

ハレー彗星の核の自転

渡 部 潤 一*

1. プロローグ

彗星の核近傍を望遠鏡でながめると、実にいろいろな現象が見られる。最も明るい中央集光部が急に輝き出したり（アウトバースト）、特定の方向に物質を強く吹き出したり（ジェット）、一定の間隔をおいて核をとりまくリングが現れたり（シェル構造）、太陽の方向へ扇状にひろがった構造（扇状コマ）が見られたりする。これらの彗星の活動が彗星核の自転に深くかかわっていることがわかってきたのは最近である。セカニナ（1981）は彗星核表面を一樣と考えるモデル（Insolation Model）と、噴気孔のような活動領域が存在するモデル（Active Region Model）とを提唱し、前者を扇形コマの現れる彗星に、後者をジェットの著しい彗星にそれぞれ適用して考えていた。

しかし、私は前者のモデルには懐疑的であった。1983年に現れたアイラス-荒貴-オルコック彗星の観測からその扇形コマが短時間で変化していくことを見い出したからである。これはむしろ後者のモデルで説明するほうが自然であった。そこで、この彗星核の自転軸と自転周期を求める試みを、おもいきって後者のモデルを扇形コマに適用することで行ったのである（渡部, 1987）。

ただ、この仕事に自信があるかときかれると、当時は素直に頷けなかったのも事実である。セカニナのような大先生の御説に、私のようなかけだしの若造がたてついて大丈夫かな、という漠然とした不安とともに、観測データが核近傍現象にはあまり向かない広視野のシュミット望遠鏡のものであるという欠点があったからである。できれば、もっと核の近くを空間的にも時間的にも高い分解能で観測をしておきたかった。

そんなわけでハレー彗星では、はじめから核近傍に的を絞るつもりでいた。もちろんその目的は、この彗星の核の自転と核近傍現象の関係を明らかにすることにある。そしてここにハレー彗星核近傍現象観測チームが誕生する。

2. ハレー彗星核近傍現象観測チームの誕生

1984 年東京大学天文学教室。

「なにしろ装置をつくる金が無いもんな。」

Kさんがぼやく。

* 国立天文台 Jun-ichi Watanabe: Rotational Motion of Halley's Nucleus

CCD 撮像装置^{*1}の開発に専念している K さんにとって開発費を捻出する苦労は並大抵のことではなかったという。そういう状況下に長くおかれると、ハレー彗星のガイド装置のような単純で安価なものでさえ、その費用調達には悲観的になるらしい。

「なんとかなりますよ。」

私はきわめて楽観的であった。

なんといっても相手はあのハレー彗星である。いざとなれば望遠鏡メーカーを巻き込んで、開発費を浮かせることもできるだろう、と思っていた。

そんな努力をする間もなく K 教授がハレー彗星で科研費^{*2}を出すという朗報が舞い込む。その後、K 助教授や N さんから「岡山の望遠鏡（188 cm）への申し込みを K 教授をヘッドにして出そう」との誘いがあり、彗星観測のベテランである T さんとともに観測計画を練った。

「とにかく 76 年に一度なんだから」という T さんの一言で、10 月から 12 月までの各月の暗夜 3 夜づつ、計 9 夜という革命的(?)な申し込みを行った。なにしろ、188 cm は一テーマあたり 3 夜から 2 夜の割りあてという混雑ぶりである。一部の人から「非常識」という批判も受けたが、結果的にはこの申し込み通りに観測時間の割りあてを受けることになった。この頃にはチームのメンバーも確定し、K 教授をヘッドに K 助教授、T さん、N さん、K さん、それに岡山のスタッフである S さん、O さん、N さんと私の 9 人になった。開発費も旅費もついたら、ガイド装置の発注も済み、このハレー彗星核近傍観測チームの滑り出しは順調であるかのように思われた。

3. 観測チームの不協和音

1985 年 11 月岡山天体物理観測所 188 cm ニュートン台。

「だいたい、今ハレーが見えてるんだよ。何だってこんなに時間がかかるの？」

T さんと K さんの対立はチームの誰の目にも明らかになっていった。ニュートン観測台のゴンドラの上で、私は T さんの不満をききながら少々責任を感じざるを得なかった。

不協和音の原因は、はっきりとした観測方針を立てな

注 *1 CCD とは Charge Coupled Device の略で、いわば電気的な写真乾板である。詳しくは天文月報 1984 年 2 月号川上肇氏記事参照のこと。

