

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

宇宙機器に使われる軸受について

人類が月面にアポロ11号で降り立ったのは今から38年前(1969年)の夏でした。今年、日本では宇宙航空研究開発機構(以下、JAXAという。)が、9月14日に月周回衛星「かぐや」(SELENE: セレーネ)を打ち上げて、米国のアポロ計画以来となる大規模な月面探査をスタートさせました。この質量3トン超の衛星「かぐや」にはJAXAの公募により世界の41万名強の人々から寄せられた名前やメッセージとともに、月の誕生と進化のシナリオを探るために、二つの子衛星(RSAT及びVRAD)を含む15の科学観測ミッション機器も搭載されています。(図1参照)

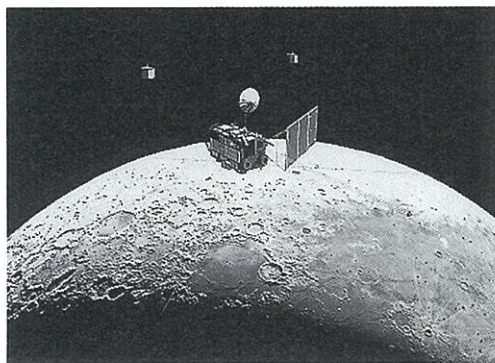


図1 月探査衛星「かぐや」

(提供: 宇宙航空研究開発機構 (JAXA))

宇宙環境とは

そもそも宇宙空間とは、地上から見ると空気ほとんどなくなる高度100km以上の空間をいいます。地球周回衛星で最も高い軌道は、高度36000kmの静止軌道ですが、通信衛星「イリジウム」のような即時通信用途には780kmや、宇

宙ステーションのような有人宇宙機には500kmといった低い軌道が使われています。

衛星が使われる宇宙環境は、高真空、微小重力に加えて、特に、暴露部では、食(軌道上で地球の陰に入る時)と日照を繰り返すことによる広い温度範囲及び宇宙放射線や原子状酸素などにより、グリース及び固体潤滑材、さらに金属部品が劣化します。そのため、様々な熱制御法を採用し、また、放射線や原子状酸素に対する保護膜によって衛星を保護し、搭載機器・部品の厳しい使用条件を少しでも緩和する工夫がなされています。

人工衛星の軸受

では、一体人工衛星にはどのような軸受がどれだけ使われているのでしょうか。オイル、グリース又は固体潤滑剤で潤滑した深溝玉軸受やアンギュラ玉軸受などの転がり軸受に加えて、固体潤滑剤を焼成した球面ブッシュのような滑り軸受も使われています。月周回衛星「かぐや」とか地球観測衛星といったミッションの違いにより軸受の使用状況も変わってきますが、たとえば、静止通信ミッションの人工衛星を見てみますと、転がり軸受は次のような使用状況になっています。

衛星は、基本機能をつかさどるバス系システム(軌道推進制御、構造、電力、姿勢制御、熱制御及び通信などの機能を担当)と、衛星の個々のミッションに必要な機器類のミッション系システムから成ります。バス系システムのうち、太

陽電池パドル系(2翼分)には固体潤滑スパッタリング深溝玉軸受、パドル駆動機構系にはグリース潤滑アンギュラ玉軸受及び深溝玉軸受、姿勢制御系ホイール及びジャイロにはオイル潤滑アンギュラ玉軸受、さらに姿勢制御系地球センサにはグリース潤滑アンギュラ玉軸受を使用しています。また、通信衛星のミッションに関連して、通信系二軸駆動アンテナや通信系ロータリースイッチにはグリース潤滑アンギュラ玉軸受及び深溝玉軸受が使われています。(図2参照)

