

マイクロコンピューターを用いた地学のシミュレーション

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-07-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 佐伯, 泰広 メールアドレス: 所属: |
| URL | https://doi.org/10.14945/00025573 |

マイクロコンピューターを用いた地学のシミュレーション

佐伯 泰 広*

1. はじめに

近年、半導体技術の進歩により低価格の電子計算機マイクロコンピューターが出現した。このマイクロコンピューターは、その機能の多様性から各方面で利用されている。筆者はマイクロコンピューターの持つすぐれた計算能力とグラフィック機能を用いて従来の視聴覚教材にかわる教育方法を主に天文の分野で取り上げてみようと思ひ、本年8月よりプログラムの準備に取りかかった。本稿ではその報告をする。

2. 機 種

今回使用したマイクロコンピューターはシャープ社MZ-80B、容量64KB、及びグラフィックRAMである。使用言語はシャープBASIC SB-5520を用いた。本機種は精細なグラフィック機能を持つことと、演算速度が速い点が特徴である。

3. 教材プログラム

教材として使用に耐えるプログラムをここで紹介する。プログラムIはグラフィックの性能をテストする目的で作った正N角形を対角線と共に表示するプログラムである。地学とは関係ないが参考までに紹介しておく。

プ ロ グ ラ ム I

```
3 GRAPH C                               110 NEXT C
4 FOR N=2 TO 38 STEP 1                   115 FOR I=1 TO 1000: NEXT I
5 DIM X(40), Y(40)                       120 FOR C=1 TO N
6 R=95                                     125 FOR D=1 TO c
20 FOR C=1 TO N                           130 BLINE X(c), Y(c), X(D), Y(D)
30 T=2×π×C/N                             135 NEXT D
40 X(c)=150+SIN(T)×R: Y(c)=100+COS(T)×R  140 NEXT C
50 FOR D=1 TO C                           145 FOR I=1 TO 1000: NEXT I
60 GRAPH I1, O1                           150 NEXT N
80 SET X, Y                               160 GOTO 3
90 LINE X(c), Y(c), X(D), Y(D)          170 END
100 NEXT D
```

行番号4が正N角形をN=2からN=38まで増加させる。6番は表示する図形の半径を決定する。行番号20番から115番までが図形の表示を行ない、行番号120番から145番までが図形の消去を行なう。

このプログラムは直線から正38角形までを対角線と共に次々と表示する。特に正20角形からは極めて美しい図形となる。(写真1)

* 県立佐久間高校

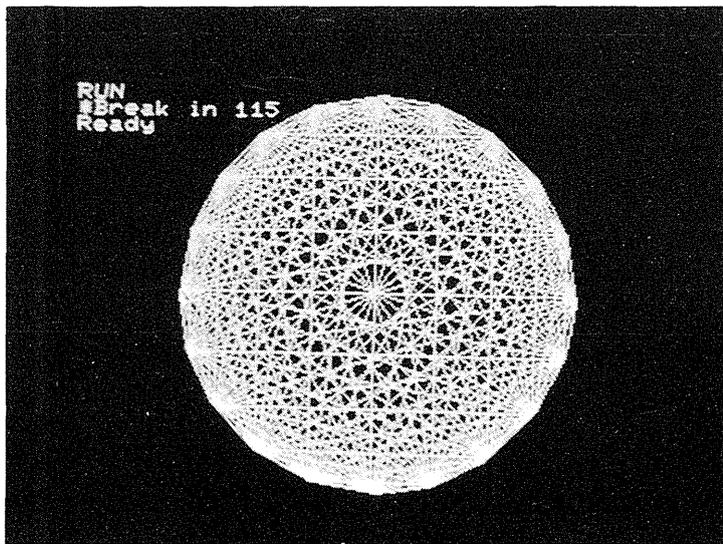


写真 1

正 20 角形を対角線と共に表示させた図。図面左上の「RUN」はプログラム実行命令を、「Break in 115」は行番号 115 でプログラムの実行を停止させたことをそれぞれ示している。

