

Ground software architecture for a lunar particle detector:
Implementation with a double-sided silicon strip detector
โครงสร้างซอฟต์แวร์ภาคพื้นดินสำหรับเครื่องวัดอนุภาคที่ดวงจันทร์ :
การประยุกต์ใช้กับเครื่องวัดแถบซิลิกอนสองด้าน

(T. Panyalert, S. Manuthasna, P. Torteeka*, X. He, N. Zhang, J. Zheng, B. Zhang, D. Yang, H. Yang, J. Xian, Y. Bao, S. Lu, K. Puprasit, **K. Chaiwongkhot**, T. Marsri, H. Zhao, Y. Pittayang, P. Jamlongkul, P. Charoenvicha, P. Khonsri, K. Anuchit, K. Amratisha, S. Burom, J. Lakronwat, **W. Mitthumsri, P. Pattarakijwanich**, P. Kamsing, **D. Ruffolo**, S. Zhang, and W. Rujopakarn 2026, Ground Software Architecture for a Lunar Particle Detector: Implementation with a Double-Sided Silicon Strip Detector, Adv. Space Res., 77, 8492 (IF=2.8) <https://doi.org/10.1016/j.asr.2025.09.089>)

The Moon-Aiming Thai-Chinese Hodoscope (MATCH) is a particle detector developed for the Chang'E-7 lunar orbiter, designed to support space weather monitoring and cosmic radiation studies within the Sun-Earth-Moon system. The primary observational objectives of MATCH include space weather science and alerts, as well as the detection of cosmic radiation, particularly Jovian and Galactic Cosmic Ray (GCR) electrons. Additionally, MATCH can detect lunar albedo ions (alpha particles and protons) and contribute to understanding cosmic-ray interactions with the lunar surface, including high-energy particle backscattering mechanisms. These studies are essential for improving our knowledge of cosmic ray propagation and energy distribution in the lunar environment. MATCH integrates a double-sided silicon strip detector (DSSD) for precise position tracking of incoming particles, along with a bismuth germanate (BGO) scintillator stack for accurate energy measurements. This study presents the development and validation of a scalable ground software architecture that supports event detection, signal processing, and data calibration, optimized for constrained onboard resources. The system has been validated through hardware-in-the-loop (HIL) testing using alpha-emitting sources under mission-equivalent conditions, demonstrating high accuracy and resource efficiency for on-orbit data acquisition modes. Once deployed, MATCH is expected to provide the first continuous 100-MeV-range cosmic electron measurements from lunar orbit, enabling new insights into Jovian and Galactic cosmic ray propagation, space weather variability, and lunar albedo ion generation. The software architecture developed here plays a critical role in enabling astrophysical investigations during the upcoming Chang'E-7 mission.

Moon-Aiming Thai-Chinese Hodoscope (MATCH) คือเครื่องวัดอนุภาคที่พัฒนาสำหรับยานอวกาศที่จะโคจรรอบดวงจันทร์ในภารกิจ Chang'E-7 ซึ่งออกแบบเพื่อสนับสนุนการติดตามสภาพอวกาศและศึกษารังสีคอสมิกใน

ระบบดวงอาทิตย์-โลก-ดวงจันทร์ เป้าหมายหลักทางการสังเกตด้วย MATCH รวมถึงวิทยาศาสตร์และการเดินทางสภาพอวกาศ และการวัดรังสีคอสมิกปฐมภูมิ โดยเฉพาะอิเล็กตรอนจากดาวพฤหัสบดีและการกาะลึกชั้นบรรยากาศ นอกจากนี้ MATCH สามารถวัดไอออนที่สะท้อนจากผิวดวงจันทร์ (อนุภาคแอลฟาและโปรตอน) และส่งเสริมการเข้าใจอันตรกิริยาของรังสีคอสมิกที่ผิวดวงจันทร์ รวมถึงกลไกการกระเด็นกลับ การศึกษาเช่นนี้จำเป็นสำหรับการเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับการแผ่และการแจกแจงพลังงานของรังสีคอสมิกในสิ่งแวดล้อมของดวงจันทร์ MATCH มีเครื่องวัดแถบซิลิกอนสองด้านเพื่อติดตามเส้นทางของอนุภาคที่เข้ามาอย่างแม่นยำ และชุดซินทิลเลเตอร์จากสาร bismuth germanate (BGO) เพื่อวัดพลังงานอย่างแม่นยำ ที่นี่ เราเสนอการพัฒนาและพิสูจน์โครงสร้างซอฟต์แวร์ในภาคพื้นดินที่สามารถขยายได้ ซึ่งสนับสนุนการวัดอนุภาค ประเมินสัญญาณ และสอบเทียบข้อมูล ซึ่งออปติไมซ์สำหรับทรัพยากรจำกัดบนยานอวกาศ โดยมีการพิสูจน์ระบบด้วยการทดสอบประเภท hardware-in-the-loop (HIL) ด้วยแหล่งปล่อยอนุภาคแอลฟาในสภาพเสมือนภารกิจในอวกาศ โดยแสดงความแม่นยำสูงและการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดสำหรับโหมดการเก็บข้อมูลขณะโคจรรอบดวงจันทร์ หลังการขึ้นสู่วงโคจรรอบดวงจันทร์ คาดว่า MATCH จะทำการวัดอิเล็กตรอนจากรังสีคอสมิก ณ พลังงานระดับ 100 MeV อย่างต่อเนื่องเป็นครั้งแรก เพื่อเพิ่มความเข้าใจในการแผ่ของรังสีคอสมิกจากดาวพฤหัสบดีและการกาะลึกชั้นบรรยากาศ และการเกิดไอออนที่สะท้อนจากผิวดวงจันทร์ โครงสร้างซอฟต์แวร์ที่พัฒนาในงานนี้มีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมการศึกษาเชิงดาราศาสตร์ฟิสิกส์ในภารกิจ Chang'E-7

