

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01958

研究課題名(和文) 超高鉛直分解能電波観測がひらく惑星大気科学

研究課題名(英文) High vertical resolution observation of planetary atmospheres by radio occultation

研究代表者

今村 剛 (Imamura, Takeshi)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：40311170

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：惑星大気の中スケール気象の理解を目指し、金星・火星探査機の電波掩蔽データから電波ホログラフィ法により高鉛直分解能の温度データを得て、大気重力波の全球分布を求め、波の励起源と減衰過程を推定した。大気波動が金星極域に見られる特異な気温構造の形成をもたらすメカニズムを雲の運動の画像解析によって明らかにした。火星の雲形態とその地域性・季節性から中スケール気象の解明を進めた。惑星の急峻な地形に適用できる、地形に沿った座標系を採用した不等間隔格子用計算モジュールの開発を進めた。以上の成果をもとに、金星と火星の中スケール気象の相違点と共通点について議論を深め、今後の観測と理論的研究の方向性を整理した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球を含む惑星の気候・環境形成において惑星スケールから中スケールまでの幅広い階層間の力学的相互作用が重要である。そのため地球大気科学では観測と数値モデルの高分解能化が進み、とくに境界層や内部重力波を含む中スケール過程の研究が加速しているが、惑星大気の研究は大きく遅れている。本研究は、電波ホログラフィによる電波掩蔽データ解析や、惑星大気の高解像度画像の機械学習を応用した先進的解析などの観測的アプローチと、他惑星の極端な条件にも適用できる数値シミュレーション技術の開発を進め、地球・金星・火星の中スケール気象の統一的解釈に踏み出した点が、世界的にもユニークな試みである。

研究成果の概要(英文)：To understand mesoscale meteorology in planetary atmospheres, we obtained temperature data with high vertical resolution through radio holography using radio occultation data from Venus and Mars probes. We determined the global distribution of atmospheric gravity waves and estimated the excitation sources and decay processes of these waves. By analyzing cloud motions, we elucidated the mechanism behind the formation of the unique temperature structure observed in the polar regions of Venus. We advanced the understanding of mesoscale meteorology from the morphology and regional/seasonal variations of clouds on Mars. We developed a computation module for irregular grids using a coordinate system along the terrain applicable to steep planetary terrains. Building upon these achievements, we delved into discussions on the similarities and differences in mesoscale meteorology between Venus and Mars, and organized the directions for future observations and theoretical studies.

研究分野：惑星大気科学

キーワード：惑星大気 金星 火星 電波掩蔽 画像解析 数値シミュレーション 大気重力波

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球を含む惑星の気候・環境形成において惑星スケールからメソスケールまでの幅広い階層間の力学的相互作用が重要である。そのため地球大気科学では観測と数値モデルの高分解能化が進み、とくに境界層や内部重力波を含むメソスケール過程の研究が加速しているが、惑星大気の研究は大きく遅れている。申請者らはこれを解決するために、惑星周回機と地上局を結ぶ電波を用いて大気鉛直構造を調べる電波掩蔽観測に電波ホログラフィという新たな解析手法を惑星大気で初めて導入し、従来の高度分解能(600 m~1 km)をはるかに上回る約100 mの分解能を達成できることを示してきた。この技術革新によって、たとえば金星大気において高高度の対流ブルームが上下の安定層を叩いて不連続面を形成し、そこで重力波が励起されて伝播し、砕波して極薄の乱流層を形成する、ということが普遍的に生じている可能性が見えてきた。ではそのような小規模な激しい流体现象は時間的・空間的にどのように分布し、エネルギーや運動量や物質の輸送にどう働くのだろうか。そのような問いに比較惑星大気科学の観点からアプローチする必要性が明確となってきた。

