

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H02870

研究課題名(和文)大革命をもたらす高精度位置天文観測データを用いた天の川銀河の研究

研究課題名(英文) Reserach of the Milky Way Galaxy using high-precision astrometry data that will bring about a great revolution

研究代表者

郷田 直輝 (Gouda, Naoteru)

国立天文台・JASMINEプロジェクト・教授

研究者番号：50202073

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：大量の星の距離や運動に関する高精度な位置天文データが取得可能になりつつあり、天の川銀河(銀河系)の研究は大革命を迎えてきている。そこで、地球や生命、人類の誕生にも関わる銀河系の進化に関して解析を行った。その結果、銀河系のバー構造や渦状腕の物理的特徴への制限、銀河系の重力場探究に有用な散開星団の潮汐テイル探査の手法、数値シミュレーションによる銀河系内部からの太陽系移動の軌跡、内部バー構造の力学的安定性と巨大ブラックホールの質量との関係等を明らかにした。さらに、赤外線位置天文観測衛星計画JASMINEによる科学的成果を最大限に得ることができるように国内外の研究者コミュニティによる連携を進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

恒星は、その重力圏内での惑星形成や惑星上での生命誕生に関して、恒星が属する銀河からの影響を複雑に受ける可能性がある(天の川銀河内のどこで星が生まれたか、またその後、どういう軌道を取り、周りの宇宙環境からどういう影響を受けたか等)。従って、人類がなぜ宇宙にいるのか、という我々の存在自体を問う究極的な問題の解明にあたっては、天の川銀河を“知る”ことが重要である。例えば、バー構造等の力学的進化の情報は、太陽がどこで生まれて現在の位置までどのような軌跡をたどってきたかを解くためには必要である。従って、惑星形成や生命、人類の誕生・進化に関する研究進展の上でも天の川銀河の進化を解明する意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：High-precision astrometry data on the distances and motions of a large number of stars are becoming available, and the Milky Way Galaxy (the Galaxy) research has attracted a great revolution. Therefore, we analyzed the evolution of the Galaxy involved in the birth of the earth, life and humanity. As a result, we clarified physical characters of the bar structure and spiral arms, a method of tidal tail exploration of open clusters useful for exploring the gravitational field of the Galaxy, the trajectory of solar system movement from inside the Galaxy by numerical simulation, and the relationship between the dynamical stability of the inner bar and the mass of the supermassive black hole. Furthermore, we have promoted collaboration between domestic and foreign researcher communities so that the scientific results of the future infrared astrometric satellite project JASMINE can be maximized.

研究分野：銀河の力学構造の理論的研究、及び銀河中心考古学を遂行する赤外線位置天文観測衛星の開発研究

キーワード：位置天文学 天の川銀河 銀河中心考古学 衛星計画

## 1. 研究開始当初の背景

我々が住む天の川銀河(銀河系)は、銀河系内の個々の星について、それらの物理的特徴やその空間分布・運動を精密かつ詳細に近未来に明らかにできる唯一の銀河である。また、銀河系内には我々人類等の生命が生まれた地球という惑星が実際に存在しており、惑星や生命の研究と銀河の研究を直接結びつけることが出来る唯一の銀河でもある。つまり、銀河系は、銀河の研究上、他の銀河には適応できない手法や研究を行うことが可能であり、この観点から非常に良い“実験場”となる。そして、ヨーロッパ宇宙機関(ESA)が科学運用中の大型可視光位置天文観測衛星 Gaia により、星の距離や運動という位置天文情報に関して質(精度)と量(星の観測数)ともに類を見ない画期的なデータが輩出されつつあり、銀河系の描像に関して大革命をもたらそうとしている。また、日本でも Gaia での測定が困難な銀河系中心領域の観測に適した赤外線による位置天文観測衛星計画(小型 JASMINE。以下、JASMINE と記す)が進められている。位置天文観測では、天球面上の星の位置とその時間変動の測定によって、年周視差や固有運動等を求め、それらによって星の立体的な空間分布や(視線速度情報を加味すると)3次元速度分布といった星の基本情報を求めることができる。この6次元位相空間情報により、銀河系の力学構造を解明することができ、また力学構造は銀河系の歴史やその中心に潜む巨大ブラックホールの形成進化の履歴を残しており、銀河系や巨大ブラックホールの形成進化の解明にもつながる。さらに、天球面上での星の動きから連星系や系外惑星系等の解析も可能となる。

