

XMM-Newtonを用いた太陽型星のスーパーフレア調査

○ 杉田龍斗 坪井陽子 勝田哲 矢吹健 佐々木亮(中央大学)

太陽における最大フレアエネルギー(10^{32} erg程度)より桁違いに大きなエネルギーを解放するフレアをスーパーフレアという。前原、柴山らはケプラー衛星による可視光データを用いて太陽型星の光度曲線をサーチし、279天体においてスーパーフレアを確認した。しかしX線帯域における太陽型星からのスーパーフレア検出数は極めて少ない。今後、X線帯域における統計的な研究の必要性が高まっている。

我々はX線帯域で太陽型星からのスーパーフレアをサーチした。太陽型星のサンプルとしてはX線天文衛星ROSATで得られた259天体(Pizzolato et al. 2003)の中からB-V等級が0.5 - 1.0の67天体を抽出した。これらのうちX線天文衛星XMM-Newtonのアーカイブデータになっている天体数は18であり、総数135のデータが存在した。これらをサーチした結果、少なくとも、単独星である太陽型主系列星 4天体から6発のフレアが起っていたこと、フレアエネルギーは約 10^{32} erg程度であったことが分かった。

太陽型星におけるフレアの発生頻度(N)とフレアのエネルギー(E)は $dN/dE \propto E^{-1.8}$ の関係にある(Shibayama et al. 2013)。本研究においてそれぞれの天体に対する観測時間は最大で約1日であるにも関わらず、太陽フレアの最大規模程度のフレアが起っていた。フレアの発生頻度から考えると、これらの天体は約1年間で1発のスーパーフレアを起こしうる天体であると示唆される。G型主系列星4天体中2天体は自転周期が15日以上かつ年齢が2 - 4 Gyrであった。太陽の自転周期が27日、年齢が4.6 Gyrということからこの2天体は太陽に極めて近い性質を持っていることが分かった。

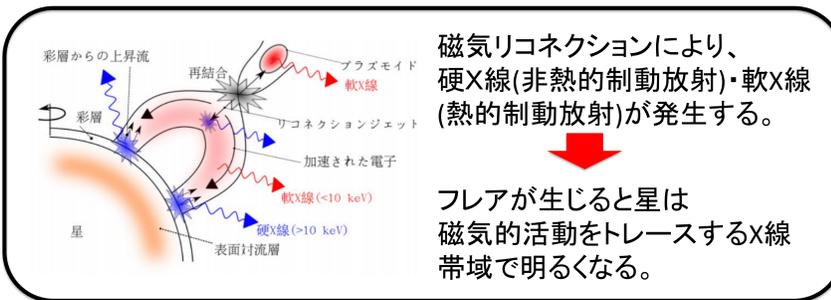
イントロダクション

○可視光帯域におけるスーパーフレア検出

・太陽の最大規模のフレアエネルギー(10^{32} erg程度)より桁違いに大きいフレアのことを、**スーパーフレア**という。

・前原・柴山らは、ケプラー衛星の可視光観測データより、G型主系列星**279**天体から**1547**件のスーパーフレアを確認した。

○フレア発生機構(磁気リコネクション)



○X線帯域におけるスーパーフレア検出

・フレア時に星はX線帯域で明るくなるため、フレアをとらえるツールとしてX線は適している。

・しかし、X線帯域におけるG型主系列星からのスーパーフレア検出数はわずか**2**例(Schaefer et al. 2000)

目的

X線帯域において太陽型星のスーパーフレアをサーチすること

解析結果

対象天体

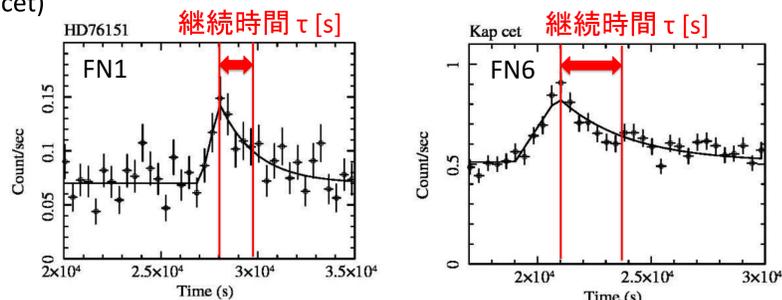
ROSATで検出されている110field stars (Pizzolato et al. 2003)

0.5 < B-V等級 < 1.0 で抽出

18天体に対してXMM-Newtonのアーカイブデータが135存在
このデータを用いて光度曲線・スペクトル解析を行った。

単独星である太陽型星4天体から6つのフレアを確認！！

○ライトカーブの例(HD76151 & Kap cet)



解析結果

○解析方法

ライトカーブからフレアの継続時間 τ [s]、スペクトル解析からX線光度 L_x [erg/s]が求められる。

フレアのエネルギー E_{tot} [erg] は

$$E_{tot} = \tau \times L_x$$

で求められるため、6発の E_{tot} をそれぞれ算出した。

| 天体名(フレアナンバー) | エネルギー 10^{32} [erg] | 自転周期 [days] | 年齢 [Gyr] |
|---------------|-----------------------|-------------|----------|
| HD76151 (FN1) | 0.44 (0.22-0.80) | 15 | 3.6 |
| 11LMi (FN2) | 0.42 (0.10-1.81) | 18.6 | 2.39 |
| 11LMi (FN3) | 0.42 (0.25-0.64) | 18.6 | 2.39 |
| LQ Hya (FN4) | 17.3 (12.3-25.8) | 1.7 | 0.05 |
| LQ Hya (FN5) | 14.6 (0.31-64.8) | 1.7 | 0.05 |
| Kap cet (FN6) | 2.56 (1.49-4.01) | 9.4 | 0.7 |
| 太陽 | | 27 | 4.6 |

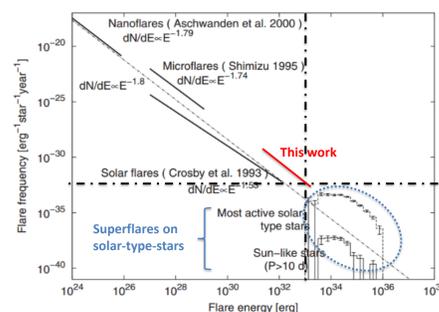
○年齢と自転周期

・先行研究から、HD76151と11LMiの2天体は自転周期が15日以上、年齢が約2-4Gyrの天体であり、太陽に酷似していることが分かった。

・一方でLQ HyaやKap cetのように自転周期が早く(10日以下)、年齢の若い天体(1Gyr以下)が起こしていたフレアのエネルギーは桁違いに高いことが分かった。

議論

○フレア発生頻度分布(Shibayama et al. 2013)



フレアの発生頻度とフレアエネルギーには反相関の関係がある。

スーパーフレア検出の可能性を高めるには、観測時間を長くする必要があります。

今回の観測時間は最大で **80941 s (約1日)**

確認されたフレアのエネルギーは最小でも **4.2×10^{31} erg** であった。

本研究の対象天体について頻度分布を作成した。
 $dN/dE \propto E^{-1.8}$ (Shibayama et al. 2013) の冪と等しい仮定すると、

“1年に1度の確率でスーパーフレアを起こしうることが示唆された。”

また、先行研究におけるスーパーフレアを起こした太陽型星は近くても120 [pc] であるのに対し、本研究の対象天体は全て20 [pc] 以内である。

“近傍でスーパーフレアを起こしうる太陽型星を発見した。”