

© 新潟地方気象台

歴史的観測から蘇る 1957～1958 年のオーロラ観測の全貌： 過去 4 世紀最大の太陽活動極大期に起きた太陽嵐の痕跡

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院高等研究院/宇宙地球環境研究所の早川 尚志 特任助教は、京都大学生存圏研究所の海老原 祐輔 准教授、東京大学木曾観測所の畑 英利氏とともに、過去 4 世紀で最大の太陽活動の際（1957～1958 年）に日本で観測された一連のオーロラについての記録を精査し、その低緯度境界が日本の上空まで広がり、通常の低緯度オーロラと異なる色を見せていた事を明らかにしました。

本研究で検討したオーロラ記録群は、過去 64 年で 3 番目と 4 番目に巨大な磁気嵐に伴い現れたものです。巨大磁気嵐の発生頻度は低いものの、一度発生すれば停電や通信障害が起こる可能性があります。本研究の成果は、現代社会に大きな影響を及ぼす激甚宇宙天気現象の発生メカニズムを正確に理解するための手がかりとなることが期待されます。

本研究成果は、学術雑誌「Geoscience Data Journal」に掲載が決定し、2021 年 12 月 20 日付プレプリント・サーバー「arXiv」にも公開されました。

【研究背景と内容】

太陽活動が活発になると、太陽面で爆発現象がよく起きようになります。その際に発生した電気を帯びた高温のガス（コロナ質量放出）が地球を直撃すると、磁気嵐が起き、オーロラが通常よりも低緯度側に下がります。このように、磁気嵐の規模が大きいほどオーロラが低緯度側に広がることは、過去の統計的研究からも経験的に知られています（Yokoyama *et al.*, 1998; Blake *et al.*, 2021）。

太陽活動を示す太陽黒点の観測は 1610 年以來過去 4 世紀に亘って続けられ、約 11 年周期で増減を繰り返すことが知られています。その中でも 1957~1958 年に極大になった太陽活動第 19 周期は観測史上最大の太陽活動周期で（図 1）、巨大な太陽面爆発や磁気嵐を何度も引き起こしたと考えられています。

