

市民科学ニュースレター

三澤勝衛の黒点観測と黒点相対数再較正の試み

1 はじめに

太陽は我々人類にとって最も身近な恒星です。地球のエネルギー収入のほとんどを太陽放射に依存するなど、その存在は人類文明のみならずこの地球上の生物にとっても欠かすことのできない存在です。

この太陽放射の強弱は太陽活動の変動に依存します。このような太陽の長期変動を捉える指標はいくつかあります。例えば太陽電波強度はその一つで、カナダでの観測指標 ($F_{10.7}$) や豊川、野辺山での観測指標は各々1940~1950年代まで遡ります。

一方、太陽活動を数世紀単位で捉える際に手掛かりになるのが黒点相対数 (SN) という指標です。この指標では、太陽黒点群 (G) と個別黒点 (F) の数を組み合わせることで、太陽表面の磁気活動を $SN=10G+F$ として近似したものです。このような個別観測者の黒点相対数について、観測者ごとの補正係数も踏まえて較正したものを国際黒点相対数と言い、現在ベルギー王立天文台がその計算を担当しています。

幸い、太陽は我々の最も身近な恒星ということもあり、望遠鏡発明のほぼ直後の1610年から、数多の観測者がその表面の様子や太陽黒点の様子を記録してきました。トーマス・ハリオット、ガリレオ・ガリレイに始まり、太陽黒点観測は今なお世界各地で続けられており、長期連続観測としては人類史上最長の部類になるとの見方もあります。

2 黒点相対数再較正

このような指標を長期で構築する上で重要なのが長期安定観測者の黒点数相対数データの相互較正です。個別観測者の黒点観測データが続くのは長くて数十年で、黒点の検出基準は観測者や観測機材によって変わってくるためです。

特に2015年以降、ベルギー王立天文台の主導下で国際黒点相対数や黒点群数の再較正が進められています。一部較正では国立科学博物館の小山ひさ子が黒点観測者に選ばれるなど、本邦の黒点観測記録も少なか

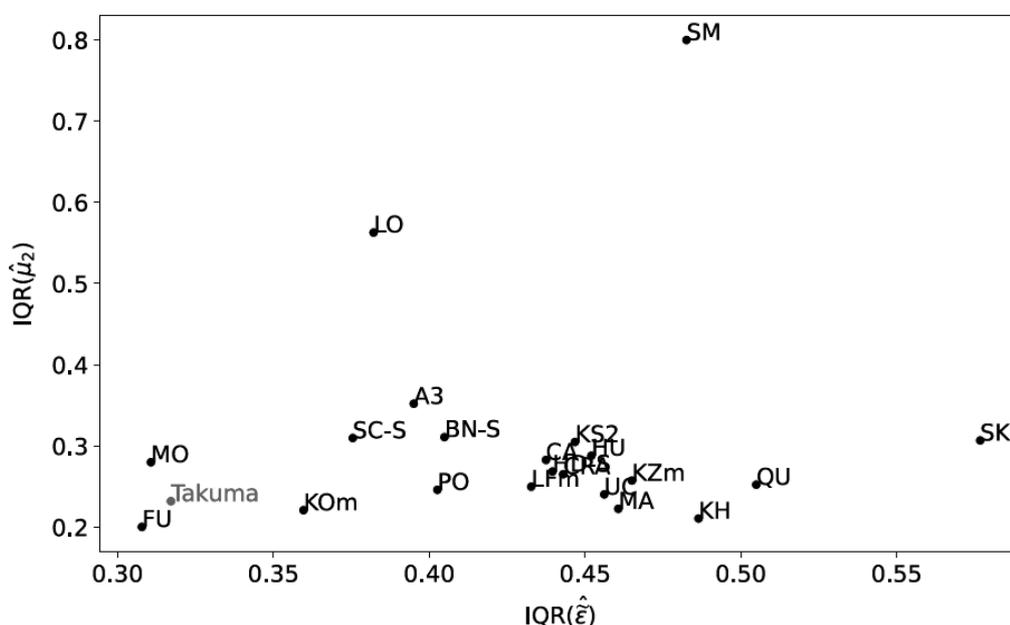


図1: 個別の長期黒点観測者のデータの安定性評価。縦軸が長期の安定性、横軸が短期の安定性を示し、数値が小さいほどデータが安定していることを示しています。例えば、Takuma, MO, FU, KOm, LO, UCは各々詫間氏、望月氏、藤森氏、小山氏、ロカルノ観測所、ベルギー王立天文台の観測データを示しています。Hayakawa et al. (2023a) より (CC-BY)。

