

## 天文学とデータ処理

上 杉 明\*

1. 加減乗除の演算を、超人間の速度で行なう電子計算機は、また、情報の処理をも行なうことができます。電子計算機によるこのような「情報の処理」が、私達にとってどれほど有効であるかを、過去2回の研究会で検討しました。第1回は、昨年(昭和48年)1月に金沢で、第2回は今年1月京都で、それぞれ、おもに位置天文、天体分光関係の人々が集まりました(注1, 2)。

天文学で使われるデータは、大ざっぱな言い方をすれば、生の観測データと、一応整約された形になっているカタログデータとに大別できましよう。たとえば、干渉計の各受信機に入ってくる電波の強度を組み合わせて意味のある情報をとり出す場合、最初の処理の対象になるのは、生の観測データ、つまり、電流の強さそのものであり、また、一方、星野写真を撮影して、写っている星の同定を行なうときに参照するのは、星表に与えられている、カタログデータであります。前者では、処理の対象量そのものに、必ず測定誤差が含まれているのに対して、後者では、処理される情報は、数表または記号の表などであって、読みとる際に誤差が入ってこないと言う風に区別しても良いでしょう。

2. 第1回の討議では、このような両種のデータに、どんな取り扱いが可能かと言う話を中心になりました。

最近、分光写真の整約、つまり、分光測光やスペクトル線の波長の同定など、の自動化、高速化の動きが盛んですが、実用上どんなものか、また、用いる機械(測定機、電子計算機など)にどんな問題があるか、などについての紹介がありました(菊池、平田)。一方、光電測光関係では、写真測光に比べて、自動化、高速化がより容易のようですが、实例として、岡山天体物理観測所での現況の報告がありました(西村)。しかし、いずれにせよ、電子計算機による処理を前提として作られている干渉計観測のシステム(石黒)に比べると、はなはだ見劣りがするようです。もともと測光関係の仕事では、職人芸的要素が大きく、電子計算機を利用するマズプロ的処理法には拒絶反応の出てくる面が、用いる写真乾板などの素材の側にも、また、従って、これに関係する人間の側にも、存在するからでしょう。

一方、カタログデータの処理の話としては、いわゆる「情報検索」と呼ばれる分野で、どのような理論体系の

もとに、どのような技法が用いられているのか(寺下)、その一つの応用例としてのBSカタログ(注3)の検索システムについて(福田、注4)、が論じられました。また、最近、光電測光観測の結果などが多数発表されていますが、生のデータと、カタログデータとの中間に位置するこの種のデータを集めて総合することも大切な仕事で、その際の問題点が討論されました(鈴木、注5)。

最後に、このようなカタログデータの処理を行なうには、まず、カタログが作られておらねばなりません。国際的なデータセンターは存在するが、日本国内ではどうかとか、また、各機関の研究者がこれを利用するためには、必然的にデータの交換作業を考えねばならないが、それに附随した諸問題をどう解決するか、などの点が討議されました。

3. 京都で行なわれた第2回目の会合では、おもにカタログデータの処理の問題を採り上げました。そこで、データ交換のための資料として、参加者の所属機関でどのような電子計算機システムが用いられているかをまとめたところ、表1のようになりました。

一般に、電子計算機とは、持ち込まれた(入力)情報を、指定された方式(プログラム)で処理して、印刷などの手段で人間に結果を知らせる(出力)情報に変換するものと考えられます。この入出力には、カードや、紙テープなどを用いますが、特に大きなデータの場合には磁気テープが便利です。この表の「磁気テープ入出力」の欄に、トラックとあるのは、一本の磁気テープ上に何個の軌条があるかを示す数で、つまり、電子計算機が読み書きをするときの素子(ヘッド)の数のことで、7は7個のヘッドを使うことを意味します。また、BPIとは、「Bit Per Inch」の略で、磁気テープ1インチ(2.5

