

Swift/UVOT による NGC1275 の周りに 広がった紫外線放射 の解析

広島大学 理学研究科

今里 郁弥, 深沢 泰司, Norbert Werner (Lendulet Hot)

NGC1275 (3C 84)

ペルセウス銀河団の中心に位置する巨大楕円銀河。 $z = 0.01756$ 。

X線イメージ(Chandra)

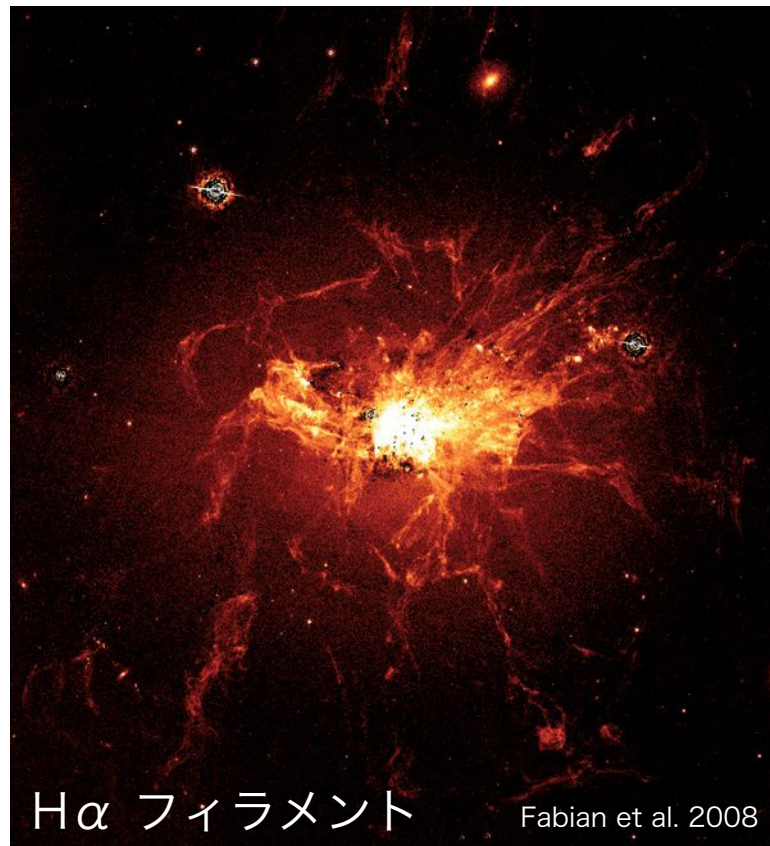
NGC1275 nucleus
AGN



ペルセウス銀河団
ジェットで擾乱されている

Image credit: X-ray:
NASA/CXC/SAO/E.Bulbul, et al.

可視イメージ(Hubble)

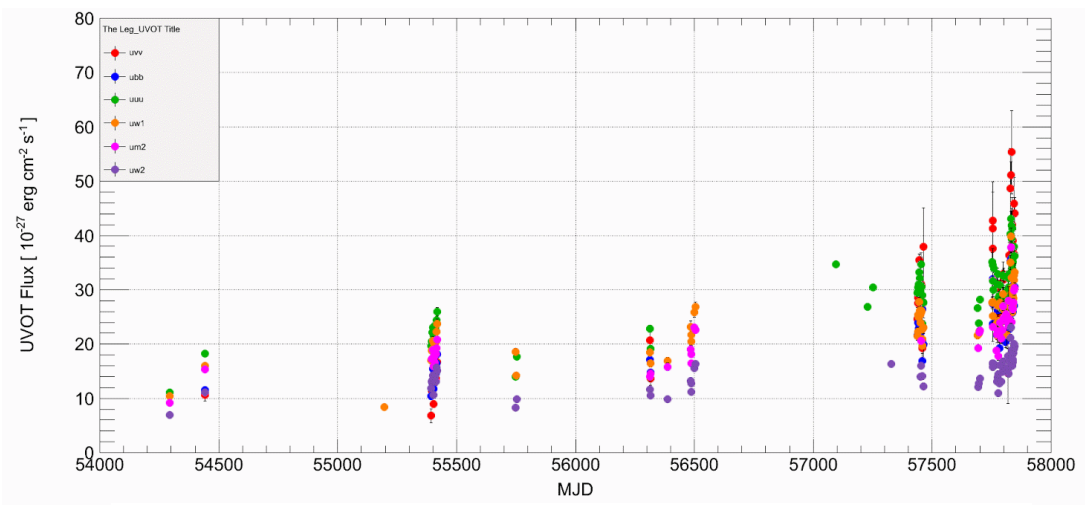
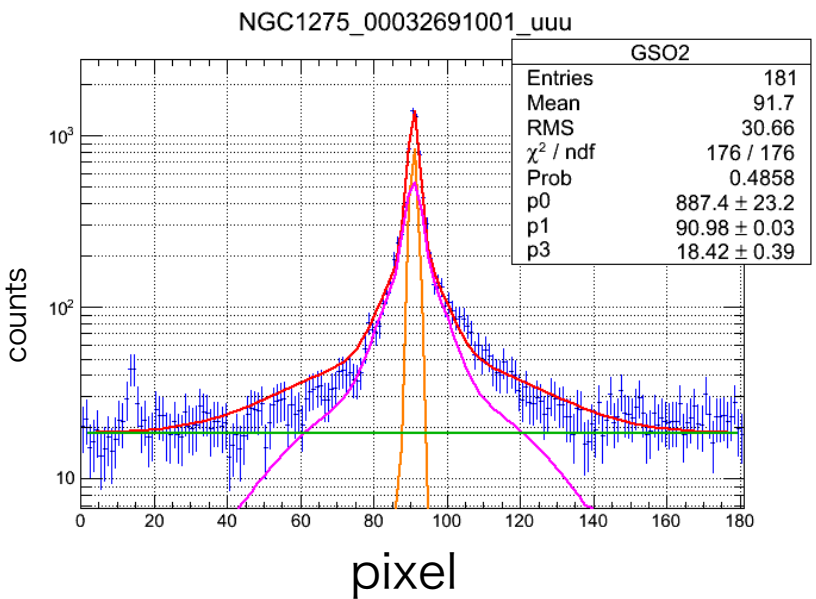


H α フィラメント

Fabian et al. 2008

NGC1275 周りに広がった紫外線放射発見の経緯

Swift/UVOT を用いて NGC1275 の可視紫外線の AGN 放射の時間変動や SEDなどを調べていた。(2017秋, 2018春 天文学会発表)



