

太陽黒点の観測から 太陽の自転周期を求める

慶應義塾高等学校 3 年 卒業研究 (天文)

U.Y

概要

太陽の自転周期を調べるために、黒点の動きを調べた。まず、太陽の画像データをインターネットサイト The SOHO Archive から入手する。いろいろな年、月、日、時間でデータを入手していく。そして、画像解析ソフト makalii を使い、黒点の位置をそれぞれ座標に表していく。違う年、日にち、時間のデータを比べ、黒点の周期性、出現数を求め、考察した。ある日を基準とし、その周囲の日の黒点の場所を調べ、移動速度を求めた。複数の緯度に分けて黒点の移動速度を計算し、それぞれの緯度での移動速度の違いについて考察した。

イントロダクション

毎日のように目にする太陽。この太陽黒点の日々の変化を調べることによって太陽の自転周期を求めることが出来る。しかし、太陽はガスの塊であるため、緯度によってその自転周期は変わってくる。それをインターネットサイト The SOHO Archive から入手した画像データからさまざまな緯度での黒点の動きを調べ、それぞれの緯度での自転周期を求めていく。その結果として、緯度と自転周期にどのような関係があるかを以下では調べていく。

観測

観測日時：11月28日(水)放課後15時頃 本校屋上

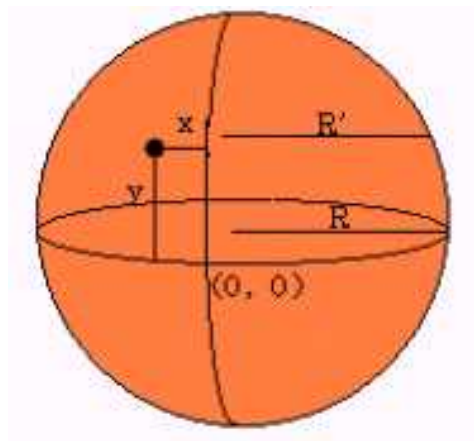
観測機器：ソーラーマックス太陽望遠鏡、デジタルカメラ

太陽専用のフィルターの付いた望遠鏡にデジタルカメラを接眼し、レンズの中心に太陽が入るように調整した。カメラの露出時間を設定し、撮影した。しかし、自分で撮影した画像には黒点が見られなかったため、以下では The SOHO Archive の画像を使って解析していく。

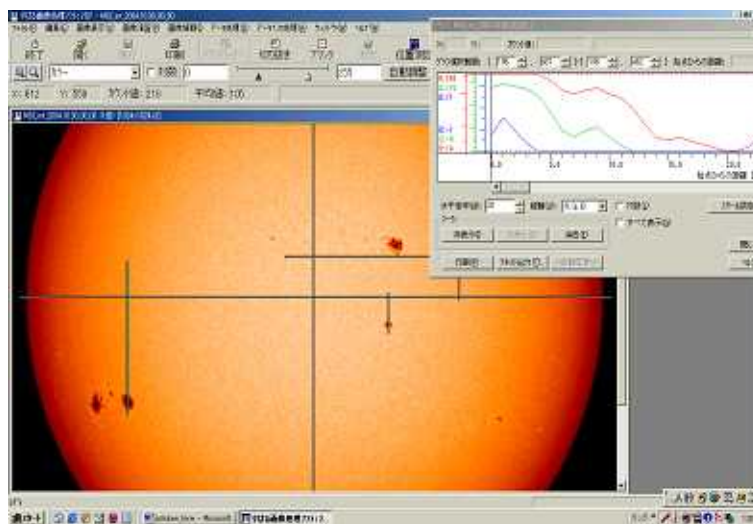
解析

The SOHO Archive から入手した画像を makalii で開き、黒点の座標を調べていく。The SOHO Archive の画像は人工衛星から撮っているため、地上が曇っていても画像が入手可能であり、1996年からのデータが残っているため、幅広く解析していく事ができる。また、The SOHO Archive のデータは上下左右の補正がされているため、以下のように解析する事

