

赤い早期型銀河における低光度活動中心核の起源  
(銀河 48c)

前林 隆之(東北大学 D2), 村山 卓(東北大学)

2012 年度 第 42 回 天文・天体物理若手 夏の学校 収録

2012 年 8 月 1 ~ 4 日 @福井県東尋坊温泉三国観光ホテル

## 1. Abstract

本研究では、LINER(Low-Ionization Nuclear Emission-line Region) の起源を診断し、近傍宇宙における低光度活動中心核 (Low-Luminosity Active Galactic Nuclei, LL-AGN) と星形成活動の共進化史を明かにする事を目指し、SDSS(Sloan Digital Sky Survey) DR7 の分光天体カタログから、近傍 ( $0.05 < z < 0.1$ ) の早期型銀河 34493 天体を選択した。そして、輝線診断図 (BPT 図) と Color-Mass Diagram(CMD) を用いて、電離ガスの物理状態、電離源、及び母銀河の恒星種族等を調査した。また、ROSAT 衛星による soft-X 線検出の有無から、輝線診断に対する追検証を試みた。

その結果、(1)BPT 図上の LINER 領域に輝線比が集中する傾向が見られ、それらの母銀河カラー ( $u' - r'$ ) はどの星質量レンジにおいても赤いカラーを示した。(2) $EW([\text{OIII}]\lambda 5007) \geq 3 \text{ \AA}$  の Seyfert と LINER は、BPT 図上で Seyfert 領域と LINER 領域を横断する様に分布した。一方、 $EW([\text{OIII}]) < 3 \text{ \AA}$  の LINER は、LINER 領域に塊状に分布した。(3)soft-X 線検出があった LINER は、BPT 図上の SF 領域と Seyfert 領域の 2 方向へ伸びる輝線比分布を示した。

そして、これらの結果から、(1) $EW([\text{OIII}]) < 3 \text{ \AA}$ 、かつ  $u' - r' \gtrsim 2.6$  の LINER には、年老いた恒星種族による光電離が、(2) $EW([\text{OIII}]) \geq 3 \text{ \AA}$  の LINER には、AGN による光電離が示唆された。

## 2. Motivation

LINER は、BPT 図上における輝線比分布によって定義される。その輝線比を満たす電離ガスモデルには、LL-AGN、衝撃波、年老いた恒星種族、高温ガス、を起源とする 4 種類のモデルが提唱されている。近年の研究傾向では、LL-AGN と年老いた恒星種族による光電離モデルが有力視されているが、未だ決定的な診断には至っていない。従って本研究では、両モデルの診断基準を確立し、近傍銀河が持つ諸性質と電離ガスの性質との関係を調査する。

## 3. Sample

### Data set:

- SDSS DR7 SpecObj table.
- SDSS-ROSAT matched table.
- the MPA-JHU DR7 release of spectrum measurements.

### Selection criteria:

- $\text{fracDeV}_{g', r', i'} > 0.95$ ,
- Spectroscopic  $S/N_{g', r', i'} > 10$ ,
- $0.05 < z < 0.1$ ,
- $\text{modelMag}_{r'} < 16.8 \text{ mag}$ .

## 4. Analyses & Results

### 4-1. Emission-line diagnostic diagrams

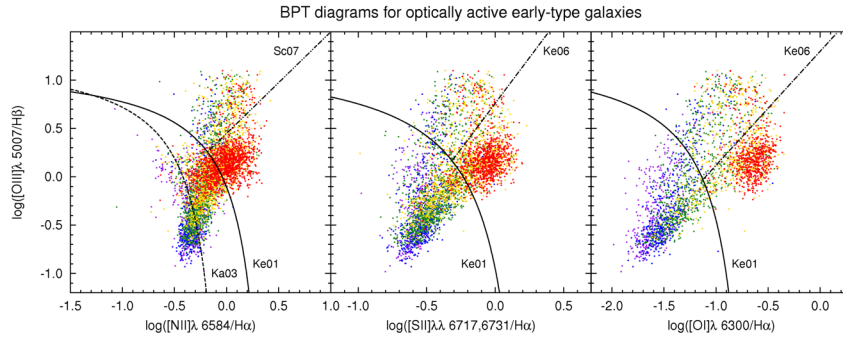


Fig. 1. 母銀河カラー ( $u' - r'$ ) ごとに色分けした BPT 図.

BPT 図上には、以下の S/N の条件を満たすもの (Active 銀河) だけプロットし、それ以外は Semi-Active や Quiescent と分類した.

- $H\beta$ ,  $[OIII]\lambda 5007$ ,  $H\alpha$ ,  $[NII]\lambda 6584 \geq 3\sigma \rightarrow$  Active.
- 1 ~ 3 of these emission lines are  $\geq 3\sigma \rightarrow$  Semi-Active.
- $H\beta$ ,  $[OIII]\lambda 5007$ ,  $H\alpha$ ,  $[NII]\lambda 6584 < 3\sigma \rightarrow$  Quiescent.

