



# 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

## Feasibility Study on Paragliding Training Using VR

竹村治雄<sup>1)2)</sup>

Haruo TAKEMURA

1) 大阪大学 サイバーメディアセンター (〒560-0043 大阪府豊中市待兼山町 1-32, takemura@cmc.osaka-u.ac.jp)

2) 大阪大学 大学院情報科学研究科 (〒113-0032 大阪府吹田市山田丘 1-5, vrsjac@cyber.rcast.u-tokyo.ac.jp)

**概要** : 本報告では、スカイスポーツの一種目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する。パラグライダーの操縦は、他の航空機の操縦とは異なり操縦者の体重移動と左右の手に保持したブレークコードの操作のみで行われる。しかしながら、他の航空スポーツと同様に、操作ミスが墜落の危険性につながり教育・訓練課程での安全面への配慮は不可欠である。このため、VR による飛行練習を行うことは、操作の基本の習得や、操縦時のパラグライダーの性能限界を事前体験などに有効であると考えられる。一方では、VR では再現が困難な状況も考えられる。このため習得すべき技能と VR での飛行練習の実現可能性の検討結果について報告する。

**キーワード** : スカイスポーツ, パラグライディング, 教育, 訓練

### 1. はじめに

パラグライダーは、スカイスポーツの一種で、ナイロン製のキャノピーと呼ばれるラムエアタイプの翼にラインで接続されたハーネスを装着して飛行するスポーツである[1]。航空法上パラグライダーは航空機ではないが、スカイスポーツを統括する団体である日本航空協会から委託を受けて公益社団法人日本ハングパラグライディング連盟がパラグライダーを操作する人の技能を証明する技能証を発行し、自主規制を行っている。また、そのために必要な技能証課程が定められている[2]。課程は、実技課程と学科課程に大別され、A 級練習生、B 級練習生、ノービスパイロット課程、パイロット課程、クロスカントリーパイロット課程、タンデムパイロット課程ごとに習得すべき技能が定められている。パラグライダーの飛行練習では、実際のフライトを教員の監督のもとに実施し、無線誘導等により指導を受けることとなっている。しかしながら、技能実習を行うのに適した天候条件時のみ実習が可能であり、特に A 級、B 級練習生が実習できる時間帯は、熱上昇風のない朝夕の安定した気象条件に限られる。このため、季節や地域によっては効率的な技能実習ができるとは限らない。

本報告では、VR を用いて技能実習の可能性を習得すべき技能ごとに検討し、パラグライダーのための VR シミュレーターの実現可能性について検討する。それにより技能

実習を置き換えることが可能となるシュミレーター開発に向けての技術要件を明らかにする。VR シミュレーターを用いた技能実習で、ある程度の技能が習得できれば、パラグライダーの操縦に必要な技能証課程を修了するのに必要な時間を短縮できる可能性があり、スカイスポーツの振興と安全性の確保に寄与できると考える。

以下、本報告では 2 節でパラグライダーの飛行シミュレーションに関する関連研究について、3 節で飛行訓練で習得する技能と VR で実現に必要な技術的な要件について、4 節でまとめと今後の課題について述べる。

### 2. 関連研究

本節では、飛行訓練実現に必要な関連研究について述べる。

#### 2.1 パラグライダーの飛行モデルに関する研究

飛行訓練のためのシミュレータ実現に向けてパラグライダー飛行について、どこまでのモデル化を行うかは、実施する訓練の目的により異なる。実際、パラグライダーのようなラムエアタイプの翼のモデル化は様々行われている[3, 4]。しかし、その多くがパラグライダーを剛体として取り扱っており、図 1 示すような失速状態や片翼が潰れた状態の表現には対応していなし。一方で、翼の潰れから回復操作は習得すべき技能であり状態に対応したモデルの構築が必要である。



