

2017/9/4 11:22-11:35(10+3分)
「2017年度岡山ユーザーズミーティング」
@国立天文台三鷹

活動的な近傍太陽型星の 高分散分光観測と今後の計画

[cf. Notsu, Y. et al. 2017, PASJ, 69, 12]

野津 湧太

(京都大学 宇宙物理学教室 D2)

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, 行方宏介, 幾田佳, 野上大作, 柴田一成 (京都大学)

スーパーフレアと巨大黒点

- 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, 2015, 2017; Shibayama+2013)

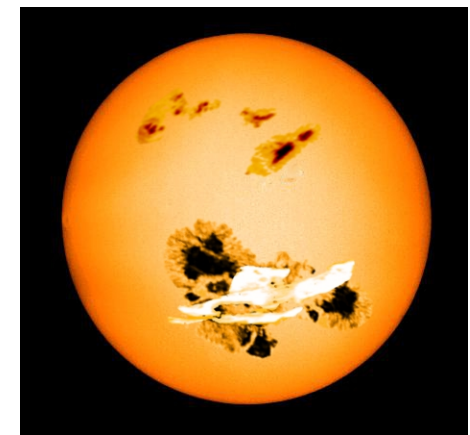
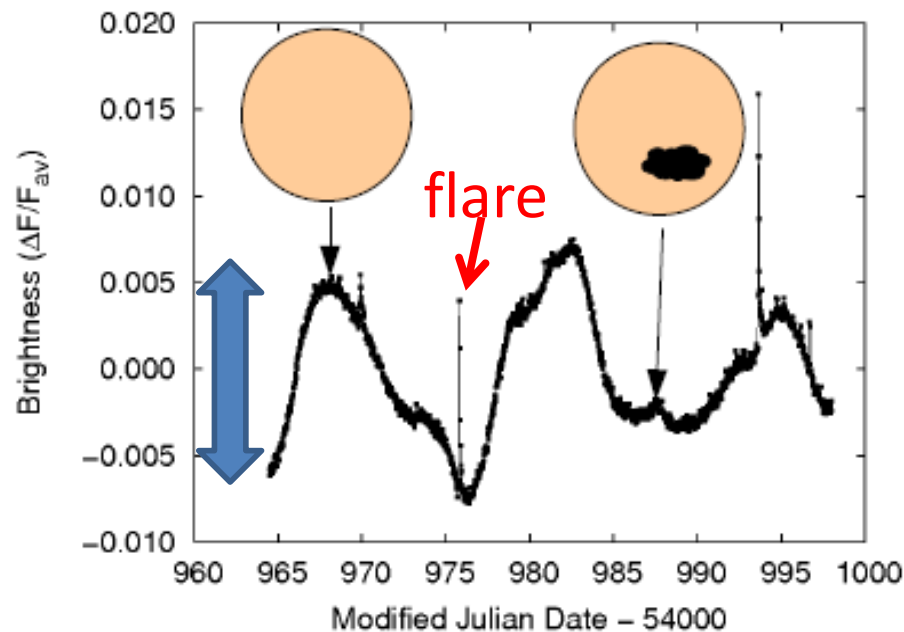
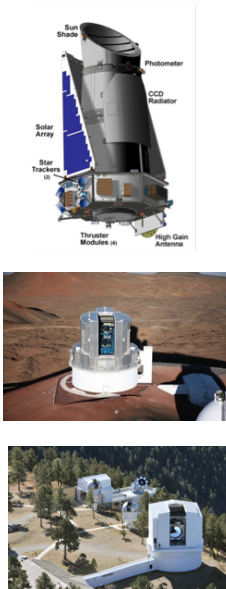
- 準周期的な明るさ変動

- 自転周期と黒点サイズの間接的推定

- すばる望遠鏡HDS及びApache Point 3.5m望遠鏡での

65星の分光観測で概ね確認(Notsu+2015a&b, Notsu+2017 in prep)

