

2015年 8月18日(火) 10:23-10:36 (10+3分)
2015年度岡山ユーザーズミーティング@国立天文台三鷹

強いX線放射を示す太陽型星の HIDESでの高分散分光観測



野津 湧太

(京都大学 宇宙物理学教室 M2)

本田敏志(兵庫県立大学)

前原裕之(国立天文台 岡山)

野津翔太(京都大学)

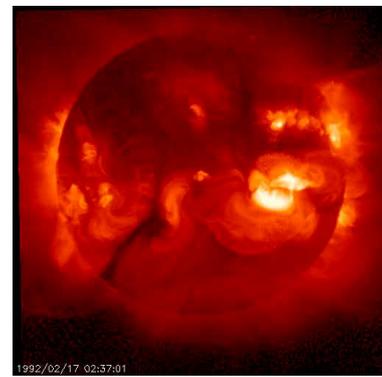
柴山拓也(名古屋大学)

野上大作, 柴田一成(京都大学)



太陽型星でのスーパーフレア

- ・フレア： 恒星大気中での爆発現象
黒点近傍の磁気エネルギーの突発的解放



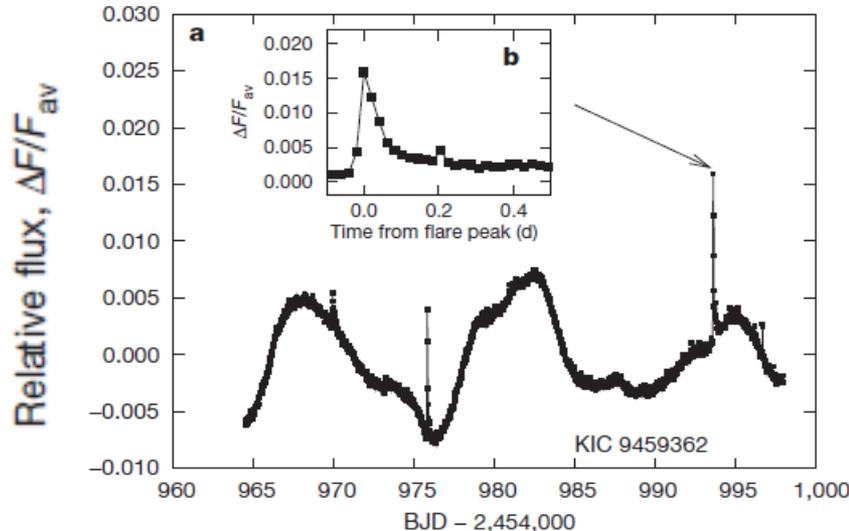
ようこう衛星(JAXA)
軟X線観測

- ・Kepler宇宙望遠鏡データ

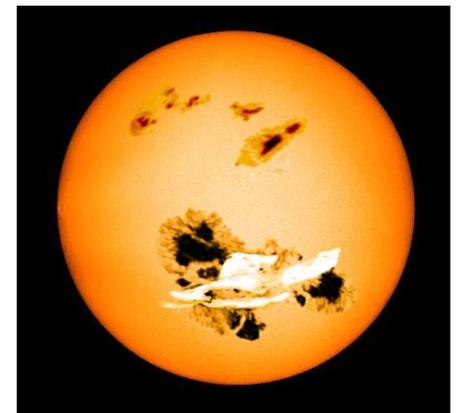
⇒太陽型星(G型主系列星)で「スーパーフレア」を多数発見

(最大級の太陽フレアの10-1万倍のエネルギー)

(Maehara+2012, Shibayama+2013, Maehara+2015)



Maehara et al. (2012)

