

Does or Did the Supernova Remnant Cassiopeia A Operate as a PeVatron?

หรือว่าซากมหานวดารา Cassiopeia A จะเป็นเพวาตรอน?

Zhen Cao, the LHAASO Collaboration (including W. Mitthumsiri, P. Pattarakijwanich, D. Ruffolo and A. Sáiz), *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 961, Issue 2, id.L43, 7 pp., February 2024

For decades, supernova remnants (SNRs) have been considered the prime sources of Galactic cosmic rays (CRs). But whether SNRs can accelerate CR protons to PeV energies and thus dominate CR flux up to the knee is currently under intensive theoretical and phenomenological debate. The direct test of the ability of SNRs to operate as CR PeVatrons can be provided by ultrahigh-energy (UHE; $E_{\gamma} \geq 100$ TeV) γ -rays. In this context, the historical SNR Cassiopeia A (Cas A) is considered one of the most promising targets for UHE observations. This paper presents the observation of Cas A and its vicinity by the LHAASO KM2A detector. The exceptional sensitivity of LHAASO KM2A in the UHE band, combined with the young age of Cas A, enabled us to derive stringent model-independent limits on the energy budget of UHE protons and nuclei accelerated by Cas A at any epoch after the explosion. The results challenge the prevailing paradigm that Cas A-type SNRs are major suppliers of PeV CRs in the Milky Way.

ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา นักดาราศาสตร์เชื่อว่าซากของมหานวดารา (supernova remnants หรือ SNRs) เป็นแหล่งกำเนิดหลักของรังสีคอสมิกในกาแล็กซี แต่ประเด็นที่ว่า SNRs สามารถเร่งโปรตอนในรังสีคอสมิกให้มีพลังงานสูงถึงระดับ PeV ได้หรือไม่ ยังเป็นเรื่องที่ได้รับการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ทั้งในเชิงทฤษฎีและสังเกตการณ์ วิธีหนึ่งในการทดสอบโดยตรงว่า SNRs สามารถทำตัวเป็น PeVatron หรือแหล่งกำเนิดรังสีคอสมิกพลังงานสูงนั้น ทำได้โดยวัดรังสีแกมมาที่พลังงานสูงยิ่งยวด (>100 TeV) ซากของมหานวดารา Cassiopeia A (Cas A ในหมู่ดาวค้างคาว) นับเป็นวัตถุท้องฟ้าที่เหมาะสมที่สุดกับการทดสอบด้วยวิธีนี้ งานวิจัยชิ้นนี้ศึกษาการวัด Cas A โดยเครื่องวัด LHAASO-KM2A ซึ่งมีความไวสูงมากในช่วงพลังงานนี้ ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าเป็นไปได้ยากที่ SNR ประเภทเดียวกับ Cas A จะเป็นแหล่งกำเนิดหลักของอนุภาครังสีคอสมิกที่มีพลังงานระดับ PeV

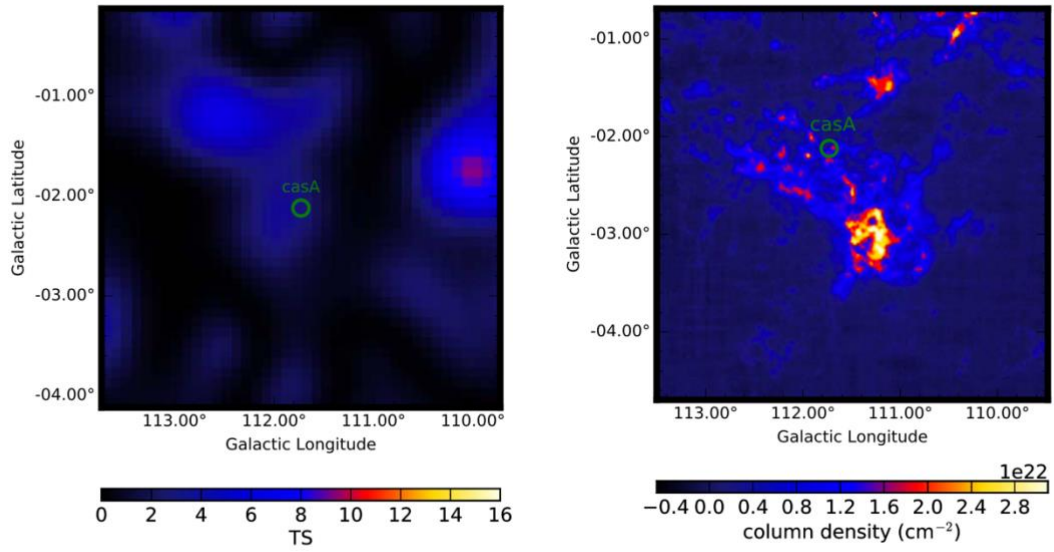


Figure 1. Left panel: the LHAASO KM2A TS map above 25 TeV in the $4^\circ \times 4^\circ$ region around Cas A; the color bar shows the TS value. Right panel: the gas column density near Cas A derived from ^{12}CO line observations (Ma et al. 2019). The green circle labels the position of Cas A.