

クエーサー静止系紫外-可視域スペクトル中 の 変光成分と偏光成分の関係

共同利用観測P0023 モニタリング観測

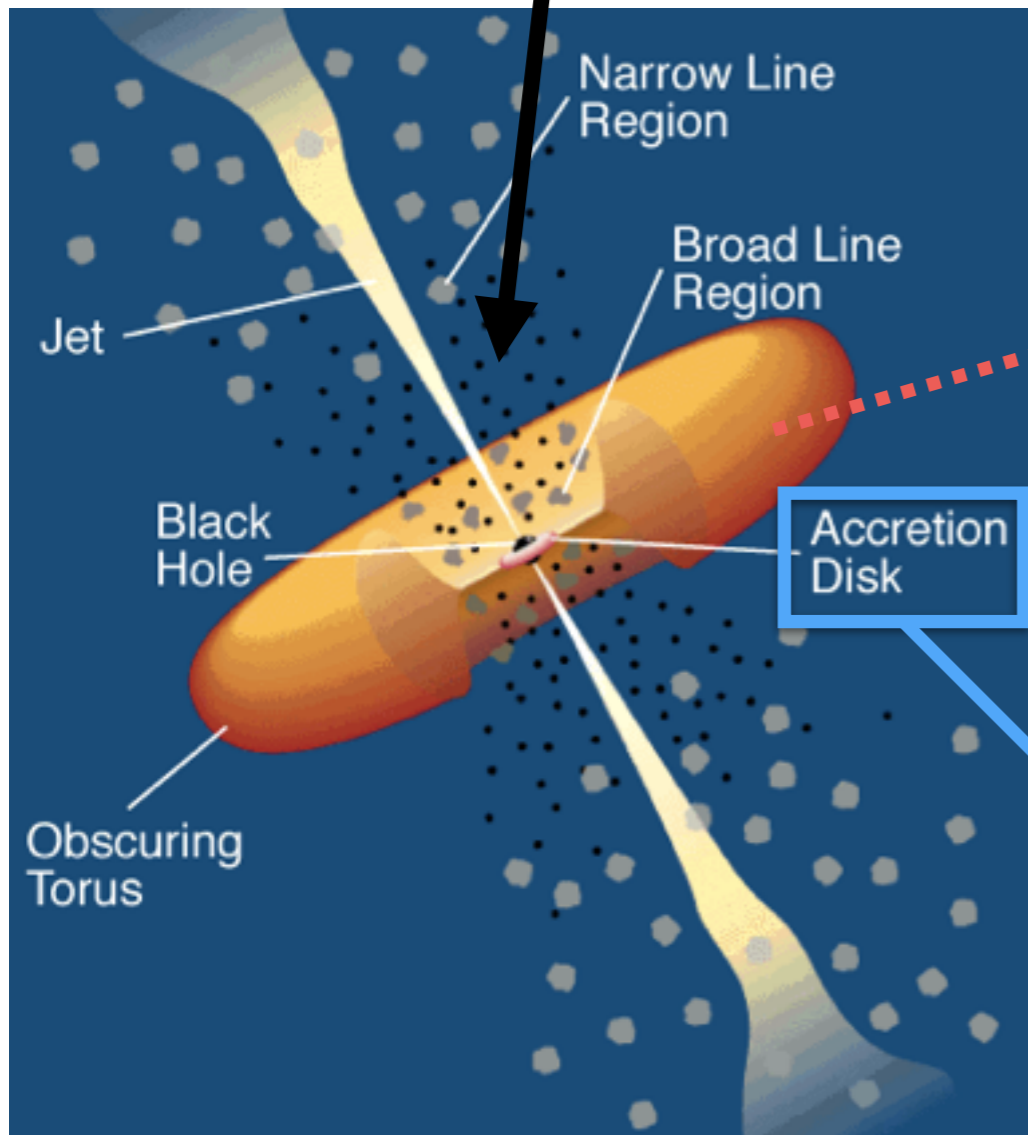
小久保 充 (東京大学 D3)

