

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

立川高校天文気象部：
浜島 悠哉（高3）【東京都立立川高等学校】

要旨

立川高校天文気象部の黒点観測記録から黒点の自転周期を計算し、差動回転の傾向を分析した。また、太陽活動の新たな指標として黒点の面積に着目し、黒点相対数との関係を調べた。その結果、本校の観測記録からは差動回転の傾向がみられ、黒点相対数と黒点面積には相関があることがわかった。

1. はじめに

本校天文気象部では、1947年から70年以上にわたって黒点観測を行ってきた。観測が途切れた時期もあったが、現在も部員が交代で観測を行っている。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、公共観測機関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 ※差動回転とは緯度によって太陽表面の自転速度が異なることである)。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。

2. 方法

【黒点の移動から自転周期を調べる】

黒点の自転周期を以下の方法で求めた。本研究では先行研究の53件に加え、25件のデータを追加した。また、過去の計測データを見直し、精査した。

- 1) スケッチから数日間追跡できる黒点群を選び、太陽面経緯度図を用いて1日当たりの経度変化を読みとる。式Aにより自転周期を求めた。
- 2) 黒点の太陽面上の平均緯度 ϕ と自転周期の関係を、最小二乗法、及びRANSACという外れ値を考慮した手法で求め理論値と比較した。理論値 T_s は、理科年表の対地球自転周期 T_{sr} の式に地球の公転周期 T_E を考慮した式Bで求めた。

$$\text{式A：自転周期[日]} = \frac{360^\circ}{(1日あたりの経度変化[^\circ/日]) + \frac{360^\circ}{365日}}$$

$$\text{式B：} T_s = \frac{1}{\frac{1}{T_{sr}} + \frac{1}{T_E}} \quad \text{但し、} T_{sr} = 26.9 + 5.2\sin^2\phi$$

【黒点相対数と黒点面積の関係】

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。

3. 結果と考察

【黒点の移動から自転周期を調べる】

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1)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2)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。今後は観測データを北半球と南半球に分け、南北の違いについて分析していきたい。

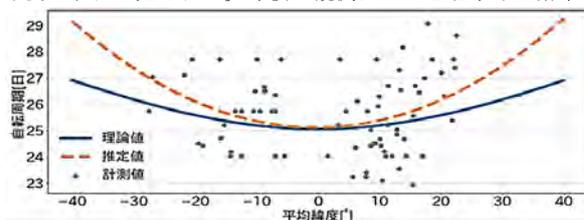


図1 平均緯度と自転周期の関係(最小二乗法)

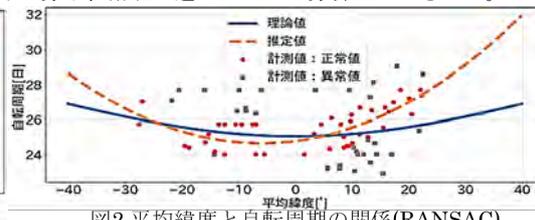


図2 平均緯度と自転周期の関係(RANSAC)

【黒点相対数と黒点面積の関係】

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3)。また、黒点の面積と相対数には強い正の相関が見られた(相関係数0.92)。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。

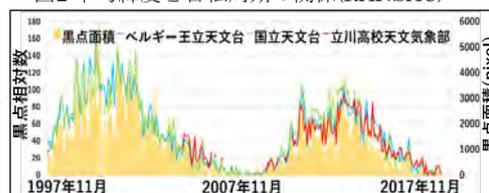


図3 黒点面積と黒点相対数の比較

4. 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もいるが、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。

5. 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

*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