

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：62616

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05894

研究課題名（和文）次世代超大型光学赤外線望遠鏡TMTと高分散分光器による宇宙の加速膨張の直接検証

研究課題名（英文）Direct Detection of Cosmic Acceleration by TMT &amp; High Dispersion Spectrograph

研究代表者

臼田 知史（Usuda, Tomonori）

国立天文台・TMTプロジェクト・教授

研究者番号：10311177

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 58,300,000円

研究成果の概要（和文）：光コムと組み合わせたTMTの高分散分光器によって、宇宙の加速膨張を直接検証することを目指し、装置開発と理論的な考察を進めた。波長校正技術に関しては、堅牢性に優れ、長期稼働に実績のあるファイバレーザーを基に、可視光波長域の約60%をカバーする世界で最も広い帯域の光コムの開発に成功した。岡山188cm望遠鏡の高分散分光器に搭載し分光スペクトルの取得および長時間の稼働試験にも成功した。理論的検討においては、赤方偏移の時間変化の測定に付随する系統誤差に関して、銀河系による特異加速度の効果が支配的であるが、大マゼラン雲とM31の効果も赤方偏移の時間変化の測定においては無視できないことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

宇宙の加速膨張を引き起こす未知のダークエネルギーの正体は何か？と言った究極的な疑問に答えるべく、天文学だけでなく、理論物理学、応用光学・量子光工学分野と連携することにより、本研究では新しい分野の研究の展開に向けた準備という重要な位置づけを担った。将来のTMTによる長期にわたる安定した高精度高分散観測を実現することで展開される新しい天文学の発展は計り知れないものがある。物理定数が時間的に変化しているのかに答えることは、物理学全体にインパクトを与える。これまでの天文学の枠組みを超え、天文学に革命的なパラダイムシフトを引き起こすばかりでなく、社会に絶大なインパクトを与える課題であることは間違いない。

研究成果の概要（英文）：With an aim to directly detect the Cosmic Acceleration by TMT's very high dispersion spectrograph in collaboration with Astro-Comb, research & development of instruments and theoretical studies were performed. For accurate wavelength calibration, we succeeded in developing the world's widest Astro comb which can cover 60% of the optical wavelength, using a fiber laser that has excellent robustness with a proven track record in a long-term operation. The Astro comb system was installed on the high-dispersion spectrograph of the Okayama 188cm telescope, successfully producing the spectrum and standing a long-time continuous operation. In the theoretical study, we calculate the acceleration of the Solar System with respect to the Local Group of galaxies to quantify changes in the measured redshift due to local motion. We find that accelerations due to Large Magellanic Cloud and M31 cannot be ignored depending on lines of sight, while acceleration towards the Galactic Center dominates.

研究分野：観測天文学

キーワード：光学赤外線天文学 応用光学・量子光工学 光コム 宇宙物理

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

## 1. 研究開始当初の背景

本研究で目指す以下の3つの科学目標を実現するためには超高波長分解能の実現がキーとなる。長期に安定した高精度高分散観測を実現するために、これまで以上の高い波長較正精度が求められ、光周波数コム（光コム）と呼ばれる高精度波長較正装置の開発が重要になる。

(1)「宇宙の加速膨張の直接測定」：現在有力な宇宙の加速膨張の証拠は、Ia型超新星の見かけの明るさを標準光源として用いる間接的なものであり、加速膨張の起源を解明する上でも、宇宙が本当に加速膨張しているかどうかの直接検証は非常に重要である。赤方偏移の時間変化を測定し（Sandage-Loeb効果）、時間的に増加（減少）すれば加速膨張（減速膨張）していることの直接的な証拠になる。この結論は重力理論やダークエネルギーモデル等の理論モデルに依らない上、その加速度の時間変化の測定はダークエネルギーの性質に大きな制限を与える。

(2)「物理定数（微細構造定数、陽子・電子質量比）の時間変化に対する制限」：重力を含む4つの力の統一理論として有望な「超弦理論」等の高次元の理論によると、物理定数は高次元空間の大きさに依存し、一般には時間空間の関数になる。したがって、物理定数の時間・空間変化への制限が統一理論の構築・棄却に大きな役割を果たしうる。本研究では、微細構造定数と陽子・電子の質量比に注目し、これまでより一桁以上強い制限をつけることを目指す。

(3)「銀河間物質（IGM）の3次元構造の解明」：吸収線解析に用いる背景光源の数密度を遠方銀河を背景光源とすることで飛躍的に増加することで、過去最高の空間分解能（ $\sim 1h^{-1}$  Mpc）でIGMの3次元構造を視覚化することができる。IGMのクラスタリングスケールは晴れ上がり時の密度揺らぎに起源を持ち、宇宙論パラメーターに制限を与える。

**光周波数コム（光コム）の開発**：光コム自体は $1\text{ cm s}^{-1}$ 以下の高い精度を持つが、現時点で実際の観測での測定精度を決めているのはコム・モードの切り出しの影響や分光器への光コム光の結合に伴うミスアライメント等である。本研究において、安定かつ高い分解能を持つ光コムシステムを開発する。光コムで発生させた波長校正用の光は、分光器を通して天体と同様に観測することによって用いることができ、分光器と組み合わせた総合性能の評価が必要である。

**本研究の特色、独創的な点、領域内での結合**：本研究は、最終的に全く新しい分野の研究の展開に向けての着実な準備という重要な位置づけを担う。ダークエネルギーへの制限は、B02、B03が与える制限と併せることでその時間変化にも制限を与える。A01、A02、A03における理論的検討とD01が開発する究極的物理解析ツールによる検討は、本研究における観測的検討と相補的である。物理定数の時間変化に対する精密な制限は物理学全体にインパクトを与える。

