



# バーチャルリアリティ (VR) と AR・MRの現状と課題

竹村 治雄<sup>12</sup>

<sup>1</sup>大阪大学 サイバーメディアセンタ 教授

<sup>2</sup>NPO法人 日本バーチャルリアリティ学会 副会長

# 目次

1. 自己紹介
2. VR/AR/MRの変遷について
3. 大阪大学での研究事例
4. 建築分野への応用に関する私見
5. まとめ

# 自己紹介

- 大阪大学基礎工学部出身
- 国際電気通信基礎技術研究所（ATR）
- 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科を経て
- 2001年より、大阪大学サイバーメディアセンター教授
  - この間、サイバーメディアセンター長、教育学習支援センター長などを歴任
- 日本バーチャルリアリティ学会副会長

# Virtual Space Teleconferencing System –VISTEL 1992 (ATR)



# 目次

1. 自己紹介
2. VR/AR/MRの変遷について
3. 大阪大学での研究事例
4. 建築分野への応用に関する私見
5. まとめ

# VRとは？

- VR (Virtual Reality)

- 物理的には存在しないものを、感覚的には本物と同等の本質を感じさせる技術
- 「バーチャル」は「仮想」ではない。物理的存在の有無の違いであり、本質は等しい。

- 狭義のVR

- 現実を遮断し、バーチャル世界の中に閉じた環境を実現する。

# VRの実現原理

人間に対して現実と同じ感覚を生じさせれば良いので  
様々な実現方法が考えられる。

実際的には、

- \* ヒトの外界をセンシングするセンサー(受容体)に、コンピュータで生成した刺激を与えて、それを現実と区別できない状態にする。
- \* 受容体が生成するのと同等の神経刺激を直接神経に発生させる。
- \* 脳神経に直接作用して上記と同等の感覚を生成する。

などが考えられる。

# VRの原理

## ヒトの感覚器

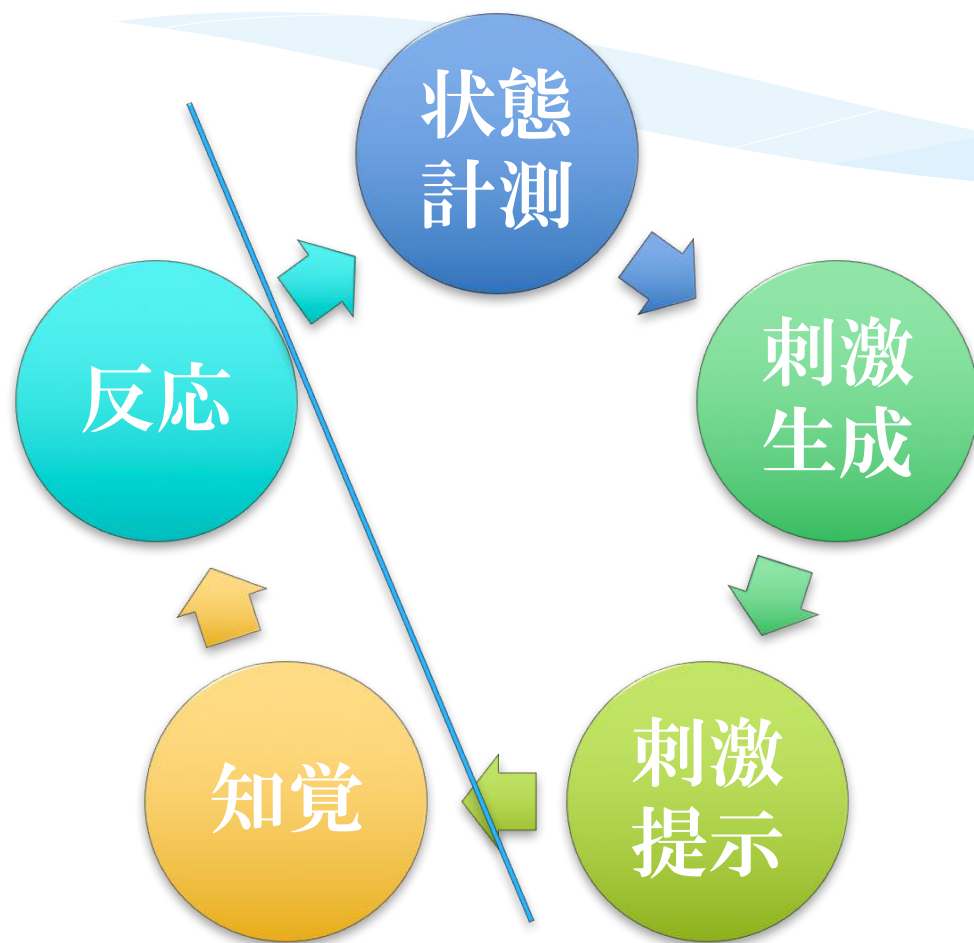
1. 視覚器
2. 聴覚器
3. 嗅覚器
4. 味覚器
5. 触覚器
6. その他

## その他の感覚

1. 平行感覚
2. 空腹感
3. 吐き気 etc.



# VR生成のサイクル



# VR・ARの変遷

VR・ARの変遷

## 1950

- 1958**  
人工知能の父と呼ばれるマービン・ミンスキーにより開発のヘッドマウントディスプレイ(HMD)が開発される。
- 1962**  
映像技術のモートン・ハイリにより多感覚体験型ゲーム『シンクラウド』が開発される。立体映像、鏡子の移動、風や匂いの提示などが可能。
- 1965**  
コンピュータグラフィックスの父と呼ばれるアイバン・サザランドにより開発のディスプレイが開発される。
- 1967**  
ノースカロライナ大学のフレデリック・ブルックスらによりFOROPプロジェクトが始められる。力覚フィードバック装置(注目を集めた)のVRシステムで、CGで表示された分子の間に働く力を感じることができた。
- 1968**  
アイバン・サザランドにより開発のディスプレイが開発される。ヘッドマウントディスプレイ(HMD)が開発される。
- 1969**  
VPLリサーチ社から初の商用VRシステム『Eye2』が開発される。ヘッドマウントディスプレイ(HMD)や手形入力装置『データグローブ』などを備える。同社を設立したジャコブ・ラニエにより「バーチャルリアリティ」という言葉が造られる。
- 1970**  
大阪大学で世界初の「TAMAKシアター」が開発される。
- 1980**  
機械技術研究所(当時)の藤原によりブレインレジスタンス(遠隔操作、遠隔存在)の概念が提唱される。ロボットの視覚情報や触覚情報をユーザに伝える。ロボットに乗り移ったような感覚を手伝うという考え方。
- 1982**  
ブレインレジスタンスを実現したマスターズレベル型(注2)ロボット『TELE-SAR』が開発される。注1: 藤原の脳波情報取得装置、注2: 藤原の脳波情報取得装置、注3: 藤原の脳波情報取得装置
- 1983**  
任天堂からファミリーコンピュータが発表される。当時としては鮮やかなグラフィックス性能などを備え、娯楽的に応用できる前向きな大型の装置でありながら、手を動かせる前向きな大型という特徴があった。
- 1989**  
筑波大学の前田洋典により国内初のカラディスプレイ「フォースディスプレイ」が開発される。赤上と有線である点の装置でありながら、手を動かせる前向きな大型という特徴があった。
- 1993**  
学生対抗バーチャルリアリティコンテスト(VRC)が初めて開催される。
- 1999**  
任天堂から『NINTENDO 64』が開発される。累計出荷台数約3300万台。

## 1990

- 1990**  
ボーイング社(当時)のトム・コーデルにより『Augmented Reality (AR, 拡張現実感)』という言葉が造られる。
- 1991**  
イリノイ大学によりプロジェクタを用いたVRディスプレイ『GAVE』が開発される。立方体形状の部屋の正面、左右、床の4面に立体映像を投影するもので、VR体験が飛躍的に向上。
- 1994**  
『セガサターン』が開発される。累計出荷台数約900万台。アーケードのゲームタイトルが多数移植される。一般家庭向け3Dゲームが普及するきっかけとなった。
- 1996**  
日本バーチャルリアリティ学会が発立される。
- 1996**  
任天堂から『FAR』が開発される。
- 1999**  
任天堂から『NINTENDO 64』が開発される。累計出荷台数約3300万台。

