



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電子ホログラフィに対する調節・輻輳応答測定 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	大原, 龍一
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第14576号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81093
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Ryuichi_Ohara_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（情報科学） 氏名 大原 龍一

学 位 論 文 題 名

電子ホログラフィに対する調節・輻輳応答測定

(Measurement of Accommodation and Vergence Responses to Electro-holographic Image)

近年、立体表示技術の普及が進み、映画やゲームなどで目にする機会が増えているほか、奥行き情報が重要な内視鏡手術など医療の分野でも導入が進められている。立体表示技術はヒトの立体視における生理的要因のいずれかもしくはすべてを満たすことにより観察者に立体感を与える。両眼視差は左右の眼球の位置が異なることにより生じる左右の眼球内で結像する網膜像の差異を指し、物体が眼球に近いほど両眼視差は大きくなる。輻輳は近くの物体を注視する際は眼球が鼻側に回旋し、遠くの物体を注視する際は眼球が耳側に回旋する動きを指す。調節は物体からの光を網膜上に結像させるため、眼球内の水晶体の厚みを変化させ、眼球全体としての屈折率を変化させる機能を指す。いくつか存在する立体表示技術のうち最も基本的なものは二眼式とよばれるもので、左右それぞれの眼に別々の平面映像を表示することで両眼視差を観察者に与える方式である。実現が容易であることから、現在市販されている立体表示ディスプレイのほとんどでこの方式が採用されている。一方で二眼式による映像を視聴し続けた場合、疲労感や不快感を覚えるという例も少なくない。これは、二眼式や多眼式ではヒトの立体視における生理的要因のうち、両眼視差のみを用いて観察者に立体感を与えていることから、調節と輻輳から観察者が得られる距離情報に矛盾が生じることが原因であると考えられている。そのため、この矛盾が生じない立体表示技術も提案されており、最も理想的と考えられているのがホログラフィである。ホログラフィは干渉縞を記録したホログラムを用いて、その回折光で物体からの光波を再現する技術である。優れたホログラムによる再生像は実物と区別がつかないほどであり、立体視における生理的要因をすべて満たすと考えられている。

コンピュータ上で仮想の物体と光源を用意し、それらの伝搬、干渉のシミュレーションによってホログラムを生成する技術は計算機合成ホログラム (Computer generated hologram : CGH) とよばれる。また、ホログラフィの中でも電子的な手法を用いてホログラムを作成または再生するものは、電子ホログラフィとよばれ、CGH との組合せで様々な分野への応用も可能であることから、次世代の立体表示技術として注目されている。一方で電子ホログラフィにはまだ解決されていない課題が数多く存在する。その一つが再生像の視域および視野の狭さであり、両眼で十分な大きさの再生像を観察することが困難である。そのため、他の立体表示技術で行われている調節・輻輳応答の測定による人間の生体への影響の調査がほとんど行われていない。その数少ない先行研究においても、ぼけやゴーストといった再生装置の特性によると考えられる調節・輻輳への悪影響により、電子ホログラフィとしての優位性を完全に示すことができていない。そこで本研究では、そのような影響のない再生装置を用いて応答の測定を行うことを研究目的とする。これにより、電子ホログラフィ本来の生体に対する特性を評価することが可能となると考えられる。

本論文は7章から構成される。第1章では立体表示技術に関すると本研究が対象とする電子ホログラフィの概要について述べ、研究背景と目的を明らかにする。第2章では測定対象である調節・輻輳についての詳しい特徴について述べ、測定結果を解釈するうえで重要な事柄をあげる。そのうえで、

他の立体表示技術を含めたこれまでの測定事例を紹介し、先行研究で改善すべきと考えられる点を踏まえて本研究での方針について述べる。第3章では本研究における重要な要素である CGH について、測定に使用する光学系を含めて解説を行う。第4章では再生装置に加えて重要な要素である応答の測定器の原理について説明し、それぞれの特徴から本研究で用いるために適切と考えられる測定器の選定について述べる。さらに、測定器と再生装置を組み合わせで作成した測定系についての説明を行う。

第5章では第4章までを踏まえて行うに至った3つの実験の方法および結果について述べる。実験は極力生理的要因以外からの影響を避けるよう配慮して行った。実験1では客観的指標である調節・輻輳応答の測定の前段階として、奥行き知覚の主観評価を行った。電子ホログラフィによる再生像を呈示し、同時に呈示された複数の実物体のいずれと近い奥行きに感じたかを調査した。この実験により、多くの被験者が再生像を表示した奥行きに知覚できていることを確認した。実験2では、最も基本である呈示した実物体や再生像に対して安定して観察できている状態に対して調節・輻輳応答を行う静的な測定を行い、再生像に対する基本的な特性を調べる実験を行った。実験2の結果から、ほとんどの場合において応答測定結果は刺激に応じて変化しており、実視標に対する応答と再生像に対する応答の差は標準偏差内に収まっていることが確認できた。一方で、値に個人差があり、別の測定器を用いた先行研究以上に被験者によっては応答と刺激に大きな差がある場合があることが確認された。そのため、本研究では被験者ごとの再生像に対する応答と実視標に対する応答の比較により特性の評価を行うこととした。実験3ではより実用に近い状況として、基礎的な動的応答の一つである、刺激がステップ状に変化した際の応答の測定を行い、奥行きが切り替わる瞬間から、定常状態に至るまでの特性を調べる実験を行った。実験3の結果から、再生像と実視標のどちらの条件でも刺激に応じて応答が変化し、応答の値も両方で近い被験者、再生像と実視標のどちらの条件でも刺激に応じて応答が変化するが、応答の値で両者に違いが見られるもしくは変化が一部しかみられない被験者、実視標を観察した場合刺激に応じて応答が変化するが、再生像を観察した場合刺激が変化しても応答にほとんど変化がみられない被験者の3通りが確認された。再製造に対して応答に変化があった例に対して、視標の刺激が変化してから実際に応答が変化するまでの時間である潜時の比較を行った。その結果、再生像を観察する場合のほうが、実視標を観察する場合よりも 0.12 sec から 0.17 sec 程度潜時が大きいことが確認された。

第6章では実験に対する考察として、実験2および実験3の結果に対して統計的な解析を行い、実視標と再生像による視標の同一性について述べる。最後に第7章では全体の総括と今後の展望について述べる。

これらの結果から、先行研究で問題と考えられていたことがなく、より信頼性の高い電子ホログラフィの再生像に対する調節・輻輳応答の測定ができたと考える。今後は二眼式など他の表示技術でも同じ測定系を使用して測定するなど直接的にその差異を調べ、電子ホログラフィの優位性を示すことが期待される。