

振幅が変わる変光星

竹内 峯 (柳町自然研究所)

目 次

1 盾座 R 星の変光はどこまで規則的か	1
1.1 目立つ深い光度極小	1
1.2 主極小のタイミングのずれ	2
1.3 周期は何日なのか	3
1.4 大振幅期と小振幅期	4
2 振幅の変動	6
2.1 モスクワ発の論文	6
2.2 鍵は表面重力	7
3 星の著しい膨張と深い光度極小	8
3.1 振幅の増加と極小光度	8
3.2 流体力学模型の変動	8
4 不規則な変光の原因	11
4.1 共振説の発展	11
4.2 不規則性を生ずるさまざまな要因	13
補遺	14
現象を支配する要素の数	14

1 盾座 R 星の変光はどこまで規則的か

1.1 目立つ深い光度極小

盾座 R 星の変光は図 1 から図 4 に示してあるが、変光の様子が次々と変わっており、きまった形がないように見える。通常、変光星の周期は、

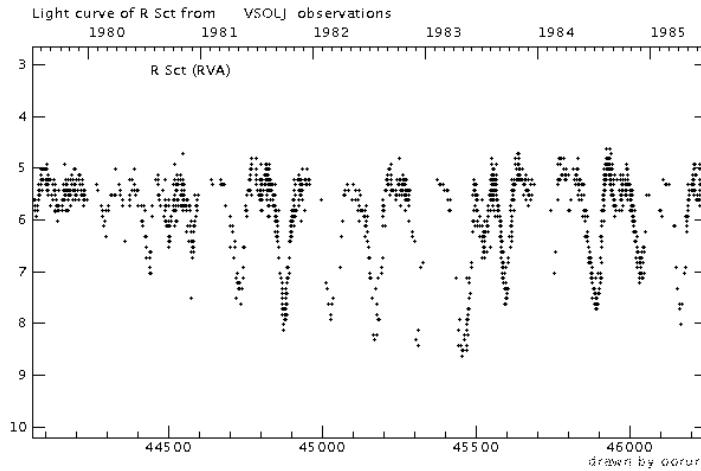


図 1: 盾座 R 星の変光曲線 1. 1979 年中頃から 1985 年にかけての約二千日間の観測結果が示されている。この結果は日本変光星観測者連盟 (VSOLJ) で発表しているものである。ノート No. 6 で掲げたのと同じ図である。

引き続く光度極大の間の時間とされているが、この星は光度極大が何時起きたのかはつきりしない時もある。

光度極大ではなく光度極小を見ると、規則性がよりはつきりし、光度が 7 等級よりも暗くなるような深い極小に限ると、ほぼ一定の周期で極小が起きている時期がある。この星では、光度極大の時間間隔を周期とするのではなく、光度極小に目を向けて周期を考えるのがよいかも知れない。

図の上の目盛は 1 か月単位で刻まれていて、1 年ごとに少し長い刻みがある。そこに年が記してあるので、それを目安に図を見ることにしよう。図 1 の 1981 年頃から、図 2 の 1983 年に掛けて、周期が約 146.5 日で深い極小が観測されている。

ノート No. 6 の流体力学模型の図では、主極小は、星の半径が最も大きい状態から最も小さい状態に移る時期に生じ、光度曲線の複雑な変動も少ない。そのことを参考にすると、周期 146.5 日で星の基本様式の膨張収縮が起きており、星の半径が増加している時期に、星の表面での変動による光度曲線の複雑な変化が起きているという解釈が可能である。

1.2 主極小のタイミングのずれ

ところが、図 2 の始めの方に見える 1984 年末の主極小と、それに引き続く 1985 年の 2 回の主極小では、その間隔が 130 日 135 日である。これは、アメリカ変光星観測者協会 (AAVSO) の光度曲線を参照しても、同様に

