

# 天体力学研究会だより

## “天体力学と電子計算機”

畑 中 至 純\*

7月上旬の京都は陰うつな梅雨ぞらでおおわれていた。遠来の客、といっても東京からでは新幹線のおかげでこの言葉もいささかびんとはずれに聞えるが、その人達に対するせめてもの天の配慮か、その日は暑さを感じさせない日であった。

その日、天体力学の研究会が京都で催されていた。くわしく言うと、昭和43年7月5日(金)および6日(土)、京都大学構内にある数理解析研究所の一部屋を借りて、“天体力学における電子計算機の利用”という主題の研究会が開かれた。集まったのは主に天体力学に興味を持っている人達で、地元京都をはじめ、東京、水沢、岡山と、日本で天文学者の多いところからは全て参加者を得た。

ところで、このような天体力学に関連する研究会は昨年の7月にはじめて開かれた。そのときは“小惑星について”という主題で、東京三鷹の東京天文台で行なわれた。はじめてでもあり、何らの財政的援助もない有様で、企画した方では心細かったものである。しかし参加者24名の数と熱意と、そして講演内容の質とにささえられて、成功のうちに終わったことを思い出す。あれから一年、蒔かれた種を育てるために、第2回目の研究会が今回京都で持たれたわけなのである。会場等については京都大学、清水彊教授の格別な御骨折があったが、財政的な点では前回と同様何らの援助も得られず、遠くから参加された方々にはいろいろな不便をしのんでいただいた。参加者24名を数え、有意義であった今回の研究会の報告を、少しその内容にもふれながらここに書き記してみた。

### I. 概論 (古在由秀氏, 東京天文台)

天体力学に電子計算機が使われだして以来の歴史的な話から、現在どのような研究がなされているかの話があった。そして今回の研究会の主題を上記のように決めた理由が次のように述べられた。

1967年の第13回IAUで第7(天体力学)委員会主催の“天体力学の数式処理に電子計算機を利用する方法”というコロキウムが開かれた。今まではほとんど数値計算にのみ電子計算機を利用して来たが、一歩進んで式の計算にまでこれを利用しようという試みがなされている。すでにイギリスではパートンが、フランスでは経度局の人達が月運動論の摂動函数を式の型で展開するプログラムを完成して、ドローネーの月運動理論も計算

機を使って導びこうとしている。(天文月報, 1968年1月号8ページ参照)。一方アメリカではIBMが、誰れにでも簡単にプログラムできて、数式計算のために有効なFORMACという言語を開発して実際に使い出した。われわれが手で苦勞しながら計算した式が、たちまちしてやられてしまう。

このような世界のすう勢を考えると、彼等のやったことをもう少しくわしく知り、また日本ならどの程度のことのできそうであるかを考えてみたい。そんなわけで、“天体力学における電子計算機の利用”なる題をつけて、この研究会を開くことになった。

### II. 計算機による数式処理, パートンの方法等 (畑中至純, 東京天文台)

概論で紹介された研究の内容を、もう少し詳しく紹介する目的で話をした。ケンブリッジ大学のパートン、フランス経度局のグループ、ムードン天文台のグループの3つが独立に、各自の計算機で試みている内容をこの順序で簡単に書いてみよう。

パートンはTitanという計算機(48ビット, メモリー64,000語)を使って、機械語にほとんど等しいアッセンブリー言語でプログラムを作った。この言語を使うことによって計算機を自由に有効に駆使できることになる。そもそも彼は月運動論に現われる摂動函数を展開する目的で作り出したので、一般性はある程度限定されるが、記憶容量をリスト構造方式によって使用していることから応用範囲が広い。式計算を各種のサブルーチンにわけて考えており、可能な計算は一つの式に、ある有理数をかけること、ある式の微分・積分、式と式の加減乗算等である。ここでいう式は具体的には次のような形をしている。

$$\alpha = \sum_{\substack{i,j,k \\ i',j',k'}} P_{i',j',k'}^{i,j,k}(x_0, x_1, \dots, x_7) \frac{\cos(iy_0 + jy_1 + ky_2)}{\sin(iy_3 + jy_4 + ky_5)}$$

ただし  $-63 \leq i, j, k, i', j', k' \leq 63$ ,  $P_{i',j',k'}^{i,j,k}$  は有理係数をもつ多項式

数式処理の各サブルーチンを使って、月運動論の摂動函数  $R$  を求めるプログラムができ上がる。ドローネーがやったのは  $e, e', \gamma (= \sin i/2)$ ,  $a/a'$  について8次までであったが、パートンが計算機で計算するに要した時間は8次までで7分、10次までやると50分であった。参

