

# 位置決め、角度および真直度測定用別置型干渉計の メリット

## はじめに

工作機械や三次元測定機（以下、CMM）の精度を測定する業界標準の方法としては、三脚に据え付けた自立型のレーザーヘッドが、別置型（独立型）の干渉計と機械テーブルや主軸に直接取り付けられた反射鏡と組み合わせて長年にわたって使われている。用途に合わせた干渉計と組み合わせることで、

テーブルと主軸間の位置決め、角度（ピッチングおよびヨーイング）および真直度の干渉法による測定が可能となっている。レニショー製 XL-80 レーザー干渉計システム（以下、XL-80）の設計は、長年にわたって広く普及しているこの測定方法に準じている。図 1 に本方法を用いた位置決め測定の一般的なセットアップを示す。

上記の標準的な構成以外にも様々なレーザー測定システムも現状存在しており、標準的な構成との違いとして、例えば、次のような 2 点が挙げられる。

- 1) レーザーヘッドと干渉計が一体化（内蔵または外付け）しており、レーザーヘッドが（三脚の上ではなく）機械に直接取り付けられる。
- 2) ピッチング、ヨーイングおよび真直度誤差の測定に（干渉計ではなく）電子ターゲットを使用している。さらに、位置決め、角度および真直度の同時測定が可能なシステムもある。

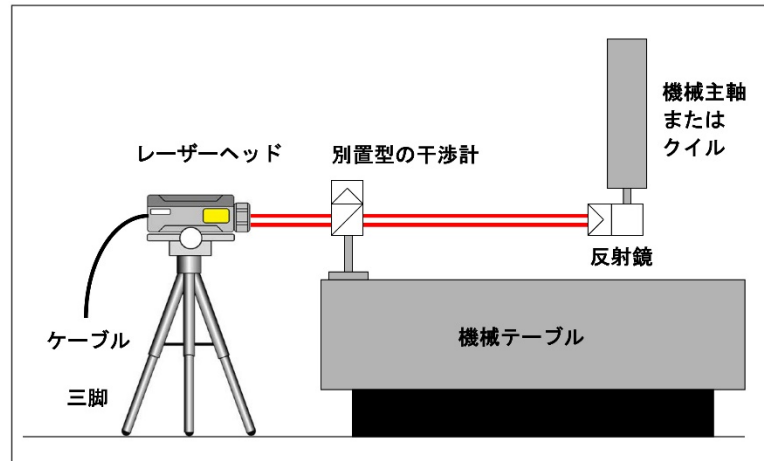


図 1 - 別置型干渉計を用いた位置決め測定

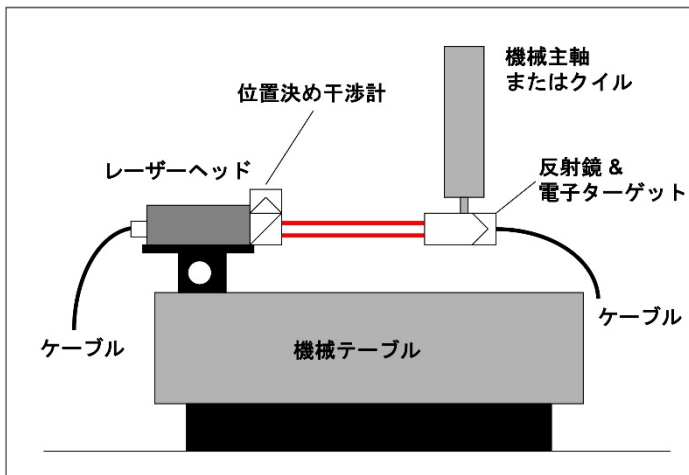


図 2 - 位置決め測定（図 1 とは異なる構成）

図 2 に上記 2 点の特徴を持ったシステムを示す。このシステムのメリットとして、セットアップが容易であること、持ち運びが容易であること、さらには測定時間を大幅に短縮できることが挙げられる（特に、電子ターゲットとレーザー干渉計の両方を使って位置決め、角度および真直度の同時測定を行う場合に顕著である）。しかしながら、これらメリットのために、測定の精度と安定性が犠牲になっている可能性がある。

本書は、各測定モード（位置決め、角度および真直度）を検証し、別置型の干渉計と三脚の上に据え付けたレーザーヘッドを使った干渉法による測定を行うメリットについて解説する。また、位置決め測定における精度を向上させるために使う環境補正システムの重要性についても記載する。

