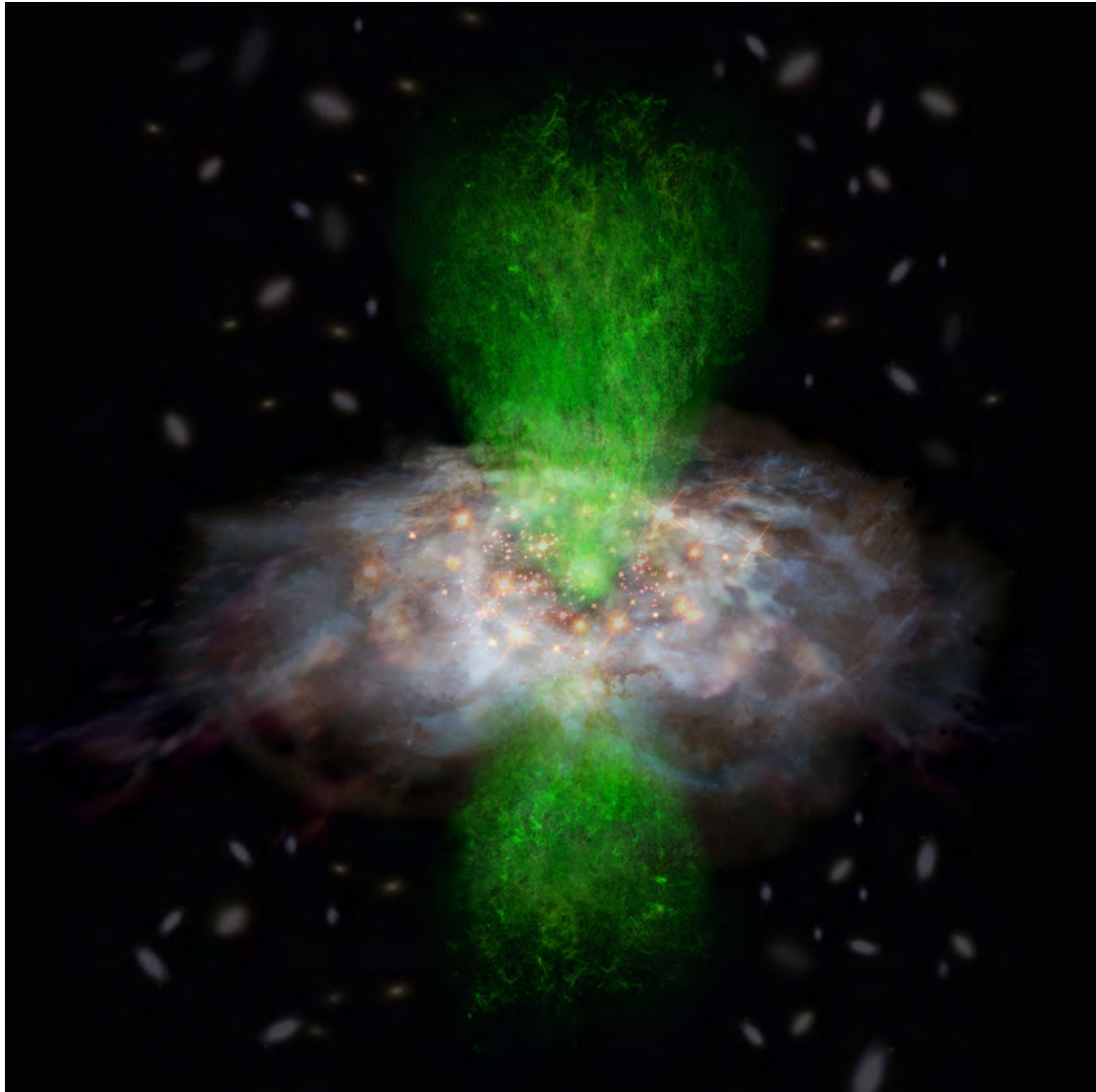


【PRESS RELEASE／別添資料】

工学院大学・小麥真也准教授らの国際研究チームが
アルマ望遠鏡を用いて、超巨大ブラックホールと銀河の意外な関係性を発見



超巨大ブラックホールは銀河進化と無関係？ ～アルマ望遠鏡で見てきた電離ガス流と分子ガスの意外な関係～

台湾中央研究院天文及天文物理研究所の鳥羽儀樹 研究員、工学院大学教育推進機構の小麥真也 准教授、愛媛大学宇宙進化研究センターの長尾透 教授らを中心とする研究チームは、アルマ望遠鏡を用いて、中心部から電離ガスを非常に激しく放出している活動的な銀河を観測しました。観測の結果、銀河に含まれる一酸化炭素ガスの検出に成功したと同時に、この一酸化炭素ガスが銀河中心からの激しい電離ガス流の影響をほとんど受けずに銀河中に存在していることが明らかになりました。これまで、超巨大ブラックホールが存在する銀河中心部からの電離ガス流は周囲の分子ガスの運動や星形成活動に大きな影響を及ぼすと考えられてきましたが、今回の結果は、超巨大ブラックホールと銀河は必ずしも影響を及ぼし合っているわけではないことを示唆しており、アルマ望遠鏡によって、超巨大ブラックホールと銀河の共進化の謎がさらに深まったと言えます。

