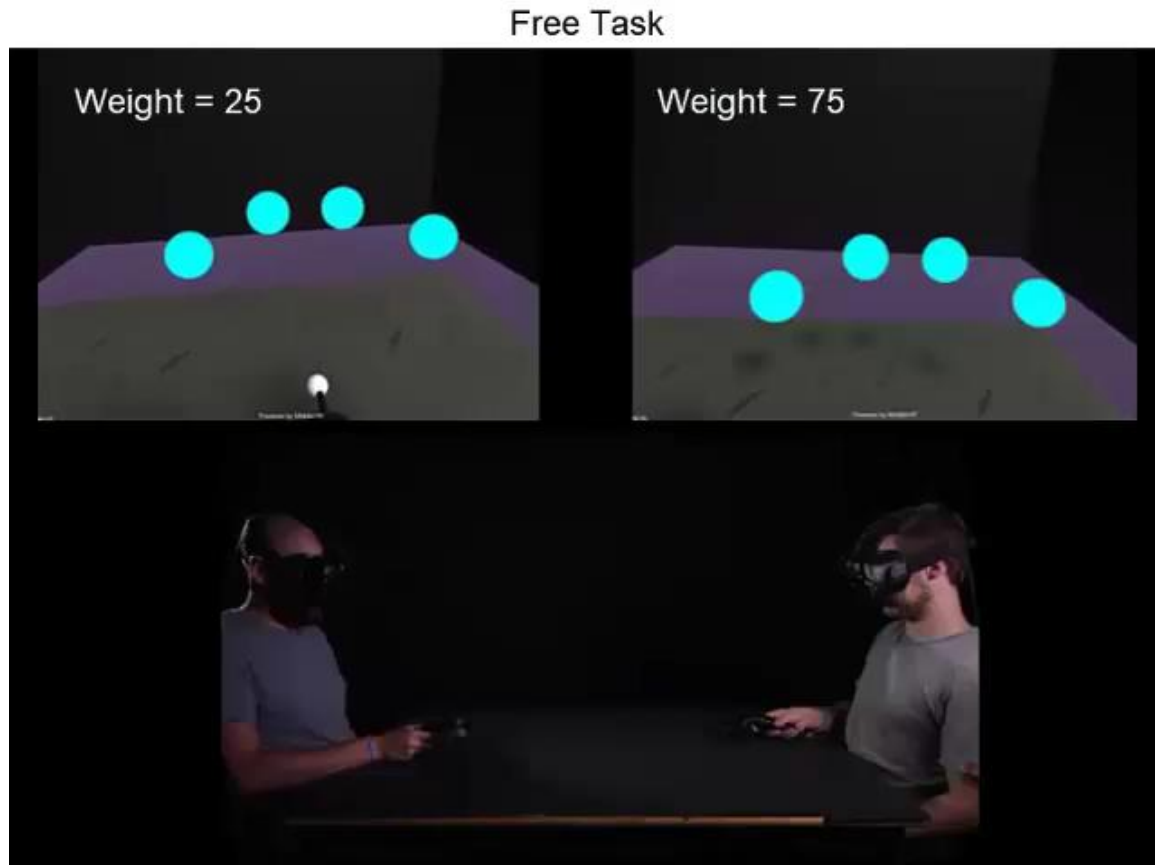
## ■ 融合身体

バーチャルリアリティでは複数人が一つの身体(融合身体)を使用して私(I)でも我々(We)でもある状態で身体運動を遂行できる環境を構成できる [submitted to TVCG]



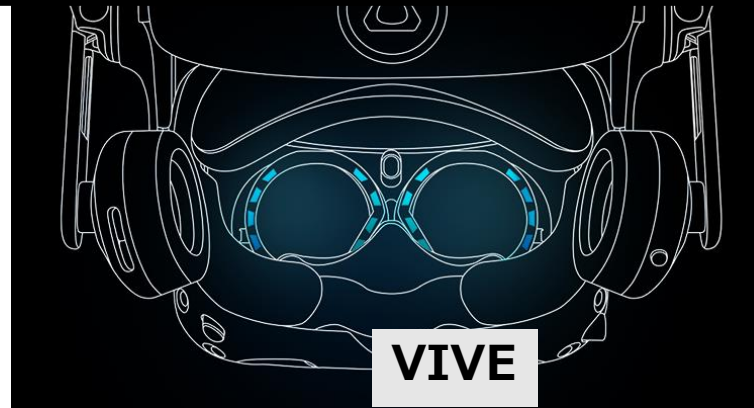
# 融合身体における行為主体感と運動意図伝達効果の予備検討

- 運動への寄与率が低くても行為主体感は過大に生じ、自分の運動と感じられる（特に運動目標が共有されている時）
- 融合身体の使用継続により運動意図が伝達される

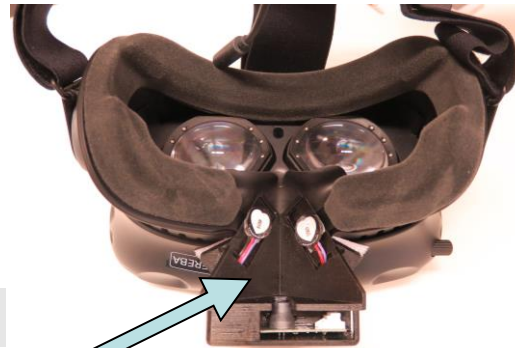
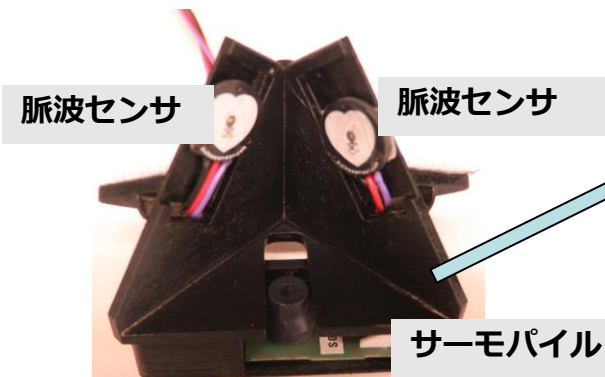


## 5. 訓練中の出来事を細大漏らさず記録することができる

# HMD is not a Display but also a Sensor



生体信号セン  
シング治具



VIVE 装着の様子

- A software framework able to read a user's face, including
  - Eye movement
  - Facial expression



©2019 HTC CORPORATION & CONTRIBUTORS

### VIVE Pro Eye Tracking

#### Supported Hardware

- Eye tracking - VIVE Pro Eye
- Lip tracking - VIVE Lip accessory which attaches to VIVE Pro and VIVE Pro Eye



1/20/2019 | Slide 6

©2019 HTC CORPORATION & CONTRIBUTORS

### VIVE Pro Eye Tracking

#### SRanipal Function

- Input:
  - Eye image
  - Lower facial image
- Facial coverage - Eyes, Jaw, Mouth, Cheeks
- Output:
  - Gaze vector, pupil size, eye openness
  - 26 blend-shape weights for lower facial portion