(注1) 出席者機関名: 緯度観測所, 茨大理, 金沢工大, 宇宙開発事業団, 東大地震研, 理科大, 東京天文台, 東大理, 国土地理院, 水路部, 空電研, 京大理, 岩井計算センター。

(注2) これらの研究会のため、総合研究(B)一代表者, 山下泰正氏(47年度), 高木重次氏, 成相秀一氏(48年度)一から補助をいただいた。

(注3) D. Hoffleit (ed.) 「Catalog of Bright Stars」 Yale Univ. (1964)

(注4) 福田一郎「電子計算機による天文観測計画の自動化」金沢工大研究月報, 第6巻, 第2号, 1頁(1973)。

(注5) 鈴木雅一「データ集積の問題点について」金沢工大研究月報, 第5巻, 第7号, 65頁(1972)。

\* 京大理宇宙物理学教室

A. Uesugi: Data processing in Astronomy.

センチメートル)の中に何個の単位情報が入っているかと言う「記録密度」を示します。磁気テープから情報を入力するためには、少なくともこの二つの要件が、テープ側と読みとり側とで合致していなければなりません。また、私達が電子計算機を利用する場合、計算機に直接手を触れるのが専属のオペレーターであるか、私達利用者であるかの違いを、それぞれ、Closed, Openで示しました。これは、膨大なデータを処理しようとするとき、他の利用者の仕事との関係上、常に心しておかねばならない重要な因子になっています。

4. さて、研究会での最初の話は、金沢での時にも採り上げられた、BSカタログについてでした。このBSカタログには、6.5等級より明るい恒星9091個についての位置(赤経、赤緯、銀経、銀緯)、明るさ、B-V色指数、分光型、固有運動、距離などが記載されています。

金沢グループは、昨年につづいて、このBSカタログの検索システムの開発をつづけております(水野、福田)。星表の検索のしかたにはいろいろ考えられますが、たとえば、「赤経が0時から3時までの間にあるA型星のうち、4等級より明るいものを選び」と言う問題もその一つです。ここに出てきた「赤経」、「分光型」、「明るさ」などを検索項目と呼びますが、BSカタログについての金沢グループの検索システムには、全部で12個の項目が用意されています。さらに、その特徴としては、電子計算機との「会話」に、「グラフィック・ディスプレイ(Graphic Display)装置」を用いている点があげられます。最初、テレビの画面のようなブラウン管上に、検索項目の一覧表が現われます。そこで、必要な項目の所を、ライトペン(Light Pen)で押え、データ、上の例ですと、赤経の範囲、分光型、明るさの範囲などを、タイプライターで叩き込んでやりますと、電子計算機は、自分が記憶しているBSカタログの中から、要求された条件に合った星を捜し出して参ります。検索項目の作り方など、まだまだ改良せねばならないこともあります。それでも、星の観測計画を立てるときなどに用いると、ずいぶん便利でしょう。観測と言えば、望遠鏡と電子計算機とを直結させて、××カタログの○○番の星を見たいとタイプライターを叩けば、望遠鏡が自動的に星を視野に入れると言った夢物語もあります。

5. 所で、このBSカタログ(注3)を詳しく調べてみますと、かなり問題のあることがわかりました(西村)。最もはなはだしいのは、銀緯として与えられている数値であります。御承知のように、銀緯は、天球上で天の川からの隔たりを角度で表わしたもので、北向きに正、南向きに負と約束されており、赤経、赤緯から計算で求め

られます。BSカタログ中の銀緯を見ますと、その値が負で、且つ、丁度「度」の値で切れている、つまり、「分」の値が0であるような星のうちの約半数のものに $2^\circ$ の狂いがありました。たとえば、正しい値が $-3^\circ 00'$ であるべきものが、 $-1^\circ 00'$ と書かれているわけです。理由は、60進法の計算プログラムにあるらしく、たとえば、 $59.7'$ を「分」の位に切り上げると $1^\circ 00'$ になりますが、これを機械的に、 $-2^\circ 59.7'$ に対して、 $-2^\circ 59.7' = (-2^\circ 00') + (1^\circ 00') = -1^\circ 00'$ とやっているらしいのです。

