

令和 3 年 6 月 29 日現在

機関番号：24301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01254

研究課題名(和文) 歴史文献を用いた過去の太陽活動の研究

研究課題名(英文) Study on past solar activity using historical documents

研究代表者

磯部 洋明 (Isobe, Hiroaki)

京都市立芸術大学・美術学部 / 美術研究科・准教授

研究者番号：90511254

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：19世紀以前の歴史史料と自然科学プロキシ、さらに理論モデリングを組み合わせ、観測史上最大と言われていたいわゆるキャリントンイベントに匹敵するイベントが相当の頻度で起きていることを複数例で実証した。また、歴史史料を使った他の自然科学分野研究との連携、歴史研究へのフィードバック、オープンサイエンス的手法の進展など、太陽物理学にとどまらない連携の手法を開拓した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回の研究ではこれまで巨大磁気嵐の指標とされていたいわゆるキャリントン・イベントに匹敵する磁気嵐が過去に幾度も発生しうることを、歴史史料や理論モデリングを組み合わせることによりより明確に提示し、宇宙天気予報研究の重要性を示した。また、歴史学へのフィードバックや、オープンサイエンスとしての取組等、異分野連携型の研究手法を開拓したことは今後の学術研究の新たな手法の先駆けとなる。

研究成果の概要(英文)：Combining historical documents before 19th century, natural science proxies, and theoretical modeling, we have demonstrated in multiple cases that events comparable to the so-called Carrington event, which was said to be the largest in observation history, occur at a considerable frequency. In addition, we have pioneered collaborative methods that go beyond solar physics, such as collaboration with other natural science field research using historical materials, feedback on historical research, and development of open science methods.

研究分野：太陽物理学

キーワード：太陽フレア 宇宙天気 太陽活動 黒点 歴史文献 オープンサイエンス

### 1. 研究開始当初の背景

太陽内部で増幅された磁場は表面に出現して黒点や太陽フレアなどの活動現象を引き起こす。太陽フレアが起きると多波長の電磁波の増光、高エネルギー粒子の加速、磁気プラズマの惑星間空間への放出(コロナ質量放出)が起きる。コロナ質量放出が地球磁気圏と衝突すると地磁気嵐やオーロラ帯の拡大が起こる。また、現代社会においては地磁気嵐の誘導電流による送電線網の障害、高エネルギー粒子による人工衛星の故障や宇宙飛行士の被ばく、電離圏擾乱による衛星通信・測位の障害など様々な影響を引き起こされる。太陽活動に伴うこれらの影響を総称して宇宙天気と呼ぶ。加えて、太陽活動は地球の気候とも相関があることが知られているが、そのメカニズムはよく分かっていない。太陽活動の指標である黒点は11年周期で増減する。

17世紀後半に黒点がほとんどない時期が数十年続く(マウンダー極小期と呼ぶ)など、より長期的な変動があることも分かっている。さらに近年の系外惑星研究の進展を受け、太陽-地球系の理解はより広く恒星-惑星系を理解するための基礎としても重要性を増している。

過去の太陽磁気活動の長期変動を調べるためにこれまで主に用いられていたのは、太陽活放射同位体の解析である。しかし、世界各国の歴史的な文献の中にも、様々な人の手によって、肉眼で見える黒点や中低緯度のオーロラを目撃した記録が残されている。本研究で用いるこれら歴史文献中の肉眼黒点や低緯度オーロラの記録は、過去の太陽活動に関する独立した、新しい情報を提供する。特にオーロラの緯度分布は地磁気嵐の強さの定量的な指標となる。歴史文献を用いた過去の太陽活動研究の可能性を追求したいという学術的関心が、本研究課題の根底にある。

