

令和元年6月11日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2013～2017

課題番号：25220703

研究課題名(和文) 太陽コロナ・彩層加熱現象に迫る - ひので・IRIS・CLASPからSOLAR-Cへ

研究課題名(英文) Approach to understand the solar coronal and chromospheric heating --- from Hinode, IRIS & CLASP to SOLAR-C

研究代表者

常田 佐久 (Tsuneta, Saku)

国立天文台・大学共同利用機関等の部局等・台長

研究者番号：50188603

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 151,590,000円

研究成果の概要(和文)：太陽活動を支配するコロナ・遷移層・彩層の磁場が観測可能な新手法を、2機のNASA観測ロケット搭載装置の連続成功にて実証した。これにより、要となる量子原子偏光と量子ハンレ効果を発見確認し、遷移層・彩層の磁場ベクトルの情報を得ることに世界で初めて成功した。また、NASA IRIS衛星の分光観測と「ひので」の撮像観測の同時実施により、磁気流体波動の3次元的振る舞いを観測し、磁気共鳴吸収加熱の発見などの成果をあげた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

独創性の高い高精度紫外線偏光分光観測装置により、量子原子偏光と量子ハンレ効果の世界初確認に成功し、ゼーマン効果では困難なコロナ・遷移層・彩層の磁場観測を科学衛星で行う科学技術基盤を築いた。これにより、コロナ加熱や太陽フレアの発生や予報など、未解決課題の解明の端緒を開いた。太陽活動の高度文明に与える潜在的脅威の観点からも、社会的意義は高い。本研究の成果は、日本の次期太陽観測衛星のみならずNASAやESAの将来計画の企画立案に、科学と技術の両面で大きく貢献するであろう。

研究成果の概要(英文)：The innovative precision UV polarimeters CLASP1 and CLASP2 developed in this research and launched onboard two NASA sounding rockets discovered quantum atomic polarization and the quantum Hanle effect in the solar transition region and chromosphere for the first time. These confirmed quantum-mechanical phenomena provide us with new means to measure magnetic fields in the solar corona, transition region, and chromosphere. These magnetic fields have been very difficult to measure with the classical Zeeman effect alone. These new observation methods will facilitate new research, such as obtaining critical information about the propagation and dissipation of magnetohydrodynamic waves throughout the chromosphere/transition region all the way to the corona. These methods will also enable the identification of magnetic neutral points/lines, from which solar flares emanate, to better understand and predict solar activity which affects modern civilization and humanity.

研究分野：数物系科学、太陽物理学

キーワード：太陽活動 太陽フレア 彩層 コロナ 磁場 量子原子偏光 量子ハンレ効果 ゼーマン効果

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2006年に打ち上げられた日本の太陽観測衛星「ひので」の観測により、太陽物理学は新たな発展の時代に入りました。「ひので」により、超音速にまで加速されたジェット現象や磁気流体波動が光球・彩層のいたるところで発見された。彩層・遷移層が光球とコロナをつなぐ静的な中間層にすぎないという従来の認識は、これらの動的現象が彩層・コロナの加熱に深く関連しているのではないかと考えに変わった。彩層はコロナへの力学的なエネルギーの輸送を行っていることや、コロナに比べて約10倍の加熱エネルギーが彩層自身の維持に必要なことから重要で、「プラズマ圧優勢から磁気圧優勢に切り替わる彩層・遷移層の磁場構造とこれらの動的現象の同時観測こそが次の太陽物理のフロンティアである」との認識が、本研究のモチベーションであった。

2. 研究の目的

本研究では、次期太陽観測衛星により彩層・遷移層の磁場構造と動的現象の同時観測を実現するため、以下の2ステップにより、確実な科学的・技術的の目的をつけることを目的とした。

(1) 第1ステップ: 「ひので」では行えない彩層・遷移層の分光観測を行うNASA Interface Region Imaging Spectrograph(IRIS、2013年打上)と高解像度画像観測を行う「ひので」の2機の衛星で、同時刻に太陽面上の同一領域をポインティングし、「ひので」による天球面内の物質の動き(2次元)の情報とIRISによる速度情報(視線方向)を同時に取得し、彩層の磁場と物質の動きを3次元で捉え、彩層を伝搬する磁気流体波動モードの同定、そのエネルギー輸送量と散逸を明らかにする。