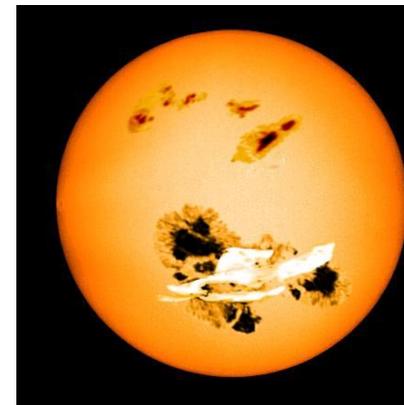


スーパーフレア星想像図

スーパーフレア星の高分散分光観測

– 現在までに50星をすばる望遠鏡HDSを用いて観測

– スーパーフレアを起こした太陽型星について
彩層活動性 (CaII線)や自転速度を探查。



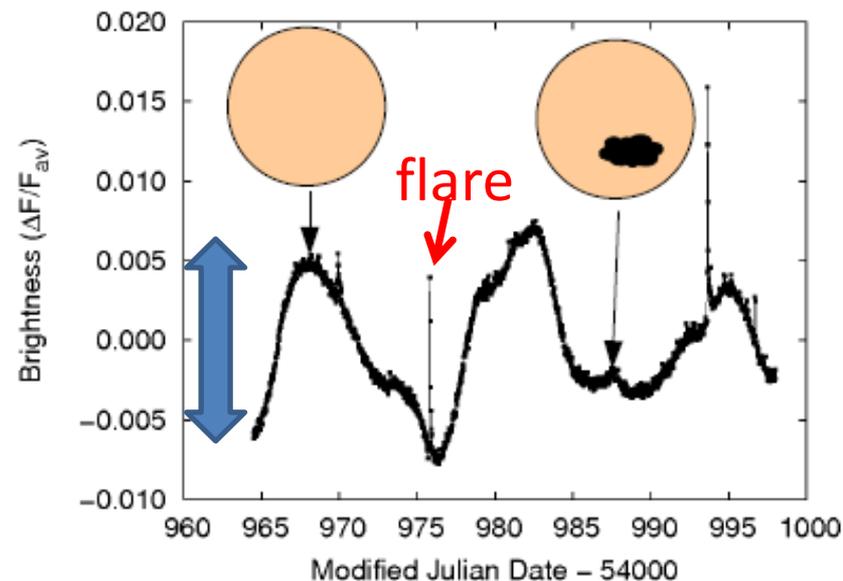
スーパーフレア星想像図

– スーパーフレア星の明るさ変動は、
巨大黒点を持った星の自転で
説明できることを確認！！

(Notsu et al. 2015a&2015b PASJ)

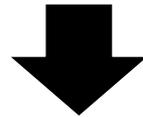
– スーパーフレア星の中には、
太陽のように自転の遅い星もある。

(自転速度：2-3km s⁻¹)

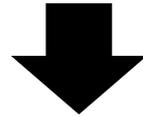


スーパーフレア星の更なる研究に向けて

- 京大岡山3.8m新望遠鏡(数年後に稼働)も用いて、
更に**長期間・多数の星の観測**
スーパーフレア星の特徴や、太陽のような
自転の遅い星での発生可能性を追求したい。



- 課題：Keplerのターゲットは暗く ($V \geq 12 \text{ mag}$)、観測領域も限定的。
より**明るいターゲット**を全天の様々な領域で発見する必要有！



- スーパーフレアを起こす活動的な状態の星は、
強いX線放射を示すと期待される。
⇒これらの星を詳しく調べれば、
スーパーフレア星や将来スーパーフレアを起こす可能性のある星の探査につながる！？

岡山188cm望遠鏡HIDESによる分光観測

○X線天文衛星ROSATの全天X線サーベイ

⇒強いX線($L_x > 10^{28} \text{ erg s}^{-1}$:0.1-2.4keV)を出している比較的明るいG型主系列星($V \leq 9.5 \text{ mag}$)を選定(連星の報告がある星は除いた)

※ さらに、Hipparcos衛星距離データのある星に限定

○2014年3月~2015年6月の計18夜で、49星を観測

38星は、連星の徴候はなく、温度等の性質も

特に太陽に近い値と確認。

($5600 < T_{\text{eff}} < 6000 \text{ K}$, $4.2 < \log g < 4.7$, $-0.2 < [\text{Fe}/\text{H}] < 0.2$)



