

## かなた望遠鏡による突発天体现象の観測

植 村 誠・かなた望遠鏡チーム

〈広島大学宇宙科学センター 〒739-8526 広島県東広島市鏡山 1-3-1〉

e-mail: uemuram@hiroshima-u.ac.jp



広島大学「かなた望遠鏡」では2006年の開所以来、突発天体现象に特化した研究を行ってきた。ガンマ線バースト、超新星、ブレーザー、X線連星、新星、矮新星などは、その突発性と変光タイムスケールの短さゆえに観測が難しく、特に現象早期や多波長での振舞いなどはよくわかっていない。かなた望遠鏡では可視光の撮像と分光観測に加えて、近赤外線観測と偏光観測が可能で、これらの観測モードが従来は知られていなかった突発現象の挙動を明らかにしてきた。本稿ではかなた望遠鏡によるこれまでの観測の中から、いくつかの印象的だった事例を紹介する。

### 1. なぜ今、「突発現象」なのか

それまで存在を知られていなかったような暗い天体が突然明るくなって「新しい星」のように見える。または明るかった天体が突然消えてしまったかのように暗くなる。宇宙にはそのような突発天体现象が多く存在する。突発天体现象の観測と研究は歴史が古い。宇宙や星空が永遠不変だと思われていた頃、銀河系内の超新星を見た人々がいかに驚愕したか、想像に難くない。

われわれ広島大学のグループは1.5mの光学望遠鏡「かなた」を使って研究をしている。この望遠鏡の主な観測対象は突発天体现象である。突発現象、と一括りに言ってもその種類は多い。明るくなるのが眼でもよく見える、超新星、新星、矮新星は、少なくとも現象論的には前世紀の半ばまでに、それぞれ別の現象として分類されていた。最近のX線・ガンマ線観測の発展によって、ガンマ線バーストやX線トランジェントも突発現象に仲間入りしたが、それももう30年以上前のこと。いずれもそれなりに長い研究の歴史をもっている。それらはもうすでに十分研究されているのではないか。なぜ今、突発現象に特化した研究

をするのか。

90年代、それまでの突発現象の観測を大きく変える出来事がいくつかあった。一つはインターネットの普及。電子メールやWEBなどを通して、誰でも不特定多数の人に瞬時に天体现象の情報を送り、共有できるようになった。これによって、特に1日以下のタイムスケールの現象でも観測ができるようになった。もう一つは高品質でかつ安価な小型CCDカメラや望遠鏡が販売されたことである。アマチュア観測家がこれらを購入、使いこなすようになる。その結果、研究者とアマチュアの協力により24時間切れ目なく光度変動を追うことが可能となった<sup>1)</sup>。

突発現象の観測に大きな変革があったこの時期、同時に望遠鏡の大型化が進んでいた。しかし、インターネットによって大きなポテンシャルが拓かれた突発現象の研究と、それら大型望遠鏡とは、必ずしも相性はよくなかった。大型望遠鏡は希少であり、一方でそれらを使って深宇宙を見たい研究者は数多く存在し、したがって年間の観測スケジュールはびっしりと埋まる。突発現象の観測はそこに突然割り込むことになるが、多くのケースで突発現象とは「とりあえず撮って見ない

と科学的価値もわからない」ものであり、それは割り込みを認めさせる動機としては、一般的に、弱い。30 cm 級の小型望遠鏡網がさまざまな天体で新しい光度変動現象を発見する。その機構を解き明かすためには、その現象を同時に分光観測し、多波長で研究する必要がある。しかし、30 cm 級ほどに自由に使える 1 m 超級の望遠鏡は少なかった。古い 1 m 級はむしろマンパワーの面で手薄な状況が続き、アマチュア天文家が明るい新天体を発見しても確認のための分光観測さえされないケースが発生していた。30 cm 級が発見する新たな知見は増え続け、たまっていく。

この状況にチャンスを見いだした人々もいた。NOAO のセロ・トロロ観測所には四つの 1 m 級望遠鏡がある。それらをすべてまとめて、変光星や突発現象に特化した観測を行う「SMARTS コンソーシウム」が、2003 年、エール大学の主導で始まった。ほかにも超新星やガンマ線バーストなど、特定の天体専用の観測網が 1 m 超級の望遠鏡を含めて形成されてきた。望遠鏡の大型化に伴って「小型化」していく 1 m 級望遠鏡の活路として、突発現象は注目されてきた面もある。