(2) 第2ステップ: 彩層とコロナの境界である遷移層が発するライマン線(121.6nm)の直線偏光(Stokes Q&U)を0.1%(3 σ)の偏光精度で計測する観測ロケット搭載装置 Chromospheric Lyman-Alpha SpectroPolarimeter (CLASP)の開発と打ち上げ・飛翔後のデータ解析を行う。これにより、「ひので」やIRIS、ましてや地上の観測施設からは行うことができない、高い空間分解能での彩層と遷移層の直線偏光度マップ、さらには量子力学的ハンレ効果を用いて磁場マップを得る。

3. 研究の方法

上述の各ステップを以下のように進めつつ、両者を相補的に組み合わせて本研究を進めた。

(1) 第1ステップ 彩層の3次元観測:

波動による彩層中のエネルギー輸送と散逸について知るには、まずその波動が音波的还是磁氣的か、後者なら圧縮波か非圧縮波かなど(以下波動のモードという)を観測的に同定することが重要であるが、観測の難しさのためこれまで全く行うことができなかった。これを、「ひので」の画像観測による天球面内の物質の動き(2次元)の情報とIRISの分光観測による視線方向の速度情報を組み合わせて研究するのが我々のアイデアである。このためには、NASAとJAXAが運用する2つの衛星を同時刻に太陽面上の同一領域をポインティングし波動の検出に最適な設定で観測を行う必要があるが、これは容易でない。2013年6月のIRIS衛星打上げ当初から、岡本らを米国スタンフォード-ロッキード研究所に断続的に派遣し、IRIS観測装置に精通するNASA側研究者との連携を図り、両衛星の機能を最大限に活かした観測を行った。この両衛星の協調観測の継続的実施により、波動のみならず多様な彩層現象において、光球からコロナに至るカップリングを理解するための良質なデータの蓄積を得ることができている。また2016年から、ミリ波の電波で彩層温度の高解像度観測ができるチリALMA望遠鏡を含めた共同観測も始め、磁場流体波と磁気リコネクションにて太陽大気が加熱される様子の把握にも取組んだ。

(2) 第2ステップ 観測ロケット実験による新しい磁場計測方法の開拓:

第1ステップでの研究は、磁場の観測なしに行うもので、いわば間接的証拠による研究である。磁気流体波のモードを同定しポインティングフラックスを求め散逸の有無を明らかにするには、磁場と速度場の両方を求める必要がある。ここで注意せねばならないのは、彩層下部は磁気圧よりプラズマ圧が優勢であるため、その波動の振る舞いは光球のそれに似ていると考えられ、磁気圧優勢の彩層上部・遷移層を観測する必要があることである。吸収線のゼーマン効果を利用して光球磁場を求める手法はすでに確立している一方、彩層より上層の大気では、温度が高く真空紫外線～遠紫外線の波長域での観測が必要であるのに加え、そこでのゼーマン効果による信号は弱すぎて使えないため、これまで全くと言われるほど磁場観測が行われてこなかった。

そこで本研究では量子力学的ハンレ効果を用いた磁場観測の新手法の開発を行う。このために、真空紫外線での偏光分光装置 Chromospheric Lyman-Alpha Spectro-Polarimeter(略称 CLASP)を開発し、NASAの観測ロケットによる打ち上げ実験を行う。要求される精度は、5分間の観測で0.1%(3 σ , photon-limit)である。そのミッションは、彩層上部・遷移層の発する真空紫外輝線での原子偏光(atomic polarization)の存在を確認すること[世界初]、同輝線にて磁場に

