

サイクル 23 の極小とサイクル 24 の極大について  
On the minimum of solar cycle 23 and the maximum of solar cycle 24

亘 慎一 (情報通信研究機構)

Shinichi Watari (National Institute of Info. and Com. Tech.)

Abstract

Forecast of amplitude of a new cycle is important for space weather. Because many intense space storms tend to occur in the cycle with a large maximum sunspot number. These intense storms cause failure of manmade technical systems. We report the result of statistical analysis of occurrence of no-sunspot days around solar minimum and forecast of maximum sunspot number of Cycle 24 using the occurrence of no-sunspot days.

1. はじめに

人工衛星など人間が作ったシステムに障害を与えるような宇宙環境の変動を「宇宙天気予報」と呼んでいる。図 1 は、M 及び X クラスの太陽フレアの年間発生数と年平均太陽黒点数 (図 1 上)、太陽高エネルギー粒子現象の年間発生数と年平均黒点数 (図 1 中)、地磁気擾乱の年間発生数と年平均黒点数 (図 1 下) をプロットしたものである。図 1 に示したように、太陽活動が高いほど、太陽フレア、高エネルギー粒子現象、地磁気擾乱など「宇宙嵐」が発生する頻度が高くなる傾向があり、それらによる障害の発生も増加する。このため、太陽活動サイクルの大きさを予測することは、宇宙天気における研究課題の一つとなっている。

黒点数は太陽活動を表すひとつのインデックスであり、極大における黒点数はそのサイクルの太陽活動の大きさの目安となることから、様々な手法によりサイクル 24 の予測がなされている [1]。しかしながら、予測値は 10 くらいから 200 近くまで大きく分かれており、サイクルの太陽活動予測に関しては、今後、さらに研究を進めていく必要があることが分かる。

2. データについて

ベルギー王立天文台 (SIDC-team, World Data Center for the Sunspot Index, Royal Observatory of Belgium) より提供されている黒点数の日値 (Jan. 1849–Nov. 2008)、年平均値、月平均値、13 ヶ月移動平均値を用いて、極小期において黒点の観測されない日数とサイクルの立ち上がりや極大の黒点数との相関などについて統計解析を行った。

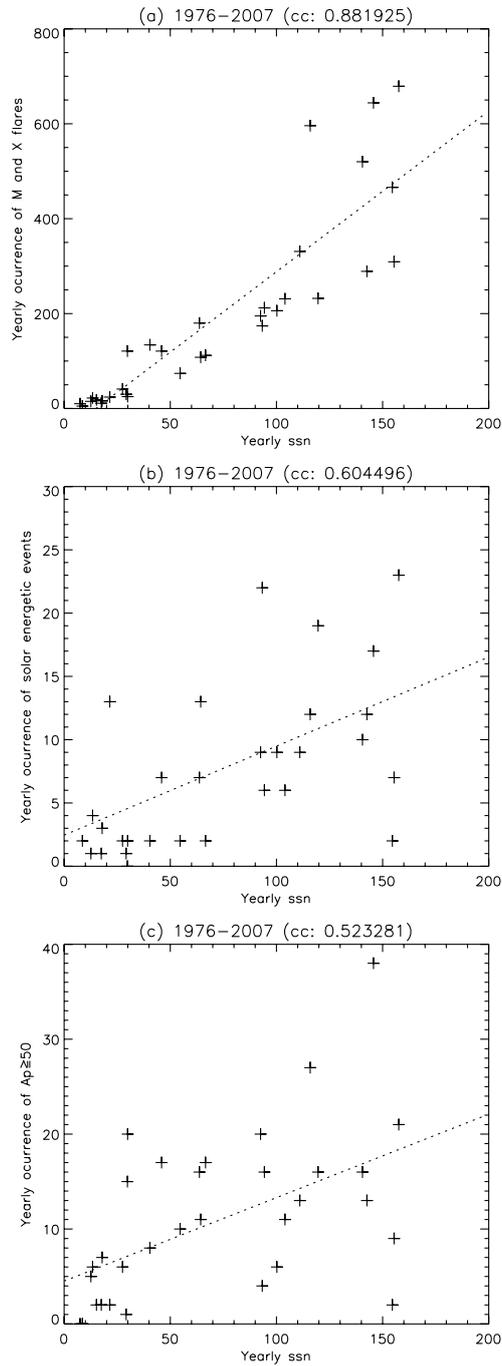


図1. M及びXクラスの太陽フレアの年間発生数と年平均黒点数(図1上)、太陽高エネルギー粒子現象の年間発生数と年平均黒点数(図1中)、地磁気擾乱の年間発生数と太陽黒点数の年平均黒点数(図1下)