## 2. 研究の目的

2030年代に本格稼働する次世代超大型望遠鏡TMTを用いることによって実現可能となる、

(1)「宇宙の加速膨張の直接測定」のための科学的・技術的検討を行う。宇宙（のスケール因子 $a(t)$ ）が実際に加速的に膨張（ $d^2a(t)/dt^2 > 0$ ）しているという直接的な観測は未だ実現されていない。TMTの大集光力を活かして多数の遠方天体の超高分散分光観測を行い、その吸収線の赤方偏移の10年にわたる経年変化を超精密に測定する。赤方偏移の変化量は10年で $10^{-9}$ 程度（速度に換算して $6\text{ cm s}^{-1}$ ）という非常に小さなものであり、TMTによる高波長分解能観測が必要である。赤方偏移の時間変化は重力理論やダークエネルギーに一切依存しないクリーンな手法であり、時間変化の赤方偏移依存性を測定することによりダークエネルギーの正体にも迫ることができる。また、この超高分散分光観測から同時に、(2)「物理定数（微細構造定数、陽子・電子質量比）の時間変化に対する制限」、およびその応用として高空間密度で多視線分光観測することにより、(3)「銀河間物質の3次元構造の解明」、というこれまで不可能だった天文学を実現する。これらはいずれも、現在の望遠鏡では技術的に実現が難しいものであるが、TMTでは十分可能であり、これらを軸に今後展開される新しい天文学の発展は計り知れないものがある。これまでの天文学の枠組みを超え、天文学に革命的なパラダイムシフトを引き起こすばかりでなく、社会に絶大なインパクトを与える課題であることは間違いない。3つのサイエンスゴールに共通する超高分散分光観測の実現のために必須である「光コム」を開発し、望遠鏡の高分散分光器と合わせた全体性能の評価と、天文観測における波長測定精度向上を確認するための試験観測を実施し、TMTでの本格的な宇宙論研究の手法を確立する。

## 3. 研究の方法

本研究の3つの科学目標を実現するための主要項目として以下の4つが挙げられる。

(A) これまで提案されてきた吸収線系について、水素ガスの速度等の銀河の重力場の影響を考慮し、赤方偏移測定系の系統誤差の評価と理論予測の不定性の検討を行う。

(B) 赤方偏移の時間変化の測定に最適な観測方法について検討し、装置に対する要求、最適な観測設定の検討を行う。中性水素の吸収線に加えて金属吸収線を用いる手法、吸収線を検出するための背景光源として、従来のキューサーに加えて遠方銀河を用いる手法を確立する。また、微細構造定数と陽子・電子質量比の時間変化の制限について観測候補天体の検討を行う。

(C) 堅牢性、高速制御性に優れたエルビウム添加光ファイバベースの光コム、可視～近赤外領域の波長安定化レーザー、光コム切り出し共振器、そして可視光発生部からなる光コムシステムの設計・製作を行う。産業技術総合研究所（産総研）において、モード同期ファイバレーザー、光共振器系、および波長安定化レーザーを製作する。電気通信大学（電通大）で開発する広帯域光源発生技術と組み合わせ、光コムとしての動作を産総研で確認する。動作チェック

後は、高い繰り返し周波数の光コム発生、様々な基準レーザーの波長、および分光器への光コム光の結合について、実際、望遠鏡に搭載し最適化・改善を行う。試験観測を行いつつ TMT に導入すべき次の光コムシステムの仕様について、高分散分光器の仕様とともに検討する。

(D) 開発した光コムを、国立天文台の岡山 188cm 望遠鏡の高分散分光器 HIDES-F に搭載し、スペクトルを取得し、装置としての性能評価を行う。次にマウナケア（標高 4200m）のすばる望遠鏡の HDS に搭載し、性能評価を実施した上で、天体観測により、測定精度の確認およびそれを通じた観測手法の確立、データ解析の手法や技術を確認する。

#### 4. 研究成果

(1) 産総研では、天体の視線速度を観測する高分散分光器の精度向上の鍵である波長標準として、スペクトルの輝線間隔を高分散分光器に最適化した光コムを開発した。堅牢性に優れ、長期稼働に実績のある Er ファイバレーザーを基に、精密粗調可能な光共振器、可視広帯域光発生法、およびレーザー・光共振器の自動安定化回復機構を新規開発することにより、最終的に利用可能波長範囲 350-405, 456-540, 667-864 nm を達成した。これは **可視波長域の約 60% に達し、世界で最も広い帯域**である。視線速度精度に影響するスペクトルのコントラストを CW レーザーとのビート信号測定などによって評価し、高分散分光器の波長校正に十分な 40 dB を確認した。また、ファイバ光学系のほとんどを偏波保持化したことで、顕著なスペクトル変化は長時間現れない。さらに、**光共振器長の安定化に波長安定化レーザーを用いることで装置再現性を簡便にするなど、長期間運用していくことを前提にしたシステムが完成**した。2019 年 7 月には、光コムシステムを岡山 188cm 望遠鏡 HIDES-F に搭載し、スペクトルの取得および長時間の稼働試験を行った（図 1）。現状、約 1 ヶ月の連続運転には十分耐えられることを確認しており、光コムシステムからの光の分光器への結合法、および高い視線速度精度を得るための解析法について検討を進め、従来の波長標準を凌ぐ  $1 \text{ m s}^{-1}$  以下の視線速度精度を目指している。今後は、ハワイ・マウナケア山頂の状況を確認し、すばる望遠鏡の HDS への搭載および試験を計画している。



