

Phantom Glider ～没入型ビジュアルシミュレータのための 触覚による擬似空間移動インタフェース～

岸田賢紀^{†1} 大島登志一^{†1}

本研究では、VR における没入感を増強しうる要因として「移動する感覚」に着目し、触覚上の錯覚であるファントムセンセーション (Phantom Sensation : 以下 PhS) を用いることで、足底部に疑似的な移動感覚を生起させるボード型インタフェース Phantom Glider を試作した。Phantom Glider により提示する触覚刺激の他、視覚・聴覚と連動させることによる相乗効果に風の提示も加え、映像コンテンツを多感覚的に体験させることで、VR 体験における VR 空間内を移動する速度感の総合的な増強を目指す。

Phantom Glider - A Riding Interface with Multi-Modal Sensation of Speed for Immersive Visual Simulator -

MASAKI KISHIDA^{†1} TOSHIKAZU OHSHIMA^{†1}

This paper describes a new user interface which enhances sense of speed by using haptic feedback during moving through immersive virtual environment. We have developed a board type interface named "Phantom Glider", which presents a pseudo sense of movement at sole of feet based on an illusion of haptic perception that is known as Phantom Sensation. In addition, auditory feedback and feeling of air flow are combined to the interface system in order to augment sense of speed by multimodal sensation. We show detail of the Phantom Glider interface system, which consists of tactile displays, computer controlled fans and speakers. "SkySurfer" that is experimental application system with the interface, is also presented; where a player can fly through the sky above ancient city ruin, Machu Picchu.

1. はじめに

人工現実感 (Virtual Reality, 以下 VR) の主な用途には、VR 空間に没入して空間内を自在に移動するドライブシミュレータやフライトシミュレータなどがあり、臨場感・没入感の向上のための多くの研究が報告されている。その中では特に、モーション装置を用いて体験者の身体を動揺させ、三半規管に働きかける事で移動感覚の増強を図る方法が直接的に高い効果が得られる一般的な手段である。

しかし、ビジュアルシミュレータのためのモーション装置は概して大規模かつ高価であり、安全面での配慮が必要であることから、これらを活用できる場は限られているというのが現状である。

本研究の目的は、このような背景に鑑み、モーション装置のような大掛かりな機構を用いることなく、小型・軽量かつ安価・安全に VR 体験の臨場感を増幅させるインタフェースを開発することである。これにより、エンターテイメントやミュージアムなど、大衆に向けた広い分野で、簡便に没入型 VR に仮想空間の移動を楽しむシステムとして利用することが出来ると考えられる。

2. Phantom Glider の概要

2.1 機能概要

本研究で開発する Phantom Glider は多感覚型の空間移動操縦インタフェースである。VR 空間を自由自在に飛び回る体験を目標として、インタフェースシステムの形態はスケートボードの様なスタイルとした。体験者はこれに立って乗り、VR 空間の中を体重移動によって操縦を行う。体重移動は直感的であり多くの人が容易に操縦できると思われるとともに、立って乗るだけという簡易な仕組みなので、誰でも楽しめると思われる。

宙に浮く様なスケートボード型の操縦インタフェースは、現実には存在しないものではあるが、マンガや映像作品の中にはそのようなボード型の乗り物を登場させた作品が多々あり、未来的なインタフェースとして広いユーザ層に自然に受け入れられると考えられる。図 1 に Phantom Glider 試作機による VR 体験の様子を示す。

感覚のフィードバックとしては、立体かつ広視野な表示環境とスピード感を演出する音響効果、さらにスピードによりファンを制御して風の効果を加える。そして足底面には、振動するピンによって触覚を提示し、ファントムセンセーションの擬似知覚による移動感提示を試みる。

^{†1} 立命館大学
Ritsumeikan University



図1 初期の試作機によるVR体験の様子

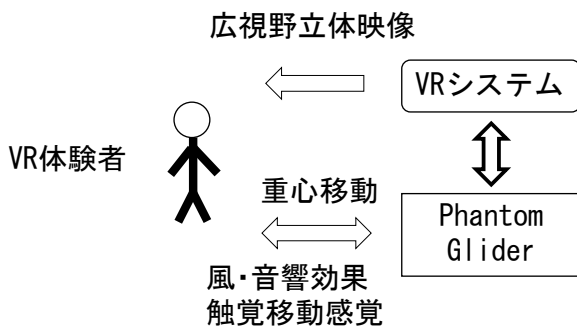


図2 Phantom Surfer の機能要素

2.2 Phantom Glider の構成

Phantom Glider は、VR 体験に没入効果を付与する 4 つの入出力機能要素から構成される VR 空間移動のための操縦インタフェースである (図 2)。機能面の他に設計の要件としては、一定以上の強度が保たれていて安心して体重を預けながらの操作が可能であること、操作にある程度の練習を要しても、基本的に誰にでも操作可能であることなどである。

