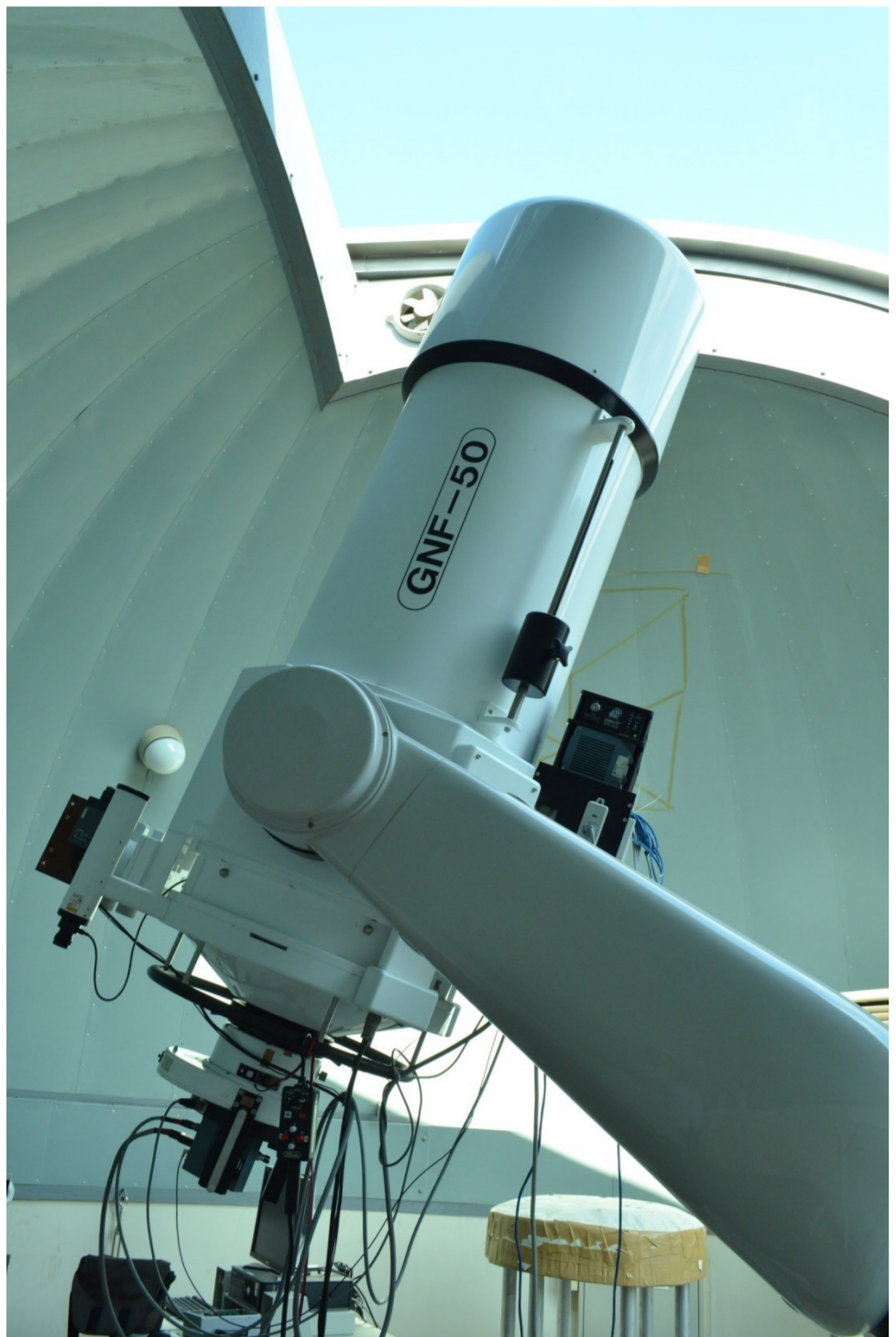


# ブラックホール天体の観測天文学



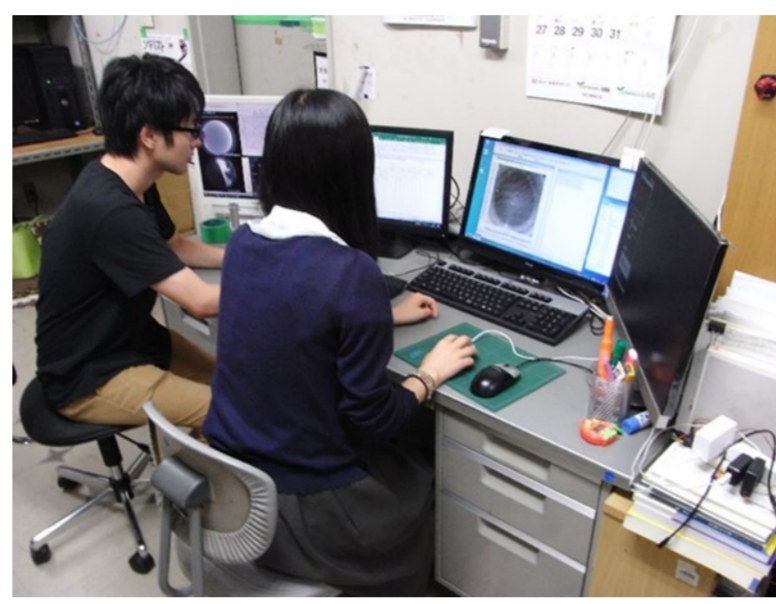
柏原キャンパス天文台外観



51cm反射式望遠鏡とCCDカメラ

