รหัสโครงงาน 33E-PH03-01

Investigation of Correlation between Aurora Indexes and Neutron Monitor Count Rate

นางสาวณัฏฐ์ฎาพร ทองพันธ์ ชั้น ม.6/6 เลขประจำตัวนักเรียน 08939

อาจารย์ปราณี ดิษรัฐกิจ

อาจารย์เกล็ดทราย ภูผาคุณ

อาจารย์กมลพร กันทะวงค์

เนื้อหาในการนำเสนอ

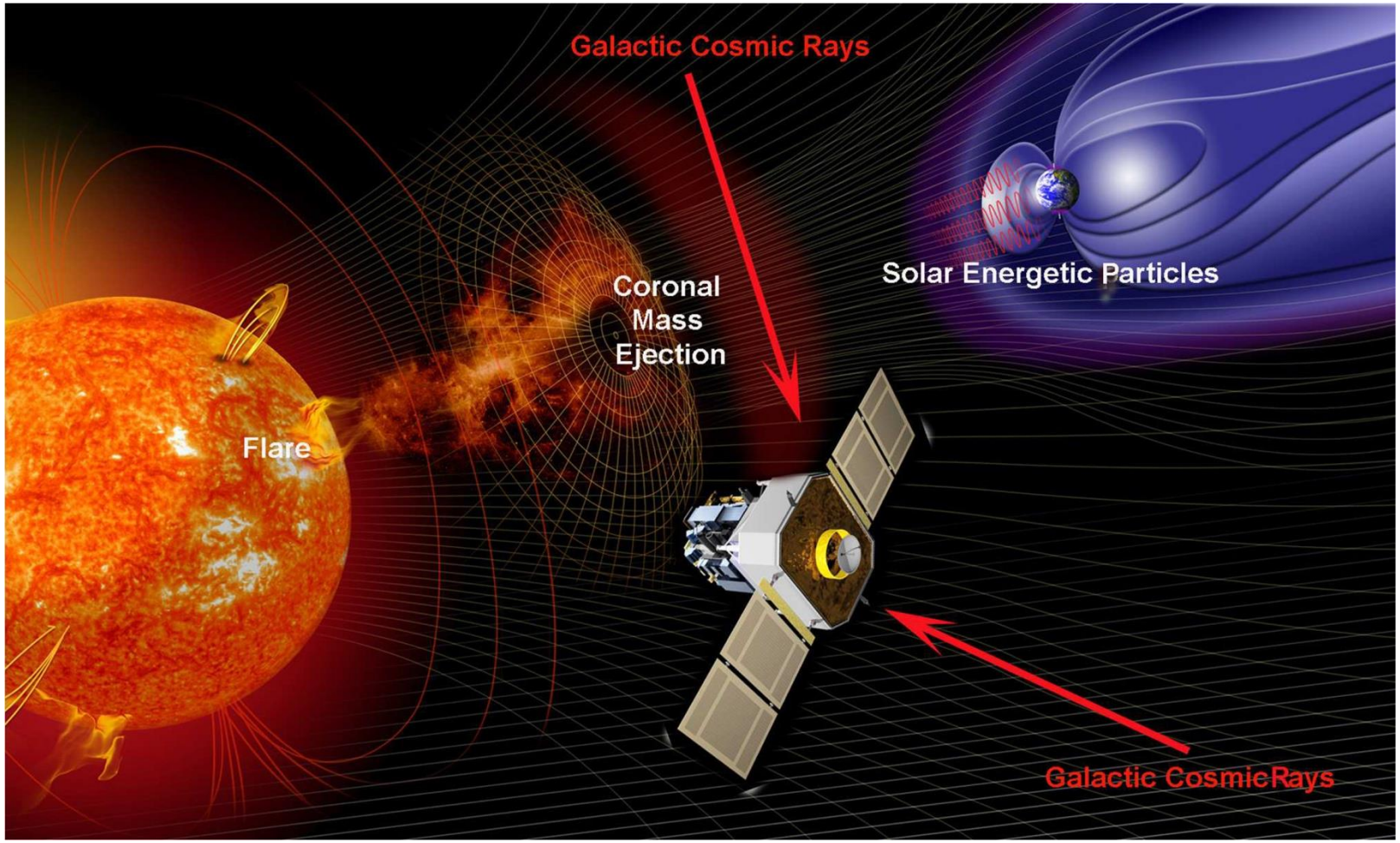
- บทนำ
  - ที่มาและความสำคัญ
  - งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- การศึกษา
  - วัตถุประสงค์ ปัญหา และสมมติฐาน
  - ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
  - ตัวแปรต่าง ๆ
  - วิธีการทำโครงงาน
  - ระยะเวลาในการทำโครงงาน
  - ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับ

ที่มาและความสำคัญ

- การปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์มีผลต่อรังสีคอสมิกที่เข้ามาถึงโลก
- และการปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์ส่งผลต่อความแรงของออโรรา
- แล้วรังสีคอสมิกกับความแรงของออโรรามีความสัมพันธ์ทางอ้อมกับดวงอาทิตย์อย่างไร?

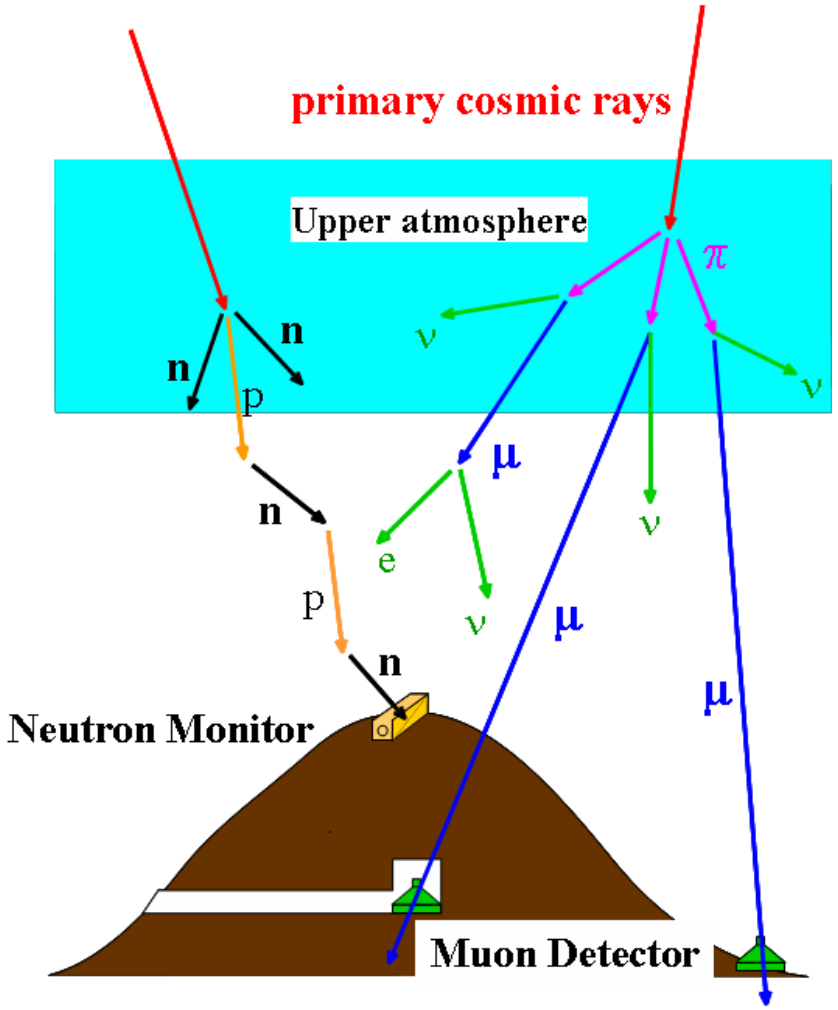
Galactic Cosmic Rays (GCRs) คืออะไร?

