

近傍高光度クエーサー AKARI J1757+5907からの アウトフロー

PASJすばる特集号に掲載予定

青木賢太郎

国立天文台ハワイ観測所

共同研究者:大藪、鳥羽、松原、Arav, Dunn,

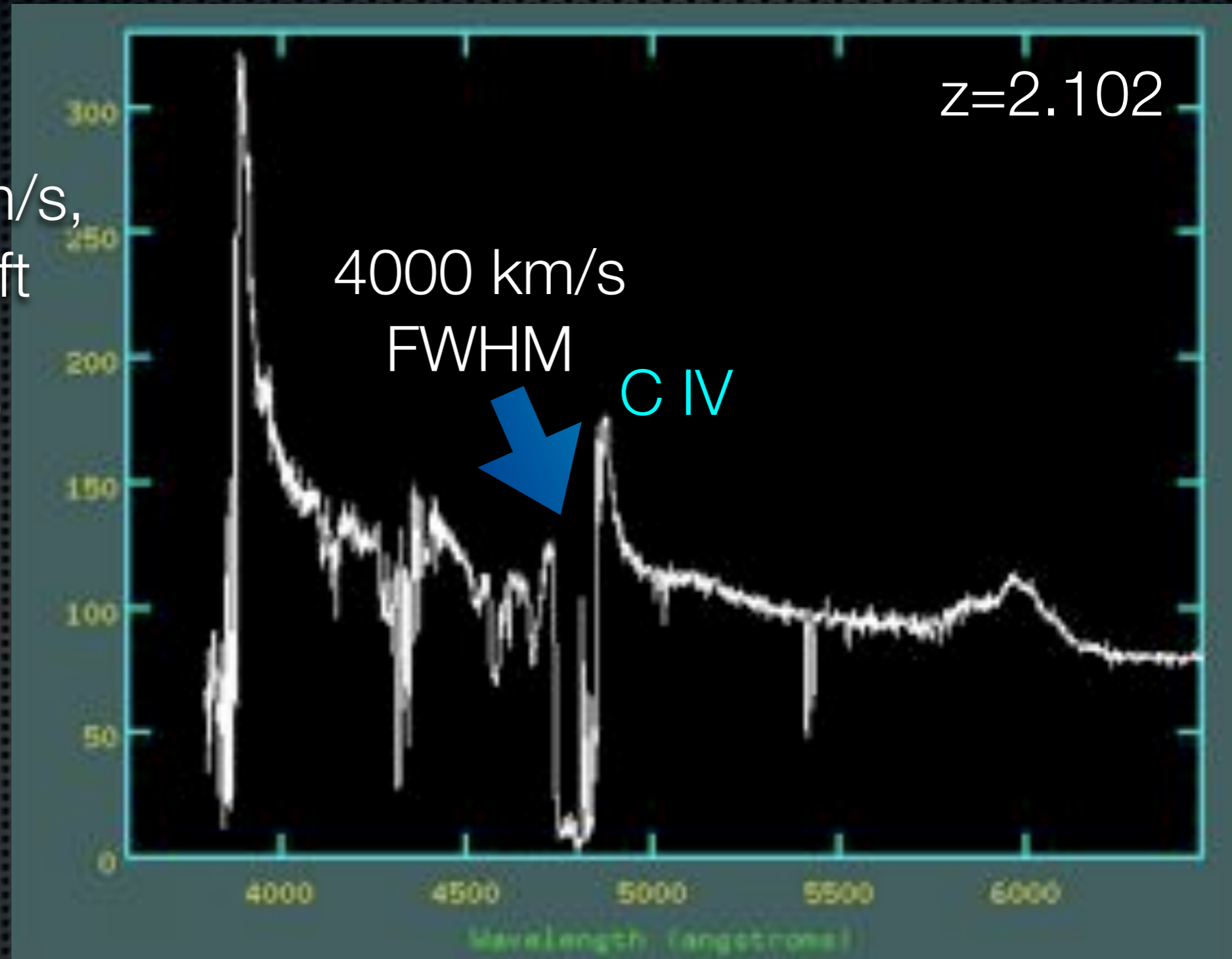
Edmonds, Korista

概略

- ✖ 様々なアウトフロー
- ✖ ブラックホールと銀河の共進化
- ✖ AKARI J1757+5907のHDS観測
- ✖ mass flow rate, kinetic energyの算出
- ✖ 他のアウトフローとの結果の比較、考察
- ✖ 今後の展開

アウトフロー (1) Broad Absorption Line

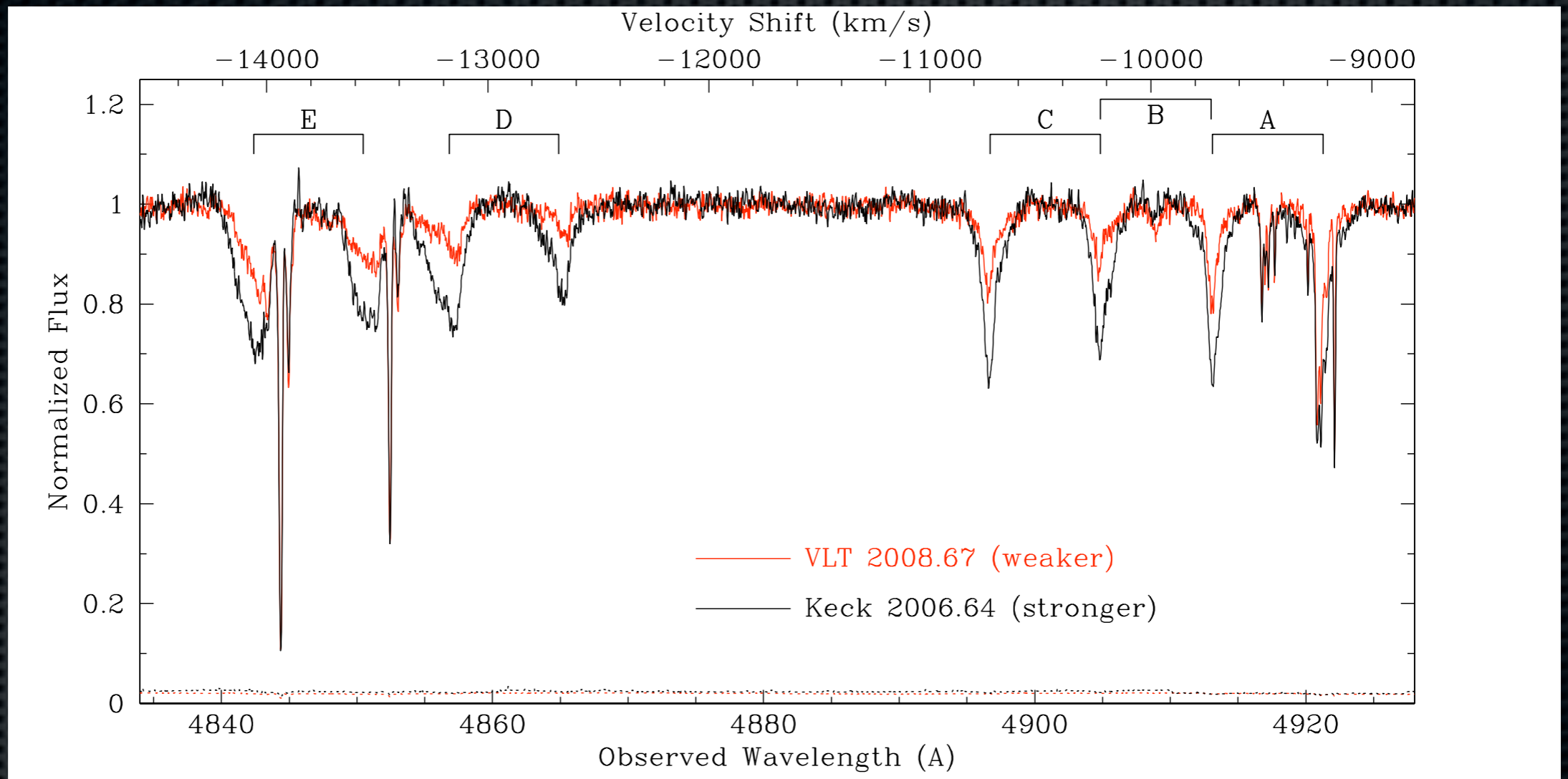
- width > 2000 km/s,
 > 3000 km/s shift
→ “Broad Absorption Line”
(BAL)



