

岡山における小望遠鏡を用いた観測

大島 修¹⁾

¹⁾ Ohshima Tamashima Observatory/山陽学園大学/吉備国際大学

Astronomical Observations with small telescopes in Okayama

Osamu OHSHIMA¹⁾

Abstract

Some astronomical observations with small telescopes in Okayama are described which conserved by the author.

Key Words: Small Telescopes, Astronomical Observations, Okayama

1 小望遠鏡による観測の意義

岡山の地で筆者が関わってきた、主に20cmから40cm程度の小望遠鏡によるいくつかの観測事例を紹介し、特に明るい恒星の測光分野では小望遠鏡による有意義な観測が可能であることを示したい。

図1の右側は筆者の観測所の主に光害と視界の環境を全天画像で示す。同一条件で写した美星町での画像(左)と比較するとかなりひどい光害に囲まれている様子がわかる。なお、最も大きな光害源である水島工業地帯は、筆者の自宅観測所からは視界の悪い方角(図上では左上、方位では南東)にあたるため、直接の光は見えないが山の端が赤く明るく写っている。

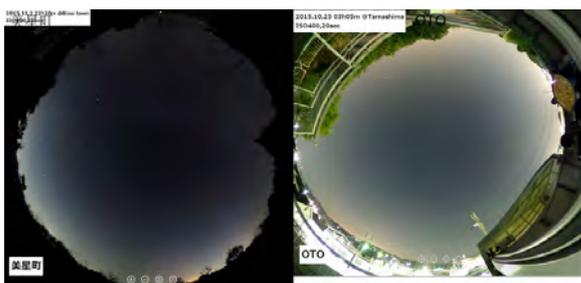


図1. 美星町(左)と筆者の観測所(右)の光害

2 事例(1) γ Perの食の検出(1990年)^{1), 2)}

20cm カセグレン望遠鏡+自作UBV光電測光器
小口径の機動性を活かした国際協同観測

γ Perは、それまで周期15年の分光連星として知られていたが、Popper&McAlister³⁾により1990年に食が起る可能性が指摘された。さらに、R.F.Griffin(1990)⁴⁾が自身のより正確な観測をもとにして食を予報し、国際共同観測のキャンペーンを張った。その結果、10

日程度の食が検出され、アルゴルに次ぐ2番目に明るい食連星となった(しかし、その後観測条件が悪く2回目の食は観測されなかった、3回目は来る2019年末か2020年当初。従って正確な周期は未だに決まっていない)。筆者ら3名は日本から参加し、全測光データの4割を越す観測データを得た。特にUバンドの観測は少なく、筆者のデータがなければUバンドの光度曲線は描くことはできなかった。

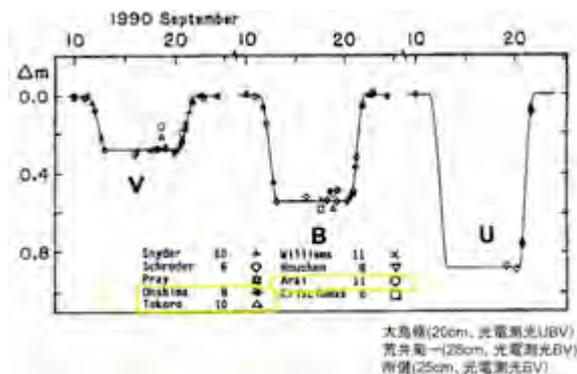


図2. γ Perの現在得られている唯一の食の光度曲線

これらの観測から、初めて成分星の半径(G型星とA型星:太陽の24倍と3.2倍)が測定され、同時に生まれたとは考えられないほどG型星は重過ぎ、明る過ぎる(A型星より2.5倍歳を取っていてもよい)という連星進化上の謎が提起されていて⁵⁾(R.E.Griffin, 2007)、次の食に期待がかかっている。