### 3. サイクル 23 の極小について

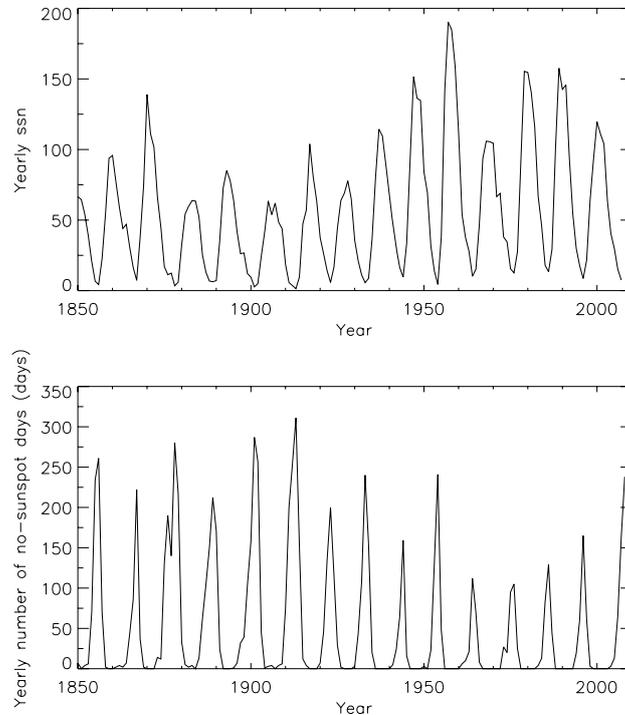


図2. 年平均黒点数（上図）と各年毎の黒点の観測されなかった年間日数（下図）

図2は年平均黒点数（上図）と黒点の観測されなかったに年間の日数（下図）をプロットしたものである。図2に示したように、太陽活動サイクルの極小期付近では、黒点の観測されなかった年間の日数が増加し、その日数はサイクル毎に変動していることがわかる。図からここ数サイクルは過去のサイクルと比較して極小期付近における黒点の観測されない年間の日数が少なかったことがわかる。

サイクル 23 とは逆の磁場極性をもつ黒点群が高緯度に現れ始めているが、2008 年 7 月から 8 月にかけて黒点の観測されない日が約一ヶ月続くなど太陽活動の低調な状態が続いている。表 1 は 1849 年以降の 1 年間のうち黒点が観測されなかった日数の大きい年の順番で 10 番目までを示したものである。サイクル 23 の極小にあたる 2008 年は黒点の観測されなかった日が多く、かなり活動が小さいことがわかる。また、表 2 は 1849 年以降、連続して黒点が観測されなかった日数の大きい順位に 10 番目までを示したものである。この表によれば、過去には黒点が 10 ヶ月くらい連続して観測されなかったこともあったことがわかる。また、最近ではサイクル 22 の極小期に黒点が連続して 42 日間観測されない時期があったことがわかる。

表1. 黒点が観測されなかった年間日数  
(1849年以降のデータによる)

no.	年	黒点が観測されなかった 年間日数 (日/年)	サイクル
1	1913	311	14
2	1901	287	13
3	1878	280	11
4	1856	261	10
5	1902	257	13
6	1912	254	14
7	1954	241	18
8	1933	240	16
9	2008	238 (1-11月のデータ)	23
10	1855	234	9

表2. 連続して黒点が観測されなかった日数  
(1849年以降のデータによる)

no.	発生日	連続して黒点が観測され なかった日数 (日)	サイクル
1	1913/04/08	92	14
2	1901/03/11	69	13
3	1879/02/16	54	12
4	1855/08/14	49	9
5	1902/03/17	49	13
6	1878/04/04	47	11
7	1878/09/14	45	11
8	1902/01/16	45	13
9	1912/01/21	43	14
10	1996/09/13	42	22