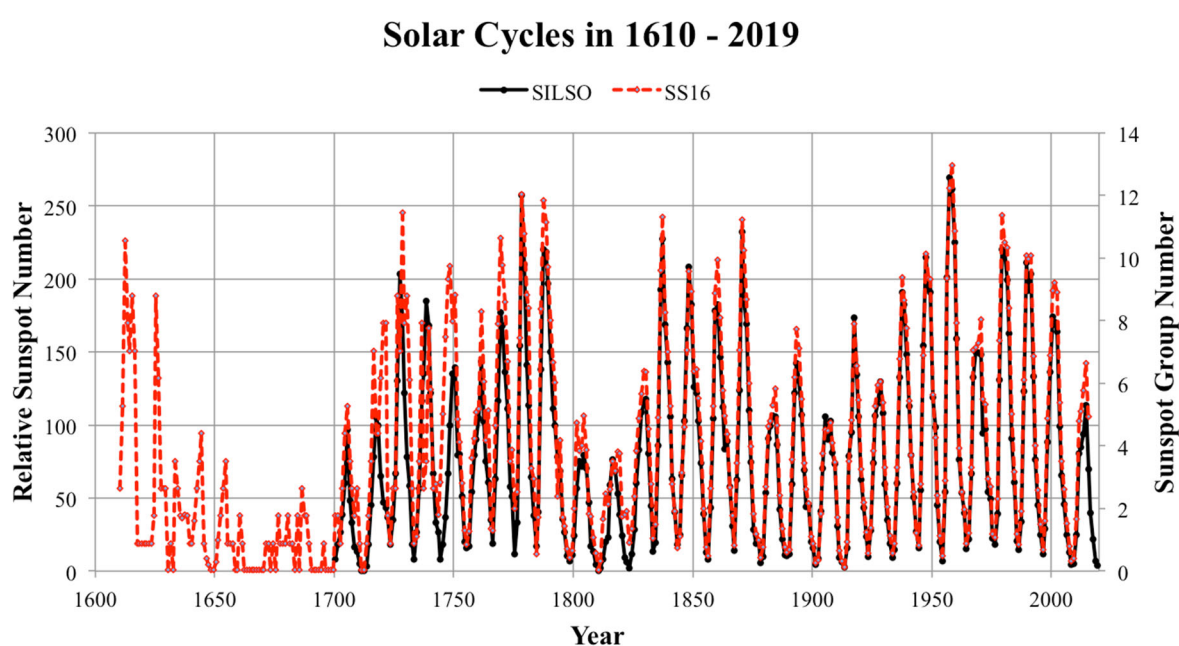


図 1：1610 年～2019 年の太陽活動。1957~1958 年に太陽黒点相対数（Clette and Lefèvre, 2016）や太陽黒点群数（Svalgaard and Schatten, 2016）が過去 4 世紀で最大規模に発展していたことがわかる（Silverman and Hayakawa, 2021）。

この時期は宇宙時代の幕開けでもありました。冷戦の最中であって、東西両陣営をまたいで「国際地球観測年（IGY）」が 1957 年 7 月～1958 年 12 月に企画され、旧ソ連の Sputnik 1 号と米国のエクスポローラー 1 号が相次いで打ち上げられたのもこの頃です（Sullivan, 1961）。国際地球観測年での観測協力対象にはオーロラも含まれ、日本も参加していました。磁気嵐の規模を表す Dst 指数が公式に算出された 1957 年以降、3 番目（1957 年 9 月）と 4 番目（1958 年 2 月）の大きさの巨大磁気嵐が発生したのはこの期間です。特に後者の発生時、オーロラが日本でも広範囲で眼視観測されたことは知られていましたが（Huruhata, 1960; 中沢 1999; 二宮 2013; Kataoka and Kazama, 2019 など）、当時の観測記録の全貌は必ずしも明らかではありませんでした。一方、1957 年以降最大の磁気嵐は 1989 年 3 月に発生したもので、この磁気嵐によりカナダでは約 9

時間停電し、多大な経済的損失が出たことから (Oughton *et al.*, 2017; Boteler, 2019)、1957年9月や1958年2月のような激甚磁気嵐が発生すると、現代社会に甚大な影響を与える可能性が予想されます。

【研究成果】

今回、この当時のオーロラ観測記録について、気象庁、国立天文台、東大木曾観測所のデータから、国際地球観測年(1957~1958)の最中に発生した激甚磁気嵐の際のオーロラ活動の様子を明らかにしました。1958年2月11日の磁気嵐の際のオーロラについて、当時の気象庁の刊行記録が精査されただけでなく、新潟地方気象台でこれまで忘れられていたオーロラのスケッチ(図2)が再発見され、オーロラ低緯度境界の画定の決め手になり、東大木曾観測所に保管されていた観測記録のコピーから、北海道の静内で撮影された国内最古のオーロラのカラー写真の存在(図2)や、その当時山口県の小郡や広島県の福山で見えていたオーロラの様子も明らかになりました(図3)。その結果から、この磁気嵐(min. Dst=-426 nT)の際のオーロラは、従来考えていたよりも、かなり赤道側に広がっていたことが判明しました(図4)。

