

令和 2 年 9 月 13 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K05377

研究課題名(和文) 宇宙ステーションでの太陽中性子の観測

研究課題名(英文) Observation of Solar neutrons on International Space Station

研究代表者

村木 綏 (Muraki, Yasushi)

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・名誉教授

研究者番号：70013430

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：太陽の表面で発生する様々な現象は、地上や衛星から観測できるため、天体物理学で色々な仮説の対象となっている。我々は太陽フレア(太陽表面の爆発)により生じる太陽宇宙線(高エネルギー粒子)が、どのような過程を経由し高エネルギーまで加速されるのかを研究している。太陽高エネルギー粒子の起源は宇宙線の起源と関連している。宇宙ステーションに搭載した太陽中性子計測装置(SEDA-FIB)で取得したデータを中心に、軟X線、硬X線、高エネルギーガンマ線及び紫外線の画像データを総合的に解析することにより、イオンや電子が数GeVまで加速される過程を調べた。詳細は添付pdfファイル参照。

研究成果の学術的意義や社会的意義

太陽表面で爆発現象がたびたび発生する。この爆発は太陽フレアと呼ばれている。太陽フレアの際高エネルギーの放射線が地球に飛来する。このような高エネルギー放射線は物質を貫通するので、人体や電子機器に悪影響を及ぼす。そのため人類の宇宙開発にとっては無重力下での骨粗鬆症対策と共に重大な障壁となっている。いかに太陽からの高エネルギー放射線を避けるのか？この目的を果たすためには、まず太陽放射線がどのように作られるのかを知り、それを予知することが重要となる。本研究の成果は将来の月面探査や火星旅行のための必須の知識を得ることに役立っている。高エネルギー放射線は鎧でそれを防ぐための厚い障壁は盾である。

研究成果の概要(英文)：Various phenomena occurring at the solar surface can be observed by the ground telescopes and the satellites. Therefore they are a target of various hypotheses by astrophysics. We study it what kind of process does really work when high-energy particles are accelerated (solar cosmic rays) via by solar flares (the explosion of the solar surface). The origin of solar high-energy particles is deeply related to the origin of cosmic rays. We checked the acceleration process when ions and electrons were accelerated to a few GeV by analyzing the imaging data of soft X-rays, hard X-rays, high-energy gamma rays and ultraviolet rays. At that time we generally compared them with the solar neutron data acquired in the device of SEDA-FIB that was located on the International Space Station. The details are given in the attached pdf file.

研究分野：宇宙線物理学

キーワード：太陽宇宙線 太陽中性子 高エネルギー粒子 粒子加速 宇宙ステーション SEDA-FIB

## 1. 研究開始当初の背景

最も地球から近い星である太陽は、表面で発生する現象が地上や衛星から観測できるので、様々な仮説が検証できる。それ故天体物理学の代表であり、また太陽はプラズマ物理学の実験場でもある。太陽表面の爆発(太陽フレア)に伴って非常に高いエネルギーの粒子が飛来することが知られていた。この粒子は太陽宇宙線はまた高エネルギー太陽粒子とも呼ばれており、英語では Solar cosmic ray (SCR) または Solar energetic particles (SEP) と呼ばれている。我々は太陽宇宙線がどのように作られるのか長年研究してきた。それは、得られた知見が、太陽宇宙線の生成過程の解明のみならず、将来銀河宇宙線の加速過程や、宇宙物理学・プラズマ物理学の様々な問題に応用できるからである。

研究代表者は 1990 年から太陽フレアの際に放出される高エネルギー粒子のうちイオン加速過程に注目して研究を進めてきた。その理由の一つは、銀河宇宙線の高エネルギー成分は陽子やヘリウム原子核、また鉄等の重い原子核で構成されており、その成因解明のためにはイオンの加速過程の解明が重要であると考えたからである。

太陽でのイオンの加速過程を知るためには加速された粒子が太陽大気と核衝突して作り出すガンマ線や中性子を受信して研究することになる。しかしガンマ線の観測には電子信号との混濁問題が生じる。太陽フレアからはイオンのみならず、電子も飛来する。高エネルギー電子は太陽大気と衝突すると制動放射によりガンマ線を放出する。そのエネルギーは 100MeV に及ぶ。一方加速イオンが太陽大気と衝突して作り出す中性粒子からのガンマ線も約~70MeV くらいに peak を有する。そのため電子が放出したガンマ線か、イオンが作り出したガンマ線か区別できなくなる。純粋なイオン加速過程に関する情報は中性子のみが有している。