図 1 岡山に設置された光コムシステム（左）。スペクトルの一部（波長 450~500 nm：右）

(2) 電通大では、産総研が開発した光コムの更なる改善を目指し、非線形光学効果に基づいた高効率な可視光発生に有利な波長  $1 \mu\text{m}$  帯を発生するモード同期 Yb ドープ・ファイバレーザー (YDF) をベースとした光コムを開発した。波長校正においては、分光器で波長分解可能なコムモード間隔の広い高繰り返しコム光源が必要とされる。光共振器におけるモードフィルタリングを用いる場合においても、残留モードを低減化して高精度な波長校正を実現するためには元となるコム・レーザー自身を高繰り返し化することが有効である。これは、将来的に更なる観測の高精度性能を生かすためにも重要な基盤技術となる。そこで、YDF において高繰り返しモード同期レーザーを開発し、**レーザー共振器直接出力で制御されたファイバコムとして、世界的に最高繰り返しとなる 750 MHz の Yb ファイバコムを実現**した。励起光源を高度化して高出力化を行い、レーザー共振器直接出力として平均出力 700 mW を実現した。その出力をテーパされたフォトニック結晶ファイバに入力し、**波長 600~1200 nm をカバーする広帯域光出力を得ることができた**（図 2）。更なる非線形光学効果による広帯域光発生のためには高出力化が必要となるが、光コムにおいては、周波数モードの位相精度を保ったままの光増幅技術が必要となる。レーザー共振器からの有効な直接出力 640 mW を分岐し、光コムの位相制御のために 600 mW を用いた残りの 40 mW 出力をシード光として、YDF を用いた 2 段光増幅器を作製した。各段における入力パルスのチャープ特性と光ファイバの分散最適化を行った結果、安定な出力 10 W を得ることができ、RF コムが明瞭に検出されて光コムとしての性能を保ったままの高出力増幅が確認された。同時に、パルス圧縮の最適化により、ペDESTAL の少ないクリーンなサブ 100 fs の超短パルスが得られ、**フォトニック結晶ファイバを用いて可視光から近赤外域に及ぶ広帯域光発生（波長 400~1300 nm）を確認した**（図 2）。さらに、高繰り返し Yb ファイバコムの共振器内に剛性を高めた piezo 素子を組み込むことによって安定な高速制御を実現し、モードの低ノイズ化を実現

した。高繰り返しファイバコムにおける高速制御は、本研究が世界初の実証である。高出力化は光共振器安定化信号の高強度化による安定性向上に寄与し、低ノイズ化は制御のロバスト性に資するため、長期安定な光コム技術に欠かせない。さらに、過酷な環境下において長期安定動作のために、波長  $1.5\mu\text{m}$  帯の Er ファイバコムのモードフィルタリングにおいて、全ファイバ構成の光共振器を開発した。その結果、全ファイバ構成の光共振器で世界的に最高となる 21 倍の増倍率を実現して GHz 帯の繰り返し周波数を達成した。同時に、低損失の融着ファイバを導入して共振器のフィネスを高め、ファイバ共振器として極めて高い 30 dB のサイドモード抑圧比を達成した。また、共振器長のフィードバック制御による安定化を実現し、環境変動に対する長期安定性の向上を実証した。

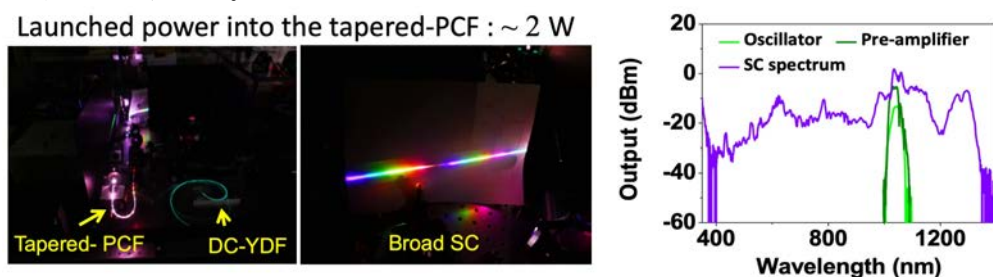


図2 Tapered フォトニック結晶ファイバで広帯域された YDF による光コムのスペクトル

(3) 日本大学では、赤方偏移( $z$ )の時間変化の測定に付随する系統誤差に関して、2つの効果を検討した。一つは密度揺らぎによる時空の非一様性の影響である。揺らぎによる特異加速度の効果が最も大きい、効果は  $z < 1.5$  で 5%程度、 $z > 3$  で 3%以下であることが分かった。もう一つは大マゼラン星雲(LMC)の重力の効果による特異加速度である。D01 班が開発したシミュレーションツールを用い、銀河系、大マゼラン雲(LMC)、及び M31 によって引き起こされる特異加速度を計算した。その結果、銀河系の効果が支配的であるが、LMC の効果も赤方偏移の時間変化の測定においては無視できないことが分かった。本研究は、2018年2月に開催された第2回加速宇宙シンポジウムの際に小松英一郎氏(計画研究 D01 代表)と議論したことがきっかけとなって得られたもので、本新学術領域無くしては得られなかった成果である。また、プランク衛星による温度揺らぎのデータと BAO のデータをもとに、重力定数の時間変化の新しい制限(0.2%以下)を与えた。これは計画研究 A03 の杉山氏と市来氏との共同研究である。また、回転する輻射流体の重力崩壊におけるブラックホール形成の数値計算の結果をもとに、原始ブラックホールの角運動量分布関数を求めた。原始ブラックホールはほとんど回転しない(Kerr パラメーターにしてせいぜい  $a < 0.4$  程度)ことがわかった。これは計画研究 A01 の横山氏との共同研究である。その他、プランク衛星による宇宙背景放射の揺らぎの解析から決定された密度揺らぎのスペクトル指数を再現する  $f(R)$  重力インフレーションモデルの分類を行った。その結果、可能な関数形は曲率スカラー  $R$  が大きい極限ではすべて  $R^2$  (すなわちスタロピンスキーモデル)に漸近することが分かった。また、非共形(disformal)変換のもとでの宇宙論的な観測量の不変性について議論した。これまでの主張とは異なり、角径距離と光度距離の関係(distance duality relation)は変更を受けないことが分かった。本研究は計画研究 A01 の山口氏との共同研究である。

