

xR技術を活用した教育支援ツール開発報告

発表者：数納広哉

研究協力者：柳沢絵惟斗、三島爽真、鈴木康生、唐橋実沙

法政大学情報メディア教育研究センター

情報メディア教育研究センターシンポジウム2025

「International Symposium on ICT in Education: Beyond the Border」

2025年 2月 25日

本発表の内容

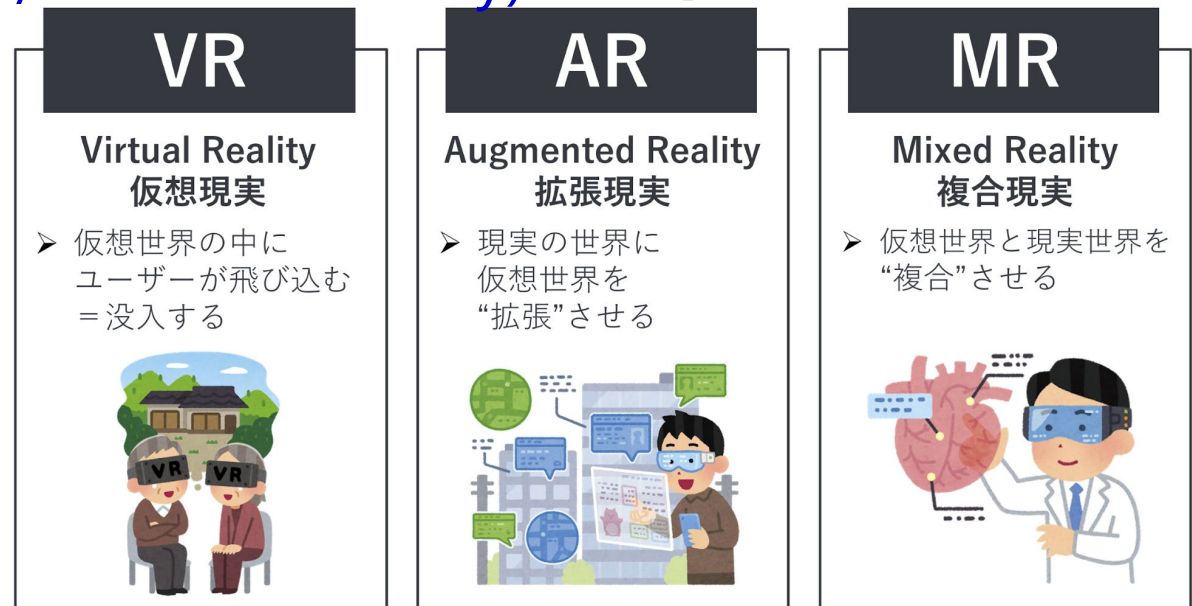
- 2024年度の研究プロジェクト
 1. lab2022上での数値計算・DLライブラリの基盤開発
 2. 計算科学シミュレーションソフトウェアの基盤開発
 3. プログラム高速化支援研究
 - 4. xR技術を活用した教育支援ツールの開発**
 5. 計算科学・可視化共同研究
- 「**4. xR技術を...の開発**」に関して研究報告を行う：
 - XR電子回路シミュレーションツール
 - 都市景観VR可視化ツール
 - 人差し指用力覚提示デバイス開発
 - 水素原子軌道VR可視化アプリケーション

xR(XR)とは？

- VR=「Virtual Reality」(英)、「仮想現実」「人工現実感」(日)：
3次元(3D)環境のコンピュータシミュレーション、その環境が**現実**であるかのように、自分がその環境に「**存在**」するかのような体験をさせる技術
- 民生のVR技術：**HMD(ヘッドマウントディスプレイ)**で、**3D立体視**する。
- AR(Augmented Reality)、MR(Mixed Reality)：現実世界に、コンピュータ生成画像や何らかの情報を付加・提示
- xR：VR、AR、MRの総称、XR(Cross/Extended Reality)とも呼ばれる。

