

● 有松 亘 特定助教 *Ko ARIMATSU (Assistant Professor)*

研究課題：影と閃光の動画観測が拓く惑星系の新たな地平
(New horizons in planetary systems revealed by "shadows" and "flashes")
専門分野：太陽系天文学および動画天文学 (Solar system astronomy and movie astronomy)
受入先部局：理学研究科 附属天文台 (Astronomical Observatory, Graduate School of Science)
前職の機関名：京都大学大学院 理学研究科附属天文台
(Astronomical Observatory, Graduate School of Science, Kyoto University)



意外かもしれませんが、現在我々が観測できている太陽系の姿は広大な全体像のごく一部にすぎません。『オールトの雲』は太陽系の最外縁に広がる太陽系最大の天体群でありながら極めて遠方に位置しているため、現代の超大型望遠鏡でも直接観測は不可能でした。私はこのオールト雲天体が天球を移動する際、背景の恒星をおよそ1秒間だけ隠す天文現象『掩蔽（えんぺい）』に着目しています。この恒星掩蔽現象を専用の小望遠鏡観測システムで動画モニタ観測することで、太陽系のさいはて、オールト雲天体の“影”の発見を目指します。掩蔽現象を観測するために世界に先駆けて開発を進めている動画観測技術は、これまで研究困難な対象にも新たな観測的気づきを得るきっかけとなり、これまで検出困難だと思われていた宇宙の解明に貢献するものです。私はそうした未開の宇宙解明の一環として、一部の恒星で発生する巨大な閃光、スーパーフレアの光エコーを観測することで、恒星周囲のデブリ円盤や系外惑星の直接検出に挑戦する所存です。

オールトの雲：未だ見果てぬ太陽系のさいはて

カントやラプラスの時代に実証科学の対象として昇華せしめられた、太陽系の起源に関わる問いは、今、一定の答えを得た。

これはとある観測天文学の研究集会に際して掲げられた一節である。確かに近年の観測・探査技術の目覚ましい進展によって、我々はついに太陽系の果てに手が届いたと錯覚させるほど、その知見は豊かになった。しかし現在観測的に明らかになっている太陽系の姿は、その全体像のほんの一部にすぎない。太陽系のさいはてには彗星の供給源となる氷小天体の集団が潜

Surprisingly, our solar system hosts a vast and still unexplored area. The Oort cloud is the outermost and the largest structure of the solar system but is too distant to be seen even by present-day giant telescopes. I found that our observation systems based on multiple small telescopes, each attached with a high-sensitivity video camera, can detect Oort cloud objects indirectly through their stellar occultation events; second scale stellar flux drops when they are passing in front of a star. I would like to reveal this mysterious outer edge of the solar system by detecting such short-timescale stellar occultation events using our observation systems. Observational techniques of optical short-timescale astronomical events established by our movie observation systems give us another unique insight into the unexplored universe, such as extrasolar planetary systems around flare stars. Light echoes caused by these stars' superflares will lead to unprecedented detections of solar system analogs, such as extrasolar asteroid-belts, Kuiper-belt analogs, and planets like the Earth. I would like to achieve detections of these solar system analogs through movie astronomical observations.

でいると考えられており、提唱者の名にちなんで『オールトの雲』と呼ばれている。オールトの雲を構成する1,000億を超える氷小天体は約45億年前、太陽系誕生時の惑星の形成材料であった微惑星の生き残りであると考えられている。すなわちオールト雲天体の素性を観測的に明らかにすることは、内側の天体からは失われた太陽系の端緒を解き明かすことにつながる。しかしオールト雲内に位置する小天体は極めて暗く、巨大望遠鏡を用いても直接検出することは不可能である。

オールト雲天体の『影』を動画でとらえる

直接検出不可能なオールト雲天体をどのように観測

するのか。オールト雲天体は他の太陽系天体と同様に天球上を移動しているため、ときおり既知の恒星の手前を通過しその光を遮ることがある。つまり恒星をモニタ観測し、たまに発生するこの掩蔽とよばれる天文現象を発見できれば、オールト雲天体の影をとらえ、間接的にその存在を検出することができる。しかし掩蔽の発生頻度は極めて小さく、継続時間はせいぜい1秒程度であると推定される。よって現実的な観測期間でオールト雲天体による掩蔽を検出するためには、大量の恒星を同時に、しかも1秒未満の間隔で連続的に撮像、つまり『動画』で観測しなくてはいけない。これはせいぜい数分程度の時間スケール天文現象にのみ注目されていた可視天文学にとって、前例のない挑戦であった。

これまで私は世界に先駆けて宇宙の動画観測を行う手法の開発に従事してきた。2017年には2台の小望遠鏡を用いた専用の動画観測システムの開発に成功し、そして2019年には太陽系外縁の小天体による掩蔽の観測に成功した。現在観測システムの大幅なアップグレードを進めており、新観測システムを用いた恒星動画観測によってオールト雲天体の史上初検出を目指す。

覚醒する動画天文学：『閃光』に照らされた惑星系を解き明かす

私が開発を進めてきた動画観測手法は太陽系の果てのみならず、より深宇宙の解明にも挑戦する。特に私が注目しているのは赤色矮星である。赤色矮星は銀河系で最もありふれた恒星のグループであり、それゆえその周囲にどのような惑星系が営まれているのかは、惑星形成や宇宙生命の普遍性を探るうえで注目されている。近年こうした赤色矮星周囲には惑星やダストの円盤構造（デブリ円盤）が発見されており、その詳細な観測が求められている。いっぽうで赤色矮星の多くは表面活動が活発であることでも知られており、ときおり通常時の100倍を超えるような明るさの大爆発、スーパーフレアを起こすことがある。そもそも明るい恒星のすぐそばにある惑星の観測は難しいが、こうした活発な赤色矮星の活動は惑星系の直接観測をより困難にしていた。しかし、本研究ではこの大爆発を逆手にとる。

惑星系の空間スケールに対して光速は鈍間なので、

恒星表面から発せられるフレアの輝きに対してそれを受ける周囲の惑星やデブリ円盤からの反射光の到達時間は1～数分遅延する。よって動画観測システムによってスーパーフレアの閃光を即時検出し、ただちに中けないし大型の望遠鏡で即時にフォローアップ観測を行えば、平静時には微弱すぎて検出できない惑星やデブリ円盤から、光のこだま、『光エコー』を検出できる可能性がある。この光エコーを通して、これまで既存の観測装置では困難と考えられてきた赤色矮星周囲の惑星系の直接観測を実現しようという目論見である。

動画天文学の開拓によって今明かされようとしている未知の宇宙の姿を皆さんと共有できれば幸いである。



図1 太陽系の果てに位置する小天体の想像図。



図2 沖縄・宮古島で実施した恒星モニタ観測の様子。独自に開発した小型観測システムを使用し、史上初めて太陽系外縁の小天体の発見に成功した。

参考文献

- ・Arimatsu, K., et al. (2017). Organized Autotelescopes for Serendipitous Event Survey (OASES): Design and performance. *Pub. Astron. Soc. Jpn.*, 69, 68
- ・Arimatsu, K., et al. (2019). A kilometre-sized Kuiper belt object discovered by stellar occultation using amateur telescopes. *Nature Astronomy* 3, 301
- ・有松亘 (2020)『またたく宇宙をつかまえる』月刊星ナビ 2020年6月号および2020年8月号