活字になっていたり、電子計算機で計算してあると言われたりすると、つい無批判に信頼してしまうのが私達の通弊であります。考えてみると落とし穴が一杯ありそうです。BSカタログには、この外、基礎データの採り間違いとか、ミスプリント(またはミスパンチ)などがある。教訓としては、どんなカタログでも、それを利用するときには、(1)絶対的信頼をおかないこと、(2)収められている情報相互間に矛盾がないかを確認しておくこと、が得られます。一方、カタログを作るときには、用いるデータに十分注意すること、プログラムにばかげた誤りがないかよく確かめること(むずかしい誤りは、普通よく調べられていますが、つまらないのは、なかなか見つからないものです)、また、ワンライティングシステム(One-Writing-System)— $y$ と $z$ と言う量が、ともに同じ $x$ と言う量から計算されるときには、実際に計算するときにも、 $x$ の値のパンチしてある同じカードを用いる—に徹底すること、などが必要となります。(BSカタログの正誤表の詳細については、東京天文台、西村史朗氏にお問い合わせ下さい。)

6. このように、カタログ作りと言うのは、誠に空恐ろしいぐらいの難事なのでありますが、それでも、必要となれば手をつけなければいけず、昨年にひきつづきデータ集めが行なわれております(鈴木、上杉)。人間のやることですから、完全に誤りのないことなど望むべくもないのですが、それでも、多少なりとも誤りを少なくするにはどうすべきか、また、そのためにはどんなシステムを作っておけばよいか、が検討されました。

論文などの形で発表されているデータを電子計算機が読める形になおすこと、こうしてできたファイルのいくつかから、取捨選択して、目的に応じたファイル—カタログ—を作ること、が中心問題になります。人間は、必ず誤りを犯すものである、と言う認識にたてば、上の過程では、印刷物から情報をカードに穿孔する作業が、最もむずかしいところ。要は、何重にもチェックすることのできる体制にしておくことになります。このような、「人間の読む体裁」を「機械の読める形」になおす過

程をも、機械にやらせることについては、図形入力装置（電子計算機が、絵を見ることができるよう考えられた機械）の利用が考えられており、将来大いに期待されるところです。

7. 国際的なデータ収集機関としては、IAU（国際天文連盟）のなかに、IAU Working Group of Numerical Data と称するものがあって、惑星、太陽、恒星、その他いろいろの分野にわたって、それぞれに責任者をおき、データの収集活動を行なっております。また、データセンターとしては、位置天文関係では、Bureau International d'Information sur les Ephemerides Astronomiques (Paris)、恒星関係では、Centre de Données Stellaires (Strasbourg)、惑星関係では、Planetary Research Center (Lowell) などがそれぞれあり、アメリカの Joint Institute for Laboratory Astrophysics や、National Bureau of Standards などでも、センター的活動を行なっております。このような関係のニュースは、不定期刊行物 "Information Bulletin" (Strasbourg) に発表されています。

これに対して、日本国内では、電子計算機が読める形になっているカタログ類に、どのようなものがあり、また、それはどの機関に保管されているでしょうか。以前一度発表されましたが（注 6）、その後ふえてもおりますので、今回お集まりの方々からの情報をもとにして、表 2 にまとめました。この表では、必ずしも妥当な分類ではないかもしれませんが、便宜上、三つのグループに分けてみました。まず (I) には、主として、これまで天文屋たちが、カタログ（星表）と呼んできていたものを集めてみました。カタログ名は、一般的に行なわれている通称を書きました（注 7）。(II) には、(I) に比べるとやや特殊ですが、天体暦に関係したデータをまとめてあります。また (III) には、近年、ますます多くの研究者によって取り扱われるようになりました、恒星についての、色やその他の物理的性質を表わす量に関するものを並べました。（さらに、電波天文学関係でも、いろいろのカタログがあるようですが、残念ながら調べる余裕がありませんでした。また、この (III) に関して、個々の文献中のデータをカード化したものも、かなりありますが（金沢工大、京大）、あまり一般的ではないので省きました。）この (III) のグループのほとんどは、金沢工大と上記 Centre de Données Stellaires との間の交換交流によって得られたものです。

