

キネマチックカップリングの原理を用いた赤道プラットフォームの試作

三類 森永研究室
1610163 鬼丸風人

1.序論

地上から見た天体は日周運動をしているため観測は一般に赤道儀と呼ばれる日周運動を追いかける架台に観測機器を載せて行う。



図 1-1 ドイツ式赤道儀
(Vixen 社 ポラリエ)

図 1-1 はドイツ式赤道儀と呼ばれ主に天体を撮影することに用いられる。赤道儀の回転軸を極軸に合わせることで日周運動を追尾できるが、構造上重い観測機器を用いることには向いていない。赤道儀は様々な形式のものが考案されてきたが、そのうち薄い台状の形のものには赤道プラットフォーム(Equatorial Platform)と呼ばれる。大型の観測機器でも赤道プラットフォームに載せるだけで観測ができるというメリットがある。構造上特定の緯度に対して設計・製作されているため顧客の要望や観測機器の種類や大きさによってカスタマイズされる[1]。つまり赤道プラットフォームを用いて観測する地域は、一度制作してしまうと限られてしまうことになる。そこで今回我々は回転軸を任意の仰角に設定できる赤道儀を設計・制作することにした。また、回転軸の角度を変化させる作業を行っても赤道プラットフォームの上部プレートと下部プレートの再現性が損なわれないようにキネマチックカップリングの原理を用いた。本稿ではキネマチックカップリングの原理に基づく赤道プラットフォームを試作して天体撮影を行い、その結果について述べる。

2.原理

代表的なキネマチックカップリングには図 2-1 のケルビンランプと図 2-2 のマクスウェルランプの 2 種類がある。

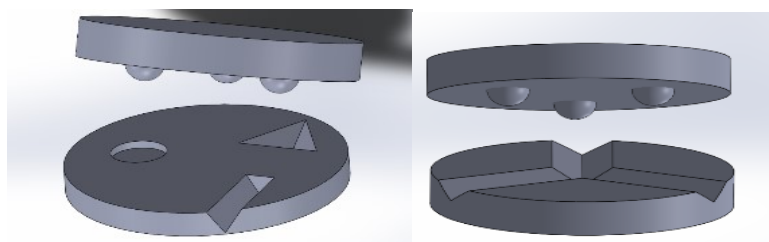


図 2-1 ケルビンランプ 図 2-2 マクスウェルランプ

今回試作した赤道プラットフォームにはケルビンランプの原理を用いている。図 2-3 のように点 B を 3 自由度拘束(3DOR)する原点に固定、点 C を平面上に拘束した状態で点 A を鉛直(Z 軸)方向に動かすと直角三角形 ABC のプレートは Y 軸を中心に回転する。点 A を水平(Y 軸)方向に動かすと原点を中心に回転する。よって、XY 平面上に斜面を置き、点 A を斜面に沿って動かせば斜面に垂直で原点を通る軸を中心に回転すると考えられる。

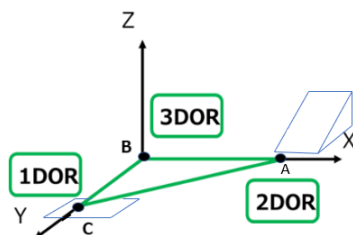


図 2-3 ケルビンランプとプレートの様子

観測装置を上に乗せることを考えて図 2-4 のように三角形 ABC を正三角形 ACD に拡張した。この結果拘束が過剰になるので原点の拘束は 2 自由度拘束に変更した。

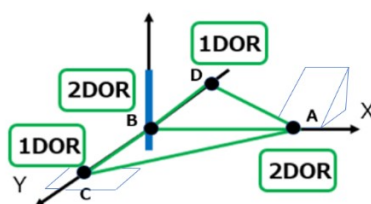


図 2-4 ケルビンランプと拡張したプレート

斜面の法線が北極星を向いているとき、動作開始当初のプレートは日周運動と同じ動きをする。斜面の法線方向を向いたままプレートが回転することが理想的だが、点 C は平面に拘束されているためこの赤道プラットフォームの動作は正しい日周運動からずれていく。動作時間が長くなると図 2-5 のように回転軸のずれが無視できなくなる。

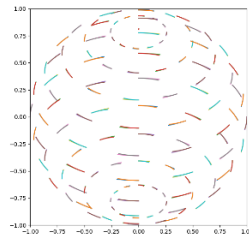


図 2-5 日周運動と赤道プラットフォームの動き(45分追尾)

