

VR2.0の世界

ーAR/VR技術の現在過去未来ー

2019年3月1日

東京大学大学院情報理工学系研究科・連携研究機構VR教育研究センター

廣瀬 通孝

今日から
モノ知り
シリーズ

トコトンやさしい

VRの本

VR(バーチャルリアリティ、仮想現実)は人間の感覚の原理を逆手に取り、あらゆる感覚に複合的に訴え、私達を仮想世界に導きます。ゲームを発端に普及が進み、医療や教育、社会福祉など応用分野は広がりをみせています。

廣瀬通孝 監修

東京大学バーチャルリアリティ
教育研究センター 編



VRはいつからある？
人間の五感を騙す手法
VR空間での自己表現
自然な動きを可能にする技術
身近なところにVR

知りたいことが
よくわかる

B&Tブックス
日刊工業新聞社

トコトンやさしいVRの本

東京大学バーチャルリアリティ
教育研究センター編

日刊工業新聞社

1. VRのいま
2. VR教育研究センター
3. 五感の技術
4. 体験する
5. 空間を超える
6. 時間を超える
7. 感覚に作用する
8. 結局バーチャルとは

VRのいま



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。

バーチャル： Virtual

実際には存在しないが、機能や効果として
存在するも同等の

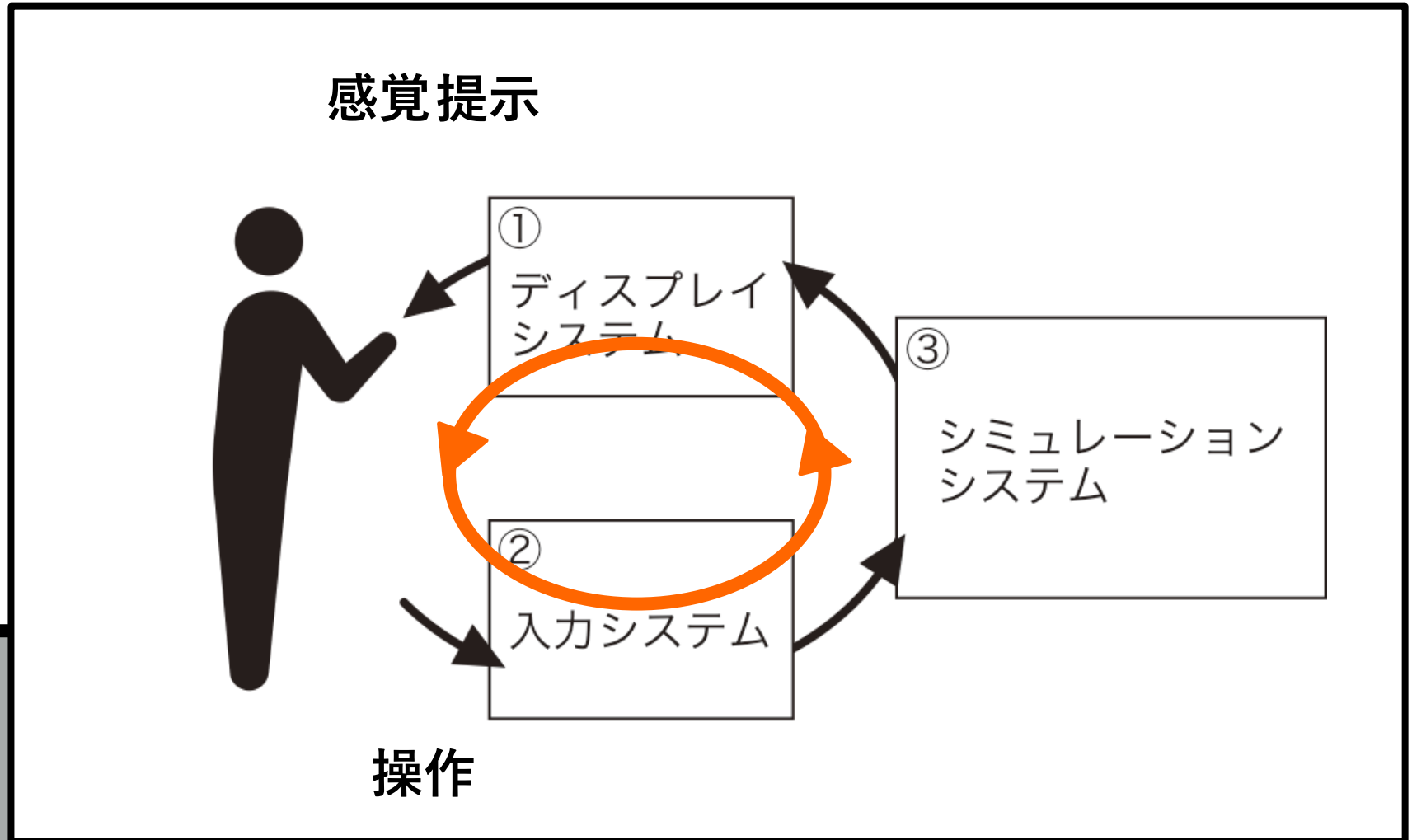
実際上の

反対語： Nominal （名目上の）

リアリティ： Reality

現実 現実感

■ バーチャル世界とは



VR技術における3つの 重要なキーワード

Data Glove

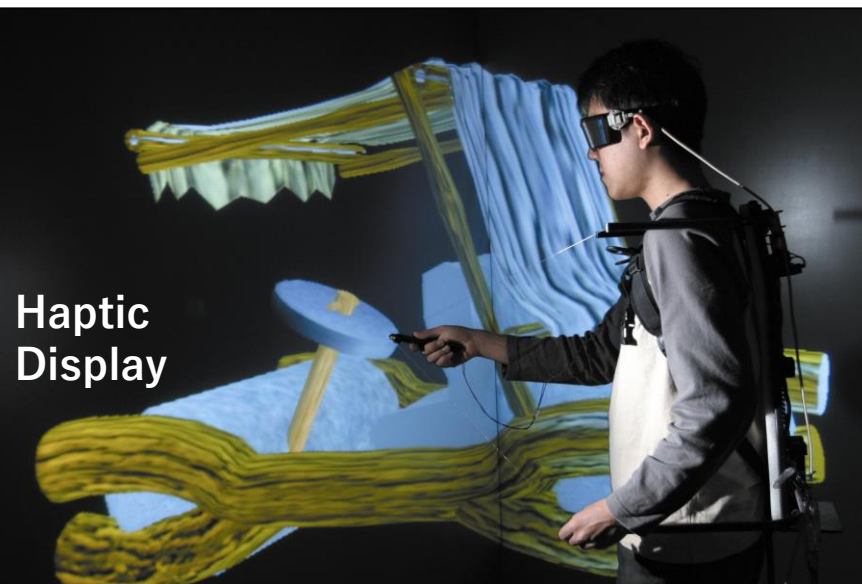


インタラクション：（約束事のない操作）



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）

■ Mixed Reality : 複合現実感

Mobile, Wearable

Life-log

AR



MIXED REALITY (MR)

