

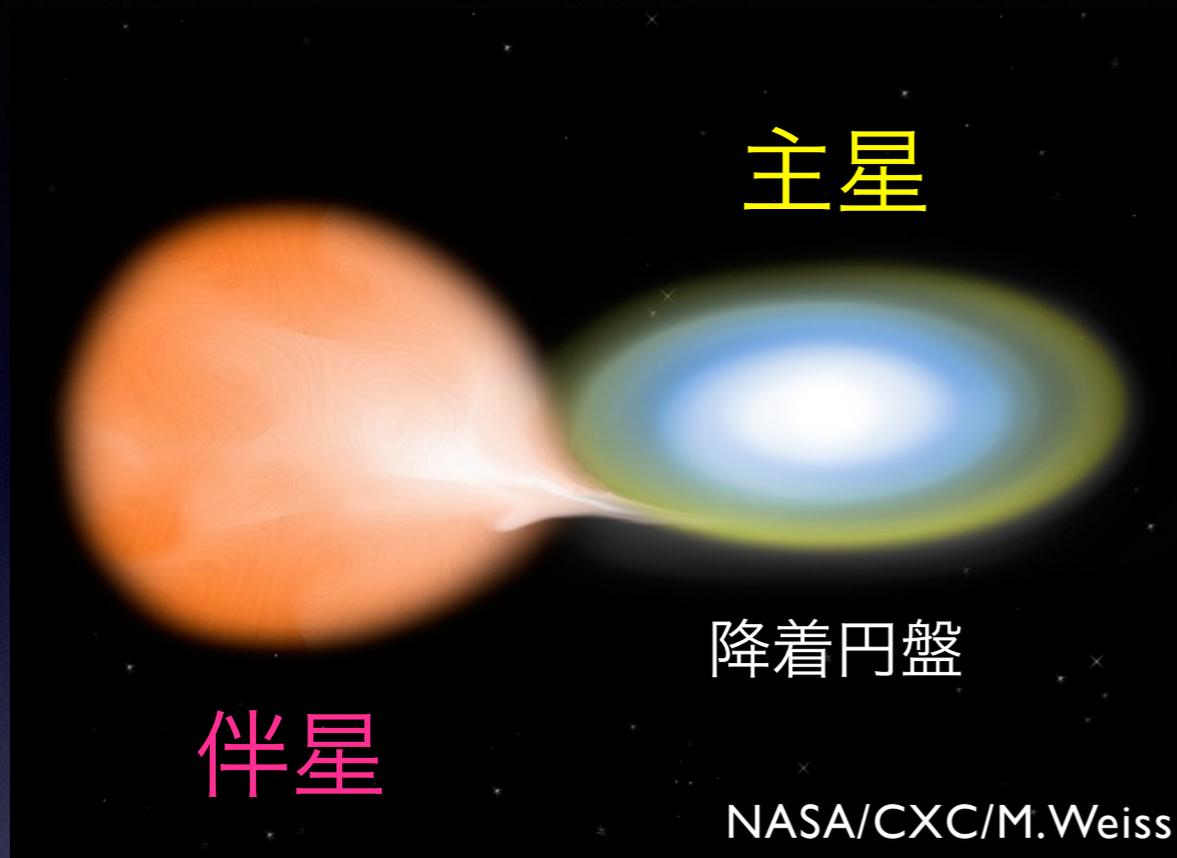
新星V1280 Scoに見られる速度幅 の狭いダブルピーク輝線の起源

内藤博之（なよろ市立天文台）

【共同研究者】

田実晃人（国立天文台ハワイ観測所）、新井彰（京都産業大学）、
前原裕之（国立天文台ハワイ観測所岡山分室）、高妻真次郎（中京
大学）、飯島孝（アジアゴ天文台）、岡崎敦男（北海学園大学）、
定金晃三（大阪教育大学）

● 激変星の種類



激変星
Cataclysmic Variable (CV)

- ・ 白色矮星と恒星からなる連星系
- ・ 降着円盤を形成している

矮新星
Dwarf Nova (DN)

古典新星
Classical Nova (CN)

回帰新星
Recurrent Nova (RN)

新星状変光星
Nova-like variable (NL)

Ia型超新星
Type Ia Supernova (SN)

●新星研究史

1950年代：WalkerによってDQ Herが近接連星系起源であることが明らかに

1960年頃：KraftやPaczynskiが新星は縮退した星の表面上における水素燃焼というアイデアを提唱



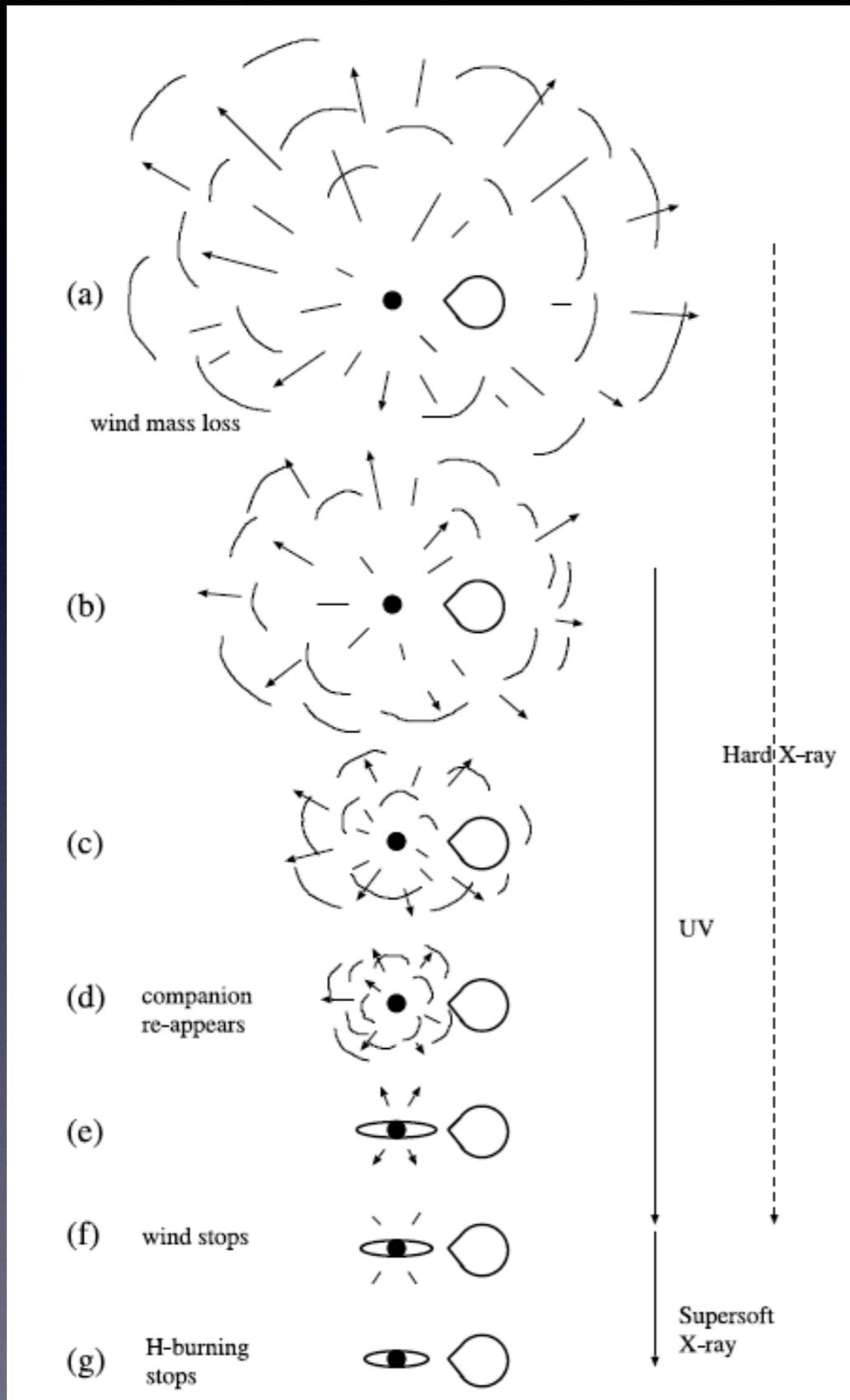
新星 = 近接連星系を構成する白色矮星の表面で起こる水素の熱核暴走反応

1990年代：加藤さん・蜂巢さんによって新星風理論が構築される

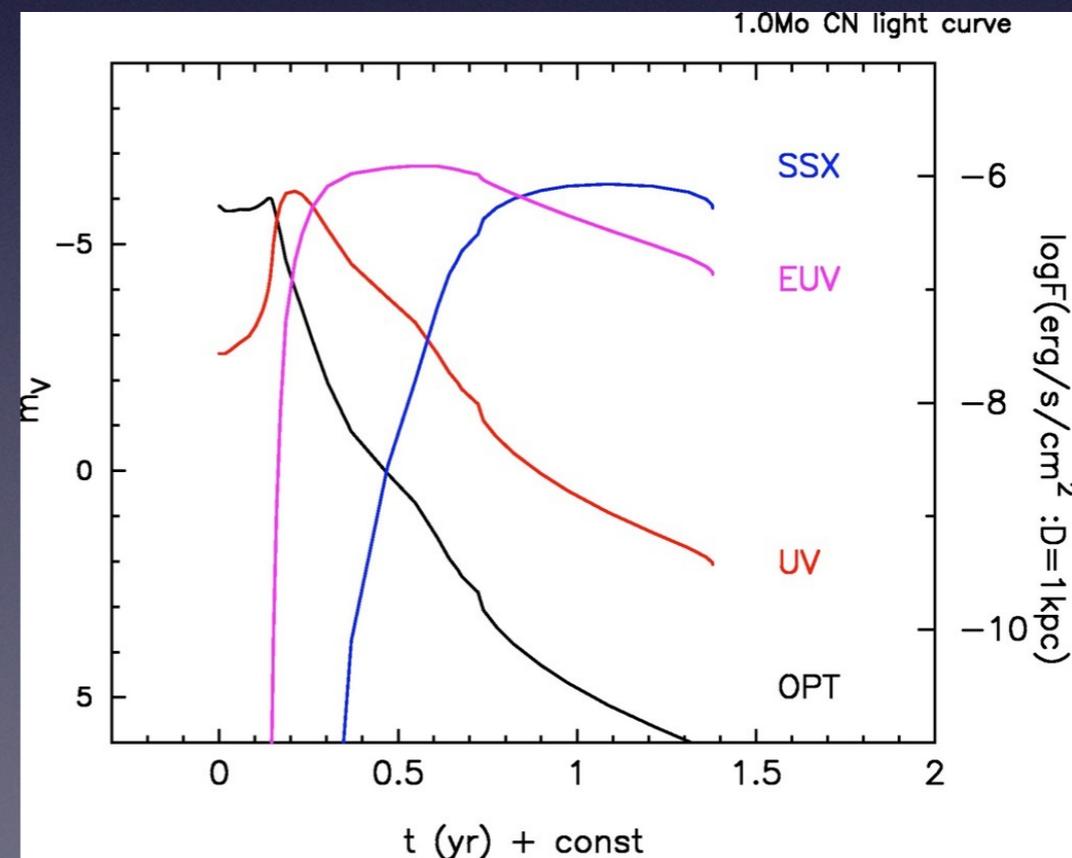
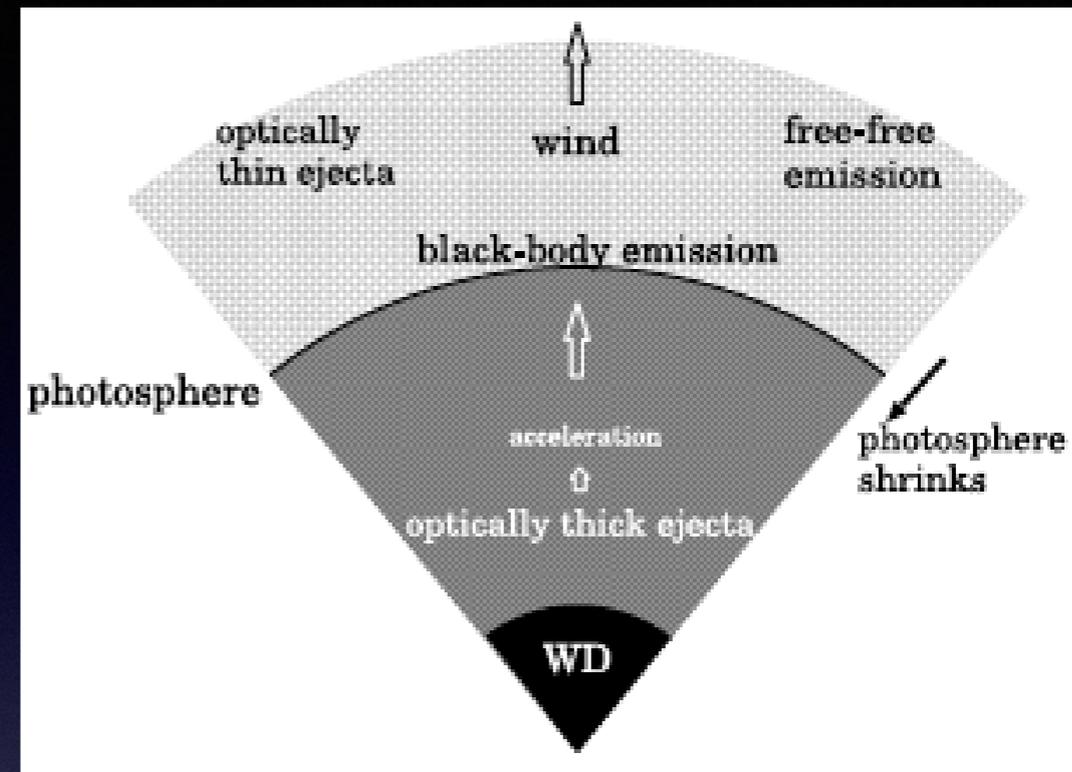
2006年頃：蜂巢さん・加藤さんが普遍的減光則を発見

