

形状計測技術の高度化に関する試験・研究開発

－ 画像測定におけるノイズ対策 －

Research and development on the advancement of shape measurement technology

－ Noise countermeasures for image measurement －

中居 久明、三浦 創史、飯田 勇気

八戸工業研究所には金属加工品、機械部品および電子部品等に対する寸法測定の相談が多く寄せられる。このうち、厚さ1 mm以下の金属薄板側面の寸法測定は、三次元座標測定機の接触子を安定して当てることが難しいため、画像測定で対応する場合が多い。しかし、ベアリング押さえ等の金属薄板の約8割にバリや傷などのノイズが認められ、測定精度やプログラム再現性を低下させ、正確な測定に長時間を要する要因となっている。多様な試験体を高精度かつ効率的に測定するためには、これらノイズの分離が重要である。本研究では、ノイズを除去する最適条件を明らかにし、画像測定を高度化する手法の構築を目的とした。

令和6年度は、ノイズ分離および輪郭自動抽出の検討、ならびにバリが測定結果に及ぼす影響について調査し、測定ソフトウェアに搭載されている異常点除去機能を用いることで、接触式測定との誤差が小さい画像測定値が得られることを確認し、その有効性を示した。

令和7年度は、円形状および2点間直線距離の測定において、異常点除去機能がノイズを適切に除去し、測定誤差を低減することを確認した(図1)。また、落射照明の設定値を変更し、表面模様や傷の見え方が測定結果に与える影響を調査した。照明条件を適切に調整することで、表面模様や傷が目立たなくなり、輪郭点の抽出が再現性高く安定して行えることを確認した(図2)。

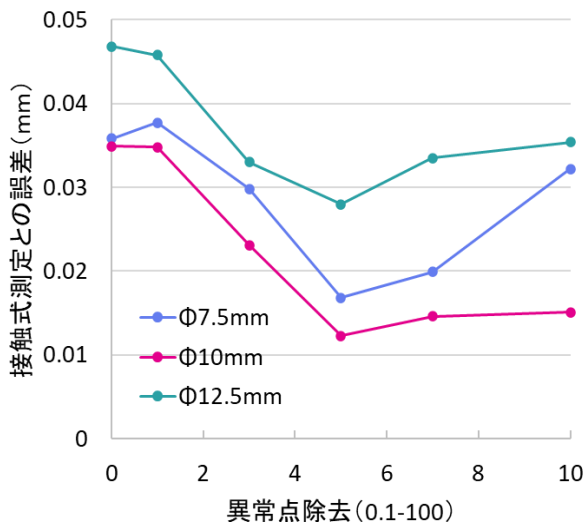


図1 異なる直径の円形状における異常点除去設定値が測定誤差に及ぼす影響

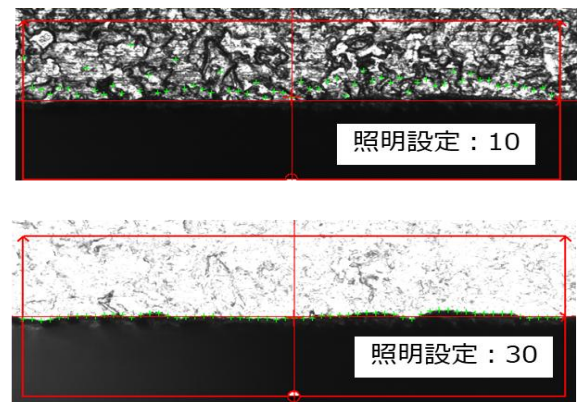


図2 照明設定による測定点の抽出状況

1. はじめに

八戸工業研究所には、金属加工品・機械部品・電子部品等の寸法測定に関する相談が多く寄せられている。特に、厚さ1mm以下の金属薄板側面の寸法測定では、接触式測定機器の接触子を安定して当てることが難しく、画像測定による対応が多い。しかし、ベアリング押さえ等の金属薄板の約8割にはバリや傷などのノイズが認められ、これらが測定精度やプログラム再現性を低下させる要因となっている。

多様な試験体を高精度かつ効率的に測定するためには、画像測定におけるノイズ分離が不可欠である。本研究では、ノイズ除去に適した測定条件を明らかにし、画像測定の高度化を図る手法を構築することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 異常点除去機能の効果検証

