

キューサーの光度変化とアウトフローの 時間変動の相関

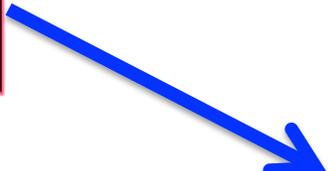
信州大学
堀内 貴史

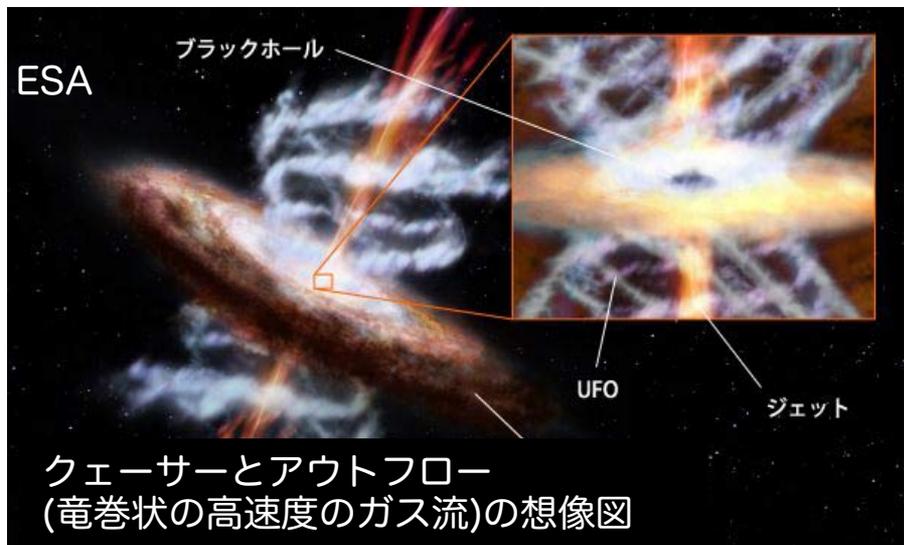


共同研究者: 三澤透¹, 諸隈智貴², 小山田涼香¹, 和田 久¹

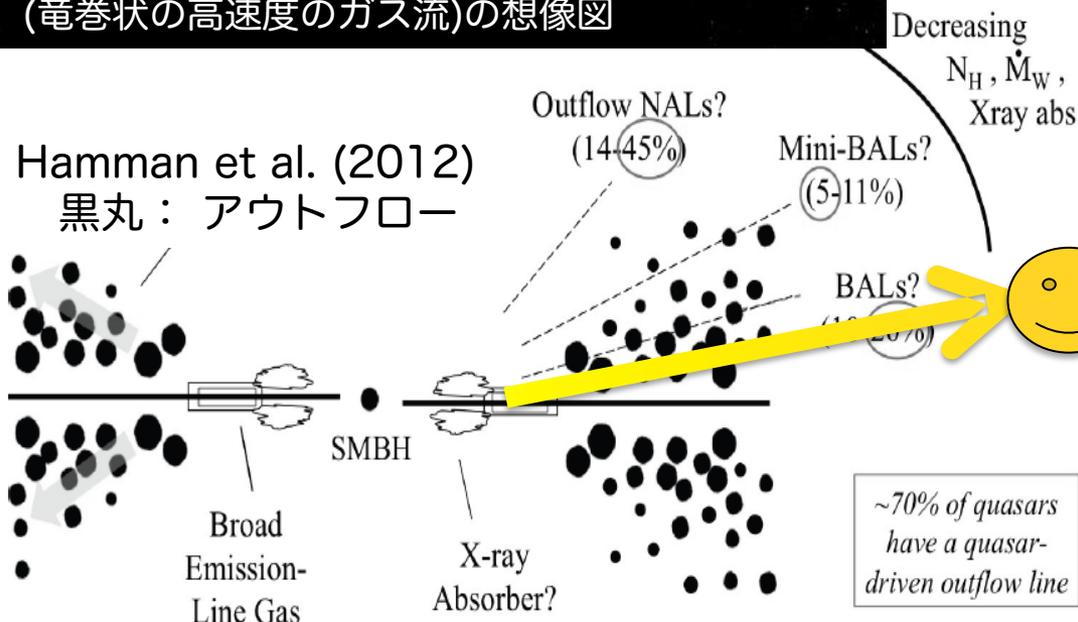
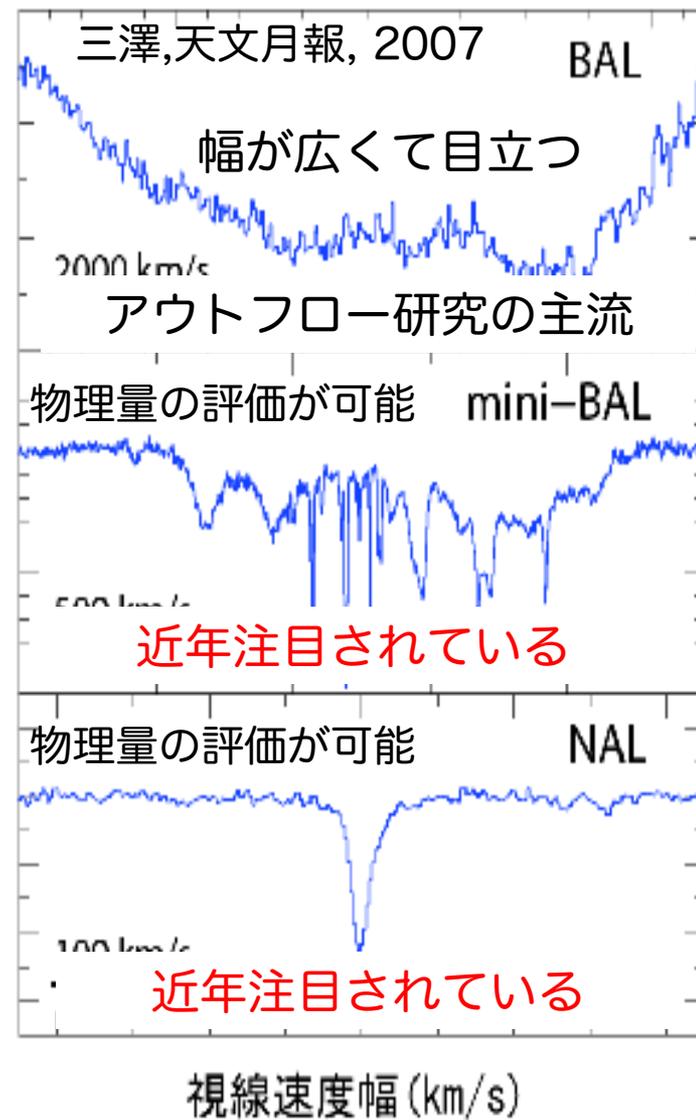
(1:信州大学, 2: 東京大学)

目次

- 導入・研究の目的
 - 観測
 - 結果
 - 考察
 - 展望・まとめ
- 
- 1) クェーサーの構造とアウトフローの吸収線
 - 2) アウトフローの時間変動と研究目的

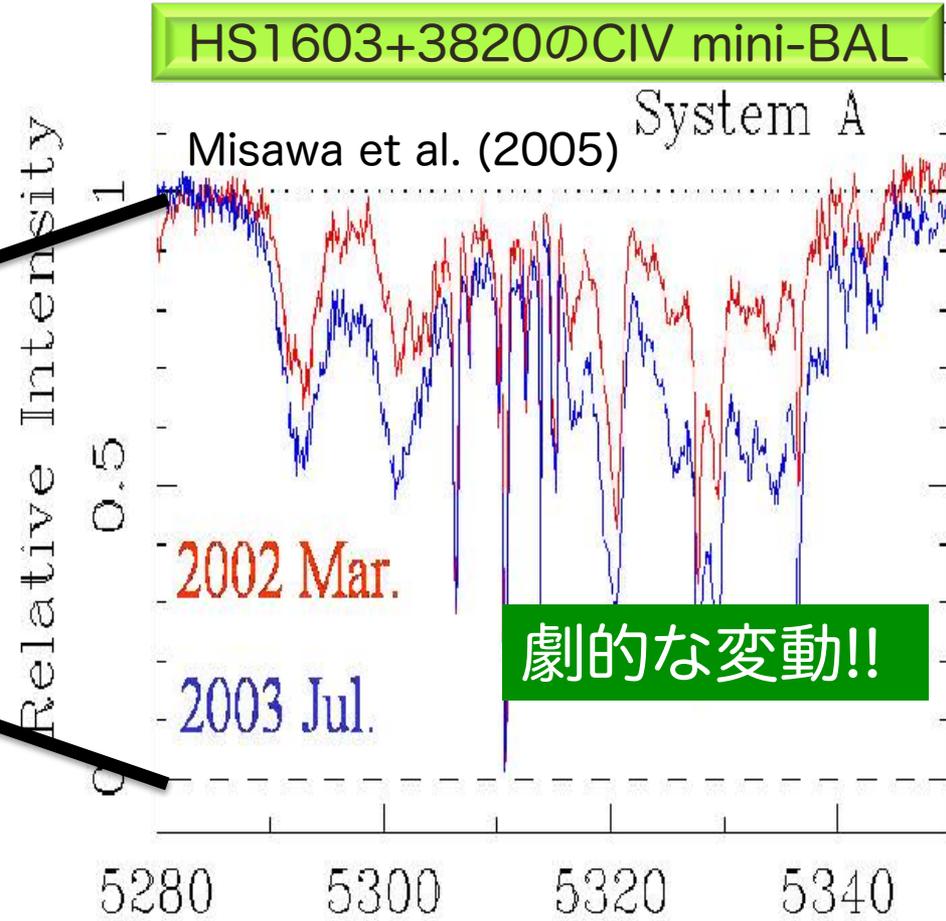
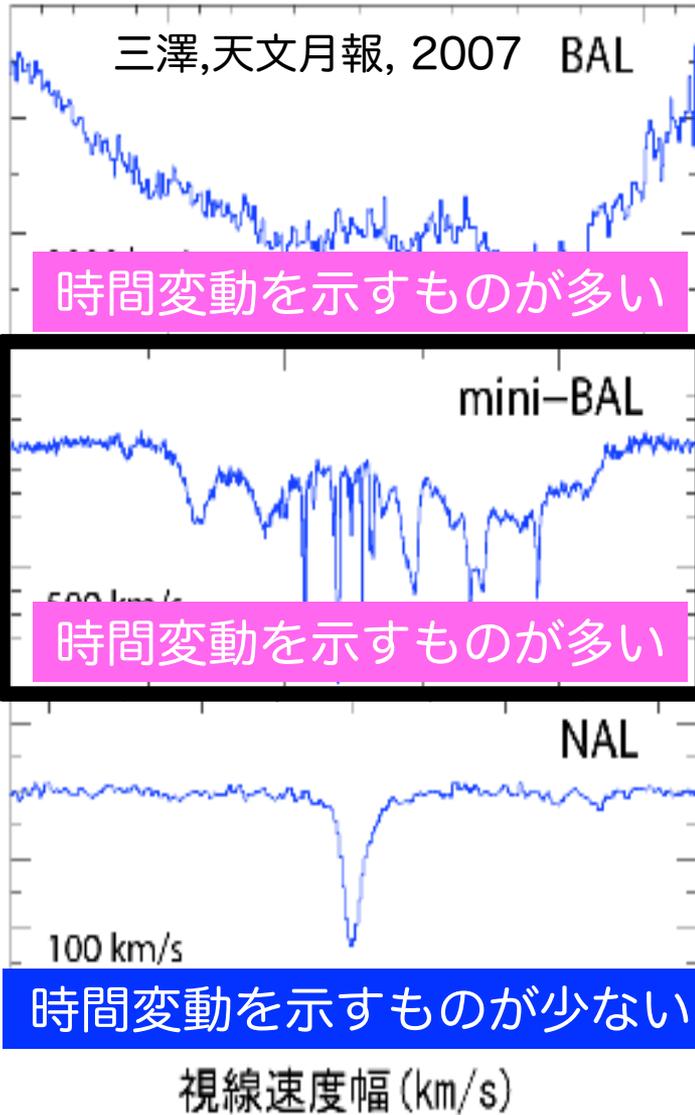


アウトフロー由来の吸収線



ブラック強度

アウトフローの構造は円盤を見込む角度に依存するとする説が有力



劇的な変動!!

