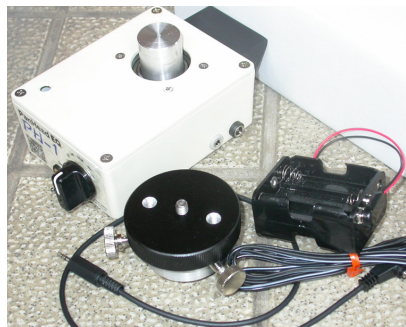
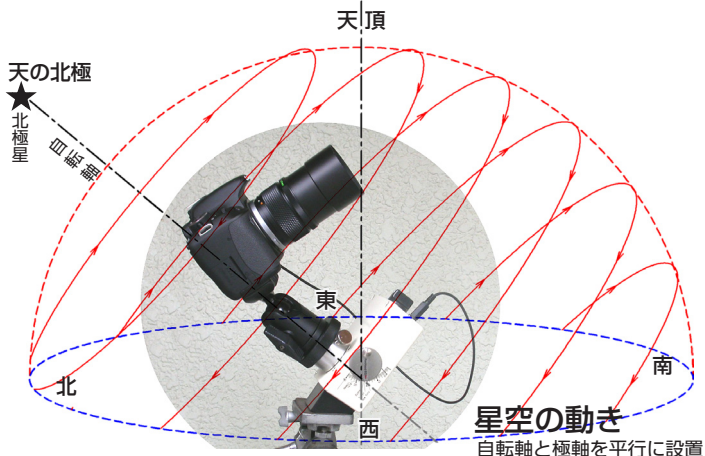


三脚と雲台の間に装着する超小型写真用赤道儀

# 雲台赤道儀 PanHead EQ PH-1 取扱説明書



■主要諸元  
 大きさ：86 × 155 × 80mm (ウエッジ、ダイヤル、端子などの突起物を含む) 重さ：930g、  
 搭載重量：雲台を含めて約 3.0kg  
 極軸設置：北極星のぞき穴 (素通し等倍、実視野約 7.2 度)、傾斜計 (標準装備) と方位磁石 (ユーザーが用意)、外付け極望 (オプション) をカメラのライブビューで北極星を見て設置するカーチス・デジカメ法 (DPPA 法) も可能。  
 駆動系：ウォームホイール直径 56mm / 歯数 110 枚。PM 型 ステッピングモーター。恒星時駆動 14.7PPS。センター + 6V ~ 12V (添付電源ボックス推奨)、Ni-MH 充電電池、Ni-Cd 充電電池対応。単三電池 6 本で約 12 時間駆動 (20°C、アルカリ乾電池使用)

■梱包の内容  
 PanHead EQ 本体、着脱式ターンテーブル、電源ボックス (単三型乾電池 6 本用)、シャッターケーブル。

●デジタルカメラで星野撮影の露出時間がフィルムの 1/10 になり、極軸設置や追尾精度に大幅に寛大になったことから、オルゴール・ゼンマイ駆動の写真用ポケットブル赤道儀 MusicBox EQ が登場しました。その性能の高さはユーザーの皆さまはよくご存じでしょう。雲台赤道儀 PanHead EQ はオルゴール赤道儀の上位機種として作られた電動のポケットブル赤道儀です。オルゴール赤道儀同様カメラボディと同程度の大きさで携帯性を損ねることなく、マイコン駆動エンジンの利点を活かした各種設定速度と構図決定後すぐに撮影を開始できるスタンバイボタンを搭載しています。回転部は大きなベアリングで支えてあり強度も充分です。

追尾精度を担う心臓部のウォームホイール / ギヤは強力な研磨矯正を行ない、小型ながら 200mm 望遠レンズを数分間追尾撮影できる驚異的な追尾性能が特長です。眼視用望遠鏡を搭載する場合は東西の 40 倍速スイッチがとても便利です。末永くご愛用ください。

## ●デジカメ時代の極軸設置の精度

星空は上の図のように地球の自転によって東から昇り西に沈みます。赤道儀は極軸を地球の自転軸と正しく平行に設置して、星空の動きを追尾する装置です。そのため星空の追尾撮影に失敗すると、多くの方は「極軸設置が不十分だった」と思うようです。しかし、それは長時間露出を必要としたフィルムの経験によるトラウマです。まずは PanHead EQ の極軸設置についてご説明します。