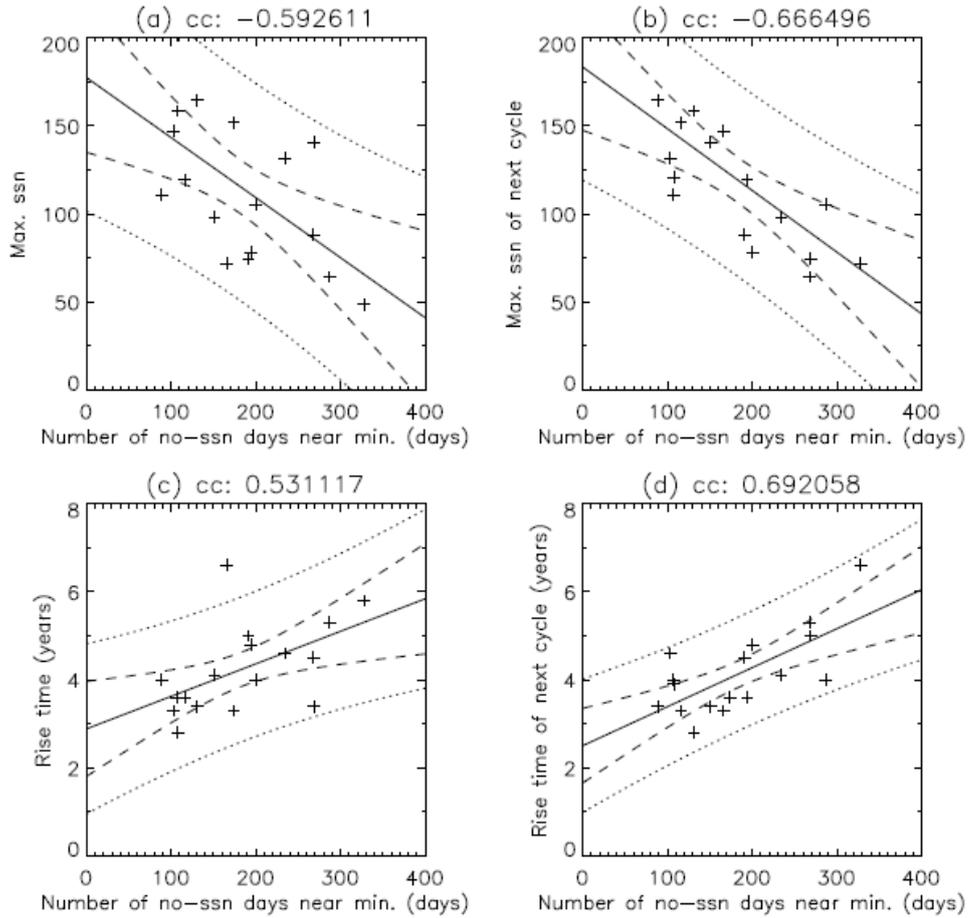


図 3. 極小期の黒点が観測されなかった日数と現サイクルの極大の黒点数 (左上)、次サイクルの極大の黒点数 (右上)、現サイクルの立ち上がり時間 (左下)、および次サイクルの立ち上がり時間 (右下)

#### 4. サイクル24の極大について

図3に極小の前の1年間に黒点が観測されなかった日数と現サイクル(図3左上)および次サイクルの極大の黒点数(図3右上)、極小の前後1年間の黒点が観測されなかった日数と現サイクルの立ち上がり時間(図3左下)および次サイクルの立ち上がり時間(図3右下)をプロットしたものである。

図から極小付近で黒点が観測されなかった日数と次サイクルの極大の黒点数の間に負の相関、黒点が観測されなかった日数と次のサイクルの立ち上がりに正の相関があることがわかる。図3右上および図3右下のデータに最小二乗法によりフィッティングを行って求めた回帰式を以下に示す。

$$\begin{aligned} (\text{次のサイクルの極大の黒点数}) = 183.38 - 0.35 \times \\ (\text{極小における黒点の観測されなかった日数}) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} (\text{次サイクルの立ち上がり時間}) = 2.505 + 0.00886 \times \\ (\text{極小における黒点の観測されなかった日数}) \end{aligned} \quad (2)$$

サイクル23の極小の時期は、現在の時点では決められないが、2007年12月から2008年11月までの間で黒点の観測されなかった日数251日を式(1)へ代入すると、サイクル24の極大の黒点数の予測値として96が得られる。この値は、サイクル23の極大の黒点数120.8より小さめになる。また、式(2)よりサイクル24の立ち上がりは4.7年(2013年のなかば頃)と予測される。

#### 5. まとめ

10月くらいから徐々に黒点数は増加しつつあるが、依然としてその増加はゆっくりとしたものである。サイクル23の極小期にあたる2008年は過去のデータと比較すると黒点の観測されなかった日が多く、かなり活動の低い年となっている。

極小期付近で黒点の観測されなかった日数と次の極大の黒点数の間に負の相関があること、極小期付近で黒点の観測されなかった日数と次のサイクルの立ち上がりの間に正の相関があることを見出し、サイクル24の予測を行った。その結果、サイクル24の極大は2013年のなかばころと予想され、極大における黒点数はサイクル23より小さめになるとの結果が得られた。

#### 参考文献

- 1 S. Watari, Forecasting solar cycle 24 using the relationship between cycle length and maximum sunspot number, Space Weather, doi:10.1029/2008SW000397, 2008.