

## ◇ 特集 中国・四国地方における公的研究機関が取り組む技術開発 ◇

## 鳥取県産業技術センターにおける高精度非接触測定手法に関する研究

Study on highly precise non-contact measurement method  
in Tottori Institute of Industrial Technology.木村勝典\*, 新見浩司\*  
Katsunori KIMURA and Kouji NIIMI

Key words : non contact measurement, high precise, anti reflective spray

## 1. 緒言

鳥取県産業技術センターでは平成 23 年に非接触三次元デジタイザーを導入し、プレス成形品を中心にこれまでの接触式測定機を用いた離散点による測定評価から、表面形状の点群データを大量に取得し検査・解析を行う技術支援を行っている。この測定方法を用いることで、これまで困難であった成形品の肉厚検査や CAD データとの照合などが簡単にできるようになってきた。

非接触測定の特徴としてメリットは上記の通りであるが、デメリットは測定物表面の状態の違いにより測定値に影響を及ぼすことが知られていることや、磨き面など光沢のある表面の形状データ取得は難しいことである。そのため測定物表面からの反射光量の安定化を図る目的で、反射防止スプレー(以下 スプレー)と呼ばれる炭酸カルシウム等を主成分とする粉末を測定物表面に吹き付けてから、測定を行うのが一般的な手法である。

しかし、実際に取得したい形状データはスプレーを塗布した表面のデータではないことや、その膜厚や表面の状態による影響度を把握できていないことが課題であった。

そこで、当センターでは高精度な非接触測定を実現するため、スプレー塗布による測定物表面への影響を調べ、最適な測定方法の検討と影響度の定量的な検証を進めている。

## 2. スプレー

非接触測定における反射光量安定化のために用いられているスプレーは、大きく分けて以下の 3 つのタイプがある。

- 1) 亀裂探傷剤用現像液タイプ
- 2) 潤滑油タイプ
- 3) 制汗タイプ

各スプレーの中から計 6 種類の粒子を電子顕微鏡により観察・撮影した写真を図 1 に示す。使用するスプレーのタイプにより粒子の大きさやばらつきが異なっていることが確認できる。購入コストや乾燥までの時間も異なるため、使用するスプレーに応じた膜厚測定や影響度の把握を行う事は高精度な非接触測定を実現するためには必要である。今回はこれらのス

レーの中から、吹きつけ後に塗布表面が乾燥するまでの時間が早く効率的に塗布できることから、一般的に使用してされている亀裂探傷剤用現像液①のスプレーを用いて測定形状による膜厚の影響や違い、そして膜厚を定量的に把握するための検証実験を行った。

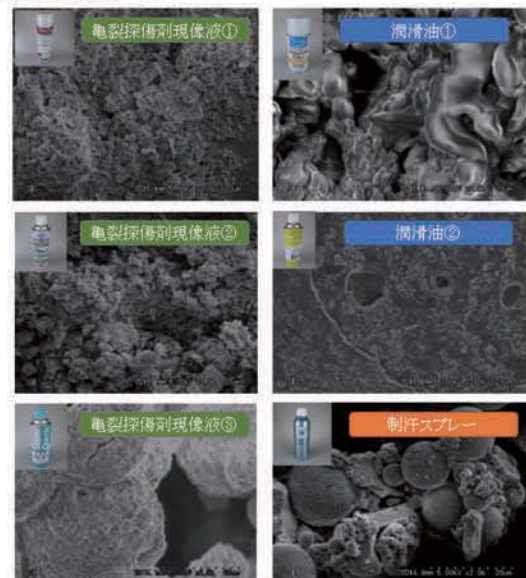


図 1 反射防止スプレー粉末の電子顕微鏡観察写真

## 3. 測定機器

## 3.1 膜厚測定

膜厚測定はレーザ顕微鏡を用いて行った。マスキングテープを貼った箇所にスプレー塗布後、テープを剥がして塗布された箇所とマスキング箇所の段差測定により求めた。測定機の概要を表 1、外観と原理を図 2 に示す。

