

太陽の差動回転について

【京都府立洛東高等学校】

大洞一馬、古市まどか、前田聖人、山田みゆき(3年)、
大西竜司、織田希美、田中健太、西岡翼、西山拓巳(2年)、
永戸一史、原奈於、安田春花(1年)

1.はじめに

私達の学校では2002年より京都大学附属花山天文台で太陽の物理観測を行ってきた。ここ2、3年は太陽の黒点が出現していない状態が続いている。黒点は太陽表面に見える磁束管に対応するものである。以下に述べるように太陽の差動回転が黒点発生の原因なら黒点の無い時期の差動回転の様子を知りたいへん重要だと考えた。昨年に引き続き太陽光球の吸収線の視線速度測定から、黒点の観測とは独立した太陽の差動回転の検出を試みたので報告をする。

2.太陽の差動回転について

太陽は、約27日の周期で自転している。ところが、緯度によって自転の速度が違い、赤道の方が自転速度は速く、緯度が高くなるにつれ速度は遅くなっている。この現象を「差動回転」と言い、太陽がガスで形成された物体だから起こる現象である。地球のような固体が回転する場合はみられない。この現象は1864年にキャリントンが黒点の移動から発見したもので研究の歴史もあるが、この差動回転が原因で黒点が出来ると考えられているので重要な研究テーマだと思う。

3.観測装置

花山天文台太陽館の70cmシーロスタット望遠鏡と付属の高分散分光器(スリット幅100 μ m, 焦点距離20m, 分解能50万)を利用した。

4.観測

太陽光球の吸収線であるFe 6301、6302 線を利用して、以下の観測を行った。
スリットの上で太陽像の移動方向から天球上の東西方向を決め、次にOHP用紙に印刷した太陽面経緯度図を用いて太陽周縁の緯度を合わせ、スペクトルを撮影した。
緯度0°から60°の間15°きざみでスペクトルを東西7セット撮影することが出来た。撮影の際に地球の自転による影響をキャンセルする目的で同じ緯度でほぼ1,2分以内の短時間のうちに東西両端を撮影した。観測日時は、2009年8月17日～21日の10時～16時であった。

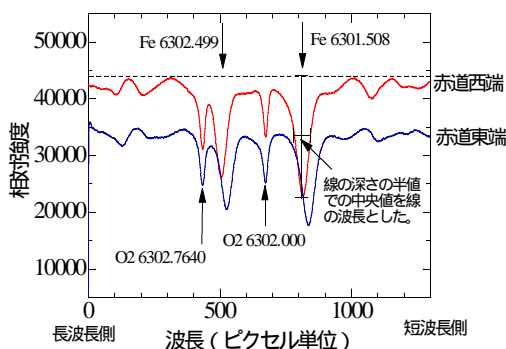


図1 観測されたスペクトルと吸収線の同定、波長測定の方法

を利用してスペクトルトレースに直して、波長を測定した。トレース作成に際してはできるだけ太陽光級の端が入るように工夫した。太陽の自転とは関係なくスペクトル上の位置が一定である地球大気酸素分子の6302.000 線と6302.764 線を基準にして、それぞれ太陽光球の中性鉄(FeI)6301.508 線と6302.499 線の波長のずれをドップラー変位量()とした。吸収線の波長測定は吸収線の深さの1/2の所の線幅の中央値とした。線の深さを求めるために利用したコンティニュームの高さはスペクトルで一番明るい所を結んで見つけた(図1)。この作業では、1

5.解析とその原理

自転速度については、ドップラー効果によるスペクトル線の変位量を地球大気起源の酸素の吸収線の波長との比較から求めた。

太陽面の東端から来る光は、地球に近づくので短波長側にずれる。同様に、西端から来る光は、地球から遠ざかるので長波長側にずれる。ずれの量を λ' とし、静止状態でのスペクトル線の波長を λ_0 、太陽の自転速度(視線速度)をV、光速をcとすると $\lambda' / \lambda_0 = V/c$ と表すことが出来る。この式を利用して太陽の自転速度を求めた。

