

H α 線による黒点の3分振動の検出*

(第9回科学部研究報告)

Detection of the Three minutes Oscillations of Sunspots Using H α Filtergrams
(The 9th 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** 笹谷航**
Hidehaya OWAKI Yoichi KAGAWA Yuta KAWAKAMI Takamasa KUGO Wataru SASATANI
富田拓也** 波多野瑤** 林原真史*** 竹内彰継****
Takuya TOMITA Yo HATANO Masashi HAYASHIBARA Akitsugu TAKEUCHI

概要

3分振動とは、太陽の黒点上空の彩層が周期3分で明滅・振動する現象のことである。従来の研究では、電離カルシウムの吸収線であるK線で観測した例が多い。しかし、H α 線で検出した例もある。そこで、私達は本校の彩層速度場観測望遠鏡にH α フィルタを取り付け、CCDカメラで撮像して、H α 線での3分振動の検出を試みた。以下、その結果について報告する。

1.はじめに

太陽の黒点暗部の上空では、彩層が明滅・振動する現象が見られる。この現象はその振動の周期が約3分であることから、黒点の「3分振動」と呼ばれている。しかし、現段階ではなぜ振動の周期が3分なのか、何が振動を励起しているのかといった基本的なことすら分かっていない(Thomas1985)。

そこで、私達は本校の彩層速度場観測望遠鏡でこの3分振動の検出を試み、可能ならばその振動の物理の解明に寄与することを目指した。

なお、本研究は2012年3月20日に行われた日本天文学会春季年会ジュニアセッションにて発表した研究テーマである。

2.観測

2-1.観測装置

本研究では、本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡(図1)を用いて観測を行った。太陽彩層速度場観測望遠鏡の仕様を以下に示す。

望遠鏡 3連屈折望遠鏡

ビクセン製アクロマート屈折望遠鏡
(D=80mm,Fl=910mm,F11.4)をバード
製テレセントリックレンズで4倍に拡大
(合成焦点距離 Fl=3640mm,F45.5)

赤道儀 タカハシ製 JP 型赤道儀

(駆動装置 PD5-XY)

H α フィルタ ソーラーспекトラム社製
(半値幅 0.3Å)

CCDカメラ ビットラン社製 BJ40-L(図2)

望遠鏡の接眼部にこの CCD カメラを取り付け、パソコンに接続することによって観測データを直接取り込むことができる。

*平成25年1月10日

**物質工学科 学生

***電気情報工学科 学生

****一般科目



図 1.太陽彩層速度場観測望遠鏡



図 2 ビットラン社製冷却 CCD カメラ BJ40-L。

従来の研究では、電離カルシウムの吸収線である K 線で観測した例が多いが、 $H\alpha$ 線で検出した例もある。そこで、 $H\alpha$ 線での 3 分振動の検出を試みた。

2-2.観測方法

2011 年 9 月 13 日 (8 h00 m~11 h00 m)、15 日 (8 h00 m~12 h00 m) の 2 日間に図 3 の活動領域 NOAA11289 の黒点の時系列観測を行った。連

続撮像をすることにより、太陽黒点の時間変化が判る。そこで、 $H\alpha$ フィルタの透過波長を $H\alpha \pm 0.0 \text{ \AA}$ で固定し、露光時間を 0.01 秒、撮像間隔を 3.00 秒 (13 日)、6.00 秒 (15 日) とし、太陽黒点の画像を 300 枚連続撮像行った。

この連続撮像の後、ダーク、フラット、フラットダークを 10 枚ずつ撮像した。このとき、それぞれの露光時間は 0.10 秒、2.00 秒、2.00 秒とした。

なお、時間経過とともに CCD 上で黒点が出て行った。これは、望遠鏡の赤道儀の極軸が正確に設定されていなかったためと思われる。そのため、解析の際に黒点の位置補正が必要となった。

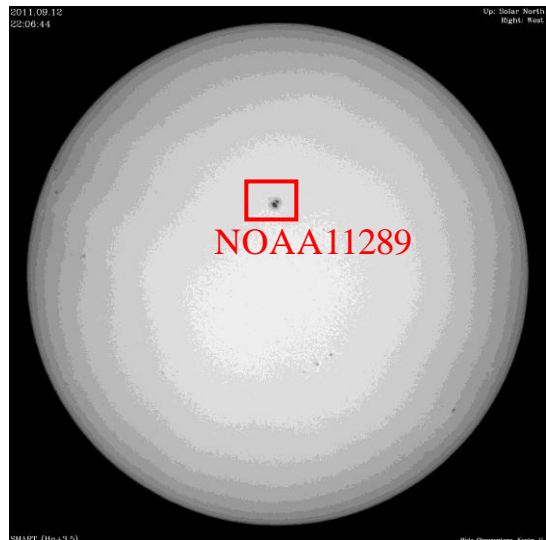


図 3 9 月 13 日の太陽画像

3.解析

まず、9 月 13 日、15 日の黒点の観測画像のダーク・フラット処理を行った。これはダーク、フラット、フラットダーク画像を平均して観測画像からダーク画像を減算し、フラット画像からフラットダーク画像を減算したもので除算を行う作業である。この操作は、観測画像にあるゴミや、CCD カメラの特性上

起こるノイズなどを除くための作業であり、これにより画像がよりクリアになる。処理後の画像が図 4, 5 である。

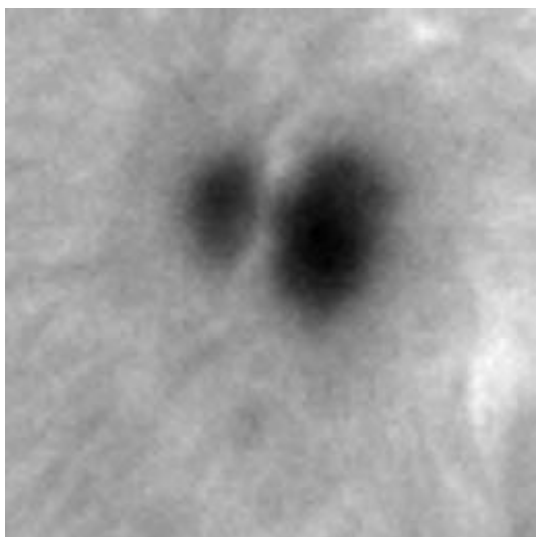


図 4 9月13日の NOAA11289 の黒点画像

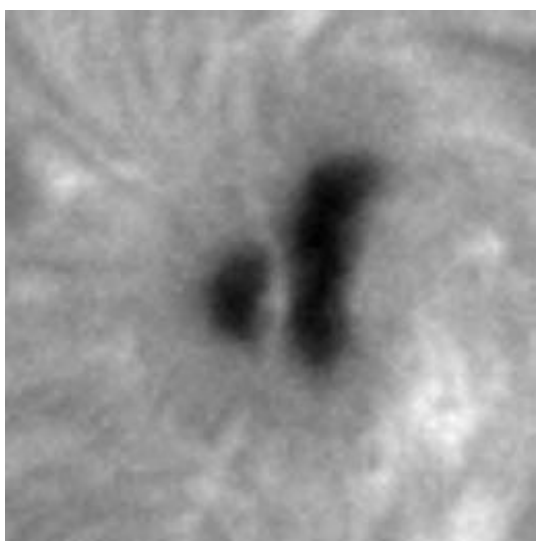


図 5 9月15日の NOAA11289 の黒点画像

観測方法で述べたように、観測画像には望遠鏡のガイドエラーによる位置のずれが見られた。そこで、相関追跡法(コリレーショントラッキング)によってそのずれを補正した。これは、初期画像とその後の撮像画像との相関を利用して望遠鏡のガイドエラーを補正する

方法である。

次にガイドエラーを補正した画像をピクセルごとに時間方向に 1 次元配列として抽出し、フーリエ変換を行った。これにより時間軸が周波数軸として変換された明るさの振幅の二次元分布図ができる。これがピリオドグラムである。図 6, 7 にそれぞれ 9 月 13 日、15 日の周期 3 分の、図 8, 9 にそれぞれ 9 月 13 日、15 日の周期 5 分のピリオドグラムを示す。

なお、これらの解析は画像解析ソフト IDL を用いて行った。

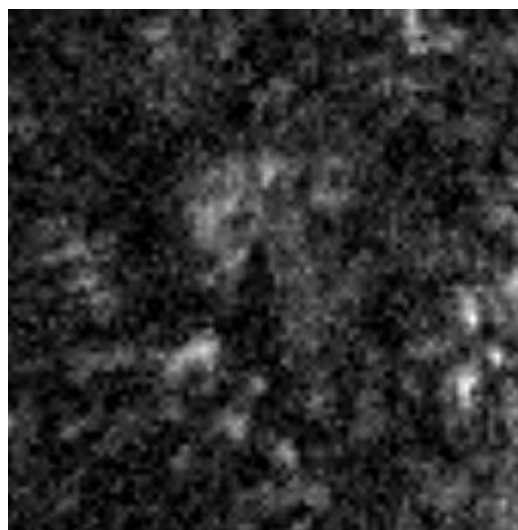


図 6 9月13日の NOAA11289 の周期 180 秒のピリオドグラム

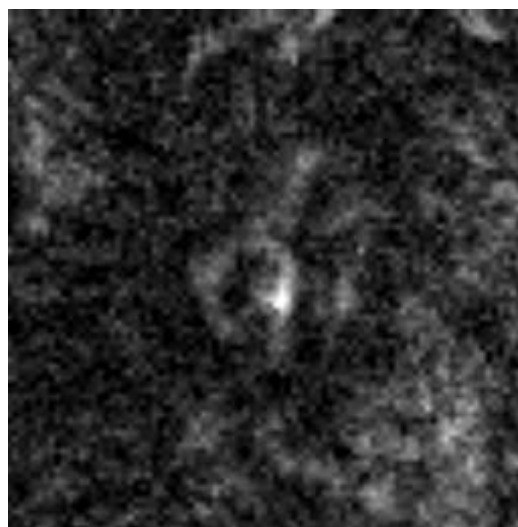


図 7 9月15日の NOAA11289 の周期 180 秒のピリオドグラム

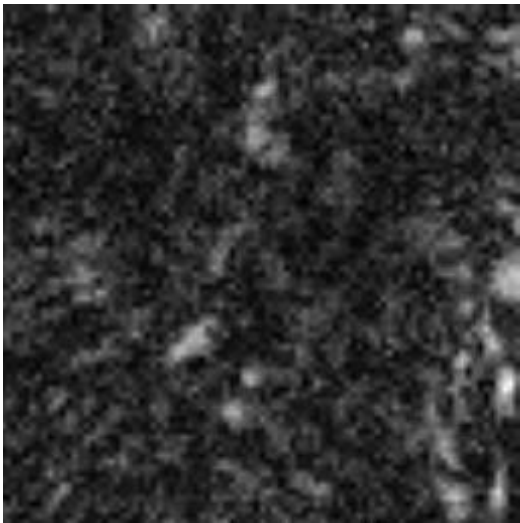


図8 9月13日のNOAA11289の周期300秒のピリオドグラム

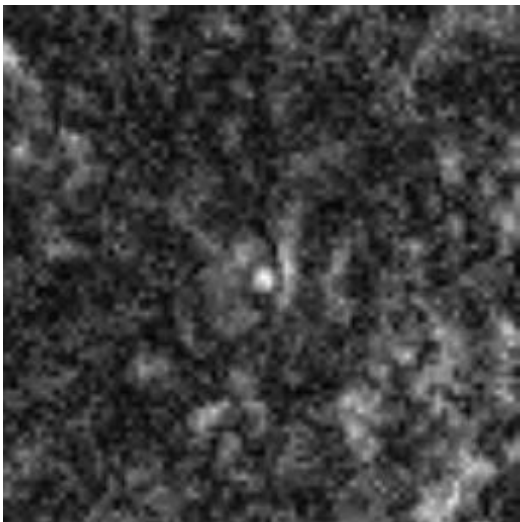


図9 9月15日のNOAA11289の周期300秒のピリオドグラム

で振動している。(これを「5分振動」と呼ぶ)そこで、周期5分のピリオドグラムも作成してみた(図8,9)。図8,9を見ると、周期3分のピリオドグラムとは異なり、黒点の形が判別しづらく、画像の明るい部分と黒点とは関係がない、すなわち5分振動と黒点とは関係がない事が分かる。

