

Ultra Luminous X-ray source の異なる スペクトル状態における新たな描像

小林翔悟

中澤知洋^A、牧島一夫^B

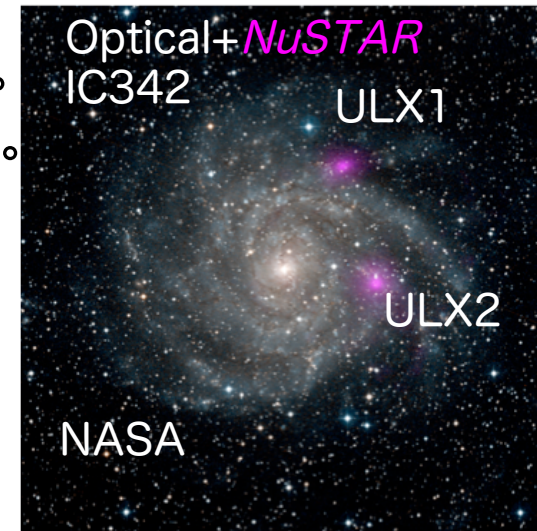
A:東大理

B:理研

Ultra Luminous X-ray source

◆特徴

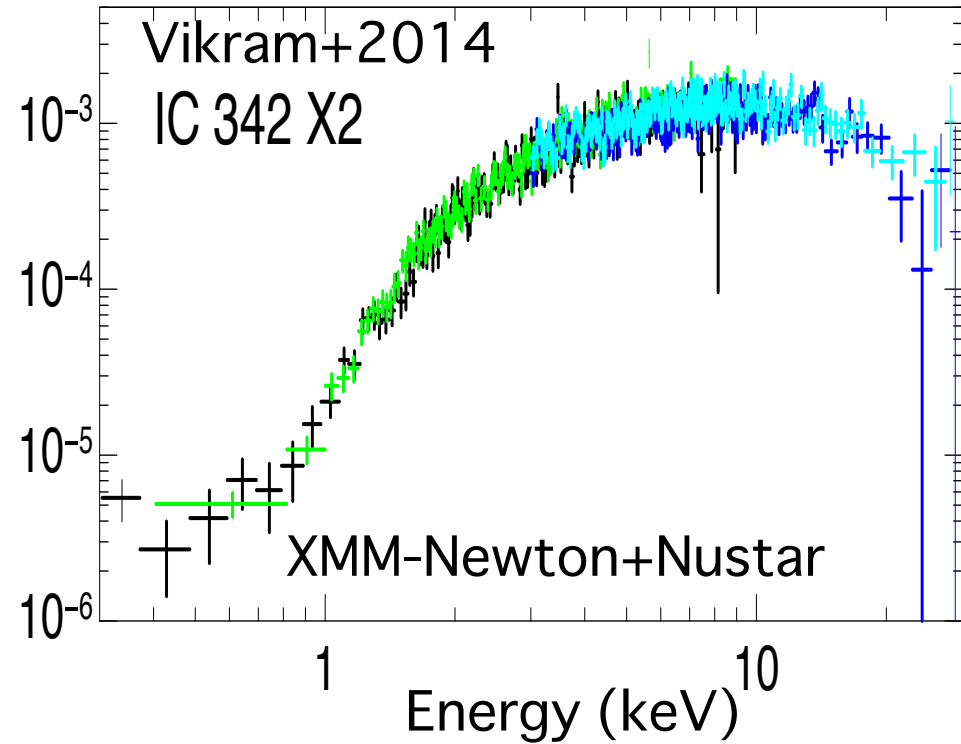
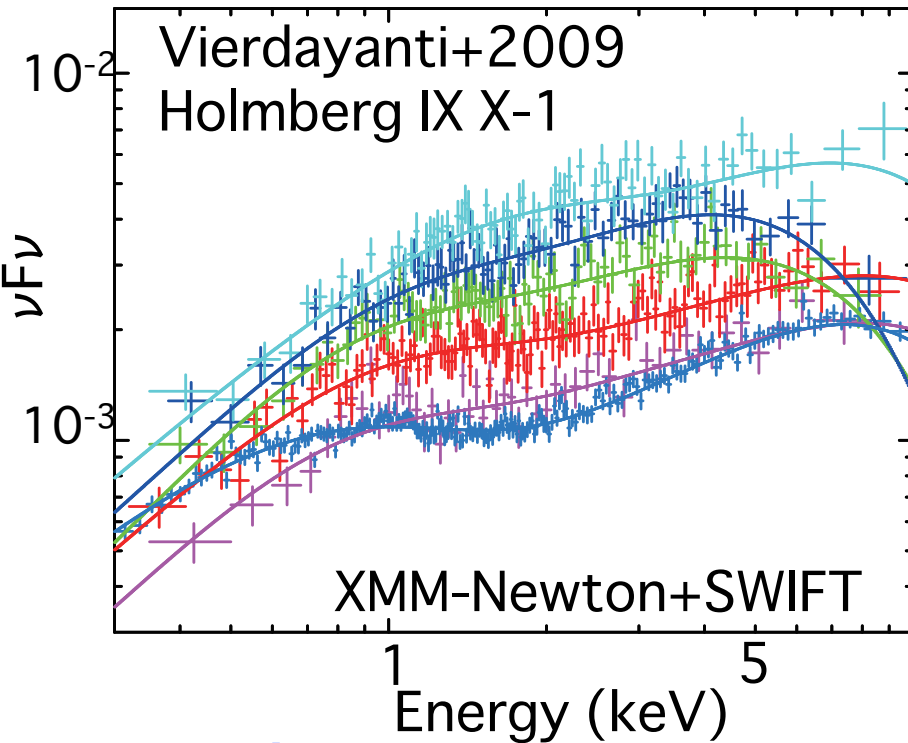
- 渦巻き銀河の腕に存在するX線で異常に明るい点源天体。
 - $L_X > 10^{39.5-41} \text{ erg/s} \gg L_{\text{Edd}} 10 M_\odot$ ブラックホール。
- 質量降着するブラックホール(BH)と考えられている。
- $L_X \leq L_{\text{Edd}}$ な中間質量(100-1000 $M_\odot$) BH (牧島+00)
- $L_X \gg L_{\text{Edd}}$ な恒星質量(10 $M_\odot$) BH (嶺重+07)
- 光学主星の観測が困難なため、X線によるスペクトル分光が重要となる。



