2020年代の活動銀河核研究の展望

川口 俊宏 (山口大学) 2013年8月6日(火) 光赤天連シンポジウム

ダストトーラス

降着円盤

巨大ブラックホール(BH)

活動銀河核(AGN) の模式図

2020年前後のAGN研究の(個人的)展望まとめ

- 1. より遠くへ・より低光度へ・rare objects/eventsの統計
 - ◆『巨大ブラックホールの形成史・成長史』
 - ◆ SDSSからの自然な拡張: 撮像探査+follow-up分光 HSC, PFS, WISH, TAO, TMT
- 2. より高い空間分解能: Narrow-Line Region
 - ◆『巨大ブラックホールが果たした役割』

AGN Feedback, Coevolution

- ◆ TMT, AO?, (南極?)
- 3. 時間変動(24時間ネットワーク)・偏光
 - ◆『中心エンジンの実態解明』
 - ◆ 2020年になっても、中心部の空間分解不可能
 - ◆ <1日の時間分解能, Astro-H (2015--)
 - ◆ 大学間連携+?, (広島?, 南極?)

網羅はできていません(e.g., Hidden AGNs)。 すみません。 2/23

1. より遠くへ・より低光度へ・rare objects/eventsの統計

- ♦ HSC, PFS, WISH, TAO, TMT
- ◆ SDSSからの自然な拡張: 撮像探査+follow-up分光
- ◆HSC & PFS によるAGN研究の進展

* 白書 担当/取りまとめ

再電離/IGM 柏川さん

クラスタリング 秋山さん

化学進化 長尾さん

重カレンズ 稲田さん

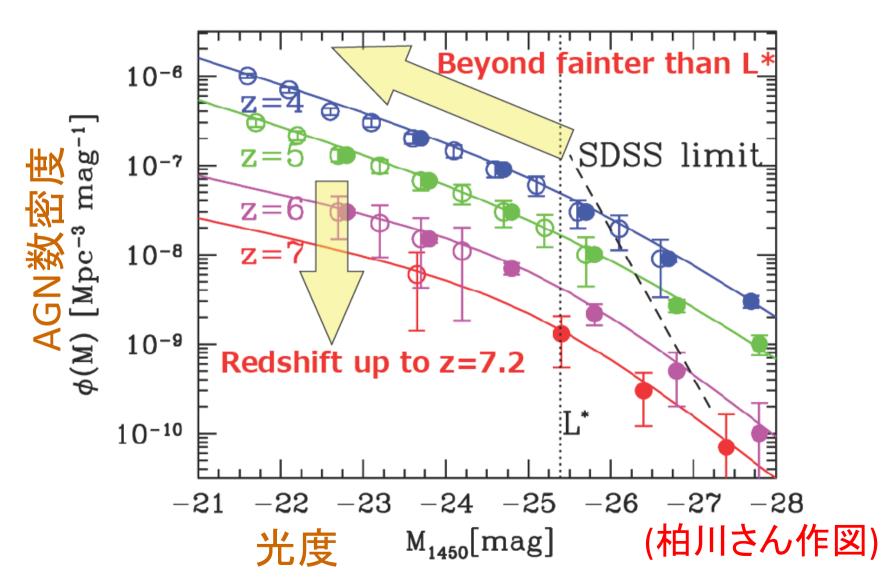
『巨大ブラックホールの形成史・成長史』 川口 (今西さん)

* Rare天体/イベントの統計 (e.g., 星の潮汐破壊, 1型-2型遷移; HSC 1yr計画の一つ, PI = 川口, 諸隈さん他) v.s. Pan-Starrs, LSST (2018?--)