注 *2 文部省科学研究費補助金の略。詳しくは天文月報 1986 年 6 月号牧田貢氏の記事参照。

かったことにあった。CCD 撮像技術を自ら開発し、観測システムとして構築してきたKさんにとって、目的天体の近くの星野で質の良い較正用データを取得し、ハレー彗星の画像データの精度を向上させることは義務であり、常識でもあった。当時、天体観測で実際に使われていた CCD システムは、このKさんのものと宮崎大の高岸さんのものとの2つしか日本にはなかったわけで、この観測にかかるKさんの意気込みは相当なものだったのである。較正用データはフラットフィールドと呼ばれ、素子の各ピクセル間の感度差を補正するのになくはならぬものである。ドームライトを利用した簡略法もあるが、厳密には目的天体の近くの空で（つまり、同じ波長特性をもつ背景光で）行なうのが理想的である。その場合、当然星が写ってしまうので、これを検知してキャンセルするために半画面づつ上下左右にずらした4つの画像が必要となり、単純に計算すると目的天体の観測時間の4倍の時間がかかることになる。一方、彗星観測のベテランであるTさんは、彗星の核近傍や尾の形状が短時間で変化することを身にしみて知っている人である。彗星が見えているかぎり、なるべく多く、継続して観測しておくというTさんの思想は、較正用データ取得を重視して観測時間を割くKさんの考え方とは相容れないものだったわけである。

結局は解析をまかされている私が、どの程度の測光精度が必要で、どのくらい時間変化を追うのかを事前に評価し、しっかりとした観測方針を立てておけばよかったのである。寒風吹きすさぶニュートン台のゴンドラの上で、責任を感じつつ見上げる星々はやけに冷ややかであった。

4. 絶叫と興奮

1985年12月12日同じ188cmのニュートン台。

「フォーカステスト^{*3}終わりました。筒先のビニールを取って観測に入りましょう。どうぞ。」

計算機室からの指示がインターホンを通じてドームに響きわたった。

「了解。」Tさんと私は手際よくゴンドラを動かしてフォーカステストのために望遠鏡の筒先に張ってあるNさんの苺畑用ビニールを取りはずす。10月から続いた一連の観測の最終日ともなると、操作にもだいぶ慣れてきて、焦点値設定、ポインティング^{*4}と準備作業にはほとんど時間がかからない。

「では最初にノーフィルター^{*5}の30秒でいきます。」

「ノーフィルター^{*5}の30秒、了解。CCDの温度は-57

度、準備はできました、どうぞ。」

「了解しました。では CCD スタート。」

計算機からピーという甲高い音がきこえて、インターホンの騒々しいやりとりが禁止される。電気的なノイズがデータに入り込むのを防ぐためである。単調な真空ポンプの音だけが響くこのひとときは、ニュートン台が最も持ちこたえきれなくなる時間である。私はしばしばスリットに開かれた星空を眺め、宇宙を漂う瞑想に酔いしれるのだが、再びはじまる喧噪によって現実へと引きもどされるわけである。

「露出終了。次にいきますか？」Kさんから連絡が入る。

「いや、ひとまずどんな感じか見て下さい。どうぞ。」

「了解。今、クイックルック^{*6}に出してみます。」

と、ここまではいつもと変わりなかった。ところが、次の瞬間、Kさんの絶叫がドームにこだまする。

「何だ、これは！」

クイックルックの画面に出力されたハレー彗星は、まさに大規模なジェットを噴出していたのである（表紙）。しかし、ニュートン台にいるTさんと私は、その絶叫の理由を知る由もなく顔を見合わせるばかりであった。

「どうしたんですか？ もしもし？」

何回も尋ねるのだが、さっぱり要領を得ない。計算機室からの連絡にも興奮した面々のやりとりする大声だけがきこえるばかりである。比較的落ち着いて状況を知らせてくれたのは、K助教授だった。

「えーと、ハレーの状況は中心部が上のほうへ、これ上が北だった？（南ですよ、という声）そう南のほうへ、長さがえーと10秒ぐらい伸びています。」

「ははあ、バーストしたな。」Tさんはそうつぶやくとガイドミスなどの可能性を考えて計算機室へ確認の連絡をとりはじめる。Kさんがうわずった声で次の観測の指示を求めてきた。

