

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K03700

研究課題名（和文）太陽磁場の状態遷移：電磁流体計算で探る太陽活動のグランドミニмумへのトリガー

研究課題名（英文）State Transition of the Solar Magnetic Field: Probing the Trigger for the Solar Activity Grand Minimum through MHD Simulations

研究代表者

政田 洋平（Yohei, MASADA）

福岡大学・理学部・准教授

研究者番号：30590608

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：太陽磁場の起源である熱対流は、実はその駆動機構すら完全にはわかっていない。太陽熱対流には、冷却駆動型（CD）とエントロピー勾配駆動型（ED）の二つの駆動機構の候補があり、本研究の結果、(i)CD型の方が太陽の対流パターンの特徴をよく再現すること、(ii)CD型では、非線形・非平衡な下降流ブルームが輸送に大きく寄与すること、(iii)下降流ブルームの存在は、対流の頻度分布にガウシアンからの大きなズレを生むこと、等を明らかにした（Yokoi et al. 22; Masada et al. 24 in prep.）。また、本研究で得た知見を他の天体熱対流現象にも応用し、幾つかの先駆的な成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

太陽の内部熱対流は太陽磁場（黒点）の成因だと考えられており、本研究で得た成果は、太陽磁気活動に対する我々の理解の深化につながる。太陽磁気活動に対する理解が深まることで、地球の気候変動予測や宇宙天気予報の精度が向上し、通信や電力網の障害対策に寄与できる（社会的意義）。また、太陽は究極の高レイノルズ数・高磁気レイノルズ数・高レイリー数流体であり、地上の実験室では実現不可能なパラメータレンジでの熱対流のメカニズムに関する本研究の成果は、他の天体現象の背後にある物理の解明につながるだけでなく、流体力学やプラズマ物理学など基礎物理の分野にも大きなインパクトを与える（学術的意義）。

研究成果の概要（英文）：The thermal convection, which is the origin of the solar magnetic field, is not fully understood even in terms of its driving mechanisms. There are two candidate driving mechanisms for solar thermal convection: cooling-driven (CD) and entropy gradient-driven (ED). The results of this study have revealed that (i) the CD type better reproduces the characteristic patterns of solar convection, (ii) in the CD type, non-linear and non-equilibrium downward plumes significantly contribute to the transport, and (iii) the presence of downward plumes causes a significant deviation from a Gaussian distribution in the frequency distribution of the convection (Yokoi et al. 22; Masada et al. 24 in prep.). Furthermore, the knowledge gained from this study has been applied to other astrophysical thermal convection phenomena, leading to several pioneering results.

研究分野：天体物理学

キーワード：プラズマ 太陽・恒星 天体ダイナモ 乱流 乱流輸送

1. 研究開始当初の背景

太陽活動の源は黒点に蓄えられた磁気エネルギーであり、その爆発的な解放によって、フレアやコロナ質量放出などの太陽活動が引き起こされる。太陽活動レベルは、通常、約 11 年の周期で増減を繰り返すが、 $O(100)$ 年に一度の頻度で、「グランドミニмум」と呼ばれる長期の活動性低下状態に入ることが知られている。1645 年から約 70 年間続いた「マウンダー大極小期」と呼ばれる活動性低下期がその代表例で、過去 1 万年の間に同様のグランドミニмумが約 20 回存在していたことがわかっている (Stuiver & Braziunas 1989; McCracken et al. 2013)。このことは、11 年周期の太陽活動の基本モードの中に、中長期的な大変動 (活動性低下) の種が内在していることを強く示唆する。

近年、現代の太陽活動が徐々にグランドミニмум期に移行しつつあることを示唆する研究成果が多数報告されており (e.g., Miyahara et al. 2010; Lockwood et al. 2011; Sheeley & Wang 2015)、太陽磁場の状態遷移トリガーの探求は、太陽磁気活動に対する物理的理解の深化のためだけでなく、太陽活動とその影響を受ける地球の未来を予測するためにも、喫緊の研究課題である。

2. 研究の目的

太陽活動の源である黒点、すなわち大局的磁場は、太陽内部の熱対流で生成・増幅・維持される。我々は過去の研究で、乱れた熱対流中で周期変動をとまなう時空間コヒーレンスの高い磁場が生成されること、太陽内部のような強く成層化した熱対流中では、対流層表面で磁場が自発組織化し、黒点状の磁束集中構造が形成されること、を明らかにした (Masada & Sano 2014, 2016, ApJL)。

