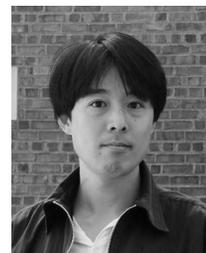


TMTが拓く活動銀河核の新しい地平

松岡 良樹

〈国立天文台 〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1〉

e-mail: yk.matsuoka@nao.ac.jp



銀河中心領域に潜む巨大ブラックホールが周囲の物質を飲み込み始めると、それら物質のもっていた重力エネルギーを起源として莫大な放射・運動エネルギーを外向きに放つ「活動銀河核」現象となる。活動銀河核／巨大ブラックホールは重要な天体種族として長く観測・研究の対象となってきたが、加えて宿主である銀河全体の進化においても大きな役割を果たした可能性が指摘され始め、私たちの住むこの銀河宇宙を理解するうえで欠くことのできない鍵の一つと認識されるようになってきている。TMTはその優れた集光力と空間分解能によって、この分野の研究にもいくつもの革新的な成果をもたらすことが期待される。本稿では国内コミュニティでの議論を基にしながら、TMTが切り拓く活動銀河核サイエンスの新しい地平について、その一端を紹介したい。

1. はじめに

宇宙には大小無数の銀河が存在するが、ある程度成長した銀河の中心核にはほぼ必ず、 10^6 – 10^{10} 太陽質量 (M_{\odot}) にも達する質量を蓄えた巨大ブラックホールが宿ると考えられている。大半のブラックホールは静穏であり、重力圏を観測で空間分解（解像）できるほど近傍にある場合を除けば、その存在を確認することはできない。一方で成長期には、何らかの理由で近づいてきた大量の物質を飲み込んで質量を増やし、さらにそれら物質のもっていた重力エネルギーの一部を変換して、莫大な放射・運動エネルギーを外向きに放つ活動現象を引き起こす。この現象、またはこの現象を伴う天体領域が「活動銀河核」であり、特に高光度のものは「クエーサー」と呼ばれる。活動銀河核は、巨大ブラックホールの誕生と成長、性質、周辺環境、母銀河との共生、さらには背景光源として銀河間空間の様子などを探る優れたプローブであり、銀河研究における現在最もホットな一分野となっている（図1）。

TMTが実現する優れた集光力と空間分解能は、活動銀河核のさまざまな研究領域においても多くのブレイクスルーをもたらすと期待されている。本稿では、日本国内のコミュニティで現在編集作業が行われている将来計画検討報告書「2020年代の光赤外天文学」の巨大ブラックホール（活動銀河核）班での議論を基にしながら、TMTが切り拓く新たなサイエンスの一端を紹介する。検討されている研究トピックをすべてカバーすることはとてもできないので、話題が筆者の興味に多少偏ることをご容赦いただきたい。

2. 巨大ブラックホールの誕生と成長

巨大ブラックホールがいつ、どこで、どのように誕生し、成長してきたのかは、現代天文学に残された大きな謎の一つである。その謎を解くための道筋はいくつも考えられるが、ここではTMTによって可能となるであろう二つについて紹介する。一つは初期宇宙の観測によってその誕生の現場を捉えること、もう一つは、十分に成長できないまま現在の宇宙に残された中間質量のブラック

