

# シンシナチ天文台の計算機

竹 内 端 夫\*

シンシナチ天文台のハーゲット台長が計算機室の指令卓の前に座って小惑星の軌道計算をはじめると、部屋中の機械が彼の意図にもっとも忠実な助手であって、博士は彼らを自分の手足のように駆使しながら仕事を能率よく進めているという感じを受けた。シンシナチの計算機はそう大型のシステムではない。4000語の記憶装置をもつIBM 1620を主機とし、これにカード入出力、磁気ディスク、会計機、複写穿孔機、分類機などを加えた、こじんまりとした、しかし使いやすい計算機であった。

電子計算機に計算をやらせるといって、その速い計算能力は高く評価するけれども、一方において計算が文字通り機械的に処理されてしまうために、計算途中において人間が加えるべき判断を入れにくいという欠点があるとか、プログラムや操作の些細な誤りも容赦しないという冷たさは止むを得ないものだとする考え方が私たちにはあったようである。何千ステップという長い計算プログラムの中でただ一カ所の書き誤りが、計算結果を何の意味もないものにしてしまうことも度々であり、また1秒間に何千ステップという計算を処理するような機械を用いて、1日に何百という依頼計算を処理しているいわゆる計算センターでは、計算途中で1分も2分も機械を止めて依頼者の判断を仰いだりすることが不可能なのは当然のことである。

今まで共同利用の計算センター、あるいは商業的に1分間いくらで料金を支払うような計算機を利用することの多かった筆者には、シンシナチ天文台のように自分自身で計算機のボタンを押して計算させる運営方式のときに、どんなに便利なが多いかを教えられてはなはだ興味が深かった。たとえば計算センターに依頼する場合には1枚のカードの入れ違いも致命的であるが、自分で処理する場合には常にプログラムの最初にカードの順番を検査するサブルーチンを置くことができる。計算の中間結果がある範囲以上の大きな数になってしまったとき警報を出させることもできる。もちろん計算センターを利用するときでも、このようなサブルーチンを利用することは可能であるけれども、そういうことが起った場合、依頼者が近くにいるとすぐに対策を講じるのでなければ無意味なのである。

さて、シンシナチ天文台で、計算機を利用するための最初の手続きは使用時間を予約することからはじまる。

指令卓の上に無雑作に投げ出されているアポイントメントブック（毎年暮になると売り出される日記のような体裁の市販品で、1頁に1日が割当てられ、さらにその中が1時間ごとに区切られている）を取り上げて、空いている時間をさがし、使用者の名前と計算の登録番号を書き込めばこれで手続き完了である。1回の使用は3時間まで、それ以上連続使用したい時は夜間を利用すること、というのがノートに書いてある唯一の申込みのルールであった。けっこう利用者が多くて、思いついた時にすぐ機械が使えるという状態ではなかったから、普通ならばはっきりした計算の予定をもっていなくても、先の方の日付まで予約して時間を確保しておきたい気持ちになるところだが、このアポイントメントブックはいつでも4～5日先までは満員、しかし10日以上先の日を申込んでいる人はないという状況で、何となくいい具合に運営されていた。

ある日、新しく発見された小惑星の観測位置が小惑星の中央局であるシンシナチに送られて来た、とする。早速概略の軌道のようなすを計算しなければならない。ハーゲット台長はまず計算センターに電話をして、予約をやりくりしてもらって30分ほどの計算時間を手に入れる。観測の値をIBMカードの上にパンチするのは秘書のアン嬢の仕事であるが、これには3分とかからない。受話器を置いた台長はすぐそのカードを手にして、愛用のフォルクスワーゲンでセンターに急行する。

観測カードには観測時刻と小惑星の赤経・赤緯の値、それから番号で表示された観測した天文台名が穿孔されているが、計算にはその他にその時刻の太陽の直角座標が必要である。そのためにセンターには20世紀全部に対して、太陽の座標を4日おきに穿孔したカードが準備されている。いちいち人手をかけて内挿計算をやらなくとも、観測時刻をその中に含む数十枚の太陽カードと、今持ってきた観測カードを計算機に読み込ませると、その中から必要な太陽カードだけを拾って内挿計算を行ない、観測時刻に対する太陽の座標が求められるようになっていた。

また観測した天文台の番号から自動的にその経度・緯度が記憶装置から呼び出され、視差の修正が施される。さらに必要などときには観測の春分点を1950.0に揃える計算も同時に行なわれる。こうしてカードパンチから出てくるカードには軌道計算に必要なすべての数値が穿孔されており、この新しい観測カードがいよいよ軌道要素

\* 東京天文台

を決めるプログラムによって処理されるのである。

一般に楕円軌道を表わす6個の要素を決めるためには、3組の観測、すなわち時刻・赤経・赤緯が知られていればよいと言われている。しかしハーゲット台長はこの説に反対である。どの観測にも誤差が含まれているし、時には他の天体の観測がまぎれこんでいることさえあるのだから、軌道決定には利用できるすべての観測を、最小自乗法を用いて同時に処理すべきであるという。

