

研究論文

光コムによる高精度非接触測定のための測定条件の検討

水野 優^{*1}、河田圭一^{*1}、児玉英也^{*1}、斉藤昭雄^{*1}、島津達哉^{*1}、菅野祐介^{*1}

An Examination of Measurement Conditions for High-Precision Non-Contact Measurement Using Optical Combs

Yuu MIZUNO^{*1}, Keiichi KAWATA^{*1}, Hideya KODAMA^{*1}, Akio SAITO^{*1},
Tatsuya SHIMADZU^{*1} and Yuusuke KANNO^{*1}Industrial Research Center ^{*1}

光コムを利用した距離計測器による非接触測定において、高精度測定を行うために必要な条件について検討を行った。異なる材質及び表面性状の試料について測定精度をレーザ変位計と比較した結果、試料が金属またはセラミックの場合には測定精度はレーザ変位計を上回るが、プラスチックの場合は下回ることを確認した。また、測定光の入射角や測定距離といった測定条件を変化させた場合、測定光が試料に対して垂直でない場合には測定精度が大幅に低下するが、測定器から試料までの距離の影響は小さいことを確認した。

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ることにより寸法計測や傷の検出などを自動で行うインライン検査が行われている。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技術が利用されている。近年、光コムを利用した距離計測器¹⁾(以下「光コム測定器」という。)が製品化され、自動車部品検査等に利用されつつある。

「光コム」とは、極めて精密に等間隔で並んだ周波数成分を持つ特殊なレーザの一種である。光コム測定器では中心周波数のわずかに異なる2つの光コムを発生させ、一方を測定試料へ、もう一方を参照面へと照射する。それぞれの反射光を干渉させると、中心周波数の差に対応する周期で干渉信号が発生し、干渉信号の位相情報によって測定試料までの距離を求めることができる。

光コム測定器には、インライン測定で現在広く用いられているレーザ変位計と比べ、測定可能な焦点範囲が広いことと奥行きのある試料を測定でき、外乱光の影響を受

けにくいといった特長がある。しかし、新たな測定方式であるため、高精度測定のためのノウハウがあまり蓄積されていない。

そこで、本研究では、光コム測定器による非接触測定について、測定試料の材質及び表面性状によって測定精度がどのように変化するかを調べ、レーザ変位計の測定結果と比較した。また、測定光の入射角や測定器から試料までの距離といった測定条件の違いによる測定精度の変化を調べ、精度が低下する要因や高精度測定に必要な測定条件について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 使用機器

光コム測定器として、光コム社製の広視野センサ Optocomb-L90 を使用した。比較対象機器として、キーンエンス社製の二次元レーザ変位計 LJ-V7080 を使用した。また、基準としてカールツァイス社製の接触式三次元測定機 UPMC550 CARAT (空間精度: 0.8+L/600 μ m) によ



図1 測定する試料と測定箇所

*1 産業技術センター 自動車・機械技術室

る測定結果を用いた。

2.2 測定内容

試料はセラミック、プラスチック並びに金属のサンドブラスト面、鏡面及び切削面の 5 種類で、評価区間は 10mm とした。各試料の測定箇所を図 1 に示す。

各試料について、試料の測定面が各測定機と垂直かつ測定範囲の中央となるように試料を配置して測定を行い、光コム測定器とレーザ変位計の測定精度を比較した。

また、測定条件の違いによる測定精度への影響を調べるため、試料の角度をレーザに垂直な状態から 5° 及び 15° 傾けた場合、並びに試料位置を 10mm 遠ざけた場合及び近づけた場合について測定を行った。

測定精度の評価には真直度を用いた。なお、本研究で用いた光コム測定器には反射光強度を減衰器で弱める機能があり、オーバーフローが発生した場合は減衰器を用いて再測定した結果を測定結果とした。

