

博士学位論文審査要旨

氏 名	小林 秀明
学 位 の 種 類	博士（人間科学）
学 位 記 番 号	博甲第 306 号
学位授与の日付	2024 年 3 月 31 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文の題目	両眼視差と調節の不一致が空間知覚に及ぼす効果 -バーチャルリアリティにおける不快感の低減と臨場感の改善に向けて-
論文審査委員	主査 神奈川大学 教授 前 原 吾 朗 副査 神奈川大学 教授 吉 澤 達 也 副査 神奈川大学 准教授 松 永 理 恵 副査 東京情報デザイン専門職大学 教授 氏 家 弘 裕 副査 高知工科大学 教授 繁 梲 博 昭

【論文内容の要旨】

両眼立体視を伴う人工仮想（バーチャルリアリティ）環境においては、眼球内の水晶体の調節による奥行き情報と輻輳による奥行き情報が一致しないという特徴がある。本論文は、そうした奥行き情報に乖離がある状況での 3 次元空間の知覚について調査したものである。先行研究から、複数の手がかりから得られる奥行き情報が矛盾することは VR 酔いやアイストレインなどの不快感の原因になりうることが示唆されている。また、中心視野だけでなく周辺視野における両眼立体視刺激が臨場感の形成に重要であるとの指摘がある。本研究の目的は、調節と輻輳による奥行き情報が一致しないときの空間知覚に関する実験を行い、人工仮想環境における不快感低減と臨場感向上のための手法を提案することである。

第 1 章「序論」では、人工仮想環境における両眼立体視技術の原理と課題について議論している。課題を論じるにあたっては 2 つの視点があり、ひとつは両眼立体視環境における不快感と臨場感の問題で、もうひとつは人工仮想環境を提示する装置（液晶ディスプレイ、ヘッドマウントディスプレイ、スクリーンなど）の比較である。第 1 章では、これらの問題についての先行研究を紹介したうえで本研究の目的が述べられている。

第 2 章「注視刺激の知覚された奥行きが周辺視野における空間知覚に及ぼす影響」においては、注視刺激の奥行き位置を独立変数として操作して周辺視野における主観的前額平行面を計測した実験が報告されている。実験参加者はステレオシャッタグラスを装着して、液晶ディスプレイ上に表示される刺激を観察した。実験参加者が注視する刺激はディスプレイよりも手前や奥に位置して知覚されるように画面上の異なる位置に提示されていた（つまり、ディスプレイなどの背景が両眼視差を伴う）。周辺視野に提示される比較刺激の両眼視差が従属変数であり、極限法を用いて注視刺激と比較刺激が同じ奥行きに知覚される両眼視差量を計測した。また、比較刺激の水平方向提示位置（偏心度）も独立変数として操作されており、周辺視野において主観的前額平行面がどのような奥行きに位置しているのかを調査した。実験の結果から、主観的前額平行面は偏心度が高くなる（視野周辺に位置する）につれて手前に湾曲することが明らかになった。さらに、注視刺激がディスプレイよりも手前に知覚されているとき、この主観的前額平行面の湾曲は小さくなり、平面に近

くなった。周辺視野においては輻輳による奥行き情報が使用できないため、奥行き知覚に対する調節の寄与が比較的大きくなる可能性がある。本実験においてはディスプレイに焦点が合うように水晶体は調節されているので、周辺視野では比較刺激の奥行きがディスプレイに近づくように知覚されたと考えられる。この仮定に基づいて、ディスプレイよりも手前を注視しているときに主観的前額平行面の湾曲が減少することが説明されている。

上記の実験においては、参加者は注視刺激から眼を逸らさないように教示されていた。しかし、人工仮想環境では視線を自由に動かせるのが一般的である。第3章「注視条件・自由視条件における周辺視野奥行き知覚」では、参加者に積極的に眼を動かして画面全体を観察するように教示して（自由視条件）主観的前額平行面の計測を行った。自由視条件における主観的前額平行面は注視条件と比較して大きく異なることはなかった。このことは、通常の人工仮想環境における立体視コンテンツの提示に際して本研究の知見が応用可能であることを示唆している。

第4章「呈示画面サイズと視距離の違う立体視ディスプレイの奥行き感度」では、人工仮想環境でよく用いられている液晶ディスプレイ、ヘッドマウントディスプレイ、プロジェクタによるスクリーン投影のそれぞれで両眼視差による奥行き感度を計測した研究を紹介している。実験では極限法が用いられており、実験参加者は標準刺激と比較刺激が同じ奥行きに位置しているかどうかを判断した。奥行き感度は視距離が遠いデバイスほど低下していたが、両眼視差を伴う標準刺激が呈示面よりも手前に位置して知覚されるときには感度が比較的高くなっていた。また、最も感度が低かったのは視距離の長いスクリーンであったが、標準刺激の奥行き位置が5メートルのときの感度は約50であった。したがって、少なくとも奥行き感度50で知覚できるように両眼視差をつけた立体視コンテンツを作成すると異なるデバイスで視聴しても奥行きが感じられるようになると思われる。

上記の知見に基づき、第5章「総合考察」において人工仮想環境の不快感を低減し、臨場感を高める提示手法について議論されている。第2章と第3章の研究から、注視対象が提示面よりも手前に知覚されるときに主観的前額平行面の湾曲は小さくなることが示唆された。人工仮想環境における不快感の原因のひとつが空間知覚の歪みと言われているが、注視対象が手前に知覚されるように提示することで空間知覚の歪みを少なくすることができると考えられる。また、注視対象が呈示面よりも手前に知覚されるときに奥行き感度が高まることが第4章の研究から示唆された。本研究から得られたこれらの知見に基づく、刺激提示面よりも手前に知覚されるような立体視コンテンツを作成することで不快感を低減し、臨場感を高めることができると考えられる。

【論文審査の結果の要旨】

学位論文、公聴会、最終口頭試問について審査した結果、主査、副査全員より博士（人間科学）の学位に相応しいと判断された。以下、公聴会、最終口頭試問において審査された内容について、その要旨を記す。

・序論において両眼立体視を用いた人工仮想環境における不快感と臨場感の問題が取り上げられているが、本研究は不快感や臨場感を直接扱ったものではないので、両眼立体視に関する基礎研究として本研究を位置づけた方が論文全体の議論が整合する。

・研究1と研究2で報告された空間知覚の変化は、遠距離において刺激の奥行きが過少評価されたために起こったとも考えられる。この点についても考察すべきである。また、提示された刺激の変

数とシミュレートされた空間の値が混在しており、これらを明確に区別して結果を分析する必要がある。

・研究3の知見に基づき、複数の異なるデバイスで立体視コンテンツを提示するにあたっての留意点が考察されているが、限定的な状況における考察になっており、一般的な状況に応用できるのかは疑問である。

総評としては、個々の実験は適切に行われているが、その分析方法や考察については改善の余地があると思われる。すべての質疑応答が終了した後、判定会議を審査委員一同で行ない、全員一致で合格と判定した。