2015年：田実さんらが新星スペクトルにベリリウム7を検出（宇宙におけるリチウムの起源のひとつが解明）

● 新星爆発の理論モデル

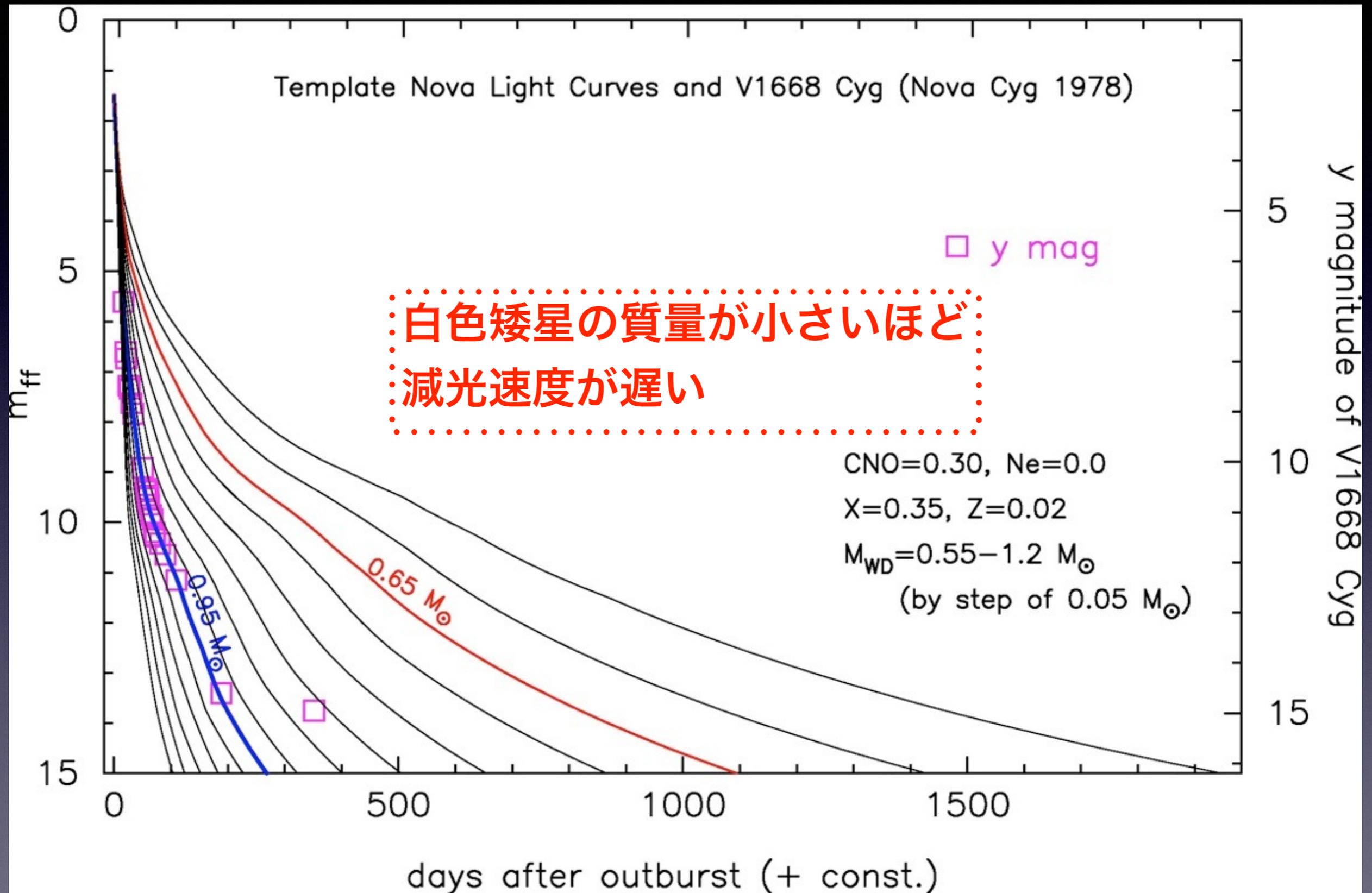


Hachisu & Kato 2006, ApJS, 167, 59

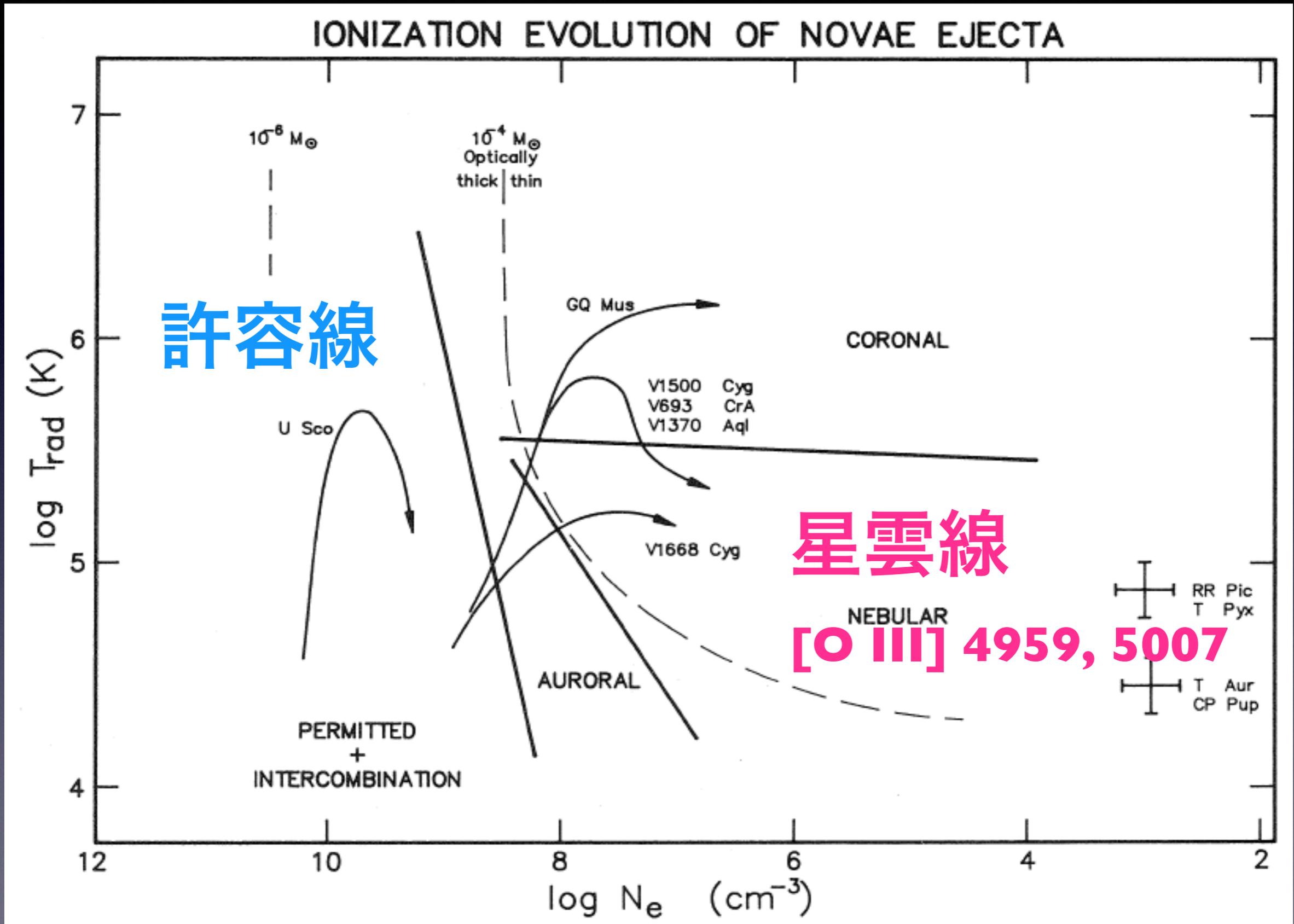


時間が経つと、高エネルギーの電磁波へシフトする

●理論光度曲線



● 新星エジェクタのイオン化の進化

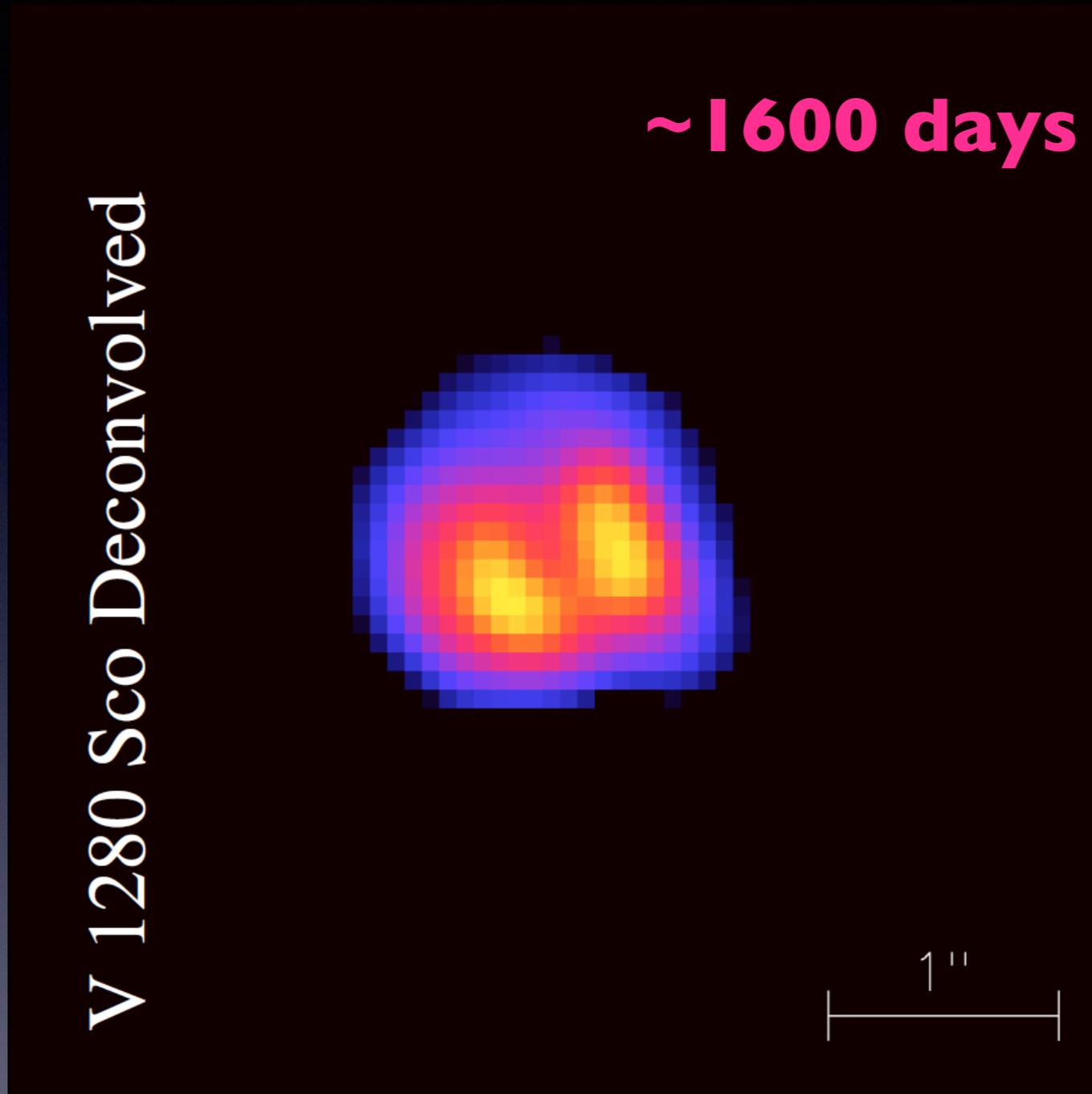


●V1280 Scoの概要



- 2007年2月4日 (UT) に9等台で発見された
- 発見翌日、なゆた望遠鏡で古典新星と確認
 - 肉眼新星 (極大V-mag : 3.8) になったのはV382 Vul、V1494Aql以来8年ぶり
- VLTによってダスト形成の瞬間が観測される
- 質量 : 1-1.25 Mo (Das et al. 2008)
0.6 Mo (Hounsell et al. 2010)
< ~0.6 Mo (Naito et al. 2012)
- 距離 : 1.6 kpc (Chesneau et al. 2008, 2012)
1.1 kpc (Naito et al. 2012)
→ダストの膨張速度から推定
1.25 kpc (Das et al. 2008)
→光度・減光率 (MMRD) 関係から推定
630 pc (Hounsell et al. 2010)
→極大光度をエディントン光度として推定
0.96 kpc (Hachisu & Kato 2016)
→UBV Color Evolution から推定
4.64 kpc (Gaia DR2)
→ (年周) 視差から推定

●VLTによる直接撮像（高空間分解能）



▶ダスト雲（初期エジェクタ）は視線方向とは垂直に出ている（と報告されている）



Very Large Telescope (VLT)

◎観測

- VLT+NACO/VISIR/SINFONI

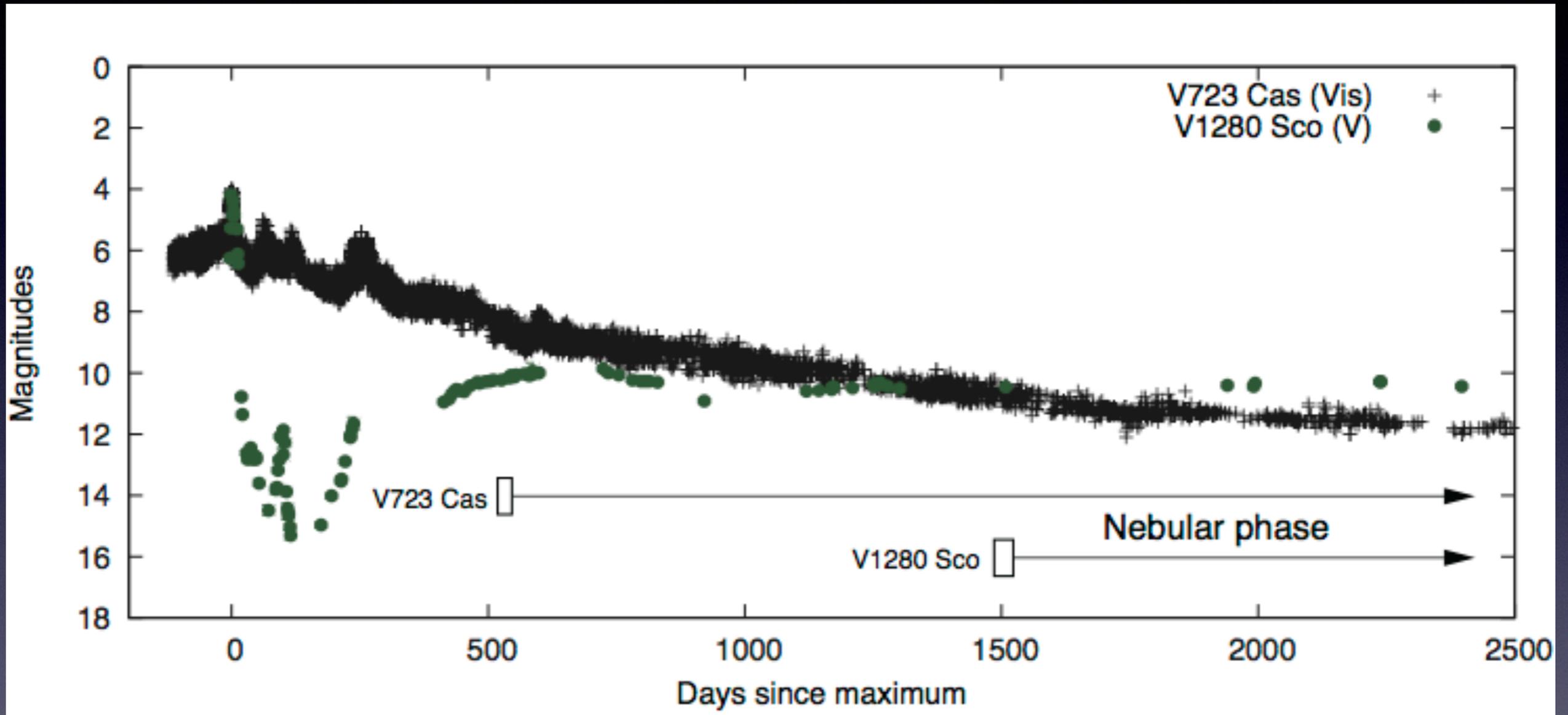
◎結果

- 距離は1.6 kpcを支持
（~1 kpc が下限値）

- 2011年にbipolar成分を検出

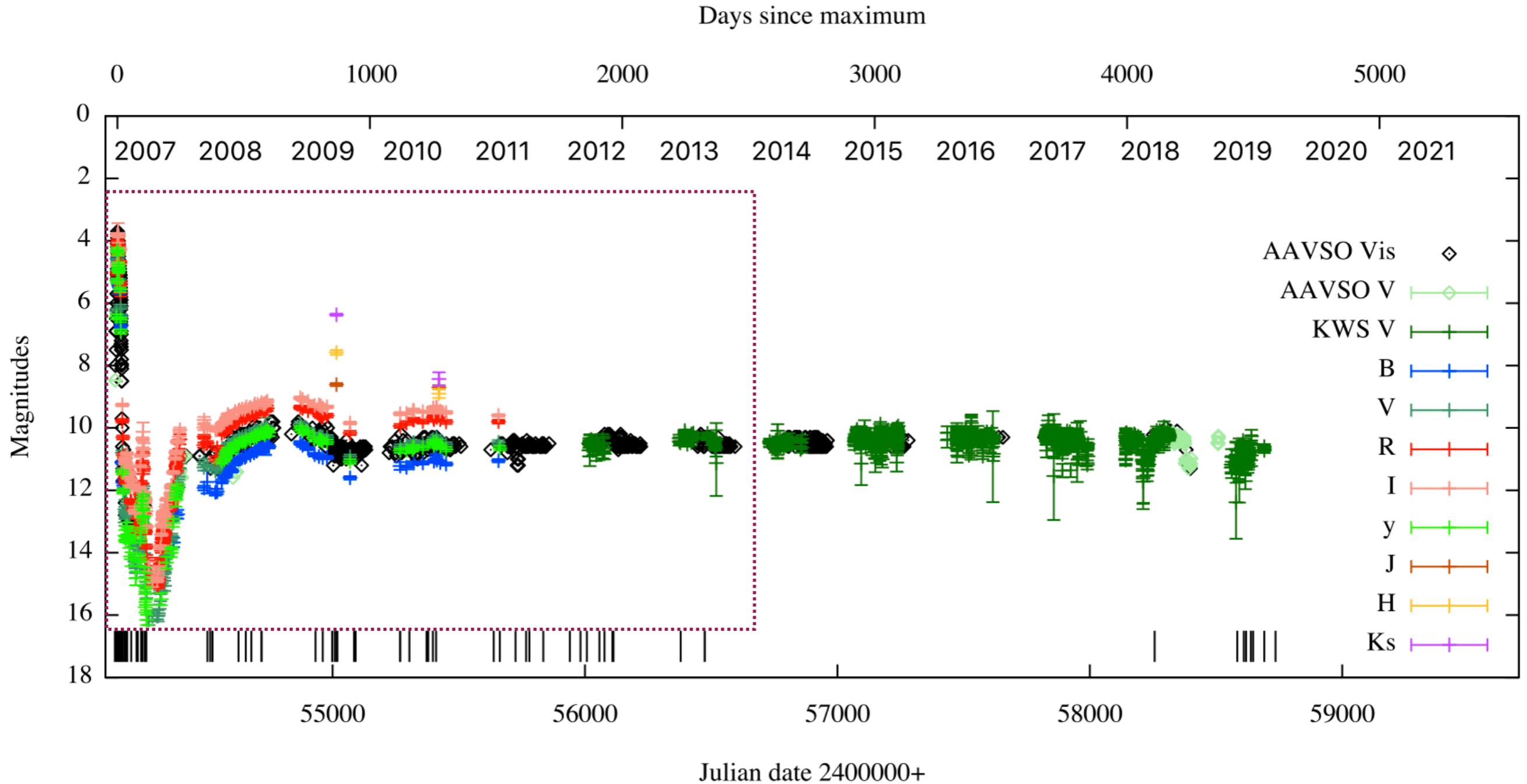
Chesneau et al. 2012

● V1280 Scoは極めて進化の遅い新星



- 2011年に星雲期へ：[O III] 4959, 5007の星雲線が出現
- 観測史上最も遅く星雲期に入った（爆発約50ヶ月後）
- 非常に軽い白色矮星で起きた新星爆発を示唆

● V I 280 Scoの光度曲線 (2007-2019)