Kokubo 2016, PASJ, in press
arXiv: 1604.04626

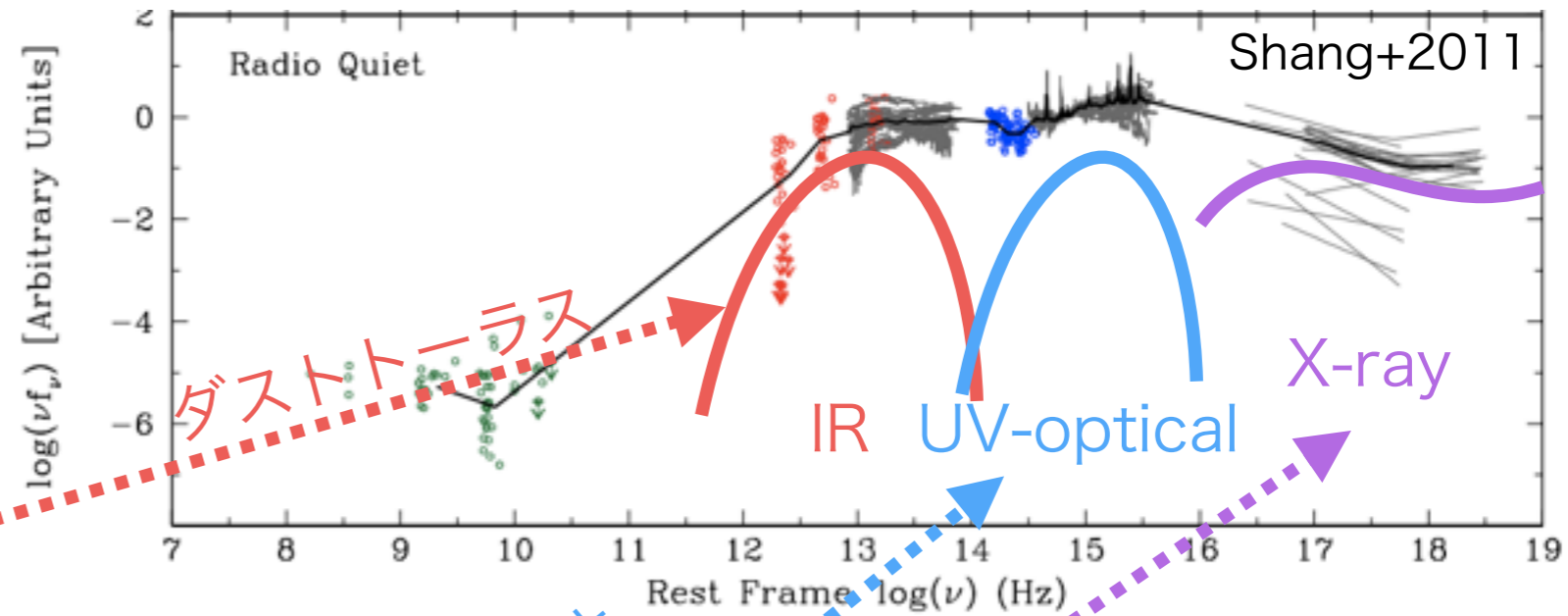
内容

- ・ クエーサー可視紫外域の光度変動および偏光.
- ・ 本観測の動機.
- ・ KWFC観測内容、解析
- ・ 得られた結果
- ・ これからの観測計画

クエーサーの可視光放射



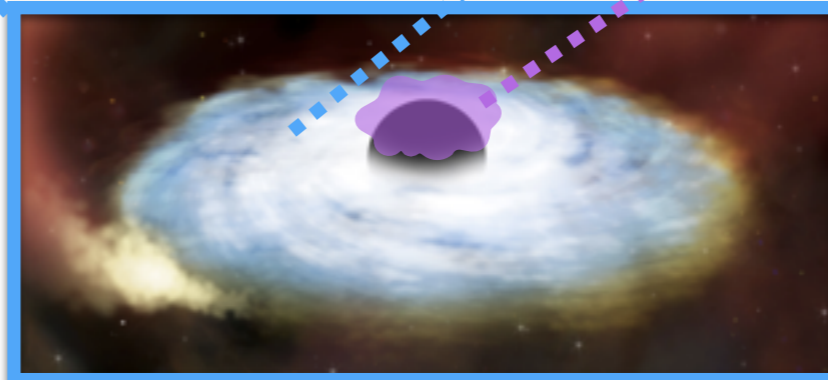
Urry & Padovani 1995



ダストトローラス

BH降着円盤+
母銀河放射

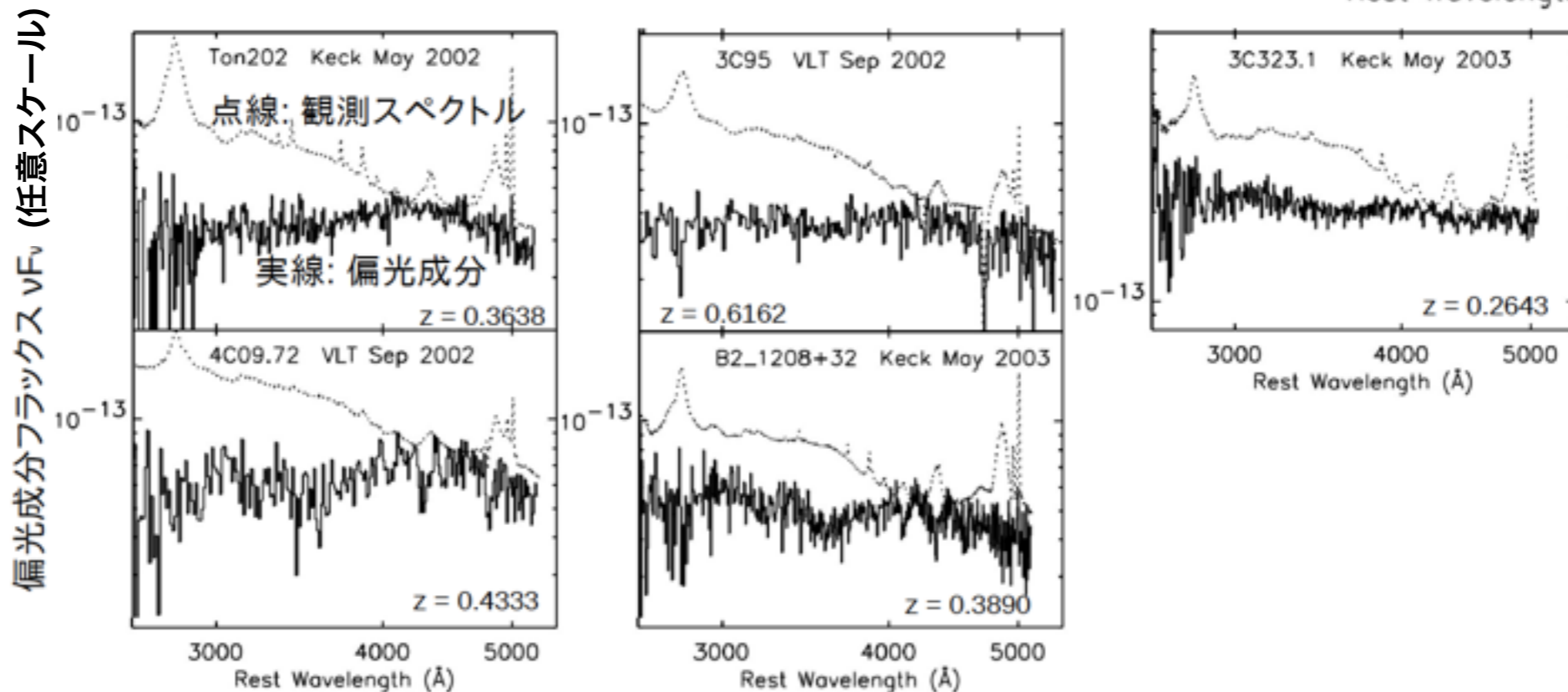
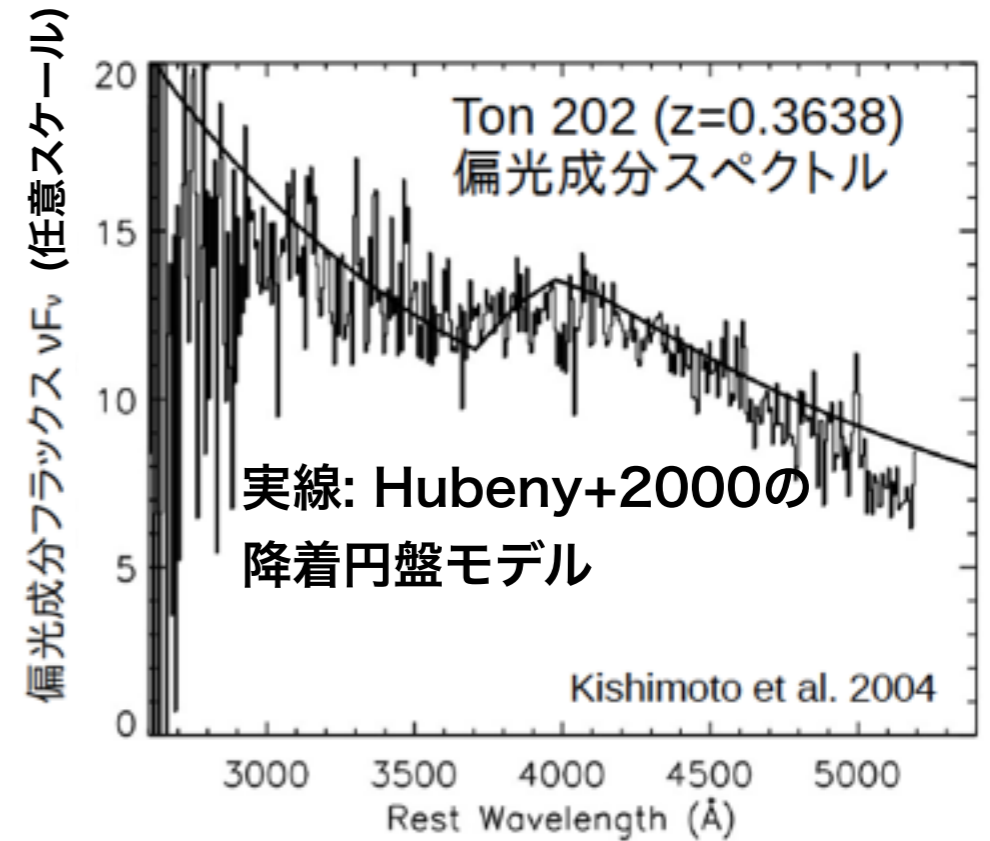
X線コロナ