当研究所の画像測定機、(株)ミットヨ製MVS-H404P1L-Dに備わっている異常点除去機能は、画像測定において輪郭点の中に混在するバリ・傷・反射などのノイズ点を自動的に排除し、測定値の安定化を図る機能である。本機能は、取得された輪郭点群の統計的ばらつきを基準として外れ値(異常点)を除去する仕組みを採用している。

異常点除去パラメータ(S)は1～100の範囲で設定され、値が大きいほど除去範囲が広くなり、値が小さいほど除去量が少なくなる。デフォルト値は5である。異常点除去は標準正規分布に基づいて行われ、使用範囲は次式で表される。

$$\text{使用範囲} = \pm(10/S) \times \sigma \quad (\text{式1})$$

ここで、 σ は輪郭点群の標準偏差である。例えばS=5の場合、 $\pm 2\sigma$ の範囲が利用され、標準正規分布における95.44%の点が有効点として残る。この範囲外の点は異常点として除去される。

処理の流れとしては、まず取得した全ての輪郭点から一次的な点・線・円などの形状を計算し、その形状を基準として異常点除去を行う。除去後に残った点群を用いて再度形状を計算し、最終的な測定値を求める。この再計算処理により、ノイズ点の影響を受けない安定した輪郭抽出が可能となる。

異常点除去機能は、バリや傷などの局所的ノイズが混在する試料に対して特に有効であり、適切なパラメータ設定により測定精度と再現性の向上が期待できる。

以上より、異常点除去機能によるノイズ分離および輪郭自動抽出の効果を検証した。試験片は、呼び寸法10mmのリングゲージに工具径 $\phi 6\text{mm}$ のエンドミルで溝加工を施し、意図的にバリを発生させたものとした(図3)。

実験には、(株)ミットヨ製画像測定機 MVS-H404P1L-D、カールツァイス製三次元座標測定機 UPMC550 CARAT を使用した。作製した試験片について、まず接触式三次元座標測定機により円の直径を測定し、これを基準値とした。その後、画像測定により、加工部のバリを含む箇所の直径測定を行い、測定箇所の違いが測定値に与える影響を比較した。

さらに、画像測定ソフトウェアに搭載されている異常点除去機能を用い、異常点除去パラメータの設定値を0～20の範囲で変化させながら円の直径を測定した。

また、より多様な形状に対しても同様の効果が得られるかを検証するため、径の異なる複数の円形状および直線距離を備えた試験片を用いて測定を実施した。円形状は $\phi 7.5\text{mm}$ 、 $\phi 10\text{mm}$ 、 $\phi 12.5\text{mm}$ の3種類、直線距離は75mmを対象とし、異常点除去パラメータを段階的に変化させ、除去強度と測定結果の関係を評価した。

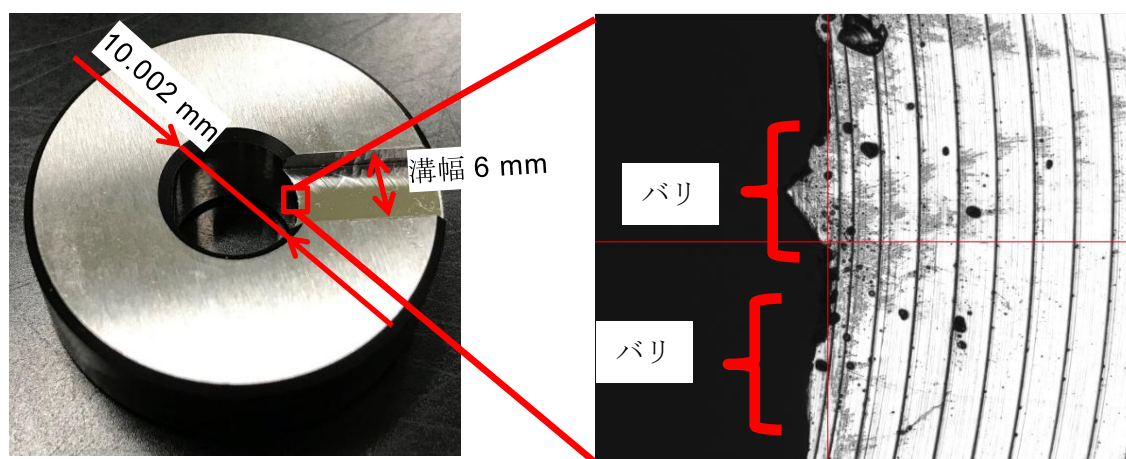


図3 試験片（左図：リングゲージ、右図：発生させたバリ）

2.2 照明条件の影響調査

落射照明の設定値を変更し、表面模様や傷の見え方が測定結果に与える影響を調査した。落射照明は試料表面の模様や傷、切削痕が強調されやすく、これらがエッジとして誤検出されることで測定精度の低下を招く可能性がある。そこで、照明パラメータの調整によりノイズの視認性がどのように変化するかを検証した。