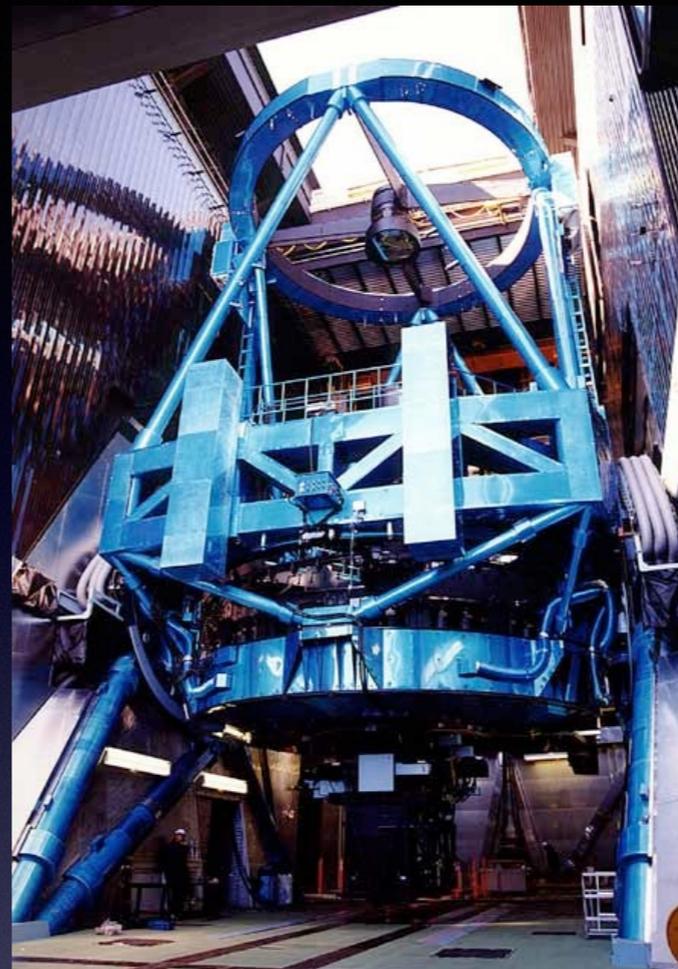


- 2018年頃からI等ほどの変動が見られるようになった
- スペクトル（星風の有無など）に異変がないか調査中

●観測ログ (すばる+HDS)

Date	UT h m	MJD	Exposure sec	Range Å
2009				
May 9	12 24	54 960.517	900	4100-6860
Jun. 15	12 36	54 997.525	600	4100-6860
Jun. 16	6 45	54 998.282	900	3400-5110
	11 48	54 998.492	900	4110-6870
	12 14	54 998.510	900	5310-8070
Jul. 4	10 51	55 016.452	900	4100-6860
Jul. 6	9 19	55 018.389	1200	4100-6860
	10 37	55 018.443	600	3400-5110
2010				
Jul. 1	9 43	55 378.405	1200	4130-6860
2011				
Mar. 17	15 27	55 637.644	930	4100-6860
Jun. 12	10 33	55 724.440	1200	4100-6860
Jul. 24	6 36	55 766.275	1800	4100-6860
Aug. 6	5 43	55 779.239	1200	4100-6860
	6 39	55 779.277	1200	3030-4630
Sep. 30	5 39	55 834.236	2400	4130-6860
2012				
Jan. 13	16 17	55 939.679	137	5080-7850
Feb. 24	15 29	55 981.645	1800	4100-6860
Mar. 20	14 41	56 006.612	1200	4100-6860
	15 14	56 006.635	1800	3400-5110
Jun. 30	7 53	56 108.328	1200	3540-5250
Jul. 4	10 3	56 112.419	600	4100-6860
2013				
Mar. 27	13 42	56 378.571	900	4110-6860
Jun. 30	9 34	56 473.399	900	6130-8890
Jul. 1	9 5	56 474.379	900	4020-6770
	9 53	56 474.412	600	3030-4630
2018				
May 18	11 04	58 256.463	600	4110-6860
2019				
May 15	14 20	58 618.598	1200	3520-6230
	14 48	58 618.617	1200	4110-6860
Jun. 12	11 25	58 646.476	1200	4020-6770

UT: Universal time at the start time of an exposure



すばる望遠鏡



HDS

田実さんによる観測 22夜 (R ~60000)

特集: 20周年を迎えたすばる望遠鏡

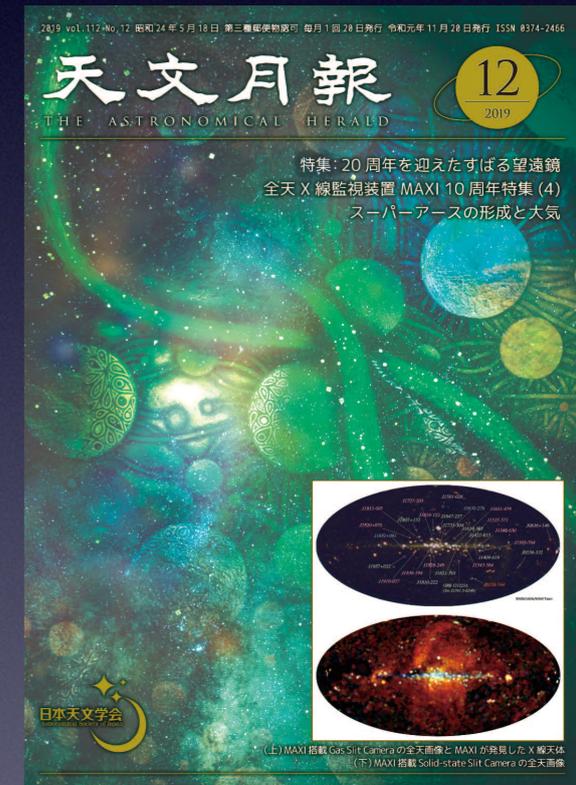
すばる HDS の 20 年

田実晃人

〈国立天文台ハワイ観測所 650 North A'ohoku Pl., Hilo, HI 96720, U.S.A.〉
e-mail: tajitsu@naoj.org

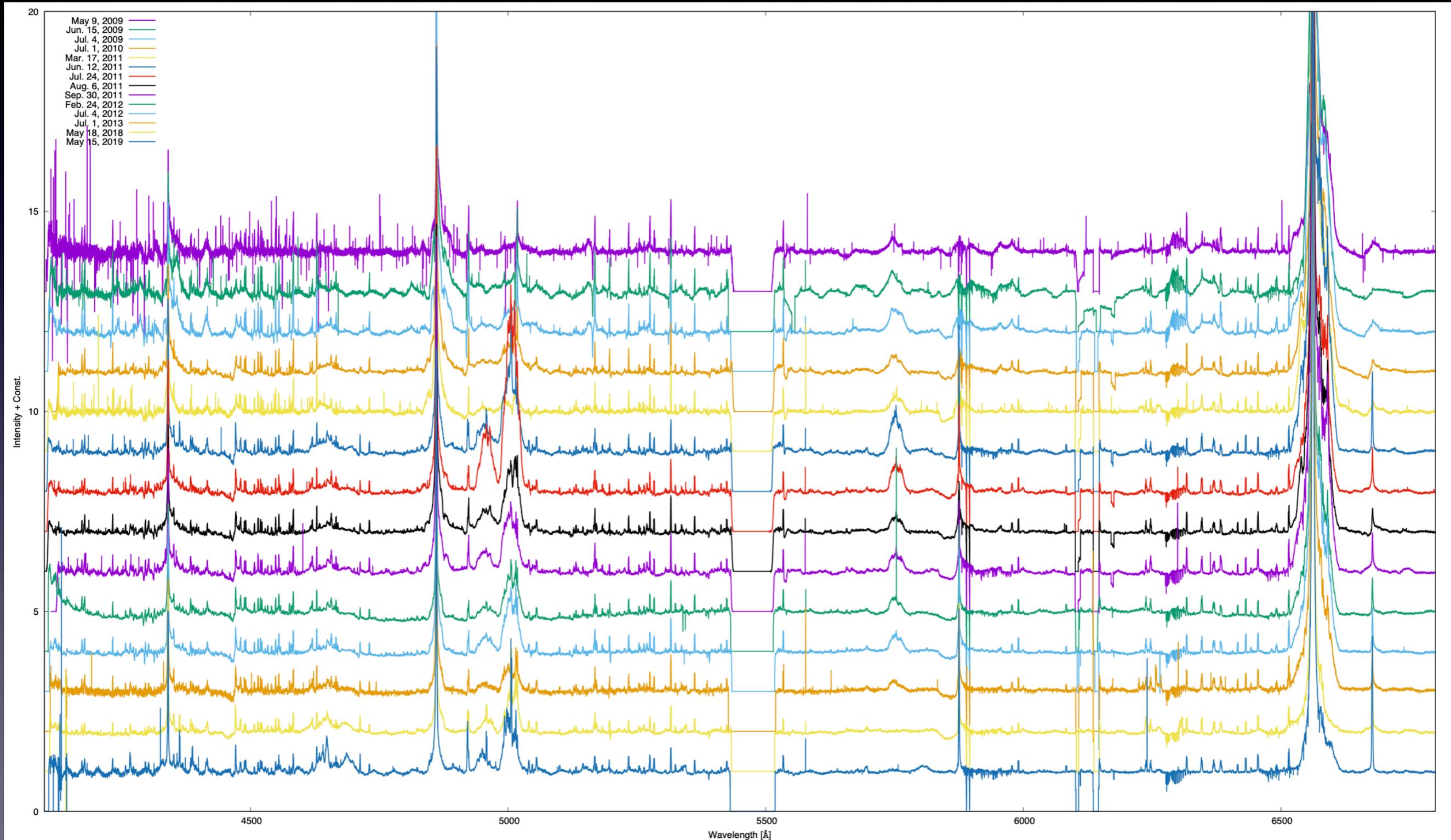


HDS (高分散分光器) はすばる望遠鏡の第一期装置として2000年の立ち上げから活躍し続けている。HDSのサポートアストロノマーとして観測の現場から見つめたその20年を振り返る。

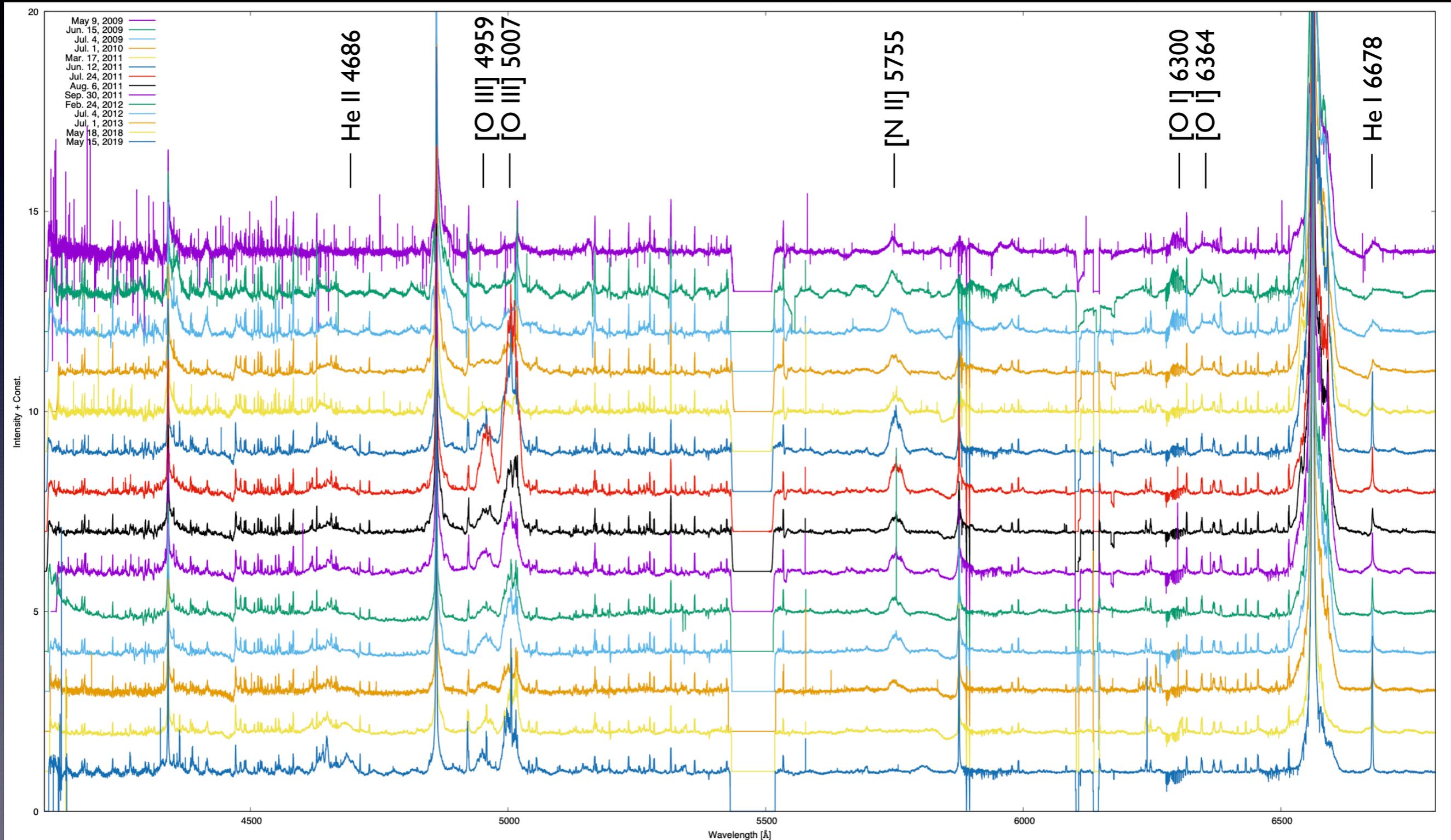


天文月報 (最新号)

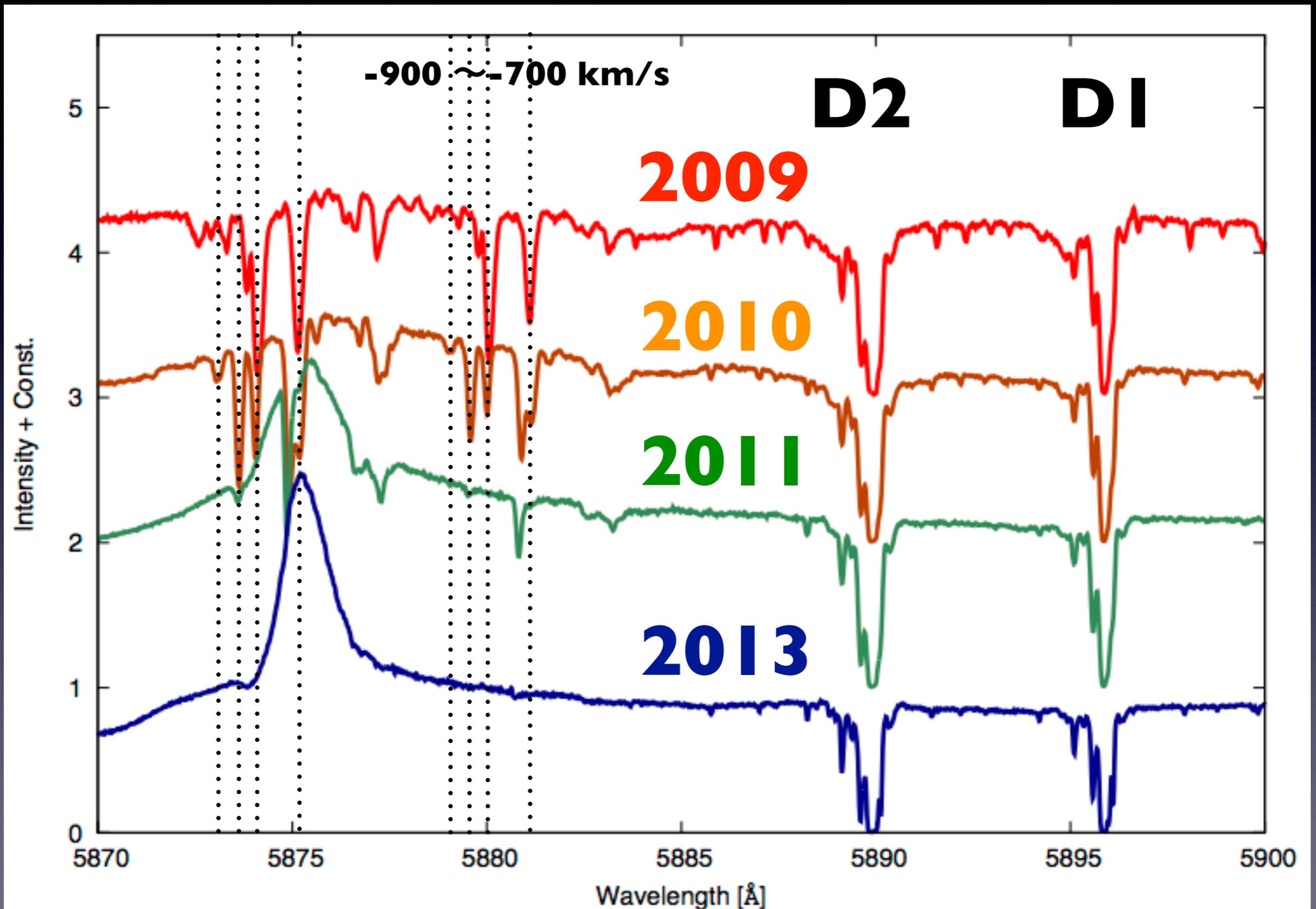
●スペクトル2009-2019 (すばる+HDS)



● スペクトル 2009-2019 (すばる + HDS)

