

11年分の自校撮影太陽画像で調べる

太陽差動回転の特徴

BK003

名古屋高等学校地球科学部・名古屋中学校自然科学部：

山内 朝日、足立 勝（高2）、吉元 敬博、足立 健人、小林 幸史（高1）【名古屋高等学校】、
溝神 幸文（中2）【名古屋中学校】

図1 計測に使用した画像の部分拡大

＜要旨＞ 本校天文台で2015年から2025年の7月・8月に撮影した白色太陽画像を用いて、太陽自転角速度の緯度分布が月平均太陽黒点数とどのような関係にあるのか調べた。黒点の角速度と緯度との関係を2次関数に近似し、2次関数の2次項の係数の絶対値を差動の大きさとして検討に使用した。差動の大きさは月平均太陽黒点数と負の相関がみられ、太陽の活動が活発なときには自転角速度の緯度差が小さくなっていった。

差動回転とは

太陽(図2)はガスでできているため、岩石惑星である地球と違い、高緯度ほど角速度が小さく、低緯度ほど角速度が大きい差動回転と呼ばれる回転をする(図3)。



図2 2024年8月23日の太陽黒点画像 図3 差動回転イメージ図

研究背景

太陽はどのような自転速度分布(差動回転)・子午面還流・熱対流を持つのかを観測的に明らかにすることは、ダイナモ問題の解決に寄与する。(太陽研連、2025[1])

本クラブは2014年より夏休みの時期の「ひので衛星といっしょに太陽を観察しよう」に12年連続で参加し、太陽の撮影技術の研鑽と写真撮影を重ねてきた(図4)。2004年から2025年までの取得画像を検討し、2015年から2025年までの撮影画像は太陽緯度経度の決定が正確にできるデータがそろっており、うち7年分は黒点の移動角速度を求めることができるかと判断した。

本研究では太陽緯度と黒点の角速度の関係を2次関数に近似し、2次項の係数の絶対値を「差動の大きさ」と定義して、経年変化を調べた。

鈴木他(2011)[2]は1996年～2006年について「差動の大きさ」に相当するもの(B値)に変化は認められないと述べている。



図4 本校天文台での太陽撮影

研究手法

- 本校天文台で2015年～2025年の7月・8月に撮影した太陽画像から同一黒点の動きを追えると思われた画像を集めた。
- 黒点に通し番号をつけ(図1)、国立天文台のデータ(文献[3])を利用して、画像毎に黒点の緯度経度を算出し(図5・図6)、黒点毎に平均緯度と差分角速度(=(対恒星角速度)-(赤道平均角速度*))を算出した。
*カリントン周期(文献[4]より)を使って算出。
- 年毎に横軸(x軸)に緯度²、縦軸(y軸)に差分角速度をとったグラフを作成し、これを比例のグラフと見なし、近似直線の方程式 $y=-ax$ のaにあたる数値を調べた。aにあたる数値をその年の「差動の大きさ」とした。
- 年毎に横軸(x軸)に緯度、縦軸(y軸)に差分角速度をとったグラフを作成し、手順3で得られたaからつくられた近似曲線 $y=-ax^2$ を描き込み、緯度と差分角速度の分布のようすを調べた。
- 手順4で作成したグラフにおいて、差分角速度が $-5[^\circ/日]$ 以下や $5[^\circ/日]$ 以上になっている場合、異常値として、データを削除し、手順3. 4. をやり直した。(図7)
- 差動の大きさの11年間の変化をグラフ化した。(図8)
- 月平均太陽黒点数(文献[5])と差動の大きさの関係をグラフ化した。(図9)