## 天文台と観測装置

柏原キャンパス棟屋上の天文台には、口径51cm反射式望遠鏡と冷却CCDカメラからなる天体観測設備が整えられています。カメラには、特定の色(波長域)の光のみを通す複数の干渉フィルタが付随し、天体の明るさと共に温度に関する情報を得ることができます。観測システムの制御は、ドームに隣接する室内から遠隔操作で行います(右の写真)。学生実習や天体観察会などで使用する小型の望遠鏡も数台備えています。



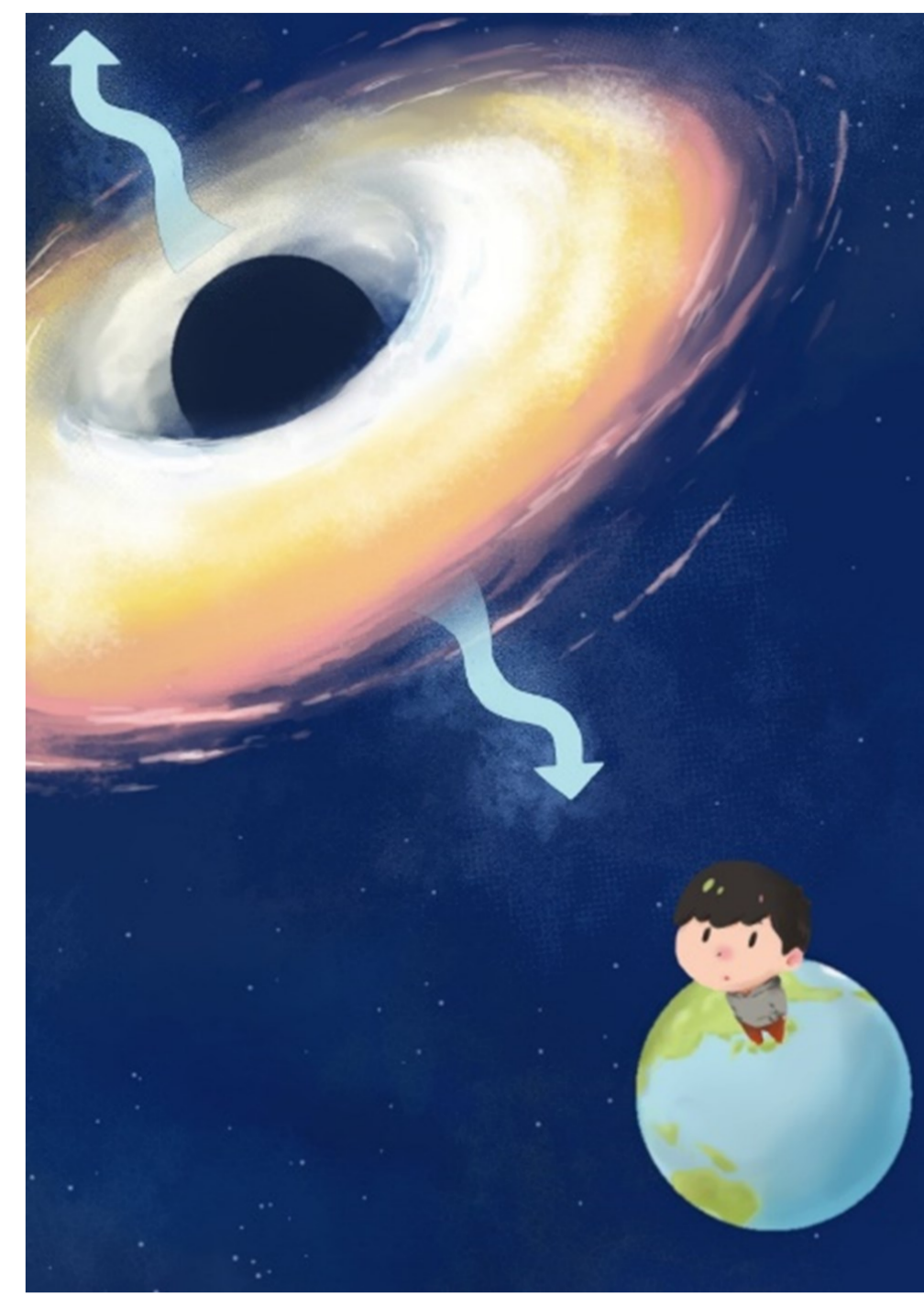
天文台では、柏原市の小・中学生を対象とした天体観察会を、年に数回実施しています(右の写真)。天文学研究室の学生も運営に参加します。また中・高校生の観測実習を受け入れることもあります。



