

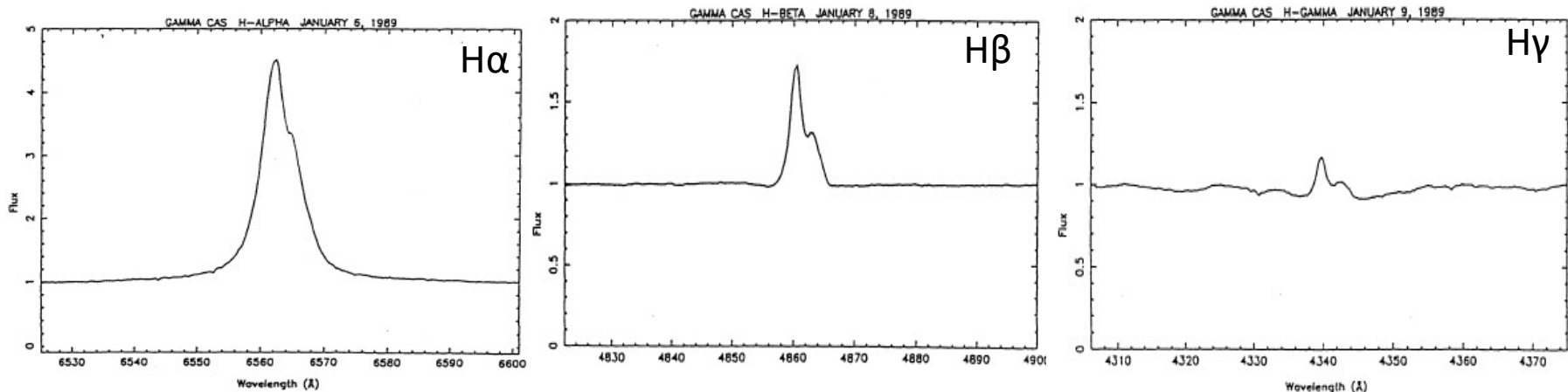
なゆた望遠鏡MALLSによる γ Cas型天体HD45314の分光観測

森鼻久美子 (名古屋大学)

Collaborators: 辻本匡弘 (JAXA/ISAS)、本田敏志
(兵庫県立大学)、森谷友由希 (Kavli IPMU)

Be星

- 可視光域で1度でも水素のバルマー輝線を放射したB型星
- バルマー輝線：Be型星から放出されたガスが広がり形成された星周円盤由来
- 速い(数百km/s)自転速度
- 高速自転するBe星の光球からの広がった吸収線の上に輝線
⇒ シングルピーク or ダブルピーク



(Horaguchi et al., 1994)

γCas型天体

- 可視光：典型的なBe型星
- X線：カシオペア座γ星 (γCas)から初めてX線放射を発見(Mason et al., 1976)
- X線での性質
 - 高温 ($\sim 10^8$ K) の光学的に薄い熱的プラズマ放射
 - 3本 (6.4, 6.7, 7.0 keV) の鉄輝線
 - 典型的なBe型星より1-2桁大きいX線光度 ($L_x = 10^{32-33}$ erg/s)
- 通常の早期Be型星：星風内部のショックでX線光度 10^{30} erg/s、温度が $10^6 \sim 10^7$ K (0.5 -1.0 keV)と大きく異なる

γCas型天体の性質

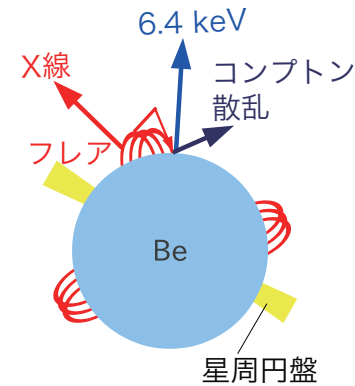
Object	Sp. type	L_x (10^{32} erg/s)	$k_B T$ (keV)
γCas	B0.5 IVe	4-11	11.5/0.2
HD110432	B0.5 IIIe	3-7	>30/4.5
HD119682	B0.5 Ve	4-7	13/1.7
HD161103	B0.5 III-Ve	4-12	8.0/0.8
SAO49725	B0.5 III-Ve	3-12	12.8/0.9
SS 397	B0.5 Ve	2-4	12
HD45314	O9e	1.3	11.3/0.8
NGC6649LW9	B1-1.5 IIIe	5	10
ηAqr	B1III-IVe	4-11	~11

