



2024 年度 未踏 IT 人材発掘・育成事業 採択案件評価書

1. 担当 PM

稲見 昌彦（東京大学 総長特任補佐 先端科学技術研究センター 副所長・教授）

2. クリエータ氏名

谷澤 健太（九州大学）

甲斐 貴一郎（九州大学）

酒井 鴻（九州大学）

3. 委託金支払額

2,880,000 円

4. テーマ名

バーチャル空間における飛翔体験の構築

5. 関連 Web サイト

なし

6. テーマ概要

本プロジェクトは、人間の身体像を翼へと拡張し、バーチャル空間での爽快な飛翔体験を実現するシステムを構築したものである。クリエイターらは翼への身体像拡張システム、翼の操作とそれによる空カシミュレーションシステム、および飛翔体験に適したバーチャル空間の開発を行った。特筆すべきは、現実空間で現実の翼を操作する体験、現実空間で仮想的な翼を操作する体験、バーチャル空間で仮想的な翼を操作する体験という 3 段階のステップを経て、ユーザが翼への身体像拡張を段階的に体得できるよう設計されていることである。

7. 採択理由

空を飛ばたいという人類の夢は航空機の登場により実現した。しかし鳥になつたかのように自由自在に飛ぶ体験にはほど遠い。

本プロジェクトは空を飛ぶ VR という、古くて新しい課題に対して真正面から取り組もうとしているが、体験者の意図を動作に反映させるためのシステム構成と、VR にとどまらない新たな操作系として発展する可能性を期待し採択

とした。

8. 開発目標

本プロジェクトの目標は、自分の体から翼が生えている感覚を得るための身体像拡張システムと、その翼を用いて爽快地に飛翔できる体験を構築することであった。具体的には以下のシステム開発を通じてこれを実現しようとした。

1. 現実空間で現実の翼を操作する感覚を提示するシステム
2. 現実空間で仮想的な翼を操作するシステム
3. バーチャル空間で仮想的な翼を操作するシステム
4. バーチャル空間で翼を操作することによる飛翔体験システム

これらのシステムを統合することで、ユーザは段階的に翼への身体像拡張を行い、最終的にバーチャル空間での自由な飛翔体験を得ることを目指した。

9. 進捗概要

本プロジェクトは「自分の体から翼を生やして空を飛ぶ」という極めて野心的な体験構築を目指したものである。クリエイターは体験の段階的な構築を行うという適切なアプローチを採用し、以下の4つのフェーズに分けて開発を進めた。

1. 現実空間における物理的翼操作システム
2. 現実空間における仮想翼操作システム
3. バーチャル空間における仮想翼操作システム
4. バーチャル空間における飛翔体験システム

これら4つのフェーズを通じて、ユーザが段階的に「翼を持つ」という身体性を獲得し、最終的には飛翔体験へと導く設計は高く評価できる。以下、本システムを構成する要素ごとの開発内容を説明する。

生体信号としての筋電位を活用した翼操作インタフェース

特に腹直筋の筋電位を翼操作の入力として用いる発想は、鳥類の飛翔メカニズムを人間の身体に再解釈した独創的なアプローチである。また、サーボモータと振動モータを組み合わせたフィードバックシステムにより、翼の動きと外力を触覚として提示する機構は、身体所有感の拡張において重要な役割を果たしていると判断できる（図1）。



図 1：試作したハードウェアと装着時の様子

AR 技術を活用した物理デバイスと連動した仮想翼の視覚提示

QR マーカーを利用した位置トラッキングと専用パーカーの組み合わせは、特別な環境構築を必要としない簡便な実装方法として評価できる。この段階で、ユーザは触覚と視覚の両面から翼の存在を認識できるようになり、身体図式の拡張が促進されていると考えられる。

第 3 フェーズでは、VR 環境への移行により、より没入感の高い体験を実現している。鏡を用いたアバター表示は自己認識と身体所有感の確立において効果的な手法であり、バーチャル空間内での翼操作感覚の習得に貢献していると評価できる。

翼操作の感覚の提示

羽ばたきによる上昇と姿勢変化による滑空制御の組み合わせは、実際の鳥類の飛行原理に即しており、物理的にも説得力のある体験設計となっている（図 2）。独自のシミュレータによる翼にかかる力の計算と、それに基づく触覚フィードバックの提示は、飛翔体験の質を高める重要な要素である。

