

高速デジタルマイクロホトメーター

清水 一郎*



世の例にもれず、情報の洪水はわれわれのところにも押寄せつつある。日食の観測や、最近新設された太陽観測装置では、長尺フィルムによるスペクトルが多量に撮影されている。

これらのフィルムの一画面には、分光器のスリット上の位置と波長とについて、輝度の二次元的な情報が含まれている。フィルム上の濃度分布を従来のマイクロホトメーターで測定して、フィルムの感度特性曲線から輝度に変換してグラフを作る極めて基本的な処理のみを考えても、気の遠くなる様な作業になる事は容易に想像されるであろう。写真原板に含まれる情報量は、たとえば原板が 20μ を解像しているとすれば 1cm^2 当り25万データに達する。この様な多量のスペクトルフィルムの測定とデータの基本的処理を目的とする高速デジタル・マイクロホトメーターが東京天文台に新設されたので、ここにその概要を紹介する。

装置の構成

この装置は次の3項目を目標として開発された。

- 1) 測定とデータの基本的処理を高速でおこなうこと。
- 2) 多量のデータを処理、収納することができること。
- 3) 測定及びデータの処理方法に自由度が大きいこと。

データの基本的処理の内容としては、写真測光で必ずおこなう作業である「濃度のサンプル→収録→輝度変換→グラフ作製」の流れの他に、スペクトルのバックグラウンド部を差引いて輝線スペクトルのみを分離したり、輝線の中心波長、強度や幅等の諸元を算出する作業も加えて考えた。

装置の全システムは、第1図の様マイクロホトメ

ター本体、データサンプル系列(分散配置一測定系参照)、磁気テープ装置(2台)、デジタルプロッターから成り、これらは電動タイプライターからの指令によって小型電子計算機(OKITAC-4300C: メモリー 8K Ward)のソフト命令で制御するように構成されている。

装置の主な特徴

I) マイクロホトメーター本体: 載物台の駆動にパルスモーターを使用して電子計算機のパルス分配制御を行うようにしたので、斜方向や直線曲線にそっての測定も可能であり、これにつれてスリットの回転も制御できる様にした。このために、機械的には変速ギヤ系や制御系のない点で従来のものに比べ簡略化されている。

第1, 2スリットは各々開口を四方単独調整可能で、 $5\mu\sim 2\text{mm}$ まで可変である。又対物鏡には作動距離(18.2mm)と焦点深度(5000A で 30μ) を大きくするために低倍率(4 \times)を使用し、載物台上面から10mm上まで焦点合わせが可能である。焦点合わせやスリット幅を調整するために、30倍のテレマイクロスコープが組込まれている。またモニター光学系によって、測定中もフィルム上の直径6mmの範囲を見ることができる。載物台の移動ストロークはX方向150mm, Y方向100mmで 5μ の単位で移動可能である(第2図参照)。

II) 測定系: 測定系は「光源→光電管→前置増幅器→対数増幅器→AD変換器」より成る部分で装置の各所に分散配置されている。本装置は高速測定を目的としているので、測定系の各部の方式は写真測光の精度を保つ限り、速度優先で選ばれている。たとえば、精度、安定性の良い自動平衡型を採用しなかった。それ故測定系の安定度や精度を保つためには、安定電源、温度補償、雑音対策に最大の努力をし、長時間の測定を考慮して測定光路の光

