

# CaK 線による黒点の 3 分振動の検出\*

(第 13 回科学部研究報告)

Detection of the Three-Minute Oscillations of Sunspots using CaK Filtergrams

(The 13th Report of the Science Club of Yonago National College of Technology)

田原早央莉****	永見莉奈****	田中佐知*****	山根優香*****	永井俊一**
Saori TABARA	Rina NAGAMI	Sachi TANAKA	Yuuka YAMANE	Syuniti NAGAI
堀江洗介**	尾上創***	勝部桃子*****	竹内彰継*****	
Kousuke HORIE	Tsukuru ONOUE	Momoko KATSUBE	Akitsugu TAKEUCHI	

## 概要

3 分振動とは、太陽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。この現象の発生メカニズムについては諸説があり、その実態はまだ解明されていない。したがって、現在でも観測データを積み重ねることが重要となっている。その流れで、我々は一昨年度 H $\alpha$  線フィルタグラムで黒点の時系列撮像を行い、3 分振動の検出に成功した。しかし、文献では Ca II K 線での検出例が多い。そこで、今回我々は本校の CaK フィルタを用いて黒点の 3 分振動の検出を行い、一昨年度に引き続き 3 分振動の物理に迫ることを試みた。以下、その結果について報告する。

## 1.はじめに

太陽黒点の暗部上空の彩層では明滅・振動する現象が見られ、この振動の周期が約 3 分であることが知られており、黒点の「3 分振動」と呼ばれている。Thomas(1985)はこの現象には二種類の原因があるとしているが、詳しい発生メカニズムはまだわかっていない。したがって、現在でも観測データを積み重ねることが重要となっている。

そこで、一昨年度 H $\alpha$  フィルタグラムで黒点の時系列観測を行い、3 分振動の検出に成功した。しかし、その研究では 3 分振動が黒点内部に局在していることはわかったが、黒点の構造と振動の位相の間には、はっきりした関係が見いだせず、振動が伝搬波なのか定在波なのかわからなかった。

ところで、文献によれば黒点の 3 分振動は主に Ca II K 線で検出されている。これは H $\alpha$  線が彩層中層以上で形成されているのに対し、CaK 線は彩層底部で形成されているため、他からの擾乱を受けにくく振動が検出しやすいからである。そこで、我々は本校の CaK フィルタを利用して黒点の 3 分振動の検出を行い、一昨年度に引き続き 3 分振動の物理に迫ることを試みた。

---

\*平成 25 年 12 月 6 日受理

\*\*電気情報工学科 学生

\*\*\*電子制御工学科 学生

\*\*\*\*物質工学科 学生

\*\*\*\*\*建築学科 学生

\*\*\*\*\*教養教育科

なお、本研究は2013年7月18日に大阪教育大学で行われた高校生天文活動発表会にて発表した研究である。

## 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。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)をバーダー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)

CaK フィルタ ラントソーラーシステムズ製(半値幅 1.2Å)

CCD カメラ ビットラン製 BJ40-L(図2)