3/23

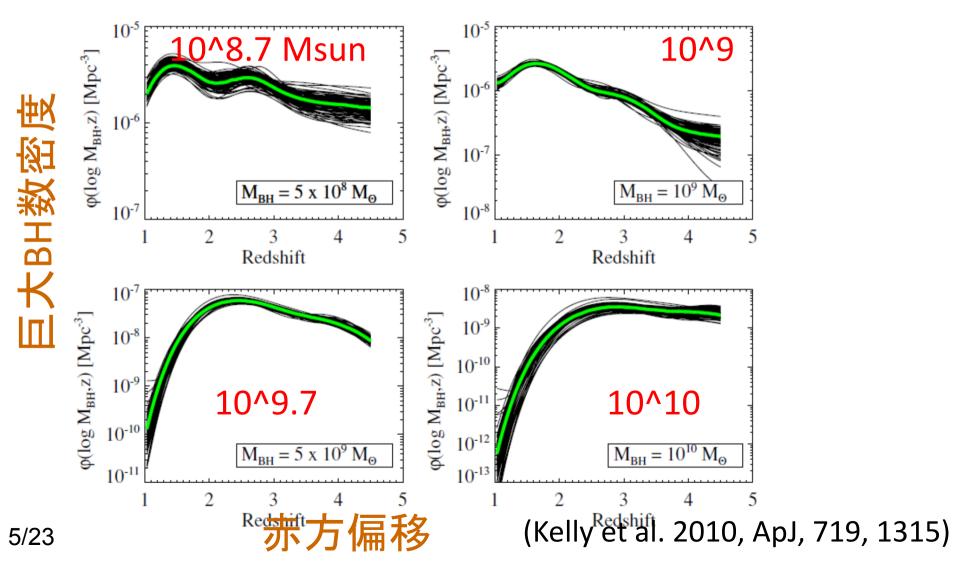
1. より遠くへ・より低光度へ・rare objects/eventsの統計

◆ HSCサーベイで検出されるAGN: 光度関数の予想



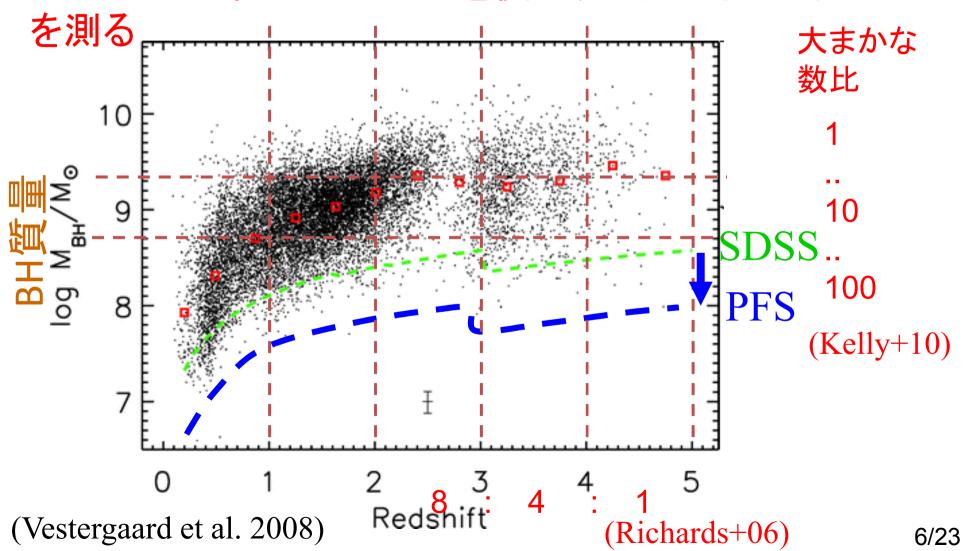
PFSで探る巨大BHの進化: 質量分布, Downsizing

◆ 今遠方までわかっているのは、 巨大BH(>10^5 Msun, as of 2013夏)種族の"Outliers"