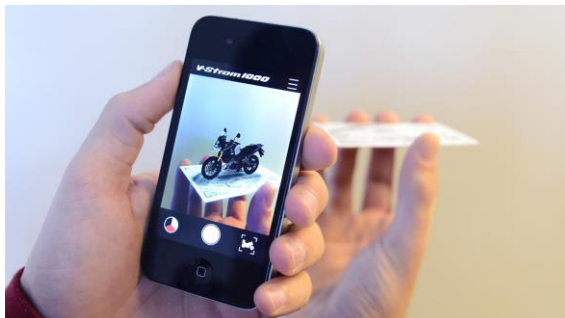
VR

REAL
ENVIRONMENT

AUGMENTED
REALITY (

AUGMENTED
VIRTUALITY (

VIRTUAL
ENVIRONMENT



PlayStation.VR



最初のVRから29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

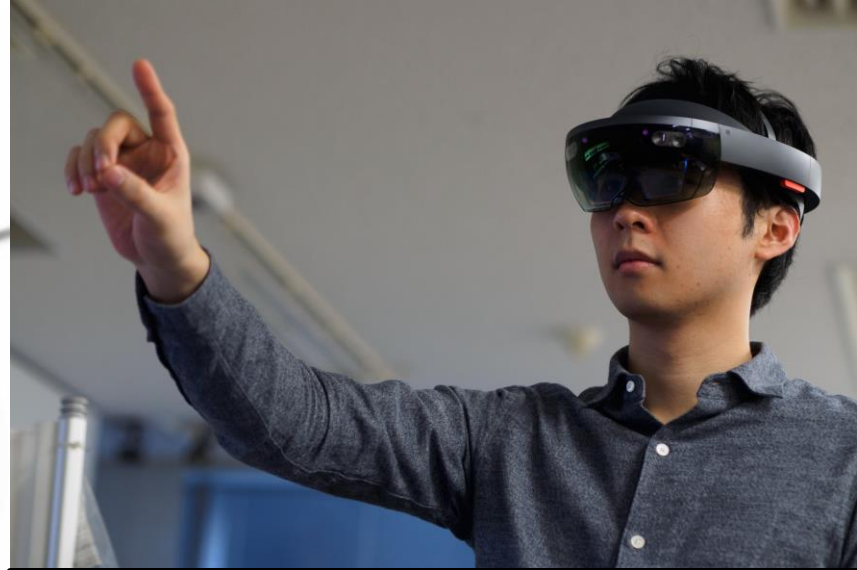


第2世代VR技術





Sony PlayStationVR



Microsoft HoloLens

最近の HMD

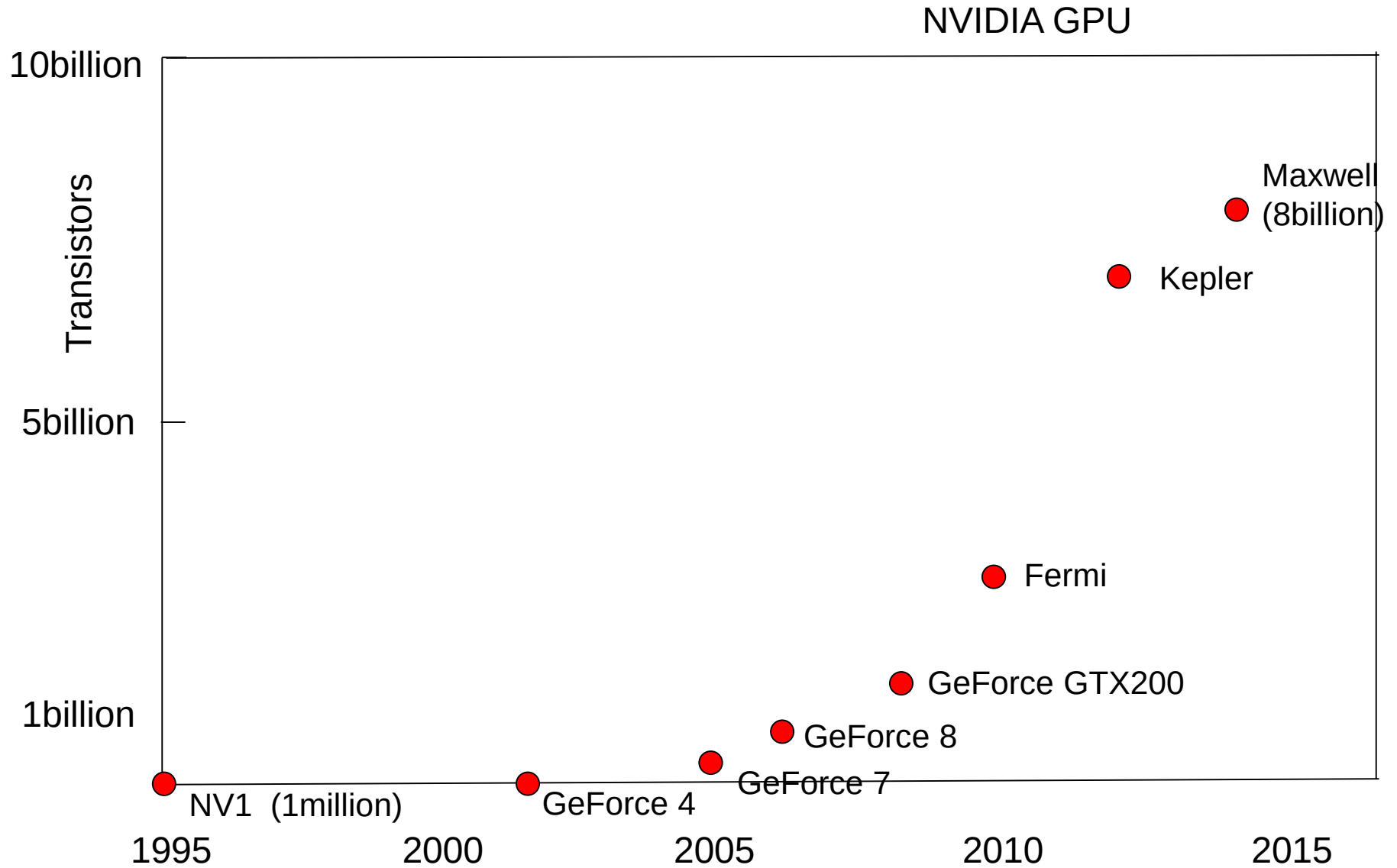


Oculus Rift



iPhone X + ARkit

GPUの充実



■ 全天周カメラのいろいろ



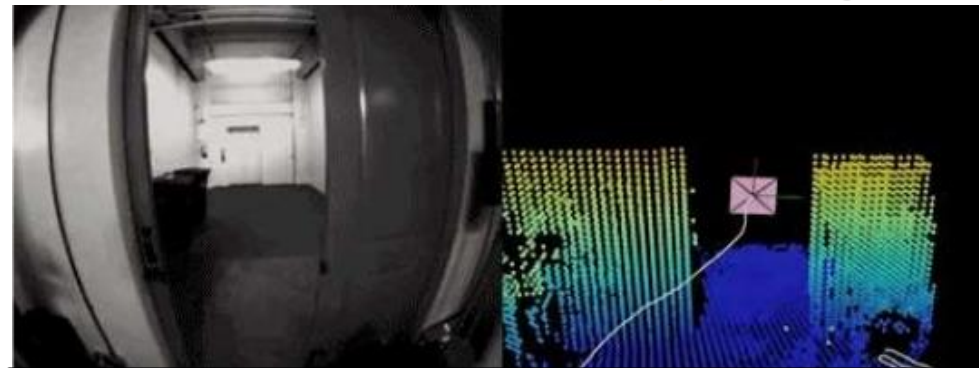
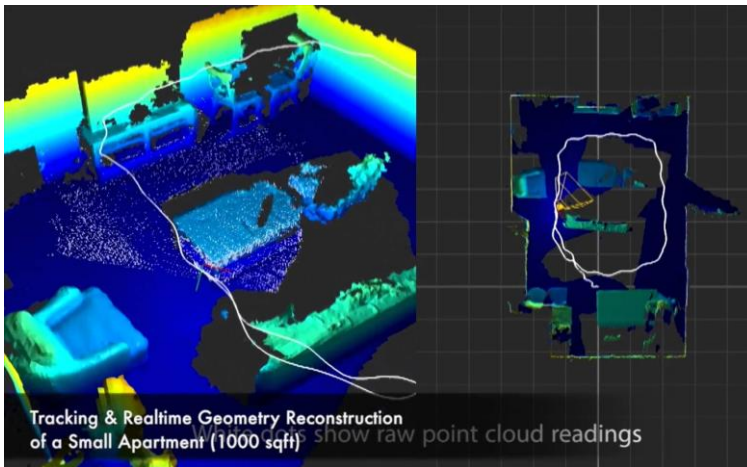
GoPro × 6



THETA



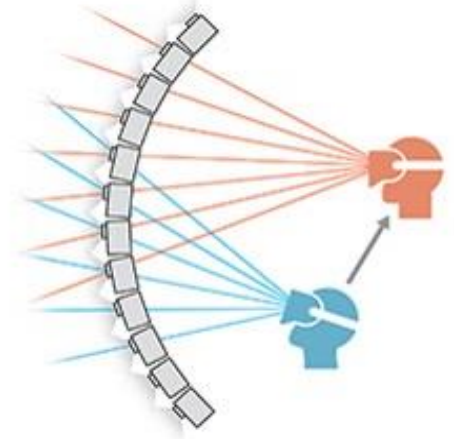
■ 3D空間認識技術



Project Tango

■ ライトフィールドVR

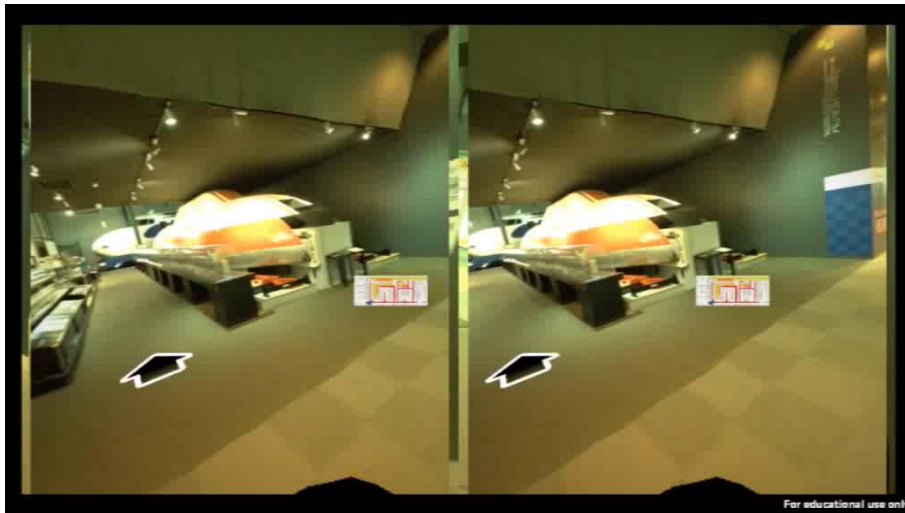
多数のカメラによって空間内の光線配置を記録し、実写空間のインタラクティブな体験を可能にする技術



出典: Prof. P. Debevec



高い臨場感の映像をインタラクティブに体験する
技術基盤はそろいつつある。



VR教育研究センター

連携研究機構

「バーチャルリアリティ教育研究センター」

略称：VRセンター

世界のVR研究は、大規模開発投資を伴いながら新たな発展を始めた。我が国が指導的立場を保つため、その研究開発と利活用の主体となる組織の整備が急務である。

責任部局： 情報理工学系研究科

連携部局： 人文社会系研究科、工学系研究科、医学系研究科、
新領域創成科学研究科、情報学環、先端科学技術研究センター

センターの目的：

VRに関する先導的基礎研究を推進するとともに、教育を含む様々な分野へのVRの応用展開を目指した総合的な教育研究基盤を整備すること。



ハプティクス



ヒューマン インタフェース



AR/MR



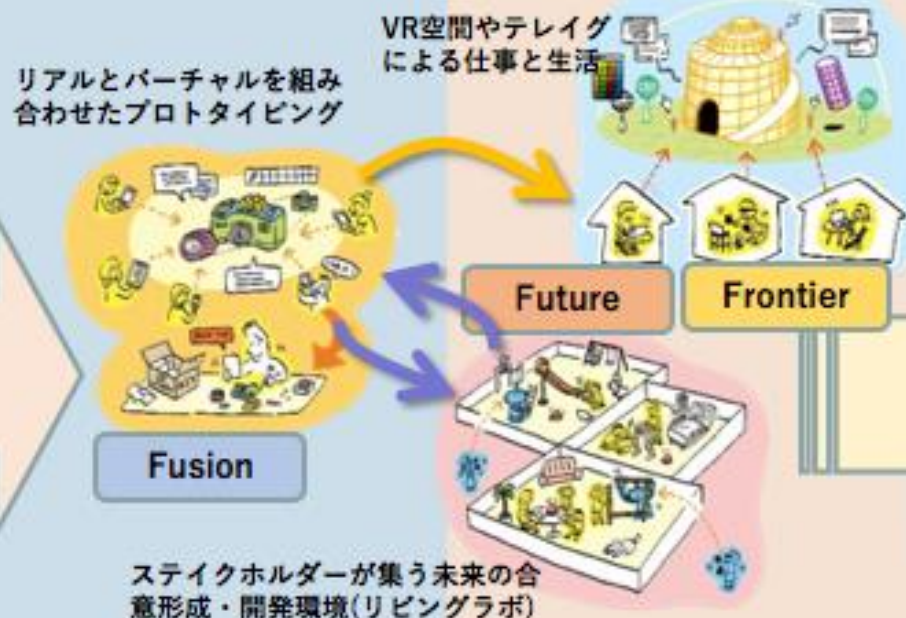
超高速・低遅延通信



IoT/クラウド

バーチャルリアリティ 教育研究センター

「FutureのFrontierをFusionで創出する」



VR F³ (Future Frontier Fusion) Plaza

- ・ 基盤研究部門、**応用展開部門**の2部門を設置
- ・ リアルとVR空間を統合させた教育環境の研究開発
 - ・ VRを活用した教育システムを開発、実践的講義を開講
 - ・ 世界の研究者・学生がセンターをVR訪問
 - ・ 関連分野のトップカンファレンスを招致、VR開催
- ・ VRの社会実装と文化創造の推進
- ・ VR分野を担う人材育成の方法論の確立



VR支援設計



VR支援医療



VRカンファレンス



VR講義

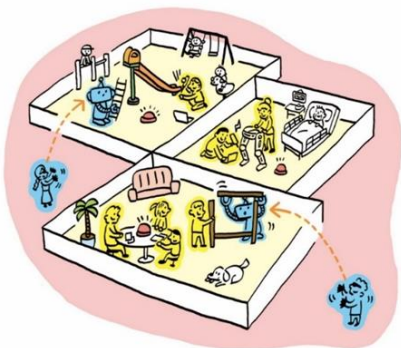
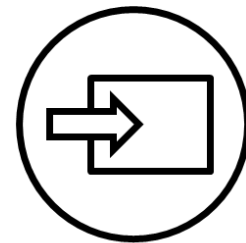


VRスタートアップ

世界最高のVRによる
教育訓練システム

市民を研究現場に招き入れる／Future Frontier を探る

「招き入れる」研究：バーチャルリビングラボ



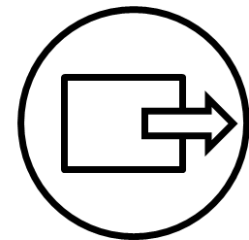
リビングラボ

リビングラボとは生活空間を模した実験空間であり、研究者、生活者、サービス提供者などのステイクホルダが一堂に会し、新たなシステムやサービスを共創するためのプラットフォーム

バーチャル空間に実環境と融合したラボを構築することで、地理的な制約を受けず世界からオンライン接続できるバーチャルリビングラボを実現し、国際的な共創プラットフォームとするともに、研究成果の検証に活用。

研究者が生活空間に出ていく／Future Frontier を協創する

「見せる」研究：バーチャルフィールドラボ



博物館連携

現代美術館 鉄道博物館 科学未来館など

VR・ARギャラリー・制作展連携

五感の技術

五感とは

五感とはわれわれが世界を感じるための感覚すべてを指す。
われわれは、日常、いわゆる「五感」を駆使して生活している。
にもかかわらず、これまでの情報通信技術のチャネルは視覚や聴覚に限定されてきた。