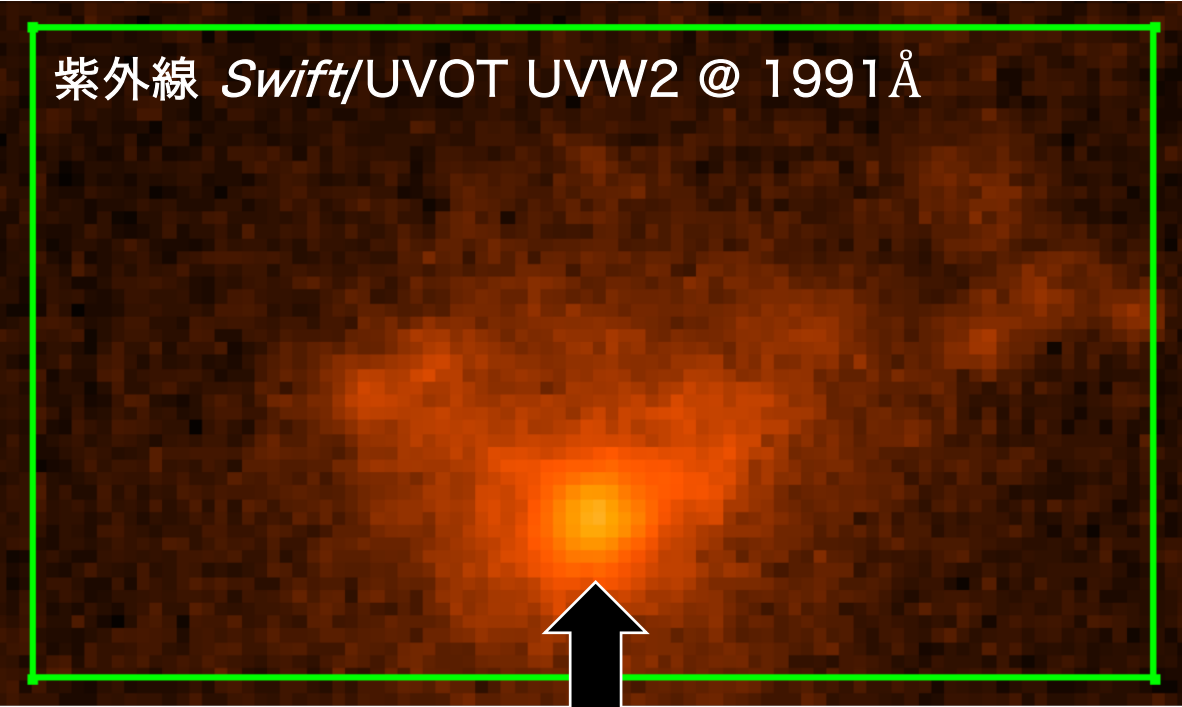
NGC1275 の AGN 放射のライトカーブ

- AGN 放射
- 母銀河放射
- back ground
- total

NGC1275 の紫外線イメージを確認すると北に広がった放射を発見

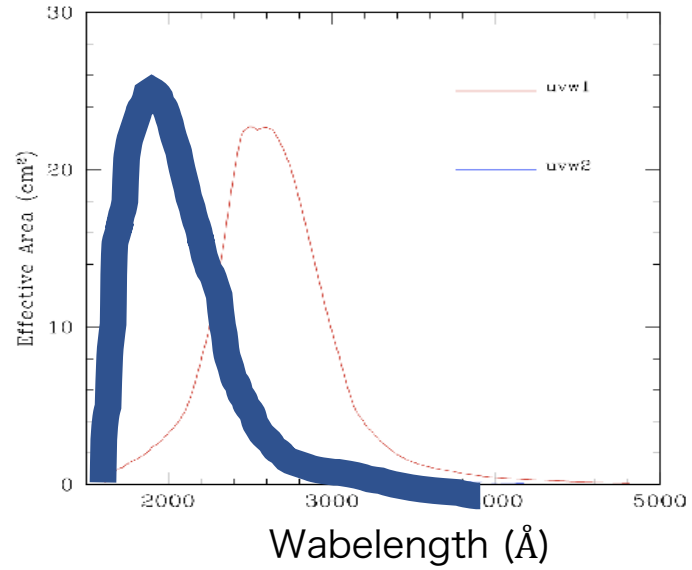
NGC1275 周りに広がった紫外線放射のイメージ

過去に報告例なし



NGC1275

Swift/UVOT UVW2
Effective area



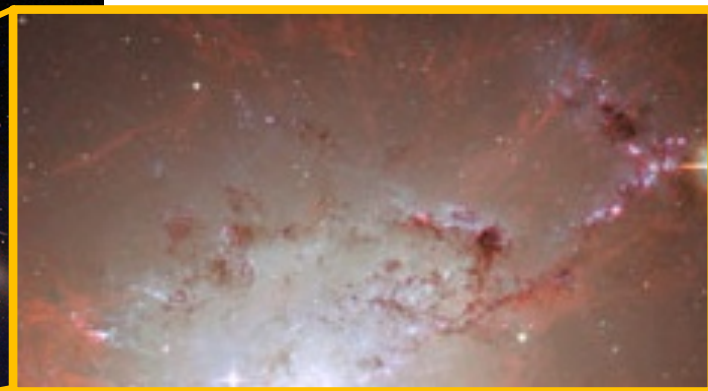
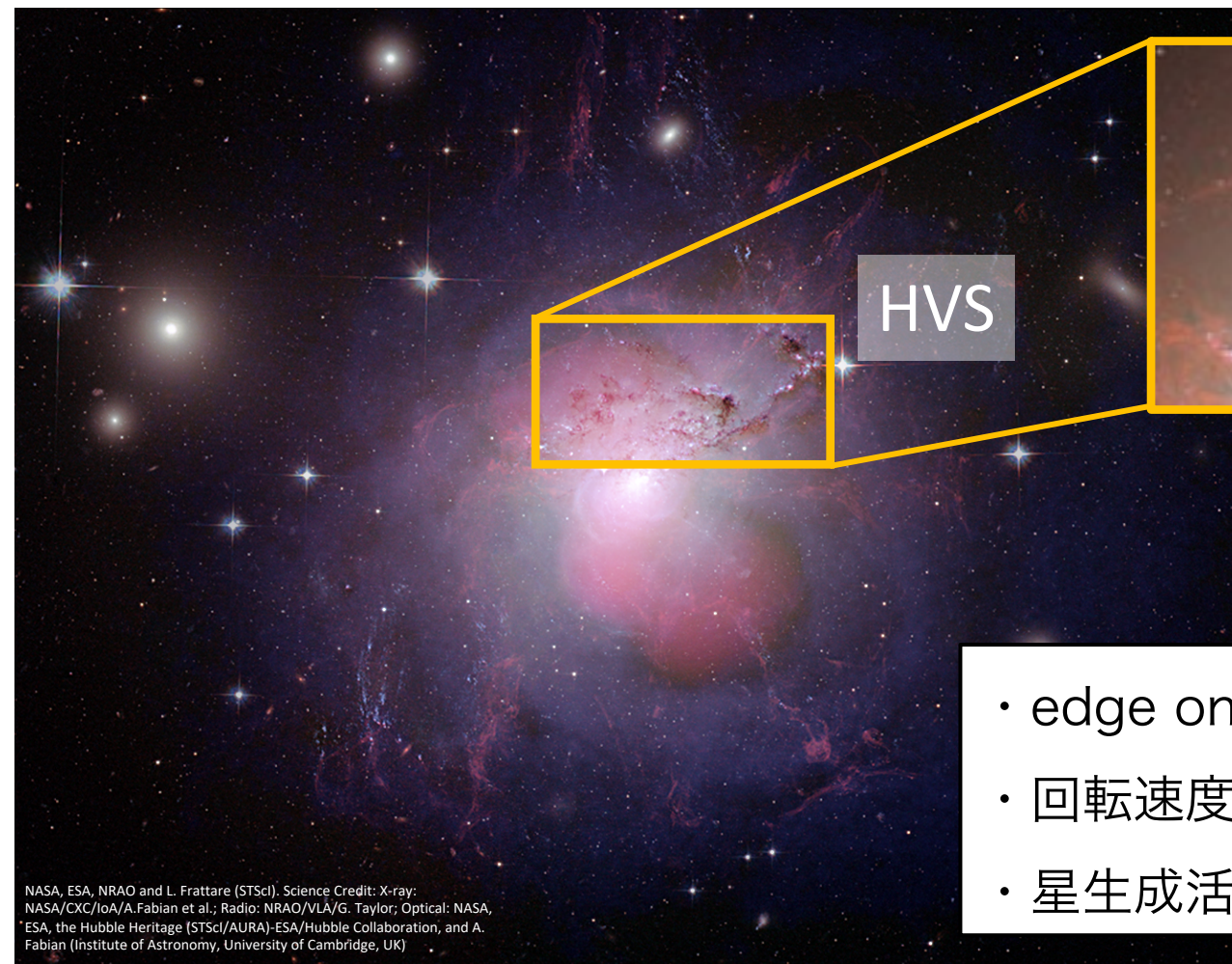
https://swift.gsfc.nasa.gov/analysis/uvot_digest/redleak.html

広がった紫外線の放射源を探る

広がった紫外線放射の候補天体：HVS

HVS : NGC1275 (ペルセウス銀河団) に近づいている Star forming galaxy

可視光イメージ(HST)



