

11.2. せいめい研究ハイライト

せいめい望遠鏡と高速撮像システム IMONY でカニパルサーの明滅を捉えた

PSR B0531+21(カニパルサー)は、現在約 34 ms 周期で自転している比較的若いパルサーであり、電波からガンマ線に渡る幅広い波長帯で定常的なパルス放射が確認されている。特に電波帯では、平均的なパルス強度の 10 倍以上の強度を持つ巨大電波パルスが突発的に放射される。これらの電磁放射機構はまだ明らかとなっておらず、パルサーの光度曲線をより詳細に調べるためには高い時間分解能を備えた装置での観測が必要不可欠である。電波の観測装置が既にナノ秒の時間分解能に達しているのに対し、可視光の測光装置でマイクロ秒以下の時間分解能に達する装置は国内には殆ど無く、世界で数例しかない状況であった。

山形大学で開発されている Imager of MPPC-based Optical photoN counter from Yamagata (IMONY)は、天体から到来する光子1粒1粒に対して 100 ns の時間分解能でタイムスタンプを付与できるシステムである。合計 64 ピクセルからなるセンサは、ピクセルごとに信号を読み出せるようにカスタマイズされている。画素数が少ないために視野は狭いが、天体の時間変動をサブマイクロ秒の時間スケールで調べることができる。我々は、2024 年 2 月 5 日から1週間、IMONY を口径 3.8 m の「せいめい」望遠鏡へ搭載し(図1)、連日夜カニパルサーを観測した。うち2日間は、JAXA 臼田宇宙空間観測所にある口径 64 m のアンテナを用い、電波・光学同時観測を実施した。



図1. せいめい望遠鏡の小型フランジ上に搭載された高速撮像システム IMONY。点線で囲まれた装置のうち、下段の筐体にはセンサと光子検出判定のためのフロントエンドボード、上段の筐体には時刻付与の要となる FPGA ボードと GNSS モジュールが搭載されている。

東アジア最大の口径を有する「せいめい」望遠鏡の高い集光力に加え、IMONY による高時間分解観測によって、我々は約 34 ms 周期で発せられるカニパルサーの明滅を捉えることに日本で初めて成功した(図2)。これまで調べられていなかった単発パルスのピーク強度やピークタイミング等のパルスパラメータの統計分布が明らかとなったことに加え、1週間の連日夜観測から平均的なパルス到達時間が徐々にドリフトしていく傾向も示唆された。

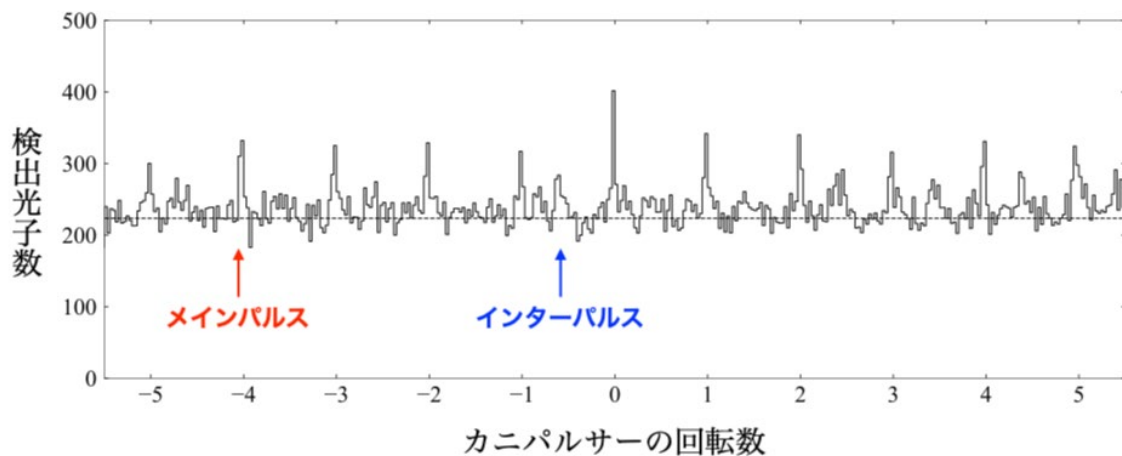


図2. 2024/2/9 11:17:35 UTC 頃に IMONY で捉えられたカニパルサーのライトカーブ (積分時間は 1 ms)。カニパルサーは1回転中にメインパルスとインターパルス(メインパルスよりも相対的に暗い)の2種類のパルスを放射する。図では、カニパルサーが毎周期放射するメインパルスが有意に検出されていることがわかる。インターパルスはメインパルスに対して暗いが、時折その存在を仄めかしている。

カニパルサーが放つ1発1発の単発パルスは、電波では巨大電波パルスを除いて検出が困難である。それは、カニパルサーを覆うカニ星雲やパルサー風星雲からの電波放射がパルサー本体の電波放射よりも圧倒的に強いためである。また、X 線やガンマ線ではパルサー1回転あたりの光子フラックスが小さく、単発パルスとして捉えることは難しい。「せいめい」望遠鏡を用いた本観測では、IMONY の高時間分解測光の性能が実証されたと共に、カニパルサーの放射をリアルタイムに測定できるようになったことが示された。これは特に、電波観測のみではなし得なかったカニパルサーの巨大電波パルス発生直前後のパルス放射の様子を調べることが可能になったとも言える。今後はカニパルサーの継続観測に加え、主に連星系からなるミリ秒パルサーの観測や正体不明の高速電波バーストの光学対応天体の同定へと挑戦し続け、時間軸天文学のさらなる発展へ貢献していきたいと考えている。

参考文献

題目 One-week optical observations of pulsed emission from the Crab pulsar with IMONY on the 3.8 m Seimei telescope

著者 Kazuaki Hashiyama, Takeshi Nakamori, Anju Sato, Mana Hasebe, Miu Maeshiro, Rin Sato, Tomohiro Sato, Masaru Kino, Kazuhiro Takefuji, Toshio Terasawa, Koji S. Kawabata, Tatsuya Nakaoka, Dai Takei, Masayoshi Shoji, Shota Kisaka, Kazuki Ueno

掲載誌 Publications of the Astronomical Society of Japan

DOI <https://doi.org/10.1093/pasj/psag026>

(橋山和明(国立天文台水沢 VLBI 観測所)記)