(1) 失速状態



(2) 片翼潰れ

図 1: 失速状態と片翼潰れ

## 2.2 操作シミュレータに関する関連研究

パラグライダーの飛行シミュレータについても、いくつか実装が試みられている。Davis らは、CG による飛行体験ができるシステムを開発しているが、その有効性についての報告はなされていない[5]。Rieuf らは開発中のシステムについて紹介しているが詳細は報告されていない[6]。中山らは 360 度映像を用いたハンググライダーおよびパラグライダーの飛行追体験が可能なシステムを開発し、体験イベントの開催について報告している。ハンググラ



図 2: パラグライダーシミュレータの例

イダーやパラグライダーに登場する際に用いるハーネスと呼ばれる機器を装着し 360 度映像を HMD で再生し、飛行の際に感じる風をサーキュレータで再現するだけの簡便なシステムでも、臨場感のある追体験が可能であることを報告している[7]

## 3. 習得すべき技能と飛行練習の可能性の検討

### 3.1 前提条件

アミューズメントパークに設置されたモーションライドに用いられるような多自由度のモーションプラットフォームをハーネスの動きの再現に用いることで、様々なレベルのシミュレーションは可能であると考えられるが、コストが高く、また装置の固定が必要となるなど大がかりな装置とる。ここでは、VR による飛行訓練シミュレータをできるだけ簡便かつ可搬な装置として実現する前提で可能性について検討する。実際に図 2 に示すようなハーネスを一点で吊るした装置が、地上で空中姿勢の練習をするシミュレータとしてパラグライダーの練習に用いられている。これらに視覚提示のスタンドアロン型の HMD と必要最小限のセンサー等を装着して実現できる飛行練習の内容について以下では考察する。パラグライダーは他の航空機と比較すると機材自体は安価であるため、現時点まで本格的なシミュレータは開発されてきていないと思われる。一方、スタンドアロンの VR ヘッドセットが発売されるなど、低価格で練習環境を構築できる環境が整いつつある。次節では練習項目ごとに練習環境の構築の難易度について考える。

### 3.2 教習項目ごとの実装の難易度に関する考察

表 1 は、パラグライダーの A, B, NP, P 各課程における主な実技項目に対して、練習生が行う操作（ブレークトグルの操作、体重移動、そのほかの操作）およびハーネスの制御（回転、並進）を分類したものである。また、A 級練習生以前の段階として、二人乗りのパラグライダー体験を 360 度ビデオにより追体験する「飛行の体験」の項目を設けた。また、より大きな制御を必要とする部分は◎を付した。飛行の体験に提示する映像は CG ではなく、実際のパラグライダーの飛行時に撮影した実写映像を利用することを想定している。図 3 は 360 度カメラ Insta360 ONE X で撮影した実際の飛行風景であり、全方位画像から切り出した、側方、前方、上方の画像を示したものである。飛行体験以外は、ブレークトグルの操作と体重移動のデータに基づいて飛行状況を CG で再現することを想定している。

これらの表から分かるように、ハーネスの並進運動（主に上下、前後の移動を）伴うテイクオフおよびランディングの実装は難易度が高い。そのほかにも両翼端折にや片翼潰しの飛行も練習生によるライザーの操作が加わるため実装の難易度が高くなっている。総合的に判断すると、テイクオフランディングを含まない空中操作に関する教習環境を最初に構築し、その環境の学習効果について確認することが比較的容易と思われる。特に、B 級練習生の課程

で学習する周囲警戒やトラフィックルールについては、VR環境で他のパラグライダーによって混雑した空域を体験することで、空中衝突の会費など実環境では危険を伴う訓練を安全にVR環境で体験することができ、高い教育・訓練効果が期待できる。

テイクオフおよびランディングは、練習生の足が接地している状態から浮いた状態および、その逆で遷移する必要がある。また、ランディングは平地への着地であるが、テイクオフは一般に斜面を走る動作を伴うため実現の難易度は空中操作よりは高くなると判断した。