◆X線スペクトル

- 2つの異なるスペクトル状態を持ち、光度とともにその間を遷移。
 - 上に凸で丸い形をしたDisk型と、冪的に伸びるPL型。
 - 光度の上昇とともにDisk型へと遷移。
- これらは異なるモデルでこれまで解釈されてきたが、本研究では両者に共通なモデルを採用することで、ULXの統一的な描像を模索する。

ULXのスペクトル状態と特徴



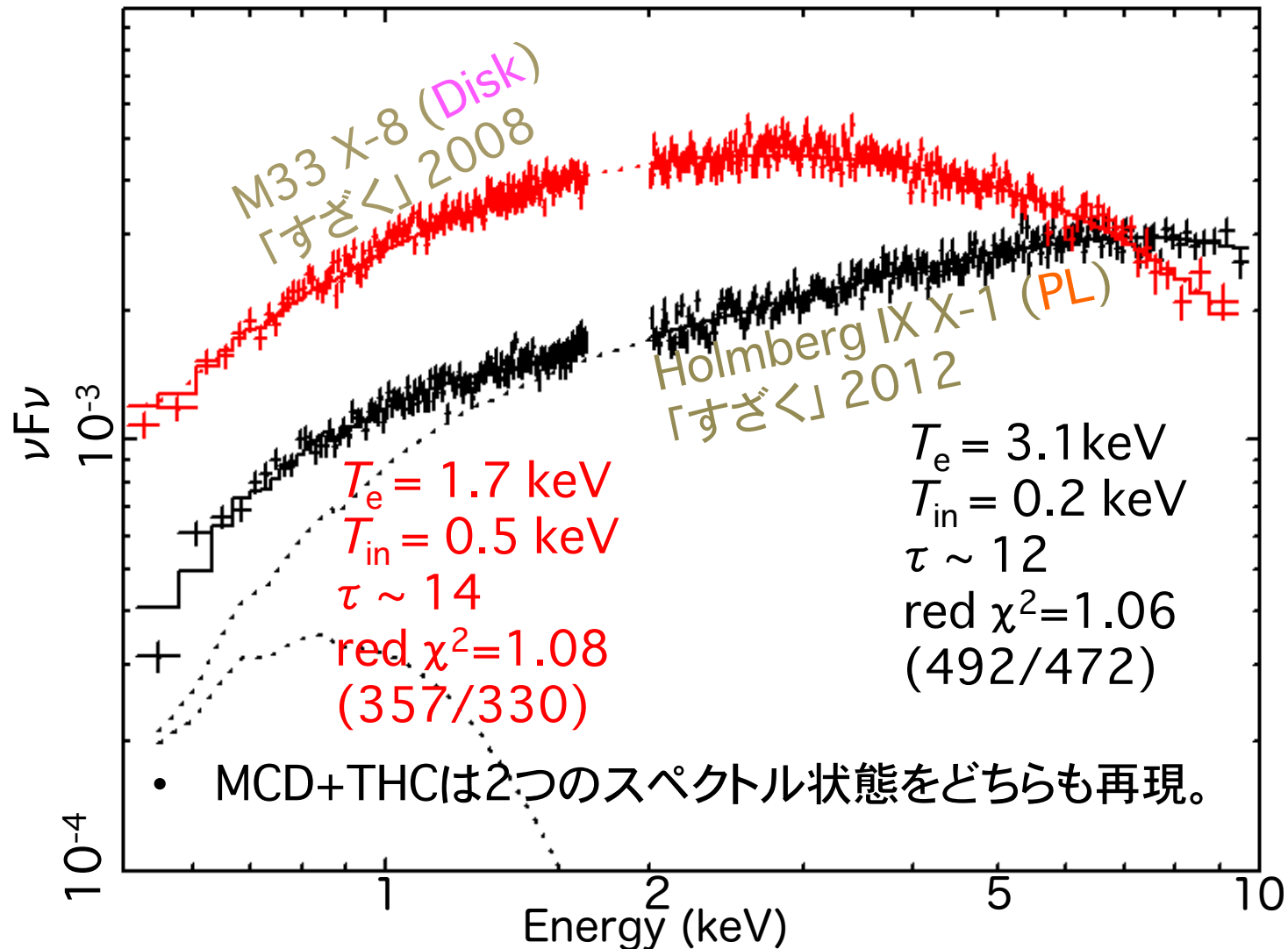
◆ PL型

- $\Gamma \sim 1.8$ で冪的に伸びつつ、 ~ 8 keVで折れ曲がる。
- ~ 1 keVに若干の盛り上がり。
- Multi-Color Disk (MCD) + 熱的 Comptonization (THC)でよく再現。