- อนุภาคพลังงานสูงจากนอกระบบสุริยะ
- เข้ามาใน Heliosphere
- ถูกเบี่ยงเบนโดยสนามแม่เหล็กดวงอาทิตย์



(S. Koutchmy, 2018)

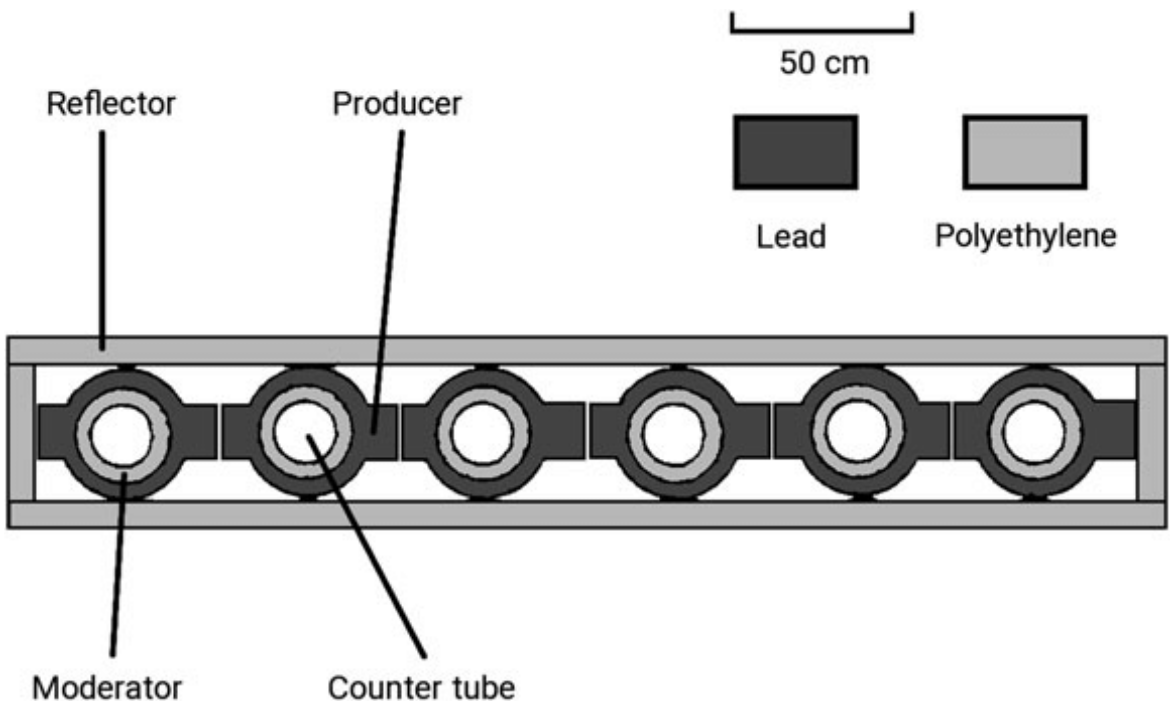
Galactic Cosmic Rays (GCRs) คืออะไร?



- Mostly protons
- เมื่อเข้าสู่ชั้นบรรยากาศโลกแล้วจะชนกับอนุภาคอื่น ๆ ในชั้นบรรยากาศ
- เกิด air shower
  - Neutrons
  - Pions
  - Muons
  - Gamma rays

(Adapted from Ground-Based Cosmic Ray Detectors for Space Weather Applications slide, Bieber, 2011)

Neutron Count Rate (NCR) is?

