

巨大ブラックホールの形成とクェーサーの形成・ 進化—銀河スケールでの角運動量輸送という 観点から—

川 勝 望

〈International School for Advanced Studies (SISSA/ISAS), Via Beirut 2-4, 34014, Trieste, Italy〉

e-mail: kawakatu@sisssa.it

巨大ブラックホールの存在は、銀河中心から放射されるスペクトルや光度から予言されてきました。さらに近年の観測から、巨大ブラックホールの質量は銀河バルジの質量と比例関係にあることが見いだされました。一方、銀河の構成成分であるガスは角運動量をもっています。そのため、ガスを銀河中心に集め、巨大ブラックホールを作るためには、ガスのもつ角運動量を十分に抜きとらなければいけません。筆者らは、巨大ブラックホールと銀河バルジとを結びつける角運動量輸送メカニズムとして、輻射抵抗に注目してきました。本稿では、このメカニズムを銀河のバルジ成分にあてはめ、巨大ブラックホールの形成とクェーサーの形成・進化について考えていきます。

1. はじめに

宇宙に数多く存在する銀河の中には、太陽系程度の領域から銀河の光度と同等、あるいはそれ以上のエネルギーを放射する天体が存在します。このような天体は活動銀河中心核 (Active Galactic Nuclei; AGN) と呼ばれ、その中で最も明るい天体がクェーサーです。AGN は、ガスが巨大ブラックホールへ落ち込んでいく (降着する) ときに解放される重力エネルギーで光っていると考えられています¹⁾⁻³⁾。したがって、観測されている AGN の光度を説明するためには、太陽質量の数百万から数十億倍という巨大なブラックホールが必要です。では、活動性をほとんど示さない通常の銀河中心に巨大ブラックホールは存在しないのでしょうか？

これを確かめるためには、ブラックホールの重

力が卓越する銀河中心領域での星やガスの運動を調べる必要があります。地上からの観測では、大気のゆらぎのために優れた空間分解能を達成することが困難でした。しかし、大気圏外で観測を行うハッブル宇宙望遠鏡 (Hubble Space Telescope; HST) や角度分解の優れた電波干渉計を使うことができるようになると、銀河中心の巨大ブラックホール質量が精度良く測定できるようになりました。さらにここ数年で、ブラックホール質量を測定できる天体の数が飛躍的に増えたため、巨大ブラックホールと母銀河との間について調べることができるようになりました。その結果、巨大ブラックホールの質量は、母銀河のバルジ成分^{*1)}の質量と比例関係 (図 1) にあり、その比例係数は 0.001 程度であることが見いだされました (以下、「巨大ブラックホール-銀河バルジ関係」と記す)⁴⁾⁻⁹⁾。同様の関係は近傍のクェーサーに対して

*1 円盤銀河の中心にある膨らんだ部分、楕円銀河の場合は銀河全体のことを指す。

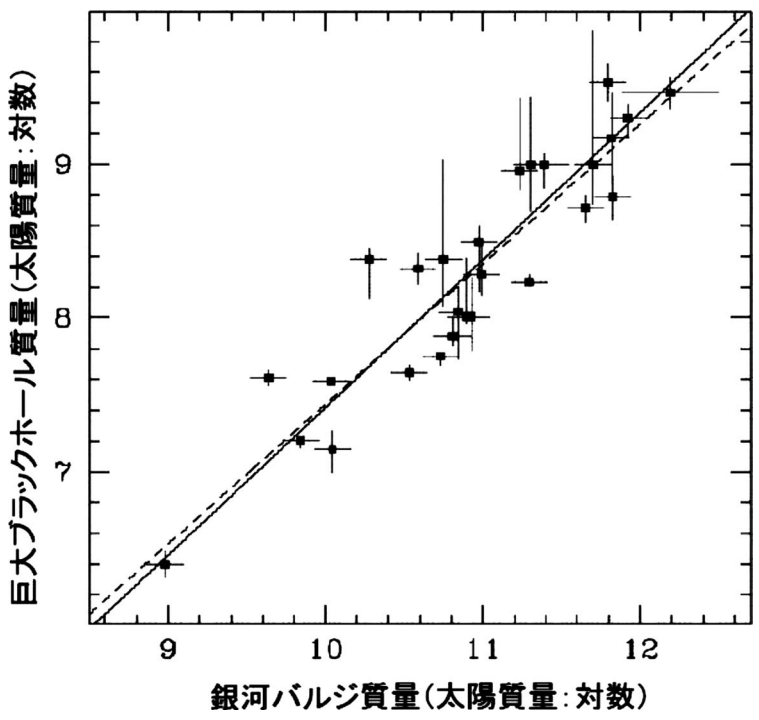


図1 巨大ブラックホール質量と銀河バルジ質量との関係⁹⁾。実線は観測データのベストフィットである。この図からブラックホールと銀河バルジ質量比はおよそ0.001であることがわかる。

