

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

## 主論文の要旨

論文題目 立体映像の認知と平衡機能への影響に関する研究  
氏名 吉川 一輝

## 論文内容の要旨

近年、3D 技術を用いたメディアが登場し、特に、映画やテレビ、ゲーム機器の分野で幅広く使われている。2010 年には各メーカーから 3D テレビが発売されて、3D 映像が一般の生活の中で気軽に味わえるようになった。しかし、3D テレビは期待に反して、あまり普及しなかった。この原因として、3D 映像視聴に伴う眼精疲労や映像酔いといった身体影響が問題視されており、その発生機序については未だ解明されていない。また、3D テレビ発売当初はコンテンツが充実しておらず、飛び出しのある迫力ある映像が少なかったという問題もある。このような問題を受けて、日本の各メーカーは早々と 3D テレビの開発から撤退し、3D 映像の発展に歯止めをかけている。本研究では、3D 映像に関する 3 つの問題を取り上げる。

1 つ目は、3D 映像視聴時に生じる視覚疲労である。この視覚疲労が起こる原因は「水晶体調節と輻輳運動の不一致」と説明されてきた。これは「人に優しい 3D 普及のための 3DC 安全ガイドライン」(以下、安全ガイドライン)の中でも視覚疲労の原因として記述されているため、半ば定説のように扱われている。この説に対しては、同研究室の先行研究により、若年者においては、「水晶体調節と輻輳運動の不一致」が生じないことを報告し、同説が視覚疲労の原因ではない可能性があるという結論を出した。

2 つ目の問題として、3D 映像視聴時に生じる映像酔いである。映像酔いとは、頭痛、めまい、吐き気などの乗り物酔い的な症状を伴う状態のことである。映像酔いは 3D 映像視聴時のみに発生するものではなく、光の点滅や手ぶれのひどい映像、また、ディスプレイの大型化、高解像度化によっても引き起こされる。映像酔いと類似した酔いの症状に VR 酔いと呼ばれる酔いもあり、これらは動揺病の一種と考えられている。現在、酔いに関する生体への影響が懸念され、様々な方面から研究が進んでいるが、映像酔いの解明に至った研究は未だない。

3 つ目の問題として、3D 映像の飛び出しが過剰に規制されているということである。安全ガイドラインでは 3D 映像の快適視差範囲は $\pm 1.0^\circ$  以内とされており、この規制に準じて映像を制作すると、ほとんど飛び出さず、迫力のある 3D 映像の制作は不可能となる。迫力のある 3D 映像を期待したユーザからずれば期待外れの結果となり、3D 映像が普及しない原因ともなっている。

本研究では、上述した3つの問題の中から2つ目の映像酔いと3つ目の飛び出し量に焦点を当てた。過剰に規制された飛び出し量を大きな飛び出しへと緩和することは3D映像の「光」である。また、3D映像視聴時に発生する映像酔いは3D映像の「影」である。この3D映像の「光」と「影」を研究対象として、3D映像の発展のために目的を設定した。大きな飛び出しへの規制緩和については、実際に飛び出し量を大きくした映像を使用して、幅広い年齢層に対して実験を行った。映像酔いについては、映像酔いを検出する方法として重心動揺検査を提案した。しかし、重心動揺検査には様々な問題がある。現在の重心動揺検査は特に高齢者を対象として、転倒の危険性を含んでいるということである。また、重心動揺計のほとんどが医療機関や研究機関にしか設置されておらず、容易に検査を行うことが困難であるということである。このような理由から重心動揺検査を用いた映像酔いの検出が難しくなっており、研究の発展の足かせとなっている。

本研究では、重心動揺検査を行うための安全な姿勢を提案し、さらに、容易に検査できるように代替機を提案した。その上で、3D映像視聴時に関する平衡機能への影響を調査し、映像酔いとの関連性について議論した。次に、飛び出し量の規制緩和について、幅広い年齢層の被験者を対象に実験を行い、考察を行った。両者をまとめて全6章で構成されている。