我々が見出した磁場生成の鍵が、熱対流が担う『乱流起電力』である。乱流起電力がある閾値を超えることで、熱対流中で磁場は成長・組織化する。一方、現実の太陽では、熱対流の統計性に起因して、乱流起電力に大きな「揺らぎ」が生じると期待される。我々のこれまでの研究を踏まえると、このことは、現実の太陽では、揺らぎによる乱流起電力の低下が、磁場生成の一時的な停止を招き、グランドミニмумの発現をトリガーする可能性があることを示唆する。

本研究の目的は、電磁流体シミュレーションでグランドミニмумの背後に潜む物理を探ることである。その際、熱対流が担う乱流起電力の「統計的揺らぎ」に注目する。系の粘性と熱拡散、回転率の大きさをパラメトリックに変化させることで、熱対流が担う乱流起電力の「揺らぎの振幅」をコントロールし、乱流場の統計的性質とグランドミニмумモードの発現の関係を定量物理的に調べる。太陽磁場の状態遷移のトリガーとなる乱流場の時空間構造を同定することが、本研究の主たる目標である。

3. 研究の方法

当初は、系の粘性と熱拡散、回転率の大きさをパラメトリックに変化させ、熱対流の性質をコントロールする (現実の太陽に近づけていく) ことで、乱流場の統計的性質の変化を調べることを計画していた。しかし、研究期間がスタートした頃から、『太陽熱対流に対する現状の理解は、実は根底から考え直す必要があるのではないか?』という機運が、世界的に高まり始めた。その端緒となったのが、局所日震学による熱対流速度の観測である (Hanasoge et al. 2012)。この観測で示されたのは、現実の太陽の熱対流速度が、(特に空間スケールの大きな長波長のスペクトル域で)、数値モデルに比べて数桁も小さい、という衝撃的な事実であった。これは『Convection Conundrum (熱対流の難問)』と呼ばれ、現在、太陽物理分野における最重要な未解決問題になっている。

これまで、太陽内部の熱対流は混合距離理論 (mixing-length theory : MLT) に従うと考えられており、それに基づく数値モデルも、(当然) MLT に整合的な対流速度を予測していた。観測された対流速度が理論 (MLT) 予測から乖離しているという事実は、我々が準拠・信頼していた太陽の熱対流モデルそのものに見直しを迫るものであったため、当初は想定していなかった、数値シミュレーションによる『太陽熱対流モデルの検証』から、本計画をリスタートさせることになった。

MLT にもとづく従来の太陽熱対流モデルでは、対流の駆動源として系のエントロピー勾配が想定されていた (: エントロピー勾配駆動型熱対流)。この場合、対流渦のサイズは各深さにおける密度スケールハイトに依存し、対流層深部ほど大きくて速い対流渦が駆動されることになる。そのため、従来の数値モデル (i.e., MLT) では、長波長域の対流が必然的に速くなってしまったのである。

大きな対流渦の発達を抑え、かつ太陽深部から表面へのエネルギー輸送を矛盾なく説明できるモデルとして、我々が注目したのが『冷却駆動型熱対流モデル』である。これは、1997 年に Hendrik Spruit (独, MPA) が、確かな物理的考察にもとづき提唱した理論モデルであったが、十分な検証がなされないまま、忘れ去られていたものである。本研究では、これら二つの対流モデルに焦点を当て、数値シミュレーションでその特性を詳しく調査、太陽熱対流を記述するモデルとしての plausibility を議論した。

4. 研究成果

本研究で調べた二つの熱対流モデルとそれらのモデルで駆動される典型的な対流構造を図1に模式的に示す。(a)が冷却駆動型、(b)がエントロピー勾配駆動型の熱対流モデルである。エントロピー勾配駆動型モデルでは、対流層全域にわたって負のエントロピー勾配が存在し、対流渦が各深さの密度スケールハイトで決まるため、マルチスケールの階層的熱対流構造が現れる(対流層上部では小さなスケールの対流セル:粒状斑、対流層下部では大きなスケールの熱対流: **giant cell**、が支配的)。一方、冷却駆動型のモデルにおいて対流のドライバーになるのは「対流層表面での放射冷却」である。放射冷却によってエネルギー(エントロピー)を失ったプラズマは、周囲に比べて重くなるため、ブルーム状の下降流として内側へ向かって落ちていく。エントロピーを失った対流層の上部には(放射冷却に起因した)エントロピー勾配が生じるため、従来の粒状斑対流が発達するが、対流層の中部から底部にかけては断熱的な構造になっており、下降流ブルームは言わばフリーストリーミングの状態、対流層の底部まで落ちていくことになる。下降流ブルームは、冷たいプラズマを内側に運ぶため、実効的なエネルギー輸送は外向きになり、エントロピー勾配駆動型の熱対流モデルにおいて **giant cell** が担っていた大量のエネルギー輸送を、冷却駆動型モデルでは、数多の下降流ブルームが肩代わりすることになる。