⇒スーパーフレア星が巨大黒点を持つことが確かになってきた。

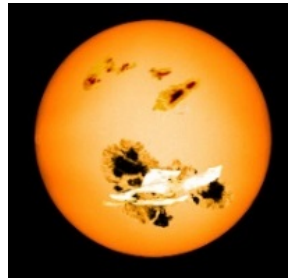
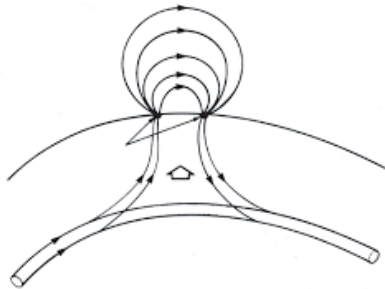


スーパーフレア星想像図

スーパーフレア研究の残された課題

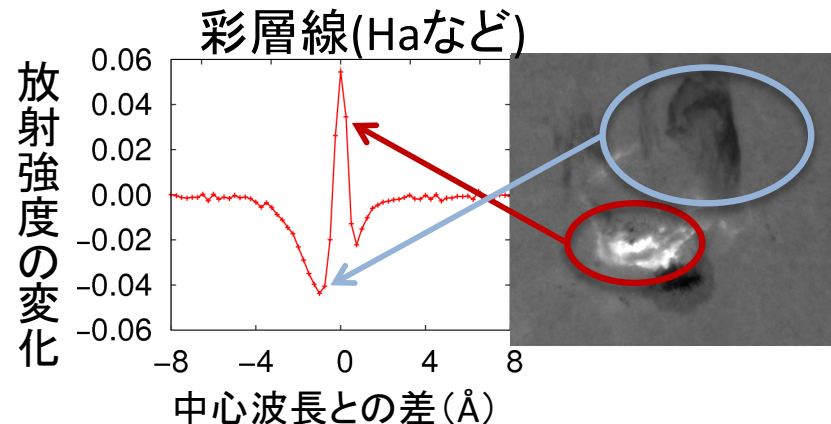
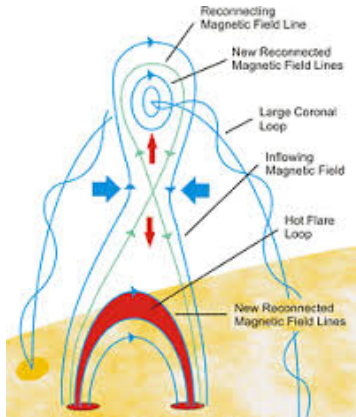
①スーパーフレア発生メカニズム

(特に**黒点の生成・消滅過程**)の解明



彩層線(Ca II 線, H α 線など) のモニタ観測
→ 黒点の生成・消滅過程を追跡

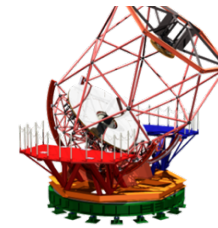
②スーパーフレアに伴う**噴出現象**の観測



3.8m望遠鏡+高分散分光での**モニター観測**で、
この2点に迫りたい。



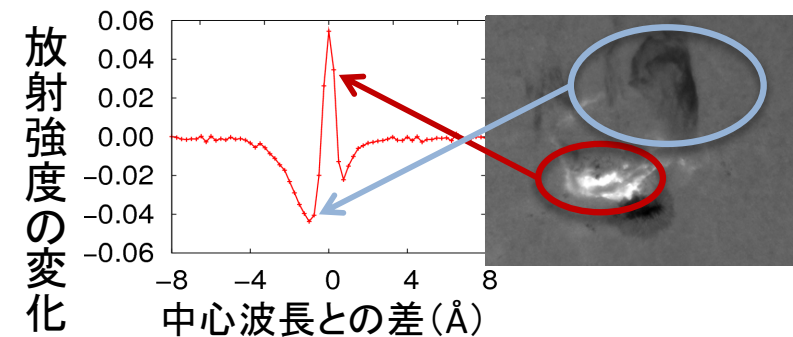
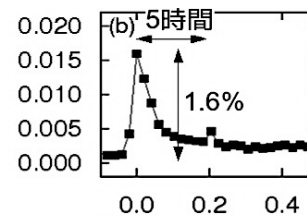
3.8m望遠鏡高分散分光器での スーパーフレア研究



○フレア自体の時間分解能分光観測 (まず最初に)

