

# VRテクノロジーを活用した新たな視覚体験についての研究

## Research about new visual experience using VR technology

和田 和美

デザイン学部 デザイン学科

Kazumi WADA

Department of Design, Faculty of Design

古田 祐司

デザイン学部デザイン学科

Yuji FURUTA

Department of Design, Faculty of Design

本研究は、近年加速的に進化・普及したパノラマVR（バーチャル・リアリティー）技術を活かした新しい視覚体験の可能性についての実験と開発し、インタラクティブコンテンツの実践的応用とおよびスキル教育への展開と効果、インターネットにおいて配信再生し、さらなるアプリケーションの可能性を模索するものとして研究を重ね、一定の成果が得られたので、これを報告する。

This research will be reported that, we have been developed with an experiment about a possibility of the new visual experience using virtual reality technology which It evolved and spread in accelerating way in recent years, and the practicing applicability of the interactive contents, development to skill education and the effect, is streaming in the internet them, as something to grope after a possibility of the further application, a study, stack, and then we have fixed outcome was obtained.

### 00.目的

近年のKinectによる動態トラッキングのインタラクティブなコンテンツや、VRゴーグルでのパノラミックな3D空間演出、あるいはプロジェクションマッピングなど、ハイスペックでインタラクティブな空間を実現するハードの進化は目まぐるしいものがあるが、一方でそれらを最大限に活かしたコンテンツ開発・展開はまだまだ発展途上にあり、ハードの進化に追いついていない感が否めない。

メディア系で、映像を制作したり、あるいはウェブやインタラクティブなコンテンツ制作を志向する学生は、それらのハードに大きな期待を寄せていて、それらに対応した高解像度な映像であったり、プログラムを実現したいという思いが潜在的にある。

大学における教育では、これらを実現可能にする場としてもっとも近い場所であるが、授業展開していくにはソフト・ハードともなかなかハードルが高いのが現実である。これらを教員の研究としてハードを試行し、最適なコンテンツ研究・開発を進めていき、その中で興味のある学生有志でコンテンツや使用方法のアイデアを出し合って試作・体験したりPAL2等の地域の遊園地や公共空間のイベントとして展開したり、コンテンツを制作するワークショップを開催するなど地域住民との交流したり、というような、老若男女問わずボーダーレスに楽しめる映像を最大限に活かしたコミュニケーションを図り、最終的に教育に展開することを最終目標とした。

### 01.前段階・受託研究（2011-2013）での成果

#### 01-1 2011-2013年の産学連携協力体制

2011年4月から委託研究として、以下の産学連携体制で試行が始まり、2012年4月からは、1年間の公益財団

法人浜松地域イノベーション推進機構の助成金を得て、開発が進められた。和田は、主にFlashによるパノラマ動画再生インターフェイスデザイン設計・プログラム開発を担当。

#### ■（株）クロスデバイス

全方位動画再生技術の確立/AR技術連動サーバプラットフォーム構築・DB構築

<http://www.crossdevice.co.jp/>

<https://www.idoga.jp/>

#### ■（有）フィリット

全方位動画の撮影技術の確立撮影映像データの確保

#### ■ アシタもネっ!（株）

データ連携サーバプログラム制作委託

<http://www.asitamo.net/>

#### 01-2 2011-2013年の成果その1

##### 「パノラマVRとGoogleMapsAPIの連携」

自動車の天井に全天周カメラ「LadyBug」を搭載して、運転しながら撮影したパノラマ動画は、同時にメタデータとして「緯度・経度・高度」を取得しているので、このダイナミックデータ（kml）を利用し、インターフェイスでは①Flashが動画の再生ヘッドに同期して、kmlファイルよりcoordinatesを随時読み込み②coordinatesを分解して、緯度・経度のみ抽出し、GoogleMapsAPIを載せているHTML側に送出、③HTMLはリモートサーバ上のGoogleMapsと同期、ページ上のGoogleMapsが随時更新されるという方法で、Web配信用のHTML・JavaScriptのファイル構成でインターフェイスを仕上げた。（図01）