も成り立ちます^{10), 11)}。これらの観測事実は、巨大ブラックホールの形成と銀河バルジの形成が密接に関係していることを意味します。しかし、巨大ブラックホール-銀河バルジ関係の起源と巨大ブラックホールの形成を同時に説明する決定的なシナリオは今のところありません。さらに、銀河が進化する過程でどのようにキューサーが形成され、進化してきたかについてもよくわかっていません。これを明らかにすることは、巨大ブラックホールの成長過程を知るうえで重要です。

本稿では、巨大ブラックホールの形成とキューサーの形成・進化について、筆者らが取り組んできたこれまでの研究成果の一部を紹介したいと思います。

2. 巨大ブラックホールの形成シナリオ：研究小史

これまで考えられてきたアイディアは、1984年

にマーチン・リース (Martin J. Rees) 氏が考案した巨大ブラックホールの形成シナリオに基づいています¹²⁾。その形成シナリオは基本的に次の2通りの考え方に分けることができます。

- (1) 銀河内のガスから密度の高い星団（星の集団）を作り、それが進化し中心にブラックホールを作る。
- (2) 銀河内のガスが銀河中心へ降着してブラックホールを作る。あるいは、ガス降着の途中で非常に大きな質量の星を經由して、それが進化してブラックホールになる。

一つ目の考え方の問題点は、非現実的に大質量で密度の高い星団を考えない限り、巨大ブラックホールが作れないことです。そのうえ、このシナリオで予言される密度の高い星団が、ブラックホール周辺に観測されておらず、観測とも矛盾します。

二つ目の考え方の困難な点は、ガスから十分な

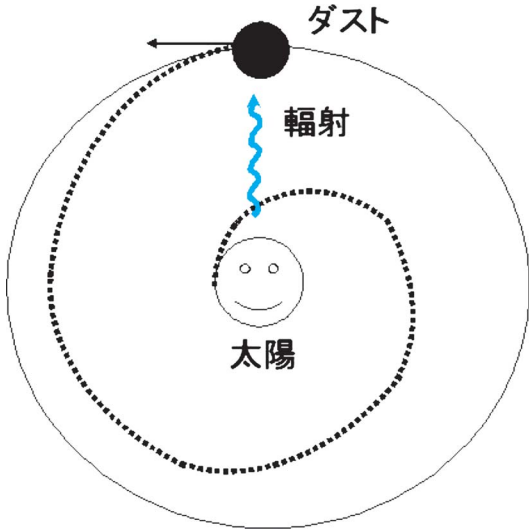


図2 Poynting-Robertson 効果：太陽の周りを円運動するダストは、輻射抵抗により角運動量を失い、点線で示されるように太陽に向かってらせん軌道を描きながら落下する。詳しくは本文を参照。

角運動量を抜き取らなくてはいけないことです。現在までの定説では、潮汐力によって銀河の構成成分であるガスは角運動量を獲得します¹³⁾⁻¹⁵⁾。この角運動量で決まる回転半径は、ブラックホールになる半径よりおよそ“7桁”も大きくなります。したがって、ガス降着により巨大ブラックホールを形成するためには、銀河スケールでの角運動量輸送が必須となります。そこで、この角運動量輸送の問題を解決するために、筆者らは銀河バルジ内の星からの輻射が引き起こす輻射抵抗と、それによる角運動量輸送に注目しました。

3. 輻射抵抗とは

まず、輻射抵抗について説明したいと思います。図2のように、この輻射抵抗により太陽の周りを回転運動するダスト^{*2}が角運動量を失い、太陽に向かってらせん状に落下するという現象が知

られています (Poynting-Robertson 効果)。この現象は次のように理解することができます。ダストは太陽からの輻射を吸収し、吸収し暖められたダストは赤外線を放射します。この過程で、ダストは回転中心にいる太陽から放射された輻射を吸収するため、吸収した輻射は角運動量を持ちません。一方、ダストは回転運動をしているので、ダストから放射される輻射もダストと同じだけの角運動量を輸送できるはずですが、この吸収-再放射過程を通して、正味としてダストがもっていた角運動量を輻射が持ち去り、ダストは角運動量を失い、太陽へらせん軌道を描きながら落下していくのです。

以上の議論から、輻射抵抗によりダストのもつ角運動量が抜き取られるのは、ダストが吸収した輻射の角運動量が、ダストが再放射した輻射の角運動量と異なるためであることがわかります。

