表面粗さ —その3 教科書に書けないワークのセッティングの裏技と最新の JIS 規格—

Surface Roughness—Part3, Tips on Work-piece Setup and Latest Japanese Industrial Standard—/Ichiro YOSHIDA

(株)小坂研究所 精密機器事業部 開発企画チーム 吉田一朗

1. はじめに

近年の製品の高機能化により、寸法、幾何形状だけでなく部品表面の微細な凹凸や表面粗さまで活用する必要性がますます高まり、それとともに表面性状の測定はその頻度および重要性を増している。

前報まで¹⁾²⁾は、触針式表面粗さ測定機による表面粗さの測定方法や測定条件の設定方法についての解説¹⁾と特殊な機能性をもつ表面に有効であると考えられるパラメータ³⁾⁴⁾およびその具体的な対象と表面について紹介²⁾した。本稿では、表面粗さ測定における測定対象物（以下、ワークと表記する）の設置の際のコツと最新の JIS 規格⁵⁾を紹介する。

本稿で紹介する方法の中には、原理・原則の観点からは

お叱りを受ける方法も含まれているため、お詫び申し上げますとともに、あくまでも裏技と思ってご活用いただければと思う。

2. 表面粗さ測定を楽しくする裏技

本章では、一般に知られている手法では設置、測定が困難なワークの取り扱いのコツ、それに用いる治具を紹介する。

図1は、板かまぼこのように上面が曲面になっているガラス製の載物台である。このようなガラス台は、金属箔や樹脂フィルムの測定に有効である。金属箔や樹脂フィルム、紙などのように薄いシート状のワークは、曲率のないフラットな面に実際に載せてみると、シワの発生やワークの浮き上がりによってテーブル面との間に空間ができてうまく測定できず、非常に苦勞する。しかし、図2、3のように金属箔やフィルムのセッティングに曲率のある面を活

図1 板かまぼこ形ガラス（ガラス載物台）

図3 板かまぼこ形ガラスにフィルムを設置した例

図2 板かまぼこ形ガラスに箔を設置した例

図4 Vブロックとアングルブロック

図5 Vブロックによる溝の隅や角の測定

図6 マグネット治具

用すると比較的簡単にシワや浮きの発生を抑えながら設置でき、安定した測定が可能となる。ただし、このような載物台を使った場合、測定データは円弧成分をもって得られるが、載物台の円弧の半径分を数値計算により差し引けばよい。平坦な載物台に苦勞してシワが可能な限り発生しないように設置し、測定結果からシワの形状を差し引くときに不適当な関数を当てはめてしまうよりは、費用対効果の観点も含め、手法としての妥当性が高いと考えられる。また留意点としては、図1の載物台の曲面の半径は、小さい方がワークの設置が容易になるが、測定長さが長くなると検出器の測定範囲から外れる場合もある。そのため、曲面の半径と測定長さおよびZ方向の測定レンジはトレードオフの関係となる。

図4はVブロックであり、V溝の角度によってワークを傾斜させることができる。そのため、ワークの傾斜面を測定したい場合には、測定したい部分を水平に近づけることができるため、粗さ測定を容易にしつつ測定の信頼性も向上する。また、ワークの角の部分や溝の隅の部分およびその近傍を測定したい場合にも、Vブロックやアングルブロックを活用することで図5のように角や隅の表面粗さおよび微小領域の形状測定ができるようになる。これは、機械加工の経験などでVブロックを知っていれば当たり前で簡単なことであるが、筆者の経験上、意外と知らない方が多い。

図6はマグネット治具である。マグネット治具は加工現場でも使用され、加工ワークの押さえやダイヤルゲージによる測定に活用されることがある。このマグネット治具は、厳格・厳密な表面性状の測定の観点からは不適切であるとお叱りを受けるかもしれないが、図7のように簡易