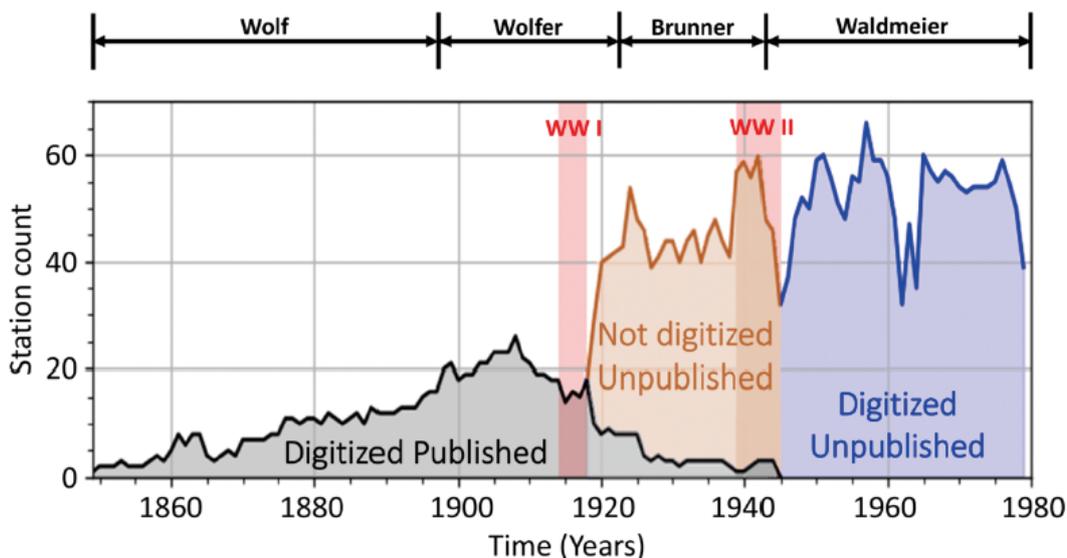


図2: スイスのチューリヒ天文台が黒点数を管理していた際の基幹観測者と元データの公開具合。Clette et al. (2023) より (CC-BY)。

らずこの試みに貢献してきました。実際、本邦を含む世界各国の長期観測記録の安定性については近年分析が進み、図1に示すように、本邦の一部長期観測者は世界屈指の安定観測を行なってきたことも明らかになってきました(図1)。

しかし近年の太陽活動の復元研究にあたって、個別観測の検討やその相互較正に関する問題から、その再較正結果は研究毎に少なからず食い違っているのもまた事実です。2014年以降、国際黒点相対数や黒点群数の再較正が本格化し、個別観測の再検討、較正手法の改善も進み、太陽活動の長期トレンドの改訂も進んでいます。それでもなお、太陽活動の復元結果は研究ごとに一致しない点が多量に見受けられます。

これは過去百年の国際黒点相対数も例外ではありません。例えば、最近の研究では、1980年頃には黒点相対数と太陽電波強度 ($F_{10.7}$) の比較係数がやや急に変わることが明らかになっています。また、1947年頃を境にチューリヒ天文台で黒点相対数の重み付けが始まり、それ以前とそれ以後でデータの較正が必要になることも分かってきました。

特に厄介なのは戦間期(1918~1944)です。この時期の黒点相対数計算の元データはチューリッヒ天文台関係者のものを除いて未出版で、原典手稿のスキャンもされておらず、その計算の詳細が完全には解明されていません(図2)。そのため、更なる観測データの蒐集、個別観測データの安定性評価、個別データの再較正がその重要性を増しています。

3 三澤勝衛の黒点観測

ちょうどこの時代、実は本邦では極めて熱心な長期の黒点観測者が活躍しておりました。長野県立諏訪中学校(今の諏訪清陵高校)の三澤勝衛(1885~1937: 図3)です。彼の観測記録(1921~1934)は同校の三澤文庫に今も保管されており、三澤自身が観測月報を出した後、同校OBの金子さんがデータ整備を進められるなど、その保存・整備が進んでおりました。一方、三澤の観測データは現状、ベルギー王立天文台など国際科学コミュニティのデータベースに反映されず、国際黒点相対数の構築にも利用されていませんでした。

