

氏名（本籍）	森 裕（大阪府）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第75号
学位授与日付	平成27年3月25日
専攻	システム工学専攻
学位論文題目	デジタルホログラフィックディスプレイシステムの視差確保と性能向上に関する研究
学位論文審査委員	（主査）教授 野村 孝徳 （副査）教授 土谷 茂樹 教授 松本 正行

論文内容の要旨

本研究では、デジタルホログラフィによる物体情報の実験的記録と電子ホログラフィによる像の光学再生系を用いたデジタルホログラフィックディスプレイシステムを提案する。デジタルホログラフィックディスプレイの概略図を図1に示す。図1に示すように提案システムは記録システム、信号処理、再生システムの三つの要素からなる。まず、記録システムでは干渉計を用いて物体の3次元情報を記録する。次に、取得したデジタルホログラムに信号処理を施す。最後に、信号処理後の情報を空間光変調器を用いて再生する。本研究では、このデジタルホログラフィックディスプレイの実現を目指し、その障壁となる視差確保の問題解決と性能向上について注目した。

まず、システム間の問題とは、ホログラムの記録に用いる撮像素子と再生に用いる空間光変調器の画素サイズの相違から生じるものであり、この相違から3次元像の再生距離が非常に長くなってしまふことを指している。例えば、その画素サイズ比が m であった場合、再生距離には m^2 倍の係数が掛かる。一般的に、空間光変調器の画素サイズは撮像素子の画素サイズよりも大きく、5～15倍ほどの大きさであるため、3次元像は遠方に再生されることになる。映像が遠方に再生されると、視差の変化が少なくなるため、立体感が損なわれる。本研究では、この問題に対し、信号処理のみによる解決方法を提案した。解決方法は2種類提案した。一つは回折伝搬計算法、もう一つは球面位相付加法である。本研究では、これら二つの解決方法のサンプリング定理に基づく条件、制限を明らかにし、光学再生実験により本手法の有用性を実証した。再生距離はおおよそ8分の1まで短縮できることを示し、ヒトの目視による奥行き知覚実験では距離推定値の標準偏差が1060 mm から108 mm までの低減に成功した。

加えて、本システムの性能向上について、ホログラフィ技術特有の画質低下に関する課題であるスペckルノイズに注目した。スペckルノイズはレーザなどの光源の高いコヒーレンスによってもたらされる画質低下の要因であり、高コヒーレンスデジタルホログラフィを用いた場合には、単一のホログラムのスペckルノイズを取り除くことは非常に難しい。そこで本研究では、低コヒーレンスデジタルホログラフィを用い、記録した複数のホログラムから解析・合成などの演算、つまり、信号処理によって高画質な単一のホログラムを生成する方法を提案した。数値再生シミュレーションにより、本手法の性能を評価、比較し、本手法の有用性を実証した。分散によりスペckルノイズの低減を定量評価し、高コヒーレンス光源を用いた場合と比べ、提案手法は分散値を半分以下にまで低減できることを示した。

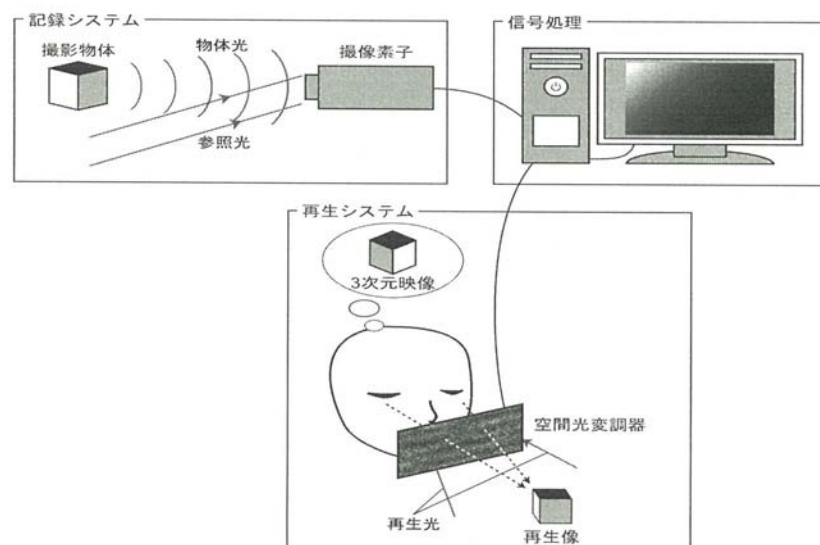


図1 デジタルホログラフィックディスプレイ

論文審査の結果の要旨

論文内容を審査し、博士論文として必要な条件を満たしていると認められた。本研究は、デジタルホログラフィを用いた立体ディスプレイの実現にあたり、克服すべき問題を明らかにし、その解決法を提案したものである。最初に立体視に必要な視差を確保するために必要な再生距離短縮法を提案し、その効果を実験的に実証している。これは2種類の数値伝搬法を巧みに組み合わせた類をみない手法である。次に、再生像の画質向上のためのホログラム生成法の提案をおこなっている。再生像の画質低下の主因であるスペckルを低減するための手法を提案し、実験的に実証している。なかでも球面波合成法による低コヒーレンスデジタルホログラム合成の効果が顕著であり、従来手法に対する優位性が示されている。以上のことからこれらの研究の新規性優位性が示され学位論文に値するものと認められた。

最終試験の結果の要旨

公聴会・最終試験を2015年2月10日に実施した。論文の内容および関連する事項に関する試問をおこなった結果、質疑応答が適切であり、最終試験に合格と判断した。

論文審査および最終試験の結果を総合的に検討し、博士学位授与に価すると判断した。