### 2. 研究の目的

本研究の自然科学上の大きな目的を以下のように設定した。

(1) 歴史文献中の記述の科学的解釈とその妥当性の吟味、及び数値モデリングに基づいて過去の太陽活動の実態を明らかにする。

具体的には以下の二点である。

(1-1) 近代観測で知られている最大級の太陽フレアに匹敵、ないしそれを超える規模のフレアの発生頻度を明らかにする。

(1-2) マウンダー極小期中の大規模磁気嵐・オーロラの有無を検証し、「グランド極小期」と呼ばれるような極端に太陽活動が低下した時期の宇宙天気と太陽面磁場について新たな知見を得る。

また、本件は自然科学と歴史学の協働により実施されるものであり、歴史学を含む人文・社会科学へのフィードバックとして以下が設定された。

さらに、自然科学だけでなく人文学的な目的として以下の目的を設定した。

(2) どのような人々がオーロラのような天変現象をどのように受け止め記録してしたが、それが背景となる社会とどのように相互作用してきたかを明らかにする。

上記内容を他分野に展開するために以下の目的を設定した。

(3) 時代・地域を横断した黒点および低緯度オーロラの観測記録を収集し、それをデータベースとして研究者コミュニティに公開する

### 3. 研究の方法

本研究課題は歴史学と自然科学の協働であり、それぞれの分野で培った手法を相互に利用・発展させることが肝要である。このため、歴史史料を観測データとして関係者が一緒になって検討すること、またそれをもとにそれぞれの分野の手法を用いて分析することである。

具体的には以下の方法

(a) 17~19世紀の極端宇宙天気イベントとマウンダー極小期の低緯度オーロラの検証

近代観測史上最大の宇宙天気現象は1859年のいわゆる「キャリントンイベント」とされている。申請者らの研究により、このイベントが東アジアの歴史書にも記録されており、さらに他の年代にも同程度と推測されうるイベントが記載されている。また、黒点がほとんどマウンダー極小期にも低緯度オーロラの候補となる記録も見つかっている。

本研究では、文献中のオーロラ記録と同時代の黒点スケッチと照合して各現象の規模を推定し、オーロラの緯度分布(低緯度ほど大規模)と黒点の大きさの両面からキャリントンクラスイベントが17-19世紀にどれほど起きていたか、また17世紀後半のマウンダー極小期にどれほどの中低緯度オーロラが発生していたかを明らかにする。

(b) 肉眼黒点および低緯度オーロラ記録の収集とデータベースの公開

デジタルデータベース化されている中国歴代王朝の正史のサーベイは大きく進んでおり、これを軸に本研究中に、徳川実紀や京都の寺社の社務日記等の日本国内の史料、バビロニ

ア天文日誌（大英博物館所蔵）ユーラシア各地の年代記、及び英国および米国の航海日誌の肉眼黒点・オーロラサーベイを順次行って新たな黒点・オーロラ記録を発掘するとともに、各地域の記録を照合してオーロラの同時観測を同定する。各国の図書館や文書館、日誌を所有している寺社教会等での文献調査が主たる手法である。

オーロラかどうか確定し難いものまで含め、書誌情報と原文の該当箇所の抜き出しを論文化し公表することでデータベース化への道筋をつける。これにより、世界中の研究者が文献記録を利用・検証することが可能になる。

#### (c) 数値モデリングによる太陽フレアおよび太陽風パラメータの推定

特に上記(a)で指摘されたマウンダー極小期での大規模宇宙天気現象への適用を念頭に、研究代表者らが持つ宇宙天気現象の数値モデルを用いて、それを歴史文献の記録と照合することで、歴史的な宇宙天気イベントを数値的に再現する。

## 4. 研究成果

### (1) 歴史史料と自然科学プロキシの照合による巨大磁気嵐のサーベイ

19世紀以前の巨大磁気嵐の記録の調査を行い、観測史上最大と言われていたいわゆるキャリントンイベントに匹敵するイベントが相当の頻度で起きていることを複数例で実証した。この成果は学会・研究会発表および論文出版としてされている。また、放射性同位体などの解析から、キャリントンフレア以上のいわゆるスーパーフレアが起きた可能性がある西暦775年前後のオーロラ記録に関する史料の吟味を進め、当該の放射性同位体イベントがスーパーフレアであったという確証を得るには至っていないものの、新たな知見を得て論文にまとめている。また、太陽活動が極端に低調であった17世紀から18世紀にかけてのいわゆるマウンダー極小期と呼ばれる時期に日本と中国でオーロラらしい同時観測があることが以前から知られていたが、本研究で同時期のヨーロッパにおける黒点記録との照合を行い、実際にその時期には大フレアを起こしうるような巨大黒点がなかったこと、またオーロラの観測緯度から地磁気嵐の強さがDst indexで-300nT以上となることを明らかにした。