## 2. 研究の目的

可視光位置天文観測衛星 Gaia による観測データの間接リリースが開始されたが、Gaia の質(精度)と量(星の個数)ともに類を見ない画期的なデータを用いて、天の川銀河の形成・進化の解明につながる銀河面全体の力学構造(非軸対称構造(バーやスパイラルアーム)の物理的特徴やダークマターの量や分布の解明にもつながる銀河面の速度場や重力場)の解析を主目的とする。さらに、高エネルギー天体連星系や系外惑星系等の解析を行い、コンパクト天体や惑星の同定を行うことも目的とする。以上を、Gaia の中間データの4回のリリースに合わせて銀河面の近傍から遠方へと段階的に進める。そして将来の赤外線位置天文観測衛星 JASMINE 計画による中心核バルジへの成果にもつなげていく。より具体的には次の通りである。

主として Gaia が得意とする、バルジより手前の銀河面のデータを用いて銀河面全体の力学構造の解析を主目的とする。具体的には次のような研究を行う。バー(棒状構造)やスパイラルアーム(渦巻構造)といった非軸対称構造は、銀河系中心領域へのガスの供給機構(巨大ブラックホールの進化にも影響)それに伴う銀河系中心での爆発現象、星や星団形成に重要な物理的効果を及ぼすと考えられており、その物理的特徴(特にガスの輸送に強く関わるパターンの回転角速度や非軸対称性の強さ)を明確にする。これは銀河系や巨大ブラックホールの形成進化の解明にも重要な役割を果たす。さらに、銀河系の基本情報である太陽運動と銀河系回転速度分布の再評価を行う。また、銀河系の化学力学進化に対して重要な効果をもたらす radial migration(渦状腕との相互作用により銀河半径方向に沿って広範囲にわたる星の運動)の存在の是非に対して力学的に初めて示唆を与える。

## 3. 研究の方法

Gaia の中間データ、もしくは将来の JASMINE で期待されるデータに備えて、銀河面の星の速度場や位相分布関数等の情報をもとに、以下の方法で解析を主に進めた。

- (1) 非軸対称構造による共鳴運動の効果を取り入れた、太陽運動や銀河系回転の物理情報の再評価
- (2) 銀河系中心に存在する巨大ブラックホールの進化に密接に関わる可能性がある、中心核領域にある内部バーに関して、構成する星の軌道計算にもとづいた安定性の評価
- (3) 銀河系の重力場の解析にとっても有用な星団とその潮汐テイルに対して、作用積分を用いた探索方法の構築
- (4) 高エネルギー天体連星系の質量評価に関する信頼度解析

また、Gaia チームとは、データの品質情報やサイエンスに関して協力を進めていく。以上のような実績を積み、JASMINE に関する科学的成果の検討にもつなげていく。

## 4. 研究成果

(1) 速度場の共鳴効果を用いた非軸対称構造の物理情報の解析: 研究分担者(矢野)、および研究協力者(馬場(国立天文台)、服部公平(ミシガン大))等との共同研究で、Gaia の観測で得られたヘラクレス運動星団の特徴を説明するためのバー構造(棒状構造)やスパイラル構造(渦巻き構造)の物理的特徴の条件に関する知見を得ることができた。その成果は査読付き学術論文に掲載することができた。

具体的には、回転するバー構造および/または渦状腕を導入した力学的進化、および化学組成の進化を2次元のテスト粒子シミュレーションを行い解析した。その結果、ヘラクレス運動星団

の観測された運動的特徴と鉄の量は、バー構造または渦状腕の回転フレーム内に非周期的で複雑な軌道が存在することの自然な結果であることを見出した。(文献1)