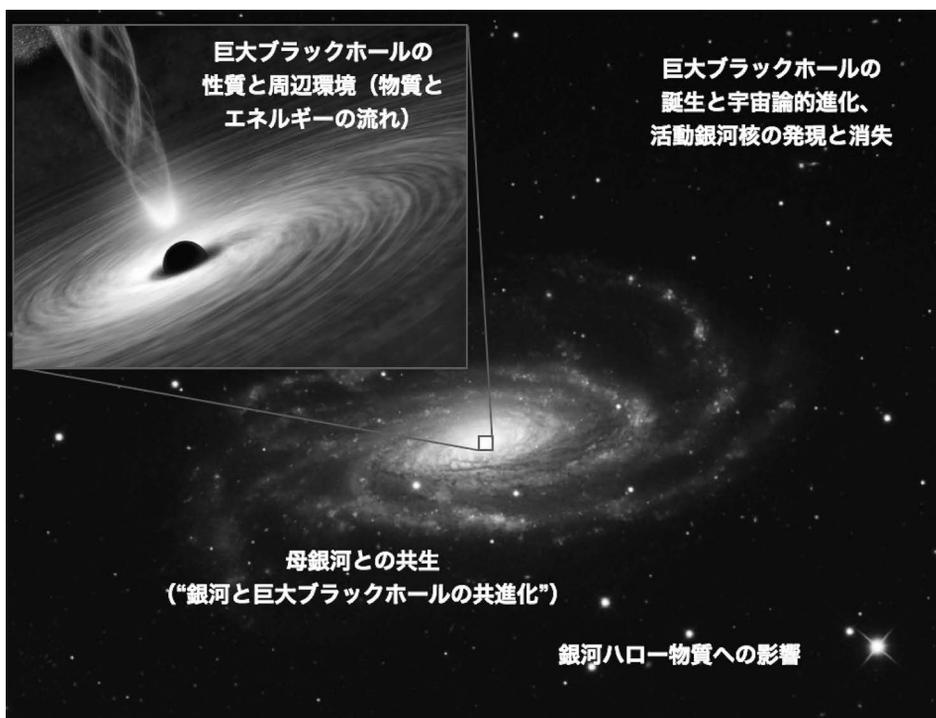


図1 活動銀河核を巡る諸問題。銀河中心に潜む巨大ブラックホールの性質と周辺環境，その母銀河との共生，銀河ハロー内物質との相互作用，さらには巨大ブラックホールの誕生と宇宙論的進化を解明することが，活動銀河核を理解するうえで不可欠である。TMTはその優れた集光力と空間分解能によって，これら諸問題の解明に大きな役割を果たすだろうと期待されている*1。

ホールを見つけることである。

2.1 初期宇宙の探査

巨大ブラックホール誕生の現場を捉えるためには，過去（遠方）の宇宙へさかのぼりながらその質量ごとの数密度（質量関数）を測定していくこと，各質量の種族が初めて宇宙に出現した時期を特定することが不可欠である。初期宇宙に存在するブラックホールの目印として，遠方で明るく輝くクエーサーの探索がこれまでも活発に行われてきた（図2）。遠方クエーサーは極めて希な天体であるため，探索には大きく分けて二つの段階を踏む必要がある。まず広域の撮像（空の画像を撮る）探査観測を行って候補天体を選び，次に分光

（スペクトルを撮る）観測によって，それらの中から真の遠方クエーサーを見つけ出す。この二段階の探査手法に沿って，いくつかの研究グループがこれまで優れた成果を上げてきた^{1), 2)}。分光観測は撮像に比べてより高感度を必要とするため，各段階で用いる観測装置の組み合わせには注意する必要がある。アメリカを中心とする Sloan Digital Sky Survey，カナダとフランスを中心とする Canada-France-Hawaii Telescope Legacy Survey など，これまでの探査では，2-4 m 望遠鏡に取り付けられた広視野カメラを用いて撮像観測を行い，候補天体を選び出して，主に 8 m 級望遠鏡によって分光観測を行うという流れが確立してい

*1 Image credit: courtesy NASA/JPL-Caltech.

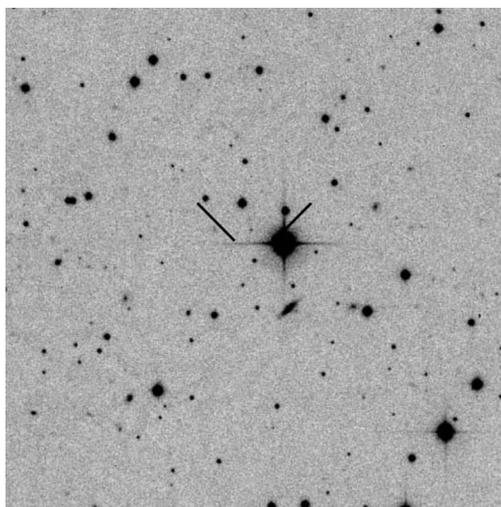


図2 遠方宇宙に存在する巨大ブラックホールからのクエーサー光の一例（中心の明るい星の左下にある小さな点源）。撮像観測で得られるこのような画像からは周りに写る無数の星々と区別がつかず、分光観測によってスペクトルを測定・解析することで、初めてその正体がわかる。この天体（CFHQS J1509-1749）は赤方偏移 $z=6.12$ を示し、開闢後およそ9億年の初期宇宙に存在したと推定されている^{*2}。

