

令和 3 年 8 月 26 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H06005

研究課題名(和文) 過去5000年間の超巨大SPE頻度の解明

研究課題名(英文) Occurrence rate of extreme SPEs for the last 5000 years

研究代表者

三宅 芙沙 (Miyake, Fusa)

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・准教授

研究者番号：90738569

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,400,000円

研究成果の概要(和文)：太陽フレアやコロナ質量放出に伴い大規模なSolar Proton Event (SPE)が発生すると、人工衛星の故障等の甚大な被害が引き起こされる。大規模なSPEの履歴は、過去70年程度は直接観測記録が残されているが、それより長いタイムスケールでの発生頻度や規模の上限などはよくわかっていない。本研究では、大規模SPEの代替指標である樹木年輪の<sup>14</sup>C濃度を1年分解能で測定し、急激な<sup>14</sup>C濃度増加をとらえることで、過去に発生した大規模SPEを調査することを目的としている。大規模SPE頻度を明らかにするとともに、大規模SPE発生と太陽活動度との関係の解明を目指す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の長期にわたる樹木年輪の<sup>14</sup>C分析により、西暦775年、西暦994年、紀元前660年頃の3つの大規模Solar Proton Event (SPE)の存在が示された。また、これら3イベントについて、詳細な樹木年輪の<sup>14</sup>C分析や南極ドームふじ氷床コアの<sup>10</sup>Be分析から発生特性について明らかにした。本研究により得られた1年分解能の<sup>14</sup>Cデータは、年代測定の基盤として非常に重要である。本研究により得られた結果を含む、大規模SPEに関する最新の知見をまとめた書籍を出版した。

研究成果の概要(英文)：Large-scale Solar Proton Events (SPEs), originate from solar flares and coronal mass ejections, can cause enormous damage such as a breakdown of artificial satellites. Although the large-scale SPEs have been observed directly for the past ~70 years, the longer-term characteristics of SPE (e.g., their occurrence rate and upper limit) are not well understood. The purpose of this study is to investigate the signatures of large-scale SPEs occurred in the past by measuring the <sup>14</sup>C concentration of tree rings, which is a proxy for large-scale SPE, with a one-year resolution and capturing a rapid increases in <sup>14</sup>C concentrations. We aim to clarify the occurrence rate of large-scale SPEs and the relationship between the occurrence of large-scale SPEs and solar activity.

研究分野：宇宙線生成核種

キーワード：樹木年輪 放射性炭素 宇宙線生成核種 Solar Proton Event

### 1. 研究開始当初の背景

太陽フレアやコロナ質量放出に伴い、太陽からの高エネルギー粒子が大量に地球に降り注ぐ大規模な Solar Proton Event (SPE) が発生すると、人工衛星の故障等の甚大な被害が引き起こされる。大規模な SPE の履歴は、過去 70 年程度は地上の中性子モニターや人工衛星の直接観測により記録されているが、それより長いタイムスケールでの発生頻度や規模の上限などはよくわかっていない。大規模 SPE の優れた代替指標として、樹木年輪の放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) や、氷床コアのベリリウム 10 ( $^{10}\text{Be}$ ) などの宇宙線生成核種が知られている。宇宙線生成核種は、通常、銀河宇宙線 (太陽系外に起源をもつ高エネルギー粒子) によって大気中で生成されるが、太陽からの高エネルギー粒子もその生成に寄与している。SPE は、数時間~数日と短い期間で生じるため、仮に観測史上最大の SPE をはるかに上回る巨大 SPE が過去に発生していたとすると、1 年で大きな核種濃度増加として検出できる。

