

プレオネの視線速度の測定と解析

堺市科学教育センター 片平順一

「活用できるデータ、使える道具」の紹介と趣味としての天体研究の効用という観点から、表題のテーマについて述べてみます。

1. データの出所

すばるの一つの星プレオネは、スペクトル型B 8のBe型星です。Be型星の研究グループが京都大学宇宙物理学教室にあり、撮影されたプレオネのスペクトル乾板が150枚ほどあります(岡山天体物理観測所188センチ鏡のクーデ乾板)。これらの乾板は精密な濃度計でデジタル化され、パソコン上のデータへも移し替えされています。それによるスペクトルの一例が図1に示しています。このようなデータを用いて、パソコンで解析を進めています。

20年前に強引に上記グループの門戸をたたき、その後現在にいたっています。大学院生が始めた吸収線の等価幅の測定を引き継ぐ形で、この研究を始めています。大学の研究室もマンパワー不足のためか、時間を研究にあまり割けない私のような者にもデータが回ってきたわけです。後は図々しくデータを確保しています。しかし作業が進まないのは気にしております。まだ面白い仕事がたくさん残っています。どなたか解析を一緒にやっていただける方は、ご連絡ください。

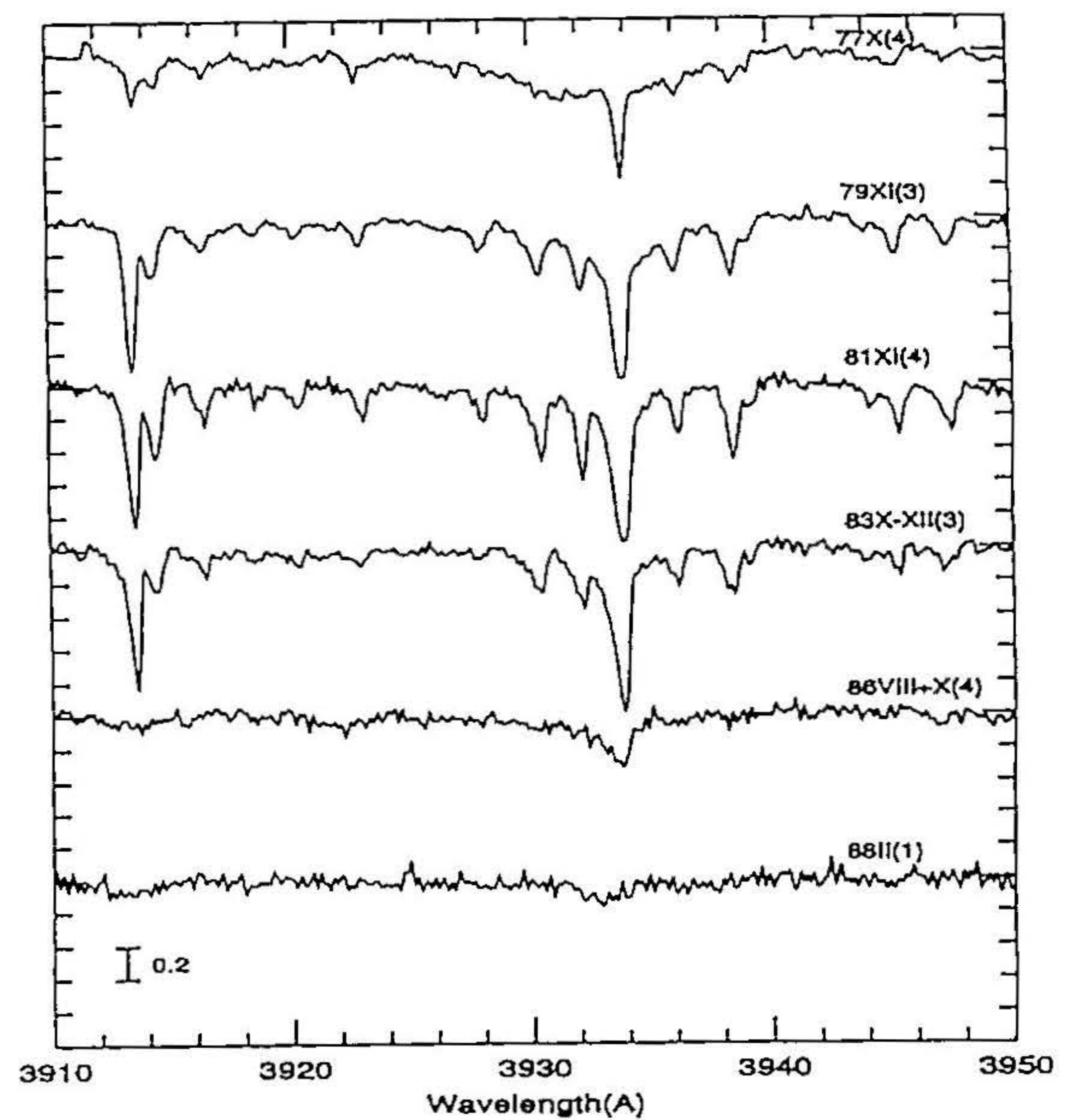


図1 吸収線輪郭の年変化

2. 視線速度の測定＝吸収線の位置測定

吸収線の視線速度とは、ドップラー速度のことです。近づいてくる消防自動車の、サイレンの振動数(波長)の変化から自動車のスピードを求めるのと同じ問題です。

