

ミュオグラフィに関する CG, AR, VRの基礎

関西大学総合情報学部 林武文

内容

1. 3次元**CG**の仕組みとコンテンツの紹介
2. **AR**の仕組みとコンテンツの紹介
3. **VR**の仕組みとコンテンツの紹介
4. デジタル造形とプロジェクションマッピング
5. 古墳計測における3次元**CG**の利用

1. 3次元CGの仕組みとコンテンツの制作

CGの定義

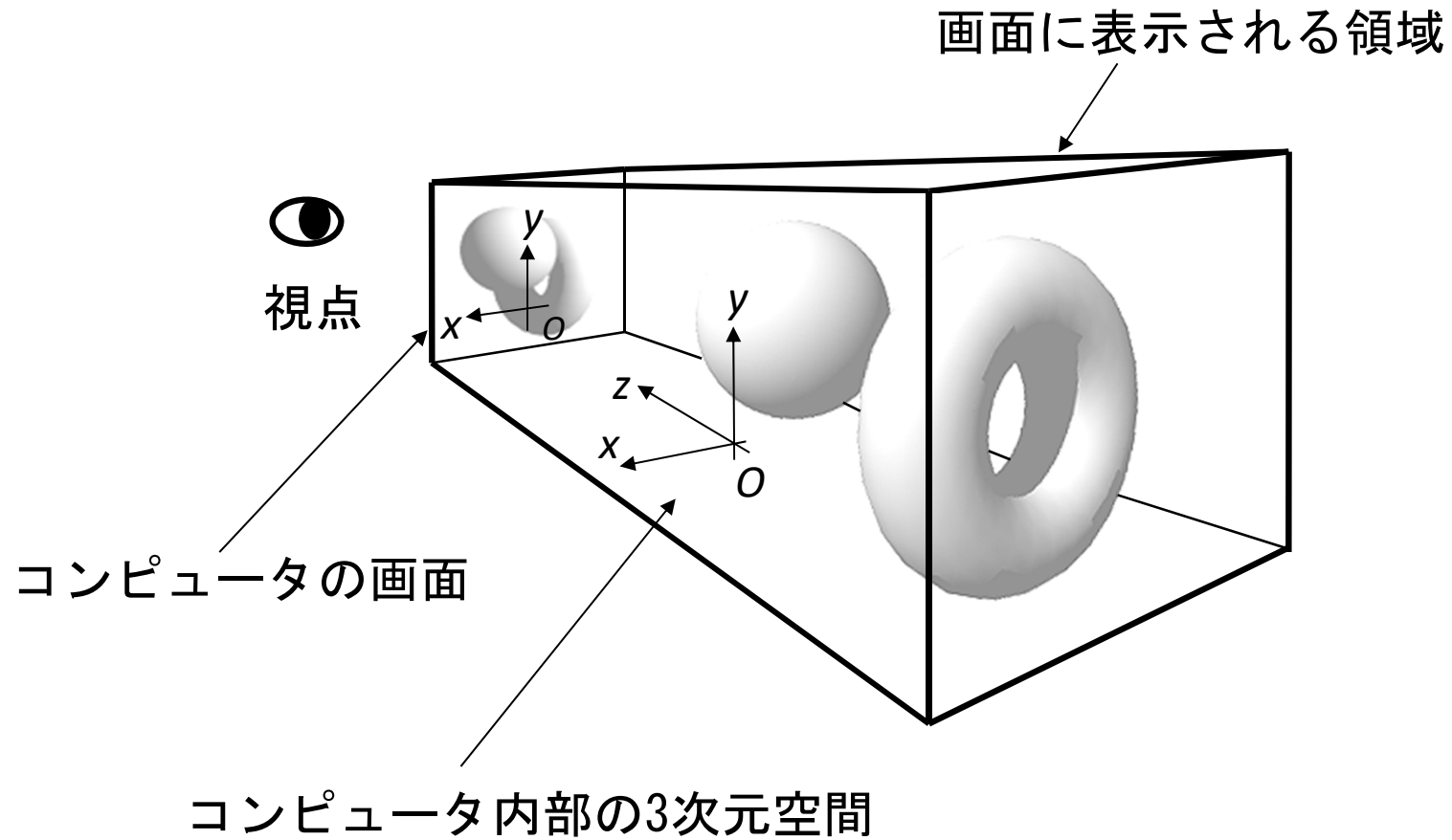
「コンピュータを用いて**画像を生成する技術**」

CGの目的

「情報の可視化」

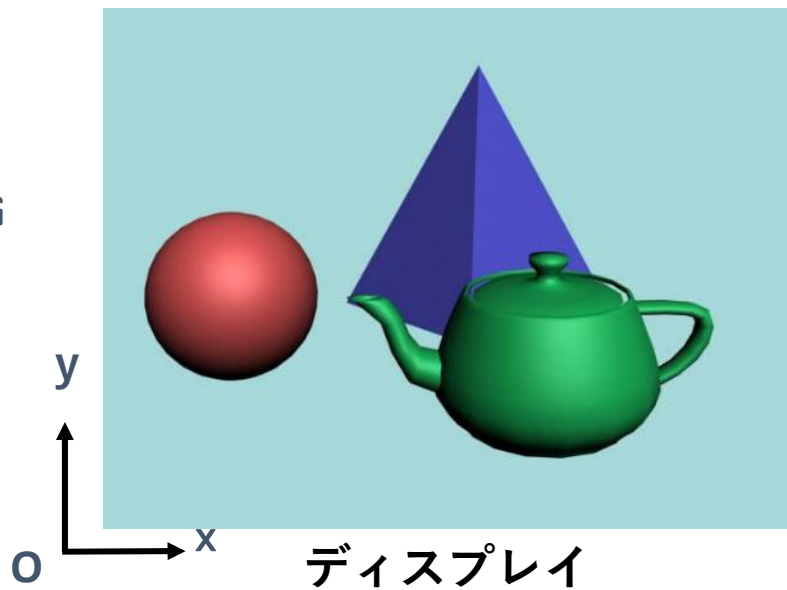
- 設計図や完成図の表示 (CAD/CAM)
- 計測結果やシミュレーション結果の表示
- 写実的な画像の生成
- 非現実的な画像の生成
- ヒューマンインタフェース

3次元CGの概念図

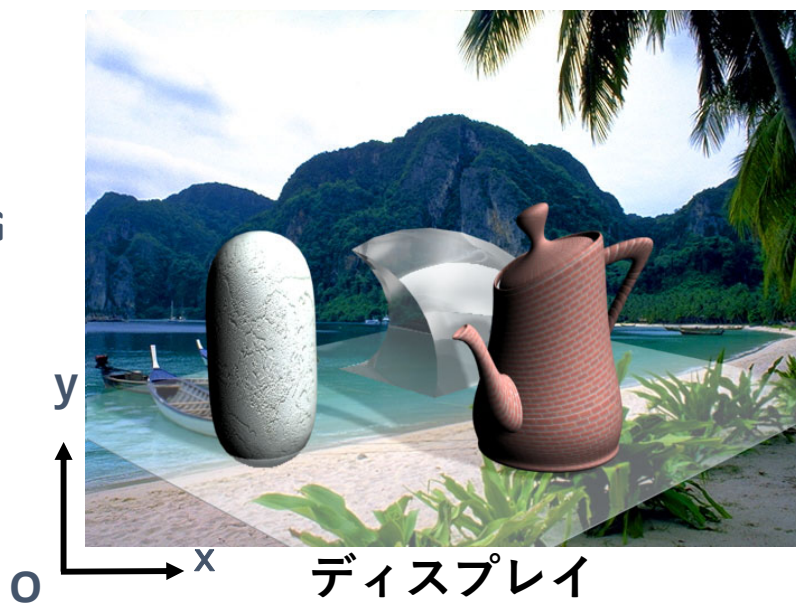


2次元CGと3次元CGの比較

2次元CG



3次元CG

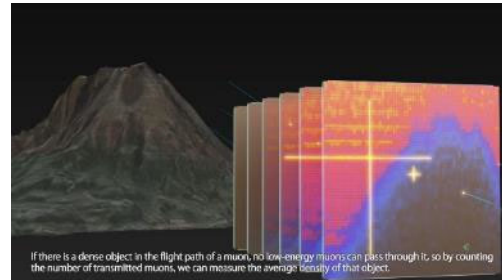
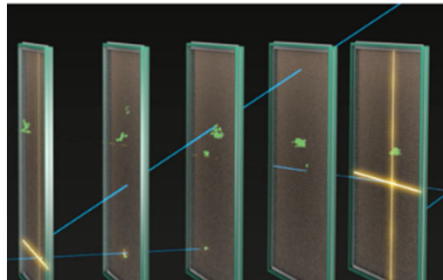
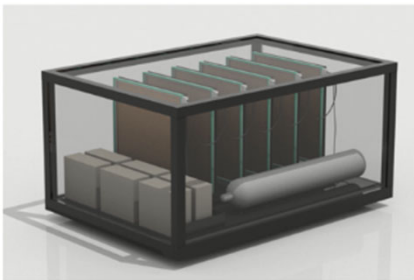


3次元CGの特徴

- 計算により 2次元画像を生成
 - (1) 3次元→2次元へのデータ変換の計算
投影変換
 - (2) 物体を移動したり変形するための計算
幾何変換
 - (3) 視点に到達する光の強度を計算
シェーディング(陰影付け処理)
- 反対側から見る事が出来る
- 写実的な画像の生成が可能

