

# 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

## —HangerOVER: 頭が動かされる HMD—

### 1. 背景

ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用いた VR コンテンツ体験が近年急速に普及しつつある。これは HMD 自体の低価格化だけが理由ではなく、Unity や UE4 に代表される VR コンテンツ開発環境の発展により、一般ユーザも VR コンテンツを手軽に製作可能となったことが一つの要因であると考えられる。このように HMD を用いた VR コンテンツ体験が一般的となりつつある中、VR コンテンツを HMD 越しに見るだけではなく、Kinect や Leap Motion のような非接触型の身体計測デバイスや Oculus Touch や HTC VIVE Controller のようなハンドヘルド型のコントローラとそのシステムを用いてユーザの身体を VR コンテンツ内に取り込みインタラクションする試みも多数行われている。さらにハンドヘルド型のコントローラに内蔵された振動子による振動触覚提示は VR コンテンツ内の物体に触ったという情報を提示することでユーザの没入感を一層向上させている。しかし、振動による触覚提示は物体に触れているという状況提示は可能だが、例えば VR コンテンツ内のキャラクタに押されるような力覚提示はできなかった。力覚提示装置自体はこれまでに多く提案されているが大掛かりな装置により実現されている。これは現状の VR コンテンツ体験が HMD を被るだけで体験できる手軽さであるのとは対称的である。また、これらの力覚提示装置は主として指先に力覚提示をするものであり、ゲーム内のキャラクタが全身で感じる感覚を再現するものではなかった。

ユーザの装着の手間を、HMD とコントローラ以外に極端に増加させない程度の簡便な機構で、全身に対して力覚提示する方法として、「HMD に力覚提示機構を内蔵する」というコンセプトが考えられる。このコンセプトに近いものとしてフライホイールを用いたジャイロ機構による力覚提示を内蔵した HMD や HMD と前庭電気刺激を組み合わせる提案などがされている。これらは HMD に力覚や運動提示を内蔵し、VR コンテンツの没入感をより一層向上させることに成功しており、有望なコンセプトであることが分かる。

### 2. 目的

本プロジェクトは HMDVR 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力覚提示内蔵型 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。

### 3. 開発の内容

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)。

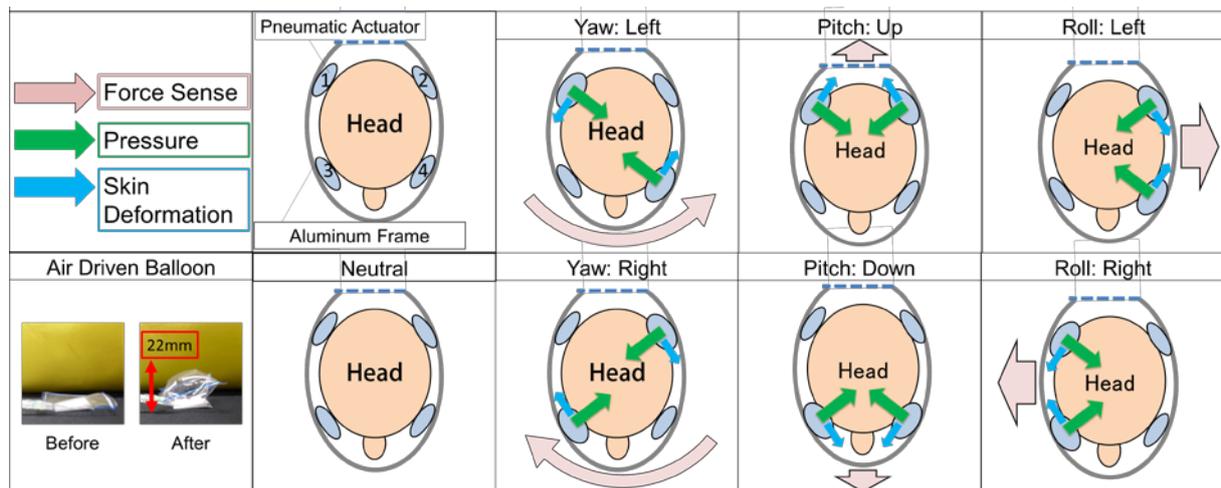


図1 ハンガー反射制御機構



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

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エネルギー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 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たものである。視覚に提示されるジェット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。

#### 4. 従来の技術(または機能)との相違

市販されている HMD (PSVR, HTC Vive, OculusRift, WindowsMR etc) は視覚と聴覚にのみ情報を提示していた。また、研究レベルでは、HMD に前庭電気刺激提示機構を内蔵し加速度感を提示し運動を誘発する手法、振動子を内蔵し方向を提示する手法、温度を提示する手法、風を提示する手法、ジャイロ機構を内蔵し衝突感を提示する手法などが提案されている。本プロジェクトは、HMD ハンガー反射を用いて頭部に回旋方向を主とした運動・力覚提示を行っており、ハンガー反射の特性を活かした「不随意的な運動提示」「錯覚による外力知覚」「3 軸回旋方向を主とした運動・力覚提示」「WindowsMR のような既存 HMD を拡張する」という点で異なっている。

#### 5. 期待される効果

近年 HMD の販売台数は増加しており、例えば PSVR は 2017 年 12 月の時点で 200 万台出荷されたと発表されている(2017 年 12 月 7 日株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメントプレスリリース)。また、HMD は今後も順調な成長が見込まれており、2020 年には 6000 万台の出荷予測がされている(2017 年 4 月 5 日 IDC Japan 株式会社プレスリリース)。

本プロジェクトの開発成果は HMD 本体ではなく、HMD と一緒に装着するデバイスであり、今後の HMD の装着方式の進化に伴いデバイスの形状を最適化する必要があると予想されるが、今後販売される HMD の大半にハンガー反射を用いた触覚・力覚・運動提示を付与することが可能であると考えられる。

本プロジェクトの成果は、エンタテインメント分野ではユーザが享受する情報を視覚・聴覚だけではなく頭部に対する触覚・力覚・運動情報にまで拡張することによる臨場感などの体験の質の向上が予想され、VR コンテンツを楽しんだユーザが新しい VR コンテンツやハードウェアを購入する可能性がある。また、コンテンツクリエイタはコンテンツとして設計可能な五感情報が視覚と聴覚情報からユーザの頭部に提示する力覚や運動の情報も設計可能となり、一層豊かなコンテンツの開発が実現できると予想される。エンタテインメント分野以外では、テレグジスタンスや運動性疾患などへの応用も期待される。

#### 6. 普及(または活用)の見通し

本プロジェクトの成果の理想シーンとして、現在国内で VR コンテンツを体験する選択肢の一つである VRZONE のような VR エンタテインメント施設あるいはイベント展示のような運営スタッフや技術スタッフが常駐する場での利用を考えている。

#### 7. クリエータ名(所属)

今 悠気(電気通信大学)