時間変動の原因はよくわかっていない!!

・最も有力なシナリオ

レーザーの**光度変動**がアウトフローガスの電離状態に変化を与えるというシナリオ



変光



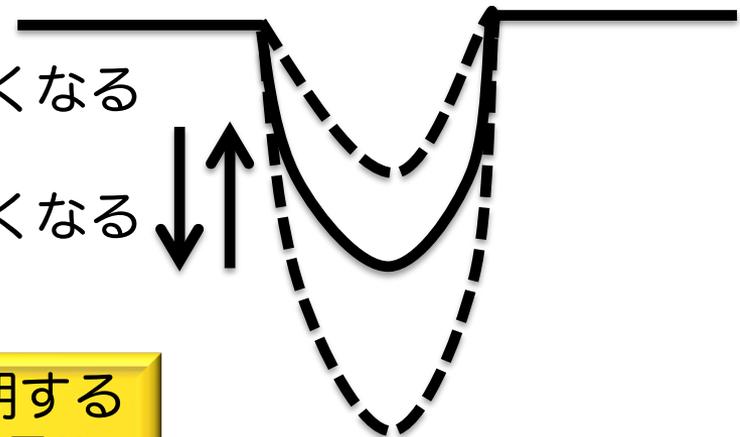
・研究目的

mini-BAL, NALを持つレーザーのアウトフローの電離状態変動(VIS)シナリオの検証

VIS: Variable Ionization State

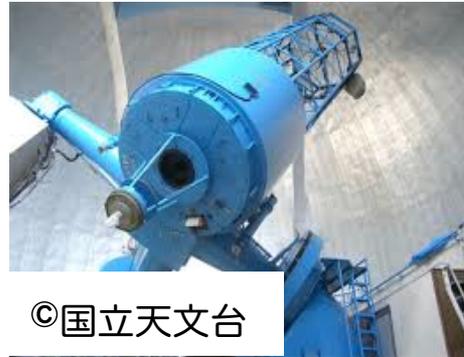
アウトフロー
由来の吸収線

浅くなる
or
深くなる



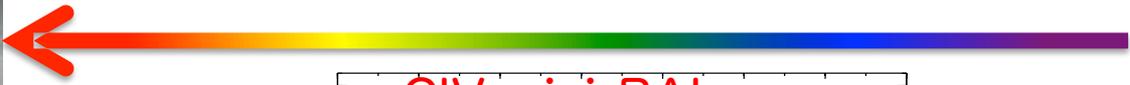
光度変動と吸収線の変動が同期する傾向を示せばVISを支持する結果!!

- 導入・研究の目的
- 観測
- 結果
- 考察
- 展望・まとめ

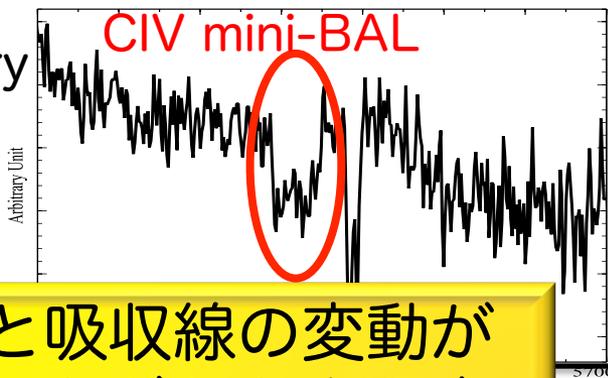


©国立天文台

188cm反射望遠鏡 with



spectrometry



QSO

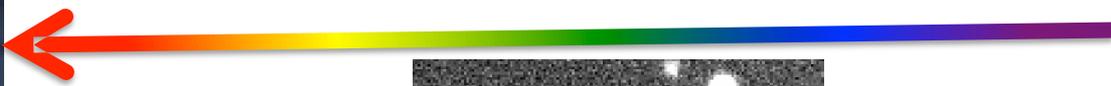
分光モニター観測
(grism: VPH495)

光度変動と吸収線の変動が同期するのかどうかを調査!



©木曾観測所

105cmシュミット望遠鏡 with KWFC



imaging



QSO

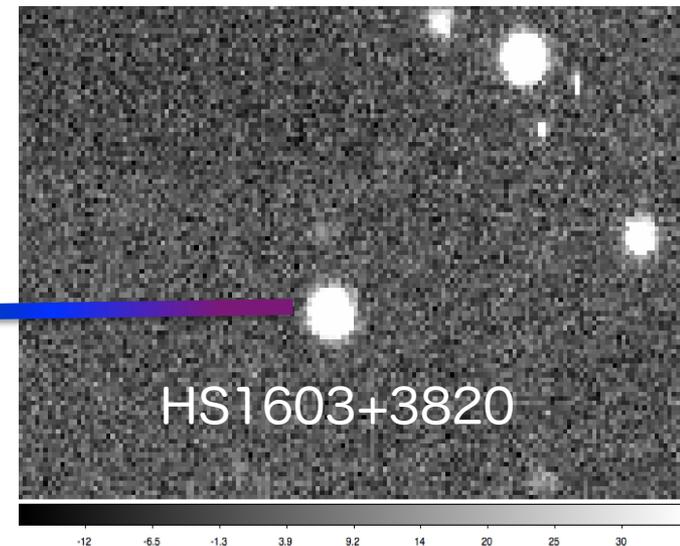
測光モニター観測
filter: SDSS *u, g, i*

可視分光・測光同時モニター観測を3年にわたり実施

ターゲット: HS1603+3820, 赤方偏移 $z = 2.542$,
光度 $L \sim 10^{48}$ erg/s (かなり明るい)

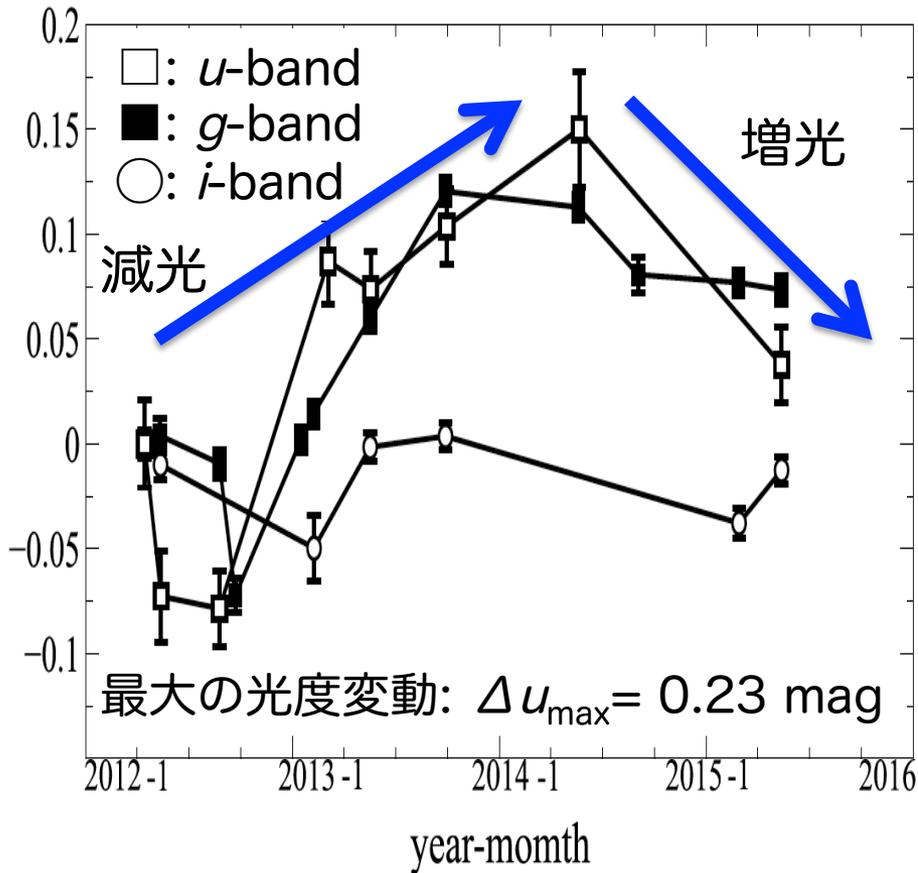
目次

- 導入・研究の目的
- 観測
- **結果** mini-BALクェーサーHS1603+3820の
分光・測光同時モニター観測について
- 考察
- 展望・まとめ

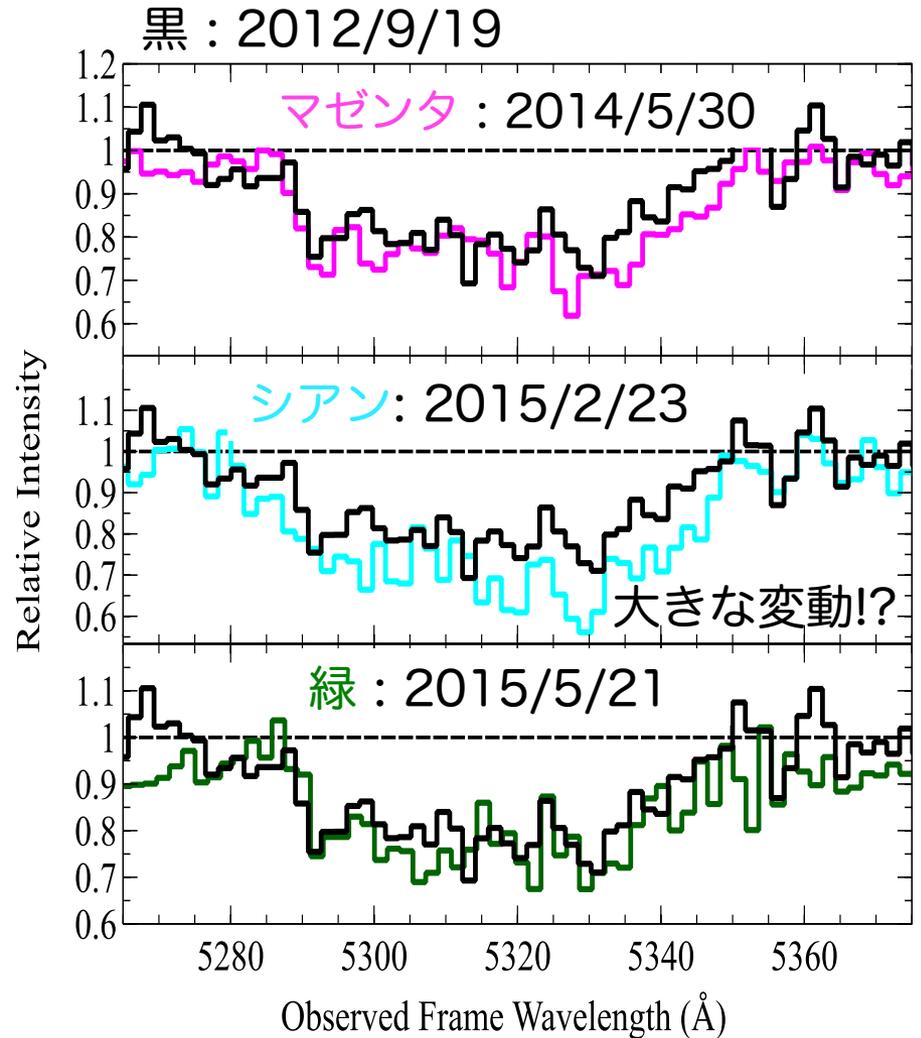


測光・分光観測で得られた光度曲線と吸収線 9/15

ターゲット天体：HS1603+3820 (mini-BAL)