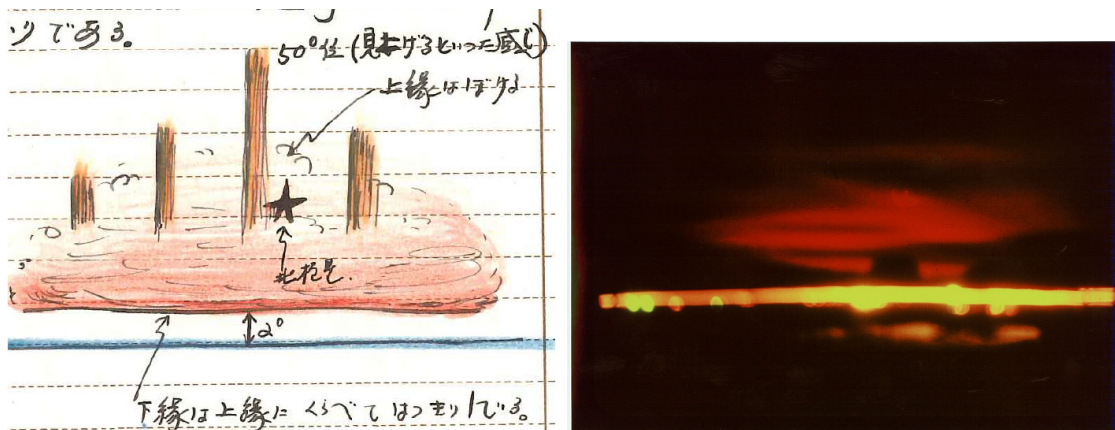


図2: 1958年2月11日に新潟市船江町で記録されたオーロラスケッチ(©新潟地方気象台提供)と北海道静内で撮影された国内最古と思われる©長谷川節也氏撮影のオーロラ写真(©東京大学木曾観測所提供)。