## 2000

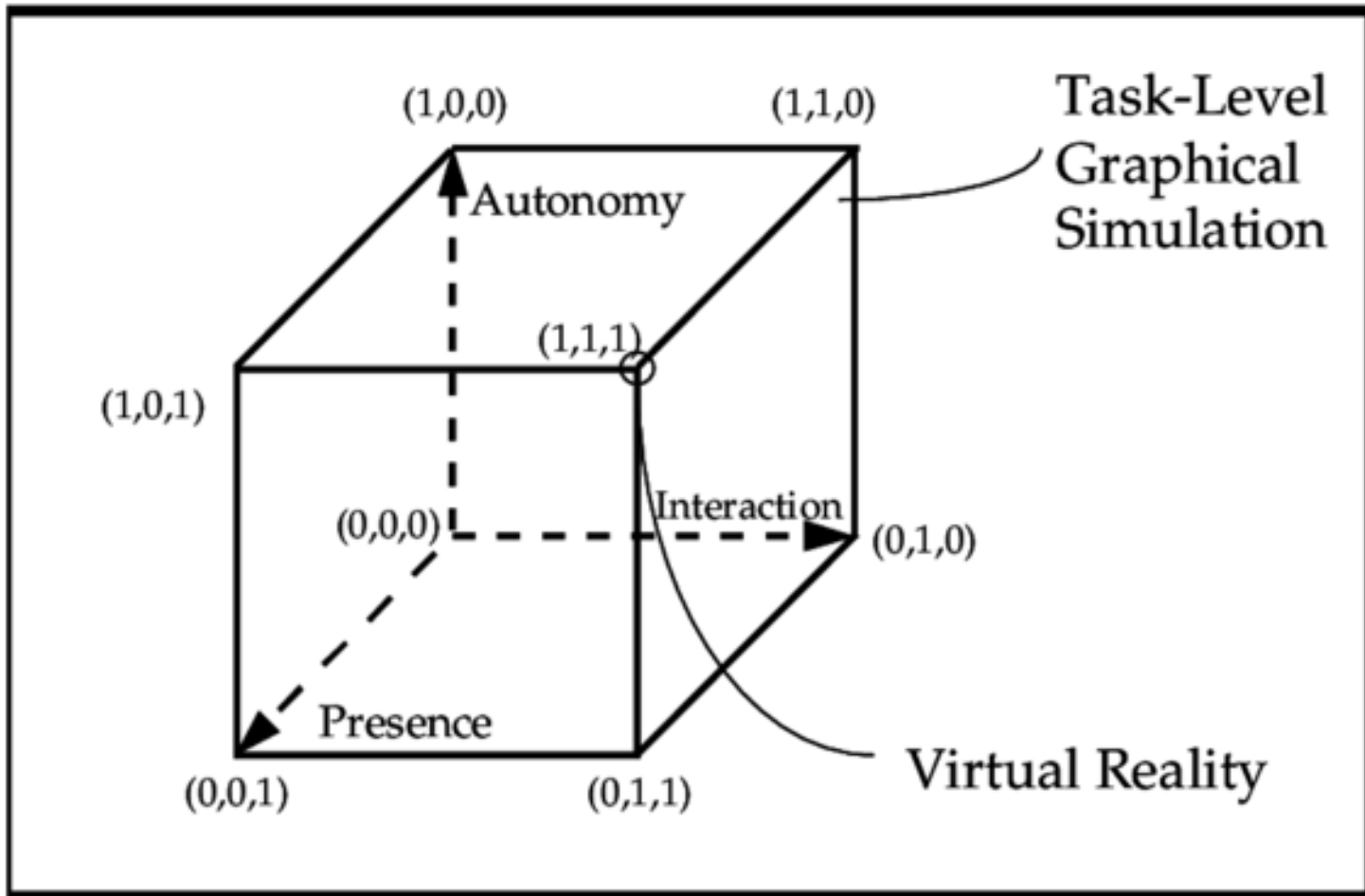
- 2000**  
ソニー・コンピュータエンタテインメントから『PlayStation 2』が開発される。PlayStationからの上位互換性を備え、連続的にヒット。累計出荷台数1億5千万台以上。
- 2001**  
任天堂から『ニンテンドーゲームキューブ』が開発される。累計出荷台数約2200万台。非公開ながら立体映像出力機能が内蔵されていた。
- 2002**  
マイクロソフトから『Xbox』が開発される。累計出荷台数約2400万台。この頃からコンシューマーのグラフィクスボード(GPU)の性能が急激に向上し、ゲーム機にも使用されはる。
- 2005**  
任天堂から『Wii』が開発される。誰にでも楽しめることを目指して開発。体を動かす『Wiiリモコン』や『Wii フット』などの新制御で連続的にヒット。累計出荷台数1億台以上。
- 2006**  
任天堂から『Wii U』が開発される。誰にでも楽しめることを目指して開発。体を動かす『Wiiリモコン』や『Wii フット』などの新制御で連続的にヒット。累計出荷台数1億台以上。
- 2010**  
Leap Motionから『Gesture Pointing Device』が開発される。スマートフォンのように持ち、1/100mmの精度で手の手の動きを認識し、直感的な操作が可能。
- 2013**  
Oculusから『Rift Development Kit (DK1)』が開発される。従来のヘッドマウントディスプレイに比べて極めて安価(3000円)に高品質な体験が可能で、VRの普及に大きく貢献。
- 2013**  
グーグルから『Glass』が開発される。極小サイズの単眼ヘッドマウントディスプレイ型ウェアラブルコンピュータであり、AR、通話、音声認識などの機能を備える。

## 2010

- 2010**  
マイクロソフトから『Kinect』が開発される。体にも何も装着せずともセンサーが動きを感知し、ゲームだけでなく、VRやウェブデザインツールなど多方面に影響を与えた。
- 2011**  
任天堂から『ニンテンドー3DS』が開発される。横断立体視が可能なディスプレイやAR機能などを備える。累計出荷台数約6400万台。
- 2012**  
Leap Motionから『Gesture Pointing Device』が開発される。スマートフォンのように持ち、1/100mmの精度で手の手の動きを認識し、直感的な操作が可能。
- 2013**  
Oculusから『Rift Development Kit (DK1)』が開発される。従来のヘッドマウントディスプレイに比べて極めて安価(3000円)に高品質な体験が可能で、VRの普及に大きく貢献。
- 2013**  
グーグルから『Glass』が開発される。極小サイズの単眼ヘッドマウントディスプレイ型ウェアラブルコンピュータであり、AR、通話、音声認識などの機能を備える。
- 2014**  
ソニー・インタラクティブエンタテインメントから『PlayStation 4 (PS4)』が開発される。プレイステーションの中枢や共有できるなどネットワーク機能を強化した。累計出荷台数約6000万台。
- 2015**  
『HoloLens』が開発される。ARやVRなどの研究者が多く参入しており、それらの技術を用いることで誰にでも楽しめる新しいVR体験を創造している。
- 2015**  
サムスンから『Gear VR』が開発される。スマートフォンを差し込んで使用するヘッドマウントディスプレイで、累計出荷台数約500万台以上。
- 2016**  
『Pokémon GO』が開発される。世界中でゲームを巻き起こし、ARを一般に広く認知させた。累計ダウンロード数7億5千万回以上。
- 2016**  
任天堂から『ニンテンドーSwitch』が開発される。『Joy-Con』と呼ばれるコントローラに、非常に柔軟な高い性能を備える『HD振動』機能や、他の形や距離を伝える『モーション検出カメラ』などを搭載。

VR・ARの変遷

# The AIP Cube (Zeltzer 92)



# VR・ARの変遷

## 1950

**1958**  
人工知能の父と呼ばれるマービン・ミンスキーにより初のヘッドマウントディスプレイ(HMD)が開発される。

**1962**  
映像技術のモートン・ハイリッヒにより多感覚体験型ゲーム『シンクラッド』が開発される。立体映像、椅子の振動、風や匂いの提示などが可能。



シンクラッド(1962年)

**1965**  
コンピュータグラフィックスの父と呼ばれるアイヴァン・サザランドにより『発光のディスプレイ』が開発される。



アイヴァン・サザランド『発光のディスプレイ』(1965年)

**1967**  
ノースカロライナ大学のフレデリック・ブルックスらにより『FORP(フォープロジェクト)』が開発される。力覚フィードバック装置(注目の導入した初のVRシステムで、CGで表示された分子の間に働く力を感じることができた。)

**1968**  
アイヴァン・サザランドにより『発光のディスプレイ』の改良システムが開発される。顔裏に埋め込まれた簡単な三次元CGを空中に表示することができた。

**1970**  
大阪大学で世界初の『TUMAXシアター』が開発される。

**1980**  
機械技術研究所(当時)の藤原正雄により『レイダース』が開発される。ロボットの情報や触覚情報をユーザに伝える。ロボットに乗り移ったような感覚を手伝うという考え方。

**1989**  
VPLリサーチ社から初の商用VRシステム『R2D2』が開発される。ヘッドマウントディスプレイ(ヘッドセット)や手形入力装置『データグローブ』などを備える。同社を設立したジャコブ・ラニエにより『バーチャルリアリティ』という言葉が造られる。



VRリサーチ社『R2D2(1989年)』

**1989**  
筑波大学の前田洋典により国内初のカラディスプレイ『フォースディスプレイ』が開発される。赤土で肉眼で見える小型の装置でありながら、手を動かせる範囲が大きいという特徴があった。



フォースディスプレイ(1989年)

**1983**  
任天堂からファミリーコンピュータが発表される。当時としては鮮やかな色を使ったグラフィックス性能なども備え、娯楽的に楽しめた。累計出荷台数6000万台以上。ヘッドマウントディスプレイを使用するファミリーコンピュータのようなゲームも発表された。



ファミリーコンピュータ(1983年)

## 1990

**1990**  
ボーイング社(当時)のトム・コーデルにより初のモバイルARシステム『NewCam』が開発される。

**1991**  
イリノイ大学によりプロジェクタを用いたVRディスプレイ『CAVE』が開発される。立方体形状の部屋の前、正面、左右、床の4面に立体映像を投影するもので、VR体験が没入的になる。



CAVE(1991年)

**1993**  
コロシバ大学のスティーブン・フレイヤーにより知能ベースARプロジェクト『FKARMA』が開発される。

**1993**  
学生対抗『バーチャルリアリティコンテスト(VRCT)』が開発される。

**1994**  
ソニー CSLの藤本純一により初のモバイルARシステム『NewCam』が開発される。

**1994**  
ソニーコンピュータエンタテインメントから『PlayStation』が開発される。三次元CGを本格的に扱える初の家庭用ゲーム機であり、爆発的にヒット。累計出荷台数1億台以上。

**1994**  
『セガサターン』が開発される。累計出荷台数約900万台。アーケードのゲームタイトルが多数移植される。一般家庭に3Dゲームが普及するきっかけとなった。

**1996**  
日本バーチャルリアリティ学会が発立される。

**1996**  
藤本純一によりAR用専用マウス『CyberGlobe』が開発される。

**1999**  
任天堂から『NINTENDO 64』が開発される。累計出荷台数約3300万台。

**1997**  
東京大学により天井面を含む3面に立体映像を投影するCAVE型ディスプレイ『FCABIN』が開発される。



FCABIN(1997年)