スペクトル乾板には、星のスペクトルをはさむ形で上下に比較スペクトルが焼き込んであります。比較スペクトルは鉄のアーケなど地球上の光源のものです。波長の分かった鉄の輝線がたくさん写っています。これを使うと乾板上での「波長目盛り」が作れます。具体的には、濃度計で決めた多くの輝線位置とそれらの波長の関係式を、最小自乗法を使って多項式で定めればできます。

星の吸収線の乾板上の位置をパソコンのディスプレイ上で定めて、それを波長目盛りから波長に換算します。求めた波長と実験室で測定されている吸収線の波長との差から、ドップラー速度、視線方向の速度を計算するという作業です。なお地球は天体に対して、公転・自転による相対速度を持っていますから、これを差し引いて太陽から見た速度に直しておきます。

測定に用いる吸収線は、今までに発表されている論文のものを主に引き継ぎます。吸収線の位置を決める簡易ソフトとして、「虹星」を使えば楽でしょう(京都天体物理研究所、〒9800)。

3. 視線速度測定スタート時の状況

プレオネの観測された視線速度は、図2に示したような長周期の変動の上に短周期の一見「不規則」な変動を示しています。約50年まえの観測で周期性が示唆されていますので、これまで周期性が探されてきました。しかし検出できないとの論文も複数発表されていました。このような中で私も、周期検出に関心を持ち始めたのでした。

用いている乾板の波長分散は10Å/mmです。今まで検出されている「不規則」な視線速度変化は±5 km/sほどですから、青い光では、乾板上のドップラーシフト量は0.01mm (10 μm) 弱以下となります。従ってこの乾板の分散では、プレオネの正確な速度変動検出は難しいと一般にはいえます。

しかし成果が出なくてもかまわないという立場の研究ですから、測定を始めることにしました。なお用いたスペクトルのデータは、濃度計の光量測定用スリット幅を1 μmとして、1 μmごとに濃度測定されています。