「渡部君、これからどうする？」

私はゴンドラの上を走ってスリットから空を見上げた。冬に特有のちぎれ雲がかなり浮かんでいる。長時間露光による高精度測光は無理だ。ジェットの時間変化を追うか？ 時計をみると17時50分。ハレーが沈むまで5時間、少なくとも見積もっても3時間強は望遠鏡が向けられるだろう。再びゴンドラを走ってインターホンにとりつく。「Kさん、短時間露光でジェットの時間変化を追いましょう。雲があってフィルターをかけての積分は無理です。ノーフィルターは30秒いけますか？」

「いや、中心部がサチっている^{*6}から10秒にしましょ

注 *5 得られたデータをすぐに計算機の端末に表示して様子を見ること。

注 *6 明るすぎて電荷が許容量を超えていること。露出オーバーになっている状態である。

注 *3 焦点値を出すために星を用いて行なう予備観測。焦点値は温度変化による望遠鏡の伸び縮みで変わる。

注 *4 望遠鏡を目的の天体に向けてのこと。

う。やっぱり、昨日より明るくなってるよ。」

「了解。では 10 秒でセットします。」

それからは、ほとんど戦争であった。ハレーが雲の切れ間に顔を出すと観測を開始し、雲にかくれると次の切れ間が近づくまで待つというゲリラ戦である。結局、望遠鏡の限界まで地平高度を下げて、3 時間 30 分にわたり 60 余の画像データという戦果を得た。

戦いを終え、階下の観測待機室で休憩をとりながら、まだ興奮さめやらぬチームの面々は、めいめいに勝手なことを言いながらも、満足げであった。思えば空の状態で即座に時間変化という方針に決められたのも、11 月の苦い経験があったからである。長時間露光こそできなかったが、なんとかものになりそうなデータを手にした喜びで、この時飲んだコーヒーの味は最高だった。

5. 2.2 日周期説と 7.4 日周期説

1986 年 10 月ドイツ・ハイデルベルグのハレー彗星国際シンポジウム会場。

「このデータはもう少し詳しく解析すべきだ。」

岡山で観測したバーストのポスター発表は、データがデータだけにさまざまな研究者と議論する機会となった。しかし、なにしろ間に合わせの解析しかしていなかったもので、1910 年のハレー彗星の画像処理で名高いラーソン氏の指摘は厳しかった。

「微分強調などの画像処理法で、もっと細かな構造がわかると思う。それをやるべきだ。」

「われわれは 3 時間半にわたって 60 余のデータを持っている。その時間変化が検出できそうだが、複雑な処理をするとそれらの情報が失われないかが心配だ。」

「なるほど。他の日のデータはどうなっている？」

「岡山では 10 月、11 月に数夜ある。12 月 15 日からはやや小さな望遠鏡で約 60 夜、200 以上のデータがあり、12 月 20 日にも 12 日と同じようにジェットを捉えている。」
「それはおもしろい。やはり 7.4 日の周期は正しいのかもしれない。」

観測チームの T さんは、例のバースト以降の継続観測がどうしても必要と考え、宇宙科学研究所鹿兒島宇宙空間観測所 (KSC) の 60 cm 望遠鏡で CCD システムを立ち上げていた宮崎大学の高岸さんに相談、KSC の榮楽さんとともに 12 月 15 日からハレー彗星の撮像観測をはじめていた。そして、12 日のバーストから 8 日後の 20 日に、全く同じようなバーストを捉えたのである。ジェットの方向が 2 つとも 180° の位置角だったので、われわれはこれを“南向きジェット”と名づけた。2 つのジェットの画像解析結果を比較したものを表 1 に示す。この 2 つのバーストの間隔が約 8 日であることから、ラーソン氏はすぐに 7.4 日の周期を思い浮かべたのである。

表 1 1985 年 12 月 12 日と 20 日の核近傍形状解析結果

Date コン ト アの半 径	December 12		December 20	
	(1) R_{AB}	(2) θ	(1) R_{AB}	(2) θ
6"	1.63 ± 0.05	$180^\circ \pm 1^\circ$	1.32 ± 0.13	$183^\circ \pm 8^\circ$
10"	1.38 ± 0.03	$180^\circ \pm 1^\circ$	1.26 ± 0.07	$185^\circ \pm 5^\circ$
15"	1.22 ± 0.03	$178^\circ \pm 2^\circ$	1.18 ± 0.05	$185^\circ \pm 9^\circ$
20"	1.11 ± 0.03	$187^\circ \pm 6^\circ$	1.12 ± 0.06	$195^\circ \pm 8^\circ$
25"	1.07 ± 0.01	$217^\circ \pm 16^\circ$	1.11 ± 0.03	$214^\circ \pm 9^\circ$
30"	1.09 ± 0.02	$241^\circ \pm 8^\circ$	1.10 ± 0.04	$228^\circ \pm 11^\circ$
40"	1.13 ± 0.02	$162^\circ \pm 88^\circ$	1.13 ± 0.05	$244^\circ \pm 6^\circ$