そこで今回、市民科学プロジェクトでは、諏訪清陵高校の三澤文庫に残る三澤勝衛の黒点観測記録(1921~1934)について、原典ベースで調査を行い(図4)、現行の黒点相対数やその元データとの比較を行いました(図5)。



図3: 3インチ望遠鏡で太陽黒点観測を行う三澤勝衛。三澤氏御遺族提供。

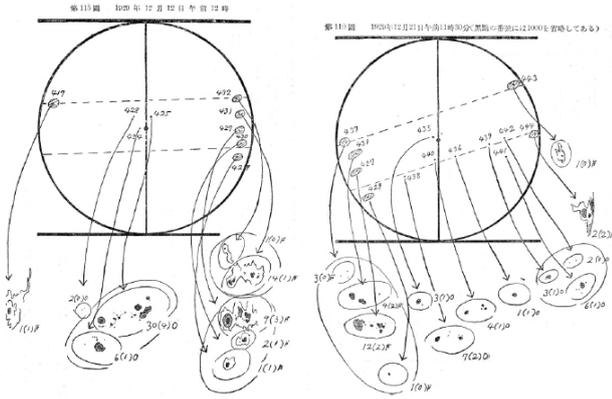


図4:三澤勝衛の黒点スケッチの例。1929年12月12日と同21日の事例。三澤(1936, pp. 138 & 142)より。

4 三澤黒点観測の分析

三澤の観測で特筆すべきはその観測の密度です。三澤は実に毎月平均25.4日観測を行っており、その観測密度は同時代のチューリヒの基幹観測者に勝るとも劣らぬ水準です。三澤自身もある程度認識していたように、諏訪とチューリヒの天候の差もあり、三澤の観測は特に冬場はチューリヒ天文台の基幹観測者の観測データよりも観測日数をかなり多く確保できています。

無論、三澤もこの全観測を一人でこなしたわけではなく、教え子の古畑、五味、河西、山岡などに観測を手伝ってもらったようです。それでもなお、三澤の月報によると、教え子による観測は全体の一割にも満たず、殆どは自身の観測だったようです。

さらに三澤の月報を参照する限り、三澤はどうやら同じ望遠鏡(図3)を10年以上にわたる観測のほぼ全てで使い続けてきたようです。同じ観測者が同じ観測機材を使い続けられれば、その分観測データはより安定し

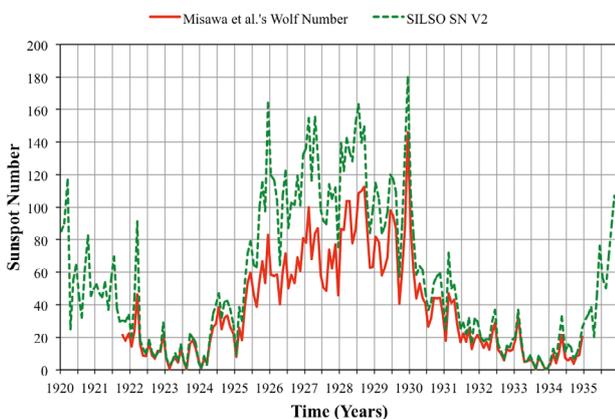


図5:黒点相対数の比較。実線が三澤の観測によるもので、破線が国際黒点相対数(SILSO SN V2) Hayakawa et al. (2023b)より(©OUP)。

やすくなり、現行の黒点相対数の独立データとして期待が高まります。

5 黒点相対数との比較

実際に三澤の観測データを国際黒点相対数と比較した結果が図5と図6になります。三澤の相対数と国際黒点相対数の比率は概ね安定しています。1923~1924年、1933~1934年は一見比率が動いているようにも見えますが、この辺りは太陽活動の極小期に近く、元々の黒点相対数そのものが少ないため、誤差幅もその分大きくなっています。実際両者の差をみると、この辺りでも両者の関係は安定していたことがわかります。

