

機関番号：62616

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20740108

研究課題名（和文） 電波干渉計による近傍銀河中心部の動力学の研究

研究課題名（英文） The Nuclear Dynamics in Nearby Galaxies with Radio Interferometry

研究代表者

澤田 聡子 (SAWADA SATOKO)

国立天文台・水沢 VLBI 観測所・研究員

研究者番号：00452631

研究成果の概要（和文）：

本研究課題は、電波干渉計と VLBI を用いて近傍銀河の中心領域に付随するガスの動力学から銀河全体からブラックホールまでの質量降着過程の解明を目指した。NGC1097 や Arp220 で銀河回転とは異なる回転軸や速度の回転系が確認された。VLBI 観測では Arp220 の中心に高い輝度温度(>10⁶K)の連続波成分が検出され、中心の AGN 活動性の可能性が示された。更に NGC1052 の AGN 領域に降着ガストラスの存在を初めて示した。加えて新たな銀河回転のプローブ候補の探査を行なったが、有意な検出は無かった。

研究成果の概要（英文）：

This research aims at revealing the mass accretion process from galactic scale into a black hole, obtaining the gas dynamics in the galactic nuclear region of galaxies with the interferometry and VLBI. Our observations reveal CO velocity fields within the inner 1kpc of nearby galaxies NGC1097 and Arp220, which show the different rotation axis and velocity from those of their galactic rotation. Our VLBI observations toward the center of Arp220 detected a compact source in 1pc scale with high brightness temperature (>10⁶K), and it suggests the existence of active galactic nucleus. Furthermore, our VLBI observations toward the nuclear region of an elliptical galaxy NGC1052 imply that water masers are associated with a circumnuclear plasma torus and such circumnuclear structure could be the source of accretion onto the central engine. We carried out the surveys towards AGN and galaxies as new tracers, and showed no detection.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：天文学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：電波天文学、銀河、活動銀河核、質量降着

1. 研究開始当初の背景
セIFAート銀河は線幅の広いスペクトル

線ブロードラインの検出によりセIFAート1型（検出天体）と2型（非検出天体）に

分類される。AGN の統一モデルでは両者を本質的に同一と考え、中心に巨大ブラックホール、ガスや塵の降着円盤、さらにその外側にドーナツ状のトーラスが存在するとし、トーラスの内側のブロードラインガスがトーラスによって隠れるか否かでこの違いが説明されるとしている。銀河内の物質は中心に向かって落下しトーラスに蓄積され、さらにトーラスから物質が回転しながら降着円盤を通して中心のブラックホールへと落ち込み、重力エネルギーが放射や相対論的速度を持つジェット噴流に変換されると考えられる。

電波干渉計や VLBI による高い分解能画像により、近年 AGN をとりまく環境が少しずつ明らかにされて来た。電波干渉計の画像からは 1kpc スケールの回転分子円盤がいくつかの AGN で発見された。また VLBI 観測からは 0.1-1pc の領域で分布するガスのトーラスや円盤が示された。

しかしこれらの観測結果は、いくつかの系外銀河において半径 1kpc スケールの銀河回転系と AGN 領域 1pc スケールでの回転系とで回転軸や角運動量に不一致や不連続性を示すことになった。また、その銀河の中心で検出された回転円盤やトーラスの向きとセイファートの型が食い違うケースも見られた。従って、これらの観測結果と矛盾のない AGN の質量降着過程モデルが新たに必要であるが、これまで銀河中心 100pc スケールで熱的ガスの運動の情報はほとんど得られていなかった。

2. 研究の目的

AGN の中心には太陽の 1000 万倍を越える質量のブラックホールがあり、そこへガスが降着して重力エネルギーが開放され、AGN のエネルギーが生み出されると考えられている。

本研究課題は、系外銀河の半径 1kpc スケールの銀河回転系と AGN 領域 1pc スケールでの回転系とで回転軸や角運動量が異なる銀河がしばしば存在することに着目し、電波干渉計と VLBI を用いて近傍銀河の中心領域に付随するガスの動力学を求め、銀河スケールからブラックホールまでの質量降着過程を明らかにすることを目指した。

