

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：82626  
研究種目：若手研究  
研究期間：2019～2022  
課題番号：19K14789  
研究課題名（和文）スーパーローテーションの変動をもたらす金星成層圏での運動量輸送サイクルの解明  
  
研究課題名（英文）Research for understanding atmospheric momentum cycle for variation of the super-rotation in the stratosphere of Venus  
  
研究代表者  
神山 徹（Kouyama, Toru）  
  
国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究チーム長  
  
研究者番号：40645876  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では大気中の運動量輸送に主要な役割を果たす大気波動に着目し、その3次元構造や時間変動を観測から明らかにすることを最大の目的とし、データ同化など数値計算による研究と連携することで、金星大気の変動要因の解明を目指す取り組みを行った。金星探査機「あかつき」搭載の熱赤外線カメラLIRの長期観測データからは、大気波動の中でも運動量輸送に特に重要と考えられている「熱潮汐波」について、その3次元構造決定に初めて成功した。またこの熱潮汐波がいつも同じように存在するわけではなく、振幅の増減を繰り返すさまも確認している。加えてデータ同化を通じて数値計算モデルの再現度向上に、この観測成果が貢献した。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、あかつき搭載機器の中でもこれまでの金星探査の中でもっとも継続的にデータを収集しているLIRを活用し、重要性が指摘されながらも得られていなかった熱潮汐波と呼ばれる現象の3次元構造を世界で初めて明らかにするなど、金星大気理解を推し進める結果となっている。実際にこの観測結果により数値計算モデルの不完全性が明確になり、その修正が一つの研究テーマにもなるなど学術的な広がりを見せている。またあかつきミッションとの連携によりコミュニティの他の研究者と連携ができたことで、多数の論文成果が得られたこと、海外コミュニティとのコミュニケーションが継続できるなど科学成果の普及・発展に貢献した。

研究成果の概要（英文）：In this research, to understand what kinds of phenomena cause Venusian global climate change, the main purpose is to investigate three dimensional structures of planetary-scale atmospheric waves, which should cause atmospheric momentum transportation, and their temporal evolutions based on observations, and to contribute progress of data assimilation for Venusian atmosphere.

By using the long-term temperature observation dataset obtained from Longwave Infrared Imager (LIR) onboard Akatsuki, a Venusian orbiter, a global and three-dimensional structure of thermal tides was revealed for the first time, and its temporal evolution (repeating enhancing and reducing) was also confirmed. Through collaboration with studies of a global circulation model, reproductivity of the model was improved with a data assimilation technique by introducing the observational result to the model.

研究分野：惑星気象学

キーワード：金星 スーパーローテーション あかつき LIR UVI 雲追跡

## 1. 研究開始当初の背景

近年の金星周回衛星による長期探査から、金星ではわずか数年で太陽光吸収量が全球規模で50%も増減し、それに相関する形で東西風速も顕著に変化するなど、「金星版気候変動」ともいえる状態にあることが明らかになった。風速の変化には余った運動量を大気の中で分配、あるいは収集する何らかのメカニズムが必要になる。

特に重要と考えられたのは他の惑星で風速を調整する役割を果たす「大気波動」の3次元的な構造理解とその消長である。大気波動はその構造から伝搬特性、すなわち運動量輸送の程度が評価できる。また大気波動の活発度の時系列変化と背景風速変化を関連付けることができれば、金星大気全体の中で果たす大気波動の役割について裏付けることができる。これらの問いに答えを提示し金星版気候変動の理解を推し進めるため、観測・数値計算両面からの研究発展が求められた。

## 2. 研究の目的

風速変化には余剰となった運動量を別の緯度・高度へ分配、あるいは収集する力学的要因が要請される。そこで本研究では地球や木星成層圏でも風速の調整機構として知られる「大気波動の伝搬」の平均場に対する応答によって変化する運動量輸送に着目する。

これまでの観測から金星大気には、風速の加速要因として「熱潮汐波・Kelvin波」、減速要因として「Rossby波」と呼ばれる惑星規模波動の存在が知られている。Venus Expressの観測では、東西風速の速い・遅いの変化に伴い波動の構造や卓越する波動種別が変化し、運動量輸送の描像が時期によって変化する様(図1)が示唆された。

