

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13145 号
------	---------------

氏 名 田 中 駿

論 文 題 目

繊維配向角誤差に起因するCFRP製リフレクタの面外熱変形に関する研究

(Study on the Out-of-Plane Thermal Deformation of CFRP Reflectors Due to Fiber Orientation Error)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	荒井 政大
委員	名古屋大学	教授	山中 淳彦
委員	名古屋大学	准教授	吉村 彰記
委員	名古屋大学	教授	北 栄輔

論文審査の結果の要旨

田中駿君提出の論文「繊維配向角誤差に起因するCFRP製リフレクタの面外熱変形に関する研究」は、宇宙構造用リフレクタに生じる熱変形を積層構成の最適化によって低減するための手法を明らかにするとともに、積層配向角誤差が面外熱変形に与える影響を定量的に評価することに成功した。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、高精度宇宙用リフレクタの材料としてのCFRPの利点と、宇宙望遠鏡を含む各種宇宙観測装置におけるCFRPの利用例、さらには近年の宇宙用CFRP製リフレクタの実現に向けた研究について述べた。また、宇宙用CFRP製リフレクタの実現にあたっての問題点である形状不整を抑制するいくつかの手法に関して概要をまとめ、その一つとしてCFRP積層板の積層構成を工夫することの有用性について述べた。さらに、研究の目的と本論文の構成について述べている。

第2章では、温度変化に対する形状安定性について調査するため、擬似等方対称積層板によりリフレクタ模型を製作し、これに生じる熱変形を測定する実験を行った。CFRP積層板を構成する各層における炭素繊維の配向角が上下対称である場合、理論上、顕著な面外熱変形は発生しないと予想される。それにもかかわらず、実験の結果、リフレクタ模型全体が鞍型に変形するような予想外の面外熱変形が発生することを明らかにした。また、実験により観測された面外熱変形がどの程度の構造的な問題を引き起こすかについて検討し、高精度宇宙用CFRP製リフレクタの実現のためにはこの面外熱変形を抑制する必要があることを示している。

第3章では、実験により明らかになったCFRP製リフレクタ模型の面外熱変形について、その原因を調査した。観測された面外熱変形の分布から、積層板の製造誤差による積層の非対称性の存在が疑われたことから、積層板を構成する層のうちただ一つに対し、小さな繊維配向角誤差を与えた場合に生じるCFRP製リフレクタ模型の面外熱変形を調査した。その結果、わずかな繊維配向角誤差であっても、非常に顕著な面外熱変形を引き起こすことを明らかにされた。さらに、各層にランダムな繊維配向角誤差が存在する場合に生じる場合についてモンテカルロ法を用いた検討を行い、標準偏差 0.4° の繊維配向角誤差により、実験により観測されたものと同程度の面外熱変形が発生することを明らかにしている。

第4章では、繊維配向角誤差に起因するCFRP製リフレクタの面外熱変形を抑制する手法の一つとして、積層構成を最適化を行っている。擬似等方積層板においてCFRP積層板の積層数や積層順序を変更することにより、CFRP製リフレクタ模型に生じる面外熱変形がどのように変化するかについて調査し、板厚を一定とした場合、積層数を増加させる、すなわち可能な限り薄いプリプレグを使用することや、異なる繊維方向の層が隣り合うように積層することにより、繊維配向角誤差に起因するCFRP製リフレクタ模型の面外熱変形を抑制することが可能であることを明らかにしている。繊維配向角誤差に起因するCFRP平板の面外熱変形の最小化について検討した。古典積層理論に基づき、ランダムな繊維配向角誤差により生じるCFRP平板の面外熱変形を解析的に評価する手法を考案した。この評価手法を用いて、面外熱変形が最小となる積層構成を遺伝的アルゴリズムにより探索し、積層数8および16の平板について、面外熱変形量をそれぞれ30%、16%程度抑制できることを明らかにしている。

最後に、実際のリフレクタ等、特定の寸法および形状を持つ対象における積層構成最適化の一例として、これまでの議論で取り上げてきたリフレクタ模型の積層構成を最適化した。この最適化に際し、CFRP平板の最適積層構成を初期値として用いた。これにより、8層のCFRP積層板により構成されるリフレクタ模型の最適積層構成を採用した場合、擬似等方積層の場合と比較して、繊維配向角誤差に起因する面外熱変形がリフレクタの性能に与える影響を25%程度抑制可能であることを明らかにしている。

第5章では本論文で述べた研究成果を総括するとともに、本研究では明らかにすることができなかった今後の課題について述べている。

以上のように本論文では熱変形を伴う宇宙構造用リフレクタの最適設計法について有用な知見を明らかにしている。これらの評価方法並びに得られた結果は、宇宙用リフレクタに限らず、熱負荷・熱変形をうけるさまざまな航空宇宙構造物の最適設計への応用を実現するために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である田中駿君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。