**1997**  
拡張現実感を含む概念『Mixed Reality(MR、混合現実感)』を研究する半官半民の『MRシステム研究所』が発立される。ARやMRの研究をリードした。

**1997**  
広島市立大学(当時)の加藤博一により『FAR-Toolkit』が開発される。ウェブカメラだけでARを体験できるブラウザ型で公開し、ARの普及に大きく貢献。



AR眼鏡(1997年)

## 2000

**2000**  
ソニー・コンピュータエンタテインメントから『PlayStation 2』が開発される。PlayStationからの上位互換性を備え、爆発的にヒット。累計出荷台数1億8千万台以上。

**2001**  
任天堂から『ニンテンドーゲームキューブ』が開発される。累計出荷台数約2200万台。非公開ながら立体映像出力機能が内蔵されていた。

**2002**  
マイクロソフトから『Xbox』が開発される。累計出荷台数約2400万台。この頃からパソコン用のグラフィクスボード(GPU)の性能が急激に向上し、ゲーム機にも使用されるようになる。

**2005**  
マイクロソフトから『Xbox 360』が開発される。累計出荷台数約8200万台。2011年には立体映像に対応した。

**2006**  
任天堂から『Wii』が発売される。画にも劣らないことを目指して開発。体感動作する『Wiiリモコン』や『Wii フット』などの新制御で爆発的にヒット。累計出荷台数1億台以上。

**2006**  
ソニー・インタラクティブエンタテインメントから『PlayStation 3』が開発される。3D立体映像などに対応。『The Eye of Judgment』は初のARゲームとなった。累計出荷台数約8000万台。

## 2010

**2010**  
マイクロソフトから『Kinect』が開発される。体にも触れず視線でもキャラクターが反応する。ゲームだけでなく、VRやウェブデザインフェースなど多方面に影響を与えた。

**2011**  
任天堂から『ニンテンドー3DS』が開発される。横断立体映像可能なディスプレイやAR機能などを備える。累計出荷台数約6400万台。

**2012**  
Leap Motion からジェスチャ入力装置『Leap Motion』が開発される。1/100mmの精度で手の手や指を認識でき、直感的な操作が可能。

**2013**  
Oculus から『Rift Development Kit (DK1)』が開発される。従来のヘッドマウントディスプレイに比べて極めて安価(3000円)に高品質な体験が可能で、VRの普及に大きく貢献。

**2013**  
グーグルから『Glass』が開発される。極小サイズの単眼ヘッドマウントディスプレイ型ウェアラブルコンピュータであり、AR、通話、音声認識などの機能を提供する。

**2014**  
ソニー・インタラクティブエンタテインメントから『PlayStation VR』が開発される。PS4用のヘッドマウントディスプレイ、ゲームパッドで精度の高い体験が楽しめる。累計出荷台数約6000万台。

**2015**  
『成人スポーツ協会』が発足する。ARやVRなどの研究者が多く参加しており、それらの技術を応用することで競技にも活用する新しいスポーツ競技を創出している。

**2015**  
サムスンから『Gear VR』が開発される。スマートフォンを差し込んで使用するヘッドマウントディスプレイで、累計出荷台数約500万台以上。

**2016**  
HTCから『Vive』が開発される。PCゲーム用のヘッドマウントディスプレイ、ゲームパッドで精度の高い体験が楽しめる。累計出荷台数約100万台以上。

**2016**  
ソニー・インタラクティブエンタテインメントから『PlayStation VR』が開発される。PS4用のヘッドマウントディスプレイで、累計出荷台数約100万台以上。

**2016**  
マイクロソフトから『HoloLens』が開発される。両眼ヘッドマウントディスプレイ型ウェアラブルコンピュータであり、AR、通話、音声認識などの機能を提供する。直中に立体映像を安定して表示できる。

**2016**  
『ポケモン GO』が開発される。世界でゲームを普及させた。ARを一般に広く認知させた。累計ダウンロード数7億5千万台以上。

**2016**  
任天堂から『ニンテンドーSwitch』が開発される。『Joy-Con』と呼ばれるコントローラに、非常に柔軟な高い性能を備えることができる『HD振動』機能や、他の形や距離を変える『モーション検出カメラ』などを搭載。

# VR/AR < MR

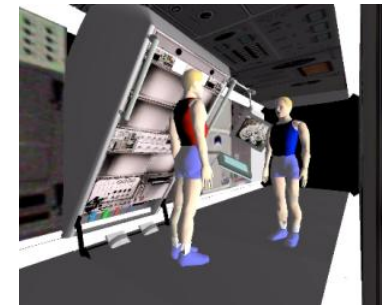
複合現実 (MR: Mixed Reality)

実環境

拡張現実  
(AR: Augmented  
Reality)

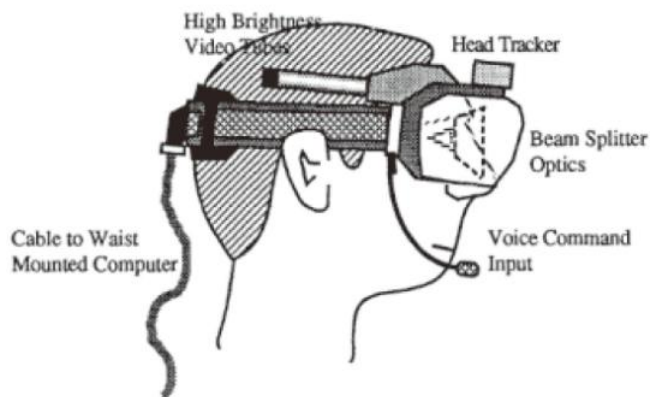
拡張VR  
(AV: Augmented  
Virtuality)

VR環境



P. Milgram and F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays," IEICE Trans. Information Systems, Vol.E77-D, No.12, 1994, pp.1321-1329.

# ARのコンセプトの提唱(1992年)



目的: 飛行機組立作業の高度化 方法: 組立案内を直接対象物上に表示することによる作業の効率化 技術: 光学式シースルーディスプレイと頭部トラッキングセンサーの組み合わせ

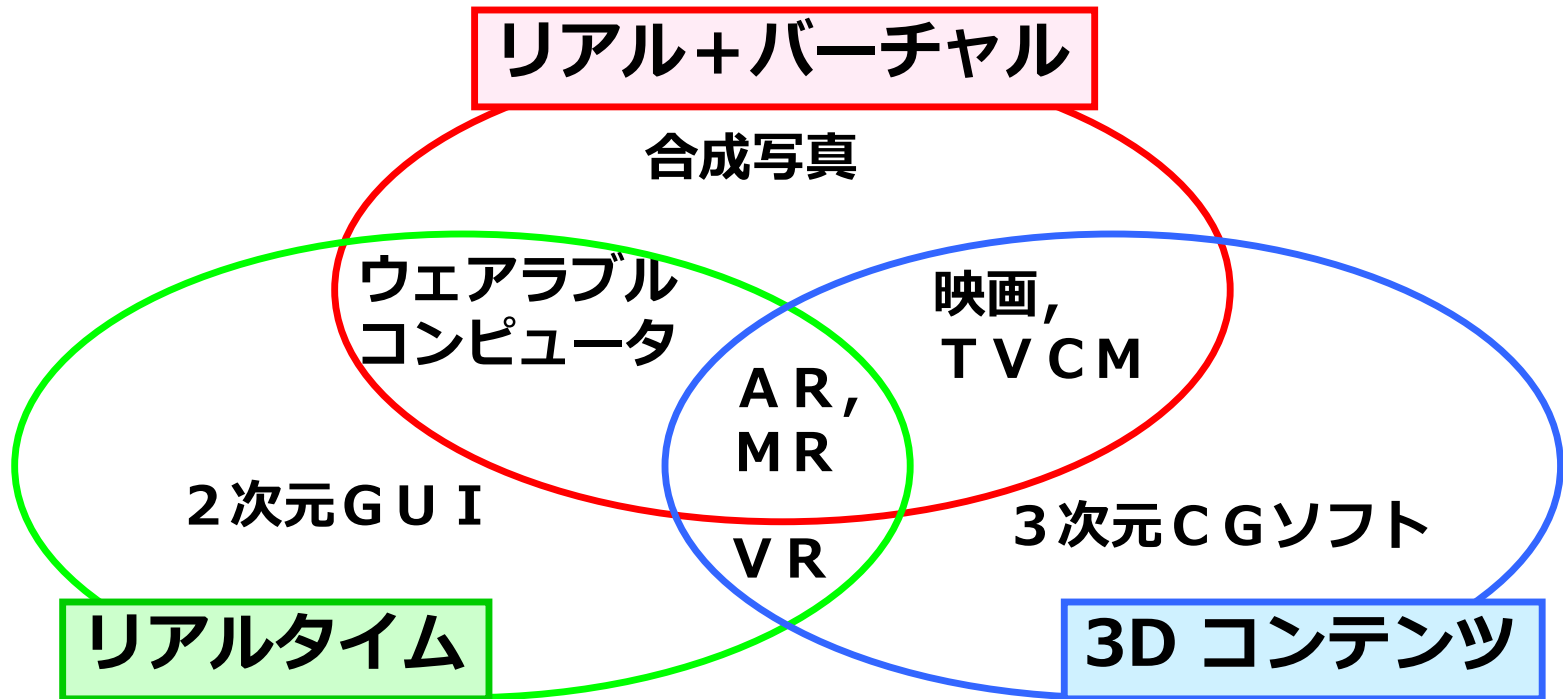
T. Caudell and D. Mizell, Augmented reality: an application of headsup display technology to manual manufacturing processes, Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, vol. ii, pp. 659-669 vol.2, Jan 1992