た。これらの探査によって、開闢からわずか7億年（赤方偏移^{*3} $z\sim 7$ ）という初期の宇宙に、質量 $10^9 M_{\odot}$ を超える最大級の巨大ブラックホールがすでに存在したことが確認されている³⁾。

この分野はこれから、より遠くへ、あらゆる質量の巨大ブラックホールを求めて、地上8 m級望遠鏡や宇宙赤外線望遠鏡を使った高感度広域撮像による探査へと舵を切っていくことになる。われわれのグループでも、すばる望遠鏡の新装置Hyper Suprime-Camの撮像観測に基づく新たな遠方クエーサー探査を開始しようとしている。TMTはこれらの次世代計画において、これまで

よりはるかに暗いクエーサー（それらの候補天体）の分光観測を行い、距離やブラックホール質量などの性質を導き出す必須の武器となる。例えば成長途上の質量 $10^7 M_{\odot}$ の巨大ブラックホールが赤方偏移 $z=10$ （宇宙年齢5億年頃）の宇宙に存在する場合、最大のクエーサー光度を伴ったとしても、現在の8 m級望遠鏡ではそのスペクトルを正確に計測することは不可能である。これに対して10倍以上もの点源感度向上を実現するTMTは、そのようなまだ想像上の天体についても、わずか数時間で十分な精度の観測を行うことができる。またスペクトルに刻まれた吸収線群を解析することで、クエーサー光が伝播してきた過去から現在に至る銀河間空間の様子を知ることが出来る。われわれはこの高感度観測能力によって、超遠方宇宙におけるブラックホール成長の現場を初めて目撃することになるだろう。巨大ブラックホールは赤方偏移 $z\sim 7$ の宇宙を越えて、さらに初期の宇宙にまで普遍的に存在するものなのだろうか？ 一体いつまでさかのぼれば、それらの出現時期にたどり着くのか？ そしてその先では、どのようなブラックホール成長の様子が見られるのだろうか？

2.2 中間質量ブラックホールの発見

巨大ブラックホールが宇宙に誕生した経緯については、現在二つの有力な説が唱えられている。一つは、宇宙初代の大質量星の死とともに質量 $100 M_{\odot}$ 程度のブラックホールが誕生し、物質降着と合体によって急速に成長したというもの、もう一つは、初期宇宙で起こった極端な物質集積によって、通常の星の段階を経ずに（あるいは僅かな超大質量星の時期を経て） $10^3\text{--}10^5 M_{\odot}$ の比較的重いブラックホールがいきなり現れたというも

^{*2} Reproduced from the AJ article “Four Quasars above Redshift 6 Discovered by the Canada–France High- z Quasar Survey”¹⁾ with permission of AAS.

^{*3} 赤方偏移は宇宙膨張によって天体の観測波長が長くなる効果で、遠方（過去）の宇宙ほどその量 z が大きくなる。例えば宇宙年齢10億年では $z\sim 6$ 、100億年では $z\sim 0.3$ である。現在の宇宙は赤方偏移 $z=0.0$ であり、年齢は約138億年と推定されている。

