

フローライトを用いたタカハシの自信作FCTシリーズは、現在の屈折望遠鏡の最高峰と目されている。今回はその中から最小口径機のFCT-65を取り上げ、その超高性能ぶりを探ってみた。



タカハシ製

## FCT-65

### 最も明るい屈折望遠鏡

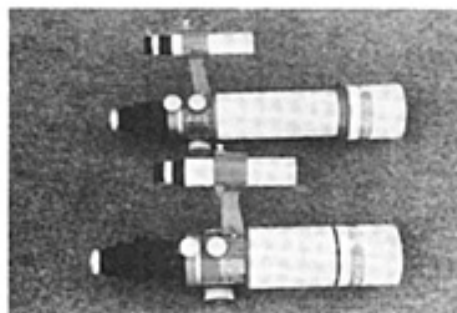
タカハシのFCTシリーズは、フローライトを中央に配した3枚玉アポクロマトレンズを対物に用いた屈折望遠鏡である。1985年にFCT-76が発売されて以来、100、150、65、そして近日発売予定のFCT-125を含め5機種がラインナップされている。

そもそもその発端は短焦点アポクロマトブームの火付け役となった、同社の2枚玉FCシリーズだが、FCでは口径比が1:8なのに対し、FCTはさらにエレメントを1枚加え、1:6前後とさらに短焦点化を進めている。

テスト機のFCT-65は有効径65mmとシリーズ中最小口径機であると同時に、口径比も1:4.9と特に明るく、専用レデューサーを加えると1:3.7と、屈折望遠鏡としては現在最も明るいシステムである。

### きわめてコンパクトな本体

鏡筒部一式は、本体とファインダー部



▲大きさは先行のFC-50(上)と変わらないほどコンパクトである。鏡筒が極端に短く、フードと同径なのが外観上の特長である。

に分かれる。レデューサー、カメラマウント、鏡筒バンドはいずれも専用品で別売であるが、カメラ回転装置は標準付属となっている。

鏡筒本体は極端に短く、またフード外径が鏡筒径と同じであるので、ひと目でそれとわかる外観をしている。

全長は397mm(眼視時)、329mm(レデューサー、ミノルタマウント取付時)、重量はどちらのときも約1.62kgである。

鏡筒外径(フード外径)は80mmで、フード内径77mm、フード長80mm(有効長75mm)となっており、対物部は光軸修正装置が省かれ、フードはセルに直接ネジ込むようになっている。対物レンズは3群3枚で、その反射光からレンズの曲率が非常に強いことがよくわかる。

一方接眼部は従来のタカハシ製品と同じラックピニオン繰り出し式で、回転装置はドロージャーに付いている。繰り出し、及び回転に伴う像の偏位は眼視的には認められず良好である。

特にドロージャーのガタ取りと、繰り出し軸を光軸に合わせるネジが3カ所

に設けられ万全を期している。

また動作は繰り出し、回転操作ともに大変スムーズでガタも全くない、さらに双方のストッパーとも利きはシャープで、操作性も良好であった。

カメラ回転装置後部には、補助リングと眼視アダプターを介して、同社の他製品と共通の接眼部(φ24.5mm差込、φ36mmネジ込、φ42mmネジ込)が付く。補助リングはいわゆる延長チューブで、レデューサー使用時や天頂プリズムを介しての眼視の際は、取り外さなくてはならない。ドロージャーの繰り出し量は27mmと短い。

### レデューサー

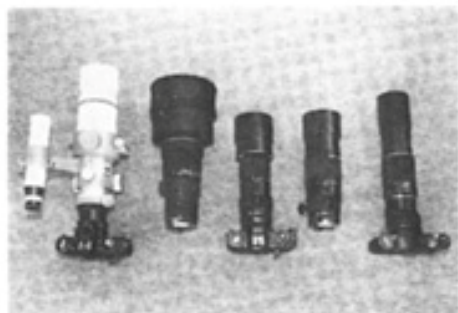
FCT-65専用品で、別売である。これによって主焦点の320mm F4.9は、240mm F3.7となる。3群3枚構成で、アンバーコートが施されているが、対物レンズのパープルコート同様、ただ施してあるだけといった程度で、あまり効果的なものでない(詳細は後述)。またフィルム面に最も近い最後部のレンズの周辺面が、外枠より出っばっており、取り扱いには



