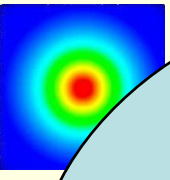
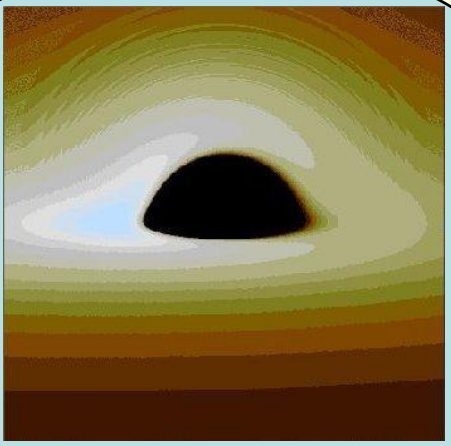
51cm望遠鏡と理論研究で活躍する

大阪教育大学の天文学

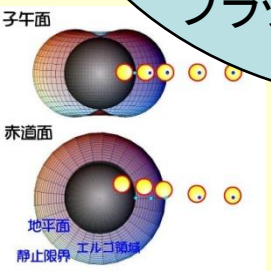
Astronomy

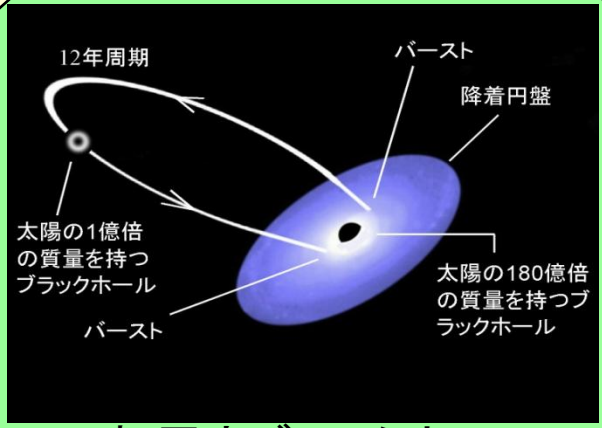




ブラックホールシャドー

51cm反射望遠鏡





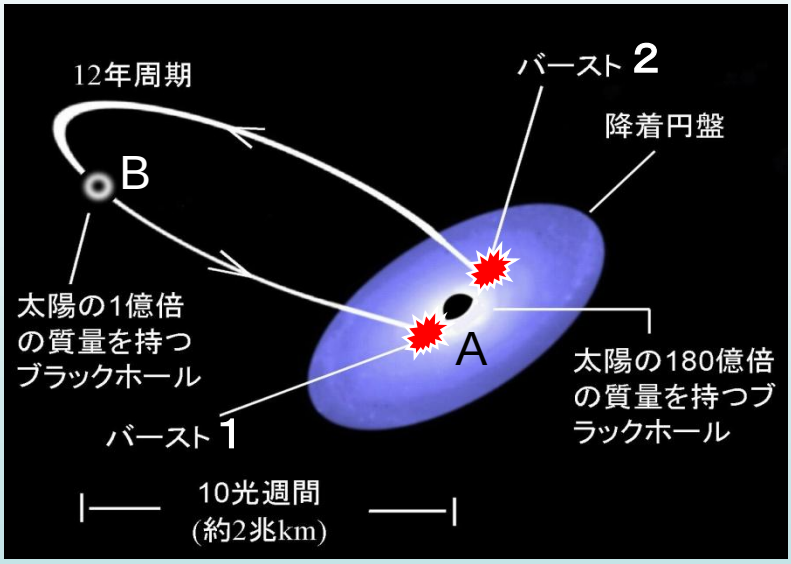
超巨大ブラックホール
OJ287の想像図

研究室紹介

大阪教育大学で
天文学を学ぼう！

観測研究1

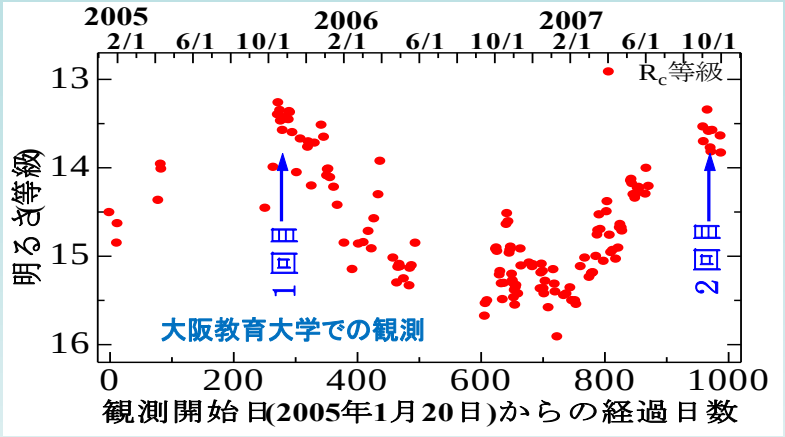
最近の観測成果
超巨大ブラックホール連星OJ 287

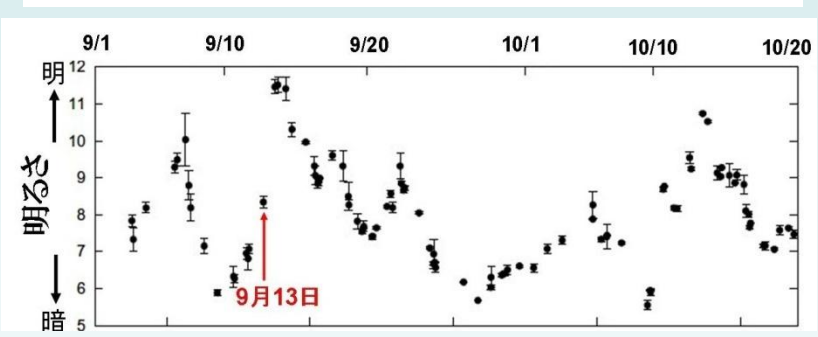


フィンランドのM. Valtonen氏たちが提案した、OJ287の巨大ブラックホール連星説。超巨大ブラックホール（A）のまわりを巨大ブラックホール（B）が楕円軌道を描いて公転している。Aのまわりのガス円盤をBが高速で通過したときにバーストが起きると想像されている。

大阪教育大学の51cm反射望遠鏡で観測したOJ 287 の画像。
2007年9月14日は、2回目のバーストのピークで非常に明るかった。