- (1) R_{AB} : コントアの長短軸比
(2) θ : 長軸の位置角 (方向)。

もともとハレー彗星の活動周期は 2 日前後という説が有力だった。日本のハレー探査機「すいせい」による紫外光の測光観測から、2.2 日という周期性が見つかり (金田他, 1986), 1910 年のダストジェットの解析から求めた自転周期に近かったために、これ以降 2.2 日周期を見つけたという論文が多く書かれたのである。ところが、これに異を唱えたのが、ローエル天文台のミルスとシュライヒャーである。彼らは核近傍の測光観測を丹念に行ない、7.4 日周期の見事な光度曲線を示した (図 1)。彼らの発表のときには、300 人を超える会場は水を打ったように静まりかえったほどである。

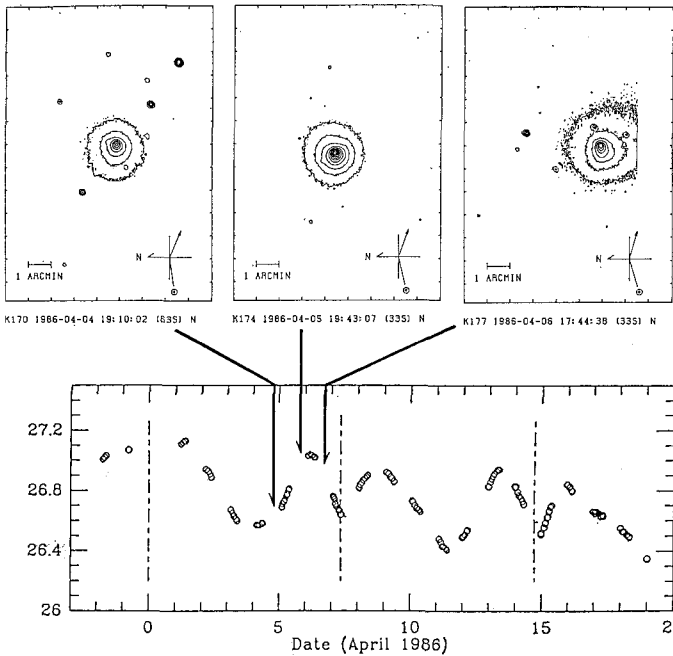
われわれの観測したバーストも 2.2 日の整数倍にはなっておらず、むしろ 7.4 日の周期と考えられないか、というのがラーソン氏の指摘であった。その後われわれの解析でも、ミルスとシュライヒャーが示した光度変化に対応して、彗星の核近傍が著しい変化を示していることが見出されている (図 1)。

このシンポジウム以降、7.4 日周期説に立った論文が数多く現われ、現在では表 2 に示すようにその勢力 (?) はほぼ拮抗している。もうこうなるとどちらかが誤りだとはいえなくなり、むしろ 2 つの周期が存在すると思えざるをえない。では、2 つの異なった周期を生み出す原因はいったい何なのだろうか?

6. ベールをぬいだ核の自転

答えを先に書いてしまおう。一般に自転の角運動量ベクトルが天体の慣性主軸と一致しないとき、その自転運動には 2 つの独立な周期が存在する。これはすなわち剛体のオイラー運動と呼ばれているものである。

まず身近な例をあげて説明しよう。完全な球ではどんな回転を与えようと、周期はひとつしかあらわれない。この場合、角運動量の方向が自転軸であり、強いていえば慣性主軸でもある。回転こまのように軸対称な物体の



◀ 図 1 7.4 日周期と核近傍の変化。下はミルスとシュライヒャー (Nature, 1986, 324, 646) による測光観測で求められた C_2 ガスの生成量変化。縦軸の単位は一秒あたりの分子数の対数。上は、鹿児島宇宙空間観測所の 60 cm 望遠鏡による 3 日間の核近傍の変化で、静かなコマ (4 日) が中央集光が強くなり (5 日) 東の方向への大規模なジェットとなる (6 日) のがよくわかる。

