

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20943

研究課題名（和文）生命誕生時の太陽地球環境

研究課題名（英文）Solar-Terrestrial Environment at the Birth of Life

研究代表者

今田 晋亮（Imada, Shinsuke）

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・教授

研究者番号：40547965

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,600,000円

研究成果の概要（和文）：地球に生命が誕生したとされる35億年前、太陽は現在よりも暗く、地球は全球凍結の状態にあり、生命が誕生する事が難しい状態にあったと考えられている。昔の太陽が暗い理由は初期太陽における核融合反応が活発で無いと考えられているためであり、当時太陽は現在の明るさの75%程度しかないと考えられている。これまで、このパラドックスの解決策として、いくつかの説が検討されてきた。温室効果ガスによる影響が主に検討されてきたが、説明できない現象も多く未だ解決に至っていない。本研究課題では、これまでとは全く違う、「昔の太陽は実は暗くなかった」可能性について、太陽地球環境・天文学の立場から検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究計画は「太陽系と生命はどのように生まれて来たのかの解明」に直接答えを与えるものであり、宇宙科学分野全体に与える意義は大きい。さらに、もし初期太陽が今より数%重かった場合、太陽系の惑星形成、地球以外の惑星大気の進化等、周辺分野に多大な影響を及ぼしうる。それぞれの分野で確立されている観測事実や理論モデルと重たい初期太陽は矛盾しうる。逆に、これまで初期太陽が現在の太陽と変わらないものを想定していたために、説明できなかった現象が説明できる可能性もあり「The Faint Young Sun Paradox」の天文学的なアプローチは周辺分野への波及効果は大きい。

研究成果の概要（英文）：3.5 billion years ago, when life is said to have begun on Earth, according to the standard model, the sun was darker than it is today, and the Earth was in a frozen state, making it difficult for life to emerge. The reason why the ancient Sun is thought to be dark is that nuclear fusion reactions in the early Sun are thought to be inactive, and the Sun at that time was thought to be only about 75% as bright as it is today. Several solutions to this paradox have been proposed so far. So far, the influence of greenhouse gases has been mainly studied, but many unexplained phenomena have not yet been resolved. In this research project, we studied the possibility that "the ancient sun was not actually dark", which is completely different from the past study, from the standpoint of the solar-terrestrial environment and astronomy.

研究分野：宇宙空間物理学

キーワード：太陽 プラズマ 太陽風 太陽フレア 太陽周期活動

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球に生命が誕生したとされる 35 億年前、標準モデルによると太陽は現在よりも暗く、地球は全球凍結の状態にあり、生命が誕生する事が難しい状態にあったと考えられている(The Faint Young Sun Paradox)。この問題は太陽と地球環境の関係に関する最大の未解決問題のひとつである。これまで、このパラドックスの最も有力な解決策として、温室効果ガスによる影響が検討されてきたが、例えば 22-27.5 億年前の地球大気中の二酸化炭素量がパラドックスの解決に要求される 5 分の 1 に満たないという古土壌の分析結果など、説明できない現象も多く未だ解決に至っていない。

2. 研究の目的

本研究課題では、これまでとは全く違う方向「The Faint Young Sun Paradox を太陽地球環境・天文学の立場から解決する」の可能性について検討する。具体的には、35 億年前の太陽は現在より重く、自転速度も速かった可能性について、太陽地球環境・天文学の方向から考察する。実際、太陽の明るさを現在の太陽と同程度にするためには、当時の太陽の質量が現在のものより 5% 程度大きい必要がある。そのような重い太陽が 35 億年後、現在の太陽と同じ質量であるためには、太陽の質量損失が現在のものより 1000 倍である必要がある。そこで、35 億年前の太陽風やコロナ質量放出 (CME) 等、初期太陽の電磁流体力学現象についてこれまで太陽地球環境・天文学で得られた知見に基づき、The Faint Young Sun Paradox の解決を試みる。初期太陽が今より数% 重かった場合、周辺の分野に与える影響は大きく、これまでの学術の前提を大きく変換・転換させる潜在性を有する。周辺分野で確立されている観測事実や理論モデルとの整合性についても議論する。

