

MICRO

[マイクロ]

特集

さよならジュピター

誌上大公開!

ジュピター消滅の可能性を探る 石原藤夫
ブラック・ホール・クラインス 中野圭一

創刊特大号

No. **1** 1984

MICRO将棋リーグ「名譜戦」開催!

詰将棋プログラム「王手」
指将棋プログラム「ESS」
PC-8801/9801、MZ-80B、2000/2200
FM-7/8、パンピア/パンピアSX-1

オールMZ-BASIC —— アニマルゲーム
Apple II —— パニックゲーム
PC-6001(mk II)/パンピア7/FM-7 —— エリックサティ

UNIX入門

中級プログラマ養成講座

読者に挑戦/暗号クイズ

定価 **580**円

CONTENTS

特集 さよならジュピター

'84年3月に東宝系で公開予定の「さよならジュピター」では、いろいろなシーンで、パソコンからCRAY-1にいたるコンピュータが使われている。

小松左京氏が原作を書く以前から映画となるまでを、MICROが徹底取材。

BYE BYE JUPITER PHOTOGRAPHIC

さよならジュピター PHOTOGRAPHIC

さよならジュピター誌上大公開
一足お先に、ダイジェストをどうぞ。

BYE BYE JUPITER STORY

日本沈没からさよならジュピターまで

小松左京

イオを支えたパソコンボランティアたち

映画製作の陰には、パソコンを使った“ボランティア”たちの涙ぐましい努力があった。

BYE BYE JUPITER SCIENCE

地球救出の可能性を探る

石原藤夫

ブラックホールの恐怖から地球を救う方法はあるのか？あるとしたら、どんな方法が考えられるのか？原作に先だって小松氏は石原氏に検討を依頼した…

PC-9801/8801

ブラックホール・クライシス・シミュレーション

中野圭一

惑星の軌道計算をもとに、衝突をシミュレートしてみよう。

コンピュータ・グラフィックス日米共演

日本：JCGL、アメリカ：デジタル・ビデオ・システムズというキャストिंगのC・G共演。

ニューメディア最前線

データショウ・レポート

HARD SF REVIEW <コンピュータが死んだ日>

横浜こども科学館ソフトウェア大募集

マイクロチップが見た夢<マイコン人工知能入門>

小谷善行

MZ-1200/200/2200

アニマルゲーム

宮本久子

学習型プログラムとして有名な“アニマル”を、オールMZ-BASICで。

Apple II

パニックゲーム

清永 洵

パニックの心理学をもとに、Apple IIでパニックをシミュレーション。

FM-7/8 機械語ユーティリティシリーズ

鎌田 弘

3声の音楽演奏ルーチン (十自動車ゲーム)

中級プログラマー養成講座

斎藤隆文

UNIX 入門

小野芳彦

パーソナル・データベースのすすめ

天地有人

42

49

52

64

56

76

81

128

130

135

213

136

142

148

158

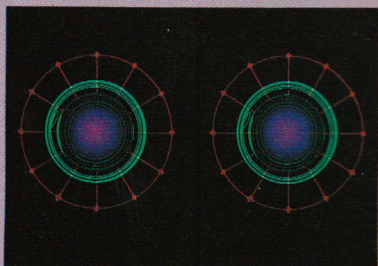
162

174

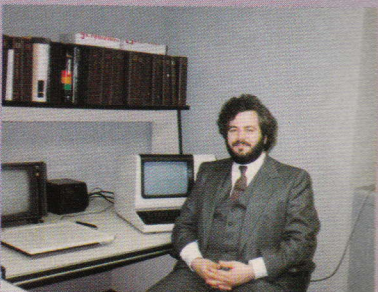
190



「さよならジュピター」のクライマックス。
<さよならジュピター—— P.48>



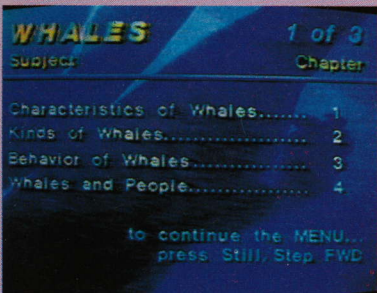
JCGLのパソコン・グラフィックス
<C.G日米共演—— P.81>



D.V.Sのパソコン・グラフィックス
<C.G日米共演—— P.81>



「Jumpman」の作者、Randy Glover
 <世界のスタープログラマーを訪ねて—— P.86>



インタラクティブなビデオディスク
 <ビデオディスクNOW—— P.94>



ハワイの観光案内
 <ビデオディスクNOW—— P.94>

86 世界のスタープログラマーを訪ねて

<Interviewer> Kazue Osugi

Mr. Randy Glover

「Jumpman」の作者をカリフォルニアのEpyx社を訪ねた。

94 ビデオディスクNOW

真鍋信誠

コンピュータ・システムと組み合わせて、インタラクティブなメディアとして発展するビデオディスクを展望する。

92 創刊記念クイズラリー

暗号クイズ<第2回>

第2回もC-36型暗号機を題材としたクイズ。賞金70万円。

将棋

98 指将棋プログラム「ESS」あなたにもつくれます!

若林 宏

たとえ、はじめはへボでも、あなた自身の将棋プログラムをつくろう。

マイクロ将棋リーグ「名譜戦」開催

106 詰将棋「王手」第1回

田中 遊

詰将棋のプログラムを3回で連載。第1回はアルゴリズム研究。

27 MICRO File

レーザー・カードをご存知か!? / エレクトロニクス新能 / “ねずみ”のサクセス・ストーリー / ウェイトレスよりも愛嬌のあるサービスロボット君 / 全国初のCATV喫茶 / 弾ける人も弾けない人もこれ1台でオーケストラ気分 / プロ野球を? 倍楽しむためのコンピュータ利用法 / 他

200 MICRO News

114 MICRO Net <特派員報告>

116 Free Talking エスペラントの輪

118 移植情報

120 LOGO Free Press

122 インサイド・レポート

MSX 本格的コンシューマ商品への序章

甘木太郎

154 PC-6001mkII, FM-7, パソピア7

エリック・サティのFOR...NEXT音楽

坂崎 紀

174 UCSD Pascal + Turtle

鎌田 弘

186 C-36型暗号機械プログラム

岩波正恭

ペーパー・ソフトウェア

214 ●Apple IIバニッゲーム

230 ●レベル3マーク5 UCSD Pascal Semi-Turtle

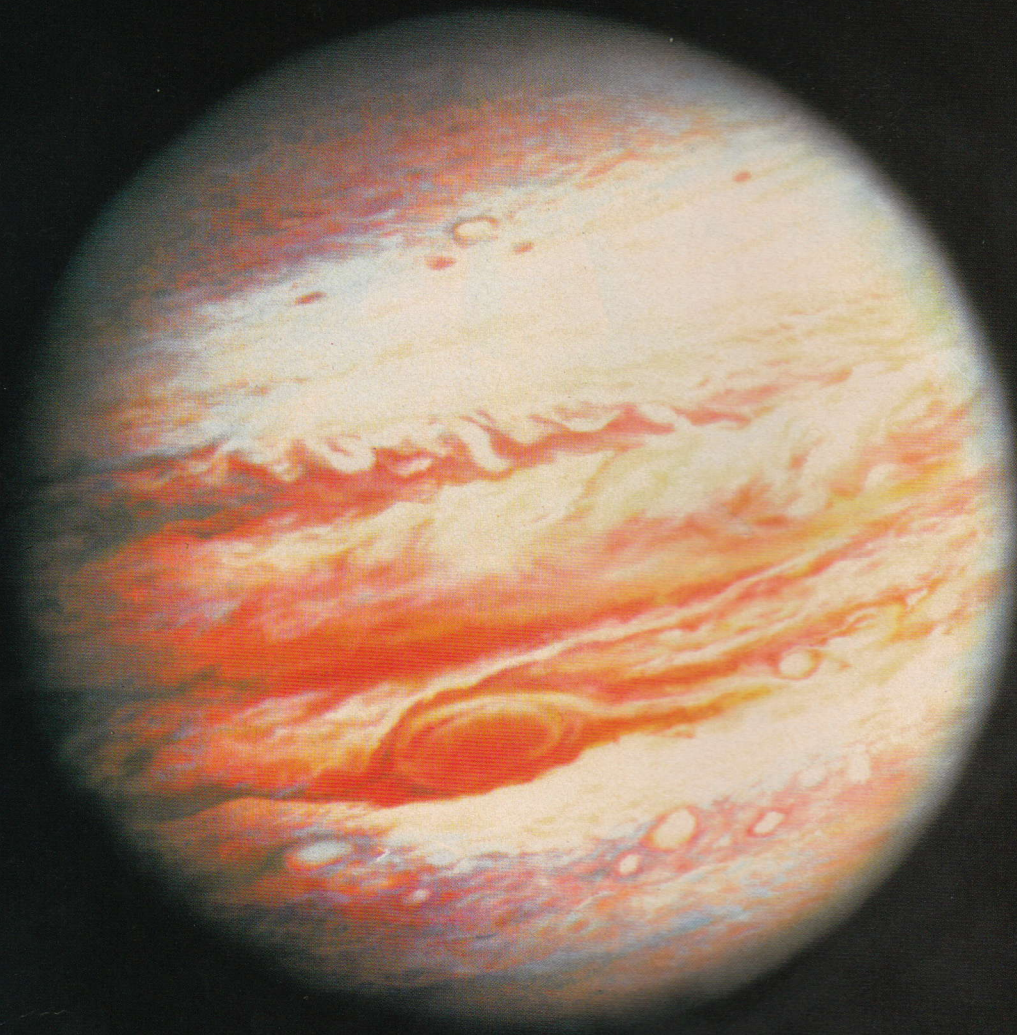
218 ●PC-6001(mkII)/FM-7/パソピア7 エリック・サティ

のFOR...NEXT音楽プログラム

236 ●FM-7/8 3声の音楽演奏サブルーチン

225 ●PC-8801/9801 ブラックホール・クライシス・シミュレーション・プログラム

257 ●PC-9801/8801, MZ-2200, FM-7/8, パソピア, X1 指将棋プログラム<ESS>





Bye-bye さよなら ジュピター Jupiter

小松左京氏が総指揮をとった「さよならジュピター」。大宇宙にくりひろげられるこの一大エンターテインメントが完成するまでには、制作過程のあらゆるところで、パソコンを使った大いなるチャレンジが試みられている。コンピュータ・グラフィックス、ブラックホール・クライシスまでの科学計算、工程管理など、その使われ方は実にさまざま。マルチ大特集で、それらをここにお届けする。

火星極冠の氷が溶ける様子。爆発前の静かなひととき

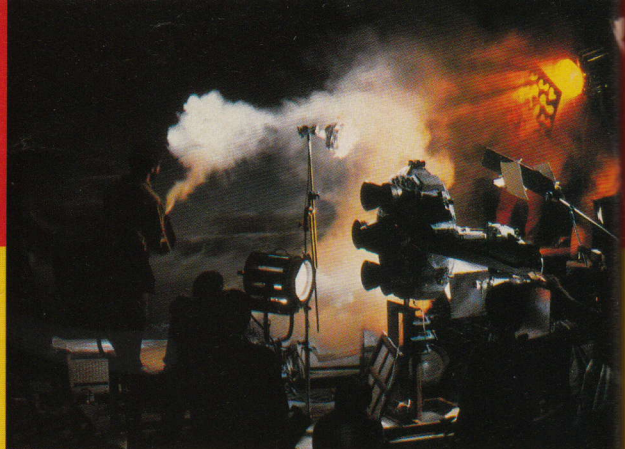
火星極冠の氷が溶ける様子。爆発前の静かなひととき



大音響とともに氷が溶けはじめる



この氷の下からナスカパターンが出現する



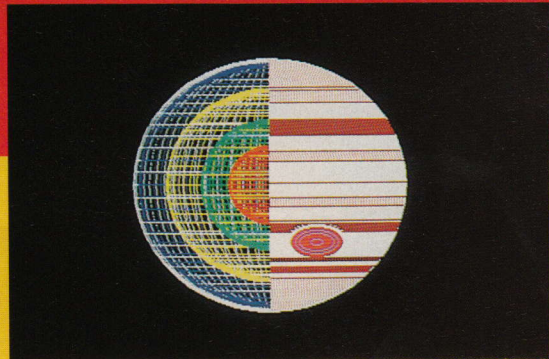
特撮風景



「JN計画」の舞台となったミネルヴァ基地

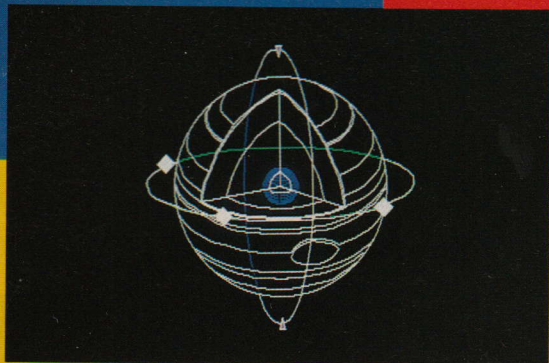


ミネルヴァ基地司令室の大スクリーンの1つに映し出される木星

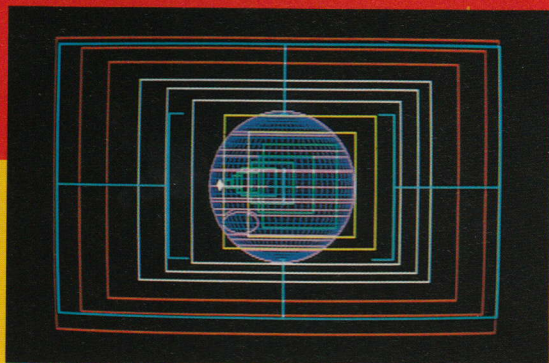


木星の内部構造(左)と表面

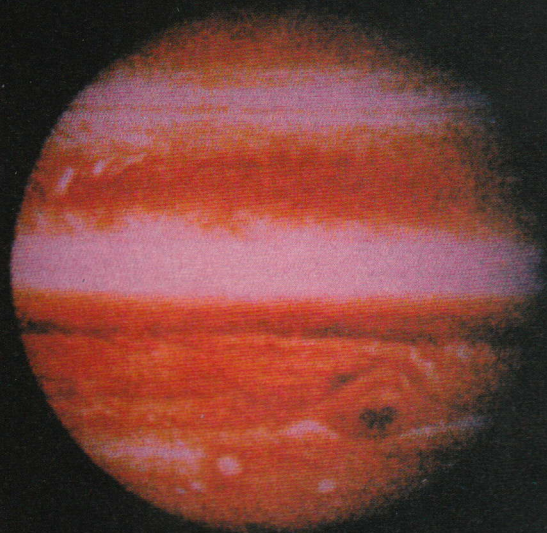


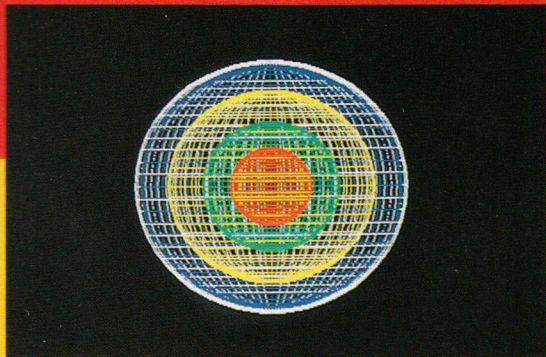


木星の赤道面に垂直な経線で切った立体断面図

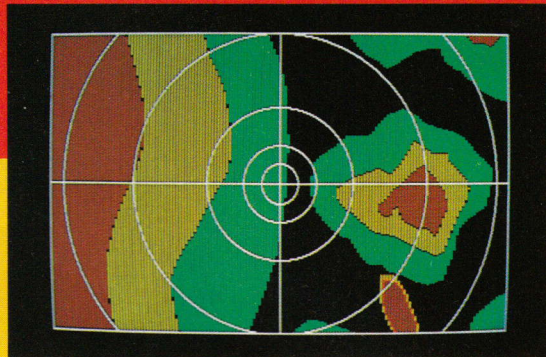


"TOKYOIII" のコックピット・レーダーに映し出された木星

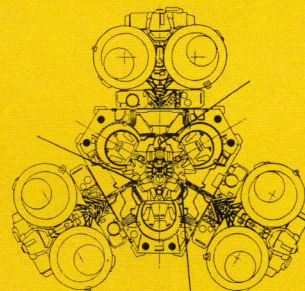
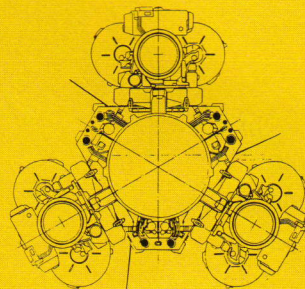
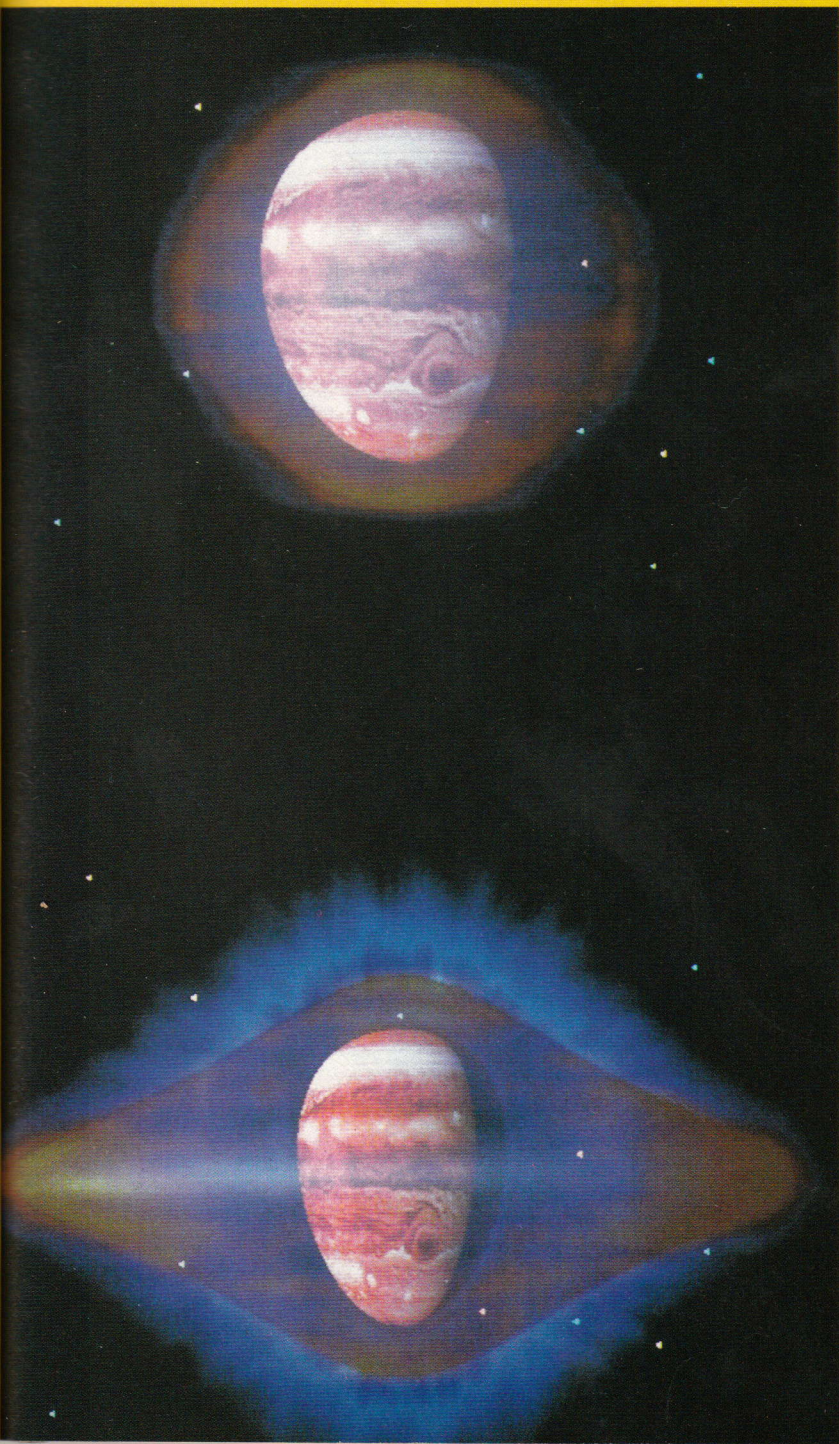




