

## 審査の結果の要旨

氏名 早坂靖

タービン部品には高い信頼性と経済性が要求されており、部品の劣化損傷を正確に予測し、制御する必要がある。このため、部品の損傷を的確に把握する損傷評価手法と損傷評価に基づく余寿命評価手法の開発が急務となっている。

従来の損傷評価では、損傷解析結果と実機損傷の定期検査記録とを比較し、境界条件などの解析条件の妥当性と損傷解析の妥当性を検証していた。解析結果と実機損傷が一致しないときは、損傷解析モデルや解析の境界条件を修正し、解析モデルと境界条件を同定し、次にその実機損傷を模擬する損傷解析に、実働境界条件を与えて、実機の損傷・余寿命を評価していた。しかし、ガスタービン高温部品の実機環境における損傷挙動と実働境界条件は複雑であり、これらの損傷評価モデルと実働境界条件を定めるためには、多数の試行錯誤を必要とした。そこで、本研究では、実際に使用されたガスタービン部品の損傷記録や実機特殊計測などの実機データを損傷・余寿命評価に有機的に活用する手法について検討した。また、高精度化した損傷解析をもとに、高温部品の長寿命化の検討方法、本手法のシステム化についてもあわせて研究したものである。

本論文は、第1章～第8章で構成されている。

第1章では、本研究の序論として、研究の背景、目的、必要性を述べるとともに、研究を総括し、本研究の構成とオリジナリティを示している。

第2章では、実機ガスタービンの運転時の特殊計測データやガスタービン部品の損傷記録などのデータを有機的に活用した上で、ガスタービン部品の損傷評価モデルと実働境界条件を効率的に同定し、損傷解析と余寿命評価の効率化と高精度化を図る手法を提案している。特に、実験計画法を用いた逆問題解析を適用し、実機損傷と解析結果の誤差平方和を最小化することにより、解析の実働境界条件を効率よく、かつ、高精度に同定し、高温部品の余寿命を予測する点に特徴がある。

第3章では、ガスタービン圧縮機翼の余寿命評価の精度向上を目的とし、翼振動応力解析と実機環境データを用いた疲労損傷率解析手法を提案している。翼の振動解析では、実機圧力変動データを用い、この圧力変動波形の特徴に着目し、複数の卓越する応力スペクトルの

重畳を考慮した翼の応力評価を行っている。また、翼の振動解析結果から実働波形を合成し、応力振幅のみならず、発生応力頻度も高精度に予測し、圧縮機翼の疲労損傷率を解析的に予測する手法を提案した。

第4章では、本手法をガスタービン第1段動翼に適用し、金属強化組織から推定した翼温度と熱境界条件を変数とした直交表による解析により、実働境界条件を同定する方法について考察している。そして、同定した境界条件を用いた損傷解析により、実機損傷をよく模擬できること示した。

第5章では、静翼の余寿命評価技術の高精度化を目的とし、実験計画法を用いた逆問題解析と有限要素法き裂進展解析による損傷評価を考察している。本手法では、金属組織観察からCo基超合金の実働境界条件の同定手法を提案している。この結果、実機き裂記録から算出した疲労損傷率より、実働境界条件を同定し、同定した条件による有限要素法き裂進展解析を行う手順をまとめている。本手法により、従来は予測が困難であった翼壁のき裂に関し、初回定検の記録を用いて、第2回定検時の最大き裂長さを予測することができ、き裂を許容長さ以下としながら、定検間隔を最大化することが可能となることを示した。

第6章では、ガスタービンの高温部品の逆問題解析を用いた損傷評価と寿命評価のシステム化に関してまとめている。ここでは、ガスタービン高温部品の余寿命評価技術をWWWブラウザにより利用が可能なクライアントサーバーシステム化を行うことにより、ガスタービン高温部品の寿命消費量を合理的に且つ迅速に評価し、部品交換やメンテナンスサイクル及び運用法を考慮した保全計画を支援することが可能となったことを述べている。

第7章では、ガスタービン高温部品の長寿命化と保守保全の合理化を目的として、インターネットを利用した高温部品の遠隔損傷診断システムの開発と実機適用結果を示している。このシステムは、ガスタービン稼動時のセンサ信号をインターネットなどの通信回線を用いて受信し、これを逆問題解析を用いた損傷解析の境界条件とするものである。これにより、機器の損傷予測を高精度化し、機器信頼性向上が実現されることを示した。

第8章では、研究の結論を述べた。

以上のように、本論文ではガスタービンの構造健全性を向上するため、実機データを活用する手法を検討し、高温部品の寿命管理システム、遠隔監視システムとして実用化したものであり、信頼性工学の分野に大きな貢献があり、その波及効果は極めて大きなものがある。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。