



# 体幹トレーニングのためのインタラクティブ飛行システム

## An Interactive Flight System for Core Training

福山 陸<sup>1)</sup>, 脇田 航<sup>1)</sup>

Riku FUKUYAMA and Wataru WAKITA

1) 広島市立大学 (〒731-3194 広島県広島市安佐南区大塚三丁目 4 番 1 号, fukuyama@ics.info.hiroshima-cu.ac.jp)

**概要:** 近年, VR トレーニングシステムに関する研究開発がいくつか行われているが, モーションプラットフォームを用いてユーザの体の動きに応じてインタラクティブに操作可能なものはあまり例がない. そこで本研究では, ユーザの身体動作に応じてインタラクティブにモーションプラットフォームを制御可能にし, 体幹トレーニングのための VR コンテンツとして, VR 空間内の環境変化および体験者の荷重移動操作によって慣性力等の外力や機体の傾きを呈示可能なインタラクティブな飛行システムを提案する.

**キーワード:** モーションプラットフォーム, 体幹トレーニング, 人工現実感, フィットネス

### 1. はじめに

近年, 人工現実感 (VR) 技術はますます発展しており, VR 技術を生かした臨場感の表現や, フィットネスとしてモーションプラットフォームを活用する事例も増えてきている. 関連研究として, Treskunov らは, VR フィットネスのための没入感のあるフライトコンテンツと VR デバイス ICAROS を構築している[1]. このような従来研究において, モーションプラットフォームをジョイスティックやハンドルコントローラ等ではなく, ユーザの身体動作に応じてインタラクティブに操作可能な事例についてはあまり報告されていない.

そこで我々は, グライダーのような飛行装置に搭乗している際に生じる 6 自由度の運動を 2 軸モーションプラットフォームの転がり運動[2]に近似して VR 環境内およびユーザの姿勢に応じてインタラクティブに揺動させることで, 低コストかつ高臨場に体幹トレーニング可能なインタラクティブな飛行システムを提案する. 本稿では, 提案システムのプロトタイプの実験結果について述べる.

### 2. システム概要

本システムの概要を図 1 に示す. モーションプラットフォームの座席部分にはベルトが吊り下げられており, ユーザはベルトに体を預けた状態で水平姿勢をとる. この状態でユーザの姿勢を前後左右に傾けることで, 機体を前後左右に旋回 (上昇下降旋回移動) させる. このとき, 機体にかかる力や傾きをモーションプラットフォームによって体性感覚および前庭感覚としてユーザに呈示し, また, VR 空間内の映像を HMD を介して視覚呈示する.

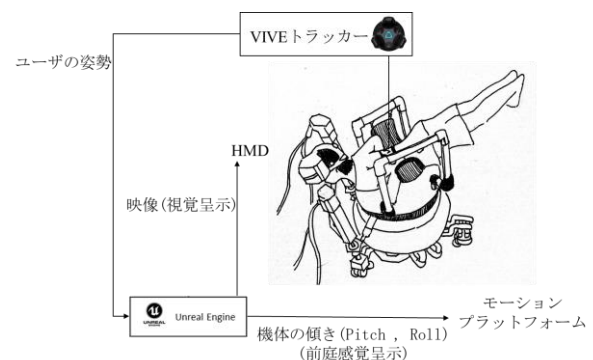


図 1 : システム概要

ここで, ユーザの姿勢をトラッキングするため, VIVE Tracker をユーザの背中に装着する. トラッキングしたユーザの姿勢や VR 環境内の変化に応じて機体の Roll 値と Pitch 値を算出し, これらを目標揺動角度としてモーションプラットフォームを揺動させることで, より臨場感のある体験と三点倒立のような体幹トレーニング効果を得ることが期待できる.

#### 2.1 ユーザの姿勢に応じたモーションプラットフォームの制御

最終目標とする飛行コンテンツを実現するには, VR 環境内の風等の影響および, ユーザの姿勢に応じて機体の傾き (Roll, Pitch) を算出し, これらの 6 軸情報を 2 軸に近似してモーションプラットフォームを制御する必要があるが, 本研究では手始めにトラッキングしたユーザの姿勢をもとに機体の傾きを算出し, モーションプラットフォームを揺動制御する.