このような理由で太陽中性子の観測に注目して 1990 年から実験装置を世界の高山(7 か所)に設置し、観測を進めてきた。1990 年ころ、太陽中性子の受信例はわずか 2 例であったが我々の努力で増加させることができた。国際太陽中性子観測網による成果は、ロシア出身で現在イスラエルや米国で活躍中の Lev Dorman 氏の本“Solar Neutrons and Related Phenomena”(Springer 2010) によくまとめられている。この本は 873 頁もある膨大な本であるが、そのうちの~1/4 の図に、我々の観測で得られた data が使用されている。

一方 1991 年の 12 月ころから、宇宙ステーションの利用計画が話題に登ってきた。JAXA (当時は NASDA) の宇宙環境計測グループは宇宙ステーション近傍の宇宙空間の放射線量の計測を考えていたが、中性子の成分は正確な測定値がなく、宇宙環境での放射線強度の計測・予測のネックになっていた。これは宇宙飛行士の被爆問題に係る重要な問題であった。そこで NASDA 宇宙環境計測グループ(五家建夫リーダー)は、高山で太陽中性子の観測を進めていた名古屋大学太陽地球環境研究所の村木 綏に連絡し、一緒に太陽中性子の計測を宇宙でもやらないかと提案した。1994 年研究提案書が作成され、公募研究に応募し、1997 年 4 月の審査委員会で研究計画の採択が決まった。しかし Challenger 宇宙船の事故のた

め、実際に宇宙空間で計測を始めたのは 2009 年 7 月からであった。(なお宇宙ステーションに搭載された太陽中性子観測装置 (SEDA) は順調に稼働して、2018 年 3 月 31 日の供給電源が off にされるまで、宇宙空間で中性子や放射線のデータを取り続けた。) 以上が研究開始当初の背景である。

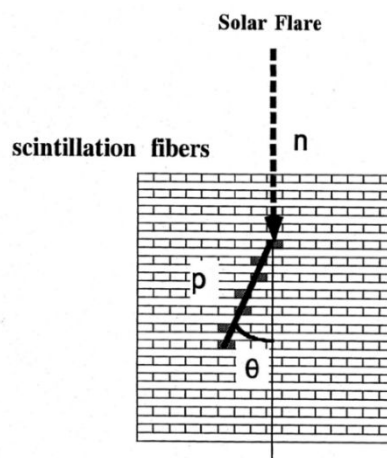
## 2. 研究目的

2009 年 7 月から始まった宇宙ステーションに於ける太陽中性子観測により、直流電場が太陽表面で突発的に生成され、粒子の加速される過程を示唆するイベントが発見された。そこで宇宙ステーションに設置された太陽中性子観測装置 SEDA データと、NASA の太陽紫外線観測装置 SDO データ、FERMI 衛星に搭載された LAT ガンマ線観測装置データと GBM 特性ガンマ線観測装置データ、及び RHESSI 衛星の硬 X 線観測データ、以上 5 つのデータを総合解析することにより 直流電場が生成され、粒子が加速される過程を証明することを科研費研究の一つの目標に立てた。すなわち浮上磁場が既存磁場と衝突した時、瞬時に約 100GV (  $10^8$  V ) の電場が形成され、イオンが約 20GeV まで加速される過程が存在するか否かを調べることを研究計画の目標の一つにした。

太陽表面の代表的な粒子加速過程には、磁気ループの組み換え(reconnection)による加速モデルがある。また衝撃波加速が太陽表面に働くという常田・内藤モデルがある。10GeV を越える高エネルギー太陽粒子の到来は 1946 年 Forbush によって発見された。実際に 56GeV という太陽宇宙線も我々は観測している。このような 高エネルギー粒子の加速を説明するモデルとして、例えば坂井純一らの電流ループ衝突モデルがある。最近では ISAS の磁気圏探査衛星 GEOTAIL のデータ解析から今田・平井・星野が提唱するモデルもある。我々は最近の SEDA も含めた 4 つの衛星データを駆使し総合的に解析し、太陽表面でイオンの瞬間的高エネルギー加速過程が説明できる“ 直流電場加速モデル ”の立証を目指した。

## 3. 研究の方法

2009 年 7 月宇宙ステーションに太陽中性子検出装置を設置した(SEDA)。観測装置の素材はシンチレーションファイバーで、サイズは 10cm×10cm×10cm の立方体である(右図)。その 6 面は厚さ 1cm のプラスチックシンチレータで囲まれ、銀河宇宙線のバックグラウンド ( 荷電粒子 ) をほぼ完全に排除し中性子やガンマ線を観測している。観測する中性子のエネルギー範囲は 35MeV-125MeV、



