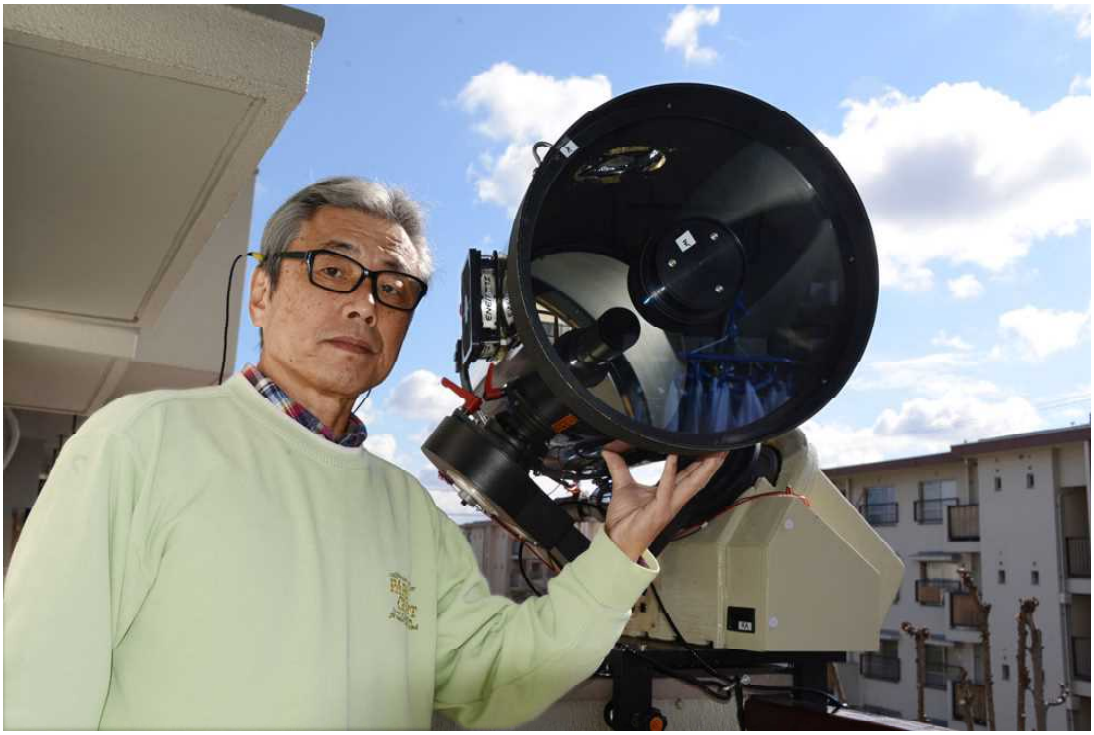
だんだん光学系で ここまで写る！ ～だい2だん～

セレストロン C14 による惑星撮影



だんだん光学系で　ここまで写る！だい２だん
～セレストロンＣ１４による惑星撮影～

2016年12月4日

熊森照明（大阪府堺市）

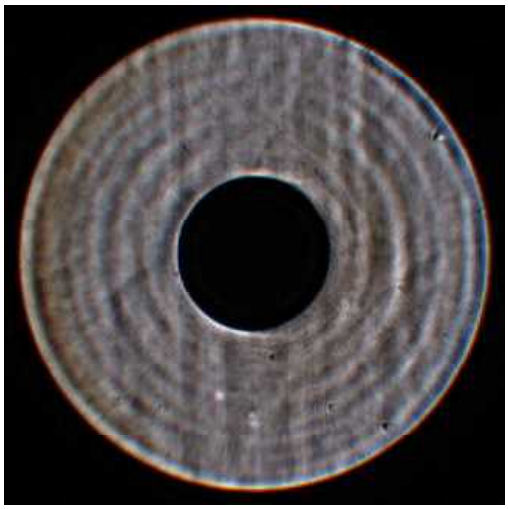


図１、［セレストロンＣ１４の
恒星像ナイフエッジテスト］

○はじめに

2010年の定年退職を記念しベランダの望遠鏡を自作の20cm Dall-Kirkhamからより大口径のセレストロンＣ11（口径28cm）に交換しました。

いわゆるシュミットカセグレンの評価はまちまちで、どこまで見えるか不安でしたが、想像以上に期待を裏切り良く写りました。それは「だんだん光学系で、ここまで写る～セレストロンＣ11による惑星撮影～」で述べました。

これで味を占め、柳の下のドジョウを狙うべく、2015年の２回目の退職を記念して口径を大きくするため、セレストロンＣ14（口径35cm）の中古を購入し、ベランダの望遠鏡をグレードアップしました。

図１の恒星像ナイフエッジテスト像を見ると分かるように、Ｃ14の光学面は期待どおりのステップだらけの段々です。このステップは補正板の研磨方法によるものと思います。

このだんだん光学系でどこまで惑星の高解像画像が得られるのか、Ｃ14の改造とともにこの一年で学習したことを記することにします。

図２、［Ｃ14（左）とＣ11（右）大きさ比較 ］

○めざすのは

アマチュア天文界の高解像惑星撮影の世界は、口径35cmから40cmが世界の標準になってきました。

ベランダでどの位大きな口径の望遠鏡が置けるかと考えたときに、普通はＣ11の口径28cmが限界だと思っていました。

しかし、世界の高解像惑星撮影者が口径35cm以上の望遠鏡で撮影されているのを見ると残り少ない人生の中で、もう少しやってみたい、より高解像惑星を撮してみたいと思うようになりました。

とは言っても、ベランダ環境の中で扱える望遠鏡の大きさには限度があります。

口径の割にコンパクト望遠鏡と言えばシュミットカセグレンしかありません。

図３、［玄関先でのＣ14］

○Ｃ14到着

ちょうどこのタイミングで、九州の望遠鏡屋さんにセレストロンＣ14が中古として登場したので、購入することになりました。

Ｃ14がダンボールに詰められて届いたときには、さすがにその大きさにビックリしました。我が家の狭い玄関で見る大きさは、他の広い環境で見るときの1.5倍は大きく感じました。狭い玄関から移動するのも大変で、ダンボールに入っていると移動もままならないので、玄関で梱包を開き、Ｃ14本体のみにするとコンパクトになり部屋移動が可能になりました。

ドラム缶にも思えるＣ14の鏡筒本体は、鏡筒径が39cm、鏡筒長が約75cm、重量は約21kg（鏡筒のみ）と、思ったほど大きく重たいモノではありません。しかし、部屋の中で見るＣ14は、やはりでかくて取り回しに難儀する大きさではあります。

○補正板のカビ取り

このＣ14は補正板にカビが生えていたので、中性洗剤を使って洗いカビを取り除きました。補正板のコーティングを見ると一部ですが剝げているところがありましたが、実質的には影響が無い程度と考えています。

図４、［補正板のカビ取り　中性洗剤で洗うことにより、カビを除去できました。］

○筒内気流対策で鏡筒に穴開け

筒内気流防止用ファンの取り付けや現状の架台に載せる工作は、家庭内工作では全く無理なので、前回のＣ11の時と同じように、京都宇治にある宇治天体精機の村下さんに工場

図５、［φ12cmのホールソーで穴開け］

図６、［φ12cmファン２個を仮付け］

の機械をお借りして、工作をすることができました。

改造工作の初めは、筒内気流防止対策のために電動ファンを取り付けるための穴明けです。ファンは鏡筒の先にφ12cmが２個、鏡筒後部セルにφ８cmが３個です。

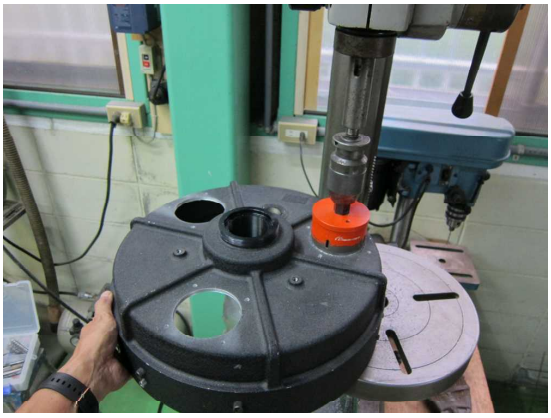


図７、[φ８cmホールソーで
後部セルに３ヶ所の穴開け]