可視光観測スペクトルは
降着円盤放射+母銀河放射
→ クエーサー降着円盤
モデルの不定性

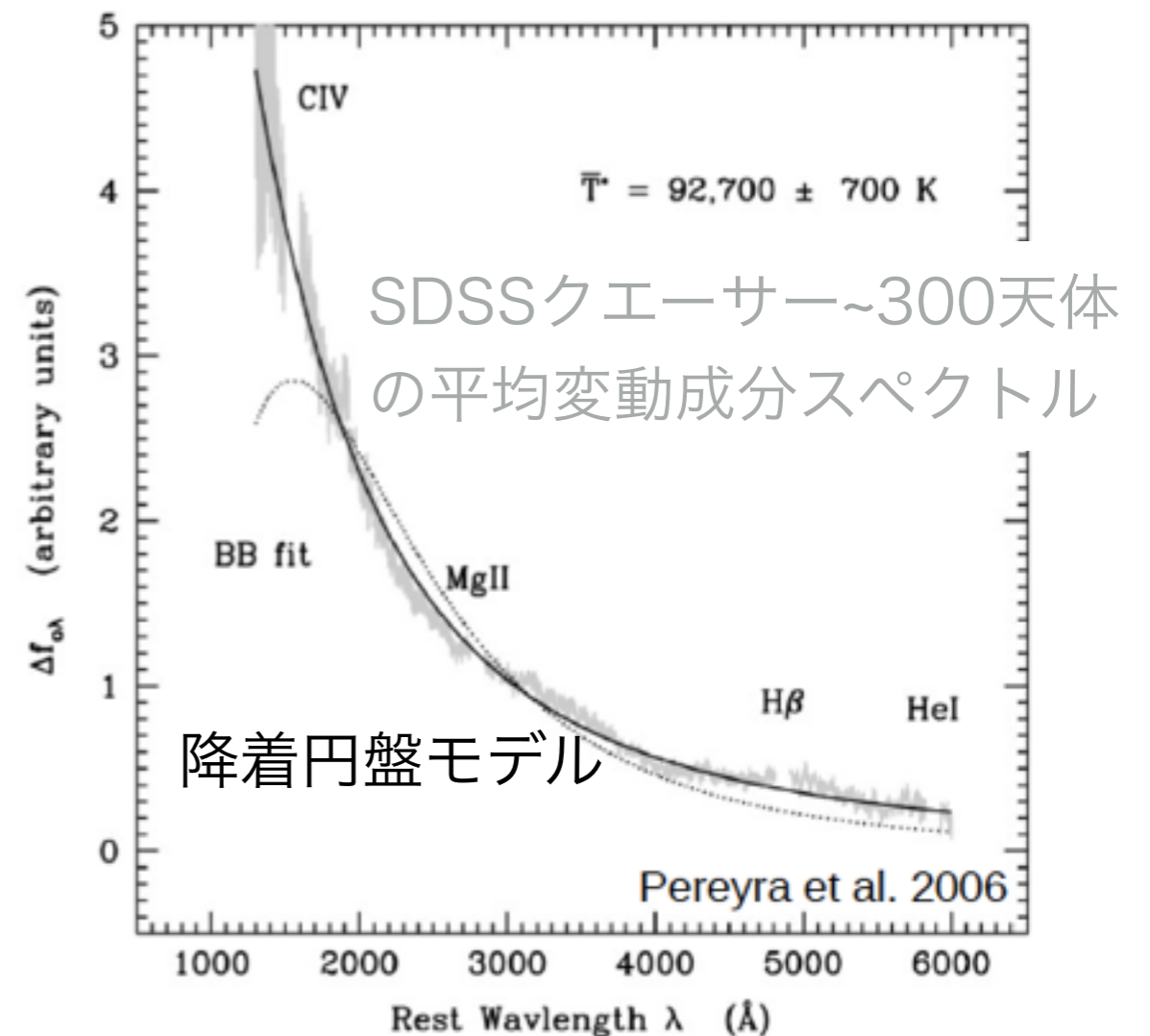
クエーサーの可視光偏光 (偏光度 ~ 1%)