## 研究対象

天文学研究室では**激変星**や**超新星**など様々な**活動的天体現象**を研究対象としています。このポスターでは**ブラックホール天体**について紹介します。

ブラックホールとは一般相対性理論から予言された時空の領域で、内側へ入ると二度と外側へ戻れなくなる境界(事象の地平線)を持ちます。光すら出ることができないため、自身が光ることはありませんが、**周囲の物質と相互作用**することで様々な活動性を帯びます。質量と大きさに比例関係があり、大質量のブラックホールほど巨大といえます。重力崩壊型超新星爆発によって生成される太陽質量の数倍~数十倍程度の「**恒星質量ブラックホール**」と、星の大集団である銀河の中心核に存在する太陽質量の100万倍を超える「**超巨大ブラックホール**」の存在が知られています。

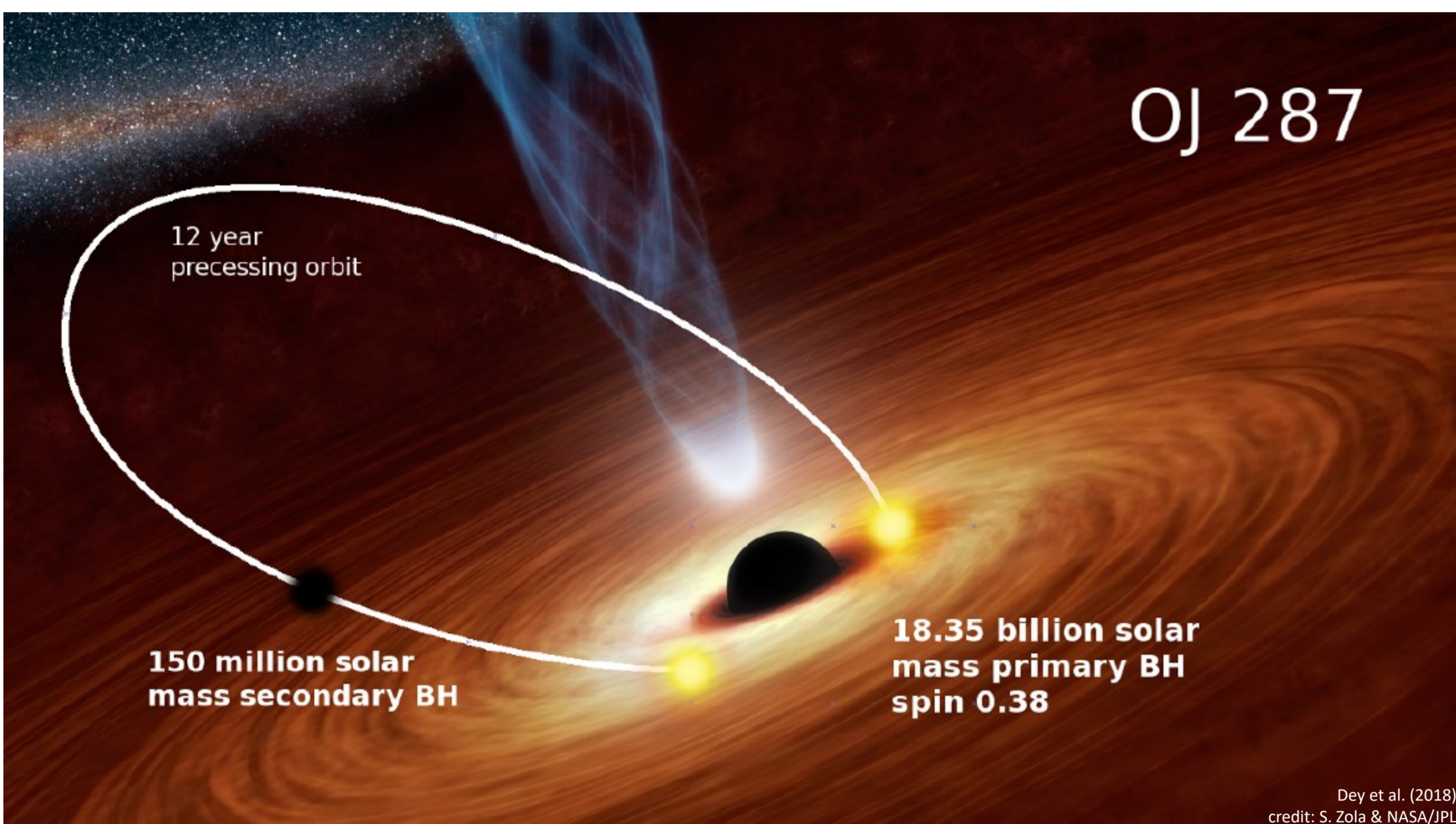
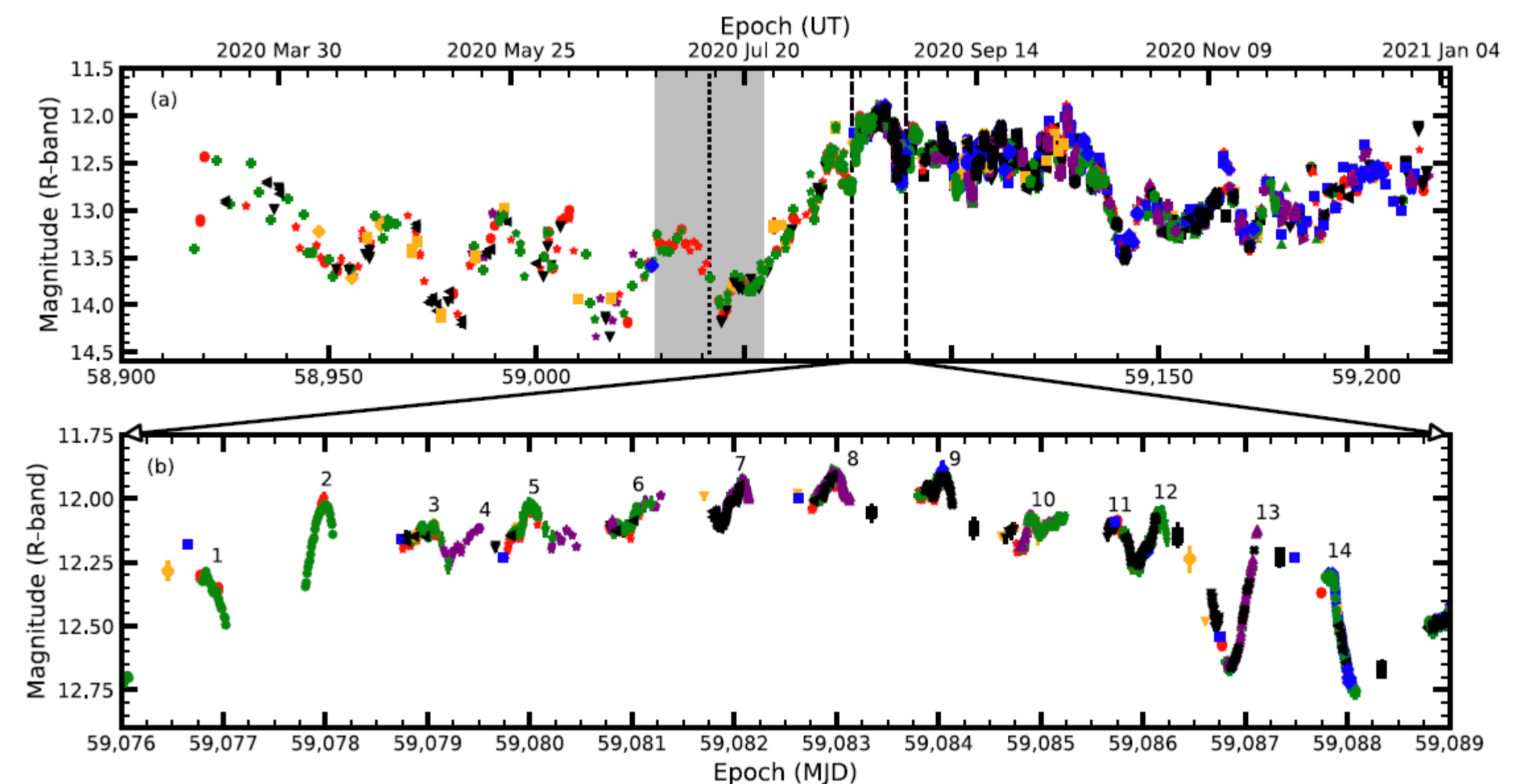


