

# $\mu$ 粒子検出頻度の周期性と太陽活動との相関解析

秋田高校宇宙線班：

池本 雄途、加藤 文也、柴田 圭輔（高2）【秋田県立秋田高等学校】

## 要旨

本研究では、秋田県立秋田高等学校生物実験室内に $\mu$ 粒子検出器CosmicWatchを設置し、 $\mu$ 粒子の検出を行った。また、解析には $\mu$ 粒子のデータの他に、太陽活動のデータとして太陽活動定量評価（太陽磁場、太陽風、太陽フレアの変動を総合的に評価したもの）と黒点相対数という2つの指標を用い、解析を行った。その結果、太陽活動と $\mu$ 粒子検出頻度には負の相関があることがわかった。さらに、太陽活動の各データと $\mu$ 粒子検出頻度に共通して18日周期が見られたことから、 $\mu$ 粒子検出頻度の周期性の要因として太陽活動が存在することが示唆された。

## 1. 研究の背景

太陽活動と宇宙線の飛来には負の相関があることが報告されている<sup>[1]</sup>。太陽活動が活発化することとは、太陽フレアの温度上昇や太陽磁場強度が増加することを示す。太陽活動が活発化すると、太陽磁場の強化により宇宙線の飛来の進路が変更され、地球への宇宙線の飛来が減少するという仕組みである。

先行研究から、 $\mu$ 粒子検出頻度には周期性があることが報告されている<sup>[2]</sup>。しかし、 $\mu$ 粒子検出頻度の周期性の要因は完全には解明されていない。そこで、このような太陽活動と宇宙線との関係から、 $\mu$ 粒子検出頻度の周期性の要因の1つとして太陽活動があるという仮説を立て、様々な観点から解析を行った。

## 2. 方法

要旨にあるとおりにCosmicWatchを設置し、 $\mu$ 粒子の飛来を検出した。検出の際に、1台での観測とcoincidence法による2台での観測を行った。I、II、IIIの解析では1台での観測のデータを用いた。また、IVでは2台での観測のデータを用いた。また、太陽活動のデータとして、太陽活動定量評価<sup>[3]</sup>（宇宙天気予報内の日報を参考にし、静穏→1、やや活発→2、活発→3、非常に活発→4とした）、黒点相対数<sup>[4]</sup>を用いた。これらのデータをGooglecolaboratory、Microsoft Excelを用いて相関・周期を解析した。具体的な周期解析の手法としては、 $\mu$ 粒子検出頻度と黒点相対数にはLomb-Scargle Periodogram、太陽活動定量評価には離散フーリエ変換を用いた。

## 3. 結果

I) 太陽活動定量評価の値が1と4であるときに着目し2021年12月15日-2022年5月31日の期間について解析を行った。結果を図1に示す。このエラーバーは標準誤差の2倍の値である。このグラフから、太陽活動の値が1と4のときには有意差があり、太陽活動が活発なときの方が $\mu$ 粒子検出頻度は小さくなることが分かった。

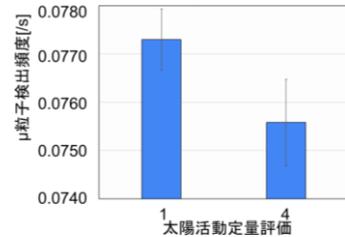


図1 太陽活動の値ごとの $\mu$ 粒子検出頻度の平均

II) 太陽活動定量評価と黒点相対数、 $\mu$ 粒子検出頻度の偏相関係数を求めた。期間はIと同様である。xは $\mu$ 粒子検出頻度、yは太陽活動定量評価、zは黒点相対数とした。また、 $r_{xy}$ 、 $r_{yz}$ はzの要素を取り除いたxとyの偏相関係数のこととする。この解析の結果を右の表1に示す。このことから、太陽活動と $\mu$ 粒子検出頻度には負の相関があることが分かったが、やや弱いものであった。

表1 各因子の偏相関係数

偏相関係数	$r_{xy,z}$	$r_{yz,x}$	$r_{zx,y}$
	-0.157	0.297	-0.111

III) 太陽活動と $\mu$ 粒子検出頻度の年較差について解析を行った。黒点相対数の平均の変化を図2に、 $\mu$ 粒子検出頻度の平均の変化を図3に示す。この2つのグラフから、2020年から太陽活動は活発化してきており、 $\mu$ 粒子検出頻度は減少してきていることが分かった。

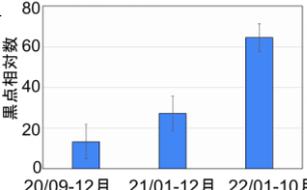


図2 期間内の黒点相対数の平均

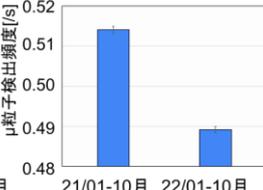


図3 期間内の $\mu$ 粒子検出頻度の平均

IV)  $\mu$ 粒子検出頻度、太陽活動定量評価、黒点相対数の周期解析で見られた主要な周期を表2に示す。 $\mu$ 粒子検出頻度は2021年9月3日-2022年5月31日まで、太陽活動定量評価と黒点相対数は2021年12月15日-2022年5月31日のデータについて解析を行った。この結果から、全てにおいて18日周期が共通してみられた。

表2 周期解析の結果

	見られた周期[日]
$\mu$ 粒子検出頻度	12,18
太陽活動定量評価	15,18,24
黒点相対数	18,22

## 4. 考察

I、II、IIIの解析から、 $\mu$ 粒子検出頻度と太陽活動には負の相関があることが分かった。このことから太陽活動と $\mu$ 粒子には密接な関連があると考えられる。さらに、IVの解析から周期が共通してみられたため、 $\mu$ 粒子検出頻度が周期性を持つ要因の1つとして太陽活動があると示唆された。

## 5. 参考文献

- 宮原ひろ子（2009）、太陽活動と宇宙線、そして気候変動、科学79（12）特集太陽活動の謎と発見、p1380-1382
- 成田陽介、平野夏樹（2022）、第46回全国高等学校総合文化祭東京大会要旨
- 国立研究開発法人通信研究機構宇宙天気予報、<https://swc.nict.go.jp/>（2023年1月21日確認）
- 国立天文台太陽観測プロジェクト三鷹太陽地上観測、[https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/db\\_sunspot.html](https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/db_sunspot.html)（2023年1月21日確認）