図８、[φ８cmファン３個は鏡筒内部側で、
主鏡との間に取り付けます。]

φ12cmファンが外気を取り入れる吸気用、φ８cmファンが鏡筒内の空気を外に出す排気用です。冷たい外気が鏡筒内を空気が移動することにより、主鏡の冷却も兼ねています。どちらのファンも静穏型と呼ばれているもので､風量よりも振動の少なさを求めています。

〇主鏡に温度センサー

シュミットカセグレンで筒内気流の原因となるのは、夜間の気温降下に伴う鏡筒の温度降下で鏡筒内の空気が下がるのですが、熱の不良導体である主鏡のガラスブロックが遅れて温度降下するため、主鏡から暖かい空気の上昇気流が発生し筒内気流となります。

熱源となる主鏡の温度を測定することにより、筒内気流が発生するかどうかを間接的に把握することができます。

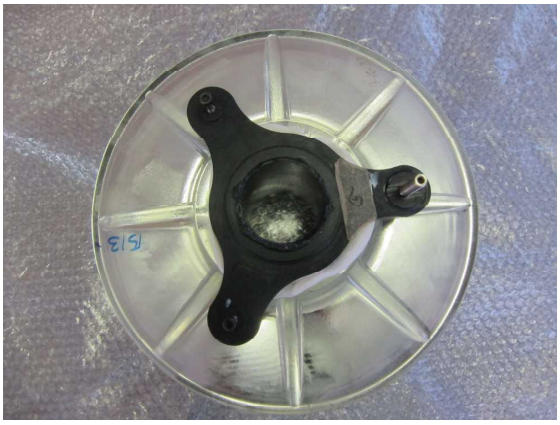


図９、[主鏡の裏面はリブ構造になっています。マーカーでは1988年9月16日製です。]

図10、[主鏡ウラ中央部のガラスが分厚い所
にセンサーをエポキシ型ボンドで接着]

温度センサーは、Ｃ11の時と同じくストロベリー・リナックス社の２チャンネルＬＥＤ温度計キット【緑色】（センサ２個付）を使いました。光るLED表示器を使ったものはなかなかありません。夜間は見やすくて良いのですが、昼間は全く見えません。緑色にはあまり意味がなく、前回は赤色だったので気分を変えただけです。

○温度計表示器ボックス

２チャンネル温度表示は鏡筒後部セルにボックスを取り付けました。このボックスには筒先φ12cmファンと後部セルφ８cmファンのスイッチを配置しました。それぞれ単独でON/OFF できるように別スイッチとなっています。

図11、[後部セルには温度計ボックスの他に、新しく取っ手もつけました]

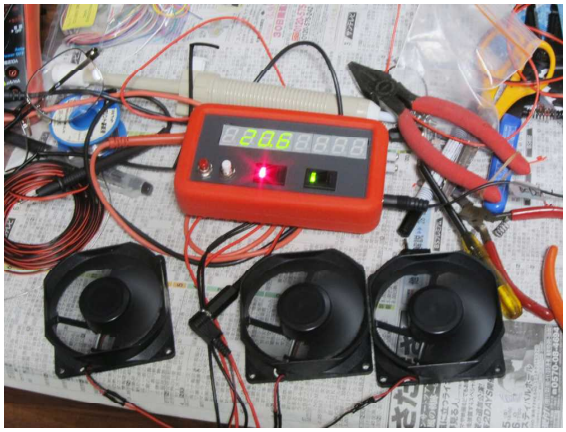


図12、［２チャンネル温度表示器とファンのスイッチ配線テスト中］

○フォーカス

シュミットカセグレンは主鏡を移動させてピント合わせをするのですが、どうしても主鏡が動くために星が移動したりピント位置が変わったりします。

そこで、大きなピントは主鏡を動かして合わせますが、詳細なピントは接眼部にクレイフォードタイプのフォーカサーを取り付け、こちらで最終のピント合わせをすると、主鏡がずれて起こす、いわゆる「ミラーシフト」は起こりません。

図13、［２インチ接眼部とV-POWER(S)フォーカサー（改造前）］

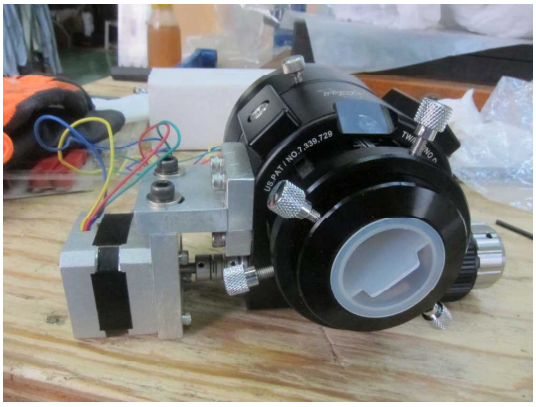


図14、[パルスモーターを取り付けたV-POWER(S)フォーカサー]

今回は笠井トレーディングのV-Power(S)を購入し、パルスモーターを使った電動フォーカスに改造しました。以前はDCモーターを使った電動フォーカスを使っていましたが、どうしてもインとアウトで速度が微妙に変わるため、負荷が掛かっても速度の変化がないパルスモーター駆動にしました。

V-POWER(S)は剛性の強さがあると思われるのと、シュミカセへの取り付けネジが、 3.3インチの大型ネジにも対応しているので選びました。ただ、２インチの接眼部フォルダーは、ひ弱なので後で交換しました。

Ｃ14を中古購入時に富田式ロックが付随していましたが、使ってはいません。

○フォーク式架台

架台はＣ11の時に使用したミードの25cm用のフォークを改造したものをそのまま利用し、赤経駆動部も以前から自作した架台をそのまま活用しています。

フォーク巾は、Ｃ14の鏡筒径に合わせて拡張しないといけないので、アルミブロックを繋いで９cmほど広げました。

フォークの長さもＣ11の時に、天の赤道から惑星の赤緯変化範囲に動けば良いと短めにしていたのですが、計算してみると何とかＣ14でも、±25度まで可動範囲が採れそうだったのでフォーク長はそのままにしました（ちょっとぎりぎりでした）。

図15、［アルミ色をしているのが、今回拡幅のために追加したアルミブロック］

図16、［フォークの長さは超短いですが、天の赤道から±２５度を確保しています］

架台部はホイール径がφ180mm　1:180、極軸径φ40mmでＣ14の荷重には苦しいところですが、何とか使えています。

図17、［ベランダ手摺りに載る基板は、Ｃ14になって北側に重心が移動するため、基板を100mm 北側に延長しました］

図18、［赤経の駆動系モーターは大型のパルスモーターに交換しました］

○駆動系コントロール

今回の改造に合わせて、赤経駆動、赤緯駆動、フォーカシングには全てパルスモーターにし、そのコントロールはストベリーリナックス社の L6470（ST マイクロの最新コントローラ L6470を使った精密ステッピングモータドライバキット、バイポーラ型用）を使いました。このドライバはスローアップ・スローダウンなどの台形駆動や 1/128分割のマイクロステップ駆動が可能です。ただ、このドライバのコントロールには命令が必要で、マイコンとの連携を取らないといけません。マイコンには Arduino を使いました。

