

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)

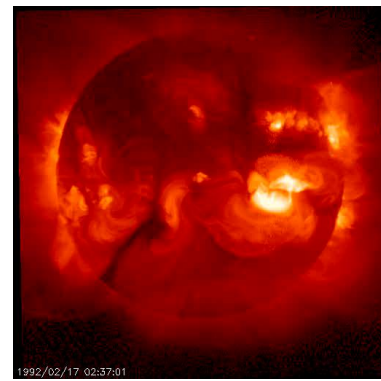
柴山拓也(名古屋大学)

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



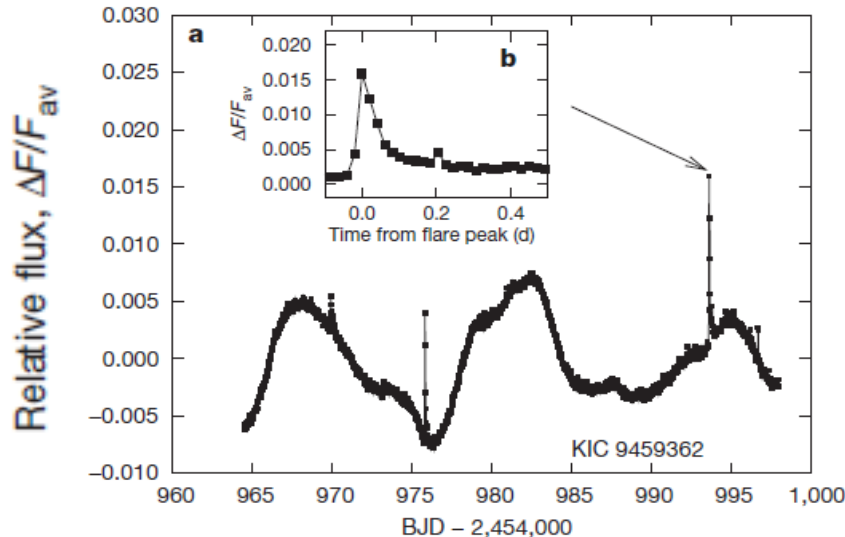
ようこう衛星(JAXA)  
軟X線観測

- ・Kepler宇宙望遠鏡データ

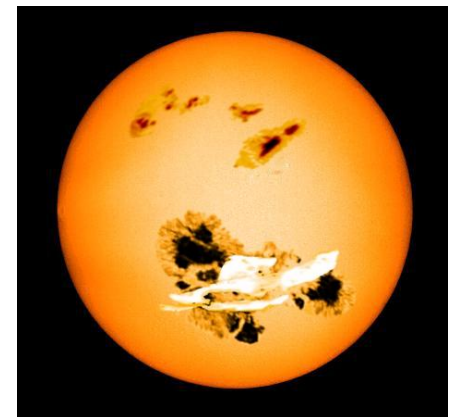
⇒太陽型星(G型主系列星)で「スーパーフレア」を多数発見

(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)