のである⁴⁾。どの誕生シナリオが正しいのかを観測的に明らかにするためには、過去への大質量種族の探索と同時に、現在の宇宙に残された中間質量 (10^4 – $10^6 M_{\odot}$) のブラックホールを探し出して調べることが鍵になる。それらの統計的性質は、すでに進化の終着点を迎えつつある大質量種族に比べて、ブラックホール形成史をより色濃く反映すると考えられるためである。例えばある理論モデルによると、初代星の死による誕生シナリオでは、近傍宇宙にある星質量 $10^9 M_{\odot}$ の銀河のほぼすべてに質量 $10^5 M_{\odot}$ 以上のブラックホールが残されているのに対し、物質の直接崩壊による誕生シナリオではその割合は60%前後にとどまるとされる^{5),6)}。

ブラックホールの質量は、その重力圏にある星やガスの運動を測定することによって得られる。巨大ブラックホールと言えどもその重力圏は銀河全体から見ればごく小さな領域であり、その空間分解には（後に述べるような明るい活動銀河核を伴う特殊な場合を除けば）極めて高い分解能が必要となる。このため過去には最近傍にある100天体ほどの銀河中心で測定が行われたのみで、重力圏の小さな中間質量種族ははまだ発見に至っていない。TMTと補償光学装置の組み合わせが実現するかつてない高空間分解能は、この分野にも革新的な成果をもたらすことになるだろう。例えば16.5 Mpc彼方のおとめ座銀河団^{*4)}においてすら、天の川銀河中心にあるような質量 $10^6 M_{\odot}$ 級のブラックホールを検出することが可能となる。さらには局所銀河群の球状星団に存在する（かもしれない）質量 $10^4 M_{\odot}$ 程度のブラックホールをも発見することができると見積もられている⁷⁾。われわれはTMTによるこれらの観測を通じて、これまで未知であった質量 10^4 – $10^6 M_{\odot}$ の領域に初めて踏み込んでいくことになる。中間質量ブラック

ホールは、近傍宇宙のどのような星の系（どのような銀河？あるいは球状星団？）に残されているのだろうか？それらはどのような質量分布をもち、どれだけの数密度を示すだろうか？これらの問いに答えることができれば、巨大ブラックホールの誕生・成長シナリオに一つの決定的な手がかりを与えることになるだろう。ちなみに質量 $10^6 M_{\odot}$ を超える大質量種族の重力圏分解による検出・質量測定については、赤方偏移 $z \sim 0.1$ を超える宇宙まで、約10万天体もの銀河に対して可能になるであろうと見積もられている⁷⁾。

3. 母銀河との共進化

かつて活動銀河核は、銀河中心のごく小さな領域の中で起こる局所的な現象として、銀河全体の進化とは切り離されて考えられてきた。しかしここ20年ほどで、その状況は大きく変わりつつある。巨大ブラックホールと母銀河バルジの間に、驚くほど強い質量の相関関係が発見された⁸⁾ ことがその契機の一つとなった（図3）。この相関は、両者の進化が相互に独立なものではないことを示唆している。また銀河進化モデルの方面からは、活動銀河核によって放たれる放射・運動エネルギーと運動量が母銀河や暗黒物質ハロー内の物質に作用し、星形成効率に大きな影響を及ぼす「活動銀河核フィードバック」と呼ばれるプロセスも提案されている¹⁰⁾。銀河と巨大ブラックホールが、過去から現在の宇宙にかけてどのような「共進化」関係にあったのか、ここではTMTが可能にする二つの研究トピックを紹介する。

3.1 母銀河星間物質の運動構造の解明

活動銀河核が母銀河の進化に何らかの影響を与えたならば、その最も大きな効果の一つは銀河スケールの星間物質において起こったであろうと考えられる。理論モデルからは、活動銀河核の放射・運動エ