アウトフロー(2) Narrow Absorption

Line

Hamann et al. 2010

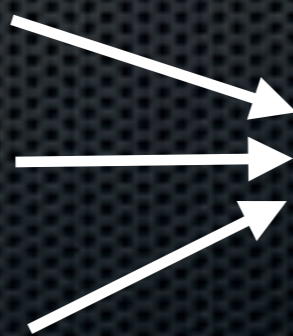


“narrow” (60 - 150 km/s)

時間変動

partial coverage

スムーズな線輪郭

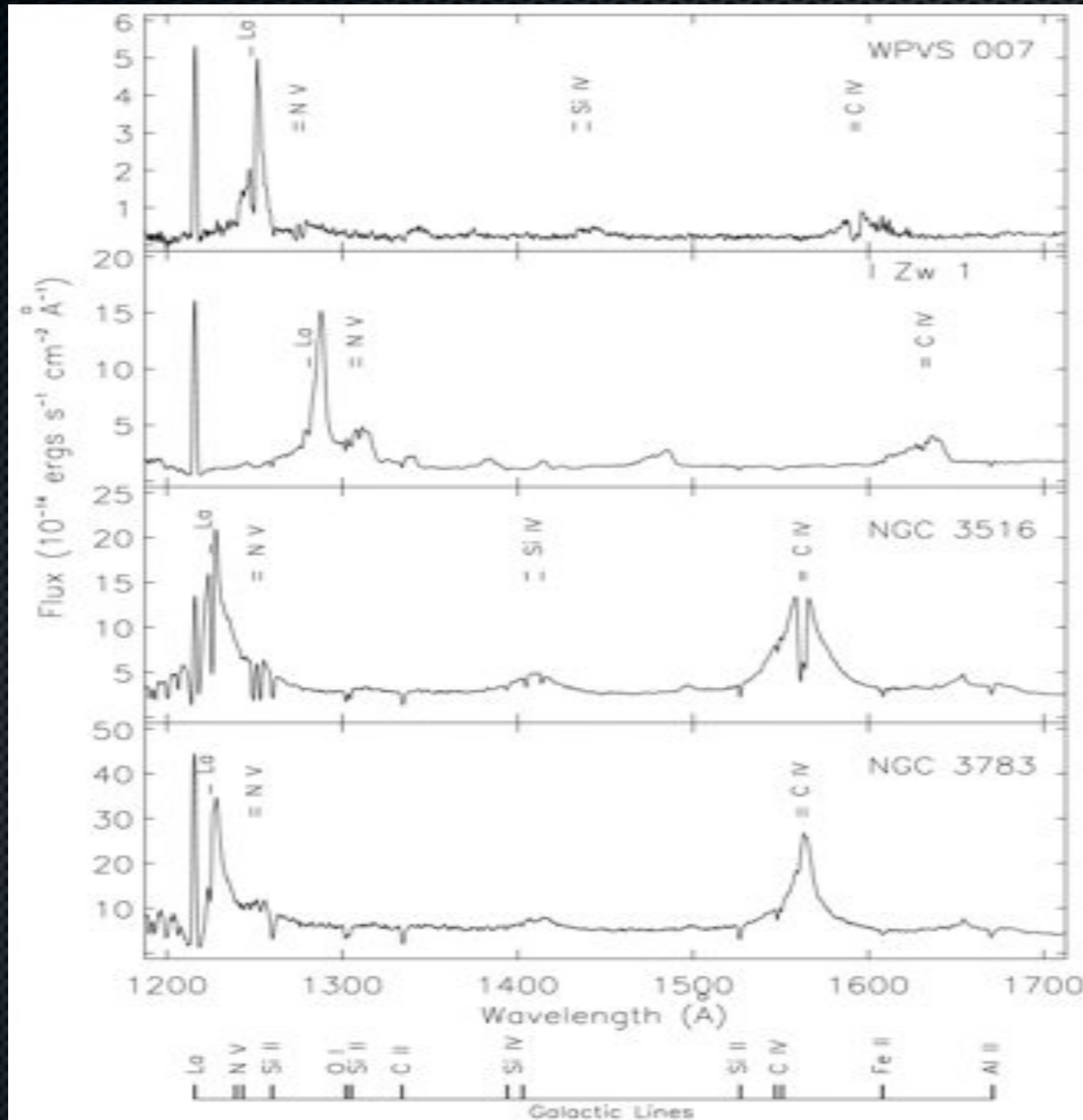


interviningではない証拠

アウトフロー (3)

- 低光度AGNにも存在する。

Crenshaw et al.
1999



アウトフロー(4)