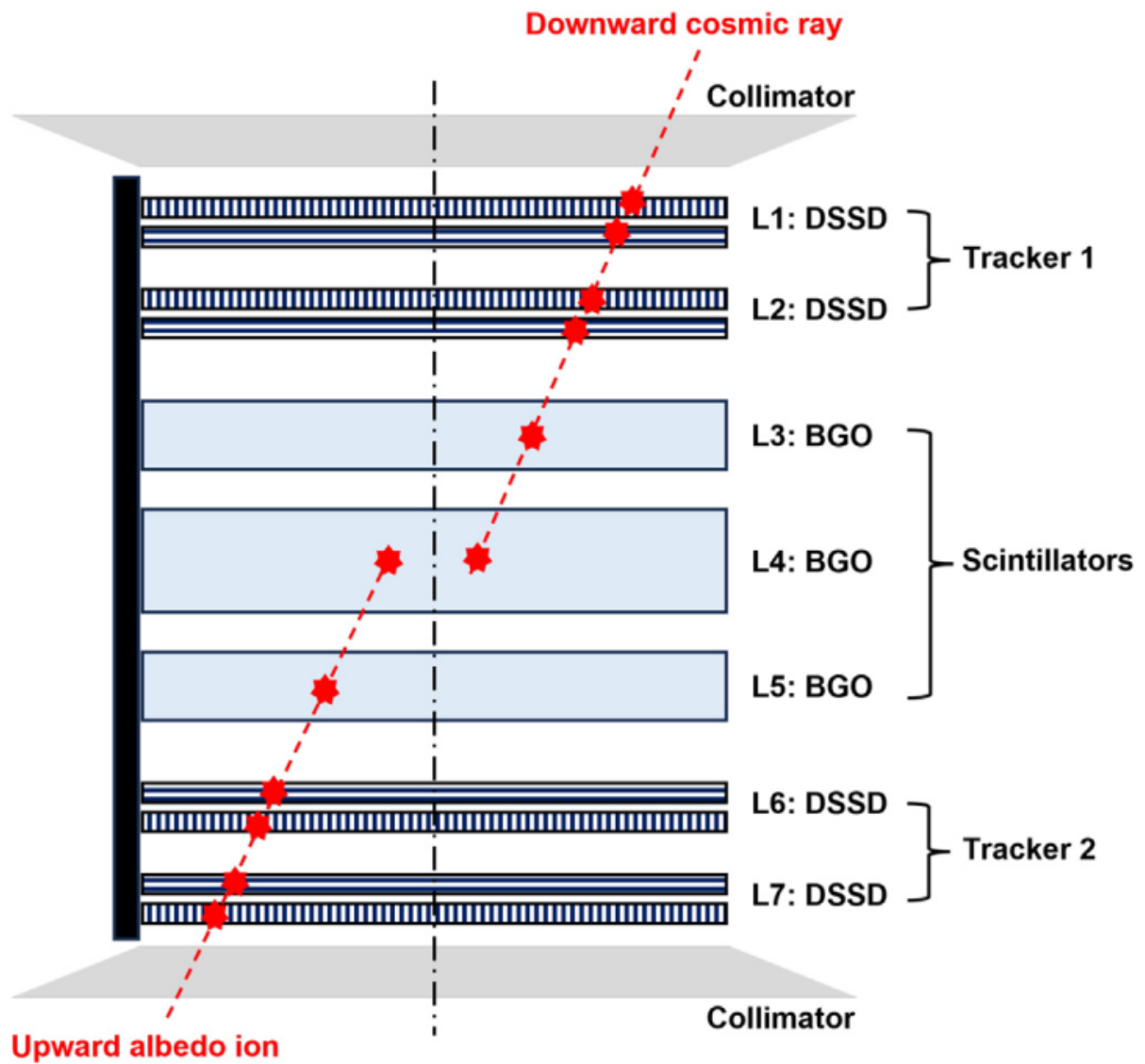


Fig. 2. Schematic diagram of MATCH payload for high-energy particle detection.