「高い磁気活動性を持つ星の中に、

太陽のように**自転速度が遅い星はあるか?**」

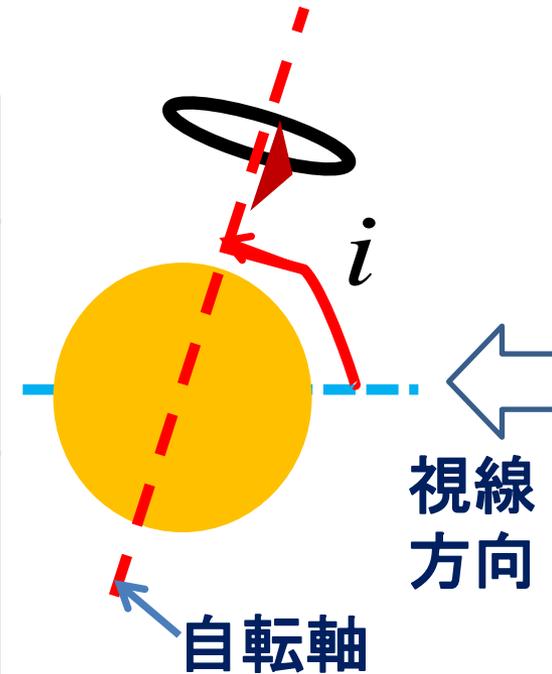
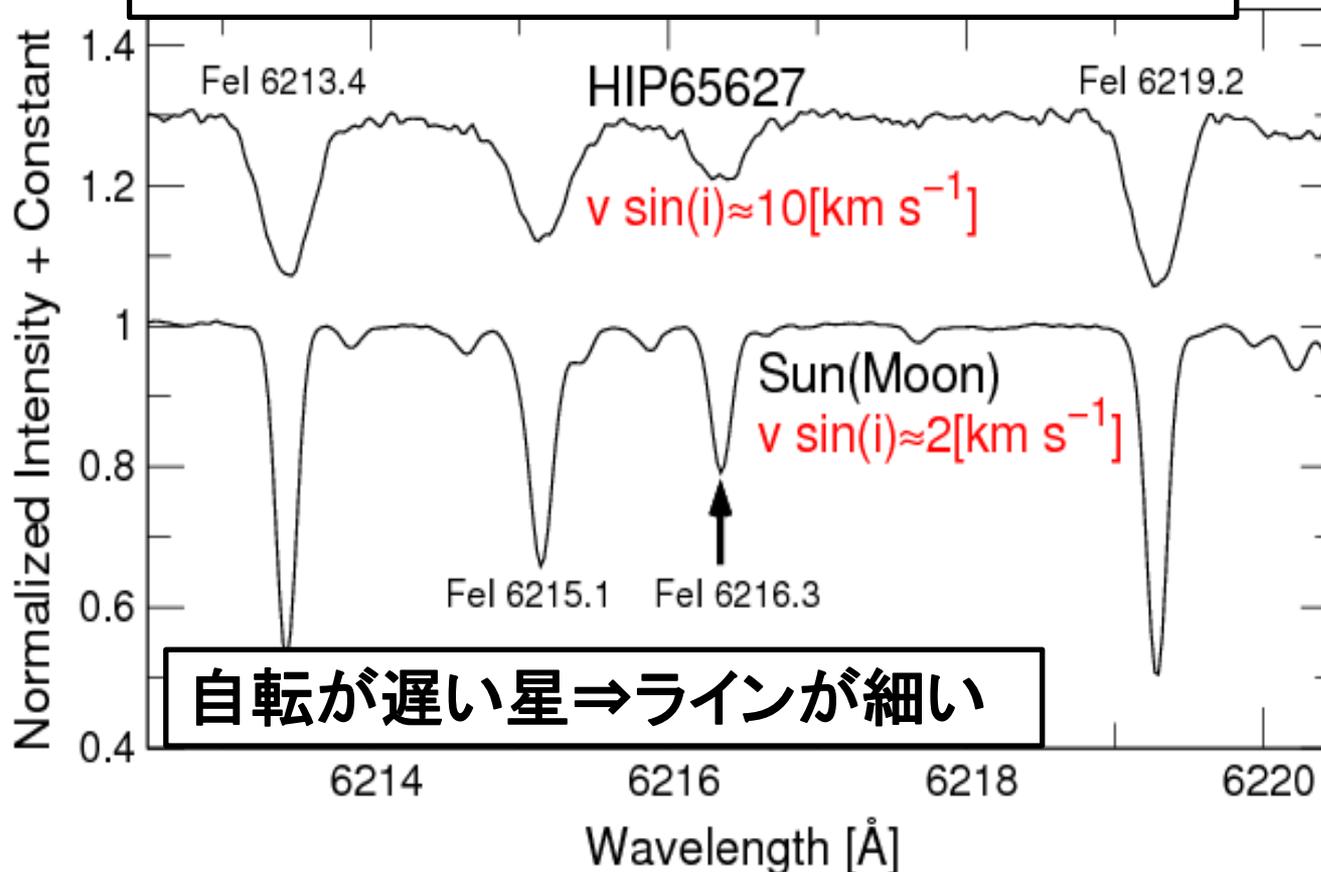
- ・吸収線の広がりから、射影自転速度($v \sin i$)の測定
- ・Ca II 8542線から「彩層活動性≡巨大黒点の有無」の探査