次に、輻射抵抗による角運動量輸送が効果的に働く条件について考えてみましょう。光学的厚み(以降、 τ と記す)^{*3}が十分に1よりも小さい場合 ($\tau < 1$)、輻射抵抗は効果的に働くのでしょうか？ 答えはNOです。これは輻射の大部分がガスとほとんど相互作用せずに系の外へ逃げてしまうからです。したがって、 τ が1以上であることが一つの条件です。

もう一つは、ダストの存在です。ダストを含まないガスの場合、電子が輻射と相互作用します。この場合、輻射抵抗が働く時間スケールは宇宙年齢を超えてしまいます。一方、ダストを含んだガスの場合、主にダストが輻射と相互作用します。ダストによる単位質量あたりの散乱吸収断面積はトムソン散乱の断面積に比べて100~1,000倍も大きいために、輻射抵抗が有効に働く時間スケールは宇宙の年齢より充分短くなることができず。

*2 炭素よりも重い元素からなる固体微粒子のこと。

*3 光学的厚みとは、注目している系の大きさを光子の平均自由行程で割った値で、「光学的厚み」=「単位質量あたりの散乱吸収断面積」×「系のガス質量密度」×「系のサイズ」で定義される。

4. 輻射抵抗による巨大ブラックホール形成シナリオ

では、どのような銀河で輻射抵抗は有効に働くのでしょうか？ 近傍の銀河バルジはほとんどガスを含んでいないので、輻射抵抗は効果的に働かないでしょう。これまでの観測から、ダストを含み、 $\tau > 1$ の若い銀河の存在が明らかになってきました。これらは、銀河バルジの先祖だと考えられています。したがって、このような環境にある銀河バルジ形成期では前述した輻射抵抗が効果的に働くことが期待されます。そこで、筆者らは次のような巨大ブラックホール形成シナリオ（以下、「輻射抵抗モデル」と記す。）を立てました¹⁶⁾（図3参照）。

(1) $\tau > 1$ の銀河バルジ形成期に、バルジ内の星がガスに及ぼす輻射抵抗により、ガスは角運動量を失いながら銀河中心に降着する。ガスの角運動量をすべて抜き取ることはできないため、銀河中心に非常に重くコンパクトなトーラスが（図3参照）形成される。このような自己重力の卓越するトーラスでは、暴走的なガス降着が起こり、トーラスの中心部

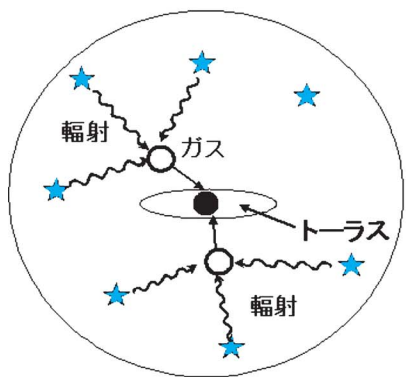
分では超大質量星が形成される^{17), 18)}。超大質量星は速やかに重力崩壊し、トーラスの中心には数千から数十万倍太陽質量のブラックホールが作られる¹⁹⁾。こうして形成されたブラックホールは、トーラス内のガスを飲み込むことで成長していく（図3左）。

(2) 銀河進化のある時期に、多数の超新星爆発により加熱された星間ガスのもつエネルギーが系のポテンシャルエネルギーを上回ると、ガスやダストは銀河の外に運ばれる。この現象を銀河風という。これにより、バルジの τ は1よりも十分に小さくなるので、輻射抵抗による角運動量輸送効率は下がり、ブラックホールを取り囲むトーラスの成長は止まる。一方、ブラックホールの成長は、周辺のガスがなくなるまで続き、最終的には巨大ブラックホールへと成長する（図3右）。

以下では、この輻射抵抗モデルをもとにして、

(1) 銀河バルジ中心での巨大ブラックホールの形成、(2) クェーサーの形成・進化、について詳しく見ていくことにしましょう。

(1)バルジの $\tau > 1$



(2)バルジの $\tau < 1$

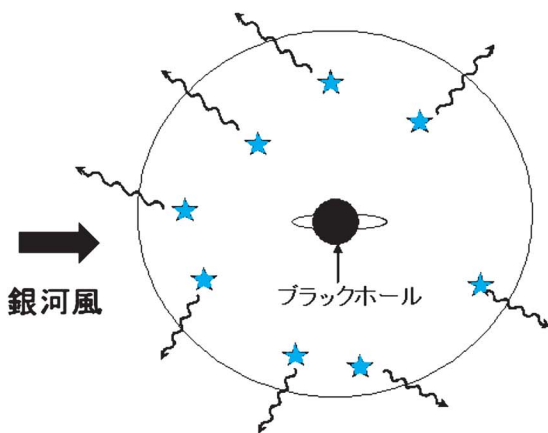


図3 輻射抵抗による巨大ブラックホール形成モデル（輻射抵抗モデル）の概念図：バルジの τ が1より大きいときには、輻射抵抗は有効に働き、銀河中心に形成されるトーラスの質量は増加する。 τ が1以下になると、輻射抵抗の効率は急に下がりトーラスの成長は止まる。