フィルムカメラの星野写真では 40 分ほどの露出が必要でした。デジタルカメラなら長くても 1/10 の 4 分露出で終了します。極軸設置が不十分だと星が流れて写ってしまいますが、露出時間の短縮は直に極軸設置精度に反映されるので、今では極軸設置はフィルム時代の 10 倍ラフでも大丈夫です。50mm 標準レンズで 40 分露出するには、極軸設置は約 12' (1/5°) の精度が必要です。200mm 望遠レンズの 40 分露出になると非常に厳しく、約 3' の精度が必要で、これは正確に調整された極軸望遠鏡の限界になります。すでにお気付きのようにデジカメの 4 分露出なら、極軸設置に必要な精度は 50mm レンズでは約 120' (2°です!)、200mm 望遠レンズでも 30' なので、PanHead EQ の極望代わりの北極星のぞき穴や傾斜計で充分実用になります。



PanHead EQ の西側面には円盤の傾斜計が付いています。0.3 度 (20') は読みとれます。円盤の代わりに文房具の大きめな分度器 (ユーザーが用意) も下げられます。写真のようにスマートフォンのアプリにある傾斜計や方位磁石 (偏角自動補正が多い。ただし信頼性は通常の方位磁石よりも劣るようです) も便利です。

## ●のぞき穴の中央に北極星を入れる

PanHead EQ は、左の写真に示した極望代わりの北極星のぞき穴から北極星をのぞいて設置します。穴の視界 (約 7.2°) を目安に 50mm レンズ 4 分露出以下なら、中央約 4° の範囲に北極星を入れれば充分です。穴から 20 ~ 30cm 離れてのぞくと、視界が狭くなって穴の中心がさらに確認しやすくなります。北極星は地球の自転軸の延長、すなわち天の北極点よりも 40' ほどズレた位置にあるのですが、その分の補正は通常は行なわなくても大丈夫です。望遠レンズの場合は少し補正が必要になります。北極星のズレの方向と離角は、PanHead EQ の裏面に貼ったシールに示してあるので参考にしてください。

## ●傾斜計で緯度に合わせる

PanHead EQ の西側面にある傾斜 (高度) 計は高度の設置に利用できます。ネジを緩めて円盤の指針をぶら下げ、本体を傾けて撮影地の緯度に目盛を合せます。傾斜計があると北極星のぞき穴で北極星を導入する前の目安としたり、北極星の見えない場所や南半球でも方位磁石 (別途に入手してください。スマホのアプリにもあります) を併用して極軸設置ができます。傾斜計の目盛は 0.3° (20') 程度まで読み取れるため、かなり正確な設置ができます。高度はのぞき穴よりも傾斜計を信用した方が良いでしょう。

## ●方位磁石を使う (北極星が見えないときや南半球など)

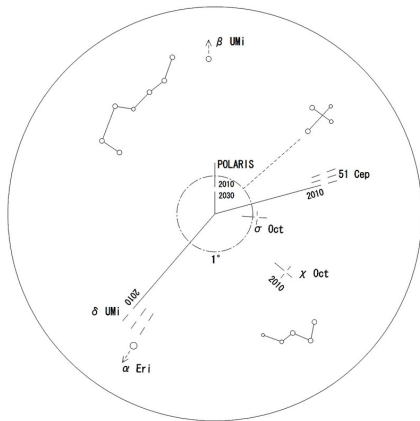
偏角 (その土地の磁北の狂い。東京では西側に約 7°ずれています) を設定できる、四角い台座のマップコンパス式が使いやすいです。方位磁石を側面か南面に当てて磁石の針を見ながら PanHead EQ を北に向けます。PanHead EQ 本体やカメラなどの鉄部、電池の影響などで磁石の針が少し動くため、動きの量を前もってテストしてください。\*方位磁石は目盛が粗いこともあり、あくまでも補助として使用してください。



ステーで固定する極望  
 ※オプション

北極星のぞき穴

PanHead EQ はいろいろな極軸設置法に対応しています。  
 (1) 極望代わりののぞき穴  
 (2) 傾斜計と方位磁石  
 (3) 別売極望  
 (4) カーチス・デジカメ法