観測効率はモンテカルロ計算によると約 2%である。陽子はシンチレータで衝突後、太陽方向から約 40 度以内に放出される。太陽方向は太陽センサーの情報から分かるので、太陽からの中性子であることも検証もできる。図に示すように入射した中性子は、シンチレータ中の水素や炭素原子核と荷電交換反応により陽子に変換され、エネルギーが計測される。

#### 4. 研究成果

(1) SEDAが2010-2015年の観測期間に28例の太陽中性子によると思われるイベントを見つけた。その中でもRHESSI衛星やFERMI-GBM衛星の硬X線帯の増光がわずか1分以内に1000倍増光し、すぐ減光した3例に注目した。とりわけ2012年6月3日のイベントは、FERMI-LAT衛星が高エネルギーガンマ線を受信しているので集中的に解析した。FERMI-LAT衛星は100-400MeV領域の高エネルギーガンマ線を17時53分UTに検出した。同時にFERMI-GBM測定器は2.223MeVと4.443MeVの重水素生成と炭素原子核の励起に伴うlineガンマ線を検出した。これらのデータは2012.6.3のフレアでイオンが加速されたことを示す証拠である。この日の17時53分UTに太陽表面で何が起きたか、NASAのSolar Dynamical Observatory(SDO)衛星が撮影した13.1nmの紫外線動画を解析した。その結果2個の磁気ループが衝突していた。これは坂井らが予想した磁気ループ衝突により生成された電場による粒子加速モデルの描像に合致する。

(2) またGEANT4を用いて太陽表面で加速されたイオンの衝突過程に関するシミュレーションを行った。そしてimpulsive phaseでは100MeV以上の中性子とガンマ線の比( $n/\gamma$ )が $\sim 1000$ であり、gradual phaseでは $\sim 10$ になると予測した。この予測を2012.6.3に発生した超短時間フレアに適用したところSEDA-FIBとFERMI-LAT衛星が受信した中性子とガンマ線の観測値は、ヘリウムイオンが主となり加速され、太陽大気と衝突し、作られたと考えれば説明できることが解かった。(論文PoS\_ICRC2017\_116.pdf)その他にも、同類の2010年6月12日のイベントにも中性子が受信された。

(3) 宇宙ステーションに設置された太陽中性子観測装置(SEDA-FIB)とメキシコ高山(4,800m)に設置された太陽中性子望遠鏡に、2011年3月7日の太陽フレアに伴って同時刻に“信号”が受信された。太陽ガンマ線は地球大気の吸収で地表での観測が難しいと考えられていた。しかしメキシコ高山の装置は、世界で初めて太陽ガンマ線の観測に成功した。また2011年9月25日にTibet高原に置かれた太陽中性子望遠鏡でも同じような太陽ガンマ線を受信した。これらを論文としてProceeding Astronomical Society of Japan, (2020) 72(2)に発表した。すなわち宇宙空間と高山で同時観測を世界で初めて成功した。加速はimpulsive modeで初段加速され、その後のgradual modeでさらに高いエネルギーへと加速されたことを示唆するイベントであった。

(4) また平成29年度は2012年3月5日の観測された28例を中心に、8年間の宇宙ステーション(SEDA-FIB)での観測結果をまとめてSolar Physics (2017) vol.292 page 115に出版した。

(5) 太陽活動極小期において非常に珍しい巨大な太陽フレアが2017年9月に何度も発生した。宇宙ステーションSEDA-FIBは受信可能な日照帯にある強度 M2-クラス以上のフレア9例全部に中性子の信号を受信観測した。9例のフレアは多彩であり、イベントの解釈は今後の課題である。概要は2019年7月に米国で開催された宇宙線国際会議で発表した。(文献 PoS\_ICRC2019\_1150.pdf にて公表。) 現在も2017年9月の9例について解析を継続中であるが、ここで科研費の研究期間は終了した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 B. Hariharan, A. Chandra, S. R. Dugad, S. K. Gupta, P. Jagadeesan, A. Jain, P. ;K. Mohanty, S.D. Morris, P. ;K. Nayak, P. Rakshe, K. Ramesh, B. S. Rao, L.V. Reddy, M. Zuberi, Y. Hayashi, S. Kawakami, S. Ahmad, H. Kojima, A. Oshima, S. Shibata, Y. Muraki, and K. Tanaka	4. 巻 122
2. 論文標題 Measurement of the Electrical Properties of a Thundercloud Through Muon Imaging by the GRAPES-3 Experiment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 105101-105106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.105101">https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.105101</a>	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 K. kamiya, K. Koga, H. Matsumoto, Y. Muraki , and S. Shibata	4. 巻 in press
2. 論文標題 Angular and Abundance Distribution of High-energy Gamma Rays and Neutrons Simulated by GEANT4 Code for Solar Flares	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Physics Journal (ISVHCRI 2018)	6. 最初と最後の頁 in press
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 村木 綏・神谷浩紀・古賀清一・松本晴久・増田 智・柴田祥一	4. 巻 JAXA-SP-18-009
2. 論文標題 高エネルギー中性子・ガンマ線からみた太陽粒子h加速についての一考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceeding of the 15th Spacecraft Environment Symposium	6. 最初と最後の頁 17-25p
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) ISSN-2433-2232 (on line)	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 -