感覚の種

- 特殊感覚

 - 視覚、聴覚、味覚、嗅覚、前庭感覚

- 表面感覚

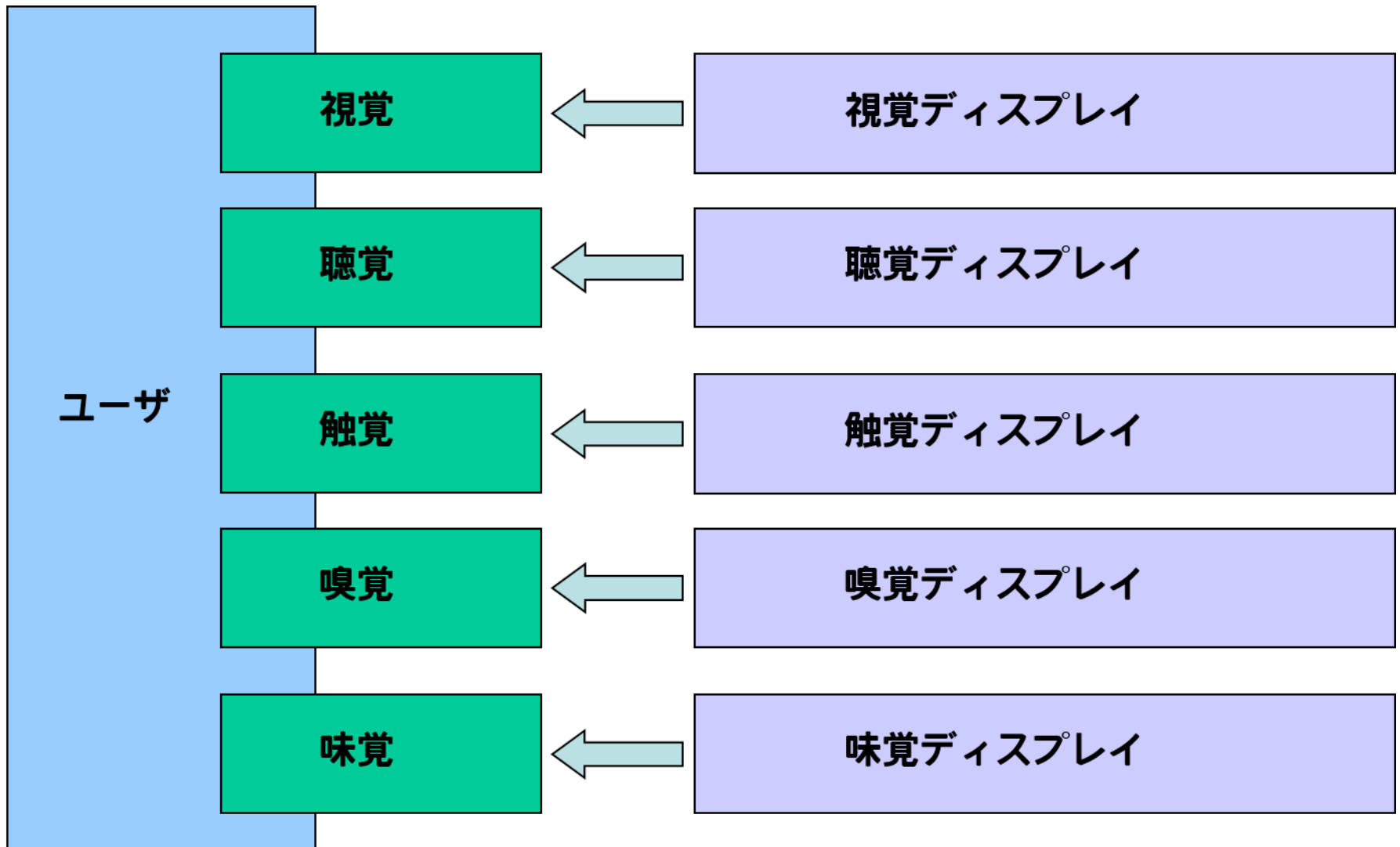
 - 触圧覚、温覚、冷覚、痛覚

- 深部感覚

 - 運動覚、位置覚、深部圧覚、深部痛覚

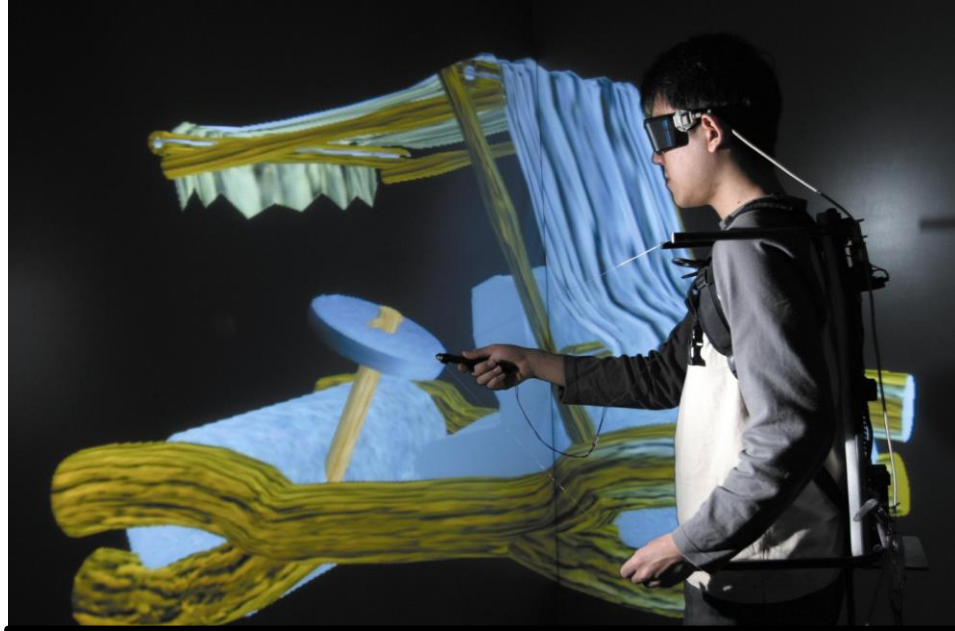
- 内臓感覚

 - 有機感覚（空腹感、吐き気）、内臓痛



触覚:

ハプティック
ディスプレイ



Wearable Haptic Display: “Haptic Gear”



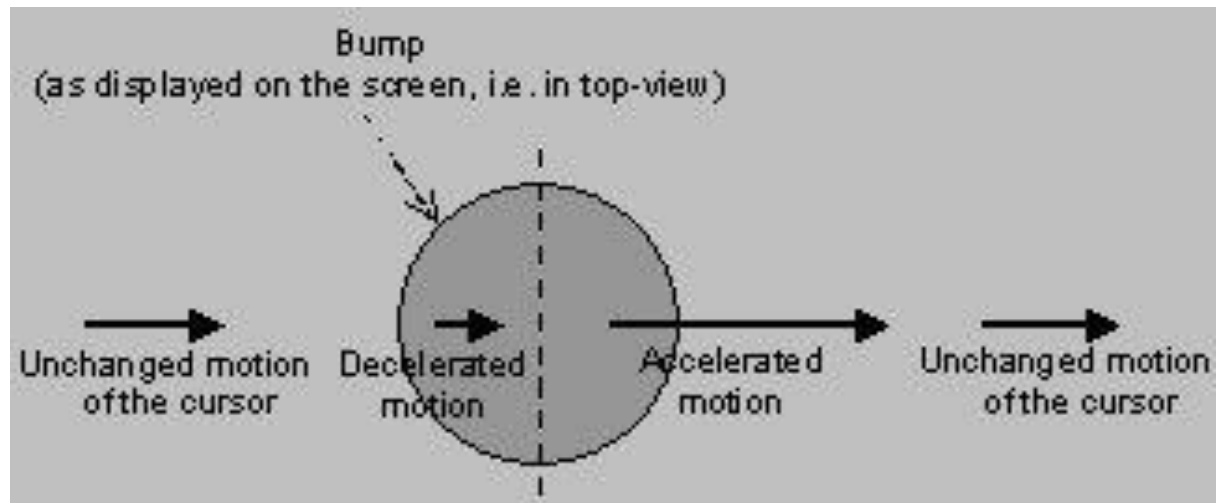
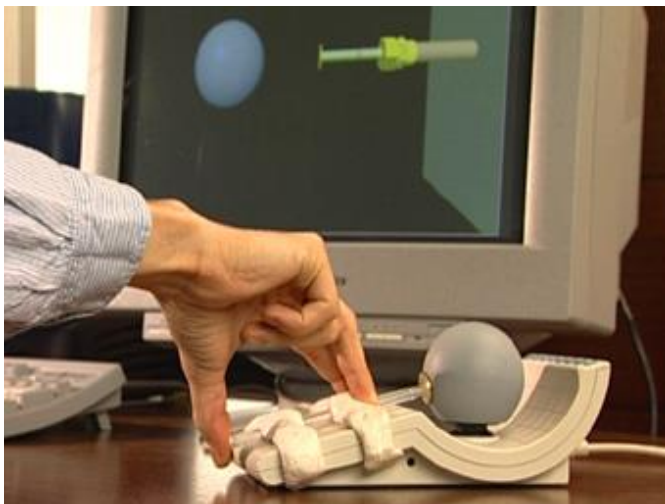
Phantom: Conventional Haptic Display



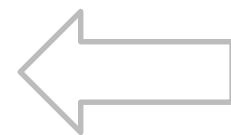
Using HapticGEAR, the user can touch large scale virtual objects such as a car.