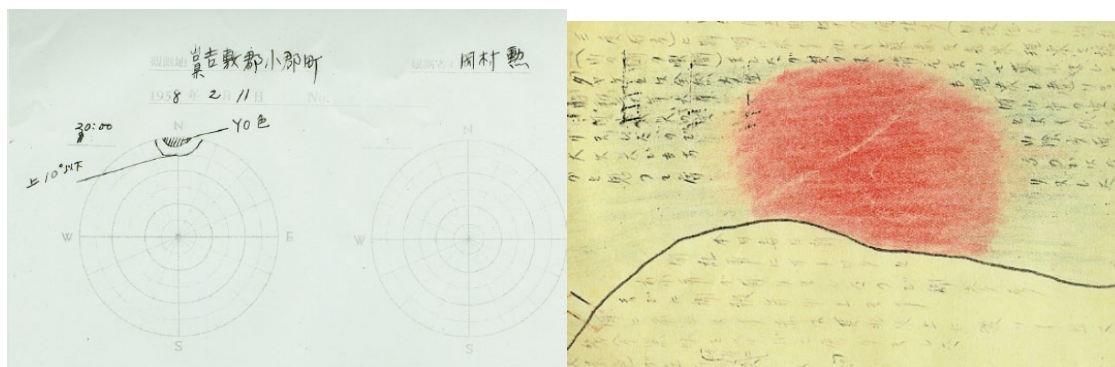


図3: 1958年2月11日に山口県小郡町(©岡村勲)や広島県福山市(©三村由夫)で記録されたオーロラスケッチ(©東京大学木曾観測所提供)。

1958-02

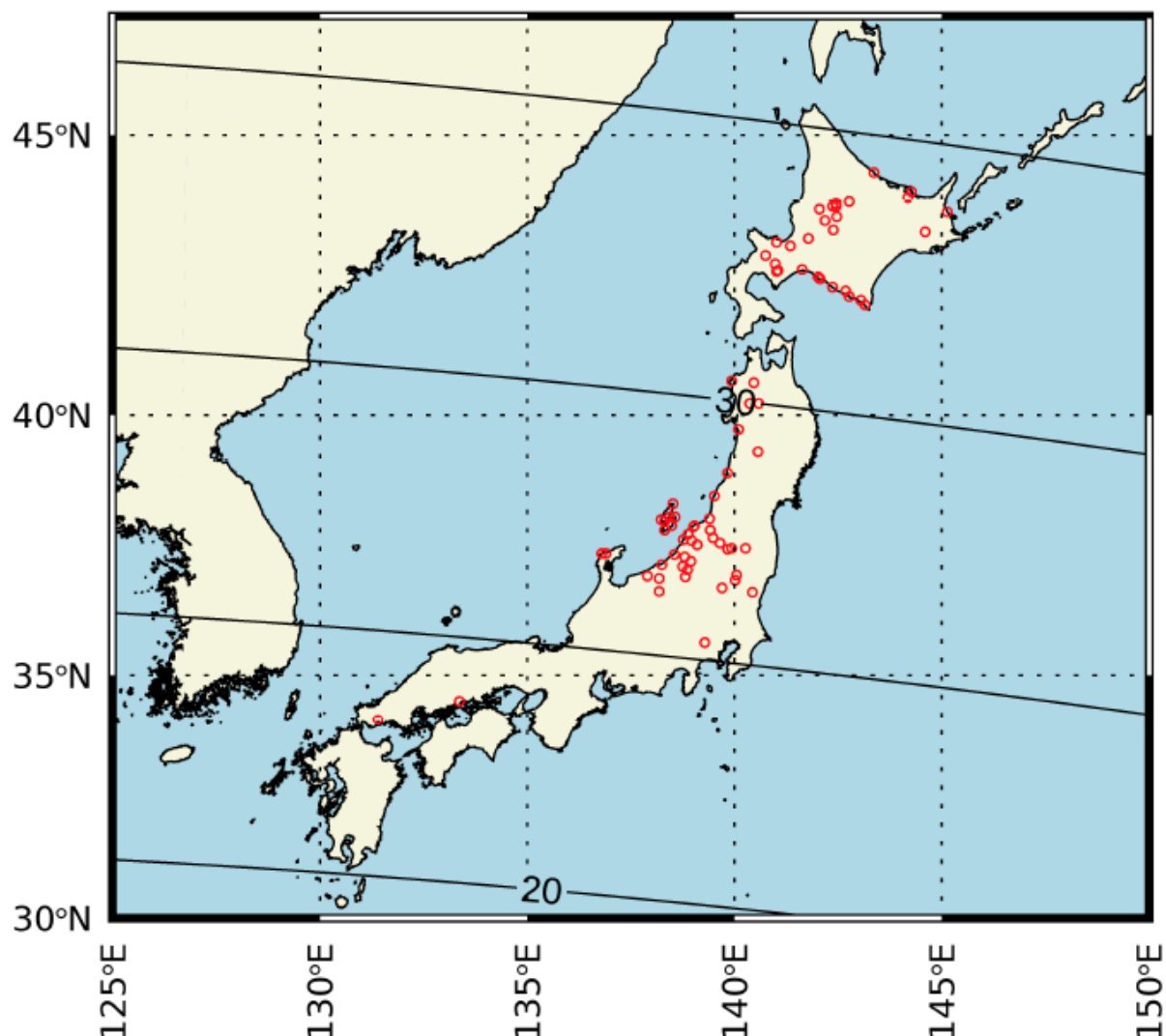


図 4 : 今回の研究で復元された 1958 年 2 月 11 日のオーロラ眼視観測範囲の地理的分布 (Hayakawa *et al.*, 2021)。

また、本研究では、これまで不明な点が多かった 1957 年 9 月 13 日の磁気嵐 (min. Dst = -427 nT) についても、多数のオーロラ記録を検討することができました。このオーロラについては、北海道の網走や稚内で極めて詳細なスケッチが残されており (図 5)、更に北海道の森町の記録などからオーロラ自体、かなり南まで広がっていたことが判明しました。これらの記録に基づいて、日本で見たオーロラの範囲を復元したのが図 6 になります。一方、同日の天気図を検討したところ、本州東部や道東の天気が悪く、オーロラを眼視することが困難であったことも判明しました。この磁気嵐の際のオーロラの報告事例が少なく、かつ、このオーロラがこれまであまり注目されてこなかった理由の一端はここに求められると考えられます。