HS1603の光度曲線(木曾)

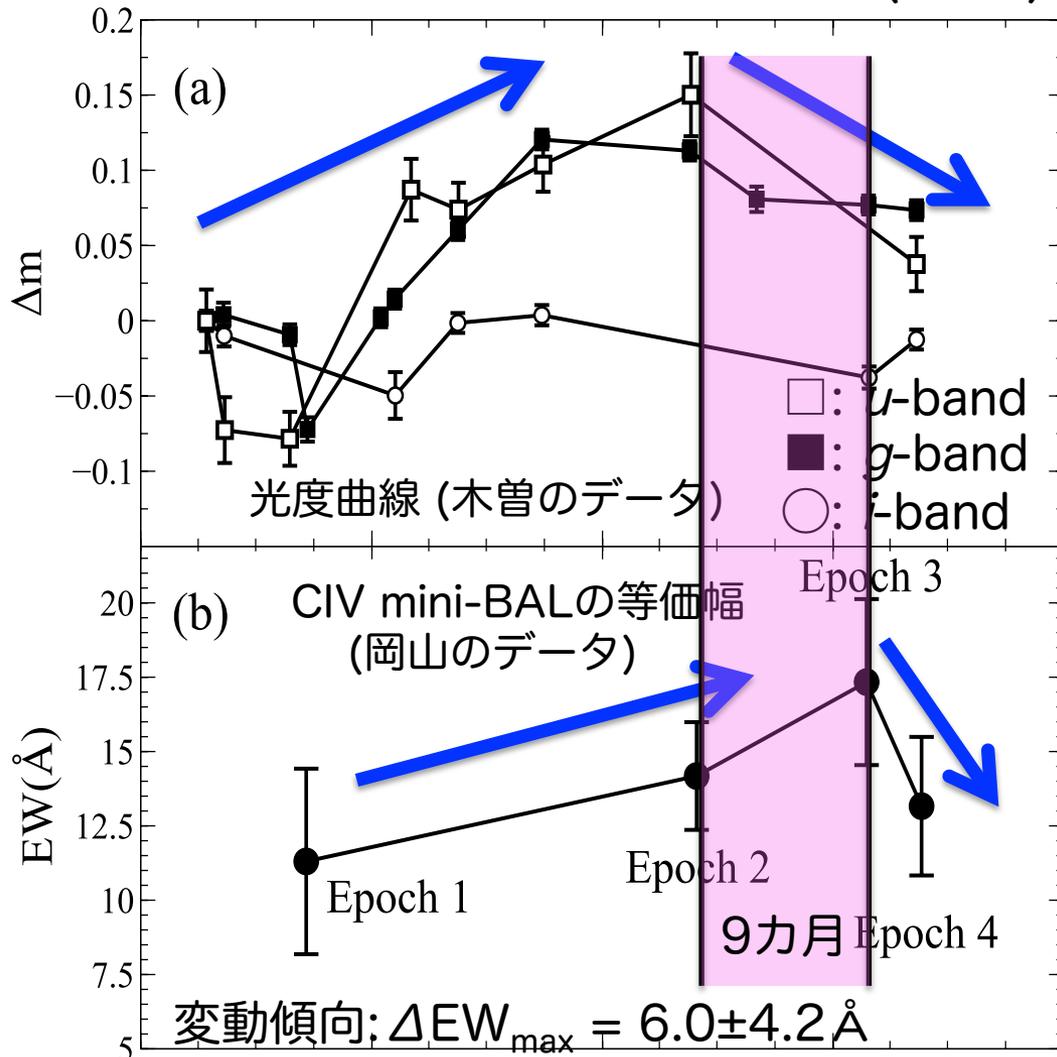


HS1603が有するCIV mini-BAL(岡山)

光度曲線と吸収線等価幅の変動傾向

10/15

Horiuchi et al. (2016)



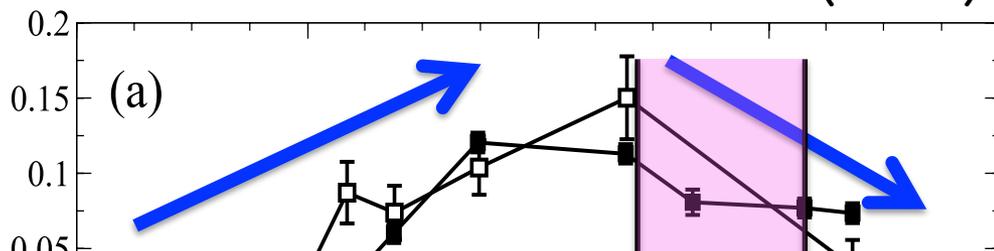
mini-BALクェーサー
HS1603+3820の(a)明るさと
(b)アウトフローの吸収線の
変動傾向が同期!! (左図)

→ mini-BALでの直接の確認は初!!

VISシナリオを支持する
可能性の高い結果!

Webリリース: クェーサーから噴き出すガスの変動メカニズムに新知見
信大独創図鑑 <http://www.shinshu-u.ac.jp/zukan/report/post-4.html>

Horiuchi et al. (2016)



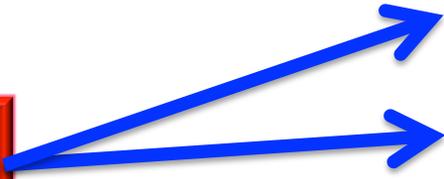
mini-BALクェーサー
HS1603+3820の(a)明るさと
(b)アウトフローの吸収線の

クェーサーから噴き出す ガスの変動メカニズムに新知見

—国内の小口径望遠鏡による挑戦—

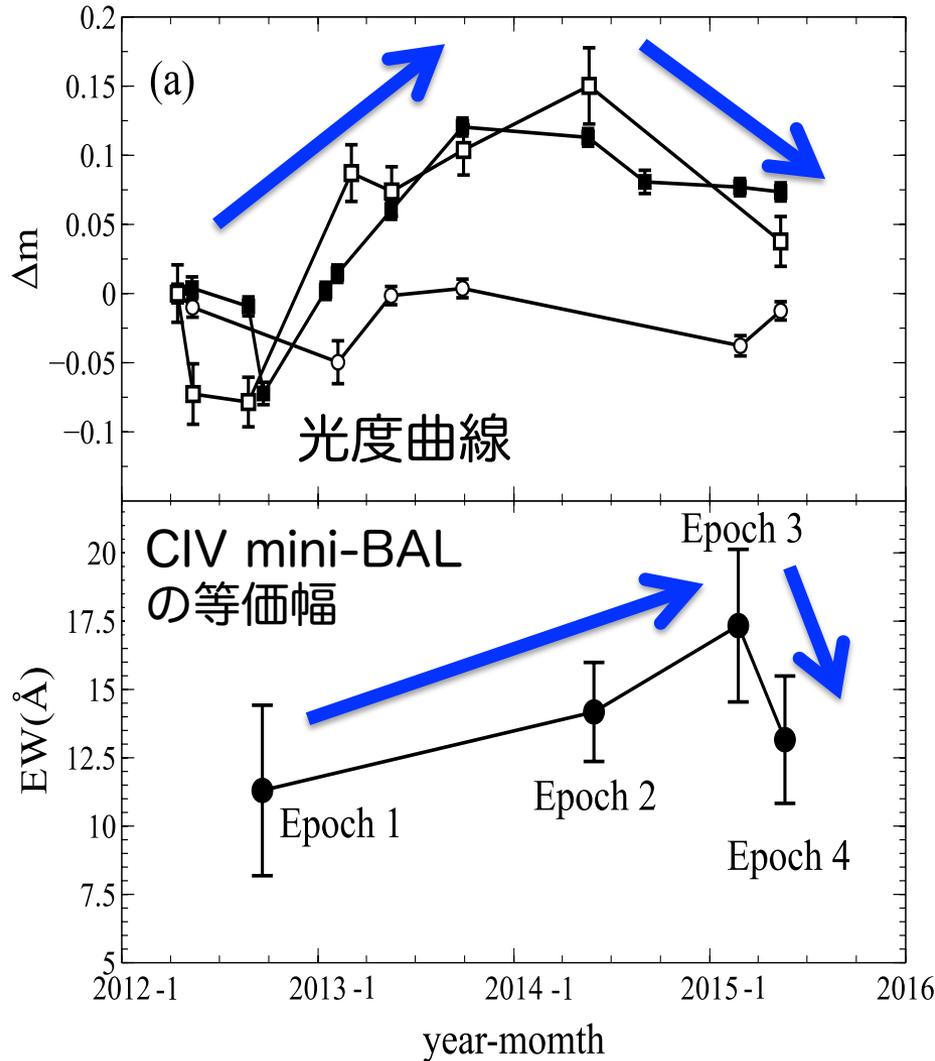
Webリリース: クェーサーから噴き出すガスの変動メカニズムに新知見
信大独創図鑑 <http://www.shinshu-u.ac.jp/zukan/report/post-4.html>

目次

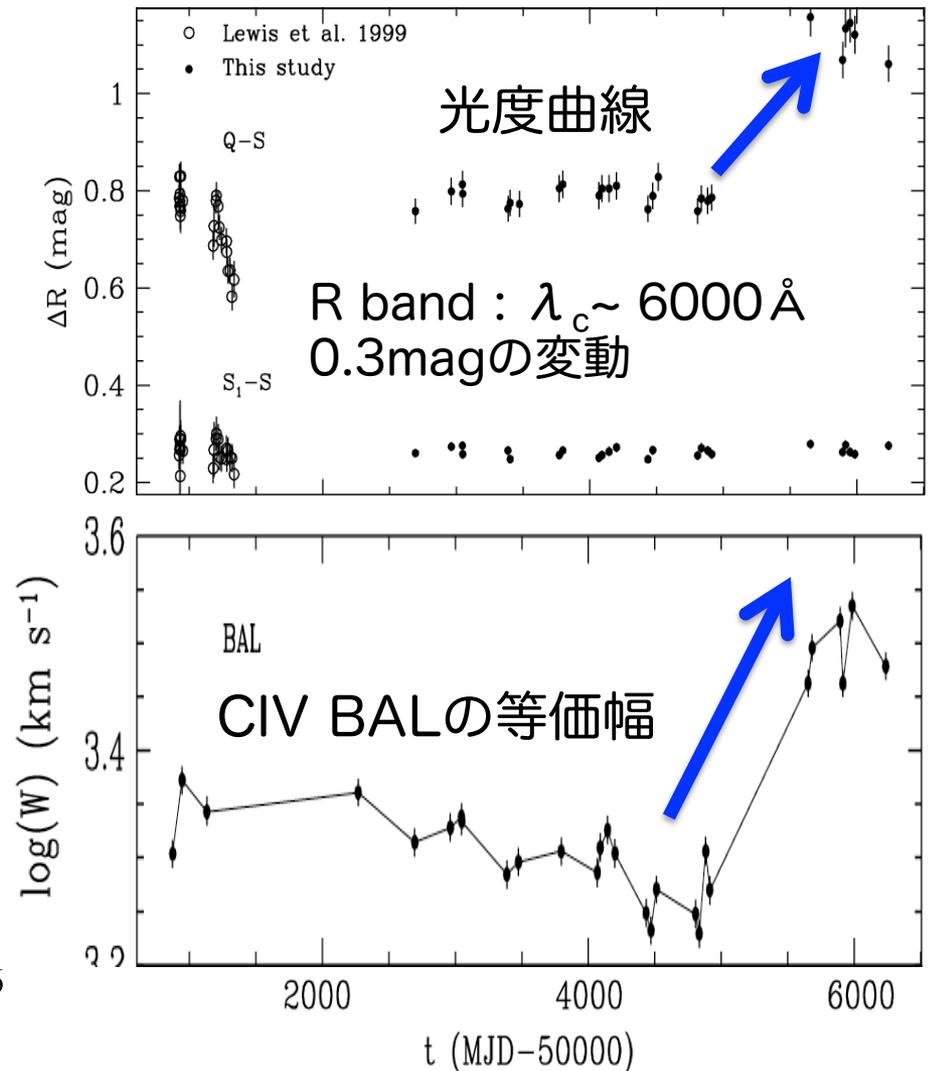
- 導入・研究の目的
 - 観測
 - 結果
 - **考察**
 - 展望・まとめ
- 1) 先行研究との比較
 - 2) 観測された光度変動はアウトフローの変動に影響を与えるのか？
- 

