

태양라지오복사흐름과 양성자사건들사이의 연관성에 관한 통계적해석

박경일, 신순애, 정석

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《지구우에 존재하는 모든 생명체와 자연현상은 태양의 영향을 크게 받고있습니다.》
(《김정일전집》 제3권 380페이지)

태양양성자사건(SPE)들은 태양폭발, 코로나, 행성간충격파, 라지오분출 등과 밀접히 연관되어있다.[1, 2] 태양양성자사건들을 예보하기 위한 선행연구에서는 대체로 IV형분출이 II형분출에 비해 앞선다는것을 밝히고[3, 4] 태양양성자사건들과 코로나물질방출들 그리고 라지오분출들사이의 관계를 해석하였다.[5]

최근에 우리는 태양라지오복사흐름을 리용하여 태양양성자사건들을 예보하기 위한 연구를 진행하여 몇가지 결과들을 얻었는데 이 논문에서는 2 800, 1 415, 610MHz의 주파수들에서 태양양성자사건들과 연관된 3일동안의 태양라지오복사흐름의 상대적인 전반적증가률, 태양양성자사건들을 예보하기 위한 총태양라지오복사흐름특성, 태양양성자사건들과 태양라지오복사흐름의 연관성에 대한 통계적해석을 진행하였다.

우리는 1976년부터 1994년까지의 태양지구물리자료(SGD)에 발표된 2 800, 1 415, 610MHz에서 총태양라지오복사흐름과 태양양성자사건들을 리용하였다. 그 기간에 모두 131개의 태양양성자사건들이 기록되었는데 태양라지오복사흐름자료의 부족으로 하여 111개만을 취급하였다.

흑점상대수와 총태양라지오복사흐름(SRF), 태양양성자사건들을 그림 1에 보여주었다.

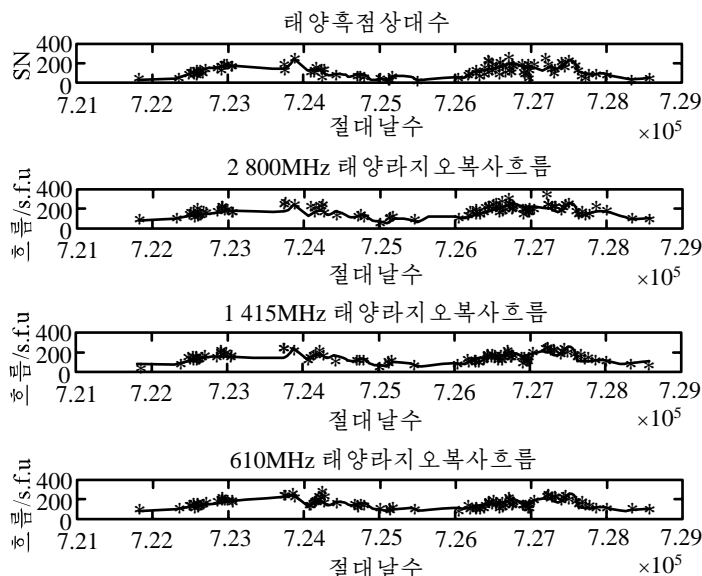


그림 1. 흑점상대수, 총태양라지오복사흐름과 태양양성자사건(*)

일반적으로 활성구역의 태양에너지립자들과 연관된 천천히 변하는 라지오원천들은 강하게 복사한다. 태양의 회전으로 하여 태양원면의 태양활성지역이 동쪽변두리에 나타날 때 총태양라지오복사흐름은 여전히 증가한다.

먼저 1976년부터 1994년까지의 2 800, 1 415, 610MHz의 각이한 주파수들에서 연속 3일 동안의 태양라지오복사흐름증가와 관련된 태양양성자사건들의 수를 계산한다.

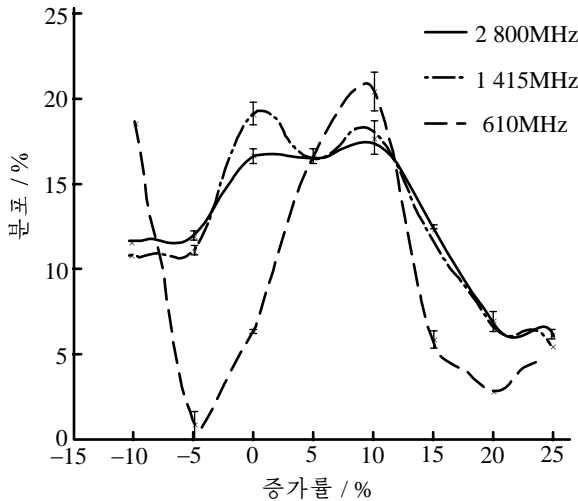


그림 2. 태양양성자사건들과 연관된 태양라지오복사흐름의 상대적인 전반적증가률에 대한 확률분포

다음으로 태양라지오복사흐름의 전반적증가률과 연관된 태양양성자사건들의 발생확률을 결정한다.

그림 2에 태양양성자사건들과 연관된 태양라지오흐름의 상대적인 전반적증가률에 대한 확률분포를 보여주었다.

