

HMD スキーシミュレータにおける臨場感向上のための重心と風の利用

今井 美里* 宋戸 英彦† 北原 格‡ 亀田 能成‡

*筑波大学 大学院 システム情報工学研究科 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

† ‡ 筑波大学 計算科学研究センター 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: *imai.misato@image.iit.tsukuba.ac.jp, † shishido@ccs.tsukuba.ac.jp,

‡ {kitahara, kameda}@iit.tsukuba.ac.jp

あらまし 近年、スポーツ分野でのバーチャルリアリティ(VR)技術の活用が進められている。スポーツの中でもウィンタースポーツはトレーニングが行える環境が限られており、VR 技術を用いたトレーニングが有効であると考えられる。本研究では、その中でスキーを題材とし、頭部搭載型ディスプレイ(HMD)を用いた VR シミュレータを開発する。従来の視聴覚情報のみの VR シミュレーションより高い臨場感をユーザーに与えることを目的とし、重心移動及び頭部の沈み込み運動を用いた滑走制御と、ユーザーへの送風機構を付加することを提案する。

キーワード VR, 臨場感, 風, 重心移動, アルペンスキー

1. はじめに

VR 技術を活用することで、費用やリスク等の問題で機会が限られてしまう体験や、能力の不足や障害等のためにできないことを、模擬的に体験することが可能になる。VR 技術はスポーツの分野で活用が進められており、スポーツの体験に加え、トレーニング機会の増加に貢献することが期待されている。これにより、競技前に相手の動作や競技場の確認を行ったり、過去のプレイを様々な視点で確認したりすることが可能であることから、VR 技術は選手の技術練習やイメージトレーニング、審判のジャッジの訓練等に有効とされている[1][2][3][4]。

スポーツのトレーニングは、体力や技術のトレーニングとイメージトレーニングの2つに大きく分類される。体力や技術のトレーニングにはそのトレーニングを行うための道具や環境が必要であり、競技によってはトレーニングを行うための環境の構築に費用が掛かるものや、場所や時期が限定されるものもある。一方

で、イメージトレーニングでは、体は動かさずに、自分が競技をしている様子や感覚を明瞭にイメージすることが重要であり[5]、競技の際の集中力を高めること等に有効と考えられている。プロのスポーツ選手は比較的容易にイメージを思い描くことができるが、初心者には競技経験が少なく、イメージを思い描くことは容易ではない[6]。VR 技術はその双方に有効であると考えられる。

本研究ではスポーツの中でも実践トレーニングを行える環境が特に限られているスキーを題材とし、スキー場になくとも臨場感のあるスキーシミュレーションを行うことができる VR 技術を提案する。従来の視聴覚情報が主体の VR シミュレーションより高い臨場感、すなわち、スキー滑走をしている感覚をユーザーに与えることを目的とする。この目的のため、滑走速度に合わせた送風と、滑走の方向と速度を制御するための重心移動及び頭部の沈み込み運動を、従来型視聴覚提示に付加する。

初期調査のために作製した図1に示す初期プロトタイプでは、HMDにOculus Rift CV1を用い、ユーザーの顔部分への送風にはPC用冷却ファンを用いて、アバターの滑走方向制御のための操作にはOculus Remoteを用いた。評価実験から、送風を行うことで臨場感が向上することは確認できたが、風量はより大きい方が好ましいこと、操作については全身動作を用いた方が臨場感が高いという指摘を受けた。本稿ではこの2点に対応した新しいスキーシミュレータの作製方法について議論する。

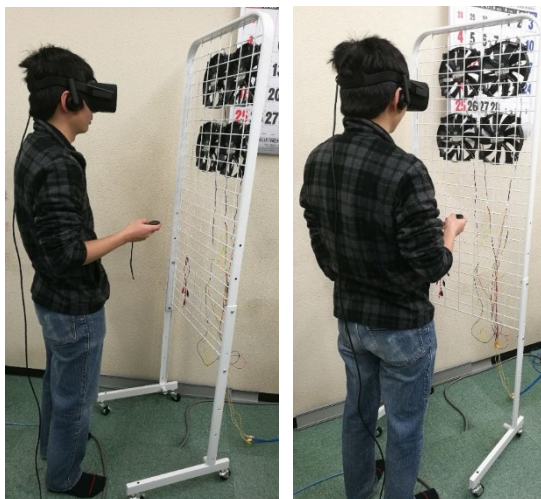


図1: 初期プロトタイプ

2. 関連研究

2.1. VR スキーシミュレータ

SkyTechSport 社は幅広の大画面スクリーンを利用した、室内スキー&スノーボード VR シミュレータを開

発した[7]. ユーザーの正面に設置されるスクリーンにはコースの CG 映像を映し出し、実際のスキーと同様に足を固定した状態でシミュレーションを行う. 実際のスキーの動作とかなり近い動作でシミュレーションを行うことが可能であり、ユーザーのフォームや癖の改善等に有効であるとされている.