OJ 287は活動銀河核と呼ばれる天体の一種で、太陽からの距離は約35億光年です。この天体の特異な点は、約12年おきに周期的にバースト（急激に明るくなること）を繰り返していることです。さらに、1970年以後の観測で、1回のバーストが実は2回のピークをもっていることが明らかになり、なぜそのようなことが起きるかが大問題になりました。その謎を鮮やかに解決したのが巨大ブラックホールの連星説です（上図）。





大阪教育大学では1994年から1996年にかけてOJ 287 を観測し、2回のバーストを確認しました。次のバーストに備えて2005年1月から観測を始め、2005年11月に大きなバースト（最初のピーク）をとらえました（左図）。さらに観測を継続し、2007年9月に2回目のバーストを観測しました。この時は、世界的な観測網が敷かれ、10箇所以上の天文台が参加しました。そうすると、1日の中で複数の観測点が得られるので、細かい議論が可能になります。結果としてValtonen 氏たちのモデルで予言された2007年9月13日にバーストが起きたことが確認されました。
この結果は2008年4月17日発行の英国の科学誌Nature に発表されました。その論文には、

1）OJ 287の巨大ブラックホール連星説が確認され、大きい方のブラックホールの質量は太陽の質量の180億倍であることがわかった。
2）小さい方のブラックホールの軌道は、一公転あたり39度の歳差運動を示し、アインシュタインの一般相対性理論の予言と一致した。
3）OJ 287 の軌道周期は徐々に短くなっており、重力波を放射して軌道が縮小しつつあることを示している。

