

副鏡ユニット冷却実験

沖田博文 (東北大)

2009/9/3

1 実験目的

南極 40cm 赤外線望遠鏡のピントは副鏡を光軸に対して前後に移動させる事で調整する構造となっている。この装置はステッピングモーターによって駆動させる為、ドームふじ基地の最低気温、-80 で正しく動作するかどうか確認する必要がある。ピント位置は観測装置を変えない限り殆ど動かない箇所であるので、追尾モーターと比べて高速で回転させなければならない事は無い。しかし、滅多に動かさないとこであるだけに必要な時に必ず動作してもらわなければ観測に支障が出る。そこで今回の実験は副鏡ユニットが何度以上であれば正しく機能しピント調整が可能かどうか調べた。

2 モーターユニットの構造

南極 40cm 赤外線望遠鏡の副鏡モーターはオリエンタルモーター (株) 社製「CSK523AP-M30」である。これは 5 相ステッピングモーターで 1/30 に減速するギヤード (ギヤ Box) がモーターに直に取り付けられており、フルステップ駆動の場合 15,000 パルスで 1 回転する。(なお 1 つの相に来るパルスの周期は 10 ステップに相当する。)

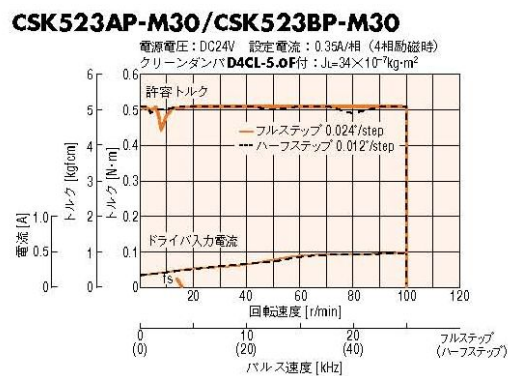


図 1 CSK523AP-M30 の回転速度-トルク特性。オリエンタルモーター (株) カタログより転載。

3 副鏡ユニットの構造

副鏡ユニットに取り付けられたモーター + ギヤ Box は、M3 ネジ (ピッチ 0.5) を介して上下動ユニットを支えている。上下動ユニットはバネによって下方向に常にテンションがかかっている。モーターの回転に伴って上下動ユニットが上下に動く仕組みとなっている。上下動ユニットの上がりすぎ・下がりすぎに対処する為のリミットスイッチが内部に併設されている。

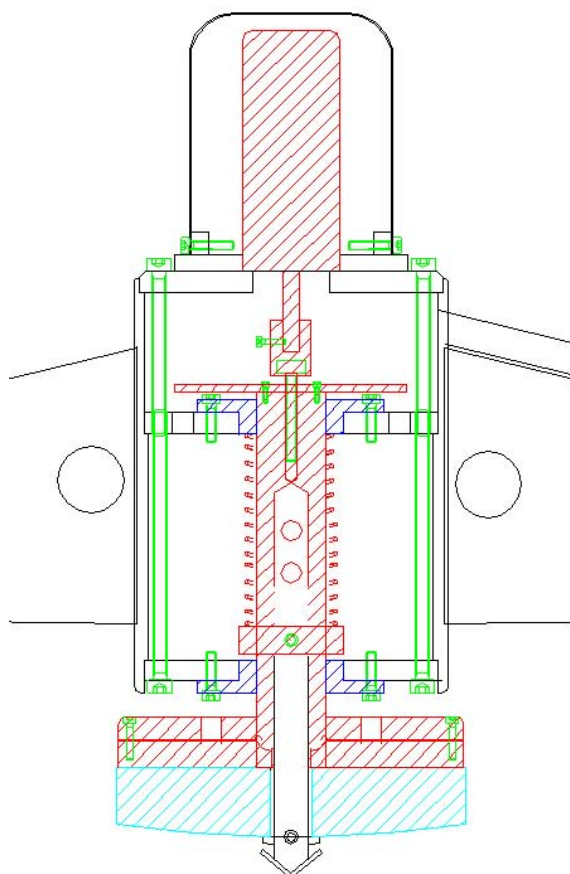


図 2 副鏡ユニット。赤色がモーターと上下動ユニット、中央の緑色のネジが M3 ネジ、青色が上下動ユニットを支える軸受け (プシュ) である。



図3 モーターユニットを外した状態。中央のネジで上下動ユニットを上下させる。

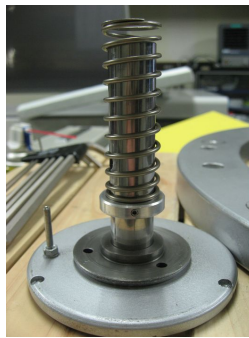


図4 上下動ユニット。下から2枚目の板がプッシュで、グリス潤滑である。

4 実験方法

南極 40cm 赤外線望遠鏡のトップリングを丸ごと日本フリーザー (株) 社製 CLN-70C 冷凍庫に入れ-80 まで冷却し実験を行った。温度は副鏡モーターユニットにカプトンテープで取り付けられた白金温度計で測定し、KEYENCE 社製データ収集システム NR-1000 に繋いでリアルタイムにその値を読み取った。