可視光では典型的なBe星だがX線では特異な性質を持つ

X線放射機構

(1) 磁場を持つ単独Be星モデル (e.g., Smith et al., 2006)

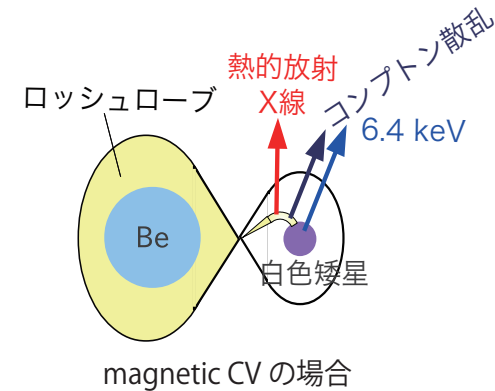
- 磁場を持つBe星の表面での磁場活動
⇒高温プラズマ
- 高温プラズマからのX線がBe星表面で反射
⇒6.4 keV鉄輝線、コンプトン散乱成分



可視分光で分かる星周円盤構造に基づいた議論

(2) Be星と白色矮星の連星系モデル (e.g., Murakami et al., 1986)

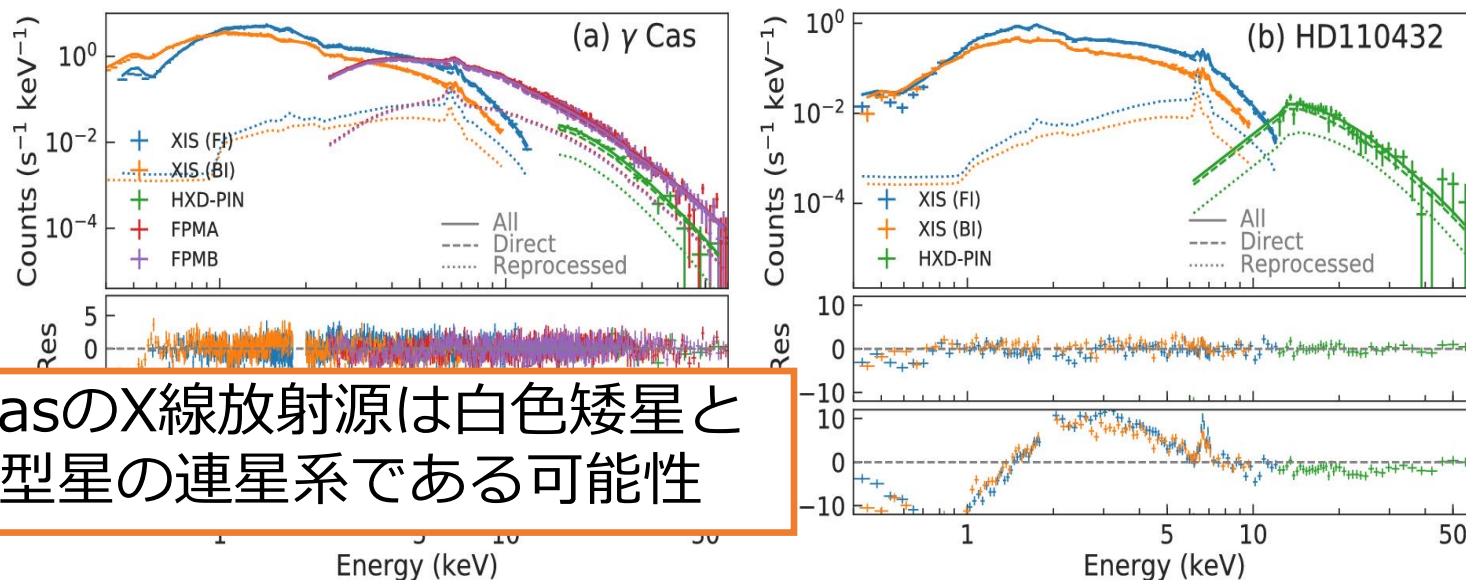
- Be星からの降着物質が加熱
⇒高温プラズマ放射
- プラズマが白色矮星表面で反射
⇒6.4 keV鉄輝線、コンプトン散乱成分



