

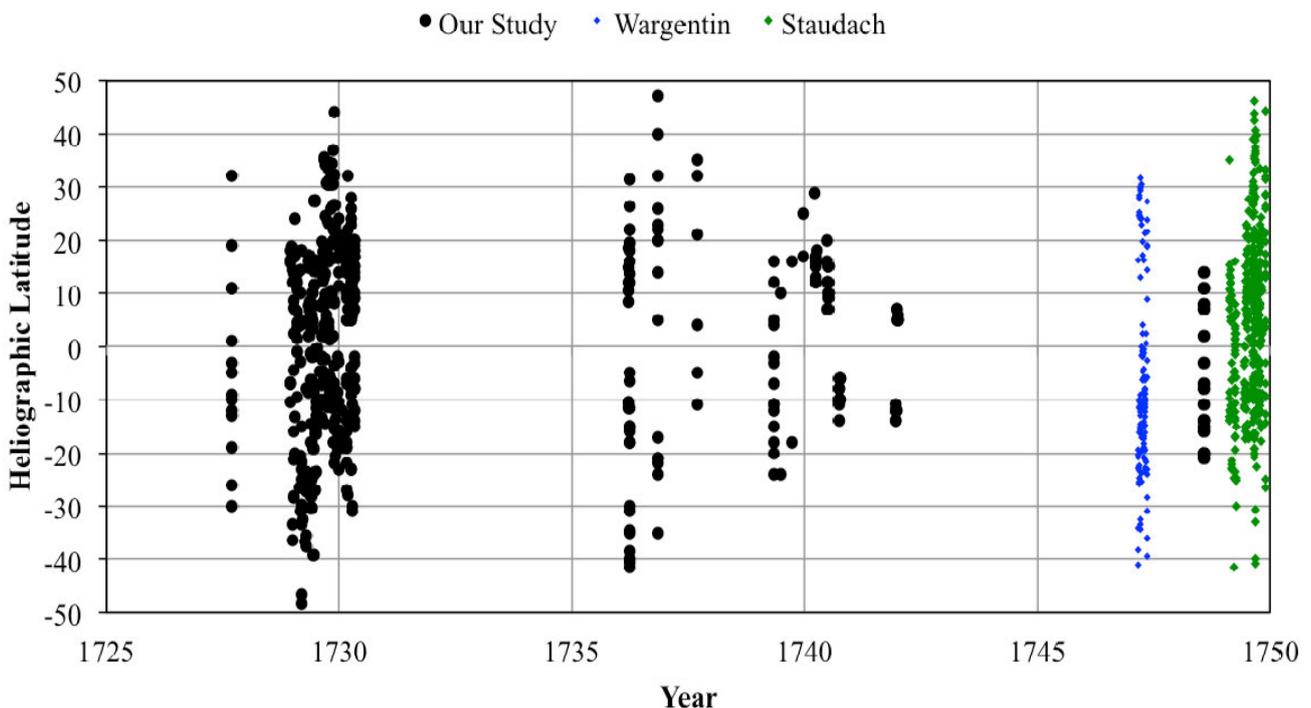
過去の太陽地球環境のアナログ観測記録のデータレスキュー

1957年の宇宙時代開闢以来、人類文明は科学技術インフラを発展させ、宇宙進出を進め、その分太陽地球環境との関係を強めてきた。太陽嵐が人工衛星や発電網・送電網に影響を及ぼした事例は既に少なからず知られるところで、本邦でも官民を挙げてその対策が急がれている。加えて、太陽活動は2009年、2019年に過去100年で最低水準まで低下しており、地球環境への影響もしばしば議論の対象となっている。

このような太陽地球環境を検討する際の基礎となるのが過去の観測データである。一方、このような過去の観測データについて、過去のデータが本格的に整備されるようになったのは1957-1958年の国際地球観測年以来のことである。この時間幅は66年程度のもので、発生頻度の低い激甚太陽嵐や長期変動の研究に当たりかなり重大な制約条件の一つになっている。

本研究では、このような困難を克服するため、太陽地球環境研究の基礎データになる過去のアナログ記録、関連のメタデータの保管、整備、再較正を進め、現代データベースの時間的制約を越えて、太陽活動や地磁気擾乱の過去・極限の定量復元を目指している。本年度は特に過去の太陽地球環境の長期変動について、太陽黒点観測、太陽コロナ観測の蒐集が進み、関連して特筆すべき成果があったので、ここに紹介する。

Sunspot Positions in 1727-1748



1727-1748年の黒点の分布と先行研究との比較(Hayakawa et al., 2022a, *The Astrophysical Journal*, 941, 151)。先行研究で明らかになっていなかった当時の太陽黒点の分布を初めて明らかにし、マウンダー極小期から通常の太陽活動周期への移行期間においても、通常の太陽活動周期が展開していた様子を明らかにした。