Arduino のプログラムは初めてでしたが、ネット上でサンプルプログラムなども見られ、何とか作ることができました。

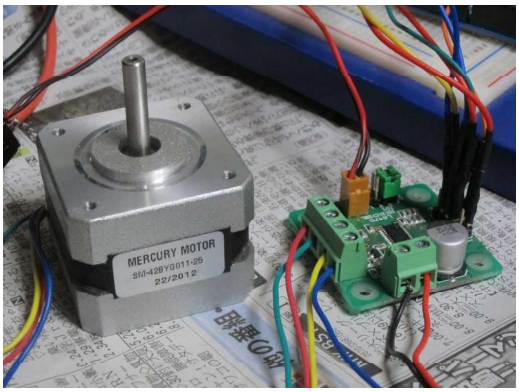


図19、[テスト中の L6470ドライバ基板とパルスモーター]

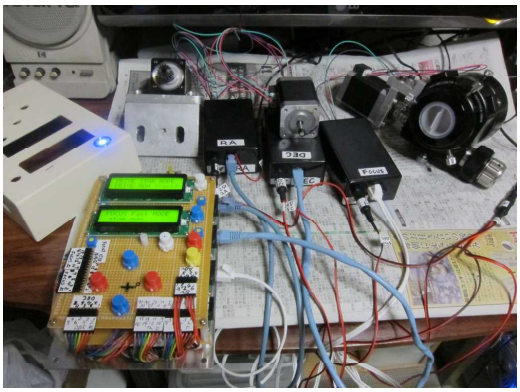


図20、[ハンドコントローラーのパルスモーター駆動、動作確認テスト中]

〇主鏡の洗浄

Ｃ14をばらばらにして改造を行ってきましたが、再度組み立てる前に主鏡を洗いました。セレストロンの主鏡は補正板で閉鎖されて空間にあるとは言え、ホコリ以外はぴかぴかです。 特にカビが生えてるという訳でもないのですが、埃取りを含めて主鏡の洗浄もしました。主鏡中央に付いているパイプは取り外せそうにもないので、そのままで洗いました。

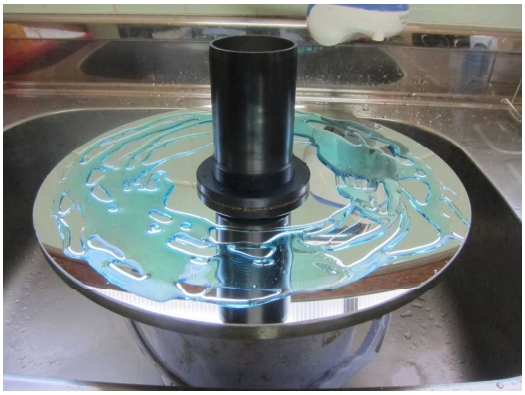


図21、[主鏡を水洗いした後、中性洗剤をたっぷりとかけて指でゴシゴシです]

図22、[綺麗になった主鏡。シュミカセのメッキは強くて凄いですね]

〇副鏡光軸修正ネジの交換

元から着いている副鏡修正ネジはマイナス頭でして、これはさすがに夜間、暗闇で使うのは難しく、六角穴頭ネジに交換しました。インチネジなので、その辺には売ってなくて、取り寄せました。セレストロンのシュミットカセグレンの修正ネジは口径や時代で、いろいろ変化しているようです。

Ｃ11でシュミットカセグレンは思った以上に光軸がずれることが多いことを勉強しました。

図29、[副鏡修正ネジ　購入時はマイナス頭のイモネジで（左画像）、六角穴頭のネジに交換しました（右画像）]

ただ、ずれる量は僅かで、副鏡の修正ネジの回転角で言えば、15°から30°ぐらいで、45°もずれることはまずありません。

六角穴頭ネジを使ってヘックスキーでの修正がやりやすいとは言いませんが、修正量の把握にはヘックスキーの作業回転角度が良く分かることが必要だと思います。

修正量の再現性ということに於いて、ヘックスレンチを指標がわりにするのは有効だと考えています。

〇仮組立

宇治天体精機の機械をお借りしての工作もほぼ終わりで、仮組立で確認です。
いよいよ堺での構築です。

宇治天体精機さんにはお世話になりました。ありがとうございました。

図23、［西側から見る］

図24、［東側から見る］

〇ベランダ設置

工作を終えたＣ14をベランダの手摺りへ設置します。当然のように一人で設置作業を行うのですが、Ｃ14の鏡筒はなんやかや付いていると 25kg を超えて30kg 近くになっています。何とか持ち抱えることはできますが、抱えながらの作業は不可能です。

図25、［ベランダ東端の手摺りに
載った基盤です。］

図26、［赤道体、フォークと
載せていきます］

そこで簡易クレーンを作りました。クレーンと言うほどのものではないのですが、Ｃ14を持ち上げてのセッティングを可能にしてくれました。

簡易クレーンはホームセンターなどで売っている建築用資材の中から、足場組立用に売

られているパイプやアングルなどを組み合わせて作りました。

Ｃ14の鏡筒部が 30kg 程度なので、簡単な滑車とロープを使ったクレーンで済みましたが、これより重たいモノを扱う場合は、もっと剛性のあるクレーンにしないとだめかと思います。

まあ、ベランダでこれ以上の大きな望遠鏡を扱うことはないと思いますが、ほぼ限界かなと思います。

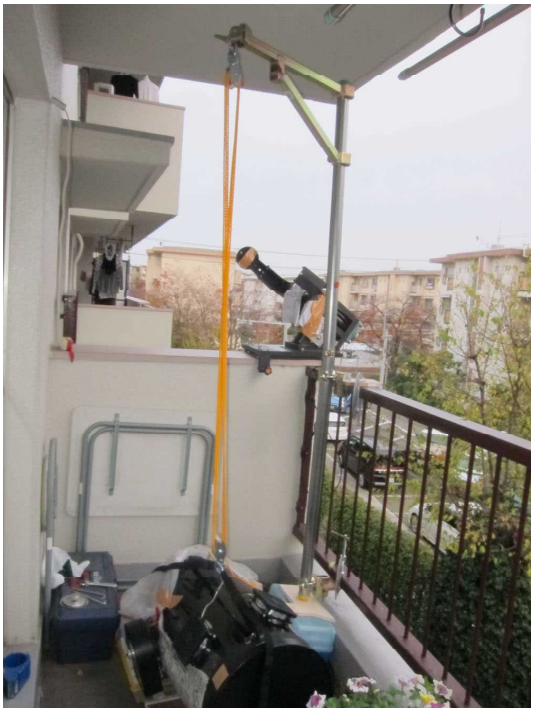


図27、［建築現場用の資材を使って簡易クレーンを作りました］

図28、「高さはぎりぎりでしたが、一人で設置することができました」

〇観測態勢

改造されたＣ14は、ベランダの東端（ベランダ自体は南向き）に常時設置で、Ｃ14鏡筒も搭載されたままになっています。

雨が降っても、雪が降っても、かんかん照りの時でもそのままです。夏場のかんかん照りの時には、Ｃ14鏡筒の温度が50℃を超えることもありますが、今のところ無事に過ごしています。

図30、［ベランダ東端に設置されたＣ14］

図31、［観測中以外はバイク用カバーを掛けて保管しています］

○光学系のテスト

Ｃ14の光学系の実力がどれくらいのものかは分からず、口径の期待値だけで購入しているのですが、実際に惑星撮影するとともに光学系のテストをしてみました。

いろいろな光学系のテスト方法がありますが、私が一番状況確認できる方法は、恒星のナイフエッジテストだと思っています。恒星のナイフエッジ画像を PC カメラで動画撮影しスタックすると、シーイングや筒内気流の影響を少なくして確度の高い光学系の形状を見ることができます。

