

## 1. 動機

私たちが研究するにあたって身近な天体を考えたところ、太陽だということになった。そこで私たちは太陽の黒点について研究しようと思い、黒点についての先行研究を調べた。先行研究を調べていると黒点の磁場と温度の関係を調べている研究は見つかったが、黒点の温度と面積の関係について調べている研究は先行研究が少なく見つからなかったため、黒点の面積と磁場と温度の関係性について詳しく調べようと思った。

## 2. 目的

- ①黒点の温度と面積の関係を調べる
- ②黒点の形成から消失までの面積推移と温度推移を調べる
- ③黒点内の温度分布を可視化すること

## 3. 仮説

- ①黒点の磁場が強くなるほど温度が低くなり、面積が大きくなる
- ②黒点の面積は形成から消失にかけて増加から減少に転じ、それに伴って温度も下降から上昇に転じる
- ③黒点内部では中心部に行くほど温度が低くなっている

## 4. 使用データについて

測定したデータは国立天文台（太陽観測プロジェクト三鷹太陽地上観測）のものを使用した。  
 ・ FITS形式デジタルデータ：黒点の温度を測定するために使用  
 ・ ps（線画）ファイル：黒点の面積を測定するために使用  
 ・ 2002年2003年2014年のデータを使用した。  
 ・ 測定した黒点データ数は631個

## 5. 測定方法

### I 黒点温度の測定

温度の測定にはFITS形式デジタルデータと国立天文台の画像処理ソフトMakali'iを用いた。測定にはバックグラウンド輝度、太陽中心輝度、黒点中心輝度をそれぞれ測光して用いた。これらの輝度データを無作為に20回測光し、データの平均値を出した。そして、そのデータを用いてバックグラウンド処理を行った。この操作を行うことでデータによる明るさのばらつきを抑えることができる。そして処理した後のデータをシュテファン=ボルツマンの法則というものに代入した。(図1)を用いることによって黒点の温度を出した。

$$I_s : \text{黒点の明るさ} \quad (1) \quad I_0 : \text{太陽中心の明るさ} \quad (2)$$

$$T_s : \text{黒点の温度} \quad T_0 : \text{太陽中心の温度}$$

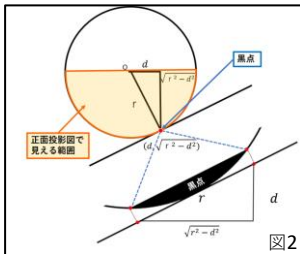
$$\frac{I_s}{I_0} = \frac{T_s^4}{T_0^4}$$

太陽中心の温度は5400Kだということが分かっている

$$T_s = 6400 \times \left(\frac{I_s}{I_0}\right)^{\frac{1}{4}}$$

### II 黒点面積の測定

黒点面積の測定にはps(線画)ファイルと画像編集ソフトGIMPを用いた。GIMPにある機能を使って特定の黒点内の面積を測定することができるのでその方法を使って黒点の面積を出した。しかし、この方法だけでは面積に誤差が生じてしまう。そこで私たちはこの問題に関する解決方法(図2)を考えた。



### III 黒点内部温度分布の測定

黒点内部温度分布の測定にはFITS形式デジタルデータとMakali'iを用いた。Makali'iでの「グラフ」という操作を行い、指定した領域の輝度データを黒点内の座標とともに求めた。そのデータを温度に変換したのち3-D等温図を作成した。

### IV 黒点の形成から消失までの面積推移と温度推移の測定

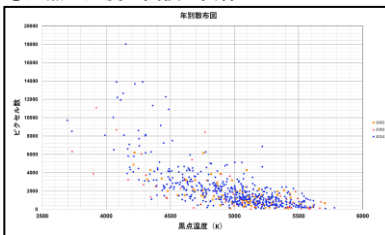
形成から消失まである程度追える黒点を探し黒点の面積と温度を紐づけながら1日ごとの変化を調べた。

## 参考文献

太陽黒点の磁場と温度の関係についての論文  
 Writer: Greg Kopp & Douglas Rabin (1992) Title: A relation between magnetic field strength and temperature in sunspots  
 Journal title: Solar Physics  
 巻数、所在ページ: 141、ページ253~265  
 理科年表オフィシャルサイト/FAQ/天文部: 太陽黒点とは? (rikanenpyo.jp)  
 URL: [https://www.rikanenpyo.jp/FAQ/tenmon/faq\\_ten\\_002.html](https://www.rikanenpyo.jp/FAQ/tenmon/faq_ten_002.html) 最終閲覧日: 2021年3月28日  
 「京」の中で太陽黒点の11年周期が見えてきた | 計算科学の世界 (riken.jp)  
 URL: <https://www.r-cs.riken.jp/newsletter/201701/interview.html> 最終閲覧日: 2021年3月28日  
 あなたもできるデジカメ天文学  
 著者: 鈴木文二 洞口俊博 出版社: 恒星社厚生閣 所在ページ: ページ64~66

## 6. 結果・考察

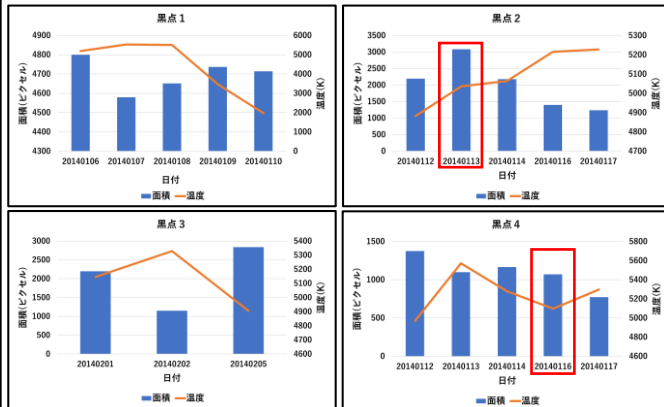
### ①黒点の温度と面積の関係



この散布図には負の相関がみられる。  
相関係数: -0.69

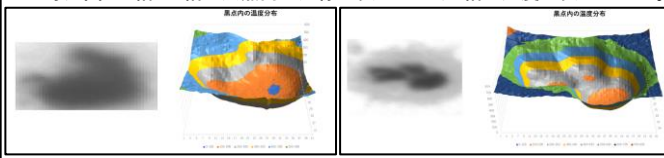
### ②黒点の形成から消失までの温度推移

形成から消失まである程度追える黒点の面積と温度を用いてグラフを作成した。また、このグラフの棒グラフは黒点の面積を表しており、折れ線グラフは黒点の温度を表している。



### ③黒点内部温度の分布図

2014年1月6日と2014年1月9日の黒点について内部温度の分布図を作成した。3-D等温図のx軸とy軸は黒点内の座標を表しておりz軸は温度を表している。



## 7. 結論

- ①黒点の温度と面積の関係については仮説と同じく黒点の面積が多くなるほど温度は低くなる傾向にあるということが分かった。このことから黒点の磁場との関係も含めて考えると磁場が強くなるほど温度が低くなり、面積が大きくなるということが分かった。
- ②黒点の形成から消失までの面積・温度推移については1つの黒点を追うと仮説とは異なり黒点の面積は増減を繰り返してることが多く形成から消失までを一貫して追い続けることはできなかったものの黒点の温度は面積に伴って変動する傾向にあるということが分かった。また、黒点の変化量は面積の大小にかかわらず同じくらいであることが分かった。
- ③黒点内部温度の分布図については黒点の中心に行くほど温度が低くなっているが、予想していたよりも緩やかな温度変化がみられることが分かった。

## 8. 展望

- I 現在、ps(線画)ファイルの作成基準(太陽黒点のどこを基準にして黒く塗っているのか)について国立天文台に問い合わせしているので、回答が返ってきたのちにデータの誤差を減らせるのかどうかを考えたい。
- II 本校には太陽観測ができる専用の望遠鏡があるので、将来的にはそれを使って自分たちで太陽黒点のデータを集めて測定などを行ってみたいと考えている。
- III 測定する太陽黒点のデータ数を増やせばさらに誤差が少なくなると考えられるのでデータ数を増やして測定しようと考えている。
- IV 以前、研究発表会でFITS形式デジタルデータでの輝度の測光において測光場所によって輝度に誤差が生じる可能性があるとの指摘があったのでそれに対する検証や誤差が生じたときの解決方法を考えたい。
- V 太陽黒点の形成から消失までの面積推移と温度推移を追うときに太陽黒点を連続して追い続けることができなかったため、連続して追い続けることができる太陽黒点を探して再度測定を行ってみたいと考えている。