2. 研究の目的

電波掩蔽解析の新技术法を金星と火星の多くのデータに適用し、未踏の高度分解能で大気構造をとらえなおす。静的安定度の不連続面や微細構造が緯度・地形・高度・地方時・季節についてどのように分布するのかを統計的に明らかにする。光学観測データも用いて力学場を分析し、数値流体シミュレーションにより解釈する。不連続面の変動性から対流ブルームの強度や頻度を推定し、微細層構造の分布から重力波の周期・波長・振幅、さらに励起過程と伝播・減衰過程を推定して、これらが大規模大気構造に与える影響を解明する。また、惑星の高解像度の雲画像を用いた大気運動の分析や、機械学習を応用した先進的な雲形態解析も組み合わせ、惑星全体のメソスケール気象を把握する。このような観測的アプローチに加え、他惑星の極端な条件にも適用できる数値シミュレーション技術を開発し、地球・金星・火星のメソスケール気象の統一的解釈を進める。

3. 研究の方法

金星探査機あかつき、Venus Express、火星探査機 Mars Global Surveyor の電波掩蔽データを電波ホログラフィ(FSI)で解析し、短鉛直波長の大気重力波、その砕波が作る極薄の乱流層、地表近くの超安定層などのメソスケール気象の統計的性質を明らかにする。火星の電波掩蔽観測データから極夜域における気温の鉛直分布を導出し、重力波による擾乱構造を抽出して、二酸化炭素の過飽和や大気安定度との関連を調べ、極域大気構造や極冠に関わる気象におけるメソスケール気象の役割を明らかにする。火星周回機によって得られた画像データを用いてダストストームを検出し、大気環境との相関を調べる。また電波掩蔽データと光学観測データを用いて大気の大規模構造や熱潮汐波・ロスビー波など惑星スケール波動を把握し、メソスケールと惑星スケールの相互作用を推定する。

これらの実データ解析を両輪をなす数値モデル開発として、地形に沿った座標系を採用した不等間隔格子用計算モジュールを開発し、汎惑星大気雲解像モデルへの組込を行う。金星と火星の対流や山岳波計算に応用し、メソスケール気象の一般的な理解を進める。

4. 研究成果

- (1) 電波ホログラフィ法を金星探査機あかつき、Venus Express、火星探査機 Mars Global Surveyor の大規模な電波掩蔽データに適用し、従来の手法ではとらえられなかった短鉛直波長の大気重力波、その砕波が作る極薄の乱流層、地表近くの超安定層などの分布を明らかにした。金星の電波掩蔽による鉛直温度分布と赤外カメラによる熱放射マップから大気波動の構造と上層雲のスケールハイトを求める手法を開発し、山岳波と熱潮汐波に伴う運動量輸送を評価した。金星の電波掩蔽データを用いて大気重力波と対流層厚の変動の相関を検出し、対流による重力波励起の手がかりを得た。また、火星の電波掩蔽でとらえられた火星の地表付近の重力波が飽和振幅に達していることを明らかにし、これらの波が山岳波であるとして地表近くの大気背景風速を推定した。
- (2) 金星の電波掩蔽による気温分布から短鉛直波長の成分を抽出のうえ、これらが大気重力波を反映するとして固有周期や水平波長などのパラメータ推定を行った。さらに、電波掩蔽データを用いて、金星の雲層高度から上下両方に鉛直伝播する熱潮汐波を抽出し、熱力学方程式と連続の式を利用して熱潮汐波に伴う角運動量輸送量を見積もることによってスーパーローテーション維持への寄与を推定した。電波受信強度の時系列データから金星大気の硫酸蒸