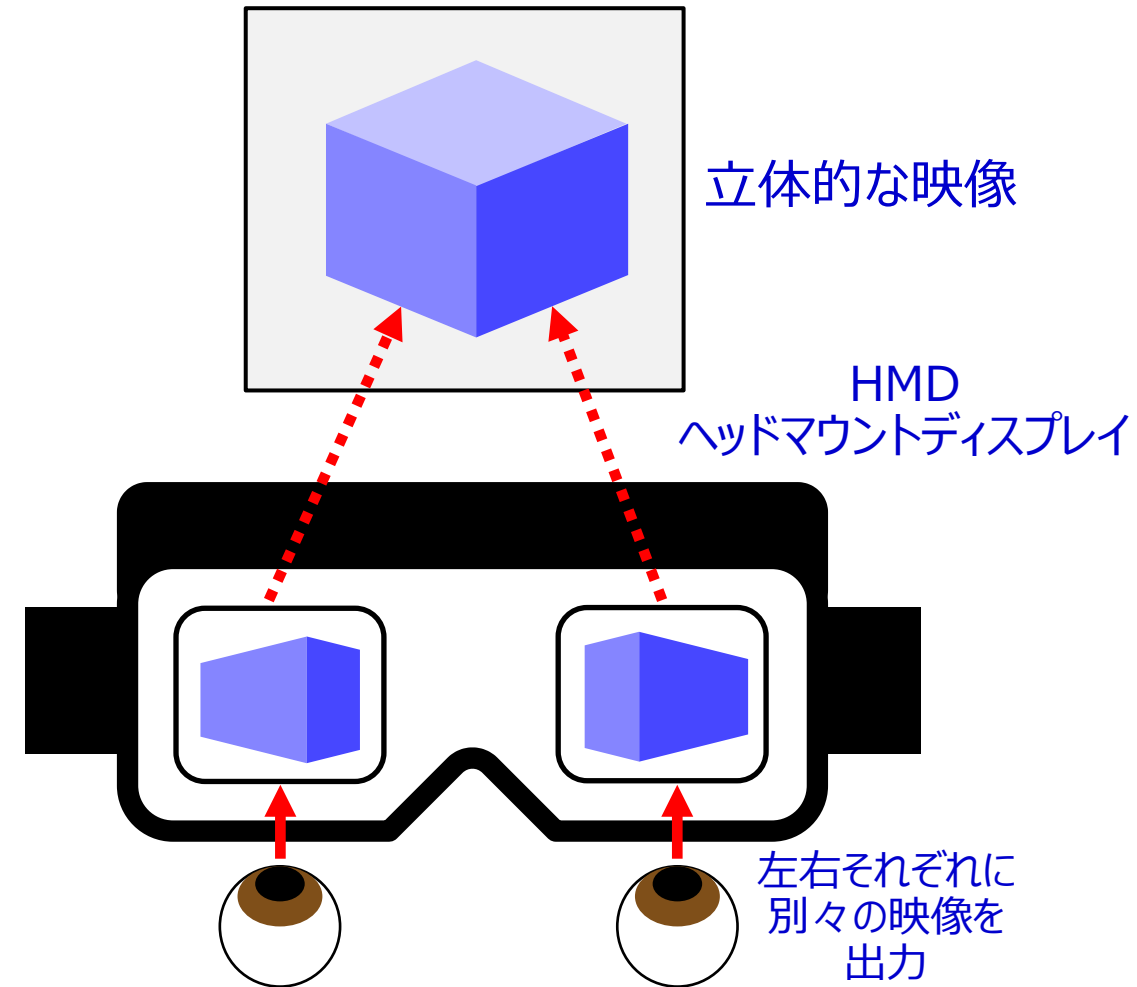
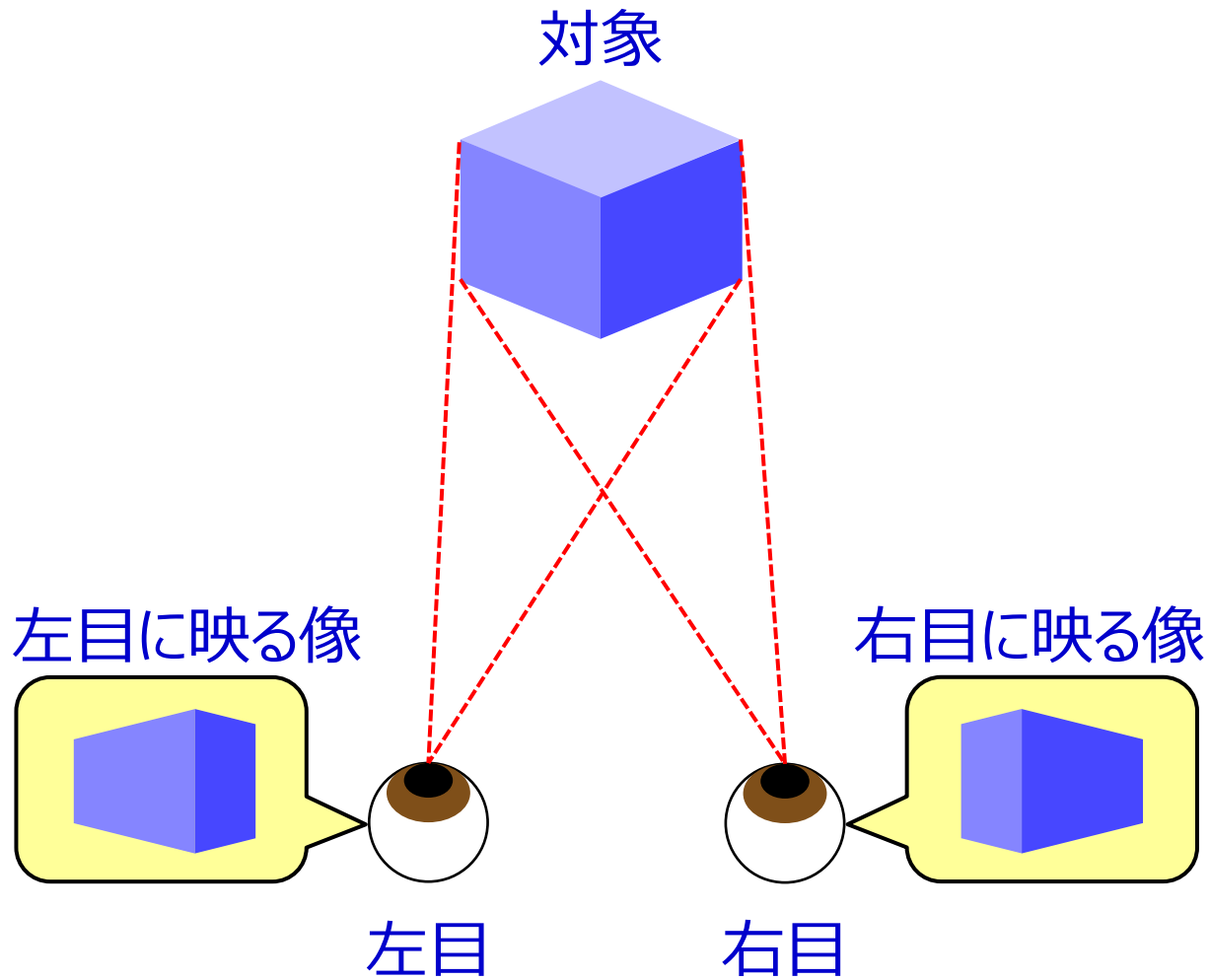


HMD (Meta Quest 2)



<https://supership.jp/magazine/column/4276/>より

VRの仕組み：3D立体視



Meta Quest 3 : VRゴーグル(HMD)

- Meta Quest 3で動作するアプリケーションの制作技術の習得



 Meta
Horizon OS



- Androidベース : Androidスマートフォン向けのユーティリティが利用できる。

VRアプリケーション制作ツール「Unity」

- ゲームエンジン(ゲーム制作に必要な環境)を用いる。
- 「Unity」が最もよく利用されている。無料で利用できる。
- 制作方法：ゲームオブジェクトを配置する。
- C#言語スクリプトにより複雑なゲームオブジェクトが作成可能。

