

# ワングライダー：片手による物体把持を伴う空中移動体験とコントローラを用いた行動が可能な VR コンテンツ

長嶋 伶弥<sup>†1</sup> 栗原 渉<sup>†1</sup> 兼松 祥央<sup>†1</sup> 三上 浩司<sup>†1</sup>

**概要：**ハンググライダーは、空を滑空することができるスカイスポーツの一種である。バーチャルリアリティ分野において、スカイスポーツに関する研究が数多く行われてきた。それらには、訓練システムやエンタテインメントシステムが存在する。そのなかでは、危険の伴うパラグライダーの操縦練習の検討をしている研究や、人間の五感を用いた VR 飛行体験の向上を図る研究もなされている。しかし、それらの VR スカイスポーツ体験では手を用いた自由な動作が制御される。スカイスポーツの再現であれば問題ないが、アクションゲームでは、空中移動をしながら敵を攻撃するなどのアクションをさせる表現がある。本研究ではこの点に着目し、VR スカイスポーツの体験中に手を用いたゲーム体験を両立することで VR スカイスポーツ体験を拡張したゲームコンテンツの開発をした。

## 1. はじめに

ハンググライダーは、スカイスポーツの一種であり、空の上を滑空する体験を味わうことができる。スカイスポーツにはハンググライダー以外にもパラグライダーがあり、ハンググライダー同様、山などの斜面から飛び立ち滑空することができる。バーチャルリアリティ（以下「VR」と記述する）分野において、スカイスポーツに関連する研究が数多く行われてきた。それらには、訓練システムやエンタテインメントシステムが存在する。これらはどちらもスカイスポーツを忠実に再現しているが、どちらにおいてもユーザは両手でバーを把持し、正しい姿勢で体験する必要がある。特に、体験者は両手でバーを把持するためスカイスポーツを体験しながら手を用いた動作をすることが制限される。それに対し、片手でバーを把持し、もう一方の手でその他の動作を行うことで、スカイスポーツ体験の拡張が可能であると考えられる。特にアクションゲームにおいて、空中移動をしながら敵を攻撃するなどのアクションを行う表現がなされている。

本研究ではこの点に着目し、VR スカイスポーツの体験中に手を用いたゲーム体験を両立することで VR スカイスポーツ体験を拡張したゲームコンテンツの開発をした。本研究において、VR スカイスポーツに加える手を用いた動作として銃を用いた射撃を採用した。

本稿では、VR スカイスポーツと銃の射撃を両立したコンテンツの開発について述べる。

## 2. 関連研究

### 2.1 VR を用いた飛行体験に関する研究

伴ら[1]は、着座時の足底の接地・非接地を切り替え、VR と現実での足の接地・非接地を同期させることで、飛行体験中の臨場感や楽しさを向上させられることが示唆された。

小黒ら[2]は、ユーザからの入力でマルチロータの推力を切り替え、浮遊感覚を提示するデバイスである「OGRone」を開発した。評価実験の結果、マルチロータで足場を上下させることで浮遊物体に搭乗した際の浮遊感の提示が可能であることを示した。

山口ら[3]は、現実では体験不可能な傘による空中遊覧体験システム「空傘散歩」を開発した。このシステムによって風に煽られる感覚の提示が可能なことを示した。

このように、VR 技術を用いて様々な飛行体験を可能とする手法が提案されており、目的とする体験に応じた適切な抵抗感の提示を行うことで飛行体験を知覚可能なことが示されている。

### 2.2 VR を用いたハンググライダーやパラグライダーに関する研究

竹村ら[4]はスカイスポーツの一種であるパラグライダーの操縦訓練を、VR を用いて行う可能性について検討をした。VR を用いて訓練を行う際に習得すべき技能ごとに可搬型のシミュレーター上での実現可能性について考察をし、そのために必要な技術要件を明らかにした。

中山ら[5]は、従来の VR を用いたハンググライダーなどの体験会に匹敵することと、ハンググライダーの魅力を自らの感覚情報を通じて体験してもらうことを目的に、ハンググライダーの疑似体験を可能とするイベント[6]の開催もした。