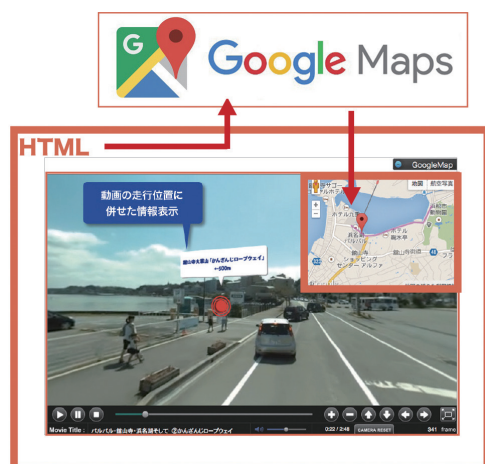


図01 GoogleMapsAPIと連携したパノラマ動画インターフェイス

### 01-3 2011-2013年の成果その2

#### 「通常版/高画質スイッチ動画ビューワー」

01-2のように開発したメソッドを利用し、具体的なコンテンツとして、「第13回しずおか市町対抗駅伝」公式サイトにおいて、各コースをWeb上で確認できるよう、通常版とHD版といった動画の解像度で配信スピードを考慮した設計のインターフェイスとして公開、配信された。(図02、03)



図02 第13回静岡市町対抗駅伝公式サイト



図03 各コースの動画インターフェイスとメニュー

### 01-4 2011-2013年の成果その3

#### 「個人制作の静止画パノラマVR」

一方で、和田が個人的に撮影を続けていた静止画でも、パノラマ撮影ができる環境を整え、世界遺産などを撮影したものをパノラマ用にステッチ合成し、雰囲気を変えて作成したFlashインターフェイスに搭載して、鑑賞できるように制作した。(図04、05)



図04 フォルクスオパー ウィーン(Volksooper Wien)



図05 スー・ヌラージ・ディ・バルーミニ (Su Nuraxi di Barumini)

この際、動画は即時移動していくので、パノラマステッチは球体 (Sphere) に貼り付けるエクイレクタングルである必要があり (図06)、カメラがある画像の下側はレタッチできないので大きな穴があくが、静止画の場合は基本的には1枚なので、じっくりレタッチができ、Cube方式で鑑賞できる方法がともに最適であることが確認できたのは一つの成果であった (図07)。

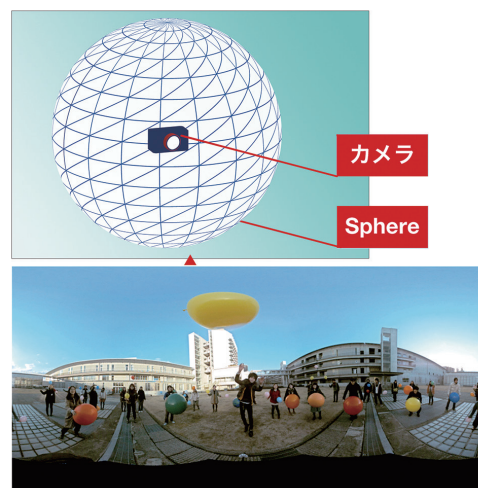


図06 パノラマ画像を球体(Sphere)に貼り付ける原理



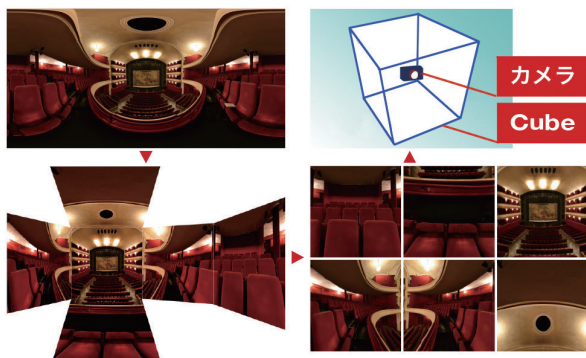


図07 パノラマ画像を直方体(Cube)に貼り付ける原理

## 02.本研究/H29（2017）での目標値

前段階での成果では、パノラマ動画コンテンツの活用方法についての懸念や、FlashのWeb配信サービスの終了に伴い、代替テクノロジーであるHTML5で同様に制作する事、また動画撮影できる体制作りが課題となり、従ってこれらをそのまま目標値として照準に定めている。

また、今回のVRコンテンツ制作においては、ヘッドマウントディスプレイシステムをプラットフォームとしたパノラマ撮影された全天周実写動画とCGの組み合わせによる仮想環境を構築していく際に、2011年から手掛けたパノラマVRのプログラミングスキルをベースに、ウェブへの転用やプロジェクション・マッピング等による空間展開なども含めた発展形までを視野に研究を深めた。アプリケーションとして、VR機器だけでなく、プロジェクション・マッピングや他のインタラクティブ機器も包括的に扱いながら、かつてお化け屋敷を展開した浜松科学館や浜名湖PAL2などのアミューズメント施設や公共空間への応用展開と実演も具体的に展開して、インスタレーションの実績を重ねることも視野に入れることとした。