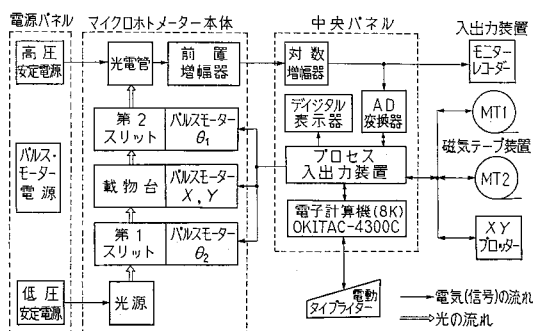


図1 システムの構成図

* 東京天文台

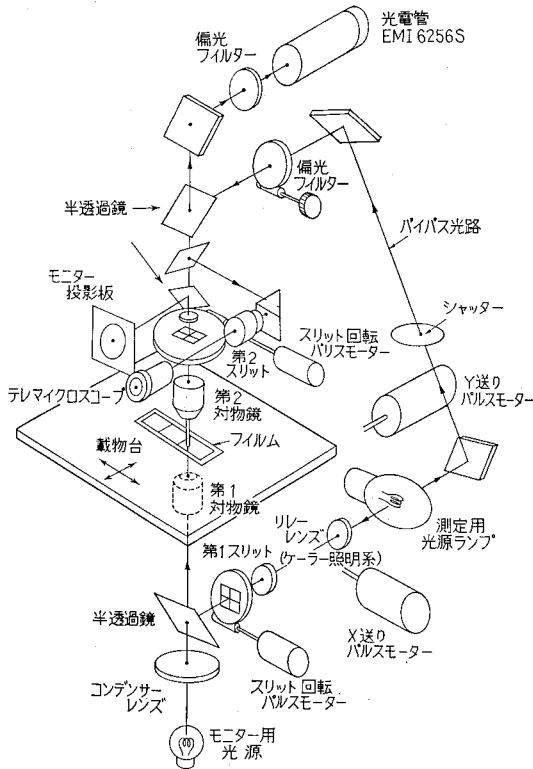


図 2 マイクロホトメーター光路図

源と光電管の間にバイパス光路を作り、ドリフト量をチェックできる様にしてある。又AD変換方式に精度の良い積分型を使用せず、逐次比較型AD変換器(純2進・11ビット:10進3桁相当。サンプル時間40 μ s)を使用している。測定スピードの限界は載物台やスリット駆動をするパルスモーターの自起動周波数(停止の状態からスタートできる最高周波数)で決められた。

本装置は最高駆動スピード毎秒3mmで毎秒600データまで測定できる。測定する濃度の範囲は1.0, 2.0, 3.0, 4.0に切換えることができる。

Ⅲ) 周辺入出力装置: 本装置の入出力装置としては、次のものがプロセス入出力装置を介して連結されている。
電動タイプライター・測定及び処理指令と処理結果の印字出力するためのもの。
磁気テープ装置・測定や処理に必要なプログラムを電子計算機の内部メモリーに移したり、測定したデータを収録し、処理済みのデータを収納するためのもので、転送速度毎秒24Kバイト、長さ2400フィートの磁気テープ(10⁷データ収納)まで使用できる。
デジタルプロッター・データをグラフとして出力するためのもので、XY方向に0.1mm単位で毎秒400ステップの速さで作画ができる。

測定とデータの基本的処理プログラム

この装置で行う作業の内容を分解すると次の様になる。

測定とデータ収録: 測定フィルムのクリアレベルや、測定濃度範囲の調整などのための Free mode, 主として直線や曲線にそっての測定を目的とする Basic mode, 走査測定を目的とする Raster mode の3種の測定モードを用意した。

ラベルの印刷: 磁気テープの各データの先頭には、測定時の諸定数がラベルとして入っている。これを表にして印刷してデータ内容のリストを作る。

スケール変換: 測定データは濃度に比例した値である。これを他の函数形、たとえば写真の Characteristic curve によって輝度 (I 又は $\log I$) に変換する。変換方式は直線補間である。

データの差し引き: たとえば紅葉やフレアーのスペクトルを例にとると、現象の輝線スペクトルに、天空や光球のスペクトルが重なって写っている。この様なスペクトルから現象のないスペクトルを差し引いて、輝線スペクトルのみを差し引き分離する。主な仕事は両スペクトルデータの波長合せ (λ シフト), 輝度レベル合せ (I シフト) 及び差し引き演算から成立っている。

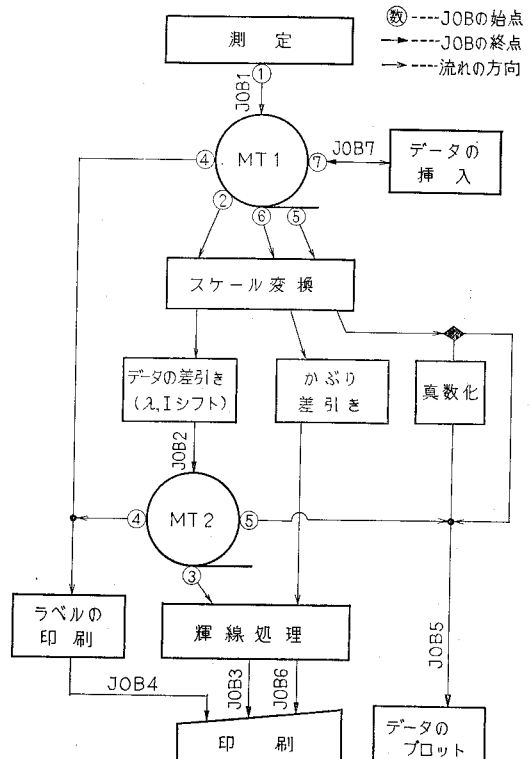


図 3 データ処理プログラムの流れ

輝線処理: 前記の処理を終った輝線スペクトルのデータから、輝線の中心波長、強度、ドップラー幅、輝線全体の光度等の諸元を算出する。単一輝線の場合には10本、複合輝線の場合には1組の輝線を一度に処理できる。