▲フローライトの両凸を中央に配した三枚玉対物レンズ。焦点距離は主焦点時320mmなのに表示はなぜか300mmとなっている。



▲オプションのレデューサー(右上)、カメラマウント(左上)ともFCT-65専用品。下は本機に最適なHi-Orアイピース2本。



▲実写テストに使用したレンズ群。右から、ウルトラクロマチックタクマー300/5.6(フローライト使用)、ニッコール300/4.5、同300/4.5ED、同300/2.8ED、そしてFCT-65+レデューサーの順。

注意を要する。

カメラボディの取り付けには、レデューサーとの間にカメラマウントを取り付ける必要があるが、これもFCT-65専用品で、従来品は流用できない。

#### 鏡筒バンド

鏡筒外径80mmは同社で初めての製品で、鏡筒バンドも専用品である。鏡筒が極端に短く、全体の重心が接眼部の下にくるため、赤道儀への取り付け面がバンドよ

り接眼部寄りにズラしてある。4分の1インチネジ穴が設けてあるので、カメラ用三脚にも、取り付けることができる。

#### 特筆に値する眼視性能

眼視性能は、実視による専ら官能テストに終始した。ただ後述の写真性能からも、眼視性能の一部をうかがい知ることができる。

実視テストには二重星、月、惑星そして遠景を対象に、比較機として観測所で常用しているFC-50、FC-76を用いた。眼視性能には接眼レンズも大きく影響するが、今回は同社のOrシリーズ5mm~40mm、Er32mmと、高倍率用にHi-Or2.8mmと4mm、そしてレデューサー、パリエクステンダーも併用してみた。