このように、VR 技術を用いてスカイスポーツを再現するシステムが開発されてきた。本研究では筆者らはスカイスポーツの体験拡張を目的とする。

### 2.3 本研究のアプローチ

これまでに、VR 技術を用いてユーザに対し、映像に合わせた適切な空気抵抗の感覚を提示することで様々な飛行体験を知覚させることが可能なことがわかっている。さらに、ハンググライダーなどのスカイスポーツを再現する研究も

<sup>†1</sup> 東京工科大学

されてきた。しかし、これらはスカイスポーツの再現を目的としており、体験者はグライダーのバーを両手で把持し続ける必要がある。

本研究では VR スカイスポーツを体験しながら手を用いたゲーム体験を両立することで VR スカイスポーツを拡張したコンテンツを提案する。このシステムを、ワコングライダー（One-hand Control Glider）と呼称する。

### 3. 提案コンテンツ

ワコングライダーは座位姿勢での空中移動体験における、片手把持を伴うグライダーの操縦と射撃を両立することを可能にするシステムである。図 1 に仮想空間部分を除くワコングライダーの全体像を示す。また、ワコングライダーは次の 3 点で構成される。

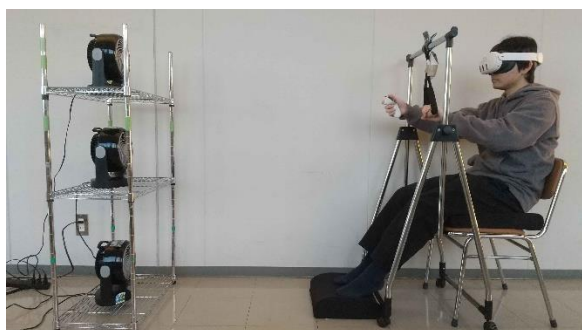


図 1 仮想空間を除いたワコングライダーの全体像

- 仮想空間
- 操作部及び椅子
- 風覚提示デバイス

### 4. 実装

コンテンツの実装について述べる。

#### 4.1 仮想空間内

ヘッドマウントディスプレイ（以下「HMD」と記述する）には、雲の上を緩やかに下降しながら前進し続けるグライダーや、風船と銃（コントローラ）が表示される。HMD に表示される仮想空間の内容を図 2 に示す。



図 2 仮想空間の画像

また、画面左上に風船を割った際に得られるスコアが表示されている。

右手では、Meta Quest Touch Plus コントローラ（以下「Quest コントローラ」と記述する）のトリガボタンを押すことで弾を発射することができ、空中に浮いている風船を割ることができる。左手では、仮想空間内のグライダーの旋回を制御することができる。また、提案コンテンツには制限時間があり、0 秒になるまで風船をできるだけ多く割ることが求められる。さらに、体験者の顔の向きに応じてカメラ（視点）を動かすことができる。この時、片手把持デバイスに取り付けてある左手用の Quest コントローラの位置座標を取得することで、左右への旋回を可能とする。システムの概要図を図 3 に示す。

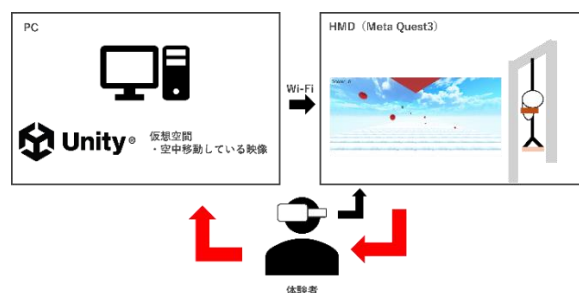


図 3 システムの概要図

#### 4.2 操作部

操作部には片手把持デバイスと浮遊感を強化する椅子がある。片手把持デバイスはグライダーを操縦している感覚を提示することを目的に製作した。片手把持デバイスを図 4 に示す。



図 4 片手把持デバイス

製作には、ハンガーラックとゴムバンド、Y 型ダブルバネ竿ピンチ、木製めん棒、左手用 Quest Touch コントローラを用いている。木製めん棒はグライダーの持ち手部分を再現するために用い、ハンガーラックとゴムバンドは、持ち手部分を吊り下げるために用いた。Quest コントローラはグライダーの旋回を制御するために用い、Unity 内でコントローラのローカル座標を取得して制御している。また、