\* 東京天文台

考までに彼の書いていることを記すと、10次まで求めると、797 コの周期項を含み、要した記憶容量が12,818語、全部の計算には40,000語を要するという。

その後、彼は月運動論をドローネーの方法で解くプログラムの作成にとりこんでいるらしい。ドローネーは8次まで考慮した摂動函数を使ってこれを解くのに、彼の半生を捧げたとする。そしてそれが20年であったとも聞く。はたして計算機は何時間でこれを解いてしまうであろうか。

次に、フランスの経度局のグループはGamma 30Sという計算機(メモリー2,000語他にディスク・メモリー)を使って、FORTRANに似た言語でプログラムを作った。バートンの場合に比べてパラメーターの数が少なく、係数も有理数の型ではなくて浮動小数点表示の型になっている。6次まで考慮した摂動函数を使って、月運動論をポアソンの方法を使って解いた。結果は主要な項についてだけしか得られていない。これからの結果が待たれるところである。

最後はムードン天文台グループであるが、これは前者の経度局のそれと同じ方法で作っており、異なるのは一層こまかになっている点とIBM 7040の計算機用にできている点である。言語はFORTRANで書かれていてなじみが深い。バートンのやったような応用範囲の広いプログラムというわけにはいかぬ。

3つを比べてみて、ある程度一般性を持たせたプログラムを作るのには、どうしても大型計算機(64K程度)が必要で、しかもそれが手元にあって自由に使えることが望ましい。そして、この後に記すFORMACを使わないとしたら、計算機の機械語に堪能な人がプログラムを作らなければならない気がする。

### III. FORMAC とその応用 (木下 宙氏, 東京天文台)

IBMが数式計算用に作り出したプログラムがFORMACであり、FORTRANプログラムのように誰れにでも簡単に使える長所を持っている。しかしこれが使える計算機は当然大型のものに限られてしまうようだ。日本にあるIBMにはFORMAC用のコンパイラーがすでに存在していて、木下氏は試験的に使用している。氏はこのプログラムの使い方を、実際の例を上げて話された。この外に種々なプログラム言語の話をもとめられた。(これに関する詳しい話は天文月報の次号に、木下氏の筆になって掲載される予定)。

### IV. 小型計算機による多項式処理システム (平山智啓氏, 東京天文台)

天文台にある電子計算機OKITAC-5090Dで数式処理プログラムを試みられたのがこれである。ALPAKというシステムを参考にして作られ、整数係数、6変数の

多項式の加減乗と微分ができる(変数の指数は $-50 \sim +49$ )。プログラムはOKISIPというアッセンブリー言語で書かれ、慣れない人には難しいが、入力も簡単で、出力、すなわち答の印刷も見やすい。計算時間は大型のそれと比べても遜色がないが、メモリーが少ないことによる規制はある。ラプラスの方法による軌道決定でよく使われる係数 $f_n, g_n$ を $n=12$ まで求めた例を示し、天文台の小型計算機でも、ある程度のことのできることを示した。

これで第一日目の話は終わった。おり悪しく降って来た雨の中を、京大の近くにある楽友会館に足をはこんで、屋の疲れを消す懇親の夕べを催し、大きなテーブルにぐるりと座を始めて、しばし話に興じビールの杯を干した。

さて、第二日は前夜の雨はすっかり上がったが、空は梅雨空であった。朝10時から、午後4時までかかって、電子計算機を利用して研究を進められている方々の各自の研究が紹介された。

### V. 藪下 信氏 (京大工学部)

一様回転していない円盤に、軸に対して非対称な密度分布の摂動を加えると、どのようになるかを今調べていて、固有方程式を解くのに計算機を使っている。しかし東京まで送るため時間がかかると、その苦心を述べておられた。

### VI. 長谷川一郎氏 (岩井産業)

氏によって最近まとめられた“周期彗星のカタログ”の説明をされた。同時にそれらの彗星の統計によって得られた面白い結果も披露された。電子計算機を駆使できる立場におられ、今後の見通しなども述べられた。

### VII. 古川麒一郎氏 (緯度観測所)

昨年から緯度観測所に入ったTOSBAC-3400をふんだんに使っておられる立場から話された。ケプラー方程式を解いてE-Mの表を作成し、その説明をされた。その後、恒星日日数A, B, C, Dに加えるべき補正の話もされた。

### VIII. 秋山 薫氏 (法政大学)

ヒルダ群小惑星[153(ヒルダ), 334(シカゴ), 499(ベヌシア), 1529]の軌道を摂動計算により数値的に求めておられる氏が、その途中までの結果を報告された。

### IX. 芝原録一氏 (竜谷大学)

彗星の捕獲の議論から付け加えられたもので、全エネルギーが負なら三体問題の理論からは捕獲されると困ることを述べられた。一時的に捕獲されても、いつかはまた離れてしまう。捕獲される測度(メジャー)は0であることに言及された。

このあと計算機を持っているところの連絡をもっと密接にしたいという話があり、来年の天体力学研究会の主題は“3体以上問題”とすることを決めて全日程を終えた。