#### 中・高倍率

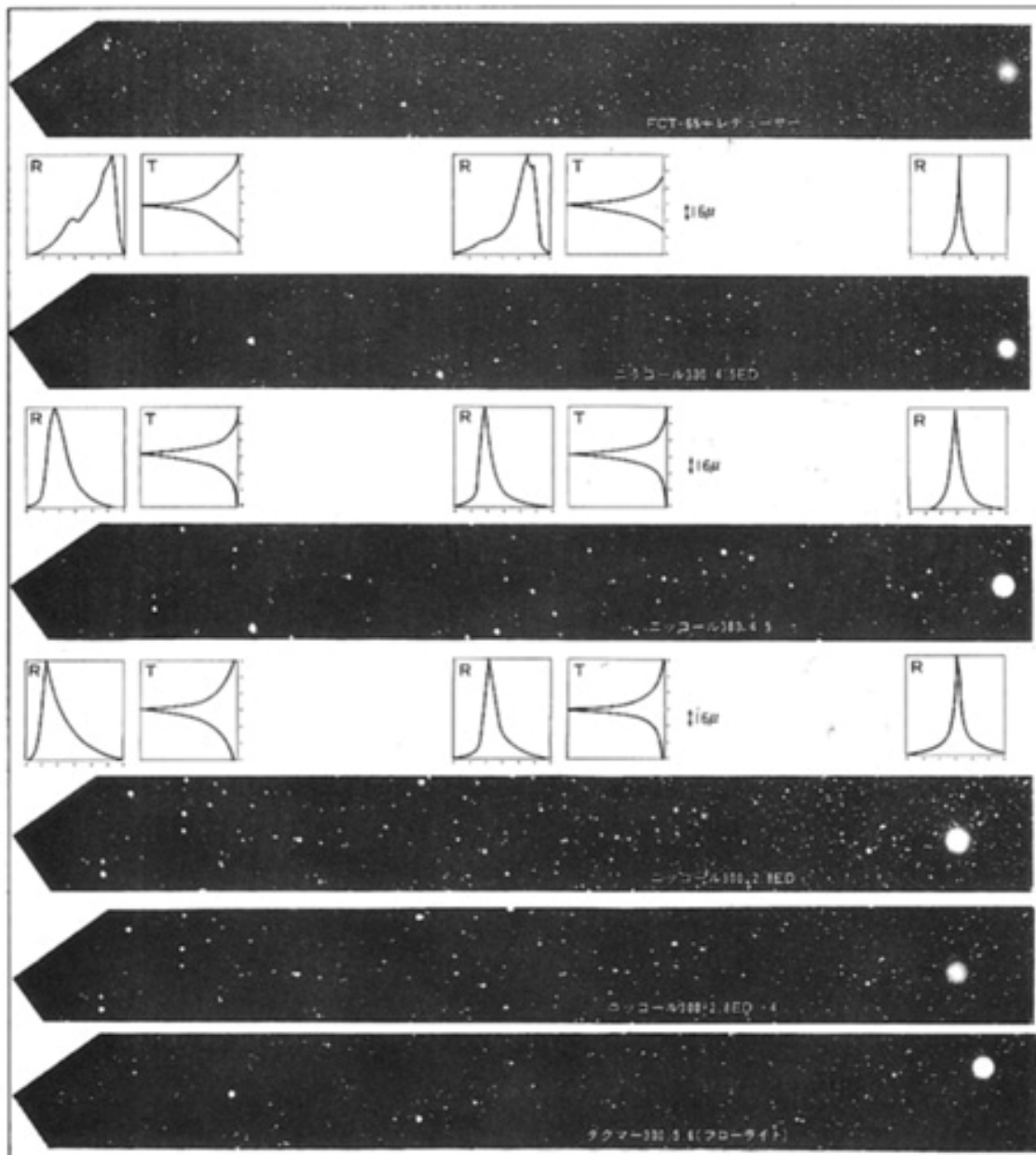
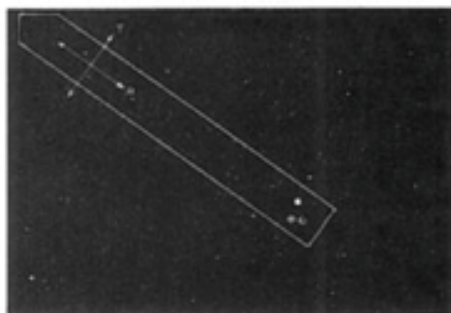
短焦点の泣きどころのひとつに、高倍率を得にくいことがある。同社独自のHi-Or2.8mmで114倍、エクステンダーを併用して173倍となる。高倍率は口径(mm)の2倍までなどとも言われるが、二

重星には3倍以上かけることもある。

結果はとにかくパーフェクトの一言につきる。色も全く感じないが、それ以上に星像が鋭い。一般に倍率を上げると像が暗くなると同時に星像が肥大してくるが、それをあまり感じないのである。μ Cyg (4.8等-6.1等、離角1.6秒)やμ Dra (5.7等-5.7等、離角1.9秒)が、FC-76よりよく分離した。口径の大きいFC-76よりエアリーディスクが小さく感じられるほどであった。