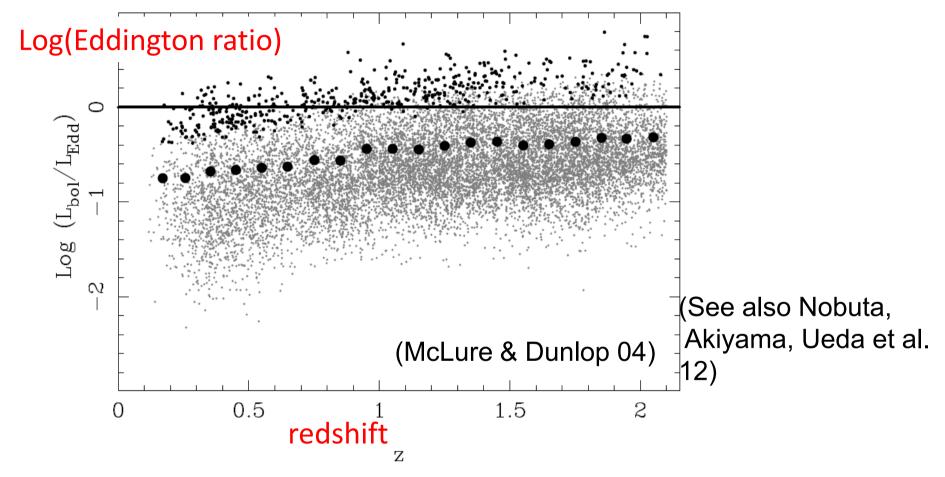
PFSで探る巨大BHの進化: 質量分布, Downsizing

- ◆今遠方までわかっているのは、巨大BH種族の"Outliers"
- ◆ PFSの一部のファイバーを使い、より平均的な巨大BH



PFSで探るBH進化: ガス降着率(巨大BH成長率)分布

◎ 大(Super-Eddington)ガス降着はhigh-zで近傍宇宙よりもcommon



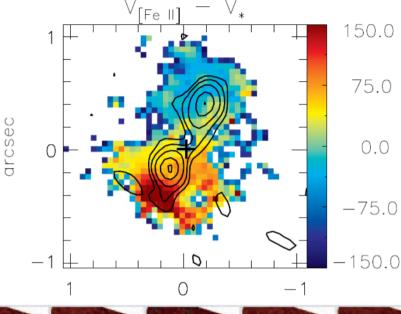
- ⇒ Massive BHs were formed via super-Eddington accretion. (Kawaguchi et al. 04)
- ◎ PFSでより高redshiftまで、精度良く求める

2. 高い空間分解能: Narrow-Line Regionの空間分解

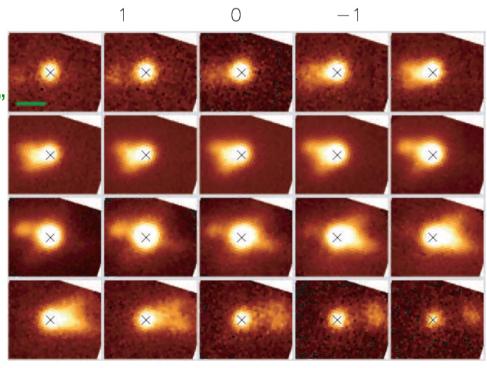
- ◆ TMT (~0.01"), AO?, (南極?)
- ◆『巨大ブラックホールが果たした役割』 AGN Feedback, Coevolution
- ◆ すばるは広視野機能を重点化 (選択と集中)
- ◆ それ以外の機能は時間交換枠を活用?
- ◆ TMTの高い空間分解能を活用する研究を行えるよう 準備が必要: 基盤となる研究(者)
- ◆ Kyoto 3DII+AO188 (AO付き可視光面分光@大望遠鏡として唯一)が使い倒されているか?
- ◆ 新規学生さんが、撮像サーベイ・follow-up分光に流れている?

(2) AGNが母銀河へ与えるフィードバック: 観測の現状 (1/2)

● Riffel & Storchi-Bergmann 11:
AO-supported 近赤外線面分光
(Gemini/NIFS),
~0."1 (40pc) resolution



● Sugai +05: jetの短いAGN, 可視光面分光 (Kyoto 3D II, Subaru), ~0."4 (40pc) resolution



(2) AGNフィードバックのTMT観測 (1/2)

● 目標: AGN outflow and/or まだ短いjet (GPS/CSS天体) と星間ガスとの interaction/feedback の現場を見たい

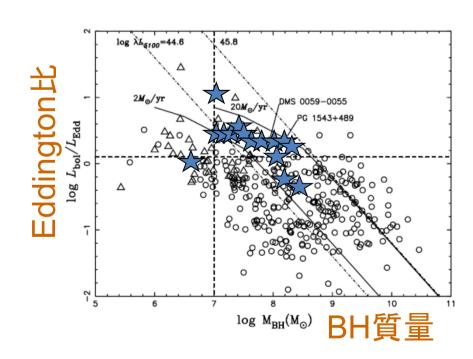
→ AOで空間分解する必要 (TMT+AO @ NIR → 0.01") (可視光面分光+AOがあれば、fluxの大きい[O III]線を使えるのでさらに強力)