5. 巨大ブラックホールの形成

この節では輻射抵抗による巨大ブラックホール形成について考えていきましょう。そのためには、銀河バルジ内のガスに対する角運動量輸送方程式を解く必要があります。特に、系が光学的に厚くなると、各々の星から放射された輻射がその系統上に存在するダストに吸収される効果を考えなければいけません。

5.1 一様なガス分布における角運動量輸送

ここでは、一様なガス分布という理想的な状況を考えます。これ以降の議論で、銀河バルジ内の星とガスは同じ速度分布をもつとします。図4(黒の実線)は、輻射抵抗による質量降着率と系のタウとの関係を示したものです²⁰⁾。タウ<1の場合には、タウが大きくなるにつれて、系の外へ逃げる輻射の量が減ります。そのため、輻射抵抗を受けるガスの質量が増え、質量降着率はタウに比例し大きくなります。一方、タウ>1場合にはタウが大きくなるにつれて、輻射抵抗による質量降着率が下がるのがわかります。この結果は一見、輻射抵抗が有効に働く条件の一つ「タウ>1であ

ること」と、矛盾しているように思われます。どう理解すれば良いのでしょうか？ タウ>1の場合、タウが大きくなるに従って、各々の星がガスに影響を及ぼすことのできる領域(各々の星から測ったタウが1程度になる領域)は小さくなっていきます。つまり、これはガスとほぼ同じ速度をもった星からの寄与しかないことを意味します。そのため、ガスが吸収できる輻射の角運動量はガスが再放射した輻射の角運動量とほぼ等しくなり、輻射抵抗により角運動量を抜き取る効率が下がるのです(3節参照)。そのために系のタウが1程度のとき、輻射抵抗の効率が最大となります(図4: 黒の実線)。ところが、ダストで覆われた若い銀河では、系のタウが1以上であることが観測的に示唆されています²¹⁾。これは、バルジのタウが1程度という状況があまり現実的でないことを物語っているでしょう。つまり、一様なガス分布の場合には、輻射抵抗による巨大ブラックホール成長は低い効率でしか起こらず、観測されている巨大ブラックホールを作ることは難しいといえます。

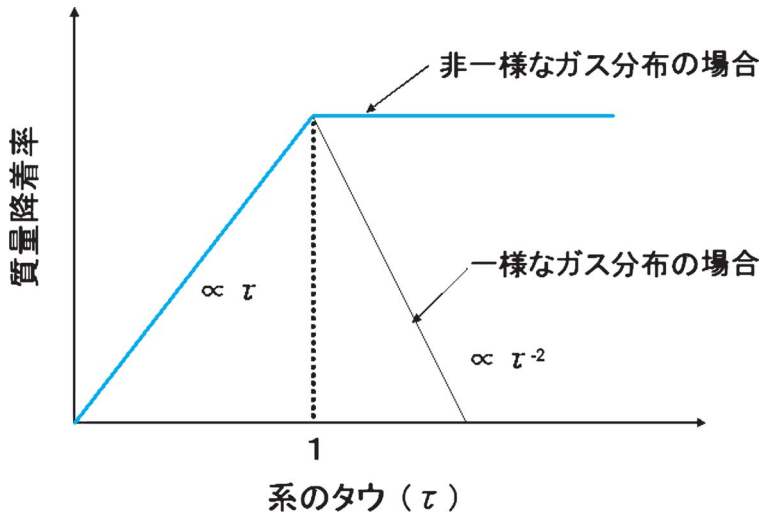


図4 輻射抵抗による質量降着率とタウ(τ)との関係。青い実線がガス分布が非一様の場合で、黒の実線はガスが一様の場合である。タウ>1の場合、輻射抵抗による質量降着率は、ガス分布の非一様性に依存する。

5.2 非一様ガス分布での角運動量輸送

前節では、一様なガス分布の場合、輻射抵抗による巨大ブラックホールの形成は難しいことを説明しました。しかし、これまで多くの観測により、星形成活動の盛んな若い銀河のガス分布は非一様であることが確かめられており、バルジ内のガス分布を一様近似する妥当性も疑わしいものです^{21), 22)}。