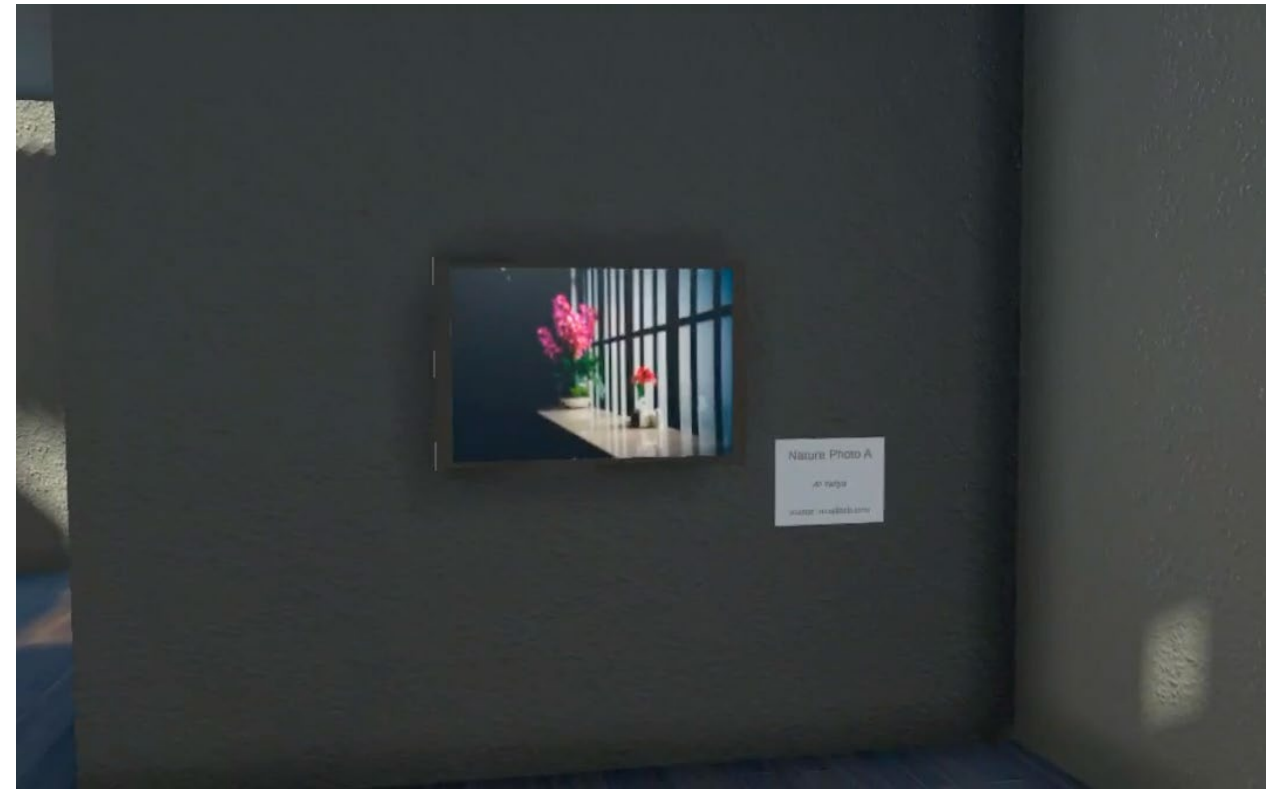


UnityからVRゴーグルへの転送

- Quest3は、PC接続型としても使えるが、スタンドアロン型のVRゴーグル。
- PCとUSBで有線接続し、Quest3に転送した。
- Quest3でスタンドアロン動作確認できた。



PCとQuest3を有線接続でVRアプリを転送できる。



Quest 3から見た映像

Unityを用いたXR開発技術の習得

• ブロック壊しゲームの作成

HMDを用いた開発知識の習得

「Breaking Brock」

内容

- ◆流れてくるブロックの表示に従い、ブロックを斬ったり突いてスコアを稼ぐゲーム
- ◆HMDのコントローラーおよびキーボードのどちらでも操作可能

開発目的

- ◆HMDを用いた開発の基礎知識習得

操作方法

画面遷移

プレイ時

タイトル画面

ソード操作

Pause画面

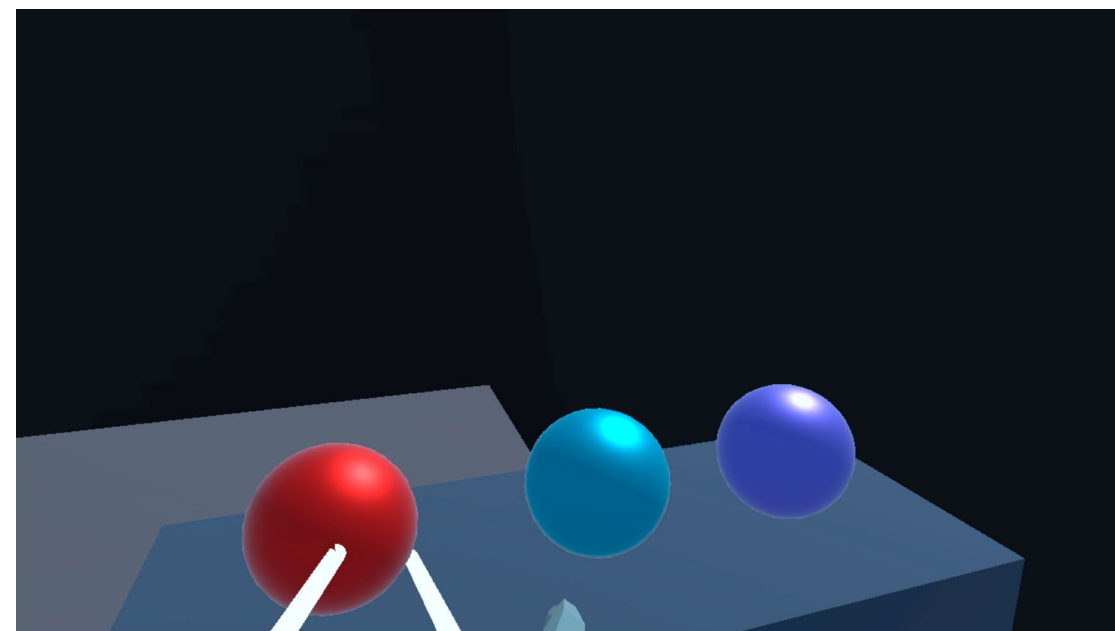
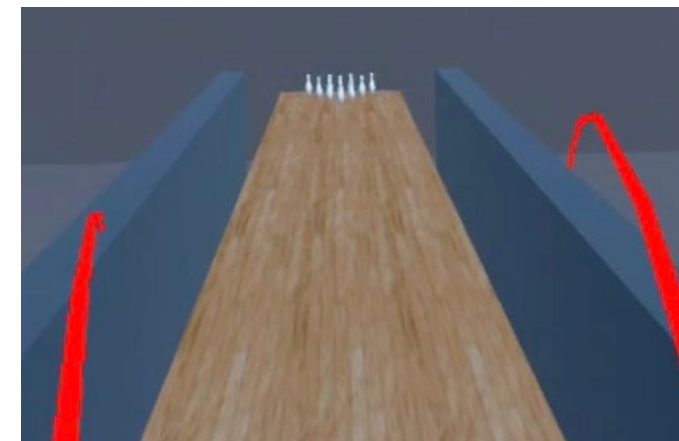
ソード操作

Pause画面

Score:8 Time:56s

Score:8 Time:56s

• ボウリングゲームの作成



XRアプリケーションの開発

• XR電子回路シミュレータ

HMDを用いた教育支援ツールの開発

「Circuit Simulation」

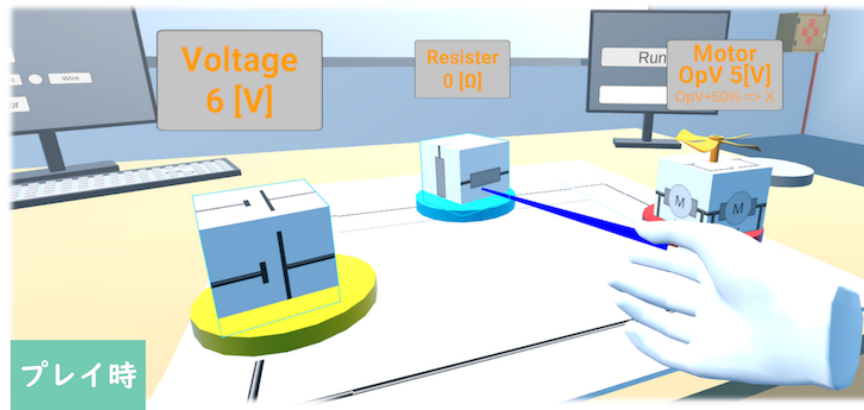
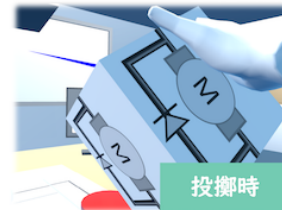
内容