- Kishimoto et al. 2004による偏光分光サーベイ
 → 明るいクエーサーの中には、輝線成分が無偏光で、連続光のみが偏光しているものが存在することが分かった (Kishimoto et al. では 5天体/14天体)。
- 解釈: 観測される偏光成分スペクトルは降着円盤の連続光放射がトムソン散乱されたものである。すなわち、偏光成分スペクトル形は (母銀河/輝線放射を排除した)降着円盤放射スペクトル形のコピーになる (e.g., Smith+2005)。



クエーサー可視光の変光

- クエーサーの降着円盤連続光は光度変動を示す.
- 中心核領域からの輝線放射の光度も変動するが、連続光振幅の $< 30\%$ (Wilhite et al. 2004)
- 変光成分スペクトル形状は、母銀河/輝線放射の下に隠れた降着円盤そのもののスペクトル形状を反映するだろう (e.g., Pereyra+2006, Schmidt+2012, Kokubo+2014).



本観測の動機

- ・ これまでの理解によると、偏光成分スペクトルも変光成分スペクトルも、クエーサー降着円盤そのものの放射スペクトル形状を反映する。
つまり、これまでの理解が正しければ、両者のスペクトル形状は一致していなければならない。
← これまで、観測的に確かめられていない
- ・ Kishimoto et al. 2004によって偏光成分スペクトルが観測されているクエーサー5天体について、**変光成分スペクトル**を取得し、偏光成分スペクトルと変光成分スペクトルのconsistencyを調べた。

KWFCモニタリング観測

Kishimoto et al. 2004の偏光分光クエーサーサンプル5天体

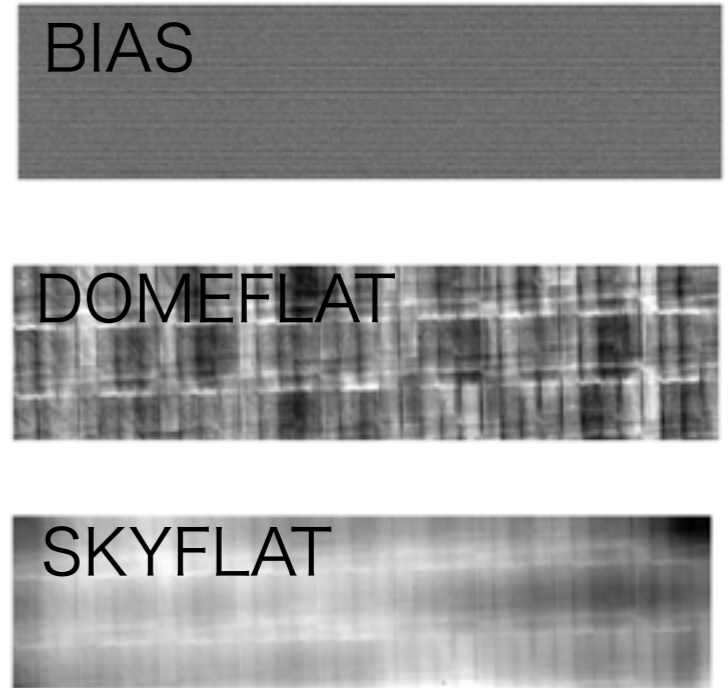
Object	R.A.	Dec.	Redshift	r-band減光 Ar [mag]	V等級 [SIMBAD]	偏光度P[%] (4000–4731Å)	木曾visibility
3C95	03:51:28.5	-14:29:09	0.6162	0.18	~16.2	1.17±0.02	9月-2月
B2 1208+32	12:10:37.6	+31:57:06	0.3890	0.05	~16.7	1.41±0.01	12月-7月
Ton202	14:27:35.6	+26:32:15	0.3638	0.05	~16.0	2.11±0.01	1月-8月
3C323.1	15:47:43.5	+20:52:17	0.2643	0.12	~16.7	1.37±0.01	1月-8月
4C09.72	23:11:17.7	+10:08:15	0.4333	0.12	~16.0	1.33±0.01	7月-1月

*ただし3C95については未解析 (SDSS field外)