吸収線の広がりから自転速度($v \sin i$)を測定

星表面の各点からの光は、自転に伴う運動でドップラーシフトする。

⇒星全面を観測:ドップラーシフトした光の足し合わせ⇒**ラインの広がり**

自転が速い星⇒ラインが広がっている



※測定手法詳細

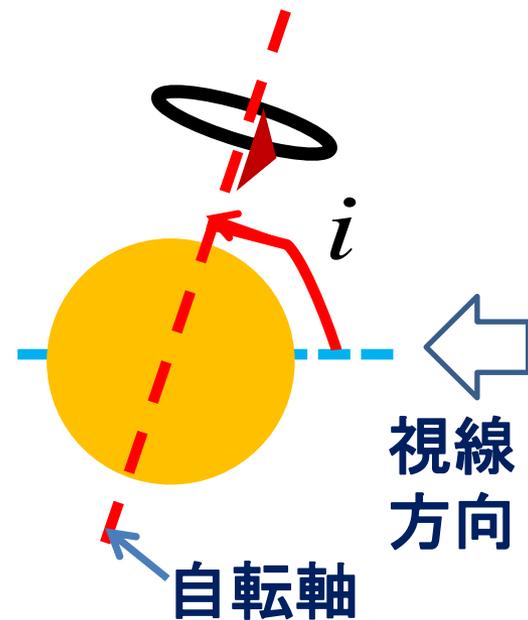
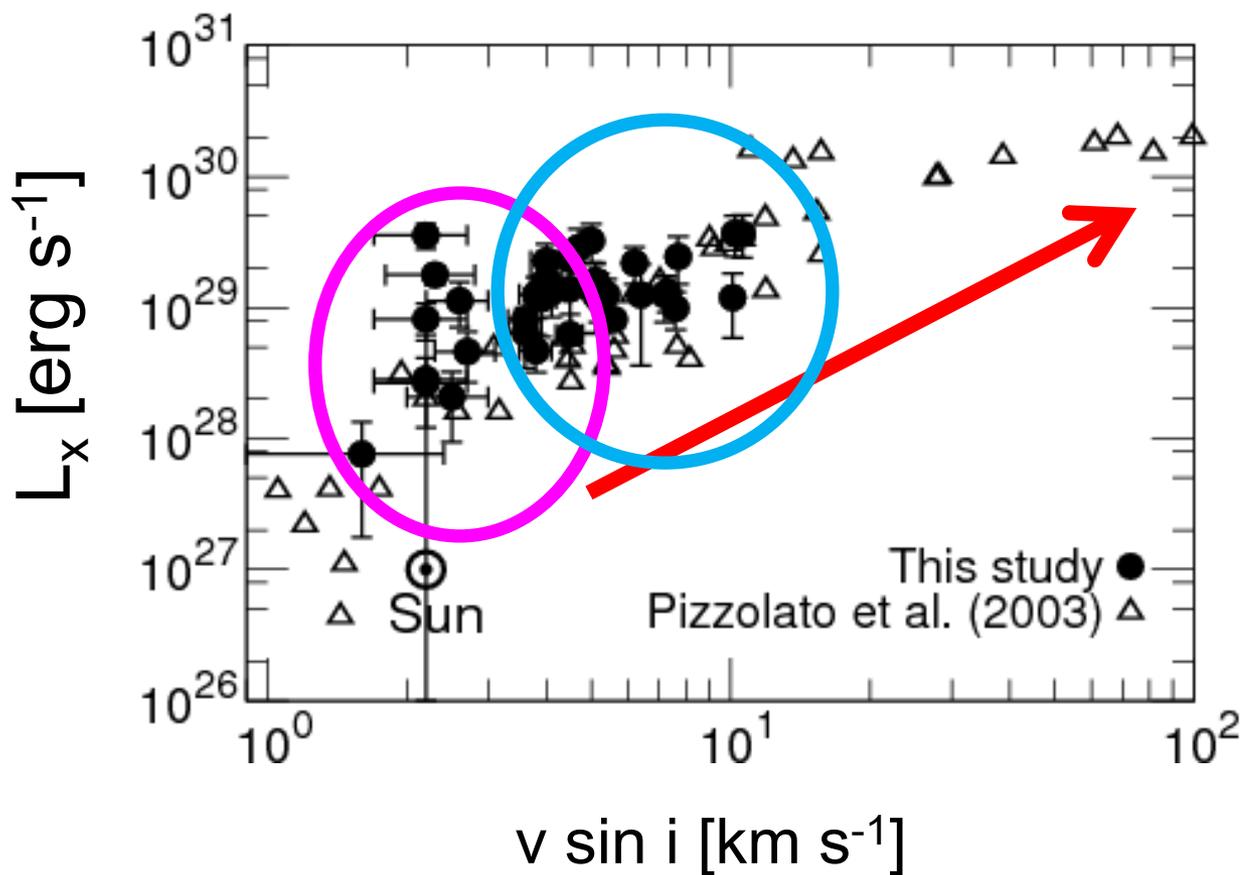
Takeda et al.(2008ほか)