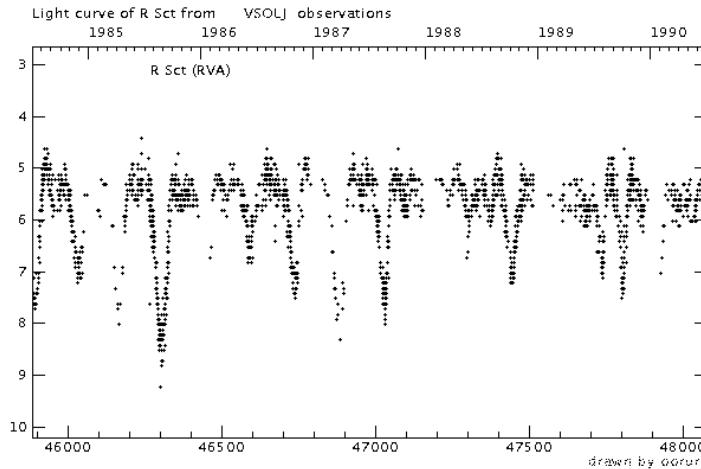


図 2: 盾座 R 星の変光曲線 2. 1984 年中頃から 1990 年にかけての約二千日間の観測結果が示されている。この結果は日本変光星観測者連盟 (VSOLJ) で発表しているものである。

確かめることができる。しかし、この後は再び周期が 146.5 日に近い状況が続く。

1987 年半ばの主極小の後は、主極小の起こるはずの時期に観測がなく、その次の 1988 年半ばの主極小も観測が少ない（図 2）。アメリカ変光星観測者協会のデータでは、この極小はもっと浅い。

そこで、1988 年後半の主極小と、1987 年半ばの主極小との間隔は如何ほどかというと、約 415 日で、146.5 日の 3 周期分より 25 日ほど短い。

この 2 度の周期の短い事象により、実は 1981 年から 1984 年末までの時期の主極小のタイミングと、1988 年後半以降の主極小のタイミングは、73 日（フォーマル周期の二分の一）ずれている。このあとは、主極小の周期は 146.5 日で 2003 年まで続くのである。

1.3 周期は何日なのか

ここ数年の盾座 R 星の変光は、2004 年から 2006 年にかけて 6 回の主極小が起きた。なかでも 2005 年末の主極小は明るさが 8.5 等前後まで下がる本格的なものであった。しかし、2007 年に入ってからは主極小が浅くなつてきている。

しかも、2004 年から 2006 年にかけての 6 回の主極小の周期の平均は 141.2 日であり、それまでより短くなっている。この 4 パーセント近い周期の短縮にどのような意味があるのかは、にわかには判断できない。

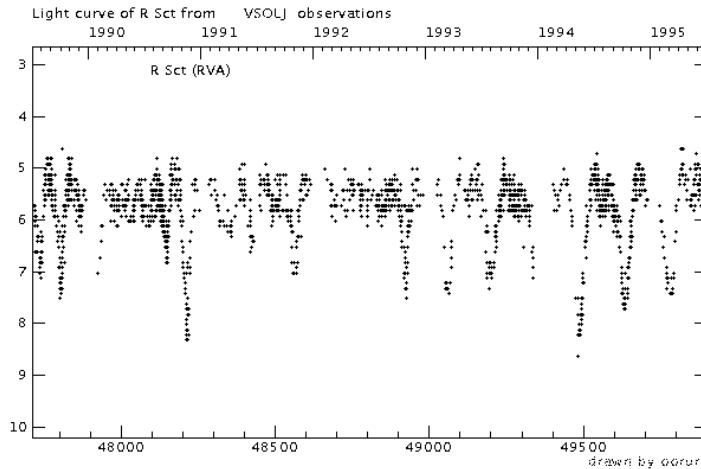


図 3: 盾座 R 星の変光曲線 3. 1989 年中頃から 1995 年にかけての約二千日間の観測結果が示されている。この結果は日本変光星観測者連盟 (VSOLJ) で発表しているものである。

ここに掲げられた期間を含んだ一万二千日間（1963 年から 1995 年まで）の盾座 R 星の変光を、機械的に処理して周期を求めた例があるが、平均周期として 141 日という結果が得られている (1)。

松浦美香子 (Mikako Matsuura) たちは、その時々の周期を求めるプログラムを用いて過去百年間のデータを調べた (2)。彼女らの得た周期は、時期により短い場合には 130 日、長い場合には 150 日という値になっている。1981 年から 1996 年にかけての期間の周期は、140 日と 150 日の中間で安定していて、ここで考察したことと矛盾はない。

ジョン・パーシー (John Percy) たちが、それまでの盾座 R 星の変光周期の研究結果をいくつも引用している論文がある (3)。そこでは、時期により周期が短い場合では 137 日、長い場合では 143 日で、周期は時折、不連続的に変わると述べている論文があることや、光度極小の回数をどう数えるのかという問題を提起している論文があることが紹介されている。

