

# 1926年から44年間にわたる太陽活動: Ca II K 画像データベースの整備と太陽活動長期変動の研究

## 1. 研究組織

- 代表者氏名:** 上野 悟 (京都大学・大学院理学研究科)
- 共同研究者:** 北井 礼三郎 (京都大学・理学部)、金田 直樹、羽田裕子 (京都大学・大学院理学研究科)、浅井 歩、渡邊皓子 (京都大学・宇宙総合学研究所)、磯部洋明 (京都大学・学際融合教育研究推進センター)、新堀淳樹、津田敏隆 (京都大学・生存圏研究所)
- 研究協力者:** 柴山拓也、野津翔太、野津湧太 (京都大学・理学部)、萩野正興 (京都大学・大学院理学研究科)

## 2. 研究概要

京都大学理学研究科附属天文台では、太陽彩層の全面観測を1926年以降継続してきた。長期にわたって太陽活動・彩層活動をこのような長い期間観測したものは世界的にも稀であり、貴重な一級の資料であるため、我々はこれを活用するための作業を行なって来ている。オリジナル資料である写真乾板は、既に90年近く経過してその劣化が進みつつあったため、昨年度までの期間でこれらをまずは全てデジタル化すると共に、添付されていた紙の資料に記載されている情報を独自フォーマットでメタデータ化した。今年度の具体的な作業としては、(1)まずはデジタル化したそのままの画像データを公開するシステムを整備し、(2)更にデジタル画像データを科学的解析に迅速に適用できるよう整形した上で、それらも併せて公開。(3)一方で各デジタル画像毎のメタデータを世界的に汎用性の高いフォーマットに変換し、IUGONET検索システムに登録。(4)これらのデータを用いて太陽紫外線放射量のプロキシ指標を導出、等の推進を目標とした。本データセットは直接的には太陽活動・太陽彩層活動を把握する基礎資料であるが、彩層活動は太陽からの紫外線放射の指標となるものであり、地球上層大気への紫外線放射及び地球上層大気加熱問題にとって重要な観測的境界条件を与えるものである。我々のプロジェクトの最終目的は、この太陽活動周期4サイクルにわたる太陽-地球環境の変遷を明らかにする事であり、生存圏科学にとって重要で基礎的な資料となるものとする。本研究は、その基礎となるデータ整備とキーとなる物理量の導出を行うものである。

## 3. 研究の背景と目的

太陽からの放射は宇宙天気変動を理解する上での重要要素の一つであり、特に約50~140nmの紫外線放射量変動は地球電離層環境に強い影響を与える。従って、電離層環境の、特に長期変動の要因を正確に把握しようと思うと、太陽紫外線放射変動の長期変動を正確に知る必要があるが、太陽紫外線そのものの継続的観測が始まったのは1995年以降であるので、それ以前の紫外線放射量は、他の何らかの観測量で推定・代用する必要がある。

現在までの所、紫外線放射量の代理として最も一般的に用いられてきた観測量が、電波のF10.7放射量である。しかしながら、1996年前後の太陽活動極小期と2008年前後の極小期を比較した時、太陽の20~40nm付近の紫外線は後者の方が約15%も低い量しか放射されていなかったことが分かっており、太陽紫外線の影響をよく反映する電離層環境の指標である“geomagnetic solar daily quiet variation (Sq)”や“total electron content (TEC)”も、後者の極小期の方が約15%や30%も低い値を示しているのに対し、太陽電波のF10.7はほんの数%の低下しか示していないことが分かっている。つまり、F10.7は少なくとも太陽活動極小期において、太陽紫外線放射量の良い代理指標とはなっていない可能性が高い訳である。

そこで、我々は太陽紫外線の主たる放射領域に相当する、太陽彩層全面の長期的観測画像(図1~3参照)を用い、それらから50~140nm紫外線放射量変動を推定する事を最終目標として、当研究計画を推進している。

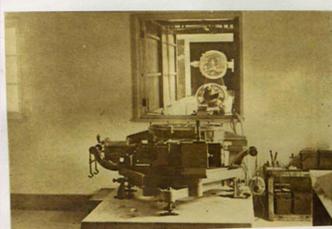


図1: 44年間観測に使用されたアスカニア社製スペクトロヘリオグラフ

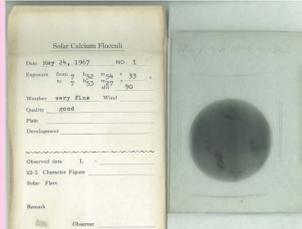


図2: 写真乾板に記録された太陽全面像(スペクトロヘリオグラム)