- およそ半数のAGNにアウトフローが存在する。

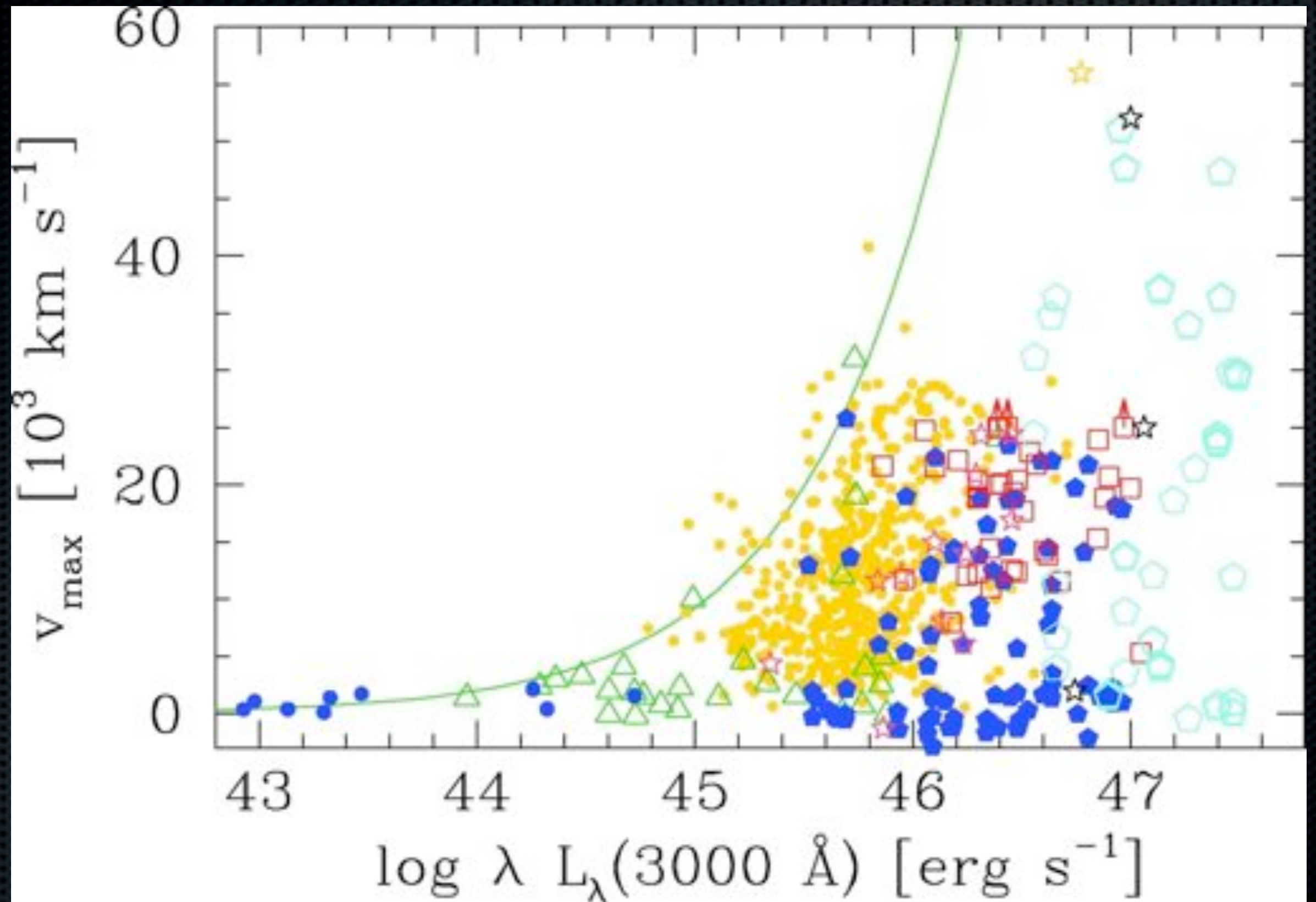
Ganguly & Brotherton 2008

TABLE 1
DEMOGRAPHICS OF OUTFLOWS

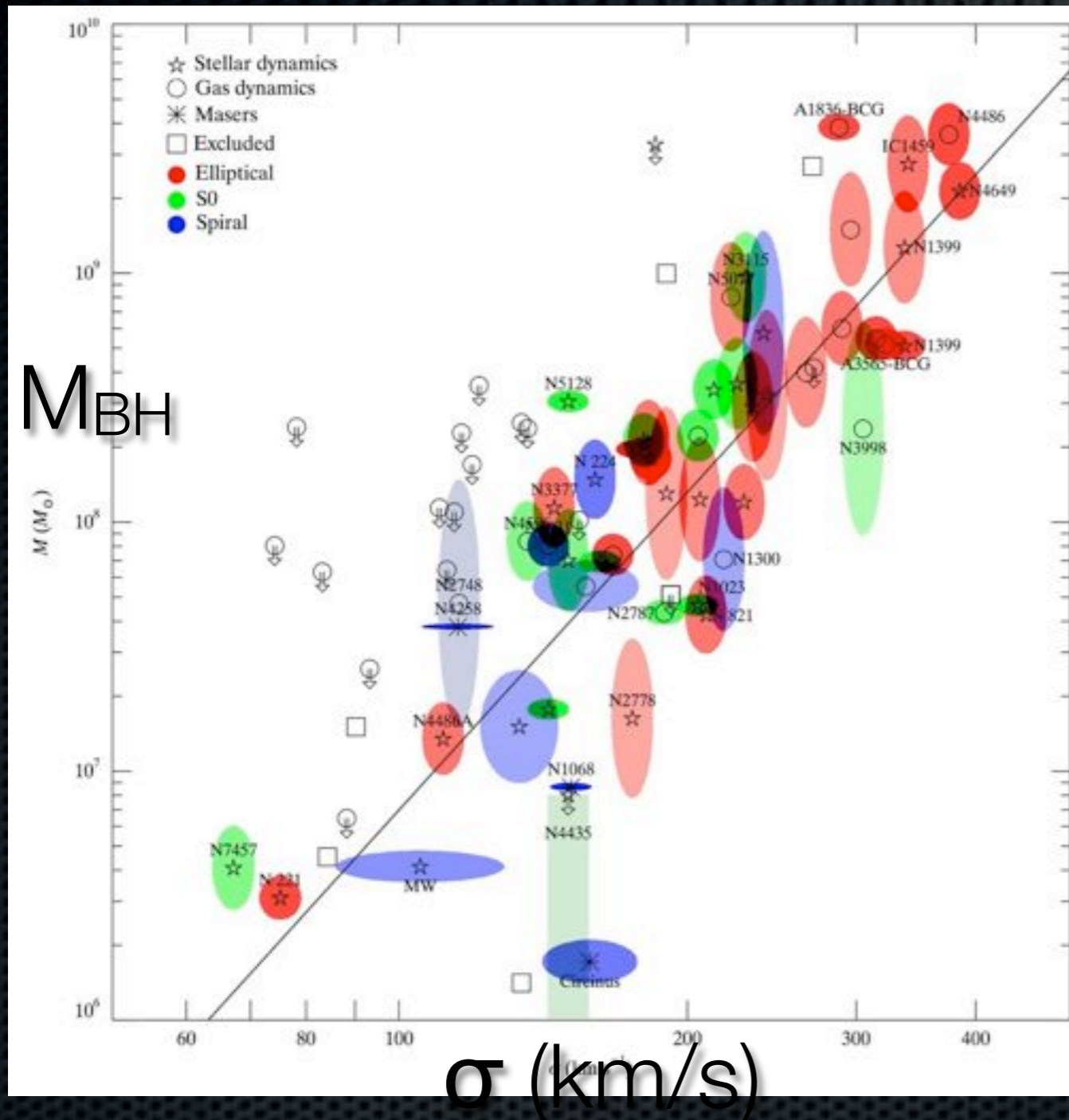
STUDY	RANGES				FRACTION
	Redshift	$\log \lambda L_{\lambda}(3000 \text{ \AA})$ (log [ergs s ⁻¹])	Velocity (10 ³ km s ⁻¹)	Width (km s ⁻¹)	
Crenshaw et al. (1999).....	≤ 0.08	42–44.8	0 to +2	≤ 2000	50%–70%
Ganguly et al. (2001).....	≤ 1	44.5–46.7	–1 to +5	≤ 500	25%
Laor & Brandt (2002).....	≤ 0.5	43.9–46.4	0 to +31	...	50%
Hewett & Foltz (2003).....	1.5–3.0	45.8–47	+5 to +25	≥ 2000	15% → 23%
Vestergaard (2003).....	1.5–3.6	45.5–47	0 to +5	≤ 500	27%
			+5 to +21		18%
Misawa et al. (2007).....	2–4	46.5–47.6	0 to +5	≤ 500	23%
			+5 to +50		30%
Rodriguez Hidalgo et al. (2007).....	1.8–3.5	...	0 to +5	800–3000	2%
			+5 to +10		3%
			+10 to +25		6.7%
			+25 to +50		2.3%
Ganguly et al. (2007).....	1.7–2.0	44.8–46.6	–1 to +40	≥ 500	12% → 23%
			–1 to +5	≤ 500	37% → 37%
Dai et al. (2007).....	1.7–4.0	–	0 to +25	≥ 1000	26% → 40%

NOTES.—The percentages in the last column indicate the fraction of AGNs (in the redshift and luminosity ranges listed in the second and third columns, respectively) that host intrinsic absorption (with velocities and velocity widths listed in the fourth and fifth columns, respectively). An arrow indicates a percentage that has been corrected for possible selection biases. The luminosities in the third column were computed assuming a $h = 0.7$, $\Omega_m = 0.3$, $\Omega_b = 0.04$, and $q = 0.5$ cosmology.

Ganguly & Brotherton 2008



ブラックホールと銀河（バルジ）の共進化



Gultekin et al. 2009

- ✦ BH質量とバルジ質量には相関関係がある。
- ✦ 理論解釈：AGNによるガス加熱、放出が星形成を止め、この関係を作る
(eg. Di Matteo et al. 2005) "AGN feedback"

銀河とBHの共進化とアウトフロー現象

- 銀河とBHはどのような機構で関係し合っているのか？ AGN feedback?
- 観測されているアウトフロー現象がそれなのか？
- アウトフローは定量的にどうなのか？ 足りるのか？

