

ネジ精度評価測定機の開発

高尾 清利・中山 信一・岩間 貴司

Invented by Measuring Machine for Accuracy of Screw

Kiyotoshi TAKAO, Shinichi NAKAYAMA and Takashi IWAMA

要 約

測定顕微鏡、CCDカメラ及び画像処理装置を用いて、非接触によるネジの簡便な計測システムを構築し、その有効性について従来法と比較検討した。

本システムにより、外径2mm、ピッチ0.4mmの三角平行オネジを測定した結果、ネジ山の像の焦点を有効径位置で合わせることにより、有効径及びピッチは従来法による測定値に対しそれぞれ $3\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ の誤差で測定することができた。しかし外径では、 $4\mu\text{m}$ 程度、また山の半角測定は0.05度の誤差が生じた。これは、山の頂部及び谷部での結像のひずみによる影響と思われる。

全般的に、従来法による測定値に対してわずかに差が生じるものの、装置が安価に構成できる上に、操作が簡単で短時間で測定できることから、加工品の所要精度によっては有効に活用できるものと考えられる。

1. 緒 言

ネジは、歯車、ベアリングとともに機械三大要素といわれ、工業技術の進歩に欠かせない役目を果たしてきている。近年、製品の小型化、高精度化にともない、ミニチュアネジや高精度位置決め用の小径ネジなどの需要が高まり、産業機械や家電製品等に多く使用されてきている。

ネジの精度は、その評価要素ごとに測定方法があり、有効径は三針法や指示マイクロゲージにより、またピッチは測定顕微鏡を使用した影法師法、山の半角測定はナイフエッジ法などにより測定されている。

しかし、これらの測定には、高価な測定機や熟練した測定技術が必要となる上に、測定に多くの時間を要する場合が多い。

そこで本研究は、CCDカメラと画像処理装置を利用したネジの簡便な計測システムを構築し、三角ネジ山をもつ小径の平行オネジについて、従来の手法による測定データとの比較により、システムの有効性について検討した。

2. システムの構築

本計測システムは測定顕微鏡、CCDカメラ、画像処理装置、モニターで構成され、パソコンによりデータの処理、結果表示を行う。システムの概要を図1に、使用したCCDカメラの仕様を表1に示す。

本体に測定顕微鏡を使用し、鏡筒に取り付けたCCDカメラにより、透過光によるネジ山の形状を観察(影法師法)した。また、CCDカメラの傾斜及びワークの移動は、測

定顕微鏡の機構を利用した。

CCDカメラ及び画像処理装置は、市販のものを使用した。

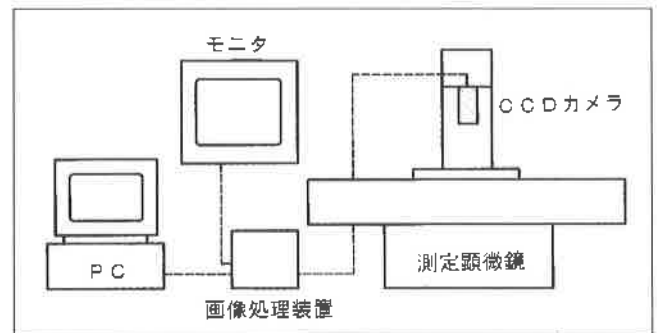


図1 装置の概要

表1 CCDカメラの仕様

画素数	500 (H) × 480 (V)	24万画素
サイズ	1/5inch	
レンズ	50mm	

3. 測定及び評価方法

3-1 基本データの取込み

ネジの形状を影法師法で観察する場合、軸芯に対して垂直方向からでは、影法師のフランクは軸断面の輪郭線と一致せず、誤差を生ずる。したがって、平均リード角分CCDカメラを傾斜させて観察することによって、その誤差を減ずることができる。図2は、平均リード角分斜めか

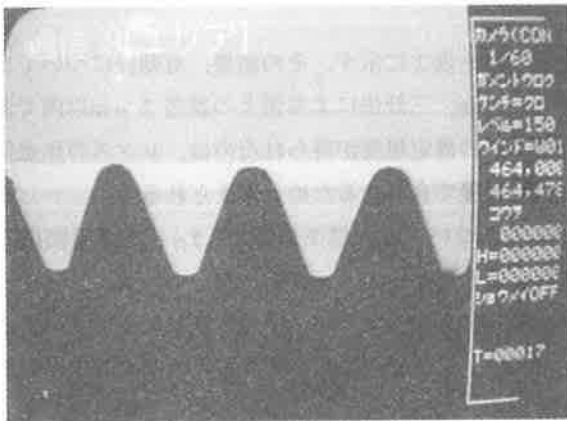


図2 ネジ山形状の二値化処理

らの軸断面形状を二値化処理した画像である。

本装置では、リード角分傾斜した方向からの軸断面形状を基本データとし、補正をかけることによって各パラメータの数値を算出する。

3-2 基本データの補正

3-2-1 CCDカメラの画素

測定分解能は、CCDの画素数によって決まるため、できるだけ高倍率で観察することが高精度な測定につながる。したがって、測定するネジの大きさによってレンズの倍率を替え、画面の許す限りネジ形状を映し出すことが重要である。