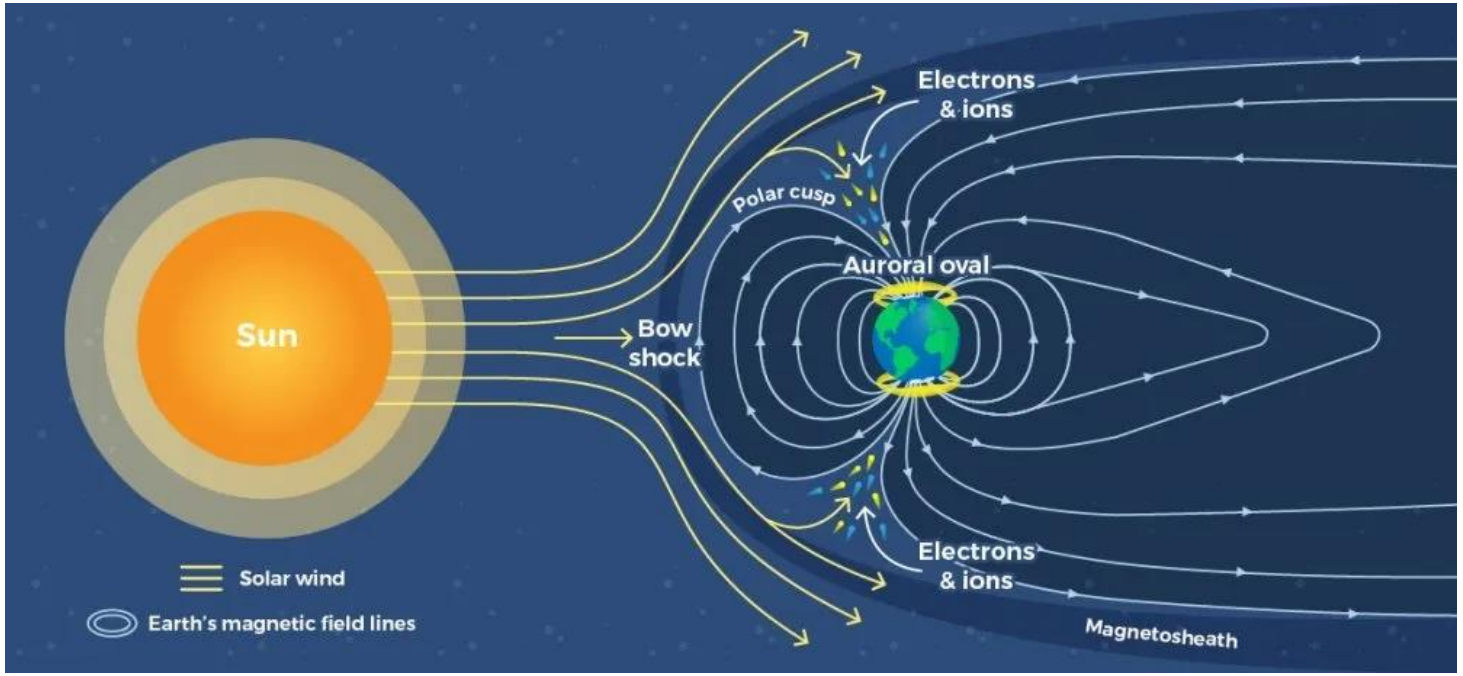


6-NM64 Neutron Monitor

(Bütikofer, Rolf, 2018)

- จำนวนอนุภาคของนิวตรอนต่อวินาที
- สามารถตรวจวัดได้จากเครื่องตรวจวัดบนโลก
- ใช้ตรวจสอบสภาพอวกาศในระยะยาว

การเกิดออโรรา



(Aurora Nights, 2022)

- ลมสุริยะปะทะกับด้านหน้าของสนามแม่เหล็กโลก
- เกิด Magnetic reconnection (IMF และ สนามแม่เหล็กโลก เชื่อมกัน)
- อนุภาคถูกพัดไปยังบริเวณด้านหลังของสนามแม่เหล็กโลก
- อนุภาคกลับเข้ามาที่ขั้วโลก เกิดการชนกับอนุภาคที่อยู่ใน Ionosphere

การเกิดออโรรา

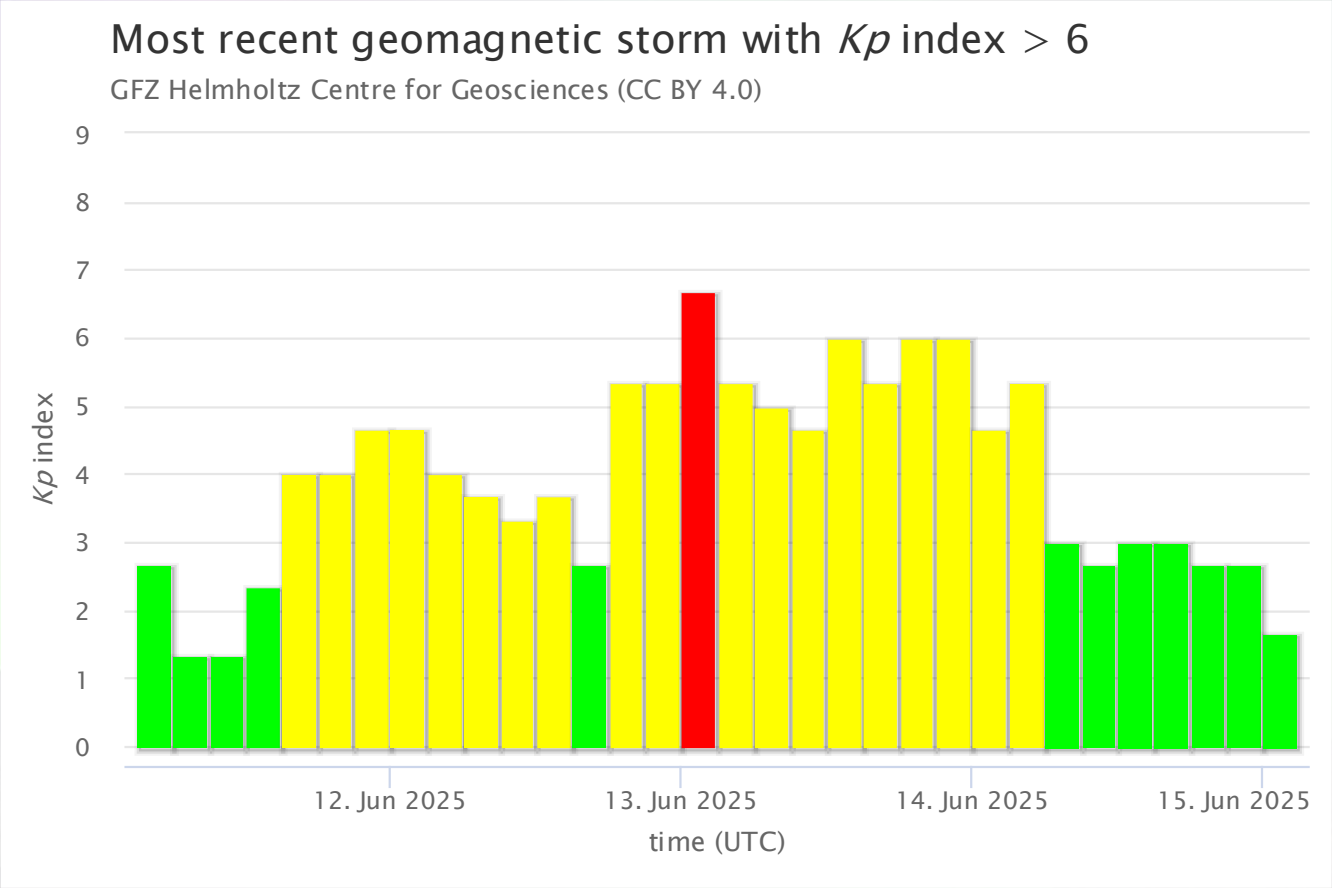
(Visit Norway, 2016)

- เมื่อมี CME หรือ Solar Storm จะทำให้ออโรรามีความรุนแรงมากขึ้น
- CME เป็นการปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์
- Solar Wind เป็นช่วงที่ลมสุริยะรุนแรงมากขึ้น
- จะรู้ได้อย่างไรว่าออโรราเกิดแรงขึ้น/เบาลง?