### (2) 太陽活動極小期における巨大磁気嵐の発生可能性の理論的評価

太陽表面での巨大黒点の有無は巨大な磁気嵐の発端となり、その発生および発達には宇宙天気研究においても極めて重要である。一方で黒点が存在しなくても巨大な太陽フィラメントが噴出することにより巨大な磁気嵐を起こしうることは知られており、これにより太陽活動極小期でも巨大磁気嵐を発生させうる太陽活動が起こりうるかの検討は実務的にも急務である。本研究ではこれに史料検討に加え理論モデリングも含めて検討した。史料と理論モデリングの双方を活用した分析として、1653年のマウンダー極小期中の日本と中国におけるオーロラの記録に着目し、同時期の欧州における黒点スケッチに大きな黒点がみられなかったことから、黒点のない静穏領域からのプロミネンス噴出現象で低緯度オーロラが発生したという仮説をたて、地磁気嵐の経験的モデルを用いてその仮説が妥当であることを示すことができた。これらの成果は学会・研究会の発表および論文出版として成果を上げている。

### (3)

自然科学・歴史学の研究者双方が共同で「日本における低緯度オーロラ観測」について、両方の観点からオーロラ記録等の史料を分析することで得られる歴史学にとっての新たな知見について、歴史学の研究会で共同で発表し、論文にまとめた。また、アーカイブ天文学、シチズンサイエンスといった観点からも学会発表を行った。これらは近年では「オープンサイエンス」の各項目として整理されており、本研究はオープンサイエンスの手法を様々取り入れて実践・開拓したといえる。これらの成果は書籍の分担執筆、歴史学の論文として成果となっている。シチズンサイエンスの観点からは歴史史料による記録と現代科学観測をつなげるうえで重要な20世紀前半のアマチュア天文家による太陽黒点観測データの取りまとめに着手した。COVID-19の流行によりデータ整理は本科研費終了後も継続中であるが、部分的に整理されたデータを利用して学会発表を行った。データベース天文学の観点からは、前節で示した理論モデリングの予想をもとに、太陽活動極小期における宇宙天気現象について約100年前の太陽撮像写真乾板を調査し、極小期で黒点が非常に少ない時期といえども地磁気嵐を引き起こす太陽活動が起こりうることを見出した。国内だけでなく海外の太陽撮像写真乾板アーカイブの担当者とも連携継続的な調査を行っている。本研究は歴史史料を利用した自然科学研究であるが、そのような分野は地震や気象分野なども先行しており、地球惑星科学連合大会において2019年に降歴史、天文、地震、気象の研究者が集うセッションを開催し、相互に連携する場を形成した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Hayakawa Hisashi, Mitsuma Yasuyuki, Ebihara Yusuke, Miyake Fusa	4. 巻 884
2. 論文標題 The Earliest Candidates of Auroral Observations in Assyrian Astrological Reports: Insights on Solar Activity around 660 BCE	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L18 ~ L18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab42e4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hayakawa Hisashi, Ebihara Yusuke, Willis David M., Toriumi Shin, Iju Tomoya, Hattori Kentaro, Wild Matthew N., Oliveira Denny M., Ermolli Ilaria, Ribeiro Jos? R., Correia Ana P., Ribeiro Ana I., Knipp Delores J.	4. 巻 17
2. 論文標題 Temporal and Spatial Evolutions of a Large Sunspot Group and Great Auroral Storms Around the Carrington Event in 1859	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Space Weather	6. 最初と最後の頁 1553 ~ 1569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019SW002269	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hattori, K., H. Hayakawa, and Y. Ebihara	4. 巻 487
2. 論文標題 Occurrence of great magnetic storms on 6-8 March 1582	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 3550 ~ 3559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz1401	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岩橋清美	4. 巻 46
2. 論文標題 太陽黒点観測に見る近世後期の天文認識	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 国文学研究資料館紀要	6. 最初と最後の頁 171 ~ 202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hayakawa, H., P. Ribeiro, J. M. Vaquero, M. C. Gallego, D. J. Knipp, F. Mekhaldi, A. Bhaskar, D. M. Oliveira, Y. Notsu, V. M. S. Carrasco, A. Caccavari, B. Veenadhari, S. Mukherjee, and Y. Ebihara,	4. 巻 in press