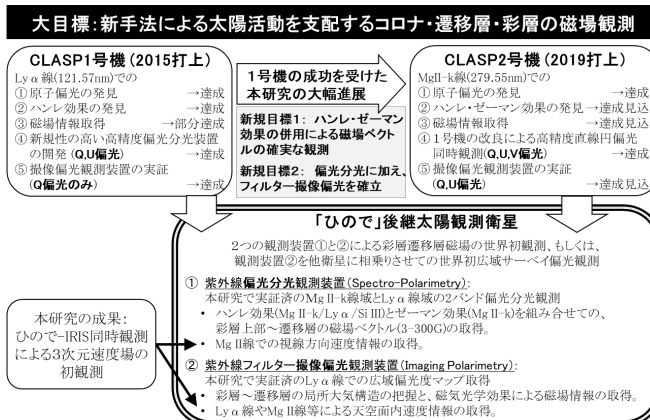


図1: 研究成果と今後の太陽観測衛星への指針。

よるハンレ効果の存在を確認すること[世界初]、そのハンレ効果により遷移層の磁場情報を得ること[世界初]であるが、このために、真空紫外のライマン輝線(121.6nm)で疑似偏光を確実に評価し、5分間の観測で偏光測定精度0.1%を達成する観測装置[世界初]の開発を行う。なお、CLASPは日米欧5カ国の国際共同プロジェクトであるが、観測装置の開発は、概念設計や真空紫外線での波長板・偏光アナライザーなどの基礎開発・詳細設計から日本が主導して進めた。

4. 研究成果

本研究で設定した性質の異なる2つの研究項目(ステップ)のいずれにおいても、顕著な成果が得られた。特に、米国等と協力しての観測ロケット実験の成功は世界的な注目を浴び、今後の太陽物理学を一新しうる成果を得た(国際会議講演45件、うち招待講演12件)。本研究は、ここに馳せ参じた若手研究者の献身的な努力(CLASP1号機のPIは鹿野良平、2号機のPIは石川遼子が務めた)により、当該分野におけるgame changerとなったと言っても過言でない。図1に、各ステップの研究成果とそこから導かれる今後の太陽観測衛星への指針の関連を図示し、以下の本文でそれらの詳細を述べる。

(1) 「ひので」・IRIS同時観測による彩層・遷移層・コロナのダイナミクス研究:

本研究で初めて可能となった「ひので」・IRISの戦略的協調観測の結果、「ひので」とIRIS衛星の両方で、プロミネンス(紅炎)内の同一の波動現象を観測し、「天球面内で波動の振幅が最大の位置で最大の視線速度を持つ」という、単純な描像では理解できない結果を得た(岡本, Antolinら2015, 論文)。さらに、「ひので」でプロミネンス(約1万度)の消失が観測された後、IRISにより高温成分(10万度以上)が出現する様子も捉えた。磁気流体数値計算の援用により、Antolin, 岡本ら(2015, 論文)は、この特徴的な動きは共鳴吸収のメカニズムで説明できることを指摘した。共鳴吸収とは、磁束管の大局的な振動の位相速度が、その場の局所的なアルフベン速度と一致したとき、振動のエネルギーが乱流を生成し加熱を引き起こす現象である。これは、磁気流体波動のエネルギーが、共鳴吸収により熱エネルギーへ変換する過程を捉えた重要な発見である。また、彩層構造に沿って伝播する磁気流体進行波を発見し(馬場, 東大修士論文, 本課題メンバーが指導)、光球から彩層へ伝播する磁気流体波で運ばれるエネルギーフラックス量の見積もりを行った(加納ら2016, 論文)。磁気流体波動に関するこれらの観測結果を理論・数値計算と比較することが重要であり、彩層でのアルフベン波の反射とモード変換過程の研究や、彩層・コロナ中のアルフベン波がどう観測されるか再現する数値計算(Antolinら2017, 論文)も、観測と並行して進めてきた。

さらに、本研究費により、IRIS研究の国内拠点としてのIRISデータ解析環境を国立天文台に整備するとともに、定期的な解析ワークショップの開催により国内での「ひので」・IRISデータの解析研究促進を図った。ステップ1に関する国際学会での招待講演は12件に達した。

(2) ハンレ効果を用いて彩層・遷移層の磁場を求める観測ロケット搭載装置CLASPの開発:

国際的にもこれまで全くと言えるほど彩層・遷移層の磁場観測が行われてこなかった学問分野の状況のなか、彩層とコロナの境界である遷移層が発するライマン線の直線偏光(Stokes-Q&U)を、0.1%(3)の偏光精度で計測する観測ロケット搭載装置の開発と打ち上げ・飛翔後のデータ解析を成功裡に行った。1号機の成功とその解析から浮かび上がった新たな科学課題の解決、装置性能の改良のための新たなアイデアの実証を目的として、CLASP2号機の開発と飛翔実験を、1号機のハードウェアをできるだけ活用する形で行った。2号機で設定した新たな目標は、以下の2点である:

1号機では原子偏光とハンレ効果の観測的検出に重点を置いたが、2号機では、磁気圧優勢の彩層上部で形成されるスペクトル線のなかで波長幅が狭い電離マグネシウム線(波長280nm)を使って、ハンレ効果とゼーマン効果を併用することにより、磁場ベクトルの確実な観測を行う。

1号機・2号機とも主観測装置はスリット偏光分光であるが、フィルター撮像により広域の2次元画像を得つつ、偏光変調の最適化についての新たなアイデアで、偏光度マップ(2次元)を取得する。

CLASP2号機は、その準備の全てを本課題研究期間中に完了させ、終了直後の2019年4月に米国NASA射場において打ち上げ実験を行った。現時点において取得データの解析中であるが、極めて良質のデータが得られており、目標を達成ないし達成見込みである。

CLASP観測装置の独創性: CLASPの観測装置開発では、1号機・2号機ともに、回折格子(仏国)・カメラ(米国)の提供を受けるなど、5カ国・12機関の協力を受けて、我々が主導して、光学設計・フライト品開発・機能性能検証を進めてきたが、本ステップの4つのミッション(研究方法に記載)を確実に達成するために考案したこの観測装置は、独創性と新規性に溢れており、その点について記述する。太陽からの放射量が絶対的に少ない真空紫外線領域で高い偏光精度を達成するには、光子雑音の低減のために高感度な観測装置が不可欠である。この波長域では光学素子の透過率が低く反射率も高くないため、最小の光学素子数で装置を構成する必要があり、成影ら(2015, 論文)は、回折格子からの+1次光と-1次光の2つの分散光を同等に使うことで、最小枚数でかつ完全対称な2つのチャンネルを持つ光学系を考案した。併せて、ライマン線波長に最適な高反射コーティングの開発も行った(成影ら2017, 論文)。この光学系がもつ等価な2チャンネルで直線偏光の直交2成分を同時計測することにより、太陽自身や観測指向変動による強度変化が生む疑似偏光を大幅に低減できるが、微小な偏光を検出するには、あらゆる要因を考慮した人為偏光の誤差バジェット評価も重要である。石川ら(2014, 論文)は、偏光計測での誤差要因を徹底して追求し、0.1%の偏光性能が達成できることを設計段階で示した。

CLASP 観測装置の光学調整や偏光性能の評価は、高い偏光性能要求と真空中で試験を行う必要性から、それ自身重要な研究テーマである。加えて、NASA の観測ロケットを用いる実験なので、打ち上げは米国内でかつ日時もほぼ確定しており、米国輸送後の出戻りは許されず、観測装置として高い完成度が必要であった。しかし、可視光で確認できる項目と真空紫外線でしか確認できない項目を選別し効率的な手順を編み出すこと(Giono ら 2014, 論文)で克服し、要求通りの結像性能を持つ観測装置を、ほぼ想定通りの期間とコストで完成させた。さらに、最も重要な偏光特性評価試験も、事前の入念な手順検討(石川ら 2014, 論文)によりほぼ想定通りに進めることができ、紫外線領域では未踏の 0.1%という高精度偏光分光観測が5分の観測時間で確実に入ることを確認した(Giono ら 2017, 論文)。これらの一連の試験は、勝川・石川らの指導の下でフランス人大学院生 Giono が行い、総研大博士論文にまとめた(論文)。