3. 研究の方法

以下の二つのアプローチで、本研究課題を遂行する。

1) 太陽地球環境システム進化モデルを用いて、初期の太陽地球環境を推定

これまで、我々は太陽・恒星の観測から得られた経験則を用いて、初期太陽が今より数% 重い可能性について検討を行ってきた。結果、太陽・恒星風による質量損失に加えて、コロナ質量放出 (CME) という太陽フレアに付随して起る現象を加えることで、5% の質量損失を説明しうる事を、太陽・恒星観測からの経験則から示した [1]。そこで、太陽地球環境システム進化モデルを開発し、この仮説を検証する。このモデルは、1) 太陽表面磁束輸送モデルによる全球表面磁場分布予測 [2]、2) 全球磁場分布から太陽風の予測 [3]、3) 全球磁場分布から太陽フレア・CME を予測 [4]、4) 全球表面磁場分布 (極域磁場) から次期太陽周期活動を予測 [2]、5) 太陽風・CME から太陽の質量損失・角運動量損失を求め恒星進化 (質量・回転速度) の五つからなり太陽地球環境の進化を推定するものである。

2) 太陽地球環境観測による観測的検証

初期太陽が今より数% 重かった場合、太陽地球環境が想定していたものと異なる可能性がある。初期太陽地球環境を探ることで重い初期太陽の検証を試みる。具体的には、惑星大気流出の標準的なシナリオでは火星における H_2O や CO_2 の古の大気流出量を説明するのに 1-2 桁足りない事が知られており、初期太陽の太陽風フラックスが現在のものより 1000 倍程度大きければ火星の大気流出を説明できないか検討する。また、巨大二枚貝やサンゴなどの成長率解析や微量元素分析によって数億年ほど前の太陽活動周期の長さや自転周期を間接的に復元することを試み、重い初期太陽モデルを検証する。

[1] 今田晋亮, 天文学的視点から見た「The Faint Young Sun Paradox」, プラズマ・核融合学会誌 90(2), 132-136, 2014.02

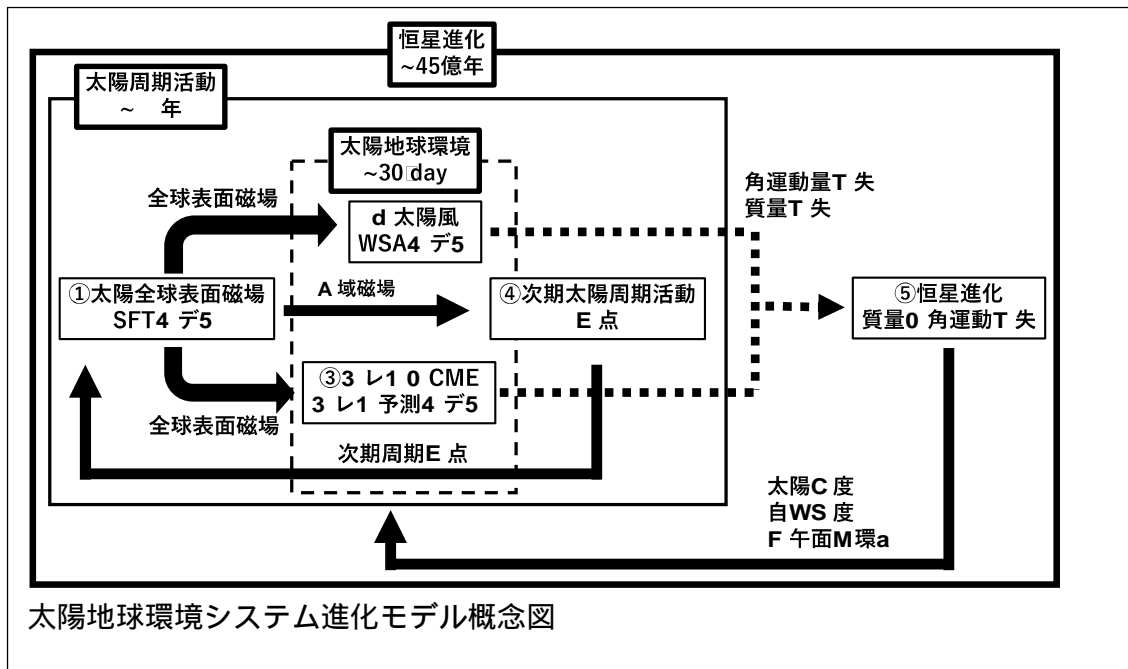
[2] Iijima, H. et al., Astronomy & Astrophysics, 607, L2, 2017.