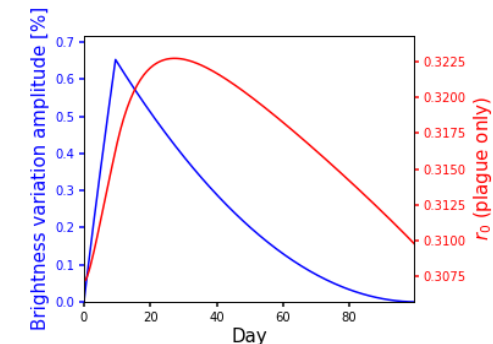
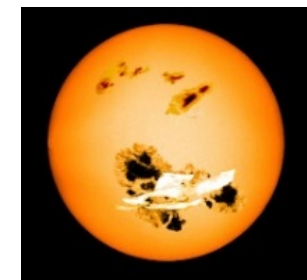
予算獲得
努力中

- ・ 高分散分光で彩層線profileの詳細変化
- ・ 低分散分光(KOOLS)での予備観測や多色測光望遠鏡も取り入れる。



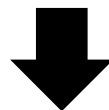
○巨大黒点の分光モニタ観測(Ca II線, Ha線など)

- ・ 黒点の生成・消滅過程
- ・ 黒点の寿命の検証
- ・ 今後20-30年にわたる長期観測の始まり。
※ 偏光分光が出来れば：Ca II 線等だけでなく、
磁場強度の直接観測も



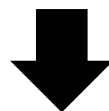
[将来] 3.8m望遠鏡 + 高分散分光器

スーパーフレア星・巨大黒点星の**分光モニタ観測**



課題：Keplerのフレア星は暗い星多く ($V \geq 12\text{mag}$)、
観測領域も限定的

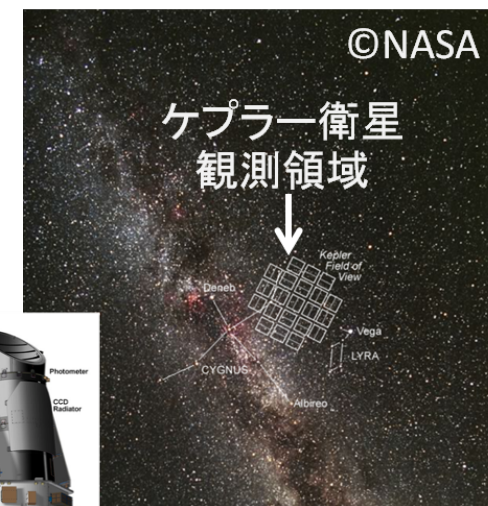
より**明るいターゲット**を全天の様々な領域で
発見する必要有！



[これまで] 岡山188cmHIDESで、

高い磁気活動を示す近傍(=明るい)の太陽型星を探索

- ・ ROSAT(軟X線)全天サーベイで
検出された太陽型星($V < 9.5\text{mag}$)49星



岡山188cm望遠鏡HIDESによる分光観測

○X線天文衛星ROSATの全天軟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)

○2014年3月~2015年6月の計18夜で、49星を観測

37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。

($5600 < T_{\text{eff}} < 6200 \text{ K}$, $4.2 < \log g < 4.7$, $-0.2 < [\text{Fe}/\text{H}] < 0.3$)