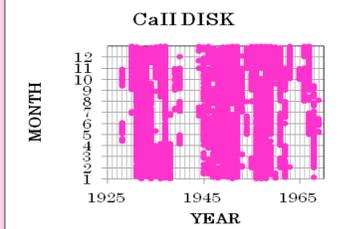


図3: 44年間のうち、観測データの存在する時期を明示したグラフ

プロジェクト全体としては、我々は科学的な成果を上げるために約3年の期間を要すると考えている。その間の全作業項目は、

1. 全乾板資料の調査によるメタデータの抽出
2. 全乾板資料のデジタル化とそのデータベース構築
3. デジタル画像の較正作業と処理後データのデータベース構築
4. メタデータのSPASEフォーマット化とIUGONETを通じた公開
5. 太陽活動のムービー製作による長期変動の可視化
6. 太陽紫外線放射量のプロキシ指標の導出
7. 太陽コロナ変動とCaII K変動との比較研究
8. 超高層大気加熱の長期変動と太陽紫外線放射量変動との比較

となる。この内、2012年度には1と2の途中までを完了していたので、今年度は2の後半と、3、4、6を中心に進めることとした。

具体的には、以下の様な作業を行なうことを今年度の目的とした。

- A. デジタル化した画像データ(レベル0)を公開するシステムを整備:  
乾板画像をデジタル化したそのままのデータ(レベル0)を公開するための整備作業。
- B. デジタル画像データの較正作業と処理後データの公開システムの整備:  
レベル0のデジタル画像データを科学的解析に迅速に適用できるよう、太陽サイズの統一、オリエンテーション補正、ゴミや露光ムラなどによる画像ムラの補正、などといった整形を施し、レベル1画像データベースとして、レベル0と併せてWeb上で公開するための整備。
- C. 画像データ毎のメタデータの汎用化と検索システムへの登録:  
デジタル化した各画像データ毎のメタデータ(Granule metadata)を、世界的に汎用性の高いSPASEフォーマットに変換し、IUGONET検索システムに登録し、上記公開データを検索可能にする。
- D. 太陽紫外線放射量のプロキシ指標の導出:  
別の研究経費のもとで進めて来た、近年のデジタル太陽彩層画像データ(H $\alpha$ 画像)からブラージュ領域の面積などを測定することで太陽紫外線プロキシ指標を求める手法を応用し、より古い時代の当データセットの画像データから、同様に適切なプロキシ指標の導出を試みる。その際には近年の人工衛星による太陽紫外線分光データの変動情報も参考にする。

## 4. 研究の結果と考察

今回、前章のAについては、乾板画像をデジタル化したデータそのものは科学的解析にはそのまま使用しにくいので、web上で実データの公開は行なわないこととした。しかし、今後の何らかのデータ閲覧要請に応えられるよう、ファイル名を年月日とその日の通し番号を含む形に統一したTIFF形式のデジタルデータに整理し、前章Cの作業の一環として、それら全実データに対応するメタデータの作成を行ない、IUGONET検索システムへの登録を行なった(図6)。

前章Bについては、2月21日現在、作業途中ではあるが、ここまでの所、

- 1) Medianフィルタによるオリジナルデジタル化画像上のノイズ除去
- 2) SobelフィルタとCanny法による太陽円盤エッジ検出
- 3) Hough変換による太陽円盤の位置・サイズの検出
- 4) 太陽円盤サイズを統一した新たなデジタル画像データの作成

と言う処理までが完了している(図4)。

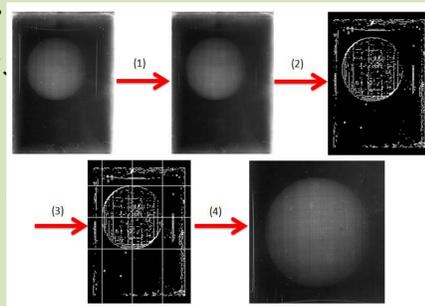


図4: 作業項目Bの4手順を模式化したもの

ただ、これらの画像は、年月によって、太陽の東西南北方向と乾板の縦横方向が一定していないと言う不備がまだ存在する。従って、引き続き年度末までに掛けて、太陽の東西南北方向が既知の他の観測所(国立天文台太陽観測所やMt. Wilson Observatory)で取得されている近い観測日の太陽画像などと比較することにより、当データセットの太陽の方位同定作業を進めている所である。

一方で、上記4段階の処理を施した段階のデジタル画像データについては、ディスプレイ用(クイックルック用)として、JPEG画像に変換したものを用意し、これらは京大・理・附属天文台のwebサーバ上でカレンダー的ユーザーインターフェースを用意して公開を開始した(図5)。さらに、作業Cの一環として、これらJPEG画像に対するメタデータも作成し始めており、既にその一部はIUGONET検索システムに登録して検索と画像の閲覧が可能となりつつある(図6)。

