

暗視スコープによる星像テスト

古川麒一郎*・茂木謙一**・下保 茂***

Image Intensifier (略して II) と呼ばれる星像の電子増幅の方法は、近年天文観測にも使われているが、その装置が重くかつ高価で、小型望遠鏡には不向きであった。

日立電子が暗視スコープという名で重量 1.5 kg の小型のものを作ったので、これを 25 cm 反射鏡のカセグレン焦点に取付け堂平観測所においてテストしたのでその概略を述べる。

望遠鏡は三鷹光器製の口径 25 cm のカセグレン式反射望遠鏡で、合成焦点距離は 4.2 m である。テストは 1974 年 1 月 16, 17 両日、折柄コホウテク彗星が西天に見える時、堂平のペーカーナン観測所の北側で行なわれた。

望遠鏡のバランスの関係で、II はニュートン式ではテストできなかったため、カセグレン焦点であるため視野はせまく、彗星、星雲のコントラストは悪くなった。

暗視スコープの構成の概要は次のようである。また撮影に使用したカメラはアサヒペンタックス SV である。

暗視スコープの構造と動作原理

暗視スコープ (HS 690) は第 1 図に示されるように対物レンズ、イメージ・インテンシファイヤ管、電源、接眼レンズで構成される。イメージ・インテンシファイヤ管は 25 mm 有効径でカスケードに 3 段接続したもので増倍率は 40,000 倍以上である。電源部は内蔵する 7.5V アルカリ電池で、DC 7.5V をコンバータにより 2kHz, 1kV に変換後、多段形倍電圧整流回路により DC 45kV を得るとともに、15kV 毎に中間端子を設け各段の陽、陰極へ供給している。

第 1 図の対物レンズ (1) により結像された光学像 (a) は内面 (真空側) を球面とするオプティカル・ファイバ・プレート (2) (単繊維径 5.5 μm , ピッチ 8 μm , パキュームタイト, 光電物質と未反応) により彎曲した光学像 (b) となる。この球面上にはマルチアルカリ光電面 (3) が形成されており、4,500 \AA で約 25% の量子効率で光電変換を行ない、光学像のコントラストに比例した光電子 (4) を放出する。この光電子は内部の静電界により、対向しているやはり内面 (真向側) を球面とする入力側と同様のオプティカル・ファイバ・プレート (6) 上に塗布されている蛍光面 (5) (5,300 \AA ピークの p-1, メタルバック付) に、約 15kV の加速電圧で衝突する。輝度

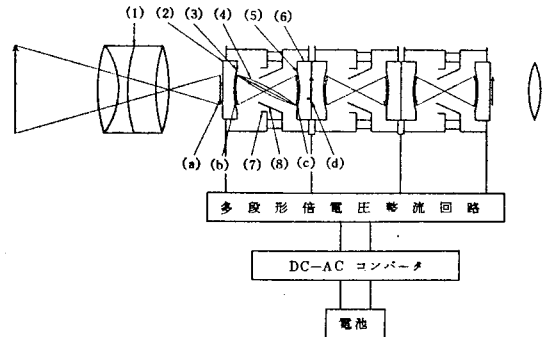


図 1 イメージインテンシファイヤの動作原理

の増倍はこの加速エネルギーによってなされ、電子の数的増倍はない。また、ここに形成されている電界は単に加速するのみならず集束作用をもたせるべく、2 個の電極 (7) (8) の形状、配置が決められているので、光電面上の 1 点から発散して放出される光電子は、蛍光面上の対応する 1 点へ集束され、光電面上の像は光面上へ倒立した像 (c) となる。この像は球面上に彎曲しているがオプティカル・ファイバ・プレートにより平面上の像となる。集束電界は 2 極で構成されており、電極電圧が変動しても集束条件に変動が生じないため、集束状態をくずすことなく加速電圧を変化させ、増倍率を変化させることが可能である。この点を利用して入力光が増加するに従って加速電圧を減少せしめ、出力が過大になり蛍光面が損傷するのを防ぐ回路を附加し、ダイナミックレンジを拡げている。出力像の輝度は加速電圧が 15kV のとき、入力面照度の約 40 倍となる。各段の結合はオプティカル・ファイバ・プレートの直結でなされ 3 段での総合倍率は 40,000 倍以上となる。最終段の出力像を接眼レンズにより 10 倍に拡大して直視するが、接眼レンズの代りにタンデムリレーレンズを用いてフィルムカメラに撮影したり、テレビジョンカメラにて撮像することが可能である。直視形の場合の分解能は出力面上で約 25 line pair/mm であり、入出力面上での像の拡大比は中心部で約 0.85, 周辺部で 1.05 となり糸巻状の歪を有する。

テスト結果

天体による実際のテスト結果は次の通りである。

第 1 日は II 付き, II なしの両方で、北極標準星野、プレアデス星団などで、眼視および写真について調べた。眼視では II 付きの場合 II なしより 2 等程度暗い星を

* 東京天文台 ** 日立電子(株) *** 三鷹光器(株)
K. Furukawa, K. Mogi and S. Kaho: Star Image
Test of Lowlightscorp.