Solar and Geomagnetic Indices

Kp Index

- Global geomagnetic disturbance
- From 0 – 9
- High Kp means there is magnetic storm

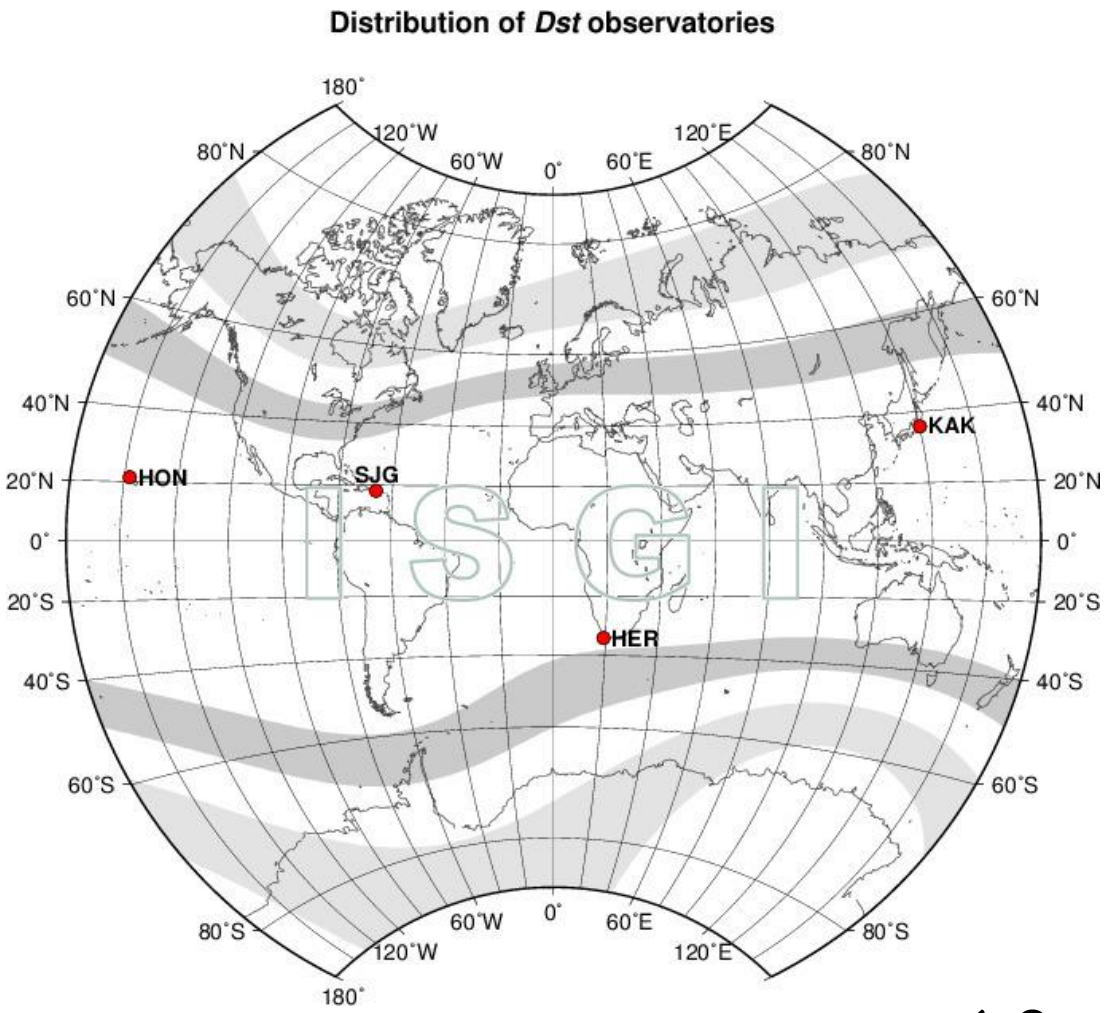


(GFZ Helmholtz Centre for Geosciences, 2025, retrieved 19 July 2025)

Solar and Geomagnetic Indices

Dst: Disturbance Storm Time

- Intensity of the equatorial ring curent (nT)
- More negative Dst, stronger geomagnetic storm

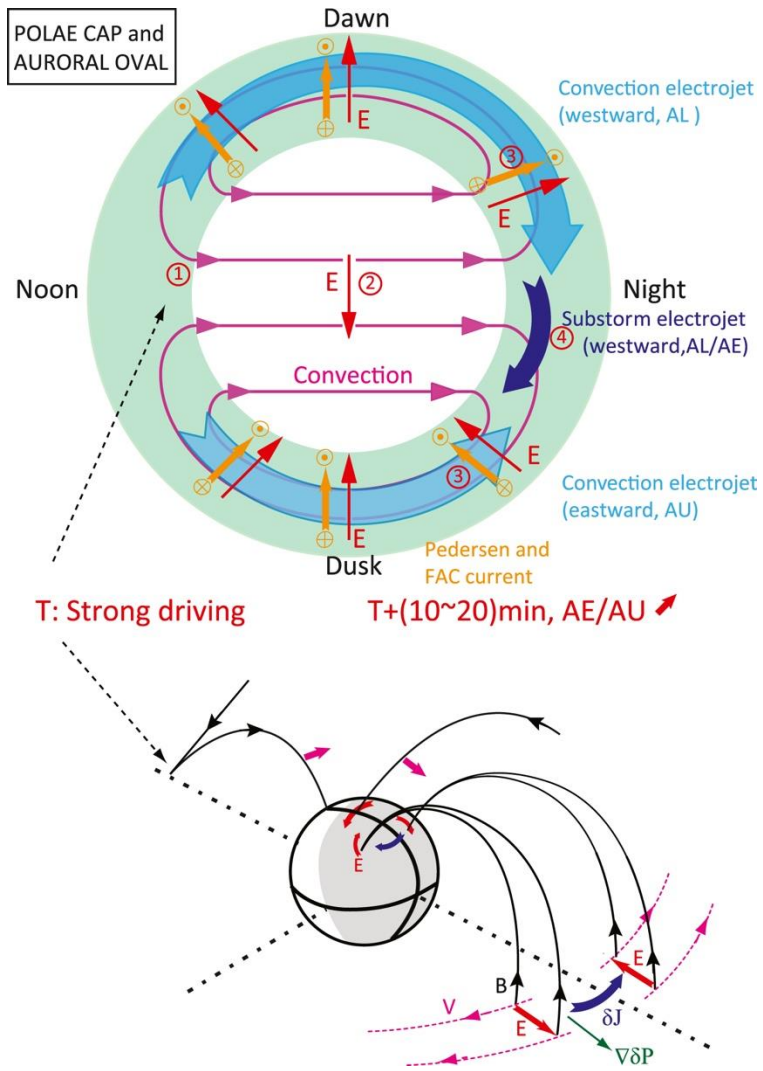


(SIIG/ISGI, 2013)