CLASP1号機の顕著な観測成果: CLASP 観測装置は、2015年春に日本で完成した後、米国 NASA マーシャル宇宙飛行センターおよびニューメキシコ州ホワイトサンズ発射場に順次輸送され、最終試験と打ち上げ準備作業が行われた。2015年9月3日(米国時間)に実施した打ち上げでは、偏光較正のための太陽中心観測の後、本飛翔の主目的である太陽リム近傍の静穏領域を約 240 秒間観測した。観測ロケットの飛翔・運用・指向安定も、観測装置の偏光変調・データ取得も申し分なく機能した。太陽中心で得た机上較正データから、目標偏光測定精度 0.1%を優に満たすことが確認でき、極めて質の高いライマン線の偏光スペクトルが取得できた[ミッションの達成]。得られた偏光プロフィールは、原子偏光モデル計算(Belluzzi et al. 2012, ApJ)と概ね一致し、真空紫外線での原子偏光の発生を世界で初めて観測的に発見した[ミッションの達成]。観測データは、(1)太陽の縁に近づくにつれて直線偏光の振幅が大きくなるという散乱偏光の基本的な性質(Center-to-limb variation)が、ハンレ効果に感度のあるライマン線中心では見られないことや、(2)直線偏光が 10~20 秒角で変動する複雑な空間構造を持っていることという、既存の偏光線輪郭形成モデルの予想(Stepan et al. 2015, ApJ)を超える様相を示している(鹿野ら 2017, 論文)。これらは、彩層・遷移層の複雑な空間構造による放射場の局所的な非等方性が、大局的傾向を打ち消すほど大きな偏光を生むためと考えられる(Trujillo Bueno et al. 2018, ApJ)。この複雑な偏光データから磁場由来の偏光(ハンレ効果)を取り出すために石川ら(2017, 論文)は、(i)ハンレ効果が働かないライマン輝線周辺部、(ii)50G 以下の磁場に対してハンレ効果が働くライマン輝線中心部、(iii)観測波長端で計測できたシリコン輝線(295G 以下の磁場に対してハンレ効果が働く)の3者の比較が有効なことを見出し、ハンレ効果を発見し 50G 程度の磁場を持つ観測的証拠を見つけた[ミッションの達成、部分的達成]。一方、ライマン線の撮像データ解析からも2編の論文(久保ら 2016, 論文; 石川ら 2017, 論文)が出版され、最終的な査読論文の数は9編に達する見込みである。なお、本研究課題のメンバーが筆頭著者となるのは9編の中の6編である。

1号機の成功を受けた本研究の大幅進展 2号機実験へ: ハンレ効果による磁場3成分の導出[ミッション]では、(1)原子偏光を生み出す放射場の影響を補正すること、(2)偏光データ中の磁場3成分の縮退(解の非一意性)を排除することの2つの課題が新たに浮かび上がってきた。これらの課題に目途がつけば、彩層からコロナに至る磁場診断の新しい手法として、今後の大きな発展が期待できる。課題(1)は、CLASP1号機のデータ解析と太陽大気モデルの検討とを組み合わせる引続き取り組む一方、課題(2)の解決のため、ライマン輝線と同様にコロナ底部にアクセスできる電離マグネシウム線(280nm)で偏光分光観測をする再飛翔実験 CLASP2号機の搭載装置の開発を進めた。CLASP2号機では、直線偏光に加えて円偏光を取得することで、磁場3成分の縮退の解決を行うこととし、そのための観測装置も、既存の CLASP1号機の観測装置に最小限の改造を施すだけで科学要求を満たすと判明した。2016年度初頭から開発が本格始動し、ほぼ予定通りの2018年10月に開発は完了した。本課題研究完了の2018年度末の時点で既に、NASA マーシャル宇宙飛行センターおよびホワイトサンズ発射場での試験も問題なく完了し、あとは2019年4月1日(米国時間)予定の打上げを待つだけの状態であった。太陽面上に適切な観測ターゲットがなかったために4月11日(米国時間)に延期されたものの、改めて申し分ない観測ロケットの飛翔・運用・指向安定の下で実施され、極めて高品質の電離マグネシウム線の偏光データの取得に成功した。予備的解析では活動領域においてゼーマン効果を示す円偏光が捉えられており、彩層上部の磁場情報取得[2号機新規目標]の達成が大いに見込まれる。また、観測領域を確認するための撮像装置で、撮像と共に行われたライマン線での撮像偏光観測の実験でも、CLASP1号機搭載の偏光分光装置で得られた散乱偏光と矛盾しない偏光変調データが取得できており、真空紫外線での撮像偏光装置という新たな手法の実証[2号機新規目標]も大いに見込まれる。CLASP2号機の観測データの解析はこれからであるが、偏光分光装置と撮像装置あわせて8編の科学成果、うち5編は本研究課題のメンバーが筆頭著者として解析が進んでいる。