活動銀河核のイメージイラスト (イラスト: 中西星子)

## BL Lac (とかげ座BL) の観測史上最大規模の増光

とかげ座BLは約10億光年の距離にある活動銀河核です。中心部には太陽の1億7000万倍の質量を持つ超巨大ブラックホールが存在し、そこから最大で光速の99.8%におよぶ相対論的ジェットが地球へ向かって吹いています(上のイラスト)。とかげ座BLは2020年7月20日頃に大規模な増光を起こし、観測史上で最大級の明るさを記録しました。我々を含む国際共同観測により、最短で約13時間周期の顕著な短時間変動が検出されました(下の図)。この現象はジェットの中で生じたキック不安定性(電流駆動型の磁気流体力学不安定性の一種)に起因したものと考えられ、活動銀河核の増光がキック不安定性によって引き起こされた事例を初めて発見したことになります。この研究成果は『Nature』誌で発表されました。詳細については下記URLのプレスリリース資料をご覧ください。

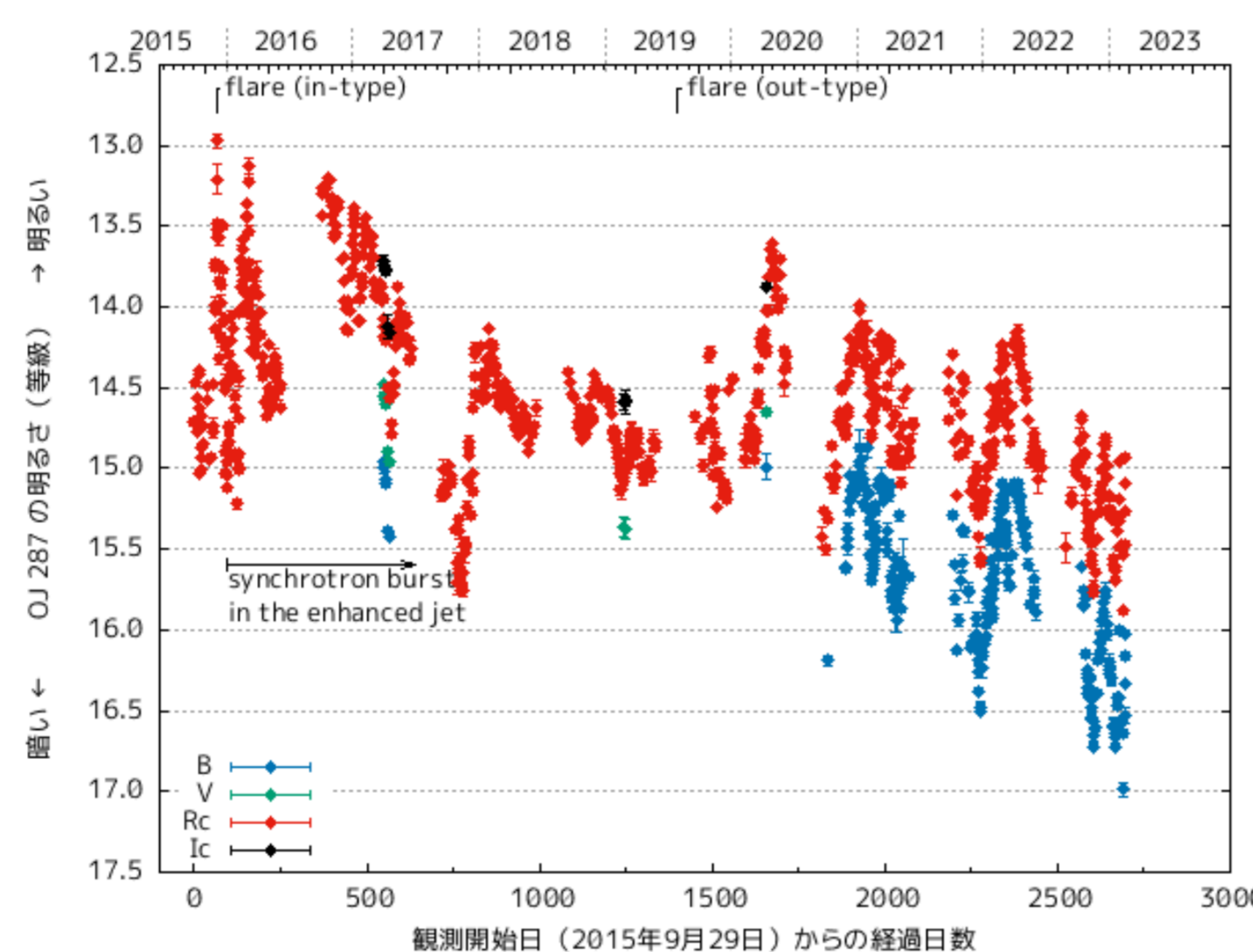
[https://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~katsura/BL\\_Lac.html](https://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~katsura/BL_Lac.html)