1/20/2019 | Slide 7

©2019 HTC CORPORATION & CONTRIBUTORS

### VIVE Pro Eye Tracking

#### Software Architecture

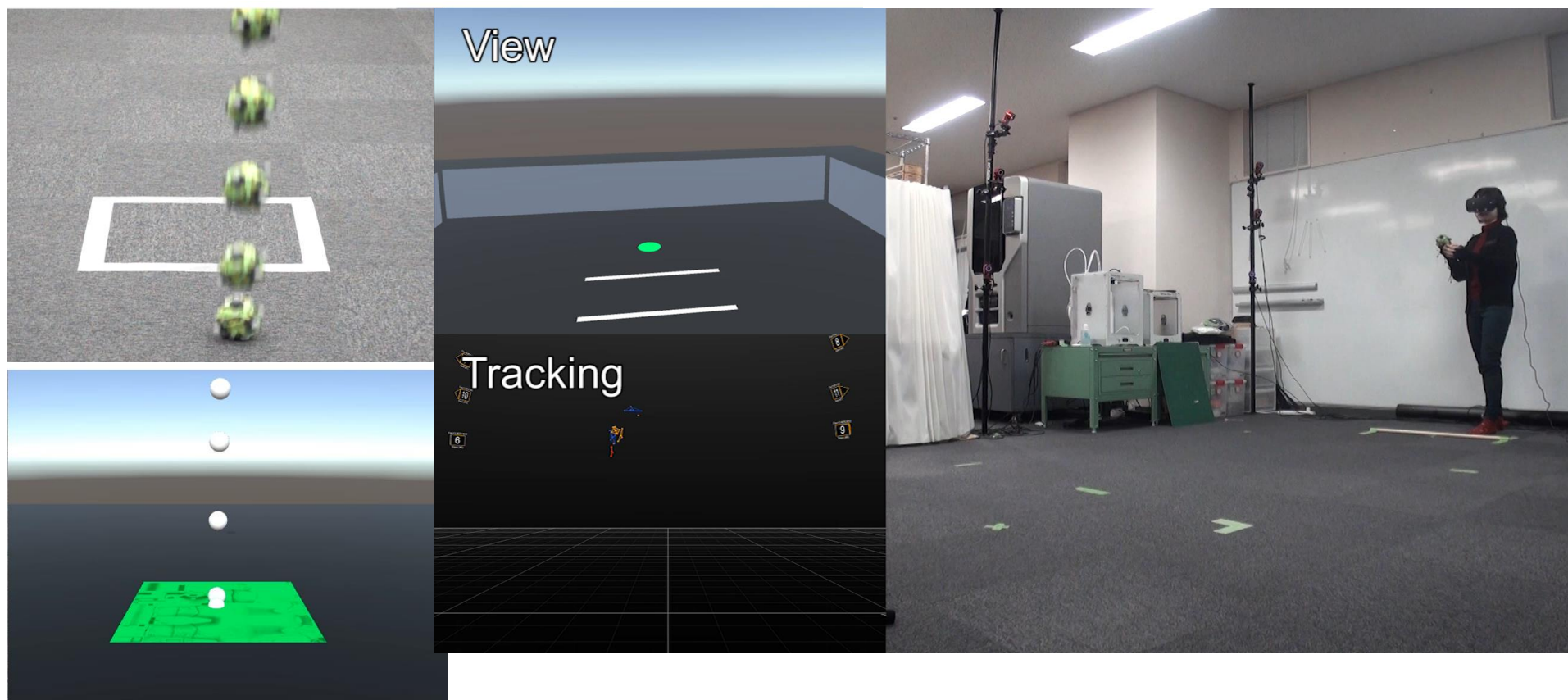


6. 訓練の難易度を自由に変化でき、訓練のモチベーションを維持できる。



## 擬似成功体験を与え、自己効力感を高めるVRトレーニング

- 自己効力感(自分が目標となる行動を達成できるかの予期)は習熟した技能のパフォーマンス発揮に重要
- 自己効力感を向上させることでパフォーマンス安定を図る

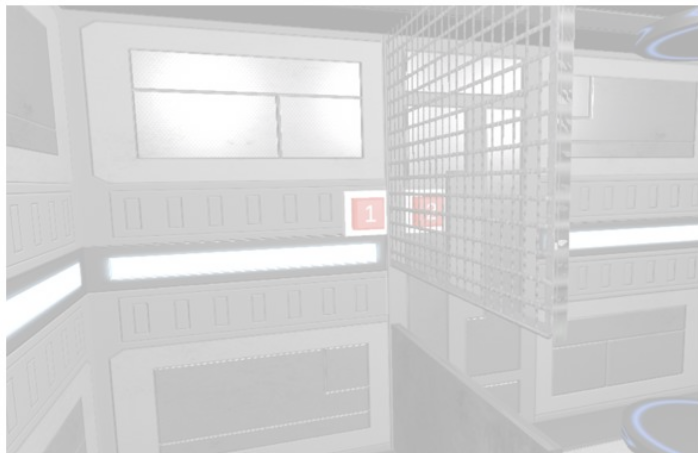




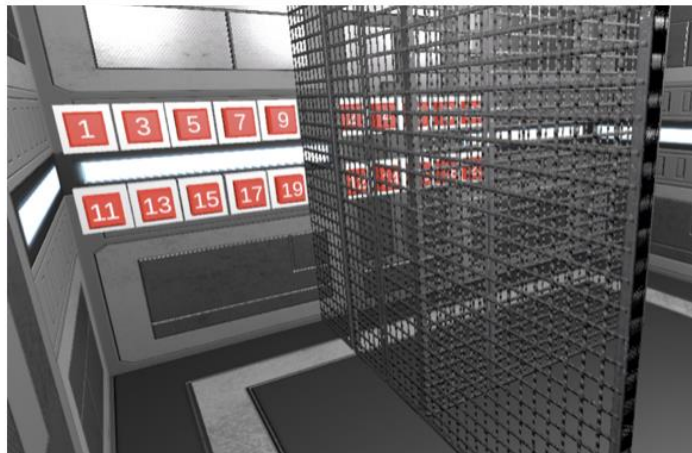


# ■ ワイヤーフェンスで仕切られたいくつかの行動観察空間

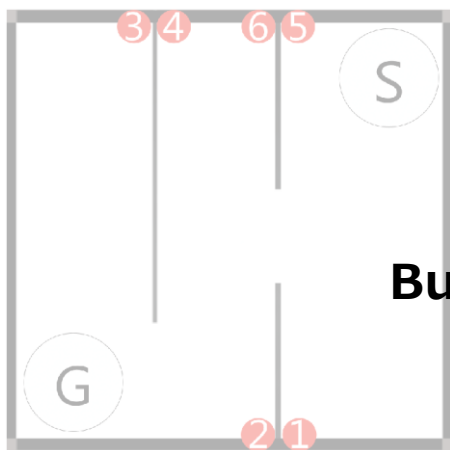
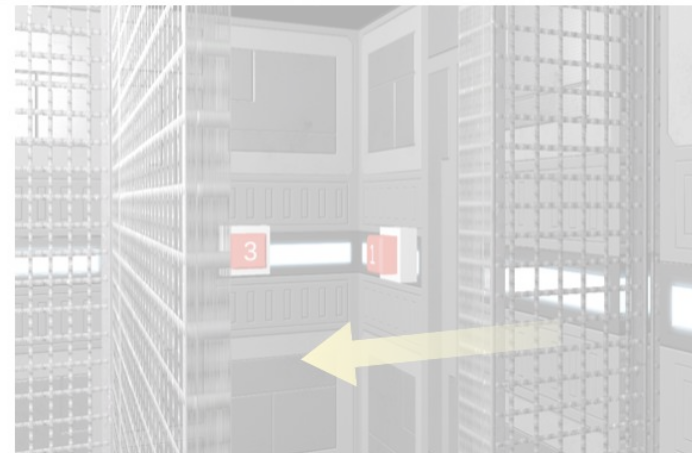
Room 1



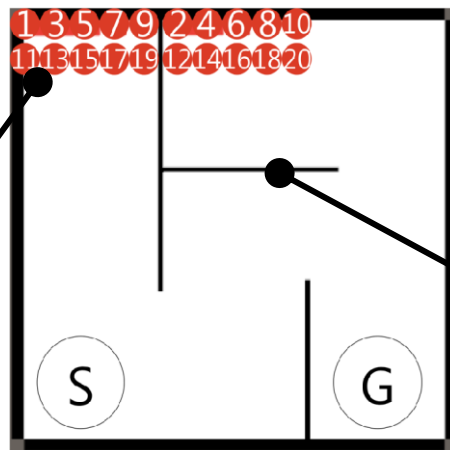
Room 2



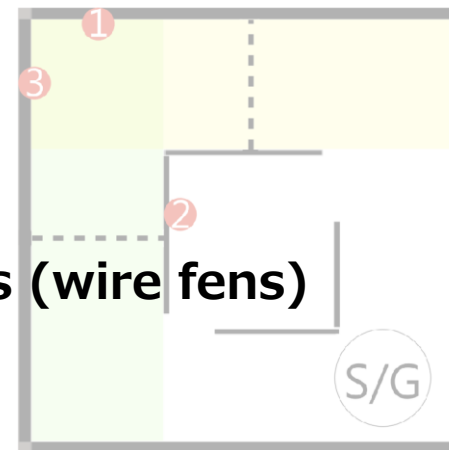
Room 3



Buttons



Walls (wire fens)



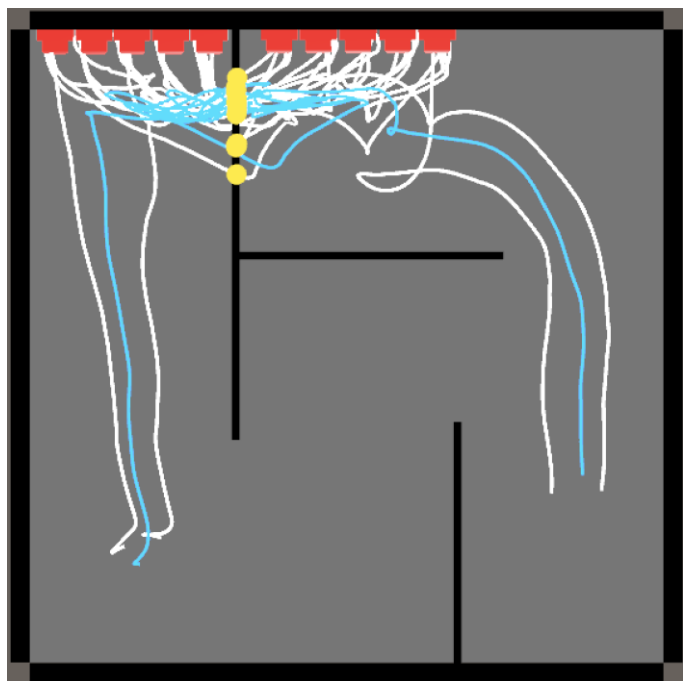
small

incentive to walk through the wall

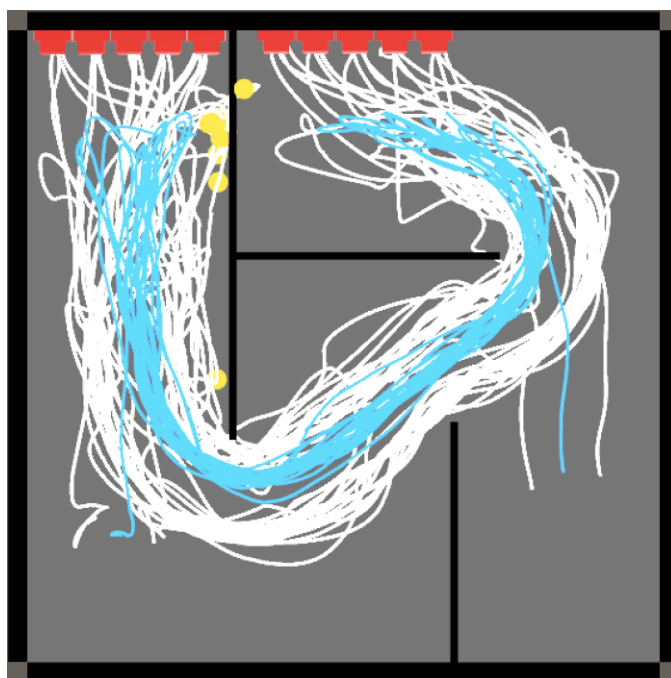
large



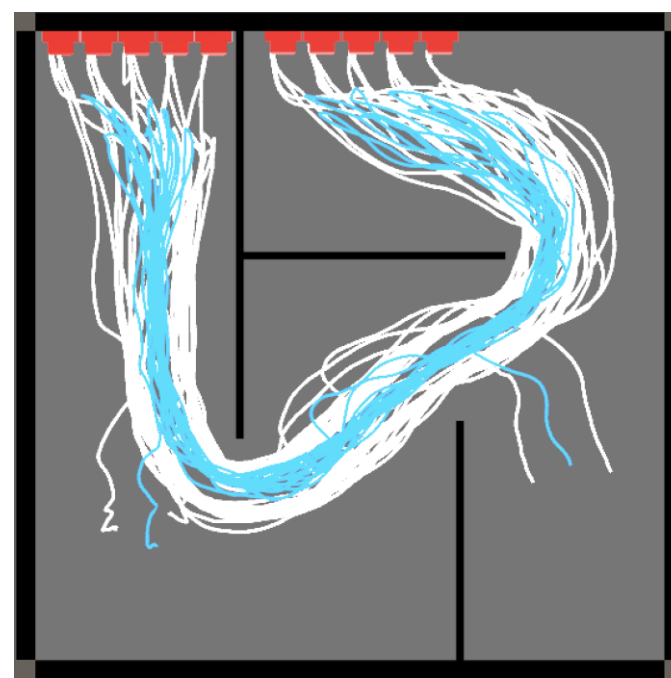
## ■ Room 2 における被験者の行動パターン



Walked through

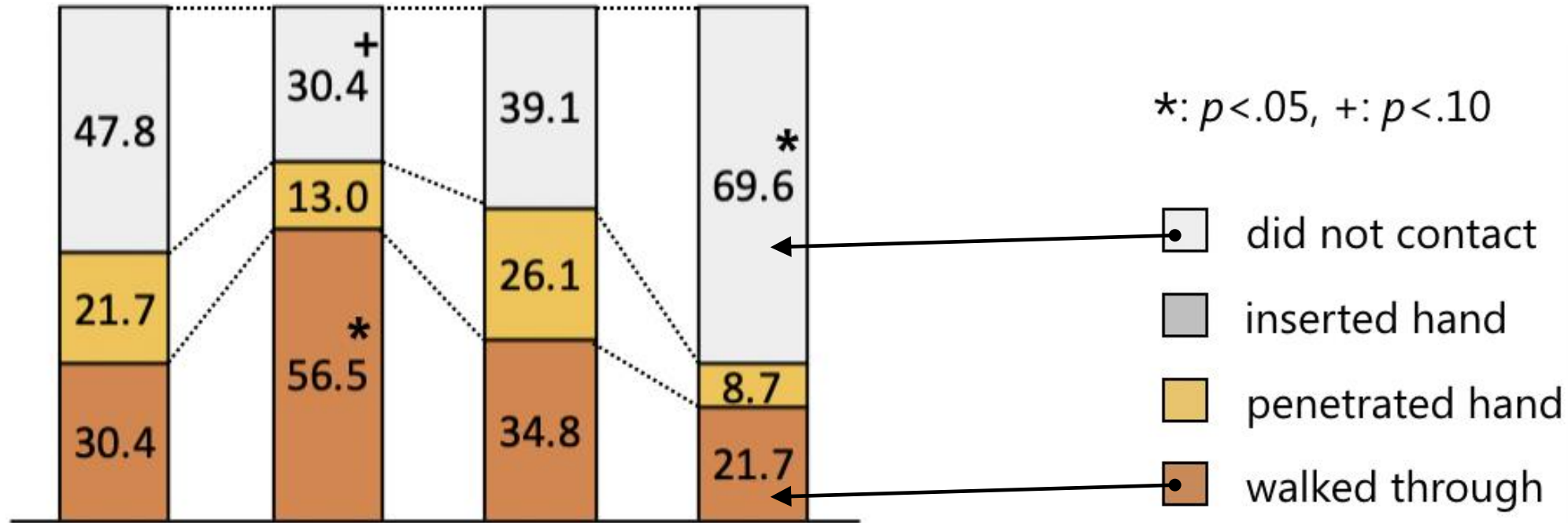


Penetrated hand



Did not contact

## ■ 結果：行動のパターンはアバターのタイプによって変化する



Wands



Hands Only



Robot



Full Body Avatar

- Likelihood ratio test of the ordered logistic regression model with post-hoc adjusted residual analysis of a Chi-squared test
- The shown numbers are the percentage out of 23 participants for each condition