アウトフローガスの物理を知るためには
高分散分光観測が必要。

明るいAGN

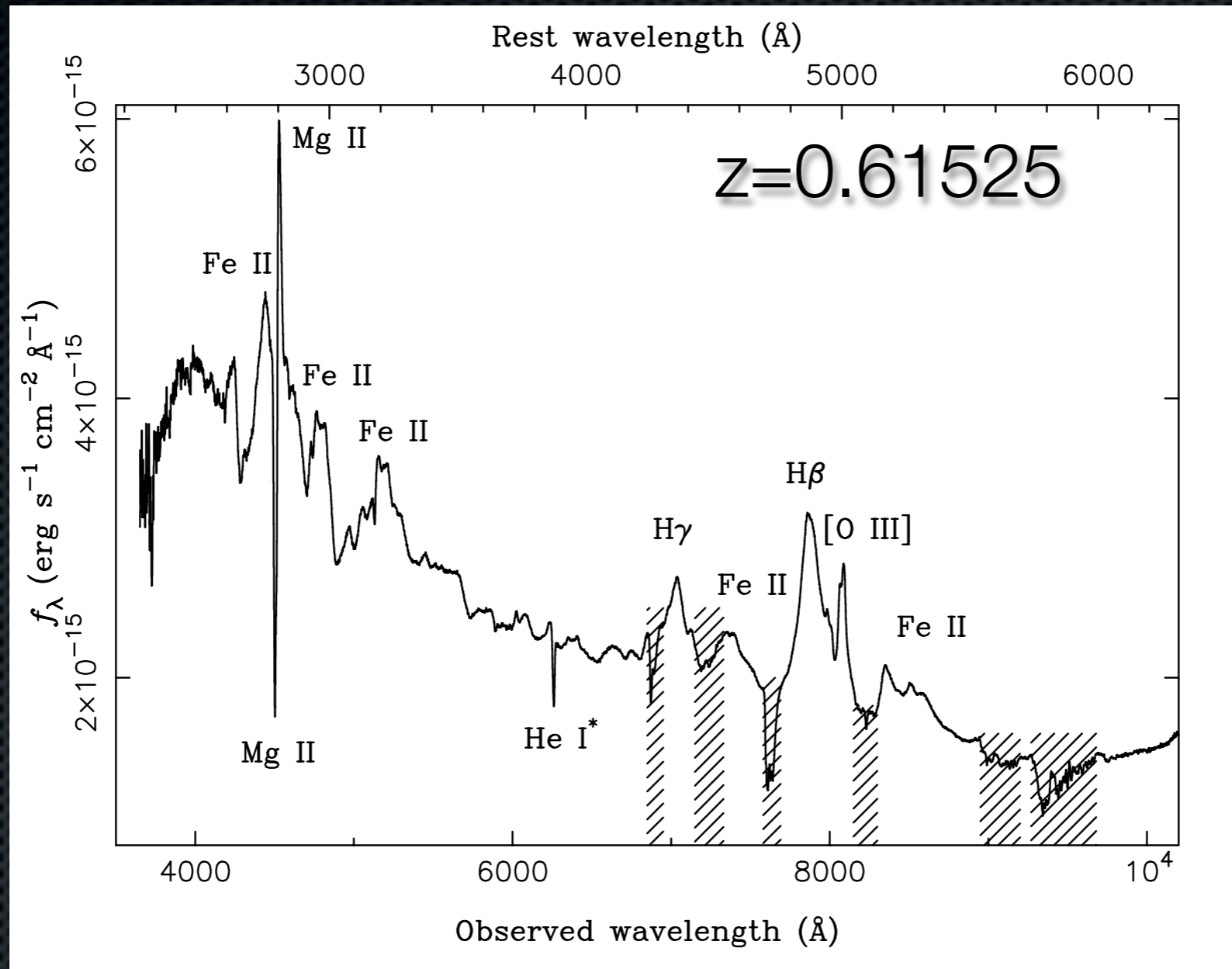
AKARI J1757+5907

- AKARI衛星のIRCサーベイによって「発見」された。
MIR excess source [$F_{\nu}(9\mu\text{m})/F_{\nu}(K_s)=11.1$]
- SDSSのサーベイ範囲の外。
- Palomar survey, 2MASSで既に見つかっていたが（可視15等、 $K_s=12.3$ 等）、分光されたことがなかった。
- 分光してみると、、、