*4) 1 Mpc (10^6 parsec) はおよそ330万光年に相当する距離である。おとめ座銀河団はわれわれの知る代表的な巨大銀河団の一つ。

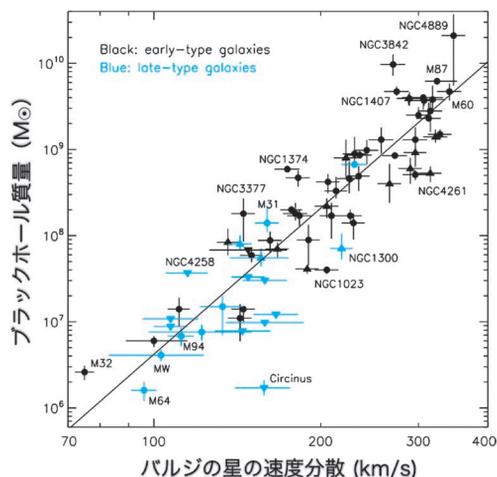


図3 母銀河バルジ質量（その重力場の中で運動する星の速度分散）と、巨大ブラックホール質量の間に見られる強い相関関係。黒色と青色の記号はそれぞれ、最近傍宇宙に存在する早期型（楕円・レンズ状）銀河と晚期型（渦巻）銀河を表す⁹⁾。

エネルギーまたは運動量の注入によって星間物質が大きな速度を獲得し、大規模なガス流出場が形成されることが示唆されている¹¹⁾。流出ガスの速度が十分大きければ、それらは短時間で母銀河を脱出し、本来起こるはずであった星形成活動を止めてしまうだろう。そのような流出ガスに大きな質量が含まれる場合には、その後の銀河の成長に深刻な影響を及ぼすことになる（図4）。

TMTは母銀河星間物質の運動構造の測定を通じて、活動銀河核フィードバック（ウインド・モード）と呼ばれる、観測的にはまだ確認の得られていない上記プロセスに強い制限を与えることを可能にする。補償光学技術によって、銀河形成の最盛期と言われる赤方偏移 $z \sim 1-2$ （宇宙年齢30–60億年）の宇宙においても、100 pc程度の非常に優れた空間分解能が達成される。また感度の向上により、現在の8–10 m鏡で測定されてい

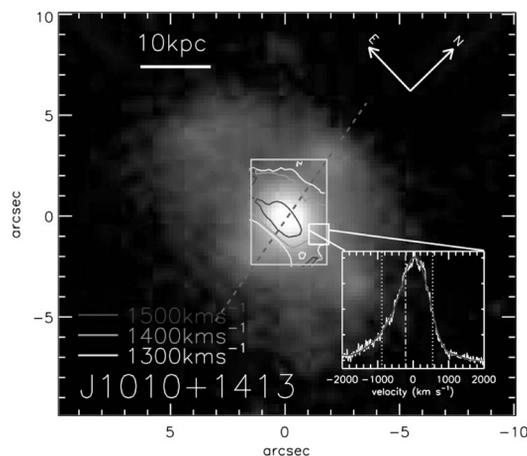


図4 近傍クエーサー SDSS J1010+1413 ($z=0.199$) の面分光観測例。観測領域（中央の四角内）全体にわたって、高速の電離ガスが存在することが示された（三つの曲線は、高速ガスの典型速度がそれぞれ1,500, 1,400, 1,300 km s^{-1} の地点を表す）。右下の挿入図は、ある一領域から抜き出した [O III] $\lambda 5007$ の輝線プロファイル^{*5}。

る電離ガスだけでなく、星間物質の重要な構成要素である中性ガスと（温かい）分子ガスからの弱い輝線を捉えることも可能になる。面分光観測を行ってこれら輝線の波長プロファイルを銀河各点で測定し、星間空間の運動構造を明らかにすることで、活動銀河核フィードバックに関する多くの疑問に初めて答えられるようになるだろう。そのようなプロセスは実在するのか？ どのような活動銀河核/ブラックホールの母銀河がその舞台となるのか？ 流出ガスの速度、含まれる質量、空間スケールはどれくらいか？ 星間物質のうちどの成分がどれほどの影響を受けるのか？ そして本当に、このプロセスによって星形成活動は停止させられてしまうのか？ さらにTMTでは見えない冷たい分子ガス（星形成の直接の材料となる）の様子については、同様に高い空間分解能をもつALMAのミリ波・サブミリ波観測によって

*5 Reproduced from Fig. 6 of the MNRAS article “Kiloparsec-scale outflows are prevalent among luminous AGN: outflows and feedback in the context of the overall AGN population.”¹²⁾