PanHead EQの別売極軸望遠鏡は、日本で設計され中国の大手双眼鏡メーカーで作られた新製品です。米国パラマウント社をはじめ、多くの望遠鏡メーカーで採用されました。全金属製の高級なもので、プラスチック製のように光軸が狂う心配はありません。

装着部はスカイメモ用の極望と互換ですが、鏡筒は短く、倍率は若干高くしてあります。暗い星も見やすい調光式の暗視野照明装置付きです。

時角合わせパターンは、北極付近の星を利用する、いわゆるスカイメモ式、北斗とカシオペヤの方角で合わせるマークX式に加え、こぐま座β星の方角でも合わせることができます。

南天はスカイメモと同様な方式に加え、アケルナル星や南十字の方角でも合わせられます。パターンは2030年まで使用できます。

パターンはステータ合部のツバを基準にオートコリメーション装置により使用時の2倍の精度で調整済み。正確に加工された内部メカと正確なボディにより、外付けでも極軸内蔵型と比べて決定的な違いはありません。



### ●極軸望遠鏡とその他の極軸設置法

極軸望遠鏡がお好みの方は、別売の外付け極望(上の写真)をご用意しています。ただし、前述のようにデジタルカメラの短時間露出では、極軸望遠鏡での正確な設置は強い必要なものではありません。特殊な長時間露出や200mm以上の望遠レンズの場合には必要になります。

**カーチス・デジカメ法:** デジタルカメラのライブビューを極望の代わりにします。標準望遠レンズで極星付近に向け、極軸をゆっくり回しながら数分露出して液晶画面で確認すると、星々が円弧を描いて写っています。円弧の中心が極軸の回転中心ですから液晶面に中心のマークを印して(フェルトペンで小さな○を描くなど)、次にカメラをライブビューにしてマークに北極星を導入します。単純な○マークでなく時角や歳差、大気差を加えた詳しい北極星野図を重ねるなどして、極望以上に正確な方法に発展することが期待される手法です。元々は「カーチス写真法」と言われ、米国リック天文台の天文学者 HEBER D. CURTIS が、1922年に発表した「写真による赤道儀の調整」という論文が起原です。先達に敬意を表し、カーチス・デジカメ法 (Digital Photographic Polar Alignment < Curtis Method >…DPPA…デッパ法) と名付け、一部の天文家の皆さんが手法を改良中。据え付け式赤道儀にも有効な方法です。PanHead EQに40倍速があるのは、カーチス・デジカメ法を簡単に行なうためでもあります。6分露出で60度の円弧をきれいに写すことができます。



デジカメのライブビューを芯出しの正確な極望代わりにするのがカーチス・デジカメ法です。北極星を導入し、数分露出しながら極軸をゆっくり30度~90度回す(可能ならモーターの高速で回す)と、星々が円弧を描いて写ります。液晶画面の星々の円弧で極軸の回転中心が容易に分かるので、そこにフェルトペンなどで○印を描きます。○の大きさを北極星の離角の半径40°ほどにして、離隔を修正した設置をすれば望遠レンズにも対応できる正確な設置が可能です。

**ドリフト法:** 簡単に極軸設置をしてから修正する手法です。従来は高倍率の望遠鏡で星の動きを観察して行ないました。真南付近の適宜な高度の星を長時間追尾すると「極軸の東西が狂っている」と星は上下にズレ、東北(または西北)の星では「極軸の高度が狂っている」と上下にズレるので、南と東北(西北)の2回に分けて極軸を修正します。



南の星が下にズレたら極軸を西に修正(ナンゲセイと覚える)、東北の星が下にズレたら極軸を上(トウホクゲコウと覚える)します。デジカメで行なうには、望遠レンズで通常の露出時間の数倍露出すると星が上下流れて写ります。どちら側にズレたかは、露出終了の頃にレンズの前を半分隠したり色セロファンなどをかぶせれば分かります。上下のズレ量に対する極軸の修正量は、慣れれば容易に把握できます。ドリフト法で微修正するには、PanHead EQ用のシーソー架台(左の写真)など、微動の付いた台座があると便利です。



↓シャッターケーブル  
↓北極星のぞき穴  
極望ステーネジ穴↑  
↑スタンバイボタン  
←リモコン/オートガイダー端子  
←電源ジャック  
裏面には天の極の図があります