(2) 太陽運動等に関する物理情報の再評価： 研究分担者(矢野)、および研究協力者(馬場(国立天文台)等との共同研究で、実際の星は固有の速度をもち、その固有速度の分布に伴う速度分散が存在するが、太陽運動やオールト定数(太陽系近傍の銀河回転に関する速度場の情報)等を決める際にその速度分散の効果を無視するという仮定を行うことが多かった。そこで、速度分散の効果を取り入れた解析方法の構築や実際の Gaia の観測データを用いた解析を行い、その効果をうまく対処する方法が新たに分かってきた。具体的には、速度分散による効果に対して星の年齢依存性をモデルとして導入することにより、解析に使用する星の年齢にほとんど依存せずに太陽運動を評価できることを示した。(文献2)

(3) 銀河中心考古学の遂行： JASMINE が観測対象とする銀河中心核バルジは銀河系の歴史が凝集されており、恒星系の年齢に応じた運動構造を知ることにより、銀河系や中心に位置する巨大ブラックホールの歴史を解き明かすこと、つまり銀河中心考古学の遂行が可能となる。そこで、JASMINE で期待される観測データによって、どのように銀河系の歴史が分かるのかを精査した。特に、中心核バルジに存在している可能性がある内部バー構造に関する研究を研究分担者(矢野)、および研究協力者(馬場(国立天文台)等との共同研究で行った。巨大ブラックホールの成長や中心部での爆発活動にはガスが中心部へ輸送されることが必要であるが、その輸送機構の候補として、中心核領域内に内部バー(半径 150pc 程度の棒状構造)の存在が示唆されている。しかし、銀河系中心核領域での内部バーの存在の是非、また、どのような条件で安定に存在しうるのかは不明である。そこで、内部バーを構成する恒星の軌道を解析し、中心に存在する巨大ブラックホールといった中心質量中心構造(CMC)の質量と軌道の安定性との関係について調べた。その結果、質量の増加に応じて、軌道が力学的共鳴現象の変化により不安定化し、内部バーが破壊されている物理過程を明らかにした。具体的には、銀河系内の大きな外部バー(半径 5kpc 程度)と内部バー(半径 150pc 程度)といった二重バーが作る重力場中でのテスト粒子による軌道解析により、二重バーを構成する軌道群の安定性に関する解析を行った。その結果、銀河系の中心から約 10 pc 程度の小さな領域に質量が集中した CMC を考慮する場合、中心領域に新たな共鳴が発生し、その半径周辺の軌道群のカオス性が増加することが新たにわかった。さらに、CMC の質量増加に伴って共鳴を起こす位置が銀河中心付近から内部バーの大きさに相当する約 150 pc まで移動する事から、CMC が質量を獲得していく過程で内部バーの構成軌道群全体が破壊される事が予測された。(文献3)

(4) 散開星団とその朝夕テイルの探査方法の構築： 研究分担者(矢野)、および研究協力者(馬場(国立天文台)等との共同研究で銀河系重力からの潮汐力により散開星団が破壊された後に残る星団残骸(潮汐テイル)に存在する星を同定する解析方法の検討を行った。潮汐テイルは銀河重力場の影響で形成されるため、銀河系内における散開星団の潮汐テイルの運動状態を調べることで、銀河系の重力場、それを作る源になる力学構造に制限を与えることができると期待される。銀河系内の散開星団探査は、欧州宇宙機関の位置天文衛星 Gaia の観測データによって進展している。これまでに、既知の散開星団の新たなメンバー発見や散開星団の新発見、さらに散開星団の潮汐テイルと見られる構造を数多く発見した。しかし、散開星団から拡散した星の位置・速度は時間とともに変化し、形成されてから時間が経つほど潮汐テイルの星を同定することは困難なため、銀河系内には位置・速度空間で未発見の散開星団や潮汐テイルがさらに数多く存在すると考えられる。従来は、星の位置と速度情報をもとにして星団残骸のメンバーの同定を行っていたが、我々は、作用積分という星の軌道に沿って保存する積分量に注目し、渦状腕といった非軸対称構造を考慮した場合でも軸対称系の作用積分を用いるとメンバーの同定が位置や速度情報を用いる方法より優位性が十分にあることを確認した。(文献4)

