

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

## 主論文の要旨

論文題目 3D立体映像の立体認知に影響する諸要因の研究

氏名 采女 智津江

## 論文内容の要旨

「3D」は、技術の応用発展によりコンピューター上の3Dグラフィックス、3DCAD (Computer-Aided Design: 計算機設計支援)、3Dプリンターなど様々な分野でいろいろな意味で使われるようになってきた。こうした状況を踏まえ本研究では、両眼視差を用いた立体映像を「3D立体映像」と表記し他の分野と区別する。

3D立体映像の分野では、2009年の映画「アバター」が大ヒットし、2010年にはFull HD 3DTVが発売され、「3D元年」と言われたものの、期待された程には普及が進んでいない。

「3D元年」といわれながら、3D立体映像の普及が進まなかった要因には、家庭用TVに関しては、消費者の需要とメーカー側の意識のズレによるハードウェアの売り上げ不振があげられる。3D立体映像の観視にメガネが必要であるという点も、普及の妨げになった点も大きい。さらに、3Dコンソーシアムによる「人に優しい3D普及のための3DC安全ガイドライン」(2010年4月改訂)では、3D立体映像の快適視差範囲は視差角 $\pm 1.0$ 度以内とされており、この範囲で立体感を持たせるにはどうしても奥行き側が深い立体映像にならざるを得ないため、「飛出す」というイメージを持って見ると期待を裏切られた印象が残ってしまう。

共同研究者らの先行研究では、安全、快適な3D立体映像制作における原則や運用ガイドライン確立のための基礎データの収集、および、安全ガイドライン快適視差範囲 $\pm 1.0$ 度の規制に対する実験的検証を主眼において研究を進めてきた。3D立体映像の観視にともなう、めまいや頭痛、眼精疲労など視覚愁訴の原因については、調節輻輳矛盾説が一般的であったが、水晶体調節と輻輳運動の同時計測法を開発し検証を行った結果、若年者においては、3D立体映像観視時においても水晶体調節と輻輳運動は自然視と同様であることが示された。一方、中高年では、加齢にともな

う調節応答の機能低下により自然視状態でも水晶体調節と輻輳値は乖離しており、「調節と輻輳の不一致」を主な理由に、快適視差範囲は±1.0度までとする規制値を再検証する必要を示しており、快適視差範囲は、2.0度以下に改定すべきという結論に至った。

本研究は、先行研究の結論を受け、「期待はずれ」「メガネが面倒」といったネガティブなイメージで捉えられがちな3D立体映像について、コンテンツの画面構成や、映像を表示するハードウェアに要求される性能などの面から、視差量が大きくても無理なく見やすい3D立体映像の条件について、実験参加者の主観評価を中心に検証した結果を述べたものである。構成は、全6章よりなる。

第1章「序論」では、研究の背景、目的、手法、論文構成の概要について述べている。3Dの現状から、3D立体映像の普及が進まなかった要因を踏まえて、本研究では、視差量が大きくても多くの人が無理なく見ることができる立体映像の条件を探ることを目的に、コンテンツの画面構成の違いによる融像限界の変化や、映像の見やすさ、さらに、3D立体映像の表示性能の差による奥行き知覚の変化について検証したことを述べている。

第2章「両眼立体視の基本的な理解」では、3D立体映像に関する理解を容易にするため、両眼立体視における人間の視機能について調節、輻輳、開散、両眼視差、単眼運動視差、融像限界などの専門用語の解説をする。また、両眼立体視に関わる3D表示技術について、本研究に関わる3Dメガネ（偏光フィルター方式、シャッター方式）、裸眼式、クロストークについて解説する。さらに、3D立体映像の歴史からこれまでの経緯および現状分析について述べている。

第3章「3D立体映像の視差角を等分する中間画像の挿入による融像限界の変化」では、コンテンツ作成における条件を探るため、3D立体映像の視差角を等分する中間画像の挿入による融像限界の変化について、実験参加者137名にて検証した。実験では、中間画像挿入前・後の融像限界の変化について、枚数別・年齢群別に比較・検証した。その結果、中間画像挿入後は挿入前より平均1.3度の融像限界の拡張があった。中間画像の存在により、飛出し量を等分した小さい視差角で段階を踏んで輻輳と水晶体調節位置を合わせることができると考えられる。枚数別では、有意差は見られなかったが最大枚数が最もよく見えたという割合が高かった。年齢層別では、差はなかった。連続視差をもつ中間画像を挿入することで融像限界が拡張し、大きな飛び出し量をもつ3D立体映像を無理なく観視するために効果があることが実証された。