5色ワイヤフレーム技法による木星の内部構造



“JADE III”のcockpit・レーダーに映し出された大気圏

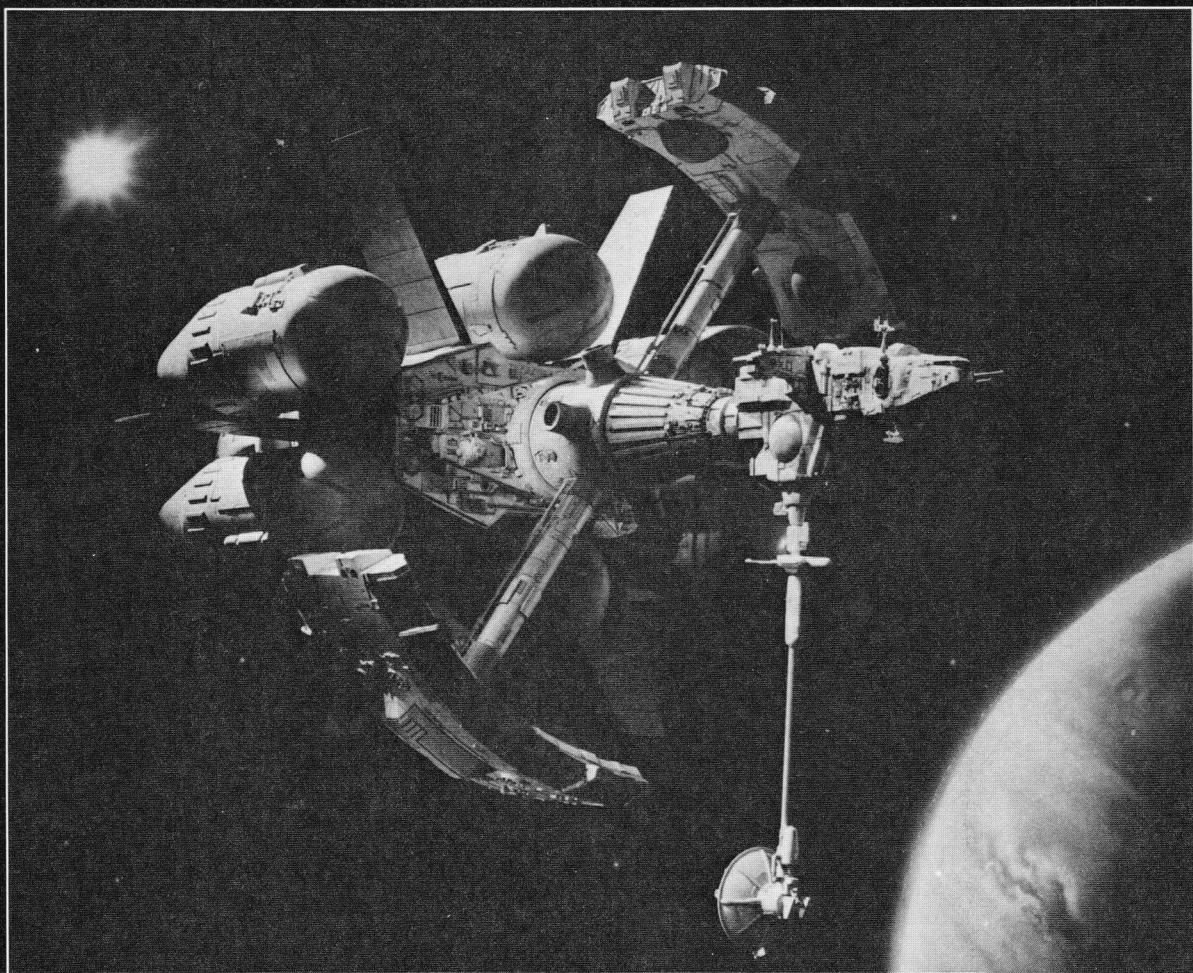
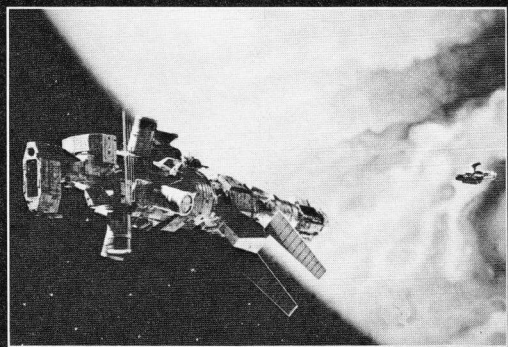


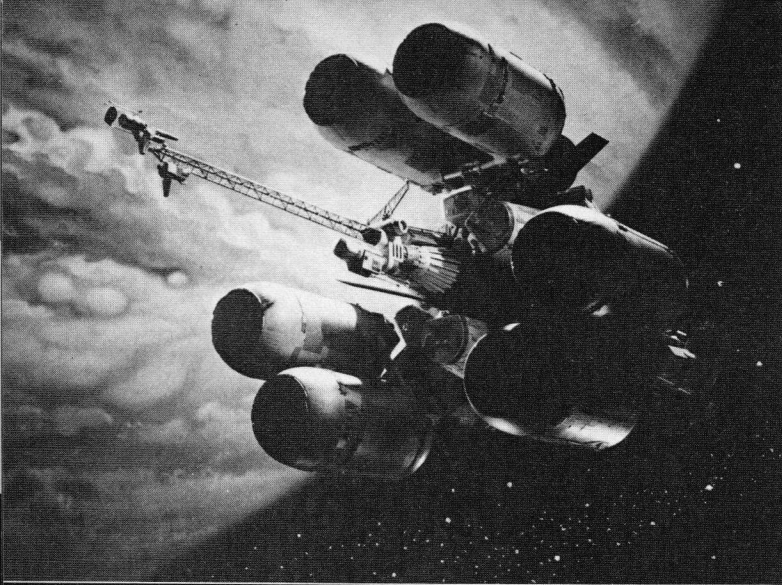
“スペース・アロー”のミニチュア設計図

「JN計画」ファイナルカウント“0”の瞬間(左ページ)
木星が爆破され、変形してゆく(次ページにつづく)

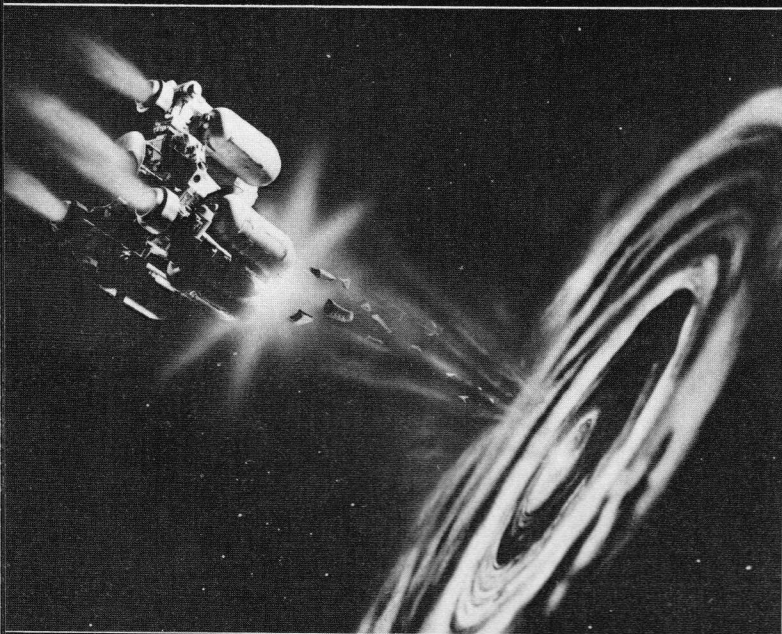


誌上大公開





3



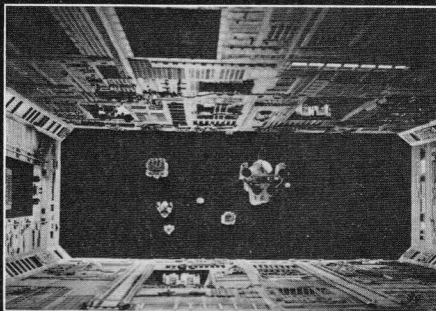
4



5



6



7

あらすじ

「彗星の巣」と称される空間の探査に出かけた有人宇宙船「スペース・アロー」が突然、消息を断った。以前にも、この空間で無人探査機が姿を消している。ただちに太陽系最大のコンピュータを使って、「スペース・アロー」の航行データを解析した。

コンピュータのはじき出した答えは、「ブラックホール……」

しかも計算によると、ブラックホールがこのまま進めば太陽を直撃する!!

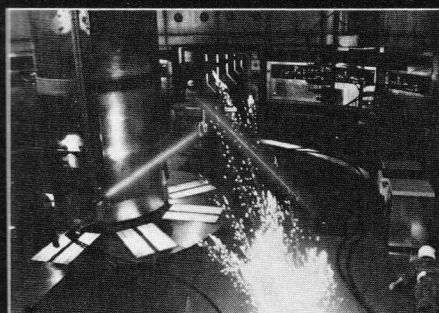
緊急対策本部が設置された。全人類の存亡をかけて、科学者が集結し、最新の科学兵器がオンラインされた。

恒星間宇宙船による集団移住が提案された。が、それでは、ほんの一にぎりの人間しか救うことはできない。

地球は救えないのか。全世界から集められた英知たちの顔がゆがむ。この絶望が支配していた沈黙を破って、1



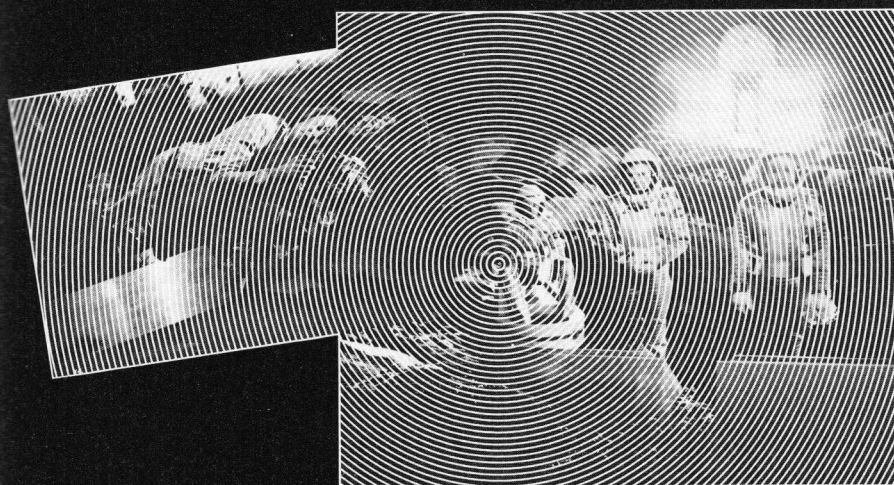
8



9



10



- 1 木星大気圏外に浮かぶミネルヴァ基地
- 2 「彗星の巣」へ向けて出発するスペース・アロー
- 3 ミネルヴァ基地に近づくTOKYO III
- 4 ブラックホール(右)に吸い込まれるスペース・アロー
- 5 ブラックホール対策本部
- 6 ジュピター(イルカ)とその最後を見守るピーター(左)とジュピター教団の信者たち
- 7 ミネルヴァ基地から作業員たちが次々と脱出する
- 8 ミネルヴァ基地の調整室において、最後の微調整をするカルロス(左)とそれを見守る英二
- 9 ミネルヴァ基地内でのジュピター教団との息づまる銃撃戦
- 10 ジュピター教団との銃撃戦で傷ついたカルロスと英二

つの仮説が説かれた。

「木星を爆破すれば、ブラックホールのコースを変えられるかもしれない」

この大胆な仮説をはいたのは、木星太陽化計画の現地主任の本田英二である。ブラックホールが太陽を直撃するその日まで2年間しか残されていない。英二の仮説を実行に移すしかないのだ。木星爆破計画、名づけてJN計画にゴーサインが出た。

木星爆破本部となったミネルヴァ基

地での英二たちの必死の作業をよそに、ブラックホールはついに太陽系に侵入した。自らの任務を終了した作業員たちは次々と退避する。

——ファイナル・ステップ完了。しかし、肩の荷をおろした英二たちには、次なる敵が待ちかまえていた。〈ジュピター教団〉——木星爆破に反対する彼らは、「JN計画」を阻止しようと破壊作業員をミネルヴァ基地に潜入させたのである。

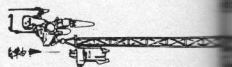
レーザー・ライフルによる銃撃戦で重傷を負った英二は、ジュピター教団のマリア——英二のおさななじみで恋人。今は運命のいたずらで敵味方にわかれてしまった——と二人、脱出不可能になってしまう。

人影のなくなった巨大なコントロール・センターで、英二とマリアは爆発直前の木星に別れを告げた。

クラッシュ・タイムは刻一刻と近づいている——

「日本沈没」から 「さよならジュピター」まで

小松左京



『日本沈没』では電卓を使って膨大な量の計算をこなしました。主に創作のための下資料づくりといった使い方が多かったが、手計算でやっていたのではとてもあの作品は生まれなかっただろうと感じたものです。当時、電卓は1ケタ10,000円と言われていました。

今回、『さよならジュピター』では、パソコンが電卓に変わって活躍しています。パソコンの使われたフィールドは、チップの値段に反比例して多種多様になっており、大まかに分けると3つの分野——工程管理、様々な計算、コンピュータ・グラフィックス——で使われています。

工程管理についてはシナリオ・データベースの管理をイオ・コーポレーションではじめ、最終的には、撮影フィルムのフィート数の管理、シーン割りでの未撮・既撮の記録、既撮中のNGの記録にまで使いました。

これらの工程管理は、ソードのM23上でPIPSを使い行なったのですが、イオでは後年はあまり機能しなくなっていました。というのは、予定変更があいつぎ、キー入力が増えつたこと、さらには、僕たちが混乱を楽しむことができるという特異体質だったことにも原因があるようです。

ただ、東宝撮影所ではスクリプターが最後のほうまできちんと使いこなしており、現場サイドではもともときちんと記録をとるのも大事な仕事のうちのひとつで重宝していたようです。

また使う機会があったら——当然あるはずですが、——BASICのプログラムとリンクさせ、PERT的な使い方をさせようと考えています。

様々な計算は1978年ごろから、石原藤夫さん（編集部注：玉川大学工学部情報通信工学科教授、SF作家）にとりかかってもらいました。HPのコンピュータを使い、『さよならジュピター』の状況設定の確認を担当してもらったわけです。

C・Gについては2とおりに分けられます。1つはJCGLや米のデジタル・ビデオの皆さんに頼んだ部分で、ここでは大型コンピュータによるグラフィックスの基礎部分のシミュレーションをパソコンでやってもらいました。もう1つは、『さよならジュピター』全体で半分以上のシーンに登場するCRTに映し出されるC・Gです。これは当初PC-8801で、最終的にはPC-9801でつくりました。そのうちのいくつかは、スクリーンいっぱいに大写しになるものもあります。

パソコンによるグラフィックスは、スクリーンいっぱいに拡大したときや、また映画中に出てくるCRT上に現われたときなど、大きくすることで画質が荒れるというので映画屋サンの方から強い抵抗があったのですが、最終的には納得してもらいました。

CRT上の画面を手描きアニメでつくと確かにきれいには見えるのですが、費用的にははるかに高くついてし

まいます。また、画質が荒れていた方が、妙にきれいなものよりかえって、CRT上の情報というリアリティがあるように見えますし…。

それに、これらのものは従来の映画の中では背景や小道具に相当するもので、ストーリーと関係のあるものが映っていればいいんです。背景や小道具の美しさは、映画そのものの美しさとは直接、関係がないわけです。

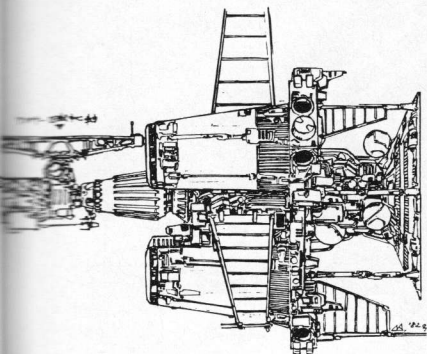
話は前後しますが、第2稿をPIPS上でデータベース化し、それを参照しながら絵コンテを描き、こんどはこの絵コンテをもとに第3稿を書きました。

この絵コンテはビデオ化し、1枚を3秒としました。頭から見ていくと、全体の流れがビジュアルにわかります。1枚を3秒にしたのは3倍速で見ると絵コンテ1枚が1秒になり、サーチするときに楽になるのではないかという配慮からです。これはうまくいきました。

今回の映画はこんな大作ではなく、比較的こじんまりしたものでやってみたいと考えていますので、短編小説の中のどれかを——もう大体決まっているんですが、教えません（笑）——選ぶことになるでしょう。

そのときには、今回の体験でパソコン使用に関する失敗例も成功例も豊富に持っていますので、もっと面白いことができると考えています。

まず、工程管理にPERTの概念を導



ミネルヴァ基地の撮影風景

入したい。これはすぐにはできません。それから、模型の製作工程に——もし安価なものが登場すればですが——CADを導入したい。今回はペーパークラフトを使っていますが、この部分をかなり合理化し、かつ緻密なものにしたいという考えです。

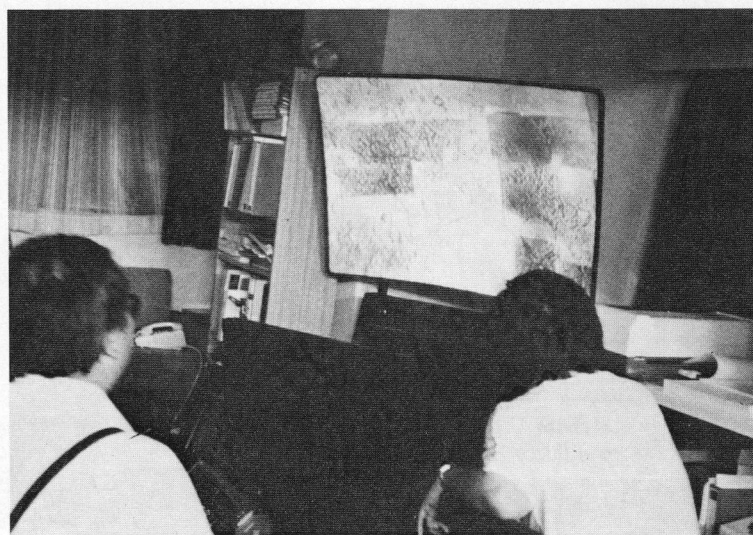
このペーパークラフトは、視線や光源をいろいろと変えて、映画のシーンのシミュレーション用にも使っていますが、これをコンピュータ化したい。実は、模型やセットをすべて完璧にする必要は必ずしもないわけで、例えば家のセットでも全体を映すシーンがなければ屋根なんかいらなんでしょう。ところが、部屋数が5つの家なんていう注文をすると、完全主義者の製作者は映す映さないにかかわらず屋根をつくってしまう。

このあたりの不要な部分をきっちりさせるために、パソコンを使いたいですね。

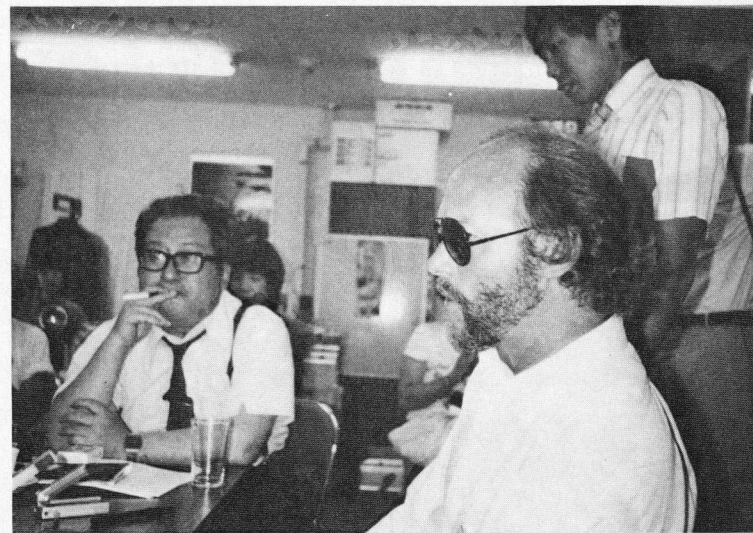
それから今回は、撮影に溶接用ロボットを改造して使いましたが、マウスみたいなロボットにカメラを載せて、ミニチュアのセットの中を走りまわらせたり……ということ考えているんですが。

いろいろやりたいことはあるのですが、次の機会にはハード側の開発がこちらの予想以上に進んで、今の時点では考えられないことをやっているかもしれませんね。

(談)



イオ・コーポレーションにてビデオに見る小松氏(後ろ姿)

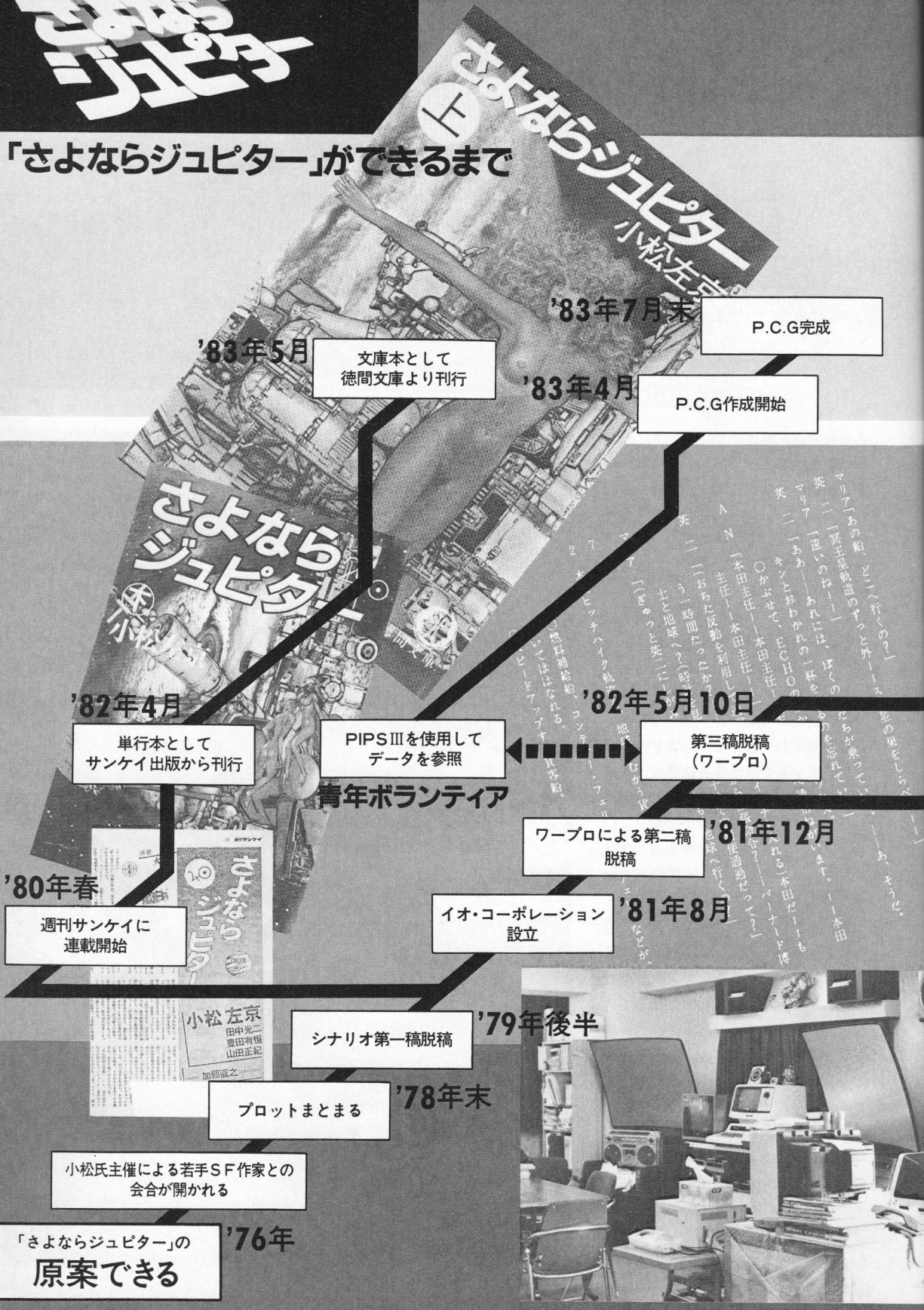


「トロン」の特撮監督リチャード・テラーと

さよならジュピター

「さよならジュピター」ができるまで

●制作作業
●イオから東宝へ
●制作準備作業



地球救出の 可能性を探る

「また忙しい石原藤夫氏に、
コンピュータをつかって、
さまざまな計算をしてもらいながら、
やっと1つのプログラムがまとまったのが、
1978年末である。」

——「さよならジュピター上巻」
——(小松左京著 徳間文庫、
サンケイ出版)の解説より——

石原藤夫氏は、玉川大学工学部
情報通信工学科の教授であり、
SF作家でもある。

ここでは、石原氏が小松氏の要請に基づき、
「さよならジュピター」のために計算した
さまざまな計算式を、

両氏のご厚意によりその一部を
そのまま掲載させていただいた。
そして、この計算式の結果を、
東大理論科学グループの児玉祐悦氏に
パソコンでシミュレートしてもらった。

