

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06115

研究課題名(和文) 表面性状の反射光情報に基づく摩擦・摩耗遷移のその場判定法の実現と実証試験研究

研究課題名(英文) Realization and verification test study on in-situ detection method for friction/wear transition based on reflected light information of surface texture

研究代表者

石田 和義 (ISHIDA, Kazuyoshi)

山梨大学・大学院総合研究部・准教授

研究者番号：70324176

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：すべり面のレーザ反射光から得られる表面性状データの画像処理による摩擦・摩耗遷移のその場判定を目指すため、様々な測定対象物に対して容易に設置・評価ができる画像計測システムを構築した。この計測システムを使用して表面性状の異なる試料の表面反射画像を取得し、その特徴値をデジタル画像処理によって評価した。その結果、すべり面を想定した表面性状の反射光情報取得による評価技術は基礎的な部分が確立できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、すべり面の表面性状をそのレーザ反射光情報を取得して評価できる基礎技術は確立した。この技術の高精度化および応用することで、摩擦力や摩耗量の測定結果を使用しない状態遷移評価と無潤滑すべり面の状態監視評価が可能となることが予想される。さらに、状態遷移判定に経験やノウハウが不要となり、検査コストの削減も想定される。本研究成果はこれらの機械要素に関連する複雑な問題解決の基礎技術であるため、学術的・社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：The purposes of this research are "establishment of information acquisition/evaluation method for surface texture" and "establishment of in-situ detection method for friction/wear transition". Therefore, an image measurement system that can be easily installed on many objects was created. Using this system, laser reflected light of samples with different surface textures was acquired as a scattered light image. The characteristic values of these acquired images were evaluated by the digital image processing. As a result, it was found that the laser reflected light measurement of the surface texture is useful as a basic evaluation technique of the sample surface state assuming frictional motion.

研究分野：機械要素

キーワード：トライボロジー 光応用計測 状態監視技術 状態診断技術 画像処理

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) トライボロジー技術を活用した一例として、従来手法である潤滑状態の変化の兆候を検出する診断技術を用いた監視により、対象設備の余寿命の予測 [文献 1] が商用レベルで存在する。この手法は最重要施設（電力会社の大規模設備、例：発電用蒸気タービン）で利用されており、非常に多くの検査項目を有する。そのため、摺動部の異常等の判定をその場で判断することができず、事後判定となる。さらに、異常等の判定には蓄積された豊富なデータ・経験・ノウハウが必要であるため、学術的ではない。

(2) 研究代表者らは、摩耗進行曲線、摩耗速度進行曲線、摩擦進行曲線の3曲線を対比する手法により、SUS304の乾燥摩擦における初期摩耗から定常摩耗への遷移判定を摩擦中のその場で行う技術 [文献 2] を有している。この遷移判定を実施するには、摩擦力と摩耗量を同時に計測する必要があるため、適用可能な対象が限られる。

(3) 試料表面のレーザ光線の散乱光分布から表面性状を計測する技術 [文献 3] により、レーザ光の散乱特性と表面状態との関連性が定量的に調査されている。これらの計測技術を摺動面に適用することで、従来よりも詳細な摩擦・摩耗に関する情報を得られる。

2. 研究の目的

(1) 表面性状の情報取得と評価の確立

レーザ光源の摺動面反射光による表面性状取得画像の特徴値を抽出するため、デジタル画像認識を行う。画像認識時に必要な評価項目の選定（具体的には、明るい部分の形状・面積、明度のヒストグラム等）と、その閾値を決定する評価法を確立する。さらに、その場判定を見据えた画像処理の高速化を行う。

(2) 摩擦・摩耗遷移のその場判定法の確立

表面性状取得画像の特徴値とその画像取得時に同時取得した摩擦力・摩耗量を比較評価する。次に、両者の対応関係を明らかにし、両者の関連付けをしたデータベースを構築する。このデータベースを用い、摩擦・摩耗遷移のその場判定を行う。

3. 研究の方法

(1) 表面性状の情報取得と評価の確立

様々な測定対象物に対して容易に設置が可能で表面性状の情報取得と評価に必要な実験装置を構築するため、試料表面からのレーザ反射光をカメラで取得し、デジタル画像処理による評価が可能な画像計測システムを設計製作した（図1参照）。このシステムを使用して、試料表面からのレーザ反射光を散乱光分布像として半透過型スクリーン上に投影し、この投影像をモノクロ CCD カメラで撮影した後、画像処理ライブラリ OpenCV によるデジタル処理を行った。グレースケールの原画像を2値化（図2参照）し、形状特徴パラメータ（外接長方形の面積、外接長方形の縦横比、面積、周囲長、円形度、重心、主軸角度）をそれぞれ求め、画像処理による評価項目の選定と評価について検討した。表面性状の異なる種々の試験片を用いて表面反射画像の取得とその特徴値の基礎的な評価をするため、試料の材質は SUS304 とし、測定面は粒度 #80 ~ #2000 の耐水ペーパーで一方向に研磨した。



図1 レーザ反射光分布測定装置

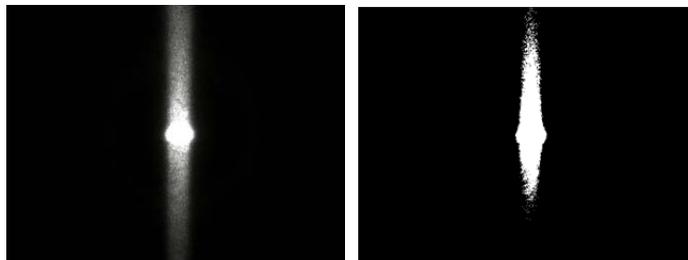


図2 レーザ反射光分布画像の原画像(左)と2値化処理(右)