恒星進化経路における γ Per

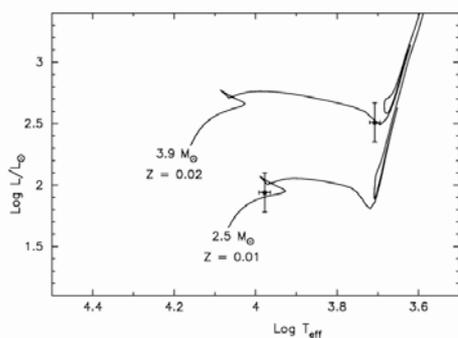


図3. 図2の光度曲線から得られたHR図上の位置

3 事例(2)食連星RZ Casの非動径振動の発見⁶⁾

この論文の共著者となっている観測者は、岡山県内だけでも5名で、赤澤(28cm)BV光電測光、大倉(35cm)BV光電測光、川端(101cm)光電測光、藤井(7.5cm)Rc CCD測光、森川(25cm)Ic CCD測光です。

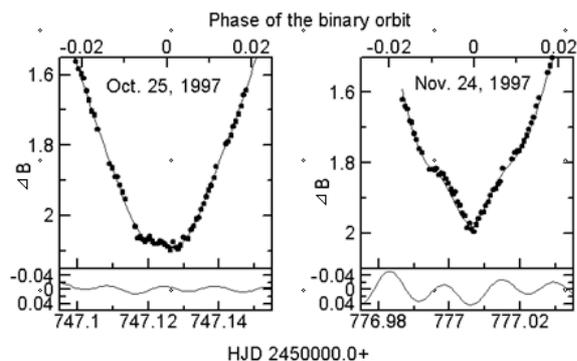


図4 食連星RZ Casの部分食の奇妙な光度曲線

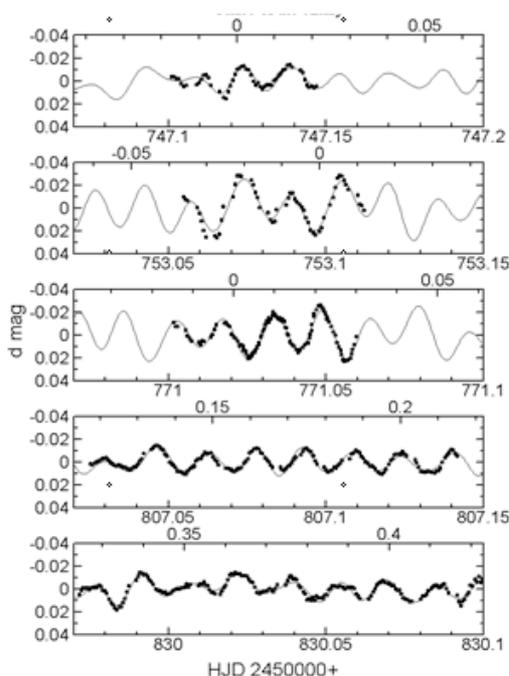


図5. 食変光を引き振動成分だけを取り出した光度曲線

RZ Casは明るい食連星の一つとして有名ですが、1950年代からその食の光度曲線が奇妙にゆがむことが知られていて、いろんな研究が行われましたが一向に解けない謎になっていました(図4. 左は底が平らになっており「皆既食」を容易に想像させる。一方、右は尖っているし、奇妙な形である。同じ星とは思えない光度曲線である。「鳴澤深夜の怪奇食」とも呼ばれた)。鳴澤さんが提唱しキャンペーンとして取り組んだ1987年のシーズンは、後から見てこの変動が特に顕著になった時期だったことも幸いして、以下の様な経過を経て20世紀中に謎を解くことができました。