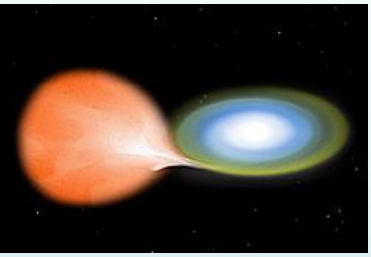
などが書かれています。

第2回バースト（2007年秋）の国際共同観測の結果

この研究については、朝日新聞（2008/4/17）、読売新聞（2008/4/17）、日経新聞（2008/4/21）、雑誌ニュートン2008 年7月号などで紹介されました。

現在進行中の研究
特異な新星 V1280 Sco

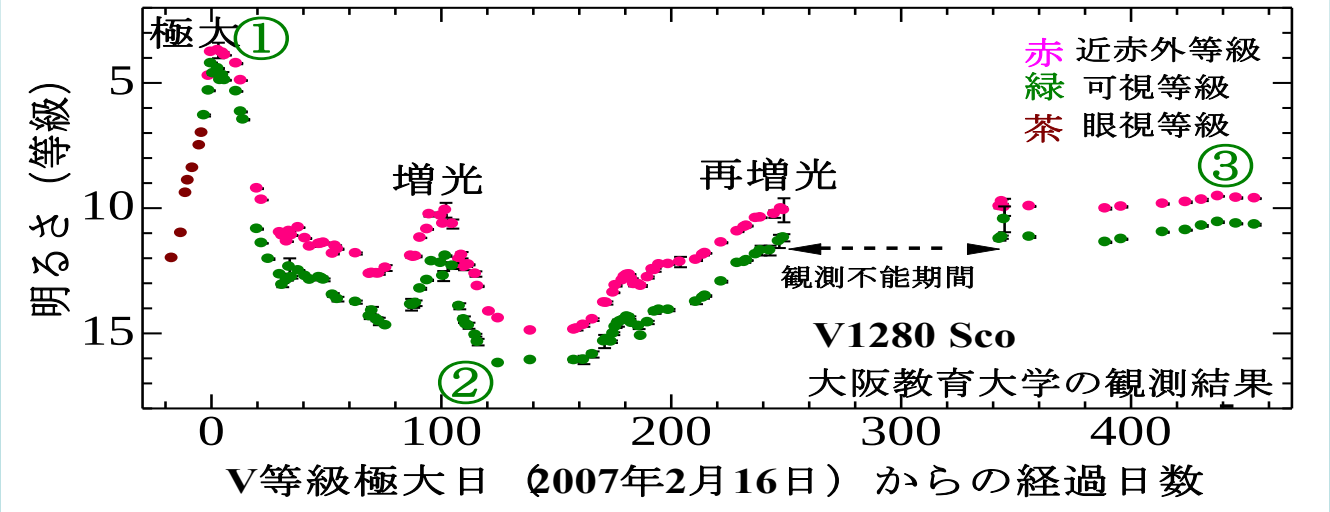
観測研究2



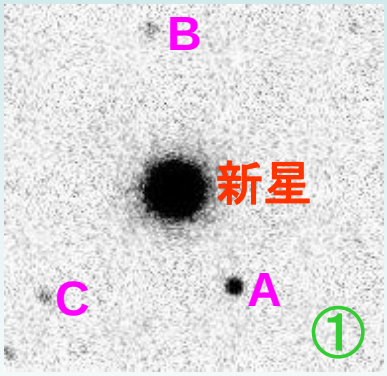
普通の星(左)と白色矮星(右)からなる近接連星の想像図

大阪教育大学では、左で紹介した活動銀河核の他にも、さまざまな天体を51cm望遠鏡で観測し、研究することができます。たとえば、それまで何もなかった空の一角に突然明るく輝きだす新星や超新星といった現象や、誕生したばかりの原始星と呼ばれる天体などを、学生が主体となって観測チームを組んで研究しています。

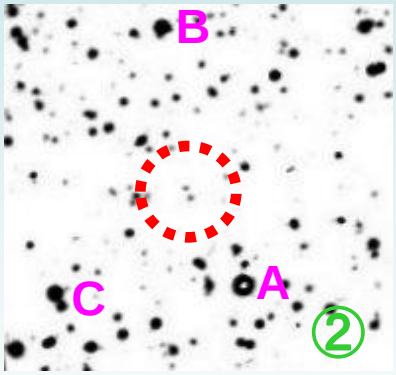
新星に関する研究テーマの一例として、さそり座V1280（学名V1280 Sco）を紹介します。新星とは、左の図のような、白色矮星と普通の星からなる連星系で、普通の星から流れ込んだ物質が白色矮星の上にたまり、ある限界を越えると暴走的な水素の核融合反応が起きて、急激に明るく光りだす現象と考えられています。同一の望遠鏡で継続的に観測した均質なデータは、貴重な学術資料になります。