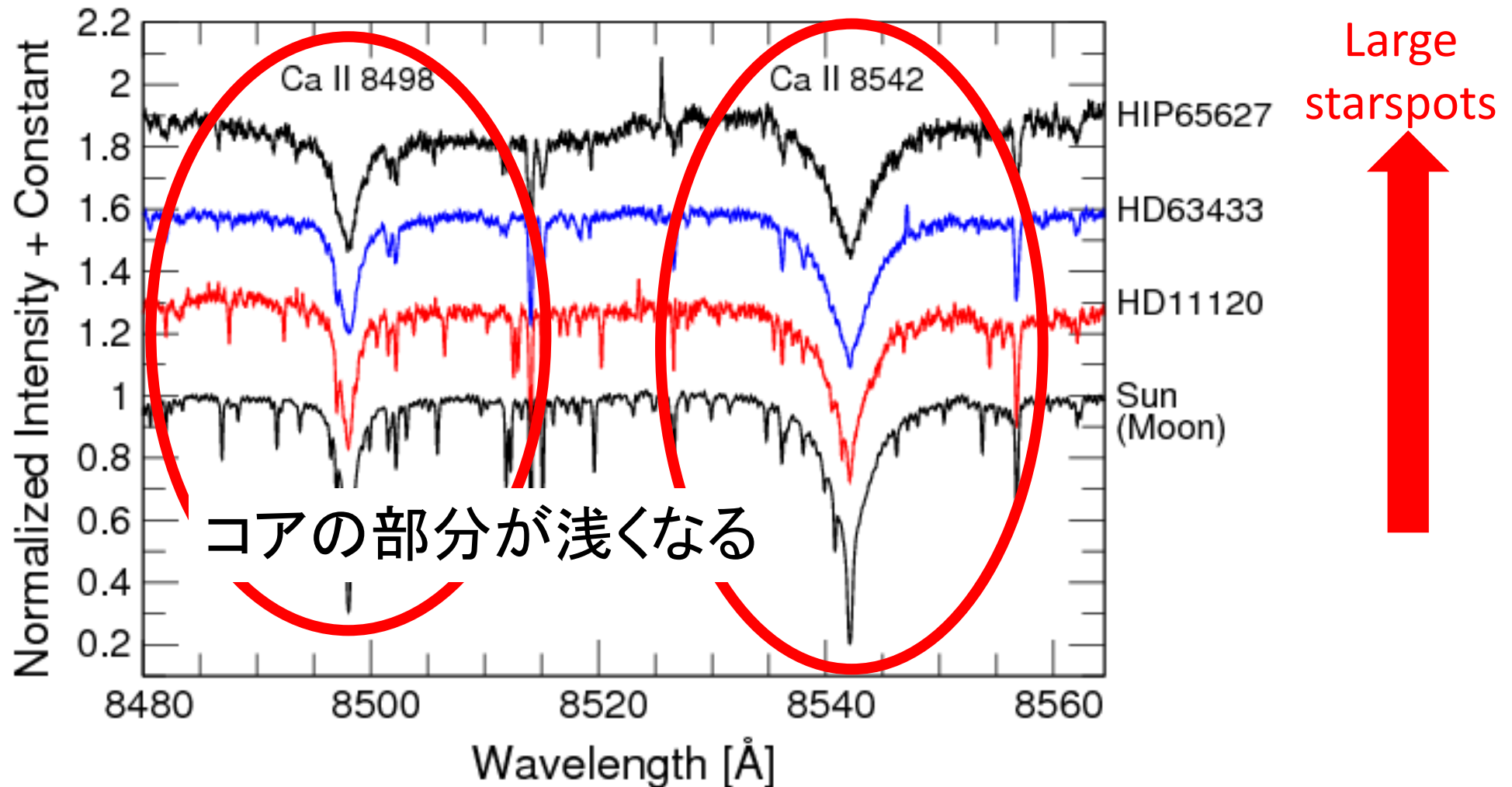
「高い磁気活動性を持つ星の中に、

太陽のように**自転速度が遅い星**はあるか？」

- ・ 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、射影自転速度($v \sin i$)の測定
- (・ Li組成(星の年齢を反映)の調査)