実験を行う為にトップリングと Dec ユニットをつなぐ延長ケーブルを作成し、これを使用して実験を行った。

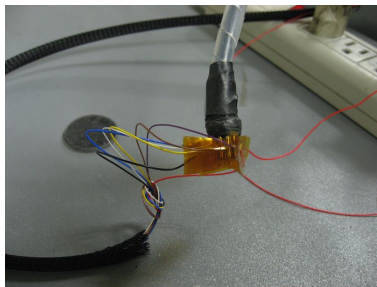


図5 延長ケーブル

実験は以下の5通り行い、副鏡モーター + ギヤ Box は-80 でも回転するか、軸受け (プッシュ) は固着しな

いか、バネは低温下でも機能するかどうかを調べ、最終的に副鏡が-80 で正しく上下動するかどうかを調べた。ここで副鏡の移動を目視で測定するのは困難な為、Mitutoyo CD-15CP 電子ノギスで副鏡支持ユニットと副鏡ユニットの間隙の変化を測定した。また分解した状態での実験では目視でモーター軸の回転を、上下動ユニットは手動で押し上げ・バネの力で引き下がる事を観察する事とした。



図 6 Mitutoyo CD-15CP 電子ノギス。器差 $\pm 0.02\text{mm}$ である。

脱脂は工場棟の高圧エアーを用いてグリスを押し出し、アセトンで拭き取った。新たに使用したグリスはすべてソルベイソレクシス(株)「FOMBLIN GREASE 特殊環境用グレード ZLHT」である。グリス使用のコツは「できる限り少なく」、である。なおこれら実験は8月6日、17日、20日、30日、9月1日、2日の複数回に渡って行った。

実験 A IK 技研より納品された状態での冷却実験。-80 まで冷却し M スピードで副鏡が動くかどうか調べる。

実験 B 副鏡モーター + ギヤボックスを脱脂し単体で冷却実験。-80 でモーターが M スピードで脱調なく駆動するかどうか調べる。

実験 C 納品された状態での上下動ユニット単体の冷却実験。-80 でバネ・軸受け(ブシュ)が正しく動作し上下動するかどうか調べる。

実験 D 脱脂しフォンブリングリスをつけて副鏡支持ユニット単体を冷却実験。-80 でバネ・軸受け(ブシュ)が正しく動作し上下動するかどうか調べる。

実験 E 部品を脱脂・フォンブリングリスをつけて組み立て、実験 A と同じ手順で副鏡が動くかどうか調べる。

5 実験結果

A ~ E の実験結果を以下に示す。それぞれ はうまく動作し、×は動作しなかった場合を表す。 は動作するが非常に硬い場合を意味する。

5.1 実験 A

IK 技研より納品された状態での冷却実験。-80 まで冷却し M スピードで副鏡が動くかどうか調べた。

温度 ()	副鏡の上下動
+21.3	
-82.2	×
-78.7	×
-72.1	×
-67.0	×
-61.2	×
-55.2	×
-48.4	
-42.8	

表 1 実験 A 結果

5.2 実験 B

副鏡モーター + ギヤボックスを脱脂し単体で冷却実験。-80 でモーターが M スピードで脱調なく駆動するかどうか調べた。

温度 ()	モーター軸の回転
+25.3	
-77.7	
-71.4	
-65.8	
-54.2	
-47.7	
-41.5	

表 2 実験 B 結果

5.3 実験 C

納品された状態での上下動ユニット単体の冷却実験。-80 でバネ・軸受け(ブシュ)が正しく動作し上下動するかどうか調べた。

温度 ()	副鏡の上下動
+25.1	
-79.5	×
-74.3	×
-70.7	×
-59.8	×
-52.6	×
-47.5	×
-43.1	×
-38.1	×
-35.3	×
-30.7	×
+17.0	

表 3 実験 C 結果

5.4 実験 D

脱脂しフォンプリングリスをつけて上下動ユニット単体を冷却し、実験 C と同様に上下動するかどうか調べた。

温度 ()	副鏡の上下動
+25.3	
-77.7	
-71.4	
-65.8	
-54.2	
-47.7	
-41.5	

表 4 実験 D 結果

5.5 実験 E

部品を脱脂・フロンリングリスをつけて組み立て、実験 A と同じ手順で副鏡が動くかどうか調べた。

温度 ()	副鏡の上下動
+24.7	
-83.0	
-77.4	
-71.9	
-63.4	
-58.2	
-52.2	

表 5 実験 E 結果

6 考察

実験 A は納品状態での実験であり、結果の示すとおりピント調整機構は-50 前後で機能しなくなる事がわかった。そこで分解し、各部を脱脂・必要に応じてフロンリングリスを付け再組み立てした。

実験 B から脱脂した「CSK523AP-M30」モーターは-80 で動作することを確認することができた。

実験 C と D の結果から、上下動ユニットの軸受け (プシュ) に使われていたグリスの凍結が、実験 A で-50 前後で動かなくなった原因だと考えられる。なお IK 技研に問い合わせたところ、プシュ・軸ともに材質はモリブ鉄 SMC で、冷却による収縮で隙間が小さくなることは無い(らしい)。

実験 B、D から部品単体では-80 でも機能することを確認することができた。これらを組み立て、トップリングの形状にして再度-80 に冷却したのが実験 E である。

実験 E の結果、-80 でもピント調整機構は正しく機能することが確認できた。



図 7 実験風景

7 まとめ

トップリング全体を丸ごと-80 に冷却して、ピント調整機構は正しく動作するか調べた。実験から上下動ユニット・モーターともに正しく機能し、全体としても-80 で正しく機能することがわかった。

なお、副鏡を動かすパルス数は RA モーターや Dec モーターと同じように簡単に変更することができない。現状としては H スピードだと早すぎ、L、G スピードだと遅すぎて実用的でない。後日 Xtron の稲岡さんに修正を依頼予定である。

8 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覚え書き、沖田博文 (2009/07/09 レポート)
3. ステッピングモーター冷却実験、沖田博文 (2009/07/11 レポート)