次にオイラーの三体問題を解くプログラムを紹介する。これはマイコン物理（三島信彦著、共立出版）に掲載されているプログラムを、BASIC SB-5520 用に移植し、あわせて若干補足したものである。ここで取扱うモデルは、第 1 (M1) および第 2 (M2) の天体は第 3 (M3) 天体に比べ非常に大きな質量を持ち、それぞれ空間に固定されているものとする。第 3 天体は両者の万有引力を受け運動すると考える(図 1)。画面では、第 1 天体は原点に、第 2 天体は x 軸上に示されている。なお、計算する際には、長さの単位に 1 AU、時間の単位に 1 年を、質量の単位には太陽の質量をそれぞれ用いる。

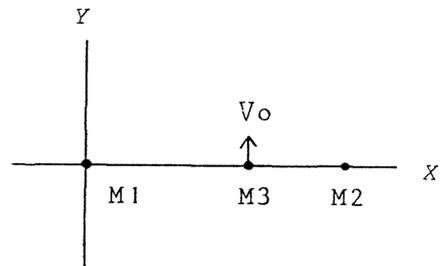


図 1 オイラーの三体問題のモデル

プログラム II

```

10 REM オイラー ノ 3 タイモンダイ
20 GOTO 800
100 FOR J=0 TO 1
120 DP(J)=0:DV(J)=0
130 NEXT J
140 FOR K=1 TO 4
150 R(0)=SQR(PP(0)*PP(0)+PP(1)*PP(1))
160 R(1)=D
170 R(2)=SQR((PP(0)-D)^2+PP(1)*PP(1))
180 FOR J=0 TO 1
190 HV(J,K)=-G*(PP(J)/R(0)^3+A*(PP(J)-D*(1-J))/R
(2)^3)*DT
200 HP(J,K)=V(J)+HV(J,K-1)/O(K-1)*DT
210 PP(J)=P(J)+HP(J,K)/D(K)
220 DP(J)=DP(J)+(D(K-1)*HP(J,K))/6
230 DV(J)=DV(J)+(D(K-1)*HV(J,K))/6
240 NEXT J
250 NEXT K
260 FOR J=0 TO 1
270 P(J)=P(J)+PP(J)

```

```

280 PP (J) = P (J)
290 V (J) = V (J) + DV (J)
300 NEXT J
310 T = T + DT
320 RETURN
800 PRINT " EULER' S THREE - BODY PROBLEM "
801 PRINT " L = 1 A, U, T = 1 ネン "
810 DIM R (2), P (1), PP (1), HP (1,4), V (1), HV (1,4), DV
    (1), D (4)
812 INPUT " 2テンタイ ノ キョリ? d = " ; D
814 INPUT " ダイ1テンタイ ノ シツリョウ? b = " ; A 2
815 INPUT " ダイ2テンタイ ノ シツリョウ? a = " ; A 1
816 A = A 1 / A 2
820 INPUT " INITIAL POSITION X = " ; P (0)
830 INPUT " INITIAL POSITION Y = " ; P (1)
840 INPUT " INITIAL VELOCITY VX, VY? " ; V (0), V (1)
850 PI = 3.1415926
860 G = 4 × PI × PI
870 INPUT " TIME INTERVAL DT = " ; DT
880 INPUT " NUMBER OF PLOTTING POINTS? N = " ; N
890 INPUT " SCALE? SC = " ; SC
910 D (0) = 1 ; D (1) = 2 ; D (2) = 2 ; D (3) = 1 ; D (4) = 1
920 FOR J = 0 TO 1
930 PP (J) = P (J)
940 HV (J, 0) = 0
950 NEXT J
955 PRINT CHR$ (6) ; TAB (25) ; " M 2 / M 1 = " ; A
956 PRINT ; TAB (25) ; " DISTANCE = " ; D ; " A, U "
960 GRAPH I 1, C, O 1
970 LINE 0, 100, 300, 100
980 LINE 90, 0, 90, 200
990 SET 90 + D × SC, 98 ; SET 90 + D × SC, 102
1000 FOR H = 1 TO N
1010 GOSUB 100
1020 X = 90 + P (0) × SC : Y = 100 - P (1) × SC
1030 IF X < 0 THEN 1100
1050 IF Y < 0 THEN 1100
1060 SET X, Y
1062 Z = Z + 1
1063 Z 1 = Z × DT
1066 PRINT CHR$ (5) ; Z 1 ; " ネン "
1100 NEXT H
1120 END