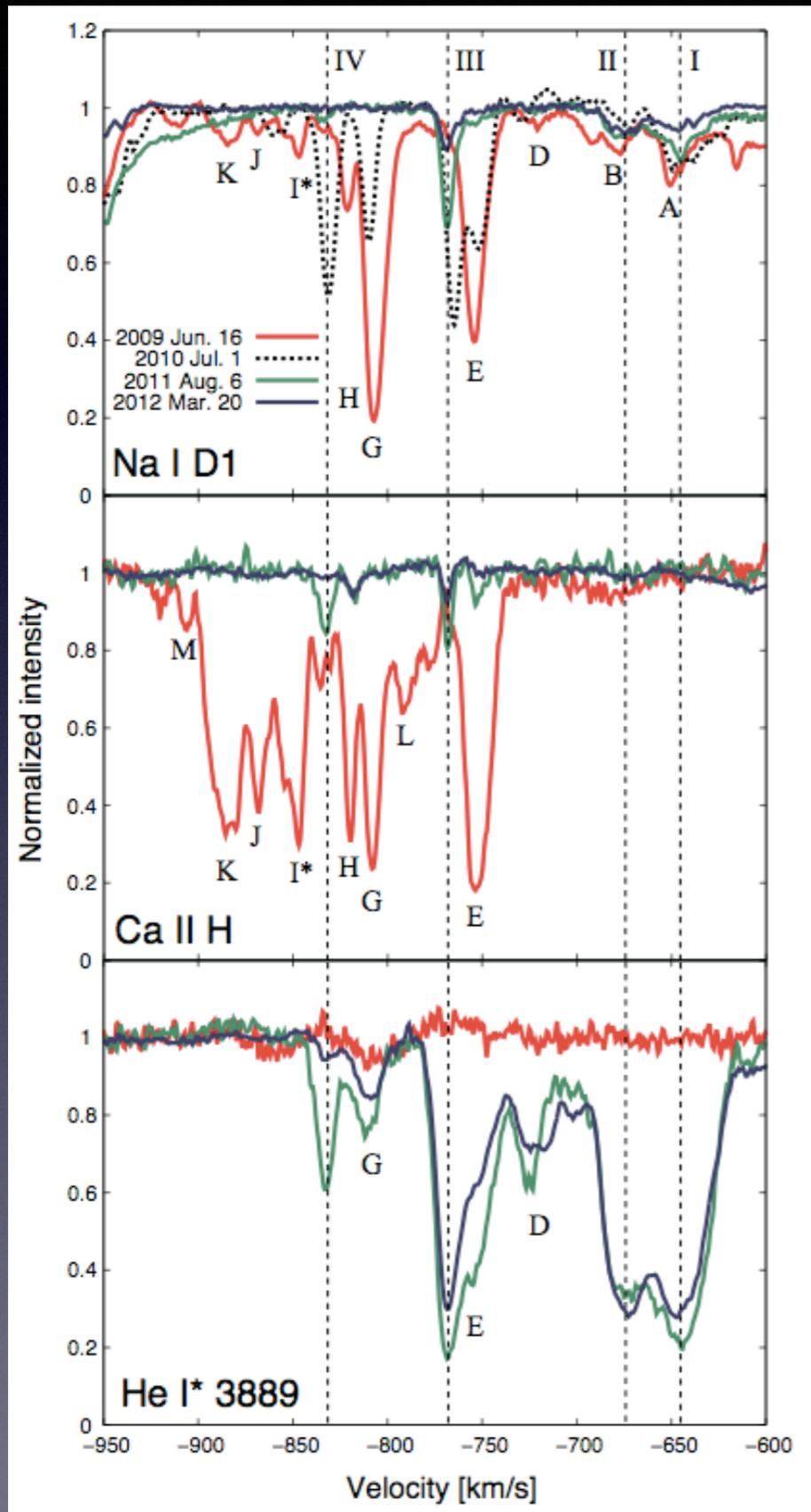


●これまで：複数の高速吸収成分を検出

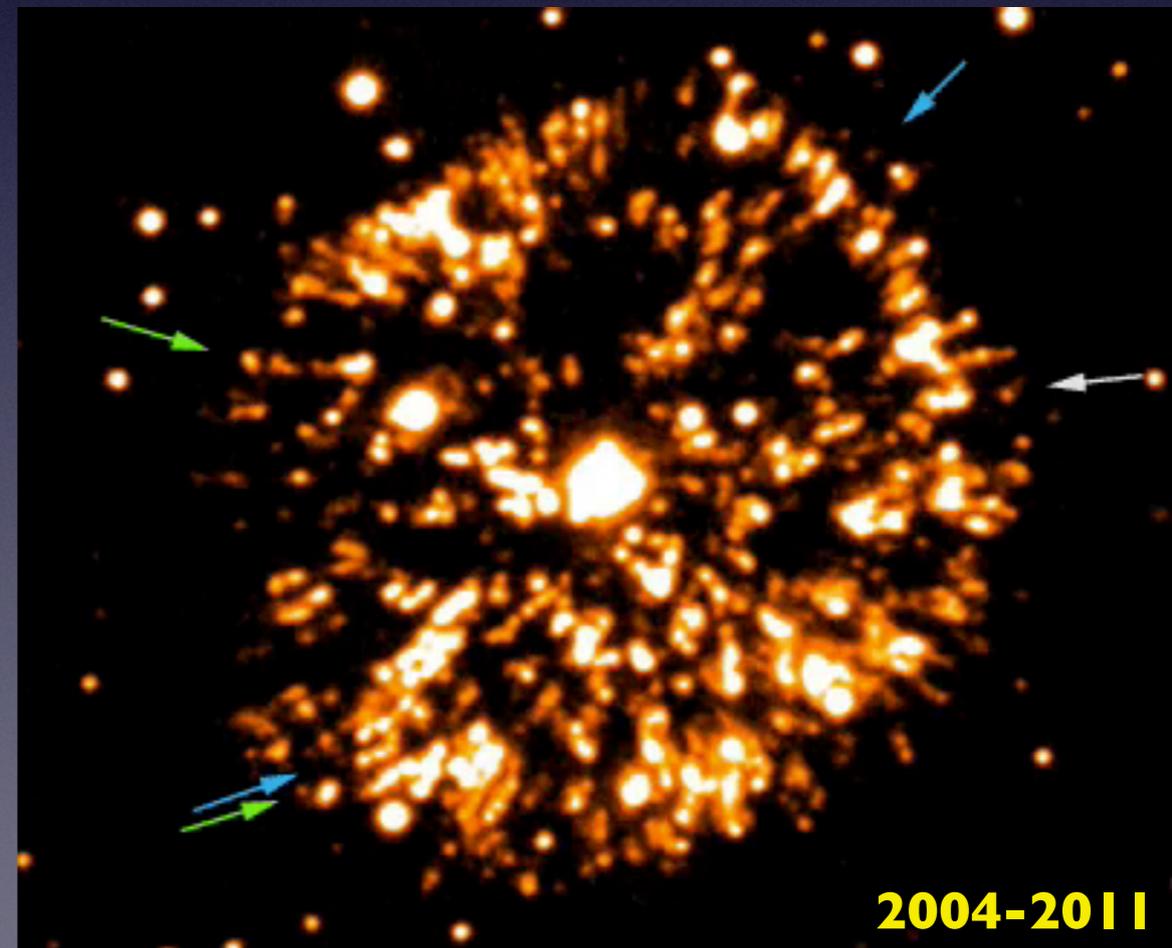


▶ Na I D1+D2吸収線群は約6年かけてほぼ消滅

●これまで：複数の高速吸収成分を検出

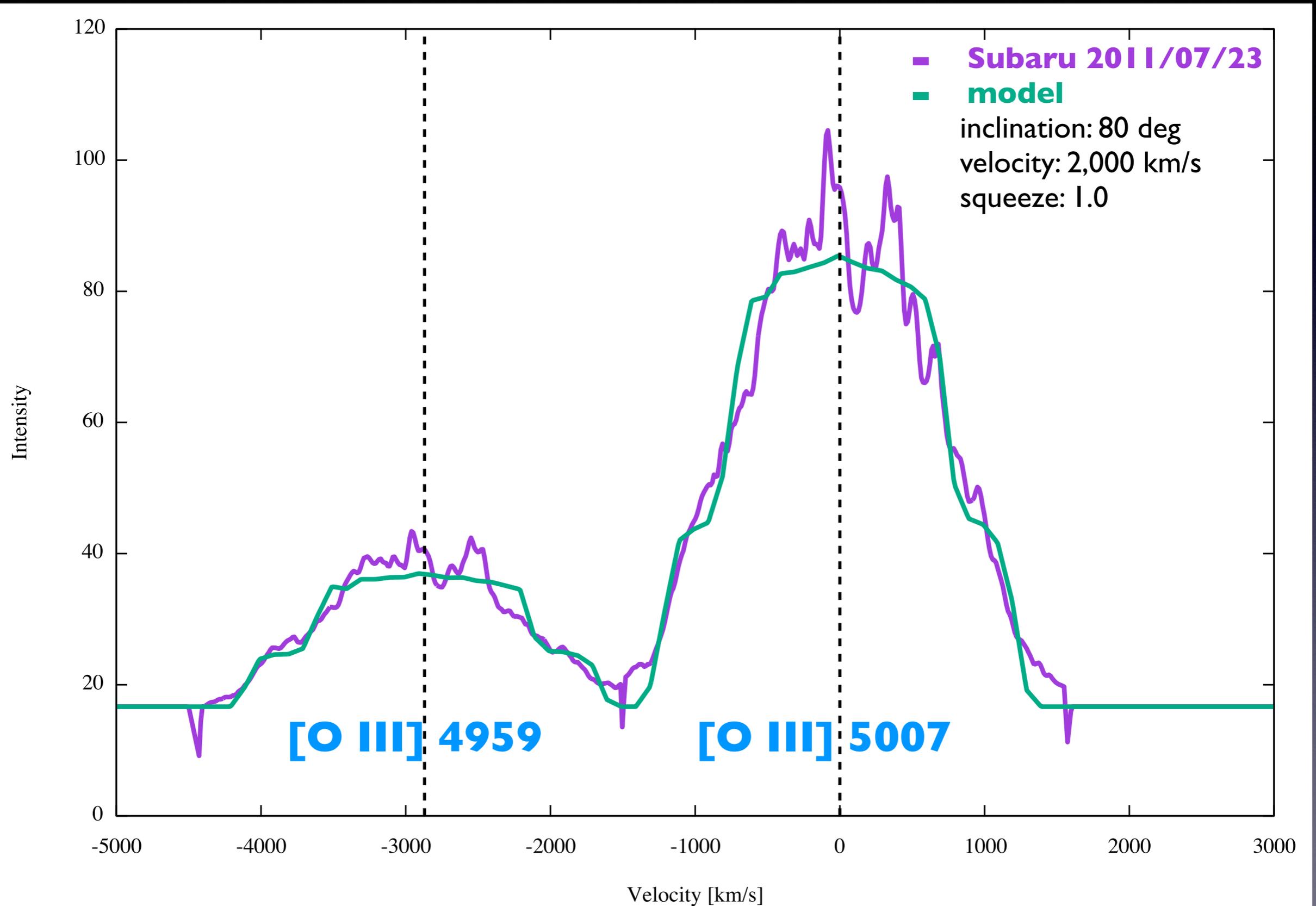


- ◎中心波長や速度幅が変化する成分が存在
➔各成分はさらに小さな成分で形成されている
- ◎Na DとCa HK 線は強くなっている成分がある
一方、多くの成分は弱くなり数も減少した
- ◎metastable He I*線は2011年に出現した
➔複雑な電離／再結合過程