2006 年 9 月、広島大学「かなた望遠鏡」は設置後の初期調整を終え、観測を始めようとしていた。その主な対象は「突発天体现象」とされた。望遠鏡の口径は 1.5 m。国内では第 3 位の口径（当時）を「誇っていた」が、世界的に見るとお世辞にも大きいとは言えない。ただ、突発現象に限っては、既存のプロジェクトを考慮しても、できることは多かった。

例えば、現象発見後の即時観測。通常の共同利用設備では以下のような手順を踏む必要がある。まず「発見」の一報を受けてから研究チームがその重要性を判断し、望遠鏡運用の責任者に観測を依頼。責任者は観測割り込みの可否を判断して、望遠鏡操作オペレーターに指示を出し、オペレーターは適切な観測装置の設定を研究チームに確認をとりながら決定し、最終的に観測を開始する。

この一連のプロセスは数時間で済めば良いほうで、通常、半日以上はかかる。上述の SMARTS でも実際の観測作業は望遠鏡オペレーターが行っている。したがって、このプロセスを踏む観測システムだと、数時間を争う現象では良いデータは撮れにくい。そもそも、あらかじめどのような現象が発生するか予想して観測を申請しておく必要があるため、全く未知の現象には対応が難しい。一方、かなた望遠鏡は共同利用施設ではないので、観測者が研究リーダーであり、その場の運用責任者であり、オペレーターも兼ねる。観測者に高い判断能力さえあれば、数時間という短い現象に関しては成果が期待できた。30 cm 級の望遠鏡が発見してきた現象を、同じような観測スタイルで、1 m 望遠鏡を使って研究するのである。

この機動性を活かして、かなた望遠鏡はこれまでいくつかの未知の現象をとらえ、新しい知見を明らかにしてきた。本稿では、その中から印象的だった観測を紹介したい。

## 2. かなた望遠鏡が見た突発天体现象

かなた望遠鏡が観測してきた主な突発天体现象は、ガンマ線バースト、超新星、ブレーザー、X 線連星、新星、矮新星である。このうち超新星、ガンマ線バースト、ブレーザーについては「特集：東広島天文台とかなた望遠鏡」の別の記事でも詳しい紹介がある<sup>2)</sup>。本稿では新星、矮新星、X 線連星、ブレーザーの観測について以下で紹介する。

### 2.1 回帰新星 さそり座 U 星 (U Sco)

新星爆発は通常その天体につき 1 回しか観測されないが、なかには 10 年程度に 1 回の頻度で繰り返し爆発が観測される天体も存在する。それらは通常の古典新星とは区別して回帰新星と呼ばれる。古典新星も回帰新星も、その正体は激変星の一種である。激変星とは白色矮星と通常の恒星からなる連星で、連星間の距離が近いため、通常の星表面のガスが白色矮星に向かって流れだし、そのガスは円盤を形成しながら白色矮星へと降着す