## 03.VRブームの現状

### 03-1 VRの意味

そもそもVRとは「Virtual Reality」を意味し、2016年はVR（Virtual Reality）元年と言われたが、これは加速度センサ付き両眼視差立体視ヘッドマウントディスプレイ（以下HMDと略）を使ったシステムのラインナップが、ソニーのPlayStation VRの発売で充実するからで、そのため、HMDのことをVRと勘違いしている人も多いが、3D映画のような立体感のあるビジュアルが、どちらを向いても楽しめるのがVRゲームという訳ではない。<sup>(01)</sup>

### 03-2 基本的な立体視の仕組み

現状、展開している立体視の仕組みとしては、左右の目に違う角度の映像を見せ、その差によって立体感を出しているものであり、言わば現実世界で物を見ているときの両目の視差を再現している。（図08）

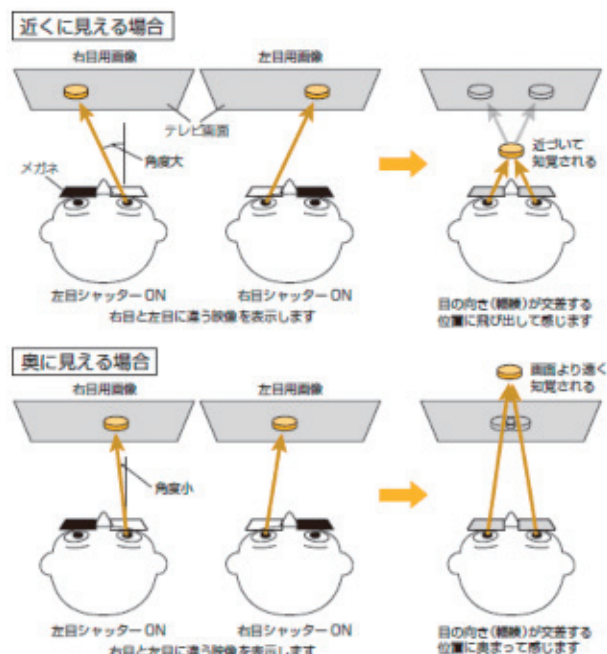


図08 基本的な立体視の仕組み

### 03-3 VRの元祖

VRの原型が作成されたのは、1838年まで遡り、1838年にチャールズ・ホイートストンが開発し、ディヴィッド・ブリュースターが発展させたこれらのスコープが立体視の元祖と言われている。（図09、10）