撮影のスタイル。PanHead EQ PH-1は下部に35度傾斜のウエッジが標準装備です。このため、三脚の雲台を使用しないで、直接三脚に装着することもできます。

### ●いよいよ星空撮影

星空を撮影するカメラはデジタル一眼レフが最適です。コンパクトデジタルカメラでも、ハルベ(B)や2分以上の露出のできる機種なら使えます。三脚の上にPanHead EQを載せ、ターンテーブルに雲台を取り付けてカメラを載せてください。上の写真はカメラを自由雲台に載せていますが、シネ雲台も使用できます。操作性は雲台次第なのでスムーズな製品を選んでください。構図をもっと自由に決めるためには、雲台の下に傾き調整用のレベルユニットを付けたり、雲台を二段重ねて使うなどの工夫をしてください。極軸設置はカメラを搭載して準備が整ってから行ないます。PanHead EQには電源のスイッチはありません。電源ジャックを差し込むと動き始めます。精密な赤道儀は常に動かしておくことで精度が向上するため、電源スイッチは省略しました。通常の星野写真は「STAR」の速度で撮影します。露出時間はISO400設定でレンズがF2.8の場合は、空の暗い場所で4分、通常は3分くらいです。F4の場合はISOを800に設定すれば同じ露出時間になります。もちろんISO1600や6400などの高感度に設定すれば、その分だけ露出時間を短くできますが、ISO800程度が画質も良いのでお勧めです。

### ●スタンバイ・ボタン

PanHead EQの新機能に「スタンバイ・ボタン」があります。追尾撮影は構図を決めてからすぐに撮影を開始せず、ギヤがなじむまで数分間待ってから開始するのがコツですが、スタンバイ・ボタンを押すと、極軸が【高速逆行】→【高速順行】→【中速順行】→【恒星時】と動いて、約10秒でギヤがなじんで、その数秒後には撮影を開始できます。連続して同じ構図を撮影する場合は、既にギヤは十分になじんでいるので、その都度スタンバイ・ボタンを押さない方が好結果です。

### ●南半球での撮影

PanHead EQの裏面の穴の奥に「北半球/南半球切替スイッチ」があるので、南半球回転のS側(出荷時の設定はN側)に切り替えてください。

### ●眼視用望遠鏡の搭載

PanHead EQは、星野写真撮影だけでなく眼視用望遠鏡の搭載も意識して設計されています。雲台に小型の望遠鏡を載せて使ってみてください。ステップモーターは、時計の秒針のようにカクカクとステップして回るため、ステップが10PPS(1秒間に10回)以下の赤道儀は視野の星がカクカク動いたり像がブレて見えるので望遠鏡は搭載できません。PanHead EQは14.7PPSで口径8cm望遠鏡の分解能を満たしているため、小型望遠鏡は問題なく搭載できます。望遠鏡搭載時は極軸が粗動回転できることや、東西の40倍速がたいへん便利です。なお、雲台と望遠鏡の間に装着する簡易上下微動装置や、望遠鏡を本格的に搭載できるドイツ式赤緯軸も発売する予定です。

## ●メンテナンス、その他

ご購入時や長い間お使いにならなかった場合は、順行 40 倍速で半日ほど動かしてください。ベアリングやギヤがなじみ、ゴミなどが取れ、グリースも行き渡って良いコンディションになります。この作業をエージングといいます。電源は付属の 9V 電源以外に 6V ~ 12V (センター+ジャック) が使えますが、自己責任でお願いします。カーバッテリーは 15V 程度の電圧になることがあるので、ご使用をやめるか 12V 以下であることを確認してください。PanHead EQ には右の写真のように様々な速度設定があります。どの速度に設定したかは、設定ダイヤルの位置や裏面の 3 色 LED の点滅で分かります。ロゴマーク下の QR コードをケータイで撮影すると下記の英文の説明が出ます。

STAR: red …… 恒星時 (キングスレート) ・赤  
SUN: red (blink) … 太陽時 ・赤点滅  
MOON: green (blink) … 月時 ・緑点滅  
LANDSCAPE : yellow (blink) … 星景用 2/3 倍速 ・黄点滅  
x2.0: yellow …… 2 倍速 ・黄 (リモコン/オートガイダー使用時)  
STOP : black …… 停止 ・消灯 (リモコン/オートガイダー使用時)  
FAST(+/-) : green …… 順行 / 逆行の 40 倍速 ・緑