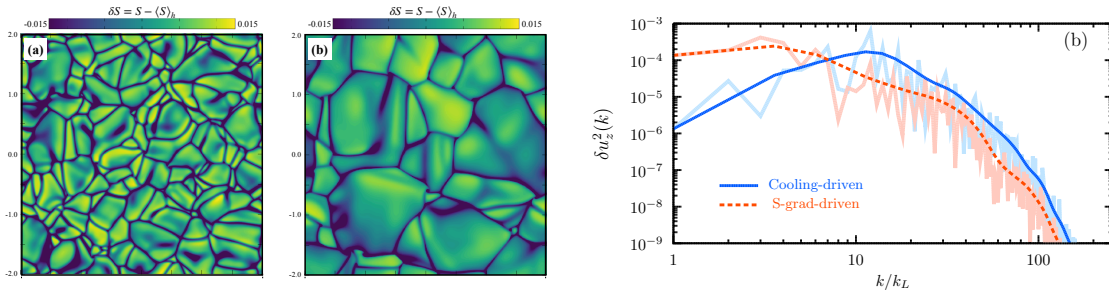
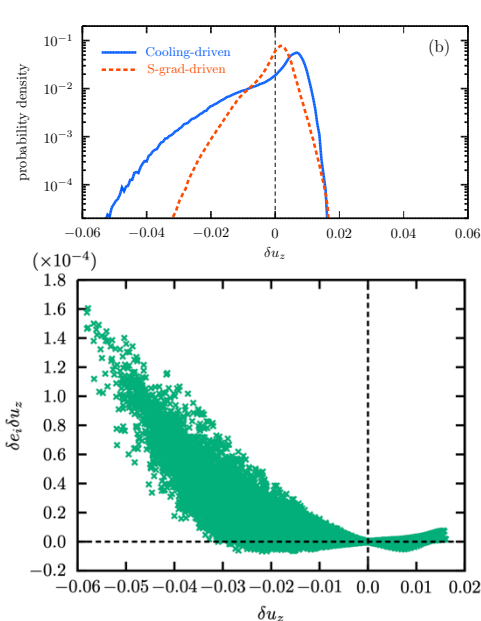


図2に、二つの熱対流モデルの表面対流構造の違い(左)と、そのスペクトルの比較(右)を載せた。明らかに、冷却駆動型熱対流モデルの方が、より小さな対流セル構造が支配的であり、低波数(長波長)領域のパワーも著しく抑えられていることがわかる。太陽熱対流の速度スペクトルと整合的なのは、冷却駆動型モデルの方だと言える。対流のプロファイルは大きく異なるにもかかわらず、二つのモデルで輸送されるエネルギーはほぼ同じであるところは、極めて興味深い点である。



二つのモデルは、対流構造だけではなく、対流の統計性においても大きな違いを持つ。図3に示したのは、対流速度(動径成分)のProbability Density(上)と、冷却駆動モデルの全計算点(@表面の水平断面)における対流速度と乱流エネルギー流束の散布図(下)である。冷却駆動モデルは、対流速度のガウシアンからの乖離が大きく、非常に裾の広い分布になっていることがわかる。このPDFにおける広いウイング構造は、まさに高速下降流ブルームの顕現と言える。下降流ブルームが大きなエネルギー輸送を担っていることは、散布図から見てとれる。乱流エネルギー流束は乱流速度に対して非線形な依存性を示しており、現実の太陽熱対流においては、より局在化した、言うなれば「**スレッド(thread)状**」の下降流が、極めて大きなエネルギー輸送を担っている可能性が強く示唆される(現在の数値モデルでは計算格子が粗く、そのようなスレッド状の下降流の形成は解像できない)。

この研究成果は、本計画の立案時に掲げた研究目的に対しても重要な示唆を与えるものである。計画立案時は、太陽活動のグランドミニмум期のトリガー候補である「熱対流の統計的揺らぎ」は、系のレイリー数などのパラメータに依存するものだと考えていた。しかし、図3で示したように冷却駆動型熱対流モデルでは、揺らぎの大きな熱対流(broadなウイングを持つPDF)が自発的に発達するのである。つまり、本研究は、『Convection Conundrum (熱対流の難問)』に対する、一つの解決策を示しただけではなく、冷却駆動型の熱対流機構そのものにグランドミニмум

