

食を起こす近接連星の謎に迫る！

銀河学校2013B班

天野 香菜【愛知県立岡崎高等学校】、小形 美佐【湘南白百合学園高等学校】、監物 みすず【横浜市立戸塚高等学校】、橘 健吾【愛媛県立松山南高等学校】、田口 健太【洛星高等学校】（高3）

新井 夏希【東京都立日比谷高等学校】、櫻井 泰人【山梨県立日川高等学校】、武中 里穂【香川県立高松高等学校】、奈良尾 百香【長野県木曾青峰高等学校】、村瀬 清華【岐阜県立岐阜北高等学校】（高2）

島 匠【東京大学教育学部附属中等教育学校】（中等5）

1. はじめに

私たちは2013年3月に東京大学木曾観測所で行われた「銀河学校2013」に参加し、「食を起こす近接連星」の研究をした。2つ以上の恒星からなる「連星」は、重力によって結びつき、重力を及ぼしあい、公転している。連星の公転面上に地球が位置する場合には、ある星が別の星を隠す、「食」という現象が起きる。これは周期的な明るさの変化で確認できる現象である。この研究では、このような近接連星系であるCSS081231:071126+440405の明るさの変化の様子を観測した（これは実は「ポーラー(Polar)」と呼ばれる特殊な種類の天体である。この天体を以下ポーラーと呼ぶ）。その観測結果から2星の明るさや温度の比率、2星の距離、それぞれの半径といった情報を推定し、この連星系の姿に迫った。

2. 観測条件

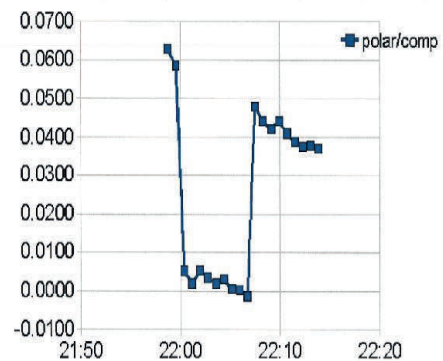
- ・装置 東京大学木曾観測所
105cm シュミット望遠鏡
- ・条件 フィルター V,R
露出 20秒
撮影間隔:約1分
(画像の読み出し等で時間がかかる為)

日付	開始時刻	終了時刻	フィルター
2013年2月27日	21h58m40s	22h13m47s	V
2013年2月28日	21h25m48s	21h48m51s	R
2013年3月25日	22h46m49s	23h27m03s	R
2013年3月26日	20h35m20s	20h44m54s	V
2013年3月26日	22h45m01s	23h03m34s	V

- ・日時 右表の通り(主に食の予報時刻の前後40分間)

3. 方法

- ①マカリィで画像の一次処理を行い、右図のような食の前後のポーラーの光度の時間変化のグラフをつくる。
- ②公転周期は食の時間間隔と同じ7000秒である。このとき、主星(隠される星)と伴星(主星を隠す星)の質量を太陽質量の半分ずつと仮定して、ケプラーの第3法則から2天体間の距離を求める。さらに、地球が2天体の公転面上に厳密に重なると仮定した上に、先ほどのグラフから得られる、主星が消えるのにかかる時間と合わせて、幾何学的な考察から2天体の半径を求める。
- ③②で求めた星の半径から体積や密度を求める。
- ④主星・伴星の明るさの比から、単位面積あたりの明るさを求める。シュテファン・ボルツマンの法則から主星と伴星の温度の比を求める。



2/27 Vバンドで撮影した
ポーラーの食の光度変化

⑤主星と伴星の色の違いを調べるため、RバンドとVバンドの光度の比の時間変化を求める。

4. 結果

	主星	伴星
半径	$\sim 1.2 \times 10^4 \text{km}$	$1.1 \times 10^5 \text{km} \sim$
密度	$1.6 \times 10^8 \text{kg/m}^3 \sim$	$\sim 2.1 \times 10^5 \text{kg/m}^3$

光度比 (R/V)			温度比 (主星/伴星)	2天体間距離
食の直前	食の最中	食の直後		
0.41	1.2	0.35	6.4 \sim	$5.5 \times 10^5 \text{km}$ (0.003 AU)

5. 考察

- ・2天体間の距離は、太陽の半径よりも小さく、地球から月までの距離（38万4400km）の1.43倍ほどしかなく、かなり近い距離にあると考えられる。
- ・食の最中は伴星の光だけが見えている状態であるが、このときRバンド/Vバンドの数値が高いことから伴星は赤いと考えられる。
- ・主星の半径は地球の半径の1.9倍ほどと、とても小さいが、密度は大きい。これは地球型惑星の平均の32000倍であり、主星の密度を角砂糖で例えると、一個分の体積(1cm³)で160kgである。大きさに対して密度が大きいため、白色矮星ではないかと考えられる。
- ・食の前と後で主星の光度が変わっていることから、主星自体が変光星であることが考えられる。

6. 課題

- ・主星自体が変光星であるならばそのメカニズムを解明したい。
- ・主星が隠れるまでの時間は光度の時間変化のグラフが急激に減少していたためこの観測の時間分解能である50秒程度(もっとも短いものでも47秒であった)よりも短いらしく、減光のしかたを捉えることができなかった。
- ・上記の、47秒のものについては、47秒の間にはほぼ減光前の水準から減光後の水準まで光度が下がった。その47秒の内訳は、27秒が画像の読み出し等の処理、20秒が露出であることから、主星が隠れるまでの時間は35秒もない可能性が高い。
- ・15秒の場合と35秒の場合でも計算してみると、伴星の半径はあまり変わらないが、35秒の場合と15秒の場合では、主星の半径は約2.3倍になる。また、密度に関しては、15秒の場合が35秒の場合の13倍にもなってしまうので、密度のバラツキが大きくなる残ってしまう。
- ・この時間分解能の低さを改善し詳細な光度変化を捉えることがこれからの課題である。

7. 謝辞

この研究には東京大学木曾観測所の前原裕之先生をはじめとする、多くの銀河学校2013のスタッフの方々、NPO法人サイエンスステーションとTAの浅岡宏光さん、沖中望さん、梅畑豪紀さんに多くの助言と協力を頂きました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。