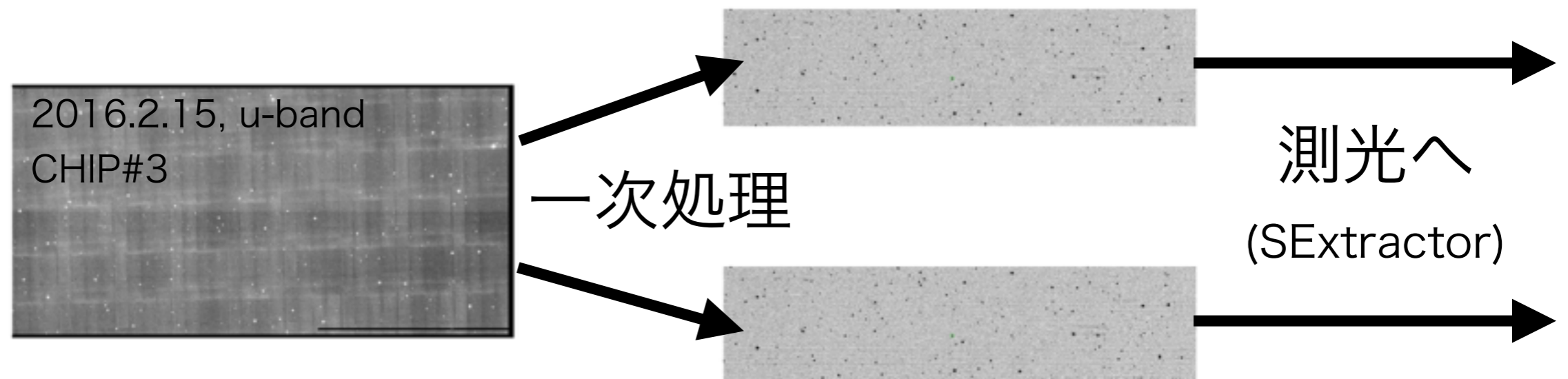
- ・ 観測バンド: u, g, r, i, z (SDSS field starsを用いた測光較正)
- ・ 露出時間 : g, r, iは60秒 x 4 dithering
u, zは120秒 x 4 dithering ($\Delta m \sim 0.01$ 等/1 epoch)
- ・ 観測モード: 2x2bin, MIT 4chip読み出し (時間節約)
- ・ 観測頻度 : 3週間に1回程度 (強い要求なし), 5バンド同時
- ・ 観測期間 : 2015年4月から2016年2月 (Kokubo 2016)

KWFCデータの一次処理

- ・ ターゲットはCHIP#3に導入した.
- ・ CHIP#3の、上下半分ずつの画像(1アンプ)解析
- ・ Overscan (各画像), Bias (各観測日)
- ・ Dome-flat (各観測日) for ピクセル感度フラット
- ・ Sky-flat (全天体画像) for 大域感度フラット

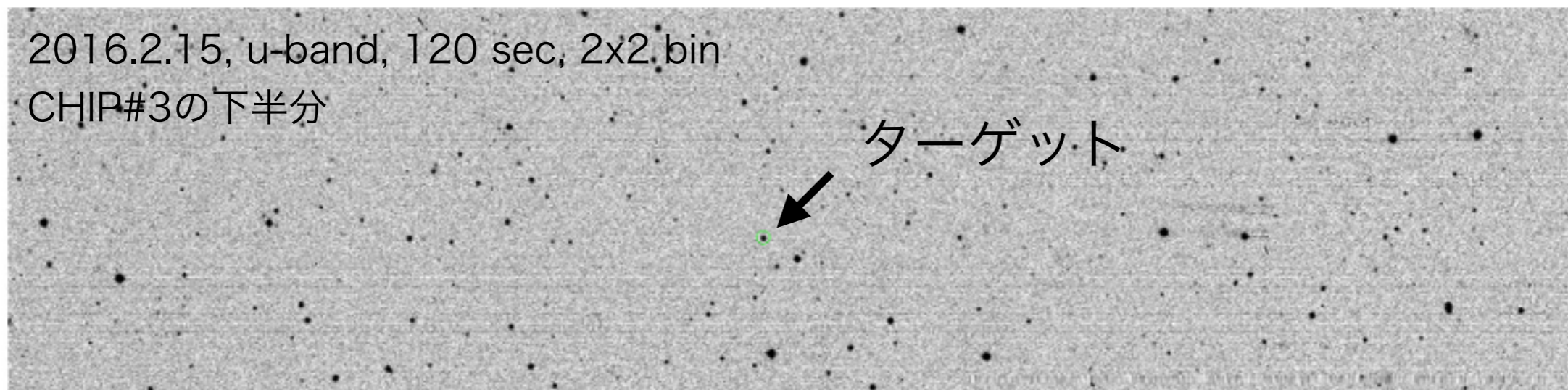


(詳細はKokubo 2016を参照してください)

