

# 論文審査の結果の要旨

氏名 天野 正太郎

修士(科学) 天野正太郎 提出の論文は、「埋め込みFBGセンサを用いた先進グリッド構造のヘルスマonitoring」と題し、6章よりなる。

本論文は、近年、軽量化が特に重要となる航空宇宙構造用の材料として注目されている炭素繊維強化複合材料(Carbon Fiber Reinforced Plastic : CFRP)を用いた構造として、先進グリッド構造(Advanced Grid Structure : AGS)に着目し、埋め込みFBG(fiber Bragg grating)光ファイバセンサを用いた構造ヘルスマonitoring(SHM)システム構築のための基盤研究を行っている。まず SHM システム構築のために必要なプロセスを整理した上で、対象とする損傷の実験的な定義、定義された損傷を検知する計測システムの提案と検証、さらに、そのシステムを用いた静的・動的なひずみ計測による損傷同定手法の提案を行い、前述の損傷の検知可能性を議論し、最終的に実験・解析両方を用いて実証している。

第1章は「序論」であり、本研究の背景についてまとめ、従来に関連研究を総括するとともに、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「対象とする損傷の定義」であり、AGSに生じる可能性のある損傷について論じている。損傷としては製造欠陥と運用中の低速衝撃損傷に注目しており、とくに低速衝撃損傷については、低速衝撃試験による検討のほか、押込み試験による詳細な損傷評価を行っている。衝撃位置・衝突物サイズ・グリッド幅の三つをパラメータと考え、その組み合わせにより、どのように損傷形態が変化するかを実験的に検討している。

第3章は「埋め込み多重化FBGセンサを用いたヘルスマonitoringシステムの提案と検証」であり、第2章で明らかにした損傷を検知するための物理量としてひずみを選択し、多重化したFBGセンサをAGSの各リブに成形段階より埋め込み、構造中に発生する静的・動的なひずみを計測するシステムを提案している。次に、提案したシステムの検証を行い、とくに弾性波に関しては、疎密波・曲げ波を用いることを提案し、最適な周波数を決定した後(附録A)、これらの波がAGS中をどのように伝播するかを、実験・解析により明らかにしている。

第4章は「静ひずみ計測によるヘルスマonitoring」であり、第3章で構築した計測システムを用いて、検査荷重(面外一点集中荷重)及び自重(面内圧縮荷重)下での、損傷前後で計測される静ひずみの差から損傷検知を行う方法を提案している。検討に際しては実用時の計測誤差を考慮して、50マイクロストrein以上のひずみ差を生じた場合に損傷が検知可能であると判断することと定義した上で、リブの繊維破断について、実験・解析により検知可能であることを示している。さらに統計的異常値検知手法を提案し、損傷を自動的に判断できるSHMシステムを構築している。

第5章は「動ひずみ(弾性波)計測によるヘルスマonitoring」であり、疎密波・曲げ

波を AGS に入力し、埋め込まれた各 FBG センサで計測された弾性波から損傷検知を行う方法を提案している。疎密波に関しては、AGS が単純なユニットの繰り返しであることから、入力部より等距離にある FBG センサで計測された弾性波(初期到達波)を互いに比較し、その強度の違いから損傷位置を特定する方法を提案している。曲げ波については、交点より入力した波が周囲六方向に一様に伝播する性質を利用し、周囲六点で計測された弾性波(初期到達波)の強度の比較から損傷位置を特定する方法を提案している。以上の提案を、第 2 章で明らかにした全ての損傷について実験により検討しており、その結果、繊維破断によるクラック、格子部とスキンの接着不良については損傷検知可能であることを示している。

第 6 章は「結論」であり、本研究で得られた成果を述べるとともに、本研究に基づいた今後の研究展開について検討している。

以上要するに、本論文は、埋め込み FBG センサを用いた AGS の SHM システムを提案し、対象とする損傷の実験的な定義、定義された損傷を検知する計測システムの提案と検証、損傷の検知可能性の実験・解析的検討を行っている。本成果は、AGS の次世代航空機構造への適用可能性を拓くものであると同時に、広く SHM の航空宇宙機適用のための基礎的な道筋を示しており、航空宇宙複合材構造力学の新しい発展に大いに寄与する有益な知見を与えている。

なお、本論文は、三菱電機株式会社等との産・学・官連携プロジェクト研究の基礎的研究の一部として行われたものであるが、本論文に記載したものは論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(科学)の学位を授与できると認める。