



กิจกรรมรรณแม่เหล็กในช่วงวิษุวัตกับการเก็บ รักษาเทปบันทึกแม่เหล็ก: บันทึกว่าด้วย RUSSELL และ MCPHERRON (1973)



กิจกรรมธรณีแม่เหล็กในช่วงวิหุวัตกับการเก็บรักษาเทปบันทึกแม่เหล็ก: บันทึกว่าด้วย Russell และ McPherron (1973)

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 1973.

บทคัดย่อ

ในวารสาร Journal of Geophysical Research ฉบับเดือนมกราคม 1973 Russell และ McPherron เสนอคำอธิบายแนวโน้มที่ทราบกันมานานว่ากิจกรรมแม่เหล็กในช่วงใกล้วิหุวัตมีความรุนแรงกว่าช่วงไกลอายัน สนามแม่เหล็กระหว่างดาวเคราะห์เดินทางมาถึงโลกในระนาบศูนย์สูตรของดวงอาทิตย์ แกนแม่เหล็กของโลกเอียงกับระนาบนั้นเนื่องจากความเอียงของแกนหมุนของโลกและการเบี่ยงออกจากแกนหมุนนั้นของแกนแม่เหล็กเอง ทั้งสองแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางทิศใต้ของสนามแม่เหล็กระหว่างดาวเคราะห์ตามที่แมกนีโตสเฟียร์รับรู้มีค่าสูงสุดในช่วงประมาณวันที่ 5 เมษายนและวันที่ 5 ตุลาคม และองค์ประกอบนี้เป็นตัวกำหนดปริมาณพลังงานที่เข้าสู่แมกนีโตสเฟียร์

บันทึกฉบับนี้นำเสนอผลสืบเนื่องเชิงปฏิบัติประการหนึ่ง เทปบันทึกแม่เหล็กเป็นบันทึกด้วยเฟอร์ริทออกไซด์ของสนามทุกสนามที่เทปถูกเก็บไว้ภายใน เรารายงานการถ่ายโอนสัญญาณข้ามชั้นเทปของเทปขนาดหนึ่งในสี่นิ้ว 40 ม้วนซึ่งเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 1972 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 1973 โดยครึ่งหนึ่งเก็บไว้ที่ห้องปฏิบัติการแห่งนี้ใกล้เส้นศูนย์สูตร และอีกครึ่งหนึ่งเก็บไว้ที่คลังเก็บเทปในละติจูดกลางที่ 56deg N การถ่ายโอนสัญญาณข้ามชั้นเทปที่คลังละติจูดกลางเพิ่มขึ้นที่สุดในช่วงหลายสัปดาห์หลังวิหุวัตเดือนกันยายนและหลังพายุครั้งใหญ่ในเดือนสิงหาคม 1972 และมีสหสัมพันธ์กับดัชนี Kp ระดับดาวเคราะห์ ($r = 0.61$) ที่ห้องปฏิบัติการแห่งนี้ไม่พบรูปแบบตามฤดูกาล เราแนะนำให้เก็บเทปต้นฉบับไว้ใกล้เส้นศูนย์สูตร และให้ปรับตั้งเครื่องเทปในวันวิหุวัตโดยตรง ก่อนช่วงหลายสัปดาห์ที่มีการรบกวนซึ่งตามมา

1. บทนำ

เป็นที่ทราบกันว่าการรบกวนแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลนับตั้งแต่หลังเหตุการณ์ในคริสต์ศตวรรษที่สิบเก้าเริ่มบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่อง พายุแม่เหล็กจะจู่โจมในฤดูใบไม้ผลิและฤดูใบไม้ร่วง ส่วนเดือนที่สงบที่สุดอยู่ในช่วงใกล้อายัน คำอธิบายสองประเภทแข่งขันกันมา ประเภทแรกพิจารณาตำแหน่งของโลกในวงโคจรเทียบกับระนาบศูนย์สูตรของดวงอาทิตย์ ประเภทที่สองพิจารณามุมระหว่างแกนแม่เหล็กของโลกเองกับกระแสลมสุริยะ