## 干渉計を用いた測定

機械に直接取り付けられた別置型の干渉計と三脚に据え付けたレーザーヘッドを組み合わせて使うことには次のメリットがある。

1. **干渉計がレーザーヘッドから発生する熱の影響を受けない。** レーザー干渉計と関連する参照光路が、全機械動作を測定するときの基準点を形成する。熱膨張や熱収縮が原因で干渉計の位置や参照光路の長さが変化すると、測定の精度が低下する。この変化を絶対最小値で維持するために、XL-80 では測定部品とレーザー光源を離すことで良好な測定原理を確保している。レーザーヘッドに干渉計を内蔵するレーザーシステムや、レーザーヘッドの正面に干渉計を外付けしたレーザーシステムではこの原理が確保できず、場合によってはレーザーヘッドのウォームアップ中や周囲環境が変化したときに原点が大幅にずれる可能性がある。なお、このずれはマイクロメートルレベルで起こりうる。

XL-80 は近年、American National Institute of Standards and Technology（アメリカ国立標準技術研究所）と UK National Physical Laboratory（イギリス国立物理学研究所）合同で、直線変位を測定するレーザー干渉計の性能を評価するアメリカの新規格 ASME B89.1.8-2011 に基づいてテストされた。このテストの結果は、原点のずれ  $0.047\mu\text{m}$  という優れたものだった。

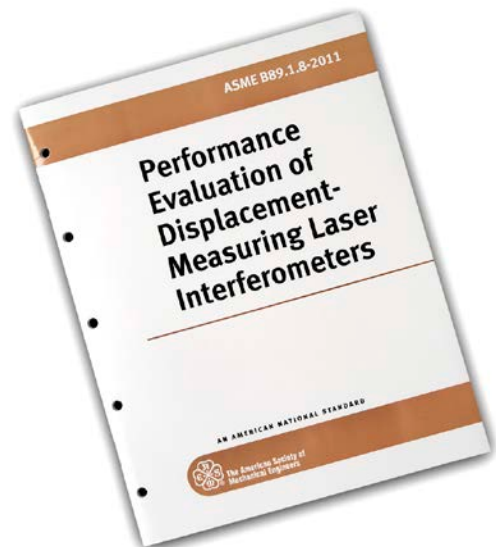


図 3 - ASME B89.1.8-2011

2. **テスト対象の機械がレーザーヘッドから発生する熱の影響を受けない。** ヘリウムネオンレーザーを照射するレーザーヘッドは 5W 以上の熱を発する（電源を内蔵している場合は熱量が増加）。このような熱源を小型で高精度な機械に設置すると、設置した機械に熱膨張やゆがみが発生する恐れがある。熱膨張やゆがみによる影響は小さいものではあるが、測定結果の精度がマイクロメートルレベルで低下する可能性がある。レーザーヘッドを機械から離れた三脚の上に据え付けることで、この可能性が排除されている。

3. **軸動作がレーザーヘッドに阻害されない。**レーザーヘッドを機上に設置した場合、レーザーヘッドのサイズによってはテスト対象の軸の可動域が狭まることもある。レーザーヘッドを三脚の上に据え付けることで、機上に取り付ける必要があるのはサイズの小さな干渉計だけになるので、一般的には軸の可動域への影響を小さく抑えることになる。

4. **機外でのビームアライメント調整が可能。**レーザーヘッドを機内に設置すると、レーザービームのアライメント調整はすべて機内で行なわなければならない。機械の形状やカバーによっては機内でのビームアライメント調整が困難になる。それに対し、XL-80 の場合は機外でのアライメント、機内でのアライメントの両方が可能（機外でのアライメントの場合は、三脚のステージをコントロールしてレーザーヘッドを動かす。機内でのアライメントの場合は、干渉計に直接取り付ける LS350 ビームステアラを使用する）。そのため、テスト対象の機械の設計に応じて最も簡単な方法でアライメント調整をすることができる。

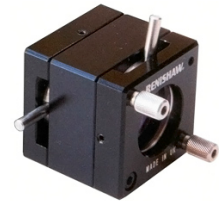


図 4 - LS350  
ビームステアラ

5. **機内でのケーブルの取り回しが不要。**レーザーヘッドには電源ケーブルや信号ケーブルが必要だが、干渉計には不要である。光学部品のみを機内に設置し、レーザーヘッドを機外の三脚の上に据え付けることで電源ケーブルや信号ケーブルを可動する機械の内部に取り回す必要がなくなり、損傷や測定誤差の原因となるケーブルの絡まりや引きずりといった問題を防止することになる。

6. **レーザービームの質低下に対しての感度耐性。**内部で光が反射したり、光学部品にゴミや汚れ、指紋が付着したりしていると、弱い干渉縞、レーザービーム内に回折像、またはレーザービーム周囲にリング状の光が発生することがある。干渉計を使用しているシステムの場合は、これらの影響をほぼ受けない（影響がでる頃には、すでに測定が不可能なレベルまで信号強度が低下している）。対照的に、電子ターゲットを使用しているシステムの場合には、これらの影響によりレーザービームの「中心強度」の位置がロストし、リング状の光に囲われた光がターゲットから完全にそれる可能性がある。どちらも大きな測定誤差を生む原因である。そのため、光学部品の表面を徹底的に清潔に保ち、最適な測定精度を確保することが特に重要になってくる。