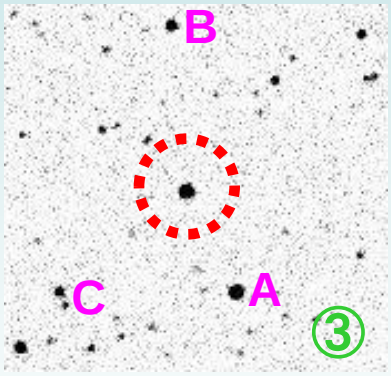
新星 V1280 Sco は、2007年2月5日に日本のアマチュア天文家によって発見されました。大阪教育大学の観測チームは、この新星がまだ明るくなりつつある途中の2月12日から観測を開始しました。新星は非常に短い時間で明るくなるため、増光途上にはまだ不明な点が多く、このような初期のデータはたいへん貴重なものなのです。
この新星は2月16日に極大①(もっとも明るいところ)になったあと、3月初めまでは急激に暗くなり、4月半ばまではゆっくりと減光していましたが、5月に一時的な増光が観測されました。6月②に入るとまた暗くなり、そのまま減光するかと思われましたが、7月から10月にかけてゆっくりとした再増光が継続しました。その後数ヶ月間は、天体が太陽の方向にあったため観測不能期間でした。2008年1月下旬に観測を再開したところ、予想に反して(！)、3ヶ月前とほとんど同じ明るさを保っていました。その後、2008年5月③まで増光傾向が継続しており、これがいつまで続くか興味あるところです。このような振る舞いを示した新星は知られていません。



2007年2月20日
極大の4日後



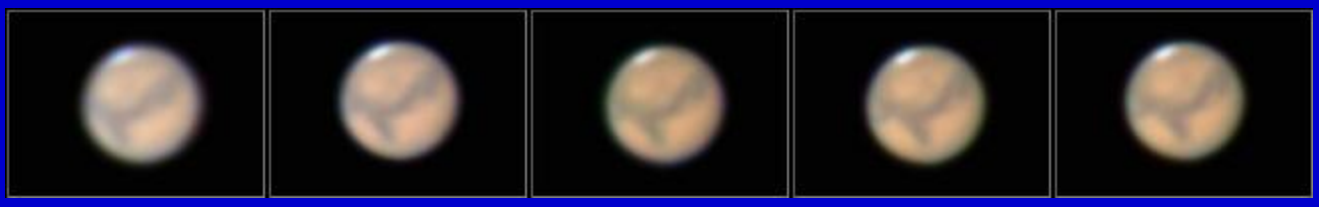
2007年6月20日



2008年4月28日

新星V1280 Sco の明るさの変化。図の①、②、③は、上の明るさの変化の番号と対応している。極大①と極小②の間で、明るさは10000分の1以下になっている。また図のA、B、Cは普通の星で、明るさは一定である。このような一定の明るさの星を基準として、新星の明るさを測定する。この図は白黒反転した画像である。