● [O III] 輝線高速 outflow (Zamanov +02):

発現の条件

(Aoki, Kawaguchi, Ohta 05):

= 大降着率 and/or 大Eddington比 (≥1)



(2) AGNフィードバックのTMT観測 (2/2)

- TMTの高空間分解能(と大集光力)を生かした面分光観測で、AGN outflowが母銀河星間ガスに及ぼす影響を明らかにする (速度マップ、運動量マップ、ガス噴出率)
- ◆ 大集光力のおかげで、[S III]9531A, [S II]1.032um等 様々な 輝線が高空間分解能で検出可能 (感度検討は、2010年10月TMT研究会で報告)
- 見積もり例 IRIS+AOを念頭 望ましい 面分光素子サイズ 0."004 (5pc at z=0.06)
 空間分解能 0."01 (10pc) 可視光AO (さらに高い 分解能)

(3.6kpc)

もう少し?

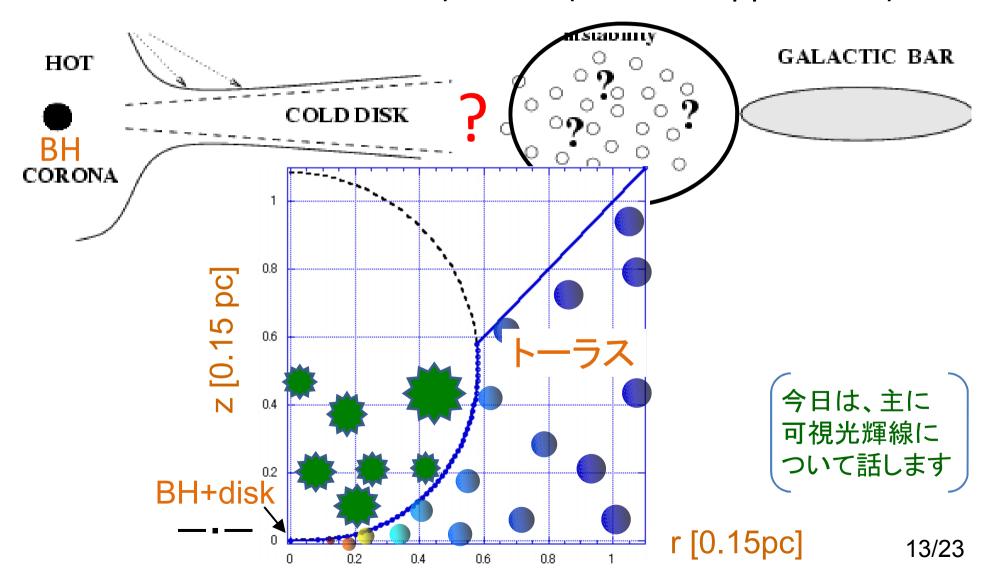
視野サイズ

3. 時間変動(24時間ネットワーク)・偏光

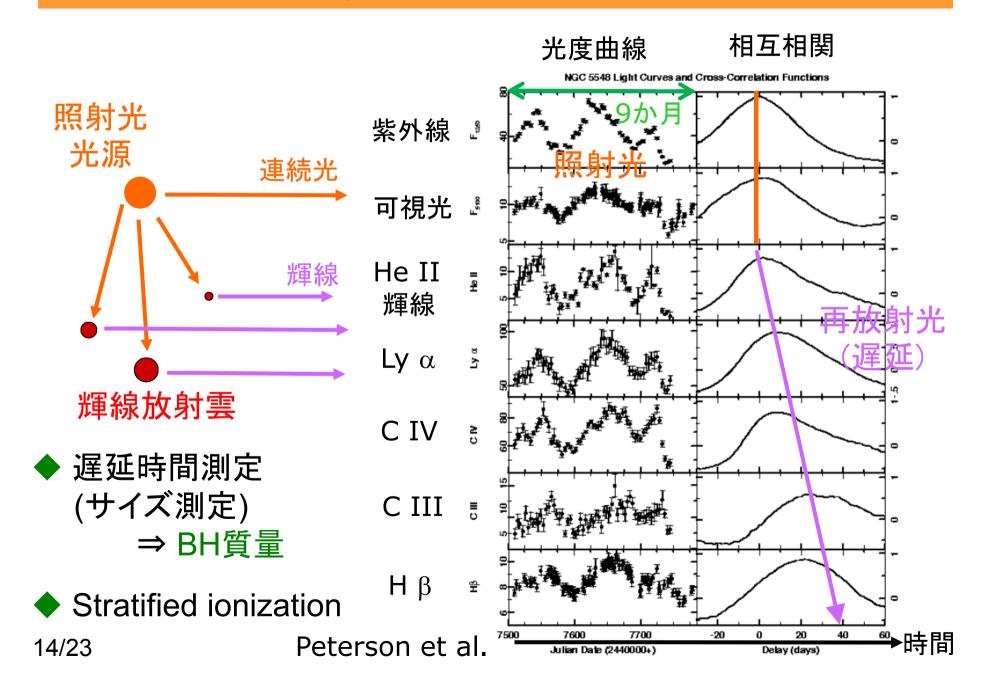
- ◆ 2020年になっても、中心部(Torus, Broad-Line Region, 降着円盤)の空間分解不可能
- ◆『中心エンジンの実態解明』
- ◆ <1日の時間分解能で分光(偏光)モニター
- ◆ Astro-H (2015--): 中性鉄輝線("細い鉄輝線")プロファイル の時間応答観測が初めて可能に
 - ⇒トーラス内壁-BLRまでのガスの運動を統一的に理解
- ◆ 大学間連携+?, (広島?, 南極?)

3. 時間変動(24時間ネットワーク): 知りたいこと

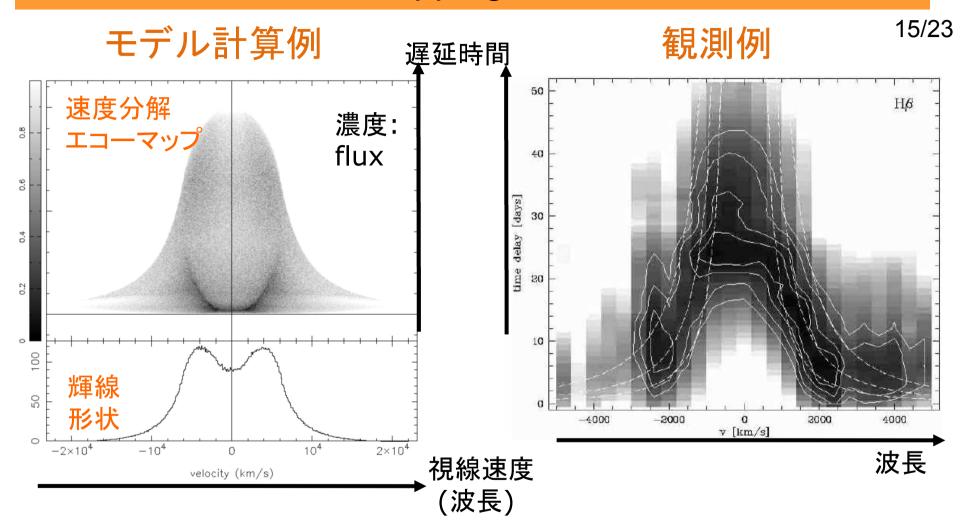
トーラスと円盤の間に居るガス(Broad-line region,中性鉄輝線)の運動(輝線のDoppler shift)