## ●故障と思う前に

付属の単三型乾電池 6 本用の 9V 電源にアルカリ乾電池を使用すると、およそ 13 時間の連続運転ができます。ただし、電池のコンディションによってずいぶん変わります。極寒地でご使用の場合は、電池を暖める (冷えないようにする) などの工夫をしないと電圧不足になりがちです。裏面の電源 LED (赤色) の光が弱くなると電池交換の時期です。しかし正確な表示ではないので、早めに電池交換をしてください。

露出時間の短いデジカメでは、前述のように追尾失敗の原因は極軸設置誤差ではないことが多くなりました。ギヤの精度不足が一番の原因です。そうでない場合は、三脚や雲台の強度不足が原因です。一般撮影用のカメラ機材には天体写真用に流用できそうなパーツが多く、入門者はそれらを使うことが多いのですが、バードウォッチング用の頑丈そうなパーツも含めて、元々がブレの心配の少ない高速シャッター用ですから、星野撮影の長時間露出には適さないとお考えください。PanHead EQ 用の丈夫な専用三脚や本体の微動台座などは、これから発売予定なので、そちらに期待してください。

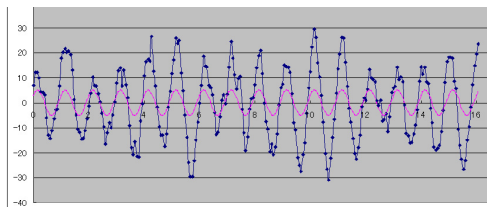
## ●付録…PanHead EQ の開発コンセプト

雲台赤道儀 PanHead EQ は、直径わずか 56mm の全周ウオームホイールを採用しています。オルゴール・ゼンマイ駆動の MusicBox EQ II は直径 160mm 相当の大きな部分ウオームホイールのためギヤの精度は驚くほど高く、50mm レンズを 5 分程度は追尾可能で、1 分露出なら 300mm 望遠レンズさえ追尾可能です。オルゴールのゼンマイをステッピングモーターに置き換えれば、さぞかし高精度なポータブル赤道儀を作れることでしょう。しかし、PanHead EQ は全周ウオームホイールの利便性を追求しました。結果的に PanHead EQ は小さなギヤ、小さなボディからは想像もつかない高精度を実現でき、広角レンズ専用でなく 200mm 望遠レンズが使える希有な高性能ポータブル赤道儀となりました。その秘密は下記の 2 つです。

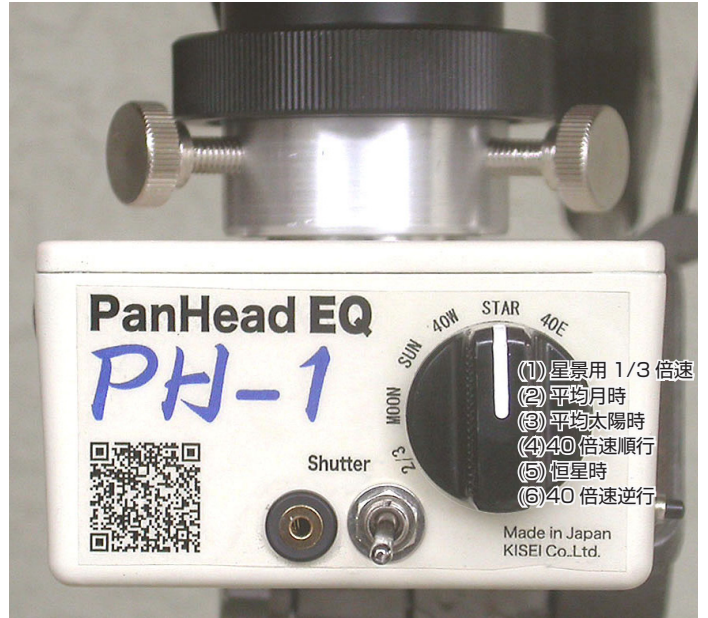
**強烈な歯車研磨：**PanHead EQ はウオームギヤを駆動セクションに組み込んでから摺り合わせ研磨をすることにより、2 倍も大きなウオームホイールと同等以上の精度を達成できました。研磨はエージング的な弱い手法ではなく、ウオームホイールとスクリューの双方を削り直して矯正する強烈な手法です。そのため、PanHead EQ のウオームホイールは通常の形状ではなく、摺り合わせ研磨に適する薄いスパークギヤ (平衡車) 形状にしています。スパークギヤをウオームホイールの代用にした赤道儀は、大型の赤道儀も含めて過去にもありませんが、コストダウンのための安かろう悪かろうの代用品です。ところが、スパークギヤ形状のウオームホイールは「強烈な摺り合わせ研磨」には、たいへん都合合なのです (原理はカンナの刃先と同じです。説明は省略します)。ウオームホイールにウオームスクリューよりも少し柔らかい金属を使用することもノウハウです。強烈な摺り合わせ研磨後のギヤは矯正されて形状が変わり、摺動面は鏡のように輝いて平滑になります。その後 40 倍速によるエージングと恒星時による弱いエージングを数時間行なって仕上げています。