#### 低倍率

低倍率の方は逆に得やすく、Er32mmで10倍と双眼鏡なみになる。ところが、

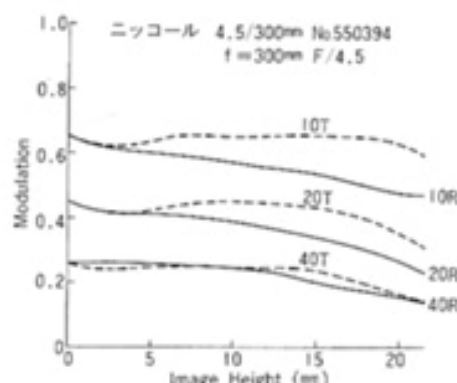
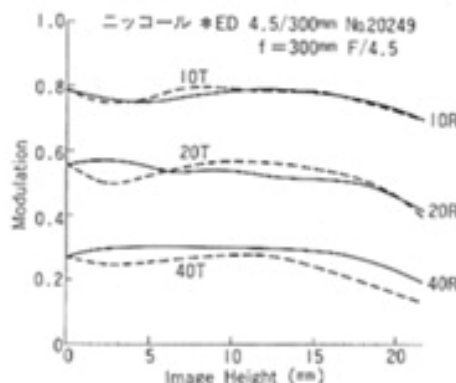
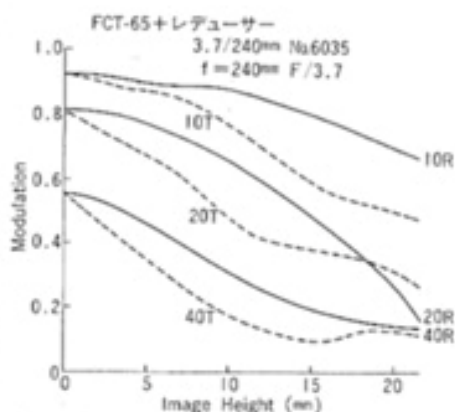


各レンズによる星像比較は、フィルム中心から最周辺までを引伸ばして行った(写真上白枠部分)。

FCTとニッコール300/4.5、同EDの3本はMTF測定の際に得た中心と最周辺、及び視野3分の2の位置におけるスリット像の線強度(光量)分布(これをラインスプレットという)を併載した。

実写した星像と、タンゼンシャル(T)ラジアル(R)方向のラインスプレット(1目盛16μ)はよく合致する。

FCTのみ240mmで、他の300mmとスケールが違い、単純に比較できないので注意。星野撮影用レンズとしてはまず十分な性能を持つが、画面全体の均質さでは、写真レンズに一步譲る。中心像はかなりシャープだが、周辺の像質はEDなどを用いていない通常の望遠レンズ並みである。



【図2】像高におけるMTFの変化

縦軸にコントラストの減少率、横軸に像高（フィルム面中心からの距離、最周辺までは約21mm強）をとったグラフ。各数字はチャートのピッチ 本/mmを表わす。FCTは他に比較して中心部のコントラスト、解像力は大変優れているが、周辺へ行くに従い急激にくずれ、レデューサーなしではこの傾向が一層強くなるのは明白で、本機の性格が顕視主体であることがわかる。写真レンズはさすがに像が均質である。

25mm以上の接眼鏡では、視野の周辺で星像がくずれてしまい、Er 32mmなどは実用的でなかった。原因は主焦点の像面が強く湾曲しているためで、視野の中心と周辺でピント位置が異なるのである。20倍以下の低倍率なら、レデューサーで像面をフラットにしてOr 12.5mm~25mmを用いる方がよいほどである。しかしF3.7と明るい光学系では、接眼鏡自身の良し悪しがかなり像に影響するようである。

高倍率向きの短焦点？

同社のHi-Orシリーズは本機の必需品である。アイレリーフも長くのぞき易いうえ、コントラストも上々である。

4mmは2.8mmよりディストーションは大きい。星像はごく周辺までシャープ。2.8mmは視野の80%から像がくずれるが、ディストーションは特に少ない。

コントラストはFCシリーズと大差ないが、解像力は確かに高く、総じてFCシリーズを上まわる顕視性能をもっている。この超短焦点にもかかわらず、同口径で本機の右に出るものは今のところな

いといつてよいであろう。

写真性能テスト

本機は対物レンズのみの直焦点では像面湾曲が大きく実用的でない。星野撮影にはレデューサーが必要となっている。

写真性能の方は実写と、物理的テストを併せて行なった。比較機には写真レンズ4本を選んだ。焦点距離、口径比の同じ物が望ましいが、実在しないので300mm望遠レンズにした。ニッコール 300mm F2.8ED、300mm F4.5ED、通常の300mm F4.5、タクマー（旭光学の旧レンズ）のウルトラアクロマチック 300mm F5.6（フローライト使用）である。

