変光星ノート　　No. 9

半規則変光星

竹内 峯　（柳町自然研究所）

目 次

1　どんな星が半規則変光星か　2
1.1　あまりはっきりしない説明 2
1.2　脈動変光星の周期スペクトル型関係 3

2　周期光度関係　7
2.1　絶対光度の推定 7
2.2　周期光度関係の多重性 7
2.3　ミラ型星と半規則変光星の周期光度関係 11

3　色等級図上での位置　12

4　半規則変光星のなぞ　13
4.1　半規則変光星と唸り 13
4.2　ミラ型星・半規則変光星の内部のなぞ 14

補遺　17
AGB 星のパルス 18

表 1: 変光星総合目録での半規則変光星の分類

型	周期（日）	振幅	スペクトル型
A 型 (SRA)	35 ∼ 1200	2.5 等未満	M, C, S, Me, Ce, Se
B 型 (SRB)	20 ∼ 2300		同上
C 型 (SRC)	30 ∼ 数千		同上
D 型 (SRD)	30 ∼ 1100	0.1 - 4 等	F, G, K

1　どんな星が半規則変光星か

1.1　あまりはっきりしない説明

このノートでは半規則変光星を考える. 半規則ということは, 規則性が半分しかないということで, 残りの半分は不規則性ということであろう. もちろん, この半分は量的なものではなく, 性質を指しているわけで, 規則性が認められるが, 不規則性も強いということである.

規則性が弱いということは, 共通の特徴をつかみにくいということで, 半規則変光星の分類基準が, あまりはっきりしないのは仕方がない.

半規則変光星（semiregular variables）の特徴について, 変光星総合目録（General Catalogue of Variable Stars, 略記して GCVS）中では, 色と絶対光度はミラ型星に似ていて, 光度変化の周期性が弱く, かつ変光の原因が星の膨張収縮に関係していると思われるとされている. 目録では, それらを更に 4 種のグループに分けている（表 1 参照）.

最初の 3 グループは, 周期が 20 日から数千日の範囲で, スペクトルの特徴が M, C, S 型及びこれらと同じ型で輝線の認められる変光星を, その変光曲線に認められる規則性の程度に応じて, A 型（SRA）, B 型（SRB）,

C 型（SRC）と分類している．色がミラ型星に似てというが, D 型（SRD）と分類されている星は, スペクトル型が F 型から K 型とされているので, ミラ型星に比べて高温である．

周期数千日というのは, 数年間に一回明るさの極大があるということで, それがあまり規則的でないというのであるから, 観測の蓄積には努力が必要で, 分類も容易ではないということになる．

個々の星を見ると, A 型に分類されている海蛇座 W 星は, 振幅が 4 等程度あってミラ型としてもよいように見える．図 1 には, B 型に分類されている大熊座 Z 星の変光の様子を掲げた．よく知られている星では, オリオン座のアルファ星ベテルギウズは C 型で, ケフェウス座の赤い星ミュー星も C 型で, 規則性がもっとも少ないグループに分類されている．

フランツ・ケルシュバウム（Franz Kerschbaum）たちは, 波長が 12 マイクロメートルと 25 マイクロメートルとの赤外線の明るさの差と周期との関係を調べ, ミラ型星に比べて B 型半規則変光星は, 温度の範囲で見るとやや高温で, 周期は短いという性質を見いだした (1)．これに対して A 型半規則変光星はミラ型星と似た分布を示し, 両者の中間状態にあった．変光星総合目録の分類は, 可視光での明るさの変化とスペクトル型に基づいているわけであるが, それ以外の星の性質を考えに入れると, 異なった整理の仕方が出てくるかも知れないということを示唆する結果であった．

半規則変光星という場合, スペクトル型が共通で, 周期が同じような範囲にあるので, A 型と B 型とはミラ型と関連させて考え, D 型は次の小節で見るように牡牛座 RV 型と関連づけて理解した方がよいように思われる．規則性が最も弱い C 型については, このノートでは触れないことにしたい．