バンダイナムコエンターテインメントは HMD を用いた VR スキーシミュレータ,「スキーロデオ」を開発した[8]. HMD にコースの CG 映像を映し出し、ユーザーは足を板に乗せ、重心を移動させながらシミュレーションを行う.ユーザーの前には送風機がついており、スキー滑走の際の風を感じることができる. このシミュレータはトレーニングのためのものではなく、送風機があることによる臨場感への影響等の評価はされていない.

2.2. 視聴覚以外の感覚情報の提示が付加された VR シミュレータ

Jain らは HMD を用いた VR スキューバダイビングシミュレータ,「Amphibian」を開発した[9]. 没入感の向上を目的に、通常の VR シミュレータに備えられている視聴覚情報に加え、浮力、温度変化、呼吸制御等、水中での感覚を再現した. 12 人のダイバーによる評価実験の結果、動きの不自然さ等から現実味を損なう部分もあったが、水中での感覚を再現することで、全体的な没入感が高められたとされている.

中山らは HMD を用いた VR ハンググライダー体験シミュレータを開発した[10]. CG ではなく実際のハンググライダーから空撮した 360 度映像と音を用いた視聴覚情報に加え、実物のハンググライダーと、送風機構としてサーキュレータからの風を用い、飛行する際の姿勢、皮膚感覚、温熱感覚を再現した. サーキュレータからの風は一定であり、映像と連動させるような制御は行っていない. このシステムの体験者からは実際に空を飛んでいるような感覚を味わえたという意見が得られている.

3. 重心移動による滑走制御と

送風機構を備えたスキーシミュレータ

本章では、重心移動及び頭部の沈み込み運動による滑走制御と送風機構を備えたスキーシミュレータの構成について述べる.

想定するコースとして、大小のカーブがあり、レジャーとしてのスキー滑走の動きにも近いアルペンスキーの大回転(ジャイアントスラローム)の種目を参考に. 競技ルール、実際のスキー滑走の際にかかる摩擦力、空気抵抗に合わせて、スキーコースやコース内の障害等を VR 空間上に作製し、スキー板と地面との間の摩擦係数と空気抵抗係数を設定する. 実際のアル

ペンスキーの大回転の速度を想定し、最高速度が約 80km/h になるように設計を行う. スキー滑走の際の視界を再現するため、少し屈ませたアバターの目の位置に VR 空間上のカメラを固定する. ユーザーが首を動かした際に上下左右が見られるようにユーザーの頭の回転方向を検出する. スキーゴーグルによる視界の制限も再現する.

アバターの操作には、ユーザーの重心移動を検知できる荷重センサーと、HMD のトラッキングシステムを用いる. 滑走速度の制御では、左右へのカーブに伴う減速も再現する.

送風機構は、ユーザーの正面に設置した送風機の風速をアバターの滑走速度に合わせて調整することで実現する.

4. システムの構築

提案する方法に従って現在試作しているシステムの概観を図 2 に示す.

4.1. 視聴覚に対するシステム

VR スキーシミュレータのソフトウェアアプリケーションを作製するプラットフォームには、ゲーム開発用エンジンである Unity を使用し、HMD には Oculus Rift CV1 を用いる. スキーコース及びゴールゲートの作製については 3DCG 作製ソフトである Blender を用い、アバターやフラッグ等のその他のオブジェクトも同様に用意する. コースはスタートからゴールまで 1 分程度の長さで、フラッグは 14 セット配置する. 音は、スキー滑走の際の風切り音を再現し、Oculus Rift CV1 付属ヘッドフォンから鳴らす.