このような不規則な変光をする星の、長期間の変光周期を問題にすること自体が、実は間違っているのではないかとさえ思われ、松浦たちのように、その時々の周期を測り、その変動を検討する方が妥当ではなかろうか。

1.4 大振幅期と小振幅期

盾座 R 星の深い光度極小の間隔が、時々変わることが前節で分かったが、実は極小光度は変動が著しく、浅い光度極小は、数え切れないほど起こつ

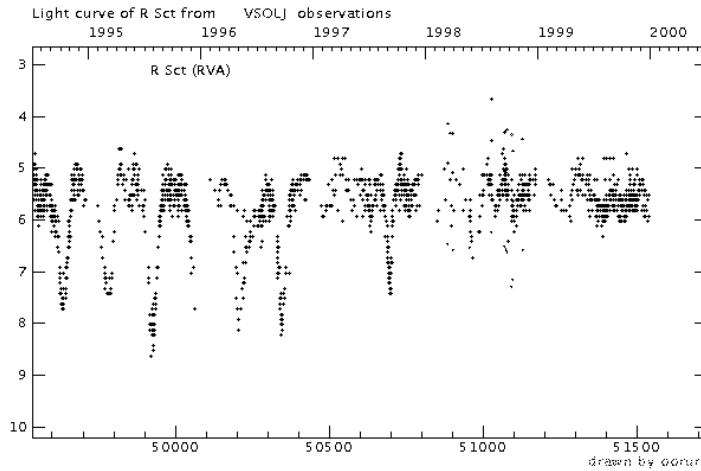


図 4: 盾座 R 星の変光曲線 4. 19989 年中頃から 2000 年にかけての約二千日間の観測結果が示されている。この結果は日本変光星観測者連盟 (VSOLJ) で発表しているものである。

ており、どれが星の表面の一時的な変動で、どれが星全体の膨張収縮と関係があるのかは、容易には区別がつかない。

表 1 に深い光度極小が何回か継続して見られた事例を掲げる。これ以外の期間は、例え深い光度極小が見られても、たまたま星の半径が大きくなつたことで、深い光度極小が生じたと思われ、星の膨張収縮の規模が大きくなつたとは思われない。

こうした散発的な深い光度極小の例としては、1989 年末の極小（図 2）, 1990 年末の極小（図 3）, 1991 年末の極小（図 3）, 1997 年後半の極小（図 4）などを挙げることができる。

こうして見ると、1981 年から 2007 年にかけての約一万日の間で、深い光度極小と浅い副極小とが繰り返される典型的な牡牛座 RV 型の変光したのは、その三分の一の 3400 日程度の期間に過ぎない。それ以外の不規則な変光をしている期間の方が、実は長いのである。

もし、盾座 R 星はどのような変光をしているのかと尋ねられたら、明るい時は 5.2 等くらいで、光度極小は 6 等から 7 等くらい、時々 7 等より暗い光度極小があり、10 回程度、主極小と副極小とが交互に起きるパターンを繰り返すことがあると答えることになってしまう。

松浦たちの研究では、小振幅の時期は、周期が得られないという結果が出ているが、これが正しい答であろう。

表 1: 大振幅の時期

時期	深い光度極小の回数	平均周期
1981 年～1984 年	9	146.5 日
1992 年末～1996 年	11	146.5 日
2004 年後半～2006 年	6	141.2 日

2 振幅の変動

2.1 モスクワ発の論文

盾座 R 星の変光の特徴は、周期が 145 日の深い光度極小が何度か続き、やがてそれが途絶えて小振幅の時期に切り替わることである。このような、間欠的な大振幅変光が何故起きるのかは、長く理解されてこなかった。

その最初の手がかりのひとつは、モスクワで書かれた流体力学模型についての論文であった。ユーリ・ファデエフ (Yuriij A. Fadeyev あるいは Iu. A. Fadeev) たちは、矢座 FG 星から気体が流れ出る過程を研究する目的で、質量が太陽と同じで、光度が太陽の 3200 倍、表面温度が 5500 度という星の模型をつくり、この変動を調べた(4)。

彼らが注目した矢座 FG 星は、1955 年にはスペクトルの特徴が B4 型であったが、近年では K2 型になっている変光星で、惑星状星雲の中にあり、進化の最終段階にある星と考えられている。櫻井天体 (Sakurai's Object) として知られている射手座 V4334 星と似た星である。ファデエフたちは、こうした星から気体が流れ出る過程を、研究しようとしていた。

