

ダイナビーの力学

岩谷遼 神家侑弥 河本祐征 筒塩雅也 山口ソウキ

● ダイナビーはどのような構造をしているのか

球形のプラスチック製ボディの中に、1本の軸が串刺しになった球形の回転子が入っており(図1)、軸は球に1周にわたって彫り込まれた溝にはまっている。溝の幅には十分余裕があり、その中を軸が楽に移動できるようになっています。スライダー(白い枠)はその際に回転子と球のボディがぶつからないようにするためのスペーサの役割をはたします。例は、ジャイロスコープ、あるいは地球ゴマを思い浮かべればよい。

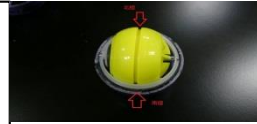


図1 1本の軸が串刺しになった球形の回転子と分解図

M

(1) ダイナビーの軸が溝を左回転または右回転する理由

下図の方向に軸が回転しているので角運動量 L が手前の緑の矢印のように生じます。そして、軸を手前にひねると、右側にトルク M が発生します。角運動量の変化はトルクに等しく、角運動量 L に対してトルクが右側にかかっているの向きだけ変化を始め、上から見て反時計回り回転を始めます。

(2) 加速の理由

ひねることで軸が溝にぶつかって摩擦力が働きます。その摩擦力のトルクの向きが軸の回転しようとしている向きと同じなので加速していきます。この摩擦は静止摩擦なのでこの値を最大状態でキープして回すことができれば効率よく加速することができます。

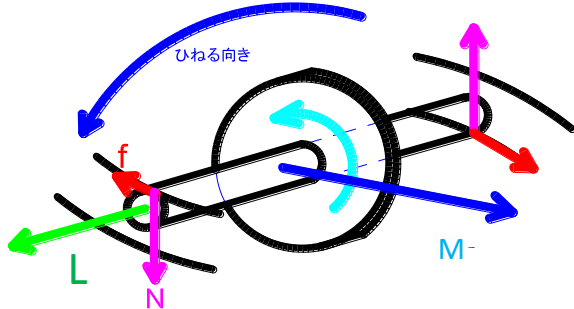


図2

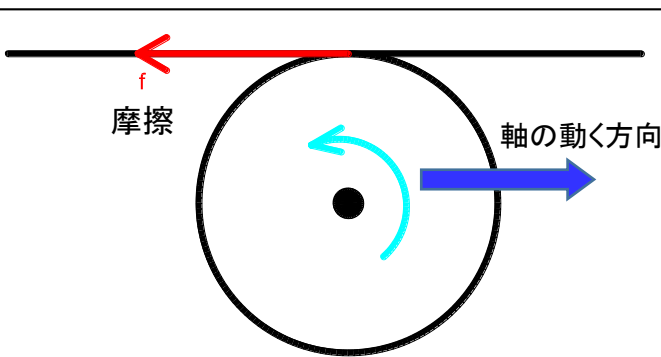


図3

考察

● 回転数の測定その1

ダイナビーの回転は毎分何回転しているのか解析しました。ダイナビーの回転子は球の内側の溝をこすりつけるように回転し、その摩擦で加速します。高速回転時、手首は往復でスナップしていますが、このスナップ1往復の間に軸は歳差運動をしていると考えます。回転子の下図のように軸径は2.0mm、球の赤道直径は52mmですから軸が溝に対して滑りなく転がっているとすると軸が1周する間に回転子は約26回転します。スローカメラでうなりをあげるほど高速回転している時を撮影すると毎秒5回ほどスナップをしていることがわかりました。この場合の回転子の回転数は毎秒130回転すなわち7800rpm程度であると考えられます。

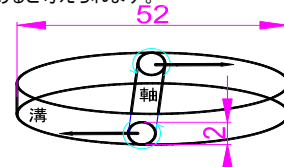


図4 軸径と赤道部の直径

● 回転数の測定その2

上記の考察を裏付けるため回転子の回転数をオシロスコープを用いて測定しました。

測定方法

1. 回転子の赤道部(紐を巻くための溝)にネオジウム磁石が埋め込みます。
2. 回転子が当たらないような容器の底部にピックアップコイルを固定します。
3. ダイナビーを回転しコイルに近づけると磁石は必ず底部を通過するのでコイルの電圧を検出する。

検出されたデータは周波数(Hz)として、検出されるのでそこから回転数(rpm)に変換すれば毎分何回転かわかる。これにより回転数を計算する。下図は実験で観察したオシロスコープ画面です。周波数はそれぞれ141Hz,144Hzになった。回転数にして8460rpm,8640rpmとなり回転数その1は正しいことがわかった。

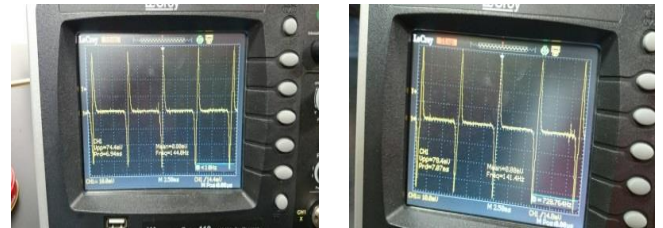


図 高速回転時の周波数

● 毎分20000回転するには？

ダイナビーを20000rpmの速度で回転させる動画がありました。しかし、スピードが速すぎてスナップ数を読み取ることができません。今回はその動画のダイナビーと私たちのダイナビーが同じものと仮定して、その場合の1秒間のスナップ数を計算すると、12回で、我々の2.3倍になります。驚異的です。

● 結論

ダイナビーの軸が左回転または右回転する理由と軸が摩擦によって加速する説明で加速原理について理解し説明することができた。ダイナビーの回転数で私たちの回転数は約8000回転が限界であることがわかった。それ以上の回転数をだすには手首の力が必要だとかんがえられる。

● 感想

回転という身近な存在を力学的に解析することでダイナビーの運動にどのような力が働いているか知ることができた。力学的に解析するまでなぜ加速するのかわからなかったが今回の実験によってその原理の理解を深めることができた。