

研究詳細

「信州諏訪の三澤勝衛の約 100 年前の太陽黒点観測が太陽活動モニターの基礎資料に」

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 (F10.7) 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・ハリ奥特、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。

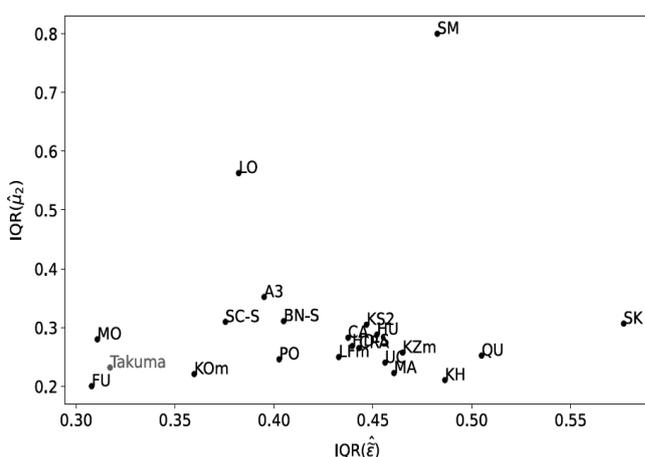


図 1：個別の長期黒点観測者のデータの安定性評価。縦軸が長期の安定性、横軸が短期の安定性を示し、数値が小さいほどデータが安定していることを示しています。例えば、Takuma, MO, FU, KOm, LO, UC は各々詫間氏、望月氏、藤森氏、小山氏、ロカルノ観測所、ベルギー王立天文台の観測データを示しています。Hayakawa et al. (2023a) より (CC-BY)。

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基幹観測者に選ばれるなど、本邦の黒点観測記録も少なか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ならず見受けられます。

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(F10.7)の比較係数がやや急に変わる事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。