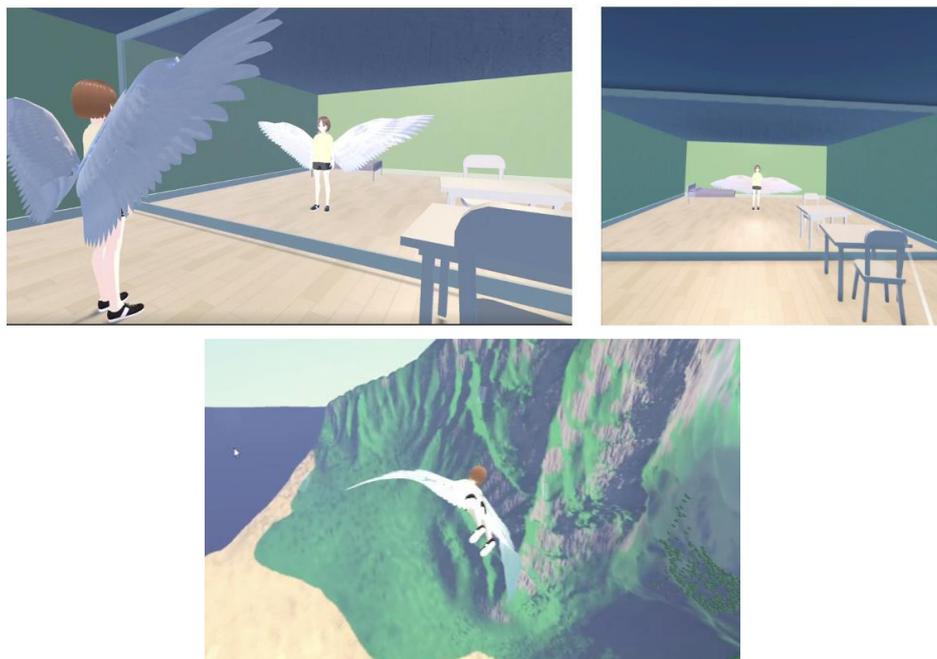


図 2：体験時の様子

以上のシステムをつなげる全体の通信設計においても柔軟性が確保されている。MQTT 通信を基本としつつも、Bluetooth 通信によるフォールバック機能を実装することで、様々な利用環境に対応可能な構成となっている。

総じて、本プロジェクトは単なる「空を飛ぶ VR 体験」の域を超え、人間の身体性の拡張という観点から系統的にアプローチした先進的な取り組みであると評価する。特に、触覚フィードバックと生体信号の活用により、ユーザの能動的な関与を引き出す設計は、今後の XR 体験開発における一つの指針となり得るものである。

10. プロジェクト評価

本プロジェクトは、従来の身体拡張研究と一線を画す独創的な取り組みである。多くの「空を飛ぶ VR」体験が腕を振る動作や乗り物に乗る体験に焦点を当てているのに対し、本プロジェクトは「自分の体から翼を生やして空を飛ぶ」という新たな体験を構築している点が極めて斬新である。

技術的な観点からは、腹直筋の筋電位センシングとその処理アルゴリズムの洗練さが評価できる。特に、筋電データの前処理や移動平均フィルタの適用、力みと緩みの適切な判定など、生体信号の取り扱いに工夫が見られる。また、翼デバイスの設計においても、皮膚の 2 点弁別閾を考慮した振動モータの配置など、人間の知覚特性を踏まえた設計がなされており、学術的な深みがある。

実装面では、バーチャル空間のフライトシミュレーションが特筆に値する。重力、揚力、抵抗力、はばたき力という 4 つの力のバランスを調整し、初心者でも操作可能でありながら、飛翔の爽快感を損なわない制御システムを実現している。また、体験会での被験者からの「笑ったときに筋電が反応したことで翼を動かすコツを掴んだ」という感想が示すように、ユーザにとって直感的な操作感を実現することに成功している。

デバイス開発の変遷を見ると、初期のプロトタイプから多くの改良を重ねており、使用感と装着性を向上させるための試行錯誤の跡が見られる。このようなイテレーティブな開発プロセスが、最終的な体験の質を高めることに貢献したと評価できる。

11. 今後の課題

本プロジェクトのさらなる発展に向けては、いくつかの課題が残されている。まず体験の没入感をさらに強化するための取り組みが必要である。当初計画されていた風覚や平衡感覚に対する感覚提示を実装することで、飛翔体験の臨場感をさらに高められるだろう。特に風の抵抗感や上昇下降時の内耳への刺激は、飛翔感覚の再現に重要な要素となる。これらのマルチモーダルな感覚提示を統合することで、体験の質は大きく向上すると考えられる。

次に、プロダクトとしての運用性向上が求められる。現状では専門知識を持つ

人間の補助なしに装着することが難しく、一般ユーザへの普及を考えるならば、装着の簡略化やセンシング精度の個人差への対応が必要である。また身体像拡張の学術的評価も今後の課題と言える。

本プロジェクトで得られた「翼デバイスを外したときに喪失感を感じた」という知見は興味深いですが、こうした心理的影響を定量的に測定し、身体像拡張のメカニズムをより深く理解するための研究が望まれる。さらに開発成果の公開と標準化を進めることで、身体像拡張に関する研究開発コミュニティを形成し、この分野のさらなる発展に寄与することが期待される。