

アーチフィラメントの速度マップの作成*

(第 11 回科学部研究報告)

Velocity Map of an Arch Filament System using H α Filtergrams

(The 11th Report of the Science Club of Yonago National College of Technology)

大脇秀捷*** 加川庸一*** 川上優太*** 久古貴将*** 富田拓也***
Hidehaya OWAKI Yoichi KAGAWA Yuta KAWAKAMI Takamasa KUGO Takuya TOMITA
波多野瑠*** 林原真史** 笹谷 航*** 田原早央莉*** 永見莉奈*** 竹内彰継****
Yo HATANO Masashi HAYASHIBARA Wataru SASATANI Saori TABARA Rina NAGAMI Akitsugu TAKEUCHI

概要

太陽黒点は強い磁場をともなっている。そして、黒点の磁力線は太陽内部で作られ、浮上してきたものである。このような浮上してきたばかりの磁力線をアーチフィラメントと呼ぶ。この現象の中央では約 10 km/s の上昇運動が、端では太陽の重力により磁力線にそって物質が落下するため、約 30~50 km/s の下降運動が観測される。今回我々は従来の手法と比べて極めて簡単な方法で計測を行い、文献値と一致する結果を得た。ここでは、その結果について報告する。

1.はじめに

太陽黒点は強い磁場をともなっている。そして、黒点の磁力線は太陽内部で作られ、浮上してきたものである。このような浮上してきたばかりの磁力線をアーチフィラメントと呼ぶ。この現象の中央では約 10 km/s の上昇運動が、端では太陽の重力により磁力線にそって物質が落下するため、約 30~50 km/s の下降運動が観測される(図 1)。今回我々は、太陽面中央で発生したアーチフィラメントを偶然捉えたので、その速度マップの作製を試みた。

ところで、アーチフィラメントの速度の測定では、従来は「クラウドモデル」(彩層上空に密度の濃い気体の塊が浮いており、その塊が彩層からの光を吸収、散乱しながら、さらに視線方向に運動すると仮定するモデル。)を適用し画像の各ピクセルで輻射輸達方程式を解くといった相当難しい問題を解いていた。

しかし、それでは高専学生にとっては極めて難しい問題となる。そこで、本研究では H α 線の底の光の強度が波長の 2 次関数で表せると仮定して、その頂点の位置から視線速度を算出するという極めて簡単な手法を用いて測定した。以下ではその結果について報告する。

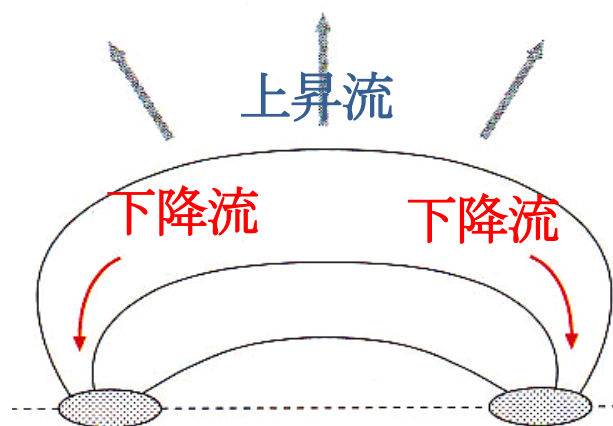


図 1 アーチフィラメントの模式図。

2.観測

我々は、2012年8月21日にアーチフィラメントの観測を行った。観測には、本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡(図 2)を使用した。望遠鏡の対物レンズの前面に R60 フィルタを取付けて入射光の波長域を絞り、接眼部に H α フィルタ(FWHM=0.3Å)を取り付けて観測を行った。観測では H α フィルタの透過波長帯を H α 線の中央(6562.8 Å)と、 ± 0.6 Å ずらした波長で、露光時間を 0.01 秒として 30 コマずつ撮像した。さらに、露光時間 0.01 秒でダーク、フラット、フラットダークをそれぞれ 10 コマずつ撮像した。なお、観測ではビットラン製の冷却 CCD カメラ、BJ40Lを使用した。

* 原稿受理 平成 25 年 12 月 6 日

** 電気情報工学科 学生

*** 物質工学科 学生

**** 教養教育科



図 2 太陽彩層速度場観測望遠鏡。観測で使用したのは中央の1本のみである。

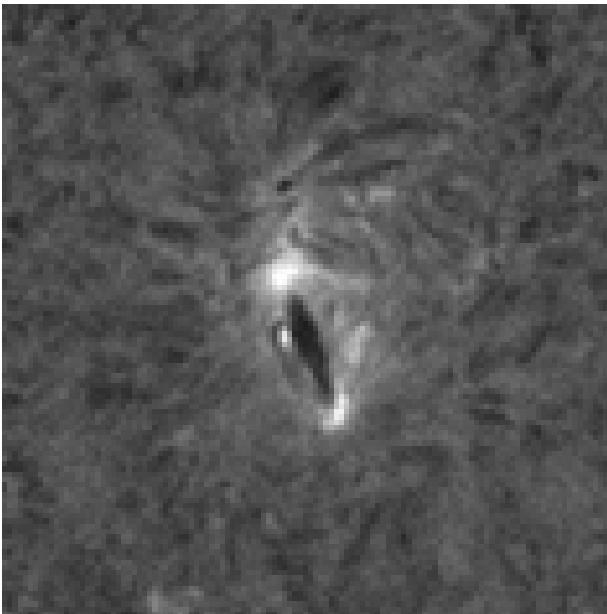


図 3 $H\alpha \pm 0.0\text{\AA}$ でのアーチフィラメントの画像。中央の黒い筋模様がアーチフィラメント。筋模様の両端が光っているのは、アーチフィラメントに沿った下降流が彩層と衝突して衝撃波が形成されているため。

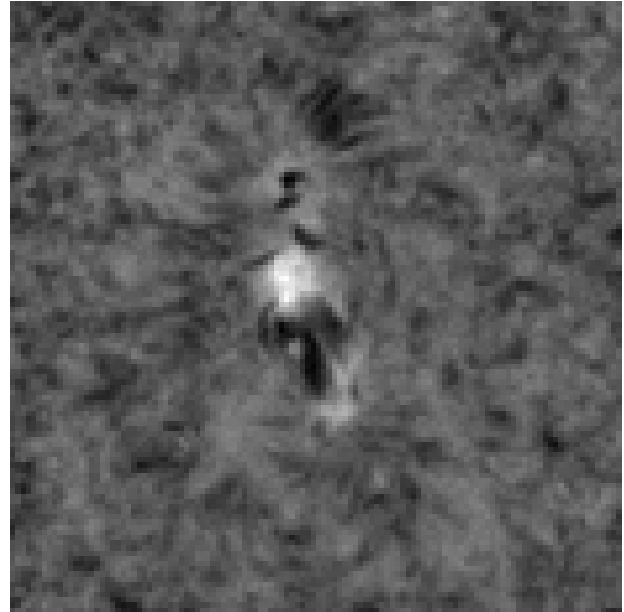


図 4 $H\alpha - 0.6\text{\AA}$ でのアーチフィラメントの画像。ドップラー効果により、アーチフィラメントの中央の上昇している部分だけを見ているため、図3より筋模様が短くなっている。

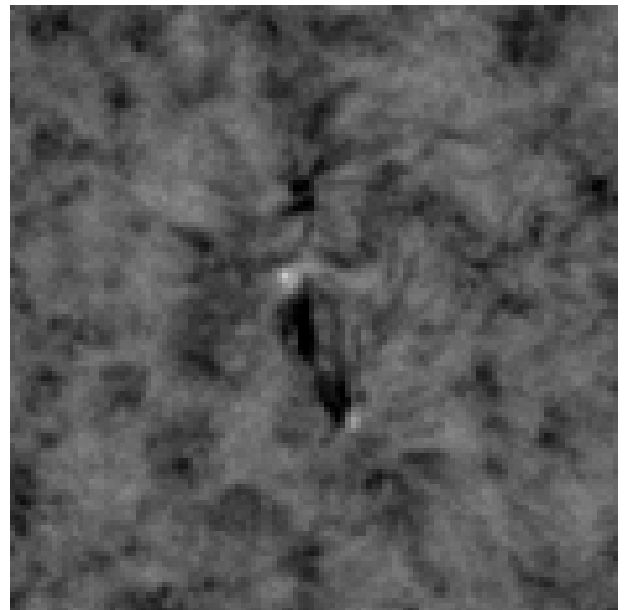


図 5 $H\alpha + 0.6\text{\AA}$ でのアーチフィラメントの画像。図4とは逆に、アーチフィラメントの両端の下降している部分だけを見ているため、筋模様が上下に分かれて見えている。

3.解析

まず撮像した画像のダーク、フラット、フラットダーク画像を平均してダーク・フラット処理を行った。次に、

H α 中心(図 3)、H α -0.6Å(図 4)、H α +0.6Å(図 5)の 3 枚全てに見えている模様を使って複数の部員で位置合わせを行った。

ところで、3 枚の画像の対応するピクセルの明るさは、図 6 の H α ±0.0Å、H α -0.6Å、H α +0.6Å の波長での明るさを表していることになる。一方、H α 線の中心部は、図 6 で図示した底の部分ならば波長の 2 次関数で近似することが可能である。そこで、この 3 枚の画像の対応するピクセルの明るさを 2 次方程式で Fitting し、関数の最下点の波長を求め、H α 線の中心(6562.8Å)からのずれ $\Delta\lambda$ (ドップラー偏移)を求めた。そして、以下の式を用いてドップラー偏移 $\Delta\lambda$ を視線速度 v に換算した。

$$v = \frac{\Delta\lambda}{6562.8} \quad C = 3.00 \times 10^5 \text{ km/s}$$

この操作をすべてのピクセルに対して行って速度マップを作製した(図 7)。

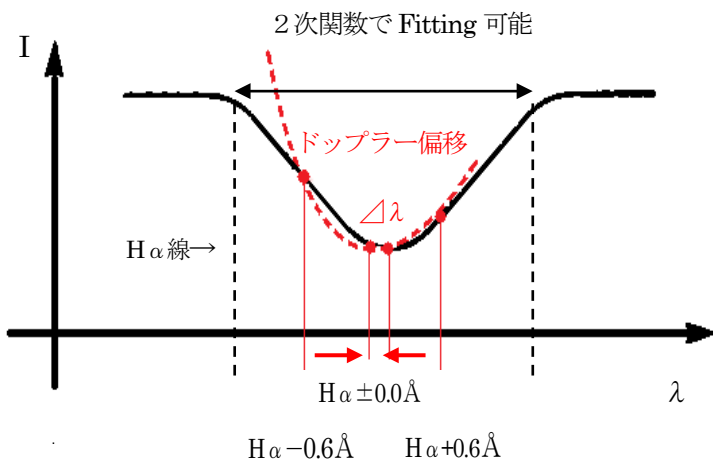


図 6 H α 波長を用いた 2 次関数 Fitting

4.結果

図 7 のアーチフィラメントの速度場を見ると画像中央の上昇流の場所が薄い青色になっており、またその両端の下降流の場所が赤黒い色となっていることがわかる。一方、速度スケールの青色は観測者に対して近づく運動のことで、赤色は観測者に対し遠ざかる運動のことを示している。この事を踏まえるとアーチフィラメントの中央で約 10 km/s の観測者に対し近づく運動つまり上昇運動が、アーチフィラメントの端では約 30km/s の観測者に対し遠ざかる運動つまり下降運動が起きていることが分かる。この速度は、文献値とほぼ同じ値であり、この

ような簡単な解析でもアーチフィラメントの速度の測定に成功したと言える。

アーチフィラメントの速度を求めるためには本来、クラウドモデルを用いて各ピクセルについて輻射輸達方程式を解かねばならない。この解き方と比較して非常に簡単な解析で文献値と一致する速度が得られたことは驚くべきことである。

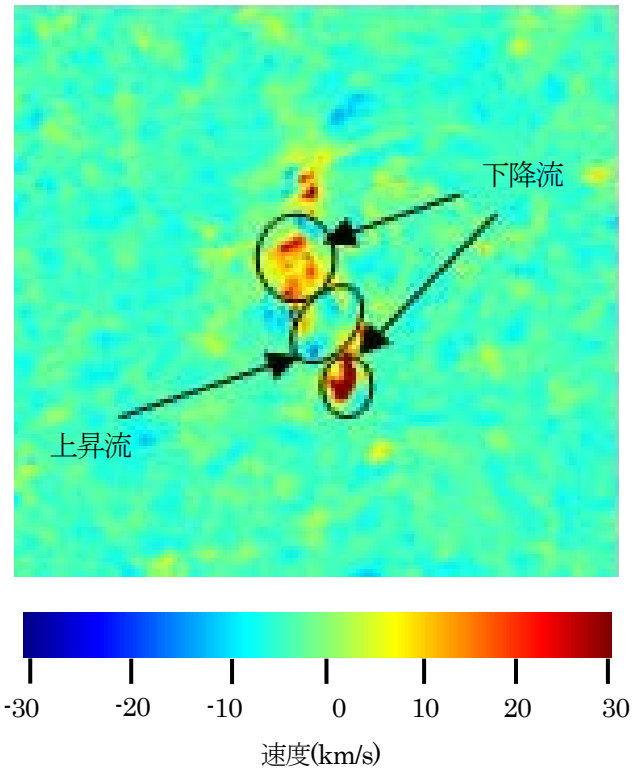


図 7 アーチフィラメントの速度マップ。図 3 と比較すると、アーチフィラメントの中央で約 10 km/s の上昇運動が、両端では約 30km/s の下降運動が起きていることが分かる。