(3)次期太陽観測衛星への指針(図1):

次期太陽観測衛星 SOLAR-C の科学目的は、「彩層・コロナの加熱現象・動的現象の解明」であり、そのためには光球~コロナの3次元磁場構造を明らかにする必要がある。しかし、彩層~遷移層~コロナの磁場強度は光球より格段に弱いので、ゼーマン効果による偏光信号が小さく、また彩層の激しい熱的・非熱的ドップラー運動によりその信号が掻き消されるため、これらの領域の磁場ベクトルの計測は著しい困難を伴っている。本研究による2機の観測ロケット実験の成功により、量子原子偏光と量子ハンレ効果の両方を発見確認することができ、まさに快挙と言える成果を挙げることができた。これ

により、ハンレ効果とゼーマン効果を併用した全く新しい磁場観測手法を実用化する見通しが得られた。具体的な衛星搭載装置の構成として、ライマン線と電離マグネシウム線での偏光分光観測を組み合わせた紫外線偏光分光観測装置(装置)とライマン線でのフィルター撮像偏光装置(装置)の組み合わせを、今後検討していく。すなわち、装置のスリットスキャンにより磁場ベクトルを求め、装置により広域の磁場情報を得る。これにより、磁気流体波動の伝搬・反射・散逸の観測や、磁気中性面の同定による太陽フレアのトリガー機構の解明や予報が可能となり、太陽物理学に画期的な展開をもたらすと思われる。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 4 件)

Antolin, P., Moortel, I. De, Doorselaere, T. Van, Yokoyama, T., Observational Signatures of Transverse Magnetohydrodynamic Waves and Associated Dynamic Instabilities in Coronal Flux Tubes, *ApJ*, vol.836, id.219, 2017, 査読有.

Ishikawa, S., Kubo, M., Katsukawa, Y., 他 8 名, CLASP/SJ Observations of Rapid Time Variations in the Ly Emission in a Solar Active Region, *ApJ*, vol.846, id.127, 2017, 査読有.

Ishikawa, R., Trujillo Bueno, J., 他 27 名(常田 5 番目, 勝川 10 番目), Indication of the Hanle Effect by Comparing the Scattering Polarization Observed by CLASP in the Lyman- and Si III 120.65 nm Lines, *ApJ*, vol.841, id.31, 2017, 査読有.

Kano, R., Trujillo Bueno, J., Winebarger, A., 他 25 名(常田 17 番目, 勝川 9 番目), Discovery of Scattering Polarization in the Hydrogen Ly Line of the Solar Disk Radiation, *ApJL*, vol.839, id.L10, 2017, 査読有.

Narukage, N., Kubo, M., Ishikawa, R., 他 13 名(常田 10 番目, 勝川 5 番目), High-reflectivity coatings for vacuum ultraviolet spectropolarimeter, *Solar Physics*, vol.292, id.40, 2017, 査読有.

Giono, G., Ishikawa, R., Narukage, N., 他 25 名(常田 16 番目, 勝川 5 番目), Polarization Calibration of the Chromospheric Lyman-Alpha SpectroPolarimeter for a 0.1% Polarization Sensitivity in the VUV Range. Part II : In-flight Calibration, *Solar Physics*, vol.292, id.57, 2017, 査読有.