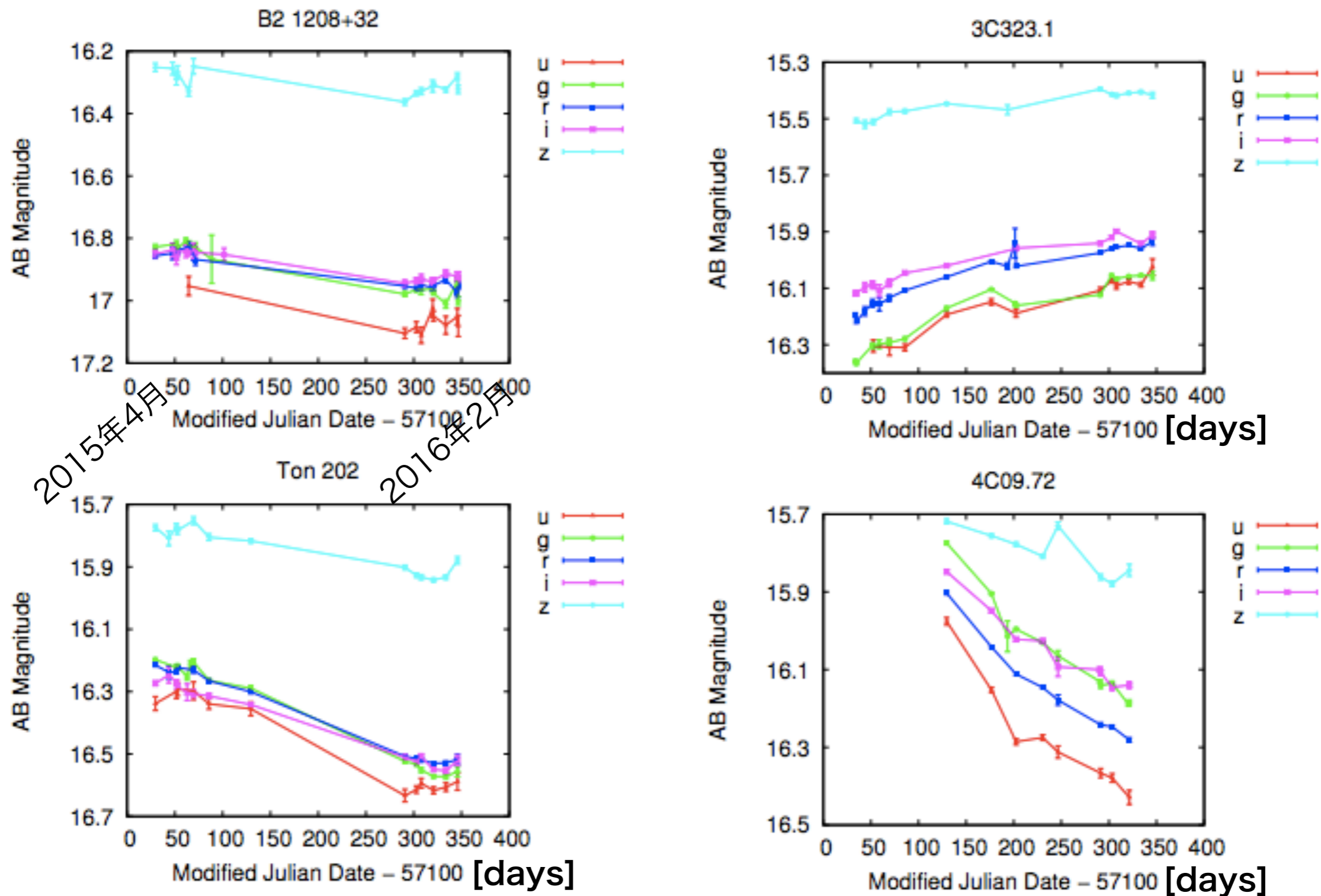


KWFCデータの測光較正

- ・ 同一画像内に含まれるSDSS field stars, 14-19等の星
 - ターゲットクエーサーの等級は16-17等.
 - ターゲットクエーサーは全てポイントソース
- ・ 快晴時には、u-bandで100個前後, g, r, i, z-bandで300個前後の参照星がうつる (ゼロ等級誤差 ~ 0.001 等のオーダー).
ただしカラータームは調べていない(~ 0.01 等のオーダー?).
- ・ KWFCの良い所: u-bandが使えること、広い視野なので測光較正も(比較的)容易