我々は研究開始以前に、西暦 774-775 年と西暦 993-994 年に樹木年輪の  $^{14}\text{C}$  濃度が急増していることを発見した (Miyake et al. 2012, 2013、図 1)。急激な  $^{14}\text{C}$  濃度増加は巨大 SPE だけでなく、ガンマ線起源の高エネルギー現象 (地球近傍の超新星爆発、ガンマ線バースト) でも生じると提案されている (Pavlov et al. 2013)。原因を特定するためには、異なる宇宙線生成核種の濃度比  $^{10}\text{Be}/^{14}\text{C}$  や、 $^{10}\text{Be}$  シグナルの両半球の対称性などの検証が必要になる。775 年のイベントは、南極やグリーンランドの氷床コアの  $^{10}\text{Be}$  分析から、有意な  $^{10}\text{Be}$  増加が検出され、SPE 起源が妥当であることが示された

(Miyake et al. 2015, Mekhaldi et al. 2015)。また、775 年の SPE の規模は観測史上最大の SPE の数十倍と推定されている (Usoskin et al. 2013)。このような大規模太陽イベントが仮に現在発生すると、大きな被害が予想されるため、過去の巨大 SPE の発生頻度などの発生特性は今後のイベントに備える上で重要な情報となる。研究開始当初は、上記 2 つの宇宙線生成核種の濃度増加が報告されていたが、実際に調査されている年代が限られており、他のイベントの有無など大規模 SPE 発生の詳細についてよくわかっていなかった。

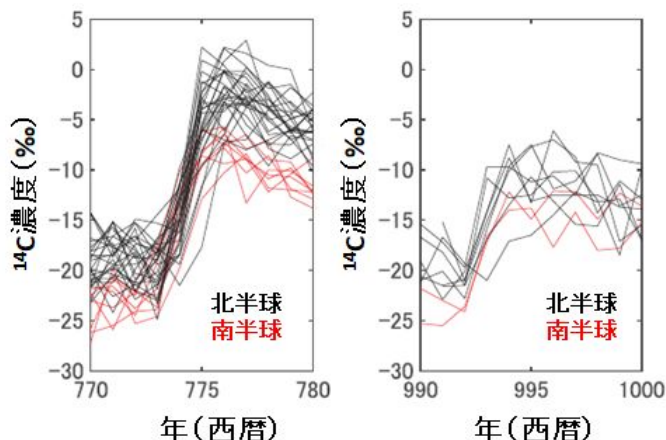


図 1 : 775 年 (左) と 994 年 (右) イベントの  $^{14}\text{C}$  濃度変動 (Büntgen et al. 2018 の  $^{14}\text{C}$  データをもとに作成)

### 2. 研究の目的

過去の宇宙線強度は、主に樹木年輪、サンゴ、堆積物中の  $^{14}\text{C}$ 、氷床中の  $^{10}\text{Be}$  や  $^{36}\text{Cl}$ 、また月の岩石中の宇宙線生成核種等を用いて調べられている。これらの中で、巨大 SPE をとらえる上で優れているのは、正確に 1 年が刻まれている樹木年輪の  $^{14}\text{C}$  と言える。さらに、樹木の  $^{14}\text{C}$  データは、炭素循環により  $^{14}\text{C}$  濃度が全球でほぼ均一になったものを反映しているため、世界各地の樹木試料の  $^{14}\text{C}$  濃度はほぼ等しい値を示し、一つの樹木サンプルを用いて SPE 探索が可能である。本研究では、過去 5000 年間を対象に、樹木年輪の  $^{14}\text{C}$  濃度を 1 年分解能で測定し、急激な  $^{14}\text{C}$  濃度増加をとらえることで、過去に発生した巨大 SPE を調査することを目的としている。巨大 SPE 頻度を明らかにするとともに、巨大 SPE 発生と太陽活動度との関係の解明を目指す。

### 3. 研究の方法

年輪年代法によって年代が決定された樹木試料 (主に国産: 屋久杉、鳥海杉など) を用いて、 $^{14}\text{C}$  濃度データを連続的に隔年で取得し、急激な  $^{14}\text{C}$  濃度増加を検出する。急激な  $^{14}\text{C}$  増加がみられた年代は巨大 SPE が発生していた可能性があるため、対象年代周辺を 1 年分解能で追加測定し、 $^{14}\text{C}$  変動の再現性と詳細な  $^{14}\text{C}$  変動の検証を行う。また、南極氷床コアの  $^{10}\text{Be}$  分析を行うことで、イベントの原因を特定する。