表1 教習課程の実技項目ごとの実装の難易度

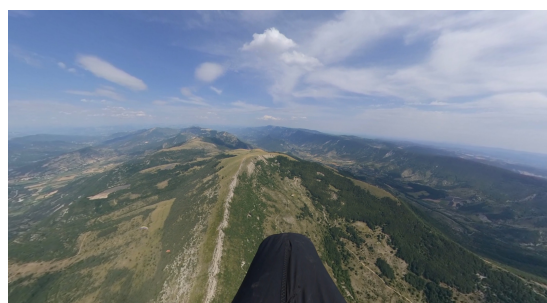
課程	実技項目	トグル操作	体重移動	ハーネス制御		その他の操作	実装の難易度
				並進	回転		
	飛行の体験						1
A	ライズアップ	○				○	4
	安全なテイクオフ	○		○		○	4
	安定した直線飛行	○					1
	安全なランディング	○		○	○	○	4
B	旋回操作	○	○				2
	ピッチング	○	○		○		3
	ローリング	○	○		○		3
	安全なアプローチラインと姿勢	○	○				2
	半径30メートル以内への安全なランディング	○	○	○	○	○	4
	周囲警戒	○	○				2
	トラフィックルール	○	○				2
NP	グライドパスでのランディング	○					2
	偏流飛行	○	○		○		3
	横風でのランディング	○	○	○	○	○	5
	高度処理	○	○		○		3
	リッジソアリング	○	○		○		3
	360度旋回	○	○		○		3
	ピッチング (前後15度程度)	○	○		◎		4
	ローリング (左右30度程度)	○	○		◎		4
	リアライザーでの緩旋回		○		○	○	4
	翼端折りと回復		○		○	○	4
P	フィギアエイト	○	○		◎		4
	深いバンクでの360度連続旋回	○	○		◎		4
	サーマルセンタリング	○	○	○	○		4
	指定地ランディング	○	○	○	○	○	4
	片翼潰しからの回復	○	○		○	○	4
	両翼端折での飛行	○	○		○	○	4



(1) 360度動画の一コマ



(2) 側方画像



(3) 前方画像



(4) 後方画像

図3: 360度動画の例

いずれにせよ、実技項目ごとの教習コンテンツを構築して、それぞれの飛行練習への有効性を見極めることが、重要である。

#### 4. むすび

本報告では、VRによるパラグライダーの飛行訓練の実現可能性について、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し、そのために必要な技術要件を明らかにした。その結果、離陸、着陸のシミュレーションの実現は、安定した条件下での飛行に必要な技能の習得よりハーネスに対するより多くの制御が必要となるため、当面はパラグライダーの空中操作

の練習と、飛行時の周囲警戒などの実環境での練習が危険を伴う練習についてはVRによる実習が有効である可能性が高いことを指摘した。今後は実際のシミュレータを開発し、この方法による、飛行訓練の効果について検証する予定である。

#### 参考文献

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Paragliding>
- [2] 公益社団法人日本ハング・パラグライディング連盟 編：JHF パラグライディング教本，公益社団法人日本ハング・パラグライディング連盟，2010.
- [3] 越智徳昌:パラグライダー・ハンググライダーの運動モデルと飛行制御，計測と制御，Vol.57, No.4, 247-252, 2018.
- [4] 赤坂 剛史, 別府 護郎, 東 昭:パラグライダーの旋回メカニズムの検討,日本航空宇宙学会論文集,Vol. 47 No. 540, 9-15, 1999
- [5] Darryl Davis and Paul Chapman : Emerging Applications in Immersive Technologies,Encyclopedia of Artificial Intelligence, 2008.
- [6] Vincent Rieuf and Amaury Solignac: InVRsion: Soaring through pixels, Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual, Article No. 23, ACM, 2018.
- [7] 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, Vol. 22, No. 4, 503-512, 2017.