

宇宙線到来頻度と太陽活動

佐々木柚榎¹、佐々木真奈香²、田中香津生^{3,4}

¹大阪市立豊崎中学校2年、大阪府

²東北大学医学部、宮城県

³加速キッチン合同会社、宮城県

⁴早稲田大学理工学部、東京都

この探究活動では宇宙線と太陽活動(主に地磁気)の相関関係を調査した。太陽フレア活動などの太陽活動とそれに伴う一連の現象は宇宙天気と呼ばれ[1]、通信・放送などの電波利用や電力、航空運航などの私たちの生活に影響を及ぼすことが知られている。この研究では、そういった影響を及ぼしかねない太陽活動や宇宙天気が安価な宇宙線検出器を用いて簡単にモニタリングできないかと考え、太陽活動に影響を受ける地磁気と宇宙線到来頻度との間に相関関係がないか太陽活動によって影響を受ける地磁気、太陽X線強度、プロトンフラックスと宇宙線到来頻度をプロットして調べた。静穏時のデータを用いた今回の解析からはこれらの指標と宇宙線到来頻度との間に相関関係は認められなかった。

1. 背景

太陽活動は、短波障害などの問題を起こす可能性を持つ(図1)。また、仙台第一高等学校による宇宙線と太陽黒点の相関関係に関する研究では、太陽黒点の数と宇宙線到来頻度のあいだに負の相関が見れるとされている。そこで、小型宇宙線検出器COSMICWATCHを用いて黒点数以外の太陽活動の指標と宇宙線到来頻度の関係を調べたいと思い、この研究を始めた。

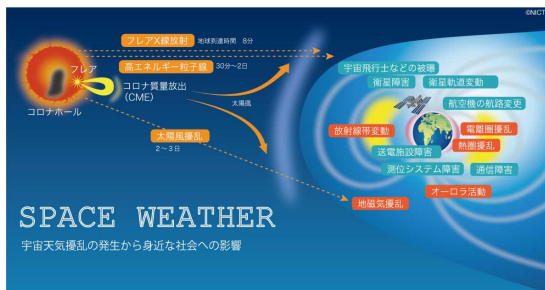


図1. 宇宙天気擾乱の発生と社会への影響の概念図[1]

今回用いた太陽活動の指標はプロトンフラックス、地磁気変動、太陽X線強度である。

プロトン現象は人工衛星の障害、地磁気擾乱は送電施設へのトラブル、太陽X線強度は短波障害などを引き起こす可能性をもつ[2]。この研究では、これらの大きい影響を及ぼす宇宙天気現象と宇宙線到来頻度の関係を研究することで、より簡単に太陽活動をモニタリングできるようにすることを目標としている。

2. 方法と結果

2.1. 実験装置

今回の実験には小型宇宙線観測機COSMICWATCHのデータを用いた。ノイズを減らすため、検出器は地面に対し垂直に重ね、2台同時に検出された宇宙線のみをカウントした。(図2)(図3)

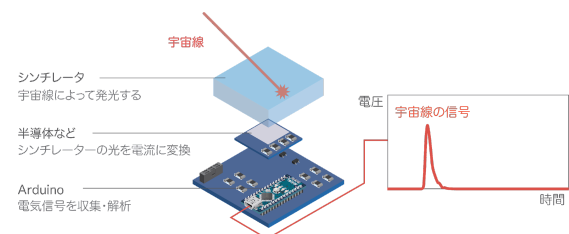


図2. 宇宙線検出器COSMICWATCHの仕組み[3]



図3.観測の様子

2.2. プロトンフラックスと宇宙線到来頻度

NOAAによって提供されているGOES衛星のプロトンフラックス[4]をもとに解析している(図4)。

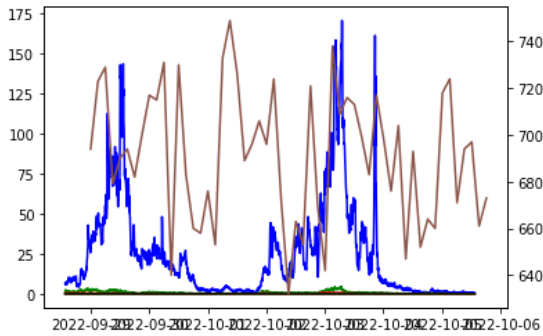


図4. プロトンフラックスと宇宙線到来頻度

日時: 2022/09/30~2022/10/06
 プロトンフラックス: >=1 MeV 青、>=5 MeV 緑、>=10 MeV 赤、>=30 MeV マゼンタ、>=100 MeV イエロー、>=500 MeV 黒
 3時間ごとの宇宙線到来数: 茶
 左: プロトンフラックス(PFU particles/cm² sr s) 右: 宇宙線到来頻度

探究活動を開始してから今までの間で大規模な太陽プロトン現象は起こっていないため、大きな変動は見られていないが、解析を続けて行きたい。

2.3. 地磁気変動と宇宙線到来頻度

NOAAによって提供されているGOES衛星の地磁気フラックス(全磁力)[5]及び国土地理院によって公開されている地磁気連続観測データ[6]と宇宙線到来頻度を比較した。(図5)

(図6)