VISシナリオを支持する先行研究との比較 13/15

Horiuchi et al. (2016): **mini-BAL**
 QSO: HS1603+3820

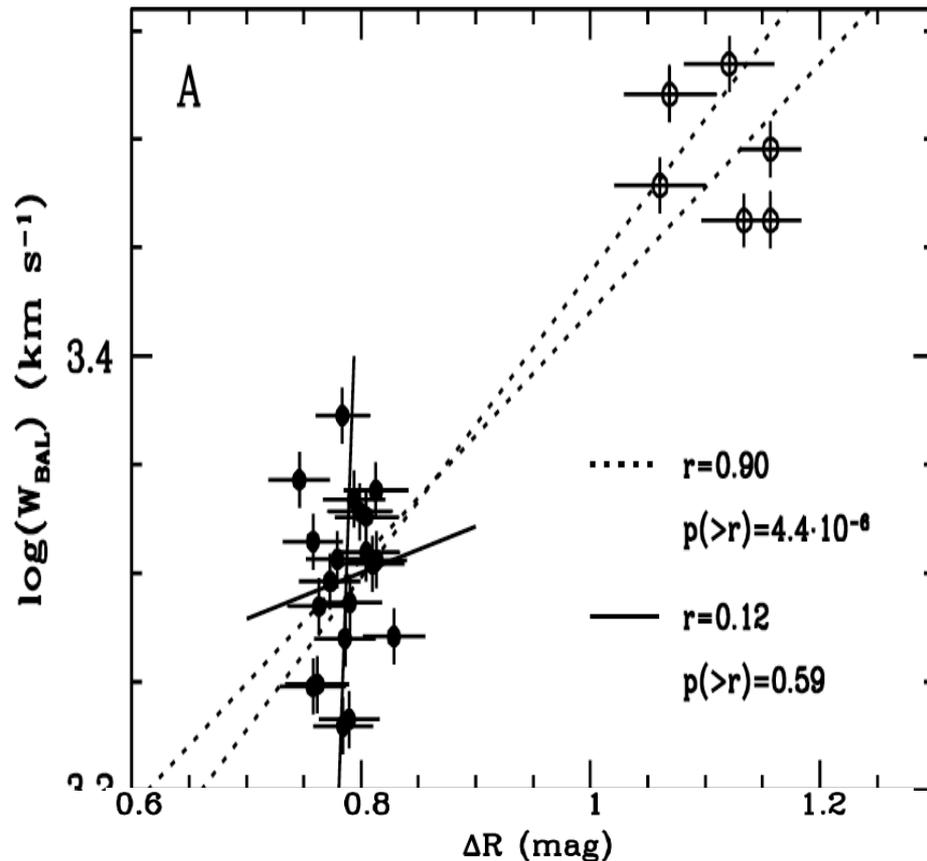
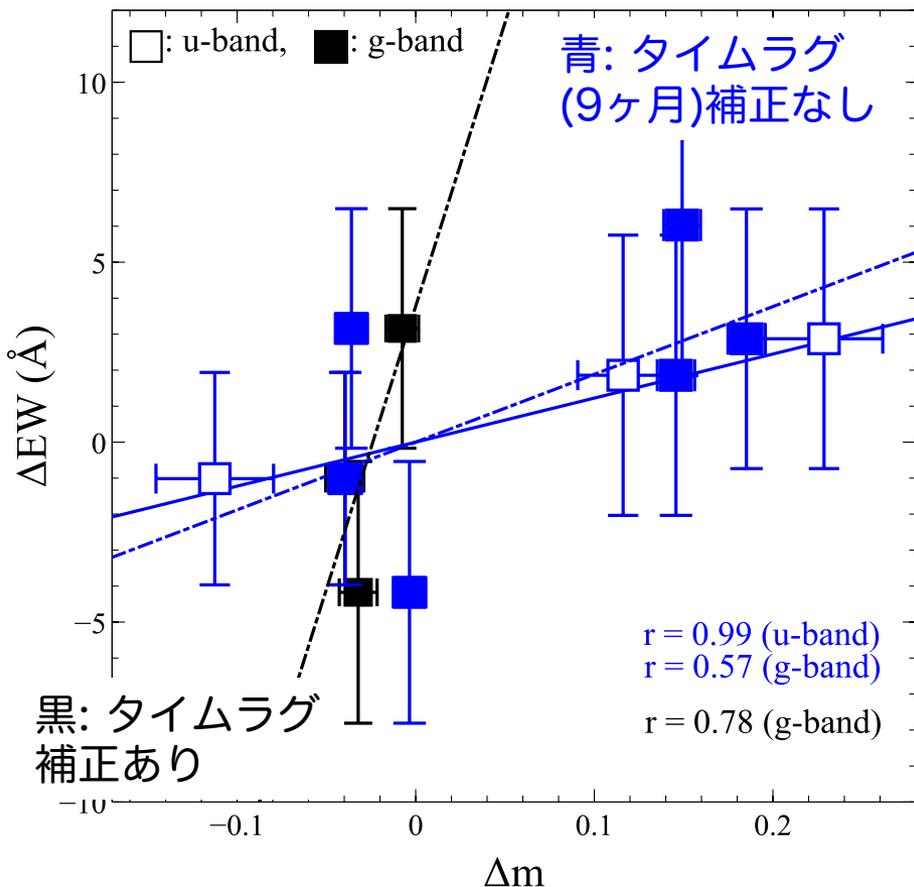


Trevese et al. (2013): BAL
 QSO: APM 08279+5255



HS1603における Δm - ΔEW 分布 (preliminary)

APM 08279における ΔR -EW分布 (Trevese et al. 2013)

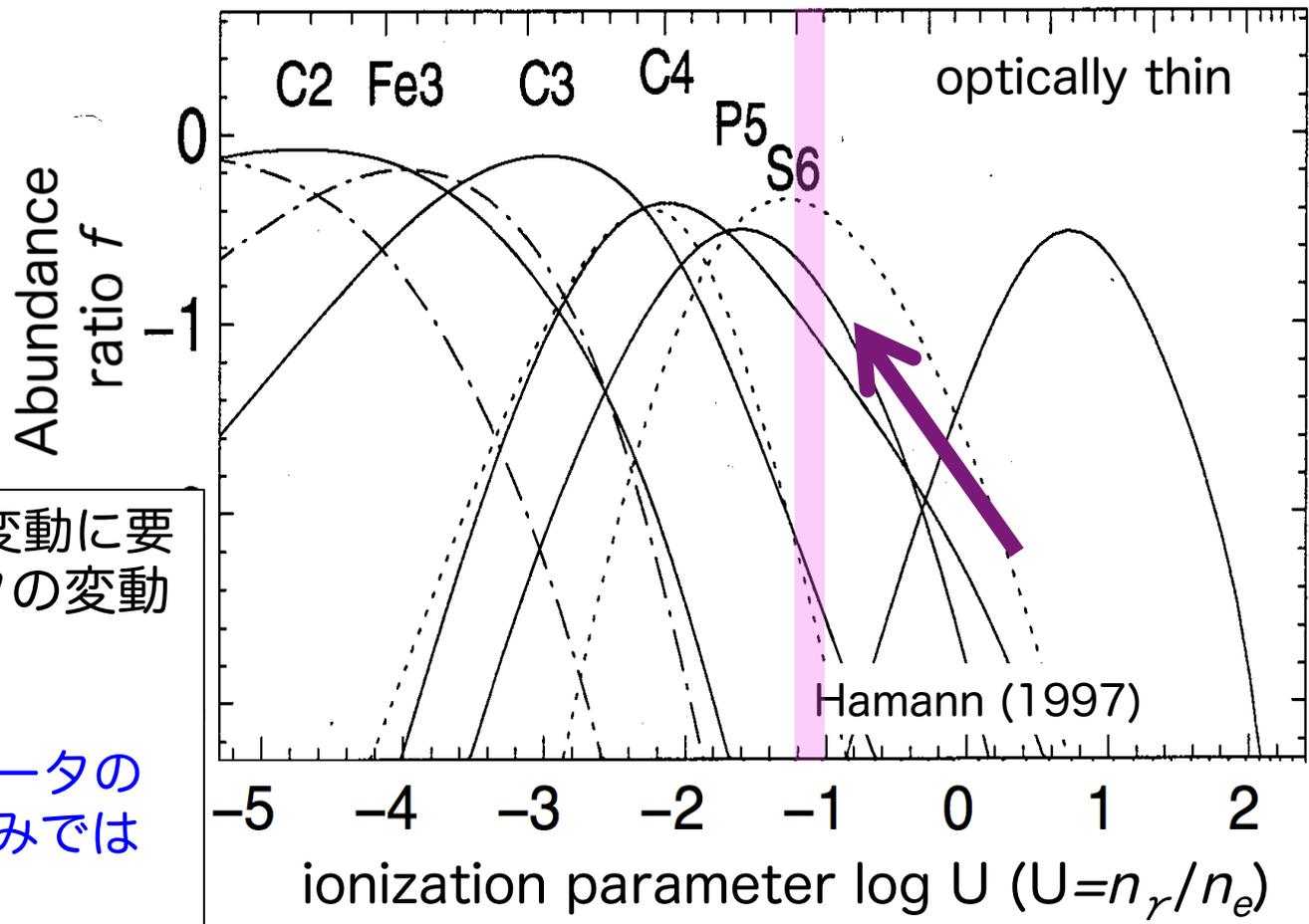


Trevese et al. (2013)同様に、本研究においても光度-等価幅分布に強い相関が確認できた!!

電離パラメータ(IP)の変動	$\Delta \log U_{\max} \sim -0.1$ (= 0.23 / 2.5)
CIV等価幅の変動	$\Delta \log EW_{\max} \sim 0.18$ ($\sim \Delta \log f(\text{CIV})$)

アウトフローのVISシナリオは光度変動以外の補助機構が必要!
(X-ray absorberの変動等)

IP: 減少 ↘
CIV EW: 増加 ↗
($-2 \leq \log U \leq 0$)



Red Bar: アウトフロー変動に要求される電離パラメータの変動 = 0.2 !!