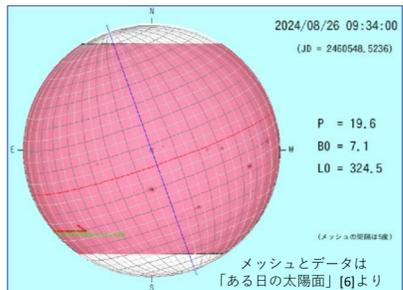


図5 太陽緯度経度決定のイメージ

緯度	経度	差分角速度	緯度 ²
15	10	0.001	225
15	20	0.002	225
15	30	0.003	225
15	40	0.004	225
15	50	0.005	225
15	60	0.006	225
15	70	0.007	225
15	80	0.008	225
15	90	0.009	225
15	100	0.010	225
15	110	0.011	225
15	120	0.012	225
15	130	0.013	225
15	140	0.014	225
15	150	0.015	225
15	160	0.016	225
15	170	0.017	225
15	180	0.018	225
15	190	0.019	225
15	200	0.020	225
15	210	0.021	225
15	220	0.022	225
15	230	0.023	225
15	240	0.024	225
15	250	0.025	225

図6 表計算に使用したエクセルの入力画面

結果

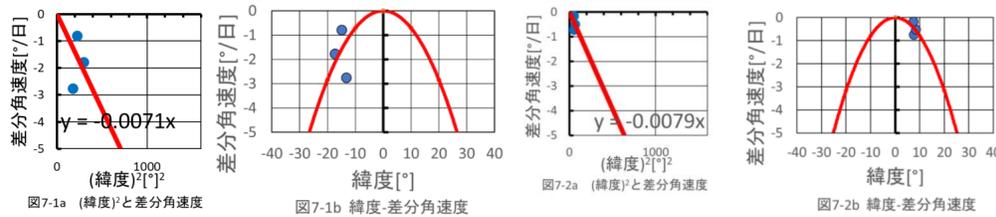


図7-1 2015年7月27日～31日

図7-2 2016年7月19日～21日

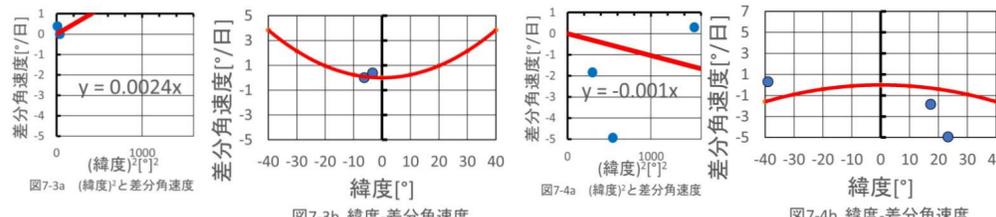


図7-3 2017年8月4日～5日

図7-4 2022年8月22日～24日

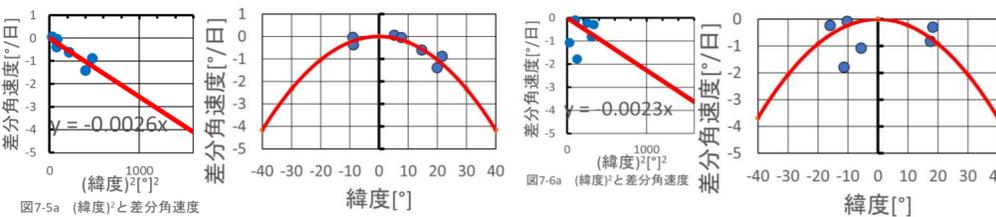


図7-5 2023年7月20日～24日

図7-6 2024年8月20日～25日

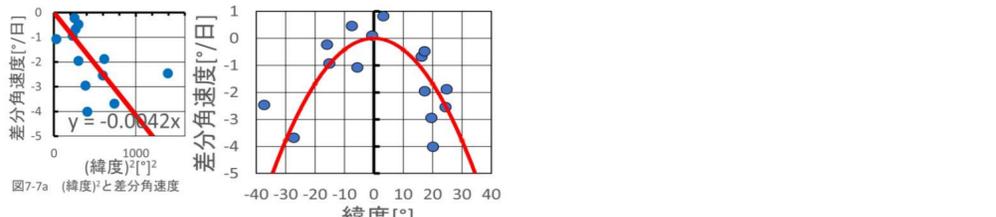


図7-7a 2025年7月19日～24日

図7-7b 2025年7月19日～24日

図7 太陽緯度と差分角速度の関係
(差分角速度)=(対恒星角速度)-(赤道付近の平均角速度) [° /日]