相補的に明らかにすることができる。

3.2 巨大ブラックホール-バルジ相関の形成

巨大ブラックホールと母銀河バルジとの間に発見された質量相関は、銀河の進化過程にとって重大な示唆を含んでいると多くの研究者が考えている(図3)。上に述べたような活動銀河核フィードバック、あるいは衝突・合体による質量平均化¹³⁾などがその起源の一端を担うとする説も提案されているが、残念ながら多くのことがいまだ謎のままである。観測的にこの問題を解く鍵の一つは、過去の宇宙へさかのぼったときにいつこの相関が現れ、その質量間の傾きや分散がどのように変化してきたかを明らかにすることである。

現在の相関関係から有意な変化が見え始めるほどの遠方宇宙では、質量測定が可能なブラックホールは活動銀河核を伴うものに限られる。それらは重力圏を直接空間分解できなくても、中心核領域の電離ガスが放射する明るい輝線の速度プロファイルを計測することで、(光度変動観測などから得られるいくつかの仮定を置いたうえで)速度場から中心重力を推定できるためである。ただしこの手法を用いた質量測定は、重力圏の直接分解によるものに比べて、かなり精度が落ちることが知られている¹⁴⁾。電離ガスの運動構造が正確に理解されていないためであり、その不定性は f 因子と呼ばれる量に押し付けられている。また活動銀河核ではその明るい放射のために、周りの母銀河成分の観測と質量推定は極めて困難になる。これらが今この研究トピックを阻んでいる最大の問題であり、現在の8m級望遠鏡では、近傍から赤方偏移 $z\sim 1$ あたりにかけてすら相関関係の変遷があるのかわからないのかよくわかっていない¹⁵⁾。

TMTは二つの方面から、ここでも現状を打ち破ることになるだろう。重力圏の直接分解によるブラックホール質量測定が赤方偏移 $z\sim 0.1$ を超える宇宙まで可能となり(2.2節参照)、いくつもの活動銀河核を適用範囲に捉えることが初めて可能となる。それらの測定値を使って上記の f 因子

を較正することができれば、活動銀河核の電離ガス放射を用いた質量測定精度は大幅に向上すると考えられる。またすでに述べたように、補償光学により近赤外線波長で達成される分解能は赤方偏移 $z\sim 1-2$ でも100 pcほどであり、これは銀河バルジに比べて十分に小さな空間スケールである。活動銀河核に由来する点源放射をこの小さな領域に抑え込むことで、遠方宇宙に至るまで母銀河を精度良く観測することが可能になる。われわれの巨大ブラックホール-バルジ相関の起源と進化に関する理解は、これらの進歩によって大きく進むことになるだろう。宇宙進化史の中で、両者のどちらがより早く成長してきたのだろうか？ いつの時代に、どのような物理プロセスによって今の相関関係が確立されたのか？ そしてそれは、銀河の進化過程について何を物語るのだろうか？

4. 活動銀河核の諸構造

活動銀河核は巨大ブラックホールを中心として、さまざまな領域が階層状に連なる特徴的な構造をもつ。ブラックホール周囲には、吸い込まれる物質がいったんたまる降着円盤と呼ばれる領域があり、ここからは中心へ落ち込むガスとともに、外向きに吹き出すガスの流れが存在すると考えられている。この流出ガスは、活動銀河核のスペクトルにしばしば見られる吸収線系として観測されている可能性がある。降着円盤よりも外側には電離ガスが広がっており、さらに中心から数十pc付近以降には分子と塵を豊富に含んだ何らかの遮蔽構造体(ダスト・トーラスと呼ばれることが多い)が存在するとされる。活動銀河核という天体・現象を理解するためには、これら諸構造の性質と、それらを内向き・外向きの両方向に貫く物質・エネルギーの流れを明らかにすることが不可欠である。