■ 擬似触覚

A. Lecuyer et.al

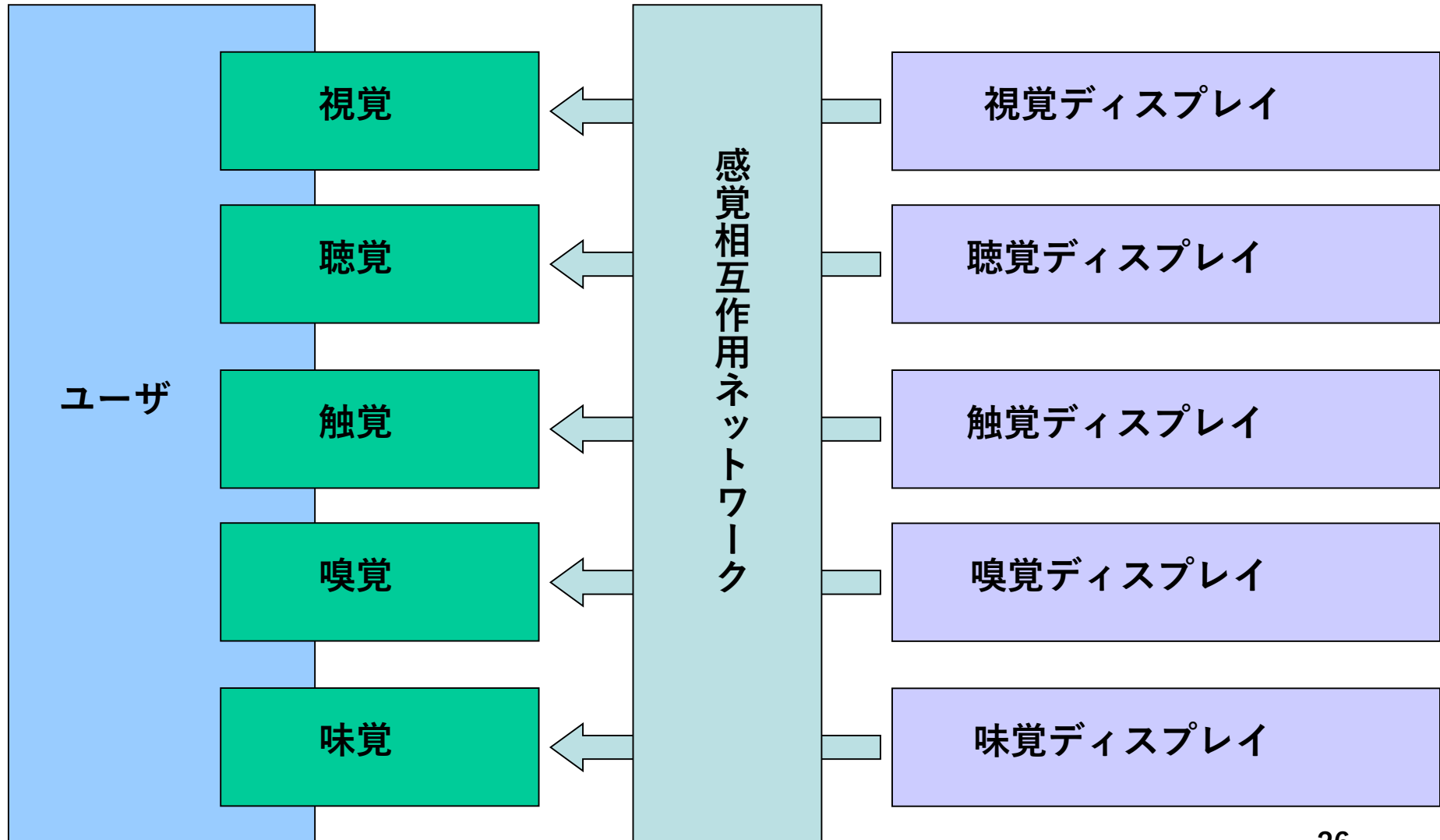


acceleration



Virtual
Friction

■ 五感相互作用ディスプレイ



Ubi-Toko

移動インターフェースへの 応用

Yubi-Toko

タッチパネルにおける擬似触力覚を利用した移動インターフェース

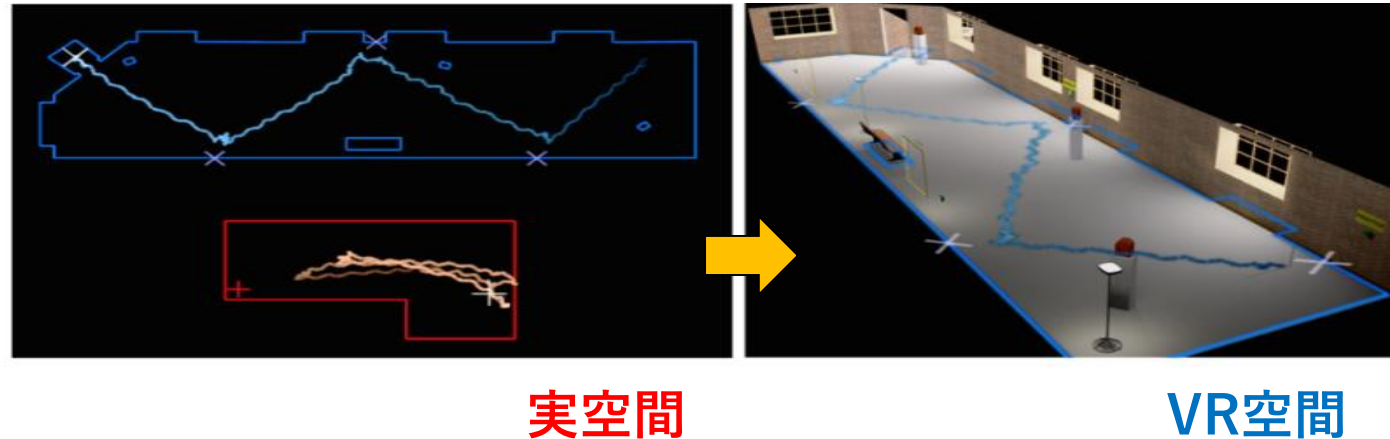


■ メタクッキー

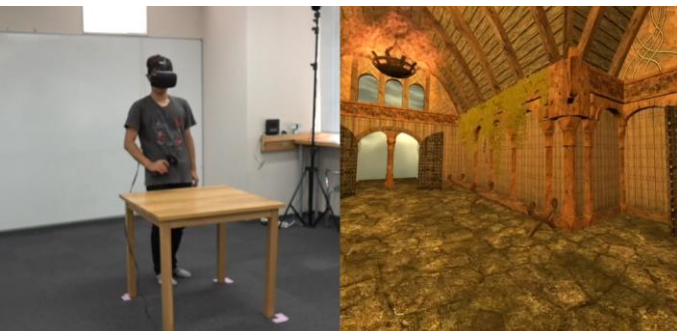
拡張現実感によって提示する視覚・嗅覚情報の組み合わせによって
クッキーの味を変える



■ Redirected Walking



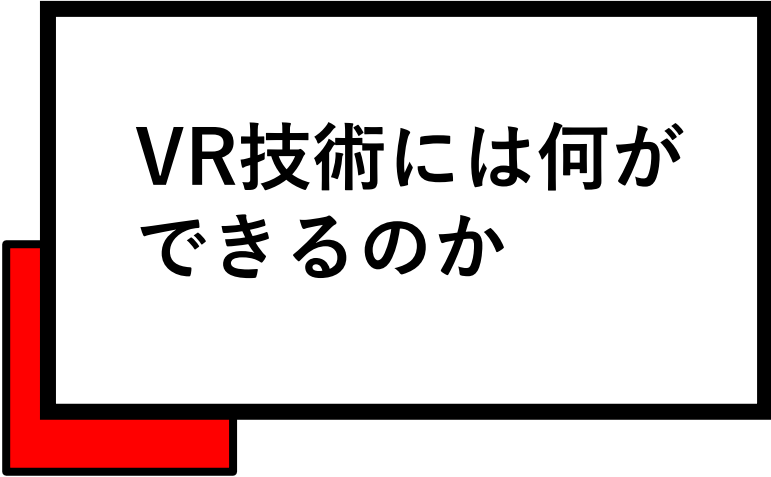
リダイレクテッドウォーキングとは、ユーザの視点とVR空間上の視点にあたるカメラの位置対応関係をユーザが気付かない範囲でずらしていくことで、VR空間を圧縮する手法である。



Magic Table



無限階段



VR技術には何が
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



「百聞は一見にしかず。百見は一体験にしかず。」

立花隆

■ 体験はなぜ必要か

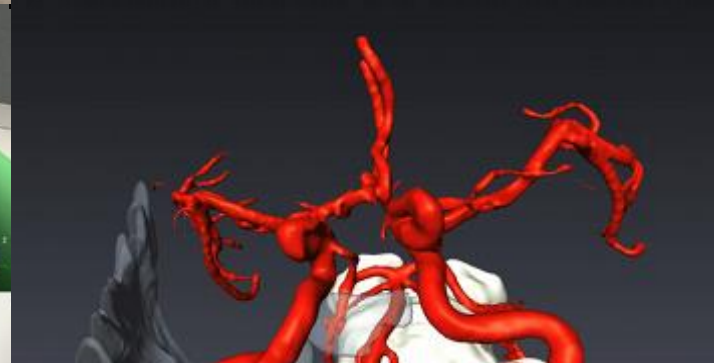
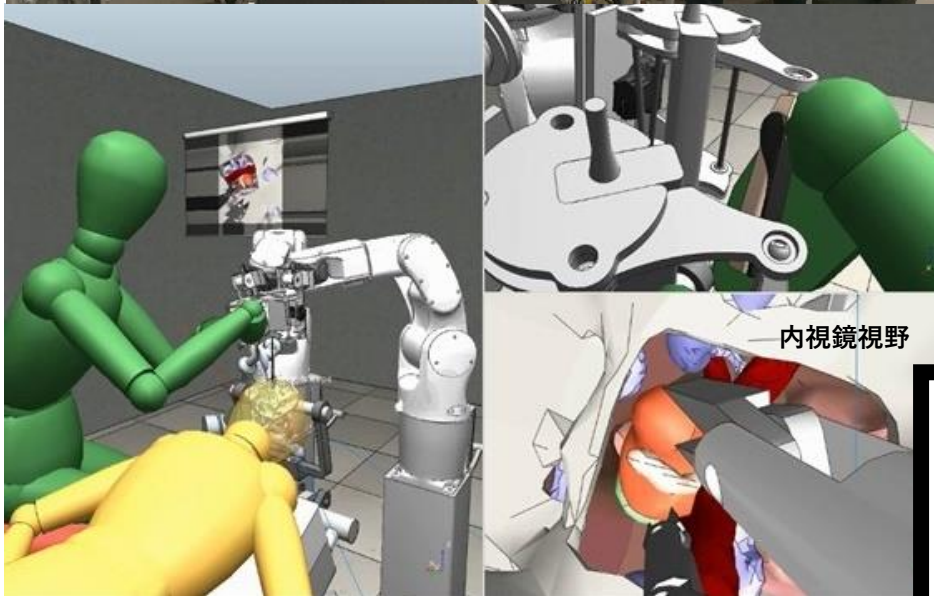
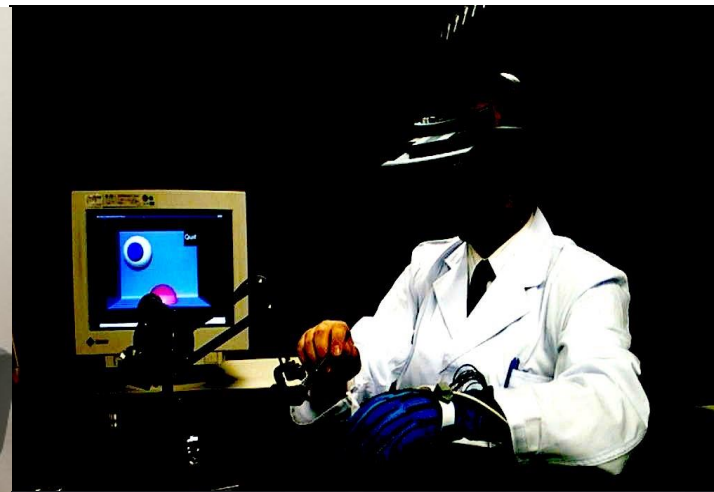
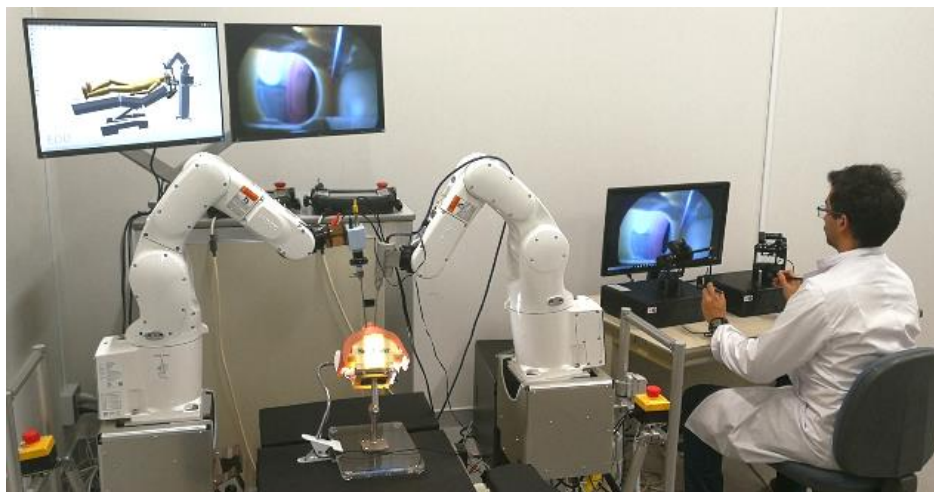
頭で理解することと体で理解することとは違う。



概念の可視化

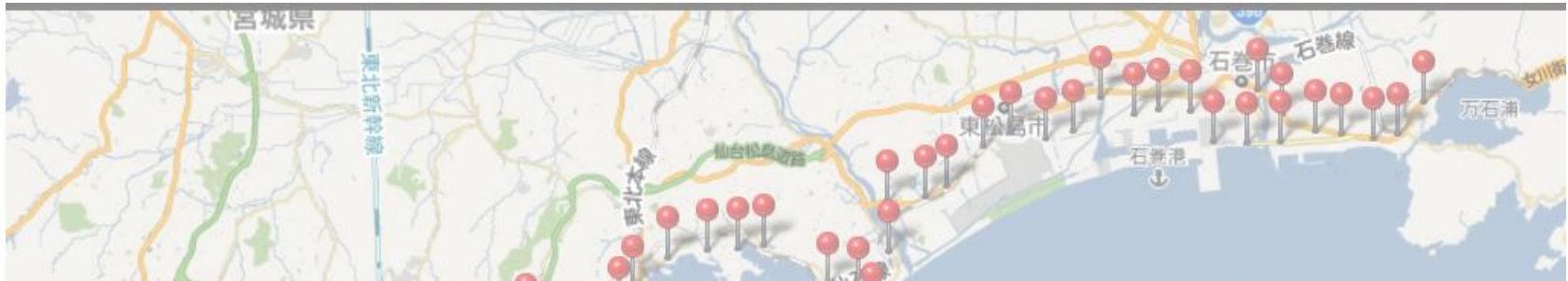
光速 30 cm/s の特殊相対性理論の世界

VR医療



- 実際の手術ロボットシステム
- VRでのシステム構築
- MRIデータで作成した仮想臓器と血管
- 手術ロボットのユーザビリティ評価

■ 防災教育とシミュレータ



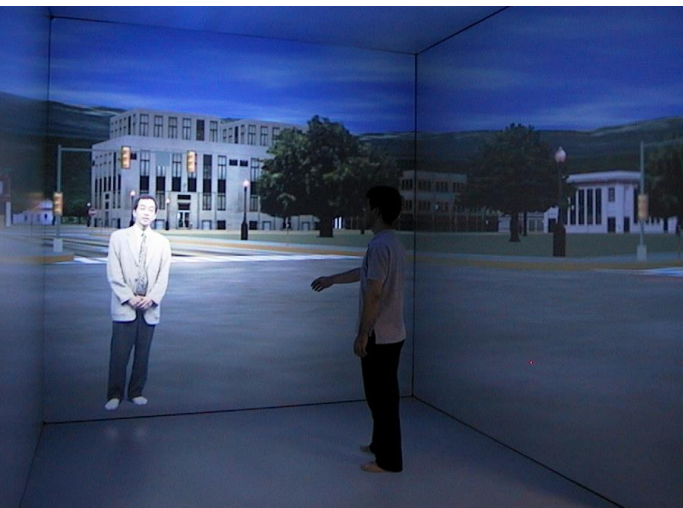
- 防災訓練の役割は、字面だけだと簡単そうに見える事が実は難しいということを「体験」によって理解させることである。

