

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

## 主論文の要旨

論文題目 視覚情報が引き起こす身体への影響に関する研究

氏名 杉浦 明弘

## 論文内容の要旨

昨今、コンピュータグラフィックス技術や視聴覚技術の発達により、より高次な情報を含む映像の視聴が可能となった。また、一般家庭への液晶テレビの普及と、その後続くディスプレイの大型化や高精細化、加えて、家庭用テレビに安価に立体(3D)映像技術が組み込まれたことで、多次元の情報を含む映像を家庭で手軽に得られるようになった。さらに、この状況に合わせてインターネット映像共有サービス、カメラ付き携帯電話、さらにスマートフォンやウェアラブル端末の普及も進み、望めばいつでもどこでも映像を楽しむことができる社会基盤が整いつつある(ユビキタス社会の実現)。このような状況を鑑みると、人が映像より受ける影響は今後さらに増加すると予想される。

本研究では、映像が引き起こす人への身体的影響に関して、先行研究で明らかにされていない、(1)直接的影響として、視機能への便益の獲得を目的とした両眼立体視を用いた映像コンテンツの視機能への影響の検証、および(2)間接的影響として、視覚誘導性姿勢変化(VEPRs)の新たな特徴の解析とVEPRsが表す感覚量についての検証をそれぞれ行い、映像が身体に及ぼす影響の体系化ならびに安全で効果的な映像提供の一助となる見知を示すことを目的とする。以下に各章の概要について記す。

第1章では、序論として、本研究の背景、目的、さらに情報科学における本研究の位置付けについて述べた。本研究の背景については、人が映像より受ける身体的影響について直接的影響と間接的影響に分類できることを示し、それぞれの影響に関する事例を紹介した。次に、両影響共にさらに好意的影響と悪影響にそれぞれ分類することが可能であり、直接的影響に関しては、眼疲労などの悪影響に関する研究は数多く行われているもの、好意的影響に関する研究は殆ど行われていない現状を示した。一方、間接的影響については、臨場感などの好意的影響についても、人が望む内容を適切な時に適切な量を与えられなければ悪影響となりうることを示し、これら3要素を見積もるために評価検証が重要であることを示した。最後に、本研究の目的および本研究の情報科学における立ち位置を示した。

第2章では、本研究で対象となる視機能と平衡機能に関連する解剖および基本的な生理機能、さらに視機能と平衡機能の関連性について述べた。視機能については、眼球周囲の基本構造、視神経伝導路の解剖図を示した。また、視機能の生理については、視機能の基本である水晶体調節および輻輳調節、そして、各章に関連することになる空間情報知覚要

因および両眼視差による立体視のメカニズムについて述べた。次に、平衡機能では、基本的な機能を司る前庭迷路の解剖図を示し、平衡機能の生理については、運動と前庭迷路の働きについて示した。最後に、視機能と平衡機能の関連性について、視覚に静的情報が与えられている場合と動的情報が与えられている場合のそれぞれに分類し、静的視覚情報の有無により、姿勢の安定性に変化が生じることを示した。動的視覚情報については、視覚誘導性自己運動感覚(Vection)の発現、さらに視覚誘導性姿勢変化(VEPRs)の特徴について述べた。次に、これら現象に関する先行研究の文献的特徴として、背景と認知される映像の運動により、VectionやVEPRsが起こることを示した。

第3章では、VEPRsの特徴解析として、先行研究の再検証となる外的要因として両眼立体視の影響、先行研究で明らかにされていない、長時間暴露の影響、内的要因として乗り物酔い感受性の影響、さらに、観察者が予測できない運動成分が視刺激に付加された場合の影響についてそれぞれ検証した結果について述べた。本検証では、一定周期の往復運動を有する映像を観視した場合の重心動揺計測を連続的に行った。その結果、映像の運動方向に関わらず映像運動と同調する形でVEPRsが発現し、運動映像への同調精度については、観視時間が長いほど精度の向上が認められた。さらに、横方向運動映像観視よりも奥行き方向運動映像観視の方が相対的に同調精度は高くなった。そして、観視時間の長さに応じて動揺の揺れ幅も拡大していた。これらの傾向は、乗り物酔いしやすい自覚がある人に対して、2D運動映像よりも3D運動映像観視の方が高くなり、乗り物酔いしやすい自覚がない人についてはVEPRsの発現自体がほとんど確認されなかった。一方、運動映像観視を中断した場合、映像への同調精度は急激に低下するが、姿勢の不安定性は一定時間残存していた。また、横方向運動映像観視時に映像の運動方向のみならず、奥行き方向にも身体動揺の発現が認められた。次に、予想不可成分の影響については、奥行き方向運動映像観視よりも横方向運動映像観視の方が強く周期動揺が抑制された。予想不可成分の付加量と映像への同調精度については、本研究の範囲内(予測可能成分の振幅の3%-9%)であれば関連性が低いことが示唆された。