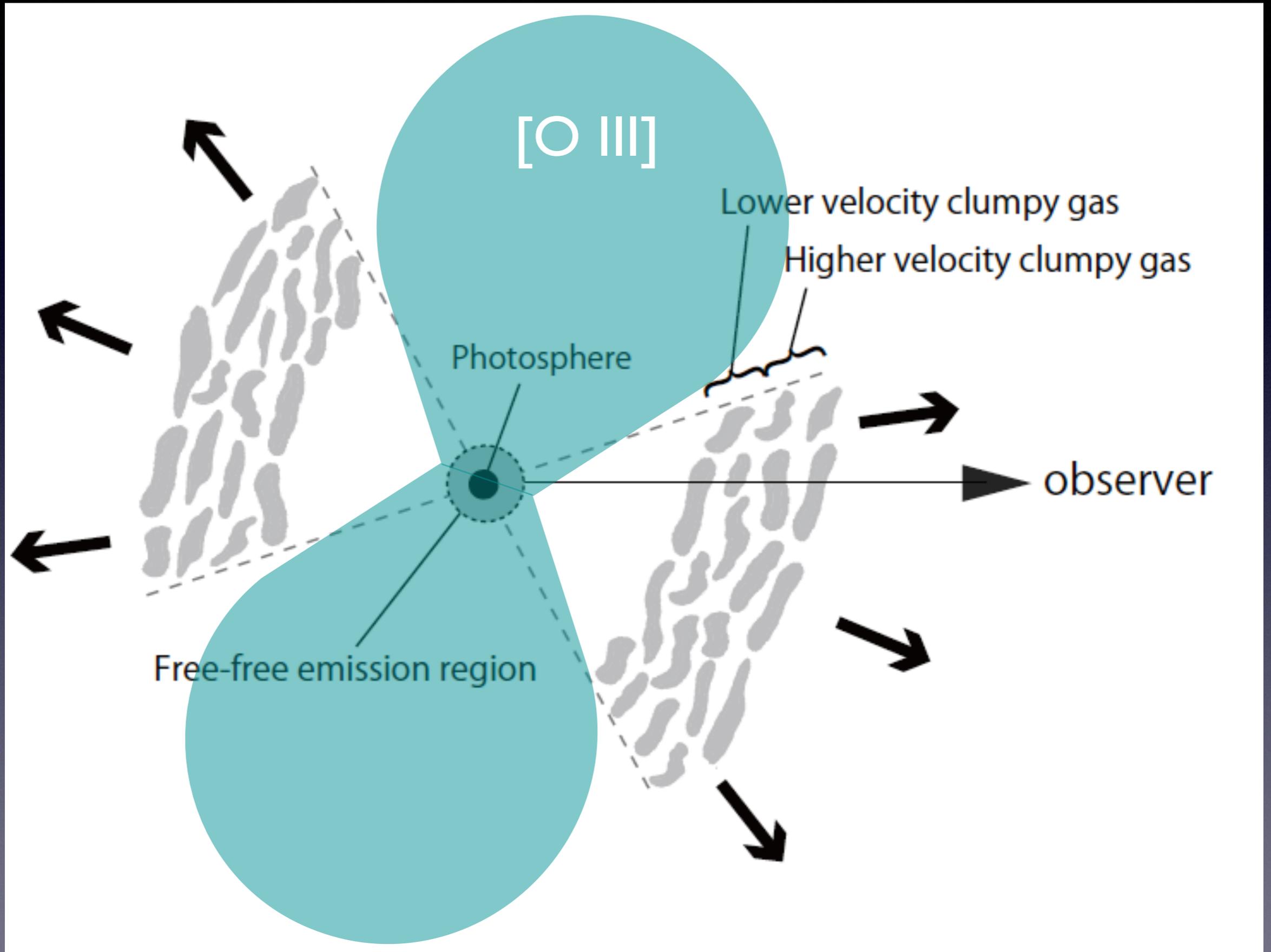


GK Per (H α + [N II]) : Corradi et al. 2012

●これまで：新星シェル構造を解析



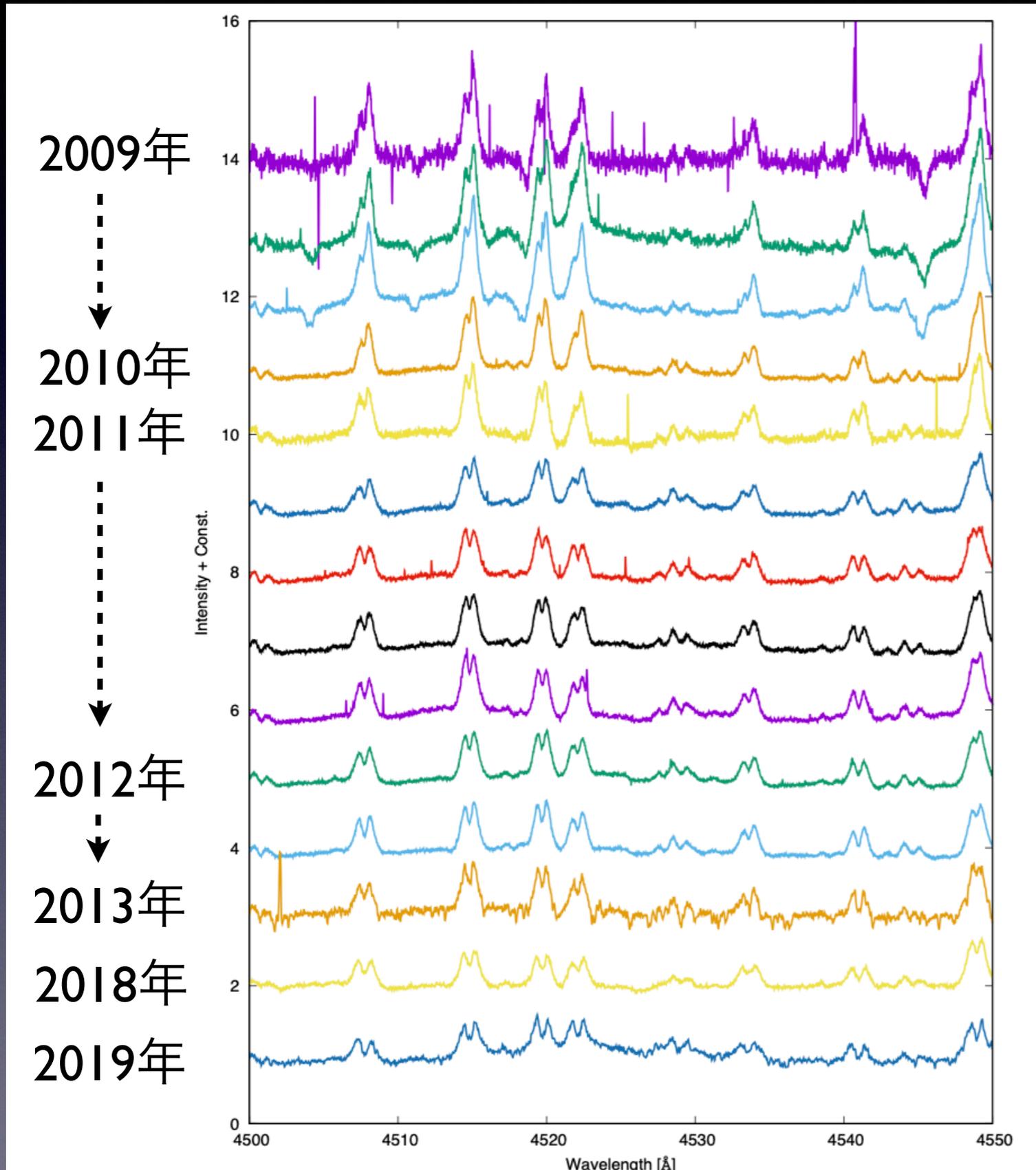
●これまで：V1280 Scoの想像図



ここから

本題

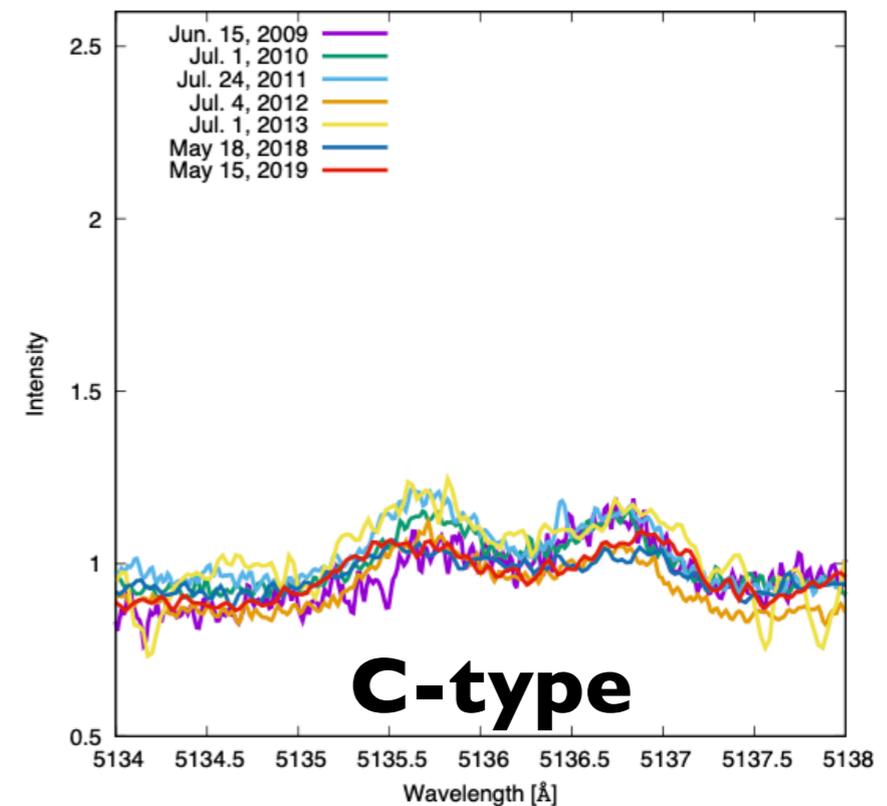
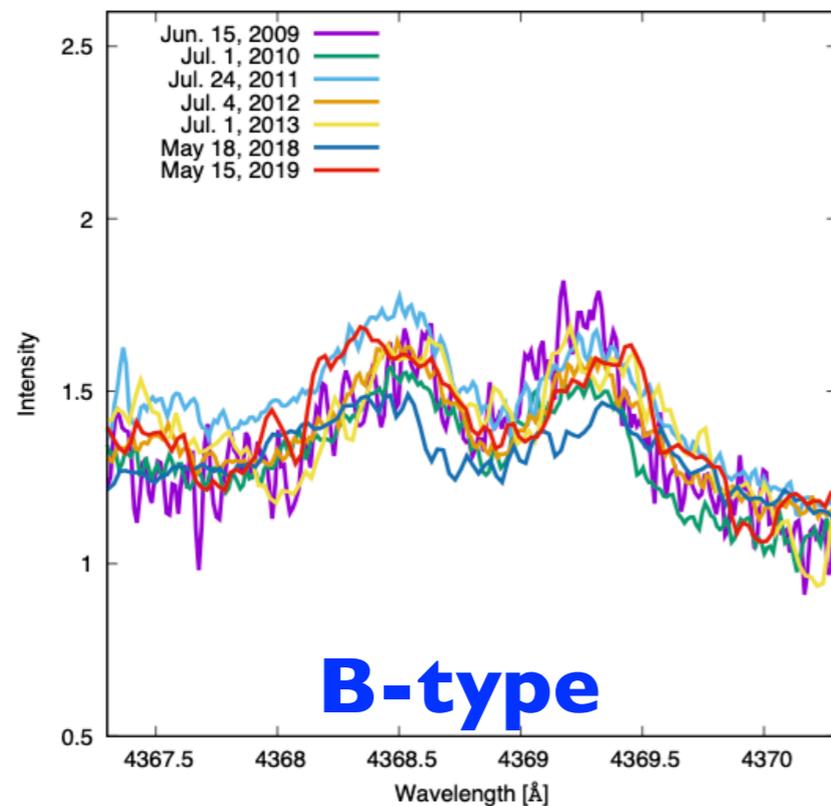
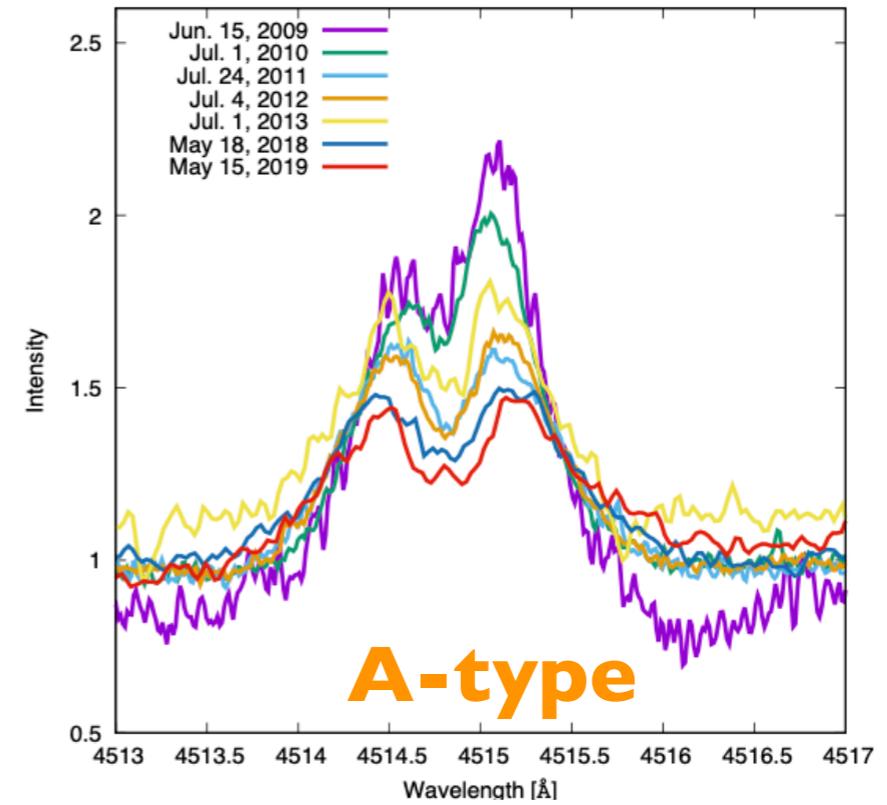
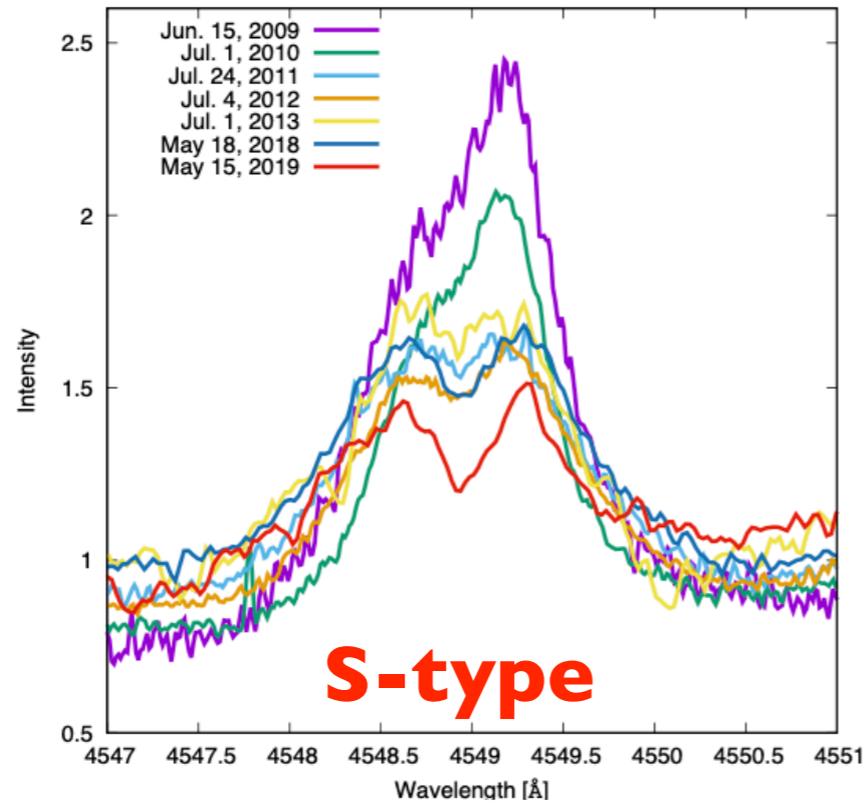
●速度幅の狭いダブルピーク (DP) 輝線



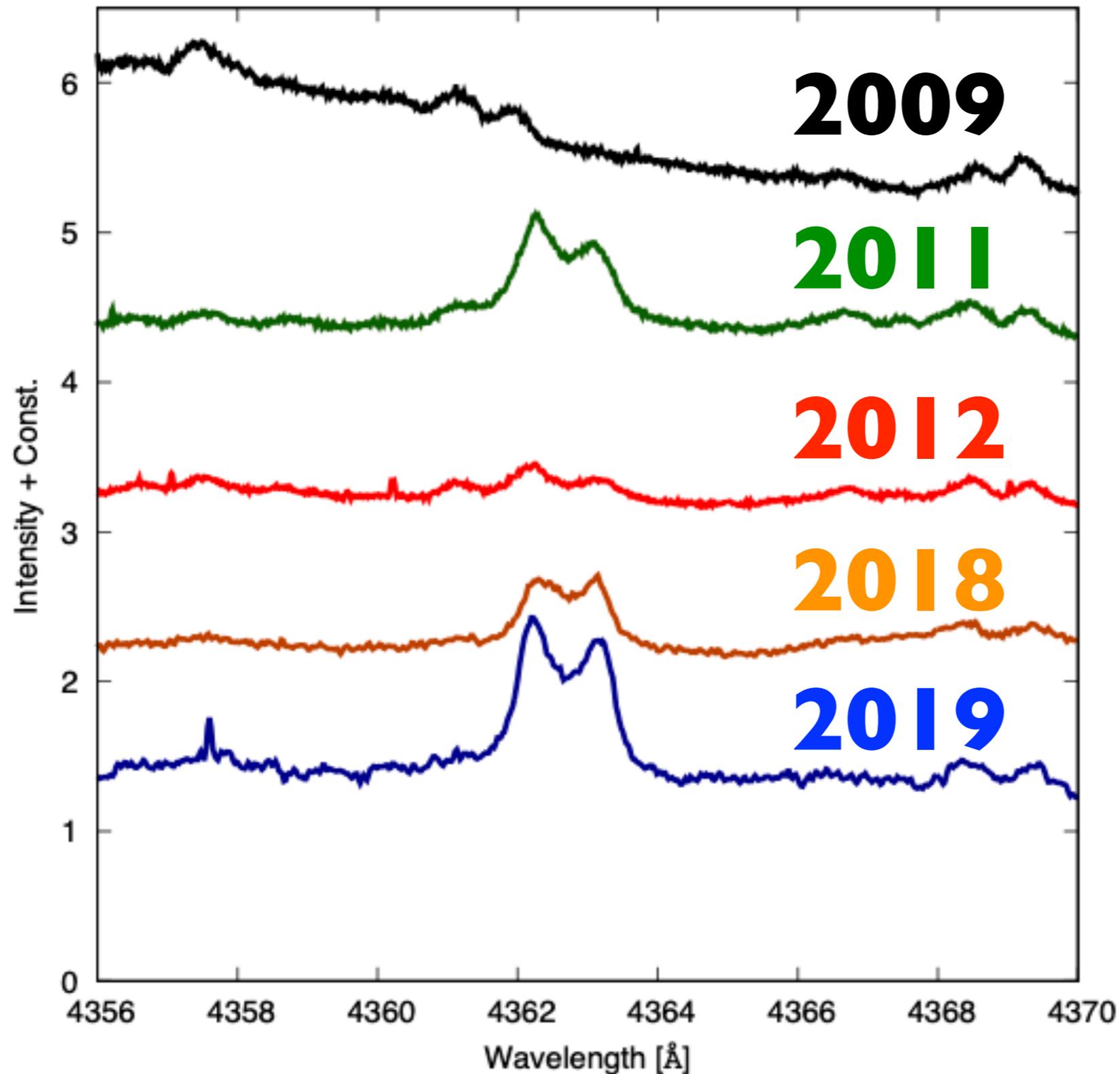
- Fe II の P-Cyg ライクな吸収線 (-250km/s)
 - 2010年には消滅

- Fe II の低励起輝線の狭いピーク幅 ($\sim 40\text{km/s}$)
 - ほとんど変化なし
 - Ti II, Mg II, Cr II, etc.

●DP輝線の変化のタイプ (S, A, B, C)

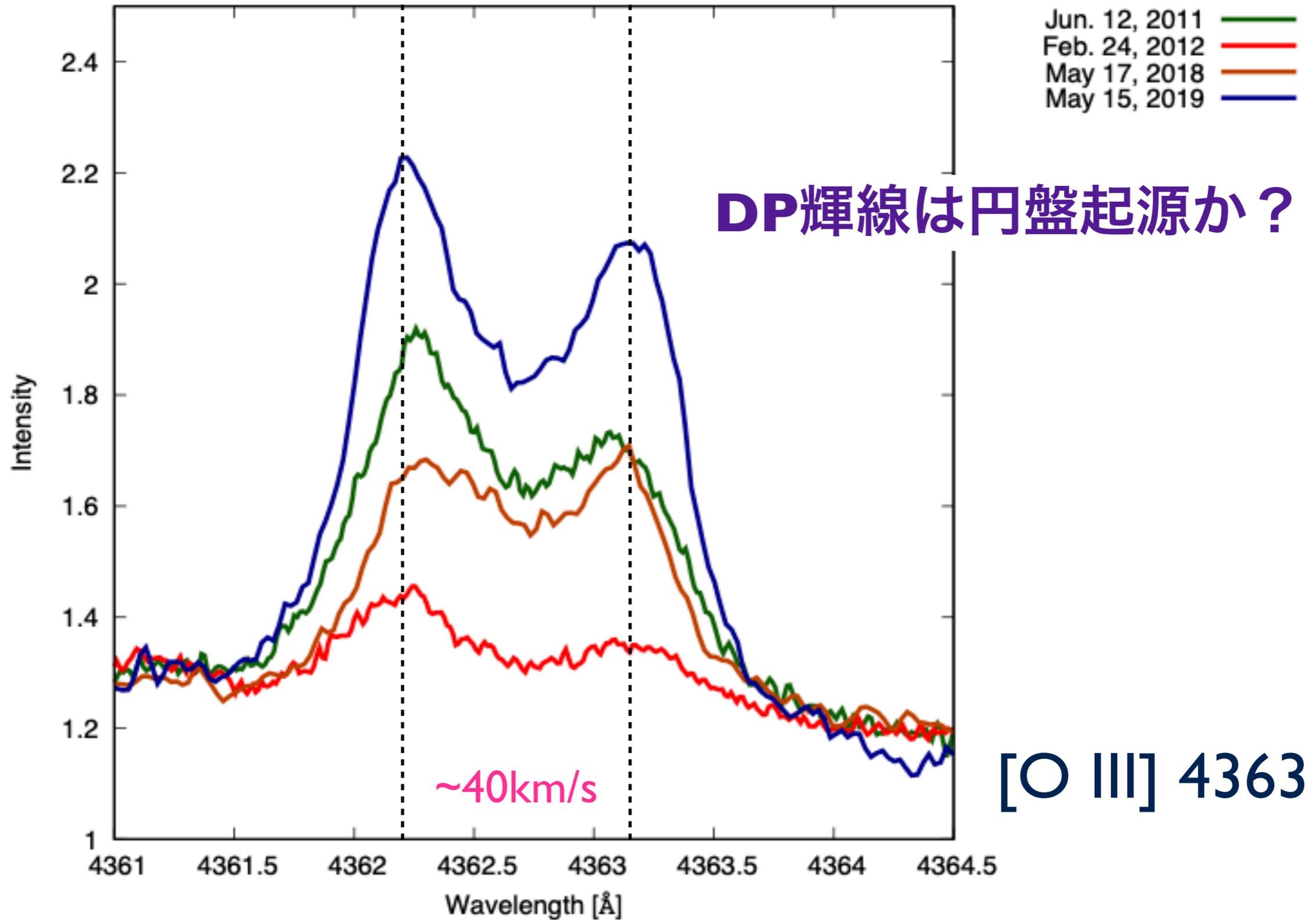


●DP禁制線の出現 (2018-2019, & 2011)



[O III] 4363

●DP禁制線の出現 (2018-2019, & 2011)