4.1 分子・塵遮蔽体(トーラス)の空間分解

活動銀河核の諸構造はこれまで空間分解が不可能であったが、TMTの登場によって、その最も

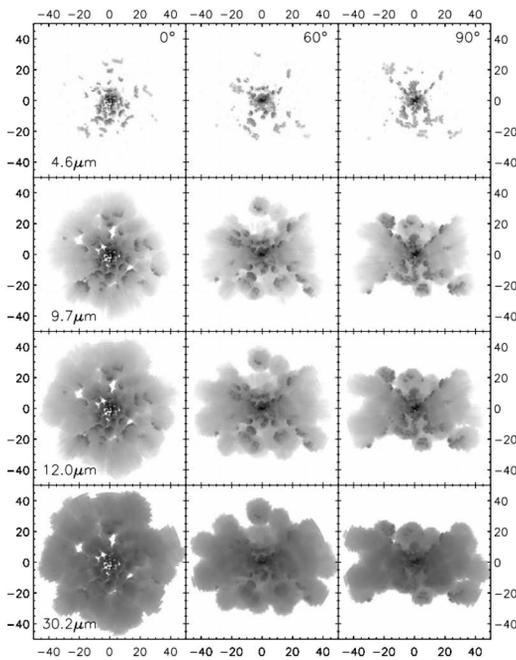


図5 分子・塵遮蔽体の構造に対する理論予測の例 (軸の数値はpc). 数値シミュレーションに基づいて、波長4.6, 9.7, 12.0, 30.2 μm での放射の様子が示されている。左から右に向かって、観測者の視線に対する遮蔽体の軸の傾きが 0° (face on), 60° , 90° (edge on) の場合をそれぞれ表す。TMTは、実際にどのような遮蔽体の姿をわれわれに見せるだろうか*6？

外側の分子・塵遮蔽体がついに直接分解される時代に到達する (図5)。過去にこの目標に最も近づいたのは Very Large Telescope 8 m 望遠鏡群による干渉計観測¹⁶⁾であったが、限られた基線ペアでは対象構造の測定が難しく、また波長10 μm 付近の観測では比較的高温 (したがって中心近く) の塵の放射しか見えないため、遮蔽体の広がった構造を明確に捉えることはできなかった。TMTでは波長20 μm での観測に補償光学を組み合わせ、この中間赤外線波長帯でも $0''.1$ 程度の優れた角分解能を達成できる。これは例えば30 Mpcの

距離にある活動銀河核に対して20 pcの空間分解能に対応し、数十pc程度の空間スケールをもつと考えられる分子・塵遮蔽体を分解することが可能となる。その形状は活動銀河核の標準統一モデルで一般に考えられているような、塵の昇華温度付近で内縁が途切れたトラス型なのか？ 外縁部はどこまで続き、母銀河の星間物質分布とはどのような関係にあるのか？ どのような質量分布をしているのか？ 内部構造はあるのか？ そして、中心ブラックホールの活動とどのような関係性をもつのか？ TMTの観測によって、これらの問いに初めて直接的な手がかりを与えられるようになるだろう。

一方で巨大ブラックホール近傍の物質循環の観点から、遮蔽体の運動構造について知ることも重要である。もしも遮蔽体がブラックホールへの物質供給の役割を果たし、母銀河から降着円盤にかけての流入物質の通り道であるならば、中心へ向けてある程度大きなガス流入率が観測されるはずである。またもしも遮蔽体が全体として静的な構造ではなく、降着円盤付近から飛ばされた流出ガスがその形成を助けるような動的な構造物であれば¹⁸⁾、かなりの擾乱を伴う速度場が見られるかもしれない。その質量の大部分を担う冷たい分子ガスの運動構造については、残念ながらTMTで捉えることはできないが、ALMAによるミリ波・サブミリ波観測によって明らかにすることができよう。ここでもTMTとALMAは優れたシナジーを発揮することが期待される。

5. おわりに

活動銀河核の難点の一つは、銀河全体に匹敵するほどの莫大なエネルギーを放ちながら、その放射領域が小さすぎて空間分解できないところにある。われわれはこの困難を、望遠鏡口径を大きく

*6 Reproduced from the A&A article "Three-dimensional radiative transfer models of clumpy tori in Seyfert galaxies"¹⁷⁾ with permission of A&A, (c) ESO.