AKARI 1757+5907の可視スペクトル

輝線

Mg II, H β ,
[O III], H γ ,
Fe II



吸収線

Mg II, He I*

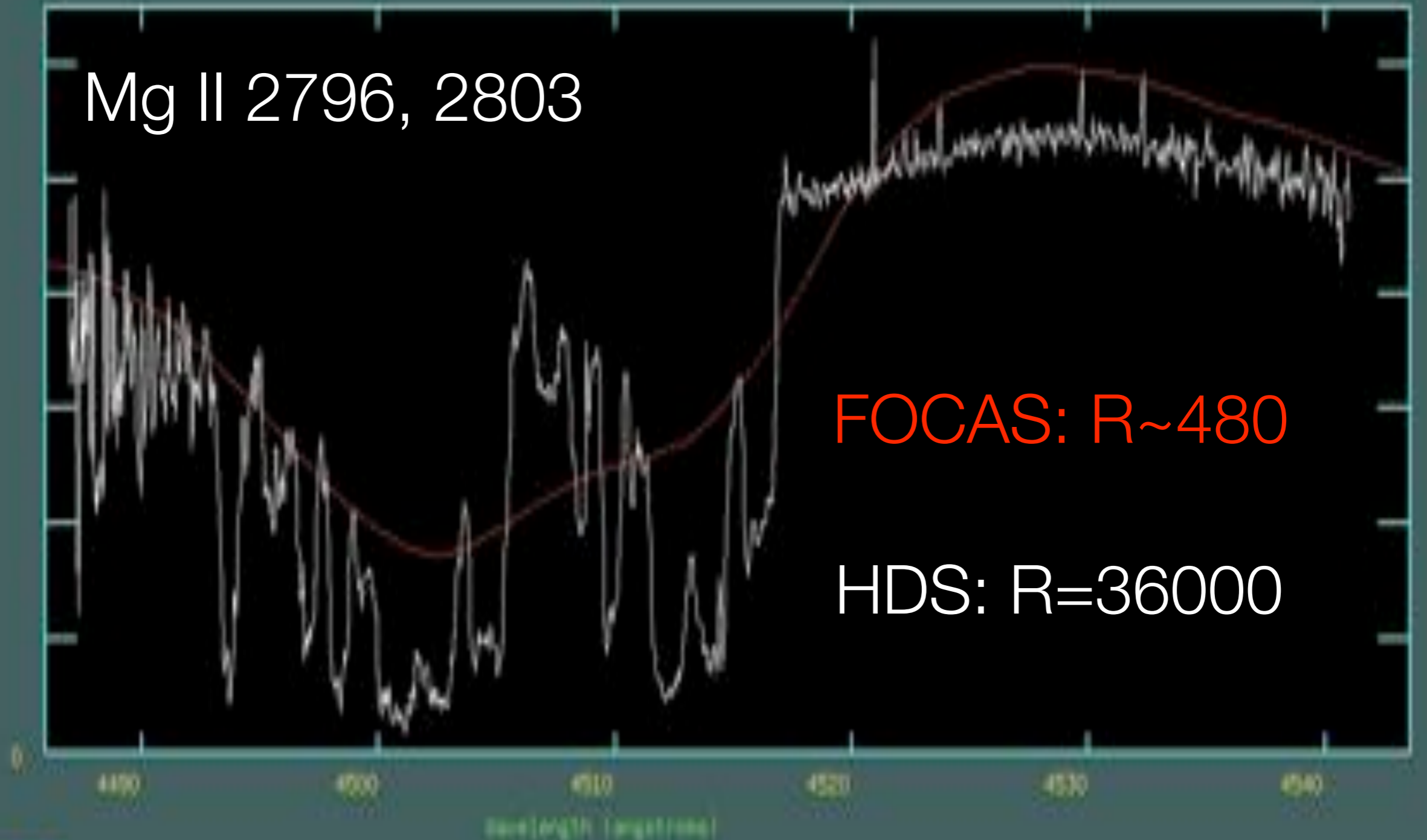
FOCAS新CCDによるスペクトル

Subaru/HDSによる観測

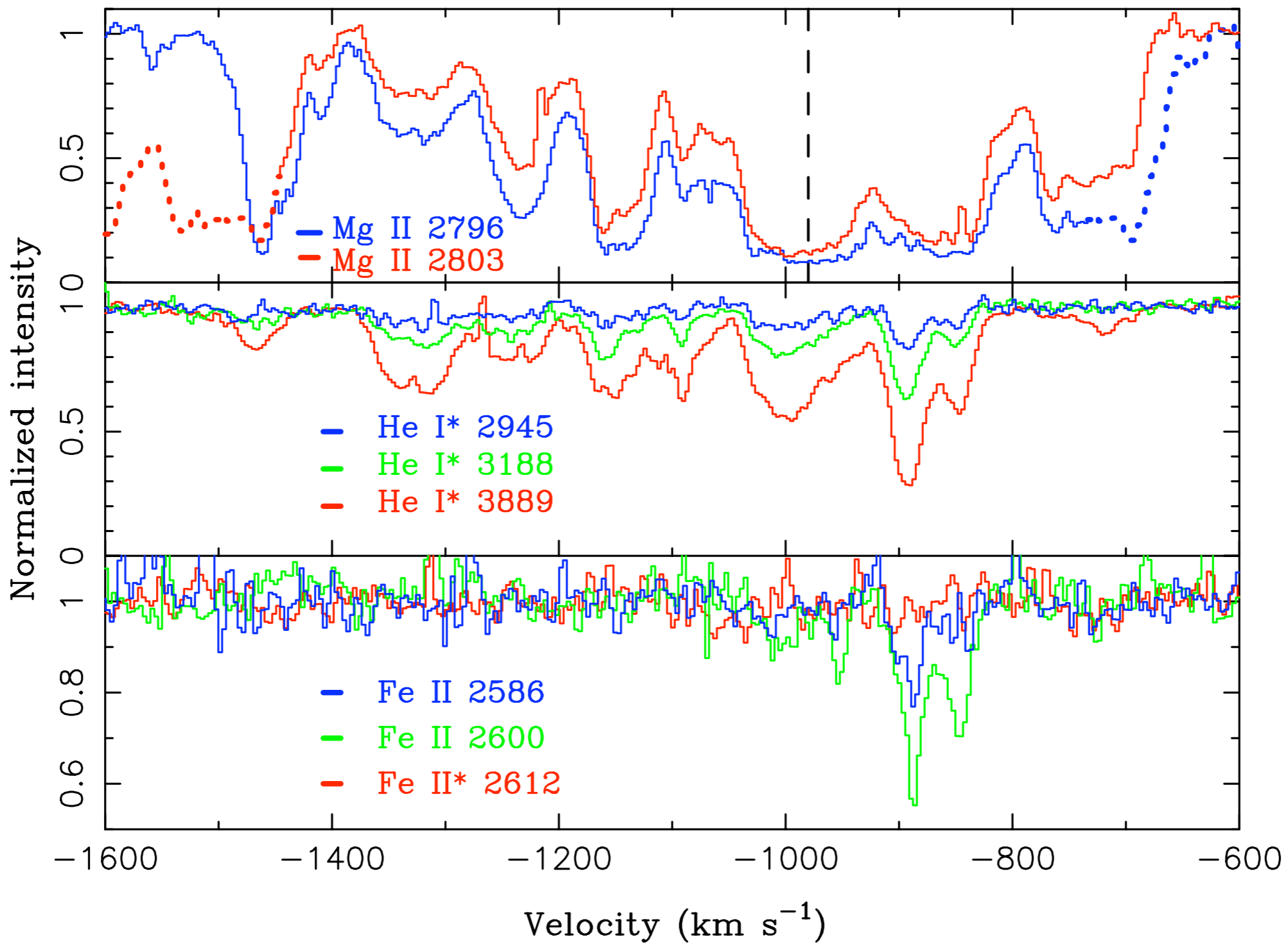
- 2010年6月観測所時間
- 波長分解能 36,000
- 天気が悪かったが、吸収線 Fe II 2600, 2586,
Mg II 2786, 2803, He I* 2945, 3188, 3889, Mg I 2852,
Ca II 3934, 2969, He I* 2829が受かった。
- Fe II* 2612, 2757は受からなかった。