図 2 三軸不等楕円体の自転にあらわれる 2 つのモード。物体に固定した座標系でみて、角運動量ベクトル (または角速度ベクトル) が長軸をまわるのが長軸モード、短軸をまわるのが短軸モードである。

場合でも、その対称軸に角運動量ベクトルが一致している限り、その周期はひとつである。(もっと正確にいえば、ふたつの周期が縮退してひとつになっている。) このコマの軸を手で触れて、摂動を与えてその軸を傾けてみる。すると、傾むいた対称軸は鉛直軸のまわりをゆっくりと動いていく。これが才差 (歳差) 運動である。このように実に身近にも、回転している物体が 2 つの周期をもちえることを理解できるのである*7。

さて、ベガやジオットなどの探査機によって、ハレー彗星の形は $16 \text{ km} \times 8 \text{ km} \times 7 \text{ km}$ の紡錘型であることがわかっている。2 つの短軸の長さは人によってまちまちだが、まあ 8 km 前後であることはまちがいない。セカナ (1987) は、核を短軸の等しい回転楕円体 (prolate) と仮定して、長軸と 77° 離れた角運動量ベクトルによるオイラー運動 (2.2 日の才差と 7.4 日の自転) を論じた。が、探査機の観測とはあわないことがスミスら (1987) によって示される。ジュリアン (1987) は、核を三軸不等の楕円体とみなして、そのオイラー運動には 2 つの異

なるモード (長軸モードと短軸モード: 図 2) が存在することを示し、その短軸モード (2.2 日の自転と 7.4 日の才差) が探査機の結果とも矛盾しないと主張した。ウィルヘルム (1987) はさらに短軸モードの計算機シミュレーションを行ない、7.4 日よりむしろ 14.8 日の周期の才差運動のほうがよりもっともらしいと結論している。

しかしながら、彼らが総じて誤っている点がある。観測された 2 つの周期は基本的には慣性系のものであるのに対し、ここで議論されている周期は、天体にとってみた (つまり回転座標系にのったときの) ものである。ここで、しっかりと理論と観測を結びつける必要性が生ずるわけである。私は、慣性系での周期の理論を有限体積の二天体の摂動論 (木下, 1972) をもとにして導き出し、それから考えられるハレー彗星の核の自転と活動領域の関係について考察した。その結果、1.9 日の自転と 14.8 日の才差で 2.2 日と 7.4 日の周期が実現できることがわかったのである。

注 *7 わかりやすくするために重力場中のコマの例をあげたが、これはオイラー運動ではない。こまで生じる才差運動 (章動も存在する) は、重力という外力がトルクとして働く結果である。オイラー運動とは外力が働かない場合で角運動量ベクトルが慣性主軸と一致しないときの運動であって、実はこのコマの運動とは本質的に異なるものである。なお、地球の場合の日月歳差 (周期約 26000 年) はコマの運動の才差と同じく、太陽や月が地球の赤道部のふくらみの部分に及ぼす潮汐力によるものである。オイラー運動による地球の才差は、周期約 400 日のチャンドラー運動に相当する。

7. 核の自転と 2 つの活動周期

ハレー彗星の核を三軸不等楕円体として、その短軸モードの自転運動を考えると、特筆すべきは楕円体上に描く角運動量ベクトルの軌跡*8の形である (図 3)。この

注 *8 これはいわゆる polhode ではない。角速度ベクトルの描く軌跡が polhode である。

表 2 2.2 日説と 7.4 日説 (* 印: 他の周期も許容している)

観測手段	2.2 日説	7.4 日説
探査機		
撮像	Smith et al.* Sagdeev et al.	
紫外	Kaneda et al.	Feldman et al. McFadden et al. Stewart
ダスト	Trotignon et al.*	
ガス	Hsieh et al.	
地上観測		
測光	Belton et al. Leibowitz & Brosch Morbey Kosai	Millis & Schleicher Williams et al. Sterken et al. Neckel & Münch Festou et al. Meech & Jewitt
核近傍形状	Sekanina & Larson Schlosser et al. Larson & Sekanina*	Samarasinha et al. Hoban et al. Watanabe et al.*
尾赤電	Celnik & Schmidt Tokunaga et al.*	Beisser & Boehnhardt* Hanner et al. Gérard et al. Schloerb et al. Colom et al.