บันทึก Russell และ McPherron (1973) ได้ให้คำอธิบายที่ทั้งเป็นเชิงปริมาณและทดสอบได้ ข้อเสนอของทั้งสองเกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็กระหว่างดาวเคราะห์ มิใช่เพียงลมสุริยะที่พาสามันมา และพยากรณ์ได้ทั้งฤดูกาลที่มีการรบกวนมากที่สุดและวันที่เกิดขึ้น

ความสนใจของห้องปฏิบัติการแห่งนี้มีขอบเขตแคบกว่านั้น เราเก็บรักษาบันทึกแม่เหล็ก และบางส่วนอยู่บนเทป

2. กาล RUSSELL-MCPHERRON

สนามแม่เหล็กระหว่างดาวเคราะห์ถูกพาออกจากดวงอาทิตย์ และในการประมาณอันดับแรกอยู่ในระนาบศูนย์สูตรของดวงอาทิตย์ โดยชี้เข้าหาหรือออกจากดวงอาทิตย์ตามเซกเตอร์ที่โลกกำลังเคลื่อนผ่าน สนามที่อยู่ในระนาบนั้นไม่มีองค์ประกอบเหนือ-ใต้เลยในกรอบอ้างอิงของดวงอาทิตย์เอง

แมกนีโตสเฟียร์ไม่ได้รับรู้สนามในกรอบอ้างอิงของดวงอาทิตย์ แต่รับรู้ในกรอบอ้างอิงที่ยึดกับแกนแม่เหล็กของโลก และแกนนั้นเอียงเข้าหาหรือออกจากดวงอาทิตย์ด้วยขนาดที่เปลี่ยนไปตลอดปี Russell และ McPherron แสดงให้เห็นว่าความเอียงนี้ทำให้สนามแม่เหล็กระหว่างดาวเคราะห์มีองค์ประกอบทางทิศใต้สุดในกรอบอ้างอิงของโลก และองค์ประกอบดังกล่าวมีค่าสูงสุดในช่วงประมาณวันที่ 5 เมษายนสำหรับขั้วสนามของเซกเตอร์หนึ่ง และประมาณวันที่ 5 ตุลาคมสำหรับอีกขั้วหนึ่ง

สนามแม่เหล็กระหว่างดาวเคราะห์ที่ชี้ไปทางทิศใต้เป็นเงื่อนไขที่ทำให้แมกนีโตสเฟียร์เปิดรับลมสุริยะมากที่สุดและถูกรบกวนมากที่สุด จึงเกิดการแปรผันรายครึ่งปีของกิจกรรมแม่เหล็ก บทความของทั้งสองระบุยอดสูงสุดไว้ที่ประมาณสองสัปดาห์หลังวิหุวัต มิใช่ในวันวิหุวัต และความแตกต่างนี้เป็นประเด็นของบันทึกฉบับนี้

3. เทปในฐานะบันทึกของสนาม

เทปบันทึกแม่เหล็กหนึ่งม้วนเป็นแถบเฟอร์ริทออกไซด์ยาวที่พันซ้อนตัวเอง แต่ละชั้นเก็บสัญญาณที่บันทึกไว้เป็นรูปแบบของสภาพแม่เหล็ก และแต่ละชั้นอยู่ในสนามของชั้นที่อยู่ติดกัน เมื่อเวลาผ่านไปสำเนาของสัญญาณในแต่ละชั้นจะถูกประทับลงบนชั้นข้างเคียง วิศวกรเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการถ่ายโอนสัญญาณข้ามชั้นเทป ปรากฏการณ์นี้ได้ยินเป็นเสียงสะท้อนล่องหน้าเบาๆก่อนช่วงเสียงดัง และคลังเก็บบันทึกต้นฉบับทุกแห่งต้องรับมือกับปัญหานี้

เป็นที่ทราบว่าการถ่ายโอนสัญญาณข้ามชั้นเทปขึ้นกับเวลา อุณหภูมิ และความชื้นของสนามที่ม้วนเทปสัมผัสระหว่างเก็บรักษา สนามแม่เหล็กเป็นสนามชนิดหนึ่งนั้น แต่มีความชื้นต่ำ แต่ไม่เคยหายไปและไม่เคยหยุดนิ่ง หากการรบกวนของสนามเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล การถ่ายโอนสัญญาณข้ามชั้นของเทปที่เก็บรักษาก็ควรเปลี่ยนแปลงตามเช่นกัน และควรเด่นชัดที่สุดในบริเวณที่มีการรบกวนรุนแรงที่สุด