Ca II 線を用いた巨大黒点の存在の確認

- (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 !?**

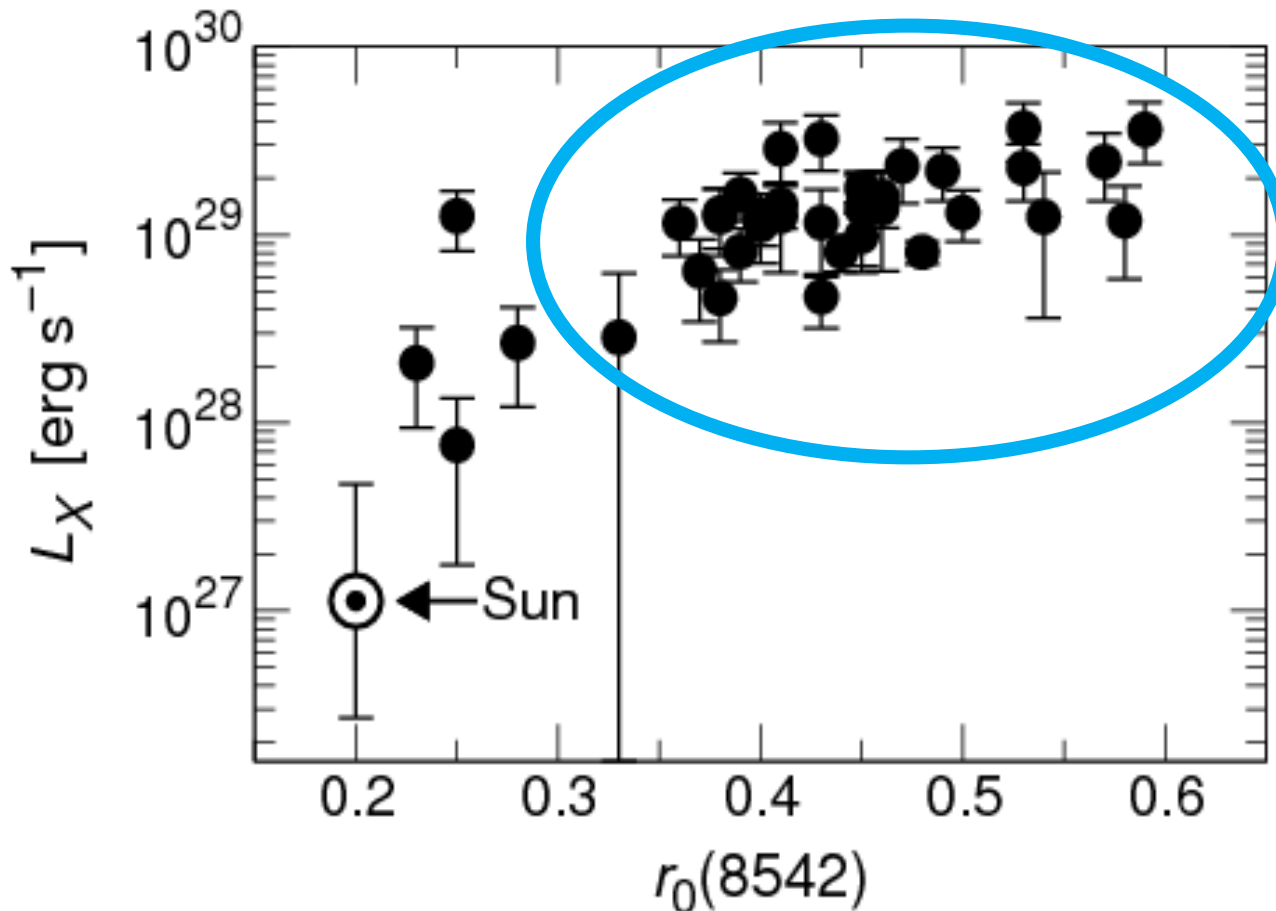


Ca II線強度⇒巨大黒点の存在を示唆

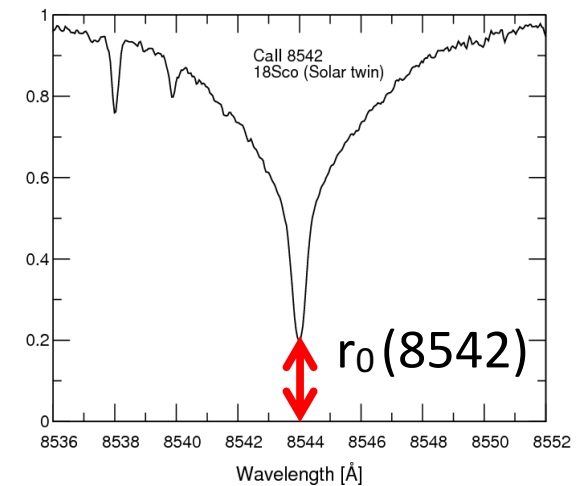
