

研究成果報告書

研 究 題 目		表面ナノ弾性変形計測による材料損傷評価に関する検討	実 施 年 度 2016～17年度
代 表 研 究 者	所 属	岡山大学 大学院自然科学研究科	
	氏 名	多 田 直 哉	印
<p>1. 研究の目的・背景</p> <p>本研究は、材料に微小な荷重を与えたときに生じる材料表面の高度分布変化を用いて材質変化やき裂等の損傷を検知，評価する技術に関するものである。材料の表面や内部に欠陥や損傷が存在しない場合は，微小な力学的負荷を与えると材料表面は与えられた負荷に応じて滑らかな高度分布変化を示す。しかしながら，き裂やボイド等の欠陥が存在すると，その部分の変形が他の箇所と異なる傾向を示す。従来は，この微小な変形を広い範囲で捉えることが出来なかったため，超音波法等の様々な非破壊評価手法を用いて検知してきたが，近年，スイスでデジタルホログラフィック顕微鏡（DHM）が開発され，材料表面におけるナノメートル以下の微小な凹凸を 1mm^2 四方の広い範囲で高速にかつ大気中で測定できるようになった。申請者らは，これに合わせて，材料表面の超微小凹凸模様を参考に，変形前後で材料表面の同じ場所を同定する技術であるデジタル高度相関法（DHCM）を開発した。これらのデジタル技術を組み合わせることで，材料表面の微小な高度分布変化に基づく損傷評価が可能となった。</p> <p>そこで，本研究では，1年目に，高温機器における代表的な損傷である微小き裂を対象とし，微小き裂を含む材料モデルに関して有限要素解析を実施し，本技術の適用可能性について検討した。2年目には，模擬き裂を導入した損傷材を実際に作製し，現有のDHMを用いて測定を実施することで実用性ならびに将来性について検討した。</p>			

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

2016 年度（1 年目）微小き裂を導入したタービン動翼モデルに関する解析

図 1 に示すタービン動翼冷却通路内表面に微小き裂を導入した解析モデルを作成し、先端に微小な荷重を与えたときの外表面の高度分布変化について検討した。

その結果、き裂の有無によって高度分布変化は異なり、その差を利用することによって微小き裂

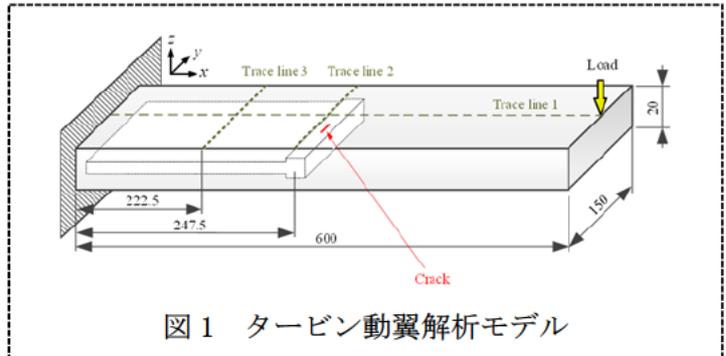


図 1 タービン動翼解析モデル

の検知が可能であることを確認した。また、材料内部や断面内の変形を検討することにより、表面に現れた高度分布の差は、微小き裂周辺におけるひずみ分布の違いから生じており、き裂深さが増すにつれて差が大きくなることを確認した。

申請時に計画していたポイドやコーティングの有無、材料異方性に関する検討までには至らなかったが、得られた解析結果を基に予想すると、これらに対しても対応可能と予想する。

2017 年度（2 年目） 模擬損傷動翼を用いた実験

図 2 に示す計測システムを用いて模擬損傷動翼を用いた実験を実施した。模擬損傷動翼は、金属平板の背面にワイヤーカット放電加工によりスリットを導入したものであり、表面高度分布の計測は、現有のデジタルホログラフィック顕微鏡のステージ上で行った。また、本研究では、非接触で荷重の負荷や測定が可能な永久磁石を用いた新たな試験システムを構築して実験を行い、荷重の検定には、非磁性の分銅を用いた。

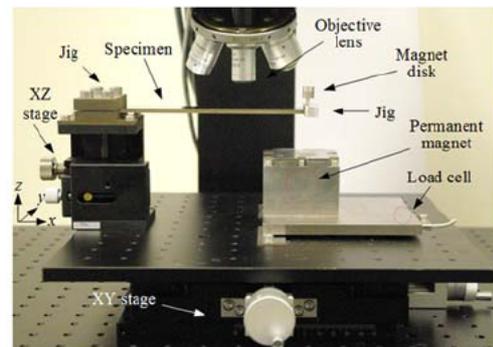


図 2 模擬損傷動翼を用いた実験

本研究で設定した試験片表面上の測定領域を図 3 に示す。図からわかるように計 11 箇所
の測定領域を設け、各領域間の距離は 1 mm とした。75 mm に位置する Area 6 の裏側に
スリットが存在している。

