

ギヤ Box とベアリングの液体窒素冷却実験

沖田博文 (東北大)

2009/7/9

1 実験目的

南極 40cm 赤外線望遠鏡には天体の導入・追尾の為、RA 軸、Dec 軸それぞれ「ステッピングモーター」「減速ギヤ」「ウォームネジホルダー」「ウォームホイール」と回転運動を伝達している。これらの機構はドームふじ基地の最低気温、-80 でも確実に動作する事が求められているが、-60 以下では常温と同じように駆動しない。うまく回転しない理由としてはモータートルクが回転数だけでなく温度にも依存する、また減速ギヤやウォームネジホルダーの摩擦抵抗が温度の低下によって大きくなるといったことが考えられる。

そこで今回は「減速ギヤ」を構成する部品について、冷却下での振る舞いを調べる。

2 実験の原理

南極 40cm 赤外線望遠鏡に使用されている「減速ギヤ」は、オリエンタルモーター (株) 社製「CSK564AP-T20」ステッピングモーターに付けられている 1/20 に減速するギヤード (ギヤ Box) である。このギヤ Box は通常の工業製品であって特段の冷却対策はされていない。



図 1 ギヤ Box 内部。小さなギヤによる伝達で、1/20 に減速する。これら内部回転軸はベアリングによってギヤ Box 筐体に取り付けられている。

このギヤ Box を冷却すると以下の現象が起こり、回転不可能になると考えられる。

1. グリスの凍結

2. ベアリングの隙間の減少
3. ギヤとギヤの隙間の減少
4. ギヤ Box 筐体の収縮

これまでに行ってきた冷凍庫を使った-80 冷却実験からは、各部品は固くはなるが回転する事は既に分かっていた。そこで今回の実験では液体窒素の中にベアリング単体とギヤ Box 本体を入れて-196 まで冷却し、極限まで冷却した環境でギヤ Box がどのように振る舞うかを調べる事にした。

3 実験方法

ギヤ Box 全体とベアリングの付いたギヤ Box 内部の回転軸 1 本を-196 の液体窒素の入ったデュワーに入れ、泡が出なくなった後それぞれの回転軸を軸を手で回す事が出来るかどうかを調べた。

4 実験結果

結果	
ベアリング	グリスが凍り最初回転しなかったが、グリスが割れた後はスムーズに回転
ギヤ Box 全体	完全に回転しない

5 考察

実験結果から、まずグリスの影響がない場合ギヤ Box に使用されているベアリングは-196 でも正常に回転する事が分かった。

次にギヤ Box 全体について、この実験結果からは「グリスの凍結」・「熱膨張率の違いによるギヤ間の隙間の減少」のどちらが原因で回転しなくなったのか分からない。しかしギヤ Box の収縮に関して、ギヤ Box 筐体はアルミ (熱膨張率 $23 \times 10^{-6}/$) で、軸・ギヤ・ベアリングは鉄 ($12.1 \times 10^{-6}/$) 製であり、これらを-196 に冷却した場合ギヤ Box 筐体は全体で約 0.3mm の収縮、ギヤ Box 内部の軸間距離 (20mm と仮定) は約 0.1mm の収縮となる。ところでこの時ギヤ Box 内部のギヤは鉄である為 0.05mm が収縮せず、結果としてギヤとギヤのかみ合わせが約 0.05mm きつくなる。

この事と、グリスは可能な限り除去していた、ベアリングに付いていたグリスは割れた後スムーズな回転に影響しなかった事から考えて、ギヤ Box 全体が-196 で回転しなかったのは「熱膨張率の違いによるギヤ間の隙間の減少」が原因だと結論づけてよいと思われる。

今回の実験から、特にギヤやベアリングなどは-80 で最適な隙間となるような設計が重要であり、また出来る限り同種の材質で作る事が大切である事を再確認できた。この結果を南極 40cm 赤外線望遠鏡の改良でフィードバックさせたいと思う。

6 参考文献

1. オリエンタルモーター総合カタログ 2007/2008、オリエンタルモーター株式会社
2. モーターユニット等の脱脂・グリスアップについて、沖田博文 (2009/07/09 レポート)