## OJ 287: 宇宙最大級の超巨大ブラックホールの連星系

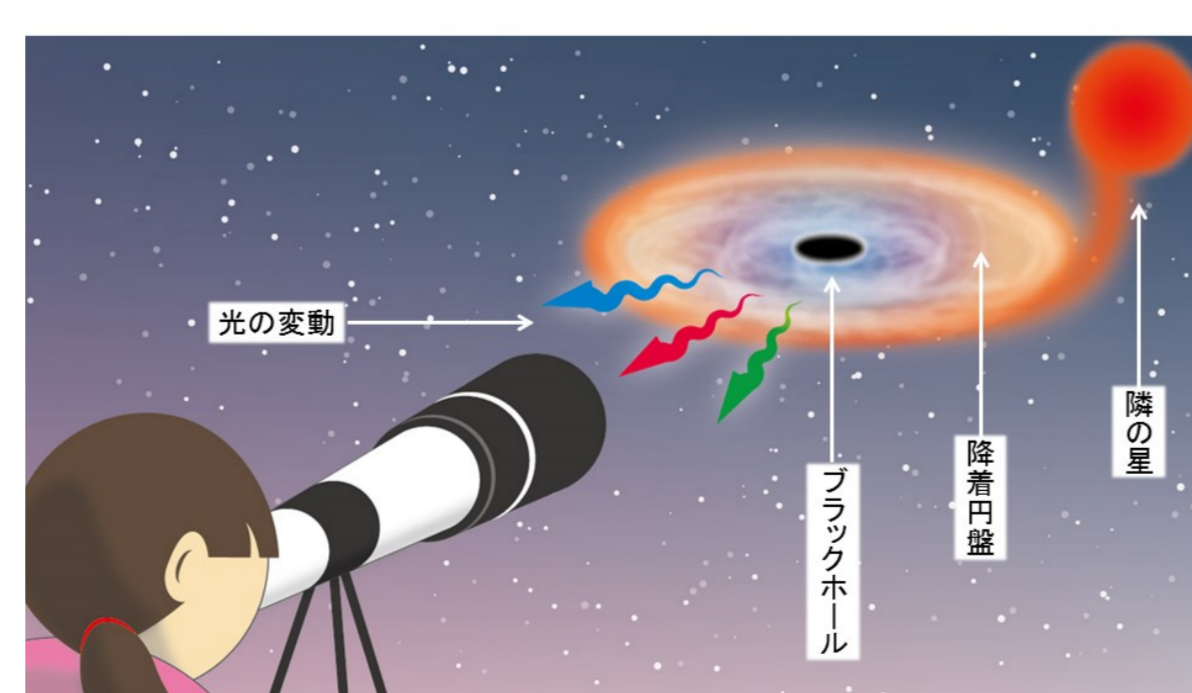
OJ 287 は約35億光年の距離にある活動銀河核です。この天体の唯一無二の特徴は、少なくとも過去130年間、約12年ごとに大規模な増光(熱的フレア)を繰り返していることです。この謎を鮮やかに解決したのが、2つの超巨大ブラックホールが約12年周期で公転運動する歳差連星ブラックホールモデルです(上のイラスト)。我々を含む国際共同研究によって、OJ 287 は太陽の約183億倍と1億5千万倍の質量を持つ2つの超巨大ブラックホールが潜んでいることがわかりました。熱的フレアの時期を説明するために連星系の各種パラメータが決まり、2019年の熱的フレアではブラックホールのno-hair定理の観測的検証に成功しました。右の図はOJ 287の明るさの変化の様子です。今後の推移についてもフィンランドやポーランドなどの研究者達と共同研究を行っています(右図)。OJ 287の観測の歴史や上記を含むこれまでの研究成果についての解説やプレスリリースを掲載した下記のURLのウェブサイトもご覧ください。

[https://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~katsura/OJ\\_287.html](https://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~katsura/OJ_287.html)