一方、ここで気になるのが1925~1928年の両者の関係です。比率でも差でもこの辺りでは国際黒点相対数より三澤の相対数の方が有意に小さくなっています。確かにこの辺りは三澤の教え子の観測が比較的多くなる時期です。また、三澤は半暗部の中に複数暗部があっても、半暗部を一つの個別黒点として数え、中の暗部の個数を反映しない方式を踏襲していました。そのため、極大期周辺に複雑な黒点群が現れると、三澤の計測手法だと黒点相対数を過小評価する可能性があります。

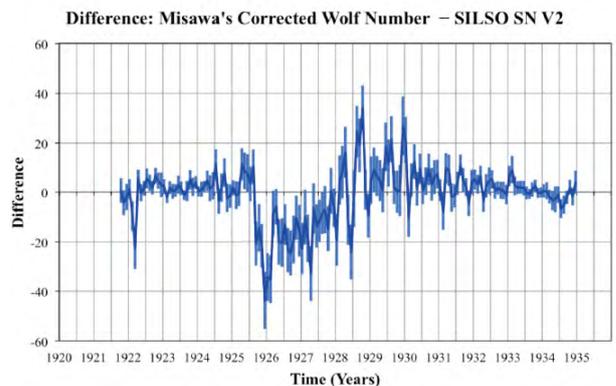
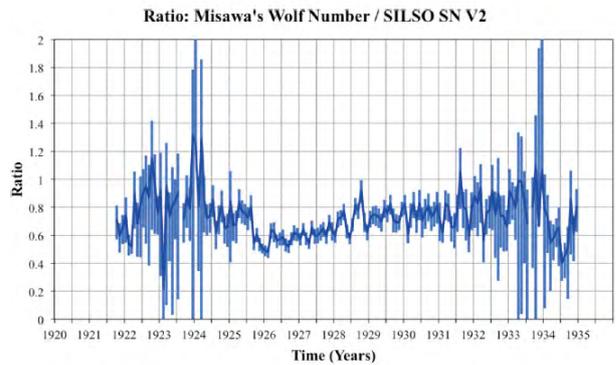


図6:国際黒点相対数(SILSO SN V2)と三澤の黒点相対数の比率(上)と差(下)の変動とその誤差幅 Hayakawa et al. (2023b)より(©OUP)。

では、これは三澤側の問題だったのでしょうか。ことはそう単純ではありません。というのもこの時期はちょうどチューリヒで基幹観測者がウォルファーからブルナーに移行する時期で、両者のデータの較正がどれくらい上手くいっているかは依然再検討が必要です。1925～1928年を跨いだ長期の個人観測者で現状以外に知られているのはチューリヒの補助観測者だったブロガーです。彼のデータは確かにチューリヒの基幹観測者の観測と符合するのですが、そもそもチューリヒの補助観測者は基幹観測者に合せた観測をするよう訓練を受けていたので、基幹観測者のデータが動くと、補助観測者の観測データも影響を受ける可能性があります。しかも、比率に変化を生じた1925年後半については、ウォルファー自身、観測所を不在にしたり、病気にかかって休んだりしていた関係で、自身の観測が不完全であることを明確に認めています。そのため、1920年代後半の国際黒点相対数の再較正には依然問題が残り、チューリヒとも三澤とも独立した第三者の長期観測データが必要になりそうです。

このような分析から、三澤の観測データは国際黒点相対数と概ね符合し、その均質性、安定性を支持するものの、1925～1928年については国際黒点相対数と異なる挙動を示し、チューリヒでの基幹観測のウォルファーからブルナーへの移行期間の再較正に極めて重要な手掛かりを提供しています。

また、三澤自身は1925～1934年に南北半球の黒点群数と個別黒点数も記録しており、そこから両半球の黒点相対数を導出可能です。南北半球の相対数の比率をグリニッジ観測所準拠の南北半球の黒点群数の較正データの比率と比較すると、両者の結果はそう大きく矛盾しません。このように、三澤の両半球の黒点数は近年の南北半球黒点相対数の信ぴょう性を独立に担保する形になります。