1.1 Echo mapping とは: 広輝線放射領域のサイズ測定



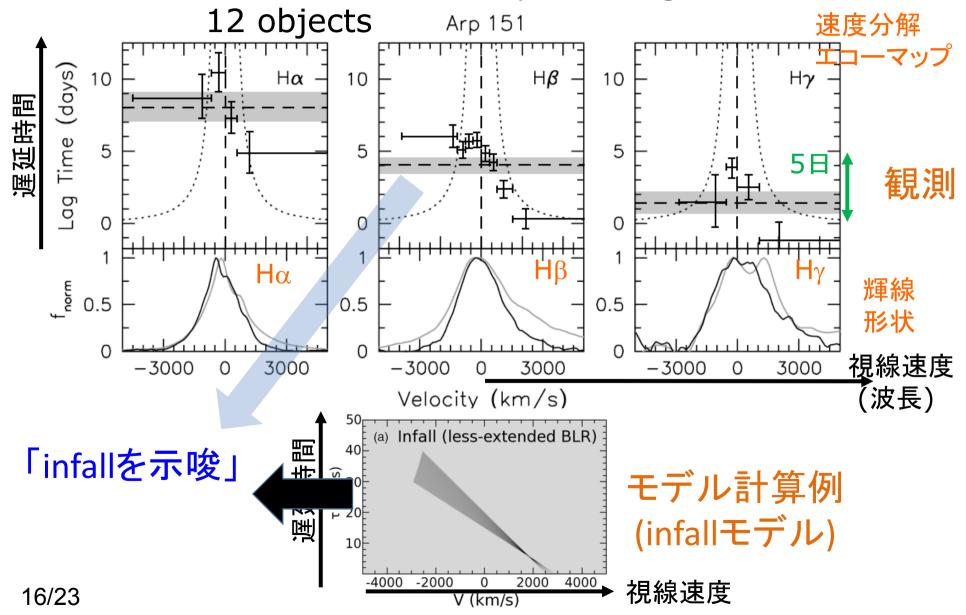
1.2 速度分解Echo mappingとは: 速度毎の遅延測定



- ◆ 観測データの質(観測頻度, モニター期間, スペクトルS/N 等)不足 のため、よくわからなかった。
- ◆ 同じHSTデータから、別/逆(inflow, outflow)の結論(1995--1997)。

1.2 速度分解Echo mapping: ここ数年の展開

例: Lick Obs. 3m Shane telescope, 64 nights,

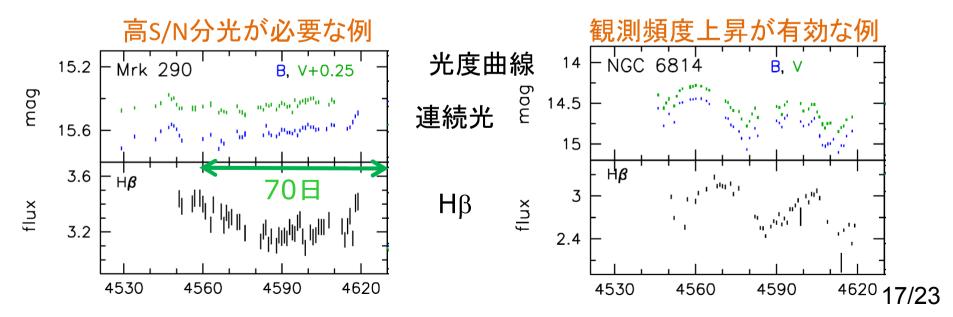


1.2 速度分解Echo mapping: 今後必要なもの/まだ足りないもの

With
A. Pancoast
(UCSB),

峰崎さん

- 理論面: モデル計算の絶対的不足(おそらく、十分な精度の観測 データが不足していたため) 観測データが何を示しているのか導くのに不可欠 必要な準備研究を終えたので今後開拓していきます。
- 観測面: 分光データのS/N and/or 観測頻度(現状は、typical interval~2日)⇒ 経度の異なる望遠鏡の連携モニターが必要



2.3トーラス内縁と輝線領域: 特徴のまとめ

- ◆トーラス内縁: 近赤外線連続光
 - 物理過程にはっきりした基盤: dust sublimation
 - × 運動情報無し
 - 観測・理論共に、日本が世界をリード (Magunum; 川口+10,11)



ここから中心エンジンへのガス供給を観たい (が、2020年でも直接空間分解は無理)

- ◆ 輝線領域: 可視光広輝線, X線中性鉄輝線
 - △ (BLRの)物理過程少し不定性 (LOC, dust sublimation)
 - 運動情報得られる (Doppler shift)
 - × BLRサイズ測定(エコーマッピング): 米国が主導
 - ? 運動測定(速度分解エコーマッピング):
 - ? 可視光: たぶん追いつける