# なぜVR元年

- \* MEMS
- \* OELD
- \* GPU
- \* CPU
- \* LTE 5G

# AR の3要件

- 1) 実像と人工像の合成
- 2) 実時間のインタラクション
- 3) 3次元的な位置合わせ





# AR における映像合成



HoloLens

網膜投影  
ディスプレイ

接眼光学系  
によるHMD



Oculus +  
Ovrvision



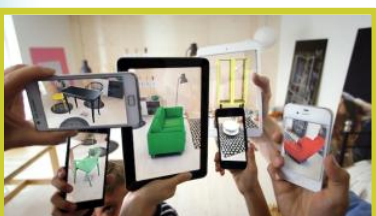
Moverio

1. HMDベース  
のシステム

ハンドヘルド  
ディスプレイ

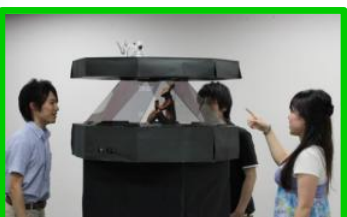
ハーフミラーを  
用いた据置型  
ディスプレイ

2. ハンドヘルドディスプレイ  
ベースのシステム



IKEA カタログ

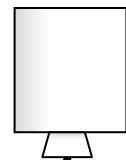
3. 据置型ディスプレイ  
ベースのシステム



MRsionCase

4. プロジェクション  
ベースのシステム

プロジェクタ



Once Upon a Time




VeinViewer



実物体

# 各映像合成手法の特徴

	構成	主な利点	主な欠点
<b>HMD</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 網膜投影</li> <li>・ 光学透過式</li> <li>・ ビデオ透過式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境によらず映像提示</li> <li>・ 屋外や多人数に向く</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 装着が煩わしい</li> <li>・ 社会的受容</li> <li>・ 位置合わせが困難</li> </ul>
<b>ハンドヘルド</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ビデオ透過式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構成が簡単で手軽</li> <li>・ デバイスが普及</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実際の位置に映像が見れない</li> <li>・ 立体視が困難</li> <li>・ ハンズフリーが困難</li> </ul>
<b>据置型</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 光学透過式</li> <li>・ ビデオ透過式</li> <li>・ ボリュームディスプレイ式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 正確な位置合わせ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ システムが大がかり</li> <li>・ 実物体に手を伸ばせない場合が多い</li> </ul>
<b>投影型</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 映像投影式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実物体と調和した映像</li> <li>・ 多人数での観察が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 物体色や環境光の影響</li> <li>・ 空中像の提示が苦手</li> </ul>

# 日本人の活躍

## NaviCam (1995年)



## ARToolKit (1999年)



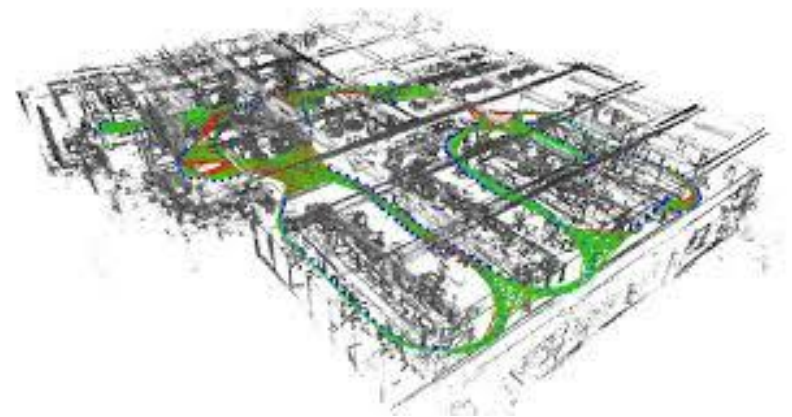
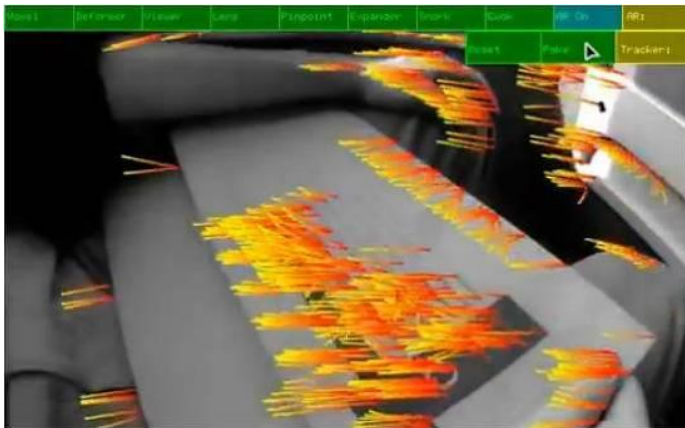
J. Rekimoto and K. Nagao, The world through the computer: Computer augmented interaction with real world environments, 8th Annual ACM Symposium on User Interface and Software Technology, pp.29-36, 1995.

H. Kato and M. Billinghurst, Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system, 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, pp.85-94, 1999

# 自然特徴点を用いたSLAMの例

- PTAM [Klein et al 2007]

<http://www.robots.ox.ac.uk/~gk/PTAM/>



- LSD(Large-Scale Direct)-SLAM [Engel et al 2014]

<http://vision.in.tum.de/research/vslam/lstdslam>

# 各映像合成手法の特徴

構成

主な利点

主な欠点

HMD



ハンドヘルド



据置型



投影型



# ハンドヘルド AR 略史

- コンセプト('90)~デバイス単体で実現('00)~普及('10)

**1993** 初の位置依存  
情報提示



**1995** NaviCam **2001** ARPad



PDA+サーバ  
・クライアント



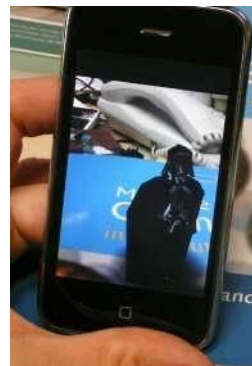
**2003** PDA単体  
でのAR



**2004** 携帯で  
トラッキング



**2009** スマホ  
+PTAM



**2015**



何千ものアプリが普及

# ハンドヘルド AR の現状と今後

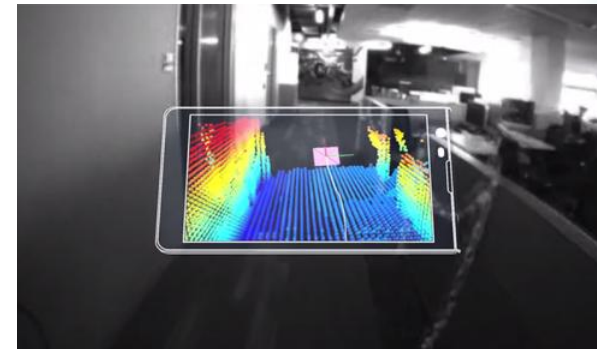
- スマホでのARは当たり前
- 飛躍的性能向上, モーションセンサの搭載



LSD-SLAM



MobileFusion



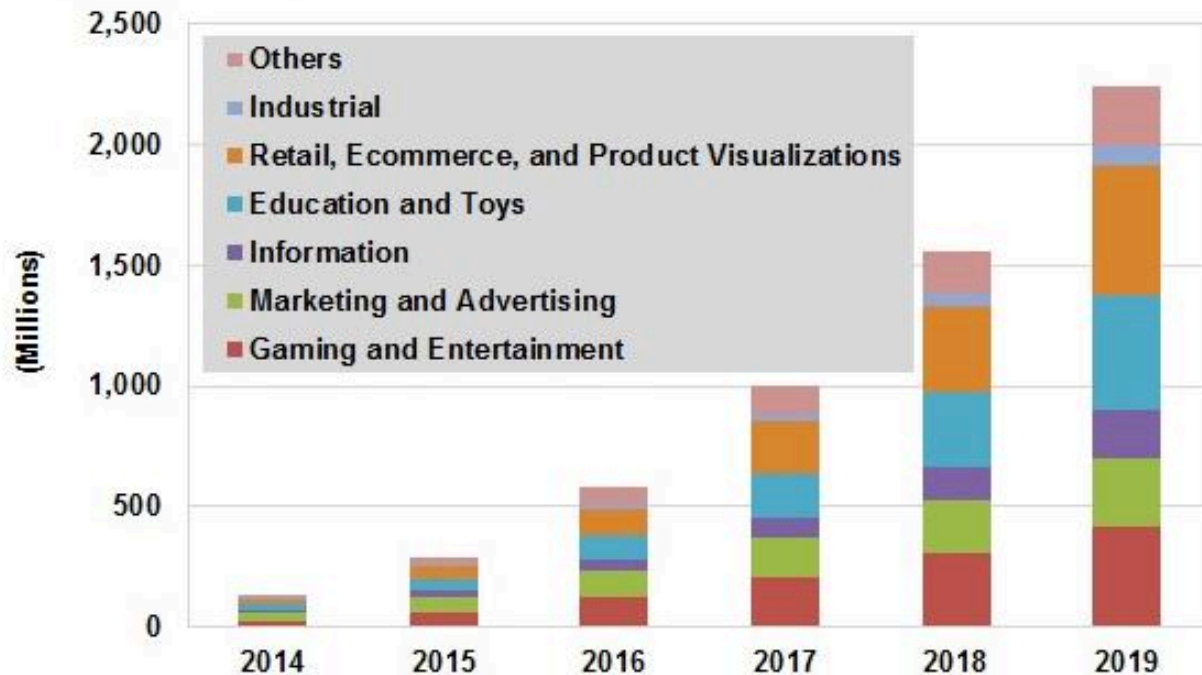
Google Project Tango

# モバイル AR 利用予測

- スマホ数: 16億 (2014年) ⇒ 25億 (2018年)
- ARアプリ: 3億 (2015年) ⇒ 22億 (2019年)