- ◆XR体験をしながら電子回路のシミュレーションをすることができるツール
- ◆素子のパラメータによってモーターなどのアクチュエータが実際に動作したり、壊れたりする演出が確認可能
- ◆HMDのコントローラーを用いて素子ブロックを掴んで投げたりすることで回路の接続を行う

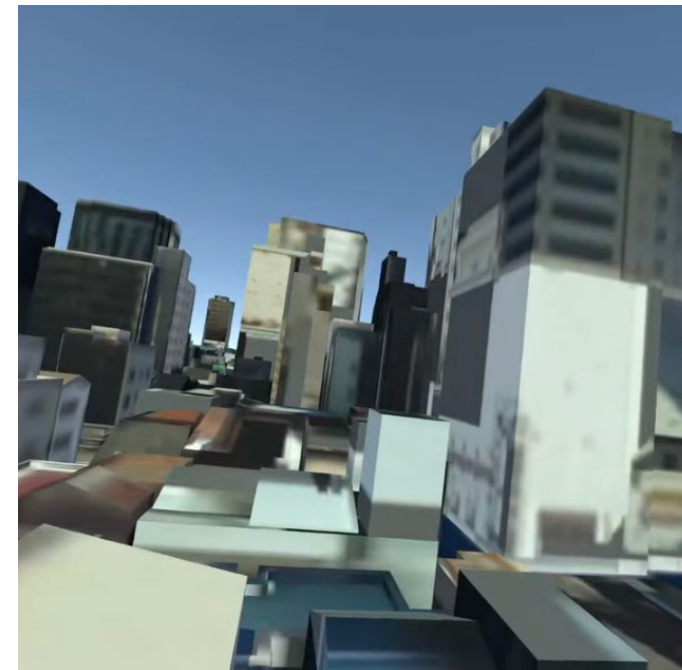
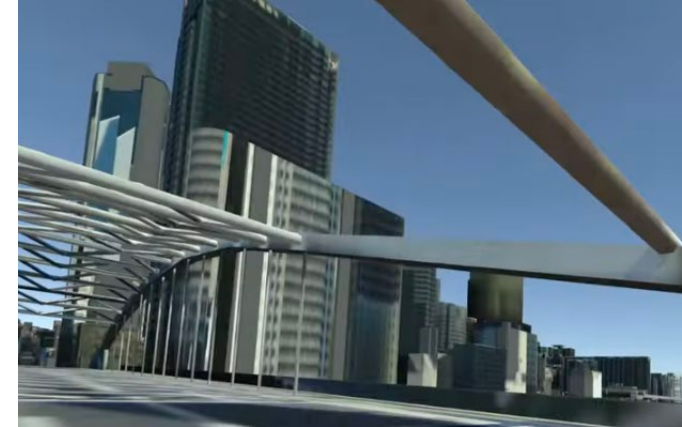


開発目的

- ◆HMDを用いた開発の基礎知識習得
- ◆教育支援ツールの作成



• 東京都街景観のVRでの再現



人差し指用力覚提示デバイス開発

目的

教育用XRコンテンツではリモートで自宅等からいつでもどこでもHMDに投影した3次元空間の教育プロジェクトを実施できる。

例)



しかし、現在の市販システムではコントローラーで物体を触った感覚がない、あるいは振動を伝えるのみに留まっている。より現実に則した教育プロジェクトの実施には触覚や力覚を繊細に提示していくことが必要である。

