

## Characterization of the Alfvén Transition in the Young Solar Wind using Parker Solar Probe Observations Approaching Solar Maximum

ลักษณะของรอยต่อของอัลฟ์เวนในลมสุริยะใหม่จากการสังเกตโดยยาน Parker Solar Probe ในช่วงที่มีจุดมืดบนดวงอาทิตย์จำนวนมาก

(S. Adhikari, R. Bandyopadhyay, J. Goodwill, W. H. Matthaeus, D. Ruffolo, P. Thepthong, P. Pongkitiwanichakul, S. Roy, F. Pecora, R. Chhiber, R. Pradata, A. Usmanov, M. Stevens, S. Badman, O. Romeo, J. Wang, and M. L. Goldstein 2026, Characterization of the Alfvén Transition in the Young Solar Wind using Parker Solar Probe Observations Approaching Solar Maximum, *Astrophys. J.*, **997**, 259 (IF=5.4) <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ae2c78> )

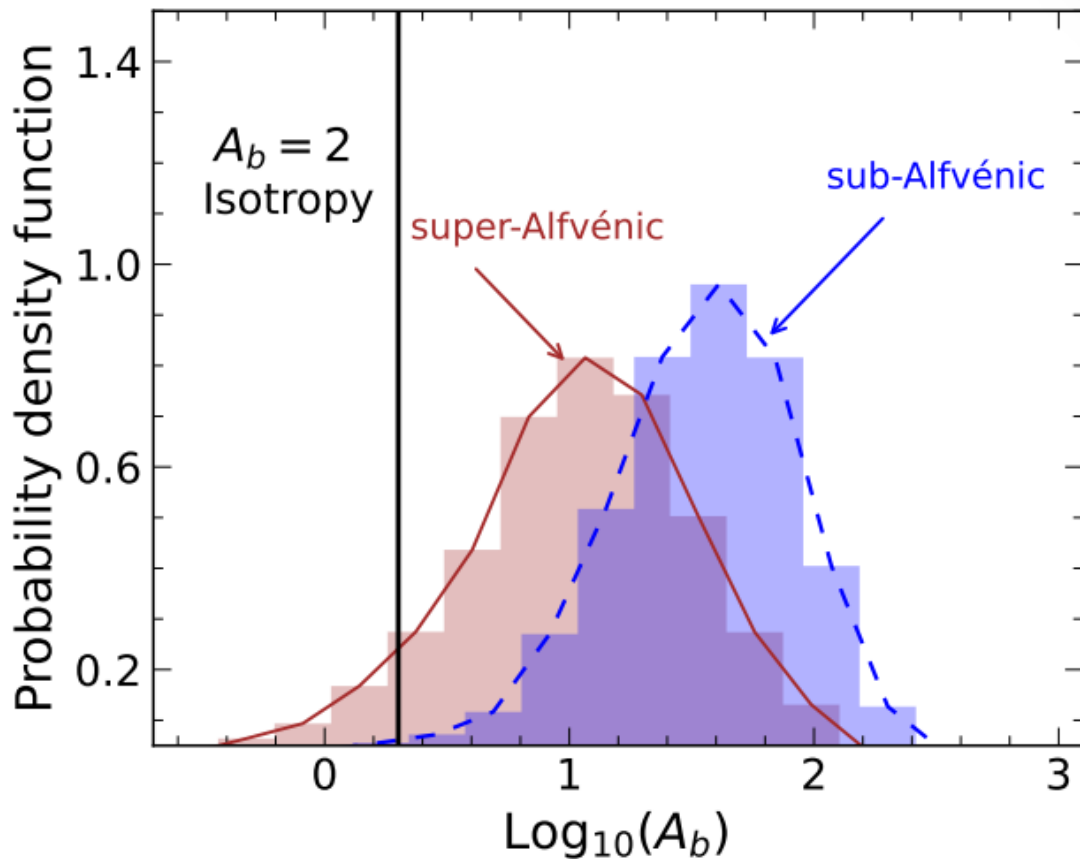
Close to Earth, the solar wind is usually super-Alfvénic, i.e., the speed of the solar wind is much larger than the Alfvén speed. However, in the lower coronal regions, the solar wind is mostly sub-Alfvénic. With NASA’s Parker Solar Probe (PSP) crossing the Alfvén boundary between the sub- and super-Alfvénic flow, R. Bandyopadhyay et al. performed a turbulence characterization of the sub-Alfvénic solar wind with initial data from solar encounters 8 and 9. In this study, we reexamine the turbulence properties such as turbulence amplitude, anisotropy of the magnetic field variance, intermittency, and switchback strength using PSP data from encounters 8–19. The later orbits probe lower altitudes and experience sub-Alfvénic conditions more frequently, providing a greater statistical coverage to contrast sub- and super-Alfvénic solar wind. These later orbits also extend the observations from near solar minimum at launch to near solar maximum conditions. Also, by isolating the intervals where the solar wind speed is approximately equal to the Alfvén speed, we explore the transition in more detail. We show that the amplitude of the normalized magnetic field fluctuation is smaller for the sub-Alfvénic samples. While solar wind turbulence in general is shown to be anisotropic, the sub-Alfvénic samples are more anisotropic than the super-Alfvénic samples, in general. Further, we show that the sub- and super-Alfvénic samples do not show much distinction in terms of intermittency strength. Finally, consistent with prior results, we find no evidence for polarity reversing