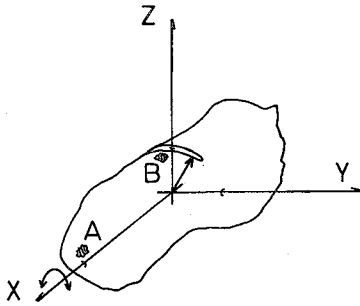


図 3 ハレー彗星の核上に描く角運動量ベクトルの軌跡と、2つの活動領域AとBの位置。角運動量ベクトルが軌跡上を動くことにより、慣性空間からは核全体が長軸(x軸)のまわりに秤動するように見える。

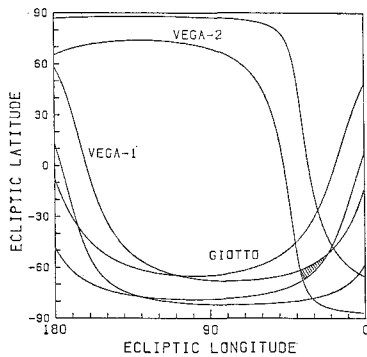


図 4 探査機の観測から求められた角運動量ベクトルの存在する領域(斜線部分)。

曲がった小判のような軌跡の中は、2つの短軸の長さが近ければ近いほど狭くなる。8 km と 7.5 km の短軸を考えても、角運動量ベクトルは2つの短軸でつくられる $\eta-z$ 平面から 7° 以上は離れないのである。ということは、角運動量の方向は任意の時刻において長軸(x軸)の方向と $90^\circ \pm 7^\circ$ の角度をなす領域に存在するはずである。長軸の方向は3つの探査機で別々の時刻にかなりよく決まっているから、その情報をもとに自転の角運動量の方向を図4のように定めることができる(空間的な不変量は角運動量ベクトルだけで、(瞬時)自転軸は時間の関数である)。

さて、今度は慣性空間から核の運動を眺めてみよう。不変量である角運動量ベクトルの方向が、核上で図3のような動きをするということは、逆に慣性空間から見れば、核は長軸を中心にして大きな振幅で秤動^{*9}していることになる。つまり、ハレー彗星の核の自転運動はおお

注 *9 ここでは一応、秤動 (libration) と呼ぶが、この運動の統一された名前はない。

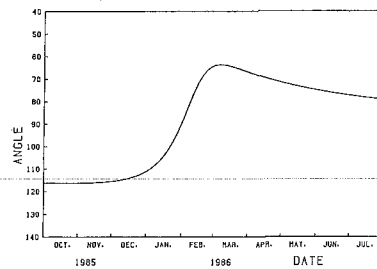


図 5 図4で求められた角運動量ベクトルと核からみた太陽の方向とのなす角の時間変化。この変化はハレー彗星の軌道運動によるものである。10° 前後の誤差がある。

まかにいえば、長軸まわりの秤動と、角運動量ベクトルまわり^{*10}の自転とに分けられるのである。長軸は 7° ほど上下にふらつきながら、ほぼ角運動量ベクトルを軸として自転するのであるが、これはあくまでみかけの運動であって、その周期は数学的には自転周期と秤動の周期の和になる。探査機での核の撮像観測はそれほど精度のよいものではなく、長軸の方向がようやく 10° 程度の誤差で決まるものだったので、このみかけの運動を純粋な

注 *10 数学的には、この言い方は正しくない。

2.2 日周期の自転運動とみなしてしまったのであった。

次に活動領域を考えよう。長軸の端にA、最も短い軸(z-軸)にBという活動領域があったとする。活動領域に太陽光があたれば、その放射量に応じてガスやダストを放出することは、ジオットの観測でも明らかになっている。したがって、それぞれの活動領域の周期は各地点での太陽高度変化を調べればよい。既に求められている角運動量の方向と、核からみた太陽の方向とのなす角は図5のように変化している。これをみると、Bという領域は1985年には“冬”の季節で、秤動によってわずかに太陽に照らされるだけであり、秤動の振幅が最大になる瞬間に活動するだけである。しかも、そのジェットの方法は角運動量ベクトルの方向に近いはずであり、地球から見るとまさに南になる。われわれの観測した“南向きジェット”はまさにこれだったのである。7.4日周期が観測的にはっきりした1986年には、このBの領域は“夏”の季節を迎えていることも図5は示している。一方、Aは常に2.2日ごとに太陽に照らされ、ハレー彗星の軌道運動による季節変化はほとんどない。地球でいえば、赤道帯のようなところである。