1.2　脈動変光星の周期スペクトル型関係

近年ほとんど語られないことのひとつに, ハーロー・シャプレー（Harlow Shapley）が指摘した脈動変光星の周期スペクトル型関係がある (2)．それまで知られていた脈動変光星である琴座 RR 型とケフェウス座デルタ型と

図 1: 大熊座 Z 星の変光曲線. 変光星総合目録では B 型半規則変光星に分類され, 周期は 195.5 日, 振幅は V 領域で 3.2 等とされている. ここには, 日本変光星観測者連盟（VSOLJ）で発表している 1994 年後半から 1999 年に至る約二千日間の観測結果が示されている.

図 2: 脈動変光星の周期表面温度図. 脈動変光星の周期と表面温度とを示した. 小さな黒丸はタイプ I ケフェイド, 小さな白丸はタイプ II ケフェイドである. 大きな白丸は牡牛座 RV 型を示す. 大きな黒丸がミラ型星で, 二重丸が半規則変光星である. 本文の説明を参照されたい. 表面温度は, 光度極大に対応する値であるが概略である.

の周期スペクトル型関係に, 牡牛座 RV 型星もうまく乗り, しかもその延長上にミラ型星も乗るというのが, シャプレーの指摘で, これらの星が共通の法則に従って変光している証拠にならないかと考えた.

試みに理科年表に掲載されている脈動変光星の周期と表面温度との関係を描いた図を掲げる（図 2）.

小さな黒丸と白丸とは, ケフェイド不安定帯の変光星で, ひとつながりの帯となっている. 牡牛座 RV 型は大きな白丸で示してあるが, その長周期側に分布している.

牡牛座 RV 型に近いところにある二重丸はヘルクレス座 SX 星で, 半規則変光星の分類では D 型である. D 型半規則変光星は, 表面温度が牡牛座 RV 型に近いので, この位置になる.

琴座 RR 型, ケフェウス座デルタ型, 牡牛座 RV 型が, いずれもケフェイド不安定帯に属していることが分かっている今日の知識からすれば, これらの星が共通の周期スペクトル型関係に属しているのは当然である.

図の下側の大きな黒丸がミラ型星である. ミラ型星がケフェイド不安定帯の星の延長上にあることをシャプレーは意味があるとしたが, 今日の知識に照らして, そのことを考えてみる必要がある.

その周囲にある 3 個の二重丸は, 周期の短い方から, 冠座 RR 星水瓶座 R 星ケフェウス座ミュー星である.

現在も半規則変光星に分類されている 30 個ほどの星の光度変化を詳しく調べたボリス・ゲラシモヴィッチ（Boris Gerasimovich あるいは Gerasimovič）は, 半規則変光星が, シャプレーの認めた周期スペクトル型関係からはずれていることに気付いた (3). これは, 彼の調べた星がミラ型星に近いスペクトル型を示しながら, 周期がミラ型星よりかなり短かったということである. ケフェウス座ミュー星は, 周期が長く, 規則性も少ないので, ゲラシモヴィッチは, 代表的な半規則星とは考えなかった.

ソ連時代の変光星総合目録編集部が, ゲラシモヴィッチの仕事にほどんと触れていないということは, すでにノート No. 6 で述べたが, 半規則変光星についてのこの論文も, やはり無視されていた. 周期がかなり長い星まで含めて半規則変光星として一括するのが, 現在の変光星総合目録編集部の考え方である. その考え方からすれば, ゲラシモヴィッチは半規則変光星のうち周期の短い星だけを取り上げているので一般性はないことになる.

しかし, 半規則変光星の特徴として, ミラ型星より周期が短いということを先にケルシュバウムたちが指摘していたことを考えると, ゲラシモヴィッチの指摘も記憶に留める値打ちがあるように思われる.

2　周期光度関係

2.1　絶対光度の推定

半規則変光星はいずれも遠方にあり, 地上の天文台からの観測では距離を測ることができなかった. そのため絶対光度の推定も難しかった. しかし, スペクトルは巨星あるいは超巨星と呼ばれるグループの特徴を示しているので, HR 図の右上, すなわち低温で絶対光度の明るい位置にあると思われた.