そのため、画素当たりの分解能を測定毎に計算する必要があり、その方法として基準ゲージを測定し、縦方向及び横方向の1画素あたりの分解能を算出し、長さのスケールとしている。

3-2-2 リード角の補正

ネジ山形状を取得する際、リード角分斜めからの軸断面形状を観察しているため、傾斜顕微鏡による測定と同様な軸方向の補正が必要となる。図3にその概念図を示す。

これにより、山の半角に補正を加える場合では、実測の角度を $\alpha'/2$ 、補正後の角度を $\alpha/2$ とすると、(1)式を用いて表すことができる。

$$\tan \frac{\alpha'}{2} = \tan \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \phi \quad (1)$$

これにより、補正值 $(\Delta \alpha/2)_1$ は、

$$(\Delta \frac{\alpha}{2})_1 = 87 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{P^2}{d_2^2} \text{ [分]} \quad (2)$$

となる。

同様にピッチについても、リード角 ϕ に対する補正を加える。実測のピッチを P' 、補正後のピッチを P とすると、

$$P = \frac{P'}{\cos \phi} \quad (3)$$

となる。

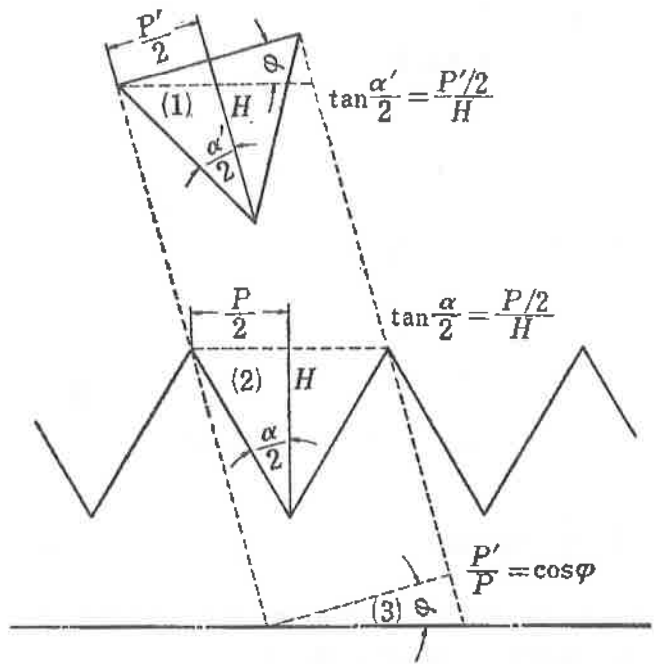


図3 ネジ軸に対しリード角をなす平面への半角 $\alpha/2$ の投影

3-2-3 絞り補正

透過光による影法師法で測定を行う場合、薄く平らで、エッジの鋭い形状を対象とする。

一般に、ネジや円筒のようなわん曲面では、光学像の境界は幾何学的パースペクティブの境界とは一致しない。そこで、ネジの有効径を測定する場合の最適な絞りは、焦点距離を F 、焦点での絞り径を B_0 とすると、

$$B_0 = 0.18F \sqrt{\left(\left(\sin \frac{\alpha}{2} \right) / d_2 \right)} \quad (4)$$

となる。

山の半角の、絞りに対する補正值 $(\Delta \alpha/2)_2$ は、最適絞り B_0 を用いて測定すると、

$$(\Delta \frac{\alpha}{2})_2 = 0.009 (2.2 + B_0) B_0 \cdot \cot \frac{\alpha}{2} \text{ [分]} \quad (5)$$

となる。

3-3 フランク面の直線平均化

有効径やピッチ、山の半角を算出する場合、フランク面の点列データを平均化し、図4に示すように直線式に置き換えることによって、計算の簡略化が図られ、また点データのイレギュラーを除去することができる。