——石原氏が小松氏に宛てた書簡より——
**木星によるブラックホールの軌道変化と
その地球軌道への影響**

I 計算モデル

図1のようにブラックホール (B.H.) が地球の軌道めがけて侵入してくるとします。

はじめの B.H. の軌道は①ですが、領域 A で木星の破片をぶつけられるために、その進路が②のように変化するとします。

このように仮定すると、計算すべき問題は、

- (1) 「領域 A で B.H. の向きが何度くらい変わるか？」
 - (2) 「領域 B で B.H. によって地球の軌道がどのくらい影響を受けるか？」
- の2つになります。

この2つの問題を解くために、領域 A と B について図2、図3のようなモデルを設定します。

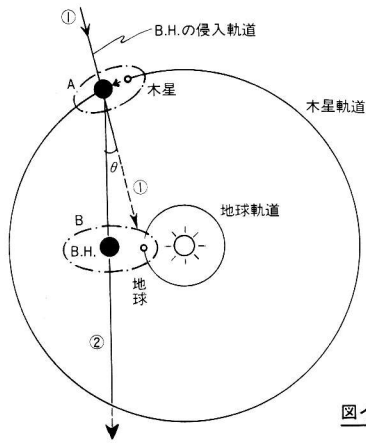
また、領域 B での計算には、ある時間における B.H.、地球、太陽の相対位置関係をきめる必要があります。これを図4のように仮定します。すなわち、B.H. の軌道と垂直の線上に B.H. と太陽と地球が並ぶとします。

II. 計算式

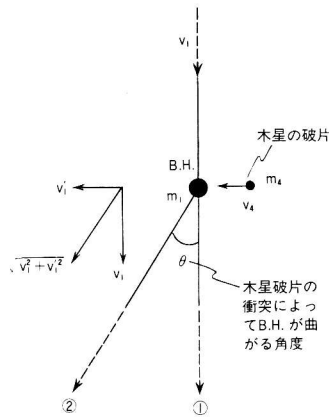
(1) 領域 A の計算

与えられるものは B.H. と木星破片の質量 m_1 、 m_4 と速度 v_1 、 v_4 であり、求めるものは B.H. の角度変化 θ です。

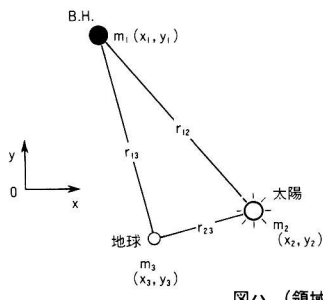
運動量の保存則より、



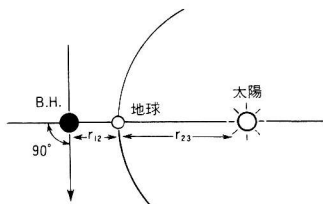
図イ



図ロ (領域A)



図ハ (領域B)



図ニ 遭遇の条件

	質量	速度	位置
B. H.	m_1	v_1	(x_1, y_1)
太陽	m_2		(x_2, y_2)
地球	m_3		(x_3, y_3)
木星破片	m_4	v_4	

$m_4 v_4 = (m_1 + m_4) v_1'$ (1)
ただし v_1' は, m_4 の衝突によって B.H. に生じる横方向の速度成分です。

$$\therefore v_1' = \frac{m_4}{m_1 + m_4} v_4 \doteq \frac{m_4}{m_1} v_4 \quad \dots\dots\dots (2)$$

($\because m_4 \ll m_1$)

となります。一方, θ は v_1 と v_1' の比から三角関数で求められ,

$$\theta = \tan^{-1} \frac{v_1'}{v_1} \text{ [rad.]} \quad \dots\dots\dots (3)$$

です。これに式(2)を代入して,

$$\theta \doteq \tan^{-1} \frac{m_4 v_4}{m_1 v_1} \quad \dots\dots\dots (4)$$

という答が得られます。

現実的なイメージを湧かすためには, 絶対値よりも太陽質量の何倍か——といったことが重要なので, 次のパラメータを導入します。

- $\alpha = \frac{\text{木星の破片質量 } (m_4)}{\text{木星の全質量}} \quad \dots\dots\dots (5)$
- $\beta = \frac{\text{B.H.の質量 } (m_1)}{\text{太陽の質量 } (m_2)} \quad \dots\dots\dots (6)$
- $\gamma = \frac{\text{木星の破片速度 } (v_4)}{\text{B.H.の侵入速度}(v_1)} \quad \dots\dots\dots (7)$
- $\tau = \frac{\text{木星の破片質量 } (m_4)}{\text{B.H.の質量 } (m_1)} \quad \dots\dots\dots (8)$

こう置くと式(4)は,

$$\theta \doteq \tan^{-1} \tau \gamma = \tan^{-1} (0.95 \times 10^{-3} \cdot \frac{\alpha \gamma}{\beta}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

となります。

(2)領域Bの計算

B.H., 太陽, 地球の各座標と相互距離を図ハのように定めると, 各天体の軌道の式は, ニュートンの運動の法則と万有引力の法則とから, つぎのようになります。

B.H.について——

$$\begin{cases} \frac{d^2 x_1}{dt^2} + Gm_2 \frac{(x_2 - x_1)}{r_{12}^3} = 0 \\ \frac{d^2 y_1}{dt^2} + Gm_2 \frac{(y_2 - y_1)}{r_{12}^3} = 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (10)$$

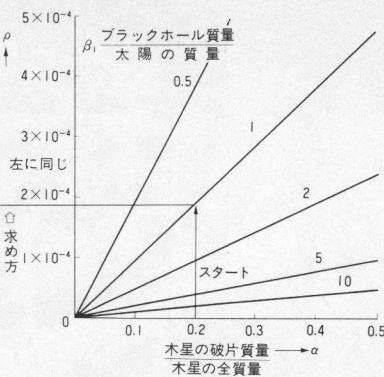
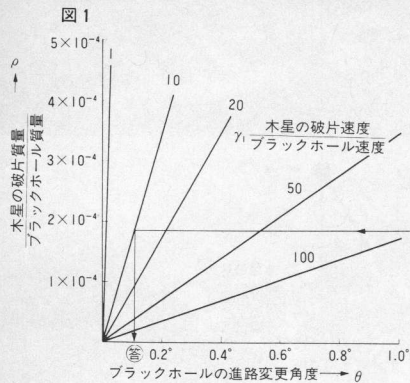
太陽について——

$$\begin{cases} \frac{d^2 x_2}{dt^2} + Gm_1 \frac{(x_1 - x_2)}{r_{12}^3} = 0 \\ \frac{d^2 y_2}{dt^2} + Gm_1 \frac{(y_1 - y_2)}{r_{12}^3} = 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (11)$$

地球について——

$$\begin{cases} \frac{d^2 x_3}{dt^2} + Gm_1 \frac{(x_1 - x_3)}{r_{13}^3} + Gm_2 \frac{(x_2 - x_3)}{r_{23}^3} = 0 \\ \frac{d^2 y_3}{dt^2} + Gm_1 \frac{(y_1 - y_3)}{r_{13}^3} + Gm_2 \frac{(y_2 - y_3)}{r_{23}^3} = 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (12)$$

この式をとくのに, 自然にきまっている初期条件として, 次のものがあります。



例) α : 木星の破片質量 : 0.2倍
 木星の全質量
 β : ブラックホール質量 : 1倍
 太陽の質量
 γ : 木星の破片速度 : 10倍
 ブラックホール速度
 答: ブラックホールの進路変更角度
 $\theta = 0.12^\circ$

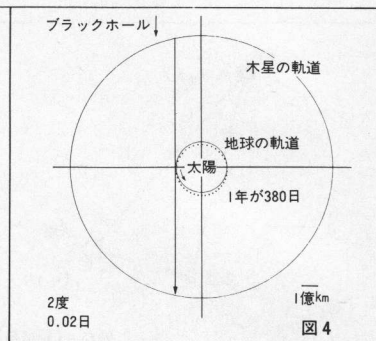
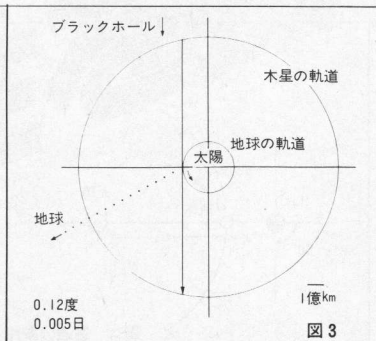
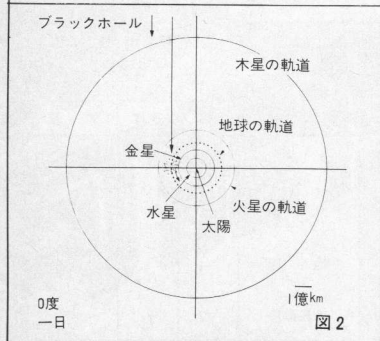


図2以降の左下にある数字は、上がブラックホールの進路変更角度、下がブラックホールの1ポイントごとの日数を表わす。なお各図とも次の前提は同じ。ブラックホール÷太陽質量: 1倍, ブラックホール速度: 2億km/日, 地球の1ポイントごとの日数: 10日。

$$r_{23} = 1.496 \times 10^{11} \text{m (地球の公転半径)}$$

$$\sqrt{\left(\frac{dx_3}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy_3}{dt}\right)^2} = 29786 \text{m/s (地球の公転速度)}$$

$$\frac{dx_2}{dt} = \frac{dy_2}{dt} = 0 \text{ (太陽は静止しているとします)}$$

つぎに、任意に与えられる条件として、

- { B.H.の速度 (v_1) と質量 (m_1)
- { 地球と接近したときの3者の位置関係

があります。後者については、図二のようにとり、最接近時の r_{13} を与えます。

すなわち、B.H.の v_1 と m_1 および最接近時の r_{13} (これは θ でまきます) を与えて、式(10)~(12)をときます。

III. 数値計算結果

(1) 領域Aにおける曲がり角 θ

図1に式(9)をもとにして描いたグラフを示します。これで θ を求めることができます。

例として、 $\alpha = 0.22$, $\beta = 1$, $\gamma = 10$ とすると、 $\theta = 0.12$ となります。

B.H.の軌道を曲げるのは、とても大変だということがわかります。

(2) 領域Bにおける軌道変化

● 図2の説明

まず、 $\theta = 0$ のときを計算します。もともと図二のように

設定したので、 $\theta = 0$ では図2の☆の位置で地球とB.H.は衝突し、破滅します。

すなわち、逆に言えば、木星をぶつけないときは、太陽と直角の方角からB.H.が(地球の背後から)ぶつかってくるように考えたわけです。

そして、B.H.の質量は太陽と同じ ($\beta = 1$)、ブラックホールの速度は、

$$2 \text{億 km/日} = 2 \times 10^{11} \text{m/日} = 2.3 \times 10^6 \text{m/sec} \\ = \text{光速の} 0.77\% = \text{地球公転速度の} 77\%$$

とします。

B.H.のスピードをこのように速くしたのは、おそいと地球や木星などに与える影響が大きい(引力を及ぼす時間が長い)ので、話が複雑になると考えたからです。

● 図3の説明

つぎに、 $\theta = 0.12^\circ$ の場合について計算します。0.12°とは、図1にあるように、

$$\alpha = 0.22, \beta = 1, \gamma = 10$$

とすると、出てくる値です。

B.H.の質量はふつう、太陽質量の数倍以上とされていますが、それだとほとんど曲がらないので、とくに小さい太陽と同じ重さのB.H.を考え、 $\beta = 1$ としました。

このB.H.は直径が3 km(?)という小さなものですから、木星の破片を命中させるのはきわめて困難です。木星の直径は140,000kmもありますから、常識的には10万分の

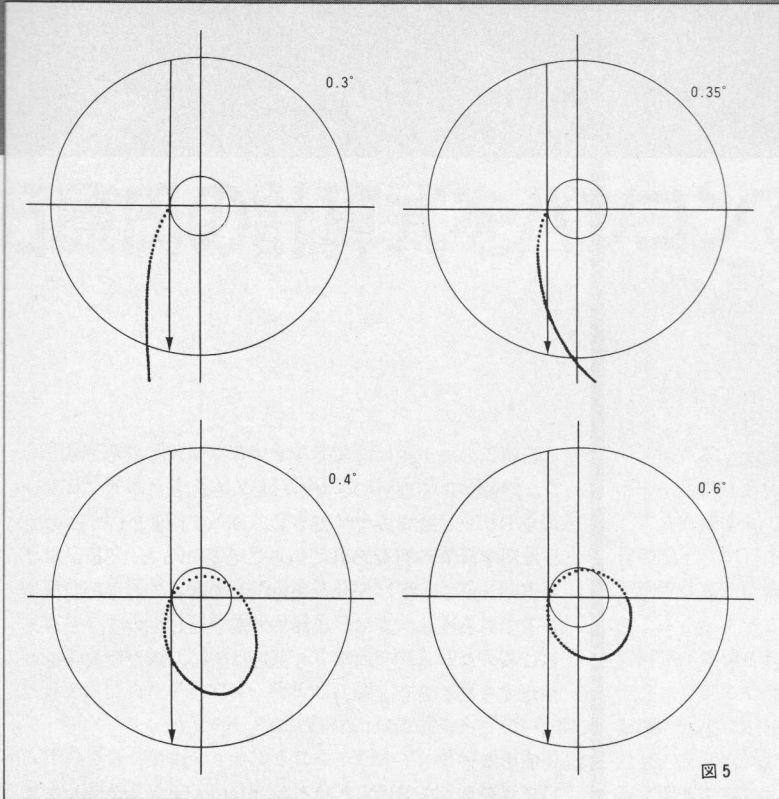


図 5

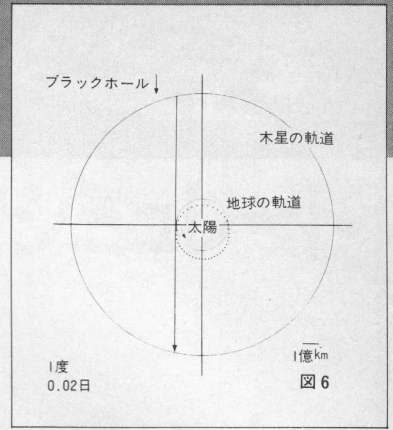


図 6

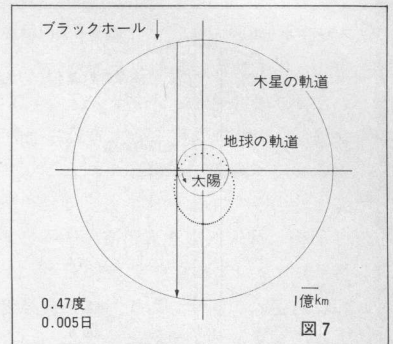


図 7

1 ぐらいが当たればいい方です。しかしここでは超科学力によって、22%の質量が B.H. に命中するとし、 $\alpha = 0.22$ としました。こうしないと、 θ が極端に小さくなってしまいますからです。

また、 θ を極力大きくするために、木星破片の速度は光速の 7.7% にしました。

理想的な核融合ロケットができたとしても、その噴射速度は理論上、光速の 9% 以上にはなりません。したがって、7.7% は信じられない高速ですが、とにかくできたとします。

さて、このようにして、 $\theta = 0.12^\circ$ が出ると、B.H. は地球とぶつからなくなりますが、引力の影響は大きく、通過後の地球は図のように毎日 600km ほどの高速で太陽から離れてしまいます。「サヨナラ太陽」になってしまいます。

地球の新軌道はたぶん双曲線ですから、無限の彼方になってもスピードが 0 になりません。

● 図 4 の説明

角度がもっと大きく変わったらどうかをみるために、 $\theta = 2^\circ$ 変わったと仮定して描いたのが図 4 です。

これだと、B.H. が過ぎ去ったあとの地球軌道の変化は、大したことはなく、1 年が 365 日 → 380 日にかわり、少しだけ楕円軌道になるだけです。

しかし、 $\theta = 0.12^\circ$ でも神業なのですから、 $\theta = 2^\circ$ は木星ではとてもむりです。

そこで、 θ の 1° 以下の違いで軌道がどうか変わるかを大ざっぱに見てみます。それが図 5 と図 6 です。

● 図 5 と図 6 の説明

すぐにわかるように、 $\theta = 0.3^\circ$ 、 0.35° では（地球は）破滅です。 $\theta = 0.4^\circ$ では生きのこりますが、遠日点でもとてもさむくなるでしょう。

$\theta = 0.6^\circ$ では、遠日点における太陽のエネルギーは従来の 1/4 となります。これで生存できるかどうか？

図 6 の $\theta = 1^\circ$ ならば、エネルギーは 55% ですから、たぶん大丈夫でしょう。1 年は 415 日位です。

(3) 対策

これらをにらむと、たとえば次の 2 案が考えられます。

a) B.H. がはじめから $\theta = 0.3^\circ$ できたとし、これを 0.1° ずらして 0.4° にして地球を助ける。

b) B.H. がはじめから $\theta = 0.35^\circ$ できたとし、これを 0.12° ずらして 0.47° にして地球を助ける。

助かったあとの軌道を図 7（1 年が 1050 日）、図 8（1 年が 610 日）に描きました。

こういう状態で人類が生きのびる方法は小松さんのサジかげんひとつで、どうにでもなると思います。

(4) 別の対策と問題点

(3) の対策は一応理くつがつかますが、 θ を 0.12° ずらすのでさえ、とてつもない木星の使い方をしなければならぬことが問題です。

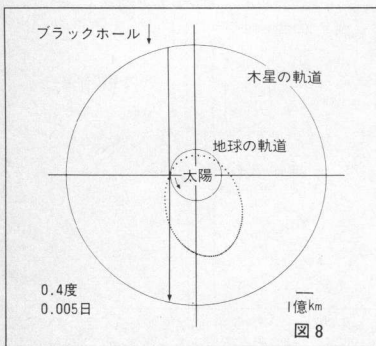


図 8

常識的には、B.H.の質量はこの4倍($\beta = 4$)、木星破片の質量は、よくてこの1万分の1($\alpha = 0.2 \times 10^{-4}$)でしょう。破片の衝突スピードも1/10がいいところでしょう($\gamma = 1$)。

とすると、 θ は約3百万分の1度になってしまいます。したがって、非常識なことを考えなければなりません。

そのひとつは、B.H.をととも小さなものとするのですが、同時に直径も小さくなるので、木星破片はますます当たらなくなります。

いま考えている対策は、

- 1) B.H.の侵入スピードがうんとおそいとしたら、なにかうまい解決策がないか？
- 2) 上の計算は、B.H.の軌道と太陽・地球の軌道が同一平面上にある場合ですが、B.H.の木星衝突後の軌道が同一平面上でなくなるようなモデルで、うまい解決ができないか？(ただしこの場合、木星ばかりか他の諸惑星もみな「サヨナラ」になってしまいますが)。
- 3) この他、木星でなく土星を使うと少し楽(θ で2倍位)になります。

結果は、そのうち報告します。

上の計算での、別の問題点は潮汐効果です。地球の軌道の変化は図のていどでも、海水や空気がメチャメチャになったのではやはり破滅ですから、そのオーダ・エスティメイトをしなければなりません。

これについてもそのうち報告します。(協力：中嶋信生)

石原氏のモデルにほぼ従ってプログラムを組んでみました。理論がよく理解できなかった人も、とにかくプログラムをRUNさせてみてください。SFの下地としてこのような科学計算が行なわれていることを知ると、SFが単なるFictionではなくScience Fictionであることを再認識できるであろうし、逆に、これまで漠然としていて、とらえどころのなかった「科学」も身近に感じ、新たな興味をかりたてられるでしょう。

[使用法]