測定の結果得られた表面傾き変化差（スリットがある場合と無い場合において、無負荷
状態と荷重をかけた状態における表面勾配の変化の差を取ったもの）を図 4 に示す。図中
には、本試験片用に実施した有限要素解析の結果も合わせて実線で示している。スリットの
位置（ $x=75$ mm）において傾き変化差が大きく変わっており、スリットの存在が検出で
きていることがわかる。また、その結果は、解析結果とも一致している。

当初の予定では、材料の表面仕上げが測定結果に及ぼす影響についても検討する予定で
あったが、計測結果の精度向上や再現性の確認に時間がかかり、そこまでは達成できな
かった。

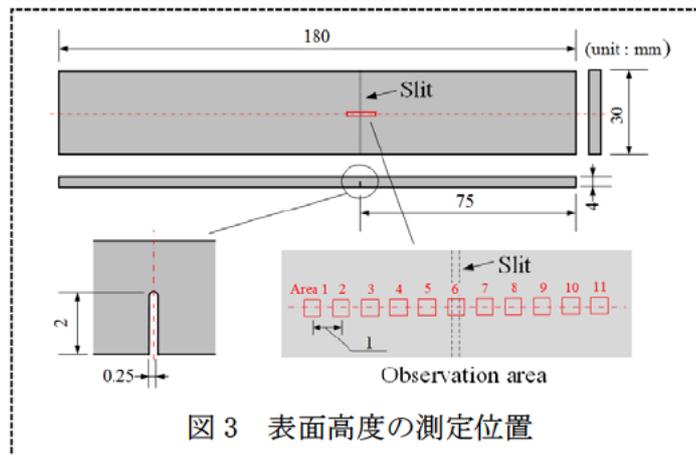


図 3 表面高度の測定位置

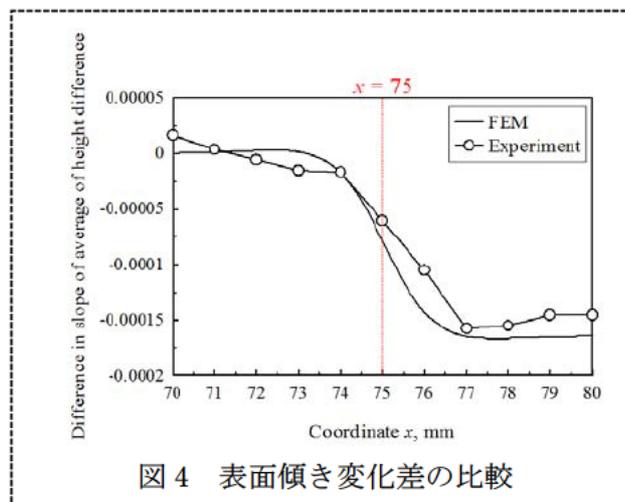


図 4 表面傾き変化差の比較

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

2016年の申請では、設備備品費として解析用ワークステーション（40万円）、消耗品費として有限要素解析用汎用ソフトウェア（70万円）と試験体およびその表面処理や研磨用消耗品（26万円）を申請していた。ほぼ予定通りの支出となっており、大きな変更は無かった。また、旅費に関しても2年間で24万円の申請に対して、実際は約17万円の支出となっており、若干少ないがほぼ予定通りであった。

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

「2. 研究成果及び考察」でも述べたとおり、本研究で提案している微小な荷重を与えた際の高度分布変化の違いによって内在欠陥を検出することは可能であることが明らかとなった。残る課題としては、計測精度の向上と再現性である。この2年間である程度の検証はできたが、実用面を考えると未だ不十分と言わざるを得ない。また、模擬動翼は金属板にスリットを導入した単純なものであり、実動翼のような複雑な形状をしたものに対しても検証する必要がある。

本研究の一環として、2017年末に中国電力（株）エネルギー総合研究所を訪ね、本研究成果について説明するとともに実際の耐熱コーティングされた動翼について本技術が適用可能であるか否かについて議論させてもらった。実際に試してみないとわからない点が多くあると考えられたため、実用面を考えての研究継続が必要であると考えられた。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

表面高度変化を用いたタービン動翼冷却通路内表面き裂の検出に関する基礎的実験
國安隼人，多田直哉，上森武

日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第40回若手フォーラム（2018-2）

* 予稿集無し

表面高度分布変化を用いたタービン動翼冷却通路内表面き裂の検出に関する検討
國安隼人，多田直哉，上森武

日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会講演論文集，No.185-1，303（2018-3）