- 体験的知識を後世に伝えていくにはどうすればよいか？

空間を超える

■ 臨場感通信

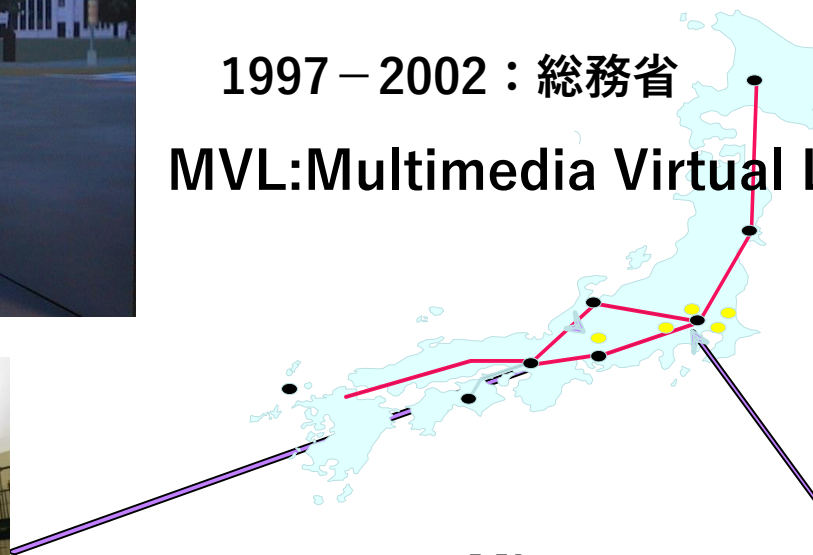
仮想空間を広帯域ネットワークを介して共有するための技術開発。



1997 - 2002 : 総務省
MVL:Multimedia Virtual Laboratory



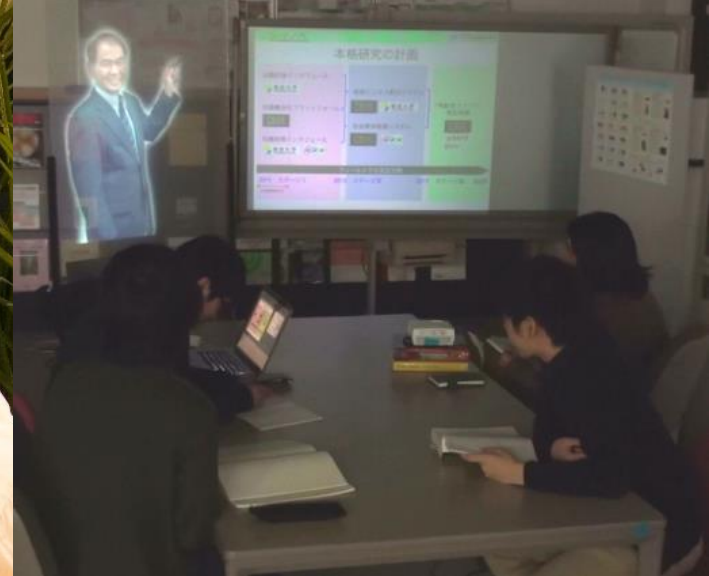
COSMOS/Gifu



155Mbps
Gigabit Network



CABIN/Tokyo 37



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

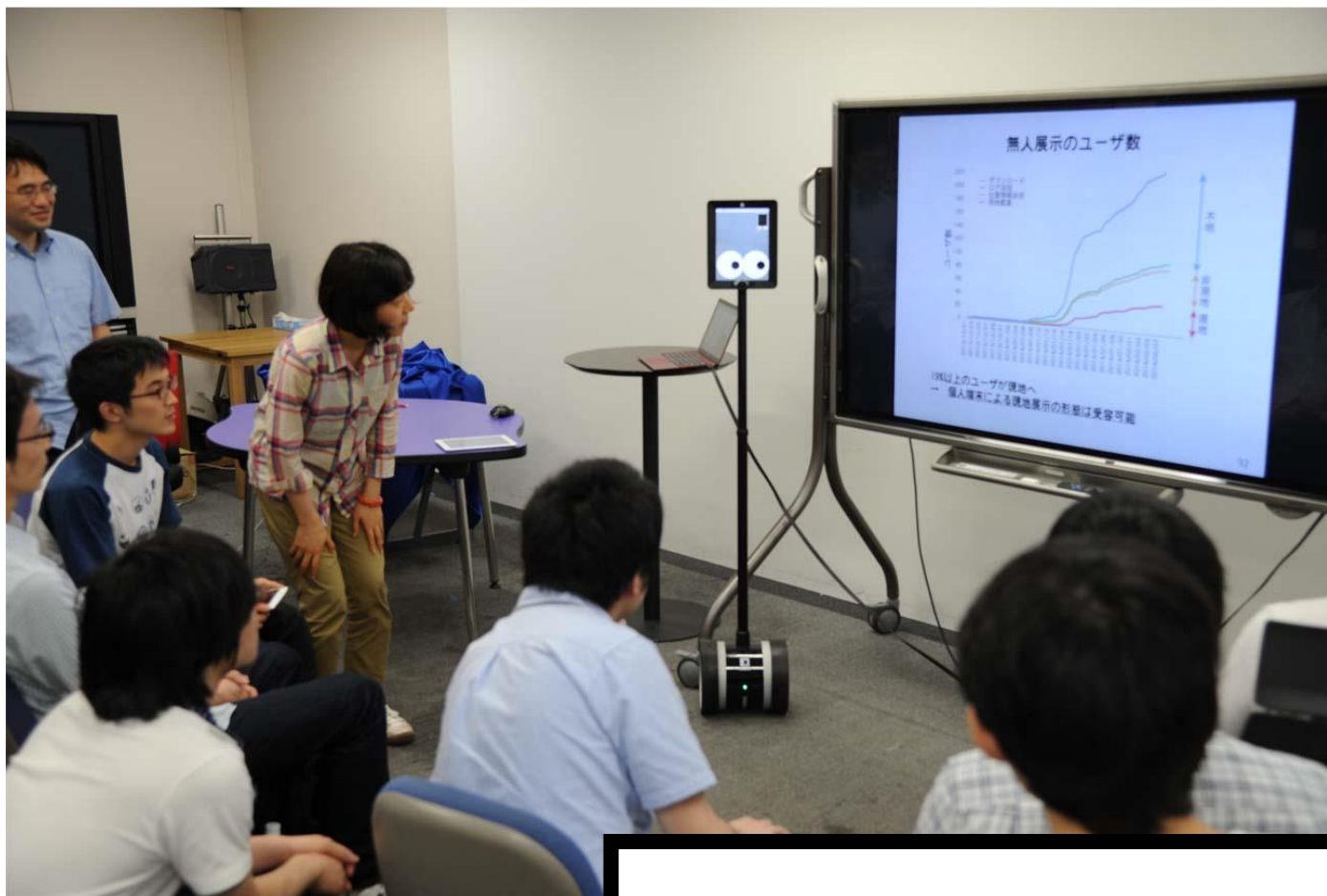
存在感：遠方の世界に自分を感じさせること

http://ic.pics.livejournal.com/telepresence_rm/19729670/42785/42785_original.jpg

■ 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

VR講義・VR会議



簡易ロボット(Double Robotics)を用いた遠隔授業のこころみ

ANA 仮想旅行



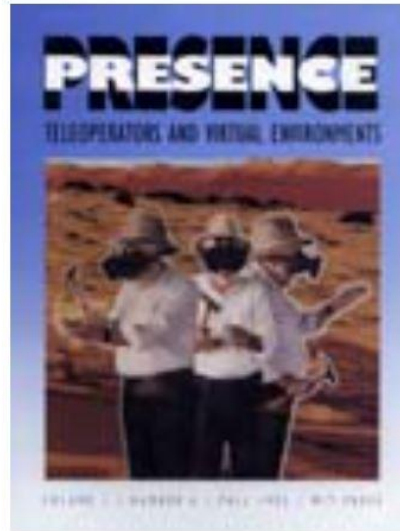
交通系企業がテレプレゼンス分野の研究開発を行うことは、矛盾的な行動に見える。しかしながら、高度経済成長期における我が国企業の成長の源泉がこの種の破壊的イノベーションにあったことも事実である



<特設会場イメージ図>

JR東日本 + KDDI 南三陸へ瞬間移動

Virtual Geologist :



The Presence of Field Geologists in Mars-Like Terrain

Michael W. McGreevy

Posted Online March 13, 2006

<https://doi.org/10.1162/pres.1992.14.375>

© 1993 The Massachusetts Institute of Technology

Presence: Teleoperators and Virtual Environments
Volume 1 | Issue 4 | Fall 1992
p.375-403

Abstract Authors

The presence of human geologists is held by some to be essential to the conduct of field geology on remote planetary surfaces, so a field study was conducted to observe and characterize the nature of that presence. This study was conducted in the Mojave Desert of Southern California at the Amboy lava field, a landscape that is analogous to terrain on Mars. Two experienced planetary geologists were interviewed and observed during the conduct of surface operations. Each subject then wore a head-mounted video camera/display system, which replaced his natural vision with video vision, while attempting to conduct further surface explorations.