Kanoh Ryuichi, Shimizu, T., Imada, S., Hinode and IRIS Observations of the Magnetohydrodynamic Waves Propagating from the Photosphere to the Chromosphere in a Sunspot, *ApJ*, vol.831, id.24, 2016, 査読有.

Kubo, M., Katsukawa, Y., Suematsu, Y., 他 25 名(常田 10 番目), Discovery of Ubiquitous Fast-Propagating Intensity Disturbances by the Chromospheric Lyman Alpha Spectropolarimeter (CLASP), *ApJ*, vol.832, id.141, 2016, 査読有.

Giono, G., Ishikawa, R., Narukage, N., 他 11 名(勝川 5 番目), Polarization Calibration of the Chromospheric Lyman-Alpha SpectroPolarimeter for a 0.1% Polarization Sensitivity in the VUV Range. Part I: Pre-flight Calibration, *Solar Physics*, vol.291, pp.3831-3867, 2016, 査読有.

Giono, G., Novel instrumentation to reach the 0.1% polarization accuracy for the Chromospheric Lyman-Alpha Spectro-Polarimeter, 総合研究大・博士論文, 2016, 査読有.

Antolin, P., Okamoto, T. J., De Pontieu, B., Uitenbroek, H., Van Doorselaere, T., Yokoyama, T., Resonant Absorption of Transverse Oscillations and Associated Heating in a Solar Prominence. II. Numerical Aspects, *ApJ*, vol.809, id.72, 2015, 査読有.

Okamoto, T. J., Antolin, P., De Pontieu, B., Uitenbroek, H., Van Doorselaere, T., Yokoyama, T., Resonant Absorption of Transverse Oscillations and Associated Heating in a Solar Prominence. I. Observational Aspects, *ApJ*, vol.809, id.71 2015, 査読有.

Narukage, N., Auchere, F., Ishikawa, R., Kano, R., Tsuneta, S., Winebarger, A. R., Kobayashi, K., Vacuum ultraviolet spectropolarimeter design for precise polarization measurements, *Applied Optics*, vol.54, pp.2080-2084, 2015, 査読有.

Ishikawa, R., Narukage, N., Kubo, M., Ishikawa, S., Kano, R., Tsuneta, S., Strategy for Realizing High-Precision VUV Spectro-Polarimeter, *Solar Physics*, vol.289, pp.4727-4747, 2014, 査読有.

[学会発表] (計 1 6 4 件)

Toriumi, S., Dynamics of Flux Emergence: Combining IRIS with Other Observations, Modeling, and New Capabilities, IRIS-9 Workshop, 2018, 招待講演.

Okamoto, J., et al., The CLASP2 Experiment and the Observing Plans with IRIS and Hinode, HINODE-12 The Many Suns, 2018, 招待講演.

Ishikawa, R., et al., The chromosphere and transition region as seen with CLASP, IRIS-6: The Chromosphere, 2016, 招待講演.

Okamoto, J., Resonant Absorption in the Solar Atmosphere, Dynamic Sun I. MHD Waves and Confined Transients in the Magnetized Atmosphere, 2016, 招待講演.

Ishikawa, R., et al., Initial Results of Chromospheric Lyman-Alpha Spectro-Polarimeter (CLASP), Asia-Pacific Solar Physics Meeting (APSPM), 2015, 招待講演.

Kano, R., et al., Chromospheric Lyman-Alpha Spectro-Polarimeter (CLASP), 9th Hinode Science Meeting, 2015, 招待講演.

Ishikawa, R., et al., CLASP: a UV spectropolarimeter on a sounding rocket for probing the

chromosphere-corona transition region, IAU General Assembly 29, 2015, 招待講演.
Okamoto, J., Atmospheric dynamics/heating from coordinated IRIS/Hinode/SDO observations, IRIS 4 Workshop, 2015, 招待講演.
Okamoto, J., et al, IRIS-Hinode Collaborative Observations of Oscillating Prominences and Discovery of Resonant Absorption, LWS/Hinode/IRIS Workshop, 2014, 招待講演.
Okamoto J., Waves and Oscillations in Prominences, Coupling and Dynamics of the Solar Atmosphere, 2014, 招待講演.