本研究では2006年から2014年までの期間を担ったVenus Express後に、2015年(定期的な観測開始は2016年)から観測を引き継ぐ役割を担った「あかつき」のデータを活用する。まず長期風速データをもとに大気波動の活動変化をつぶさに追うこと、また雲上層の温度について調査が可能な中間赤外線カメラ(Longwave Infrared Imager, LIR)で大気波動の抽出を行い、その時間変化を明らかにする。これらの成果から大気波動の応答がもたらす運動量輸送サイクルを導出し、金星気候変動に寄与するメカニズムであるのか評価することを目的とする。

加えて、探査機による長期の観測データの活用には搭載センサのキャリブレーションが不可欠である。探査機センサは宇宙線が飛び交う過酷な環境に置かれ続けること、また極端に変化する熱環境にさらされ続けることからその性能変化が避けられないためである。本研究では長期のデータ解析を前提としたことから、衛星搭載センサキャリブレーションのより高度化も目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では金星で観測されている大気波動の中、加速要因である熱潮汐波・Kelvin波、減速要因であるRossby波に着目をする。20金星年に渡り収集された風速データを、平均風速の加速期・減速期に分け、それぞれ卓越する大気波動の種別と構造変化を求めることで伝搬する波動が風速変動をもたらすような運動量輸送に寄与することを定量的に評価、結論付ける。

### (1) 観測からのアプローチ・波動構造の同定

#### (1)-1 熱潮汐波の解析

熱潮汐波は雲の太陽光加熱により常に励起され存在する波で、地面と雲高度の間の運動量交換を担い、スーパーローテーションを維持し得るほどの大気加速をもたらす(Takagi & Matsuda, 2007, Takagi et al., 2018)。一方、太陽光加熱の変化への応答は全く知られていない。

Venus Expressデータの風速解析から、東西風速の加速期において赤道向きの運動量輸送構造が雲頂高度で見られた(図3)。減速を示すあかつき観測期間ではこの構造が維持されるかを調査するとともに、熱潮汐波構造の時系列解析から運動量収支を計測し、異なる緯度間での運動量交換の要因といえるか評価する。

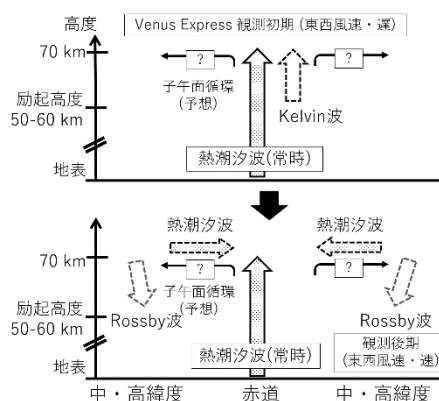


図1. 観測された大気波動に基づき図示した、変化する運動量輸送の描像。矢印は運動量の輸送方向を、点線は見られた時期が限定的であった現象を示す。

### (1)-2 Kelvin 波・Rossby 波の解析

大気を加速する「Kelvin 波」は、スーパーローテーションが遅く、鉛直風速差が小さい時期に鉛直伝搬しやすい (Kouyama et al., 2015)。逆に大きな鉛直風速差が生じると、大気を減速する「Rossby 波」的特性を持つ波動の励起に有利となり (Sugimoto et al., 2014)、鉛直伝搬もしやすい。実際 Venus Express の観測から、100m/s を超える風速を示す時期に Rossby 波が高い頻度で卓越することが確認されている。

もし減速を示すあかつきの観測期間でも Rossby 波がまだまだ卓越し続けている場合、余剰となった運動量を雲頂高度から逃がす役割を果たしている可能性がある。そこで、あかつき近赤外カメラの不具合によりデータ期間が限られるものの、成層圏下端を測定可能な近赤外波長、上端を見ることができる紫外波長を用いた複数高度の風速解析を実施し、加速・減速期の平均風速場の鉛直風速差の違いを導出すると共に、卓越する波動の 3 次元構造を導出する。

### (2) 理論からのアプローチ・金星成層圏数値モデルによるデータ同化への貢献

観測では限られた高度点における情報しか得られず、成層圏全体の運動量輸送の描像は描けない。そこで本研究では現実に即した大気平均場を与えられる準線形モデル Imamura (2006) の手法を採用し、観測された風速を境界条件として導入し、波動の伝搬の調査を行う。