気混合比の分布を導出した。

- (3) 火星の電波掩蔽観測データから極夜域における気温の鉛直分布を試験的に導出し、重力波によると思われる擾乱構造を抽出したうえで、CO₂ 過飽和や大気安定度との関連を調べた。極域大気構造の形成におけるメソスケール気象の役割や境界層構造を制約した。
- (4) 金星探査機あかつき搭載の中間赤外カメラ LIR の長期観測データを用いて、金星大気の大気熱潮汐波の位相や鉛直波長を推定し、電波掩蔽観測との整合性を確認した。観測期間を通じて LIR のデータには温度ドリフトが見られていたが、深宇宙温度の活用により温度ドリフトをキャンセルするキャリブレーション手法の開発に成功した。
- (5) あかつき搭載 UVI で得られた水平風速データを同化した再解析データを用いて、これまで赤外観測で観測されていた金星極域の特異な熱構造 (cold collar, warm pole) を再現した。ここから、金星極域の熱構造の生成・維持における大気運動の寄与が示された。また、水平風速の長期観測データから、金星大気のスーパーローテーションが様々な時間スケールの変動成分を内包しながら維持されていることを明らかにした。
- (6) 火星探査機 Mars Global Surveyor 搭載の Mars Orbiter Camera による可視画像を用いて、火星ダストストームを自動検出し、領域分割し、面積を計測する手法を開発した (Ogohara and Gichu 2022)。検出したダストストームの日時と周囲の大気環境との相関を調べたところ、火星北半球の Arcadia 平原西部の local dust storm はもっぱら北半球冬期に発生する傾向にあり、さらに傾圧波動の暖気中で発生する傾向にあることが分かった。数値モデルで解像できる水平風が強いと考えられる前線付近 (暖気と寒気の間) ではなく暖気中であるということは、当該地域の local dust storm は暖気中の不安定な大気構造に起因する小さな対流現象によって発生している可能性がある。また、上の研究過程で同地域には風下山岳波起源の波状雲が多発することがわかった。周囲の大気の温度や風速の鉛直構造から、そのような波状雲は高度 10km 以下の束縛されていることが明らかになった (Ogohara and Ro 2023)。さらに波状雲の地域性と季節性を調査し、両半球の中緯度の広い範囲で波状雲が生じること、季節進行にしたがって波状雲の発生地域がある半球の中緯度からもう一方の半球の中緯度に不連続的に移動することがわかった。
- (7) これらの実データ解析を両輪をなす数値モデル開発として、山岳波を計算可能とするために、地形に沿った座標系を採用した不等間隔格子用計算モジュールを開発し、汎惑星大気雲解像モデル deepconv への組込を行った。不等間隔格子用計算モジュールについては、HE-VE 法 (水平・鉛直方向ともに陽解法で離散化) を適用した場合についてテストが終了し、HE-VI 法 (水平方向は陽解法・鉛直方向は陰解法で離散化) の適用を推進した。地球条件でベンチマークテストを実行し、妥当な結果が得られることを確認した。金星大気を模した温度圧力条件を与えた計算を行ったところ、山岳波の性質を表す波の発生が確認できた。
- (8) 火星の大規模山岳地域 Arcia Mons で生じる細長く延長する雲の形成に焦点を当て、背景風が大規模地形に作用することで生じる hydraulic jump とそれに伴う強い鉛直風の数値シミュレーションを行い、火星における hydraulic jump の発生を左右する支配パラメータを明らかにした。