◆ Disk型

- PL状態よりも明るく、上に凸な形状。
- しばしばSlim diskモデルで解釈されるが、宮脇+09に倣いTHCモデルを採用。

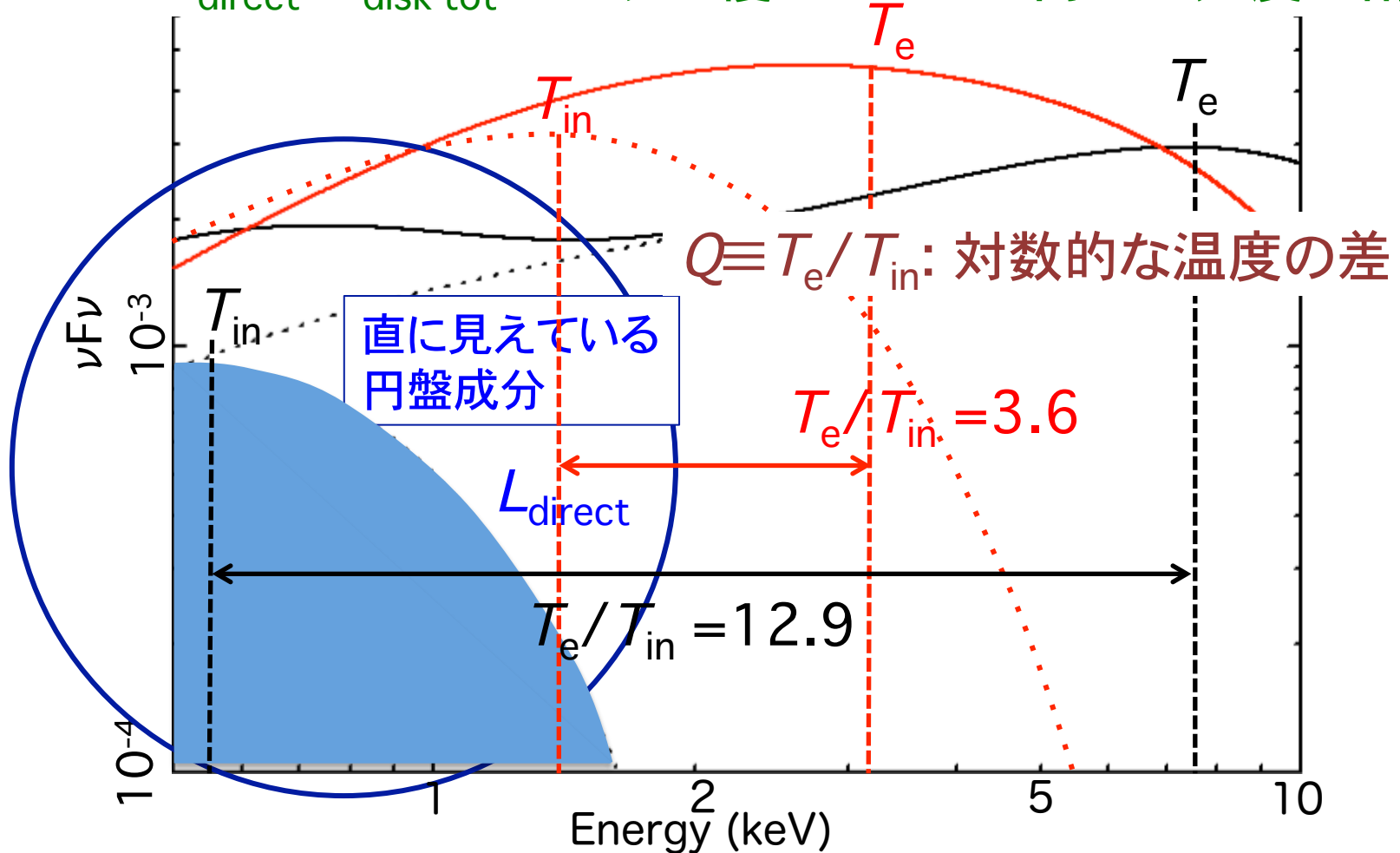
「すざく」で得られたULXスペクトル



- どちらのスペクトルも低温な円盤と、光学的に厚く低温なコロナを要求。
- 何がスペクトル形状を区別するのか？

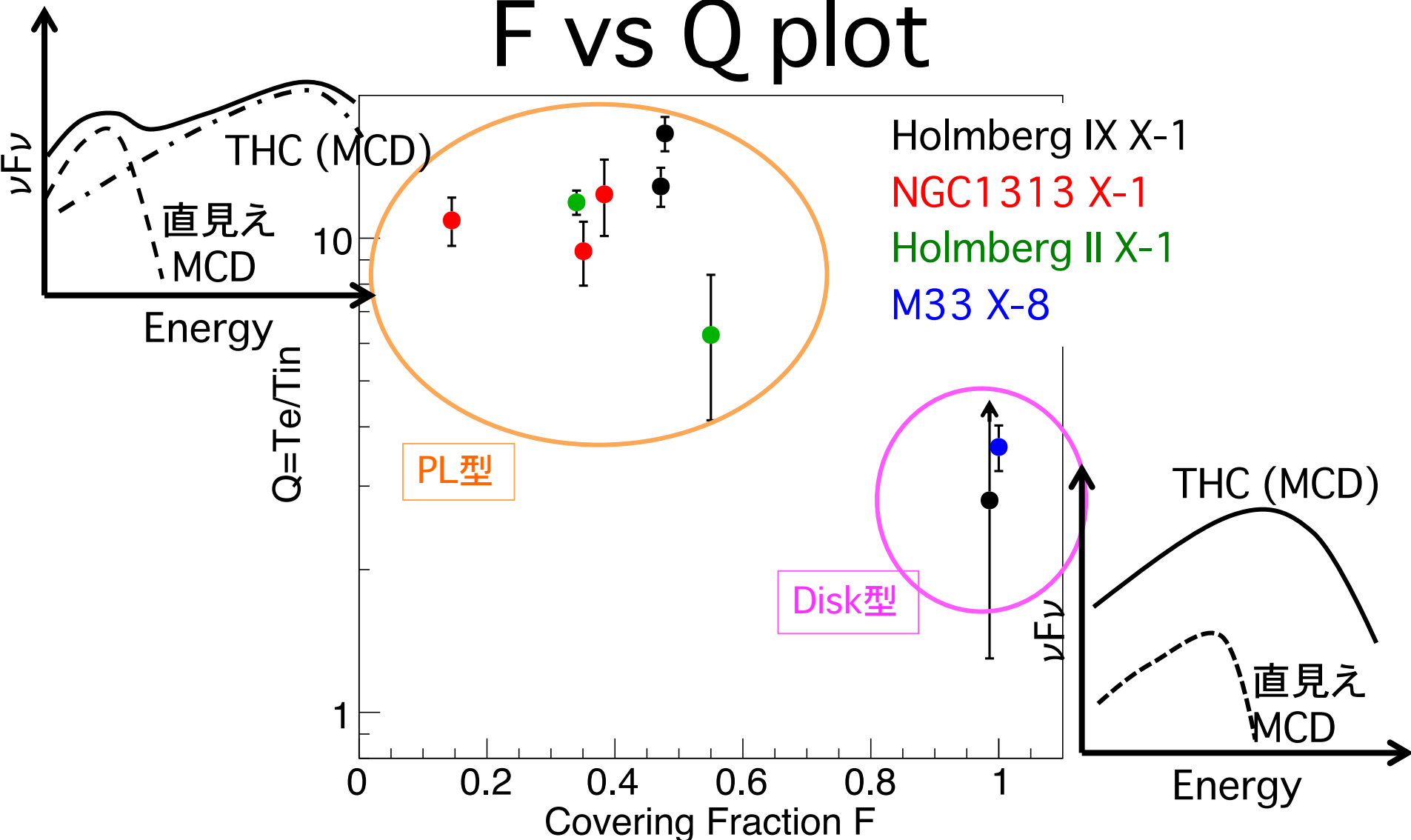
Disk型 VS PL型