1940 年代から 1960 年代にかけて, 視線方向の運動とそれに直角な方向の運動を比較して距離を推定し, それに基づいて絶対光度を見積もる研究が行われた. わが国では, 石田恵一（Keiichi Ishida）[1], 高柳和智（Wachi Takayanagi）の研究がある (4), (5). この時期の研究は, もっぱら可視光領域の観測結果を利用するほかなかったので, 化学組成や表面温度の影響が大きく, 半規則変光星の分類自体が難しかった. しかし, 絶対光度がミラ型星とあまり違わないということは, 確かめられていた.

2.2　周期光度関係の多重性

ノート No. 2 の第 5 節で紹介したように, 近年, 大規模測光（massive photometry）という観測技術が開発され, 変光星研究に貢献している. マッチョ（MACHO = Massive Compact Halo Object）グループの観測結果を整理した結果, 大マゼラン星雲の半規則変光星の周期光度関係が何本かの平行な関係となっていることが発見され, ケム・クック（Kem H. Cook）たちによって報告された (6).

とにかく聴きに来いという知人の誘いがあって私はパリに行き, クックの発表を聴いたが, ことが重要であると感じて, 翌年京都で開かれた国際天文学連合（International Astronomical Union）の総会の分科会で, マッチョグループの, ダンテ・ミンニチ（Dante Minniti）に銀河系内の変光星観測の結果を, クックにマゼラン星雲の変光星観測の結果を話してもらう

[1] ここで恵という文字を用いたが, 正しくは草冠に恵である.

ように計画した．クックは事情があって会に参加できず, 若いデイヴィッド・アルヴェス（David Alves）が代理で報告してくれた (7), (8)．とにかく膨大な測光結果で, この材料から何が出てくるか大きな期待を抱かせるものであった.

京都での報告は, ミラ型星や半規則変光星の周期光度関係が 3 本になっていることを示していたが, マッチョ・グループの観測結果を整理が進むと, ミラ型変光星も含めて, 5 本の周期光度関係があることが分かり, ピーター・ウッド（Peter R. Wood）たちによって報告された.

半規則変光星の観測の解析は, 他の大規模測光グループでも進められ, 周期光度関係が複数あることは疑いのないものとなった．わが国とニュージーランドの研究者からなるモア（MOA = Microlensing Observations in Astrophysics ）グループの観測結果を整理した結果は, 野田祥代（Sachiyo Noda）たちによって報告されている (9)．図 3 は, モア・グループの観測と赤外線での観測を組み合わせて得られた周期光度図である.

ウッドたちの指摘した 5 本の系列のうち, B, C, D の 3 本が, この図でも明瞭に認められる．それらに平行でもっとも左側にあるかすかな系列が, ウッドたちの A 系列に相当する．暗い方にかすかに見えるのが E 系列で, 光度曲線の特徴から, 食変光星ではないかと疑われていた．図の右側の欄外に, TRGB という矢印があるが, これは赤色巨星枝星（red giant branch stars）の分布の明るい限界がどこかを表している．このことについては, このノートの最後の節で触れる.

ここでは, こうした研究結果を詳しく紹介することは避けるが, 赤外線領域での観測結果の利用や, 絶対光度をより高い精度で推定するための工夫などの努力が進められた.

最近発表されたオグル（OGLE = Optical Gravitational Lensing Experiment）グループのイゴル・ソシンスキ（Igor Soszynski）たちの報告では, ミラ型星と半規則変光星とは, 表 2 のような 4 種類に分類されている (10).

この分類は, 大規模測光の結果の解析であるので, ひとつひとつの星を観測してその星の変光の特徴を確認してきた結果とは, 簡単には比較でき

図 3: 大マゼラン星雲の赤色変光星の周期光度図. モア・グループの初期の観測結果と赤外領域での明るさを組み合わせた図である. はっきり分かる 3 本の系列は B, C, D と名付けられており, それらに平行で左側にあるかすかな系列が A 系列である. 暗い部分に E 系列がある. 振幅の大きい星だけを取り上げているので, A 系列と E 系列とがはっきりとは見えない.