このため、機体の傾きは VIVE Tracker から得られる傾き  $(R_v, P_v)$  にゲイン  $(K_r, K_p)$  をかけたものとして、モーションプラットフォームの目標揺動角度  $(R_m, P_m)$  とし、モーションプラットフォームを揺動制御する[2].

$$\begin{pmatrix} R_m \\ P_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_r R_v \\ K_p P_v \end{pmatrix} \quad (1)$$

ここで、ゲイン値  $(K_r, K_p)$  を下げると、機体を傾けるために必要な体の傾き  $(R_v, P_v)$  は大きくなり、逆にゲイン値を上げると小さな動きで機体が傾くこととなる。

フィットネスに応用させる際は体にかかる負荷を調節できるようにする。

### 3. 実装結果

以上のようなシステム構成をもとに UE4 で作成した飛行コンテンツとモーションプラットフォームの傾きの様子を ±Pitch と ±Roll の 4 つに分けて図 2 に示す。

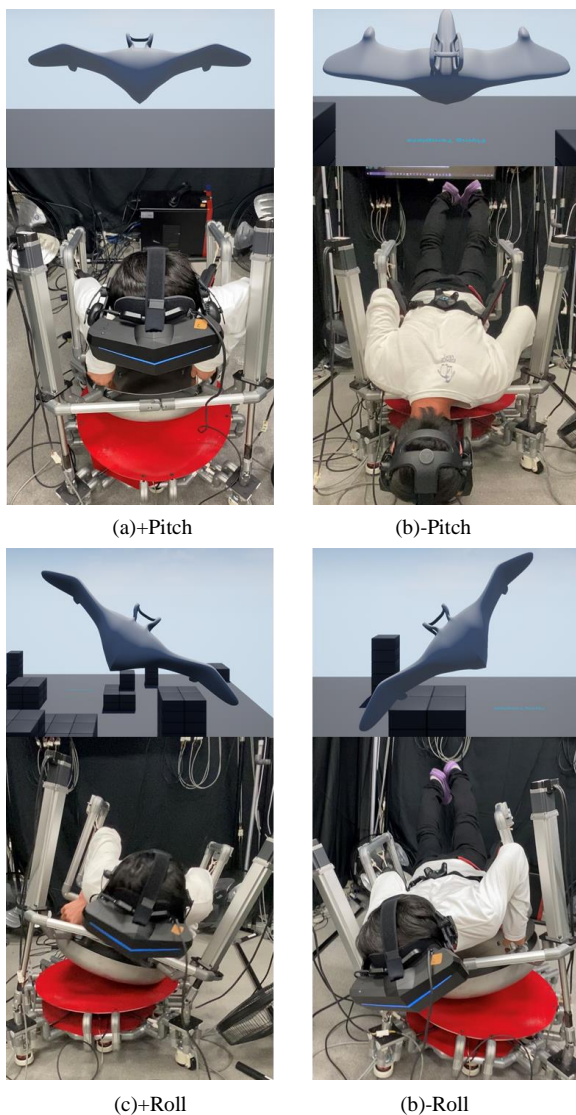


図 2 : 実装結果

機体を操作したい方向に体を傾けることでモーションプラットフォームが傾くことを確認した。また、ゲイン値を下げたとき  $(0.5 \leq K_r \leq 0.8)$ ,  $(0.5 \leq K_p \leq 0.7)$ , 大きく体を傾けた時の姿勢を維持する時間が長くなり、体への負荷が増加したように感じた。また、ゲイン値を上げると  $(0.8 \leq K_r \leq 1.1)$ ,  $(0.7 \leq K_p \leq 1.1)$ , 少しの動きでモーションプラットフォームが大きく傾いてしまい、トレーニングの負荷は軽減できたと言えるが、自身の体の動きで機体を制御できていないような感覚があった。

また、現状ではモーションプラットフォームを制御する際に筆者の主観的に自然と感じられるゲイン値、角速度、角加速度を設定しているため、人によっては違和感となってしまうことが考えられる。このため、主観評価実験を行い各パラメータの最適値を明らかにしていく必要がある。

### 4. むすび

本研究では、グライダーのような飛行装置に搭乗している際に生じる 6 自由度の運動を 2 軸モーションプラットフォームの転がり運動に近似して VR 環境内およびユーザの姿勢に応じてインタラクティブに揺動させことで、低コストかつ高臨場に体幹トレーニング可能なインタラクティブな飛行システムを提案し、プロトタイプの試作結果について述べた。現状、ユーザの姿勢に応じて機体およびモーションプラットフォームの姿勢を制御することができた。

今後の課題として、より体験時の自然さを増すために UE4 内のワールドをリアルに表現することや、プラットフォームの傾きによって体にかかる負荷を調整する方法の最適化、インタラクティブ性を高めるために VR 空間内で発生する風や機体が障害物などに衝突した時等の影響をモーションプラットフォームで表現すること等が挙げられる。

### 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP19H04158 の助成を受けて実施されたものである。

### 参考文献

- [1] A. Treskunov, E. Gerhardt, D. Nowotnik, B. Fischer, L. Gerhardt, M. Säger, and C. Geiger: ICAROSmulti - A VR Test Environment for the Development of Multimodal and Multi-User Interaction Concepts, In Proceedings of Mensch und Computer 2019 (MuC'19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 909–911.
- [2] W. Wakita, T. Takano, and T. Hadama: A low-cost motion platform with balance board, In Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '18), No. 44, pp. 1–2(2018)