HMD のトラッキング情報の内、位置の情報を反映させないことで、ユーザーの視点をアバターの視点に一



図 2: 提案するシステムの概観

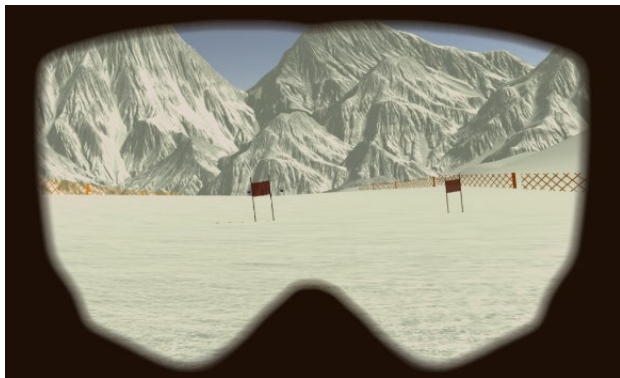


図 3: 視聴イメージ

致させる．一方で方向の情報は反映させることで，ユーザーは頭部を回すことでシミュレーション中に上下左右を見ることが可能である．アバターの目のすぐ前方には，ゴーグルの形に抜いた黒い縁取りを用意し，スキーゴーグルによって遮られる視界を再現する．視聴イメージを図 3 に示す．

4.2. 重心移動及び頭部の高さによる滑走制御

体の重心を検知する方法として，足に対する荷重と頭部の高さを利用する．

足に対する荷重の検知で滑走方向の制御を実現する．荷重の検知には図 4, 5 に示す Wii Balance Board(バランスボード)を用いる．バランスボードの裏面の四隅にはセンサーが付いており，それぞれのセンサーにかかる荷重を検出することができる．バランスボードを Bluetooth で PC に接続し，Unity Indie VRPN Adapter

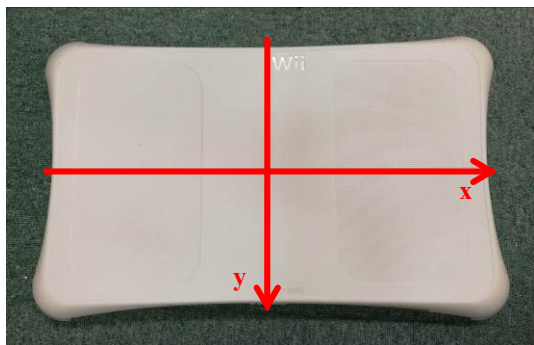


図 4: Wii Balance Board(表)



図 5: Wii Balance Board(裏)

(UIVA)[11]を用いて 4 つのセンサーのデータを Unity に送る．Unity に送られた 4 つのセンサーのデータからバランスボード上でのユーザーの重心の位置座標を算出する．図 4 の x 座標の値に応じた外力をアバターに与えることで左右への滑走方向の制御を実現する．

重心の左右方向の移動から滑走方向を決定する方法については，現在検討中である．第 1 案として，現状では，ユーザーが右に体を傾けた場合，その重心が右に移動するので，それに応じて滑走方向を右カーブさせるように制御を行っている．これは内足荷重となる．実際のスキーではカーブしたい方向と逆側に荷重を一度かける外足荷重が一般的である．このような矛盾は遠心力が働いていないため生じる．今後，遠心力のないシミュレーション状況下でのスキー滑走感のある方向制御方法についてさらに検討を進める必要がある．

頭部の高さから滑走速度を制御する．HMD のトラッキング情報の内，高さに関する情報を読み取り，スタート時点からの頭部の沈み込み量を加速度と関連させる．また，スキーターンの後半におけるエッジずらしに伴う減速もシミュレーション計算の中に組み込む．

スキーでは本来，スキースロープに対する重心のコントロールで加減速を行うが，シミュレーション下では，ユーザーは平面板の上に立つため，スロープを再現することができない．このため，上に述べたように頭部の沈み込み運動で間接的に重心の垂直移動を測り，加減速の制御に用いる．この方法がスキーシミュレーションの臨場感を阻害しないかどうか検討していく必要がある．

4.3. 送風機構

ユーザーへの送風には，図 6 に示す大型ファンを搭載した送風機を使用する．使用予定の送風機のスペックを表 1 に示す．ファンの部分の大きさは直径 60cm で数 m 離れればほぼ全身に風が当たる程度の十分な大きさである．最大の風速及び風量は初期プロトタイプシステムより大きくなる．

表 1: 使用する送風機のスペック

ファン直径	60cm
モーター形式	DC モーター
最大風速	213m/min(3.6m/s)
最大風量	256m ³ /min (4.3m ³ /s)
本体寸法	幅 830mm×奥行 360mm× 高さ 805mm
質量	約 17.0kg