本研究で得られる銀河 100 パーセクスケールの動力学はこれまで観測的にほとんど得られなかった情報であり、AGN への質量降着の様子を明らかにする上で重要な知見となる。

3. 研究の方法

本研究は、(1) 単一電波望遠鏡、(2) 電波干渉計、(3) VLBI の 3 つの観測装置を利用した。

(1) 単一電波望遠鏡の観測は、銀河や AGN の動力学を求める為の新しいプローブとなる観測対象を探索のために実施した。用いた望遠鏡は国立天文台が所有する山口 32m 望遠鏡と韓国 VLBI ネットワークの延世 21m 望遠鏡であり、山口では局部銀河に対しメタノールメーザー源を、延世では AGN に対しアンモニア吸収線を探索した。

(2) 電波干渉計観測では銀河中心 100pc スケールの分子ガスの熱的放射を観測対象にし、ガスの分布と速度勾配を明らかにすることを目指した。サブミリ波干渉計 SMA による高遷移 CO 輝線観測は、近傍銀河で 1kpc を切る分解能を達成出来る。

(3) VLBI 観測では、観測対象は水分子のメーザー放射と連続波吸収量から得られるプラズマガスとなる。これらを観測指標に、AGN の 0.1-10pc スケールのガスの分布と速度場を得た。

4. 研究成果

電波干渉計観測からは、近傍銀河 NGC1097 および Arp220 の 1kpc 内の一酸化炭素基線の速度場が求まった。これらの結果、銀河回転とは異なる回転軸や速度の回転系がこれらの銀河からでも確認された。このことは、AGN スケールと銀河全体のスケールでの回転系の不一致や不連続が必ずしも珍しい現象でないことを示している。

我々はさらにこの Arp220 について高感度な VLBI 観測を行ない、この Arp220 の中心に高い輝度温度(>10⁶K)の連続波成分を検出した。Arp220 はこれまではっきりとした AGN 活動性の証拠が少ない銀河であったが、この結果により Arp220 の中心の AGN 活動性の可能性が示された。さらに別の VLBI 観測では、楕円銀河 NGC1052 の AGN 領域には 1pc スケールのガストーラスがあり、しかもガスが中心に向かって降着運動していることを初めて示した。

このように、電波干渉計および VLBI の観測では、個々の近傍銀河の質量降着過程の新しい情報を得ることが出来た。

一方、単一鏡観測では、局部銀河の M33 の銀河回転のプローブとなり得るメタノールメーザー源の探索、さらに近傍 AGN についてアンモニア吸収線の探索を行なった。しかし、結果はどちらも非検出であった。今後は探索対象の銀河選定を考察し直し、もう一度探索を挑戦して行きたいと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Kurayama, T., Nakagawa, A., Sawada-Satoh, S., Sato, K., Honma, M., Sunada, K., Hirota, T., Imai, H. : “Annual Parallax Measurements of an Infrared Dark Cloud MSXDC G034.43+00.24 with VERA”, Publications of the Astronomical Society of Japan, 63, 513-525, (2011), 査読有
- ② Sugiyama, K., Fujisawa, K., Doi, A., Honma, M., Isono, Y., Kobayashi, H., Mochizuki, N., Murata, Y., Sawada-Satoh, S., Wajima, K. : “Internal Proper Motions of Methanol Masers at 6.7GHz in Massive Star-Forming Region Onsala 1”, Publications of the Astronomical Society of Japan, 63, 53-61, (2011), 査読有
- ③ Matsushita, S., Iono, D., Petitpas, G.R., Chou, R. C.-Y., Gurwell, M.A., Hunter, T. R, Muller, S., Lim J., Peck, A. B., Sakamoto, K., Sawada-Satoh, S., Wiedner, M.C., Wilner, D.J., Wilson, C.D. : “SMA 12CO(J=6-5) and 435 um Interferometric Imaging of the Nuclear Region of Arp 220”, The Astrophysical Journal 693. 56-68 (2009), 査読有
- ④ Sawada-Satoh, S., Kamenno, S., Nakamura, K. Namikawa, D., Shibata, K.M., Inoue, M. : “H₂O maser and a plasma obscuring torus in the radio galaxy NGC 1052”, Astronomische Nachrichten 330. 249-252 (2009), 査読有
- ⑤ Hsieh, P.-Y., Matsushita, S., Lim, J., Kohno, K., Sawada-Satoh, S. : “Interferometric 12CO J=2-1 Image of the Nuclear Region of Seyfert 1 Galaxy NGC 1097”, The Astrophysical Journal, 683, 70-77, (2008), 査読有
- ⑥ Sawada-Satoh, S., Kamenno, S., Nakamura, K. Namikawa, D., Shibata, K.M., Inoue, M. : “Positional Coincidence of H₂O Maser and a Plasma-Obscuring Torus in Radio Galaxy NGC 1052”, The Astrophysical Journal, 680, 191-199, (2008), 査読有