銀河と超巨大ブラックホールの共進化

宇宙の基本的な構成要素である銀河が、いつ・どのように形成され、成長していったのかを解明することは、現代天文学における最重要テーマの一つです。最近の研究から、ほぼ全ての銀河の中心部には太陽の数十万倍から数億倍もの質量を持つ「超巨大ブラックホール」が潜んでいること、しかもその質量は銀河の質量と強い正の相関を示すことが分かってきました。これは、銀河とその中心に潜む超巨大ブラックホールがお互いに影響を及ぼし合いながら成長してきたこと（「共進化」と呼びます）を示唆しています。銀河進化の全貌を正しく理解するためには、超巨大ブラックホールがどのような物理過程を経て銀河全体に影響を及ぼし、共進化しているのかを理解することが必要不可欠です。

超巨大ブラックホールからの放射が銀河に及ぼす影響

銀河と超巨大ブラックホールの共進化の鍵を担う現象の一つとして、近年、超巨大ブラックホールからのガス流が着目されています。これは、超巨大ブラックホールが存在する銀河中心部からの強力な放射によって周囲のガスが電離（※1）されて吹き飛ばされる現象です。このガス流が、星の材料となる周囲の分子ガスを圧縮して星形成活動を促進したり（※2）、逆に分子ガスを拡散させて星形成活動を抑制したりする（※3）と考えられます。

「巨大ブラックホールの活動性により、星形成の促進と抑制という正反対の効果がどのように生じているのかは、非常に興味深い問題です」と愛媛大学宇宙進化研究センターの長尾透氏は述べています。「だからこそ我々を含め天文学者達は、巨大ブラックホールと銀河の共進化の謎に迫るため、銀河中心部からのガス流と星形成活動の関係をつぶさに観察したいと熱望してきたのです。」

塵に覆われた銀河 (Dust-obscured Galaxy: DOG)

そこで本研究では、塵に覆われた銀河 (Dust-obscured galaxy: DOG) に注目しました。この天体は可視光では極めて暗いにも関わらず、赤外線で明るいという特徴をもつ銀河です。興味深いことに、これらの銀河の中心には非常に活動的な超巨大ブラックホールが潜んでいると考えられています（※4）。特にWISE1029+0501（以下WISE1029）と呼ばれるDOGは、超巨大ブラックホール近傍からの強力な光によって周囲のガスが電離されるだけでなく、毎秒約1500キロメートルというもの凄いスピードで銀河から流れ出す電離ガスが確認されています。電離ガス流が確認された他の銀河でもその速度は毎秒数百キロメートル以下ですので、このDOGで確認された電離ガス流は非常に激しいことが分かります。従って、WISE1029は超巨大ブラックホール起源の電離ガス流が周囲の分子ガ

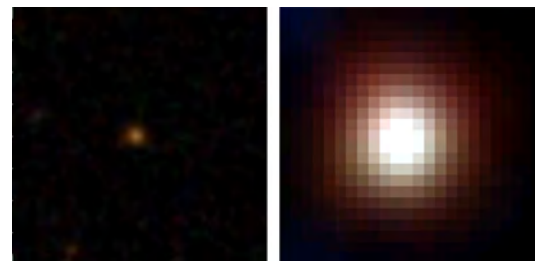


図1：本研究対象となった、塵に覆われた銀河WISE1029の可視光(左: スローン・デジタル・スカイ・サーベイ[SDSS]による観測) および赤外線 (右: 赤外線観測衛星 WISE)の画像。各画像の視野は 30 秒角 (1 秒角は1度の 3600 分の1)。DOG は可視光線で暗い一方、赤外線で明るく輝いているのが特徴です。SDSSが取得したスペクトルは、この天体から非常に激しい電離ガス流が出ていることを示唆しています。Credit: Sloan Digital Sky Survey/ NASA/JPL-Caltech

スにどのような影響を及ぼすのかを調べるための最適な天体と言えます。しかし、この天体は50億光年彼方にあるため、分子ガスが放射する微弱な電波を検出し、分子ガスの運動の様子などその詳細を調べることは従来の電波望遠鏡では非常に困難でした。