表 2: オグル・グループの行った変光する赤色巨星の分類

ミラ型・半規則変光星	モア・グループの系列では B, C ミラ型星, A 型半規則変光星, 振幅の大きい B 型半規則変光星
小振幅赤色巨星	モア・グループの系列では A, B 周期が 10 ∼ 100 日, I 等級での振幅が 0.13 等未満の B 型半規則変光星
長い二次的変動を示す星	モア・グループの系列では D 二次的周期が 200 日以上 1000 日を超える
楕円型変光星	モア・グループの系列では E 食変光星に特徴的な光度変化

ない．しかし, 小振幅で周期の短い変光をする赤色巨星が多数存在し, それらとこれまでミラ型あるいは半規則変光星とされてきた星とは, 分けて考えるべきだということは, 間違いのないこと思われる.

ソシンスキたちの得た小振幅赤色巨星を特徴づける I 領域での 0.13 等未満という振幅は, 酸素の多い星の観測例と比べると, V 領域では 0.35 等未満, B 領域では 0.7 等未満という振幅となる (11). これまで B 型半規則変光星とされていた星の中に, 彼らのいう小振幅赤色巨星が含まれていると思われる.

小振幅赤色巨星と長い二次的変動を示す半規則変光星とについては, 別の機会に考えることとし, 以下では従来のミラ型及びそれに近い典型的な半規則変光星について述べたい.

2.3 ミラ型星と半規則変光星の周期光度関係

南アフリカ天文台での長期にわたるマゼラン星雲観測の結果, ミラ型変光星の周期光度関係が得られたことについては, ノート No. 8 で述べた.

オグル・グループで得たミラ型変光星の周期光度関係は, 大気圏外の赤外線領域での観測で用いられた K_s 等級（K よりもやや波長が短い）で表されているが, 次のようになる.

$$K_s\text{等級} = -4.17 \times (\log(\text{周期}) - 2.0) + 12.53 \tag{1}$$

これはそれまで得られていた周期光度関係と同等で, 図 3 の C 系列の明るい部分に相当している.

オグル・グループの研究でも, 振幅が I 等級で 0.13 等よりも大きな半規則変光星は, ミラ型星と同じ周期光度関係にあるか, あるいは, それよりより周期の短い次のような関係のどちらかに属しているかであった.

$$K_s\text{等級} = -4.35 \times (\log(\text{周期}) - 2.4) + 12.53 \tag{2}$$

これは, 図 3 の B 系列の明るい部分に相当している．なお, この二つ目の系列の存在を始めて取り上げたのは板由房（Yoshifusa Ita）たちである

(12). 先に掲げたモア・グループの周期光度図（図 3）では, 利用した赤外線観測結果の精度が板たちの用いたものより精度が低かったので, この系列が分離されていない.

この二つの系列の周期を比べると, 同じ明るさの場合には 1 対 2.1 に近い値になっている. 熊大閏（Da Run Xiong）たちは, ミラ型星の周期を理論計算で求めているので (13), その結果と比べて見ると, これらの系列がそれぞれ, 基本様式の膨張収縮と第 1 陪振動様式の膨張収縮に相当している.

モア・グループの観測結果を見ると, 振幅の大きな星だけに着目すると, その大部分が C 系列に属しており, さらに振幅の小さな星まで含めて見ると, B 系列に属する星が認められ, わずかではあるが A 系列に属する星もある. この A 系列に属してしかもある程度振幅の大きな星は, 以前ウッドたちが指摘していたように, さらに高次の様式（第 2 陪振動様式）で膨張収縮していると考えられる.

3　色等級図上での位置

赤色巨星の中でも, 最も明るくかつ表面温度の低い星がミラ型の変光星として観測されることは, モア・グループによって明らかにされていた. 最近のオグル・グループの研究によると, A 型半規則変光星や振幅の大きな B 型半規則変光星もミラ型と同じような特徴を示している.

