

要 旨

フレア星 EV Lac について巨大黒点の大きさの推定を行った。巨大黒点の大きさは恒星半球面積の約 16%であることが分かった。

1. はじめに

2024 年の日本天文学会ジュニアセッションでフレア星 EV Lac の 3 色測光観測について報告を行った。フレア星には巨大黒点があることが知られている 1)2) (図 1)。今年度は、フレア星 EV Lac の 10 回の観測結果から巨大黒点の大きさを求める試みを行った。

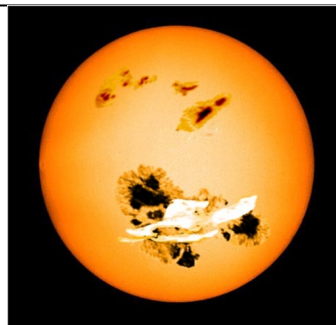


図 1 太陽型星におけるスーパーフレア想像図 2)

2. 方法

西村製作所の 40cmF5 ニュートン式反射望遠鏡とビットラン冷却 CCD カメラ BJ-54L、光電測光用ジョンソン R,V,B フィルター、笠井トレーディング社コマコレクターで撮影を行った。(図 2) 撮影は-20℃冷却、2×2 ビニング、10 秒露出で行った。短時間の光度変化を観測するために 10 秒露出で行った。画像はダーク・フラット補正を行った後に AstroimageJ で測光した。

観測は 2023 年 10 月 5 日から 11 月 6 日までの 11 日合計 26 時間行った。



図 2 西村製作所の 40cmF5 ニュートン式反射望遠鏡

3. 結果

図 3 に 2023 年 10 月 6 日の V 等級の観測結果を示す。フレアが起こらなかった観測結果である。図 4 は 10 回の V 等級の観測結果を 1 つの図にまとめた。フレアが起きた観測は、フレアの光度変化の部分は削除して通常光度の測定点のみを表示した。図 3 と図 4 の横軸は

2023 年 10 月 5 日の最初の観測時刻を 0 とした経過時間[h]を表す。図 4 の 1 つの測定点の集まりが図 3 の測定結果の横軸を縮めて表している。縦軸のスケールは同じである。図 4 の三角が EV Lac の 1 回の測定結果の平均値で、ひし形は比較星の 1 回の測定結果の平均値を示している。

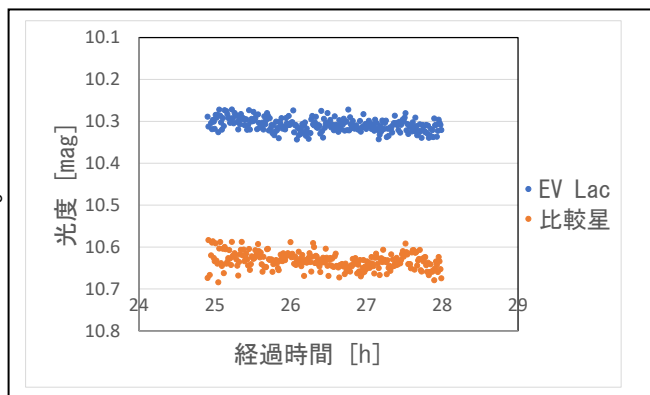


図 3 EV Lac と比較星の測光結果 (2023 年 10 月 6 日)

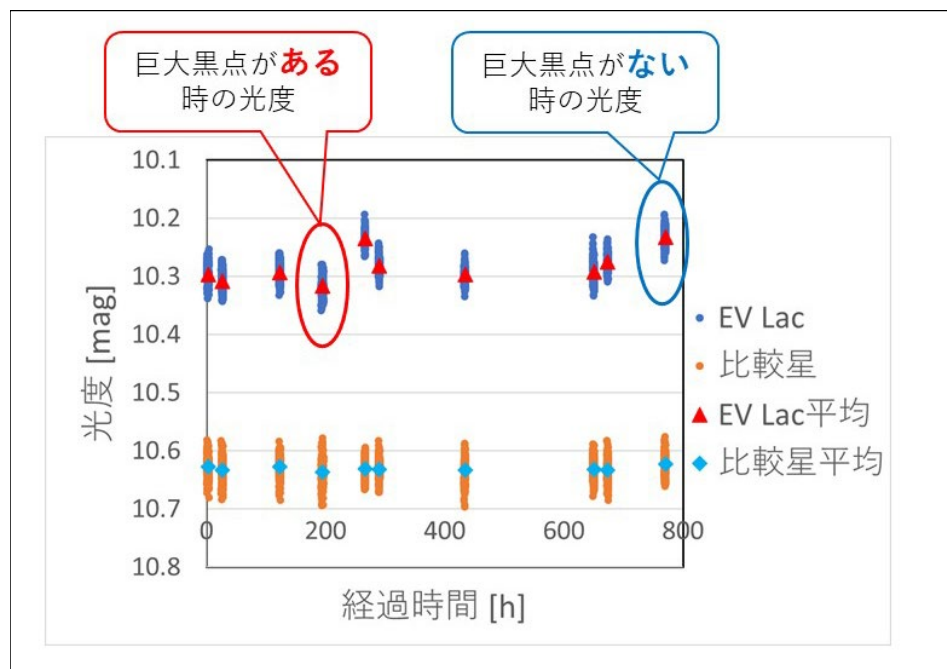


図 4 EV Lac と比較星の 11 回の測光結果 (フレアの測定値は削除)