さらに将来、JASMINE で得られる位置天文観測データに備えて、星団やその潮汐テイルを観測データから機械学習を用いて探査する手法を開発し、実際に Gaia で得られた位置天文観測データに適応し、方法の有用性を確認した。具体的には、太陽系から 1 kpc 及び銀河面から高度 0.3 kpc の範囲にある散開星団の潮汐テイルを検出するために、視線速度の情報を持つ約 200 万個の Gaia の観測データを用いて、3 次元の作用積分と 3 次元の位置を合わせた 6 次元空間で機械学習におけるクラスタリング解析を行なった。その結果、既に知られている 9 個の散開星団を同定し、特に散開星団 Ruprecht147 では潮汐テイルと考えられる構造を検出した。さらに、散開星団 Ruprecht147 に属する未発見のメンバー星を検出した。(文献5)

(5) JASMINE の科学目標に関わる太陽系の銀河系内移動： 研究分担者(辻本)および研究協力者(馬場(国立天文台))は、銀河系内部から現在の位置までの太陽系の移動に関して、数値シミュレーションによりその可能性を示した。太陽が銀河系の中心近くの領域で誕生し、半径方向にも大きく移動することは、銀河の化学進化を考慮した太陽の元素の存在パターンから推察できる。そこで、銀河系における円盤星の軌道の進化を数値シミュレーションし、太陽系の軌道を追跡した。その結果、銀河中心付近の構造であるバルジ構造近くに生まれた太陽系は、渦状腕との何回かの大きな遭遇によって誘導された銀河の動径方向に沿った移動の効果によって、現在の位置にまで移

動することができることを見出した。(文献6)

(6) 高エネルギー天体の連星系の解析： 研究分担者(矢野)および研究協力者(山口(東大))との共同研究を行い、連星系の軌道要素の誤差評価をブラッシュアップし、コンパクト天体の質量評価の解析方法を構築することができた。そして、コンパクト天体を質量によって同定する場合の信頼度と位置天文観測精度との関係を導出した。例えば、高エネルギー天体連星系のCasに対しては、精度70 $\mu$ asの天体位置測定により、もし、コンパクト天体が0.6太陽質量の白色矮星であれば、コンパクト天体を99%の信頼度で識別できることが分かった。(文献7)

(7) コミュニティによるコアグループの活動:

研究分担者、連携研究者および研究協力者等と今後の戦略を練るワークショップ(Gaia Science Mini-Workshop 2017、天の川銀河バルジ研究会 2018、JASMINE Consortium Kick-off meeting 2019、天の川銀河バルジ研究会 2020、JASMINE Consortium meeting 2020, 2021)を公開で開催し、共同研究を推進することにつながった。また、JASMINEのサイエンス検討等を目的とするJASMINE コンソーシアムを立ち上げ(現時点で約60名のメンバー)活動を開始した。さらに国内外の研究者とも一緒にJASMINEのWhite Paperの作成を開始した。特にオンラインで公開開催した(外国機関所属者も参加)JASMINE Consortium meeting 2021では、銀河系中心探究に関わる国内の他のプロジェクトとの連携を強めることを目的としたが、その成果があり、具体的に進み出すことができた。

(8) 海外の関連するプロジェクトとの連携:

連携研究者(山田(京大))と研究協力者(河田(UCL))を中心にGaiaデータの品質情報の取得やデータ解析手法の検討を努めつつ、科学的成果創出のための今後の戦略を検討してきた。さらに、ヨーロッパにおける将来の位置天文観測衛星計画であるTheiaプロジェクトとは、JASMINEとサイエンス検討等で今後は協力を行うという覚書(MOU)を締結するに至った。また、研究協力者(河田(UCL))との連携を図り、国際的なコミュニティの拡大を図る計画を練った。さらに、研究代表者(郷田)と研究協力者(河田(UCL))は、ヨーロッパが中心となって国際協力で進めている大型赤外線位置天文観測衛星計画GaiaNIR(2045年以降の打上げ)に関するサイエンス検討にも加わり、論文を共著で出版するに至った。(文献8)