低分散 vs. 高分散

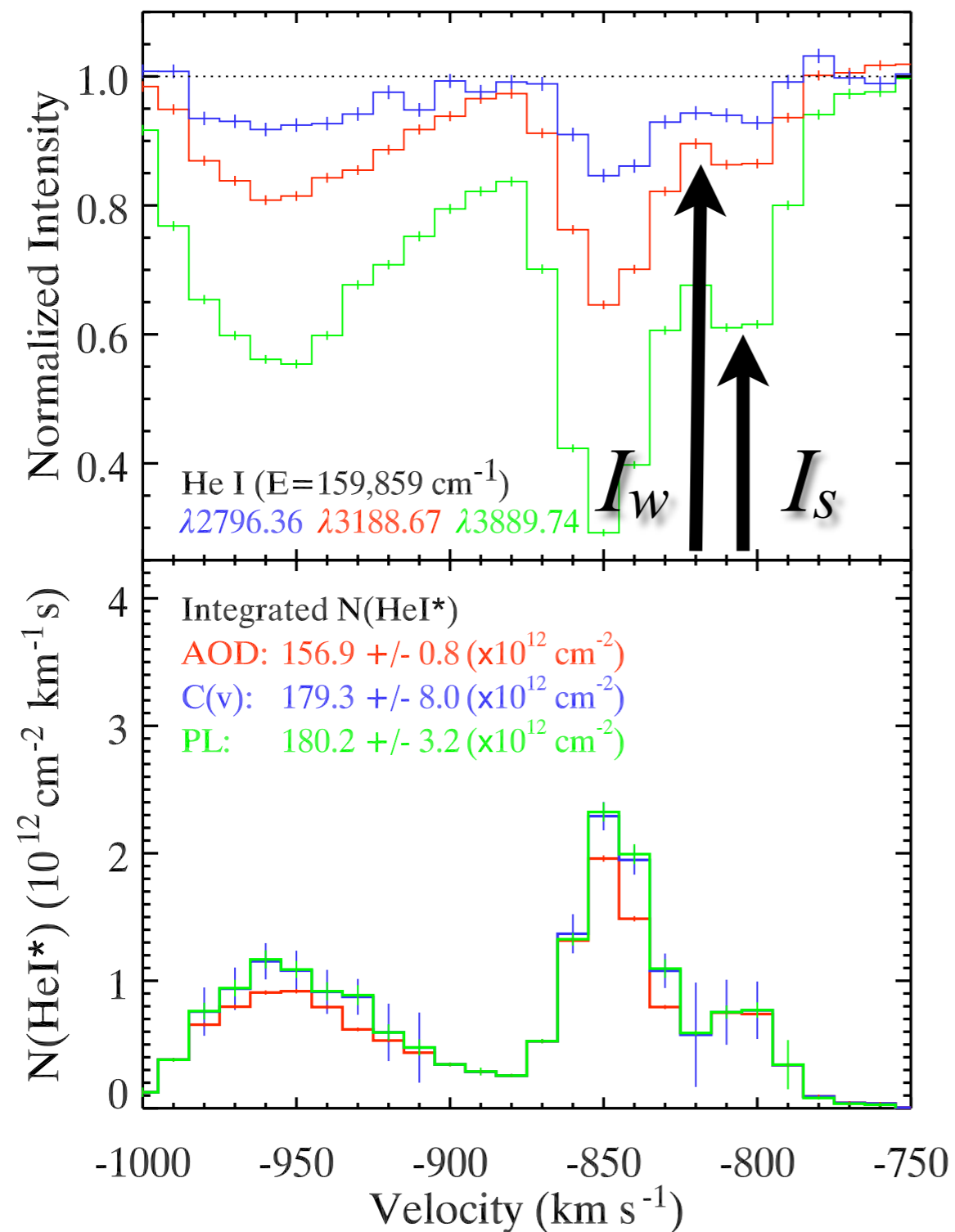
Mg II 2796, 2803



結果



部分掩蔽を考慮した柱密度



residual intensity

$$I_w \geq I_s$$

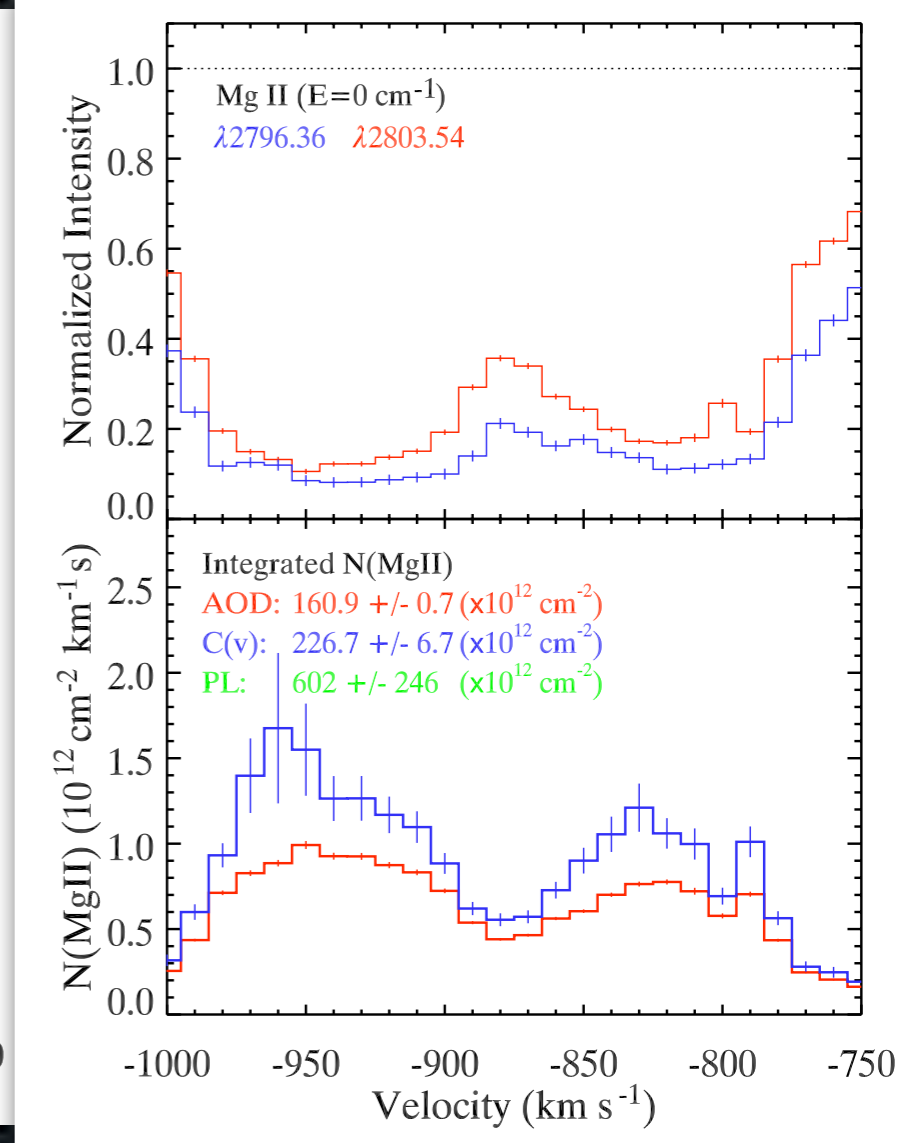
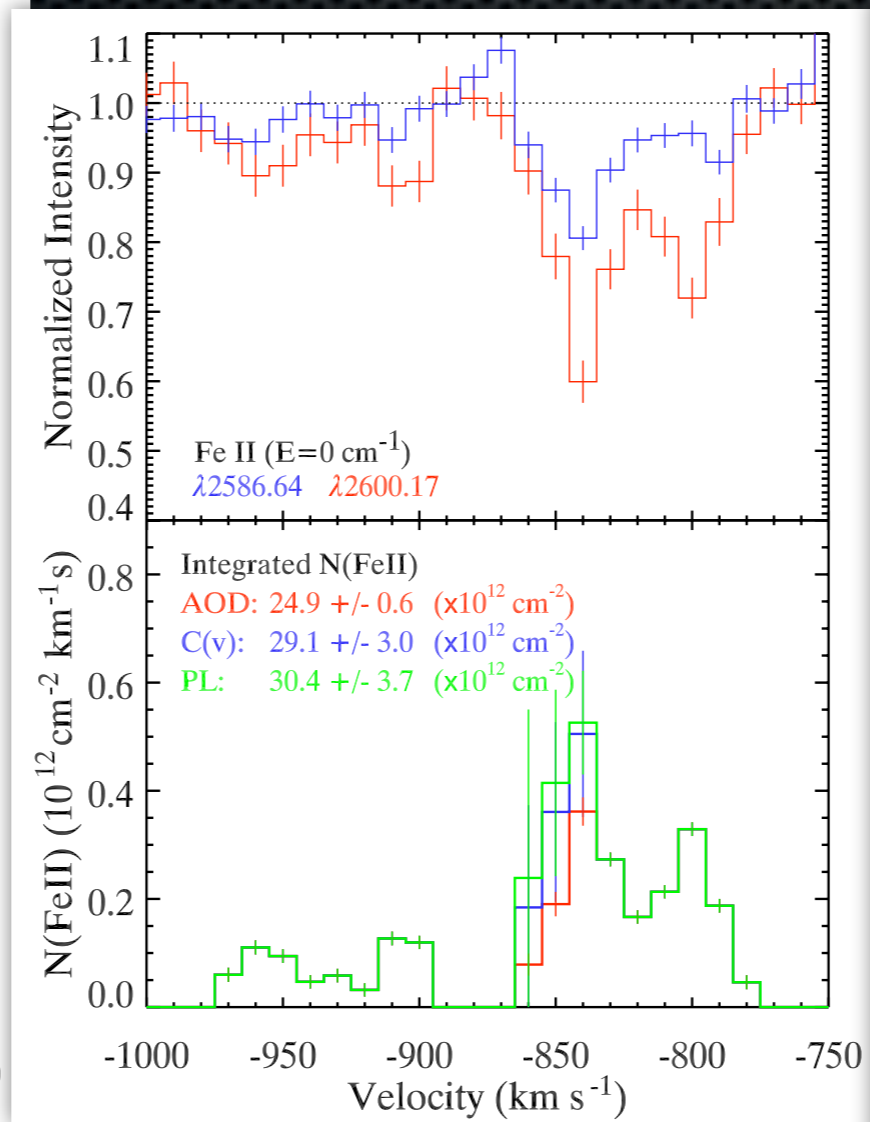
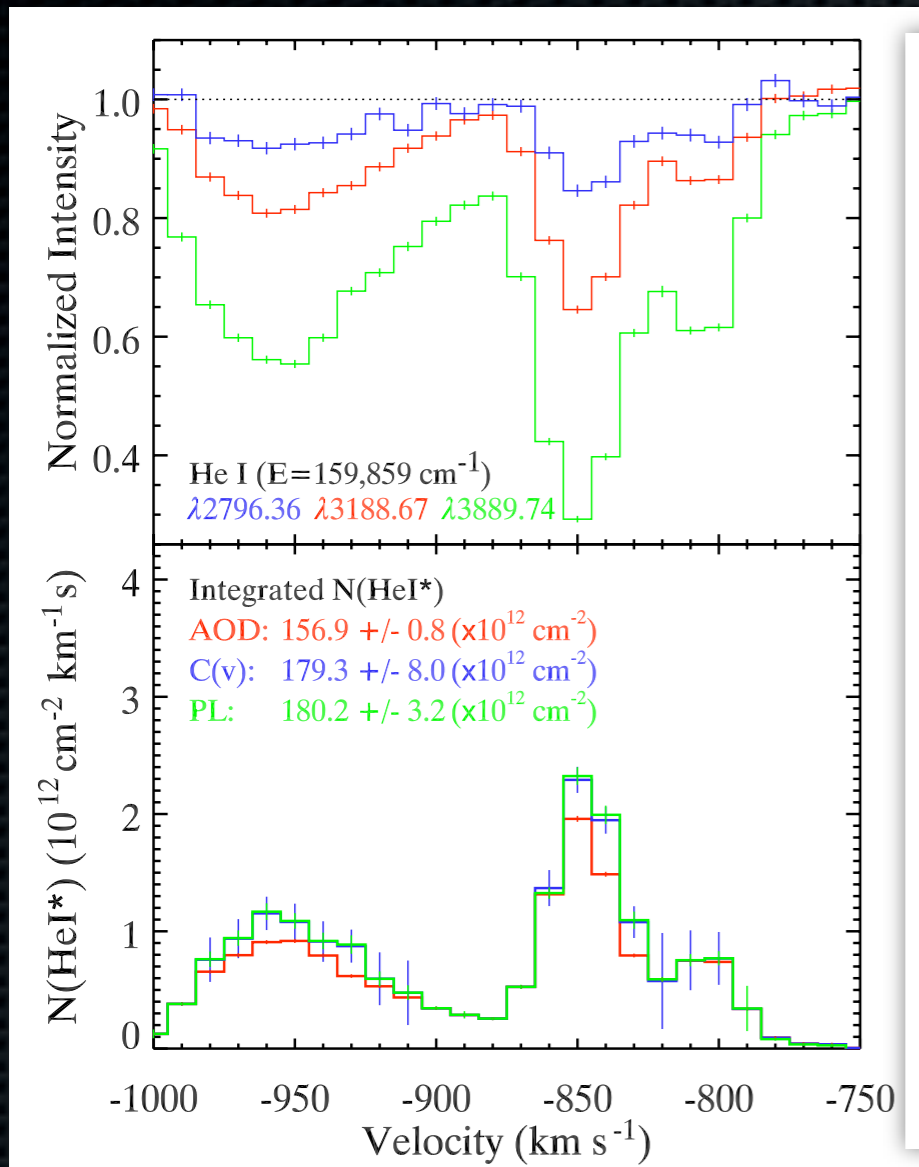
$$I_s(v) = 1 - C_v(1 - e^{-\tau_v})$$

$$I_w(v) = 1 - C_v(1 - e^{-a\tau_v})$$

$$a = g_w f_w \lambda_w / g_s f_s \lambda_s < 1$$

$$0 \leq C_v = \frac{1 + I_w^2 - 2I_w}{1 + I_s - 2I_w} \leq 1$$

柱密度の測定



距離Rを求める方法

- 同じイオンの基底状態と励起状態の吸収線の柱密度比からガスの個数密度 n_e ($\sim n_H$) を求める。
- いくつかのイオンの吸収線の柱密度 N_{ion} を求める。
- 光電離モデルを使い、ガスの電離パラメータ U_H , 全水素中密度 N_H を求める。

$$U_H \equiv \frac{Q_H}{4\pi R^2 n_H c}$$
- U_H , 個数密度 n_H , 中心核光度（電離光子数） Q_H から距離 R を求める。