彼らの計算結果は、この模型は膨張収縮を繰り返すうちに、何回おきかに振幅が大きくなり、表面の気体が星からはるかに離れたところまで投げ出されることを示していた。

当時、私のいた東北大学にも流体力学模型のプログラムがあったが、研究に必要な膨大な計算時間をどうして確保するのかで苦しんでいた。ファデエフたちは、どのような計算機を使い、如何にして計算時間を確保したのかを確かめたくなり、私はモスクワを訪ねることとした。

その結果、原子物理学関係の研究所の大型電子計算機の空いている時を狙って、割り当てを超えて長時間計算するという苦労を重ねたことを知り、天文学研究所にプロッタがないので、結果を図に示すために、女性の研究員が手で、方眼紙に点を打ったり線を引いたりしていることを知った。

論文の中に、放射能流体力学模型を用いたという記述がある。これは、彼らが米国の研究者たちと同様に、核爆弾関係のプログラムを利用していたのではないかと想像させる。

2.2 鍵は表面重力

ファデエフたちの論文は、それまでの流体力学模型の研究から一步踏み出すものであった。どの点がそうかというと、それまでの研究では、模型の膨張収縮はある一定のパターンに落ちつき、振幅が一定になる場合だけをもっぱら追究していたからである。そこで、彼らの流体力学模型のどのような性質が、振幅が間欠的に大きくなるような膨張収縮を引き起こすかを解明する必要が生じた。

中田典規 (Michinori Nakata) は、ファデエフたちの研究したのと同様な流体力学模型を作成して研究し、鍵が表面重力であることを見いだした (5)。この研究によって、ファデエフたちの間欠的に振幅の増大する模型が、これまでの琴座 RR 型星やケフェウス座デルタ型星の流体力学模型と関連づけて議論する道が開かれた。

次いで相川利樹 (Toshiki Aikawa) は、表面重力の小さな流体力学模型の間欠的な振幅の増加が、非線形力学で接線分岐 (tangent bifurcation) と呼ばれる過程で生ずることを指摘した (6)。接線分岐という過程が生ずるのは、星の膨張収縮運動を持続させる作用が、振幅の増加に伴って急速に強まることに基づく。相川の研究は、膨張収縮の振幅と負の制動力（ノート No. 3 参照）との関係が、表面重力の大きい星と小さい星とでは異なっていることを示していた。

また、これと並んでコヴァチ・ゲザ (Geza Kovacs) たちは、多数の流体力学模型について研究し、表面重力が小さくなるにつれて、変光曲線の形が変化すること、その変化の様子が、非線形力学で周期倍加分岐 (period-doubling bifurcation) と呼ばれる過程になっていることを確かめた (7)。相川の見いだした接線分岐と、彼らの研究で得られた周期倍加分岐との違いは、振幅と負の制動力との関係の違いによるので、用いた模型の性質や、採用した質量や光度、表面温度が違えば、どちらが起きても差し支えない。

実は、ファデエフたちが示した間欠的に半径が大きくなる計算例は、それより先、イツハク・タックマン (Yitzhak Tuchman) たちが、流体力学模型の研究過程で発見していた (8)。しかし、彼らの模型は、表面温度が 2550 度から 2250 度と、ケフェウス座デルタ型と比べるとずっと低温で、ミラ型にしてもかなり低い。そのような模型が不規則な膨張収縮を行っても、これまでの成功してきたケフェイド不安定帯の流体力学模型の結果と、結びつけて検討するということには、直ちにはならなかった。

ファデエフたちの研究は、表面温度がケフェイド不安定帯の範囲にあり、しかも表面重力が極端に小さかったので、中田や相川たちによって、他の模型との関連が明らかにされることになったのである。

3 星の著しい膨張と深い光度極小

3.1 振幅の増加と極小光度

タックマンたちやファデエフたちが見いだした、間欠的な半径の増大は、観測ではどのように見えるのであろうか。このような半規則的な変光星の半径がどう変わっているかを観測するためには、スペクトルのずれを観測して、その時間変動を見ればよい。しかし、そのような観測を長時間行つても、こうした星のスペクトルは複雑で、しかも折良く振幅の変化に出会えばよいが、それは運次第ということになり、なかなか難しそうである。

竹内峯 (Mine Takeuti) たちは、流体力学模型を用いて、表面温度や明るさに、間欠的に生ずる大振幅の膨張収縮が、どのような影響をもたらすかを検討した (9)。彼らの結果は、振幅が大きくなつても極大光度はあまり影響を受けず、むしろ極小光度の方に影響が現れるというものであった。