(4) 信州大学では、3つの科学目標について、TMT を用いた観測計画を立案すると共に、既存の望遠鏡を用いた予備調査を行い、その実現可能性について詳細に検討を行った。「宇宙の加速膨張の直接測定」および「物理定数の時間変化に対する制限」については、極めて高い波長測定精度(数  $\text{cm s}^{-1}$ )が求められる。既存の観測技術の限界を評価すべく、すばる望遠鏡の高分散分光器 HDS を用いた 10 年以上にわたるキューサー吸収線のモニター観測から速度測定精度は数  $\text{km s}^{-1}$  程度であり、波長校正のゆがみによる系統誤差が支配的であることを確認した。つまり既存の分光器を TMT に搭載しても、測定精度の向上は期待できず、本研究で開発した光コムによる系統誤差の飛躍的な抑制が不可欠である。一方、統計誤差についても同程度以上に抑え込む必要がある。現実的な観測計画を立てるにあたり、10万本を超える疑似スペクトルを作成し、様々なパラメータに対する波長測定精度の依存性を評価した。実在するキューサー30天体を観測対象として考慮に入れた結果、20年におよぶ観測を50年の間隔をあけて2回行うことで、理論的に予想される加速膨張による速度変化( $\Delta v / \Delta t \sim -0.3 \text{ cm s}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  at  $z=3$ )の検出が可能であるという結果を得た。同様な計画を推進している欧州南天天文台の超大型望遠鏡 E-ELT による結果と比較することにより、結果はより強固なものとなる。「銀河間物質の3次元構造の解明」については、TMT の稼働によって暗い銀河の観測も可能になるため、小スケールでの解析手法を確立しておくことは重要である。そこで、視線間距離が数 kpc スケール以下である重力レンズキューサー像を用い、IGM および銀河周辺ガス(CGM)に対する多視線分光観測を行った。その結果、IGM/CGM の相関距離はガスの電離状態に強く依存し、複雑な内部構造を有することを確認した。中性水素ガスのみで進められている IGM の3次元構造の解明に、重元素ガスが主に小スケールで相補的な役割を果たすことを確認した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 27件／うち国際共著 15件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Keisuke Nakamura, Sho Okubo, Malte Schramm, Ken Kashiwagi, Hajime Inaba	4. 巻 10
2. 論文標題 Offset-free all-fiber frequency comb with an acousto-optic modulator and two f-2f interferometers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 1~4
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 -
1. 著者名 Okubo Sho, Onae Atsushi, Nakamura Keisuke, Udem Thomas, Inaba Hajime	4. 巻 5
2. 論文標題 Offset-free optical frequency comb self-referencing with an f-2f interferometer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optica	6. 最初と最後の頁 188~188
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OPTICA.5.000188	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 Xu Bo, Yasui Hideaki, Nakajima Yoshiaki, Ma Yuxuan, Zhang Zhigang, Minoshima Kaoru	4. 巻 25
2. 論文標題 Fully stabilized 750-MHz Yb: fiber frequency comb	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 11910~11910
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OE.25.011910	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 Nishiyama Akiko, Yoshida Satoru, Hariki Takuya, Nakajima Yoshiaki, Minoshima Kaoru	4. 巻 25
2. 論文標題 Sensitivity improvement of dual-comb spectroscopy using mode-filtering technique	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 31730~31730
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OE.25.031730	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 Nakajima Yoshiaki, Nishiyama Akiko, Minoshima Kaoru	4. 巻 26
2. 論文標題 Mode-filtering technique based on all-fiber-based external cavity for fiber-based optical frequency comb	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 4656 ~ 4656
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.26.004656	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 Chiba Takeshi, Yokoyama Shuichiro	4. 巻 2017
2. 論文標題 Spin distribution of primordial black holes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	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) 10.1093/ptep/ptx087	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 Ooba Junpei, Ichiki Kiyotomo, Chiba Takeshi, Sugiyama Naoshi	4. 巻 2017
2. 論文標題 Cosmological constraints on scalar-tensor gravity and the variation of the gravitational constant	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptx046	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 Misawa Toru, Inada Naohisa, Oguri Masamune, Charlton Jane C., Eracleous Michael, Koyamada Suzuka, Itoh Daisuke	4. 巻 854
2. 論文標題 Spectroscopic Observations of the Outflowing Wind in the Lensed Quasar SDSS J1001+5027	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 69 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaa66e	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 Koyamada Suzuka, Misawa Toru, Inada Naohisa, Oguri Masamune, Kashikawa Nobunari, Okoshi Katsuya	4. 巻 851
2. 論文標題 Resolving the Internal Structure of Circumgalactic Medium Using Gravitationally Lensed Quasars	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 88 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa9a3a	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 Miyazaki Satoshi, Komiyama Yutaka, Kawanomoto Satoshi, Doi Yoshiyuki, Furusawa Hisanori, Hamana Takashi, Hayashi Yusuke, Ikeda Hiroyuki, Kamata Yukiko, Karoji Hiroshi, ..., Usuda Tomonori et al.	4. 巻 70
2. 論文標題 Hyper Suprime-Cam: System design and verification of image quality	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1 ~ 25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx063	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 Aihara Hiroaki, Arimoto Nobuo, Armstrong Robert, Arnouts Stoeplane, Bahcall Neta A, Bickerton Steven, Bosch James, Bundy Kevin, Capak Peter L, Chan James H H, Chiba Masashi..., Usuda Tomonori et al.	4. 巻 70
2. 論文標題 The Hyper Suprime-Cam SSP Survey: Overview and survey design	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx066	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 Aihara Hiroaki, Armstrong Robert, Bickerton Steven, Bosch James, Coupon Jean, Furusawa Hisanori, Hayashi Yusuke, Ikeda Hiroyuki, Kamata Yukiko, Karoji Hiroshi, Kawanomoto Satoshi, ..., Usuda Tomonori et al.	4. 巻 70
2. 論文標題 First data release of the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1 ~ 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx081	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 Chiba Takeshi, Kimura Masashi	4. 巻 2017