2. 論文標題 The Extreme Space Weather Event in 1903 October/November: How Hostile a Quiet Sun can be	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab6a18	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Isobe Hiroaki, Ebihara Yusuke, Kawamura Akito D., Tamazawa Harufumi, Hayakawa Hisashi	4. 巻 887
2. 論文標題 Intense Geomagnetic Storm during Maunder Minimum Possibly by a Quiescent Filament Eruption	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 7~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab107e	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hayakawa Hisashi, Ebihara Yusuke, Hand David P., Hayakawa Satoshi, Kumar Sandeep, Mukherjee Shyamoli, Veenadhari B.	4. 巻 869
2. 論文標題 Low-latitude Aurorae during the Extreme Space Weather Events in 1859	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 57~57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aae47c	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hayakawa Hisashi, Vaquero Jose M., Ebihara Yusuke	4. 巻 36
2. 論文標題 Sporadic auroras near the geomagnetic equator: in the Philippines, on 27 October 1856	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Annales Geophysicae	6. 最初と最後の頁 1153~1160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/angeo-36-1153-2018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hayakawa Hisashi、Stephenson F. Richard、Uchikawa Yuta、Ebihara Yusuke、Scott Christopher J.、Wild Matthew N.、Wilkinson Julia、Willis David M.	4. 巻 294
2. 論文標題 The Celestial Sign in the Anglo-Saxon Chronicle in the 770s: Insights on Contemporary Solar Activity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Solar Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11207-019-1424-8	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 岩橋 清美、玉澤 春史	4. 巻 1
2. 論文標題 異分野連携研究における研究基盤データ構築への市民参加の可能性：参加型ワークショップ「古典オーロラハンター」を事例として	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Stars and Galaxies	6. 最初と最後の頁 51～65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32231/starsandgalaxies.1.0_51	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 磯部洋明、岩橋清美、玉澤春史	4. 巻 25
2. 論文標題 近世史料にみるオーロラと人々の認識：文理協働による研究の成果と課題	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 書物・出版と社会変容	6. 最初と最後の頁 1-35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計19件(うち招待講演 2件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Hiroaki Isobe
2. 発表標題 Astronomical and Meteorological Observations at Nagashima-Aiseien, an Hansen's disease sanatorium
3. 学会等名 IAU symposium 358 Astronomy for Equity, Diversity and Inclusion (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Harufumi Tamazawa
2. 発表標題 Workshop to Survey Astronomical Events from Historical Document: Inclusion of (Other) Field
3. 学会等名 IAU symposium 358 Astronomy for Equity, Diversity and Inclusion (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Harufumii Tamazawa
2. 発表標題 1933 May 1 Geomagnetic Storm as an Example of Space weather Event with No Sunspot
3. 学会等名 Hinode-13/ IPELS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 玉澤春史
2. 発表標題 異分野連携研究に関する動向