表面重力の小さな星が膨張収縮を繰り返すうちに、振幅が大きくなつたとする。その際には光度極小時の星の表面温度が、通常に比べて著しく降下し、通常と比べて深い光度極小が観測されるというのである。この結果を信ずれば、盾座 R 星が折々示す深い光度極小は、星が通常より大きな振幅で変動していることの現れであるということになる。

3.2 流体力学模型の変動

振幅増加時に何が起きているかを、もう少し詳しく見てみよう。ノート No. 6 で調べたケフェイド不安定帯の流体力学模型の振幅増加時の様子を図 5 及び 6 に示す。

図 5 では、ノート No. 6 の図と同様に、上から、内側から数えて 156 番目の球殻の半径、光球の半径、内側から数えて 45 番目の球殻の半径が示してある。上の図から下の図に移るあたりで振幅が増加し、時間が 16 千万秒の前後で星の表面の気体が高く投げ出されている。

星の外側の気体が高く投げ出された結果、星の表面で気体の密度が下がり、光が通過しやすくなるので、光球の半径はかえって小さくなり、また、光が星の外側に出やすくなるので、星の表面の温度が下がる。

図 6 は、同じ時期の光度変化を示したものであるが、深い光度極小が出現している。流体力学模型は、星の内部を多数の球殻に分割して近似するのであるが、その近似の仕方で、計算の進み方が異なり、研究者が匙加減を間違えると計算が止まってしまうこともある。この図も、大振幅の膨張収縮と、小振幅の膨張収縮を、きれいに再現しているかどうかは問題であるが、大振幅の膨張収縮が深い光度極小をもたらしていることは間違いない。

図 5 を見ると、大振幅の時も小振幅の時も、星の内側の膨張収縮のよう

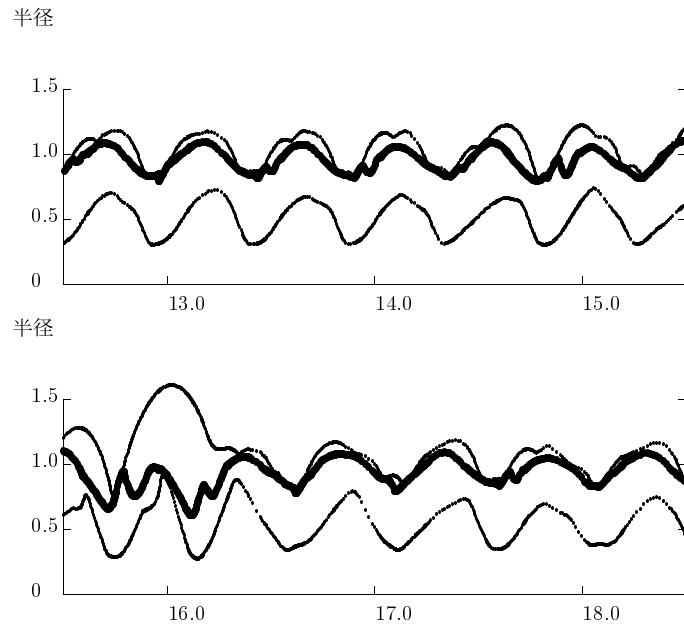


図 5: 質量の小さなケフェイドの流体力学模型の膨張収縮. 模型の球殻の半径の変化を示す. 横軸は時間で, 単位は千万秒である. 球殻の半径の上は内側から数えて 156 番目の球殻の半径, 真ん中の大きな点 (太い線) で示したのは, 特定の球殻ではなく, その時々の光球の半径, 下は内側から数えて 45 番目の球殻の半径の時間変化である. 尺度は, 静止時の光球の半径を 1 としている. 15.5 千万秒から 16.0 千万秒にかけての期間では, 星の表面の物質が光球から高く投げ出されている.