これに対して振幅が小さい星は, 赤色巨星の中では比較的表面温度の高い領域に存在しており, 星の構造あるいは膨張収縮の機構が, ミラ型などと異なっていることを想像させる.

明るさをより正確に見積もった結果によると, 小振幅のグループは, ミラ型星よりもやや暗い.

モア・グループの観測で D 系列にある星は, 明るさと表面温度が共に小振幅星と同様な性質を示している.

このように, 大マゼラン星雲の大規模測光の結果を通じて, ミラ型星と半規則変光星との性質はかなり解明されてきた. 小マゼラン星雲の観測で

も, 同様な結果が得られている.

これらの星の変光の機構であるが, 振幅が大きなミラ型星などは, 星全体がタイミングのあった膨張収縮を繰り返すということで, 周期が説明でき, その変動を持続させる機構としては, 熊大閏たちの研究している対流の効果の強い機構が考えられる.

それに対して, 小振幅の半規則変光星は, 半径方向だけでなく, 水平方向の運動もあるような, ノート No. 3 で述べた非動径方向振動（non-radial oscillation）が起きているとすると, 周期が説明でき, それを維持する機構は, 確率的励振（stochastic excitation）とするのが妥当であろう. こうした機構は, 太陽類似（solar-like）と呼ばれており, 近年研究者の関心を引いている.

4　半規則変光星のなぞ

4.1　半規則変光星と唸り

ノート No. 7 で, 牡牛座 RV 型で見られた不規則な振幅の変動を検討した. そこで, これらの星の光度変化が, かなり不規則であることが, 基本様式の膨張収縮と, 第 1 倍振動様式の膨張収縮とが相互に干渉しあうことによるという理論があることを紹介した.

複雑系の理論に基づくと, 膨張収縮の振幅を増加させる作用が弱い場合には, 複数の周期の変動が共存して, 唸りが観測されるが, 振幅を増加させる作用が強い場合には, 不規則に見える変動が生ずる.

ミラ型星とそれに近い半規則変光星とが, 複数の様式の膨張収縮が起きる可能性があり, しかも振幅がある程度大きくなった場合に, そのエネルギーが急激に失われるような機構が存在すれば, その組み合わせでさまざまな半規則的変動が起きても不思議ではない.

主に基本様式で膨張収縮を繰り返しているのが, ミラ型星と A 型半規則変光星など振幅の大きな星であり, 他方ではそれよりやや小さい振幅で変光している第 1 倍振動様式で膨張収縮している B 型半規則変光星があるとすると, それより複雑な変動を見せる星の中には, これら二つの様式の

表 3: 巨星枝を構成する星の内部の変化

主系列星
↓
赤色巨星枝星
↓
赤色クランプ星 あるいは水平枝星
↓
漸近巨星枝星（AGB 星）

振動がつくりだす唸りを見せている星があるはずである. 変光曲線をそういう目でもう一度よく見てみることも必要であろう.

モア・グループの観測結果の解析によると, 赤色巨星の中には牡牛座 RV 型星とよく似た光度変化をする星が数多くあることが分かっている. 二つの膨張収縮の様式が組み合わさって, それぞれの星がそれぞれの光度変化を見せているということであろう.

数学の安定性についての理論を参考にすると, 負の制動力の生ずる様式と, 制動力の生ずる様式が組み合わさった場合, まったく同一の変化は絶対に起きないということになる. ミラ型星や半規則変光星の変光もそういう性質を持っているように見える.

4.2 ミラ型星・半規則変光星の内部のなぞ

HR 図あるいは色等級図の上に銀河系内の星を示すと, 左上から右下にかけて帯状の多数の星が並ぶ. 星の構造の研究者は, 中心部で水素がヘリウムに変わる核融合反応が起きている星が, この帯の上に並ぶことを指摘し, 内部がそのようになっている星を主系列星と呼ぶ.