3. 学会等名 地震研究所共同利用研究集会 「歴史上の自然現象をめぐる諸分野の対話」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 玉澤春史
2. 発表標題 分野連携型研究の 学校教育の場への 展開試例
3. 学会等名 日本天文教育普及研究会近畿支部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 玉澤春史, 岩橋清美
2. 発表標題 市民参加による歴史史料からの地球惑星科学現象サーベイワークショップ
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 玉澤春史, 北井礼三郎, 磯部洋明, 上野悟, 坂上峻仁
2. 発表標題 現代観測と歴史史料をつなぐ20世紀前半の観測データ：花山天文台乾板データの利用例
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 磯部洋明
2. 発表標題 静穏領域フィラメントの噴出によるマウンダー極小期中の巨大磁気嵐
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 玉澤春史, 磯部洋明, 北井礼三郎, 坂上峻仁, 上野悟
2. 発表標題 1930年代の微小黒点由来磁気嵐サーベイ
3. 学会等名 日本天文学会2019年秋季年会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 磯部洋明, 玉澤 春史, 岩橋清美
2. 発表標題 近世社会におけるオーロラと人々の認識 近世史料を用いた文理融合研究の可能性
3. 学会等名 第134回「書物・出版と社会変容」研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩橋清美
2. 発表標題 「近世日本の日記史料に見る天文認識 - 天文現象の記録化の意義と科学研究への活用に向けて - 」
3. 学会等名 日本天文学会2020年春季大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 磯部洋明
2. 発表標題 ハンセン病療養所・長島愛生園における天文および気象観測
3. 学会等名 日本天文学会2020年春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 磯部洋明、海老原祐輔、玉澤春史、河村聡人、早川尚志
2. 発表標題 マウンダー極小期中の低緯度オーロラの起源
3. 学会等名 日本天文学会2018年秋期年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Harufumi TAMAZAWA
2. 発表標題 Sunspot observation by the cooperation of amateur astronomers and researchers in Japan in early 20th century as early citizen science program
3. 学会等名 IAU Symposium 367 Education and Heritage in the Era of Big Data in Astronomy (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 玉澤春史、磯部洋明
2. 発表標題 長島愛生園資料に残された戦前の黒点観測記録
3. 学会等名 JpGU - AGU Joint Meeting 2020: Virtual
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 玉澤春史
2. 発表標題 アーカイブの利用：天文学の場合
3. 学会等名 デジタルアーカイブ学会第 5 回研究大会サテライト・ワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 磯部洋明、岩橋清美、玉澤春史
2. 発表標題 近世社会におけるオーロラ認識
3. 学会等名 国立歴史民俗博物館「奈良暦師吉川家文書を中心とする暦・陰陽道研究の史料基盤形成」研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 玉澤春史
2. 発表標題 天変地異の記録を用いた歴史科学技術社会論試論
3. 学会等名 第20回天文文化研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 玉澤春史
2. 発表標題 明治初期の教科書における天文学の記述
3. 学会等名 日本天文学会2021年春季年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 磯部 洋明	4. 発行年 2019年
2. 出版社 小学館	5. 総ページ数 224
3. 書名 宇宙を生きる	

1. 著者名 井上透、中村覚（責任編集）玉澤春史（分担執筆・第三章）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 勉誠出版	5. 総ページ数 232
3. 書名 自然史・理工系研究データの活用	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	海老原 祐輔  (Ebihara Yusuke)  (80342616)	京都大学・生存圏研究所・准教授    (14301)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	北井 礼三郎  (Kitai Reizaburo)  (40169850)	立命館大学・法学部・非常勤講師    (34315)	
研究協力者	岩橋 清美  (Iwahashi Kiyomi)  (50749653)	國學院大学・文学部・准教授    (32614)	
研究協力者	三津間 康幸  (Mitsuma Yasuyuki)  (00568280)	筑波大学・人文社会系・助教    (12102)	
研究協力者	玉澤 春史  (Tamazawa Harufumi)  (90829441)	京都市立芸術大学・美術学部 / 美術研究科・客員研究員    (24301)	
研究協力者	早川 尚志  (Hayakawa Hisashi)  (10879787)	名古屋大学・高等研究院(宇宙)・特任助教    (13901)	

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関