熱ドリフトを除けば（上記のポイント 1 および 2 を参照）、位置決め測定の精度を左右する主な要因は、レーザーではなく環境補正システムの性能である。気温や気圧、湿度のいずれかが変化すると、レーザー波長が変化するため、高精度を維持するにはこれらの要素を補正する必要がある。そのため、動作範囲全域に対しての環境測定システムのセンサーの精度が極めて重要となる。各センサーに起因

する波長補正（すなわち位置決め測定精度）への誤差が  $\pm 0.5\text{ppm}$  以内の場合、下表に記載のセンサーの精度が要求される。

必要なセンサーの精度	
気圧	$\pm 1.5\text{mbar}$ 以下 ( $\pm 1\text{mmHg}$ 以下)
気温	$\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以下
湿度	$\pm 20\%\text{RH}$ 以下

環境補正の重要性の詳細については、レニショーホワイトペーパー「TE329: Environmental compensation of linear laser interferometer readings」を参照のこと。

上記の精度は簡単に確保できるものではなく、環境条件が広範囲に及ぶとさらに難しくなる。XC-80 環境補正ユニットやセンサーなどからシステムを構成する XL-80 は、位置決め測定システムのトータル精度が、気温  $0\sim 40^\circ\text{C}$ 、気圧  $650\sim 1150\text{mbar}$  および湿度  $0\sim 95\%\text{RH}$  の環境条件において  $\pm 0.5\text{ppm}$  となるよう設計されている。物体の熱膨張正常化（機械の校正規格においても推奨）も求められる場合は、位置決め測定の精度は、物体温度センサーの精度に大きく左右されることとなる。XC-80 環境補正ユニットには、動作温度範囲  $0\sim 55^\circ\text{C}$  で  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  の精度を有する物体温度センサーが内蔵されている。

ASME B89.1.8-2011 に準拠した NIST および NPL による XL-80 のテスト時（上記注参照）には、位置決め測定精度  $0.2\text{ppm}$ （物体の熱膨張補正なし）および  $0.24\text{ppm}$ （スチール用物体熱膨張補正あり）という結果となっている。

## 角度測定

XL-80 は角度干渉計を用いて角度、ピッチングおよびヨーイングを測定する。図 5 に示すように、XL-80 は長さ  $L_1$  と長さ  $L_2$  間の相対的な変化を測定し、その変化を基に下記の式により角度を算出する。

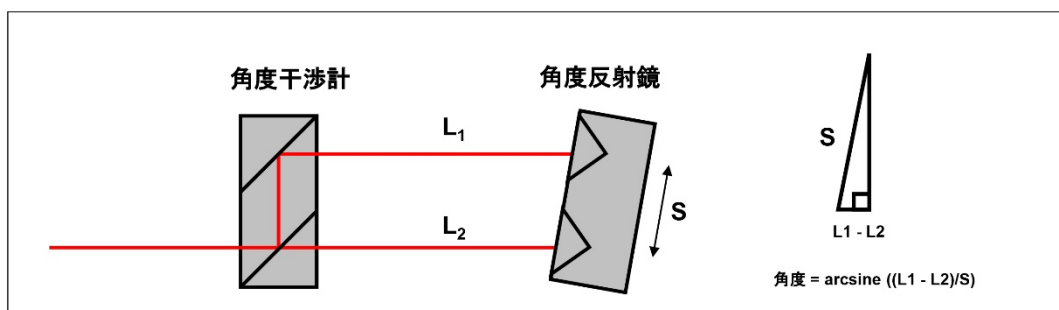


図 5 - 干渉計を用いた角度測定

干渉計を用いた角度測定に関する技術情報の詳細については、レニショーホワイトペーパー「TE326: Interferometric angle measurement and the hardware options available from Renishaw」を参照のこと。

また、レンズを使ってレーザービームを電子ターゲット上にフォーカスし、電子ターゲット上のレーザービームの場所を測定し、レンズの焦点距離で除算する測定方法も存在する（図6参照）。