大阪教育大学51cm望遠鏡による天体画像アルバム



午前1時10分　午前1時40分　午前2時　午前2時20分　午前2時40分

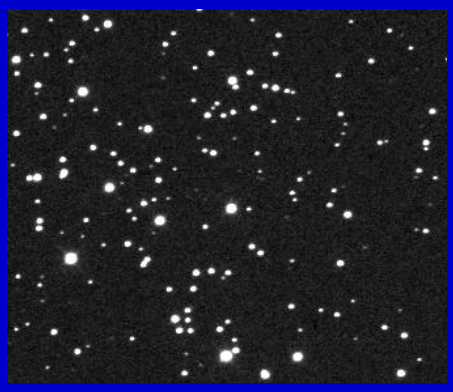
2003年大接近時の火星（2003年8月23日、3色合成画像）

木星（2004年1月23日、3色合成画像）

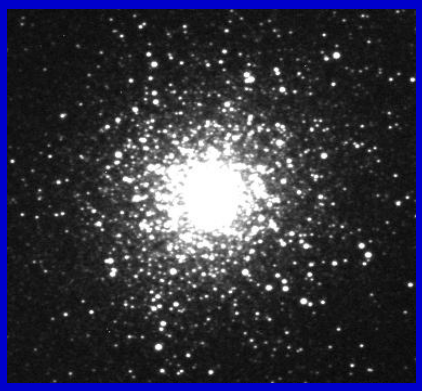
土星（2003年9月2日、3色合成画像）

ニート彗星（2004年5月25日、3色合成画像）

ホームズ彗星(2007年10月31日、3色合成画像）



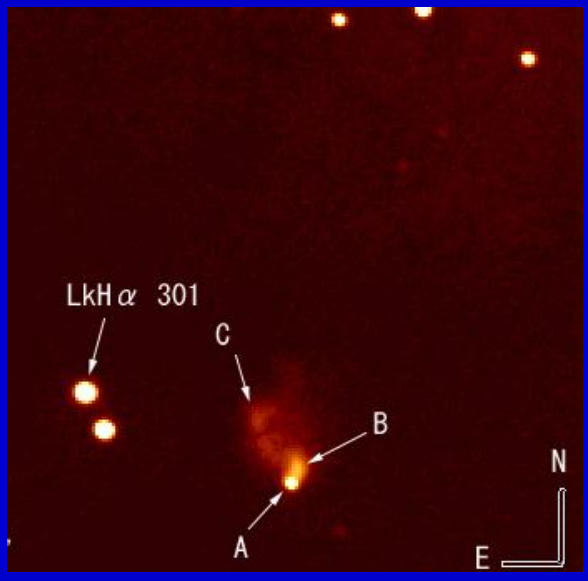
散開星団メシエ67（Rバンド画像）



球状星団メシエ13（Rバンド画像）

超新星残骸メシエ1（3色合成画像）

惑星状星雲メシエ27（Hα画像、擬似カラー）



オリオン座に出現した新星雲（V1647 Ori）
（2004年9月30日、I バンド画像、擬似カラー）

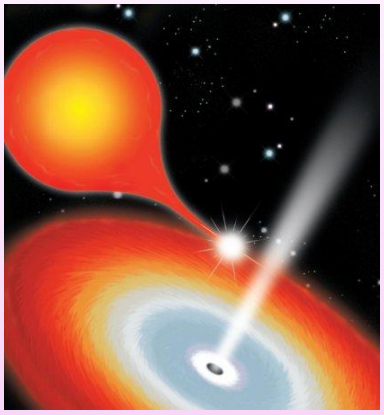
渦巻き銀河 NGC 6946（3色合成画像）

渦巻き銀河メシエ104（3色合成画像）

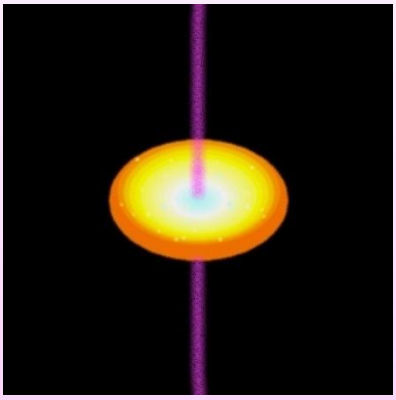
理論研究1

降着円盤研究
見えないはずのブラックホールを視る

アインシュタインの相対性理論で予想された謎の天体、光でさえ出てこれない空間の裂け目、それが、ブラックホールです。

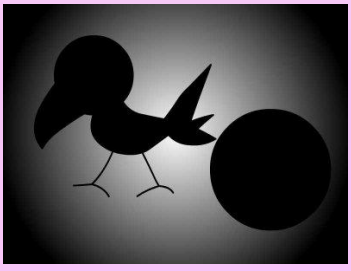


かつては空想の産物だとされたこともありましたが、研究の進展によって、ブラックホールは、X線連星や活動銀河核など、宇宙のあちこちで発見されました。そして周囲には光り輝く高温プラズマガスの円盤（降着円盤）をまとい、さまざまな宇宙活動の原因となっていることがわかってきました。