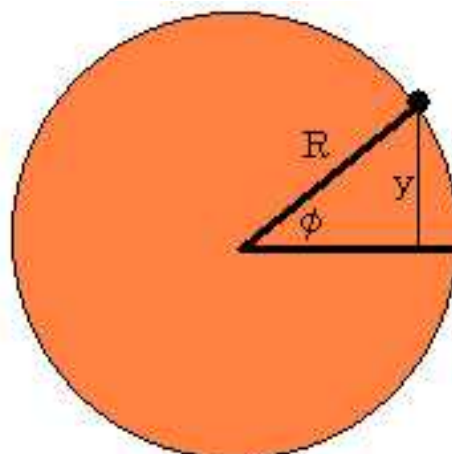
ができる。



まず、始点 $(0,0)$ の位置をあらかじめ決め、黒点の値を (x,y) で表示していく。



次に、2004年7月30日～8月10日、10月23日～11月8日、11月24日～12月6日、2005年3月5日～3月21日のそれぞれのデータから、 x 軸方向に進んだ角度・ y 軸方向に進んだ角度を計算で出していく。

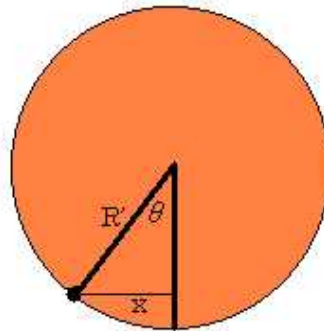


y の値と太陽の半径 R (ピクセル表示) を の公式に代入し、 の値を求める。

$$\sin \phi = y / R$$

$$\phi = \sin^{-1}(y/R)$$

求めた の値を全て平均し、その算出した値をその黒点の平均緯度とする。求めたい黒点の緯度で切って考える。その切った円の半径を R' とする。



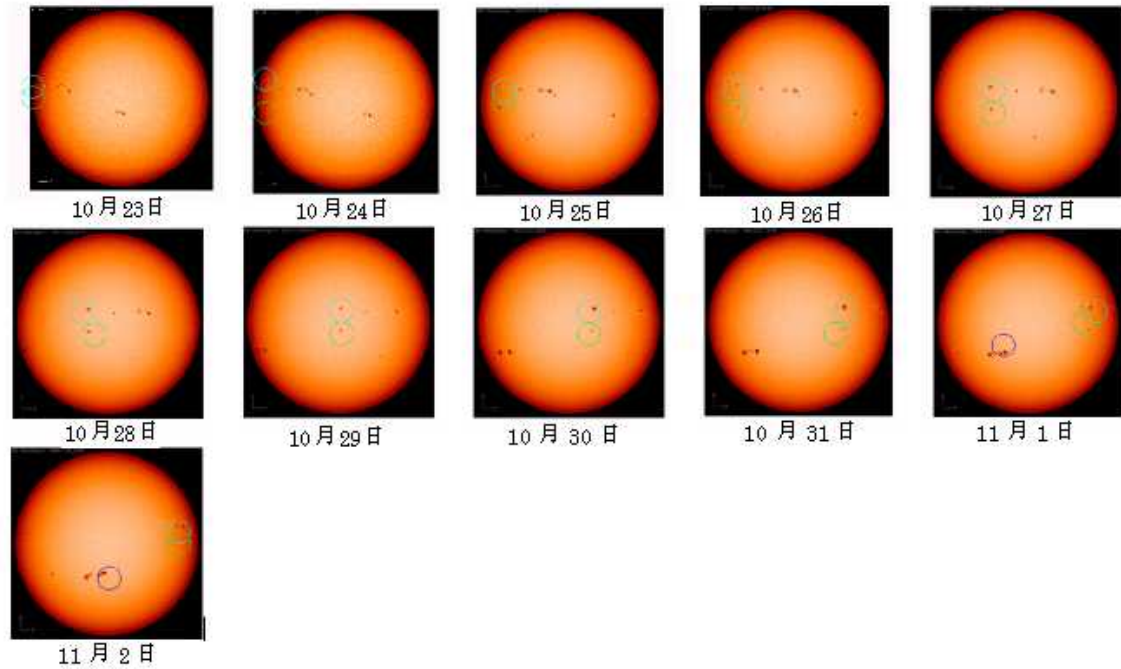
x の値と R' の値を の式に代入し、 の値を求める。

$$\sin \theta = x / R'$$

$$\theta = \sin^{-1}(x/R')$$

を求めたら、前日との差を出し、1日での x 方向への移動角度を出す。この時に、全ての数値を 24 時間での動きに補正する。また、地球は太陽の自転と同じ方向に公転しているため、この の値に地球の 1 日の公転角度 (360 / 365.2422) を足さなければならない。そして、算出した値を平均し、その数値を 1 日での x 方向の平均移動角度とする。360 度をこの平均値で割る事によって、太陽の自転周期を求める事が出来る。y を緯度、x を経度、R を半径、R' を黒点の緯度で切った円の半径とする。