体験者の肩から片手持持デバイスの持ち手部分までは約45cmである。滑空の際の浮遊感を強調させる椅子を図5に示す。



図5 浮遊性を強調させる椅子

体験者が椅子に座った際に足が地面に接地することによる浮遊感の減少を抑える必要がある。そのため、椅子の上に高反発クッションを乗せることで座面を高くした。また、関連研究において浮遊感覚向上を目的に足裏に台と振動を使用することや、やわらかい材質の素材を足元に設置する手法が存在する[7][8]。したがって、本研究では足元に低反発クッションを設置した。

#### 4.3 風覚提示デバイス

風覚提示デバイスは、コンテンツ体験時に風覚提示を行うために配置した。滑空時の風覚を提示するデバイスを図6に示す。

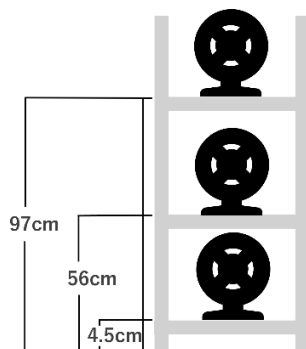


図6 正面から見た風覚提示デバイス

風覚提示を行うために、スチールラックとサーキュレータを用いた。サーキュレータにより、空を飛んでいる時に感じる風を再現している。送風位置は、顔、胴体、足元の3か所である。これは、空の上を移動する際に、前方から受ける風を再現するために3か所に提示している。各ファンの送風面から体験者までの距離は約160cmである。また、3台のサーキュレータはそれぞれ地面から4.5cm、56cm、97cmの高さに配置している。これは、160cmから170cm前後の身長の方に、椅子に座ってもらった時の顔、胴体、足元の高さになるようにしている。サーキュレータはアイリ

スオーヤマ社製のコンパクトサーキュレータ（PCF-HD15EC-B(31/29W)）を使用しており、風速は弱が1.6m/sから2.0m/s、中が2.5m/sから2.7m/s、強が2.9m/sから3.0m/sである。

#### 5. 今後の展望

本研究では、片手で滑空時の制御感覚を提示するデバイス、空の上を滑空している際の浮遊性を強調させる椅子を開発し、HMDに滑空をしながら的を射撃していく滑空ゲームの制作をした。現在は、風量は一定の風量を提示しているが、より臨場感を高めるために、ゲーム中の速度と連動することが望ましい。

今後は評価実験において、滑空ゲームを体験することにより、座位姿勢かつ片手での滑空体験と、射撃という異なる体験を提示しながらVRの飛行体験の没入感を高められるか評価する。

**謝辞** 本研究はJSPS科研費JP23K11731の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- [1] 伴祐樹, 吉田健人, 宇治土公雄介. 足底の接地・非接地制御による着座状態でのVR飛行体験臨場感向上. 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2022.
- [2] 小黑由樹, 兼松祥央, 三上浩司. OGRone: マルチロータを用いた浮遊感覚提示デバイスの開発. 情報メディア学会技術報告, 2019, vol. 43, no. 9 p.183-186, 2019.
- [3] 山口修平, 井上悠香, 佐々木嵩也, 鈴木元, 廣川七海, 宮田一乗. 空傘散歩: 風力を受けた傘を表現したVR空中遊覧システム. 情報処理学会インタラクション2024論文集, 2024, p. 247-252.
- [4] 竹村治雄. VRによるパラグライダー飛行練習の可能性に関する考察. 第24回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2024.
- [5] 中山拓哉, 鈴木由路, 葭田貴子. 床上50センチの飛行イベント. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2017, vol. 22, no. 4, p. 503-512.
- [6] “VR ハンググライダー”. <https://valeur3.com/vr-hangglider/>, (参照 2024-12-18).
- [7] 大倉直也, 松本啓吾, 鳴海拓志, 葛岡英明, 雨宮智浩. 足裏振動刺激を用いたVR空間における立位姿勢での飛行昇降感覚の向上. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2022, vol. 27, no. 4, p. 369-379.
- [8] 布施皓輝, 兼松祥央, 松吉俊, 三上浩司. VRにおける雲上行動の触感表現. 情報処理学会インタラクション2024論文集, 2024, p. 1133-1136.