5.考察とまとめ

今回の研究で目標であったアーチフィラメントの速度マップの作成は、上昇運動と下降運動の値が文献の値とほぼ一致しているため成功したといえる。

しかし、彩層での速度の中央値は 0.9km/s であった。これは本来 0 km/s となるはずなので、我々が H α 線中心と考えていた波長が約 2×10^{-2} Å だけずれていたことになる。しかし、このずれを補正しても画像中央の上昇流は 10 km/s、両端の下降流 30 km/s で文献と同様の値なので、この波長のずれは無視しても構わないと考えられる。

今回比較的精度の高い結果が得られた。これは、今回観測したアーチフィラメントが、太陽の中心で発生したことが原因の一つであると考えられる(図 8)。

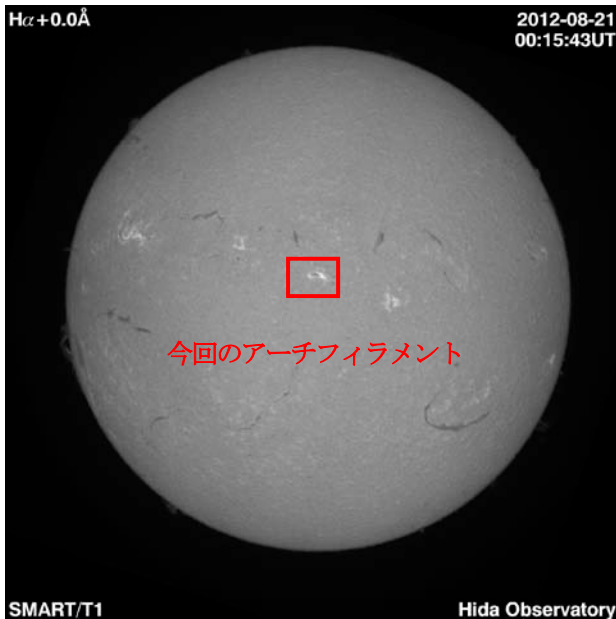


図 8 2013 年 8 月 21 日に京都大学飛騨天文台で撮像された太陽全面 H α 画像。今回観測したアーチフィラメントがほぼ太陽中心で発生したことがわかる。

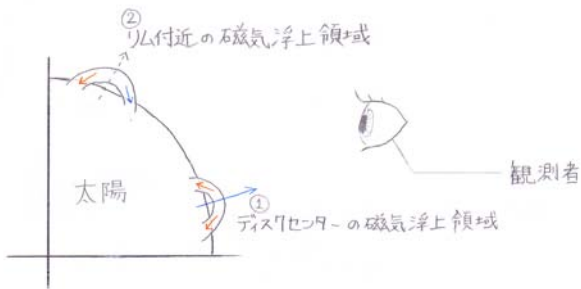


図 9 ディスクセンターとリム付近での磁気浮上領域の見え方の違い。

図 9 の②のようにアーチフィラメントがリム付近に現れた場合、下降流の片側が青色つまり観測者に対して近づく運動となり、残りは赤色つまり観測者に対して遠ざかる運動となる。さらに、上昇流は観測者に対して変化が見られない運動となる。今回はたまたま図 9 の①の位置に発生したアーチフィラメントをとらえることができたため、幾何学的な誤差の混入がなく、文献値に近い値が得られやすかったと考えられる。

今回は、H α 中心を 2 次関数によって Fitting し文献

値と一致する良い結果が得られた。しかし、解析は一例にすぎないので今後多数のアーチフィラメントを観測し、同様の結果が得られるか調べていきたい。また、その他の現象、例えば逆エバーシェット流などでも、本解析法の有効性が示せるか調べていきたい。

7.参考文献

写真集「太陽」柴田一成・大山真満 共著 裳華房