3. 実験結果及び考察

3.1 光コム測定器とレーザ変位計の比較

各試料についての接触式三次元測定機による基準測定結果及び光コム測定器とレーザ変位計での測定結果を図 2 及び表 1 に示す。

いずれの試料についても基準測定での真直度は $10\mu\text{m}$ を下回っており、評価区間内では試料はほぼ平坦であった。プラスチックを除く 4 種類の試料においては、光コム測定器での真直度はレーザ変位計での値より小さく、より高い精度で測定ができています。特に、切削面においては、レーザ変位計では正反射光成分が測定結果に悪影響を及ぼしている²⁾が、光コム測定器ではそのような現象は見られず、誤差は抑えられていた。最も光コム測定器での誤差が小さかったのは鏡面で、これは光コム測定器が試料表面で反射した光の位相から距離を測定するため、測定面がレーザと垂直の場合には正反射率が高いほど有利であるためと考えられる。

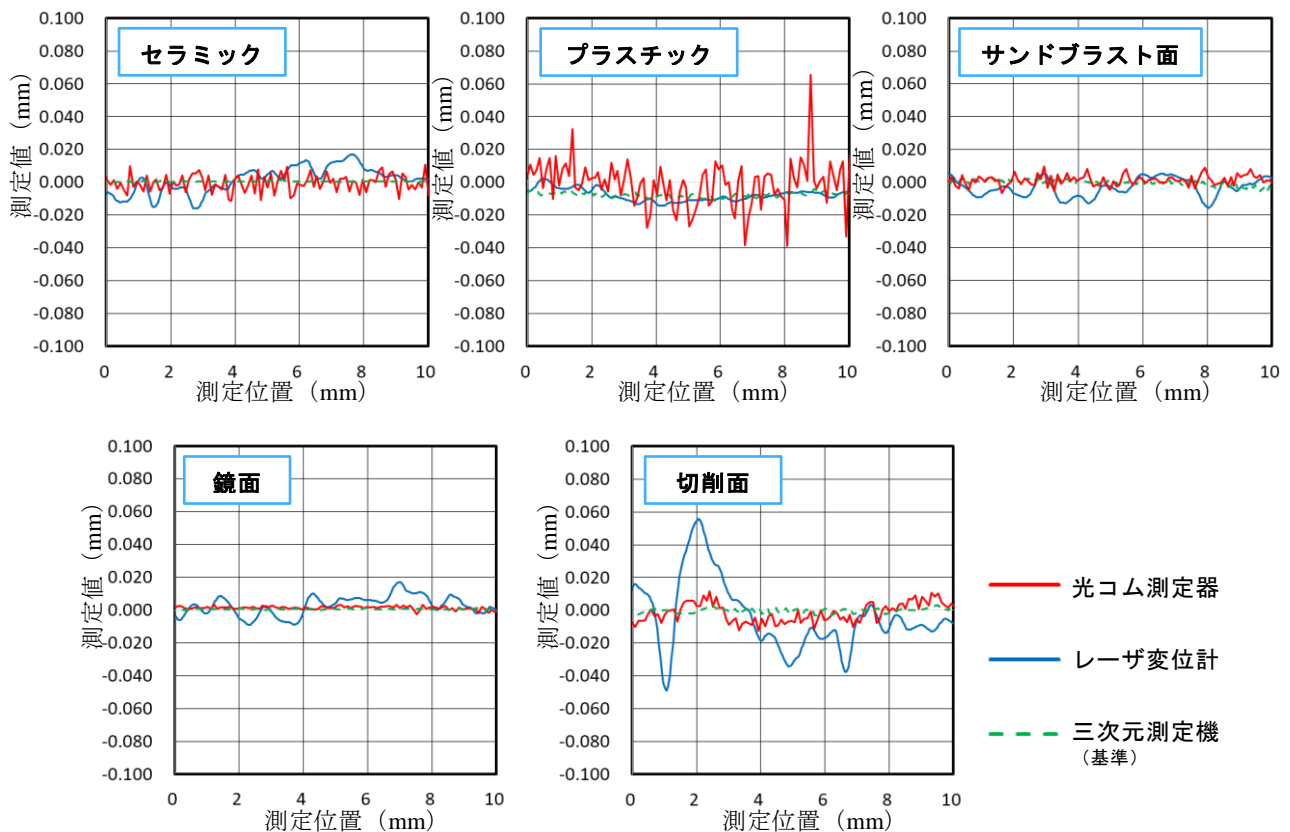


図 2 各試料での比較測定結果

表 1 比較測定時の真直度

	セラミック	プラスチック	サンドブラスト面	鏡面	切削面
光コム測定器	0.022 mm	0.105 mm	0.016 mm	0.006 mm	0.024 mm
レーザ変位計	0.033 mm	0.016 mm	0.021 mm	0.026 mm	0.105 mm
三次元測定機 (基準)	0.002 mm	0.007 mm	0.008 mm	0.001 mm	0.006 mm