최소2제곱법에 의하여 자료를 근사시키기 위하여 n 차다항식을 구할수 있다. n 차다항식 $f(x_i)$ 에서 x_i 는 상대적증가률을 의미하며 $y_o=f(x_i)$ 는 확률분포를 의미한다.

$$y_o = f(x_i) = \sum_{k=1}^{n+1} ar_k \cdot x_i^{n-k+1}$$

여기서 ar_k ($k=1, 2, 3, \dots, n+1$)는 다항식의 계수를 의미한다.

상대증가률에 대한 확률분포는 2 800,

1 415, 610MHz의 주파수들에서 계산하면 11, 13, 17차다항식들로 각각 근사화된다.

그림 2로부터 알수 있는것처럼 태양양성자사건들과 연관된 총태양라지오복사흐름의 확률분포의 최대값들은 태양라지오복사흐름의 상대적인 전반적증가률이 2 800, 1 415, 610MHz의 주파수들에서 각각 -10, 0, 10%일 때 결정된다.

3개의 주파수 2 800, 1 415, 610MHz에서 태양양성자사건들과 관련된 총태양라지오복사흐름의 분포를 연구하였는데 이 주파수들에서의 최대값, 최소값, 평균값 그리고 분산값들을 표 1에, 확률분포의 최대값을 표 2와 그림 3에 보여주었다.

표 1. 태양양성자사건들과 연관된 총태양라지오복사흐름의 최대값, 최소값, 평균값 그리고 분산값들

주파수/MHz	최소값/s.f.u	최대값/s.f.u	평균값/s.f.u	분산값/s.f.u
2 800	71.6	348.6	187.8	53.3
1 415	50	233	131.1	53.7
610	36.8	147	81.99	22.3

표 2. 태양양성자사건들과 연관된 총태양라지오복사흐름의 확률분포의 최대값

주파수/MHz	절대/s.f.u	복사흐름/s.f.u	최대확률/%
2 800	6.925	189.32	10.811
1 415	4.575	104.9	12.613
610	2.755	75.37	11.712

모든 분포들은 최소2제곱법에 기초한 다항식으로 근사화된다. 즉 태양라지오복사흐름에 대한 확률분포는 2 800, 1 415, 610MHz에서 11, 13, 17차다항식으로 근사화된다.

표 2와 그림 3으로부터 주파수 2 800MHz에서는 189.32s.f.u보다 클 때 그리고 주파수 1 415, 610MHz에서는 104.9, 75.37s.f.u보다 클 때 태양양성자사건들이 일어난다는것을 통계적으로 알수 있다.

맺 는 말

태양양성자사건들과 연관된 총태양라지오복사흐름의 확률분포의 최대값들은 태양라지오복사흐름의 상대적인 전반적증가률들이 2 800, 1 415, 610MHz의 주파수들에서 각각 -10, 0, 10%일 때 결정된다.

태양양성자사건들은 총태양라지오복사흐름이 위의 3개 주파수들에서 각각 189.32, 104.9, 75.37s.f.u보다 클 때 일어난다.

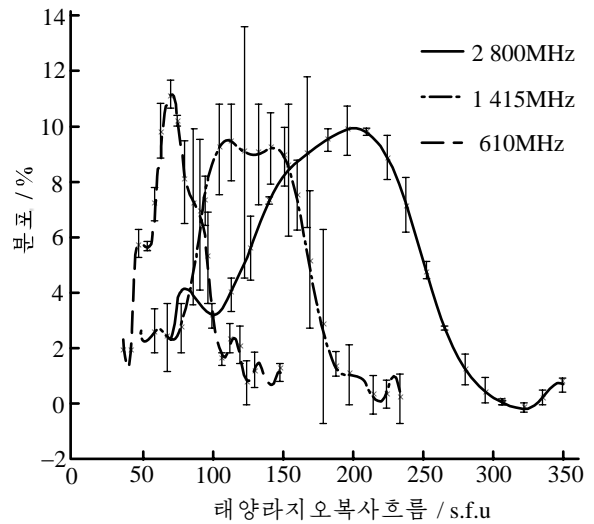


그림 3. 태양양성자사건들과 연관된 총태양라지오복사흐름의 확률분포

참 고 문 헌

- [1] M. Laurenza et al.; Space Weather, 7, 379, 2009.
- [2] A. Papaioannou et al.; J. Space Weather & Space Clim., A 42, 6, 2016.
- [3] M. Pick; Sol. Phys., 104, 19, 1986.
- [4] H. S. Hudson et al.; Space Science Reviews, 123, 13, 2006.
- [5] S. P. Subramanian et al.; Astrophysics Space Sci., 344, 305, 2013.

주체107(2018)년 9월 5일 원고접수

A Statistical Analysis of Connection between Solar Radio Flux and Solar Proton Events

Pak Kyong Il, Sin Sun Ae and Jong Sok

We studied the statistical relation between 111 solar proton events(SPEs) and solar radio flux(SRF) at 2 800, 1 415, 610MHz from 1976 to 1994. The total rate of increase of SRF and SPEs were used in this study.

Key words: solar radio flux, solar proton events