Installed Base of Actively Used Mobile Augmented Reality Apps by Application Type, World Markets: 2014-2019





# 各映像合成手法の特徴

	構成	主な利点	主な欠点
<b>HMD</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 網膜投影</li> <li>・ 光学透過式</li> <li>・ ビデオ透過式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境によらず映像提示</li> <li>・ 屋外や多人数に向く</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 装着が煩わしい</li> <li>・ 社会的受容</li> <li>・ 位置合わせが困難</li> </ul>
<b>ハンドヘルド</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ビデオ透過式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構成が簡単で手軽</li> <li>・ デバイスが普及</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実際の位置に映像が見れない</li> <li>・ 立体視が困難</li> <li>・ ハンズフリーが困難</li> </ul>
<b>据置型</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 光学透過式</li> <li>・ ビデオ透過式</li> <li>・ ボリュームディスプレイ式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 正確な位置合わせ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ システムが大がかり</li> <li>・ 実物体に手を伸ばせない場合が多い</li> </ul>
<b>投影型</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 映像投影式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実物体と調和した映像</li> <li>・ 多人数での観察が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 物体色や環境光の影響</li> <li>・ 空中像の提示が苦手</li> </ul>

# HMD 略史

- Sutherland('60)~軍用('80)~民生用('90)~普及用('10)

**1968**



Sword of  
Damocles

**1982**



VCASS

**1985**



IHADSS

**1989**



EyePhone

**1995**



I/O  
Glasses

**1997**



Glasstron

**2000**



Forgettable  
Display

**2000**



COASTAR

**2012**

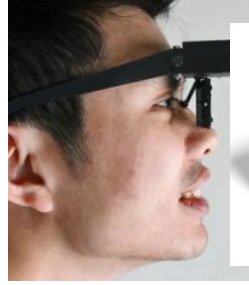


Google  
Glass

**2013**



FOV2GO



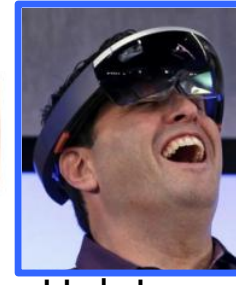
Near eye  
LF display

**2014**



Google  
Cardboard

**2015**



HoloLens

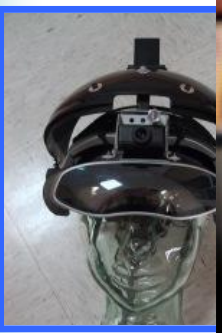
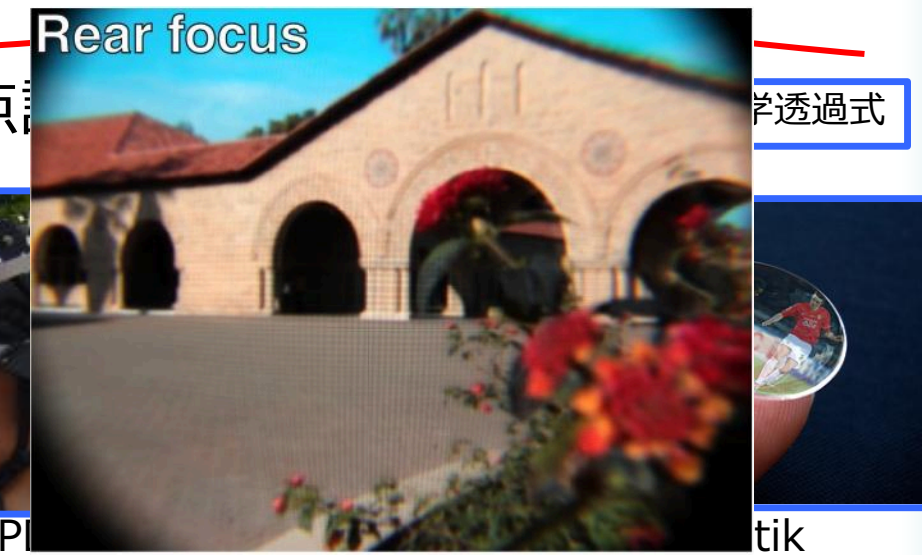
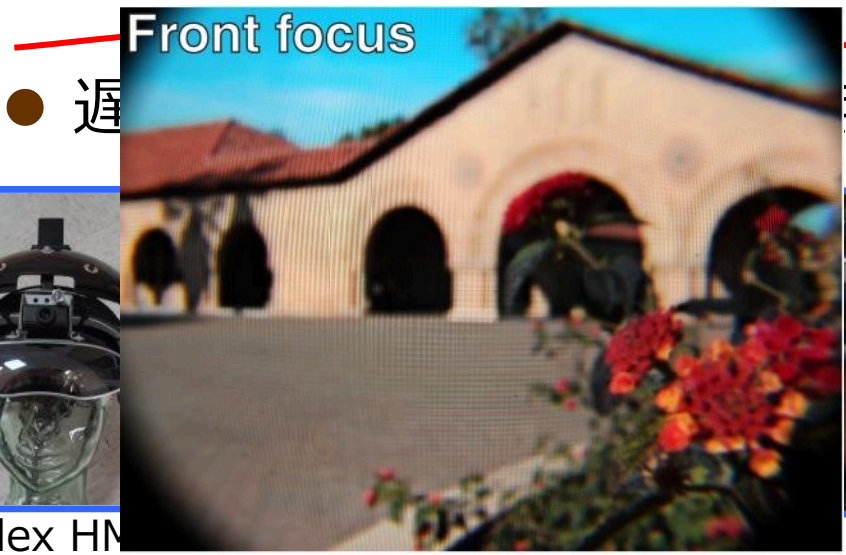


Gear VR

光学透過式

ビデオ透過式

# AR 用途の HMD の課題と現状

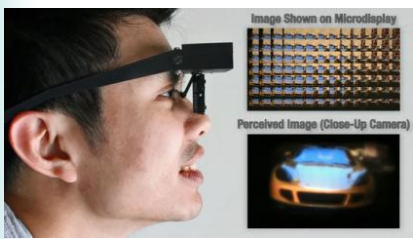


Reflex HMD

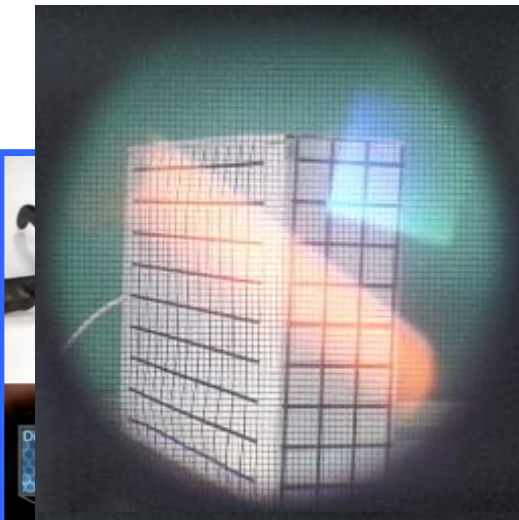


tik

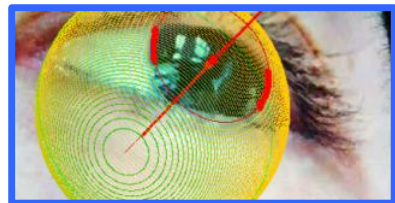
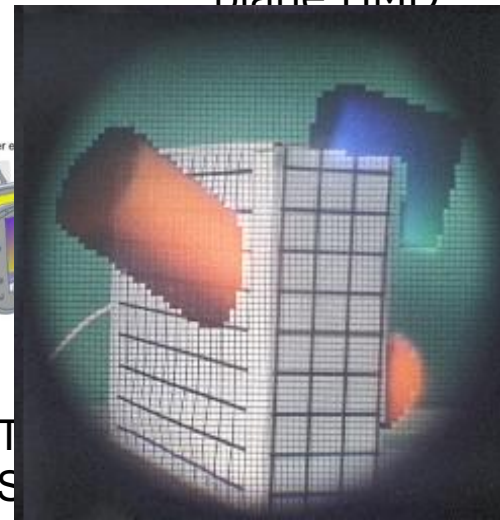
plane HMD