第1章は「序論」であり、本研究の背景と目的について述べている。3D映像にまつわる3つの問題を取り上げ、それらの先行研究の状況と問題点について述べている。特に、映像視聴時に生じる映像酔いによって発生する不快感、身体的影響と飛び出し量規制によるユーザ側、制作者側の不満に焦点を当てている。それらを、3D映像に関する「光」と「影」に分け、3D映像の一層の発展のための研究目的とした。

第2章「立体映像に関する知見と問題」では、両眼立体視に関わる知見、重心動揺検査に関する知見、映像酔いと重心動揺検査の関係について述べている。両眼立体視に関しては、水晶体の厚みを変化させピント調節を行う、調節機能と輻輳・開散運動によってどのようにして立体視を行うかについて述べている。次に重心動揺検査の歴史と先行研究を述べ、これまで行われてきた従来の解析方法について述べた。最後に、映像酔いについて「感覚不一致説」が原因であるとし、その仮説の説明を記した。視覚系、前庭系、体性感覚系、中枢系の情報処理について述べ、ヒトのバランス制御についての関係性を述べた。その出力先が体平衡機能であり、映像酔いを重心動揺検査で検出することの意義について述べている。

第3章「重心動揺検査における姿勢とその数理モデルに関する研究」では、重心動揺検査を行う際に、従来のロンベルグ姿勢では転倒の危険性があることに着目し、転倒の危険性を減少させた閉足姿勢を提案した。若年者と高齢者を対象とし、両姿勢で重心動揺検査を行い、従来の解析指標及び数理モデルを比較して、有用性についての議論を行った。その結果、高齢者においてはロンベルグ姿勢の代わりに閉足姿勢で重心動揺検査を行っても、同等な結果が得られる可能性が示唆された。さらに、転倒の危険性が少なくなることを示した。

第4章「Wii Balance Boardの重心動揺計としての可能性とその応用」では、現在、病院や研究機関にしか設置されていない重心動揺計の代替機としてWii Balance Boardを提案し、その利用の可能性について実験を行った。幅広い年齢層の被験者に対して両機器で重心動揺検査を行い、さらに従来用いられてきた解析視標を対象とした。その結果、総軌跡長は従来の重心動揺計とWii Balance Boardでほぼ同等な結果が得られることを示し、総軌跡長に限って代替機として利用できる可能性が示唆された。また、Wii Balance Boardを

用いた重心動揺検査の応用として、3D映像視聴時の重心動揺検査を行った。映像と同調として身体が動くことによって、身体動揺量が増加することを示した。

第5章「立体映像の飛び出し認知限界に関する研究」では、奥行き情報を持たない視標に対して、飛び出し量の認知限界についての実験について述べている。現行の規制値である $1.0^\circ$ より飛び出した $2.0^\circ$ までの認知できた被験者が86%であったことを示した。しかし、高齢者に関しては、他の年齢層の被験者と比べて認知できた被験者の割合が低くなった。全年齢層において飛び出し量を大きくしても、2D映像に比べて3D映像の方が鮮明であったと答えた被験者が多く、 $2.0^\circ$ までの飛び出しは問題ないことを示している。

第6章は「結語」であり、本研究を総括するとともに、今後の課題が述べられている。

これまで、重心動揺検査と映像酔いに関する研究はいくつか行われてきたが、映像酔いの解明に繋がる研究はなかった。そもそも、重心動揺検査が限定された場所でしか行うことができず、3D映像の制作と結びつくことはなかった。本研究では、誰でも容易に重心動揺検査を行う方法を提案し、今後3D映像の制作現場で実際に重心動揺検査を行いながら3D映像を制作できるような環境の構築に努めた。また、飛び出し量に関しても現行の規制値である $1.0^\circ$ に対して $2.0^\circ$ までの視差なら許容範囲であると示した。今後、悪影響のない、迫力のある3D映像の制作が可能であれば、さらなる3D映像の発展になると考えている。

今後の課題として、現在4K、8Kなどの高解像度のディスプレイが登場している。この高解像度ディスプレイに対しても3D映像視聴時と同様な映像酔いが発生する可能性があるという報告がある。こういった新しい技術に対しても問題を解決していくことが今後の課題として挙げられるだろう。