事実、筆者はある彗星が発見されたときの30ばかりの観測値の中から、任意の組の3観測をとり出して6要素を求めるといふ計算をいく通りもやらせてみたが、その結果があまりに大きく散らばるのに一驚を喫した。発見当初の少ない観測から計算された軌道のことを preliminary orbit と呼ぶけれども、時間間隔の短い三つの観測から得られるものは全く予備的な、概略の知識を与えるに過ぎないのである。

そんなわけで、シンシナチで使われる軌道決定のプログラムには、その時迄に手に入っている観測カード全部が用いられる。計算方式はいわゆる地心距離変化法で時間的に一番はじめと終りの観測における小惑星までの距離を適当に変えて、中間の $n-2$ 個の観測値と計算値とがもっともよく一致する場合を見出すのである。計算のプログラムと $n$ 枚の観測カードを読み終ると、計算機と連動したタイプライターはカタカタと音を立てて

INSERT RHO 1, RHO 2 AND DELTA

と印刷して停止する。それではこれから計算を開始しますが、1番目と $n$ 番目の観測の距離の仮定値をいくらにして出発しましょうか、と計算機は博士に伺いを立てているのである。そこで博士はおもむろに +1.5, +1.5, +0.1 とタイプをたたく。これは距離 RHO 1 と RHO N の第1近似としてそれぞれ 1.5 天文単位、途中の繰返し計算における刻みは 0.1 にしてやりなさいという計算機に対する指示なのである。

ひとしきり指令台の豆ランプが頻繁に点滅して計算機は第1回目の試算を終了する。

D RHO 1 = +0.123    D RHO N = -0.045

SW 1 ON = REPEAT    OFF = INSERT

と印刷されたとすれば、これは計算の結果 RHO 1 に +0.123, RHO N に -0.045 という修正を加えると全部の観測をもっともよく表わします、という意味である。2行目の SW 1... というのは、この結果を用いて修正した RHO 1 と RHO N を用いて計算を続行しましょうか、それとももっと適当な近似値を選んでタイプで打込みますか、と計算者の判断を仰いでいるのである。SW 1 ON というのは REPEAT の方を選ぶときには No. 1 のスイッチを ON の側に倒しておけばよいという意味である。

ほかに SW 2 ON = RESIDUAL, SW 3 ON = ELEMENT などという計算者の判断が求められる箇所もある。これはそれぞれ観測値と計算値との差を計算させて近似計算の収斂のようすを知りたいとき、近似計算が満足できるところまで進んでプログラムを軌道要素を求める計算の方に切替えたいときに利用する。こうして心ゆくまで近似を繰返し観測値との食い違いを確かめながらもっとも信頼できる要素の値を計算させることができる。計算の所要時間は観測の数や繰返しの回数によって異なるけれども大体 10~20 分というところである。

軌道要素が決まるとこの値を用いて、小惑星の過去および将来における位置を推算させることができる。将来の位置を求めるのは今後の観測を容易にするため、そうして過去における位置を計算させるのは、この小惑星がかつてどこかの天文台で観測されたことがあったかどうかを確かめるためである。

長い年月遡って小惑星の位置を計算させるためには、その間に木星や土星など、他の惑星の引力によって軌道要素がどのように変化するかを求めなければならない。またこうして計算された位置が実際の観測値と一致しない時には、計算の基礎となった軌道要素に誤差があったことを表わすものであるから、これが一致するように修正を加えなければならない。前者を摂動計算、後者を軌道改良の計算とよぶが、シンシナチで用意されていたプログラムは到る処にハーゲット博士独特のアイデアが見られる興味深いものであった。

例えば西暦の年月日をユリウス日に変換するサブルーチンなどというものがあつた。世界時と暦表時の差  $\Delta T$  までちゃんと補正できるようになっていたのには恐れ入った。また摂動計算の際には小惑星に影響を与える惑星の座標をカードで読み込ませてやらなければならないが、IBM カードは1枚に80欄しかないから符号をつけて10桁の数値は1枚に8組までしか入らない。惑星一つにつき  $x, y, z$  の値が必要であるから、1枚のカードには三つの惑星の座標は入りきらないというわけである。

この不経済を救済するため、博士はカードの1行が数字の0~9のほか英字のA~Zや()\*\$などという記号を表わすことができるのを利用して、40進法の表現でデーターをカードに穿孔することを思いついた。つまりAは1字で10を、Bは11をというふう割当てると、今まで10欄必要であったと同じ桁数の数が6桁ですんでしまうというのである。普通の10進法の数字で読ませたデーターを40進法に変換するプログラムにみごと成功した日、これだと一つの惑星の  $x, y, z$  で18欄、1枚のカードに4惑星まで入れてもまだ8行は他のことに使えると、博士は秋晴れ続きのシンシナチの空のように御機嫌であった。