視線速度の測定を始めてから10年ほどかかりましたが、幸いにも周期を確定し、プレオネは分光連星であるという結論に達しました。

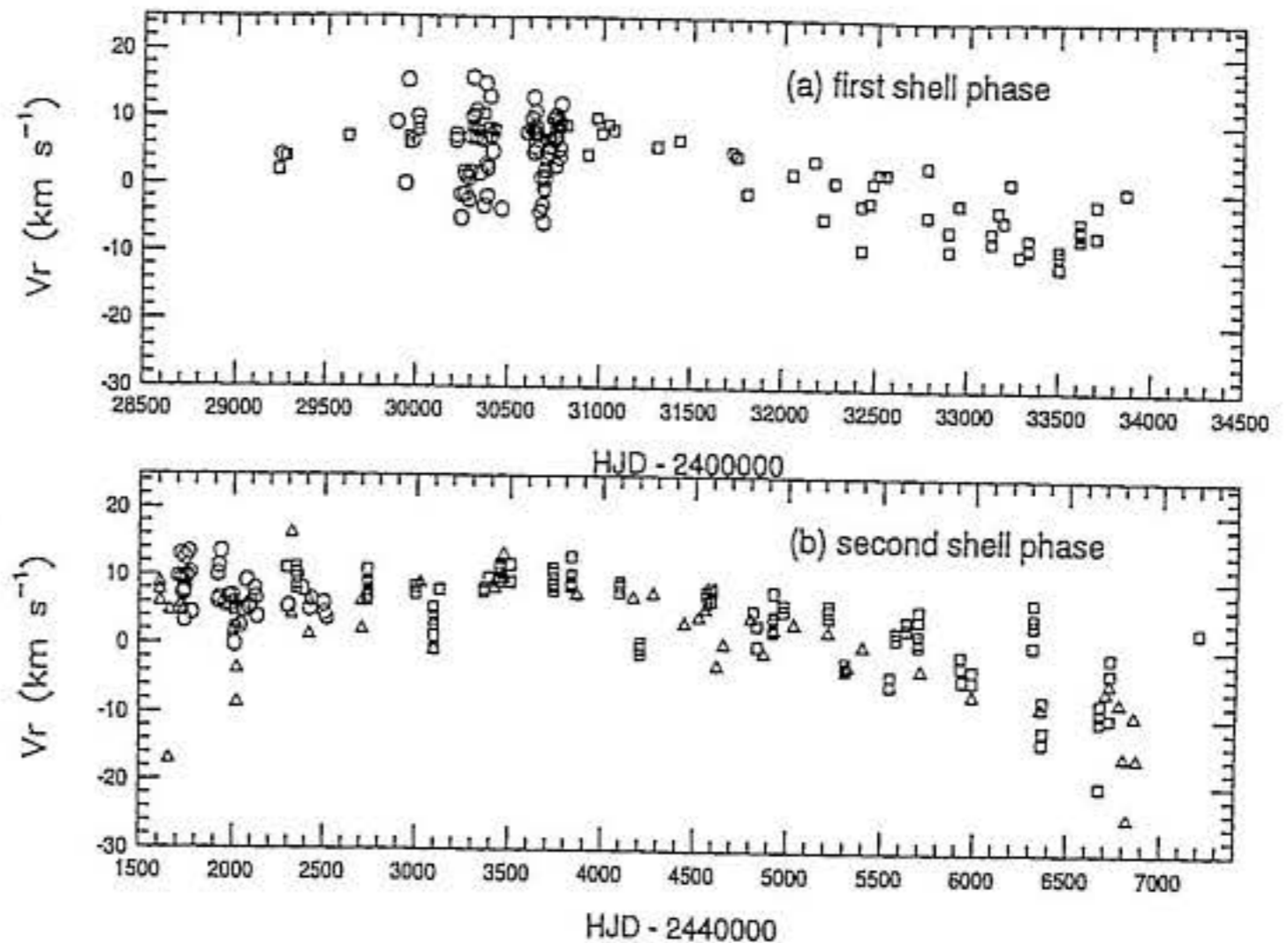


図2 視線速度の変化

4. 視線速度変化の周期性

初期の解析から周期性が見え始め、少々面白くなりました。これは、プレオネの吸収線が強くなり視線速度が精度よく測れるようになったこと、及び使用した周期解析ソフト (MS-DOS) が進歩したことによります。私たちは幸運な時期に巡り合わせたのでした。(但し、初めに見つけた周期は間違いでした。)

それで、論文発表されている視線速度データを集めることにしました。この時点でやるべきことは、集めた種々のデータを周期解析の基礎データとなるべく、適切に編集すべきことです。ところが、私は大局的にデータを評価せずに自分の好みと思ひこみによってデータを使いました。今から考えると当然の帰結ですが、周期を探し求めて迷いだしたわけです。そのなかで、偉い先生の論文中の示唆をチェックもせずに信奉するという事大主義にもどっぷりつきり、長い間苦労しました。