し、あるいはスペースに打ち上げ、あるいは補償光学技術を用いて、少しずつ乗り越えようとしてきた。TMTの登場によってすべてが解決するわけではもちろんないが、例えば「見てきたような」想像上の活動銀河核の構造外縁（分子・塵遮蔽体）がようやく見え始めること、探し求めてきた中間質量ブラックホールの重力圏をついに捉えられるようになることなど、TMTはいくつもの飛躍的進歩を可能にすると期待されている。これらは集光力、空間分解能、観測波長帯、撮像・分光技術などさまざまな観測性能が向上することの複合的な結果である。冒頭にも述べたように、ここに紹介したのはTMTで検討されている活動銀河核サイエンスのごく一部に過ぎない。また何より、現在の8m級望遠鏡が登場する以前に、それらを用いて成し遂げられた素晴らしい成果のすべてが果たして予言されていただろうか？ TMTで拓く活動銀河核の新しい地平が、想像を越えた驚きに満ちたものであることをわれわれは願っている。

謝 辞

本稿の内容は、将来計画検討報告書「2020年代の光赤外天文学」の巨大ブラックホール（活動銀河核）検討班での議論を基にしたものである。班員である秋山正幸氏、今西昌俊氏、大須賀 健氏、鮫島寛明氏、長尾 透氏、松岡健太氏、三澤 透氏、諸隈智貴氏には、1年以上の期間にわたって活発なご議論をいただき、未熟ながら班長を務める私を支えていただいている。またほかにも柏川伸成氏、峰崎岳夫氏、大藪進喜氏、川良公明氏、Michael Strauss氏、Jenny Greene氏など多くの方々との日頃の議論が、本稿を執筆するうえでたいへん助けになった。これらのうち何名かの方に加えて、浅見奈緒子氏、鈴木智子氏には草稿段階でこの記事を読んでいただき、有益なコメントをいただいた。ここに改めて深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Willott C. J., et al., 2007, AJ 134, 2435
- 2) Fan X., et al., 2006, AJ 131, 1203
- 3) Mortlock D. J., et al., 2011, Natur 474, 616
- 4) Volonteri M., 2010, A&ARv 18, 279
- 5) Volonteri M., Lodato G., Natarajan P., 2008, MNRAS 383, 1079
- 6) Greene J. E., 2012, NatCo 3, 1304
- 7) Do T., et al., 2014, AJ 147, 93
- 8) Magorrian J., et al., 1998, AJ 115, 2285
- 9) McConnell N. J., Ma C.-P., 2013, ApJ 764, 184
- 10) Fabian A. C., 2012, ARA&A 50, 455
- 11) Ostriker J. P., et al., 2010, ApJ 722, 642
- 12) Harrison C. M., et al., 2014, MNRAS 441, 3306
- 13) Jahnke K., Macciò A. V., 2011, ApJ 734, 92
- 14) Shen Y., 2013, BASI 41, 61
- 15) Schulze A., Wisotzki L., 2011, A&A 535, 87
- 16) Burtscher L., et al., 2013, A&A 558, 149
- 17) Schartmann M., et al., 2008, A&A 482, 67
- 18) Wada K., 2012, ApJ 758, 66

TMT: Breaking New Ground of Active Galactic Nuclei

Yoshiki MATSUOKA

National Astronomical Observatory of Japan,
2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

Abstract: It is now widely accepted that every galaxy with a bulge weighing over about a billion solar masses hosts a supermassive black hole (SMBH) at its center. While SMBHs are quiescent most of the time, they are occasionally awakened from sleep by falling material and start to roar. Such an activated SMBH is believed to manifest itself as active galactic nucleus (AGN), an extremely tiny and luminous source found in some galactic centers. AGNs have long been studied as an important constituent of the Universe, but on top of that, we are starting to realize that they might have impacted the evolution of the host galaxies in an irreparable way. TMT, with its unprecedented sensitivity and angular resolution, will enable us to break new ground of this research area among others. In this article I review some of the most fascinating (from my viewpoint) science topics with TMT that are being discussed in the Japanese community.