表 1

テスト天体	露出時間 (秒)	I I なし			I I つき		
		天体 (0)	Sky (S)	0—S	天体 (0)	Sky (S)	0—S
コホウテク 彗星	1	—	—	—	2.03	1.63	0.40
	4	0.00	0.00	0.00	2.60	2.16	0.46
	16	—	—	—	2.75	2.54	0.21
	60	0.45	0.00	0.45	—	—	—
アンドロメダ星雲	1	—	—	—	2.19	1.39	0.80
	4	0.00	0.00	0.00	2.78	2.03	0.75
	16	0.00	0.00	0.00	—	—	—

認め、また I I なしより星像が見やすい特長がある。グラビア写真の3は I I つき露出のプレアデス星団の一部で、写真等級で14等まで写っている。

グラビア写真 4a はオリオン星雲の中心部を I I つき 1 秒露出で写したもので、比較のため口径 60 cm、合成焦点距離 12 m を使って富士 X-Ray 2B フィルムの 2 分露出のものをグラビア写真 4b にならべてのせた。後者の写真は倉谷寛氏のものを使わせていただいた。両者をくらべると、露出時間がひどくちがうにもかかわらず、暗い星の写りは同じでいどである、但し I I つきの方が焦点距離が短いこと、I I のために解像力が悪くなっている。

この夜暗視スコープにテレビカメラを取付け、望遠鏡より数 m はなれた場所においたテレビ画像面で土星を見た。土星環の長辺を 3 cm ぐらいに拡大したが、カシニ空隙もよく見え、像の輝度も充分あり、もう少し拡大してもよい程であった。直接高倍接眼鏡で見るよりもはるかに見やすく、教育的分野での使い道もあると思われる。

第2日はコホウテク彗星、アンドロメダ星雲など、拡がりをもつ天体の写真の写りかたを調べた。表1はマイクロフォトメーターを使って、フィルムに焼込んである標準ウエッジを仲介とし、フィルムの clear base の部分のフィルム直前の入射光を 0 とし、それぞれの天体の最高濃度の点の相対的な入射光量の対数で示してある。

I I つきとなしでは露出が格段にちがいが、上記二つの天体では、I I つきでは 1 秒程度の露出で適正露出であるのに、I I なしでは 16 秒でも写らず 1 分で写るという状態であった。但し I I つきでは、空の明るさも増幅され、増幅度は中央部にはげしく、周変減光が甚だしい、これは球面を形成するオプティカルファイバーによるところが大きい。

第2図は暗視スコープによる写真のマイクロフォトメーターレーシングで、上はアンドロメダ星雲の 1 秒露出のもの、中は sky で、表1の sky はこの値を読みとったものである。下は I I なしの 60 秒露出である。

これらの写真はコダックの Tri X 35 mm フィルムを使用した。現像は 4a はマイクロファイン 20°C 10 分、その他はパンドール 20°C 7 分である。

表1の結果から、I I を使った写真は、I I なしよりも撮影効率は数十倍よいことがわかる。

暗視スコープの使いみち

このように実験した暗視スコープは、暗い天体を目で見やすくしたり、短時間で撮影するのに、かなりの能力がある。ただし、それをういたばあ、目的の天体と

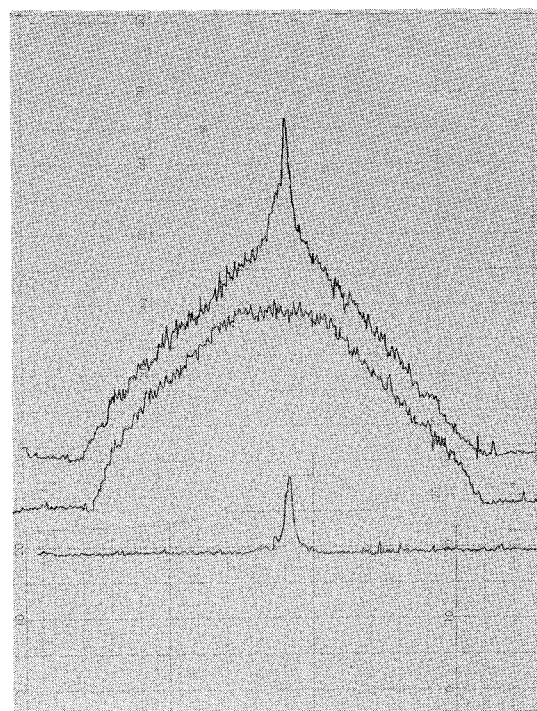


図 2 暗視スコープによる写真のマイクロフォトメーターレーシング
上はアンドロメダ星雲の 1 秒露出、中は sky の 1 秒露出、下は I I なしのアンドロメダ星雲 60 秒露出