2. 論文標題 A note on geodesics in the Hayward metric	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptx037	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 Ooba Junpei, Ichiki Kiyotomo, Chiba Takeshi, Sugiyama Naoshi	4. 巻 93
2. 論文標題 Planck constraints on scalar-tensor cosmology and the variation of the gravitational constant	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.93.122002	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 Misawa Toru, Saez Cristian, Charlton Jane C., Eracleous Michael, Chartas George, Bauer Franz E., Inada Naohisa, Uchiyama Hisakazu	4. 巻 825
2. 論文標題 MULTI-SIGHTLINE OBSERVATION OF NARROW ABSORPTION LINES IN LENSED QUASAR SDSS J1029+2623	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 25~25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/0004-637X/825/1/25	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 Utsumi Yousuke, Geller Margaret J., Dell'Antonio Ian P., Kamata Yukiko, Kawanomoto Satoshi, Koike Michitaro, Komiyama Yutaka, Koshida Shintaro, Mineo Sogo, Miyazaki Satoshi, Sakurai Junya, Tait Philip J., Terai Tsuyoshi, Tomono Daigo, Usuda Tomonori, Yamada Yoshihiko, Zahid Harus J.	4. 巻 833
2. 論文標題 A WEAK LENSING VIEW OF THE DOWNSIZING OF STAR-FORMING GALAXIES	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 156~156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/833/2/156	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 Takeshi Chiba	4. 巻 7
2. 論文標題 Reconstructing the inflaton potential from the spectral index	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptv090	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 Yuxuan Ma, Bo Xu, Hirotaka Ishii, Fei Meng, Yoshiaki Nakajima, Isao Matsushima, Thomas R. Schibli, Zhigang Zhang, and Kaoru Minoshima	4. 巻 43
2. 論文標題 Low-noise 750MHz spaced ytterbium fiber frequency combs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 4136-4139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.43.004136	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 S.Kuroyanagi, T.Chiba and T.Takahashi	4. 巻 11
2. 論文標題 Probing the Universe through the Stochastic Gravitational Wave Background	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 38-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2018/11/038	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 T.Chiba	4. 巻 11
2. 論文標題 Reconstructing f(R) gravity from the spectral index	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	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) 10.1093/ptep/pty111	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 Toru Misawa, Michael Eracleous, Jane C. Charlton, Nobunari Kashikawa	4. 巻 870
2. 論文標題 Direct Measurement of Quasar Outflow Wind Acceleration	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 68-82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaf0fe	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 H.Kuncarayakti, J.P.Anderson,L.Galbany,K.Maeda,M.Hamuy,G.Aldering, N.Arimoto, M.Doï,T.Morokuma, and T.Usuda	4. 巻 613
2. 論文標題 Constraints on core-collapse supernova progenitors from explosion site integral field spectroscopy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 35-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201731923	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 T.Kotani, M.Tamura, J.Nishikawa, A.Ueda, M.Kuzuhara, ... T.Usuda, et al.	4. 巻 10702
2. 論文標題 The infrared Doppler (IRD) instrument for the Subaru telescope: instrument description and commissioning results	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	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) 10.1117/12.2311836	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 白田知史	4. 巻 46-6
2. 論文標題 TMT計画概要	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 294-299
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 白田知史	4. 巻 29-7
2. 論文標題 次世代超大型望遠鏡TMTによる宇宙観測	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 光アライアンス	6. 最初と最後の頁 1-4
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 S.Kawamura ... T.Chiba et al.	4. 巻 28
2. 論文標題 Space gravitational-wave antennas DECIGO and B-DECIGO	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics D	6. 最初と最後の頁 1845001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0218271818450013	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 Takuya Inoue, Eiichiro Komatsu, Wako Aoki, Takeshi Chiba, Toru Misawa, Tomonori Usuda	4. 巻 72
2. 論文標題 The effect of our local motion on the Sandage-Loeb test of the cosmic expansion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 L1-L6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz131	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 Chris Culliton, Jane Charlton, Mike Eracleous, Rajib Ganguly, Toru Misawa	4. 巻 488
2. 論文標題 Probing quasar winds using intrinsic narrow absorption lines	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 4690-4731
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz1642	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 T.Oka, T.R.Geballe, M.Goto, T.Usuda, B.J.McCall, N.Indriolo	4. 巻 883
2. 論文標題 The Central 300 pc of the Galaxy Probed by Infrared Spectra of H3+ and CO. I. Predominance of Warm and Diffuse Gas and High H2 Ionization Rate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 54-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab3647	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 M.Goto, T.R.Geballe, J.Harju, P.Caselli, O.Sipil, K.M.Menten, T.Usuda	4. 巻 632
2. 論文標題 Search for H3+ isotopologues toward CRL 2136 IRS 1	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 29-37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201936119	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