図7 簡易的な突き当て治具としてのマグネット治具

図8 アングルブロックとマグネット治具の組み合わせ（ベアリングを設置した例）

的な突き当て治具として活用できる。急な複数個の同一形状ワークの測定に対応しなければならないにもかかわらず、突き当て治具等を製作するための時間的な余裕のない場合や多品種かつ数十個のワークの測定が頻繁に要求される現場などでは、このマグネット治具は配置を簡単にアレンジできるため非常に便利で役に立つ。本来は、専用の固定治具を製作することが最もよいが、この治具の活用によって急な測定要求に対応できる利点や、ワークの同じ場所を、仮測定してから他の測定機と比較測定する場合、顕微鏡で観察して再測定する場合、修正加工しながら再測定する場合などに便利である。

注意が必要な点としては、この治具が磁石を使っていることが挙げられる。一般的な触針式表面粗さ測定用の検出器は差動トランスを使っていることが多く、差動トランスは磁力の影響を受けるため、普通の裸の磁石の使用は絶対に避け、このマグネット治具の使用の際にも注意を払わなければならない。このマグネット治具は、図6に示すようにマグネットの周囲を鉄系の金属で覆っているため磁力の漏れは少ない。しかし、厳密な測定を求められる場合や精度が求められる測定の場合は、マグネット治具を十分に遠ざけて使用するか、念のためその使用を避けたほうがよい。

図8は、Vブロックとマグネット治具を組み合わせ

図9 アルミのホイル（写真は市販の家庭用ホイル）

図10 アルミのホイルによるレンズの支持の例

活用した例であり、ベアリングのエッジ部分の測定に適用している。Vブロックによりベアリングを斜めに設置することで触針がエッジ部分を走査しやすくするとともに、Vブロックだけではベアリングが転がり不安定なため、マグネット治具を二つ使って固定している。このように、Vブロックとマグネット治具を活用すると、上手に自由度を拘束できることがある。ただし、費用的、時間的コストをかけることが許される場合は、原理原則に忠実な自由度拘束⁶⁾の治具を設計・製作したほうがよい。

図9はアルミのホイルであり、図10は図9のアルミのホイルをレンズの設置に活用した例である。オプティカルフラットやレンズなどのように底面部分の面積が比較的大きく平坦かつ逃げ部分がない場合では、そのまま設置すると座りが悪くなることや底面部分に空気が入り込むことがある。この状態を分かりやすい表現で具体的に説明すると、接触部分が定まらず不安定になることや空気が入ったまま不安定にフワフワすること、空気が徐々に抜けて安定するまでに時間がかかることがあり、測定結果が安定しなくなる。これらに対し簡易的で応急的な対応であるが、図10のようにアルミのホイルで支持をすると、測定結果が安定する。本来は、接地面に逃げを設計、加工するか三点支持の治具を用意すべきであるが、この方法でも安定して設置できることがある。図10の支持方法は、ワークの0°、

図11 紙（写真はコピー用紙）

図12 コピー用紙による簡易防風

120°、240°の三方向にアルミのホイルを挿入し、挿入する量は感覚的ではあるが、おおよそ10 mm以上からワークの直径の1割程度がよい。

また、図9、11のアルミのホイルと紙は、応急的なスペーサやシムとしても使うこともできる。筆者の経験では、コピー用紙や市販のアルミのホイルなどは大量生産品のためか、その厚みは比較的安定している。そのため、粗さ測定の際に、急にワークの微小な傾斜調整や複数のワークの高さ調整が必要となり、専用のシムやスペーサ、傾斜調整ステージ、ゴニオステージなどが用意できない場合に、使い勝手がよい。図9、11のアルミのホイルおよび紙は、実測で12~13 μm および90~91 μm （上質紙、坪量：66 g/m^2 、温度：20.4℃、湿度：53%）であった。紙は、その種類と坪量（ g/m^2 ）により厚みが異なるため、使用する前に実測の方がよいと思われる。参考として、筆者が測ったことがあるコピー用紙は、90~100 μm が多かった。よりしっかりしたシム、フィラーゲージの使用も挙げ