以上の成果をもとに、金星と火星のメソスケール気象の相違点と共通点について議論を深め、今後の観測と理論的研究の方向性を整理した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Ando Hiroki, Fujisawa Yukiko, Sugimoto Norihiko, Takagi Masahiro, Matsuda Yoshihisa	4. 巻 128
2. 論文標題 Cold Collar Reproduced by a Venus GCM With the Akatsuki Horizontal Wind Assimilation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 e2022JE007689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JE007689	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 Narita M., Imamura T., Lee Y. J., Watanabe S., Yamazaki A., Satoh T., Taguchi M., Sato T. M., Fukuhara T., Yamada M., Kouyama T., Iwagami N.	4. 巻 127
2. 論文標題 Correlation of Venusian Mesoscale Cloud Morphology Between Images Acquired at Various Wavelengths	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 e2022JE007228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JE007228	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 Ogohara Kazunori, Nakagawa Hiromu, Aoki Shohei, Kouyama Toru, Usui Tomohiro, Terada Naoki, Imamura Takeshi, Montmessin Franck, Brain David, Doressoundiram Alain, Gautier Thomas, Hara Takuya, Harada Yuki, Ikeda Hitoshi, Koike Mizuho, Leblanc Francois, Ramirez Ramses, 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 1
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 Ando Hiroki, Takaya Koutarou, Takagi Masahiro, Sugimoto Norihiko, Imamura Takeshi, Sagawa Hideo, Tellmann Silvia, Patzold Martin, Matsuda Yoshihisa, Hausler Bernd, Limaye Sanjay, Choudhary Raj Kumar, Antonita Maria	4. 巻 127
2. 論文標題 Dynamical Effect on Static Stability of the Venus Atmosphere Simulated Using a General Circulation Model: A Comparison With Radio Occultation Measurements	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 e2021JE006957
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JE006957	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 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 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 1:53
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 Ogohara Kazunori, Ro Maaya	4. 巻 75
2. 論文標題 Cloud trains associated with Martian Mountain Lee Waves on the eastern side of the Phlegra Montes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 (1):53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-023-01767-x	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 Ogohara Kazunori, Gichu Ryusei	4. 巻 160
2. 論文標題 Automated segmentation of textured dust storms on mars remote sensing images using an encoder-decoder type convolutional neural network	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computers and Geosciences	6. 最初と最後の頁 105043 ~ 105043
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cageo.2022.105043	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 Fukuya Kiichi, Imamura Takeshi, Taguchi Makoto, Fukuhara Tetsuya, Kouyama Toru, Horinouchi Takeshi, Peralta Javier, Futaguchi Masahiko, Yamada Takeru, Sato Takao M., Yamazaki Atsushi, Murakami Shin-ya, Satoh Takehiko, Takagi Masahiro, Nakamura Masato et al.	4. 巻 595
2. 論文標題 The nightside cloud-top circulation of the atmosphere of Venus	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 511 ~ 515
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-021-03636-7	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 Mori Ryota, Imamura Takeshi, Ando Hiroki, Hausler Bernd, Patzold Martin, Tellmann Silvia	4. 巻 126
2. 論文標題 Gravity Wave Packets in the Venusian Atmosphere Observed by Radio Occultation Experiments: Comparison With Saturation Theory	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 e2021JE006912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JE006912	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 Kajiwara 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 e2021JE007047
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ando Hiroki, Takagi Masahiro, Sagawa Hideo, Sugimoto Norihiko, Sekiguchi Miho, Matsuda Yoshihisa	4. 巻 126
2. 論文標題 Quasi Periodic Variation of the Lower Equatorial Cloud Induced by Atmospheric Waves on Venus	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	6. 最初と最後の頁 e2020JE006781
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020JE006781	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 杉山 耕一朗 , 村社 光誠, 村上 真也	4. 巻 10
2. 論文標題 金星探査機「あかつき」のデー タ検索閲覧システムの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 宇宙科学情報解析論文誌	6. 最初と最後の頁 119-126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20637/00047377	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 Imamura Takeshi, Mitchell Jonathan, Lebonnois Sebastien, Kaspi Yohai, Showman Adam P., Korablev Oleg	4. 巻 216
2. 論文標題 Superrotation in Planetary Atmospheres	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Space Science Reviews	6. 最初と最後の頁 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11214-020-00703-9	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 Ando Hiroki, Imamura Takeshi, Tellmann Silvia, Patzold Martin, Hausler Bernd, Sugimoto Norihiko, Takagi Masahiro, Sagawa Hideo, Limaye Sanjay, Matsuda Yoshihisa, Choudhary Raj Kumar, Antonita Maria	4. 巻 10