期のトリガー効果が内在されている可能性を提示した、極めて重要な成果だと言える。

本研究の中心的成果は、二本の論文にまとめられている(Yokoi, Masada & Takiwaki 2022; Masada, Takiwaki, & Yokoi 2024 (準備中))。また、本研究計画を推進する中で、得られた知見を他の天体プラズマ活動現象にも応用し、複数の副次的成果も得ている。それらを以下に列挙する:

- Bushby, P., Kapyla, P., **Masada, Y.**, Brandenburg, A., et al. (2018, A&A):
- **Masada, Y.**, Takiwaki, T., Kotake, K. & Yamamoto, N. (2018, PRD):
- Kawanaka, N., & **Masada, Y.** (2019, ApJ):
- Matsumoto, J., & **Masada, Y.** (2019, MNRAS)
- **Masada, Y.**, Takiwaki, T., & Kotake, K. (2022, ApJ)
- Ishikawa, R.T., Nakata, M., Katsukawa, Y., **Masada, Y.**, & Riethmuller, T.L. (2022, A&A)
- **Masada, Y.**, & Sano, T. (2022, arXiv)
- Brandenburg, A., Elstner, D., **Masada, Y.**, & Pipin, V. (2023, Space Science Review)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9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 6件）

1. 著者名 Yokoi, N. ; Masada, Y. ; Takiwaki, T.	4. 巻 516
2. 論文標題 Modelling stellar convective transport with plumes - I. Non-equilibrium turbulence effect in double-averaging formulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 pp.2718-2735
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/mnras/stac1181	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 Brandenburg Axel, Elstner Detlef, Masada Youhei, Pipin Valery	4. 巻 219
2. 論文標題 Turbulent Processes and Mean-Field Dynamo	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Space Science Reviews	6. 最初と最後の頁 article id.55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11214-023-00999-3	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 Ishikawa Ryohtaroh T., Nakata Motoki, Katsukawa Yukio, Masada Youhei, Riethmüller Tino L.	4. 巻 658
2. 論文標題 Multi-scale deep learning for estimating horizontal velocity fields on the solar surface	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A142 ~ A142
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1051/0004-6361/202141743	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 Norita Kawanaka; Youhei Masada	4. 巻 881
2. 論文標題 Neutrino-dominated Accretion Flows with Magnetic Prandtl Number-dependent MRI-driven Turbulence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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） 10.3847/1538-4357/ab2e71	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 Jin Matsumoto; Youhei Masada	4. 巻 490
2. 論文標題 Propagation, cocoon formation, and resultant destabilization of relativistic jets	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 p.4271-4280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz2821	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 Bushby P. J., Kapyla P. J., Masada Y., Brandenburg A., Favier B., Guervilly C., Kapyla M. J.	4. 巻 612
2. 論文標題 Large-scale dynamos in rapidly rotating plane layer convection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 id.A97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201732066	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 Masada Youhei, Kotake Kei, Takiwaki Tomoya, Yamamoto Naoki	4. 巻 98
2. 論文標題 Chiral magnetohydrodynamic turbulence in core-collapse supernovae	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 id.083018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.083018	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 Masada Youhei, Takiwaki Tomoya, Kotake Kei	4. 巻 924
2. 論文標題 Convection and Dynamo in Newly Born Neutron Stars	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.75, 16pp
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac34f6	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 Masada, Y.; Sano, T.	4. 巻 2206.06566
2. 論文標題 Rotational Dependence of Large-scale Dynamo in Strongly-stratified Convection: What Causes It?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 arXiv	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) 10.48550/arXiv.2206.06566	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24件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Youhei MASADA
2. 発表標題 Modeling Convection and Transport in the Sun
3. 学会等名 IAU Symposium 365 "Dynamics of Solar and Stellar Convection Zones and Atmospheres" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Youhei MASADA
2. 発表標題 Modeling Convection and Transport in the Sun