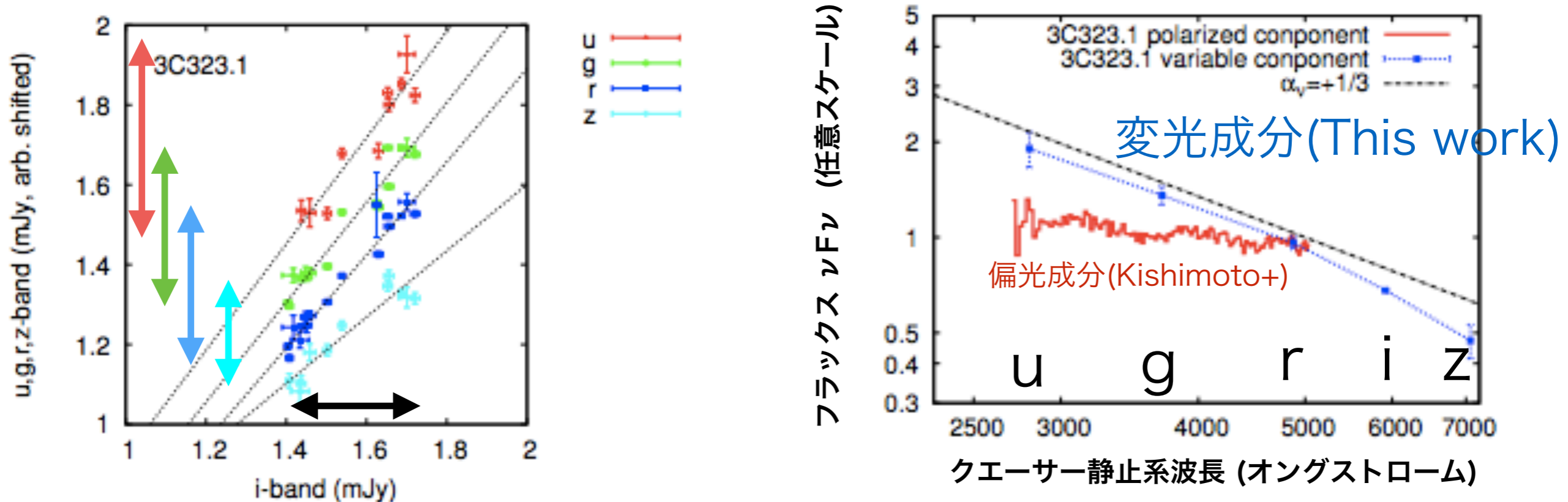


結果: 光度曲線



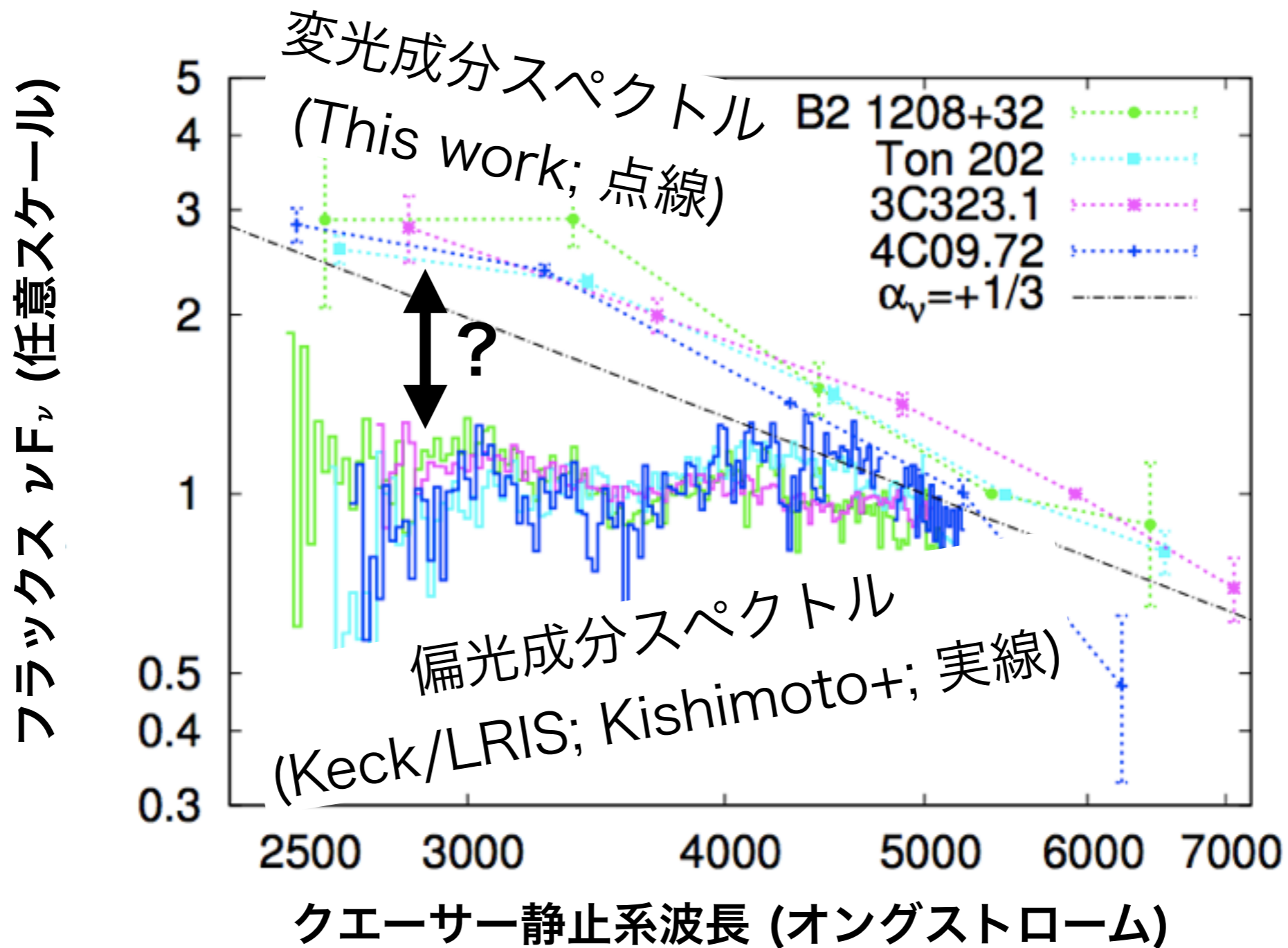
解析した4クエーサー全てで光度変動を検出できた

変光成分スペクトルの抽出



- 各測光バンドで観測されたフラックス変動振幅の比をとる (左図: i-bandに対する他バンドの変動幅)
→ i-bandに対する**“相対”変光成分スペクトル** (右図)

結果: 変光成分と偏光成分のスペクトル形状の比較



予想に反して、変光成分と偏光成分は、全く異なるスペクトル形を示すことが分かった (可視側でスケールすると、紫外で超過)

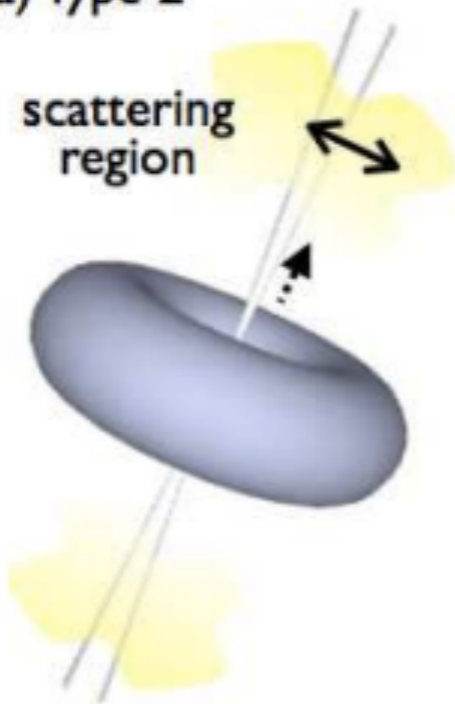
議論と結論

- ・ (予想に反して) 変光成分スペクトルと偏光成分スペクトルは全く異なるスペクトル形状を持つことが分かった。
→ これまでの理解のどこかが間違っている。
(1): 偏光の要因は単純なトムソン散乱ではない？
(2): 光度変動は降着円盤放射全体の変動ではなく、
局所的な構造変化によって生じている？
- ・ 偏光追観測によって、偏光成分の変動を捉えることが、
偏光成分/光度変動成分の成因を特定する鍵になるだろう。