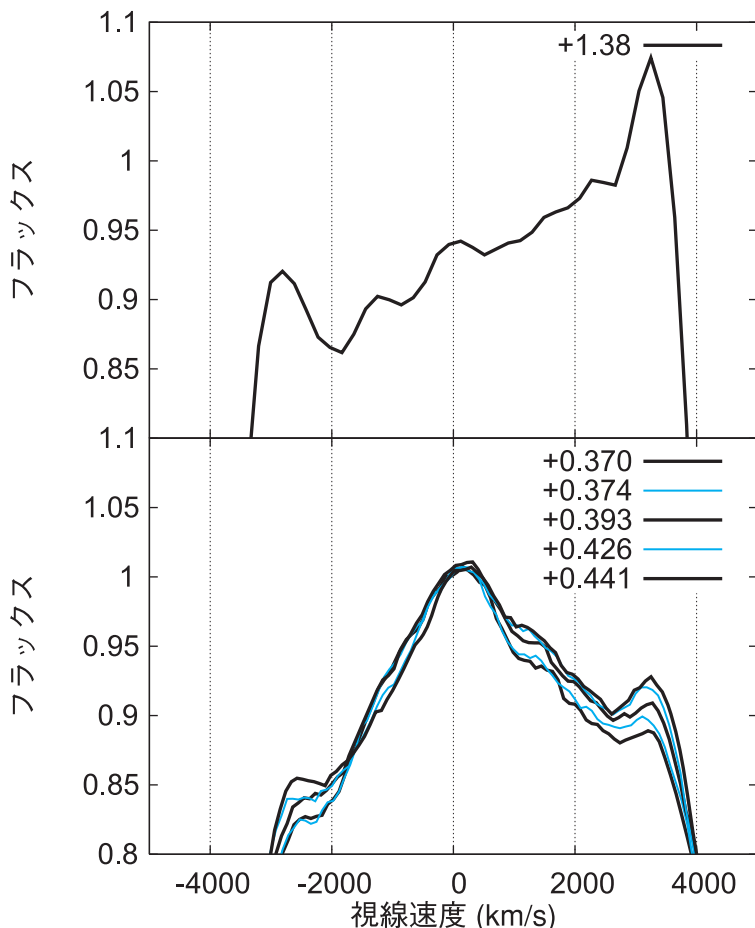


図1 回帰新星 U Sco の爆発早期の H $\alpha$  輝線。下図は爆発初日約 2 時間の変動を示している。それぞれのスペクトルは静止波長でのフラックスで正規化してある。中央の成分よりも、高速度成分が速く成長している。上図は翌日の輝線。高速度成分 (+3,000 km/s 付近) が最も強い。図中の数字は発見後からの経過時間を示している (単位は日)。

る。白色矮星表面には降着ガスがたまり続け、ある臨界状態に達すると連鎖的に核融合が起こって、巨大なエネルギー解放現象になる。これが新星爆発である。

白色矮星にたまっていたガスは新星爆発で吹き飛ばされ、それは全体的には膨張するガス球のようになるだろう。新星としてわれわれが見る光はこの膨張ガスから放射されているので、その光度曲線とスペクトルを理解することは、いつ、どのようにガスが吹き飛んでいくのか理解することを意味する。ガス球は時間の経過とともに膨張する

ため、爆発直後ほど放射領域は小さく、変化のタイムスケールも短い。例えば、回帰新星ではその増光フェーズは数時間しかない。新星爆発開始の瞬間をとらえるには、爆発開始直後の発見と、数時間を争う迅速な観測が必要で、それは通常、至難の業である。さそり座 U 星 (U Sco) は 8-12 年周期で爆発する回帰新星である。前回の爆発は 1999 年。すでに突発現象の観測はインターネット時代に入っていたため、その爆発の光度曲線はアマチュアを含む多くの CCD 観測者によって記録され、詳細なモデル光度曲線との比較を可能にし

た。その結果、U Sco の白色矮星は非常に質量が大きい（太陽質量の 1.37 倍）と推測され、Ia 型超新星爆発を起こす直前の天体である可能性が指摘されている<sup>3)</sup>。

この U Sco が 2010 年 1 月に再び新星爆発を起こした。かなた望遠鏡では発見当日の連続分光観測に成功、数時間のうちに輝線の構造が変化していく様子を明らかにした<sup>4)</sup>。図 1 下は爆発初日に観測された H $\alpha$  輝線の時間変化を示している。発見 8.9 時間後から 10.6 時間後までの約 2 時間の変化である。輝線は三つの成分（赤側、中央、青側）で構成されており、時間とともにすべての成分が強くなっていったが、図では中央の成分で揃えて表示している。そうすると、中央の成分よりも赤側と青側の成分のほうが成長が速いことがわかる。わずか 2 時間の観測にしては、その変化は驚くほど明瞭である。翌日になると赤側の成分が中央成分よりも強くなった（図 1 上）。自然に解釈すれば、爆発のごく初期にまず中央成分が現れ、その後赤側・青側の高速成分が急成長し、爆発 1 日後には中央成分と同程度になったのだろう。これらの観測結果は、膨張ガスが単純な球対称 1 成分ではなく、非球対称な成分を含む複数の放射源で構成されていることを示唆する。かなた望遠鏡がとらえたスペクトル変化は、まさにそれらの成分が発生し、成長していく過程をとらえたものである。このような成分間の成長の差が見えるのであれば、新星爆発初期の連続分光観測は今後、より重要性を増すだろう。いくつかの仮定を介して、3 次元的な膨張ガスの成長の様子が再構成できるようになるかもしれない。

