

課題代表者 東京大学・吉村宏和 ([yoshimura@astron.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:yoshimura@astron.s.u-tokyo.ac.jp))

## 1 . 研究の目的

太陽からの輻射の変動は、太陽対流層内の流れと磁場のダイナミクスの非線形過程の結果として自然に起こるといふ研究代表者の理論的結論と予測のもとに、定量的な太陽輻射と磁場の過去の変動の再現と、未来の変動の予測を可能にすることをめざす。このことによって、(1)太陽輻射と磁気の変動と地球気候の長期変動の相関を明らかにすることで太陽輻射と磁気変動の地球気候への影響を定量的に評価すること、(2)再現され予測された太陽輻射の時間変動を地球気候変動モデルの外力と与えること、の2つの方法で、過去の地球気候の再現と未来の変動の予測の精度を高めることを目的とする。

## 2 . 研究の方法

太陽の輻射の過去の長期変動の指標としては、太陽の半径を使う。太陽の半径は新たに測定する。このために、100年に及ぶ太陽の写真像を数値化し、計算機で自動的に太陽の半径を測定する。正確に数値化する計器は新たに開発する。この数値化されたデータからは、半径ばかりでなく太陽内部の対流層の電磁流体の運動の指標として、黒点および黒点群の位置ならびに運動を測定できる。このデータと、流体運動と磁場の構造の時間的発展の数値シミュレーション実験の結果とを比較することによって、ダイナミクスのモデルの適正さ、太陽対流層の電磁流体の流れ、磁場、熱構造、熱の流れ、などの内部構造を探る。

具体的には、1874年の金星の太陽面通過を観測するために製作され、世界各地の配置された太陽望遠鏡によって創められた、英国グリーンニッチ天文台の太陽写真儀プログラムの写真データを数値化する。これらは、英国グリーンニッチ・ハーストモンシュウの王立天文台、南アフリカのケープ王立天文台、モーリシャス諸島のアルバート王立天文台、インドのデラルン・インド地理院、コダイカナル天文台、オーストラリアのメルボルン天文

台、米国のウィルソン山天文台、ワシントン海軍天文台、ロシアのプルコボ天文台などからの太陽写真像からなっている。実際は、コダイカナル天文台の写真データと、ロンドンの素粒子物理学・天文学評議会(PARC)が独立に管理しているグリーンニッチ天文台の写真データを数値化する。グリーンニッチ天文台は、1675年に創設され、1945年の第2次世界大戦終戦後から1950年代にかけて、ロンドン南部のハーストモンシュウ城に、また、1990年には、ケンブリッジ大学に移転している。1998年には、完全に閉鎖されていて、そのデータは2002年の公式公開まで使用できなかった。グリーンニッチ天文台の太陽写真儀のプログラム自身は1976年まで継続され、1979年には完全に停止された。しかし、その後も、同様な観測は世界各地で継続されている。ことに、コダイカナル天文台、ウィルソン山天文台、ハンガリーのドブレッシェン天文台の太陽写真儀の継続期間は長い。

太陽の磁場の長期変動の指標としては、黒点数のデータおよびグリーンランドおよび南極の氷にとじこめられたベリリウム不安定同位体 Be10と、樹木の年輪の閉じ込められた炭素不安定同位体 C14の量を使う。これらの不安定同位体は、太陽系の外から飛来する銀河宇宙線が地球大気元素と衝突して作り出される。この銀河宇宙線の量は、地球の磁場と太陽の磁場の変動によって変動する。年代は、氷の場合も樹木の場合も、夏冬の縞模様を数えることによって決定できる。Be10およびC14の太陽の磁場の変動による成分の、西暦年代の関数としての量は、すでに測定され、公開されているデータを使う。

## 3 . 研究の成果

### 3 . 1 正確な数値化・デジタル化装置の開発

正確に数値化する新しいデジタル化装置を開発し、実用化した。これには、4096×4096個の2次元CCD素子を使う。素子は、15ミクロン×15ミクロンの大きさで、摂氏-70