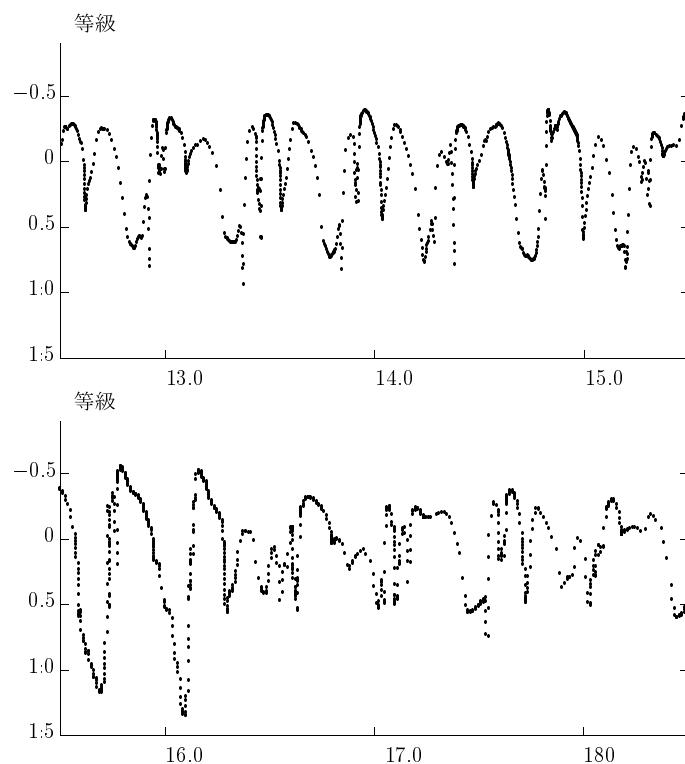


図 6: 質量の小さなケフェイドの流体力学模型の明るさの変動. 縦軸は絶対光度, 横軸は時間で, 時間の単位は千万秒である. 絶対光度の尺度は等級で, 振幅は通常は 1 等弱であるが, 15.5 千万秒から 16.0 千万秒にかけての期間では, 2 等程度に増大している. こここの深い光度極小は, 前の図で星の表面の物質が光球から高く投げ出されている時期に起きている.

すはあまり変わらない。われわれは、星の表面からやってくる光を観測している。星から宇宙に飛び出してくる光の強さ、色などの性質は、星の表面のかなり不安定な気体の膨張収縮で左右されるので、星内部の密度の高い部分の動きとはかなり異なる場合がある。

表面重力の小さな星の、このような過程を考えると、盾座R星などの複雑な変動も何となく理解されてくる。

4 不規則な変光の原因

4.1 共振説の発展

相川は、間欠的に大振幅の変光が生ずるような星では、振幅の増加に伴つて負の制動力が急激に強まり、振幅がある限度を超えて大きくなると強い制動力が働くことを指摘した。しかし、このような振幅と制動力との関係が何に由来するかは明らかにされていない。

ジャン・ロベール・ブシュレ (Jean-Robert Buchler) たちは、星の光度変化が、たかだか数本の数式で表すことができるという仮定で、盾座R星の光度曲線を分析したらどうなるかを研究した(10)。かなり大胆な仮定のようではあるが、大事な点は、対流や固定微粒子の影響による光度変化よりも、星の膨張収縮による光度変化の方が大きいという意味で、ノートNo. 3に記したアーサー・エディントン (Arthur S. Eddington) 以来の理論の筋道に乗っている。

その結果、盾座R星の変光曲線は、周期約147日の振幅が増加する振動と、周期約69日の振幅が減少する振動とが共存しているとすれば、概ね再現できることを導き出した。

相川の見いだした振幅の増加に伴つて増加する負の制動力は、周期147日の振動、すなわち基本様式での膨張収縮の持つ性質で、この様式の膨張収縮と共振により引き起こされる第1陪振動様式の膨張収縮の持つ強い制動力が働くことにより、振幅が小さくなるというのである。

このことは、振幅が極めて小さいとして行う理論計算で得られた基本様式と第1陪振動様式の性質とも一致している。

ノートNo. 6で紹介した竹内とオーツエン・ピーターセン (J. Otzen Petersen) の共振説は、基本様式と第1陪振動様式の周期の比が1対2ならば、引き続く主極小の中間に副極小が生じるであろうというものであった。しかし、丁度うまく周期の比が1対2になるとは限らないであろう。1対2から少しづれた場合には、盾座R星のように、振幅の変動が観測されることになる。