```

行番号 100 番から 320 地までが、4 次のルンゲクッタ法を用いて dt 年後の位置、速度を求める。行番号 800 番から 890 番まで初期値を入力する。910 はルンゲクッタに用いる配列である。955 番か

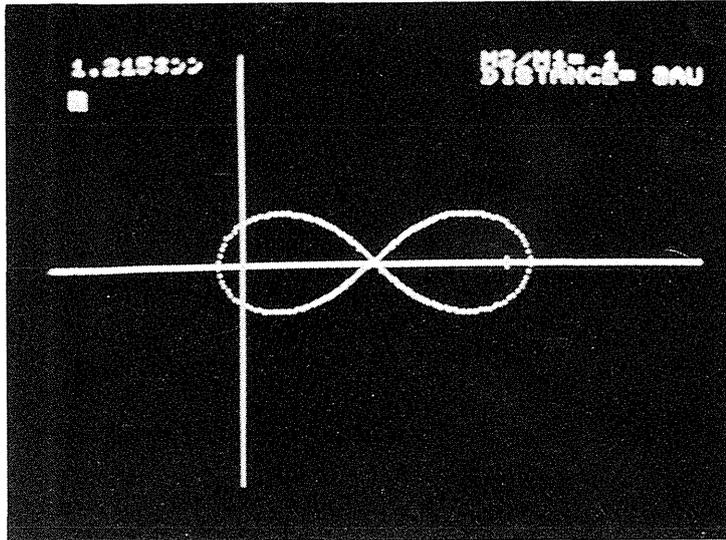


写真 2

オイラーの三体問題の実行例。第1及び第2天体はそれぞれ原点、 $x = 3$ 、 $y = 0$ の位置にある。第三天体は $x = 1.5$ 、 $y = 0$ 、 $V_x = 3.6$ 、 $V_y = 3.6$ の初期値を与えられた。このとき第3天体の軌道は第1、第2天体のまわりを8の字を描いてまわる。

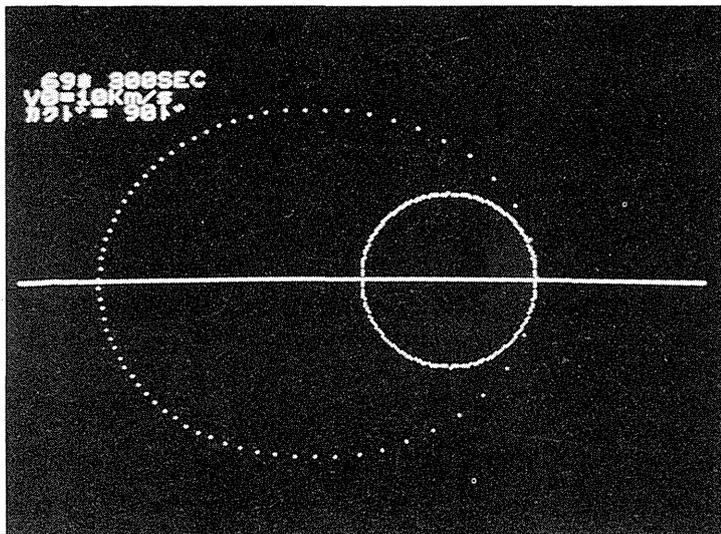


写真 3

赤道上空 600 Km より、初速度 10 Km/s 地面に平行に (画面角度 90°) 打ち出された人工衛星の軌道。画面左上には経過時刻、初期値が表示されている。点の間隔は 5 分毎の位置の変化を示す。