感情に作用する



# 自分を何者と思うかでパフォーマンスが変わる

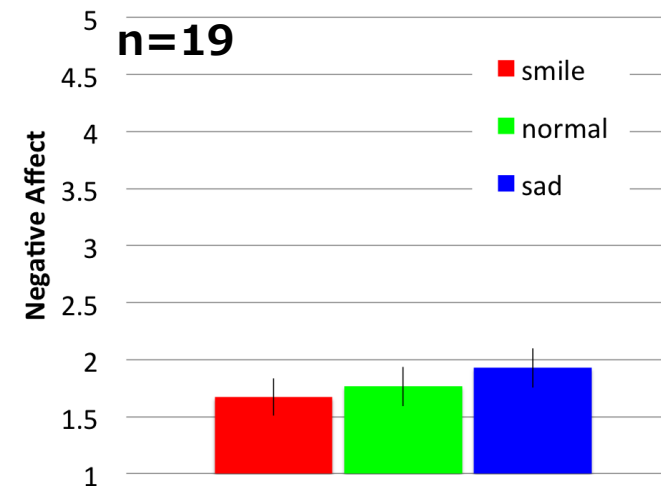
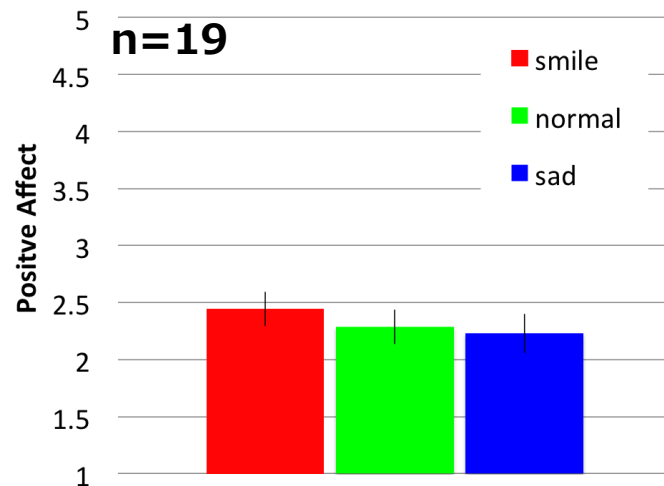
K Kilteni et al.: Drumming in immersive virtual reality: the body shapes the way we play, IEEE TVCG, 2013.



## ■ 「扇情的な鏡」



## ■ 快・不快感情の喚起：実験結果



- 全被験者のポジティブ感情・ネガティブ感情の平均値
- 笑顔と悲しい顔で有意差
- 笑顔：ポジティブ感情      悲しい顔：ネガティブ感情

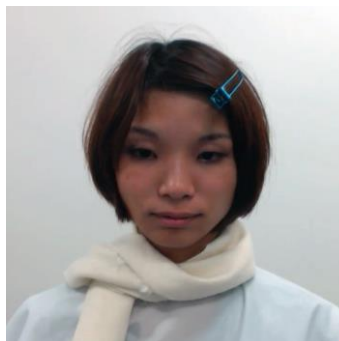


S.Yoshida et al.: Manipulation of an Emotional Experience by Real-time Deformed Facial Feedback, The 4th International Conference on Augmented Human (AH2013), Mar, 2013

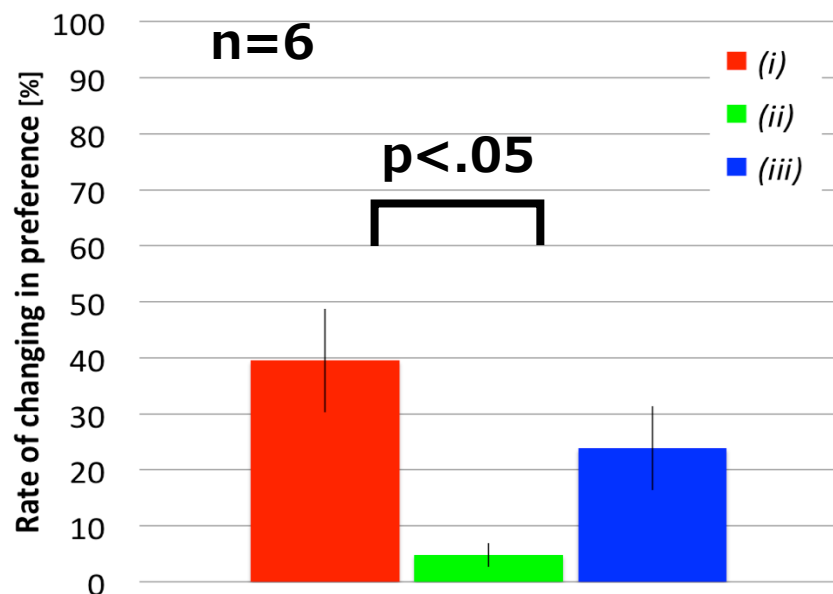


# 表情変形フィードバックの検証実験

**快感情**がより喚起されるときに身に着けていた物が好きになる



S.Yoshida et al.: Manipulation of an Emotional Experience by Real-time Deformed Facial Feedback, The 4th International Conference on Augmented Human (AH2013), Mar, 2013



約40%は狙い通りに選好が変化。約5%は逆の変化。

快感情：笑顔 > 表情変化なし > 悲しい顔

(i) 1・2日目とも**快感情が喚起される**表情のマフラーを選んだ割合

(ii) 1・2日目とも**快感情が喚起されない**表情のマフラーを選んだ割合

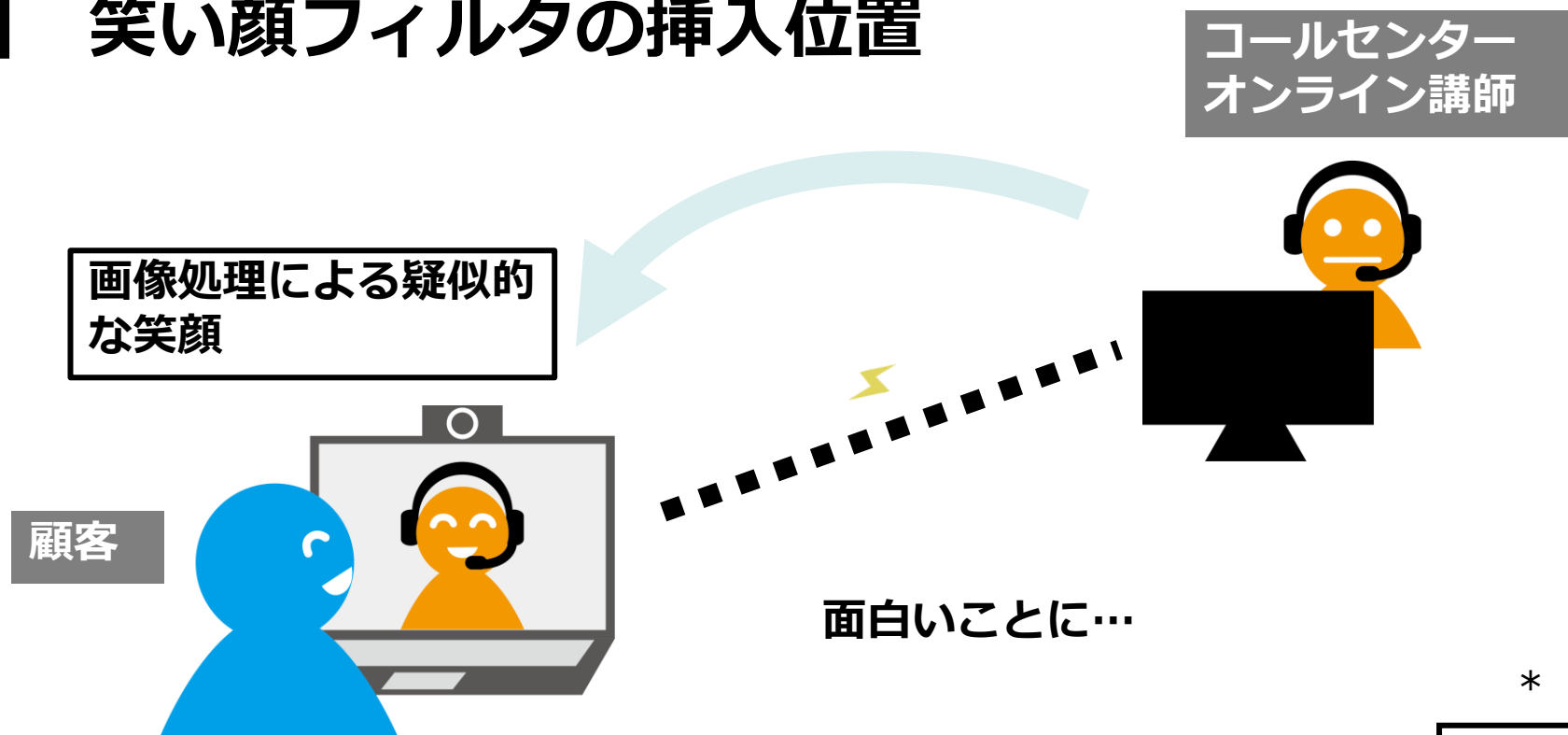
(iii) 表情を**変えていない**のに選好が変化した割合

# SmartFace: テレカンファレンスにおける創造性の向上

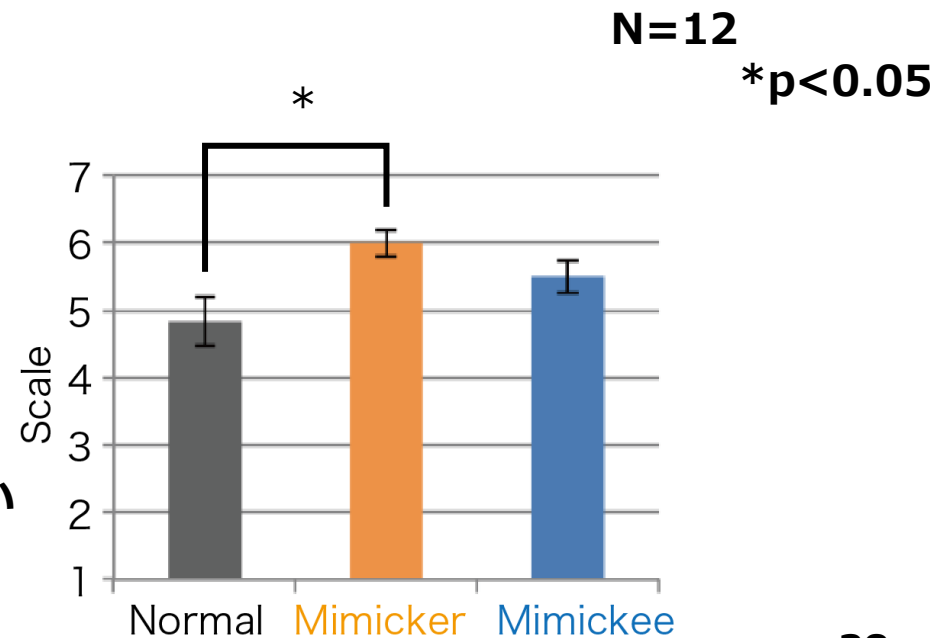
相手の顔が笑っているようにみせると、ブレストで出るアイデアが増える



## ■ 笑い顔フィルタの挿入位置

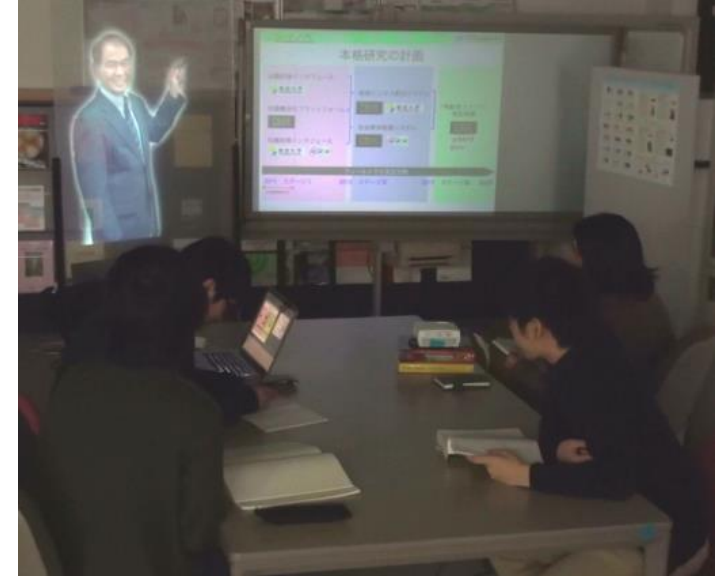


相手ともう少し話したい  
と思いましたか



空間を超える





**テレプレゼンスは存在感と臨場感を体験できる新たなメディアである**

臨場感：遠方の世界を体験できること

存在感：遠方の世界に自分を感じさせること

[http://ic.pics.livejournal.com/telepresence\\_rm/19729670/42785/42785\\_original.jpg](http://ic.pics.livejournal.com/telepresence_rm/19729670/42785/42785_original.jpg)