### 4. 研究成果

#### (1) 775 年、994 年イベントの $^{14}\text{C}$ 詳細調査

Büntgen et al. (2018) では、屋久杉試料を含む南北半球の複数樹木サンプルを用いた  $^{14}\text{C}$  濃度分析を実施し、屋久杉にみられた 775 年と 994 年の  $^{14}\text{C}$  濃度急増を再現した (図 1)。各イベントについて得られた結果を平均し、炭素循環モデルと比較することで、大気への  $^{14}\text{C}$  インพุット

があった年代はそれぞれ、774年7月±1か月、993年4月±2か月と推定した(Büntgen et al. 2018)。また、994年イベントの<sup>14</sup>C濃度増加量は775年イベントの約半分であった。775年イベントは774-775年に大きな<sup>14</sup>C増加がみられる年輪試料がほとんどであったのに対して、994年イベントの<sup>14</sup>C増加は多くの年輪試料で992-993年にかけて生じていることが明らかになった(Büntgen et al. 2018)。屋久杉にみられる993-994年の増加との間の1年のずれは、樹木の生育時期の違いや樹種による炭素固定の違いが原因である可能性があり、今後、原因の調査が必要である。

また、2つのイベント周辺の詳細な<sup>14</sup>C濃度の調査から、イベントが発生したのは太陽の11年周期であるシュワーベサイクルの極大期(太陽活動が活発な時期)付近である可能性を示した(Scifo et al. 2019)。

#### (2) 994年イベントの原因調査

これまで、775年イベントは、両半球の<sup>10</sup>Be濃度の分析が行われ、SPE起源であることが示されていたが(Miyake et al. 2015, Mekhaldi et al. 2015)、994年イベントは北半球(グリーンランド)のデータしか取得されていなかった(Mekhaldi et al. 2015)。そこで、南極ドームふじの氷床コアを用いて高時間分解能<sup>10</sup>Beデータを取得し、SPE起源で期待される両半球の同程度の<sup>10</sup>Be増加を確かめた(Miyake et al. 2019)。グリーンランド、南極の双方で検出された<sup>10</sup>Beの濃度上昇は、ベースラインから約50%とバックグラウンド変動に対して有意とは言えず、バックグラウンド変動との切り分けが十分ではない。そこで、同一氷床試料のNa<sup>+</sup>イオンデータを用いた宇宙線シグナルの検出法を提案した(Miyake et al. 2019)。大きな気候変動が報告されていない完新世はこの方法でバックグラウンド変動を評価しSPE起源の<sup>10</sup>Be変化を検出できる可能性がある。

#### (3) 紀元前660年頃の宇宙線イベント

紀元前660年頃のイベントは、最初にPark et al. (2017)のドイツ樹木試料の<sup>14</sup>Cデータとして報告され、O'Hare et al. (2019)のグリーンランド氷床コアの<sup>10</sup>Be、<sup>36</sup>Cl分析から大規模SPEが原因である可能性が示されていた。本研究では、Parkらよりも高い時間分解能(1年輪を早材(春夏)晩材(夏秋)に剥離)で<sup>14</sup>C濃度分析を行い、紀元前660年頃のイベントは前述の2つのイベントとは異なり、複数のSPEが連続発生した可能性を示した(Sakurai et al. 2019)。また、南極ドームふじ氷床コアの<sup>10</sup>Be分析を行い、SPE起源を支持する結果を得た(Miyake et al. in preparation)。さらに、紀元前660年と近い年代で、古代アッシリアの最古の低緯度オーロラ記録(太陽イベントに起因する磁気嵐の痕跡)が報告された(Hayakawa et al. 2019)。複数の太陽活動の代替指標から、紀元前660年頃の活発な太陽活動が示された。

