Measurement of Ultra-High-Energy Diffuse Gamma-Ray Emission of the Galactic Plane from 10 TeV to 1 PeV with LHAASO-KM2A

การวัดรังสีแกมมาแบบกระจายที่มีพลังงานสูงยิ่งยวดจากระนาบทางช้างเผือกที่พลังงาน 10 TeV ถึง 1 PeV โดยเครื่องมือ LHAASO-KM2A

Zhen Cao, the LHAASO Collaboration (including W. Mitthumsiri, P. Pattarakijwanich, D. Ruffolo and A. Sáiz),

Physical Review Letters, Volume 131, Issue 15, article id.151001, October 2023

The diffuse Galactic γ-ray emission, mainly produced via interactions between cosmic rays and the interstellar medium and/or radiation field, is a very important probe of the distribution, propagation, and interaction of cosmic rays in the Milky Way. In this Letter, we report the measurements of diffuse γ rays from the Galactic plane between 10 TeV and 1 PeV energies, with the square kilometer array of the Large High Altitude Air Shower Observatory (LHAASO). Diffuse emissions from the inner ($15°<l<125°$, $|b|<5°$) and outer ($125°<l<235°$, $|b|<5°$) Galactic plane are detected with 29.1σ and 12.7σ significance, respectively. The outer Galactic plane diffuse emission is detected for the first time in the very- to ultra-high-energy domain (E>10 TeV). The energy spectrum in the inner Galaxy regions can be described by a power-law function with an index of -2.99±0.04, which is different from the curved spectrum as expected from hadronic interactions between locally measured cosmic rays and the line-of-sight integrated gas content. Furthermore, the measured flux is higher by a factor of $\sim$3 than the prediction. A similar spectrum with an index of -2.99±0.07 is found in the outer Galaxy region, and the absolute flux for $10\lesssim E\lesssim 60$ TeV is again higher than the prediction for hadronic cosmic ray interactions. The latitude distributions of the diffuse emission are consistent with the gas distribution, while the longitude distributions show clear deviation from the gas distribution. The LHAASO measurements imply that either additional emission sources exist or cosmic ray intensities have spatial variations.

การแผ่รังสีแกมมาแบบกระจายมักจะเกิดจากอันตรกิริยาระหว่างรังสีคอสมิกและสสารหรือรังสีในอวกาศ จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาการกระจายตัว การเคลื่อนที่ และอันตรกิริยาของรังสีคอสมิกในกาแลกซีทางช้างเผือก ในงานนี้เราวัดรังสีแกมมาจากระนาบทางช้างเผือกที่พลังงานระหว่าง 10 TeV ถึง 1 PeV ด้วยเครื่องมือ Square Kilometer Array (KM2A) ในโครงการ Large High Altitude Air Shower Observatory (LHAASO) การแผ่รังสีแกมมาแบบกระจายจากระนาบทางช้างเผือกส่วนใน ($15°<l<125°$, $|b|<5°$) และส่วนนอก ($125°<l<235°$, $|b|<5°$) ถูกวัดได้ด้วยระดับนัยสำคัญทางสถิติ 29.1σ และ 12.7σ นี่เป็นครั้งแรกการแผ่รังสีจากระนาบทางช้างเผือกส่วนนอกได้ที่ระดับพลังงานสูงมากถึงสูงยิ่งยวด (มากกว่า 10 TeV) สเปกตรัมของระนาบทางช้างเผือกส่วนในสามารถเขียนในรูปกฎกำลังที่มีค่าดัชนีเป็น -2.99±0.04 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสเปกตรัมที่คาดหวังจากอันตรกิริยาแบบฮาดรอนระหว่างรังสีคอสมิกกับปริมาณก๊าซที่วัดได้ นอกจากนี้ความเข้มของการแผ่รังสียังมีค่ามากกว่าค่าคาดหวังจากทฤษฎีประมาณสามเท่า สเปกตรัมจากระนาบทางช้างเผือกส่วนนอกมีลักษณะคล้ายกันด้วยค่าดัชนี -2.99±0.07 และความเข้มในช่วงพลังงาน $10\lesssim E\lesssim 60$ TeV

มีค่ามากกว่าค่าที่คาดจากอันตรกิริยาแบบฮาดรอนเช่นเดียวกัน การกระจายความเข้มในละติจูดมีลักษณะสอดคล้องกับการกระจายของก๊าซ แต่การกระจายในลองจิจูดมีความต่างกันอย่างชัดเจน การวัดครั้งนี้ของ LHAASO ชี้ว่ามีแหล่งกำเนิดอื่นของการแผ่รังสี หรือไม่การกระจายของรังสีคอสมิกในอวกาศก็ต้องไม่สม่ำเสมอ

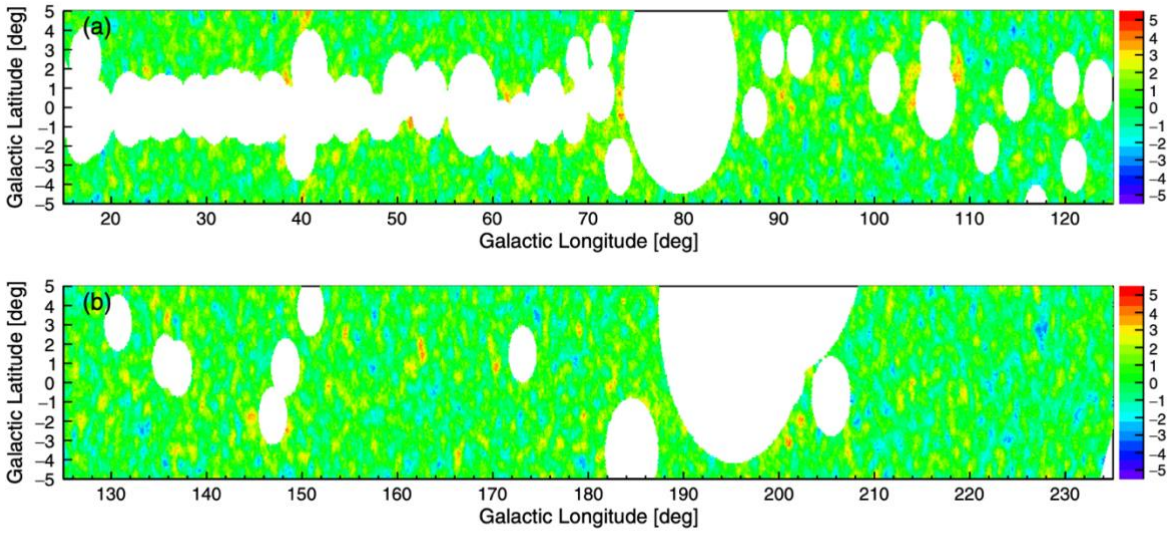

FIG. 1. The significance maps in Galactic coordinate of the inner Galaxy region [panel (a)] and outer Galaxy region [panel (b)] above 25 TeV after masking the resolved KM2A and TeVCat sources.