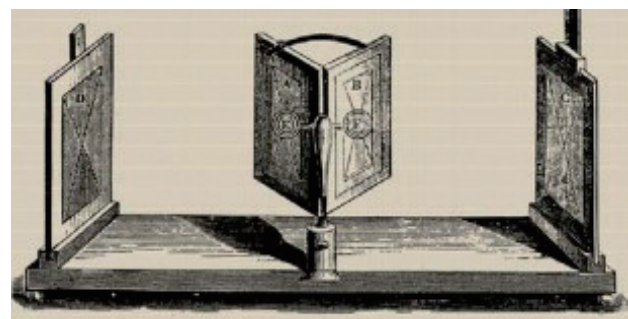


図09 Wheatstone mirror stereoscope

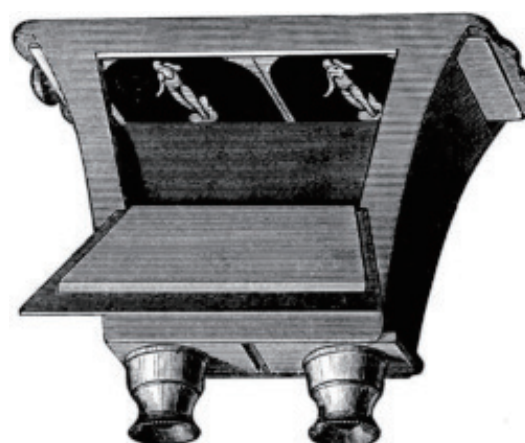


図10 The Brewster stereoscope

### 03-4 VRの歴史1：ハードウェアによる実現（～1990）

米国にてMorton Heiligが1957年に開発し1962年に特許を取得した[Sensorama]が、おそらく最古のVR機器で、仕組みは原始的だが、フルカラー動画の立体視、ステレオサウンド、座席の振動、風、香りの発生が可能であり、今で言う4DX映画の元祖のような存在である。(図11) また、「ダモクレスの剣」(THE SWORD OF DAMOCLES・図12) という、名前も見た目も非常に現在のHMDに近い形の筐体の開発を指揮したIvan Sutherlandは、グラフィカルユーザインタフェースの先駆けとなるSketchpadを発明した人でもある。続けて、1985～90年にかけてアメリカ航空宇宙局NASA開発したHMD「VIEW (Virtual Interface Environment Workstation) (NASA) (図13)」は、ヘッドトラッキング、グローブによる手のトラッキング、3Dオーディオ、音声認識に対応していた。これは、宇宙での作業を仮想空間で体験したり、ロボットアームを直感的に遠隔操作したりして、宇宙開発に役立てるため開発された。ゲームではないし液晶は単色だったそうであるが、現代のシミュレーションVRの元祖と言えることができる。



図11 The Sensorama machine

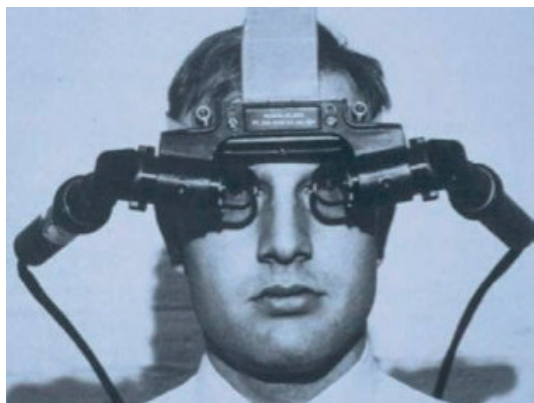


図12 THE SWORD OF DAMOCLES



図13 VIEW

### 03-5 VRの歴史2：ハードウェアによる実現（～2000）

1991年に台頭したその名も「Virtuality」は、Virtuality社が提供していたゲームセンター向けの複合VR筐体として第一次VRとも言えた90年代を巻感した。ヘッドマウントディスプレイから手の動きをトラッキングするグローブまでを組み合わせたゲーム機だった。(図14)



図14 Virtuality



図15 Oculus Rift

### 03-6 VRの歴史3：ハードウェアによる実現(2001～)

2013年に登場した「Oculus Rift」(図15)は、開発者向けプロトタイプ「Oculus Rift DK1」、DK1 Kickstarter時のコンセプトデザイン。1280×800pixelの液晶パネルを左右に分けて利用する構造のため、1眼あたりの解像度は640×800pixelだった。これを開発したOculusが



実質その後のVR（HMD）ブームを牽引していくことになる。

### 03-7 VR機器のタイプ

#### タイプ1：スマートフォン用ヘッドマウントディスプレイ

VR（HMD）ゴーグルのタイプは大きく3種類あり、まずは3,000円代の低価格で購入できるタイプは、スマートフォンを映像モニターとして利用することで画像を投影するシステムを省略している。スマートフォンを装着した状態で、ゴーグルを頭にはめて鑑賞する。（図16、17）



図16 Canbor VRゴーグル



図17 ハコスコ DX2 VR

#### タイプ2：PS4用ヘッドマウントディスプレイ

元々ゲーム専用機として流通しているSony社「PlayStation」のVR版として、開発されたもの。タイプ1のスマートフォン用と、タイプ3のPC用とも違い、専用機を利用している点で別のタイプと考えられる。（図18）

#### タイプ3：PC用ヘッドマウントディスプレイ

画像をハイクオリティで実現でき、またストレスなくパノラマVR環境を体験できる装置としては最終形と考えられるPCとセットで構築する全体の複合装置のタイプ。代表的なものとして先述の「Oculus」と「HTC Vive」（図19、図20）があげられる。