表中、情報の媒体として、磁気テープには M、80 欄標準カードには C、ディスクパックには D、の略号を、それぞれ用いました。これらのデータについて、利用御希望の方は、各関係機関に御相談されればよろしいでしょう。

8. 以上のような検索関係の話をもっと広い考えからながめると、これは、種々の情報から意味ある情報を取り出す過程の一つと考えられます。こう言った点に関する、数学的背景についての議論も行なわれました（上野）。一般的に言って、私達の受けとる情報は、何らかの物理過程を経た結果なのであって、自然科学者の目的は、その過程自体の理解にあると言って良いでしょう。

いま、その物理過程に、あるモデルを想定し、そのモデルが、いくつかのパラメーターで定まるものと仮定しますと、問題は、私達の受け取った情報（観測量）からそのパラメーターを定めると言う、いわゆる "inverse problem" になります。特に、その過程の数学的構造が線形である（結果として出てくる量  $y$  が、原因となっている量  $x$  に比例している、または、いくつかの結果がいくつかの原因で起こるとき、両者の関係が一次の関係式で表わされる場合）ときは、どう扱えばいいかと言う例が、この頃脚光を浴びている遠隔探査 (Remote Sensing) について、示されました。たとえば、雲の明るさを観測して、雲を作っている物質の性質を調べると言ったことです。過程の数学的構造を調べることは、その過程の理解に大いに役立つことで、この方面の研究もなおざりにはできません。

9. 電子計算機と申しますと、どうしても計算をする機械であると言う印象から抜けきれなくて、昔からあった手まわしの計算機や、あるいは、計算尺などと言ったたぐいのものを上等にしたと言うイメージがもっぱらのように見受けられます。しかし、その本質は、単に数値計算のみを扱うものではなく、「情報」を扱うものであるという認識は、強調されていいのではないのでしょうか。数値計算と言っても、考えて見れば、 $a+b=c$  と言う関係は、入力情報  $a, b$  に、「和」をとる「処理」を行なって、結果  $c$  を出力することなので、やはり「情報処理」の一種であります。

このような主旨で研究会が開かれたのでありますが、「情報処理」に関する情報の交換が活発に行なわれた、（しかも、オフレコの情報で有益なのがずいぶんたくさんあった）点で、実に有意義であったと言うのが、参加者の我田引水的結論でした。また、位置天文関係の方々

(注 6) 「基本座標系決定のための“太陽近傍星の運動”」研究会集録 (1971)。

(注 7) 星表についての解説としては、たとえば、進士晃「FK4 と基本座標系」天文月報、第 64 巻、第 4 号、96 頁 (1971)。

新美幸夫「基本星表」天文月報、第 67 巻、第 4 号、128 頁 (1974)。

安田春雄「位置星表」天文月報、第 67 巻、第 5 号、154 頁 (1974) などがある。

が、何度か述べておられるように(注8)、今後、この方面の仕事は、ますます重要になるでしょう。したがって、この文に書きましたような、天文学に関係した電子計算機利用の例が、諸賢の御討議の一つの話題(注9)にでもなれば、誠に幸いです。

(注8) 位置天文学連絡会、将来計画小委員会「位置天文学の現状と将来」天文月報、第64巻、第6号、160頁(1971)、同、第66巻、第12号、325頁(1973)。

(注9) こう言った問題を考えるとき、常に十分注意していなければならないのは、電子計算機も、使い方によっては、私達人間にとってとんでもないやっかいものになる可能性をもっている点であることを、附記しておきます。