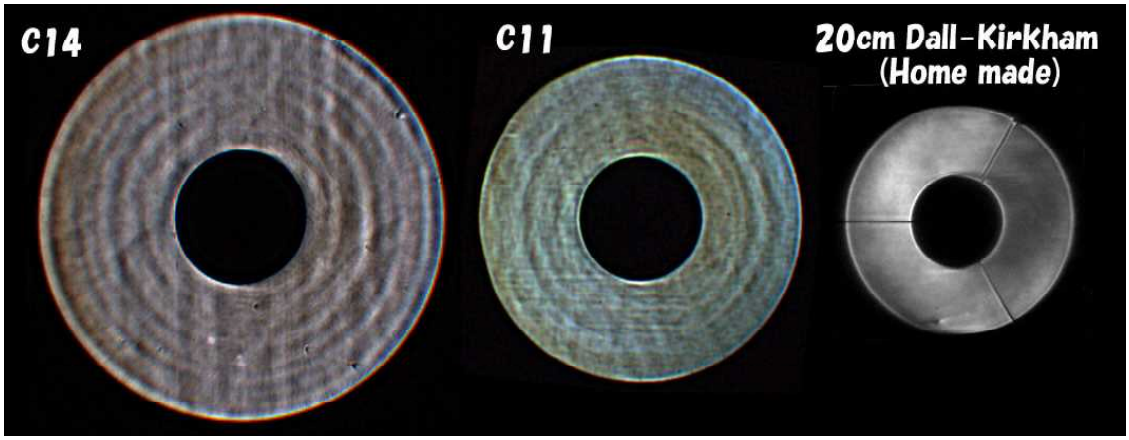


図32、［恒星像ナイフエッジテスト　Ｃ14とＣ11のシュミットカセグレンは、当然ながら良く似ています。どちらもステップがいっぱいです。
自作の20cmDall-Kirkham は収差は残っていますが面はやや滑らかです。］

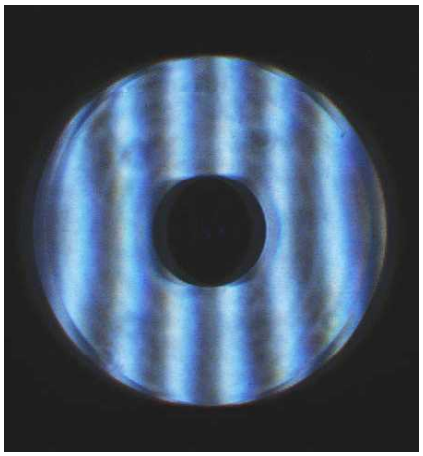


図33、［Ｃ14の恒星を使ったロンキーテスト（インチ200本）］

確かにＣ14やＣ11の恒星像ナイフエッジテストで得られた画像を見ると、見事なステップの集合体ですが、全体的な収差は少なく平坦に写っています。この平坦さがあって惑星が良く写るのだと思います。

図33のロンキーテストではやや過修正の姿を見せています。シュミットカセグレンは主鏡と副鏡の鏡間距離が変化すると球面収差も変化し、鏡間距離が予定位置よりも大きくなると過修正に変化します。

逆に言うと、鏡間距離と収差の傾向を測りながら見ることができれば、その光学系のベスト位置が分かります。惑星撮影時に拡大光学系の位置やＰＣカメラの位置によって、僅かですが収差状況が変化します。

一般的な星像テストと言えば、恒星像の内外像を見ることによって、おおよその収差状況が分かりますが、どちらかと言うと光軸のチェックに使うのがベストかと思います。

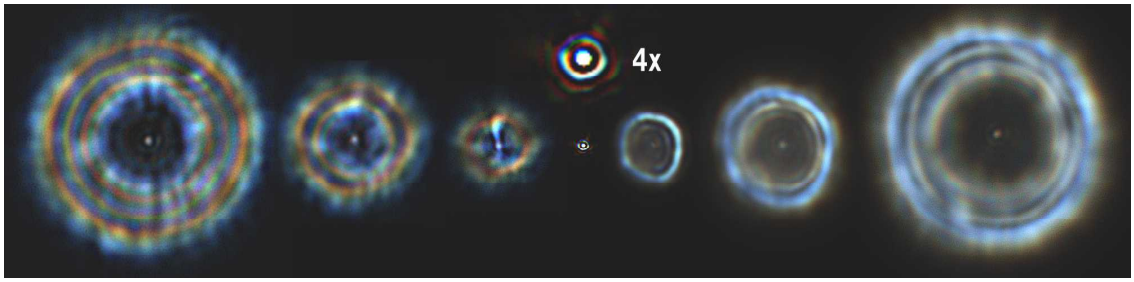


図34、［Ｃ14の恒星の内外像テスト　左側が内像、右側が外像、
内像・外像で色合いが違うのは、補正板の色収差］

○惑星撮影システム

惑星撮影は PC カメラによる動画撮影が主流になって久しいのですが、ここ２年ほどだけでも PC カメラの主流が CCD センサーから CMOS センサーに大きく変わりました。

私の PC カメラもこの２年で、モノクロ PC カメラが、Basler Ace acA1300-30gm → Skyris 132M → ZWO ASI 178MM → ZWO ASI 290MM に変わり、カラー PC カメラが ZWO ASI120MC → ZWO ASI224MC に替わりました。

たった１年でも、PC カメラ関係は大きく能力が変わりました。

図35、[2016年春ごろのシステム　ZWO　ASI178MM（ピクセルピッチ2.4μm）を使うようになって拡大率を下げる工夫をしています]

図36、[2016年6月以降のシステム。モノクロ PC カメラを ZWO ASI 290MM にしました。]

私の惑星撮影の基本は、高解像の撮影はモノクロ PC カメラで撮影し、色情報はカラー PC カメラで撮影することにより、高解像モノクロ画像Ｌとカラー PC カメラの RGB 色情報を合成して、高解像カラーの惑星像を撮影できる LRGB 法に委ねています。

LRGB 法は画像処理後の色が普通でないとも言われますが（私もそう思っています）、高解像は高感度のモノクロ PC カメラが一番の力を発揮します。高感度・高精細カラー PC カメラが現れるまで待ちたいと思っています。

○筒内気流対策

筒内気流は環境温度と鏡筒内温度の差によって生じるのですが、その熱源となっているのが主鏡のガラスブロックです。この主鏡を外気環境温度と同じにすれば筒内気流は発生しないことになります。そのためにＣ14を改造して多くのファンを取り付けました。

Ｃ14の気流の流れは、筒先側のファンから冷たい外気温を取り込み、鏡筒内を流れることにより主鏡を冷やしながら、後部セルのファンにより鏡筒内の暖かい空気を排出すると言うものです。そして、鏡筒内の空気が流れるときに、暖かい空気と冷たい空気を混ぜることにより、筒内気流の影響を細分化することを狙っています。