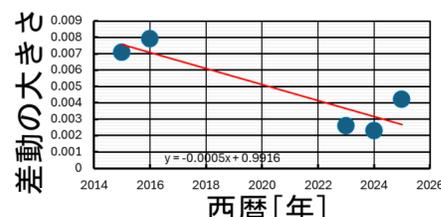


図8 11年間の差動の大きさの変化

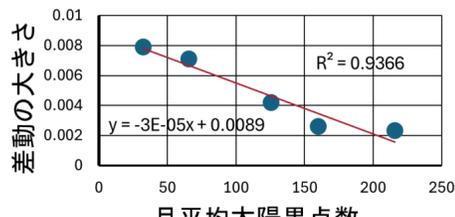


図9 月平均太陽黒点数と差動の大きさ

考察

黒点は黒点群の中で集まったり離れたりするため、黒点をトレーサーとして太陽の自転角速度を計測する場合、角速度に幅が出る。2個しか測定できなかった2017年や測定数が3つなのにばらつきが多い2022年の測定データを外して図8・図9を作成した。図8を見ると、「差動の大きさ」は2015年から2025年にかけて11年かけて減少したように見える。図8をこの間の月平均太陽黒点数の変化グラフと比べると、月平均太陽黒点数が大きくなると「差動の大きさ」が小さくなるように見えたため、図9を作成した。図9では月平均太陽黒点数と「差動の大きさ」には強い負の相関があり(相関係数-0.97)、太陽の活動が活発なときには太陽の自転角速度の緯度差が小さくなる傾向が見えている可能性がある。但し、黒点の同定ミスが看過されていたため、信頼性は低い。

まとめ・展望

本校で撮影した11年分の太陽黒点画像を用いて太陽の自転角速度の変化を調べたところ、太陽活動が活発なときには差動の大きさが小さい、つまり自転角速度の緯度差が小さくなると思われる結果が得られた。今回黒点の同定ミスによると考えられる外れ値が含まれていたため、同一黒点の判定基準を再検討して解析を行いたい。黒点同定の問題を解決できれば、国立天文台の太陽画像データベースを使って同様の測定を行うこと、H α 画像で粒状斑等の移動角速度を測定し、太陽表面の自転角速度分布を調べる取り組みなどにこの研究は応用できる。

文献

[1] 太陽研究者連絡会、2025、太陽・太陽圏研究領域の目標・戦略・工程表(2025年版)、https://jspc.sakura.ne.jp/PDF/Solar_FuturePlan_2025.pdf (2026年2月10日閲覧)

[2] 鈴木見好、久保田諄、2011、太陽活動サイクル23における太陽の自転速度、大阪経大論集第62巻第1号pp.105-115
https://www.i-repository.net/il/user_contents/02/G0000031Repository/repository/keidaironshu_062_001_105-115.pdf (2026年2月10日閲覧)

[3] 太陽の自転軸、国立天文台、https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/cande/sun_spin.cgi (2026年1月9日閲覧)

[4] こよみ用語解説、国立天文台、<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/faq/ephemeris.html> (2026年1月9日閲覧)

[5] Monthly mean total sunspot number [1/1749 - now], Sunspot Index and Long-term Solar Observations, Royal Observatory of Belgium、<https://www.sidc.be/SILSO/home> (2026年1月15日閲覧)

[6] ある日の太陽面https://www.carina.gr.jp/~yamane/sun_pbl/index.php (2026年1月18日閲覧)