6 おわりに

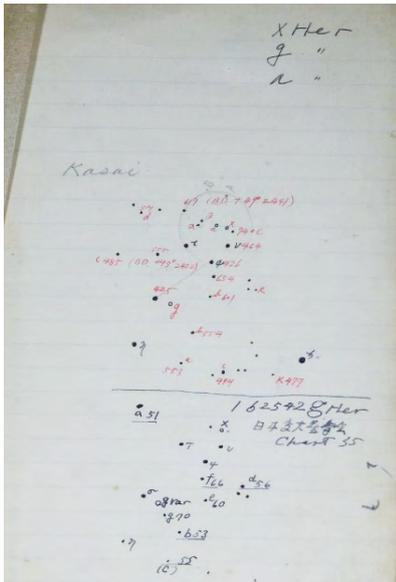
以上、三澤による黒点観測の分析と国際黒点相対数との比較を概括しました。ここからわかるように、三澤の個人観測データは同一人物による同一機材での長期観測として安定性が高く、南北半球や全球の黒点相対数は国際黒点相対数や較正済み半球黒点群数の挙動をほぼ独立に評価する結果となりました。

例外なのが1925～1928年で、この周辺では三澤の黒点相対数は国際黒点相対数よりも小さくなっています。この時代はちょうどウォルファーからブルナーへの交代時期にあたり、かつ国際黒点相対数の元データの整備が必ずしも十分に進んでいません(図2)。これまでこの時期をつなぐチューリヒ天文台外の長期観測データは科学コミュニティには知られておらず、三澤の黒点観測データは今後の再較正の足がかりになります。数百年規模の太陽活動の変動などの世界的研究課題についても、1世紀以上の時を越え、三澤など本邦の天文業界の先人の知見から学ぶことは少なくないと言えます。本研究の遂行にあたっては、三澤文庫と三澤氏には関連記録の閲覧、研究を御許可賜りました。ここに記して御礼申し上げます。

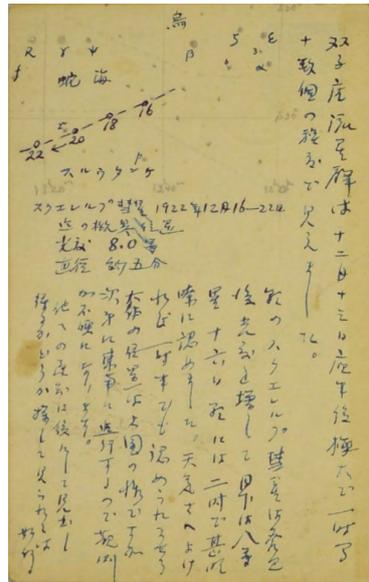
早川尚志(名古屋大学)

おもな参考文献・資料

- Clette, F., Lefèvre, L. 2016, The New Sunspot Number: Assembling All Corrections, *Solar Physics*, **291**, 2629-2651. DOI: 10.1007/s11207-016-1014-y
- Clette, F., Lefèvre, L., Chatzistergos, T., Hayakawa, H., Carrasco, V. M., Arlt, R., Cliver, E. W., Dudok de Wit, T., Friedli, T., Karachik, N., Kopp, G., Lockwood, M., Mathieu, S., Muñoz-Jaramillo, A., Owens, M., Pesnell, D., Pevtsov, A., Svalgaard, L., Usoskin, I. G., van Driel-Gesztelyi, L., Vaquero, J. M. (2023) Re-calibration of the Sunspot Number: Status Report, *Solar Physics*, **298**, 44. DOI: 10.1007/s11207-023-02136-3
- Hayakawa, H., Clette, F., Horaguchi, T., Iju, T., Knipp, D. J., Liu, H., Nakajima, T. (2020) Sunspot Observations by Hisako Koyama: 1945 - 1996, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **492**, 4513-4527. DOI: 10.1093/mnras/stz3345
- Hayakawa, H., Suzuki, D., Mathieu, S., Lefèvre, L., Takuma, H., Hiei, E. (2023a) Sunspot Observations at Kawaguchi Science Museum: 1972 - 2013, *Geoscience Data Journal*, **10**, 87-98. DOI: 10.1002/gdj3.158
- Hayakawa, H., Suyama, T., Clette, F., Bhattacharya, S., Lefèvre, L., Ohnishi, K. (2023b) Katsue Misawa's Sunspot Observations in 1921 - 1934: A Primary Reference for the Wolfers-Brunner Transition, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, DOI: 10.1093/mnras/stad2791
- Mathieu, S., Von Sachs, R., Ritter, C., Delouille, V., Lefèvre, L. (2019) Uncertainty Quantification in Sunspot Counts, *The Astrophysical Journal*, **886**, 7. DOI: 10.3847/1538-4357/ab4990
- Owens, B. (2013) Long-term research: Slow science, *Nature*, **495**, 300-303. DOI:10.1038/495300a
- Shimojo, M., Iwai, K. (2023) Over seven decades of solar microwave data obtained with Toyokawa and Nobeyama Radio Polarimeters, *Geoscience Data Journal*, **10**, 114-129. DOI: 10.1002/gdj3.165
- Tapping, K. F. (2013) The 10.7 cm solar radio flux ($F_{10.7}$), *Space Weather*, **11**, 394-406. DOI: 10.1002/swe.20064
- 金子佳正(2001)『三澤勝衛 諏訪清陵高等学校天文気象部 太陽黒点相対数 観測結果報告』諏訪、長野諏訪清陵高等学校
- 三澤勝衛(1937)『太陽黒点とその観測』山本一清『太陽』東京、恒星舎: 104-150