表 1 レーザ顕微鏡の概要

レーザ顕微鏡(KEYENCE 製)	
型式(測定範囲)	VK-9500(270×202×100mm)
対物レンズ	×50(NA 0.95)
測定分解能	0.01μm
測定方法	ピンホール共焦点方式

\* 地方独立行政法人鳥取県産業技術センター;  
〒689-3522 鳥取県米子市日下1247

〈学会受付日:2015年 2月23日〉

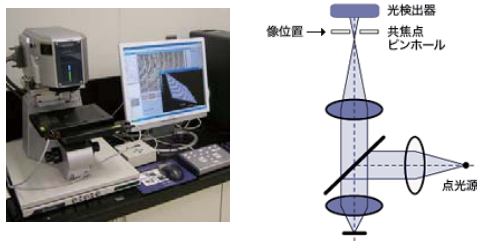


図2 レーザ顕微鏡外観と測定原理<sup>1)</sup>

3.2 形状および要素測定

測定物の形状や要素測定については、非接触三次元デジタルタイザーを用いて行った。スプレーを塗布後に測定を行い、データ処理および点群データ解析を行った。測定機の概要を表2、外観と原理を図3に示す。

表2 非接触三次元デジタルタイザーの概要

非接触三次元デジタルタイザー (Steinbichler 製)	
型式(測定範囲)	COMET 5 11M(155×105×70mm)
点間平均距離	0.038mm
ワンショット精度	±0.008mm
測定方法	空間コード化法

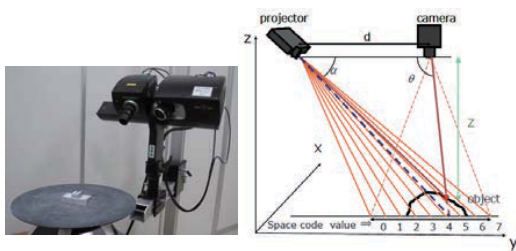


図3 非接触三次元デジタルタイザー外観と測定原理<sup>2)</sup>

4. 測定方法と結果

4.1 平面へのスプレー塗布範囲と膜厚の把握

呼び寸法 200mm のブロックゲージの長手方向端面を利用して平面におけるスプレーの塗布状態を調べた。端面の半分をマスキングした状態でスプレーを塗布(300mm 離れた距離から5秒間塗布)し、表面状態の観察と膜厚測定を行った。測定方法を図4、結果を図5に示す。



平面へのスプレーの塗布では、吹き出し口から離れるに従って膜厚の減少が確認できた。吹き付ける時間を調整することで、均一な膜厚とすることが可能であると考えられる。

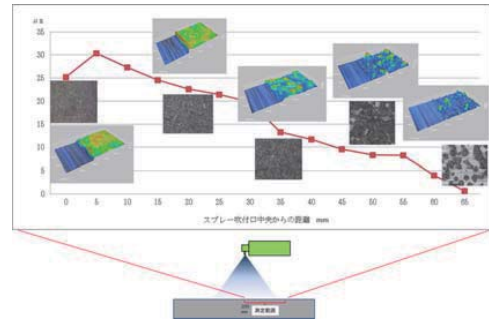


図5 平面へのスプレー膜厚分布状態

4.2 曲面へのスプレー塗布方向と膜厚の把握

直径 10mm のピンゲージを用いて、スプレーの塗布状態を調べた。曲面への塗布方向(タテ:軸方向と平行,ヨコ:軸方向と直角)の影響と角度による膜厚測定を行った。測定方法を図6、結果を図7に示す。

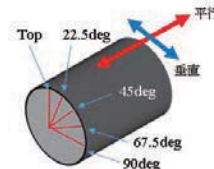


図6 塗布方向

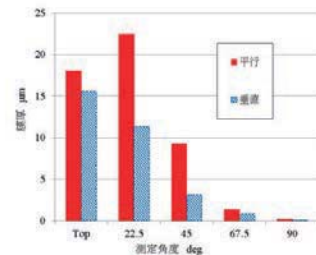


図7 曲面の膜厚測定結果

曲面ではスプレー塗布方向と異なる方向での膜厚が急激に薄くなるのが確認できた。45degくらいから少なくなり90degではほとんど塗布されていない状態であることがわかった。また、曲面のある測定物への塗布では、このような特徴を知った上でスプレーを行う必要がある。