#### <引用文献>

1. Hattori Kohei, Gouda Naoteru et al., MNRAS, 484, 4540, 2019.
2. 柏田 祐樹、太陽運動の解析における星の速度分散の効果の定量評価、東京大学大学院理学系研究科天文学専攻 2018年度 修士論文
3. 中津野 侃貴、二重バー構造に対する中心質量集中の力学的影響の研究、東京大学大学院理学系研究科天文学専攻 2020年度 修士論文
4. 片岡 勲、銀河円盤における星団潮汐テイルの力学的解析、東京大学大学院理学系研究科天文学専攻 2019年度 修士論文
5. 小川 卓馬、Gaia データを用いた散開星団の潮汐テイルの研究、東京大学大学院理学系研究科天文学専攻 2021年度 修士論文
6. Tsujimoto Takuji, Baba Juinichi, ApJ., 904,137, 2020.
7. Yamaguchi Masaki, Yano Taihei, Gouda Naoteru, MNRAS, 474, 4756, 2017.
8. Hobbs David, et al. Experimental Astronomy, 51, 783, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 6件）

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Gouda Naoteru, JASMINE team  | 4. 巻<br>528             |
| 2. 論文標題<br>Infrared space astrometry mission for survey of the Galactic nuclear bulge: Small-JASMINE | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>Astronomical Society of the Pacific  | 6. 最初と最後の頁<br>163 ~ 166 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>無              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Hobbs David, 他29名 ( Kawata Daisuke, Gouda Naoteruを含む) | 4. 巻<br>51              |
| 2. 論文標題<br>All-sky visible and near infrared space astrometry   | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>Experimental Astronomy                                | 6. 最初と最後の頁<br>783 ~ 843 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s10686-021-09705-z          | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Gouda Naoteru, JASMINE team  | 4. 巻<br>14            |
| 2. 論文標題<br>Infrared space astrometry mission for survey of the Galactic nuclear bulge: Small-JASMINE | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of the International Astronomical Union  | 6. 最初と最後の頁<br>51 ~ 53 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1017/S1743921319007968  | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Tsujiimoto Takuji, Baba Junichi  | 4. 巻<br>904             |
| 2. 論文標題<br>Remarkable Migration of the Solar System from the Innermost Galactic Disk; a Wander, a Wobble, and a Climate Catastrophe on the Earth | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>The Astrophysical Journal  | 6. 最初と最後の頁<br>137 ~ 137 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3847/1538-4357/abc00a   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Tsujimoto Takuji, Baba Junichi   | 4. 巻<br>878             |
| 2. 論文標題<br>Galactic <i>r</i> -process Abundance Feature Shaped by Radial Migration | 5. 発行年<br>2019年         |
| 3. 雑誌名<br>The Astrophysical Journal  | 6. 最初と最後の頁<br>125 ~ 125 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3847/1538-4357/ab22b3                               | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Hattori Kohei, Gouda Naoteru, Tagawa Hiromichi, Sakai Nobuyuki, Yano Taihei, Baba Junichi, Kumamoto Jun | 4. 巻<br>484               |
| 2. 論文標題<br>Metallicity dependence of the Hercules stream in Gaia/RAVE data - explanation by non-closed orbits     | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Monthly Notices of the Royal Astronomical Society   | 6. 最初と最後の頁<br>4540 ~ 4562 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/mnras/stz266  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Gouda Naoteru., JASMINE working group                  | 4. 巻<br>12            |
| 2. 論文標題<br>Outline of Infrared Space Astrometry missions:JASMINE | 5. 発行年<br>2018年       |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of the International Astronomical Union    | 6. 最初と最後の頁<br>90 ~ 91 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1017/S1743921317005270            | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Yamaguchi Masaki, Yano Taihei, Gouda Naoteru   | 4. 巻<br>474               |
| 2. 論文標題<br>Uncovering the identities of compact objects in high-mass X-ray binaries and gamma-ray binaries by astrometric measurements | 5. 発行年<br>2017年           |
| 3. 雑誌名<br>Monthly Notices of the Royal Astronomical Society  | 6. 最初と最後の頁<br>4756 ~ 4765 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/mnras/stx2993  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 10件）