手書きの星図。
 (茅野市ハケ岳総合博物館蔵五味一明関連資料、
 資料番号111 不規則変
 光星観測星図ノート)



神田茂から中沢登への手紙。
 (長野市立博物館蔵中沢登
 関連資料、1992A152神田
 茂先生御状(二))

2 諏訪清陵高校三澤文庫

諏訪中学（現諏訪清陵高校）で教鞭を執った三澤勝衛（1885-1937）関連の資料群です。彼は地理学者でありながら、日本最初期の太陽観測家でもあります。また、教え子からは作家の新田次郎や考古学者の藤森栄一など多様な人材が輩出されています。諏訪天文同好会メンバーの中心は諏訪中学の生徒なので、会の活動も三澤に影響を受けたと考えられます。

(1) 太陽観測資料

天文学の文脈で重要なのは、太陽黒点スケッチです。三澤は1921年から1934年まで10年以上、太陽観測をしています。この時期の観測データは世界的にも少なく、価値ある資料となっています。

(2) 諏訪天文同好会関連資料

諏訪中学校卒業生からの寄贈資料と思われ、諏訪天文同好会関連の資料が収蔵されています。同好会名簿や星図などがあります。

3 長野市立博物館

近代天文史に関するものとして2つの資料群があります。中沢登（1877-1946）関連資料と田中静人（1905-2003）関連資料です。

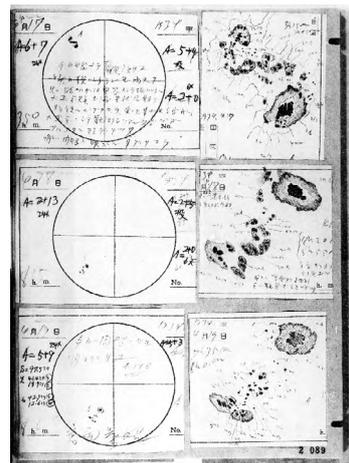
(1) 中沢登関連資料

中沢は、松代町（現長野市）で教鞭を執りました。彼は松代町天王山に天文台をつくる計画を京都帝国大学の山本一清（1889-1959）の支援の下に進めました。この計画に関する書類と望遠鏡が残されています。また、中沢のもとには、山本一清と神田茂の両方からの手紙が残されています。両者ともアマチュア天文家

の育成に力を入れた研究者です。東の神田と西の山本の両方との関係性が見られ、長野県が東西の結節点であることを感じさせる資料群です。

(2) 田中静人関連資料

田中は1926年から2000年まで太陽観測を続けており、本資料群には、その太陽スケッチと望遠鏡が含まれています。その観測期間は、世界でも有数の長さを誇り、太陽活動の長期変動を知る上で重要な資料です。現在、長野市立博物館の天文同好会「しなの星空散歩会きらきら」を中心に、県内の天文同好会の人々とともに、データの整理を進めています。



太陽黒点スケッチ。
 (長野市立博物館蔵
 田中静人関連資料、
 2022A001-1太陽
 黒点スケッチ)