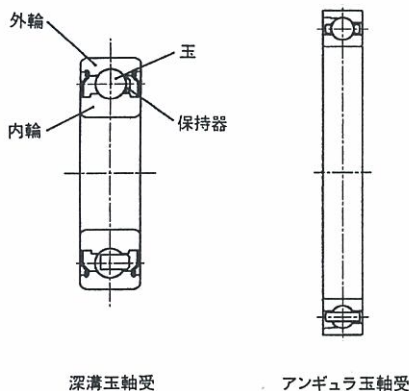


図2 宇宙機器用転がり軸受

以上のように、衛星には少なくとも100個程度の軸受が使用されており、衛星のミッションによっては大型展開アンテナの使用によって更に軸受使用量は増えます。

姿勢制御装置の軸受

軌道を飛行する人工衛星は、質量中心の周りに自転していますが、たとえばGPS衛星では静止軌道上で常に衛星の姿勢を地球の方向を向くように制御されています。これを姿勢制御といい、衛星内部に取り付けたジャイロセンサと地球センサを用いて姿勢角を決定し、アクチュエータであるホイールを使って姿勢制御しています。(図3参照)

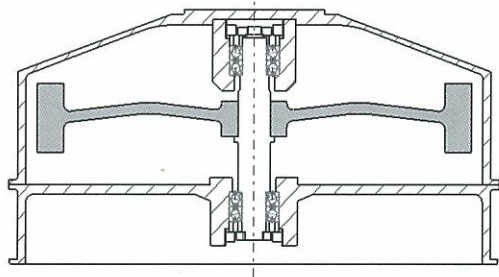


図3 ホイールの構造

ジャイロセンサにはレートジャイロ、積分ジャイロ、ドライチューンドジャイロ(DTG)、コントロールモーメントジャイロ(CMG)といった機械式があり、どれも精密な玉軸受が使われています(本誌48巻、2号参照)。また、ホイールには、リアクションホイール(RWA)とモーメントムホイール(MWA)があり、現在、次世代高性能ホイールの開発として、その性能をより大きな外乱トルクに耐えて衛星の姿勢制御を可能にし、かつホイール本体が低擾乱(高安定性)性能をもつような機種が開発が国内でも進められています。この軸受材料には、炭化物を微細化してノイズを低減した真空再溶解の超清浄度耐食鋼が使用され、新開発の高分子合成油を保持器に含浸させた「自己循環潤滑システム」も採用されています。また、長期にわたるトルク安定性及び長寿命(10年)の要求に応えるために、これらの超精密軸受は、厳重に管理されたクリーンルーム環境で、経験を積んだ熟練技術者によって組立・製造されています。

パドル駆動装置の軸受

太陽電池パドルは、衛星が軌道投入されると宇宙で展開し、太陽の方向に回転して給電が開始されます。一方、衛星が姿勢を変更する時、太陽電池を再収納/再展開させる必要があります、

パドル駆動装置 (PDM) とパドル系がこれらの動作を行います。(図4参照)

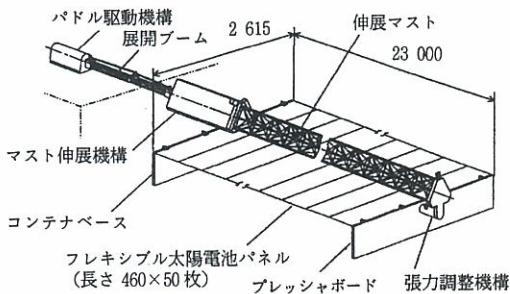


図8・38 ADEOS-II太陽電池パドル(展開状態)

図4 パドル駆動装置 (PDM)

(出典:機械工学便覧応用システム編ガンマ11)
[「宇宙機器・システム」より引用]

PDMは、モータが組み込まれたスピンドルであり、新開発の高分子合成油を基油とするグリース潤滑のアンギュラ玉軸受が組み込まれています。このグリースは、基油の低蒸発化及び軸受の低摩擦トルク化を実現しています。また、太陽電池パドルで発電された電力を衛星本体に給電するために、その接続部にはスリップリングが使われており、そこにもPDMと同じグリースを用いた深溝玉軸受が使用されています。