4.3 パイプ形状へのスプレー塗布状態の把握

直径 30mm のリングゲージを用いて、スプレーによる直径値への影響を調べた。3つの異なる方法によるスプレーを塗布後、測定した点群データから円筒の直径を測定し、リングゲージの参照値との差を求めた。また、スプレー塗布しなかった場合の直径測定も行い、スプレー塗布した場合の直径値と比較した。3つのスプレー方法を図8、直径測定結果と参照値との差を図9、形状偏差の円筒度結果を図10に示す。

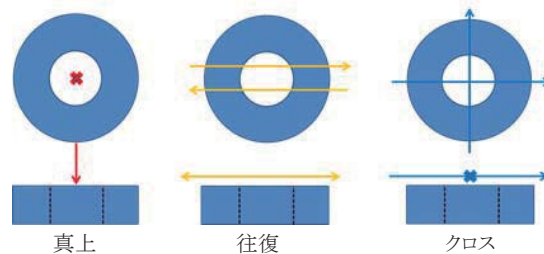


図8 スプレー塗布方法

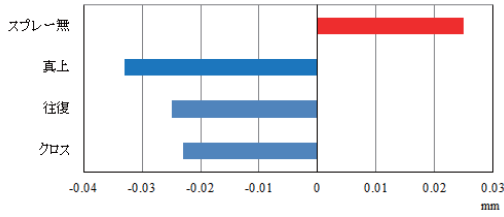


図9 測定結果と参照値との差

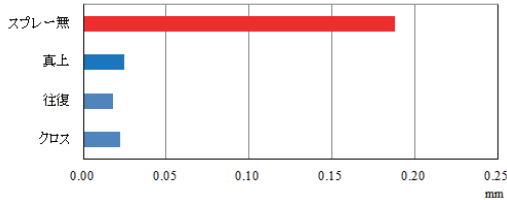


図10 円筒度結果

パイプ形状では、スプレー塗布の有無により明確な差が出た。スプレーを塗布した場合は塗布膜の厚さ分小さくなっている傾向が確認できたが、スプレーを塗布しない場合は参照値よりも大きい値となった。3つの塗布方法による違いは大きくはなかったが、クロスに塗布する方法が最も参照値との差が小さかった。

また、形状精度である円筒度の結果からは、スプレーを塗布した結果の方が塗布しなかった方の形状よりも1/10程度円筒度が小さかった。測定したい面の反射光量が安定して測定できていることがわかった。

4.4 複数面の角度評価の把握

大小2つのプリズムを用いてスプレーによる2つの平面の角度への影響を調べた。測定面の向きが大きく異なるため、2つの面がカメラと同様な位置関係で測定できるようにプリズムの真上からの1ショット測定とカメラを45deg程度傾けた状態にして測定面に垂直にカメラを向けて回転テーブルを用いて8ショット測定を行った。プリズムのセット状態とスプレー塗布方法を図11、角度測定結果と三次元測定機で求めた参照値との差を図12に示す。

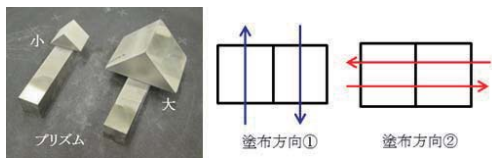


図11 プリズムセット状態とスプレー塗布方法

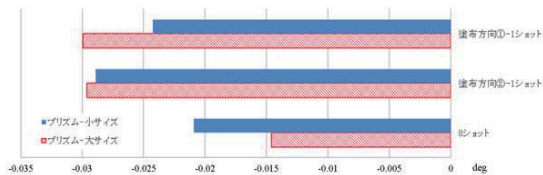


図12 角度測定結果と参照値との差

角度測定結果から、今回行ったどの測定条件でも良好な角度測定が行えることがわかった。JISでの角度寸法においても精級レベル<sup>3)</sup>を超える測定精度であることを確認できた。

