

岡山の広波長域分光計

西村 史 朗*

天体の明るさ、または波長別にみた明るさである色(指数)は、天体についての基礎的なデータである。近年になって急激な光度変化を示す天体がいろいろと発見されたが、例えばパルサーで光学的に見つかっているものは、周期が 10 ミリ秒のオーダーであり、白色矮星の脈動は 1 分よりも短かく、フレア星のフレア(分のオーダー)にも、もっと速い変化が重なっているものが見つかっている。わるいことにこれらは非常に暗い星ばかりで、暗い星を短い時間間隔で、しかも色別に測光しようとする、在来の測光器では乗り越えられない難点にぶつかる。

一般的な測光器では、光電増倍管はただ 1 本で、いろいろな波長で測光するには、フィルターをさし換えるか、分光器を動かすかして、順次に測定していた。前者の場合は 1 分間でいど、後者では 10 分間くらい 1 回の測定に必要で、天体の速い変化には追いつかない。1 つの工夫として、円盤の周を 3 分割して (U. B. V) に相当するフィルターをはりつけ、光電管の前で回してやる。光電管からの出力は、3 色での明るさに比例した光電流が時間的に入れ混ったものとなるから、適切なゲートをかけて別々に取り出し、平滑化して測定する。しかしこの平滑化に要する時間や、記録計の追従速度の制限のために、フィルターを毎秒 30 回転しても、1 秒程度の分解能となってしまふ。この装置は岡山で製作され、フレア星の観測に威力を発揮したが、もっと速い変化をする天体には適応できない。

測光器の速さについてももっと根本的な問題は、光の粒子性である。周知のように光電現象は、ランダムに入射する光子と光電面との相互作用で確率的に発生するランダムな現象で、一定時間ごとに起こる数を数えてみると必ず変動があり、平均が N 個のときは、ゆらぎの大きさは \sqrt{N} 個の程度になる。では天体を観測するときに、どれくらい光子が得られるだろうか。188 cm 反射鏡で 15 等星を観測するとして、大気の吸収や光定系での損失を考慮すると、光子の数は 1 \AA 当り毎秒 10 個の程度になる。光子が当たって光電子が発生する確率(光電面の量子効率)は通常 10% くらいなので、 500 \AA 幅(通常の 3 色フィルター)の光を取り入れるとすると、毎秒 500 個の光電子が発生する。極端な場合、1 ミリ秒間ごとに光電子を数えると、0 か 1、たまに 2 以上が現れること

になる。これを 20 秒間ため込むと 10,000 個になり、予想されるゆらぎ—不確かさは 100 個で、1% (~0.01 等)の精度が得られる。いいかえると、フィルターをどう取換えようと回そうと、問題の波長域の光を光電管に入れている時間が、積算して 20 秒に達しないと 0.01 等の精度は得られないということである。1 本の光電管でなん箇所かの波長域を測ろうとすると、それだけの倍数の時間が必要である。このように考えると、折角望遠鏡で集められたのに空しく消えてしまう他の波長の光子を、同時に測定しなければ観測の能率は高められない。

以上のような考えから、われわれは新しい型の測光器の製作を計画した。ポイントは、複数個の検出器—光電増倍管を並べ、波長別の光を同時に当てる。高速の計測装置とデータ集録装置とをこれに接続することである。

光を分ける手段としては分光器を用いた。分光器の利点は波長選択の自由度が大きいことで、スペクトルのところにマスクをおくだけで任意の波長域を選べるし、いくつものマスクを用意しておけば、波長域の組合せを簡単に変えられる。また吸収線の強さを測るには、スペクトルのすぐ前に半透明鏡を 45° において、同じ波長の光を二方に分ける。一方には吸収線の光だけを通す窓を、他方には周りの連続スペクトルを含む窓をおいて、それぞれ光電管で測ると、両者の比から吸収線の強さの目安が得られる。これは前節の意味では光の損失があるが、多少の薄雲があっても、明るさの比は観測できると期待される。

分光計はイメージチューブ分光器のオフセットガイド部を借用して、188 cm 反射鏡のカセグレン焦点に取りつけられる。分光計の光の入口の部分には 2 個の円孔があって、一方の孔に星を入れるともう一方には同じ面積の空の光が入る。この直前に毎秒 30 回転のチョッパーがあり、(星+空)の光と、空の光とを交互に分光計に取り込むことが出来る。回折格子は通常一定の角度に止めてあるが、スキャナーとしても使えるよう、精巧な回転機構とデジタルの角度読出しがついている。

分光計のマスクを通った光は光電増倍管に当り、その光電流は「光子計数法」で測定される。光電流を微視的に考えてみる。光子がうまく光電効果を起こして光電面から光電子を放出させたとして、増倍管内部の 2 次電子増倍作用で約 10^7 個もの電子なだれとなり、出力には幅 10^{-8} 秒、高さ 0.1 mA ていどの鋭いパルスが現れる。しかるべき注意さえ払えば、このパルスを計数するのはそ