Solar and Geomagnetic Indices

AE: Auroral Electrojets

- Auroral electrojet curents
- Energy input from solar wind into polar magnetosphere
- AE = AU – AL
- AE > 500 nT = moderate activity
- AE > 1000 nT = strong auroral substorm



(Lei Dai, 2023)

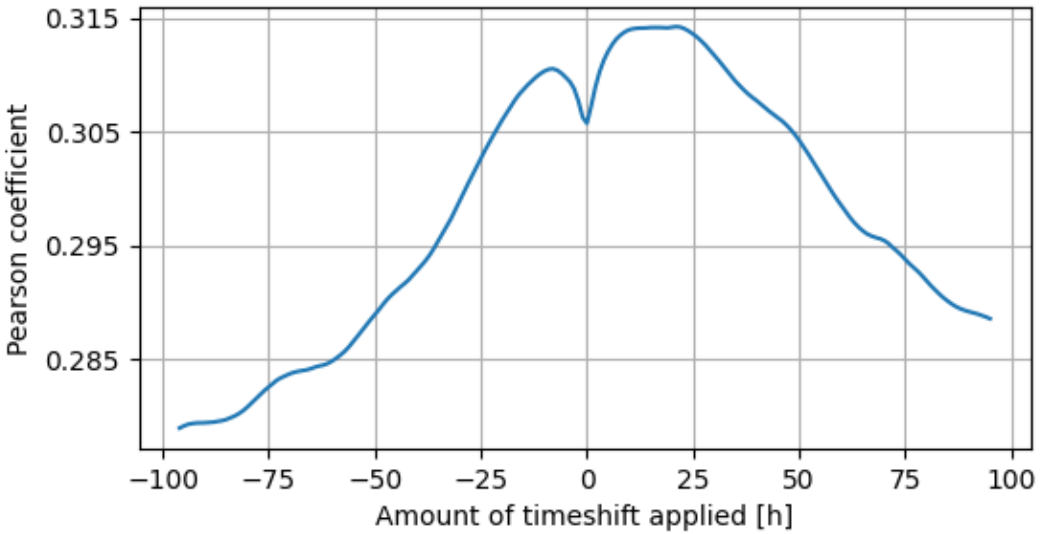
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kisvárdai, Z., Štempel, J., Randuška, M., Pišútová, N., & Ganeva, M. (2025). *Analysis of 42 Years of Cosmic Ray Measurements by the Neutron Monitor at Lomnický štít Observatory*. arXiv. https://arxiv.org/abs/2502.09627

- ศึกษา correlation ของ neutron flux (ย้อนหลัง 42 ปี) กับ F10.7 และ Dst Index
- ได้ผลว่า กับ F10.7 ได้ r = -0.744 และ กับ Dst ได้ r = 0.589 ดังตาราง

	F10.7	Dst	Delayed F10.7	Delayed Dst
Overall neutron flux	-0.743	0.306	-0.742	0.314
Neutron flux during FDs	-0.744	0.555	-0.744	0.589
Neutron flux during GLEs	-0.254	0.340	-	-
Neutron flux during TGEs	-0.533	-0.124	-	-

ตารางแสดง Pearson correlation ของฟลักซ์ของนิวตรอนเฉลี่ย 42 ปี กับ F10.7 และ Dst Index



กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของ Pearson correlation ของ NCR กับ Dst

วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีออโรรา ได้แก่ AE Index และ Kp Index กับอัตราการนับนิวตรอนที่วัดได้จากสถานีตรวจวัดบนโลก

ปัญหา

- ความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่าง AE index และ Kp Index กับอัตราการนับของนิวตรอนเป็นไปในทิศทางใด

สมมติฐาน

- ความสัมพันธ์ระหว่าง AE index และ Kp Index กับอัตราการนับของนิวตรอนเป็นไปในทางตรงกันข้ามกัน

ตัวแปรต้น

- อัตราการนับนิวตรอนที่วัดได้จากสถานีตรวจวัดบนโลก ตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1964 ถึง 2020

ตัวแปรตาม

- AE index และ Kp Index ที่วัดได้

ตัวแปรควบคุม

- ช่วงเวลาที่บันทึกผลการทดลอง

วิธีการทำโครงงาน

1. รวบรวมข้อมูล
   - Neutron Count Rate: https://www.nmdb.eu/nest/
   - AE Index: https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstae/index.html
   - Kp Index: https://kp.gfz.de/en/
2. ใช้ Fractional Date จัดเรียงข้อมูลเข้าด้วยกัน และจัดกลุ่มข้อมูล
3. สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ AE Index Kp Index และ NCR ตามช่วงเวลา
4. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ correlation และ forecasting model

รวบรวมข้อมูล ตัวอย่าง NCR จากสถานี OULU ฟินแลนด์

Timestamp	FractionalDate	UncorrectedCountRate[cts/min]	CorrectedCountRate[cts/min]	Pressure[mbar]
1964-04-01T00:00:00Z	1964.24863	5589	6428	1018.9
1964-04-01T01:00:00Z	1964.24875	5610	6428	1018.4
1964-04-01T02:00:00Z	1964.24886	5640	6444	1018
1964-04-01T03:00:00Z	1964.24898	5646	6431	1017.6
1964-04-01T04:00:00Z	1964.24909	5631	6405	1017.4

https://cosmicrays.oulu.fi

เมื่อประมวลผลเสร็จ

	Date	oulu
0	1964.248634	6428
1	1964.248748	6428
2	1964.248862	6444
3	1964.248975	6431
4	1964.249089	6405

รวบรวมข้อมูล ตัวอย่าง AE Index

AE = AU – AL (nT)