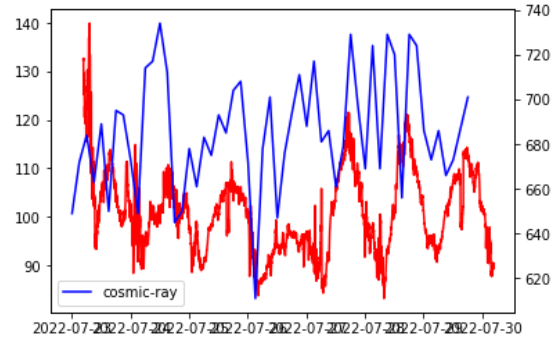


図5. GOES衛星の地磁気強度と宇宙線到来頻度の比較

青のグラフ: 3時間ごとの宇宙線到来頻度
 赤のグラフ: GOES衛星の観測した地磁気(全磁力)
 日時: 2022/07/22 - 2022/07/29
 左: 地磁気強度(nT) 右: 宇宙線到来頻度

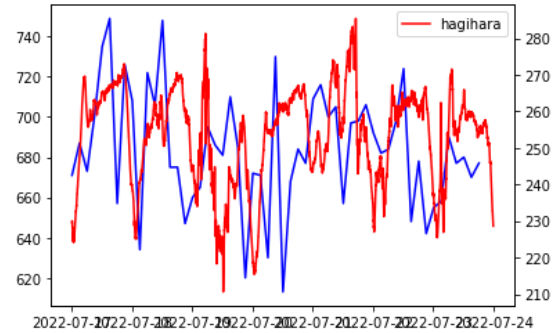


図6. 国土地理院の地磁気強度(萩原)と宇宙線到来頻度の比較

日時: 2022/07/16 - 2022/07/23
 青のグラフ: 3時間ごとの宇宙線到来頻度
 赤のグラフ: 地球電磁気連続観測装置データ(萩原)
 左: 地磁気強度(nT) 右: 宇宙線到来頻度

GOES衛星、国土地理院との相関係数はそれぞれ0.040と0.023と小さくなっていったため、このデータからは地磁気と宇宙線到来頻度との相関関係は見られないと結論づけた。

2.4. 太陽フレア(X線強度)と宇宙線到来頻度

NOAAによって提供されているX線フラックス[7]と宇宙線到来頻度を比較した。(図7)

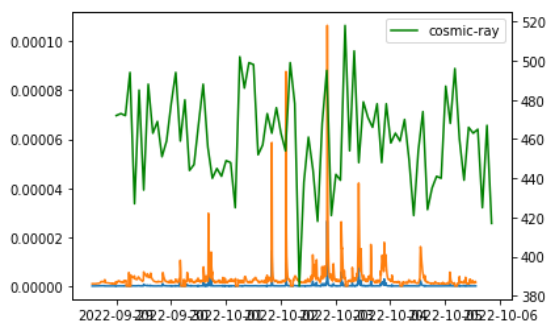


図7. GOES衛星のX線フラックスと宇宙線到来頻度の比較

日時: 2022/09/29~10/05
緑: 2時間ごとの宇宙線到来数
X線強度 橙: 0.05-0.4nm 青: 0.1-0.8nm
左: X線強度 (Watts/m²) 右: 宇宙線到来頻度

データ解析をしたときは太陽活動が比較的静穏だった時の為、大規模なフレア活動が起きている時の変動を解析していきたい。

3. 考察・結論

この探究活動で、宇宙線到来頻度と太陽活動の相関関係を見る事は出来なかった。ただ、どの現象においても静穏時のデータを用いて解析したため、そもそもの変動が小さかった可能性がある。

4. 展望

今回の静穏時のデータでは相関関係が見られなかったため、プロトンフラックス、地磁気強度、X線強度が大きく変動するような大規模な太陽フレアなど太陽活動の際の宇宙線到来頻度との関係を調べていきたい。

また、地磁気に関しては日変化が大きいため、全磁力ではその擾乱が分かりにくかった可能性もある。そのため、地磁気擾乱の指標として用いられるK指数や日本近郊で地磁気擾乱時に変動が大きい水平分力を用いた解析をしていきたい。

5. 参考文献

[1] 国立研究開発法人 情報通信研究機構, 宇宙天気とは, <https://swc.nict.go.jp/knowledge/relation.html>(2022年12月3日閲覧)

[2] 総務省国際戦略局宇宙通信政策課, 宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会報告書, https://www.soumu.go.jp/main_content/000821116.pdf (2022年12月3日閲覧)

[3] 加速キッチン, 素粒子検出器を使って探究, <https://accel-kitchen.com/tanq-cosmicray/>

[4] アメリカ海洋大気庁, GOES Proton Flux, <https://www.swpc.noaa.gov/products/goes-proton-flux>

[5] アメリカ海洋大気庁, GOES Magnetometers, <https://www.swpc.noaa.gov/products/goes-magnetometer>

[6] 国土地理院, 地磁気連続観測データ, https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/geomag/menu_03/observatory_data.html

[7] アメリカ海洋大気庁, GOES X-ray Flux, <https://www.swpc.noaa.gov/products/goes-x-ray-flux>