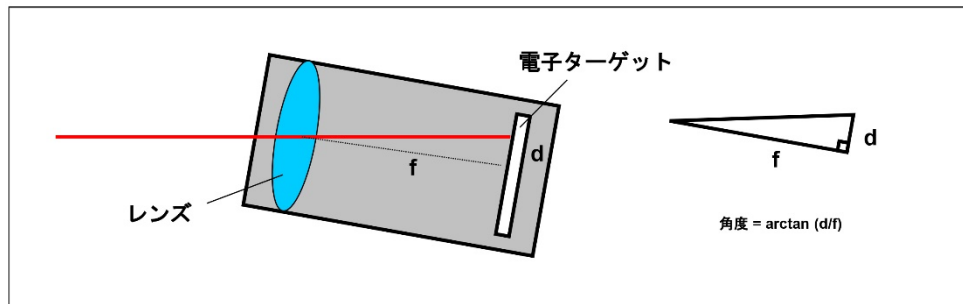


図6- 電子ターゲットを使った角度測定

2個の電子ターゲットを使うとピッチングとヨーイングの両方を同時測定することも可能だが、それに対し干渉計を使う方法には次のメリットがある。

- 1) **電子ターゲットよりもリニアリティ、測定範囲および分解能に優れるため、アライメントが容易に行える。** ターゲット上のレーザービームの場所に応じて変動するアナログ出力光電流を生成する光検出器が、電子ターゲットとして一般的に用いられる。電子ターゲットでは、角度干渉計と同様の優れた測定分解能やリニアリティ、測定範囲すべてを実現することはできない。そのため、電子ターゲットでの角度測定範囲は限定的（0.5°未満）で、1本または2本の小さい「オフセット相殺用」ねじが必要な場合が多く、このねじは測定開始前に（レーザービームがターゲットの中心にあたるように）調整する必要がある。しかし、ビームの位置がセンサーのハウジングの外から見えないと、このねじの調整は難しい場合があり、（ピッチング/ヨーイング同時出力が可能な）2軸センサーの場合には、そのねじを交互に調整する必要がある場合もある。どちらも、特に機外からねじにアクセスできない場合に、時間がかかり簡単には行えない。対照的に、角度干渉計の場合は、分解能、測定範囲（10°）およびリニアリティ（arcsine 補正後）に優れる。角度干渉計のアライメントには、調整用ねじも必要なく、シンプルで簡単に行える。

- 2) **精度とトレーサビリティ。** レニショーの干渉計を用いた角度測定には、レニショー製の角度反射鏡と組合せた、国際的に認められたトレーサビリティのとれた安定性の高いヘリウムネオンレーザー波長が採用されているため、長期間のシステム精度と性能が保証されている。



図7- レニショー製角度用光学部品

電子ターゲットは電子的にビームの位置を測定するため、電子ターゲットの応答のリニアリティ（通常 0.5%）およびアナログ電子回路の安定性に依存している。また、電子ターゲットはレーザー波長のトレーサビリティを使用していない。

- 3) **軸への荷重が極めて小さい。** レニショー製角度反射鏡アセンブリの重量はおよそ 450g（取り付けブロックとピラー込み）。これに対し、リニア反射鏡、電子ターゲット、処理用電子機器および調整機構を内蔵するセンサーヘッドの重量は、ケーブル込みで 800g になる場合がある。テスト対象の機械軸に制限がある場合（水平アーム CMM の Z 軸のピッチング誤差の測定時など）、重量が余分にあると測定誤差が増大する恐れがある。
- 4) **ケーブルが不要。** 角度干渉計と反射鏡には信号線や信号ケーブルが不要である。電子ターゲットや電子回路部品を内蔵するセンサーユニットには、電源用や信号用のケーブルが必要な場合がある。このようなセンサーユニットを機械の可動軸に固定すると、機械の可動軸が動作することでケーブルが損傷したり、軸に制限がある場合（CMM の Z 軸など）には角度測定誤差を引き起こしたりするため、ケーブルが絡まったり引きずられたりしないよう注意する必要がある。
- 5) **レーザー照射方向の不安定さに起因する誤差の低減。** 適切な設計の角度干渉計であれば、干渉計と反射鏡間の相対的な角度変化のみを測定するため、レーザーヘッドから照射されるレーザービームの方向が微小に変化してもその影響は受けない。長さ  $L_1$  および長さ  $L_2$ （図 5 参照）が、ビームの入力角度の変化に応じて均等に变化するため、長さ  $L_1$  と長さ  $L_2$  の差への影響は無視できるからである。

しかしながら、電子ターゲットを用いたシステムの場合、軸のピッチングやヨーイングの変化に対してと同程度、レーザービームの方向の変化に影響を受ける。例えば、レーザーヘッドからの出力ビームの方向が 5arc 秒シフトすると、電子ターゲットからの出力にも同等の 5arc 秒が誤差となって現われる。この問題に対処するには、ウォーミングアップによって温度が大幅に上がったとしても、ビームの出力方向が極めて安定したレーザーヘッドが必要となる。別置型の角度干渉計を用いるレーザー測定システムであれば、この問題は生じない。

