

ナノ精度曲面形状基準器の開発

1. はじめに

自動車や鉄道、航空機などでは、動力伝達用歯車の振動に起因する騒音が商品性を左右する要因となっており、その低騒音化が課題となっている。歯車の振動・騒音は歯面のミクロン、サブミクロンオーダーの形状の違いに影響されるため、品質管理に用いられる測定機には高い精度が要求される。歯車測定機の精度は、それよりも高精度の基準器（アーティファクト、マスターゲージ）によって評価・検査がなされる。このため、高度な品質管理を実現するためには、基準器の高精度化が必須の条件となる。ここでは、基準器の高精度校正法、ならびに、新しい高精度基準器の開発について解説する。

2. インボリュート基準器の高精度校正法

一般的な歯車の歯面形状であるインボリュート形状は、図1に示す基礎円により定義される。誤差のない場合、基礎円が直線AB上を転がり、実線で示す状態から、破線、点線で示す位置・姿勢に変化しても、インボリュート曲線と直線ABとの交点の空間的な位置は変化しない。反対に、歯面にインボリュート形状からの偏差があれば、この交点の位置が変化するので、これを測定すれば歯面形状誤差を求めることができる。そこで、図1の右側に矢印で示す位置・方向の変位をHe-Neレーザー干渉計で計測する方法を提案している。この方法であれば、長さの実用標準に直接的にトレーサビリティをとれる。また、歯車の回転についても、回転距離に変換することで、レーザーで直接的に測定するようにしており、回転テーブルやロータリーエンコーダを用いる方法と比べて、不確かさの低減が期待できる。

図2にインボリュート基準器の写真を示す。二つの基礎円筒を有し、それぞれの中心部はレーザーを反射するように鏡面加工している。二つの基礎円筒の中間位置にインボリュート形状を狙って作られた、歯面に相当する曲面がある。図3は開発した測定装置を示す。10回繰り返し測定した結果を図4に示す。測定結果のばらつきの幅は0.05 μm 程度となっており、高精度な計測が可能となっている。

3. 単純形状を利用した高精度基準器

現在利用されている基準器はインボリュートヘリコイドという複雑な曲面形状を有しているため、高精度に製作することは困難であり、高精度化に限界がある。これを打破するため、複雑な曲面形状ではなく、単純な形状である球や平面を基準器に用いるコンセプトを提案している。球や平面であれば、比較的安価に製作できるという利点がある。

インボリュート形状は、部分的には円弧形状に似ており、その差は数十 μm 程度の違いしかない。そこで、インボリュート形状の代わりに球を設置した基準器とし、その球を歯面の代わりに歯車測定機で測定する。この球基準器を歯車測定機で測定する場合、測定結果には、①インボリュート形状と円弧形状の違い、②基準器の誤差、③測定機の誤差、が含まれることになる。①については理論的に計算ができるため、測定結果から取り除くことが可能である。②については、基準器が高精度であるため、その影響は小さい。この結果、実質的には③のみを評価することができることとなる。この測定機評価法の精度は基準器精度に依存することになるが、その精度は数十 μm レベルも可能であることから、本測定機評価法も高精度を実現できる。

歯車の測定では軸方向のヘリックス形状精度評価も行うため、この校正用基準器も必要となる。ヘリックスも複雑な曲面形状であるため、ヘリックスを有する基準器の高精度化は困難である。そこで、ヘリックスの代わりに高精度に製作しやすい平面を測定するという考えに基づく基準器を提案している(図5参照)。この場合は、ヘリックスが部分的には平面に近い形状であるという幾何学的特性を利用しており、図5の斜面部を歯面の代わりに測定する。

4. おわりに

歯車のように複雑な曲面形状を有する表面を測定する形状測定機の精度評価用基準器の高精度化について紹介した。ここで提案している単純形状を利用した基準器は、現在、日本工業規格

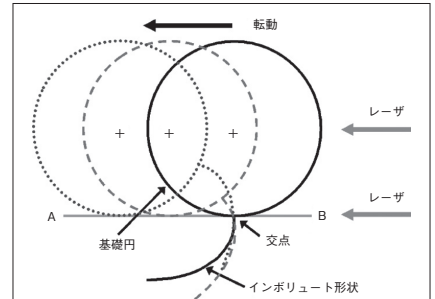


図1 インボリュート曲面測定の実験原理



図2 インボリュート基準器

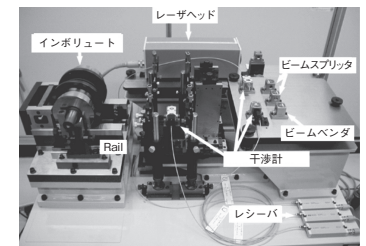


図3 インボリュート基準器測定装置

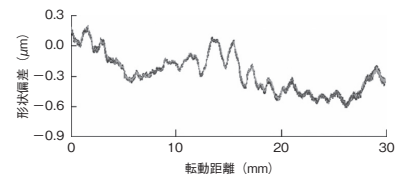


図4 インボリュート基準器測定結果

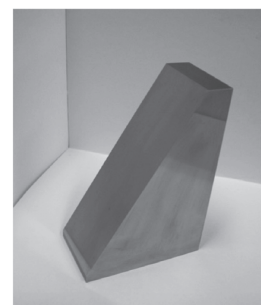


図5 ヘリックス測定評価用基準器

(JIS)化が進められており、今後、産業界で幅広く使用されると期待されている。

(原稿受付 2010年2月1日)

[小森雅晴 京都大学]