光電離モデルとの比較

Table 3. Measured and model predicted column densities

Measurement Method / Model parameter	$N_{He\ I^*}$	$N_{Fe\ II(0)}$	$N_{Mg\ II}$
Measurements			
Apparent Optical Depth	156.9 ± 0.8	24.9 ± 0.6	160.9 ± 0.7
Covering factor	179.3 ± 8.0	29.1 ± 3.0	226.7 ± 6.7
Power Law	180.2 ± 3.2	30.4 ± 3.7	602 ± 246

Models							
SED	Z/Z_{\odot}	$\log N_H$	$\log U_H$	$\log n_H$			
MF87	1.00	20.82	-2.15	3.8	176.5	30.9	1341.5
Soft	1.00	20.81	-2.15	3.8	180.5	32.4	1364.6
MF87	4.23	20.66	-2.17	3.8	172.3	31.2	1815.5

$\log N_H = 20.82$

*in units of 10^{12} cm^{-2}

中心核からの距離 Rは？

$$U_H \equiv \frac{Q_H}{4\pi R^2 n_H c}$$

- $\log U_H = -2.15$, $Q_H = 2.2 \times 10^{57} \text{ s}^{-1}$
- 励起状態の吸収線が受からなかったことから、 $n_H < 10^{3.8} \text{ cm}^{-3}$
- $\rightarrow R > 3.7 \text{ kpc}$

ガス流量を観測的に求める

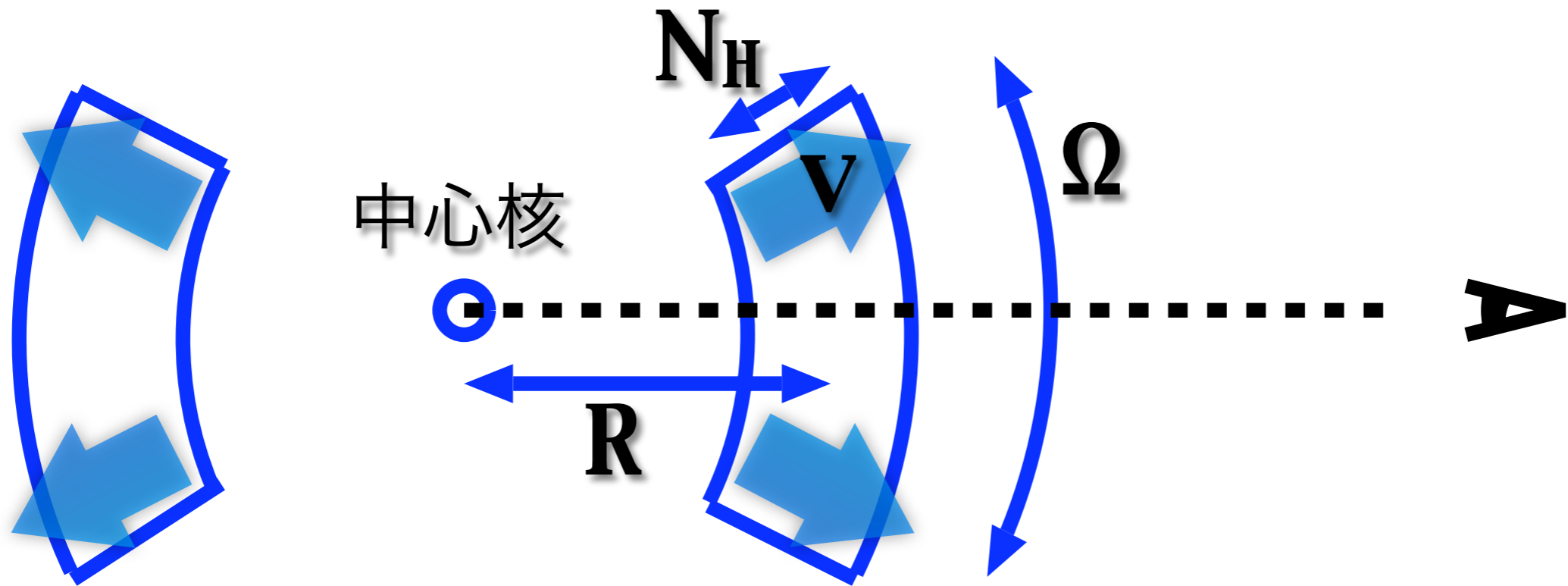
$$M_{out} = 4\pi\mu m_p R^2 N_H \Omega$$

m_p : proton mass

$$\dot{M}_{out} \sim \frac{M_{out}}{R/v} = 4\pi\mu m_p R N_H v \Omega$$

μ : mean
molecular
weight

$$\dot{E}_k = \frac{1}{2} \dot{M}_{out} v^2 \sim 2\pi\mu m_p R N_H v^3 \Omega$$



他のアウトフローとの比較

Object	$\log L_{Bol}$ (ergs s ⁻¹)	R (kpc)	$\log N_H$ (cm ⁻²)	$\log U_H$	$\log \dot{E}_k^*$ (ergs s ⁻¹)	\dot{M}_{out}^* (M_{\odot} yr ⁻¹)
AKARI J1757+5907	47.57	> 3.7	> 20.82	> -2.15	> 43.30	> 70
QSO 1044+3656	46.84	1.7 ± 0.4	20.84 ± 0.10	-2.19 ± 0.10	44.81 ^{+0.09} _{-0.11}	120 ± 25
QSO 2359-1241	47.67	3.2 ^{+1.8} _{-1.1}	20.56 ± 0.15	-2.40 ± 0.15	43.36 ± 0.27	90 ⁺³⁵ ₋₂₀
SDSS J0838+2955	47.53	3.3 ^{+1.5} _{-1.0}	20.80 ± 0.28	-1.95 ± 0.21	45.35 ^{+0.23} _{-0.22}	300 ⁺²¹⁰ ₋₁₂₀
SDSS J0318-0600	47.69	5.9 ± 0.4	19.90 ± 0.17	-3.08 ± 0.05	44.55 ^{+0.10} _{-0.15}	60 ± 60

	z	V (km/s)
AKARI 1757	0.615	1000
Q 1044	0.701	3600
Q 2359	0.868	1400
SDSS 0838	2.043	4900
SDSS 0318	1.967	4200