プログラムをRUNさせると、alpha, beta, gammaをきいてきます。これは、石原氏のモデルと同じで、次のとおりです。

$$\alpha = \frac{\text{木星の破片質量}}{\text{木星の全質量}} \quad \beta = \frac{\text{B.H.の質量}}{\text{太陽の質量}}$$

$$\gamma = \frac{\text{木星の破片速度}}{\text{B.H.の侵入速度}}$$

このあと、B.H.の初期角度と初期速度をきいてきます。単位はそれぞれ度(°)とkm/日です。その後、DMAを止めるときは“Y”を押す。こうするといくぶん速くなり、20分ほど待つて、地球が双曲線軌道になるか放物線軌道になるか楕円軌道になるかを表示し、楕円軌道の場合には、近日点、遠日点、周期を表示します。このときの単位は天文単位系を使用しています。つまり、2.0(R)とは地球と太陽の平均距離の2倍を示し、1.2(Y)は $1.2 \times 365 = 438$ (日)を示します。次に、(1)グラフィック表示(2)パラメータ変更(3)終了のメニューが表示されるので、1~3の数字を入力してください。ここでグラフィック表示というのは、上の表示だけでは地球の軌道のイメージがつかみにくいときのために地球の軌道を緑色でグラフィック表示し、x座標、y座標をAU単位系で表示します。この場合、もとの地球の軌道も白色で表示するので、比較することができます。このとき、何日単位で表示するか、何回表示するかを聞いてきます。表示回数のおきにリターンキーだけを押しすと、一周期分の表示を行ないます(ただし、これは楕円軌道になるときのみ可能)。表示が終わるとメニューに戻ります。

石原氏の計算式をパソコンでシミュレート

[石原氏のモデルとの異なる点の理論]

まず、「領域AでB.H.の向きが何度くらい変わるか？」では、石原氏のモデルどおりです。つけ加えるならば、石原氏が「対策」で述べているように角度変化は微々たるものなので、最初から曲がってこなければ地球はとても助かりません。そこで、初期角度の指定を行なうようにしました。

次に、「領域BでB.H.によって地球の軌道がどのくらい影響を受けるか？」では、解析的に解くことはできないので、四次のルンゲ・クッタ法を用いた数値解析を行ない、B.H.の影響が無視できるようになったあと、その結果を用いて軌道を求めることにしました。しかし、数値解析を行なうにしても(10)~(12)の式では複雑すぎて時間がかかるため、次の様に単純化しました。

○太陽は動かないものとして原点にとる。

○B.H.に働く太陽の引力は無視し等速直線運動をするものとする。

○長さ、時間等の単位を天文単位系(AU)にとる。すなわち、長さの単位を太陽と地球の平均距離 R_0 (1.49×10^{11} m)とし、時間の単位を1年とします。すると、 $Gm_2 = 4\pi^2$ となります。

このような仮定をすると、地球についての運動方程式は次のようになります。

$$\begin{cases} \frac{d^2x}{dt^2} = 4\pi^2 \left\{ -\frac{\beta(X-x)}{r^3} - \frac{x}{r_1^3} \right\} \\ \frac{d^2y}{dt^2} = 4\pi^2 \left\{ -\frac{\beta(Vt-y)}{r^3} - \frac{y}{r_1^3} \right\} \end{cases}$$

(X : B.H.のx座標 V : B.H.の速度のy成分)
(r : B.H.と地球の距離 r₁ : 太陽と地球の距離)

ここで四次のルンゲ・クッタ法について説明します。話を簡単にするため、1階常微分方程式に限ることにします。

$\frac{dx}{dt} = f(t, x)$ において、時刻 t_n における x_n がわかっている場合、 $T_{n+1} = t_n + \Delta t$ における x の値を $x_{n+1} = x_n + k$ で決めていく方法です。ただし、

$$k = (k_1 + 2k_2 + 3k_3 + k_4) / 6$$

$$k_1 = \Delta t \cdot f(t_n, x_n)$$

$$k_2 = \Delta t \cdot f(t_n + \Delta t/2, x_n + k_1/2)$$

$$k_3 = \Delta t \cdot f(t_n + \Delta t/2, x_n + k_2/2)$$

$$k_4 = \Delta t \cdot f(t_n + \Delta t, x_n + k_3)$$

この方法は k_1 を k としたオイラー法の改良であり、誤差は理論上 $(\Delta t)^5$ 程度です。したがって Δt を小さくするほど精度は高くなると考えられますが、実際には Δt をあまり小さくしすぎるとコンピュータの有効桁数以下をまるめた誤差が累積され、精度はかえっておちます。そのためこのプログラムでは、スピードと精度を考慮に入れ、B.H.の影響の大小に応じて $\Delta t (=DT)$ を変化させています(行番号460~550)がこれで最良なわけではないので、各自で適当に変えてみてください。また、ルンゲ・クッタ法の連立2階常微分方程式への利用も読者の方々に研究してもらいたいと思います。

B.H.の引力が無視できるようになると、上の結果から地球の軌道を求めることができます。上で求めた地球のx座標、y座標、速度のx成分、y成分をそれぞれ X_0, Y_0, U_0, V_0 とすると、

$$\text{角運動量保存より } \begin{cases} h = V_0 X_0 - U_0 Y_0 \end{cases}$$

$$\text{エネルギー保存より } \begin{cases} E/m = \frac{1}{2} (U_0^2 + V_0^2) - Gm_2/r_1 \end{cases}$$

これより、円錐曲線の方程式が導き出され、 $E > 0$ のとき双曲線、 $E = 0$ のとき放物線、 $E < 0$ のとき楕円を示します。したがって、 $E > 0$ では地球は助からないことになります。また楕円軌道となるときには、次の式によって近日点での距離(SR)、遠日点での距離(LR)、周期(T)等を求めることができます。

$$SR = a(1 - \epsilon), LR = a(1 + \epsilon)$$

$$T = \frac{2\pi a^{3/2}}{GM}$$

ただし、

$$a = \frac{1}{1 - \epsilon^2}, l = \frac{h^2}{GM}, \epsilon = 1 + \frac{2Eh^2}{G^2 m M^2}$$

しかし、これらの式には時刻が含まれていないので何日後にどこにいるかはわかりません。そのため、数値解析を用いてグラフィック化しています。

(こだま ゆうえつ)

PC-8001 さよならジュピター 科学計算プログラム

```

100 /*****
110 * サヨナラ シュピター セイリツ ノ *
120 * リンテキ カカクテキ ハイケイ ラ *
130 * マイコン テ カイメイ ショウ !! *
140 * 1983,10,15 by Y.Kodama *
150 /*****
160 /
170 CONSOLE0,5,0,1:COLOR4,0,0:WIDTH80,25
180 TJ=9.5479E-04 / タイヨウ ト モクセイ ノ シツリョウヒ
190 RJ=5.20283 / モクセイ ト チキウ ノ ハンゲイ
200 R0=1.49598E+08 / チキウ ノ ハンゲイ
210 EJ=SQR(RJ*RJ-1) /
220 Y1=365.248 / 1年
230 PI=3.1416 / インシュウリツ
240 GM=4*PI*PI /
250 VE=2*PI / チキウ ノ ショソクト
260 /
270 / モクセイ ノ ハン ニヨル B.H. ノ カクト アンカ
280 /
290 PRINT CHR$(12):INPUT "alph,beta,gamma";AA,BB,CC
300 F1=ATN(TJ*AA*CC/BB)
310 PRINT:PRINT USING "B.H ノ アンカ カクト ハ #.### ° テス!";F1*180/PI
320 PRINT:INPUT "B.H ノ ショキ カクト ハ";F2:F2=F2*PI/180:F3=F1+F2
330 PRINT:PRINT USING "B.H ノ カクト ハ #.### ° テス!";F3*180/PI
340 /
350 / B.H. ニヨル チキウキトウ ノ アンカ ラ シラヘル
360 / ルンゲ・クッタ ホウ
370 /
380 PRINT:INPUT "B.H ノ ソクト (km/B) ハ";VV:VV=VV*Y1/R0
390 PRINT:PRINT "DMA off ":F#=INPUT$(1):IF F#="y" THEN OUT 104,0
400 T0=-3/Y1:TH=T0*2*PI:X0=COS(TH):Y0=SIN(TH)
410 U0=-SIN(TH)*VE:V0=COS(TH)*VE:XX=1+EJ*SIN(F3)
420 DEFFNS(T,X,Y)=(XX-X)*(XX-X)+(VV*T-Y)*(VV*T-Y)
430 DEFFNF(T,X,Y)=(XX-X)*BB/R-X/R1
440 DEFFNG(T,X,Y)=(VV*T-Y)*BB/R-Y/R1
450 TIME#="00:00:00"
460 DT=1/(Y1*50):GT=GM*DT
470 FOR I=1 TO 14:GOSUB 2000:NEXT
480 DT=DT/5:GT=GM*DT
490 FOR I=1 TO 10:GOSUB 2000:NEXT
500 DT=DT/4:GT=GM*DT
510 FOR I=1 TO 40:GOSUB 2000:NEXT
520 DT=DT*4:GT=GM*DT
530 FOR I=1 TO 20:GOSUB 2000:NEXT
540 DT=DT*5:GT=GM*DT
550 FOR I=1 TO 14:GOSUB 2000:NEXT
560 /
570 / インスイキョクセン ノ セイリツ
580 /
590 R2=X0*X0+Y0*Y0:V2=U0*U0+V0*V0:E=V2/2-GM/SQR(R2)
600 IF F#="y" THEN WIDTH,
610 BEEP:PRINT TIME#
620 CONSOLE 0,25:LOCATE 0,7
630 IF ABS(E)<.01 THEN PRINT "キトウ ハ ホウツセン ニ ナリマス":GOTO740
640 IF E>0 THEN PRINT "キトウ ハ ソクキョクセン ニ ナリマス":GOTO 740
650 PRINT "キトウ ハ タンニ ニ ナリマス":PRINT
660 H=-U0*Y0+V0*X0:L=H*H/GM:E0=1+2*E*L/GM
670 IF ABS(E0)<.01 THEN EE=0 ELSE EE=SQR(E0)
680 AA=L/(1-EE*EE):LR=AA*(1+EE):SR=AA*(1-EE):T=AA*SQR(AA)

```



```

690 PRINTUSING"エンゾツテン ハ ##.### (R)";LR
700 PRINTUSING" イネルキー ハ ###.### %";100/LR/LR
710 PRINT:PRINTUSING"キソツツテン ハ ##.### (R)";SR
720 PRINTUSING" イネルキー ハ ###.### %";100/SR/SR
730 PRINT:PRINTUSING"シュウキ ハ ##.### (γ)";T
740 CONSOLE 0,5:PRINT
750 PRINT "ク"ラフィック ヒョウシ" (1)"
760 PRINT "ハ"ラメータ ヲ カエル (2)"
770 PRINT "キメル (3)"
780 Y#=INPUT$(1):Y=VAL(Y#):IF Y<1 OR Y>3 THEN 870
790 ON Y GOTO 800,290,1020
800 /
810 / キトウ ノ グラフィック ヒョウシ"
820 /
830 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
840 INPUT "ナン目 タンイ ニ シマスカ ";S
850 DT=S/Y1/10:GT=GM*DT
860 SS=T/DT/10+1
870 INPUT "タンカイ ヲラハ"スカ ";SS
880 COLOR2,0,1:PSET(80,50):COLOR7
890 FOR I=0 TO 5
900 XG=20*COS(PI/20*I):YG=20*SIN(PI/20*I)
910 PSET(80+XG,50+YG):PSET(80+YG,50+XG):PSET(80-XG,50+YG):PSET(80+YG,50-XG)
920 PSET(80+XG,50-YG):PSET(80-YG,50+XG):PSET(80-XG,50-YG):PSET(80-YG,50-XG)
930 NEXT
940 COLOR4
950 FOR I=1 TO SS
960 GOSUB 2000
970 PRINT X0,Y0
980 XG=80+X0*20:YG=50+Y0*20
990 IF XG>=0 AND XG<156 AND YG>=0 AND YG<100 THEN PSET(XG,YG)
1000 NEXT
1010 GOTO 740
1020 END
2000 /
2010 / 4 シ" ノ ルンゲ"・クッタ ホウ
2020 /
2030 FOR J=1 TO 10
2040 R=FNS(T0,X0,Y0):R=R*SQR(R)
2050 R1=X0*X0+Y0*Y0:R1=R1*SQR(R1)
2060 A1=U0*DT:B1=FNF(T0,X0,Y0)*GT
2070 C1=V0*DT:D1=FNG(T0,X0,Y0)*GT
2080 R1=(X0+A1/2)*(X0+A1/2)+(Y0+C1/2)*(Y0+C1/2):R1=R1*SQR(R1)
2090 R=FNS(T0+DT/2,X0+A1/2,Y0+C1/2):R=R*SQR(R)
2100 A2=(U0+B1/2)*DT:B2=FNF(T0+DT/2,X0+A1/2,Y0+C1/2)*GT
2110 C2=(V0+D1/2)*DT:D2=FNG(T0+DT/2,X0+A1/2,Y0+C1/2)*GT
2120 R1=(X0+A2/2)*(X0+A2/2)+(Y0+C2/2)*(Y0+C2/2):R1=R1*SQR(R1)
2130 R=FNS(T0+DT/2,X0+A2/2,Y0+C2/2):R=R*SQR(R)
2140 A3=(U0+B2/2)*DT:B3=FNF(T0+DT/2,X0+A2/2,Y0+C2/2)*GT
2150 C3=(V0+D2/2)*DT:D3=FNG(T0+DT/2,X0+A2/2,Y0+C2/2)*GT
2160 R1=(X0+A3)*(X0+A3)+(Y0+C3)*(Y0+C3):R1=R1*SQR(R1)
2170 R=FNS(T0,X0+A3,Y0+C3):R=R*SQR(R)
2180 A4=(U0+B3)*DT:B4=FNF(T0+DT,X0+A3,Y0+C3)*GT
2190 C4=(V0+D3)*DT:D4=FNG(T0+DT,X0+A3,Y0+C3)*GT
2200 A=(A1+A2*2+A3*2+A4)/6:B=(B1+B2*2+B3*2+B4)/6
2210 C=(C1+C2*2+C3*2+C4)/6:D=(D1+D2*2+D3*2+D4)/6
2220 X0=X0+A:U0=U0+B:Y0=Y0+C:V0=V0+D:T0=T0+DT
2230 NEXT
2240 RETURN

```


イオ(木星の第1衛星)を支えた パソコンボランティアたち

「さよならジュピター」では、CRAY 1 から NEC の PC-9801/8801 までコンピュータがいろいろな場面で活躍している。これは映画界初の試みであり、映画界のみならず各方面に様々な話題を提供している。

コンピュータの活躍の場は、ほとんどが小松左京氏の頭脳から生まれ、イオ・コーポレーションで実現化された。

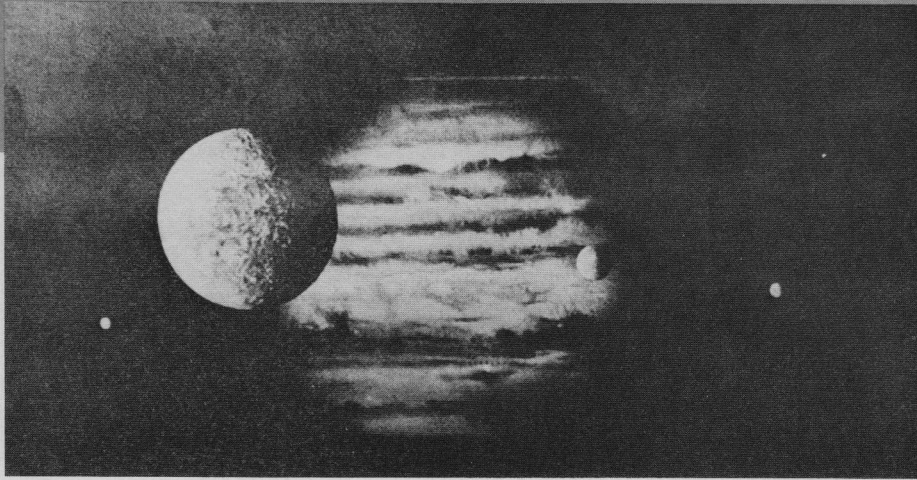
大型コンピュータによる C・G (コンピュータ・グラフィックス) が映像の世界で確固たる地位を築いており、映画にも導入されていることは周知のことであろう。しかし、「さよならジュピター」では、大型コンピュータによる C・G に加えて、パソコンによる C・G が多数製作された。それらは、スクリーンの中に居並ぶディスプレイ群に映し出される小さなものから、映画館の大スクリーンに引き伸ばされる大きなものまで、様々な用いられ方をしている。

もう一つ、パソコンの使い方の特筆すべきことは、汎用簡易言語による工程管理を、日本の映画界に初めて持ち込んだことである。

具体的に作業をしたのは、小松左京ファンの青年ボランティアである。

“イオ”のメンバー





大スクリーンを占領したパソコングラフィックス

ボランティアの担当したパソコングラフィックス（以下、P・C・Gと略）は、以下の2とりに大別される。

1つは、単にデータ入力のためツールとして使われた。このデータは、MRI（三菱総合研究所）にある、日本に2台しかない話題のスーパーコンピュータ「Cray1」にいったんおとされてから、画像処理された。そして、JCGL（ジャパン・コンピュータ・グラフィックス・ラボ）で、VAX11/780（スーパー・ミニコン）を使用して、精鋭スタッフたちによって、巻頭グラビアに紹介されているように3Dコンピュータ・グラフィックスの映像に生まれ変わった。

もう1つは、映画の60%以上のシーンに顔を出しているC・Gのパソコン版である。このC・Gは、スクリーンの中のCRT上で映される「小道具」として以外にも、わずか数秒間ではあるが、スクリーン一杯に映し出されたものもあり、我々マイコン・マニアをなかなか楽しませてくれる。

これらP・C・Gは、その大部分がワイヤー・フレーム技法で作成されている。これは、点と線とをうまく組み合わせて、擬似的に3次元立体図形を表現するものである。線の中には、直線はもちろんのこと曲線も含まれる。

まず、最初に点の位置を決め、その点を直線や曲線で結び平面的な図形にする。そうしておいてから、点の密集度の差によって、平面図形に立体的な影をつけたり、球のような物体の湾

曲した曲面を表現したりして、立体的な図形を得る。この過程をパソコンで行なうのである。いふならば、自在定規の3次元版というべきものである。

できあがった画面はグラフィック専用コンピュータで画像処理された本格的な3Dグラフィックスと比較してこそ、多少見劣りはするものの、結構それなりに見映えがする。

見てのとおり、かなり複雑な立体図形でも、ワイヤー・フレーム技法やその他の方法を用いれば、パソコンで表現できる。これからは次々とP・C・Gを映画に取り入れた作品が生まれることだろう。

最近では、パソコン用の便利なグラフィック開発ツールが、いろいろと市販されている。それらの中には、BASICを知らない人でも、キーボードの配置さえ覚えれば、複雑な3Dグラフィックスをパソコンで表現できるものまである。それらを効果的に使えば、コンピュータ音痴にも簡易にグラフィックスを楽しめるのである。

P・C・Gの進歩は急である。「さよならジュピター」を見ても、P・C・Gもついにここまでできたかという感を強くおぼえる。なかでも、ミネルヴァ基地指令室の4つのスクリーンの1つに映し出される“木星”は圧巻だ。配色も見事だし、細部までキメ細かく描かれている。

参考までに、映画のなかで使われたP・C・Gを作成するためのプログラム（PC-9801用）をP.73以降に掲げておく。

積木くずし

ソードM23

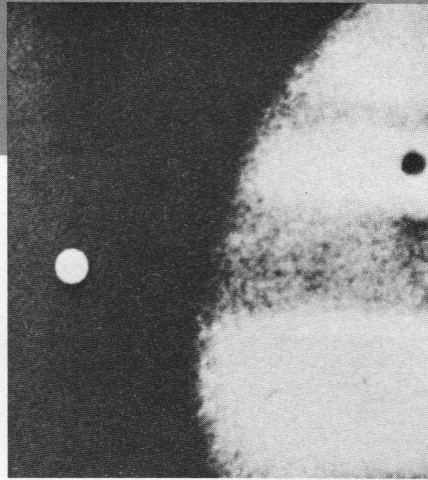
PIPS IIIがスケジュール管理に登場

映画製作は一大プロジェクトである。製作規模にもよるが、先頃公開された「積木くずし」を例にとってみると、製作費1億5千万円、製作日数は2ヵ月半の長きにわたっている。「さよならジュピター」では、製作費10億円、製作日数足かけ8年余り（構想5年、製作準備2年を含む）の文字どおり“超大プロジェクト”となった。

一般論から言うと、プロジェクトを完遂するには、決められた資源を最大限効率よく利用する手段（工程管理）が必要不可欠になってくる。

この映画の原作者でもあり総監督でもある小松左京氏の“ラツ腕”ぶりがここでも発揮される。専門のプログラマーに工程管理のプログラムを組んでもらうよりも、映画製作の工程管理を実際に知っている現場の人間がそのプログラムを組んだ方が手っ取り早いと、小松氏は判断した。この発想、凡人のなせる技ではない。導入されたパソコンは、汎用簡易言語（PIPS III）が使えるソードM23——。





シナリオ完成以前からPIPSが稼働

シナリオを受け取った映画製作者にとって、一番最初の重要な仕事は、登場人物とその登場するシーン（場面）との関係、大・小道具の必要の有無などを把握することである。この仕事の出来、不出来によって、撮影日程が大幅に遅れたり、映画の製作計画全体に重大な支障が発生したりすることになる。

「さよならジュピター」は、製作手順が一般の映画とは異なっている。第1稿（草稿）ができあがった後、小松氏はワープロを使用して、第2稿を作成した。その後、この作者は第3稿、

絵コンテを同時進行の形で作成し、絵コンテから登場人物の相互関係を把握した、シーンごとのデータベースを作成した。リスト1が、その「シーン別登場人物相互関係表」である。

この表の項目は、左から順にシーンナンバー、登場人物、場所である。EIJは「英二」、KINは「ホジャ・キン」のことで、それぞれがそのシーンに登場することを表わしている。これらの要素を絵コンテから抽出し、データベース化したのは、ボランティア諸君である。