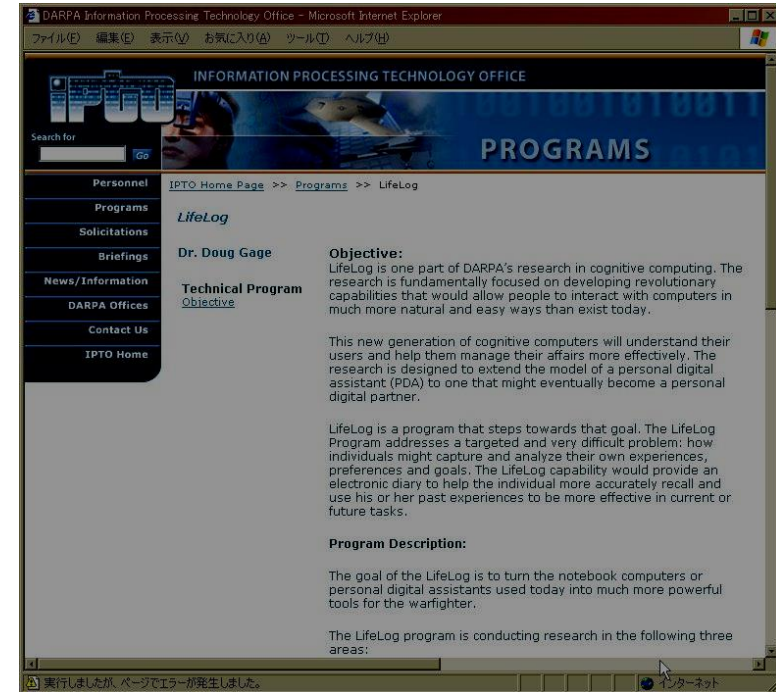
In this study, methods of ethnographic observation and analysis have been coupled with object-oriented analysis and design concepts to begin the development of a clear path from observations in the field to the design of virtual presence systems. The existence of redundancies in field geology and presence allowed for the application of methods for understanding complex systems. As a result of this study, some of these redundancies have been characterized. Those described are all classes of continuity relations, including the continuities of continuous existence, context-constituent continuities, and state-process continuities. The discussion of each includes statements of general relationships, logical consequences of these, and hypothetical situations in which the relationships would apply. These are meant to aid in the development of a theory of presence. The discussion also includes design considerations, providing guidance for the design of virtual planetary exploration systems and other virtual presence systems. Converging evidence regarding continuity in presence is found in the nature of psychological dissociation. Specific

火星の地質探査をバーチャルな方法で行おうという試み

時間を超える

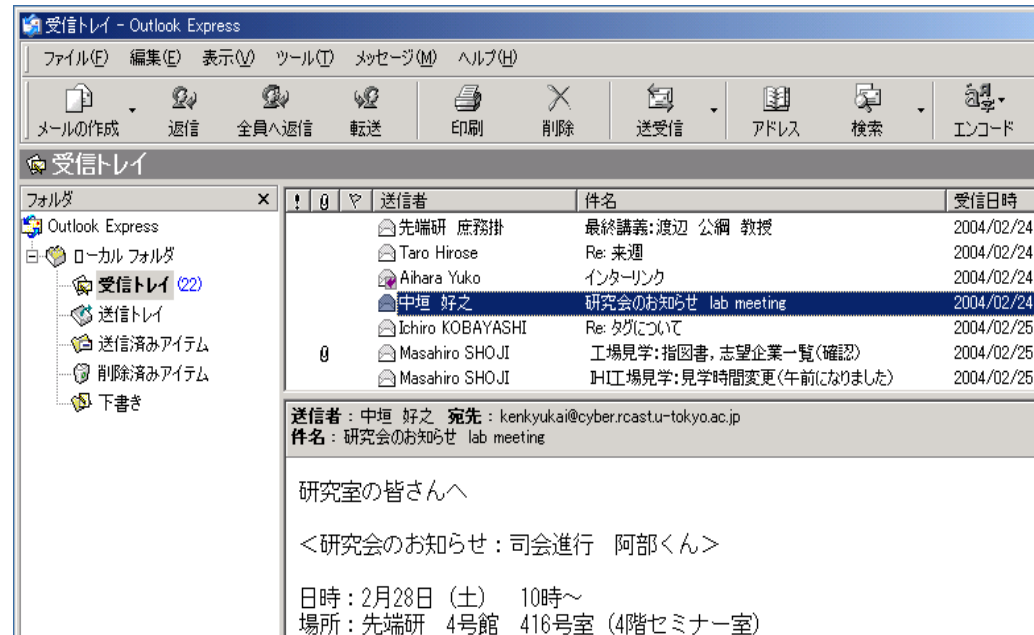
Life Log

この言葉はもともとは DARPA によって使われたもので、コンピュータの記憶容量が莫大となった現在、様々な事象を記録して、創造のできないような用途に役立てることができるのではないかという発想に基づいている。



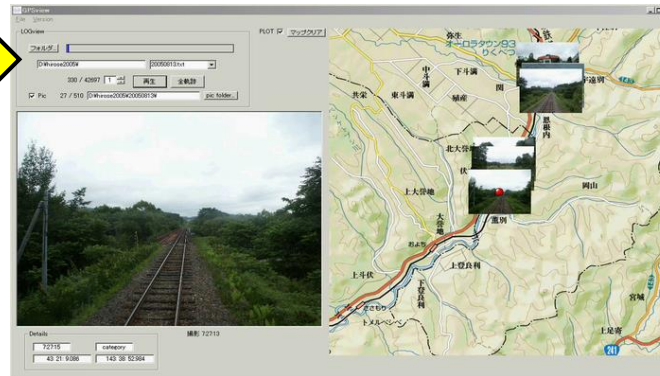
コンピュータは記録の道具である。

われわれは色々な事柄をなんとなく忘れてしまうが、コンピュータは明示的に忘れろと指示されない限り、忘れることはしない。電子メールの記録はデフォルトで永久に残る。



■ 現実化する Life Log 技術

毎日、見たものをMPEG品質で、1日16時間、70年間にわたって動画に記録したとしても、必要容量は10Tバイトほどである。この容量はあと十年以内にラップトップ上に実装されてしまうぐらいのものである。



Location

GPS

Board CPU,DV
Recorder and
Windows
Machine

Emotion

CCD Camera
Microphone

Thermometer

Heart Beat Sensor

Flat Switch

Vision

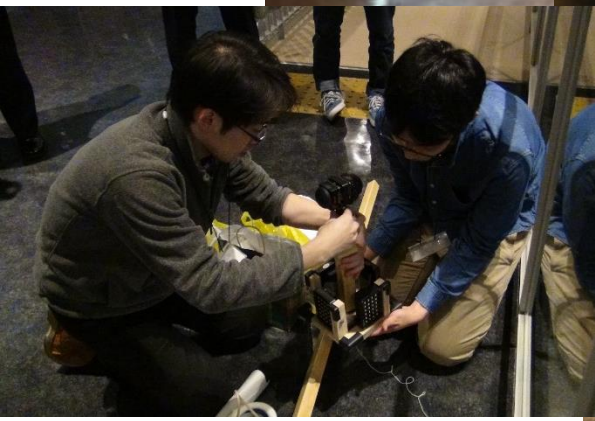
Audio

Ambience



GPSで位置を取得
PDAで記録保存
ビデオ・カメラで画像取得

10号御料車 の記録



JR神田万世橋ビル 「万世橋 思い出のぞき窓」



JR神田万世橋ビル



約100年前 万世橋駅



交通博物館

JRステーションリテイリング，東日本
鉄道財団間で，システム導入を調整中



地域住民とのコミュニケーション

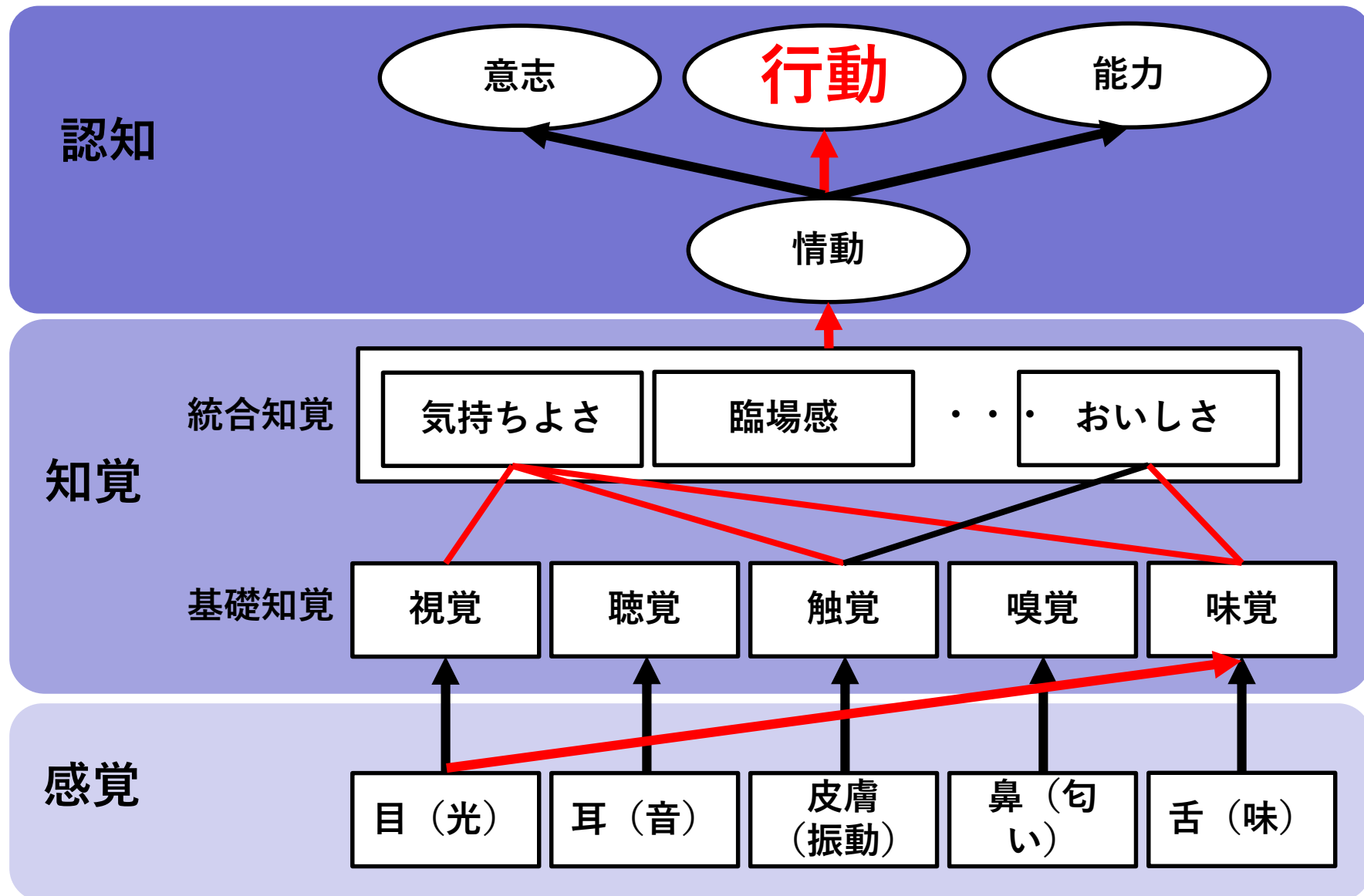
■ JR神田万世橋ビル「万世橋 思い出のぞき窓」

■ 動画の追体験（NHK：カラー映像で見る100年前の東京）



感情に作用する

■ 行動や情動は感覚から生まれる



自分は何者だ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」



■ 認知が先か、行動が先か

■ 全ての行動が意識されて起こるわけではない
反射
条件反射

■ 自分の状態が認知されることで情動が生じる
「悲しいから泣くのか、泣くから悲しいのか」



反射

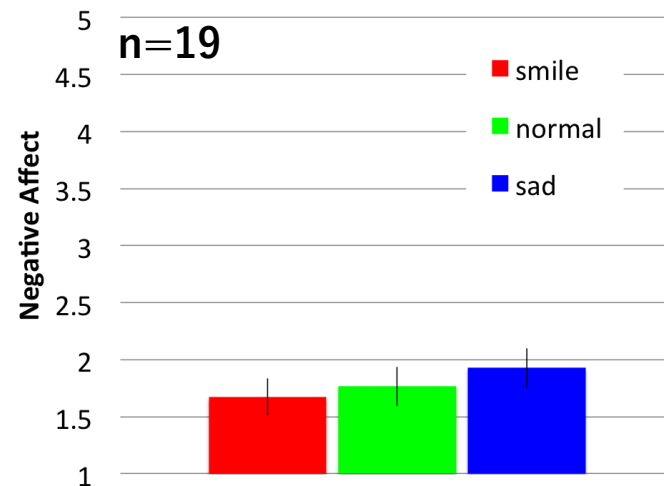
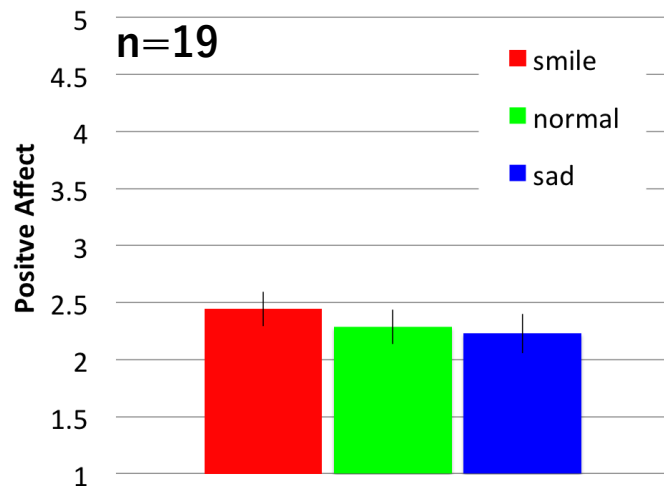