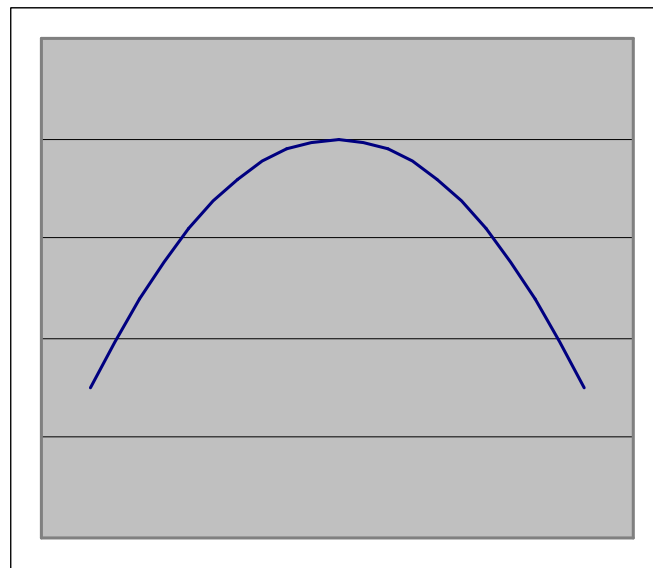
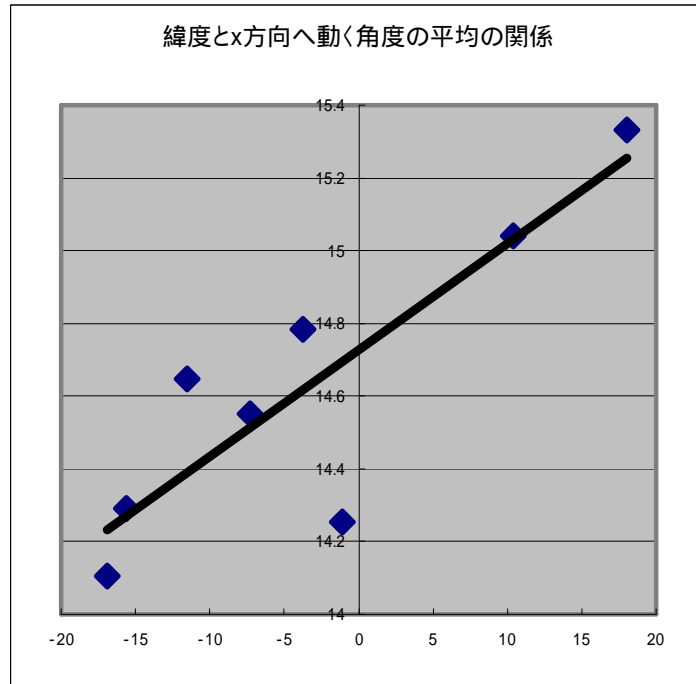
10 月 23 日 ~ 11 月 2 日までのデータを例にすると、次のようにまとめる事ができる。



この 11 枚の画像の緑の円で囲んだ黒点についてまとめた。

2004	黒点緯度	R'	x		前日との差	黒点 1 日あたりの自転角度
10 月 23 日	-14.1	486	-480	-80.98		
24 日	-17.1	486	-445	-66.29	14.10	15.08
25 日	-27.1	486	-386	-52.58	14.28	15.26
26 日	-33.1	485.1	-308	-39.41	10.53	11.52
27 日	-39.1	485	-184	-22.29	21.39	22.38
28 日	-41.1	485	-102	-12.14	10.15	11.14
29 日	-42.1	490	12	1.40	13.54	14.52
30 日	-40.1	490	127	15.02	13.61	14.60
31 日	-41.1	490	234	28.52	13.50	14.48
11 月 1 日	-31.1	491	324	41.29	12.76	13.75
2 日	-26.1	491.1	404	55.35	14.05	15.04
	平均緯度					平均
	-3.73					14.78