これらのことから黒点暗部で3分振動が卓越していると考えられるが、この結果が本当に正しいのかを確かめるため、黒点内部の振動のパワースペクトルを作成した。図10が9月13日、図11が9月15日のパワースペクトルである。なお、これらのパワースペクトルでは縦軸を振幅、横軸を周期とした。また、パワースペクトルではパワーのピークを矢印で表した。図10,11を見ると、9月13日、15日両日とも周期3分のところにピークがある。したがって、3分振動が検出できていると考えられる。

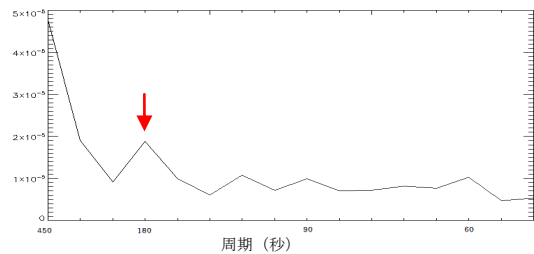


図10 9月13日のNOAA11289のパワースペクトル

4.結果と考察

黒点画像(図4,5)と周期3分のピリオドグラム(図6,7)を比較すると、ピリオドグラムでは両方(9月13日、15日両日)とも黒点の部分が明るくなっていることがわかる。このことから、この黒点では周期3分の振動の振幅が大きい、つまりこの黒点は周期3分で振動していることがわかる。

なお、太陽光球はすべての場所が周期5分

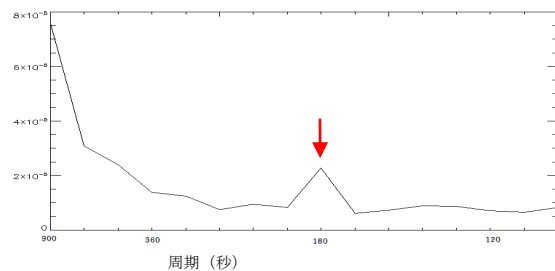


図11 9月15日のNOAA11289のパワースペクトル

従来の3分振動の研究では、電離カルシウムの吸収線であるK線で観測した例が多いが、H α 線で検出した例もあり、私達の結果はそれらとは矛盾しないものとなった。

しかし、3分振動の物理の解明に寄与するには至らなかった。今後は多くの黒点で同様のデータを集め、3分振動は伝播波なのか定在波なのか。また、黒点のサイズと周期や振幅の関係を調べていきたいと考えている。

また、今年から電離カルシウムのK線フィルタが入手できたため、K線フィルタを用いた観測も行いH α フィルタで得られた結果との違いを調べ、(K線フィルタは光球と彩層の境界を、H α フィルタは彩層を見ていることから3分振動の高さ方向の違いを調べ)3分振動の物理の解明に寄与したい。

5.まとめ

2011年9月13日、15日に本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡にH α フィルタを取り付け、活動領域NOAA11289の黒点画像の連続撮像を行った。それらの画像の各ピクセルで時系列フーリエ解析を行ってピリオドグラムを作成した結果、両日とも黒点暗部で3分振動が検出できた。

従来の3分振動の研究では、電離カルシウムの吸収線であるK線で観測した例が多いが、H α 線で検出した例もあり、私達の結果はそれらとは矛盾しないものとなった。

しかし、3分振動の物理の解明に寄与するには至らなかった。今後は多くの黒点で同様のデータを集め、3分振動は伝播波なのか定在波なのか。また、黒点のサイズと周期や振幅の関係を調べていきたいと考えている。

また、今年から電離カルシウムのK線フィ

ルタが入手できたため、K線フィルタを用いた観測も行いH α フィルタで得られた結果との違いを調べ、(K線フィルタは光球と彩層の境界を、H α フィルタは彩層を見ていることから3分振動の高さ方向の違いを調べ)3分振動の物理の解明に寄与したい。

<参考文献>

Oscillations in Sunspots John H. Thomas (1985年)

「ひので」による、太陽黒点内部の磁場構造
天文月報, 2009年, Vol.102, pp.326~331,
渡邊皓子, 北井礼三郎