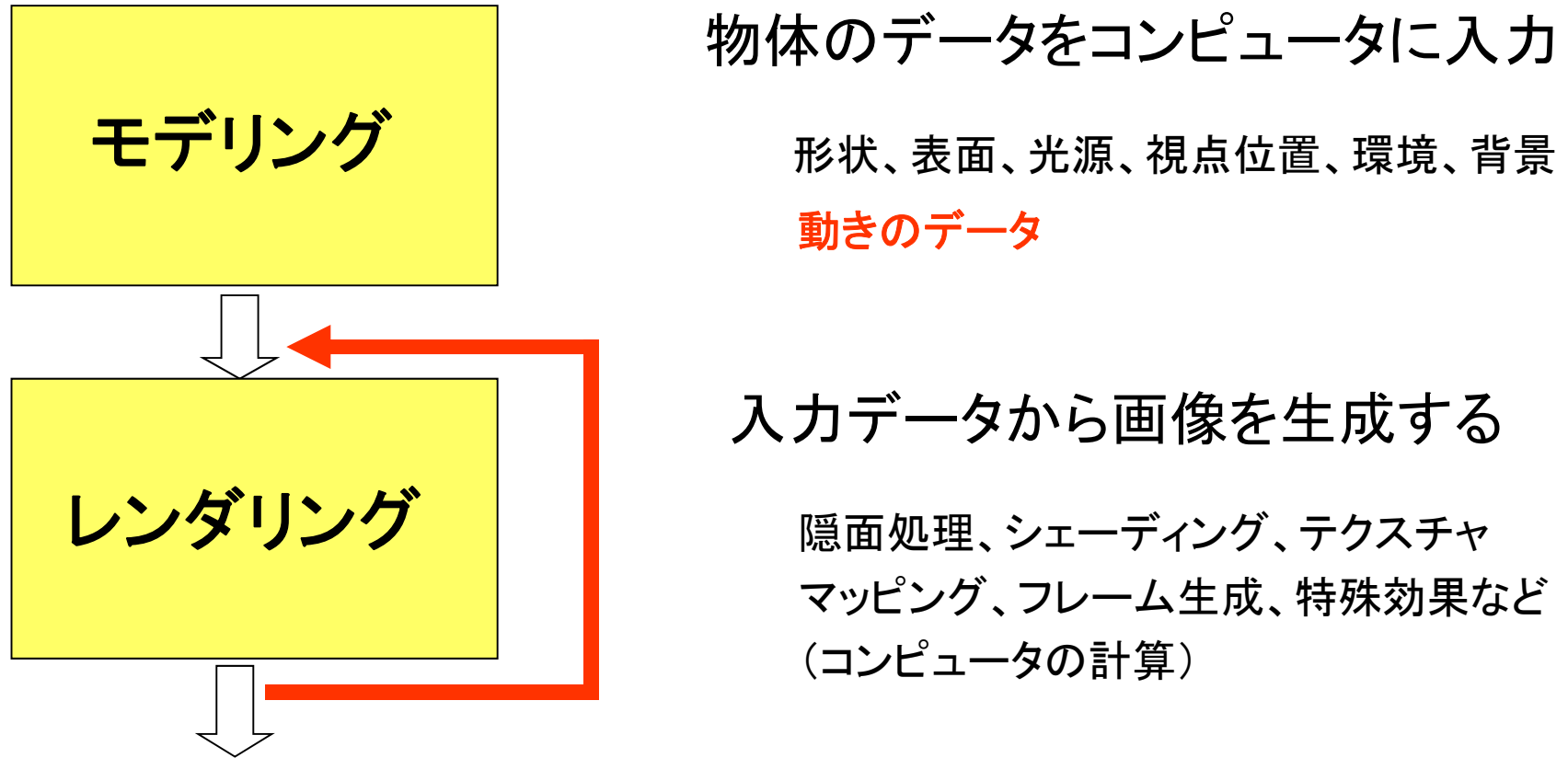
Muography

- 21st Century Cosmic Ray Fluoroscopic Technology -



<https://www.youtube.com/watch?v=12DKrZjbHlw>

CGアニメーション制作のプロセス



物体のデータをコンピュータに入力

形状、表面、光源、視点位置、環境、背景

動きのデータ

入力データから画像を生成する

隠面処理、シェーディング、テクスチャ
マッピング、フレーム生成、特殊効果など
(コンピュータの計算)

画像を蓄積 → 蓄積された画像を連続的に提示する

1枚の画像(アニメーションの1コマ)をフレームと呼ぶ

開発に用いるソフトウェア

①3次元CGのモデリング・レンダリング

Autodesk 3dsmax, Autodesk Maya, Blender
(Cinema4D, Houdini)

②映像編集

Adobe Premier, Adobe After Effects

③テクスチャ編集

Adobe Photoshop, Adobe Illustrator

④VR開発用ゲームエンジン

Unity 3D, UnrealEngine

⑤AR開発

Vuforia, Kudan, ARCore, ARKit

2. A R の仕組みとコンテンツ制作

ARの仕組み

現実世界 = スマホのカメラ映像

仮想世界 = 3次元CGの映像

両者の視点と方向を合わせて重畳する。

- | | |
|---------|--------------------------|
| ① マーカー型 | 画像認識 |
| ② 位置認識型 | 緯度・経度情報
(ロケーションベースAR) |
| ③ 空間認識型 | 平面や壁を検出
(マーカーレスAR) |
| ④ 物体認識型 | 3次元の立体オブジェクト |

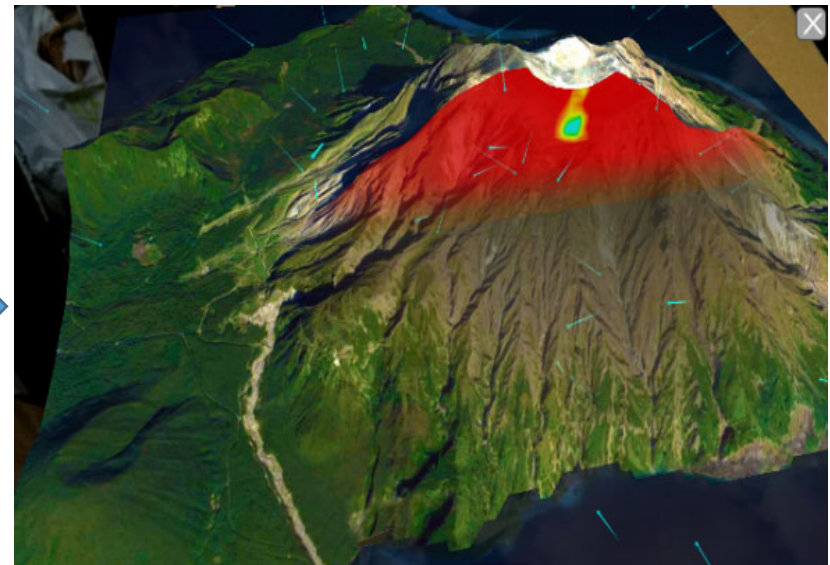
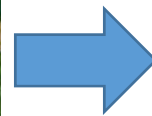
① マーカー型AR



マーカー画像



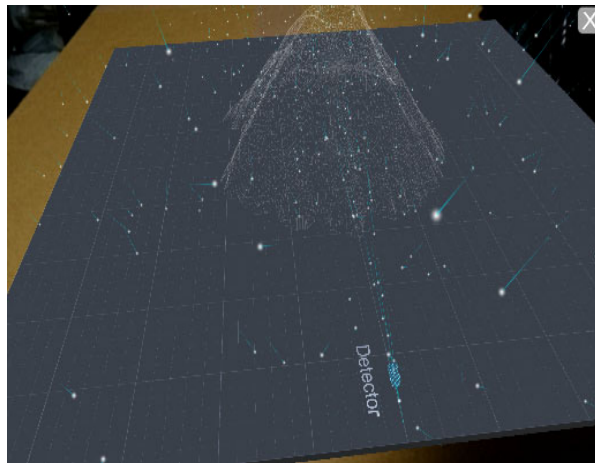
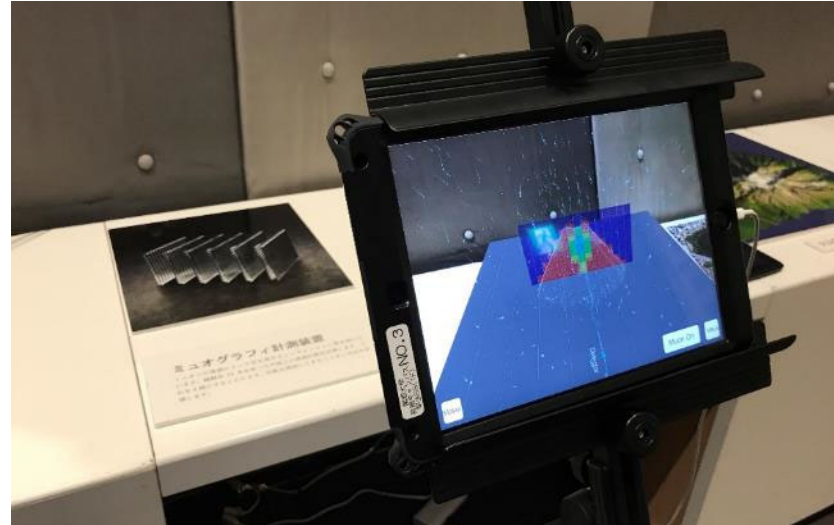
薩摩硫黄島の3Dモデルとミュオンの表示



