LHAASO-KM2A detector simulation using Geant4
การจำลองเครื่องวัด LHAASO-KM2A โดยโปรแกรม Geant4

Zhen Cao, the LHAASO Collaboration (including W. Mitthumsiri, P. Pattarakijwanich, D. Ruffolo and A. Sáiz),
Radiation Detection Technology and Methods, Online First, May 2024

KM2A is one of the main sub-arrays of LHAASO, working on gamma ray astronomy and cosmic ray physics at energies above 10 TeV. Detector simulation is the important foundation for estimating detector performance and data analysis. It is a big challenge to simulate the KM2A detector in the framework of Geant4 due to the need to track numerous photons from a large number of detector units (>6000) with large altitude difference (30 m) and huge coverage (1.3 k m2). In this paper, the design of the KM2A simulation code G4KM2A based on Geant4 is introduced. The process of G4KM2A is optimized mainly in memory consumption to avoid memory overflow. Some simplifications are used to significantly speed up the execution of G4KM2A. The running time is reduced by at least 30 times compared to full detector simulation. The particle distributions and the core/angle resolution comparison between simulation and experimental data of the full KM2A array are also presented, which show good agreement.

KM2A เป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของ LHAASO ในการศึกษาดาราศาสตร์ของรังสีแกมมาและฟิสิกส์-ของรังสีคอสมิกที่พลังงานสูงกว่า 10 TeV การจำลองเครื่องวัดเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการประเมินประสิทธิภาพและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดนั้น อย่างไรก็ตามการจำลองเครื่องวัด KM2A ด้วยโปรแกรม Geant4 เป็นเรื่องที่ท้าทายมากเนื่องจากต้องติดตามโฟตอนจำนวนมากจากหัววัดจำนวนมากกว่า 6000 หน่วย ซึ่งอยู่ที่ระดับความสูงต่างกันถึง 30 เมตร และครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ถึง 1.3 ตารางกิโลเมตร ในบทความนี้เรานำเสนอการออกแบบโปรแกรมเพื่อจำลองเครื่องวัด KM2A ที่เรียกว่า G4KM2A โดยใช้โปรแกรม Geant4 วิธีการที่ใช้ใน G4KM2A ได้รับการปรับปรุงให้ใช้หน่วยความจำน้อยลงเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาหน่วยความจำล้น และมีการลดขั้นตอนบางอย่างเพื่อเพิ่มความเร็วในการทำงานของ G4KM2A ทำให้ลดเวลาทำงานลงได้อย่างน้อย 30 เท่า เมื่อเทียบกับการจำลองเครื่องวัดแบบเต็มรูปแบบ เราเปรียบเทียบการกระจายของอนุภาค และความละเอียดที่ได้ระหว่างการจำลองและข้อมูลจริงของ KM2A และพบว่าทั้งหมดแสดงผลลัพธ์ที่สอดคล้องกัน

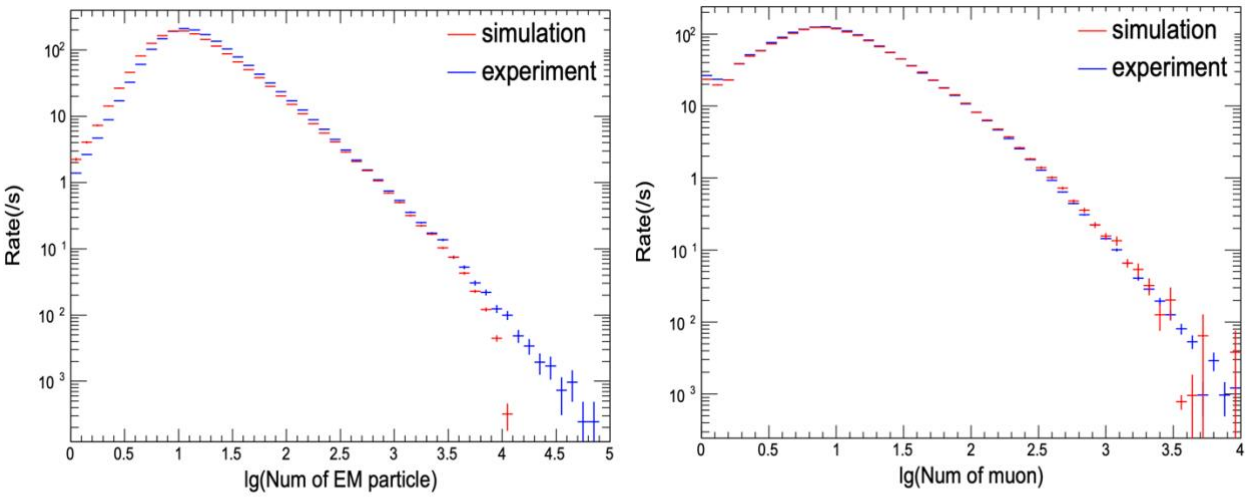

Fig. 11 Left: The distribution of electromagnetic particle number. Right: The distribution of muon number. The number of electromagnetic particles (N_e) is the sum of particles recorded by EDs within 40–00 m from the shower core. The number of muons (N_μ) is the sum of muons recorded by MDs within 15–00 m from the shower core. These distributions show that the simulation is roughly consistent with the data over four orders of magnitude