<BBJ CHARACTER>

(0 . 0 . 0) F4B

シーシ 7

SC	CHARACTER	ITEM
16	EIJ, BND, KIN,	ミネルウ ^ア イシ ^ン ノコシツ
17	EIJ, BND,	ミネルウ ^ア ショウカイキ ^ン シツノツウロ
18	EIJ, BND,	ミネルウ ^ア ショウカイキ ^ン シツ
19	EIJ, BND,	ミネルウ ^ア ショウカイキ ^ン シツ
20	EIJ, BND,	ミネルウ ^ア ショウカイキ ^ン シツ
21	EIJ, MRA, BOK, GIL,	ミネルウ ^ア オリエンテーショ ^ン ルーム
22	EIJ, MRA, GIL,	ミネルウ ^ア タイヨウケイキ ^ン
23	EIJ, MRA, CRL, GIL,	ミネルウ ^ア カルロスノケンキウシツ
24	008, 010,	ミネルウ ^ア イシ ^ン ノコシツ
25	EIJ, MRA, CRL, GIL,	ミネルウ ^ア ホア ^ン シツ
26	EIJ, MRA,	ミネルウ ^ア ツウロ
27	008, 010,	ミネルウ ^ア イシ ^ン ノコシツ
28	EIJ, MRA,	ミネルウ ^ア ツウロ
29	008, 010,	ミネルウ ^ア ツウロ
30	EIJ, MRA,	ミネルウ ^ア LR3ノイリク ^チ
31	EIJ, MRA,	ミネルウ ^ア LR3

comment : Y. Ishikawa
f5, 35, 30,

シーン別登場人物相互関係表ができるまで

●コマンドで基本表を作成

PIPS IIIでは、ノート感覚でデータを扱える。1ページ横方向最大左右72項目150文字、縦方向最大60行までの集計用紙として使えるのだ。

表を作成するために、まずOコマンド(基本表の作成)を使用し、今まで画面上に表示されていたデータを消す。これで新しい表をつくる準備が完了する。

タイトル(表の名前)は、50文字以内でつけられる。この例では、「BBJ CHARACTER」。BBJは、「Bye-Bye-Jupiter」の頭文字である。

次に、横方向の項目数を最大72以内で決める(この例では「3」)。つづいて、各項目で使用する文字(桁)数を指定する。ここで気をつけなければならないのは、各項目で使用できる文字(桁)数の合計が149までで、1つの項目で使用できる最大文字(桁)数が74文字までであるということである。

この表についてコメント(注釈)があれば入力する。例えば、表の作成者、その人の所属部署、摘要などを入力してもよい。この例では、「Y. Ishikawa」と表の作成者の名前が入力さ

れている。

次は項目名。この例では、「SC」(シーンナンバー)、「CHARACTER」(登場人物)、「ITEM」(場所)となっている。これで基本表の作成は完了したのである。

●MTコマンドでデータを入力

次に、この基本表にデータを順次入力していく。この作業を行なうのがMTコマンド(データの入力・追加)である。

「MT」と入力すると、基本表の第1列目の項目名(この例では「SC」)の下に帯状のカーソルが現われ、データが書き込まれる場所が示される。あとは項目名に従ってデータを入力していけばいい。「16」、「EIJ, BND, KIN,」、「ミネルヴァ エイジノコシツ」……と順に入力していく。

ところで、リスト1の「SC」の17、18の横の各データ(第2項目)はまったく同じである。このような場合は、データ入力中にカーソルが該当するデータの真下に来たときに「¥」を入力してやる。こうすれば、上の行のデータをそのまま下の行の同じ列に入力することができる。「SC」の19、20も同じように入力した。

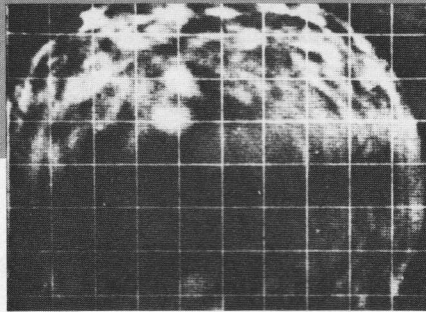
この機能によって同じデータが並んだときは、「¥」のワンタッチで効率よくデータを入力できる。



主演女優のディアンヌ・ダンジェリーと小松氏



絵コンテをつくる小松氏



香盤表の作成

リスト2は、香盤表（撮影予定日、撮影場所、シーンナンバー、登場俳優——俳優名でなく、役名——などが整理された表）のパソコン版である。

データが要素別に整理されているので、俳優の登場シーン、撮影場所、撮影予定日など各要素別の検索が可能である。この表によって各要素同士の有機的な組み合わせを、シナリオとはまた違った面から確認することができる。

実際の作業としては、小松氏の絵コンテの作業終了後、完成した資料を基に、各要素別のデータベースとしたものである。

● BTでファイルのタイトルを表示

「シーン別登場人物相互関係表」(以下「関係表」と略)から、今度は「香盤表」を作成する。

その前に、先に作成した関係表をとりあえずフロッピーディスクにセーブする必要がある。まず、BTコマンドでタイトルを表示させる。ここで、登録されていないページ番号をメモし、**[ESC]** を押し、画面を元に戻す。

● Pコマンドでセーブ

次に「関係表」をフロッピーディスクに保存する。

Pコマンド入力後、登録するページを指定す

る。このとき、先に登録されていないページ番号を記したメモを参照する必要がある。

これで、関係表はフロッピーディスクに保存された。

さて、「香盤表」の作成である。新しく表をつくるため、再びOコマンドを使用する。

香盤表の項目は全部で17ある。その項目名と文字(桁)数は、表1に示すとおりである。

項目名	桁数	内容
DATE	4	撮影予定日
@	4	シーケンス・ナンバー
S#	5	シーン・ナンバー
S/L	5	スタジオ、ロケの区別
バ	3	設定場所 1
バシヨ	16	設定場所 2
バメン(SFX)	20	特撮題名
E I	3	
MA	3	
M I	3	
WB	3	主要登場人物名
CR	3	
PE	3	
AN	3	
CHARACTERS	30	他の登場人物名
SOUND-ONLY	12	声のみ登場人物名
アフレコ	10	アフター・レコーディング関係

表 1

DATE	@	S#	S/L	バ	バシヨ	バメン (SFX)	EI	MA	MI	WB	CR	PE	AN	CHARACTERS	SOUND-ONLY	アフレコ
0718	001	1	FF	MA	チヨウノコウカイキョウ	●コウ (スクリーン)								カガノシロタ		
	002	2	T	SP	モトコウノコウ	(トコナメノコウ)								モトコウノコウ		
0708	003	3	B-C	CP	シヨウノコウ									モトコウノコウ		
	004	4	T	SP	ウチノコウ	(ウチノコウ)								モトコウノコウ		
	005	5	T	SP	カガノコウ	(カガノコウ)								モトコウノコウ		
0516	006	6	L	CP	TOKYO3キョウ					+	+			JC3, キン, キョウノコウ		
	007	7	T	SP	モトコウノコウ	(TOKYO3モトコウ)								モトコウノコウ		
	008	8	T	SP	モトコウノコウ	(TOKYO3モトコウ)								モトコウノコウ		
0708	009	9	B-C	CP	TOKYO3	(TOKYO3)								モトコウノコウ		
	010	10	L	CP	モトコウノコウ	(モトコウ)								モトコウノコウ		
0516	011	11	L	CP	TOKYO3キョウ					+	+			JC3, キン, キョウノコウ		コウノコウ
	012	12	T	SP	モトコウノコウ	(TOKYO3モトコウ)								モトコウノコウ		
	013	12	T	SP	TOKYO3キョウ	(TOKYO3キョウ)								モトコウノコウ		
0708	014	12	B-C	CP	TOKYO3	(TOKYO3)								モトコウノコウ		
	015	13	EX		モトコウノコウ									モトコウノコウ		
0507	016	13	4-B	JU	モトコウノコウ	エイノコウ								モトコウノコウ		EI
0514	017	14	4-B	JU	モトコウノコウ	エイノコウ								モトコウノコウ		アン
	018	14	T	SP	モトコウノコウ	エイノコウ								モトコウノコウ		AN
0711	019	15	L	JU	モトコウノコウ	エイノコウ								モトコウノコウ		EI
0511	020	16	L	JU	モトコウノコウ	エイノコウ								モトコウノコウ		

リスト 2

DATE	日	S#	S/L	日	日名	日名 (SF)	EI	MA	MI	WB	CR	PE	AN	CHARACTERS	SOUND-ONLY	アフレコ
0507	016	13	4-B	JU	ミネルワ	イシノコジツ	+							キ		アフレコ
0509	021	17	4-B	JU	ミネルワ	イシノコジツ								キ、イノウ、スタック		
0509	024	21	4-B	JU	ミネルワ	イシノコジツ								キ、イノウ		AN
0510	080	72	4-B	JU	ミネルワ	イシノコジツ	+							(キ)		アフレコ
0510	064	58	4-B	JU	ミネルワ	イシノコジツ、ロウカ	+		+					フーカ、(キ)		
0511	020	16	L	JU	ミネルワ	カリロスタンキョウジツ	+	+						JC3、キョウサタン、オンチA、B、ネアソイン		
0512	022	18	L	JU	ミネルワ	カリロスタンキョウジツ	+	+						JC3、キ、イン、コタ、クダ、ネアソイン		
0514	017	14	4-B	JU	ミネルワ	シヨウカイキョウジツ(マトソト)	+									AN
0516	006	6	L	CP	TOKYO3キョウジツ		+	+						JC3、キ、キョウサタン、クルー		
0516	011	11	L	CP	TOKYO3キョウジツ		+	+						JC3、キ、キョウサタン、スチュワース		スチュワース
0518	031	27	4-B	JU	ミネルワ	コヘア(マトソト)	+	+								EI
0518	030	26	4-B	JU	ミネルワ	コヘア(マトソト)	+	+								

リスト3-1

タイトル名は、「コウバンヒョウ-CHARACTER」とし、コメントは特につけていない。

次は、関係表でやったように、基本表にデータを順次入力していく作業である。ただし、主要登場人物に関しては条件検索用のフラグとして、また、入力の手間を簡略化するため「+」、「#」で代用している。

とりあえず、先に作成した関係表をプリントアウトする。このリストを参照しながら、データを順次入力していくのである。

● L コマンドで印刷

関係表をプリントアウトするためには、L コマンドを使用する。

BT コマンドで、関係表(タイトル名は「BBJ CHARACTER」が登録されているページ数を確認する。

● L コマンドを入力する

ちなみに、本文で参照しているリストは、ほとんどこのLコマンドで出力したものである。

もちろん、これらの作業の前に香盤表の基本表をフロッピーディスクの空きページにセーブしておく必要がある。

● 表のデータを編集する (IR, DL コマンド)

香盤表(基本表)を再び画面に表示するためには、Gコマンド(登録データの呼び出し)を使う。

IR コマンド(行の挿入)を使用して、挿入す

るデータを入力する。

さらに、MT コマンドを使用して、データを順次入力していく。

不要なデータを行単位で削除するには、DL コマンドを使用する。

● SORT コマンドでデータの分類・整理

「S/L」の項目に関して、並べ替えの作業をするために、SORT コマンドが用意されている。

まず、1番最初に優先して並べ替えたい列(項目)の番号を指定する。

次に、どのように並べ替えるのかを指定する。最大5番目の条件まで指定できる。

並べ替えた結果は、当然プリンタで印刷することができる。また、フロッピーディスクに保存しておくことも可能である。並べ替えられたデータが複数ページにわたる場合、指定されたページを最初のページとし、順番に次のページへ並べ替えたデータを登録することができる。

● 香盤表の利用方法

作成した香盤表は様々な利用のしかたがある。例えば、SORT コマンドを使用して、DATE に関して昇順に並べ替える。できあがったものは、スケジュール表になる。

CS コマンド(条件付き検索)を併用すれば、月ごとのスケジュール表が作成できる。

また、この作業を「S/L」について行なうと、撮影場所別スケジュール表ができる。もちろん、俳優別コウバン表作成も可能である(リスト3)。

DATE	日	S#	S/L	日	日名	日名 (SF)	EI	MA	MI	WB	CR	PE	AN	CHARACTERS	SOUND-ONLY	アフレコ
0511	020	16	L	JU	ミネルワ	カリロスタンキョウジツ	+	+			+			JC3、キョウサタン、オンチA、B、ネアソイン		
0512	022	18	L	JU	ミネルワ	カリロスタンキョウジツ	+	+						JC3、キ、イン、コタ、クダ、ネアソイン		
0516	006	6	L	CP	TOKYO3キョウジツ		+	+						JC3、キ、キョウサタン、クルー		
0516	011	11	L	CP	TOKYO3キョウジツ		+	+						JC3、キ、キョウサタン、スチュワース		スチュワース
0617	193	185	L	EA	2イトリヨウ									2イトリヨウ	2イトリヨウ	
0617	189	181	L	EA	2イトリヨウ									2イトリヨウ	2イトリヨウ	
0617	083	75	L	EA	2イトリヨウ									2イトリヨウ、ネアソイン		
0617	082	74	L	EA	2イトリヨウ											
0618	113	105	L	MO	SSDOキョウ									JCA、JCB、スタック		AN
0618	096	88	L	EA	2イトリヨウ									2イトリヨウ、セイヤカ		
0618	091	83	L	MO	SSDOキョウ		+									
0618	084	76	L	MO	SSDOキョウ		+							フーカ、2イトリヨウ、セイヤカ、ガートマン		

リスト3-2

<コマンドシートの(EIJI 37)>				(28.10.83) F55											
DATE	S#	S/L	W	W'ジョ	W'メン (SF)	EI	MA	MI	WB	CR	PE	AN	CHARACTERS	SOUND-ONLY	アフレコ
018	14	T	SP	ミネルヴァ	(シヨウメイキツノク)	+	+								
195	187	T	SP	シヨウメイキツノク	(NTU)キツノク	+	+	+							アフレコ
160	152	CG	JU	ミネルヴァ	キツノク	+	+								
0507	016	13	4-B	JU	ミネルヴァ	+							キ		アフレコ
0510	080	72	4-B	JU	ミネルヴァ	+							キ		アフレコ
0510	064	58	4-B	JU	ミネルヴァ	+							キ		アフレコ
0511	020	16	L	JU	ミネルヴァ	+	+						キ		
0512	022	18	L	JU	ミネルヴァ	+	+						キ		
0514	017	14	4-B	JU	ミネルヴァ	+							キ		
0518	031	27	4-B	JU	ミネルヴァ	+	+						キ		AN
0518	030	26	4-B	JU	ミネルヴァ	+	+						キ		EI
0518	026	23	4-B	JU	ミネルヴァ	+	+						キ		

リスト 3-3

PIPSⅢが計算用集計用紙に

東宝撮影所では、実際の撮影を記録するのに、スクリプター（記録者）が PIPS Ⅲを利用した。

リスト 4 が、8月26日の撮影記録の一部である。

この表を基にして、フィルム使用量の計算をする。

まず、CS コマンドで、「OKN」の項目に関して、「NG」となっているものだけ検索する。リスト 5 が、その結果である。

次に、CAL コマンド（計算）を使用して、NG のフィルム使用量合計を計算する。

まず、計算式を指定する。第 1 行から、第 6 行までの合計を出して、第 7 行に書き込むために、「R 1 + R 6 = / R 7」と入力する。

リスト 5 の第 7 行に計算結果が書き込まれる。

この第 7 行のデータをいったん専用のメモリに保存するために、MAR コマンド（データの一時保管）を使用する。

次に、あらかじめ作成してあるフィルムの日別使用量集計表を、G コマンドで画面上に表示させる。

先ほど、メモリに保存したデータを MAW コマンド（一時保管されたデータの書き込み）を使用して、この表の中に書き込む。

リスト 6 は、ここまでの作業が終了したところである。ただし、「シャク」の項目のデータがまだ秒単位になっているので、フィート単位に変換する必要がある。

これらの作業を OK のフィルムに関して終了した表がリスト 7 である。

リスト 8 は、ACM コマンドを使って、累計計算を行なった結果である。他にも、便利なコマンドが多数ある。

<SCRIPTS>		(0. 0. 0) F31		へーシ 26		
ヒコ	NO.	S	SC	CUT	OKN --- ヒ'ヨウ	ヒ'コウ (NG/リユウ)
B. 26	1	1	74-	1-S1	OK	56 R#A. 7
	2	1	29-	1-S1	OK	13 シリホー ルト
	3	1	75-	1-S1	OK	12
	4	1	29-	2-S1	NG	13
	4	1	29-	2-S2	OK	14
	5	1	75-	2-S1	OK	28 R#A. 8
	6	1	76-	1-1	OK	22 シリホー ルト
	6	1	S75-	1-1		13
	7	1	77-	1-1	NG	17 カメラ
	7	1	77-	1-2	NG	17
	7	1	77-	1-3	OK	49
	8	1	77-	2-1	NG	34
	8	1	77-	2-2	NG	18
	8	1	77-	2-3	OK	35
	9	1	77-	3-1	OK	30 R#A. 9
	10	1	77-	3-1	NG	73
	10	1	77-	3-2	KEEP	124
	10	1	77-	3-3	OK	122 R#A. 10
	10	1	77-	3-TP		1
	11	1	77-	4-S1	OK	1 18
	11	1	77-	4-S2	OK	2 19
	11	1	77-	4-TP		1
	12	1	60-	1-1	OK	25 R#B. 12
	13	1	60-	2-S1	OK	20

comment :
f5, 5, 3, 5, 5, 4, 5, 25, /4

リスト 4

<SCRIPTS>										(28.10.83) F14	
ヒコフ	NO.	日	SC	CUT	OKN	---	ヒコフ	ヒコフ(NG/リテ)			
	4	1	29-	2-51	NG		13				
	7	1	77-	1-1	NG		17			759	
	7	1	77-	1-2	NG		17				
	8	1	77-	2-1	NG		34				
	8	1	77-	2-2	NG		18			セリフ	
	10	1	77-	3-1	NG		73			セリフ	

comment :
f5.5.3.5.5.5.4.5.25./4

リスト 5

<FILM TOTAL>										(28.10.83) F17	
NO	ヒコフ	OK	リテ	NG	リテ	tal	OK	リテ	NG	リテ	TAL
1	8.21			1	20						
2	8.22			17	309						
3	8.23			12	322						
4	8.24			24	515						
6	8.26			6	172						
7	8.27			3	84						
8	8.28			12	357						
9	8.29			10	195						
10	8.30			4	135						

comment :
f3.5.4.6.4.6.6.4.6.4.6.8./4

リスト 6

<FILM TOTAL>										(28.10.83) F16	
NO	ヒコフ	OK	リテ	NG	リテ	tal	OK	リテ	NG	リテ	TAL
1	8.21	9	333	1	30						
2	8.22	21	887	17	464						
3	8.23	13	798	12	483						
4	8.24	35	1194	24	773						
6	8.26	14	695	6	258						
7	8.27	17	983	3	126						
8	8.28	18	996	12	536						
9	8.29	25	1782	10	293						
10	8.30	15	308	4	203						

comment :
f3.5.4.6.4.6.6.4.6.4.6.8./4

リスト 7

<FILM TOTAL>										(28.10.83) F16	
NO	ヒコフ	OK	リテ	NG	リテ	tal	OK	リテ	NG	リテ	TAL
1	8.21	9	333	1	30	363	9	333	1	30	363
2	8.22	21	887	17	464	1351	30	1220	18	494	1714
3	8.23	13	798	12	483	1281	43	2018	30	977	2995
4	8.24	35	1194	24	773	1967	78	3212	54	1750	4962
6	8.26	14	695	6	258	953	92	3907	60	2008	5915
7	8.27	17	983	3	126	1109	109	4890	63	2134	7024
8	8.28	18	996	12	536	1532	127	5886	75	2670	8556
9	8.29	25	1782	10	293	2075	152	7668	85	2963	10631
10	8.30	15	308	4	203	511	167	7976	89	3166	11142

comment :
f3.5.4.6.4.6.6.4.6.4.6.8./4

リスト 8

今後の課題

巨大なビルを建設するような大プロジェクトで使用されているPERT、MAN&COSTの考え方を、映画製作のプロセスへ導入する試みは100パーセントは成功しなかった。

今回の使い方では、俳優の予定がつかなくなったり、スタジオセットの製作が遅れ、撮影予定を変更したりする場合、パソコンで自動的に香盤表の撮影予定日を書き換えることはできなかった。

本番の撮影前までは、イオのデータベースは

正常に働いていた。

東宝砧撮影所においては、スクリプターが最後までPIPS IIIを使いこなしたが、その使い方は「記録の保存」という域を出なかった。

今後、これらの問題点は、回を重ねるごとに解決を見るはずである。BASICとリンクさせ、1ヵ所の遅れが全体にどうひびいてくるかを見られるようなデータを、PIPS III上につくりあげることは、それほど困難なものではないのだから。

「さよならジュピター」特集は多くの方のご協力によって成立した。本文の執筆者として、または本文中にお名前が出てくる以外にも、いわば映画の裏方のように、それらの方々のご協力がなければこの企画は実現しなかった人達がいる。