そこで、この節では非一様なガス分布といったより現実的に近い場合について考えます。図4(青の実線)から、 $\tau > 1$ の場合、一様分布の場合と異なり、明らかに高い質量降着率が実現されることがわかります。以下では、この理由はについて考えていきましょう。そのために、同じ τ をもった一様分布の系と、非一様なガス分布の系を比較して考えます。図5からわかるように、非一様なガス分布の場合には、密度の低い領域内に密度の高い領域が局在するため、星からの輻射がガスに影響を及ぼすことのできる領域は、一様分布の場合に比べて大きくなります。つまり、光子の平均自由行程は一様分布の場合よりも長くなり、遠方(つまり、注目するガスと速度差の大きい星々)からの輻射が高い効率でガスに到達します。そのため、ガスが吸収できる輻射のもつ角運動量とガスが放射する輻射の角運動量との間に十分な差が生じます。したがって、非一様なガス分布の場合には、 τ が1以上でも輻射抵抗は有効に働きます。このことは、ガスの空間的な非一様性が、輻射抵抗による角運動量輸送にとって本質的な役割を担っていることを意味します。

5.3 巨大ブラックホール質量と銀河バルジ質量との関係

前節では、ガス分布が非一様という状況で、輻射抵抗が効果的に働くことを示してきました。では、どの程度の巨大ブラックホール質量が作れるのでしょうか？ また、「巨大ブラックホールと銀

河バルジの関係」はどのように理解したら良いのでしょうか？ 図4で得られた結果をもとに、最終的に形成される巨大ブラックホールの質量を計算したところ、その質量はおおよそバルジ内の星が放出した全輻射エネルギーで決まることがわかりました。つまり、「巨大ブラックホール質量」は、「バルジ内の星が放出した全輻射エネルギー」*4を「光速の2乗」で割った量で書くことができます。

一方で、主系列星は一生の間に水素の約14%を燃やし尽くすことが知られています。また、水素の核融合反応のエネルギー変換効率は0.7%なので、「バルジ内の星が放出する全輻射エネルギー」は、「0.14」×「0.007」×「バルジ内の星の全静止エネルギー」で表すことができます。

これらをまとめると、「巨大ブラックホール質量」=0.002×「バルジ内に存在する星の全質量」という関係式が成り立つことを見いだしました^{16), 20)}。この関係式は、巨大ブラックホール質量とバルジ質量の比例関係を自然に説明し、その比例係数は観測で示唆されている値(≈0.001)とよく一致しています。これは、観測されている「巨大ブラックホールと銀河バルジの関係」が、基本的に水素の核融合エネルギー変換効率(=0.007)という物理定数で決まることを意味します。つまり、最終的に形成される巨大ブラックホールの質量は、銀河の進化過程にはほとんど影響されません。しかし、巨大ブラックホールの成長過程に注目する場合には、銀河の進化過程が重要になってきます。次節では、銀河の進化に伴う巨大ブラックホールの成長に注目しながら、クェーサーの形成・進化について考えていきましょう。

6. クェーサーの形成・進化

これまで説明してきたように、輻射抵抗の効率はバルジ内の星が放射する輻射エネルギーとバル

*4 より正確には、系の $\tau > 1$ の段階(図3における(1)に対応)で星が放射した全輻射エネルギーのこと。

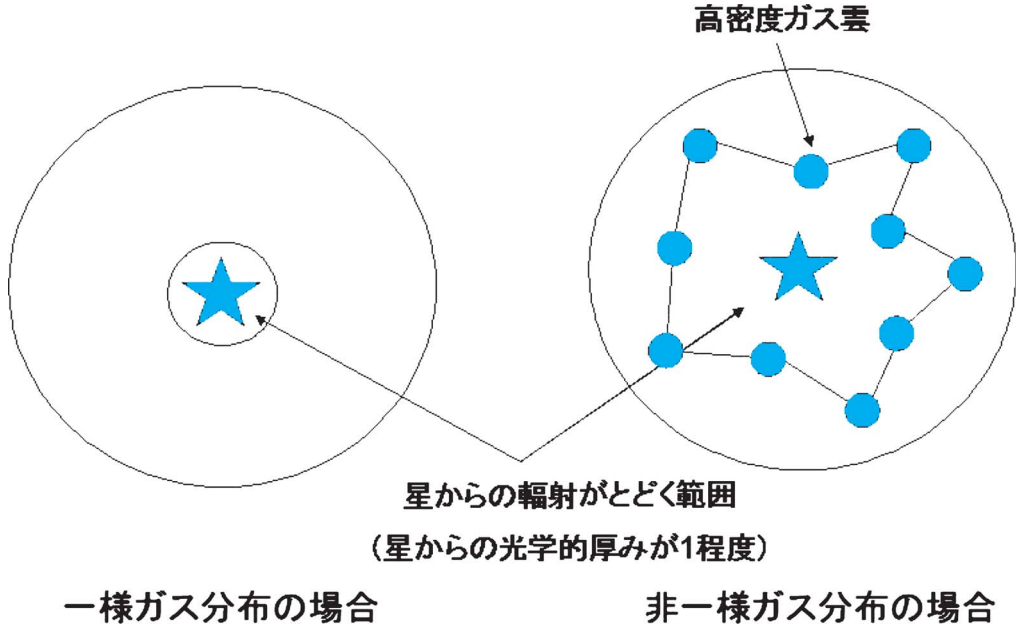


図5 光子の平均自由行程とガスの非一様性との関係 (タウ>1の場合)。同じタウをもった一様ガス分布の系と非一様なガス分布の系を比較したものである。この図からわかるように、非一様なガス分布の場合、光子の平均自由行程は一様分布の場合よりも長くなる。