今回はある観測時間で回転軸がずれないことを CAD のシミュレーションと実際に回転軸を可視化して確認し、作成した赤道プラットフォームで観測を行った。

3.実験

実際に図 3-1 のような赤道プラットフォームを作成した。

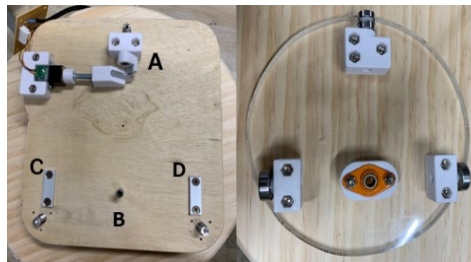


図 3-1 作成した赤道プラットフォーム

装置の部品の多くは 3D プリンタで作成し、装置の制御には Arduino とステッピングモータードライバを用いた。

- ① 窓の外の風景の中から仮想的な天の北極を任意に設定し斜面の角度を決定、カメラを載せて装置を動作させ複数回写真を撮った。斜面の角度の決定には天の北極と斜面が直角になるように角度決め器を用いた。撮影した写真を GIF ファイルに変換し斜面の角度の決定が正しく行われることと、設定した極を中心とした回転が行われることを確かめた。
- ② 日周運動を追従できるようにプラットフォームの回転角が適切かどうかということと、軸がずれていないことを確かめるために CAD でシミュレーションをした。
- ③ 実際に外で観測を行った。

4.実験結果

- ① 撮影した写真を GIF ファイルに変換し確認をしたところ天の北極に設定した構造物を中心に景色が回転している動きを確認できた。よってこの実験から、斜面の角度の決定が角度決め器によって正しく行われていることと、赤道プラットフォームが極軸を中心に回転していることが分かった。

- ② 15 分間分のシミュレーションを行った。まず、シミュレーション中に回転軸を表す棒を回転軸方向から観察した結果、常に点で見た。これは回転軸がずれていないことを表す。また、図 4-1 のようにシミュレーション開始時に 15 分間に天体が日周運動をする角度である 3.75° の角度で配置した青い印と赤い印は、図 4-2 のようにシミュレーション終了時には完全に一致した。つまり 15 分間分のシミュレーションで赤道プラットフォームは回転角が 3.75° であったので、設計した赤道プラットフォームは日周運動を追尾しているといえる。

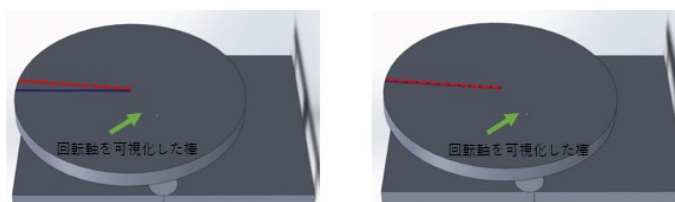


図 4-1 シミュレーション開始時 図 4-2 シミュレーション終了時

- ③ レーザー棟屋上で撮影を行った。図 4-3 の固定して観測して得た写真と図 4-4 の追尾して得た写真を比べると赤道プラットフォームで天体を追尾して観測できていることがわかる。



図 4-3 固定撮影で得た天体の写真

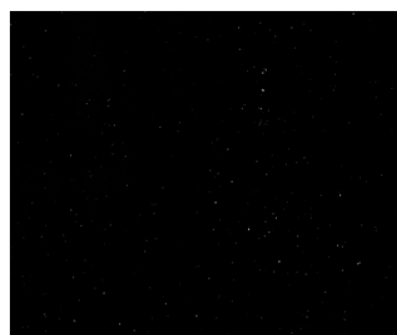


図 4-4 追尾撮影で得た天体の写真

5. 展望・今後の課題

短い観測時間であるが日周運動を追尾しなければならない場面において、従来のように大がかりな赤道儀を使わずに観測を行うことができるという利点がある。機構上、高緯度での観測は部品の干渉により制限されてしまうため、ベアリングに沿って押し出す部品の形状の改善を行いたい。

6. 参考文献

- [1] equatorialplatforms”aboutourplatforms”<http://www.equatorialplatforms.com/about.ourplatforms.shtml>