図18 Playstation VR セット



図19 HTC Viveセット

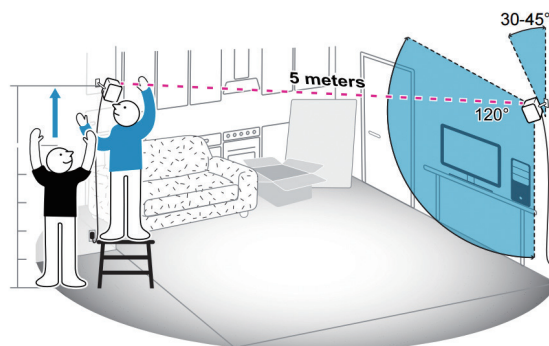


図20 Viveベースステーションのセッティング方法

### 03-8 PC用ヘッドマウントディスプレイ・ラインナップ

今回の特別研究において使用するシステムとしては、VR（HMD）のラインナップの中で、ハード・ソフト面から充実していると考えられる「HTC Vive」で開発を進めることとした。（図21）

## 04. VRパノラマ用HMDの仕組み

### 04-1 立体視+歪み中和で低コストを実現

スマートフォンに接眼レンズをあてがっただけの簡易スマホゴーグル（図22）に見てとれるように、基本構造はOculus Rift、HTC Vive、PlayStation VRもこれと同じで、目の直前で展開する映像をレンズで拡大すると、内

	Oculus Rift	HTC Vive	PlayStation VR
発売年(年・月・日)	2016.3.28	2016.4.5	2016.10.13
価格(USドル)	599ドル	799ドル	399ドル <sup>※</sup>
重量(g)	470g	555g	約610g
視角(°)	110°	110°	約100°
映像パネル	有機EL	有機EL	有機EL
映像パネルサイズ(枚数)	約3.5インチ×2枚	約3.5インチ×2枚	約5.7インチ×1枚
映像パネル解像度(pixel)	2160×1200 (1080×1200×2枚)	2160×1200 (1080×1200×2枚)	1920×1080
片目あたりの解像度(pixel)	1080×1200	1080×1200	960×1080
RGBサブピクセル構造	ペンタイル型	ペンタイル型	ストライプ型
システム遅延(Motion to Photon)	20ms未満 <sup>※</sup>	22ms未満	18ms未満
最大表示リフレッシュレート(Hz)	90Hz	90Hz	120Hz <sup>※</sup>
動き・位置検出センサー群	磁気センサー、加速度センサー、ジャイロスコプ、赤外光カメラ(Constellation Sensor)	磁気センサー、加速度センサー、ジャイロスコプ、赤外光レーザー(Lighthouse Base Station)	磁気センサー、加速度センサー、ジャイロスコプ、可視光カメラ(PlayStation Camera)
HMD側のマーカー・センサー	赤外光LED×44基	赤外光センサー×32基	RGB-LED×9基
位置検出範囲(°)	水平70°×垂直45°	水平120°×垂直120°	水平100°×垂直70° <sup>※</sup>
付属のホストHMDケーブル長(m)	4.0m	6.0m	4.4m
付属コントローラ	Xbox One コントローラ×1 <sup>※</sup>	ワイヤレス専用コントローラ×2	別売り <sup>※</sup>
ヘッドフォン	本体組み付け	なし <sup>※</sup>	イヤホン同梱
マイク	本体内蔵	本体内蔵	本体内蔵
対応システム	Windows PC	Windows PC	PS4 / PS4 Pro

図21 3大VR HMDの比較

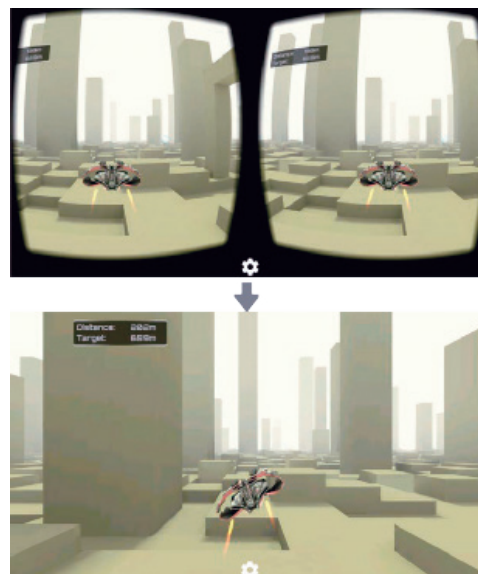


図24 VR StarElude「VRモード」「通常モード」

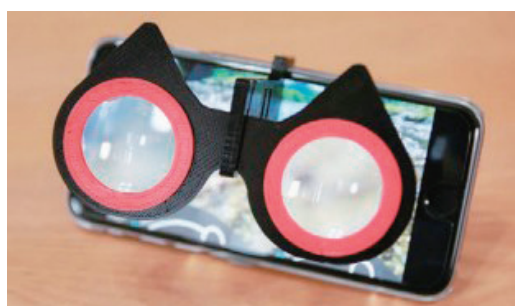


図22 Panoramic Worlds製「携帯型VRグラス」

側に歪んでしまうのを、あらかじめ映像生成側で膨らませておいて、その歪みが、レンズで吸収されて相殺する仕組みを原理(図23、図24)としたことが、VR(HMD)装置を全般的に低コストで実現でき、VR(HMD)ブームの要因になったものと推察できる。