#### (4) 年代測定への応用

本研究により得られる1年分解能の<sup>14</sup>Cデータは、放射性炭素年代測定の基盤となるデータセットである。特に、大規模SPE起源の<sup>14</sup>C変化は、タイムマーカとして超高精度な年代測定に応用できるため、従来の年代決定精度を大きく向上できる。また、大規模SPE起源の宇宙線生成核種増加は、樹木年輪だけではなく氷床コアなど複数の種類のアーカイブサンプルに記録されているため、タイムマーカとして非常に優れている。本研究では、このような年代測定分野への応用として、長年噴火年代が不明であった白頭山(中国 北朝鮮国境)の噴火を西暦946年と示した(Hakozaki et al. 2018)。さらに、<sup>14</sup>C年代測定の基盤となる暦年較正曲線IntCalに我々が取得した<sup>14</sup>Cデータの一部を提供した(Reimer et al. 2020)。今後、年代測定分野へのさらなる応用が期待できる。

#### (5) 大規模SPEに関する書籍出版

大規模SPEに関係する研究は、本研究のような宇宙線生成核種による過去のイベント調査だけでなく、現代のSPE直接観測や太陽面爆発に伴う磁気嵐に関する研究(過去のイベントに関してはオーロラなど歴史文献の調査)、太陽型恒星のスーパーフレアに関する研究、さらに大規模SPEが現代の我々の生活に与える影響など多くの分野にまたがって行われており、これまで相互で議論を深めることなく研究が行われてきた。このような研究を集約し、今後の研究の方向性を議論する目的で、ISEE国際ワークショップ、書籍の出版を行った(Miyake et al. eds. 2019)。書籍では、本研究で得られた研究成果(宇宙線生成核種を用いて検出された大規模SPEの詳細、イベント発生頻度など)をはじめ、各研究分野の最新のレビューをまとめた。