経験・慣れ（条件反射）



情動二要因説

■ 快・不快感情の喚起：実験結果



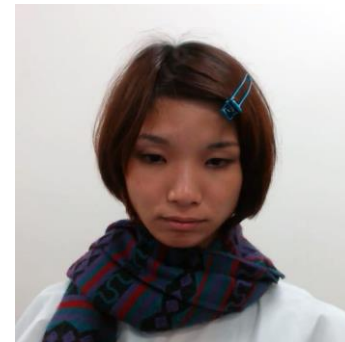
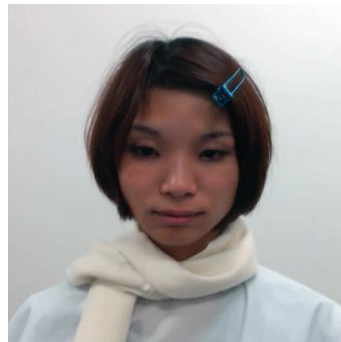
- 全被験者のポジティブ感情・ネガティブ感情の平均値
- 笑顔と悲しい顔で有意差
- 笑顔：ポジティブ感情 悲しい顔：ネガティブ感情



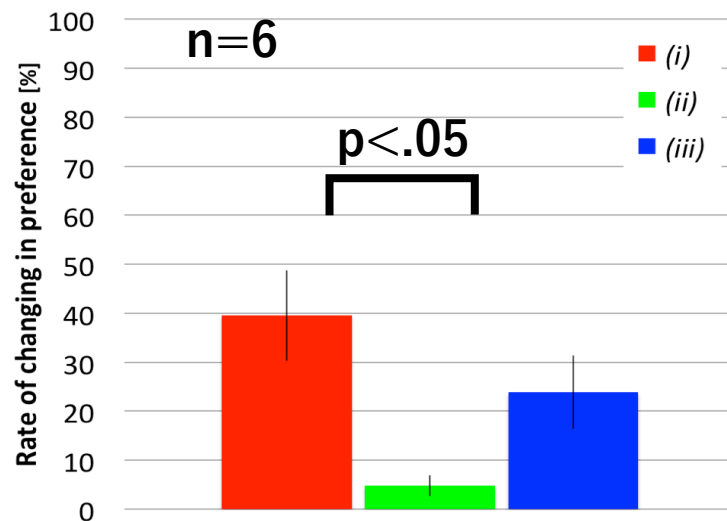
S.Yoshida et al.: Manipulation of an Emotional Experience by Real-time Deformed Facial Feedback, The 4th International Conference on Augmented Human (AH2013), Mar, 2013