[3] Wang, Y.-M. and Sheeley Jr., N. R., Astrophys. J., 355, 726-732, 1990.

[4] Kusano et al., Science, under review, 2019.

4. 研究成果

本研究では、40 億年の包括的な太陽圏システムの変動計算で The Faint Young Sun Paradox を解決目指すため、太陽地球環境システム進化モデルを開発した。このモデルは五つからなり太陽地球環境の進化を推定するものである。1 太陽表面磁束輸送(SFT)モデルによる全球表面磁場分布の予測、2 全球磁場分布から太陽風の予測、3 全球磁場分布から太陽フレア・CME を予測、4 全球表面磁場分布(極域磁場)から次期太陽周期活動を予測、5 太陽風・CME から太陽の質量損失・角運動量損失を求め恒星進化。



1-1) 太陽表面磁束輸送(SFT)モデルによる全球表面磁場分布の予測

太陽の表面磁場を再現するために、表面磁束輸送モデル (Surface Flux Transport Model : SFTモデル) を開発した。このモデルは以下の磁場の時間発展方程式で計算を行うものである (van Ballegooyen et al. 1998, Baumann 2004)。

$$\frac{\partial B_r}{\partial t} = -\omega(\theta) \frac{\partial B_r}{\partial \phi} - \frac{1}{R_\odot \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(v(\theta) B_r \sin \theta \right) + \frac{\eta_h}{R_\odot^2} \left[\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial B_r}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2 B_r}{\partial \phi^2} \right]$$

B_r : 動径方向磁場

R_\odot : 太陽半径

θ : 緯度

ϕ : 経度

$\omega(\theta)$: 差動回転

$v(\theta)$: 子午面循環流

η_h : 磁気乱流拡散

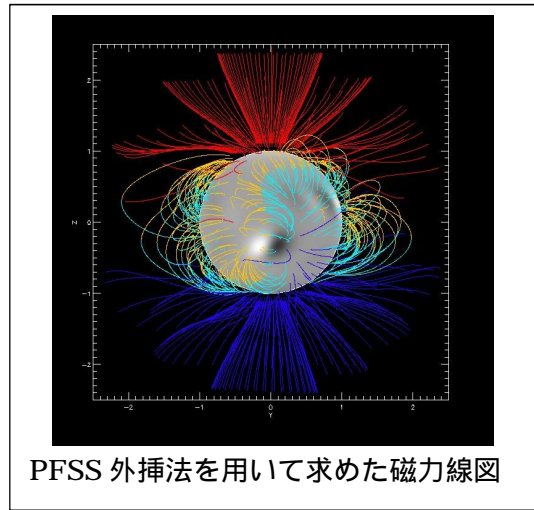
$S(\theta, \phi, t)$: 黒点湧出 (磁束出現)

右辺第一項は差動回転による影響、第二項は子午面循環流による影響、第三項は拡散項、第四項は黒点の出現を表している。黒点の出現の表す項の中には黒点数、出現緯度、出現経度、tilt angle などのパラメータが存在する。将来的に過去の太陽の表面磁場を再現するためこのモデルを用いて、4つの黒点パラメータに統計的不確かさを与え、現在のサイクル22、23、24の再現とサイクル25の表面磁場の予測を行った。