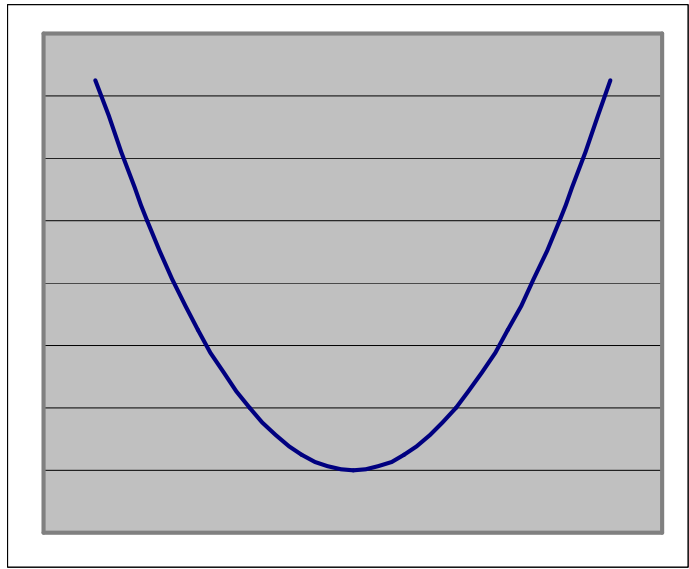
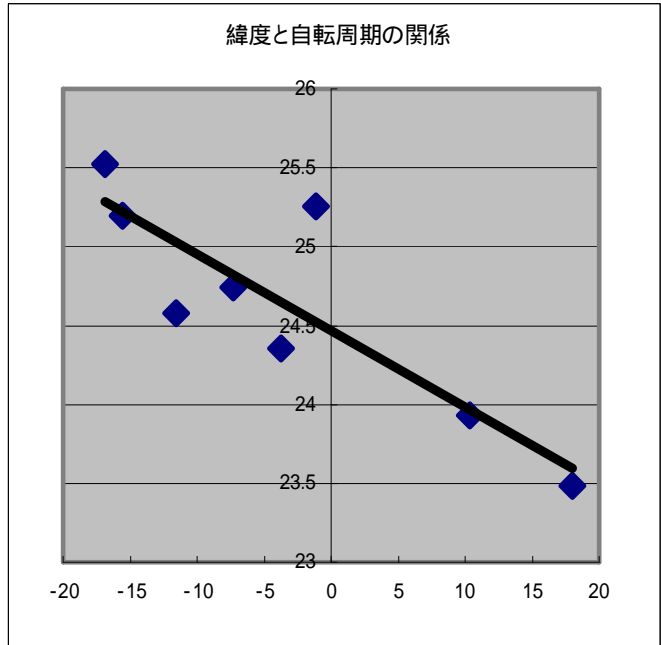
この操作を全ての黒点について行った。その結果求めた平均緯度を横軸に、平均移動角度を縦軸・平均緯度を横軸と自転周期を縦軸にとり、グラフを作り、関係性を見出す。緯度と x 方向へ動く角度の平均についてグラフにすると、下のようになる。94 枚の画像から 8 個の黒点についてまとめた物である。



緯度（左が南、右が北半球）

相関係数 $R=0.8630$ 相関があると言える。つまり、画像上で上に行けば行くほど x 方向への移動する角度が早くなるという結果になった。文献によると、高緯度になるほど黒点の 1 日の移動角度が小さくなる事から、本来は右図のような近似線が引けるはずだった。

