

研究ノート

機械加工面の高精度非接触測定に関する研究

齊藤昭雄*¹、水野和康*¹、河田圭一*¹、児玉英也*¹、水野優*¹、脇祐介*¹

Study on high precision non-contact measurement of machined surface

Akio SAITO*¹, Kazuyasu MIZUNO*¹, Keiichi KAWADA*¹, Hideya KODAMA*¹,
Yuu MIZUNO*¹ and Yuusuke WAKI*¹Industrial Research Center *¹

レーザ変位計で金属切削加工面のプロファイルを測定すると、プラスチックやセラミック等と比べて誤差が大きく現れることがある。本研究ではこの測定精度を悪化させる要因を調べ、測定精度を改善する方法を検討した。その結果、反射光の正反射成分が測定誤差に影響していることがわかった。試料設置角度を調整することにより、誤差の少ない安定したデータを得ることができた。

1. はじめに

生産現場では生産ラインの途中にセンサを取り付けて自動的に寸法や傷の検出等が行われている。このようなインライン検査は迅速に行う必要があるため、レーザや画像を用いた非接触測定が利用されている。しかし、これらの測定は、光沢がある金属切削加工面では反射光の影響により正しい結果を得がたいという問題がある。そこで、本研究ではインライン検査で広く用いられている二次元レーザ変位計に注目し、金属切削加工面を測定したときに測定精度を悪化させる要因を調べ、それを低減する方法を検討した。

2. 実験方法

二次元レーザ変位計としてキーエンス製、超高速インラインプロファイル測定器 LJ-V7080 を使用し以下の実験を行った。

2.1 基準試料の測定

非光沢面と光沢面を比較するために基準試料としてサンドブラスト面と鏡面（ブロックゲージ）を用いた。試料の設置角度を変えて測定し（**図 1**）、測定誤差（真直度）の分布を調べた。

2.2 金属切削加工面の測定

アルミブロックを工具径 20mm のスクエアエンドミルを用いて 1 刃送り量 0.3mm、切削速度 250m/min で正面切削したものを評価試料とし、基準試料と同様の測定を行った。測定位置（ライン状）は切削方向に直交するように設定した。なお、評価試料は接触式三次元測定機により測定ライン上の真直度が 7 μ m であることを確認した。

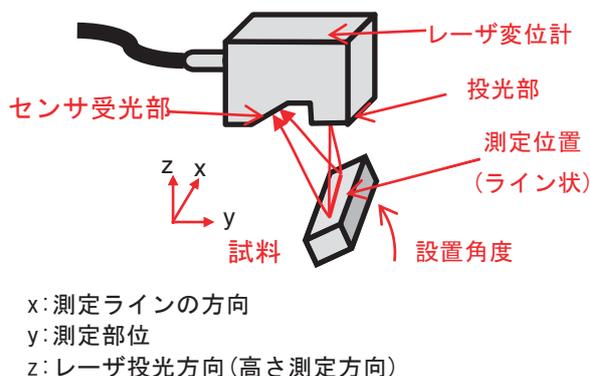


図 1 基準試料測定方法

3. 実験結果および考察

3.1 基準試料の測定結果

図 2 に基準試料面設置角度と測定誤差の関係を示す。サンドブラスト面では全測定条件でほぼ均一の測定誤差であったが、鏡面では 10~14° の範囲で特に誤差が大きくなることがわかる。このレーザ変位計の場合、測定光軸からの反射光のうち 24° 付近の拡散反射成分から変位を算出するため、測定面が 24° ÷ 2 = 12° 程度傾斜していると測定方向のごく近傍に輝度が桁違いに高い正反射光があたり、これが CCD センサが正しい位置を測定できなくなる原因だと考えられる（**図 3**）。なお、設置角度 12° で誤差が小さいのは、変位を算出する拡散反射成分と正反射光がほぼ同じ方向になるためだと考えられる。

図 4 に鏡面の設置角度 10° における CCD センサ画像を示す。中央の水平ラインが正しい測定位置であるが、センサ中央部では水平ラインの下に輝度が異常に高い領域があり、これが正反射光があたる領域と思われる。な

お、この領域が CCD 中央のみに存在するのは、扇状に放射されるレーザービームの正反射が周辺部では CCD に正面から入射しないためと思われる。このことは図 1 の y 軸回りにさらに傾斜させると、正反射領域と誤差が周辺部に移動することから確認した。サンドブラスト面の設置角度による特徴的な誤差の発生が見られないのはレーザー光を乱反射し、特定の方向に強く正反射することがないためである。