(実質的には、最近始まったばかり)

- X線: Astro-H (2015--)で初めて可能に
- 鉄輝線の計算に着手

3.1 モデル計算で目指しているところ

時間変動をモデル計算し、観測データとの比較から、 トーラス—円盤間のガス流出入を明らかにしたい

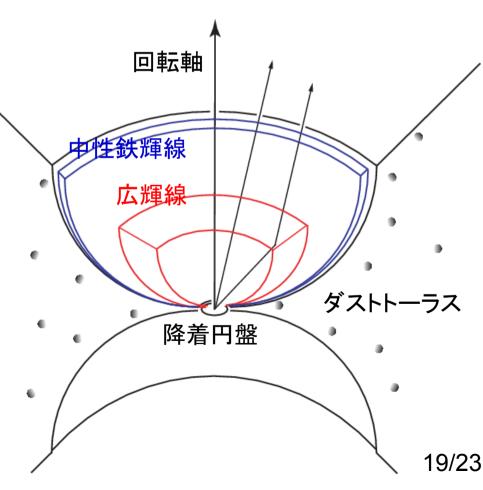
✓ 観測者

◆ (軸方向は噴出・トーラス方向は流入などの) 方向依存性

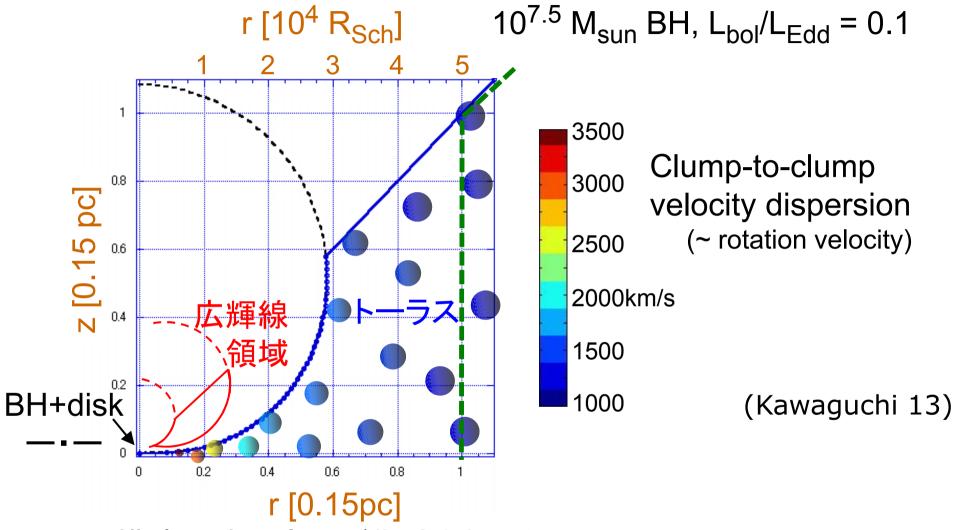
◆ 天体毎に速度分解エコーマップ は少し異なる。起源は?

*光度(ガス降着率)?

- *BH質量?
- *視線角による見かけ?
- * 光度・質量に依らない? (Collin+Kawaguchi 04)
- ◆ 流入・流出状態の遷移
 - *間欠的噴出?
 - * (Jet?)ガス噴出に伴う?



