

立高 08S 黒点相対数と蝶形図からサイクル25を探る

東京都立立川高等学校 河村早苗 八木下凱(高2)

はじめに

立川高校天文気象部では、1947年から現在までの約80年間、黒点のスケッチ観測を行い、部内で「黒点月報」を発行してきた。観測が途切れた時期もあるが、現在も部員が交代で観測を行っている(図1 15cm屈折望遠鏡で撮影)。2015年には、先輩方が約5500日分のデータから黒点相対数の連続グラフを作成し、国立天文台やベルギー王立天文台など公共の観測期間と概ね一致することを明らかにした¹⁾。本研究では、継続研究として相対数グラフを作成し、蝶形図で表す方法を新たな方法を試みた。

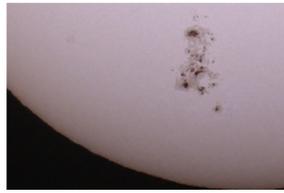


図1 2024/5/10の大黒点

目的

黒点数は11年周期で増減しており、これは太陽の活動度に関連する。現在はサイクル25の活動周期にあり、黒点数の増加や、大規模なフレアの発生が見られた。本研究では、この活動の変化を黒点相対数に加えて、蝶形図や黒点面積の変化で表現し、でサイクル25の動向を探る。

最近の観測方法

- ①部員全員が休日も含め班当番制でスケッチする(図2, 3)
- ②黒点チーフが月表をまとめ、Excelデータを作成
- ③黒点班が緯度分布図(蝶形図)と黒点相対数のグラフを作成

TAKAHASHI FS-152
D=152mm f=1216mm



図2 黒点観測する15cm望遠鏡



図3 黒点観測用紙

黒点相対数のグラフの作成と分析

黒点相対数

太陽面に出現する黒点及び黒点群の総量を数値化したもの。

$R=k(10g+f)$ R=黒点相対数、k=定数 ※立川高校はk=1としている、g=黒点群、f=黒点数

手法

本校の日々の観測の記録から毎月の平均の黒点相対数を計算し、国立天文台、ベルギー王立天文台のデータとともにExcelに入力しグラフを作成した。

結果

- ・相対数を比較すると、概ねの値は国立天文台やベルギー王立天文台の値と近似しているが、大きく外れている箇所もある(図8)。
- ・近年黒点相対数は減少傾向にあり2019年には無黒点の時期が長く続いたためサイクル25は活動的でないかと予測されていたが、それに反し増加に転じた(図9)。最近の観測では2021年から急激に黒点数が増え(図10)、2024年にはXクラスのフレアが多数見られた(宇宙天気ニュース)。
- ・極小期(2019年)と極大期(2024年)の差が明確になっている。前回よりも極大期の相対数が増加している。



図8 1947~2024年の相対数と月ごとの観測数

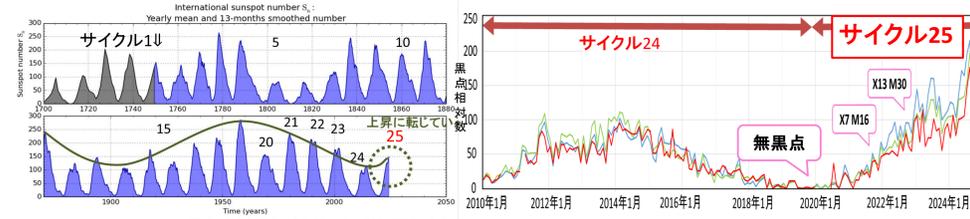


図9 1700年~ 黒点相対数(年平均) 参考文献8)の図に加筆

図10 近年の黒点相対数2010年~2024年

考察

- ・1755年からの11年間をサイクル1とし、2025年1月現在はサイクル25である。2020年ごろから2024年にかけて相対数が前回の極大期(2014年)以上に増加していることから、サイクル25の極大期を迎えると考えられる。
- ・近年の値が傾向は同じでも公共機関の値とずれが生じているのは、本校での観測の際に黒点の数え忘れや黒点群の分類ミスなどにより正確な値が出ていないと考えられる。

今後の展望

①紙媒体データのデジタル化

本校では1947年から黒点のスケッチを行ってきており、当時のまま観測用紙が残っている(図15)。しかし、長年の蓄積で紙の劣化が進んでいるためそれらのデータの早急なデジタル化による保存が必要となっている(図16)。一枚一枚スマートフォンを使って手作業で撮影する方法も考えたが、確実ではない。そのため、観測用紙をスキャンして画像をクラウド上に保存することでデジタル化していく方法を考え、試みている。