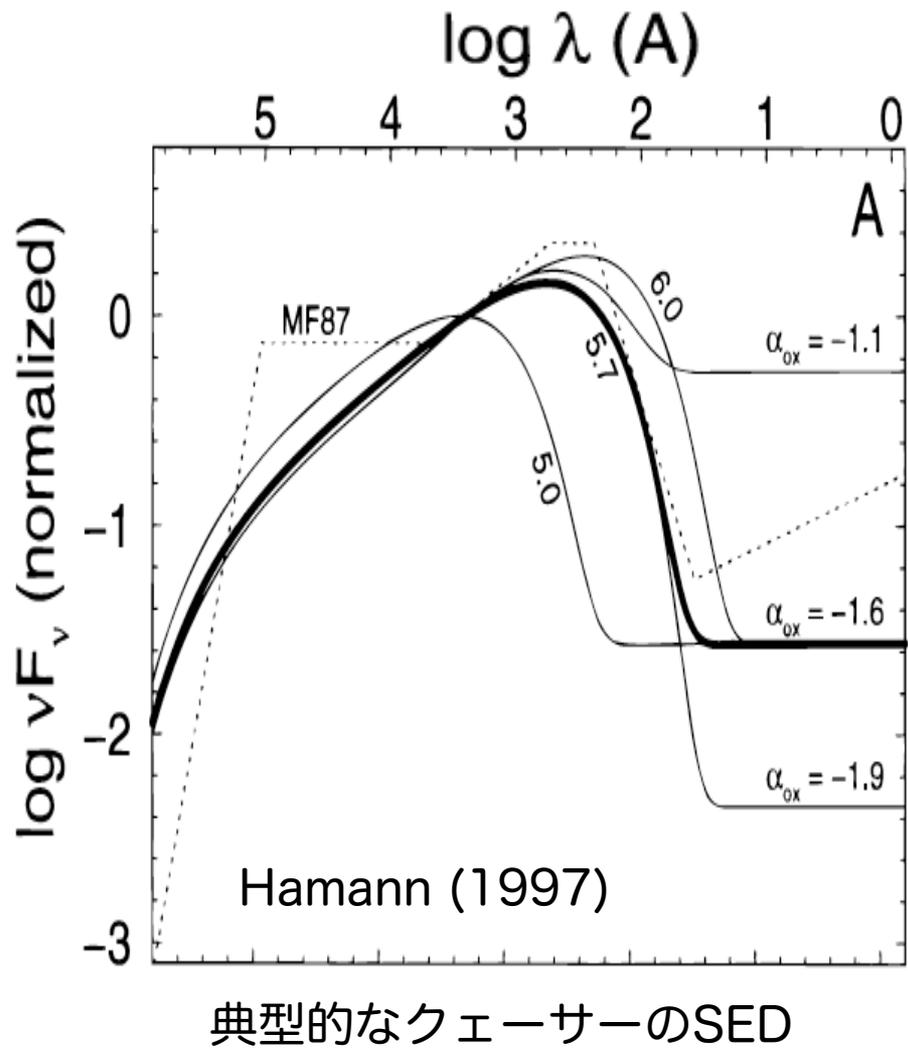
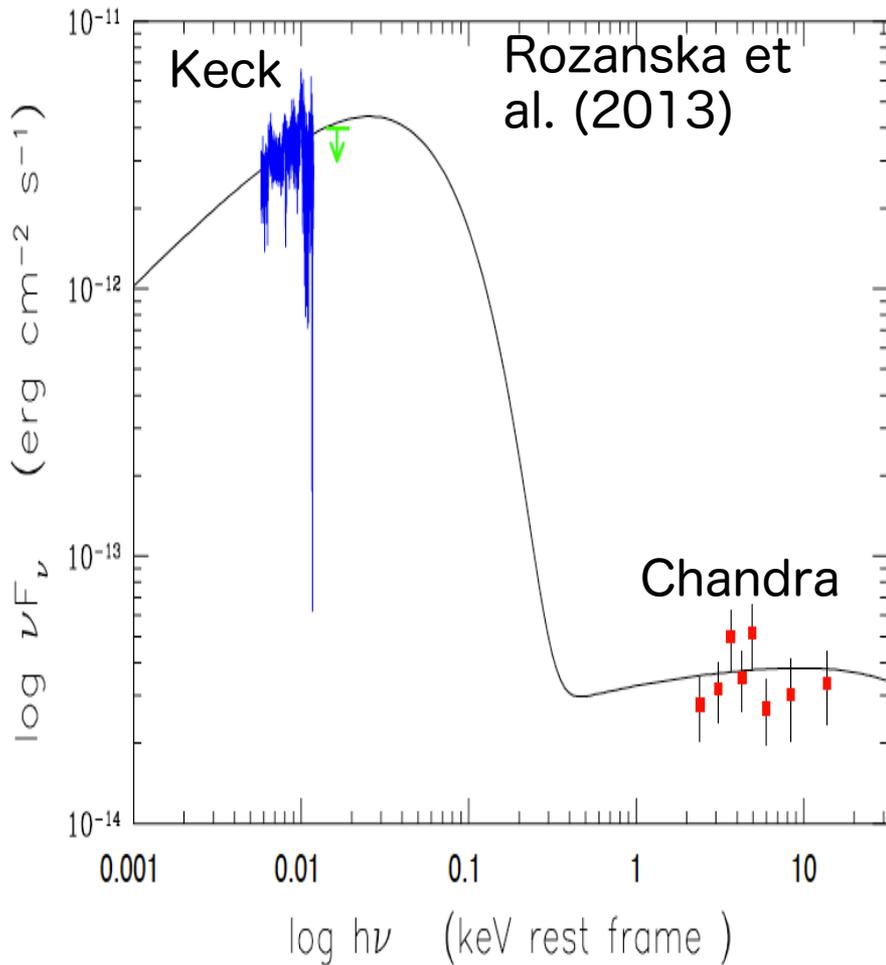
観測における電離パラメータの変動は0.1 → 光度変動のみではVISを支持しない!

- 本研究では現在時間変動の原因として最も有力な『電離状態変動シナリオ』を検証すべく測光・分光同時モニター観測を3年以上にわたり行った (Horiuchi et al. 2016, PASJ, tmp, 53).
 1. HS1603+3820に、**光度とCIV mini-BALの変動傾向の同期を確認した**。この傾向を同時モニターで確認したのは**本研究が初!!**
 2. しかしながら、VISシナリオは光度変動のみでは完全に説明できない。mini-BALクェーサーHS1603の光度変動の最大値は0.23等級であり、VISをサポートするには程度が小さい。

上記の結果は、VISシナリオの補助機構の存在を示唆する結果である。補助機構の候補はX線で観測されるWarm Absorberの変動である。

HS1603のSEDと典型的なクェーサーのSEDの形状

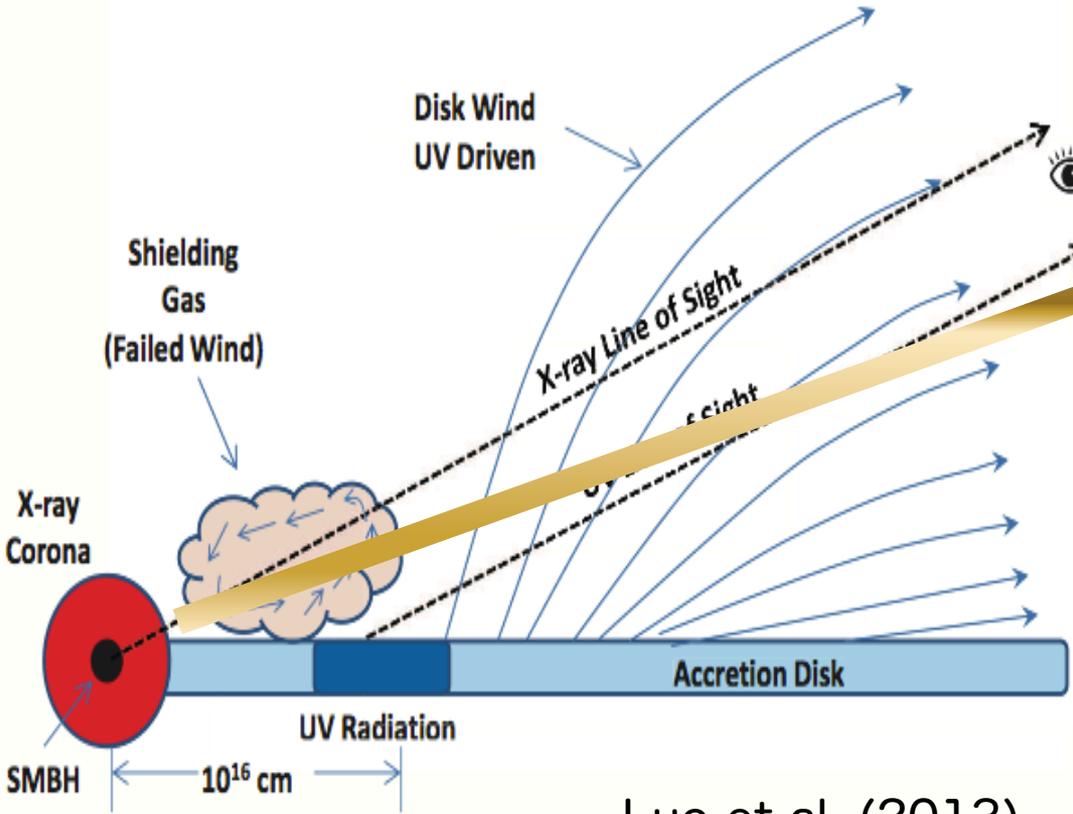
HS1603のスペクトルフィッティング



典型的なクェーサーのSED

VISシナリオの補助機構の考察

X線分光観測で観測される**遮蔽ガス**(候補は**Warm Absorber** ;e.g. Krongold et al. 2007)の光学的厚さが変動することで、下流に存在するアウトフローガスの電離状態に影響を与えている可能性がある！
→ 補助機構は**Warm Absorberの変動!**?



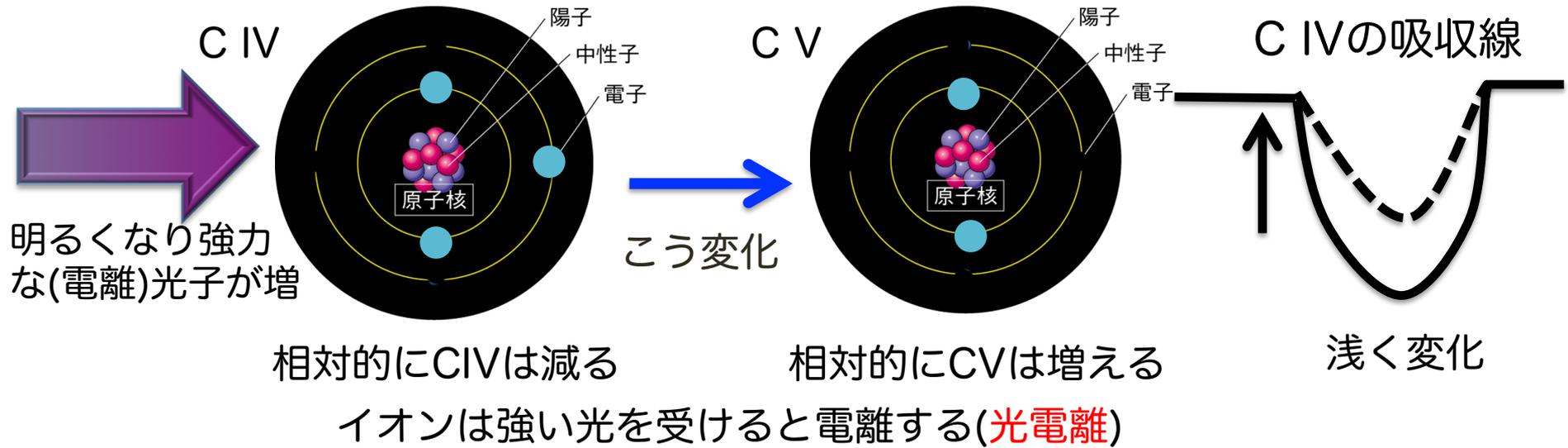
可視・X線同時モニタ一観測で検証可能!

