



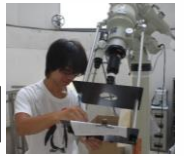
70年間にわたる黒点観測データの分析から太陽の活動を探る

都立立川高校天文気象部 3年 浜島 悠哉



はじめに

立川高校天文気象部では、1947年から約70年にわたって黒点観測を続けてきた。過去の先輩方の記録は非常に精密で、国立天文台にデータを提供していた時期もあり、部室には現在も数千枚の観測記録や当時の緯度分布図が残されている。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。



1947年～10cm屈折望遠鏡
2005年～15cm屈折望遠鏡(タカハシFS-152)

図1 黒点観測の様子

先輩方の先行研究

2015年には、先輩方が約5500日分のデータをまとめて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(*1)。また、2016年には、黒点の移動をもとにした太陽の差動回転に関する研究を始めた(*2)。本研究では、太陽活動を表す新たな指標として、黒点面積と黒点相対数の関連について分析し、差動回転については先行研究に新たなデータの追加と見直しをして、詳細な分析と考察を行った。

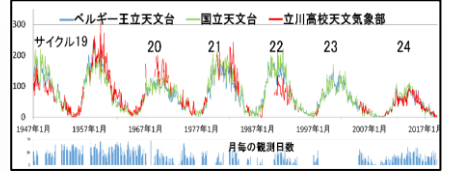


図2 1947～2018年全記録 黒点相対数 (月平均)

- ・黒点相対数と黒点面積の関係を調べる。
- ・先行研究の計測を見直すとともに、新たに計測データを増やし、差動回転の傾向を分析する。
- ・黒点を含めたこれからの太陽表面の観測方法を検討する。

黒点の移動から自転周期を調べる

方法

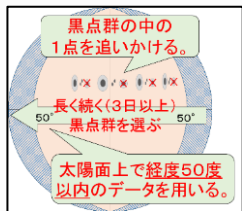


図3 読取時の留意点

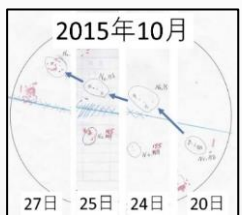


図4 黒点の移動の様子

～差動回転とは～
太陽がガス体であるために緯度によって表面の自転速度が異なること。

- ①過去のスケッチ及び計測データを詳細に見直した。
- ②黒点の自転周期計測データを新たに25件追加した。
- 1) サイクル19及びサイクル24の極大期のスケッチから、図3のような条件を満たす黒点群を選ぶ。
- 2) 黒点群の経緯度と移動した角度 θ_1 を専用のトレーシングペーパーで読み取る。
- 3) 自転周期を地球の1日あたりの公転角を考慮した以下の式で求めた。

$$\text{自転周期}[\text{日}] = \frac{360[\text{度}]}{\frac{\text{黒点の移動角度}[\text{度}]}{\text{黒点の移動時間}[\text{日}]} + 365[\text{日}]}$$

- ③緯度分布ごとの平均自転周期と標準偏差を求め、表にまとめた。
 - ④グラフを作成し、統計解析を行った。
- 黒点の太陽面上の平均緯度 ϕ と自転周期 T_s の関係を散布図にプロットした。この2変数の関係を、最小二乗法と、新たな方法として外れ値を考慮したRANSACという2つの手法で求め、理論値と比較した。理論値 T_s は理科年表に記載の対地球自転周期 T_{sr} の式に地球の公転周期 T_E を考慮した以下の式で求めた。

$$T_s = \frac{1}{\frac{1}{T_{sr}} + \frac{1}{T_E}} \quad \text{ただし, } T_{sr} = 26.9 + 5.2\sin^2\phi$$

結果・考察

黒点の平均緯度と自転周期の関係を最小二乗法で求めた推定曲線のグラフ(図7)では、概ね差動回転の傾向を示した。しかし、RANSACを用いた推定曲線のグラフ(図8)では、太陽の自転周期は赤道付近で最小になっておらず、南半球側にずれが見られた。