データを撮った当日の観測者はみな大学院生だった。新星を専門としていた観測者は一人もいなかったが、現場の判断で U Sco の分光観測が即座に行われた。増光を確認するためだけならスペクトルを 1 本撮れば十分なので、1 本だけ撮って各自の研究対象の観測に戻る、という選択肢もあったはずだ。だが、彼らは連続で撮れるだけの

スペクトルを撮り続け、輝線構造の短時間変動を検出した。私はというと、当日 20 時過ぎ、帰宅直前に「U Sco 増光」の一報をメールで知ったが、観測者に「観測せよ」とは伝えずに帰宅した。新星を専門にしている院生がいなかったこと、1999 年時にすでに大規模なキャンペーン観測が実施されたこと、かなた望遠鏡では低分散分光しかできないため他観測所との差別化が難しいこと、などからの判断だった。ありていに言えば、新しい知見は得られないと思ったのである。

後日、図 1 の結果を見せられて、ぐうの音もなかった。

## 2.2 矮新星アンドロメダ座 V455 (V455 And)

前述の U Sco では爆発初日の観測に成功したことが重要だった。しかし、一晩の観測だけで勝負が決まるような突発現象は、それほど多くない。観測所にとってやっかいなのは、ある日突然、観測する必要に迫られ、しかもその観測が一晩のうちの多くの時間を占めて、さらにそのような観測を数週間以上続けないと成果がでない現象である。矮新星が、例えば、そのような天体である。

矮新星も新星と同様、激変星の一種である。しかし、そのアウトバーストの機構は降着円盤の不安定性によって質量降着率が増え、円盤が明るくなるものと考えられている。矮新星の中でも「WZ Sge 型」と呼ばれるものは特異な挙動で知られ、標準的な円盤不安定性理論では説明できない現象が観測される<sup>5)</sup>。WZ Sge 型の特徴の一つはアウトバーストの間隔が長いことである。通常の矮新星では一年に 1 回程度の頻度でアウトバーストが観測される。しかし、WZ Sge 型ではその間隔が 10 年以上になることもある。この低いアウトバースト頻度が、WZ Sge 型の研究を阻害してきた最も大きな要因だろう。アウトバースト中は連星の軌道周期程度（約 80 分）の周期振動「スーパーハンプ」が観測される。このハンプの周期や光度曲線の形状は日に日に変化するため、毎晩数時間以上の連続観測が要求される。WZ Sge 型は

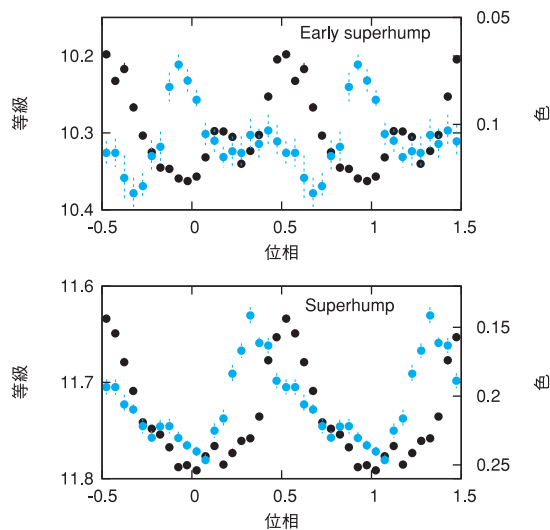


図2 V455 And の早期ハンプおよびスーパーハンプの光度曲線(黒)と色の変化(青)。スーパーハンプでは明るくなるとともに加熱されて青くなる時期があるが、早期ハンプは総じて赤い<sup>6)</sup>。

一度アウトバーストすると1カ月以上活動を続けることがあるため、この種の現象が発生するとそれ以前の観測スケジュールは大幅に見直しが求められる。しかし、共同利用の大型望遠鏡ではそれほど大きなスケジュール変更は難しい。

アンドロメダ座 V455 (V455 And) はその静穏時のスペクトルから矮新星ではないかと疑われてきた天体だったが、2007年9月、実際にアウトバーストが観測された。しかも、アウトバースト中の観測からこの天体は WZ Sge 型であることが判明した。かなた望遠鏡では可視光と近赤外線と同時に連続観測し、一晩数時間の観測を数週間継続した。また、岡山 MITSuME 望遠鏡とも連携して観測し、合計で可視光4色、近赤外線2色のデータを得ることに成功した。これらの観測により、特に、WZ Sge 型に特有の「早期ハンプ」と呼ばれる現象に伴う色の変化が初めて明らかになった<sup>6)</sup>。