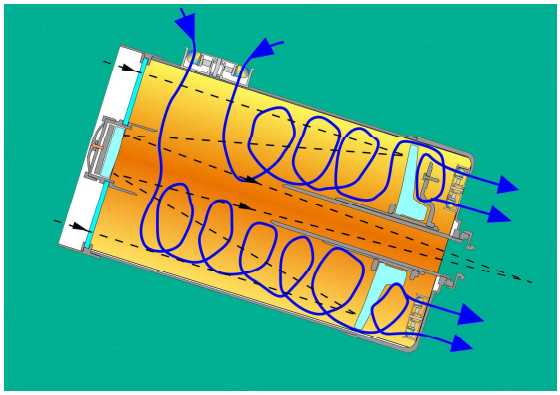


図37、［電動ファンによるＣ14鏡筒内の空気の流れ］

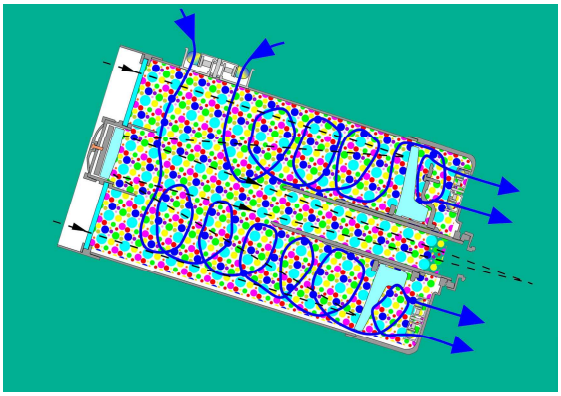


図38、［Ｃ14鏡筒内に温度差がある場合、電動ファンが空気を細かく攪拌しています］

夜の始めに観測を始めたころに筒内気流対策をしていないと、外気温がどんどんと気温降下しているのに鏡筒内は温度が高いままになっています。この時、鏡筒内部は上下で温度勾配ができ、上が暖かく下が冷たい状況が生まれています。この状態で星を見ると、あたかも光軸がずれたように見られ、望遠鏡の能力は発揮されません。

しかし、電動ファンでかき混ぜることにより通常の光軸状態に戻ります。図40の右星像は電動ファンを ON にして僅か２分後の星像であり、筒内気流が無くなった訳ではなく、筒内空気をかき混ぜているために、ある意味平衡が保たれていると考えます。

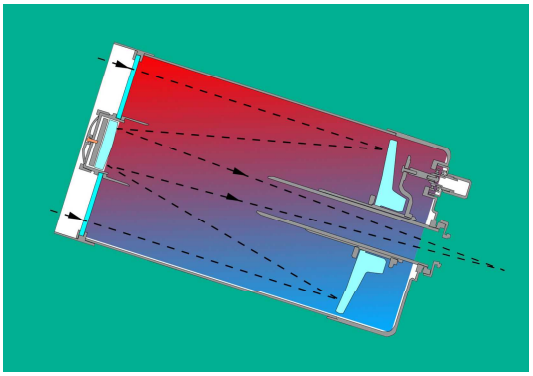


図39、［筒内気流対策を取らないとＣ14の鏡筒内で上下に温度差が生じます］

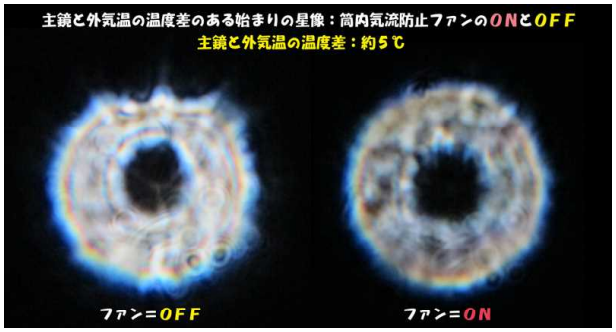


図40、［鏡筒内の上下温度差で光軸がずれているように見える（左星像）、右星像は電動ファンを ON にして見た星像で光軸は正常に戻っています］

鏡筒に電動ファンをいっぱい付けていると、良くこんな質問があります。

「観測中も電動ファンを ON していますか？」

私は基本的に撮影中も電動ファンを ON にしています。

ただ、現在のＣ14の架台が弱いために、筒先のφ12cm ファンはＣ14を振動させるので OFF してますが、後部セルのφ８ cm ファンは撮影中も ON にしています。

下記の土星像は撮影中の電動ファンの ON/OFF による撮影結果を比べたものですが、僅かな温度差でも残っていると筒内気流は発生しており、撮影結果に大きく響いています。

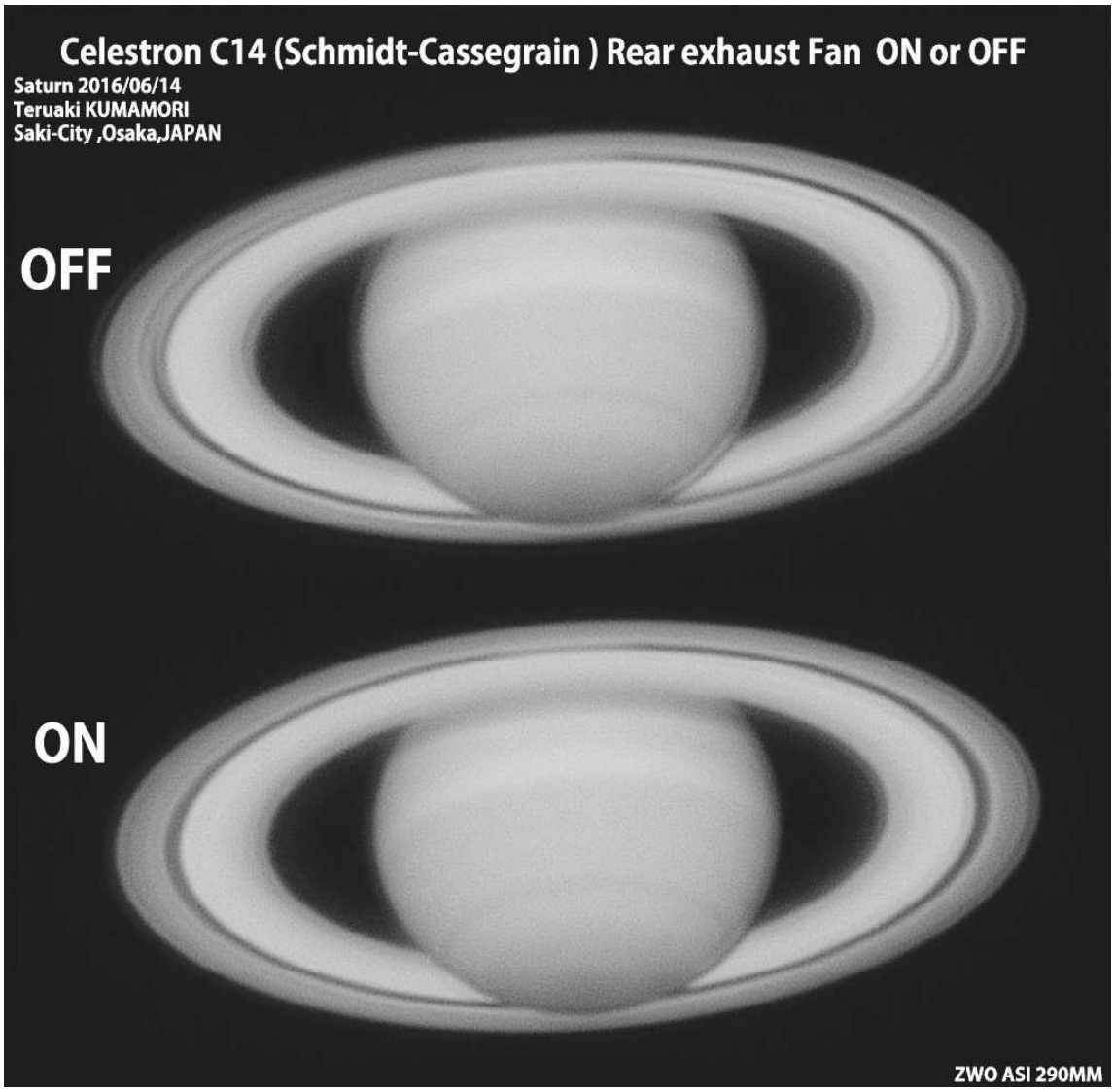


図41、［上の土星像は電動ファン OFF、下の土星像は電動ファン ON、ファン OFF の土星像の環の左上を見ると、カッシーニの隙間が激しくダブったようになっている。
また、土星本体の右下を見ると、完全にリムが二重になっています。］

