

太陽の5分振動検出の試み

早川 孝徳、宮崎 純一、中野 達貴、板谷 由菜（高2）、
小林 亮介、瓶子 実紗央、各務 正浩（高3）、上籠 俊輝（高1）
京都府立洛東高等学校 太陽観測チーム

1. はじめに

京都大学大学院理学研究科附属花山天文台で2013年8月16日～19日の4日間太陽の観測実習を行った。18日には中性鉄線で黒点の磁場を調べ、また、自転速度の検出を試みていた。そのとき、地球大気線と比較して、中性鉄線が時間経過とともに微妙にくねくねと曲がっているように見えた。天文台の先生に聞くと、太陽大気の振動が見えているのかもしれないと言われ、5分振動の観測することになった。

太陽の5分振動とは、太陽全体にわたるグローバルな振動で、太陽一面に速度成分のパターンが広がっている。速度として0.4km/sであり、太陽内部の様子を探るのに大変重要な研究方法になっている。

2. 観測

京都大学大学院理学研究科附属花山天文台の太陽館にある口径70cmのシーロスタット望遠鏡に附属する高分散分光器（波長分解能50万・スリット幅 100μ ・スリット長が太陽面上で約5万km）を使用した。分光器で得られたスペクトル画像はCCDカメラでTIFF画像として保存された。使用した波長域は6301Å～6303Å付近である。

観測領域が、H α 画像モニターで太陽面の同じ場所になるように監視した。また、スリット面で太陽面の同じ位置の光を分光できるように太陽面の端3点にマグネットで印を付け、ずれないように太陽像を追尾した。

観測は2013年8月18日13時40分00秒（日本時間）から10秒間隔でスペクトル画像の取得をした。最初の500秒は撮像位置に不安があったので、解析からはずした。また、データ取得に手間取って10秒ごとの撮影に間に合わなかったものも除外された。さらに太陽面が雲に隠れたこともあり、13時45分00秒から15時30分00秒の105分間10秒ごとに260個のスペクトル画像データが取得できた。時刻の精度は、撮像のタイミングでほぼ決まり、0.2秒程度と判断される。

3. 解析

得られたスペクトル画像は国立天文台提供のマカリを利用して数値化しスペクトルトレースにした。地球大気起源の吸収線を利用して分散方向の1ピクセルあたりの波長の測定を行ったところ、0.0032Å/ピクセルの値を得た。

次に、スペクトル画像のスリット方向のピクセルあたりの太陽表面での実長を調べた。H α モニターに記録されているスリットの形と太陽像を比較して、太陽面でのスリット長が50000kmとわかった。これをスペクトル画像でのスリット方向のピクセル数で割り、48km/ピクセルを得た。

スペクトル画像のスリット方向（Y座標）でスリットやCCD上でゴミの少なく、黒点も無い320ピクセルから420ピクセル間で切り取ったスペクトルトレースをマカリで作成した。この間は太陽面実長でおよそ5000kmになる。

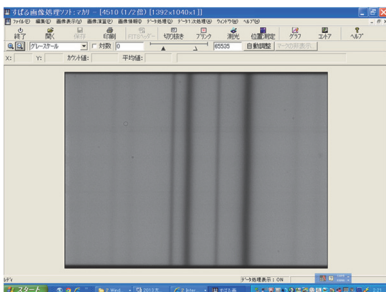


図1 マカリで表示したスペクトル画像

何本かの縦の黒線が太陽大気と地球大気の吸収線である。

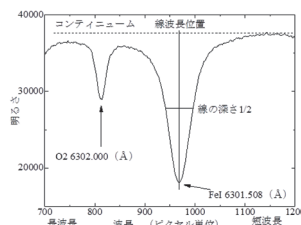


図2 吸収線の波長の決定方法

作成したスペクトルトレースを利用し、地球大気起源の酸素分子線を基準にして、太陽大気起源の中性鉄線の波長のずれをピクセル単位で測定した。その際、FeI 6302.499Å線とO₂ 6302.764Å線、FeI 6301.508Å線とO₂ 6302.000Å線の2つのペアを用いた。