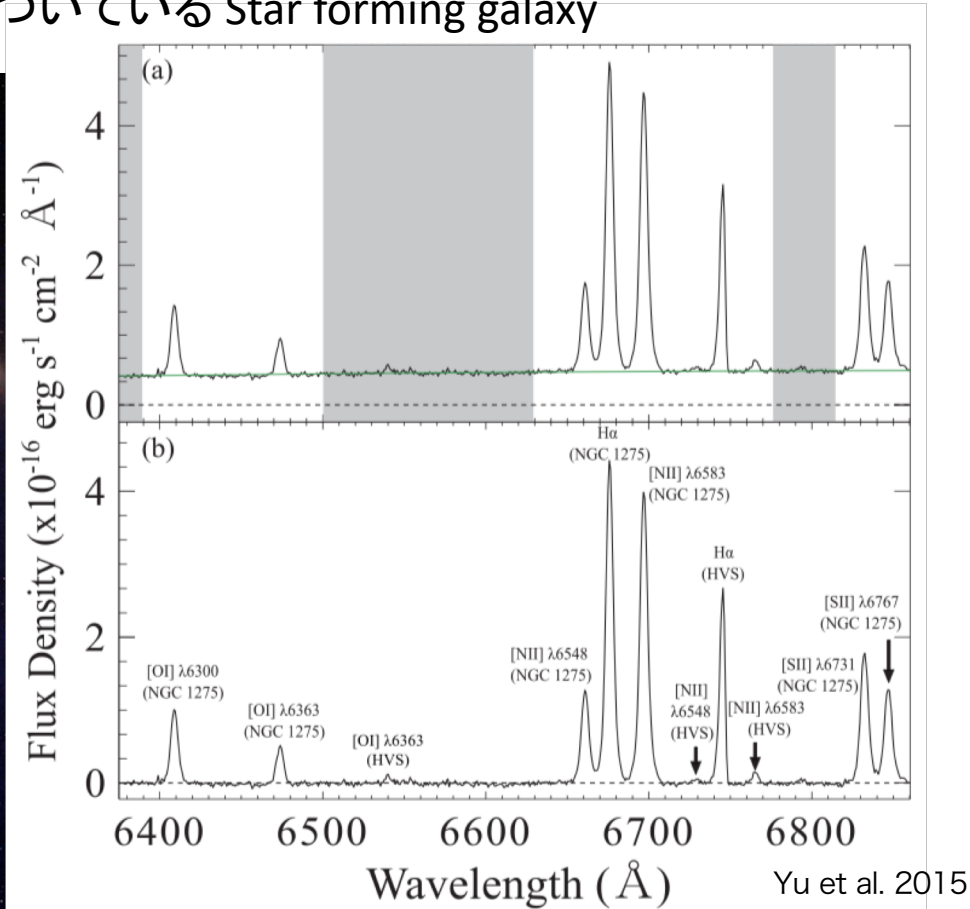
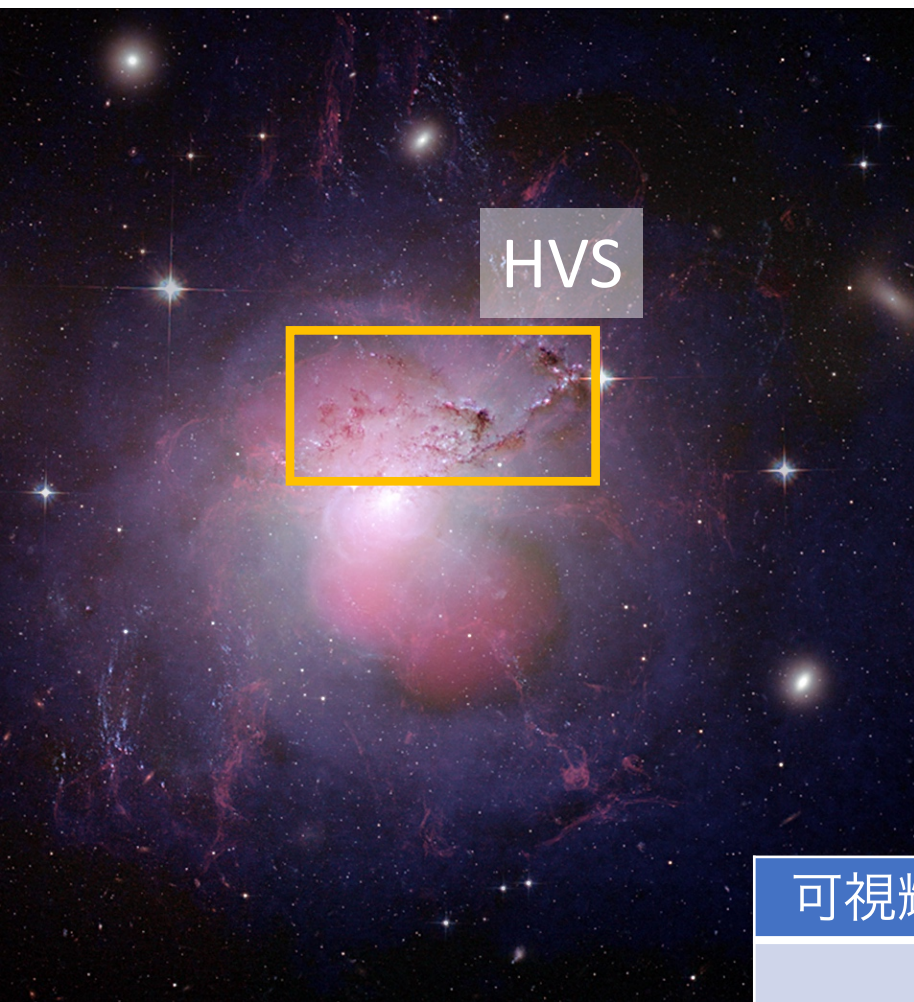
NASA, ESA, and the Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration;
Acknowledgment: A. Fabian (Institute of Astronomy, University of Cambridge, UK)

- edge on に近い disk galaxy
- 回転速度と大きさは銀河系に近い
- 星生成活動が活発($3.6 M_{\odot} \text{yr}^{-1}$)

NASA, ESA, NRAO and L. Frattare (STScI). Science Credit: X-ray:
NASA/CXC/IOA/A. Fabian et al.; Radio: NRAO/VLA/G. Taylor; Optical: NASA,
ESA, the Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration, and A.
Fabian (Institute of Astronomy, University of Cambridge, UK)

広がった紫外線放射の候補天体：HVS

HVS : NGC1275 (ペルセウス銀河団) に近づいている Star forming galaxy



可視輝線のドップラーシフトから求めた速度

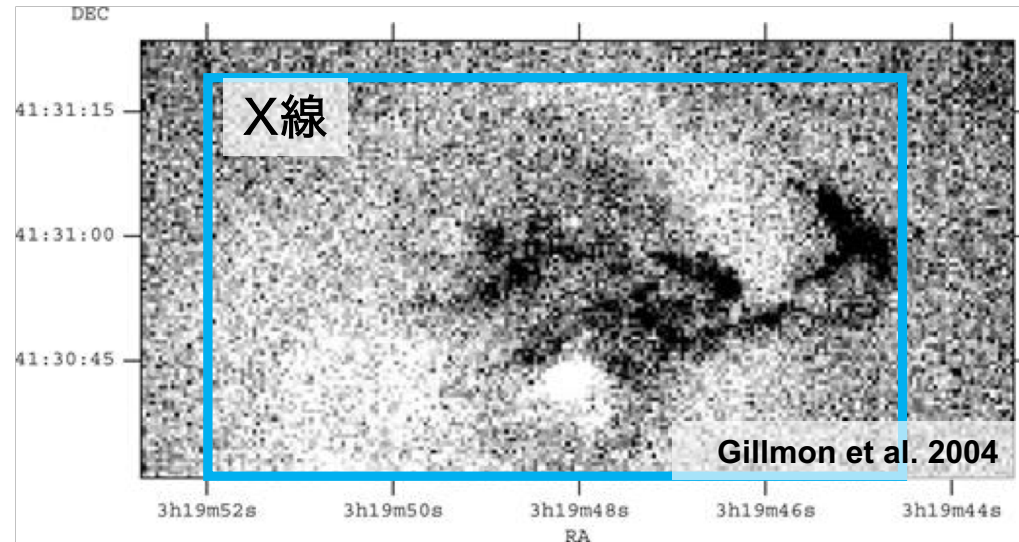
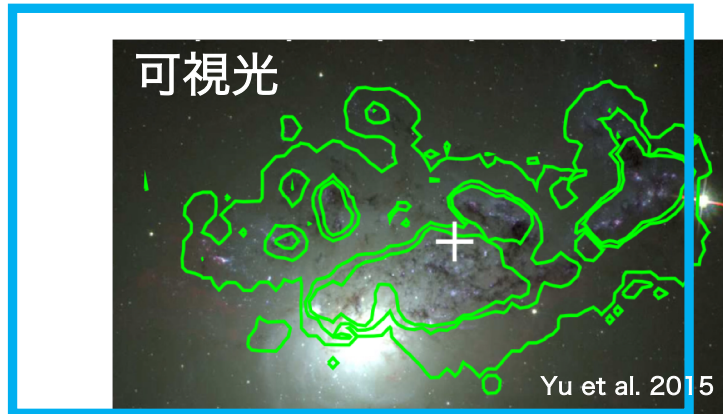
NGC1275	~ 5200 km/s
HVS	~ 8200 km/s

NASA, ESA, NRAO and L. Frattare (STScI). Science Credit: X-ray: NASA/CXC/IOA/A.Fabian et al.; Radio: NRAO/VLA/G. Taylor; Optical: NASA, ESA, the Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration, and A. Fabian (Institute of Astronomy, University of Cambridge, UK)