〔その他〕

(1) 受賞

常田佐久: 日本学士院賞(2019年)
石川遼子: 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞(2018年)
鹿野良平: 宇宙科学研究所賞(2018年)
勝川行雄: 自然科学研究機構若手研究者賞(2017年)
岡本文典: 公益財団法人宇宙科学振興会 宇宙科学奨励賞(2017年)

(2) Webによる情報発信

本基盤研究(S)に関するホームページ: <http://hinode.nao.ac.jp/KakenS/>
国立天文台ひので・ひので最新ニュース: <http://hinode.nao.ac.jp/news/>

(3) 新聞掲載: しんぶん赤旗 2015/10/1、日刊工業新聞 2015/8/26、岩手日日新聞 2015/8/25

(4) パンフレット

国立天文台ニュース 2017/8、研究トピックス「太陽観測ロケット実験CLASP」の成果
ISASニュース 2016/2、宇宙科学最前線「ひので」・彩層・波、そしてコロナ加熱
国立天文台ニュース 2016/1、特集 CLASP観測成功!-未知の太陽彩層磁場の計測に挑む-
ISASニュース 2015/10、太陽観測ロケット実験CLASPの打上げ成功

(5) 公開行事

中央区郷土天文館講演会 2017/11/12、太陽について分かったことと太陽観測の今
国立天文台・特別公開講演会 2017/10/14、宇宙から観る熱い太陽コロナの姿
国立天文台・科学記者のための天文学レクチャー 2017/7/25、磁場観測から太陽コロナの謎に迫る～太陽研究の現状と展望～
記者説明会(国立天文台/JAXA宇宙科学研究所/名古屋大学/NASA) 2015/8/24、日米太陽観測衛星「ひので」IRISの共演:太陽コロナ加熱メカニズムの観測的証拠を初めて捉えたアストロミーパブ 2015/3/14、「ひので」のその先へ-太陽の彩層磁場を測る「CLASP」-
第6回機構長プレス懇談会(自然科学研究機構) 2015/1/30、光を測る 観測ロケット実験CLASP - 太陽からの微弱な偏光を捉えろ! -

(6) テレビ放映

NHK BS コズミック フロント NEXT 5min. 2017/9/9、「チャンスは5分!太陽の謎に挑め」
NHK総合 ニュース 2015/4/22 9:00～、5分間の宇宙飛行で太陽を観測

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 勝川 行雄
ローマ字氏名: (KATSUKAWA, Yukio)
所属研究機関名: 国立天文台
部局名: 太陽観測科学プロジェクト
職名: 准教授
研究者番号(8桁): 00399289

(2) 研究協力者

研究協力者氏名:

鹿野 良平、久保 雅仁、石川 遼子、坂東 貴政、成影 典之、岡本 文典、後藤 基志、
原 弘久、坂尾 太郎、石川 真之介、末松 芳法、今田 晋亮、加藤 成晃、飯田 佑輔、
Giono, Gabriel、吉田 正樹、宋 東郁、Trujillo Bueno, Javier、木挽 俊彦、De Pontieu, Bart、
Antolin, Patrick、Lee, Kyoung-Sun、鄭 祥子、河野 隼也、Carlsson, Mats、Leenaarts, Jorrit、
Pereira, Tiago

ローマ字氏名:

KANO, Ryouhei、KUBO, Masahito、ISHIKAWA, Ryohko、BANDO, Takamasa、NARUKAGE, Noriyuki、OKAMOTO, Takenori、GOTO, Motoshi、HARA, Hirohisa、SAKAO, Taro、ISHIKAWA, Shinnosuke、SUEMATSU, Yoshinori、IMADA, Shinsuke、KATO, Yoshiaki、IIDA, Yusuke、GIONO, Gabriel、YOSHIDA, Masaki、SONG, Donguk、TRUJILLO BUENO, Javier、KOBICI, Toshihiko、DE PONTIEU, Bart、ANTOLIN, Patrick、LEE, Kyoung-Sun、TEI, Akiko、KONO, Shunya、CARLSSON, Mats、LEENAARTS, Jorrit、PEREIRA, Tiago

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。