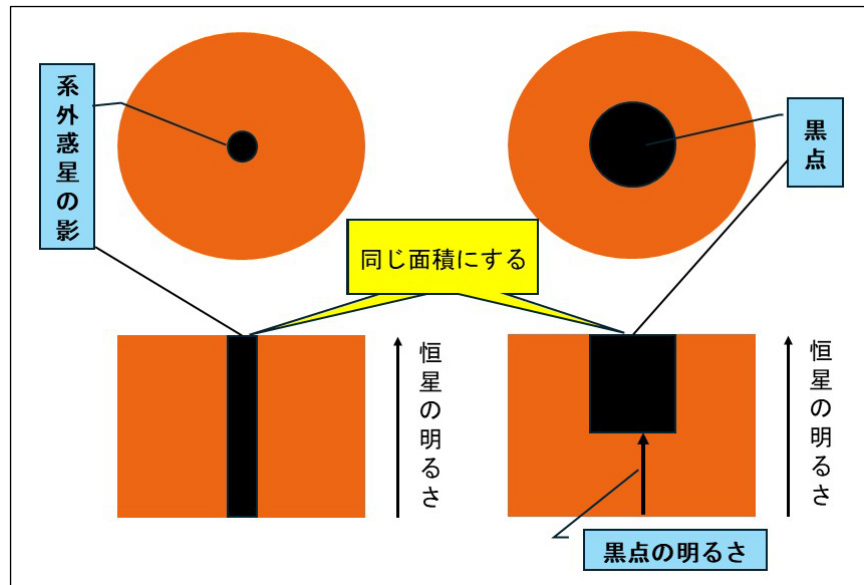


図 5 EV Lac と比較星の 11 回の測光結果 (フレアの測定値は削除)

4. 考察

図 4 の比較星の平均値のばらつきに対して、EV Lac の平均値の変化は巨大黒点による光度変化を示していると考えられる。図 4 の赤○を黒点が見えていたときの光度、青○を黒点がないときの光度として黒点の大きさを見積もる。図 5 は見積もり方の模式図を示す。

恒星の表面温度 3) を $T_{star}=3400K$ とし、黒点の温度 4) を

$$\Delta T(T_{star}) = T_{star} - T_{spot} = 3.85 \times 10^{-5} T_{star}^2 + 0.249 T_{star} - 808$$

より求めると $T_{spot}=2900K$ となる。

黒体放射の式 $F = \sigma T^4$ より恒星表面と黒点の明るさの比は

$$\frac{F_{spot}}{F_{star}} = \left(\frac{T_{spot}}{T_{star}}\right)^4 = 0.529 \cdots (1) \text{ となる。}$$

黒体放射の (1) 式と系外惑星の大きさを求める式 (2) 式を用いて黒点の面積の割合を求める。恒星半球面積 S_{star} と系外惑星半球面積 S_{planet} の比は、図 4 の黒点がない光度 m_{before} と黒点がある光度 m_{middle} を用いると

$$\frac{S_{planet}}{S_{star}} = 1 - \frac{L_{middle}}{L_{before}} = 1 - 10^{\frac{m_{before}-m_{middle}}{2.5}} = (1 - 0.926) = 0.0736 \cdots (2)$$

となる。

系外惑星の明るさは 0 であるので、黒点の明るさを考慮する。恒星半球面積 S_{star} と黒点の面積 S_{spot} の比は (1) と (2) より

$$\frac{S_{spot}}{S_{star}} = \frac{S_{planet}}{S_{star}} \times \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{T_{spot}}{T_{star}}\right)^4\right)} = 0.0736 \times 2.12 = 0.16 \cdots (3)$$

となる。

(3) 式より、黒点の面積は恒星半球面積(見えている恒星の面積)の約 16%であると思見積もることができる。(黒点が円形だとすると直径は 40%)

5. まとめ

10 日合計 26 時間の観測から、フレア星 EV Lac の巨大黒点による光度変化を観測できた。この光度変化から巨大黒点の面積を求めると、恒星半球面積の約 16%と見積もることができた。

6. 謝辞

群馬県立ぐんま天文台の天文係長・西原英治先生にご指導をいただきました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

7. 参考

- 1) 「G, K, M 型主系列星におけるフレアと恒星黒点の関係」前原祐之 (国立天文台) https://www.nayoro-obs.jp/binarystar2017/slides/S1-2_Maehara.pdf
- 2) 太陽型星におけるスーパーフレア 前原裕之 (国立天文台岡山天体物理観測) https://sw-forum.nict.go.jp/forum/2016/pdf/forum_presentation_2.pdf
- 3) Wikipedia とかげ座 EV 星
- 4) 「太陽型星における巨大黒点とスーパーフレアの関係」前原裕之 (国立天文台) https://user.keio.ac.jp/~mariko/conference/16binary_proceedings/18_maehara_hiroyuki.pdf