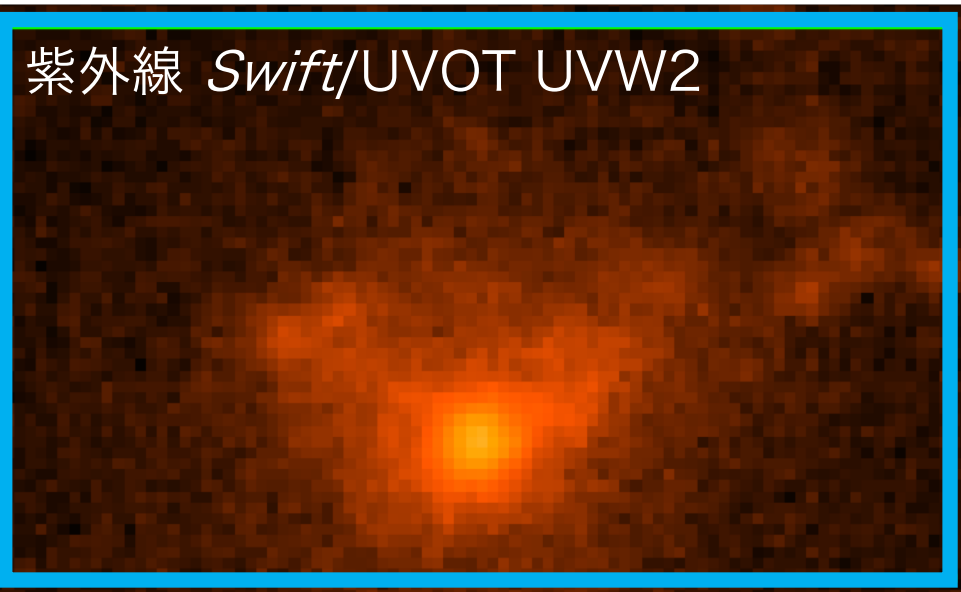
HVS の可視・X線イメージと

NGC1275 周りに広がった紫外線放射のイメージ

緑線は HVS の H α の等高線



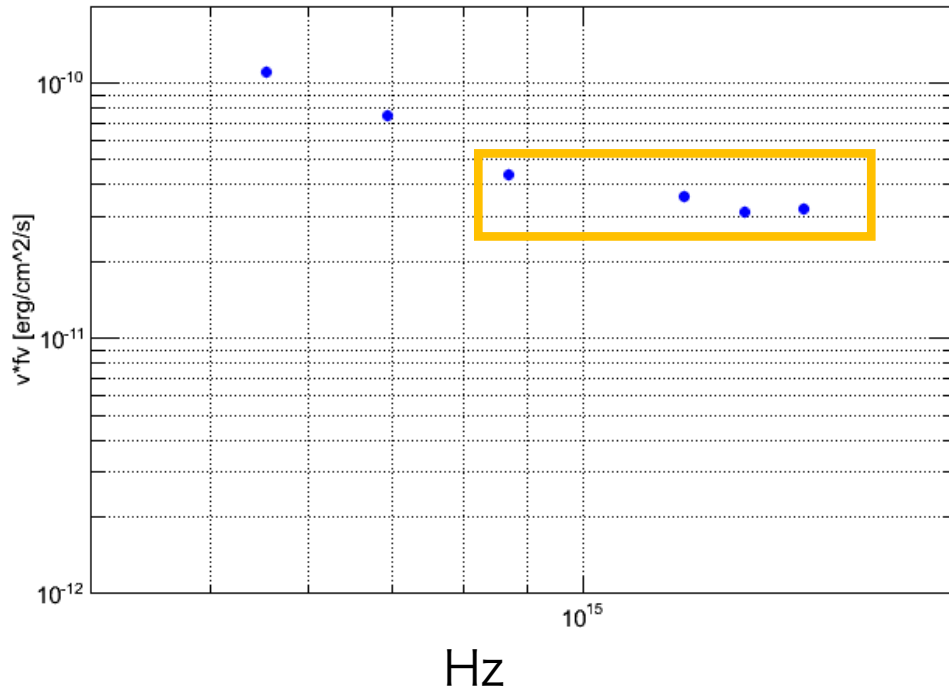
紫外線 *Swift*/UVOT UVW2



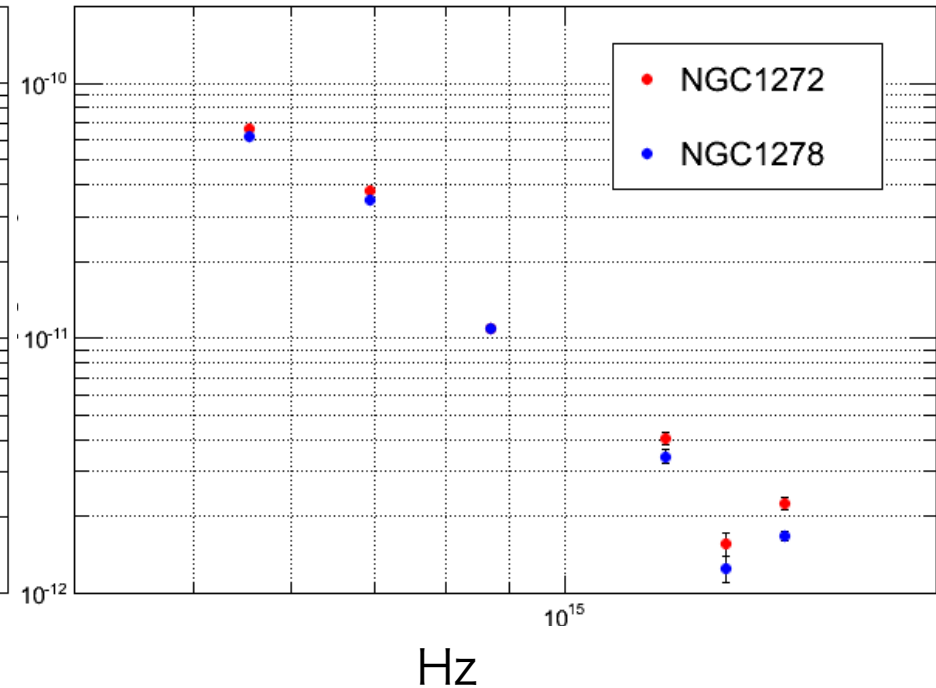
可視・X線の HVS の形と似ている

広がった紫外線放射領域を含む NGC1275 と 他の楕円銀河の SED の比較

NGC1275 (AGN 放射差引済み)



NGC1272 と NGC1278 (楕円銀河)



広がった紫外線放射を含む NGC1275(楕円銀河)の SED の形が他の楕円銀河と異なる。

NGC1275 の AGN 放射差引後の放射は母銀河(楕円銀河)以外にも他の放射(HVS ?)が見えていていると考えられる。

広がった紫外線放射は HVS の放射なのか

HVS の $H\alpha$ の強度から HVS の星生成率は分かっている (Yu et al. 2015)

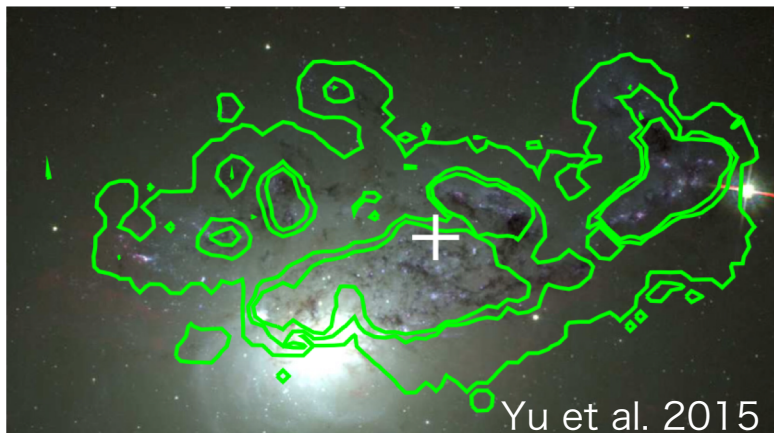


もし広がった紫外線放射から導出した星生成率 (UV) が

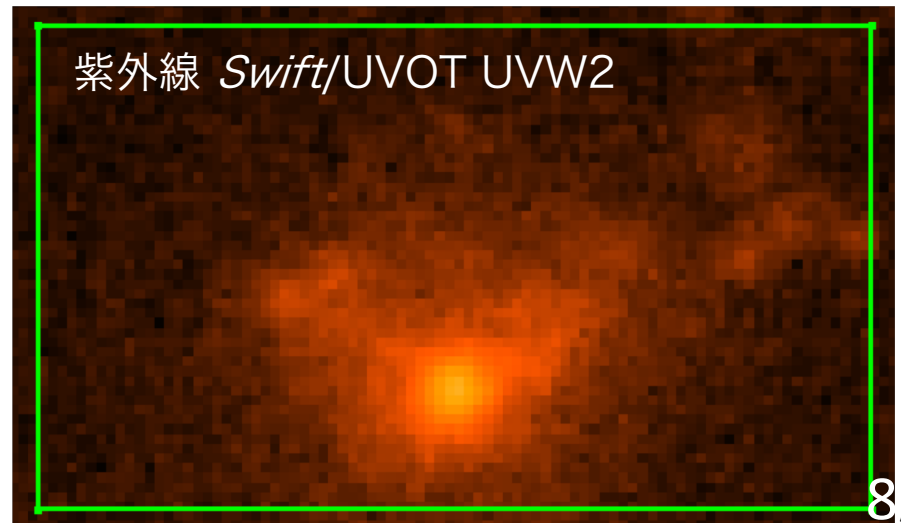
星生成率_{HVS}($H\alpha$) \approx 星生成率(UV)

なら広がった紫外線放射は HVS からの放射である可能性

HVS の $H\alpha$ 等高線 (緑)



紫外線 *Swift*/UVOT UVW2



H α と UV の星生成率導出と先行研究(H α)

H α : 先行研究 (Yu et al. 2015)

$$\text{星生成率}_{\text{H}\alpha} (M_{\odot}\text{yr}^{-1}) = 7.9 \times 10^{-42} \times L_{\text{H}\alpha} \text{ (Kennicutt 1998)}$$