## ■ テレプレゼンス（遠隔臨場感）

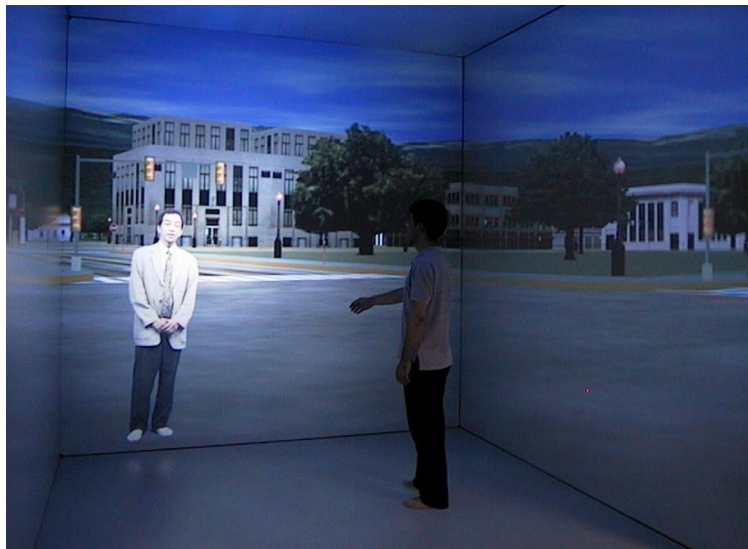
**遠隔臨場感技術によって、空間を超えての就労が可能となる**

# ■ MVL:Multimedia Virtual Laboratory

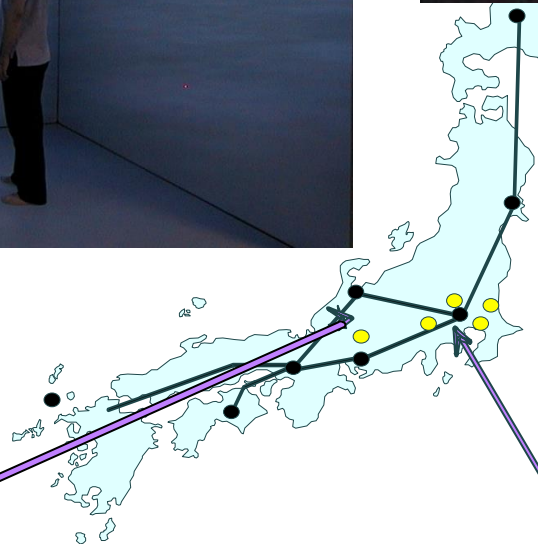
1997－2002：総務省

## 臨場感通信：

仮想空間を広帯域ネットワークを介して共有するための技術開発。



COSMOS/Gifu



155Mbps

Gigabit Network



CABIN/Tokyo



# Old VRはコロナ禍では使えない

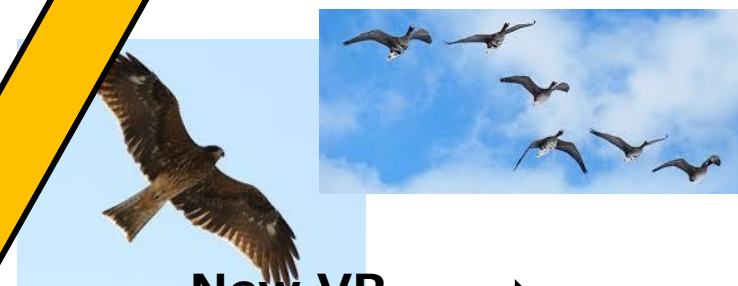
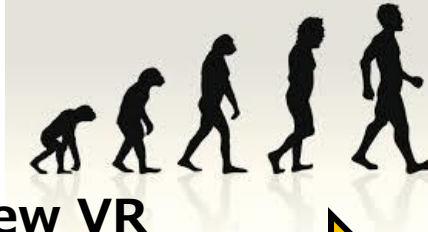


Old VR

進化



New VR



New VR



## ポストコロナのVR





# ■ VRとDXの融合

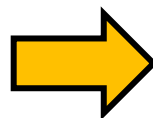
VRの世界 身体的インタラクション・多感覚・臨場感

DXの世界 アクセス権限・データマネジメント・決済・信用

次世代インターネット・メタバース・リモート

B5G

現状のDX型リモート会議システムには様々な問題があり、より多くの活動を支援できるサイバー空間の開発が希求されている。



身体性がない・エンタテインメントが不足・空間共有できていない

## ■ オーバーブラウザ型VR

ブラウザ上で動作するVR

ネットワークがあれば利活用が可能であり、社会浸透力が強靱である。

## ■ NOモーション型VR

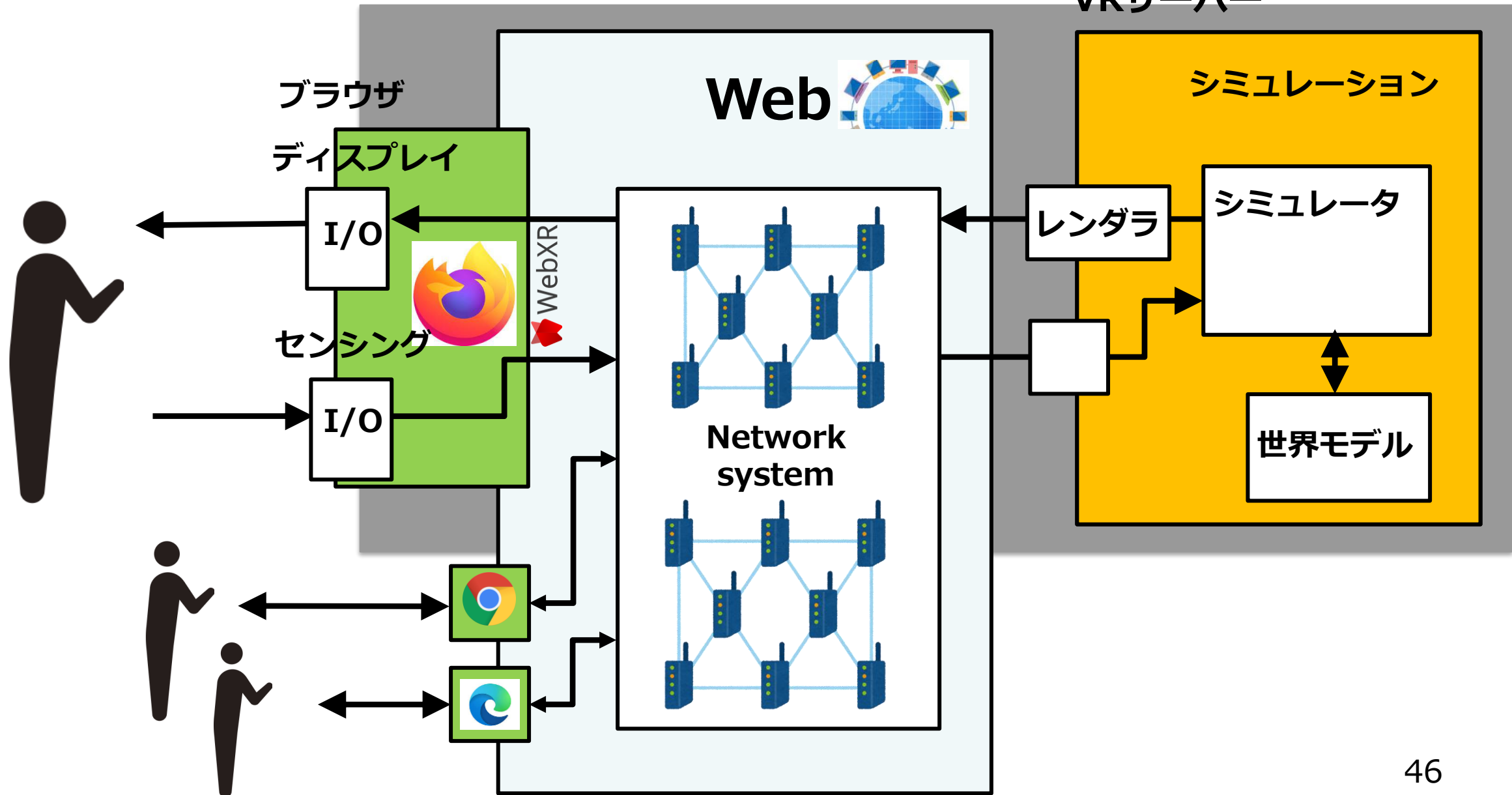
身体の動きを極小化したVR

大規模ハードウェアを必要とせず、在宅状況での利活用が可能であり、社会浸透力が強靱である。

# ■ ブラウザオーバー型VR

オンラインVRシステム

VRサーバー



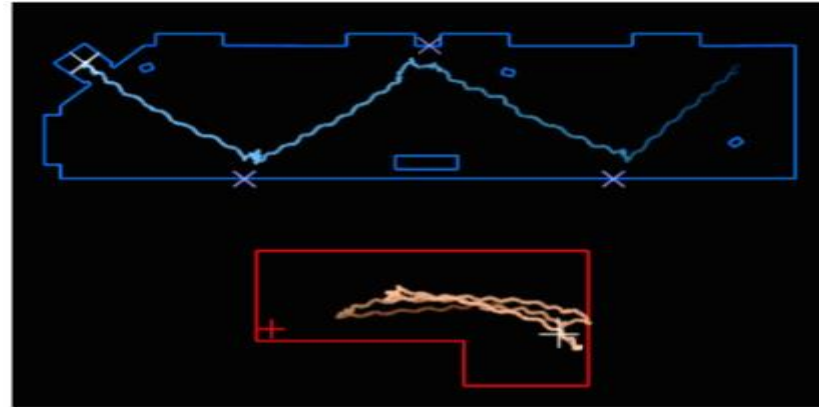
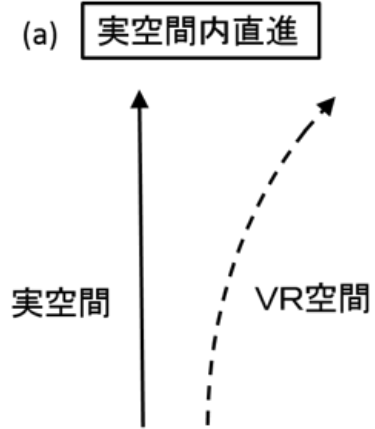
# Ubi-Toko