(1) 体重移動による直感的な VR 空間移動操作

Phantom Glider では、体重移動による直感的な方法で移動操作を行うので、体験者は VR 空間での没入感を損なわず映像体験に集中することが出来る。入力装置としては、任天堂のバランス Wii ボードを利用している (図 3.a)。バランス Wii ボードは、四隅に圧力センサを内蔵し、Bluetooth で Windows PC と通信することができる。安全性・安定性も高いので入力部として用いることとした。

(2) 移動速度・方向によって変化する音響効果

体験者の前方足元にステレオスピーカを配置し、Phantom Glider の操作入力に応じた風切音などを効果音として提示することで、聴覚の面から体験者に VR 空間の移動速度感を与える。

(3) コンピュータ制御ファンによる風の再現

体験者の左右斜め前方および正面に 3 台の電動ファンを設置し、リレーボード (共立電子産業株式会社製, RBIO-2U)

によって VR 空間内の挙動に連動して風力を制御する (図 3.b)。これにより、Phantom Glider の操作に応じて変化する移動方向や速度を風としてまさに肌で感じ取ることを可能とする。

(4) 触覚の PhS 効果による移動感覚提示デバイス

足裏に疑似的な移動感覚を生成する為に、後述するように触覚知覚上の錯覚であるファントムセンセーション (Phantom Sensation : 以下 PhS) を利用した移動感覚提示方式を考案し、振動を効率よく足裏の触覚器官に伝達し、かつ様々な振動提示パターンに対応できる移動感覚提示デバイスを開発した。

足裏の振動提示部位は、足底部の中では最も刺激に敏感であると考えられる「土踏まず」を中心とし、その範囲でできるだけ間隔 (およそ 8cm の間隔) を空けて前後 2 か所の振動提示箇所を設定した。この間の振動知覚箇所を PhS の効果で走査するように刺激提示時間差を制御する事で、足底部への移動感覚の提示を実現する。

構造としては、土台は土踏まずの凹み部分を考慮して、山型に並べた複数枚のパネルから構成する。パネルの裏面に振動提示ユニットとして小型スピーカをボルトで固定し、パネルに開けた穴からスピーカコーンに接続した振動ピンを介して振動を提示する。これにより重心移動を行う際にも、振動ユニット自体には、荷重がかからないよう考慮した。



(a) 体重移動入力装置 (バランス Wii ボード) と 振動提示装置試作機



(b) コンピュータ制御ファン

図3 Phantom Glider の主な構成要素

2.3 PhS 効果を用いた移動感覚提示方式の提案

PhS (Phantom Sensation) 効果とは、触覚において、微小な時間差で皮膚上の異なった位置に触覚刺激を提示した場合に、それらの間に融合された刺激が1つのみ定位されるように錯覚する現象のことである。この PhS という錯覚現象には、2つの刺激に時間差、あるいは強度差がある場合に、先に刺激された、または強度の強い刺激位置の方へ刺激の定位位置が偏位して知覚されるという特性がある。

本研究ではこの特性を応用し、図4に示すように足底部の土踏まずの前後部2個所に提示した振動刺激の定位される箇所を、足底部を走査する様に連続的に変位させることで、足裏に疑似的な移動感覚を生起させる。

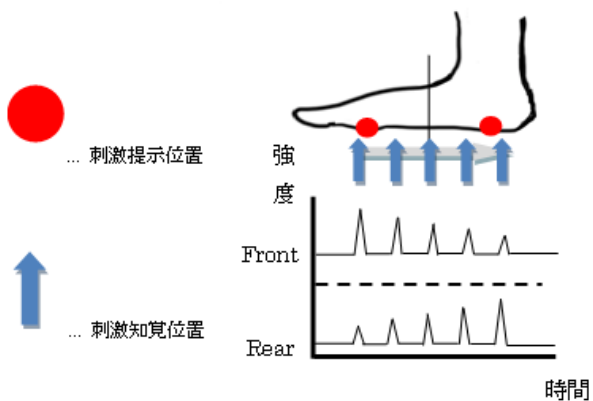


図4 PhSによる刺激の知覚位置の変化

2.4 移動感覚提示デバイスの実装

足底部に移動感覚を生起させるためには、効率的な振動刺激の提示が求められたため、デバイスの実装には以下の様に考慮した。振動ユニットの概観を図5に示す。

(1) 振動子の選択

足底部に刺激を提示する振動子には、スピーカユニット (AuraSound 社製, NSW2-326-8A) を採用した。このスピーカに内蔵されるボイスコイル型の振動子は、入力信号に対する機械的な動作の応答性が良く、10~20ms で最大振幅に達するので、当初実験した偏心型の振動モータよりも精密な振動刺激の制御が可能になる。今回の PhS の生起による移動感覚の提示に際しては、振動刺激を複数回、短いインターバルで提示する必要がある為、応答速度と振動強度からこのユニットを採用した。