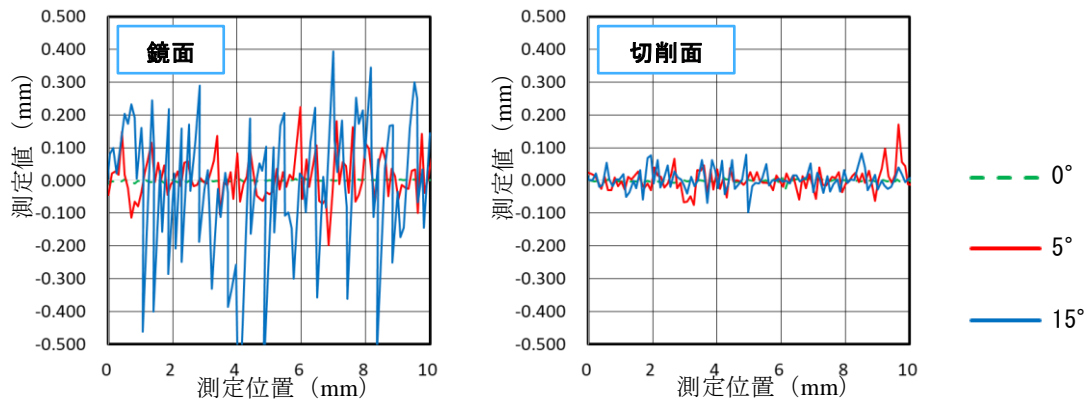


図3 試料の角度を変えた場合の測定結果

表2 試料の角度を変えた場合の真直度

角度	鏡面	切削面
0°	0.014 mm	0.045 mm
5°	0.420 mm	0.247 mm
15°	1.343 mm	0.180 mm

一方、プラスチック試料においては光コム測定器での真直度はレーザ変位計の値より大きく、測定精度が低い。これは、本研究で使用した光コム測定器で測定に用いているレーザが波長約 1.5 μ m の赤外光であり、プラスチックはこの赤外光を一部透過するため、測定器が検出する光の位相が必ずしも試料表面で反射した光の位相と一致しないことが原因と考えられる。これは光コム測定器では原理的に回避困難な問題である。

3.2 測定条件の違いによる影響

3.2.1 試料の角度を変えた場合

光コム測定器において、試料の角度を変えて測定を行

った場合の測定結果のうち、鏡面及び切削面の結果を抜粋し図3及び表2に示す。

いずれの試料においても、試料がレーザに対して垂直でなくなると真直度が急激に大きくなった。これは、測定面が傾いたことで、測定器が検出する光が試料表面で正反射した光ではなく散乱光になり、その強度が大幅に低下したためと考えられる。また、鏡面の場合により顕著な影響が見られるのは、正反射率が高く散乱光の割合が小さいためであると考えられる。これは、正反射光成分が測定結果に悪影響を及ぼすレーザ変位計とは対照的な結果である。

