



Title	耐熱環境特性を有する赤外線光学系の開発に関する研究
Author(s)	玉川, 恭久
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41467
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	たまがわ やすひさ 玉川 恭久
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14684 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科物質・生命工学専攻
学位論文名	耐熱環境特性を有する赤外線光学系の開発に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 一岡 芳樹
	(副査) 教授 金谷 茂則 教授 福住 俊一 教授 宮田 幹二 教授 柳田 祥三 教授 横山 正明 教授 梅野 正隆 教授 伊東 一良

論文内容の要旨

本論文は、耐熱環境特性を有する赤外線光学系の開発に関する研究についてまとめたもので、緒論、本論5章、総括から構成されている。

緒論では、本研究の目的と意義、ならびに本論文の構成について述べている。

第1章では、温度変化により発生する収差、すなわち熱収差がレンズ材料の特性に起因することに着目し、色分散率と熱分散率とを直交座標系で表わすアサーマルチャートを提案し、このチャートを用いて光学設計の初期データを決定する新しい設計法を提案している。この設計法を用いて波長8-11 μm 帯の赤外線光学系を試作し、50 $^{\circ}\text{C}$ の温度変化に対して回折限界値に近い安定した結像性能が得られることを示し、設計法の有効性を確認している。

第2章では、第1章で述べた設計法を2波長帯光学系に拡張している。2波長帯のそれぞれの色分散率と平均熱分散率とを直交座標系に表した3次元アサーマルチャートを投射図法により2次元座標系に変換する投影アサーマルチャートを新たに提案している。大気窓に対応する波長3-5 μm 帯と8-12 μm 帯の2波長帯光学系を設計し、温度変化に対して安定な結像性能が得られることを明らかにしている。

第3章では、第1章および第2章で示した設計法を屈折レンズと回折レンズを組み合わせたハイブリッド光学系に拡張している。回折レンズの導入により、光学系を構成するレンズの枚数が低減できることをアサーマルチャートを用いて明示している。波長3-5 μm 帯の赤外線ハイブリッド単レンズを設計し、温度変化に対して安定な結像性能が得られることを示している。

第4章では、回折レンズの製造誤差が赤外線撮像システムの効率に与える影響について述べている。精密旋盤加工による製造を想定して、バイトの大きさを考慮したベクトル回折理論を基礎とする回折効率の解析手法を提案している。計算結果から、高屈折率なレンズ材料の入射側面に回折レンズを設けること及び、互いにパワーの符号が異なるように屈折レンズと回折レンズを組み合わせることにより、より高効率なハイブリッドレンズが得られることを明らかにしている。

第5章では、回折レンズの製造誤差が結像性能に及ぼす影響について述べている。製造誤差により位相が変化して収差が発生することを明らかにし、この収差量が提案した解析手法により求めることができ、設計時に補正可能であることを示している。

総括では、得られた結果をまとめて結論としている。

論文審査の結果の要旨

赤外線撮像システムは、広い温度環境下で使用されること、加えて赤外線レンズ材料の屈折力の温度変化が可視光用ガラスなどに比べて大きいことから、熱収差の除去が必須となる。本論文は、耐熱環境特性に優れた赤外線撮像システムの開発を目的とし、アサーマル赤外線光学系の新しい設計法を提案し、実証実験およびシミュレーションによりその有効性を評価した一連の研究をまとめたもので、その主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 最適化処理に基づく光学系の詳細設計に用いる初期データを見通しの良い簡便チャート図法により決定するアサーマル光学系の新しい設計法を提案している。この設計法を用いて波長8-11 μm 帯の赤外線光学系を試作し、温度変化に対して安定した結像性能が得られることを実証してその有効性を確認している。この設計法は、可視光など他の波長帯の光学系に対しても適用が可能であることを指摘している。
- (2) マルチスペクトルセンシングによる赤外線撮像システムの多機能化、高性能化に要求される2波長帯アサーマル光学系の設計のために新たな3次元アサーマルチャートを提案している。これを大気窓に対応する波長3-5 μm 帯と8-12 μm 帯に適用して赤外線光学系を設計し、シミュレーションによりその有効性を確認している。
- (3) 上記設計法を屈折レンズと回折レンズを組み合わせたハイブリッド光学系に拡張し、回折レンズの導入が小型・軽量化、性能向上に効果的であることを、アサーマルチャートを用いて示し、具体例として、ハイブリッド単レンズで高性能な波長3-5 μm 帯アサーマル光学系が実現できることを示している。
- (4) 精密旋盤加工により製作される回折レンズの結像特性が製造誤差の影響を受けることを指摘し、ベクトル回折理論を用いた回折効率の数値解析手法を用いて、高い回折効率が得られ、かつ赤外線撮像システムの温度感度を最高にする回折レンズの形状を示している。また、解像度に関する解析から高い解像度が得られる回折レンズの形状を決定する指針を示している。

以上のように、本論文は、耐熱環境特性に優れた赤外線光学系を実現するための新しい設計法を提案し、具体的な設計・試作例を通じてその有効性を示すとともに、赤外線以外の波長帯の光学系に対しても適用可能であることを示したもので、その成果は、光学及び赤外線工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。