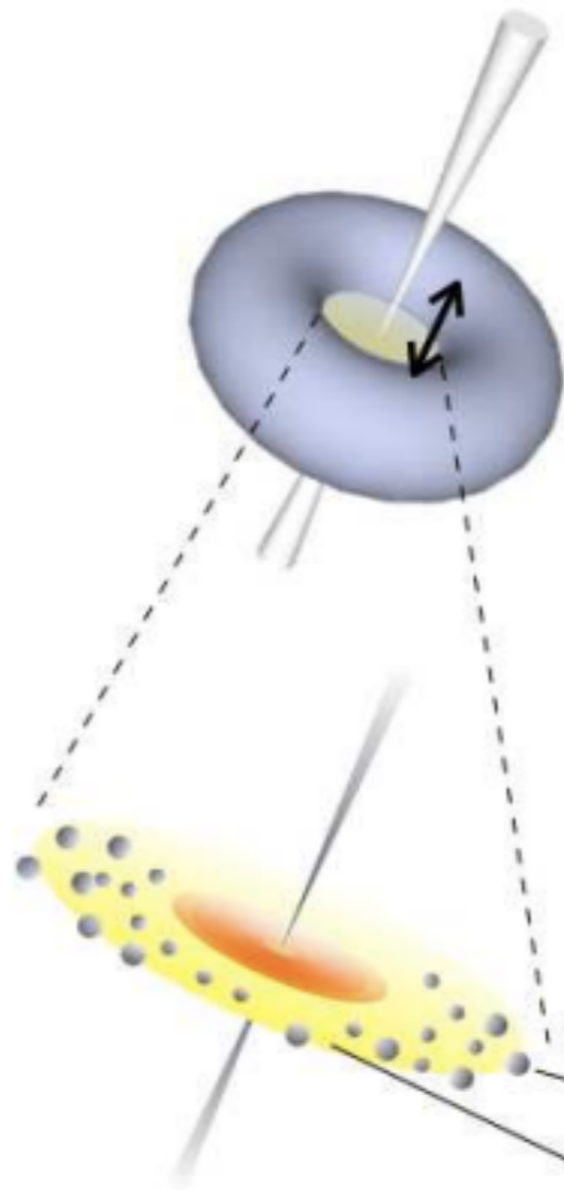
まとめと今後の計画

- ・ クエーサー5天体(解析済みは4天体)に対して木曾KWFCモニタリング観測を実施した。
- ・ クエーサースペクトル中の変動成分スペクトル形を抽出し、過去に観測されている偏光成分スペクトルの形状と比較した。結果、偏光成分と変動成分とは異なるスペクトル形を持つことが分かった。
- ・ モニタリング観測は現在も進行中。
かなた望遠鏡/HONIR や すばる望遠鏡/FOCASなどを用いた偏光追観測によって、“偏光成分の変動”を調べたい
(同時観測のお願いをするかもしれません)。
- ・ 解析できていない3C95の周りの参照星の絶対測光を行いたい
(Pan-STARRSを待っても良いが、u-bandはない)。

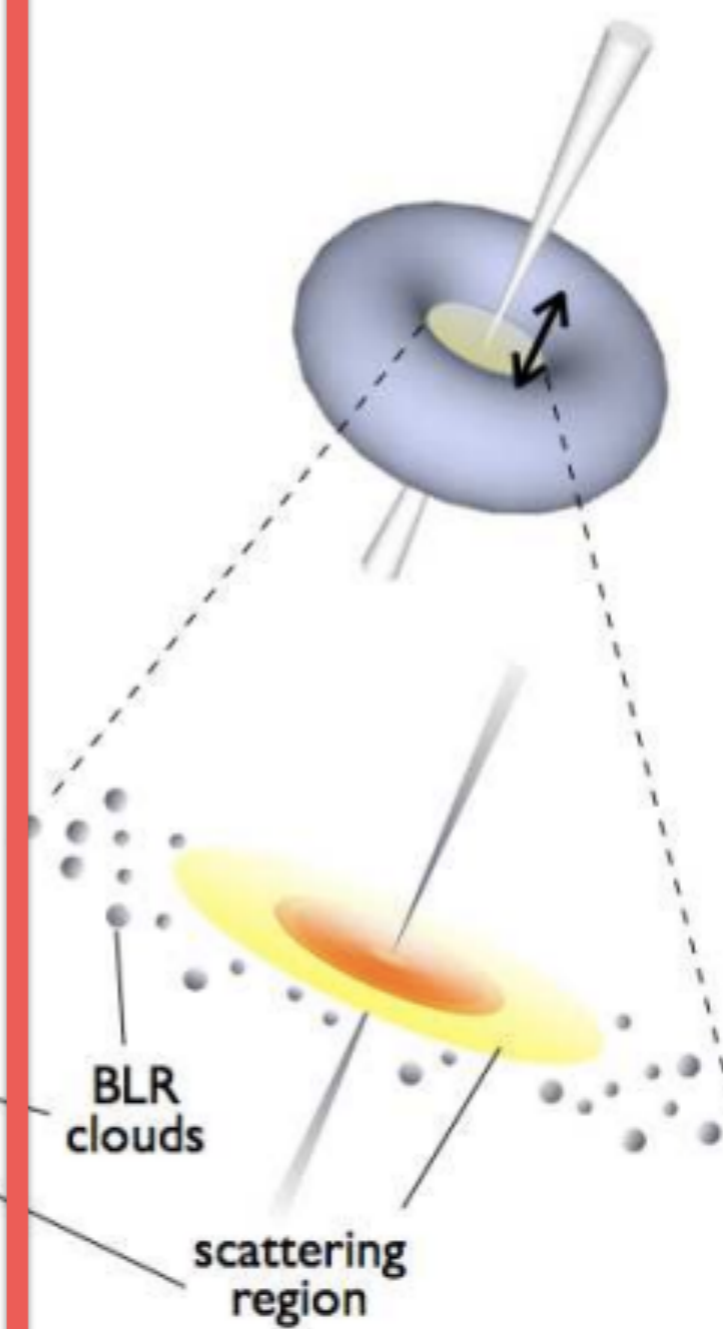
(a) Type 2



(b) Type I with some line P



(c) Type I with no line P



Kishimoto+2004