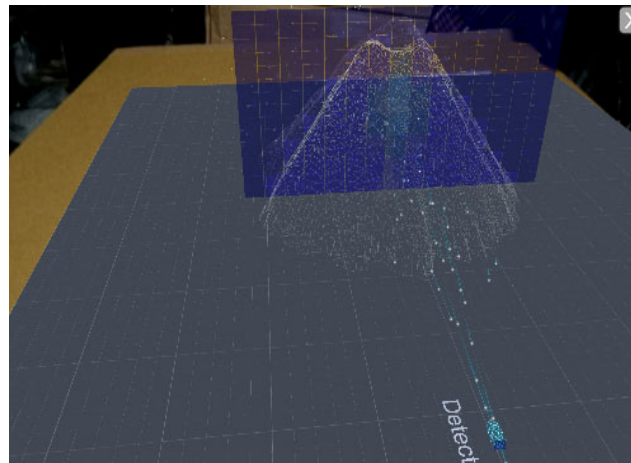
断面にミュオグラフィ画像を重畳した表示

タブレットの画面

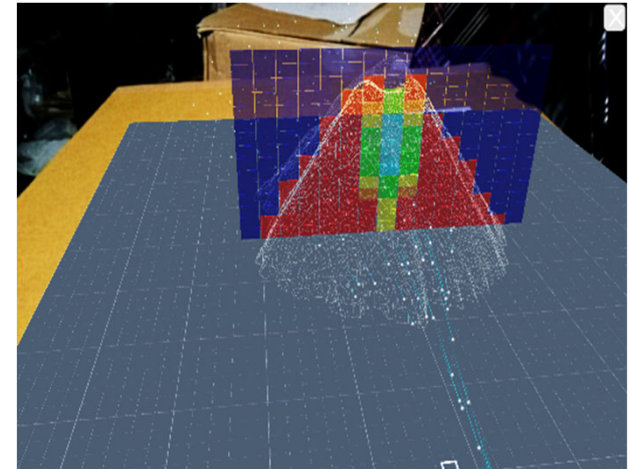
① マーカー型 A R



対象物体とミュオンと計測装置



計測の途中経過



最終結果

③空間認識型 A R



③空間認識型 A R

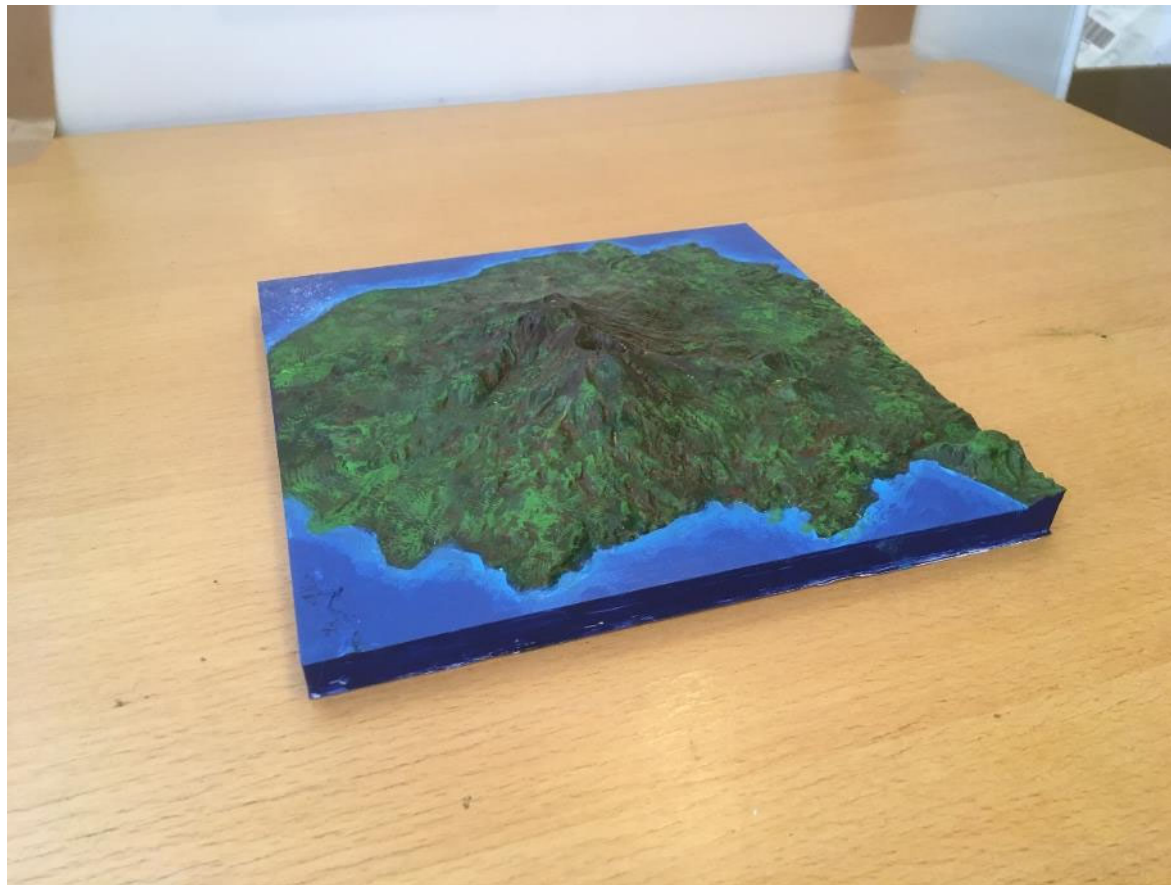


地上におけるミュオンの到達数



④物体認識型 A R

3次元マーカー



<https://vimeo.com/495558771>

A smartphone screen displaying a 3D map of Earth. The map shows the Pacific Ocean and the island of Sakurajima. The text 'Muography XR' is overlaid in white, and a white box contains the text 'Sakurajima AR Start'.

Muography XR

Sakurajima AR Start

3. VRの仕組みとコンテンツ制作

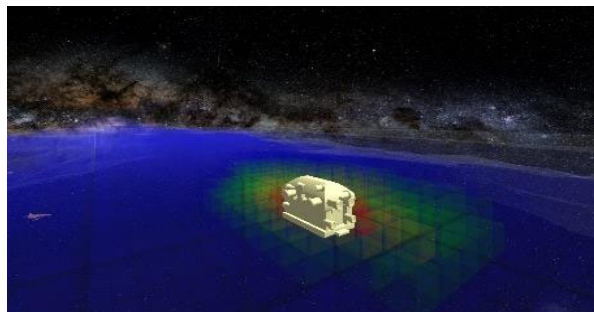
VRを用いる理由

- ミュオグラフィに対する興味を喚起して、さらに理解を深めるための体験機会を与える。
- エンタテインメント性を付与したコンテンツ展示により、特に若年層にアピールする。



HMDを用いたコンテンツの開発（1）

今城塚古墳VR・薩摩硫黄島VR



今城塚古墳VR

https://www.youtube.com/watch?v=utd8-Ypb0_U&t=52s

薩摩硫黄VR

<https://www.youtube.com/watch?v=wZvnxZFt2OY>

HMDを用いたコンテンツの開発 (2)

モーションベースを利用した薩摩硫黄島・仁徳天皇陵VR



HMDを用いたコンテンツの開発 (2)

モーションベースを利用した

薩摩硫黄島・仁徳天皇陵VR



VR技術の解説

HMDの種類

(1) 没入型

Oculus, HTC VIVE, プレステVR
視野を完全に覆う
両眼立体視、広視野角



<https://www.oculus.com/>

(2) シースルー型

Microsoft HoloLens
XR、MR用 現実空間 + 仮想空間



<https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens/>

(3) 情報提示型

Google glass、Evelio
単眼、視野の邪魔にならない
網膜投影型



<https://www.youtube.com/watch?v=5IK-zU51MU4>

VRの歴史

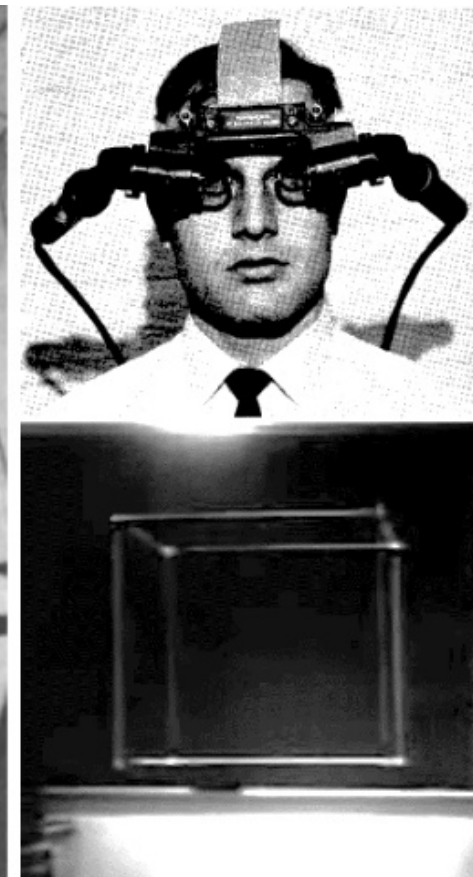
- 1968 サザーランドのHMD
- 1970～80年代は軍事利用
- 1989 VPL社 【第1次VRブーム】（VR元年）
- 2000年代 メーカーのHMD
CAVEなどの没入型ディスプレイ
- 2016年 Oculus, VIVE, PlaystationVR発売
【第2次VRブーム】（VR元年）

1968 サザーランドのHMD



Sketch Pad System(1963)

<https://www.youtube.com/watch?v=57wj8diYpgY>



Ivan Sutherland - Head Mounted Display

<https://www.youtube.com/watch?v=NtwZXGprxag>

1989 VPLリサーチ社 【第1次VRブーム】

EyePhone

DataGlove

DataSuit

Polhemus Fastrak



Virtual Reality from 1990, Jaron Lanier, Eye phones,
https://www.youtube.com/watch?v=ACeoMNux_AU