まず、稀に見るほどの非常に大気の透明度が良く安定な同じ夜に、赤澤・大倉両氏が別々の観測所で食中の変動を同時にとらえ、光度曲線がミリ等級台の精度で見事に一致したことから、この変動は疑いなく実在することが確定しました。次に、これは食外でも振動が見られるのかどうかの観測が必要だということになり、多数の観測者により集中観測がなされ、ついに食外でも短周期の振動を示す光度曲線が見つかりました。その観測の最小口径は藤井さんの7.5cm屈折望遠鏡によるCCD測光でした。図5の上の3つは、光度曲線から食による光度変化を引き去り、振動変光成分だけを抽出したもので、下2つは食外の光度変化を示しています。このことから、食には無関係に短周期変動は存在することが明らかになりました。主星の分光型と変光周期から見て δ Sct型の非動径振動であろうと予想されました。これらの光度曲線をフーリエ解析し、数個の多重周期からなる振動成分が存在するをつきとめ、さらに、その複数の振動成分を合成し、その解析にわざと含めなかった観測を「予言」させてみたところ、見事に観測を再現できました(これは私の生涯最大の感動でした。図6)。

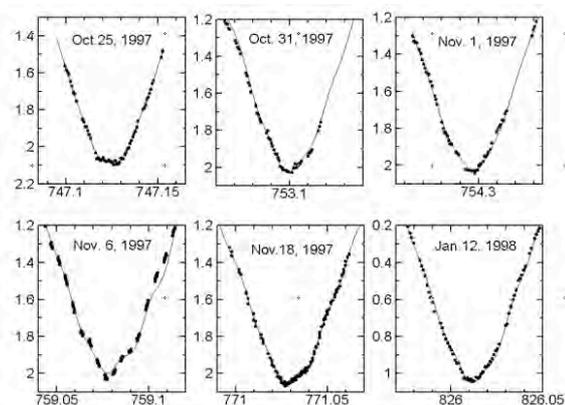


図6. 上段は、データを周期解析に利用した観測(点)を、3つの周期成分と食を重ねあわせて再現したもの(実線)とを比較した。これはうまく再現して当然。下段は、わざとデータ解析に用いなかった観測データ(点)を、3つの周期成分と食を重ねあわせて「予言」した計算結果(実線)とを同時に示した。「予言」が見事に観測に合っていることがわかる。

この私達の発見は、単に一つの星の謎解きに終わるのでなく、他にも食連星の成分星に非動径振動を持つ系があるのではないかと波紋を呼びました。それが見つかれば、食連星系は恒星の質量を含めた物理パラメータを直接精度よく測定できるので、星震学の発展に極めて有用であるということで、一気にこの分野の観測が花開き、その後このテーマで国際会議も開かれました⁷⁾。

発表時には知らなかったので紹介できませんでしたが、この研究は、星震学の教科書”Astroseismology”⁸⁾に紹介されていることを最近になって気づきました。とてもありがたいことですが、ただ、その記述は、我々の研究に対する追試論文と合わせて、「食外だけのデータを使って解析した」と記述されていますが、我々は食中のデータも使って(したがって食により特定の振動モードが強調される結果)多重周期を検出している経過もきちんと載せているので、残念ながら著者は我々の論文を読まずに単なる孫引きをしたのかなと想像しています。

4 OAO188cm望遠鏡との同時観測

OAOの地元に位置することのメリットは、天候条件がほぼ同じであるために、188cm望遠鏡での観測が成功すると、私の観測所でも同時観測が成立する確率が高いという点である。以下の2つの事例は、188cm望遠鏡を使う責任研究者からの要請に応じて、そのような観測に成功したものである。

4.1 事例(3)Be星 γ Cas⁹⁾

20cm+UBV光電測光で、X線衛星、紫外線衛星、可視分光の国際協同観測に参加しました。他に、国内では宮城県の伊藤芳春さんも15cm+BV光電測光で参加しました。

表1. 協同観測の実施状況

188cm分光と同時観測の実施

Table 1. Dates of the joint observations.