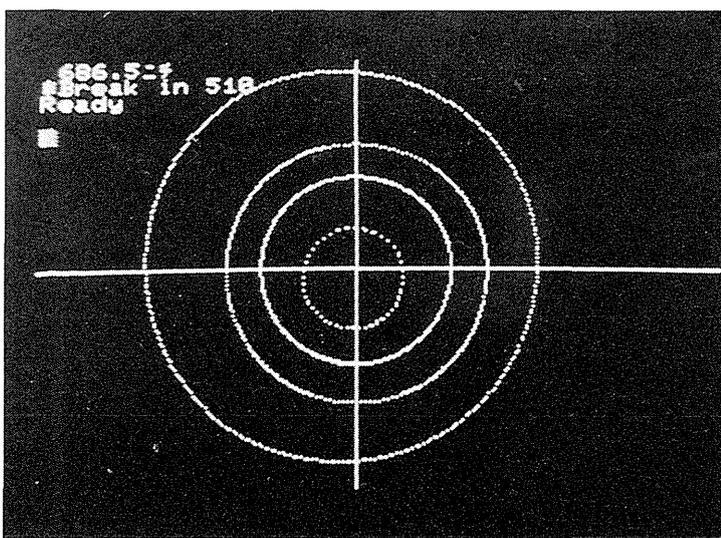


写真 4

太陽を原点に水星、金星、地球、火星の軌道を表示させた図。計算にはケプラーの式を用いた。画面左上には経過日数が表示されている。春分点の方向は x 軸方向にとっている。

ら 990 番までが初期計画を準備し、行番号 1000 番から 1100 番までが第三体の運動を示す。このプログラムにより、我々は画面のスケールを任意の広がりをもつ空間とすることが可能となり、第 I、II 天体の質量並びに第三体の位置、初速度を自由に変えて、その運動を見ることができる。また経過時刻もあわせて表示するため、容易に周期を知ることができる。写真 2 はこのプログラムの実行例である。

天体の運動に関しては、この他にいくつもの活用例がある。写真 3 は人工衛星の軌道の例、写真 4 は太陽系の惑星の軌道を、ケプラーの式を用いて表示したものである。

4. 教材としての特性

地学の教材としてマイクロコンピューターを用いる場合、運動する物体のシュミュレーションが最も効果的であると思われる。特に BASIC 言語を用いた場合、コンピューターと対話するように、任意の初期値を持つ物体について、その時々刻々の運動を我々は見ることができる。これは、従来の視聴覚教材には見られない画期的な特性であろう。ただ短所と思われる点もない訳ではない。以下マイクロコンピューターを導入する際の長所、短所と思われる点をいくつかあげてみる。

長所 ○コンピューターのくり返し計算の速さという特性を利用した数値計算によるシュミュレーションは、通常経験できない現象を我々に見せてくれる。

○BASICのINPUT文を用いたプログラムでは対話形式で、任意の座標、初期値を選んで表示させることが可能である。

○教材の提示が簡単な操作によって迅速かつ正確に行なえる。

○マイクロコンピューターの構造上の特性から手軽に机上で操作することができる。

短所 ○生徒にとってプログラムの内容が理解できないため、見て楽しむだけで終る場合が考えられる。

○ソフトウェアの入手が現状では困難であることから、多くの場合、自作する必要がある。

○コンピューター内部の演算精度の問題があり、より誤差を少なく、現実に近いシュミュレーションを行なうことが難しい。

以上がマイクロコンピューターを約2ヶ月操作しての感想である。いずれにせよ、近い将来ソフトウェアが完備されれば、その操作の容易さと処理の迅速性、正確さからOHP、16mm、VTRといった従来の視聴覚機器を用いるより多くの場面で教師を助け、生徒の興味、関心、理解の助けになることは確実であると思われる。

5. 参 考 文 献

三島信彦著：マイコン物理、共立出版。

古賀義亮著：マイクロコンピューターによるBASIC、工学図書。