ここに、それらの方々に感謝の意を表したい。

Special Thanks To

乙部順子/土屋 裕

川北紘一/三井孝俊

本間 宏/鹿野英男/島谷能成

梶 良二/三浦 浩

清野一道/今間俊博/元井淳一

北村義也

イオ・コーポレーション

小川模型グループ

スタジオぬえ

東宝砧撮影所

東宝宣伝部

サンケイグループ

J C G L

ソード

木星作成プログラム(PC-9801用)

```
10 LINE(356,130)-(134,130),7
20 '--- JUPITER FIGURE ---
30 CONSOLE 0,25,0,1:SCREEN 0,0
40 CLS 3
50 PAI=3.14159: G=0:R=198: C=7
60 XA=0:YA=0:ZA=0!
70 '----ケイセン----
80 P=0
90 G=0
100 FOR TH=0 TO 2*PAI STEP PAI/24
110 X=R*SIN(TH)*COS(P)
120 Y=R*COS(TH)
130 Z=R*SIN(TH)*SIN(P)
140 GOSUB *ROTATION
150 IF Z3<0 THEN G=0:GOTO 170
160 GOSUB 310
170 NEXT TH
180 PAINT(300,100),7
190 GOTO *EXEC
200 *ROTATION
210 X1=X
220 Y1=Y*COS(XA)-Z*SIN(XA)
230 Z1=Y*SIN(XA)+Z*COS(XA)
240 X2=X1*COS(YA)-Z1*SIN(YA)
250 Y2=Y1
260 Z2=X1*SIN(YA)+Z1*COS(YA)
270 X3=X2*COS(ZA)-Y2*SIN(ZA)
280 Y3=X2*SIN(ZA)+Y2*COS(ZA)
290 Z3=Z2
300 RETURN
310 '----graphics----
320 GX=320+X3: GY=100-.45*Y3
330 IF GX<0 OR GX>639 THEN G=0: GOTO 390
340 IF GY<0 OR GY>199 THEN G=0: GOTO 390
350 IF G=1 THEN 370
360 LINE (GX,GY)-(GX,GY),C
370 LINE -(GX,GY),C
380 G=1
390 RETURN
400 *EXEC
410 LINE(446,32)-(194,32),2
420 LINE(188,34)-(452,34),2
430 LINE(472,43)-(168,43),2
440 LINE(150,55)-(490,55),2
450 LINE(502,66)-(138,66),2
460 LINE(130,77)-(510,77),2
470 LINE(514,84)-(126,84),2
480 LINE(122,99)-(518,99),2
490 CIRCLE(388,140),44,2,...,3
500 LINE(352,133)-(136,133),2
510 LINE(504,133)-(424,133),2
520 LINE(478,153)-(162,153),2,..&H3333
530 LINE(478,153)-(162,153),0,..&HCCCC
540 LINE(168,157)-(472,157),2
550 LINE(464,161)-(178,161),2
560 LINE(186,165)-(456,165),2
570 'LINE(448,168)-(192,168),2
580 'LINE(344,138)-(358,133),2
590 'LINE(360,148)-(344,142),2
600 'LINE(374,151)-(382,153),2
610 'LINE(394,153)-(402,151),2
620 'LINE(430,143)-(420,146),2
630 'LINE(432,139)-(420,134),2
640 LINE(516,109)-(124,109),2
650 LINE(126,115)-(514,115),2
```


660 LINE(508,127)-(132,127),2
670 LINE(482,151)-(160,151),2,,&H3333
680 LINE(482,151)-(160,151),0,,&HCCCC
690 LINE(160,152)-(480,152),2,,&H3333
700 LINE(160,152)-(480,152),0,,&HCCCC
710 LINE(422,134)-(454,134),7
720 LINE(454,135)-(424,135),7
730 LINE(426,136)-(456,136),7
740 LINE(456,137)-(428,137),7
750 LINE(428,138)-(454,138),7
760 LINE(454,139)-(428,139),7
770 LINE(428,140)-(438,140),7
780 LINE(440,141)-(428,141),7
790 LINE(428,142)-(436,142),7
800 LINE(436,143)-(428,143),7
810 LINE(426,144)-(434,144),7
820 LINE(426,144)-(434,145),7
830 LINE(434,145)-(424,145),7
840 LINE(422,146)-(432,146),7
850 LINE(432,147)-(420,147),7
860 LINE(418,148)-(428,148),7
870 LINE(426,149)-(414,149),7
880 LINE(412,150)-(426,150),7
890 LINE(364,150)-(350,150),7
900 LINE(350,149)-(360,149),7
910 LINE(358,148)-(346,148),7
920 LINE(346,147)-(354,147),7
930 LINE(352,146)-(342,146),7
940 LINE(342,145)-(350,145),7
950 LINE(342,144)-(350,144),7
960 LINE(348,143)-(340,143),7
970 LINE(340,142)-(348,142),7
980 LINE(348,141)-(340,141),7
990 LINE(340,140)-(348,140),7
1000 LINE(340,139)-(348,139),7
1010 LINE(348,138)-(348,138),7
1020 LINE(348,138)-(340,138),7
1030 LINE(340,137)-(348,137),7
1040 LINE(350,136)-(340,136),7
1050 LINE(340,135)-(352,135),7
1060 LINE(352,134)-(342,134),7
1070 LINE(346,150)-(372,150),7
1080 LINE(382,150)-(368,150),2
1090 LINE(404,150)-(414,150),7
1100 LINE(510,125)-(130,125),2
1110 LINE(366,150)-(440,150),7
1120 LINE(366,150)-(440,150),7
1130 LINE(410,128)-(508,128),2,,&H3333
1140 LINE(410,128)-(508,128),0,,&HCCCC
1150 LINE(508,129)-(416,129),2,,&H3333
1160 LINE(508,129)-(416,129),0,,&HCCCC
1170 LINE(420,130)-(506,130),2,,&H3333
1180 LINE(420,130)-(506,130),0,,&HCCCC
1190 LINE(504,131)-(422,131),2,,&H3333
1200 LINE(504,131)-(422,131),0,,&HCCCC
1210 LINE(426,132)-(504,132),2,,&H3333
1220 LINE(426,132)-(504,132),0,,&HCCCC
1230 LINE(350,132)-(136,132),2,,&H3333
1240 LINE(350,132)-(136,132),0,,&HCCCC
1250 LINE(136,131)-(354,131),2,,&H3333
1260 LINE(136,131)-(354,131),0,,&HCCCC
1270 LINE(356,130)-(134,130),2,,&H3333
1280 LINE(356,130)-(134,130),0,,&HCCCC
1290 LINE(134,129)-(360,129),2,,&H3333
1300 LINE(134,129)-(360,129),0,,&HCCCC
1310 LINE(366,128)-(132,128),2,,&H3333
1320 LINE(366,128)-(132,128),0,,&HCCCC
1330 LINE(492,56)-(148,56),2,,&H3333
1340 LINE(492,56)-(148,56),0,,&HCCCC
1350 LINE(146,57)-(494,57),2,,&H3333
1360 LINE(146,57)-(494,57),0,,&HCCCC
1370 LINE(494,58)-(146,58),2,,&H3333
1380 LINE(494,58)-(146,58),0,,&HCCCC
1390 LINE(144,59)-(496,59),2,,&H3333
1400 LINE(144,59)-(496,59),0,,&HCCCC
1410 LINE(496,60)-(142,60),2,,&H3333
1420 LINE(496,60)-(142,60),0,,&HCCCC
1430 LINE(142,61)-(498,61),2,,&H3333
1440 LINE(142,61)-(498,61),0,,&HCCCC
1450 LINE(500,62)-(140,62),2,,&H3333
1460 LINE(500,62)-(140,62),0,,&HCCCC
1470 LINE(140,63)-(500,63),2,,&H3333

1480 LINE(140,63)-(500,63),0,,&HCCCC
1490 LINE(502,64)-(138,64),2,,&H3333
1500 LINE(502,64)-(138,64),0,,&HCCCC
1510 LINE(138,65)-(502,65),2,,&H3333
1520 LINE(138,65)-(502,65),0,,&HCCCC
1530 LINE(332,12)-(308,12),2,,&H3333
1540 LINE(288,13)-(352,13),2,,&H3333
1550 LINE(364,14)-(276,14),2,,&H3333
1560 LINE(266,15)-(374,15),2,,&H3333
1570 LINE(380,16)-(260,16),2,,&H3333
1580 LINE(254,17)-(386,17),2,,&H3333
1590 LINE(392,18)-(248,18),2,,&H3333
1600 LINE(242,19)-(398,19),2,,&H3333
1610 LINE(402,20)-(238,20),2,,&H3333
1620 LINE(232,21)-(408,21),2,,&H3333
1630 LINE(412,22)-(226,22),2,,&H3333
1640 LINE(222,23)-(416,23),2,,&H3333
1650 LINE(422,24)-(220,24),2,,&H3333
1660 LINE(216,25)-(424,25),2,,&H3333
1670 LINE(428,26)-(212,26),2,,&H3333
1680 LINE(208,27)-(430,27),2,,&H3333
1690 LINE(434,28)-(204,28),2,,&H3333
1700 LINE(202,29)-(440,29),2,,&H3333
1710 LINE(442,30)-(198,30),2,,&H3333
1720 LINE(196,31)-(444,31),2,,&H3333
1730 LINE(186,35)-(454,35),2,,&H3333
1740 LINE(456,36)-(184,36),2,,&H3333
1750 LINE(182,37)-(458,37),2,,&H3333
1760 LINE(460,38)-(180,38),2,,&H3333
1770 LINE(178,39)-(462,39),2,,&H3333
1780 LINE(464,40)-(178,40),2,,&H3333
1790 LINE(174,41)-(466,41),2,,&H3333
1800 LINE(468,42)-(172,42),2,,&H3333
1810 LINE(130,78)-(510,78),2,,&H3333
1820 LINE(510,79)-(130,79),2,,&H3333
1830 LINE(130,80)-(510,80),2,,&H3333
1840 LINE(512,81)-(128,81),2,,&H3333
1850 LINE(128,82)-(512,82),2,,&H3333
1860 LINE(512,83)-(128,83),2,,&H3333
1870 LINE(308,188)-(334,188),2,,&H3333
1880 LINE(352,187)-(288,187),2,,&H3333
1890 LINE(276,186)-(364,186),2,,&H3333
1900 LINE(374,185)-(266,185),2,,&H3333
1910 LINE(260,184)-(380,184),2,,&H3333
1920 LINE(386,183)-(254,183),2,,&H3333
1930 LINE(126,110)-(514,110),2,,&H3333
1940 LINE(514,111)-(126,111),2,,&H3333
1950 LINE(126,112)-(514,112),2,,&H3333
1960 LINE(514,113)-(126,113),2,,&H3333
1970 LINE(126,114)-(514,114),2,,&H3333
1980 LINE(468,158)-(172,158),2,,&H3333
1990 LINE(468,158)-(172,158),0,,&HCCCC
2000 LINE(174,159)-(466,159),2,,&H3333
2010 LINE(174,159)-(466,159),0,,&HCCCC
2020 LINE(464,160)-(176,160),2,,&H3333
2030 LINE(464,160)-(176,160),0,,&HCCCC
2040 LINE(190,166)-(452,166),2,,&H3333
2050 LINE(448,167)-(192,167),2,,&H3333
2060 LINE(194,168)-(446,168),2,,&H3333
2070 LINE(444,169)-(196,169),2,,&H3333
2080 LINE(198,170)-(442,170),2,,&H3333
2090 LINE(440,171)-(202,171),2,,&H3333
2100 LINE(206,172)-(436,172),2,,&H3333
2110 LINE(432,173)-(210,173),2,,&H3333
2120 LINE(212,174)-(428,174),2,,&H3333
2130 LINE(424,175)-(216,175),2,,&H3333
2140 LINE(220,176)-(420,176),2,,&H3333
2150 LINE(416,177)-(224,177),2,,&H3333
2160 LINE(228,178)-(412,178),2,,&H3333
2170 LINE(408,179)-(234,179),2,,&H3333
2180 LINE(238,180)-(402,180),2,,&H3333
2190 LINE(398,181)-(242,181),2,,&H3333
2200 LINE(248,182)-(392,182),2,,&H3333
2210 CIRCLE(388,140),38,2,...,25
2220 PAINT(388,140),2
2230 CIRCLE(388,140),31,3,...,25
2240 CIRCLE(388,140),25,3,...,25
2250 CIRCLE(388,140),9,3,...,25
2260 END

PC-9801/8801

ブラックホール クライシス シミュレーション

中野主一

「今の時点で、ブラックホールのコースも、衝突の日時もかなり正確に出ています。——まったく、みごとにピンポイントで、太陽へぶつかっていきます。それはわかったんですが、——ちょうどそのころ、ほかの惑星はどんな位置にいるだろう、という事が、ちょっと気になったんです。“X点”はたまたま、木星の北極方向の、非常に近い所をかすめる、という事に気がついたんです……」

「——ほかの惑星……たとえば土星はどうだ？」

「“X点”が突っこんでくる時は、木星以外の惑星は、その接近方向の反対側に行っているか、90度ちかくひらいていて……海王星ぐらいは、軌道に多少影響をこうむるかも知れませんが……」

（「さよならジュピター」第八章カウントダウンより、徳間文庫、サンケイ出版）

ここでは、PC-9801/8801を使用して、ブラックホールがいつ、どのような方向から太陽系に接近し、またどのような軌道を通して太陽系に近づいてくるのかを探ってみます。そして、木星接近シミュレーションプログラムを作成してみます。

Date	Jp. (v)	Me.	Ve.	Er.	Ma.	Jp.	Sa.	Ur.	Ne.	Pl.
2130	[20]	+173	-84	+80	+28	(0)	-176	+129	-153	+37
2131	[53]	-179	+108	+47	+166	(0)	+163	+100	+176	+5
2132	[85]	-174	-60	+14	-14	(0)	+142	+73	+146	-26
2133	[116]	-165	+135	-17	+125	(0)	+123	+47	+118	-56
2134	[145]	-141	-30	-46	-52	(0)	+105	+22	+91	-84
2135	[173]	-93	+167	-74	+91	(0)	+88	-1	+65	-111
2136	[200]	-46	+5	-102	-87	(0)	+71	-24	+39	-138
2137	[228]	-22	-159	-130	+61	(0)	+54	-47	+14	-165
2138	[257]	-11	+38	-159	-124	(0)	+36	-71	-13	+168
2139	[287]	-5	-127	+171	+29	(0)	+18	-96	-41	+139
2140	[318]	+6	+65	+139	-167	(0)	-2	-123	-70	+108

リスト1

条件提示

ここで、与えられたデータは次のとおりです。

- 条件① 舞台は22世紀。
- 条件② 2135, 6年前後か?
- 条件③ そのときの太陽系は、木星以外はその接近方向の反対側にいるか、90°近く開いている。海王星ぐらゐは軌道に多少影響を受けるかもしれない位置にある。
- 条件④ ミディウム・ブラックホール (M.B.H.) は、木星の北極方向の非常に近い所——せいぜい数千キロメートル——をかすめる。
- 条件⑤ M.B.H.と太陽との相対速度は2000km/sec。
- 条件⑥ 太陽系の銀河中心に対する公転速度250km/secを計算にいれると2年足らずで太陽をM.B.H.が直撃する。
- 条件⑦ M.B.H.の質量は太陽の1/30~1/50。

まず、条件①②③より、ブラックホールが太陽系に接近する日付を推定します。これは、プログラム1 (P.225以降に掲載)で行ないます。まず最初は、木星より外側を回る惑星の位置関係を調べましょう。条件①②より西暦は2135年前後ということがわかっているの、プログラム1をRUNして、

- ①探し始める惑星番号?
5 (木星)
- ②調査を開始したい年月日?
21300103 (西暦2130年1月3日)
- ③調査の期間?
10 (年)

と入力すると、リスト1のように2130年から1年ごとの、太陽を中心とした各惑星の木星からの角度が計算できます。リスト1の各惑星の位置角は、+が木星の公転方向前方、-が後方を意味し、Jp. (v) は春分点方向からの木星の位置

角です。

さて、このリスト1より、条件③にうまく一致する西暦を探します。ここで、条件⑤のブラックホールと太陽との相対速度2000km/secに注目しましょう。天体の速度は、太陽より遠い位置では小さく、太陽に近づけば大きくなります。しかし、ここではブラックホールと太陽との相対速度は2000km/secで一定であると考えます。実はこの速度は、天体としては猛烈に高速であると言えます。というのは、天体の速度は、条件⑦のブラックホールの質量(太陽の1/30~1/50)を無視すると、

$$V = 29.8 \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}} \dots\dots\dots (1)$$

で示されます。ここで、 r は天体と太陽の距離(天文単位, AU)、 a は軌道半径(AU)です。この式を、

$$\frac{1}{a} = \frac{2}{r} - \left(\frac{V}{29.8}\right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

と展開します。仮りにブラックホールの速度 $V = 2000\text{km/sec}$ が $r = \infty$ のものであるとすると、

$$\frac{1}{r} \approx -4500 \text{ (AU)}$$

また、 $r = 5 \text{ (AU)}$ としても $1/a$ はさほど変わらないものとなります。

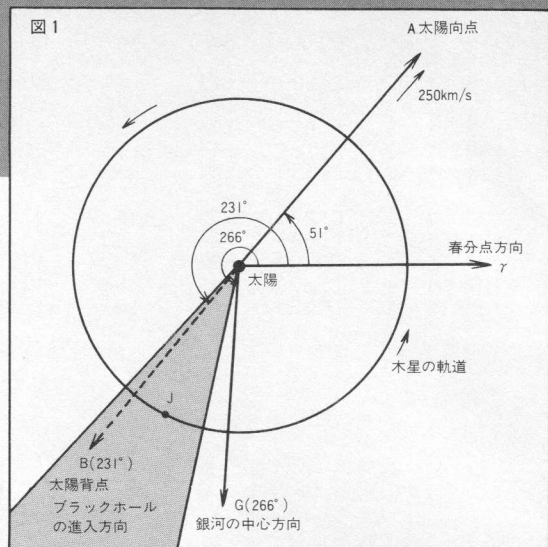
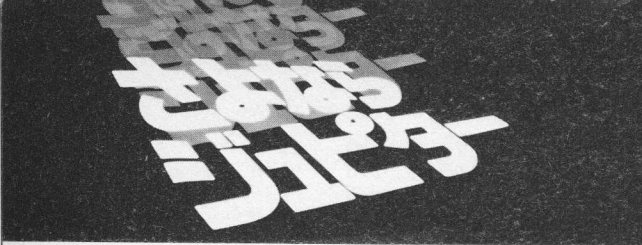
次に天体の太陽に最も近づく点の距離 q (天文単位, AU) と離心率 e と軌道半径 a は、

$$q = a(1 - e) \dots\dots\dots (3)$$

の関係にあります。ブラックホールが太陽と衝突するので、当然 q は0に近いものです。ここでは、太陽の半径の半分、つまり $q = 0.01\text{AU}$ とすると、

$$e \approx 46$$

となり、これは猛烈な双曲線軌道です。このため、このブラックホールは、ほとんど直線で太陽に近づいていて、太陽の中心付近を通り、遠ざかると考えることができます。もちろん、この考え方には異論もあるでしょうが、



さて、ブラックホールの軌道を直線に近いものと仮定すると、条件③よりブラックホールは海王星の近くを通過し、木星の極をかすめ太陽と衝突するということになります。これは、太陽と木星と海王星の角度がほとんど 0° になっている西暦を探せばよいことになります。つまり、太陽と木星は1つの直線ですから、木星と海王星が 0° に近い西暦をリスト1からさがればよいわけです。

ところで、ブラックホールが2000km/secですすむと、木星と海王間、およそ37億5000万km (25AU) をわずか22日で通過します。木星より外側にある惑星は、1年間に木星で角度にして約 30° 、最小の冥王星で約 1.4° と22日ほどではほとんど動きません。このため、ブラックホールが海王星の近くを通過してから木星、(もちろん太陽にも)到達するまでに木星より外側の惑星の位置はまったく変化しないと言えます。そこでリスト1より、この西暦は2136年から2137年ごろであることがわかります。

ブラックホールが太陽系に突入

さて、プログラム1の実行を続けて、2137年7月1日の太陽系の各惑星の位置を描いてみましょう。これには何か適当なキーを押した後、

④ 21370701

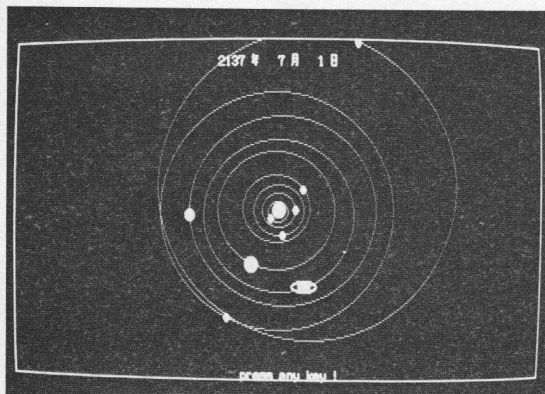


写真1

を入力します。すると写真1が得られます。これで、ブラックホールが太陽系に突入する角度は春分点方向より約 $+242^\circ \pm 15^\circ$ ほどであることがわかります。また、条件④よりブラックホールは木星の北極をかすめて太陽を直撃するのですから、太陽系の軌道面との傾斜はなく、ほとんど 0° です。つまり、ブラックホールは太陽系の惑星の軌道平面にそってやってくるものと考えてよいわけです。

ここまでの資料が整った段階で木星の軌道とブラックホールの軌道を図示してみましょう。図1がそれです。この図の γ は春分点方向、Gは銀河の中心方向(春分点方向より 266.1°)、Aは太陽が恒星間を進んでいく方向で太陽向点(同じく 51°)、Bはその反対の方向、太陽背点(231°)を意味します。ここでJは2137年7月1日の木星の位置です。図1より、ブラックホールは銀河系の中心方向の近くからやってくるのがわかります。そしてさらに、興味深いことに気づくでしょう。

つまり、太陽背点の方向とブラックホールの突入方向とがほとんど一致しているのです。もし映画の製作関係者が、太陽向点という言葉を知っていて話を面白くしたのなら、太陽の運動方向とちょうど逆の方向からブラックホールが突入してくることを想定したのかもしれませんが。ただしこれは、あくまでも推測ですが。太陽向(背)点は太陽系の惑星の軌道面上にはありませんが、ここではこの傾きは無視します。

さて、それではブラックホールがちょうど太陽のまうしろから木星に近づくのはいつかを調べてみましょう。再びプログラム1を実行して、

① 1 (水星)

② 21370101

③ 1

を入力すると、リスト2(出力の一部)が得られます。これより、太陽向点の方向から突入して、木星に近づくのは2137年1月30日から2137年2月11日ごろだと考えられます。