Luo et al. (2013)

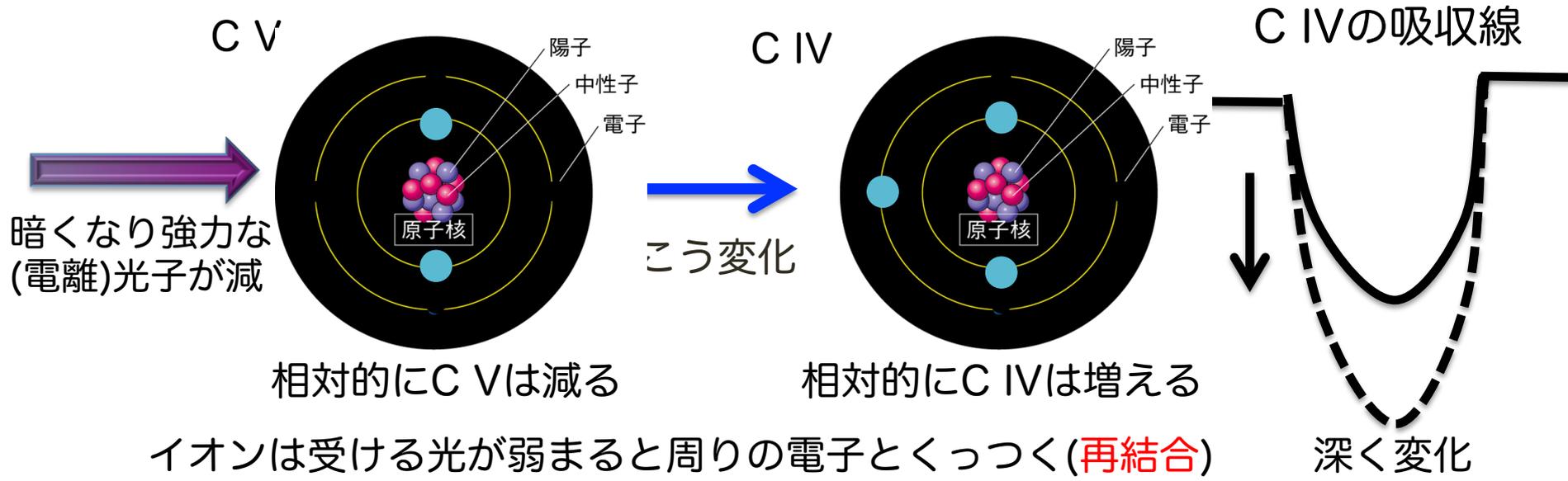
クエーサーの変光でアウトフローが変動!?

C IVに着目

C IVの吸収線



C IVの吸収線



Structure Function(SF)による光度変動解析

- SF : 光度変動の大きさの平均値を各期間でプロットしたもの.

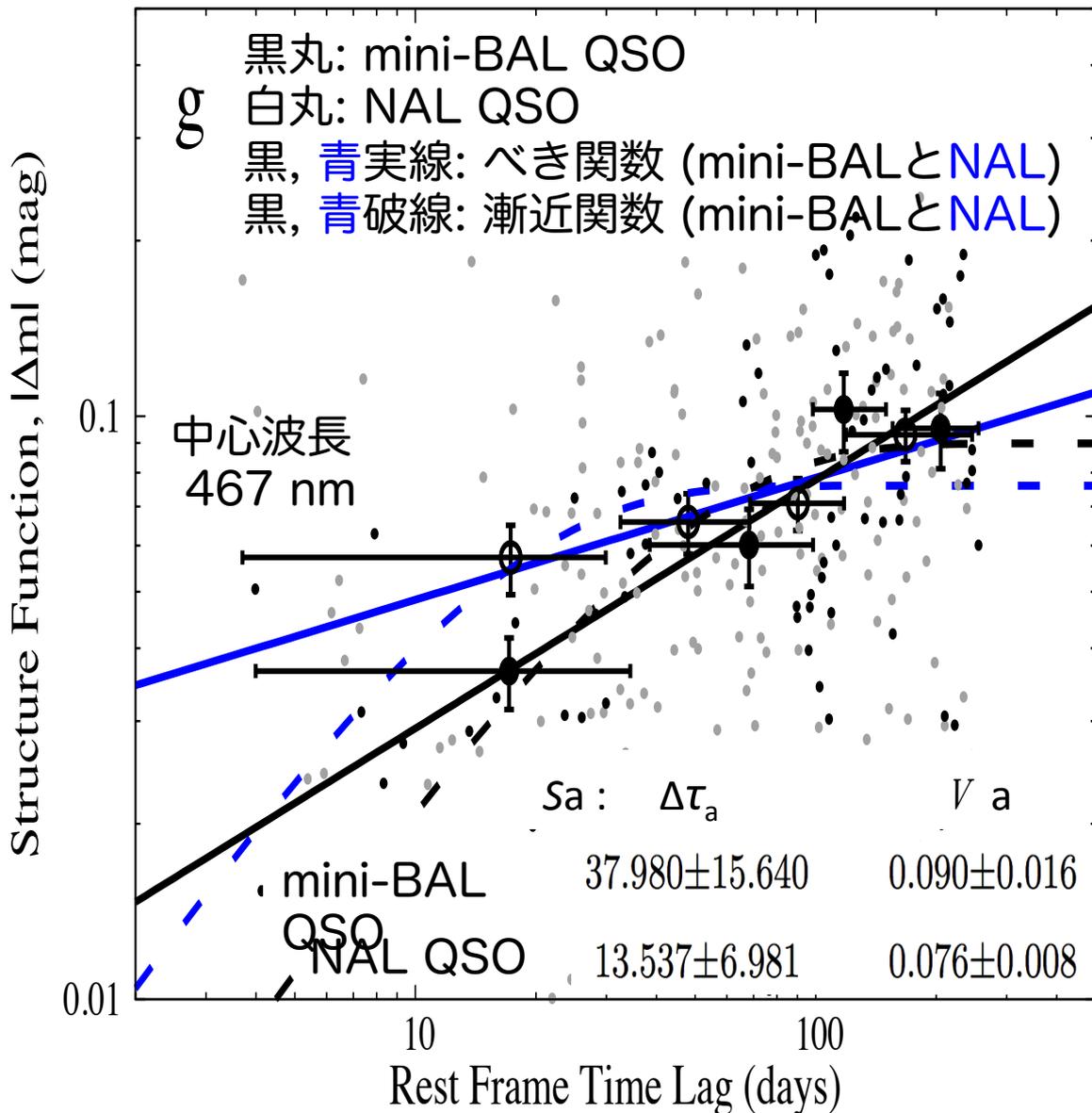
$$S = \sqrt{\frac{\pi}{2} \langle |\Delta m(\Delta\tau)| \rangle^2 - \langle \sigma_n^2 \rangle}$$

- mini-BAL, NAL QSOのSFsに対しモデルフィット(べき, 漸近関数).

$$S_p(\Delta\tau) = \left(\frac{\Delta\tau}{\Delta\tau_p} \right)^\gamma \quad \begin{array}{l} \text{べき} \\ \text{関数} \end{array}$$

$$S_a(\Delta\tau) = V_a(1 - e^{-\Delta\tau/\Delta\tau_a}) \quad \text{漸近関数}$$

- mini-BAL, NALクェーサーの光度変動の仕方に大きな差はない.



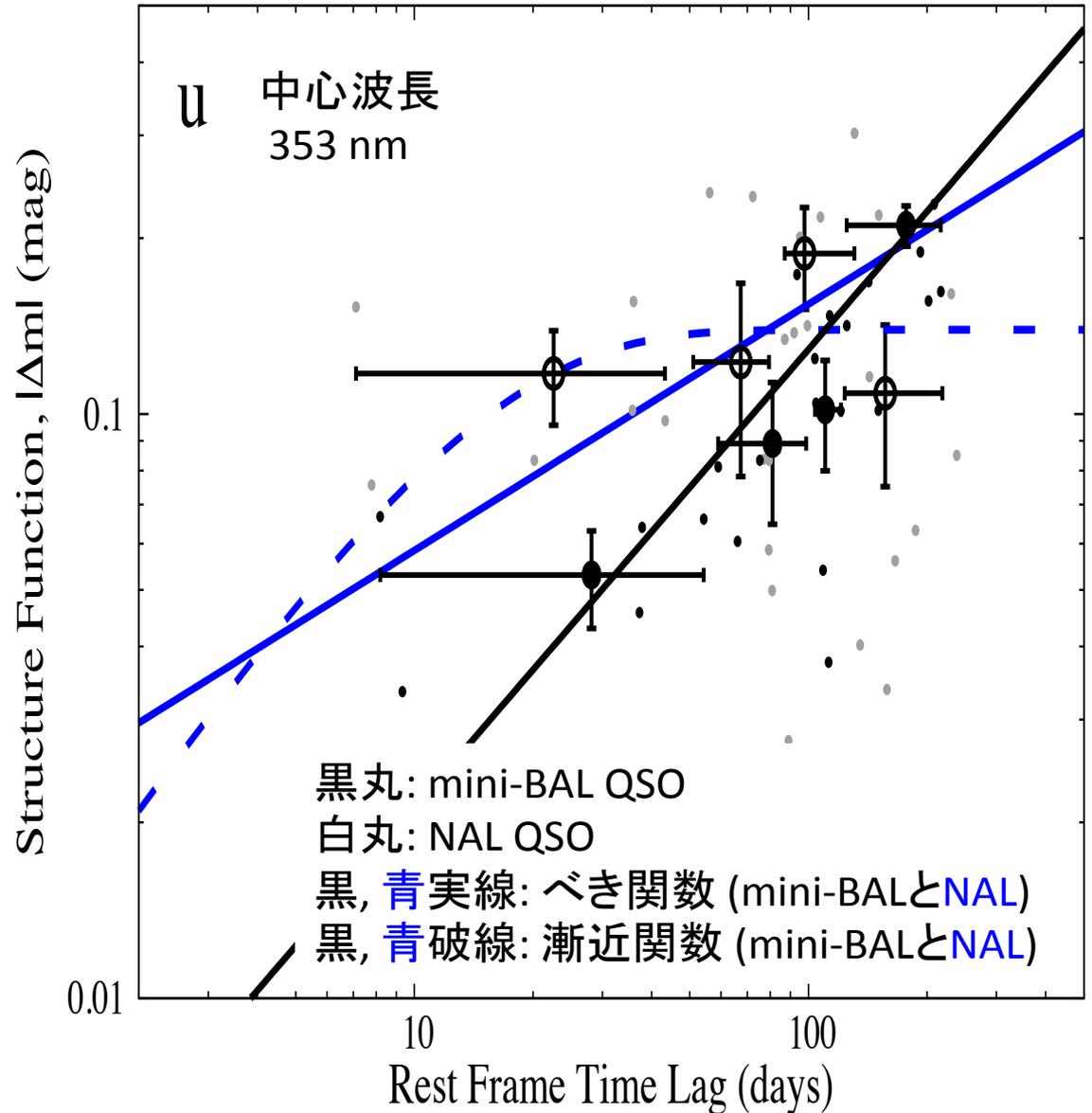
Structure Function(SF)による光度変動解析

- 各期間における光度変動の大きさ $|\Delta m|$ も Over Plot した。
- mini-BAL, NAL QSO の $|\Delta m|$ の最大値 (u-band)

mini-BAL QSO :
0.23 mag (HS1603+3820)

NAL QSO :
0.30 mag (Q1700+6416)