- 6) **周辺光への耐性。** クアッドセルや PSD（Position Sensitive Detector：位置検出器）技術ベースの電子ターゲットは、電子ターゲットに到達する光の「中心強度」を示す信号を出力する。（この出力は、機械工学における「重心」に光学的に相当するものである）仮に周辺光も電子ターゲットに到達した場合、レーザービームの光にこの周辺光も加わるため、「中心強度」がシフトする場合がある。周辺光の変動は、レーザー光源の調整やレーザー光のみを透過させる専用光学フィルターの使用で排除できるが、同一のレーザービームを同時に位置決め測定に使用する場合は、ビームの調整が難しい。また、高性能の光学帯域通過フィル

タ（レーザー光のみを透過させ、他のあらゆる波長を排除する機能を持つフィルタ）は高価である。そのため、コスト面と性能面の両方を追求することは難しく、システムの精度を妥協することが多い。一方、干渉計を用いたシステムは、レーザービームの波長と方向とほぼ同じ波長と方向を持つ光にしか反応しない。これは、レーザービームの波長と方向とほぼ同じ波長と方向を持つ光のみが、検出器が反応できる周波数で光学的にメインビームと干渉するためである。さらに、XL-80 のレーザーヘッドには特殊な差動フォトダイオード干渉縞検出機構が内蔵されており、この機構により、周辺光による電子オフセットの発生や干渉縞補間誤差の発生が防止されている。

- 7) **散乱する反射レーザービームへの耐性。** システム内の様々な光学面からの外的および内的な反射により、迷光が発生する場合がある。通常、このような迷光の強度を低減させる目的で、光学面には反射防止コーティングが施されている。コーティングが施されていても、検出器に微弱なビームが到達すると測定に影響がでる。

干渉計を用いたシステムであれば、迷光がメインビームとほぼ平行に並ぶため、迷光が原因で測定誤差が発生することはほぼない。仮に誤差が発生したとしても、0.5% 強度の迷光の場合（反射防止コーティングが施された面からの典型的な反射）の最大誤差で干渉縞の 100 分の 1 程度（角度測定時における最大 0.03arc 秒相当）でしかない。

電子ターゲットの場合はこの影響ははるかに大きく、迷光の強度や迷光がレンズおよびターゲットアセンブリに進入する角度によって変動する。例えば、0.5% 強度の迷光が 0.2° でメインビームに進入すると、ターゲットからの角度読取値がおよそ 4arc 秒シフトする。電子ターゲットへの影響は明らかに大きいので、散乱反射は確実に排除する必要がある（または、測定中には散乱反射を安定させる必要がある）。しかし、電子ターゲットアセンブリに位置決めと真直度を同時測定できるよう光学部品が追加実装されている場合には、追加実装された部品すべてが散乱反射を発生させることになるため、散乱反射を排除することが特に難しくなる。

- 8) **角度測定範囲の大幅な拡張。** レニショーの角度干渉計は、優れた分解能（0.01arc 秒）、arc 秒レベルでのリニアリティ（arcsine 補正後）、さらに  $\pm 10^\circ$  の測定範囲を実現している。

電子ターゲットが対応できる角度測定範囲は一般的にはわずか  $1^\circ$  であるため、角度干渉計に比べてアライメントが難しい。



レニショー製の角度干渉計は、大きな角度の測定が可能で、また回転軸の arc 秒レベルでのキャリブレーションも可能（レニショー製 XR20-W 回転軸割り出し角度測定装置と併用した場合）である。

XL-80、角度測定用光学部品および XR20-W 回転軸割り出し角度測定装置を併用した場合の干渉計を用いた角度測定に関する技術情報の詳細については、レニショーホワイトペーパー「TE327: Interferometric calibration of rotary axes」を参照のこと。

## 真直度測定

XL-80 は真直度干渉計を用いて水平および垂直の真直度を測定する。図 9 に示すように、XL-80 は長さ  $L_1$  および長さ  $L_2$  の相対的な変化を測定し、その変化を基に下記の式により真直度誤差を算出する。

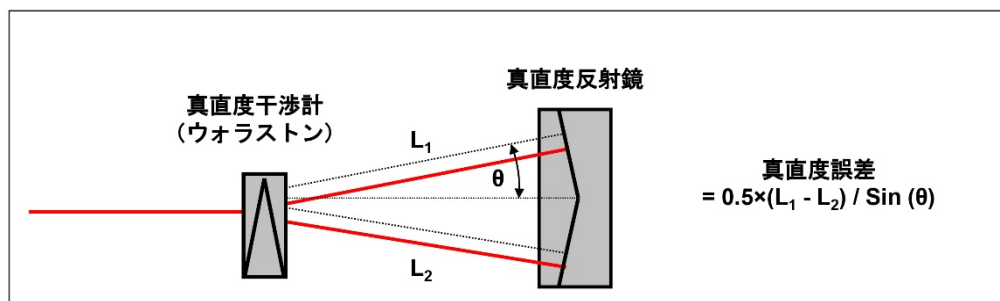


図 9 - 干渉計を用いた真直度測定

干渉計を用いた真直度測定に関する技術情報の詳細については、レニショーホワイトペーパー「TE325: Interferometric straightness measurement and application to moving table machines」を参照のこと。