Date	Jp.(v)	Me.	Ve.	Er.	Ma.	Jp.	Sa.	Ur.	Ne.	Pl.
年 月 日	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
2137 1 1	[228]	-22	-159	-130	+61	(0)	+54	-47	+14	-165
2137 1 6	[229]	-7	-152	-125	+64	(0)	+54	-47	+13	-165
2137 1 11	[229]	+8	-144	-121	+66	(0)	+54	-48	+13	-166
2137 1 16	[229]	+21	-136	-116	+69	(0)	+53	-48	+13	-166
2137 1 21	[230]	+35	-129	-111	+72	(0)	+53	-48	+12	-166
2137 1 26	[230]	+48	-121	-107	+74	(0)	+53	-49	+12	-167
2137 1 31	[231]	+63	-113	-102	+77	(0)	+53	-49	+11	-167
2137 2 5	[231]	+78	-105	-97	+80	(0)	+52	-49	+11	-167
2137 2 10	[231]	+95	-98	-93	+82	(0)	+52	-50	+11	-168
2137 2 15	[232]	+115	-90	-88	+85	(0)	+52	-50	+10	-168
2137 2 20	[232]	+138	-82	-83	+88	(0)	+52	-50	+10	-169
2137 2 25	[232]	+165	-74	-79	+91	(0)	+51	-51	+10	-169
2137 3 2	[233]	-164	-67	-74	+94	(0)	+51	-51	+9	-169
2137 3 7	[233]	-133	-59	-69	+96	(0)	+51	-51	+9	-170
2137 3 12	[234]	-104	-51	-65	+99	(0)	+51	-52	+9	-170

リスト2

ここで日本の祝日でもある2月11日を木星接近の日としましょう。この日の太陽系の惑星の位置を調べたのが写真2です。条件③と惑星の位置とが一致しているでしょうか。リスト2の2月10日の位置を調べてみると各惑星は木星より、

水星 +95° 土星 +52°
 金星 -98° 天王星 -50°
 地球 -93° 海王星 +11°
 火星 +82° 冥王星 -168°

の角度となり、なんとか条件③にうまく合っています。では、ブラックホールの2年間の接近状況を考えてみましょう。2137年2月11日より2年前には、ブラックホールは太陽系からどのぐらい離れていたのでしょうか。ここで、条件⑤の相対速度と、条件⑥の太陽の銀河中心に対する公転速度の関係がよくわかりませんが、ここでは、その差をとって、ブラックホールが太陽背点の方向から毎秒1750 kmで太陽に直線的に近づいてくると考えましょう。すると、

$$1750(\text{km}) \times 703.5(\text{日}) \times 24(\text{時間}) \times 3600(\text{秒}) = 736\text{AU}$$

となり、2年前にはブラックホールは、太陽から太陽と地球間の距離のおよそ740倍の離れた位置にいたことになります。

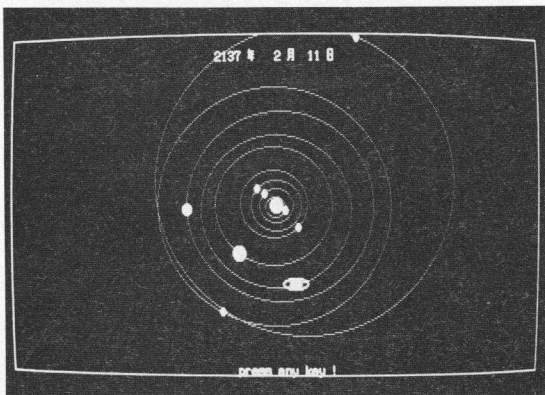


写真2

木星接近シミュレーション

さて、プログラム2 (P.225以降に掲載)では太陽系とブラックホールの接近をシミュレーションします。このプログラムでは、スクリーンを1, 2と切り換え、太陽系の惑星の動きとブラックホールの接近状況を連続的に見られるようにしました。このため、このままではPC-8801では実行できませんので、PC-8801でこのプログラムを実行する場合にはスクリーンモードの切り換えが必要です。また、PC-9801Fでは2枚の高解像画面(640×400ドット)を使用し、もっと美しいディスプレイにすることができます。プログラム2では、接近状況を5日ごとに映します。5日間でブラックホールは5 AU動きます。このことは、ブラックホールは5日間でちょうど太陽と木星間の距離を動くことを意味します。つまり、1日間のブラックホールの動きは、1 AU (1億5000万 km)で、これは太陽と地球間の距離に偶然に一致しているわけです。

プログラム2では、木星と遭遇する150日前からの動きを探ります。このときブラックホールは、太陽系から151AUの位置にあります。これは、行番号11040のDAY #を変換することで行なえます。プログラム2に必要なサブルーチンとデータは、プログラム1の行番号1000以下のものと全く同じです。

では、プログラム2を実行してみましょう。実行の際、次の入力を行ないます。

- ① Xデー?
- ② 突入角度?
- ③ 運動速度?

これで、ブラックホールと太陽系の接近状況が連続して描かれます。なお、このプログラムは、太陽背点からくる

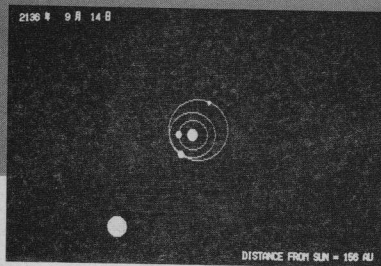


写真 3

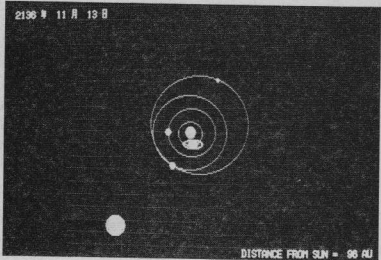


写真 4

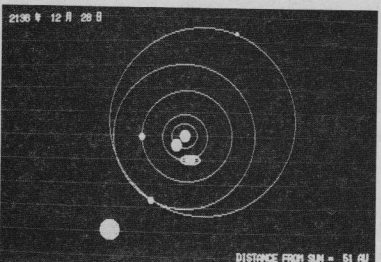


写真 5

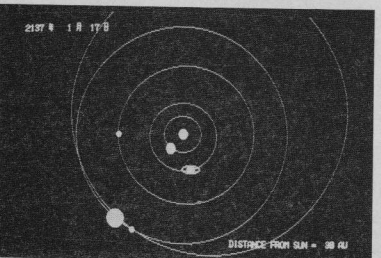


写真 6

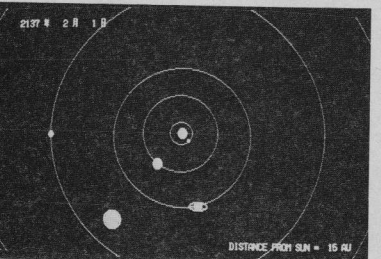


写真 7

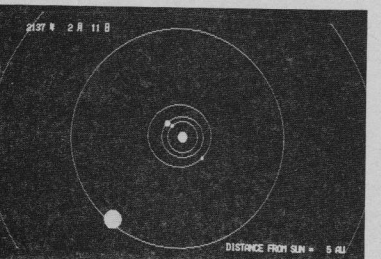


写真 8

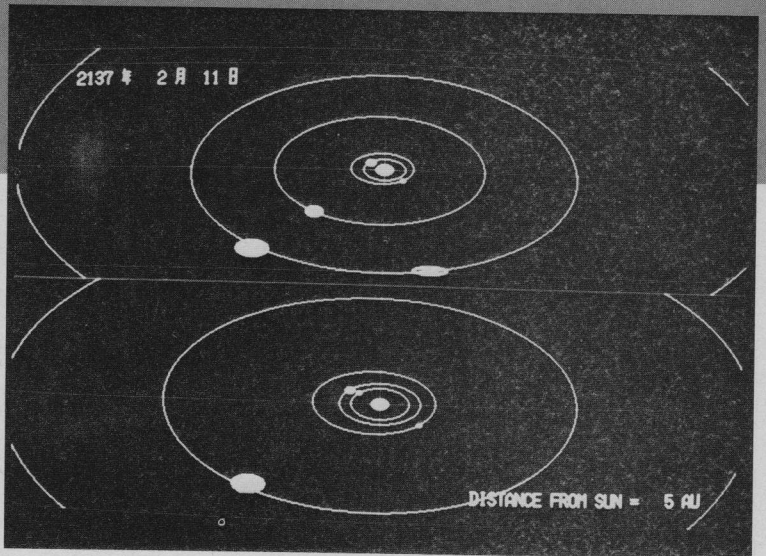


写真 9

ブラックホール以外に、プログラム1で適当に選んだブラックホールと木星（あるいは他の惑星）の位置関係、そしてブラックホールの速度を仮定して、任意のブラックホールの接近状況を映すことができます。

実行例を写真3～9までに示します。これらの実行写真の1つのマス目はちょうど10AUで、計算間隔(5日)でブラックホールが動く2倍の距離です。写真3は2136年9月14日の太陽系とブラックホールの位置で、ブラックホールは太陽から156AUの位置にあります。写真4は、11月13日の位置で、ブラックホールは太陽から96AUの位置にあります。この写真では、土星の軌道まで描かれています。つづいて、写真5は12月28日、ブラックホールが太陽から51AUまで近づいた状況で、目標となる木星との位置関係に注目してください。写真6は2137年1月17日、ブラックホールは太陽からの距離30AU、海王星近くを通過しています。写真7は2月1日のブラックホールで太陽まで15AUに近づきました。目標となる木星まであと10AU、10日間の距離です。写真8は2月11日、木星衝突の日で太陽に最も近い軌道を回る惑星は金星です。プログラムの実行は、最後に写真9を映して終了します。この写真9はスクリーンモードを3に変えて、画面の上に木星衝突、下に衝突5日前の状況を表示したものです。

さて、ここで推測したブラックホールと木星衝突の日は、もちろん「さよならジュピター」の想定日とは異なっているものと思います。しかし、プログラム1とプログラム2は、任意の想定日に対して使用することができます。みなさんも、自分でブラックホールと木星の衝突日を考えて、このプログラムでブラックホールの経路の追跡と、そのときの太陽系を映して楽しんでください。

なお、PC-8801のROMシステムを使用の場合には、MICRO 0号のハレー彗星大接近プログラム中のATN関数を前もって実行してください。

(なかの しゅいち：天文計算研究家)

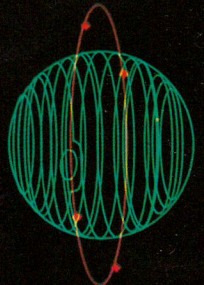
コンピュータ・グラフィックス

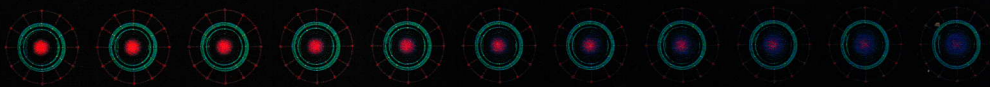
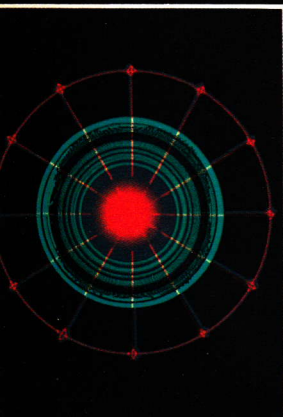
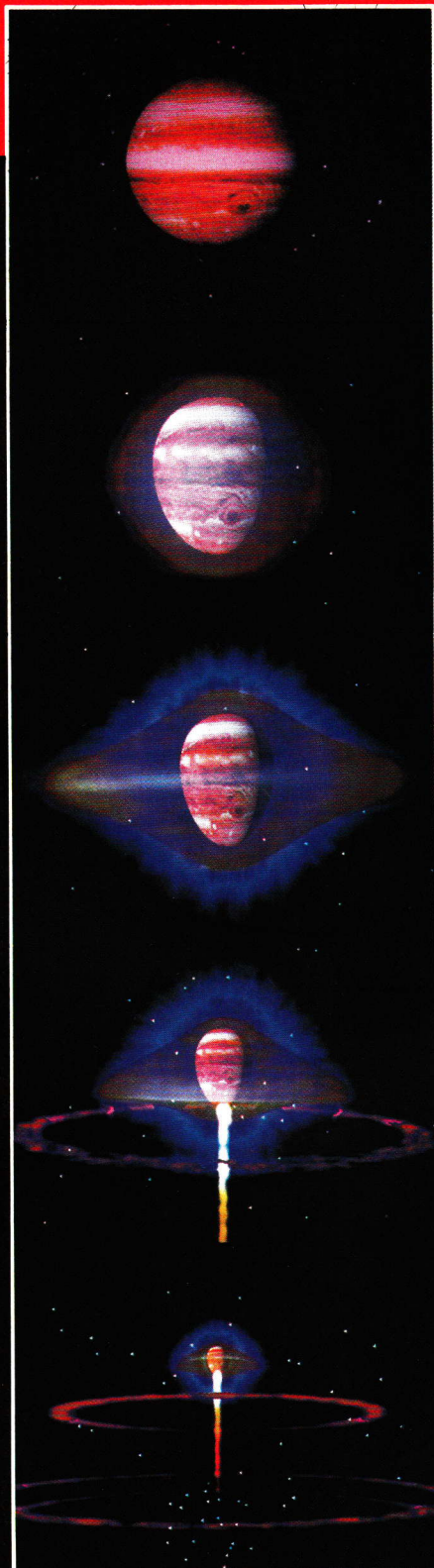
日米共演

「さよならジュピター」の中で登場するコンピュータ・グラフィックスは、“小道具”としてのグラフィックス（PC-9801で作成）と本格的なものに大別される。

前者は日本、アメリカの共作というかたちになった。日本ではJCGL（Japan Computer Graphic Laboratory）が製作、アメリカ側はDigital Video Systems Inc.がこれにあたった。

David M. Geshwind氏は、Digital Video Systems Inc.（1975年設立）の創立者、社長であると同時に、FIT（Fashion Institute of Technology：ニューヨークでは著名なファッション、デザイン分野の学校）におけるコンピュータ・グラフィックスの講座の開拓者であり、ディレクターでもある。彼は、このキャリアを誇りに思っているということで、インタビューはFITで行なわれることになった。ちなみに、Davidの担当している“Computer Graphics Literacy”は、'82～'83年にかけて400名の学生を集めた人気講座である。





Digital
Video
Systems
Inc.

USA

小松——Geshwind を結ぶ Hot line

「さよならジュピター」のC・G (DVS 担当分) ができあがるまでの手順を、簡単に追ってみよう。

まず、小松左京氏からストーリーボードが届けられる。それに基づいてさらに詳しいシナリオをつくるのが、David の最初の仕事だった。

シナリオはさらに、絵をともなったシーケンスにおとされる。この段階で使われるツールは、紙とエンピツである。この段階を「ペンシルテスト」と称している。

次の段階で、パソコン上でのシミュレーションを行なう。少しずつパラメータを変えながら図形を変化させ、調整する。これには IBM-PC を用いた。

ところで、これらの作業をする際、David はこれといったソフトを使っていない。そのつど必要なものだけをつくり、ソフトウェアをツール化しないのが彼の方針だからだ。

以上の作業を終了し、David が小松氏に送ったプロポーザルは次の2点より成っていた。

「キーフレーム」。これは、最終的にC・Gがどのような画像を持つかを示すもの。静止画によ



るプレゼンテーションである。

「モーションスタディズ」。これはワイヤーフレームによって動きをプレゼンテーションするものである。

以上のものに見積りを添えたものが小松氏に送られた。

小松氏のゴーサインによって、DICOMEDD48C (このハードは Digital Effect 社のものを使用) 上で、すべてのフレームモーションをつくりあげたのである。

クリエイティブな頭脳とコンピュータ・マインド

David は生体工学で学士を、バイオマセマティックス (数理生物学) で修士を得ている。これらのキャリアから、彼の作品の中によく登場する人体内のイメージが説得力を持ってくるのもうなずける。また、彼は大学時代にC・Gは もちろん、電子音楽、写真なども勉強しており、芸術と科学の両面に精通している。

PBS 系の TV 番組「NOVA」のオープニング・ロゴのアニメーションは、彼の代表作だ。コマール・フィルム制作本数も多く、アメリカ CF 業界の 2 大協会、NCGA、ACM の重要人物でもある。

最後に、David から聞いた小松氏のC・Gに関するコメントを紹介しよう。このコメントによって、小松氏が David に白羽の矢を立てた理由がわかるはずである。

—C・Gの映像そのものは、決して暖かみのあるものではない。その映像は私たちに驚きを与えるものの、それは技術的な面に対するものがほとんどで、芸術的なセンスを持った人間がこの世界に入ってこないかぎり、感動というレベルには達しないであろう。

IEEE CG&Aより



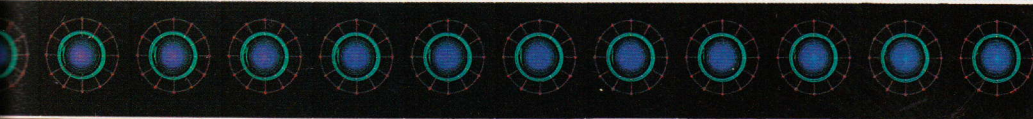
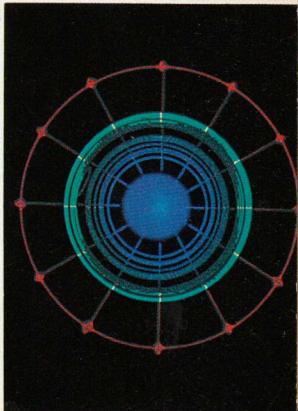
David M. Geshwind

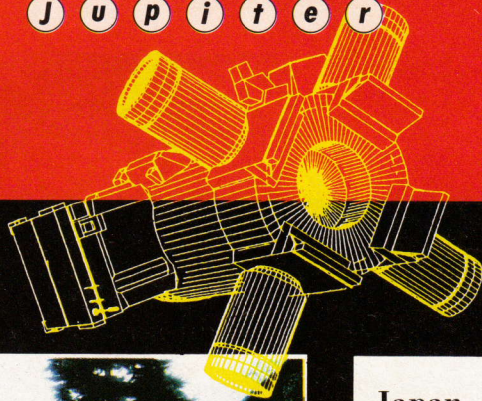
ABOUT THE COVER

The Nova opening—a case study in computer animation

David M. Geshwind,

The production of the new opening for Public Television's science series, Nova, required the coordination of diverse computer animation techniques. These covered the range from highly interactive "artist intensive" tasks—such as "painting" with an electronic palette—to tasks requiring complex mathematical modeling and large amounts of CPU time. The concept for the opening was first presented as a storyboard by Paul Souza, a graphic designer at PBS affiliate WGBH in Boston. Starting and with treatments of the Nova series, animation would be a continuous transition from a viewer from the technical drawing element in each element in coordinating two continuous animation systems. To do this, I

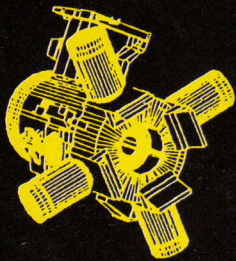




イオ→MRI→JCGLの順でわたった
「ミネルヴァ基地」のワイヤーフレーム図



JCGL社屋



フィルムレコーダ



Japan
Computer
Graphics
Lab.

