

複雑な付随吸収線を持つQSOの 測光・分光同時モニタ一観測

国立天文台 水沢VLBI観測所 石垣島天文台
特任研究員 堀内 貴史

- **これまでの情勢**

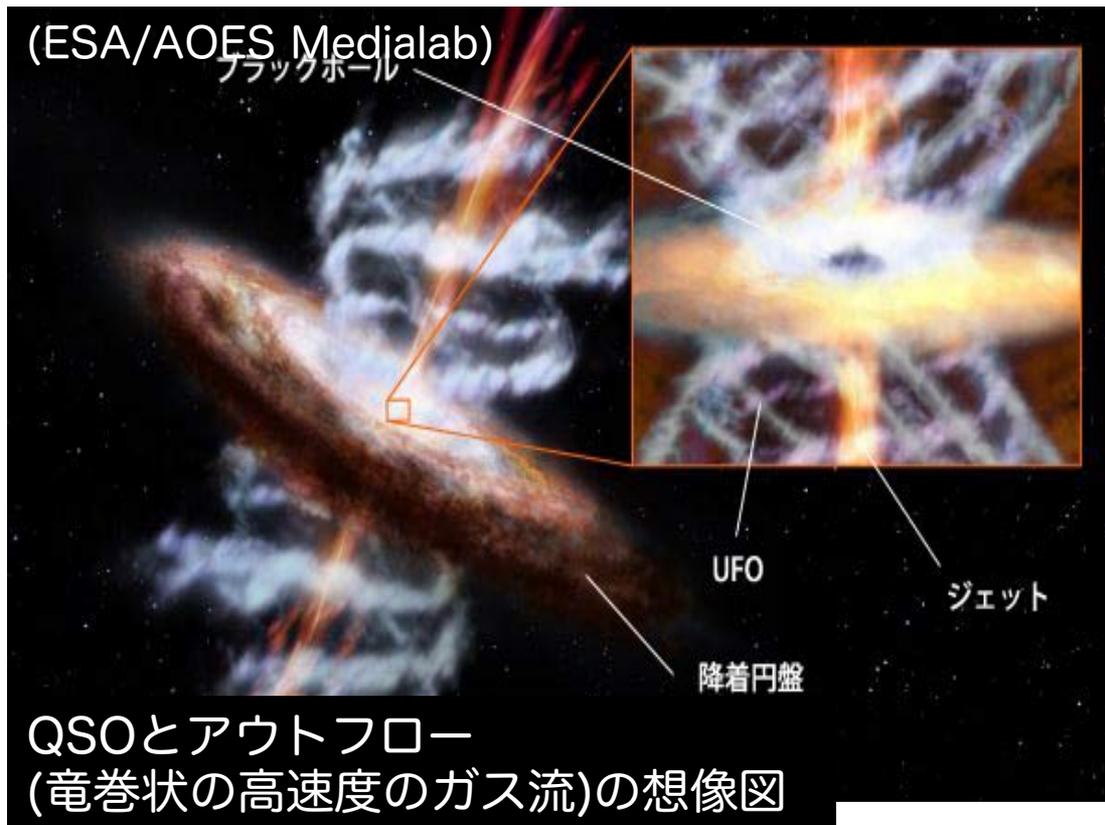
1. クェーサーのアウトフローと時間変動
2. 複雑な吸収線を定義する
3. 研究のモチベーション

- KOOLS-IFUとむりかぶし望遠鏡を用いた観測案

- まとめ・展望



クェーサー(QSO)の構造とアウトフローの重要性 3/14



アウトフローの放出速度は典型的には $\sim 10,000 \text{ km s}^{-1}$

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

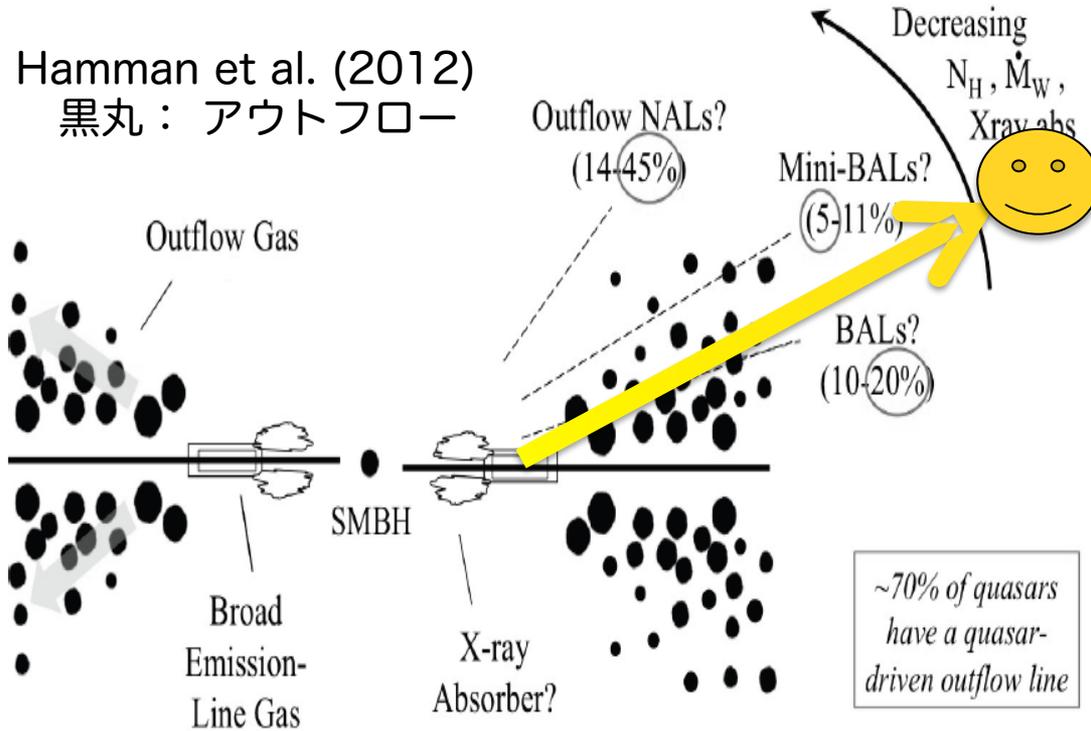
どのようにアウトフローを観測するのか?