物理的テストは例によって（財）日本写真機光学機器検査協会にて、OTF、分光透過率（色再現性）、像面照度を測定した。

実写テスト

フィルムは分光感度域の広い、コダックTP2415を水素増感して用いた。このフィルムは品質差が写り具合に影響しな

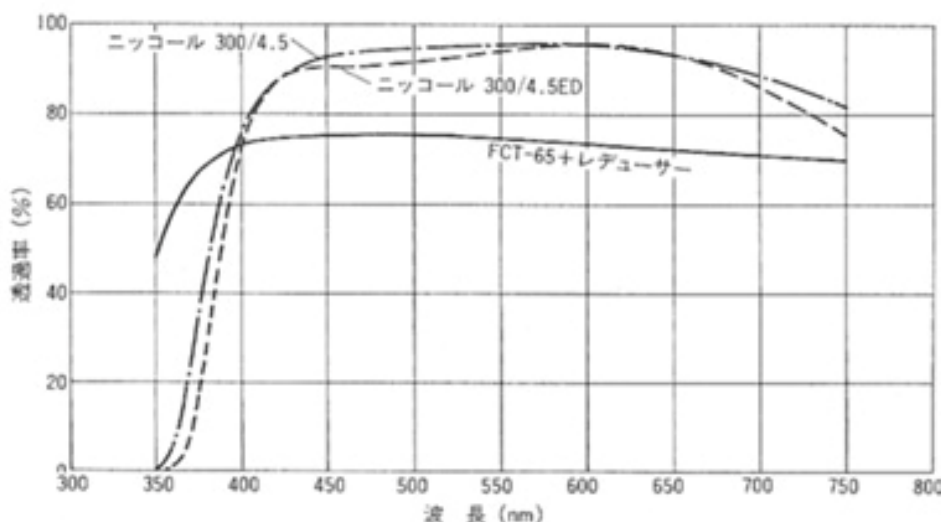
いよう、安定したマキセ（大阪）製を用いた。写野はγCasを中心とする銀河で、ピント位置を少しずつ変えて1機種10~12コマ撮影し、中心部のピントが最も良好なものをプリントして比較した。

結果はOTF測定の際のラインスプレットによく合致している。中心部の星像はFCT-65+レデューサー（以下FCT65Rと略す）が最もシャープであった。

各レンズ絞り開放との比較

一方周辺像は、写真レンズが一様に内コマ（中心方向に尾を引く）になったのに対し、FCT65Rでは外コマとなった。周辺の像質や微光星の写り具合では、EDやフローライト望遠レンズが若干勝っていた。

またフジクローム400Dを用い、輝星のまわりに出るハロを調べた。EDやフローライトを用いたレンズはいずれも、通常の300mm F4.5に比較して格段に青色ハロが少なく、FCT-65ではレデューサーを加えない状態では皆無だが、加えると気にならない程度ごく微量の青色

