

レーザスペckル法の金属表面評価への適応

和田 拓也^{1,2}, 石澤 広明³, 児山 祥平³

¹ 自然科学研究機構 国立天文台 野辺山宇宙電波観測所 (〒384-1305 長野県南佐久郡南牧村野辺山 462-2)

² 信州大学大学院 総合工学研究科 システム開発工学専攻 (〒386-0018 長野県上田市常田 3-15-1)

³ 信州大学学術研究院 国際ファイバー研究所 (〒386-0018 長野県上田市常田 3-15-1)

Surface Evaluation of Metallic Industrial Products Based on Laser Speckle method

Takuya WADA^{1,2}, Hiroyuki ISHIZAWA³, and Shohei KOYAMA³

¹National Astronomical Observatory of Japan, Nobeyama Radio Observatory,

462-2 Nobeyama, MiMinamimaki, Minamisaku, Nagano 380-8553

² Shinshu Univ. Interdisciplinary Graduate School of Science and Technology, 3-15-1 Tokida, Ueda, Nagano 386-0018

³ Shinshu Univ. Interdisciplinary Cluster for Cutting Edge Research, Institute for Fiber Engineering,

3-15-1 Tokida, Ueda, Nagano 386-0018

Author: This study describes a novel method for measuring surface roughness of surface roughness by Laser Speckle pattern measurement. Speckle pattern is that the distribution was formed by reflection light as blob from roughness of material. We described two statistical feature by speckle pattern was detected from artificially metallic plate of buffed. Their result shown that confirmed significant linearity and construct predictive formula from speckle pattern by our method.

Key Words: Laser measurement, Speckle method, surface roughness

1. はじめに

表面粗さの測定は、工業製品の生産において非常に重要な工程の一つである。近年、品質管理に対する関心が高まりにより一層重要となっている。表面粗さは、JISやISOで規格されている様に触針法を用いて行なう事が今日においても少なくない。しかし、触針法では試料を直に触れるため、変形や損傷を与える事が少なくない。一方で技術革新により非接触な計測手法として光学的な手法を用いられる事も多くなってきた。しかし、これらの測定器の中には、機器の扱いが複雑である他、高精度の計測の為に膨大な時間が掛かるものも少なくない為、オンライン計測に必ずしも適応が出来ているとは言えない。

本報告では、高精度の計測を実現するシステムとして、レーザスペckル法を用いた手法を提案する。また測定量と実際の表面粗さとを紐付ける予測式を、測定データの線形変換を用いる事で非常に簡単する事ができる事を検証によって明らかにした。

2. 計測原理

レーザのような空間コヒーレントの光波を粗面に照射すると撮像面に斑点状のパターン光、すなわちレーザスペckルパターンが観察できる¹⁾。スペckルパターンは、粗面からの光波の位相が重畳されたものであり、結像面で像を成さずとも、そこには表面の情報が保存されている。したがって、測定したスペckルパターンから深さ方向の

情報をパターンの濃淡(Speckle Contrast¹⁾、以降CNTとする)で、平面方向の情報を閾値以上の数(Speckle count)を統計的に求める事で、JISに規格されている様なRaやPeak countなどの表面粗さを表現できる可能性があると考えられる。

3. 計測システムおよび実験方法

3.1 測定システム

測定システムは、光源としてHe-Neレーザおよび固体レーザを用い、発振したレーザを21倍のビームエキスパンダで30mmまで拡大平行光とした。試料には、試料の垂直方向から25°の方向から入射し、正反射する方向に検出器を設置した。検出器はレーザ計測用CCDを用い、画像をPCで取り込み、解析が行なわれる。Fig.1に基本的な計測システムの外観を示す。

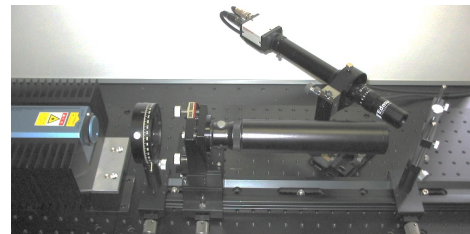


Fig.1 Laser Speckle pattern Measurement system

3.2 測定方法および解析

測定試料は、バフ研磨したステンレス板を用い

た．バフ研磨では，#800，#600，#400，#240，#180，#100 の 6 段階を一方方向に研磨する形で試料を用意した．加えて，JIS B 0203 に準拠した試料 2B-1，2B-2 を加えた．参照値の測定は，JIS 準拠の測定として触針法と測定器の比較としてレーザ顕微鏡の 2 つの測定器を用いて行なった．Speckle pattern の測定は，触針法との比較実験においては各試料で観察箇所を変えながら 10 回，レーザ顕微鏡との比較実験においては 5 回測定した平均値および標準偏差を求めた．Speckle contrast は Speckle pattern の標準偏差の平均した規格値によって求められ，Speckle count は，閾値以上の輝度を数える事で求めた．Speckle Contrast の線形性は，飽和値近くを通る漸近線に対する線形変換²⁾をして行なう．得られた線形性を再び，元になる関数に戻す事で予測式を求めた．一方で Speckle count については，変換なしで線形性を確認した．Fig.2 に測定で得られた Speckle pattern の一部を示す．