指導を受けながら、「測定データを、細工をせずに自然に平等に見る」ということによろやくたどり着きました。これでよろやく論文が仕上がりました。この過程で、自然現象をどう見るかにとどまらず、人生勉強にもなった次第です。

図3が周期の存在を示すものです。

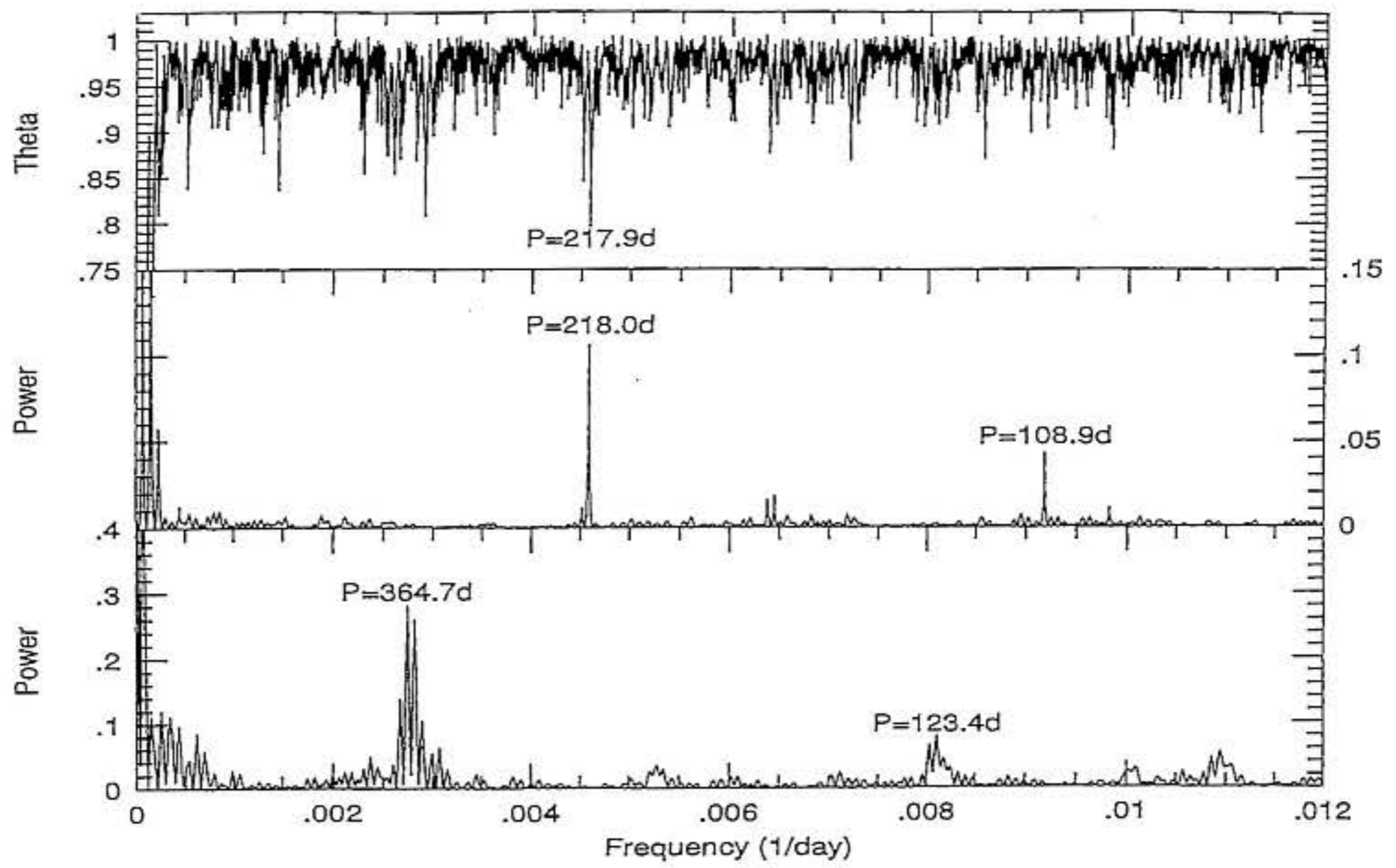


図3 現れた周期

Table 4. Results of period analysis

Shell phase	Ion	n	Period(days)		
			PDM	CLEAN	LSQ
1st and 2nd	all	363	217.9±0.8	218.0±1.0	218.0±0.9
1st	all	141	217.2±3.5	218.4±5.3	220.7±5.0
			222.0±3.8		
2nd	all	222	217.5±2.6	218.4±3.9	218.5±3.4
			220.4±3.0		
	Fe II	151	218.7±4.2	219.1±4.9	218.7±4.1
	Ti II	138	222.0±3.6	222.7±5.2	222.4±4.4
	Cr II	109	217.9±5.1	218.5±6.1	217.9±4.9
	Ca IIIK	119	217.9±2.3	219.2±4.6	219.0±3.2
	Fe I	75	216.6±4.2	218.0±6.8	216.3±4.4
	< H11 >	99	218.0±3.0	218.3±4.1	218.1±3.2
	< H17 >	88	218.9±3.0	218.1±4.1	219.3±3.1
1st and 2nd*	all	363	218.0±0.8	218.0±1.0	218.1±0.9
1st*	all	141	218.6±5.1	218.3±5.3	219.2±4.8
2nd*	all	222	218.9±3.2	218.6±5.3	219.2±3.3

* Results after correcting the long-term variation.

5. 連星の軌道パラメータ

同じ周期が長い間続いていることから、この周期性を連星運動によるものと考えています。星の2/3が連星系を組んでいるのですからごく自然なことでしょう。

連星周期が分かれば、速度曲線が得られます(図4)。これに軌道解析ソフト(MS-DOS)を用いて軌道要素を定めます。図5に軌道のイメージを示します。

Table 5. Orbital elements

Shell phase	n	e	K_1 (km s ⁻¹)	ω (°)	γ' (km s ⁻¹)	$\Delta\varphi$
1st and 2nd	363	0.60±0.04	5.9±0.4	149±5	-0.3±0.2	0.06±0.01
1st	141	0.59±0.07	5.5±0.5	158±9	-0.2±0.3	0.04±0.02
2nd	222	0.65±0.09	7.0±0.9	151±7	-0.5±0.3	0.06±0.01

