

### 1. 担当 PM

プロジェクトマネージャー：石黒 浩

(大阪大学 大学院基礎工学研究科 システム創成専攻 教授(特別教授) /  
ATR 石黒浩特別研究室室長 (ATR フェロー))

### 2. 契約者氏名

クリエイター：今 悠気 (電気通信大学)

### 3. 委託金支払額

2,304,000 円

### 4. テーマ名

触力覚提示内蔵型 HMD のためのハンガー反射を用いた提示機構

### 5. 関連 Web サイト

なし

### 6. テーマ概要

本プロジェクトの開発成果は、Yaw 軸・Pitch 軸・Roll 軸にハンガー反射を制御可能な制御機構、ハンガー反射を内蔵した HMD (Head Mounted Display)、ハンガー反射と VR (Virtual Reality) コンテンツを組み合わせることで開発可能な Unity 開発環境、ハンガー反射を組み合わせた VR ジェットコースターコンテンツ、の 4 点である。これらにより、触力覚提示内蔵型 HMD のためのハンガー反射を用いた提示機構を実現した。

### 7. 採択理由

ハンガー反射の新しいパターンを発見した本人の能力は高く評価できる。よいコンテンツを発見できれば、非常に没入感の高いシステムが完成できる可能性があると思えた。特に視覚情報と組み合わせることで、ハンガー反射を強く再現できる可能性もあると思えた。

## 8. 開発目標

本プロジェクトは HMD VR 体験をより楽しくするために、触覚・力覚提示機能を内蔵した HMD のためのハンガー反射を用いた触覚・力覚提示機構を開発することを目的とした。

ハンガー反射とは、針金ハンガーを頭に被ると意図せず頭が回ってしまう触覚錯覚現象である。本現象は頭部の特定の位置の圧迫により効率的に生起し、その際に生じる皮膚変形の方法がハンガー反射の方法に寄与していることが確認されている。本現象により生じる回旋運動は錯覚現象によるユーザ自身の運動であるが、誰かに頭を回されているかのような外力的な運動であるかのように感じるという特徴がある。本プロジェクトでは、このハンガー反射を用いた触覚提示内蔵型 HMD の開発により、ユーザの頭部に外力知覚する運動を提示する HMD を実現し、VR コンテンツと組み合わせることとした。

## 9. 進捗概要

本プロジェクトの開発成果は次の 4 点である。

1 点目が「Yaw 軸・Pitch 軸・Roll 軸にハンガー反射を制御可能な制御機構」である。これは、アルミニウム製の外装フレームの内側に取り付けられた 4 個のバルーンにより、ハンガー反射の生起に必要な特定位置の圧迫を提示することで、Yaw 軸・Pitch 軸・Roll 軸にユーザの頭部を動かすことを実現した（図 1、図 2）。

2 点目が「ハンガー反射を内蔵した HMD」である。これは、ハンガー反射制御機構を動かすための制御ユニット、ハンガー反射制御機構、HMD から構成される。4 個のバルーンを動かすため、4 個のポンプ、4 個のバルブ、8 個のモータドライバ、4 個の気圧センサ、マイコンで構成されている。電源は単 3 エネループ 12 本で賄う。PC とは USB ケーブルで接続し、シリアル通信を行う。ユーザはハンガー反射制御機構を頭に装着し、その上から HMD を装着する（図 3）。

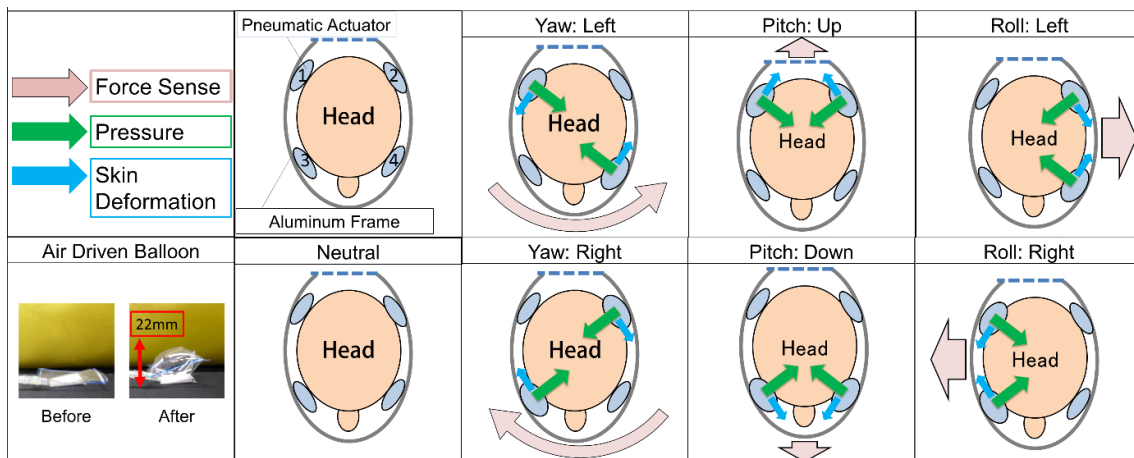


図 1. ハンガー反射制御機構



図 2. ハンガー反射の様子（上段：Yaw 軸，中段：Pitch 軸，下段：Roll 軸）



図 3. 制御ユニット，装着の様子

3 点目が「ハンガー反射と VR コンテンツを組み合わせることで開発可能な Unity 開発環境」である。これはハンガー反射制御ユニットを Unity から制御することで、Unity で開発した VR コンテンツとハンガー反射を組み合わせることで開発可能な Unity 開発環境である。開発者は自分でプログラムを書いてハンガー反射を組み合わせる方法と Unity の Timeline Editor を用いてハンガー反射を組み合わせる方法の 2 通りで開発可能である（図 4）。