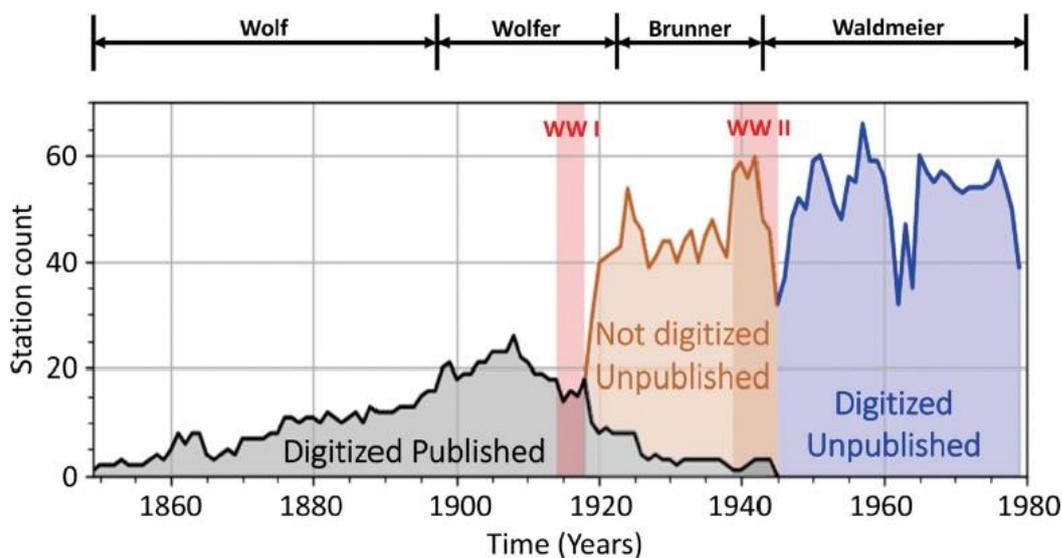


図2: スイスのチューリヒ天文台が黒点数を管理していた際の基幹観測者と元データの公開具合。Clette et al. (2023) より (CC-BY)。

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。

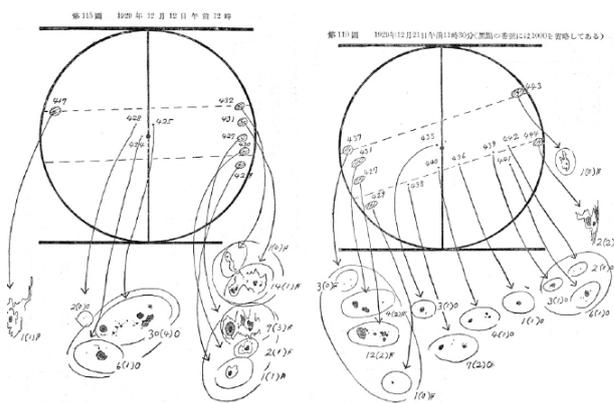


図 4：三澤勝衛の黒点スケッチの例。1929年12月12日と同21日の事例。三澤（1936, pp. 138 & 142）より。

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。

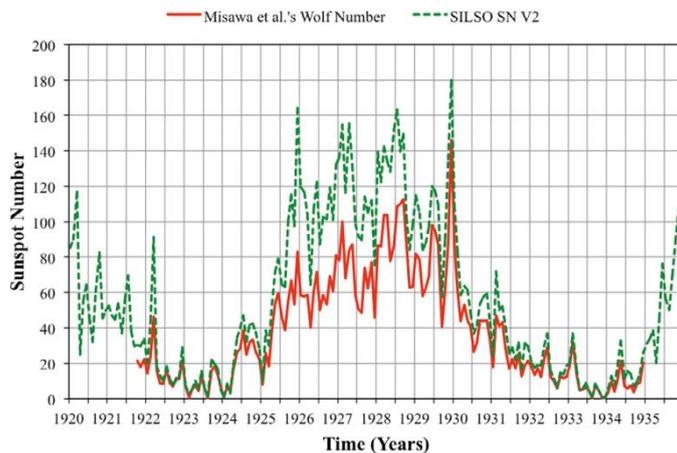


図 5: 黒点相対数の比較。実線が三澤の観測によるもので、破線が国際黒点相対数 (SILSO SN V2) Hayakawa et al. (2023b) より (©OUP)。

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。

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ン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況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。

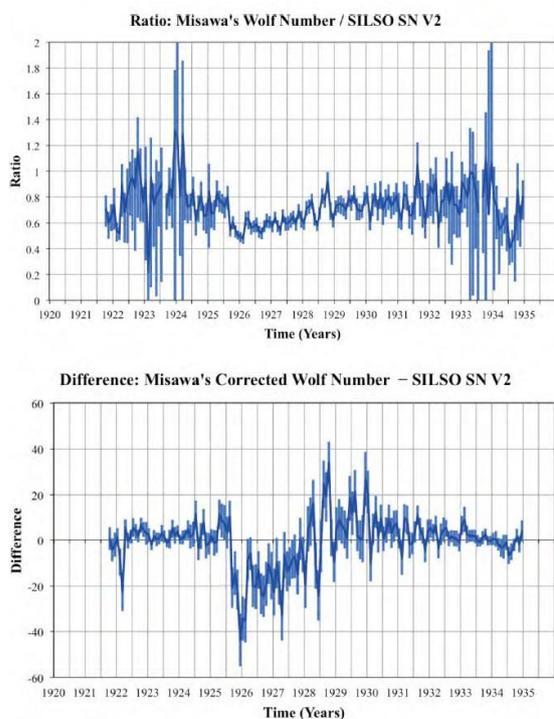


図 6：国際黒点相対数（SILSO SN V2）と三澤の黒点相対数の比率（上）と差（下）の変動とその誤差幅 Hayakawa et al. (2023b)より (©OUP)。

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ン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ン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そうです。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。

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 (F10.7), *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