図2はその結果の一例である。一般的に、天体が明るくなるときには何らかのエネルギー開放現

象が起きていることが多く、その結果、温度が上昇し、明るくなるとともに色は青くなることが多い。実際、通常のスーパーハンプでは立ち上がり時期に加熱されて色が青くなる時期が見て取れる(図2下)。しかし、早期ハンプの色はむしろ赤い(図2上)。つまり、ハンプ成分は低温である。低温成分で明るくするためには面積で光度を稼ぐしかない。以前から、早期ハンプは円盤を真横から見ているような天体ほど振幅が大きいことも知られている<sup>7)</sup>。そのことと合わせて考えると、早期ハンプとは円盤外縁の低温領域が一部、非対称に盛り上がり、それが回転することで観測される現象だと考えられる。

言い換えれば、早期ハンプの光度曲線は降着円盤の縦方向の構造を反映しているものである。そうすると、逆に光度曲線から円盤構造を再構成できるはずである。「円盤」とはいえ、地球からは他の星と同様「点」にしか見えない。そのような「点」からやってくる光を分析して円盤の構造を知ることができれば、連星中の円盤が潮汐効果でどのような力を受け、歪み、変化していくのか、その様子を「見る」ことができるようになるだろう。矮新星の観測に1m級望遠鏡の時間を大量に使って、初めて拓けた可能性である。

### 2.3 X線連星 GRS 1915+105

矮新星、特に短時間の変動であるスーパーハンプや早期ハンプを狙った観測は大量の観測時間を要求する。だから、1m級以上の望遠鏡を駆使した観測はいまだに十分でないし、そこにチャンスがある。一方で、変動のタイムスケールが数日以上以上の現象では、一晩に10分程度の観測を数日に一度の頻度で継続すればよく、作業としては比較的、楽である。そして、楽である、ということはすなわちすでに他の研究者が過去にやっている、ということも意味する。ただし、それは歴史が長い可視光観測の話であって、近赤外線観測では必ずしもそうではないらしい。

主星にブラックホールや中性子星、伴星に通常

の恒星をもつ連星系からは強い X 線が観測され、X 線連星と呼ばれる。中でも「マイクロクェーサー」と呼ばれる一群の天体は特に注目されることが多い。なぜなら光速に近い速度で噴出する「ジェット」が観測されるためであり、同様の構造をもつ活動銀河核「クェーサー」を小さくしたものとして、その名がつけられた。ジェットはその出現の原因、加速機構、収束機構など未知の部分が多い。マイクロクェーサーでは時間変動を通して降着円盤とジェットの相互作用が研究できるため、90年代後半から多くの研究者が熱心に研究してきた。GRS 1915+105はそのマイクロクェーサーのプロトタイプである。当然、これまで電波から X 線までさまざまな手段で観測されてきた。タイトルに「GRS 1915+105」と書かれている論文は2010年までに200本を超えている。

かなた望遠鏡では GRS 1915+105 を1日に1回、近赤外線線で撮像するモニター観測を2007-2008年に行った。観測をするにあたって、特に具体的で強い目的や動機があったわけではなかった。だから「観測提案書を書け」と言われれば困っただろう。あえていえば、これほどよく研究された天体にもかかわらず、近赤外線の長期モニター観測の報告は意外なほど少なかった。だから「何かあるかも」と思ったのである。そして、モニター観測の期間半ばで、中間報告として当時の大学院生に見せられた光度曲線が図3である。

その図の中で、近赤外線光度と X 線光度は綺麗に反相関していた<sup>8)</sup>。近赤外線で明るくなると X 線で暗くなり、近赤外線で暗くなると X 線は明るくなる。それは数日のタイムスケールの変動で、近赤外線の振幅で一等以上の大きな変動であり、したがって局所的な現象ではなく放射源全体の変化であることを示していた。しかもその現象が複数回おきていて、再現性のある普遍的なものであることがわかった。そのような観測報告は過去になかった。反相関する、という観測事実は統計的な検定にかけられるまでもなく明らかで、そのよ