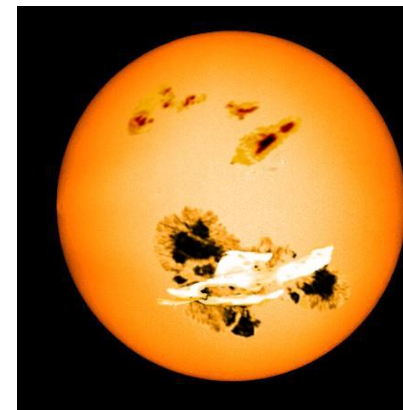


スーパーフレア星想像図

# 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。



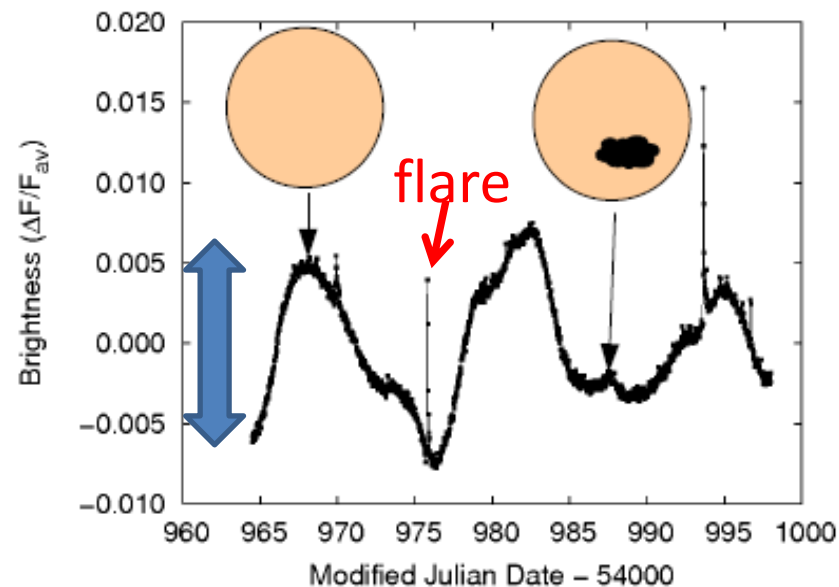
スーパーフレア星想像図

– 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)

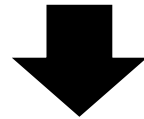
– スーパーフレア星の中には、  
太陽のように自転の遅い星もある。

(自転速度：2-3km s<sup>-1</sup>)