(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
→ **クェ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, 重元素を放出 → **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)

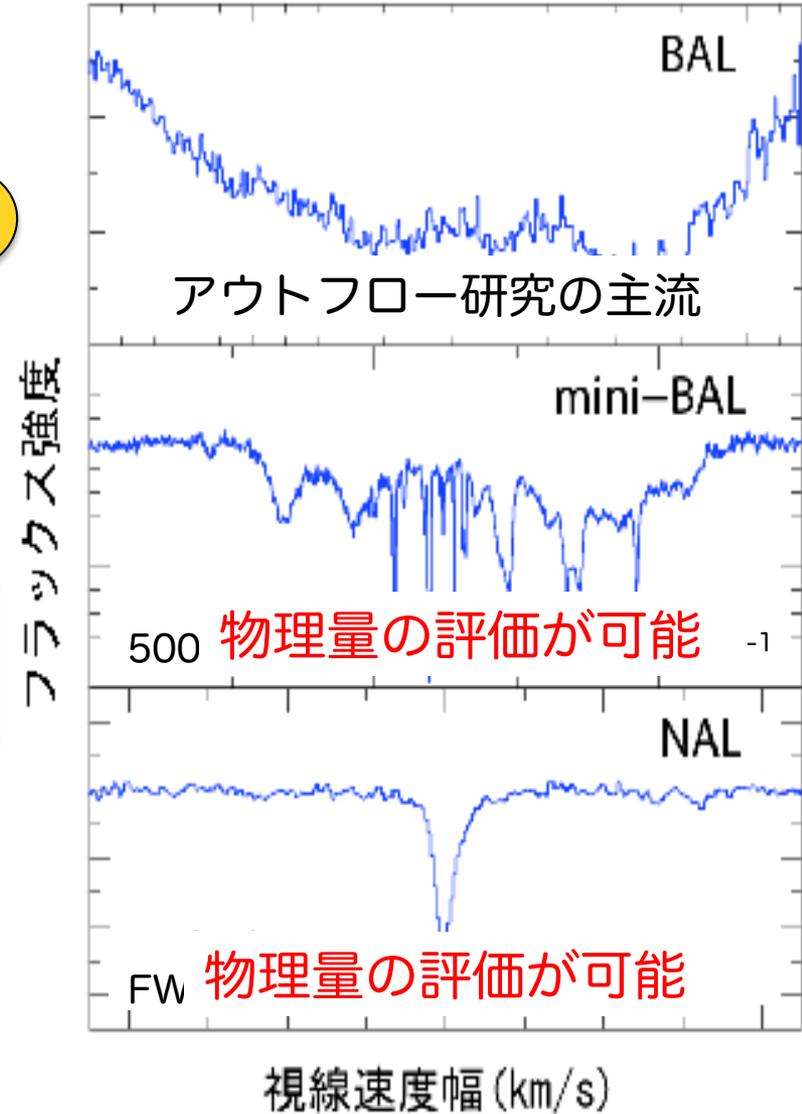
アウトフローの観測: QSOの付随吸収線

Hamman et al. (2012)
 黒丸: アウトフロー

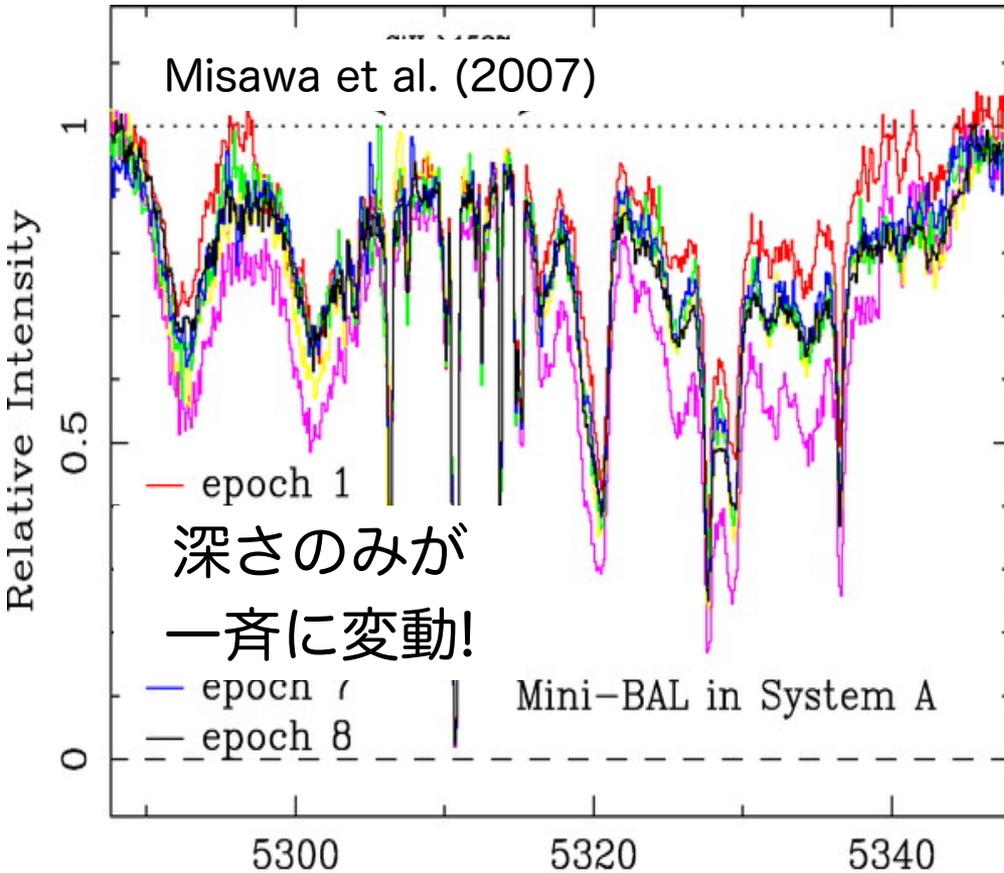


いずれかの種類の吸収線を示すク
 QSOが多い。

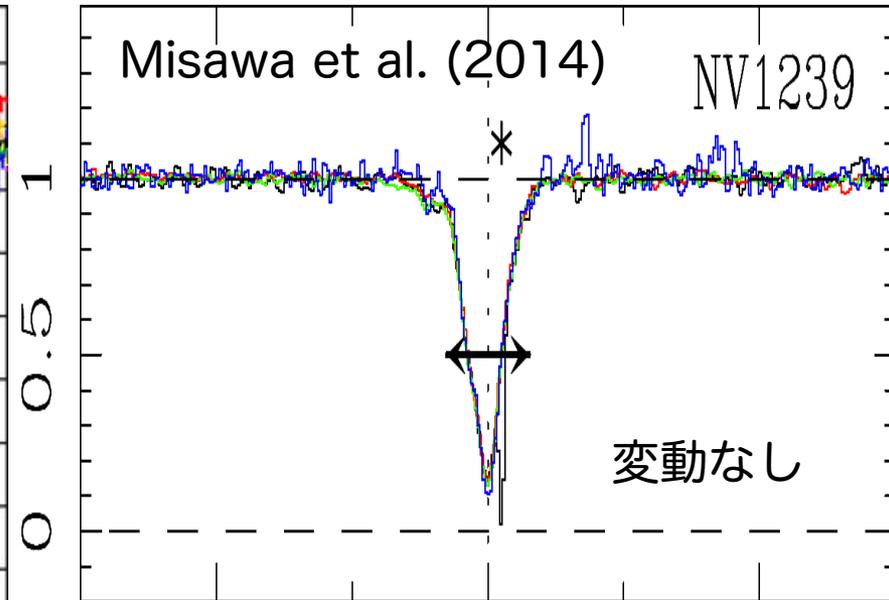
アウトフロー由来の吸収線



HS1603+3820のCIV mini-BAL