このような2個の振動が結合し、かつエネルギーの出入りが振幅に比例しないような場合の理論は、かなり研究されてきていて、振動は毎回異なつ

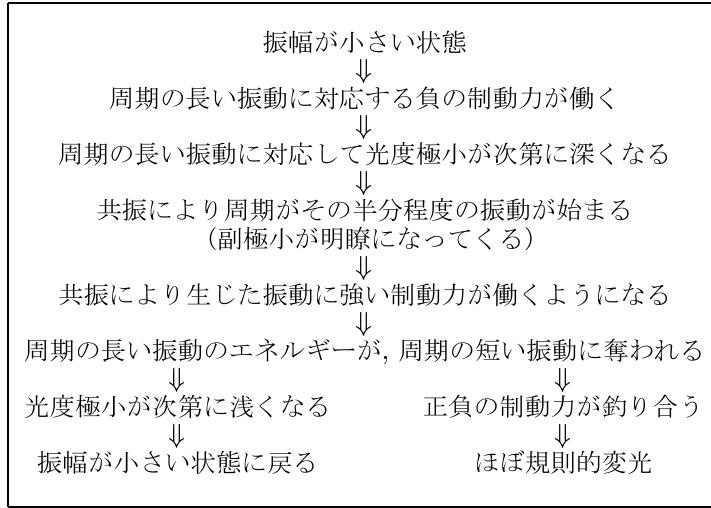


図 7: 表面重力のケフェイド不安定帯の星の膨張収縮のパターン。左側は周期比の 1:2 との差が大きい場合、右側は周期比が 1:2 にきわめて近い場合の想定される経過を示す。

た様相を示すことがあることが証明されている。

こうした最近の共振説に基づいて、表面重力が小さなケフェイド不安定帯の星の膨張収縮を考えると図 7 のようになる。このような考えが正しければ、振幅が増加しつつある時期に比べて、振幅が減少しつつある時期の方が、副極小がはっきり現れるのではないかと思われるが、盾座 R 星ではそう断言はできない。また、ここで示した小質量ケフェイドの流体力学模型の変動も、そのようになっていない。

図 7 で示したパターンは、理論的に得られたもので、個々の流体力学模型の光度曲線と、観測される牡牛座 RV 型の変光がどうなっているかは別な話である。このノートの最後でも触れるが、脈動変光星の不規則な変動の原因はいくつか考えられ、簡単にひとつの理論だけで説明できるとは思われない。流体力学模型の場合も、そこで採用されている近似の程度によって、大振幅の変動の再現が十分な精度で行われない場合もある。

共振で生じた周期の短い振動が、ほぼ長い方の周期の半分であると、図 7 の右側の流れのように、周期の短い振動に伴う制動力と、周期の長い振動に伴う負の制動力とが釣り合って、ほぼ同じような変光が継続することが予想される。ヘルクレス座 AC 星などは、このような状態にあるのであろう。

4.2 不規則性を生ずるさまざまな要因

1914 年に発表されたハーロー・シャプレイ (Harlow Shapley) の長く記憶されるべき論文では、脈動変光星は、気体の流れが関係しているから、その変光は規則的なはずがないとされていた（ノート No. 1 参照）。しかし、それがどのような気体の流れの性質によるかは、詳しくは分からなかった。現在、変光曲線の不規則性の原因としては、次のような原因が考えられる。

1. ケフェイド不安定帯の星は、すべて対流が起きていて、対流の影響で変光曲線に不規則な変動が生ずるはずである。対流は熱の上下方向の動きに不規則性をもたらすだけでなく、水平方向の気体の動きが、ノート No. 3 で述べた非動径方向振動を引き起こし、それによる変光曲線も不規則性の原因となるであろう。このような対流の影響は、表面温度が低い星では、いっそう強くなる。
2. 対流による影響だけでは、大規模な振幅の変動は起きそうもない。2 個の様式の異なった膨張収縮が、共振を起こすことにより、大振幅の時期と小振幅の時期が交互に現れることが、理論的に想定される。このような場合、変動が不規則になることが証明されている。
3. 以上その他、対流が起きていることから存在が予想される黒点の影響、また、星の表面から流出する気体中で形成される固体微粒子による減光も、不規則に起きると思われる。

このようなさまざまな要因が、どの星でどのように働いているかは、おむね今後の研究の課題である。脈動変光星には、今後解明されるべきさまざまな問題があるが、不規則性もそうした課題のひとつである。

参考文献

- [1] Konig, M., Paunzen, E., Timmer, J., 1999: On the Irregular Temporal Behaviour of the Variable Star R Scuti. *Mon Not. Roy. Astron. Soc.*, Vol. 303, p. 297
- [2] Matsuura, M., Yamamura, I., Zijlstra, A. A., Bedding, T. R., 2002: The Extended Atmosphere and Evolution of the RV Tau Star, R Scuti. *Astron. Astrophys.*, Vol. 387, p. 1022
- [3] Percy, R. J., Sasselov, D. D., Alfred, A., Scott, G., 1991: Period