#### <引用文献>

- F. Mekhaldi et al., Nat. Commun., 6, 8611, 2015.
- F. Miyake et al., Nature, 486, 240-242, 2012.
- F. Miyake et al., Nat. Commun., 4, 1748, 2013.
- F. Miyake et al., Geophys. Res. Lett., 42, 84-89, 2015.
- P. O'Hare et al., PNAS, 116, 5961-5966, 2019.
- J. Park et al., Radiocarbon, 59, 4, 1147-1156, 2017.
- A. K. Pavlov, et al., MNRAS, 435, 2878-2884, 2013.
- I. G. Usoskin et al., A&A, 552, L3, 2013.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Sakurai Hirohisa, Tokanai Fuyuki, Miyake Fusa, Horiuchi Kazuho, Masuda Kimiaki, Miyahara Hiroko, Ohyama Motonari, Sakamoto Minoru, Mitsutani Takumi, Moriya Toru	4. 巻 10
2. 論文標題 Prolonged production of <sup>14</sup> C during the ~660 BCE solar proton event from Japanese tree rings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-019-57273-2	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 -
1. 著者名 Scifo A., Kuitens M., Neocleous A., Pope B. J. S., Miles D., Jansma E., Doeve P., Smith A. M., Miyake F., Dee M. W.	4. 巻 9
2. 論文標題 Radiocarbon Production Events and their Potential Relationship with the Schwabe Cycle	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-019-53296-x	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, 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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Usoskin I, Miyake F	4. 巻 -
2. 論文標題 Introduction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Extreme Solar Particle Storms: The hostile Sun (book chapter)	6. 最初と最後の頁 1:1-1:3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2514-3433/ab404ach1	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 Wacker L, Baroni M, Mekhaldi F, Miyake F, Oinonen M	4. 巻 -
2. 論文標題 Measurements of Radionuclides	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Extreme Solar Particle Storms: The hostile Sun (book chapter)	6. 最初と最後の頁 5: 1-5: 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2514-3433/ab404ach5	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 Cliver E, Ebihara Y, Hayakawa H, Jull T, Mekhaldi F, Miyake F, Muscheler R	4. 巻 -
2. 論文標題 Characterization of the Measured Events	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Extreme Solar Particle Storms: The hostile Sun (book chapter)	6. 最初と最後の頁 6: 1-6: 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2514-3433/ab404ach6	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 Miyake F, Ebihara Y, Hayakawa H, Maehara H, Mitsuma Y, Usoskin I, Wang F, Willis D M	4. 巻 -
2. 論文標題 Further Search for Extreme Events	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Extreme Solar Particle Storms: The hostile Sun (book chapter)	6. 最初と最後の頁 7: 1-7: 41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2514-3433/ab404ach7	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 Miyake F., Horiuchi K., Motizuki Y., Nakai Y., Takahashi K., Masuda K., Motoyama H., Matsuzaki H.	4. 巻 46
2. 論文標題 10Be Signature of the Cosmic Ray Event in the 10th Century CE in Both Hemispheres, as Confirmed by Quasi-Annual 10Be Data From the Antarctic Dome Fuji Ice Core	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 11 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GL080475	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 Buntgen Ulf, et al.	4. 巻 9
2. 論文標題 Tree rings reveal globally coherent signature of cosmogenic radiocarbon events in 774 and 993 CE	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Communications	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) 10.1038/s41467-018-06036-0	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 Jull A J Timothy, Panyushkina Irina, Miyake Fusa, Masuda Kimiaki, Nakamura Toshio, Mitsutani Takumi, Lange Todd E, Cruz Richard J, Baisan Chris, Janovics Robert, Varga Tamas, Molnár Mihály	4. 巻 60
2. 論文標題 More Rapid 14C Excursions in the Tree-Ring Record: A Record of Different Kind of Solar Activity at About 800 BC?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Radiocarbon	6. 最初と最後の頁 1237 ~ 1248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/RDC.2018.53	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 Hakozaki, M., Miyake, F., Nakamura, T., Kimura, K., Masuda, K., & Okuno, M	4. 巻 60
2. 論文標題 Verification of the Annual Dating of the 10th Century Baitoushan Volcano Eruption Based on an AD 774-775 Radiocarbon Spike	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Radiocarbon	6. 最初と最後の頁 261-268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/RDC.2017.75	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 Reimer Paula J, et al.	4. 巻 62
2. 論文標題 The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0-755 cal kBP)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiocarbon	6. 最初と最後の頁 725 ~ 757
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/RDC.2020.41	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 Wacker L, et al.	4. 巻 62
2. 論文標題 Findings from an in-Depth Annual Tree-Ring Radiocarbon Intercomparison	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiocarbon	6. 最初と最後の頁 873 ~ 882
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/RDC.2020.49	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 三宅美沙	4. 巻 870
2. 論文標題 古木から読み解く過去の宇宙	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本歴史	6. 最初と最後の頁 74 - 75
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 M. Hakozaiki, F. Miyake, T. Nakamura	4. 巻 -
2. 論文標題 775 and 994 14C events in the tree-rings of northern Japanese trees	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of EA-AMS 8 & JAMS-22	6. 最初と最後の頁 89-90
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 F. Miyake	4. 巻 -
2. 論文標題 Cosmogenic Evidence for Past SEP Events	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 36th International Cosmic Ray Conference	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) なし	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 -