1. 著者名 K.Koga, Y. Muraki, S. Masuda, S. Shibata, H. Matsumoto, and H. Kawano	4. 巻 292
2. 論文標題 Measurement of Solar Neutrons on 05 March 2012, Using a Fiber-Type Neutron ZMonitor Onboard the Attached Payload to the ISS	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Solar Physics	6. 最初と最後の頁 115-131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11207-017-1135-y	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 Y. Muraki, J.F. Valdes-Galicia, L.X. Gonzalez, K. Kamiya, Y. Katayose, K. Koga, H. Matsumoto, S. Masuda, Y. Matsubara, Y. Nagai, M. Ohnishi, S. Ozawa, T. Sako, S. Shibata, M. Takita, Y. Tanaka, H. Tsuchiya, K. Watanabe, and J.L. Zhang	4. 巻 1
2. 論文標題 Analysis of Solar Gamma Rays and Solar Neutrons detected on March 7th and September 25th of 2011 by Ground Level Neutron Telescopes, SEDA-FIB and FERMI-LAT	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceeding of Science of the 35th ICRC	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) PoS(ICRC2017)136	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 該当する

1. 著者名 K. Kamiya, K. Koga, S. Masuda, H. Matsumoto, Y. Muraki, S. Dhibata. and Y. Tanaka	4. 巻 1
2. 論文標題 Angular distribution of solar gamma rays and solar neutrons simulated by GEANT4 program	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceeding of Science of the 35th ICRC	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) PoS(ICRC2017)116	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 -

1. 著者名 K. Kamiya, K. Koga, S. Masuda, H. Matsumoto, Y. Muraki, T. Obara, O. Okudaira, Y. Tanaka, S. Shibata, and T. Goka	4. 巻 1
2. 論文標題 Proton Acceleration by very impulsive flare on June 3, 2012	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceeding of Science of the 35th ICRC	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) PoS(ICRC2017)115	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 -

1. 著者名 Y. Muraki	4. 巻 1
2. 論文標題 Application of a Coupled Harmonic Oscillator Model to Solar Activity and El Nino Phenomena	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceeding of Science of the 35th ICRC	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) PoS(ICRC2017)084	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 -