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝                    |
| 2. 発表標題<br>JASMINEからGREX PLUSへ     |
| 3. 学会等名<br>GREX-PLUSサイエンス検討会（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2022年                    |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝                                       |
| 2. 発表標題<br>JASMINE                                    |
| 3. 学会等名<br>光赤天連シンポジウム2021 「2030年代の戦略的中型をどうするのか」（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2022年                                       |

|                                |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝                |
| 2. 発表標題<br>Gaiaの成果とJASMINEの展望  |
| 3. 学会等名<br>第33回理論懇シンポジウム（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2020年                |

|                                  |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>辻本拓司                  |
| 2. 発表標題<br>太陽系の銀河内軌道変化と地球の寒冷化    |
| 3. 学会等名<br>第7回超新星ニュートリノ研究会（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2021年                  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、JASMINEチーム                 |
| 2. 発表標題<br>JASMINEの全体的概要と進捗状況              |
| 3. 学会等名<br>2021年JASMINE Consortium Meeting |
| 4. 発表年<br>2021年                            |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、JASMINEチーム                 |
| 2. 発表標題<br>JASMINE                         |
| 3. 学会等名<br>2020年JASMINE Consortium Meeting |
| 4. 発表年<br>2020年                            |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、小型JASMINEプリプロジェクト候補チーム |
| 2. 発表標題<br>JASMINEの全体的進捗               |
| 3. 学会等名<br>2022年宇宙科学シンポジウム             |
| 4. 発表年<br>2022年                        |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、小型JASMINEプリプロジェクト候補チーム |
| 2. 発表標題<br>JASMINEの全体的状況               |
| 3. 学会等名<br>2021年宇宙科学シンポジウム             |
| 4. 発表年<br>2021年                        |



|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、鹿野良平、辻本拓司、矢野太平、上田暁俊、三好 真、辰巳大輔、馬場淳一、 鹿島伸悟、小宮山 裕、末松芳法、片坐宏一、白井文彦、磯部直樹、和田武彦、山田良透、河田大介、河原 創、ほかJASMINEチーム、 Exo-JASMINEチーム、 データ解析ワーキンググループ同 |
| 2. 発表標題<br>JASMINE計画の全体的概要と進捗  |
| 3. 学会等名<br>2022年日本天文学会春季年会   |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、鹿野良平、辻本拓司、矢野太平、上田暁俊、三好 真、辰巳大輔、馬場淳一、 鹿島伸悟、小宮山 裕、末松芳法、片坐宏一、白井文彦、磯部直樹、内山瑞穂、山田良透、河田大介、西 亮一、河原 創、 ほかJASMINEチーム、 Exo-JASMINEチーム、 データ解析ワーキンググループ同 |
| 2. 発表標題<br>JASMINE 計画の概要と全体状況  |
| 3. 学会等名<br>2021年日本天文学会秋季年会   |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、鹿野良平、辻本拓司、矢野太平、上田暁俊、三好 真、辰巳大輔、馬場淳一、 鹿島伸悟、小宮山 裕、片坐宏一、白井文彦、山田良透、河田大介、 西 亮一、 河原 創、 JASMINEチーム、 exo-JASMINEチーム一同 |
| 2. 発表標題<br>JASMINE計画の全体概要と進捗   |
| 3. 学会等名<br>2021年日本天文学会春季年会   |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、辻本拓司、矢野太平、上田暁俊、三好 真、辰巳大輔、馬場淳一、 鹿島伸悟、山田良透、河田大介、片坐宏一、西 亮一、河原創、JASMINEチーム、exo-JASMINEチーム一同 |
| 2. 発表標題<br>小型JASMINE計画の全体的概況  |
| 3. 学会等名<br>2020年日本天文学会秋季年会  |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、JASMINEチーム   |
| 2. 発表標題<br>Infrared space astrometry mission for survey of the Galactic nuclear bulge: Small-JASMINE |
| 3. 学会等名<br>IAUS353: Galactic Dynamics in the Era of Large Surveys (国際学会)                             |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、JASMINEチーム  |
| 2. 発表標題<br>Galactic Center Archeology through the exploration of the nuclear bulge by Small-JASMINE |
| 3. 学会等名<br>The Galactic Center Workshop 2019 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、辻本拓司、矢野太平、上田暁俊、三好 真、辰巳大輔、馬場淳一、鹿島伸悟、間瀬一郎、山田良透、河田大介、片坐宏一、西 亮一、河原 創、ほかJASMINEチーム、exo-JASMINEチーム一同 |
| 2. 発表標題<br>小型JASMINE計画の全般的状況   |
| 3. 学会等名<br>2019年日本天文学会秋季年会   |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、辻本拓司、矢野太平、上田暁俊、三好 真、辰巳大輔、馬場淳一、鹿島伸悟、間瀬一郎、山田良透、河田大介、片坐宏一、西 亮一、吉岡 諭、河原 創、ほかJASMINEチーム、Exo-JASMINEチーム一同 |
| 2. 発表標題<br>小型JASMINE計画の全般的進捗状況  |
| 3. 学会等名<br>2020年日本天文学会春季年会  |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、JASMINEチーム         |
| 2. 発表標題<br>小型JASMINE (赤外線位置天文観測衛星) |
| 3. 学会等名<br>2020年宇宙科学シンポジウム         |
| 4. 発表年<br>2020年                    |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、JASMINEチーム                            |
| 2. 発表標題<br>JASMINE                                    |
| 3. 学会等名<br>JASMINE Consortium Kick-off meeting (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2019年                                       |

