

論文内容の要旨

論文題目 Nuclear Molecular Gas and Star Formation in Nearby Early-type Galaxies

(近傍の早期型銀河の中心領域における分子ガスと星形成)

氏名 奥田 武志

早期型渦巻銀河は晩期型渦巻銀河に比べて、原子・分子ガス質量が少なく、また銀河全体の星形成率も低い。銀河の中心領域については、可視光の分光観測において星形成とハッブルタイプとの関係が調べられてきた。中心領域での H α 検出率は、E:0%、S0: 8%、Sa: 22%、Sb: 51%、Sc-Im: 80% となっており、早期型渦巻銀河になるほど星形成率が起こる頻度が低い。一方、H α フラックスでは、S0/a-Sbc が Sc の 9 倍大きいことがわかってきた。10 μ m フラックスでも同様な傾向が見られる。これらは、早期型銀河では星形成が起こる頻度は少ないが、星形成が激しい銀河があるということを示している。なぜ、ハッブルタイプにより、このような違いが見られるのかは未解決の問題である。干渉計を用いた CO 輝線の高分解能観測は、星形成の材料である分子ガスが、どのように分布し、かつ、それがどのような力学的状態にあるかという情報をもたらすため、中心領域の星形成を理解する上で重要なプローブとなり得る。しかしながら、これまでの干渉計を用いた渦巻銀河の高分解能 CO サーベイは晩期型渦巻銀河に偏っていた。

我々は、野辺山ミリ波干渉計 (NMA) を用いて、近傍の HII 領域を伴う早期型渦巻銀河 12 天体について高空間分解能 $^{12}\text{CO}(J=1-0)$ サーベイ観測を行った。銀河の中心領域の星形成を理解するために、数百 pc スケールの分解能の CO 輝線データから、早期型渦巻銀河の中心領域の分子ガスの分布と運動を明らかにする。そのため、以下のようなサンプルの選択基準を取った。Ho et al. 1997 (ApJS, 112, 315) から、(1) ハッブルタイプが S0, Sa, Sab, (2)nucleus type が、S0/a: HII nuclei, Sab: HII nuclei or Transition (HII nuclei + LINERs)、(3)inclination $<70^\circ$ 、(4) 距離が 30Mpc 以内、(5) 強

く相互作用していない銀河、(6)IRAS 100 μm フラックスが 2Jy 以上、(7) 最近、干渉計による観測が行われていない。また、大質量星形成を行っていない S0 銀河の NGC 383 について、NMA と RAINBOW 干渉計 (NMA と野辺山 45m 電波望遠鏡を組み合わせた高感度干渉計) を用いて、CO 輝線の観測を行った。

我々が新しく得た天体と文献からの天体を合わせた早期型銀河 16 天体と、これまでに観測されていた晩期型銀河 15 天体 (両者は、いずれも中心領域の星形成率が $a \text{ few} \times 0.1 M_{\odot} \text{ yr}^{-1} \sim a \text{ few } M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ 程度の範囲にあるサンプルである) と比較することにより、以下に挙げる観測的事実を得た。

1. 銀河の中心領域 (半径 500pc) の分子ガス質量-力学的質量比 ($M_{\text{gas}}/M_{\text{dyn}}$) は、晩期型銀河 (15%) と比較して早期型銀河 (4%) では有意に低い。
2. 銀河の中心領域 (半径 500pc) でのガス面密度と星形成面密度を比較したところ、晩期型銀河では従来知られている Schmidt 則の冪によく一致したが ($N = 1.4$)、早期型銀河では (1) 冪が異なり ($N = 0.79$)、(2) Schmidt 則からの分散も晩期型と比較して有意に大きい ($\sigma^2(\text{early}) = 2.7 \times \sigma^2(\text{late})$) ことが分かった。
3. S0 銀河 NGC 383 に大質量星形成を伴わないガス円盤を見つけた。この円盤の半径 500pc 内のガス面密度は $4.6 \times 10^2 M_{\odot} \text{ pc}^{-2}$ であり、これはスターバースト銀河と同程度である。

上記の新しく得られた結果から、早期型銀河の中心領域の星形成についての以下のような説明を提案する。

1. $M_{\text{gas}}/M_{\text{dyn}}$ 比の低い早期型渦巻銀河の星形成において、Toomre's Q 値を評価したところ、これらの銀河におけるガス円盤は重力的に安定となることがわかった。これは、従来の星形成シナリオ (重力不安定性の成長 \rightarrow ガス円盤の分裂 \rightarrow 星形成) と相容れない。
2. NGC 383 では、「晩期型のスターバースト銀河と同程度のガス面密度 ($4.6 \times 10^2 M_{\odot}$) を持つ、星形成を伴わない大質量ガス円盤」を見つけた。これは、非常に早い回転速度 ($V_{\text{rot}} = 460 \text{ km s}^{-1}$) により、ガス円盤は重力的に安定に保たれ ($Q \gg 1$)、星形成を起こすための閾値をまだ超えていないことが分かった。
3. 晩期型棒渦巻銀河では、棒構造を持たない晩期型銀河に比べて、星形成効率の上昇が見られた。また、早期型銀河の一部において、ガス消費時間 (= ガス質量 / 星形成率) が極めて短い銀河が存在している。このことから、特に星間物質の比較的少ない早期型渦巻銀河では、棒構造による質量輸送が星形成の重要な役割を担っていると考えられる。
4. 棒構造による効率的な中心領域へのガスの集積 (例: NGC 972, NGC 3504)、相互作用による星形成の促進 (例: NGC3593 や NGC4424 など)、早期型銀河の深いポテンシャルによる臨界ガス密度の上昇 (例: NGC383) などが原因となり、幅広い星形成の活動性 (星形成・星形成効率) を示している。