これまで多温度プラズマ放射モデルでの X 線スペクトルフィッティングのみによる現象論的な議論

(2) Be星と白色矮星の連星系モデル

- 新たな白色矮星連星系放射モデル (Hayashi et al., 2018)
 - 白色矮星への降着プラズマ流から放射された熱的プラズマ + 白色矮星表面で再放射される成分の白色矮星の降着柱物理を考慮
- これまでより少ないパラメーターでのスペクトルフィッティングから連星パラメーターと伴星質量導出を可能にした (Tsujiimoto et al., 2018)



γ CasのX線放射源は白色矮星とBe型星の連星系である可能性

M_{WD} by X-ray: $0.72 (+0.04, -0.06) M_{\odot}$

(Tsujiimoto et al., 2018)

M_{WD} by optical: $0.8 \pm 0.4 M_{\odot}$ (Smith et al., 2012)

- 物理現象に基づいた新しいX線放射モデルと可視分光による伴星質量の導出⇒ γ Cas 型天体の放射起源



γ Cas 型天体のうち

OA0/HIDES

(a) γ Cas以外で唯一軌道周期が既知のpi Aqr ($P_{\text{orb}}=84\text{day}$)

(b) 最も X 線でハードで磁場の強い白色矮星とBe型星の連星系である可能性が高いHD110432

南半球でのみ観測可能

(c) 高温で軌道周期数ヶ月と予測されており (Boyajian et al., 2007)、過去に連星系であることが示唆されている (Mason et al., 1998) HD45314

本発表の観測

の 3 天体の視線速度精密測定からその起源を探る

しかし、 γ Casとpi Aqr以外の γ Cas型天体の軌道周期は不明

- ① 可視分光観測で軌道周期を求め、
- ② 周期に基づき観測立案を行い、視線速度精密測定を行う

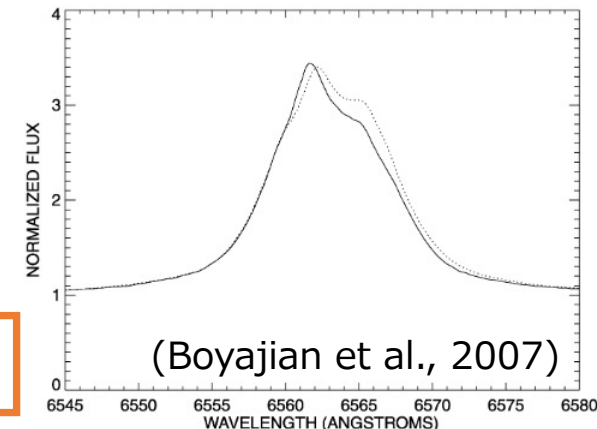
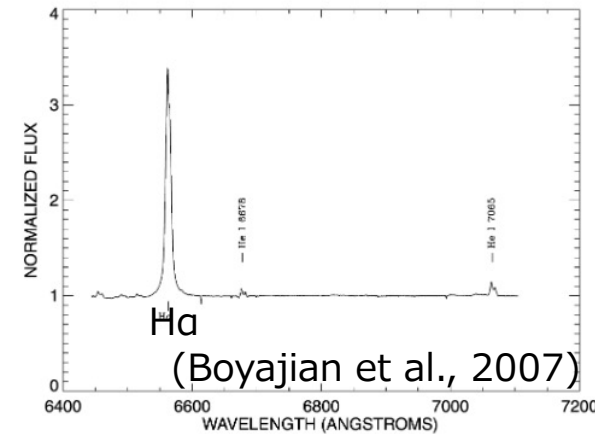
観測天体：HD45314

- (RA, Dec) = (06:27:15.78, +14:53:21.2)
- V=6.64 mag
- Sp. Type : O9e - O9.7e
- $L_x = 1.0 \times 10^{32}$ erg/s (0.2- 12 keV)
- 温度：~ 21 keV



H α 輝線の裾野を用いた視線速度測定 (2ヶ月の可視分光観測, Boyajian et al., 2007)

- H α 輝線のピークは、Be型星の星周円盤の密度差により変動するので適さない
- **RV - 24 km/s (-32 km/s - -21km/s)**
 ⇨ **軌道周期を数ヶ月と予測**
- H α 輝線のプロファイルの変化より、軌道運動ではなく円盤内のガス分布の物理的变化によるものである可能性を示唆