星の内部の研究から, 主系列の星の中心部で水素がヘリウムに転換され, 中心部にヘリウムの核ができ, その核が縮んで熱を放出すると, 星はより

明るくなるが, 星が膨張することにより, 表面温度は低くなる. ここで起きる星の膨張は, 脈動変光星で観測される周期の短い膨張収縮とは機構が異なっていて, これまでの人類の歴史では観測にかからないほどゆっくりしたものである.

膨張した星は赤くて明るい, 百年前に一括して巨星と呼ばれた状態になる. 近年では, 表面温度が高くて半径が主系列星より大きい星と区別するため, **赤色巨星枝星**（red giant branch stars）と呼ぶことが多い.

赤色巨星内部ではさらに変化が進む. 星は収縮して表面温度が上昇し, **水平枝星**（horizontal branch stars）と呼ばれる状態, または**赤色クランプ星**（red clump stars）と呼ばれる状態となる. クランプとは, 塊とかこぶという意味で, 図の上で星が塊のように分布していることを指している. 水平枝星を水平分枝星と書いている研究者もいる. この状態の星は, 赤色巨星より表面温度が高い.

星の内部でさらに変化が起こり, さらに明るく, 表面温度の低い状態になる. この段階の星は, 球状星団などでは, これまで赤色巨星枝星と呼んでいた状態の星よりも, 少しだけ表面温度が高い. 色等級図では, 赤色巨星枝星の並びに比べて少し青側に並ぶので, **漸近巨星枝星**（asymptotic giant branch stars）と呼ばれている. 漸近巨星枝星は, 英語の論文では単語の頭文字を採って AGB 星と書かれていることが多い. 球状星団以外では, 漸近巨星枝星は, 赤色巨星枝星や赤色クランプ星よりも明るく, 半径が大きい. 表面温度はより低い星が多い.

星の内部の状態の変遷を辿ると, 表 3 のようになる.

このような区別は, 星の内部の状態を理論的に研究した結果から分かっているが, 観測的には, 赤色巨星枝星, 赤色クランプ星, 漸近巨星枝星を, ひとまとめに赤色巨星と呼ぶこともあるので, 書物など読む際, 著者がこれらの呼び名がどのように用いているか注意する必要がある.

このような星の内部の変化の過程で, 星の表面から気体が失われ, 星の質量が減少する. エネルギー発生機構が変わることで, 明るさが変わる. 第 2 節の図 3 で, TRGB という矢印があったが, 赤色巨星枝星の明るさの上限を示している. それより明るい星は, 漸近巨星枝星である.

ミラ型星やそれに近い半規則変光星は, 質量が太陽程度と考えられているが, これは, 星の内部が漸近巨星枝星の段階になっていることに相当する. これに対して, 小振幅半規則変光星は, 質量がまだ大きく, 膨張収縮の周期もミラ型星よりも短いと思われ, その変光の機構について本格的な理論的研究が期待される.

漸近巨星枝星の内部の状態の研究は, 星の進化の最終段階に関わっており, まだ解明すべき問題が残っている. ミラ型星や半規則変光星の観測は, これらの研究と密接に結びついているのである.

参考文献

[1] Kerschbaum, F., Hron, J., 1992: Semiregular Variables of Types SRa and SRb - Basic Properties in the Visual and the IRAS-range. *Astron. Astrophys.*, Vol. 263, p. 97

[2] Shapley, H., 1928: Note on the Extension of the Period-spectrum Relation. *Harvard College Obs. Bull.*, No. 861, p. 1

[3] Gerasimovič, B. P., 1929: Investigation of Semiregular Variables. VII. On Variables of the Intermediate Group. *Harvard College Obs. Circ.*, Vol. 342, p. 1

[4] Ishida, K., 1960: Statistical Study of Carbon Stars. *Publ. Astron. Soc. Japan*, Vol. 12, p. 214

[5] Takayanagi, W., 1960: Mean Absolute Magnitudes, Motion and Distributions of S-type Stars. *Publ. Astron. Soc. Japan*, Vol. 12, p. 314