シュミットカセグレンは補正板が筒先にあり、基本的には閉鎖空間であり、なにもしないと空気の出入りは起こりません。鏡筒内の空気は強制的に換気しない限り、主鏡の外気温への順応は遅くなり時間を必要とします。

特に口径が大きくなるほど主鏡の熱容量も大きくなり、熱的平衡が得られるまでの時間が長くなります。

Ｃ11（口径28cm）では電動ファンを回して約30分ほどで主鏡温度が下がっていたものが、Ｃ14（口径35cm）になって約１時間ほど掛かるようになりました。

なにもしないと、３時間から５時間以上掛かってしまいます。状況が悪ければもっと時間がかかるかも知れません。

ついでで言うと、シュミットカセグレンだけでなくニュートン式の反射望遠鏡などの筒先開放型の望遠鏡でも、程度の差はあっても同じ状況が生まれています。

高解像惑星撮影の反射系望遠鏡には、筒内気流対策は必須だと考えています。

○Ｃ14（口径35cm）はＣ11（口径28cm）のどれぐらい高解像で写るのか

この１年でＣ14の最高解像度が出たかというと、残念ながらまだ出ていないと思っています。やはりシーイングが凄く良い時がありませんでした。しかし、Ｃ11は超えたかと思っています。

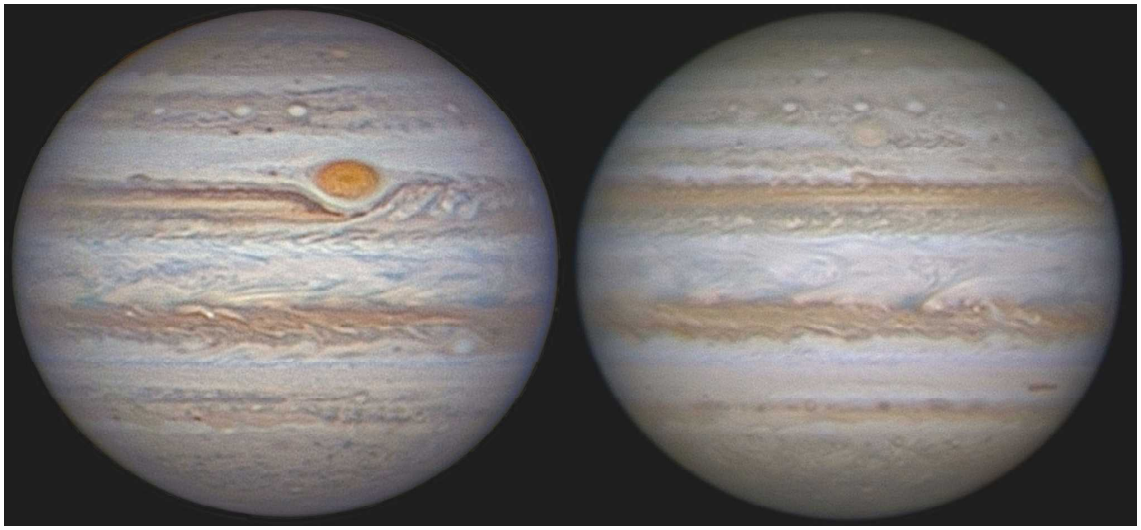


図42、[左画像：Ｃ14による木星、右画像：Ｃ11によるベスト木星
どちらが高解像かと言われると微妙ですが、ややＣ14の方が優勢勝ちでしょうか]

○画像処理

ここで画像処理のことを簡単に述べると、現在の惑星撮影による高解像が得られているのは、スタックソフトやウエーブレット処理ソフトなどのおかげです。

だんだん光学系のシュミットカセグレンが活躍できているのも、これらのソフトの力によるところも大きいかと思います。

最近、使っているソフトは、キャプチャー用に FireCapture2.5、スタックソフトに AutoStakkert!2、ウエーブレット処理に Registax6、惑星の自転補正 Derotation は WinJUPOS、画像復元処理や LRGB 合成には StellaImage7、仕上げに PhotoshopCS3を使用しています。

新しい高感度の PC カメラなどによって、惑星撮影は高速キャプチャーの世界に突入しています。

今までは、PC カメラの感度と望遠鏡による拡大率によって、とても高速キャプチャーには届くことができませんでした。

しかし、ソニーの CMOS センサー IMX224の登場から一気に感度が上がり、高速シャッター、高速フレームレートに突入したと私は思っています。もちろんこれには、スタックソフトの、マルチアライメントポイントが、効率良く有効になったことも大きく利いていると思います。

○考察

Ｃ11やＣ14のシュミットカセグレンは、恒星像ナイフエッジテストを見ると強烈なステップだらけの光学系ですが、解像力は、その口径に値する力を出していると思われ、コントラストの低下などは画像処理によって補われていると考えます。

また、主鏡が動くことによる光軸の変化も頻繁にあり、使いこなすには多くのチェックポイントをクリアーするスキルが必要なシュミットカセグレンですが、こんな完璧でない

望遠鏡光学系でも高解像の惑星は写ることを再度、実感しました。

昔は惑星観測用の望遠鏡は、光学的収差が1/16λ以下で、ステップや研磨痕も無い光学系でないと優秀な惑星観測はできない、と言われていました。

私もそう思っていました。

しかし、Ｃ11とＣ14を世話するようになって、私の考え方は変わりました。

ほんとに、このだんだん光学系でも高解像惑星写真を撮ることができるんだ！

1/16λ以上の精度が要ると言ってたのは、なんだったんだ！？と。

でも、収差があるとシーイングの影響を受けやすいので、収差は無いに越したことはありません！！それは事実です。

まとめ

〇だんだん光学系でも良く写る。
〇鏡面精度がそこそこあれば写る。
〇コントラストの低下は画像処理によって補う。
〇筒内気流防止対策は必須。
〇光軸合わせはこまめに実施する。
　シュミットカセグレンの良像範囲は非常に狭い。
〇シーイングが悪い日本と悲観しないで、晴れれば撮影する。
　　良く写らないことをジェット気流の所為にしてはいけない。