光球由来の吸収線やBalmerの高階線を使用

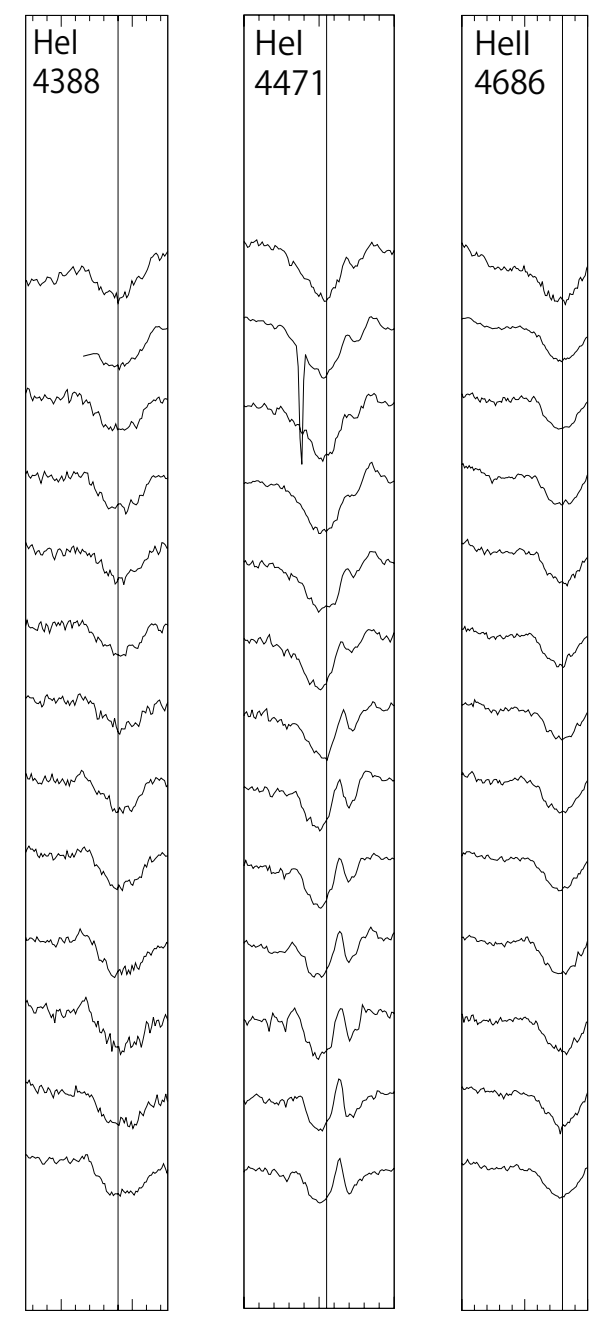