点列データの直線化は次に示すように、最小自乗法を用いておこなった。

フランク面の平均直線式

$$Y = AX + B \quad (6)$$

とすると、各測定点の実測値と平均線の偏差二乗総和 S は、

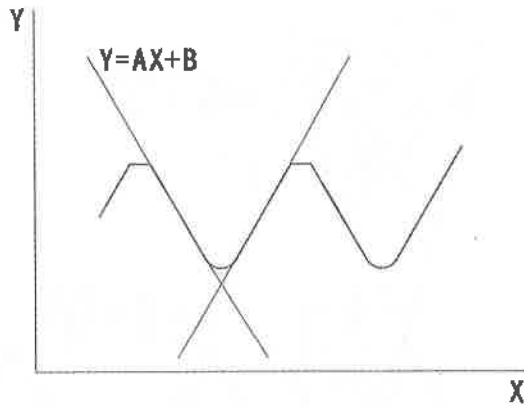


図4 フランク面の直線式化

$$S = \sum_{i=1}^N (Y_i - AX_i - B)^2 \quad (7)$$

となり、Sが最小となる係数A、Bを求めるために、A、Bについて偏微分し、0とおいて解くと、

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N X_i \cdot \sum_{i=1}^N Y_i - N \sum_{i=1}^N X_i \cdot Y_i}{(\sum_{i=1}^N X_i)^2 - N \sum_{i=1}^N X_i^2} \quad (8)$$

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N X_i \cdot Y_i \sum_{i=1}^N X_i - N \sum_{i=1}^N X_i^2 \cdot \sum_{i=1}^N Y_i}{(\sum_{i=1}^N X_i)^2 - N \sum_{i=1}^N X_i^2} \quad (9)$$

となる。

この結果より、点列データを直線化し、各評価要素の計算の基礎とする。

4. 測定結果及び考察

外形2mm、ピッチ0.4mmの位置決め用の平行オネジを本システム及び従来法により測定し、比較検討を行った。従来法としての測定は、次のような方法で行った。

①有効径

測長機(SIP社)を使用し、三針法により測定。
測定針はφ0.2319mm(津上製作所)を使用。

②ピッチ

測定顕微鏡(TOPCON社)を使用し、影法師法により測定。

③外径

測定顕微鏡(TOPCON社)を使用し、影法師法により測定。

④山の半角

測定顕微鏡(TOPCON社)を使用し、ナイフエッジ法に

より測定。

測定結果を表2に示す。その結果、有効径については標準偏差1.6μm、三針法による値との誤差2μm以内で測定できた。この測定精度が得られたのは、レンズの焦点位置を有効径位置で合わせるためと考えられる。

ピッチについては、標準偏差が1.5μm、傾斜顕微鏡による測定値との差が1μmであった。これは、ピッチの算出を、有効径位置の同じ向きで同じ側にあるフランク面で行うために、影法師法においても結像のひずみの影響が除かれるため、比較的精度良く測定できたと考えられる。

山の半角測定では、ナイフエッジ法による測定値との差が0.05度あった。これは、焦点位置が有効径位置であるために、山の頂部及び谷部に近い位置での像のひずみが大きく、ナイフエッジ法によるデータより大きい値を示したと考えられる。

外径では、顕微鏡による測定値に比べ3μm程度小さい値を示した。これも、山の頂部の像を利用して算出しているため、山の半角と同様に像のひずみにより、測定値に誤差を生じたものと考えられる。

表2 従来法との測定結果比較

		従来法	本システム
有効径 [mm]		1.7425 (0.0007)	1.7398 (0.0016)
外径 [mm]		1.9881 (0.0008)	1.9845 (0.0021)
ピッチ [mm]		0.4005 (0.0009)	0.3995 (0.0015)
山の半角 [°]	α1	30.085 (0.022)	30.145 (0.035)
	α2	29.938 (0.018)	30.112 (0.034)

()内は標準偏差

5. 結 言

画像処理システムを用いて、ネジの精度を評価するシステムの構築を試みた。このシステムを用いて、小径の位置決め用三角オネジを測定し、従来法によるデータとの比較検討を行った。

その結果、三針法やナイフエッジ法などの従来法による測定データと比べ、有効径で2μm、ピッチで1μm、外径で3μm、半角で0.05度それぞれ誤差が生じたが、全体の測定時間は短く、画像処理を利用して、オネジの精度を評価するシステムを構築できることが確認できた。特に、有効径とピッチについては、その有効性が高い。

なお、測定顕微鏡の代わりに、Y軸移動ステージとCCDカメラの傾斜機能を有した装置を作ることで、自動測定システムも安価（従来の1/5程度）に製作できると考えられる。

参考文献

- 1) 青木保雄；改訂 精密測定(2), コロナ社 (1968) 416