と、言うところでしょうか。

最後に、

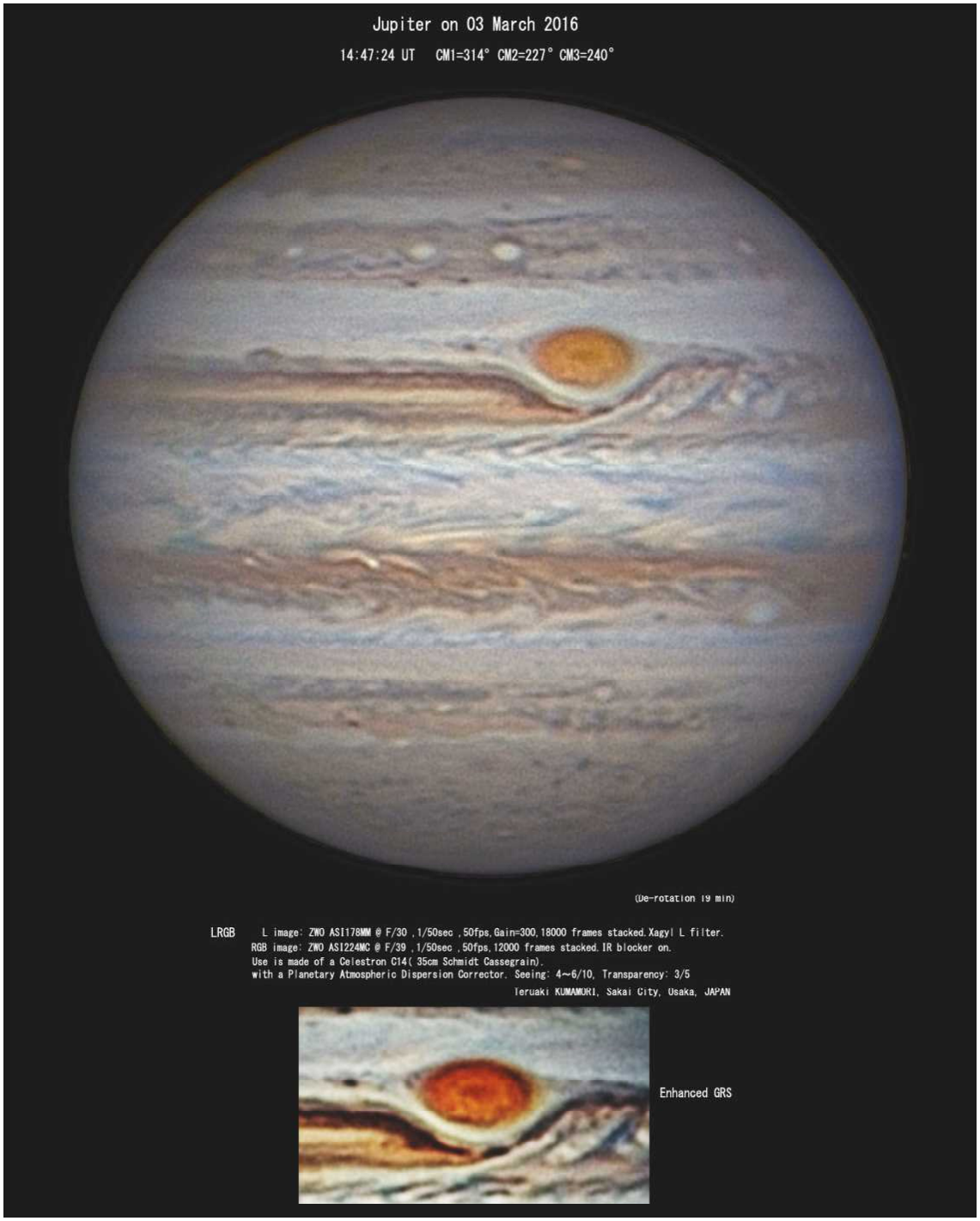
「　やっぱり写るやないか！ シュミットカセグレン！ Ｃ14　」

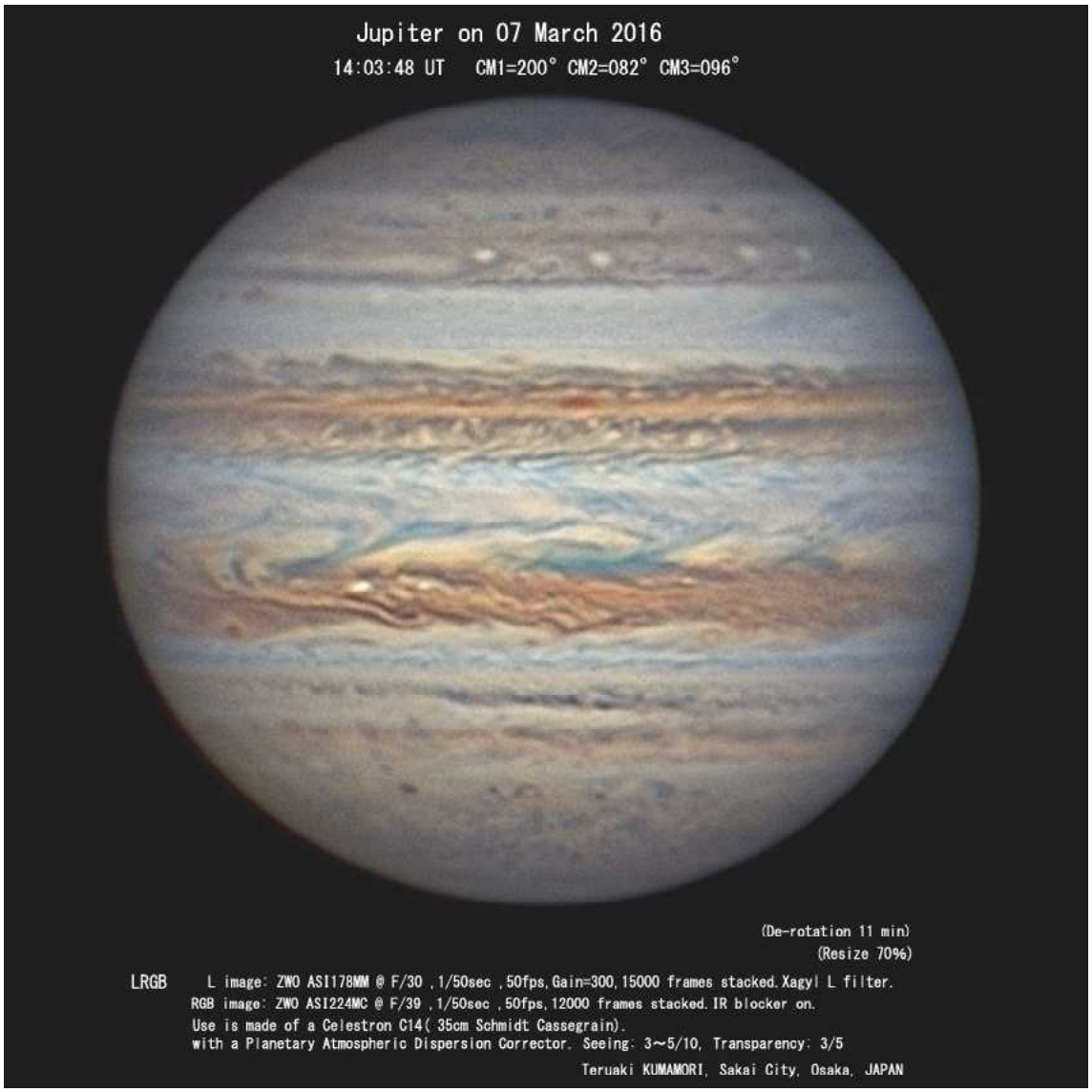
謝辞

シュミットカセグレンの改造記事など、世界中のＨＰなどでいっぱい勉強させていただきました。　一つ一つは載せることができませんが感謝申し上げます。

今回もまた、改造のために工作機械をお貸しいただいた宇治天体精機さんにお礼申し上げます。

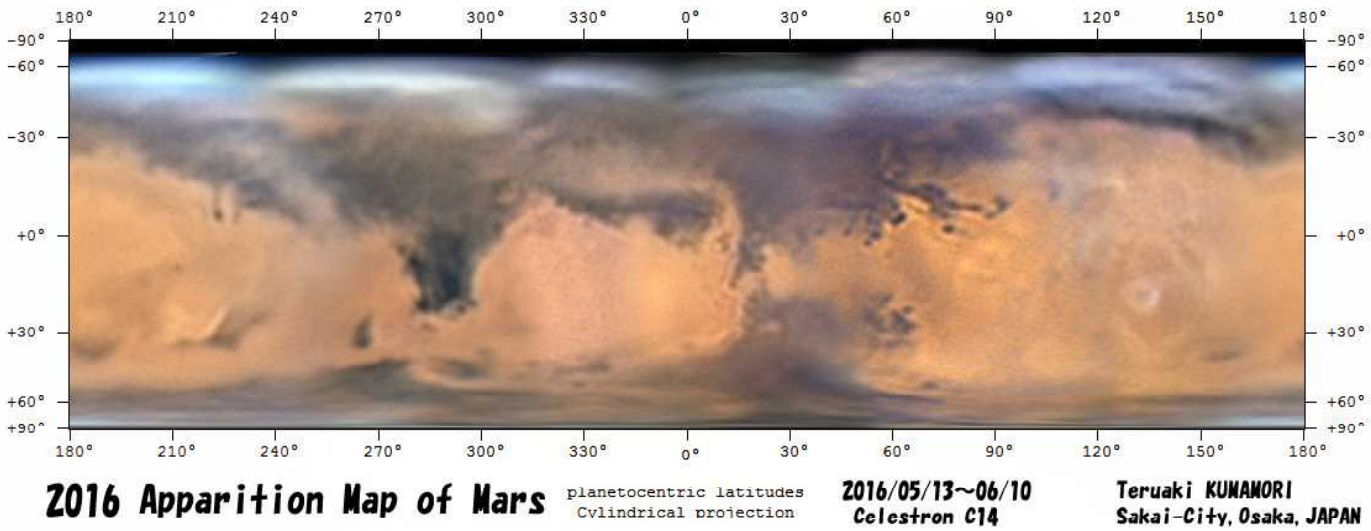
セレストロンＣ14による2016年のベスト画像

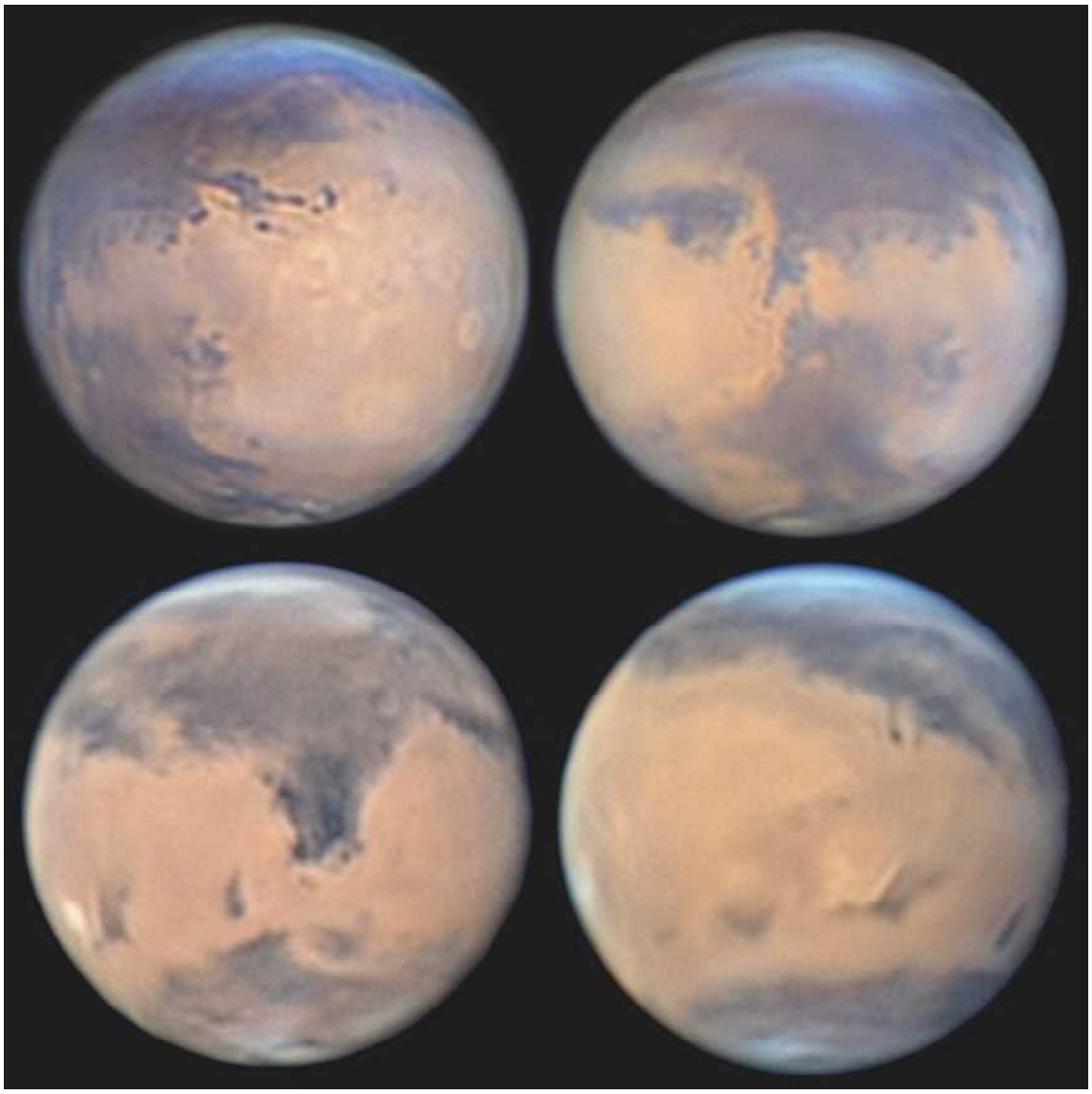



Jupiter on 07 March 2016
14:03:48 UT CM1=200° CM2=082° CM3=096°
(De-rotation 11 min)
(Resize 70%)
LRGB L image: ZWO ASI178MM @ F/30 ,1/50sec ,50fps,Gain=300,15000 frames stacked.Xagyl L filter.
RGB image: ZWO ASI224MC @ F/39 ,1/50sec ,50fps,12000 frames stacked.IR blocker on.
Use is made of a Celestron C14(35cm Schmidt Cassegrain).
with a Planetary Atmospheric Dispersion Corrector. Seeing: 3～5/10, Transparency: 3/5
Teruaki KUMAMORI, Sakai City, Osaka, JAPAN

Jupiter on 30 April 2016
10:18:36 UT CM1=312° CM2=144° CM3=172°
(De-rotation 10 min)
I RGB L image:ZWO ASI 178MM @ F/30 ,1/50sec ,50fps,Gain=300/510,15000 frames stacked.Xagyl L filter.
RGB image:ZWO ASI 224MC @ F/30 ,1/50sec ,50fps,7000 frames stacked.IR blocker on.