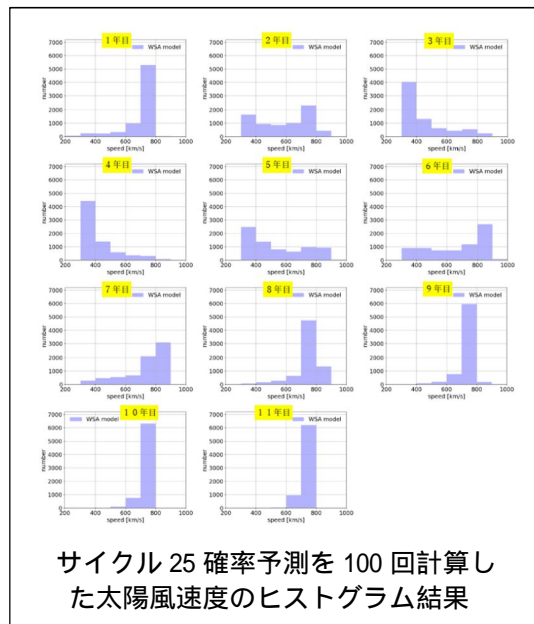
1-2) 全球表面磁場分布から太陽風の予測

前節で得られた全球磁場分布から太陽風を求めることを行った。まず、PFSS 外挿法 (Potential-Field Source-Surface model) という方法を用いて全球表面磁場分布から太陽コロナ中の磁場を計算した (右図)。このモデルでは太陽コロナ中の電流を 0 と仮定している。この計算モデルでは、ソース面 (source surface) という球面を仮定している。この球面より外側では開いた磁力線のみが存在していると考えられる。一般的にソース面は $R=2.5R_{\odot}$ (R_{\odot} : 太陽半径) に設定される。

Wang-Sheeley-Arge モデル (WSA モデル) (Arge et al., 2003) は Wang-Sheeley モデル (WS モデル) を改良したもので 1990 年代後半に NOAA の宇宙天気予報センターで最初に開発されて以来、順次改良されているモデルである。前身である WS モデルは、1AU で測定された太陽風の速度と太陽近傍の磁束管膨張係数 (expansion factor) が負の相関を持つという観測に基づいている。WSA モデルと先ほどの PFSS 外挿法で得られた太陽風中の磁場を用いて、太陽風の予測計算を行える様開発した。太陽サイクル 25 で想定される黒点数の時間変化を与えてサイクル 25 の太陽風を予測した。これが行えれば、どのような数 10 億年前の過去の太陽地球環境においても太陽サイクルの黒点数さえわかれば、当時の太陽風を推定できると考えているためである。サイクル 25 の太陽風の確率予測結果について 100 回計算した結果ヒストグラムは右図である。過去のサイクルも含め太陽風 (恒星からの質量損失) を問題なく行えることが明らかになった。



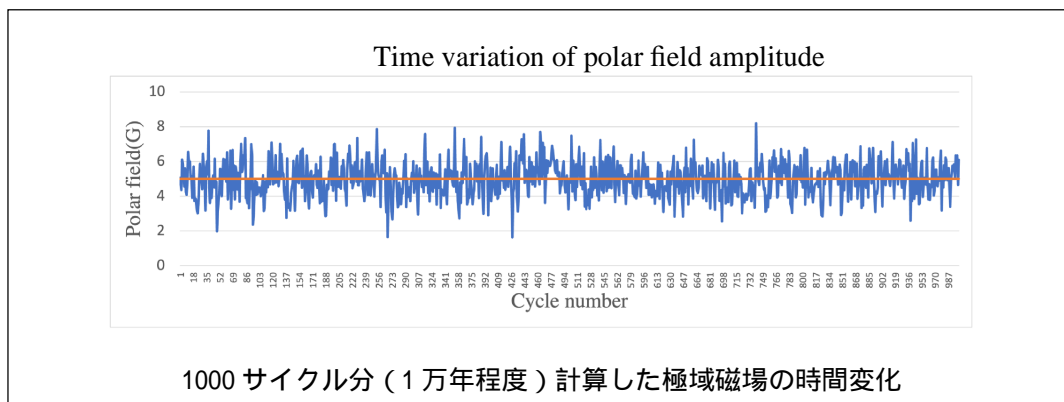
PFSS 外挿法を用いて求めた磁力線図



サイクル 25 確率予測を 100 回計算した太陽風速度のヒストグラム結果

1-3) 全球表面磁場分布を用いて磁気太陽周期活動の予測

太陽サイクルは前サイクルの極域磁場と強い相関があることが知られており、先述の太陽表面磁束輸送 (SFT) モデルを用いて、極域の磁場強度を推定することで次のサイクルを予測することができると考えられている。これを次々つなげて計算することで、1000 サイクル分計算することで表面磁場の 1 万年程度先までの確率的な予測を試みた。以下は、1000 サイクル分計算した結果の一つであり、平均的に 5G 程度の極域磁場であることがわかり、現在の太陽と非常に近い状況の極域磁場及びサイクル強度を再現できることがわかった。