3.2 構造変化のタイムスケール



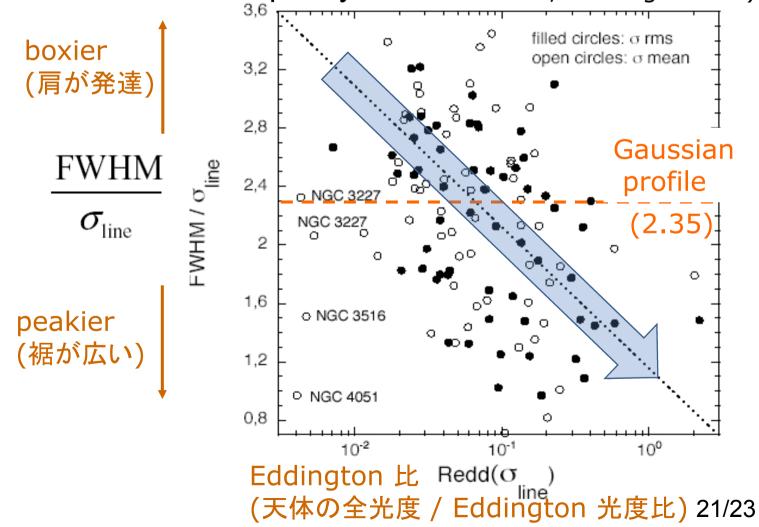
- ◆ BLR構造の時間変化が期待されるタイムスケール: r/V ~ 4年 (M_{BH}/10^{7.5}M_{sun})^{0.25} (L_{bol}/L_{Edd}/ 0.1)^{0.75}
 - ⇒ 初期に<u>一度</u>良質のデータ取得 → 長く貴重な参照データに 20/23

3.3 モデルが満たすべき条件 ⇒ 仮定(ガスの配置・運動)に

⇒ 仮定(ガスの配置・運動)に (たぶん)強い制限

- ① 輝線形状
- ② 輝線形状の光度依存性: Eddington比大程、輝線形状がpeaky

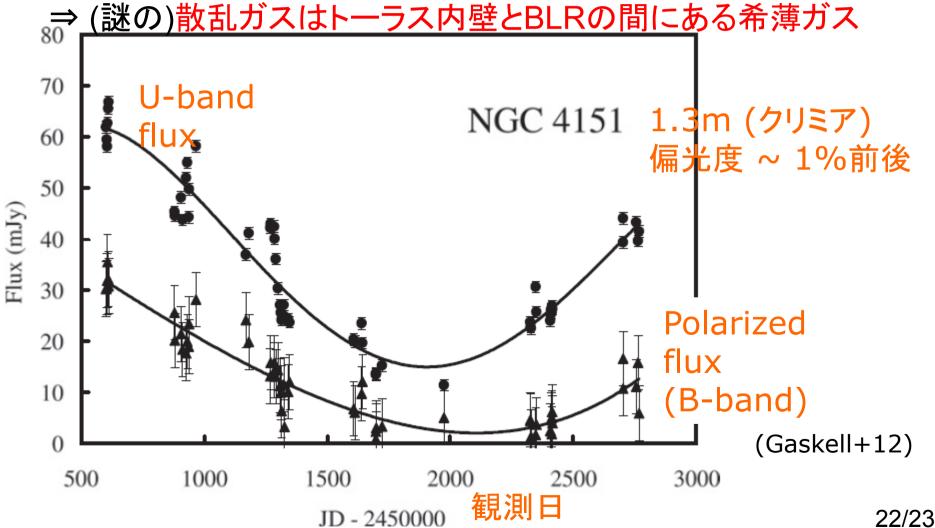
(Collin, Kawaguchi, Peterson, Vestergarrd 06)



偏光モニター観測

◆ 可視光偏光フラックスが、U-bandフラックスの約8日遅れて変動 することが発見された(2012)

c.f.トーラス内壁 ~ 中心から40光日, Broad line region ~ 5光日 ⇒ (謎の)数針ガスけトーラス内段とBLRの間にある発蓮ガス



2020年前後のAGN研究の(個人的)展望まとめ

- 1. より遠くへ・より低光度へ・rare objects/eventsの統計
 - ◆『巨大ブラックホールの形成史・成長史』
 - ◆ SDSSからの自然な拡張: 撮像探査+follow-up分光 HSC, PFS, WISH, TAO, TMT
- 2. より高い空間分解能: Narrow-Line Region
 - ◆『巨大ブラックホールが果たした役割』

AGN Feedback, Coevolution

- ◆ TMT, AO?, (南極?)
- 3. 時間変動(24時間ネットワーク)・偏光
 - ◆『中心エンジンの実態解明』
 - ◆ 2020年になっても、中心部の空間分解不可能
 - ◆ <1日の時間分解能, Astro-H (2015--)
 - ◆ 大学間連携+?, (広島?, 南極?)

網羅はできていません(e.g., Hidden AGNs)。 すみません。 23/23