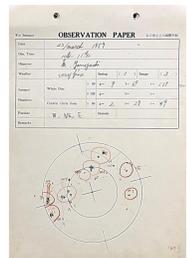


図15 1959年の観測用紙



図16 1947年からの劣化が進む観測用紙

謝辞

本研究は蝶形図の作成方法について本部OBの樋口陽光氏にご指導いただきました。黒点面積のプログラムでは本部2年の水澤資人氏にご指導いただきました。本部顧問の可長清美先生に全体のご指導をいただきました。また、日々の黒点観測用紙の記録やSeeStarの画像保存システムの製作には多数の本校天文気象部員が関わっています。本研究に携わってくださった方々に心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 本部 野坂敦史・樋口陽光「70年間に及ぶ太陽黒点観測の成果」日本天文学会2015年春季年会第17回ジュニアセッション
- 2) 本部 吉田拓未 小池悠太「立川高校天文気象部の観測データから見るサイクル24の太陽黒点について」日本天文学会2019年春季年会第21回ジュニアセッション
- 3) 本部 浜島悠哉「70年間にわたる黒点観測データの分析から太陽の活動を探る」日本天文学会2021年春季年会第23回ジュニアセッション
- 4) BASS2000「Ephemerids」<https://bass2000.obspm.fr/ephem.php>
- 5) 国立天文台太陽観測科学プロジェクト三鷹太陽地上観測https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/db_sunspot.html
- 6) ベルギー王立天文台「Yearly mean and monthly smoothed sunspot number | SIDC」

先行研究

2015年に本部先輩の野坂・樋口が約5500日分の黒点相対数のデータをまとめて連続グラフを作成し、国立天文台(NAOJ)やベルギー王立天文台(SIDC)などの公共観測機関の記録と概ね一致することを明らかにした(図4)¹⁾。2017年には本部の吉田・小池がサイクル24の動向について分析した²⁾。また、2020年に本部の浜島が国立天文台の太陽の光球面の画像から、黒点面積をPythonを使って求め、黒点相対数と黒点面積には強い相関があることが分かった(図5)³⁾。

蝶形図については過去には手書きでの作成を行っており(図6)、2014年より黒点のスケッチ画像をスキャナーで読み取り、エクセルのマクロを使った蝶形図のデジタル化を試みたが、マクロの不具合を修正できず断念した(図7)。

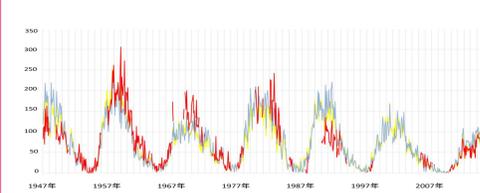


図4 NAOJ, SIDC, 立川高校天文気象部の黒点相対数 参考文献1)より引用



図5 黒点相対数と黒点面積の比較 参考文献3)より引用

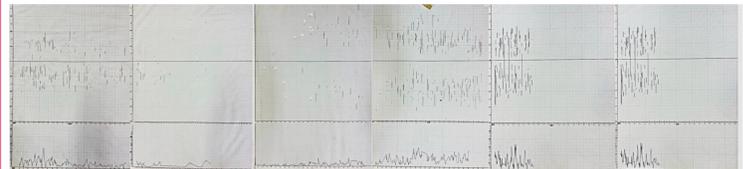


図6 本部が作成した2005~15年の蝶形図と黒点相対数グラフ

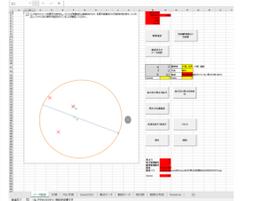


図7 マクロによる自動化の試み

蝶形図の作成と分析

蝶形図(緯度分布図) 蝶形図は横軸に時間、縦軸に太陽面の緯度を取り、黒点の発生頻度を表した図で、その蝶のような形から蝶形図と呼ばれる。活動周期のはじめは高緯度から出始め極大期に全面に広がり極小期に向かうにつれて低緯度に移っていることが読み取れる(図11)。