太陽と比べ、Ca II 8542 Å 線強度高い



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



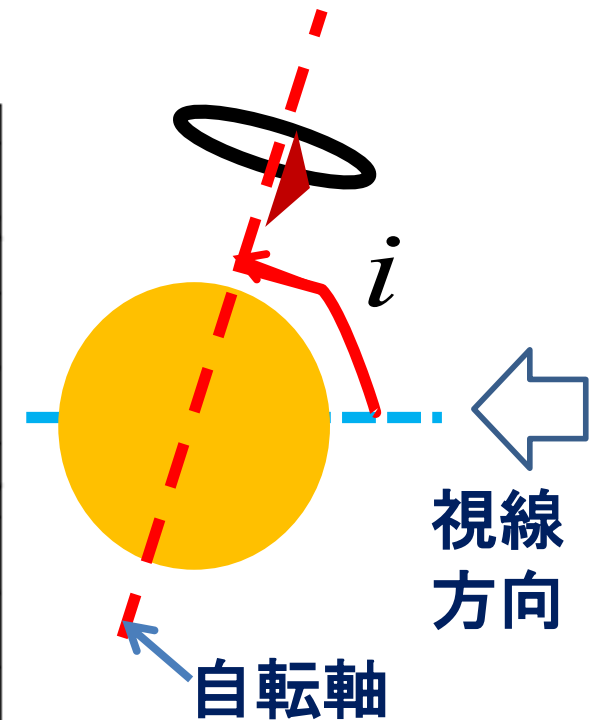
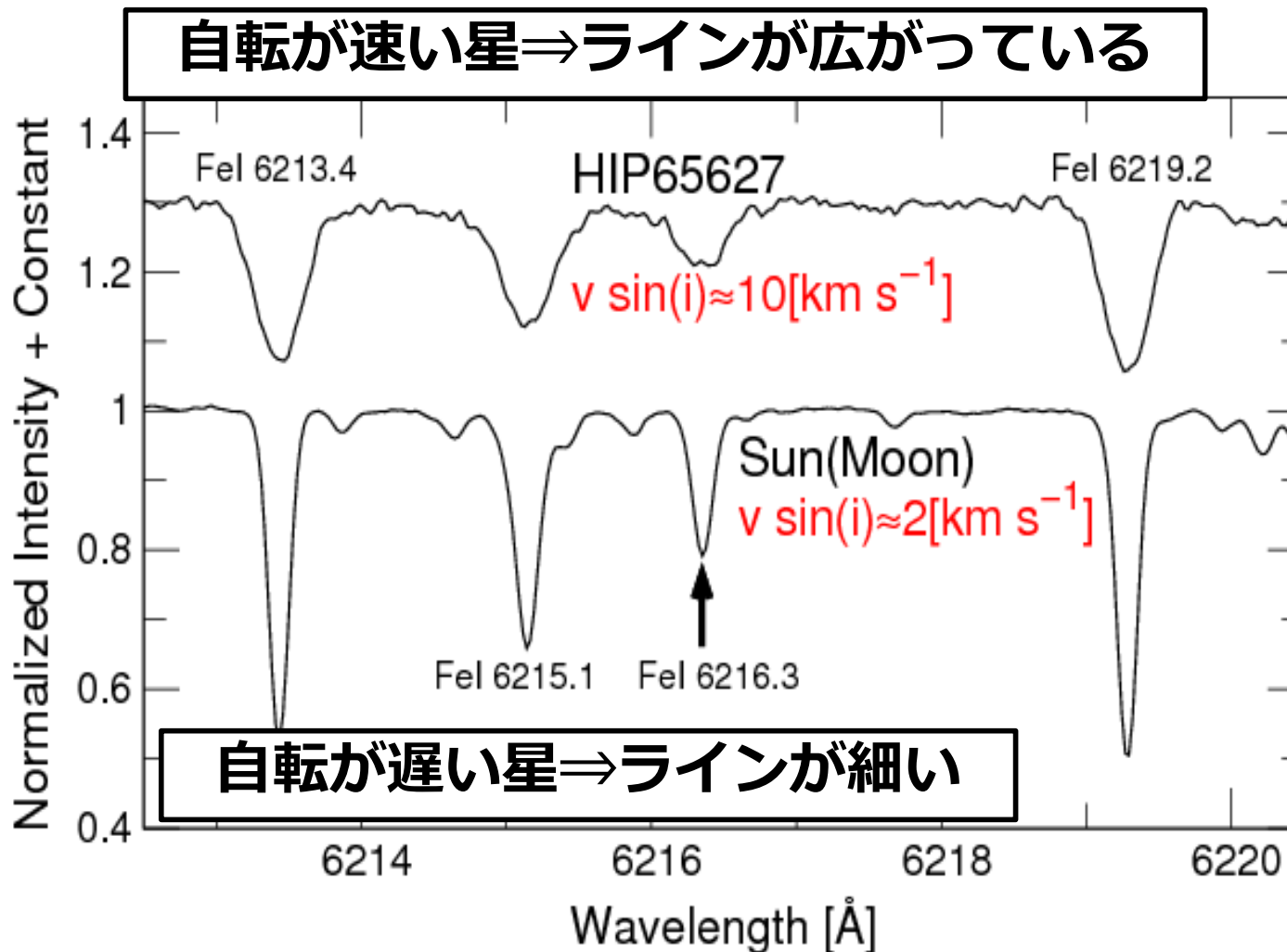
r_0 : Ca II 8542 線中心の
規格化強度