Date	X-ray	UV	Spectroscopy	UBV-photometry
1989 Jan 6	KP(H α 1)	...
Jan 8	KP(H β 1)	...
Jan 9	KP(H γ 1)	...
Jan 12	HP(H β 1)	KR(3)
Jan 13	HP(H γ 1)	...
Jan 14	HP(H β 1)	...
Jan 15	HP(H γ 1)	KR(15)KA(5)
Jan 16	KR(12)KA(24)
Jan 17	KR(14)
Jan 18	Ginga
Jan 19	Ginga	...	HP(H β 16)	...
Jan 20	Ginga	KR(7)
Jan 21	OA(H α 3)	KR(10)
Jan 23	PM(H α 10,H β 3)OA(He12)	KR(10)
Jan 27	BE(3)
Jan 28	BE(10)
Jan 29	BE(H α 26)	BE(5)
Jan 31	BE(4)
Feb 2	BE(5)
Feb 7	KA(5)
Feb 19	IUE	KA(12)

Notes regarding the abbreviations:
 Spectroscopy KP=Kitt Peak National Observatory by A. Slettebak
 HP=Haute Provence Observatory by V. Doazan
 PM=Purple Mountain Observatory by C. C. Huang
 BE=Beijing Observatory by H. Cao
 OA=Osayama Astrophysical Observatory by R. Hirata and T. Horaguchi
 In brackets are shown the spectral lines and the number of spectra.
 Photometry KR=Kurashiki by O. Ohshima, KA=Kakuda by Y. Ito
 BE=Beijing Observatory by Z. Guo and L. Huang

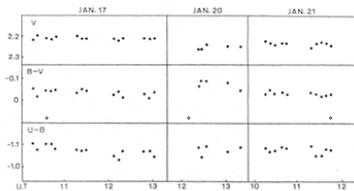


Fig. 10. Series of UB observations made by O. Ohshima at Kurashiki on 1989 January 17-21. The V, B-V, and U-B values are shown from the upper to the lower panels in this order. The abscissa gives the time of observation in UT.

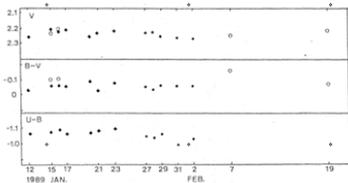


Fig. 11. Daily means of V, B-V, and U-B, observed in 1989 January-February. Each symbol denotes an observer or an observatory as follows:
 ●: at Kurashiki by O. Ohshima
 ○: at Kakuda by Y. Ito
 * : at Beijing Observatory by Z. Guo and L. Huang

図7. 得られたBe星 γ Casの光度曲線

4.2 事例(4)系外惑星 HD17156b¹⁰⁾

20cm+Rc CCD測光

系外惑星のトランジットによるロシター効果の観測が188cmで行われた際に、同時測光観測が要請され、トランジットのパラメータ決定に役だったもの。

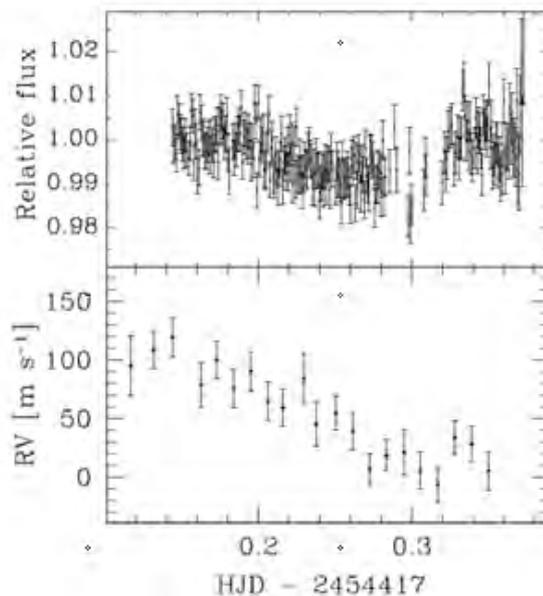


図8. 系外惑星HD17156bのトランジット観測

(上) RcバンドによるCCD測光

(下) 188cmによる視線速度観測

光度曲線からトランジットの中央時刻が提供され、ロシター効果のパラメーター決定に用いられた

この観測から、系外惑星を持つ星の自転軸と惑星軌道が大きくずれている可能性が指摘された。(実際には、後のすばる望遠鏡を用いた高S/N比分光から、この可能性は否定された)