(2) 振動伝達用ピンの装着

足裏に刺激を提示する上での課題として、足裏が弾性体のため、振動が皮膚を伝播し、広い範囲に感覚が生じるとともに相互干渉を起し、正確な PhS の生起を妨げるというものがあった。また今回のような用途では、足裏全体でスピーカを踏みつけることともなる。そこで、スピーカ本体を保護しつつ、刺激を効果的に提示するため、ポリカーボネート製のピンをユニットのコーン部分に取り付ける事で、ユニットからの刺激を局所的に伝達させ、提示部にお

ける刺激の分散を防いだ。



図5 触覚 PhS 提示ユニットの概観

3. 応用コンテンツ

Phantom Glider の機能評価用として、没入型のフライトシミュレータ SkySurfer in Virtual Machu Picchu を開発した。機能評価用のコンテンツのスクリーンショットを図6に示す。本システムは、本稿で提案した Phantom Glider インタフェースを利用し、前後左右の体重移動のみで操縦でき簡単操作で、臨場感あふれる空中体験を味わう事を目的とした VR フライトシミュレータである。広視野ディスプレイに表示された映像の中をサーファーのように自由に駆け巡る。VR 空間内での様々な感覚は、本インタフェースを通じてフィードバックされ、体験者は風や音、そしてボードで空を飛ぶ移動感覚を体感しつつ、空中都市・マチュピチュを更なる上空より、高い臨場感で観察することが出来る。本コンテンツの実装は、仏ダッソー・システムズ社製のインタラクティブ3Dオーサリングツール Virtoolsを用いている。システム構成図を図7に示す。



図6 応用事例のスクリーンショット

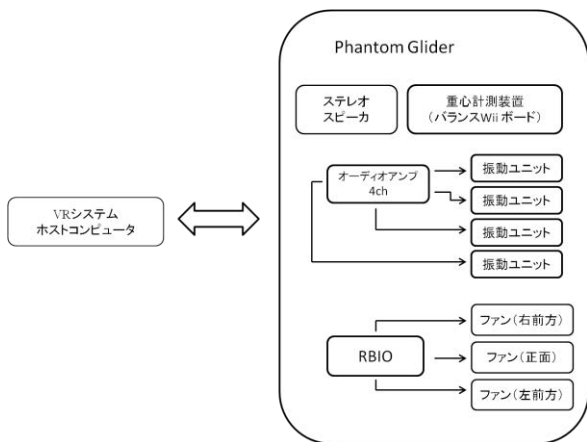


図7 システム構成図

4. まとめと今後の計画

本稿では、ドライブシミュレータやフライトシミュレータなどにおいて、VR空間移動での速度感・臨場感の増強を目的とし、視覚・聴覚と併せて、PhS効果によって足底部に生起させた擬似的な移動感覚を連携させることで、VR空間内の移動の速度感を向上させるマルチモーダルなステートボード型インタフェース Phantom Glider を提案した。

今後は、Phantom Glider を組み込んで VR 空間の移動感覚を重視した応用事例の開発を重ねつつ、デモ展示などにて評価実験を行うことで、Phantom Glider が VR 映像体験にもたらす没入効果の向上について、検証と改善を進めていく予定である。具体的には、より高い移動感覚を提示出来るファントムセンセーション型の振動デバイスの検討を行い、その移動感覚を効率的に多感覚的に提示するための知見の集積および課題の解決を行う。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24500159 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 久米祐一郎, 白井暁彦, 津田元久, 畑田豊彦: 足裏への皮膚振動刺激による情報伝達, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.3, pp.83 - 88 (1998).
- 2) 白井暁彦, 佐藤勝, 草原真知子, 久米祐一郎: ファンタスティックファントムスリッパ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.4, pp. 691 - 698 (1999).
- 3) 大島沙也佳, 橋本悠希, 渡邊淳司, 梶本裕之: 仮現運動を利用した“ぼっさり感”提示の研究, 日本バーチャルリアリティ学会第12回大会論文集, vol.12, pp.3D2-4 (2007).
- 4) 増野智経, 齋藤豪, 高橋裕樹, 中島正之: Waraji: 仮想環境の為の足を用いた入力インタフェース, 映像情報メディア学会誌, Vol.54, No.6, pp. 833 - 839 (2000).
- 5) 久米祐一郎, 山本慶一, 山田貴幸, 磯部正利, 津田元久, 畑田豊彦: 3次元仮想空間内作業におけるファントムセンセーションを用いた奥行き情報提示効果, 映像情報メディア学会誌, Vol. 53, No.9, pp. 1308 - 1314 (1999).