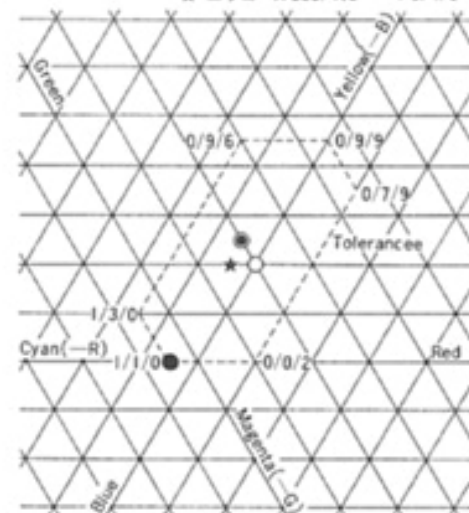


【図3】分光透過率

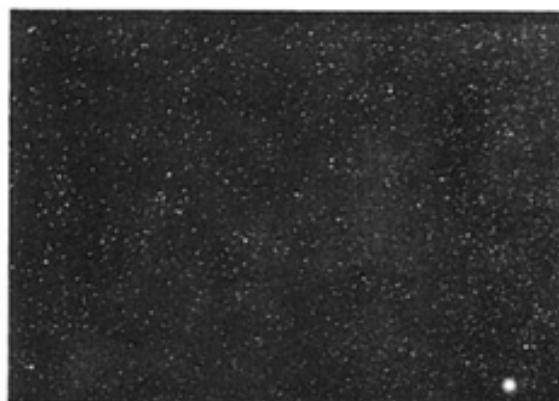
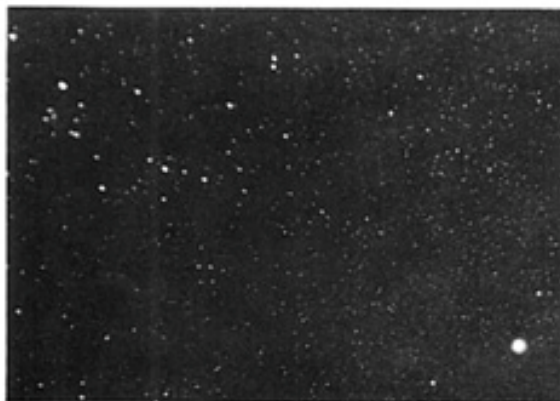
FCTの最大透過率は75.7%で写真レンズ2本（同95.7%と95.6%）と比較して約20%も低い。また短波長域を良く透過するので、色再現性を示すCCIも青に偏っている（右図）。

COLOR CONTRIBUTION INDEX (ISO/CCI)

- 基準値 : 0/5/4
- FCT-65+レデューサー : 1/1/0
- ニッコール300/4.5ED : 0/4/4
- ★ ニッコール300/4.5 : 0/4/3



【図4】写真レンズとしての色再現性



◀レデューサーの有無による星像の比較、各写真右下が画面中央、左上が最周辺であるが、レデューサーを付けた写真右に比べて、主焦点のみの写真左は周辺で大きくボケてしまい、星野撮影には不向きである。しかし中心は大変シャープで拡大撮影では威力を発揮すると思われる。

ハロが発生した。

#### MTFによる評価

図2は3本のレンズの写野中心から最周辺までの各解像力チャート(これを空間周波数という)のコントラストの減少率(これをMTFという)を示したものである。10、20、40はチャートのピッチ(本/mm)を示し、破線はタンジェンシャル(同心円方向、T)、実線はラジアル(放射方向、R)のチャートに対応している。このグラフから2本の写真レンズは画面全面に渡って均質であるのに対し、FCT-65Rは、中心部では非常に高いコントラストと解像力を持つが、周辺へ行くに従って急激に像質が落ちることがわかる。レデューサーを用いても、まだ望遠鏡的性格(すなわち中心部のみ特にシャープであるという)が残っているようである。

#### 分光透過率と色再現性

MTFと同じ3本のレンズの分光透過率を示したのが図3である。レンズ構成がいずれも6~7枚であるのに歴然とした差がでてしまったのは明らかにコーティングの差である。しかし、ニッコールがどちらも最大透過率約96%なのに対し、FCT65Rは約76%と大きな差になったのは、単にマルチコートか否かの差ではなく、良質のマルチコートとおざなりなモノコートとの差といってもよいだろう。このシリーズは近く対物がマルチになる

と広告にあったが、レデューサーまで完全に施さないと、大きな効果は期待できない。

また星野撮影ではあまり問題にならないが、レンズの色再現性を示すCCI(カラーコントリビューションインデックス)を図4に示した。写真レンズに比べFCT65Rはかなり青に偏っているが、これは、分光透過率を見てもわかるように青色をカットしていないためである。