緯度と自転周期の関係についてグラフにすると下図のようになる。こちらも 94 枚の画像から 8 個の黒点についてまとめた物である。



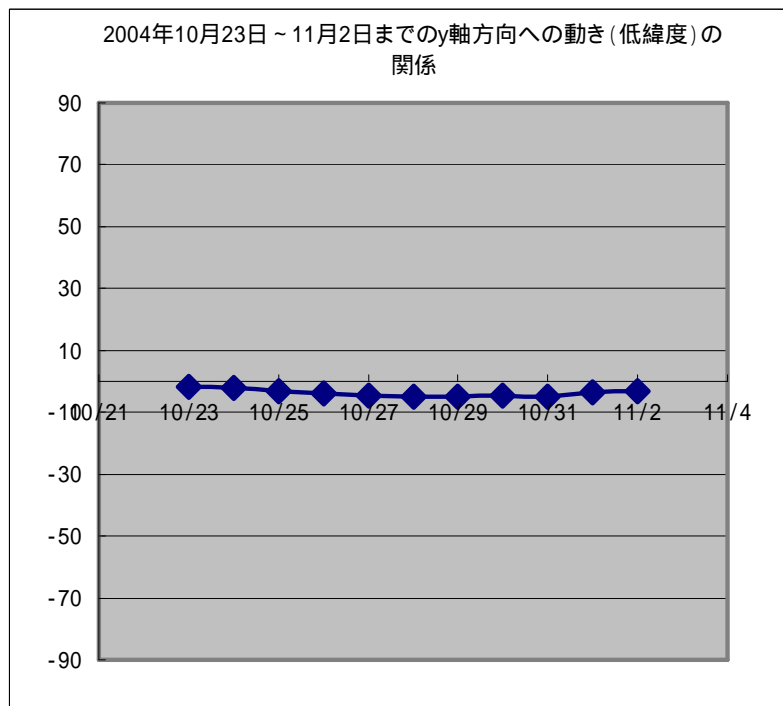
緯度（左が南、右が北半球）

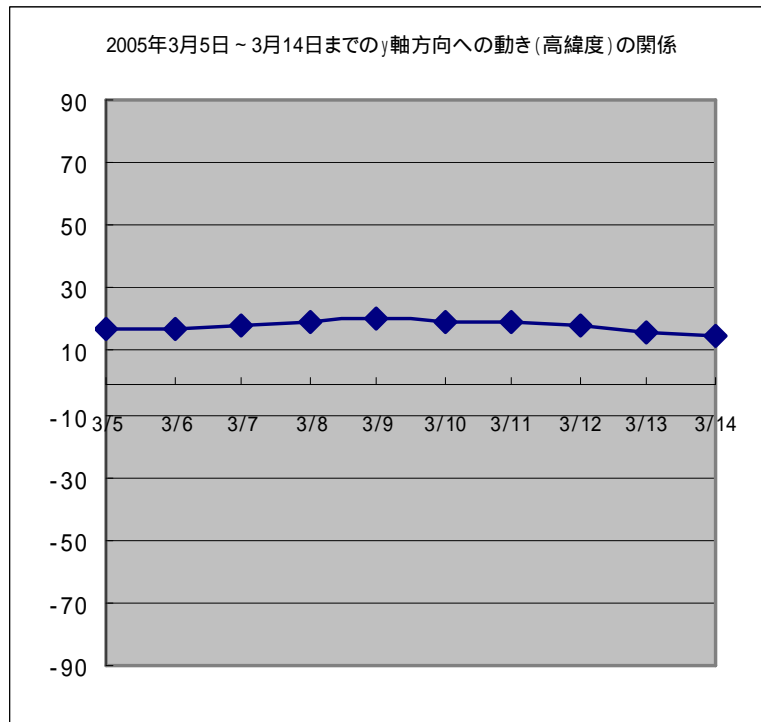
相関係数 $R = -0.8564$ 相関があると言える。つまり、画像上で上に行けば行くほど自転周期が早くなるという結果になった。文献によると、高緯度になるほど自転周期が長くなる事から、本来は右図のような近似線が引けるはずだった。

結論

理科年表での太陽の自転周期の代表値は 25.38 日で、近い値をとる事が出来た。しかし、カリントンは「黒点を指標にして太陽の自転を観測した結果、低緯度の黒点は約 26 日で 1 回転し、緯度が高くなるにつれて自転周期が長くなる」としているため、低緯度の黒点の自転周期は期待通りになったが、関係性は期待していた物とは異なる結果となってしまった。

これらの原因として考えられるのは、下の2つのグラフから考察するに、The SOHO Archiveの画像の緯度補正はされているものの、5度程度の誤差はある。太陽の中心を画像の中心として考えたため、これが少なからず関係していると思われる。今回は1,2年間の黒点しか使わなかった。しかし、黒点の周期は11年である。よって、今回の測定ではデータを取る幅が狭かったのではないだろうか？黒点の周期に合わせて11年くらいの幅でデータを取れば期待通りの結果が得られたかもしれない。また、南半球のデータが北半球に比べて多くなっている。これも原因の1つかもしれない。近似線は1番離れた点に引っ張られてしまうからである。他には、測定誤差や、黒点を座標化する時に大きい黒点の場合、黒点のどの位置で座標を取るかによって値が少し変わってしまう。などの原因が考えられる。これらの誤差を考慮しデータが取れたら、より良い結果が得られたらう。





参考文献

- 「太陽」を解読する 坂田俊文 1991年10月10日
- http://soi.stanford.edu/production/int_gifs.html
MDI Intensitygram GIF Images
- http://www.bao.go.jp/stardb/dat/jinmei/dat_j_si_04.html
美星町 星のデータベース
- <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%AA%E9%99%BD%E9%BB%92%E7%82%B9> 太陽黒点 - Wikipedia
- <http://sohowww.nascom.nasa.gov/> The SOHO Archive
- <http://homepage3.nifty.com/stern/index.htm> STERN Homepage
- <http://www.planetary.or.jp/index.html> 日本惑星協会
- <http://www.geocities.co.jp/Technopolis/5250/whatsun2.htm>
太陽黒点とその観測について