

# 論文審査の結果の要旨

氏名 水谷 忠均

修士(科学) 水谷 忠均 提出の論文は、「細径FBGセンサの不均一ひずみ分布応答を利用した複合材料の損傷検知システムに関する研究」と題し、全6章より構成される。

複合材料構造は、近年の航空宇宙分野において非常に重要な存在である。特に軽量かつ高強度である炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は、航空機の主翼や胴体などの1次構造材などに適用範囲が拡大している。その一方で、信頼性保証の面においては未だ研究課題が多い。異方性材料である単層板の組み合わせからなるCFRP積層板は、静的荷重や繰り返し荷重などが加わることによって層内に樹脂クラックが発生する。この樹脂クラックが進展すると、層間剥離、繊維破断などの破壊モードへ進展するために、樹脂クラックを非破壊で定量的に評価する手法を確立することは早急の課題と言える。

本論文は、細径光ファイバを適用した複合材料の損傷検知システムの構築を目的としている。この細径光ファイバは、CFRP積層板の機械的特性を低下させることなく、CFRPの内部に埋め込むことが可能な極細の光ファイバである。特に、不均一ひずみ分布に対する感度が高い光ファイバブラッググレーティング(FBG)によるCFRP積層板中の樹脂クラック検出手法を提案するとともに、実験、解析両面からその有用性を実証している。

第1章は「序論」であり、本研究の背景についてまとめ、本研究の目的と本論文の構成について述べている。

第2章は「不均一ひずみ分布を考慮したFBGの反射光解析」であり、FBGの損傷検出センサとしての機能を説明するために、基礎的な光学および弾性力学を組み合わせた解析手法を提案している。本論文では、モード結合理論を適用したFBGの反射光解析を基礎とし、そこに応力による光弾性効果を加えることによって、不均一なひずみ分布を考慮したFBGの反射光解析を可能にしている。さらに、非軸対称なひずみが生じた場合に発生する複屈折について考察を加え、それを考慮したFBGの反射光解析を構築している。

第3章は「複合材料積層板中に発生するクラックの検出」であり、FBGが書き込まれた細径光ファイバによる複合材料積層板の内部に発生する樹脂クラックの検出について、第2章で提案した解析手法を適用して基礎的な検討を行っている。ここでは、(1)CFRP直交積層板内にFBGを埋め込んだ場合、反射光スペクトルが熱残留応力による影響を受け、しかもそれが非軸対称であるためにスペクトル形状が変形すること。(2)CFRP直交積層板に埋め込まれたFBGの近傍で樹脂クラックが発生した場合、応力集中によってFBGが不均一なひずみ分布となり反射光スペクトルが変形する。さらに負荷を加えない状態であっても熱残留応力によってスペクトル形状の変形が確認でき、FBGによる樹脂クラックの検出が可能であること。(3)上記の損傷検出手法が実用的なCFRP擬似等方積層板へ適用可能であること、などを実験、解析の両面から明らかにしている。

第4章は「損傷位置同定への応用」であり、位相成分を含めた反射光スペクトルからF

B Gのひずみ分布を推定し、その不均一性から損傷位置を同定する手法を提案している。ここでは、逆散乱法により再現されたモード結合定数とF B Gのひずみ分布を関連づけて損傷位置の同定を行い、解析的にこの手法の有効性を示している。

第5章は「実構造物への適用」であり、第3、4章で検討した埋め込みF B Gによる複合材料の損傷検出システムを、より大規模な複合材構造物へ適用するための基礎的検討を行っている。複合材料製の極低温推進剤タンクについてF B Gによるひずみ計測システムを開発し、再使用ロケット実験機の飛行試験時におけるリアルタイム計測に成功している。さらに、F B Gを埋め込んだ極低温推進剤タンクのひずみ・温度計測にも成功している。

第6章は「結言」であり、本研究で得られた結論を述べ、今後の課題について検討している。

以上、本論文はF B Gの不均一ひずみ分布に対する応答を利用した複合材料積層板の樹脂クラック検出手法を提案し、実験、解析の両面からこれを実証している。さらに、その成果を大規模構造物へ適用する基礎的検討も行っており、本論文で得られた成果が構造ヘルスマニタリング技術の発展に与える影響は大きい。

なお、本論文の第2章、第3章の一部は、武田展雄、岡部洋二、矢代茂樹、辻良平の各氏との共同研究であるが、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、本論文は学位請求論文として合格であり、博士（科学）の学位を授与できると認められる。

以上