4.5 スリット形状での塗布状態の把握

3つの厚さの異なるブロックゲージを用いて段差ゲージを作製し、スリット形状における段差測定値への影響を調べた。作製した段差ゲージに2つのスプレー塗布方法により段差を求め、三次元測定機で測定した段差結果を参照値として比較した。この測定は3回繰り返し行った。作製した段差ゲージを図13、スプレー塗布方向と参照値との差を図14に示す。

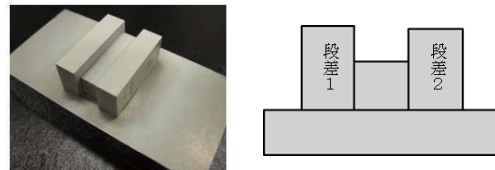


図13 段差ゲージ

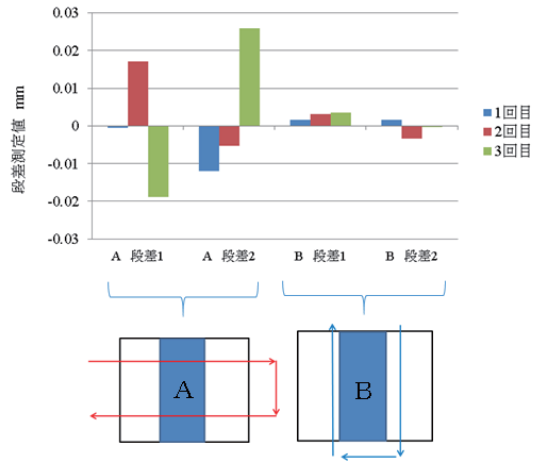


図14 スプレー塗布方向と参照値との差

段差ゲージでは、スプレー塗布方向の違いによる段差測定値への影響に大きな差が出た。段差の凹面の長手方向に対して平行にスプレーを塗布した場合は参照値との差は5μm以内と高精度な測定を行う事ができた。しかし、垂直にスプレーを塗布した場合は、最大で25μmを超える違いがあった。これは、スリットである凹部分をスプレーが通過する際に、両側にある壁に当たった跳ね返りの影響があると考えられ、またばらつきも大きいことがわかった。

5. スプレーの膜厚定量評価方法の検討

スプレー塗布後の膜厚について測定前に事前に把握することが高精度な測定を行う上では重要となるため、定量評価方法について検討を行った。測定を行う際は、必ず測定物に応じて測定光量を最適な条件とするため測定時の露出時間を設定してから測定を行っているが、その設定値は測定物により毎回異なることを確認していた。

そこで、金属の研磨面(Rz 1.18μm)を有するブロックを用いて、その平面の一部分をテープでマスキングした状態でその面に垂直方向からスプレーを塗布した。次に、測定の際に塗布表面上にハレーションを起こさない最大の光量になるように露出時間を設定した状態で測定し、マスキングを剥がした後に膜厚測定を行った。

金属研磨面の膜厚測定値と露出時間の関係を調べたグラフを図15に示す。

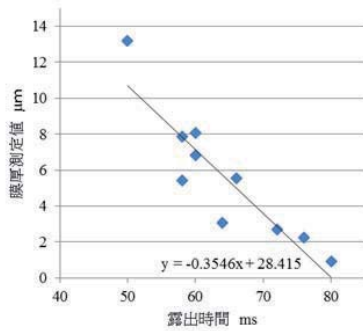


図15 膜厚測定値と露出時間の関係

スプレーの膜厚が薄い場合は、測定物表面から反射する光量が少ないため露出時間を長くし、より多くの光を取り込まなければならない。しかし、膜厚が厚くなると測定物表面からの反射光量が多くなるため、露出時間を短くする必要があった。この測定での膜厚と露出時間との相関係数は-0.903 となり高い相関関係があることがわかった。このことから測定物にスプレーを塗布後に露出時間を確認すれば、表面に塗布された膜厚を推定することが可能となり、より正確な形状評価を行う際の補正值として利用できると考える。