3 みんなでやる意義

前章で述べたように、長野県には多くの近代天文資料が残されています。これを活用するためには、整理し、目録をつくり、位置づけを行う必要があります。市民科学プロジェクトと「長野県は宇宙県」では、これ

らを専門家だけでなく、みんなで進めていきたいと考えています。ここでは、その意義について議論します。

① 資料の価値

資料は多様な価値を持っていますが、その価値を高めるのは、人間です。ただ、専門家でも、すべての分野に精通しているわけではないので、一部の専門家が見るだけだと、その価値は偏ったものになります。そのため、多様な人が多様な目で見、位置づけることが、資料の価値を高めることになります。

天文資料は天文関連の内容を多く含むので、整理や調査には天文の知識も必要になります。ここで紹介した資料は、太陽や変光星の内容を多く含んでいるため、それらの観測を実際に行っている天文家が見ると様々な発見があると思います。観測野帳から何を読み取るべきか、スケッチの際の慣習など、生データに近い資料を見る際には、観測経験の有無は重要です。

今回紹介した天文資料の多くは博物館など地域の施設にあります。そして、資料内容も地域性があるものが多く含まれています。そのため、地名、人物、地域の歴史などを知っている地域の人々が資料を見た方がより多くの情報を引き出すことができます。

また、近代史や科学史の専門家から時代背景について教えてもらったり、資料を見てもらったりなど、複数分野の専門家との協力も必要でしょう。

② 資料保存と人材育成

資料は調べるだけでなく、保存して後世へ伝えていく必要があります。そのためには、資料と収蔵庫があるだけではなく、資料の価値を知る人々の存在が必要です。地域やその分野のコミュニティが資料の価値を認識していないと、資料の存在は忘れられ、失われていく恐れがあります。そのためにも、特定の専門家だけでなく多様な人々が資料の調査、活用、保存に関わっていくことが重要です。

4 これからの活動について

長野県内だけでも天文資料は多く存在していますが、ここでは、茅野市八ヶ岳総合博物館の近代天文資料について話をします。

まず、目録づくりが必要です。目録から、資料群にどのような資料がどれくらい含まれているのかを知ることができます。資料群全体を見渡し、資料群の特徴

を知ることが必要になります。

また、資料をスキャンし、デジタルデータにして、多くの人々がアクセスできる状況にすることが急務です。博物館に足を運ばなくても、資料を見ることができると、調査がしやすくなります。ただし、デジタルデータがあっても、実物資料の重要性は同じです。デジタルデータが失われることもありますし、何より実物資料からしか得ることができない情報がたくさんあります。

ここまで来ると、多様な人が資料にアクセスできるようになり、資料活用の幅が広がります。どの段階からどんな人が関わっていくのかは議論があることでしょう。実際には、地域の学芸員が中心となり、地域の人々、天文コミュニティ、複数分野の専門家と試行錯誤しながら進めていくことになると思います。

5 まとめ

長野県内の天文資料、特に、茅野市八ヶ岳総合博物館の近代天文資料の内容とその活用について紹介しました。県内各地、そして、日本各地に天文資料は多く存在します。ただ、天文と歴史の両方に関心がある人はそれほど多くないので、うまく活用されていない場合があると思います。この市民科学プロジェクトと「長野県は宇宙県」での取り組みがきっかけとなり、各地の天文資料の保存と活用が進んでいくと嬉しい限りです。

長野県の天文学史、天文文化を知るためには、他地域との比較や地域同士のネットワークについて知ることが重要です。そのために、多くの地域の天文資料が保存・活用されることが重要だと考えています。

陶山徹(長野市立博物館)

おもな参考文献・資料

NIHU 広領域連携型基幹研究プロジェクト 国立国語研究所ユニット「地域における市民科学文化の再発見と現在」、『信州天文文化100年』、2023年
陶山徹、「巡回展『信州天文文化100年』」、『市民科学ニューズレター』、1号、2022年
渡辺真由子、「諏訪天文同好会100年を紐解く」、『市民科学ニューズレター』、1号、2022年
<https://shiminkagaku-pj.org/> (市民科学プロジェクトホームページ)
大西浩次、「長野県は宇宙県」と市民科学」、『市民科学ニューズレター』、2号、2023年
<https://uchuken.jp/index.html> (「長野県は宇宙県」ホームページ)
日本アマチュア天文史編集会編、『日本アマチュア天文史』、恒星社厚生閣、1995年
<https://uchuken.jp/bunka/> (長野県天文文化研究会ホームページ)
長野市立博物館、「長野市立博物館収蔵資料目録 自然7」[中沢登閣連資料・田中静人太陽観測スケッチマイクロフィルム・松代群発地震関連資料]、2020年