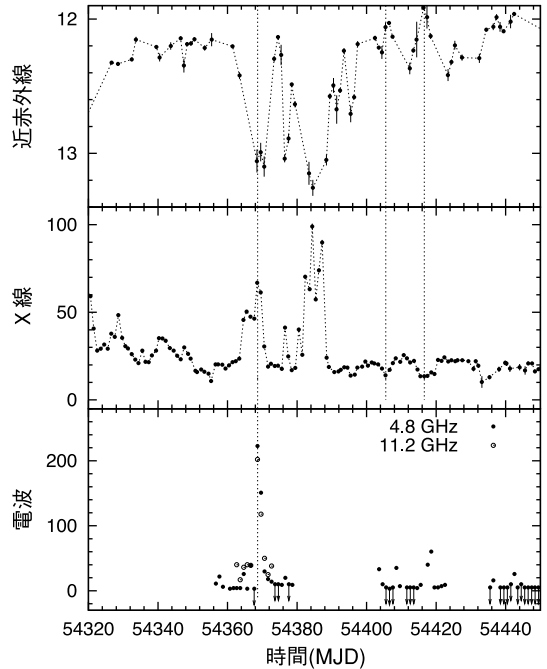


図3 GRS 1915+105の近赤外線(上), X線(中), 電波(下)の光度曲線。近赤外線光度は他の波長域の光度と反相関している<sup>8)</sup>。

うな見た目に明らかな未知の観測事実がこの有名天体にまだ残っていたことが驚きだった。

この観測事実が意味することも不思議である。同時期の電波観測と比べると、X線と電波は正の相関を示すことがわかった。X線と電波で同時に明るくなるということは、おそらく降着円盤の状態が変化して、間欠的なジェットが噴出したことを意味する。ではそのときに近赤外線域だけが暗くなるのはどういうことだろうか？近赤外線域では「伴星」か「降着円盤の外縁部」か「ジェット」が見えている可能性がある。伴星はこのような短いタイムスケールで大きく変動しないから、放射源は円盤かジェットだろう。もしジェットなら電波域と同様に近赤外線でも明るくなるはずで、そうすると消去法的に降着円盤が近赤外線の放射源として残る。しかし、ジェットがでて、なぜ降着円盤の外縁部分に大きな変化が現れるのか、そこがよくわからない。ジェットがでるブ

ラックホール直近と円盤の外縁部ではそもそも現象のタイムスケールは大きく異なるはずだ。

いずれにせよ、この事例は一日1回の観測であって近赤外線観測であればまだまだチャンスが転がっていることを示唆する。特に、可視域と近赤外線域で見えている放射源が異なるような天体現象が狙い目だろう。X線連星のほかには、例えば、原始星、ダスト形成が観測される古典新星、などが良いターゲットとなりそうだ。

## 2.4 ブレーザーの偏光モニター観測

1 m級の望遠鏡を柔軟に使えるようになると、単純な撮像観測以外に多様なモードで突発現象を観測することができる。前章では近赤外線でのモニター観測に焦点をあてたが、かなた望遠鏡にはもう一つ武器がある。それは「偏光観測」である。

ブレーザーとは活動銀河核の一種で、銀河中心の巨大ブラックホールから噴出しているジェットを真正面から見ている天体だと考えられている。ジェットの速度は非常に速いため、そこからの放射はビーミング効果で強められる。その結果、ブレーザー天体で観測される放射はほとんどがジェットからのシンクロトロン放射である。同様に、時間変動のタイムスケールも地球から見ると短く観測され、数時間から数日の突発的なフレアが観測される。一方で数年から数十年の長期の時間変動も知られている。シンクロトロン放射の時間変動なので、変動しているのは電子のエネルギー分布、磁場、見かけの速度（ビーミングファクター）などの物理量だろう。しかし、ジェット中のどこで、どのような機構で、主にどの物理量が変化しているのか、ブレーザー全体で統一的な見解は得られていない。

ブレーザーの変動を研究するうえで、偏光観測は磁場の情報を与えてくれる。シンクロトロン放射は磁場に巻きついた電子からの放射で、強く偏光しているためだ。その偏光度は10%を超える天体も多く、明るい天体であれば1 m級の望遠鏡でも検出可能である。可視光偏光観測は数十年前か