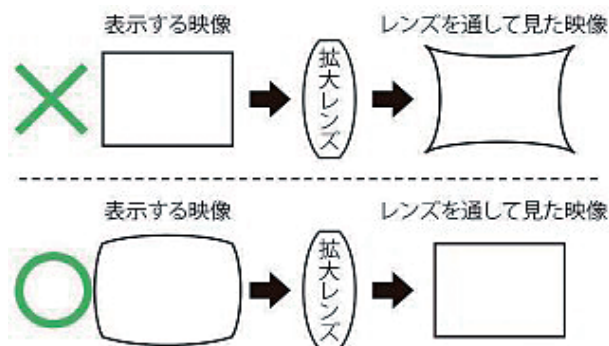


図23 光学的な歪みを映像生成側で吸収する仕組み

#### 04-2 HMDに搭載されているセンサー

また先述したどのタイプにも搭載されているセンサーは、VR体験においては、非常に重要であり、以下のものを活かしたコンテンツ制作が推奨される。

磁気センサ……………位置、角度の検知・磁力を検知して方向を示すセンサー

加速度センサ……………モーションセンサとも言い、傾きや動きに振動と衝撃を検出

ジャイロスコプ…回転速度を検知するセンサー・VRやARでは回転する速さに合わせて描写位置を決める

赤外光カメラ・赤外光レーザー……………ヒトの目では見ることができない光(infrared/IR)を見る・対象物の温度を検知・サーモグラフィあるいはリモコン

#### 04-3 VRパノラマの定義と本研究の立ち位置

ところで今回、厳密にVR業界の全体像から、私たちがやろうとしている実写撮影と虚像空間の合成あるいはVRコンテンツはどの辺の立ち位置かというと、完全にVRでもなく、現実空間との中間、境目としての「拡張テレプレゼンス」あたりになると考えられる(図25)。

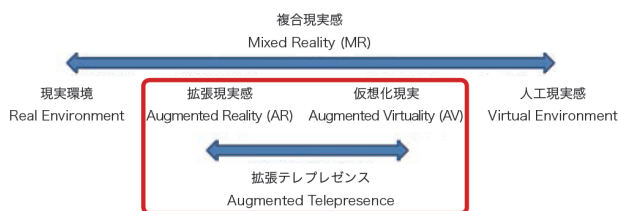


図25 Reality- Virtuality (RV) Continuum



## 05. パノラマVR作成環境

### 05-1 パノラマVR映像撮影（静止画）

システム： Nodal Ninja（雲台）  
Sigma（レンズ・対角魚眼）  
ソフト： PTGui（ステッチ）  
Pano2VR（HTML5）

### 05-2 パノラマVR映像撮影（動画）

システム： Insta360pro  
ソフト： Insta360 Stitcher

### 05-3 パノラマVR空間展開（システム）

システム： PC用HMD： HTC Vive  
ソフト： unity  
+SteamVR

### 05-5 Webインタラクティブ・コンテンツ制作

システム： Ajax（JavaScript）  
ソフト： HTML5/JavaScript/xml



図28 SUAC VIRTUAL CAMPUS TOUR マルチメディア室

## 06. 本研究における成果

### 06-1. VIRTUAL CAMPUS TOUR

[https://www.suac.ac.jp/virtual\\_campus](https://www.suac.ac.jp/virtual_campus)

本研究における成果の一つとしては、Webコンテンツとして仕上げた本学公式サイト上の「VIRTUAL CAMPUS TOUR」があげられる。遠方の受験生には、来校せずに学内施設の様子が手に取るようにWeb上で仮想体験でき、他校ではまた実現できていないコンテンツである。（図26、27、28）