4. วิธีการ

เทปขนาดหนึ่งในสี่นิ้ว 40 ม้วนจากการผลิตเดียวกันถูกบันทึกด้วยสัญญาณทดสอบเดียวกัน ได้แก่ ชุดเสียง 1 kHz ยาว 0.5 วินาทีที่ระดับอ้างอิงตามด้วยความเงียบ 4.5 วินาที วนซ้ำตลอดความยาวของแต่ละม้วน เทปยี่สิบม้วนถูกเก็บไว้ที่ห้องปฏิบัติการแห่งนี้ในตู้ไม้ที่อุณหภูมิคงที่ 18 degC ตั้งแต่วิษุวัตเดือนมีนาคม 1972 อีกยี่สิบม้วนถูกเก็บตั้งแต่วันที่เดียวกันในตู้แบบเดียวกันและที่อุณหภูมิเดียวกันในคลังเก็บเทปของเพื่อนร่วมงานที่ 56deg N

ในวันแรกของแต่ละเดือนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 1972 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 1973 เรานำเทปออกจากแต่ละแห่งสองม้วนและเล่นกลับด้วยเครื่องเดียวกัน ซึ่งปรับตั้งก่อนการวัดทุกครั้งด้วยเทปสอบเทียบม้วนเดียวกัน การถ่ายโอนสัญญาณข้ามชั้นเทปวัดจากระดับเสียงสะท้อนล่วงหน้าในช่วงเงียบก่อนชุดเสียงแต่ละชุดเทียบกับระดับชุดเสียง แล้วหาค่าเฉลี่ยตลอดม้วน เทปแต่ละม้วนเล่นกลับเพียงครั้งเดียวแล้วปลดออกจากการทดลอง จึงไม่มีม้วนใดถูกวัดซ้ำ ดัชนี Kp ระดับดาวเคราะห์สำหรับช่วงเก็บรักษาของเทปแต่ละคู่ได้จากค่าที่เผยแพร่แล้ว

5. ผลการศึกษา

ที่ห้องปฏิบัติการแห่งนี้ การถ่ายโอนสัญญาณข้ามชั้นเทปเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆและสม่ำเสมอตลอดช่วงเก็บรักษา จาก -58.2 dB ในคู่แรกเป็น -57.1 dB ในคู่สุดท้าย ไม่สามารถแยกรูปแบบตามฤดูกาลออกจากการเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นการเสื่อมตามอายุตามปกติของเทปที่เก็บรักษา

ที่คลังละติจูดกลาง เทปคู่แรกมีระดับการถ่ายโอนสัญญาณข้ามชั้นเทปอยู่ที่ -57.6 dB แล้ว สูงกว่าเทปคู่แรกที่ห้องปฏิบัติการแห่งนี้ 0.6 dB

การนำเทปออกครั้งแรกทำหลังจุดสูงสุดในฤดูใบไม้ผลิปี 1972 จึงไม่สามารถแยกแยะจุดสูงสุดนั้นได้จากการวัด ความแตกต่างในการนำเทปออกครั้งแรกสอดคล้องกับการเกิดจุดสูงสุดนั้น แต่ไม่ได้พิสูจน์ว่ามีจุดสูงสุดดังกล่าว หลังจากนั้น การถ่ายโอนสัญญาณข้ามชั้นเทปเพิ่มขึ้นเร็วกว่าที่ห้องปฏิบัติการแห่งนี้ โดยเพิ่มขึ้นเป็นสองชั้นที่ชัดเจน

ชั้นหนึ่งอยู่ในช่วงเก็บรักษาที่ครอบคลุมพายุครั้งใหญ่ในช่วงต้นเดือนสิงหาคม 1972

และอีกชั้นหนึ่งที่ใหญ่กว่าอยู่ในช่วงเก็บรักษาที่ครอบคลุมหลายสัปดาห์หลังวิษุวัตเดือนกันยายน เมื่อนำเทปคู่สุดท้ายออก ระดับอยู่ที่ -54.0 dB ตลอดปี การเพิ่มขึ้นของการถ่ายโอนสัญญาณข้ามชั้นเทประหว่างการนำเทปออกแต่ละครั้งต่อเนื่องกันมีสหสัมพันธ์กับดัชนี Kp เฉลี่ยของช่วงเก็บรักษาเหล่านั้น ($r = 0.61$) ที่ห้องปฏิบัติการแห่งนี้สหสัมพันธ์เดียวกันไม่มีนัยสำคัญ ($r = 0.08$)