コンシューマ向けゲーム用HMDの発売（2016）



Oculus Rift

<https://www.oculus.com/>



Playstation VR

<https://www.playstation.com/ja-jp/ps-vr/>



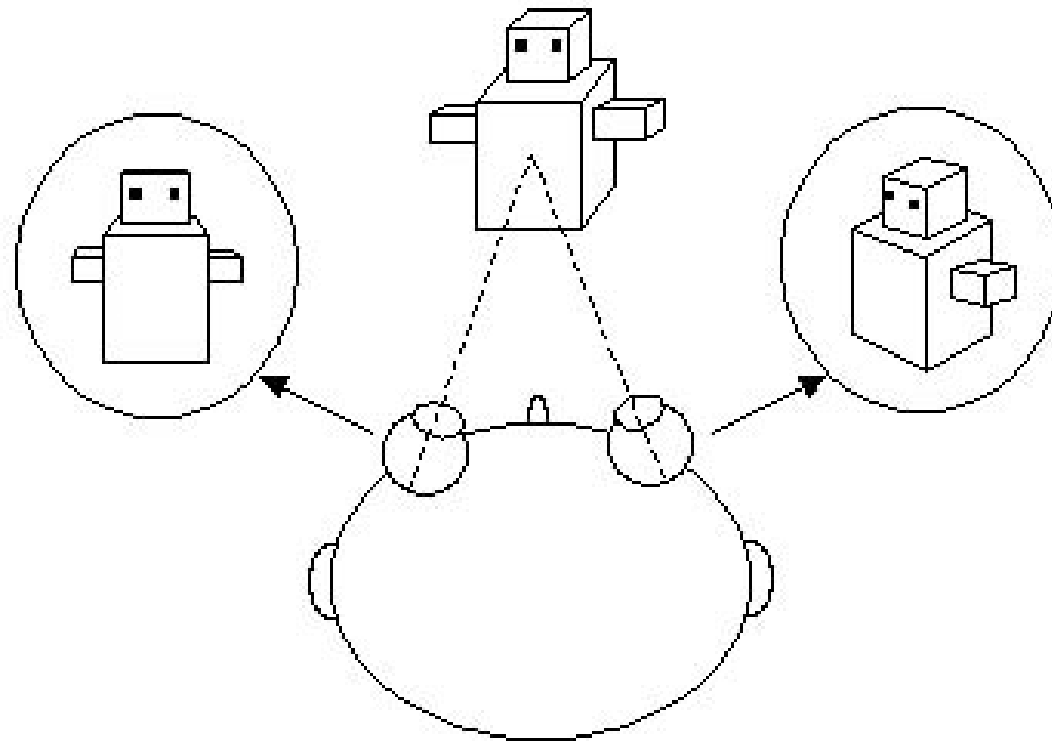
HTC VIVE

<https://www.vive.com/jp/>

HMDに用いられる技術

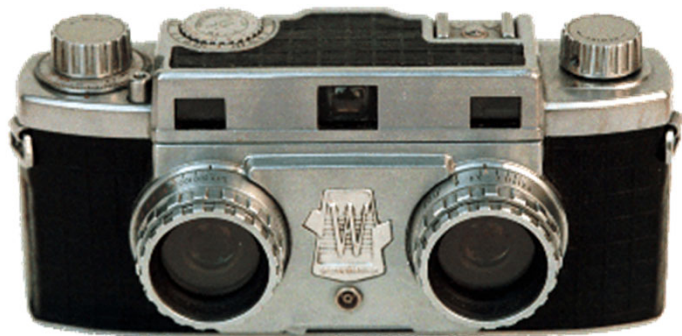
①立体視

2眼式立体映像の原理



両眼視差と立体視

実写によるステレオ画像

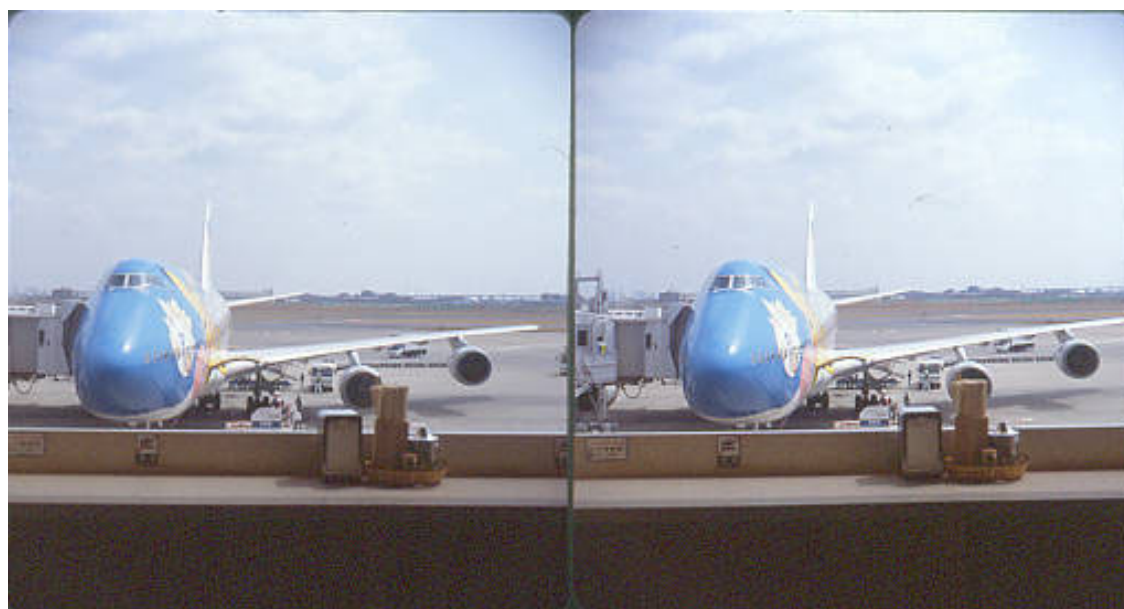


ステレオカメラ

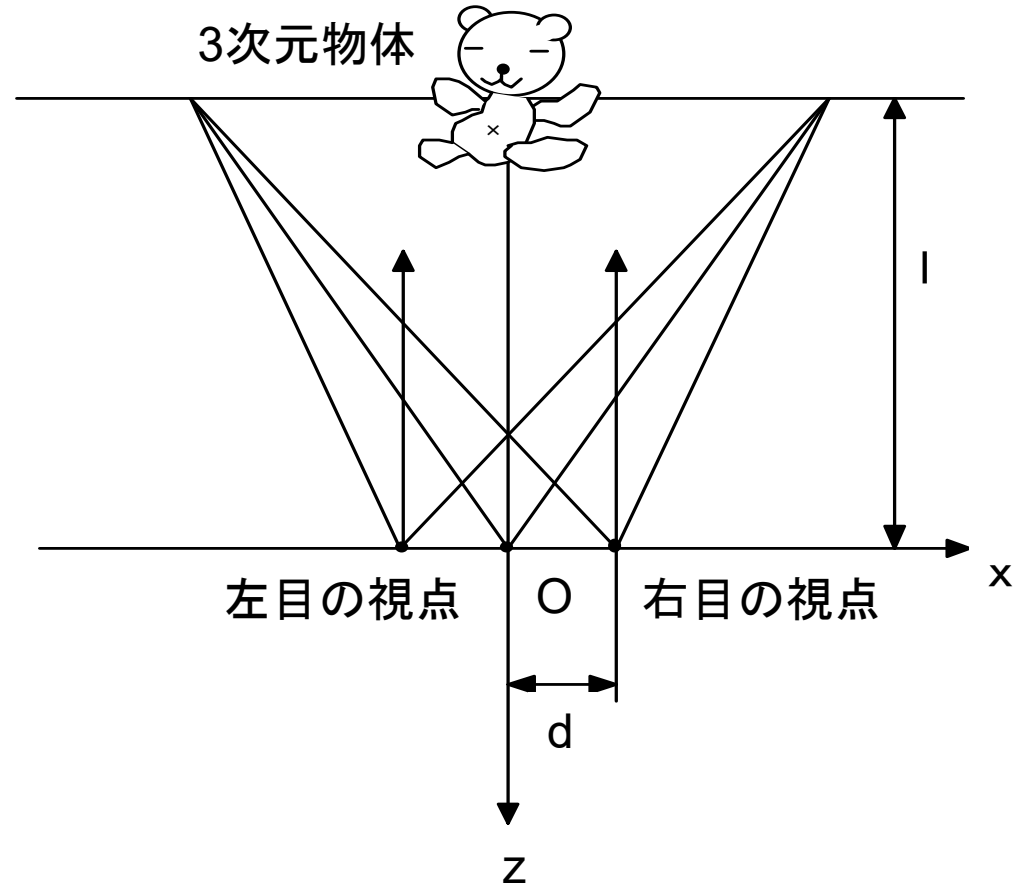
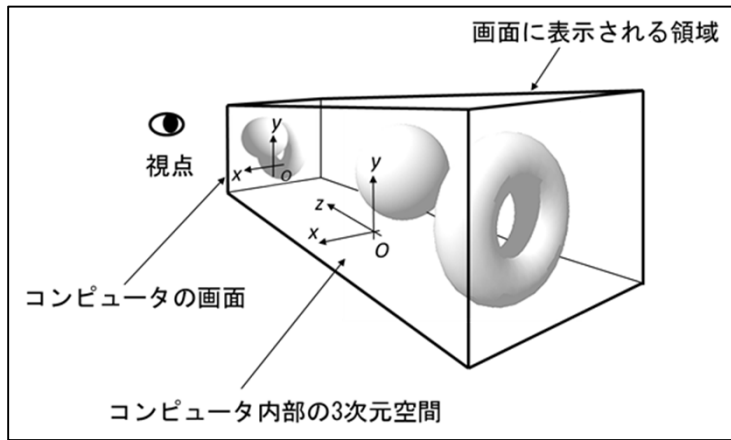