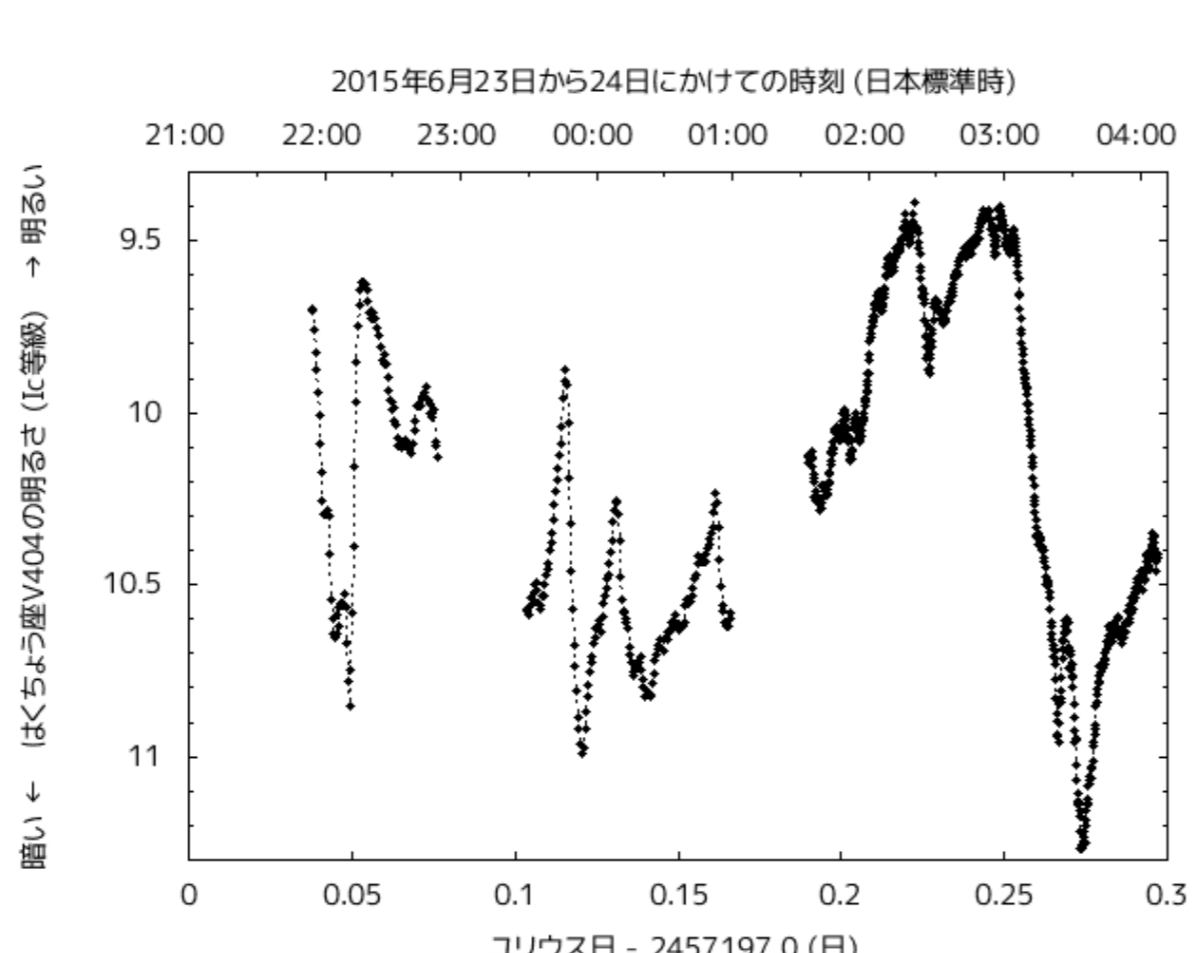


## X線新星 はくちょう座V404

はくちょう座V404は、地球から3番目に近い**恒星質量ブラックホール**として知られています(約8000光年)。ブラックホールの質量は太陽の9倍で、隣の恒星と互いに公転しあう連星系を形成しています(右図上)。この天体は過去に複数回のX線アウトバーストを起こしていたX線連星ですが、可視光での詳しい観測はありませんでした。ところが2015年6月に大規模な可視光アウトバーストを起こし、我々はその際にブラックホールが周囲の物質を吸い込むことで生じるエネルギー変化に起因する可視光での複雑で急激な短時間変動を検出することに成功しました(右図下)。この研究成果は『Nature』誌で発表されました。



はくちょう座V404の想像図(©小野英理 / 京都大学)



## CTA 102: 蛇行するジェットを吹き出す活動銀河核

CTA 102 は約110億光年の距離にある活動銀河核です。活動銀河核は中心部の超巨大ブラックホール、降着円盤、高速ガス噴流(相対論的ジェット)により特徴付けられますが、規則性のない急激な明るさの変化がどのような原因で起こるのか議論が続いていました。我々を含む国際研究グループは、2016年末~2017年にかけてこの種の天体としては史上記録となる明るさで突如輝きだしたCTA 102を共同観測し、超巨大ブラックホールから噴き出すジェットがへビのように蛇行しながら地球へ向いていることを初めて解明しました。ジェットからの放射は根元のブラックホールからの距離によって波長が変化します。またジェットは光速に近い速度を持つため一般相対性理論の効果による放射の増幅や時間の短縮の影響を受けます。すなわちジェットが蛇行することで、電磁波の種類により強まる時期にずれが生じること、および物理的な常識を超える短時間変動を説明できます(下の模式図)。この研究成果は『Nature』誌で発表されました。なおCTA 102は1964年に(当時の知見に照らした)電波放射の不自然さから、知的宇宙文明からの信号ではないかと提唱されたことがありました。下記URLのプレスリリース資料ではこの経緯についても併せて解説しています。

[https://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~katsura/CTA\\_102.html](https://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~katsura/CTA_102.html)

