

ここにベアリングが使われています

ベアリング編集小委員会

ジャイロ用軸受について

1. ジャイロ

読者の皆さんは、過去に一度は地球こま（独楽）を見たり、それで遊んでこまが面白い動きをすることを経験したことがあると思います。こまのように、高速で回転する物体は、(1)外から力が働かなければ、回転軸は絶対空間の一点を指し続け、また(2)外から力が加えられた場合に、加えられた力の方向へは倒れないで、力に対して垂直な方向に回転軸を移動させて元の状態に戻ろうとする動きをします。これを「ジャイロ効果」と呼んでいます。

この2つの動きを利用したものがジャイロスコープですが、これには航空機や船舶の航行姿勢や方向を読み取るものと、航空機や船舶が回転するときの動きを検出するものがあります。

同様な目的で使われる装置として、こまを使わない形式で光学式、流体式及び振動式のものもジャイロと呼ばれていますが、ここでは、こま及び転がり軸受（以下、軸受という。）を使用している機械式について紹介します。

2. 機械式ジャイロ

機械式ジャイロは歴史が古く、そのルーツは19世紀半ばに活躍したフランス人科学者であるフーコー（1819-1868）まで遡ります。

フーコーの考案したジャイロスコープはいわゆる地球こま（図1参照）です。おもちゃの地球こまは、一般的にこまの回転軸を支える円輪が一つですが、図1に示すように、さらに外側

に円輪を1つ（1自由度）あるいは2つ（2自由度）設け、互いに垂直な軸で支えようと、回転するロータ（こま）の回転軸は、一方向あるいはどの方向にも自由に向きが変更されるようになります。なお、この自由に向きが変更される装置を、ジンバル（Gimbal）と呼びます。

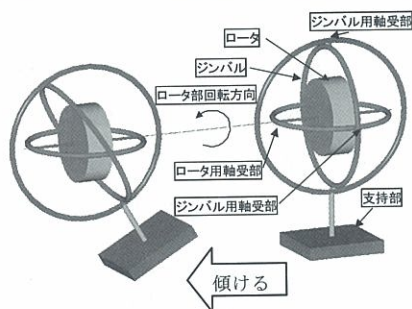


図1 機械式ジャイロのイメージ例

図1のように円輪が2つ（2自由度）設けられて、ロータ回転軸がジンバルによりどの方向にも自由に動けるジャイロにおいて、地球上の任意の地点でこのロータを高速回転しておくと、先の(1)の作用でロータ回転軸は一点を指し続けますが、回転軸におもりをつけておくと地球の自転とおもりのために、(2)の作用が働き回転軸の方向は徐々に動いて南北方向を示してそれが維持されます。この現象を利用したものがジャイロコンパスで、この装置を取付けることにより航空機や船舶の航行姿勢や方向を読み取ることができます。

一方、1自由度をもったもので、ロータ回転軸を航空機や船舶などの測定対象に固定し、測定対象が動く際に先の(2)の作用により、ロータ

回転軸を傾けようとするトルクを測ることで、測定対象の角速度を測るジャイロがあります。一般的にこのような角速度を検出するものを「レートジャイロ」(Rate Gyloscope)と呼んでいます。

3. ジャイロに使用される軸受及びそれらに要求される性能

いずれの機械式ジャイロにも、ロータを支持するロータ用軸受及びジンバル部を支持するジンバル用軸受が使用されており、特性の異なる精密な玉軸受が使用されています。ここでは、DTGジャイロスコープ (Dynamically/Dry Tuned Gyroscope 図2参照) という機械式ジャイロの例で使用されている軸受及びそれらに要求される性能について説明します。

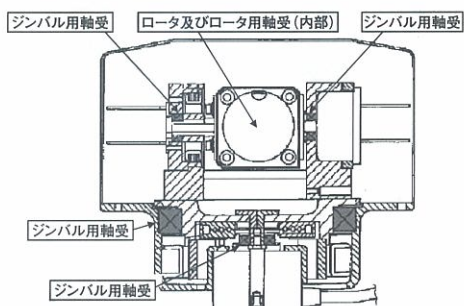


図2 DTGジャイロスコープの例

3.1 ロータ用軸受

ロータ部は高速でしかも安定した姿勢で回転することが求められ、そこに使用される軸受は、一般的には不活性ガスなどの環境下で、滑らかに高速で安定した回転をすることが求められます。主に使用される軸受は内径5mm程度のインチ系アンギュラ玉軸受であり、回転数で20,000~30,000rpmに達します。使用される温度環境も-20℃~80℃と幅広く、求められる軸受寿命も30,000時間に達するものもあります。また、車や重機などに搭載されるジャイロに使用され

る軸受には、全方向の衝撃にも耐えることが要求されるものもあります。これらのニーズを満足するため、ロータ用軸受には長寿命、高回転精度、耐衝撃性を実現した軸受が使用されています。

長寿命を実現するために、広範囲な温度領域で長寿命を有する専用グリースを使用し、軸受の玉の材質にセラミックを使用する例があります。また、保持器は高速回転による遠心力や玉との摩擦応力に耐え、広範囲な温度領域でも経時変化の少ない材質を使用しています。さらに高い耐衝撃性を得るための軸受内部仕様を盛り込み、適正な予圧荷重が負荷されて使用されます。

3.2 ジンバル用軸受

ジンバル部には、低速において低トルクでかつ滑らかに揺動することが求められ、一般的にはこの部分の機能がジャイロの精度を左右すると言っても過言ではありません。ジンバル用に使用される軸受は主に内径8mm程度のインチ系深溝玉軸受であり、ジンバル装置が滑らかに揺動するように、起動トルクや動作中のトルクが小さく、また、その変動が小さいことが求められます。低トルクを実現するために、軸受の潤滑剤としてオイルを使用している軸受が多くあります。また、軸受の内部設計により適正な玉径、玉数及び玉ピッチ円径とすることでさらなる低トルク化を実現しています。低トルク変動を実現するためには、軸受内輪及び外輪の軌道溝の精度や粗さ等を向上し、保持器を特殊設計したものを採用しています。

ロータ部と内側のジンバル部全体を支持する外側のジンバル部に使われる軸受には、同様に低トルク及び低トルク変動が求められます。ここに使用される軸受は内径が50mm程度と大きく、極めて薄肉の玉数の多い軸受が使用される場合があります。このような場合には、先に述べた

軌道溝の精度への配慮はもちろんのこと、玉の精度にも着目し高精度の玉を使用しています。

このように、ジャイロ用軸受はそれぞれの部位において、要求機能及び性能の異なる高精度なものが使用されています。