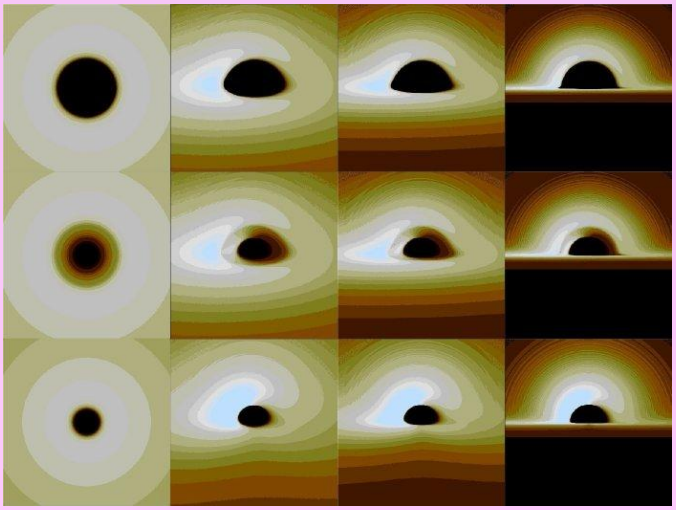


ブラックホールと普通の星からなるブラックホール連星の想像図。ブラックホールの強い重力が伴星のガスを引きずり込んで、ブラックホールのまわりにガス円盤が形成されている。ブラックホール近傍からはしばしば、高温プラズマガスがジェットとして吹き出している。この図の差し渡しは100万km程度で、ブラックホールの大きさはその10万分の1程度。

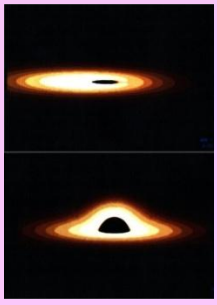
クェーサーや活動銀河核に存在するブラックホール＝降着円盤の想像図。活動銀河の中心には巨大ブラックホールが存在し、その周囲には光り輝くプラズマガスの円盤（降着円盤）が渦巻いている。ブラックホール近傍からはしばしば、高温プラズマガスのジェットが吹き出ている。図の差し渡しは1光年程度で、ブラックホールの大きさはその10万分の1程度。

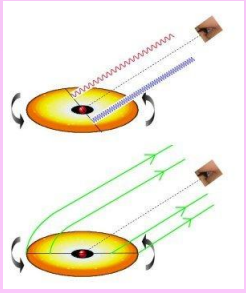


ブラックホールからは光でさえも出てこれません。だから闇夜のカラスのように、ブラックホールを見ることは不可能な気がします。しかし闇夜のカラスといえども、背後から光で照らせばシルエットが浮かび上がるでしょう。宇宙に存在するブラックホールも、しばしば光り輝くプラズマガスをまとっています。その光る衣の中の影絵として、ブラックホールを“視る”ことができるはずです。相対論や放射理論などを用いたシミュレーションによって、ブラックホールシャドーの姿を理論的に求めることができます。



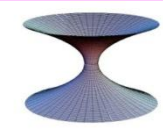
さまざまなタイプの光る衣をまとった、ブラックホールのシルエット（福江2006）。標準的なガス円盤（上）では円盤はブラックホールの半径の3倍までしかないが、他のモデル（中、下）では円盤がブラックホールのそばまである。ほぼ真上（左）からほぼ真横（右）へ見る角度が違う。





ブラックホール＝降着円盤の姿がこのように見える理由は2つあります。まず円盤のガスはブラックホール近傍では光速近くのスピードで回転しているため、手前に近づく側のガスから出た光は非常に強められるのです（右図の上）。その結果、円盤の画像は左側が明るくみえます（左図の上）。一方、ブラックホール近傍では空間が歪んでいるため、光線が曲げられます（右図の下）。その結果、円盤の画像は向こう側が浮き上がったようにみえます（左図の下）。これらの効果が合わさって、いろいろなシルエットになります。