(射影)自転速度($v \sin i$)とX線強度(L_x)

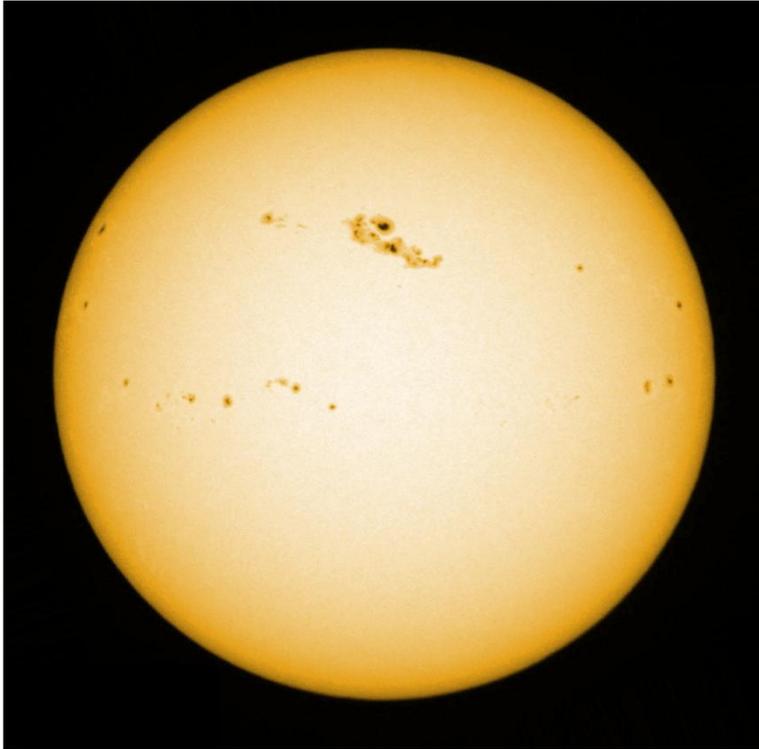
過去の研究：自転速度とX線強度の間に正の相関

– 自転速度大 \Leftrightarrow フレア等の磁気活動活発

\Rightarrow 今回の観測星もこの傾向とconsistent



黒点周辺の磁場が強い領域は、