MusicBox EQ II も PanHead EQ も、ボタ赤であるからにはカメラボディと同程度の大きさにすることが、どうしても譲れない命題でした。達成できたと思います。



P モーション測定装置によるグラフの出力。ピンクの線が目標値。青の線がギヤを組み込んだ直後の実測値で、これを摺り合わせ研磨によって ±10° 程度まで追いつめます。



- (1) 星景用 1/3 倍速
- (2) 平均月時
- (3) 平均太陽時
- (4) 40 倍速順行
- (5) 恒星時
- (6) 40 倍速逆行



口径 8cm の短焦点望遠鏡を搭載したところ

前面操作パネル。大きな速度設定ダイヤルで、冬季に手袋をしたままでも回せるように配慮しました。ダイヤルの左下はカメラのシャッタースイッチと端子。シャッターケーブルはキヤノン EOS やペンタックス用ですが、交換ケーブルは市販されています。



オプションのリモートハンドボックスとオートガイダー用 6 極モジュラーケーブル

P モーション (追尾の周期的なヨロメキ) は ±10 ~ ±15" と本格的な中型赤道儀並の高精度を達成できました (しかし公称値は控えめにしています)。また、P モーションの測定装置で摺り合わせ研磨中にチェックし、精度のバラツキを最小限に留めています。この様なベンチ式測定装置を所有しているメーカーは世界を見渡しても何社もありません。下に測定中のグラフを掲げます。

**P モーションの周期を長くする：**ウオームホイールの歯数は多い方が精度が高いのですが、あえてを 110 枚と少なくして P モーションの周期を約 13 分と長くしました。そのため数分の露出時間であれば、P モーションの影響で星が流れて写り始める前に露出を終了できるのです。P モーション 1 周期分の露出をすると 100% P モーションの影響を受けます。半周期分の露出時間でもギヤの位置が悪いと 100% の影響を受けます。P モーションの周期が 13 分と長ければ、4 ~ 5 分露出では P モーションの影響は 50% 程度しか受けません。実用上の性能が 2 倍にアップする逆説的発想です。

PanHead EQ の駆動回路にはマイコンを使用した「HUB エンジン」と称するシステムを開発しました。マイコンの利点を活かして太陽時や月時を搭載しているため、星野以外の撮影 (日食や月面など) にも便利です。世界初のスタンバイ・ボタンはマイコンだからこそ実現できました。実は HUB エンジンには、カメラのインターバルタイマーやバックラッシュ補正、タイムラプス撮影や天体自動導入も織り込み済みです。インターバルタイマーは市販品が安くて使いやすいので PanHead EQ への投入は見送りましたが、これらの機能は次期上位機種「Photography EQ」には投入を検討します。

## 最後に

小型の赤道儀も大型の赤道儀も部品点数は変わりません。小型になれば材料の重さ分だけコストは下がりますが、より精密な加工や歯車研磨などでむしろコストアップします。PanHead EQ は性能に関係ない塗装などの外見の仕上げを簡略化し、精一杯コストダウンしたことをご理解いただければ幸いです。なお、やはりオルゴール赤道儀 MusicBox EQ II は便利な撮影機材です。設計も PanHead EQ よりずっと大変でした。こちらもぜひご愛用ください。