ステレオビューア

ステレオ画像

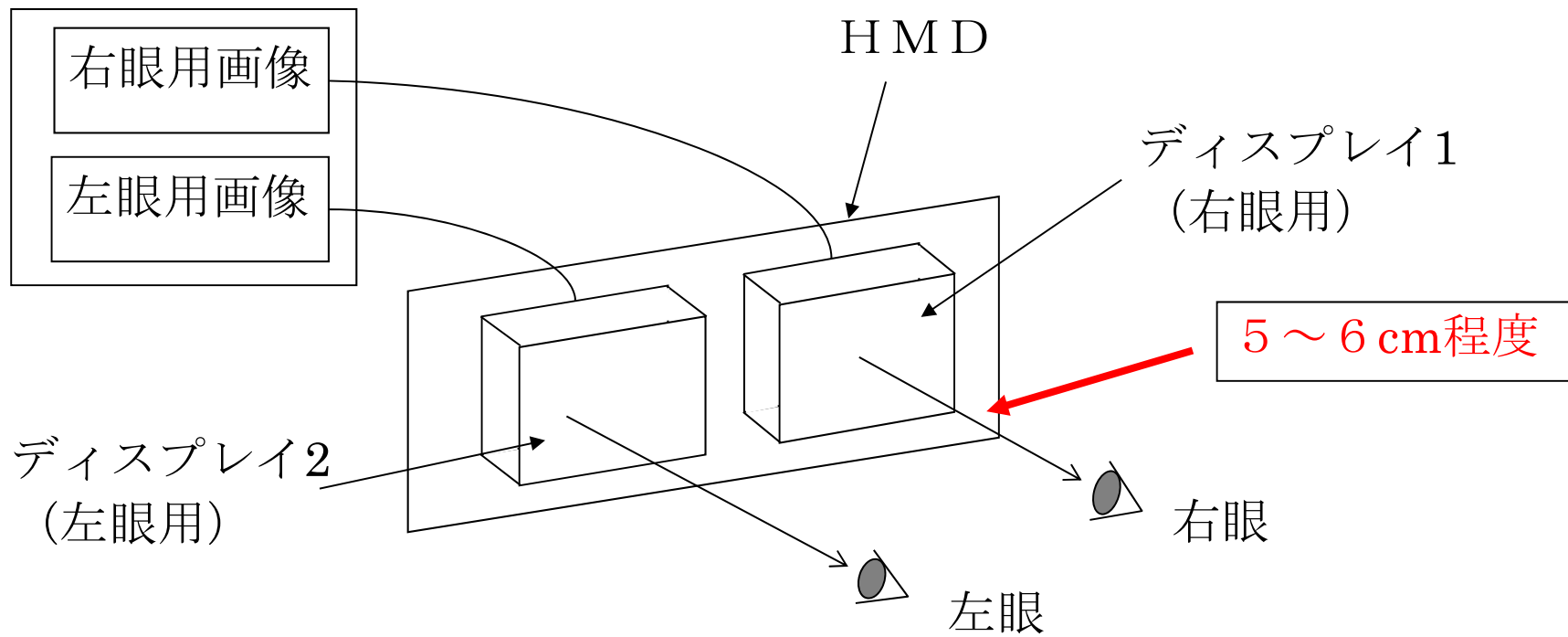


CGによる立体映像の生成。



右目の位置、左目の位置それぞれにカメラを置き、2回レンダリングを行う。

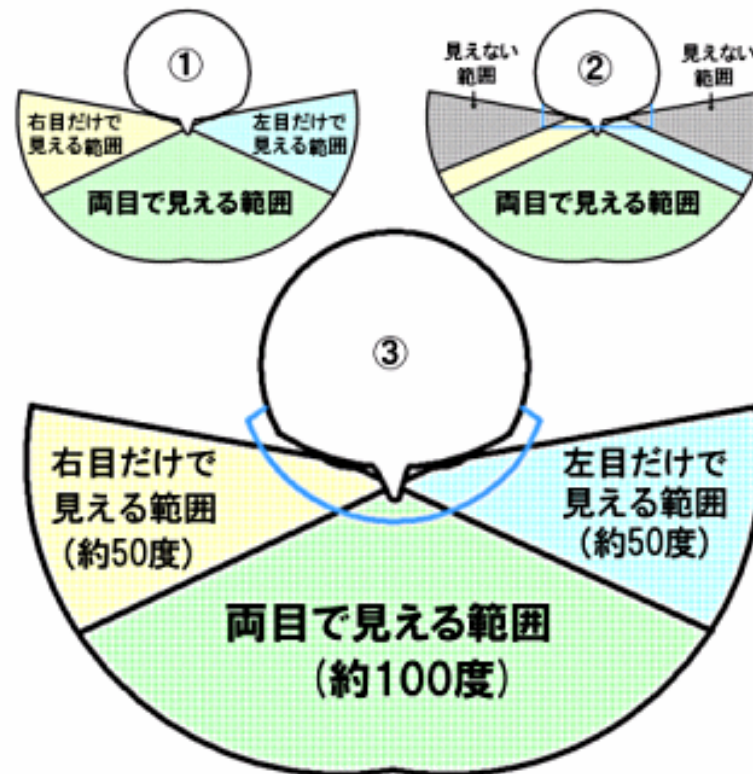
HMD(Head Mounted Display) 方式

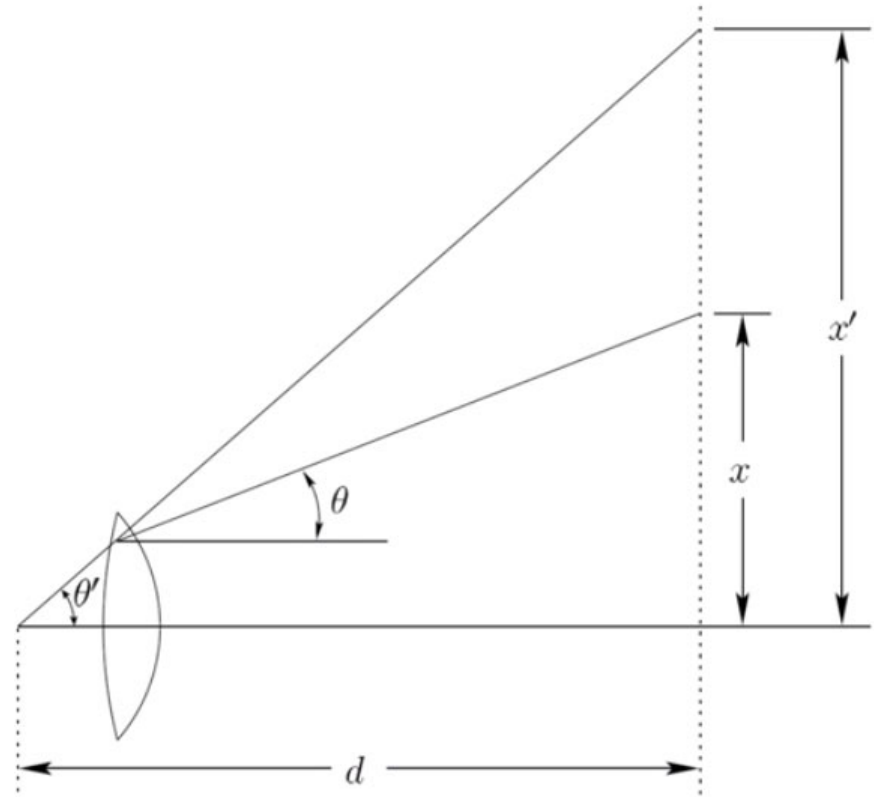


HMDに用いられる技術

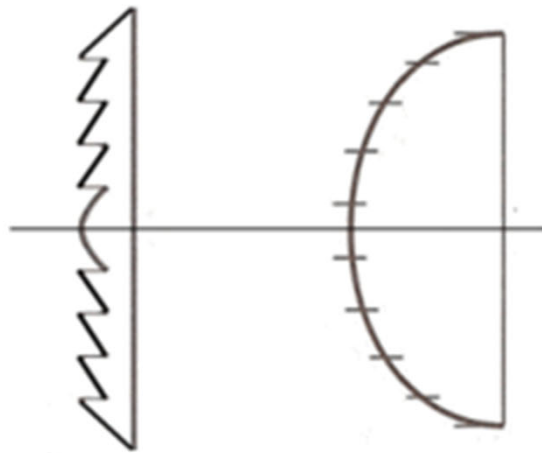
②広視野化

人間の両眼視野：水平方向 200°
垂直方向 130°

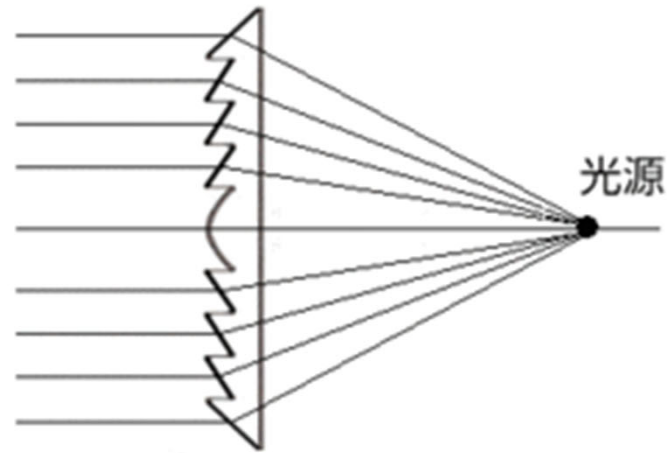




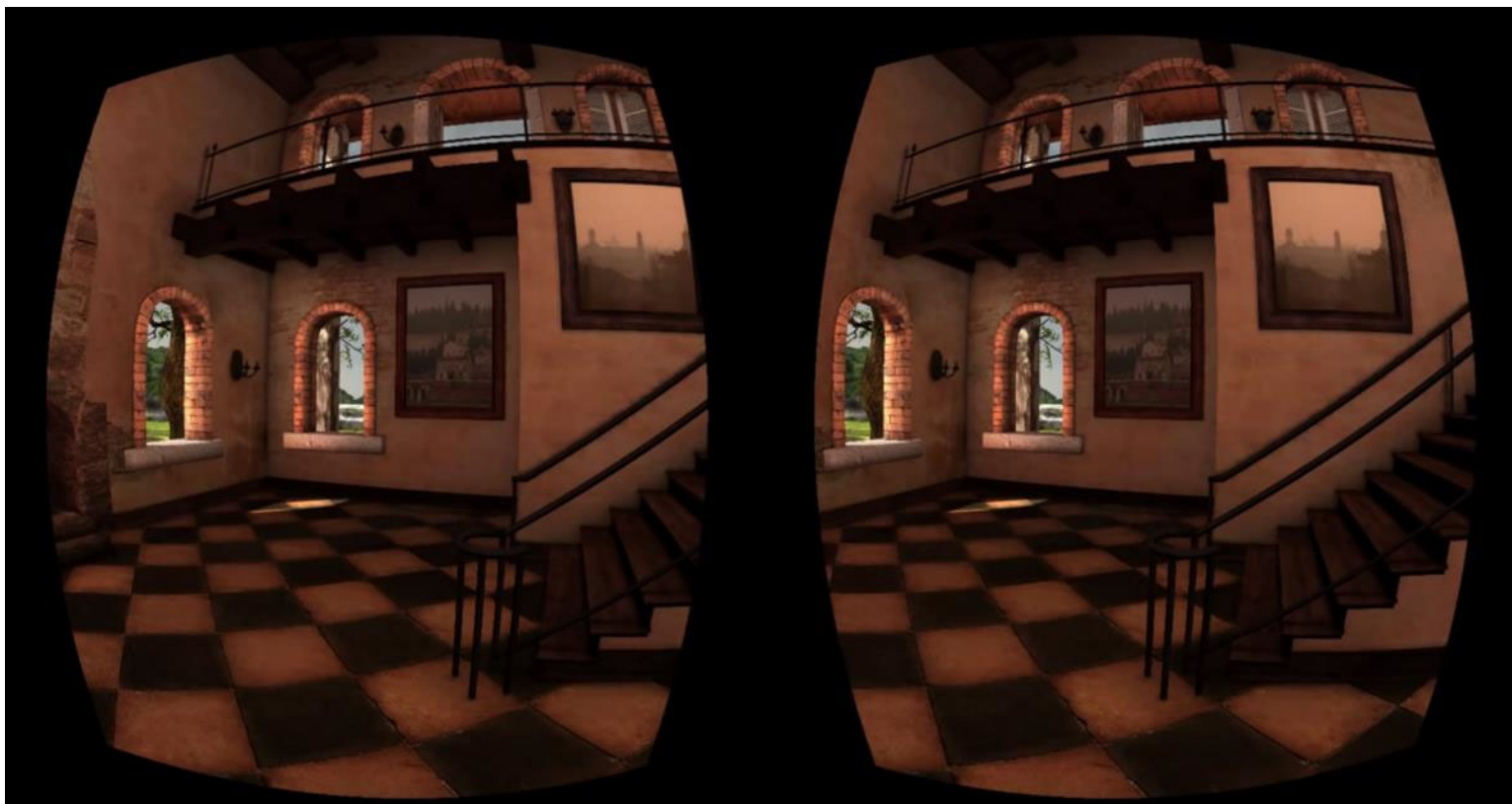
レンズを用いた視野の拡大



フレネルレンズと球面レンズ



フレネルレンズの光の進み方



歪みシェーダによるレンズの歪みの補正

StarVR



StarVR ONE(2020-4)

- ・ 水平視野210度、 垂直視野130度
- ・ Tobiiのアイトラッキング・テクノロジーを搭載