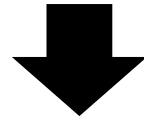


# スーパーフレア星の更なる研究に向けて

- 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？」

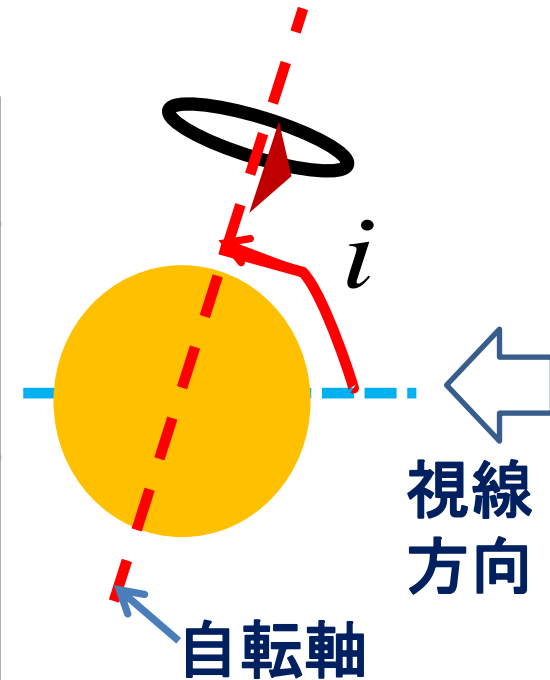
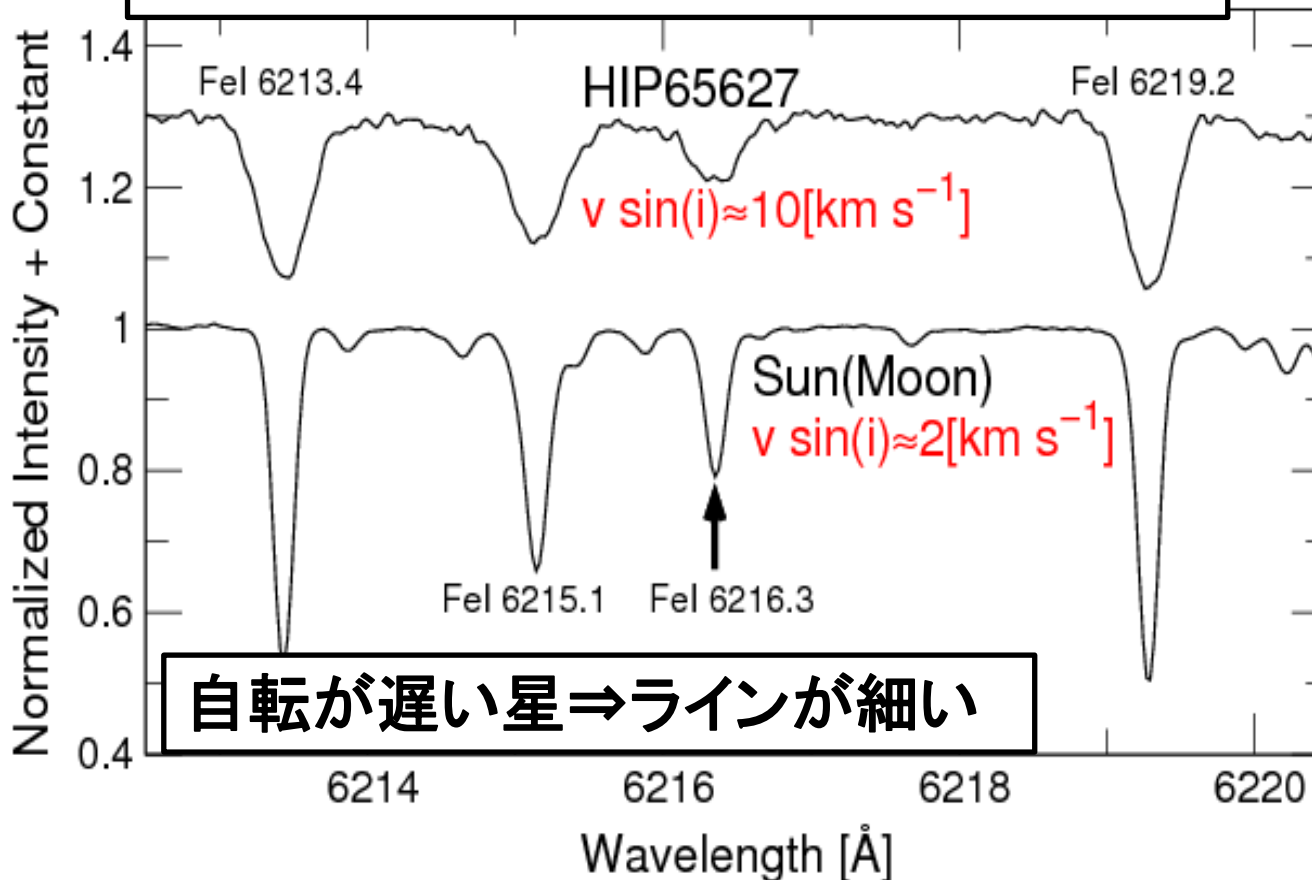
- ・ 吸収線の広がりから、射影自転速度( $v \sin i$ )の測定
- ・ Ca II 8542線から「彩層活動性≡巨大黒点の有無」の探査