■ 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



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

約40%は狙い通りに選好が変化。約5%は逆の変化。

■ 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



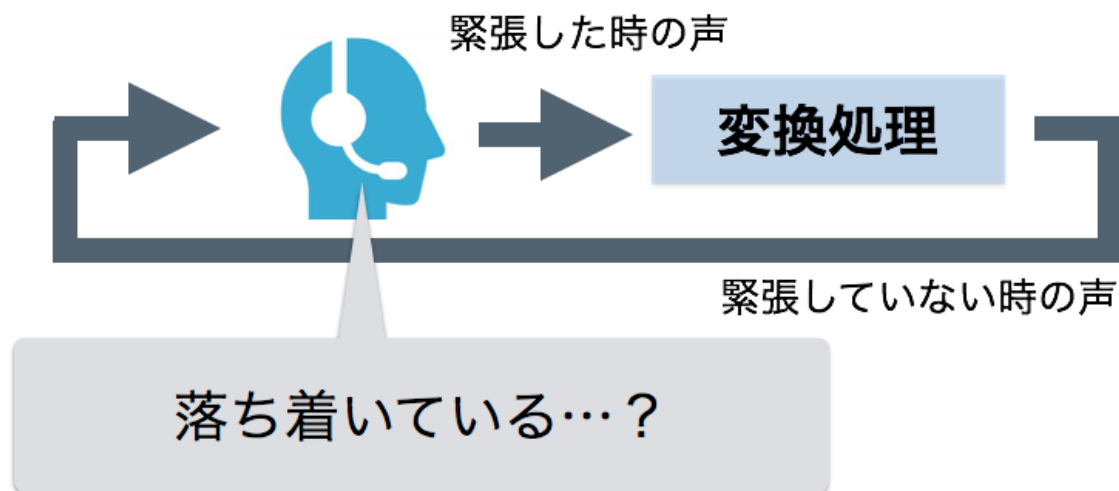
■ 変換聴覚フィードバック

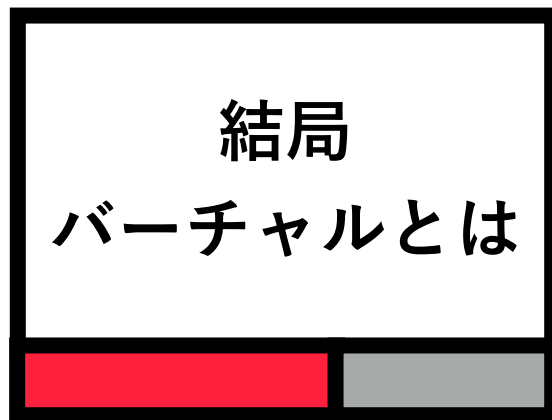
人前でのスピーチ、プレゼンテーションが
緊張喚起

緊張時の声の特徴を音声変換で打ち消す



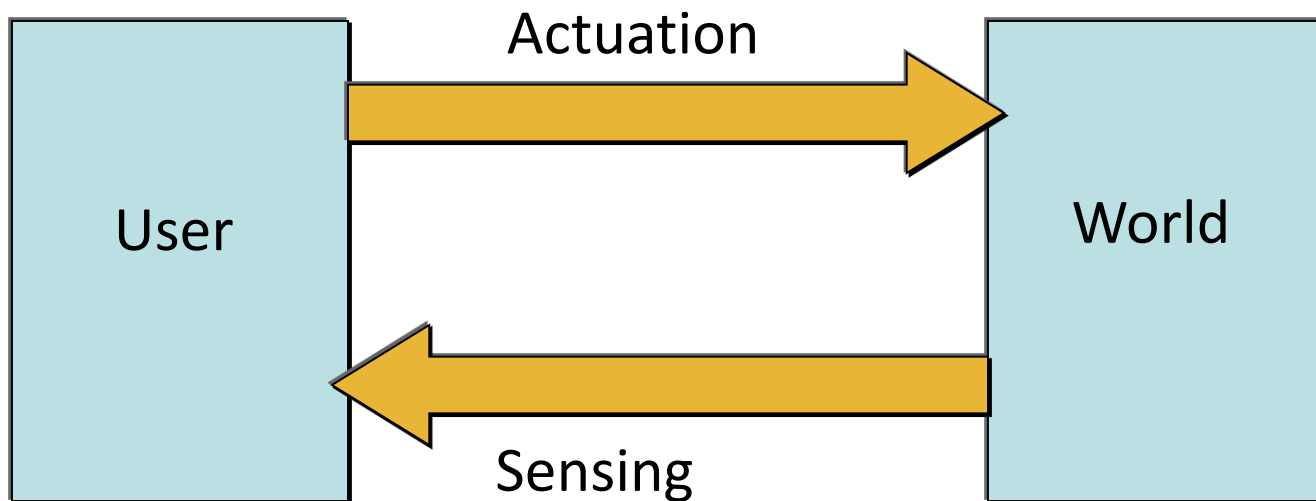
➡ 擬似的に安静状態の声を生成





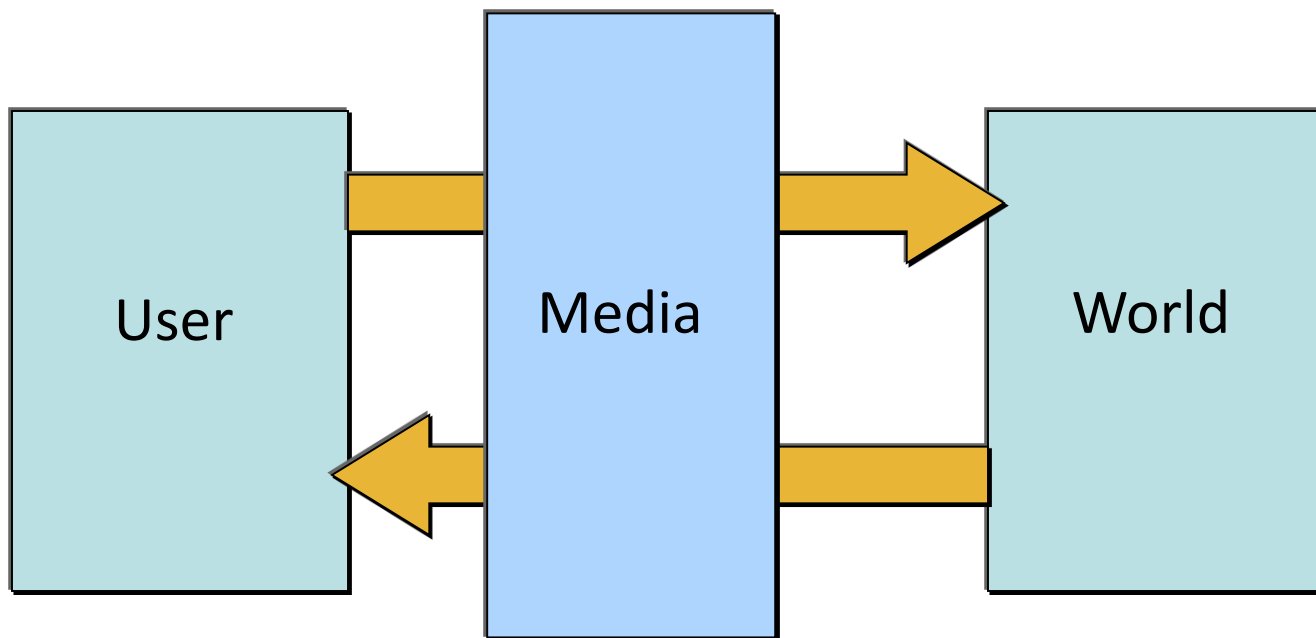
■ VIRTUAL

バーチャルとは、「実際には存在しないが、機能や効果として存在するも同等の」という意味である。



■ VIRTUAL

バーチャルとは、「実際には存在しないが、機能や効果として存在するも同等の」という意味である。



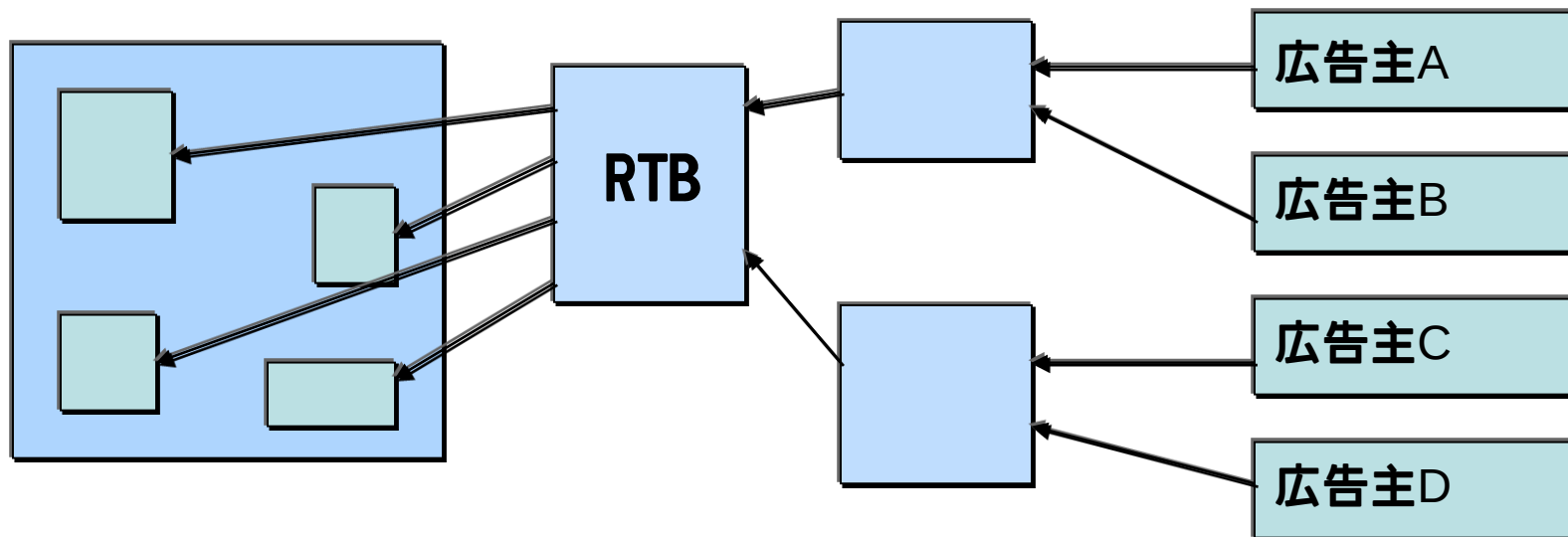
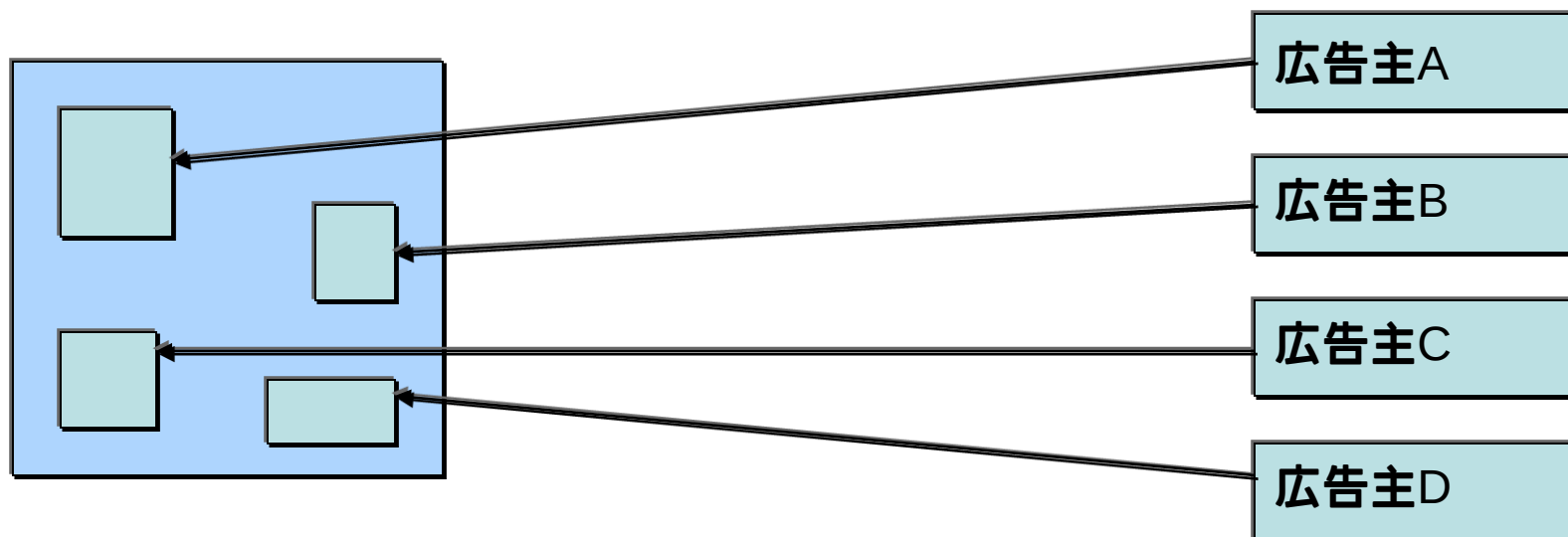
Virtual Makes Impossible Possible.

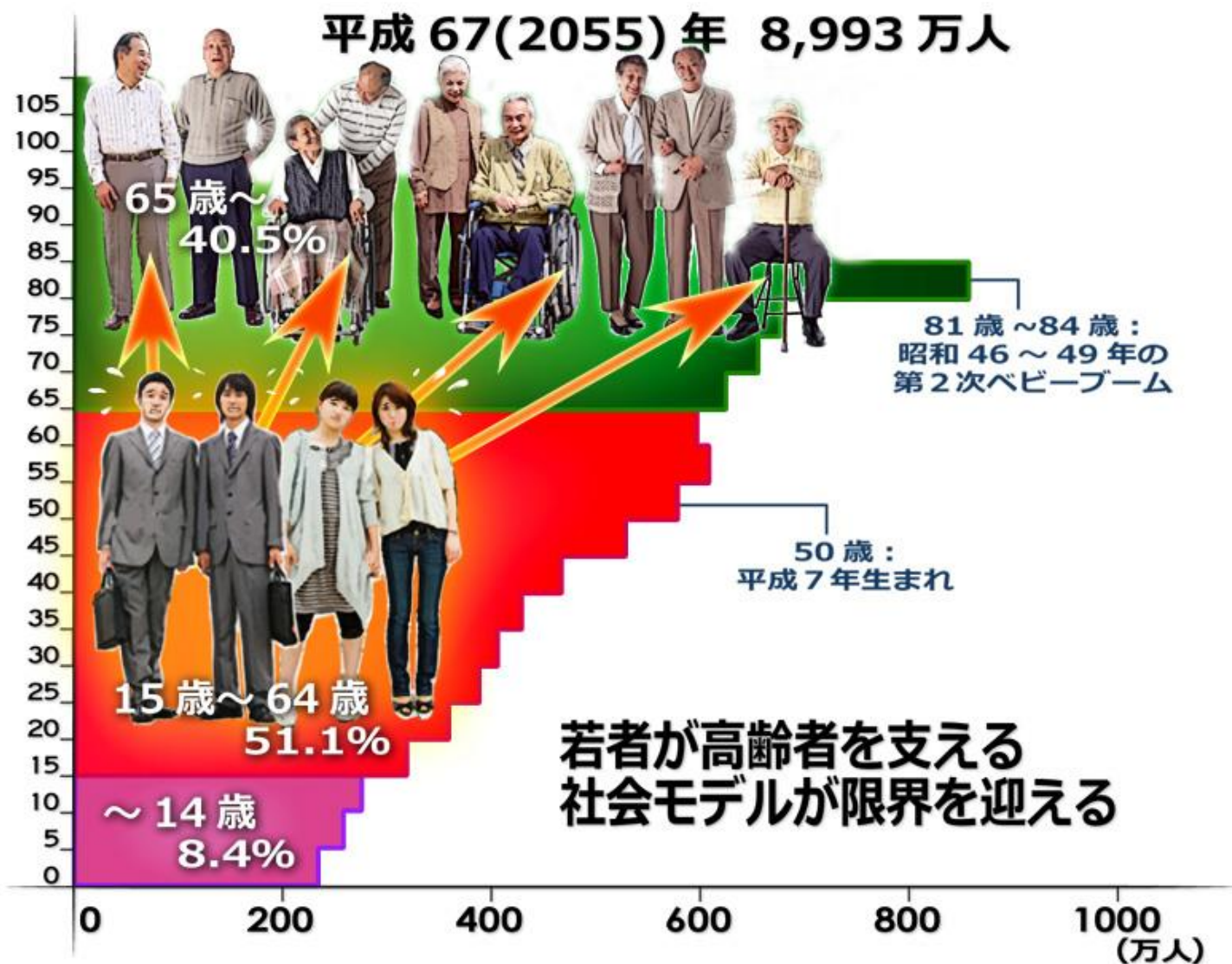
What we can do in the real
world



What we can do in the cyber
world

媒体への広告掲載のバーチャル化





■ 労働力の仮想化

細分化された高齢者
労働力
(高エントロピー)

クラウド型メディア
Cloud Computer

技能や知識の要素化・構造化

再構成

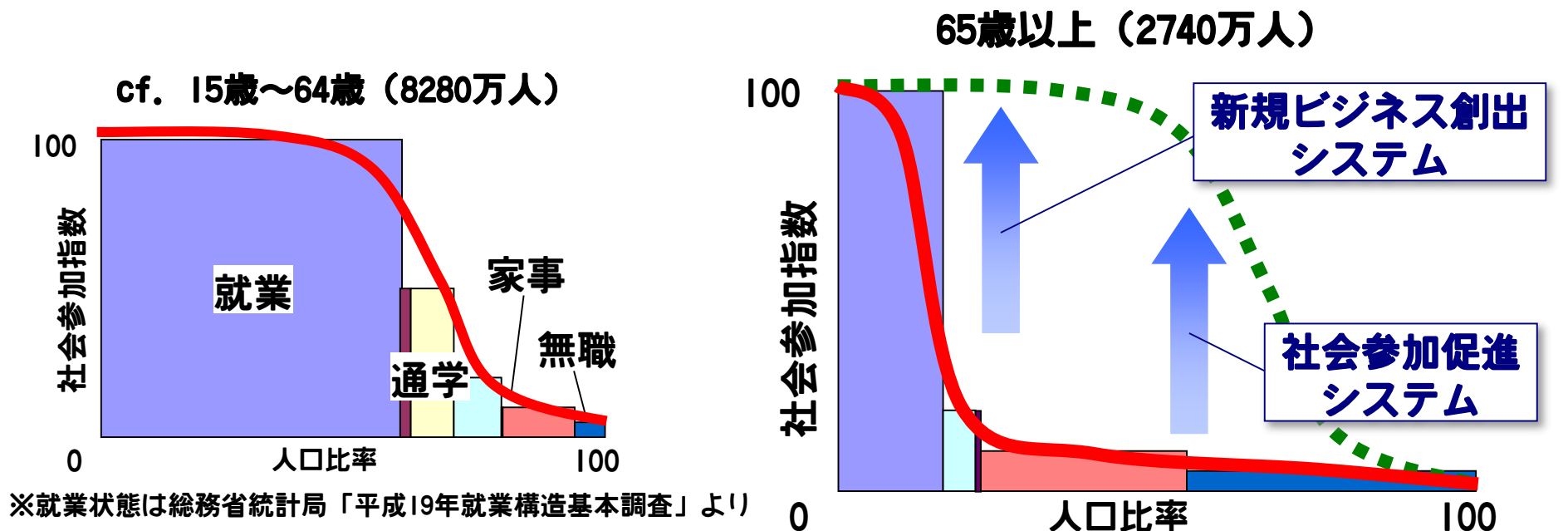
MOSAIC 労働力
(常識的な) 労働力
(低エントロピー)

たとえば： 設計士1名

営業1名

高齢者クラウドによる社会構造の変化

社会参加促進システム・新規ビジネス創出システムにより「社会参加の度合い」を向上



シニア非就業者の4割が就業→22.6兆円の経済効果

社会参加指数の応用可能領域

- 街づくり効果の尺度として
- 個人のライフプランニングの指標として

ステージII～IIIにおいて、統計データや研究データにもとづき厳密で多面的な指標の確立を目指す

就業状態別社会参加指数の仮定値

100	有業者 - 仕事が主な者
50	有業者 - 仕事は従な者 - 通学が主な者
50	無業者 - 通学している者
20	有業者 - 仕事は従な者 - 家事が主な者
20	有業者 - 仕事は従な者 - 家事・通学以外が主な者
10	無業者 - 家事をしている者
5	無業者 - その他



まとめ

1. 現在のVR技術は第1世代に比べて、いくつかの質的な違いがある。これをVR2.0と呼ぶ。その違いを認識することが重要。
2. VR2.0は、技術単体でなく、その周辺の技術まで含む生態系が重要。その生態系が整ってきたのが「VR元年」。
3. VRは、現実のコピーではなく、現実を超えることを目的とすべき。「VRでなければできないことは何か」が重要である。

1. VRのいま
2. VR教育研究センター
3. 五感の技術
4. 体験する
5. 空間を超える
6. 時間を超える
7. 感覚に作用する
8. 結局バーチャルとは