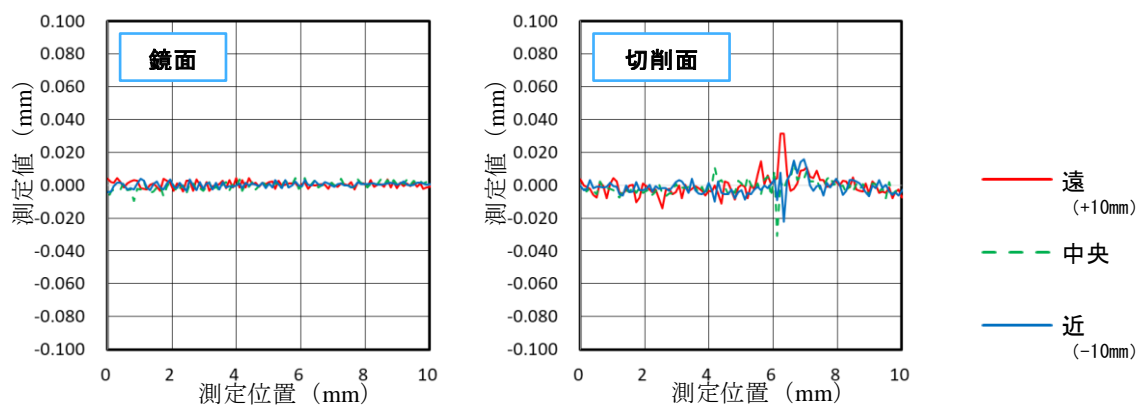


図4 試料との距離を変えた場合の測定結果

表3 試料との距離を変えた場合の真直度

距離	鏡面	切削面
遠 (+10mm)	0.008 mm	0.045 mm
中央	0.014 mm	0.045 mm
近 (-10mm)	0.008 mm	0.038 mm

レーザの出力を上げることによって散乱光の強度を十分に強くすることができればより良い結果が得られる可能性はあるが、装置の機能的な制約からも安全上の制約からもあまり現実的ではない。したがって、斜めの面を高精度に測定する必要がある場合は、レーザが測定面に垂直に照射されるよう、試料か測定器のいずれかを回転させる必要がある。

3.2.2 試料との距離を変えた場合

光コム測定器において、試料との距離を変えて測定を行った場合の測定結果のうち、鏡面及び切削面の結果を抜粋し図4及び表3に示す。

いずれの試料においても距離の違いによる真直度の大きな変化は見られなかった。試料との距離を広げれば測定光の強度も当然低下するが、レーザ光は直進性が高いため、試料の角度を変えた場合のような極端な強度低下は起きず、測定結果へ及ぼす影響が小さく抑えられていると考えられる。光コム測定器の特長として測定可能な焦点範囲が広いことが挙げられるが、測定可能な範囲内であれば距離による測定精度への影響を考慮する必要性は低いことが明らかになった。

4. 結び

高い測定精度が要求される場面で光コム測定器を活用

していくためには、満たすべき測定条件を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、材質及び表面性状の異なる試料を測定し、その測定精度を比較した。その結果、セラミック及び金属(サンドブラスト面、鏡面、切削面)ではレーザ変位計を上回る精度での測定ができた。一方、プラスチックでは測定光が一部透過してしまい大きな誤差が生じた。

また、測定条件の違いによる光コム測定器の測定精度への影響を調べたところ、測定面が測定光に対して傾いている場合は精度が大幅に低下した。一方で、試料との距離が測定精度に与える影響は小さかった。そのため、光コム測定器を用いた高精度測定のためには、測定する面が常に測定光に垂直になるよう、試料もしくは測定器を回転させつつ測定を行うシステムが有用と考えられる。このようなシステムの構築は今後の課題である。

文献

- 1) 今井一宏, 興梠元伸, 寺田総一: レーザー研究, **42(9)**, 716-721(2014-09)
- 2) 斉藤昭雄, 水野和康, 河田圭一, 児玉英也, 水野優, 脇祐介: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **8**, 28-29(2019)