考察 (1)アウトフローの位置

- 中心核からの距離が数kpc, $\log U_H = -2 \sim -3$

→ narrow line regionに伴うアウトフロー ~~BLR~~

- バイアス

- * Fe IIをターゲットにしている。低電離ガスにバイアス。 cf. C IV BAL $\log U_H \sim -1.5$

- * Fe II*の弱いアウトフローをターゲットにしている。より低密度ガスにバイアス。

考察 (2) feedback 効果

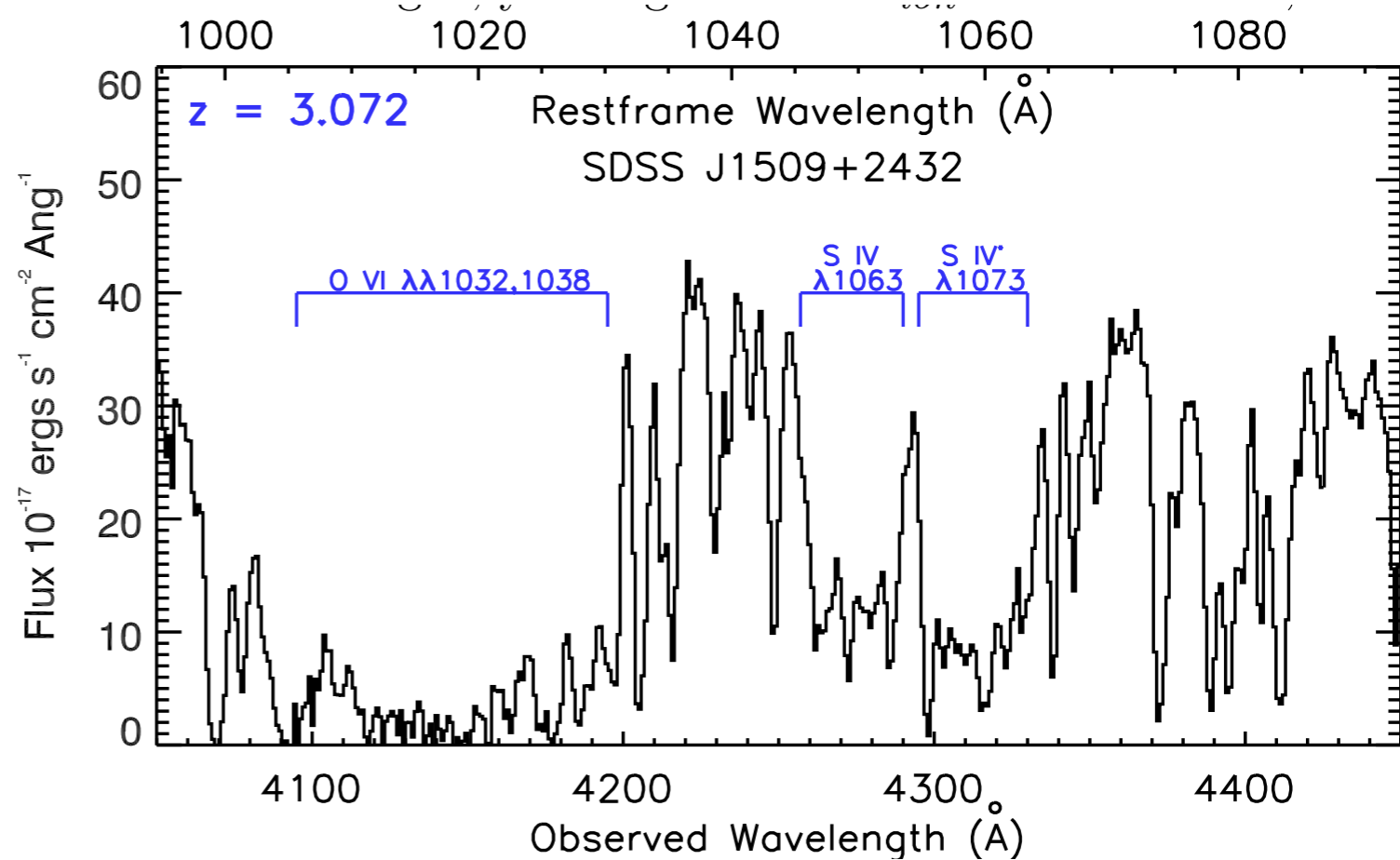
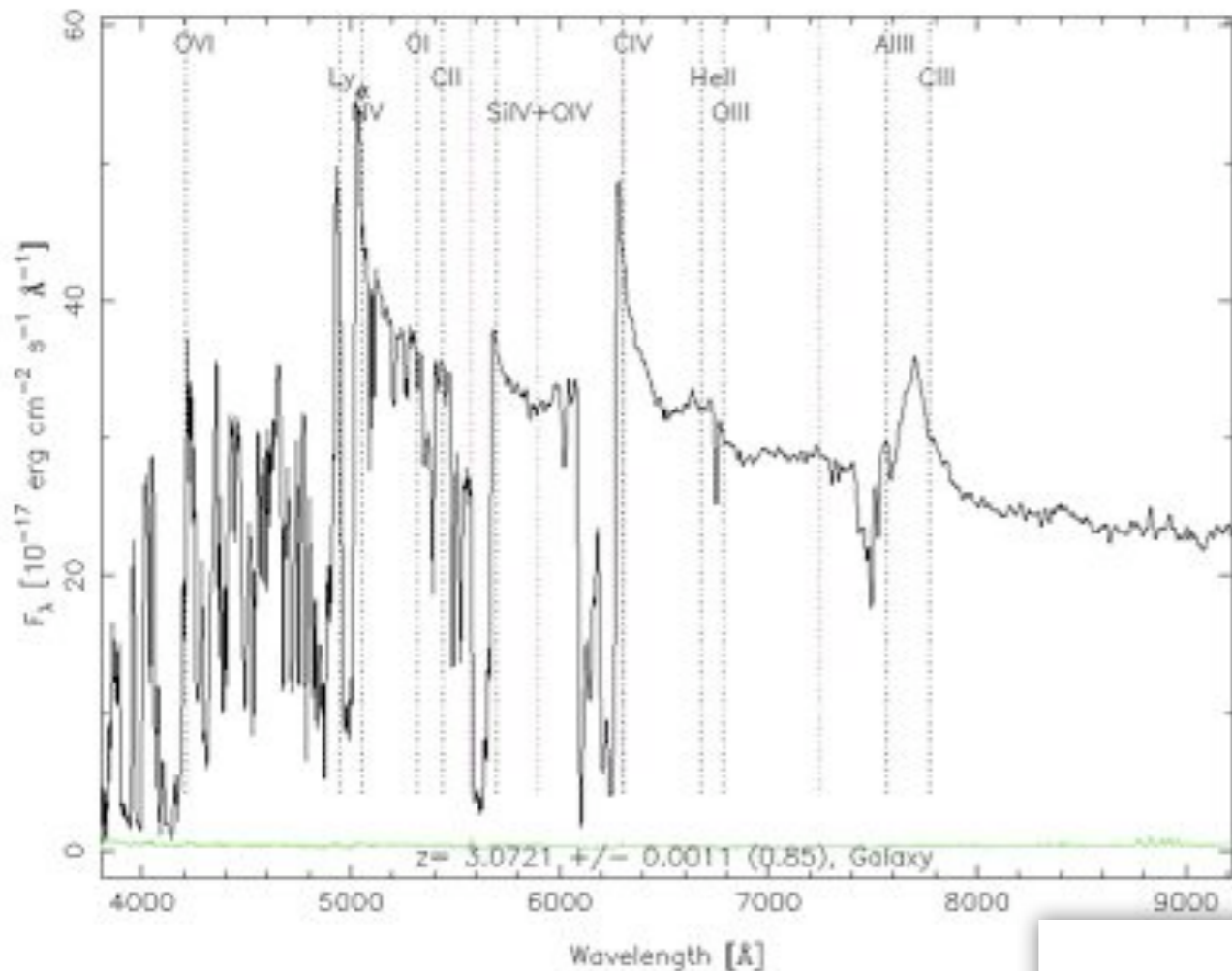
	z	V (km/s)	$\log \dot{E}_{kin}/L_{bol}$
AKARI 1757	0.615	1000	> -4.3
Q 1044	0.701	3600	-2.0
Q 2359	0.868	1400	-4.3
SDSS 0838	2.043	4900	-2.2
SDSS 0318	1.967	4200	-3.1

- 理論モデルの期待する $\log \dot{E}_{kin}/L_{bol}$ (数%) より小さい。高分散分光できる明るい天体を選んでいるからかもしれない。 V が大きくて、暗めの天体は $\log \dot{E}_{kin}/L_{bol}$ が大きくなる。

今後の展開

- より高電離、高頻度、高速なC IV - Si IVアウトフロー
では mass flow rate やエネルギーはどうか？ 大きい
のか小さいのか？ 密度、距離を求めるのが難しい
- S IV 1063 ($E_{low}=34.8$ eV, $E_{up}=47.3$ eV), S IV* 1073 (951 cm^{-1})
- Si IV 1393, 1402 (33.5 - 45.1 eV)と同じ電離状態
- 4月にHDSで観測予定

RA=227.34742, DEC=24.54536, MJD=53820, Plate=2155, Fiber=383



まとめ

- 新発見の近傍高光度クエーサーAKARI J1757+5907のアウトフローの諸元をSubaru/HDS観測から求めた.
- Fe II, He I*の観測から求められた現時点でのアウトフローは数kpc の所に存在し、 $\sim 100 M_{\text{sun}}/\text{yr}$,

$$\log \dot{E}_{kin} / L_{bol} = -2 \sim -4.$$