手法

太陽面の黒点の緯度をBASS2000のデータを参照し太陽面系緯度図(図12)を用いて計測、その最大、最小緯度、観測されてからされなくなるまでの中間日付を記録する。

本研究ではこの値をExcelに入力し、株価チャートで蝶形図を作成した(図13)。

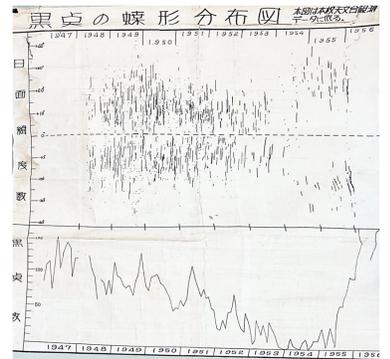


図11 本校1947~56年の蝶形図と黒点数

結果

- ・図13より、低緯度に黒点が出てくるようになって行き、2019年から2020年にかけて黒点が極端に減少した。2021年頃から再び高緯度を中心に黒点が出てくるはじめ2024年にかけて徐々に低緯度に集中するようになっている。
- ・近年はサイクル24の極大期(2012年~2014年)よりも多くの黒点と同じ期間内に観測されている。

考察

- ・黒点の出現数から、黒点相対数と同様の時期にサイクル24から25に移行したと考えられる。
- ・サイクル24の時よりも多くの黒点が出てきていることからサイクル25はより太陽活動が活発であると考えられる。

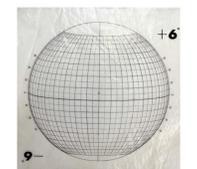


図12 本校で使用している太陽面緯度図 太陽の自転軸が地球に対し前後に傾いているのを調整するための用紙

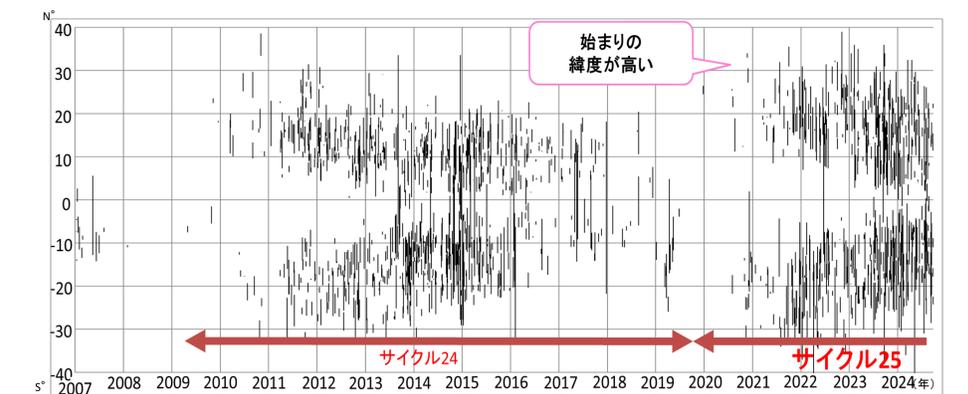


図13 エクセルの株価チャートで表した蝶形図(2007~2024)

②望遠鏡で撮影した太陽画像から黒点面積を求める



・過去にはフィルタを用いて可視光画像を撮影し、それをもとに先輩が作成した国立天文台の太陽の光球面の画像によるPythonのプログラムを用いて黒点面積の計算を試みた。⇒画像のノイズを黒点として検出し、正確な値が出なかった。・本研究では新たに本部員水澤がHough変換によるマスク処理を撮影したSeeStar S50の画像に行うことで明るさや位置を問わず太陽の位置のみを正確に抽出可能になった。この画像を前述のプログラムに用いて輪郭抽出、黒点領域検出を行い黒点面積を算出することに成功した(図14)。

・昨年からの、太陽の撮影が可能な望遠鏡「SeeStar S50(スマート望遠鏡)」で撮影を開始した。
・Webに画像データを保存、黒点相対数とともに表示する仕組みを作成した。

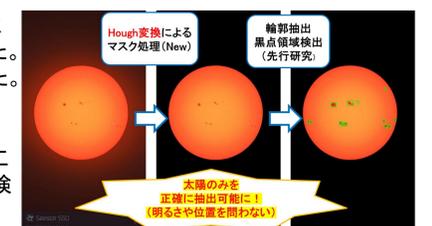


図14 黒点面積算出の流れ