さらに背景風速場との関係を確認するため、最新の金星全球の気象モデル (Global Circulation Model, GCM) に観測結果をデータ同化する取り組みに貢献する。現実的な風速変化に Kelvin 波・Rossby 波の線形応答を導き、鉛直運動量輸送量の定量的な見積りを試みる。Kelvin 波・Rossby 波が異なる高度間での運動量交換の要因といえるか評価する。

以上から大気加熱量変動に連動して変化する大気場の風速調整に大気波動が寄与しうるか、運動量輸送構造の変化を定量的に導くことで明らかにする。

## 4. 研究成果

### (1) 観測に基づく金星大気中の波動構造の同定とデータ同化

2015 年の金星軌道投入後から現在に至るまで LIR は準定常的に観測を続けており、金星地方時に固定されている熱潮汐波の構造を抽出するに足るデータを蓄積している。また過去の金星探査機が採用していた極軌道と異なり、「あかつき」では赤道対象な熱潮汐波の全体像を把握するのに適している赤道軌道を取っている。このようなデータ特性を生かし、本研究では 3 金星年分にわたる LIR データを解析し、金星雲上層高度の熱潮汐波の全球構造を初めて示した (図 2 上)。

さらに LIR が用いる中間赤外波長では金星雲の観測高度が出射角依存性を持つ。もともとカメラとして広い視野を LIR は持ち、観測高度の出射角依存性と組み合わせることで 3 次元構造を導くことができる。本研究ではこの特性を初めて指摘し、熱潮汐波のうち、特に大きな振幅を持つ一日潮汐・半日潮汐の鉛直構造を広い緯度帯で明らかにすることに成功した (図 2 下)。この温度でみた構造と雲追跡で得られた風速場で見た熱潮汐構造と合わせ、熱潮汐波が雲頂高度に置いてスーパーローテーションを維持している決定的な観測成果が得られている。

加えて、LIR の長期観測データを俯瞰してみることで、一日潮汐波が中・高緯度帯で明瞭に消長を繰り返していることを新たに発見している。一日潮汐波は極域での温度構造に影響をあたることが知られており (Ando et al., 2016)、その解析を進めているところである。さらに温度自体も 10 金星年スケールの大きな変動を見せていた。紫外波長カメラ (Ultra Violet Image, UVI) データから得られる雲追跡風速データとの比較から、スーパーローテーションにも 10 金星年スケールの長期変動が極めて高い相関を持って存在することも確認している。これは Lee et al (2019) で数

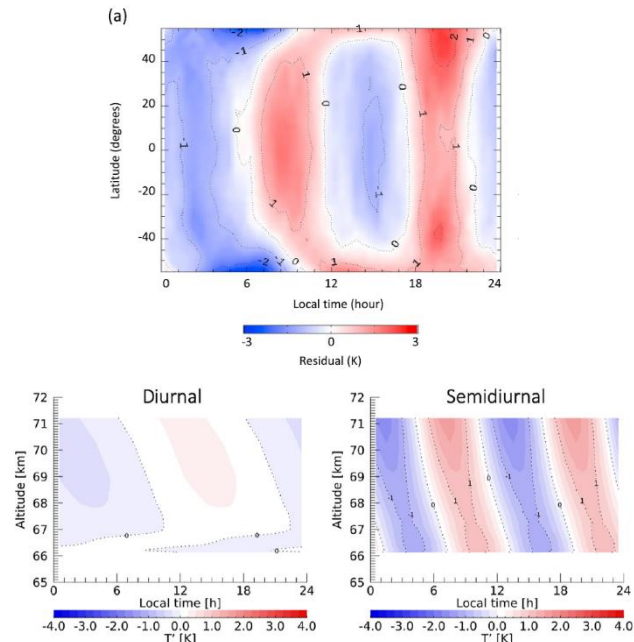


図 2. (上図) LIR が明らかにした雲上層高度に置ける熱潮汐波の全球構造。太陽直下の地方時 12 時で最大の振幅を持つのではなく、やや午前寄りにシフトしている (Kouyama et al., 2019)。 (下図) LIR の観測高度依存性を活用して推定した一日潮汐波・半日潮汐波の鉛直構造 (Akiba et al., 2021)。