ジのタウと密接に関係します。そこで、バルジの光度とバルジのタウの時間進化を扱うことのできる銀河進化モデル²³⁾と輻射抵抗モデルとを組み合わせたキューサー進化シナリオを構築しました²⁴⁾。ここでは、1兆倍の太陽質量をもつ銀河バルジ(楕円銀河)の進化とその中心ブラックホール成長について紹介します。

図6は、銀河バルジの光度 (L_{bulge})、銀河中心核の光度 (L_{AGN})、そしてブラックホール質量 (M_{BH})の時間進化を示しています。この図で、銀河中心核の光度はエディントン (Eddington) 光度^{*5}を仮定しています。また、系は銀河風によりガスやダストが銀河の外へ運ばれる時間スケール (t_w) で、バルジはタウ>1からタウ<1へ変化するとしています(図3参照)。

まず、巨大ブラックホールの成長を見てみましょう。タウ>1のとき ($t < t_w$) には、輻射抵抗に

より形成されるトーラスの質量はバルジの光度に比例して増加します(5, 3節参照)。ところが、銀河風が吹いてバルジのタウが1よりも小さくなると、輻射抵抗の効率は極端に下がります。そのため、トーラスの質量は t_w 以降ほぼ一定となります。一方、ブラックホールはトーラス質量と等しくなる時間 (t_{cross}) まで成長します。その後 ($> t_{cross}$) は、ブラックホールへ供給するガスがなくなるため、ブラックホールの成長は止まります(図6参照)。

次に、AGNの光度と銀河バルジの光度の時間発展に注目しましょう。図6よりタウが1より小さい段階 ($t > t_w$) であっても、ブラックホール質量は t_{cross} まで成長できるため、AGNの光度は時間とともに明るくなります。AGNの光度がピークを迎えた後 ($t > t_{cross}$) は、ブラックホールへのガス供給がなくなるため、その光度は急激に暗く

*5 球対称にガスが降着するときの限界光度で、ブラックホール質量に比例する。

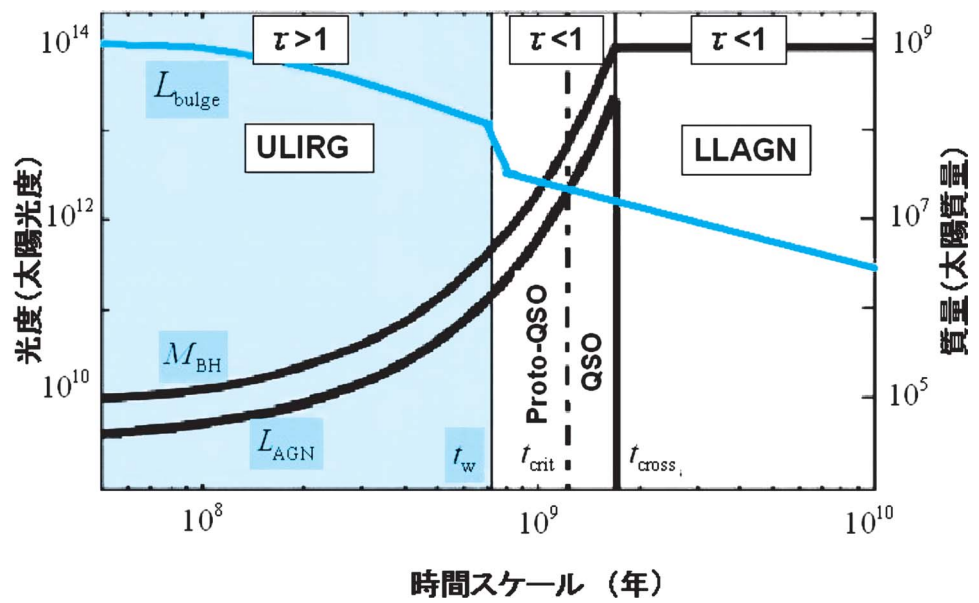


図6 筆者らの提案するクェーサー (QSO) の進化シナリオ。縦軸 (左) はバルジ光度 (L_{bulge}) と、活動銀河核の光度 (L_{AGN}) を示す。 M_{BH} は巨大ブラックホール質量である。 τ (タウ) はバルジの光学的厚みを示す。クェーサーの前段階に母銀河が支配的な“原始クェーサー (Proto-QSO)”が存在する。