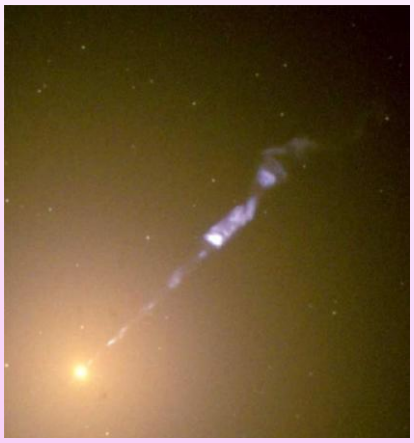
これらの研究については、読売新聞（1987/5/12）、週刊朝日（1987/5/29）、産経新聞（1989/1/22）、Nature（1995/vol375p633）、Sky and Telescope（1996/6/p28）、その他で紹介されました。



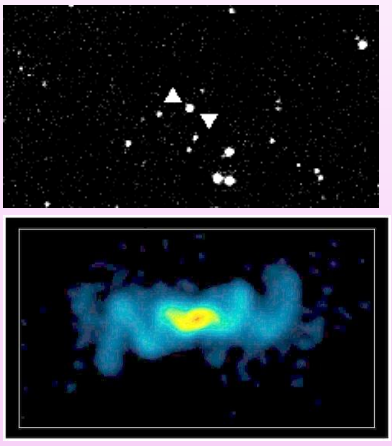
理論研究2

宇宙ジェット研究
ブラックホールジェットの謎に挑む

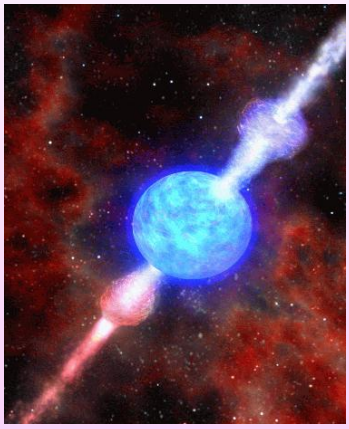
ブラックホール連星や活動銀河の観測が進展すると、しばしばそれらの天体の中心からは、光速近くのスピードで、高温プラズマの噴流が吹き出していることが発見されました。これらの亜光速プラズマ流は宇宙ジェットと呼ばれています。



ハッブル宇宙望遠鏡が撮像した活動銀河M87の中心から吹き出すプラズマジェット(HST)。ジェットの長さは100万光年におよぶ。

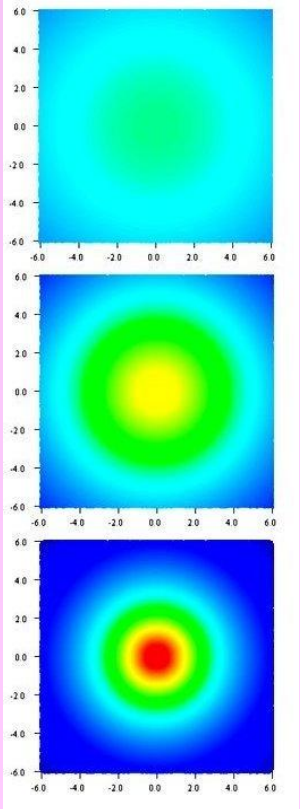


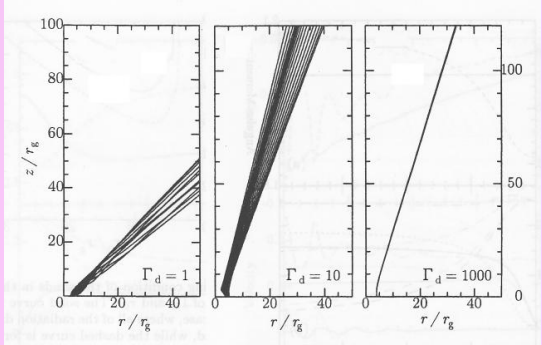
ブラックホール連星SS433(上、大阪教育大学で撮影)と、電波で観測したSS433ジェット(下、NRAO)。ジェットの長さは数光年で、コルク抜きのようなパターンを描いている。