2. 論文標題 Thermal structure of the Venusian atmosphere from the sub-cloud region to the mesosphere as observed by radio occultation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-59278-8	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 Lee Y. J., Garcia Munoz A., Imamura T., Yamada M., Satoh T., Yamazaki A., Watanabe S.	4. 巻 11
2. 論文標題 Brightness modulations of our nearest terrestrial planet Venus reveal atmospheric super-rotation rather than surface features	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 720
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-19385-6	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 Peralta, J., A. Cidadao, L. Morrone, C. Foster, M. Bullock, E. F. Young. Garate-Lopez, A. Sanchez-Lavega, T. Horinouchi, T. Imamura, E. Kardasis, A. Yamazaki, and S. Watanabe	4. 巻 672
2. 論文標題 Venus cloud discontinuity in 2022. The first long-term study with uninterrupted observations	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 L2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202244822	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 Tripathi, K. R., Choudhary, R. K., Jose, J. S., Ambili, K. M., & Imamura, T.	4. 巻 50
2. 論文標題 Gravity wave modulations at the lower altitudes of Venus ionosphere	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophys. Res. Lett.	6. 最初と最後の頁 e2022GL101793
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022GL101793	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 A. Suzuki et al.	4. 巻 402
2. 論文標題 Dependency of the vertical propagation of mountain waves on the zonal wind and the static stability in the lower Venusian atmosphere	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 115615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2023.115615	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 Horinouchi, T., Kouyama T., et al.	4. 巻 129
2. 論文標題 Long-Term Variability of Mean Winds and Planetary-Scale Waves Around Venusian Cloud Top Observed With Akatsuki/UVI	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 e2023JE008221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023JE008221	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12件(うち招待講演 1件/うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Kouyama et al.
2. 発表標題 10 Venusian-year scale temperature variation at the cloud level of Venus revealed by long-term observation of Akatsuki/LIR
3. 学会等名 44th COSPAR Scientific Assembly (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安藤紘基, 野口克行, 尾沼日奈子, 今村剛, 佐川英夫
2. 発表標題 あかつき電波掩蔽観測による金星大気中の硫酸蒸気混合比の測定
3. 学会等名 惑星圏研究会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ando, H., K. Noguchi, T. Imamura, M. Takagi, N. Sugimoto, Y. Matsuda, S. Tellmann, M. Patzold, B. Hausler, S. Limaye, R. K. Choudhary, M. Antonita
2. 発表標題 Vertical structure of thermal tides in the Venus equatorial region revealed by Akatsuki radio occultation measurements
3. 学会等名 AOGS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ando, H., T. Imamura, K. Noguchi, S. Tellmann, M. Patzold, B. Hausler, K. R. Choudhary, M. Antonita
2. 発表標題 Venusian atmospheric structures revealed by Akatsuki radio occultation measurements
3. 学会等名 Venus Surface and Atmosphere Workshop (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Katsuyuki Noguchi, Aika Hagino, Chihiro Idehara, Hiroki Ando, Takeshi Imamura
2. 発表標題 Temperature perturbations in the Venusian atmosphere observed by spacecrafts
3. 学会等名 Workshop for Venus modelling and observations 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋野藍霞、野口克行、安藤紘基、今村剛、杉本憲彦、藤澤由貴子、高木征弘
2. 発表標題 金星探査機あかつきによる電波掩蔽観測で得られた気温擾乱に関する研究
3. 学会等名 第152回地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takeshi Imamura
2. 発表標題 Recent results on the Venusian atmosphere from the Akatsuki mission
3. 学会等名 DPS 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takeshi Imamura
2. 発表標題 Recent results on the Venusian atmosphere from the Akatsuki mission
3. 学会等名 DPS 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takeshi Imamura
2. 発表標題 Results from the Akatsuki radio occultation on Venus
3. 学会等名 Venus Science Conference 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsuro Iwanaka, Takeshi Imamura, Shohei Aoki
2. 発表標題 Local time dependence of Venusian cloud-top SO ₂ obtained from Akatsuki UV images
3. 学会等名 JpGU 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takeshi Imamura
2. 発表標題 Role of a Kelvin wave in the formation of Venusian discontinuous lower clouds
3. 学会等名 55th DPS Meeting with EPSC (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H. Ando, T. Imamura, K. Noguchi, S. Tellmann, M. Patzold, B. Hausler, S. Limaye, R. K. Choudhary and M. Antonita
2. 発表標題 Venusian atmospheric structure revealed by Venus Express and Akatsuki radio occultation measurements
3. 学会等名 EnVision Workshop (国際学会)
4. 発表年 2023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
研究分担者	安藤 紘基 (Ando Hiroki) (00706335)	京都産業大学・理学部・准教授 (34304)	
研究分担者	野口 克行 (Noguchi Katsuyuki) (20397839)	奈良女子大学・自然科学系・准教授 (14602)	
研究分担者	神山 徹 (Kouyama Toru) (40645876)	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 (82626)	
研究分担者	小郷原 一智 (Ogohara Kazunori) (50644853)	京都産業大学・理学部・准教授 (34304)	
研究分担者	杉山 耕一郎 (Sugiyama Koh-ichiro) (60463733)	松江工業高等専門学校・情報工学科・准教授 (55201)	

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

ドイツ	ケルン大学			
韓国	IBS			
米国	NASA			
フランス	LMD			
インド	ISRO			