Q1009+2956のNV NAL



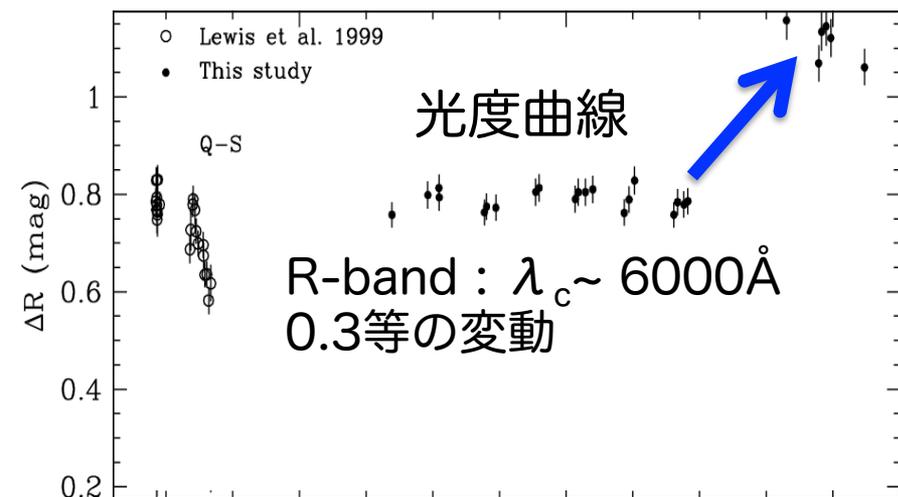
Misawa et al. (2014): mini-BALは変動し、NALは変動を示さなかった。

アウトフローの電離状態の変動が、時間変動の起源として有力な説 (e.g. Trevese et al. 2013, Grier et al. 2015, Horiuchi et al. 2016)

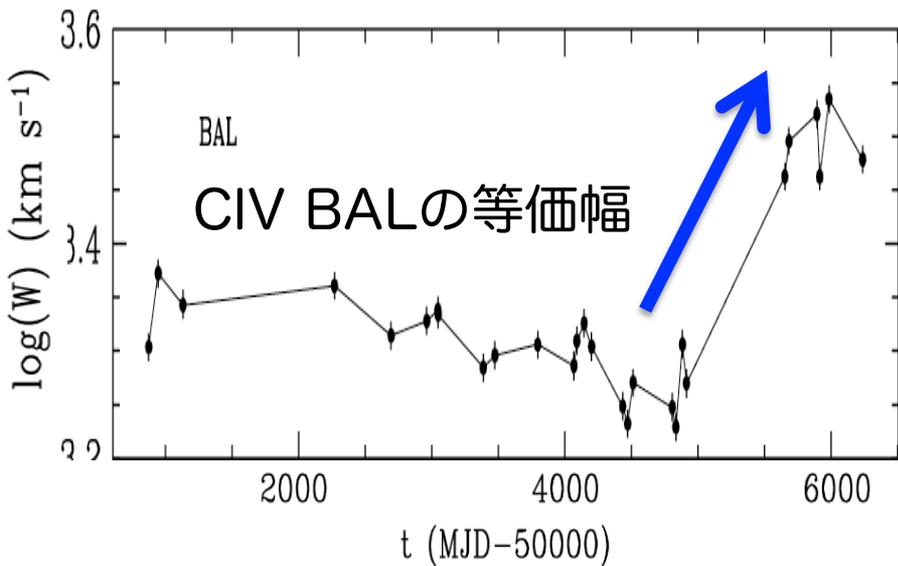
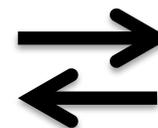
有力な説: 電離状態の変動

6/14

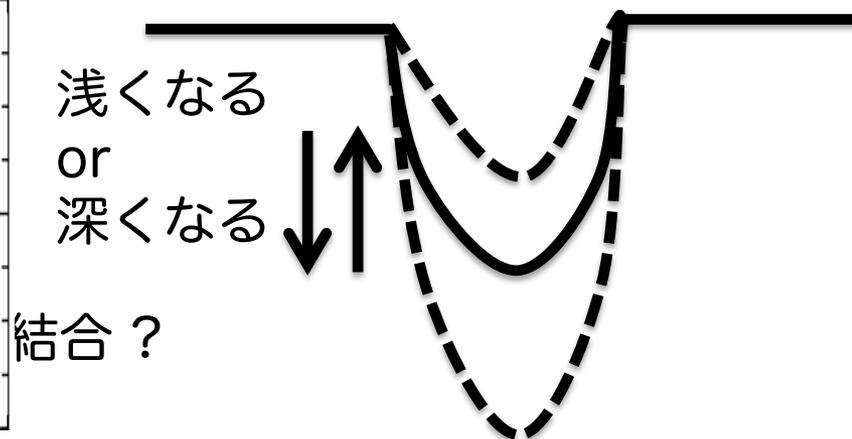
- Trevese et al. (2013): BAL
QSO: APM 08279+5255



