別紙 1

論文の内容の要旨

論文題目	COHERENCE HOLOGRAPHY AND INTENSITY-CORRELATION HOLOGRAPHY （コヒーレンスホログラフィーと強度相関ホログラフィーの研究）
学位 申請者	Dinesh Narayana NAIK

光波動場の空間コヒーレンス関数や高次相関関数は高分解能天体観測用の恒星干渉計や極限結像性能を持つ顕微鏡や半導体集積回路露光装置の結像理論をはじめ光コヒーレンストモグラフィーのような医療応用光計測など広い分野において重要な役割を果たしている．

光波動場の空間コヒーレンスや高次相関関数の検出・解析する技術については既に多くの研究がなされているが，所望の空間コヒーレンスや高次相関関数をもつ波動場の生成・制御する技術についてはその基本原理を含めてほとんど未開拓の状況にある

本研究は，Leith型コヒーレンスホログラフィーと強度相関ホログラフィーと名づけた2つの新奇なホログラフィー技術の提案と初めての実証実験に関するものである．

このホログラフィー技術の新奇でユニークな点は，通常のホログラフィーのようにホログラムをコヒーレント光で照明して3次元物体を光波動場として直接再生するのではなく，空間的にインコヒーレントな光でホログラムを照明し，得られるランダムな波動場のコヒーレンス関数や強度相関関数から3次元物体を再生することにある．このホログラムは3次元波動場のコヒーレンス関数や高次相関関数を自在に生成・制御できるので顕微鏡やＬＳＩ露光光学系の照明系のコヒーレンス制御や，無分散光コヒーレンス断層映像法，3次元計測や干渉縞野コヒーレンスノイズの除去などの応用に新しい可能性が期待される．

本研究ではコヒーレンス関数の検出にSagnac共通光路干渉計を用いることにより振動や空気揺らぎなどの外乱に不感な干渉計とすることにより計測精度の向上をはかった．ところが，外乱に不感な共通光路干渉計は光路差に不感なために

通常のピエゾ等により光路差を与える方法では位相シフトを与えることができず干渉縞解析ができないという新たな問題が生じる．そこで，偏光を利用した幾何学的位相の導入や計算機ニヒーレンスホログラムに位相シフト機能を持たせるなどのことによりこの問題を解決し，外乱にロバストでありながら所望の位相シフトを導入することができるという特色のある干渉計を実現することができた．

Sagnac干渉計で動径方向にシアを与えるために焦点距離の異なる1対のレンズからなる望遠鏡系を干渉計内に構成した．このような望遠鏡系を利用することにより，奥行き距離に依存しない一定のシア感度を実現した．動径方向のシア量は１対のレンズの焦点距離比により決まるので，像倍率可変なコヒーレンス顕微鏡の可能性が生まれる．興味深いのは通常の望遠鏡と異なり，焦点距離比が１に近いほど高倍率になるというシアリング干渉特有の性質を持つ点である．

波動場の2次の相関関数に基づくコヒーレンスホログラフィーの原理をさらに発展させることにより，波動場の4次の相関関数である強度相関により3次元像を再生する強度相関ホログラフィーの新原理を考案した．

コヒーレンスホログラムの場合と同様にホログラムを回転すりガラスを通過したランダムな位相をもつ光波で照明することにより擬似自然光による照明を近似的に実現できる．検出器の時定数をはるかに越えた高速で揺らぐ真の自然光とは異なり，すりガラスの回転速度を低速化することにより，瞬時光強度の直接検出が可能となり，ホコグラムからの回折場の揺らぎの時間強度相関関数と空間強度相関関数をもとめることが可能となる．

それぞれに基づく強度相関関数の特性を数値実験により3次元物体の像再生を行い，その特性を評価・比較し空間強度相関法の実装上の優位性をしめした．さらに，実際に光学系を構築し，空間強度相関関数の検出に基づく強度相関ホログラフィーの実験をおこない，3次元像の再生に成功し，原理の正当性を初めて実証した．

別紙２

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名　Dinesh Narayana NAIK

審査委員主査　武田　光夫

委員　三橋　渉

委員　白田　耕藏

委員　植田　憲一

委員　黒田　和男

本研究は，これまで互いに離れた研究分野であったホログラフィーと統計光学を統合した新ホログラフィー技術の原理提案と実験的実証に関するものである．その中心テーマは3次元光波動場の2次の相関関数（コヒーレンス関数）と4次の相関関数（強度相関関数）のそれぞれを生成・制御するコヒーレンスホログラフィーと強度相関ホログラフィーの提案にある．

本論文は序論の1章と結論の8章を含む全体8章から構成されている．

第２章は本研究の背景となる概念と知識を述べた章である．空間コヒーレンスとホログラフィー記録の相反性を示すとともに，波動場の回折積分とコヒーレンス関数のvan Cittert-Zernikeの定理の数学的類似性を指摘している．

第３章ではLeith型のoff-axisコヒーレンスホログラムの原理を提案しその実証実験に関して述べた章である．計算機コヒーレンスホログラムを空間的にインコヒーレント光で照明し，共通光路中に望遠鏡系と幾何学的位相シフターを内包するSagnacシアリング干渉計を用いて波動場の相関をとることにより，Leith型コヒーレンスホログラムを用いた3次元コヒーレンス像再生に初めて成功した．

第４章は計算機位相シフトホログラムの提案と実証実験に関する章である．前章ではコヒーレンス関数の検出に干渉計中におかれた幾何学的位相シフターを機械的に回転する方法を用いていたが，計算機コヒーレンスホログラム自体に位相シフト機構を織り込んだ新しいコヒーレンスホログラムの原理を提案し，機械的可動部なしにコヒーレンス像の再生をする方法の有効性を実験により示した．

第５章は熱光源を用いたコヒーレンスホログラムの再生実験について述べた章である．前章までの実験では，レーザー光を回転すりガラスを通過させることにより人為的に空間的にインコヒーレントな光源を実現させていた．ここでは白熱光

源からの自然光を用いたコヒーレンス像再生の実験を成功させている．

前章までのコヒーレンスホログラフィーの原理ではホログラムを一度記録してから空間光変調器等により表示してインコヒーレント光で再生するという記録と再生の2段階のプロセスを経ていたために実時間記録再生ができなかった．第６章では物体光と参照光の干渉により生じるホログラムの干渉縞を記録せずにそのまま回転すりガラス上に投影し，散乱光を直接干渉計に導きコヒーレンス関数を検出する実時間コヒーレンスホログラフィーの原理を提案し，その有効性を実験により確認している．

７章は強度相関ホログラフィーの原理の提案と実証実験に関する章である．コヒーレンスホログラムは光波動場の2次の相関関数により3次元物体像を再生していた．すなわち，コヒーレンスホログラフィーは波動場の2次の統計を制御する技術である．一方，ガウス統計に従う波動場の高次相関関数は2次の相関関数で記述することができることが知られている．このことは，ホログラムによる光波動場の4次の相関関数の制御や強度相関による3次元像再生の可能性を示唆している．このような考えに基づき7章では強度相関ホログラフィーというさらに新しいホログラフィー技術を提案し，その原理の正しさを実験により証明した．これは歴史的なHanbury Brown-Twissの強度干渉計の実験をホログラフィー技術に結びつけて3次元物体像を再生に成功した初めての研究でその意義は大きい．

最後は結論の章で以上の研究内容を総括し，ホログラフィーと統計光学を統合した新ホログラフィー技術の基礎工学的意義を明確にし，応用面での可能性を述べている．

よって，本論文は博士（工学）の学位請求論文として十分な価値を有するものと認める．