もにバックグラウンドの輝度もひとしく上り、S/Nがよくなるのではない。定量的な測定に応用するには問題が残っているが、これは克服できないものでない。

いますぐ天体観測に用いるとすれば、ファインダ部分に組みこんで暗い星を測光用ダイアフラムにみちびいたり、微光星の撮影のさいのガイドをしやすくするなどのことがある。これらには賛成の向きも多いとおもう。

また、観測時間の短縮されることを利用すれば、速い変化や、観測可能時間の制約であきらめていた現象を、定量的な精度は落ちるが観測できるようになり、応用範囲は広いとみられる。

将来、像面の歪が無視できるまで改良されるなら精密経緯度観測に利用することが可能になる。現在も世界的に広く使用されている眼視天頂儀やダンジョン・アスト

ロラブは、眼視のマイクロメーターによって星の測定を行なっているが、この接眼部にIIをつければ、それらの器械の限界等級に近い星のイメージはもっと見やすくなるであろう。これは観測者の心理的な負担を軽くして観測精度を向上することになり、さらに観測室から離れた場所にモニター用テレビを置いてマイクロメーター測定を行なうことになれば観測者の体温が観測器械に及ぼす影響からの誤差も逃げるができる。

なおこのテスト観測には、吾々のほかに東京天文台の齋藤馨児、松本淳逸、その他堂平に滞在観測中の数氏、日立電子の尾作忠生氏、西岡秀樹氏、三鷹光器の中村勝重氏らが参加したことを附記し、謝意を表する。また写真を貸与された富山天文台の倉谷寛氏に御礼申上げる。

全天カメラによる火球の写真 (表紙およびアルバム写真説明)

東京天文台堂平観測所での夜光の 5577, 6300Å 輝線の光電および分光観測は、毎夜、自動観測のシステムで行なわれている。得られたデータのうち、晴夜のもののみを拾い出すために、魚眼レンズによって全天の写真を写している。これは1時間シャッターを開放にして、毎時0分にモータードライブによってフィルムが送られる。フィルム面上には一時間ぶんの星の軌跡ができ、その写り具合によって天気を判別することができる。

使用している魚眼レンズは Fish-Eye-Nikkor 1:8 f=8mm で、ある歪曲を本質的にもたせて、180°の画角を直径 23mm の円形内に写るようにした特殊な射影方式のレンズである。これは等距離等射影方式とよばれ、天体の天頂距離や方位角あるいは雲量の測定などにつごうのよいレンズである。

これによって得られたフィルムには、星の像の他に流星、人工衛星、飛行機、雷などが、時々写る。このカメラに写される流星は、相当明るいものだけで、1969年から現在までの間で約80個ほどである。このうち、表紙およびグラビアにあるような特に明るい流星(火球)は20個前後である。堂平の晴天日数や、観測の無かった日があることを考えると、実際には、もう少し多くの明かるい流星があったと思われる。

約80個の流星のうち、およそ1/3は、8月のペルセウス座、12月の双子座流星群のものである。特に双子座流星群は、最近活発で、毎年かなり明るいものが、2,3個ずつ記録されている。

全天カメラによって記録された流星の流れた時刻は、1時間の間でしかわからないけれど、他の場所で観測している人もあり、いくつかは正確な時刻がわかっている。

表紙写真	1971年10月28日	Exp. 0h-4h	出現時刻 1h47m
グラビア①	1971年12月14日	Exp. 0h-1h	
" ②	1973年12月15日	" 3h-4h	
" ③	1974年1月6日	" 5h-6h	
" ④	1974年1月26日	" 19h-20h	出現時刻 19h29m

使用カメラ: ニコンF, Fish-Eye-Nikkor 1:8 f=8mm, F250 型モータードライブ。

フィルム: ネオパン SSS

現像: バンドール 15分

表紙写真は、牡牛座流星群の火球で、途中で何回かの爆発が見られ、痕も残ったように見える。

表紙とグラビアの5枚の写真の南東の空が明るいのは東京方面の都市光のためである。

グラビア写真の①, ②は、ともに双子座流星群のものである。③, ④は今年の1月のもので、ともに流星群に属さない。これらの火球は、シリウス等の恒星よりも、かなり明るい。それはフィルム面上を走る恒星の速度と火球の速度を考えれば、フィルムの相反則不規をさしひいても、想像がつく。④の火球は、堂平観測所でペーカーナンシュミットカメラで人工衛星の観測中に東京天文台の鳥居氏が見ていて、その話によると、一瞬、地上に影ができたというから、おそらく満月に近い明るさがあったと思われる。

この形式の全天カメラは、木曾観測所にも置く予定である。堂平と木曾では少し距離がはなれすぎているが、2点での観測で、火球の実径路を知ることができる。

(宮下暁彦)