1000 サイクル分 (1 万年程度) 計算した極域磁場の時間変化

現在本研究で開発したモデルを接続する事を試みており、その後 35 億年の計算を試みて、生命誕生時における太陽地球環境の解明に繋げる予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kusano Kanya, Ichimoto Kiyoshi, Ishii Mamoru, Miyoshi Yoshizumi, Yoden Shigeo, et al.	4. 巻 73
2. 論文標題 PSTEP: project for solar-terrestrial environment prediction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 159
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40623-021-01486-1	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 Hayakawa Hisashi, Iju Tomoya, Kuroyanagi Chiaki, Carrasco Victor M. S., Besser Bruno P., Uneme Shoma, Imada Shinsuke	4. 巻 296
2. 論文標題 Johann Christoph Muller 's Sunspot Observations in 1719-1720: Snapshots of the Immediate Aftermath of the Maunder Minimum	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solar Physics	6. 最初と最後の頁 154
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11207-021-01880-8	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, Uneme Shoma, Besser Bruno P., Iju Tomoya, Imada Shinsuke	4. 巻 919
2. 論文標題 Stephan Prantner 's Sunspot Observations during the Dalton Minimum	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3847/1538-4357/abee1b	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 Kawai Toshiki, Imada Shinsuke	4. 巻 918
2. 論文標題 The Energy Conversion Rate of an Active Region Transient Brightening Estimated by Hinode Spectroscopic Observations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 51~51
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3847/1538-4357/ac09eb	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 Iijima Haruhisa, Imada Shinsuke	4. 巻 917
2. 論文標題 A New Broadening Technique of the Numerically Unresolved Solar Transition Region and Its Effect on the Spectroscopic Synthesis Using Coronal Approximation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 65 ~ 65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac07a5	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, Iju Tomoya, Uneme Shoma, Besser Bruno P, Kosaka Shunsuke, Imada Shinsuke	4. 巻 506
2. 論文標題 Reanalyses of the sunspot observations of Fogelius and Siverus: two 'long-term' observers during the Maunder minimum	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 650 ~ 658
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa2965	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 Imada S.	4. 巻 914
2. 論文標題 Nonequilibrium Ionization Plasma during a Large Solar Limb Flare Observed by Hinode/EIS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L28 ~ L28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac063c	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 Adithya H. N., Kariyappa Rangaiah, Shinsuke Imada, Kanya Kusano, Zender Joe, Dame Luc, Gabriel Giono, DeLuca Edward, Weber Mark	4. 巻 296
2. 論文標題 Solar Soft X-ray Irradiance Variability, I: Segmentation of Hinode/XRT Full-Disk Images and Comparison with GOES (1-8 A) X-Ray Flux	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solar Physics	6. 最初と最後の頁 71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11207-021-01785-6	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 Kawai Toshiki, Imada Shinsuke	4. 巻 906
2. 論文標題 Energy Distribution of Small-scale Flares Derived Using a Genetic Algorithm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 2~2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abc9ae	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 Imada Shinsuke, Matoba Kengo, Fujiyama Masashi, Iijima Haruhisa	4. 巻 72
2. 論文標題 Solar cycle-related variation in solar differential rotation and meridional flow in solar cycle 24	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-020-01314-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 Nishimoto Shohei, Watanabe Kyoko, Imada Shinsuke, Kawate Tomoko, Lee Kyoung-Sun	4. 巻 904
2. 論文標題 Statistical and Observational Research on Solar Flare EUV Spectra and Geometrical Features	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 31~31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abbacb	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 Imada Shinsuke, Kato Shota, Fujiyama Masashi	4. 巻 295
2. 論文標題 Statistical Analysis of Asymmetric Sunspot Decay Observed by Hinode	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Solar Physics	6. 最初と最後の頁 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11207-020-01724-x	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、Iju Tomoya、Uneme Shoma、Besser Bruno P、Kosaka Shunsuke、Imada Shinsuke	4. 巻 staa
2. 論文標題 Reanalyses of the sunspot observations of Fogelius and Siverus: Two “Long-Term” observers during the Maunder Minimum	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2965
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa2965	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 Kawai Toshiki、Imada Shinsuke、Nishimoto Shohei、Watanabe Kyoko、Kawate Tomoko	4. 巻 205
2. 論文標題 Nowcast of an EUV dynamic spectrum during solar flares	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics	6. 最初と最後の頁 105302 ~ 105302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jastp.2020.105302	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 Lee Kyoung-Sun、Hara Hirohisa、Watanabe Kyoko、Joshi Anand D.、Brooks David H.、Imada Shinsuke、Prasad Avijeet、Dang Phillip、Shimizu Toshifumi、Savage Sabrina L.、Moore Ronald、Panesar Navdeep K.、Reep Jeffrey W.	4. 巻 895
2. 論文標題 A Solar Magnetic-fan Flaring Arch Heated by Nonthermal Particles and Hot Plasma from an X-Ray Jet Eruption	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 42 ~ 42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab8bce	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 Bamba Yumi、Inoue Satoshi、Imada Shinsuke	4. 巻 894
2. 論文標題 Intrusion of Magnetic Peninsula toward the Neighboring Opposite-polarity Region That Triggers the Largest Solar Flare in Solar Cycle 24	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 29 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab85ca	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 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 10件）