$F \equiv 1 - L_{\text{direct}} / L_{\text{disk tot}}$: コロナに覆われている円盤の光度の割合



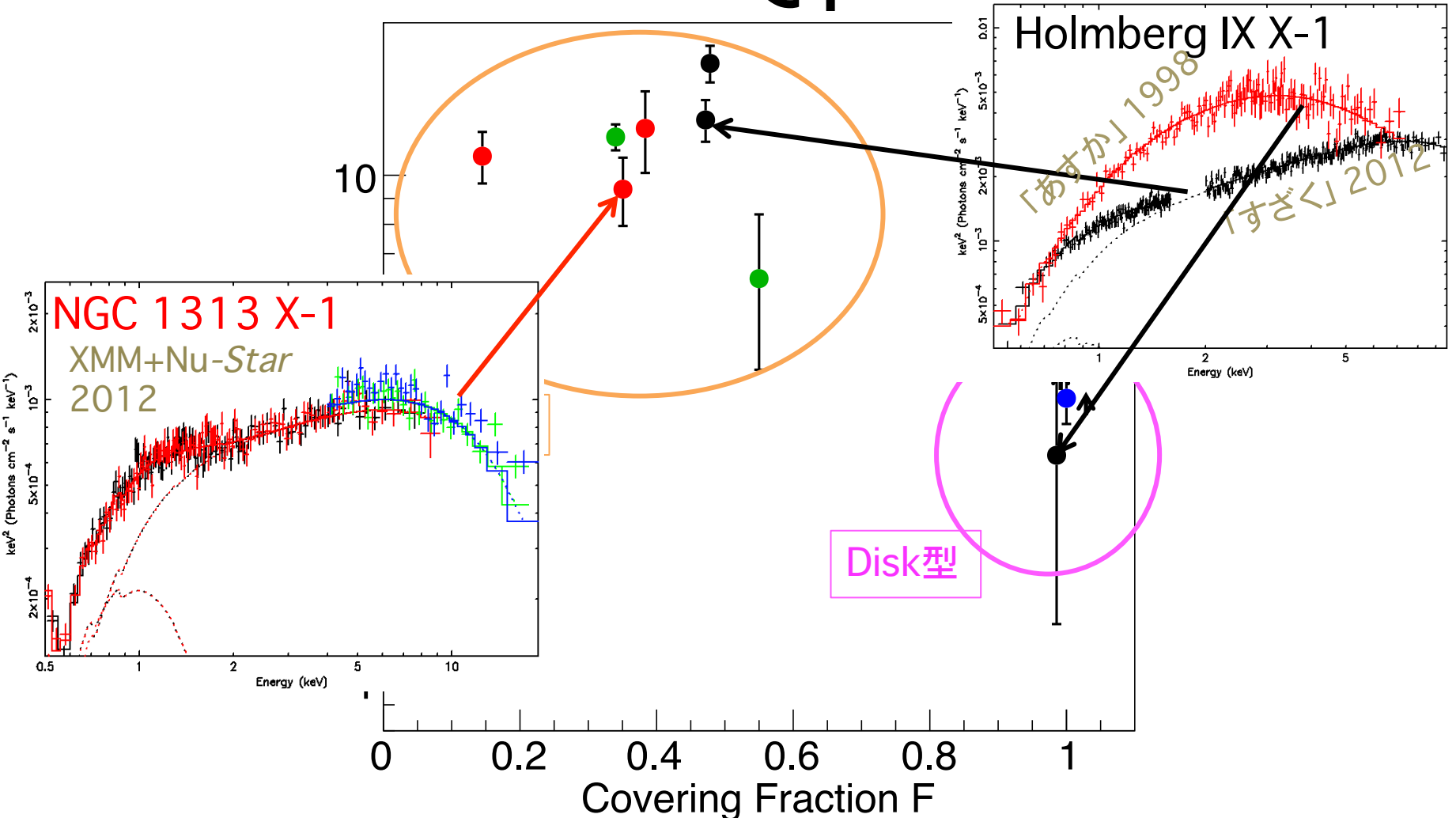
- 新しいパラメタ F 、 Q がULXのスペクトル形状をよく特徴付ける。

F vs Q plot



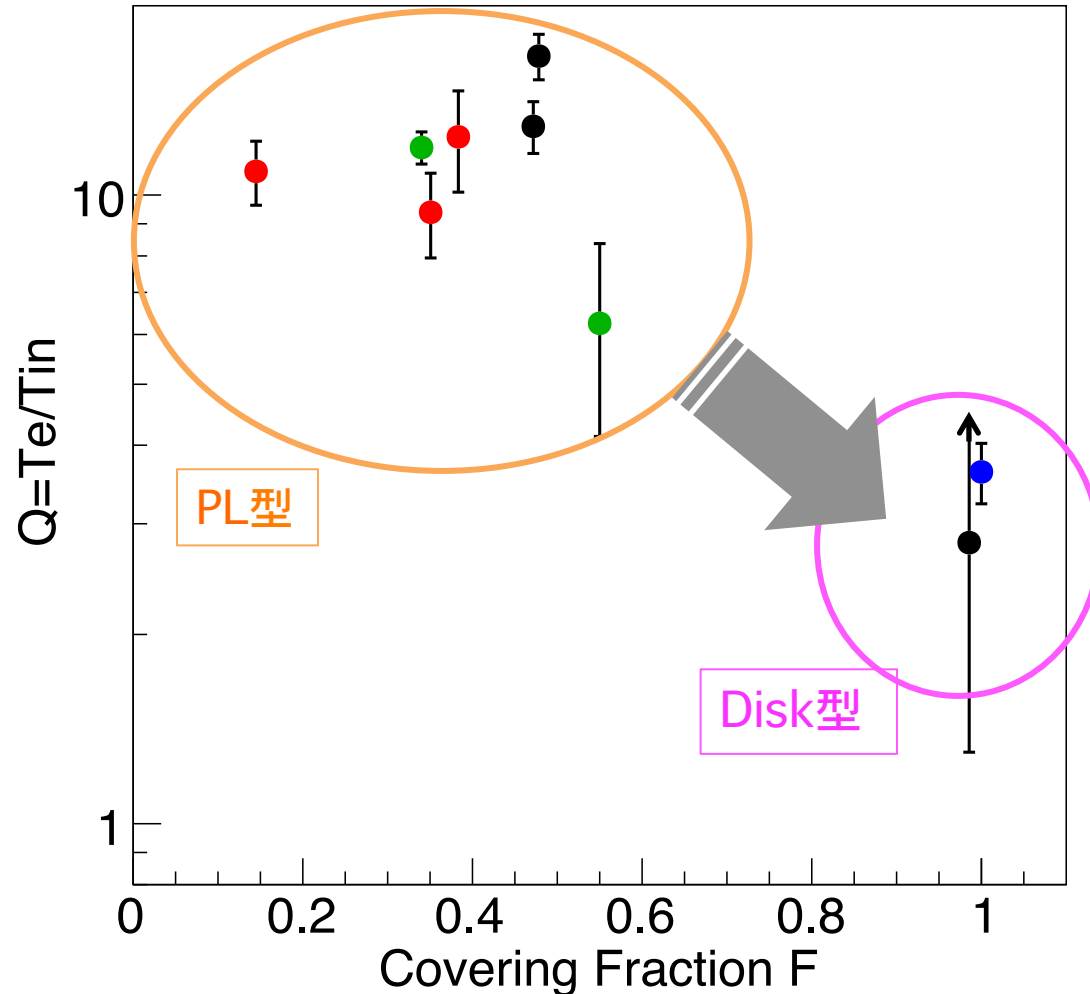