図1 本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡



図2 ビットラン製 CCD カメラ BJ40-L

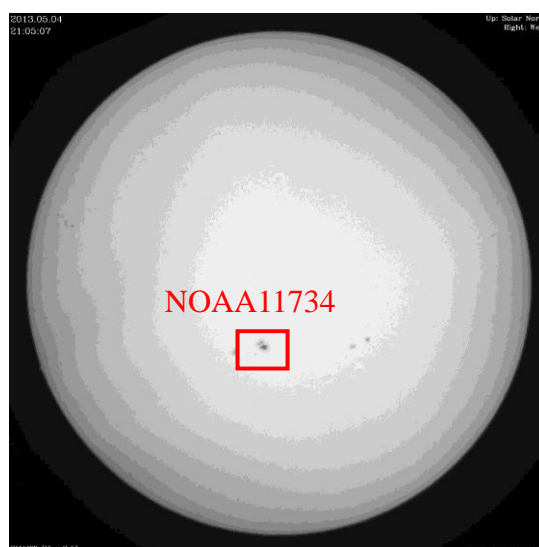


図3 2013年5月5日の太陽画像

### 2-2. 観測方法

2013年5月5日(8h00m~11h00m)に活動領域 NOAA11734 の黒点の時系列観測を行った。具体的には、望遠鏡に CaK フィルタを取付け、露光時間を 0.01 秒、撮像間隔を 6 秒として太陽黒点の画像を 600 枚連続撮像した。このとき、極軸が正確に合っていなかったためか、黒点が CCD 上で時間経過とともに多少動いてしまった。(図3)

この撮像後、ダーク、フラット、フラットダークを 10 枚ずつ撮像した。それぞれの、露光時間は 0.10 秒、2.00 秒、2.00 秒とした。

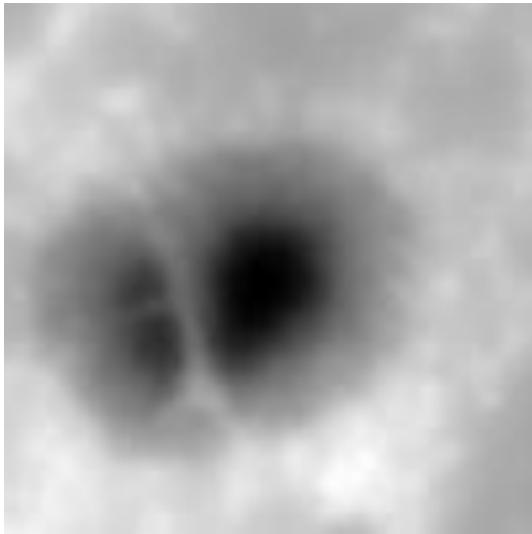


図4 5月5日のNOAA11734の黒点のCaK画像。黒点の黒い部分が暗部、濃い灰色の部分が半暗部である。また、黒点暗部を左右に分けている筋をライトブリッジという。

### 3.解析

まず、5月5日の太陽画像のダーク・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黒点画像からダークを引き、フラットからフラットダークを引いたもので割り算する作業である。この操作は、黒点画像にあるゴミや、CCDカメラの感度ムラ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となる。処理後の画像が図4である。

観測方法で述べたように、黒点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ので、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、最初の黒点画像とその後の黒点画像の相関を利用して、撮像した全ての黒点画像に共通した点を定め、この点を基準にして画像を切りだすことにより望遠鏡のガイドエラーを補正する方法である。

次に観測画像のピクセルをピクセルごとに

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。しかし、このままでは画像の変化がわかりづらいため、振幅が大きい部分を明るくし、小さい部分を暗くした。これがピリオドグラム(図5)である。このとき、解析は画像解析ソフトIDLを用いて行った。

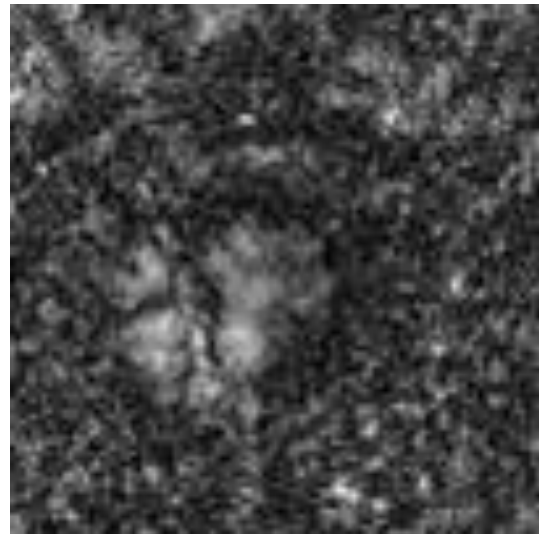


図5 NOAA11734の周期212秒のピリオドグラム。黒点の暗部に対応する部分が明るく、3分振動が局在していることがわかる。

### 4.結果と考察

図4と図5を比較すると、図4で黒点の暗部となっている部分が図5では明るくなっている。一方、図5は周期212秒のピリオドグラムなので、この黒点が周期約3分で振動している、したがって黒点暗部に3分振動が局在していることがわかる。さらに、黒点暗部を左右に分割しているライトブリッジ内にも3分振動のセルが存在していることがわかる。