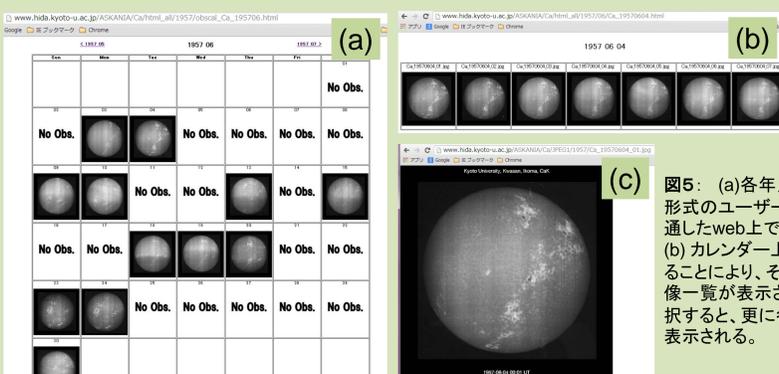


図5: (a)各年月ごとのカレンダー形式のユーザーインターフェースを通じたweb上でのJPEG画像公開。(b) カレンダー上で各日をクリックすることにより、その日観測された画像一覧が表示され、(c) 各画像を選択すると、更に各々の拡大画像が表示される。

また、前章の項目Dについては、前述のように、他の研究経費にて当研究組織の渡邊を中心に、もう一つの彩層形成線であるH $\alpha$ 線で1992年以降に撮影・蓄積された太陽彩層全面画像を用い、ブラージュと呼ばれる彩層で明るく輝く領域の面積を数値化した指標が紫外線放射量の代理指標になりうるかどうかという観点で解析を進めてきた。その結果によれば、このH $\alpha$ ブラージュ指標は1996年前後の太陽極小期に比べ、2008年前後の極小期には約8%低下していることが分かり、少なくともF10.7放射量に比べると、より敏感に2つの極小期の違いを反映していると言えそうである。ただ、20~40nmの紫外線放射量の2極小期の相違に比べて、まだ有意に小さな違いしか示していないため、このブラージュ指標が、果たして実際にどの波長域の電磁波(紫外線)を最も良く反映しているのか、今後さらなる詳細な解析を行ない、明らかにする必要がある。その後更に、当データセットの太陽方位同定作業が完了した時点で、H $\alpha$ ブラージュ指標の導出アルゴリズムを、当データセットのCa II K線画像データについても同様に適用できるかどうか検討を進めて行く予定である。

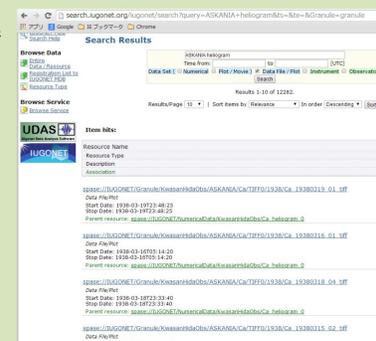


図6: IUGONET検索システムのサイトにおいて、[Data File / Plot]にチェックし、フリーキーワードとして“ASKANIA” “heliogram”を入力して検索すると、レベル0のデジタル化画像(TIFF)やディスプレイデータ(JPEG)に対応するメタデータが検出されるようになっており、こちらからも所定年月の画像を検索・閲覧することができる。

## 5. 今後の展開など

既に前章にて述べたように、今後の展開としては、まずは第4章記述の作業項目Bにおける、太陽の方位同定とそれを補正したTIFF形式デジタル画像データの作成と、それらのメタデータ(Numerical Granule Metadata)の作成、IUGONET検索システムへの登録、を優先的に実施する。一方で、作業項目Dにおいて、H $\alpha$ ブラージュ指標の反映する真の電磁波波長域を同定し、必要な調整の後、そのアルゴリズムをCa II K線画像に適用することを試みる。最終的には、地球超高層大気環境変動指数であるSq や TEC 等の様な物理量変動との比較を通して、それらの変動中に含まれる太陽活動成分と地球起源成分の分離を試み、宇宙天気環境長期変動の正確な要因・プロセスの解明に貢献することを目指す。

なお、今年度、以下の研究集会にて当研究計画の講演発表を行なった。

- ・太陽研連シンポジウム「活動極大期を迎えた太陽研究の新たな展開 —— 彩層プラズマ診断、宇宙天気、Solar-C ——」&名大STE研究集会「太陽彩層・彩層磁場の多角的観測と宇宙天気研究」合同開催、於: 京都大学理学部、2014年2月17~19日
- 渡邊皓子ほか「飛騨天文台フレア監視望遠鏡を用いた太陽紫外線放射量の長期変動の研究」(口頭講演)
- ・名大STE研究集会「太陽地球環境メタデータ・データベースによる時空間変動の学際研究」於: 名古屋大学、2014年3月13~14日
- 柴山拓也ほか「1926年から44年間にわたる太陽活動乾板画像データベースの整備」(口頭講演)