データのプロット: 測定又は処理済みのデータをXYプロッターで作画出力する。データは輝度の真数、対数の形で任意のスケールで作画させることができる。

データの挿入: 前に述べたデータの差し引き処理に当り、差し引きデータを処理データと組合せるために、磁気テープ内のデータを他のデータ内に挿入する。

これらの基本的処理プログラムは全体で2万語にもなり、とても計算機の内部メモリーに入りきらないので、第3図の流れ図に示す様に、これらの処理プログラムを組合せて7個のJOBに分割してある。表紙写真の高次バルマー輝線を例にとると、フィルム上14cmの長さを10 μ 毎に測定(JOB 1)するのに約5分、差し引き処理

(JOB 2)に約40分、プロット(JOB 5)に約60分、輝線の10本処理(JOB 3)に約20分であった。処理に時間を要する主な原因は、主として磁気テープ送りやXYプロッターの作動時間によるもので、この点についてはグラフィックディスプレイ装置や磁気ディスク等の使用による速度性能の向上も可能である。

これらのプログラムは内容を一部変更するだけで、処理や測定の内容を容易に拡張させることもできる。又新しいプログラムを組むことによって、多種の処理が可能であるが、データの複雑な演算処理についてはプログラムの作り易い大型計算機の使用が便利であるので、磁気テープの記録方式は大型計算機で読出せる様に互換性をもたせてある。

現在、全システムについての性能テストや実用テストが実際の観測計画にもとづいておこなわれている。

新刊紹介

かに星雲の話

—超新星の爆発—

石田五郎, 大谷 浩, 森本雅樹,
浜田哲夫, 早川幸男, 小田稔著編
(中央公論社, B 6判, 198頁, 820円)

6人の著者により、「自然」に連載されたものをまとめ、最後に「今後の課題をめぐって」の話し合いの記録を加えてある。目次は、①かに星雲はこうして天文学に登場した。②かに星雲を解剖する。③かに星雲を電波で見る。④中性子星は存在していた。⑤物質とエネルギーの源泉。⑥かに星雲とX線星、である。①では歴史が語られる。Nebulaとしてのかに星雲は彗星捜しの副産物として発見される。1700年代の中頃、英仏が海外植民地を拡大、天測航法のため国家事業としての天文台の設立が進んだ時代であった。大星表が作られる一方で、国家事業の目的を越えて彗星の発見と軌道計算(ニュートン力学の有効さ)に情熱を傾ける何人かの天文学者が現われた。ハリー、メシエ等の名前がでてくる。この辺の科学と社会の相互作用は⑥で語られるX線天文学の展開の仕方と比較すると興味深い。アポロ計画のいわば片隅でスタートしたX線天文学が、わずか10年間で大樹に成長した。その中でかに星雲が少くとも二度、主役を演ずる。一度目は超新星の残骸がX線源であった、にもかかわらず点源ではなかった、つまり熱い中性子星

ではなかった、という複雑な余韻を残した観測。二度目は中心星がX線バルサーであったという対照的な観測である。

話しは前後するが、かに星雲に物理的な関心が払われるようになったのは20世紀になってからで、写真技術、分光分析とスペクトルの理論、つまり20世紀の物理学と技術を待たねばならなかった。星雲の膨張、吸収線の無い奇妙な中心星の温度がうまく求められない事、そして新たに天文学に導入された超新星のカテゴリーにこの1054年の星を含めるべき事等が第二次大戦終了までに判明した。かに星雲を中心とした科学史の生きたテキストとしてこの本を読むのは一つの読み方であると思う。

この本には又、思惟の有効性と限界についての多くの人間臭いドラマが展開されている。シンクロトン輻射の確認第一号②; 中性子星の予言と思いがけない方向からの④, ③; 確認宇宙線の起源についての二つのアプローチ(元素合成の理論, シンクロトン輻射)がともに超新星起源説を結論したこと⑤; ブラックホールに関する予想と観測⑥等である。いずれも物理学の根本にかかわってくる大問題であり、それらが何年も何十年も後になって確認されていく過程はまことに深い感動を与える。その中には激しい競争があり、無視された先駆的な研究もあった。ただこれらの大問題の判定にどうしてかに星雲ばかりが登場してくるのであろうか。「この超新星は最も明るいほうの種類に属することになる」(p. 37)からなのだろうか。