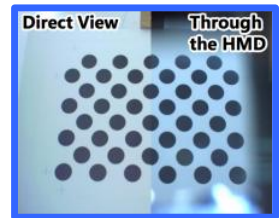
Near eye LF Displays



Pinlight Displays



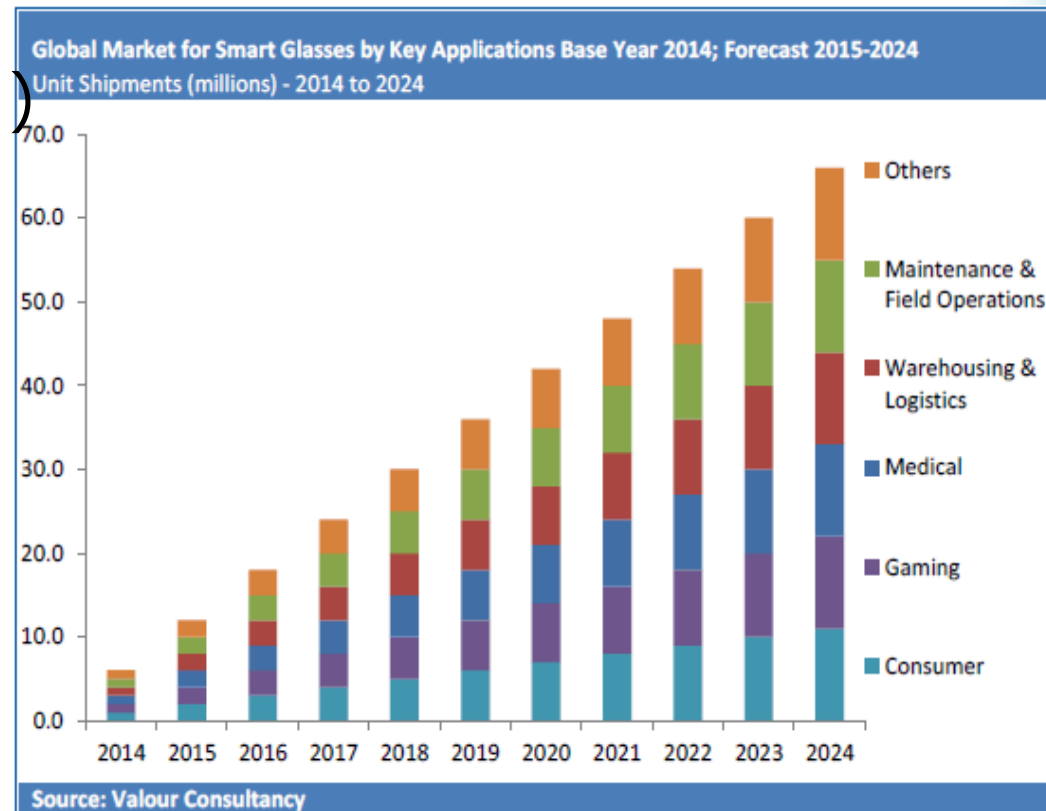
INDICA




LF distortion correction

# HMD の市場予測

- 2020年: 全スマホユーザの3%がVRを利用 (ドイツ銀行)
- 2014-2019年: 年平均48.95%増 (Technavio)
- 2014-2020年: 年平均59.4%増 (Future Market Insights)
  - 9億ドル ⇒ 130億ドル
- 2020年: (Glo. Ind. Ana.)
  - AR HMD は 350万台
- 2015-2024年: (Valour)
  - アプリ: 500万 ⇒ 6500万
- 急激に普及する可能性も
  - Gear VR (\$99)
  - PlayStation VR
  - Facebook 対応
  - Windows 10 標準対応



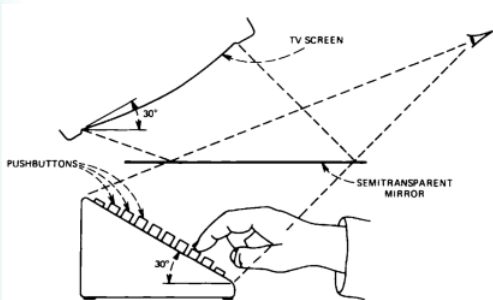
# 各映像合成手法の特徴

	構成	主な利点	主な欠点
<b>HMD</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 網膜投影</li> <li>・ 光学透過式</li> <li>・ ビデオ透過式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境によらず映像提示</li> <li>・ 屋外や多人数に向く</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 装着が煩わしい</li> <li>・ 社会的受容</li> <li>・ 位置合わせが困難</li> </ul>
<b>ハンドヘルド</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ビデオ透過式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構成が簡単で手軽</li> <li>・ デバイスが普及</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実際の位置に映像が見れない</li> <li>・ 立体視が困難</li> <li>・ ハンズフリーが困難</li> </ul>
<b>据置型</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 光学透過式</li> <li>・ ビデオ透過式</li> <li>・ ボリュームディスプレイ式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 正確な位置合わせ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ システムが大がかり</li> <li>・ 実物体に手を伸ばせない場合が多い</li> </ul>
<b>投影型</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 映像投影式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実物体と調和した映像</li> <li>・ 多人数での観察が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 物体色や環境光の影響</li> <li>・ 空中像の提示が苦手</li> </ul>

# 据置型ARディスプレイ略史

- 多種多様な方式がある。古典的手法は熟成しつつある。

**1977**



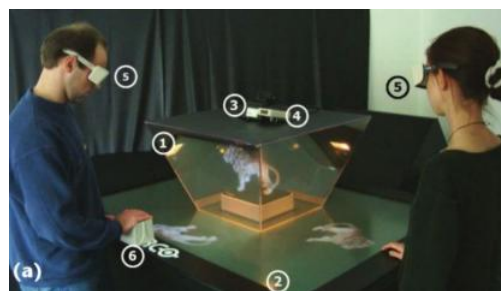
Knowlton's system

**1984**



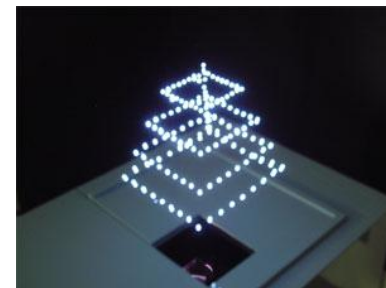
Noyes's predictor  
for teleoperation

**2002**



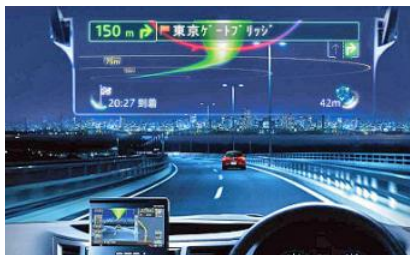
The Virtual Showcase

**2006**



空中プラズマ  
ディスプレイ

**2012**

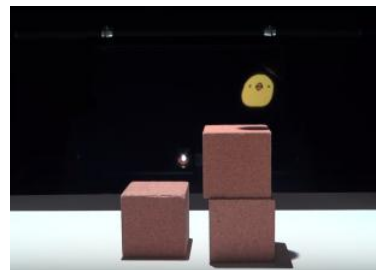


AR HUD ナビ



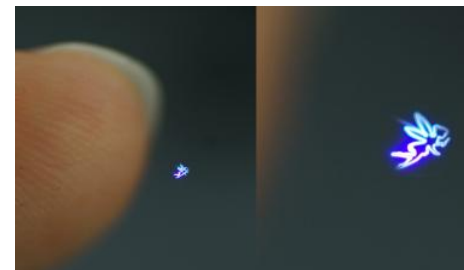
透明プリウス

**2014**




でるキャラ

**2015**



Fairy Lights

# 各映像合成手法の特徴

	構成	主な利点	主な欠点
<b>HMD</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 網膜投影</li> <li>・ 光学透過式</li> <li>・ ビデオ透過式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境によらず映像提示</li> <li>・ 屋外や多人数に向く</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 装着が煩わしい</li> <li>・ 社会的受容</li> <li>・ 位置合わせが困難</li> </ul>
<b>ハンドヘルド</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ビデオ透過式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構成が簡単で手軽</li> <li>・ デバイスが普及</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実際の位置に映像が見れない</li> <li>・ 立体視が困難</li> <li>・ ハンズフリーが困難</li> </ul>
<b>据置型</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 光学透過式</li> <li>・ ビデオ透過式</li> <li>・ ボリュームディスプレイ式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 正確な位置合わせ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ システムが大がかり</li> <li>・ 実物体に手を伸ばせない場合が多い</li> </ul>
<b>投影型</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 映像投影式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実物体と調和した映像</li> <li>・ 多人数での観察が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 物体色や環境光の影響</li> <li>・ 空中像の提示が苦手</li> </ul>

# Spatial Augmented Reality 略史

- コンセプト ('90以前)~基本技術 ('00)~普及 ('10)

**1969**



Disney's  
Haunted Mansion

**1980**



Naimark's  
Displacement

**1993**



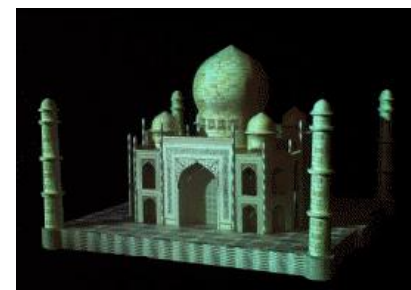
DigitalDesk

**1998**



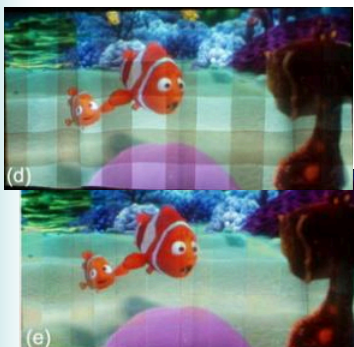
Office of the Future

**1999**



Shader Lamps

**2005**



SmartProjector

**2010**



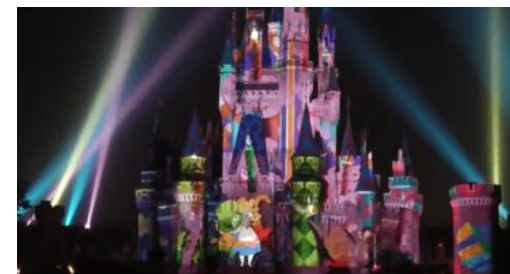
Coded aperture

**2013**



MicroSoft IllumiRoom

**2014**



Once Upon a Time  
at Tokyo Disney Land



# 目次

1. バーチャルリアリティ (VR)について
2. 大阪大学での事例
3. VR/拡張現実 (AR) /複合現実 (MR)  
技術の活用・実証事例
4. VR研究の今後の展望