1. 発表者名 今田晋亮 , 清水敏文 , 他 International Solar-C(EUVST) team
2. 発表標題 Solar-C (EUVST) Mission
3. 学会等名 第22回 宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今田晋亮 , 太陽研連会員
2. 発表標題 太陽物理学における 2030 年代 の科学研究戦略
3. 学会等名 第150回 SGPSS 総会・講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinsuke Imada , International Solar-C WG
2. 発表標題 Current Status of the Solar-C (EUVST) Mission
3. 学会等名 Hinode-14/ IRIS-11（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今田晋亮 , International Solar-C WG
2. 発表標題 The Solar-C (EUVST) Mission and Data Management Plan
3. 学会等名 International Heliophysics Data Environment Alliance 2021（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今田晋亮 , International Solar-C WG
2. 発表標題 Current Status of the Solar-C (EUVST)
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinsuke Imada, Toshifumi Shimizu, Tomoko Kawate, Shin Toriumi, Yukio Katsukawa et al.
2. 発表標題 Science Objectives and Current Status of Solar-C EUVST
3. 学会等名 43rd COSPAR Scientific Assembly (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinsuke Imada, Toshifumi Shimizu, Tomoko Kawate, Shin Toriumi, Yukio Katsukawa et al.
2. 発表標題 Current Status of the Solar-C_EUVST Mission
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinsuke Imada, Toshifumi Shimizu, Tomoko Kawate, Shin Toriumi, Yukio Katsukawa et al.
2. 発表標題 Solar-C EUVST mission
3. 学会等名 Uji Reconnection Workshop 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinsuke Imada, Toshifumi Shimizu, Tomoko Kawate, Shin Toriumi, Yukio Katsukawa et al.
2. 発表標題 Science Objectives of the Solar-C(EUVST)
3. 学会等名 the Fourth Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinsuke Imada, Toshiki Kawai, Shoma Uneme, Kento Michiwaki
2. 発表標題 Machine Learning Study in Solar Physics
3. 学会等名 The 29th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinsuke Imada, Daiko Shiota, Kazumasa iwai, Takashi Minoshima, Haruhisa Iijima, Yoshizumi Miyoshi
2. 発表標題 Variability of High Energy Particle Environment Associated with Solar Activity
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinsuke Imada
2. 発表標題 Thermal Non-equilibrium Plasma Observed by Hinode
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------