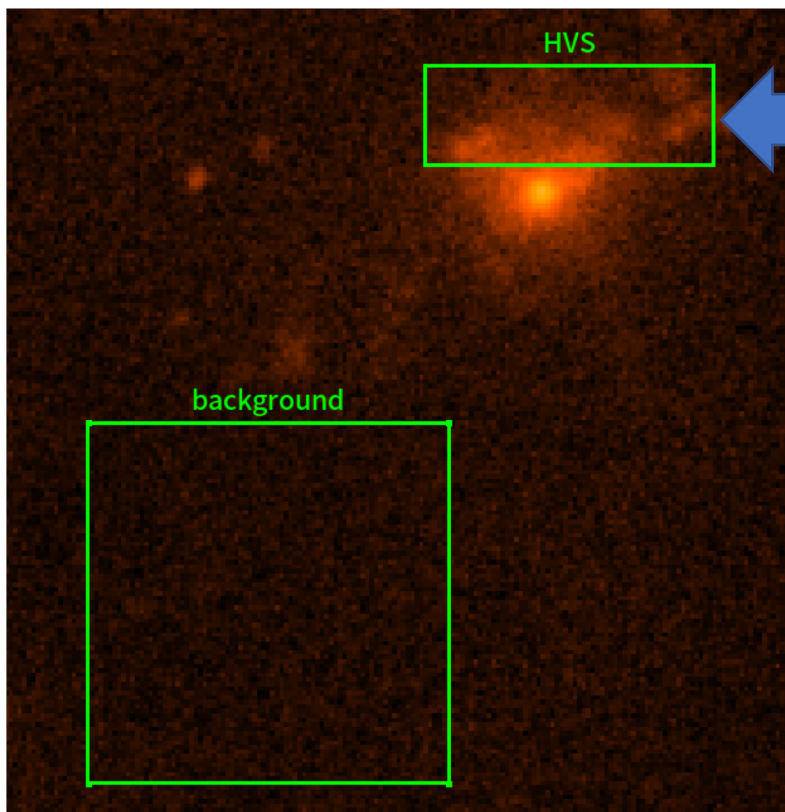
$$\text{星生成率}_{\text{HVS}} (\text{H}\alpha) = 3.6 [M_{\odot}\text{yr}^{-1}]$$

UV : This Work

$$\text{星生成率}_{\text{uv}} (M_{\odot}\text{yr}^{-1}) = \frac{1}{7.9 \times 10^{27}} \times L_{\nu, \text{uv}} \text{ (madau 1998)}$$

解析手法

Swift/UVOT の UVW2(1991 Å) を使用



Source region

Count rate \rightarrow Flux \rightarrow Luminosity

仮定

- 等方放射
- 広がった紫外線領域は NGC1275 と同じ距離

解析結果・考察

$$L_{\nu, \text{UV}} = (2.35 \pm 0.05) \times 10^{43} \text{ [erg s}^{-1} \text{]}$$

$$\text{星生成率(UV)} = 2.0 \text{ [M}_{\odot}\text{yr}^{-1} \text{]}$$

先行研究(Yu et al. 2015) : 星生成率_{HVS}(H α) = 3.6 [M $_{\odot}$ yr $^{-1}$]

一般的な銀河の星生成率のばらつきに比べると H α と UV の星生成率はそこまで変わらない。

広がった紫外線放射は HVS の放射が見えている可能性。

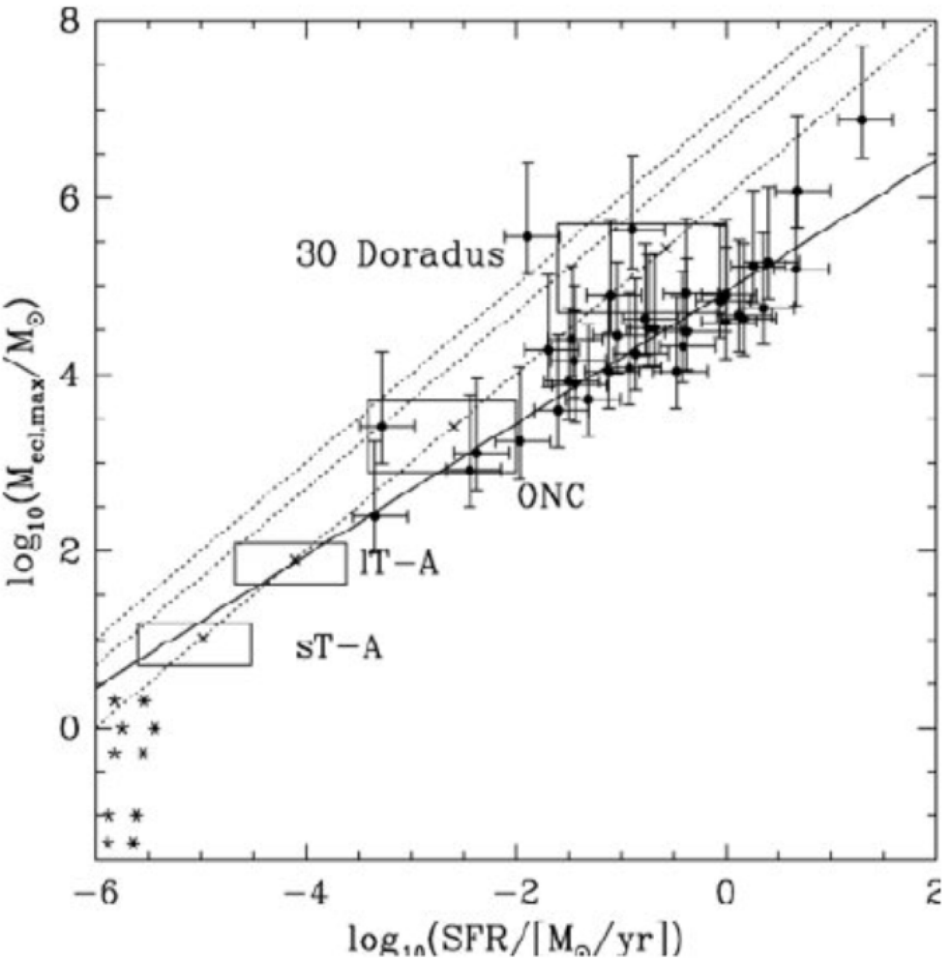
HVS はペルセウス銀河団に突入している可能性があり(Yu et al. 2015)、ram pressure によってガスが圧縮され活発な星生成領域の紫外線放射が今回の広がった紫外線放射として見えている可能性。

まとめ

- *Swift*/UVOT を用いて NGC1275 の周りに HVS の形と良く似た広がった紫外線放射を見つけた(過去に報告例なし)
- NGC1275 と楕円銀河の SED の形が異なり、NGC1275 は母銀河放射以外の放射が混入している可能性
- $L_{\nu, \text{UV}} = (2.35 \pm 0.05) \times 10^{43} \text{ [erg s}^{-1}\text{]} @ 1991 \text{ \AA}$
星生成率(UV) = $2.0 \text{ [M}_{\odot}\text{yr}^{-1}\text{]} @ 1991 \text{ \AA}$
- 星生成率(UV) ~ 星生成率_{HVS}(H α)

おわり

Normal, disk-star-forming, spiral galaxy's SFR



Figure

Caption

Figure 1. The global star formation rate of normal, disk-star-forming, spiral galaxies versus the most massive young cluster observed in that galaxy. The global star formation rate of the Milky Way is $2-5 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$, suggesting the most massive cluster present in the Milky Way should have

0 Recommendations

This figure was uploaded by [Margaret Murray Hanson](#).

LSBG の SFR

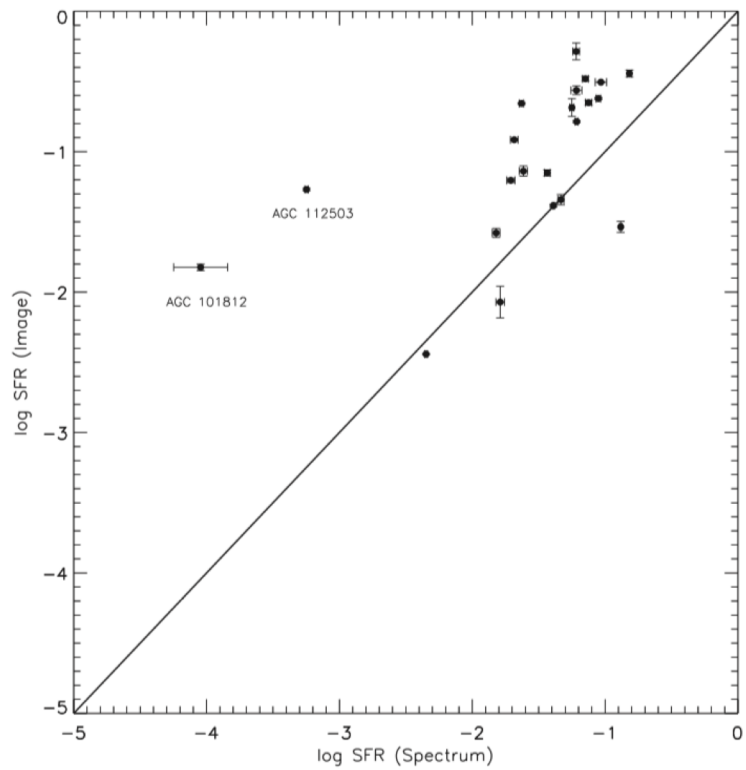


Figure 8. Comparison of the measured SFRs of 22 LSBGs derived by our $H\alpha$ images and by aperture-corrected SDSS fiber spectra.