## 移動インターフェースへの応用

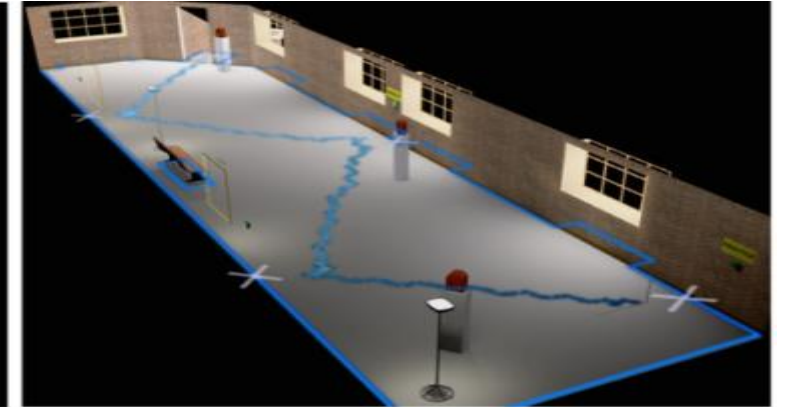




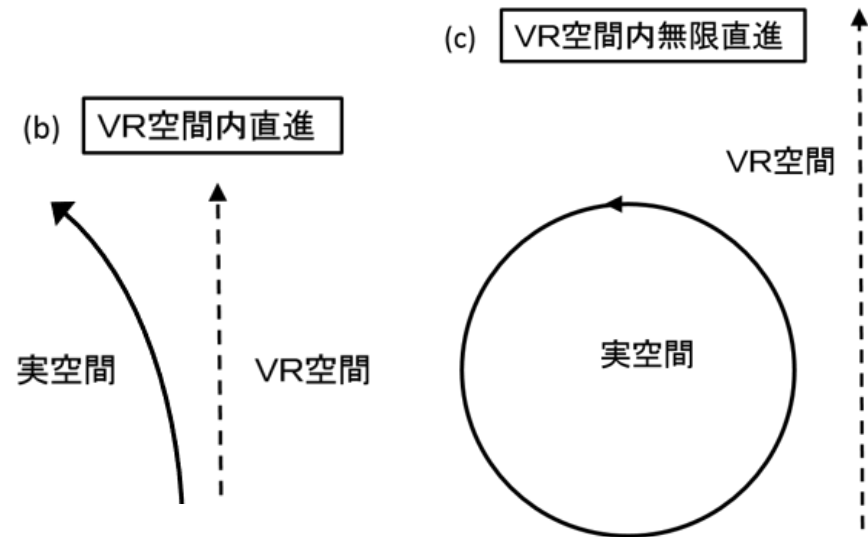
# ■ Redirected Walking



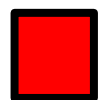
実空間



VR空間



リダイレクテッドウォーキングとは、ユーザの視点とVR空間上の視点にあたるカメラの位置対応関係をユーザが気付かない範囲ですらしていくことで、VR空間を圧縮する手法である。



# 電気刺激インタフェース

## 経皮電気刺激(PES : Percutaneous Electrical Stimulation)

皮膚上に設置した電極から電流を流し、目的の神経系を刺激する方法



前庭電気刺激



味覚電気刺激



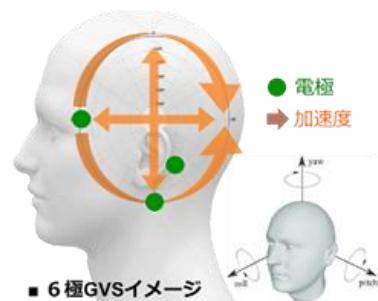
視覚電気刺激



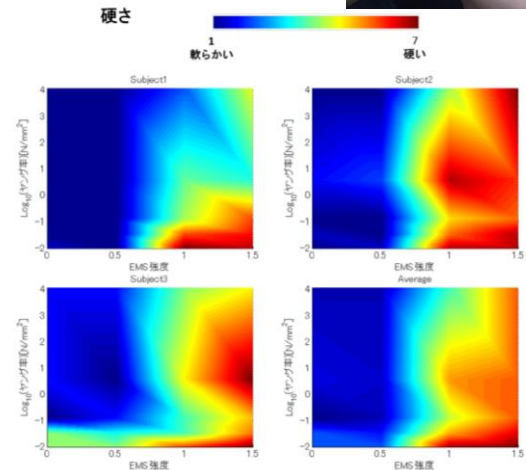
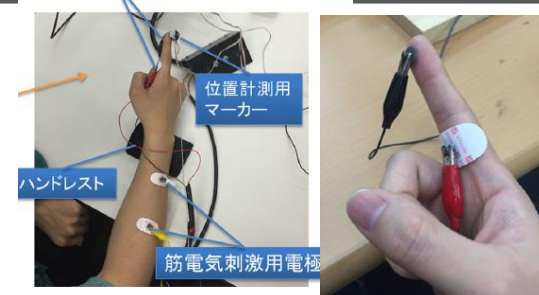
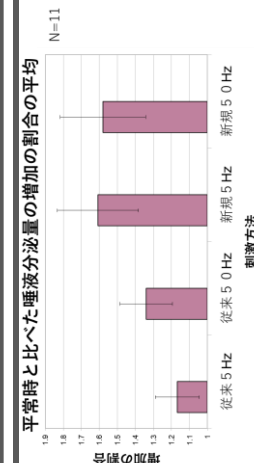
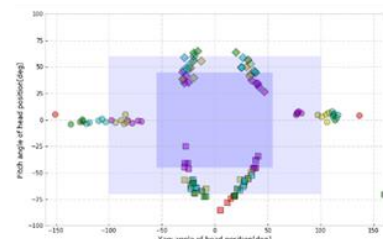
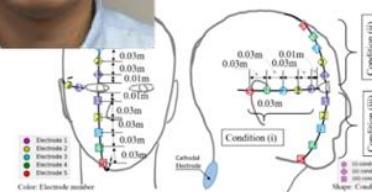
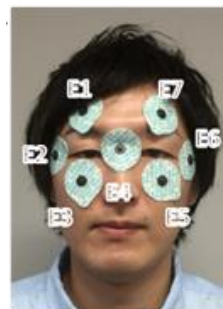
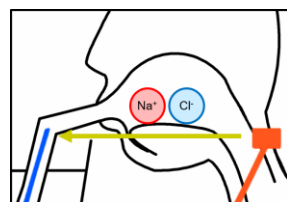
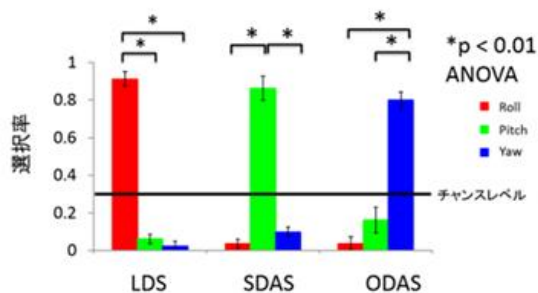
唾液電気刺激



触力覚電気刺激



■ 6極GVSイメージ



メタバース

## ■メタバース

“-verse”とは、天文学用語（Universe, Multiverse, Ominiverse）

仮想的に強化された物理的現実と、物理世界に整合性を持った仮想空間の融合を指した現実世界のこと。

両者を融合させたものであり、ユーザーはどちらか一方として体験することができる。

AR/VRと同義のように思えるが、いくつかの点で軸足が違う。

一番大きいのは、複数人のコミュニティであるという点。

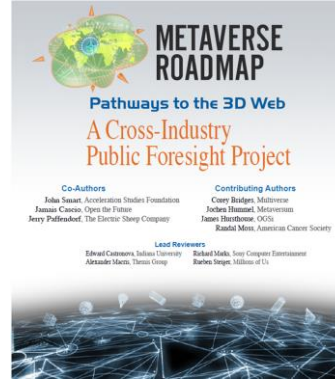
フェイスブックを始めとして商業的に使われている“metaverse”だけを考えるなら、没入感高く人と会えて何かできるVR/AR。

インターネットにおける“Web”と同じ役割の単語が“Metaverse”である。

- ・バーチャル化・3D化・ウェブ技術やオンラインアプリなどの集合体
- ・日常生活に溶け込んで生活の一部になって意識しないという意味も持つ。（意識せずともブラウザ・アプリの通信で使われている）



# Metaverse Roadmap (2007)より



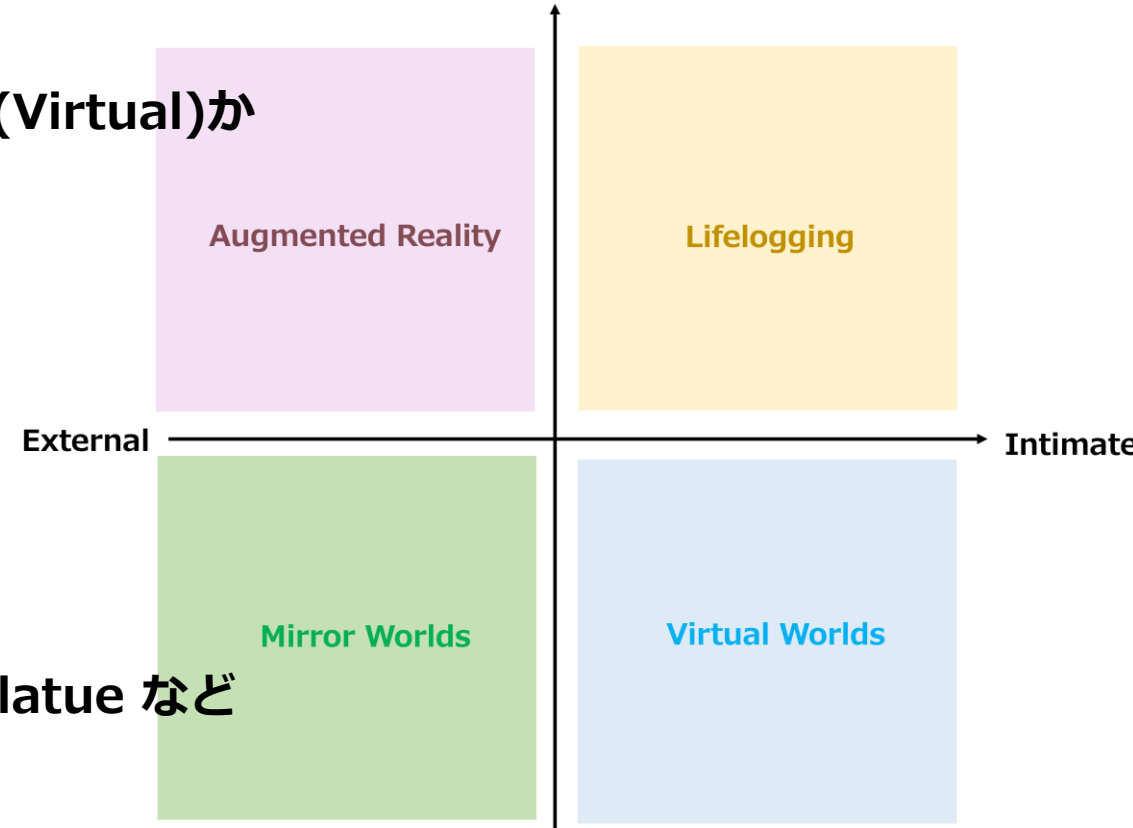
## ■ メタバースのいろいろ

### 分類軸

- ・ 縦軸(Augmentation):  
意識の軸足が現実世界(Real)かシミュレーション世界(Virtual)か
- ・ 横軸(Intimate):  
意識の軸足が自分(Intimate)か環境(External )か

### 具体例

- ・ **Virtual Worlds** :  
いわゆるVR 世界。 セカンドライフ, VRChat など
- ・ **Mirror Worlds** :  
今で言うDigital Twin の世界。 Google Earth, Platue など
- ・ **Lifelogging** :  
記録した個人世界の共有。Instagram など  
(当時の言葉ではmobile blogging)
- ・ **Augmented Reality** :  
いわゆるAR世界。 セカイカメラ, QRcode など。



# Virtual Worlds



A panel discussion inside **Second Life**.