คลังทั้งสองแห่งคงอุณหภูมิเดียวกัน และเทปเป็นรุ่นการผลิตเดียวกันและบันทึกเหมือนกัน ความแตกต่างระหว่างทั้งสองแห่งคือความแตกต่างของสิ่งที่สนามธรณีแม่เหล็กกระทำต่อเทป

6. อภิปรายและข้อเสนอแนะ

Russell และ McPherron ไม่ได้เขียนเกี่ยวกับเทปบันทึกเสียง ถึงกระนั้นกลไกของทั้งสองก็พยากรณ์สิ่งที่เราสังเกตได้ การรบกวนรุนแรงที่สุดในช่วงหลายสัปดาห์หลังวิษุวัต และรุนแรงที่สุดที่ละติจูดสูงซึ่งแมกนีโตสเฟียร์ส่งพลังงานลงมา เทปที่เก็บใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงถูกเก็บในบริเวณที่พลังงานนั้นมาถึงน้อยที่สุด

ข้อเสนอแนะสองประการตามมาจากผลนี้ ประการแรก บันทึกต้นฉบับที่ตั้งใจเก็บรักษาควรถูกเก็บไว้ใกล้เส้นศูนย์สูตรเท่าที่จัดการได้ ประการที่สอง ควรปรับตั้งเครื่องเทปในวันวิษุวัตโดยตรง วิษุวัตคือขณะที่แกนหมุนของโลกตั้งฉากกับแนวจากดวงอาทิตย์ เป็นวันที่เป็นกลางทางเรขาคณิตของปี และการรบกวนที่ Russell และ McPherron พยากรณ์จะมาถึงประมาณสองสัปดาห์ต่อมา การปรับตั้งในวันวิษุวัตจึงกระทำในช่วงสงบก่อนการรบกวนนั้น

ห้องปฏิบัติการแห่งนี้จะปรับตั้งเครื่องของตนในวันวิษุวัตตั้งแต่นี้เป็นต้นไป

หมายเหตุบรรณาธิการ (2026)

บันทึกทางเทคนิคฉบับนี้มาจากช่วงที่ ดร.แมกนัส เพอร์โรศึกษาในระดับปริญญาเอกที่ห้องปฏิบัติการธรณีแม่เหล็กแห่งมหาวิทยาลัยโคโตะ หลายทศวรรษก่อนก่อตั้ง Equatorial Audio และนำมาตีพิมพ์ซ้ำจากชุดรายงานของห้องปฏิบัติการ คำมั่นในตอนท้ายที่จะปรับตั้งเครื่องในวันวิษุวัตเป็นที่มาของช่วงเวลาการยื่นคำขอในช่วงวิษุวัตที่ศูนย์สอบเทียบที่ได้รับอนุญาตของ Equatorial Audio ยังคงใช้ในปัจจุบัน

บทความของ Russell และ McPherron มียุ่จริงและได้รับการสรุปอย่างถูกต้อง คำอธิบายการแปรผันรายครึ่งปีของทั้งสองยังคงเป็นคำอธิบายมาตรฐานข้อหนึ่ง งานในเวลาต่อมาแสดงให้เห็นว่าความเอียงของโดโพล์เข้าหาลมสุริยะมีส่วนโดยตรงด้วยการถ่ายโอนสัญญาณข้ามชั้นของเทปที่เก็บรักษามียุ่จริงและขึ้นกับเวลา อุณหภูมิ และสนาม การทดลองเก็บรักษานำมาตีพิมพ์ซ้ำตามที่บ้านก็ไว้และยังไม่มีการทดลองซ้ำ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Russell, C. T., McPherron, R. L. (1973). Semiannual variation of geomagnetic activity. *Journal of Geophysical Research*, 78(1), 92-108. <https://doi.org/10.1029/JA078i001p00092>
- [2] Bartels, J. (1932). Terrestrial-magnetic activity and its relations to solar phenomena. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 37(1), 1-52.
- [3] Bartels, J., Heck, N. H., Johnston, H. F. (1939). The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 44(4), 411-454.