[学会発表] (計 11 件)

- ① 澤田-佐藤聡子: 山口 32m 望遠鏡による局部銀河群内の 6.7GHz メタノールメーザー源探査 II, 日本天文学会 2011 年春季年会予稿、筑波大学(開催中止)
- ② 澤田-佐藤聡子: “AGN における 22GHz アンモニア吸収線 VLBI 観測”, 大学 VLBI 連携・東アジア VLBI 観測網ワークショップ, (20101112), 山口大学、山口
- ③ Sawada-Satoh, S. : “Methanol Maser Outflows of UCHII Region S269”, Great Barriers in High Mass Star Formation, (20100913-17), Townsville, Australia
- ④ 澤田-佐藤聡子: “KVN による AGN 周囲の分子トラス”, ミニワークショップ: KVN-山口アレイで狙うサイエンス, (20100316), 山口大学、山口
- ⑤ 澤田-佐藤聡子: “高分解能サブミリ波マッピングによる近傍銀河の 100pc スケール動力学: 銀河円盤と中心核円盤のミッシングリンク”, NRO ワークショップ: 高精度ミリ波・サブミリ波観測と最新理論モデルによる近傍銀河の構造の解明, (20091117-18), 鹿児島大学、鹿児島
- ⑥ 澤田-佐藤聡子: “山口 32m 望遠鏡による局部銀河群内の 6.7GHz メタノールメーザー源探査”, 日本天文学会, (20090324-27). 大阪府立大学、大阪
- ⑦ Sawada-Satoh, S. : “Imaging of 6.7 GHz Methanol Maser Source S 269 with the Japanese VLBI Network”, 2009 East Asia VLBI Workshop. (20090318-20). 梨花女子大学校, ソウル, 韓国
- ⑧ Sawada-Satoh, S. : “Extragalactic Methanol Maser”, East Asia VLBI Mini Workshop Science of the methanol maser. (20081025-26). 上海天文台、中国
- ⑨ 澤田-佐藤聡子: “VSOP-2 で追う近傍 AGN の質量降着過程”, 国立天文台ワークショップ: 超高分解能で見る星間メーザー. (20080930-1001). 宇宙航空研究開発機構、宇宙科学研究本部、神奈川
- ⑩ Sawada-Satoh, S. : “Imaging of 6.7 GHz Methanol Maser Sources with the Japanese VLBI Network”, The 9th

European VLBI Network. (20080923-26).
INAF, Bologna, Italy

- ⑪ Sawada-Satoh, S.: “H2O maser and a plasma obscuring torus in the radio galaxy NGC 1052”, The 4th CSS/GPS Workshop. (20080526-29). Riccione, Italy

6. 研究組織

(1) 研究代表者

澤田 聡子 (SAWADA SATOKO)

国立天文台・水沢 VLBI 観測所・研究員

研究者番号：00452631

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし