

太陽黒点の温度と面積の関係

理科研究部宇宙班：

奥村 友陽（高2）、石崎 蒼真、古賀 大亮、柳本 康汰（高1）【大阪府立千里高等学校】

要旨

私たちは、黒点の温度と面積と磁場の関係を明らかにしたいと思い、黒点の温度を黒点の輝度で計算し、面積をピクセル数として計算することで黒点の温度と面積の関係を調べた。結果としては、黒点の面積が大きくなるほど温度が低くなる傾向にあることが分かった。

1. 先行研究

先行研究[1]より黒点の磁場が強くなるほど温度が低くなるということが分かっている。

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温度・面積推移を調べる
- (3) 黒点内部の温度分布を図示する

3. 仮説

- (1) 面積が大きくなるほど温度は低くなる
- (2) 面積は増加から減少に転じ、それに伴って温度も降下から上昇に転じる
- (3) 黒点内部では中心部に行くほど温度は低くなる

4. 測定方法

(1) 黒点温度の測定

FITS形式デジタルデータとマカリを用いて輝度を測定した。また、測定した輝度を温度に変換するためにシュテファン=ボルツマンの法則 ($I = \sigma T^4$ I は光の強さ σ はシュテファン=ボルツマン定数 T は温度)を用いた。この法則は、太陽などのガス体が放射する光の強さは、温度の4乗に比例するという法則で、太陽の温度は6400Kだということが分かっているため、測定した輝度とその値を代入することで温度を算出した。

(2) 黒点面積の測定

線画ファイルとGIMPを用いて黒点のピクセル数を測定したが、この方法だけでは面積に誤差が生じてしまうので、誤差修正を検討した。

誤差修正について

太陽は球面なので、黒点の位置によって平面図と球面とでは面積に大きな誤差が生じてしまう。

修正方法

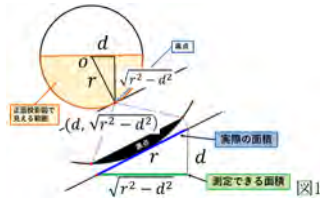


図1の円は太陽を上から見た断面図である。中心から黒点に向かって直角三角形を作った。中心の直角三角形の $d \cdot r$ 以外の辺は三平方の定理より $\sqrt{r^2 - d^2}$ となる。そして黒点の部分を拡大し、黒点の端から端の点を接線上に平行移動させプロットし、中心の直角三角形と相似な直角三角形を作った。そして、直角三角形の三辺の値を用いて $\frac{r}{\sqrt{r^2 - d^2}}$ を算出した。この値を黒点の面積にかけることによって中心からの誤差を考慮した正しいピクセル数を算出することができた。

(3) 黒点内部の温度分布

黒点の全ピクセルの輝度と黒点内の座標を組み合わせて3-D等温図を作成した。

5. 結果

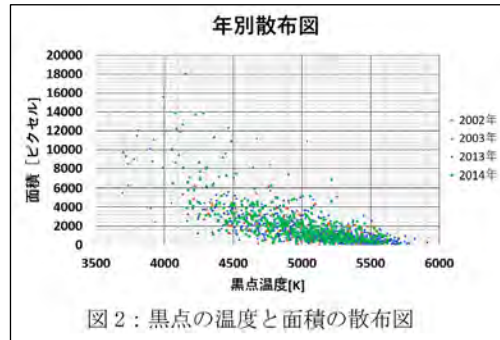


図2：黒点の温度と面積の散布図

- ・図2より黒点の温度と面積には負の相関がある
- ・相関係数：-0.691722

6. 考察

- ・図2より黒点の面積が大きくなるほど温度は低くなるということが分かった
- ・黒点の数は面積の小さいものも多く、面積の大きいものは少ない傾向にあるということが分かった
- ・年ごとにデータ数に差はあるものの、相関関係には変化はなかった

8. 展望

- ・磁場に関するデータを集め、三要素の相関を調べる
- ・サンプル数を増やし、読み取れる情報を増やす
- ・温度分布図と磁場分布図とを照合することで面積と磁場の関係をより深く考察する

9. 参考文献・使用データ

- [1]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 141, pages253–265
- [2]理科年表オフィシャルサイト 黒点とは？
URL:https://www.rikanenpyo.jp/FAQ/tenmon/faq_ten_002.html (最終閲覧日:2021年11月14日)
- [3]「京」の中で黒点の11年周期が見えてきた
URL:<https://www.r-ccs.riken.jp/newsletter/201701/interview.html> (最終閲覧日:2021年9月26日)
- [4]鈴木 文二 洞口 俊博

あなたもできるデジカメ天文学 恒星社厚生閣
国立天文台の三鷹観測所が観測したデータを使用した
温度：FITS形式デジタルデータ 面積：線画ファイル
使用年数：2002年 2003年 2013年 2014年
総データ数：1258個

10. 謝辞

本研究を行うにあたり、国立天文台の研究データを使用させていただきました。また、国立天文台太陽観測科学プロジェクト特任専門員の伊集 朝哉さんには本研究で使用したデータについて教えていただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。