

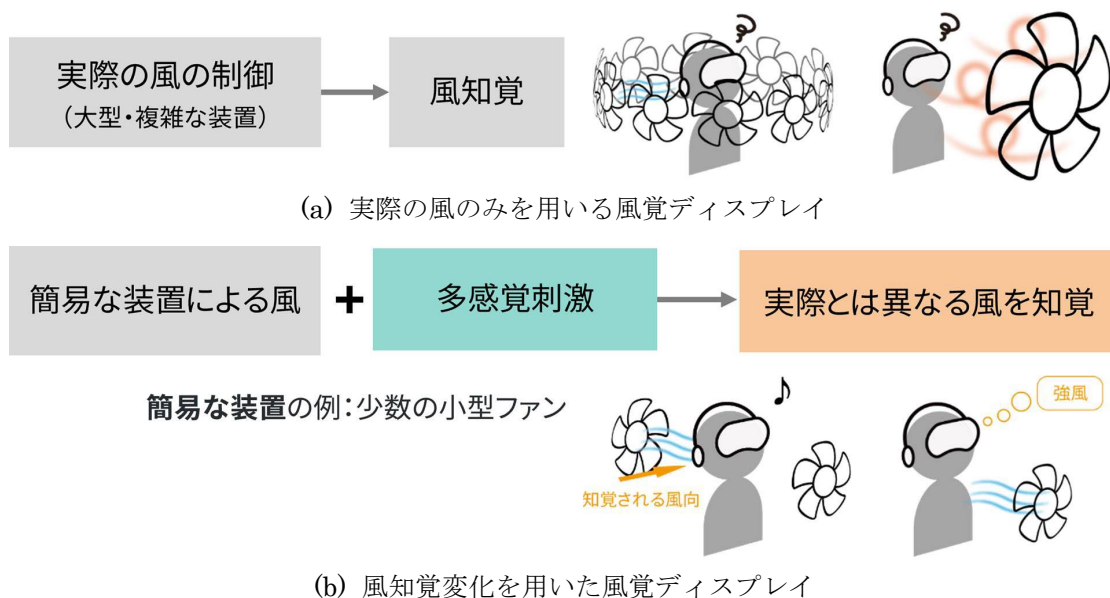
## 論文の内容の要旨

論文題目 多感覚刺激によるクロスモーダル効果を利用した風覚提示の研究  
氏名 伊東 健一

風の感覚をバーチャルリアリティ(virtual reality; VR)上でも再現し、VR環境の気候やユーザの移動に応じた風刺激を提供する「風覚ディスプレイ(wind display)」の研究が進められている。我々が日常的に体験している風をバーチャルな環境で再現することにより、VR体験中の臨場感増強や自己運動感覚・旋回感覚の増強等の効果が報告されている。しかし、現在の風覚ディスプレイの多くは、ファンやノズルによって物理的に送風しているため、風速・風向・風温といった風の多様な要素を精緻に再現しようとすればするほど、装置の大型化・複雑化を招くという課題がある。VRデバイスは一般への普及のために小型軽量化が進む傾向にあり、風覚ディスプレイの装置が大型・複雑であることは普及の妨げとなりうる。

こうした問題を解決する方針として、本研究ではクロスモーダル効果を利用した風覚提示を提案する。クロスモーダル効果とは、多感覚刺激間の相互作用によって、あるモダリティの刺激が他のモダリティの刺激に対する知覚を変化させる現象である。これまでも、視覚情報や聴覚情報によって実際の風と違う風向が知覚される風向知覚変化や、風速が実際より低く知覚される風速知覚変化といった現象が明らかにされてきた。