図 10 に示すような、レーザービームを電子ターゲットにあて、そのあたっている場所を電子的に測定する方法もある。

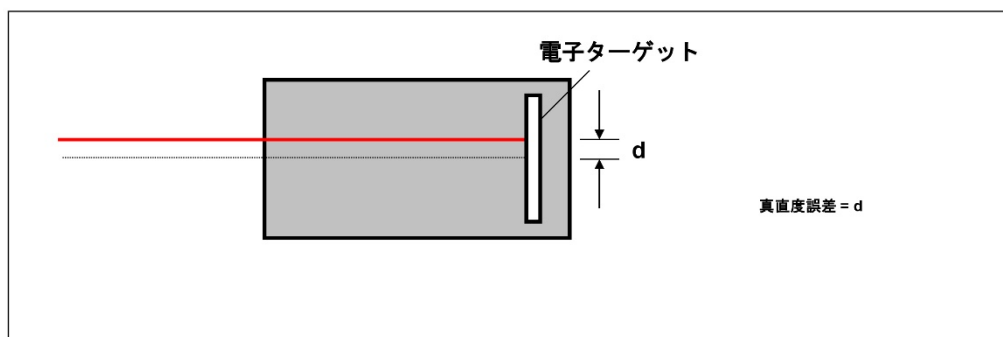


図 10 - 電子ターゲットを使った真直度測定

2 個の電子ターゲットを使うとアライメントが容易で、また水平および垂直の真直度を同時測定することも可能だが、それに対し真直度干渉計を使う方法には次のメリットがある。



- 1) **精度とトレーサビリティ。** レニシヨ-の真直度干渉計には、レニシヨ-製の真直度反射鏡と組合せた、国際的に認められたトレーサビリティのとれた安定性の高いヘリウムネオンレーザー波長が採用されているため、長期間のシステム精度と性能が保証されている。



図 11 - レニシヨ-製  
真直度用光学部品

電子ターゲットはビーム位置を電子的に測定するため、アナログ電子回路の安定性が極めて重要である。また、トレーサブルなレーザー波長は使用していない。

- 2) **空気のゆらぎへの耐性。** 気温が変化すると、レーザービームにゆがみや光学パス長に変化が発生する可能性がある。数メートルの範囲において、ビームがゆがむとレーザービームの位置が目に見えてゆらぐようになる。しかし、レーザーの長さへの影響は格段に小さい。干渉計は、レーザービームの長さ  $L_1$  および長さ  $L_2$  の相対的な変化を検出することで真直度を測定している。この 2 本のビームが互いに近接して反射鏡まで往復するため、2 本のビーム両方が大規模な環境変化の影響を同程度受け、その影響は相殺される。

電子ターゲットも同様に空気のゆらぎによるノイズの影響を受けるが、電子ターゲットにとっては測定ビームの長さではなく位置が重要な要素であるため、影響が大きくなることが想定される。また、レーザービームのゆがみによって生じている問題であるため、測定範囲が長くなるにつれて誤差も大きくなる。

空気のゆらぎの不規則性と現場環境間ごとの変化は想定できないことを踏まえると、現われる影響の程度を予測することが難しい。しかし、一般的に、電子ターゲットを用いたシステムよりもレーザー干渉計を用いたシステムのほうが、長い測定範囲において特に、真直度測定への影響が小さいはずである。残念ながら、この影響は数分間継続する可能性があるため、システムの応答時間が著しく低下していない限り、平均法を用いたとしても効果は限定的である。そのため、多くの環境で、干渉計を用いたシステムでも電子ターゲットを用いたシステムであっても、空気のゆらぎによるノイズは依然としてシステム性能に影響を与える大きな要因と言える。

- 3) **リニアリティが高く、手動でのスロープ排除が不要。** 電子ターゲットは応答において、特にエッジに向かうにつれて、リニアリティがない（通常 0.5%）。そのため、測定範囲が 1 ミリメートルに限定されることが多い。真直度干渉計のほうが電子ターゲットよりも広い測定範囲にわかってリニアリティが高い。そのため、干渉計などを調整して手動でスロープを排除しなくてもソフトウェア上で正確にスロープを排除できるため正確な測定結果を得ることができる。