図 13 粘土

図 14 粘土による金属の薄板の固定

表 1 表面性状測定方法の分類⁵⁾

	表面性状測定方法の分類	具体的な方法
	二次元の輪郭曲線を測定する方法 (Line-profiling methods) $z(x)$	・ 触針走査法 (Contact stylus scanning) ・ 位相シフト式干渉顕微鏡法 (Phase-shifting interferometric microscopy) ・ 干渉式円環状輪郭曲線法^{b)} (Circular interferometric profiling) ・ 光学差動式輪郭曲線法 (Optical differential profiling)
	三次元の表面凹凸 (形状) を測定する方法 (Areal-topography methods) $z(x, y)$ または関数としての $z(x)$ ^{a)}	・ 触針走査法 (Contact stylus scanning) ・ 位相シフト式干渉顕微鏡法 (Phase-shifting interferometric microscopy) ・ 垂直走査低コヒーレンス干渉法 (Coherence scanning interferometry, CSI) ・ 光学差動式輪郭曲線法 (Optical differential profiling) ・ デジタルホログラフィ顕微鏡法 (Digital holography microscopy, DHM) ・ 共焦点顕微鏡法 (Confocal microscopy) ・ 色収差共焦点顕微鏡法 (Confocal chromatic microscopy) ・ 点合焦輪郭曲線法 (Point autofocus profiling) ・ パターン光投影法 (Structured light projection) ・ 全焦点画像顕微鏡法 (Focus variation microscopy) ・ SEM ステレオ投影法 (SEM stereoscopy) ・ 角度分解 SEM 法 (Angle-resolved SEM) ・ 走査トンネル顕微鏡法 (Scanning tunnelling microscopy, STM) ・ 原子間力顕微鏡法^{c)} (Atomic force microscopy, AFM)
	面内を積分する方法 (Area-integrating methods)	・ 総積分光散乱法 (Total integrated scatter) ・ 角度分解光散乱法 (Angle-resolved scatter) ・ 平行板静電容量法 (Parallel-plate capacitance method) ・ 流体式測定システム (Pneumatic measuring system)

注 a) $z(y)$ 方向のプロファイルの精度は、測定法に依存するので各測定法で確認する必要がある。
b) この手法は、 $z(\theta)$ のプロファイルを生成する円形走査に依存する。
c) STM および AFM は、多くの場合、走査プローブ顕微鏡 (SPM) として分類される測定方法である。近接場走査光学顕微鏡 (NSOM/SNOM)、走査容量顕微鏡 (SCM) のような SPM も三次元の表面凹凸測定に応用される可能性がある。

られるが、厚いフィラーゲージを使用する場合は切断したときにバリが出ることがあるため留意して切断していただければと思う。

図 12 は、図 11 のコピー用紙を使った簡易の防風措置である。本来、最もよいのは測定機を専用のカバーで保護する方法であり、もしくは、空気の流れが起らないように人の往来を禁止するのがよいが、測定の現場では業務の関係から禁止することができない場合もある。このような状況において、高倍率測定の必要性が突発的に生じた場

合における簡易的な対処としては、図 12 のような方法によって触針に与える風の影響を多少低減できる。ちなみに、レーザーの研究者の方が空気揺らぎの影響を低減するために、紙筒を使っているのを見たことがある。

図 13 は粘土であり、ワークの簡易的な固定に役立つ場合がある。例えば、図 14 のような金属の薄板が挙げられ、このような中途半端な厚さ、大きさにカットされた金属の薄板は、自重でたわむほど薄くはないが、テープなどで固定するとテープを剥がす際に塑性変形もしくは折れる

危険性があり固定方法に苦勞する。このような場合、図14のように粘土をうまく活用すると、ワークを折り曲げずソフトに固定することができる。また、この粘土は自由に形が変化するため、小片に切り出された半導体部品やガラス部品の固定にも役に立ち、レンズなどのように下面が曲面になっていて固定に困る場合にも活用することができる。ただし、この粘土の方法も簡易的な方法と認識していただき、より適正な測定のためには半導体用の粘着シートやゲルなどで固定する方法や多孔質およびピンホールの吸着ステージなどを活用していただきたい。

3. 表面性状の規格の動向

本章では、最新の表面性状のJIS規格について紹介する。

2014年7月22日に新しい表面性状のJIS規格として、JIS B 0681-6:2014 (ISO 25178-6:2010)⁵⁾「製品の幾何特性仕様 (GPS)—表面性状：三次元—第6部：表面性状測定方法の分類」が制定された。この規格は、粗さ曲線、うねり曲線、断面曲線および三次元の表面性状に関連する規格であり、表面性状の測定に使用される方法の分類体系および用語の定義に関して規定している。規格の中で分類された結果を表1に示す。表1は理解のしやすさを考慮し、JIS B 0681-6:2014の図1⁵⁾に示されている表面性状測定方法の分類を横向きの表にまとめ直した。加えて、具体的な方法の名称とともにその英語の用語⁵⁾も併記し、規格中のイラストも書き直している。