Use is made of a Celestron C14(35cm Schmidt Cassegrain).
with a Planetary Atmospheric Dispersion Corrector. Seeing: 4～5/10, Transparency: 3/5
Teruaki KUMAMORI, Sakai City, Osaka, JAPAN

Saturn on 18 May 2016
16:20:30 UT CM1=195° CM2=170° CM3=089°
LRGB L image:ZWO ASI 178MM @ F/30 ,1/30sec ,30fps,Gain-400/510,25200 frames stacked.Xagyl L filter. (De-rotation 26 min)
RGB image: ZWO ASI224MC @ F/30 ,1/30sec ,30fps,6000 frames stacked.IR blocker on.
Use is made of a Celestron C14(35cm Schmidt Cassegrain).
with a Planetary Atmospheric Dispersion Corrector. Seeing: 6/10, Transparency: 3/5
Teruaki KUMAMORI, Sakai City, Osaka, JAPAN


180° 210° 240° 270° 300° 330° 0° 30° 60° 90° 120° 150° 180°
-90° -60° -30° +0° +30° +60° +90°
2016 Apparition Map of Mars
planetocentric latitudes
Cylindrical projection
2016/05/13~06/10
Celestron C14
Teruaki KUMAMORI
Sakai-City, Osaka, JAPAN



2016年　火星　　（JST）
左上：5月19日00時29分　中央経度=079°　視直径=18.1"
右上：5月22日23時05分　中央経度=024°　視直径=18.4"
左下：6月03日23時11分　中央経度=279°　視直径=18.6"
右下：6月10日22時27分　中央経度=207°　視直径=18.3"

セレストロン　C14　口径35cm（F=11）シュミットカセグレン
モノクロ PC カメラ（ZWO ASI 178MM、ZWO ASI 290MM）と
カラー PC カメラ（ZWO ASI224MC）を使った LRGB 合成