第4章では、VEPRsによる映像酔い(VIMS)と臨場感の関連性についての検証として、VEPRsが臨場感とVIMSの主観的症状のどちらをより正確に表現しているかについて、3章と同じ映像を用いて検証を行った結果について述べた。検証実験において、臨場感の主観的評価として広義の意味におけるVection、VIMSの主観的評価としてシミュレーター酔いアンケート(SSQ)を実施した。また、臨場感とVIMSの客観的評価として連続的に重心動揺計測を行った。その結果、重心動揺指標と臨場感のビジュアルアナログスケール(VAS)値の間に有意な正の相関が認められた。特に、重心動揺の周波数解析により算出された映像中の往復運動と同じ周期成分の強度は、最良の客観的臨場感評価法であることが示唆された。一方、重心動揺指標とSSQスコア間に有意な正負の相関は認められなかった。ゆえに、VEPRsによる臨場感の客観的評価は可能であるが、VIMSに起因した主観的症状については、VEPRsによる客観的評価は困難であると結論付けた。

第5章では、立体映像観視における水晶体調節運動が視機能へ及ぼす影響として、2つの検証実験について述べた。はじめに、両眼立体視の水晶体調節焦点がディスプレイ面に固定されず、注視対象物を追従するように反応することを統計的に立証するため、注視対象物が前後運動する映像を両眼立体視で観視した場合の水晶体調節焦点、注視対象物を表示した前後運動するディスプレイを観視した場合の水晶体調節焦点および映像内の運動と同等の前後運動する実物体をそれぞれ観視した場合の水晶体調節焦点について統計的検証を行った。その結果、水晶体調節に関わる各指標で観視方法の違いによる有意差は確認され

なかった。ゆえに、両眼視差を用いた立体映像観視と自然視との間に有意な水晶体調節機能差は認められないと結論付けた。次に、前検証にて、前後運動する注視対象物を含む映像を両眼立体視で観視した場合、水晶体調節焦点はディスプレイ面に固定されず、注視対象物の前後運動に同調した変化を示すことが統計的に立証された。そこで、この反応を応用した両眼立体視を用いた水晶体調節トレーニングコンテンツが視機能へ与える影響について検証を行った。その結果、視力改善効果については、本コンテンツの使用により視力を徐々に改善できることが示された。しかし、作業を中断した場合には、改善した視力は元に戻る可能性が高く、また、水晶体および眼球構造に起因するような根本的な近視傾向の改善は困難であることが示唆された。眼疲労改善効果に関しては、焦点調節トレーニング後の眼疲労のVAS値は近業作業後の眼疲労のVAS値よりも明確に低値を示し、また、SSQの結果から、焦点調節トレーニング後の眼疲労の有意な上昇は確認されなかった。ゆえに、本トレーニング映像は立体映像でありながら、眼疲労を殆ど感じない、もしくは焦点調節トレーニングにより眼疲労感が低減していることが示唆され、両眼立体視を用いた焦点調節トレーニングは視機能に便益を与えると結論付けた。

6章では、研究の総括として本研究で得られた成果をまとめ、今後の展望を示した。人が映像より受ける身体的影響は、人が望む内容を適切な時に適切な量を与えられることにより好意的な影響として受け入れられる。よって、この内容、時、量の三要素は映像から受ける影響として非常に重要であり、このうちのいずれかが欠けても人にとって悪影響となる可能性が高い。そのため、仮想環境技術などを用いた映像システムや映像コンテンツ制作などでは、この三要素に関する十分な評価検証および改善を行う必要がある。特に、人に対して最適なものとするためには人間工学的評価(官能評価や人の応答反応)を欠かすことはできない。しかし、システムやコンテンツの特徴に対して人がどのように反応するか全て既知であれば問題ないが、現状では未だ不明瞭な部分も多く、さらに、人の反応に対して多様な解釈を持つ場合もありうる。そのため、仮に人の反応を正確に計測しても適切な人間工学的評価が行えない場合も考えられる。本論文では、身体と視覚情報の関わりとして、映像から人が受ける基本的な身体的影響に関して、三要素のうち内容について分類を行い、各項目において現時点で解明されていないそれぞれの課題の結果について報告している。本研究は人が映像から受ける影響の体系化において不明瞭である隙間の補間や、解釈の多重性を解消する一助となるものである。よって、本研究の成果が、今後の人間中心の映像システム構築やコンテンツ制作、並びに映像技術の人間工学的発展に寄与することを期待する。













