

Abundance Analysis of the Pulsating Primary Component of the Algol-Type System AS Eridani

(アルゴル系エリダヌス座 AS 星の振動する主星の組成解析)

兵庫県立大学 天文科学センター (西はりま天文台) 鳴澤 真也

2つの恒星がその共通重心の周囲を公転している天体を連星系といい、明るい方を主星、暗い方を伴星と呼ぶ。連星系はドップラー効果を利用して観測的に両星の質量関数を推定できる重要な天体である。連星系の中で、二つの恒星が近接（または接触）しており、地球から観測すると「食」現象を起こすものを特に食連星と呼んでいる。食連星は、その光度の変化を解析することで、半径、絶対等級、表面温度、軌道傾斜角などの物理量を導出することが可能であり、個々の恒星の質量を高い精度で求めることができる。恒星の寿命はその質量に依存しているため、食連星の観測は恒星進化の研究上、大切な役割を担っている。一方、形状が変化することで光度変動を示す非動径振動星においては、その振動を地震学で用いられているものと類似した手法で解析することにより、恒星大気の内部分布（自転、温度、密度分布など）を知る手がかりを得ることが可能である。

恒星の分類学で用いられる HR 図上において、セファイド不安定帯とよばれる振動不安定を有する恒星が分布する帯状の領域と主系列とが交差している領域のスペクトル型は A 型（表面温度 7000-9000 K に相当）である。A 型主系列に属する非動径振動星は、大気組成と振動周期で主に 3つのタイプに分類される。一つは、太陽に類似した化学組成を有するたて座デルタ（以下 δ Sct）型、軽い重元素は太陽組成であるが重い重元素が欠乏しているうしかい座ラムダ（以下 λ Boo）型、特定の金属が多い高速振動 A 型特異（以下 roAp）型である。 δ Sct 型と λ Boo 型の振動周期は 10 分から数時間と広く分布する一方で、roAp 型は 5 分から 20 分程度に限られるという違いがある。このような特徴は、 κ メカニズムとよばれる励起機構と拡散とよばれる現象により理論的に説明され得るものの、混合型や変種型なども発見されており、この分野の研究は膠着した状態となっている。その理由の一つとして、振動を解析するためには、その恒星の各種物理量をあらかじめ決定しておく必要があるものの、単独星に対してはそれが困難であることが挙げられる。しかしながら、上で述べたように、食連星をなす場合には、これらの物理量が高精度で導出できることから、我々は食連星をなす A 型振動星の研究に着目した。このような連星系は以前は殆ど見出されていなかったが、21 世紀になってから、国際的な光度測定サーベイが実施され、食連星の成分星に続々と振動現象が検出されるようになり、現在では統計学的な研究も始まっている。

我々は、A 型振動星の励起メカニズムや大気構造を探るべく、このような連星系

の中でも特に明るく、北半球から観測可能なカシオペア座 RZ 星（以下 RZ Cas）、エリダヌス座 AS 星（以下 AS Eri）の高分散分光観測を行った。それぞれの振動周期は約 20 分であり、 δ Sct 型・ λ Boo 型と roAp 星のちょうどオーバーラップしたところに位置しているため、分光学による化学組成調査が必要不可欠である。我々はまず RZ Cas 主星の組成解析を行ない λ Boo 型と類似した組成パターンを示すものの、重元素の絶対量はやや多いことを見出した（鳴澤 他 2006）。そこで本論文では、AS Eri 主星の詳細な化学組成調査を行った。

本解析に使用した分光データは、西はりま天文台の口径 2 m なゆた望遠鏡と国立天文台ハワイ観測所の 8m すばる望遠鏡で得られたものである。なゆたでの観測は、2005 年 12 月から 2007 年 3 月に行なった。すばるでの観測は、2007 年 1 月 25 日から 29 日（世界時）の 5 夜行なわれたが、解析には主星と伴星のラインが十分に分離している公転位相であった 1 月 26 日と 27 日の 2 夜分のデータを用いた。また、伴星のスペクトルを除去するため、伴星と同じスペクトル型で同程度の重元素量を有するオリオン座ファイ 2 番星の分光観測を国立天文台岡山天体物理観測所の 1.9m 望遠鏡を使用して 2007 年 1 月 31 日に実施した。解析に先だって、観測で得られた AS Eri のスペクトルから伴星のスペクトルの除去を行った。これは、オリオン座ファイ 2 番星のスペクトルを AS Eri の伴星の自転速度にあわせて調整し、また観測時における連星としての公転運動によるドップラー効果での波長シフトと主星と伴星の光度比を考慮して補正した上で除去するという方法で行った。この伴星スペクトルの除去法を当該分野で用いたのは我々が初めてである。

得られたスペクトルに対し、食連星解析により高い精度で得られている恒星の物理量を用いて組成解析した結果、AS Eri 主星は、RZ Cas 主星と同じく、重元素がやや欠乏している星であることがわかった。この 2 つの星は、振動周期、重元素量で共通性があり、同一タイプの星に分類できる（便宜上 ASE 型と呼ぶ）。ASE 型は、振動周期と金属量との関係性は、これまで知られていた δ Sct 型、 λ Boo 型、roAp 型のいずれにも該当しておらず、A 型の新種の非動径振動星を我々は見出したことになる。これはどのような星であろうか。振動周期と金属量との関係から、ASE 型は λ Boo 型と δ Sct 型の中間的なものが、何らかの理由で短周期となったものという仮説を立てることができる。 λ Boo 型では、周期が長くなるほど重元素量が多くなる相関が見られることから、ASE 型は重元素が欠乏していることが原因で周期が短くなったものかもしれない。ただし、 λ Boo 型の星の中には、ASE 型よりさらに金属量が欠乏しているにもかかわらず、ASE 型星より長い周期で振動している例も存在していることから、重元素欠乏だけが原因であるとは考えにくい。ASE 型の AS Eri、RZ Cas は共に食連星の中でもアルゴル系に分類されており、このような連星系では、伴星から主星への質量移動が起り、また最近では主星を取り囲む磁気円盤の存在も示唆されている。おそらく磁場活動、質量移動／降着などにより ASE 型星では、かなり複雑な大気構造となっていることが推定でき、重元素欠乏の影響に加えて、これらが振動に大きく影響しているという結論に至った。今後、同類の振動星の観測と詳細な化学組成の調査が行なわれることで、上述の仮説を検証することが可能となるであろう。