JIS B 0681-6:2014 (ISO 25178-6:2010)では、まず大きく3つの測定方法「二次元の輪郭曲線を測定する方法」および「三次元の表面凹凸 (形状) を測定する方法」、「面内を積分する方法」に分類し、該当する具体的な測定方法の用語および説明を列挙している。規格では実際の表面からどのような形式の測定結果を生成する方法であるかの観点に立った分類をしているが、表面性状の測定方法や測定機器の分類は、分類する際の着眼点や考え方によってさまざまな分類が可能であり、他の分類もいくつか提案されている^{7)~9)}。

この規格の本文では、各測定方法の用語とその簡単な説明がされているため、表面性状を測定する上での方法選択および理解の一助となる。当該規格をJIS規格化した趣旨としては、測定方法の体系化および用語の統一化を図ることで表面性状測定機に関する工学、工業分野の共通認識を増大させることが挙げられる。また、本規格で定義された各測定方法に関連する測定機のISO規格群が審議・制定

されている状況も鑑み、最重要の規格の一つとしてJIS規格化に至った⁵⁾。

本規格でも同様であるが、JIS原案作成委員会がISO規格に日本語を対応させる際には、規格使用者が理解しやすいこと、特定の企業が固有に使用している用語でないこと、すでに普及している用語がある場合はその用語を尊重・考慮すること、ISO規格の意図を考慮すること、今後の発展、変革を見据えることなどを念頭に置き、工業分野、教育分野、学術分野への影響と貢献を第一に考え、熟慮している。

4. おわりに

本報では、表面性状を測定する際のコツと最新の表面性状のJIS規格について述べた。

表面性状を含む測定の基本は、原理・原則に従うことであり、計測学の教科書等により基本原則をしっかりと学んでいただくことを願いたい。原理原則や諸先輩の知識を応用し、かつ、総合的に費用対効果などを考えながら、守破離の精神で日ごろの業務の改善、効率化、省力化を図っていただけたらと思う。

本報で述べた内容が、皆様のものづくり分野の教育・研究・開発、ひいては豊かさの発展に貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) 吉田一朗：はじめての精密工学—その測定方法と規格に関して一、精密工学会誌、**78**, 4 (2012) 301.
- 2) 吉田一朗：はじめての精密工学—その2 ちょっとレアな表面性状パラメータの活用方法—、精密工学会誌、**79**, 5 (2013) 405.
- 3) JIS B 0671-1, 2, 3:2002 製品の幾何特性仕様—表面性状：輪郭曲線方式—ブラトー構造表面の評価—第1, 2, 3部 (ISO 13565-1, 2, 3:1996, 1998), 財団法人 日本規格協会.
- 4) JIS B 0631:2000 製品の幾何特性仕様—表面性状：輪郭曲線方式—モチーフパラメータ (ISO 12085:1996), 財団法人 日本規格協会.
- 5) JIS B 0681-6:2014 製品の幾何特性仕様 (GPS)—表面性状：三次元—第6部：表面性状測定方法の分類 (ISO 25178-6:2010), 財団法人 日本規格協会.
- 6) S.T. Smith and, D.G. Chetwynd: Foundations of Ultraprecision Mechanism Design, Gordon and Breach Science Publishers, (1992) 43.
- 7) 笹島和幸：三次元表面微細形状・表面粗さ計測の種類と測定上の問題点, 月刊トライボロジー, **18**, 7 (2004) 19.
- 8) 柳和久, 小林義和, 吉田一朗：表面性状の標準規格動向とトライボロジーとの関わり, トライボロジスト, **53**, 8 (2008) 498.
- 9) 深津弘也：光学式輪郭測定技術を用いた工業表面のトポグラフィ測定, 精密工学会誌, **76**, 9 (2010) 995.