Lei et al. 2018

HVS とペルセウス銀河団の距離

距離の目安 : NGC1275 の Holmberg radius : 125 kpc
地球 - ペルセウス銀河団の距離 : 73 Mpc

X線の解析 (Sanders & Fabian 2007)

ペルセウス銀河団の中心と HVS の距離 > 110 kpc

→ 銀河団と相互作用している可能性

可視光の解析 (Yu et al. 2015)

相対速度 ~ 3000 km/s : HVS が free fall すると 84 kpc

→ 銀河団と相互作用している可能性

しかし HVS とペルセウス銀河団が相互作用しているかはっきりとは分かっていない

ペルセウス銀河団と NGC1275 と High Velocity System (HVS)

X線イメージ(Chandra)

HVS

NGC1275 nucleus

可視光イメージ(HST)

NASA, ESA, and the Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration;
Acknowledgment: A. Fabian (Institute of Astronomy, University of Cambridge, UK)

可視輝線の red shift から求めた速度

NGC1275

~ 5200 km/s

HVS

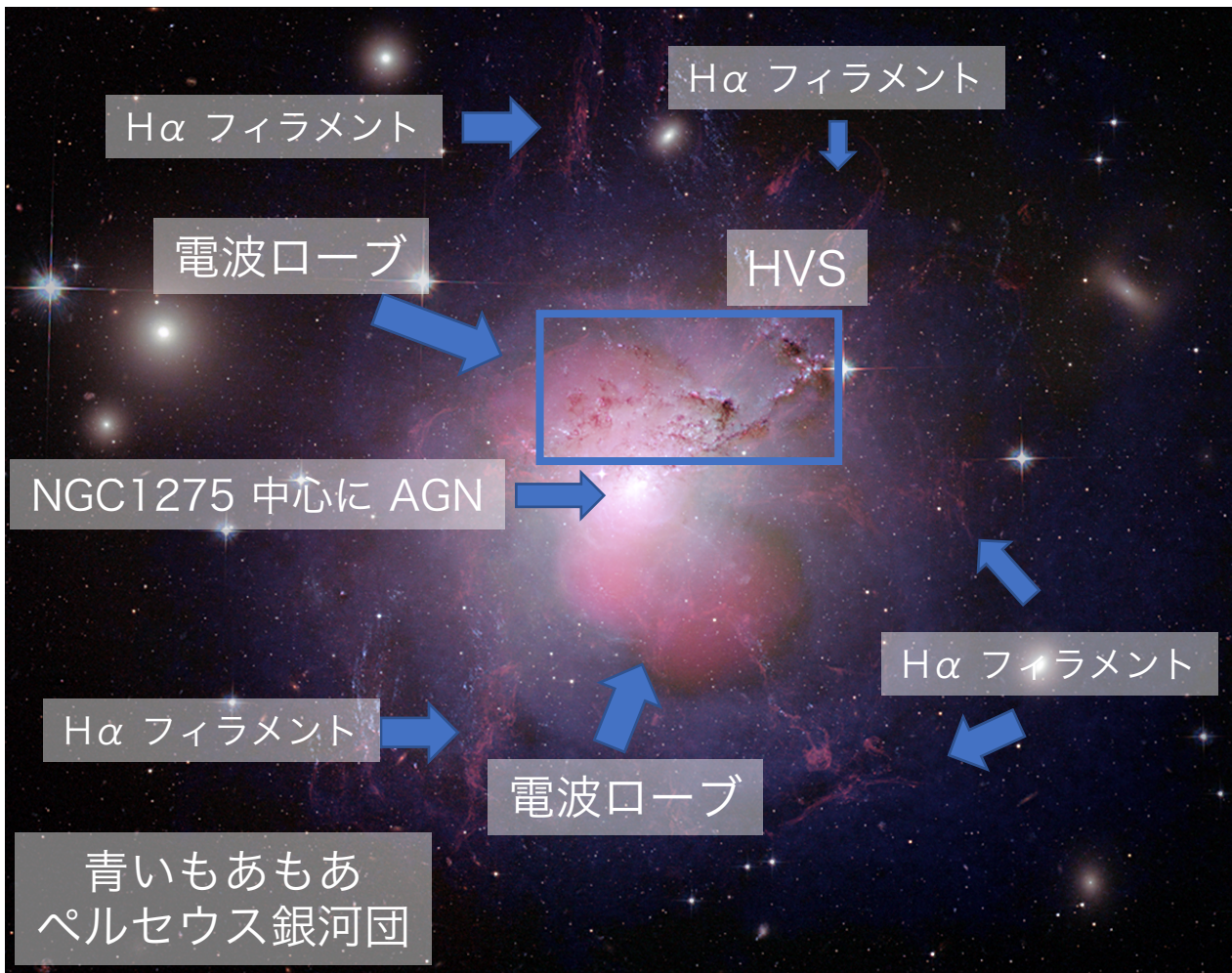
~ 8200 km/s

ペルセウス銀河団

Image credit: X-ray: NASA/CXC/SAO/E.Bulbul, et al.

NGC1275 (3C 84)

ペルセウス銀河団の中心に位置する巨大楕円銀河。 $z = 0.01756$ 。



複雑な系

HVS の 可視イメージと H α contour

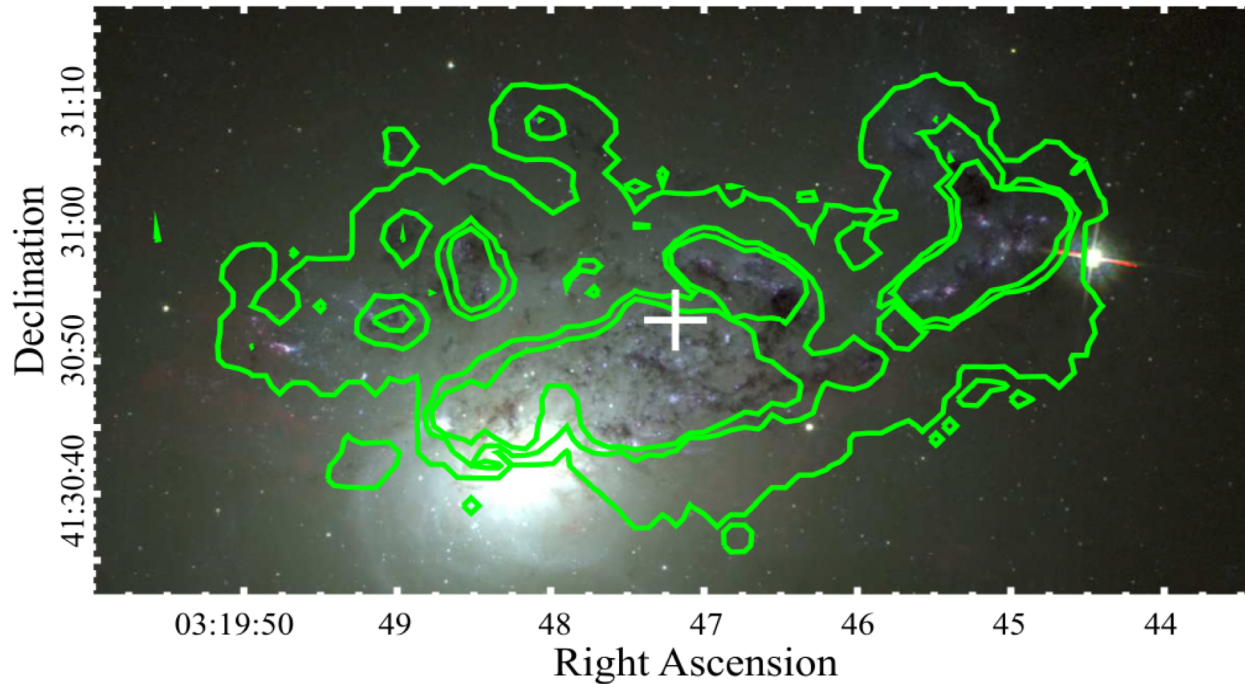


Figure 14. Optical image from the *HST* ACS/WFC in the *B*, *V*, and *R* bands combined to show dust visible in silhouette against NGC 1275. Contours show the main H α -emitting body of the HVS, with contour levels plotted at 0.30 , 3.53 , and $6.78 \times 10^{-16} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. Notice that the silhouetted dust coincides with relatively bright H α -emitting regions in the main body of the HVS, and resembles two spiral arms emerging from the approximate geometrical and kinematic center of this body as marked by a cross.