しかし星の分光エネルギーが比較的青に偏っているものが多いことを考えると、むしろ歓迎すべきことである。

#### 像面照度

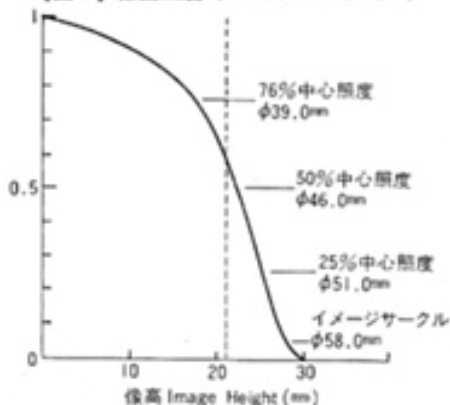
写真レンズは大なり小なり、口径食などによって、画面中心に比べ周辺の光量が不足してくる。その程度を調べるため、FCT65Rの像面照度を測定した。(図5)測定はミノルタのカメラマウントを取り付けた状態でボディは外し、照度が0になる位置まで測定した。図中破線の像高21mmの部分がほぼ35mmフルサイズの最周辺に相当する。

結果はその画面最周辺で、ちょうど中心照度の60%となり、このタイプとしては十分な周辺光量といえよう。念のためフードを外して測定してみたが大差なく、フードによるケラレは生じていない。

#### 眼視性能の優れた短焦点アポ

一般に短焦点アポといえば写真用と思われがちであるが、そうではない。セレストロンやミードのシュミカセがそうであるように、短筒化は単に軽量化だけで

【図5】像面照度(FCT-65+レデューサー)



▲35mmフルサイズでも最周辺の光量は60%と十分、フードを外してもその差はなく、フードによるケラレはないといえる。



▲実写テストは観測所の25cmライト(架台はミカゲ 260)に3本ずつ搭載して行った。テスト中の気温変化は+8.2℃から+6.6℃。

●お詫び12月号の読者プレゼントの文中の「極ペンタックスカールツァイス」は、「極カールツァイス」の誤りでした。お詫びして訂正します。

#### メーカーからの回答

FCTシリーズの設計思想は、短焦点屈折での実現性能の極限を追求した光学系で、写野全面の平均化を必要とする写真レンズとは、設計の発想が大きく異なっています。像面曲りはフィールドフラットナーの導入で補正できますが、色収差の増大を伴う欠点もあります。ユーザーの御要望が多ければ検討いたします。

透過率がレデューサー併用で76%は実効F4.2となります。対物レンズのマルチコーティング採用で実効F値はF4に向上いたしました。レデューサーのマルチ化は検討いたします。

FCTシリーズは星野カメラとして使用頻度が高いので、合焦微調整装置も研究中で、近い将来に実現をお約束いたします。

複数ある公的機関によるご意見はまことに有意義で貴重です。今後の製品に反映させたいと考えています。

株式会社高橋製作所 〒174 東京都板橋区大原町41-7 ☎03-966-9491

なく、赤緯軸へ働くモーメントも小さくなり、架台への負荷が大幅に軽減される。また操作性の向上も見のがせない。

しかし本機は単に短焦点化だけでなく、それに伴う諸収差の増大を抑えている点が特長である。写真性能も従来の天体望遠鏡に比べ、大変向上しているが、写真性能もさることながら、本機が本領を発揮するのはやはり眼視である。

コストの問題もあろうが、フィールドフラットナーなど使い、主焦点の像面湾曲の改善、接眼部の微調整性能の向上(もっと微量の調節を可能に)、透過率アップの3点が今後の主な課題かと思う。

富士見天体観測所 安部賢一

#### 読者プレゼント

高橋製作所より本誌読者に、FCT-65鏡筒を1台プレゼントします。ご希望の方は、官製ハガキに下の応募券を貼り、住所・氏名・年齢・とり上げてほしい機種名、本誌に対するご意見・ご希望を明記の上、「月刊天文・編集部プレゼント係」宛お送り下さい。締切りは12月20日。抽選の上、当選者は「月刊天文」'87年3月号に発表します。