なります。この段階は低光度の活動銀河核 (Low Luminous AGN; LLAGN) であると考えられます。また、銀河風が吹く前の $\tau > 1$ の段階 ($t < t_w$) は、超高光度赤外線銀河 (Ultraluminous Infrared Galaxies; ULIRGs) に対応すると考えられます。

この進化シナリオから得られた最も重要なことは、銀河風が吹き $\tau < 1$ の段階 ($t_w < t < t_{cross}$) が時間 t_{crit} で二つの段階に分けられることです。一つは、AGN の光度が支配的な天体で、これはクェーサー (QSO) に対応するでしょう。もう一つは、母銀河の光度が銀河中心核の光度よりも明るい天体です。この天体はこれまで観測されているクェーサーとは明らかに異なる天体です。ここでは、原始クェーサー (Proto-QSO) と呼ぶことにします。この原始クェーサーはまさにブラックホールが成長している段階で、ブラックホール質量とバルジ質量の比が、近傍銀河やクェーサーで成り立つ値 (≈ 0.001) より小さくなることが予想されます。さらに、筆者らは原始クェーサーで予

想される物理的特徴 (光度、金属量など) が、高赤方偏移 ($z > 1$) の電波銀河の特徴とよく似ていることを見つけました。これは、高赤方偏移での電波銀河が、巨大ブラックホールの成長過程を明らかにするうえで重要な天体であることを予言するものです。図7は筆者らの提唱する銀河バルジと巨大ブラックホールの共進化シナリオをまとめたものです。

7. まとめ

筆者らは、巨大ブラックホール形成の本質である「銀河スケールでの角運動量輸送問題」を解決する一つのアイディアとして、輻射抵抗による角運動量輸送に注目してきました。筆者らの提案する輻射抵抗モデルは、観測で示唆される「巨大ブラックホール-銀河バルジ関係」の説明に成功しました。さらに、銀河とブラックホールとの共進化シナリオを構築することで、クェーサーの形成・進化、特にブラックホール成長段階にある天体の予言を行いました。一方で、観測的に巨大ブ

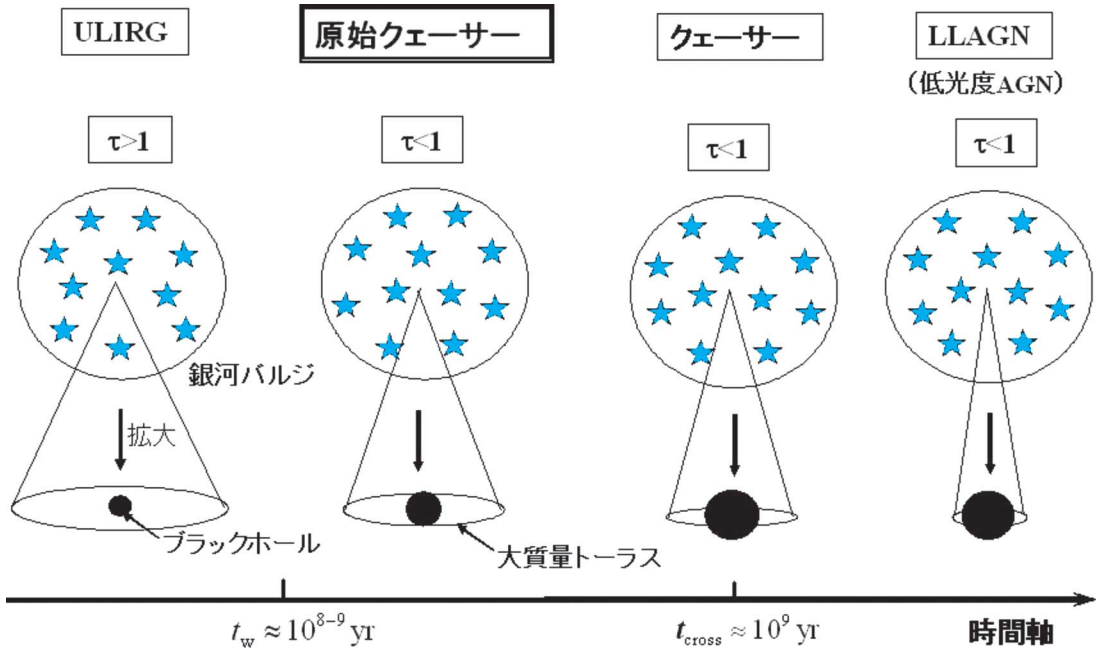


図7 巨大ブラックホールと母銀河の共進化に関する概念図. τ (タウ) はバルジの光学的厚みを表す. この図から, クェーサーを含むさまざまな銀河を時系列 (「ULIRG→原始クェーサー→クェーサー→LLAGN」) として理解できることがわかる.