画像は国立天文台提供の画像解析ソフト「マカリ」

つのスペクトルトレースで2本の酸素分子線を基準としてそれぞれから2本の中性鉄吸収線の波長のずれを4セット測定しそれを平均し、測定値とした。また、地球の自転による視線速度成分と重力赤方偏移をキャンセルするために東西の太陽視線速度の絶対値の平均をとった。

5.結果

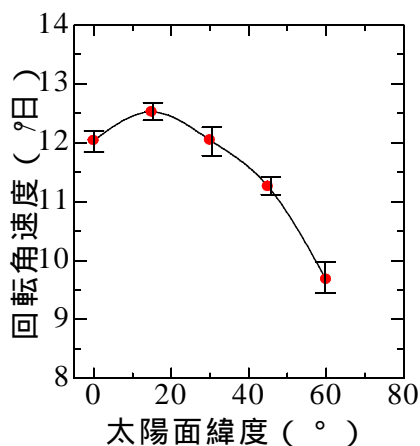


図2 得られた太陽面緯度ごとの回転角速度(北半球と南半球の平均) 子は対称的でない。そこで、私達はこの現象を『異常差動回転』と名付けた。この異常差動回転の原因はどこにあるのだろうか。太陽に原因があるかもしれないが、一番大きい原因は、観測誤差であると考えられる。その候補には以下の5点が考えられる。

- 1)光球ガスの運動、2)地球の自転によるドップラー偏移、3)太陽の重力赤方編移、4)測定緯度のずれ
- 5)スリットが正しく太陽の縁に置かれていたか(スリットの向きが太陽の縁に対して垂直でなく、平行になっていた。)

そこで、それぞれについて検討してみた。

1)の光球ガスの運動は太陽の対流に起因するものや、5分間振動によるものが考えられ、値は0.4~1km/s程度であるが、たくさんのスペクトルを平均しているため、全体としては平均化されていると考えられる。2)の地球自転と3)の重力赤方編移は、ほぼ同時刻の東西の視線速度を平均することでキャンセルできている。

一番大きな原因は、4)の測定緯度の精度と5)のスリットのずれだと思われるが、4)は地球上の東西方向を決め、そこから太陽の経緯度を定めるようにした。5)はスリットが回転しないため赤道の東西端と東端南緯15°と西端北緯15°の4カ所では、ちょうど太陽の縁とスリットが平行になり、スリットを太陽の縁にきちんとおけることが困難な状況になる。つまり、赤道と15°の値には大きな誤差を含まれると考えられる。

この異常差動回転が本当の現象なのかどうかは、スリットを回転できるものに交換し、スリットが常に太陽の縁に垂直に当たるようにするか、出来なければ、太陽の赤道の縁がスリットになるべく垂直になる観測季節を選び、再度観測を試みることでわかるだろう。今後検討してみたい。

5.謝辞

京都大学附属花山天文台台長の柴田一成先生、京都大学名誉教授黒河宏企先生、研究員の石井貴子先生をはじめとする天文台のスタッフの皆さん、TAの皆さんには、大変お世話になりました。

また、この研究は独立行政法人科学技術振興機構SPP事業の支援により行われました。感謝を申し上げます。

6.参考文献

- [1]柴田一成・大山真満 写真集太陽 裳華房 2004年2月発行
- [2]平山 淳 現代天文学講座 太陽 恒星社 昭和62年10月発行
- [3]横尾武夫編 現代天文学演習 新・宇宙を解く p248 恒星社 1993年3月発行

得られた視線速度から自転周期を求め、一日あたりの太陽の回転角度、即ち回転角速度(自転角速度)を求めた。誤差については文献[3]参照した。表中の誤差は標準偏差である。

7.考察

私達が得た太陽の差動回転は黒点、光球磁場、フィラメント、極域白斑に比べて1日あたりの自転角度は20%程度小さい値になった。この関係は、文献[2]にも光球のガスでの差動回転は黒点などから求めたものより5%小さいと書かれている。

ところで、南北両半球での平均値で、緯度15°付近に回転角速度のピークがみられた。赤道より、高い緯度で回転角速度の最大値が見つかったということである。これは北半球での様子が主に効いていると考えられる。南半球ではこのようなことはみられず、差動回転の様子が観察された。北半球と南半球での差動回転の様