Yu et al. 2015

Holmberg radius

$m(B) = 26.5 \text{ mag/sq.arcsec}$
となる半径

HVS の研究の意義

- Yu et al. 2015 ではHVSは Low Surface Brightness(LSB) であると考えられ、この種類の銀河は low-density な環境でよく見られるが、もしこのHVSがペルセウス銀河団の中にあればvery high densityな環境であり、このような環境で見つかった例は無い。もしそうなら、銀河団によってdisk galaxyの星生成率がどれだけ上がるか調べることができるユニークなケース。

各論文の導出方法での星生成率

- UVW2 Star formation rate of HVS by Laura 2016 formula :

$$\text{星生成率}_{\text{uvw2}} (M_{\odot}\text{yr}^{-1}) = 9.5 \times 10^{-44} \nu L_{\nu, \text{uvw2}}$$

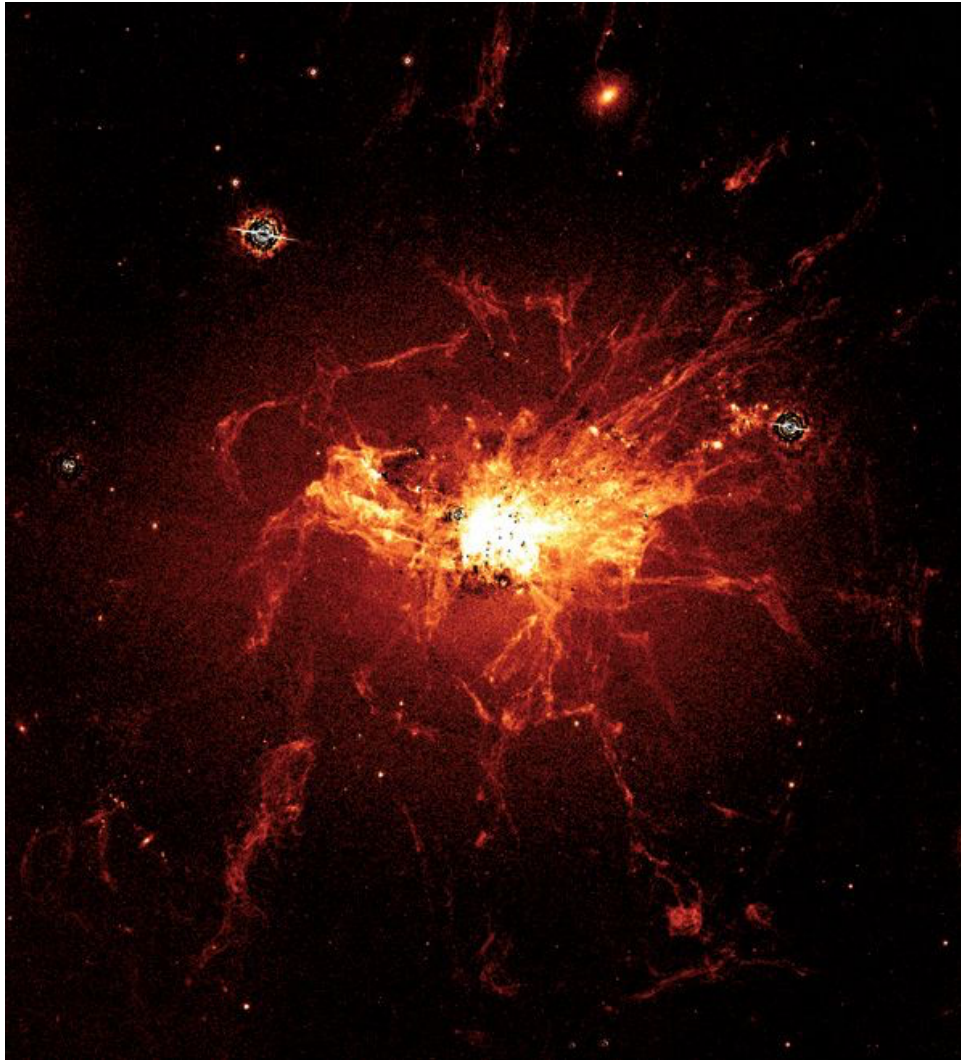
2.11 +/- 0.049 M/yr (Lower limit)

- UVW2 Star formation rate of HVS by Madau 1998 formula

$$\text{星生成率}_{\text{uvw2}} (M_{\odot}\text{yr}^{-1}) = \frac{1}{7.9 \times 10^{27}} \times L_{\nu, \text{uvw2}}$$