|                                |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、JASMINEチーム     |
| 2. 発表標題<br>JASMINE計画について       |
| 3. 学会等名<br>天の川銀河研究会2020 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2020年                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、辻本拓司、矢野太平、上田暁俊、宇都宮 真、鹿島伸悟、間瀬一郎、亀谷 收、浅利一善、山田良透、吉岡 諭、穂積俊輔、梅村雅之、西 亮一、浅田秀樹、長島雅裕、山田 亨、中須賀真一、酒匂信匡、JASMINEワーキンググループ同 |
| 2. 発表標題<br>Nano-JASMINEと小型JASMINEの全体的な状況  |
| 3. 学会等名<br>日本天文学会秋季年会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、辻本拓司、矢野太平、上田暁俊、三好 真、辰巳大輔、馬場淳一、宇都宮 真、鹿島伸悟、間瀬一郎、亀谷 收、浅利一善、山田良透、河田大介、片坐宏一、西 亮一、中須賀真一、JASMINEワーキンググループ同 |
| 2. 発表標題<br>JASMINE計画の進捗状況   |
| 3. 学会等名<br>日本天文学会春季年会   |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、JASMINEワーキンググループ   |
| 2. 発表標題<br>Small-JASMINE Mission   |
| 3. 学会等名<br>IAU Symposium 348 : 21st Century Astrometry: crossing the Dark and Habitable frontiers (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、JASMINEワーキンググループ   |
| 2. 発表標題<br>The present situation of Nano-JASMINE and Small-JASMINE           |
| 3. 学会等名<br>IAU 30 General Assembly, Division A: Fundamental Astronomy (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>矢野太平、JASMINEワーキンググループ   |
| 2. 発表標題<br>Infrared astrometric satellite, Small-JASMINE, --Clarification of the formation process of the super massive black hole-- |
| 3. 学会等名<br>IAU 30 General Assembly, Division A: Fundamental Astronomy (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>矢野太平、郷田直輝、馬場淳一、JASMINE ワーキンググループ同     |
| 2. 発表標題<br>次期位置天文観測衛星，小型JASMINEでの銀河系中心核バルジの構造の解明 |
| 3. 学会等名<br>日本天文学会秋季年会                            |
| 4. 発表年<br>2018年                                  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、辻本拓司、矢野太平、上田暁俊、宇都宮 真、鹿島伸悟、間瀬一郎、亀谷 收、浅利一善、山田良透、吉岡 諭、穂積俊輔、梅村雅之、西 亮一、浅田秀樹、長島雅裕、石村康生、中須賀真一、酒匂信匡、JASMINEワーキンググループ同 |
| 2. 発表標題<br>Nano-JASMINEと小型JASMINEの進捗概要  |
| 3. 学会等名<br>日本天文学会秋季年会   |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、辻本拓司、矢野太平、上田暁俊、宇都宮 真、鹿島伸悟、間瀬一郎、亀谷 收、浅利一善、山田良透、吉岡 諭、穂積俊輔、梅村雅之、西 亮一、浅田秀樹、長島雅裕、石村康生、中須賀真一、酒匂信匡、JASMINEワーキンググループ同 |
| 2. 発表標題<br>Nano-JASMINEと小型JASMINEの全体的進捗   |
| 3. 学会等名<br>日本天文学会春季年会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、JASMINEワーキンググループ同  |
| 2. 発表標題<br>JASMINE series  |
| 3. 学会等名<br>Science Workshop: The science of Gaia and future challenges (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2017年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>郷田直輝、JASMINEワーキンググループ同  |
| 2. 発表標題<br>Outline of Infrared Space Astrometry missions:                        |
| 3. 学会等名<br>IAU Symposium 330: Astrometry and Astrophysics in the Gaia sky (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2017年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>辻本拓司  |
| 2. 発表標題<br>Galactic Archaeology with Planetary Nebula study  |
| 3. 学会等名<br>Planetary Nebula Research with Subaru Telescope in the Era of International Partnership (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2017年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>矢野太平、JASMINEワーキンググループ同   |
| 2. 発表標題<br>Infrared astrometric satellite, Small-JASMINE                      |
| 3. 学会等名<br>Science Workshop: The science of Gaia and future challenges (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>矢野太平、JASMINEワーキンググループ同  |
| 2. 発表標題<br>Clarification of the formation process of the super massive black hole by Infrared astrometric satellite, Small-JASMINE |
| 3. 学会等名<br>IAU Symposium 330: Astrometry and Astrophysics in the Gaia sky (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2017年  |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                     | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                 | 備考 |
|-------|---|---------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 辻本 拓司<br>(Tsujimoto Takuji)<br><br>(10270456) | 国立天文台・JASMINEプロジェクト・助教<br><br>(62616) |    |
| 研究分担者 | 矢野 太平<br>(Yano Taihei)<br><br>(90390624)      | 国立天文台・JASMINEプロジェクト・助教<br><br>(62616) |    |