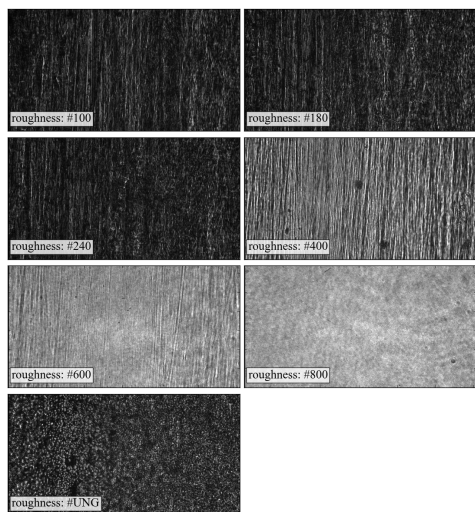


Fig.2 Images of Speckle pattern. Speckle pattern measured with Solid State Laser.

4. 実験結果および考察

表面粗さと Speckle 特徴量との関係と予測式の一例を Fig.3 に示している．まず測定によって得られる CNT と表面粗さの関係を明らかにする(図中左)．その後，線形変換の関係式を用いて Ra と CNT の関係式に変換する²⁾．まず，すべての点で構築した式を用いて予測した値と測定した CNT を比較すると相対誤差で 18%であった．この測定においては Fig.3 から分かる確認できるが，0.3 μm 付近で CNT が飽和している為，0.3 μm 以下の値のみを用いて構築した式を用いると，相対誤差 12 %まで改善する事が確認された．また，Fig.4 に示す様に，平面方向の表面粗さを表す Peak-count との関係を speckle count として定義した量については相関係数 0.86 で表面粗さ示した．

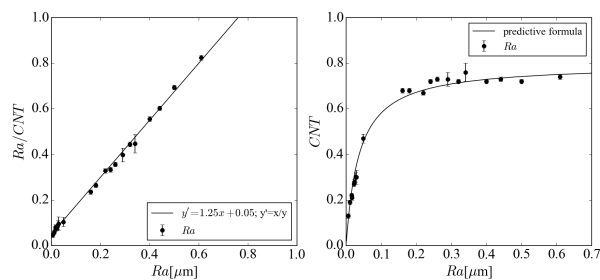


Fig.3 Relationship of surface roughness and CNT

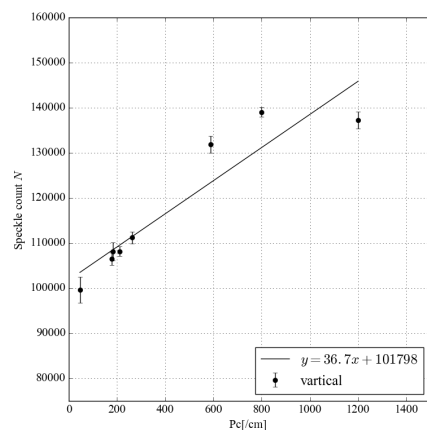


Fig.4 Relationship of surface roughness and measuring Speckle count

5. まとめ

本報告では，レーザスペckル法を用いて金属表面の評価への適応を検証した．以下に検証した結果を挙げる．

- (1) 特殊性の小さいレーザ，撮像素子などを用いてスペckル計測システムを構築した．
- (2) 表面粗さとスペckルによって求まる統計量との線形性を明らかにし，精度高い予測式を求める事を示した．
- (3) Speckle pattern のピークを数える事で peak-count などの平面方向の評価においても同様に評価が出来る可能性を実際の試料を用いて示した．

以上より，レーザスペckルを金属表面の粗さを簡便かつ迅速な方法で測定する事ができ，実用製を示す事が出来た．

参考文献

- 1) Editor: J.C.Danity, Laser Speckle and Related Phenomena, Springer, 1975.
- 2) Daniel, C. and F. S. Wood, Fitting Equation to Data, Wiley, New York, 1971
- 3) Hisashi Hirabayashi et.al, Surface Roughness Evaluation by Laser Speckle, Proceedings of SICE-ICCAS International Conference 2006, CD-ROM, pp.5809-5812, 2006