

か、それには、どのくらいの力で押し付ければよいのでしょうか。望遠鏡は使用しない時間の方が長いものですが、その間に同じ場所ばかり押し付けられて部分的に凹みが生じないのでしょうか。そうならないためには、どの程度の硬さの材質が良いのでしょうか。

こんな疑問に答えてくれる望遠鏡の資料はどこにもありませんでした。リック天文台の場合の押付力が1.4トンであることが、唯一の具体的なデータでした。宇宙科学研究所の1.3m望遠鏡を製作した三菱電機の担当者に教を乞う手紙を出しましたが、当然のことながら返事はありませんでした(営利企業の社員がこんなことに答える義務はどこにもないわけですから)。こうなると自分達で考えるしかありません。考えてみれば、鉄道のレールと車輪、自動車のタイヤと道路の場合もフリクションドライブです。この駆動法は、歯車の発明以前に使われていたと思われるおそらく最も原始的なトルク伝達法です。そこに使われている原理は、摩擦の法則という、これまた最も基本的な物理法則ですから、法則にしたがって忠実に検討すれば良いはずで

す。摩擦には、接している2つの物体がずれて動き始めるまでの静止した状態での静止摩擦と、動き始めた後の動摩擦の2つがあります。望遠鏡のフリクションドライブの場合は、ディスクとローラーは共に回転しますが、接触している場所同士はズレないで回る(相対的には静止している)ので、ここで考えるのは静止摩擦の方です。一般に摩擦力と押し付け力は比例し、その比例係数が摩擦係数と呼ばれます。静止摩擦の場合、滑り始める直前が最も摩擦力が大きいので、最大静止摩擦力と呼ばれています。最大静止摩擦力を F_{max} [kgf]、押付力を N [kgf]、静止摩擦係数を μ_0 とすると、

$$F_{max} = \mu_0 \times N \quad (1)$$

で表されます。

また、この最大摩擦力 F_{max} で半径 R [m]のディスクを回すときのトルク T [kgf・m]は、

$$T = F_{max} \times R \quad (2)$$

となります。

なお、モーターに必要なトルクは、 F_{max} 以上必要ですが、それ以上いくら大きくてもディスクに伝達するトルクは、最大摩擦力 F_{max} 以上にはなりません。

赤道儀はバランスが取れた状態で使用する物なので、口径20cmのカセグレン望遠鏡では、必要なトルク T は2[kgf・m](=半径1m先に2kgの力をかけたアンバランスな状態)もあれば充分と考えました。ディスクの半径を0.15[m]、静止摩擦係数 μ_0 を0.13とすると、式(1)、式(2)に代入して、

$$F_{max} = T/R = 2/0.15 = 13.3 \text{ [kgf]}$$

$$N = F_{max}/\mu_0 = 13.3/0.13 = 102 \text{ [kgf]}$$

となります。こうして押付力として100[kgf]以上を与えればよいことがわかりました。

なお、ここでは静止摩擦係数に最も控え目な値として0.13を採っています。これは押付力が小さいときに、研磨した鋼どうしの面に少量の油を塗った場合に相当します。しかし実際には100[kgf]の力を加えるときには、油膜があってもなくても、 $\mu_0 = 0.2$ 程度と考えてもよさそうです。その根拠は、別に実験装置を作って、実際に確認した次の結果によります。

バネを利用して押付力を可変にして摩擦面を清浄な状態に

したり機械油を塗ったりして、最大摩擦力がどのように変化するかを調べてみました。結果は、(a)押付力が弱いときには、摩擦の法則にしたがい(1)式が成り立ち、そして油膜があると滑りやすくなりました。しかし(b)ある程度以上強く押し付けると摩擦の法則は成り立たず、静止摩擦係数自体が押付力に比例して大きくなることわかりました! また、油膜の有無は摩擦力に無関係でした。これは、押付力が大きいと油膜を断ち切る働きがあるためと考えられます。どちらの場合も摩擦が大きくなる方向にいくため、私たちの目的には好都合です。摩擦の法則は、最悪の場合を想定したものと思えば良いこととなります。

後は、この押付力に耐えられる材料を探せばよいわけです。先に、ディスクとローラーは理論的には1線で接していると書きましたが、現実には、ある程度変形して、有限の面積で押付力を引き受けています。この変形が、塑性変形までいかないで、弾性変形の範囲に収まるような材料を選ぶことになります。私たちは、ヘルツの公式と呼ばれる弾性変形の計算式で検討した結果、硬さHRC50以上を得るため、ディスクにはS55C材のリムに高周波焼入処理を施し、ローラーにはSUJ2材に高周波焼入れ処理を施して使用することにしました。なお、完成後、ディスクとローラーを半年間同じ場所で押し付けたまま放置しても、実際に塑性変形を起こしている様子は見られず、予想の計算が正しかったことを裏付けています。

4. この赤道儀の特徴

この赤道儀の極軸体は、駆動がフリクションドライブというだけでなく、フリクションドライブ部が軸受けも兼ねているのが特徴の1つです。まず、極軸南端に自動調芯ベアリング(プランマブロック)を置き、極軸自体はそこを支点に自由に動きます。次に、両端をピロブロックで支えられた2本のローラーの上に極軸体のディスクを載せます(図2. および写真1)。極軸体は3点で安定に支持したこととなります。このような構造にすると、摩擦を発生させるための押付力は、極軸体の自重に加えて、フォークおよび望遠鏡の重量をてこで増加させたものが利用できて、100[kgf]を超える力になっています。

2本のローラーのうち1本は、モーターに接続された減速比

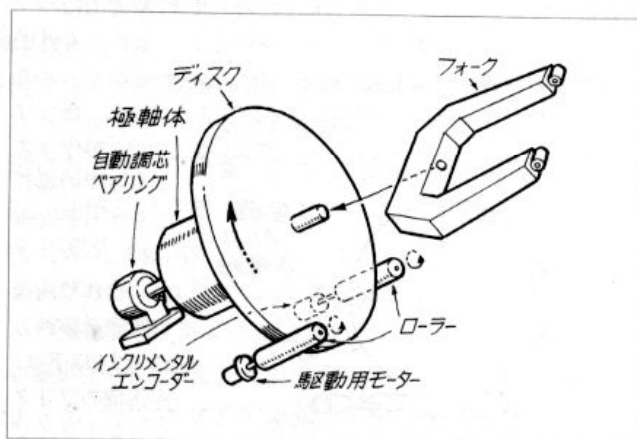


図2 3点で支持された極軸体

極軸体は、南端の軸受けを支点として、2本のローラーの上に載せられ、その3点で支えられている。ローラーには、てこにより増幅されたフォーク・鏡筒の荷重と極軸体自体の重さが加わり、摩擦発生のための押付力として働いている。2本のローラーは、それぞれ駆動用モーターとエンコーダーにつながっている。