>90° switchbacks in the sub-Alfvénic solar wind.

ใกล้โลก โดยส่วนใหญ่มีลมสุริยะแบบเหนืออัลฟ์เวน กล่าวคือ ความเร็วลมสุริยะสูงกว่าความเร็วของคลื่นอัลฟ์เวน (อย่างมาก) แต่ในโคโรนาส่วนล่าง โดยส่วนใหญ่มีลมสุริยะแบบใต้อัลฟ์เวน จากการที่ยาน Parker Solar Probe (PSP) ขององค์การนาซ่า ได้ข้ามรอยต่ออัลฟ์เวน ระหว่างลมสุริยะแบบใต้อัลฟ์เวนกับเหนืออัลฟ์เวน R. Bandyopadhyay และคณะได้หาลักษณะความปั่นป่วนในลมสุริยะแบบใต้อัลฟ์เวน ด้วยข้อมูลเริ่มแรก จากการเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ครั้งที่ 8 และ 9 ที่นี่ เราศึกษาสมบัติความปั่นป่วนอีกครั้ง เช่น พลังงานความปั่นป่วน แอนไอโซโทรปี

ของความแปรปรวนของสนามแม่เหล็ก ความเป็นอินเทอร์มิตเทินท์ และความเข้มของ switchbacks โดยใช้ข้อมูล PSP จากการเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ครั้งที่ 8 ถึง 19 โดยการเข้าใกล้ระยะหลังได้เข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากขึ้น และพบสภาพใต้อัลฟ์เวนบ่อยมากขึ้น จึงได้สถิติที่ดีกว่า เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างลมสุริยะแบบใต้อัลฟ์เวนกับเหนืออัลฟ์เวน และข้อมูลในระยะหลังทำให้ได้ข้อมูลตั้งแต่ช่วงเวลาที่มียุคมีดบนดวงอาทิตย์จำนวนน้อย จนกว่าช่วงที่มีจำนวนมาก นอกจากนั้น จากการจำแนกเวลาที่ลมสุริยะคล้ายกับความเร็วอัลฟ์เวน เราศึกษารายต่อได้ละเอียดมากขึ้น ขณะลมสุริยะโดยทั่วไปแสดงลักษณะแอนไอโซโทรปิก โดยทั่วไปตัวอย่างลมสุริยะแบบใต้อัลฟ์เวนมีแอนไอโซโทรปีมากกว่า ตัวอย่างแบบเหนืออัลฟ์เวน ยิ่งไปกว่านั้น เราแสดงว่าตัวอย่างสองประเภทแตกต่างกันไม่มากในลักษณะอินเทอร์มิตเทินซ์ ในที่สุด เช่นเดียวกับผลงานที่ผ่านมา เราไม่พบหลักฐานสำหรับ  $>90^\circ$  switchbacks ที่มีทิศสนามแม่เหล็กกลับด้านในลมสุริยะแบบใต้อัลฟ์เวน

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 997:259 (6pp), 2026 February 1



**Figure 3.** PDF of variance anisotropy in the sub-Alfvénic and super-Alfvénic solar wind intervals observed by PSP in encounters 8–19. The vertical solid (black) line indicates the value  $A_b = 2$ , which corresponds to an isotropic distribution.