図 5 : 1957 年 9 月 13 日に◎稚内地方気象台と◎旭川天文台で観測されたオーロラのスケッチ (©国立天文台提供)。

1957-09

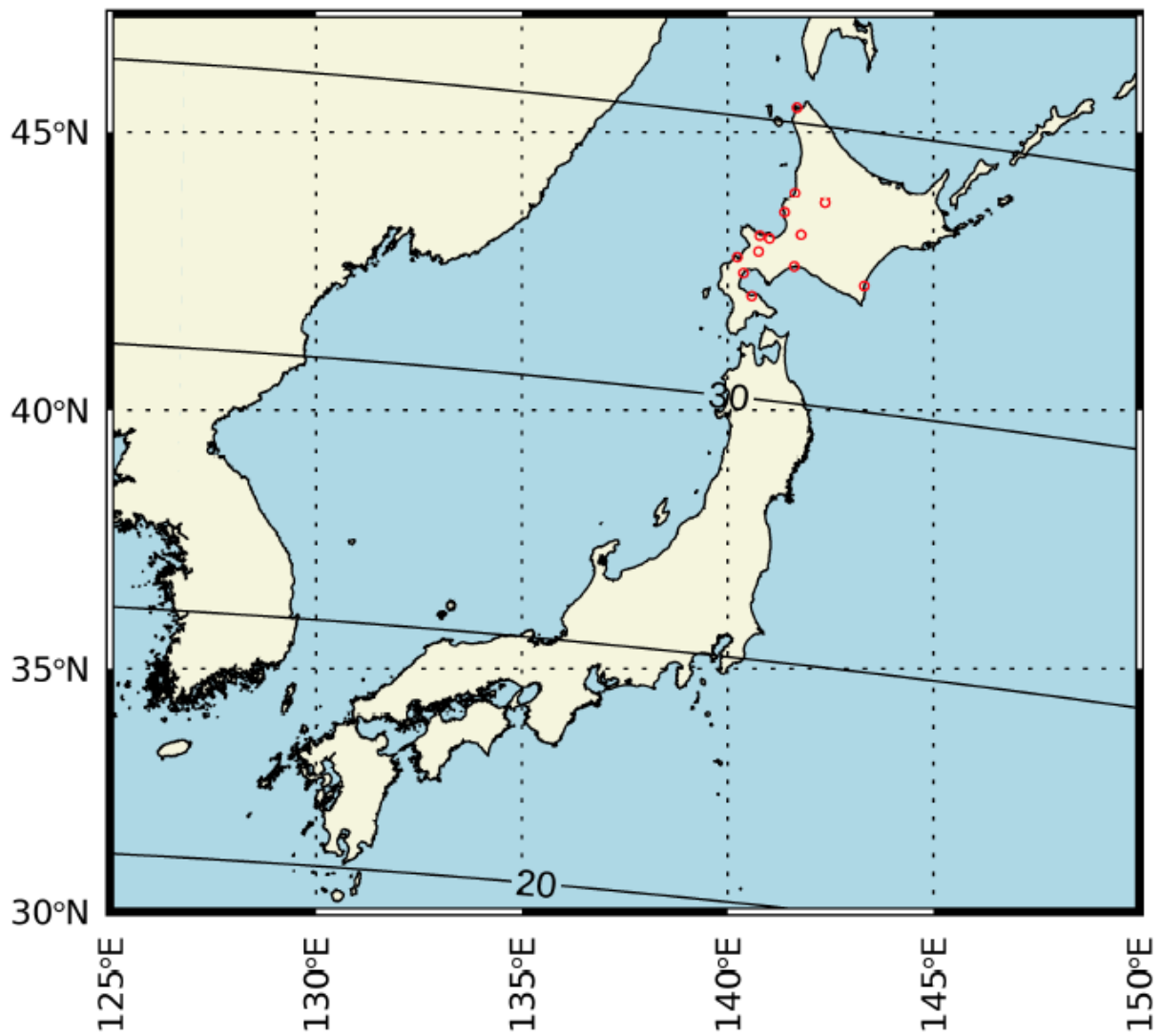


図 6 : 今回の研究で復元された 1957 年 9 月 13 日のオーロラ眼視観測範囲の地理的分布 (Hayakawa *et al.*, 2021)。

このような日本のオーロラ観測記録を当時の地磁気変動と比較したところ、いずれも激甚磁気嵐のクライマックス（磁気嵐主相から回復相初期）で起きていたことが明らかになりました（図 7）。更に、当時のオーロラ観測記録の中には、日本で見えるような低緯度オーロラで期待される赤（と緑～白）だけでなく、黄色、オレンジ、ピンク、紫など多様な色彩が捉えられており、激甚磁気嵐では通常の磁気嵐よりもエネルギーの高い電子も日本上空に降り込んでいたことを示唆する貴重な実例であると考えられます。