# 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

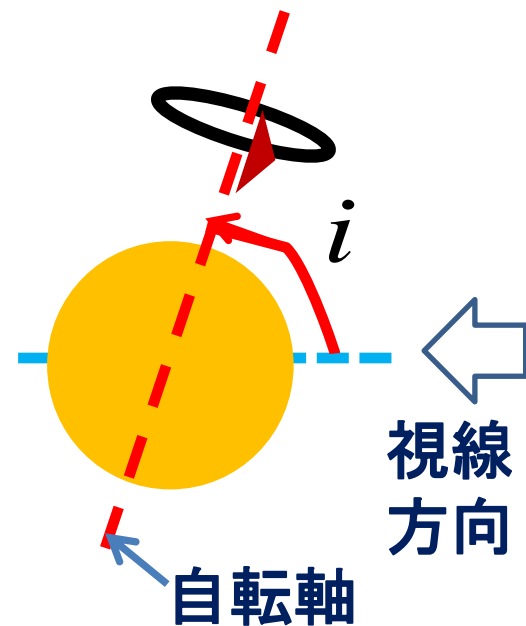
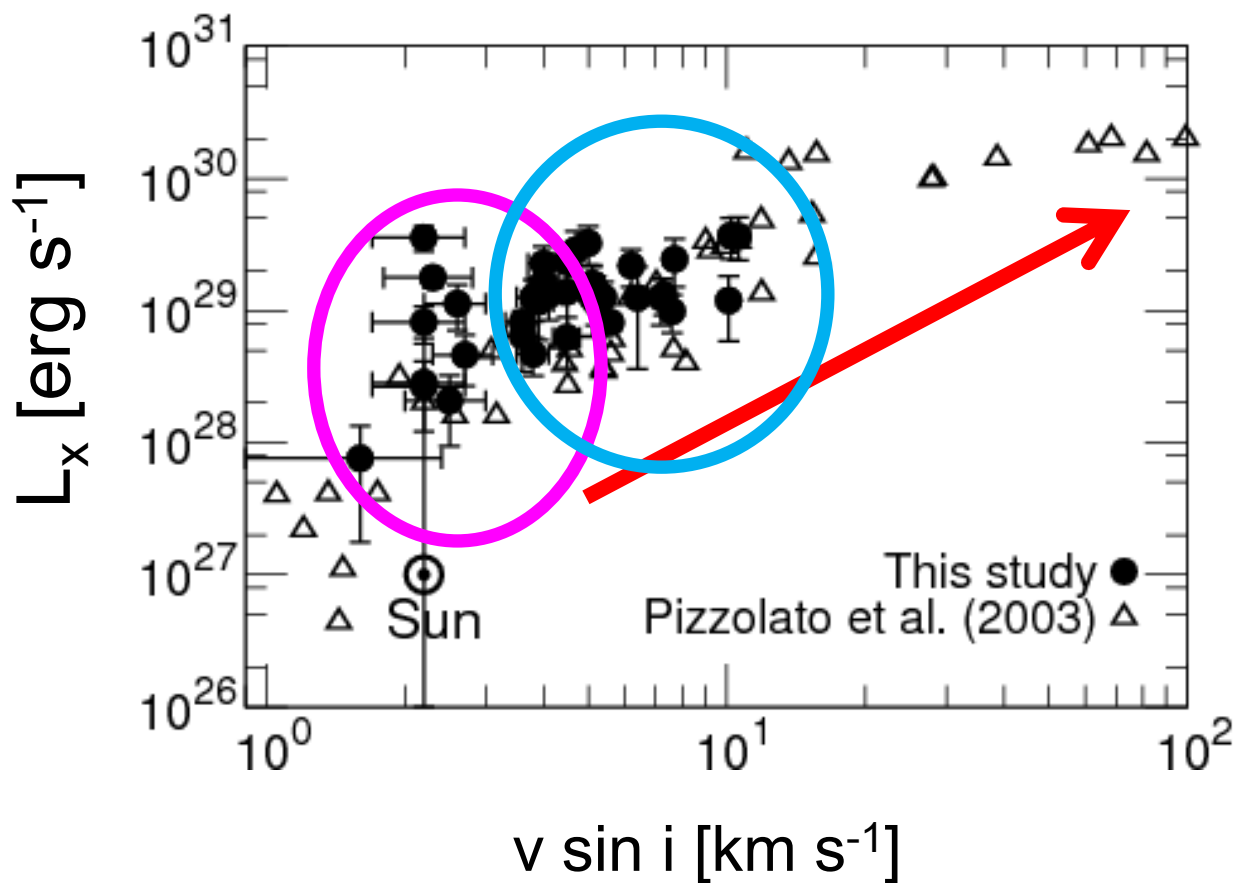
Takeda et al.(2008ほか)