まず、落射照明を用いて試料の画像を取得し、照明が強い場合に表面の傷や異物が明瞭に写り込み、切削痕が輪郭として誤検出されることを確認した。次に、落射照明の明るさ設定を段階的に変更し、照度の違いが輪郭抽出に与える影響を調査した。具体的には、照明強度を低設定から高設定まで順に変化させ、各設定で取得される輪郭点の分布、ノイズ点の発生状況、エッジの安定性を比較した。

これらの結果をもとに、照明条件がノイズの視認性および輪郭抽出の再現性に与える影響を評価し、測定精度向上に資する適切な照明設定条件を検討した。

3. 結果

3.1 異常点除去機能の効果検証

図4に異常点除去設定値0と5における測定点の抽出結果を示す。図中の「+」が抽出された測定点である。設定値0では、バリを含む輪郭全体が測定点として抽出され、切削痕が測定点として誤抽出される箇所も確認された。一方、設定値5では、バリや切削痕は抽出されず、輪郭点のみが安定して抽出されていた。

図5に異なる直径の円形状における異常点除去設定値が測定誤差に及ぼす影響を示す。 $\phi 7.5\text{mm}$ 、 $\phi 10\text{mm}$ 、 $\phi 12.5\text{mm}$ のいずれにおいても、設定値5付近で誤差が最小となった。