彩層が加熱され、Ca II 線の放射も強い！！



可視光で見た太陽

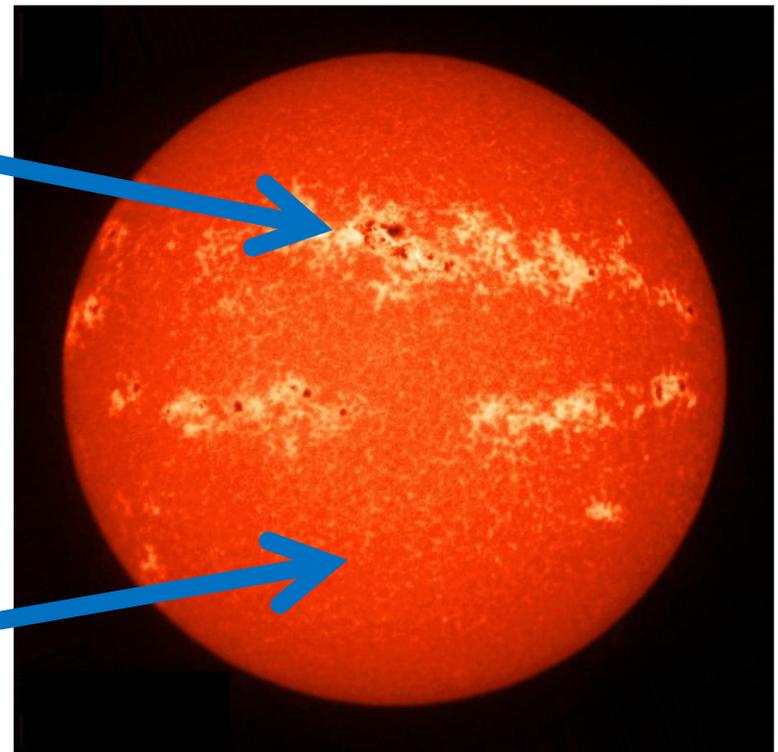
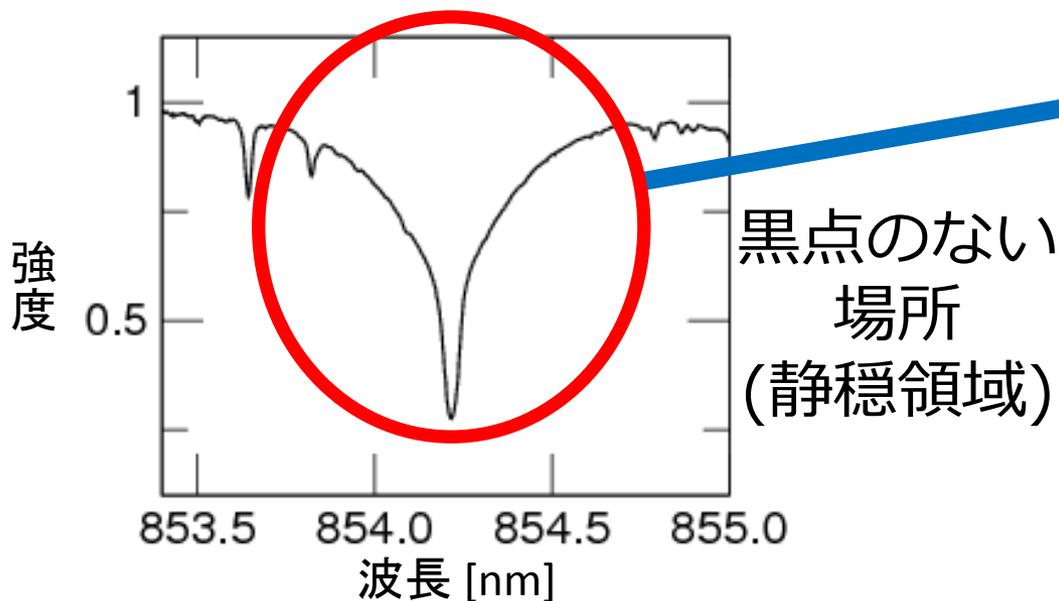
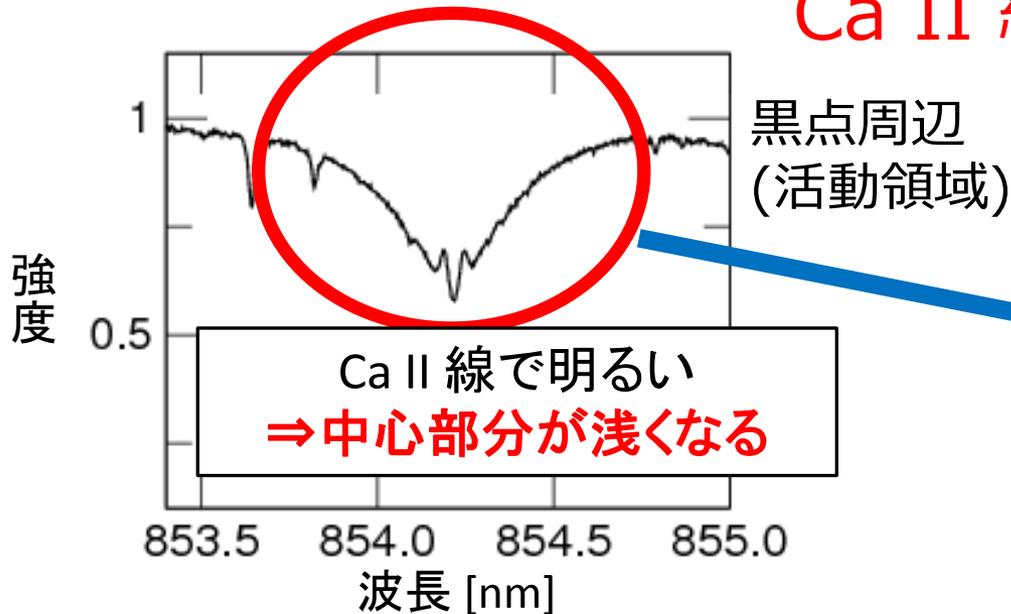


Ca II 線で見た太陽

(BigBear Solar Observatoryデータ)