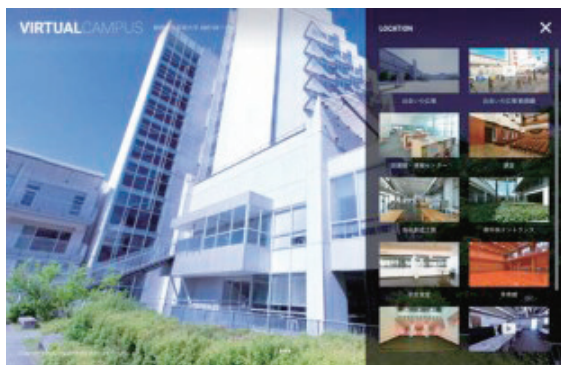


図26 SUAC VIRTUAL CAMPUS TOUR メニュー

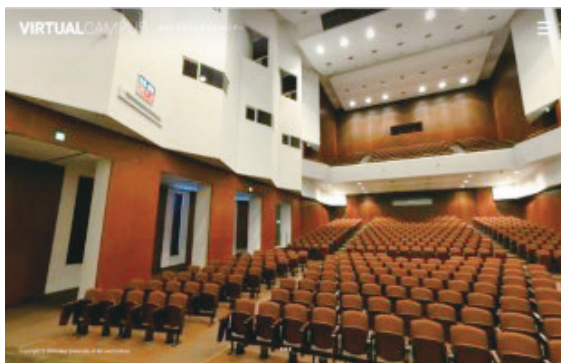


図27 SUAC VIRTUAL CAMPUS TOUR 講堂

### 06-2. オープンキャンパス

「SUACお化け屋敷 with HTC VIVE」



図29 SUACお化け屋敷 with HTC VIVE

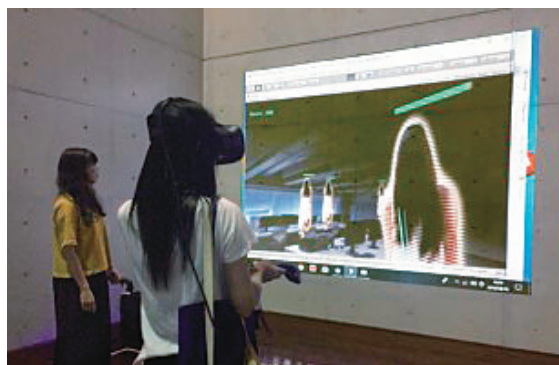


図30 大学オープンキャンパスでのVRお化け屋敷体験の様子

### 06-3. 古田祐司教授撮影「EUROPE VR」

@IEEE/VR2018 (Reutlingen, Germany)

成果の一つとして、最後にあげたいのは、共同研究者の古田祐司教授が3月に行われたVR学会「IEEE/VR2018」に参加する前後に、Insta360Proを持参して撮影してきたパノラマ画像を掲載する。約1週間の旅程中、ゲーテアムム（ドルナッハ、スイス）、ロンシャン礼拝堂（フランス）、ピラトゥス山（スイス）、マリエン教会（リューベック、ドイツ）など、約25カットも精力的に撮影をこなし、入院される直前まで、このレタッチ作業をしていたと思われる。





