

VR における空調服を用いた「VRef ウェア」の開発

Development of [VRef wear] Using an Electric Fan Wear for VR

山本 聖也† 伊藤 淳子† 宗森 純†
Seiya Yamamoto Junko Itou Jun Munemori

1 はじめに

近年、VR 技術は発展し、HMD の普及も目立っている。HMD では主に、視覚（加えて聴覚）を刺激し、装着者に対して、疑似的な体験をさせることができる。このことから、HMD と他のデバイスを併用することによって、視覚、聴覚以外の感覚を刺激し、VR 体験を向上させようとする試みがある。その中には、触覚の中の温度感覚に注目した研究として、ペルチェ素子を使った温冷覚提示装置 [1] や可視光 LED を用いた温覚提示装置 [2] などがある。既存研究の問題点として、部分的な温度変化が挙げられる。それらの温冷覚提示装置では一つの熱源に対して、身体の一つの部位にしか温度刺激を与えられず、多くの部位に温度刺激を与えるためには多くの熱源が必要になることが問題点である。

本研究では (1) 温度刺激により、VR 体験中の臨場感、没入感、現実感を高めるシステムであること (2) 少ない熱源で、身体の数多くの部位に対して温度刺激を行うことができる装置であること、を目指す。

2 提案システム「VRef ウェア」

本研究では、VR 体験中、少ない熱源で、多くの体の部位に温度刺激をするために、空気を温度刺激のための媒介として使用する。そのため、上半身全体に空気を通せる空調服 (EF ウェア) を使用し、VR 専用の空調服として「VRef ウェア」の開発を行う。

「VRef ウェア」は、空調服、ペルチェ素子ユニットの 2 つで構成され、これらを組み合わせて使うことでシステムとする。作成した「VRef ウェア」を図 1 に示す。



図 1: 「VRef ウェア」

空調服のファンの部分とペルチェ素子ユニットをダクトによってつないでいる。ペルチェ素子ユニットによって温

度変化させた空気を、空調服のファンによって上半身全体に送ることにより、多くの身体の部位に温度刺激を行う。

3 実験

実験では、本研究で開発した「VRef ウェア」が VR 体験にどのような影響を与えるかを検証するため、システムありとシステムなしの VR 体験で比較実験を行う。今回の実験では VR 空間内は冷たいと感じる環境をつくり、それに応じた、空気の温度を「VRef ウェア」によって実現する。

3.1 実験概要

本実験の被験者は、和歌山大学学生 10 名（男性 7 名、女性 3 名）である。被験者は 4 分間の VR 体験を、システムありとシステムなしの 2 回行う。それぞれの VR 体験後、評価アンケートを実施した。評価の偏りを防ぐため、本システムの有無の順番を入れ替えてカウンターバランスをとった。実験の様子は図 2 に示す。



図 2: 実験の様子

HMD に表示される VR 画面は、被験者が涼しさを感じるよう、雪山を再現している(図 3)。



図 3: VR 画面

3.2 実験の結果と考察

表 1 に比較実験のアンケートの結果を示す。アンケートは 5 段階評価で行い、最も低い評価である 1 を「強く同意しない」、最も高い評価である 5 を「強く同意する」とし、2 列目にシステムありの実験での平均値、3 列目にシステムなしの実験での平均値を示す。検定はマンホイットニーの U 検定を用い、特定の質問項目において 2 つの実験間で有意差があるかを調べた。「**」は有意確率 $p < 0.01$ 、「*」は有意確率 $p < 0.05$ であることを示す。

表 1: アンケートの結果

質問項目	システムあり	システムなし
VR 画面と周りの温度は一致している	4.1**	1.7
臨場感を感じた	4.4**	3.4
このシステムを有効と感じた	4.4**	3.1
このシステムは楽しかった	4.7*	4.1

表 1 の「VR 画面と周りの温度は一致している」、「臨場感を感じた」、「このシステムを有効と感じた」の項目に有意差が見られ、被験者は周りの温度と VR 空間内の温度の一致を感じている。このことから、本システムは被験者に温度刺激ができており、それにより、VR 体験の臨場感が向上したことが分かった。また、被験者は本システムを有効だと感じていることが分かった。

また、システムありの場合のみ、追加のアンケートをとった。表 2 に追加のアンケートの結果を示す。

表 2: 追加のアンケートの結果

質問項目	平均値	中央値	最頻値
体の周りの温度が下がったと感じた	4.8	5	5
体の周りに風を感じた	4.7	5	5
動きやすいと感じた	2.3	2	2

表 2 の「体の周りの温度が下がったと感じた」、「体の周りに風を感じた」の 2 つの項目は強い正の相関 (0.76) があり、被験者が、冷たさ、涼しさを感じたのは、風によるものが大きいと考えられる。しかし、「動きやすいと感じた」の項目では値が低く、被験者は動きにくいと感じたことが分かった。

また、アンケートの記述部分「冷えたと感じた体の部分」の項目では、背中、腰や首元などが回答されており、本シ

ステムが、上半身全体に対して、温度刺激ができていたことが分かった。「改良が必要な部分」の項目では、動きにくいや、風が一定にしか吹いてこないなどが回答されており、改良が必要な部分がみられた。

4. まとめ

本研究では、提案システムとして、空調服とペルチェ素子を組み合わせて、上半身に温度変化させた空気を循環させる「VRef ウェア」を作成した。その後、システムを使用した VR 体験とシステムを使用しない VR 体験を実施し、比較実験を行った。その結果を以下に述べる。

- (1) 被験者は周りの温度と VR 空間内の温度の一致を感じ、また、VR 体験の臨場感が向上した。これはファンの風が大きな要因のひとつだと考えられる。しかし、動きにくさが問題点として挙げられた。
- (2) 本システムは少ない熱源で、背中、腕、首元などの部位に対して、温度刺激ができた。これはファンの風により、上半身に空気を循環できたのが大きな要因だと考えられる。

今後の展望として、冷覚だけでなく、温覚に対する刺激の実験も行いたいと考えている。また、提案システムを小さく、軽くすることで動きにくさを解消するバックパック型 (図 4) など、改良を重ねることで、提案システムの有用性が高まっていくと考える。



図 4: システム改良版

参考文献

- [1] 前田智祐, 倉橋哲郎: ウェアラブルな温冷覚多点提示システム TherModule の基礎検討, 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2018).
- [2] 界瑛宏, 山口勉, 三武裕玄, 長谷川晶一: HMDVR のための可視光 LED による手への非接触型温覚提示, TVRSJ Vol.24 No.1 pp83-92 (2019).