光度変動



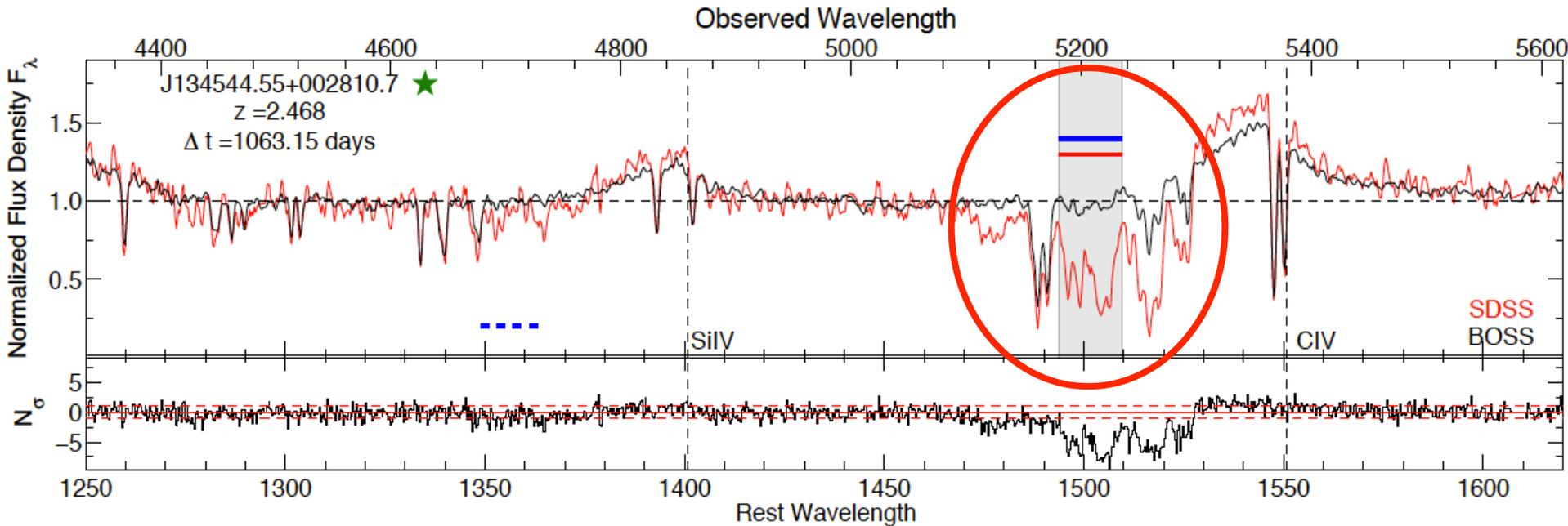
アウトフロー
由来の吸収線



複雑な付随吸収線を定義する

7/14

ごく稀に BAL, mini-BAL, NALの全ての線種を有するQSOが存在する。

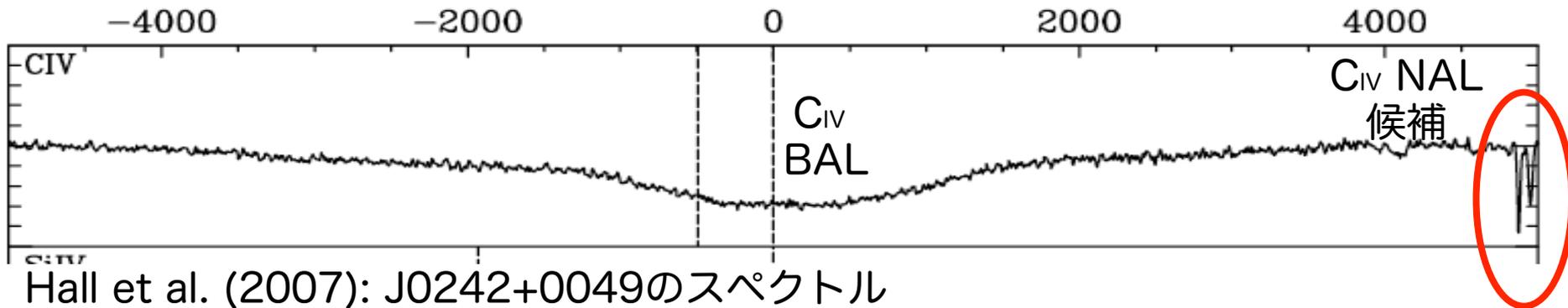


Filiz AK et al. (2012) : J134544+002810.7 (赤枠内に複数の吸収線)

他にもBALとNAL, mini-BALとNALのように複数の付随吸収線を持つQSOも存在

→ ここではスペクトル上にある複数種の付随吸収線の一群を**複雑な付随吸収線(complex intrinsic absorption lines; CIAIs)**と定義する。

- CIALはそもそもサンプル数が少ないので、時間変動の様子は詳しく調べられていないが、その時間変動の様子を調べることによって複雑なアウトフローの構造や位置関係に制限を加えることができる。
- 光度変動がアウトフローの電離状態に変化を与えているか否かも調査する(再結合or光電離?)ことで、CIALと光度変動との関連も考察できる。



目的: 複数の期間にわたるCIALとQSO光度の時間変動傾向の調査

- ・ガス密度 n_e の推定

$$n_e \geq (\alpha_r t_{var})^{-1}$$

α_r : 再結合係数, t_{var} : 再結合時間の上限値

- ・電離パラメータ U によるQSO中心からのアウトフローの距離 R の上限値(<数kpc?)の推定

$$U = \frac{1}{4\pi R^2 n_{\text{H}} c} \int_0^{\lambda_{\text{LL}}} \frac{\lambda L_\lambda}{hc} d\lambda$$

U は CIV や SiIV などのイオンの存在比から推定. 単位時間での水素の電離光子数(積分部分)は典型的なSED(e.g. Richards et al. 2006)を仮定し計算.

- ・CIALが一斉に変動 \rightarrow BAL, NALなどをつくるガスが視線上で同じような位置に存在する可能性を示唆(ただし複数回観測).
- ・CIALが部分的に変動 \rightarrow ガスが視線上で異なる位置に存在する可能性