- ・ 瞳孔間距離(IPD)を補正
- ・ 注視点のみ高品質レンダリング (dynamic foveated rendering)

<https://www.starvr.com/>

HMDに用いられる技術

③ヘッドトラッキング

ヘッドトラッキングの種類

3DoF



6DoF



<https://pupuru-blog.com/vr/vr-dof>

ジャイロ、加速度、磁気センサー
(ヘッドトラッキング)

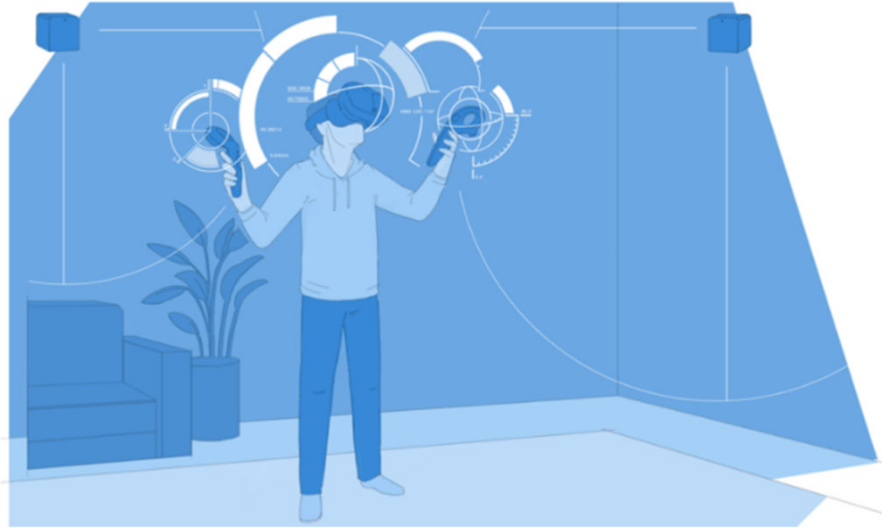
+ カメラ、赤外線センサー
ルームトラッキング)

Oculus Rift CV1のルームトラッキング



ゴーグル側に赤外線LEDを搭載し，外部に設置した近赤外線カメラによりLEDの点群パターンを追跡し，並進位置を算出している。

HTC VIVEのルームトラッキング



外部にレーザ発信器（ベースステーション）を設置し，HMDやコントローラ側に搭載したセンサで受信して位置を算出する

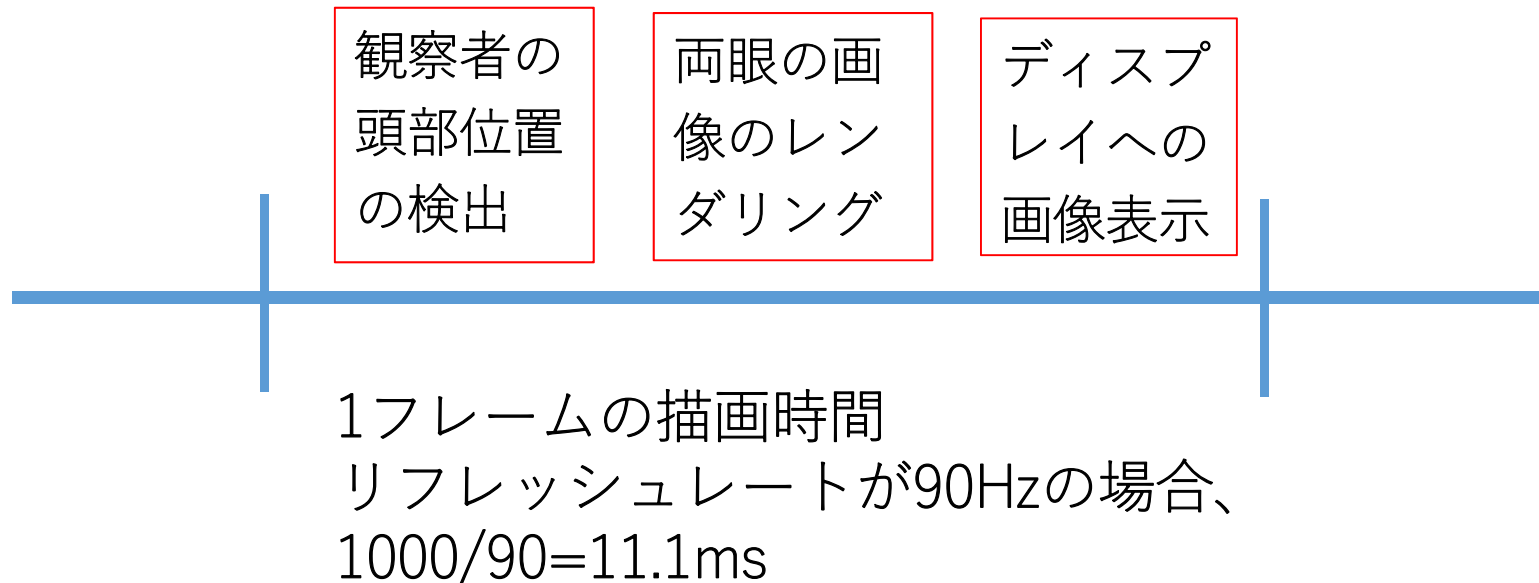
Oculus Questのルームトラッキング



[Oculus Insight](#)