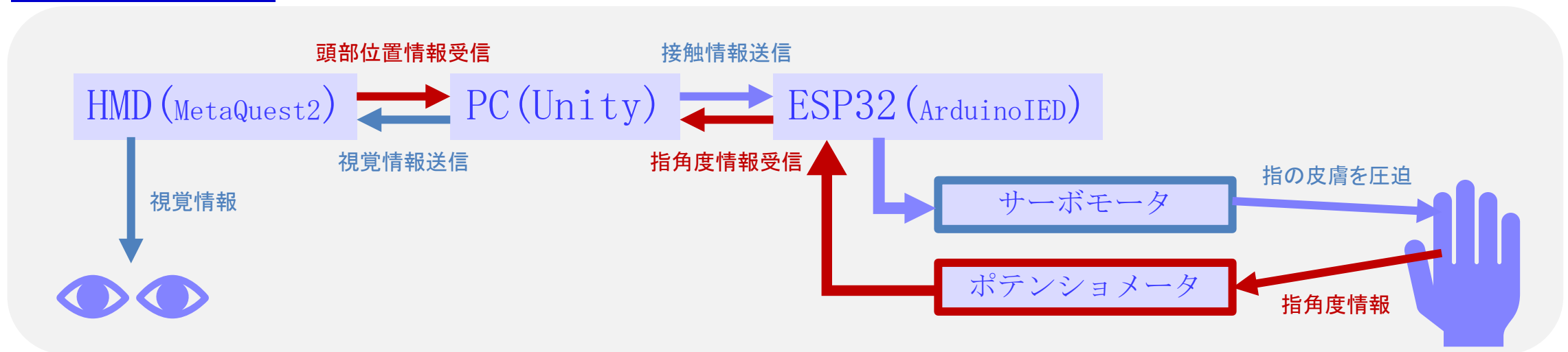
人差し指用力覚提示デバイス開発

目的解決

XR空間上の物体に触れたとき、手軽に繊細な力触覚を提示できるデバイスを

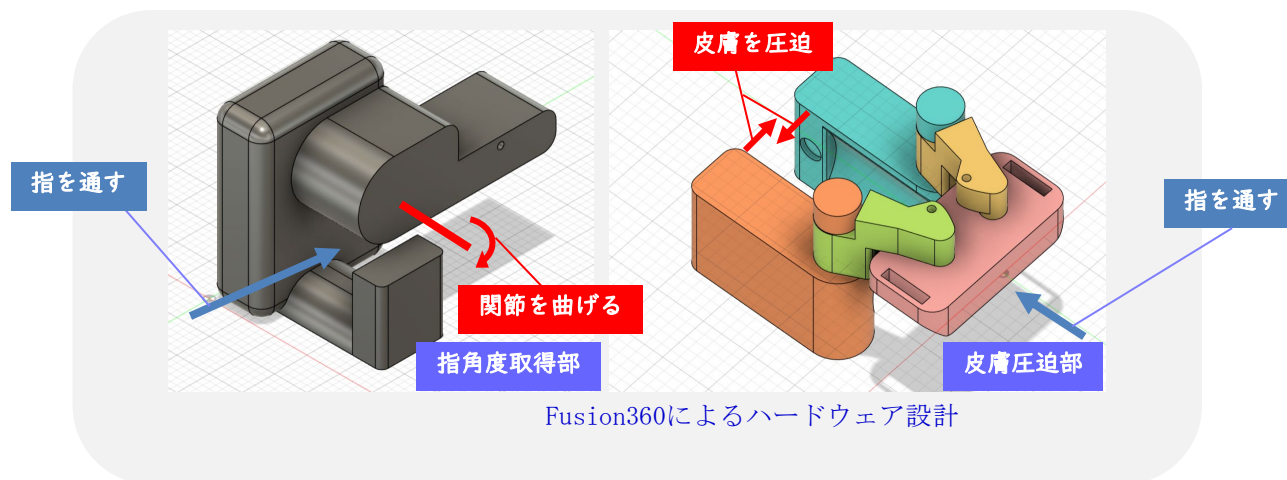
制作することとした。

システム構成



人差し指用力覚提示デバイス開発

開発内容



ポテンショメータで曲げ角度測定



※皮膚圧迫部は未印刷

3Dプリンタによる印刷



回路作成・ESP32&Unityを連動

人差し指用力覚提示デバイス開発

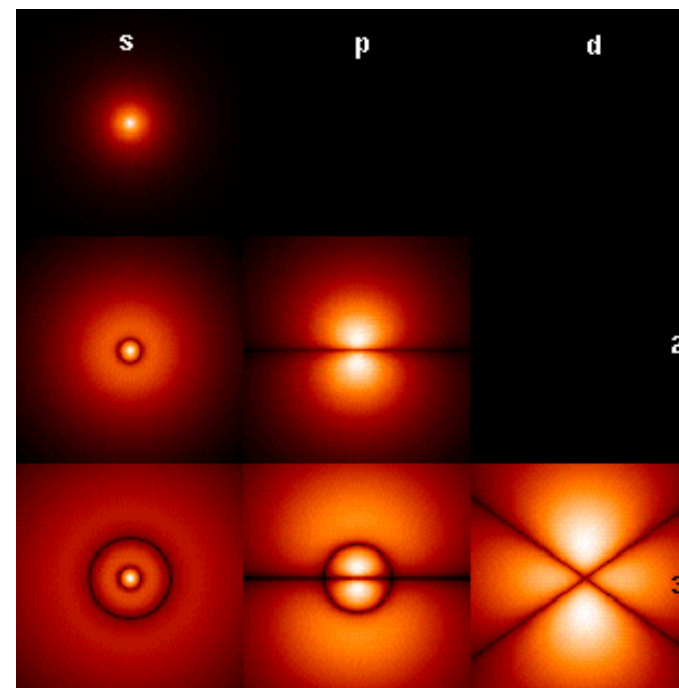
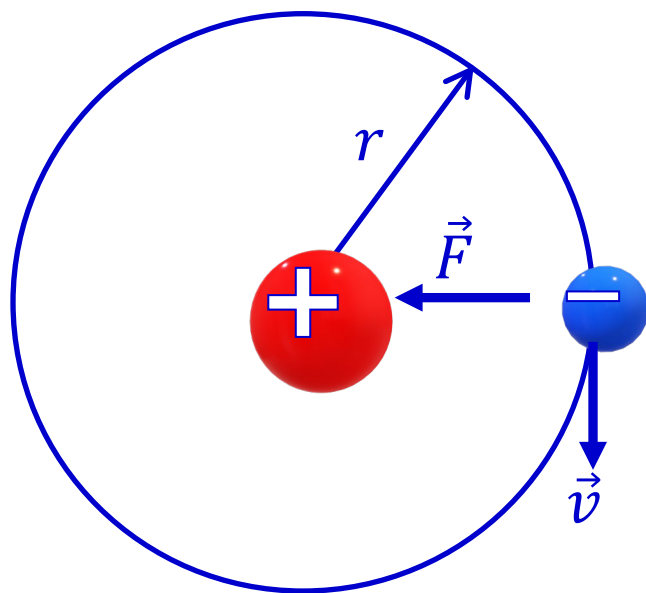
今後の展望

- 皮膚圧迫部の制作を終わらせ、HMD視点での感覚体験を創作する
- よりリアルな力触覚提示のためのアクチュエータや手法を組み込む
- 人差し指以外の部位を対象としたデバイスの作成を行う etc...

教育用XRコンテンツを新たなデバイスで
よりリアルで鮮明な体験にしてい

水素原子：量子力学(物理学・化学)の最も基本的な題目

- 古典力学では簡単：
原子核を周回する電子
(地球と月と同様)
- 量子力学では難しい：
電子の存在確率分布、
電子雲、原子軌道



水素原子軌道：複雑な数式で表現される

- 水素原子軌道(波動関数)、複素数関数:

$$\begin{aligned} \psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) &= - \left[\left(\frac{2}{na_0} \right)^3 \frac{(n-l-1)!}{2n[(n+l)!]^3} \right]^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{r}{na_0}} \left(\frac{2r}{na_0} \right)^l L_{n+l}^{2l+1} \left(\frac{2r}{na_0} \right) \\ &\times \left\{ \frac{(2l+1)(l-m)!}{4\pi(l+m)!} \right\}^{\frac{1}{2}} P_l^{|m|}(\cos \theta) e^{im\varphi} \end{aligned}$$

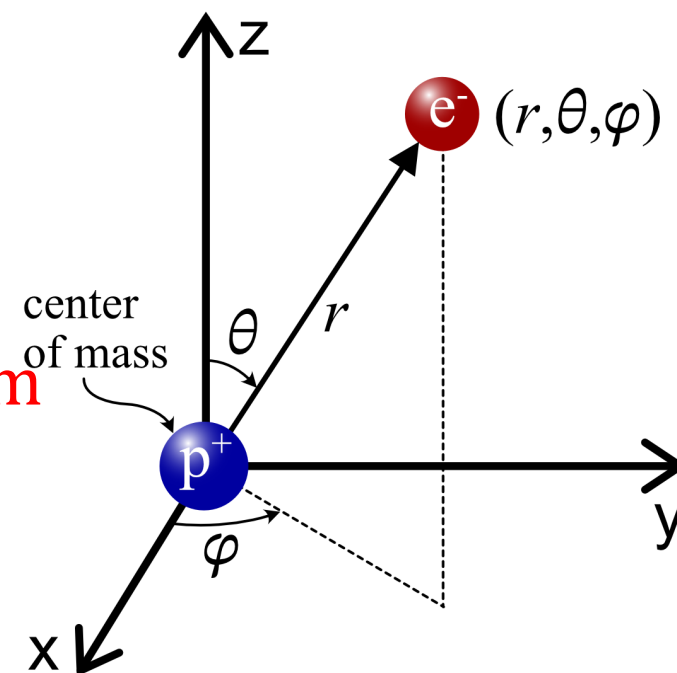
- 球面座標 (r, θ, φ) .