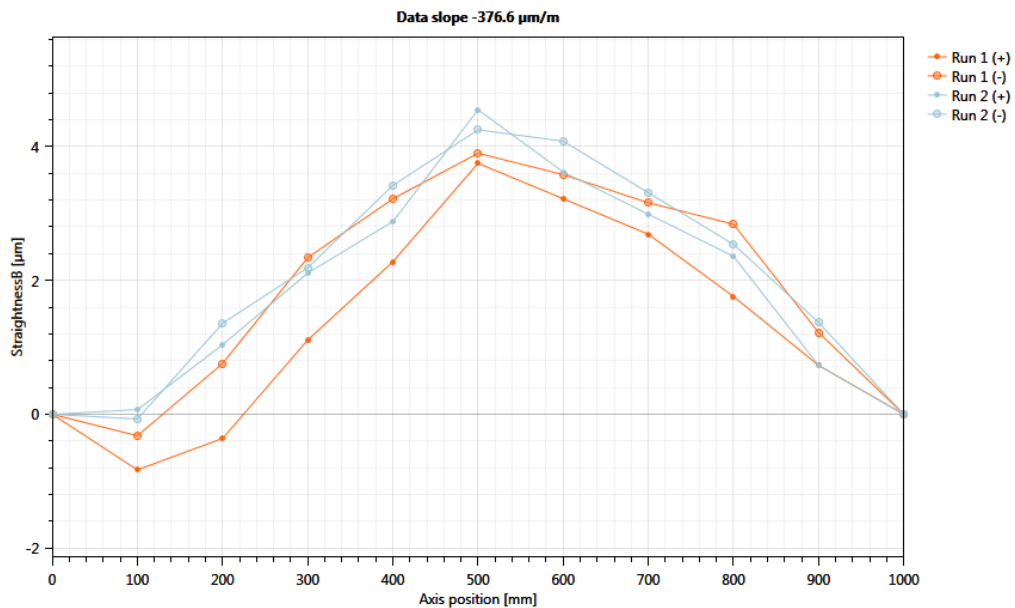


図 12 - ソフトウェアによるスロープ排除を行った場合の真直度のグラフ

しかしながら、電子ターゲットから最適な結果を得るには、レーザービームを軸のフルストロークにわたって電子ターゲットの中心に隣接させる必要があり、この作業には非常に時間がかかる。この調整が施されていないと、センサーの応答に補正されていない非線形性が、取得した真直度測定結果に反映される。

- 4) **ケーブルが不要。** 真直度干渉計と反射鏡には信号線や信号ケーブルが不要である。電子ターゲットや電子回路部品を内蔵するセンサーユニットには、電源用や信号用のケーブルが必要な場合がある。このようなセンサーユニットを機械の可動軸に固定すると、機械の可動軸が動作することでケーブルが損傷したり、軸に制限がある場合（CMM の Z 軸など）には真直度測定誤差を引き起こしたりするため、ケーブルが絡まったり引きずられたりしないよう注意する必要がある。
- 5) **軸への荷重が極めて小さい。** レニショー製真直度干渉計（ウォラストンプリズム）アセンブリの重量はおよそ 216g（取り付けピラー込み）。これに対し、リニア反射鏡、電子ターゲット、電子機器および調整機構を内蔵するセンサーヘッドの重量は、ケーブル込みで 800g に

なる場合がある。テスト対象の機械軸に制限がある場合（水平アーム CMM の Z 軸の垂直真直度誤差の測定時など）、重量が余分にあるため測定誤差が発生する恐れがある。真直度干渉計の配置によっては大型の反射鏡が必要になり、重量の面でのメリットはなくなるが、依然としてケーブルが原因で起きる問題は起こりえない。

- 6) **周辺光への耐性。**角度測定時と同様のメリットがある（前セクション参照）。
- 7) **散乱する反射レーザービームへの耐性。**システム内の様々な光学面からの外的および内的な反射により、迷光が発生する場合がある。通常、このような迷光の強度を低減させる目的で、光学面には反射防止コーティングが施されている。コーティングが施されていても、検出器に微弱なビームが到達すると測定に影響がでる。

レーザー干渉計の場合、測定への影響はメインビームと迷光の相対的な強度にのみ依存する。仮に誤差が発生したとしても、0.5% 強度の迷光の場合（反射防止コーティングが施された面からの典型的な反射）の最大誤差で、干渉縞の 100 分の 1 程度（短距離での真直度測定時における最大 0.2 $\mu$ m 相当）でしかない。

電子ターゲットの場合はこの影響がはるかに大きく、迷光の強度や迷光がターゲットにあたる場所によってその程度は変動する。例えば、0.5% 強度の散乱ビームがメインビームから 1mm 離れた場所にあたると、ターゲットからの真直度の読取値がおおよそ 50 $\mu$ m シフトする。電子ターゲットへの影響は明らかに大きいため、散乱反射は確実に排除する必要がある（または、測定中には散乱反射を安定させる必要がある）。しかし、電子ターゲットアセンブリに位置決めと角度を同時測定できるよう光学部品が追加実装されている場合には、追加実装された部品すべてが散乱反射を発生させることになるため、散乱反射を排除することが特に難しくなる。