เมื่อประมวลผลเสร็จ

	Date	ae	au	al	ao
0	1964.000000	82.0	99999.99	99999.99	99999.99
1	1964.000114	95.0	99999.99	99999.99	99999.99
2	1964.000228	70.0	99999.99	99999.99	99999.99
3	1964.000342	39.0	99999.99	99999.99	99999.99
4	1964.000455	41.0	99999.99	99999.99	99999.99

```
Format                  IAGA-2002
Source of Data          WDC for Geomagnetism, Kyoto
Station Name            AE Indices
IAGA CODE               AE
Geodetic Latitude
Geodetic Longitude
Elevation
Reported                AE,AU,AL,AO
Sensor Orientation
Digital Sampling
Data Interval Type      1-hour
Data Type               Final
# Converted to IAGA2002 format
#   by WDC for Geomagnetism, Kyoto. 2025-07-19
# The values in the raw of 00:00:00:00.000 are those converted
#  from those in the column of 21-24 which are usually
#  the mean values between 00:00UT and 01:00UT, etc..
DATE       TIME         DOY     AE        AU         AL         AO
1964-01-01 00:00:00.000 001        82.00  99999.99   99999.99   99999.99
1964-01-01 01:00:00.000 001        95.00  99999.99   99999.99   99999.99
1964-01-01 02:00:00.000 001        70.00  99999.99   99999.99   99999.99
1964-01-01 03:00:00.000 001        39.00  99999.99   99999.99   99999.99
1964-01-01 04:00:00.000 001        41.00  99999.99   99999.99   99999.99
```

ข้อมูลทุกชั่วโมง

https://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3.html

รวบรวมข้อมูล

ตัวอย่าง Kp Index

วันที่ วันที่นับจาก 1 Jan.1932

00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, ...

https://kp.gfz.de/en/data

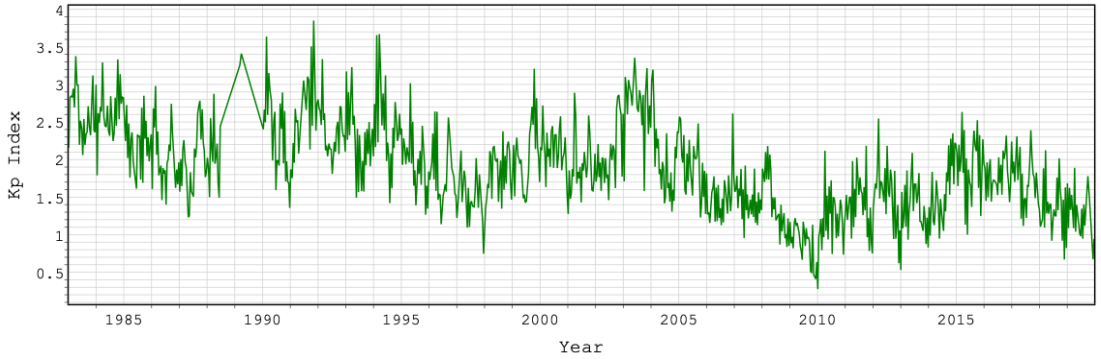
1964	01	01	11688	11688.5	1785	7	1.000	0.333	1.667	1.667	1.667	2.000	2.333	1.667
1964	01	02	11689	11689.5	1785	8	1.333	6.000	6.333	6.667	5.333	4.667	4.000	3.000
1964	01	03	11690	11690.5	1785	9	4.333	4.333	2.667	3.000	3.333	3.667	3.333	3.667
1964	01	04	11691	11691.5	1785	10	4.333	4.333	2.667	2.000	3.333	3.333	3.333	3.000
1964	01	05	11692	11692.5	1785	11	2.333	2.333	2.667	1.333	2.000	1.333	2.333	1.333

เมื่อประมวลผลเสร็จ

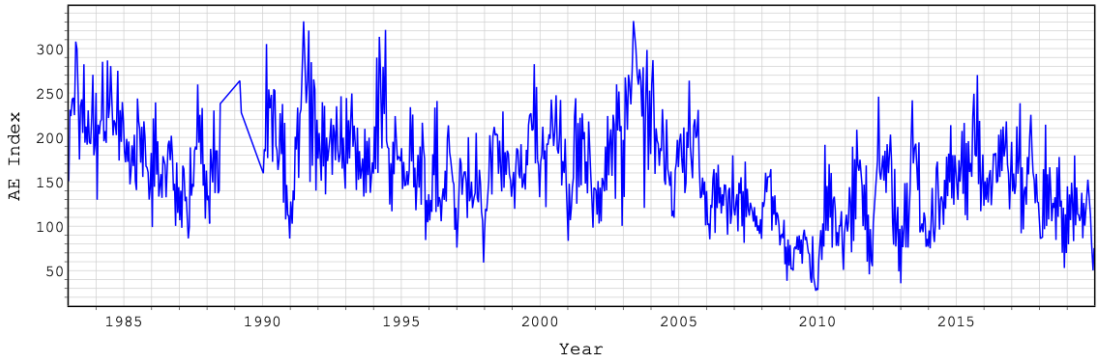
	Date	ae	oulu	apty	psnm	thul	Kp
0	1964.000000	82.0	NaN	7614.0	NaN	4394.0	1.000
1	1964.000114	95.0	NaN	7614.0	NaN	4358.0	NaN
2	1964.000228	70.0	NaN	7655.0	NaN	4383.0	NaN
3	1964.000342	39.0	NaN	7655.0	NaN	4335.0	0.333
4	1964.000455	41.0	NaN	7529.0	NaN	4419.0	NaN