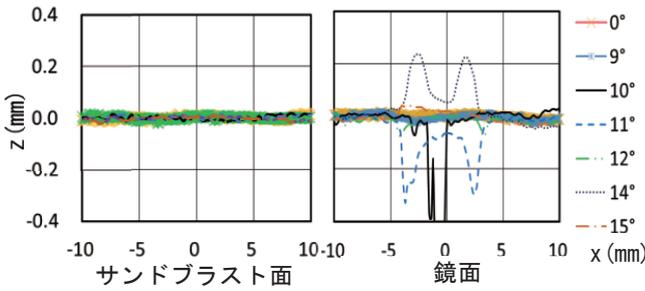


図 2 基準試料面設置角度と測定誤差

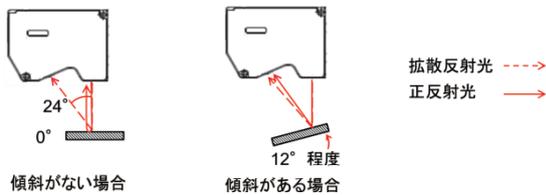


図 3 測定精度を悪化させる要因(鏡面)

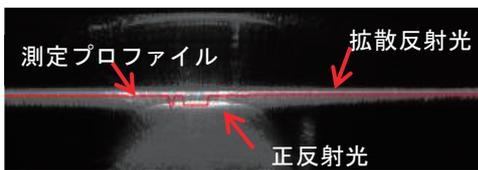


図 4 レーザ変位計の CCD センサ画像

3.2 金属切削加工面の測定結果

図 5 に切削加工面を三次元測定機及びレーザー変位計で測定した結果を示す。設置角度は 0° (標準的な角度)及び-10° で測定した。設置角度 0° の場合、 $x=5\text{mm}$ (A 部) および $x=25\text{mm}$ 付近に大きな誤差が生じている様子が見られる。

この切削加工面の誤差の発生原因もブロックゲージと同様と考えると、切削加工面を構成する微小な曲面からの正反射光が悪影響を及ぼしていると推察される。そこで A 部の位置において測定ラインと直交する方向に表面粗さを測定すると (図 6) レーザ照射方向から 10° 前後傾斜した面がみられることが確認できた。

そこで、この位置における切削加工面からの正反射光成分が CCD センサに入らないよう、試料を図 3 (右) とは逆側に傾斜させて測定したのが設置角度-10° のラインである。A 部および同様のツールマークを示す

$x=25\text{mm}$ の位置でも効果が見られ、この切削加工面では測定誤差を 50%程度に収めることができた。

一方、ツールパスの境界 (図 5 B 部) については十分軽減することができなかつた。この領域は図 7 (B 部) のような 3D プロファイルを呈しているが、誤差の発生メカニズムは不明であり、その誤差の軽減方法は今後の検討課題である。

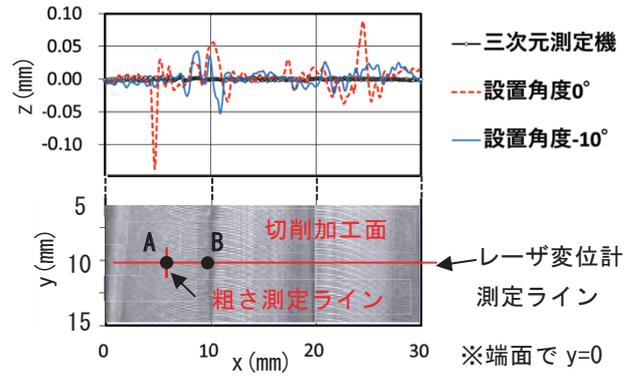


図 5 切削加工面測定結果

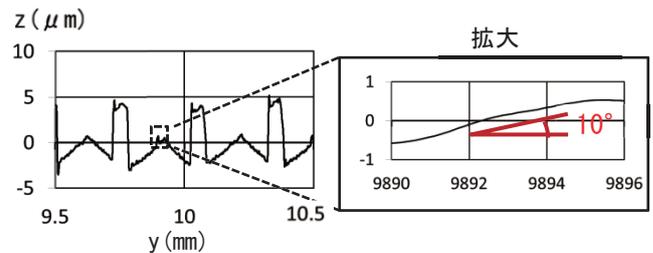


図 6 切削加工面表面粗さ(図 5 A 部)

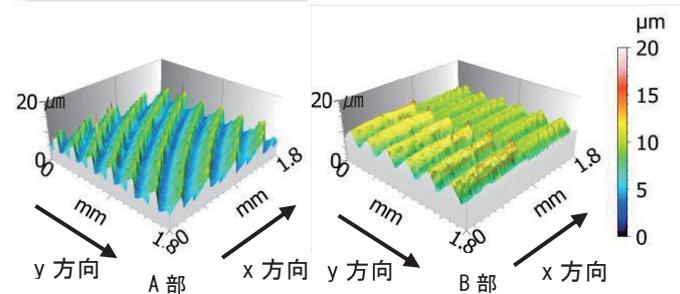


図 7 切削加工面の 3D プロファイル(レーザー顕微鏡)

4. 結び

レーザー変位計による測定について測定精度を悪化させる要因を調べ、その軽減方法を検討した。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 特定の方向に強く正反射しないサンドブラスト面は設置角度による特徴的な誤差の発生は見られない。
- (2) センサが検出する拡散反射光と鏡面からの正反射光の方向が近いと誤差が生じやすい。
- (3) 切削加工面の誤差は正反射光がセンサの反対方向に向かうように設置角度を付けると軽減できる可能性がある。