

学位論文要約

平成 27年 3月 18日

学位申請者 橋本 哲弥

学位論文題目 双曲面型体積インターフェログラムを利用した全干渉型 3次元イメージング分光法の研究

学位論文要約

第1章 序論

笹本・吉森により提案された、分光された3次元画像を取得する手法は、2光波折り畳み干渉計により多次元空間コヒーレンス関数を含む干渉縞のデータセットを取得し、合成開口処理により、体積インターフェログラムを得る。この体積インターフェログラムは、測定対象から伝搬する光波の波面形状を反映した縞を持つことから、球面波型体積インターフェログラムと呼ばれている。本論文では、新規な合成開口処理を導入することで、球面波型とは異なる縞パターンを持つ、体積インターフェログラムが発見された。この体積インターフェログラムを双曲面型体積インターフェログラムと呼ぶ。この体積インターフェログラムから分光立体画像を取得する方法を提案し、実験により再生手法が有効であることを検証した結果について示す。また、双曲面型体積インターフェログラムは、その特徴より、適切な干渉計によって単一光検出器による直接計測することが可能であることが予想された。そこで、双曲面型体積インターフェログラムを直接取得する干渉計の提案を行い、この干渉計を利用して単色点光源及び白色点光源の分光立体画像を取得した結果について述べる。

第2章 光波の干渉性と空間コヒーレンス関数測定概念

本章では、光波の数学的記述や干渉という性質について述べた。そして、2つの光波による相関関係を示したコヒーレンス関数について説明し、フーリエ分光法とファンシタート・ゼルニケの定理について述べた。また、空間的にインコヒーレントな多色光源分布の3次元空間情報と連続スペクトルを取得するための方法として、1. 3次元相互スペクトル密度測定概念、2. 空間コヒーレンス関数と相互スペクトル密度の関係、3. 相互スペクトル密度からの3次元像再生。の大きく分けて3つの項目について述べた。

第3章 双曲面型体積インターフェログラムを用いた全干渉型3次元イメージング分光法

本章では、3次元空間コヒーレンス関数を測定する為に考案された、2光波折り畳み干渉計について述べ、この干渉計により測定される空間コヒーレンス関数の数学的記述についても述べた。そして球面波体積インターフェログラムの取得を例として合成開口処理について説明した後、双曲面型体積インターフェログラムを取得するための合成開口処理と、この双曲面型体積インターフェログラムを利用した分光立体画像再生法について提案し、これから取得される分光立体画像の視野は球面波型体積インターフェログラムと同じであることを述べた。提案手法の実証として、異なる位置に置かれた2つの異なる色を持つ面光源を測定対象として双曲面型体積インターフェログラムを取得し、分光立体画像を再生することに成功した。また、双曲面型体積インターフェログラムを取得するための合成開口処理の特徴から、双曲面型体積インターフェログラムを直接計測することが可能な干渉計の実現可能性について述べた。

第4章 双曲面型体積インターフェログラムを直接取得する干渉計

第3章で述べた双曲面型体積インターフェログラムを直接計測することが可能な干渉計を実現する干渉計を提案した。2光波折り畳み干渉計との違いとして、光源の代わりに光学素子に移動量を与えること、干渉縞の計測に撮像素子ではなく単一検出器を使用することが挙げられる。この干渉計のメリットとして、干渉縞のデータセットの取得と合成開口処理を行わずに体積インターフェログラムを直接取得することで、処理データ量の冗長性が改善される、また、測定対象を移動ステージに設置する必要がなくなるため、測定可能な物体の制約が緩和されるというメリットが期待される。

第5章 双曲面型体積インターフェログラムを直接取得する干渉計の試作

本章では、第4章で提案した干渉計の試作を行い、その干渉計を用い、単色点光源の分光立体画像の取得を試みた。しかし、干渉計に残留位相が存在したため、直接計測された体積インターフェログラムから、測定対象の像を再生することは出来なかった。そこで、残留位相の計測と補正を行う方法を提案した。残留位相分布は、CCDカメラにより計測された干渉縞のデータセットから合成される、測定対象の空間情報を持たない体積インターフェログラムより取得される。これを用いて双曲面型相互スペクトル密度から残留位相を除去することで、単色点光源の分光立体画像が取得可能であることを実験的に示した。

第6章 白色光源への適用

双曲面型体積インターフェログラムを直接取得する干渉計と残留位相の計測により、白色面光源の分光立体画像の取得に成功した。幅広いスペクトルを持つ物体のイメージングに成功したことで、より複雑な光源のイメージングが可能であることが期待できる。

第7章 結論

全干渉型 3 次元イメージング分光法において、2 光波折り畳み干渉計と双曲面型体積インターフェログラムを用いた分光立体画像取得について提案した。そして、双曲面型体積インターフェログラムを直接計測する干渉計を提案した。試作した干渉計には残留位相が含まれていることを確認した。これを計測し補正することで、単色点光源及び白色面光源分光立体画像の取得が実験的に確認された。