แสดงผลข้อมูล

Kp Index

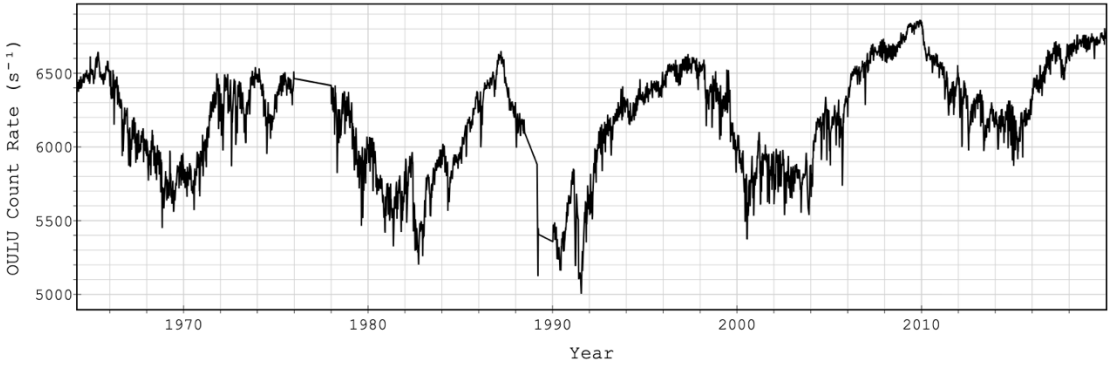


AE Index



Thule NCR

OULU NCR



แผนการทำโครงงาน

	กิจกรรมที่ทำ	ระยะเวลาปฏิบัติงาน				
		พ.ค. 68	มิ.ย. 68	ก.ค. 68	ส.ค. 68	ก.ย. 68
1	สืบค้นข้อมูล ศึกษาเกี่ยวกับกิจกรรมของดวงอาทิตย์และอัตราการนับของนิวตรอน					
2	เขียนโปรแกรมเพื่อศึกษาแนวโน้มและความสัมพันธ์ระหว่าง Kp index, AE index และอัตราการนับของนิวตรอน					
3	วิเคราะห์และอภิปรายผลที่ได้					
4	เขียนสรุปและจัดทำรายงานโครงงาน					

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถอธิบายความสัมพันธ์ทางอ้อมของการปลดปล่อยจากดวงอาทิตย์ต่อความสัมพันธ์ของ อัตราการนับของนิวตรอนและดัชนีออโรราได้
- สามารถสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่าง AE Index และ Kp Index กับอัตราการการนับของนิวตรอนได้ และเพื่อทำนายเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของดวงอาทิตย์ในอนาคตได้

สิ่งที่ต้องการต่อยอด

1. วิเคราะห์ข้อมูลนอกเหนือจาก AE Index และ Kp Index เช่น (Dst, SSN, F10.7)
2. คำนวณความสัมพันธ์ correlations
3. เปรียบเทียบและสร้างโมเดลเพื่อการทำนาย

บรรณานุกรม

Kauristie, K., Tanskanen, E. I., Lappalainen, K., et al. (2017). *Geomagnetic indices and their applications.* Space Weather and Space Climate, EGU.

Kisvárdai, Z., Štempel, J., Randuška, M., Pišútová, N., & Ganeva, M. (2025). *Analysis of 42 Years of Cosmic Ray Measurements by the Neutron Monitor at Lomnický štít Observatory*. arXiv. https://arxiv.org/abs/2502.09627

Mangeard, P. S., Clem, J. M., Evenson, P. A., & Munakata, K. (2016). *Modeling the response of neutron monitors to high-energy cosmic rays.* Journal of Geophysical Research: Space Physics, 121(6), 5936–5950. https://doi.org/10.1002/2016JA022638

Matzka, J., Stolle, C., Yamazaki, Y., Bronkalla, O. and Morschhauser, A., 2021. *The geomagnetic Kp index and derived indices of geomagnetic activity*. Space Weather, https://doi.org/10.1029/2020SW002641

Okpala, K. C., Akinrimisi, J., & Oladosu, A. (2015). *Galactic Cosmic Ray Variability at Two Neutron Monitors: Relation to Kp Index*. International Scholarly Research Notices, 2015, Article ID 961358. https://doi.org/10.1155/2015/961358

Usoskin, I. G., Koldobskiy, S. A., & Gil, A. (2017). *Cosmic ray-induced ionization in the atmosphere: spatial and temporal changes.* Journal of Space Weather and Space Climate, 7, A17. https://doi.org/10.1051/swsc/2017015

รหัสโครงงาน 33E-PH03-01

Investigation of Correlation between Aurora Indexes and Neutron Monitor Count Rate