5 事例(5)地球接近小惑星の分光観測(40cm)¹¹⁾

藤井黒崎観測所40cm+低分散分光器

この小惑星2012DA₁₄は、わずか直径4.5mの地球接近小惑星であるが、わずか2万8千kmまで近づいたために7等級まで明るくなりました。しかし、急速に天球上を移動するために大きな望遠鏡では追尾が難しく、機動性の高い40cm望遠鏡とベテラン分光観測者藤井貢さんの出番となりました。

藤井さんは10秒毎に予報位置を計算し、望遠鏡を小惑星より先回りして向け、予報位置に置いたスリットを小惑星が通過するのを待ち受け、これを繰り返すという方法でS/N比を稼ぎ、スペクトルを得ました。

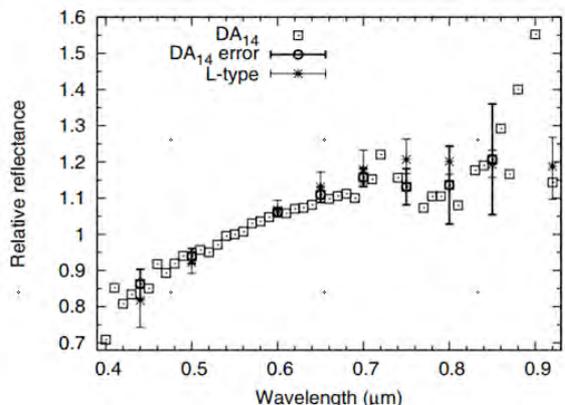


図9. 地球に急接近した小惑星2012 DA₁₄のスペクトル

図9は、その結果で、2012DA₁₄の太陽に相対的なスペクトルです。そして、この小惑星はL型と分類されました。なお、この小惑星のスペクトルは、この他には1つしか得られていません。それは通常時にはあまりにも暗いため、ケック望遠鏡でやっと得られたものです。機動性の高い小望遠鏡とそれを使いこなすベテラン分光観測者の組み合わせは、10m望遠鏡に匹敵する場合があるという痛切な事例です。

図10. 観測風景 手前の小型赤道儀に光ファイバーの取り入れ口を載せ、HIDES分光器に太陽光を送り分光した。ファイバー開口の前にヨードセルを置き、波長マーカーとした。バックは観測に使わなかった188cm望遠鏡。HIDES分光器とCCDカメラを遠隔操作する神戸栄治さん。



6 事例(6)日食を利用した太陽の差動回転の検出¹²⁾

望遠鏡なし+光ファイバー+HIDES分光器

この事例は口径0.1mmの光ファイバーだけで、天体の光を集めて高分散分光器に導くという、相手が太陽だから可能なものです。

この観測は、太陽の自転の様子が、赤道と高緯度ではどの程度速度が異なるかを調べるものですが、まったく新しいこれまで誰も考えなかった方法で調べることが可能かということを確認めた一つの実験です。

事例(4)の系外惑星で出てきたロスター効果という現象は、自転する天体の前を別の天体が自転軸に非対称に隠していくという食現象の時に起こります。その場合、例えば、自転する天体のうち、我々に近づく側がまず隠される場合、我々が見る光は、反対側の遠ざかる側から出た光がほとんどになり、それは赤い方へドップラーシフトしているはずですが。そして、食の最大を通り過ぎれば、今度は近づく側の光が多く見えるので今度はブルーシフトした光を観測することになります。このように、食の間の短時間に急速に視線速度が変化する現象のことをロスター効果と言います。