- 量子数: n, l, m

- ボーア半径: $a_0 = \frac{\hbar^2}{m_e e^2} = 5.29177210903 \times 10^{-11} \text{ m}$

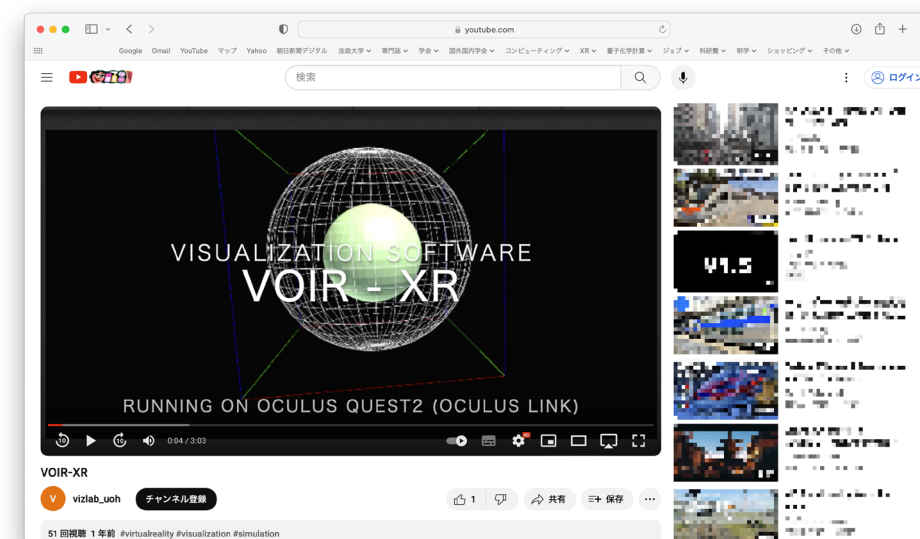
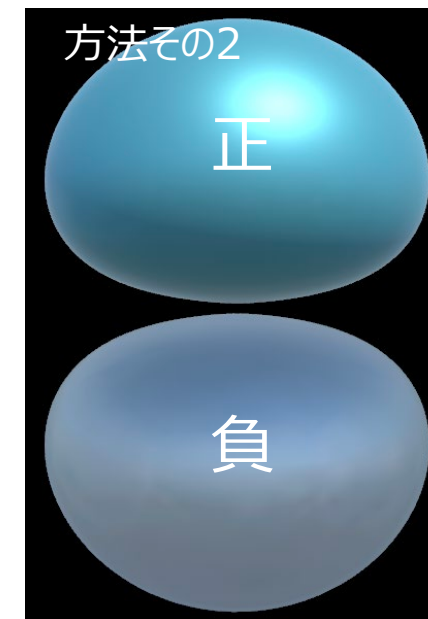
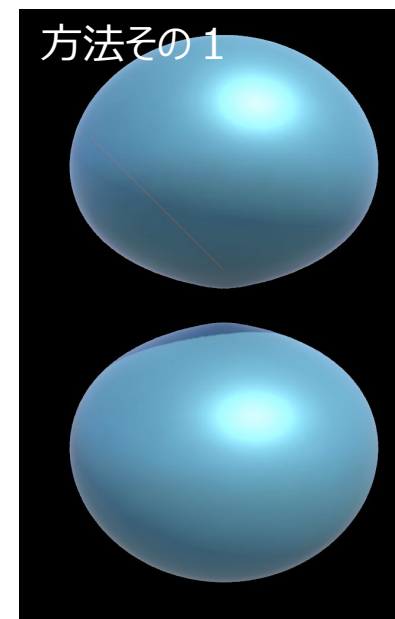
- L, P : ラゲール多項式、ルジャンドル多項式