Fig.1 の色分けは、 $u' - r'$  カラーが赤くなる程、プロットも赤くなる様にしてある。Fig.1 からは、LINER 領域に輝線比分布が集中している事とその塊状の分布のほとんどを赤い早期型銀河が占めている事が分かる。従って、年老いた恒星種族と LINER 的な輝線比が強く関係している事が示唆された。Fig.1 の傾向は、星質量への依存性を除外して解析し直してもなお、同様に見られた。

### 4-2. Possible $EW([OIII]\lambda 5007)$ criterion?

$EW([OIII]\lambda 5007) \geq 3 \text{ \AA}$  の Seyfert と LINER は、AGN 光電離モデルの電離パラメータ ( $U$ ) の系列に沿った輝線比分布を示した。この事から、これらの Seyfert と LINER は共に AGN 起源である事が示唆された。また、その際の AGN 光電離モデルのモデルパラメータは、 $n_H = 10^3 \text{ cm}^{-3}$ ,  $-3.0 < \log U < -2.0$ , power law index  $\alpha \sim -1.4$ ,  $Z_{\text{gas}} = 2 Z_{\odot}$  である。

$EW([OIII]) < 3 \text{ \AA}$ , かつ  $u' - r' \gtrsim 2.6$  の LINER は、LINER 領域において塊状の輝線比分布を示した。そしてこの輝線比分布は、年老いた恒星種族による光電離モデルによって再現され得る事が分かった。その際のモデルパラメータは、 $n_H = 500 \text{ cm}^{-3}$ ,  $\log U = -3.7$ ,  $1 \lesssim Z_{\text{gas}}/Z_{\odot} \lesssim 2$  であった。

### 4-3. ROSAT matched sample

ROSAT 衛星による soft-X 線検出が見られた Active 銀河について BPT 図をプロットした結果、LINER 領域内のプロットが、SF 領域と Seyfert 領域に向かって分布している事が分かった。さら

に、4-2.の結果と比較すると、SF領域へ伸びるLINERは $EW([OIII]) < 3 \text{ \AA}$ であり、Seyfert領域へ伸びるLINERは $EW([OIII]) \geq 3 \text{ \AA}$ である事も分かった。前者のLINERの輝線比分布は、塊状の輝線比分布とは異なっている。従って、塊状の輝線比分布を示したLINERとsoft-X線放射は関連性がない事が示唆された。一方、後者のLINER、Seyfert、TROの輝線比分布は、AGN光電離モデルの輝線比分布と似ており、これらには $EW([OIII])$ とsoft-X線放射の関連性が示唆された。通常、SeyfertはAGN起源と考えられるため、これらのsoft-X線源はAGNである可能性が高い。今後は、X線の検出限界、低質量X線連星や高温ガス等からの寄与も考慮していく必要がある。

## 5. Summary & Discussion

本研究の目的は、LINERの起源を診断し、近傍宇宙におけるLL-AGNと星形成活動の共進化史を明かにする事である。そして、SDSS DR7の分光天体カタログに対して母銀河の形態による選択基準を課す事で、近傍( $0.05 < z < 0.1$ )の早期型銀河34493天体を選択した。

4-1 輝線が検出された早期型銀河についてBPT図をプロットした。その結果、輝線比分布がLINER領域に集中する傾向が見られた。そして、その塊状の輝線比分布を占めている早期型銀河は、ほとんどが赤いカラー( $u' - r' \gtrsim 2.6$ )を示した。CMD上での“赤い系列”の相関から、赤い銀河は重い銀河をも意味する。そこで、星質量を固定した上でカラーごとにBPT図をプロットしたが、その場合でも同様の傾向が見られたため、輝線比分布は星質量よりもカラーに強く依存している事が分かった。

4-2 しかし、赤いカラーの銀河でも、塊を作らずSeyfert領域へ散らばるものも見られた。従って、カラーが赤いからといって、必ずしも塊状のLINERとは一致しない事が分かった。そこで、 $EW([OIII])$ を考慮した結果、 $EW([OIII]) \geq 3 \text{ \AA}$ のSeyfertとLINERは、AGN光電離モデルの電離パラメータの系列に沿った分布を示す事が分かった。一方、 $EW([OIII]) < 3 \text{ \AA}$ 、かつ $u' - r' \gtrsim 2.6$ のLINERは、塊状の輝線比分布を示した。従って、 $EW([OIII])$ とカラーによって、AGN起源のLINERと塊状の輝線比分布を示すLINERを選択できる事が示唆された。

4-3  $EW([OIII])$ によって区別したLINERがAGN起源のX線放射を示し、 $EW([OIII])$ とカラーによって選択したLINERのX線検出の有無を調査するため、X線検出があった天体に対してBPT図をプロットした。その結果、 $EW([OIII]) \geq 3 \text{ \AA}$ のLINER、SeyfertではX線が検出された。一方で、 $EW([OIII]) < 3 \text{ \AA}$ のLINERでもX線が検出されたものの、それらの輝線比分布は「SF領域方向に伸びる分布」を示し、「塊状の分布」は示さなかった。この結果、 $EW([OIII]) \geq 3 \text{ \AA}$ のLINER、SeyfertはAGN起源である事と、 $EW([OIII]) < 3 \text{ \AA}$ 、かつ $u' - r' \gtrsim 2.6$ のLINERは、X線放射を伴わない物理起源である事が示唆された。

以上の結果から、(1) $EW([OIII]) < 3 \text{ \AA}$ 、かつ $u' - r' \gtrsim 2.6$ のLINERには、年老いた恒星種族による光電離が示唆され、(2) $EW([OIII]) \geq 3 \text{ \AA}$ のLINERには、AGNによる光電離が示唆された。

### References:

- |  |   |
|--|---|
| Baldwin <i>et al.</i> 1981, PASP, 93, 5.         | Groves <i>et al.</i> 2004, ApJS, 153, 75.           |
| Kauffmann <i>et al.</i> 2003, MNRAS, 346, 1055.  | Stasińska <i>et al.</i> 2008, MNRAS, 391, L29.      |
| Kewley <i>et al.</i> 2001, ApJ, 556, 121.        | Cid Fernandes <i>et al.</i> 2011, MNRAS, 413, 1687. |
| Kewley <i>et al.</i> 2006, MNRAS, 372, 961.      | Binette <i>et al.</i> 1994, A&A, 292, 13.           |
| Schawinski <i>et al.</i> 2007, MNRAS, 382, 1415. | Taniguchi <i>et al.</i> 2000, AJ, 120, 1265.        |