# 研究領域

VR AR  
MR

コンテキ  
スト処理

ウェア  
ラブル

3D UI

遠隔協  
調作業

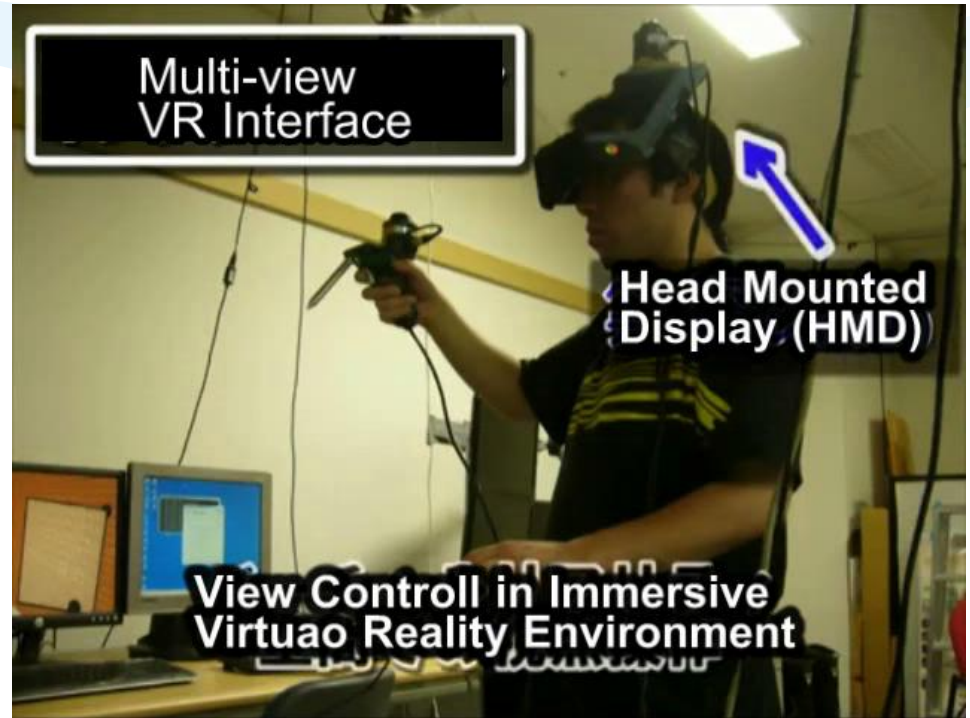
# 広視野視線検出装置

- \* Catadioptric 光学系を用いたHead Mounted Camera (HMC)で、眼球の映像を撮影し、広視野での視線検出を行う。
- \* 眼球を正面から見た画像が得られるので、視線検出精度が良い。



# マルチビューポート VRインタフェース

- \* VRの空間特性を活用したインタフェース
- \* 少ないデバイスの操作で広大なVR空間内での移動やVRオブジェクトの操作が可能
- \* HMDなどのウェアラブルデバイス、CAVEなどの没入環境のどちらでも利用可能



VR AR  
MR

3D UI

# 単眼カメラによる指さし位置の推定

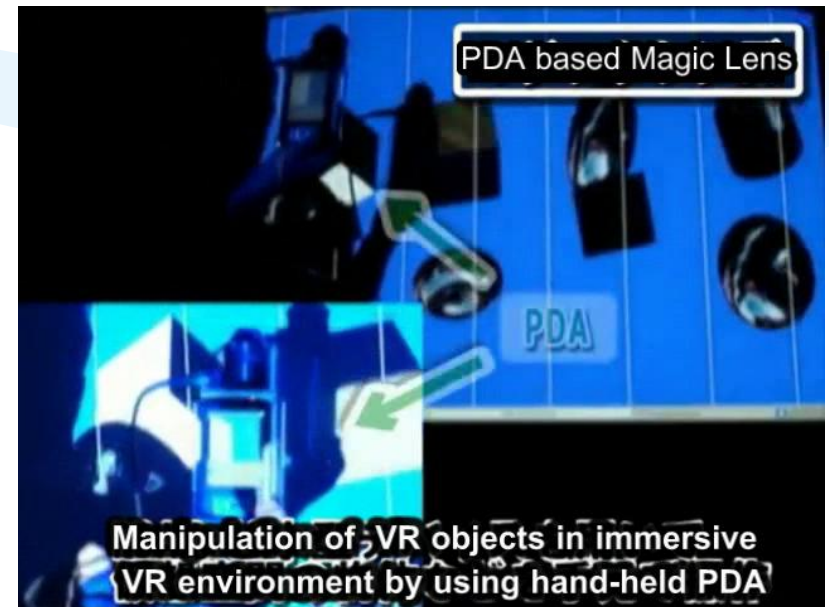
- \* 環境に設置されたカメラによる利用者の指さし位置の推定
- \* 講義室でのプロジェクタ操作など大画面インタフェースとしての応用が可能



VR AR  
MR

# ハンドヘルドデバイスを用いたVRインタフェース

- \* 没入VR環境内で小型ハンドヘルドデバイスを用いて「Magic Lens」を実装
- \* ハンドヘルドデバイスを小型表示装置と3次元入力装置として用いることで、効率的なインタフェースを実現
- \* CAVEなどの環境でのインタラクションの可能性を拡大

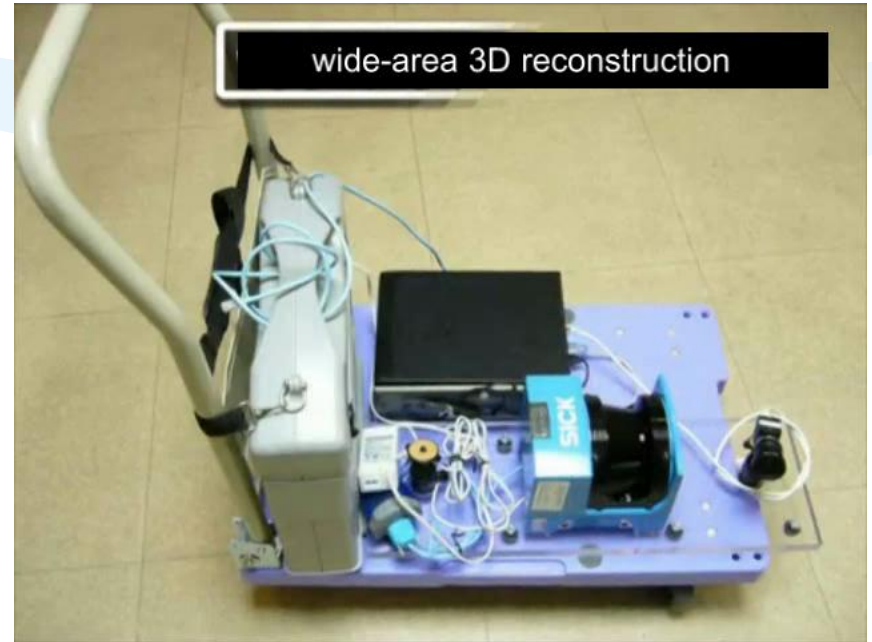


VR AR  
MR

3D UI

# リニアLRFによる3次元空間の再構築

- \* 一次元レーザレンジファインダとビデオカメラを用いた屋外空間の再構築システム
- \* 広域屋外環境の再構築を行う
- \* 災害時の環境の再モデリング等に応用可能



VR AR  
MR

# 広視野HMD

- \* 反射屈折光学系と再帰性反射スクリーンを用いた広視野HMD
- \* スクリーンの設置場所によって没入型VRにもARにも用いることが可能
- \* 一台の頭部搭載型プロジェクタで広視野の画像を提示可能



VR AR  
MR

ウェア  
ラブル



# 眼球反射画像を用いたディスプレイ-カメラ補正

- \* 眼球に反射するディスプレイ映像を高精細カメラで観察することにより、ディスプレイとカメラの位置関係を補正する手法
- \* 視線検出への応用が可能



コンテキ  
スト処理

# PTAMを用いたARモデリングとオーサリング

- \* Parallel Tracking and Modeling を用いたマーカーレス環境での実物体のモデリングとオーサリング環境を構築
- \* 実物体をモデリングして、レプリカをAR環境中に表示してアニメーションさせる。
- \* 実環境にVRオブジェクトを重畳するARジオラマを実現



3D UI

VR AR  
MR

# 複数のマルチタッチパッドを用いたインタラクション

- \* 複数のマルチタッチパッドを用いた両手操作による3次元ユーザインタフェースの提案
- \* 多様なインタラクションを実現
- \* タブレット端末での3次元操作にも応用が可能

Multiple multi-touch touchpads (with WPI)