- 数式から3次元形状をイメージするのは難しい！

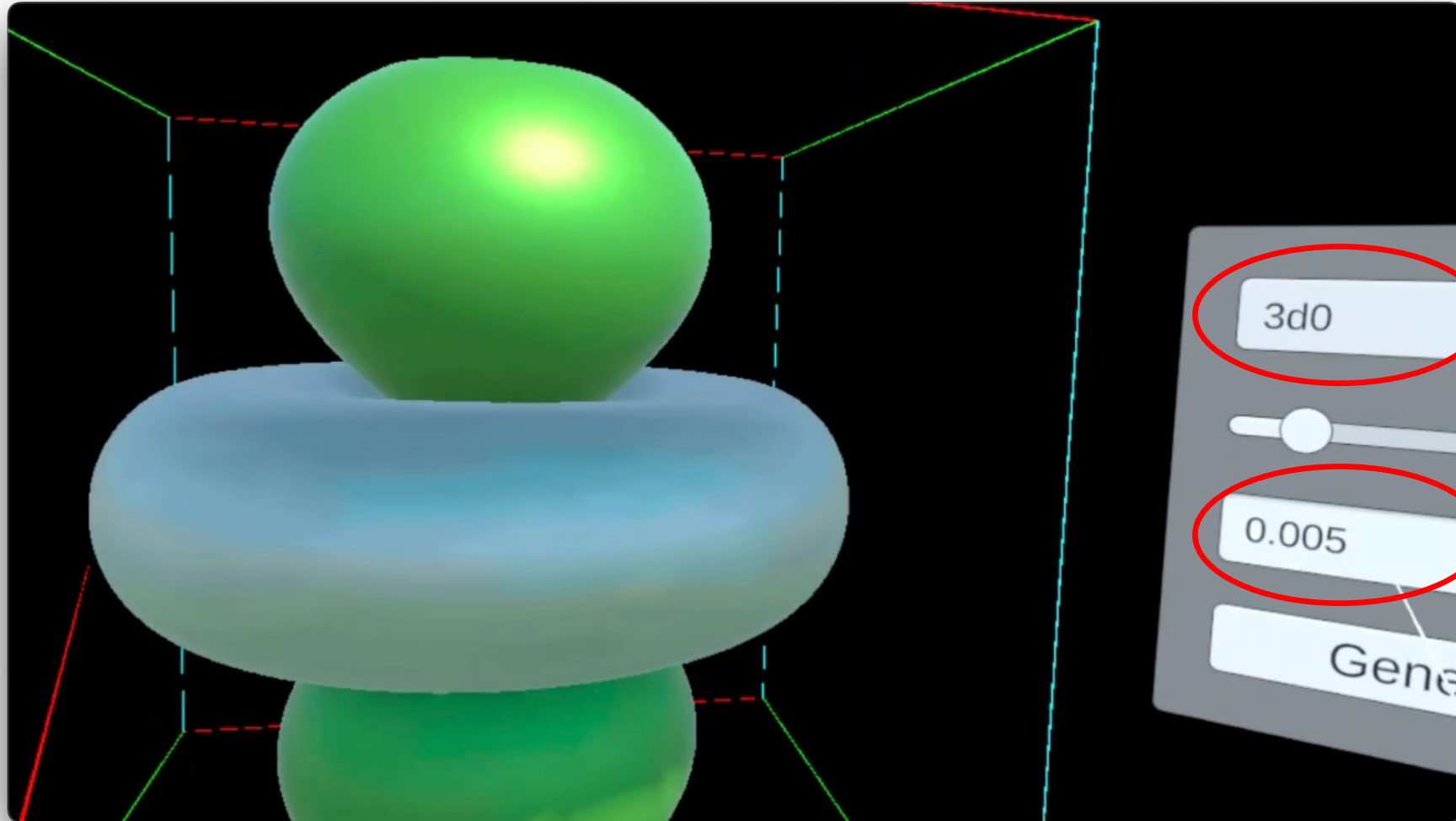


水素原子軌道： ψ をどのようにして見るか？

- 方法その1、確率密度：
 $D = |\psi|$
- 方法その2、線型結合：
 $\psi^+ = (\psi + \psi^*)/\sqrt{2}$
- これらの「等値面」をVRで表示する。
- 兵庫県立大学で開発された科学可視化ツール「VOIR」(フランス語で「見る」の意味)のC#スクリプトを利用した。
- <https://www.youtube.com/watch?v=svsDBmuZBRw>