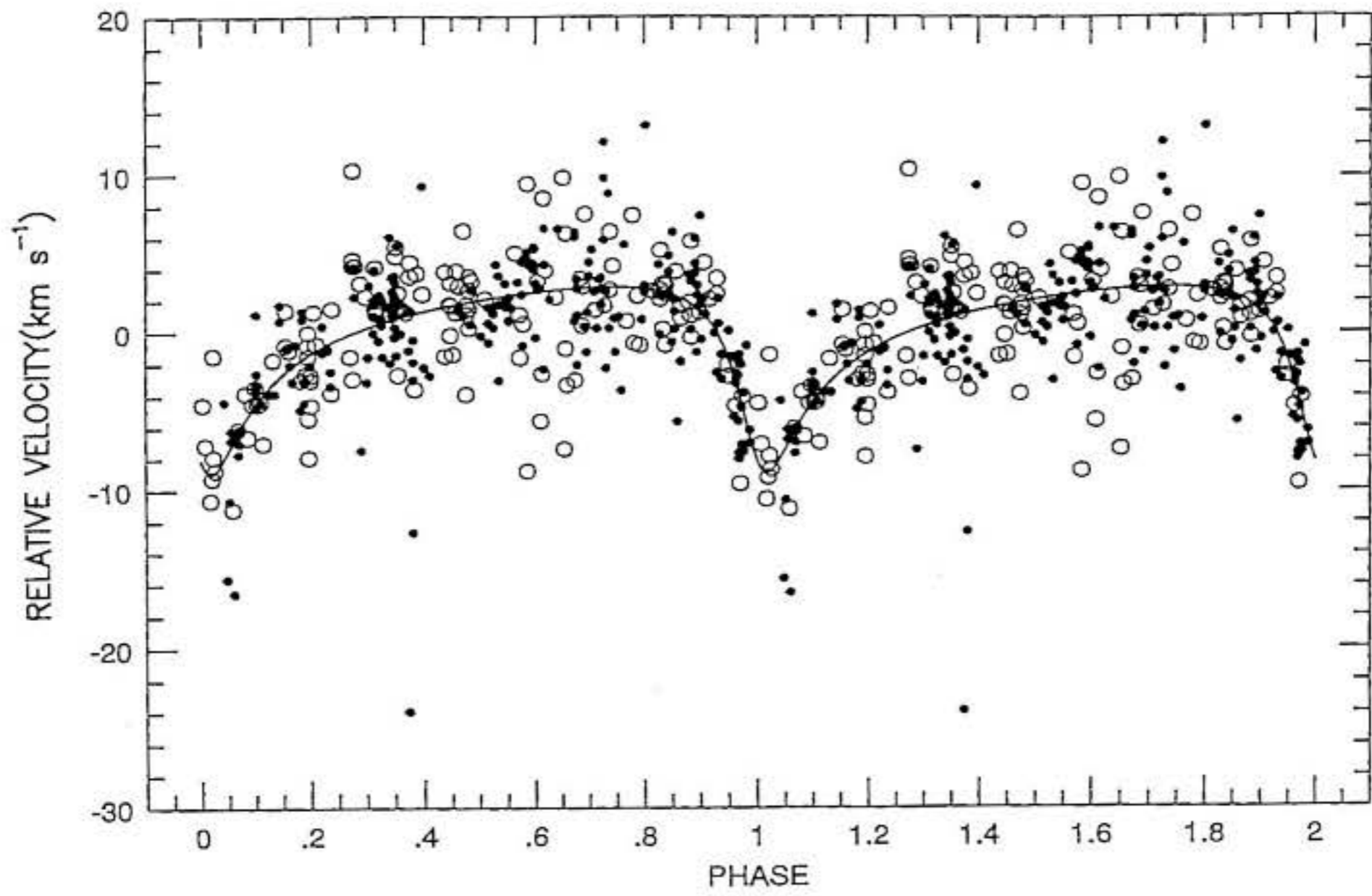
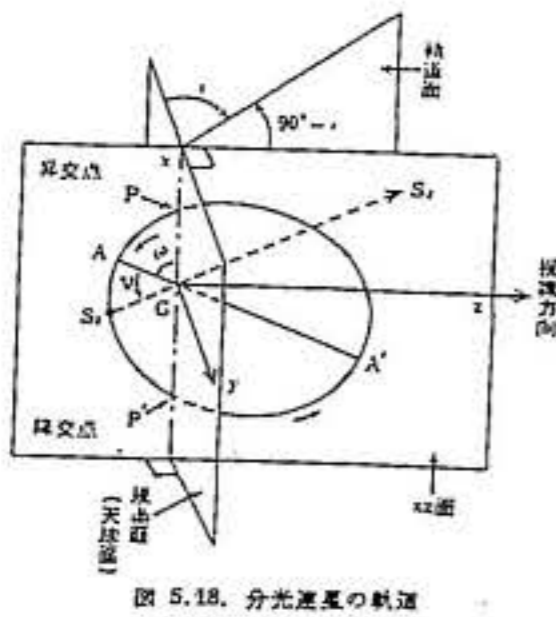


図4 速度曲線



(出典:「恒星の世界」、
p. 236、恒星社、1957年)