(2) 摩擦・摩耗遷移のその場判定法の確立

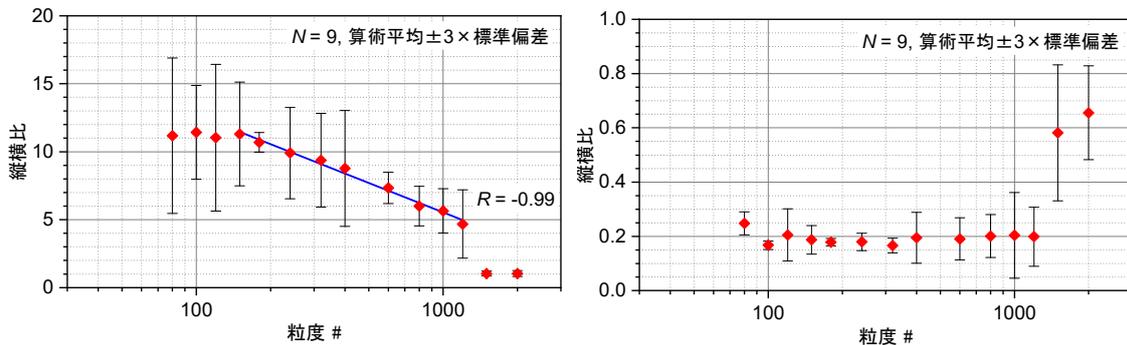
表面性状取得画像の特徴値と摩擦力・摩耗量の関連付け、およびデータベースの構築を行う。また、実証試験研究を想定した摺動条件と試料形状で実験が可能な摩擦摩耗試験機を設計製作し、各種測定とその評価を行った。

4. 研究成果

(1) 表面性状の情報取得と評価の確立

レーザ反射光分布測定装置で取得・処理した2値化処理画像から各種形状特徴パラメータを求

めたところ、外接長方形の縦横比 (= (縦辺長) / (横辺長)) に限り試料加工面の変化に対して安定的な値が取得可能であった。そこで、試料加工面の粒度と縦横比の関係を図3に示す。同図(a)では粒度#150~#1200の範囲で直線関係(相関係数 $R = -0.99$)があることを確認した。また、同図(b)では粒度#1500と#2000の縦横比に差があり、かつ他の粒度よりも縦横比が大きいことを確認した。



(a) レーザ光線方向と加工方向が直角の場合 (b) レーザ光線方向と加工方向が平行の場合
図3 試料加工面の粒度と縦横比の関係

この評価方法において、レーザ光線方向と試料加工方向を直角または平行とする組合せによって、単一方向研磨面における加工粒度#150~#2000の判別が可能となった。なお、1点測定による加工粒度の判別はばらつきが大きいいため困難であるが、複数回測定の平均化による加工粒度の判別は可能となる。言い換えれば、レーザ反射光の散乱光分布を画像処理することによって単一方向研磨面における加工粒度#150~#2000の判別が可能のため、当該評価手法で表面性状の変化を検出できる可能性が示された。したがって、摺動面を想定した表面性状の情報取得について、基礎的な評価技術は確立したと考える。

この基礎技術の高精度化および応用することで、摩擦力や摩耗量の測定結果を使用しない状態遷移評価と無潤滑すべり面の状態監視評価が可能となることが予想される。また、状態遷移判定に経験やノウハウが不要となり、検査コストの削減も想定されることから、本技術が確立した際には当該分野の技術革新に成り得ると考える。さらに、本研究成果はこれらの機械要素に関連する複雑な問題解決の基礎技術であるため、学術的・社会的意義がある。

(2) 摩擦・摩耗遷移のその場判定法の確立

実証試験研究を想定した摺動条件および試料形状での実験が可能な摩擦摩耗試験機による各種測定とその評価を行ったところ、再現性が良好かつ安定した測定結果を得ることができなかった。そのため、各種測定結果のデータベースを構築できず、摩擦・摩耗遷移のその場判定法の確立までには至らなかった。しかし、不安定な摺動条件をある程度把握できていることから、摩擦・摩耗遷移のその場判定法の適用に応用可能な基礎データを得ていると考える。基礎データの取得と分析を積み重ね、当該研究で開発した画像計測システムを適宜改良することで、摩擦・摩耗遷移のその場判定法の確立を目指す予定である。

<引用文献>

- [文献 1] トライボ診断「TRIBODIAGNOSIS」、トライボテックス株式会社、
<http://www.tribo.co.jp/tribodiagnosis.html> (2020/6/23 参照)。
- [文献 2] 石田和義、中山昇、岡田勝蔵；オーステナイト系ステンレス鋼の繰返しすべり摩擦における初期摩耗から定常摩耗への遷移判別、トライボロジスト、Vol. 56、No. 4、240-247 (2011)。
- [文献 3] 稲荷隆彦；光学的情報融合による表面外観感性計測の研究－レーザによる表面性状センシングの研究－、近畿大学生物理工学部紀要、No. 15、49-69 (2005)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石田和義、寺田英嗣、小谷信司、牧野浩二
2. 発表標題 反射光情報による摩擦面の性状評価に関する基礎研究
3. 学会等名 2020年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	寺田 英嗣 (TERADA Hidetsugu) (40262646)	山梨大学・大学院総合研究部・教授 (13501)	
研究分担者	小谷 信司 (KOTANI Shinji) (80242618)	山梨大学・大学院総合研究部・教授 (13501)	