

「食」を利用したアルゴル型連星の主星における非動径振動検出の試み（中間報告）

鳴沢真也（兵庫県立大学）、中村泰久（元福島大学）

1. はじめに

よく知られているように、食連星は、その光度曲線や視線速度曲線を解析することによって、質量、半径、表面温度など成分星の物理諸量を決定することが可能である。一方で、非動径振動（NRP）星の場合は、星震学を利用することにより、対流や拡散などの内部状態を探ることが可能である。したがって、食連星の成分星でNRPが励起されている場合は、上記双方の情報が得られるため、天体物理学上で貴重な存在となっている。

過去10年ほどのあいだに、食連星に脈動変光星が次々と発見されている。例えば、Zhou(2010)は、脈動星が成分星となっている370以上の連星系／多重連星系のカタログを作成したが、そこには146の食連星が含まれている。その内の60（ほとんどがアルゴル型）で、 δ Sct型振動が励起されている。数は増えているものの、頻繁に観測がなされて物理諸量が正確に決定できている食連星に振動が検出されているものは、まだまだサンプル数が十分であるとは言いがたい。

ところで、NRP星が相手の星によって隠されると（つまり食が起きると）、観測される振幅が変化する現象が知られている。例えば、アルゴル型RZ Casの場合、食により振幅が増幅することがOhshima et al.(2001)で報告されている（*）。Gamarova et al.(2003)は、RZ Casについて、主極小で観測される振幅変化をモデルと比較して、主星の振動モードは、 $l=2$, $m=2$ であるとした。最近では、Biro and Nuspl (2011)が、食を用いた振動星のモード決定の非常に詳しいシミュレーションを開発しているが、これは同様の研究が今後発展する予兆と思われる。

我々は、物理諸量が決定されているアルゴル型の主極小光度曲線から食の成分を除去し、そこに増幅されて観測される主星の振動を検出することから、NRPの発見を試みている。現在まで得られた結果をここで報告する。

*）RZ Casは、部分食である主極小のまさに中央で、時として皆既食を思わせる平底型の光度曲線が観測されるにことで知られていた（Narusaw et al. 1994など）。これは、食中に振幅が増幅した脈動による光度曲線の山（ $p \uparrow$ ）と食による光度曲線の極小部（ $e \downarrow$ ）が合成されることで説明できる。 $p \uparrow$ と $e \downarrow$ がずれて重なった場合は、食中央付近の光度曲線の形状が傾斜平底タイプとなる（詳細はOhshima et al. 2001を

参照のこと)。従って、他のアルゴル型でも、本来は部分食である主極小の光度曲線に平底や傾斜平底が見られた場合は、主星が振動している可能性がある。

2. 観測

9つのアルゴル型連星系 (U CrB, RW Mon, TV Cas, AI Dra, RZ Cas, AB Cas, XZ And, X Tri, R CMa) をターゲットとした観測を、当時国立天文台に所属していた堂平観測所の 91cm 望遠鏡で行なった。使用した観測装置は、多波長偏光測光機 (MPC) である。この装置は、8つのチャンネル (以下 ch) で同時に測光することが可能である。MPC については、Kikuchi (1998) が詳しい。実際の観測は、1993年11月から96年4月に実施した。

3. 解析方法

今回、我々は以下のような簡易的な解析を ch2(420 nm) と ch4(535 nm) で実施した。

- 1) 光度曲線を等級スケールから強度スケールに変換する。
- 2) 減光枝と増光枝の非対称性をキャンセルするため、食中央で光度曲線を折り畳む。
- 3) 2) で得られた光度曲線を多項式で近似する
(ほとんどの場合、3次式で観測される光度曲線を再現できる)。
- 4) 3) で得た多項式を食中央を軸として展開し、これを理論光度曲線とみなす。
- 5) 観測された光度曲線から理論光度曲線を引く (食の成分を除去する)。
これを「差分光度曲線」と呼ぶことにする。
- 6) 5) で得られた光度曲線をフーリエ解析 (Period04: Lenz & Breger 2005) する。
- 7) 縦軸に ch2-ch4 を、横軸に ch2 をとったグラフを作成し、相関係数を求める
(脈動変光星は明るい時により青くなる)。以下ではこれを「色テスト」と呼ぶ。

4. 結果

4.1. RZ Cas

この系は、すでに述べたように NRP が検出されている。得られた4回の主極小のうち1995年11月2日の光度曲線には明らかな傾斜平底型が認められる。上記の方法の有効性をテストするために、まずはこの日の光度曲線で解析を行なった。差分光度曲線のフーリエ解析の結果、ch2、ch4ともにすでに報告がなされている約22分の周期が得られた。Ch2のパワースペクトルを図1に示す。また、色テストでも、相関係数0.93が得られたので (図2)、上記解析法は予備的なものとしては有効であると考えられる。

4.2. AB Cas

すでに主星は周期約 84 分の動径振動星 (Rodriguez et al. 2004) であることが知られているが参考のため本研究にくわえた。主極小は部分食であるが、観測された 4 夜ともに、中央で 16 分程度の平底が見える。このうち 94 年 1 月 25 日の差分光度曲線を解析すると、ch2、ch4 とともに約 44 分、すなわち $(1/2) \times \sim 84$ 分の周期が検出された。図 3 は ch2 のパワースペクトルである。また、色テストでは相関係数 0.63 を得た (図 4)。