ら行われてきたが、多数のブレーザーを数日に1回の頻度で数年間モニターするような規模の研究はなく、ブレーザーの偏光がその光度の変動とともにどのように変わるのか、よくわかっていない。また、広島大学は「フェルミ $\gamma$ 線宇宙望遠鏡」の開発にも携わっており、ブレーザーの $\gamma$ 線観測と可視光偏光を合わせた新しい研究ができると期待された。そこで、かなた望遠鏡では2008年に全観測時間の8割をブレーザーの観測に使い、大量の偏光データを取得した<sup>9)</sup>。その目的の一つは、まずは現象論的に偏光の統一的な挙動をつかむことである。たくさんの天体を毎晩真面目に観測すれば、これまで見落とされていた、なにかしらの法則性が浮かび上がってくるだろう、と思った。しかし、現実はその甘くなかった。観測された光度と偏光は完全に相関してるとは言えず、かといって完全に無相関とも言えず、頭を抱える結果になった。ただし、よくよくデータを見てみると、数日のタイムスケールのフレアに対応して乱雑に変化している偏光成分のほかに、常に一定の、もしくは、より長いタイムスケールで変化する別の偏光成分が存在する、そのように見える天体がいくつかあった。そもそも偏光は「方向」と「大きさ」の二つのパラメーターでベクトルのようにも記述される。複数の偏光成分が存在して重ね合わさっている場合、本来存在する法則性が見えなくなる可能性がある。そこで「光度と偏光は必ず相関する」という仮定のもとに、変動タイムスケールの違いを利用して偏光の成分分離をする手法を開発し、観測データを解析してみた<sup>10)</sup>。図4はその一例である。観測結果そのままと光度と偏光フラックスは相関が低い、その相関を改善するような長期変動成分を抽出することができた。このような二つの偏光成分が存在すれば、観測結果はよりシンプルに理解できる。

かなた望遠鏡で撮られた偏光データは、未解析の部分が多い。上述の成分分離モデルでは光度と偏光の相関を仮定しているが、観測的にこの仮定

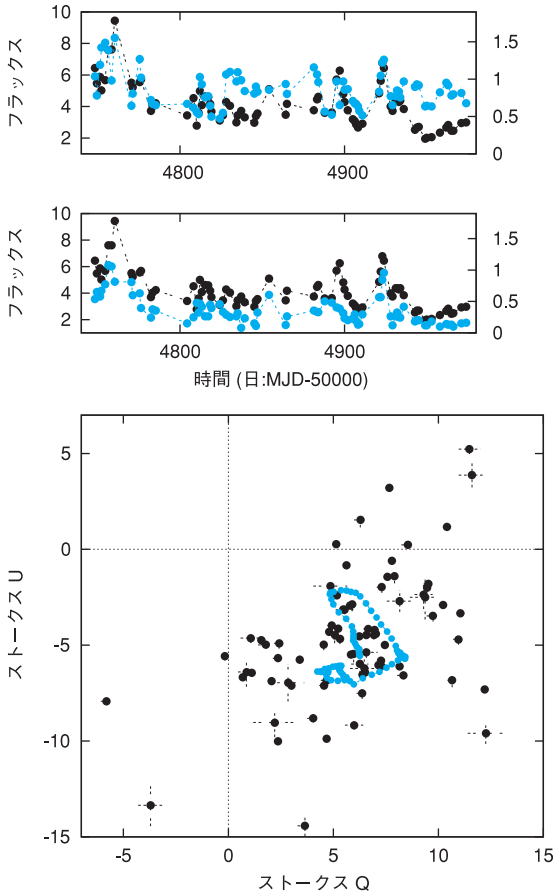


図4 ブレーザー OJ 287 の光度と偏光の変化，および QU 平面上での動き．上：観測された総フラックス（黒）と偏光フラックス（青）．相関が弱い．中：観測された総フラックス（黒）と長期成分を引いて補正された偏光フラックス（青）．下：QU 平面上での動き．観測点（黒）に長期変動成分（青）が存在すれば，光度と偏光はよく相関する<sup>10)</sup>．

を裏づけることができれば，2成分モデルの信憑性が増すだろう<sup>11)</sup>．ただし，短いフレアが連続してほぼ重なっている場合は，それぞれの偏光情報は完全に失われて分離は難しいだろう．そのような場合も考えると，ブレーザーの偏光データを扱うには，安易な数値モデルを使った量的研究よりも，まずはデータ自身に含まれている情報をいかに有効に引き出すかを考える質的研究が大事なかもしれない．