Japan

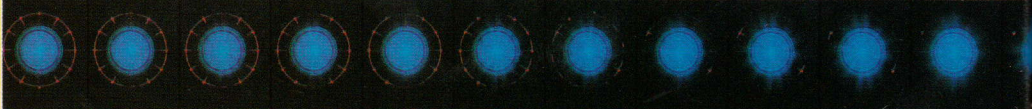
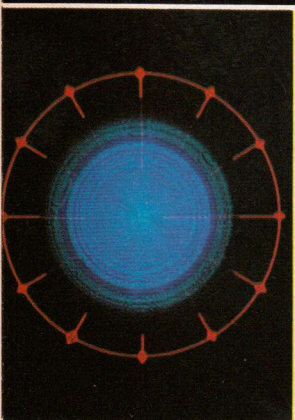
国鉄渋谷駅から歩いて10分程で、南平台という高級住宅街に着く。ここにアメリカ西海岸風のしゃれたコテージが建った。約2年前のことである。好奇心に満ちた付近の住民たちの見たものは、連日、建物のまわりを埋めつくす車の群れであった。

この高級住宅地の中の風変わりな建物が、数々のC・Gを世の中に送り出しているJCGL（ジャパン・コンピュータ・グラフィックス・ラボ）の社屋である。

「さよならジュピター」の中で、JCGLは、3カ所のコンピュータ・グラフィックスを担当した。

JCGLの最初の作業は、MRI（三菱総合研究所）で作成された図面を基に、VAX11/780×2台、PDP11/44×4台による最新のワークステーション・システムを使って、様々な角度から見た3次元データの作成であった。MRIからの図面は、CRAY1を駆使して、2次元データをXYプロッタで出力させたものであった。そのほとんどが、ワイヤー・フレーム技法によって描かれている。

一番元のデータは、言うまでもなくイオ・コ



ブラックホール・クライシス・シミュレーション プログラム

リスト1

```

10 GOTO 20000
2000 *MJD
2010 SP1=SGN(YDATE#): YDATE#=ABS(YDATE#)
2020 YY=INT(YDATE#/10000#): MD#=YDATE#-10000#*YY: MM=INT(MD#/100#):
      DD=MD#-100#*MM
2030 HH=INT(DTIME#/100#): MS=DTIME#-100#*HH
2040 IF SP1<0 THEN YY=YY*SP1: GOTO 2060
2050 IF YY<100# THEN YY=YY+1900#
2060 GOSUB *JLN
2070 MJD#=MJD#+HH/24#+MS/1440#-.375#
2080 RETURN
2090 '
2200 *JLN
2210 SP1=YY+(MM-1#)/12#+DD/365.25#
2220 IF MM<=2 THEN MM=MM+12: YY=YY-1
2230 IF SP1>1582.78 THEN 2270
2240 IF YY<0 THEN SP2=SGN(YY): YY=ABS(YY): GOTO 2260
2250 MJD#=INT(365.25#*YY)+INT(30.59#*(MM-2#))-678914#: GOTO 2280
2260 MJD#=SP2*INT(365.25#*YY)+INT(30.59#*(MM-2#))-678915#: YY=SP2*YY: GOTO 2280
2270 MJD#=INT(365.25#*YY)+INT(YY/400#)-INT(YY/100#)+INT(30.59#*(MM-2#))-678912#
2280 MJD#=MJD#+DD
2290 IF MM>12# THEN MM=MM-12#: YY=YY+1#
2300 RETURN
2310 '
2400 *JDT
2410 SMJD#=MJD#
2420 YY=INT(.0027379093#*MJD#+1858.877#)
2430 MM=1: DD=0: GOSUB *JLN
2440 SP1=SMJD#-MJD#
2450 IF YY MOD 400=0 THEN 2480
2460 IF YY MOD 100=0 THEN 2490
2470 IF YY MOD 4<>0 THEN 2490
2480 YMONTH(2)=29
2490 SP2=0
2500 FOR M%=1 TO 12
2510 IF INT(SP1)-SP2-YMONTH(M%)<=0 THEN 2540
2520 SP2=SP2+YMONTH(M%)
2530 NEXT M%
2540 MM=M%
2550 DD=SP1-SP2
2560 YMONTH(2)=28: MJD#=SMJD#
2570 IF MM=13 THEN YY=YY+1: MM=MM-12
2580 IF DD<1 THEN YY=YY-1: MM=12: DD=DD+31
2590 RETURN
2600 '
5000 *ROE: ' ----- read planetary orbital elements
5010 FOR P%=1 TO PL%
5020 IF P%>4 THEN 5050 ELSE 5030
5030 IF P%=1 THEN RESTORE *MER ELSE IF P%=2 THEN RESTORE *VEN ELSE IF P%=3 THEN
      RESTORE *EAR ELSE RESTORE *MAR
5040 GOTO 5060
5050 IF P%=5 THEN RESTORE *JUP ELSE IF P%=6 THEN RESTORE *SAT ELSE IF P%=7 THEN
      RESTORE *URA ELSE IF P%=8 THEN RESTORE *NEP ELSE RESTORE *PLU
5060 FOR E%=1 TO 5: FOR N%=1 TO 3: READ PLELM#(E%,N%,P%): NEXT N%: NEXT E%
5070 READ PLELM#(0,1,P%)
5080 NEXT P%
5090 RETURN
5095 '
5100 *MER: ' ----- mercury
5110 DATA .20562441,+.00002042,-.00000003
5120 DATA -.729180963,+2608.7317970,+.00000008242
5130 DATA .505094601,+.00498049095,+.00000133324
5140 DATA .833197496,-.00219198810,-.00000157564
5150 DATA .122238982,-.00010510761,+.00000001454
5160 DATA .3870986011
5199
5200 *VEN: ' ----- venus

```



```

5210 DATA .00679676, -.00004773, +.00000009
5220 DATA -.848503209,+1021.3065970,+.00002259232
5230 DATA .953579254,+0.00499862298,-.00002077911
5240 DATA 1.330454065,-.00485584535,-.00000178896
5250 DATA .059237299,-.00001798659,-.00000056723
5260 DATA .7233316286
5299 /
5300 *EAR: / ----- earth
5310 DATA .01673012, -.00004192, -.00000013
5320 DATA -.036149841,+628.28859200,-.00000286525
5330 DATA -1.262568078,+0.00978640000,+.00000255497
5340 DATA 3.044140013,-.00421225519,+.00000020847
5350 DATA 0.0, +.00022713521,-.00000026180
5360 DATA 1.00000023
5399 /
5400 *MAR: / ----- mars
5410 DATA .09335426, +.00009056, -.00000007
5420 DATA -3.326348457,+334.0465218, +.00000308342
5430 DATA 4.991059739,+0.1288077229,+.00000798973
5440 DATA .858200646,-.00514922660,-.00001107314
5450 DATA .032288058,-.00014539562,-.00000039755
5460 DATA 1.523688174
5499 /
5500 *JUP: / ----- jupiter
5510 DATA .04827062, +.000047756, +.000022676
5520 DATA 5.286771650,+52.968447840,+.00009996858
5530 DATA -1.509457360,-.00017239975,+.00001885925
5540 DATA 1.741507757,+0.00003204618,+0.00000940539
5550 DATA .022830700,+0.00000078055,+.00000036991
5560 DATA 5.202833481
5599 /
5600 *SAT: / ----- saturn
5610 DATA .05604508, -.000025595, -.000016172
5620 DATA 1.165262433,+21.328205912,-.00054580324
5630 DATA -.383211520,+0.00042707237,+.00026548394
5640 DATA 1.980742073,+0.00003005845,-.00005657776
5650 DATA .043422822,+0.00000869756,+.00000356823
5660 DATA 9.538762055
5699 /
5700 *URA: / ----- uranus
5710 DATA .04613734, -.000048118, +.000015396
5720 DATA -1.273611261,+7.4796375980,+.00082743151
5730 DATA 1.716582467,-.00237485982,-.00081424458
5740 DATA 1.286418730,+0.00064295590,+.000000397547
5750 DATA .013501673,-.00001729330,-.00000087412
5760 DATA 19.19139128
5799 /
5800 *NEP: / ----- neptune
5810 DATA .00971449, +.001095407, +.000362034
5820 DATA 2.724754505,+3.9944652940,+.0483557044
5830 DATA -1.621947370,-.18123685121,-.0483520970
5840 DATA 2.290559396,+0.00004467073,-.00001844231
5850 DATA .030965050,-.00000300100,+.00000036216
5860 DATA 30.06106906
5899 /
5900 *PLU: / ----- pluto
5910 DATA .24824802, +.000497082, +.000563208
5920 DATA -.999328454,+2.5534876720,+.00686515565
5930 DATA 1.977072713,-.01828324506,-.00676126008
5940 DATA 1.913508742,+0.0001027805,+.000056820159
5950 DATA .299292260,+0.00015198909,+.00005269925
5960 DATA 39.52940243
5999 /
8500 / sub KPL ----- kepler motion
8510 *KPL
8520 KSP1=0
8530 KSP2=EC*SIN(KSP1+M0)
8540 IF ABS(KSP2-KSP1)>.001 THEN KSP1=KSP2: GOTO 8530 ELSE KSP2=KSP2+M0
8550 SS=SIN(KSP2): CC=COS(KSP2): FF=CC-EC
8560 RETURN
8570 /
10000 /
10010 /
10020 / | タイヨウケイヲウツソウ for PC-9801/8801 |
10030 COLOR 7: CLS: LOCATE 5,8
10040 INPUT "キトウヲイカキタイ年月日(YYMMDDテ)";YDATE#: DTIME#=900#
10050 GOSUB *MJD: MJD1#=MJD#
10060 CLS 3
10070 T1#=MJD1#-33281.92334#

```



```

10080 T1#=T1#*(.00002737909288#+1.26013285D-17*T1#)
10090 T2#=T1#*T1#
10100 LINE(0,0)-(639,199),1,B
10110 CIRCLE(320,100),7,6: PAINT(320,100),6
10120 FOR P%=1 TO 9
10130 FOR E%=1 TO 4
10140 ELM#(E%)=PLELM#(E%,1,P%)+PLELM#(E%,2,P%)*T1#+PLELM#(E%,3,P%)*T2#
10150 NEXT E%
10160 EC=ELM#(1): MO=FN MLC#(ELM#(2)): GOSUB *KPL
10170 AXIS=PLELM#(0,1,P%): BAXIS=AXIS*SQR(1-EC*EC)
10180 QX=BAXIS*SS: PX=AXIS*FF
10190 V=FN DATN2(QX,PX)
10200 RL(P%)=SQR(QX*QX+PX*PX): RD=RD(P%)*RL(P%)/AXIS
10210 PM=ELM#(3)+ELM#(4)
10220 VV(P%)=V+PM
10230 DX=ELM#(1)*RD(P%): R1=RD(P%)*PWX
10240 XC=320-DX*COS(PM)*PWX
10250 YC=100+DX*SIN(PM)
10260 CIRCLE(XC,YC),R1,1
10270 X=320+RD*COS(VV(P%))*PWX
10280 Y=100-RD*SIN(VV(P%))
10290 IF Y<3 THEN Y=3
10300 IF Y>196 THEN Y=196
10310 X(P%)=X: Y(P%)=Y
10320 CIRCLE(X,Y),R%(P%),CL%(P%): PAINT(X,Y),CL%(P%)
10330 IF P%<>6 THEN 10350
10340 CIRCLE(X(P%),Y(P%)),2.5*R%(P%),CL%(P%),,,.2
10350 NEXT P%
10360 COLOR 6: LOCATE 30,1: PRINT USING "##### 年 ## 月 ## 日";YY;MM;INT(DD)
10370 FOR P%=1 TO 9
10380 CIRCLE(X(P%),Y(P%)),R%(P%),CL%(P%): PAINT(X(P%),Y(P%)),CL%(P%)
10390 IF P%<>6 THEN 10410
10400 CIRCLE(X(P%),Y(P%)),2.5*R%(P%),CL%(P%),,,.2
10410 NEXT P%
10420 COLOR 2: LOCATE 34,24: PRINT "press any key !";
10430 Y$=INKEY$: IF Y$="" THEN 10430 ELSE 10030
10440 /
20000 /
20010 /
20020 /
20030 SCREEN 0,0: CONSOLE 0,25,0,1: WIDTH 80,25
20040 DIM ELM#(5),PLELM#(5,3,9),YMONTH(12)
20050 DIM X(9),Y(9),R%(9),RD(9),CL%(9),RL(9)
20060 DIM A(9),B(9)
20070 DEF FN MLC#(X#)=2#*PI#*(X#/(2#*PI#)-INT(X#/(2#*PI#)))
20080 DEF FN DATN2(S,C)=ATN(S/C)-PI*(C<0)-2*PI*(C>0 AND S<0)
20090 DEF FN FRC(X)=X-INT(X)
20100 PI#=3.141592653589795#: PI=PI#
20110 RAD#=180#/PI#: RAD=RAD#
20120 PWY=.5: PWX=1/PWY
20130 YMONTH(1)=31: YMONTH(2)=28: YMONTH(3)=31: YMONTH(4)=30: YMONTH(5)=31:
YMONTH(6)=30: YMONTH(7)=31: YMONTH(8)=31: YMONTH(9)=30: YMONTH(10)=31:
YMONTH(11)=30: YMONTH(12)=31
20140 RD(1)=6: RD(2)=10: RD(3)=15: RD(4)=20: RD(5)=35: RD(6)=45: RD(7)=56:
RD(8)=70: RD(9)=90
20150 CL%(1)=4: CL%(2)=6: CL%(3)=5: CL%(4)=3: CL%(5)=7: CL%(6)=4: CL%(7)=5:
CL%(8)=6: CL%(9)=2
20160 R%(1)=3: R%(2)=3: R%(3)=3: R%(4)=3: R%(5)=7: R%(6)=6: R%(7)=5: R%(8)=3:
R%(9)=3
20170 PL%=9: GOSUB *ROE: CLS
20180 /
21000 COLOR 6: LOCATE 5,10: INPUT "サカシハシ"メルワクセイ No.(1 or 5) ";PS%
21010 IF PS%=1 THEN INV#=5# ELSE INV#=365#
21020 COLOR 4: LOCATE 5,12: INPUT "チョウサヲカイシヨタイ年月日(YYMMDDヲ)"
;YDATE#: DTIME#=900#
21030 COLOR 7: LOCATE 5,14: INPUT "チョウサノキカン(年)ハ";KI#
21040 KI#=365.25#*KI#
21050 GYO=0: GOSUB *MJD
21060 MJDEND#=MJD#+KI#
21070 GOSUB *LBL
21080 /
22000 T1#=MJD#-33281.92334#
22010 T1#=T1#*(.00002737909288#+1.26013285D-17*T1#)
22020 T2#=T1#*T1#
22030 FOR P%=1 TO 9
22040 FOR E%=1 TO 4
22050 ELM#(E%)=PLELM#(E%,1,P%)+PLELM#(E%,2,P%)*T1#+PLELM#(E%,3,P%)*T2#
22060 NEXT E%
22070 EC=ELM#(1): MO=FN MLC#(ELM#(2)): GOSUB *KPL

```

ワクセイノイチカンガイ for PC-9801/8801


```

22080 AXIS=PLELM#(0,1,P%): BAXIS=AXIS*SQR(1-EC*EC)
22090 QX=BAXIS*SS: PX=AXIS*FF
22100 V=FN DATN2(QX,PX)
22110 VV(P%)=360*FN FRC((V+ELM#(3)+ELM#(4))/(2*PI#))
22120 NEXT P%
22130 FOR P%=1 TO 9
22140 B(P%)=VV(P%)-VV(5): A(P%)=ABS(B(P%))
22150 IF A(P%)<180 THEN 22170
22160 IF B(P%)<0 THEN B(P%)=B(P%)+360: A(P%)=ABS(B(P%)) ELSE B(P%)=B(P%)-360:
A(P%)=ABS(B(P%))
22170 NEXT P%
22180 GOSUB 2410
22190 PRINT USING "#### ## ## [####] +### +### +### +### (#) +###";
YY;MM;DD;VV(5);B(1);B(2);B(3);B(4);B(5);B(6);
22200 PRINT USING " +### +### +###";B(7);B(8);B(9)
22210 GYO=GYO+1
22220 IF GYO/50=INT(GYO/50) THEN GOSUB 24020: GOTO 22240
22230 IF GYO/5=INT(GYO/5) THEN PRINT
22240 MJD#=MJD#+INV#: IF MJD#<MJDEND# THEN 22080
22250 '
23000 PRINT: PRINT: COLOR 6
23010 PRINT " * ト" ウ ス" ラ イ カ" * マ ス カ(y/n) ?"
23020 Y$=INKEY$: IF Y$="" THEN 23020
23030 IF Y$="y" THEN CLS: GOTO 10030
23040 END
23050 '
24000 ' sub LBL ----- print label
24010 *LBL
24020 IF GYO=0 THEN PRINT: PRINT: GOTO 24060
24030 PRINT " press any key !"
24040 Y$=INKEY$: IF Y$="" THEN 24040
24050 PRINT CHR$(12): PRINT
24060 PRINT "Date Jp.(v) Me. Ve. Er. Ma. Jp. Sa. Ur.:"
: PRINT " Ne. Pl.:"
24070 PRINT " * 年 月 日 . . . . . ."
: PRINT " . . . . ."
24080 RETURN

```

リスト2II

```

10000 '
10010 '
10020 '
10030 SCREEN 0,0: CONSOLE 0,25,0,1: WIDTH 80,25
10040 DIM ELM#(5),PLELM#(5,3,9),YMONTH(12)
10050 DIM X(9),Y(9),R%(9),RD(9),CL%(9),RL(9)
10060 DIM PR(9)
10070 DEF FN MLC#(X#)=2**PI#*(X#/(2**PI#)-INT(X#/(2**PI#)))
10080 DEF FN DATN2(S,C)=ATN(S/C)-PI*(C<0)-2*PI*(C>0 AND S<0)
10090 DEF FN FRC(X)=X-INT(X)
10100 PI#=3.141592653589795#: PI=PI#
10110 RAD#=180#/PI#: RAD=RAD#
10120 PWY=-.5: PWX=1/PWY
10130 YMONTH(1)=31: YMONTH(2)=28: YMONTH(3)=31: YMONTH(4)=30: YMONTH(5)=31:
YMONTH(6)=30: YMONTH(7)=31: YMONTH(8)=31: YMONTH(9)=30: YMONTH(10)=31:
YMONTH(11)=30: YMONTH(12)=31
10140 CL%(1)=7: CL%(2)=6: CL%(3)=5: CL%(4)=3: CL%(5)=5: CL%(6)=7: CL%(7)=6:
CL%(8)=7: CL%(9)=2
10150 R%(1)=2: R%(2)=2: R%(3)=4: R%(4)=2: R%(5)=7: R%(6)=6: R%(7)=4: R%(8)=4:
R%(9)=2
10160 PL%=9: GOSUB *ROE: CLS
10170 FOR P%=1 TO PL%: PR(P%)=PLELM#(0,1,P%): NEXT P%
10180 '
11000 COLOR 7: CLS
11010 LOCATE 5, 8: INPUT "X テ" - (YYYYMMDD テ)" *;YDATE#: DTIME#=900#
11020 LOCATE 5,10: INPUT "ト ツ ニ ュ ク ・ カ ク ト" *;THETA:
THETA=THETA/RAD
11030 LOCATE 5,12: INPUT "ウ ン ト ウ ・ ソ ク ト" (Km/s) *;VEL
11040 DAY#=150#
11050 GOSUB *MJD: X.MJD#=MJD#: MJD1#=MJD#-DAY#
11060 COS.THETA=COS(THETA): SIN.THETA=SIN(THETA)
11070 '
12000 SCREEN 0,0,1,2: CLS 2

```



```

12010 SCREEN 0,0,0,1: CLS 3
12020 DSP%=2: INV#=5#
12030 '
15000 *NEXT,DATE
15010 IF DSP%=1 THEN DSP%=2: ACT%=0 ELSE DSP%=1: ACT%=1
15020 SCREEN 0,0,ACT%,DSP%
15030 CLS 2
15040 T1#=.000576#*(X.MJD#-MJD1#)
15050 R=VEL*T1#+5.2#
15060 DOT=90/R
15070 FOR P%=1 TO 9: RD(P%)=DOT*PR(P%): NEXT P%
15080 Y1%=100-100*DOT: Y2%=100+100*DOT
15090 IF Y1%<0 THEN Y1%=0
15100 IF Y2%>199 THEN Y2%=199
15110 FOR I%=-100 TO 100 STEP 10
15120 DX%=DOT*I%*PWX: IF ABS(DX%)>320 THEN 15150
15130 X%=320+DX%
15140 LINE(X%,Y1%)-(X%,Y2%),1
15150 NEXT I%
15160 X1%=320-100*DOT*PWX: X2%=320+100*DOT*PWX
15170 IF X1%<0 THEN X1%=0
15180 IF X2%>639 THEN X2%=639
15190 FOR I%=-100 TO 100 STEP 10
15200 DY%=DOT*I%: IF ABS(DY%)>100 THEN 15230
15210 Y%=100+DY%
15220 LINE(X1%,Y%)-(X2%,Y%),1
15230 NEXT I%
15240 '
15250 BX=320+R*DOT*COS.THETA*PWX
15260 BY=100-R*DOT*SIN.THETA
15270 '
15280 T1#=MJD1#-33281.92334#
15290 T1#=T1#*(.00002737909288#+1.26013285D-17*T1#)
15300 T2#=T1#*T1#
15310 LINE(0,0)-(639,199),1,B
15320 CIRCLE(320,100),7,6: PAINT(320,100),6
15330 FOR P%=1 TO 9
15340 IF RD(P%)<8 THEN 15570
15350 FOR E%=1 TO 4
15360 ELM#(E%)=PLELM#(E%,1,P%)+PLELM#(E%,2,P%)*T1#+PLELM#(E%,3,P%)*T2#
15370 NEXT E%
15380 EC=ELM#(1): MO=FN MLC#(ELM#(2)): GOSUB *KPL
15390 AXIS=PLELM#(0,1,P%): BAXIS=AXIS*SQR(1-EC*EC)
15400 QX=BAXIS*SS: PX=AXIS*FF
15410 V=FN DATN2(QX,PX)
15420 RL(P%)=SQR(QX*QX+PX*PX): RD=RD(P%)*RL(P%)/AXIS
15430 PM=ELM#(3)+ELM#(4)
15440 VV(P%)=V+PM
15450 DX=ELM#(1)*RD(P%): R1=RD(P%)*PWX
15460 XC=320-DX*COS(PM)*PWX
15470 YC=100+DX*SIN(PM)
15480 CIRCLE(XC,YC),R1,4
15490 X=320+RD*COS(VV(P%))*PWX
15500 Y=100-RD*SIN(VV(P%))
15510 X(P%)=X: Y(P%)=Y
15520 IF X<3 OR X>636 THEN 15570
15530 IF Y<3 OR Y>196 THEN 15570
15540 CIRCLE(X,Y),R%(P%),CL%(P%): PAINT(X,Y),CL%(P%)
15550 IF P%<>6 THEN 15570
15560 CIRCLE(X(P%),Y(P%)),2.5*R%(P%),CL%(P%),,,.2
15570 NEXT P%
15580 MJD#=MJD1#: GOSUB *JDT
15590 FOR P%=1 TO 9
15600 IF RD(P%)<8 THEN 15660
15610 IF X(P%)<3 OR X(P%)>636 THEN 15660
15620 IF Y(P%)<3 OR Y(P%)>196 THEN 15660
15630 CIRCLE(X(P%),Y(P%)),R%(P%),CL%(P%): PAINT(X(P%),Y(P%)),CL%(P%)
15640 IF P%<>6 THEN 15660
15650 CIRCLE(X(P%),Y(P%)),2.5*R%(P%),CL%(P%),,,.2
15660 NEXT P%
15670 FOR R1=1 TO 15 STEP 3: CIRCLE(BX,BY),R1,2: CIRCLE(BX,BY),R1+1,3: NEXT R1
15680 COLOR 6: LOCATE 5,1: PRINT USING "##### 年 ## 月 ## 日";YY;MM;INT(DD)
15690 COLOR 7: LOCATE 50,23: PRINT USING "DISTANCE FROM SUN = ### AU";R
15700 IF X.MJD#-MJD1#>1# THEN MJD1#=MJD1#+INV#: GOTO *NEXT,DATE
15710 IF DSP%=1 THEN SCREEN 0,0,1,2
15720 IF DSP%=2 THEN SCREEN 0,0,1,1
15730 FOR T=1 TO 10000: NEXT T
15740 SCREEN 3,0: LOCATE 0,0
15750 END

```