- これまでの情勢
 1. QSOのアウトフローと時間変動
 2. 複雑な吸収線を定義する
 3. 研究のモチベーション

- KOOLS-IFUとむりかぶし望遠鏡を用いた観測案

- まとめ・展望



同時モニタ一観測による時間変動傾向の調査 11/14

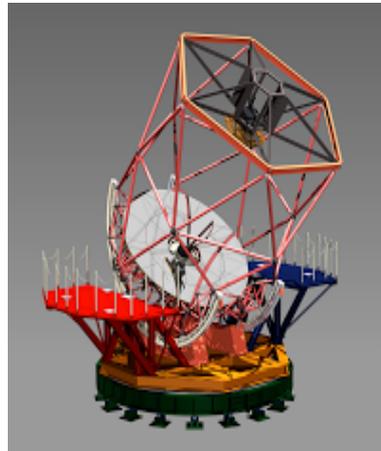
測光モニタ一観測
filter: g' , Rc , Ic



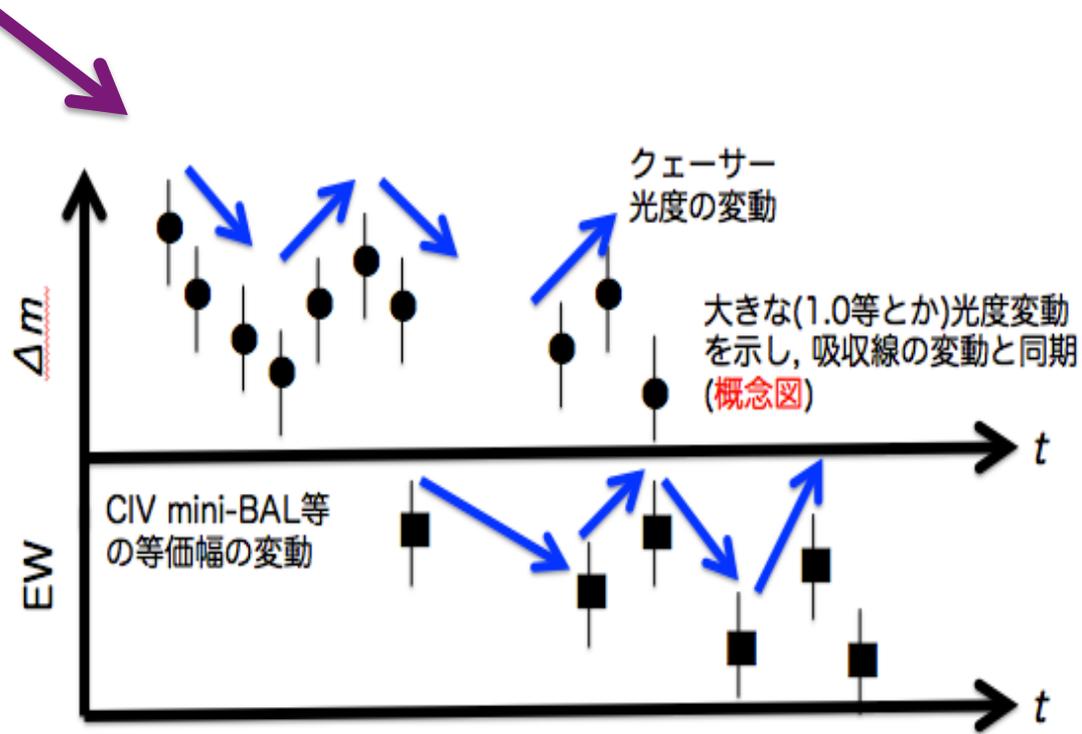
むりかぶし望遠鏡

CIAL
クエーサー

分光モニタ一観測



3.8m望遠鏡



CIALクエーサーの可視測光・分光同時モニタ一観測を
1-2年にわたり実施したい。

KOOLS-IFUでの観測案

- KOOLS-IFUでの観測: むりかぶしで撮像しているQSOに対して分光観測を行い, CIALの変動を調査.
- QSOのday scaleでの大きな光度変動は非常に稀かつ, 光度変動と吸収線の変動にはタイムラグがあるので, 基本的に即時分光でなくて良い.

○ 分解能 $R > 1,000$ での観測によって吸収線の等価幅を評価する. グリズムはVPH495を使用.

○ 18等のQSOで $1200s \times 10$ 積分で $S/N \sim 30$ は達成できるため吸収線解析は可能.
(Exposure time calculatorより)
点源なのでローテーターなしでok?(高度に依存)

○ 観測頻度は2-3ヶ月に1度 (期間1-2年)



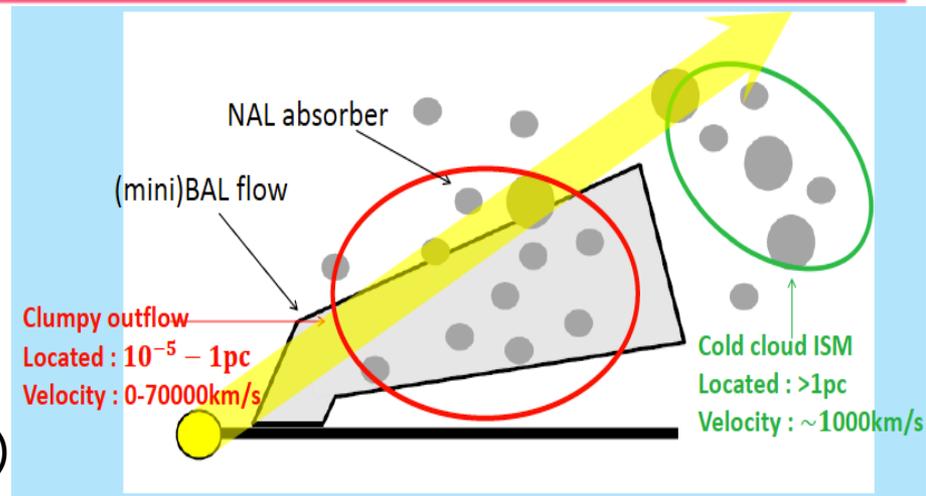
ターゲットの例

13/14

VPH495で観測可能な波長域(4160-6000Å)においてSiIV, CIVの検出される $2.0 < z < 3.0$ のサンプルを用いる.

ターゲットQSO	赤方偏移 z	視等級, 吸収線の特徴
J134544.55+002810.7	2.468	V=18.65, BAL, mini-BALの消失を確認. NALが残る(Filiz AK et al. 2012)
Q1157+014	2.00	V=17.7, BAL, mini-BALとNALをもつ
J0242+0049	2.06	$g=18.7$, BAL, mini-BALとNALをもつ.
J1215-0034	2.71	$g=17.5$ BAL, NALをもつ.

赤枠のNALは信州大学 伊東 大輔君調べ
(掩蔽率解析[e.g. Misawa et al. 2007a])



- 数カ月の頻度でCIALの測光・分光同時モニター観測を行いた(期間は1-2年). それによりアウトフローの複雑な構造を詳細に調査.