表1 各機関の電子計算機システム

機関	機種	磁気テープ入出力 トラック 密度 (BPI)		利用法
緯度観測所	TOSBAC3400-31/51	7	800	Open/Closed
金沢工大	IBM 370/135	9	800/1600	Open/Closed
宇宙開発事業団	FACOM 230-60	7/9	556/800	Open/Closed
地震研	IBM 360/40	9	800	Open/Closed
東京天文台	OKITAC5090D	7	200	Open/Closed
東大	HITAC 8700/8800	9	1600	(Open)
国土地理院	NEAC 2200/500	9		Closed
水路部	NEAC 2200/500	9	800/1600	Open
京大	FACOM 230-75	7/9	200/555/ 800/1600	Closed

表2 電子計算機が読める形で保存されているカタログ類

(I) 星表	機関名・媒体	Rectangular Coordinate of Moon Referred to 1950.0 東・M
星表名		(c) 惑星
AGK2	水・M, 東・M	惑星毎日値(1960~80) 水・M
AGK3	水・M, 東・MC	5 Outer Planets 東・MC
AGK3R	水・M, 東・M	小惑星要素 東・C
Bright Stars	東・C	彗星要素 東・C
( $-30^\circ \leq \delta \leq -10^\circ$ )		4 Inner Planets (1920~80) 東・MC
BS カタログ	金・M, 水・M, 京・M, 東・MC	惑星のエヘメリス 宇・M
Cape カタログ	水・M, 東・M	(d) 人工衛星
FK4	緯・M, 金・M, 水・MC, 東・MC, 京・M	59 $\alpha$ 1, 60c2, 62 $\beta$ $\mu$ 1 東・C
FK4 Suppl.	水・M	(e) 曆
GC	緯・M, 金・M, 地・M, 東・MC, 水・MC	恒星毎日値(1960~80) 水・M
Gliese カタログ	京・M	恒星日々数(1960~71, 72~75) 水・M
HD, HDE	金・M, 京・M	独立恒星数(1960~71, 72, 73~75) 水・M
NZC	水・M	曆用マスターファイル 水・M
N30	金・M, 水・MC, 東・MC, 京・M	(1971~76)
SAO 星表	緯・M, 水・M, 東・M, 国・M	曆編集用ファイル(1973, 75) 水・D
SAO 抜萃	水・M	Siderial Time 東・MC
SRS (Tokyo List)	東・C	Day Number 東・M
Yale 星表	水・M, 東・M	(III) その他
Willson (視線速度)	水・M	Am 金属線星 金・M, 京・M
一星表対照表一		Batten 分光連星 金・M, 京・M
FK4-N30, GC, HD, DM, BS	水・M, 東・M	Bertian 輝線星 金・M, 京・M
BS-HD	金・C	Eggen 空間運動 金・M, 京・M
(II) 曆関係		Jaschek MK 分光型 金・M, 京・M
(a) 太陽		Kennedy MK 分光型 金・M, 京・M
太陽毎4日値(1800~2000)	水・M	Kron 6色測光 金・M, 京・M
太陽毎日値(1968~1980)	水・M	Rotation 星の自転速度 金・M, 京・M
太陽(1960~67, 68~80)	東・MC	Rubin 早期星の運動 金・C
太陽座標(JD 2378492.5~2451912.5)	東・M	Strömgren-Perry 測光 金・C, 京・M
(b) 月		UBV 測光 水・M
月毎時値(1960~71, 72~73, 74~75)	水・M	UBVRIJKL 測光 金・M, 京・M
月座標(1960~71)	東・MC	uvby $\beta$ 測光 金・M, 京・M
Moon's GHA and Decl.	東・M	Wackering 早期輝線星 金・M, 京・M
		Walraven 測光 金・M, 京・M
		Woolley 測光 金・M, 京・M

[注] 機関名は、水—水路部、東—東京天文台、金—金沢工大、緯—緯度観測所、京—京大、国—国土地理院  
媒体は、M—磁気テープ、C—カード、D—ディスク