〔学会発表〕 計78件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 34件)

1. 発表者名 稲場肇、中村圭佑、大久保章、シュラム マルテ、山本宏樹、石川純、洪鋒雷、美濃島薫、神戸栄治、筒井寛典、泉浦秀行、大苗敦
2. 発表標題 天体の視線速度観測用高分散分光器の波長校正用光周波数コムの開発 -岡山天体物理観測所への設置とテスト観測-
3. 学会等名 第78回応用物理学会 秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 稲場肇、中村圭佑、大久保章、大苗敦、シュラム マルテ、山本宏樹、石川純、洪鋒雷、美濃島薫、神戸栄治、筒井寛典、泉浦秀行
2. 発表標題 岡山天体物理観測所高分散分光器HIDES 用天文コムの開発II. 装置概要
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大久保章、大苗敦、中村圭佑、Thomas Udem、稲場肇
2. 発表標題 改良型f-2f干渉計によるオフセットリ-光コムの実現
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村圭佑、大久保章、柏木謙、稲場肇
2. 発表標題 注入同期を用いたErファイバレーザの公倍数高調波モード同期
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Bo Xu, Hideaki Yasui, Thomas R. Schibli, Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Optical frequency synthesizer based on a fully stabilized 750-MHz Yb fiber laser frequency comb
3. 学会等名 CLEO:2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshiaki Nakajima, Akiko Nishiyama, Satoru Yoshida, Takuya Hariki, Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Repetition rate multiplication of fiber-based optical frequency comb with a long-fiber-based ring cavity
3. 学会等名 CLEO:2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Bo Xu, Hideaki Yasui, Thomas R. Schibli, Yuxuan Ma, Zhigang Zhang, and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Development of optical amplifier based on a self-referenced 750-MHz Yb: fiber laser frequency comb and its application
3. 学会等名 ALPS '17 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshiaki Nakajima, Akiko Nishiyama, Satoru Yoshida, Takuya Hariki, and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Repetition rate multiplication of a fiber-based optical frequency comb with a long-fiber-based ring resonator
3. 学会等名 ALPS '17 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshiaki Nakajima, Akiko Nishiyama, Satoru Yoshida, Takuya Hariki, and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Mode-filtering Of A Fiber-based Optical Frequency Comb With Long-fiber-based Ring Resonator For Repetition Rate Multiplication
3. 学会等名 CLEO-PR 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Bo Xu, Hideaki Yasui, Thomas R Schibli, Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Optical frequency synthesizer based on an fiber amplifier of a self-referenced 751-MHz Yb: fiber laser frequency comb
3. 学会等名 The 24th Congress of the International Commission for Optics(ICO-24) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshiaki Nakajima, Akiko Nishiyama, Satoru Yoshida, Takuya Hariki, Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Mode-filtering of Er-fiber-based optical frequency comb with a long-fiber-based ring cavity for repetition rate multiplication
3. 学会等名 The 24th Congress of the International Commission for Optics(ICO-24) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中嶋善晶, 西山明子, 梁木琢也, 美濃島薫
2. 発表標題 全ファイバ型外部共振器によるファイバコムのモードフィルタリング手法の開発
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中嶋善晶, 西山明子, 梁木琢也, 美濃島薫
2. 発表標題 全ファイバ型モードフィルタリング手法の高度化
3. 学会等名 OPJ 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梁木琢也, 西山明子, 中嶋善晶, 美濃島薫
2. 発表標題 光コムのモードフィルタリングを用いた計測応用における残留サイドモードの影響
3. 学会等名 OPJ 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梁木琢也, 西山明子, 中嶋善晶, 美濃島薫
2. 発表標題 モードフィルタリングを用いた高繰り返しコム光源の開発
3. 学会等名 日本光学会 コンテンポラリーオプティクス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石井大貴, 徐博, Yuxuan Ma, 中嶋善晶, Zigang Zhang, Thomas Schibli, 美濃島薫
2. 発表標題 高繰り返しYbファイバコムの高度化 ~低ノイズ化および高出力化~
3. 学会等名 日本光学会 コンテンポラリーオプティクス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石井大貴, 徐博, Yuxuan Ma, 松嶋功, 中嶋善晶, Zigang Zhang, Thomas Schibli, 美濃島薫
2. 発表標題 平均出力10W・高繰り返し750 MHzの高品位Ybファイバコムの開発
3. 学会等名 第18回レーザー学会東京支部研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井大貴, 徐博, Yuxuan Ma, 松嶋功, 中嶋善晶, Zigang Zhang, Thomas Schibli, 美濃島薫
2. 発表標題 高繰り返しYbファイバコムの低雑音化および高出力化
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 千葉剛
2. 発表標題 スカラーテンソル重力理論
3. 学会等名 第22回新潟・山形合宿研究会 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takeshi Chiba
2. 発表標題 Spin Distribution of Primordial Black Holes
3. 学会等名 4th Korea-Japan joint workshop on dark energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toru Misawa, Michael Eracleous, Jane C. Charlton, Naohisa Inada, Masamune Oguri
2. 発表標題 Physical Properties of Narrow and mini-Broad Absorption Line Systems
3. 学会等名 European Week of Astronomy and Space Science (EWASS) 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小山田涼香, 三澤透, 稲田直久, 大栗真宗, 柏川伸成, 大越克也
2. 発表標題 レンズクエーサーを用いた多視線分光観測による CGM の内部構造の調査
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三澤透, Michael Eracleous, Jane Charlton, 柏川伸成
2. 発表標題 狭吸収線を用いた AGN アウトフロー加速の直接検出の試み
3. 学会等名 日本天文学会2018年春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼田知史、青木和光、柏川伸成ほか
2. 発表標題 TMT計画 進捗報告
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 臼田知史、青木和光、柏川伸成ほか
2. 発表標題 TMT計画 進捗報告
3. 学会等名 日本天文学会2018年春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大久保章, 中村圭佑, シュラム・マルテ, 山本宏樹, 石川純, 洪鋒雷, 大苗敦, 美濃島薫, 筒井寛典, 神戸栄治, 泉浦秀行, 小林拓実, 保坂一元, 稲場肇
2. 発表標題 天体視線速度観測用分光器のための波長校正用光コムの開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第37回年次大会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安井英顕, 徐博, 中嶋善晶, 張志剛, 美濃島薫
2. 発表標題 高繰り返し非線形偏波回転式モード同期Ybファイバレーザの安定化制御
3. 学会等名 日本光学会 コンテンポラリーオプティクス研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 安井英顕, 徐博, 中嶋善晶, 張志剛, 美濃島薫
2. 発表標題 750MHz高繰り返しモード同期 Ybファイバレーザによる高品位光コムの開発
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 安井英顕, 徐博, 中嶋善晶, 張志剛, 美濃島薫
2. 発表標題 繰り返し750-MHzモード同期Ybファイバ・コムにおける高出力化
3. 学会等名 レーザー学会第496回研究会「ファイバレーザ技術」
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 安井英顕, 徐博, 中嶋善晶, 張志剛, 美濃島薫
2. 発表標題 高繰り返しモード同期Ybファイバ・コムにおける光増幅器の開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会37年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takeshi Chiba
2. 発表標題 CMB constraints on varying G
3. 学会等名 The 3rd Korea-Japan workshop on Dark Energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Toru Misawa
2. 発表標題 Multi-Sightline Observation of Outflow Winds in Lensed Quasars
3. 学会等名 IGM Tomography Workshop 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 三澤透
2. 発表標題 TMT時代の高分散分光データを用いた銀河/AGN研究
3. 学会等名 第3回 銀河進化研究会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 T. Misawa, C. Saez, J. C. Charlton, M. Eracleous, G. Chartas, F. E. Bauer, N. Inada, H. Uchiyama
2. 発表標題 Resolving the Internal Structure of the Outflow Winds from Gravitationally Lensed Quasars
3. 学会等名 East-Asia AGN Workshop 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 臼田知史、青木和光、柏川伸成ほか
2. 発表標題 TMT計画 進捗報告
3. 学会等名 日本天文学会2016年秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 臼田知史、青木和光、柏川伸成ほか
2. 発表標題 TMT計画 進捗報告
3. 学会等名 日本天文学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 美濃島薫
2. 発表標題 光コム基礎と計測科学・技術への応用
3. 学会等名 応用物理学会量子エレクトロニクス研究会（招待講演）
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takeshi Chiba
2. 発表標題 Constancy of the constants of nature
3. 学会等名 Fundamental Physics Using Atoms（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takeshi Chiba
2. 発表標題 Reconstructing the Inflaton Potential from the Spectral Index
3. 学会等名 2nd APCTP-TUS workshop on Dark Energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takeshi Chiba
2. 発表標題 Reconstructing the Inflaton Potential from the Spectral Index
3. 学会等名 14th Marcel Grossmann Meeting on General Relativity (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 臼田知史、青木和光、柏川伸成ほか
2. 発表標題 TMT計画 進捗報告
3. 学会等名 天文学会2016年春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大久保章、洪鋒雷、大苗敦、美濃島薫、稲場肇ほか
2. 発表標題 天体の視線速度観測用高分散分光器の波長校正用光周波 数コムの開発
3. 学会等名 第63回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名	Sho Okubo, Keisuke Nakamura, Malte Schramm, Hiroki Yamamoto, Jun Ishikawa, Feng-Lei Hong, Ken Kashiwagi, Kaoru Minoshima, Hironori Tsutsui, Eiji Kambe, Hideyuki Izumiura, Hajime Inaba
2. 発表標題	Erbium-Fiber-Based Visible Astro-Comb with 42-GHz Mode Spacing
3. 学会等名	Conference on Lasers and Electro-Optics 2018 (CLEO2018) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	大久保章, 中村圭祐, シュラム マルテ, 洪鋒雷, 柏木謙, 美濃島薫, 筒井寛典, 神戸栄治, 泉浦秀行, 稲場肇
2. 発表標題	Erフェムト秒レーザーによる可視天文コムの開発
3. 学会等名	レーザー学会学術講演会第39回年次大会 (招待講演)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	稲場肇, 中村圭祐, 大久保章, 柏 謙, シュラム マルテ, 洪鋒雷, 美濃島薫, 筒井寛典, 神戸栄治, 泉浦秀行
2. 発表標題	天体の視線速度観測用高分散分光器の波長校正用光周波数コムの開発 -1号機の結果概要と2号機の開発状況
3. 学会等名	第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	大久保章, 中村圭祐, 柏木謙, 稲場肇
2. 発表標題	複数のファブリペロー共振器を用いた光コムモード間隔の拡大
3. 学会等名	第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年	2019年