- Disk型は $(F, Q) \sim (1.0, 3)$ に分布する一方で、PL型は $(F, Q) \sim (10, 0.4)$ に分布。
- 2つのスペクトル状態が (F, Q) 平面上で明確に区別することに成功。

F vs Q plot



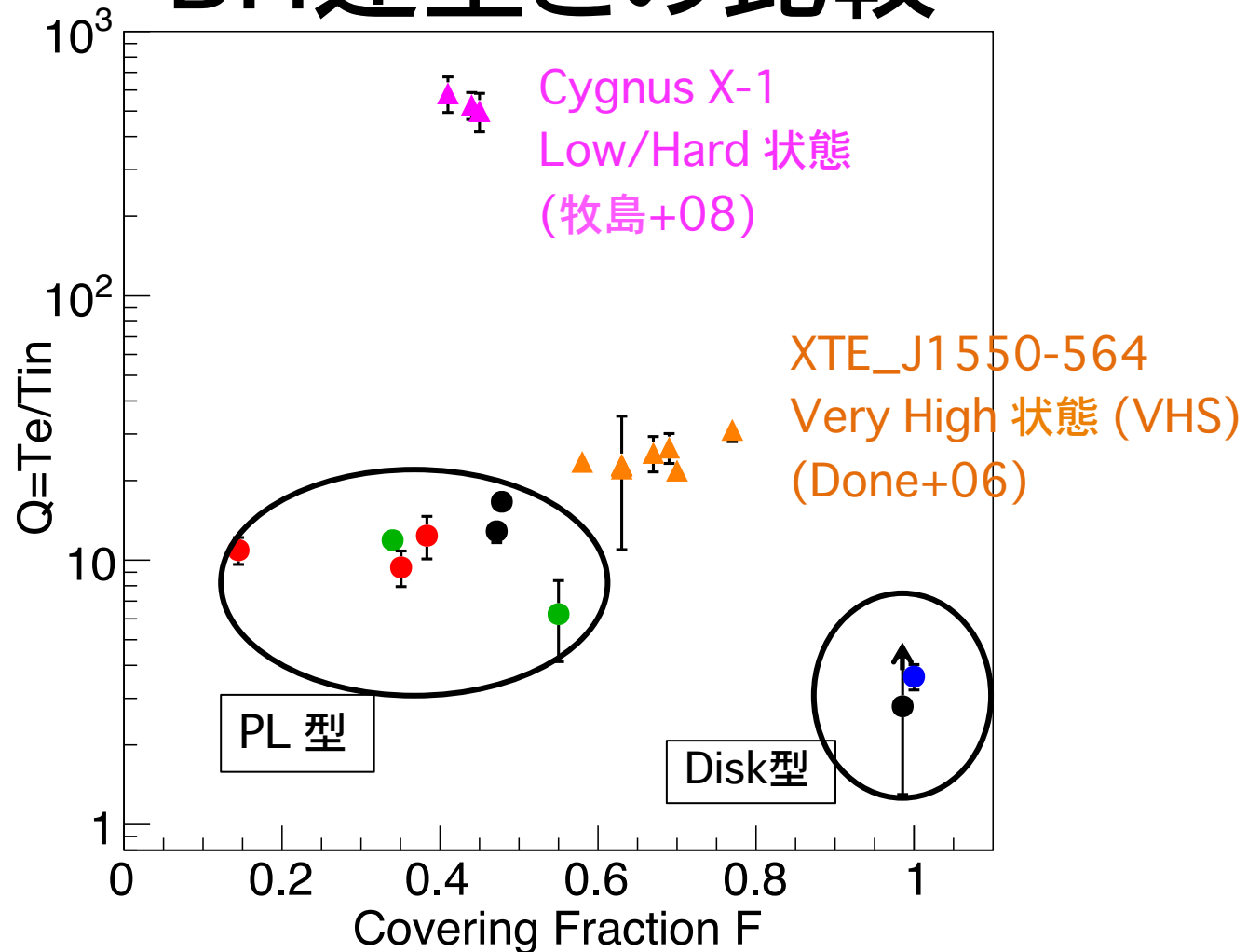
- Disk型は $(F, Q) \sim (1.0, 3)$ に分布する一方で、PL型は $(F, Q) \sim (10, 0.4)$ に分布。
- 2つのスペクトル状態が (F, Q) 平面上で明確に区別することに成功。