- 8) **レーザー照射方向の不安定さに起因する誤差の低減。**適切にアライメントした真直度干渉計であれば、干渉計（ウォラストンプリズム）と反射鏡間の相対的な変化のみを測定し、レーザーヘッドから照射されるレーザービームの方向が微小に変化してもその影響は受けない。長さ  $L_1$  および長さ  $L_2$ （図 9 参照）が、ビームの入力角度の変化に応じて均等に变化するため、長さ  $L_1$  と長さ  $L_2$  の差への影響は無視できるからである。しかしながら、電子ターゲットを用いたシステムの場合、レーザービームの方向の変化の影響を受けやすく、測定範囲が広まるほどその影響は大きくなる。例えば、レーザーヘッドから出力されるビームの方向が 5arc 秒シフトした場合、電子ターゲットから読み出される真直度データは測定範囲 1m で 25 $\mu$ m シフトし、測定範囲 4m では 100 $\mu$ m シフトする。この問題に対処するには、ウォームアップによって温度が大幅に上がったとしても、レーザービームの出力方向が極めて安定する

レーザーヘッドが必要となる。別置型の真直度干渉計を用いるレーザー測定システムであれば、この問題は生じない。

## 最後に

本書は、別置型の干渉計を使ったレーザー測定システムの精度と安定性におけるメリットについて記載した。

対して、位置決め干渉計をレーザーヘッドに内蔵し、電子ターゲットを使うシステムには、持ち運びのし易さや使いやすさというメリットがある。しかし、電子ターゲットを使うシステムは様々な誤差要因の影響を受けやすいため、システムの精度についての懸念が生まれる。レーザーを使用するキャリブレーションシステムは、精度と測定結果の繰り返し精度を基準に選定すべきであるため、XL-80のような干渉計をフルに使うシステムと比較して電子ターゲットを使うシステムを評価する際には、十分に注意して検討すべきである。



図 13 - XL-80 と各種干渉計測定部品

レニショー株式会社  
〒160-0004  
東京都新宿区四谷4-29-8  
レニショービル  
T 03-5366-5316  
F 03-5366-5320

名古屋支社  
〒461-0005  
愛知県名古屋市東区東桜1-4-3  
大信ビル  
T 052-961-9511  
F 052-961-9514

E [japan@renishaw.com](mailto:japan@renishaw.com)  
[www.renishaw.jp](http://www.renishaw.jp)

**RENISHAW**   
apply innovation™

## レニショーについて

レニショーは、製品開発と製造における技術革新では確固たる実績を伴って、エンジニアリング技術のグローバルリーダーとしてその地位を確立してきました。1973年の創業以来一貫して、生産工程に生産性の向上を、製品に品質向上をもたらし、コスト効率の高い自動化ソリューションを実現する最先端の製品を提供しております。

世界各国のレニショー現地法人および販売代理店のネットワークを通して、群を抜く優れたサービスとサポートをお客さまに提供いたします。

### 取り扱い製品:

- ・ 設計・試作・製造用アプリケーションに使用する積層造形技術、真空鋳造技術
- ・ 歯科技工用CAD/CAMのスキニングシステムおよび歯科技工・補綴製品
- ・ 高精度の位置、角度、回転角度フィードバックを提供するエンコーダシステム
- ・ 三次元測定機(CMM)およびゲーシングシステム用治具
- ・ 加工済みパーツを比較計測するゲーシングシステム
- ・ 極限の過酷な環境で機能する高速レーザー測定・測量システム
- ・ 工作機械の性能測定およびキャリブレーション用レーザーシステムとボールバーシステム
- ・ 脳神経外科アプリケーション用医療機器製品
- ・ CNC工作機械での段取り・芯だし、工具計測、寸法計測用プローブシステムおよびソフトウェア
- ・ 非破壊方式の素材分析用ラマン分光分析システム
- ・ 三次元測定機(CMM)の測定センサーシステムおよびソフトウェア
- ・ 三次元測定機(CMM)および工作機械プローブ計測のアプリケーション用各種スタイラス

世界各国でのレニショーネットワークについては、Web サイトをご覧ください。[www.renishaw.jp/contact](http://www.renishaw.jp/contact)



レニショーでは、本書作成にあたり、細心の注意を払っておりますが、誤記等により発生するいかなる損害の責任を負うものではありません。

© 2017 Renishaw plc 無断転用禁止

仕様は予告無く変更される場合があります。

RENISHAW および RENISHAW ロゴに使用されているプローブシンボルは、英国およびその他の国における Renishaw plc の登録商標です。

apply innovation およびレニショー製品およびテクノロジーの商品名および名称は、Renishaw plc およびその子会社の商標です。

本文書内で使用されているその他のブランド名、製品名は全て各々のオーナーの商品名、標準、商標、または登録商標です。



H - 5650 - 2058 - 01

パーツ No.: H-5650-2058-01-A  
発行: 2017年11月