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**

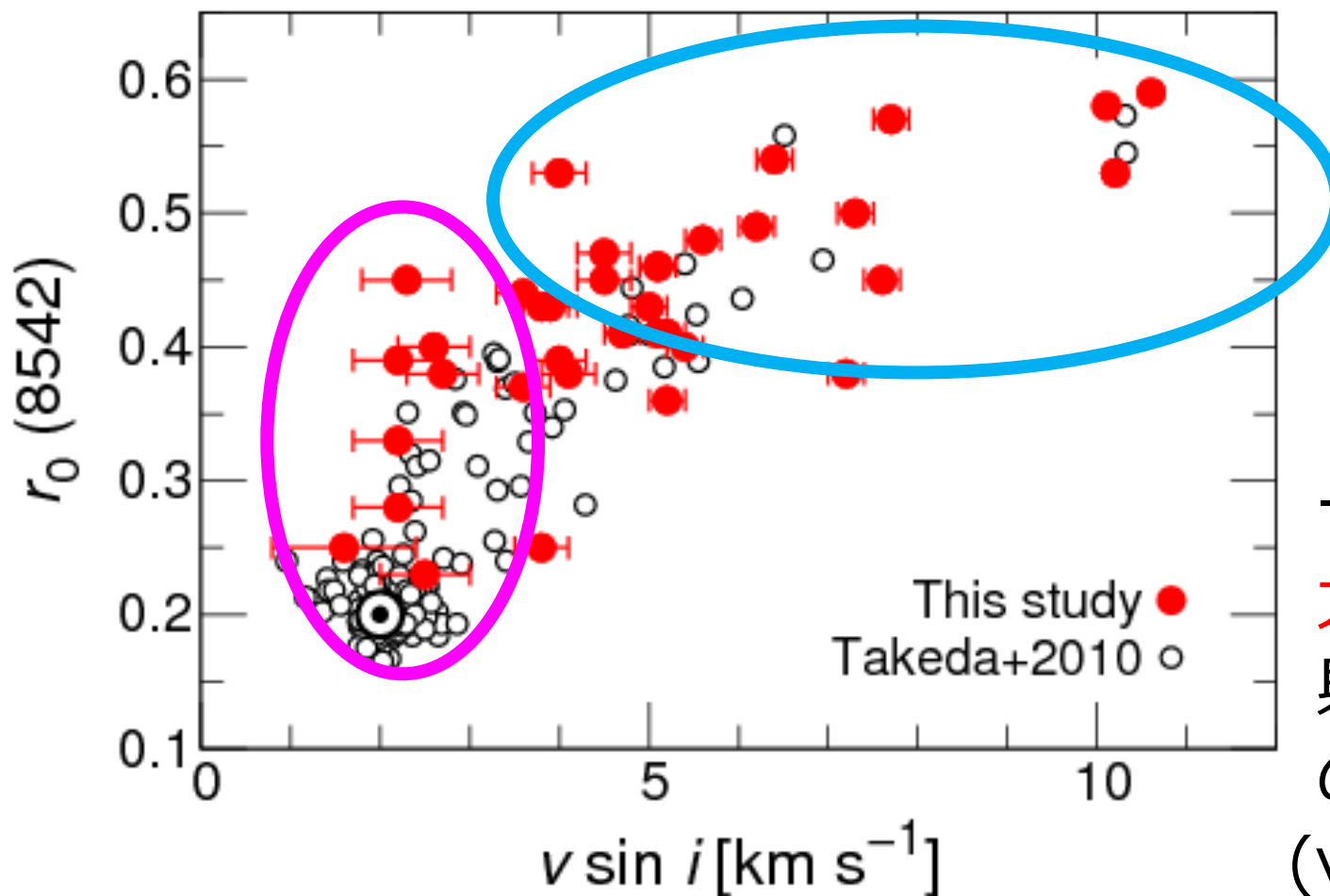


※測定手法詳細

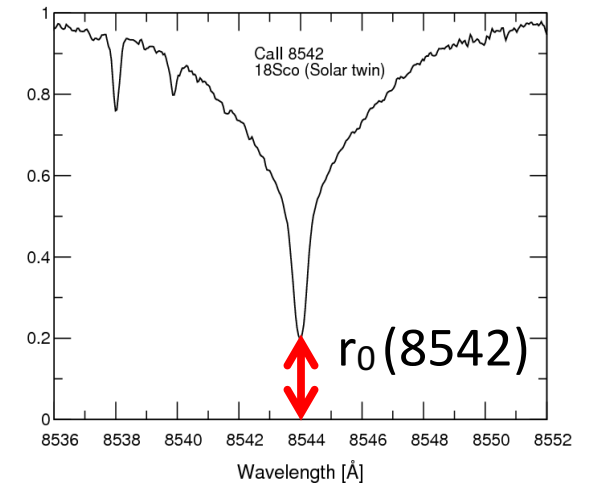
Takeda et al.(2008ほか)

(射影)自転速度($v \sin i$)と黒点サイズ

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
黒点サイズ(Ca II線強度)がともに高い傾向。



r_0 : Ca II 8542 線の強度



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

岡山での分光観測まとめ

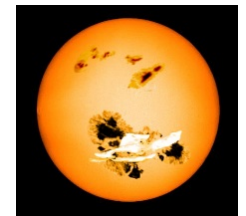
ROSAT衛星の全天サーベイで強いX線を出していると分かった、
比較的明るい($V \leq 9.5\text{mag}$)太陽型星49星を高分散分光観測

(Notsu+2017 PASJ, 69, 12)

- ・ 37星が単独星(温度等も太陽によく似ている)
- ・ Ca II 8542線の強度 $\Rightarrow$ 巨大黒点の存在を確認。
- ・ 太陽と同様、自転が遅い星($v \sin i < 5 \text{ km s}^{-1}$)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」