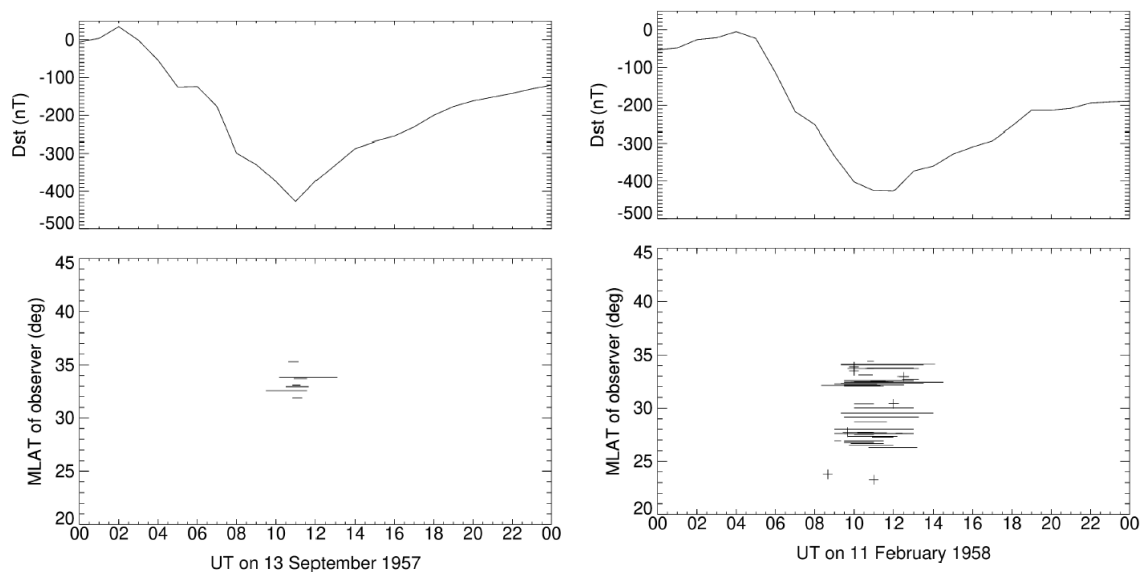


図 7：当時の地磁気変動（Dst 指数：京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター提供）と今回の研究で明らかになったオーロラ観測の時間的发展の比較（Hayakawa *et al.*, 2021）。なお、Dst 指数は磁気嵐の規模を表す指標とされ、負の値が大きいほど規模が大きいことを示す。

このような詳細な研究が可能になったのは、60 年以上前から現代に至るまで、研究者のみならず一般市民を含んだ多くの方の協力があってのことでした。1957～1958 年に日本各地で行われたオーロラ観測では、国立天文台の古畑正秋氏の指揮下、国内の観測所のみならず、アマチュア天文家を含む多くの市民が観測に協力し、体系的なオーロラ観測を成功させることができました。

その背景の一端は、古畑氏の生まれ育った長野県諏訪地方に脈々と育まれてきた天文文化にあります。当地では、天文学者とアマチュア天文家や市民との交流が盛んで、この流れは後に全国に波及していきました。成功の陰の一つには古畑氏と結びついた数多のアマチュア天文家の存在がありました。このような活動はその後一時期停滞しましたが、天体写真の社会還元を目指した東京大学木曾観測所のカラー撮影プロジェクトで再度復活しました。このプロジェクトがなかったならば、国際地球観測年の資料保存はできなかったと考えられます。

2021 年現在、日本でもオーロラの定常観測をしている地点は数ヶ所しかないため、

一般の方のオーロラ記録は今なお貴重です。1957～1958年のオーロラ観測は、いわば60年以上前に行われたシティズンサイエンス（Citizen Science）の先駆的な成果とみることも可能かもしれません。