# (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

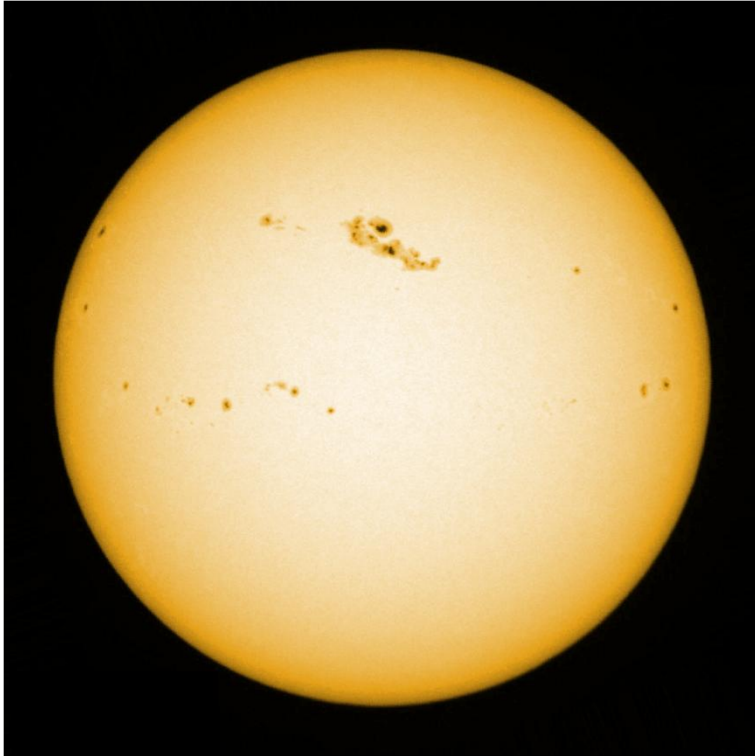
– 自転速度大 $\Leftrightarrow$ フレア等の磁気活動活発

$\Rightarrow$ 