

太陽型星における恒星黒点の統計的性質とスーパーフレアとの関係 [1]

ケプラー宇宙望遠鏡による超高精度の測光データの解析から、太陽型星で多数の恒星フレアが検出され、それらは最大級の太陽フレアの $10\text{-}10^4$ 倍ものエネルギーを放出する「スーパーフレア」であることが明らかとなった [2,3]。このようなスーパーフレアを起こす太陽型星の多くは、1日弱から数十日程度の周期で、振幅数%にも達する変光を示し、この変光は巨大な黒点を持つ星の自転によって説明できることが示唆された [4]。さらに、ある星で観測された最大のスーパーフレアのエネルギーは、変光の振幅から見積もった恒星黒点面積に蓄積される磁場のエネルギーと矛盾せず、太陽フレアの最大エネルギーと黒点面積の相関の延長上にあること [5]、および、自転による変光の振幅と Ca II 8542 Å の強度には正の相関がみられること [6] など明らかとなり、スーパーフレアを起こす太陽型星には星表面積の数%程度の面積を占める巨大黒点があると考えられている。

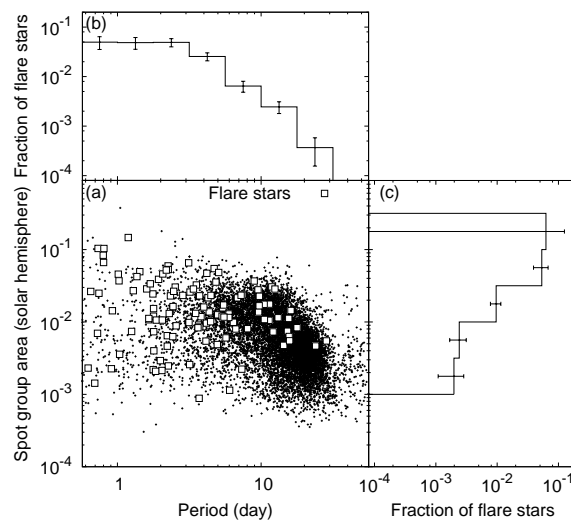


図 1: (a) 黒点面積 vs. 自転周期の散布図 (b) フレア星の割合 vs. 自転周期 (c) フレア星の割合 vs. 黒点面積

本研究 [1] では、ケプラー宇宙望遠鏡の全太陽型星のデータを用いて自転による変光から黒点面積を推定し、恒星黒点のサイズ分布のような統計的性質とその自転周期に対する依存性、およびフレア活動性との関連を調べた。変光振幅から見積もった恒星黒点の面積の上限値は、自転周期が 13 日より短い天体では自転周期に依らずほぼ一定の値 (太陽半球面積の 5% (5×10^4 MSH) 程度であったが、自転周期が 13 日より長い天体では自転周期の増加とともに黒点面積の上限値も急速に減少し、太陽程度の自転周期 (25 日) の天体では黒点面積の上限値は太陽半球面積の 2% (2×10^4 MSH) 程度であることが分かった (図 1a)。

また、黒点のサイズ分布は自転周期に依存性がみられ、自転周期の短い星ほど、大きな黒点を持つ星の割合が高いことが分かった。ある黒点面積を持つ星の数はその面積の黒点の発生頻度に比例すると仮定して、太陽程度の自転周期の天体における巨大黒点の発生頻度分布を調べ、過去 140 年間の太陽黒点の発生頻度分布と比較をおこなうと、太陽型星の巨大黒点の発生頻度分布はべき分布を示し、比較的大きめ (~ 1000 MSH) の太陽黒点の発生頻度分布の延長線上にあることが分かった (図 2)。

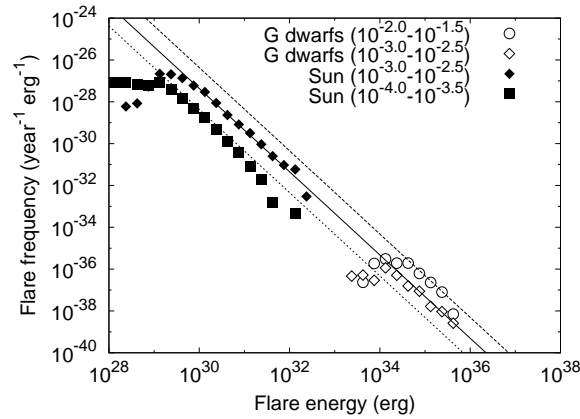


図2: 太陽型星における恒星黒点の発生頻度分布 (実線) と太陽黒点の発生頻度分布 (破線)

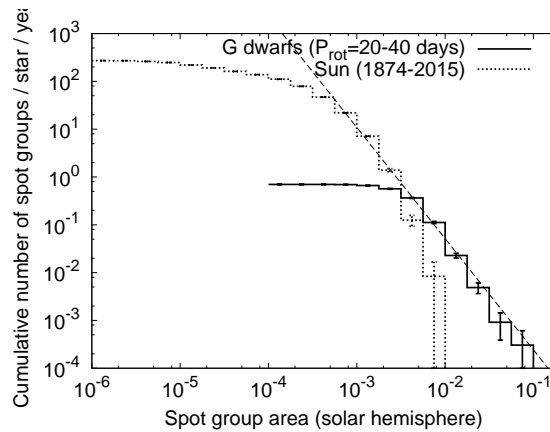


図3: 異なる黒点面積を持つ太陽型星におけるフレアの発生頻度分布と太陽フレアの発生頻度分布の比較

異なる黒点面積の天体ごとのフレアの発生頻度分布を調べてみたところ、あるフレアエネルギーにおけるフレア発生頻度は黒点面積のおおむね比例し、黒点面積の大きな星ほど高い発生頻度を示すものの、べき分布の指数は黒点面積が異なってもほぼ同じであることが分かった。また、同じ黒点面積で比較すると、太陽型星のフレア発生頻度分布と太陽フレアの発生頻度分布は同じべき関数の上に載ることが分かった (図3)。

Reference:

- [1] Maehara, H., et al., 2017, PASJ, 69, id.41
- [2] Maehara, H., et al., 2012, Nature, 485, 478
- [3] Shibayama, T., et al., 2013, ApJS, 209, id.5
- [4] Notsu, Y., et al., 2013, ApJ, 771, id.127
- [5] Shibata, K., et al., 2013, PASJ, 65, id.49
- [6] Notsu, Y., et al., 2015, PASJ, 67, id.33

(前原裕之 記)