Screenshots from **Peacemaker**, a serious game that teaches conflict resolution in a fictional Middle East

# Mirror Worlds



**Google Earth** home screen, North America



First-gen 3D buildings in Osaka, Japan on **Google Earth**



# Augmented Reality



Artist's idea of augmented reality heads-up display (HUD)



A few of the many QR code applications in Japan



Microvision's Nomad AR device



Steve Jobs demos the iPhone

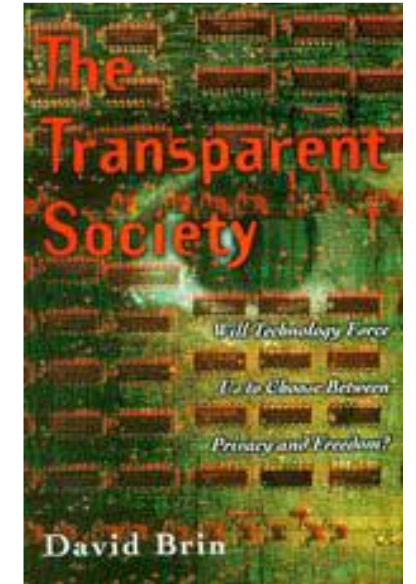
# Lifelogging



Nike+ and iPod: Personal trainer, global running community

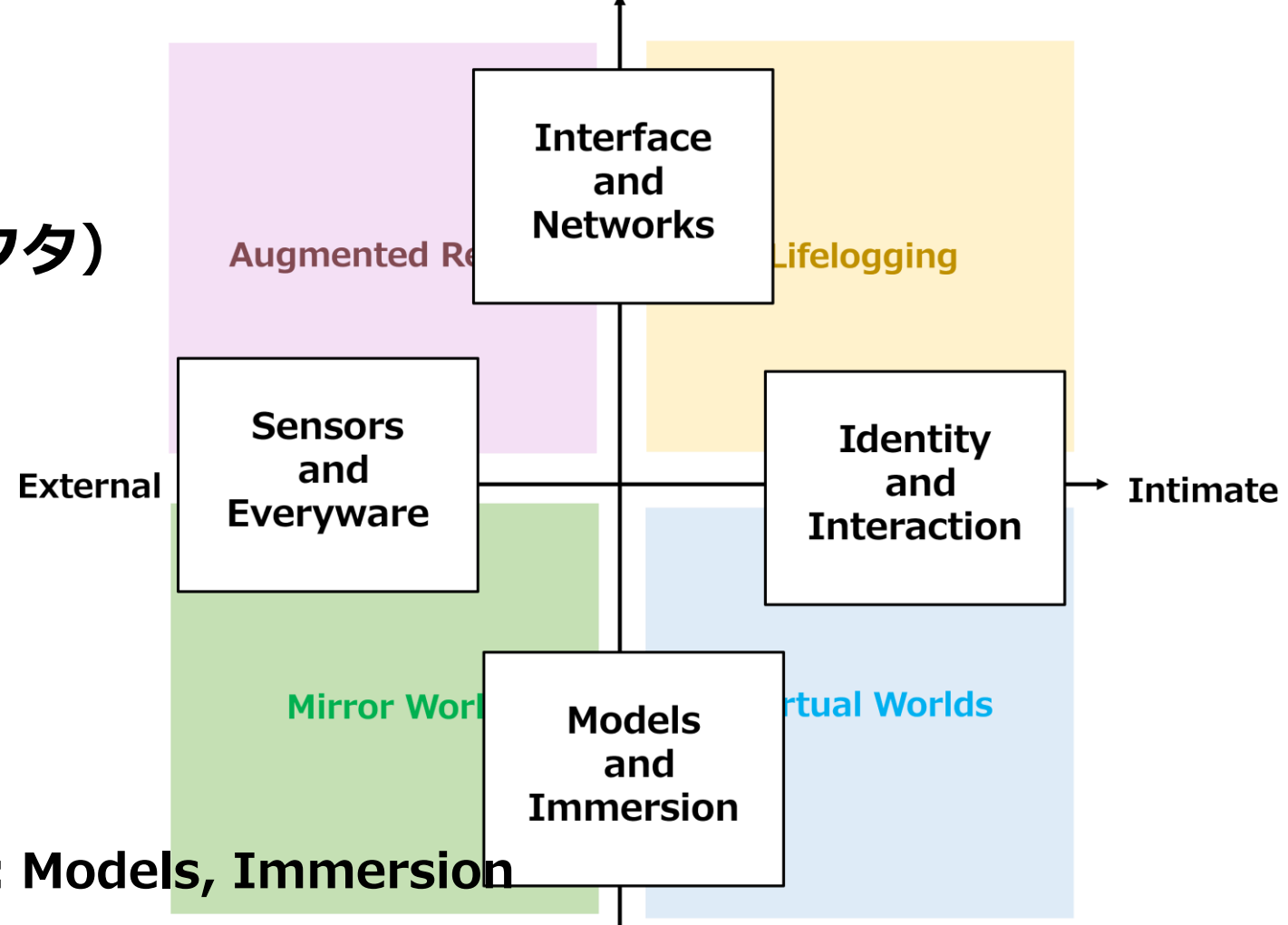


Wearable sousveillance concept from Wearcam.org



# Metaverse Roadmap (2007)より

4つの象限の重なる部分（コネクタ）  
が技術領域となる



Mirror Worlds と Virtual Worlds : Models, Immersion

Virtual Worlds と Lifelogging : Identity, Interaction

Lifelogging と Augmented Reality : Interface, Network

Augmented Reality と Mirror Worlds : Sensors, Everyware

## Models

環境や自分の身体など、3Dの仮想（シミュレーション）空間内部の存在をどう作るか

## Immersion

3Dの仮想（シミュレーション）空間の内部にどう没入するか



## DIGITAL TWIN





## ■ 普及にかかわる予測

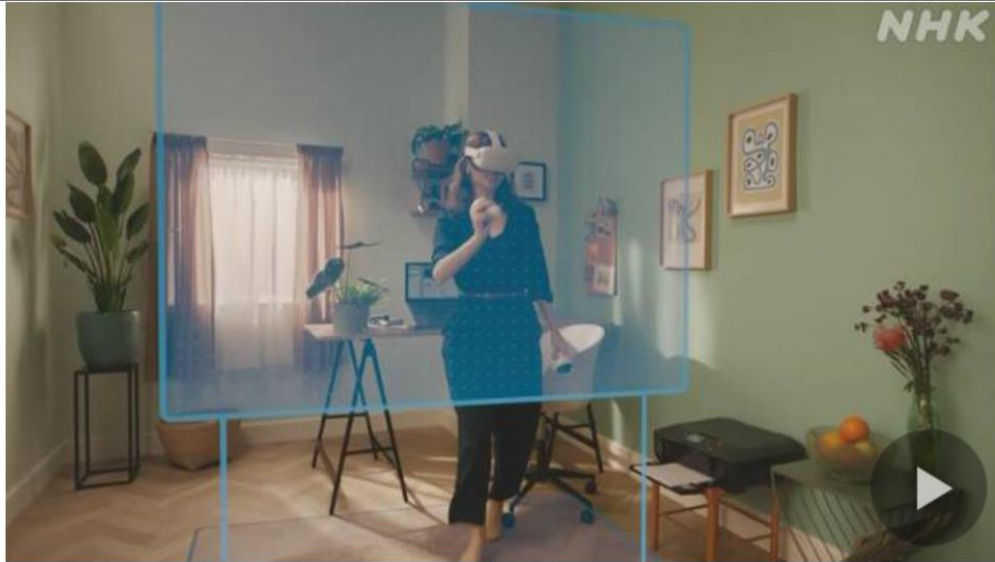
数打てば当たるとはいうものの、様々な予測を網羅的にあげている。

例) 破壊的なイベント普及が促進されるのではないかと、その1つとして世界的なパンデミックが例としてあげられている。

### 11B. Negative Scenarios - Business and Economics

• By 2016, a few well publicized catastrophic events in the physical world might force us into accelerated synthetic world adoption before the technology is mature, which would saddle us with "early adopter" costs and might keep the global economy in an extended recessionary state. One spur to early virtualization would be a few more high-profile terrorist strikes in the developed world during the next decade, especially on the global transportation system. A global pandemic, or a series of small epidemics, would also push strongly in this same direction. Another ten years of **global warming** might convince many that we need to cut down our travel and conserve energy until we've made a transition to sustainable energy systems. But carbon sustainability won't be possible until the middle or end of this century, so this could lead to several decades of increasing reduction in travel. High fossil fuel energy prices during this period would also strongly reinforce the virtualization trend. As one upside, though certainly not a fully compensating one, any of these events would be a strong impetus to improving virtual collaboration tools.

# 大規模メタバースの構築へ：VRの基盤化



## フェイスブック 仮想空間開発 EU域内から5年間で1万人採用へ

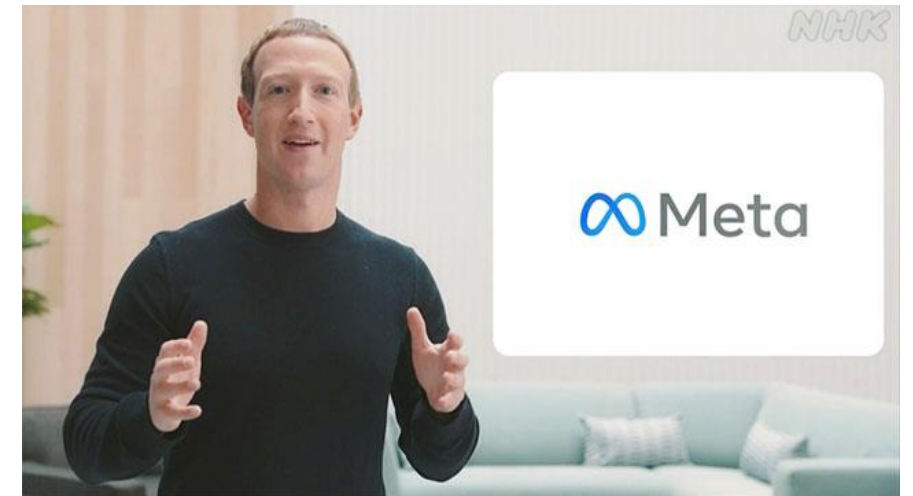
2021年10月19日 6時56分 IT・ネット

アメリカのIT大手のフェイスブックは「メタバース」と呼ばれる仮想空間の開発を加速させるため、今後5年間でEU＝ヨーロッパ連合域内のIT人材を1万人採用すると発表しました。

「メタバース」とは、自分の分身となるアバターを通じ、インターネット上の仮想空間に入り、その中で自由に行動したり、参加者どうしでコミュニケーションをとることができたりするサービスの総称です。

2021年10月19日 NHK

## 米フェイスブック 社名を「メタ」に変更 仮想空間の開発強化へ



「メタバース」は、インターネット関連サービスの「次の形」と位置づけられています。新型コロナで在宅勤務やオンラインでの人とのやり取りが増えたことで一段と注目が高まることになり、市場規模は、2024年には8000億ドル、日本円でおおよそ90兆円にのぼるという推計もあります。

メタバースに詳しいマシュー・ボール氏は「メタバースを制する会社は、今存在するどの巨大IT企業より力を持つようになるだろう」と述べて、今後のIT業界をけん引するサービスになるという認識を示しました。