以上の議論から、Aが2.2日、Bが7.4日の周期性を担っていることがわかった。Bが秤動で大きく傾いて太陽に顔を向けるのは、一周期に2回あり、秤動の周期は14.8日である。さらに、この秤動の周期と自転の周期の和が2.2日となっていることから、逆に純粋に力学的な自転周期は1.9日となるわけである*11。

このモデルに従ってBの活動を太陽高度の関数として単純にシミュレートしたのが図6である。実際には、ダストやガスの拡散や、他の活動領域の影響などで、これほど鋭いピークが立つわけではないが、7.4日の周期性の再現にはなっている。実際、ライツマラ(1987)は、この付近にそれらしい地形をジオットの核の撮像データから見出ししている。

8. エピローグ

彗星の水核モデルがホイップルにより提出されて40年になろうとしている。それ以来、彗星の非重力効果(ガ

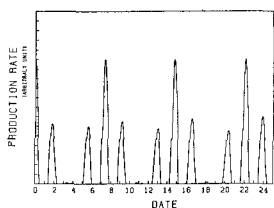


図6 活動領域Bが7.4日ごとに活動する様子を再現したシミュレーション。

注 *11 短軸モードでの秤動の方向は自転に対して逆行となる。そのため、1.9日という自転周期は、2.2日という見かけの周期より小さくなる。

スなどの放出によるロケット効果で、軌道が永年変化すること)と核の自転との関係が論じられてきた。それも自転は最も単純な角運動量が慣性主軸に一致した状態、ガス放出は表面を一樣と考えたインソレーションモデルしか考慮されていなかった。せいぜい核の形を赤道のふくらんだ扁平な楕円体(oblate)で、それによって生じるわずかな才差を論じるにすぎなかったのである。今回のハレー彗星の出現で、これらをすべて見直さざるを得なくなった。即ち、それが、三軸不等楕円体の自転運動であり、またインソレーションモデルの見直しであり、また将来の課題として非重力効果と核近傍現象の解明といった難題である。

セカニナ(1988)は最近、ついにインソレーションモデルを破棄し、扇形コマを含めたすべての核近傍現象を活動領域モデルで説明しようとははじめている。アイラス-荒貴-オルコック彗星の論文で私が指摘したインソレーションモデルの誤りは、ハレー彗星で発見されたCNジェット(アハーン他、1986)などに支えられ、ここに来てセカニナ自身の手によって認められたことになる。これからは、核近傍のさまざまな現象はすべて活動領域モデルで説明されていくにちがいない。

一方、ハレー彗星は既に土星の軌道を横切り、漆黒の宇宙空間へと遠ざかっている。やがて、2024年には太陽へ近づきはじめ、2061年には再び長大な尾をなびかせることだろう。その頃には探査機だけでなく、宇宙遊覧船などというものがある、一般の人々がハレー彗星を近くで眺めることができるかもしれない。そこで見るものは、じゃがいも形の核の複雑な自転運動と、長短それぞれの軸付近から2.2日と7.4日周期で活動するジェット群であることを、ここで予言しておこう。

参 考 文 献

A'Hearn, M. F. et al., 1986, *Nature*, **324**, 649
 Julian, W. H., 1987, *Nature*, **326**, 57
 Kaneda, E. et al., 1986, *Nature*, **320**, 140
 Kinoshita, H., 1972, *P.A.S.J.*, **24**, 423
 Millis, R. L., and Schleicher, D. G., 1986, *Nature*, **324**, 646
 Reitsema, H. J. et al., 1987, *Proc. of Diversity and Similarity of Comets*, ESA SP-278, 455
 Sekanina, Z., 1981, *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, **9**, 113
 Sekanina, Z., 1987, *Nature*, **325**, 326
 Sekanina, Z., 1988, *A.J.*, **95**, 1876
 Smith, B. A. et al., 1987, *Nature*, **326**, 573
 Watanabe, J., 1987, *P.A.S.J.*, **39**, 485
 Watanabe, J. et al., 1987, *A. Ap.*, **187**, 229
 Wilhelm, K., 1987, *Nature*, **327**, 27