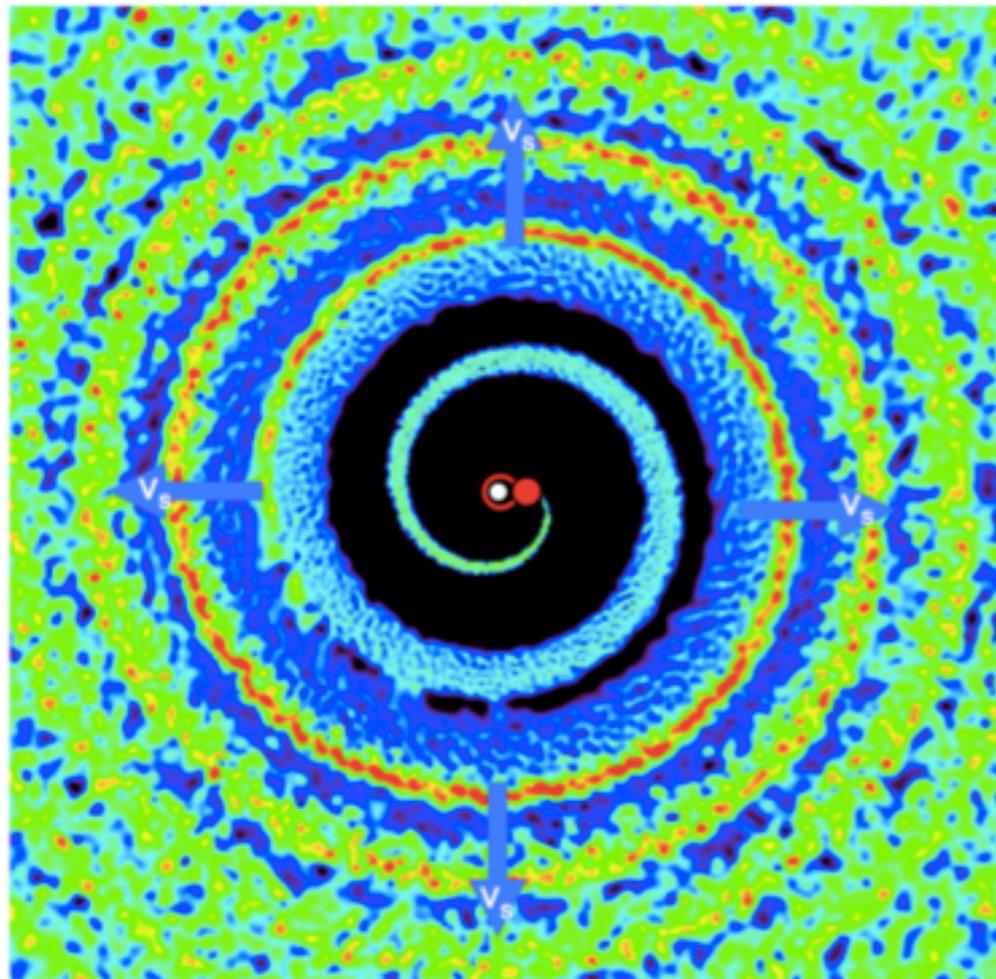


● 新星と周連星系円盤

ASASSN-16ma (新星) の爆発モデル

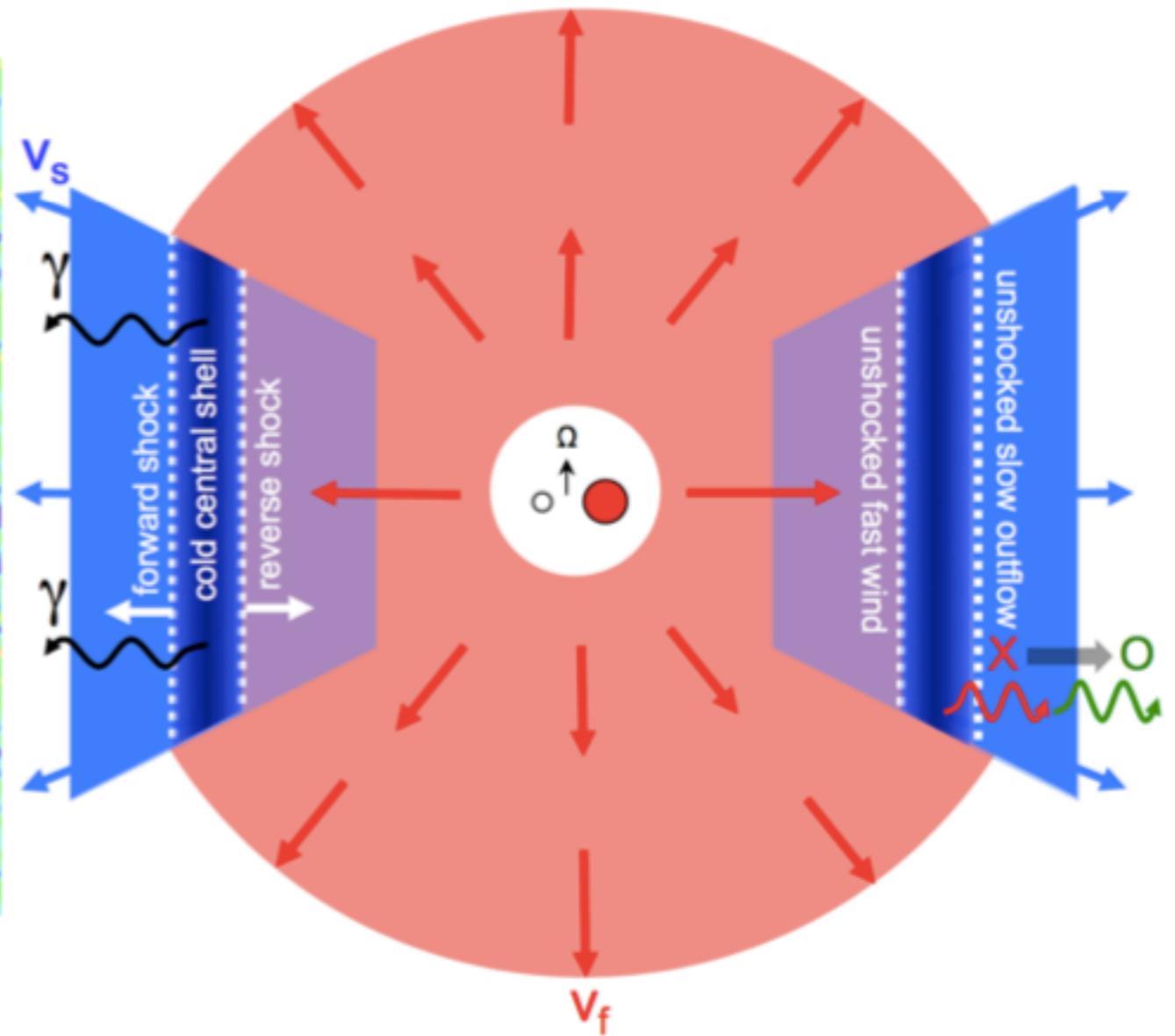
PHASE I

dense, equatorially-focused slow outflow
(top view down on binary plane)



PHASES II, III

interaction between slow and fast ejecta
(side view - within binary plane)



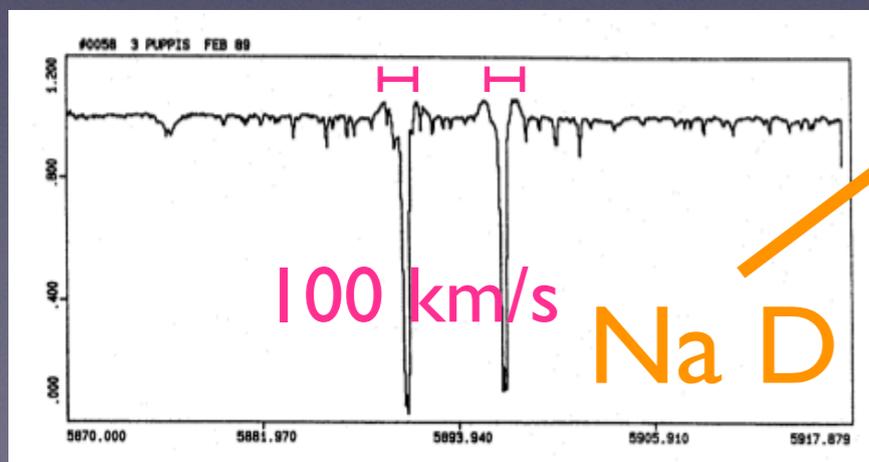
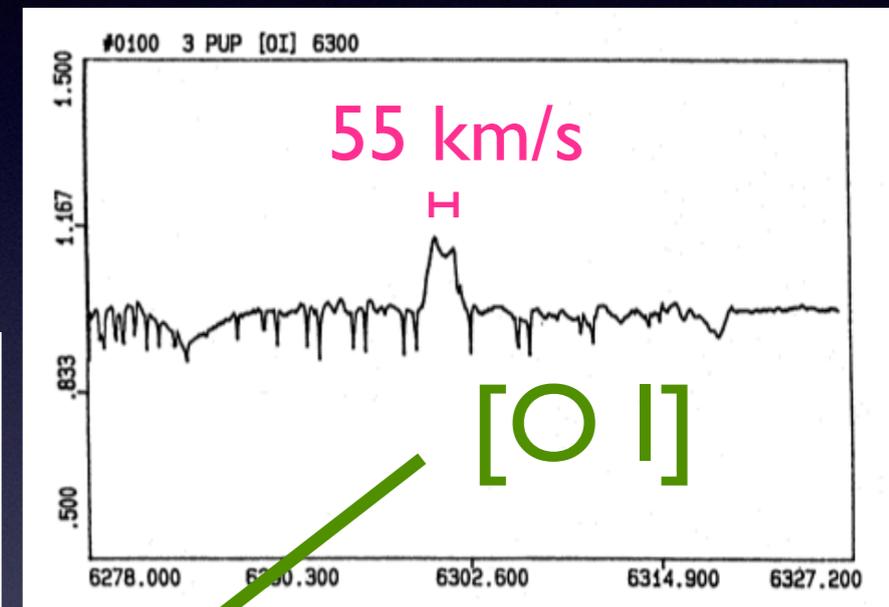
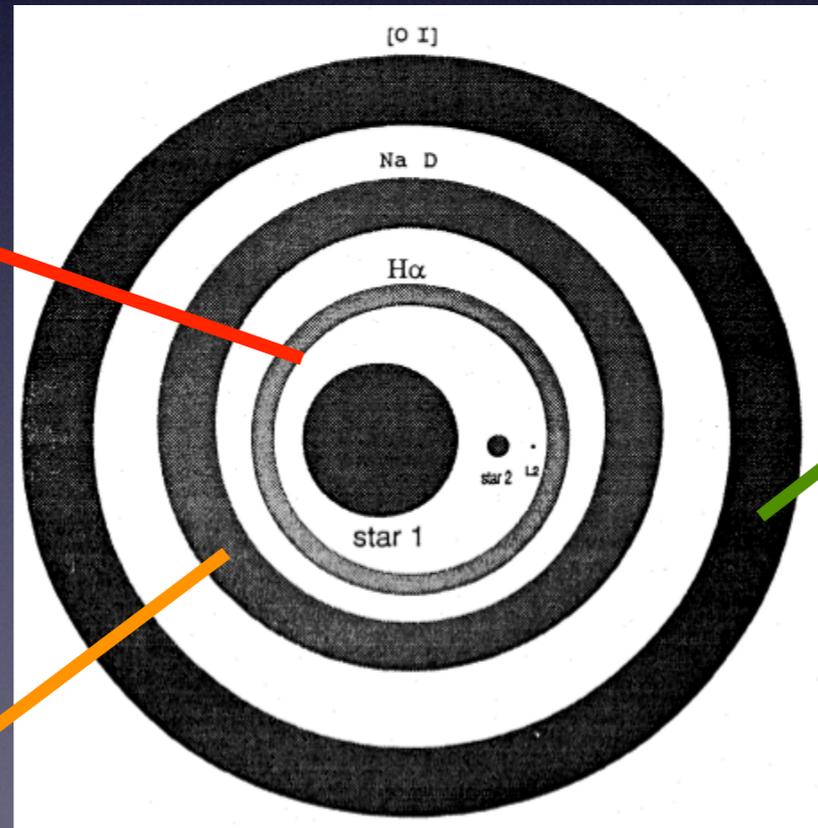
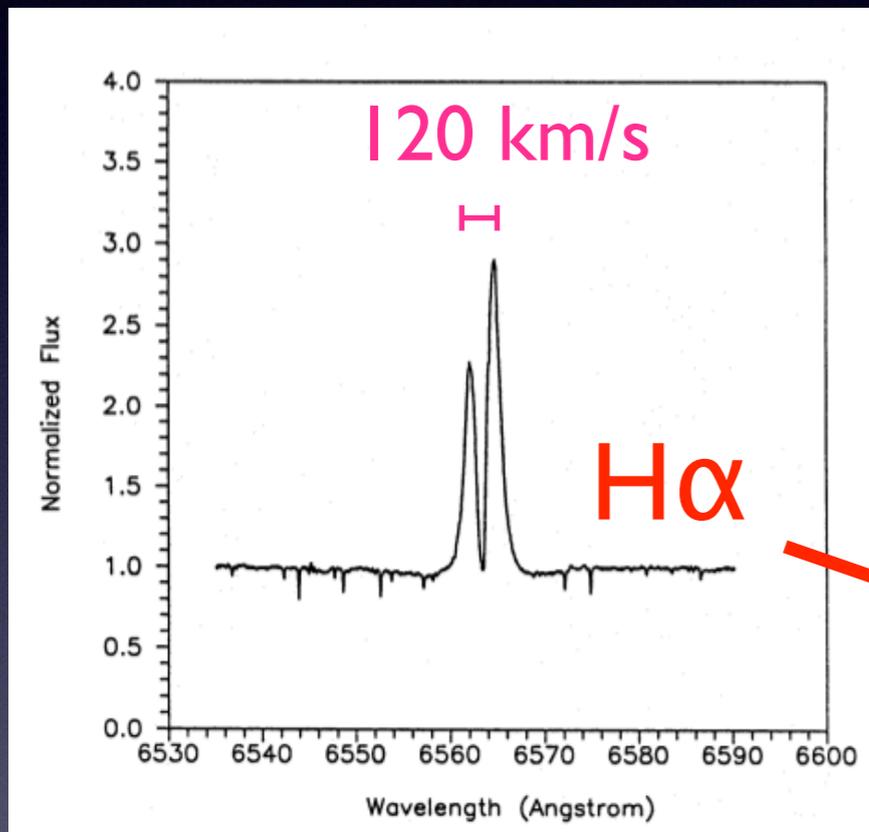
Li et al. 2017, Nature Astronomy, 1, 697

▶ ASASSN-16maにガンマ線が検出された

▶ (爆発前に) L2ポイントから流出したガスと新星エジェクタの衝突

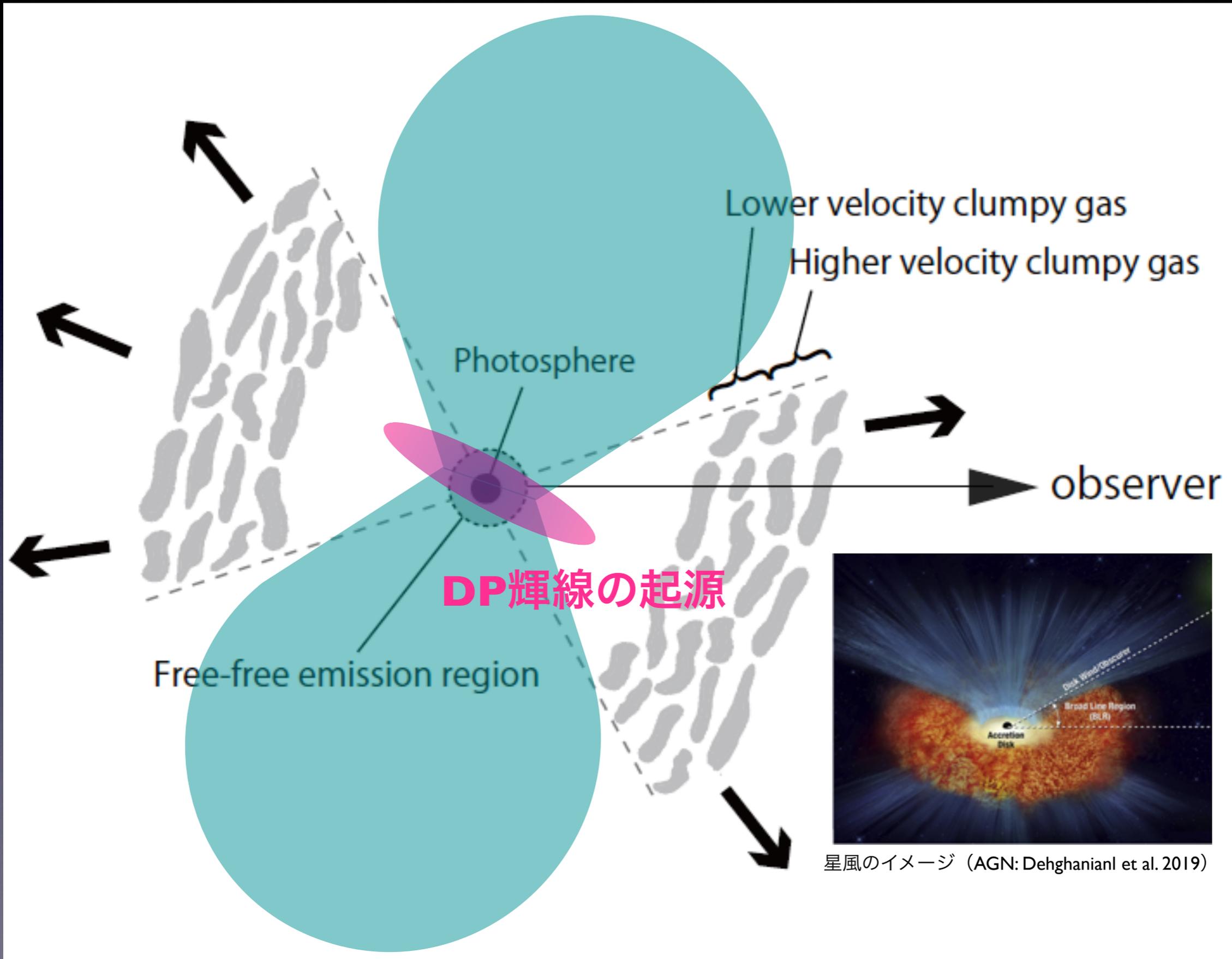
●sgB[e]星に周連星系円盤

- ▶ Supergiant B[e]星には速度幅の狭いDP輝線が観測されているものがある
- ▶ 3 Pup (A2I型) はsgB[e]星で、連星系をなしている
- ▶ 3 Pupには周連星系円盤が形成されていると考えられている