Multiple  
Multi-touch  
Touchpads

3D UI

# PBVRによる大規模ボリュームデータの可視化

- \* スパコンで計算した口腔内の空気の流れを、パーティクルベースのボリュームレンダリングで高速に可視化。
- \* 流体シミュレーション結果の可視化に有効

particle based volume rendering of  
mouth air flow simulation

大規模  
ボリューム  
データの可視化

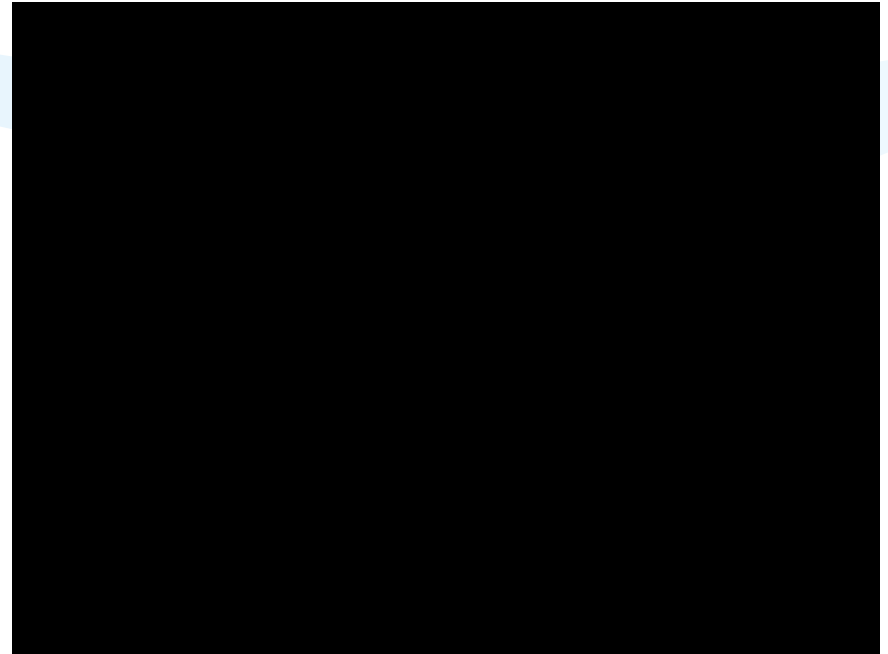
VR AR  
MR

# 最近の研究事例

- \* Pinch-n-Paste
  - \* Interactive texture-replacement technique (ISMAR 12 poster, VRST 12 demo, VR 13 poster)
- \* Dynamic Text Management
  - \* Dynamic text positioning for HMD to maximize readability (presented at ACM Intelligent User Interface 2013, won the BEST PAPER)
- \* Real-time Photometric Consistency
  - \* Real-time estimation of diffuse, specular and lighting properties from single camera
- \* AR Assembly Assistance
  - \* User study on visualization modes to best support block assembly (with UCF, submitted to VR2014)

# Pinch-n-Paste

- \* AR環境におけるピンチジェスチャを用いたテキストのコピーインタラクション手法の提案
- \* あるVRオブジェクトのテキストを別のオブジェクトにマッピングできる。

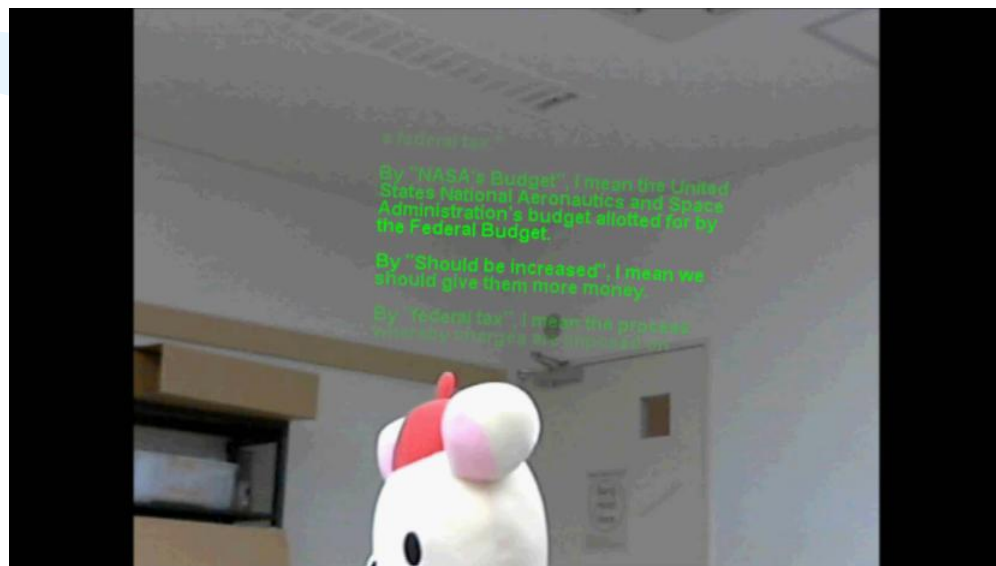


3D UI

VR AR  
MR

# ARにおける動的テキスト配置手法

- \* ARにおける重畳テキストの表示位置の動的な配置手法の提案
- \* テキストの視認性を高めるためにシーン画像を解析して、適切な配置位置を動的に決定する。



コンテキ  
スト処理

VR AR  
MR

# AR空間での実時間光学整合性の実現手法

- \* AR空間内に表示するVRオブジェクトへの光源パラメタを実環境中の平面の反射特性から推定し、VRオブジェクトと実環境の工学的整合性を実現するアルゴリズムの提案
- \* より写実的なARシステムを新たなセンサー等を用いることなく実現可能

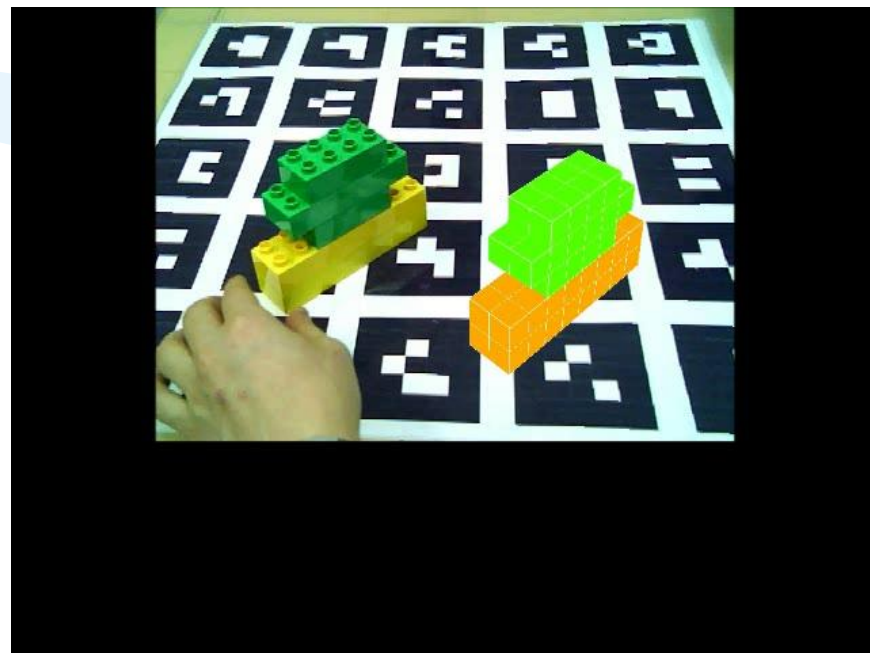


VR AR  
MR



# AR組立支援システム(w/ UCF)

- \* ARを用いた組立支援システム
- \* ブロックの状況をシステムが認識し、それによって次の組み立てステップをARで例示する
- \* 複数の操作支援手法を比較評価実験を行い、提案手法の有効性を検証
- \* University of Central Florida との共同研究



3D UI

コンテキスト  
処理

VR AR  
MR

# 目次

1. 自己紹介
2. VR/AR/MRの変遷について
3. 大阪大学での研究事例
4. 建築分野への応用に関する私見
5. まとめ

# 建築分野での応用に関する私見1

## 意匠設計・評価に関して

- \* 視覚的なVRを用いての、ウォークスルーは実用化状態
  - \* かなり広範囲に移動できる民生用HMDなどが存在する。
  - \* BIMの活用
- \* 聴覚に関する程度は実用化可能
  - \* HRTFを持ちたシミュレーション等
- \* 住環境の評価に重要な、触覚、力覚に関しては、限定的な利用に限られる
  - \* 特定の感覚器がない感覚の再現は難しい

# 建築分野での応用に関する私見2

## 建築現場での利用に関して

- \* ウェアラブル機器の発達により様々な応用が考えられるが、情報提示の利用がメイン。
  - \* 現場での図面の確認、作業手順の指示等
- \* 正確な位置合わせを伴うARが利用可能なレベルかは？

# 建築分野での応用に関する私見3

## 環境評価に関して

- \* 省エネ性能の評価結果の表示など各種シミュレーションデータの可視化
- \* ビル風など、より広い環境での環境評価
- \* スケーラブルな表示環境の構築が重要、HMDの限界？ CAVEがより有利か？

# 目次

1. 自己紹介
2. VR/AR/MRの変遷について
3. 大阪大学での研究事例
4. 建築分野への応用に関する私見
5. まとめ

# VR関連の学会やコンソーシアム

- 特定非営利活動法人 日本バーチャルリアリティ学会 <http://www.vrsj.org/>
- 一般社団法人 VRコンソーシアム <http://vrc.or.jp/>
- 一般財団法人 デジタルコンテンツ協会(DCAj) <http://www.dcaj.or.jp/>  
※DC EXPO主催団体
- 一般社団法人 日本シミュレーション学会 <http://www.jsst.jp/j/>
- JST ACCEL 身体性メディアコンソーシアム  
[http://www.jst.go.jp/kisoken/accel/research\\_project/ongoing/h26\\_05.html](http://www.jst.go.jp/kisoken/accel/research_project/ongoing/h26_05.html)
- 一般社団法人 コンピュータエンターテインメント協会(CESA)  
<https://www.cesa.or.jp/> ※東京ゲームショーの主催団体