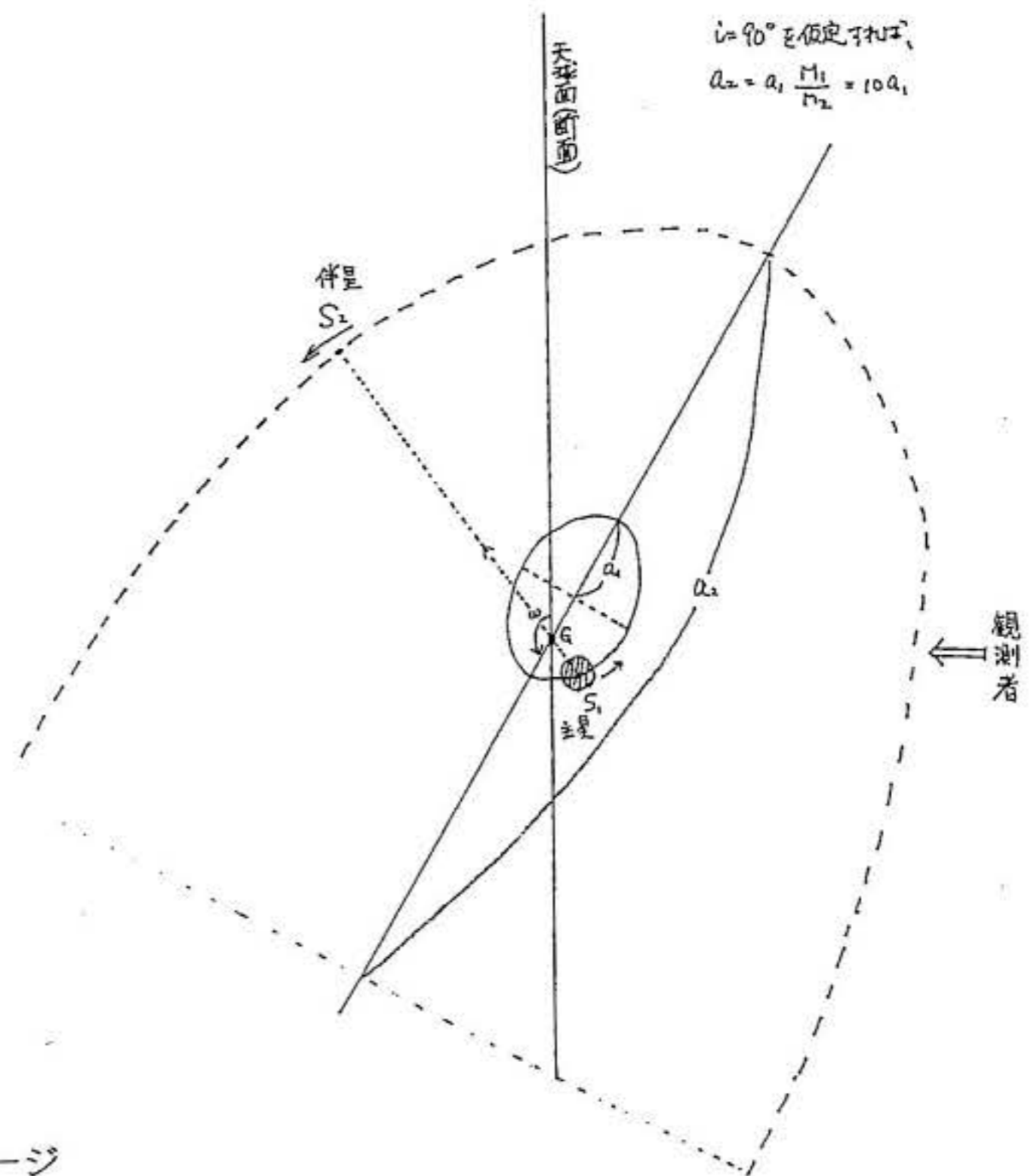


図5 プレオネの軌道のイメージ

6. プレオネのガス殻の出所

ここまで解析が進むと、プレオネのガス殻はどこから供給されたか、という問題が検討できます。Be型星のガス殻の出所として①伴星からもらう、②単独星の場合は星の赤道部分から吹き出す、という2説が現在あります。なお①の説には、Be型星はすべて連星という主張も含まれます。プレオネの場合は結論だけ述べると、連星ではあるが伴星がガスを供給できるとは考えられない、ということになりました。それで②説の根拠にプレオネがなることになりました。「ひょうたんから駒」の形でしたが、ガス殻形成の議論に寄与できました。

吹き出したガスは最後はどこへ行くのかと思われるでしょうが、どこへ消えるのかの確証はまだあげられていません。

本稿の解析結果の図は、次の論文から引用しています。

J. Katahira, R. Hirata, M. Ito, M. Kato, D. Ballereau and J. Chauville :
" Period Analysis of the Radial Velocity in Pleione",
PASJ Vol. 48, No. 2 (in press)