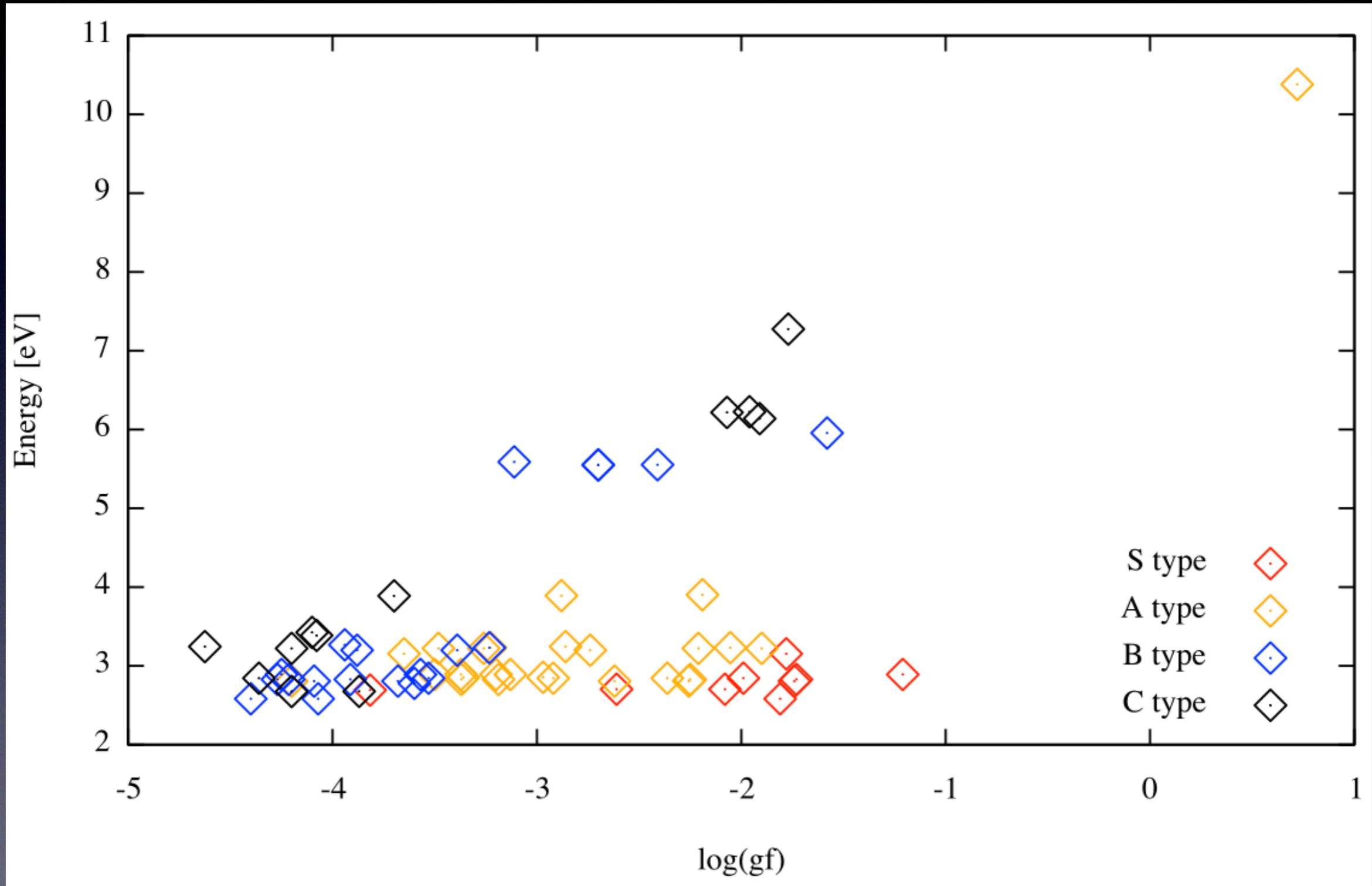
3 Pupのモデル

●VI 280 Scoの想像図 (改)



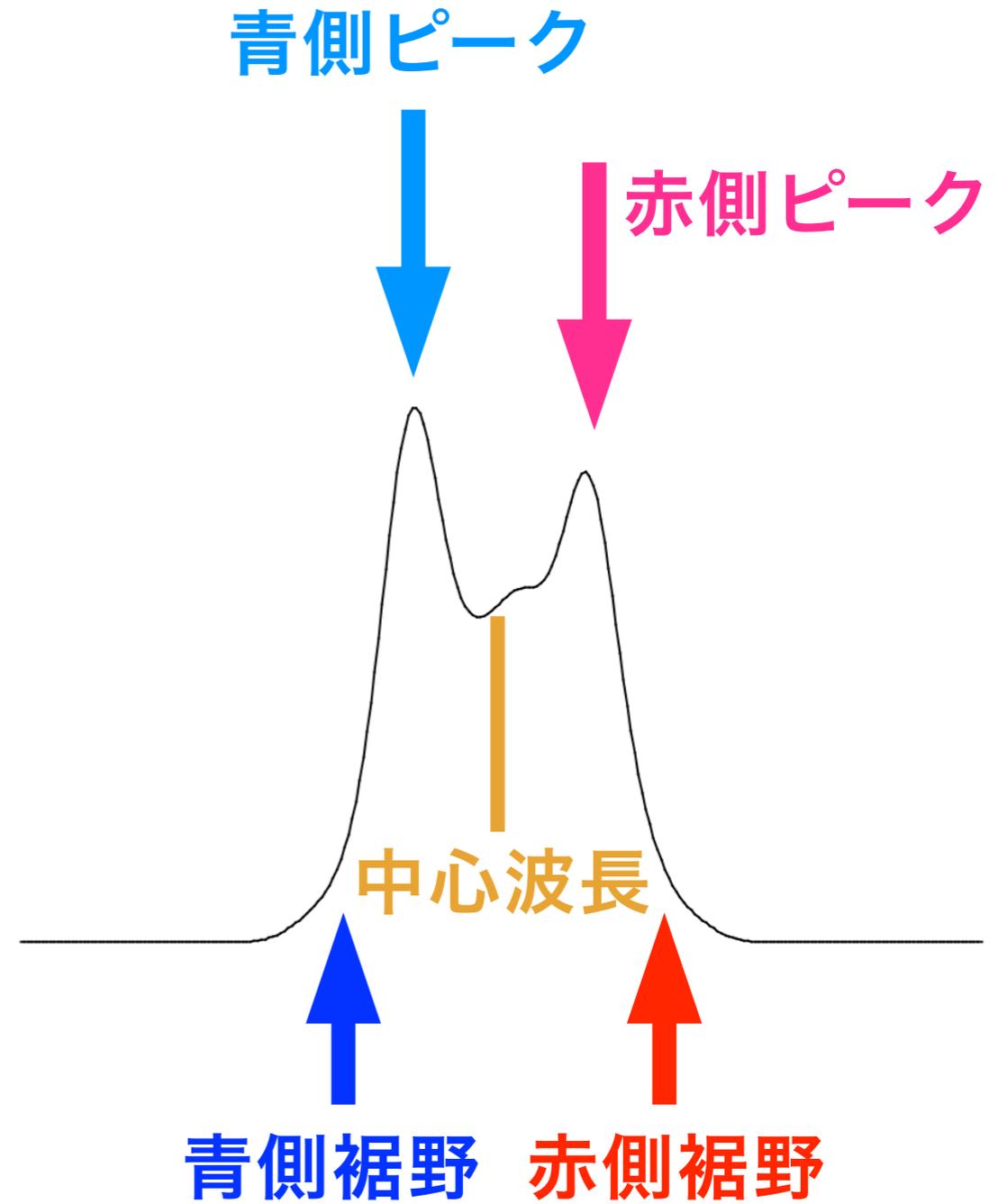
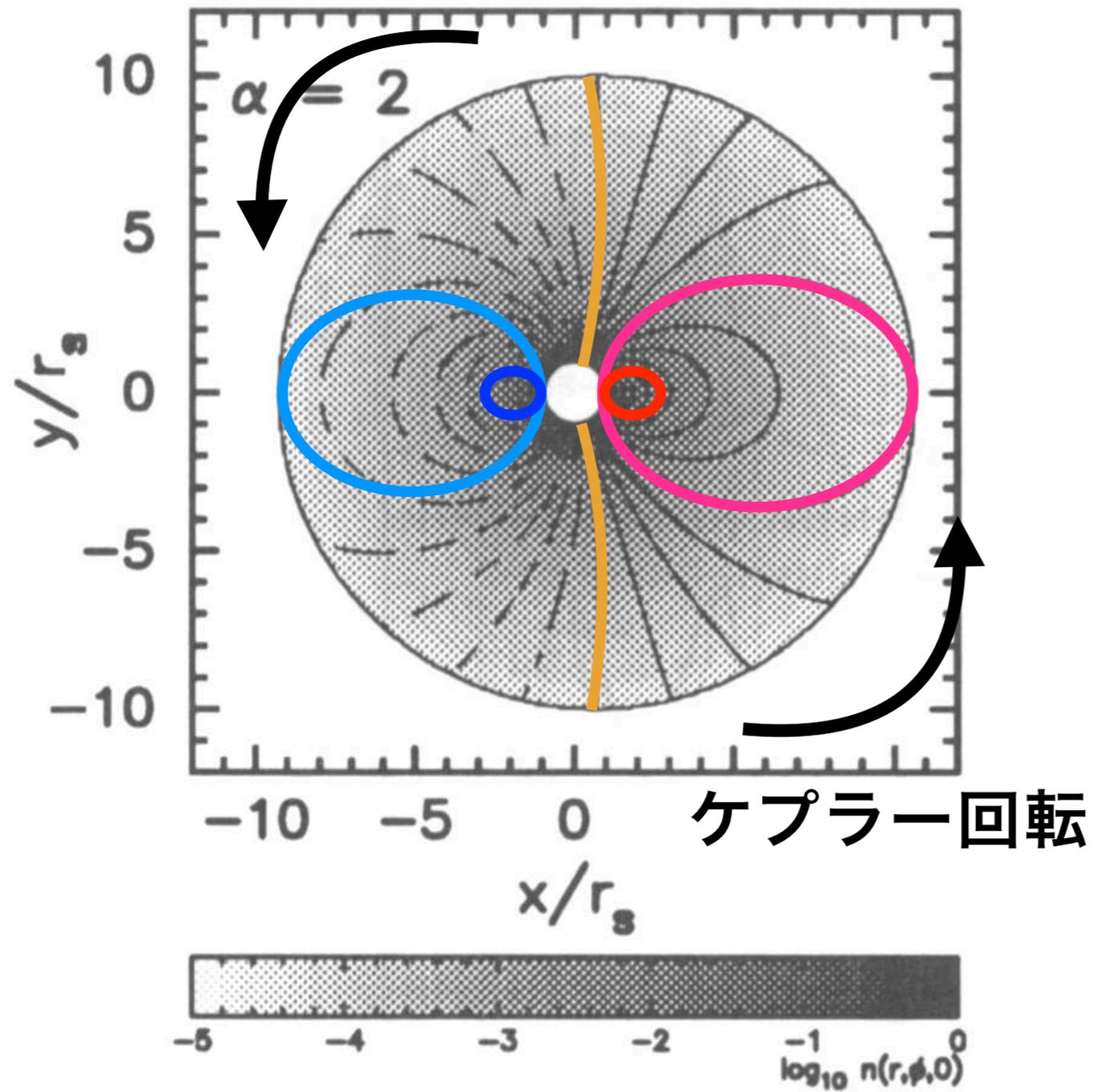
星風のイメージ (AGN: Dehghanianl et al. 2019)

●DP変化タイプ (Fe II) 別のlog(gf)値



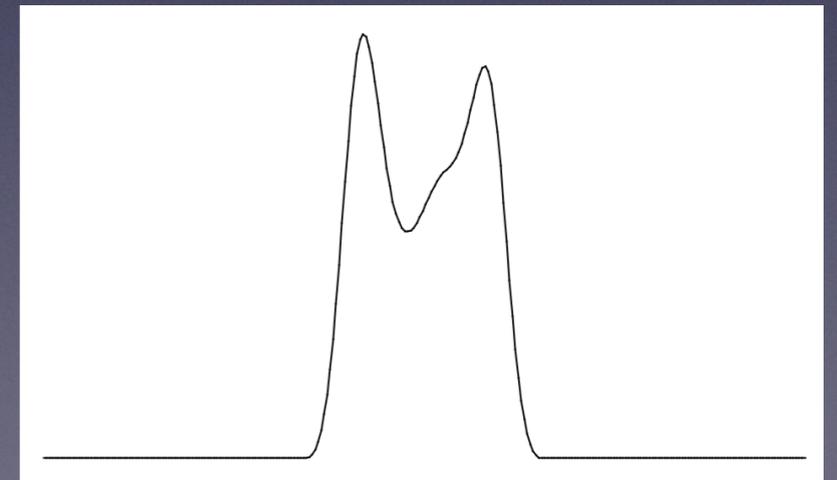
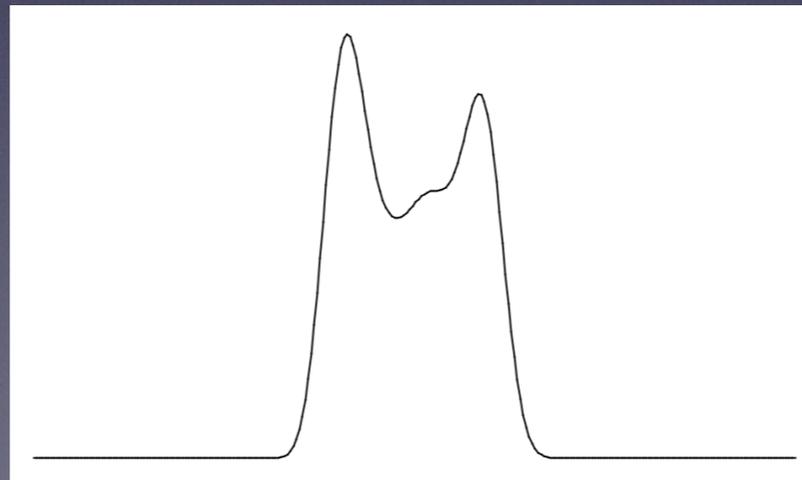
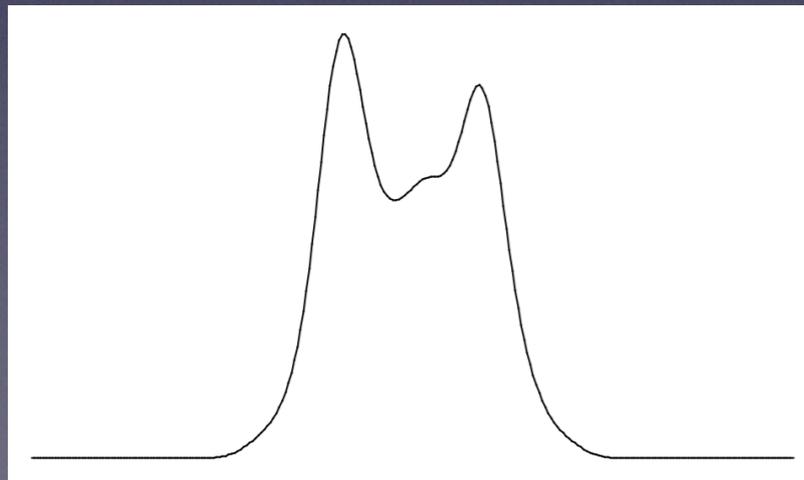
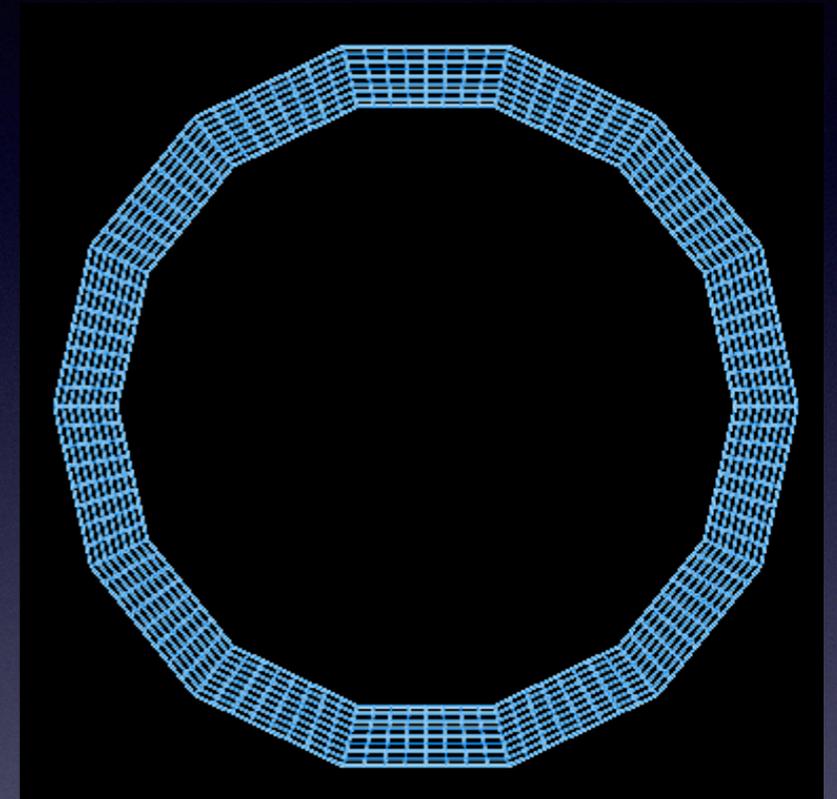
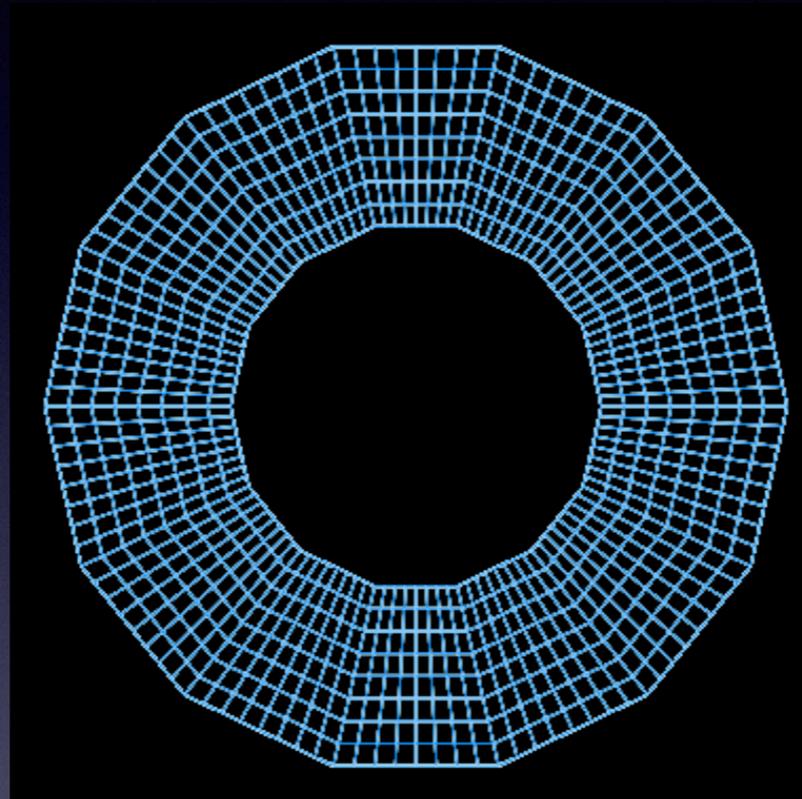
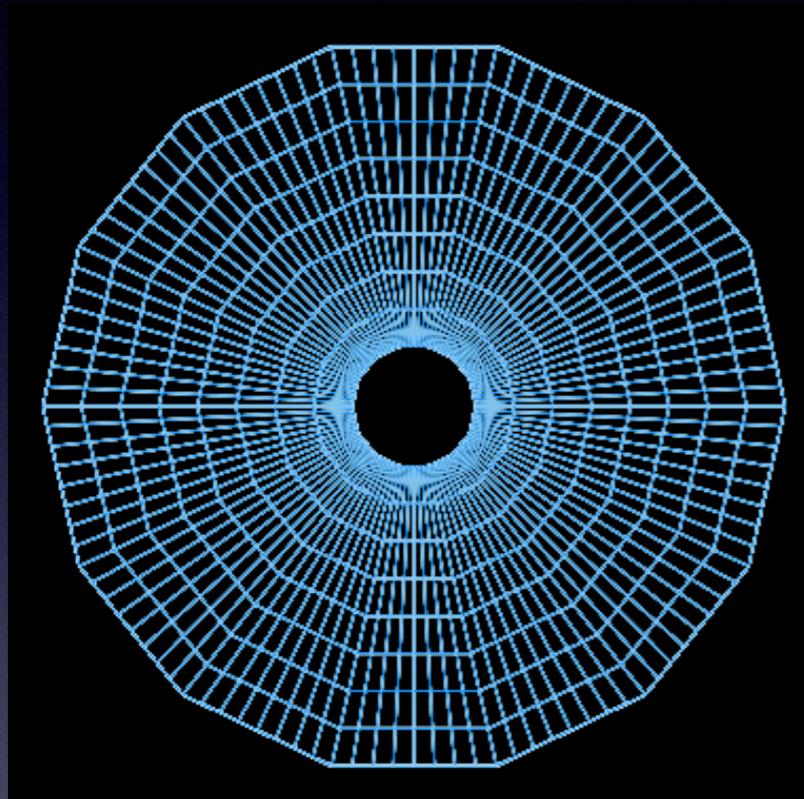
- ▶ S/Aタイプはlog(gf)値が大きく、B/Cタイプはそれが小さい
- ▶ ダブルピーク輝線 (Fe II) の形状の変化は星風による吸収か？