〔学会発表〕 計24件（うち招待講演 9件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Fusa Miyake
2. 発表標題 Cosmogenic Evidences for Past SEP Events
3. 学会等名 2019 International Cosmic Ray Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅芙沙
2. 発表標題 宇宙線生成核種を用いた過去のSEPイベントの調査
3. 学会等名 応用物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅芙沙
2. 発表標題 樹木年輪の放射性炭素分析 に基づく過去 1 万年間の太陽活動復元
3. 学会等名 歴博共同研究「総合資料学の創成と日本歴史文化に関する研究資源の共同利用基盤構築」異分野 連携ユニット 研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅芙沙
2. 発表標題 宇宙線生成核種を用いた紀元前660年頃の宇宙線イベントの調査
3. 学会等名 応用物理学会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 ドームふじアイスコアの10Be分析による単年宇宙線イベントの調査II
3. 学会等名 JpGU
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 14Cデータに見られる宇宙線イベント
3. 学会等名 JpGU (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 Annual cosmic ray events shown in carbon-14 data from the BC 10th to AD 14th century
3. 学会等名 Radiocarbon (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 Connection to radiocarbon
3. 学会等名 名大ISEE 雷雲ガンマ線ミニ研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 樹木年輪の炭素14濃度に刻まれた過去の宇宙線増加現象
3. 学会等名 第79回応用物理学会 秋季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 A search for potential event signatures over high-resolution 14C records
3. 学会等名 ISEE workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 樹木年輪から探る過去の大規模SPE
3. 学会等名 SGEPSS (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 ドームふじアイスコアの一年分解能10BeデータにみられるAD993/994宇宙線イベント
3. 学会等名 AMSシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 A search for past extreme solar events using 14C data in tree rings
3. 学会等名 Chapmann conference (Chapman on Scientific Challenges Pertaining to Space Weather Forecasting Including Extremes) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 Rapid cosmic ray events shown in carbon-14 data of tree rings
3. 学会等名 PSTEP A04 International Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 南極ドームふじアイスコアの10Be濃度単年分析による993/994年宇宙線イベントの検出
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 約単年分解能10Beデータを用いた994年宇宙線イベントの調査
3. 学会等名 南極ドームふじ氷床深層コア全層詳細解析および「最古のアイスコア」についての研究討論集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 年輪に見られる宇宙線イベント：単年以下の精度の14Cデータ
3. 学会等名 研究会「気候科学と古気候プロキシ研究の接点創出」（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三宅美沙・増田公明・中村俊夫・箱崎真隆・木村勝彦・門叶冬樹・森谷透・武山美麗・A.J.T.Jull・I.P.Panyushkina
2. 発表標題 過去3000年間の宇宙線強度年変動
3. 学会等名 第20回AMSシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三宅美沙・森千尋・増田公明・中村俊夫・木村勝彦・門叶冬樹
2. 発表標題 屋久杉年輪の14C濃度測定による12-14世紀の太陽活動の調査
3. 学会等名 名古屋大学宇宙地球環境研究所年代測定研究 シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅美沙
2. 発表標題 年輪の炭素14を用いた古太陽活動の復元
3. 学会等名 ISEE研究会太陽圏宇宙線研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅美沙・増田公明・中村俊夫・箱崎真隆・木村勝彦
2. 発表標題 年輪に見られる宇宙線イベント：単年以下の精度の14Cデータ
3. 学会等名 樹木年輪研究会・組織と材質研究会合同シンポジウム2017秋
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 F. Miyake
2. 発表標題 Extreme solar particle events shown in carbon-14 data
3. 学会等名 AGU fall meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 F Miyake
2. 発表標題 Current status of collection of cosmogenic data in Nagoya
3. 学会等名 ISEE International Joint Research Program "Modeling the transport and deposition of cosmogenic isotopes of historical MIYAKE Events and recent (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三宅美沙ら
2. 発表標題 樹木年輪中放射性炭素を用いたキャリントンSEP(Solar Energetic Particle) イベントの探査 I I
3. 学会等名 応用物理学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Fusa Miyake, Ilya Usoskin and Stepan Poluianov (eds.)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 IOP Publishing	5. 総ページ数 276
3. 書名 Extreme Solar Particle Storms: The hostile Sun	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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2件

国際研究集会 ISEE International workshop "Extreme solar events: How hostile can the Sun be?"	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 The 8th East Asia Accelerator Mass Spectrometry Symposium	開催年 2019年～2019年

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			
フィンランド	Natural Resources Institute Finland			
米国	アリゾナ大学年輪研究所	アリゾナ大学AMS研究所		
スイス	ETH Zurich			