この現象が部分日食でも起こるはずだと、筆者は2012年の日食を前にして気が付きました。視線速度観測からたくさんの系外惑星を検出している岡山天体物理観測所の装置を使えば、きっと太陽の自転速度の緯度による違い(差動回転)を検出できるはずだと考えました。そして、その方法は、食連星系にも使え、恒星の差動回転を測定する観測にも応用できるはずですが。

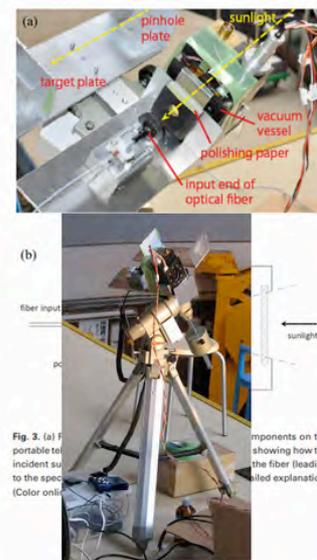


Fig. 3. (a) Components on the portable telescope showing how the fiber leading to the spectrometer is explained. (Color online)

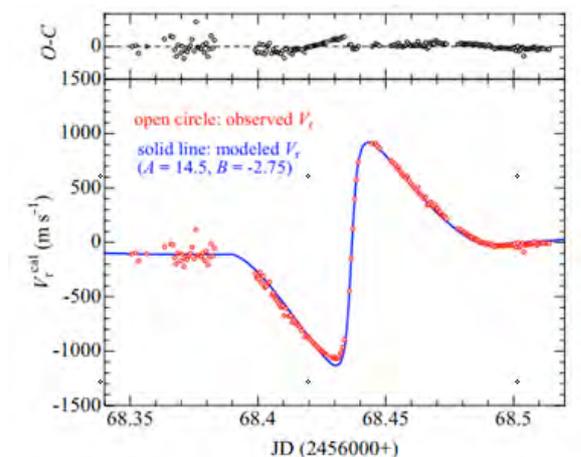


図11. 世界で初めてとらえた部分日食のロシター効果
AとBの値が太陽の差動回転のパラメータを示す。

そうして多くの共著者の皆さんの協力を得てこの成果を論文にできました。図 1 1 は、その結果です。これまで、黒点の移動や太陽面各位置ごとのドップラー速度の測定などから得られた値と一致する結果で、この方法が有効であることを示しています。

7 まとめ

以上のように、これまで筆者が関わってきた岡山での小望遠鏡を用いた有用な観測事例を紹介しました。明るい星が相手であれば、当然のことながら小口径望遠鏡でも、大口径で暗い星を観測するのと同じように観測できます。特に測光なら光を分散しないので、有利です。工夫と熱心さ次第で、これからも小望遠鏡の活躍が十分期待されます。

参考文献

- 1) Griffin, R.F, et.al., 1994, IAPPP, 57, 310.
- 2) Griffin, R.F, 1991, Sky and Telescope, 598.
- 3) Popper, D.M. and McAlister, H.A., 1987., AJ, 94, 700.
- 4) Griffin, R.F, 1990, private communication.
- 5) Griffin, R.E., 2007, IAUS, 240, 645.
- 6) Ohshima, et.al., 2001, Astron J., 122., 4180.
- 7) Claret, Giménez and Zahn, 2005, Tidal Evolution and Oscillations in Binary Stars, ASP Conference Series, 333.
- 8) Aerts, Christensen-Dalsgaard and Kurtz, 2010, "Asteroseismology", Springer.
- 9) Horaguchi, et. Al., 1994, PASJ, 46, 9.
- 10) Narita, et/al., 2008, PASJ, 60, L1.
- 11) Urakawa, et. Al., 2013, PASJ, 65, L9
- 12) Takeda, et. Al. 2015, PASJ, 67, 10.

(2016年1月16日受付, 2016年1月30日受理)