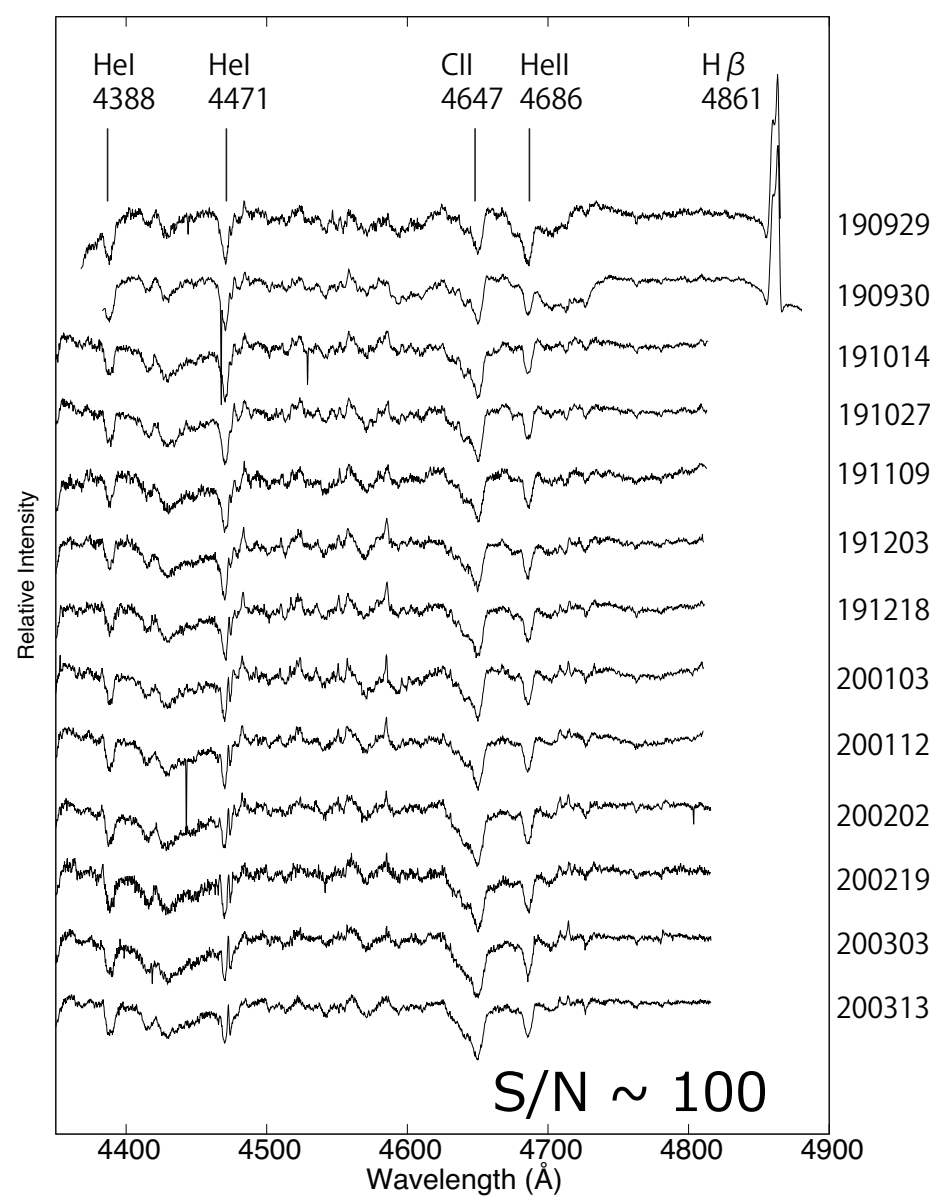
観測諸元