アルマ望遠鏡で明らかになった分子ガスの様子

研究チームは、極めて高い感度を持つアルマ望遠鏡を用いてこの銀河WISE1029 を観測し、一酸化炭素分子と低温の塵とが放つ電波の検出を目指しました。一酸化炭素は分子ガスの性質を調べるために最適な分子である一方、低温の塵は星形成活動を調べる手がかりになります。その結果、わずか1時間ほどの観測にも関わらず、一酸化炭素および低温の塵が放つ電波を捉えることに成功しました。詳しい解析の結果、興味深いことに、分子ガスの激しい運動は見つかりませんでした。また、星形成活動の促進の様子も抑制の様子も確認できないという意外な事実が分かりました。このことは、WISE1029に潜む超巨大ブラックホール起源の強力な電離ガス流が周囲に特別な影響を及ぼしていないことを示唆しています。研究チームは、このような状況を生み出す可能性の一つとして、電離ガスの流出方向が分子ガスの存在領域と大きく異なっていることを挙げています。分子ガスは銀河の円盤部に存在すると考えられるため、例えば電離ガスが円盤とほぼ垂直方向に吹き出していれば今回の結果は説明できます（図3）。

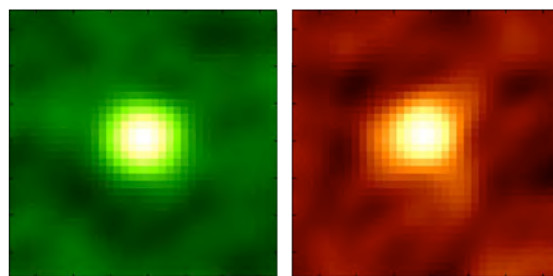


図2：アルマ望遠鏡によって検出されたWISE1029中に存在する一酸化炭素からの電波（左図）と塵からの電波（右図）。各画像の視野は約3秒角。Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Toba et al.

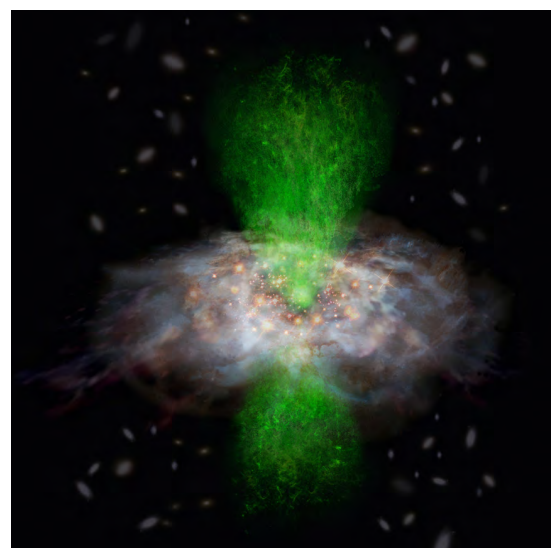


図3：今回の観測をもとに描いた銀河WISE1029の想像図。銀河中心部から電離ガス流が激しく噴き出しているが、銀河円盤と垂直の方向に流れ出しているため、円盤内の分子ガスに影響を与えていない様子を表現しています。Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

これまで、超巨大ブラックホール起源の電離ガス流が周囲の分子ガスにも大きな影響を与えている報告は多数ありましたが、今回のように激しい電離ガス流と分子ガスがお互いに影響を及ぼし合っていない様子が捉えられたのは非常に珍しいことです。これまでの研究では、超巨大ブラックホールからのガス流が周囲の分子ガスや銀河の星形成活動に何らかの影響を与えていることが当然のように考えられていましたが、その例外を発見したという今回の結果により、超巨大ブラックホールと銀河の共進化の謎がより一層深まったと言えます。

台湾中央研究院天文及天文物理研究所の鳥羽儀樹氏は、「今回見つかったような天体が宇宙にどれくらい存在するのかを理解することが、共進化の謎に迫る大きな一歩だと考えています。アルマ

望遠鏡を用いた観測を継続することで、その答えを得る事ができると期待しています」と語っています。

論文・研究チーム

この観測結果は、Toba et al. “No sign of strong molecular gas outflow in an infrared-bright dust-obscured galaxy with strong ionized-gas outflow” として、アメリカの天文学専門誌『アストロフィジカル・ジャーナル』に2017年12月に掲載されました。

この研究を行った研究チームのメンバーは、以下の通りです。

鳥羽儀樹（台湾中央研究院）

小麥真也（工学院大学）

長尾透（愛媛大学）

山下拓時（愛媛大学）

王為豪（台湾中央研究院）

今西昌俊（国立天文台）

孫愛蕾（台湾中央研究院、現 ジョンス・ホプキンス大学）

この研究は、日本学術振興会科学研究費補助金（No. 15H02074, 16H01101, 16H03958）および台湾科技部（MOST 105-2112-M-001-029-MY3）による支援を受けています。

注釈

※1 紫外線やエックス線の影響で中性ガスがプラズマ化される現象。

関連リンク

※2 [超巨大ブラックホール・ジェットが星の誕生を促す](#)（2017年2月15日 アルマ望遠鏡プレスリリース）

※3 [宇宙で最も明るい銀河に渦巻く激しい乱気流](#)（2016年2月18日 アルマ望遠鏡プレスリリース）

※4 [すばる望遠鏡 HSC で見えてきた、急成長を遂げつつある銀河と超巨大ブラックホール](#)（2015年8月26日 すばる望遠鏡プレスリリース）