Ca II 線を使って、
間接的に巨大黒点の存在を推定できる！

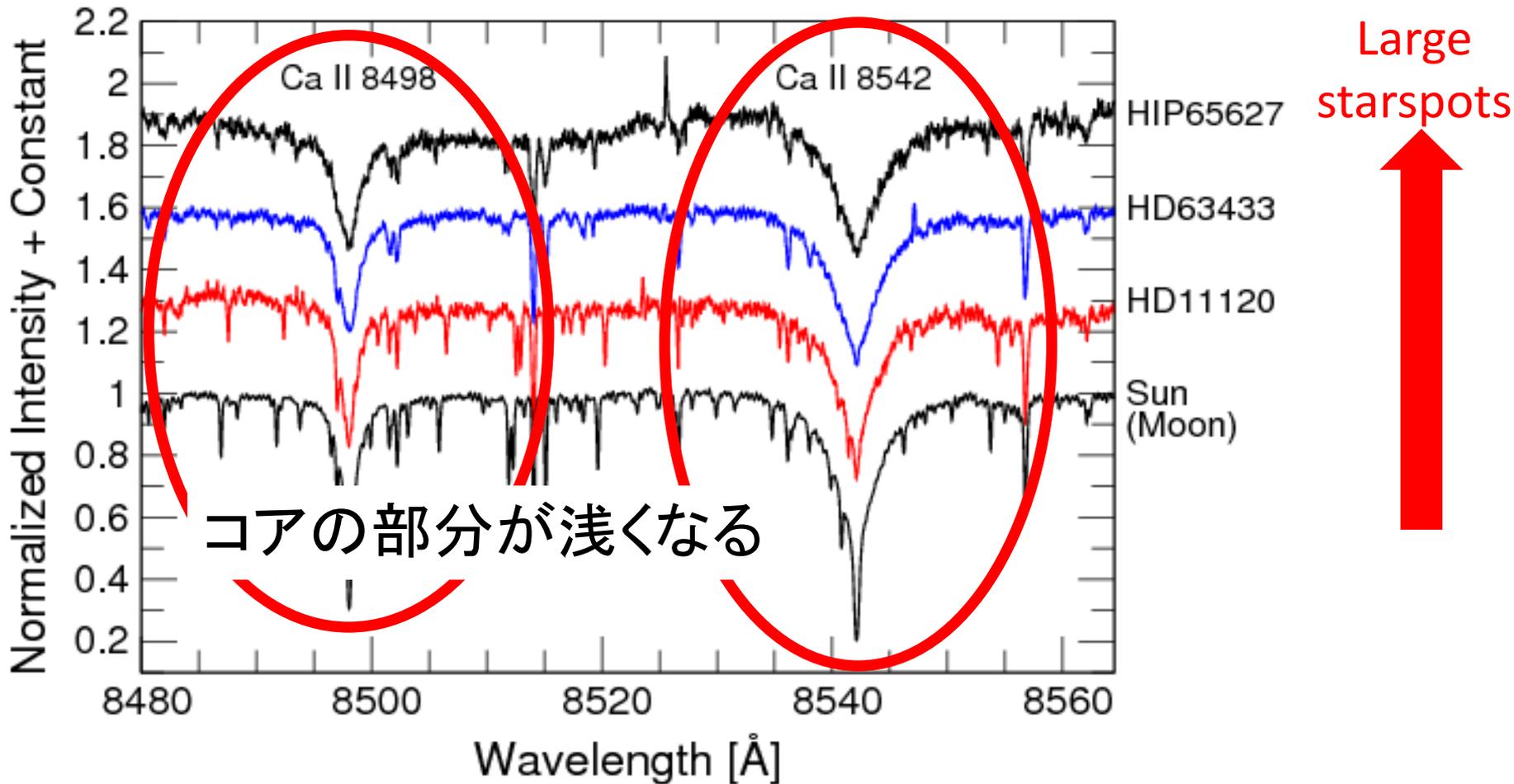
黒点の周りは、 Ca II 線で見ると明るい！



Ca II 線を見た太陽
(BigBear Solar Observatory データ)