1.867 +/- 0.043 M/yr

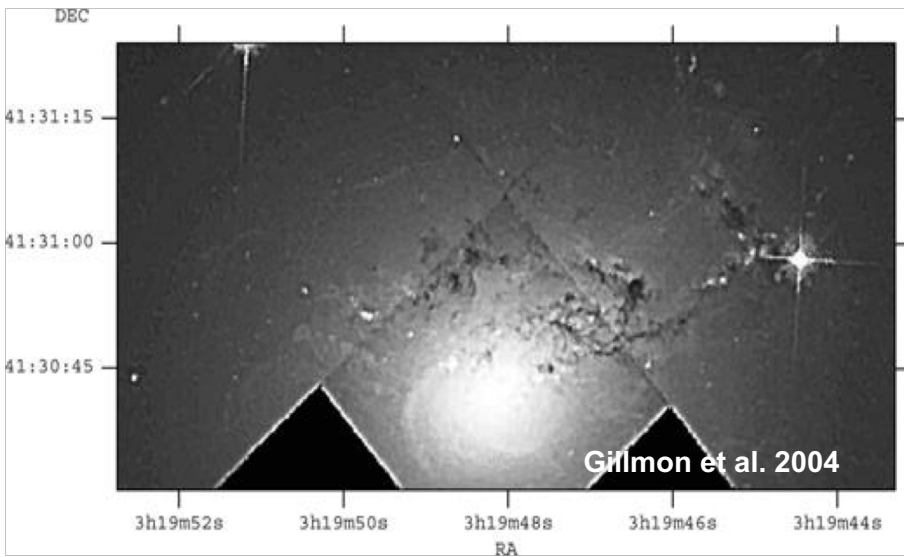
NGC1275 周りのH α フィラメント



F550M and F625W

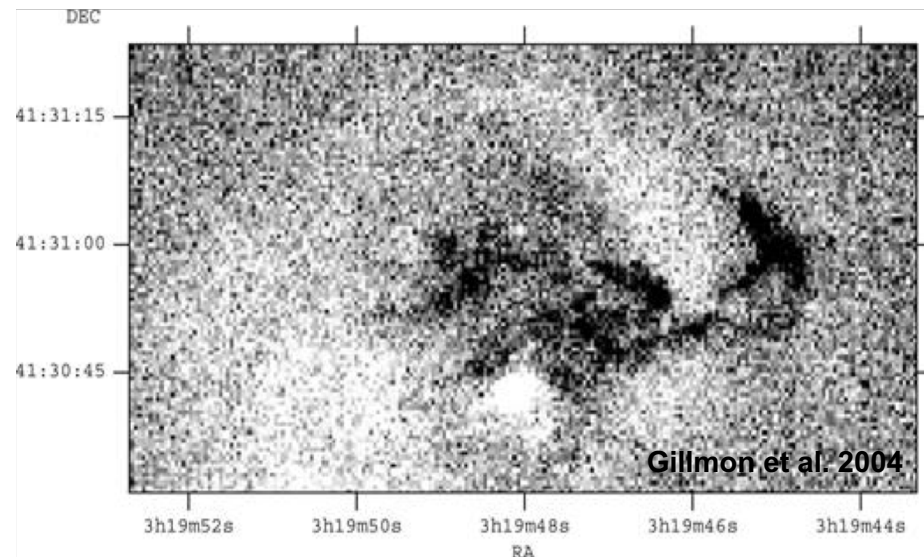
HVS の可視とX線のイメージ

可視光



HST F702W(6895 Å) filter

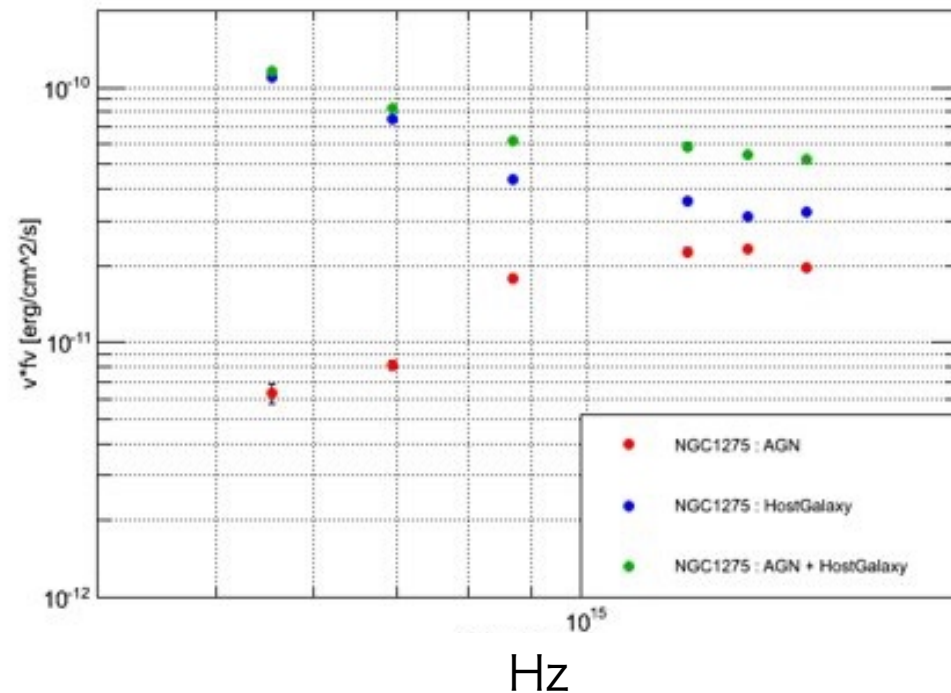
X線



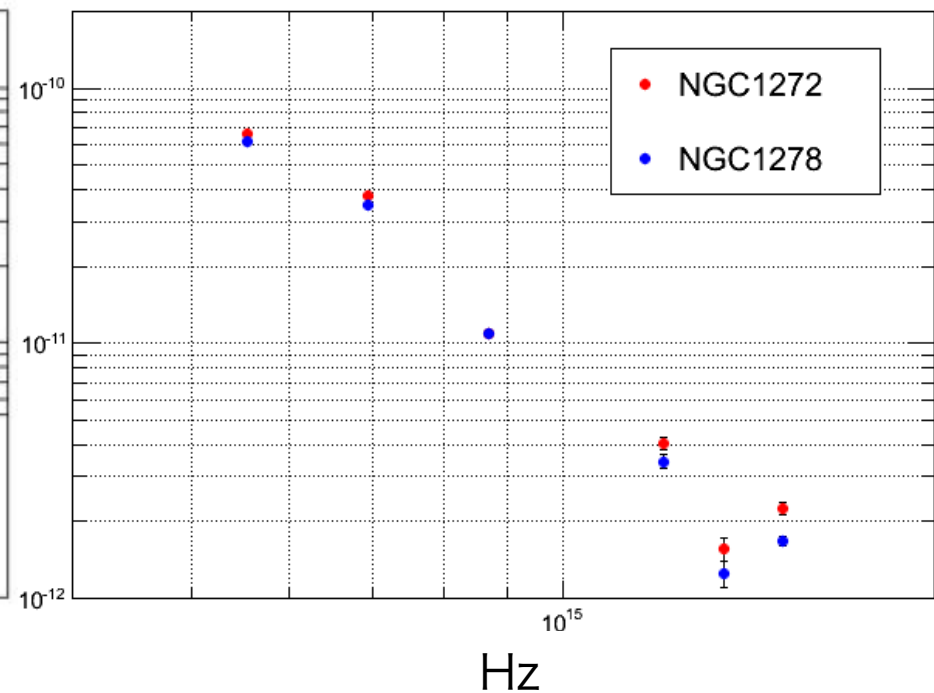
Chandra 0.3-0.8 keV

広がった紫外線放射領域を含む NGC1275 と 他の楕円銀河の SED の比較

NGC1275



NGC1272 と NGC1278 (楕円銀河)



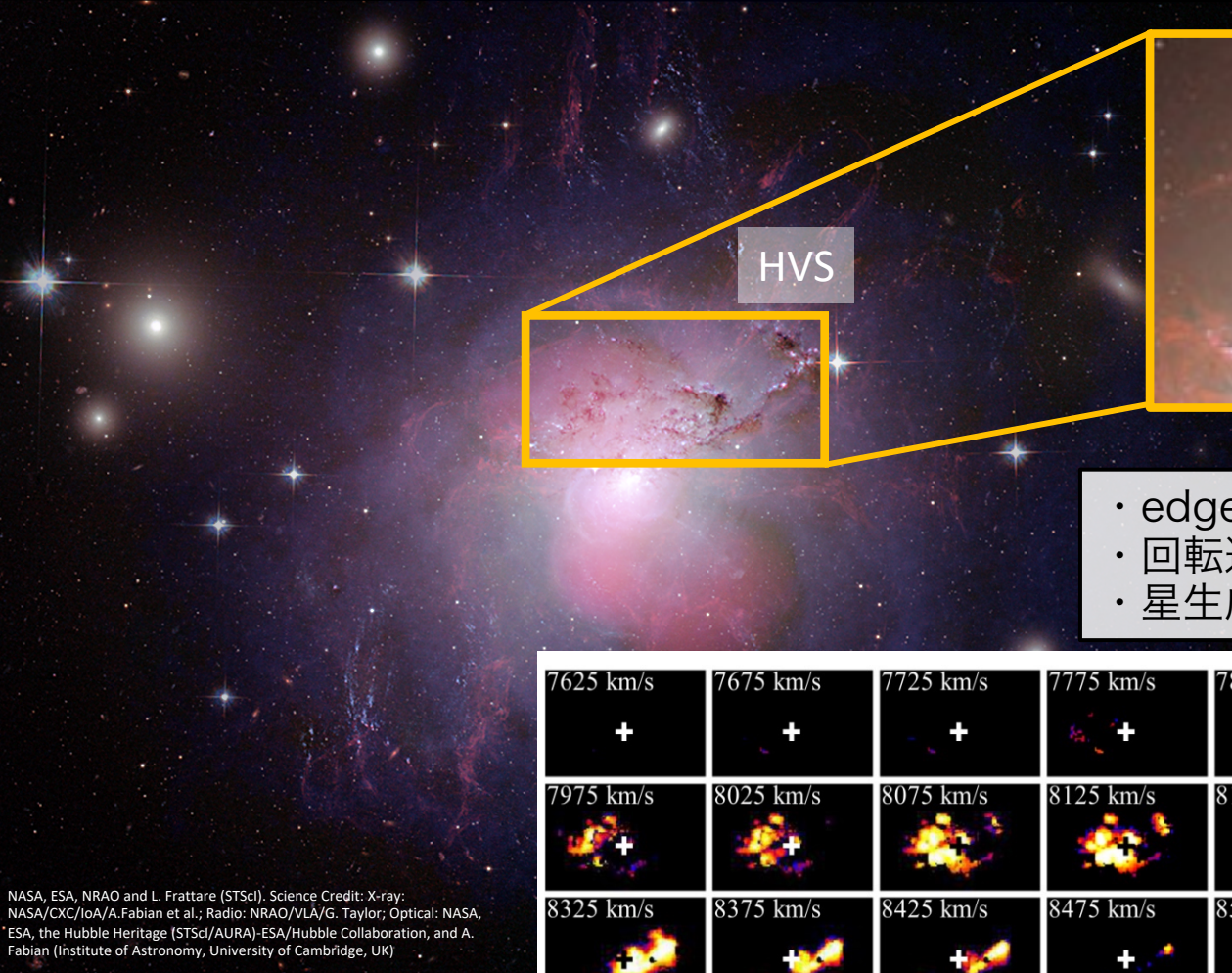
広がった紫外線放射を含む NGC1275(楕円銀河)の SED の形が他の楕円銀河と異なる。

NGC1275 の AGN 放射差引後の放射は母銀河(楕円銀河)以外にも他の放射(HVS ?)が見えていいると考えられる。

広がった紫外線放射の候補天体：HVS

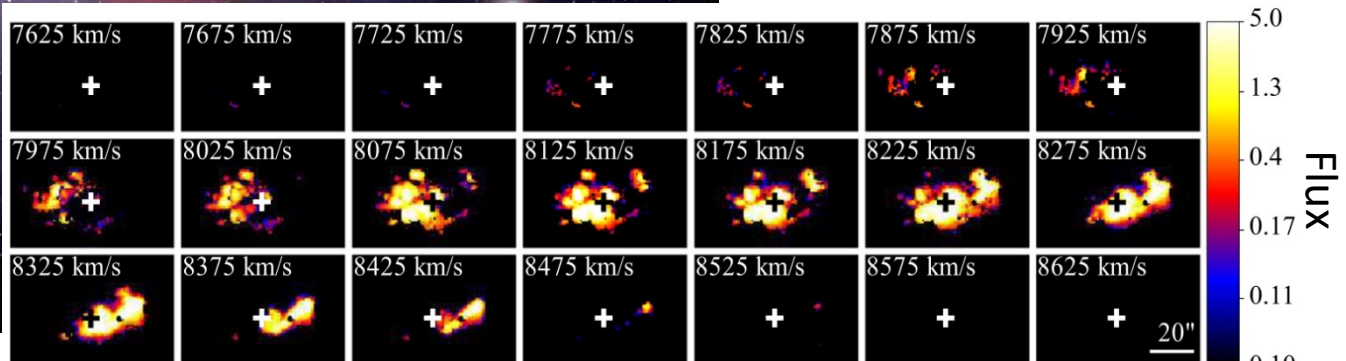
HVS : NGC1275 (ペルセウス銀河団) に近づいている Star forming galaxy

可視光イメージ(HST)



NASA, ESA, and the Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration; Acknowledgment: A. Fabian (Institute of Astronomy, University of Cambridge, UK)

- edge on に近い disk galaxy
- 回転速度と大きさは銀河系に近い
- 星生成活動が活発 ($3.6 M_{\odot} \text{yr}^{-1}$)



NASA, ESA, NRAO and L. Frattare (STScI). Science Credit: X-ray: NASA/CXC/IOA/A. Fabian et al.; Radio: NRAO/VLA/G. Taylor; Optical: NASA, ESA, the Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration, and A. Fabian (Institute of Astronomy, University of Cambridge, UK)



銀河の回転方向

Yu et al. 2015