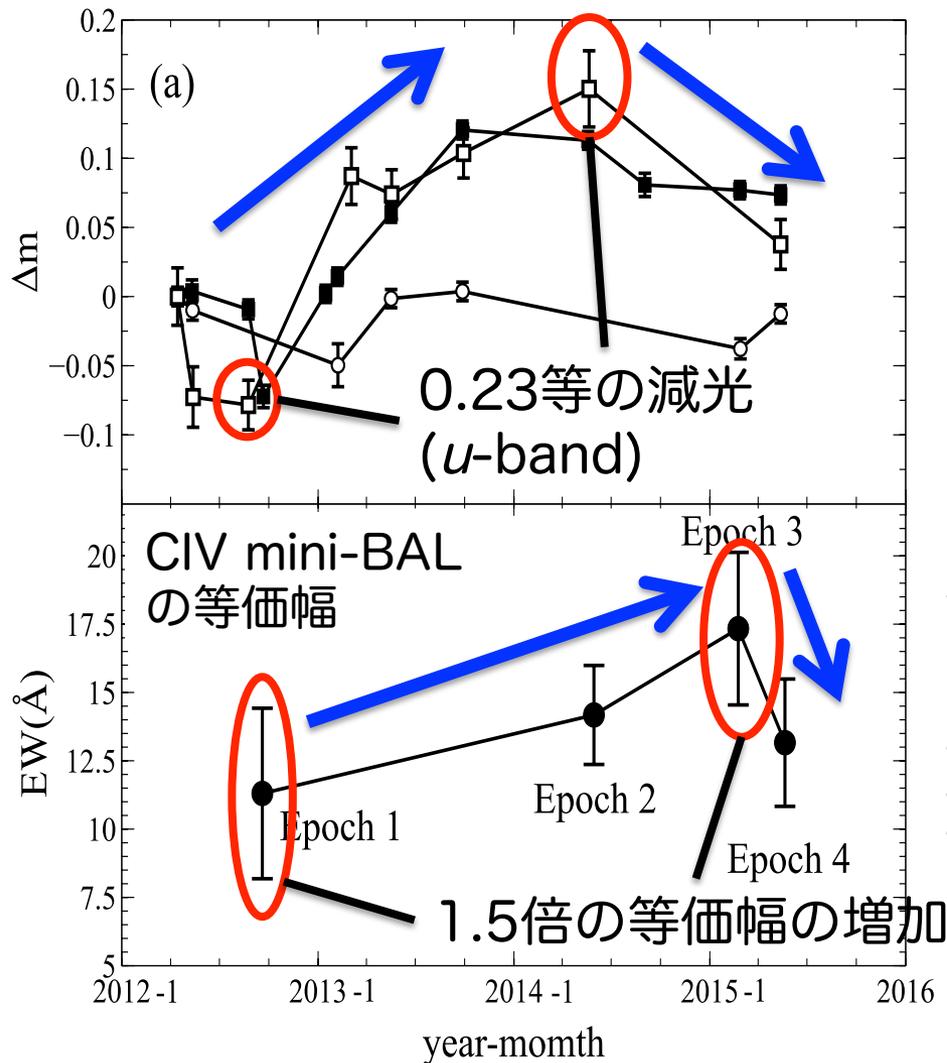
再結合でCIALが変動したと仮定して

- CIALが一斉に変動 → BAL, NALなどをつくるガスが視線上で同じような位置に存在する可能性を示唆.
- CIALが部分的に変動 → ガスが視線上で異なる位置に存在する可能性

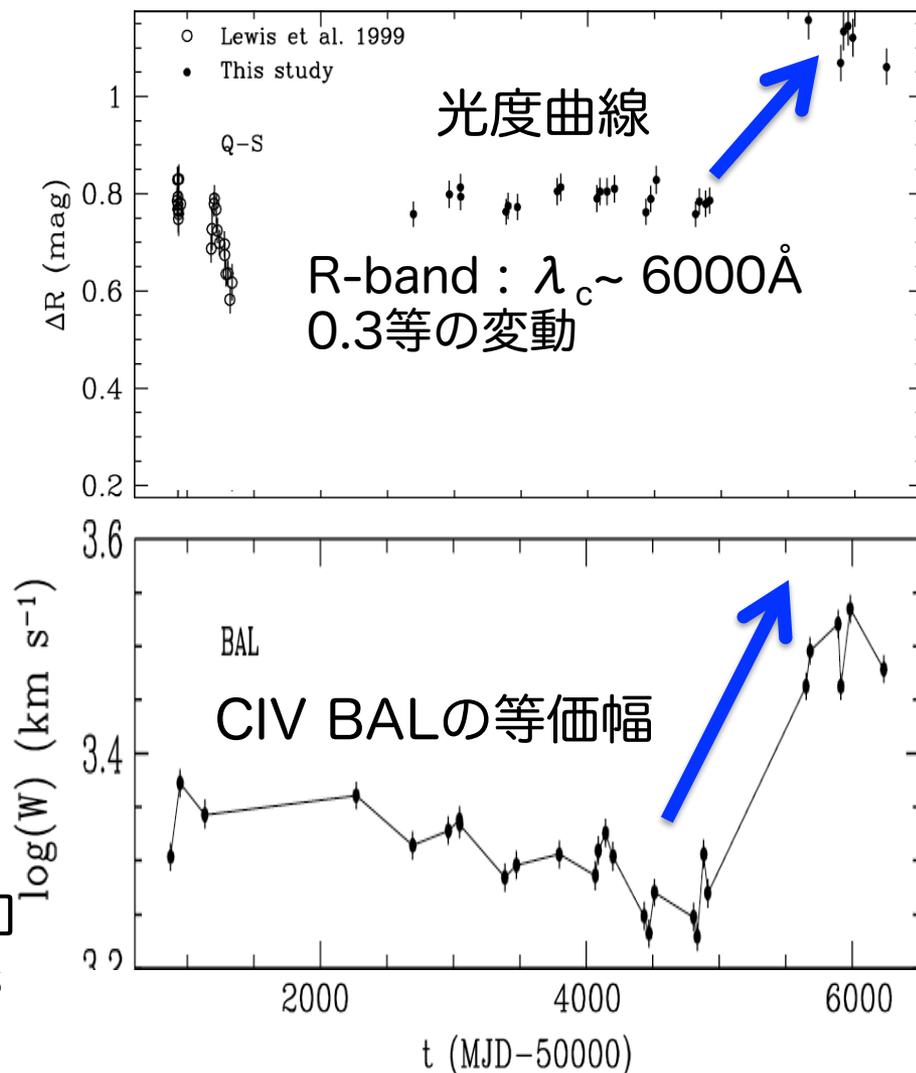
- ターゲットQSOの等級は17.5-18.5程度, グリズムはVPH495を用いて, S/N~30を目標に分光観測.