本研究で提案する風知覚変化の枠組みを図Aに示す。実際の風のみを用いる風覚ディスプレイでは物理的な風がそのまま知覚されるのに対して、風と多感覚刺激を組み合わせると



図A クロスモーダル効果を利用した風覚提示の全体像

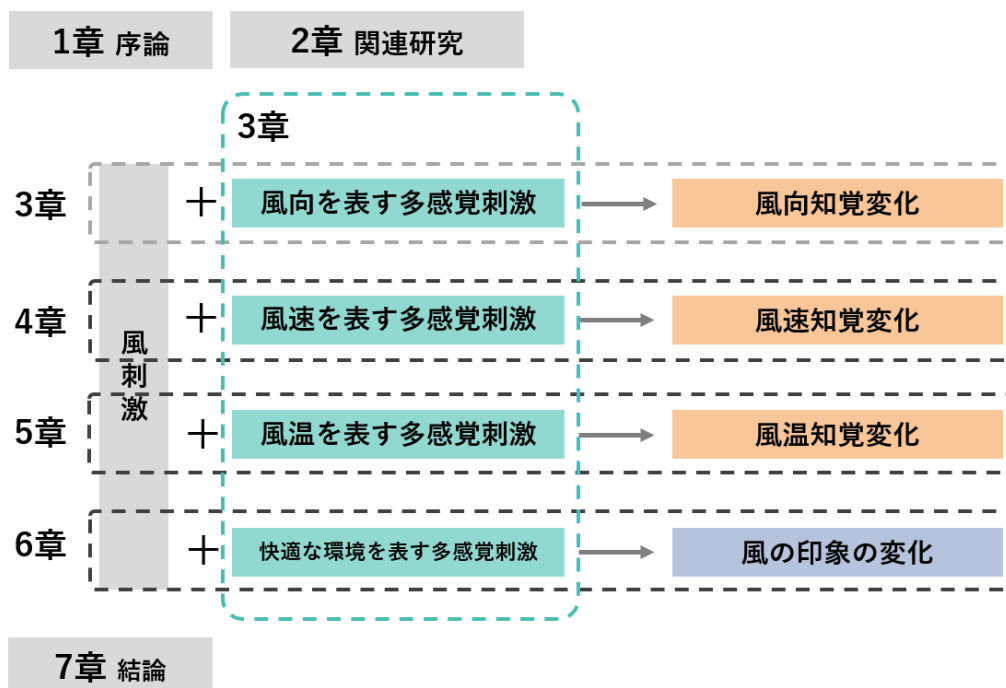


図 B 本論文の構成

知覚変化を誘発できれば、簡易な送風装置によって多様な風覚提示が可能となる。クロスモーダル効果を利用した風覚提示の実現可能性はこれまでの研究でも示唆されてきたものの、風覚の様々な側面におけるクロスモーダル効果の有用性が十分に解明されたとはいえない。こうした背景から、本研究では風向、風速、風温といった異なる風の要素をクロスモーダル効果によって変化させる手法を明らかにすることを目的とした。また、風のもたらす印象や感情変化などの心理状態に対する効果が、多感覚刺激との組み合わせによって受ける影響を検証することも目的とした。

本研究の手法の全体像および本博士論文の構成を図Bに示す。第1章では序論、第2章では関連研究について述べた。第3章では、クロスモーダル効果による風知覚変化を生起させるための多感覚刺激として風の発生や作用を間接的に想起させる刺激を用いることを提案した。続く章では、強風による衣服の振動を再現した装置による風速知覚の変化(第4章)、物体やアバタの色変化による風温知覚の変化(第5章)、屋外や屋内のバーチャル環境による風の快適感や開放感、ユーザの感情の変化(第6章)に関して検証した実験について報告した。

第3章「風の作用を想起させる多感覚刺激によるクロスモーダルな風知覚変化」では、対象とする風知覚の要素や風に関連する多感覚刺激の特殊性を述べたうえで、風の発生や作用を間接的に想起させる刺激を用いることを提案した。本研究で使用する多感覚刺激を風の発生を表す刺激、環境に対する風の作用を表す刺激、身体近傍に対する風の作用を表す刺激の3種に分類し、それぞれどのような刺激が利用できるのかどうか検討した。また、提案する刺激設計方針の具体例として、過去に筆者が取り組んだ、風向を表すVR映像や立体音を用いて風向知覚を変化させる手法の実験について述べた。



図 C 強風による衣服の振動を再現する装置 WearSway

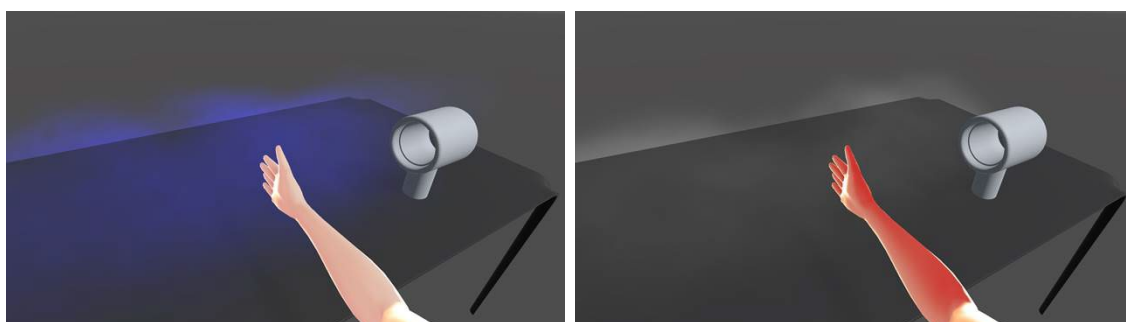


図 D 物体やアバタの色変化を用いた風温知覚変化

第4章「衣服の振動による触覚刺激を用いた風速および風の範囲知覚の変化」では、強風による衣服の振動を再現する装置WearSway(図C)を用いて風速知覚と風の範囲の知覚を変化させ、弱い風を強風のように感じさせる手法と検証実験について報告した。実際より強い風が知覚される風速知覚変化が実現されていないという課題を解決するため、強風の中で衣服が揺れる現象を再現した触覚刺激や視覚刺激を提示する手法を提案し、その効果を検証するため2つの実験を行った。最初の実験では、衣服の振動によって弱い風が風速10 m/s超の強風のように知覚されることや、風の範囲が実際の送風範囲より広がって知覚されることが明らかになった。2番目の実験では、アバタの衣服が揺れるVR映像には風速知覚や風の範囲の知覚を変化させる効果はない一方で、臨場感を高める効果があることが示された。