1. 発表者名 大久保章, 中村圭佑, 柏木謙, 稲場肇
2. 発表標題 繰り返し24 GHz近赤外広帯域光コムが発生
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuxuan Ma, Bo Xu, Hiroataka Ishii, Fei Meng, Yoshiaki Nakajima, Thomas R. Schibli, Isao Matsushima, Zhigang Zhang, and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Fast phase locking of a 750-MHz Yb: fiber laser frequency comb using a high-speed piezo-transducer
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics 2018 (CLEO2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Bo Xu, Yuxuan Ma, Hiroataka Ishii, Fei Meng, Isao Matsushima, and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 10 W, sub-100 fs fiber amplifier based on a self-referenced 750-MHz Yb: fiber laser frequency comb
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics 2018 (CLEO2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshiaki Nakajima, Akiko Nishiyama, Takuya Hariki, and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 All-fiber-based mode-filtering technique with high side-mode suppression ratio and high multiplication factor
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics 2018 (CLEO2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Hiroataka Ishii, Bo Xu, Yuxuan Ma, Isao Matsushima, Yoshiaki Nakajima, Thomas Schibli, Zhigang Zhang and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 10W amplification of 750-MHz Yb: fiber laser frequency comb for sub-100 fs pulse duration
3. 学会等名 ALPS '18 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroataka Ishii, Bo Xu, Yuxuan Ma, Isao Matsushima, Yoshiaki Nakajima, Thomas Schibli, Zhigang Zhang and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Nonlinear amplification for a 10 W, 750-MHz Yb: fiber frequency comb
3. 学会等名 CLEO-PR 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshiaki Nakajima, Akiko Nishiyama, Takuya Hariki, and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Repetition rate multiplication of fiber-based frequency comb with high side-mode suppression ratio
3. 学会等名 CLEO-PR 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梁木 琢也, 中嶋 善晶, 美濃島 薫
2. 発表標題 ファイバ光コムのための全ファイバ型モードフィルタリング手法の安定化
3. 学会等名 OPJ 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梁木 琢也, 中嶋 善晶, 美濃島 薫
2. 発表標題 距離計測に向けたファイバ共振器を用いた光コムモードフィルタリング手法の安定化
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梁木 琢也, 中嶋 善晶, 美濃島 薫
2. 発表標題 ファイバ共振器により高繰り返し化した光コムによる距離計測の高感度化
3. 学会等名 レーザー学会東京支部
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井 大貴, 徐 博, Yuxuan Ma, 松嶋 功, 中嶋 善晶, Thomas Schibli, Zigang Zhang, 美濃島 薫
2. 発表標題 アストロコムの高度化に向けた高繰り返しYbファイバコムの開発
3. 学会等名 加速宇宙シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Chiba
2. 発表標題 The effect of our local motion on the redshift drift
3. 学会等名 2nd Korea-Japan bilateral workshop on string axion cosmology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Chiba
2. 発表標題 Reconstructing $f(R)$ gravity from the spectral index
3. 学会等名 5th Korea-Japan joint workshop on dark energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Dai Ishita, Toru Misawa, Daisuke Itoh
2. 発表標題 Monitoring the variable mini-BAL system in the quasar UM675
3. 学会等名 Cosmic Shadow 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石田大、三澤透、伊東大輔、堀内貴史
2. 発表標題 mini-BAL クェーサー UM675 で見られる時間変動とその起源
3. 学会等名 日本天文学会2019年春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomonori Usuda
2. 発表標題 Direct Detection of Cosmic Acceleration by TMT & High Dispersion Spectrograph B04 Overview & Current Status of TMT
3. 学会等名 新学術領域研究シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼田知史
2. 発表標題 TMT計画の現状
3. 学会等名 宇宙電波懇談会シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼田知史, 家正則, 青木和光, チャップマン純子, 山下卓也, 齋藤正雄, 遠藤立樹, Henry Yang, Edward Stone, Gary Sanders, Suijian Xue, Eswar Reddy, Gregory Fahlman
2. 発表標題 TMT計画 進捗報告
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 臼田知史, 家正則, 青木和光, チャップマン純子, 山下卓也, 齋藤正雄, 遠藤立樹, 岩田生, Henry Yang, Edward Stone, Gary Sanders, Suijian Xue, Eswar Reddy, Gregory Fahlman
2. 発表標題 TMT計画 進捗報告
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keisuke Nakamura, Sho Okubo, Ken Kashiwagi, Hajime Inaba
2. 発表標題 Broad Visible Frequency Comb with 24-GHz Mode-spacing Based on Mode-Locked Erbium-Fiber Laser
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics 2019 (CLEO2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 稲場肇, 中村圭佑, 柏木謙, 大久保章
2. 発表標題 繰り返し30 GHzの可視広帯域光コム
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiaki Nakajima, Takuya Hariki, Akiko Nishiyama, and Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Stabilized All-Fiber-Based Mode-Filtering Technique for the Generation of a GHz-Repetition-Rate Frequency Comb
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics 2019 (CLEO2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井 大貴, 加藤 峰士, 徐 博, Yuxuan Ma, 松嶋 功, 中嶋 善晶, Zigang Zhang, 美濃島 薫
2. 発表標題 750 MHz高繰り返しYbファイバコムによる広範囲無走査三次元形状計測
3. 学会等名 レーザー学会研究会ファイバレーザー技術
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井 大貴, 加藤 峰士, 徐 博, Yuxuan Ma, 松嶋 功, 中嶋 善晶, Zigang Zhang, 美濃島 薫
2. 発表標題 高繰り返しYbファイバコムを用いた無走査3次元形状計測の同時測定範囲拡大の検討
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Chiba
2. 発表標題 Conformal and Disformal Invariance of Cosmological Observables
3. 学会等名 6th, Korea-Japan joint workshop on dark energy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石田大、三澤透、伊東大輔、堀内貴史
2. 発表標題 MCMC法を用いたアウトフロー吸収線の model-fit 方法の提案
3. 学会等名 日本天文学会2019年秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Misawa, M. Eracleous, J. C. Charlton, N. Kashikawa, C. Saez, G. Chartas, F. E. Bauer, N. Inada, H. Uchiyama
2. 発表標題 Properties of Narrow Absorption Line Systems in AGN Outflow
3. 学会等名 Subaru 20th Anniversary (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Usuda
2. 発表標題 Thirty Meter Telescope (TMT)
3. 学会等名 Subaru 20th Anniversary (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼田知史
2. 発表標題 TMT計画 概要
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 臼田知史
2. 発表標題 TMT計画 概要
3. 学会等名 光赤天連シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Usuda
2. 発表標題 Direct Detection of Cosmic Acceleration by TMT & High Dispersion Spectrograph B04 Overview & Current Status of TMT
3. 学会等名 新学術領域研究シンポジウム(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 臼田知史, 岩田生, 青木和光, 齋藤正雄, 山下卓也, 早野裕, 遠藤立樹, 家正則, 井口聖, 常田佐久, Henry Yang, Ed Stone, Gary Sanders, Suijian Xue, Eswar Reddy, Luc Simard
2. 発表標題 TMT計画 進捗報告
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2020年