VISシナリオを支持する先行研究との比較

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



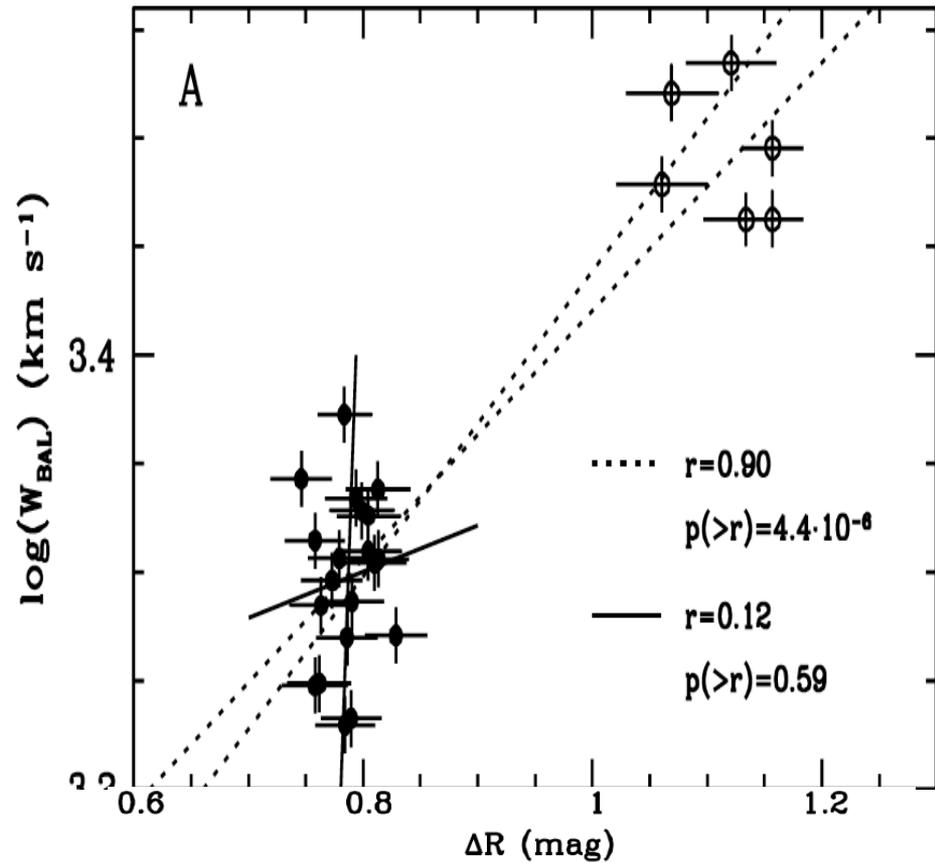
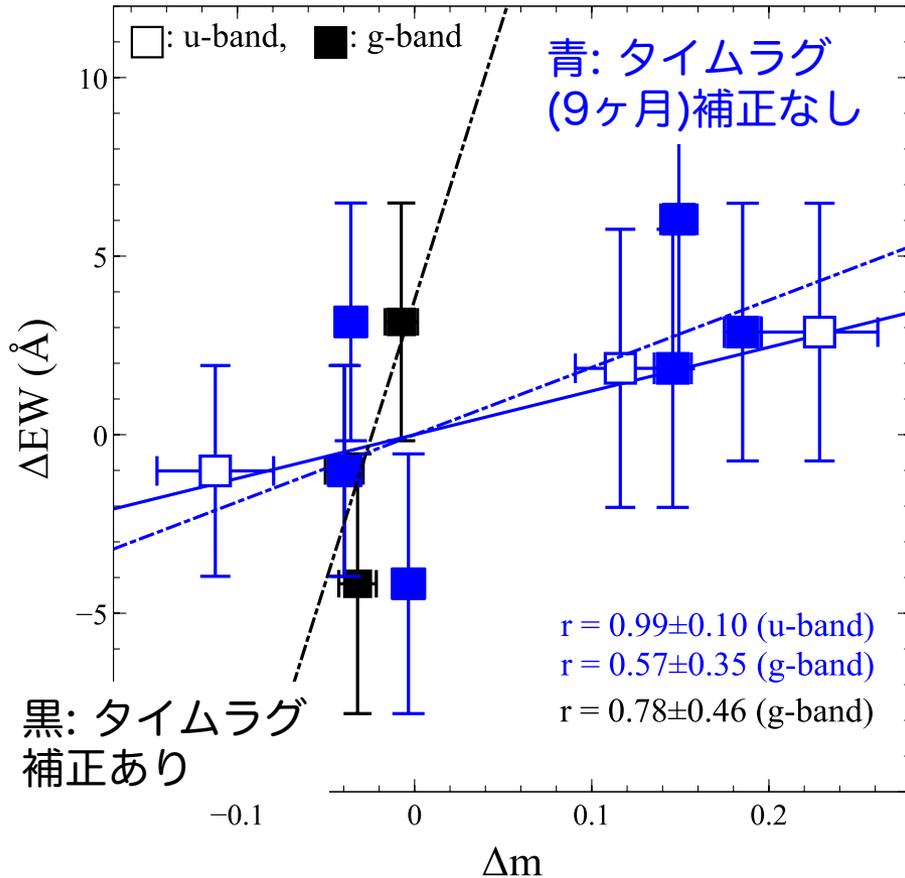
Trevese et al. (2013): **BAL**
 QSO: APM 08279+5255