- なゆた望遠鏡/MALLS
 - Grating: 1800本
 - Slit width: 0.5"
 - 中心波長 : 4650 Å
- 観測波長域 : 4310 – 4810 Å
- R ~ 9500 (@4500 Å)
- 露出時間 : 各観測日30 min (600s ×5)
- 観測期間 : 2019.09.29 – 2020.03.13まで約2週間に1度の頻度で分光モニター観測

20190929	20191218
20190930	20200103
20191014	20200112
20191027	20200202
20191109	20200303
20191203	20200313

※ただし、
190929の中心波長 : 4600 Å、
190930の中心波長 : 4615 Å

得られたスペクトル



視線速度の測定

H α 輝線

- Be星の星周円盤のガス分布の影響を受ける
- 裾野を使う場合も変動するH α 輝線のV/R比からのコンタミがある可能性



光球由来の吸収線を用いる

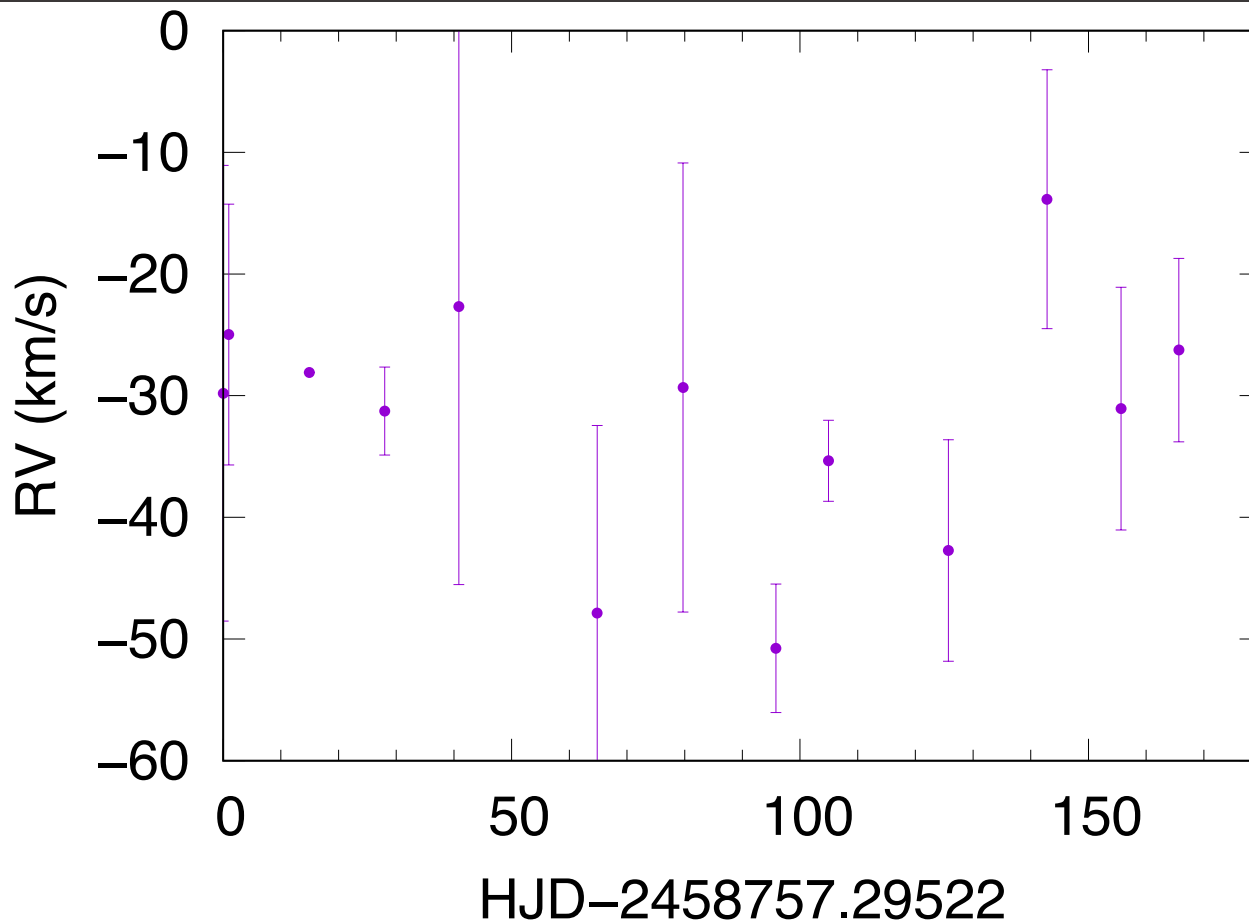
He I 4388 Å

HeII 4686 Å

C II 4647 Å

He I 4471 Å

- Cross-correlation methodを用いて視線速度を測定 (IRAF/fxcor)
 - ピクセルスケールで動かした2つのスペクトルのcross-correlationを計算し、動かしたピクセル値から視線速度に換算
 - テンプレートスペクトル：191014のスペクトルを使用



HJD-2458757.2952

- Be星の星周円盤の密度差の影響を受けない**吸収線を用いて、視線速度変動を捉えた**
- 今後、周期解析を行う
- 誤差がやや大きい⇒より高い波長分解能での観測や1回あたりの露出時間をより長くするなど、周期が出てきたら再度柔軟に観測を行いたい

まとめ

- γ Cas型天体は、可視光では通常のBe型星の特徴を持つがX線では高温プラズマ放射を行い、その放射機構は謎である。放射起源として、**磁場を持つ単独Be星説とBe型星と白色矮星との連星系説の2説**がある
- 近年、白色矮星の降着柱物理を考慮したX線スペクトルモデルにより、硬X線域まで少ないパラメーターで白色矮星質量を求めることが可能となり、**X線から求まる伴星質量と可視光から求まる伴星質量の比較から、 γ Cas型天体の放射を探ることが可能**となった
- しかし、 γ Cas型天体の多くは軌道周期が不明のため、 γ Cas型天体**HD45314の分光モニター観測**をなゆた望遠鏡MALLSで約半年にわたり行なった
- 得られたスペクトルから、**He I (4388 Å), HeII (4686 Å), CII (4647 Å), He I (4471 Å)**の吸収線featureを用いて視線速度を測定し、変動を捉えた。今後周期解析を行う