図31 [IEEE/VR2018]会場シュタットホール（ロイトリンゲン、ドイツ）



図32 ピラトゥス山頂上（ルツェルン、スイス）



図33 古田祐司教授が撮影したInsta360pro撮影の動画の数々



## 引用・出典

- (01) ゲームをおもしろくするコツ  
第3回 来るべきVRの世界—立体視の歴史、ゲームの目指すべき方向  
<https://gihyo.jp/lifestyle/serial/01/game-interesting-knack/0003?page=1>
- 図08 基本的な立体視の仕組み  
PSVRを機に振り返るVR・立体視ゲームの歴史  
<http://noziru-storage.net/vr-or-stereoscopic-video-game-history/>
- 図09 Wheatstone mirror stereoscope  
Stereoskop Charlesa Wheatstone'a - drzeworyt lata czterdzieste XIX w. (autor nieznaný).  
File:PSM V21 D055 The brewster stereoscope 1849.jpg  
Unknown - Popular Science Monthly Volume 21
- 図10 The Brewster stereoscope 1849  
File:PSM V21 D055 The brewster stereoscope 1849.jpg  
Unknown - Popular Science Monthly Volume 21
- 図11 The Sensorama machine  
(scriptanime.wordpress.com)CC BY-SA 4.0  
From Wikimedia Commons, the free media repository
- 図12 THE SWORD OF DAMOCLES  
Sutherland, I. E. (1968). "A head-mounted three dimensional display". Proceedings of AFIPS 68, pp. 757-764
- 図13 VIEW  
The Virtual Interface Environment Workstation (VIEW), 1990  
Page Last Updated: June 12th, 2014  
Page Editor: Lois Rosson  
NASA Official: Brian Dunbar  
Partnership with VPL Research, Inc.  
[https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new\\_continent\\_of\\_ideas/](https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new_continent_of_ideas/)
- 図14 Virtuality  
Virtuality社  
Virtualityゲームセンター向けの複合VR筐体(Virtuality社)  
<http://web.archive.org/web/19970414021034/http://www.virtuality.com:80/docs/index2.htm>
- 図15 Oculus Rift DK1  
VR Watch:VRハードウェアの基礎知識。歴史や仕組み、3大VR HMDの比較まで  
[https://www.watch.impress.co.jp/headline/docs/extra/vr/1060434.html#003\\_s.jpg](https://www.watch.impress.co.jp/headline/docs/extra/vr/1060434.html#003_s.jpg)  
「VRコンテンツ開発ガイド 2017」
- 図16 Canbor VRゴーグル  
<http://jiyukenyusha.com/headmaunt-display/>
- 図17 ハコスコ DX2 VR  
スマートフォンを収納して使う簡易型VRヘッドセット「ハコスコDX2」のレビュー  
<http://juggly.cn/archives/208470.html#>
- 図18 Playstation VR セット  
<https://www.jp.playstation.com/psvr/>  
<https://vrinside.jp/psvr-detail/>
- 図19 HTC Viveセット  
VRヘッドセット「HTC Vive」最新情報まとめ 価格・スペック・おすすめゲーム・アプリなど(018.07.23)  
<https://www.moguravr.com/htc-vive-9/>
- 図20 Viveベースステーションのセッティング方法  
[https://www.vive.com/jp/support/vive/category\\_howto/tips-for-setting-up-the-base-stations.html](https://www.vive.com/jp/support/vive/category_howto/tips-for-setting-up-the-base-stations.html)
- 図21 3大VR HMDの比較  
VR Watch:VRハードウェアの基礎知識。歴史や仕組み、3大VR HMDの比較まで  
<https://www.watch.impress.co.jp/headline/docs/extra/vr/1060434.html>
- 図22 Panoramic Worlds製「携帯型VRグラス」
- 図23 光学的な歪みを映像生成側で吸収する仕組み  
VR Watch:VRハードウェアの基礎知識。歴史や仕組み、3大VR HMDの比較まで  
[https://www.watch.impress.co.jp/headline/docs/extra/vr/1060434.html#006\\_s.jpg](https://www.watch.impress.co.jp/headline/docs/extra/vr/1060434.html#006_s.jpg)
- 図24 VR StarElude「VRモード」「通常モード」  
VR StarElude  
<https://gameappch.com/app/?app=02378>

図25 Reality- Virtuality (RV) Continuum  
NAIST-IS-MT0951019

修士論文「無人飛行船から撮影された全方位動画をを用いた蓄積再生型拡張テレプレゼンスシステム」大倉史生  
2011年2月3日  
奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報システム学専攻

## その他参考文献

- (01) 360度VRパノラマ制作パーフェクトガイド—この一冊ですべてわかる!  
久門 易 (著) 秀和システム (2011/12)
- (02) VRコンテンツ開発ガイド2017  
西川 善司 (著), 古林 克臣 (著), 野生の男 (著), izm (著), 比留間 和也 (著)  
エムティエヌコーポレーション (2017/5/16)
- (03) UnityによるVRアプリケーション開発 —作りながら学ぶバーチャルリアリティ入門  
Jonathan Linowes (著), 高橋 憲一 (翻訳), 安藤 幸央 (翻訳), 江川 崇 (翻訳), その他  
オライリージャパン (2016/8/26)
- (04) VRエンジニア養成読本 (Software Design plus)  
養成読本編集部 編  
技術評論社 (2017/4/11)
- (05) VR Inside  
VR/AR/MRの未来を創るビジネスニュースメディア  
Oculus Rift情報まとめ! 価格からおすすめゲーム・動画などオキュラスリフトの全てを紹介!  
<https://vrinside.jp/oculus-detail/>
- (06) HMD比較検証! (初級編です)  
Oculus Rift製品版 vs HTC Vive  
<http://www.solidray.co.jp/data/news/161021.html>