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)   | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|-------|-----------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 河田 大介<br>(Kawata Daisuke)   |                       |    |
| 研究協力者 | 馬場 淳一<br>(Baba Jyunichi)    |                       |    |
| 研究協力者 | 服部 公平<br>(Hattori Kohei)    |                       |    |
| 研究協力者 | 山口 正輝<br>(Yamaguchi Masaki) |                       |    |

6. 研究組織（つづき）

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                         | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                  | 備考 |
|-------|---|--|----|
| 連携研究者 | 梅村 雅之<br><br>(Umemura Masayuki)<br><br>(70183754) | 筑波大学・数理物質系・教授<br><br><br><br>(12102)   |    |
| 連携研究者 | 西 亮一<br><br>(Nishi Ryouichi)<br><br>(80252419)    | 新潟大学・自然科学系・准教授<br><br><br><br>(13101)  |    |
| 連携研究者 | 浅田 秀樹<br><br>(Asadada Hideki)<br><br>(50301023)   | 弘前大学・理工学研究科・教授<br><br><br><br>(11101)  |    |
| 連携研究者 | 山田 良透<br><br>(Yamada Yoshiyuki)<br><br>(20230493) | 京都大学・理学研究科・助教<br><br><br><br>(14301)   |    |
| 連携研究者 | 谷川 衡<br><br>(Tanikawa Ataru)<br><br>(20550742)    | 東京大学・総合文化研究科・助教<br><br><br><br>(12601) |    |

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 |
|---------|---------|
|         |         |