宇宙最大の爆発現象、ガンマ線バーストの想像図(NASA)。大質量星が重力崩壊してブラックホールになるとき、一部のガスはブラックホールに吸い込まれずにジェットとなる。崩壊しつつある恒星大気を貫いて吹き出すジェットの速度は、光速の99.99%にも達する。

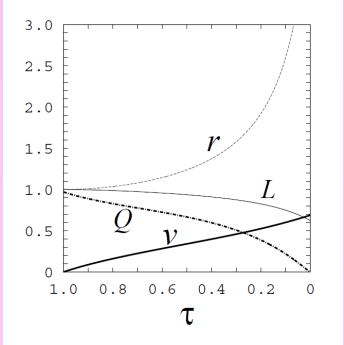
ブラックホール近傍(ブラックホール＝降着円盤システム)において、このような亜光速のジェットが形成されるメカニズムは、いまだよくわかっていません。ブラックホールジェットの存在は、現代天文学の3不思議の一つです。ブラックホールジェットが形成されるしくみを解き明かすため、相対論やプラズマ理論そして放射理論などを用いて、理論的な研究を行っています。





↑降着円盤から吹き出すプラズマ流の数値計算(田島＆福江1998)。図の原点にブラックホールがあって、x軸に沿って光り輝く降着円盤が拡がっている。左から右へと、円盤が明るくなるほど、プラズマ流はジェットのように細く絞られた流れになることがわかった。

←ブラックホール近傍から吹き出すプラズマ流を観測したときの"見え方"(住友他2007)。流速が光速の40%(上)、60%(中)、80%(下)と大きくなるにつれ、相対論的効果で、中央付近がギラギラと明るくなることがわかった。



↑強い光の圧力(放射圧)で加速されるブラックホールジェットの計算例(秋月＆福江2008)。図中のvが光速を単位としたジェットの速度。ブラックホール近傍(図の左端)から加速されるにつれ、ジェットの速度が増加して、ついには光速の70%ぐらいになることがわかった。

これらの研究については、朝日新聞(2007/10/29)などで紹介されました。

Kazucha

多方面で活躍する卒業者

卒業生の就職先でもっとも多いのは、小中高の教員です。会社に就職した人や大学院に進学した人も相当数います。中でも、全国各地の社会教育施設等へ多数の人材を送り出していることが、大阪教育大学天文分野の大きな特色です。

佐賀県立宇宙科学館
愛媛県総合科学博物館
岡山県浅口市 岡山天文博物館 （３名）
岡山県井原市 美星天文台 （２名）
兵庫県立西はりま天文台 （３名）
兵庫県神戸市立青少年科学館
兵庫県加古川市立少年自然の家（２名）
兵庫県にしわき経緯度地球科学館
兵庫県伊丹市立こども文化科学館
大阪府大阪市立科学館
大阪府ちはや星と自然のミュージアム
京都府京都市青少年科学センター
京都府綾部市 天文館パオ
和歌山県 みさと天文台 （３名）
和歌山県 かわべ天文台
愛知県名古屋市科学館
静岡県ディスカバリーパーク焼津
千葉県千葉市科学館
群馬県立ぐんま天文台
宮城県仙台市天文台
青森県弘前市星と森のロマントピア
北海道釧路市こども遊学館

（注：現時点で卒業者が在職していない施設も含まれています）

観測室の外で記念撮影（2007年秋）

夏休み親子星空観察会（2006年8月）

研究室七夕パーティ（2006年7月）

大阪教育大学には天文学の研究室が2つあります。
（入学時の入り口は別ですが、望遠鏡の運用を含め教育・研究活動は共同で行っています。）

1. **教員養成課程理科教育講座天文学研究室**
   教員： **福江 純** fukue@cc.osaka-kyoiku.ac.jp
   http://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~fukue
   松本 桂 katsura@cc.osaka-kyoiku.ac.jp
   http://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~katsura
2. **教養学科自然研究講座宇宙科学研究室**
   教員： **定金晃三** sadakane@cc.osaka-kyoiku.ac.jp
   http://web.nsc.osaka-kyoiku.ac.jp/nsystem/sadakane/index.html
3. **天文台ホームページ：**
   http://galaxy.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/index.html

研究室見学を歓迎します。