2022 年度の主な活動

本研究チームでは、過去の太陽地球環境の変動について、古い時代のアナログデータを蒐集・分析し、太陽圏、宇宙線、地球電磁気圏の長期変動、激甚現象の復元・検討を進めている。今年度は特に太陽地球環境の長期変動について、研究が進んだ他、その成果について国内外で少なからぬ反響があったため、特に顕著なものを以下に紹介する。

太陽地球環境の長期変動について、本研究では主に太陽黒点観測と日蝕観測に基づいて研究を進めた。太陽黒点数の復元・再校正にあたり、これまで特に重大な断絶として考えられていたのは、観測データのほとんどが未公開になっていた 18 世紀前半とダルトン極小期 (1797–1827) の二箇所である (Section 5 of Clette et al., 2023)。本研究では前者に関連し、1727–1748 年の黒点観測記録について既知の黒点観測包括的に再検討した他、Van Coesfeld, Duclos, Martin などの未検討史料も加え、黒点群数を大幅に改訂し、これまで知られていなかった同時代の黒点座標を復元した (Hayakawa et al., 2022a, *The Astrophysical Journal*, 941, 151)。19 世紀中葉の太陽黒点数の変動についても、ベルギー王立天文台のチームとの共同研究が進み、同時代観測者のデータの再構成が進んだ (Bhattacharya, Lefèvre, Hayakawa, Jansen, and Clette, 2023, *Solar Physics*, 298, 12)。本論文は *Solar Physics* の editor's choice に選ばれている。このような太陽黒点数の再校正全般について、ベルギー王立天文台の Frédéric Clette 氏を中心に国際共同研究が結実し、2022 年までの再校正の進捗報告が *Solar Physics* 誌の Invited Review として刊行された (Clette, Lefèvre, Chatzistergos, Hayakawa, et al. 2023, *Solar Physics*, 298, 44)。

本研究では特に過去のコロナ構造を知るべく、日蝕観測の調査も進めた。その結果、18–19 世紀の北海道の日蝕記録の包括検討が進み、アイヌ口承伝承の皆既日蝕が 1824 年の日蝕に比定された。これはダルトン極小期の末期にあたり、その当時太陽コロナのストリーマー構造を思わせる記述も確認された (Hayakawa, Sôma, and Daigo 2022, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 74, 1275–1286)。ダルトン極小期のコロナ構造は 1806 年の皆既日蝕観測でも確認されており (Hayakawa et al., 2020)、マウンダー極小期のコロナ構造の消失 (Riley et al., 2015; Hayakawa et al., 2021) との差異がより際立つ結果となった。この他、4–7 世紀のビザンツ帝国版図で記録された日蝕記録の調査も進み、その副産物として 4–7 世紀の地球自転速度変化の変動について若干の変更を迫る結果になった (Hayakawa, Murata, and Sôma 2022, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 134, 094401)。当該論文は特に大きな反響を呼び、一時 Altmetrics で 403 を記録し、*Publications of the Astronomical Society of the Pacific* にて Most Read & Most Trending の座を占めるに至った。

太陽嵐についても少なからず検討が進んだ。1940 年 3 月の激甚太陽嵐について、太陽面爆発、地磁気変動、低緯度オーロラ、宇宙線変動を包括検討した論文も刊行された (Hayakawa et al., 2022, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 517, 1709–1723)。当該論文では、この当時 X35 程度の巨大フレアに伴い、 $\text{min Dst} \approx -388 \text{ nT}$ の激甚磁気嵐が発生し、津軽海峡やタジキスタンまでオーロラが見えたことも明らかになった。また、当時の ICME の影響で磁気圏界面が地球半径の 3.4 倍程度の所まで押し込まれていた可能性も指摘された。

この他、1872 年 2 月の激甚磁気嵐について検討が進み、この激甚太陽嵐の際の太陽面、地磁気変動、低緯度オーロラの様子が包括的になり、改めてこの激甚磁気嵐がキャリントン・イベントに勝るとも劣らぬ例外的な規模のものであったことが確認された。この成果は年度末に掲載が決まり、来年度に刊行予定である (Hayakawa et al., 2023, *The Astrophysical Journal*, DOI: 10.3847/1538-4357/acc6cc)。

当チームの研究成果は、激甚太陽嵐についても、本邦のみならず、台湾、イスラエル、米国、フィンランドなど、国内外にも少なからず報じられた。先年度末に刊行された Van der Sluijs and Hayakawa (2022) は世界各地で報じられ、一時 Altmetrics で 351 を記録している。当チームの成果は NHK でもコズミックフロントと北海道道にて紹介されている。

その他、*Geoscience Data Journal* にてデータレスキューについての特集号 “Old Records for New Knowledge” (<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/toc/20496060/2023/10/1>) を特集号エディターの一人として組織し、データ論文 4 報、データサービス論文 6 報、総説論文 2 報、招聘論文 1 報を集めて刊行した。このように過去のアナログ観測記録のデータレスキューの試みは本学の試みも含め、世界各地に波及しつつある。