図6に直線距離測定における異常点除去設定値の影響を示す。設定値3付近で誤差が最小となり、測定形状により最適値が異なる可能性が示唆された。

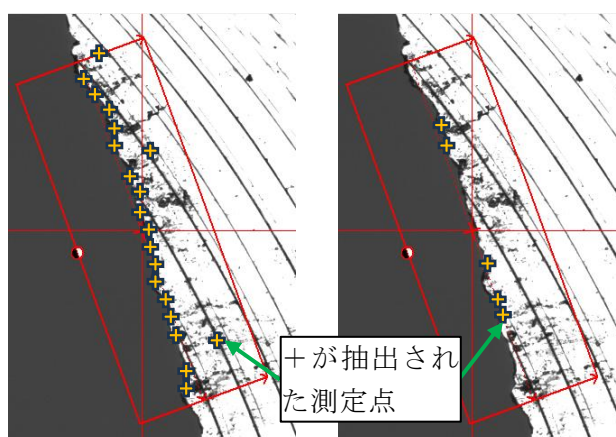


図4 異常点除去機能による測定点の抽出結果（左図：設定値0、右図：設定値5）

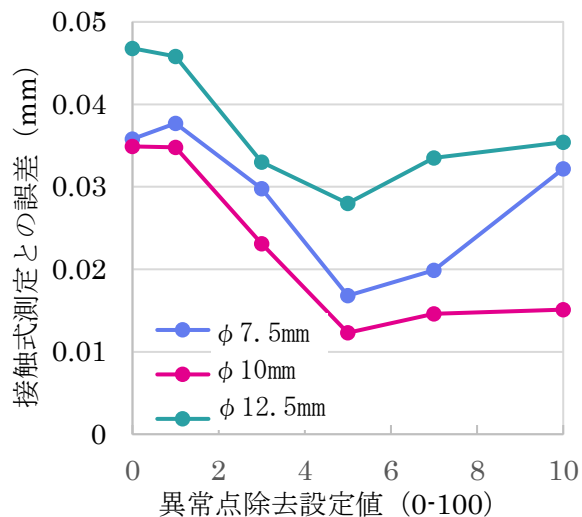


図5 異なる直径の円形状における異常点除去設定値が測定誤差に及ぼす影響

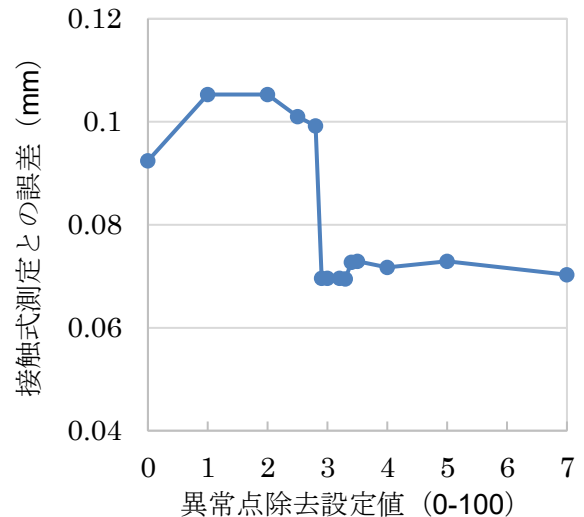


図6 直線距離における異常点除去設定値が測定誤差に及ぼす影響

3. 2 照明条件の影響調査

試験体表面の模様を測定点として誤認識していたことから、落射照明の設定値を変更し、表面模様や傷の見え方が測定結果に与える影響を調査した。図7は照明設定値10と30における測定点の抽出状況である。照明設定値10では試験体表面の模様を測定点として誤認識していたが、照明設定値30では模様のコントラストが低下し、境界輪郭のみが抽出されていた。照明を強くしたことで表面模様の視認性が低下し、誤認識が抑制されたものと推察される。

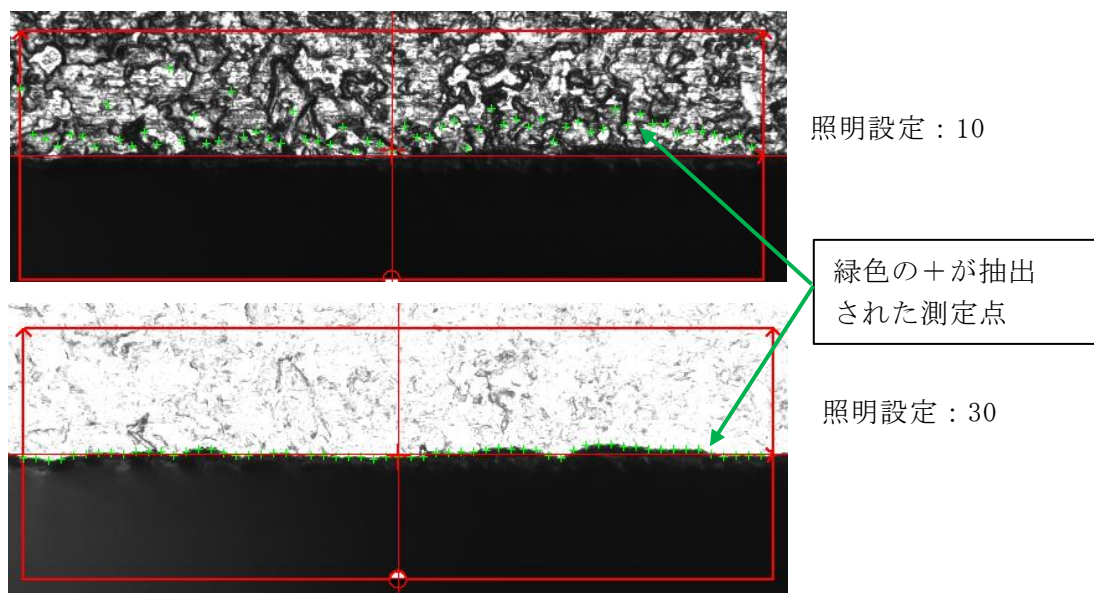


図7 照明設定による測定点の抽出状況

4. まとめ

本研究では、画像測定におけるノイズ(バリ・傷等)の影響を低減し、測定精度を向上させるため、異常点除去機能および照明条件の最適化について検証を行った。異常点除去効果の検証では、円

形状および2点間直線距離の測定において、異常点除去機能がノイズ点を適切に排除し、測定値の安定化に寄与することを明らかにした。特に、今回の試験片では、円形状に対しては除去レベル5付近、直線距離に対してはレベル3付近が最適であり、測定形状によって最適な除去レベルが異なる可能性が示唆された。

照明条件の影響調査では、落射照明の設定値を調整することで表面の模様や傷を目立たなくさせることができ、輪郭抽出の再現性が向上した。照明による境界線のコントラスト強調は、測定精度の向上に有効であることが確認された。

また、得られた知見を基に、ノイズ除去手法、照明条件設定、測定時の注意点を整理し、技術支援で活用できるマニュアルとして取りまとめた。