4本の線の波長測定については、それぞれの線の深さの2分の1の波長での線幅中央値とした(図2)。コンティニュームの位置はスペクトルトレースの吸収線の少ないところで、一番明るい場所と仮定した。260個のスペクトル画像データに対して20ステップの作業をして、線波長を決定し、酸素分子線に対する中性鉄線の時刻ごとの波長のずれ(ピクセル単位)を測定した。また、測定領域の粒状斑などの寄与を調べるために、同じスペクトル画像データでスリット長全域のスペクトルトレースを再度作成し、コンティニュームの明るさを調べた。

4. 結果 得られた結果を図3に示す。

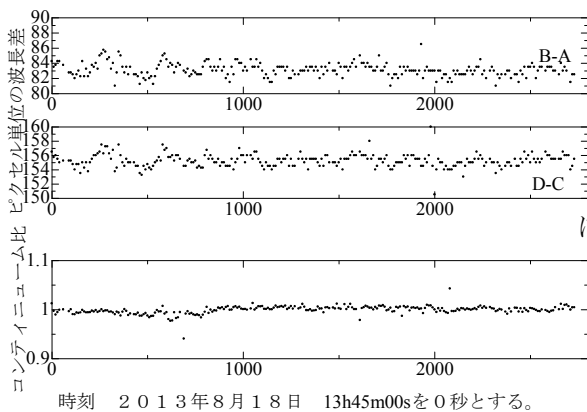


図3 時刻(単位は秒)に対する太陽の吸収線の波長変動(上、中)と測定領域とスリット長全域のコンティニュームの明るさの変動(下、コンティニューム比と表記)。

図3で上図(B-A)は、O₂6302.000Å線Aに対するFeI 6301.508Å線Bのずれ量、中図(D-C)は、O₂6302.764Å線Cに対するFeI 6302.499Å線Dのずれ量を表す。上図、中図とも、明らかに4ピクセル程度の周期的な波長のずれがわかる。この周期は目分量で300秒程度と見積ることができた。高速フーリエ変換ワークシートを利用して、パワースペクトラムを調べてみた(図4)。図4では、振動数0.003137にピークが見られた。これを周期にすると318.8秒となった。分単位に直すと5.3分となる。

5. 考察

独立する2組の吸収線の波長差から、同じ周期318.8秒が得られた。一方、観測領域とスリット長全体の明るさの変動には、周期性が見られない。このことは、周期318.8秒が粒状斑のような対流現象を含まず太陽の5分振動を捉えたものであるといえる。318.8秒は5.3分にあたり5分を少し超過する。

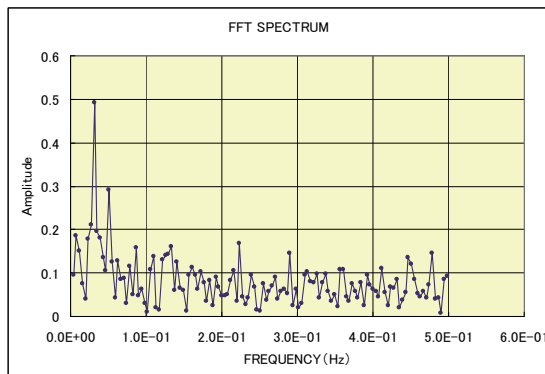


図4 B-Aのパワースペクトラム

ピークは振動数0.003137の位置である。

5分振動の速度を求めると図3の振幅が最大4ピクセル程度であることからドップラーの式を用い、 $V=4 \times 0.0034 \text{ \AA} \times 3 \times 10^5 \text{ km/s} \div 6300 \text{ \AA} = 0.65 \text{ km/s}$ となり、その半分の0.3km/sは一般的に言われている0.4km/sの値に近いといえる。ただ、この速度は、対流の速度にも近く、難しい問題がある。今後も観測を続け、検証していきたい。

6. 謝辞

観測では京都大学大学院理学研究科名誉教授 黒河宏企先生 附属花山天文台研究員 石井貴子先生をはじめ、天文台のスタッフのみなさん、TAのみなさんにお世話になった。記して感謝の意を表したい。この研究は平成25年度京都府高等学校フロンティア事業および京都府立洛東高等学校PTAの援助で行われた。