度まで、冷却して使う。光源として時間的に安定し、写真乾板ならびにフィルムを一様に照射する積分球、CCDと写真乾板ならびにフィルムの距離を一定にする較正板からなる。

### 3.2 デジタル化

コダイカナル天文台の1903年から2002年までの写真データのうち、1年のうち1月のデータを100年分、1ヶ月のうち、3日を、1000年分、連続データを2年分の3種類を、コダイカナル天文台でデジタル化した。また、グリーンニッチ天文台のデータをPPARCが管理するすべてのデータをロンドンカレッジ大学の宇宙科学研究所でデジタル化した。これは、1918年から、1976年までは、ほとんど毎日のデータ、1917年以前のデータは、カビで汚染されたもの、1977年から1979年までは、数が少ないデータからなっている。連続しているデータは、グリーンニッチとハーストモンシュウの1セット、ケーブルの1セットからなる。ほかの天文台のデータは、数が少ない。

### 3.3 太陽半径の測定

デジタル化した、すべての太陽像の半径の自動測定法を考案し、測定を完了した。測定した太陽像の半径は、さまざまな時間スケールで変動している。

### 3.4 地球大気の影響の除去

グリーンニッチとハーストモンシュウの1セット、ケーブルの1セットの測定した半径の結果から、地球大気の太陽半径の測定に関する新しい効果を見出し、その較正法を考案した。

### 3.5 太陽に起因する太陽半径の変動

この較正法を使って、コダイカナルの1セット、グリーンニッチとハーストモンシュウの1セット、ケーブルの1セットの測定した半径の変動から、3種のセットで共通する成分を分離し、これが太陽に起因する太陽半径の変動とした。

### 3.6 太陽黒点および黒点群を自動認識する方法の開発

デジタル化した太陽像から、黒点ならびに黒点群を自動認識する方法を考案したが、完全なものになっていない。

以上の結果は、2004年11月1日の時点で、論文として発表する準備をしている。

## 4. 今後の課題

太陽輻射変動は、宇宙空間から、1970年後半から、現在まで、数々のスペース・クラフトに搭載された機器により測定されている。それぞれの機器による測定の結果は、太陽輻射の絶対測定はできないことを示しているが、同じ機器による測定結果の相対時間変動は、機器は違っても同じであることを示している。それによると、研究代表者の理論的予測である、11年太陽磁気周期とともに太陽輻射は変動すべきであること、を確認している。しかし、この変動の原因として、多くの場合、太陽黒点が暗く、白斑は明るいので、太陽輻射は、黒点と白斑のバランスによってきまる、という説が、広く流布している。黒点も白斑も磁場の現象であるから、この説にもとづいて、太陽磁場変動を、そのまま、太陽輻射とみなして、再現し、地球大気の大循環モデルの外力として与え、地球気候の時間変化のシミュレーションが繰り返されている。

本プロジェクトでは、太陽輻射変動は、太陽内部で、磁場が、熱を溜めたり、開放したりすることによって、起こると考えている。これによると、太陽磁場変動と太陽輻射変動の間には、時間差がなければならない。この考えを示す様々な間接的な現象をすでに発見しているが、本プロジェクトでは、さらに直接的な現象である太陽半径の測定した。この変動は、太陽内部に熱が溜めらたり、解放されたりしていることの証拠になる。しかし、さらに、太陽半径の変動と太陽磁場の変動の間の理論的關係、ならびに、太陽半径の独立のデータによる計測を継続する必要がある。研究の目的の章で述べた、太陽の磁場、熱構造、電磁流体の流れの長期変動の研究を、理論的にも、観測的にも、さらに推し進め、過去の地球気候の再現と未来の変動の予測の精度を高める必要がある。

## 5. 成果文献

Yoshimura, H. 2000 : Mechanism of cyclically polarity reversing magnetic cycle, J. Astrophys. Astron., 21(3&4), 365-371.