* 東京天文台

S. Nishimura: Multi-channel photometer at Okayama

れほど困難なことではない。パルス数は、光電子の数、従って光の強さが測られた訳で、この方法は光子計数法と呼ばれている。今回の分光計には1972年ごろから試作とテストを進めてきた光子計数装置を応用した。

データ集録装置はミニコンピュータによって制御されている。ミニコンの採用によって、後に述べるように、対象とする天体に合せて、必要とするデータの性格に合せて、観測の方法を柔軟に変えることが出来る。1974年10月にカセット磁気テープ装置が追加されてからは、データ出力の速度が格段に向上し、プログラムの可能性が増大した。観測床の上には操作盤がおかれて、観測データや器械の状態をデジタルやアナログで表示し、観測者がその場で判断し観測の開始・停止などの操作を行なえるようプログラムを作っている。測光観測では、空の状態の変化などのために、観測の手順を突発的に変えることも多いが、遠隔操作で柔軟に変えられることは、ミニコンによって得られる大きな利点である。

先にのべた光子数のゆらぎがあれば、高速データ集録を行なっても無意味だと考える方も多いと思われるので、説明しておきたい。確かに、例えばかに星雲のパルサー(約15等)を1ミリごとに観測しても、個々のデータは無意味である。しかし周期が分っているので、折り重ねて加え合せると、2万回もやれば、ある位相についてのデータは20秒の測定に相当するので、何がしかの精度で明るさ(の変化)が測定できるはずである。周期不明のときでも、統計処理によって周期が(あれば)わかるし、不規則変動ならば変動の激しさについて手がかりが得られるだろう。

広波長域分光計の基本的構成は1974年3月までに製作され、試験観測を行ないながら、種々の観測方法に必要な部分品を追加しつつある。今までに行なわれた観測を列記して、この分光計の可能性を知る参考としたい。

変化の緩やかな天体に対しては、チョッパーを用いて空の明るさを差し引き、一定時間合計した結果を出力する。従来の光電スキャナーに比べて、波長再現性がよいこと、各波長が同時観測であること、空の変化を除ける

こと、などのために精度の高い観測ができる。1974年4月に δ Sct型変光星の4 CVn(周期3.3時間、振幅0.14等)をほぼ一周期観測し、結果をモデル大気と比較した。同じ観測プログラムは、ヘイズらのスキャナー用標準星を7~9等星に拡張するために用いられている。

吸収線強度の観測も同様のプログラムで行なわれる。Am型食変光星RR LynのCa⁺ K線の中心強度の変化を測る計画や、炭素星などを対象に5本の吸収線・帯の強度を観測する計画が進行中である。

変化の速い天体を観測するには、チョッパーは止めて、星と空の光を合せたものを高速で記録する。目的ごとに適したプログラムに変えねばならないが、標準的なものとして25~99ミリ秒ごとに5色のデータを連続的にカセットに記録するプログラムがあり、フレアー星・X線新星などの観測に用いられた。1975年8月3日には、EV Lacの巨大なフレアーがとらえられ、光子計数法の特長であるダイナミックレンジの広さが役立った。1ミリ秒の間隔でパルサーなどを観測する準備は出来たが、まだ観測の機会に恵まれていない。1975年8月には、宇宙航空研と共同して、分光計の出力を別のデータ集録装置に接続し、ミリ秒の速さでHZ Her(Her X-1)、HDE 22 68 68(Cyg X-1)を観測した。以上がこの1年半近くの状況であるが、望遠鏡時間の少なさや天候の制約にもかかわらず、よく稼動しているのではないかと考えている。

実はこの種の器械は、すでにパロマー山天文台とストロムロ天文台とにあって、共に33本の光電増倍管を並べている。われわれの器械も将来、同じようなものに発展すべきであろうか。われわれとしては、そのように狭い波長域に分けて観測するのは、別種の器械を用いた方が有効であり、むしろ光を余り細かく分けなくて高速の観測へと進む方が多いと考えている。

おわりにこの器械は東京天文台恒星分類部と岡山天体物理観測所とで計画され、データ集録部を除く他の大部分は、岡山の実験工場で作製されたことを付記しておく。

雑 報

日本でも天文台創立 1300 周年

本年はグリニッジ天文台創立300周年とのことだが、わが国に官立天文台ができて今年がなんと1300年目にあたることをご存知であろうか?

すなわち日本書紀に、天武天皇四年(AD 675)春正月庚戌の日(陰暦一月五日)に「はじめて占星台を興(おこ)しき。」とあるのがその証拠。日本古代の天文記録は日本書紀に、「推古天皇三十六年(628)春三月二日、

蝕け尽くることありき。」とあるのが最も古いとされ、そのあとつづいて彗星・日食・流星・星食・月食などの記録が現れる。斉明天皇六年(660)には中大兄(のちの天智天皇)が自ら漏刻(水時計)をつくった話は有名。さらに天智五年(666)に指南車(磁針儀)、同十年(671)に水計り(水準儀)が献上されていて、当時天文測量技術の基盤が着々と整っていたことが知られる。天武時代にはいると天文観測記録はさらに豊富となり、中でも天武十三年(684)秋出現したハレー彗星の記録は世界的に貴重なデータであり、「天武占星台」の観測中の大ヒット