[6] Cook, K. H., Alcock, C., Alves, R. A., et al., 1997: The MACHO Project: Microlensing and Variable Stars. In *Variable Stars and the Astrophysical Returns of Micorlensing Surveys*, eds. R. Ferlat, J. P. Maillard, B. Raban, Edition Frontiéres, France, p. 17

[7] Minnti, D., Alcock, C., Alves, D., Cook, K., et al., 1998: Pulsating Variable Stars in the MACHO Bulge Database: The Semiregular Variables. In *Pulsating Stars – Recent Developments in Theory and Observation*, eds. M. Takeuti, D. D. Sasselov, Universal Academy Press, Inc. Tokyo, p. 5

[8] Alves, D., Alcock, C., Cook, K., et al., 1998: The MACHO Project LMC Variable Star Inventory: Classical Cepheids and AGB Variables. In *Pulsating Stars – Recent Developments in Theory and Observation*, eds. M. Takeuti, D. D. Sasselov, Universal Academy Press, Inc. Tokyo, p. 17

[9] Noda, S., Takeuti, M., Abe, F., Bond, I. A., et al., 2004: Study of Variable Stars in the MOA Data Base: Long-period Red Variables in the Large Magellanic Cloud – II. Multiplicity of the Period-luminosity Relation. *Mon Not. Roy. Astron. Soc.*, Vol. 348, p. 1120

[10] Soszynski, I., Dziembowski, W. A., Udalski, A., et al., 2007: The Optical Gravitational Lensing Experiment. Period-luminosity Relations of Variable Red Giant Stars. *Acta Astron.*, Vol. 57, p. 201

[11] Kimeswenger, S., Lederle, et al., 2003: The Optical and Near-infrared Counterpart of IRAS 18476+2054. *Rev. Mexicana Astron. Astropfís.*, Vol. 39, p. 35

[12] Ita, Y., Tanabé, T., Matsunaga, N., et al., 2004: Variable Stars in the Magellanic Clouds: Results from OGLE and SIRIUS. *Mon Not. Roy. Astron. Soc.*, Vol. 347, p. 720

[13] Xiong, D. R., Deng, L., 2007: Non-adiabatic Oscillations of Giants. *Mon Not. Roy. Astron. Soc.*, Vol. 378, p. 1270

補遺

AGB 星のパルス

日本語では間違いようないが, 英語では似通っているのが, 天文学で**脈動している**という意味のパルセイティング（**pulsating**）と**パルス段階にある**という意味のパルシング（**pulsing**）という言葉である. わずか 2 文字多いか少ないかであるが, 星の状態としては全く異なったことがらを指して用いられる.

シャプレー以来, 星が基本様式あるいは第 1 陪振動様式などで, 膨張収縮を繰り返している状態を, パルセイティングと呼んできた. 英語ではパルセイト（pulsate）とは, 規則的膨張収縮という意味がある. 他方パルス（pulse）は, 心臓から血液を送り出す鼓動であるが, 広くそれに類似する現象を表すために用いられている.

このノートでは, 脈動という日本語が日常どのように用いられているかを考慮して, 星の膨張収縮という表現を用いることが多かったが, 英語のパルセイティングを指している.

パルシングの方は, 星内部の構造が変化して, 漸近巨星枝星と呼ばれる状態になった段階で, ヘリウム殻フラッシュと呼ばれる現象が繰り返し起きている有様を指して, 熱的パルシングというように用いられている.

熱的パルシングが起きるのは, まさに主系列にあった星が変化してきた最後の檀家ともいえるもので, 星の内部で合成された元素が表面にまで運び出されたり, 星の表面から大量の物質を放出したりして, 場合によっては数千年という比較的短い時間で, 星の様相が変わる.

繰り返し熱的パルシングが起こるという表現は, 星内部の原子核反応の状況に応じて, 星が明るくなったり暗くなったりを繰り返すことを想起させる. しかし, この現象と, ミラ型星などの周期数百日の脈動による変光とは, まったく別ものである.

変光星ノート　No. 9　半規則変光星
2008 年 9 月
柳町自然研究所
〒 980-0811 仙台市青葉区一番町 1-8-10-504