1. 著者名 Y. Muraki, D. Lopez, K. Koga, F. Kakimoto, L.X. Gonzalez, S. Masuda, Y. Matsubara, H. Matsumoto, P. Miranda, O. Okudaira, T. Obara, J. Salinas, T. Sako, S. Shibata, R. Ticona, Y. Tsunesada, J.F. Valdes-Galicia, K. Watanabe, T. Yamamoto	4. 巻 291
2. 論文標題 Simultaneous Observation of Solar Neutrons from the International Space Station and High Mountain Observatories in association with a Flare on July 8, 2014	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Solar Physics	6. 最初と最後の頁 1241-1265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11207-016-0887-0	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 Muraki Yasushi, Valdes-Galicia Jose F, Gonzalez Luis Xavier, Kamiya Kohki, Katayose Yusaku, Koga Kiyokazu, Matsumoto Haruhisa, Masuda Satoshi, Matsubara Yutaka, Nagai Yuya, Ohnishi Munehiro, Ozawa Syunsuke, Sako Takashi, Shibata Shoichi, Takita Masato, Tanaka Yasuyuki, Tsuchiya Harufumi, Watanabe Kyoko, Zhang Ji Long	4. 巻 72
2. 論文標題 Possible detection of solar gamma-rays by ground-level detectors in solar flares on 2011 March 7	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz141	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 K. Kamiya, K. Koga, H. Matsumoto, S. Masuda, Y. Muraki, H. Tajima, and S. Shibata	4. 巻 1
2. 論文標題 Solar Neutrons observed from September 4 to 10, 2017 by SEDA-FIB	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceeding of Science of the 36th ICRC	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) PoS(ICRC2019)1150	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16件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 神谷浩紀・古賀清一・増田 智・松本晴久・村木 綾・柴田祥一・田中康之
2. 発表標題 GEANT4による太陽ガンマ線・中性子線の発生角度分布
3. 学会等名 日本物理学会 (秋季大会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 村木 綏・他18名
2. 発表標題 高山観測装置を用いた初の太陽ガンマ線観測 ; 2011.3.7 and 2011.9.25
3. 学会等名 日本物理学会 ( 秋季大会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴田祥一・村木 綏・神谷浩紀
2. 発表標題 新計算結果を用いた1991年6月の巨大太陽フレアの再解析
3. 学会等名 日本物理学会 ( 秋季大会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村木 綏・神谷浩紀・古賀清一・増田 智・松本晴久・村木 綏・柴田祥一・内藤統也
2. 発表標題 高エネルギー中性子・ガンマ線からみた太陽粒子加速について--2017.9.10 flareの解析結果--
3. 学会等名 日本物理学会 ( 年次大会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. kamiya, K. Koga, H. Matsumoto, Y. Muraki , and S. S h i b a t a
2. 発表標題 Angular and Abundance Distribution of High-energy Gamma Rays and Neutrons Simulated by GEANT4 Code for Solar Flares
3. 学会等名 ISVHECRI2018(Nagoya) ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神谷浩紀・古賀清一・増田 智・松本晴久・村木 綏・柴田祥一
2. 発表標題 高エネルギー中性子・ガンマ線からみた太陽粒子加速
3. 学会等名 宇宙環境シンポジウム(東北大学) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村木 綏、神谷浩紀、片寄祐作、古賀清一、松本晴久、増田智、松原豊、永井雄也、大西宗博、小澤俊介、埜隆志、柴田祥一、瀧田正人、田中康弘、土屋晴文、渡邊恭子、Jose Valdes Galicia, Xavier Gonzalez, 張吉龍
2. 発表標題 高山観測装置を用いた初の太陽ガンマ線観測
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 神谷浩紀、古賀清一、増田智、松本晴久、村木 綏、柴田祥一、田中康之
2. 発表標題 GEANT4による太陽ガンマ線・中性子線の発生角度分布
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 村木 綏、神谷浩紀、古賀清一、松本晴久、増田智、柴田祥一
2. 発表標題 SEDA-FIBによる太陽中性子の観測(12)-2017.9.10 X 8.2 flareに付随した太陽中性子の観測-
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神谷浩紀、古賀清一、増田智、松本晴久、村木 綏、柴田祥一
2. 発表標題 GEANT4による太陽ガンマ線・中性子線の発生角度分布(2)-磁場中での加速イオンと太陽大気衝突過程の計算結果報告-
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Muraki
2. 発表標題 Application of a Coupled harmonic Oscillator Model to Solar Activity and El Nino Phenomena
3. 学会等名 The 35th Interational Conference on Cosmic Rays (35th ICRC)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Muraki
2. 発表標題 Analysis of Solar Gamma Rays and Solar neutrons detected on March 7th and September 25th of 2011
3. 学会等名 The 35th International Conference on Cosmic Rays (35th ICRC)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古賀清一、松本晴久、神谷浩紀、村木綏、増田智、柴田祥一、奥平修、小原隆博、田中康之
2. 発表標題 SEDA-FIBによる太陽中性子の観測(10)
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 古賀清一、松本晴久、村木綏、増田智、柴田祥一、奥平修、田中康之
2. 発表標題 2012.6.3に観測された 線を伴ったvery impulsive event
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 柴田祥一、古賀清一、松本晴久、神谷浩紀、増田智、村木綏、奥平修、小原隆博、田中康之
2. 発表標題 SEDA-FIBによる太陽中性子の観測(11)
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 村木 綏
2. 発表標題 2調和振動子模型の太陽黒点とエル・ニーニョ、ラ・ニーニャ現象への応用
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

高エネルギー中性子・ガンマ線から見た太陽粒子加速についての一考察 ISSN 2433-2232 JAXA-SP-18-009 page 17-25, <a href="https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/handle/a-is/906922">https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/handle/a-is/906922</a>
---

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
--	---------------------------	-----------------------	----