BH連星との比較



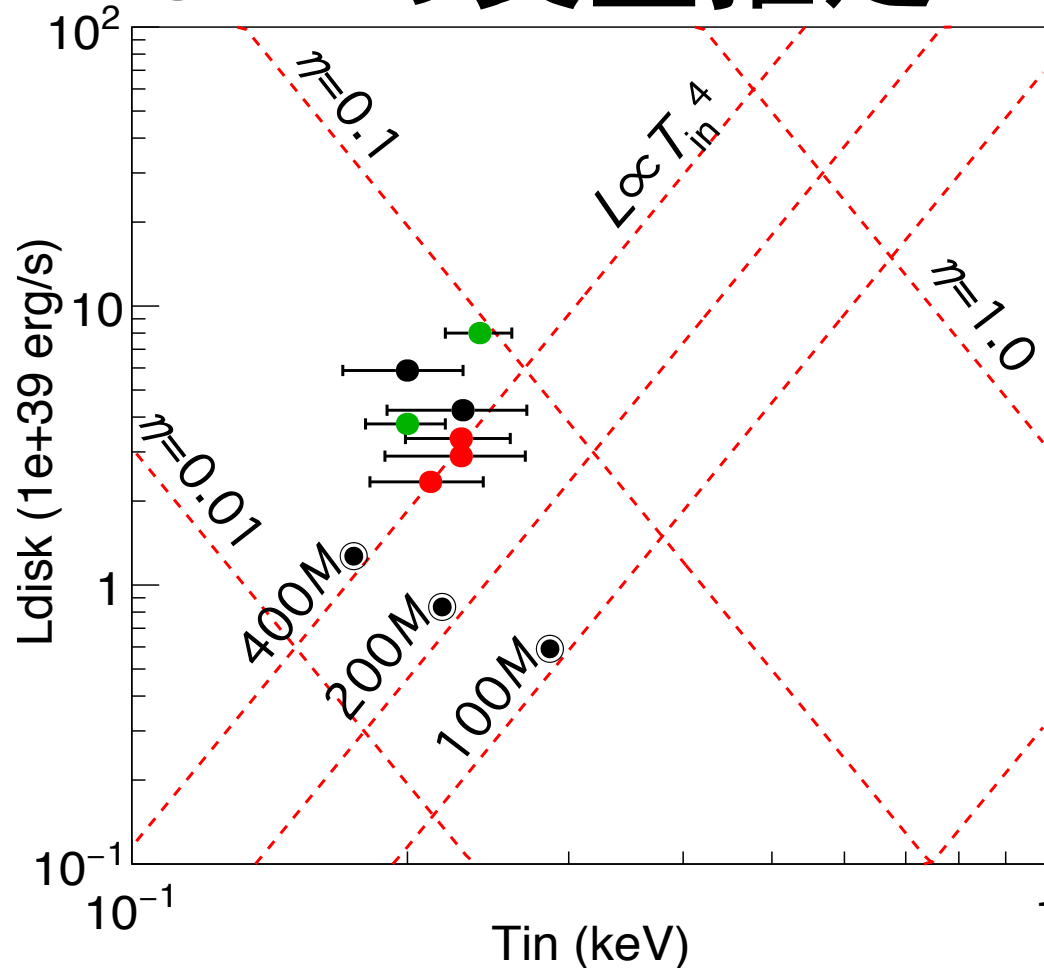
- PL型→Disk型で円盤は次第にコロナに覆われていくことが示唆される。
- BH連星のスペクトル状態も同様に(F,Q)平面上で区別可能。
- PL型はBH連星のVHSと同程度の(F,Q)を持つ。