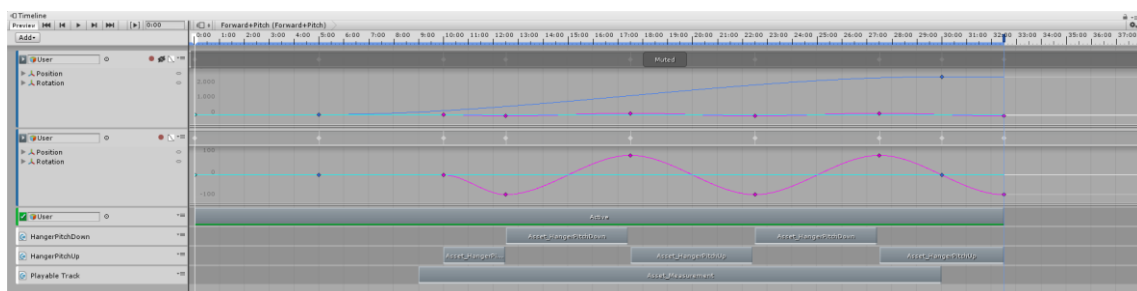


図 4. Unity Timeline Editor 開発環境

4 点目が「ハンガー反射を組み合わせた VR ジェットコースターコンテンツ」である。これは HMDVR コンテンツとしてよくあるジェットコースターコンテンツとハンガー反射を組み合わせるものである。視覚に提示されるジェットコ

コースターコンテンツのベクションにより生起する身体揺動とハンガー反射による運動誘発を組み合わせることで、HMDのみでジェットコースターコンテンツを体験するよりも大きく身体が動かされる体験を提供する（図 5）。

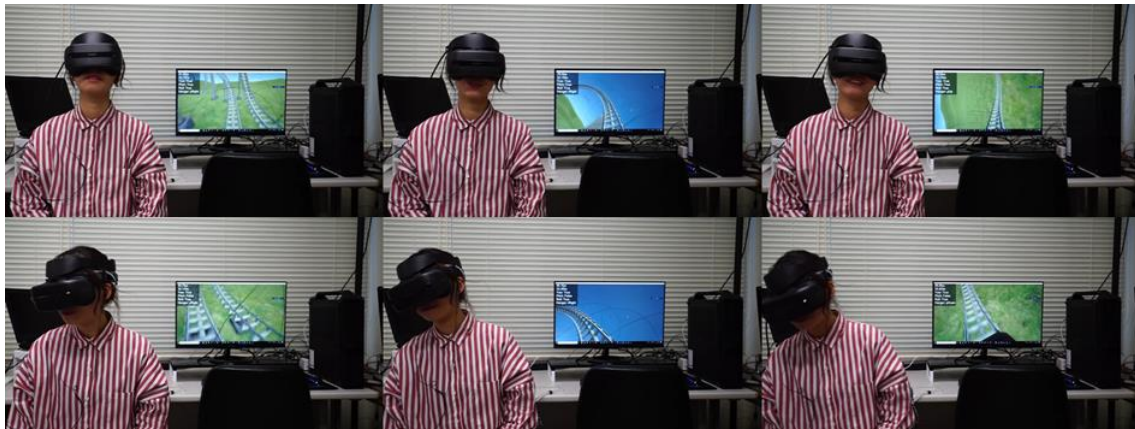


図 5. 上：HMD のみでの体験の様子，下：ハンガー反射を組み合わせた体験の様子

これらの開発成果により，触力覚提示内蔵型 HMD のためのハンガー反射を用いた提示機構を実現した。

## 10. プロジェクト評価

ハンガー反射と VR を組み合わせることを目標としたプロジェクトで，ハンガー反射については，様々な工夫で，上下左右等自由に引き起こすことができるようになった。ただ，課題は VR と組み合わせて，ハンガー反射を効果的に利用する応用を見つけることであった。最終的には，ベクションとハンガー反射を組み合わせると，非常に臨場感のある VR を実現できることがわかり，完成度の高いシステムを実現することができた。

## 11. 今後の課題

ハンガー反射とベクションの組み合わせ方は，状況や人に依存する。最初に簡単なトレーニングのフェーズを設けたりするなどして，あるユーザに対してどのような状況でどのように，VR とハンガー反射やベクションを組み合わせるかを測定する必要がある。