値計算により示された、雲のアルベド変化に伴う太陽光加熱の時間変化に、風速・大気温度が追随するという予想を支持する結果である。

他方、惑星規模構造を持つ波動として確認されている Kelvin 波、Rossby 波に対しても解析を進めた。60 日間程度の期間の間に取得された金星雲温度データに対し、様々な伝搬周期を仮定し平均することでそれぞれの波成分の抽出を試みたところ、低緯度では Kelvin 波の活動が時折強くなるさまが見られる一方、中高緯度では Rossby 波が発生・消滅を活発に繰り返しているさまを確認した。

最後に、上記のように得られた熱潮汐波や Kelvin 波、Rossby 波は GCM の中で完全に再現されているとはいえない状況、つまり金星大気循環の再現が不完全であることが認識されている。そこで観測で得られた熱潮汐波構造、また理想的な条件(線形解析)による Rossby 波の構造を GCM にデータ同化したところ、GCM 中の大気循環が調整され、特に熱潮汐波で顕著であった、東西方向の波の位相ずれが緩和することを確認している。

## (2) 衛星データキャリブレーション

観測データを利用するうえでキャリブレーション精度が担保されているかは重要な要素である。本成果は LIR の長期観測データを用いたが、その際、LIR に系統的な感度特性変化が認められていたため、その補正が必要となった。本年度ではこの系統的な感度変化を補正する手法の提案を行い、LIR データにおいてみられた「見かけ上の温度上昇」を十分な精度で補正することに成功した。このキャリブレーション成果があったことから上記の長期変動の存在を確認することができている。

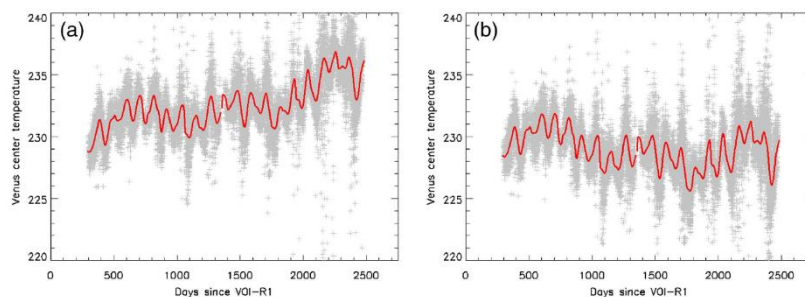


図 3. (左図) LIR の長期感度低下を補正しない場合に得られる、金星雲上層温度(衛星直下点付近)。時間がたつにつれ 5K 程度の(感度低下の影響による)温度上昇がみられる。(右図)感度低下分を補正して得られた金星雲上層温度(Taguchi et al., 2023)。

上記のように、本研究では「あかつき」の長期運用を通して、センサキャリブレーションの知見を獲得し

ている。このような経験を活かし、地球観測における衛星センサキャリブレーションを実施する研究の横展開を行った。地球観測衛星 Terra に搭載されている可視・近赤外センサ ASTER に月を用いた校正手法である「月校正」を適応し、ASTER に 14 年間のうちに 5-6%程度の感度低下が生じていたことを高い精度で同定した。またこの成果をきっかけに ASTER のデータ補正パラメータの再検討が進むこととなった。