นางสาวณัฏฐ์ฎาพร ทองพันธ์ ชั้น ม.6/6 เลขประจำตัวนักเรียน 08939

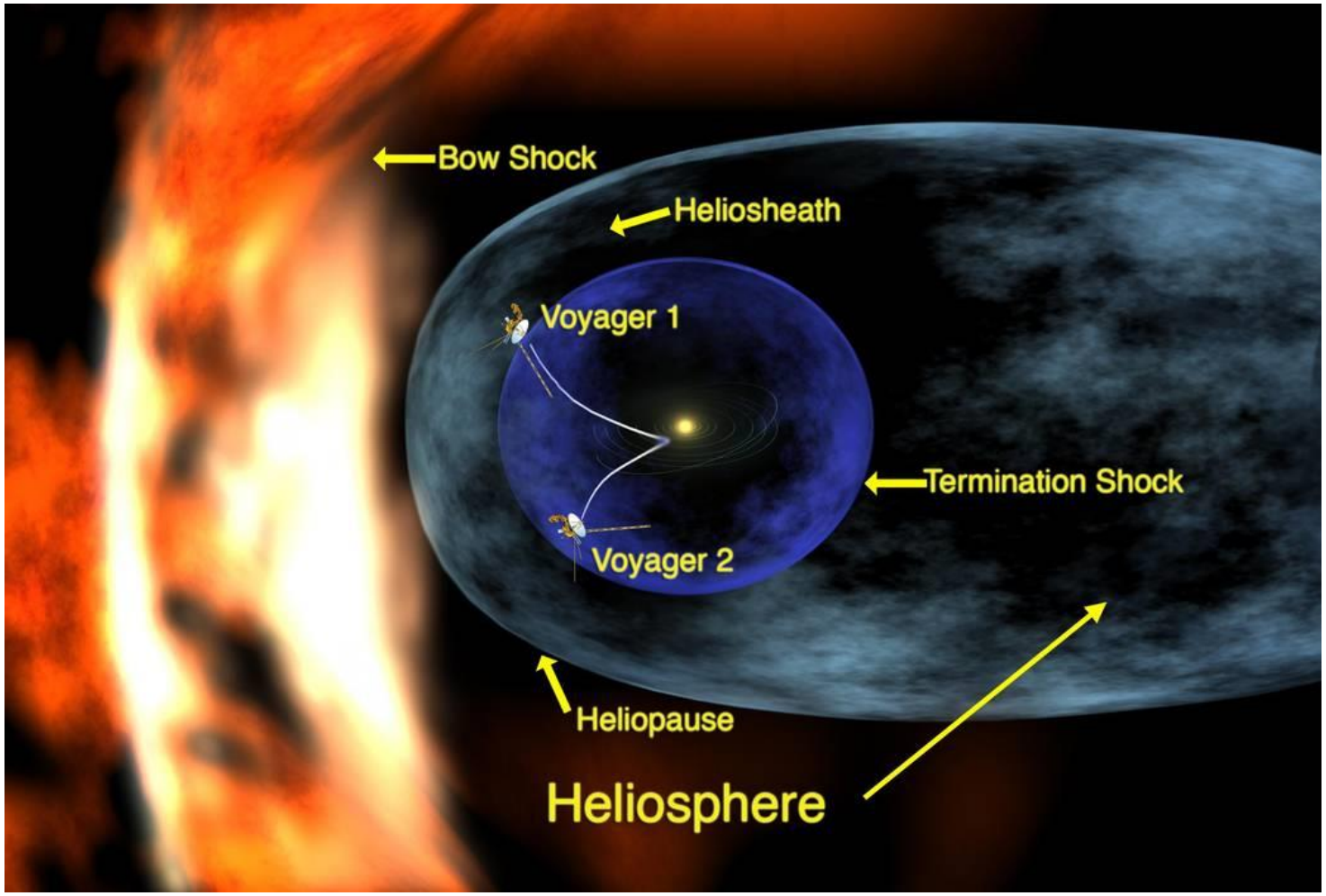
อาจารย์ปราณี ดิษรัฐกิจ

อาจารย์เกล็ดทราย ภูผาคุณ

อาจารย์กมลพร กันทะวงค์

Thank you for listening

Heliosphere



(NASA, 2018)

- Giant magnetic shield surrounding solar system

OULU Specifications

Sodankyla Geophysical Observatory of the University of Oulu

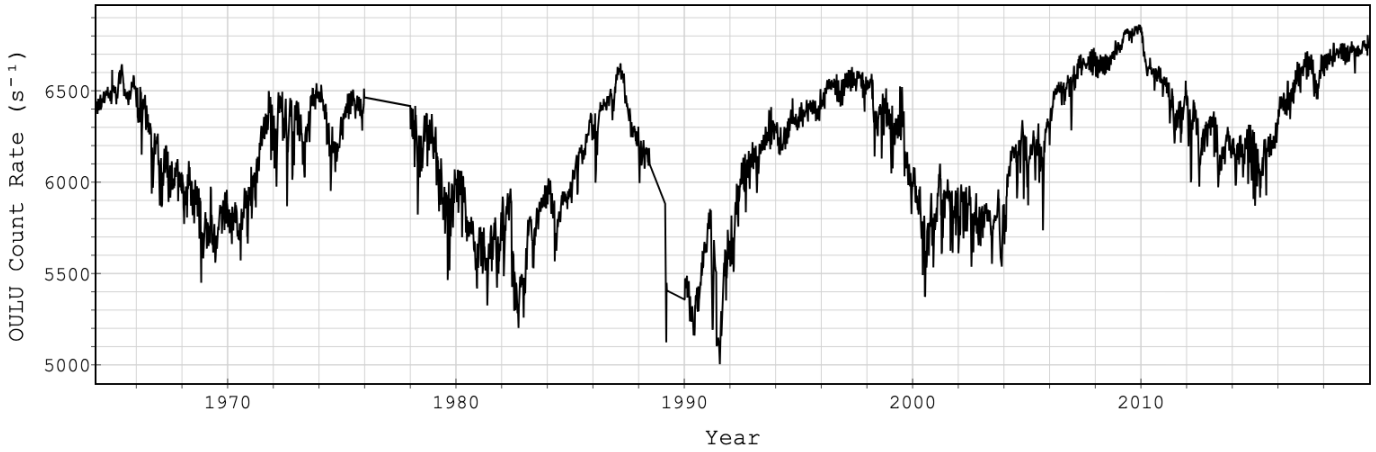
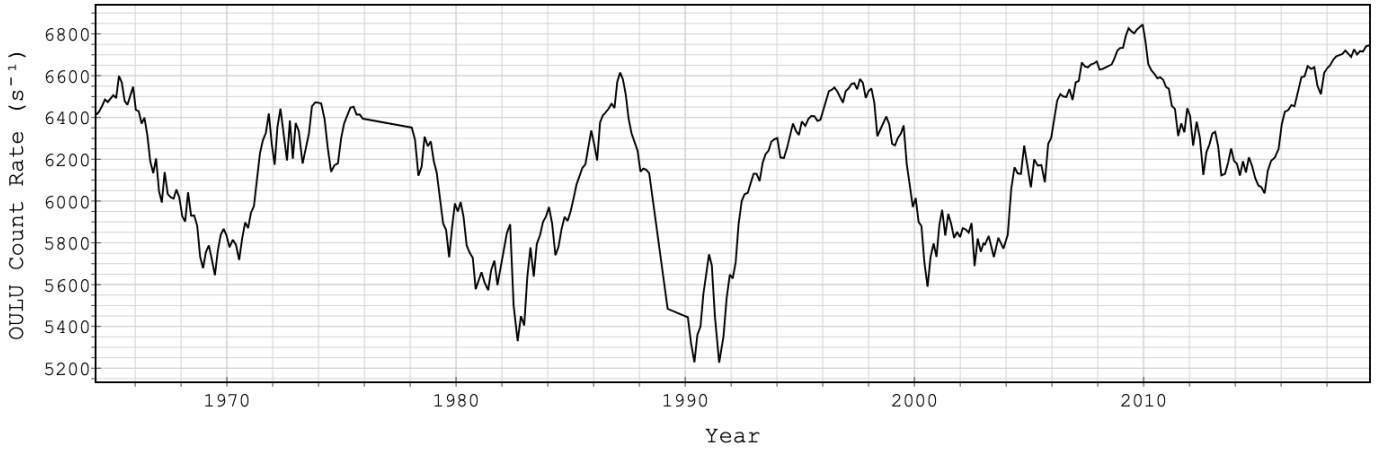
Detector	9-NM-64 (Chalk River tubes)
Geographic latitude	65.05° N
Geographic longitude	25.47° E
Altitude	15 m asl
Effective vertical cutoff rigidity	~0.8 GV
In operation since	April 1964
Time resolution:	1-hr - since 1964
	5-min - since 1985
	1-min - since 1995
	10-sec - 1995-2008

https://www.nmdb.eu/station/oulu/#specifications

Averaging data

- แบ่งข้อมูลเป็นกลุ่ม
- กลุ่มละ ... ข้อมูล
- ในแต่ละกลุ่ม หาค่าเฉลี่ย
- เอาเวลาของค่าตรงกลางเป็นตัวแทนของกลุ่มเพื่อ plot graph

Group size = 100



Group size = 1,000