4.3. XZ And

この系は現在までのところ振動検出の報告はなされていない。主極小は部分食である。堂平では 3 回の主極小を観測したが、このうち 1995 年 2 月 22 日の光度曲線は、食中央で 12 分ほどの平底が見え (1950 年代の光電観測から主極小は、継続時間 11 分の皆既食であるという報告もある)、また減光枝に凹部も認められる (脈動による谷部が重なった可能性がある)。観測された 3 回の主極小 (ch2) について差分光度曲線を解析したところ、弱いながらも信号が検出され、その周期は 27 分、26 分、50 (2×25) 分であった。カラーテストで得られた相関係数は、それぞれ 0.64、0.33、0.68 である。この系の主星は脈動星の可能性を持ち、詳細な追跡調査を行なう価値があろう。1994 年 1 月 23 日の ch2 のパワースペクトルと色テストの様子をそれぞれ、図 5 と図 6 に示す。

他の系では明瞭な振動の兆候は認められなかったが、主極小観測回数が多くても 2 回だったこともあるので、今後も調査を継続したい。

故森本雅樹氏と大島 修氏には貴重な助言をいただいた。両氏と観測をサポートしてくれた堂平観測所のスタッフに感謝したい。

参考文献

- Biro, I. B., & Nuspl, J. 2011, MNRAS 416 1601
Gamarova, A. Y., et al. 2003, ASP Conf. Ser., Vol. 292, p.369
Kikuchi, S., 1988, Tokyo Astron. Bull., Sec. Ser. No. 281, p.3267
Lenz, P., & Breger, M. 2005, Communications Asteroseismology, 146, 53
Narusawa, S., et al. 1994, AJ, 107 1141
Ohshima, O., et al., 2001, AJ, 12 418
Rodriguez, E., et al., 2004 MNRAS, 353, 310
Zhou, A. -Y. 2010, arXiv:1002.2729

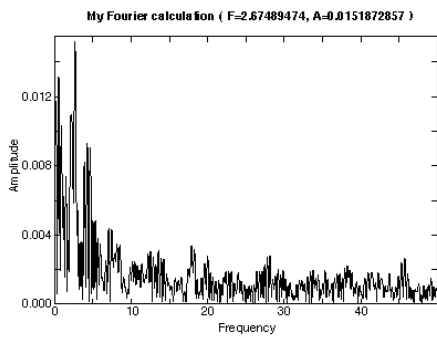


図 1. RZ Cas (95年11月2日、ch2) のパワースペクトル

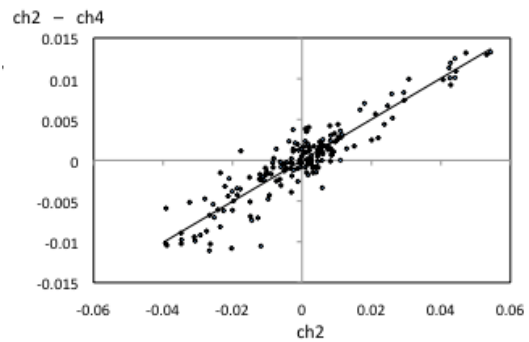


図 2. RZ Cas 同日の等級-色図 (相関係数は 0.93)

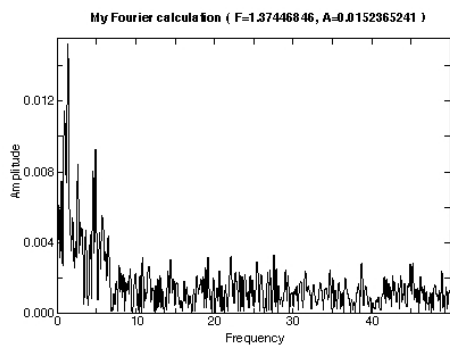


図 3. AB Cas (94年1月25日、ch2) のパワースペクトル

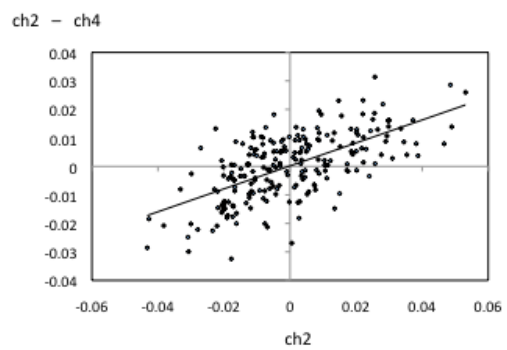


図 4. AB Cas 同日の等級-色図 (相関係数は 0.63)

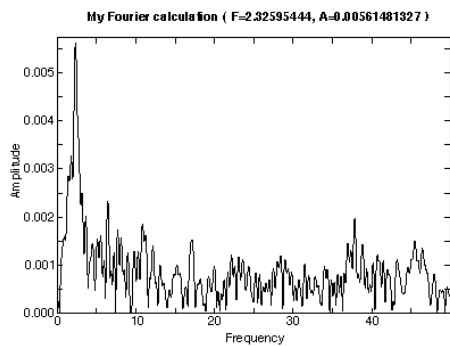


図 5. XZ And (94年1月23日、ch2) のパワースペクトル

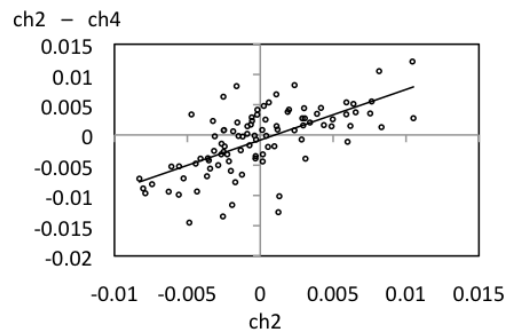


図 6. XZ And 同日の等級-色図 (相関係数は 0.64)