0.3等級はサンプル中で最大の光度変動



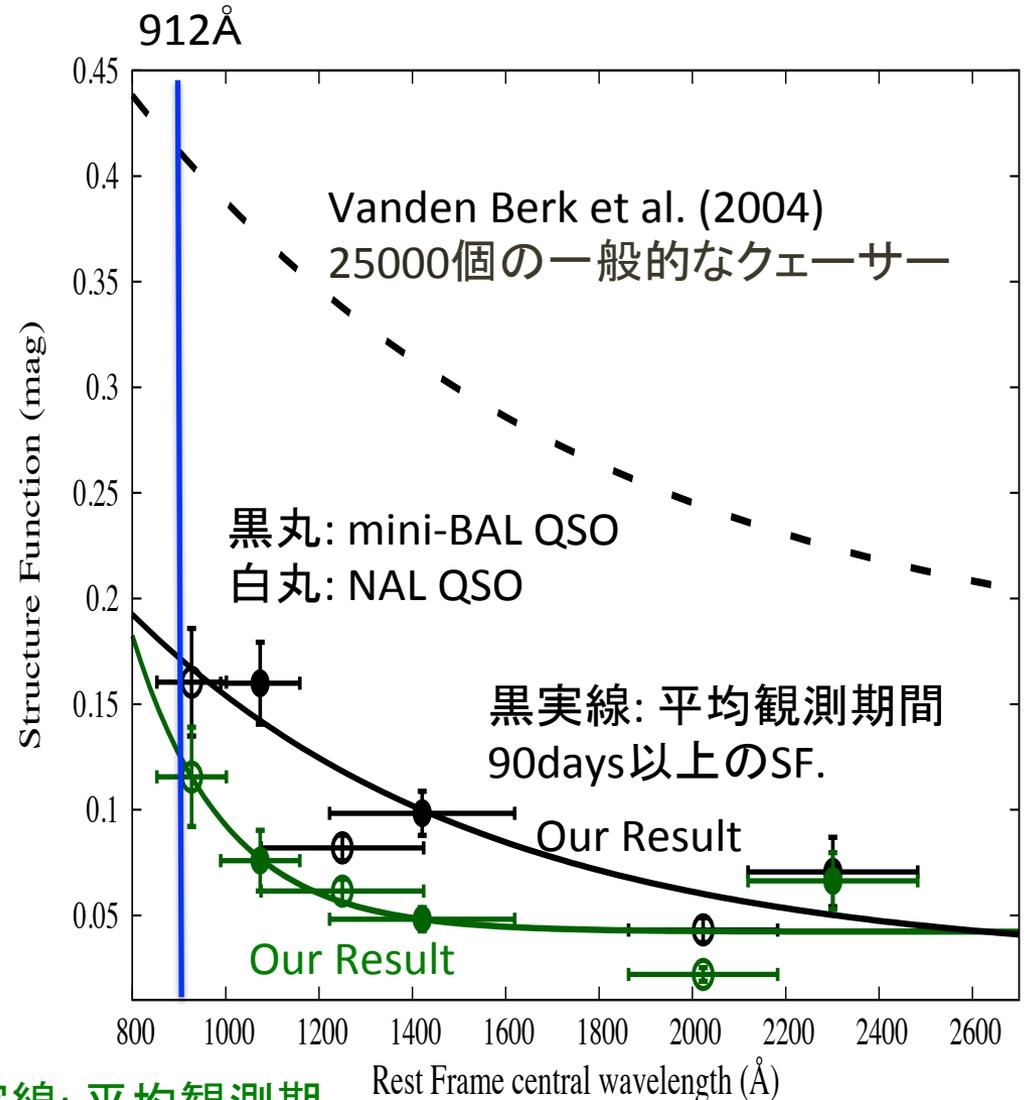
SFの波長依存性 (our quasar)

- 光度変動の波長依存性を推定.

- Fitting Model (Vanden Berk et al. 2004): 黒点線

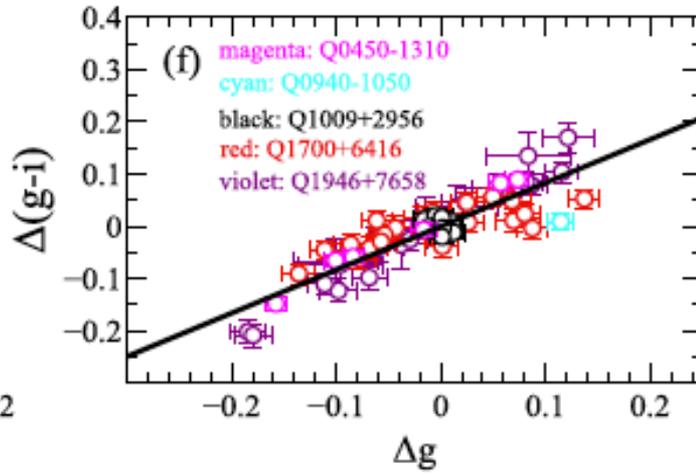
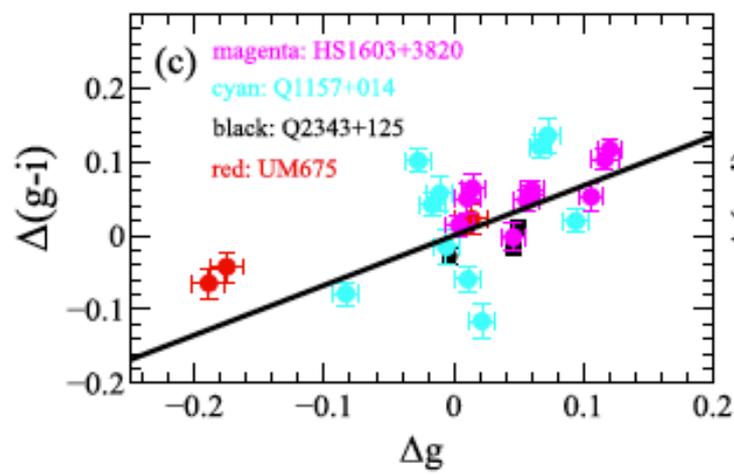
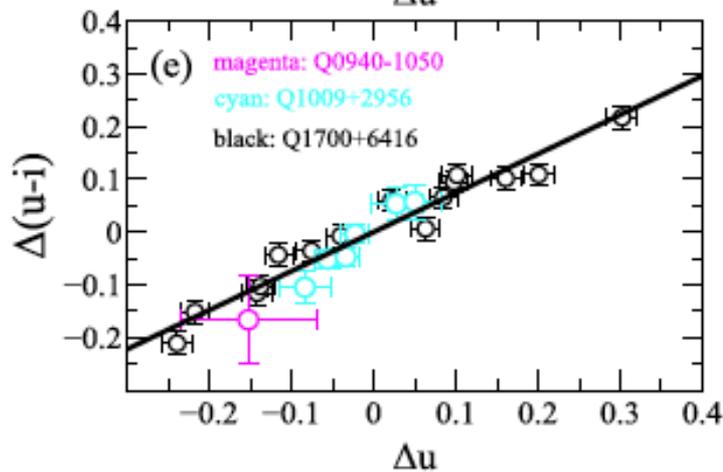
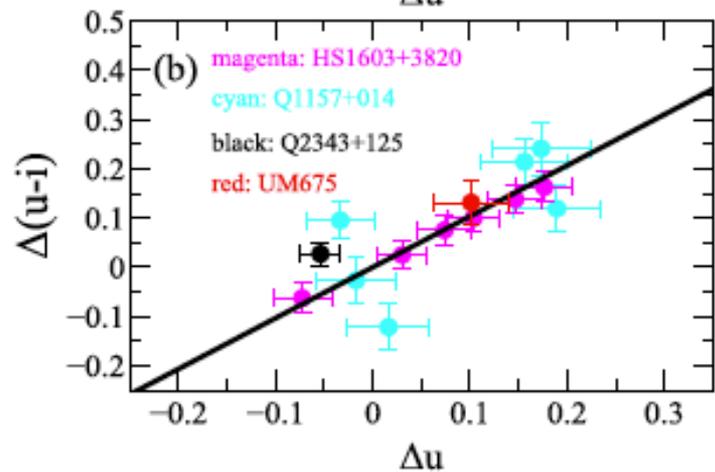
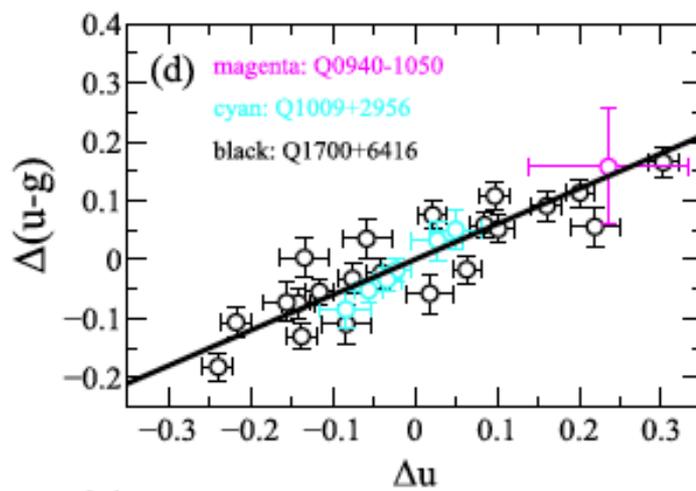
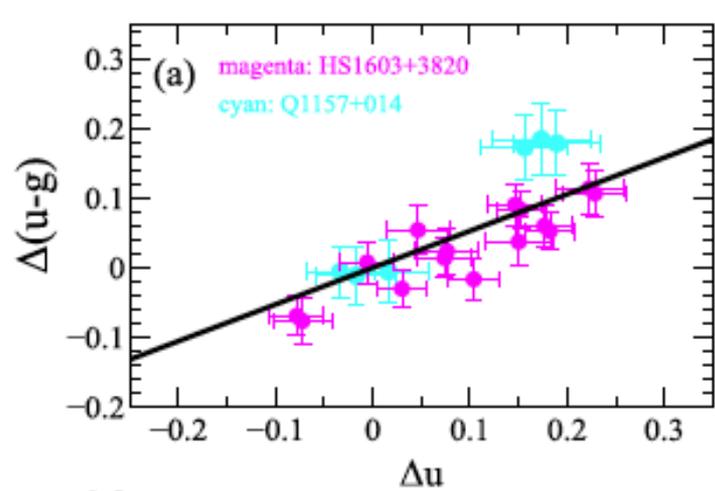
$$S_1(\lambda) = A \exp(-\lambda/\lambda_0) + B$$

- mini-BAL, NALクェーサーも、短波長側の方が光度の変動が大きいという性質を示す (一般のクェーサー同様).