ブラックホール成長の実態を探っていくことも大事で, これまでに提案されている巨大ブラックホール形成シナリオを区別することにつながるでしょう. その手始めとして, 筆者は SISSA (Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati/International School for Advanced Studies, Italy) のメンバーとともに, ブラックホール成長段階を Atacama Large Millimeter Array (ALMA) で探る研究を始めています.

謝 辞

本稿は筆者が筑波大学理論宇宙物理研究室で修士および博士課程に行った研究をもとにしています. 当時研究室に在籍された方には有意義な議論をしていただき感謝しています. 特に, (本当に) 右も左もわかっていなかった筆者を辛抱強く指導して下さった筑波大の梅村雅之氏にはたいへん

感謝しております. 修士課程時代にはご多忙中, 筆者の度重なる愚問にも顔色一つ変えず (そう思っていたのは筆者だけ?) 丁寧に答えていただきありがとうございました. また, 研究の面白さを “厳しく” 教えてくださった, 筑波大の中本泰史, 専修大の森 正夫氏, 立教大の須佐 元氏, 大須賀 健氏, 東京大の米原厚憲氏にはたいへん感謝しております. SISSA の瓜生康史氏, 紀基樹氏, 鴈野重之氏には, 慣れない海外生活を始めるにあたっていろいろとサポートをしていただきました. この場を借りて感謝いたします. 紀基樹氏には本稿に対する貴重なコメントをいただきました. 最後に, このように筆者の研究を紹介する機会を与えてくださった天文台理論研究部の和田桂一氏には深く感謝いたします.

参考文献

- 1) Zel'dovich Ya. B., Nozikov I. D., 1964, Dokl. Acad. Nauk. 155, 1033
- 2) Salpeter E. E., 1964, ApJ 140, 796
- 3) Lynden-Bell D., 1969, Nature 223, 690
- 4) Kormendy J., Richstone D., 1995, ARA&A 33, 581
- 5) Richstone D., et al., 1998, Nature 395A, 14
- 6) Magorrian J., et al., 1998, AJ 115, 2285
- 7) Merritt D., Ferrarese L., 2001, ApJ 547, 140
- 8) McLure R. J., Dunlop J. S., 2002, MNRAS 331, 795
- 9) Marconi A., Hunt L. K., 2003, 589, L21
- 10) Laor A., 1998, ApJ 505, L83
- 11) Shields G. A., et al., 2003, ApJ 583, 124
- 12) Rees M. J., 1984, ARA&A 22, 471
- 13) Barnes J., Efstathiou G., 1987, ApJ 319, 575
- 14) Heavens A., Peacock J., 1988, MNRAS 232, 339
- 15) Steinmetz M., Bartelmann M., 1995, ApJ 272, 570
- 16) Umemura M., 2001, ApJ 560, L29
- 17) Mineshige S., Umemura M., 1996, ApJ 469, L49
- 18) Mineshige S., Umemura M., 1996, ApJ 480, 167
- 19) Shibata M., Shapiro S., 2002, ApJ 572, L39
- 20) Kawakatu N., Umemura M., 2002, MNRAS 329, 572
- 21) Sanders, D. B., et al., 1988, ApJS 325, 74
- 22) Gordon K., Calzetti D., Witt A. N., 1997, ApJ 487, 625
- 23) Fioc M., Rocca-Volmerange B., 1997, A&A 326, 950
- 24) Kawakatu N., Umemura M., Mori M., 2003, ApJ 583, 85

Formation of Supermassive Black Holes and QSO Evolution—With the Object of the Angular Momentum Transfer—

Nozomu KAWAKATU
Astrophysics Sector SISSA/ISAS—International School for Advanced Studies, Via Beirut 2-4, 34014, Trieste, Italy

Abstract: Recent high-quality observations have revealed that the mass of a supermassive black hole (SMBH) tightly correlates with that of a galactic bulge. However, little has been elucidated regarding the physics on the angular momentum transfer in a spheroidal system (a bulge), which is inevitable for the formation of BHs. Here, a potential mechanism to build up a SMBH is proposed by using the angular momentum transfer due to a radiation drag. In the present model, the mass of a SMBH is predicted to be in proportion to the bulge mass, and it turns out that the SMBH-to-bulge mass ratio is basically determined by the nuclear energy conversion efficiency from hydrogen to helium ($=0.007$). In the present context for a SMBH growth, we construct a new QSO formation scenario.