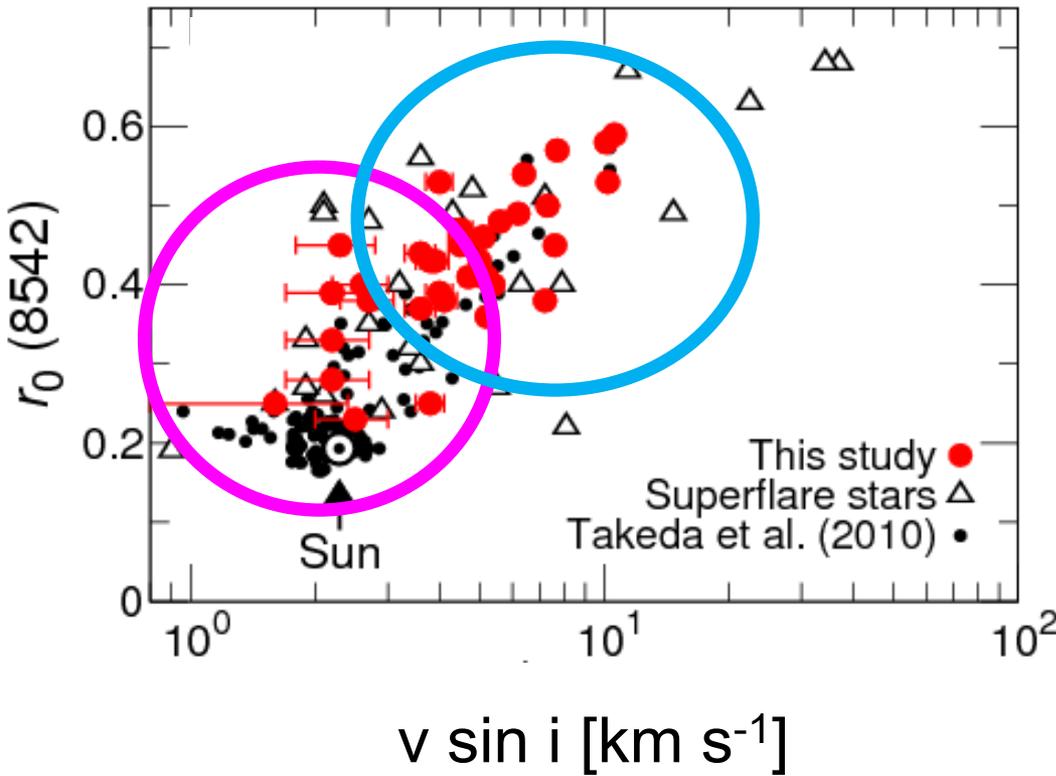
Ca II 線を用いた磁場活動性の推定

- (強い磁場の影響で)彩層が加熱され、放射が強くなると、Ca II線のコア部分が浅くなる。
- **彩層活動性⇒ 大黒点の存在 !?**

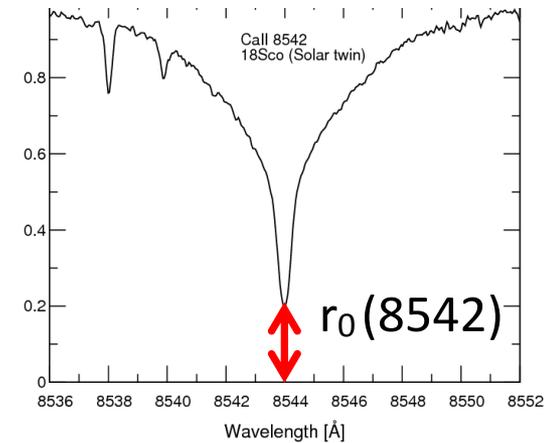


Ca II線強度⇒巨大黒点の存在を示唆

一般的な太陽類似星の測定結果の分布 (Takeda et al. 2010) と比べ、自転速度及び彩層活動性(Ca II線強度)がともに高い傾向。



r_0 : Ca II 8542 線の強度



ROSATのX線強度で選んできた星は、Ca II 8542線で見ても、巨大黒点の存在が示唆される！

一方で、太陽と同程度の射影自転速度 ($v \sin i \sim 2-3 \text{ km s}^{-1}$) の星も!!

岡山HIDES観測 まとめ

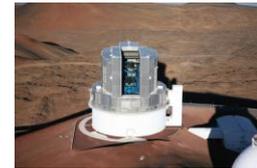
- ROSAT衛星の全天サーベイで強いX線を出していると分かった、比較的明るい($V \leq 9.5$ mag)太陽型星49星を高分散分光観測。
 - 38星が単独星(温度等も太陽によく似ている)
 - Ca II 線の強度から、巨大黒点の存在を確認。
 - 自転速度($v \sin i$)について、
太陽と同程度の自転速度($v \sin i \sim 2-3 \text{ km s}^{-1}$)の星も含まれる。
- ⇒Keplerでのスーパーフレア研究の結果とconsistent
「太陽のように自転の遅い星でも、
高い磁気活動性(巨大黒点&巨大フレア)を示す」
- Li組成(年齢とともに壊されて減る)を用いた年齢の議論も実施中
 - 3.8m望遠鏡を用いた長期観測へ

今後の研究

京大岡山3.8m新望遠鏡も用いた分光観測



- スーパーフレア星
- 強いX線を放射している太陽型星(←今回！)
- (Kepler data中で)巨大な黒点を持つ太陽型星(実施中)
- 豊富な観測時間で、多数の星の連続的な分光観測
 - 数年～数十年単位の星の活動性の長期変化を追う
 - 数日～数週間の連続観測：黒点分布変化、差動回転
- フレア自体の分光観測



○他の衛星等データも活用

TESS (2017?-) and **PLATO** (2024?-)

– 新たな(近傍の)スーパーフレア星の発見

eROSITA (2017,8?-):

– ROSATの後継機(全天X線サーベイ)