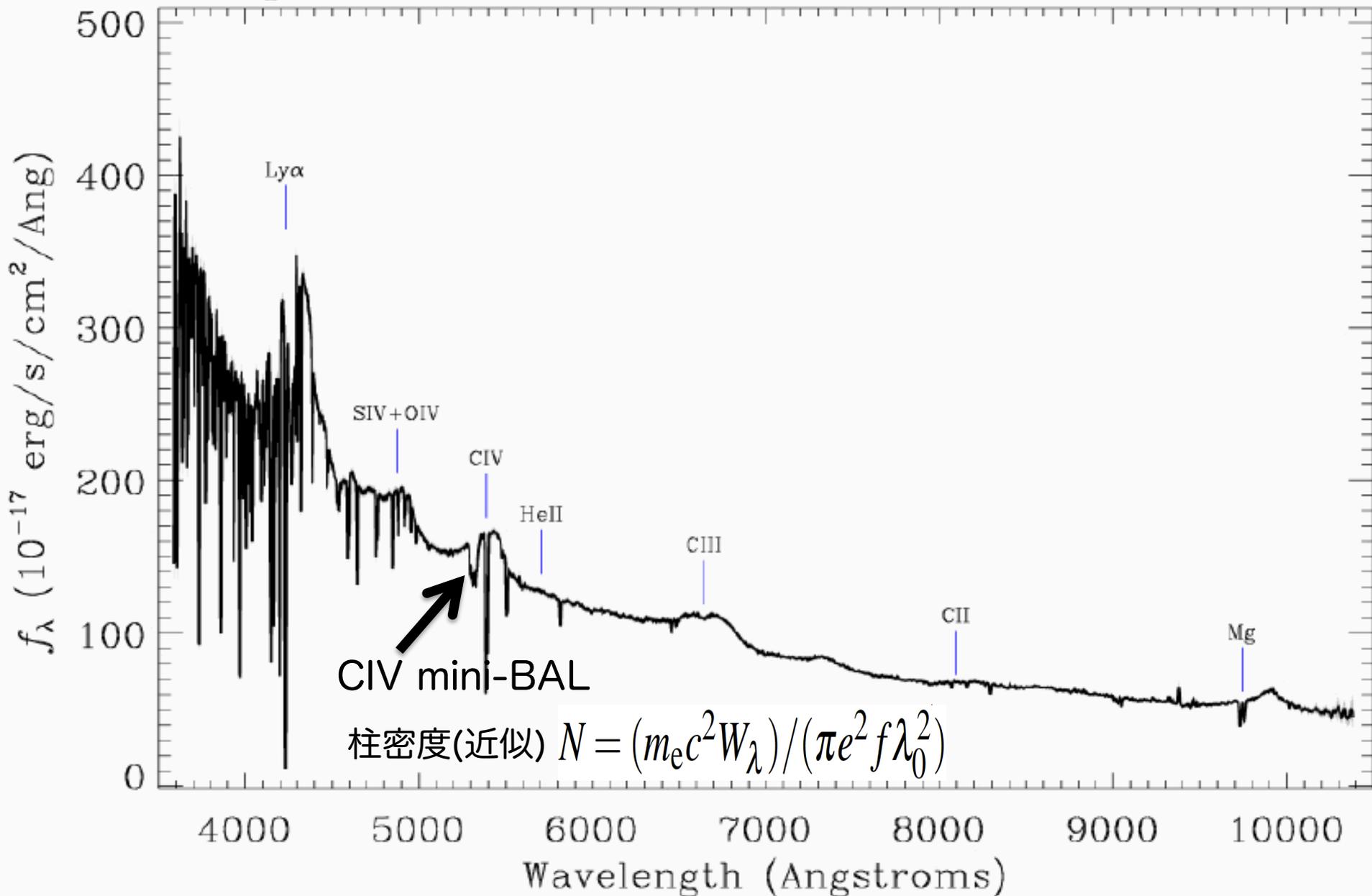


緑実線: 平均観測期
間90days以下のSF.

色変動 - 光度変動 の関係

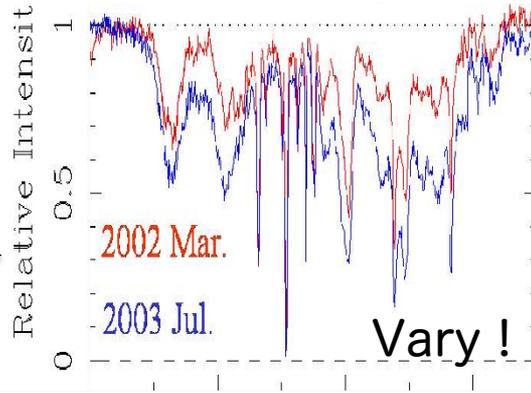
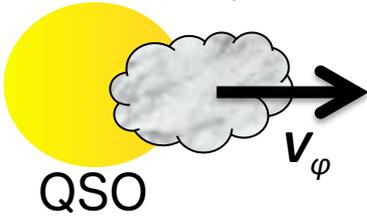


SDSS: HS1603のスペクトル



時間変動の原因は何? : ガスの横断と電離状態の変動

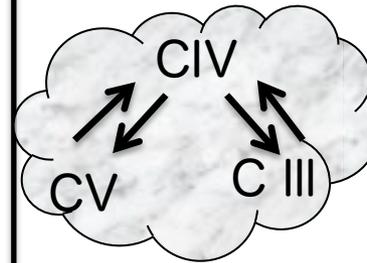
ガスの横断
シナリオ



アウトフローの一部がQSO-視線間からそれることによって吸収線が変動

Misawa et al. (2007)では**否定的**
(理由: mini-BAL中の、異なる速度成分をもつ複数のガスが一斉に変動!!)

電離状態変動シナリオ

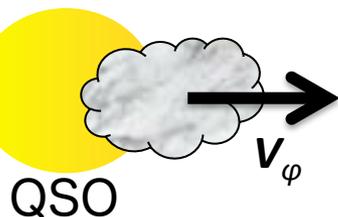


アウトフローの電離状態が変動
→ ガスの存在比が変動
→ 吸収線が変動

電離状態の変動はBALでは賛否が分かれている
→ mini-BAL(とNAL)クエーサーが本研究のターゲット!!

	ガスの視線上の横断が有力	電離状態の変動が有力
BAL	Capellupo et al. (2012, 2014), Gibson et al. (2008), Wildy et al. (2014), etc	Hamann et al.(2011), Trevese et al. (2013), Wang et al. (2015), Grier et al. (2015), etc
mini-BAL	Muzahid et al. (2015) (ただしEUV領域での検証)	本研究で賛否を検証

ガスの横断
シナリオ



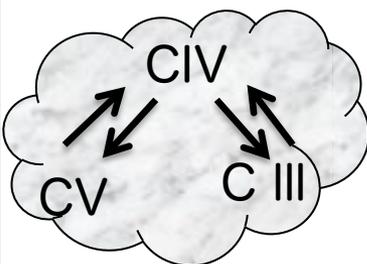
アウトフローの
可能性は低い!!
(Misawa et al. 2007)
吸収線が変動

散乱光の増減シナリオ



偏光をもたらす
可能性は低い!!
(Misawa et al. 2010)
電子による
トムソン散乱
が変動

電離状態変動シナリオ

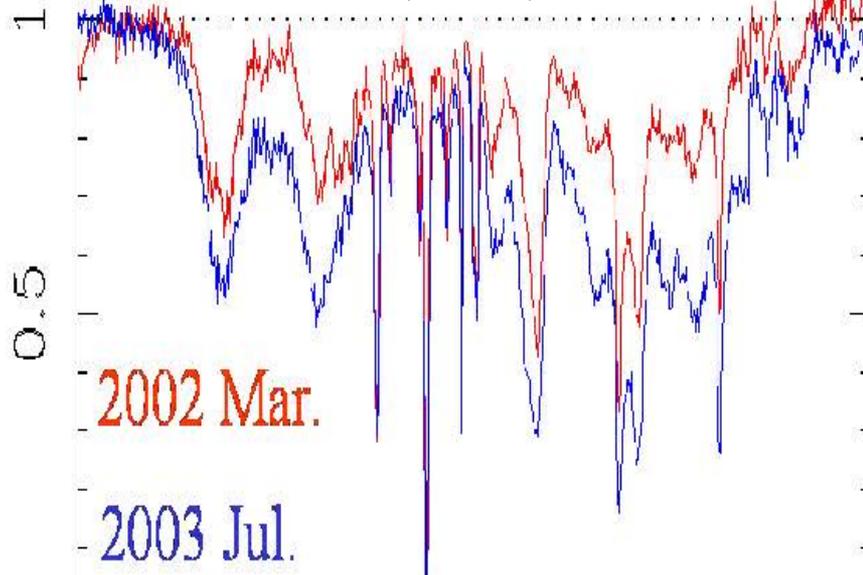


アウトフローの
電離状態が変動
→ ガスの存在比が変動
→ 吸収線が変動

HS1603+3820のCIV mini-BAL

System A

Misawa et al. (2005)

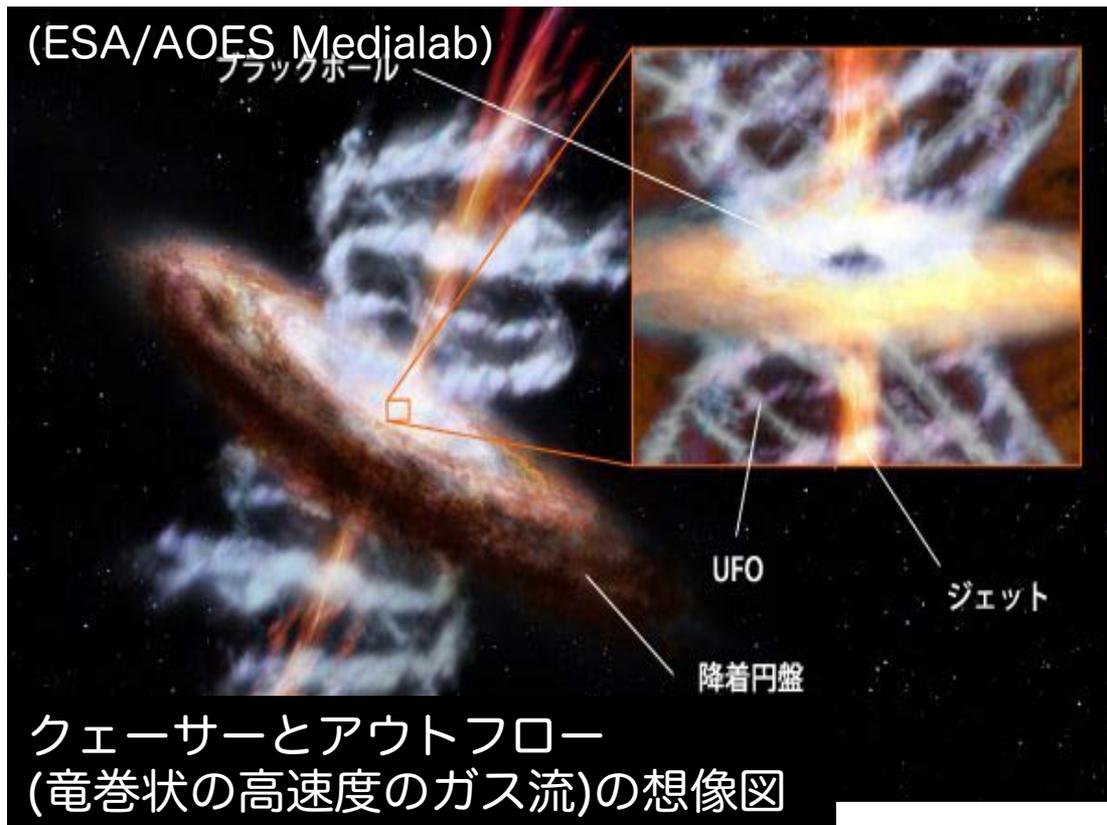


偏光度はわずか0.6%, 増加も無し

5280 5300 5320 5340

BALでは電離状態変動シナリオは
賛否が分かれる

→ mini-BAL(とNAL)クェーサー
が本研究のターゲット!!



アウトフロー放出のメカニズムは**輻射圧** (Proga et al. 2000) + **磁気圧** (Everett 2005) の効果が有力

アウトフローの観測にはクエーサーの吸収線を使う!!

(効果 i) 降着円盤から角運動量を排除し、新たなガスの降着を促進
→ **クエーサーの成長に重要** (Murray et al. 1995, Proga et al. 2000)

(効果 ii) 大量のエネルギー、金属を放出 → **母銀河・銀河間空間の化学進化も促進** (Di Matteo et al. 2005 ; Moll et al. 2007; Dunn et al. 2012)