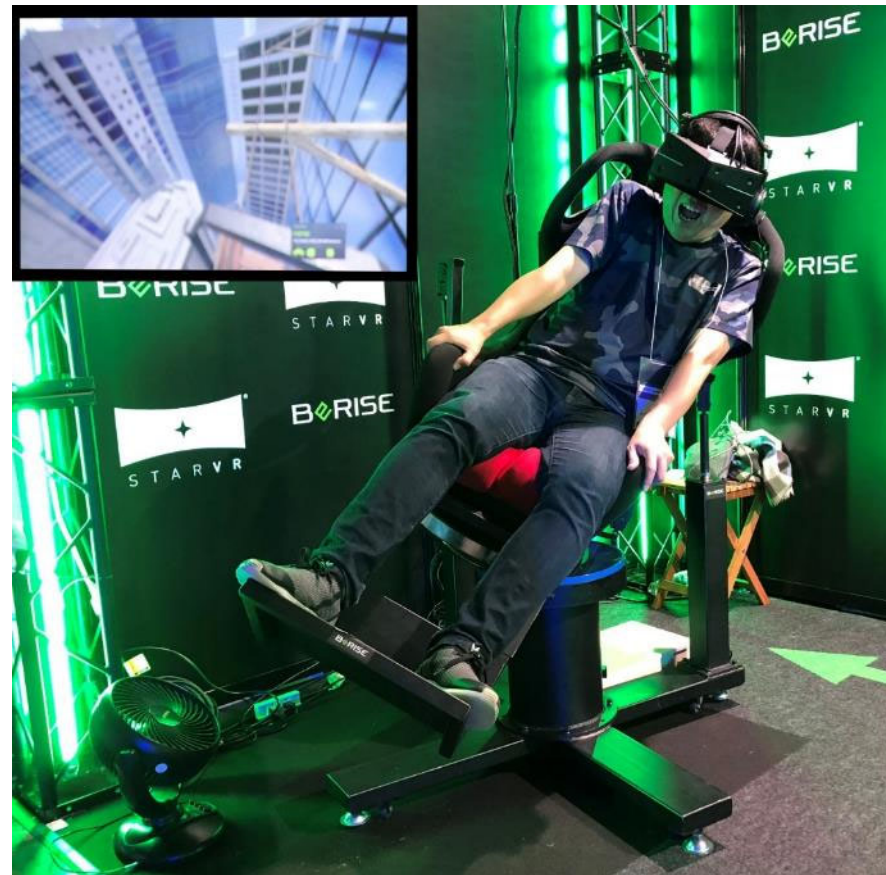
遅延の補償

人間が遅延に気づくフレーム遅れ：3~40ms程度

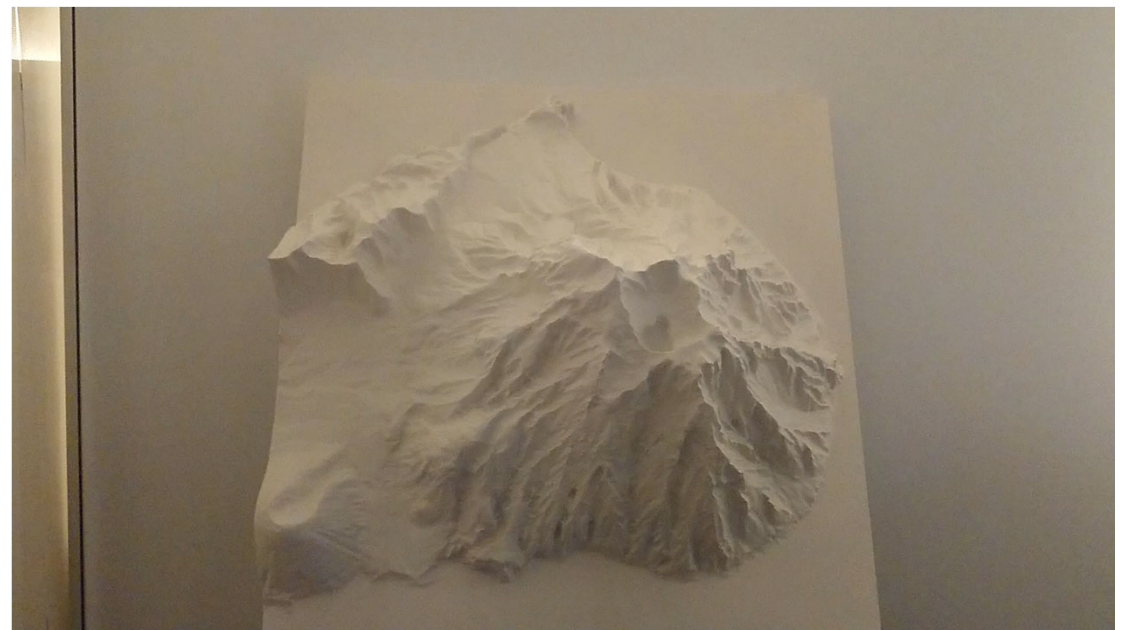
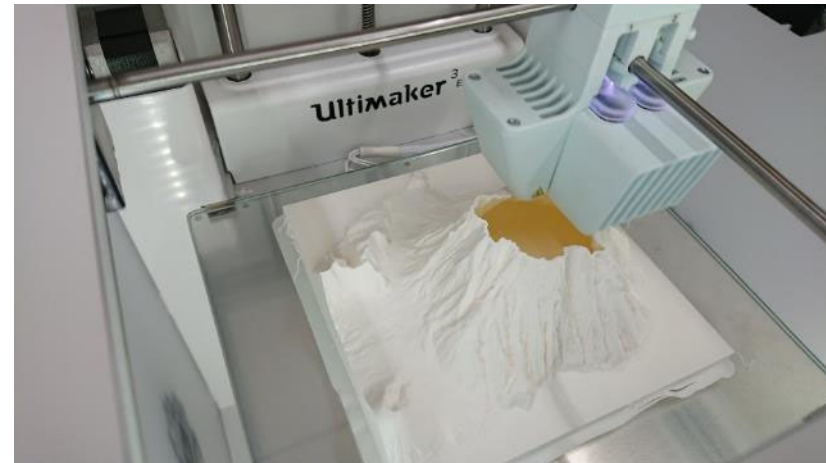
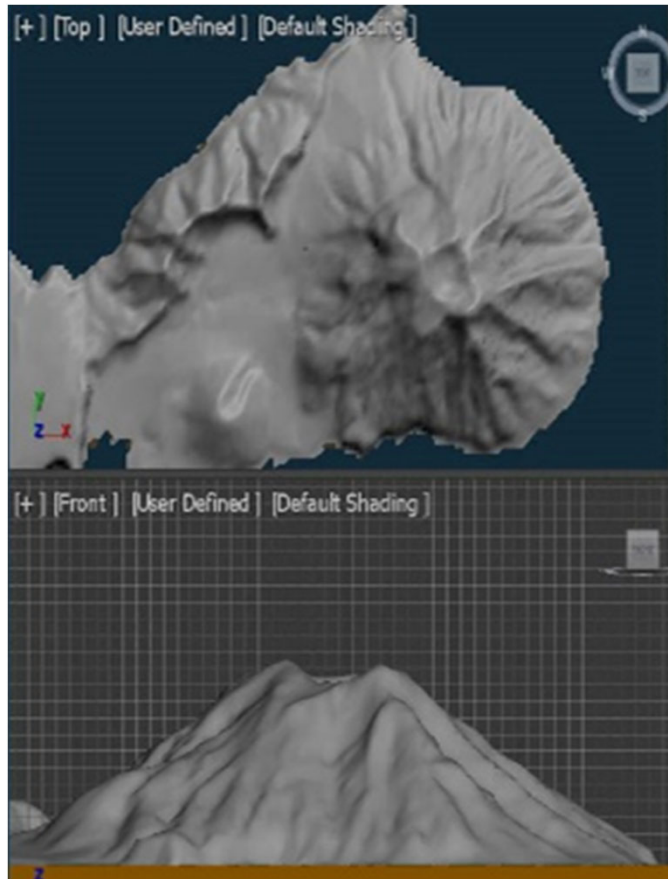


前のフレームでの動きの情報から姿勢を予測
直近センシング情報によりレンダリング画像を補正して表示

VR酔いへの対応



4. デジタル造形とプロジェクションマッピング



3Dプリンタによる
火山の模型の制作

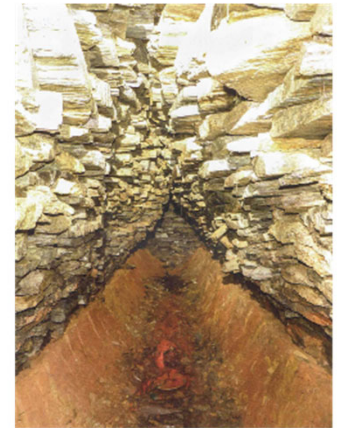
桜島プロジェクトションマッピング



5. 古墳計測における 3次元CGの利用

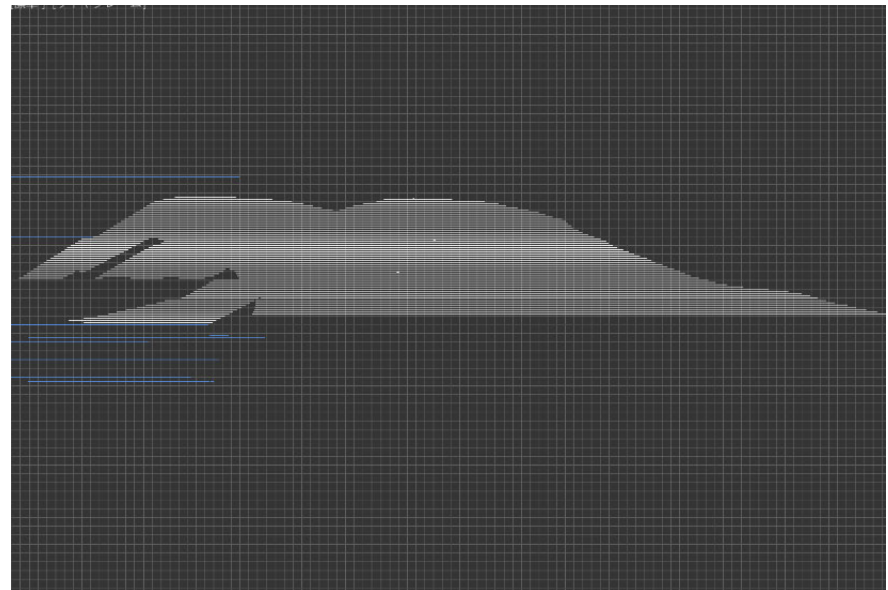
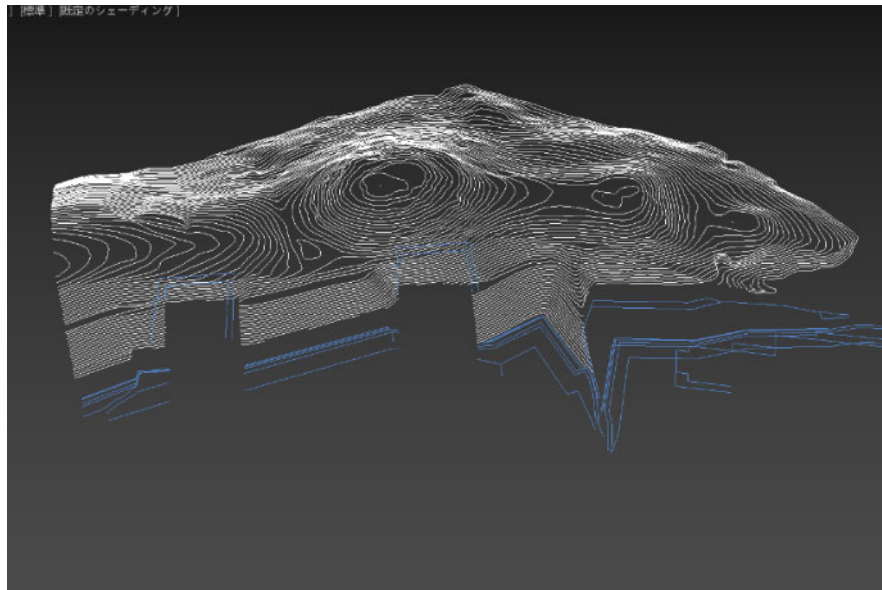
鬪鷄山古墳の透視実験