2021年10月29日 NHK

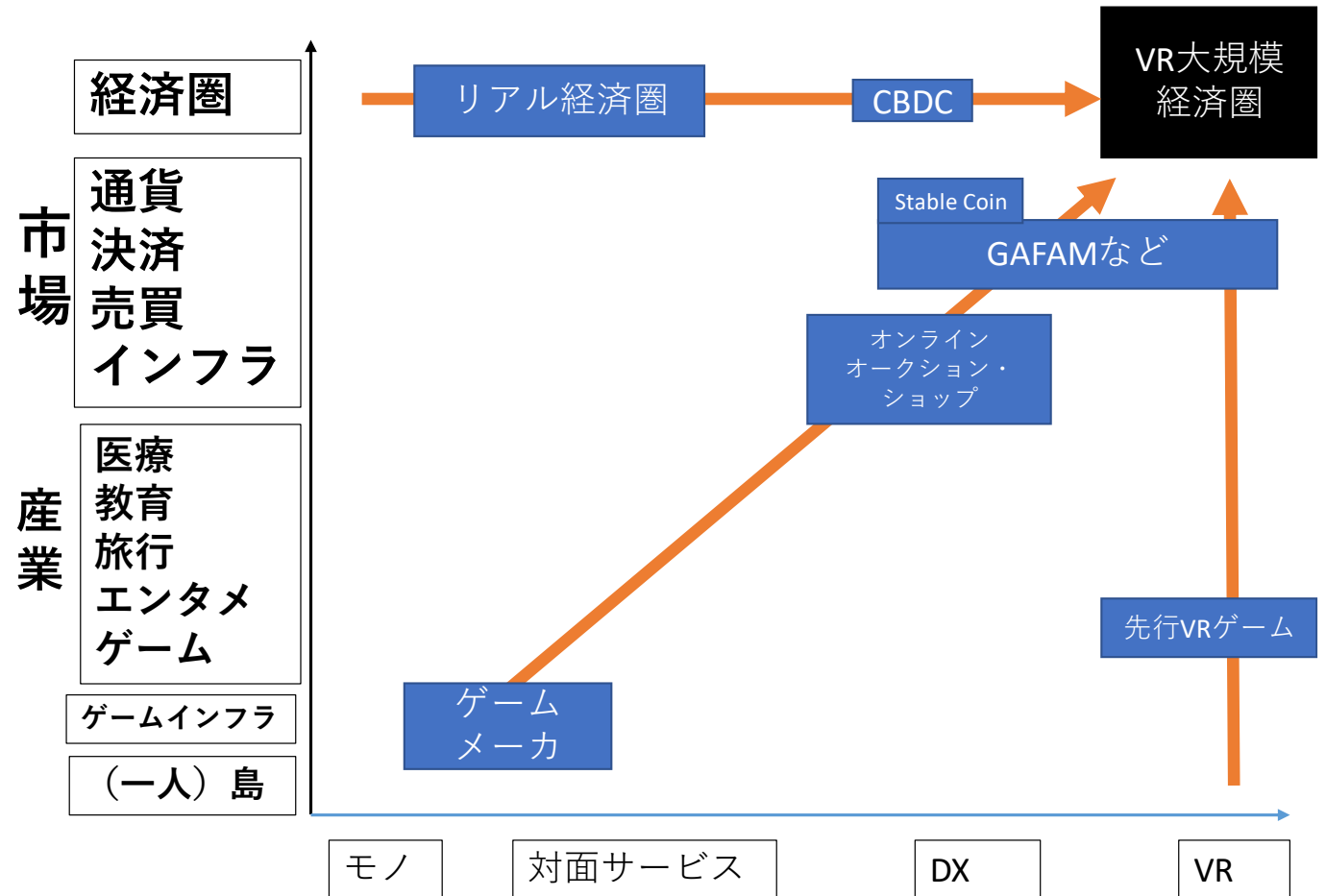
# ■ VR大規模経済圏を考える枠組み

## 経済の定義：

最小単位はロビンソン・クルーソー経済（1人居住の島）に始まり、それがだんだん＞産業内＞市場＞経済圏へと規模拡大していく。



コロンビア大・伊藤隆敏氏



# ■ VR大規模経済圏を考える枠組み

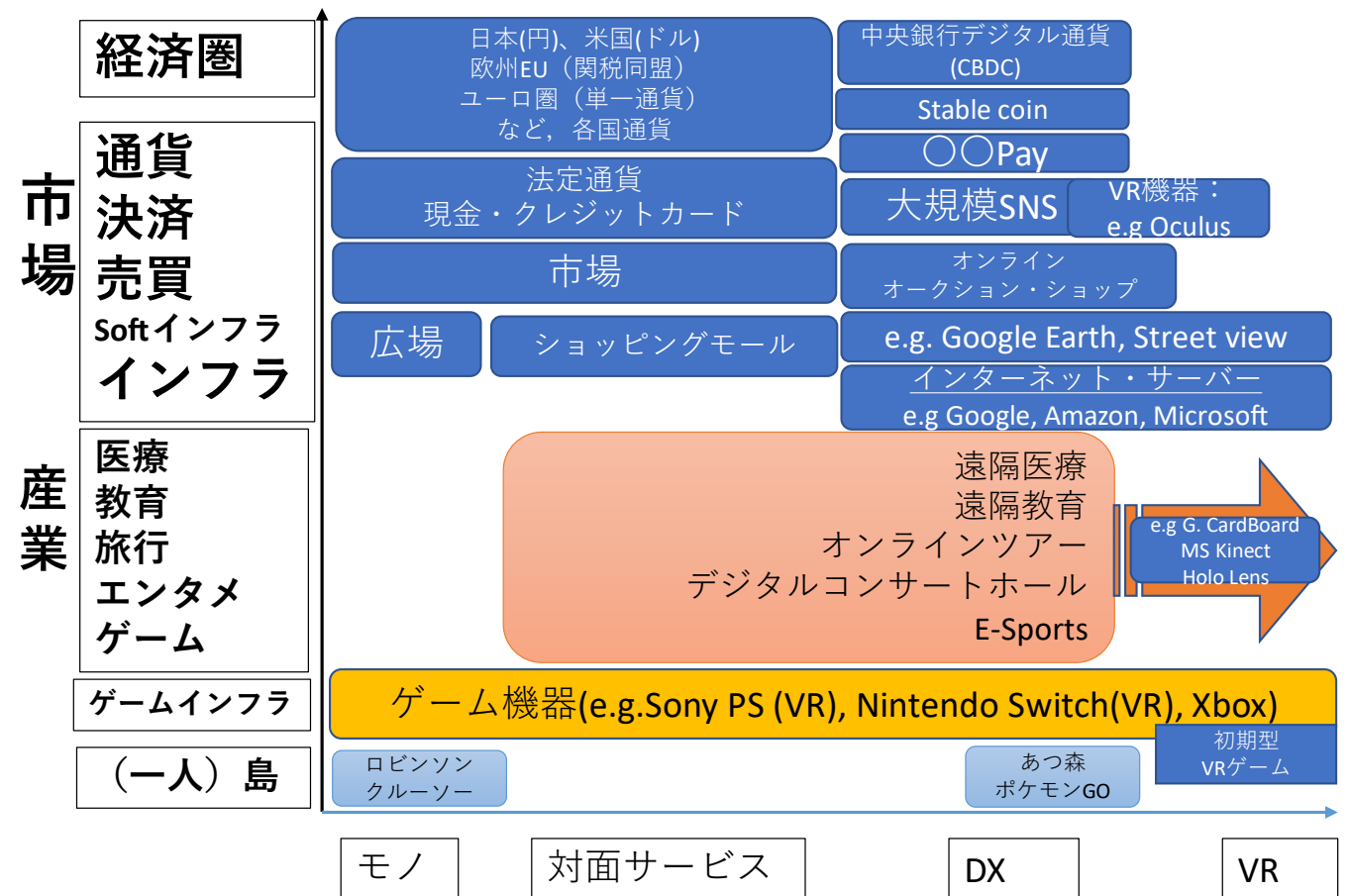
## 経済の定義：

最小単位はロビンソン・クルーソー経済（1人居住の島）に始まり、それがだんだん＞産業内＞市場＞経済圏へと規模拡大していく。

- 製造業のゲームインフラはVR到達
- サービス産業の多くは移行途中
- 市場
  - 30年前までは左側の整理，DXもほぼ整理が進み，次がVR



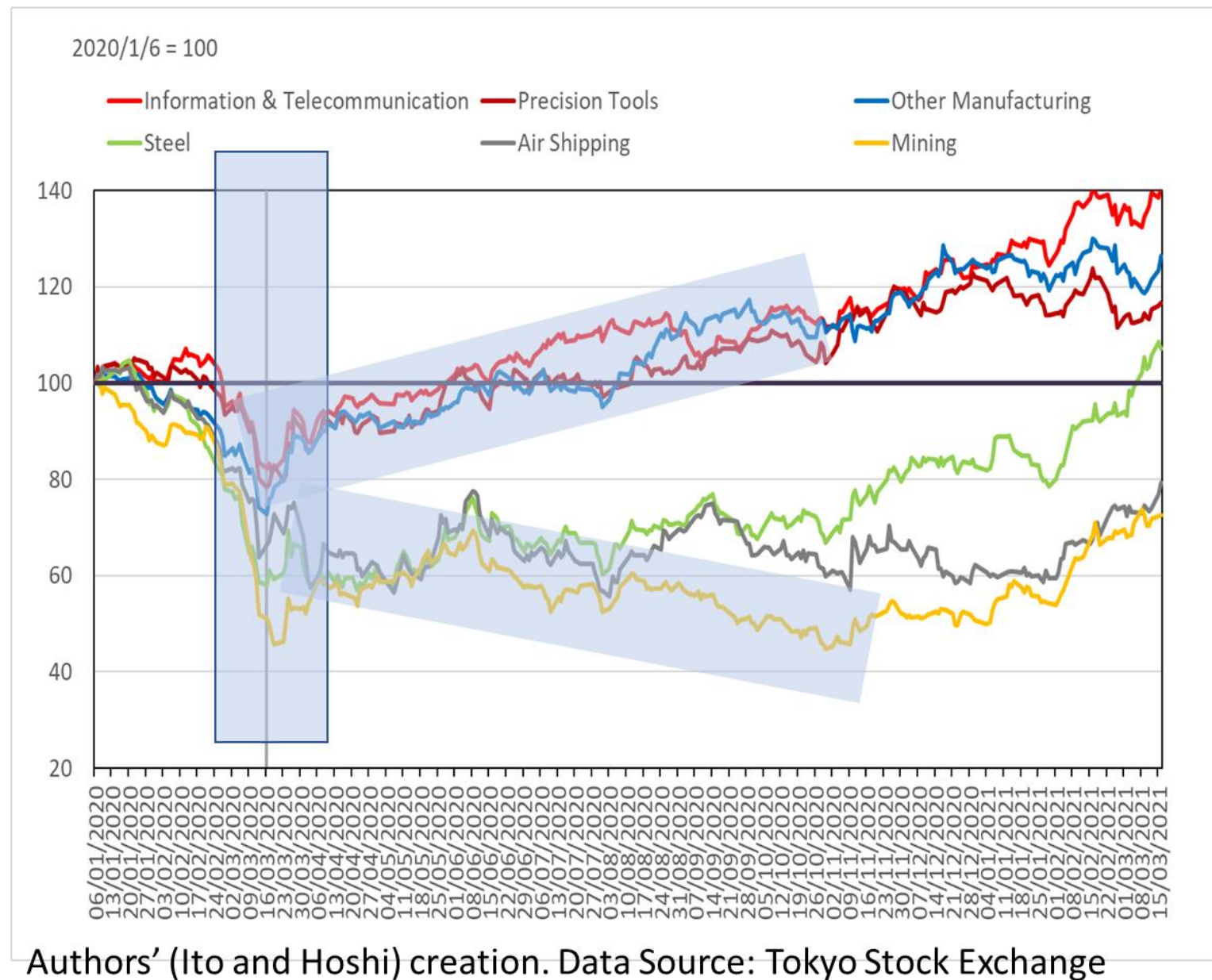
コロンビア大・伊藤隆敏氏





## ■ VR経済圏への可能性と課題

- コロナ禍で各産業のDXが進んだが、  
株価はK字型経済回復





モビリティ・ゼロ



# ■ リモートは不完全だがいいところもたくさんある

## ■ 移動時間が減少

結果として可処分時間が増える。

かえって効率的

## ■ 様々な働き方ができる

バリアフリーに福音

高齢者の社会参画を促進

## ■ 空間に縛られない

都心と地方の格差がなくなる

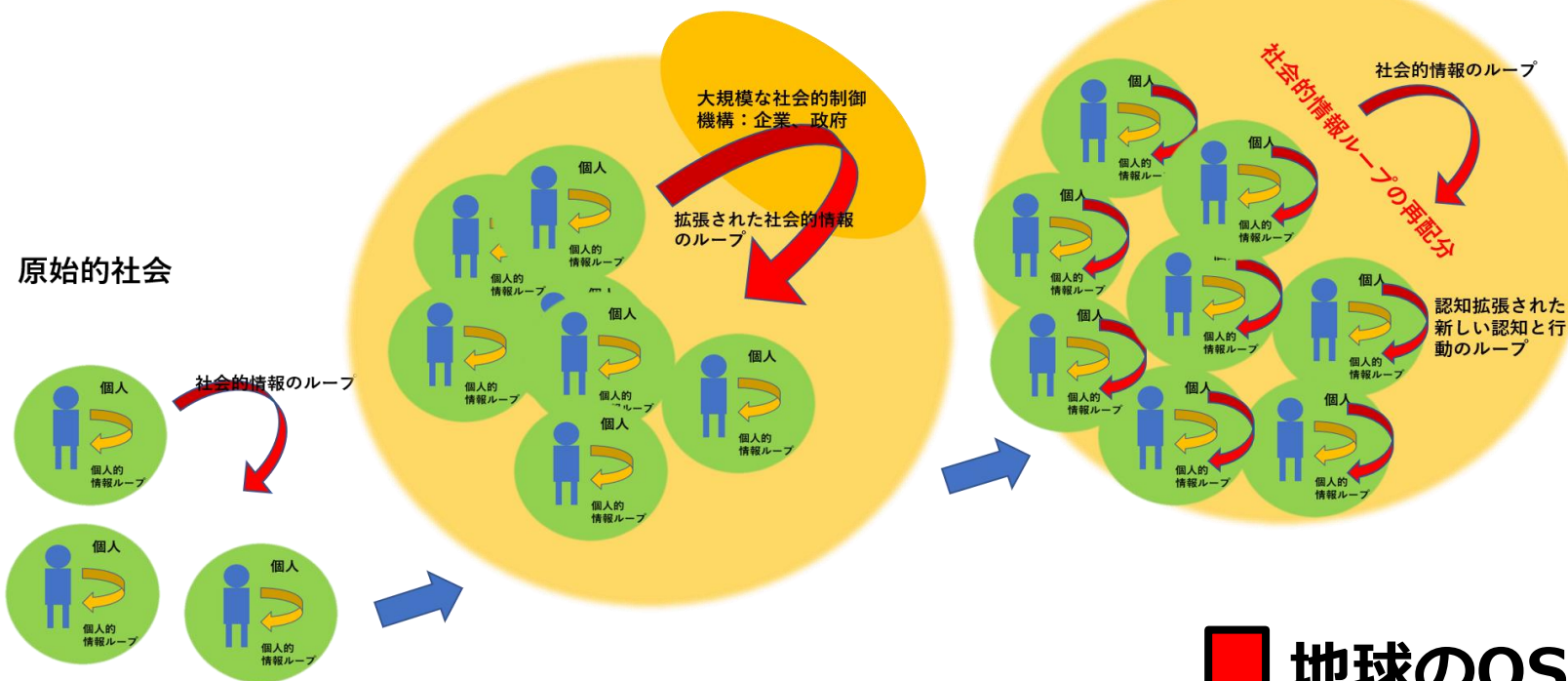
単身赴任は不要に

# オフィス勤務から在宅勤務へ

## ■ カプセル化された個人を基本とする自律協調型社会

拡張認知による自律協調型社会

いわゆる近代的社会



隈研吾氏

## ■ 地球のOS書き換えプロジェクト



20世紀的な住まい方の終焉

大都市集中 巨大オフィス  
大規模鉄筋コンクリート建築

■ 動かないことを前提とした社会づくりはできないものか。

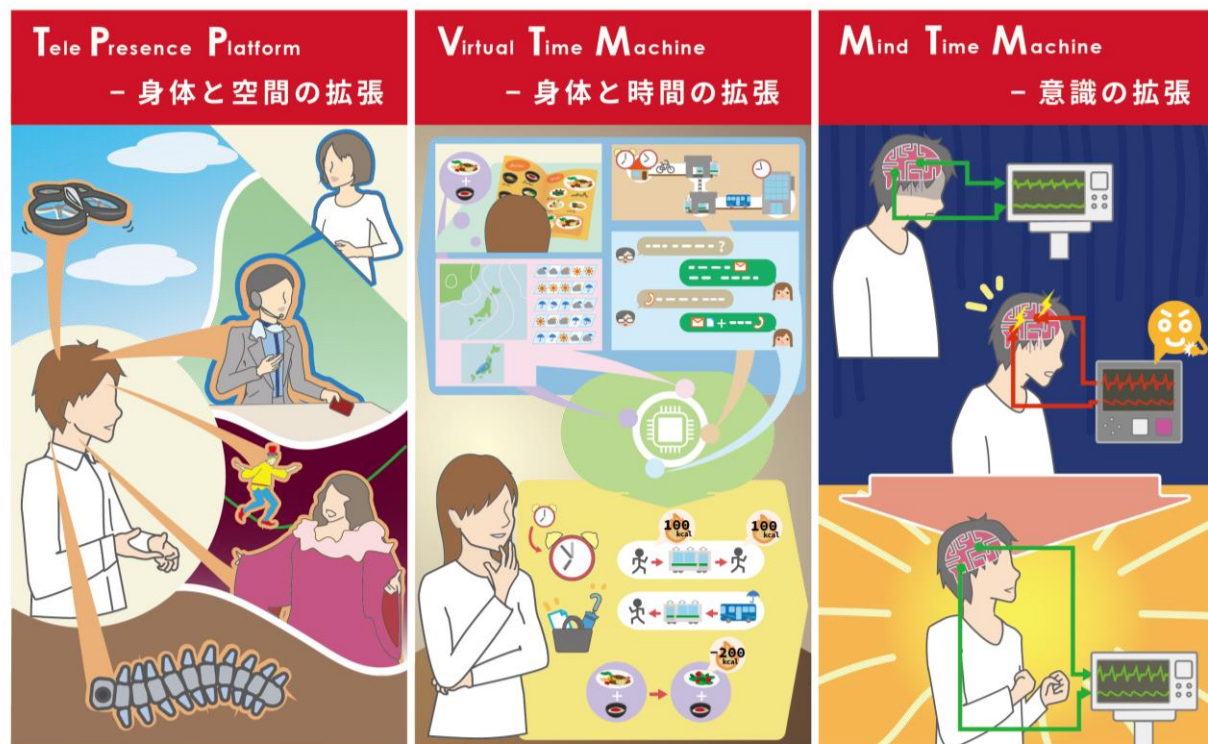
■ しかし、人間は全く動かないことに耐えられるのか

人間はなぜ動くのか  
なぜ動きたがるのか