第4章「注視点の移動にともなう3D立体映像の見やすさ」では、注視点の移動にともなう3D立体映像の見やすさの検証を行うため、視距離1.0m(実験参加者56名)、と0.4m(実験参加者145名)で実験を行った。結果は、双方とも同一の視差角であれば、画面に固定された視標から奥行き側を観視するよりも、すでに飛出している視標から奥行き側を見る方が見やすい可能性が示唆された。このことはモバイル端末での使用のみならず、デジタルサイネージ(広告媒体)分野でも有効に働く可能性がある。デジタルサイネージとは、屋外・店頭・建築物・交通機関など、あらゆる場所で、ディスプレイなどの電子的な表示機器を使って情報を発信するシステムを総称して呼ばれており、新しい広告媒体として注目を浴び著しい発展をしている。メガネが、3D立体映像が普及しない要因の一つとなっていることから、メガネを必要としない裸眼3D方式は、3D立体映像の普及発展の鍵となる可能性がある。

第5章「クロストーク量の変化が立体視に与える影響」では、クロストーク率が3D立体映像の飛出し量の知覚に与える影響を、実験参加者65名にて検証した。異なるクロストーク率8種(0, 3, 5, 8, 10, 20, 30, 40%)の3D立体映像を視距離1.0mのディスプレイに提示し、知覚できた飛出し量を評価した。その結果、クロストークの比率が増加するにつれ、実験参加者の知覚した飛出し量が減少する傾向が見られた。また、クロストーク率が10%を超えると、知覚される飛出し量は有意に減少した。クロストークの発生は、立体視に影響を与え、増加すると立体視そのものを阻害することが明らかになった。また、ク

クロストーク率が 10%を超えると有意に減少しはじめたことから、視差量 0.5 度におけるクロストーク率は 10%未満に抑えることが有効であることが示唆された。

第 6 章「結語」では、本研究全体を総括し、今後の課題について述べている。

現在の、3D 立体映像の快適視差範囲±1.0 度に準拠したコンテンツでは、飛出し映像に重ねて字幕を表示する場合は、近景の映像に重なった場合、近景の映像に字幕がめり込んだように感じられ重なってしまい、視野闘争が起こり、見づらく疲労しやすい映像になっている。本研究の結果に基づき、コンテンツよりも視差角の大きい字幕を重ねても融像限界の拡張により無理なく観視可能になる。ただし、現時点では実験参加者による検証段階であるため実際のコンテンツを用いた実証実験が必要である。

クロストーク量の変化が立体視に与える影響では、本研究の結果に基づき、コンテンツよりも視差角の大きい字幕を重ねても融像限界の拡張により無理なく観視可能になる。ただし、現時点では実験参加者による検証段階であるため実際のコンテンツを用いた実証実験が必要である。また、快適な、3D 立体映像の観視には、クロストークの発生は少ない方がよいのは論をまたないが、実際にはクロストーク 0 %を達成することは難しい。本研究の結果得られた、3D 立体映像を快適に観視するための飛び出し視差量とクロストーク値の関係を、クロストーク計測機に組み込むことで 3D 対応ディスプレイの自動評価が可能になる。ただし、本実験についても、より大きな視差量によるクロストーク値の検証が必要となる。

3D 立体映像に中間画像を挟むことによってどのくらい融像限界が拡張するかの実験では、枚数別では時間の都合上、一番よく見えた枚数でしか計測ができなかったことから、次回はすべての実験参加者で、すべての枚数の測定を行う予定である。また、従来から言われていることであるが、弱視や斜視、あるいは左右眼の極端な視力差を有する場合、両眼視差を用いる立体視、特に視差が大きい場合の立体視は困難になる。本研究においても一部の実験参加者に両眼立体視ができない人や途中から単眼視になっている実験参加者が見受けられた。両眼立体視が難しい、または出来ない率がどのくらいであるか、特徴について、3D 立体映像に関する実験と並行して進めていく予定であることを述べた。