また同様に「はやぶさ 2」搭載の可視・近赤外カメラ(Optical Navigation Camera, ONC)に対してもキャリブレーションの試みを行っている。はやぶさ 2 の目標天体であるリュウグウ到着後の、特にタッチダウン運用前後に不連続なカメラ感度の変化が生じていたことを定量的に明らかにすることに成功しており、その変化に応じた補正パラメータの整備を行った。加えて 2020 年の地球帰還後も ONC は観測を続けており、継続的な補正パラメータの更新作業を担うという研究成果が得られている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Fukuya Kiichi, Imamura Takeshi, Taguchi Makoto, Kouyama Toru	4. 巻 378
2. 論文標題 Horizontal structures of bow-shaped mountain wave trains seen in thermal infrared images of venusian clouds taken by Akatsuki LIR	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114936 ~ 114936
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2022.114936	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 Sugimoto Norihiko, Fujisawa Yukiko, Shirasaka Mimo, Abe Mirai, Murakami Shin-ya, Kouyama Toru, Ando Hiroki, Takagi Masahiro, Yamamoto Masaru	4. 巻 13
2. 論文標題 Kelvin Wave and Its Impact on the Venus Atmosphere Tested by Observing System Simulation Experiment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 182 ~ 182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/atmos13020182	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 Ogohara Kazunori, Nakagawa Hiromu, Aoki Shohei, Kouyama Toru et al.	4. 巻 74
2. 論文標題 The Mars system revealed by the Martian Moons eXploration mission	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	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) 10.1186/s40623-021-01417-0	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 Kajiwarana Naoya, Imamura Takeshi, Taguchi Makoto, Kouyama Toru	4. 巻 126
2. 論文標題 Planetary Scale Waves Seen in Thermal Infrared Images of Venusian Cloud Top	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	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) 10.1029/2021JE007047	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 Akiba Masahiro, Taguchi Makoto, Fukuhara Tetsuya, Imamura Takeshi, Kouyama Toru, Sato Takao M.	4. 巻 126
2. 論文標題 Thermal Tides in the Upper Cloud Layer of Venus as Deduced From the Emission Angle Dependence of the Brightness Temperature by Akatsuki/LIR	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	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) 10.1029/2020JE006808	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 Kouyama Toru, Tatsumi Eri, Yokota Yasuhiro, Yumoto Koki, Yamada Manabu, Honda Rie, Kameda Shingo, Suzuki Hidehiko, Sakatani Naoya, Hayakawa Masahiko, Morota Tomokatsu, Matsuoka Moe, Cho Yuichiro, Honda Chikatoshi, Sawada Hirotaka, Yoshioka Kazuo, Sugita Seiji	4. 巻 360
2. 論文標題 Post-arrival calibration of Hayabusa2's optical navigation cameras (ONCs): Severe effects from touchdown events	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114353 ~ 114353
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2021.114353	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 Kouyama Toru, Tatsumi Eri, Yokota Yasuhiro, Yumoto Koki, Yamada Manabu, Honda Rie, Kameda Shingo, Suzuki Hidehiko, Sakatani Naoya, Hayakawa Masahiko, Morota Tomokatsu, Matsuoka Moe, Cho Yuichiro, Honda Chikatoshi, Sawada Hirotaka, Yoshioka Kazuo, Sugita Seiji	4. 巻 360
2. 論文標題 Post-arrival calibration of Hayabusa2's optical navigation cameras (ONCs): Severe effects from touchdown events	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114353 ~ 114353
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2021.114353	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 Kameda Shingo, Yokota Yasuhiro, Kouyama Toru, Tatsumi Eri, Ishida Marika, Morota Tomokatsu, Honda Rie, Sakatani Naoya, Yamada Manabu, Matsuoka Moe, Suzuki Hidehiko, Cho Yuichiro, Hayakawa Masahiko, Honda Chikatoshi, Sawada Hirotaka, Yoshioka Kazuo, Ogawa Kazunori, Sugita Seiji	4. 巻 360
2. 論文標題 Improved method of hydrous mineral detection by latitudinal distribution of 0.7- $\mu$ m surface reflectance absorption on the asteroid Ryugu	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114348 ~ 114348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2021.114348	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 Imai Masataka, Kurihara Junichi, Kouyama Toru, Kuwahara Toshinori, Fujita Shinya, Sakamoto Yuji, Sato Yuji, Saitoh Sei-Ichi, Hirata Takafumi, Yamamoto Hirokazu, Takahashi Yukihiro	4. 巻 21
2. 論文標題 Radiometric Calibration for a Multispectral Sensor Onboard RISESAT Microsatellite Based on Lunar Observations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 2429 ~ 2429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s21072429	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 Horinouchi Takeshi, Hayashi Yoshi-Yuki, Watanabe Shigeto, Yamada Manabu, Yamazaki Atsushi, Kouyama Toru, Taguchi Makoto, Fukuhara Tetsuya, Takagi Masahiro, Ogohara Kazunori, Murakami Shin-ya, Peralta Javier, Limaye Sanjay S., Imamura Takeshi, Nakamura Masato, Sato Takao M., Satoh Takehiko	4. 巻 368
2. 論文標題 How waves and turbulence maintain the super-rotation of Venus' atmosphere	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 405 ~ 409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aaz4439	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 Kouyama Toru, Taguchi Makoto, Fukuhara Tetsuya, Imamura Takeshi, Horinouchi Takeshi, Sato Takao M., Murakami Shin-ya, Hashimoto Geroge L., Lee Yeon Joo, Futaguchi Masahiko, Yamada Takeru, Akiba Masahiro, Satoh Takehiko, Nakamura Masato	4. 巻 46
2. 論文標題 Global Structure of Thermal Tides in the Upper Cloud Layer of Venus Revealed by LIR on Board Akatsuki	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 9457 ~ 9465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GL083820	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 Toru Kouyama, Soushi Kato, Masakuni Kikuchi, Fumihiro Sakuma, Akira Miura, Tetsushi Tachikawa, Satoru Tsuchida, Kenta Obata, Ryosuke Nakamura	4. 巻 11
2. 論文標題 Lunar Calibration for ASTER VNIR and TIR with Observations of the Moon in 2003 and 2017	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 2712 ~ 2712
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs11222712	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 Imai Masataka, Kouyama Toru, Takahashi Yukihiro, Yamazaki Atsushi, Watanabe Shigeto, Yamada Manabu, Imamura Takeshi, Satoh Takehiko, Nakamura Masato, Murakami Shin-ya, Ogohara Kazunori, Horinouchi Takeshi	4. 巻 124
2. 論文標題 Planetary Scale Variations in Winds and UV Brightness at the Venusian Cloud Top: Periodicity and Temporal Evolution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 2635 ~ 2659
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JE006065	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 Takechi Horinouchi, Yoshi-Yuki Hayashi, Shigeto Watanabe, Manabu Yamada, Atsushi Yamazaki, Toru Kouyama, Makoto Taguchi, Tetsuya Fukuhara, Masahiro Takagi, Kazunori Ogohara, Shin-ya Murakami, Javier Peralta, Sanjay S. Limaye, Takeshi Imamura, Masato Nakamura, Takao M. Sato, Takehiko Satoh	4. 巻 368
2. 論文標題 How waves and turbulence maintain the super-rotation of Venus' atmosphere	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 405 ~ 409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aaz4439	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 神山徹, 福谷貴一, 今村剛	4. 巻 29
2. 論文標題 一番星へ行こう! 日本の金星探査機の挑戦 その41 ~LIRの新しい可能性~	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本惑星科学会誌 遊・星・人	6. 最初と最後の頁 22-27
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 Taguchi Makoto, Kouyama Toru, Sugawa Temma, Murakami Shin-ya, Futaguchi Masahiko	4. 巻 75
2. 論文標題 In-orbit recalibration of Longwave Infrared Camera onboard Akatsuki	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-023-01803-w	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 -



〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Toru Kouyama, Makoto Taguchi, Tetsuya Fukuhara, Takeshi Imamura, Takao M. Sato, Masahiko Futaguchi, Takeru Yamada, Shin-ya Murakami, George L. Hashimoto, Hideo Sagawa, Takehiko Satoh, and Masato Nakamura
2. 発表標題 Detection of large stationary gravity waves over ten Venusian solar days seen in LIR images
3. 学会等名 International Venus Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toru Kouyama, Takeshi Horinouchi, Takeshi Imamura, Yeon Joo Lee, Masahiro Takagi, Kazunori Ogohara, Hiroki Kashimura, Shin-ya Murakami, Naoya Satoh, Masataka Imai
2. 発表標題 Venusian yearly-scale variation of super rotation seen in Akatsuki observations
3. 学会等名 International Venus Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toru Kouyama, Masataka Imai, Takeshi Imamura, Takeshi Horinouchi, Shin-ya Murakami, Y. J. Lee, Makoto Taguchi
2. 発表標題 Long-Term Temperature Variation at the Cloud Top Level of Venus and Its Correlation with Zonal Windspeed Revealed by Akatsuki LIR/UWI Observations
3. 学会等名 The Venus Surface and Atmosphere Conference (国際学会)
4. 発表年 2022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
---------	---------