BH連星との比較



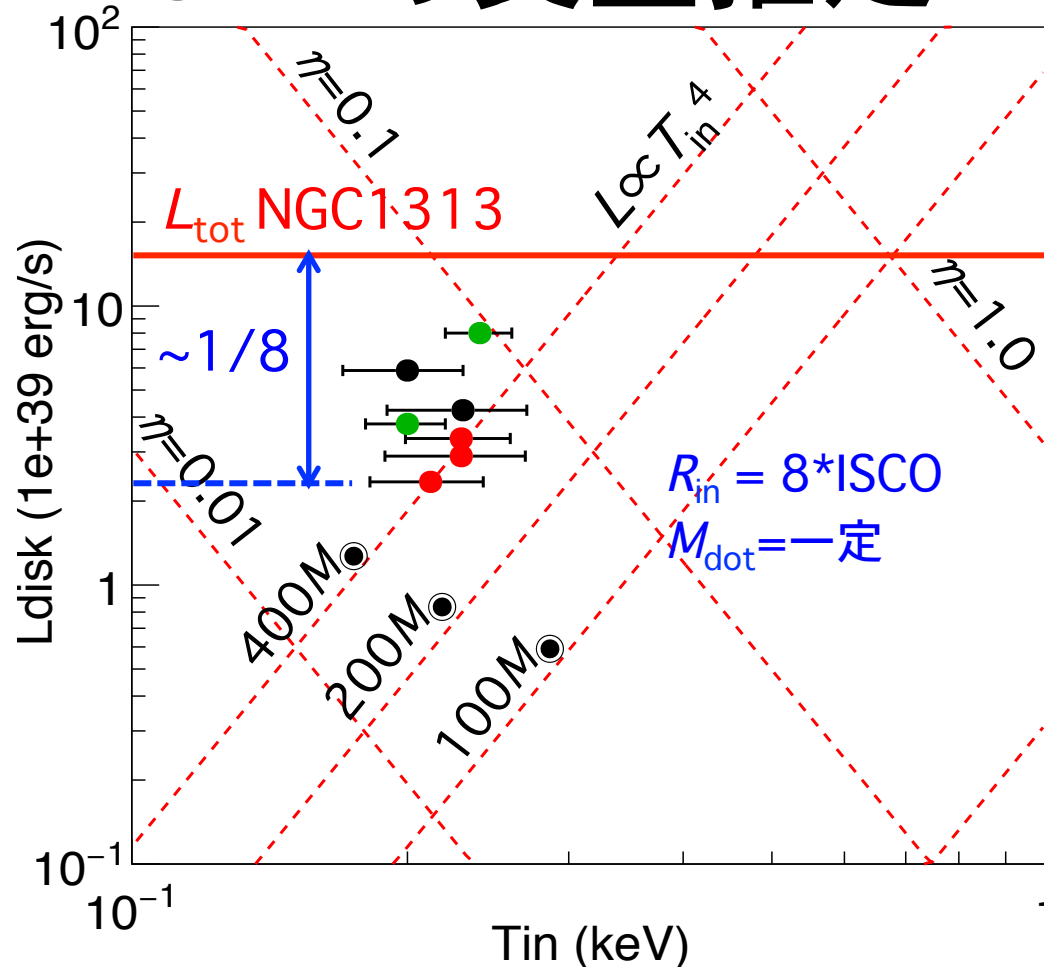
- PL型→Disk型で円盤は次第にコロナに覆われていくことが示唆される。
- BH連星のスペクトル状態も同様に(F,Q)平面上で区別可能。
- PL型はBH連星のVHSと同程度の(F,Q)を持つ。

ULXの質量推定



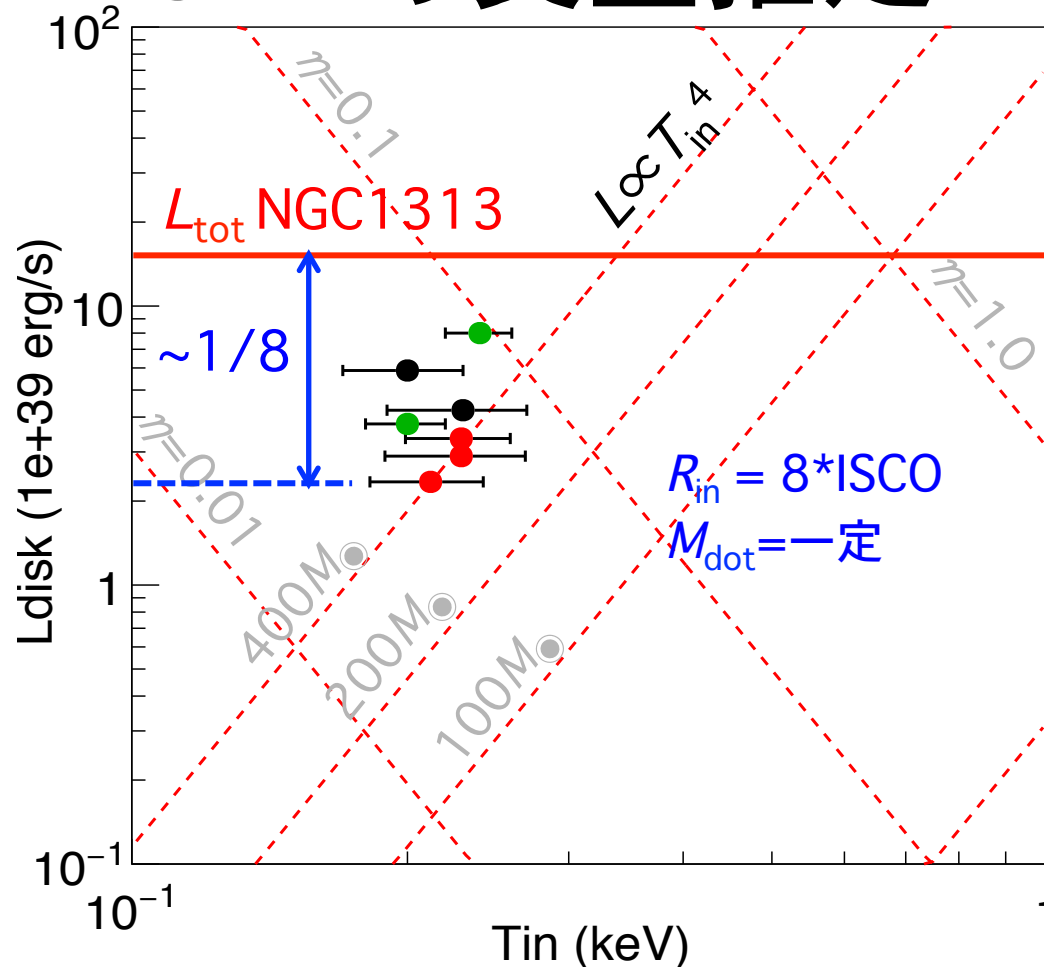
- R_{in} が最内縁安定軌道(ISCO)であるならば、ULXは $M \sim 400 M_{\odot}$, $\eta \sim 0.1$ 。
- $R_{\text{in}} > \text{ISCO}$ であったとしても、ULXは $M \sim 50 M_{\odot}$, $\eta \sim 2$ と、やや大きな M をもつBHと無矛盾。