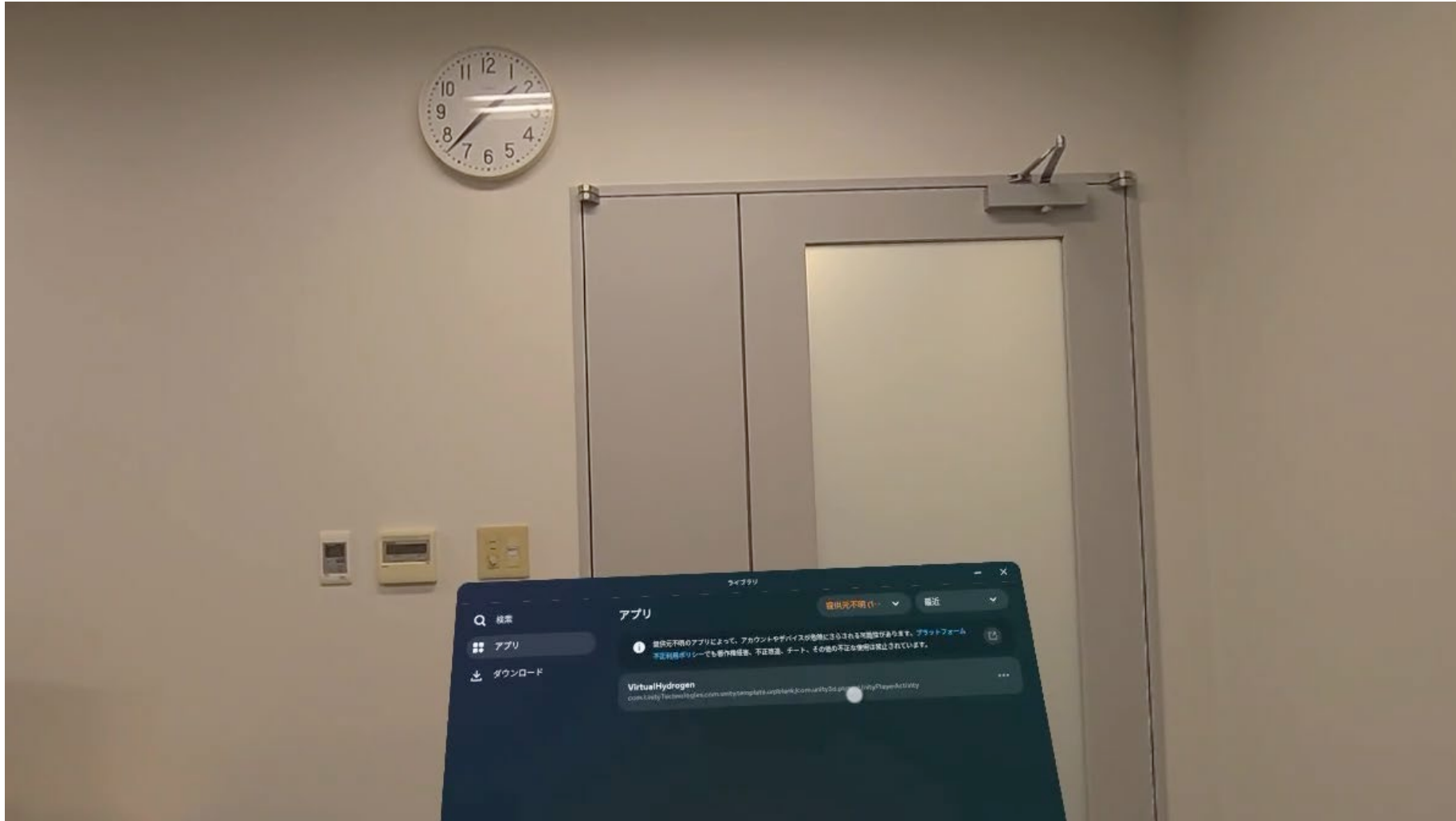
「Virtual Hydrogen」：水素原子軌道VR可視化ツール



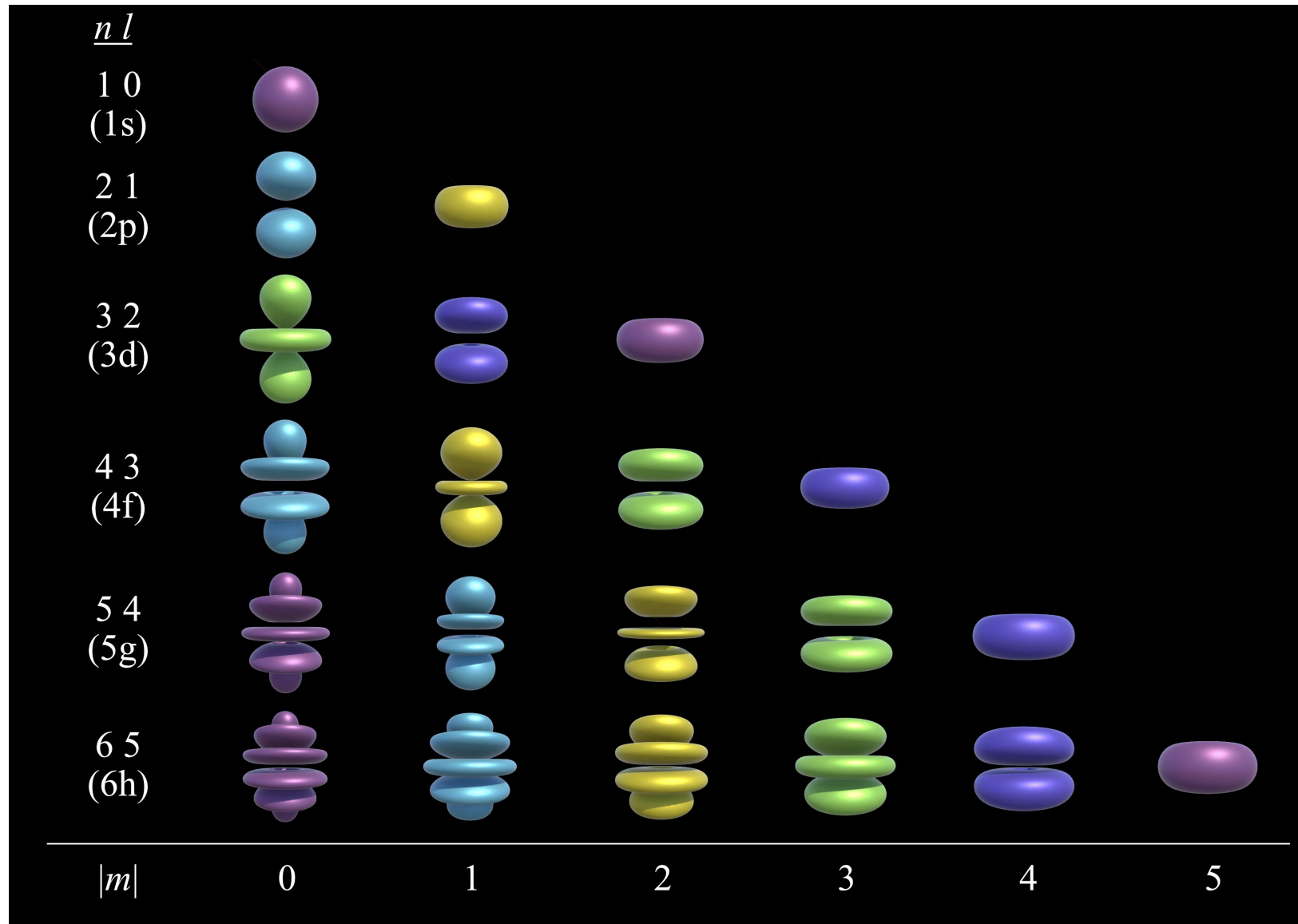
軌道の種類を選択

等値面の値を選択

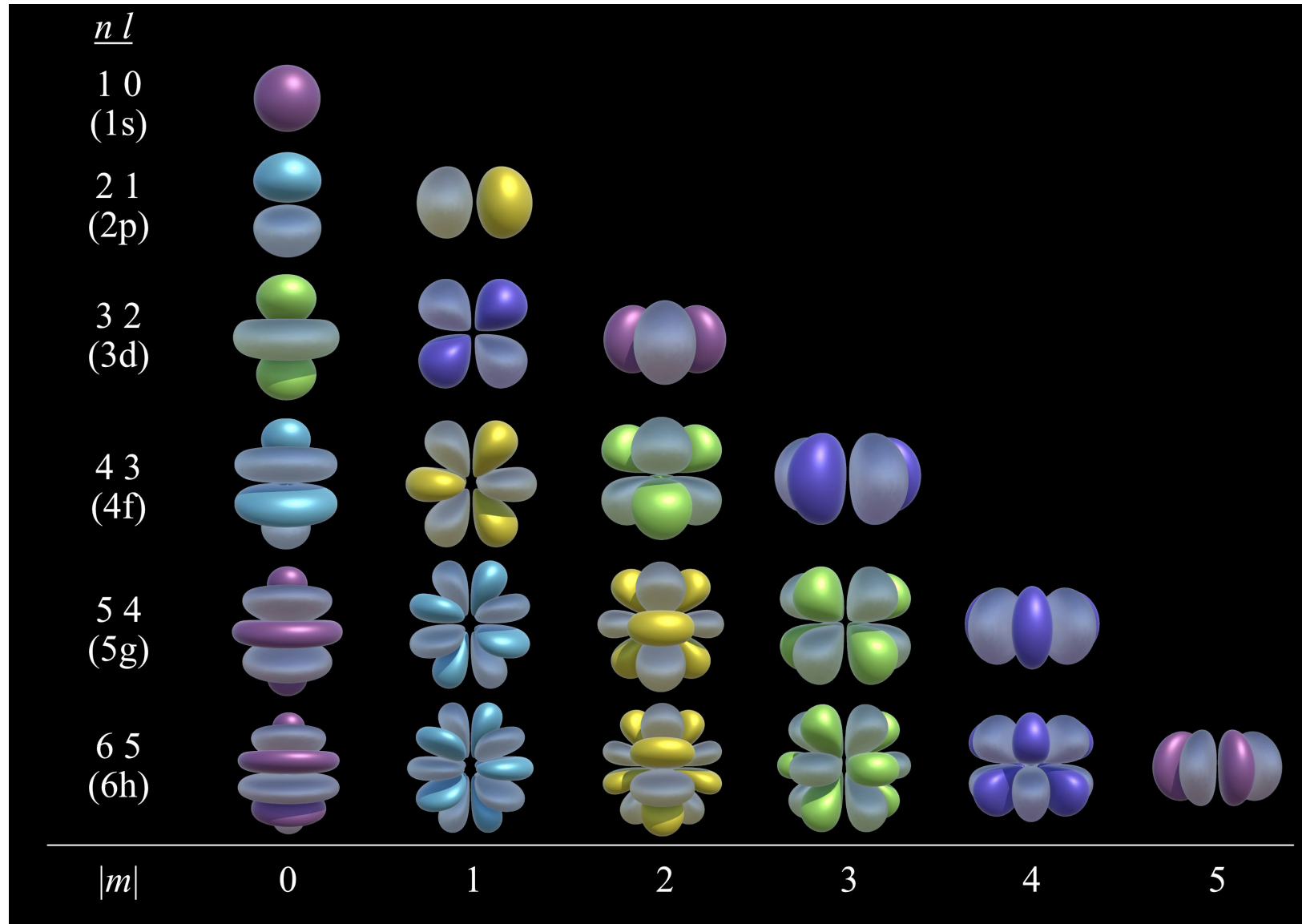
「Virtual Hydrogen」：水素原子軌道VR可視化ツール



水素原子軌道のVR可視化ができた(方法その1)



水素原子軌道のVR可視化ができた(方法その2)



法政大学での授業での利用

- 理科分科会の先生方に体験していただいた。
- 電気電子工学科の応用物理学の授業でも体験デモを行った。



- 「**xR技術を活用した教育支援ツールの開発**」に関する研究報告を行った。
- Meta Quest 3にVRアプリケーションを転送し、スタンドアローンで動作させることができた。
- Unityを用いたXRアプリケーション開発技術を習得した。
 - ブロック壊しゲームの作成
 - ボウリングゲームの作成
- XRを用いた教育支援ツールの開発に取り組んだ：
 - XR電子回路シミュレータ
 - 東京都街景観のVRでの再現
 - 人差し指用力覚提示デバイス開発
 - 水素原子軌道VR可視化ソフト