## ■ 東大 先端研 社会連携講座「モビリティゼロ」

普通、モビリティとは空間的な移動を意味するが、情報技術の進展により、その概念は変容を迫られている。本連携研究部門は、空間的移動をゼロとするテレプレゼンス技術の研究開発など、新しい時代のモビリティをゼロに立ち戻って、様々な角度から研究することを目的とする。

本部門では、新しいモビリティの拡張方向として、(1)空間の超越技術（TPP: Tele-Presence Platform）、(2)時間の超越技術（VTM: Virtual Time Machine）(3)意識の超越技術（MTM: Mind Time Machine）の3つを想定し、多角的に研究する



(1)に関しては、より高い臨場感の再現を目指し、超高精細技術や多感覚技術を駆使し、現在のテレプレゼンス技術を超える技術開発を目指す。

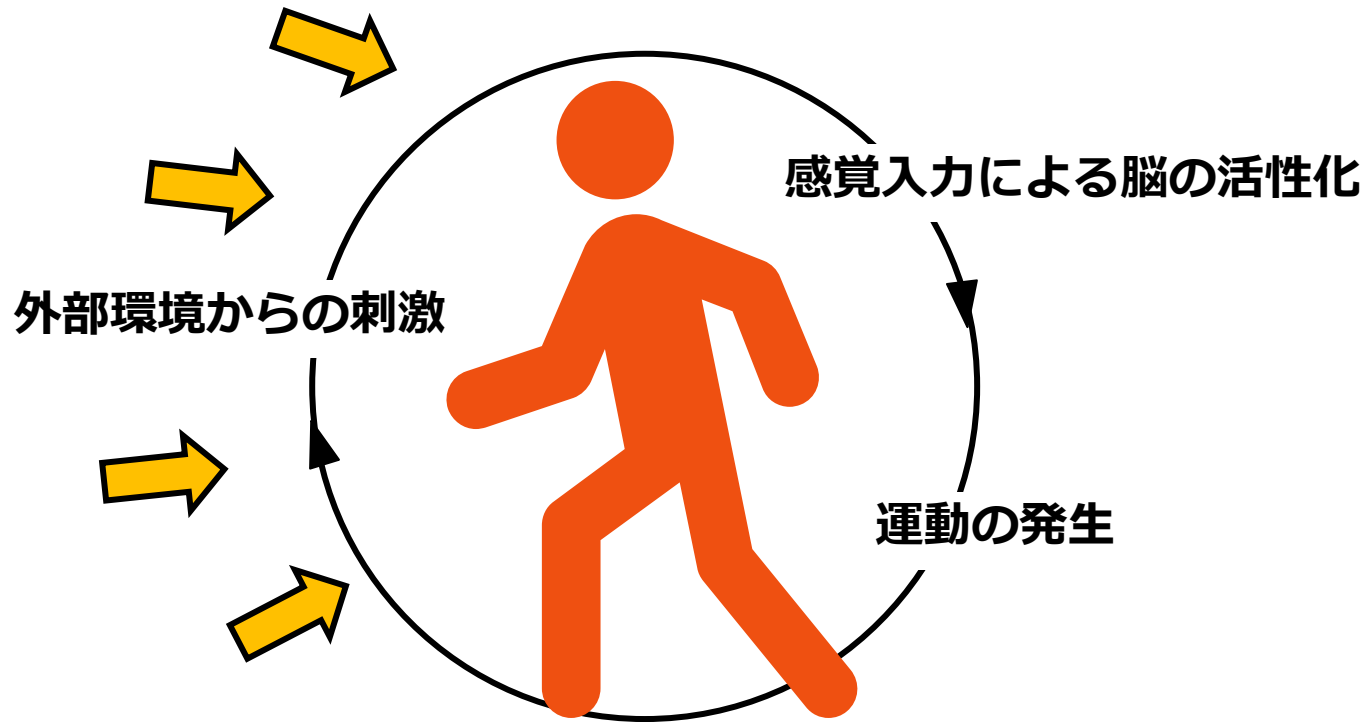
(2)に関しては、ライフログやリアルタイムシミュレーション技術を駆使し、時間軸を感覚的にナビゲートできる技術を開発する。

(3)については、人の心と時空間移動の融合領域について研究する。

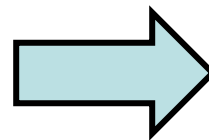


# ■ 「人間は、ホモ・モーベンスである」

黒川紀章



人間は動くことによって外部の情報を得たり、コミュニケーションを行ったりする。これが本質であって、動くということは単なる空間座標の移動だけではない。



様々な情報技術が入手可能な現在、物理的に動くことの本質的意義はなんだろうか？


 実際、メタバースの利点はたくさんある

SDG s ・ 環境問題

高齢化問題

働き方改革

地方活性化

 もしかすると、これは結構大きな  
覚悟がいるかもしれない。

リアルベースのバーチャル



バーチャルベースのリアル

# ■ ポストコロナのVR

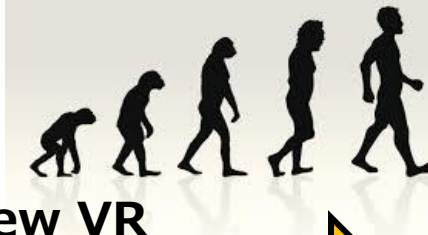


Old VR

進化



New VR



New VR



1. 平成のVR
2. VRには何ができるのか  
体験すること  
感情に作用する  
空間を超える
3. ポストコロナのVR
4. メタバース
5. モビリティ・ゼロ