## 〔図書〕 計3件

1. 著者名 千葉剛ほか	4. 発行年 2015年
2. 出版社 ニュートンプレス	5. 総ページ数 160
3. 書名 ニュートン別冊「宇宙の7大テーマ」	

1. 著者名 千葉剛ほか	4. 発行年 2015年
2. 出版社 ニュートンプレス	5. 総ページ数 160
3. 書名 ニュートン別冊「無と有の物理学」	

1. 著者名 高原文郎・家正則・小玉英雄・高橋忠幸編、千葉剛 他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 912
3. 書名 宇宙物理学ハンドブック	

## 〔出願〕 計4件

産業財産権の名称 光周波数コム発生装置	発明者 大久保章、稲場肇、 大苗敦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2017-064316	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 広帯域光周波数コム光源	発明者 大久保章、稲場肇、 大苗敦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-034525	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 光周波数・位相の自動安定化装置	発明者 大久保章、稲場肇	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-102471	出願年 2019年	国内・外国の別 国内



産業財産権の名称 共振器長調整装置	発明者 稲場肇、大久保章、 石川純、柏木謙	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-147825	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究分担者	美濃島 薫 (Minoshima Kaoru)  (20358112)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授  (12612)	
研究分担者	千葉 剛 (Chiba Takeshi)  (40324602)	日本大学・文理学部・教授  (32665)	
研究分担者	三澤 透 (Misawa Toru)  (60513447)	信州大学・学術研究院総合人間科学系・准教授  (13601)	
研究分担者	稲場 肇 (Inaba Hajime)  (70356492)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・計量標準総合センター・研究グループ長  (82626)	
研究協力者	シュラム マルテ (Schramm Malte)  (20624133)	国立天文台・TMTプロジェクト・特任研究員  (62616)	
連携研究者	大久保 章 (Ookubo Sho)  (30635800)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・計量標準総合センター・研究員  (82626)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	洪 鋒雷 (Hong Feng-Lei)  (10260217)	横浜国立大学・大学院工学研究院・教授  (12701)	
連携研究者	柏川 伸成 (Kashikawa Nobunari)  (00290883)	東京大学・大学院理学系研究科・教授  (12601)	
連携研究者	青木 和光 (Aoki Wako)  (20321581)	国立天文台・TMTプロジェクト・准教授  (62616)	