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



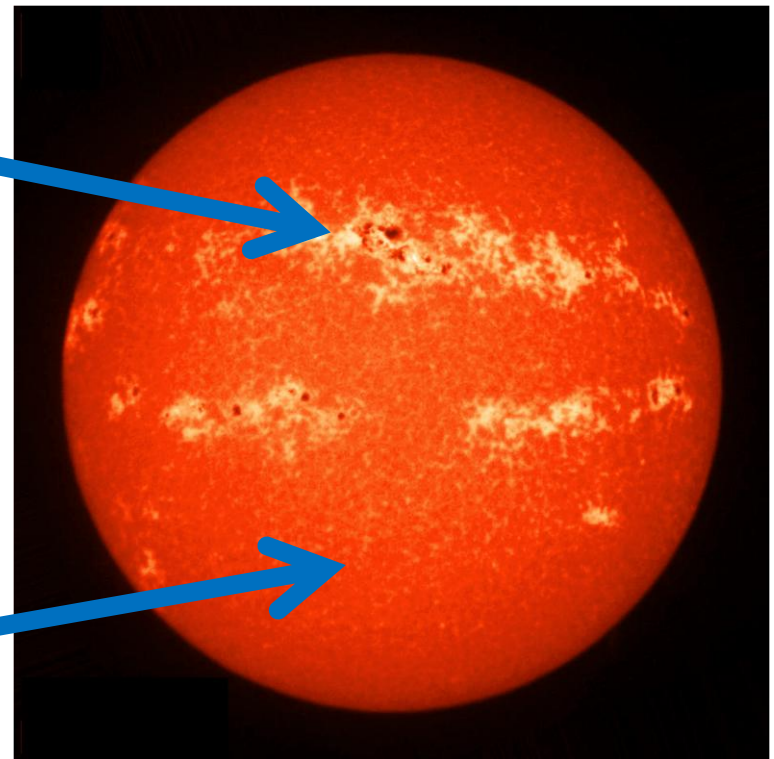
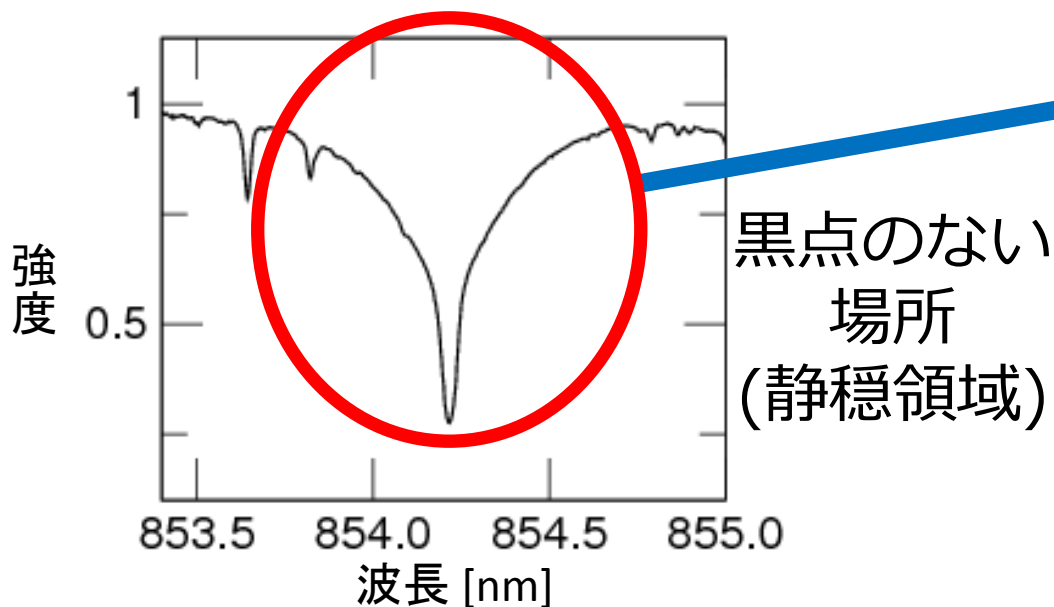
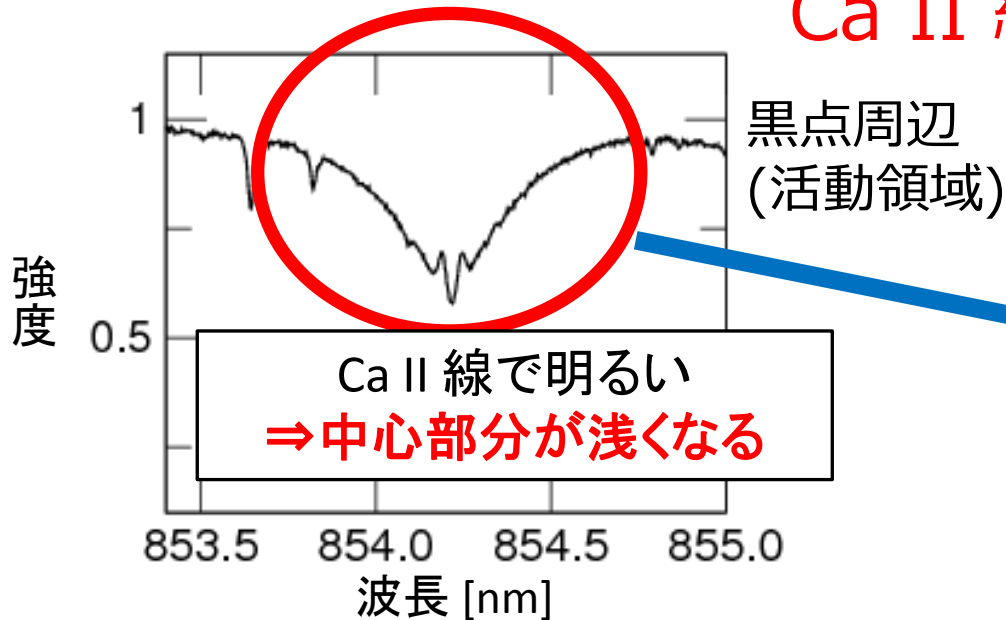
Ca II 線で見た太陽