光度-等価幅分布における比較

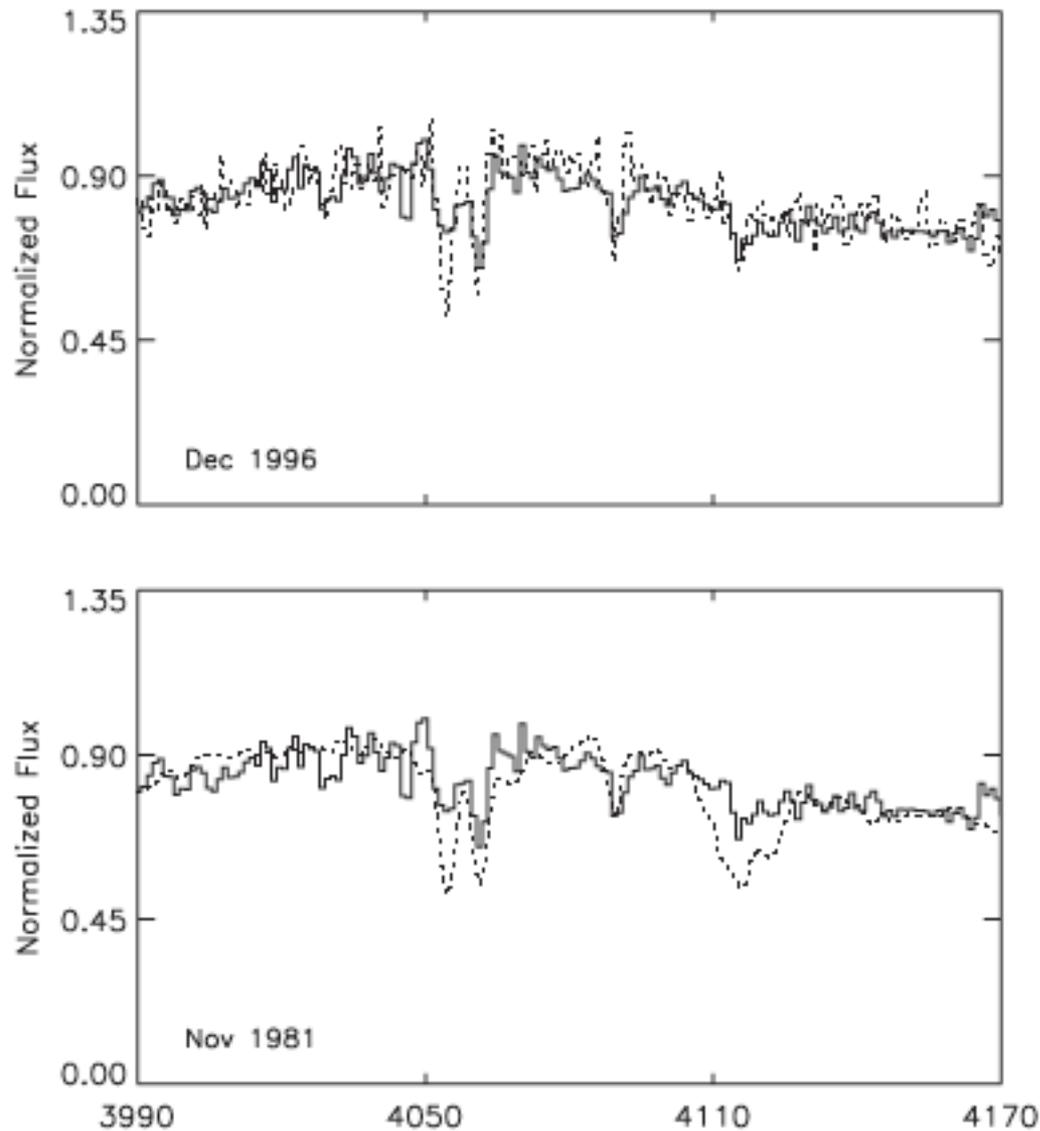
APM 08279における ΔR -EW分布 (Trevese et al. 2013)

HS1603における Δm - ΔEW 分布



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

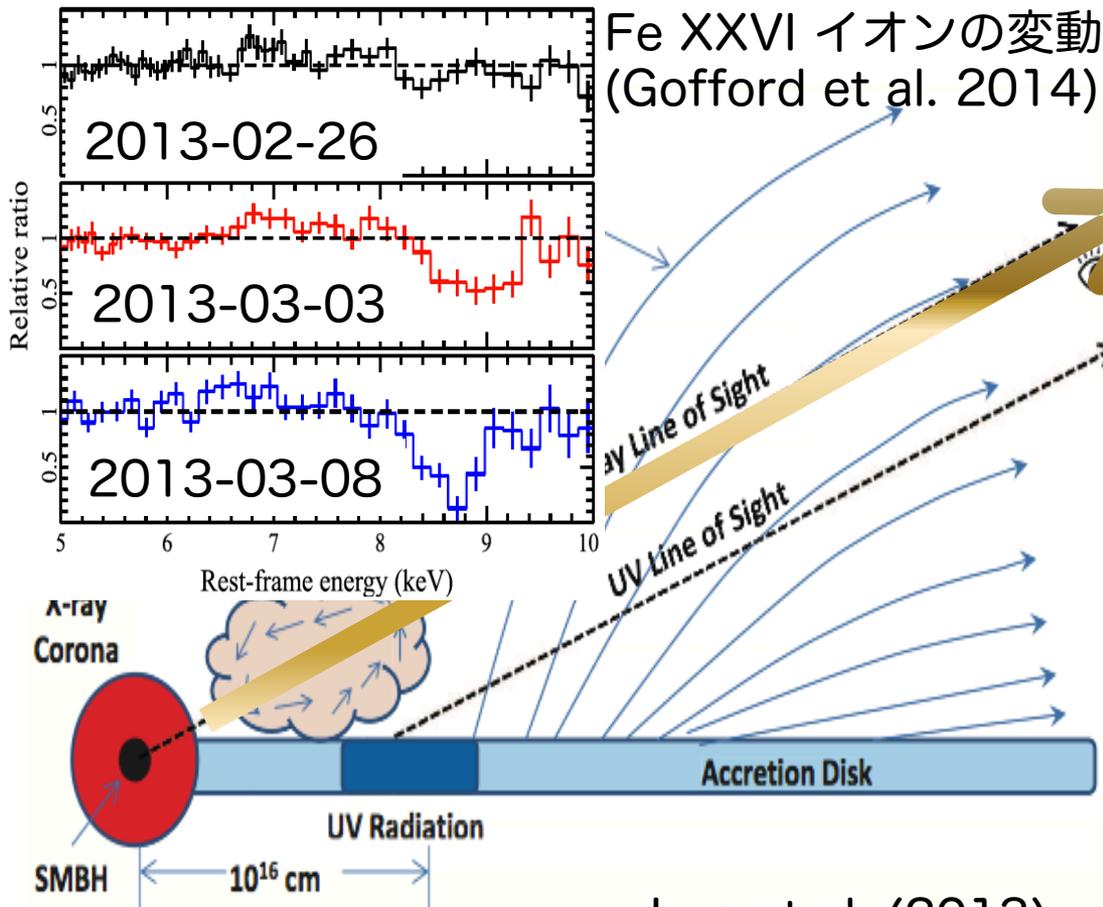
Q0151+048,
R~1800



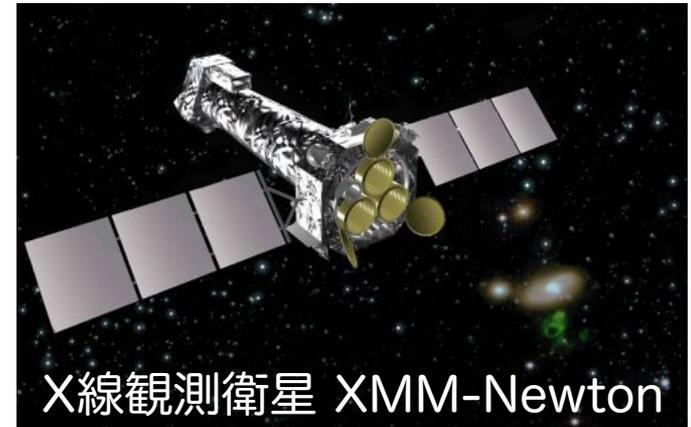
- mini-BALをもつクエーサーのNALに変動が確認された。
(Narayanan et al. 2004).

展望: VISシナリオの補助機構の検証

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線同時モニター観測で検証予定



Luo et al. (2013)