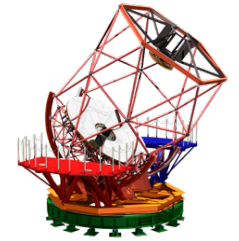
○ROSATのX線強度で選定して来た天体：

高い磁気活動を示す以外は、普通の太陽型星で矛盾ない

$\rightarrow$ 3.8m望遠鏡での分光モニタ観測の観測星選定へ活用可能

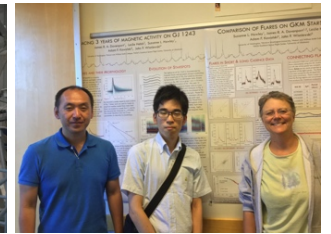
Future

○今後は、3.8m望遠鏡での**高分散分光モニタ観測**の観測星へ活用



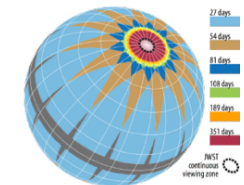
○**Ca II H&K線**の観測も実施(2016~現在):

Apache Point 天文台3.5m望遠鏡(R~31500)にて、
明るいKepler天体の観測と合わせて



○**TESS**(2018年~ : Keplerの後継機)

- ・ **ほぼ全天の近傍の星**の測光観測(期間 : 数十日~1年)
 - 選択された星(全天で約2万星) : 時間分解能2分
 - full frame image : (時間分解能30分)
- ・ 今回の観測星も2分時間分解能の観測天体として申請
→ **自転周期やフレア頻度等の情報**



○**Gaia**(距離, 視線速度, 近傍天体Ca II IRT線サーベイ)

eROSITA(ROSAT後継の全天X線サーベイ衛星, 2018年打上げ)