また、このような観測データが現在まで伝わってきたのは、データレスキューの努力あってのことでした。当時の観測記録で、一旦東京天文台（現在の国立天文台）に蒐集された記録群のうち、カラスケッチ群などは現在もそのまま国立天文台で保管されています。一方、東京天文台蒐集分のそれ以外の記録については、畑英利氏（当該論文の第三著者）の手で保存され、東大木曾観測所に伝存するに至りました。過去のアナログ観測データは嵩張って場所をとるため、しばしば廃棄されがちです。しかし、近年ではこのような過去のデータを如何に保存・整備するかについての議論が各国の研究機関で重要視されるようになってきており、一部の国際学会や国際誌ではそのための企画セッションや特集号が組まれている事例もあるほどです。今回の検討のように、数十年の時を経て過去のデータから新たな知見が導かれることも少なくないため、今後過去の観測記録をどう整備・公開していくかは重要課題となり続けることでしょう。なお、今回の論文刊行に併せ、国立天文台と東大木曾観測所に残る関連観測記録について、新たに関連の画像データを公開することができました。今後、このような画像データがさらなる宇宙天気研究に貢献することも期待されます。

2019年12月に太陽活動第25周期が始まり、現在太陽活動は上昇基調にあります。極大を迎えると予想される2025年頃を中心に数年間は、オーロラを日本でも見ることができるよう可能性があります。もしオーロラを目撃された場合、是非、観測時刻やオーロラの高度（星などと対比）、色彩などの情報を記録してみてください。1957～1958年の記録が60年以上の時を越え、現代科学に貢献しているように、あなたの観測も将来、科学研究に大きなヒントを残してくれるかもしれません。

参考文献

- Blake, S. P., Pulkkinen, A., Schuck, P. W., Glocer, A., Tóth, G. (2021) Estimating Maximum Extent of Auroral Equatorward Boundary Using Historical and Simulated Surface Magnetic Field Data, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, **126**, e28284. DOI: 10.1029/2020JA028284
- Boteler, D. H. (2019) A 21st Century View of the March 1989 Magnetic Storm, *Space Weather*, **17**, 1427-1441. DOI: 10.1029/2019SW002278
- Clette, F., Lefèvre, L. (2016) The New Sunspot Number: Assembling All Corrections, *Solar Physics*, **291**, 2629-2651. DOI: 10.1007/s11207-016-1014-y
- Hayakawa, H., Ebihara, Y., Hata, H. (2021) A Review for Japanese auroral records on the three extreme space weather events around the International Geophysical Year (1957 – 1958), *Geoscience Data Journal*, DOI: 10.1002/GDJ3.140
- Huruhata, M. (1960) IV. Aurora and airglow, *Japanese Contribution to the International Geophysical Year 1957/8*, **2**, 44–54.

- Kataoka, R., Kazama, S. (2019) A watercolor painting of northern lights seen above Japan on 11 February 1958, *Journal of Space Weather and Space Climate*, **9**, A28. DOI: 10.1051/swsc/2019027
- Oughton, E. J., *et al.* (2017) Quantifying the daily economic impact of extreme space weather due to failure in electricity transmission infrastructure, *Space Weather*, **15**, 65-83. DOI: 10.1002/2016SW001491
- Silverman, S. M., Hayakawa, H. (2021) The Dalton Minimum and John Dalton's Auroral Observations, *Journal of Space Weather and Space Climate*, **11**, 17. DOI: 10.1051/swsc/2020082
- Sullivan, W. (1961) *Assault on the Unknown*, New York: McGraw-Hill.
- Svalgaard, L., Schatten, K. H. (2016) Reconstruction of the Sunspot Group Number: The Backbone Method, *Solar Physics*, **291**, 2653-2684. DOI: 10.1007/s11207-015-0815-8
- Yokoyama, N., Kamide, Y., Miyaoka, H. (1998) The size of the auroral belt during magnetic storms, *Annales Geophysicae*, **16**, 566-573. DOI: 10.1007/s00585-998-0566-z
- 中沢陽 (1999) 「日本における低緯度オーロラの記録について」『天文月報』92, 94-101.
- 二宮洗三 (2013) 「気象観測史的に見た気象官署における 1958 年 2 月 11 日のオーロラ一観測」『天気』60, 21-24.

【論文情報】

雑誌名 : Geoscience Data Journal

論文タイトル : A Review for Japanese auroral records on the three extreme space weather events around the International Geophysical Year (1957 – 1958)

著者 : 早川尚志 (名古屋大学 高等研究院/宇宙地球環境研究所)、海老原裕輔 (京都大学 生存圏研究所)、畑英利 (東京大学 木曾観測所)

DOI : 10.1002/GDJ3.140