第5章「物体やアバタの色変化を用いた風温知覚変化」では、物体やアバタの色を変更することによって風温知覚を変化させ、実際より温かい風や冷たい風の体験を実現する手法(図D)と検証実験について報告した。クロスモーダル効果によって風温の知覚を変化させる手法が明らかにされていないことから、物体やアバタの色が変化することによって風温知覚が影響されるかどうかを検証した。実験の結果、青色の視覚刺激によって常温風の風温が低く、赤色の視覚刺激によって温風の風温が高く知覚される効果が示された。常温の風と赤色、温風と青色など、実際の風温と映像の温度イメージが不一致の条件では風温知覚の有意な変化がみられないことも明らかになった。

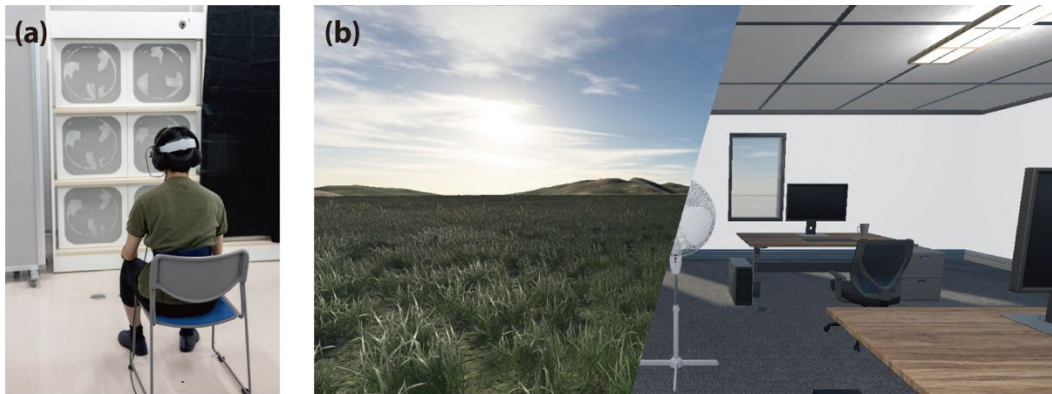


図 E 屋内外のバーチャル映像および音による風の印象および感情変化検証実験  
(a) 送風機を用いた実験の様子 (b) 屋外, 屋内のバーチャル環境

第6章「屋内外のバーチャル映像および音による風の印象および感情変化」では、風に関する複合的な知覚である快適感に着目し、屋外や屋内のバーチャル環境による風の快適感や開放感、ユーザの感情の変化を検証した実験(図E)について報告した。心地よい風を再現することでリラクゼーションやストレス緩和を実現する手法が注目されているものの、多感覚刺激が風の心地よさに与える影響は未知であった。そこで、屋外や屋内などの異なる周囲環境を想起させるVR映像を再生し、風の印象や感情の変化を検証した。広範囲に対する模擬自然風とともに、屋外を表すバーチャル環境を提示したところ、風の快適感や開放感、感情の快適度が改善された。また、模擬自然風によっても感情が改善することが質問紙と生体情報の両方から確認された。

第7章「結論」では、本研究の結論をまとめ、将来展望について論じた。本研究および関連の深い先行研究を通じて、風向、風速、風温、および風の印象に関する知覚がクロスモーダル効果によって変化することが確認され、本研究の目的であるクロスモーダルな風覚提示が達成されたといえる。本研究で用いた風の発生や作用を間接的に想起させる多感覚刺激の設計方針は、身体やアバタ、風そのもの、風源、周囲環境などバーチャル環境の様々な部分に適用でき、その有用性が明らかになった。本研究の成果により、風知覚の変化を活用した簡易な装置による風覚ディスプレイの実現に繋がり、幅広いVRコンテンツにおける風覚の活用促進が期待される。風の快適性が重視される空調やリラクゼーションの分野に対しても、多感覚刺激を取り入れて快適感を向上させるための知見として、クロスモーダル効果を用いた風覚刺激提示の考え方を応用できる。加えて、風覚の様々な側面における多感覚の相互作用を検証し、多感覚刺激の設計方針を整理したことで、今後のクロスモーダル効果の研究における手法の立案にも貢献する。