このことを確認するための検証実験も行った。検証実験では膜厚に明確な差が出るようにスプレー塗布回数を 1, 3, 5 回の 3 パターン行い塗布面の状態観察および膜厚測定値と露出時間の関係を調べた結果、膜厚と露出時間の関係を明確に把握することができた。塗布面の観察写真および膜厚測定値と露出時間の関係を図16に示す。

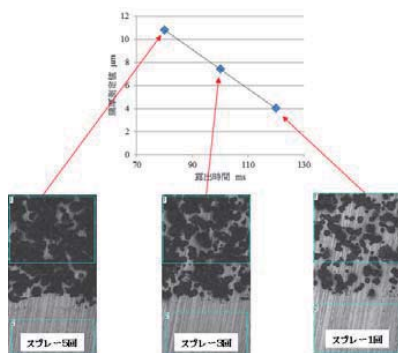


図16 塗布面と膜厚および露出時間の関係

次に定量評価方法の有用性を確認するため、金属ブロックに径の異なる球を取り付けた評価用ゲージを作製した。そのゲージを三次元測定機で測定したデータから3DCADを作製、スプレーを塗布後に測定した点群データとのベストフィット解析を行った。ゲージの外観、形状測定データ及び CAD データを図17、ベストフィット解析結果を図18に示す。

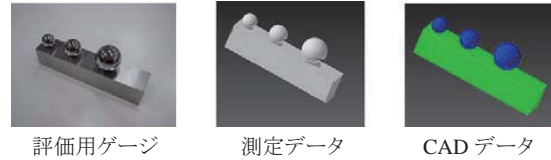


図17 評価用ゲージ

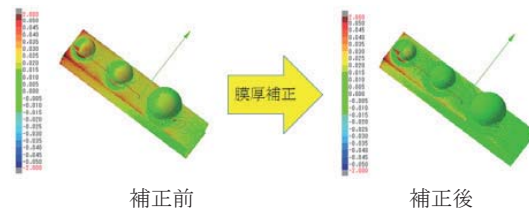


図18 ベストフィット解析結果

膜厚を定量評価する手法を用いて行った評価用ゲージでの結果からは、一部ブロックのエッジ部においてスプレーが多く付着し CAD データとの差が大きかった箇所もあった。しかし、球形状および球を固定した平面上では膜厚を補正することで、±10μm 以内に入るデータ割合が補正前では 17.94% であるのに対し、補正後は 52.15% と大幅に向上しており高精度な測定が行えることを示すことができた。

6. おわりに

鳥取県産業技術センターで導入した非接触三次元デジタイザーを用いた高精度非接触測定の取組により以下のことがわかった。

- 1) 測定物の表面による反射光量を安定させるためのスプレーには多くの種類があり、それぞれ使用されている粉末の粒子に違いがあった。特徴を把握した上で使用することが望ましい。
- 2) 測定物の形状やスプレーの塗布方向により測定値に影響を及ぼす場合があることがわかった。
- 3) スプレーの膜厚を補正できる方法として、膜厚の定量評価方法を提案しその効果を検証した結果、有用性があることを示すことができた。

今後も非接触測定による高精度化のための研究を推進し、地域の活性化のための取り組みを進めていく。

7. 参考文献

- 1) オリンパス HP : [http://micriscopelabo.jp/user/002/index\\_2.html](http://micriscopelabo.jp/user/002/index_2.html)
- 2) 石井 抱: 搬送ラインに特化した高速3次元形状計測システム, JST 新技術説明会, (2011)
- 3) JIS B 0405(1991), 普通公差—第1部: 個々に公差の指示がない長さ寸法及び角度寸法に対する公差