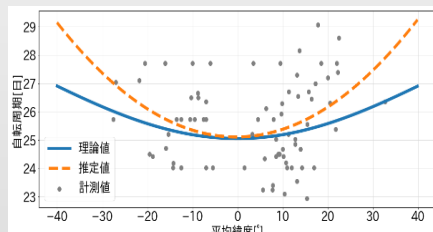


図5 平均緯度と自転周期の関係(最小二乗法)

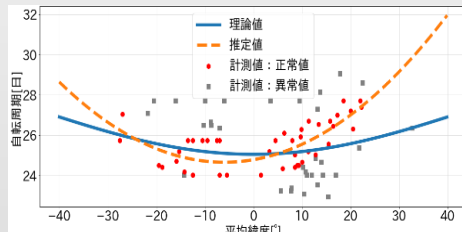


図6 平均緯度と自転周期の関係(RANSAC)

黒点面積と相対数の関係について

黒点相対数の増減は黒点の面積に関連があるのではないかと考え、この二つの関係について調べた。

方法

- 1) 画像データから黒点を検出し、面積を求めるプログラムを作成する。国立天文台HPから太陽の白色光全面画像(1997～2019年)約5000件を入手し、明るさの不連続な変化を輪郭として黒点の検出を行うプログラムをPythonで作成した。
- 2) 1)で得られた黒点の面積と本校の黒点相対数をグラフ化して比較し、関係について調べた。

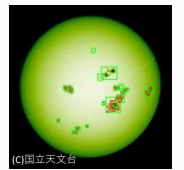


図7 白色全面画像

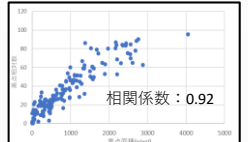


図8 黒点面積と黒点相対数の相関

結果

黒点の面積と、本校の黒点相対数を月平均で比較したところ、増減の傾向はほぼ一致した(図9)。また、黒点の面積と相対数には強い正の相関が見られた。作成したプログラムを応用し、本校のスケッチをスキャンして面積を求めることも検討したが、黒点以外の書き込みが検出され、非常に難しかった。

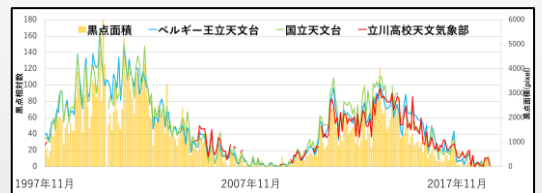


図9 黒点相対数と黒点面積の比較

この結果は、X線や紫外線を用いた専門機関の研究で、太陽活動が北半球と南半球で異なると指摘されていること関連すると考えられる。また、本校の70年分の黒点データからも、北半球に比較して南半球の黒点出現数が少ない傾向にあることがわかっており、太陽活動の対称性はそれほど明確なものではないということが推察される。今後は観測データを北半球と南半球に分けて整理し、南北の違いについて分析していきたい。

今後の展望

黒点面積について、我々のスケッチから求めるには困難があったため、フィルタを用いた可視光画像を撮影して測定する方法を検討している。今後、日々の観測に追加していきたい。また、近年は観測衛星などの情報を毎日Webで入手できる時代であり、手でスケッチをすることの意義が問われているが、本部ではスケッチ観測を今後も継続すると同時に、撮影画像やwebデータの活用も含めて研究を進めていきたい。

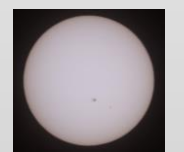


図10 本校の望遠鏡で撮影

参考文献

- 国立天文台HP(https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/db_cal.html)、理科年表 2019
- Python機械学習プログラミング 達人データサイエンティストによる理論と実践, impress, S.Raschka
- *1 本校 野坂敦史「70年間に及ぶ太陽黒点観測の成果」日本天文学会2015年春季ジュニアセッション09
- *2 本校 樋口陽光「黒点の移動から太陽の自転周期を求める」日本天文学会2016年春季ジュニアセッション32