諏訪の市民科学と天文

2023年7月22日に諏訪市駅前交流テラスすわっチャオにおいて、公開講演会「諏訪の市民科学と天文」を対面・オンライン併用のハイブリッド形式により開催しました。「市民科学」プロジェクトのメンバー早川尚志さん(名古屋大学)による「太陽観測データ整備・校正」と、同じくメンバーの陶山徹さん(長野市立博物館)による「市民による長野県天文史料の整備と調査」と題した、一般市民向けの講演を行いました。本号の市民科学ニュースレターには、関連した内容が掲載されています。当日は、梅雨明けを迎えたばかりの酷暑の中でしたが、会場には40名弱の方が参加され(オンラインは24名)、熱心に質疑応答が交わされました。講演会に続き、変光星観測者会議2023が日本変光星観測者連盟(VSOJ)との共催で開かれました。こちらは翌日まで続き、あわせて7件の発表が行われました。また、会議後には茅野市八ヶ岳総合博物館へのエクスカージョンが行われ、博物館に収蔵されている五味一明氏や佐久間精一氏の変光星資料を閲覧しました。



公開講演会の様子

観測者たちを夢中にさせる星々の魅力

2023年6月30日から9月10日まで、茅野市八ヶ岳総合博物館において、展示「観測者たちを夢中にさせる星々の魅力」が開催されました。信州の天文市民科学では、変光星と太陽が熱心に観測されつづけています。変光星観測は1922年の五味一明氏による、とかげ座新星の発見をエポックとし、東京天文台(現在の国立天文台)台長、古畑正秋氏に受け継がれ、現在に続いています。また、太陽観測は、諏訪中学校(現在の諏訪清陵高校)の教師であった三澤勝衛に始まり、東信の田中静人氏による長期観測、そして、今年観測開始から70年を迎えた諏訪の藤森賢一氏による観測が連続と続いています。また、諏訪清陵高校天文気象部による観測も継続されています。変光星や太陽がどのような天体なのか、そしてそれらがどのように観測されてきたのかについての解説とともに、所蔵する観測資料を展示し、理解を進めるためのブックレット『星と太陽』を制作・配布しました。ブックレットは「市民科学」プロジェクトのウェブサイトからダウンロードもできます。また、7月30日には、現役の変光星観測者の大西拓一郎さん(国立国語研究所)によるギャラリートーク「諏訪の変光星観測者」、8月20日には、諏訪清陵高校天文気象部OBの野澤聡さん(獨協大学)によるギャラリートーク「諏訪清陵高校の太陽観測の歴史」が開催され、多くの方が耳を傾けました。なお、長野市立博物館でもプラネタリウム上映日限定で同タイトルのミニ展示が実施されました。さらに昨年実施の「信州天文文化100年」が8月5日から8月27日まで長野県伊那文化会館で巡回展として行われました。



ギャラリートーク(7月30日)の様子

「諏訪の地理、信州の地理と市民科学」開催のご案内

2024年1月20日(土)に諏訪市駅前交流テラスすわっチャオにおいて、公開シンポジウム「諏訪の地理、信州の地理と市民科学」を日本地理学会と共催で行います。三澤勝衛を源流とする信州諏訪の市民科学は、地理、言語、民俗にも広がりをもっています。地理学の小口高さん(東京大学)、方言学の大西拓一郎さん(国立国語研究所)、民俗学の安室知さん(神奈川大学)ほかの講演と参加者の方々との討議を予定しています。今回も対面・オンラインのハイブリッドで行い、参加費は不要です。12月上旬からウェブサイト以案内を開始します。



市民科学プロジェクト 市民科学ニュースレター No.3

発行日：2023年10月24日発行

編集・発行：国立国語研究所 制作・印刷：(株)エイブルデザイン

市民科学
プロジェクトHP