3. 学会等名 AAPPS-DPP 2023 (Cross Disciplinary Session) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 政田洋平
2. 発表標題 天体プラズマ: 極限的な乱流状態における構造形成
3. 学会等名 第1回プラズマ・核融合夏の学校 2023 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 政田洋平, Bohla Panta
2. 発表標題 太陽粒状斑の統計的性質とその活動サイクル依存性- 衛星ビッグデータの画像処理による解析 -
3. 学会等名 第3回TREFOIL研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 政田洋平, 仲田資季, 本武陽一
2. 発表標題 太陽熱対流は局所駆動か?冷却駆動か?
3. 学会等名 統数研共同研究集会 兼 第4回TREFOIL研究会: 高次元非線形構造が紡ぎだす数理・情報・物理の融合研究
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 政田洋平, 仲田資季, 本武陽一
2. 発表標題 機械学習による天体内部熱対流モデルの検討
3. 学会等名 日本天文学会春季年会2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Masada, Y.
2. 発表標題 Solar and Stellar Dynamos : the linkage between MHD simulations and MF models
3. 学会等名 ISSI workshop - Solar and Stellar Dynamos: A New Era - (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masada, Y.
2. 発表標題 Magnetohydrodynamics with Swirling Flow : Spontaneous Order - From the Sun to Compact Objects -
3. 学会等名 Plasma Explosions in the Universe (PEU2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 政田洋平, 松本仁
2. 発表標題 太陽磁気活動の球殻平均場モデルの開発
3. 学会等名 第35回理論懇シンポジウム「理論天文学・宇宙物理学の広がり :さらなる発展に向けて」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masada, Y.
2. 発表標題 Spherical-shell Mean-field Solar Dynamo model based on a EMF extracted from DNS of Turbulent Convection
3. 学会等名 RIMS Satellite Seminar: Mathematical modeling of turbulent flows in astrophysical and geophysical phenomena (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Youhei Masada; Tomoya Takiwaki; Kei Kotake
2. 発表標題 Convection and Dynamo in Newly-born Neutron Stars
3. 学会等名 OCAMI研究集会:ヘリシティと時空対称性、古典場から量子場まで(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 政田洋平、滝脇知也、横井喜充
2. 発表標題 太陽熱対流の非局所性とその輸送ダイナミクスへの影響 : 理論モデルの検討
3. 学会等名 第37回 プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Youhei Masada
2. 発表標題 Mean-field Modeling of Large-scale Dynamo in Solar-like Strongly-stratified Convection - the Rossby number Dependence -
3. 学会等名 Space Climate 7 - The Future of Solar Activity- (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Youhei Masada
2. 発表標題 Spontaneous Formation of Large-scale Flow and Magnetic Fields in Proto-Neutron Stars
3. 学会等名 Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae (4M-COCOS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 政田洋平
2. 発表標題 太陽熱対流の非局所性: ブルームとエンTRAINメント
3. 学会等名 2019NINS 若手分野間連携プロジェクト キックオフ会合
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 政田洋平, 滝脇知也, 固武慶
2. 発表標題 原始中性子星における対流ダイナモと大局的磁場形成
3. 学会等名 日本天文学会 2019 秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 政田洋平, 滝脇知也, 固武慶, 仲田資季
2. 発表標題 原始中性子星における乱流・輸送・自発的構造形成
3. 学会等名 プラズマ核融合学会第 36 回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Youhei MASADA
2. 発表標題 The Evolution of Rotating and Magnetized Stars
3. 学会等名 DoS workshop (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 政田洋平, 松本仁
2. 発表標題 強密度成層下の乱流起電力を考慮した球殻平均場太陽ダイナモモデル
3. 学会等名 日本天文学会 2020 春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 政田洋平
2. 発表標題 太陽熱対流の非局所性とその輸送ダイナミクスへの影響
3. 学会等名 日本天文学会2019春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 政田洋平
2. 発表標題 太陽内部熱対流の非局所性に関する考察
3. 学会等名 プラズマ核融合学会第35回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 政田洋平
2. 発表標題 星の内部熱対流：その理解の太陽での検証と超新星への応用
3. 学会等名 CfCA User ' s Meeting 2018 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Youhei MASADA
2. 発表標題 Numerical simulations of solar magnetism: Organization of large-scale magnetic structure in turbulent stratified convection
3. 学会等名 12th International Conference on High Energy Density Laboratory Astrophysics (HEDLA) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Youhei MASADA
2. 発表標題 Evolution of the Solar/Stellar magnetism
3. 学会等名 International workshop on relations between solar evolution and atmospheric escape from terrestrial planets (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 編：福江純，沢武文，高橋真聡（政田は執筆者の一人として参加）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 恒星社恒星閣	5. 総ページ数 308
3. 書名 極・宇宙を解く 現代天文学演習	

〔産業財産権〕

〔その他〕

Plasma Astrophysics Laboratory プラズマ天体物理研究室（政田研） https://www.phyas.aichi-edu.ac.jp/~ymasada/ プラズマ天体物理研究室（政田研） http://www.phyas.aichi-edu.ac.jp/~ymasada/

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