- 高槻市氷室町にある前方後円墳
- 未盗掘の豎穴式石室2基
- 計測は2020年7月～12月



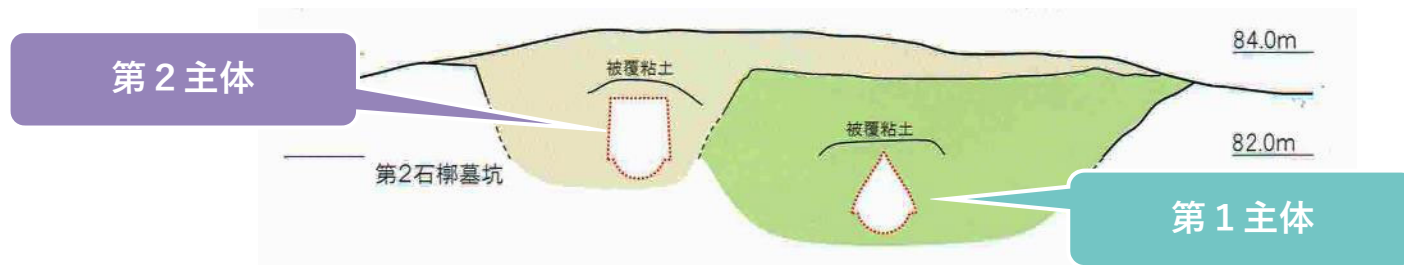
三次元モデルの作成

- WinTopo Pro : ラスターベクター変換
- 3ds Max 2020

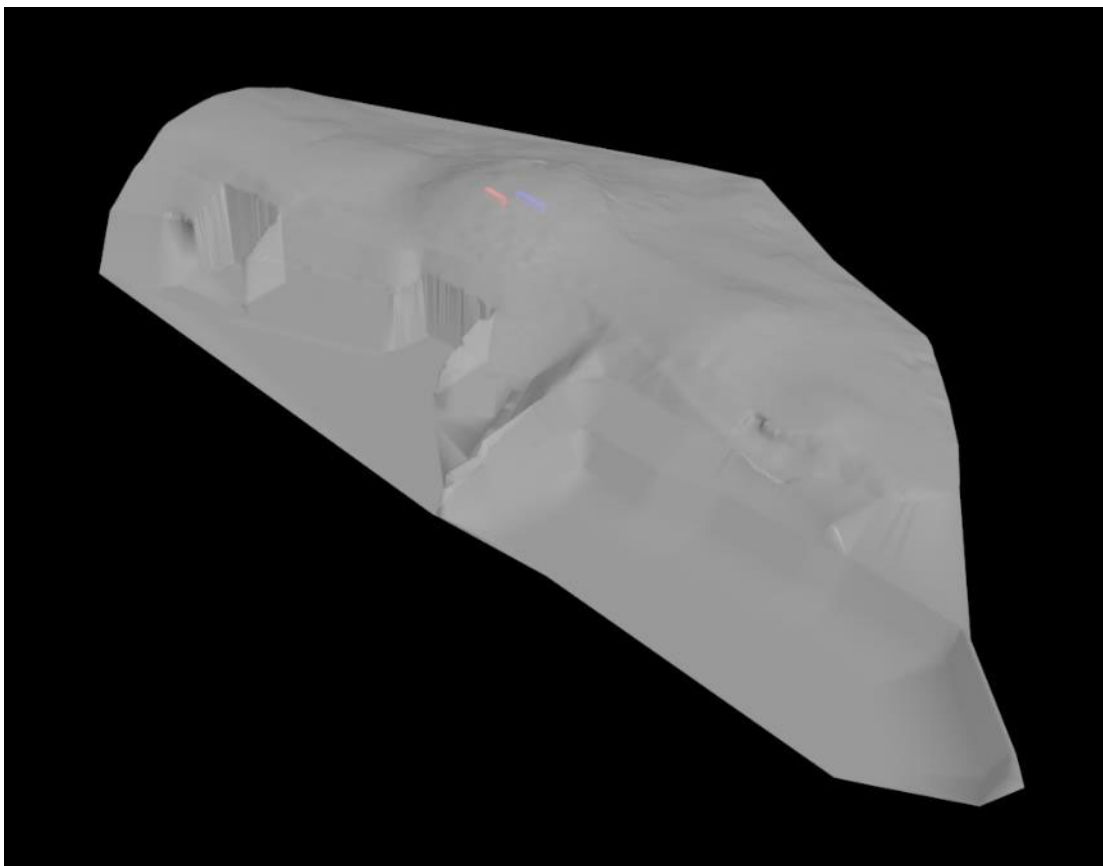


三次元モデルの作成

□ 石室のモデリング



三次元モデルの作成



□ 地形データの透明度： **50%**

□ 第1主体： **青**

□ 第2主体： **赤**

計測実験の詳細

□ 第1次計測：後円部

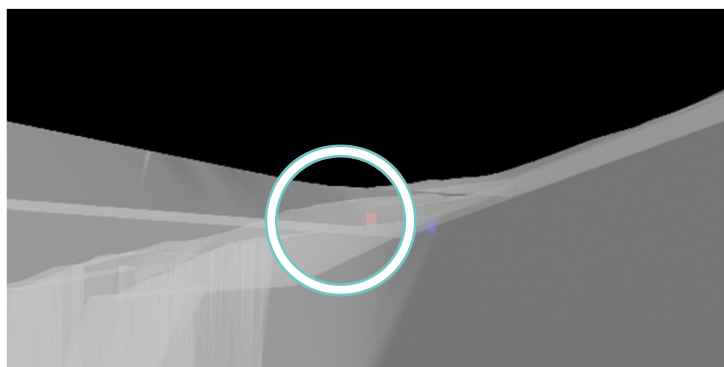
2020.7.13 - 2020.10.6

□ 第2次計測：前方部

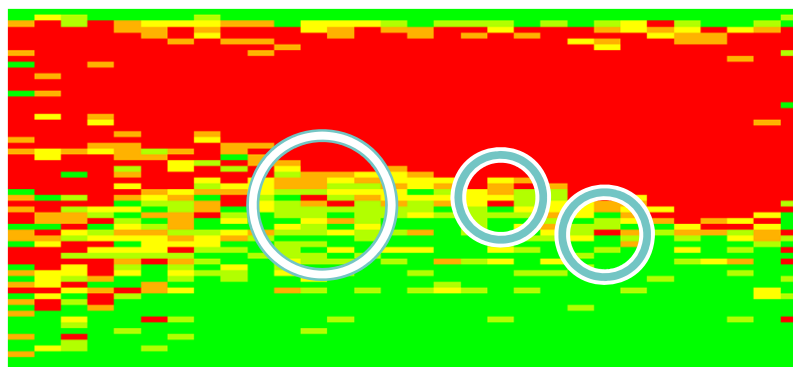
2020.10.27 - 2020.12.21



結果：第1次計測



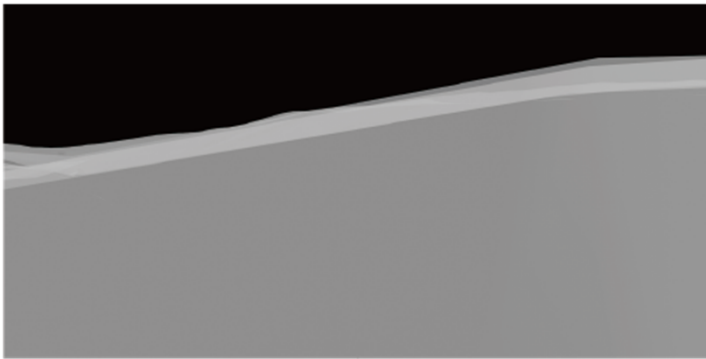
シュミレーション



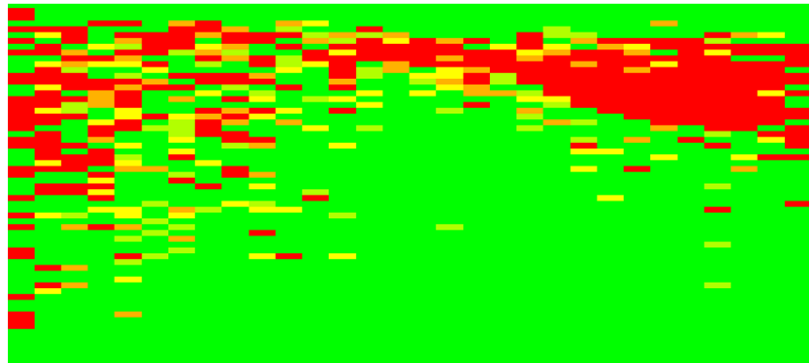
しきい値の調整・平滑化

- 第2主体と思われる空間を確認
- 他にも密度の低い部分

結果：第2次計測



シュミレーション



しきい値の調整・平滑化

- 試掘調査で石室などは確認されていない
- ノイズが多い

おわりに

ミュオグラフィのアウトリーチ活動におけるCG, AR, VRの利用とその基礎知識について解説した。

今後は、CG, AR, VR技術を用いたコンテンツ開発を継続するとともに、古墳計測におけるシミュレーションとデータ解析への適用を進める予定。