### 3. さいごに

かなた望遠鏡がこれまで観測してきた天体現象から四つの例を紹介してきた．前半の新星と矮新星の観測は「突発現象に特化した観測システム」が重要な役割を果たしたと言える．一方で，後半の X 線連星とブレーザーの観測では，そのようなシステムを基盤としたうえで，ユニークな観測装置の存在が必要不可欠だった．可視光と近赤外線同時偏光観測を可能にしたのは名古屋大学との共同研究でかなた望遠鏡に取り付けられた「TRISPEC」である．この装置については天文月報第 102 巻 p. 267 に詳しい記事が載っている<sup>12)</sup>．ほかにも広島大学が中心となって開発した単一露出型広視野偏光撮像装置「HOWPol」，京都大学との共同研究で取り付けられている「高速撮像分光装置」が，30 cm 級望遠鏡では難しかったさまざまなモードでの観測を可能にしている．単純に「近赤外線撮像」「偏光観測」という観測モードであれば，それらには数十年の歴史がある．かなた望遠鏡で行っている観測は，最先端技術を駆使した観測，というわけではないかもしれない．それでも突発現象に特化すると未知の知見を得ることができる．たとえ望遠鏡が世界的には「小型」である 1 m 級であっても，である．目的ごとに適切な観測装置を開発することがいかに重要か，ということがわかる．

今回は記事の趣旨から，かなた，かなた，としてこいほど繰り返してきたが，大型望遠鏡や人工衛星でも 10 年前と比べると突発現象の観測機会は増えてきている．例えば，ガンマ線バーストでは最も遠い宇宙を見ることができると可能性があるため，現象発生直後に大型望遠鏡で分光観測することが重要で，実際に行われている．多波長観測では，可視光-紫外線観測装置も搭載しているガンマ線バースト観測衛星「Swift」が，現在，ガンマ線バースト以外の突発現象観測についても柔軟に対応している．これらの観測と小型望遠鏡によ



る観測は、今後も相補的な役割を果たしながら発展していくことが望ましい。

本稿では突発現象観測について構造的な背景と現況を概説し、1 m 級望遠鏡を使ったそれらの観測が今好機にあることを述べた。そして、かなた望遠鏡による観測事例を4例紹介し、小さな望遠鏡でも実際に成果がだせることを示した。いずれ1 m 望遠鏡による観測であってもたいの観測事実は「既知」のものになる時代がくるだろう。そういう時代がなるべく早くくるように、かなた望遠鏡が今後も役に立てば良いと思う。

#### 謝 辞

かなた望遠鏡とこれまで何らかのお付き合いがあった皆様に感謝します。記事の執筆を勧めていただいた編集委員の山崎 了氏に感謝します。記事についてコメントやご協力をいただいた山岡均氏、新井 彰氏に感謝します。

#### 参 考 文 献

- 1) Kato T., et al., 2004, PASJ 56, S1
- 2) 山中雅之, 2011, 天文月報 104, 551
- 3) Hachisu I., Kato M., Kato T., Matsumoto K., 2000, ApJ 528, L97
- 4) Yamanaka M., et al., 2010, PASJ 62, L37
- 5) Osaki Y., 1995, PASJ 47, 47
- 6) Matsui R., et al., 2009, PASJ 61, 1081
- 7) Kato T., 2002, PASJ 54, L11
- 8) Arai A., et al., 2009, PASJ 61, L1
- 9) Ikejiri Y., et al., 2011, PASJ 63, in press (arXiv: 1105.0255)
- 10) Uemura M., et al., 2010, PASJ 62, 69
- 11) Sasada M., et al., 2011, PASJ 63, in press (arXiv: 1102.1856)
- 12) 佐藤修二, 2009, 天文月報 102, 267

#### Observations of Astronomical Transients with the Kanata Telescope

Makoto UEMURA

*Hiroshima Astrophysical Science Center, Hiroshima University, 1-3-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8536, Japan*

Abstract: Since 2006, we have focused on the observational research of astronomical transients with the Kanata telescope. It has been difficult to observe short-term transient objects, like gamma-ray bursts, supernovae, blazars, X-ray binaries, novae, and dwarf novae. As a consequence, their behavior, in particular, during early stages, has been poorly known. Using Kanata, we can perform near-infrared and polarimetric observations, as well as optical imaging and spectroscopy. Here, we introduce several impressive events which were observed with Kanata.