●円盤内の輝線領域



●円盤内の輝線領域とDP輝線の形状

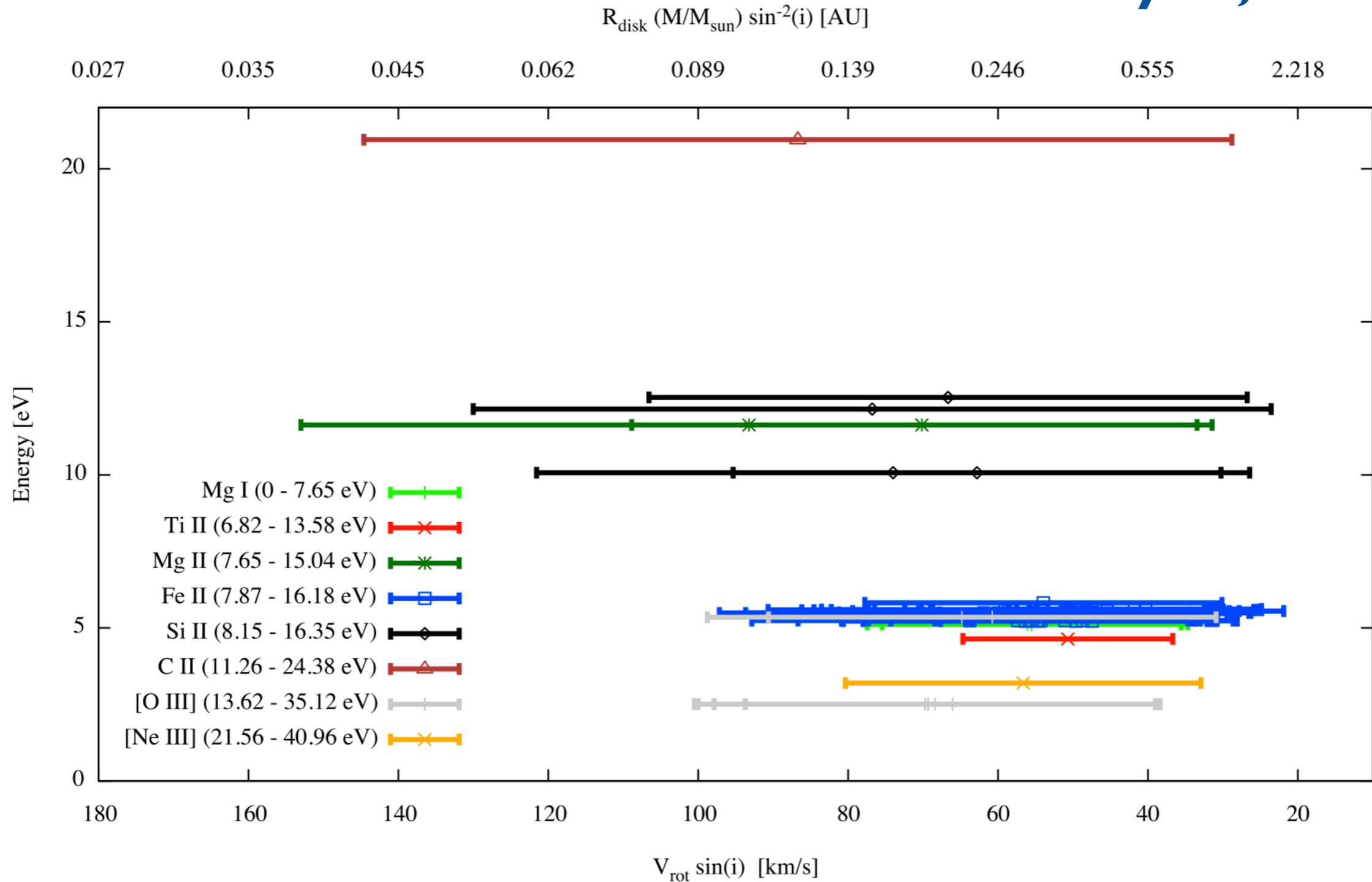
輝線領域が狭いとDP輝線の形状は細く（裾野が出にくく）、谷が深くなる傾向。



with Shape (inclination: 80 deg)

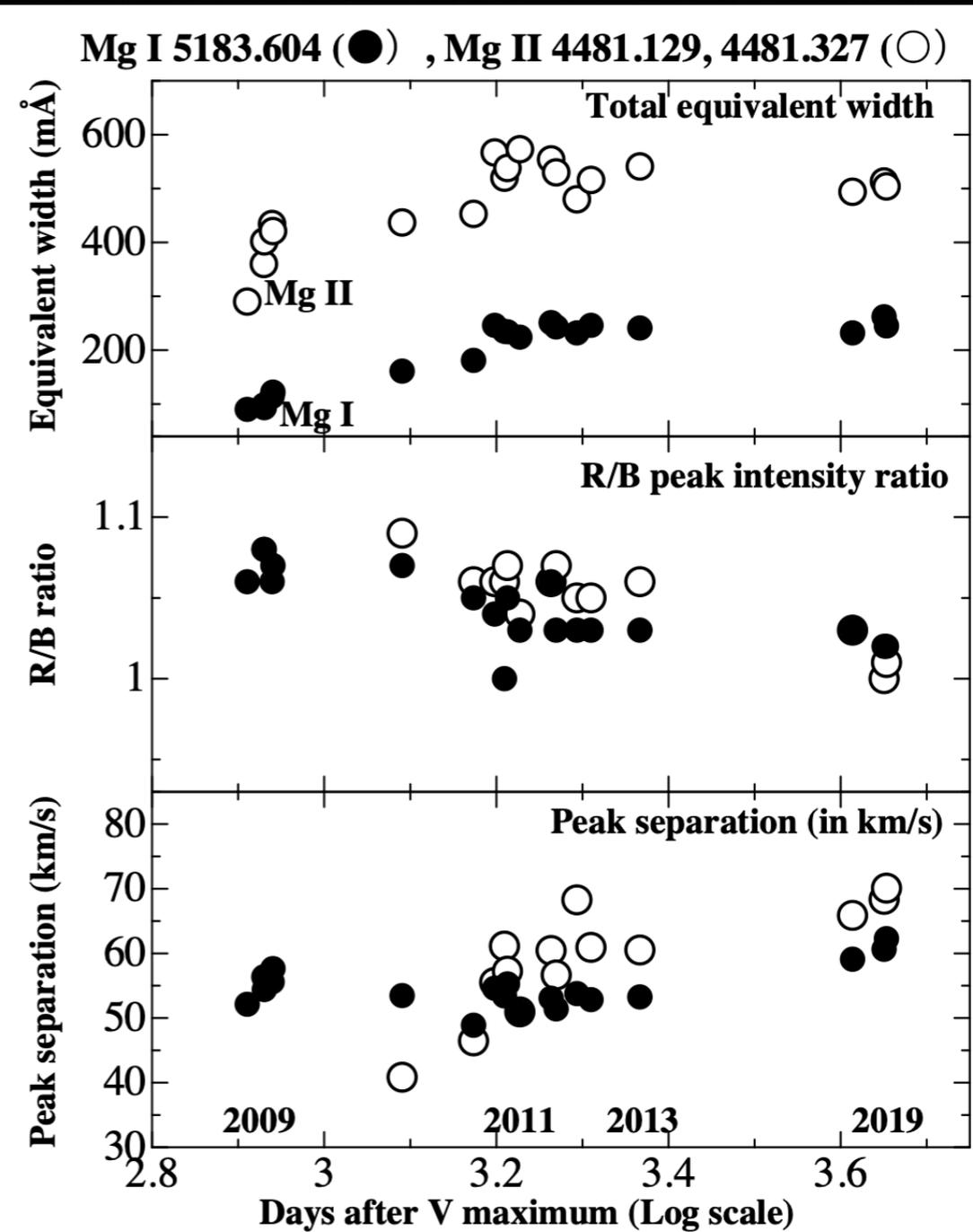
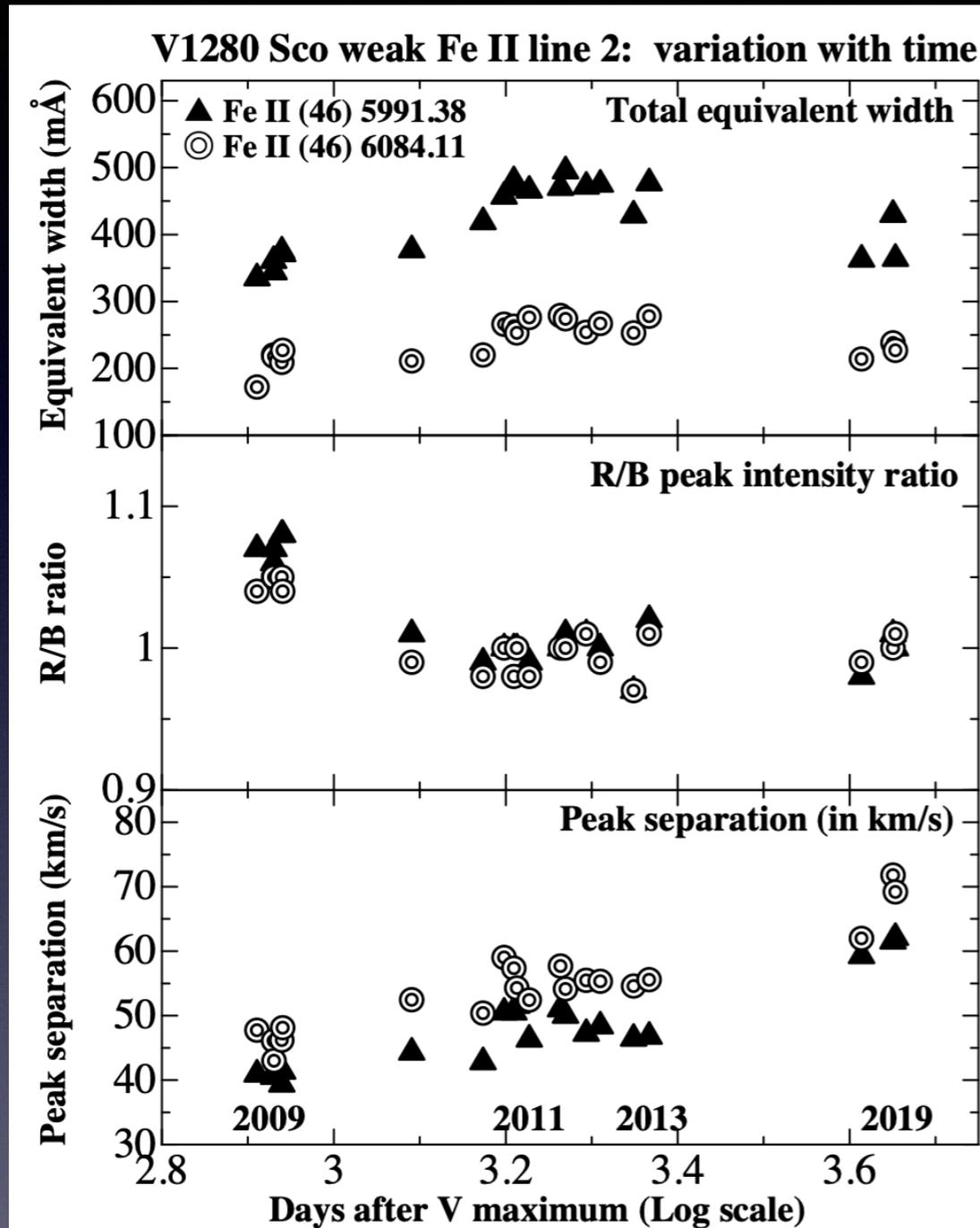
● V I 280 Sco 円盤内での DP 輝線領域

May 15, 2019



- ▶ ブレンドしていない（と思われる）DP輝線30本ほどを使用
- ▶ 許容線と禁制線が共存している速度領域が見られる（??）

● DP輝線円盤起源説も、謎がいっぱい



- ▶ Fe II (46) のDP輝線の速度幅（ピーク幅）が時間変化している
- ▶ Mg Iのピーク幅は変化せず。一方Mg IIはMg Iより速くなった（逆転）
- ▶ DP輝線は円盤起源（のみ）で説明できるか??

まとめ

- ◆ V1280 Sco が極めて進化の遅い古典新星である。
- ◆ 2009年から2019年まで、のべ22夜の高分散分光観測を行った。
- ◆ 2009年（最初の高分散分光観測）から許容線（Fe IIなどの低励起輝線）に速度幅の狭いダブルピーク（DP）が見られ、2019年においても見え続けている。
- ◆ 2018年（一時的に2011年も）には禁制線（[O III]、[Ne III]）のDP輝線が出現した。
- ◆ DP輝線が円盤起源である（V1280 Scoに周連星系円盤が形成されている）ことについて議論した。
- ◆ DP輝線の円盤起源説（のみ）では説明が難しい現象が見られるので（そもそも円盤の成因が最大の謎）、今後も解明に向けて取り組んでいく。