(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！



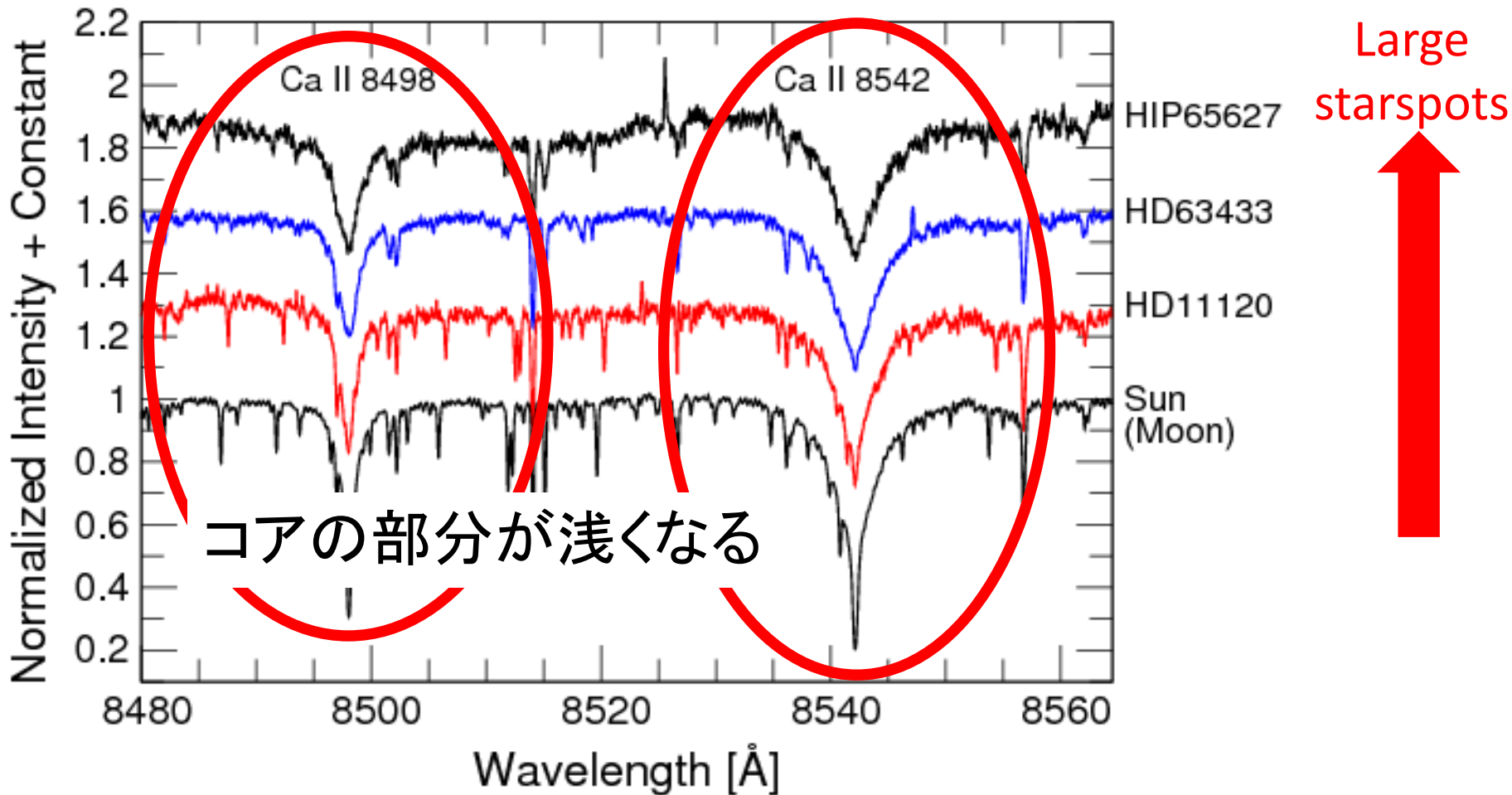
# 黒点の周りは、 Ca II 線で見ると明るい！



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

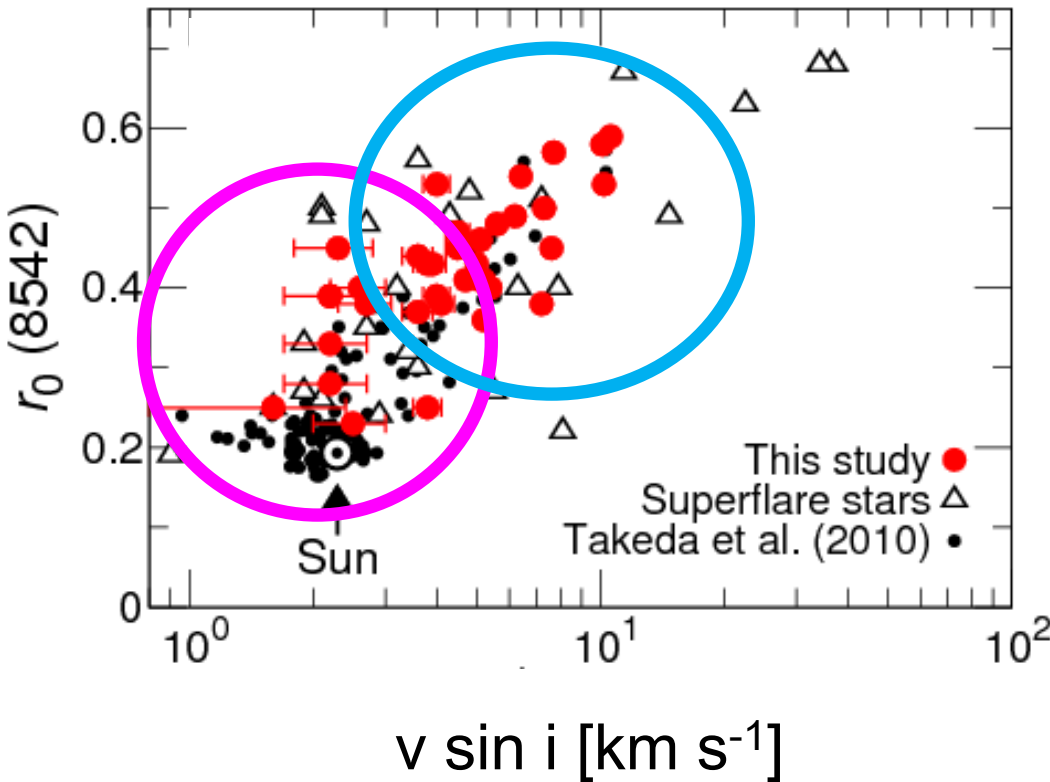
# Ca II 線を用いた磁場活動性の推定

- (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 !?**

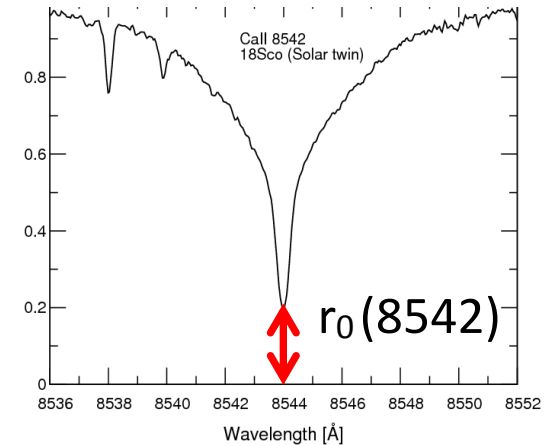


# Ca II線強度⇒巨大黒点の存在を示唆

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」

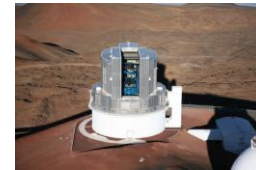
- Li組成(年齢とともに壊されて減る)を用いた年齢の議論も実施中
- 3.8m望遠鏡を用いた長期観測へ

# 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)