図 6: 使用するファン

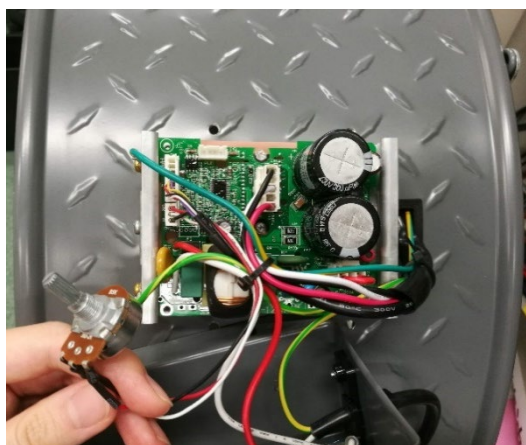


図 7: ファンの制御部分

送風機の風量の制御には図 7 に示す可変抵抗(ボリューム)が用いられている。

アバターの滑走速度に応じた風量の提示を可能にするために可変抵抗をデジタル制御機構で代替する。制御にはマイコンボードと統合開発環境からなる Arduino Uno を用いる。Arduino は一般的には Arduino 用の言語を用いて開発を行うが、Unity Asset の UNIDUINO を用いることで Unity から C#言語での制御が可能になり、Arduino と Unity を連携させることができる。アバターの滑走速度を取得し、その大きさに合わせて風量を制御する。

5. おわりに

本研究では、臨場感の向上を目的とし、左右の重心移動と頭部の沈み込み運動という身体動作を滑走制御に利用し、滑走速度に応じた送風を付加した VR スキーシミュレータの提案を行った。ゲーム開発用エンジンを用いて VR 空間上のオブジェクトの作製や設定を行い、VR スキーシミュレータのソフトウェアアプリケーションを作製した。バランスボードを用い、ユーザーの

重心の位置座標を算出することで左右への移動を可能にする。また、Oculus Rift CV1 の HMD のトラッキングシステムから頭部の沈み込み量を求め、そこから滑走速度を制御することを可能にする。また、送風機構には大型の送風機を用い十分な風速・風量を確保する。

今後は、提案方法に従う HMD スキーシミュレータを完成させ、評価実験を行っていく。特に左右方向の制御と加減速の制御については、より臨場感の高い方法が実現可能か調べていく必要がある。

本研究の一部は科研費 15H01825 の支援を受けて行われた。ここに謝意を表する。

文 献

- [1] 株式会社楽天野球団, 株式会社 NTT データ, “世界初、プロ野球球団が監修した VR [バーチャルリアリティ] 技術による選手のトレーニングシステムを提供開始”, Sep.2016, <http://www.nttdata.com/jp/ja/news/release/2016/090500.html>
- [2] Dominic Brennan, “NFL Refs Using STRIVR’s VR Training Platform to Prepare for New Season”, Road to VR, Aug.2017, <https://www.roadtovr.com/nfl-refs-using-strivrs-vr-training-platform-prepare-new-season/>
- [3] Ruth Morey Sorrentino, Richard Levy, Larry Katz, and Xiufeng Peng, “Virtual Visualization: Preparation for the Olympic Games Long-Track Speed Skating”, International Journal of Computer Science in Sport, vol.4, ed.1, pp.39-44, Apr.2015.
- [4] 佐野 高也, 依田 淳也, 中村 壮亮, 橋本 秀紀, “VR 技術を用いた身体位置感覚の較正によるパッティングトレーニングシステムに関する研究”, 日本機械学会論文集, vol.83, no.848, pp.1-12, Apr.2017.
- [5] 西田 保, 勝部 篤美, 猪俣 公宏, 小山 哲, 岡沢 祥訓, 伊藤 政展, “運動イメージの明瞭性に関する因子分析的研究”, 体育学研究, vol.26, no.3, pp.189-205, Dec.1981.
- [6] 加藤 悠一, 柳 英克, 美馬 義亮, “一人称視点に着目したイメージトレーニング支援システムの開発と評価”, 情報処理学会 インタラクシオン 2017 論文集, pp.535-540, Feb.2017.
- [7] SkyTechSport, Inc., “Ski and Snowboard Simulators”, 2012, <http://www.skytechsport.com/>
- [8] バンダイナムコエンターテインメント, “スキーロデオ”, 2016, <https://vrzone-pic.com/activity/skirodeo.html>
- [9] Dhruv Jain, Misha Sra, Jingru Gro, Rodrigo Marques, Raymond Wu, Justin Chiu, and Chris Schmandt, “Immersive Scuba Diving Simulator Using Virtual Reality”, Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology, pp.729-739, Oct.2016.
- [10] 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ーVR はハンググライダー, パラグライダーの普及活動をどう変えたかー”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.22, no.4, pp.503-512, Dec.2017.
- [11] Jia Wang, “Unity Indie VRPN Adapter (UIVA)”, 2013, <https://users.wpi.edu/~wangjia/UIVA.html>