ULXの質量推定



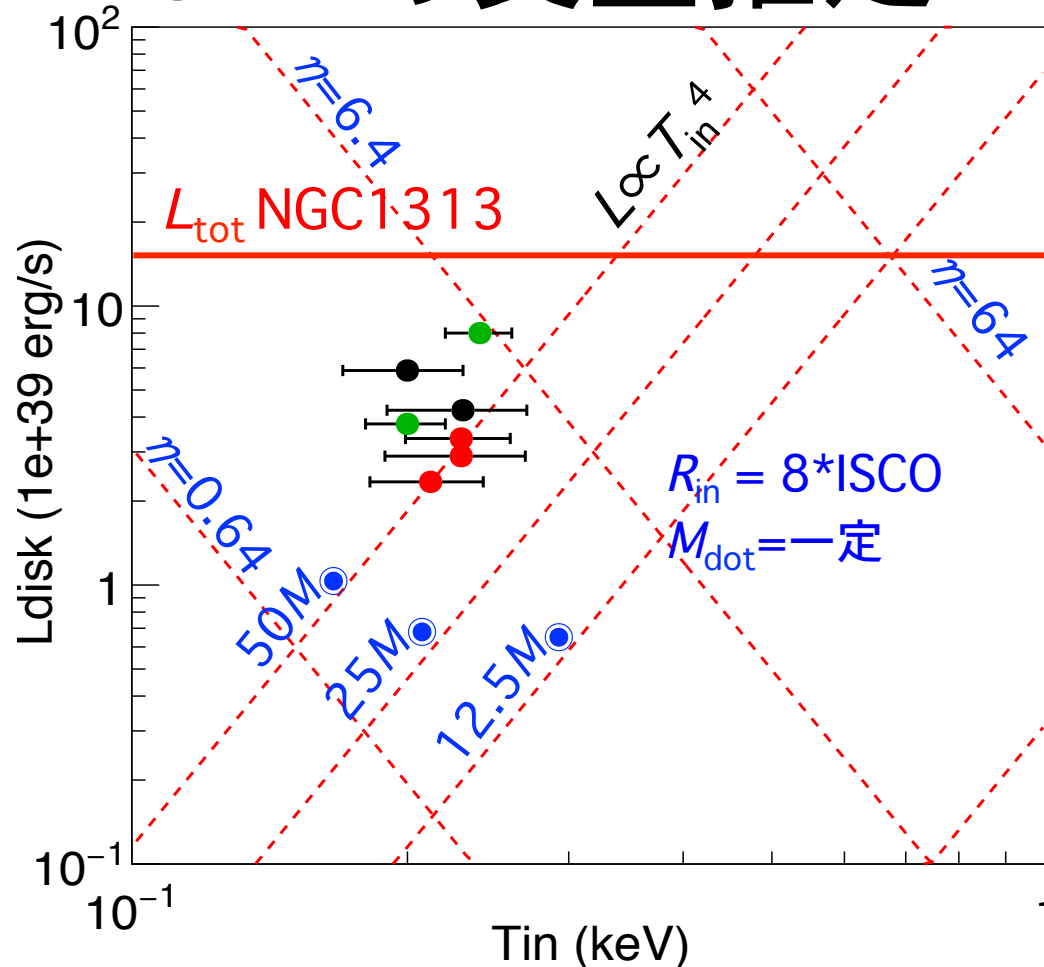
- R_{in} が最内縁安定軌道(ISCO)であるならば、ULXは $M \sim 400 M_{\odot}$, $\eta \sim 0.1$ 。
- $R_{\text{in}} > \text{ISCO}$ であったとしても、ULXは $M \sim 50 M_{\odot}$, $\eta \sim 2$ と、やや大きな M をもつBHと無矛盾。

ULXの質量推定



- R_{in} が最内縁安定軌道(ISCO)であるならば、ULXは $M \sim 400 M_{\odot}$, $\eta \sim 0.1$ 。
- $R_{\text{in}} > \text{ISCO}$ であったとしても、ULXは $M \sim 50 M_{\odot}$, $\eta \sim 2$ と、やや大きな M をもつBHと無矛盾。

ULXの質量推定



- R_{in} が最内縁安定軌道(ISCO)であるならば、ULXは $M \sim 400 M_{\odot}$, $\eta \sim 0.1$ 。
- $R_{\text{in}} > \text{ISCO}$ であったとしても、ULXは $M \sim 50 M_{\odot}$, $\eta \sim 2$ と、やや大きな M をもつBHと無矛盾。

結論

- ULXのX線スペクトルはその状態に関係なくMCD+THCモデルでよく再現された。
- 新たなパラメタ $Q = T_e / T_{in}$ と $F = 1 - L_{raw} / L_{disk}$ を導入することでULXのスペクトル状態をBH連星と同様に特徴づけることに成功した。
- 得られた降着円盤のパラメタから、ULXは50-400 $M_{\odot}$ のBHとして解釈することができる。