このことから黒点暗部で3分振動が検出できたと考えられるが、この結果が正しいか確かめるために黒点内部の振動のパワースペク

トルを作成した(図 6)。ちなみに、このパワースペクトルは縦軸をパワーではなく振幅としている。このパワースペクトルを見ると周期 212 秒付近 (すなわち周期約 3 分) の振幅が大きくなっており、黒点暗部では 3 分振動が卓越しているといえる。なお、周期が 360 秒より長い方にいくつかピークが見られるが、これらは下部からの対流による突き上げを表していると考えられる。

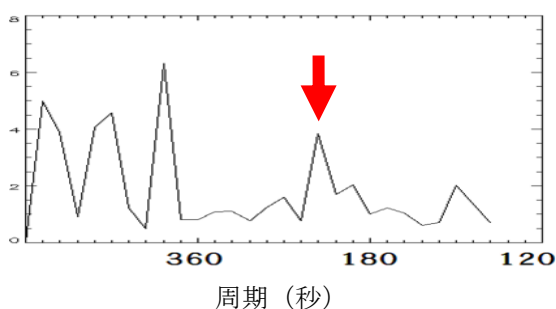


図 6 NOAA11734 のパワースペクトル。周期 212 秒にピークが見られ、黒点暗部では 3 分振動が卓越していることがわかる。周期が 360 秒より長い方に見えているピークは対流による突き上げを表している。

動の位相分布図を作成した(図 7)。この図から、ライトブリッジで左右に分割されているにもかかわらず、黒点暗部がほぼ同じ位相( $\pi/2$ )で振動しており、3 分振動が伝搬波ではなく定在波であることが分かる。さらに、ライトブリッジは逆位相( $-\pi/2$ )で振動しており、暗部とライトブリッジの間が振動の節になっていることがわかる。

### 5.まとめ

今回、CaK 線で黒点の時系列観測を行った結果、黒点暗部で 3 分振動が検出できた。さらに、黒点暗部が同位相で振動しており、3 分振動が定在波であることも示せた。

今後は、ほかの黒点でも同様の結果が示せるか、黒点のサイズ、形、周辺の状況などに関係があるか調べていきたい。さらに、白色光、CaK 線、 $H\alpha$  線で同時観測を行い、太陽大気内で 3 分振動の振幅や位相がどのような分布になっているかも調べ、黒点の 3 分振動の物理を解明したい。

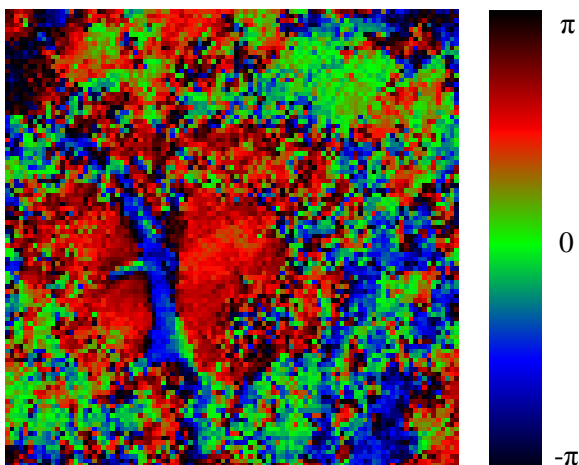


図 7 NOAA11734 の 3 分振動の位相分布図。黒点暗部が同位相で振動しており、3 分振動が定在波であることがわかる。

### <参考文献>

- Foukal, P. V. (1990). SOLAR ASTROPHYSICS.
- Thomas, J. H. (1985). Aust. J. Phys. **38**,811.

続いて、振動の性質を調べるため、3 分振