Changes and Evolution in RV Tauri Stars. *Astrophys. J.*, Vol. 375, p. 691

- [4] Fadeev, Iu. A., Tutukov, A. V., 1981: A Hydrodynamic Model of FG Sagittae Pulsation. *Mon Not. Roy. Astron. Soc.*, Vol. 195, p. 811
- [5] Nakata, M., 1987: A Hydrodynamic Study of Pulsation in Low Surface-gravity Stars. *Astrophys. Space Sci.*, Vol. 132, p. 337
- [6] Aikawa, T., 1987: The Pomeau-Manneville Intermittent Transition to Chaos in Hydrodynamic Pulsation Model. *Astrophys. Space Sci.*, Vol. 139, p. 281
- [7] Kovacs, G., Buchler, J. Robert, 1988: Regular and Irregular Nonlinear Pulsation in Population II Cepheid Models. *Astrophys. J.*, Vol. 334, p. 971
- [8] Tuchman, Y., Sack, N., Barkat, Z., 1979: Miras and Planetary Nebula Formation. *Astrophys. J.*, Vol. 234, p. 217
- [9] Takeuti, M., Tanaka, Y., 1995: Note on Intermittent Burst of a Hydrodynamic Model. *Pub. Astron. Soc. Japan*, Vol. 47, p. 487
- [10] Buchler, J. R., Kolláth, Z., Serre, T., Mattei, J., 1996: A Nonlinear Analysis of the Variable Star R Scuti. *Astron. Astrophys.*, Vol. 311, p. 833
- [11] Buchler, J. R., Kolláth, Z., Cadmus, R. R., Jr., 2004: Evidence for Low-dimensional Chaos in Semiregular Variable Stars. *Astrophys. J.*, Vol. 613, p. 532

補遺

現象を支配する要素の数

現象を支配する要素が何個あるかを考えることは、しばしば有益である。振り子は、地球の重力と糸の張力という2個の要素を考えれば、その動きをおおよそを表現できる。空気の抵抗その他を考えに入れれば、動きをより詳しく表現できるが、振り子でもっとも大事な性質と言われる振り子の周期が一定であるという性質（等時性）は、もっとも大きな役割を果たす2個の要素を考察すれば分かる。

ケフェイド不安定帯の星の膨張収縮は、同様に 2 個の要素によって表現される。星が膨張すればその平均密度が低下し、圧力も下がり、星が収縮すれば平均密度が上昇し、圧力も上がる。これがひとつの要素に対応し、星が膨張すれば星の表面の重力が小さくなり、星が収縮すれば表面の重力が大きくなる。この 2 個の要素の兼ね合いで、星の膨張収縮がおおむね表現できる。

これに、星の膨張収縮に伴う熱の出入りを考慮すると、関係する要素の数は 3 個になる。この三番目の要素は、ケフェイド不安定帯の多くの星では影響が小さいが、変光を持続させる負の復元力に関係している。

牡牛座 RV 型星では、膨張収縮の二つの様式が関わり合うので、平均密度と重力という 2 個の要素が、それぞれの様式で独立に動けば合計 4 個の要素が関係することとなり、熱の出入りを考慮するとさらに要素の数が増える。しかし、実際の星の変動では、二つの様式の動きが完全に独立ではないかも知れない。観測される変光曲線が、最低何個の要素の変動で表現されるかを知ることができれば、その星で起きている変動の性質を探る上で役立つであろう。

ブシュレたちは、数学の理論を用いて、このような立場から変光曲線を研究した(11)。その結果は、盾座 R 星、小熊座 R 星、白鳥座 RS 星、獵犬座 V 星などは 4 個の要素を考慮すれば変光曲線が再現できることを示している。ヘルクレス座 SX 星は、要素が 6 個必要らしい。竜座 UX 星は要素の数は 4 個で充分らしいが、固体微粒子の影響かと思われる減光があるようだという結論となった。

ブシュレたちの用いた数学の理論は、原理的には明解であるが、変光星研究者の間で理解が充分広がっているとはいえない。なお、解析力学を学んだ読者ならば、ここで現象を支配する要素と呼んでいることがらが、位相空間での次元という概念につながることを思い起こすであろう。

変光星ノート No. 7 振幅が時々変わる変光星

2008 年 7 月

柳町自然研究所

〒 980-0811 仙台市青葉区一番町 1-8-10-504